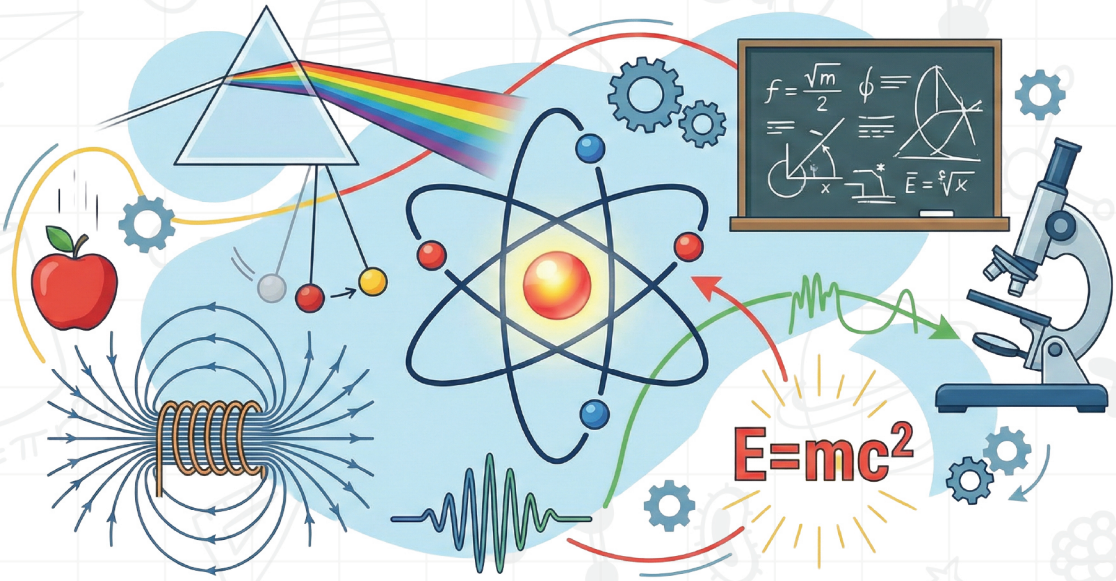
جزوه تست و جمع بندی

نـــوروز ۱۴۰۵

فیزیک (تجربی) پایه



به همراه پاسخنامه تشریحی

نام و نام خانوادگی

خیلی سبز! ماراتون
قلم چی

سنجش کلاد
www.SanjeshCloud.ir
www.BLE.ir/SanjeshCloud

فهرست آزمون های فیزیک

قلمچی	فیزیک۱			
	تاریخ	مبحث	تعداد تست	صفحه سوال	صفحه پاسخ
	۱۸ مهر	فصل۱	۱۰	۱	۱۴۴
	۲ آبان	فصل۲	۱۰	۳	۱۴۶
	۱۶ آبان	فصل۳	۱۰	۵	۱۴۸
	۳۰ آبان	فصل۴	۱۰	۷	۱۵۰
	۱۴ آذر	فصل۴	۱۰	۹	۱۵۲
	۲۸ آذر	فصل۱	۱۰	۱۱	۱۵۴
	۱۰ بهمن	فصل۲	۱۰	۱۳	۱۵۶
	۲۴ بهمن	فصل۲و۳	۲۰	۱۶	۱۵۸
	۱۰ اسفند	فصل۴	۱۰	۲۱	۱۶۱
	۲۴ اسفند	فصل۴	۱۰	۲۳	۱۶۳
خیلی سبز آزمون	فیزیک۱			
	۲۵ مهر	فصل۱	۱۰	۲۵	۱۶۵
	۱۶ آبان	فصل۲	۱۲	۲۷	۱۷۵
	۷ آذر	فصل۳	۱۱	۳۰	۱۸۷
	۲۸ آذر	فصل۴	۱۲	۳۲	۱۹۸
ماز	فیزیک۱			
	۱۷ مهر	فصل۱	۱۰	۳۴	۲۱۰
	۱ آبان	فصل۲	۱۰	۳۶	۲۲۶
	۱۵ آبان	فصل۳	۱۰	۳۹	۲۵۰
	۲۹ آبان	فصل۴	۱۰	۴۲	۲۶۳
	۱۳ آذر	فصل۴	۱۰	۴۴	۲۷۶
ماراتون	فیزیک۱			
	۱۷ مهر	فصل۱	۱۰	۴۶	۲۸۶
	۱ آبان	فصل۲	۱۰	۴۸	۲۹۷
	۱۵ آبان	فصل۳	۱۰	۵۰	۳۰۶
	۲۹ آبان	فصل۴	۱۰	۵۲	۳۱۴
	۱۳ آذر	فصل۴	۱۰	۵۴	۳۲۰

قلمچی	فیزیک۲			
	۱۸ مهر	فصل۱	۱۰	۵۶	۳۲۶
	۲ آبان	فصل۱و۲	۱۰	۵۸	۳۲۸
	۱۶ آبان	فصل۲	۱۰	۶۰	۳۳۰
	۳۰ آبان	فصل۳	۱۰	۶۲	۳۳۲
	۱۴ آذر	فصل۳	۹	۶۴	۳۳۴
	۲۸ آذر	فصل۱	۱۰	۶۶	۳۳۶
	۱۰ بهمن	فصل۱و۲	۱۰	۶۸	۳۳۸
	۲۴ بهمن	فصل۲	۱۰	۷۱	۳۴۰
	۱۰ اسفند	فصل۳	۱۰	۷۳	۳۴۲
	۲۴ اسفند	فصل۳	۱۰	۷۵	۳۴۴
خیلی سبز آزمون	فیزیک۲			
	۱۰ بهمن	فصل۱	۱۵	۷۸	۳۴۶
	۲۴ بهمن	فصل۱و۲	۱۲	۸۲	۳۶۲
	۱۰ اسفند	فصل۲و۳	۱۱	۸۵	۳۷۵
ماز	فیزیک۲			
	۲۷ آذر	فصل۱	۱۰	۸۸	۳۸۶
	۹ بهمن	فصل۱و۲	۱۰	۹۱	۴۰۴
	۲۳ بهمن	فصل۲	۱۰	۹۳	۴۱۴
	۹ اسفند	فصل۳	۱۰	۹۵	۴۳۲
	۲۳ اسفند	فصل۳	۱۰	۹۸	۴۴۲
ماراتون	فیزیک۲			
	۲۷ آذر	فصل۱	۱۰	۱۰۱	۴۵۲
	۱۶ بهمن	فصل۱و۲	۱۰	۱۰۳	۴۵۹
	۲۴ بهمن	فصل۲	۱۰	۱۰۵	۴۶۶
	۸ اسفند	فصل۳	۱۰	۱۰۸	۴۷۴
	۲۲ اسفند	فصل۳	۱۰	۱۱۰	۴۸۴
گروه آموزشی ماز دوپینگ	فیزیک۱و۲			
	شماره۱	فصل۱و۲ دهم	۲۵	۱۱۳	۴۹۲
	شماره۲	فصل۳و۴ دهم	۲۵	۱۱۹	۵۱۹
	شماره۳	فصل۱ یازدهم	۲۵	۱۲۵	۵۳۹
	شماره۴	فصل۲ یازدهم	۲۵	۱۳۱	۵۶۱
	شماره۵	فصل۳ یازدهم	۲۵	۱۳۷	۵۸۶

فیزیک و اندازه‌گیری: فیزیک۱

۱- چند مورد از کمیت‌های زیر نرده‌ای و چند مورد اصلی است؟ (به‌ترتیب از راست به چپ)

«انرژی پتانسیل الکتریکی، شار مغناطیسی، وزن، مقدار ماده، زمان، فشار، شتاب، سرعت، کار، نیرو»

۱) ۱-۶ ۲) ۲-۶ ۳) ۲-۵ ۴) ۱-۵

۲- اگر $B\times\frac{(Mg)^a\times(\mu m)^b}{(min)^c}$ برابر با ۳kJ باشد، B چقدر است؟

۱) $۱۰/۸\times۱۰^{۱۲}$ ۲) $۱۰/۸\times۱۰^{۱۱}$

۳) $۱۰/۸\times۱۰^{۱۴}$ ۴) $۱۰/۸\times۱۰^{۱۵}$

۳- همهٔ گزینه‌های زیر دربارهٔ تاریخچهٔ یکاهای SI درست هستند، به‌جز:

۱) پیش از استفاده از ساعت‌های اتمی، هر ثانیه معادل $\frac{۱}{۸۶۴۰۰}$ برابر هر روز خورشیدی در نظر گرفته می‌شد.

۲) هر کیلوگرم به‌صورت جرم استوانه‌ای فلزی از جنس آلیاژ پلاتین – ایریدیوم تعریف می‌شود.

۳) در گذشته یک متر معادل فاصلهٔ دو انتهای میله‌ای از جنس پلاتین – ایریدیوم در دمای اتاق در نظر گرفته می‌شد.

۴) فقط کمیت‌های اصلی نیستند که یکای SI دارند.

۴- یک جرم آسمانی که قطر آن $۱/۰\times۱۰^{۲}Mm$ و جرم آن $۲/۰\times۱۰^{۵}Tg$ است. چگالی این جرم آسمانی برحسب یکای SI کدام گزینه است؟ (حجم آن را یک کره توپر در نظر بگیرید و $\pi = ۳$ فرض شود)

۱) ۴×۱۰^{۱۰} ۲) ۵×۱۰^{-۹} ۳) ۴×۱۰^{-۱۰} ۴) ۵×۱۰^{۹}

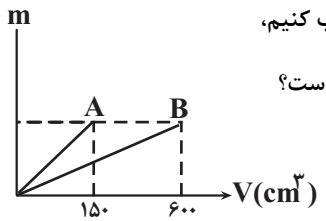
۵- آلیاژی از دو فلز A و B به چگالی‌های $\rho_B = ۴\frac{g}{cm^۳}$ و $\rho_A = ۲\frac{g}{cm^۳}$ ساخته شده است. اگر چگالی آلیاژ $\rho = ۳/۵\frac{g}{cm^۳}$ و جرم آن ۷۰۰ گرم باشد، حجم به کار رفتهٔ فلز A در این آلیاژ چند برابرحجم فلز B به کار رفته در آن است؟

۱) ۲ ۲) ۳ ۳) $\frac{۱}{۳}$ ۴) $\frac{۱}{۲}$

۶- اگر بخواهیم ظرفی به حجم $۸۱۰۰cm^۳$ را با ذوب کردن یخ پر کنیم باید چند دسی‌متر مکعب یخ را ذوب کنیم؟ ($\rho_{یخ} = ۰/۹\frac{g}{cm^۳}$ و $\rho_{آب} = ۱\frac{g}{cm^۳}$)

۱) ۴ ۲) ۹ ۳) ۸ ۴) ۱۸

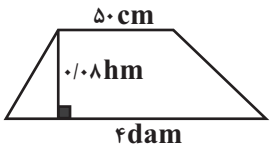
۷- نمودار جرم برحسب حجم دو مایع A و B مطابق شکل زیر است. اگر جرم برابری از دو مایع را با هم ترکیب کنیم، چگالی مخلوط ρ و اگر حجم برابری از دو مایع را مخلوط کنیم، چگالی مخلوط ρ' می‌شود. نسبت $\frac{\rho'}{\rho}$ چند است؟



۱) $\frac{۲۵}{۱۶}$ ۲) $\frac{۱۶}{۲۵}$

۳) $\frac{۱}{۴}$ ۴) ۴

۸- در کدام گزینه مساحت ذوزنقهٔ نشان داده شده، به درستی گزارش شده است؟



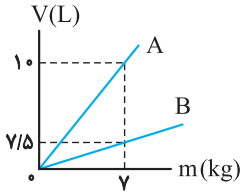
۱) $۱/۶۲\times۱۰^{-۶}km^۲$

۲) $۱/۶۲\times۱۰^{۶}cm^۲$

۳) $۱/۶۲\times۱۰^{۷}mm^۲$

۴) $۱۶/۲dam^۲$

۹- نمودار حجم برحسب جرم برای دو مایع A و B به صورت روبه‌رو است. اگر در داخل یک ظرف استوانه‌ای دو مایع A و B با جرم برابر بریزیم تا جایی که ظرف پُر شود، در این صورت چه بخشی از حجم ظرف را مایع A اشغال می‌کند؟ (دما ثابت و یکسان است.)



۱) $\frac{۳}{۷}$ ۲) $\frac{۴}{۷}$

۳) $\frac{۳}{۴}$ ۴) $\frac{۱}{۴}$

۱۰- در چندین بار اندازه‌گیری جرم یک جسم برحسب کیلوگرم اعداد زیر ثبت شده است. گزارش نهایی این اندازه‌گیری برحسب مگاگرم و با نمادگذاری علمی کدام است؟

تعداد دفعات اندازه‌گیری جرم	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
جرم جسم برحسب کیلوگرم	۲۲/۸	۲۴	۴۳/۲	۲۲/۲	۹/۳	۲۴/۶	۲۱/۶	۲۳/۴	۲۵/۲

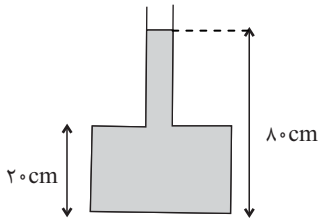
۱) $۲/۳۷\times۱۰^{-۲}$ ۲) $۲/۳۲\times۱۰^{-۲}$

۳) $۲/۳\times۱۰^{-۲}$ ۴) $۲/۳۴\times۱۰^{-۲}$

سنجش کلاد

ویژگی های فیزیکی مواد: فیزیک ۱

۱- مطابق شکل زیر در یک ظرف تا ارتفاع ۸۰cm آب می‌ریزیم و مجموعه را روی ترازو قرار می‌دهیم. اگر عددی که ترازو نشان می‌دهد، $\frac{۱}{۲}$ برابر نیرویی باشد که از طرف آب به کف ظرف وارد می‌شود، در این صورت جرم ظرف چند برابر جرم آب موجود در ظرف است؟ (سطح مقطع پایین ظرف، ۵ برابر سطح مقطع بالای ظرف است و $\rho_{آب}=۱\frac{g}{cm^۳}, g=۱۰\frac{m}{s^۲}$)



۱) $\frac{۱}{۴}$

۲) $\frac{۲}{۳}$

۳) ۲

۴) $\frac{۱}{۳}$

۲- درون یک ظرف استوانه‌ای بلند مایعی با چگالی $۱/۶\frac{g}{cm^۳}$ ریخته‌ایم. اگر از نقطهٔ A که در عمق ۱۷ سانتی‌متر از سطح مایع قرار دارد، ۲۵۵ سانتی‌متر پایین‌تر برویم، فشار کل ۴۰ درصد افزایش می‌یابد. در این صورت فشار هوا چند سانتی‌متر جیوه است؟

($\rho_{جیوه}=۱۳/۶\frac{g}{cm^۳}, g=۱۰\frac{N}{kg}$)

۱) ۷۵

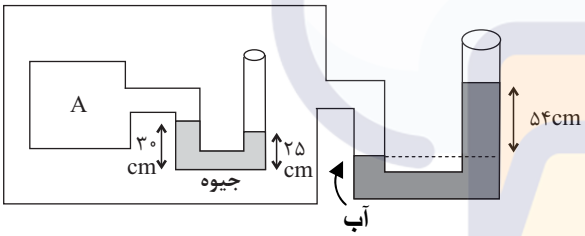
۲) ۷۶

۳) ۷۳

۴) ۶۷

۳- اگر فشار هوای محیط ۷۵ سانتی متر جیوه باشد، فشار گاز درون مخزن A چند سانتی‌متر جیوه است؟

($\rho_{جیوه}=۱۳۵۰۰\frac{kg}{m^۳}, \rho_{آب}=۱۰۰۰\frac{kg}{m^۳}$)



۱) ۷۱

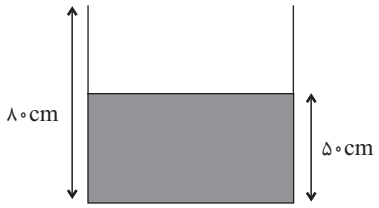
۲) ۷۹

۳) ۷۶

۴) ۷۴

۴- درون ظرفی مطابق شکل زیر، مقداری مایع با چگالی $۲/۵\frac{g}{cm^۳}$ می‌ریزیم. اگر جسمی توپر به جرم ۱/۲kg و حجم $۸۰۰cm^۳$ را درون ظرف بیندازیم، پس از به تعادل رسیدن مجموعه، فشار ناشی از مایع بر کف ظرف، نسبت به حالت اول چند درصد افزایش می‌یابد؟

($g=۱۰\frac{N}{kg}$ و مساحت کف ظرف $=۶۰cm^۲$)



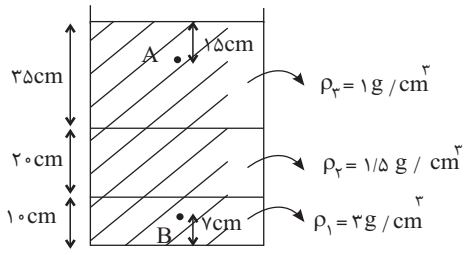
۱) فشار تغییر نمی‌کند.

۲) ۶

۳) ۱۶

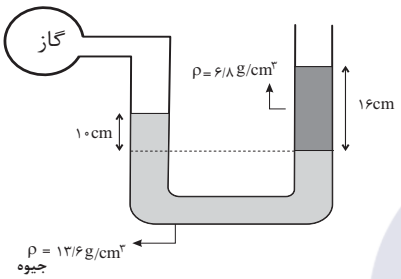
۴) ۲۶

۵- در شکل زیر، سه مایع مخلوط نشدنی با چگالی‌های مشخص درون ظرفی قرار دارند.
اختلاف فشار بین دو نقطهٔ A و B چند پاسکال است؟ $(g = ۱۰N/kg)$



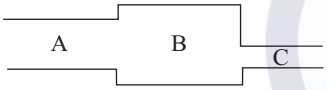
۱) ۷۱۰۰
۲) ۵۴۰۰
۳) ۵۹۰۰
۴) ۶۶۰۰

۶- در شکل زیر، مایعات در حال تعادل هستند. فشار پیمانه‌ای گاز درون مخزن چند سانتی‌متر جیوه است؟



۱) ۶
۲) ۶-
۳) ۲
۴) ۲-

۷- در شکل زیر مایع با جریان لایه‌ای یکنواخت در لوله با سطح مقطع‌های مختلف جریان دارد. اگر تندی مایع حین عبور از مقطع A به B، ۲۵ درصد تغییر کند و حین عبور از مقطع B به C، ۹۲ درصد تغییر کند، شعاع مقطع A چند برابر شعاع مقطع C است؟ (سطح مقاطع دایره‌ای هستند.)

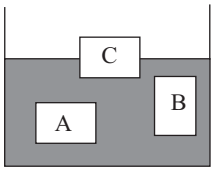


۱) $\frac{۳}{۵}$
۲) $\frac{۳}{۲۵}$
۳) $\frac{۶}{۵}$
۴) $\frac{۶}{۲۵}$

۸- چه تعداد از عبارت‌های زیر درست است؟
الف) جامدهای آمورف معمولاً از سرد کردن آهسته مایعات تشکیل می‌شوند.
ب) دلیل پدیدهٔ پخش شکر در آب، حرکت‌های نامنظم مولکولهای شکر و برخورد آنها با ذرات آب است.
ج) اگر چند قطره آب روی شیشهٔ چرب بریزیم؛ قطرات آب، شیشه چرب را تر نمی‌کنند.
د) سطح جیوه در لولهٔ مویین شیشه‌ای پایین‌تر از سطح ظرف بوده و با افزایش قطر لولهٔ مویین جیوه بالاتر می‌ایستد.

۱) ۱
۲) ۲
۳) ۳
۴) ۴

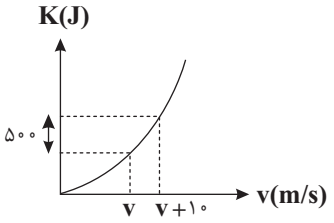
۹- مطابق شکل زیر، سه جسم A، B و C با حجم‌های یکسان درون ظرف پر از مایعی در حال تعادل قرار دارند. کدام‌یک از گزینه‌های زیر در مورد مقایسهٔ جرم این سه جسم صحیح است؟



۱) $m_A > m_B > m_C$
۲) $m_C > m_B > m_A$
۳) $m_A = m_B < m_C$
۴) $m_A = m_B > m_C$

۱۰- کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟
۱) یک بار (bar) اندکی بیشتر از یک اتمسفر (atm) است.
۲) در آزمایش توریچلی برای محاسبه فشار جو، بخاطر نیروی دگرچسبی بیشتر از آب به عنوان مایع استفاده می‌شود.
۳) بارومتر وسیله‌ای برای اندازه‌گیری فشار جو است.
۴) فشار در یک مایع بستگی به جهت‌گیری سطحی دارد که فشار به آن وارد می‌شود.

کار، انرژی و توان: فیزیک۱



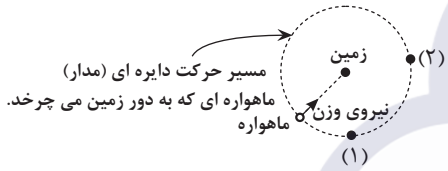
۱- نمودار انرژی جنبشی بر حسب سرعت جسمی به جرم ۲kg مطابق شکل زیر است. اگر تندی این جسم به $v+۳۰$ متر بر ثانیه برسد، انرژی جنبشی آن چند ژول می‌شود؟

۱) ۱۶۰۰
۲) ۲۵۰۰
۳) ۳۶۰۰
۴) ۱۳۰۰

۲- جسمی به جرم ۰/۵kg از ارتفاع ۱۶ متری سطح زمین رها می‌شود. انرژی پتانسیل گرانشی جسم از ابتدای حرکت تا لحظهٔ رسیدن به زمین چگونه تغییر می‌کند؟ $(g=۱۰\frac{N}{kg})$

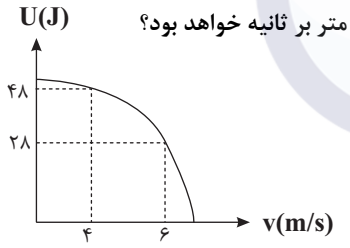
۱) ۸۰ ژول افزایش می‌یابد.
۲) تغییر نمی‌کند.
۳) ۸۰ ژول کاهش می‌یابد.
۴) ۳۲ ژول کاهش می‌یابد.

۳- مطابق شکل ماهواره‌ای به وزن mg با تندی ثابت، در مدار دایره‌ای شکل به شعاع R، به دور زمین می‌چرخد و بر آن فقط نیروی وزن به طرف زمین، وارد می‌شود. کار نیروی وزن ماهواره در $\frac{۱}{۴}$ مسیر دایره‌ای خود (از نقطه ۱ تا ۲) کدام است؟



۱) صفر
۲) mgR
۳) πmgR
۴) $\frac{\pi mgR}{۲}$

۴- نمودار انرژی پتانسیل گرانشی برحسب سرعت، برای گلوله‌ای به جرم m که از نقطه‌ای به ارتفاع h از سطح زمین رها می‌شود مطابق سهمی شکل زیر است. در لحظه‌ای که انرژی پتانسیل گرانشی ۱۵ برابر انرژی جنبشی است، تندی گلوله چند متر بر ثانیه خواهد بود؟ (مقاومت هوا ناچیز است و مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی، سطح زمین است.)



۱) ۱۶
۲) ۸
۳) ۴
۴) ۲

۵- بالابری ۸۰ کیلوگرم بار را با تندی ثابت $۲\frac{m}{s}$ در راستای قائم به سمت بالا جابه‌جا می‌کند. اگر توان مصرفی بالابر ۲ کیلووات باشد، بازده بالابر چند درصد است؟ $(g=۱۰\frac{N}{kg})$

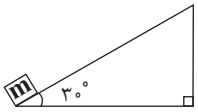
۱) ۰/۶
۲) ۰/۸
۳) ۶۰
۴) ۸۰

۶- متحرکی به جرم m بر روی محور x ها در حال حرکت است. کدام یک از گزاره(های) زیر در مورد این متحرک صحیح نیست؟

الف) اگر حرکت متحرک با شتاب ثابت باشد، در هر بازهٔ زمانی دلخواه کار برایند نیروهای وارد بر متحرک نمی‌تواند برابر صفر شود.
ب) اگر حرکت متحرک یکنواخت باشد، در هر بازهٔ زمانی دلخواه کار برآیند نیروهای وارد بر متحرک صفر است.
پ) اگر در یک بازهٔ زمانی دلخواه کار برایند نیروهای وارد بر متحرک مثبت باشد، در این صورت نوع حرکت متحرک در این بازهٔ زمانی پیوسته تندشونده است.

۱) الف ۲) الف و پ ۳) ب و پ ۴) الف، ب، پ

۷- مطابق شکل زیر جسمی به جرم m را از پایین سطح شیبدار دارای اصطکاکی با تندی $۱۰\frac{m}{s}$ به سمت بالای آن پرتاب می‌کنیم و جسم پس از طی مسافت ۱۶m به نقطهٔ پرتاب باز می‌گردد. نسبت کار نیروی اصطکاک به تغییر انرژی جنبشی جسم طی این جابه‌جایی کدام است؟



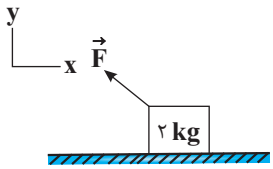
۱) $-۰/۸$

۲) $۰/۸$

۳) ۱

۴) -۱

۸- مطابق شکل زیر، جسمی به جرم ۲kg بر روی سطح افقی دارای نیروی اصطکاکی به بزرگی $f_k = ۵N$ در حال حرکت است. اگر $\vec{F} = -۱۲(N)\vec{i} + ۱۶(N)\vec{j}$ باشد، کار برایند نیروهای وارد بر جسم، وقتی ۴ متر در خلاف جهت محور x جابه‌جا می‌شود، چند ژول است؟



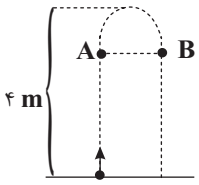
۱) -۱۲۰

۲) ۲۸

۳) ۸۰

۴) -۶۸

۹- مطابق شکل زیر، گلوله‌ای را با تندی $۱۰\frac{m}{s}$ از سطح زمین و در راستای قائم به طرف بالا پرتاب می‌کنیم و گلوله حداکثر تا ارتفاع ۴ متر بالا می‌رود. تندی گلوله در مکان A چند برابر تندی گلوله در مکان B است؟ (نیروی مقاومت هوا در طول مسیر حرکت را ثابت فرض کنید و $g = ۱۰\frac{N}{kg}$)



۱) ۱

۲) $\frac{\sqrt{۱۵}}{۳}$

۳) $\frac{۱}{۲}$

۴) به ارتفاع A و B بستگی دارد.

۱۰- شخصی گلوله‌ای به جرم ۱۲۰۰ گرم را از روی زمین تا ارتفاع ۱۵۰cm بالا آورده و سپس به صورت افقی با تندی $\sqrt{۱۰}\frac{m}{s}$ پرتاب می‌کند. اگر از لحظهٔ برداشتن گلوله تا جدا شدن آن از دست شخص، ۱/۵ ثانیه طول بکشد، توان شخص در انجام این کار چند وات است؟ (از نیروهای اتلافی صرف نظر کنید و $g = ۱۰\frac{N}{kg}$)

۱) ۱۲

۲) ۱۶

۳) ۲۴

۴) ۴

دما و گرما: فیزیک ۱

۱- در کدام گزینه دماسنج‌ها همگی جزو دماسنج‌های معیار هستند؟

۱) تف سنج ، دماسنج گازی ، دماسنج مقاومت پلاتینی
۲) تف‌سنج ، دماسنج مقاومت پلاتینی ، ترموکوپل
۳) ترموکوپل ، تف‌سنج ، دماسنج بیشینه – کمینه
۴) دماسنج گازی ، ترموکوپل ، دماسنج بیشینه – کمینه

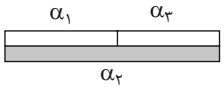
۲- دماسنجی ساخته‌ایم که در فشار یک اتمسفر دمای آب $20^\circ C$ را ۴۰ و دمای آب در حال جوش را ۱۶۰ نشان می‌دهد. در کدام دما عدد نشان داده شده توسط این دماسنج با دما بر حسب درجهٔ سلسیوس برابر است؟

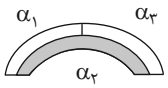
۱) -20
۲) -40
۳) 30
۴) 40

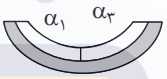
۳- اختلاف طول دو میلهٔ فلزی هم‌جنس A و B در دمای $10^\circ C$ برابر با $50cm$ است. اگر مجموع طول این دو میله در دمای $60^\circ C$ برابر با ۳۰۰/۶ سانتی‌متر باشد، طول میلهٔ کوتاه‌تر در دمای $10^\circ C$ برحسب سانتی‌متر کدام است؟ $(\alpha = 4\times10^{-5}\frac{1}{K})$

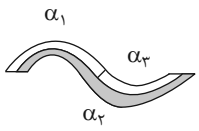
۱) ۲۲۵
۲) ۱۷۵
۳) ۱۲۵
۴) ۱۵۰

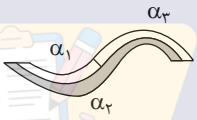
۴- شکل مقابل وضعیت یک دماپا را در دمای $40^\circ C$ نشان می‌دهد. اگر $\alpha_1 > \alpha_2 > \alpha_3$ باشد (α ضریب انبساط طولی میله‌ها است)، وقتی دمای دماپا به $10^\circ C$ می‌رسد ، کدام گزینه شکل آن را درست نشان می‌دهد؟



۱)


۲)


۳)


۴)


۵- یک بطری فلزی به حجم $500cm^3$، به طور کامل با مایعی با دمای صفر درجهٔ سلسیوس پر شده است. اگر دمای مجموعه را $100^\circ C$ افزایش دهیم و بدانیم $\beta_{\text{مایع}} = 8\times10^{-4}\frac{1}{^\circ C}$ و $\alpha_{\text{ظرف}} = \frac{1}{5000}\frac{1}{^\circ C}$ است، کدام گزینه در رابطه با ظرف و آب موجود در آن صحیح است؟

۱) مایع ظرف را پر می‌کند و سرریز نمی‌شود.
۲) $10cm^3$ مایع از ظرف سرریز می‌کند.
۳) $5cm^3$ مایع از ظرف سرریز می‌کند.
۴) مایع $5cm^3$ افزایش حجم پیدا می‌کند.

۶- ضریب انبساط سطحی فلزی $5\times10^{-5}K^{-1}$ است. دمای آن را چند درجهٔ سلسیوس تغییر دهیم تا چگالی آن ۳ درصد کاهش یابد؟

۱) ۴۰
۲) ۱۲۰
۳) ۲۰۰
۴) ۴۰۰

۷- ضریب انبساط طولی فلزی $۲/۵\times۱۰^{-۶}\,°F^{-۱}$ است. ضریب انبساط حجمی آن بر حسب $°C^{-۱}$ کدام است؟

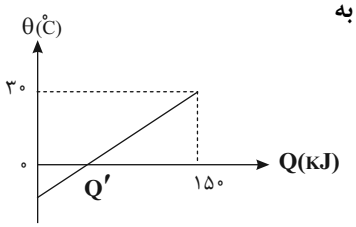
۱) $\frac{۲۵}{۱۸}\times۱۰^{-۶}$

۲) $\frac{۲۵}{۶}\times۱۰^{-۶}$

۳) $\frac{۹}{۲}\times۱۰^{-۶}$

۴) $\frac{۲۷}{۲}\times۱۰^{-۶}$

۸- نمودار تغییرات دمای یک جسم برحسب گرمای داده شده به آن مطابق شکل روبه رو است. اگر به این جسم ۴۵ kJ گرما داده شود، دمای آن ۴۰/۵°F افزایش می‌یابد. مقدار Q' چند ژول است؟



۱) ۳۳۳۳۰

۲) ۹۰۰۰۰

۳) ۶۰۰۰۰

۴) ۱۱۶۶۷۰

۹- یک گرمکن الکتریکی با توان ۰/۱ kW به طور کامل در ۲۰۰ گرم آب موجود در یک گرماسنج قرار داده می‌شود. اگر گرمکن به مدت دو دقیقه روشن باشد دمای مجموعه را از ۲۰°C به ۳۰°C می‌رساند. ظرفیت گرمایی گرماسنج تقریباً چند کالری بر کلوین است؟ (از اتلاف انرژی صرف نظر شود و $۱cal \simeq ۴/۲\,J$ و $c_{آب} = ۴۲۰۰\frac{J}{kg°C}$)

۱) ۳۶۰

۲) ۱۵۰

۳) ۸۶

۴) ۱۲۸

۱۰- ظرفی که عایق گرما است، محتوی ۸۰ گرم آب ۱۱/۵ درجهٔ سلسیوس است. یک قطعه مس به جرم ۴۲۰ گرم و دمای ۱۰۰ درجهٔ سلسیوس را در آب می‌اندازیم. اگر فقط بین آب و مس تبادل گرما صورت گیرد و $c_{آب} = ۴۲۰۰J/kg.K$ و $c_{مس} = ۳۸۰J/kg.K$ باشد، تا برقراری تعادل گرمایی، دمای آب چند کلوین افزایش می‌یابد؟

۱) ۲۸/۵

۲) ۴۰

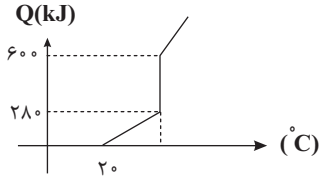
۳) ۳۱۳

۴) ۳۰۱/۵

دما و گرما : فیزیک ۱

۱- در کدام یک از گزینه‌های زیر، هر دو فرایند داده شده ، گرماده است؟

۱) تصعید، چگالش ۲) ذوب، تبخیر ۳) میعان، چگالش ۴) چگالش، تبخیر



۲- نمودار گرمای داده شده بر حسب دما برای جسمی جامد، مطابق شکل مقابل است. اگر ۴۸۰ کیلوژول گرما به این جسم در دمای $۲۰^\circ C$ بدهیم، چند درصد از این جسم، به صورت جامد باقی‌مانده است؟

۱) ۵/۳۷ ۲) ۵/۶۲

۳) ۴۰ ۴) ۶۰

۳- گرمایی که لازم است تا m گرم آب $۱۰^\circ C$ را به آب $۲۰^\circ C$ تبدیل کنیم، چند برابر گرمایی است که لازم است تا ۴m گرم یخ $-۱۰^\circ C$ را به آب $۰^\circ C$ تبدیل کنیم؟ $(c_{آب} = ۴۲۰۰\frac{J}{kg.K} \quad , \quad c_{یخ} = ۲۱۰۰\frac{J}{kg.K} \quad , \quad L_F = ۳۳۶۰۰۰\frac{J}{kg})$

۱) $\frac{۱}{۳۴}$ ۲) ۳۴

۳) $\frac{۱}{۳۵}$ ۴) ۳۵

۴- مقداری یخ صفر درجه سانتی‌گراد را درون ۱kg آب $۶۸^\circ F$ می‌ریزیم. اگر پس از ایجاد تعادل، نیمی از یخ ذوب شده باشد، چند گرم آب پس از برقراری تعادل درون ظرف داریم؟ $(L_F = ۳۳۶۰۰۰\frac{J}{kg}, c_{آب} = ۴۲۰۰\frac{J}{kg.K})$

۱) ۱۲۵۰

۲) ۳۰۰

۳) ۲۵۰

۴) ۱۳۰۰

۵- کدام گزینه دربارهٔ انتقال گرما نادرست است؟

۱) در فلزات، الکترونها به سرعت حرکت می‌کنند و با برخورد با سایر الکترونها سبب رسانش می‌شوند.

۲) رسانش گرمایی در جامدات به دلیل جابه‌جایی اتم‌های در حال ارتعاش با اتم‌های دیگر است.

۳) در چوب و شیشه، ارتعاش اتم‌ها و گسترش این ارتعاش در طول جسم، سبب انتقال گرما می‌شود.

۴) در مایع‌ها و گازها، انتقال گرما همراه با جابه‌جایی بخشی از ماده صورت می‌گیرد.

۶- حداقل چند گرم بخار آب $۱۰۰^\circ C$ برای ذوب کردن ۳۲۰g یخ $-۲۰^\circ C$ نیاز است؟ $(c_{آب} = ۲c_{یخ} = ۴/۲\frac{J}{g.^\circ c} \quad , \quad L_V = ۵۴۰c_{آب} \quad , \quad L_F = ۸۰c_{آب})$

۱) ۵

۲) ۸۵

۳) ۴۵

۴) ۹۰

۷- در یک چاله کوچک ۱۵۵۰g آب $۰^\circ C$ وجود دارد. اگر برای تبخیر سطحی، بخشی از آب تبخیر شود و بقیهٔ آن یخ ببندد، به ترتیب از راست به چپ جرم آب یخ زده و آب تبخیر شده چند گرم می‌شود؟ (از تبادل گرما بین آب و محیط صرف‌نظر کنید و $L_V = ۲۲۶۸\frac{kJ}{kg}$ و $L_F = ۳۳۶\frac{kJ}{kg}$)

۱) ۱۳۵۰g - ۲۰۰g

۲) ۲۰۰g - ۱۳۵۰g

۳) ۱۳۰۰g - ۲۵۰g

۴) ۲۵۰g - ۱۳۰۰g

۸- $8kg$ آب را درون یک کتری برقی با توان الکتریکی $4kw$ می‌ریزیم و آن را روشن می‌کنیم. از شروع فرآیند جوشیدن کامل تا تبخیر همهٔ آب درون کتری، چقدر طول می‌کشد؟ (فرض کنید تمام انرژی الکتریکی تبدیل شده به انرژی گرمایی، به آب می‌رسد و $L_V = 2250\frac{kJ}{kg}$)

۱) ۴۵ دقیقه

۲) ۱ ساعت

۳) ۱ ساعت و ۱۵ دقیقه

۴) ۱ ساعت و ۳۰ دقیقه

۹- درون یک ظرف فلزی به جرم $200g$، قطعه یخی به جرم $100g$ و دمای $-10°C$ می‌اندازیم. دمای اولیهٔ ظرف فلزی چند درجه سلسیوس باشد تا ۷۵ درصد جرم یخ ذوب شود؟ $(L_F = 336\frac{kJ}{kg}\ ,\ c_{ظرف} = 1\frac{kJ}{kg.K}\ ,\ c_{یخ} = 2/1\frac{kJ}{kg.K})$

۱) ۵۲/۵

۲) ۹۴/۵

۳) ۱۳۶/۵

۴) ۱۷۸/۵

۱۰- درون مخلوطی از آب ویخ، یک کرهٔ فلزی به حجم ۵۰۰۰ میلی متر مکعب و جرم ۳۰ گرم می اندازیم. اگر پس از به تعادل رسیدن مجموعه، حجم کره ۵۰۰۶ میلی متر مکعب شود و نیمی از آب موجود یخ بزند، جرم آب مجموعه چند گرم کاهش می یابد؟ $(\alpha = 5\times10^{-6}\frac{1}{°C}, c_{ظرف} = 840\frac{J}{kg°C}, L_F = 336\frac{kJ}{kg})$

۱) ۴

۲) ۸

۳) ۶

۴) ۱۲

فیزیک و اندازه گیری : فیزیک ۱

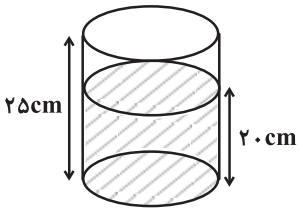
۱- با توجه به رابطهٔ فیزیکی $A = \frac{B}{x} + Cx^{۳}$، اگرکمیت B از جنس انرژی و کمیت x از جنس طول باشد؛ به ترتیب از راست به چپ یکای فرعی کمیت‌های A و C برحسب یکاهای اصلی دستگاه SI، کدام است؟

۱) $kg(m.s)^{-۲}$ و $kg.m.s^{-۲}$
۲) $kg.m^{۲}.s^{۲}$ و $kg.m.s^{-۲}$
۳) $kg(m.s)^{-۲}$ و $kg.m.s^{۲}$
۴) $kg(m.s)^{-۱}$ و $kg.m.s^{-۱}$

۲- روی نمایشگر یک کولیس رقمی، عدد ۱۸/۲۵mm نمایش داده شده است. دقت اندازه‌گیری این کولیس چند میکرومتر است؟

۱) ۰/۰۱
۲) ۱۰
۳) ۰/۰۲
۴) ۲۰

۳- مطابق شکل زیر، درون ظرفی استوانه‌ای شکل با شعاع مقطع ۱۰cm تا ارتفاع ۲۰cm روغن ریخته‌ایم، اگر قطعهٔ فلزی به چگالی $۲۷۰۰\frac{kg}{m^{۳}}$ را درون ظرف بیندازیم، ۹۰۰ گرم روغن از ظرف بیرون می‌ریزد. اگر جرم قطعه فلز ۱۶۲۰ گرم باشد، در این صورت حجم حفرهٔ درون آن چند سانتی‌مترمکعب است؟ ($\rho_{روغن} = ۸۰۰\frac{kg}{m^{۳}}$ و $\pi \simeq ۳$)



۱) ۲۶۲۵
۲) ۳۲۲۵
۳) ۲۰۲۵
۴) قطعه فلز حفره ندارد.

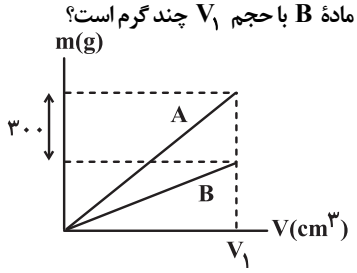
۴- وقتی شیر آبی را باز می‌کنیم، ۵ ظرف که حجم هر ظرف ۳۰ لیتر است؛ در مدت زمان ۵ دقیقه به‌طور کامل پُر می‌شوند. آهنگ متوسط خروج آب از شیر چند $\frac{m^{۳}}{\mu s}$ است؟

۱) ۵×۱۰^{-۹}
۲) ۵×۱۰^{-۱۰}
۳) ۵×۱۰^{-۱۱}
۴) ۵×۱۰^{-۱۲}

۵- کدام یک از تبدیل یکاهای زیر نادرست است؟

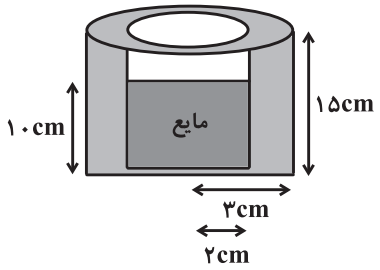
۱) $۰/۰۰۰۳۹\times۱۰^{-۳}cm^{۲} = ۳۹\mu m^{۲}$
۲) $۱۲۰۰۰۰۰۰\frac{ns}{mm^{۳}} = ۱/۲\times۱۰^{۴}\frac{Ts}{km^{۳}}$
۳) $۰/۰۰۰۰۰۰۲۳\frac{ms}{Mm^{۳}} = ۲/۳\times۱۰^{۱۱}\frac{ps}{Gm^{۳}}$
۴) $۱۰^{-۷}\frac{\mu m^{۲}}{ng.ps^{۲}} = ۱۰^{۳۸}\frac{cm^{۲}}{dag.Gs^{۲}}$

۶- نمودار جرم برحسب حجم برای دو مادهٔ A و B مطابق شکل زیر است. اگر نسبت چگالی A به B برابر $\frac{۳}{۲}$ باشد، جرم مادهٔ B با حجم $V_۱$ چند گرم است؟



۱) ۶۰۰
۲) ۷۰۰
۳) ۸۰۰
۴) ۹۰۰

۷- مطابق شکل زیر، درون یک استوانهٔ توخالی تا ارتفاع $۱۰cm$، مایعی به چگالی $۵\frac{g}{cm^۳}$ می‌ریزیم. اگر $\frac{۴}{۵}$ از حجم مایع درون ظرف را خالی کنیم، مجموع جرم ظرف و مایع باقی‌مانده در آن نسبت به قبل نصف می‌شود. جرم ظرف چند گرم است؟ $(\pi \simeq ۳)$



۱) ۶۰۰
۲) ۳۶۰
۳) ۴۸۰
۴) ۷۵۰

۸- کدام موارد زیر نادرست است؟

الف) نیرو همانند فشار، یک کمیت فرعی و برداری است.

ب) سال نوری یکای فرعی اندازه‌گیری زمان است.

پ) جرم یک زنبور عسل $(۰/۰۰۱۵kg)$ با نمادگذاری علمی به صورت $۱/۵\times۱۰^{-۳}g$ است.

ت) هر یک مگامترمربع برابر با $۱۰^{۲۴}$ میکرومترمربع است.

۱) الف و ب ۲) پ و ت ۳) الف و ت ۴) الف، ب و پ

۹- کدام یک از یکاهای زیر با بقیه متفاوت است؟

۱) $\frac{kg.m^۲}{s^۲}$ ۲) J ۳) $Pa.m^۳$ ۴) $N.m^۲$

۱۰- با آلیاژ کردن دو فلز A و B با چگالی‌های $۶\frac{g}{cm^۳}$ و $۱۲\frac{g}{cm^۳}$، $۱/۵kg$ آلیاژ C با چگالی $۱۰\frac{g}{cm^۳}$ به دست می‌آید. با صرف‌نظر کردن از تغییرات حجم در اثر اختلاط چند گرم فلز A در آلیاژ به کار رفته است؟

۱) ۱۵۰
۲) ۳۰۰
۳) ۴۵۰
۴) ۶۰۰

ویژگی‌های فیزیکی مواد – فیزیک۱ صفحه‌های ۲۳ تا ۵۲

۱- چه تعداد از عبارت‌های زیر نادرست است؟

الف) حالت ماده به چگونگی حرکت ذره‌های سازندهٔ ماده و اندازهٔ نیروی بین آنها بستگی دارد.

ب) در الماس، قیر و شیشه، اتم‌ها در طرح‌های منظمی کنار یکدیگر قرار می‌گیرند و به آن‌ها، جامدهای بلورین گفته می‌شود.

پ) دلیل پخش ذرات نمک و جوهر در آب، حرکت نامنظم و کاتوره‌ای ذرات نمک و جوهر است.

ت) قطره‌های شبنم که روی شاخ و برگ درختان در نور خورشید صبحگاهی می‌درخشند، نشانه‌ای از نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های آب است.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۲- شکل زیر، خروج قطره‌های روغن با دماهای متفاوت را از دهانهٔ دو قطره‌چکان مشابه نشان می‌دهد. دمای قطره‌های روغن در شکل «الف»، ..... از دمای قطره‌های روغن در شکل «ب» است و افزایش دما، نیروی هم‌چسبی مولکول‌های مایع را ..... می‌دهد.

۱) کمتر، افزایش

۲) کمتر، کاهش

۳) بیشتر، افزایش

۴) بیشتر، کاهش

۳- فشار وارد بر کف دریاچه‌ای $۴/۵\times۱۰^{۵}$ پاسکال و فشار هوا در این محل $۱۰^{۵}$ پاسکال است. عمق این دریاچه چند متر است؟ $(g=۱۰\frac{N}{kg}, \rho_{آب}=۱\frac{g}{cm^{۳}})$

۱) ۲۵

۲) ۳۵

۳) ۴۵

۴) ۵۵

۴- درون استوانه‌ای به شعاع قاعده ۱۰cm، ۱۸kg از یک نوع مایع ریخته شده است و فشار در کف استوانه ۱۰۶kPa می‌باشد. تمام این مایع را به آرامی درون ظرفی به شکل مکعب می‌ریزیم، به طوری‌که مایع این ظرف را به طور کامل پرمی‌کند و فشار در کف ظرف مکعبی، ۱۰۲kPa می‌شود. ضلع مکعب چند سانتی‌متر است؟ $(\pi=۳ , g=۱۰\frac{N}{kg})$

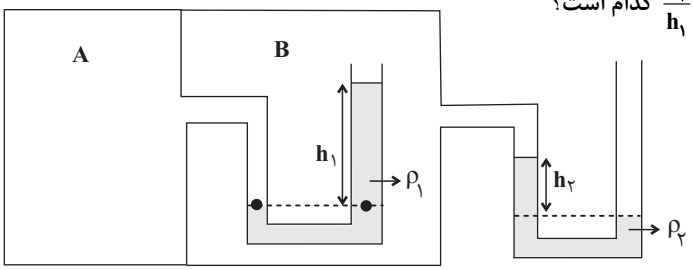
۱) ۶

۲) ۹

۳) ۳۰

۴) ۳۶

۵- در فشارسنج شکل زیر، دو مایع به چگالی‌های $\rho_1 = ۰/۴\rho_{جیوه}$ و $\rho_2 = \frac{۱}{۳}\rho_{جیوه}$، درون لوله‌های U شکل در تعادل هستند. اگر فشار پیمانه‌ای گازها در محفظه‌های A و B، به‌ترتیب ۱۸cmHg و ۶cmHg- باشد، نسبت $\frac{h_2}{h_1}$ کدام است؟



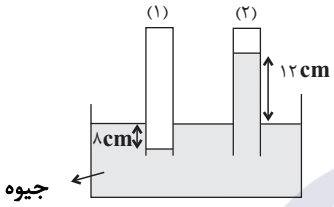
۱) ۰/۶

۲) ۰/۳

۳) $\frac{۱۰}{۳}$

۴) $\frac{۵}{۳}$

۶- در شکل مقابل، اگر فشار هوای جمع شده در انتهای لولهٔ «۲» برابر ۷۴/۸ kPa باشد، فشار هوای جمع شده در انتهای لولهٔ «۱» چند سانتی‌متر جیوه است؟ $(\rho_{جیوه} = ۱۳/۶\frac{g}{cm^3}, g = ۱۰\frac{N}{kg})$



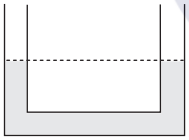
۱) ۷۰

۲) ۶۸

۳) ۷۵

۴) ۷۸

۷- در لولهٔ U شکل مقابل، مایع ۱ در حال تعادل است، به شاخهٔ سمت راست چند گرم از مایع ۲ با چگالی ۱/۲ کیلوگرم بر لیتر اضافه کنیم تا سطح مایع در شاخهٔ دیگر ۴ سانتی‌متر بالاتر بیاید؟ (سطح مقطع لوله‌ها با هم برابر و $A = ۵cm^2$، $\rho_1 = ۳\frac{kg}{lit}, g = ۱۰\frac{N}{kg}$)



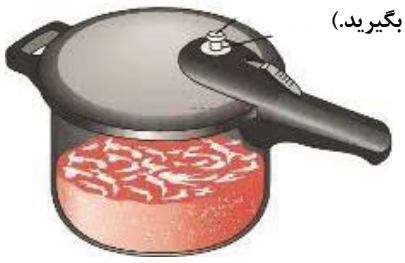
۱) ۱۲۰

۲) ۲۰

۳) ۶۰

۴) ۲۴

۸- مساحت روزنهٔ خروجی بخار آب، روی درب یک زودپز، $۰/۴mm^2$ است. جرم وزنه‌ای که باید روی این روزنه گذاشت چند گرم باشد تا فشار پیمانه‌ای بخار داخل زودپز، ۲۰ درصد کمتر از فشار کل بخار داخل زودپز شود؟ $(g = ۱۰\frac{N}{kg})$ و فشار هوای بیرون زودپز را ۱atm بگیرید.)



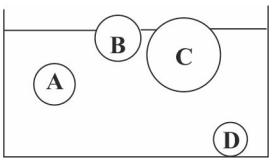
۱) ۳۲

۲) ۱۶

۳) ۳۲۰

۴) ۱۶۰

۹- اگر چهار کرهٔ توپر را درون آب یک استخر بیندازیم تا پس از تعادل به شکل زیر قرار گیرند، چند مورد از روابط زیر دربارهٔ چگالی آنها درست است؟



الف) $\rho_B = \rho_C$

ب) $\rho_A > \rho_B$

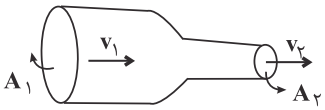
پ) $\rho_D > \rho_A$

ت) $\rho_A > \rho_C$

ث) $\rho_C > \rho_D$

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۱۰- در شکل مقابل، شاره‌ای پایا با جریان لایه‌ای از سطح مقطع A_1 به قطر ۱۶cm با تندی $۲۵\frac{cm}{s}$ وارد شده و از سطح مقطع A_2 به شعاع ۴cm خارج می‌شود. به‌ترتیب آهنگ شارش حجمی شاره در لوله و تندی خروج شاره در SI چقدر هستند؟ $(\pi = ۳)$



۱) $۱ , ۱/۹۲\times۱۰^{-۲}$

۲) $۴ , ۱/۹۲\times۱۰^{-۲}$

۳) $۱ , ۴/۸\times۱۰^{-۳}$

۴) $۴ , ۴/۸\times۱۰^{-۳}$

کار، انرژی و توان– فیزیک۱

۱- جسمی به جرم ۸۰۰ گرم با تندی v در حال حرکت است. اگر تندی جسم $۲\frac{m}{s}$ افزایش یابد، انرژی جنبشی آن $۳۲J$ افزایش می‌یابد. v چند $\frac{m}{s}$ است؟

۱) ۲۰

۲) ۱۹

۳) ۱۶

۴) ۳۲

۲- دو نیروی $\vec{F}_۱ = (۶N)\vec{i}$ و $\vec{F}_۲ = (-۲N)\vec{j}$ بر جسمی اثر می‌کنند. اگر جابه‌جایی جسم $\vec{d} = (۴m)\vec{i} - (۳m)\vec{j}$ باشد، کار نیروی $\vec{F}_۱$ چند برابر کار نیروی $\vec{F}_۲$ است؟

۱) ۵

۲) ۴

۳) ۳

۴) ۱

۳- دو جسم A و B به جرم‌های m_A و $m_B = ۲m_A$ روی سطح افقی بدون اصطکاک ساکن هستند. اگر به این دو جسم به‌ترتیب نیروهای خالص و افقی $۲\vec{F}$ و $\vec{F}$ وارد شود، پس از جابه‌جایی یکسان آنها، تندی جسم B چند برابر تندی جسم A خواهد بود؟

۱) $\frac{۱}{۲}$ ۲) ۲

۳) $\frac{۱}{۴}$ ۴) ۴

۴- گلوله‌ای با تندی $۱۰\frac{m}{s}$ از سطح زمین به سمت بالا پرتاب می‌شود، با صرف‌نظر از اتلاف انرژی در چه فاصله‌ای از سطح زمین بر حسب متر، تندی گلوله به $۸\frac{m}{s}$ می‌رسد؟ $(g = ۱۰\frac{N}{kg})$

۱) ۱/۸

۲) ۰/۹

۳) ۲/۷

۴) ۳/۲

۵- جسمی در هوا آزادانه سقوط می‌کند و $۴۰۰J$ از انرژی پتانسیل گرانشی آن کاهش می‌یابد، انرژی جنبشی در این حرکت چگونه تغییر می‌کند؟

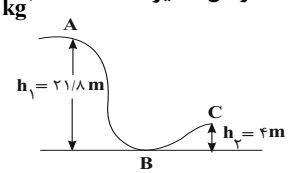
۱) کمتر از $۴۰۰J$ کاهش می‌یابد.

۲) بیشتر از $۴۰۰J$ کاهش می‌یابد.

۳) کمتر از $۴۰۰J$ افزایش می‌یابد.

۴) بیشتر از $۴۰۰J$ افزایش می‌یابد.

۶- مطابق شکل زیر، جسمی به جرم ۱kg مسیر ABC را طی می‌کند. جسم از حال سکون از نقطهٔ A رها می‌شود و با تندی $۱۴\frac{m}{s}$ از نقطهٔ B عبور کرده و با تندی $۶\frac{m}{s}$ به نقطهٔ C می‌رسد. اندازهٔ کار نیروی اصطکاک در مسیر BC چند درصد اندازهٔ کار نیروی اصطکاک در کل مسیر AC است؟ $(g=۱۰\frac{N}{kg})$



۱) ۱۰ ۲) ۱۵ ۳) ۲۰ ۴) ۲۵

۷- برای آنکه تندی متحرکی، از $v_۱$ به $۲v_۱$ برسد، باید کل کار انجام شده روی آن ۲۴۰J شود. تندی این متحرک، از $۲v_۱$ به چند $v_۱$ باید برسد تا کل کار انجام شده روی آن ۱۶۸۰J شود؟

۱) ۴ ۲) ۵ ۳) ۶ ۴) ۷

۸- جسمی به جرم m در یک مسیر در حال حرکت است. اگر در یک جابه‌جایی مشخص کار برآیند نیروهای وارد بر جسم برابر W_T باشد، چند مورد از گزاره‌های زیر صحیح است؟

الف) اگر $W_T > ۰$ باشد الزاماً تندی جسم در پایان جابه‌جایی افزایش می‌یابد.

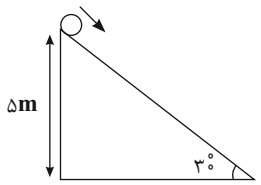
ب) اگر تندی جسم ثابت باشد، الزاماً $W_T = ۰$ است.

پ) اگر برایند نیروهای وارد بر جسم صفر باشد، الزاماً $W_T = ۰$ است.

ت) اگر $W_T = ۰$ باشد الزاماً برایند نیروهای وارد بر جسم برابر صفر است.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۹- در شکل زیر توپی به جرم ۱kg با تندی $۴\frac{m}{s}$ از بالای سطح شیب‌داری که با افق زاویهٔ ۳۰° می‌سازد، روی سطح به سمت پایین پرتاب می‌شود. اگر بزرگی نیروی اصطکاک در مسیر ثابت و برابر ۲/۶N باشد، توپ با تندی چند متر بر ثانیه به پایین سطح شیب‌دار می‌رسد؟ $(g=۱۰\frac{N}{kg})$



۱) $\sqrt{۲۶}$

۲) $\sqrt{۵۲}$

۳) ۷

۴) ۸

۱۰- توان ورودی پمپ آبی ۲kW است. این پمپ در هر ساعت ۱۲×۱۰^۳L آب را با تندی ثابت از عمق ۱۸ متری زمین به ارتفاع ۲۴ متری بالای سطح زمین منتقل می‌کند. بازده این پمپ چند درصد است؟ ($g=۱۰\frac{N}{kg}$ و چگالی آب $۱۰۰۰\frac{kg}{m^۳}$ است)

۱) ۱۰

۲) ۶۰

۳) ۷۰

۴) ۸۰

۱۱- چند مورد از جملات زیر درست است؟

الف) فشارسنج بوردون، فشار پیمانه‌ای را اندازه می‌گیرد.

ب) شیشه گران برای چسباندن دو قطعه شکسته شیشه از افزایش نیروی هم‌چسبی با کاهش فاصله بین مولکولی استفاده می‌کنند.

پ) اگر چند قطره آب روی شیشه دوداندود بریزیم، سطح شیشه را تر می‌کنند.

ت) چسبیدن موهای قلم مو بعد از بیرون آمدن بخاطر بیشتر بودن نیروی هم چسبی مولکول‌های آب از دگر چسبی آب و قلم مو است.

۱) ۴ ۲) ۳ ۳) ۲ ۴) ۱

۱۲- فشار کل در عمق h متری آب یک دریاچه، ۲۰ درصد از فشار کل در عمق ۱۰h متری آن است. اختلاف ارتفاع بین دو نقطه چند متر است؟

$(g = ۱۰\frac{N}{kg}$ و $P_۰ = ۱۰^۵ Pa$, $\rho_{آب} = ۱\frac{g}{cm^۳})$

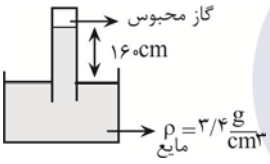
۱) ۴۵

۲) ۴/۵

۳) ۷۲

۴) ۷/۲

۱۳- آزمایش شکل زیر در محیطی با فشار هوای ۷۴cmHg انجام شده است. فشار هوای محبوس چند سانتی متر جیوه است؟



$(\rho_{جیوه} = ۱۳/۶\frac{g}{cm^۳})$

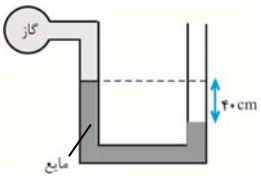
۱) ۱۰

۲) ۲۰

۳) ۳۴

۴) ۴۴

۱۴- فشار پیمانه‌ای گاز درون مخزن چند cmHg است؟ $(\rho_{جیوه} = ۱۳/۶\frac{g}{cm^۳}$ و $\rho_{مایع} = ۰/۸۵\frac{g}{cm^۳})$



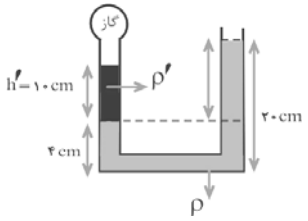
۱) +۲/۵

۲) −۲/۵

۳) +۵

۴) −۵

۱۵- اگر فشار پیمانه‌ای مخزن گاز ۳۰۰۰Pa باشد، وقتی مخزن گاز سوراخ شود، اختلاف ارتفاع مایع ρ در دو طرف چند cm می‌شود؟ ($2\rho = 5\rho'$ و حجم لوله رابط ناچیز فرض شود.)



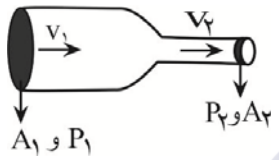
۱) ۴

۲) ۸

۳) ۶

۴) ۲

۱۶- در لولهٔ مقابل جریان آرام یک شاره برقرار است. اگر قطر سطح مقطع لوله در قسمت قطورتر ۵۰ درصد بیشتر از قطر سطح مقطع در بخش باریک‌تر باشد، در مورد تندی(V) و فشار شاره (P) در این دو بخش کدام گزینه الزاماً درست است؟



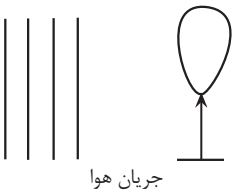
۱) $\frac{P_2}{P_1} = \frac{9}{4}, \frac{v_2}{v_1} = \frac{9}{4}$

۲) $\frac{P_2}{P_1} = \frac{9}{4}, \frac{v_2}{v_1} = \frac{4}{9}$

۳) $P_2 > P_1, \frac{v_2}{v_1} = \frac{9}{4}$

۴) $P_2 < P_1, \frac{v_2}{v_1} = \frac{9}{4}$

۱۷- مطابق شکل زیر، جریان هوای تندی از سمت چپ بادکنکی می‌گذرد. چه تعداد از گزاره‌های زیر درست بیان شده است؟



الف) اگر جریان هوا به سمت بالا باشد، در این صورت بادکنک به سمت راست منحرف می‌شود.

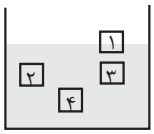
ب) اگر جریان هوا به سمت پایین باشد، بادکنک به سمت چپ منحرف می‌شود.

پ) اگر جریان هوا به سمت درون صفحه باشد، بادکنک به سمت چپ منحرف می‌شود.

ت) اگر جریان هوا به سمت بیرون صفحه باشد، بادکنک به سمت چپ منحرف می‌شود.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۱۸- شکل زیر وضعیت ۴ جسم توپر در یک مایع ساکن درون ظرف را در یک لحظه نشان می‌دهد. اگر جسم‌های ۱ و ۲ ساکن و ۳ و ۴ در حال بالا رفتن باشند، کدام حالت‌های زیر الزاماً درست است؟



الف) $\rho_1 = \rho_2$ ب) $\rho_3 = \rho_4$ پ) $\rho_1 < \rho_2$ ت) $\rho_4 < \rho_2$

۱) الف و ب ۲) ب و پ

۳) پ و ت ۴) الف و ب و پ

۱۹- فشار جو در سطح زمین تقریباً برابر با 10^5 Pa است. نیرویی که در سطح زمین از طرف هوا بر هر سانتی‌متر مربع وارد می‌شود،تقریباً چند نیوتون است؟

۱) ۱۰۰۰

۲) ۱۰۰

۳) ۱۰

۴) ۱

۲۰- در شکل زیر، آب حجم لوله‌ها را پُر کرده و به‌صورت پیوسته و پایدار در لوله‌هایی افقی با سطح مقطع‌های متفاوت جاری است. اگر تندی آب را با v و فشار آن را با P نشان دهیم، کدام رابطه درست است؟

۱) $P_A > P_B$, $v_A < v_B$

۲) $P_A > P_B$, $v_A > v_B$

۳) $P_A < P_B$, $v_A < v_B$

۴) $P_A < P_B$, $v_A > v_B$

دما و گرما

۱- دمای یک جسم بر حسب درجهٔ سلسیوس چقدر باشد تا دماسنج‌های کلوین و فارنهایت عدد یکسانی را نشان دهند؟

۱) ۱۹۲/۲

۲) ۳۰۱/۲۵

۳) ۴۸/۲

۴) ۶۰/۲۵

۲- چه تعداد از عبارت‌های زیر درست است؟

- دماسنج گازی، دماسنج مقاومت پلاتینی و ترموکوپل دماسنج‌های معیار هستند.
- کمیت دماسنجی در ترموکوپل ولتاژ می‌باشد.
- گسترهٔ دمایی ترموکوپل به جنس سیم‌های آن بستگی دارد.

۱) صفر ۲) ۱ ۳) ۲ ۴) ۳

۳- دمای دو میله با طول‌های اولیهٔ L_A و L_B را به‌ترتیب $54°C$ و $108°F$ افزایش می‌دهیم. اگر $\alpha_B = 2/7\alpha_A$ و افزایش طول دو میله برابرباشد، نسبت طول اولیهٔ میلهٔ B به طول اولیهٔ میلهٔ A کدام است؟

۱) $\frac{1}{3}$ ۲) ۳ ۳) $\frac{27}{5}$ ۴) $\frac{5}{27}$

۴- دمای قطعه فلزی با ضریب انبساط طولی $\alpha = 4\times10^{-5}\frac{1}{K}$ را تقریباً چند درجهٔ فارنهایت افزایش دهیم تا چگالی آن ۳ درصد کاهش یابد؟

۱) ۲۵۰

۲) ۴۵۰

۳) ۷۵۰

۴) ۱۳۵۰

۵- m گرم آب با دمای $10°C$ را با $10g$ آب با دمای $40°C$ درون ظرف فلزی ۱۵۰ گرمی با دمای $16°C$ می‌ریزیم. اگر دمای تعادل $16°C$ شود، m چند گرم است؟ ($c_{آب} = 4200\frac{J}{kg°C}$ ، $c_{فلز} = 400\frac{J}{kg°C}$)

۱) ۸۰

۲) ۶۰

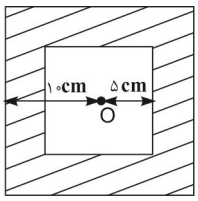
۳) ۴۰

۴) ۲۰

۶- یک قطعه فلز را که دمای آن بر حسب درجهٔ سلسیوس برابر 2θ می‌باشد درون $600g$ آب $0°C$ می‌اندازیم. اگر دمای تعادل بر حسب درجهٔ سلسیوس برابر $\frac{\theta}{2}$ باشد، جرم فلز چند کیلوگرم است؟ ($c_{آب} = 4/2\frac{J}{g.K}$ ، $c_{فلز} = 420\frac{J}{kg.K}$ ، $\theta < 100°C$ و اتلاف گرما ناچیز است.)

۱) ۰/۲۵ ۲) ۰/۵ ۳) ۲ ۴) ۰/۷۵

۷- اگر دمای نوار فلزی مربعی را شکل زیر $۲۵۰°C$ افزایش دهیم، مساحت قسمت فلزی $۳۰۳cm^۲$ می‌شود. ضریب انبساط طولی فلز چند یکای SI است؟ (نقطهٔ O در مرکز دو مربع قرار دارد.)



۱) ۲×۱۰^{-۵}

۲) ۲×۱۰^{-۴}

۳) ۵×۱۰^{-۶}

۴) ۵×۱۰^{-۵}

۸- ظرفی پر از مایع است و با گرما دادن یکنواخت به مجموعه ظرف و مایع، بر حجم ظرف ΔV افزوده شده و $۱۹۴cm^۳$ از مایع نیز از ظرف سرریز می‌شود. اگر ضریب انبساط حجمی مایع $\frac{۱۰۰}{۳}$ برابر ضریب انبساط حجمی ظرف باشد، ΔV چند سانتی‌متر مکعب است؟

۱) ۵

۲) ۵/۸۲

۳) ۶

۴) ۶/۸۲

۹- چند گرم آب با دمای $۵۰°C$ را با $۷۰۰cm^۳$ الکل با دمای $۴۱°F$ مخلوط کنیم تا دمای تعادل $۲۷/۵°C$ شود؟

($\rho_{\text{الکل}} = ۰/۸\frac{g}{cm^۳}$, $\rho_{\text{آب}} = ۱\frac{g}{cm^۳}$, $c_{\text{آب}} = ۴۲۰۰\frac{J}{kg.°C}$, $c_{\text{الکل}} = ۲۴۰۰\frac{J}{kg.°C}$ و اتلاف گرما ناچیز است.)

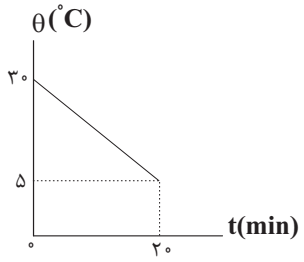
۱) ۳۲۰

۲) ۳۸۰

۳) ۶۶۰

۴) ۵۰۰

۱۰- از جسمی به جرم $۳۰۰g$ که در یک وسیلهٔ سرمازا قرار گرفته است، با آهنگ ثابت ۳ ژول بر ثانیه گرما گرفته‌ایم. اگر نمودار تغییرات دما بر حسب زمان به صورت شکل مقابل باشد، گرمای ویژهٔ جسم چند یکای SI است؟(تبادل گرما فقط بین جسم و وسیله است)



۱) ۰/۴۸

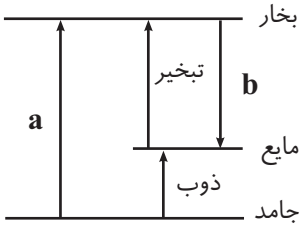
۲) ۸

۳) ۴۰۰

۴) ۴۸۰

دما و گرما

۱- با توجه به شکل زیر، حالت « a » و حالت « b » به ترتیب از راست به چپ مطابق کدام گزینه‌اند؟



۱) تصعید - میعان

۲) میعان - تصعید

۳) چگالش - تبخیر

۴) چگالش – میعان

۲- کدام یک از گزینه‌های زیر نادرست است؟

۱) تشخیص طعمه توسط مار زنگی نمونه‌ای از کاربرد تابش گرمایی در پدیده‌های زیستی است.

۲) آزمایش مکعب لسلی در مورد رابطهٔ رسانش گرمایی و رنگ جسم است.

۳) پایه و اساس انتقال گرما در روش همرفت، کاهش چگالی شاره با افزایش دما است.

۴) در رساناهای فلزی، سهم الکترون‌های آزاد در رسانش گرما بیشتر از اتم‌هاست.

۳- چه تعداد از گزاره‌های زیر درست بیان شده‌اند؟

الف) تف‌سنج تابشی به عنوان دماسنج معیار برای اندازه‌گیری دماهای بالاتر از $۱۱۰۰^\circ C$ انتخاب شده است.

ب) تابش گرمایی در دماهای زیر $۵۰۰^\circ C$ عمدتاً به صورت فروسرخ و مرئی است.

پ) انتقال گرما از مرکز خورشید به سطح آن به علت پدیده تابش گرمایی است.

۱) صفر ۲) ۱ ۳) ۲ ۴) ۳

۴- چه تعداد از پدیده‌های زیر به علت همرفت طبیعی است؟

«گرم و سرد شدن بخش‌های مختلف بدن بر اثر گردش خون، سیستم خنک کننده موتور اتومبیل، جریان باد ساحلی، از دست دادن انرژی در کلم اسکانک»

۱) ۴ ۲) ۱ ۳) ۲ ۴) ۳

۵- گرمایی که ۵۵۰ گرم یخ با دمای $-۱۰^\circ C$ را تبدیل به آب با دمای $۵^\circ C$ می‌کند، m گرم آب با دمای $۴۰^\circ C$ را به دمای جوش رسانده و نیمی از آن را تبخیر می‌کند. m چند گرم است؟ ($L_V = ۲۲۶۸\frac{kJ}{kg}$, $L_F = ۳۳۶\frac{kJ}{kg}$, $c_{آب} = ۴/۲\frac{kJ}{kg^\circ C}$, $c_{یخ} = ۲/۱\frac{kJ}{kg^\circ C}$ و اتلاف انرژی ناچیز است)

۱) ۷۵ ۳) ۱۵۰

۲) ۴۱/۲۵ ۴) ۸۲/۵

۶- کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح نیست؟

۱) با افزایش دمای آب، گرمای نهان تبخیر آن کاهش می‌یابد.

۲) با افزودن ناخالصی به آب، دمای ذوب آن کاهش می‌یابد.

۳) افزایش دما سبب افزایش آهنگ تبخیر سطحی می‌شود.

۴) هر چقدر ارتفاع از سطح دریا افزایش یابد، دمای جوش آب افزایش می‌یابد.

۷- مقداری آب در دمای صفر درجهٔ سلسیوس در یک ظرف عایق ریخته شده است. اگر ۱۰ درصد از جرم آب موجود در اثر تبخیر سطحی بخار شود، جرم آب یخ زده چند برابر جرم آب باقیمانده در ظرف است؟ ($L_V = ۲۲۶۸\frac{kJ}{kg}$, $L_F = ۳۳۶\frac{kJ}{kg}$ و اتلاف انرژی ناچیز است)

۱) ۳ ۳) ۶

۲) $\frac{۲۷}{۲۰}$ ۴) $\frac{۲۷}{۴۰}$

۸- قطعه یخی به جرم ۸۱۰g و دمای $-۱۰°C$ را در ظرف آبی با دمای صفر درجهٔ سلسیوس می‌اندازیم. در نهایت دمای یخ به $-۲°C$ می‌رسد. با فرض عدم اتلاف انرژی، چند گرم بر جرم یخ افزوده می‌شود؟ ($c_{یخ} = ۲\frac{J}{g°C}$, $L_F = ۳۲۰\frac{J}{g}$)

۱) ۴۰ ۳) ۶۰

۲) ۵۰ ۴) ۳۰

۹- یک قطعه یخ به جرم ۵۰۰ گرم و دمای $-۸°C$ را درون یک استخر رو باز پر از آب به دمای $۳۲°F$ می‌اندازیم.پس از برقراری تعادل گرمایی کدام گزینه درست است؟ ($L_F = ۳۳۶\frac{kJ}{kg}$ ، $c_{یخ} = ۲/۱\frac{kJ}{kg.°C}$ و از اتلاف انرژی صرف نظر شود.)

۱) ۲۵ گرم از یخ ذوب می‌شود.

۲) ۵۰ گرم از یخ ذوب می‌شود.

۳) ۲۵ گرم به جرم یخ افزوده می‌شود.

۴) ۵۰ گرم به جرم یخ افزوده می‌شود.

۱۰- مقدار گرمایی را که m گرم بخار آب با دمای $۱۰۰°C$ در فشار یک اتمسفر از دست می‌دهد تا به آب با دمای $۰°C$ تبدیل شود، به یک قطعه یخ با دمای $۰°C$ می‌دهیم. اگر m' گرم از یخ ذوب شود، نسبت $\frac{m'}{m}$ چقدر است؟ ($c_{آب} = ۴/۲\frac{J}{g.°C}$ و $L_V = ۲۲۶۸\frac{J}{g}$ و $L_F = ۳۳۶\frac{J}{g}$ و از اتلاف انرژی صرف نظر شود)

۱) ۸

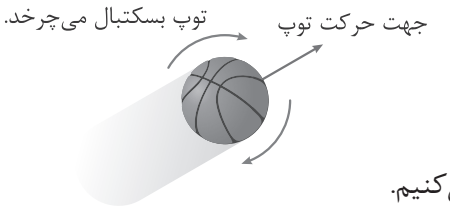
۲) $\frac{۱}{۸}$

۳) $\frac{۱}{۲}$

۴) ۲

فیزیک ۲۵/مهر/۱۴۰۴

۱- در شکل زیر، یک توپ بسکتبال توسط ورزشکاران به سمت سبد پرتاب شده است. برای مدل‌سازی فیزیکی حرکت این توپ، کدام یک از فرض‌های زیر را نمی‌توانیم بپذیریم؟



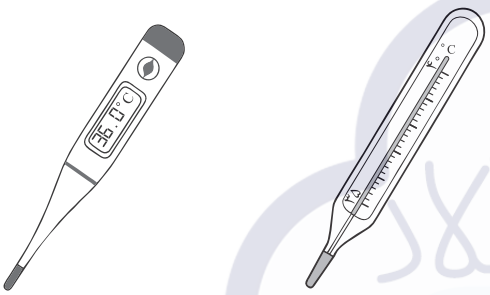
۱) با چشم‌پوشی از اندازه و شکل توپ، آن را به صورت یک جسم نقطه‌ای یا ذره در نظر می‌گیریم.

۲) با فرض حرکت توپ در خلأ، از مقاومت هوا و اثر ورزش باد صرف نظر می‌کنیم.

۳) فرض می‌کنیم با تغییر فاصلهٔ توپ از مرکز زمین، نیروی گرانشی وارد بر آن ثابت می‌ماند.

۴) چرخش توپ را نادیده می‌گیریم و از وزن توپ صرف نظر می‌کنیم.

۲- در شکل زیر دو تب‌سنج مدرج و رقمی نشان داده شده است. دقت اندازه‌گیری این دو تب‌سنج به ترتیب از راست به چپ، چند درجهٔ سلسیوس است؟



۱) ۰/۱، ۰/۲

۲) ۰/۲، ۰/۱

۳) ۱، ۰/۲

۴) ۰/۲، ۱

۳- کدام‌یک از موارد زیر، با یکای انرژی در SI معادل نیست؟

۱) متر × نیوتون

۲) متر مکعب × پاسکال

۳) $\frac{\text{متر} \times \text{کیلوگرم}}{\text{ثانیه}}$

۴) $\frac{\text{میلی‌متر مربع} \times \text{کیلوگرم}}{(\text{میلی‌ثانیه})^2}$

۴- هر میکروقرن، تقریباً چند دقیقه است؟

۱) ۵/۲۶ ۲) ۸/۷۶ ۳) ۵۲/۶ ۴) ۸۷/۶

۵- یک کشتی، مسافت ۴۵۹ km را در مدت ۵ ساعت طی می‌کند. در این حرکت، تندی متوسط این کشتی چند گرهٔ دریایی است؟ (هر گرهٔ دریایی برابر ۰/۵۱ m/s است.)

۱) ۳۰ ۲) ۵۰ ۳) ۳۰۰ ۴) ۵۰۰

۶- چگالی نوترون تقریباً برابر $0/69\ \mu g/nm^3$ است. چگالی نوترون در SI و برحسب نمادگذاری علمی کدام است؟

۱) $6/9\times10^{15}$ ۲) $6/9\times10^{17}$ ۳) 69×10^{13} ۴) 69×10^{16}

۷- یک لولهٔ استوانه‌ای توخالی با سطح مقطع دایره‌ای به شعاع داخلی a و شعاع خارجی $b = ۱/۲a$ و طول $L = ۲۰a$ از ماده‌ای با چگالی $\rho = \frac{۱۶}{\pi}\ g/cm^۳$ ساخته شده است. اگر جرم این لوله $m = ۲/۲\ kg$ باشد، a چند سانتی‌متر است؟

۱) ۲/۵ ۲) ۳ ۳) ۵ ۴) ۶

۸- در یک ظرف ۱ لیتری، $۹۶۰\ g$ آب وجود دارد. اگر قطعهٔ فلزی به جرم $۱/۲\ kg$ در آب درون این ظرف فرو رود، $۱۲۰\ cm^۳$ آب از ظرف بیرون می‌ریزد. حجم حفرهٔ درون این قطعه چند سانتی‌متر مکعب است؟ ($\rho_{فلز} = ۸\ g/cm^۳$ و $\rho_{آب} = ۱\ g/cm^۳$)

۱) ۳۰ ۲) ۲۰ ۳) ۱۰ ۴) ۵

۹- چگالی مایع A از چگالی مایع B، ۲۵ درصد بیشتر است. اگر در مخلوطی از این دو مایع، حجم مایع A، ۳ برابر حجم مایع B باشد، چگالی مخلوط چند درصد کم‌تر از چگالی مایع A است؟ (در اثر مخلوط‌شدن، حجم کل مایع‌ها ثابت می‌ماند.)

۱) ۵ ۲) ۶/۲۵ ۳) ۷/۵ ۴) ۱۰

۱۰- جرم مخلوطی از آب و یک مایع به چگالی $۱/۹\ g/cm^۳$ برابر $۷/۷\ kg$ و حجم آن برابر $۵\ L$ است. جرم آب موجود در این مخلوط چند کیلوگرم است؟ ($\rho_{آب} = ۱\ g/cm^۳$)

۱) ۲ ۲) ۳ ۳) ۳/۸ ۴) ۵/۷

۱۶/آبان/۱۴۰۴ فیزیک

۱- کدام‌یک از موارد زیر همواره درست است؟

۱) فاصلهٔ ذرات سازندهٔ مایع، بیشتر از فاصلهٔ ذرات سازندهٔ جامد است.

۲) با افزایش دمای یک مایع، اندازهٔ نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های آن افزایش می‌یابد.

۳) پدیدهٔ پخش در مایع‌ها، سریع‌تر از گازها رخ می‌دهد.

۴) در فرایند سردسازی آرام مایع، اغلب جامدهای بلورین تشکیل می‌شوند.

۲- جسم توپری به چگالی ρ_1 و وزن W بر روی سطح مایعی به چگالی ρ_2 شناور و ساکن است. اگر اندازهٔ نیروی شناوری وارد بر جسم از طرف مایع برابر F باشد، کدام مقایسه درست است؟

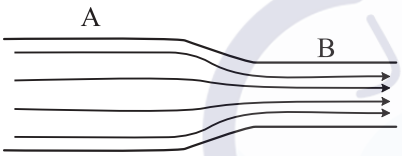
۱) $F > W ، \rho_1 > \rho_2$

۲) $F = W ، \rho_1 > \rho_2$

۳) $F > W ، \rho_2 > \rho_1$

۴) $F = W ، \rho_2 > \rho_1$

۳- در شکل زیر، مایع تراکم‌ناپذیری که حجم لوله را پر کرده است، در راستای افقی جاری است. اگر شعاع مقطع لوله در قسمت B، ۲۰ درصد کم‌تر از شعاع مقطع لوله در قسمت A باشد، تندی مایع در قسمت B چند درصد بیشتر از تندی مایع در قسمت A است؟



۱) ۲۰

۲) ۲۵

۳) ۵۶ / ۲۵

۴) ۶۲ / ۵

۴- تندی هوا در بالا و پایین بال هواپیمایی به ترتیب v_1 و v_2 و فشار هوا در بالا و پایین بال آن به ترتیب P_1 و P_2 است. در حالتی که نیروی وارد بر بال هواپیما از طرف هوا رو به بالاست، کدام مورد درست است؟

۱) $P_1 > P_2 ، v_1 > v_2$

۲) $P_2 > P_1 ، v_1 > v_2$

۳) $P_1 > P_2 ، v_2 > v_1$

۴) $P_2 > P_1 ، v_2 > v_1$

۵- اگر در عمق ۵ سانتی‌متری مایعی فشار ۱۰۰ kPa و در عمق ۲۵ سانتی‌متری آن فشار ۱۰۸ kPa باشد، به ترتیب از راست به چپ، چگالی مایع چند گرم بر لیتر و فشار هوا در محیط چند کیلوپاسکال است؟ $(g = ۱۰ N / kg)$

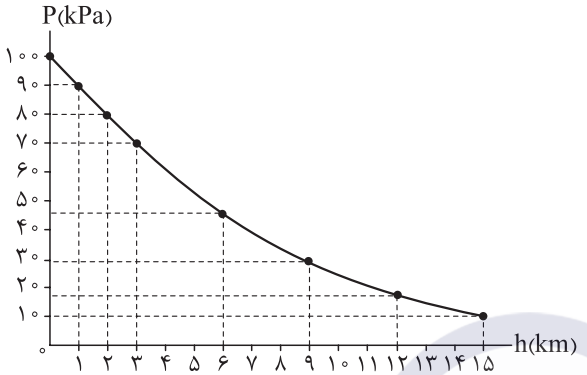
۱) ۴، ۹۸

۲) ۴، ۹۶

۳) ۴۰۰۰، ۹۸

۴) ۴۰۰۰، ۹۶

۶- نمودار فشار هوا برحسب فاصله از سطح دریای آزاد به شکل زیر است. چگالی متوسط هوا از ارتفاع ۳ کیلومتری دریای آزاد تا ارتفاع ۱۵ کیلومتری آن، چند کیلوگرم بر متر مکعب است؟ $(g = ۱۰\ N/kg)$



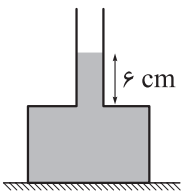
۱) ۰/۵

۲) ۰/۷۵

۳) ۵

۴) ۷/۵

۷- در شکل زیر، ظرف مکعب‌شکلی به ابعاد $۱۰\ cm$ روی سطح افقی قرار دارد و به سطح بالایی ظرف، لولهٔ قائمی به سطح مقطع $۲\ cm^۲$ وصل است و درون آن تا اندازهٔ نشان داده شده، مایعی به چگالی $۱/۵\ g/cm^۳$ قرار دارد. اندازهٔ نیروی ناشی از فشار مایع وارد بر کف ظرف چند نیوتون است؟ $(g = ۱۰\ N/kg)$



۱) ۲۴

۲) ۱۵۱/۸

۳) ۲/۴

۴) ۱۵/۱۸

۸- در یک لولهٔ Uشکل، مقداری جیوه قرار دارد. در یکی از شاخه‌های لوله، مایعی به چگالی $۲\ g/cm^۳$ می‌ریزیم تا ارتفاع آن به $۳۴\ cm$ برسد. در این حالت، اختلاف ارتفاع سطح آزاد مایع و جیوه در دو شاخهٔ لوله چند سانتی‌متر است؟ (چگالی جیوه $۱۳/۶\ g/cm^۳$ است.)

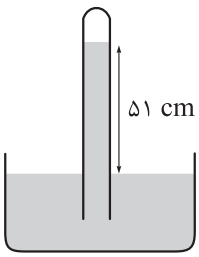
۱) ۵

۲) ۱۰

۳) ۱۹

۴) ۲۹

۹- در شکل زیر، چگالی مایع درون ظرف و لوله $۲\ g/cm^۳$ است. اگر فشار هوا در محیط $۱۰۲\ kPa$ باشد، فشار گاز جمع‌شده در انتهای لوله چند سانتی‌متر جیوه است؟ ($g = ۱۰\ m/s^۲$ و $\rho_{جیوه} = ۱۳/۶\ g/cm^۳$)



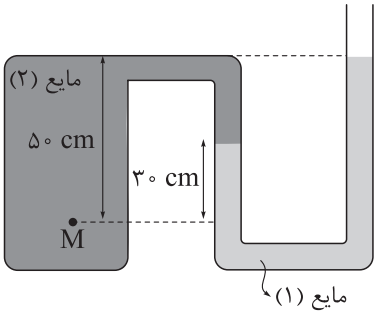
۱) ۶۶/۵

۲) ۶۷/۵

۳) ۶۸/۵

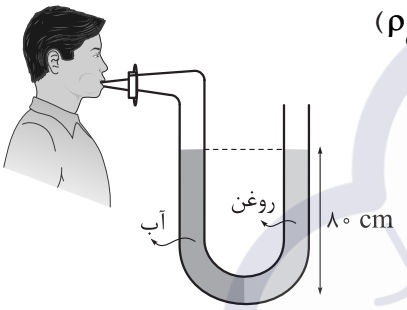
۴) ۶۹/۵

۱۰- در شکل زیر، چگالی دو مایع (۱) و (۲) به ترتیب $۲/۵\ g/cm^۳$ و $۲\ g/cm^۳$ است. اگر فشار هوا برابر $۹۰\ kPa$ باشد، فشار نقطهٔ M چند کیلوپاسکال است؟ $(g = ۱۰\ N/kg)$



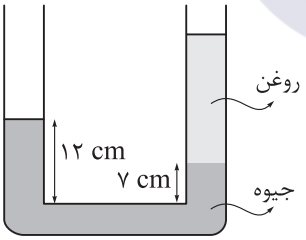
۱) ۹۵
۲) ۹۶
۳) ۱۰۰
۴) ۱۰۱

۱۱- در شکل زیر، لولهٔ Uشکل محتوی حجم مساوی از آب و روغن است. فشار پیمانه‌ای هوای درون ریهٔ شخص چند کیلوپاسکال است؟ ($g = ۱۰\ N/kg$ ، $\rho_{آب} = ۱\ g/cm^۳$ ، $\rho_{روغن} = ۰/۷۵\ g/cm^۳$)



۱) ۲
۲) ۲-
۳) ۲۰
۴) ۲۰-

۱۲- در شکل زیر، روغن و جیوه در لولهٔ Uشکلی به سطح مقطع $۴\ cm^۲$ در حال تعادل قرار دارند. در شاخهٔ سمت چپ لوله، چند گرم آب بریزیم تا ارتفاع جیوه در دو شاخهٔ لوله یکسان شود؟ ($g = ۱۰\ N/kg$ و چگالی جیوه $۱۳/۶\ g/cm^۳$ است.)



۱) ۶/۸
۲) ۲۷/۲
۳) ۶۸
۴) ۲۷۲

۱- بیماری به جرم ۶۰ kg روی تختی به جرم ۱۵ kg دراز کشیده است. پرستاری این تخت را با نیروی ثابت و افقی $\vec{F}$ روی سطحی هموار و با اصطکاک ناچیز هُل می‌دهد. مجموعهٔ تخت و بیمار با شتاب $0/4\ m/s^2$ حرکت می‌کند. اگر تخت ۸ m در جهت این نیرو جابه‌جا شود، کار انجام‌شده توسط نیروی $\vec{F}$ در این جابه‌جایی برابر چند ژول است؟

۱) ۱۹/۲ ۲) ۱۹۲ ۳) ۲۴ ۴) ۲۴۰

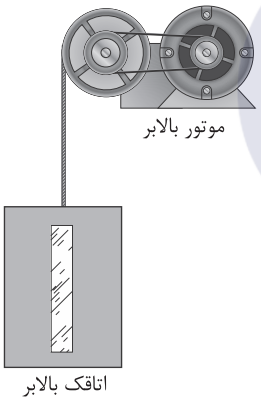
۲- شهاب‌سنگی به جرم $1/4\times10^8\ kg$ با تندی ۱۲ km/s به زمین برخورد می‌کند. انرژی جنبشی این شهاب‌سنگ در لحظهٔ برخورد به زمین معادل با انرژی آزادشده توسط چند تن TNT است؟ (انرژی آزادشده توسط یک کیلوگرم TNT برابر ۴/۲ MJ است.)

۱) $2/4\times10^6$ ۲) $2/4\times10^7$ ۳) $2/4\times10^8$ ۴) $2/4\times10^9$

۳- گلوله‌ای از یک بلندی پرتاب می‌شود. در بازهٔ زمانی معینی، انرژی پتانسیل گرانشی گلوله ۲۰۰ J افزایش و انرژی مکانیکی آن ۱۰۰ J کاهش می‌یابد. به ترتیب از راست به چپ، در این بازهٔ زمانی، کار انجام‌شده توسط وزن گلوله و کار کل انجام‌شده روی گلوله چند ژول است؟

۱) ۲۰۰، ۱۰۰ ۲) ۲۰۰، −۳۰۰ ۳) −۲۰۰، ۱۰۰ ۴) −۲۰۰، −۳۰۰

۴- در شکل مقابل، توان ورودی موتور بالابر، برابر ۲ kW و بازده آن ۸۰ درصد است. اگر جرم اتاقک بالابر به همراه بار آن ۴۰۰ kg باشد، چند ثانیه طول می‌کشد تا اتاقک بالابر، ۱۰ m به سمت بالا جابه‌جا شود؟ $(g = 10\ N/kg)$

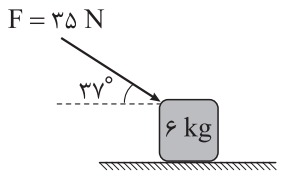


۱) ۲۵
۲) ۲۰
۳) ۲/۵
۴) ۲

۵- اتومبیلی روی خط راست، از حال سکون با شتاب ثابت به حرکت درمی‌آید. کار کل انجام‌شده روی آن در ثانیهٔ دوم، چند برابر کار کل انجام‌شده روی آن در ثانیهٔ اول است؟

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۶- در شکل مقابل، جعبهٔ ۶کیلوگرمی توسط نیروی $\vec{F}$ از حال سکون به حرکت درآمده و پس از ۳ m جابه‌جایی روی سطح افقی، تندی آن به ۵ m/s می‌رسد. بزرگی نیروی اصطکاک وارد بر جعبه، چند نیوتون است؟ $(\sin 37^\circ = 0/6)$



۱) ۳ ۲) ۵ ۳) ۶ ۴) ۹

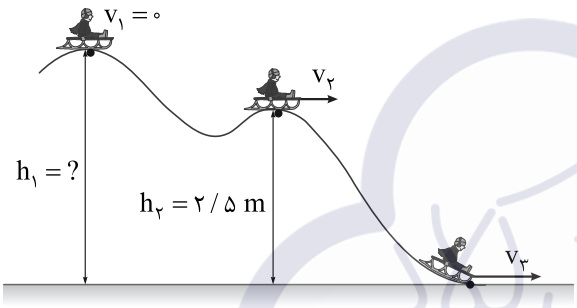
۷- از یک بالگرد که در ارتفاع ۶۰متری سطح زمین با تندی ثابت در حال حرکت است، بسته‌ای به جرم $۲۰\ kg$ رها می‌شود و بسته با تندی $۲۰\ m/s$ به سطح زمین برخورد می‌کند. اگر اندازهٔ کار انجام‌شده توسط نیروی مقاومت هوا بر روی بسته، از لحظهٔ رهاشدن تا لحظهٔ رسیدن به سطح زمین برابر $۸/۶۴\ kJ$ باشد، تندی بالگرد چند متر بر ثانیه است؟ $(g = ۱۰\ N/kg)$

۱) ۶ ۲) ۸ ۳) ۹ ۴) ۱۲

۸- گلوله‌ای به جرم $۲\ kg$ از سطح زمین با تندی $۱۸\ m/s$ در راستای قائم و رو به بالا پرتاب می‌شود. در لحظه‌ای که انرژی جنبشی گلوله به $۸۱\ J$ می‌رسد، ارتفاع آن چند برابر ارتفاع بیشینهٔ گلوله است؟($g = ۱۰\ N/kg$ و از مقاومت هوا چشم‌پوشی کنید.)

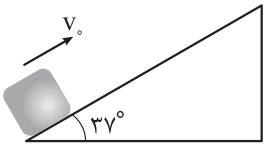
۱) $\frac{۱}{۳}$ ۲) $\frac{۲}{۳}$ ۳) $\frac{۱}{۴}$ ۴) $\frac{۳}{۴}$

۹- در شکل مقابل، سورتمه‌سواری از ارتفاع $h_۱$ بالای سطح زمین و روی مسیری بدون اصطکاک، از حال سکون شروع به حرکت می‌کند. اگر تندی سورتمه‌سوار در لحظهٔ رسیدن به سطح زمین، $\frac{۳}{۲}$ برابر تندی سورتمه‌سوار در ارتفاع $h_۲ = ۲/۵\ m$ باشد، $h_۱$ برابر چند متر است؟ ($g = ۱۰\ N/kg$ و نیروی مقاومت هوا ناچیز است.)



۱) ۳/۷۵ ۲) ۴/۵ ۳) ۵/۶۲۵ ۴) ۷/۵

۱۰- در شکل زیر، یک مکعب چوبی به جرم $۴۰۰\ g$ از پایین سطح شیب‌دار و به موازات سطح، رو به بالا پرتاب می‌شود. تندی مکعب پس از $۸\ m$ جابه‌جایی در امتداد سطح، ۷۵ درصد کاهش می‌یابد. اگر اندازهٔ کار نیروی اصطکاک در این جابه‌جایی $۵۵/۸\ J$ باشد، تندی اولیهٔ مکعب چند متر بر ثانیه است؟ $(g = ۱۰\ N/kg$ و $\sin ۳۷^\circ = ۰/۶)$



۱) ۱۲ ۲) ۱۶
۳) ۲۰ ۴) ۲۴

۱۱- بازده یک نیروگاه سوخت فسیلی ۴۰ درصد و بازده خطوط انتقال توان الکتریکی حاصل از آن تا محل مصرف ۸۰ درصد است. با سوختن $۲۵۰\ L$ گازوئیل در نیروگاه، چند ژول انرژی الکتریکی به محل مصرف می‌رسد؟ (با سوختن هر لیتر گازوئیل، $۳۵\ MJ$ انرژی گرمایی آزاد می‌شود.)

۱) $۲/۸ \times ۱۰^{۸}$ ۲) $۲/۸ \times ۱۰^{۹}$ ۳) $۱/۰۵ \times ۱۰^{۸}$ ۴) $۱/۰۵ \times ۱۰^{۹}$

۱- دمای جسمی برحسب درجهٔ فارنهایت، ۲ برابر دمای آن برحسب درجهٔ سلسیوس است. این دما چند کلوین است؟

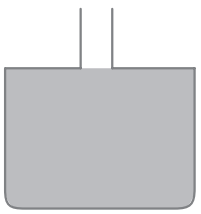
۱) ۱۶۰ ۲) ۳۲۰ ۳) ۳۳۳ ۴) ۴۳۳

۲- اگر دمای یک قطعه توپر سربی $200\ ^\circ F$ افزایش یابد، چگالی آن تقریباً چند درصد تغییر می‌کند؟ (ضریب انبساط طولی سرب $3\times10^{-5}\ \frac{1}{K}$ است.)

۱) ۱ ۲) ۰/۱ ۳) ۱/۸ ۴) ۰/۱۸

۳- در دمای $0\ ^\circ C$، شعاع یک قرص فولادی برابر R_1 و شعاع یک قرص آلومینیمی برابر R_2 است. اگر دمای دو قرص را به تدریج افزایش دهیم، اختلاف مساحت دو قرص در هر دمایی ثابت می‌ماند. R_2 چند برابر R_1 است؟ (ضریب انبساط طولی فولاد وآلومینیم به ترتیب $10^{-5}\ \frac{1}{K}$ و $2/25\times10^{-5}\ \frac{1}{K}$ است.)

۱) $\frac{2}{3}$ ۲) $\frac{3}{2}$ ۳) $\frac{4}{9}$ ۴) $\frac{9}{4}$

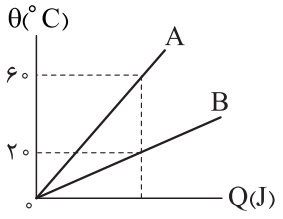


۴- در شکل مقابل، ظرف مکعب‌شکلی به ابعاد ۱۰ cm روی سطح افقی قرار دارد و به سطح بالایی ظرف، لولهٔ قائمی به قطر مقطع ۲ cm و ارتفاع ۱۰ cm وصل است و درون آن تا اندازهٔ نشان داده شده مایعی به ضریب انبساط حجمی $5\times10^{-4}\ \frac{1}{K}$ قرار دارد. دمای مایع چند درجهٔ سلسیوس بالا رود تا مایع از ظرف لبریز شود؟ ($\pi = 3$ و انبساط ظرف ناچیز است.)

۱) ۲۴ ۲) ۶۰ ۳) ۲۴۰ ۴) ۶۰۰

۵- شعاع کرهٔ توپر مسی A، ۲ برابر شعاع کرهٔ توپر مسی B است. اگر گرمای دریافتی کرهٔ A، ۳ برابر گرمای دریافتی کرهٔ B باشد، تغییر حجم کرهٔ A، چند برابر تغییر حجم کرهٔ B است؟

۱) ۳ ۲) ۶ ۳) $\frac{3}{2}$ ۴) $\frac{3}{8}$



۶- نمودار دمای دو جسم A و B برحسب گرمای دریافتی آن‌ها به شکل مقابل است. اگر جرم جسم A، ۲ برابر جسم B باشد، به ترتیب از راست به چپ، گرمای ویژهٔ جسم A چند برابر گرمای ویژهٔ جسم B و ظرفیت گرمایی جسم A چند برابر ظرفیت گرمایی جسم B است؟

۱) $\frac{1}{6}$، ۳ ۲) $\frac{2}{3}$، $\frac{1}{3}$

۳) $\frac{2}{3}$، ۳ ۴) $\frac{1}{6}$، $\frac{1}{3}$

۷- ۲ kg آب را درون یک کتری برقی با توان الکتریکی ۴ kW می‌ریزیم و آن را روشن می‌کنیم. از شروع جوشیدن تا تبخیر همهٔ آب درون کتری، تقریباً چند دقیقه طول می‌کشد؟ (فرض کنید ۷۵ درصد از انرژی الکتریکی تبدیل‌شده به انرژی گرمایی، به آب می‌رسد و $L_V = ۲۲۵۶\ J/g$)

۱) ۲۵ ۲) ۲/۵ ۳) ۵۰ ۴) ۵

۸- در چالهٔ کوچکی ۱ kg آب $۰\ ^\circ C$ قرار دارد. اگر بر اثر تبخیر سطحی ۴۰ g از آب تبخیر شود، جرم آب مایع باقی‌مانده در چاله به چند گرم می‌رسد؟ ($L_F = ۳۳۶\ kJ/kg$ ، $L_V = ۲۵۲۰\ kJ/kg$ و از مبادلهٔ گرما بین آب و محیط صرف نظر کنید.)

۱) ۹۶۰ ۲) ۹۳۰ ۳) ۷۰۰ ۴) ۶۶۰

۹- درون ظرفی با ظرفیت گرمایی ناچیز که محتوی ۵۰۰ g آب با دمای $۱۰\ ^\circ C$ است، یک قطعهٔ آلومینیمی به جرم ۱/۲ kg و دمای $۱۰۰\ ^\circ C$ می‌اندازیم. اگر پس از ایجاد تعادل گرمایی، دمای مجموعه به $۴۰\ ^\circ C$ برسد، چند ژول گرما از ظرف و آب به محیط منتقل شده است؟ ($c_{آب} = ۴۲۰۰\ \frac{J}{kg.K}$ و $c_{آلومینیم} = ۹۰۰\ \frac{J}{kg.K}$)

۱) ۱۸۰۰ ۲) ۳۶۰۰ ۳) ۵۴۰۰ ۴) ۷۲۰۰

۱۰- درون گرماسنج عایقی ۱ kg آب با دمای $۱۰\ ^\circ C$ وجود دارد. قطعهٔ فلزی به جرم ۲ kg و دمای $۹۰\ ^\circ C$ را درون آن می‌اندازیم. پس از ایجاد تعادل گرمایی، دمای مجموعه به $۳۰\ ^\circ C$ می‌رسد. اگر ظرفیت گرمایی گرماسنج ۱۲۶۰ J/K باشد، گرمای ویژهٔ فلز در SI کدام است؟ ($c_{آب} = ۴۲۰۰\ \frac{J}{kg.K}$)

۱) ۳۱۵ ۲) ۴۵۵ ۳) ۶۳۰ ۴) ۹۱۰

۱۱- m گرم یخ $۰\ ^\circ C$ را با M گرم آب $۲۰\ ^\circ C$ مخلوط می‌کنیم. پس از مبادلهٔ گرما بین آب و یخ، دمای تعادل مجموعه به $۱۰\ ^\circ C$ می‌رسد. $\frac{M}{m}$ کدام است؟ ($L_F = ۳۳۶\ kJ/kg$ و $c_{آب} = ۴۲۰۰\ \frac{J}{kg.K}$)

۱) ۴ ۲) ۸ ۳) ۹ ۴) ۴/۵

۱۲- در چه تعداد از موارد زیر، روش انتقال گرما به درستی بیان شده است؟

الف) انتقال گرما از مرکز خورشید به سطح آن: رسانش

ب) گرم‌شدن بخش‌های مختلف بدن جانوران خونگرم بر اثر گردش جریان خون: همرفت واداشته

پ) گرم‌شدن دستمان هنگامی که آن را زیر لامپ رشته‌ای روشن نگه داشته‌ایم: تابش

ت) گرم‌شدن قابلمهٔ چدنی که روی شعلهٔ آتش قرار دارد: همرفت طبیعی

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۱- در کدام‌یک از مدل‌سازی‌های زیر، می‌توان از مقاومت هوا صرف‌نظر کرد؟

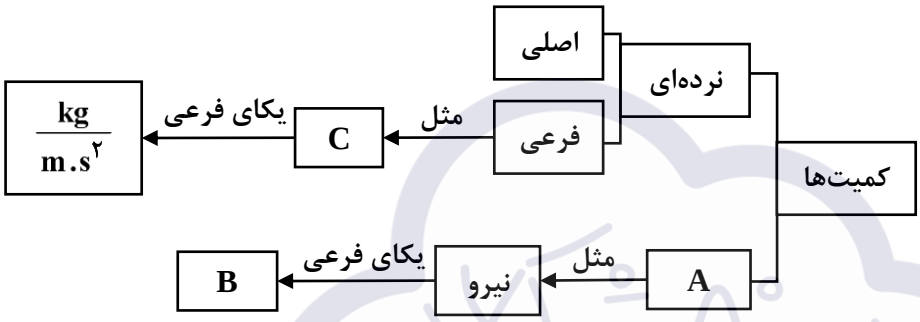
۱) قطرهٔ بارانی که از ابر سقوط می‌کند و به سطح زمین می‌رسد.

۲) فردی که با چترباز از ارتفاع زیاد سقوط می‌کند.

۳) گلوله‌ای که از تفنگ شلیک می‌شود.

۴) اتومبیلی که روی جادهٔ افقی درحال ترمز کردن است.

۲- مطابق الگوی زیر، موارد A، B و C به‌ترتیب از راست به چپ کدام می‌تواند باشد؟



۱) برداری ـ $\frac{kg.m^2}{s^2}$ ـ کار

۲) برداری ـ $\frac{kg.m}{s^2}$ ـ فشار

۳) عددی ـ $\frac{kg.m^2}{s^2}$ ـ کار

۴) عددی ـ $\frac{kg.m}{s^2}$ ـ فشار

۳- از شیلنگ شکل زیر، آب با آهنگ $1200\frac{cm^3}{s}$ خارج می‌شود. آهنگ خروج آب از این شیلنگ به‌صورت نمادگذاری علمی چند لیتر بر دقیقه است؟

۱) 2×10^{-2}

۲) 2×10^{4}

۳) $7/2\times10^{1}$

۴) $7/2\times10^{7}$

۴- جرم جسمی توسط چهار ترازوی دیجیتال، اندازه‌گیری شده است و جدول زیر، اعدادی که هر ترازو اندازه گرفته را نشان می‌دهد. کدام ترازو از بقیهٔ ترازوها دقیق‌تر است؟

ترازو	A	B	C	D
جرم	۴۲۵/۰g	۰/۴۲۵۰۰kg	۰/۴۲۵kg	۴۲۵g

۱) A

۲) B

۳) C

۴) D

۵- اگر جرم جسمی ۱۰۰ مثقال و شتاب آن ۳۶۰ کیلومتر بر مجذور دقیقه باشد، نیروی خالص وارد بر جسم (حاصل‌ضرب جرم جسم در شتاب آن) برحسب نیوتون کدام است؟ (۱ مثقال = ۴/۶g)

۱) ۳۰ ۲) ۳ ۳) ۴۶ ۴) ۴/۶

۶- در رابطهٔ $A=\frac{B}{C}+DE^{۲}$، یکای کمیت‌های A، C و E در SI به‌ترتیب ژول، ثانیه و متر است. اگر یکای کمیت BD در SI برابر $kg^{\alpha}.m^{\beta}.s^{\gamma}$ باشد، حاصل $\alpha+\beta+\gamma$ کدام است؟

۱) صفر ۲) ۱ ۳) ۷ ۴) ۴

۷- جرم شخصی ۸۰kg است. اگر ۷ درصد جرم این شخص خون باشد، حجم خون این شخص تقریباً چند $cm^{۳}$ است؟ (چگالی خون $۱۰۵۰\frac{kg}{m^{۳}}$ است.)

۱) ۵۲۳۳ ۲) ۵۳۳۳ ۳) ۵۴۳۳ ۴) ۵۵۳۳

۸- چگالی مایع A، ۲۰ درصد کم‌تر از چگالی مایع B است. اگر حجم مساوی از این دو مایع را باهم مخلوط کنیم، چگالی مخلوط، چند درصد بیش‌تر از چگالی مایع A خواهد شد؟ (از تغییر حجم مخلوط صرف‌نظر شود.)

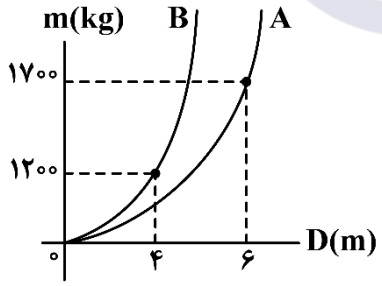
۱) ۱۰ ۲) ۱۲/۵ ۳) ۲۰ ۴) ۲۵

۹- یک ظرف با حجم داخلی $۲۰۰cm^{۳}$ از یخ به‌طور کامل پر شده است. مدتی صبر می‌کنیم تا یخ به‌طور کامل ذوب شود. حال یک گلولهٔ آلومینیومی به جرم ۱۳۵g درون آن می‌اندازیم. چند گرم آب از ظرف بیرون می‌ریزد؟

$(\rho_{\text{آب}}=۱\frac{g}{cm^{۳}}\ ,\ \rho_{\text{یخ}}=۰/۹\frac{g}{cm^{۳}}\ ,\ \rho_{\text{آلومینیوم}}=۲/۷\frac{g}{cm^{۳}})$

۱) ۲۰ ۲) ۳۰ ۳) ۴۵ ۴) ۵۰

۱۰- مطابق شکل زیر، نمودار تغییرات جرم برحسب طول قطر دو کرهٔ توپر نشان داده شده است. چگالی جسم A چند برابر چگالی جسم B است؟



۱) $\frac{۱۷}{۳۲}$ ۲) $\frac{۳۴}{۸۱}$ ۳) $\frac{۳۸}{۲۷}$ ۴) $\frac{۱۹}{۱۸}$

۱- کدام‌یک از عبارت‌های زیر درست است؟

الف ـ حالت ماده به چگونگی حرکت ذرات سازندهٔ ماده و اندازهٔ نیروی جاذبهٔ گرانشی بین ذره‌های آن بستگی دارد.

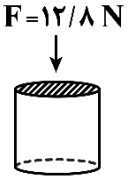
ب ـ جامدهای آمورف شکل معیّنی ندارند.

ج ـ آهن بر خلاف شیشه یک جامد بلورین است.

د ـ به‌خاطر نیروی رانشی بین مولکول‌ها در فواصل خیلی نزدیک، مایعات تقریباً تراکم‌ناپذیرند.

۱) «الف» و «ب» ۲) «الف» و «ج» ۳) «ب» و «د» ۴) «ج» و «د»

۲- مطابق شکل زیر، به استوانه‌ای به جرم ۵kg و شعاع مقطع ۱۰cm که بر روی سطح زمین قرار دارد، نیروی عمودی مانند شکل زیر وارد می‌کنیم. فشار در محل تماس استوانه با سطح زمین چند پاسکال است؟ $(g=10\frac{N}{kg})$



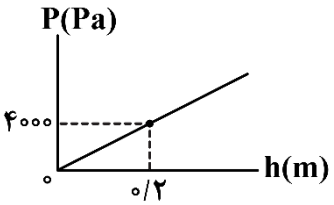
۱) ۱۵۰۰ ۲) ۲۰۰۰

۳) ۳۰۰۰ ۴) ۴۰۰۰

۳- فشارسنجی را با سرعت $10\frac{cm}{s}$ در راستای قائم به سمت پایین درون آب فرو می‌بریم. آهنگ افزایش فشار در این حالت چند پاسکال بر دقیقه است؟ $(\rho_{آب}=1\frac{g}{cm^3}\ ,\ g=10\frac{N}{kg})$

۱) ۱۰۰۰ ۲) ۶۰۰۰ ۳) ۱۰۰۰۰ ۴) ۶۰۰۰۰

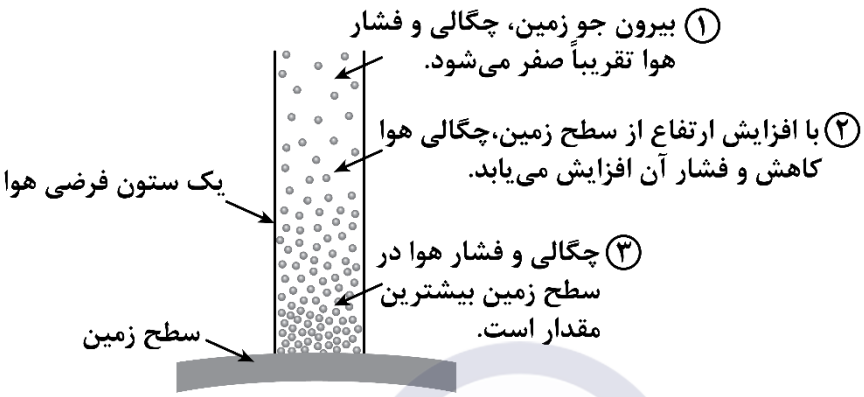
۴- نمودار فشار ناشی از یک مایع برحسب عمق آن، مطابق شکل زیر است. اگر مکعبی به ضلع a و جرم ۲۵۰g درون این مایع غوطه‌ور باشد، a چند سانتی‌متر است؟ $(g=10\frac{N}{kg})$



۱) ۱ ۲) ۲

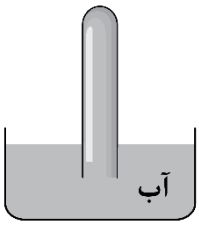
۳) ۴ ۴) ۵

۵- در شکل زیر، یک ستون هوا به‌صورت فرضی از سطح زمین تا لایه‌های بالایی سطح زمین درنظر گرفته شده است. چه تعداد از جملات مشخص‌شده بر روی این شکل نادرست است؟



۱) صفر
۲) ۱
۳) ۲
۴) ۳

۶- در شکل زیر، اگر لوله را به‌اندازهٔ $2cm$ درون مایع بیش‌تر فرو ببریم، اندازهٔ نیرویی که از طرف مایع بر انتهای بستهٔ لوله وارد می‌شود، چند نیوتون افزایش می‌یابد؟ (مساحت سقف لوله برابر $50cm^2$، چگالی آب برابر $1000\frac{kg}{m^3}$ و $g=10\frac{N}{kg}$ است.)

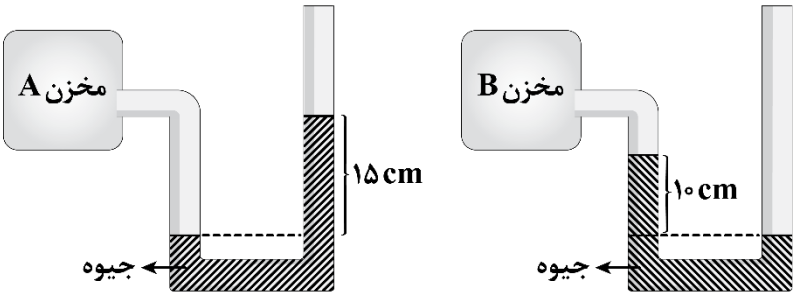


۱) ۰/۵
۲) ۱
۳) ۲
۴) ۱۰

۷- در یک ظرف استوانه‌ای‌شکل، آب و جیوه به جرم‌های برابر ریخته شده است و مجموع ارتفاع این دو مایع برابر $73cm$ است. اگر سطح مقطع کف ظرف $50cm^2$ باشد، نیرویی که از طرف این دو مایع بر کف ظرف وارد می‌شود، چند نیوتون است؟ $(g=10\frac{N}{kg}, \rho_{جیوه}=13/6\frac{g}{cm^3}, \rho_{آب}=1\frac{g}{cm^3})$

۱) ۳/۴ ۲) ۶/۸ ۳) ۳۴ ۴) ۶۸

۸- با توجه به فشارسنج‌های زیر، کدام گزینه درست است؟ (فشارسنج‌ها در یک محیط قرار دارند، $\rho_{\text{جیوه}} = ۱۳/۶ \frac{g}{cm^۳}$ و $(g = ۱۰ \frac{N}{kg})$



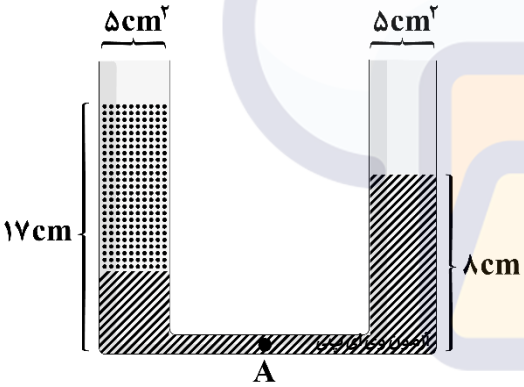
۱) فشار هوا درون مخزن B، ۶۸۰۰Pa بیش‌تر از مخزن A است.

۲) فشار هوا درون مخزن A، ۶۸۰۰Pa بیش‌تر از مخزن B است.

۳) فشار هوا درون مخزن B، ۳۴۰۰۰Pa بیش‌تر از مخزن A است.

۴) فشار هوا درون مخزن A، ۳۴۰۰۰Pa بیش‌تر از مخزن B است.

۹- مطابق شکل زیر، دو مایع مخلوط‌نشدنی (۱) و (۲) با چگالی‌های $\rho_۱ = ۲ \frac{g}{cm^۳}$ و $\rho_۲ = ۰/۸ \frac{g}{cm^۳}$ درحال تعادل‌اند. اگر $۵۰cm^۳$ از مایع (۳) با چگالی $\rho_۳ = ۱ \frac{g}{cm^۳}$ را به شاخهٔ سمت راست اضافه کنیم و این مایع کاملاً با مایع (۱) مخلوط شده و حجم مخلوط در اثر اختلاط تغییر نکند، فشار در نقطهٔ A چند پاسکال تغییر می‌کند؟ (حجم لولهٔ رابط ناچیز است و $(g = ۱۰ \frac{N}{kg})$



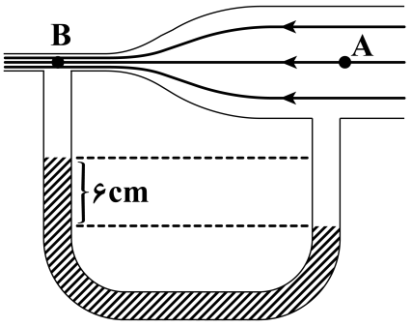
۱) ۴۰۰

۲) ۵۰۰

۳) ۶۰۰

۴) ۷۰۰

۱۰- در شکل زیر، آب داخل شاخه‌های لولهٔ Uشکل درحال تعادل است. کدام گزینه در مقایسهٔ فشار و تندی هوا در نقاط A و B صحیح است؟ ($\rho_{\text{آب}} = ۱ \frac{g}{cm^۳}$، $g = ۱۰ \frac{N}{kg}$ و در لولهٔ افقی، جریان پایای هوا از راست به چپ وجود دارد.)



۱) $V_A < V_B \ , \ P_A - P_B = ۰/۶kPa$

۲) $V_A < V_B \ , \ P_B - P_A = ۰/۶kPa$

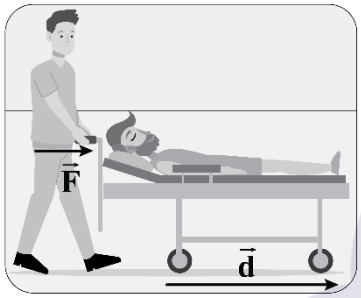
۳) $V_A < V_B \ , \ P_A - P_B = ۰/۳kPa$

۴) $V_A > V_B \ , \ P_A - P_B = ۰/۳kPa$

۱- تندی متحرکی ۲۰ درصد افزایش یافته و جرم آن ۲۵ درصد کاهش یافته است. اگر براثر این تغییرات، انرژی جنبشی متحرک $8J$ افزایش یابد، انرژی جنبشی اولیهٔ متحرک چند کیلوژول بوده است؟

۱) ۲۰۰ ۲) ۰/۲ ۳) ۰/۱ ۴) ۱۰۰

۲- بیماری به جرم $75kg$ روی تختی به جرم $15kg$ دراز کشیده است. پرستاری این تخت را با نیروی ثابت و افقی $\vec{F}$ روی سطحی هموار و با اصطکاک ناچیز هُل می‌دهد. مجموعهٔ تخت و بیمار از حال سکون با شتاب ثابت $0/8\frac{m}{s^2}$ حرکت می‌کند. کار انجام‌شده توسط نیروی $\vec{F}$ در مدت ۴ ثانیه چند ژول است؟



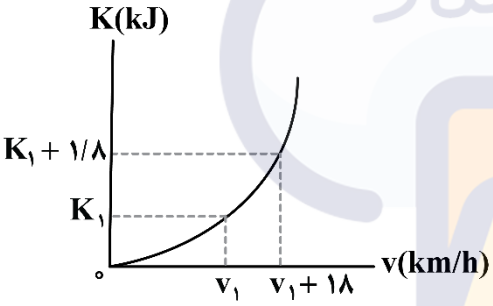
۱) ۳۸۴

۲) ۶۴۰

۳) ۴۶۰/۸

۴) ۵۴۲/۴

۳- نمودار انرژی جنبشی برحسب تندی جسمی به جرم $16kg$ مطابق شکل زیر است. انرژی جنبشی اولیهٔ جسم (K_1) چند کیلوژول است؟



۱) ۳/۲

۲) ۳۲

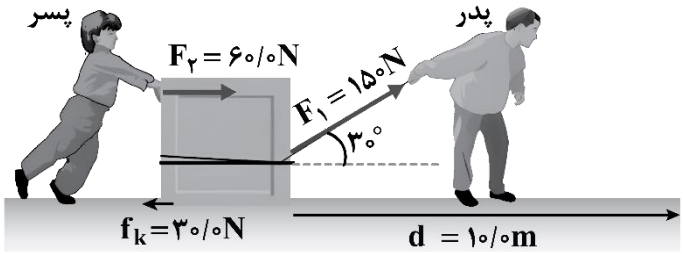
۳) ۱۲/۸

۴) ۱/۲۸

۴- شخصی گلولهٔ برفی به جرم $150g$ را از روی زمین برمی‌دارد و تا ارتفاع $180cm$ بالا می‌برد و سپس آن را با تندی $12\frac{m}{s}$ پرتاب می‌کند. کار انجام‌شده توسط شخص روی گلولهٔ برف چند ژول است؟ ($g=10\frac{m}{s^2}$، از مقاومت هوا صرف‌نظر کنید.)

۱) $-8/1$ ۲) $8/1$ ۳) $-13/5$ ۴) $13/5$

۵- شکل زیر، پدر و پسری را درحال جابه‌جاکردن یک جعبهٔ سنگین روی سطحی هموار نشان می‌دهد. کدام‌یک از عبارت‌های زیر صحیح است؟ $(\sqrt{۳} \simeq ۱/۷)$



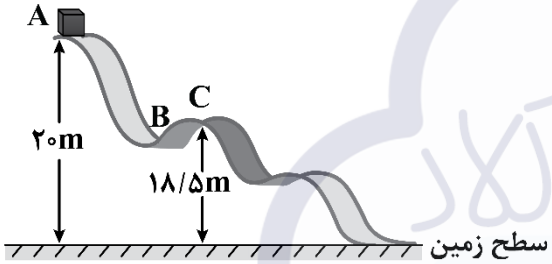
الف ـ کار انجام‌شده توسط پدر ۱۲۷۵J است.

ب ـ کار کل انجام‌شده بر روی جعبه برابر ۲۱۷۵J است.

ج ـ انرژی جنبشی جعبه در پایان جابه‌جایی ۱۵۷۵J بیش‌تر از انرژی جنبشی اولیهٔ آن است.

۱) «الف» و «ج» ۲) «الف» و «ب» ۳) «ب» و «ج» ۴) «الف»، «ب» و «ج»

۶- جسمی روی سطح بدون اصطکاکی مطابق شکل زیر، از نقطهٔ A با تندی $\sqrt{۱۰}\,\frac{m}{s}$ مماس بر سطح عبور می‌کند. اگر تندی جسم در هنگام عبور از نقطهٔ B دو برابر تندی جسم در هنگام عبور از نقطهٔ C باشد، ارتفاع نقطهٔ B از سطح زمین چند متر است؟ $(g = ۱۰\frac{m}{s^۲})$



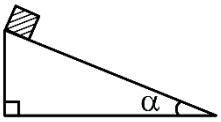
۱) ۹/۲۵

۲) ۴/۶۲۵

۳) ۱۲/۵

۴) ۷/۵

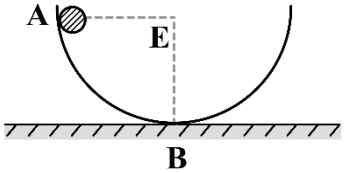
۷- مطابق شکل، جسمی از بالای سطح شیب‌داری، مماس بر سطح پرتاب می‌شود و به پایین سطح می‌رسد. اگر اندازهٔ کار نیروهای مقاوم روی جسم ..... باشد، تندی جسم در پایین سطح شیب‌دار کم‌تر از تندی اولیهٔ پرتاب است.



۱) صفر ۲) برابر با کار نیروی وزن جسم

۳) کم‌تر از کار نیروی وزن جسم ۴) بیش‌تر از کار نیروی وزن جسم

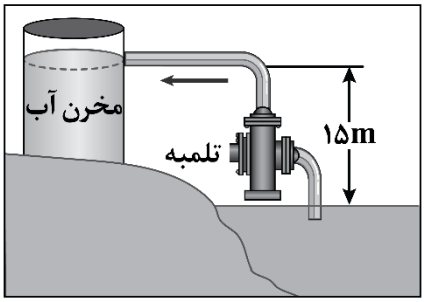
۸- مطابق شکل جسمی به جرم ۱۵۰g از لبهٔ نیمکره‌ای در نقطهٔ A به شعاع ۶cm رها می‌شود و پس از چند رفت‌وبرگشت در مدت‌زمان ۱/۵s در نقطهٔ B متوقف می‌شود. اگر بزرگی نیروی اصطکاک در طول مسیر ثابت و برابر ۰/۴N باشد، تندی متوسط جسم چند سانتی‌متر بر ثانیه است؟ ($g = ۱۰\frac{m}{s^۲}$ و از مقاومت هوا صرف‌نظر کنید.)



۱) ۱/۵ ۲) ۱۵

۳) ۱/۲ ۴) ۱۲

۹- تلمبه‌ای با توان ورودی ۲۰ اسب بخار در هر ثانیه ۷۰ لیتر آب دریاچه‌ای به چگالی $۱۰۰۰\frac{kg}{m^۳}$ را مطابق شکل زیر تا ارتفاع ۱۵ متری مخزنی می‌فرستد. بازدهٔ تلمبه چند درصد است؟ ($g=۱۰\frac{m}{s^۲}$ و هر اسب بخار را ۷۵۰ وات فرض کنید.)



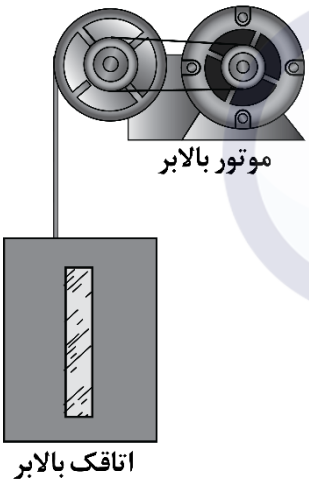
۱) ۷۰

۲) ۶۰

۳) ۵۰

۴) ۴۰

۱۰- مطابق شکل زیر، جرم اتاقک بالابری بدون احتساب بار آن ۳۰۰kg است. این بالابر قرار است تعدادی کیسهٔ شن که جرم هر کیسه ۲۵kg است را در مدت ۱۰s از طبقهٔ همکف به طبقهٔ سوم در ارتفاع ۸ متری ببرد. اگر توان متوسط موتور بالابر در این مدت ۳۲۰۰W باشد، حداکثر چند کیسه شن را در این مدت می‌تواند هم‌زمان بالا ببرد؟ $(g=۱۰\frac{m}{s^۲})$



۱) ۵

۲) ۶

۳) ۳

۴) ۴

۱- کدام‌یک از موارد زیر درست است؟

الف ـ کمیت دماسنجی در دماسنج‌های جیوه‌ای و الکلی، ارتفاع مایع درون لولهٔ دماسنج است.

ب ـ ترموکوپل به‌دلیل گسترهٔ دماسنجی کم‌تر، از مجموعهٔ دماسنج‌های معیار کنار گذاشته شد.

ج ـ تف‌سنج تابشی به‌عنوان یکی از دماسنج‌های معیار پذیرفته شده است.

د ـ در ترموکوپل، کمیت دماسنجی ولتاژ است.

۱) «الف» و «ج» ۲) «الف» و «د» ۳) «ب» و «ج» ۴) «ب» و «د»

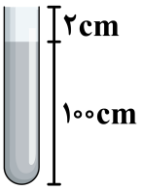
۲- طول خط لولهٔ انتقال فرآورده‌های نفتی بین دو ایستگاه در کم‌ترین دمای آن برابر ۲۵۰km است. اگر اختلاف کم‌ترین طول و بیش‌ترین طول لوله ۱۵۰ متر باشد، اختلاف کمینه و بیشینهٔ دما چند درجهٔ فارنهایت است؟ (جنس لوله‌ها از فولاد با ضریب انبساط طولی $۱۰^{-۵}K^{-۱}$ است.)

۱) ۵۰ ۲) ۶۰ ۳) ۹۰ ۴) ۱۰۸

۳- درون مکعبی فلزی، حفره‌ای کروی وجود دارد. وقتی دمای مکعب $۳۶°C$ افزایش یابد، مساحت آن ۰/۱۸ درصد تغییر می‌کند. اگر دمای مکعب $۴۰°C$ افزایش یابد، حجم حفرهٔ درون آن چند برابر می‌شود؟

۱) ۰/۰۰۳ ۲) ۱/۰۰۳ ۳) ۰/۰۰۱ ۴) ۱

۴- مطابق شکل، درون یک لولهٔ شیشه‌ای تا ارتفاع ۱۰۰cm گلیسیرین ریخته‌ایم. اگر دمای لوله را $۹۰°F$ افزایش دهیم، آن‌گاه کدام گزینه صحیح است؟ ($۱cm^۲$=مساحت مقطع لوله، $\beta_{\text{گلیسیرین}}=۵\times۱۰^{-۴}\frac{۱}{K}$، $\alpha_{\text{شیشه}}=۱۰^{-۵}\frac{۱}{K}$ و از اتلاف انرژی گرمایی چشم‌پوشی کنید.)



۱) $۲/۵cm^۳$ گلیسیرین از لوله بیرون می‌ریزد.

۲) $۰/۳۴۷cm^۳$ گلیسیرین از لوله بیرون می‌ریزد.

۳) گلیسیرین در لوله در آستانهٔ سرریز شدن قرار می‌گیرد.

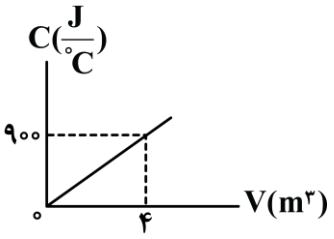
۴) $۰/۵cm^۳$ از حجم لوله خالی می‌ماند.

۵- در دستگاه‌های گرم‌کننده و خنک‌کننده، معمولاً از ..... استفاده می‌کنند؛ زیرا ..... دارد.

۱) آب ـ چگالی بالایی ۲) روغن ـ چگالی بالایی

۳) آب ـ گرمای ویژهٔ بالایی ۴) روغن ـ گرمای ویژهٔ بالایی

۶- در شکل زیر، نمودار ظرفیت گرمایی جسمی به چگالی $۲/۵\frac{kg}{m^۳}$ برحسب حجم آن رسم شده است. اگر به ۲۰۰g از این جسم مقدار ۰/۹kJ گرما بدهیم، دمای آن چند کلوین افزایش می‌یابد؟ (از اتلاف انرژی گرمایی صرف‌نظر شود.)



۱) ۲۵
۲) ۳۵
۳) ۵۰
۴) ۴۵

۷- گلوله‌ای از یک بلندی به ارتفاع ۴۰ متر با سرعت $۴۰\frac{m}{s}$ به سمت پایین پرتاب شده و پس از برخورد به زمین متوقف می‌شود. اگر ۲۵ درصد انرژی گلوله، صرف افزایش دمای گلوله شود، دمای گلوله چند درجهٔ سلسیوس بالا می‌رود؟

$(g=۱۰\frac{N}{kg}$ و $c=۳۰۰\frac{J}{kg.K})$

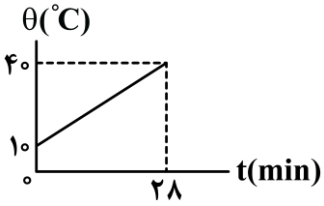
۱) ۰/۲۵ ۲) ۰/۵ ۳) ۰/۷۵ ۴) ۱

۸- یک قطعه مس با جرم ۵۰g و دمای ۸۱°C را در ظرف عایقی که حاوی ۱۰۰g آب با دمای ۱۵°C است، می‌اندازیم. دمای تعادل چند درجهٔ سلسیوس می‌شود؟ $(c_{مس}=۴۰۰\frac{J}{kg.K}$, $c_{آب}=۴۲۰۰\frac{J}{kg.K})$

۱) ۱۸ ۲) ۲۰ ۳) ۲۲ ۴) ۲۸

۹- یک گرمکن الکتریکی را درون ۴kg آب ۱۰°C قرار می‌دهیم. شکل زیر، نمودار دما را برحسب زمان برای این مقدار آب نشان می‌دهد. اگر ۸۰ درصد گرمای تولیدی توسط گرمکن جذب آب شود، توان گرمکن چند وات است؟

$(c=۴۲۰۰\frac{J}{kg.K})$



۱) ۳۷۵ ۲) ۶۰۰
۳) ۷۵۰ ۴) ۴۵۰۰

۱۰- m کیلوگرم آب ۸۰°C را با یک کیلوگرم آب ۲۰°C مخلوط کرده و درنتیجه دمای تعادل سیستم ۵۰°C می‌شود. در مدت‌زمان تبادل گرما ۲۵۲kJ گرما از ظرف به محیط خارج داده می‌شود. m چند کیلوگرم است؟

$(c_{آب}=۴۲۰۰\frac{J}{kg.K})$

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۱- کدام موارد از عبارت‌های زیر نادرست است؟

الف ــ در بین فرایندهای ذوب، میعان و چگالش، دو فرایند گرماگیر وجود دارد.

ب ــ آهنگ رخ‌دادن تبخیر سطحی به عواملی همچون دما و مساحت سطح مایع بستگی دارد.

ج ــ معمولاً کاهش فشار وارد بر جسم سبب بالارفتن نقطهٔ ذوب جسم می‌شود، اما در برخی مواد مانند یخ، کاهش فشار به کاهش نقطهٔ ذوب می‌انجامد.

د ــ به فرایند تبخیر تا پیش از رسیدن به نقطهٔ جوش، تبخیر سطحی و به فرایند تبخیر در نقطهٔ جوش، اصطلاحاً جوشیدن می‌گویند.

۱) «الف» و «ج» ۲) «الف» و «د» ۳) «ب» و «ج» ۴) «ب» و «د»

۲- به یک مکعب توپر مسی و یک کرهٔ توپر مسی به یک اندازه گرما می‌دهیم. اگر تغییر دمای مکعب نصف تغییر دمای کره باشد، ضلع مکعب چند برابر قطر کره است؟ $(\pi = ۳)$

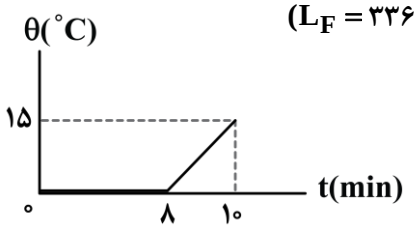
۱) ۰/۵ ۲) ۱ ۳) ۲ ۴) ۱/۵

۳- ۵۰۰ گرم نقره با دمای $۶۰^\circ C$ درون یک کوره با توان ورودی $۵kW$ و بازدهٔ ۶۸ درصد قرار دارد. حداقل چند ثانیه طول می‌کشد تا کل نقره به‌طور کامل ذوب شود؟

نقطهٔ ذوب نقره $(^\circ C)$	گرمای نهان ذوب نقره $(\frac{kJ}{kg})$	گرمای ویژهٔ نقره $(\frac{J}{kg.K})$
۹۶۰	۹۰	۲۴۰

۱) ۳۰/۶ ۲) ۳۵ ۳) ۴۵ ۴) ۵۵

۴- به مخلوطی از آب و یخ توسط یک گرمکن گرما می‌دهیم. اگر نمودار تغییر دمای مخلوط برحسب زمان به‌صورت شکل زیر باشد، چند درصد جرم مخلوط اولیه یخ است؟ $(L_F = ۳۳۶\frac{J}{g}\ ,\ c_{آب} = ۴۲۰۰\frac{J}{kg^\circ C})$



۱) ۲۵ ۲) ۵۰ ۳) ۷۵ ۴) ۸۰

۵- حداکثر چند گرم آب با دمای $۵۰^\circ C$ را با ۱۰ گرم یخ $-۲۰^\circ C$ مخلوط کنیم تا دمای نهایی مخلوط، صفر درجهٔ سلسیوس شود؟ $(L_F = ۳۳۶۰۰۰\frac{J}{kg^\circ C}, c_{آب} = ۴۲۰۰\frac{J}{kg^\circ C}\ ,\ c_{یخ} = ۲۱۰۰\frac{J}{kg^\circ C})$ آزمون وی ای پی

۱) ۱۸ ۲) ۲۰ ۳) ۱۸۰ ۴) ۲۰۰

۶- در یک روز زمستانی، بخار آب موجود در اتاقی روی شیشهٔ پنجره به شکل مایع درمی‌آید و قطره‌قطره می‌شود. اگر دمای شیشه حدود $0°C$ باشد، برای آن‌که $50g$ آب روی شیشه تشکیل شود، چند کیلوژول گرما به شیشه داده می‌شود؟ (گرمای ویژهٔ شیشه $0/84\frac{J}{g.K}$ و گرمای نهان تبخیر آب در دمای صفر درجهٔ سلسیوس $2400\frac{J}{g}$ است.)

۱) ۴۲۰۰۰

۲) ۴۲

۳) ۱۲۰۰۰۰

۴) ۱۲۰

۷- کدام‌یک از موارد زیر، همرفت طبیعی است؟

الف ـ چرخش آب در سیستم گرمایشی آپارتمان‌ها　　ب ـ وزش باد از ساحل به دریا

ج ـ سیستم گردش خون جانوران خونگرم　　د ـ گرم‌شدن آب درون قابلمه

ه ـ انتقال گرما از مرکز خورشید به سطح آن

۱) «الف»، «د» و «ه»　　۲) «ب»، «ج» و «د»　　۳) «ب»، «د» و «ه»　　۴) «ج»، «د» و «ه»

۸- در یک ظرف عایق، ۵۰ گرم یخ صفر درجهٔ سلسیوس وجود دارد. چند گرم آب $40°C$ به آن اضافه کنیم، تا در انتها ۶۰ گرم آب در ظرف داشته باشیم؟ ($c_{آب}=4200\frac{J}{kg.K}$، $L_F=336\frac{J}{g}$ و فقط بین آب و یخ تبادل گرما صورت می‌گیرد.)

۱) ۱۰　　۲) ۲۰　　۳) ۳۰　　۴) ۴۰

۹- می‌خواهیم به کمک نازل بخار یک دستگاه قهوه‌ساز، دمای $290mL$ شیر $20°C$ را به $60°C$ برسانیم. چند گرم بخار آب $100°C$ باید به شیر اضافه کنیم؟ ($\rho_{شیر}=1\frac{g}{cm^3}$، $c_{شیر}\simeq c_{آب}=4/2\frac{J}{g°C}$، $L_{V_{بخار}}=2268\frac{J}{g}$ و تبادل گرما فقط بین بخار و شیر صورت می‌گیرد.)

۱) ۱۰　　۲) ۱۵　　۳) ۲۰　　۴) ۳۰

۱۰- در چالهٔ کوچکی $1kg$ آب $0°C$ قرار دارد. براثر تبخیر سطحی قسمتی از آب تبخیر شده و بقیهٔ آن یخ می‌بندد. برای تبدیل یخ به‌دست‌آمده به آب $20°C$، چند ژول گرما لازم است؟

$(L_V=2352\frac{J}{g}, L_F=336\frac{J}{g}, c_{آب}=4/2\frac{J}{g.K})$

۱) ۳۶۷۵۰۰　　۲) ۴۲۰۰۰　　۳) ۲۹۴۰۰۰　　۴) ۲۳۵۲۰۰

فیزیک ۱۷ مهر ۱۴۰۴ ماراتون

۱- یک توپ بدمینتون از بالای یک ساختمان ۳ طبقه از حال سکون رها می‌شود و در یک مسیر مستقیم در هوای آرام پایین می آید. در مدل‌سازی حرکت این توپ، کدام گزینه نادرست است؟

۱) توپ را به صورت یک ذره می‌توان در نظر گرفت.
۲) نیروی مقاومت هوا را حتماً باید در نظر بگیریم.
۳) نیروی وزن را حتماً باید در نظر بگیریم.
۴) از تغییر نیروی وزن با تغییر ارتفاع نمی‌توان صرف‌نظر کرد.

۲- یکای فرعی کمیت‌های فشار و توان به ترتیب از راست به چپ کدام است؟

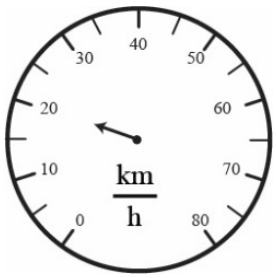
۱) $\frac{kg.m^2}{s}, \frac{kg}{m^2.s^2}$
۲) $\frac{kg.m^2}{s^3}, \frac{kg}{ms^2}$
۳) $\frac{kg.m^2}{s^3}, \frac{kg}{m^2 s^2}$
۴) $\frac{kg.m^2}{s}, \frac{kg}{ms^2}$

۳- در کدام گزینه تعداد کمیت‌های فرعی و نرده‌ای یکسان است؟

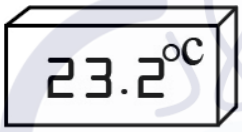
۱) جریان الکتریکی ـ انرژی ـ شتاب ـ سرعت
۲) زمان ـ توان ـ دما ـ فشار
۳) کار ـ نیرو ـ جرم ـ شتاب
۴) فشار ـ مقدار ماده ـ نیرو ـ کار

۴- دقت اندازه‌گیری تندی‌سنج شکل (الف) بر حسب کیلومتر بر ساعت و دقت اندازه‌گیری دماسنج شکل (ب) بر حسب درجه سلسیوس کدام است؟

۱) ۰/۲،۵
۲) ۰/۱،۵
۳) ۰/۲،۱۰
۴) ۰/۱،۱۰



(الف)



(ب)

۵- توسط یک نازل بنزین در مدت یک دقیقه باک ۴۵ لیتری خالی از بنزین یک اتومبیل پر می‌شود. اگر چگالی بنزین $۰/۶\frac{g}{cm^3}$ باشد، در هر ثانیه چند گرم بنزین از نازل خارج شده است؟

۱) ۴۵
۲) ۷۵
۳) ۴۵۰
۴) ۷۵۰

۶ - اگر یک کشتی فاصله ۳۶ کیلومتری بین دو جزیره را در مدت ۲ ساعت طی کرده باشد، تندی متوسط آن چند گره دریایی است؟ (هر گره دریایی $۰/۵\frac{m}{s}$ است.)

۱) ۱۰
۲) ۵
۳) ۲/۵
۴) ۲۰

۷- مساحت یک صفحه فلزی $۱۸۰ft^2$ است. مساحت این صفحه بر حسب میلی‌متر مربع و به صورت نمادگذاری علمی کدام است؟ $(۱in = ۲/۵cm, ۱ft = ۱۲in)$

۱) $۵/۴\times۱۰^5$
۲) $۱/۶۲\times۱۰^5$
۳) $۵/۴\times۱۰^7$
۴) $۱/۶۲\times۱۰^7$

۸- برای ساخت یک مخروط توپر با قطر قاعده ۲۰cm و ارتفاع ۱۰cm، به چند کیلوگرم آهن نیاز است؟ (چگالی آهن $۸\frac{g}{cm^۳}$ است و $\pi = ۳$)

۱) ۳۲ ۲) ۲۴ ۳) ۸ ۴) ۴

۹- برای ساخت آلیاژی از مقداری نقره و طلا استفاده شده است. اگر جرم نقره به کار رفته در ساخت آلیاژ ۵ برابر جرم طلای به کار رفته باشد، چگالی آلیاژ در SI تقریباً کدام است؟ (چگالی نقره و طلا به ترتیب $۱۰\frac{g}{cm^۳}$ و $۱۹\frac{g}{cm^۳}$ است.)

۱) ۱۰/۸۶ ۲) ۱۲/۸۶ ۳) $۱/۰۸۶\times۱۰^۴$ ۴) $۱/۲۸۶\times۱۰^۴$

۱۰- مخلوطی از آب و یخ درون ظرفی قرار دارد. اگر تمام آب یخ ببندد حجم مخلوط ۴ درصد تغییر می‌کند. جرم آب قبل از یخ بستن چند برابر جرم کل مخلوط است؟ ($\rho_{یخ} = ۰/۹\rho_{آب}$)

۱) $\frac{۱}{۱۷}$ ۲) $\frac{۸}{۱۳}$ ۳) $\frac{۵}{۱۳}$ ۴) $\frac{۱۶}{۱۷}$

سنجش کلاد

فیزیک ۱ آبان ۱۴۰۴ ماراتون

۱- کدام گزینه نادرست است؟

۱) با سرد شدن آهسته یک مایع اغلب جامد بلورین تشکیل می‌شود.

۲) پدیده پخش در مایع‌ها سریع‌تر از گازها رخ می‌دهد.

۳) فاصله ذرات سازنده مایع و جامد تقریبا یکسان است.

۴) ذرات سازنده شیشه برخلاف یخ، در طرح‌های منظمی کنار هم قرار ندارند.

۲- کدام موارد درست است؟

الف) جیوه سطح شیشه تمیز را تر می‌کند.

ب) با نرم شدن تکه‌های شیشه به دلیل افزایش دما اندازهٔ نیروی هم‌چسبی زیاد می‌شود و بدون تغییر در فاصله مولکول‌ها، تکه‌های شیشه به هم می‌چسبند.

پ) علت چسبیدن موهای قلم‌مو هنگام خروج از آب، پدیده کشش سطحی آب است.

ت) سطح آب درون لوله مویین دارای فرورفتگی و بالاتر از سطح آب ظرف قرار می‌گیرد.

۱) الف و ب ۲) الف و ت ۳) ب و پ ۴) پ و ت

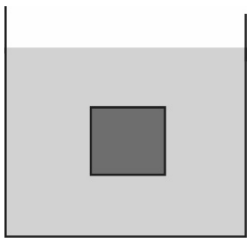
۳- یک زیردریایی در عمق ۸۰ متری از سطح یک اقیانوس به آرامی حرکت می‌کند. اگر شعاع یک پنجره دایره‌ای‌شکل این زیردریایی $0/5m$ باشد، بزرگی نیرویی که از طرف آب به این پنجره وارد می‌شود معادل وزن جسمی به جرم چند کیلوگرم است؟ ($g=10\frac{m}{s^2}, \pi=3$ و چگالی آب اقیانوس $1\frac{g}{cm^3}$ و فشار هوا $10^5 Pa$ است.)

۱) $6/75\times10^4$ ۲) $6/75\times10^5$ ۳) 6×10^4 ۴) 6×10^5

۴- درون یک ظرف استوانه‌ای، ۱/۷ لیتر مایع به چگالی $0/8\frac{g}{cm^3}$ قرار دارد. اگر سطح مقطع ظرف $50cm^2$ باشد، فشار پیمانه‌ای در کف ظرف چند سانتی‌متر جیوه است؟ ($\rho_{جیوه}=13/6\frac{g}{cm^3}$)

۱) ۱ ۲) ۱/۲ ۳) ۲ ۴) ۴

۵- مطابق شکل زیر جسمی توپر به شکل مکعب درون مایعی با چگالی $1/2\frac{g}{cm^3}$ غوطه‌ور است. اگر فشار در بالا و پایین جسم ۱۰۲ kPa و ۱۰۴/۴kPa باشد، جرم جسم چند کیلوگرم است؟ ($g=10\frac{m}{s^2}$)



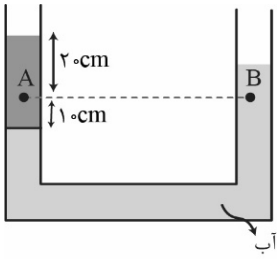
۱) ۲/۴

۲) ۴/۸

۳) ۱۲/۰

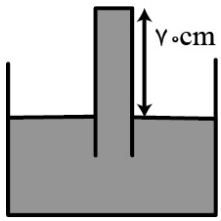
۴) ۹/۶

۶- درون لوله U شکل زیر، مقداری آب با چگالی $1\frac{g}{cm^3}$ و مقداری مایع با چگالی نامعلوم ریخته شده است. اگر اختلاف فشار بین نقاط A و B برابر ۴۰۰Pa باشد، فشار نقطه A چند کیلوپاسکال است؟ $(P_0=10^5\ Pa, g=10\frac{N}{kg})$



۱) ۱۰۲
۲) ۱۰۱/۸
۳) ۱۰۱/۲
۴) ۱۰۰/۶

۷- مطابق شکل یک لوله با مساحت مقطع $20cm^2$ درون ظرف محتوی جیوه قرار دارد. لوله را چند سانتی‌متر در راستای قائم جابه‌جا کنیم تا بزرگی نیرویی که جیوه به انتهای لوله وارد می‌کند برابر با ۲۷/۲N شود؟ (فشار هوای محیط ۷۵ سانتی‌متر جیوه است.) $g=10\frac{N}{kg}, \rho_{جیوه}=13/6\frac{g}{cm^3}$,

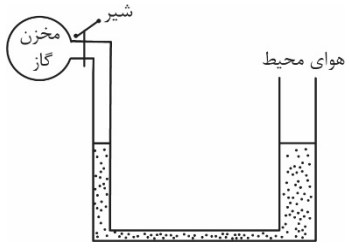


۱) ۲/۵
۲) ۵
۳) ۷/۵
۴) ۱۰

۸- روزنه خروج بخار آب روی درب یک دیگ زودپز $5mm^2$ است. جرم وزنه‌ای که باید روی وزنه گذاشت چند گرم باشد تا فشار داخل محفظه از ۳atm بیشتر نشود؟ ($g=10\frac{N}{kg}$، فشار هوای محیط برابر 10^5 Pa و $1atm=10^5$ Pa است.)

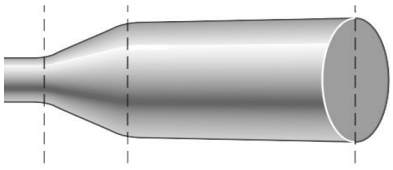
۱) ۱۰۰ ۲) ۱۵۰ ۳) ۲۰۰ ۴) ۵۰۰

۹- مطابق شکل، درون یک لوله U شکل مقداری مایع با چگالی $2\frac{g}{cm^3}$ ریخته شده و در حال تعادل است. قطر شاخه‌های سمت راست و چپ 2D و D و فشار گاز درون مخزن ۱/۰۰۴atm است. اگر شیر مخزن را باز کنیم، ارتفاع سطح مایع در شاخه سمت راست چند سانتی‌متر تغییر می‌کند؟ (فشار هوای آزاد ۰/۹۸atm و $1atm=10^5$ Pa است.)



۱) ۸
۲) ۲/۴
۳) ۴
۴) ۹/۶

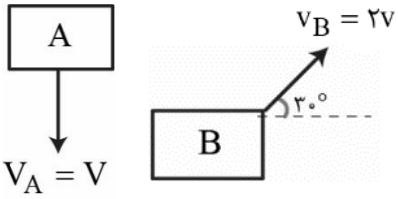
۱۰- مطابق شکل آب به صورت پایا و با جریان لایه‌ای با تندی $20\frac{cm}{s}$ وارد بخش پهن لوله افقی شده و از بخش باریک لوله خارج می‌شود. اگر قطر مقطع لوله در بخش‌های لوله ۸cm و ۲cm باشد، تندی خروج آب از بخش باریک لوله چند متر بر ثانیه است و فشار آب در کدام بخش لوله بیشتر است؟



۱) ۳/۲، پهن
۲) ۳/۲، باریک
۳) ۰/۸، پهن
۴) ۰/۸، باریک

فیزیک ۱۵ آبان ۱۴۰۴ ماراتون

۱- مطابق شکل زیر، دو جسم A و B به جرم‌های $m_A = m$ و $m_B = ۲m$ با سرعت‌های نشان داده شده پرتاب می‌شوند. انرژی جنبشی جسم A در لحظه‌ی پرتابش چند برابر انرژی جنبشی جسم B در لحظه پرتاب آن است؟



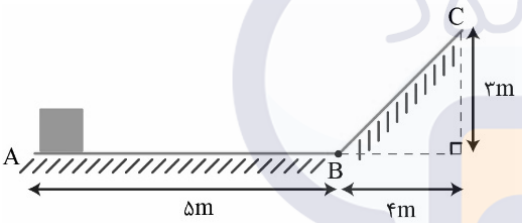
۱) $\frac{۱}{۲}$ ۲) $\frac{۱}{۴}$

۳) $\frac{۱}{۸}$ ۴) $\frac{۱}{۶}$

۲- برای این‌که تندی جسمی با جرم ۲kg به اندازه‌ی $۲\frac{m}{s}$ افزایش یابد، باید ۲۰J کار کل روی آن انجام شود. چند ژول دیگر کار کل روی جسم انجام شود تا تندی جسم $۱\frac{m}{s}$ دیگر افزایش یابد؟

۱) ۱۰ ۲) ۱۳ ۳) ۳۶ ۴) ۴۹

۳- وزنه‌ای به جرم ۲kg توسط نیروی ثابت $\vec{F} = (۴۰N)\vec{i}$ از نقطه A از حال سکون به حرکت درمی‌آید و مسیر AB را روی مسیر مستقیم سپس مسیر BC را روی سطح شیبدار طی می‌کند. اگر بزرگی نیروی اصطکاک وارد بر جسم در تمام مسیر ۵N باشد، چه تعداد از موارد زیر درباره‌ی حرکت وزنه در مسیر ABC درست است؟ $(g = ۱۰\frac{m}{s^۲})$



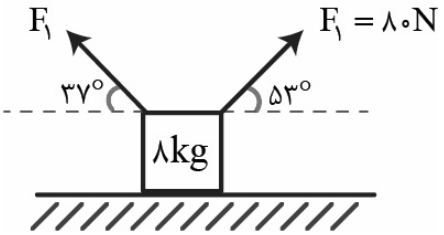
الف) کار نیروی $\vec{F}$ برابر ۳۶۰J است.

ب) کار نیروی وزن برابر ۶۰J است.

پ) کار نیروی اصطکاک ۵۰J− است.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) صفر

۴- مطابق شکل زیر، جسمی به جرم ۸kg تحت تأثیر دو نیروی $\vec{F_۱}$ و $\vec{F_۲}$ از سطح زمین و از حال سکون در راستای قائم به سمت بالا جابه‌جا می‌شود. اگر تندی جسم در ارتفاع ۲۰ متری از سطح زمین به $۱۰\frac{m}{s}$ برسد، بزرگی نیروی $\vec{F}_۲$ چند نیوتون است؟ ($\sin ۳۷^\circ = ۰/۶, g = ۱۰\frac{m}{s^۲}$ و از مقاومت هوا صرف‌نظر شود.)



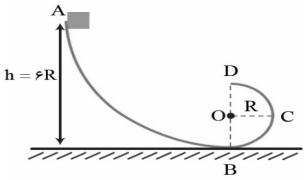
۱) ۴۸

۲) ۳۶

۳) ۶۵

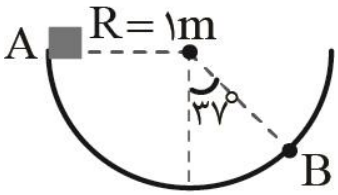
۴) ۶۰

۵- مطابق شکل زیر، جسمی به جرم m از نقطه‌ی A و از حال سکون رها شده و پس از عبور از نقطه‌ی B وارد مسیر دایره‌ای به شعاع R می‌شود. کار نیروی وزن بر روی جسم در جابه‌جایی آن از نقطه‌ی A تا نقطه‌ی D چند برابر تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی جسم در جابه‌جایی از نقطه‌ی A تا نقطه‌ی C است؟



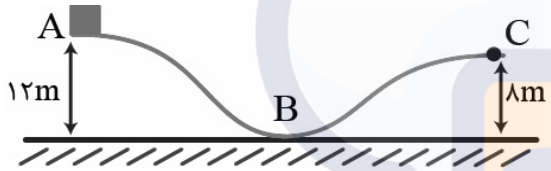
۱) $\frac{۴}{۵}$ ۲) $-\frac{۴}{۵}$ ۳) $-\frac{۵}{۴}$ ۴) $\frac{۵}{۴}$

۶- مطابق شکل زیر، جسمی به جرم ۵kg با سرعت $۲\frac{m}{s}$ از نقطه‌ی A مماس بر سطح در مسیر نیم‌دایره‌ای به سمت پایین پرتاب می‌شود. اگر جسم حداکثر تا نقطه‌ی B روی سطح بالا رود، افزایش انرژی درونی جسم و محیط در مسیر A تا B چند ژول است؟ $(\sin ۳۷^\circ = ۰/۶, g = ۱۰\frac{m}{s^۲})$



۱) ۱۰
۲) ۴۰
۳) ۵۰
۴) ۷۰

۷- وزنه‌ای به جرم ۲kg باتندی اولیه v_A از نقطه‌ی A مماس بر سطح پرتاب می‌شود. اگر در مسیر ABC، ۴۴ ژول به انرژی درونی جسم و محیط اضافه شده باشد و تندی وزنه در نقطه C، ۲۵ درصد بیشتر از تندی آن وزنه در نقطه A باشد، تندی وزنه در نقطه A چند متر بر ثانیه است؟ $(g = ۱۰\frac{N}{kg})$



۱) ۴
۲) ۶
۳) ۸
۴) ۱۰

۸- گلوله‌ای به جرم ۵۰۰g با سرعت $۲۰\frac{m}{s}$ از سطح زمین در راستای قائم به سمت بالا پرتاب می‌شود. گلوله تا ارتفاع ۱۵ متری سطح زمین بالا رفته سپس برمی‌گردد. اگر بزرگی نیروی مقاومت هوای وارد بر گلوله در حین حرکت آن ثابت فرض شود، تندی برخورد گلوله به زمین چند متر بر ثانیه است؟ $(g = ۱۰\frac{m}{s^۲})$

۱) $۱۰\sqrt{۲}$ ۲) ۱۵ ۳) $۱۰\sqrt{۳}$ ۴) ۱۰

۹- شخصی به جرم ۶۰kg در مدت زمان ۹۰s از تعداد ۵۰ پله بالا می‌رود. توان متوسط مفید شخص چند وات است؟ ($g = ۱۰\frac{m}{s^۲}$ و ارتفاع هر پله ۳۰cm است.)

۱) ۱۰۰۰ ۲) ۳۳۳ ۳) ۱۰۰ ۴) ۳۳/۳

۱۰- پمپ آبی با توان ۵kW و بازده ۸۲ درصد، چند کیلوگرم آب را از ته چاهی به عمق ۸m در هر دقیقه بالا می‌آورد و با تندی $۲\frac{m}{s}$ به بیرون پرتاب می‌کند؟ $(g = ۱۰\frac{m}{s^۲})$

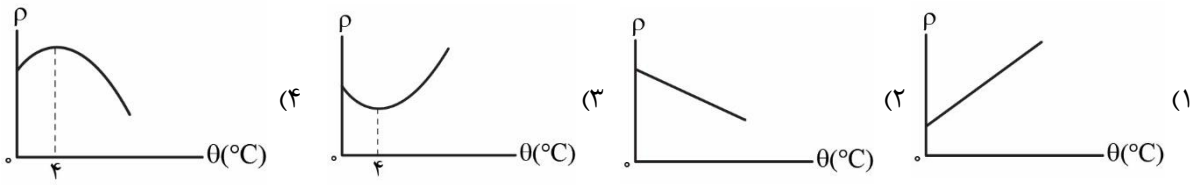
۱) ۳×۱۰^۳ ۲) ۳×۱۰^۲ ۳) $۳/۰۷۵\times۱۰^۳$ ۴) $۳/۰۷۵\times۱۰^۲$

فیزیک ۲۹ آبان ۱۴۰۴ ماراتون

۱- دمای جسمی ۳۲۰K است. دمای این جسم بر حسب درجه‌ی فارنهایت کدام است؟

۱) ۸۴/۶ ۲) ۱۰۲/۶ ۳) ۱۱۶/۶ ۴) ۱۳۴/۶

۲- کدام نمودار، تغییرات چگالی آب بر حسب دمای آن را به درستی نشان می‌دهد؟



۳- یک بزرگراه از بخش‌های بتونی به طول ۳۰m ساخته شده است. این بخش‌ها در دمای $5^\circ C$ بتون‌ریزی و عمل‌آورده شده‌اند. برای جلوگیری از تاب برداشتن بتون در دمای $45^\circ C$، مهندسان باید حداقل چه فاصله‌ای را بر حسب میلی‌متر بین این قطعه‌ها در نظر بگیرند؟ (ضریب انبساط طولی بتون $14\times10^{-6}K^{-1}$ است.)

۱) ۸/۴ ۲) ۱۶/۸ ۳) ۳۳/۶ ۴) ۲۵/۲

۴- دمای یک صفحه‌ی فلزی را $50^\circ C$ افزایش می‌دهیم، در نتیجه مساحت آن ۰/۲ درصد افزایش می‌یابد. ضریب انبساط طولی فلز در SI کدام است؟

۱) 10^{-5} ۲) 2×10^{-5} ۳) 10^{-3} ۴) 2×10^{-3}

۵- یک ظرف آلومینیومی در دمای $20^\circ C$ به‌طور کامل از گلیسیرین پر شده است. اگر دمای ظرف و گلیسیرین به $40^\circ C$ برسد، $34cm^3$ گلیسیرین از ظرف سرریز می‌شود. حجم گلیسیرین در دمای $20^\circ C$ چند سانتی‌متر مکعب است؟ (ضریب انبساط حجمی گلیسیرین $5\times10^{-4}\frac{1}{K}$ و ضریب انبساط طولی آلومینیم $25\times10^{-6}\frac{1}{K}$ است.)

۱) ۳۵۷۹ ۲) ۴۰۰۰ ۳) ۴۰۰ ۴) ۳۵۷/۹

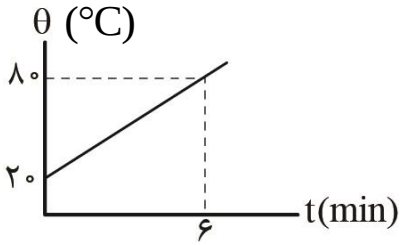
۶- به دو گوی توپر فلزی و هم‌جنس با شعاع‌های R_1 و R_2 به‌ترتیب گرماهای Q_1 و $Q_2=8Q_1$ داده می‌شود. اگر تغییر شعاع کره با شعاع R_1، ۲ برابر تغییر شعاع کره با شعاع R_2 باشد، $\frac{R_1}{R_2}$ کدام است؟

۱) $\frac{1}{4}$ ۲) $\frac{1}{2}$ ۳) ۲ ۴) ۴

۷- مقدار ۲kg مایع با گرمای ویژه $800\frac{J}{kg.K}$ درون ظرفی با ظرفیت گرمایی ۲۰۰۰ در SI قرار دارد. چند کیلوژول گرما نیاز است تا دمای مجموعه $20^\circ C$ افزایش یابد؟

۱) ۳۲ ۲) ۳۶ ۳) ۴۸ ۴) ۷۲

۸- درون یک کتری برقی با توان ۲/۵KJ، مقدار ۲kg آب $۲۰^\circ C$ قرار دارد. اگر در t=۰ کتری روشن شود، نمودار تغییرات دمای آب به صورت زیر می‌شود. بازده کتری چند درصد است؟ (گرمای ویژه آب $۴/۲\frac{J}{g.K}$ و از تبخیر سطحی آب صرف‌نظر شود.)



۱) ۵۲
۲) ۵۶
۳) ۶۰
۴) ۷۰

۹- ظرفیت گرمایی جسم A، ۳ برابر ظرفیت گرمایی جسم B و دمای جسم A، ۲ برابر دمای جسم B است. این دو جسم را درتماس با یک‌دیگر قرار می‌دهیم تا به دمای تعادل برسند. کدام گزینه درست است؟(انرژی گرمایی فقط بین A و B مبادله می شود.)

۱) گرمایی که جسم A مبادله می‌کند تا به تعادل گرمایی برسد، ۳ برابر گرمایی است که جسم B مبادله می‌کند تا به تعادل گرمایی برسد.

۲) گرمایی که جسم A مبادله می‌کند تا به تعادل گرمایی برسد، $\frac{۱}{۳}$ برابر گرمایی است که جسم B مبادله می‌کند تا به تعادل گرمایی برسد.

۳) دمای تعادل $\frac{۷}{۱۰}$ برابر دمای اولیه جسم A است.

۴) دمای تعادل $\frac{۷}{۸}$ برابر دمای اولیه جسم A است.

۱۰- شخصی ۳۰۰g آب $۵۰^\circ C$ را در یک لیوان آلومینیومی ۱۰۰ گرمی که دمای آن $۲۰^\circ C$ است می‌ریزد. دمای نهایی پس از آن‌که آب و لیوان به تعادل گرمایی برسند، چند درجه سلسیوس است؟ (از تبادل گرما با محیط صرف‌نظر شود و گرمای ویژه آب و آلومینیوم به ترتیب $۴۲۰۰\frac{J}{kg.K}$ و $۹۰۰\frac{J}{kg.K}$ است.)

۱) ۴۸ ۲) ۴۶ ۳) ۳۶ ۴) ۳۲

فیزیک ۱۳ آذر ۱۴۰۴ ماراتون

۱- کدام گزینه نادرست است؟

۱) تغییر حالت از جامد به بخار تصعید نامیده می‌شود.

۲) جامدهای بلورین در گستره‌ای از دما به تدریج ذوب می‌شوند.

۳) نقطه‌ی ذوب به جنس جسم و فشار وارد بر آن بستگی دارد.

۴) افزایش فشار وارد بر یخ سبب کاهش نقطه‌ی ذوب آن می‌شود.

۲- کدام موارد درست است؟

الف) علت احساس گرمای بیشتر در هوای خیلی مرطوب، میعان بخار آب روی بدن است.

ب) نقطه‌ی جوش آب در ارتفاعات بیشتر از نقطه‌ی جوش آن در سطح آزاد دریا است.

پ) در رساناهای فلزی، سهم الکترون‌های آزاد در رسانش گرما کم‌تر از اتم‌ها است.

ت) پدیده‌ی همرفت طبیعی موجب ایجاد نسیمی از سوی ساحل به سمت دریا در شب می‌شود.

۱) الف و پ ۲) ب و ت ۳) الف و ت ۴) ب و پ

۳- یک جواهرساز می‌خواهد ۲۰۰g نقره را ذوب کند. اگر دمای اولیه‌ی نقره برابر $10^\circ C$ و دمای ذوب آن $960^\circ C$ باشد، چند کیلوژول گرما نیاز است تا تمام نقره ذوب شود؟ (گرمای ویژه و گرمای نهان ذوب نقره به ترتیب $240\frac{J}{kg.K}$ و $90\frac{kJ}{kg}$ است.)

۱) ۴۶/۶ ۲) ۶۴/۶ ۳) ۳۶ ۴) ۷۶/۲

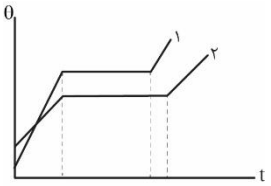
۴- مقدار ۳kg آب $20^\circ C$ در فشار ۱atm درون یک کتری برقی با توان ۲kW و بازده ۸۴ درصد قرار دارد. با روشن شدن کتری، چند دقیقه زمان لازم است تا جرم آب درون کتری به ۱kg برسد؟ (از تبخیر سطحی آب صرف‌نظر کنید و فرض کنید تمام انرژی الکتریکی تبدیل شده به انرژی گرمایی به آب می‌رسد و $c_{آب}=4/2\frac{kJ}{kg.K}$ و $L_F=2268\frac{kJ}{kg}$ است.)

۱) ۵۵ ۲) ۵۱/۶ ۳) ۴۸/۳ ۴) ۷۲

۵-چند کیلوژول گرما نیاز است تا در فشار ۱atm، قطعه یخی به جرم ۵۰g و دمای $-20^\circ C$ به‌طور کامل تبدیل به بخار آب $100^\circ C$ شود؟ $(L_V=2268\frac{J}{g}, L_F=336\frac{J}{g}, c_{آب}=2c_{یخ}=4/2\frac{J}{g.K})$

۱) ۱۵/۳۳ ۲) ۴۰/۷۴ ۳) ۱۵۳/۳ ۴) ۴۰۷/۴

۶- نمودار دما بر حسب زمان دو جسم جامد هم‌جرم که هر کدام از دو منبع گرما با توان خروجی ثابت و یکسان گرما می‌گیرند، مطابق شکل زیر است. کدام گزینه درباره‌ی گرمای ویژه‌ی دو جسم در حالت جامد و گرمای نهان ذوب آن‌ها درست است؟



۱) $L_{F_1}>L_{F_2}$, $c_1>c_2$ ۲) $L_{F_1}<L_{F_2}$, $c_1>c_2$

۳) $L_{F_1}>L_{F_2}$, $c_1<c_2$ ۴) $L_{F_1}<L_{F_2}$, $c_1<c_2$

۷- اگر $8g$ بخار آب $100^\circ C$ را وارد گرماسنج عایق حاوی مقدار زیادی یخ $0^\circ C$ کنیم، چند گرم یخ ذوب می‌شود؟ (گرمای ویژه آب، گرمای نهان ذوب یخ و گرمای نهان تبخیر آب به ترتیب $4/2\frac{J}{kg.k}, 336\frac{kJ}{kg}, 268\frac{kJ}{kg}$ است و از تبادل گرما با محیط صرف‌نظر شود.)

۱) ۶۴ ۲) ۵۴ ۳) ۴۸ ۴) ۱۰

۸- درون چاله‌ی کوچکی، $2550g$ آب $0^\circ C$ ریخته شده است. چند گرم از آب بر اثر تغییر سطحی باید تبخیر شود تا تمام آب باقی‌مانده یخ بزند؟ (از تبادل انرژی با محیط صرف‌نظر شود و $L_V = 7/5 L_F$ است.)

۱) ۳۰۰ ۲) ۳۴۰ ۳) ۲۲۱۰ ۴) ۲۲۵۰

۹- حداقل چند کیلوگرم آب $10^\circ C$ را روی $18kg$ یخ $-20^\circ C$ بریزیم تا دمای تعادل مجموعه $273K$ شود؟ ($L_F = 336\frac{kJ}{kg}, c_{آب} = 2c_{یخ} = 4/2\frac{J}{g.K}$ و از تبادل انرژی با محیط صرف‌نظر شود.)

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۹ ۴) ۱۸

۱۰- چه تعداد از موارد زیر درست است؟

الف) هر جسم در هر دمایی تابش الکترومغناطیسی گسیل می‌کند که در دماهای پایین‌تر از $500^\circ C$ عمدتاً به صورت تابش فروسرخ است.

ب) برای آشکارسازی تابش‌های فروسرخ از وسیله‌ای به نام دمانگار استفاده می‌شود و به تصویر حاصل از آن دمانگاشت می‌گوییم.

پ) سطوح صاف و درخشان با رنگ‌های روشن تابش گرمایی کم‌تری نسبت به سطوح تیره، ناصاف و مات دارند.

ت) تابش گرمایی از سطح هر جسم به دما، مساحت، رنگ و میزان صیقلی بودن سطح آن بستگی دارد.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

الکتریسیته ساکن: فیزیک ۲

جدول سری الکتریسیته مالشی
انتهای منفی سری
لاستیک پارچه کتان آلومینیوم ابریشم
انتهای مثبت سری

۱- هنگامی که یک قطعهٔ آلومینیومی را به ابریشم مالش دهیم، تعداد $۱۰^{۱۰}\times ۵$ الکترون بین آنها جابه جا می‌شود، حال بار دیگر همان قطعهٔ آلومینیومی (به شکل خنثی) را به پارچهٔ کتان مالش می‌دهیم و این بار به وسیلهٔ دستگاهی پیشرفته اختلاف بار این دو جسم را اندازه می‌گیریم و مشاهده می‌کنیم که دستگاه عدد ۱۶nC را نشان می‌دهد. به ترتیب نوع بار قطعهٔ آلومینیومی در حالت اول و دوم و اختلاف بار ابریشم و پارچهٔ کتان بر حسب نانوکولن در کدام یک از گزینه‌ها ذکر شده $(e=۱/۶\times ۱۰^{-۱۹}C)$ است؟

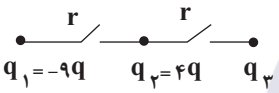
۱) منفی، مثبت، ۱۶
۲) مثبت، منفی، ۱۶
۳) منفی، مثبت، ۲۴
۴) مثبت، منفی، ۲۴

۲- از دستگاه مقابل، در تشخیص چند مورد از موارد زیر می‌توان استفاده کرد؟

الف) رسانایی جسم
ب) نوع بار اجسام
ج) اندازهٔ بار الکتریکی
د) مقایسهٔ اندازهٔ بار اجسام
هـ) باردار بودن یک جسم

۱) ۵ ۲) ۴ ۳) ۳ ۴) ۲

۳- در شکل زیر، قبل از بستن کلیدها، نیروی خالص وارد بر کره با بار $q_۱$ صفر است. کدام رابطه بین بردار نیروی خالص وارد بر بار $q_۳$ قبل از بستن کلید $(\vec{F})$ و بعد از بستن آن $(\vec{F})$ برقرار است؟ (کره‌ها رسانا و مشابه بوده و از ابعاد آنها در برابر فاصله صرف‌نظر کنید.)

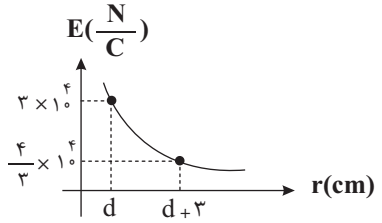


۱) $\vec{F}'=\frac{۳۵}{۱۶}\vec{F}$
۲) $\vec{F}'=-\frac{۳۵}{۱۶}\vec{F}$
۳) $\vec{F}'=\frac{۷}{۱۶}\vec{F}$
۴) $\vec{F}'=-\frac{۷}{۱۶}\vec{F}$

۴- دو کرهٔ مشابه با بارهای $q_۱>۰$ و $q_۲<۰$ در فاصله r از هم قرار دارند. دو کره را با هم تماس داده و در فاصلهٔ $\frac{r}{۲}$ از هم قرار می‌دهیم. اگر نیروی بین دو کره، ۵۰ درصد کاهش یابد، حاصل $|\frac{q_۲}{q_۱}|$ کدام است؟ $(q_۱>|q_۲|)$

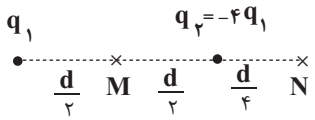
۱) $\frac{۱}{۲}$
۲) ۲
۳) ۳
۴) $\frac{۱}{۳}$

۵- نمودار بزرگی میدان الکتریکی ناشی از یک ذرهٔ باردار (+q) برحسب فاصله از آن مطابق شکل زیر رسم شده است. اگر بار +q در میدان $۱۰^{۵}\frac{N}{C}$ معلق بماند، جرم ذرهٔ باردار چند گرم است؟ $(g=۱۰\frac{m}{s^۲}, k=۹\times ۱۰^{۹}\frac{N.m^۲}{C^۲})$



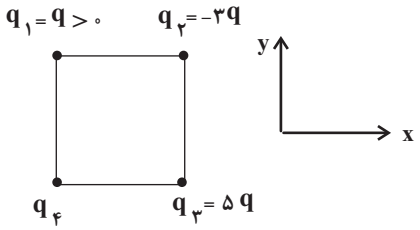
۱) ۰/۱۲
۲) ۱/۲
۳) ۰/۲۴
۴) ۲/۴

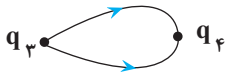
۶- دو بار الکتریکی نقطه‌ای $q_۱$ و $q_۲=-۴q_۱$ در فاصلهٔ d از یکدیگر قرار دارند و اندازهٔ میدان الکتریکی برایند در نقطهٔ M وسط خط واصل دوبار E است. اگر هر کدام از دو بار را به اندازهٔ $\frac{d}{۴}$ به هم نزدیک کنیم، اندازهٔ میدان الکتریکی برآیند در نقطهٔ N چند برابر E است؟

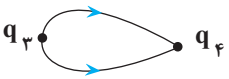


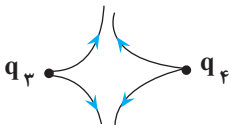
۱) $\frac{۳}{۴}$
۲) $\frac{۴}{۳}$
۳) ۴
۴) $\frac{۱}{۴}$

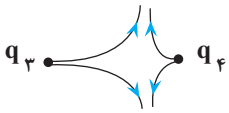
۷- چهار بار نقطه‌ای در رأس‌های یک مربع چنان قرار گرفته‌اند که میدان برایند مرکز در مربع در جهت $+y$ است. خطوط میدان الکتریکی در اطراف بارهای q_3 و q_4 مطابق با کدام گزینه است؟



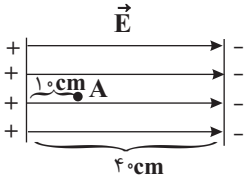
۱) 

۲) 

۳) 

۴) 

۸- مطابق شکل مقابل در میدان الکتریکی یکنواخت $۲۰۰\frac{N}{C}$ ذره‌ای با بار $-۵mC$ و جرم $۱۰g$ را از نقطهٔ A با تندی $۱۰\frac{m}{s}$ هم جهت با میدان پرتاب می‌کنیم. با صرف نظر از نیروی وزن و مقاومت هوا، کدام گزینه اتفاق می‌افتد؟



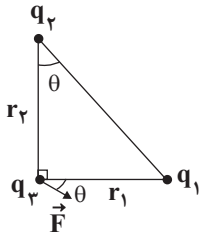
۱) ذره موقع رسیدن به صفحهٔ منفی متوقف شده و باز می‌گردد.

۲) ذره در فاصلهٔ $۱۰cm$ از صفحهٔ منفی متوقف شده و باز می‌گردد.

۳) ذره با تندی $۴\sqrt{۵}\frac{m}{s}$ به صفحهٔ منفی برخورد می‌کند.

۴) ذره با تندی $۲\sqrt{۱۰}\frac{m}{s}$ به صفحهٔ منفی برخورد می‌کند.

۹- مطابق شکل، سه بار نقطه‌ای در رئوس یک مثلث قائم‌الزاویه قرار گرفته‌اند و نیروی خالص الکتریکی وارد بر q_3 نشان داده شده است. بار q_1 را چند برابر کنیم تا برایند نیروهای وارد بر بار q_3 بر خط واصل بارهای q_1 و q_2 عمود شود؟



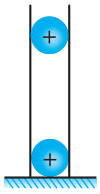
۱) -۲

۲) -۱

۳) ۲

۴) $-\sqrt{۲}$

۱۰- مطابق شکل زیر دو گوی مشابه به جرم $۳/۶$ گرم و بار یکسان $+q$ در فاصلهٔ ۱۰ سانتی‌متر از هم قرار دارند و گوی بالایی در تعادل است. هر یک از گوی‌ها نسبت به حالت خنثی چه تعداد الکترون از دست داده‌اند؟ ($e = ۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C$ ، $g = ۱۰N/kg$ ، $k = ۹\times۱۰^{۹}N.m^{۲}/C^{۲}$ و از اصطکاک صرف‌نظر شود)



۱) $۱/۲۵\times۱۰^{۱۲}$

۲) $۱/۲۵\times۱۰^{۱۳}$

۳) $۲/۵\times۱۰^{۱۲}$

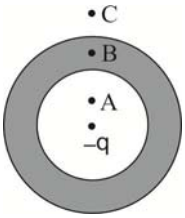
۴) $۲/۵\times۱۰^{۱۳}$

الکتریسته ساکن+ جریان الکتریکی : فیزیک ۲

۱- یکای فرعی یک کمیت فیزیکی $\frac{kg.m^2}{A.s^3}$ است. کدام یک از مفاهیم زیر بیانگر این کمیت فیزیکی است؟

۱) مقاومت الکتریکی
۲) ظرفیت خازن الکتریکی
۳) پتانسیل الکتریکی
۴) انرژی پتانسیل الکتریکی

۲- مطابق شکل، در مرکز پوسته کروی رسانایی، بار نقطه‌ای منفی قرار می‌دهیم. تراکم بار در پوسته ..... کره بیشتر است و میدان الکتریکی در نقطه ..... صفر است.



۱) خارجی - A
۲) خارجی - B
۳) داخلی - C
۴) داخلی - B

۳- چند مورد از عبارت‌های زیر صحیح‌اند؟

الف) میدان الکتریکی هم درون رسانای خنثی منزوی، هم درون رسانای باردار منزوی صفر است.

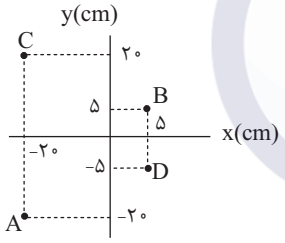
ب) در سطح یک رسانای باردار در حالت تعادل ، پتانسیل نقاط نوک تیز بیشتر از پتانسیل سایر نقاط است.

پ) حضور دی الکتریک بین صفحه‌های خازن، باعث کاهش حداکثر ولتاژ قابل تحمل خازن می‌شود.

ت) اگر یک رسانای خنثی منزوی را درون میدان الکتریکی خارجی قراردهیم، میدان الکتریکی درون آن صفر می‌شود.

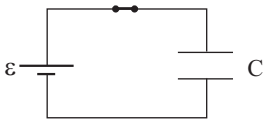
۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۴- چهار نقطه نشان داده در شکل در یک میدان الکتریکی یکنواخت قرار دارند. اگر $V_B - V_A = ۰$ بوده و $V_D - V_C = -۵۰V$ باشد و ذره‌ای با بار $+۴\mu C$ از نقطه D به B برود، تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی آن چند میکروژول است؟



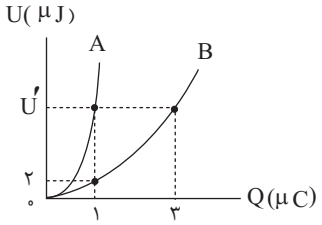
۱) ۴۰
۲) -۴۰
۳) $۲۰\sqrt{۲}$
۴) $-۲۰\sqrt{۲}$

۵- مطابق شکل زیر خازن تختی که بین صفحات آن هوا قرار دارد، به دو سر یک باتری متصل و به طور کامل شارژ شده است و انرژی ذخیره شده در آن در این حالت برابر U است. ابتدا فاصله بین صفحات خازن را ۳ برابر می‌کنیم، سپس کلید را قطع کرده و فضای بین صفحات را از یک عایق با ثابت دی الکتریک ۴ پر می‌کنیم. اگر در این حالت انرژی ذخیره شده در خازن U″ باشد، $\frac{U''}{U}$ کدام است؟



۱) $\frac{۴}{۲۷}$
۲) $\frac{۱}{۱۲}$
۳) ۱۲
۴) $\frac{۲۷}{۴}$

۶- نمودار تغییرات انرژی الکتریکی ذخیره شده در خازن‌های A و B برحسب بار الکتریکی آن‌ها مطابق شکل زیر است. به ترتیب از راست به چپ ظرفیت خازن B چند برابر ظرفیت خازن A است و U′ چند میکروژول است؟



۱) $۶ - \frac{۱}{۳}$
۲) $۹ - \frac{۱}{۹}$
۳) $۱۲ - ۳$
۴) $۱۸ - ۹$

۷- خازن تختی با دی الکتریک ($\kappa = ۵$)، که مساحت هریک از صفحات آن $۲۰cm^۲$ و فاصلهٔ بین صفحات آن ۵mm است، داریم. اگر فاصلهٔ صفحات خازن را ۳mm کاهش دهیم، ظرفیت خازن چند پیکوفاراد افزایش می‌یابد؟ ($\varepsilon_۰ = ۹\times۱۰^{-۱۲}\frac{F}{m}$)

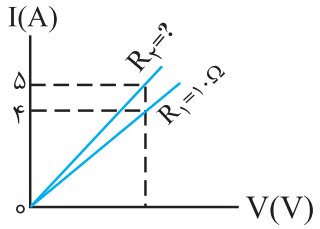
۱) ۵۴

۲) ۱۸

۳) ۲۷

۴) ۳۶

۸- نمودار تغییرات جریان و اختلاف پتانسیل دو سر رساناهای $R_۱ = ۱۰\Omega$ و $R_۲$ به شکل زیر است. $R_۲$ چند اهم است؟(دما ثابت فرض شود)



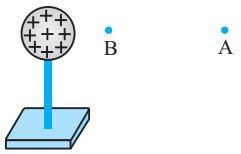
۱) ۱۲/۵

۲) ۸

۳) ۴

۴) ۲

۹- در شکل زیر، کره‌ای با بار مثبت، روی پایهٔ عایقی قرار دارد. شخصی در میدان الکتریکی حاصل از این کره، ذرهٔ باردار مثبت را با سرعت ثابت در راستای افقی از نقطهٔ B تا A جابه‌جا می‌کند. اگر کار شخص در این میدان W و کار نیروی حاصل از میدان W′ و اختلاف پتانسیل الکتریکی $V_A - V_B = \Delta V$ باشد، کدام گزینه درست است؟



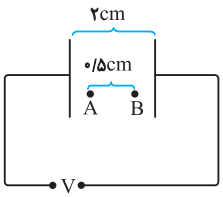
۱) $W < ۰$، $W' > ۰$ و $\Delta V > ۰$

۲) $W < ۰$، $W' > ۰$ و $\Delta V < ۰$

۳) $W > ۰$، $W' < ۰$ و $\Delta V > ۰$

۴) $W > ۰$، $W' < ۰$ و $\Delta V < ۰$

۱۰- مطابق شکل زیر دو صفحهٔ رسانا به اختلاف پتانسیل ثابتی متصل شده اند. ذره‌ای به جرم ۴۰ میلی‌گرم و بار الکتریکی ۴ میکروکولن از نقطهٔ A و از حال سکون رها می‌شود و با تندی $۰/۵\frac{m}{s}$ از نقطهٔ B عبور می‌کند. اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو صفحهٔ رسانا چند ولت است؟ (از نیروی وزن وارد بر ذرّه صرف‌نظر کنید.)



۱) ۲/۵

۲) ۲۵

۳) ۵

۴) ۵۰

جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم : فیزیک۲

۱- دو میلهٔ A و B طول و مقاومت یکسانی دارند. اگر جرم میلهٔ A سه برابر جرم میلهٔ B باشد و مقاومت ویژهٔ میلهٔ A دو برابر مقاومت ویژهٔ میلهٔ B باشد، چگالی میلهٔ B چند برابر چگالی میلهٔ A است؟

۱) $\frac{۱}{۲}$

۲) $\frac{۲}{۳}$

۳) $\frac{۳}{۲}$

۴) ۲

۲- سیم باریکی به جرم ۲۰۰۰g و قطر ۲mm از ماده‌ای به چگالی $۸\frac{g}{cm^۳}$ و مقاومت ویژه $۲/۴\times۱۰^{-۸}\Omega.m$ ساخته شده است. مقاومت الکتریکی این قطعه سیم چند میلی اُهم است؟ $(\pi = ۳)$

۱) $\frac{۲}{۳}\times۱۰^۶$

۲) $\frac{۲}{۳}\times۱۰^۳$

۳) ۶×۱۰^۶

۴) ۶×۱۰^۳

۳- چه تعداد از عبارت‌های زیر نادرست است؟

الف) مقاومت ویژهٔ نیم‌رساناها با افزایش دما کاهش می‌یابد.

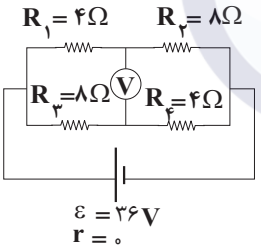
ب) رساناهای خوب مقاومت ویژهٔ بسیار کم و عایق‌های خوب مقاومت ویژهٔ بسیار زیادی دارند.

پ) تفاوت یک باتری نو و فرسوده عمدتاً در مقاومت داخلی آن است.

ت) مقاومت یک ولت‌سنج باید آنقدر زیاد باشد تا جریان محسوسی از آن نگذرد و اختلالی در جریان اصلی و ولتاژ اجزای مدار ایجاد نکند.

۱) ۱ ۲) صفر ۳) ۲ ۴) ۳

۴- ولت‌سنج آرمانی در مدار شکل زیر چند ولت را نشان می‌دهد؟



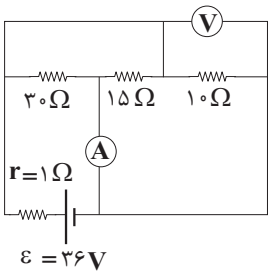
۱) ۳

۲) ۶

۳) ۱۲

۴) ۲۴

۵- مطابق شکل زیر یک ولت‌سنج آرمانی و یک آمپرسنج آرمانی در مدار زیر قرار دارند. آمپرسنج چند آمپر را نشان می‌دهد؟



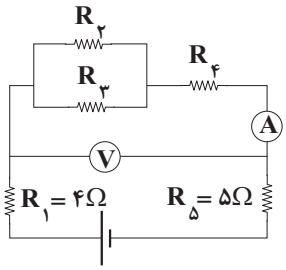
۱) ۳

۲) ۶

۳) ۲/۵

۴) ۵

۶- در مدار شکل زیر، ولت‌سنج و آمپرسنج ایده‌ال، به ترتیب اعداد ۲۰V و ۲A را نشان می‌دهند. به ترتیب از راست به چپ، مقاومت معادل چند اهم و توان خروجی باتری چند وات است؟



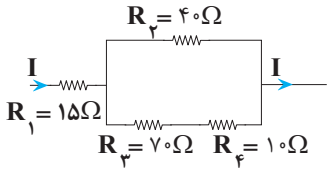
۱) ۹ و ۳۶

۲) ۱۹ و ۷۶

۳) ۹ و ۱۸

۴) ۱۹و ۳۸

۷- در شکل مقابل که قسمتی از یک مدار الکتریکی را نشان می‌دهد، توان مصرفی کدام مقاومت بیشتر است؟



۱) $R_۱$

۲) $R_۲$

۳) $R_۳$

۴) $R_۴$

۸- اگر ۴ مقاومت الکتریکی مشابه را به صورت متوالی به هم ببندیم و دو سر مجموعه را به اختلاف پتانسیل ثابت وصل کنیم، توان مصرفی کل مدار ۶۰ وات می‌شود. اگر همان مقاومت‌ها را به صورت موازی به همان اختلاف پتانسیل وصل کنیم، توان کل مدار چند وات تغییر می‌کند؟

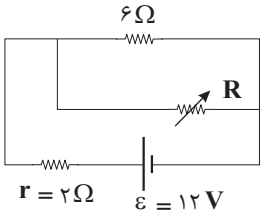
۱) ۹۶۰

۲) ۹۰۰

۳) ۲۴۰

۴) ۱۸۰

۹- در شکل زیر اگر مقاومت متغیر (رئوستا) را از ۳ اهم به ۱۲ اهم برسانیم، اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر باتری چند ولت تغییر می‌کند؟



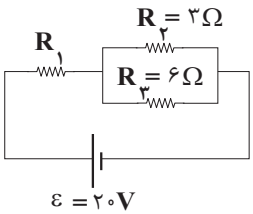
۱) ۲

۲) ۴

۳) ۶

۴) ۸

۱۰- در شکل زیر، اگر مدار الکتریکی به یک باتری آرمانی بسته شده باشد و توان مصرفی مقاومت $R_۱$، ۶ برابر توان مصرفی مقاومت $R_۲$ باشد، جریان عبوری از مقاومت $R_۳$ چند آمپر است؟



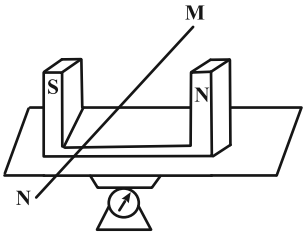
۱) ۲

۲) ۴

۳) $\frac{۲}{۳}$

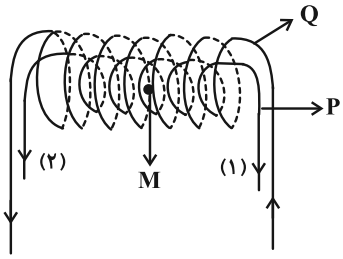
۴) $\frac{۴}{۳}$

مغناطیس و القای الکترومغناطیسی : فیزیک ۲



۱- در شکل زیر، سیم MN به طول ۷۵cm در میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی ۰/۵T قرار دارد. از این سیم برای بار اول جریان ۲A در جهت M به N و بار دوم جریان I در جهت N به M عبور می‌کند. اگر اختلاف اعداد خوانده شده توسط ترازو در دو حالت برابر با ۱۵N باشد، جریان I چند آمپر است؟ (جریان الکتریکی بر خطوط میدان مغناطیسی عمود است و فرض کنید تمام طول سیم در ناحیهٔ میدان مغناطیسی قرار دارد.)

۱) ۴۲ ۲) ۴۰
۳) ۳۸ ۴) ۳۶



۲- در شکل زیر، دو سیملولهٔ P و Q هم محورند و طول هر دو برابر با ۱ متر است. اگر تعداد دور سیملوله‌های P و Q به ترتیب برابر با ۳۰۰ و ۲۰۰ باشد، چه جریانی برحسب آمپر و در کدام جهت از سیملولهٔ P عبور کند تا میدان مغناطیسی برایند در نقطهٔ M روی محور سیملوله‌ها، ماکزیمم و برابر با ۲۱۶G گردد؟ ($I_Q = ۳I_P$ و $\mu_۰ = ۱۲\times۱۰^{-۷}\frac{T.m}{A}$)

۱) ۲- (۱) ۲) ۲- (۲)
۳) ۲۰- (۱) ۴) ۲۰- (۲)

۳- ذره‌ای به جرم ۴۰ میلی‌گرم و بار الکتریکی $-۱۰\mu C$ با تندی $۱/۶\times۱۰^{۵}\frac{m}{s}$ در راستای افق و به سمت شرق پرتاب می‌شود. اگر جهت میدان الکتریکی یکنواخت از بالا به پایین بوده و بزرگی آن $۱۲۰\frac{N}{C}$ باشد، بزرگی میدان مغناطیسی یکنواخت چند گاوس و در کدام جهت باشد تا ذره باردار مسیر افقی حرکت خود را حفظ کند؟ $(g = ۱۰\frac{m}{s^۲})$

۱) ۱۰ ، شمال ۲) ۱۰ ، جنوب
۳) ۵ ، شمال ۴) ۵ ، جنوب

۴- چه تعداد از عبارت‌های زیر درست است؟

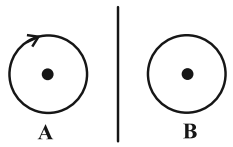
الف) اتم‌های مواد پارامغناطیسی خاصیت مغناطیسی دارند و دو قطبی‌های مغناطیسی وابسته به آنها سبب ایجاد یک میدان مغناطیسی خالص می‌شوند.

ب) در مواد دیامغناطیسی میدان مغناطیسی خارجی می‌تواند سبب القای دو قطبی‌های مغناطیسی در جهت میدان خارجی شود.

پ) در مواد فرومغناطیس در اثر میدان مغناطیسی خارجی، حجم همهٔ حوزه‌های مغناطیسی افزایش یافته و رشد می‌کنند.

ت) اورانیوم و پلاتین از جمله موادی هستند که در حضور میدان مغناطیسی قوی، خاصیت مغناطیسی ضعیف و موقت پیدا می‌کنند.

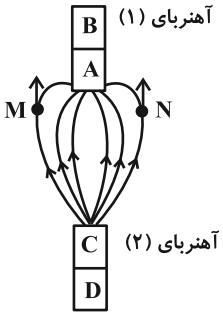
۱) صفر ۲) ۱ ۳) ۲ ۴) ۳



۵- در شکل زیر، جهت جریان در حلقهٔ B و سیم راست به ترتیب از راست به چپ چگونه باشد تا میدان مغناطیسی برایند در مرکز حلقه‌ها بتواند صفر شود؟ (میدان ناشی از حلقه‌ها در خارج از آن‌ها ناچیز است.)

۱) ساعتگرد - به طرف بالا ۲) ساعتگرد - به طرف پایین
۳) پادساعتگرد - به طرف بالا ۴) پادساعتگرد - به طرف پایین

۶- با توجه به خطوط میدان مغناطیسی حاصل از دو آهنربای میله‌ای در شکل زیر، چه تعداد از عبارت‌های زیر درست است؟



(عقربه‌های مغناطیسی در نقاط M و N در راستای قائم هستند.)

الف) D و A قطب S آهنرباها هستند.

ب) اگر الکترونی در نقطهٔ M به پایین حرکت کند، نیروی مغناطیسی بر آن وارد می‌شود.

پ) آهنربای (۱) ضعیف‌تر از آهنربای (۲) می‌باشد.

ت) C قطب S آهنربا می‌باشد.

ث) اگر بار مثبتی در نقطهٔ N به سمت بالا حرکت کند، بیشترین نیروی مغناطیسی بر آن وارد می‌شود.

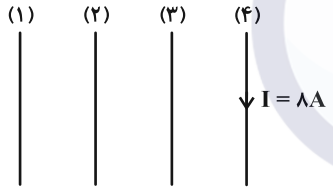
۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۷- الکترونی، در میدان مغناطیسی کرهٔ زمین به بزرگی $0/54G$ حرکت می‌کند. در لحظه‌ای که بزرگی سرعت حرکت الکترون برابر $2\times10^{5}\ \frac{m}{s}$ و جهت آن به طرف شرق باشد، اندازهٔ شتابی که الکترون در اثر میدان مغناطیسی زمین پیدا می‌کند، چند واحد SI و جهت آن به کدام سمت است؟ ($e=1/6\times10^{-19}C$ و جرم الکترون $9\times10^{-31}kg$ است.)

۱) $1/92\times10^{12}$ ، به طرف بالا ۲) $1/92\times10^{14}$، به طرف بالا

۳) $1/92\times10^{12}$ ، به طرف پایین ۴) $1/92\times10^{14}$ ، به طرف پایین

۸- مطابق شکل زیر، چهار سیم بلند و موازی حامل جریان در یک صفحه قرار دارند. برآیند میدان‌های مغناطیسی دو سیم (۱) و (۲) در محل سیم (۴)، $7G$ و به صورت درون‌سو است. اگر نیروی مغناطیسی خالص وارد بر $20cm$ از سیم (۴) برابر با ۴ میلی نیوتون و جهت آن به طرف چپ باشد، جهت جریان در سیم (۳) به کدام سمت بوده و اندازهٔ میدان مغناطیسی آن در محل سیم (۴) چند گاوس است؟



۱) بالا، ۱۸

۲) پایین، ۱۸

۳) بالا، ۳۲

۴) پایین، ۳۲

۹- با سیم روکش‌دار بلندی، سیملوله‌ای آرمانی با حلقه‌های به هم چسبیده ساخته‌ایم. با عبور جریان ۱۰ آمپر از این سیملوله، میدان مغناطیسی درون سیملوله برابر ۶۰ گاوس می‌شود. قطر مقطع سیم چند میلی‌متر است؟ ($\mu_0=12\times10^{-7}\ \frac{T.m}{A}$)

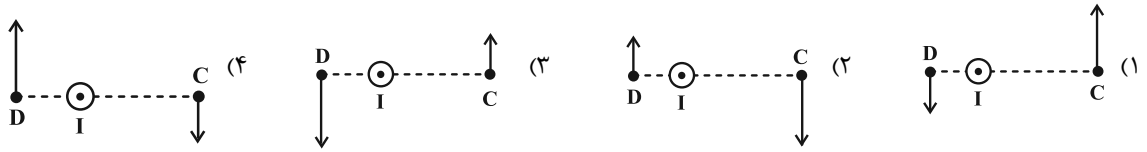
۱) ۱

۲) ۴

۳) ۶

۴) ۲

۱۰- یک سیم حامل جریان به صورت عمود بر صفحه قرار دارد. کدام شکل بردار میدان مغناطیسی در دو نقطهٔ C و D در اطراف سیم را درست نشان می‌دهد؟



مغناطیس و القای الکترومغناطیسی : فیزیک ۲

۱- سطح پیچهٔ مسطحی که دارای ۱۰۰ دور است، عمود بر خطوط میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی $500G$ قرار دارد. مساحت پیچه با چه آهنگی برحسب SI تغییر کند تا اندازهٔ نیروی محرکه القا شده در آن برابر با ۰/۴ ولت شود؟

۱) $\frac{4}{5}$

۲) $\frac{5}{4}$

۳) ۰/۰۸

۴) ۰/۱۲۵

۲- سطح حلقه‌ای رسانا به مساحت $200cm^2$ که دارای مقاومت 2Ω است، با خطوط میدان مغناطیسی یکنواختی زاویهٔ 30° می‌سازد. اگر در مدت زمان $9s$، اندازهٔ میدان مغناطیسی از ۰/۰۸ تسلا به ۰/۰۴ تسلا در خلاف جهت اولیه برسد، مقدار بار الکتریکی شارش شده در حلقه چند میلی‌کولن می‌شود؟

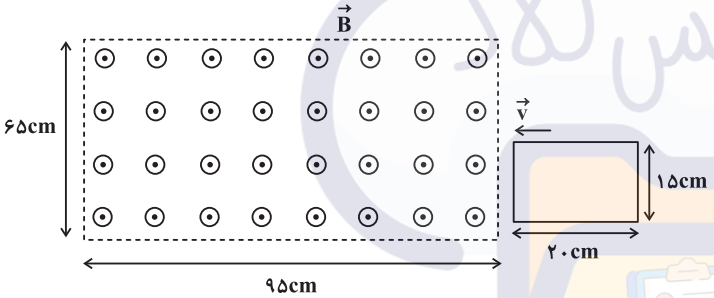
۱) ۰/۶

۲) ۶

۳) ۱/۲

۴) ۱۲

۳- مطابق شکل زیر، قاب رسانای مستطیل شکلی به ابعاد $20cm \times 15cm$، با تندی ثابت $17\frac{cm}{s}$ در لحظهٔ $t=0$ وارد فضای میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی $2000G$ می‌شود. بزرگی نیروی محرکهٔ القایی متوسط در قاب رسانا در بازهٔ زمانی $t=0$ تا $t_2=6s$ چند میکروولت است؟ (در لحظهٔ $t=0$ قاب در آستانهٔ ورود به میدان مغناطیسی است.)



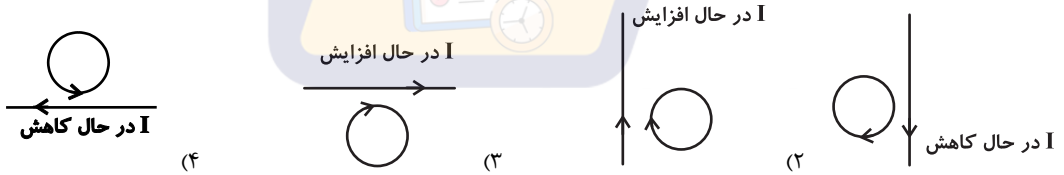
۱) صفر

۲) ۶۵۰

۳) ۳۵۰

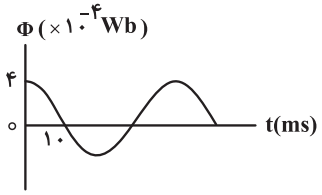
۴) $\frac{1600}{3}$

۴- در کدام شکل، جهت جریان القا شده در حلقه درست است؟



۱) ۲) ۳) ۴)

۵- نمودار تغییرات شار مغناطیسی عبوری از پیچهٔ یک مولد جریان متناوب، به صورت شکل زیر است. اگر تعداد دورهای پیچه برابر ۱۳۰۰ باشد، بزرگی نیروی محرکهٔ القایی متوسط در پیچه در بازهٔ زمانی $\frac{1}{150}s$ تا $0/05s$، چند ولت است؟



۱) ۲

۲) ۳

۳) ۶

۴) ۱۲

۶- سیمی به طول ۱۶۰cm را به صورت یک حلقهٔ مربع شکل درمی‌آوریم. اگر این حلقه را طوری در میدان مغناطیسی $B = ۲۰۰G$ قرار دهیم که سطح حلقه با میدان زاویهٔ ۶۰° بسازد، شار عبوری از این سطح چند وبر می‌شود؟

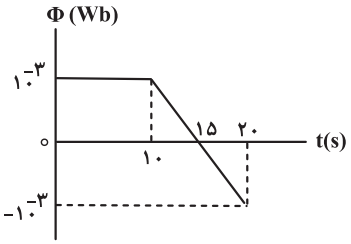
۱) ۸×۱۰^{-۴}

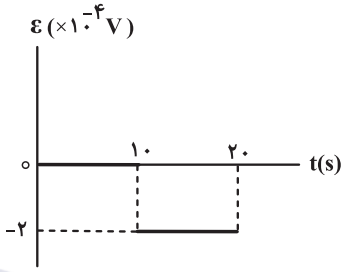
۲) $۸\sqrt{۳}\times۱۰^{-۴}$

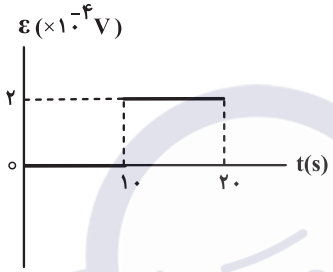
۳) ۱۶×۱۰^{-۴}

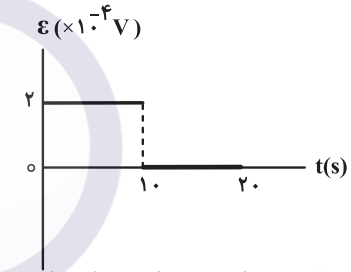
۴) $۱۶\sqrt{۳}\times۱۰^{-۴}$

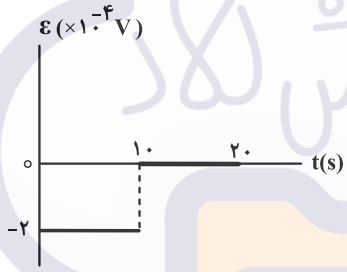
۷- تغییرات شار مغناطیسی که از یک حلقه می‌گذرد، برحسب زمان در نمودار شکل زیر نشان داده شده است. کدام گزینه نمودار نیروی محرکهٔ القایی برحسب زمان را به درستی نشان می‌دهد؟



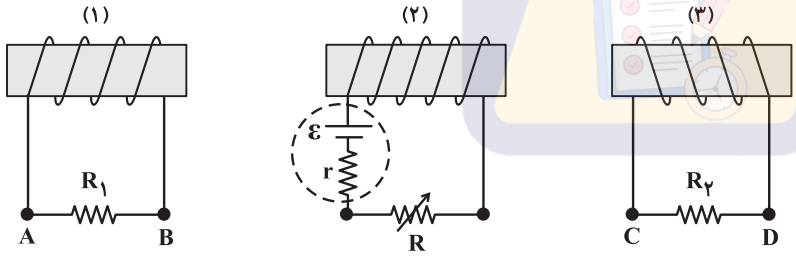
۱)


۲)


۳)


۴)


۸- در شکل زیر، با تغییر مقاومت رئوستا، جریان القایی در مقاومت $R_۱$ از B به سمت A ایجاد می‌شود. به ترتیب از راست به چپ، مقاومت رئوستا چگونه تغییر می‌کند و جهت جریان القایی در مقاومت $R_۲$ در کدام جهت است؟



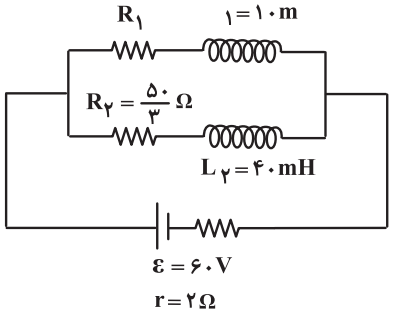
۱) افزایش می‌یابد، از C به D

۲) افزایش می‌یابد، از D به C

۳) کاهش می‌یابد، از D به C

۴) کاهش می‌یابد، از C به D

۹- در مدار شکل زیر، مقاومت الکتریکی سیملوله‌ها ناچیز است. مقاومت $R_۱$ چند اهم باشد تا انرژی ذخیره شده در سیملولهٔ $L_۲$، ۹ برابر انرژی ذخیره شده در سیملولهٔ $L_۱$ باشد؟ (مدار، به مدت طولانی در این حالت قرار گرفته است.)



۱) ۲۵

۲) ۵۰

۳) ۱۲/۵

۴) ۷۵

الکتریسته ساکن : فیزیک ۲

۱- با توجه به جدول الکتریسته مالشی، جسم B را با جسم D مالش می‌دهیم. در این عمل ..... جسم D ..... یافته و جسم B دارای بار ..... می‌شود.

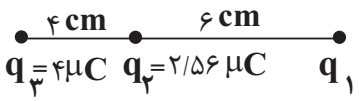
سری مثبت

A
B
C
D
E

سری منفی

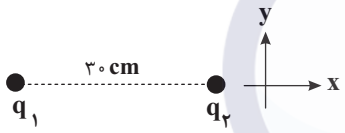
۱) پروتون‌های – کاهش – مثبت
۲) الکترون‌های – کاهش – منفی
۳) الکترون‌های – افزایش – مثبت
۴) پروتون‌های – افزایش – منفی

۲- در شکل زیر، سه بار نقطه‌ای در یک راستا قرار گرفته‌اند، چند الکترون به بار $q_۲$ اضافه کنیم تا نیروی خالص وارد بر بار $q_۱$ برابر صفر شود؟ $(e = ۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C)$



۱) ۲×۱۰^{۱۳}
۲) $۲/۵\times۱۰^{۱۳}$
۳) ۲×۱۰^{۱۴}
۴) $۲/۵\times۱۰^{۱۴}$

۳- دو بار الکتریکی نقطه‌ای ساکن $q_۱$ و $q_۲$ مطابق شکل زیر در فاصلهٔ ۳۰cm یکدیگر بر روی محور x قرار دارند. اگر بردار میدان الکتریکی حاصل از بار الکتریکی $q_۱$ در محل بار $q_۲$ برابر $\vec{E}_۱ = -۴\times۱۰^۴(N/C)\vec{i}$ و بردار میدان الکتریکی حاصل از بار الکتریکی $q_۲$ در محل بار $q_۱$ برابر $\vec{E}_۲ = +۳\times۱۰^۴(N/C)\vec{i}$ باشد، اندازهٔ نیروی الکتریکی بین دو ذره، چند میلی‌نیوتون و از چه نوعی است؟ $(k = ۹\times۱۰^۹\frac{N.m^۲}{C^۲})$

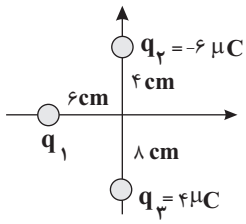


۱) ۱۲، جاذبه
۲) ۱۲، دافعه
۳) ۷، جاذبه
۴) ۷، دافعه

۴- بار الکتریکی $q = +۴nc$ در نقطه‌ای روی صفحهٔ مختصات قرار دارد، اگر میدان الکتریکی حاصل از این ذره در مبدأ مختصات در SI برابر با $۱۰^۴(\frac{N}{C})\vec{i}$ باشد، بردار میدان الکتریکی حاصل از بار q در نقطهٔ $M(-۵/۵cm , \sqrt{۶}cm)$ در SI کدام است؟ $(k = ۹\times۱۰^۹\frac{N.m^۲}{C^۲})$

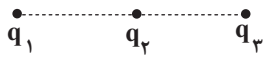
۱) $۱۴/۴\times۱۰^۴$
۲) $۵/۷۶\times۱۰^۴$
۳) ۱×۱۰^۴
۴) ۶×۱۰^۴

۵- مطابق شکل سه بار نقطه‌ای در محل خود ثابت شده‌اند. اگر نیروی خالص وارد بر بار $q_۳$ به صورت $\vec{F} = (۰/۳N\vec{i} - ۰/۲۵N\vec{j})\times۱۰^۲$ باشد، بار $q_۱$ چند میکروکولن خواهد بود؟ $(k = ۹\times۱۰^۹\frac{N.m}{C^۲})$



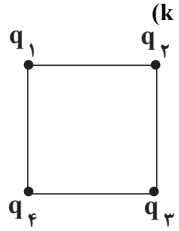
۱) $\frac{۱۲۵}{۹}$
۲) $+۹$
۳) $-\frac{۱۲۵}{۹}$
۴) -۹

۶- سه بار نقطه‌ای q_1، q_2 و q_3 مطابق شکل زیر روی خط راست در حال تعادل الکتریکی قرار دارند، اگر بار q_2 را کمی به سمت چپ جابه‌جا کنیم آنگاه جهت نیروی خالص الکتریکی وارد بر بارهای q_1 و q_3 به ترتیب از راست به چپ به کدام سمت می‌شود؟



۱) چپ، راست
۲) راست، چپ
۳) چپ، چپ
۴) راست، راست

۷- مطابق شکل زیر، چهار بار الکتریکی نقطه‌ای بر روی رأس‌های مربعی به ضلع ۲۰cm قرار دارند. اگر نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_4 صفر بوده و $|q_2| = 11/2\mu C$ باشد، اندازهٔ نیروی الکتریکی بین دو ذرهٔ باردار q_1 و q_3 چند نیوتون است؟ $(k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2}, \sqrt{2} \simeq 1/4)$

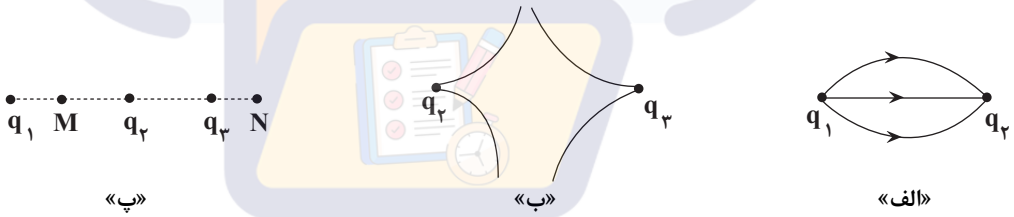


۱) ۵/۰۴
۲) ۱۰/۰۸
۳) ۱/۸
۴) ۳/۶

۸- ذرّهٔ باردار $q = -4\mu c$ به جرم ۲g از ارتفاع ۲۰ متری در یک میدان الکتریکی یکنواخت قائم با تندی $10\frac{m}{s}$ در راستای قائم به سمت پایین پرتاب می‌شود و پس از ۵ متر سقوط تندی آن به $15\frac{m}{s}$ می‌رسد، بزرگی میدان الکتریکی در SI و جهت آن مطابق کدام گزینه است؟(از نیروهای مقاوم صرف نظر شود و $g = 10\frac{N}{kg}$)

۱) ۱۲۵۰، بالا
۲) ۶۲۵۰، بالا
۳) ۱۲۵۰، پایین
۴) ۶۲۵۰، پایین

۹- مطابق شکل زیر خطوط میدان الکتریکی اطراف بارها در شکل‌های «الف» و «ب» رسم شده است، در شکل «پ» بارهای q_1، q_2 و q_3 روی خط راست، ثابت شده‌اند، جهت میدان الکتریکی در نقاط M و N به ترتیب از راست به چپ مطابق کدام گزینه است؟ $(|q_1| = |q_2| = |q_3|)$



۱) راست، راست
۲) چپ، راست
۳) راست، چپ
۴) چپ، چپ

۱۰- اگر میلهٔ رسانای A را به کلاهک الکتروسکوپ باردار نزدیک کنیم، فاصلهٔ بین صفحات الکتروسکوپ افزایش می‌یابد؛ کدام گزینه در مورد میلهٔ A صحیح است؟

۱) بار مخالف بار الکتروسکوپ دارد.
۲) با بار الکتروسکوپ هم نام است.
۳) ممکن است خنثی یا بار مخالف بار الکتروسکوپ داشته باشد.
۴) ممکن خنثی یا بار هم نام بار الکتروسکوپ داشته باشد.

آزمون ۱۰ بهمن‌ماه یازدهم قلمچی

الکتریستهٔ ساکن +جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم

۱- اختلاف پتانسیل دو صفحه در یک خازن را $۶V$ افزایش می‌دهیم و بار الکتریکی ذخیره شده در آن $۲\mu C$ افزایش می‌یابد. ظرفیت خازن چند میکروفاراد است؟

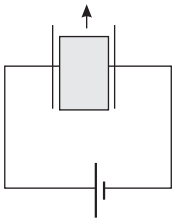
۱) $\frac{۱}{۱۲}$

۲) ۱۲

۳) $\frac{۱}{۳}$

۴) ۳

۲- در شکل مقابل با خارج کردن دی الکتریک از بین صفحات خازن، چند مورد از کمیت‌های زیر افزایش می‌یابد؟



الف) میدان الکتریکی بین صفحات

ب) بار الکتریکی

پ) انرژی خازن

۱) ۳ مورد ۲) ۲ مورد

۳) ۱ مورد ۴) هیچ یک از کمیت‌های ذکر شده افزایش نمی‌یابد.

۳- بار خازنی به ظرفیت $۲۰\mu F$ برابر $۵۰\mu C$ است. در ابتدا یک عایق با ثابت دی‌الکتریک $\kappa = ۵$ به ضخامت $۱۰cm$ بین صفحات خازن را کاملاً پر کرده است. اگر خازن را از باتری جدا کرده و مادهٔ دی‌الکتریک بین صفحات خازن را کاملاً خارج کنیم و همزمان فاصلهٔ صفحات خازن را به ۴۰ درصد حالت اول کاهش دهیم، انرژی ذخیره شده در خازن چند میکروژول و چگونه تغییر می‌کند؟

۱) ۱۲۵ – کاهش

۲) ۱۲۵ – افزایش

۳) ۶۲/۵ – کاهش

۴) ۶۲/۵ - افزایش

۴- مقدار بار یک خازن تخت را $۵\mu C$ تغییر می‌دهیم که در اثر آن اختلاف پتانسیل دو سر خازن دو برابر می‌شود، به‌ترتیب از راست به چپ مقدار انرژی و میدان الکتریکی بین دو صفحهٔ خازن چه تغییری می‌کنند؟ (ظرفیت خازن ثابت است)

۱) دو برابر می‌شود – ثابت می‌ماند. ۲) دو برابر می‌شود – دو برابر می‌شود.

۳) چهاربرابر می‌شود – ثابت می‌ماند. ۴) چهار برابر می‌شود – دو برابر می‌شود.

۵- چند مورد از مطالب زیر درست است؟

الف) با اعمال اختلاف پتانسیل الکتریکی به دو سر یک رسانا، پروتون‌های این جسم در جهت میدان الکتریکی جابه‌جا می‌شوند.

ب) اندازهٔ سرعت سوق در یک رسانای فلزی در مقایسه با تندی کاتوره‌ای الکترون‌های آزاد بسیار کمتر است.

پ) اگر مقداری بار الکتریکی به یک رسانای فلزی دوکی شکل بدهیم، پتانسیل الکتریکی در نقاط نوک تیز رسانا بیشتر از سایر نقاط خواهد بود.

ت) با قرار دادن یک رسانای خنثی در یک میدان الکتریکی خارجی، میدان الکتریکی ناشی از بار توزیع شده در سطح خارجی جسم، اثر میدان الکتریکی خارجی درون رسانا را تقویت می‌کند.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۶- به دو سر یک رسانا، باتری وصل کرده‌ایم و تا مدت زمان خالی شدن کامل باتری، حداکثر $۱/۸\times۱۰^{۲۲}$ الکترون از سطح رسانا عبور می‌کند. اگر جریان الکتریکی متوسط عبوری از سطح رسانا $۰/۴A$ باشد، باتری پس از چند ساعت کار کردن مداوم خالی می‌شود؟ $(e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C)$

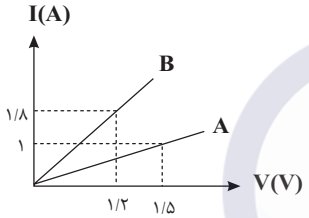
۱) ۴

۲) ۳

۳) ۲

۴) ۱

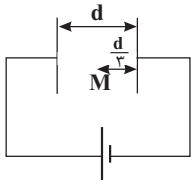
۷- شکل مقابل نمودار جریان الکتریکی بر حسب اختلاف پتانسیل را برای دو رسانای A و B نشان می‌دهد. اگر این دو رسانا به‌ترتیب به اختلاف پتانسیل‌های ۱۲۰V و ۹۰V متصل شوند، در مدت زمان معین، تعداد الکترون‌های شارش یافته در رسانای B چند برابر تعداد الکترون‌های شارش یافته در رسانای A می‌باشد؟



۱) $\frac{۲}{۳}$ ۲) $\frac{۲۷}{۱۶}$

۳) $\frac{۳}{۴}$ ۴) $\frac{۳}{۸}$

۸- مطابق شکل زیر یک الکترون از مجاورت صفحهٔ مثبت خازن با تندی $۱۰۰۰\frac{m}{s}$ در راستای افق به سمت راست پرتاب می‌شود و در نقطهٔ M جهت حرکت آن عوض می‌شود، اگر پایانه‌های باتری را با هم جابه‌جا و ولتاژ باتری را ۲ برابر کنیم و الکترون را با همان تندی از مجاورت صفحهٔ منفی خازن به سمت صفحهٔ مثبت در راستای افقی پرتاب کنیم، الکترون با چه تندی برحسب $\frac{m}{s}$ به صفحهٔ مثبت می‌رسد؟ (از وزن الکترون صرف‌نظر کنید.)



۱) $۱۰۰۰\sqrt{۲}$

۲) ۲۰۰۰

۳) $۱۰۰۰\sqrt{۷}$

۴) ۱۵۰۰

۹- خازنی که فاصلهٔ بین صفحات آن به طورکامل از یک دی‌الکتریک با ثابت $\kappa=۴$ پر شده است را شارژ و سپس از مولد جدا می‌کنیم. اگر در این حالت ۱/۱۸ نانو کولن بار از صفحهٔ منفی خازن جدا و به صفحهٔ مثبت خازن منتقل کنیم، بزرگی میدان الکتریکی بین صفحات خازن ۵۰۰۰ نیوتون بر کولن تغییر می‌کند، مساحت هریک از صفحات خازن چند سانتی‌متر مربع است؟ $(\varepsilon_۰=۸/۸۵\times۱۰^{-۱۲}\frac{F}{m})$

۱) ۲۰۰ ۲) ۱۰۰

۳) $\frac{۲۰۰}{۳}$ ۴) $\frac{۱۰۰}{۳}$

۱۰- بار ذخیره شده در یک باتری ۱۲ ولتی برابر با ۲۰ آمپر – دقیقه است. دو سر یک مقاومت را به این باتری متصل می‌کنیم. اگر جریان عبوری از باتری تا زمان تخلیهٔ آن ۵ میلی‌آمپر باشد، در این مدت باتری چند ژول انرژی به مدار می‌دهد؟

۱) ۱۴۴۰۰

۲) ۷۲۰۰

۳) ۳۶۰۰

۴) ۲۸۸۰۰

جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم

۱- شکل مقابل تصویری واقعی از یک ..... را نمایش می‌دهد که در مدارهای الکترونیکی نقش ..... را که نوعی ..... است و از سیمی با مقاومت ویژهٔ ..... ساخته شده، دارد.

۱) دیود – رئوستا – آمپرسنج – نسبتاً پایین

۲) رئوستا – خازن – آمپرسنج – نسبتاً زیاد

۳) دیود – پتانسیومتر – مقاومت – نسبتاً پایین

۴) پتانسیومتر – رئوستا – مقاومت – نسبتاً زیاد

۲- سیم باریکی به جرم ۲۴۰g به شعاع خارجی ۱mm و شعاع داخلی ۰/۵mm، از ماده‌ای با چگالی $۸\frac{g}{cm^۳}$ و مقاومت ویژهٔ $۳\times۱۰^{-۶}\Omega.cm$ ساخته شده است. مقاومت الکتریکی این قطعه سیم در SI کدام است؟ $(\pi^۲=۱۰)$

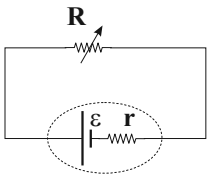
۱) ۱۶۰

۲) ۱۶

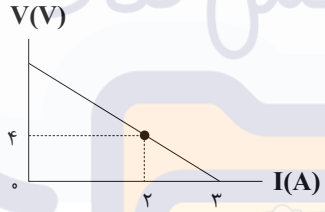
۳) ۱/۶

۴) ۰/۱۶

۳- در مدار شکل «الف»، نمودار اختلاف پتانسیل دو سر مولد برحسب جریان گذرنده از آن به شکل «ب» است. نیروی محرکهٔ مولد و مقاومت درونی مولد به‌ترتیب کدام است؟



(الف)



(ب)

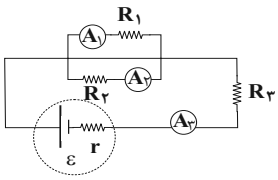
۱) $۲\Omega , ۶V$

۲) $۴\Omega , ۱۲V$

۳) $۲\Omega , ۱۲V$

۴) $۱\Omega , ۶V$

۴- با افزایش مقاومت $R_۱$، اعدادی که آمپرسنج‌های $A_۱$، $A_۲$ و $A_۳$ نشان می‌دهند، به‌ترتیب چگونه تغییر می‌کنند؟



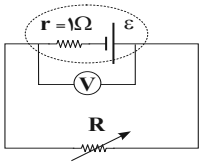
۱) افزایش، کاهش، افزایش

۲) کاهش، افزایش، کاهش

۳) افزایش، افزایش، افزایش

۴) کاهش، کاهش، کاهش

۵- در مدار الکتریکی شکل زیر، مقاومت الکتریکی رئوستا در ابتدا ۸Ω است. مقاومت رئوستا را چند اهم و چگونه تغییر دهیم تا ولت‌سنج ایده‌آل نصف مقدار اولیه را نشان دهد؟



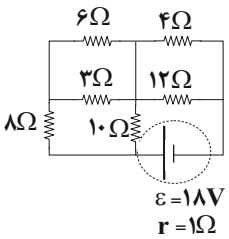
۱) $۶/۴\Omega$ - افزایش

۲) $۶/۴\Omega$ - کاهش

۳) $۷/۲\Omega$ - افزایش

۴) $۷/۲\Omega$ - کاهش

۶- در مدار شکل زیر، توان خروجی باتری، چند وات است؟



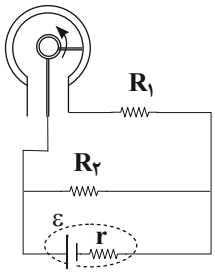
۱) ۱۶

۲) ۲۰/۲۵

۳) ۳۲

۴) ۴۰/۵

۷- در شکل رو به رو اگر اتصال لغزنده در جهت پادساعتگرد (جهت نشان داده شده) حرکت داده شود، جریان گذرنده از $R_۲$ ، ..... و اختلاف پتانسیل دو سر باتری، ..... می‌شود.



۱) زیاد - کم

۲) زیاد - زیاد

۳) کم - زیاد

۴) کم – کم

۸- یک بخاری برقی ۳۵۰۰W، یک اتو برقی ۱۰۰۰W و تعدادی لامپ ۳۰۰W به طور موازی به یکدیگر متصل شده‌اند و این مجموعه به پریزهای برق مدار سیم‌کشی خانگی ۲۲۰V وصل است. فیوز به کار رفته در ورودی سیم‌کشی این منزل ۲۵A می‌باشد. اگر بخاری برقی و اتوبرقی همزمان روشن باشند، با روشن کردن حداقل چند لامپ، فیوز خواهد پرید؟

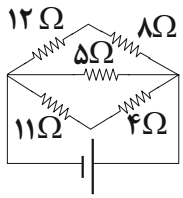
۱) ۲

۲) ۳

۳) ۴

۴) ۵

۹- در مدار شکل زیر، اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت ۸ اهمی چند برابر اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت ۴ اهمی است؟



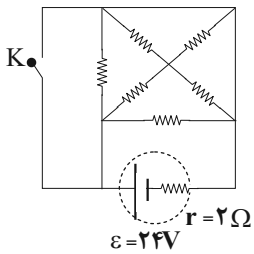
۱) ۲

۲) $\frac{۳}{۲}$

۳) $\frac{۴}{۳}$

۴) $\frac{۱}{۲}$

۱۰- در مدار شکل زیر در ابتدا کلید K باز است. اگر کلید K را وصل کنیم، جریان عبوری از مولد چند آمپر تغییر می‌کند؟ (تمام مقاومت‌ها مشابه و برابر ۲ اهم هستند.)



۱) ۲

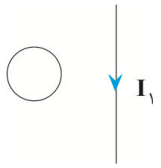
۲) ۲/۵

۳) ۳

۴) ۳/۲

مغناطیس و القای الکترومغناطیسی

۱- در شکل مقابل، جهت جریان حلقه چگونه باشد تا میدان مغناطیسی برآیند در مرکز حلقه صفر شود؟



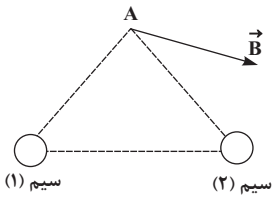
۱) ساعت‌گرد

۲) پادساعتگرد

۳) می‌تواند ساعت‌گرد یا پادساعتگرد باشد

۴) میدان مغناطیسی برایند در مرکز حلقه صفر نمی‌شود.

۲- برایند میدان‌های مغناطیسی حاصل از دو سیم بلند حامل جریان که بر صفحه عموداند در نقطهٔ A، مطابق شکل است. جهت جریان سیم‌های (۱) و (۲) به‌ترتیب از راست به چپ کدام است؟



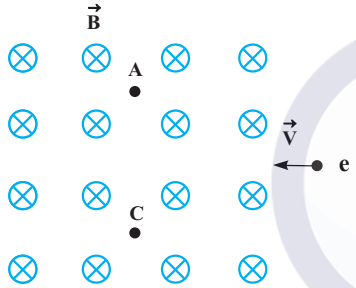
۱) درون‌سو – برون‌سو

۲) برون‌سو – درون‌سو

۳) درون‌سو – درون‌سو

۴) برون‌سو – برون‌سو

۳- مطابق شکل، الکترونی وارد محیطی می‌شود که در آن میدان مغناطیسی $\vec{B}$ وجود دارد. کدام گزینه در مورد حرکت الکترون درست است؟ (به الکترون تنها نیروی مغناطیسی وارد می‌شود.)



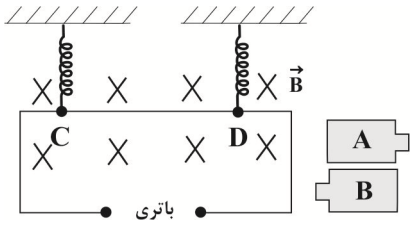
۱) از نقطه A می‌گذرد و انرژی جنبشی آن افزایش می‌یابد.

۲) از نقطه A می‌گذرد و انرژی جنبشی آن تغییر نمی‌کند.

۳) از نقطه C می‌گذرد و انرژی جنبشی آن افزایش می‌یابد.

۴) از نقطه C می‌گذرد و انرژی جنبشی آن تغییر نمی‌کند.

۴- مطابق شکل زیر، میلهٔ CD به جرم ۸۰g و طول ۱۶۰cm به دو فنر مشابه آویخته شده و در یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی ۰/۰۴T به صورت افقی قرار دارد. با فرض اینکه مقاومت مدار ۰/۴Ω باشد، کدام باتری و با چه ولتاژی را در مدار قرار دهیم، تا از طرف میله بر فنرها نیرویی وارد نشود؟ ($g=10\frac{N}{kg}$ و از جرم سایر اجزای مدار صرف‌نظر شود.)



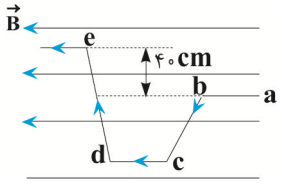
۱) A، ۵V

۲) A، ۰/۰۵V

۳) B، ۵V

۴) B، ۰/۰۵V

۵- مطابق شکل زیر، سیم رسانایی در میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی ۲۰۰G قرار دارد. اگر جریان عبوری از سیم، ۵A باشد، اندازهٔ نیروی وارد بر آن از طرف میدان مغناطیسی چند نیوتون و در چه جهتی است؟



۱) ۴۰۰، درون‌سو

۲) ۰/۰۴، درون‌سو

۳) ۴۰۰، برون‌سو

۴) ۰/۰۴، برون‌سو

۶- ذره‌ای به جرم $40mg$ و بار $-10\mu C$ با تندی $1/6\times10^{5}$ در راستای افق و به سمت شرق پرتاب می‌شود. اگر جهت میدان الکتریکی یکنواخت از بالا به پایین بوده و بزرگی آن $120\frac{N}{C}$ باشد، بزرگی میدان مغناطیسی یکنواخت، چند گاوس و در کدام جهت باشد تا ذرهٔ باردار، مسیر افقی حرکت خود را حفظ کند؟ $(g=10\frac{m}{s^2})$

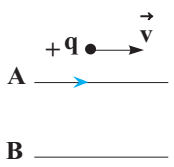
۱) ۱۰، شمال

۲) ۱۰، جنوب

۳) ۵، شمال

۴) ۵، جنوب

۷- مطابق شکل زیر، ذره‌ای به جرم $0/4g$ و بار الکتریکی $q=+5mC$ با تندی $2\times10^{3}\frac{m}{s}$ روی خط راست افقی و به موازات دو سیم A و B که حامل جریان‌های ثابت‌اند، در جهت نشان داده شده در حال حرکت است. اگر بزرگی میدان مغناطیسی حاصل از سیم A در محل ذرهٔ باردار q برابر $5G$ باشد، بزرگی میدان مغناطیسی سیم حامل جریان B در محل بار q چند گاوس است؟ $(g=10\frac{N}{kg})$



۱) ۱۰

۲) ۱

۳) ۹

۴) ۱۲

۸- از سیم طویلی به قطر $1/5mm$ سیملوله‌ای ۲۰۰ حلقه‌ای که حلقه‌های آن در یک ردیف به طور فشرده در کنار هم قرار گرفته‌اند، ساخته‌ایم. از این سیملوله جریان الکتریکی چند آمپری عبور دهیم تا بزرگی میدان مغناطیسی روی محور سیملوله $8mT$ شود؟

$(\mu_0=12\times10^{-7}T.m/A)$

۱) ۲۰

۲) ۱۰

۳) ۱۵

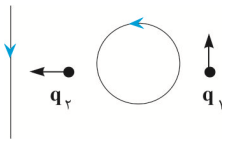
۴) ۵

۹- چه تعداد از عبارت‌های زیر نادرست است؟

- آهن و فولاد هر دو فرومغناطیسی‌اند.
- خاصیت مغناطیسی القایی در فولاد موقتی و در آهن دائمی است.
- اکسیژن مادهٔ پارامغناطیسی است.
- در هر میدان مغناطیسی، خاصیت مغناطیسی مواد فرومغناطیسی نرم بیشتر از مواد فرومغناطیسی سخت است.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۱۰- در شکل زیر دو بار $q_1>0$ و $q_2<0$ با جرم ناچیز در یک سطح در جهت‌های نشان داده شده پرتاب می‌شوند. بزرگی میدان مغناطیسی ناشی از حلقه در محل بارهای q_1 و q_2 با هم برابر و کوچکتر از بزرگی میدان مغناطیسی حاصل از سیم راست در محل بار q_1 باشد در این صورت در لحظهٔ نشان داده شده به ترتیب از راست به چپ جهت شتاب بارهای q_1 و q_2 کدام است؟



۱) چپ، بالا

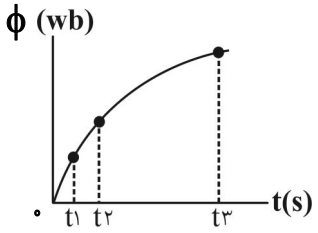
۲) راست، پایین

۳) چپ، پایین

۴) راست، بالا

مغناطیس و القای الکترومغناطیسی

۱- نمودار تغییرات شارمغناطیسی گذرنده از یک حلقه برحسب زمان مطابق شکل زیر است. در کدام بازهٔ زمانی، اندازه نیروی محرکهٔ القایی متوسط بزرگ‌تر است؟



۱) صفر تا t_1

۲) t_2 تا t_3

۳) صفر تا t_2

۴) صفر تا t_3

۲- پیچه‌ای دایره‌ای شکل به مساحت $1cm^2$ و مقاومت 100Ω، عمود بر خطوط میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی $20T$ قرار دارد. اگر پیچه حول یکی از قطرهایش در مدت زمان $2ms$ به اندازهٔ 53° بچرخد، به طوری که جریان الکتریکی متوسطی به بزرگی $0/5A$ در آن القا شود، تعداد حلقه‌های پیچه کدام است؟ $(\sin 37^\circ = 0/6)$

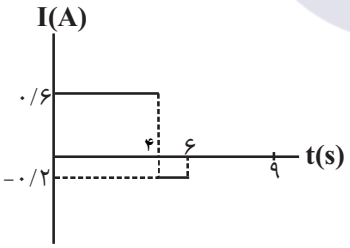
۱) ۵۰۰

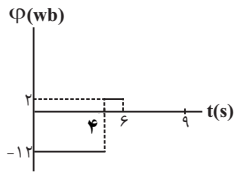
۲) ۱۲۵

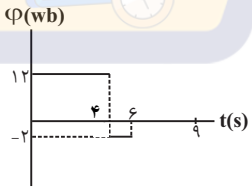
۳) $\frac{250}{3}$

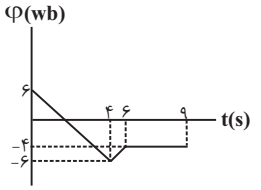
۴) ۲۵۰

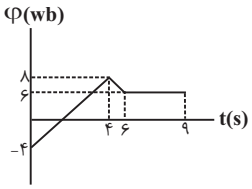
۳- نمودار تغییرات جریان القایی در یک حلقه رسانا برحسب زمان مطابق شکل زیر است. اگر مقاومت حلقه 5Ω باشد، کدام نمودار نشان‌دهنده تغییرات شار مغناطیسی عبوری از این حلقه می‌تواند باشد؟



۱)


۲)


۳)


۴)


۴- سیم راستی به طول ۶ متر که مقاومت الکتریکی هر متر از آن ۴Ω است را به شکل سیملوله‌ای که قطر هر حلقه آن ۱۰cm در آورده و در فضای یک میدان مغناطیسی یکنواختی قرار می‌دهیم. سطح سیملوله با خطوط میدان مغناطیسی زاویهٔ ۳۰° می‌سازد. اگر اندازهٔ میدان $۰/۸T$ بوده و پس از مدت زمانی با ثابت ماندن اندازه، جهت میدان عکس شود، اندازهٔ بار شارش شده از قاب چند میلی‌کولن خواهد بود؟ $(\pi \simeq ۳)$

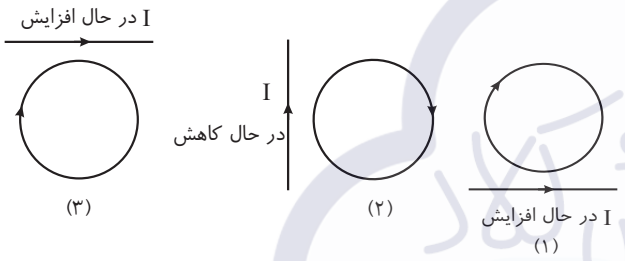
۱) باید زمان تغییر جهت میدان مشخص باشد.

۲) ۰/۲۵

۳) ۲/۵

۴) ۵

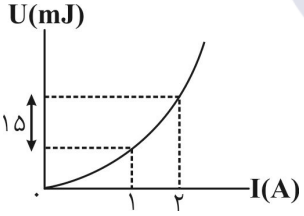
۵- در شکل‌های زیر، تغییرات شدت جریان I در سیم مستقیم حامل جریان نشان داده شده است. جهت جریان القایی در حلقهٔ مجاور سیم در کدام شکل صحیح است؟



۱) شکل (۱) و (۳)　　۲) شکل (۲) و (۳)

۳) شکل (۱) و (۲)　　۴) هر سه شکل

۶- نمودار تغییرات انرژی القاگر بر حسب جریان الکتریکی گذرنده از آن به صورت زیر است. ضریب القاوری القاگر چند میلی هانری است؟



۱) ۱

۲) ۳

۳) ۴

۴) ۱۰

۷- چه تعداد از عبارت‌های زیر نادرست است؟

آ) در تندی‌سنج دوچرخهٔ مسابقه‌ای، هر چه آهنگ تغییر شار عبوری از پیچه بیشتر شود، تندی‌سنج عدد بزرگتری را نشان می‌دهد.

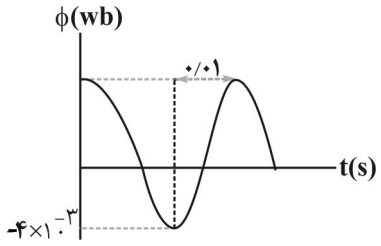
ب) در تندی‌سنج دوچرخه مسابقه‌ای، آهنربا ساکن و پیچه متحرک است.

پ) نوار مغناطیسی پشت کارت‌های اعتباری حاوی تعداد بسیار زیادی ذرهٔ پارامغناطیس است.

ت) وقتی کارت اعتباری درون دستگاه کارت‌خوان کشیده می‌شود، میدان مغناطیسی ناشی از نوار مغناطیسی، جریان زیادی را در پیچه القا می‌کند.

۱) ۴　　۲) ۳　　۳) ۲　　۴) ۱

۸- نمودار شار مغناطیسی عبوری از یک سیم لوله که دارای ۳۰۰ حلقه می‌باشد، برحسب زمان در هر یک از حلقه‌های آن به صورت شکل زیر است. اگر بیشترین نیروی محرکهٔ القایی که از سیم لوله عبور می‌کند برابر $۳۰\pi V$ و مقاومت الکتریکی کل سیم لوله برابر ۵Ω باشد، اندازهٔ جریان الکتریکی عبوری از سیم لوله در لحظهٔ $t = \frac{۱}{۶۰}s$ چند آمپر است؟ $(\sin\frac{\pi}{۶} = \frac{۱}{۲}, \sin\frac{\pi}{۳} = \frac{\sqrt{۳}}{۲})$



۱) ۳π

۲) $۳\sqrt{۳}\pi$

۳) $\sqrt{۳}\pi$

۴) $\frac{\sqrt{۳}}{۳}\pi$

۹- از سیملوله‌ای به ضریب القاوری ۰/۰۴ هانری، جریان متناوبی می‌گذرد که معادلهٔ آن در SI به صورت $I = ۵\sin(۲۰\pi t)$ است. در بازهٔ زمانی (صفر تا ۰/۲ ثانیه)، چند بار انرژی ذخیره شده در سیم لوله مقدار ۳۷۵mJ می‌شود؟

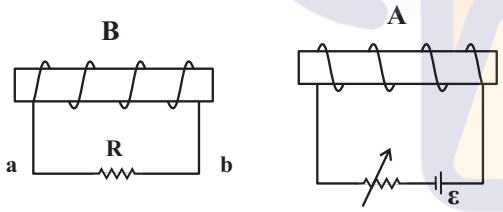
۱) ۲

۲) ۴

۳) ۶

۴) ۸

۱۰- در شکل زیر، اگر مقاومت رئوستا را افزایش دهیم، جهت جریان القایی که از مقاومت R عبور می‌کند از . . . . خواهد بود و نیروی بین دو سیم‌لوله از نوع . . . . . است.



۱) a به b، دافعه

۲) a به b، جاذبه

۳) b به a، دافعه

۴) b به a، جاذبه

۱ - دو جسم خنثی و نارسانای A و C را به یکدیگر مالش می‌دهیم. اگر در حین مالش $۲/۵\times۱۰^{۱۲}$ الکترون از یک جسم به دیگری منتقل شده باشد، با توجه به جدول سری الکتریسیتهٔ مالشی زیر، بار الکتریکی جسم A بعد از مالش به چند میکروکولن می‌رسد؟ $(e = ۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\ C)$

انتهای مثبت سری
A
B
C
انتهای منفی سری

۱) ۴×۱۰^{-۷}

۲) -۴×۱۰^{-۷}

۳) $۰/۴$

۴) $-۰/۴$

۲ - در شکل زیر، دو بار الکتریکی نقطه‌ای $q_۱ = ۵\ \mu C$ و $q_۲ = -۳\ \mu C$ در فاصلهٔ ۱۵ cm از یکدیگر ثابت شده‌اند. نیروی الکتریکی که بار $q_۲$ به بار $q_۱$ وارد می‌کند، برحسب نیوتون کدام است؟ $(k = ۹\times۱۰^{۹}\ \frac{N.m^۲}{C^۲})$

۱) $۶\vec{i}$

۲) $-۶\vec{i}$

۳) $۶۰\vec{i}$

۴) $-۶۰\vec{i}$

۳- بار الکتریکی نقطه‌ای q در فاصلهٔ معینی از بار الکتریکی نقطه‌ای Q قرار دارد. با ۲ برابر شدن مقدار بارهای q و Q، به ترتیب از راست به چپ، اندازهٔ نیروی الکتریکی وارد بر بار q از طرف بار دیگر و اندازهٔ میدان الکتریکی در محل بار q، چند برابر می‌شود؟

۱) ۲، ۲

۲) ۴، ۴

۳) ۴، ۲

۴) ۲، ۴

۴- دو بار الکتریکی نقطه‌ای $q_۱$ و $q_۲ = -۹q_۱$ در فاصلهٔ ثابتی از یکدیگر قرار دارند. اگر میدان الکتریکی خالص در فاصلهٔ ۴۸ سانتی‌متری از بار $q_۲$ برابر صفر باشد، فاصلهٔ دو بار $q_۱$ و $q_۲$ چند سانتی‌متر است؟

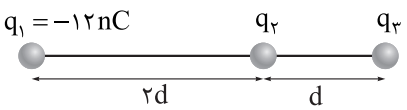
۱) ۱۶

۲) ۳۲

۳) ۶۴

۴) ۹۶

۵- در شکل زیر، سه بار الکتریکی نقطه‌ای روی خط راستی قرار دارند. با ۲ برابرشدن بار $q_۳$، اندازهٔ نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار $q_۲$ تغییری نمی‌کند. $q_۳$ برابر چند نانوکولن است؟



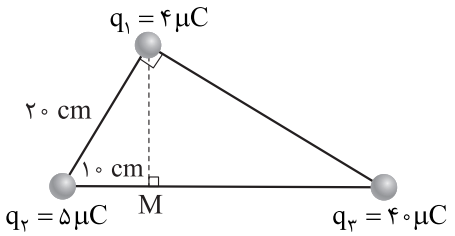
۱) ۲

۲) ۳

۳) -۲

۴) -۳

۶- در شکل زیر، سه بار الکتریکی نقطه‌ای روی رأس‌های یک مثلث قائم‌الزاویه قرار دارند. بزرگی میدان الکتریکی خالص در نقطهٔ M چند کیلوولت بر متر است؟ $(k = ۹\times۱۰^{۹}\ \frac{N.m^{۲}}{C^{۲}})$



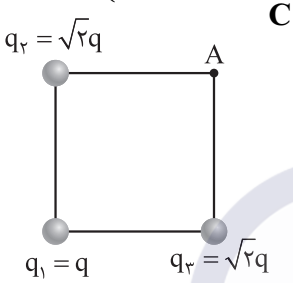
۱) ۱۲۵۰

۲) ۱۳۰۰

۳) ۱۴۵۰

۴) ۱۵۰۰

۷ - در شکل زیر، سه بار الکتریکی نقطه‌ای روی سه رأس یک مربع به ضلع ۱۰ cm قرار دارند. اگر اندازهٔ میدان الکتریکی خالص در رأس A برابر با $۴۵\times۱۰^{۳}\ N/C$ باشد، بار $q_۱$ چند نانوکولن است؟ $(k = ۹\times۱۰^{۹}\ \frac{N.m^{۲}}{C^{۲}})$



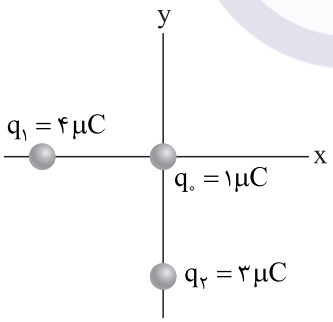
۱) ۱

۲) ۲

۳) ۱۰

۴) ۲۰

۸ - در شکل زیر، بار الکتریکی نقطه‌ای $q_۰$ در مبدأ مختصات و بارهای الکتریکی نقطه‌ای $q_۱$ و $q_۲$ در فاصلهٔ ۱۰ cm از آن ثابت شده‌اند. بار الکتریکی $q_۳ = ۲۰\ \mu C$ را در نقطهٔ M قرار داده‌ایم، به طوری که نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار $q_۰$ برابر صفر شده است. فاصلهٔ نقطهٔ M از مبدأ مختصات چند سانتی‌متر است؟



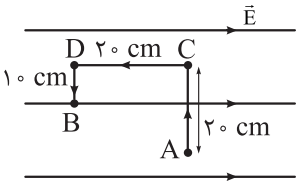
۱) $۵\sqrt{۲}$

۲) ۱۰

۳) $۱۰\sqrt{۲}$

۴) ۲۰

۹- در شکل زیر، در میدان الکتریکی یکنواخت $E = ۲\times۱۰^{۵}\ N/C$، بار نقطه‌ای q از طریق مسیر نشان داده شده از نقطهٔ A به نقطهٔ B منتقل می‌شود. اگر در این انتقال، انرژی پتانسیل الکتریکی بار، ۳۰۰ mJ کاهش یابد، بار q برحسب میکروکولن کدام است؟



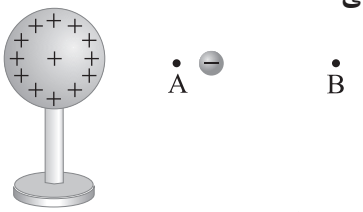
۱) ۵

۲) ۷/۵

۳) ۵-

۴) ۷/۵-

۱۰- در شکل زیر، ذره‌ای با بار الکتریکی منفی را از نقطهٔ A در نزدیکی کرهٔ بارداری که روی پایهٔ عایقی قرار دارد، دور می‌کنیم و در نقطهٔ B قرار می‌دهیم. در طی این انتقال، کدام‌یک از موارد زیر اتفاق می‌افتد؟



الف) انرژی پتانسیل الکتریکی ذره افزایش می‌یابد.

ب) کار میدان الکتریکی روی ذره، مثبت است.

پ) پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد.

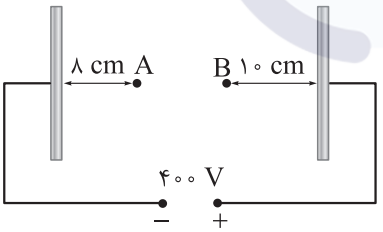
۱) الف ۲) الف و پ ۳) ب ۴) ب و پ

۱۱ - ذره‌ای با بار الکتریکی $q = -۴۰\ \mu C$ در یک میدان الکتریکی یکنواخت از نقطهٔ A به نقطهٔ B منتقل می‌شود. اگر پتانسیل الکتریکی نقاط A و B به ترتیب برابر با $V_A = ۲۰۰\ V$ و $V_B = ۱۰۰\ V$ باشد، انرژی پتانسیل الکتریکی ذره در طی این جابه‌جایی چند میلی‌ژول و چگونه تغییر می‌کند؟

۱) ۱۲، افزایش می‌یابد. ۲) ۱۲، کاهش می‌یابد.

۳) ۴، افزایش می‌یابد. ۴) ۴، کاهش می‌یابد.

۱۲ - در شکل زیر، دو صفحهٔ رسانای موازی به اختلاف پتانسیل الکتریکی ۴۰۰ V وصل هستند. اگر پتانسیل الکتریکی نقاط A و B برابر با $V_A = -۵۰\ V$ و $V_B = ۵۰\ V$ باشد، فاصلهٔ بین دو صفحه چند سانتی‌متر است؟



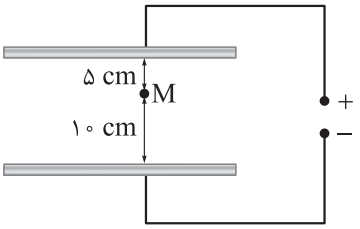
۱) ۲۰

۲) ۲۴

۳) ۲۵

۴) ۳۰

۱۳- در شکل زیر، دو صفحهٔ رسانای موازی به اختلاف پتانسیل الکتریکی معینی وصل هستند. اگر ذره‌ای به جرم ۰/۱۶ g و بار الکتریکی $q = -۱۰\ \mu C$ را در نقطهٔ M رها کنیم، ذره با تندی $۱\ m/s$ به یکی از صفحه‌ها برخورد می‌کند. اختلاف پتانسیل الکتریکی دو صفحه چند ولت است؟ (از اثر وزن ذره صرف نظر کنید.)



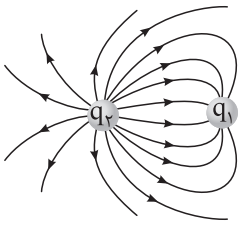
۱) ۱۶

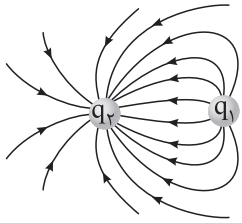
۲) ۲۴

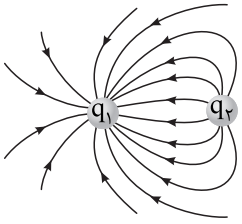
۳) ۳۲

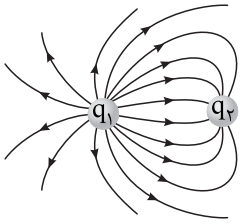
۴) ۴۸

۱۴- دو بار الکتریکی نقطه‌ای q_1 و q_2 در فاصلهٔ معینی از هم قرار دارند. اگر $q_1 > 0$، $q_2 < 0$ و $|q_1| > |q_2|$ باشد، شکل خطوط میدان الکتریکی در اطراف این دو بار نقطه‌ای کدام است؟

۱) 

۲) 

۳) 

۴) 

۱۵- سه کرهٔ فلزی A، B و C در فاصلهٔ معینی از هم قرار دارند. بار الکتریکی کرهٔ A مثبت است. اگر نیروی الکتریکی که کرهٔ A به کرهٔ B وارد می‌کند، ربایش و نیروی الکتریکی که کرهٔ A به کرهٔ C وارد می‌کند، رانش باشد، کدام‌یک از موارد زیر الزاماً درست است؟

الف) بار الکتریکی کرهٔ B، مثبت است.

ب) بار الکتریکی کرهٔ C، مثبت است.

پ) بار الکتریکی کرهٔ B، منفی است.

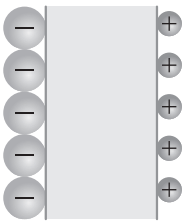
ت) بار الکتریکی کرهٔ C، منفی است.

۱) ب و پ　　۲) الف و ت　　۳) ب　　۴) پ

۱- فاصلهٔ بین صفحه‌های یک خازن تخت $12\ mm$ و مساحت هر یک از صفحه‌ها $4\ cm^2$ است که بین آن‌ها با دی‌الکتریک انعطاف‌پذیری با ثابت $\kappa = 5$ پر شده است. اگر فاصلهٔ بین صفحه‌های خازن را $7\ mm$ کاهش دهیم، ظرفیت خازن چند پیکوفاراد تغییر می‌کند؟ $(\varepsilon_0 = 9\times10^{-12}\ F/m)$

۱) ۱/۲ ۲) ۲/۱ ۳) ۱۲ ۴) ۲۱

۲- غشای یاختهٔ عصبی شکل زیر، دارای ثابت دی‌الکتریک ۳، ضخامت $10\ nm$ و مساحت سطح $10^{-10}\ m^2$ است. تعداد یون‌های لازم در یک سمت این غشا برای آن‌که در دو سر غشا، اختلاف پتانسیل الکتریکی $16\ mV$ ایجاد شود، کدام است؟ ($e = 1/6\times10^{-19}\ C$ ، $\varepsilon_0 = 9\times10^{-12}\ F/m$ و هر یون یک بار یونیده می‌شود.)



۱) $2/7\times10^5$

۲) $2/7\times10^4$

۳) 9×10^5

۴) 9×10^4

۳- خازنی با ظرفیت $5\ \mu F$ که بین صفحات آن هواست، به یک باتری ۱۰ ولتی متصل است. اگر عایقی با ثابت دی‌الکتریک $\kappa = 4$ را وارد فضای بین صفحات خازن کنیم، انرژی خازن چند میکروژول تغییر می‌کند؟

۱) ۲۵۰ ۲) ۵۰۰ ۳) ۷۵۰ ۴) ۱۰۰۰

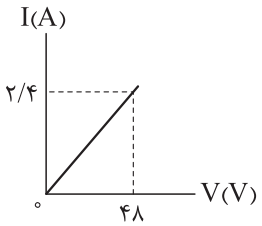
۴- ظرفیت خازنی $5\ \mu F$ و انرژی الکتریکی ذخیره‌شده در آن U است. اگر $3\ mC$ بار الکتریکی را از صفحهٔ منفی جدا کرده و به صفحهٔ مثبت منتقل کنیم، انرژی ذخیره‌شده در خازن به اندازهٔ $4/5\ J$ تغییر می‌کند. U برابر چند ژول است؟

۱) ۰/۹ ۲) ۳/۶ ۳) ۸/۱ ۴) ۱۴/۴

۵- روی یک باتری تلفن همراه مقدار $4800\ mAh$ نوشته شده است. پس از شارژ کامل این باتری، می‌توان به مدت ۲ شبانه‌روز از گوشی تلفن‌همراه استفاده کرد و بعد از آن باتری به طور کامل خالی می‌شود. جریان الکتریکی متوسطی که این باتری در این مدت فراهم کرده است، چند آمپر است؟

۱) ۰/۱ ۲) ۰/۲۴ ۳) ۱ ۴) ۲/۴

۶- نمودار جریان الکتریکی عبوری از یک رسانای اُهمی برحسب اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر آن به شکل زیر است. در حالتی که اختلاف پتانسیل دو سر این رسانا ۱۶ V است، در هر دقیقه چند الکترون از مقطع آن عبور می‌کند؟ $(e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}\ C)$



۱) $۱/۵ \times ۱۰^{۱۹}$

۲) ۳×۱۰^{۲۰}

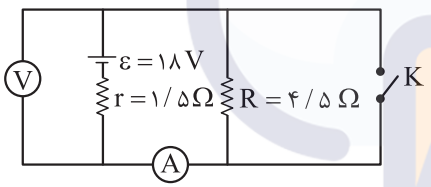
۳) ۵×۱۰^{۱۸}

۴) ۹×۱۰^{۲۰}

۷- یک سیم مسی را ذوب کرده، مقداری مس به آن اضافه می‌کنیم و دوباره با آن یک سیم جدید می‌سازیم که طول آن ۱۰ درصد نسبت به طول سیم اولیه بیشتر است. جرم مس اضافه‌شده برابر چند درصد از جرم مس اولیه باید باشد تا مقاومت سیم جدید و سیم اولیه یکسان شود؟

۱) ۱۰ ۲) ۱۱ ۳) ۲۱ ۴) ۲۲

۸- در مدار شکل زیر، آمپرسنج و ولت‌سنج آرمانی هستند. اگر کلید K را ببندیم، مقداری که ولت‌سنج و آمپرسنج نشان می‌دهند، به ترتیب از راست به چپ چند ولت و چند آمپر تغییر می‌کنند؟



۱) صفر، ۹

۲) صفر، ۳

۳) ۱۳/۵، ۹

۴) ۱۳/۵، ۳

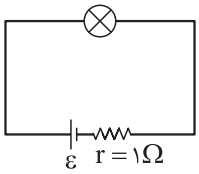
۹- در شهری ۴ میلیون لامپ مشابه با مقاومت الکتریکی $۸۸۰\ \Omega$، در هر شبانه‌روز به مدت ۶ ساعت به اختلاف پتانسیل الکتریکی ۲۲۰ V متصل و روشن است. بهای برق مصرفی این لامپ‌ها در طول یک ماه (۳۰ شبانه‌روز) چند میلیارد تومان است؟ (بهای برق مصرفی به ازای هر کیلووات ساعت ۴۰۰ تومان است.)

۱) ۲/۶۴ ۲) ۱۵/۸۴ ۳) ۲۶۴۰ ۴) ۱۵۸۴۰

۱۰- جنس رشتهٔ دو لامپ رشته‌ای A و B، یکسان و طول و قطر رشتهٔ لامپ B به ترتیب ۳ و ۲ برابر طول و قطر رشتهٔ لامپ A است. از این دو لامپ جریان الکتریکی یکسانی عبور می‌کند. توان مصرفی لامپ A چند برابر توان مصرفی لامپ B است؟

۱) $\frac{۳}{۲}$ ۲) $\frac{۲}{۳}$ ۳) $\frac{۳}{۴}$ ۴) $\frac{۴}{۳}$

۱۱- یک لامپ رشته‌ای با مشخصات ۱۵ V و ۴۵ W در مدار شکل زیر قرار دارد. اگر در این حالت توان مصرفی لامپ ۲۰ W باشد، نیروی محرکهٔ باتری چند ولت است؟ (مقاومت لامپ را ثابت در نظر بگیرید.)



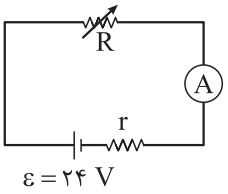
۱) ۵

۲) ۱۰

۳) ۱۲

۴) ۲۴

۱۲- در مدار شکل زیر، هرگاه مقاومت رئوستا برابر دو مقدار ۸ Ω یا ۲ Ω باشد، توان خروجی باتری یکسان است. در حالتی که توان خروجی باتری برابر صفر است، مقداری که آمپرسنج آرمانی نشان می‌دهد، چند آمپر است؟



۱) ۱

۲) ۳

۳) ۶

۴) ۱۲

۱- اگر جریان الکتریکی عبوری از یک باتری از ۲A به ۴A برسد، توان خروجی آن از ۱۴W به ۲۴W می‌رسد. چه تعداد از موارد زیر دربارهٔ این باتری درست است؟

الف) نیروی محرکهٔ باتری ۸V است.

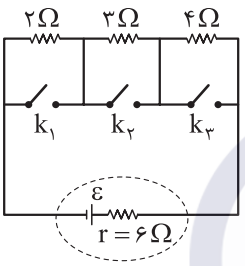
ب) مقاومت درونی باتری ۰/۵ Ω است.

پ) بیشینهٔ توان خروجی باتری ۳۲W است.

ت) اگر جریان ۱۶ آمپری از باتری عبور کند، توان خروجی آن بیشینه می‌شود.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۲- در مدار شکل زیر، با بستن کدام کلید (یا کلیدها)، توان خروجی باتری تغییری نمی‌کند؟



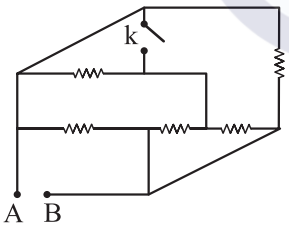
۱) k_2

۲) k_3

۳) k_1 و k_2

۴) k_1 و k_3

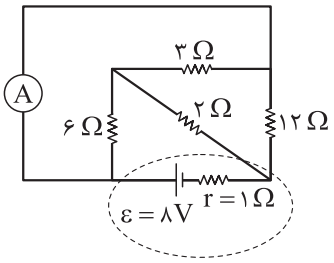
۳- در مدار شکل زیر، پس از بستن کلید k مقاومت معادل بین دو نقطهٔ A و B چند برابر می‌شود؟ (مقاومت‌ها مشابه هم هستند)



۱) $\frac{۳}{۴}$ ۲) $\frac{۴}{۳}$

۳) $\frac{۲}{۳}$ ۴) $\frac{۳}{۲}$

۴- در مدار شکل زیر، مقداری که آمپرسنج آرمانی نشان می‌دهد، چند آمپر است؟



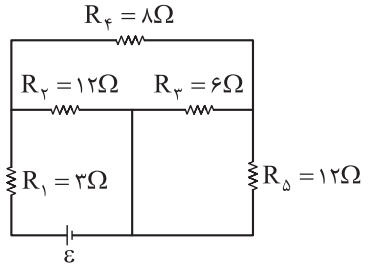
۱) ۰/۵

۲) ۱

۳) ۱/۵

۴) ۲

۵- در مدار شکل زیر، توان مصرفی مقاومت $R_۵$، چند برابر توان مصرفی مقاومت $R_۱$ است؟



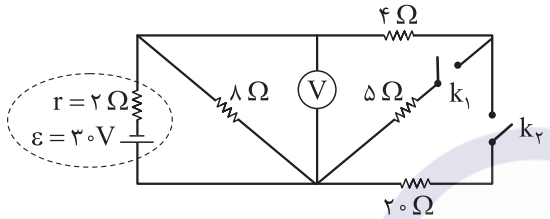
۱) ۹

۲) $\frac{۱}{۹}$

۳) $\frac{۲}{۳}$

۴) $\frac{۳}{۲}$

۶- در مدار شکل زیر، ابتدا کلیدهای $k_۱$ و $k_۲$ باز هستند. با بستن هر دو کلید، مقداری که ولت‌سنج آرمانی نشان می‌دهد، چند ولت تغییر می‌کند؟



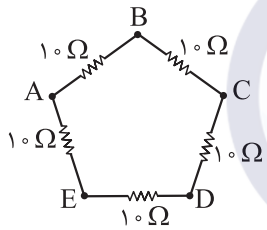
۱) صفر

۲) ۲

۳) ۳

۴) ۴

۷- در آزمایشی، دو سر یک باتری آرمانی با نیروی محرکهٔ ۱۲V را به هر دو نقطهٔ مجزا از نقاط A، B، C، D و E در مدار شکل زیر وصل می‌کنیم. در این آزمایش، تفاضل بیشینه و کمینهٔ جریان الکتریکی عبوری از باتری چند آمپر است؟



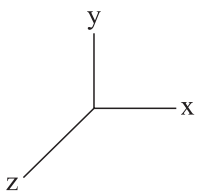
۱) ۰/۲۵

۲) ۰/۵

۳) ۱

۴) صفر

۸- در یک میدان مغناطیسی یکنواخت، اگر الکترون در راستای محور y حرکت کند، به آن نیروی مغناطیسی وارد نمی‌شود و اگر در خلاف جهت محور z حرکت کند، به آن نیروی مغناطیسی در جهت محور x وارد می‌شود. در این میدان مغناطیسی، اگر پروتونی در جهت محور x پرتاب شود، در لحظهٔ پرتاب، نیروی مغناطیسی در چه جهتی به آن وارد می‌شود؟ (جهت محورهای x، y و z به شکل زیر است.)



۱) $+y$

۲) $-y$

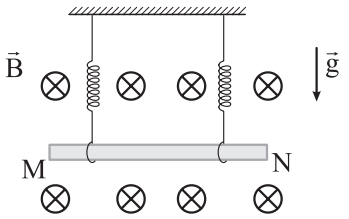
۳) $+z$

۴) $-z$

۹- ذره‌ای با بار الکتریکی $1\,mC$ و سرعت $(10^4 m/s)\vec{i}$ وارد فضایی می‌شود که در آن میدان الکتریکی یکنواخت $\vec{E} = ((3\vec{i} + 4\vec{j}) \times 10^2) N/C$ و میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B} = ((5\vec{i} + 12\vec{j}) \times 10^{-2}) T$ وجود دارد. اندازهٔ نیروی خالص وارد بر این ذره در این لحظه چند نیوتون است؟ (وزن ذره در مقایسه با نیروی‌های الکتریکی و مغناطیسی ناچیز است.)

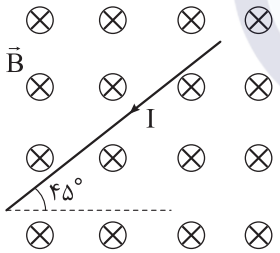
۱) ۱۳
۲) ۱/۳
۳) $5\sqrt{2}$
۴) $\frac{\sqrt{2}}{2}$

۱۰- در شکل زیر، سیم رسانایی به طول $80\,cm$ از دو فنر مشابه با ثابت $40\,N/m$ و جرم ناچیز آویخته شده و اندازهٔ میدان مغناطیسی یکنواخت عمود بر صفحه $B = 200\,G$ است. اگر از سیم جریان الکتریکی $5A$ از نقطهٔ M به نقطهٔ N عبور کند، طول هر یک از فنرها چند سانتی‌متر و چگونه تغییر می‌کند؟



۱) ۰/۱، کاهش می‌یابد.
۲) ۰/۱، افزایش می‌یابد.
۳) ۰/۲، کاهش می‌یابد.
۴) ۰/۲، افزایش می‌یابد.

۱۱- در شکل زیر، قطعه سیمی به طول $40\,cm$ به طور کامل در میدان مغناطیسی یکنواخت و درون‌سوی $\vec{B}$ به بزرگی $50G$ قرار دارد و از آن جریان الکتریکی $I = 2A$ می‌گذرد. نیروی مغناطیسی وارد بر این سیم چند میلی‌نیوتون و در چه جهتی است؟



۱) ۴، ↖
۲) $2\sqrt{2}$، ↖
۳) ۴، ↘
۴) $2\sqrt{2}$، ↘

۱- اگر میلهٔ نارسانایی را بعد از مالش با پارچهٔ پشمی به الکتروسکوپی که دارای بار مثبت است، نزدیک کنیم، ورقه‌های الکتروسکوپ از هم دورتر می‌شوند. با توجه به جدول سری الکتریسیتهٔ مالشی، جنس میله و علامت بار ایجادشده در آن کدام است؟

انتهای مثبت سری
شیشه
پشم
ابریشم
پلاستیک
انتهای منفی سری

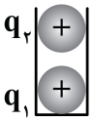
۱) شیشه‌ای ـ منفی

۲) شیشه‌ای ـ مثبت

۳) پلاستیکی ـ منفی

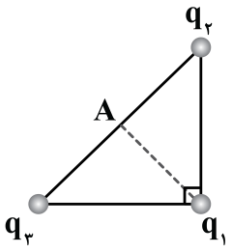
۴) پلاستیکی ـ مثبت

۲- در شکل زیر، دو گوی باردار با بارهای $q_1 = 2\mu C$ و $q_2 = 2/1\mu C$ که جرم هریک برابر $2/5g$ است، در فاصلهٔ مشخصی از هم قرار دارند و گوی بالایی معلق است. اگر گوی بالایی 10^{13} الکترون بگیرد، فاصلهٔ دو گوی در حالت تعادل، چند سانتی‌متر خواهد شد؟ $(e = 1/6\times10^{-19}C\ ,\ g = 10\frac{m}{s^2}\ ,\ k = 9\times10^{9}\frac{N.m^2}{C^2})$



۱) ۱۸ ۲) ۳۶ ۳) ۶۰ ۴) ۹۰

۳- مطابق شکل، سه ذرهٔ باردار $q_1 = q_3 = -q_2$، در سه رأس یک مثلث قائم‌الزاویهٔ متساوی‌الساقین قرار دارند. اگر بار q_1 را به نقطهٔ A، وسط خط واصل بارهای q_2 و q_3 منتقل کنیم، بزرگی نیروی الکتریکی خالص وارد بر آن، چند برابر خواهد شد؟



۱) ۲

۲) $\frac{\sqrt{2}}{2}$

۳) $2\sqrt{2}$

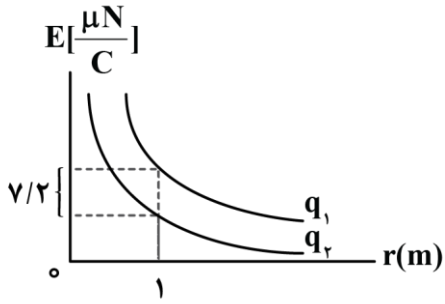
۴) $\sqrt{2}$

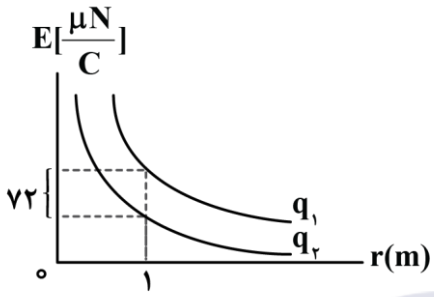
۴- الکترونی از ارتفاع h در یک میدان الکتریکی یکنواخت قائم رو به بالا رها می‌شود. اگر فقط جهت میدان الکتریکی عوض شود و یک پروتون از همان ارتفاع رها شود، نسبت زمان سقوط الکترون به زمان سقوط پروتون .....

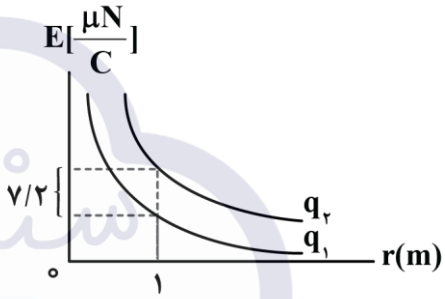
۱) بزرگ‌تر از $\sqrt{2}$ است. ۲) بزرگ‌تر از ۱ است. ۳) برابر با ۱ است. ۴) کوچک‌تر از ۱ است.

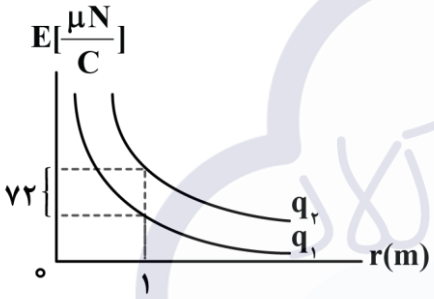
۵- دو بار الکتریکی $q_1 < 0$ و $q_2 < 0$ در اختیار داریم. اگر بار q_1 به تعداد ۵۰۰۰ الکترون بیش‌تر از بار q_2 داشته باشد، کدام نمودار میدان الکتریکی برحسب فاصله برای این دو بار به‌درستی رسم شده است؟

$(e = 1/6 \times 10^{-19} C \, , \, k = 9 \times 10^{9} \frac{N.m^2}{C^2})$

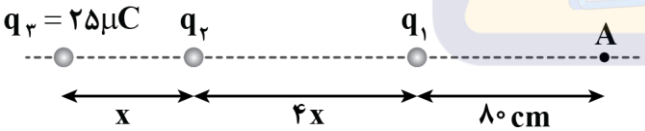
۱)


۲)


۳)


۴)


۶- مطابق شکل، سه بار الکتریکی q_1، q_2 و q_3 در تعادل الکتروستاتیکی قرار دارند. اگر اندازهٔ میدان الکتریکی ناشی از بار q_2 در محل A برابر با $36000 \frac{N}{C}$ باشد، فاصلهٔ A تا بار q_3 چند سانتی‌متر است؟ $(k = 9 \times 10^{9} \frac{N.m^2}{C^2})$



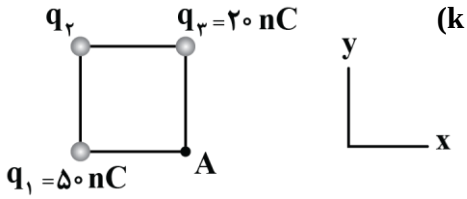
۱) ۲۱۰

۲) ۲۳۰

۳) ۲۴۰

۴) ۲۷۰

۷- در شکل زیر، میدان الکتریکی خالص حاصل از بارهای نقطه‌ای q_1، q_2 و q_3 در رأس A مربعی به ضلع ۱m، برابر $\vec{E}=270(\frac{N}{C})\vec{i}$ است. بار q_2 چند نانوکولن است؟ $(k=9\times10^9\frac{N.m^2}{C^2})$



۱) $40\sqrt{2}$ ۲) ۴۰

۳) $-40\sqrt{2}$ ۴) ۴۰-

۸- در شکل زیر دو بار در فاصلهٔ معینی از هم ثابت شده‌اند و یکی از خط‌های میدان الکتریکی که در اطراف بارها وجود دارد، رسم شده است. علامت و مقایسهٔ اندازهٔ بارها در کدام گزینه به‌درستی آمده است؟

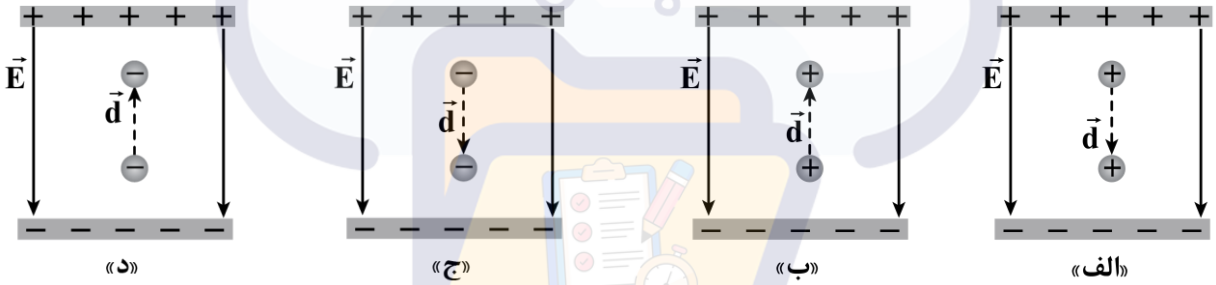
۱) $|q_1|>|q_2|\ ,\ q_2>0\ ,\ q_1<0$

۲) $|q_1|<|q_2|\ ,\ q_2>0\ ,\ q_1<0$

۳) $|q_1|>|q_2|\ ,\ q_2<0\ ,\ q_1<0$

۴) $|q_1|<|q_2|\ ,\ q_2<0\ ,\ q_1<0$

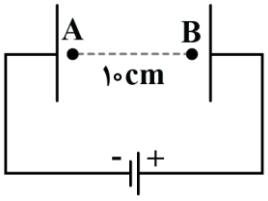
۹- در کدام‌یک از شکل‌های زیر، کار نیروی الکتریکی وارد بر ذره مثبت است و انرژی پتانسیل الکتریکی ذره کاهش یافته است؟ ($\vec{E}$: بردار میدان الکتریکی میان دو صفحه و $\vec{d}$: بردار جابه‌جایی ذره)



۱) «الف» و «د» ۲) فقط «الف»

۳) «ب» و «ج» ۴) فقط «ب»

۱۰- مطابق شکل، در یک میدان الکتریکی یکنواخت $E=10^5\frac{N}{C}$ ذره‌ای به جرم ۲g و بار ۶μC از نقطهٔ A با سرعت $10\frac{m}{s}$ در خلاف جهت میدان الکتریکی پرتاب شده است و سرانجام با سرعت v_1 از نقطهٔ B رد می‌شود. اگر جای قطب‌های باتری عوض شود و ذره بار دیگر در نقطهٔ A با همان سرعت پرتاب شود و با تندی v_2 به نقطهٔ B برسد، $\frac{v_2}{v_1}$ چقدر است؟ (از نیروی وزن و مقاومت هوا صرف‌نظر شود.)



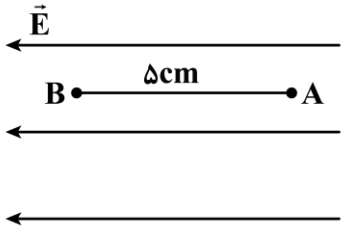
۱) ۴ ۲) $\frac{13}{7}$

۳) ۲ ۴) ۱

۱- در یک میدان الکتریکی بار الکتریکی $-۲\mu C$ از نقطهٔ A با پتانسیل الکتریکی $-۵۰V$ به نقطهٔ B منتقل می‌شود. اگر کار میدان الکتریکی در این جابه‌جایی $۰/۴mJ$ باشد، پتانسیل الکتریکی نقطهٔ B چند ولت است؟

۱) -۱۵۰ ۲) $+۱۵۰$ ۳) -۲۵۰ ۴) $+۲۵۰$

۲- مطابق شکل، ذره‌ای به جرم ۵ میلی‌گرم و بار $۴\mu C$ از نقطهٔ A رها می‌شود. اگر اندازهٔ اختلاف پتانسیل الکتریکی بین نقاط A و B برابر $۸۰۰V$ باشد، این ذره با تندی چند متر بر ثانیه به نقطهٔ B می‌رسد؟ (از نیروی وزن صرف‌نظر کنید.)



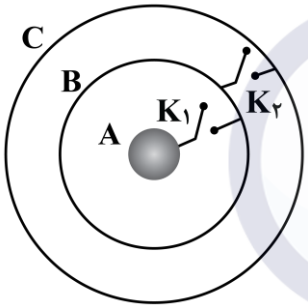
۱) $۱۶\sqrt{۲}$

۲) $۸۰\sqrt{۲}$

۳) $۱۶\sqrt{۵}$

۴) $۸۰\sqrt{۵}$

۳- مطابق شکل زیر، کرهٔ فلزی A و پوسته‌های فلزی کروی B و C به‌ترتیب دارای بار الکتریکی $-۳\mu C$، $+۵\mu C$ و $+۹\mu C$ هستند. اگر کلیدهای $K_۱$ و $K_۲$ را ببندیم، پس از به تعادل رسیدن بارها، بار پوستهٔ C چند میکروکولن خواهد شد؟



۱) ۱۴

۲) ۱۷

۳) ۱۳

۴) ۱۱

۴- اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو صفحهٔ یک خازن را از $۲۸V$ به $۴۰V$ افزایش می‌دهیم. اگر با این کار $۱۵\mu C$ بر بار الکتریکی ذخیره‌شده در خازن افزوده شود، ظرفیت خازن چند میلی‌فاراد است؟

۱) ۱/۲۵ ۲) $۱/۲۵\times۱۰^{-۳}$ ۳) $۱/۲۵\times۱۰^{-۶}$ ۴) ۰/۸

۵- خازنی که بین صفحات آن هوا است، به دو سر یک باتری متصل است. اگر در این حالت فاصلهٔ بین صفحات خازن را ۲ برابر کنیم، سپس این فاصله را با ماده‌ای با ثابت دی‌الکتریک $\kappa=۱/۵$ پر کنیم، کدام مورد درست است؟

۱) انرژی ذخیره‌شده در خازن، ۷۵ درصد کاهش می‌یابد.

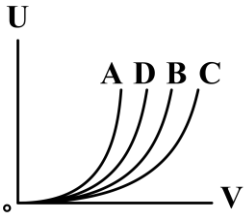
۲) میدان الکتریکی بین دو صفحه، ۵۰ درصد کاهش می‌یابد.

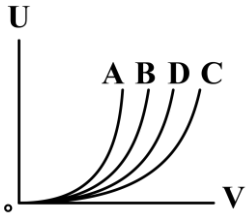
۳) میدان الکتریکی بین دو صفحه، $\frac{۳}{۴}$ برابر می‌شود.

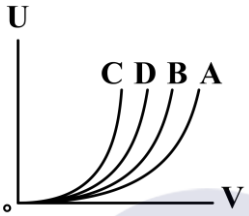
۴) انرژی ذخیره‌شده در خازن، $\frac{۴}{۳}$ برابر می‌شود.

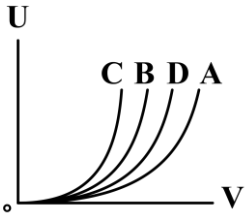
۶- جدول زیر مشخصات ۴ خازن A، B، C و D را نشان می‌دهد. اگر مساحت صفحات خازن‌ها با یکدیگر برابر باشند، کدام نمودار، انرژی ذخیره‌شده در خازن‌ها را برحسب اختلاف پتانسیل الکتریکی، به‌درستی نشان می‌دهد؟

خازن	A	B	C	D
فاصلهٔ بین صفحات (mm)	۶	۹	۱۰	۸
ثابت دی‌الکتریک	۲/۵	۳	۲/۸	۳/۲

۱) 

۲) 

۳) 

۴) 

۷- چه تعداد از عبارت‌های زیر نادرست است؟

الف ـ همهٔ بارهای متحرک جریان الکتریکی خالص تولید می‌کنند.

ب ـ دراثر ایجاد اختلاف پتانسیل الکتریکی در دو سر یک رسانا، درون آن شارش بار الکتریکی خالص ایجاد می‌شود.

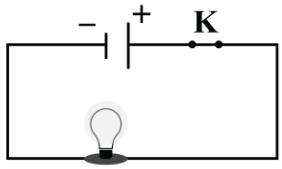
ج ـ الکترون‌ها با سرعت سوق در خلاف جهت میدان الکتریکی به‌طور بسیار آهسته‌ای سوق پیدا می‌کنند.

۱) صفر ۲) ۱ ۳) ۲ ۴) ۳

۸- ولتاژ باتری یک نوع ماشین‌حساب ۳V است. اگر این ماشین‌حساب یک ساعت روشن باشد، باتری ۷/۲J انرژی به مدار آن می‌دهد. جریان الکتریکی عبوری متوسط از مدار باتری در این مدت چند میلی‌آمپر است؟

۱) $\frac{۱}{۳}$ ۲) $\frac{۲}{۳}$ ۳) $\frac{۲}{۹}$ ۴) $\frac{۱}{۱۲}$

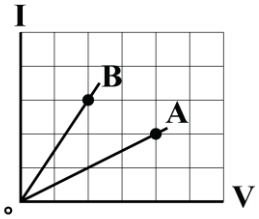
۹- در مدار شکل زیر، اختلاف پتانسیل دو سر لامپ ۴V است. اگر در مدت ۵ دقیقه تعداد $۷/۵\times۱۰^{۲۰}$ الکترون از لامپ عبور کند، مقاومت لامپ چند اُهم است؟ $(e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C)$



۱) ۲ ۲) ۴

۳) ۵ ۴) ۱۰

۱۰- شکل زیر، نمودار I−V را برای دو مقاومت A و B نشان می‌دهد. اگر اختلاف پتانسیل ۱۲ ولت به مقاومت A اعمال شود، جریان ۲ آمپر از آن عبور می‌کند. مقاومت B چند اُهم است؟



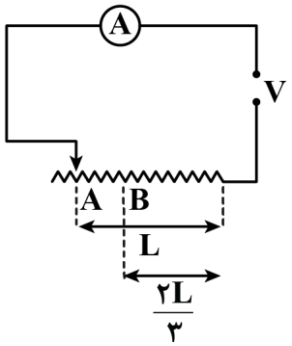
۱) ۲ ۳) ۶

۲) ۴ ۴) ۸

۱- دو سیم استوانه‌ای و هم‌جنس A و B در اختیار داریم که جرم سیم A، $\frac{۱}{۳}$ برابر جرم سیم B است. اگر قطر مقطع سیم A، $\frac{۱}{۲}$ برابر قطر مقطع سیم B باشد، مقاومت سیم A چند برابر مقاومت سیم B است؟

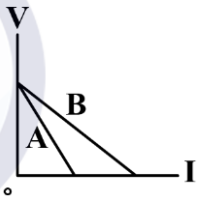
۱) $\frac{۴}{۳}$ ۲) $\frac{۸}{۳}$ ۳) $\frac{۱۶}{۳}$ ۴) ۸

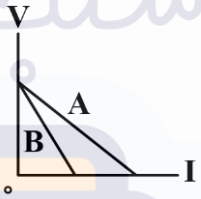
۲- در مدار شکل زیر، لغزندهٔ رئوستا از نقطهٔ A به نقطهٔ B جابه‌جا می‌شود. عددی که آمپرسنج آرمانی نشان می‌دهد، چقدر و چگونه تغییر می‌کند؟ (دما ثابت فرض می‌شود.)

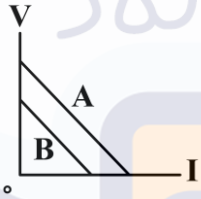


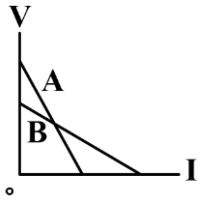
۱) ۵۰ درصد کاهش می‌یابد.
۲) ۳۳ درصد کاهش می‌یابد.
۳) ۵۰ درصد افزایش می‌یابد.
۴) ۳۳ درصد افزایش می‌یابد.

۳- دو باتری مشابه در اختیار داریم. اگر باتری A نو و باتری B فرسوده باشد، نمودار ولتاژ ـ جریان برای این دو باتری کدام شکل می‌تواند باشد؟

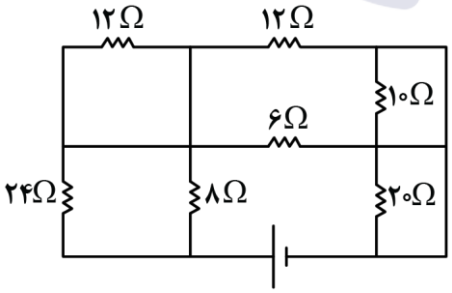
۱) 

۲) 

۳) 

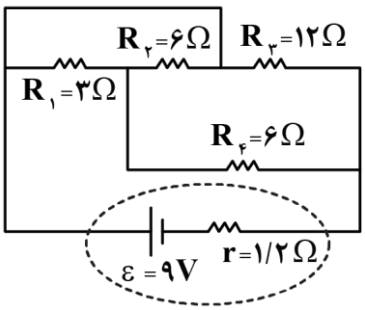
۴) 

۴- در شکل روبه‌رو، مقاومت معادل مدار چند اهم است؟



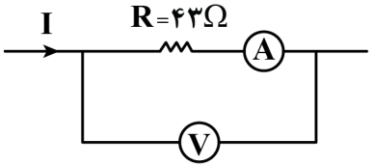
۱) ۴
۲) ۱۰
۳) ۲۲
۴) ۳۴

۵- در مدار شکل زیر، اگر جای باتری و مقاومت $R_۴$ را عوض کنیم، جریان عبوری از باتری، چند آمپر تغییر می‌کند؟



۱) ۰/۵، کاهش
۲) ۰/۵، افزایش
۳) ۰/۲۵، کاهش
۴) ۰/۲۵، افزایش

۶- شکل زیر بخشی از یک مدار را نشان می‌دهد. اگر مقاومت آمپرسنج و ولت‌سنج به‌ترتیب ۲Ω و ۱۸۰Ω باشد و ولت‌سنج عدد ۳۶ ولت را نشان دهد، مقدار I برحسب آمپر کدام است؟

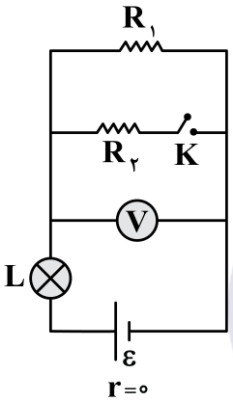


۱) ۰/۲
۲) ۰/۸
۳) ۱
۴) ۱/۲

۷- سیمی به طول ۱۲m به اختلاف پتانسیل ۲۲۰V وصل شده است و در مدت ۱۰s در آن ۲kJ گرما تولید شده است. چند متر از همان سیم را انتخاب کنیم تا وقتی به اختلاف پتانسیل ۲۲۰ ولت وصل می‌شود، همان مقدار گرما را در مدت ۵s بدهد؟

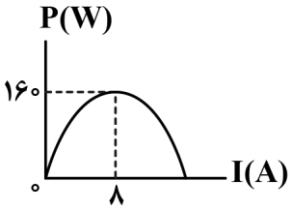
۱) ۶
۲) ۸
۳) ۱۰
۴) ۴

۸- در مدار شکل زیر، کلید K در ابتدا باز است. با بستن کلید، نور لامپ L و عددی که ولت‌سنج آرمانی نشان می‌دهد، به‌ترتیب از راست به چپ چگونه تغییر می‌کنند؟



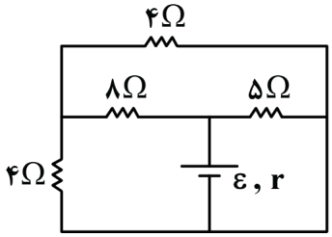
۱) کاهش، کاهش
۲) کاهش، افزایش
۳) افزایش، کاهش
۴) افزایش، افزایش

۹- نمودار توان خروجی مولدی برحسب جریان عبوری از آن در شکل زیر رسم شده است. این مولد را در مدار زیر قرار می‌دهیم. اگر مقاومت R را از ۴Ω به ۳Ω برسانیم، توان خروجی مولد و آهنگ شارش بار الکتریکی، چگونه تغییر می‌کنند؟



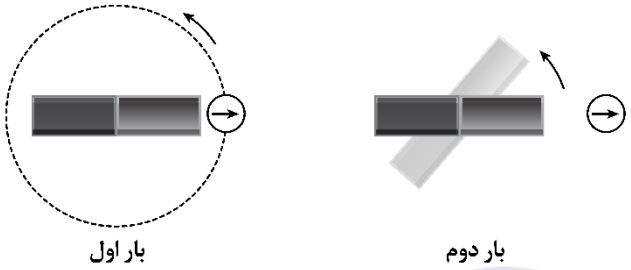
۱) افزایش، افزایش
۲) افزایش، کاهش
۳) ابتدا افزایش سپس کاهش، افزایش
۴) ابتدا افزایش سپس کاهش، کاهش

۱۰- در مدار شکل زیر، توان مصرفی در مقاومت ۵ اهمی، چند برابر توان مصرفی در هریک از مقاومت‌های ۴ اهمی است؟



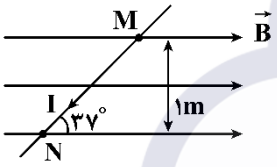
۱) ۵
۲) ۱۰
۳) ۱۵
۴) ۲۰

۱- مطابق شکل، روی سطح یک میز افقی، یک آهنربای میله‌ای و یک عقربهٔ مغناطیسی قرار دارند. عقربه، مقابل یکی از قطب‌های آهنربا قرار دارد. بار اول، عقربه را روی مسیری دایره‌ای‌شکل دور آهنربا، یک دور به‌آرامی حرکت می‌دهیم و بار دوم، آهنربا را حول نقطهٔ وسط آن، به‌آرامی یک دور می‌چرخانیم. هر دو حرکت بر روی سطح میز انجام می‌شود. عقربه در بار اول و دوم، به‌ترتیب از راست به چپ، چند درجه می‌چرخد؟



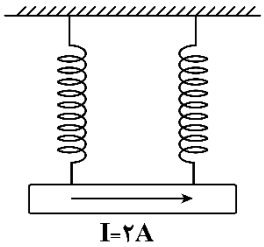
۱) ۳۶۰ و ۷۲۰
۲) ۷۲۰ و ۷۲۰
۳) ۳۶۰ و ۳۶۰
۴) ۷۲۰ و ۳۶۰

۲- در شکل زیر، سیمی حامل جریان ۲A در میدان مغناطیسی یکنواخت ۲۰۰G قرار دارد. نیروی مغناطیسی وارد بر قسمت MN از سیم چند نیوتون و در چه جهتی است؟ $(\sin ۳۷^\circ = ۰/۶)$



۱) $۲/۴\times۱۰^{-۲}$ و ⊙
۲) $۲/۴\times۱۰^{-۲}$ و ⊗
۳) ۴×۱۰^{-۲} و ⊙
۴) ۴×۱۰^{-۲} و ⊗

۳- مطابق شکل، میله‌ای به جرم ۲۰۰ گرم و طول ۱m به دو فنر مشابه آویخته شده است. اگر با عبور جریان ۲A از میله، نیروی وارد بر هریک از فنرها ۲N شود، میدان مغناطیسی چند تسلا و در کدام جهت است؟ $(g = ۱۰\frac{N}{kg})$

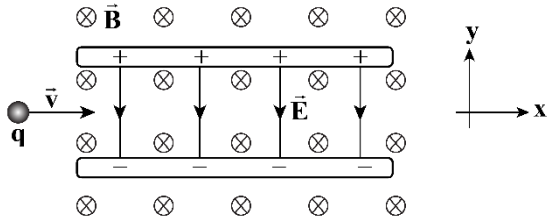


۱) ۱ و ⊙
۲) ۱ و ⊗
۳) ۳ و ⊗
۴) موارد ۱ و ۳ می‌توانند درست باشند.

۴- پروتونی با تندی $۴\times۱۰^{۵}\frac{m}{s}$ درون میدان مغناطیسی یکنواختی به‌اندازهٔ ۸۵۰G در حرکت است. جهت حرکت پروتون بر جهت $\vec{B}$ عمود است. اگر تنها این نیرو بر پروتون وارد شود، شتاب پروتون چند متر بر مربع ثانیه است؟ (بار الکتریکی پروتون $۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C$ و جرم آن را $۱/۷\times۱۰^{-۲۷}kg$ درنظر بگیرید.)

۱) $۳/۲\times۱۰^{۱۲}$ ۲) $۳/۲\times۱۰^{۱۶}$ ۳) $۶/۴\times۱۰^{۱۲}$ ۴) $۶/۴\times۱۰^{۱۶}$

۵- مطابق شکل، ذرهٔ بارداری با جرم ناچیز و با سرعت $\vec{v}$ در امتداد محور x وارد فضایی می‌شود که میدان‌های یکنواخت $\vec{E}$ و $\vec{B}$ وجود دارد. اندازهٔ این میدان‌ها برابر $E=۹۰۰۰\frac{N}{C}$ و $B=۰/۱۸T$ است. علامت بار ذره چگونه و تندی آن چند متر بر ثانیه باشد تا در همان امتداد محور x به حرکت خود ادامه دهد؟



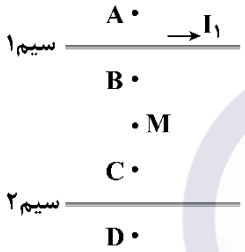
۱) مثبت، ۵×۱۰^{۴}

۲) مثبت، ۲×۱۰^{۴}

۳) مثبت یا منفی، ۵×۱۰^{۴}

۴) مثبت یا منفی، ۲×۱۰^{۴}

۶- شکل زیر، دو سیم موازی و بلند حامل جریان را نشان می‌دهد. اگر میدان مغناطیسی خالص حاصل از این سیم‌ها در نقطهٔ M، وسط حد فاصل بین دو سیم، برون‌سو باشد، میدان مغناطیسی خالص حاصل از این دو سیم در کدام نقطه می‌تواند صفر باشد؟



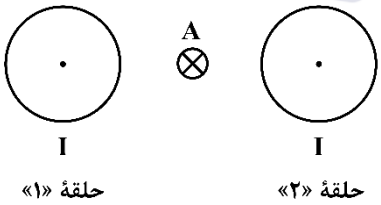
۱) A

۲) B

۳) C

۴) D

۷- در شکل زیر، جریان‌های الکتریکی یکسان در حلقه‌های هم‌اندازه برقرار است و جهت میدان مغناطیسی حاصل از آن‌ها در نقطهٔ A، درون‌سو است. نقطهٔ A به فاصلهٔ مساوی از مراکز دو حلقه می‌باشد. چه تعداد از موارد زیر، درست است؟



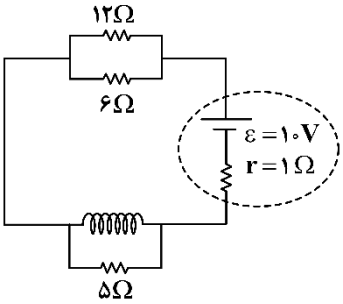
الف: جریان حلقهٔ (۱)، پادساعتگرد است.

ب: میدان مغناطیسی در مرکز حلقهٔ (۲)، برون‌سو است.

پ: جریان الکتریکی حلقه‌ها، هم‌جهت هستند.

۱) صفر ۲) ۱ ۳) ۲ ۴) ۳

۸- در مدار شکل زیر، سیملوله‌ای آرمانی و بدون مقاومت الکتریکی که در هر متر آن ۳۰۰۰ حلقه قرار دارد، وجود دارد. پس از گذشت زمان طولانی، میدان مغناطیسی حاصل در داخل سیملوله چند گاوس است؟ $(\mu_{\circ} = ۱۲\times۱۰^{-۷}\ \frac{T.m}{A})$



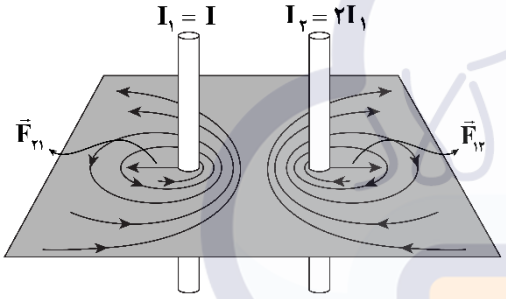
۱) ۳۶

۲) ۳۶×۱۰^{-۴}

۳) ۷۲

۴) ۷۲×۱۰^{-۴}

۹- شکل زیر خطوط میدان مغناطیسی و نیروی مغناطیسی بین دو سیم راست بلند و موازی حامل جریان الکتریکی را نشان می‌دهد. جهت جریان الکتریکی در سیم‌ها ..... یکدیگر است و با افزایش فاصلهٔ بین سیم‌ها، بزرگی نیروی مغناطیسی ..... می‌یابد.



۱) هم‌جهت ـ کاهش

۲) هم‌جهت ـ افزایش

۳) خلاف جهت ـ کاهش

۴) خلاف جهت ـ افزایش

۱۰- هر یک از موارد زیر به‌ترتیب توصیفی، از کدام دسته از مواد براساس خاصیت مغناطیسی است؟

الف: دوقطبی‌های مغناطیسی وابسته به آن‌ها به‌طور کاتوره‌ای سمت‌گیری کرده‌اند.

ب: از این مواد در ساخت هستهٔ پیچه‌ها و سیملوله‌ها و آهنربای الکتریکی استفاده می‌شود.

پ: اورانیم، پلاتین و آلومینیم، از این دسته مواد مغناطیسی‌اند.

۱) فرومغناطیس، فرومغناطیس نرم، دیامغناطیس

۲) پارامغناطیس، فرومغناطیس نرم، پارامغناطیس

۳) فرومغناطیس، فرومغناطیس سخت، پارامغناطیس

۴) پارامغناطیس، فرومغناطیس سخت، دیامغناطیس

۱- چند مورد از گزاره‌های زیر درست است؟

الف: ادیسون موافق جریان متناوب (ac) و وستینگهاوس موافق جریان مستقیم (dc) بود.

ب: سامانهٔ انتقال و توزیع برق و بیش‌تر وسایل خانگی با جریان متناوب کار می‌کنند.

پ: در مولدهای صنعتی آهنربای الکتریکی ثابت است و پیچهٔ اطراف آن می‌چرخد.

ت: افزایش و کاهش ولتاژ جریان مستقیم (dc) بسیار آسان‌تر از جریان متناوب (ac) است.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۲- طول سیملوله‌ای آرمانی که ۱۰۰ حلقه دارد، ۱۰۰cm است. اگر شعاع سطح مقطع این سیملوله ۵cm باشد و در مدت ۰/۴s جریان عبوری از سیملوله ۸A افزایش پیدا کند، شار عبوری از سیملوله چند وبر و چگونه تغییر می‌کند؟

$(\pi^2 = 10 , \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{T.m}{A})$

۱) 32×10^{-8} و افزایش ۲) 32×10^{-8} و کاهش

۳) 8×10^{-6} و افزایش ۴) 8×10^{-6} و کاهش

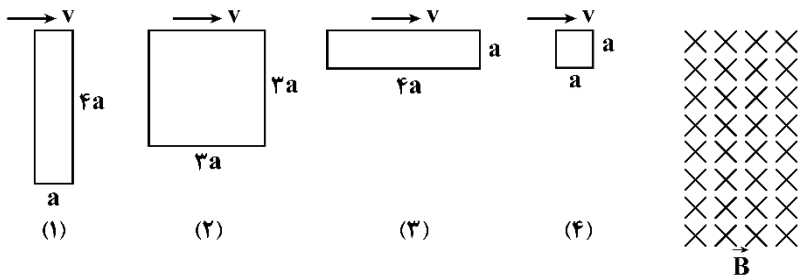
۳- سیملوله‌ای با ۱۰۰ دور و مساحت سطح مقطع $20cm^2$ عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی قرار دارد. اگر آهنگ تغییر میدان مغناطیسی $0/08 \frac{T}{s}$ و شدت جریان القاشده در سیملوله ۲mA باشد، مقاومت الکتریکی سیملوله چند اُهم است؟

۱) ۰/۴ ۲) ۴ ۳) ۸ ۴) ۰/۸

۴- قابی مستطیل‌شکل با مساحت $50cm^2$ شامل N حلقه بوده و مقاومت آن 9Ω است. سطح این قاب، عمود بر میدان مغناطیسی به بزرگی ۹۰۰G قرار دارد. این قاب 180° می‌چرخد تا دوباره عمود بر خطوط میدان مغناطیسی قرار بگیرد. اگر میزان بار القایی در قاب ۶۰ میلی‌کولن باشد، N کدام است؟

۱) ۶۰ ۲) ۱۲۰ ۳) ۶۰۰ ۴) ۱۲۰۰

۵- مطابق شکل زیر چهار حلقه سیم با سرعت ثابت و یکسان به‌ترتیب وارد یک میدان مغناطیسی درون‌سو می‌شوند. در مدت ورود حلقه‌ها به میدان، نیروی محرکهٔ القایی در کدام حلقه بیش‌تر است؟



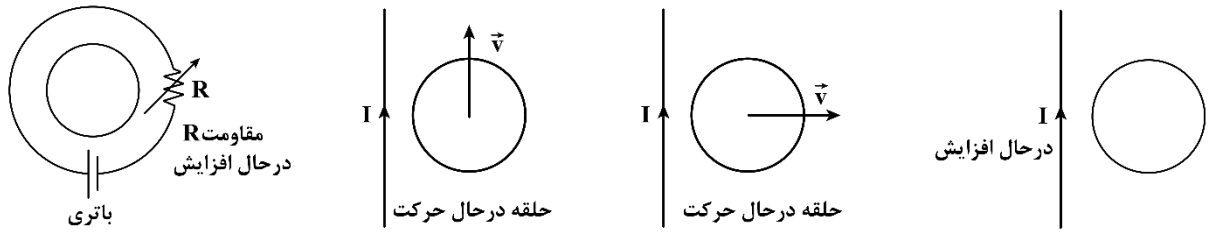
۱) ۱

۲) ۲

۳) ۳

۴) ۴

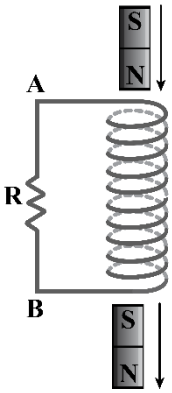
۶- در چند مورد از موارد زیر جریان القاشده در حلقه ساعتگرد است؟



«الف» «ب» «پ» «ت»

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۷- مطابق شکل زیر، یک آهنربای میله‌ای از بالای یک سیملوله در راستای قائم رها شده و بعد از عبور از داخل سیملوله از آن خارج می‌شود. جهت جریان القایی در مقاومت الکتریکی R به‌ترتیب از راست به چپ هنگام ورود آهنربا ..... و هنگام خروج از آن ..... است.



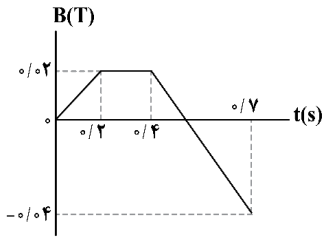
۱) از A به B ـ از B به A

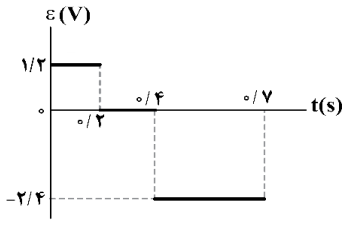
۲) از B به A ـ از A به B

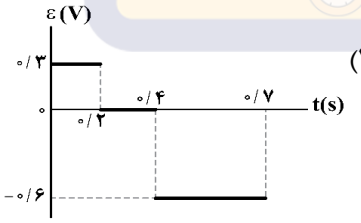
۳) از A به B ـ از A به B

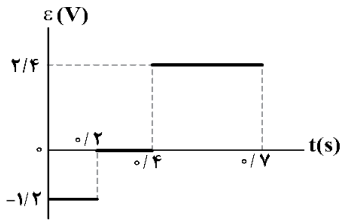
۴) از B به A ـ از B به A

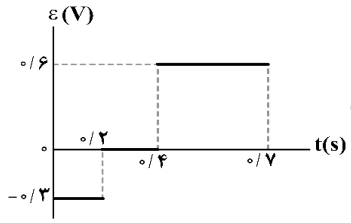
۶۸- حلقه‌ای رسانا به قطر ۲m عمود بر یک میدان مغناطیسی قرار دارد و تغییرات میدان مغناطیسی برحسب زمان، مطابق شکل است. نمودار نیروی محرکهٔ القاشده در حلقه کدام است؟ $(\pi = ۳)$



۱)


۲)


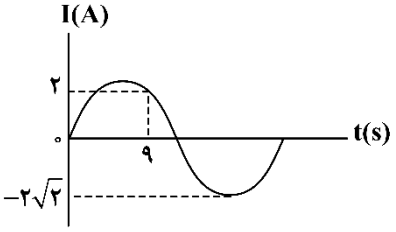
۳)


۴)


۹- ضریب القاوری یک القاگر چند هانری باشد تا بتواند $۰/۵kWh$ انرژی الکتریکی را در پیچهٔ حامل جریان $۲۰۰A$ ذخیره کند؟

۱) ۴۵ ۲) ۹۰ ۳) ۱۸۰ ۴) ۱۸۰۰

۱۰- نمودار تغییرات جریان سینوسی متناوب عبوری از مقاومت $R=۵\Omega$ برحسب زمان، مطابق شکل است. توان مصرفی مقاومت در لحظهٔ $t=۲۰s$ چند وات است؟



۱) ۱۰

۲) ۲۰

۳) ۳۰

۴) ۴۰

فیزیک ۲۷ آذر ۱۴۰۴ ماراتون

۱- اگر به یک سکه ۲×۱۰^{۱۳} الکترون بدهیم، بار الکتریکی آن به $-۲\mu C$ می‌رسد. بار اولیه سکه (بار آن قبل از انتقال الکترون‌ها) چند میکروکولن است؟ $(e = ۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\,C)$

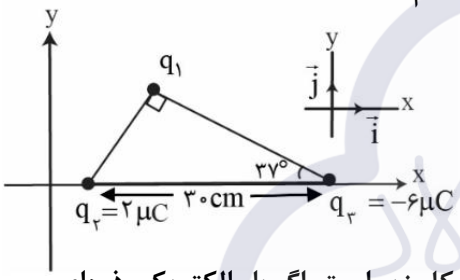
۱) $-۳/۲$ ۲) $-۱/۲$ ۳) $+۱/۲$ ۴) $+۳/۲$

۲- دو کرهٔ باردار بسیار کوچک و مشابه در فاصلهٔ ۳۰cm از یک‌دیگر به هم نیروی الکتریکی ۳N وارد می‌کنند. اگر دو کره را به هم تماس دهیم و در فاصلهٔ ۱۰cm از یک‌دیگر قرار دهیم، نیروی الکتریکی به بزرگی ۰/۲۲۵N به هم وارد می‌کنند. اندازهٔ بار الکتریکی کره‌ها قبل از تماس دو کره به هم چند میکروکولن است؟ $(k = ۹\times۱۰^{۹}\,\frac{N.m^{۲}}{C^{۲}})$

۱) ۵ و ۶ ۲) ۲ و ۱۵ ۳) ۱ و ۳۰ ۴) ۳ و ۱۰

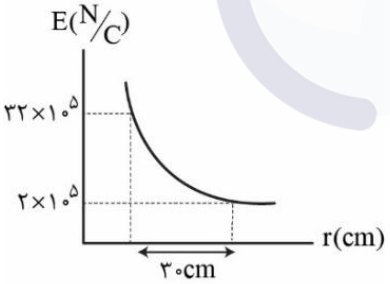
۳- سه بار الکتریکی مطابق شکل در سه رأس یک مثلث قائم‌الزاویه ثابت قرار گرفته‌اند. اگر بردار نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار $q_۲$ در SI به صورت $\vec{F} = ۴/۲\vec{i} + ۴\vec{j}$ باشد، بار $q_۱$ بر حسب میکروکولن کدام است؟

$(\sin ۳۷^\circ = ۰/۶\ ,\ k = ۹\times۱۰^{۹}\,\frac{N.m^{۲}}{C^{۲}})$



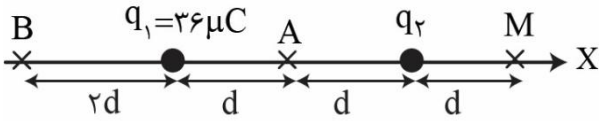
۱) -۹
۲) $+۹$
۳) -۱۸
۴) $+۱۸$

۴- نمودار بزرگی میدان الکتریکی بار ذره‌ای q بر حسب فاصله از آن به صورت شکل زیر است. اگر بار الکتریکی ذره‌ای $q' = -۸/۱nC$ را در فاصلهٔ ۹۰cm از آن قرار دهیم بزرگی نیروی الکتریکی که به آن وارد می‌شود چند میکرونیوتون است؟



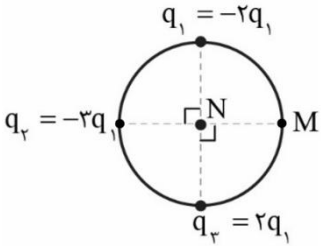
۱) ۳۲
۲) ۳۲۰
۳) ۲۸/۸
۴) ۲۸۸

۵- در شکل زیر بردار میدان الکتریکی خالص در نقطهٔ M صفر است. بزرگی میدان الکتریکی خالص در نقطهٔ A چند برابر بزرگی میدان الکتریکی خالص در نقطهٔ B است؟



۱) $\frac{۱۲۸}{۳۵}$
۲) $\frac{۳۲}{۷}$
۳) $\frac{۱۶۰}{۲۹}$
۴) $\frac{۱۲۸}{۲۹}$

۶- سه بار الکتریکی نقطه‌ای مطابق شکل روی محیط دایره‌ای قرار گرفته‌اند. بزرگی میدان الکتریکی خالص بارها در نقطهٔ M چند برابر بزرگی میدان الکتریکی خالص بارها در نقطهٔ N است؟



۱) $\frac{\sqrt{41}}{20}$ ۲) $\frac{\sqrt{137}}{10}$

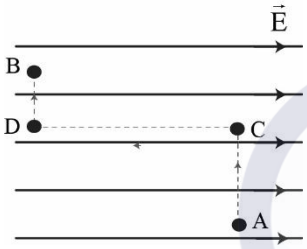
۳) $\frac{\sqrt{137}}{20}$ ۴) $\frac{\sqrt{41}}{10}$

۷- ذره‌ای باردار به جرم $2mg$ و بار $q = -2nC$ درون میدان الکتریکی یکنواخت و قائم به صورت معلق قرار دارد. بزرگی میدان الکتریکی بر حسب نیوتون بر کولن و جهت آن کدام است؟ $(g = 10\frac{m}{s^2})$

۱) 10^4، به سمت پایین ۲) 10^7، به سمت بالا ۳) 10^4، به سمت بالا ۴) 10^7، به سمت پایین

۸- بار الکتریکی $q = -10\mu C$ را درون میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $10^5\frac{N}{C}$، مطابق شکل از نقطهٔ A به نقطهٔ B در مسیر نشان داده شده جابه‌جا می‌شود. تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار در این جابه‌جایی چند ژول است؟

$(AC = DB = \frac{CD}{4} = 10cm)$



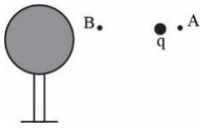
۱) $-0/4$

۲) $-0/2$

۳) $+0/4$

۴) $+0/2$

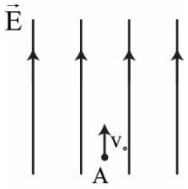
۹- مطابق شکل بار الکتریکی q را در نزدیکی یک کرهٔ باردار از نقطهٔ A تا B جابه‌جا می‌کنیم. اگر کاری که میدان الکتریکی در این جابه‌جایی انجام می‌دهد منفی باشد، بار الکتریکی ذره باردار و کره نسبت به هم چگونه است و انرژی پتانسیل الکتریکی بار در این جابه‌جایی چگونه تغییر می‌کند؟



۱) هم‌نام – کاهش ۲) ناهم‌نام – کاهش

۳) هم‌نام – افزایش ۴) ناهم‌نام – افزایش

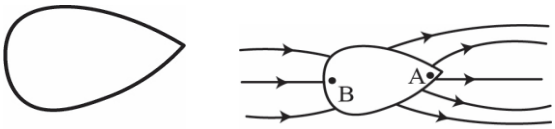
۱۰- ذره‌ای به جرم $4g$ و بار $q = -4\mu C$ مطابق شکل از نقطهٔ A درون میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $10^4\frac{N}{C}$ در راستای قائم با سرعت v_0 به سمت بالا پرتاب می‌شود. اگر تندی ذره پس از طی مسافت $40cm$ به صفر برسد، v_0 چند متر با ثانیه است؟ ($g = 10\frac{m}{s^2}$ و از مقاومت هوا صرف‌نظر شود.)



۱) ۲ ۲) $2\sqrt{2}$ ۳) ۴ ۴) $4\sqrt{2}$

فیزیک ۱۶ بهمن ۱۴۰۴ ماراتون

۱- شکل (۱) یک جسم رسانای دوکی‌شکل خنثی را نشان می‌دهد. این جسم مطابق شکل (۲) درون یک میدان الکتریکی یکنواخت قرار می‌دهیم. کدام مورد درست است؟



(۱) (۲)

آ) پتانسیل الکتریکی نقطهٔ A بیشتر از نقطهٔ B است.

ب) میدان الکتریکی درون رسانا صفر است.

پ) تراکم بارها در نقطهٔ A بیشتر از نقطهٔ B است.

۱) آ و ب ۲) آ، ب و پ ۳) آ و پ ۴) ب و پ

۲- اگر پایانهٔ مثبت یک باتری ۹ ولتی را مرجع پتانسیل در نظر بگیریم، پتانسیل پایانهٔ منفی آن چند ولت است؟

۱) -۹ ۲) $+۹$ ۳) -۱۸ ۴) $+۱۸$

۳- بار الکتریکی q درون میدان الکتریکی از نقطهٔ A تا نقطهٔ B جابه‌جا می‌شود. اگر پتانسیل الکتریکی نقاط A و B به ترتیب $۱۰V$ و $-۱۰V$ و کاری که میدان الکتریکی در این جابه‌جایی روی بار انجام می‌دهد برابر $-۲۰۰\mu J$ باشد، بار q برحسب میکروکولن کدام است؟

۱) -۱۰۰ ۲) $+۱۰۰$ ۳) -۱۰ ۴) $+۱۰$

۴- در صفحهٔ xoy میدان الکتریکی یکنواختی در امتداد یکی از محورهای مختصات برقرار است. اگر پتانسیل الکتریکی نقاط $A(۲m,۱m)$، $B(۵m,-۲m)$ و $C(-۲m,۳m)$ به ترتیب $V_A=۰$، $V_B=-۶۰V$ و $V_C=+۴۰V$ باشد، بردار میدان الکتریکی در SI کدام است؟

۱) $-۲۰\vec{i}$ ۲) $+۴۰\vec{i}$ ۳) $+۴۰\vec{j}$ ۴) $-۲۰\vec{j}$

۵- مساحت صفحه‌های خازن تختی $۲۰cm^۲$ و هوا بین دو صفحهٔ خازن قرار دارد. اگر فاصلهٔ بین صفحه‌های خازن را ۲cm افزایش دهیم، ظرفیت خازن ۲۰ درصد تغییر می‌کند. اگر قبل از تغییر فاصلهٔ صفحه‌های خازن، آن را به اختلاف پتانسیل ۲۰۰V وصل کنیم، چند نانوژول انرژی در خازن ذخیره می‌شود؟ $(\varepsilon_۰=۹\times۱۰^{-۱۲}\frac{F}{m})$

۱) ۳/۶ ۲) ۴/۵ ۳) ۴۵ ۴) ۳۶

۶- یک خازن کاملاً خالی از بار با ظرفیت $۱۰\mu F$ را به یک باتری ۱۰ ولتی وصل می‌کنیم تا کاملاً شارژ شود. سپس خازن را از باتری جدا می‌کنیم و صفحه با بار مثبت آن را به قطب مثبت باتری ۲۰ ولتی و صفحهٔ دیگر ان را به قطب منفی باتری وصل می‌کنیم. به ترتیب از راست به چپ هر کدام از باتری‌های ۱۰ ولتی و ۲۰ ولتی چند میکروژول انرژی برای شارژ خازن مصرف کرده‌اند؟

۱) ۵۰۰، ۳۰۰۰ ۲) ۱۰۰۰، ۳۰۰۰ ۳) ۵۰۰، ۲۰۰۰ ۴) ۱۰۰۰، ۲۰۰۰

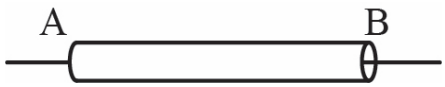
۷- ولتاژ باتری یک ماشین‌حساب ۶V است. هنگامی که ماشین‌حساب روشن است، جریان ۰/۲mA از مدار ماشین‌حساب عبور می‌کند. در مدت یک دقیقه به ترتیب از راست به چپ، چند کولن بار الکتریکی از مدار می‌گذرد و باتری چند ژول انرژی به مدار ماشین‌حساب می‌دهد؟

۱) ۰/۰۱۲، ۰/۰۷۲ ۲) ۰/۱۲، ۰/۷۲ ۳) ۰/۰۱۲، ۰/۰۰۲ ۴) ۰/۱۲، ۰/۰۲

۸- بر روی یک باتری ۱۰۰mA.h نوشته شده است، اگر باتری ابتدا کاملاً شارژ باشد، چند دقیقه می‌تواند جریان متوسط ۱۰۰μA را فراهم کند؟

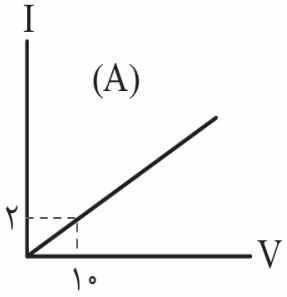
۱) $۱۰^۳$ ۲) ۶×۱۰^۳ ۳) $۱۰^۴$ ۴) ۶×۱۰^۴

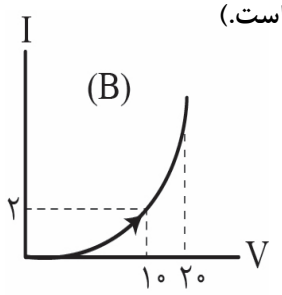
۹- در مدت یک دقیقه تعداد ۶×۱۰^{۱۸} الکترون از یک مقطع سیم از **A** به سمت **B** عبور می‌کند. جریان الکتریکی متوسط عبوری از سیم بر حسب میلی‌آمپر و جهت آن کدام است؟ $(e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C)$



۱) ۱۶، از A به B
۲) ۹۶۰، از A به B
۳) ۱۶، از B به A
۴) ۹۶۰، از B به A

۱۰- نمودار جریان عبوری از دو رسانای **(A)** و **(B)** بر حسب اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر آن‌ها به صورت زیر است. چه تعداد از موارد زیر دربارهٔ این دو رسانا درست است؟ (دمای هر دو رسانا ثابت است.)





آ) رسانای **A** یک رسانای اهمی است.

ب) رسانای **B** می‌تواند یک دیود نور گسیل باشد.

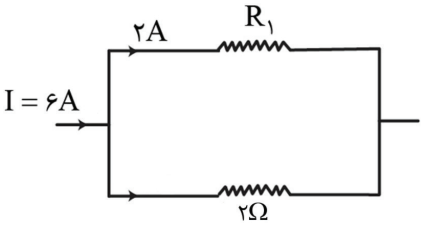
پ) مقاومت رسانای **A** تحت اختلاف پتانسیل **۲۰V** بیشتر از مقاومت الکتریکی رسانای **B** تحت اختلاف پتانسیل **۲۰V** است.

ت) مقاومت رسانای **B** تحت اختلاف پتانسیل **۱۰V** برابر $\frac{۱}{۵}\Omega$ است.

۱) ۱
۲) ۲
۳) ۳
۴) ۴

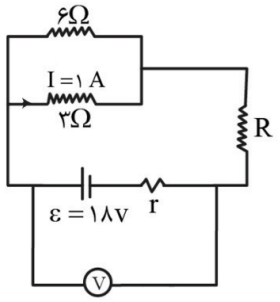
فیزیک ۲۴ بهمن ۱۴۰۳ ماراتون

۱- در شکل زیر انرژی مصرفی مقاومت R_1 در مدت یک دقیقه چند ژول است؟



۱) ۲۴۰
۲) ۴۸۰
۳) ۹۴۰
۴) ۱۴۴۰

۲- در مدار شکل زیر اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R برابر ۱۲V است. عدد ولت‌سنج آرمانی برحسب ولت کدام است؟

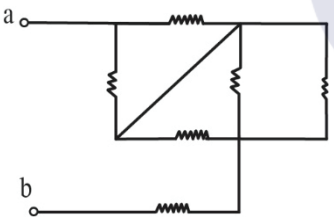


۱) ۱۲
۲) ۱۸
۳) ۱۵
۴) ۱۶

۳- دو مقاومت ۶Ω و ۱۲Ω اهمی را بار اول به طور متوالی و بار دوم به طور موازی به یک باتری آرمانی ۳۶V وصل می‌کنیم. توان مصرفی مقاومت ۶Ω در حالت اول چند برابر توان مصرفی مقاومت ۶Ω در حالت دوم است؟

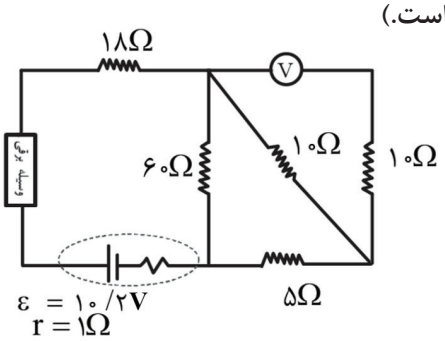
۱) $\frac{۱}{۹}$
۲) $\frac{۱}{۱۸}$
۳) $\frac{۱}{۶}$
۴) $\frac{۱}{۱۲}$

۴- در مدار شکل زیر تمام مقاومت‌ها مشابه و برابر ۶Ω می‌باشند. مقاومت معادل مدار چند اهم است؟



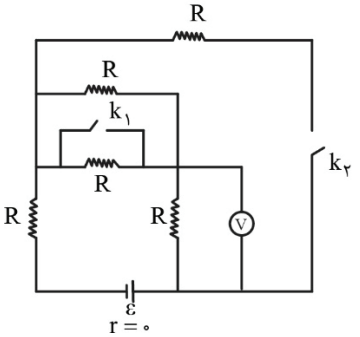
۱) ۶
۲) ۸
۳) ۹
۴) ۱۱

۵- در مدار زیر یک وسیله برقی که ولتاژ و توان اسمی آن ۱۰V و ۵W در مدار قرار گرفته است. توان خروجی باتری و توان مصرف شده در وسیله برقی به ترتیب از راست به چپ چند وات است؟ (ولت‌سنج آرمانی است.)



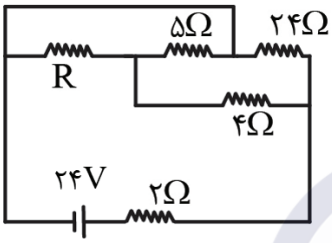
۱) ۲ و ۵
۲) ۲ و ۰/۸
۳) ۲/۰۴ و ۰/۸
۴) ۹/۲ و ۵

۶- در مدار شکل زیر وقتی هر دو کلید باز است، ولت‌سنج آرمانی V_1 را نشان می‌دهد و اگر هر دو کلید بسته شود V_2 را نشان می‌دهد. نسبت $\frac{V_2}{V_1}$ کدام است؟



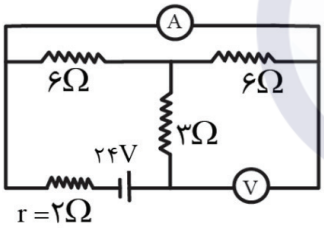
۱) $\frac{۳}{۵}$
۲) $\frac{۵}{۶}$
۳) $\frac{۳}{۴}$
۴) $\frac{۱}{۲}$

۷- در مدار شکل زیر اگر توان مصرفی، مقاومت ۵Ω، $\frac{۴}{۵}$ برابر توان مصرفی ۴Ω باشد، اختلاف پتانسیل دو سر باتری چند ولت است؟



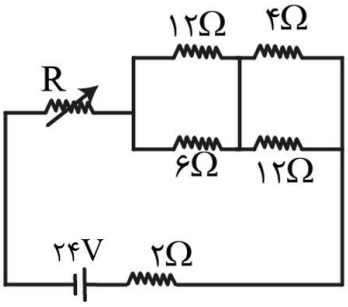
۱) ۲۰
۲) ۱۸
۳) ۱۶
۴) ۱۴

۸- در مدار مقابل اگر جای آمپرسنج و ولت‌سنج عوض شود، کدام گزینه درست است؟



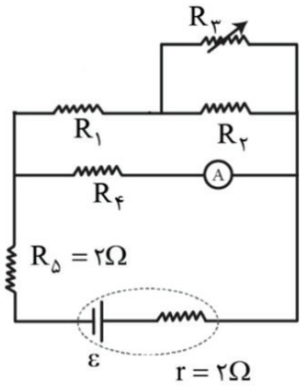
۱) عدد آمپرسنج ۰/۷A افزایش می‌یابد.
۲) عدد ولت‌سنج تغییر نمی‌کند.
۳) عدد ولت‌سنج ۱/۲V افزایش می‌یابد.
۴) عدد آمپرسنج ۱/۲A افزایش می‌یابد.

۹- در مدار مقابل حداکثر توان مصرفی مقاومت متغیر R چند وات است؟



۱) ۱۲
۲) ۱۸
۳) ۲۴
۴) ۳۶

۱۰- **در مدار شکل زیر با افزایش مقاومت R_3 به ترتیب از راست به چپ عدد آمپرسنج آرمانی و توان خروجی باتری چگونه تغییر می‌کند؟**



۱) افزایش، کاهش

۲) کاهش، افزایش

۳) افزایش، افزایش

۴) افزایش، کاهش

سنجش کلاد

فیزیک ۸ اسفند ۱۴۰۳ ماراتون

۱- چه تعداد از موارد زیر درست است؟

الف) اتم‌های مواد پارامغناطیسی خاصیت مغناطیسی دارند.

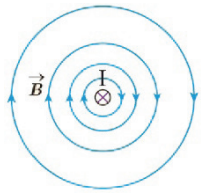
ب) با حضور مواد دیامغناطیس در میدان مغناطیسی خارجی، دوقطبی‌های مغناطیسی در جهت میدان مغناطیسی درون آن‌ها القا می‌شود.

پ) از مواد فرومغناطیس نرم که دارای حوزه مغناطیسی هستند برای ساخت پیچه‌ها و سیملوله‌ها استفاده می‌شود.

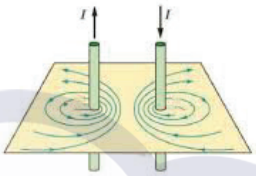
ت) مواد فرومغناطیس سخت برای ساخت آهنربای دائمی مناسب است.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

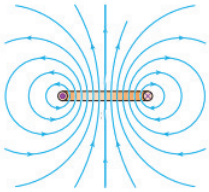
۲- کدام شکل‌ها آرایش درست خطوط میدان مغناطیسی را نشان می‌دهد؟



الف) سیم حامل جریان درون‌سو



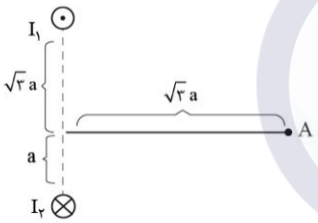
ب) دو سیم موازی با جریان‌های ناهمسو



پ) حلقهٔ حامل جریان

۱) الف ۲) الف و پ ۳) الف، ب و پ ۴) ب و پ

۳- مطابق شکل دو سیم راست حامل جریان عمود بر صفحه قرار گرفته‌اند. زاویهٔ بین میدان مغناطیسی سیم‌ها در نقطهٔ A چند درجه است؟



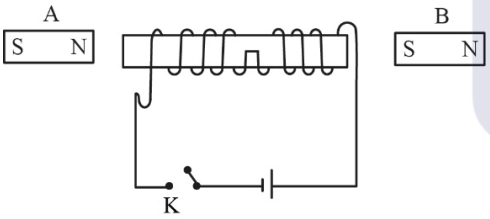
۱) ۱۵

۲) ۷۵

۳) ۹۰

۴) ۱۰۵

۴- در شکل زیر بعد از وصل کلید، از طرف سیملوله به آهنرباهای A و B به ترتیب از راست به چپ چه نیرویی وارد می‌شود؟



۱) رانشی - ربایشی

۲) رانشی - رانشی

۳) ربایشی - ربایشی

۴) ربایشی - رانشی

۵- طول یک سیملوله ۴۰cm و از 10^3 دور حلقه تشکیل شده است. اگر جریان ۰/۲A از سیملوله عبور کند، بزرگی میدان مغناطیسی درون سیملوله چند گاوس است؟ $(\mu_0 = 12\times10^{-7}\frac{T.m}{A})$ آزمون وی ای پی

۱) 6×10^{-5} ۲) 6×10^{-4} ۳) ۰/۶ ۴) ۶

۶- کدام گزینه دربارهٔ نیروی مغناطیسی وارد بر یک ذره باردار که با سرعت $\vec{v}$ وارد میدان مغناطیسی $\vec{B}$ شده است، الزاماً درست می‌باشد؟

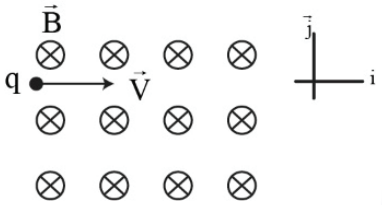
۱) اگر جهت بردارهای $\vec{F}$ و $\vec{v}$ مشخص باشد، جهت $\vec{B}$ به صورت دقیق تعیین می‌شود.

۲) اگر جهت بردارهای $\vec{F}$ و $\vec{B}$ مشخص باشد، جهت $\vec{v}$ به صورت دقیق تعیین می‌شود.

۳) اگر جهت بردارهای $\vec{B}$ و $\vec{v}$ مشخص باشد، جهت $\vec{F}$ به صورت دقیق تعیین می‌شود.

۴) هر سه گزینه درست است.

۷- مطابق شکل ذره بارداری به جرم ۴mg و بار $-۲\mu C$ با سرعت $\vec{v} = ۲\times۱۰^{۵}\frac{m}{s}\vec{i}$ وارد یک میدان مغناطیسی یکنواخت که میدان آن درون‌سو و بزرگی آن $۴\times۱۰^{۳}G$ است، می‌شود. در لحظهٔ ورود ذره به میدان مغناطیسی، بردار شتاب ذره در SI کدام است؟ (از وزن ذره صرف‌نظر شود.)



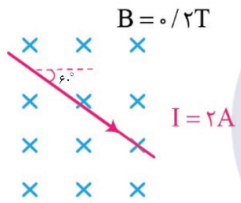
۱) $۴\times۱۰^{۴}\vec{j}$

۲) $۴۰\vec{j}$

۳) $-۴\times۱۰^{۴}\vec{j}$

۴) $-۴۰\vec{j}$

۸- در شکل زیر نیروی مغناطیسی وارد بر ۲۰cm از سیم چند نیوتون و در کدام جهت است؟



۱) ۰/۰۸، ↗

۲) ۰/۰۴، ↙

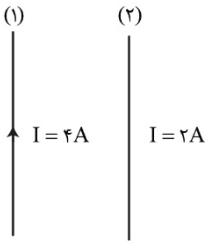
۳) ۰/۰۸، ↙

۴) ۰/۰۴، ↗

۹- یک پروتون از بالا به سمت پایین وارد میدان مغناطیسی یکنواخت افقی که جهت آن به سمت شمال شرقی است می‌شود. جهت نیروی مغناطیسی وارد بر پروتون با ورود به این میدان به کدام سمت خواهد بود؟

۱) جنوب شرقی ۲) شمال غربی ۳) شرق ۴) شمال

۱۰- دو سیم (۱) و (۲) موازی هم در صفحه قرار دارند. اگر نیروی مغناطیسی که سیم (۱) بر یک متر از سیم (۲) وارد می‌کند در SI به صورت $-۲\vec{i}$ باشد، اندازه و جهت میدان مغناطیسی سیم (۲) در محل سیم (۱) کدام است؟



۱) ⊙، ۰/۵T

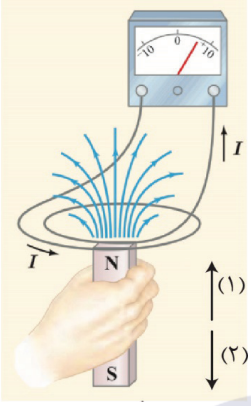
۲) ⊗، ۰/۵T

۳) ⊙، ۱T

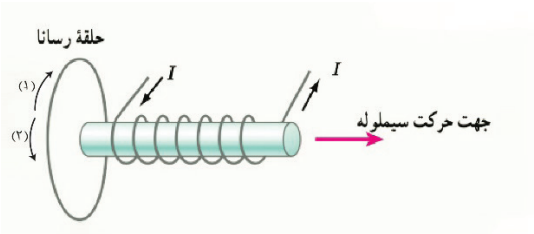
۴) ⊗، ۱T

فیزیک۲۲ اسفند ۱۴۰۳ ماراتون

۱- باتوجه به جهت جریان القایی در شکل (الف) و جهت حرکت سیملوله در شکل (ب)، جهت حرکت آهنربا در شکل (الف) و جهت جریان القایی در شکل (ب) به ترتیب از راست به چپ کدام است؟



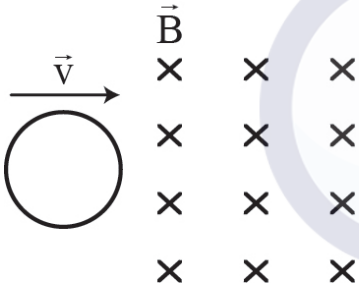
(الف)



(ب)

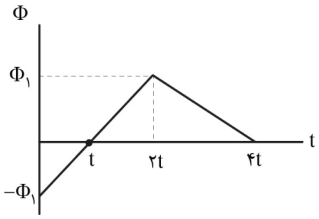
۱) (۱) – (۱)　　۲) (۱) – (۲)　　۳) (۲) – (۱)　　۴) (۲) – (۲)

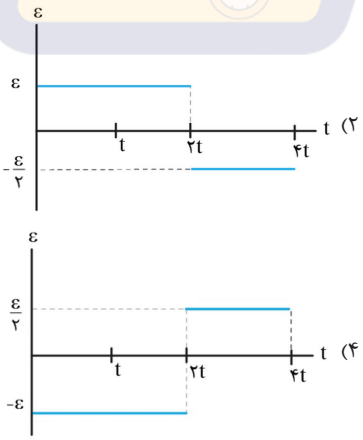
۲- مطابق شکل یک حلقه دایره‌ای شکل با سرعت ثابت وارد یک میدان مغناطیسی یکنواخت می‌شود. از لحظهٔ ورود حلقه به میدان مغناطیسی تا لحظه‌ای که تمام حلقه درون میدان قرار بگیرد، جریان القایی درون حلقه چگونه تغییر می‌کند؟

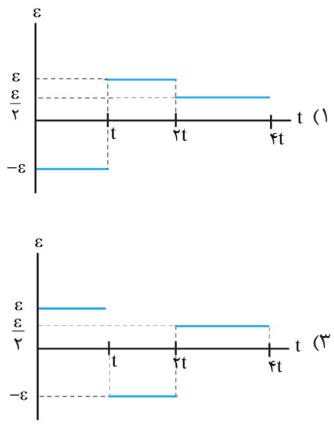


۱) همواره کاهش می‌یابد.
۲) همواره افزایش می‌یابد.
۳) ابتدا افزایش سپس کاهش می‌یابد.
۴) ابتدا کاهش سپس افزایش می‌یابد.

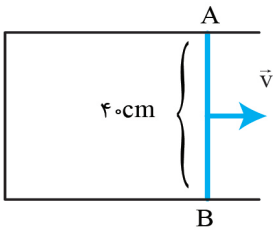
۳- نمودار زیر تغییر شار مغناطیسی عبوری از یک حلقه را نشان می‌دهد. نمودار نیروی محرکه القایی آن مطابق کدام گزینه است؟







۴- مطابق شکل سیم AB را با سرعت ثابت $۲\frac{m}{s}$ به سمت راست روی رسانای U شکل حرکت می‌دهیم. اگر سیم و رسانای U شکل درون میدان مغناطیسی یکنواختی که عمود بر صفحه است، قرار داشته باشند، جهت و اندازهٔ این میدان برحسب تسلا کدام باشد تا جریان ۰/۲A به صورت ساعتگرد در رسانا و سیم القا شود؟ (مقاومت مدار ۱۰Ω است.)

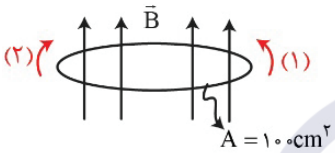


۱) برونسو- ۰/۴
۲) برونسو – ۲/۵
۳) درونسو – ۰/۴
۴) درونسو – ۲/۵

۵- به ترتیب از راست به چپ کدام یکا معادل «ولت در ثانیه» و کدام یکا معادل «هانری بر اهم» است؟

۱) تسلا در مترمربع – ثانیه
۲) آمپر – ثانیه
۳) تسلا در مترمربع- هرتز
۴) آمپر – هرتز

۶- مطابق شکل حلقه‌ای عمود بر خطوط میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی ۴mT که جهت آن رو به بالا است قرار دارد. اگر در مدت ۱۰ms بزرگی میدان به ۲mT و جهت آن رو به پایین برسد، بزرگی نیروی محرکهٔ القایی متوسط در حلقه برحسب میلی‌ولت و جهت جریان القایی در آن کدام است؟

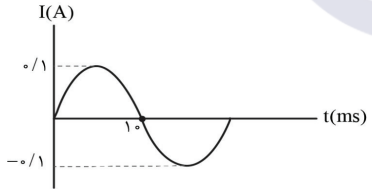


۱) ۲، (۱)
۲) ۶ ، (۲)
۳) ۲، (۲)
۴) ۶، (۱)

۷- ضریب القاوری یک سیملوله ۲mH و جریان عبوری از آن ۲A است. انرژی ذخیره شده در سیملوله چند میلی‌ژول است؟

۱) ۱
۲) ۲
۳) ۴
۴) ۸

۸- نمودار جریان متناوب عبوری از یک مقاومت به صورت زیر است. جریان عبوری از مقاومت در $t = \frac{۳}{۴۰۰}s$ چند میلی آمپر است؟

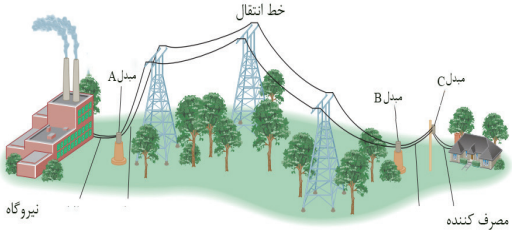


۱) ۵۰
۲) $۵۰\sqrt{۲}$
۳) ۲۵
۴) $۲۵\sqrt{۲}$

۹- بیشینهٔ شار عبوری از یک پیچه جریان متناوب برابر ۴Wb است. در لحظه‌ای که جریان پیچه نصف جریان بیشینهٔ آن است، شار عبوری از پیچه چند وبر است؟

۱) $\sqrt{۳}$
۲) $۲\sqrt{۳}$
۳) ۳
۴) ۲

۱۰- در شکل زیر که مربوط به انتقال توان الکتریکی از نیروگاه به مصرف کننده است، مبدل‌های A، B و C به ترتیب از راست به چپ کدام‌اند؟



۱) کاهنده، کاهنده، افزاینده
۲) افزاینده، افزاینده، کاهنده
۳) افزاینده، کاهنده، کاهنده
۴) کاهنده، افزاینده، افزاینده

گروه آموزشی ماز

دوپینگ

۱- چه تعداد از عبارت‌های زیر در مورد مدل‌سازی در فیزیک صحیح است؟

الف: برای بررسی پدیده‌های پیچیده از مدل‌سازی استفاده می‌شود.

ب: هنگام مدل‌سازی یک پدیدهٔ فیزیکی نباید اثرهای جزئی‌تر را نادیده گرفت.

پ: در طی فرایند مدل‌سازی، یک پدیدهٔ فیزیکی آن‌قدر ساده و آرمانی می‌شود تا امکان بررسی و تحلیل آن فراهم شود.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) صفر

۲- در کدام گزینه تمام کمیت‌ها اصلی هستند؟

۱) جرم، دما، مقدار ماده، شدت تابشی ۲) طول، زمان، شدت جریان الکتریکی، فشار

۳) زمان، دما، مقدار ماده، شدت روشنایی ۴) کار، طول، زمان، شدت جریان الکتریکی

۳- اگر حجم ظرفی استوانه‌ای که مساحت کف آن $۲۰۰cm^۲$ است، برابر ۲/۵۴۰ لیتر باشد، ارتفاع این ظرف چند اینچ است؟ (هر اینچ معادل ۲/۵۴cm است.)

۱) ۲ ۲) ۰/۲ ۳) ۵ ۴) ۰/۵

۴- آب با تندی $۱۵\frac{m}{s}$ در لوله‌ای استوانه‌ای‌شکل با سطح مقطع $۵۰۰mm^۲$ درحال حرکت است. آهنگ شارش آب درون لوله برحسب لیتر بر دقیقه و به‌صورت نمادگذاری علمی کدام است؟

۱) ۴۵×۱۰^۱ ۲) $۴/۵\times۱۰^۲$ ۳) $۷/۵\times۱۰^{-۳}$ ۴) ۷۵×۱۰^{-۴}

۵- یکای فرعی کدام‌یک از کمیت‌های زیر صحیح است؟ (kg، m و s به‌ترتیب نماد کیلوگرم، متر و ثانیه هستند.)

۱) کار: $kg\frac{m}{s^۲}$ ۲) نیرو: $kg\frac{m^۲}{s^۲}$ ۳) فشار: $\frac{kg}{ms}$ ۴) توان: $kg\frac{m^۲}{s^۳}$

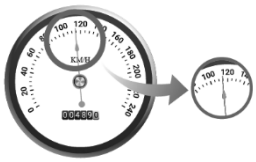
۶- شکل‌های زیر، سه وسیلهٔ اندازه‌گیری را نشان می‌دهند. با توجه به این شکل‌ها، دقت اندازه‌گیری کولیس و تندی‌سنج خودرو به‌ترتیب از راست به چپ چند متر و چند کیلومتر بر ساعت است؟

۱) $۱۰^{-۶}$، ۲۰

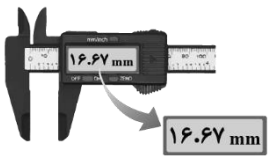
۲) $۱۰^{-۶}$، ۵

۳) $۱۰^{-۵}$، ۲۰

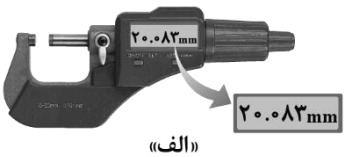
۴) $۱۰^{-۵}$، ۵



«پ»



«ب»



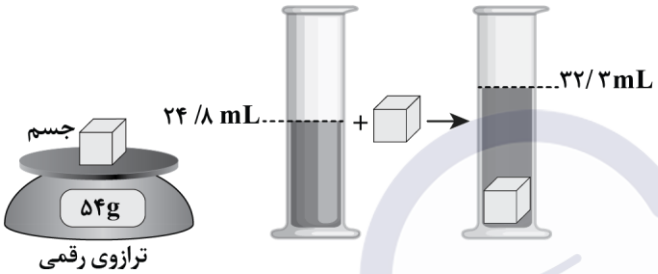
«الف»

۷- با ذوب M گرم از یک فلز، کره‌ای توپر به شعاع R ساخته‌ایم. اگر بخواهیم از همین فلز استوانه‌ای به شعاع مقطع ۲R و ارتفاع $\frac{R}{۲}$ بسازیم، جرم مورد نیاز چند M است؟

۱) ۰/۵ ۲) $\frac{۲}{۳}$ ۳) ۱ ۴) ۱/۵

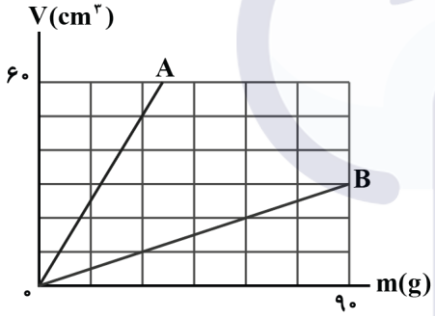
۸- مطابق شکل زیر، یک قطعهٔ مسی که دارای حفره‌ای بسته است، درون استوانهٔ مدرج انداخته می‌شود. اگر یک قطعهٔ آلومینیمی برای پر کردن حفره بسازیم، جرم این قطعهٔ آلومینیمی چند گرم می‌شود؟

$(\rho_{\text{آلومینیم}} = ۲/۷ \frac{g}{cm^۳} , \rho_{\text{مس}} = ۹ \frac{g}{cm^۳})$



۱) ۴/۰۵
۲) ۴/۵
۳) ۵/۰۴
۴) ۵/۴

۹- نمودار تغییرات حجم برحسب جرم دو مایع A و B مطابق شکل زیر است. ۱۸ گرم از مایع A را با ۵۴ گرم از مایع B ترکیب می‌کنیم. چگالی مخلوط به‌دست‌آمده چند واحد SI است؟ (از تغییر حجم در اثر اختلاط، صرف‌نظر شود.)



۱) ۱
۲) ۱۰۰۰
۳) ۱/۵
۴) ۱۵۰۰

۱۰- یک ظرف یک لیتری پر از آب است. اگر یک قطعه نقرهٔ ۴۲۰ گرمی را به‌آرامی درون ظرف بیندازیم مقداری آب از ظرف سرریز می‌شود. اگر بعدازآن یک قطعه طلا که حجم آن دو برابر قطعه نقره است را نیز به‌آرامی درون ظرف بیندازیم، چند سانتی‌متر مکعب آب درون ظرف باقی می‌ماند؟ $(\rho_{\text{نقره}} = ۱۰/۵ \times ۱۰^۳ \frac{kg}{m^۳} , \rho_{\text{طلا}} = ۱۹ \times ۱۰^۳ \frac{kg}{m^۳})$

۱) ۸۸۰ ۲) ۹۶۰ ۳) ۹۲۰ ۴) ۸۰۰

۱۱- چه تعداد از عبارت‌های زیر صحیح است؟

الف: مایع‌ها تقریباً تراکم‌ناپذیرند، درحالی‌که گازها تراکم‌پذیر هستند.

ب: نمک‌ها، الماس، یخ و بیش‌تر مواد معدنی جزو جامدهای بلورین‌اند.

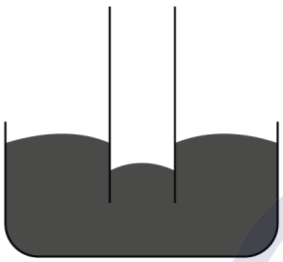
پ: سرعت پدیدهٔ پخش در گازها بیش‌تر از مایعات است.

ت: اضافه کردن مایع ظرف‌شویی به آب، نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های آب را کاهش می‌دهد.

ث: به‌علت نیروی کشش سطحی، قطرهٔ آبی که آزادانه سقوط می‌کند، به شکل کره درمی‌آید.

۱) دو ۲) سه ۳) چهار ۴) پنج

۱۲- در شکل زیر، یک لولهٔ مویین شیشه‌ای تمیز را درون مایعی قرار داده‌ایم. کدام‌یک از عبارت‌های زیر صحیح است؟



۱) مایع می‌تواند آب باشد.

۲) دگرچسبی مایع با شیشه بیش‌تر از هم‌چسبی بین ذرات مایع است.

۳) اگر قطر لوله را کاهش دهیم، مایع درون لوله بیش‌تر پایین می‌رود.

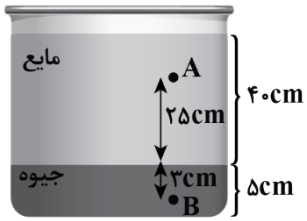
۴) اگر این مایع را روی سطحی شیشه‌ای بریزیم، آن را تر می‌کند.

۱۳- شخصی به جرم $۸۰kg$ که مجموع مساحت کفش‌های او $۵۰cm^۲$ است، فشاری که به سطح افقی زمین وارد می‌کند، ..... پاسکال ..... از فشاری است که همان فرد با لباس فضانوردی (جرم لباس فضانوردی برابر $۷۰kg$ و کفش مخصوص با مجموع مساحت $۷۵cm^۲$) به یک سطح افقی در کرهٔ ماه وارد می‌کند. $(g_{زمین} = ۶g_{ماه} = ۹/۶\frac{m}{s^۲})$

۱) ۱۲۱۶۰۰، بیش‌تر ۲) ۵۴۴۰۰، بیش‌تر ۳) ۵۴۴۰۰، کم‌تر ۴) ۱۲۱۶۰۰، کم‌تر

۱۴- در شکل زیر، فشار کل در کف ظرف برابر $۹۱cmHg$ است. اختلاف فشار نقاط A و B چند کیلوپاسکال است؟

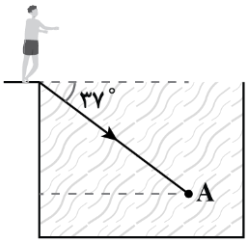
$(P_۰ = ۷۶cmHg\ ,\ \rho_{جیوه} = ۱۳/۶\frac{g}{cm^۳}\ ,\ g = ۱۰\frac{N}{kg})$



۱) ۱۲/۵۸ ۲) ۱۳/۶۴

۳) ۱۵ ۴) ۱۰

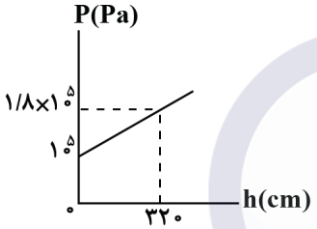
۱۵- مطابق شکل زیر، شناگری از کنار لبهٔ استخری با زاویهٔ ۳۷ درجه نسبت به افق به درون آب شیرجه می‌زند و درون آب، ۸ متر حرکت می‌کند و به نقطهٔ A می‌رسد. اگر مساحت پردهٔ هریک از گوش‌های شناگر $۲/۵cm^۲$ باشد، در نقطهٔ A به پردهٔ هریک از گوش‌های او از طرف آب چند نیوتون نیرو وارد می‌شود؟



$(\rho_{آب}=۱\frac{g}{cm^۳}\ ,\ g=۱۰\frac{N}{kg}\ ,\ \cos ۵۳^\circ=۰/۶)$

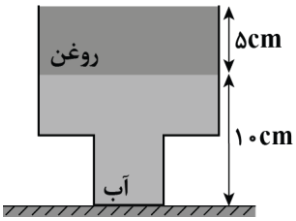
۱) ۶
۲) ۱۲
۳) ۶۰
۴) ۱۲۰

۱۶- نمودار فشار برحسب عمق از سطح آزاد مایع A به شکل زیر است. ۱ لیتر از مایع A را با ۲ لیتر از مایع B به چگالی $۳/۲۵\frac{g}{cm^۳}$ مخلوط می‌کنیم و در یک لولهٔ استوانه‌ای که مساحت قاعدهٔ آن $۲۰cm^۲$ است، می‌ریزیم. فشار پیمانه‌ای در انتهای لولهٔ استوانه‌ای چند پاسکال است؟ (از کاهش حجم مخلوط حین اختلاط چشم‌پوشی و $g=۱۰\frac{N}{kg}$ درنظر گرفته شود.)



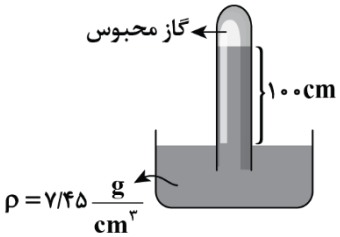
۱) ۴۵۰۰۰
۲) ۴۵۰۰
۳) ۲۲۵۰۰
۴) ۲۲۵۰

۱۷- در شکل زیر، ظرف از دو قسمت استوانه‌ای‌شکل تشکیل شده است؛ که سطح مقطع استوانه‌ها ۵۰ و ۱۰ سانتی‌متر مربع است. فشار و نیرویی که از طرف مایع‌ها بر کف ظرف که بر روی سطح افقی قرار دارد وارد می‌شود، به‌ترتیب چند واحد SI است؟ ($g=۱۰\frac{N}{kg}$ و چگالی آب و روغن به‌ترتیب ۱ و ۰/۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب است.)



۱) ۱۴۰۰ و ۷
۲) ۱۳۰۰ و ۱/۳
۳) ۱۳۰۰ و ۶۵
۴) ۱۴۰۰ و ۱/۴

۱۸- در شکل زیر، مجموعه در حالت تعادل قرار دارد. اگر فشار گاز محبوس در انتهای لوله ۲۰kPa باشد، فشار هوای محیط چند میلی‌متر جیوه است؟ $(g=10\frac{N}{kg}\ ,\ \rho_{جیوه}=13/5\frac{g}{cm^3})$



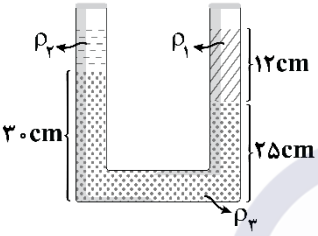
۱) ۷۰

۲) ۷۰۰

۳) ۷۵

۴) ۷۵۰

۱۹- در شکل زیر، سه مایع مخلوط‌نشدنی $\rho_1=0/8\frac{g}{cm^3}$، ρ_2 و $\rho_3=1/22\frac{g}{cm^3}$ درحال تعادل قرار دارند. اگر سطح آزاد مایع‌ها در دو طرف لوله باهم برابر باشند، چگالی ρ_2 چند کیلوگرم بر لیتر است؟



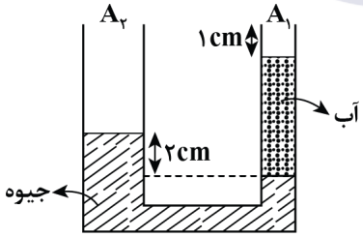
۱) ۰/۴

۲) ۰/۴۵

۳) ۰/۵

۴) ۰/۵۵

۲۰- در شکل زیر، مقداری جیوه و آب درحال تعادل قرار دارند و سطح مقطع لوله‌های راست و چپ به‌ترتیب برابر $A_1=2cm^2$ و $A_2=4cm^2$ است. در شاخهٔ سمت چپ به‌آرامی روغن اضافه می‌کنیم تا آب در آستانهٔ سرریز شدن قرار بگیرد. جرم روغن اضافه‌شده چند گرم است؟ $(\rho_{جیوه}=13/5\frac{g}{cm^3}\ ,\ \rho_{آب}=1\frac{g}{cm^3}\ ,\ \rho_{روغن}=0/8\frac{g}{cm^3})$



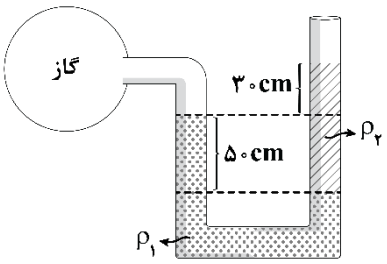
۱) ۸۱

۲) ۲۷

۳) ۱۶۲

۴) ۴۱

۲۱- در شکل زیر، دو مایع مخلوط‌نشدنی درحال تعادل قرار دارند. اگر چگالی آن‌ها $\rho_1=1/4\frac{g}{cm^3}$ و $\rho_2=1\frac{g}{cm^3}$ باشد، فشار پیمانه‌ای گاز چند پاسکال است؟ $(g=10\frac{m}{s^2})$



۱) صفر

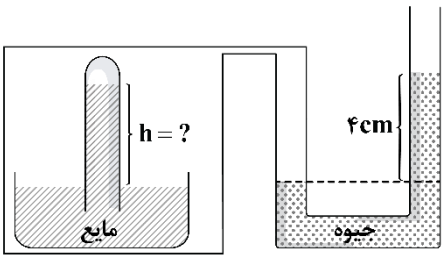
۲) ۱۰۰۰+

۳) ۳۰۰+

۴) ۱۰۰۰-

۲۲- مطابق شکل، یک مانومتر را به یک مخزن هوا وصل کرده‌ایم که درون آن یک بارومتر قرار دارد. اگر فشار هوای محیط ۷۱ سانتی‌متر جیوه باشد، ارتفاع مایع درون لولهٔ بارومتر چند سانتی‌متر خواهد بود؟

$(g = ۱۰\frac{N}{kg}\ ,\ \rho_{\text{مایع}} = ۱۰/۲\frac{g}{cm^۳}\ ,\ \rho_{\text{جیوه}} = ۱۳/۶\frac{g}{cm^۳})$



۱) ۸۰

۲) ۹۰

۳) ۱۰۰

۴) ۱۲۰

۲۳- براساس کدام گزینه به‌ترتیب از راست به چپ می‌توان عبارت‌های زیر را توجیه کرد؟

الف: روزهایی که باد می‌وزد ارتفاع موج‌های دریا بالاتر از ارتفاع میانگین می‌شود.

ب: وقتی شیر آب را باز می‌کنیم آب، به‌آرامی جریان می‌یابد و باریکهٔ آب با نزدیک شدن به زمین باریک‌تر می‌شود.

پ: وقتی یک توپ بادی را وارد آب و سپس رها می‌کنیم توپ به سطح آب می‌آید.

۱) شناوری، اصل برنولی، شناوری

۲) اصل برنولی، اصل برنولی، شناوری

۳) اصل برنولی، معادلهٔ پیوستگی، شناوری

۴) اصل برنولی، معادلهٔ پیوستگی، اصل برنولی

۲۴- شکل زیر، یک تفنگ آب‌پاش را نشان می‌دهد که با فشردن ماشهٔ آن، آب با تندی زیادی بیرون می‌آید. اگر $A_۱ = ۳cm^۲$ ، $A_۲ = ۰/۱۰mm^۲$ و $v_۱ = ۰/۵\frac{cm}{s}$ باشد، تندی خروج آب چند متر بر ثانیه است؟

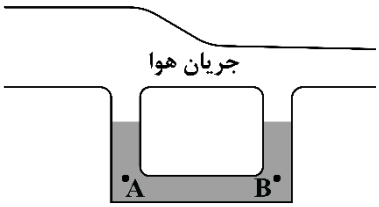
۱) ۱۵

۲) ۱۵۰۰

۳) ۳

۴) ۳۰۰

۲۵- در لولهٔ افقی زیر، جریانی از هوا با تندی v وارد و با تندی ۲v خارج می‌شود، بنابراین جریان در لوله از سمت ..... است و در این صورت جریان مایع در لولهٔ Uشکل پایینی از ..... خواهد بود.



۱) چپ به راست ـ از A به B

۲) چپ به راست ـ از B به A

۳) راست به چپ ـ از B به A

۴) راست به چپ ـ از A به B

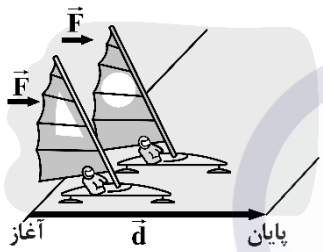
۱- **بالونی به جرم ۸۰۰ کیلوگرم در یک ارتفاع مشخص از سطح زمین درحال حرکت است. اگر شش وزنهٔ ۲۰ کیلوگرمی از بالون بیرون بیندازیم، تندی بالون ۲۰ درصد افزایش می‌یابد. انرژی جنبشی بالون چگونه تغییر کرده است؟**

۱) تقریباً ۴۱ درصد افزایش یافته است.
۲) تغییر نکرده است.
۳) ۲۲/۴ درصد افزایش یافته است.
۴) ۲ درصد افزایش یافته است.

۲- **هواپیمایی به جرم ۸ تن در مدت‌زمان ۵۰ ثانیه از سطح زمین به ارتفاع ۴۰۰ متری از سطح زمین می‌رسد. کار نیروی وزن هواپیما در این مدت چند مگاژول است؟** $(g=10\frac{N}{kg})$

۱) ۳۲
۲) ۰/۶۴
۳) -۳۲
۴) -۰/۶۴

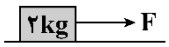
۳- **دو قایق مخصوص با جرم‌های متفاوت، روی سطح افقی یخ‌زده و بدون اصطکاک دریاچه‌ای مطابق شکل زیر، قرار دارند. قایق‌ها تحت اثر نیروهای مساوی باد، شروع به حرکت می‌کنند و از خط پایان به فاصلهٔ d می‌گذرند. چند مورد از موارد زیر درست است؟** آزمون وی ای پی



الف: انرژی جنبشی قایق سبک‌تر در خط پایان، بیش‌تر است.
ب: تندی هر دو قایق در خط پایان یکسان است.
پ: کل کار انجام‌شده روی قایق سنگین‌تر، بیش‌تر است.

۱) صفر
۲) ۱
۳) ۲
۴) ۳

۴- **در شکل زیر، نیروی افقی و ثابت F، جسم را روی سطح افقی دارای اصطکاکی از حال سکون به حرکت درمی‌آورد و بعد از طی مسافت ۱۰ متر، تندی جسم را به $5\frac{m}{s}$ می‌رساند. اندازهٔ نیروی F را چند نیوتون کاهش دهیم تا جسم با تندی ثابت به حرکت خود ادامه دهد؟**

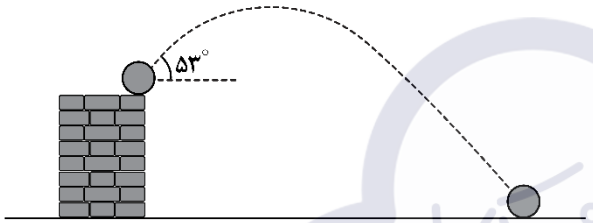


۱) ۲/۵
۲) ۵
۳) ۱۰
۴) ۲۰

۵- **کودکی، سنگی را از بالای یک ساختمان پرتاب می‌کند. در کدام گزینه، کار نیروی وزن سنگ و تغییر انرژی پتانسیل گرانشی آن الزاماً قرینهٔ یکدیگرند؟**

۱) فقط در پرتاب در راستای قائم رو به بالا
۲) فقط در پرتاب در راستای قائم رو به پایین
۳) فقط در پرتاب در راستای قائم
۴) در هر حالتی قرینهٔ یکدیگرند.

۶- **مطابق شکل گلوله‌ای به جرم $1/2kg$ با تندی اولیهٔ $15\frac{m}{s}$ از بالای ساختمانی به ارتفاع $125m$، با زاویهٔ 53° نسبت به افق پرتاب می‌شود. در چندمتری از سطح زمین، تندی گلوله ۳ برابر تندی لحظهٔ پرتاب می‌شود؟ ($g=10\frac{N}{kg}$، $\cos 37^\circ=0/8$ و از مقاومت هوا صرف‌نظر کنید.)**



۱) ۳۳/۷۵
۲) ۳۵
۳) ۹۰
۴) ۹۱/۲۵

۷- **وزنه‌ای را به نخی به طول ۲/۲۵ متر بسته و از سقف آویزان می‌کنیم. وزنه را روی دایره‌ای به شعاع نخ از حالت قائم آن‌قدر دور می‌کنیم تا زاویهٔ نخ با راستای قائم 53° درجه شود و از این حالت وزنه را رها می‌کنیم. تندی وزنه زمانی که زاویهٔ نخ با راستای قائم به 37° درجه می‌رسد، چند متر بر ثانیه می‌شود؟ ($g=10\frac{N}{kg}$، $\sin 53^\circ=0/8$ و مقاومت هوا و جرم نخ ناچیز است.)**

۱) ۴/۲۵
۲) ۳
۳) ۱/۵
۴) ۱

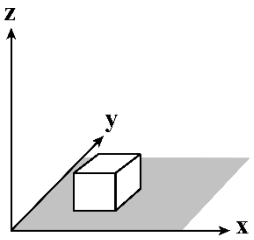
۸- **گلوله‌ای را از سطح زمین و در راستای قائم رو به بالا پرتاب می‌کنیم. اگر پس از طی مسافت $144m$، برای دومین بار انرژی جنبشی گلوله ۴۰ درصد کم‌تر از انرژی جنبشی گلوله در لحظهٔ پرتاب باشد، گلوله حداکثر تا ارتفاع چند متر از سطح زمین بالا رفته است؟ ($g=10\frac{N}{kg}$، از مقاومت هوا صرف‌نظر کنید.)**

۱) ۷۲
۲) ۸۱
۳) ۹۰
۴) ۱۰۸

۹- توپ فوتبالی به جرم ۴۵۰g از نقطهٔ پنالتی با تندی $۱۸\frac{m}{s}$ به‌طرف دروازه شوت می‌شود و با تندی $۱۲\frac{m}{s}$ به تیرک افقی که ارتفاع آن ۲/۴۴m است، برخورد می‌کند. اندازهٔ کار نیروی مقاومت هوا در این مسیر چند ژول بوده است؟ $(g=۱۰\frac{N}{kg})$

۱) ۵۱/۴۸ ۲) ۲۹/۵۲ ۳) ۱۹/۰۸ ۴) ۲/۸۸

۱۰- مطابق شکل، جسمی به جرم ۱kg بر روی سطح افقی درحال حرکت است. زمانی که تندی جسم $۱/۲\frac{m}{s}$ است، نیروی $\vec{F}=(۲N)\vec{i}+(۱N)\vec{j}$ موازی با سطح افقی به آن وارد شده و پس از جابه‌جایی $\vec{d}=(۶m)i+(۳m)j$، تندی آن به $۳/۸\frac{m}{s}$ می‌رسد. کار نیروی اصطکاک وارد بر جسم در این جابه‌جایی چند ژول است؟



۱) ۸/۵

۲) -۸/۵

۳) ۲/۶

۴) -۲/۶

۱۱- پمپ آبی در مدت ۲ ساعت، ۱۲۶ تن آب را از سطح زمین تا ارتفاع ۱۲ متر بالا می‌برد. اگر بازده این پمپ ۶۰ درصد باشد، توان این پمپ چند کیلووات است؟ $(g=۱۰\frac{N}{kg})$ از مون وی ای پی

۱) ۱/۷۵ ۲) ۳/۵ ۳) ۷ ۴) ۱۴

۱۲- بالابری با توان ورودی ۳۰۰W با بازده ۶۰ درصد در شرایط خلأ، جسمی به جرم ۱/۵kg را در مدت ۱۵s از سطح زمین بالا برده سپس از حال سکون رها می‌کند. تندی جسم در لحظهٔ برخورد با زمین چند متر بر ثانیه است؟ $(g=۱۰\frac{N}{kg})$

۱) ۳۰ ۲) ۴۰ ۳) ۵۰ ۴) ۶۰

۱۳- اگر مقدار عددی دمای جسمی برحسب سلسیوس ۵ برابر مقدار عددی آن برحسب درجهٔ فارنهایت باشد، دمای جسم چند کلوین است؟

۱) ۲۹۳ ۲) ۲۵۳ ۳) ۳۱۲ ۴) ۲۳۳

۱۴- چه تعداد از موارد زیر صحیح است؟

الف: کمیت دماسنجی ترموکوپل، اختلاف پتانسیل الکتریکی است.

ب: پیرومتر جزو دماسنج‌های معیار محسوب می‌شود.

پ: ترموکوپل به‌دلیل داشتن جرم کم و به تعادل گرمایی رسیدن سریع با دستگاه اندازه‌گیری دما، در مدارهای الکترونیکی استفاده نمی‌شود.

ت: از دماسنج بیشینه و کمینه در مرکزهای پرورش گل و گیاه و باغداری استفاده می‌شود.

۱) ۴ ۲) ۳ ۳) ۲ ۴) ۱

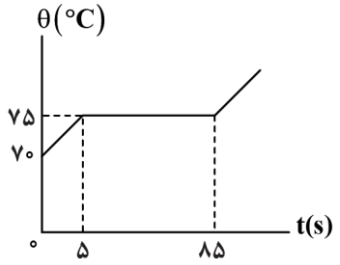
۱۵- به جسمی به جرم ۲۰۰ گرم، ۴ کیلوژول گرما می‌دهیم و در این عمل، دمای آن به‌اندازهٔ ۵۰ کلوین افزایش می‌یابد. ظرفیت گرمایی این جسم چند ژول بر درجهٔ سلسیوس است؟

۱) ۴۰ ۲) ۸۰ ۳) ۴۰۰ ۴) ۸۰۰

۱۶- درون یک ظرف مسی به جرم ۸۰۰g، ۴kg مایعی با گرمای ویژهٔ $۱/۶\frac{kJ}{kg.K}$ و نقطهٔ جوش $۸۰°C$ قرار دارد و دمای مجموعه $۴۰°C$ است. اگر این مجموعه از یک گرمکن با توان ورودی ۴kW و بازده ۵۰ درصد گرما دریافت کند، پس از چند دقیقه ۲/۴kg از مایع تبخیر می‌شود؟ (گرمای ویژهٔ مس $۴۰۰\frac{J}{kg°C}$، گرمای نهان تبخیر مایع در نقطهٔ جوش $۸۰\frac{J}{g}$ و تبخیر سطحی مایع ناچیز است.)

۱) ۳/۸۴ ۲) ۲/۲۵ ۳) ۲/۱۰ ۴) ۱

۱۷- توسط گرمکنی با توان ۲۱۰ وات به جسم جامدی به جرم ۲۰۰ گرم گرما می‌دهیم. اگر نمودار تغییرات دمای این جسم برحسب زمان مطابق شکل باشد، گرمای نهان ذوب این جسم چند واحد SI است؟



۱) ۲۱۰۰۰

۲) ۴۲۰۰۰

۳) ۸۴۰۰۰

۴) ۱۶۸۰۰۰

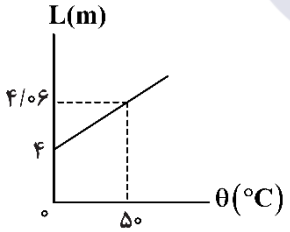
۱۸- درون گرماسنجی با ظرفیت گرمایی $۲۱۰۰\frac{J}{K}$، ۲kg آب با دمای ۸°C درحال تعادل است. گلولهٔ فلزی به جرم ۱/۱kg با دمای ۵۰°C را درون آب می‌اندازیم و پس از رسیدن به تعادل گرمایی، دمای مجموعه ۱۰°C می‌شود. در این مدت چند کیلوژول گرما تلف شده است؟ $(c_{آب} = ۴۲۰۰\frac{J}{kg°C} , c_{فلز} = ۵۰۰\frac{J}{kg°C})$

۱) ۰/۲۵ ۲) ۰/۵ ۳) ۰/۷۵ ۴) ۱

۱۹- مقداری یخ با دمای ۱۰°C− را درون ۲۵۰g آب ۲۵°C می‌ریزیم. اگر تا رسیدن به تعادل گرمایی آب ۲۱kJ گرما از دست بدهد، جرم یخ اولیه تقریباً چند گرم بوده است؟ ($L_F = ۳۳۶\frac{kJ}{kg}$ ، $c_{آب} = ۲c_{یخ} = ۴/۲\frac{J}{g°C}$ و از اتلاف گرما صرف‌نظر شود.) آزمون وی ای پی

۱) ۲۸ ۲) ۳۵ ۳) ۴۲ ۴) ۵۶

۲۰- نمودار طول یک میله برحسب دماهای مختلف آن مطابق شکل می‌باشد. ضریب انبساط حجمی آن در SI کدام است؟



۱) ۹×۱۰^{-۴}

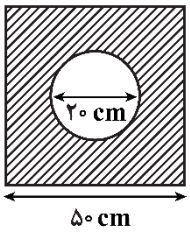
۲) ۶×۱۰^{-۴}

۳) ۲×۱۰^{-۴}

۴) ۳×۱۰^{-۴}

۲۱- **مطابق شکل زیر، یک ورق آلومینیومی مربعی به ضلع ۵۰cm دارای یک حفره به قطر ۲۰cm در مقطع خود می‌باشد. اگر دمای ورق را ۵۰۰°C افزایش دهیم، آن‌گاه مساحت قسمت فلزی ورقه چند سانتی‌متر مربع تغییر می‌کند؟**

$(\pi = ۳ , \alpha_{Al} = ۲\times۱۰^{-۵})$



۱) ۲۲

۲) ۰/۲۲

۳) ۴۴

۴) ۰/۴۴

۲۲- **در یک روز تابستانی، یک تانکر حمل سوخت مقدار ۱۵۰۰۰ لیتر سوخت بارگیری کرده است. اگر تانکر در مقصد، ۱۴۷۰۰ لیتر سوخت تحویل دهد، آن‌گاه اختلاف دمای محل بارگیری و تحویل سوخت چند درجهٔ فارنهایت است؟**

($\beta_{\text{سوخت}} = ۱۰^{-۳}\frac{۱}{K}$ و حجم مخزن تانکر ثابت فرض شود.)

۱) ۳۰ ۲) ۲۶ ۳) ۲۰ ۴) ۳۶

۲۳- **اگر چگالی فلزی در دمای ۲۵°C برابر $۲۰\frac{g}{cm^۳}$ باشد، در دمای چند درجهٔ سلسیوس چگالی فلز $۱۹/۷\frac{g}{cm^۳}$ است؟ (ضریب انبساط طولی فلز $۲\times۱۰^{-۵}\frac{۱}{K}$ است.)**

۱) ۲۲۵ ۲) ۲۷۵ ۳) ۷۷۵ ۴) ۷۲۵

۲۴- **دو کرهٔ توپر A و B به شعاع‌های $R_A = R$ و $R_B = ۲R$ گرمای یکسانی دریافت می‌کنند. اگر چگالی کرهٔ A، نصف چگالی کرهٔ B باشد، تغییر حجم کرهٔ B چند برابر تغییر حجم کرهٔ A است؟ $(\alpha_A = ۲/۵\alpha_B , c_A = ۲c_B)$**

۱) ۲/۵ ۲) ۰/۴ ۳) ۲ ۴) ۰/۵

۲۵- **کدام‌یک از عبارت‌های زیر در مورد روش‌های انتقال گرما به روش رسانش و همرفت نادرست است؟**

۱) ارتعاش اتم‌ها و الکترون‌های آزاد در ناحیهٔ گرم و انتقال بخشی از انرژی آن‌ها به ناحیهٔ مجاورشان از دلایل انتقال گرما در روش رسانش است.

۲) به‌دلیل سرعت بیش‌تر الکترون‌های آزاد در هنگام رسانش گرما در فلزها، سهم آن‌ها در مقایسه با اتم‌ها در انتقال گرما بیش‌تر است.

۳) کاهش چگالی در اثر افزایش دما، علت اصلی ایجاد جریان‌های همرفتی است.

۴) گرم شدن آب درون قابلمه در اثر حرارت، نمونه‌ای از جریان همرفتی واداشته است.

۱- دو جسم خنثی A و B را مالش می‌دهیم تا دارای بار الکتریکی به بزرگی ۸nC شوند. با توجه به سری الکتریسیتهٔ مالشی زیر، چه تعداد از عبارت‌های زیر صحیح است؟ $(e=1/6\times10^{-19}C)$

انتهای مثبت سری
A B
انتهای منفی سری

الف: تعداد 5×10^{19} الکترون از جسم A به جسم B منتقل شده است.

ب: اگر جسم A را به کلاهک الکتروسکوپی با بار مثبت نزدیک کنیم، فاصلهٔ ورقه‌های الکتروسکوپ کاهش می‌یابد.

پ: جسم‌های A و B یکدیگر را با نیروی الکتریکی می‌رانند.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) صفر

۲- فاصلهٔ بین دو بار الکتریکی، چند درصد و چگونه تغییر کند تا بزرگی نیروی الکتریکی بین آن‌ها ۳۶ درصد کاهش یابد؟

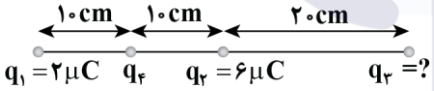
۱) ۲۵ درصد افزایش ۲) ۲۵ درصد کاهش

۳) ۲۰ درصد افزایش ۴) ۲۰ درصد کاهش

۳- دو گوی رسانای کوچک و یکسان دارای بار الکتریکی $q_1=2\mu C$ و q_2 هستند و در فاصلهٔ r از یکدیگر با نیروی F همدیگر را جذب می‌کنند. اگر این دو گوی را به‌هم تماس دهیم، سپس در فاصلهٔ $\frac{r}{2}$ از هم قرار دهیم، نیروی الکتریکی که به‌هم وارد می‌کنند، ۱۰ درصد کاهش می‌یابد. اندازهٔ بار q_2 چند میکروکولن است؟

۱) ۵ ۲) ۴ ۳) ۴ یا ۰/۶ ۴) ۵ یا ۰/۸

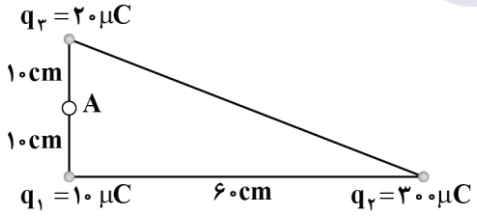
۴- در شکل زیر، برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_4 صفر است. بار q_3 چند میکروکولن است؟



۱) ۱۸- ۲) ۱۸

۳) ۳۶ ۴) ۳۶-

۵- در شکل زیر، اگر بار الکتریکی q_4 را در نقطهٔ A قرار دهیم، بزرگی نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_1 برابر با ۱۹۵N می‌شود. بار q_4 چند میکروکولن است؟



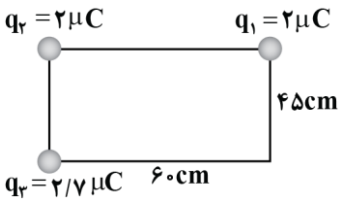
۱) ۱۵

۲) ۱۵ یا ۲۵-

۳) ۲۵ یا ۱۵-

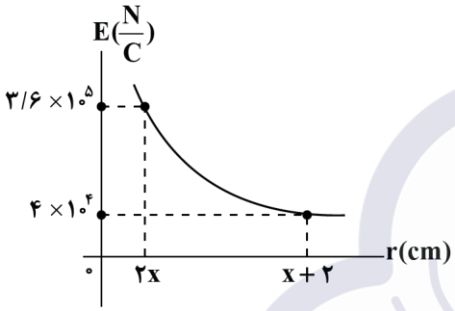
۴) ۱۵-

۶- در مستطیل زیر، برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار $q_۲$ چند برابر نیروی الکتریکی‌ای است که بار $q_۳$ بر $q_۱$ وارد می‌کند؟



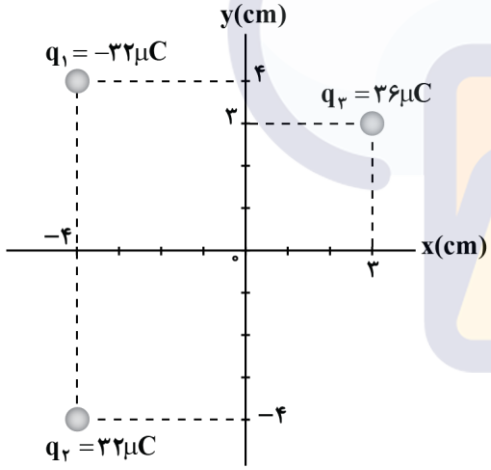
۱) $\frac{۱۳}{۵}$
۲) $\frac{۱۱۷}{۴۰}$
۳) $\frac{۲۴۷}{۷۲}$
۴) $\frac{۳۲۵}{۱۰۸}$

۷- نمودار تغییرات میدان الکتریکی نقطه‌ای ناشی از بار الکتریکی q برحسب فاصله از آن، مطابق شکل زیر است. اندازهٔ میدان الکتریکی در فاصلهٔ ۱۶cm از این بار چند واحد SI است؟



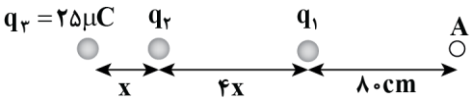
۱) ۱۰۰
۲) ۲۰۰
۳) ۴۵۰
۴) ۹۰۰

۸- مطابق شکل، سه بار الکتریکی در صفحهٔ مختصات قرار دارند. میدان الکتریکی خالص در مبدأ مختصات چند واحد SI است؟ $(k = ۹\times۱۰^۹ \frac{N.m^۲}{C^۲})$



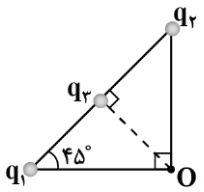
۱) $۹\sqrt{۲}\times۱۰^۷\vec{i}$
۲) $-۹\sqrt{۲}\times۱۰^۷\vec{i}$
۳) $۹\times۱۰^۷\vec{i}$
۴) $-۹\times۱۰^۷\vec{i}$

۹- مطابق شکل، سه بار الکتریکی $q_۱$، $q_۲$ و $q_۳$ در تعادل الکترواستاتیکی قرار دارند. اگر اندازهٔ میدان الکتریکی ناشی از بار $q_۲$ در نقطهٔ A برابر با $۳۶۰۰۰\frac{N}{C}$ باشد، فاصلهٔ A تا بار $q_۳$ چند سانتی‌متر است؟ازمو ن وی ای پی



۱) ۲۱۰
۲) ۲۳۰
۳) ۲۴۰
۴) ۲۷۰

۱۰- اگر در شکل مقابل، میدان خالص در نقطهٔ O صفر باشد، کدام گزینه صحیح است؟



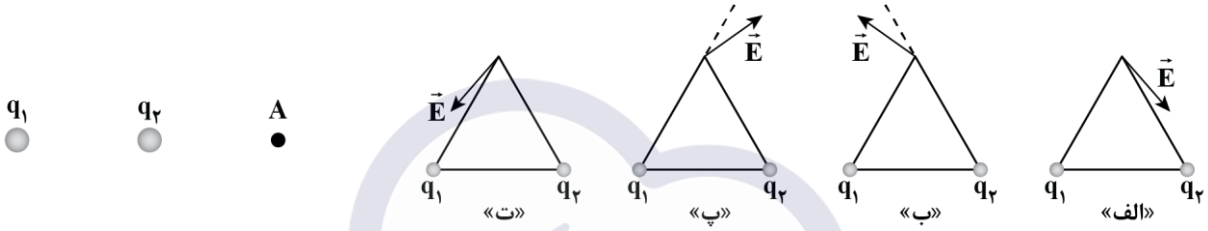
۱) $q_1 = q_2 = -\frac{\sqrt{2}}{2}q_3$

۲) $q_1 = q_2 = \frac{\sqrt{2}}{2}q_3$

۳) $q_1 = q_2 = \sqrt{2}q_3$

۴) $q_1 = q_2 = -\sqrt{2}q_3$

۱۱- مطابق شکل، دو بار الکتریکی q_1 و q_2 در جای خود ثابت نگه داشته شده‌اند و میدان الکتریکی خالص آن‌ها در نقطهٔ A برابر با صفر است. اگر این دو بار را مطابق شکل‌های «الف» تا «ت» در دو رأس مثلث متساوی‌الاضلاعی قرار دهیم، کدام شکل‌ها می‌توانند میدان الکتریکی خالص را در رأس سوم مثلث به‌درستی نشان دهند؟



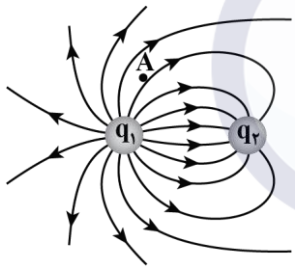
۱) «الف» و «ب»

۲) «پ» و «ت»

۳) «الف» و «پ»

۴) «ب» و «ت»

۱۲- خطوط میدان الکتریکی برای دو کرهٔ رسانای باردار کوچک در شکل زیر نشان داده شده است. کدام‌یک از عبارت‌های زیر صحیح است؟



الف: بار q_1 مثبت است.

ب: نیروی الکتریکی بین بارها از نوع جاذبه است.

پ: اگر یک الکترون را در نقطهٔ A رها کنیم، نیرویی در جهت ↗ به آن وارد می‌شود.

ت: اندازهٔ بارهای q_1 و q_2 برابر است.

۱) «الف» و «ب»

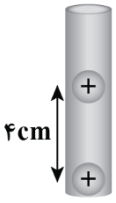
۲) «ب» و «ت»

۳) «الف» و «پ»

۴) «ب» و «پ»

۱۳- در شکل زیر، دو گوی مشابه به جرم ۰/۹g و بار یکسان مثبت q در فاصلهٔ ۴cm از هم قرار دارند، به‌طوری‌که گوی بالایی به حالت معلق مانده است. اختلاف تعداد الکترون‌ها و پروتون‌های هر گوی چقدر است؟

$(e = 1/6\times10^{-19}C\ ,\ k = 9\times10^{9}\frac{N.m^2}{C^2}\ ,\ g = 10\frac{N}{kg})$



۱) $6/25\times10^{10}$

۲) $6/25\times10^{11}$

۳) $2/5\times10^{10}$

۴) $2/5\times10^{11}$

۱۴- یک ذرهٔ آلفا به جرم $6/6\times10^{-27}kg$ درون یک میدان الکتریکی به بزرگی $3/3\times10^{4}\frac{N}{C}$ رها می‌شود. بزرگی شتابی که این ذره تحت تأثیر میدان الکتریکی می‌گیرد، چند واحد SI است؟ ($e=1/6\times10^{-19}C$ و ذرهٔ آلفا از جنس هستهٔ $^{4}_{2}He$ است.)

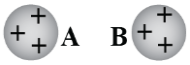
۱) $1/6\times10^{12}$ ۲) $3/2\times10^{12}$ ۳) $1/6\times10^{11}$ ۴) $3/2\times10^{11}$

۱۵- در کدام شکل زیر، اگر پروتونی را از نقطهٔ A تا B جابه‌جا کنیم، انرژی پتانسیل الکتریکی آن ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد؟

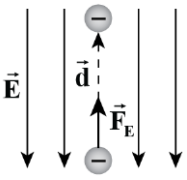
۱)

۲)

۳)

۴) 

۱۶- مطابق شکل زیر، درنتیجهٔ برخورد پرتوهای کیهانی با مولکول‌های هوا، الکترون‌هایی از این مولکول‌ها کنده می‌شوند. در نزدیکی سطح زمین، میدان الکتریکی با بزرگی $250\frac{N}{C}$ و جهت رو به پایین وجود دارد. اگر یکی از این الکترون‌ها، تحت تأثیر این میدان 2km رو به بالا جابه‌جا شود، انرژی پتانسیل الکتریکی آن چند ژول و چگونه تغییر می‌کند؟ $(e=1/6\times10^{-19}C)$



۱) 8×10^{-14} ژول کاهش می‌یابد. ۲) 8×10^{-14} ژول افزایش می‌یابد.

۳) 4×10^{-13} ژول کاهش می‌یابد. ۴) 4×10^{-13} ژول افزایش می‌یابد.

۱۷- الکترونی را در یک میدان الکتریکی یکنواخت به سمت صفحهٔ با پتانسیل بیش‌تر حرکت می‌دهیم. چه تعداد از عبارات زیر در مورد این الکترون الزاماً درست است؟

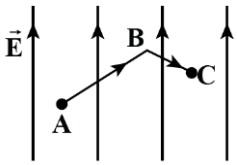
الف: انرژی جنبشی الکترون افزایش می‌یابد.

ب: کار میدان الکتریکی مثبت است.

پ: کار کل مثبت است.

۱) صفر ۲) یک ۳) دو ۴) سه

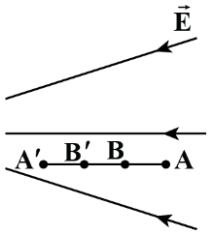
۱۸- در شکل زیر، بار الکتریکی $q=+50\mu C$ مسیر ABC را طی می‌کند و تغییرات پتانسیل الکتریکی در مسیرهای AB و BC به‌ترتیب 60V و 20V است. اگر انرژی پتانسیل الکتریکی بار q در نقطهٔ C برابر با $1300\mu J$ باشد، آن‌گاه انرژی پتانسیل الکتریکی در نقطهٔ A چند میکروژول است؟ از مون وی ای پی



۱) ۷۰۰ ۲) ۱۱۰۰

۳) ۱۵۰۰ ۴) ۳۳۰۰

۱۹- **در میدان الکتریکی نشان‌داده‌شده، یک پروتون را از نقطهٔ A به سمت چپ، شلیک می‌کنیم تا مسیر AA' را طی کند. اگر طول مسیرهای AB و $B'A'$ با یکدیگر برابر باشند، کدام گزینه نادرست است؟**



۱) کار میدان الکتریکی در مسیر $B'A'$ از کار میدان الکتریکی در مسیر AB بزرگ‌تر است.

۲) تغییر انرژی جنبشی پروتون در مسیر $B'A'$ بیش‌تر از تغییر انرژی جنبشی پروتون در مسیر AB است.

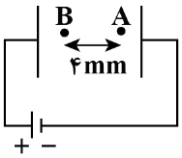
۳) کاهش پتانسیل الکتریکی در مسیر $B'A'$ بیش‌تر از کاهش پتانسیل الکتریکی در مسیر AB است.

۴) افزایش انرژی پتانسیل الکتریکی پروتون در مسیر $B'A'$ بیش‌تر از افزایش انرژی پتانسیل الکتریکی پروتون در مسیر AB است.

۲۰- **ذره‌ای به جرم ۵۰ گرم و بار الکتریکی $q=-100mC$ از نقطهٔ A با پتانسیل $V_A=120V$، با تندی $35\frac{m}{s}$ به سمت نقطهٔ B با پتانسیل $V_B=-180V$ شلیک می‌شود. تندی این بار الکتریکی در نقطهٔ B چند متر بر ثانیه است؟ (تنها نیروی مؤثر بر بار، نیروی الکتریکی درنظر گرفته شود.)**

۱) ۵ ۲) ۱۰ ۳) ۱۵ ۴) ۲۰

۲۱- **خازنی به ظرفیت $4\mu F$ دارای بار $200\mu C$ است. اگر فاصلهٔ بین صفحات خازن $20mm$ باشد و این فاصله را ٪۲۵ افزایش دهیم، اختلاف پتانسیل بین نقاط A و B چند ولت تغییر می‌کند؟**



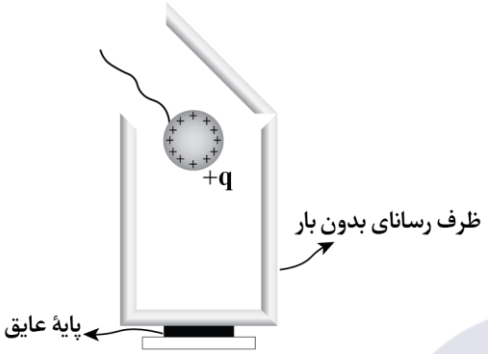
۱) ۲ ولت کاهش می‌یابد.

۲) ۲ ولت افزایش می‌یابد.

۳) ۸ ولت کاهش می‌یابد.

۴) ۸ ولت افزایش می‌یابد.

۲۲- مطابق شکل زیر، یک گوی فلزی با بار مثبت را که از نخ عایقی آویزان است، وارد ظرف می‌کنیم. اکنون گوی را با کف ظرف تماس می‌دهیم و سپس درپوش فلزی را می‌بندیم. آن‌گاه گوی را از ظرف جدا می‌کنیم و درپوش فلزی را با دستهٔ عایقش برمی‌داریم. پس از خارج کردن گوی فلزی از ظرف، بار الکتریکی گوی ..... است و از این آزمایش می‌توان نتیجه گرفت .....



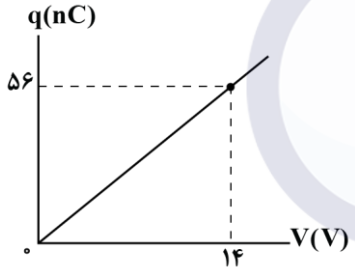
۱) صفر ـ بار الکتریکی در سطح خارجی رسانا پخش می‌شود.

۲) صفر ـ میدان الکتریکی درون رسانا صفر است.

۳) مثبت ـ بار الکتریکی در سطح خارجی رسانا پخش می‌شود.

۴) مثبت ـ میدان الکتریکی درون رسانا صفر است.

۲۳- دو صفحهٔ رسانا با مساحت $۴۰۰cm^۲$ را در فاصلهٔ $۰/۵mm$ از هم قرار می‌دهیم و فاصلهٔ بین آن‌ها را با یک مادهٔ دی‌الکتریک پر می‌کنیم. اگر با شارژ کردن این خازن، نمودار تغییرات بار ذخیره‌شده در آن برحسب اختلاف پتانسیل دو سر آن مطابق شکل باشد، ثابت دی‌الکتریک عایق بین صفحه‌ها چقدر است؟ $(\varepsilon_\circ \simeq ۹\times۱۰^{-۱۲}\frac{F}{m})$



۱) $\frac{۲۵}{۹}$

۲) $\frac{۲۵}{۳}$

۳) $\frac{۵۰}{۹}$

۴) $\frac{۵۰}{۳}$

۲۴- اختلاف پتانسیل دو صفحهٔ خازنی را $\frac{۱۵}{۱۱}$ برابر می‌کنیم. در این صورت انرژی خازن و بار ذخیره‌شدهٔ آن $۱۰۴\mu J$ و $۱۶\mu C$ تغییر می‌کنند. ظرفیت خازن چند میکروفاراد است؟

۱) ۴ ۲) ۸ ۳) ۱۰ ۴) ۲۰

۲۵- خازنی به یک باتری متصل شده تا شارژ شود. اگر در همین حالت، فاصلهٔ بین صفحه‌های خازن را ۲۰ درصد کاهش دهیم، بار الکتریکی، میدان الکتریکی و انرژی ذخیره‌شده در خازن به‌ترتیب از راست به چپ چند برابر می‌شوند؟

۱) ۱، $\frac{۴}{۵}$، $\frac{۴}{۵}$ ۲) $\frac{۵}{۴}$، $\frac{۴}{۵}$، $\frac{۵}{۴}$ ۳) ۱، $\frac{۵}{۴}$، $\frac{۴}{۵}$ ۴) $\frac{۵}{۴}$، $\frac{۵}{۴}$، $\frac{۵}{۴}$

۱- چه تعداد از عبارت‌های زیر صحیح است؟

الف: آهنگ شارش بار الکتریکی خالص از هر مقطع سیم رسانا را جریان الکتریکی می‌نامند.

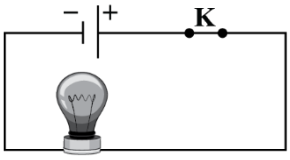
ب: آمپر ـ ساعت، یکای جریان الکتریکی است.

پ: کیلووات ساعت، یکای توان الکتریکی است.

ت: با ایجاد اختلاف پتانسیل الکتریکی در دو سر یک سیم رسانا، الکترون‌ها با سرعت متوسطی موسوم به سرعت سوق، به‌طور بسیار سریعی از پتانسیل بیش‌تر به پتانسیل کم‌تر حرکت می‌کنند.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۲- در مدار شکل زیر، اختلاف پتانسیل دو سر لامپ $8V$ و مقاومت آن 20Ω است. در مدت یک ساعت چه تعداد الکترون از لامپ می‌گذرد؟ $(e=1/6\times10^{-19}C)$



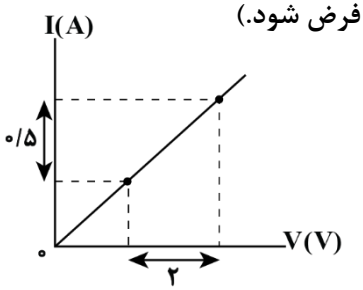
۱) 9×10^{21} ۲) 9×10^{22}

۳) $4/5\times10^{21}$ ۴) $4/5\times10^{22}$

۳- دو رسانای A و B به‌ترتیب از آهن و مس ساخته شده‌اند و طول یکسانی دارند. رسانای A سیم توپری به قطر $1/0mm$ است. رسانای B لوله‌ای توخالی به شعاع خارجی $2/0mm$ و شعاع داخلی $1/0mm$ است. مقاومت رسانای A چند برابر مقاومت رسانای B است؟ $(\rho_{مس}=2\times10^{-8}\Omega.m , \rho_{آهن}=10^{-7}\Omega.m)$

۱) ۱۲ ۲) ۶۰ ۳) $\frac{1}{60}$ ۴) $\frac{1}{12}$

۴- نمودار جریان ـ ولتاژ یک سیم مسی مطابق شکل زیر است. اگر این سیم از ۹۰ گرم مس ساخته شده باشد، طول آن چند متر است؟ (چگالی و مقاومت ویژهٔ مس به‌ترتیب ۹۰۰۰ و $1/6\times10^{-8}$ واحد SI فرض شود.)



۱) ۵

۲) ۵۰

۳) ۱۰

۴) ۱۰۰

۵- کدام‌یک از عبارت‌های زیر صحیح است؟

الف: مقاومت الکتریکی یک سیم مسی با افزایش دما زیاد می‌شود.

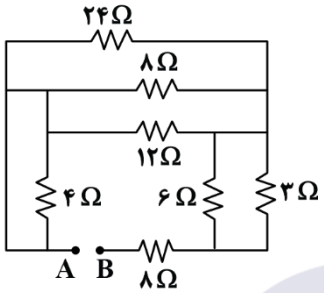
ب: نمودار ولتاژ ـ جریان یک دیود نورگسیل (LED) به‌صورت خطی است.

پ: در برخی مواد، مانند جیوه و قلع با کاهش دما، مقاومت ویژه در دمای خاصی به‌صورت ناگهانی به صفر افت می‌کند و در دماهای پایین‌تر، همچنان صفر می‌ماند. این پدیده را ابررسانایی می‌گویند.

ت: در مدارهای الکترونیکی وسیله‌ای به نام رئوستا نقش پتانسیومتر را دارد.

۱) «الف» و «پ» ۲) «الف» و «ت» ۳) «ب» و «ت» ۴) «ب» و «پ»

۶- در مدار شکل مقابل، مقاومت معادل بین دو نقطهٔ A و B چند اُهم است؟



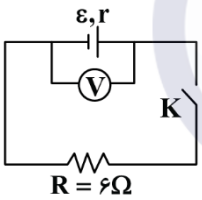
۱) ۶

۲) ۸

۳) ۱۴

۴) ۱۸

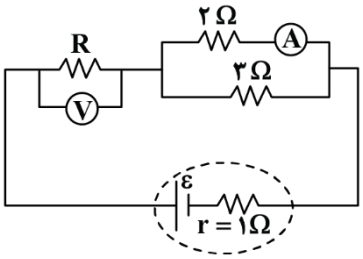
۷- در مدار شکل زیر، اگر کلید باز باشد، ولت‌سنج ۲۴ ولت و اگر کلید بسته شود، ولت‌سنج ۱۸ ولت را نشان می‌دهد. مقاومت درونی باتری چند اُهم است؟ آزمون وی ای پی



۱) ۱ ۲) ۲

۳) ۳ ۴) ۶

۸- در شکل زیر، ولت‌سنج و آمپرسنج آرمانی به‌ترتیب ۷ ولت و ۳ آمپر را نشان می‌دهند. نیروی محرکهٔ مولد چند ولت است؟



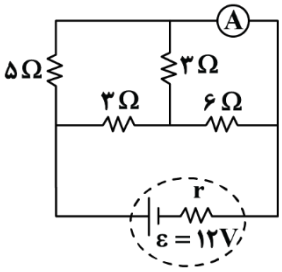
۱) ۱۲

۲) ۱۸

۳) ۲۴

۴) ۳۶

۹- در مدار زیر، آمپرسنج جریان ۲/۵ آمپر را نشان می‌دهد. مقاومت درونی مولد (r) چند اُهم است؟



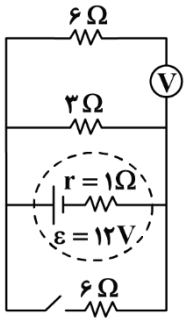
۱) ۰/۵

۲) ۱

۳) ۱/۵

۴) ۲

۱۰- در مدار شکل مقابل، کلید را می‌بندیم. کدام مورد درست است؟ (ولت‌سنج، آرمانی است.)



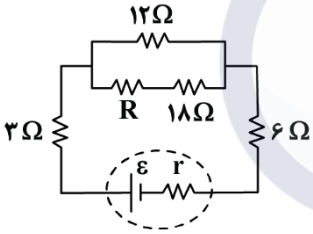
۱) عدد ولت‌سنج تغییر نمی‌کند و همچنان برابر صفر باقی می‌ماند.

۲) عدد ولت‌سنج، ۱ ولت تغییر می‌کند.

۳) عدد ولت‌سنج، ۰/۸ ولت تغییر می‌کند.

۴) عدد ولت‌سنج تغییر نمی‌کند و همچنان ۱۲ ولت را نشان می‌دهد.

۱۱- در شکل زیر، اختلاف پتانسیل الکتریکی مقاومت‌های ۶ اُهمی و ۱۸ اُهمی باهم برابر است. R چند اُهم است؟



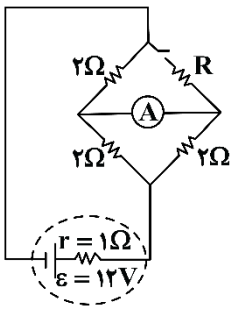
۱) ۲

۲) ۴

۳) ۶

۴) ۸

۱۲- در مدار زیر، با بستن کلید، جهت جریان در آمپرسنج آرمانی عوض می‌شود، اما عددی که آمپرسنج نشان می‌دهد، تغییر نمی‌کند. مقاومت R چند اُهم است؟



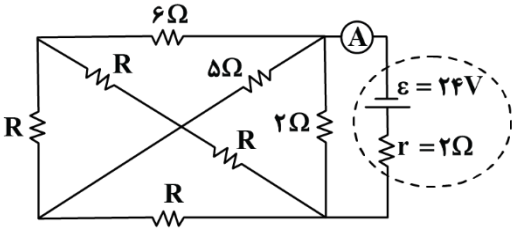
۱) ۰/۲۵

۲) ۰/۵

۳) ۱

۴) ۲

۱۳- در مدار شکل زیر، آمپرسنج غیر ایده‌آل به مقاومت $۲/۲\Omega$، مقدار جریان $۴A$ را نشان می‌دهد. مقاومت الکتریکی R چند اُهم است؟آزمون وی ای پی



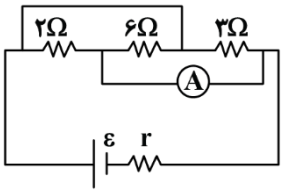
۱) ۷

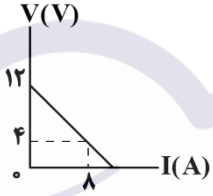
۲) ۱۴

۳) ۱۸

۴) ۲۸

۱۴- نمودار اختلاف پتانسیل برحسب جریان باتری در مدار زیر، مطابق شکل است. آمپرسنج آرمانی چه عددی را نمایش می‌دهد؟





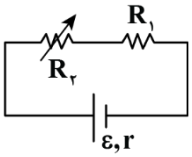
۱) ۲

۲) ۳

۳) ۴

۴) ۶

۱۵- در شکل زیر، اگر مقاومت $R_۲$ را افزایش دهیم، اختلاف پتانسیل دو سر مولد و اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت $R_۱$ به‌ترتیب از راست به چپ چگونه تغییر می‌کنند؟



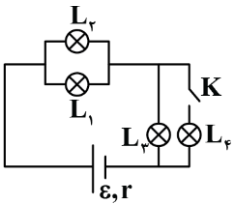
۱) کاهش، کاهش

۲) افزایش، کاهش

۳) افزایش، افزایش

۴) کاهش، افزایش

۱۶- در شکل زیر، با بستن کلید K، نور لامپ‌های $L_۱$ و $L_۳$ به‌ترتیب از راست به چپ، چگونه تغییر می‌کند؟ (مقاومت لامپ‌ها یکسان است.)



۱) افزایش، افزایش

۲) افزایش، کاهش

۳) کاهش، افزایش

۴) کاهش، کاهش

۱۷- بر روی کتری برقی زیر اعداد ولتاژ و توان نوشته شده است. اگر ولتاژ برق شهری ۲۲۰ ولت و بهای برق هر کیلووات ساعت ۵۰۰ تومان باشد و کتری برقی هر روز نیم ساعت روشن باشد، در مدت‌زمان یک ماه (۳۰ روز) بهای برق مصرفی آن ..... تومان است. همچنین جریان عبوری از سیم کتری در حالت روشن برابر ..... آمپر است. (از راست به چپ.)

کتری برقی, ۲۲۰۰W, ۲۲۰V

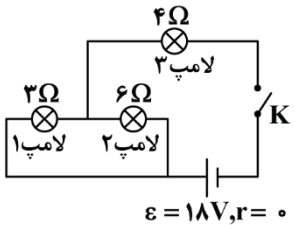
۱) ۱۶۵۰۰، ۱۰

۲) ۳۳۰۰۰، ۱۰

۳) ۳۳۰۰۰، ۰/۱

۴) ۱۶۵۰۰، ۰/۱

۱۸- در شکل مقابل، وقتی کلید بسته شود، توان مصرفی لامپ (۱)، چند وات می‌شود؟



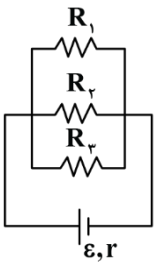
۱) ۳

۲) ۱۲

۳) ۱۸

۴) ۲۷

۱۹- در شکل زیر، جریان عبوری از مقاومت‌های R_1، R_2 و R_3 به‌ترتیب برابر ۰/۵A، ۱A و ۲/۵A است. اگر توان مصرفی در کل مقاومت‌های خارجی مدار برابر ۸۰ وات باشد، مقاومت معادل این مدار چند اُهم است؟



۱) ۵

۲) ۱۰

۳) ۲۰

۴) ۴۰

۲۰- دو مقاومت الکتریکی A و B را وقتی به‌طور موازی به اختلاف پتانسیل الکتریکی ثابت V می‌بندیم، توان مصرفی مقاومت A دو برابر توان مصرفی مقاومت B است. حال اگر آن‌ها را باهم متوالی بسته و دو سر آن‌ها را به اختلاف پتانسیل الکتریکی ثابت $\frac{V}{۲}$ ببندیم، توان مصرفی مقاومت A چند برابر توان مصرفی مقاومت B است؟

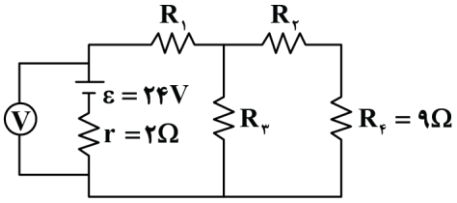
۱) $\frac{۱}{۲}$

۲) $\frac{۱}{۴}$

۳) ۲

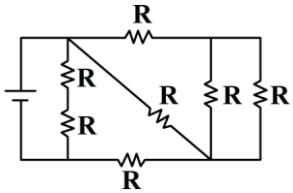
۴) ۴

۲۱- در مدار شکل زیر، توان مصرفی در همهٔ مقاومت‌های خارجی با یکدیگر برابر است. عددی که ولت‌سنج ایده‌آل نشان می‌دهد، چند ولت است؟ آزمون وی ای پی



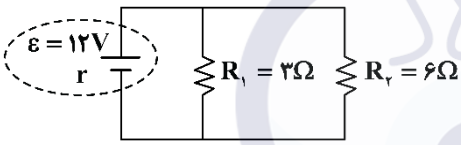
۱) $\frac{۳۲}{۳}$
۲) ۲۱
۳) $\frac{۶۴}{۳}$
۴) ۴۲

۲۲- در شکل زیر، همهٔ مقاومت‌ها مشابه‌اند. اگر حداکثر توان الکتریکی مصرفی ممکن در مدار برای آن‌که هیچ مقاومتی آسیب نبیند، ۳۶W باشد، بیش‌ترین توانی که هر مقاومت می‌تواند تحمل کند، چند وات است؟



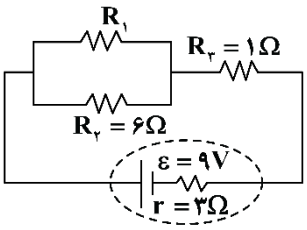
۱) ۳۲
۲) ۱۶
۳) ۱۲/۵
۴) ۲۵

۲۳- در مدار شکل زیر، اگر جریان عبوری از مقاومت R_1 برابر ۲A باشد، به‌ترتیب از راست به چپ، مقاومت درونی باتری چند اُهم و توان تلف‌شده در باتری چند وات است؟



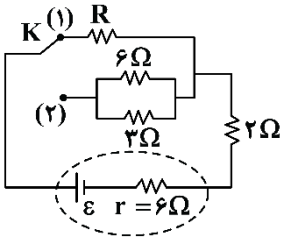
۱) ۱/۵، ۶
۲) ۲، ۱۸
۳) ۱/۵، ۱۸
۴) ۲، ۶

۲۴- در مدار شکل زیر، اگر توان خروجی باتری بیشینه باشد، جریان عبوری از مقاومت R_1 چند آمپر خواهد بود؟



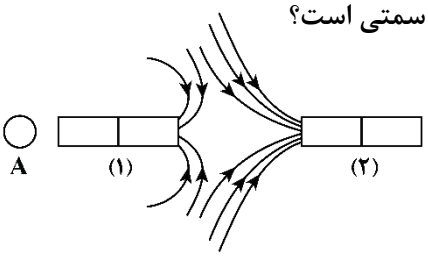
۱) ۰/۵
۲) ۱
۳) ۱/۵
۴) ۲

۲۵- در مدار زیر با تغییر حالت از کلید (۱) به (۲) توان خروجی باتری تغییر نمی‌کند. R چند اُهم است؟



۱) ۲
۲) ۴
۳) ۷
۴) گزینه‌های (۱) و (۳) می‌توانند درست باشند.

۱- مطابق شکل زیر، خطوط میدان مغناطیسی اطراف دو آهنربای میله‌ای که در مجاورت یکدیگر هستند، رسم شده است. کدام آهنربا قوی‌تر است و جهت قرارگیری عقربهٔ قطب‌نمای A به چه سمتی است؟



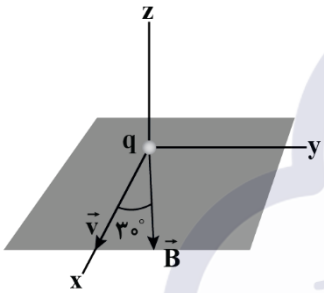
۱) (۱)، ←

۲) (۲)، ←

۳) (۱)، →

۴) (۲)، →

۲- مطابق شکل زیر، ذره‌ای با بار $6\mu C$ و با تندی $500\frac{m}{s}$ در جهتی حرکت می‌کند که با میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی $120G$ زاویهٔ 30° می‌سازد. اندازهٔ نیروی مغناطیسی وارد بر این ذره چند نیوتون و جهت آن چگونه است؟



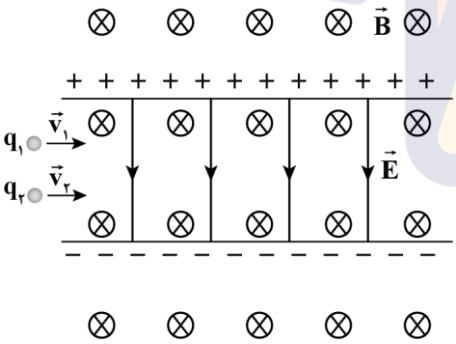
۱) $3/6\times10^{-5}$ در جهت محور z

۲) $3/6\times10^{-5}$ در خلاف جهت محور z

۳) $1/8\times10^{-5}$ در جهت محور z

۴) $1/8\times10^{-5}$ در خلاف جهت محور z

۳- مطابق شکل زیر، دو ذرهٔ باردار با جرم‌های ناچیز و با تندی‌های v_1 و v_2 در جهت‌های نشان‌داده‌شده که عمود بر میدان‌های یکنواخت $\vec{B}$ و $\vec{E}$ است، وارد فضای این میدان‌ها می‌شوند. اگر هر دو ذره در همان جهت‌ها و بدون انحراف به حرکت خود ادامه دهند، چه تعداد از موارد زیر الزاماً درست است؟ (از نیرویی که بارهای q_1 و q_2 به یکدیگر وارد می‌کنند، صرف‌نظر کنید.)



الف: بار ذره‌ها، هم‌نام است.

ب: اندازهٔ بار هر دو ذره، یکسان است.

پ: تندی هر دو ذره، یکسان است.

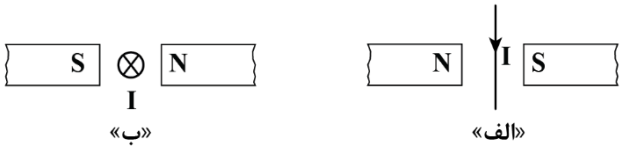
۱) صفر

۲) ۱

۳) ۲

۴) ۳

۴- جهت نیروی وارد بر سیم‌های حامل جریان در شکل‌های «الف» و «ب» به‌ترتیب از راست به چپ کدام است؟



۱) $\odot$ ، $\uparrow$

۲) $\leftarrow$ ، $\uparrow$

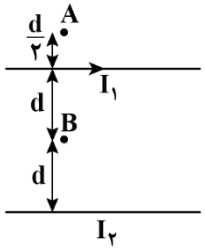
۳) $\odot$ ، $\downarrow$

۴) $\leftarrow$ ، $\downarrow$

۵- درون میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}=(1/2T)\vec{i}-(0/5T)\vec{j}$، سیمی حامل جریان الکتریکی ۲A بر روی محور x قرار دارد. بر هر متر از این سیم، چند نیوتون نیروی مغناطیسی وارد می‌شود؟ آزمون وی ای پی

۱) ۱ ۲) ۱/۲ ۳) ۲/۴ ۴) ۲/۶

۶- در شکل زیر، دو میلهٔ بلند، موازی و حامل جریان در کنار هم قرار دارند. اگر میدان مغناطیسی خالص در نقطهٔ A صفر باشد، جریان کدام سیم، قوی‌تر است و جهت میدان مغناطیسی خالص در نقطهٔ B به کدام سمت است؟



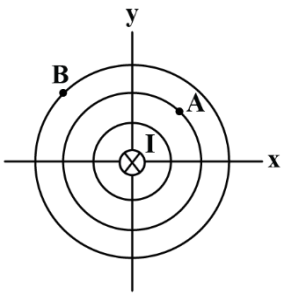
۱) I_1 ، $\otimes$

۲) I_1 ، $\odot$

۳) I_2 ، $\otimes$

۴) I_2 ، $\odot$

۷- شکل زیر، یک سیم راست و بلند حامل جریان I را نشان می‌دهد، که عمود بر صفحه به سمت داخل صفحه است. دایره‌های هم‌مرکز خطوط میدان مغناطیسی در اطراف سیم را نشان می‌دهد. دو الکترون در خلاف جهت محور x از نقاط A و B عبور می‌کنند. بردار نیروی مغناطیسی وارد بر این دو الکترون در نقطه‌های A و B، به‌ترتیب از راست به چپ، کدام‌اند؟



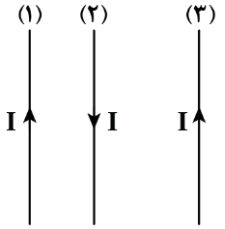
۱) $\nearrow$ و $\nwarrow$

۲) $\otimes$ و $\odot$

۳) $\odot$ و $\otimes$

۴) $\swarrow$ و $\searrow$

۸- مطابق شکل، سه سیم راست و بلند حامل جریان الکتریکی برابر، موازی یکدیگر قرار دارند. جهت نیروی خالص مغناطیسی وارد بر سیم‌های (۱) و (۲) به‌ترتیب از راست به چپ کدام است؟



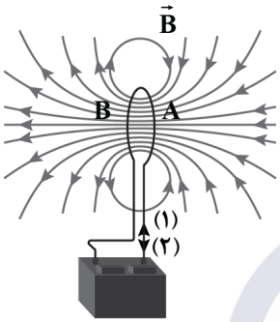
۱) ←، →

۲) ←، ←

۳) →، ←

۴) →، →

۹- شکل زیر، خطوط میدان مغناطیسی اطراف یک حلقهٔ حامل جریان را نشان می‌دهد. جریان الکتریکی در سیم در جهت ..... است و قطب A آهنربای ایجادشده، قطب ..... مغناطیسی است.



۱) (۱)، N

۲) (۲)، N

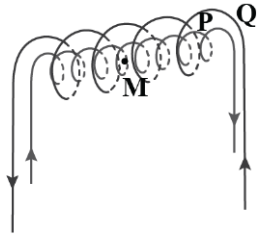
۳) (۱)، S

۴) (۲)، S

۱۰- سیملوله‌ای آرمانی به طول ۲۰cm دارای ۵۰۰ حلقهٔ نزدیک به‌هم است. تعداد حلقه‌های سیملوله را ۲ برابر می‌کنیم و جریان گذرنده از سیملوله را ۴۰۰mA افزایش می‌دهیم. درنتیجه، میدان مغناطیسی درون سیملوله و دور از لبه‌های آن، ۳ برابر می‌شود. میدان مغناطیسی اولیهٔ درون سیملوله چند گاوس بوده است؟ $(\mu_\circ = ۱۲\times۱۰^{-۷}\ \frac{T.m}{A})$

۱) ۶ ۲) ۰/۶ ۳) ۱/۲ ۴) ۱۲

۱۱- در شکل زیر، دو سیملولهٔ P و Q هم‌محورند و طول برابر ۲۰cm دارند. تعداد دور سیملولهٔ P برابر ۲۰۰ و تعداد دور سیملولهٔ Q برابر ۳۰۰ است. اگر جریان ۱A از سیملولهٔ Q و جریان ۱/۵A از سیملولهٔ P عبور کند، میدان مغناطیسی خالص در نقطهٔ M بر روی محور دو سیملوله چند گاوس است؟ $(\mu_\circ = ۱۲\times۱۰^{-۷}\ \frac{T.m}{A})$ آزمون وی ای پی



۱) ۱۸

۲) ۳۶

۳) ۹

۴) صفر

۱۲- چه تعداد از موارد زیر، درست است؟

الف: اتم‌های آلومینیوم خاصیت مغناطیسی ندارند.

ب: حضور میدان مغناطیسی خارجی، می‌تواند سبب القای دوقطبی‌های مغناطیسی در خلاف سوی میدان خارجی، در نقره شود.

پ: در مواد فرومغناطیس، برخی حوزه‌های مغناطیسی در حضور میدان مغناطیسی خارجی، با آن هم‌سو می‌شوند، اما مرز بین حوزه‌ها جابه‌جا نمی‌شود.

ت: مواد پارامغناطیس برای ساختن آهنرباهای الکتریکی (آهنرباهای غیردائم) مناسب‌اند.

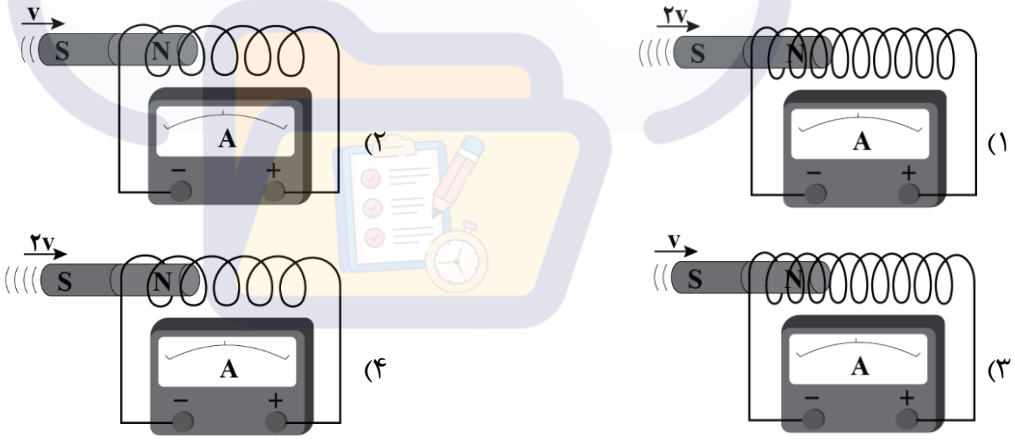
۱) صفر ۲) ۱ ۳) ۲ ۴) ۳

۱۳- اگر حلقه‌ای دایره‌ای که سطح آن عمود بر خطوط میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$ قرار دارد را به‌صورت قابی مربعی درآوریم و دوباره سطح آن را عمود بر خطوط همان میدان قرار دهیم، شار مغناطیسی گذرنده از حلقه چه تغییری خواهد کرد؟ $(\pi = ۳)$

۱) ۵۶ درصد کاهش می‌یابد. ۲) ۲۵ درصد کاهش می‌یابد.

۳) ۱۲۵ درصد افزایش می‌یابد. ۴) ۳۳ درصد افزایش می‌یابد.

۱۴- مطابق شکل‌های زیر، یک آهنربا را با تندی‌های مختلف وارد سیملوله‌های متفاوت می‌کنیم. در کدام گزینه جریان اندازه‌گیری‌شده توسط گالوانومتر بزرگ‌تر است؟



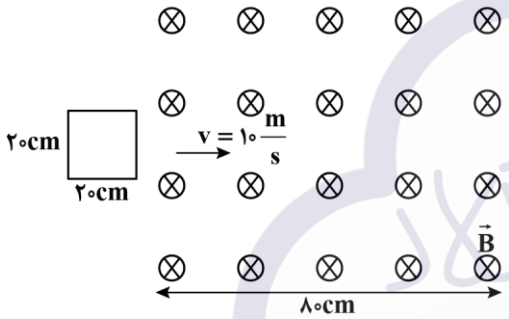
۱۵- پیچهٔ مسطحی که دارای ۲۰ حلقه و مساحت هر حلقهٔ آن $۵۰cm^۲$ است، عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی $۴۰۰G$ قرار دارد. اگر در مدت $۰/۲s$ میدان مغناطیسی به صفر برسد، جریان متوسط القایی در پیچه چند آمپر خواهد بود؟ (مقاومت کل پیچه ۴Ω است.) آز مون وی ای پی

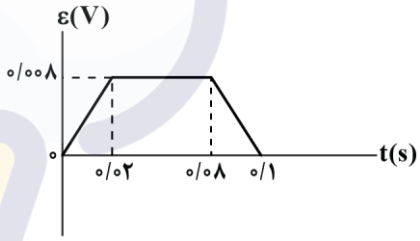
۱) ۲۰ ۲) ۵ ۳) ۵×۱۰^{-۳} ۴) ۲×۱۰^{-۲}

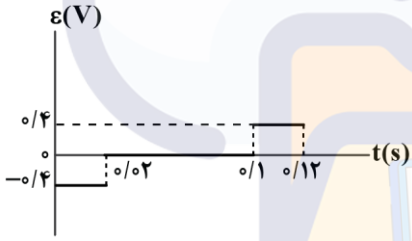
۱۶- مساحت هر حلقهٔ پیچه‌ای $۴۰cm^۲$ و پیچه متشکل از ۵۰۰ حلقه است. در ابتدا سطح پیچه موازی با سطح زمین است. اگر پیچه در مدت ۰/۰۲s حول قطری که در امتداد شرق - غرب است، به‌اندازهٔ ۳۰° بچرخد، اندازهٔ نیروی محرکهٔ متوسط القایی در آن چند ولت است؟ (اندازهٔ میدان زمین را ۰/۴G درنظر بگیرید و از شیب مغناطیسی صرف‌نظر کنید.)

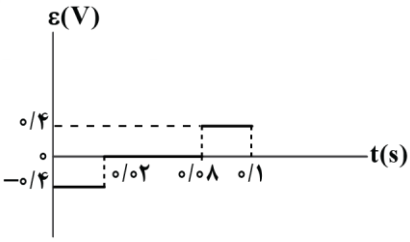
۱) ۰/۰۰۲ ۲) $۰/۰۰۲\sqrt{۳}$ ۳) ۲۰ ۴) $۲۰\sqrt{۳}$

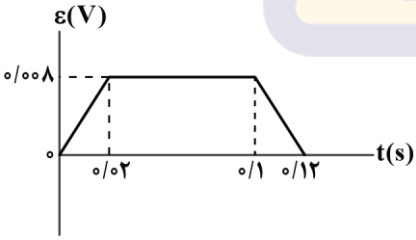
۱۷- مطابق شکل زیر، حلقهٔ رسانای مربع‌شکلی به ضلع ۲۰cm در لحظهٔ t=۰ با تندی ثابت $۱۰\frac{m}{s}$ وارد میدان مغناطیسی درون‌سوی $\vec{B}$ به بزرگی ۰/۲T می‌شود. کدام گزینه، نمودار نیروی محرکهٔ القایی در حلقه را برحسب زمان به‌درستی نشان می‌دهد؟ (بردار عمود بر سطح حلقه را درون‌سو درنظر بگیرید.)



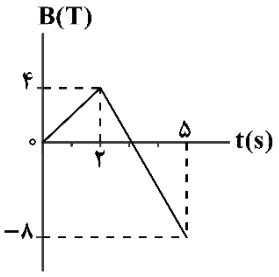
۱)


۲)


۳)


۴)


۱۸- نمودار تغییرات میدان مغناطیسی گذرنده از یک پیچهٔ دارای ۱۰۰ حلقه به مساحت $۲۰۰cm^۲$ مطابق شکل زیر است. اگر میدان با سطح پیچه زاویهٔ ۶۰° بسازد، اندازهٔ بار الکتریکی شارش‌شده در پیچه از $t=۱s$ تا $t=۴s$ چند کولن است؟ (مقاومت هر حلقه $۰/۰۳\Omega$ است.) آزمون وی ای پی



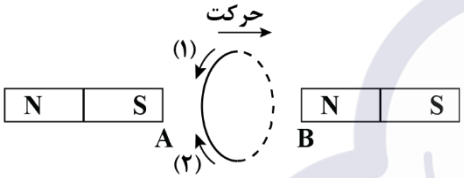
۱) ۲

۲) $۲\sqrt{۳}$

۳) ۴

۴) $۴\sqrt{۳}$

۱۹- مطابق شکل، یک حلقهٔ رسانا را در فضای بین دو آهنربای میله‌ای مشابه، از نقطهٔ A تا نقطهٔ B بر روی مسیر مستقیم جابه‌جا می‌کنیم. جهت جریان القایی در حلقه به چه صورت است؟



۱) ابتدا در جهت (۱) و سپس در جهت (۲)

۲) همواره در جهت (۲)

۳) همواره در جهت (۱)

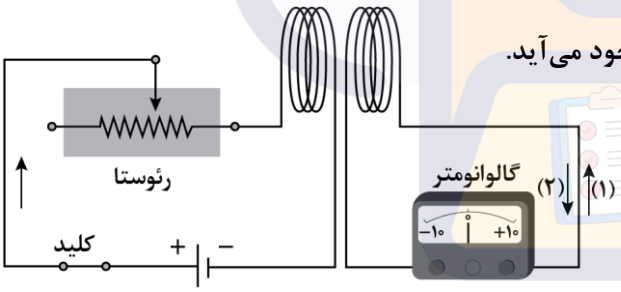
۴) ابتدا در جهت (۲) و سپس در جهت (۱)

۲۰- در شکل زیر، لغزندهٔ رئوستا را به سمت چپ حرکت می‌دهیم. چه تعداد از موارد زیر، درست است؟

الف: جریان الکتریکی گذرنده از پیچهٔ سمت چپ کاهش می‌یابد.

ب: شار گذرنده از پیچهٔ سمت راست، کاهش می‌یابد.

پ: در پیچهٔ سمت راست، جریان القایی در جهت (۲) به‌وجود می‌آید.



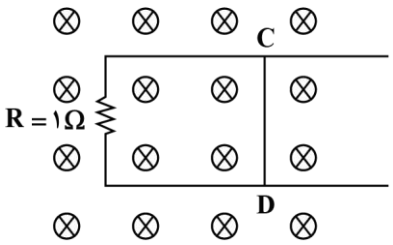
۱) صفر

۲) ۱

۳) ۲

۴) ۳

۲۱- شکل زیر، رسانای Uشکلی را درون میدان مغناطیسی یکنواخت $۰/۲T$ که عمود بر صفحه و درون‌سو است، نشان می‌دهد. اگر میلهٔ CD به طول ۲m با سرعت $۵\frac{m}{s}$ به سمت راست حرکت کند، اندازه و جهت جریان القایی در میله کدام است؟ (به‌جز مقاومت R، مقاومت سایر اجزا صفر است.)



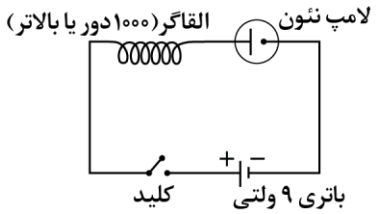
۱) ۱A، از D به C

۲) ۱A، از C به D

۳) ۲A، از D به C

۴) ۲A، از C به D

۲۲- در مدار نشان‌داده‌شده، با وصل کلید، لامپ ..... روشن می‌شود و با قطع کلید، لامپ ..... خاموش می‌شود.



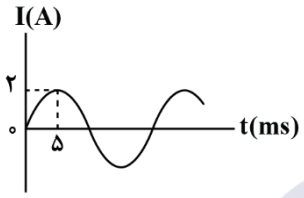
۱) به‌تدریج ـ به‌سرعت

۲) به‌سرعت ـ به‌تدریج

۳) به‌سرعت ـ به‌سرعت

۴) به‌تدریج ـ به‌تدریج

۲۳- شکل زیر، نمودار جریان متناوب سینوسی را نشان می‌دهد که یک مولد جریان متناوب تولید کرده است. در لحظهٔ $t=۲/۵ms$ جریان گذرنده از پیچه برابر ..... است و در لحظهٔ $t=۲۰ms$ شار گذرنده از پیچه، ..... است.



۱) $۱A$، صفر

۲) $\sqrt{۲}A$، بیشینه

۳) $\sqrt{۲}A$، صفر

۴) $۱A$، بیشینه

۲۴- در انتقال توان الکتریکی از نیروگاه به محل مصرف، دلیل افزایش ولتاژ در ابتدای مسیر و کاهش ولتاژ در انتهای مسیر، به‌ترتیب از راست به چپ، کدام است؟ آزمون وی ای پی

۱) کاهش اتلاف توان در طول مسیر، افزایش امنیت در محل مصرف

۲) افزایش سرعت انتقال انرژی، صرفه‌جویی در مصرف انرژی

۳) افزایش سرعت انتقال انرژی، افزایش امنیت در محل مصرف

۴) کاهش اتلاف توان در طول مسیر، صرفه‌جویی در مصرف انرژی

۲۵- جریان متناوبی که بیشینهٔ آن $۲/۰A$ و دورهٔ آن $۰/۰۲۰s$ است از یک القاگر با ضریب القاوری $۲۰۰\mu H$ می‌گذرد. در لحظهٔ $t=\frac{۱}{۴۰۰}s$، انرژی ذخیره‌شده در القاگر چند میلی‌ژول است؟

۱) ۰/۲ ۲) ۲ ۳) ۰/۴ ۴) ۴

فیزیک ۱

۱- گزینهٔ «۲» *(علی حاتمی)*

کمیت نرده ای:
- انرژی پتانسیل الکتریکی (همهٔ انرژی‌ها نرده‌ای هستند.)
- شار مغناطیسی
- زمان
- فشار
- کار
- مقدار ماده

کمیت‌های اصلی:
- مقدار ماده
- زمان

(فیزیک و اندازه‌گیری) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۶ و ۷)

۲- گزینهٔ «۴» *(علی حاتمی)*

می‌دانیم وقتی جواب پایانی دارای یکای ژول است پس یکای فرعی این کمیت به‌صورت $\frac{kg.m^2}{s^2}$ خواهد بود. در نتیجه: $c=2, b=2, a=1$

$$B\times\frac{(10^3 kg)^1\times(10^{-6}m)^2}{(60s)^2}=B\times\frac{10^{-9}}{3600}\times\frac{kg.m^2}{s^2}$$

$$B\times\frac{10^{-11}}{36}(J)=3\times10^3(J)\Rightarrow B=108\times10^{14}=10/8\times10^{15}$$

(فیزیک و اندازه‌گیری) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۱۰ تا ۱۲)

۳- گزینهٔ «۳» *(علی حاتمی)*

گزینه‌های «۱ و ۲» متن کتاب درسی هستند.

گزینهٔ «۳»: دو ایراد دارد. اولاً فاصلهٔ دو انتهای میلهٔ پلاتین – ایریدیوم در نظر گرفته نمی‌شود بلکه فاصلهٔ دو خط حک شده روی آن اندازه‌گیری می‌شود. ثانیاً فاصلهٔ این دو خط در دمای صفر درجهٔ سلسیوس خوانده می‌شود.

گزینهٔ «۴»: طبق متن کتاب درسی ۷ کمیت به عنوان کمیت‌های اصلی دارای یکای اصلی هستند که به آن‌ها یکای SI هم گفته می‌شود. برخی کمیت‌های فرعی پرکاربرد نیز با اینکه کمیت اصلی نیستند، دارای یکای SI هستند. مثل نیرو (نیوتون)، فشار (پاسکال) و ...

(فیزیک و اندازه‌گیری) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۷ تا ۹)

۴- گزینهٔ «۳» *(محمد احمدی)*

$$\text{جرم}\ M=2/0\times10^5 Tg\times\frac{10^{12}g}{1Tg}\times\frac{1kg}{10^3 g}=2/0\times10^{14}kg$$

$$\text{قطرکره}\ D=1/0\times10^2 Mm\times\frac{10^6 m}{1Mm}=1/0\times10^8 m\rightarrow r=5\times10^7 m$$

در فرمول چگالی با استفاده از حجم کره $(\frac{4}{3}\pi r^3)$، داریم:

$$\rho=\frac{M}{V}=\frac{M}{\frac{4}{3}\pi r^3}=\frac{2/0\times10^{14}}{4\times(5\times10^7)^3}=4\times10^{-10}\frac{kg}{m^3}$$

(فیزیک و اندازه‌گیری) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۱۰ تا ۱۳)

۵- گزینهٔ «۳» *(محمد احمدی)*

$$\rho=\frac{m_A+m_B}{V_A+V_B}\rightarrow\rho=\frac{\rho_A V_A+\rho_B V_B}{V_A+V_B}$$

$$3/5=\frac{2V_A+4V_B}{V_A+V_B}\rightarrow\frac{V_A}{V_B}=\frac{0/5}{1/5}=\frac{1}{3}$$

(فیزیک و اندازه‌گیری) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۱۶ تا ۱۸)

۶- گزینهٔ «۲» *(محمد احمدی)*

چون میخواهیم با یخ ذوب شده ظرف را پر کنیم بنابراین جرم یخ ذوب شده با جرم آب برابر است لذا:

$$m_1=m_2\rightarrow\rho_1V_1=\rho_2V_2\rightarrow1\times8100=0/9\times V_2$$

$$\Rightarrow V_2=9000cm^3\times\frac{1dm^3}{1000cm^3}=9dm^3$$

(فیزیک و اندازه‌گیری) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۱۶ تا ۱۸)

۷- گزینهٔ «۱» *(ادریس محمدی)*

در ابتدا با توجه به نمودار داده شده، رابطهٔ بین چگالی مایع‌های A و B را به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{\rho_A}{\rho_B}=\frac{m_A}{m_B}\times\frac{V_B}{V_A}\xrightarrow[V_A=150cm^3,\ V_B=600cm^3]{m_A=m_B}$$

$$\frac{\rho_A}{\rho_B}=1\times\frac{600}{150}\rightarrow\rho_A=4\rho_B\quad(I)$$

ترکیب جرم برابر از مایع‌ها:

$$\rho=\frac{m_A+m_B}{V_A+V_B}\xrightarrow[V=\frac{m}{\rho}]{m_A=m_B=m}\rho=\frac{2m}{\frac{m}{\rho_A}+\frac{m}{\rho_B}}$$

$$\xrightarrow{(I)}\rho=\frac{2m}{\frac{m}{4\rho_B}+\frac{4m}{4\rho_B}}\rightarrow\rho=\frac{8}{5}\rho_B$$

ترکیب حجم برابر از مایع‌ها:

$$\rho'=\frac{m_A+m_B}{V_A+V_B}\xrightarrow[m=\rho V]{V_A=V_B=V}\rho'=\frac{\rho_A V+\rho_B V}{2V}\xrightarrow{(I)}\rho'=\frac{5}{2}\rho_B$$

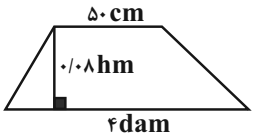
در نهایت داریم:

$$\frac{\rho'}{\rho}=\frac{\frac{5}{2}\rho_B}{\frac{8}{5}\rho_B}\rightarrow\frac{\rho'}{\rho}=\frac{25}{16}$$

(فیزیک و اندازه‌گیری) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۱۶ تا ۱۸)

۸– گزینهٔ «۲» *(ادریس محمدی)*

با توجه به شکل مقابل، مساحت ذوزنقه را برحسب واحد SI به‌دست می‌آوریم:



$$\text{قاعدهٔ بالا} = ۵۰\text{cm} \times \frac{۱۰^{-۲}\text{m}}{۱\text{cm}} = ۰/۵\text{m}$$

$$\text{قاعدهٔ پایین} = ۴\text{dam} \times \frac{۱۰\text{m}}{۱\text{dam}} = ۴۰\text{m}$$

$$\text{ارتفاع} = ۰/۰۸\text{hm} \times \frac{۱۰۰\text{m}}{۱\text{hm}} = ۸\text{m}$$

$$S_{\text{ذوزنقه}} = \frac{\text{ارتفاع} \times (\text{قاعدهٔ پایین} + \text{قاعدهٔ بالا})}{۲}$$

$$= \frac{(۰/۵+۴۰)\times ۸}{۲} = ۱۶۲\text{m}^۲$$

حال به بررسی گزینه‌ها می‌پردازیم:

$$۱)\ ۱/۶۲\times ۱۰^{-۶}\text{km}^۲ \times \frac{۱۰^۶\text{m}^۲}{۱\text{km}^۲} = ۱/۶۲\text{m}^۲ \quad \times$$

$$۲)\ ۱/۶۲\times ۱۰^۶\text{cm}^۲ \times \frac{۱۰^{-۴}\text{m}^۲}{۱\text{cm}^۲} = ۱۶۲\text{m}^۲ \quad ✓$$

$$۳)\ ۱/۶۲\times ۱۰^۷\text{mm}^۲ \times \frac{۱۰^{-۶}\text{m}^۲}{۱\text{mm}^۲} = ۱۶/۲\text{m}^۲ \quad \times$$

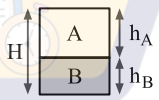
$$۴)\ ۱۶/۲\text{dam}^۲ \times \frac{۱۰^۲\text{m}^۲}{۱\text{dam}^۲} = ۱۶۲۰\text{m}^۲ \quad \times$$

پس گزینهٔ «۲» جواب سؤال است.

(فیزیک و اندازه‌گیری) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۱۰ تا ۱۲)

۹– گزینهٔ «۲» *(کتاب آبی جامع فیزیک تجربی)*

ابتدا نسبت چگالی دو مایع را با توجه به نمودار می‌یابیم:



$$\frac{\rho_B}{\rho_A} = \frac{m_B}{m_A} \times \frac{V_A}{V_B} \Rightarrow \frac{\rho_B}{\rho_A} = \frac{۷}{۷} \times \frac{۱۰}{۷/۵} = \frac{۴}{۳}$$

پس چگالی مایع **B** از چگالی مایع **A** بیش‌تر است، لذا اگر آن‌ها را در داخل یک ظرف بریزیم در این صورت مایع **B** در پایین قرار می‌گیرد.

$$\begin{cases} h_A + h_B = H\ (۱) \\ m_A = m_B \Rightarrow \rho_A V_A = \rho_B V_B \end{cases}$$

$$\rho_A h_A = \rho_B h_B \Rightarrow \frac{h_A}{h_B} = \frac{\rho_B}{\rho_A} = \frac{۴}{۳}\ (۲)$$

$$\xrightarrow{(۲),(۱)} \frac{۴}{۳}h_B + h_B = H \Rightarrow h_B = \frac{۳}{۷}H, h_A = \frac{۴}{۷}H$$

پس حجم اشغال شده توسط مایع **A**، $\frac{۴}{۷}$ حجم کل ظرف می‌باشد.

(فیزیک و اندازه‌گیری) (فیزیک ۱، صفحه ۱۸)

۱۰– گزینهٔ «۴» *(امیر داوری‌نیا)*

برای کاهش خطا در اندازه‌گیری هر کمیت معمولاً اندازه‌گیری آن را چند بار تکرار می‌کنند میانگین عددهای حاصل از اندازه‌گیری به عنوان نتیجهٔ اندازه‌گیری گزارش می‌شود!

البته در میان عددهای متفاوت اگر ۱ یا ۲ عدد اختلاف زیادی با بقیه داشته باشند در میانگین‌گیری به حساب نمی‌آیند.

در این سوال اعداد ۹/۳ و ۴۳/۲ فاصلهٔ زیادی از بقیهٔ اعداد دارند پس در میانگین به‌حساب نمی‌آیند. به عبارتی فقط ۷ داده داریم:

$$\text{میانگین ۷ داده} = \frac{۲۲/۸+۲۴+۲۲/۲+۲۴/۶+۲۱/۶+۲۳/۴+۲۵/۲}{۷}$$

$$= ۲۳/۴\text{kg}$$

$$۲۳/۴\text{kg} = ۲۳/۴\times ۱۰^{-۳}\text{Mgr} \xrightarrow{\text{نمادگذاری علمی}} ۲/۳۴\times ۱۰^{-۲}\text{Mg}$$

نکته: اگر ۷ داده اصلی را به ترتیب از کوچک به بزرگ مرتب کنیم متوجه می‌شویم که این ۷ عدد تشکیل دنبالهٔ حسابی با قدر نسبت ۰/۶ داده‌اند:

$$۲۱/۶-۲۲/۲-۲۲/۸-۲۳/۴-۲۴-۲۴/۶-۲۵/۲$$

میانه یا عدد وسط بعد از مرتب‌سازی = میانگین دنبالهٔ حسابی

$$= \frac{\text{عدد آخر} + \text{عدد اول}}{۲} = ۲۳/۴\text{kg} = ۲/۳۴\times ۱۰^{-۲}\text{Mg}$$

(فیزیک و اندازه‌گیری) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۱۴ و ۱۵)

فیزیک ۱

۱- گزینهٔ «۱»

(امیرحسین برادران)

عددی که ترازو نشان می‌دهد برابر با مجموع وزن آب و ظرف است. اگر A_1 و A_2 (مقطع‌های بالا و پایین ظرف) را بر حسب سانتی متر مربع در نظر بگیریم داریم:

$$W_{آب}+W_{ظرف}=10\times10^{-3}(60\times A_1\times\rho_{آب}+20\times A_2\times\rho_{آب})+W_{ظرف}$$

$$\xrightarrow{\rho_{آب}=1\frac{g}{cm^3},A_2=5A_1}$$

$$W_{آب}+W_{ظرف}=\frac{1}{100}\times160\times A_1+W_{ظرف}=1/6A_1+W_{ظرف}\qquad(I)$$

اکنون نیرویی که از طرف آب به ظرف وارد می‌شود را به دست می‌آوریم:

$$F=PA\xrightarrow[A=A_2=5A_1,h_{آب}=0/8m,g=10\frac{N}{kg}]{P=\rho_{آب}gh_{آب}}F=4A_1\quad(II)$$

$$(I),(II)\Rightarrow\frac{1}{2}=\frac{1/6A_1+W_{ظرف}}{4A_1}\Rightarrow W_{ظرف}=0/4A_1\xrightarrow{W_{آب}=1/6A_1}$$

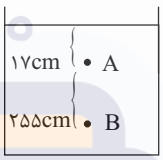
$$\frac{m_{ظرف}}{m_{آب}}=\frac{W_{ظرف}}{W_{آب}}=\frac{0/4A_1}{1/6A_1}=\frac{1}{4}$$

(ویژگی‌های فیزیکی مواد) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۳۲ تا ۳۴)

۲- گزینهٔ «۳»

(امیرحسین برادران)

روش اول:



$$P_{کل A}=P_0+\rho gh_A$$

$$P_{کل B}=P_0+\rho gh_B=1/4P_{کل A}$$

$$P_0+\rho gh_B=1/4P_0+1/4\rho gh_A$$

$$0/4P_0=\rho g(h_B-1/4h_A)\Rightarrow P_0=\frac{10}{4}\rho g(h_B-1/4h_A)$$

$$\Rightarrow P_0=\frac{10}{4}\times1600\times10(2/72-1/4\times0/17)=\frac{10}{4}\times1600\times10\times2/482$$

$$\Rightarrow P_0=99280Pa$$

$$p_0=\rho_{جیوه}gh_{جیوه}\Rightarrow99280=13600\times10\times h_{جیوه}\quad\text{برحسب cmHg}$$

$$h_{جیوه}=0/73m=73cm$$

روش دوم: فشار در نقطه اول را P_A و فشار در نقطه دوم را نیز P_B در نظر می‌گیریم. خواهیم داشت :

$$P_A=P_0+17cm_{مایع}$$

$$P_B=255cm_{مایع}+17cm_{مایع}+P_0=272cm_{مایع}+P_0$$

- حال طبق صورت سوال:

$$\frac{P_B}{P_A}=\frac{14}{10}\Rightarrow\frac{272cm_{مایع}+P_0}{17cm_{مایع}+p_0}=\frac{7}{5}\Rightarrow P_0=\frac{1241}{2}cm_{مایع}$$

- در مرحلهٔ آخر مطابق رابطه $\rho_1h_1=\rho_2h_2$ فشار در نقطه B را به سانتی متر جیوه تبدیل می‌کنیم:

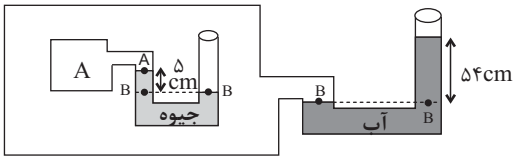
$$\rho_{مایع}\times h_{مایع}=\rho_{جیوه}\times h_{جیوه}\Rightarrow\frac{1241}{2}\times\frac{16}{10}=\frac{136}{10}\times h_{جیوه}$$

$$\Rightarrow P_0=h_{جیوه}=73cmHg$$

(ویژگی‌های فیزیکی مواد) (فیزیک ۱، صفحهٔ ۳۴)

۳- گزینهٔ «۴»

(ریحانه آزادیان)



همه نقاطی که با B نام‌گذاری شده‌اند هم فشارند و فشار آنها برابر است با:

$$P_B=P_0+P_W(\text{ناشی از ۵۴cm آب})$$

$$\rho_{آب}\times\cancel{g}\times h_{آب}=\rho_{جیوه}\times\cancel{g}\times h_{Hg\,جیوه}$$

$$1000\times\frac{54}{100}=13500\times h_{Hg}\Rightarrow h_{Hg}=4cmHg$$

فشار ناشی از ۵۴ سانتی‌متر آب برابر با ۴ سانتی‌متر جیوه است.

$$P_B=P_0+P_W=75+4=79cmHg$$

$$P_A=P_B-P_{\text{ناشی از ۵cm جیوه}}=79-5=74cm\,Hg$$

(ویژگی‌های فیزیکی مواد) (فیزیک ۱، صفحهٔ ۳۸)

۴- گزینهٔ «۳»

(احمد مرادی‌پور)

فشار ناشی از مایع بر کف ظرف $=P_1=\rho gh=2500\times10\times\frac{5}{10}=12500Pa$

$$\rho_{جسم}=\frac{m}{V}=\frac{1200g}{800cm^3}=1/5\frac{g}{cm^3}$$

چون $\rho_{مایع}>\rho_{جسم}$ است، پس از به تعادل رسیدن، جسم در سطح مایع شناور می‌شود. در این حالت نیروی شناوری وارد بر جسم با وزن جسم برابر است $(F_b=mg)$ و طبق قانون سوم نیوتون (کنش و واکنش) نیرویی هم اندازه با F_b از طرف جسم به مایع و در خلاف جهت F_b (یعنی به سمت پایین) وارد می‌شود. این افزایش نیرو با توجه به ثابت بودن سطح مقطع طبق اصل پاسکال، به کف ظرف نیز منتقل می‌شود. پس:

$$P_2=\frac{mg}{A}+\rho_{مایع}gh_1=\frac{1/2\times10}{60\times10^{-4}}+12500=2000+12500=14500Pa$$

$$\text{درصد تغییرات فشار}=\frac{14500-12500}{12500}\times100=\frac{2000}{12500}\times100=16\%\ \text{افزایش}$$

(ویژگی‌های فیزیکی مواد) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۳۲ تا ۴۳)

۵- گزینهٔ «۳»

(مجتبی نکوئیان)

اختلاف فشار بین دو نقطه A و B برابر است با فشار ناشی از مایع بین این دو نقطه:

$$P_B-P_A=\rho_3gh_3+\rho_2gh_2+\rho_1gh_1$$

$$=1000\times\frac{2}{10}\times10+\frac{2}{10}\times1500\times10+3000\times10\times\frac{3}{100}=5900Pa$$

(ویژگی‌های فیزیکی مواد) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۳۴ و ۳۸)

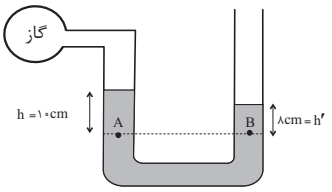
۶- گزینهٔ «۴»

(مجتبی نکوئیان)

چون فشار پیمانه‌ای بر حسب سانتی‌متر جیوه خواسته شده است، باید فشار ستون مایع را بر حسب سانتی‌متر جیوه بدست آوریم، بنابراین:

$$\rho_{مایع}h_{مایع}=\rho_{جیوه}h'_{جیوه}\Rightarrow(6/8)(16)=(13/6)h'_{جیوه}\Rightarrow h'_{جیوه}=8cm$$

فشار پیمانه‌ای، برابر با اختلاف فشار مخزن و فشار هوای محیط است. با توجه به برابری فشار در نقاط همتراز یک مایع ساکن داریم:



$$P_A = P_B \Rightarrow P_{\text{جیوه}} + P_{\text{گاز}} = P'_{\text{جیوه}} + P_{\circ}$$

$$\Rightarrow P_g = P_{\text{گاز}} - P_{\circ} = P'_{\text{جیوه}} - P_{\text{جیوه}} \Rightarrow P_g = ۸ - ۱۰ = -۲\,cm\,Hg$$

(ویژگی‌های فیزیکی مواد) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۳۸ و ۳۹)

۷- گزینهٔ «۳» *(امیرحسین برادران)*

تندی مایع با عبور به مقطع بزرگتر کاهش و حین عبور بـه مقطـع کـوچکتر افـزایش می‌یابد. با توجه به معادلهٔ پیوستگی داریم:

$$A_A v_A = A_B v_B \xrightarrow{v_B = ۰/۷۵ v_A} A_A = ۰/۷۵ A_B \quad (I)$$

$$A_B v_B = A_C v_C \xrightarrow{v_C = ۱/۹۲ v_B} A_B = ۱/۹۲ A_C \quad (II)$$

$$(I) \text{و} (II) \Rightarrow A_A = ۱/۹۲ \times ۰/۷۵ A_C \Rightarrow A_A = \frac{۱۹۲ \times ۳}{۴ \times ۱۰^{۲}} A_C$$

$$\xrightarrow{A = \pi r^{۲}} r_A = \frac{۲۴}{۲۰} r_c \Rightarrow \frac{r_A}{r_C} = \frac{۶}{۵}$$

(ویژگی‌های فیزیکی مواد) (فیزیک ۱، صفحهٔ ۳۵)

۸- گزینهٔ «۲» *(یوسف الهویردی زاده)*

الف) نادرست؛ جامدهای بلورین معمولاً از سرد کردن آهسته مایعات تشکیل می‌شوند.

ب) نادرسـت؛ دلیـل پدیـده پخـش شـکر در آب؛ حرکـت‌هـای کـاتوره‌ای (نـامنظم) مولکولهای آب است.

ج) درست

د) درست

(ویژگی‌های فیزیکی مواد) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۲۴، ۳۰، ۳۱ و ۳۵)

۹- گزینهٔ «۴» *(مجتبی نکوئیان)*

با توجه به شکل، جسم‌های **A** و **B** غوطه‌ور و جسم **C** شناور است پس:

$$\rho_A = \rho_B = \rho_{\text{مایع}} \quad (۱)$$

$$\rho_C < \rho_{\text{مایع}} \quad (۲)$$

$$\xrightarrow{(۲),(۱)} \rho_A = \rho_B > \rho_C$$

با توجه به رابطه $\rho = \frac{m}{V}$ داریم:

$$\frac{m_A}{V_A} = \frac{m_B}{V_B} > \frac{m_C}{V_C}$$

$$\xrightarrow{V_A = V_B = V_C} m_A = m_B > m_C$$

(ویژگی‌های فیزیکی مواد) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۴۰ تا ۴۲)

۱۰- گزینهٔ «۳» *(پژمان بردبار)*

بررسی گزینه‌های نادرست:

گزینهٔ «۱»: فشار یک بار اندکی کمتر از فشار یک اتمسفر است.

گزینهٔ «۲»: در آزمایش توریچلی از بارومتر استفاده می‌شود که در آن جیوه قـرار دارد چرا که استفاده از آب موجب می‌شود که طول ستون مـایع بسـیار بلنـد و غیـر قابـل اندازه‌گیری شود.

گزینهٔ «۴»: فشار در یک مایع به جهت‌گیری سطحی که فشـار بـه آن وارد مـی‌شـود بستگی ندارد.

(ویژگی‌های فیزیکی مواد) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۳۲، ۳۷ و ۳۹)

فیزیک ۱

۱- گزینهٔ «۲»
(مجتبی نکوئیان)

با توجه به رابطهٔ $K=\frac{1}{2}mv^2$ ، می‌توان نوشت:

$$\Delta K = K_2 - K_1 = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2)$$

$$\xrightarrow[v_1=v\ ,\ v_2=v+10]{K_2-K_1=500J} 500 = \frac{1}{2}(2)((v+10)^2 - v^2) = 20v + 100$$

$$\Rightarrow 400 = 20v \Rightarrow v = 20\frac{m}{s}$$

در نهایت انرژی جنبشی جسم را در تندی $v+30$ متر بر ثانیه بصورت زیر محاسبه می‌کنیم:

$$K = (\frac{1}{2})(2)(20+30)^2 = 2500J$$

(کار، انرژی و توان)(فیزیک ۱، صفحه‌های ۵۴ و ۵۵)

۲- گزینهٔ «۳»
(سیره ملیحه میرصالحی)

اگر مبدأ را سطح زمین در نظر بگیریم، انرژی پتانسیل گرانشی جسم در ارتفاع ۱۶ متری برابر است با:

$$U_1 = mgh_1 \Rightarrow U_1 = 0/5\times 10\times 16 = 80J$$

انرژی پتانسیل گرانشی جسم روی سطح زمین برابر است با صفر:

$$U_2 = mgh_2 \xrightarrow{h_2=0} U_2 = 0$$

در نتیجه تغییر انرژی پتانسیل گرانشی در این مسیر کاهش می‌یابد:

$$\Delta U = U_2 - U_1 = 0 - 80 = -80J$$

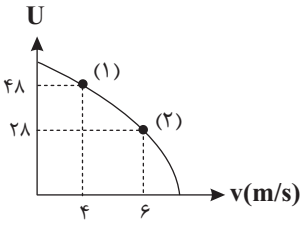
(کار، انرژی و توان) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۶۵ تا ۶۷)

۳- گزینهٔ «۱»
(امید خالدی)

چون نیروی وزن بر جابه‌جایی روی مسیر دایره‌ای عمود است $(\theta = 90^\circ)$، نیروی وزن کاری انجام نمی‌دهد.

(کار، انرژی و توان) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۵۸ تا ۶۰)

۴- گزینهٔ «۴»
(امید خالدی)



براساس قانون پایستگی انرژی مکانیکی داریم:

$$E = U + K \Rightarrow U = E - K \Rightarrow U = E - \frac{1}{2}mv^2 (I)$$

با قرار دادن نقاط (۱) و (۲) در معادلهٔ (I) داریم:

$$\xrightarrow{(1)} 48 = E - \frac{1}{2}m\times 16 \Rightarrow 48 = E - 8m (II)$$

$$\xrightarrow{(2)} 28 = E - \frac{1}{2}m\times 36 \Rightarrow 28 = E - 18m (III)$$

با حل دو دستگاه (II) و (III) خواهیم داشت:

$$E = 64J\ ,\ m = 2kg$$

بنابراین در لحظه‌ای که $U = 15K$ است، خواهیم داشت:

$$E = U + K \Rightarrow 64 = 15K + K \Rightarrow 64 = 16K \Rightarrow K = 4J$$

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow 4 = \frac{1}{2}\times 2\times v^2 \Rightarrow v = 2\frac{m}{s}$$

(کار، انرژی و توان) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۶۸ تا ۷۰)

۵- گزینهٔ «۴»
(رضا کریم)

چون بالابر جسم را با تندی ثابت جابه جا می‌کند، بنابراین نیرویی که به جسم وارد می‌کند برابر با وزن جسم است. با توجه به رابطهٔ بازده داریم:

$$\text{بازده} = \frac{P_{\text{مفید}}}{P_{\text{ورودی}}}\times 100 \xrightarrow[F_{\text{بالابر}}=mg=800N\ ,\ P_{\text{ورودی}}=2kW=2000W]{P_{\text{مفید}}=F_{\text{بالابر}}.v\ ,\ v=2\frac{m}{s}}$$

$$\text{بازده} = \frac{800\times 2}{2000}\times 100 = 80\%$$

(کار، انرژی و توان) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۷۵ و ۷۶)

۶- گزینهٔ «۲»
(امیرحسین برادران)

مطابق قضیهٔ کار و انرژی جنبشی کار برایند نیروهای وارد بر جسم برابر با تغییر انرژی جنبشی جسم است. اگر کار برآیند در یک بازهٔ زمانی مثبت باشد، در این صورت $v_2 > v_1$ ، اگر کار برایند برابر با صفر باشد در این صورت $v_1 = v_2$ و اگر کار برایند کوچکتر از صفر باشد در این صورت $v_2 < v_1$ است. (v_1 و v_2 به ترتیب تندی متحرک در ابتدا و انتهای بازهٔ زمانی است.) بررسی گزاره‌ها:

الف) در حرکت با شتاب ثابت اگر بردار سرعت اولیه و شتاب خلاف جهت هم باشند، در این صورت جهت حرکت متحرک تغییر می‌کند و در نتیجه بازه‌های زمانی مختلفی داریم که تندی متحرک در ابتدا و انتهای بازهٔ زمانی یکسان است بنابراین کار برایند در این بازهٔ زمانی صفر است. (نادرست)

ب) در حرکت یکنواخت تندی متحرک در هر لحظه یکسان است، بنابراین در هر بازهٔ زمانی دلخواه کار برایند نیروهای وارد بر جسم برابر صفر است. (درست)

پ) اگر کار برآیند نیروهای وارد بر متحرک مثبت باشد، در این صورت تنها می‌دانیم $v_2 > v_1$ ، اما در مورد اینکه آیا در این بازهٔ زمانی نوع حرکت پیوسته تندشونده باشد نمی‌توان اظهارنظر قطعی کرد. (نادرست)

(کار، انرژی و توان) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۵۴ تا ۶۴)

۷- گزینهٔ «۳»
(امیرحسین برادران)

چون جسم به نقطهٔ پرتاب بازگشته است، بنابراین جابه‌جایی آن برابر صفر است.

مطابق قضیه کار و انرژی جنبشی داریم:

$$W_t = \Delta K \longrightarrow \xrightarrow[W_{mg}=0]{W_t=W_{mg}+W_f} W_f = \Delta K \Rightarrow \frac{W_f}{\Delta K} = 1$$

(کار، انرژی و توان) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۶۱ تا ۶۳ و ۷۱ و ۷۲)

۸–گزینهٔ «۲» *(امیرحسین برادران)*

کار برایند نیروهای وارد بر جسم برابر با مجموع کار هر یک از نیروهای وارد بر جسم است.

$$W = W_{\vec{F}} + W_{\vec{f}} \xrightarrow[F_x=-۱۲N\ ,\ d=-۴m\ ,\ f=۵N]{W_{\vec{F}}=F_x d\ ,\ W_{\vec{f}}=-f|d|}$$

$$W_{\text{برایند}} = ۱۲\times ۴ - ۵\times ۴ = ۲۸J$$

(کار، انرژی و توان) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۵۵ تا ۶۰)

۹–گزینهٔ «۲» *(عطاله شادآباد)*

در حل این تست ما ۳ مرحله خواهیم داشت:

الف) از پرتاب تا نقطهٔ اوج برای به دست آوردن نیروی مقاومت هوا:

$$E_۲ - E_۱ = W_f$$

$$U_۲ - K_۱ = W_f \Rightarrow mgh - \frac{۱}{۲}mv_۱^۲ = -fh$$

$$۴۰m - ۵۰m = -۴f \Rightarrow f = ۲/۵m$$

ب) از نقطهٔ A تا نقطهٔ اوج برای به دست آوردن v_A:

$$\text{نقطهٔ A تا اوج}: W_t = \Delta K$$

$$-mgh' - fh' = \frac{۱}{۲}m(۰ - v_A^۲)$$

$$-۱۲/۵h' = \frac{-۱}{۲}v_A^۲ \Rightarrow v_A = ۵\sqrt{h'}$$

پ) از نقطه اوج تا نقطه B برای به دست آوردن v_B:

$$\text{نقطهٔ اوج تا B}: W_t = \Delta K$$

$$mgh' - fh' = \frac{۱}{۲}mv_B^۲$$

$$۷/۵h' = \frac{۱}{۲}v_B^۲ \Rightarrow v_B = \sqrt{۱۵h'}$$

و در نهایت داریم:

$$\frac{v_A}{v_B} = \frac{۵}{\sqrt{۱۵}} = \frac{\sqrt{۱۵}}{۳}$$

(کار، انرژی و توان) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۷۱ و ۷۲)

۱۰– گزینهٔ «۲» *(عطاله شادآباد)*

در حل این تست ابتدا کار شخص را در بالا آوردن و پرتاب گلوله به دست می‌آوریم و سپس با تقسیم آن به مدت زمان، توان شخص محاسبه می‌شود:

$$W_t = \Delta K \Rightarrow W_F + W_{mg} = \Delta K$$

$$W_F = mg|\Delta h| + \frac{۱}{۲}mv_۲^۲$$

$$P = \frac{W_F}{\Delta t} = \frac{mg|\Delta h| + \frac{۱}{۲}mv_۲^۲}{\Delta t} = \frac{۱/۲(۱۵+۵)}{۱/۵} = ۱۶W$$

(کار، انرژی و توان) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۷۳ و ۷۴)

فیزیک ۱

۱- گزینهٔ «۱»
(علی عالی‌بری)

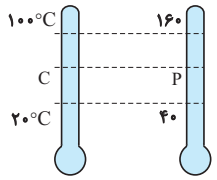
دانشمندان برای کارهای علمی سه دماسنج را به عنوان دماسنج‌های معیار برای اندازه‌گیری گسترهٔ دماهای مختلف پذیرفته‌اند:

دماسنج گازی، دماسنج مقاومت پلاتینی، تفسنج (پیرومتر)

(دما و گرما) (فیزیک۱، صفحهٔ ۸۶)

۲- گزینهٔ «۱»
(کتاب آبی جامع فیزیک تجربی)

با توجه به این که تغییرات در دماسنج‌ها به‌صورت خطی می‌باشد، خواهیم داشت:



$$\frac{C-۲۰}{۱۰۰-۲۰}=\frac{P-۴۰}{۱۶۰-۴۰}\xrightarrow{P=C}\frac{C-۲۰}{۸۰}=\frac{C-۴۰}{۱۲۰}$$

$$\Rightarrow ۱۲۰C-۲۴۰۰=۸۰C-۳۲۰۰$$

$$۴۰C=-۸۰۰\Rightarrow C=-۲۰^\circ C$$

(دما و گرما) (فیزیک۱، صفحهٔ ۸۵)

۳- گزینهٔ «۳»
(کتاب آبی جامع فیزیک تجربی)

در دمای $۱۰^\circ C$ اختلاف طول دو میله برابر است با:

$$L_{۱A}-L_{۱B}=۵۰cm \quad (I)$$

در دمای $۶۰^\circ C$ مجموع طول دو میله برابر است با:

$$L_{۲A}+L_{۲B}=۳۰۰/۶$$

$$\Rightarrow L_{۱A}(۱+\alpha\Delta\theta)+L_{۱B}(۱+\alpha\Delta\theta)=۳۰۰/۶$$

$$\Rightarrow (۱+\alpha\Delta\theta)(L_{۱A}+L_{۱B})=۳۰۰/۶$$

$$\Rightarrow (۱+۴\times۱۰^{-۵}\times۵۰)(L_{۱A}+L_{۱B})=۳۰۰/۶$$

$$L_{۱A}+L_{۱B}=\frac{۳۰۰/۶}{۱/۰۰۲}\Rightarrow L_{۱A}+L_{۱B}=۳۰۰cm \quad (II)$$

$$\xrightarrow{(I),(II)}\begin{cases}L_{۱A}+L_{۱B}=۳۰۰\\ L_{۱A}-L_{۱B}=۵۰\end{cases}$$

$$\Rightarrow L_{۱A}=۱۷۵cm\ ,\ L_{۱B}=۱۲۵cm$$

پس طول میلهٔ کوتاه‌تر در دمای $۱۰^\circ C$ برابر با $۱۲۵cm$ است.

(دما و گرما) (فیزیک۱، صفحه‌های ۸۷ تا ۸۹)

۴- گزینهٔ «۴»
(امیراحمد میرسعید)

با افزایش دما ترموستات (دماپا) به سمت فلز با ضریب انبساط طولی کمتر خم می‌شود و با کاهش دما ترموستات (دماپا)، به سمت فلز با ضریب انبساط طولی بیشتر خم می‌شود. در این مسئله، دما کاهش یافته است پس در قسمت سمت چپ که $\alpha_۱>\alpha_۲$ است دماپا به طرف $\alpha_۱$ خم می‌شود و در قسمت سمت راست که $\alpha_۲>\alpha_۳$ می‌باشد دماپا به طرف $\alpha_۲$ خم می‌شود.

(دما و گرما) (فیزیک۱، صفحه‌های ۸۸ تا ۹۱)

۵- گزینهٔ «۲»
(محمدصادق مام سیده)

با توجه به اینکه حجم بطری $۵۰۰cm^۳$ و به طور کامل با مایع پر شده است، بنابراین اختلاف تغییرات حجم مایع و بطری را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta V=V_۱(\beta-۳\alpha)\Delta\theta$$

$$\Delta V=۵۰۰(۸\times۱۰^{-۴}-۳\times\frac{۱}{۵۰۰۰})\times۱۰۰$$

$$\Delta V=۴۰-۳۰=۱۰cm^۳$$

با توجه به اینکه حجم مایع بالا آمده $۱۰cm^۳$ بیشتر از حجم افزایش یافته بطری است لذا بعد از افزایش دما $۱۰cm^۳$ از این مایع به بیرون سرازیر می‌گردد.

(دما و گرما) (فیزیک۱، صفحه‌های ۹۳ و ۹۴)

۶- گزینهٔ «۴»
(علیرضا جباری)

با استفاده از ضریب انبساط سطحی فلز (۲α)، ضریب انبساط طولی آن (α) را حساب می‌کنیم:

$$۲\alpha=۵\times۱۰^{-۵}K^{-۱}\Rightarrow\alpha=۲/۵\times۱۰^{-۵}K^{-۱}$$

با توجه به اینکه چگالی فلز ۳ درصد کاهش یافته است می‌توان نوشت:

$$\rho_۲-\rho_۱=-۰/۰۳\rho_۱$$

اکنون به کمک رابطهٔ زیر می‌توانیم تغییر دمای فلز را به دست آوریم:

$$\rho_۲=\rho_۱(۱-\beta\Delta T)\xrightarrow{\beta=۳\alpha}\rho_۲=\rho_۱-\rho_۱\times۳\alpha\Delta T$$

$$\Rightarrow\rho_۲-\rho_۱=-\rho_۱\times۳\alpha\Delta T\Rightarrow-۰/۰۳\cancel{\rho_۱}=-\cancel{\rho_۱}\times۳\times۲/۵\times۱۰^{-۵}\Delta T$$

$$\Rightarrow\Delta T=\frac{۳\times۱۰^{-۲}}{۳\times۲/۵\times۱۰^{-۵}}=۴۰۰^\circ C$$

(دما و گرما) (فیزیک۱، صفحهٔ ۹۴)

۷- گزینهٔ «۴»
(علیرضا جباری)

افزایش طول میله در هر دو مقیاس، با هم برابر است. بنابراین ابتدا ضریب انبساط طولی فلز موردنظر را بر حسب $^\circ C^{-۱}$ به دست می‌آوریم:

$$\left.\begin{array}{l}\Delta L=L_۱\alpha_C\Delta T\\ \Delta L=L_۱\alpha_F\Delta F\end{array}\right\}\Rightarrow\alpha_C\Delta T=\alpha_F\Delta F\xrightarrow{\Delta F=\frac{۹}{۵}\Delta T}$$

$$\alpha_C\cancel{\Delta T}=\alpha_F\times\frac{۹}{۵}\cancel{\Delta T}\xrightarrow{\alpha_F=۲/۵\times۱۰^{-۶}{}^\circ F^{-۱}}\alpha_C=۲/۵\times۱۰^{-۶}\times\frac{۹}{۵}$$

$$\Rightarrow\alpha_C=۴/۵\times۱۰^{-۶}\ {}^\circ C^{-۱}$$

ضریب انبساط حجمی فلز، ۳ برابر ضریب انبساط طولی آن در نظر گرفته می‌شود:

$$۳\alpha_C=۳\times۴/۵\times۱۰^{-۶}=۱۳/۵\times۱۰^{-۶}\ {}^\circ C^{-۱}=\frac{۲۷}{۲}\times۱۰^{-۶}\ {}^\circ C^{-۱}$$

(دما و گرما) (فیزیک۱، صفحه‌های ۸۴ تا ۹۴)

۸- گزینهٔ «۲» *(مجید میرزائی)*

ابتدا تغییرات دما را بر حسب درجه سلسیوس به دست می‌آوریم:

$$\Delta F=\frac{۹}{۵}\Delta\theta \Rightarrow ۴۰/۵=\frac{۹}{۵}\Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta=\frac{۵\times \overset{۴/۵}{\cancel{۴۰/۵}}}{\underset{۱}{\cancel{۹}}}=۲۲/۵^\circ C$$

اکنون ظرفیت گرمایی جسم را به دست می‌آوریم

$$Q=C\Delta\theta \Rightarrow ۴۵۰۰۰=C\times ۲۲/۵ \Rightarrow C=۲۰۰۰\frac{J}{^\circ C}$$

حالا روی نمودار برای دو نقطه، یکی وقتی دما $۰^\circ C$ است و دیگری وقتی دما $۳۰^\circ C$ است، رابطه $Q=C\Delta\theta$ را می‌نویسیم:

$$۱۵۰۰۰۰-Q'=۲۰۰۰(۳۰-۰) \Rightarrow Q'=۱۵۰۰۰۰-۶۰۰۰۰=۹۰۰۰۰J$$

(دما و گرما) (فیزیک۱، صفحه‌های ۸۵ و ۹۸)

۹- گزینهٔ «۳» *(مهدی فتاحی)*

ابتدا گرمایی که توسط گرمکن بـه مجموعـهٔ آب و گرماسـنج داده مـی‌شـود را حساب می‌کنیم.

$$Q_{کل}=Q_{آب}+Q_{گرماسنج} \Rightarrow Q_{کل}=mc\Delta\theta_{آب}+C\Delta\theta_{گرماسنج} \Rightarrow$$

$$Q_{کل}=۰/۲\times ۴۲۰۰\times ۱۰+C\times ۱۰ \Rightarrow Q_{کل}=۸۴۰۰+۱۰C$$

با توجه به اینکه اتلاف انرژی نداریم، پس طبق فرمول توان، ظرفیت گرمایی گرماسنج را در SI به دست می‌آوریم:

$$P=\frac{Q_{کل}}{t} \Rightarrow ۱۰۰=\frac{۸۴۰۰+۱۰C}{۱۲۰} \Rightarrow ۱۲۰۰۰=۸۴۰۰+۱۰C \Rightarrow C=۳۶۰\frac{J}{K}$$

اکنون ظرفیت گرمایی را بر حسب کالری بر کلوین حساب می کنیم:

$$۳۶۰\frac{J}{K}\times\frac{۱cal}{۴/۲J}=\frac{۳۶۰}{۴/۲}\frac{cal}{K}\simeq ۸۶\frac{cal}{K}$$

(دما و گرما) (فیزیک۱، صفحه‌های ۹۶ تا ۹۸)

۱۰- گزینهٔ «۱» *(سراسری خارج از کشور تجربی- ۹۳)*

روش اول: برای محاسبهٔ دمای تعادل (θ_e)، جمع جبری گرماهای مبادله شده بین اجسام را مساوی با صفر قرار می‌دهیم. داریم:

$$Q_{net}=۰ \Rightarrow Q_۱+Q_۲=۰ \Rightarrow m_۱c_۱(\theta_e-\theta_۱)+m_۲c_۲(\theta_e-\theta_۲)=۰$$

$$\xrightarrow[m_۲=۴۲۰g,\ c_۲=۳۸۰\frac{J}{kg.K},\ \theta_۲=۱۰۰^\circ C]{m_۱=۸۰g,\ c_۱=۴۲۰۰\frac{J}{kg.K},\ \theta_۱=۱۱/۵^\circ C}$$

$$۸۰\times ۴۲۰۰(\theta_e-۱۱/۵)+۴۲۰\times ۳۸۰(\theta_e-۱۰۰)=۰ \Rightarrow \theta_e=۴۰^\circ C$$

دمای آب از $۱۱/۵^\circ C$ به $۴۰^\circ C$ افزایش یافته، پس:

$$\Delta\theta=۴۰-۱۱/۵=۲۸/۵^\circ C \Rightarrow \Delta T=\Delta\theta=۲۸/۵K$$

روش دوم: در صورتی‌که چند جسم در تماس کامل با یک‌دیگر قرار گرفته و بدون تغییر حالت به دمای تعادل برسند، دمای تعادل آن‌ها (θ_e)برابر است با:

$$\theta_e=\frac{m_۱c_۱\theta_۱+m_۲c_۲\theta_۲}{m_۱c_۱+m_۲c_۲} \xrightarrow[m_۲=۴۲۰g,\ c_۲=۳۸۰\frac{J}{kg.K},\ \theta_۲=۱۰۰^\circ C]{m_۱=۸۰g,\ c_۱=۴۲۰۰\frac{J}{kg.K},\ \theta_۱=۱۱/۵^\circ C}$$

$$\theta_e=\frac{۸۰\times ۴۲۰۰\times ۱۱/۵+۴۲۰\times ۳۸۰\times ۱۰۰}{۸۰\times ۴۲۰۰+۴۲۰\times ۳۸۰}=۴۰^\circ C$$

بنابراین تا برقراری تعادل گرمایی، دمای آب به اندازهٔ $\Delta T=\Delta\theta=۴۰-۱۱/۵=۲۸/۵K$ افزایش می‌یابد.

(دما و گرما) (فیزیک۱، صفحهٔ ۱۰۱)

فیزیک ۱

۱- گزینهٔ «۳»
(مهدی شریفی)

اسامی تغییر حالت‌ها و گرماده یا گرماگیر بودن آنها:

ذوب: جامد ⇐ مایع:گرماگیر

انجماد: مایع ⇐ جامد: گرماده

تبخیر: مایع ⇐ بخار: گرماگیر

میعان: بخار ⇐ مایع: گرماده

تصعید: جامد ⇐ بخار: گرماگیر

چگالش: بخار ⇐ جامد: گرماده

(دما و گرما) (فیزیک ۱، صفحهٔ ۱۰۳)

۲- گزینهٔ «۱»
(میلاد طاهرعزیزی)

با توجه به نمودار، جسم با گرفتن ۲۸۰ کیلوژول گرما به نقطهٔ ذوب خود رسیده است (در نقطهٔ ذوب دمای جسم تغییر نمی‌کند) و تمام جسم با گرفتن ۶۰۰ کیلوژول گرما از ابتدا، کاملاً ذوب می‌شود.

بنابراین جسم در نقطهٔ ذوب خود با گرفتن $Q = ۶۰۰ - ۲۸۰ = ۳۲۰kJ$ گرما، ذوب شده است.

حال اگر تنها ۴۸۰ کیلوژول گرما به جسم بدهیم، ۲۸۰ کیلوژول ابتدایی این گرما صرف رسیدن دمای جسم به نقطهٔ ذوب آن می‌شود و مقدار باقیماندهٔ گرما یعنی $Q' = ۴۸۰ - ۲۸۰ = ۲۰۰kJ$ گرما صرف ذوب شدن بخشی از جسم می‌شود.

بنابراین داریم:

$$Q = mL_F \Rightarrow \frac{Q'}{Q} = \frac{m'}{m} \Rightarrow (\text{جرم ذوب شده})m' = \frac{Q'}{Q} \times m$$

$$= \frac{۲۰۰}{۳۲۰} \times m = \frac{۵}{۸}m$$

$$\text{جرم باقی مانده}m'' = m - m' = m - \frac{۵}{۸}m = \frac{۳}{۸}m$$

$$\frac{\frac{۳}{۸}m}{m} \times ۱۰۰ = ۳۷/۵\%$$

(دما و گرما) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۱۰۰ و ۱۰۵)

۳- گزینهٔ «۱»
(مهدی شریفی)

گرمایی که لازم است تا فقط دمای آب تغییر کند، از طریق رابطهٔ $Q = mc\Delta\theta$ و گرمایی که لازم است تا یخ $-۱۰°C$ به آب $۰°C$ تبدیل شود، ابتدا یک $mc\Delta\theta$ است تا یخ به نقطهٔ ذوب خود برسد، سپس یک mL_F تا ذوب انجام شود.

$$Q_۱ = mc_{\text{آب}}\Delta\theta = mc \times ۱۰$$

$$Q_۲ = mc_{\text{یخ}}\Delta\theta + mL_F = ۴m \times \frac{c}{۲} \times ۱۰ + ۴m \times ۸۰c = ۲۰mc + ۳۲۰mc$$

$$\frac{Q_۱}{Q_۲} = \frac{۱۰mc}{۳۴۰mc} = \frac{۱}{۳۴}$$

نکته: در سوالات مربوط به تغییر حالت‌های آب، معمولاً روابط زیر بین ظرفیت‌های گرمایی و گرمای نهان ویژه برقرار است:

$$L_F = ۸۰c_{\text{آب}}, c_{\text{یخ}} = \frac{۱}{۲}c_{\text{آب}}, L_V = ۵۴۰c_{\text{آب}}$$

(دما و گرما) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۱۰۰ تا ۱۰۵)

۴- گزینهٔ «۱»
(مهدی شریفی)

چون تمام یخ ذوب نشده، پس دمای تعادل $۰°C$ است و تمام گرمایی که $۱kg$ آب از دست می‌دهد تا به دمای $۰°C$ برسد را به نیمی از یخ داده و سبب ذوب شدن آن شده است.

$$Q_{\text{آب}} = Q_{\text{یخ}}$$

$$m'c\Delta\theta = mL_F$$

رابطهٔ میان یکای فارنهایت و سانتی‌گراد به صورت $F = \frac{۹}{۵}\theta + ۳۲$ است پس:

$$۶۸ = \frac{۹}{۵}\theta + ۳۲ \Rightarrow ۳۶ = \frac{۹}{۵}\theta \Rightarrow \theta = ۲۰°C$$

جرم یخ ذوب شده:

$$۱۰۰۰ \times ۴۲۰۰ \times ۲۰ = m \times ۳۳۶۰۰۰ \Rightarrow m = ۲۵۰g$$

در نهایت، $۱۲۵۰g$ آب و $۲۵۰g$ گرم یخ در ظرف داریم.

(دما و گرما) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۱۰۰ تا ۱۰۵)

۵- گزینهٔ «۲»
(مهران اسماعیلی)

در جامدات الکترونهای آزاد می‌توانند حرکت کنند، اما اتم‌ها در جای خود نوسان می‌کنند و جابه‌جا نمی‌شوند. بنابراین گزینهٔ «۲» نادرست است، اما با توجه به مطالب متن کتاب درسی در صفحات ۱۱۱ و ۱۱۲، گزینه‌های دیگر درست هستند.

(دما و گرما) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۱۱۱ تا ۱۱۳)

۶- گزینهٔ «۳»
(سعید شرق)

چون حداقل مقدار بخار آب خواسته شده است، پس دمای تعادل را صفر درجه در نظر می‌گیریم (کافی است یخ ذوب شود ⇐ $\theta_e = ۰$)

یخ $-۲۰°C$ → یخ $۰°C$ → آب $۰°C$

بخار $۱۰۰°C$ → آب $۱۰۰°C$ → آب $۰°C$

$$Q_۱ + Q_۲ + Q_۳ + Q_۴ = ۰$$

$$m_{\text{یخ}}c_{\text{یخ}}\Delta\theta + m_{\text{یخ}}L_F - m_{\text{بخار}}L_V + m_{\text{بخار}}c_{\text{آب}}\Delta\theta = ۰$$

$$۳۲۰ \times \frac{۱}{۲} \times \cancel{۴/۲} \times (۰ - (-۲۰)) + ۳۲۰ \times ۸۰ \times \cancel{۴/۲} - m$$

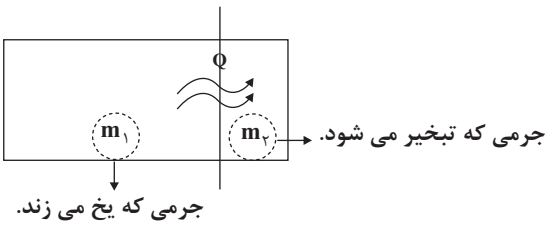
$$\times ۵۴۰ \times \cancel{۴/۲} + m \times \cancel{۴/۲}(۰ - ۱۰۰) = ۰$$

$$۳۲۰۰ + ۲۵۶۰۰ = ۵۴۰m + ۱۰۰m \Rightarrow m = ۴۵g$$

(دما و گرما) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۱۰۰ تا ۱۰۶ و ۱۰۸)

۷- گزینهٔ «۲»
(احسان مطلبی)

می‌دانیم فرایند تبخیر سطحی یک فرایند گرماگیر است. بنابراین آن بخشی از آب که قرار است تبخیر سطحی شود، گرمای مورد نیاز خود را از مابقی آب $۰°C$ می‌گیرد. این امر باعث یخ زدن مابقی آب می‌شود. بنابراین گرمایی که قسمتی از آب می‌گیرد تا تبخیر شود با گرمایی که بخش دیگر از دست می‌دهد تا یخ بزند، برابر است:



$$|Q_{\text{بخشی که تبخیر می‌شود}}| = Q_{\text{بخشی که یخ می‌زند}}$$

$$|-m_1L_F| = +m_2L_V$$

$$m_1 \times 336000 = m_2 \times 2268000$$

$$4m_1 = 27m_2 \Rightarrow m_1 = \frac{27}{4}m_2 \xrightarrow{m_1+m_2=1550g}$$

$$\frac{27}{4}m_2 + m_2 = 1550g$$

$$\frac{31}{4}m_2 = 1550g \Rightarrow \begin{cases} m_2 = 200g : \text{جرمی که تبخیر می‌شود}^* \\ m_1 = 1350g : \text{جرمی که یخ می‌زند}^* \end{cases}$$

(دما و گرما) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۱۰۰ تا ۱۰۶ و ۱۰۸)

۸- گزینهٔ «۳» *(احسان مطلبی)*

با توجه به روابط توان گرمایی، گرما و تغییر حالت داریم:

$$P = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow Q = P.\Delta t \xrightarrow{Q=+mL_V} P.\Delta t = mL_V$$

$$4\times10^3 \times \Delta t = 8\times10^3 \times 2250 \Rightarrow \Delta t = 4500s = 75\,min$$

$\Delta t =$ ۱ساعت و ۱۵دقیقه

(دما و گرما) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۱۰۷ تا ۱۱۰)

۹- گزینهٔ «۳» *(محمدکاظم منشادی)*

با توجه به اینکه قسمتی از یخ ذوب نشده باقی مانده است و قسمتی از آن ذوب شده است، دمای تعادل $0°C$ است. جرم یخی که ذوب می‌شود را محاسبه می‌کنیم:

$$m' = \frac{75}{100}m_1 = 75g$$

$$Q_1 + Q_1' + Q_3 = 0 \Rightarrow m_1c_1\Delta\theta_1 + m_1'L_F + m_2c_2\Delta\theta_2 = 0$$

$$\Rightarrow 100\times2/1\times10 + 75\times336 + 200\times1\times(0-\theta) = 0$$

$$\Rightarrow \theta = 136/5°C$$

(دما و گرما) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۱۰۰ تا ۱۰۵)

۱۰- گزینهٔ «۳» *(امیرحسین برادران)*

چون نیمی از جرم آب یخ زده است، بنابراین دمای تعادل در حالت دوم $0°C$ است.با استفاده از رابطهٔ انبساط حجمی تغییر دمای کره را به دست می آوریم.

$$\Delta V = V_1 3\alpha\Delta\theta \xrightarrow[\alpha=5\times10^{-6}\frac{1}{°C},V_1=5000mm^3]{\Delta V=5006-5000=6mm^3} \Delta\theta = \frac{6}{5000}\times\frac{1}{3\times5\times10^{-6}} = 80\,°C$$

$$mc\Delta\theta = m'L_F \xrightarrow[m=30g,L_F=336000\frac{J}{kg}]{c=840\frac{J}{kg°C},\Delta\theta=80°C} m' = \frac{30\times840\times80}{336000} \Rightarrow m' = 6g$$

بنابراین ۶ گرم آب یخ می‌زند.

(دما و گرما) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۱۰۰ تا ۱۰۵)

فیزیک ۱

۱- گزینهٔ «۱» *(بهزاد آزادفر)*

در فیزیک هنگامی می‌توانیم چند عبارت را با هم جمع و تفریق کنیم که همهٔ آن‌ها یکای یکسانی داشته باشند، بنابراین همهٔ عبارت‌ها باید یکای یکسانی داشته باشند:

$$[A]=[\frac{B}{x}]=[Cx^3]$$

ابتدا یکای ژول را برحسب یکاهای اصلی می‌یابیم:

$$K=\frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow [K]=[m][v^2] \Rightarrow J=kg.\frac{m^2}{s^2}$$

$$[B]=J=kg.\frac{m^2}{s^2}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} [A]=\frac{[B]}{[x]}=\frac{J}{m}=\frac{\frac{kg.m^2}{s^2}}{m}=\frac{kg.m}{s^2} \\ [Cx^3]=\frac{[B]}{[x]} \Rightarrow [C]\times[x^3]=\frac{[B]}{[x]} \\ \Rightarrow [C]\times m^3=\frac{\frac{kg.m^2}{s^2}}{m} \Rightarrow [C]=\frac{kg}{m^2.s^2} \end{cases}$$

(فیزیک و اندازه‌گیری) (فیزیک ۱،صفحه‌های ۶ تا ۱۱)

۲- گزینهٔ «۲» *(محسن سلماسی‌وند)*

دقت اندازه‌گیری وسایل دیجیتال، یک واحد از آخرین رقمی است که آن وسیله می‌خواند، بنابراین دقت اندازه‌گیری دستگاه $0/01mm$ است:

$$0/01mm=?\ \mu m \Rightarrow 0/01mm\times\frac{10^{-3}m}{1mm}\times\frac{1\mu m}{10^{-6}m}=10\mu m$$

(فیزیک و اندازه‌گیری) (فیزیک ۱،صفحه‌های ۱۰ تا ۱۵)

۳- گزینهٔ «۳» *(حسام نادری)*

ابتدا حجم ۹۰۰ گرم روغن را محاسبه می‌کنیم:

$$V_{روغن}=\frac{m_{روغن}}{\rho_{روغن}} \xrightarrow[\rho_{روغن}=0/8\frac{g}{cm^3}]{m_{روغن}=900g} V_{روغن}=\frac{900}{0/8}=1125cm^3$$

حال حجم فضای خالی ظرف را محاسبه کرده و می‌دانیم حجم ظاهری قطعهٔ فلز، برابر با حجم روغن جابه‌جا شده است (حجم خالی ظرف + حجم روغن سرریز شده):

$$V_{خالی}=\pi r^2h \xrightarrow[h=5cm]{r=10cm} V_{خالی}=3\times10^2\times5=1500cm^3$$

$$V_{فلز}=V_{خالی}+V_{روغن}=1500+1125=2625cm^3$$

حال حجم واقعی قطعهٔ فلز را محاسبه کرده و سپس حجم حفرهٔ درون آن را به دست می‌آوریم:

$$V_{واقعی\ فلز}=\frac{m_{فلز}}{\rho_{فلز}} \xrightarrow[\rho_{فلز}=2/7\frac{g}{cm^3}]{m_{فلز}=1620g} V_{واقعی\ فلز}=\frac{1620}{2/7}=600cm^3$$

$$\Rightarrow V_{حفره}=V_{ظاهری\ فلز}-V_{واقعی\ فلز}=2625-600=2025cm^3$$

(فیزیک و اندازه‌گیری) (فیزیک ۱،صفحه‌های ۱۷ و ۱۸)

۴- گزینهٔ «۲» *(بهزاد آزادفر)*

حجم آب خارج شده از شیر در ۵ دقیقه:

$$5\times30=150L$$

پس آهنگ خروج آن از شیر برابر است با:

$$\text{آهنگ خروج}=\frac{150L}{5min}=30\frac{L}{min}$$

$$30\frac{L}{min}\times\frac{1m^3}{1000L}\times\frac{1min}{60s}\times\frac{1s}{10^6\mu s}=5\times10^{-10}\frac{m^3}{\mu s}$$

(فیزیک و اندازه‌گیری) (فیزیک ۱،صفحه‌های ۱۰ تا ۱۴)

۵- گزینهٔ «۴» *(مجتبی نکوئیان)*

تبدیل یکای هر کدام از گزینه‌ها را به صورت زیر انجام می‌دهیم:

۱)

$$3/9\times10^{-7}cm^2=3/9\times10^{-7}cm^2$$

$$\times(\frac{10^{-2}m}{1cm}\times\frac{1\mu m}{10^{-6}m})^2=39\mu m^2$$

۲)

$$1/2\times10^7\frac{ns}{mm^3}=1/2\times10^7\frac{ns}{mm^3}$$

$$\times\frac{10^{-9}s}{1ns}\times\frac{1Ts}{10^{12}s}\times(\frac{1mm}{10^{-3}m}\times\frac{10^3m}{1km})^3=1/2\times10^4\frac{Ts}{km^3}$$

۳)

$$2/3\times10^{-7}\frac{ms}{Mm^3}=2/3\times10^{-7}\frac{ms}{Mm^3}\times\frac{10^{-3}s}{1ms}$$

$$\times\frac{1ps}{10^{-12}s}\times(\frac{1Mm}{10^6m}\times\frac{10^9m}{1Gm})^3=2/3\times10^{11}\frac{ps}{Gm^3}$$

۴)

$$10^{-7}\frac{\mu m}{ng.ps^2}=10^{-7}\frac{\mu m^2}{ng.ps^2}\times(\frac{10^{-6}m}{1\mu m}\times\frac{1cm}{10^{-2}m})^2$$

$$\times\frac{1ng}{10^{-9}g}\times\frac{10^1g}{1dag}\times(\frac{1ps}{10^{-12}s}\times\frac{10^9s}{1Gs})^2=10^{37}\frac{cm^2}{dag.Gs^2}$$

(فیزیک و اندازه‌گیری) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۱۰ تا ۱۳)

۶- گزینهٔ «۱» *(مسعود خندانی)*

شیب خط نمودار $m-V$ همان چگالی جسم است. بنابراین:

$$\frac{\rho_A}{\rho_B}=\frac{m_A}{m_B}=\frac{3}{2}\Rightarrow\frac{3}{2}=\frac{m_B+300}{m_B}$$

$$3m_B=2m_B+600\Rightarrow m_B=600g$$

(فیزیک و اندازه‌گیری) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۱۶ تا ۱۸)

۷- گزینهٔ «۲» *(مجتبی نکوئیان)*

با توجه به این‌که $\frac{۴}{۵}$ از حجم مایع درون ظرف را خالی کرده‌ایم، حجم مایع و در نتیجه جرم مایع، $\frac{۱}{۵}$ حالت اولیه می‌شود، بنابراین:

$$m_{ظرف} + m'_{مایع} = \frac{۱}{۲}(m_{ظرف} + m_{مایع})$$

$$\xrightarrow{m'_{مایع}=\frac{۱}{۵}m_{مایع}} m_{ظرف} + \frac{۱}{۵}m_{مایع} = \frac{۱}{۲}m_{ظرف} + \frac{۱}{۲}m_{مایع}$$

$$\Rightarrow m_{ظرف} = \frac{۳}{۵}m_{مایع}$$

$$m_{مایع} = \rho_{مایع}V_{مایع} = \rho_{مایع}(\pi)(r^۲h)$$

$$\xrightarrow[r=۲cm\ ,\ h=۱۰cm]{\rho_{مایع}=۵\frac{g}{cm^۳}} m_{مایع} = (۵)(۳)(۲^۲)(۱۰) = ۶۰۰g$$

$$\Rightarrow m_{ظرف} = \frac{۳}{۵}(۶۰۰) = ۳۶۰g$$

(فیزیک و اندازه‌گیری) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۱۶ تا ۱۸)

۸- گزینهٔ «۴» *(مسام نادری)*

بررسی همهٔ موارد:

الف) نادرست: نیرو یک کمیت فرعی برداری ولی فشار یک کمیت فرعی نرده‌ای است.

ب) نادرست: سال نوری، یکای فرعی اندازه‌گیری طول است.

پ) نادرست: جرم یک زنبور عسل $(۰/۰۰۱۵kg)$ با نمادگذاری علمی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$۰/۰۰۱۵kg = ۱/۵\times۱۰^{-۳}kg = ۱/۵g$$

ت) درست؛

$$۱Mm^۲ = ۱Mm^۲ \times \frac{۱۰^{۱۲}m^۲}{۱Mm^۲} \times \frac{۱۰^{۱۲}\mu m^۲}{۱m^۲} = ۱۰^{۲۴}\mu m^۲$$

(فیزیک و اندازه‌گیری) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۲ تا ۱۶)

۹- گزینهٔ «۴» *(مسعود خندانی)*

$$\frac{kg.m^۲}{s^۲} = J = \underbrace{\frac{kg}{m.s^۲}}_{Pa}\times m^۳ \neq \underbrace{\frac{kg.m}{s^۲}}_{N}.m^۲$$

(فیزیک و اندازه‌گیری) (فیزیک ۱،صفحهٔ ۱۰)

۱۰- گزینهٔ «۲» *(بهنام شاهینی)*

رابطهٔ چگالی مخلوط (یا آلیاژ) به صورت زیر است:

$$\rho_{چگالی} = \frac{m_A + m_B}{V_A + V_B} \Rightarrow ۱۰ = \frac{m_A + m_B}{\frac{m_A}{\rho_A} + \frac{m_B}{\rho_B}}$$

$$\xrightarrow{m_A+m_B=۱۵۰۰g} ۱۰ = \frac{۱۵۰۰}{\frac{m_A}{۶} + \frac{m_B}{۱۲}} \Rightarrow ۲m_A + m_B = ۱۸۰۰ \qquad (I)$$

با توجه به صورت سؤال می‌دانیم:

$$m_A + m_B = ۱۵۰۰g \qquad (II)$$

$$\xrightarrow{(I)\ ,\ (II)} \begin{cases} m_A + m_B = ۱۵۰۰ \\ ۲m_A + m_B = ۱۸۰۰ \end{cases} \Rightarrow m_A = ۳۰۰g\ ,\ m_B = ۱۲۰۰g$$

(فیزیک و اندازه‌گیری) (فیزیک ۱،صفحه‌های ۱۶ تا ۱۸)

فیزیک ۱

۱- گزینهٔ «۲»
(مجتبی نکوئیان)

موارد «الف» و «ت»، درست و موارد «ب» و «پ»، نادرست هستند.

بررسی موارد نادرست:

ب) شیشه جز جامدهای بی‌شکل (آمورف) است و ذرات سازندهٔ آن در طرح‌های منظمی در کنار یکدیگر قرار ندارند.

پ) دلیل پخش ذرات رنگ و جوهر در آب، حرکت‌های نامنظم و کاتوره‌ای مولکول‌های آب و برخورد آن‌ها با ذرات سازندهٔ رنگ و جوهر است. نه بر عکس!

(ویژگی‌های فیزیکی مواد) (فیزیک۱، صفحه‌های ۲۴ تا ۲۹)

۲- گزینهٔ «۴»
(علیرضا جباری)

دمای قطره‌های ریزتر روغن بیشتر است؛ زیرا افزایش دما سبب کاهش نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های مایع شده و این مولکول‌ها قادر نیستند تا قطره‌های درشتی تشکیل دهند. در اینجا چون شکل «الف» قطره‌های ریزتری دارد، پس دمای آن بالاتر است.

(ویژگی‌های فیزیکی مواد) (فیزیک۱، صفحه ۳۰)

۳- گزینهٔ «۲»
(محمدکاظم منشاری)

$$P = P_0 + \rho gh \Rightarrow 4/5\times10^5 = 10^5 + 1000\times10\times h \Rightarrow h = 35m$$

(ویژگی‌های فیزیکی مواد) (فیزیک۱، صفحهٔ ۳۴)

۴- گزینهٔ «۳»
(احسان مطلبی)

ابتدا به کمک رابطهٔ فشار در ظرف استوانه‌ای، فشار هوای محیط را به دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} A_{\text{استوانه}} = \pi r^2 = 3\times0/1^2 = 3\times10^{-2}m^2 \\ P_{\text{در کف استوانه}} = \dfrac{mg}{A_{\text{استوانه}}} + P_0 \end{cases} \Rightarrow \left\{ 106000 = \frac{18\times10}{3\times10^{-2}} + P_0 \right.$$

$$\rightarrow P_0 = 100000Pa$$

حال رابطهٔ فشار درون ظرف مکعبی را می‌نویسیم تا مساحت سطح مقطع این مکعب را به دست آوریم:

$$P_{\text{درکف مکعب}} = P_0 + \frac{mg}{A_{\text{مکعب}}} \left\{ 102000 = 100000 + \frac{18\times10}{A_{\text{مکعب}}} \right.$$

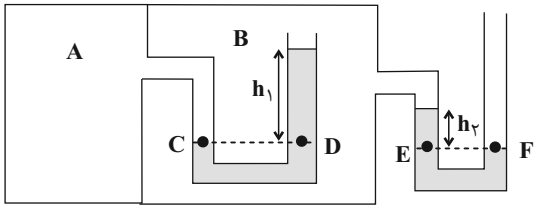
$$\rightarrow A_{\text{مکعب}} = 0/09m^2 = 900cm^2$$

می‌دانیم سطح قاعده یک مکعب، مربع شکل است. اگر ضلع این مربع را a بنامیم، داریم:

$$A = a^2 \qquad 900cm^2 = a^2 \qquad a = 30cm$$

(ویژگی‌های فیزیکی مواد) (فیزیک۱، صفحه‌های ۳۲ تا ۳۵)

۵- گزینهٔ «۲»
(احمد مرادی‌پور)



$$P_C = P_D \Rightarrow P_A = P_1 + P_B \Rightarrow P_A - P_B = P_1 \Rightarrow$$

اختلاف فشار ۲ گاز، در واقع همان اختلاف فشارپیمانه‌ای ۲ گاز است.

$$\Rightarrow 18 - (-6) = P_1 \Rightarrow P_1 = 24cmHg$$

فشار ناشی از h_1 متر از مایع با چگالی ρ_1 برابر $24cmHg$ است. حال برای بدست آوردن h_1، از رابطهٔ $\rho_1 gh_1 = \rho_2 gh_2$ استفاده می‌کنیم:

$$\rho_1 gh_1 = \rho_{\text{جیوه}} gh_{\text{جیوه}} \xrightarrow{h_{\text{جیوه}}=24cm} 0/4\rho_{\text{جیوه}} h_1 = \rho_{\text{جیوه}} \times 24$$

$$\Rightarrow h_1 = \frac{24}{0/4} = 60cm$$

$$P_E = P_F \Rightarrow P_2 + P_B = P_0 \Rightarrow P_B - P_0 = -P_2$$

$$\xrightarrow{P_B - P_0 = P_{gB} = -6cmHg} -6 = -P_2 \Rightarrow P_2 = 6cmHg$$

$$\Rightarrow \rho_2 gh_2 = \rho_{\text{جیوه}} gh_{\text{جیوه}} \xrightarrow{h_{\text{جیوه}}=6cm} \frac{1}{3}\rho_{\text{جیوه}} h_2 = \rho_{\text{جیوه}} \times 6$$

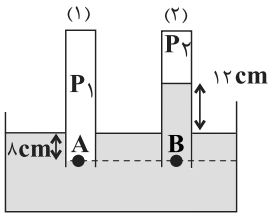
$$\Rightarrow h_2 = 3\times6 = 18cm$$

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{18}{60} = 0/3$$

(ویژگی‌های فیزیکی مواد) (فیزیک۱، صفحه‌های ۳۲ تا ۴۰)

۶- گزینهٔ «۳»
(زهره آقامحمدی)

ابتدا فشار هوای جمع شده در انتهای لولهٔ «۲» را برحسب سانتی‌متر جیوه می‌نویسیم، سپس فشار را در نقاط هم‌تراز A و B مساوی قرار می‌دهیم:



$$P_2 = \rho_{\text{جیوه}} gh_2 \xrightarrow[\rho_{\text{جیوه}}=13600\frac{kg}{m^3},\, g=10\frac{N}{kg}]{P_2=74800Pa}$$

$$74800 = 13600\times10\times h_2 \Rightarrow h_2 = 0/55m = 55cm$$

بنابراین فشار هوای جمع شده در انتهای لولهٔ «۲» برابر $P_2 = 55cmHg$ است.

$$P_A = P_B \Rightarrow P_A = 8 + 12 + P_2 = 20 + 55 = 75cmHg$$

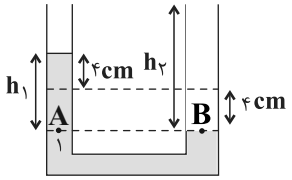
(ویژگی‌های فیزیکی مواد) (فیزیک۱، صفحه ۳۷)

۷- گزینهٔ «۱»

(میلاد طاهرعزیزی)

سطح مقطع لوله‌ها با هم برابر است. با ریختن مایع در یکی از شاخه‌ها، سطح مـایع ۱ در آن شاخه پایین آمده و به همان میزان در شاخهٔ دیگر بالا می‌رود.

مطابق شکل زیر از برابر قراردادن نقاط هم‌تراز مایع ۱ داریم:



$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$$

$$8 \times 3 = 1/2 \times h \Rightarrow h = \frac{24}{1/2} = 20cm$$

$$m = \rho V = \rho A h = 1/2 \times 20 \times 5 = 120g$$

(ویژگی‌های فیزیکی مواد) (فیزیک۱، صفحه‌های ۳۲ تا ۳۵)

۸- گزینهٔ «۲»

(امید خالدی)

فشار پیمانه‌ای ۲۰ درصد کمتر از فشار کل داخل زودپز است، بنابراین:

$$P_{\text{پیمانه‌ای}} = 0/8 P_{\text{کل}} \xrightarrow{P_{\text{کل}} = P_{\text{پیمانه‌ای}} + P_0} P_{\text{پیمانه‌ای}} = 0/8(P_{\text{پیمانه‌ای}} + P_0)$$

$$\Rightarrow P_{\text{پیمانه‌ای}} = 4P_0 \Rightarrow P_{\text{پیمانه‌ای}} = 4 \times 10^5 Pa$$

با قرار دادن وزنه روی روزنهٔ خروج، باید فشار ایجاد شده با فشار پیمانه‌ای بخار داخل زودپز برابر شود تا وزنه ساکن باقی بماند و مانع خروج بخار از زودپز شود.

بنابراین می‌توان نوشت:

$$P_{\text{پیمانه‌ای}} = P_{\text{وزنه}} \Rightarrow P_{\text{پیمانه‌ای}} = \frac{mg}{A} \Rightarrow$$

$$4 \times 10^5 = \frac{m \times 10}{0/4 \times 10^{-6}} \Rightarrow m = 16 \times 10^{-3} kg = 16g$$

(ویژگی‌های فیزیکی مواد) (فیزیک۱، صفحه‌های ۳۲ تا ۳۶)

۹- گزینهٔ «۳»

(علیرضا جباری)

موارد مطرح شده را به‌ترتیب بررسی می‌کنیم:

الف) نادرست. بخشی از جسم C که درون آب قرار گرفته بیشتر از بخشی از جسم B است که در آب قرار گرفته، بنابراین $\rho_C > \rho_B$ است.

ب) درست.

$$\left.\begin{array}{l}\rho_A = \rho_{\text{آب}} \\ \rho_B < \rho_{\text{آب}}\end{array}\right\} \Rightarrow \rho_B < \rho_A$$

پ) درست.

$$\left.\begin{array}{l}\rho_D > \rho_{\text{آب}} \\ \rho_A = \rho_{\text{آب}}\end{array}\right\} \Rightarrow \rho_D > \rho_A$$

ت) درست.

$$\left.\begin{array}{l}\rho_A = \rho_{\text{آب}} \\ \rho_C < \rho_{\text{آب}}\end{array}\right\} \Rightarrow \rho_C < \rho_A$$

ث) نادرست.

$$\left.\begin{array}{l}\rho_C < \rho_{\text{آب}} \\ \rho_D > \rho_{\text{آب}}\end{array}\right\} \Rightarrow \rho_D > \rho_C$$

(ویژگی‌های فیزیکی مواد) (فیزیک۱، صفحهٔ ۴۲)

۱۰- گزینهٔ «۳»

(زهره آقامحمدی)

آهنگ شارش حجمی برابر است با:

$$\text{آهنگ شارش حجمی} = A_1 v_1 \xrightarrow[\pi=3,\ v_1=25\times10^{-2}\frac{m}{s}]{A_1=\pi r_1^2,\ r_1=8cm=8\times10^{-2}m}$$

$$\text{آهنگ شارش حجمی} = 3 \times (8 \times 10^{-2})^2 \times 25 \times 10^{-2} = 4/8 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s}$$

طبق معادلهٔ پیوستگی، داریم:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \xrightarrow{A=\pi r^2} r_1^2 v_1 = r_2^2 v_2 \xrightarrow[r_2=4cm]{r_1=8cm,\ v_1=25\times10^{-2}\frac{m}{s}}$$

$$64 \times 25 \times 10^{-2} = 16 \times v_2 \Rightarrow v_2 = 1\frac{m}{s}$$

(ویژگی‌های فیزیکی مواد) (فیزیک۱، صفحه‌های ۴۴ و ۴۵)

فیزیک ۱

۱- گزینهٔ «۲»
(محمد صفائی)

با توجه به رابطهٔ انرژی جنبشی داریم:

$$K=\frac{1}{2}mv^2$$

در حالت دوم، تندی جسم برابر $v+2$ متر بر ثانیه و انرژی جنبشی آن برابر $K+32$ ژول است.

$$K+32=\frac{1}{2}m(v+2)^2$$

مقدار K را از رابطهٔ اول، در رابطهٔ دوم جایگذاری می‌کنیم:

$$\frac{1}{2}mv^2+32=\frac{1}{2}m(v+2)^2\Rightarrow 32=\frac{1}{2}m[(v+2)^2-v^2]=\frac{1}{2}m[4v+4]$$

$$\Rightarrow 32=\frac{1}{2}\times\frac{8}{10}\times 4(v+1)\Rightarrow v=19\frac{m}{s}$$

(کار، انرژی و توان) (فیزیک ۱، صفحهٔ ۵۴)

۲- گزینهٔ «۲»
(علیرضا جباری)

کار هریک از نیروهای $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$ را در جابه‌جایی $\vec{d}$ به دست می‌آوریم. باید توجه داشت که مولفه‌ای از جابه‌جایی که عمود بر نیرو است، در اندازهٔ کار انجام شده بی تأثیر است.

$$\frac{W_{F_1}}{W_{F_2}}=\frac{F_1\times d_x}{F_2\times d_y}=\frac{6\times 4}{2\times 3}=\frac{24}{6}=4$$

(کار، انرژی و توان) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۵۵ تا ۵۸)

۳- گزینهٔ «۱»
(علیرضا جباری)

اندازهٔ جابه‌جایی هر دو جسم A و B را در راستای افقی با d نشان می‌دهیم و قضیهٔ کار – انرژی جنبشی را برای هر دو جسم می‌نویسیم:

$$W_{t,A}=\Delta K_A\Rightarrow 2Fd\cos 0^\circ=\frac{1}{2}m_A(v_A^2-0)\Rightarrow v_A^2=\frac{4Fd}{m_A}\ (\text{جسم A})$$

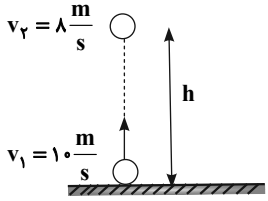
$$W_{t,B}=\Delta K_B\Rightarrow Fd\cos 0^\circ=\frac{1}{2}m_B(v_B^2-0)\Rightarrow v_B^2=\frac{2Fd}{m_B}\ (\text{جسم B})$$

نسبت تندی جسم B به جسم A را پس از جابه‌جایی d به دست می‌آوریم:

$$\frac{v_B^2}{v_A^2}=\frac{\frac{2Fd}{m_B}}{\frac{4Fd}{m_A}}=\frac{2m_A}{4m_B}=\frac{1}{2}\times\frac{m_A}{2m_A}=\frac{1}{4}\Rightarrow\frac{v_B}{v_A}=\frac{1}{2}$$

(کار، انرژی و توان) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۶۱ تا ۶۳)

۴- گزینهٔ «۱»
(محمدکاظم منشاری)



$$E_1=E_2\Rightarrow K_1+U_1=K_2+U_2\Rightarrow\frac{1}{2}mv_1^2+0=\frac{1}{2}mv_2^2+mgh$$

$$\Rightarrow\frac{1}{2}v_1^2=\frac{1}{2}v_2^2+gh\Rightarrow\frac{1}{2}\times 100=\frac{1}{2}\times 64+10h\Rightarrow h=1/8m$$

(کار، انرژی و توان) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۶۸ تا ۷۰)

۵- گزینهٔ «۳»
(حامد جمشیدیان)

طبق اصل پایستگی انرژی، بخشی از انرژی پتانسیل گرانشی اولیه به انرژی جنبشی تبدیل شده و بخشی هم در اثر مقاومت هوا به انرژی درونی تبدیل می‌شود، پس انرژی جنبشی کمتر از $400J$ افزایش خواهد یافت.

(کار، انرژی و توان) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۷۱ و ۷۲)

۶- گزینهٔ «۴»
(مهران اسماعیلی)

با استفاده از قانون پایستگی انرژی برای کل مسیر AC و مسیر BC داریم:

$$W_{f_{AC}}=E_C-E_A\Rightarrow W_{f_{AC}}=(K_C+U_C)-(K_A+U_A)$$

با فرض اینکه نقطهٔ B مبداء انرژی پتانسیل گرانشی فرض شود، جسم در نقطهٔ A فقط دارای انرژی پتانسیل گرانشی و در نقطهٔ C، دارای انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل گرانشی است.

$$W_{f_{AC}}=(\frac{1}{2}mv_C^2+mgh_2)-(0+mgh_1)\xrightarrow[g=10\frac{N}{kg},v_C=6\frac{m}{s}]{m=1kg,\ h_1=21/8m,h_2=4m}$$

$$W_{f_{AC}}=(\frac{1}{2}\times 1\times 6^2+1\times 10\times 4)-1\times 10\times 21/8\Rightarrow W_{f_{AC}}=-160J$$

$$W_{f_{BC}}=E_C-E_B\Rightarrow W_{f_{BC}}=(K_C+U_C)-(K_B+U_B)$$

در نقطه B، جسم فقط دارای انرژی جنبشی است.

$$W_{f_{BC}}=(\frac{1}{2}mv_C^2+mgh_2)-(\frac{1}{2}mv_B^2+0)\xrightarrow[h_2=4m,m=1kg]{v_C=6\frac{m}{s},v_B=14\frac{m}{s}}$$

$$W_{f_{BC}}=(\frac{1}{2}\times 1\times 6^2+1\times 10\times 4)-\frac{1}{2}\times 1\times 14^2\Rightarrow W_{f_{BC}}=-40J$$

اکنون می‌توانیم درصد اندازهٔ کار نیروی اصطکاک در مسیر BC را نسبت به کل مسیر تعیین کنیم.

$$\frac{|W_{f_{BC}}|}{|W_{f_{AC}}|}\times 100=\frac{40}{160}\times 100=25\%$$

(کار، انرژی و توان) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۶۹ تا ۷۲)

۷- گزینهٔ «۲»
(مهران اسماعیلی)

با استفاده از قضیهٔ کار و انرژی جنبشی در دو حالت داریم:

$$W_t=K_2-K_1=\frac{1}{2}m(v_2^2-v_1^2)$$

$$\frac{W_{t_2}}{W_{t_1}}=\frac{\frac{1}{2}m(v_3^2-v_2^2)}{\frac{1}{2}m(v_2^2-v_1^2)}\xrightarrow[v_2=2v_1]{W_{t_1}=240J,W_{t_2}=1680J}\frac{1680}{240}=\frac{v_3^2-(2v_1)^2}{(2v_1)^2-v_1^2}$$

$$\Rightarrow 7=\frac{v_3^2-4v_1^2}{4v_1^2-v_1^2}\Rightarrow 21v_1^2=v_3^2-4v_1^2\Rightarrow v_3^2=25v_1^2\Rightarrow v_3=5v_1$$

(کار، انرژی و توان) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۶۱ تا ۶۳)

۸- گزینهٔ «۳»
(امیرحسین برادران)

گزاره‌ها الف، ب و پ درست اند و گزارهٔ «ت» نادرست است. بررسی گزاره‌ها:

الف) مطابق قضیهٔ کار و انرژی جنبشی، اگر $W_T>0$ باشد، انرژی جنبشی جسم افزایش می‌یابد و بنابراین تندی جسم افزایش می‌یابد.

$$W_T=\Delta K\xrightarrow{W_T>0}\Delta K>0\Rightarrow K_2>K_1\xrightarrow{K=\frac{1}{2}mv^2}v_2>v_1$$

ب) مطابق قضیهٔ کار و انرژی جنبشی، اگر $|v_1|=|v_2|$ باشد، داریم:

$$|v_1|=|v_2| \xrightarrow{K=\frac{1}{2}mv^2} K_1=K_2 \Rightarrow K_2-K_1=0 \xrightarrow[W_T=\Delta K]{\text{انرژی جنبشی ثابت است}} W_T=0$$

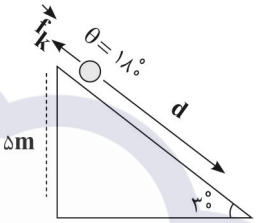
پ) اگر برآیند نیروهای وارد بر جسم برابر صفر باشد، بنابراین کار برآیند نیروهای وارد بر جسم برابر صفر است.

$$W_T=F_T\times d\times\cos\theta \xrightarrow{F_T=0} W_T=0$$

ت) اگر جسم روی مسیر منحنی شکل (مثل حرکت ماهواره به دور زمین) با تندی ثابت در حال حرکت باشد، مطابق قضیهٔ کار و انرژی جنبشی، کار برآیند نیروهای وارد بر جسم برابر صفر است، که در این حالت نیروی برآیند عمود بر جابه‌جایی است و بنابراین نیروی برایند می‌تواند برابر صفر نباشد.

(کار، انرژی و توان) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۶۱ تا ۶۳)

۹- گزینهٔ «۴» *(حامد جمشیدیان)*



ابتدا باید جابه‌جایی روی سطح را بیابیم:

$$\sin 30^\circ=\frac{5}{d}\Rightarrow\frac{1}{2}=\frac{5}{d}\Rightarrow d=10m$$

حال کار نیروی اصطکاک را روی سطح می‌یابیم:

$$W_{f_k}=f_k d\cos 180^\circ\Rightarrow 2/6\times10\times(-1)=-26J$$

طبق اصل پایستگی انرژی:

$$E_2-E_1=W_{f_k}\Rightarrow\Delta K+\Delta U=W_{f_k}$$

$$\Rightarrow\frac{1}{2}m(v_2^2-v_1^2)+mg(h_2-h_1)=W_{f_k}\Rightarrow\frac{1}{2}\times1(v_2^2-4^2)$$

$$+1\times10(0-5)=-26$$

$$\Rightarrow\frac{1}{2}v_2^2-8-50=-26\Rightarrow\frac{1}{2}v_2^2=32\Rightarrow v_2^2=64\Rightarrow v_2=\sqrt{64}=8\frac{m}{s}$$

(کار، انرژی و توان) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۷۱ و ۷۲)

۱۰- گزینهٔ «۳» *(علیرضا جباری)*

ابتدا جرم آب جابه‌جا شده را به دست می‌آوریم: $(1m^3=10^3L)$

$$m=\rho v=10^3\frac{kg}{m^3}\times12m^3=12000kg$$

از آنجا که تندی آب ثابت می‌ماند، کار انجام شده توسط پمپ صرف غلبه بر کار نیروی وزن می‌شود:

$$P_2=\frac{W_t}{\Delta t}=\frac{mgh}{\Delta t}=\frac{12000\times10\times(24-(-18))}{3600}=1400W$$ توان مفید (خروجی)

اکنون با معلوم بودن توان ورودی (مصرفی) پمپ، بازده آن را حساب می‌کنیم:

$$Ra=\frac{P_2}{P_1}\times100\xrightarrow[P_1=2kW=2000W]{P_2=1400W}Ra=\frac{1400}{2000}\times100=\%70$$

(کار، انرژی و توان) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۷۳ و ۷۵)

۱۱- گزینهٔ «۳» *(مجید میرزائی)*

الف) فشارسنج‌ها فشار پیمانه‌ای را اندازه می‌گیرند. پس این عبارت درست است.

ب) این عبارت نادرست است.در متن گفته شده دگرچسبی، در حالی‌که نیروی هم‌چسبی است.

پ) نیروی دگرچسبی آب و شیشه دودانود (یا چرب شده) کمتر از هم چسبی مولکول‌های آب است پس سطح شیشه را تر نمی‌کند.

این عبارت نادرست است.

ت) این عبارت کاملا درست است.

(ویژگی‌های فیزیکی مواد) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۲۸ تا ۳۱)

۱۲- گزینهٔ «۳» *(حسین طرفی)*

فشار در ارتفاع h برابر P_A و فشار در ارتفاع $10h$ برابر P_B است.

$$P_A=0/2P_B$$

$$\Rightarrow P_B=5P_A\Rightarrow P_0+\rho g(10h)=5(P_0+\rho gh)$$

$$4P_0=5\rho gh\Rightarrow h=\frac{4P_0}{5\rho g}=\frac{4\times10^5}{5\times10^3\times10}=8m$$

$$h_B-h_A=10h-h=9h=9\times8=72m$$

(ویژگی‌های فیزیکی مواد) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۳۲ تا ۳۵)

۱۳- گزینهٔ «۳» *(حسین طرفی)*

$$P_{\text{گازمحبوس}}=P_0-(P')$$

$$\rho_{\text{جیوه}}h_{\text{جیوه}}=\rho_{\text{مایع}}\times h_{\text{مایع}}$$

$$\Rightarrow 13/6h_{\text{جیوه}}=3/4\times160\Rightarrow h_{\text{جیوه}}=40cmHg$$

$$\Rightarrow P_{\text{گازمحبوس}}=(74cmHg)-(40cmHg)=34cmHg$$

(ویژگی‌های فیزیکی مواد) (فیزیک ۱، صفحهٔ ۳۷)

۱۴- گزینهٔ «۲» *(حسین طرفی)*

فشار گاز به اندازه فشار $40cm$ ستون مایع از فشار هوا کمتر است پس فشار پیمانه‌ای منفی است. این فشار را با فشار جیوه معادل‌سازی می‌کنیم.

$$\rho_{\text{مایع}}h_{\text{مایع}}=\rho_{\text{جیوه}}h_{\text{جیوه}}\Rightarrow h_{\text{جیوه}}=\frac{0/85\times40}{13/6}=2/5cm$$

پس فشار پیمانه‌ای گاز $-2/5cmHg$ است.

(ویژگی‌های فیزیکی مواد) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۳۸ و ۳۹)

۱۵- گزینهٔ «۱» *(مجید میرزائی)*

از برابری فشار در نقاط همتراز یک شاره داریم:

$$P_{\text{گاز}}+\rho'gh'=P_0+\rho gH\Rightarrow P_g=P_{\text{گاز}}-P_0=\rho gH-\rho'gh'$$

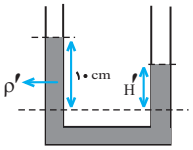
$$\xrightarrow[P_g=3000Pa\ ,\ h'=10cm]{2\rho=5\rho'\ ,\ H=16cm}$$

$$3000=\rho\times10\times0/16-\frac{2\rho}{5}\times10\times0/1=1/6\rho-0/4\rho$$

$$\rho=2500\frac{kg}{m^3}\ ,\ \rho'=\frac{2\rho}{5}=1000\frac{kg}{m^3}$$

وقتی مخزن سوراخ شود یک لوله U شکل خواهیم داشت.

$$\rho' h' = \rho H' \Rightarrow ۱۰۰۰ \times ۱۰ = ۲۵۰۰ \times H' \Rightarrow H' = ۴cm$$



(ویژگی‌های فیزیکی مواد) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۳۸ تا ۴۰)

۱۶–گزینهٔ «۴» *(غلامرضا مهبی)*

طبق معادله پیوستگی $A_۱v_۱ = A_۲v_۲$ ، تندی شاره با سطح مقطع $(A = \pi r^۲)$ نسبت عکس دارد، بنابراین داریم:

$$\frac{v_۲}{v_۱} = \frac{A_۱}{A_۲} = \left(\frac{r_۱}{r_۲}\right)^۲ = (۱/۵)^۲ = \frac{۹}{۴}$$

اما در مورد فشار شاره طبق اصل برنولی می‌توان گفت الزاماً فشار در بخش قطورتر بیشتر از بخش باریک تر است $(P_۲ < P_۱)$ اما لزوماً $\frac{۹}{۴}$ نیست.

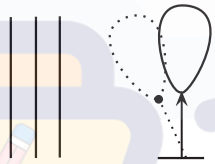
(ویژگی‌های فیزیکی مواد) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۴۳ تا ۴۷)

۱۷–گزینهٔ «۳» *(غلامرضا مهبی)*

مطابق شکل جریان هوای تندی در سمت چپ بادکنک برقرار است. می‌خواهیم جهت انحراف بادکنک را تعیین کنیم. به طور کلی طبق اصل برنولی برای یک شاره، تندی بیشتر، فشار کمتر را در بر دارد در اینجا تندی بیشتر جریان هوا در سمت چپ باعث کمتر شدن فشار نسبت به سمت راست بادکنک شده و این اختلاف فشار باعث اعمال نیرویی از راست به چپ شده و بادکنک را به سمت چپ منحرف می‌کند.

دقت کنید جهت جریان شاره اهمیت ندارد. تندی بیشتر جریان شاره، فشار کمتر را ایجاد می‌کند خواه جریان هوا به سمت بالا باشد خواه پایین، خواه درون سو باشد، خواه برون سو.

لذا گزاره‌های (ب) و (پ) و (ت) درست بیان شده‌اند.



(ویژگی‌های فیزیکی مواد) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۴۶ و ۴۷)

۱۸–گزینهٔ «۳» *(غلامرضا مهبی)*

اگر چگالی مایع را $\rho_۰$ و چگالی اجسام را با شماره خودشان مشخص کنیم خواهیم داشت:

جسم (۱) شناور است پس $\rho_۱ < \rho_۰$

جسم (۲) غوطه ور است پس $\rho_۲ = \rho_۰$

جسم(۳) به طرف بالا می‌رود پس $\rho_۳ < \rho_۰ \xrightarrow{\rho_۲=\rho_۰} \rho_۳ < \rho_۲$

جسم(۴) به طرف بالا می‌رود پس $\rho_۴ < \rho_۰ \xrightarrow{\rho_۲=\rho_۰} \rho_۴ < \rho_۲$

اما الزامی برای $\rho_۳ = \rho_۴$ وجود ندارد.

(ویژگی‌های فیزیکی مواد) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۴۰ تا ۴۲)

۱۹–گزینهٔ «۳» *(سراسری ریاضی– ۸۱)*

با توجه به تعریف فشار $P = \frac{F}{A}$ ، نیروی عمودی ناشی از فشار هوا بر سطح مقطع دلخواه A برابر است با:

$$F = PA \xrightarrow[A=۱cm^۲=۱۰^{-۴}m^۲]{P=۱۰^۵Pa} F = ۱۰^۵ \times ۱۰^{-۴} = ۱۰N$$

(ویژگی‌های فیزیکی مواد) (فیزیک ۱، صفحهٔ ۳۲ تا ۴۰)

۲۰–گزینهٔ «۱» *(سراسری خارج از کشور تجربی – ۹۸)*

مطابق شکل می‌خواهیم تندی حرکت شاره و فشار آن را در ناحیه‌های A و B بررسی کنیم:

در جریان پایای یک شاره، هر چه سطح مقطع کوچک‌تر باشد تندی شاره بیش‌تر و طبق اصل برنولی فشار شاره کم‌تر خواهد بود. بنابراین با کاهش مقطع لوله، تندی افزایش و فشار کاهش می‌یابد، یعنی:

$$P_A > P_B \ , v_A < v_B$$

(ویژگی‌های فیزیکی مواد) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۴۳ تا ۴۵)

فیزیک ۱

۱- گزینهٔ «۲» *(الهام بهمنی)*

با استفاده از رابطه‌های دما بر حسب کلوین و درجهٔ فارنهایت داریم:

$$T = F \xrightarrow[F=\frac{9}{5}\theta+32]{T=\theta+273} \theta + 273 = \frac{9}{5}\theta + 32 \Rightarrow$$

$$273 - 32 = \frac{9}{5}\theta - \theta \Rightarrow 241 = \frac{4}{5}\theta \Rightarrow \theta = \frac{5\times 241}{4} = 301/25^\circ C$$

(دما و گرما)(فیزیک ۱، صفحه‌های ۸۴و۸۵)

۲- گزینهٔ «۳» *(احسان ایرانی)*

مورد اول نادرست است. ترموکوپل جز دماسنج‌های معیار نمی‌باشد.

مورد دوم درست است.

مورد سوم درست است.

(دما و گرما)(فیزیک ۱، صفحه‌های ۸۶و۸۷)

۳- گزینهٔ «۱» *(علیرضا باقری)*

ابتدا افزایش دمای میلهٔ **B** را برحسب درجهٔ سلسیوس به دست می‌آوریم:

$$\Delta F_B = \frac{9}{5}\Delta\theta_B \xrightarrow{\Delta F_B = 108^\circ F} 108 = \frac{9}{5}\times\Delta\theta_B \Rightarrow \Delta\theta_B = 60^\circ C$$

از طرف دیگر، افزایش طول دو میله یکسان است، بنابراین تغییر طول دو میله را برابر یکدیگر قرار می‌دهیم:

$$\Delta L_A = \Delta L_B \Rightarrow L_A\alpha_A\Delta\theta_A = L_B\alpha_B\Delta\theta_B$$

$$\xrightarrow{\alpha_B = 2/7\alpha_A} L_A\times\alpha_A\times 54 = L_B\times 2/7\alpha_A\times 60 \Rightarrow$$

$$L_A\times 20 = L_B\times 60 \Rightarrow \frac{L_B}{L_A} = \frac{1}{3}$$

(دما و گرما)(فیزیک ۱، صفحه‌های ۸۸و۸۹)

۴- گزینهٔ «۲» *(احسان ایرانی)*

ابتدا با استفاده از رابطهٔ تغییر چگالی اجسام جامد، افزایش دمای جسم را بر حسب درجهٔ سلسیوس می‌یابیم:

$$\text{درصد تغییر چگالی} = \frac{\Delta\rho}{\rho_1}\times 100 \xrightarrow[\beta=3\alpha]{\Delta\rho=-\beta\rho_1\Delta\theta}$$

$$\text{درصد تغییر چگالی} = \frac{-3\alpha\rho_1\Delta\theta}{\rho_1}\times 100 = -3\alpha\Delta\theta\times 100 \xrightarrow[\alpha=4\times 10^{-5}\frac{1}{K}]{\text{درصد تغییر چگالی}=-3}$$

$$-3 = -3\times 4\times 10^{-5}\times\Delta\theta\times 100 \Rightarrow \Delta\theta = \frac{10^3}{4} = 250^\circ C$$

اکنون تغییر دما را به درجهٔ فارنهایت تبدیل می‌کنیم:

$$\Delta F = \frac{9}{5}\Delta\theta \xrightarrow{\Delta\theta = 250^\circ C} \Delta F = \frac{9}{5}\times 250 = 450^\circ F$$

(دما و گرما)(فیزیک ۱، صفحه‌های ۸۴تا۹۴)

۵- گزینهٔ «۳» *(ادریس محمدی)*

با توجه به قانون پایستگی انرژی مجموع گرماهای مبادله شده صفر است. بنابراین داریم:

$$\boxed{\text{آب}\,10^\circ C} \xrightarrow{Q_1 = m_1 c_{\text{آب}}\Delta\theta_1} \boxed{\text{آب}\,16^\circ C}$$

$$\boxed{\text{آب}\,40^\circ C} \xrightarrow{Q_2 = m_2 c_{\text{آب}}\Delta\theta_2} \boxed{\text{آب}\,16^\circ C}$$

$$\text{ظرف فلزی}\,16^\circ C \xrightarrow{Q_3 = m_{\text{فلز}} c_{\text{فلز}}\Delta\theta} \text{ظرف فلزی}\,16^\circ C$$

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0 \Rightarrow m_1 c_{\text{آب}}\Delta\theta_1 + m_2 c_{\text{آب}}\Delta\theta_2 + m_{\text{فلز}} c_{\text{فلز}}\Delta\theta_{\text{فلز}} = 0$$

$$\xrightarrow[m_2 = 0/01kg\ ،\ \theta_2 = 40^\circ C\ ،\ m_{\text{فلز}} = 0/15kg]{c_{\text{آب}} = 4200\frac{J}{kg^\circ C}\ ,\ m_1 = m\ ،\ \theta_1 = 10^\circ C\ ،\ \theta = 16^\circ C\ ،\ \theta_{\text{فلز}} = 16^\circ C}$$

$$m\times 4200\times(16-10) + \frac{1}{100}\times 4200\times(16-40) + \frac{15}{100}\times 4200\times(16-16) = 0$$

$$\Rightarrow 6m\times 4200 - 42\times 24 = 0 \Rightarrow m = 0/04kg = 40g$$

(دما و گرما)(فیزیک ۱، صفحه‌های ۹۹و۱۰۰)

۶- گزینهٔ «۳» *(احسان ایرانی)*

فلز را با اندیس (۱) و آب را با اندیس (۲) نشان می‌دهیم و شرط تعادل گرمایی را برای آن‌ها می‌نویسیم:

$$\boxed{\text{فلز}\,2\theta} \xrightarrow{Q_1 = m_1 c_{\text{فلز}}\Delta\theta} \boxed{\text{فلز}\,\frac{\theta}{2}}$$

$$\boxed{\text{آب}\,0^\circ C} \xrightarrow{Q_2 = m_2 c_{\text{آب}}\Delta\theta_{\text{آب}}} \boxed{\text{آب}\,\frac{\theta}{2}}$$

$$Q_1 + Q_2 = 0 \Rightarrow m_1 c_{\text{فلز}}\Delta\theta_{\text{فلز}} + m_2 c_{\text{آب}}\Delta\theta_{\text{آب}} = 0$$

$$\xrightarrow[c_{\text{فلز}} = 420\frac{J}{kg.K}]{m_2 = 600g = 0/6kg\ ,\ c_{\text{آب}} = 4200\frac{J}{kg.K}}$$

$$m_1\times 420\times(\frac{\theta}{2} - 2\theta) + 0/6\times 4200\times(\frac{\theta}{2} - 0) = 0$$

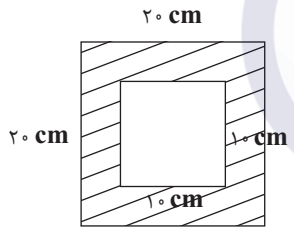
$$\Rightarrow 420m_1\times\frac{3\cancel{\theta}}{\cancel{2}} = 6\times 420\times\frac{\cancel{\theta}}{\cancel{2}} \Rightarrow m_1 = \frac{6\times 420}{420\times 3} = 2kg$$

(دما و گرما)(فیزیک ۱، صفحه‌های ۹۹و۱۰۰)

۷- گزینهٔ «۱» *(ادریس محمدی)*

با توجه به اینکه نقطهٔ **O** در مرکز مربع قرار دارد، لذا طول ضلع مربع کوچک **10cm** و طول ضلع مربع بزرگ **20cm** می‌باشد. بنابراین، ابتدا مساحت قسمت فلزی را در حالت اول (قبل از افزایش دما) به دست می‌آوریم:

$$A_1 = 20\times 20 - 10\times 10 \Rightarrow A_1 = 300cm^2$$



از طرفی، با افزایش دما مساحت قسمت فلزی به $303cm^2$ می‌رسد، در این حالت داریم:

$$\Delta A = A_2 - A_1 \xrightarrow[A_1 = 300cm^2]{A_2 = 303cm^2} \Delta A = 303 - 300 = 3cm^2$$

در آخر با استفاده از رابطهٔ تغییر مساحت، ضریب انبساط طولی را می‌یابیم:

$$\Delta A = 2\alpha A_1\Delta\theta \xrightarrow[\Delta\theta = 250^\circ C]{\Delta A = 3cm^2\ ,\ A_1 = 300cm^2}$$

$$3 = 2\alpha\times 300\times 250 \Rightarrow \alpha = 2\times 10^{-5}\frac{1}{K}$$

(دما و گرما)(فیزیک ۱، صفحه‌های ۸۸تا۹۲)

۸- گزینهٔ «۳» *(علیرضا باقری)*

حجم مایع بیرون ریخته شده ناشی از تفاضل افزایش حجم مایع و افزایش حجم ظرف است و چون ضریب انبساط حجمی مایع بیشتر از ظرف است، لذا افزایش حجم مایع بیشتر از افزایش حجم خواهد بود. بنابراین داریم:

$$\Delta V_{\text{مایع}} = \Delta V_{\text{ظرف}} + \Delta V_{\text{سرریزشده}} \xrightarrow{\Delta V_{\text{سرریز شده}} = 194cm^3}$$

$$\Delta V_{\text{مایع}} = \Delta V_{\text{ظرف}} + 194$$

از طرف دیگر، با توجه به رابطهٔ $\Delta V = \beta V_1\ \Delta T$ داریم:

$$\frac{\Delta V_{\text{مایع}}}{\Delta V_{\text{ظرف}}}=\frac{\beta_{\text{مایع}}V_1\Delta T}{\beta_{\text{ظرف}}V_1\Delta T}\Rightarrow\frac{\Delta V_{\text{مایع}}}{\Delta V_{\text{ظرف}}}=\frac{\beta_{\text{مایع}}}{\beta_{\text{ظرف}}}$$

$$\xrightarrow[\Delta V_{\text{مایع}}=\Delta V_{\text{ظرف}}+۱۹۴]{\beta_{\text{مایع}}=\frac{۱۰۰}{۳}\beta_{\text{ظرف}}}$$

$$\frac{\Delta V_{\text{ظرف}}+۱۹۴}{\Delta V_{\text{ظرف}}}=\frac{\frac{۱۰۰}{۳}\beta_{\text{ظرف}}}{\beta_{\text{ظرف}}}\Rightarrow\frac{\Delta V_{\text{ظرف}}+۱۹۴}{\Delta V_{\text{ظرف}}}=\frac{۱۰۰}{۳}\Rightarrow\Delta V_{\text{ظرف}}=۶cm^۳$$

بنابراین، $\Delta V=۶cm^۳$ است. (دما و گرما)(فیزیک ۱، صفحه ۹۴)

۹- گزینهٔ «۱» (سید ابوالفضل شالقی)

ابتدا جرم الکل را می‌یابیم و سپس دمای آن را از درجهٔ فارنهایت به درجهٔ سلسیوس تبدیل می‌کنیم:

$$m_{\text{الکل}}=\rho_{\text{الکل}}V_{\text{الکل}}\xrightarrow[V_{\text{الکل}}=۷۰۰cm^۳]{\rho_{\text{الکل}}=۰/۸\frac{g}{cm^۳}}$$

$$m_{\text{الکل}}=۰/۸\times۷۰۰=۵۶۰g=۰/۵۶kg$$

$$F_{\text{الکل}}=\frac{۹}{۵}\theta_{\text{الکل}}+۳۲\xrightarrow{F_{\text{الکل}}=۴۱^\circ F}$$

$$۴۱=\frac{۹}{۵}\theta_{\text{الکل}}+۳۲\Rightarrow\theta_{\text{الکل}}=۵^\circ C$$

اکنون با استفاده از شرط تعادل گرمایی، جرم آب را می‌یابیم:

$$\boxed{۵۰^\circ C_{\text{آب}}}\xrightarrow{Q_1=m_{\text{آب}}c_{\text{آب}}\Delta\theta_{\text{آب}}}\boxed{۲۷/۵^\circ C_{\text{آب}}}$$

$$۵^\circ C_{\text{الکل}}\xrightarrow{Q_2=m_{\text{الکل}}c_{\text{الکل}}\Delta\theta}۲۷/۵^\circ C_{\text{الکل}}$$

$$Q_1+Q_2=۰\Rightarrow m_{\text{آب}}c_{\text{آب}}\Delta\theta+m_{\text{الکل}}c_{\text{الکل}}\Delta\theta=۰$$

$$\xrightarrow[c_{\text{آب}}=۴۲۰۰\frac{J}{kg.^\circ C}]{m_{\text{الکل}}=۰/۵۶kg\ ,\ c_{\text{الکل}}=۲۴۰۰\frac{J}{kg^\circ C}}$$

$$m_{\text{آب}}\times۴۲۰۰\times(۲۷/۵-۵۰)+۰/۵۶\times۲۴۰۰\times(۲۷/۵-۵)=۰$$

$$۴۲۰۰\times\cancel{۲۲/۵}m_{\text{آب}}=۰/۵۶\times۲۴۰۰\times\cancel{۲۲/۵}\Rightarrow m_{\text{آب}}$$

$$=\frac{۵۶\times۲۴}{۴۲۰۰}=۰/۳۲kg=۳۲۰g$$

(دما و گرما)(فیزیک ۱، صفحه‌های ۹۹و ۱۰۰)

۱۰- گزینهٔ «۴» (معصومه شریعت‌ناصری)

آن طور که نمودار نشان می‌دهد، در مدت $t=۲۰min$ دمای جسم از $۳۰^\circ C$ به $۵^\circ C$ می‌رسد. بنابراین، ابتدا مقدار گرمایی که توسط وسیلهٔ سرمازا از جسم گرفته می‌شود را می‌یابیم:

$$Q=Pt\xrightarrow[P=۳W]{t=۲۰min=۲۰\times۶۰=۱۲۰۰s}Q=۳\times۱۲۰۰=۳۶۰۰J$$

اکنون با استفاده از رابطهٔ گرما، به صورت زیر گرمای ویژهٔ جسم را پیدا می‌کنیم. دقت کنید، چون دمای جسم کاهش یافته است $Q=-۳۶۰۰J$ می‌باشد.

$$Q=mc(\theta_۲-\theta_۱)\xrightarrow[Q=-۳۶۰۰J\ ,\ m=۳۰۰g=۰/۳kg]{\theta_۲=۵^\circ C\ ,\ \theta_۱=۳۰^\circ C}$$

$$-۳۶۰۰=۰/۳\times c\times(۵-۳۰)\Rightarrow-۳۶۰۰=-۷/۵c\Rightarrow c=۴۸۰\frac{J}{kg.K}$$

(دما و گرما)(فیزیک ۱، صفحه‌های ۹۶ تا ۹۹)

فیزیک ۱

۱- گزینهٔ «۱»
(آرمین راسخی)

تبدیل حالت از جامد به بخار را تصعید و از حالت بخار به حالت مایع میعان نام دارد.

(دما و گرما) (فیزیک ۱، صفحهٔ ۱۰۳)

۲- گزینهٔ «۲»
(علیرضا باقری)

آزمایش مکعب لسلی در مورد رابطه تابش گرمایی (نه رسانش گرمایی) و دمای جسم است.

(دما و گرما) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۱۱۱ تا ۱۱۷)

۳- گزینهٔ «۱»
(علیرضا باقری)

به بررسی گزینه‌ها می‌پردازیم:

الف) نادرست است: تفسنج نوری به عنوان دماسنج معیار برای اندازه‌گیری دماهای بالاتر از $۱۱۰۰^\circ C$ انتخاب شده است.

ب) نادرست است: تابش گرمایی در دماهای زیر $۵۰۰^\circ C$ عمدتا به صورت فروسرخ و نامرئی است.

پ) نادرست است: انتقال گرما از مرکز خورشید به سطح آن به علت پدیده همرفت است.

(دما و گرما) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۱۱۱ تا ۱۱۷)

۴- گزینهٔ «۲»
(علیرضا باقری)

به بررسی علت هریک از پدیده‌ها می‌پردازیم:

گرم و سرد شدن بخش‌های مختلف بدن بر اثر گردش خون یک همرفت وا داشته است، زیرا قلب همچون تلمبه‌ای باعث همرفت واداشته خون می‌شود.

سیستم خنک کنندهٔ موتور اتومبیل یک همرفت واداشته است، زیرا به کمک یک تلمبهٔ مصنوعی انتقال گرما صورت می‌گیرد.

جریان باد ساحلی مثالی از یک همرفت طبیعی است.

از دست دادن انرژی در کلم اسکانک مثالی از کاربرد تابش گرمایی در پدیده‌های زیستی است.

بنابراین تنها یک مورد به علت همرفت طبیعی است.

(دما و گرما) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۱۱۱ تا ۱۱۷)

۵- گزینهٔ «۳»
(امیرحسین برادران)

$$\boxed{-۱۰^\circ C_{\text{یخ}}} \xrightarrow{Q_۱} \boxed{۰^\circ C_{\text{یخ}}} \xrightarrow{Q_۲} \boxed{۰^\circ C_{\text{آب}}} \xrightarrow{Q_۳} \boxed{۵^\circ C_{\text{آب}}}$$

$$Q = Q_۱ + Q_۲ + Q_۳ \xrightarrow[Q_۲=m'L_F\ ,\ Q_۳=m'c_{\text{آب}}\Delta\theta_{\text{آب}}]{Q_۱=m'c_{\text{یخ}}\Delta\theta_{\text{یخ}}}$$

$$Q = mc_{\text{یخ}}\Delta\theta_{\text{یخ}} + mL_F + mc_{\text{آب}}\Delta\theta_{\text{آب}} \xrightarrow[L_F=۸۰c_{\text{آب}}\ ,\ \Delta\theta_{\text{آب}}=۵^\circ C]{c_{\text{یخ}}=\frac{c_{\text{آب}}}{۲}\ ,\ \Delta\theta_{\text{یخ}}=۱۰^\circ C}$$

$$Q = m'c_{\text{آب}}(\frac{۱۰}{۲}+۸۰+۵) = ۹۰m'c_{\text{آب}}\ (I)$$

اکنون گرمایی که سبب تبخیر نیمی از m گرم آب با دمای $۴۰^\circ C$ می‌شود را به دست می‌آوریم:

$$\boxed{۴۰^\circ C_{\text{آب}}} \xrightarrow{Q'_۱} \boxed{۱۰۰^\circ C_{\text{آب}}} \xrightarrow{Q'_۲} \boxed{۱۰۰^\circ C_{\text{بخار}}}$$

$$Q = Q'_۱ + Q'_۲ \xrightarrow[Q_۲=\frac{m}{۲}L_V\ ,\ \Delta\theta'_{\text{آب}}=۱۰۰-۴۰=۶۰^\circ C]{Q'_۱=mc_{\text{آب}}\Delta\theta'_{\text{آب}}\ ,\ L_V=۵۴۰c_{\text{آب}}}$$

$$Q = m\times ۶۰c_{\text{آب}} + \frac{m}{۲}\times ۵۴۰c_{\text{آب}}$$

$$\Rightarrow Q = mc_{\text{آب}}(۲۷۰+۶۰) = ۳۳۰mc_{\text{آب}}\ (II)$$

$$I,II \Rightarrow ۹۰m'c_{\text{آب}} = ۳۳۰mc_{\text{آب}} \xrightarrow{m'=۵۵۰g} m = \frac{۹۰\times ۵۵۰}{۳۳۰} = ۱۵۰g$$

(دما و گرما) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۱۰۳ تا ۱۱۱)

۶- گزینهٔ «۴»
(امیرحسین برادران)

با افزایش ارتفاع فشار هوا کاهش و در نتیجه دمای جوش آب کاهش می‌یابد.

(دما و گرما) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۱۰۳ تا ۱۱۷)

۷- گزینهٔ «۱»
(امیرحسین برادران)

گرمایی که آب برای تبخیر دریافت می‌کند، سبب یخ زدن بقیهٔ آب می‌شود، اگر جرم کل آب را m در نظر بگیریم داریم:

$$\underset{\text{جرم آب بخارشده}}{m'}\ L_V = \underset{\text{جرم آب یخ‌زده}}{m''}\ L_F \xrightarrow[L_V=۲۲۶۸\frac{kJ}{kg}]{m'=۰/۱m\ ,\ L_F=۳۳۶\frac{kJ}{kg}}$$

$$m'' = \frac{۲۲۶۸m}{۳۳۶۰} = \frac{۲۷}{۴۰}m\ \ (I)$$

اکنون جرم آب باقیمانده در ظرف را به دست می‌آوریم:

$$m_{\text{باقیمانده}} = m - m' - m'' \xrightarrow{m'=\frac{m}{۱۰}\ ,\ m''=\frac{۲۷}{۴۰}m}$$

$$m_{\text{باقیمانده}} = m - \frac{m}{۱۰} - \frac{۲۷m}{۴۰} \Rightarrow m_{\text{باقیمانده}} = \frac{۴۰-۴-۲۷}{۴۰} = \frac{۹}{۴۰}m\ \ (II)$$

$$I,II \Rightarrow \frac{m''}{m_{\text{باقیمانده}}} = \frac{\frac{۲۷}{۴۰}m}{\frac{۹}{۴۰}m} = ۳$$

(دما و گرما) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۱۰۳ تا ۱۱۱)

۸- گزینهٔ «۱»
(عبدالرضا امینی نسب)

آب صفر درجه به عنوان جسم گرم، گرما از دست می‌دهد $(Q_۱)$ و ابتدا به یخ صفر درجهٔ سلسیوس تبدیل و سپس نیز به یخ $-۲^\circ C$ تبدیل می‌شود، $(Q_۲)$ از طرفی یخ $-۱۰^\circ C$ به یخ $-۲^\circ C$ تبدیل می‌شود. $(Q_۳)$

مقداری از آب که به یخ صفر و بعد تبدیل می‌شود را m' می‌نامیم.

$$Q_۱ + Q_۲ + Q_۳ = ۰ \Rightarrow -m'L_F + m'c\Delta\theta + (m_{\text{یخ}}c\Delta\theta) = ۰$$

$$-m'(۳۲۰) + m'\times ۲\times(-۲) + ۸۱۰\times ۲\times(۸) = ۰$$

$$-۳۲۴m' = -۱۲۹۶۰ \Rightarrow m' = ۴۰g$$

(دما و گرما) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۱۰۳ تا ۱۱۱)

۹- گزینهٔ «۳»
(مهیر موتاب)

$$F = \frac{۹}{۵}\theta + ۳۲ \xrightarrow{F=۳۲^\circ F} ۳۲ = \frac{۹}{۵}\theta + ۳۲ \Rightarrow \theta = ۰^\circ C$$

پس دمای آب استخر، صفر درجهٔ سلسیوس است.

گرما آنقدر از آب صفر درجهٔ سلسیوس به یخ $-۸^\circ C$ منتقل می‌شود تا دمای تعادل هر دوی آنها به صفر درجهٔ سلسیوس برسد. (پس دمای تعادل برابر صفر درجه سلسیوس خواهد بود.)

وقتی از آب $۰^\circ C$ گرما می‌گیریم شروع به انجماد می‌کند و تغییر حالت می‌دهد، یعنی بخش کوچکی از آب استخر، یخ می‌زند.

اگر $m_۱$ جرم یخ اولیه و $m_۲$ جرم آب منجمد شده باشند، می‌توان نوشت:

$$-۸^\circ C_{\text{یخ}} \xrightarrow{Q_۱} ۰^\circ C_{\text{یخ}} \xleftarrow{Q_۲} ۰^\circ C_{\text{آب}}$$

$$Q_۱ + Q_۲ = ۰$$

با توجه به قانون بقای انرژی داریم:

$$m_1 c\Delta T + (-m_2 L_f) = 0 \xrightarrow[L_F = 336\frac{kJ}{kg}]{c = 2/1\frac{kJ}{kg.°C}\ ،\ \Delta T = 0-(-8) = 8°C}$$

$$m_1 \times 2/1 \times 8 - m_2 \times 336 = 0$$

$$500 \times 2/1 \times 8 = m_2 \times 336 \Rightarrow m_2 = \frac{4000}{160} = 25g$$

این جرم آب منجمد شده است که به جرم یخ اولیه افزوده می‌شود.

(دما و گرما) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۱۰۳ تا ۱۱۱)

۱۰- گزینهٔ «۱» *(امیرمهدی محسن‌زاده)*

با توجه به طرح‌وارهٔ زیر، ابتدا مقدار گرمایی را که **m** گرم بخار آب با دمای $100°C$ از دست می‌دهد، می‌یابیم:

$$\boxed{\text{بخار آب } 100°C} \xrightarrow{Q_v = -mL_v} \boxed{\text{آب } 100°C} \xrightarrow{Q_2 = mc_{\text{آب}}\Delta\theta} \boxed{\text{آب } 0°C}$$

$$Q = Q_v + Q_2 \Rightarrow Q = -mL_v + mc_{\text{آب}}\Delta\theta \xrightarrow[c_{\text{آب}} = 4/2\frac{J}{g.°C}]{L_v = 2268\frac{J}{g}}$$

$$Q = -m \times 2268 + m \times 4/2 \times (0 - 100) = -2688m$$

می‌بینیم بخار آب $2688m$ ژول گرما از دست می‌دهد که جذب یخ $0°C$ می‌شود و m' گرم از آن را ذوب می‌کند، بنابراین، داریم:

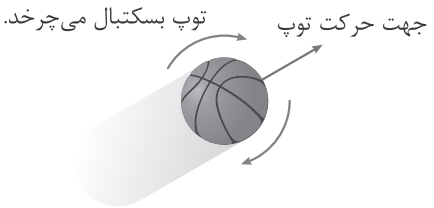
$$Q_{\text{یخ}} = |Q_{\text{بخار آب}}| \xrightarrow[|Q_{\text{بخار آب}}| = 2688m]{Q_{\text{یخ}} = m'L_F} m'L_F = 2688m$$

$$\xrightarrow{L_F = 336\frac{J}{g}} m' \times 336 = 2688m \Rightarrow \frac{m'}{m} = \frac{2688}{336} = 8$$

(دما و گرما) (فیزیک ۱، صفحه‌های ۱۰۳ تا ۱۱۰)

فیزیک

۱ **در شکل زیر، یک توپ بسکتبال توسط ورزشکاران به سمت سبد پرتاب شده است. برای مدل‌سازی فیزیکی حرکت این توپ، کدام یک از فرض‌های زیر را نمی‌توانیم بپذیریم؟**



۱) با چشم‌پوشی از اندازه و شکل توپ، آن را به صورت یک جسم نقطه‌ای یا ذره در نظر می‌گیریم.

۲) با فرض حرکت توپ در خلأ، از مقاومت هوا و اثر ورزش باد صرف نظر می‌کنیم.

۳) فرض می‌کنیم با تغییر فاصلهٔ توپ از مرکز زمین، نیروی گرانشی وارد بر آن ثابت می‌ماند.

۴) چرخش توپ را نادیده می‌گیریم و از وزن توپ صرف نظر می‌کنیم.

پاسخ: گزینهٔ ۴

درس Box

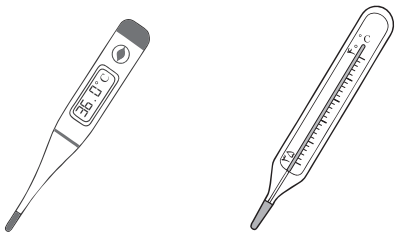
مدل‌سازی در فیزیک

بررسی و تحلیل پدیده‌های طبیعی مانند پرتاب توپ، افتادن برگ درخت و ...، در فیزیک با پیچیدگی همراه است. به همین دلیل، برای بررسی پدیده‌ها از مدل‌سازی استفاده می‌کنیم. در فرایند مدل‌سازی یک پدیدهٔ فیزیکی اثرهای مهم و تعیین‌کننده باقی می‌مانند و اثرهای جزئی‌تر را نادیده می‌گیریم.

پاسخ خیلی تشریحی ✔

در مدل‌سازی حرکت توپ از تمامی موارد بیان شده در (۱)، (۲) و (۳) و چرخش توپ می‌توان صرف نظر کرد، ولی نمی‌توانیم از وزن توپ صرف نظر کنیم. چون در این صورت مدل ما پیش‌بینی می‌کند که وقتی توپی به بالا پرتاب می‌شود، در یک خط مستقیم بالا می‌رود؛ اتفاقی که در واقعیت نمی‌افتد.

۲ **در شکل زیر دو تب‌سنج مدرج و رقمی نشان داده شده است. دقت اندازه‌گیری این دو تب‌سنج به ترتیب از راست به چپ، چند درجهٔ سلسیوس است؟**



۱) ۰/۱ ،۰/۲

۲) ۰/۲ ،۰/۱

۳) ۱ ،۰/۲

۴) ۰/۲ ،۱

پاسخ: گزینهٔ ۲

درس Box

۱) **دقت اندازه‌گیری در ابزارهای مدرج**: کمینهٔ درجه‌بندی آن ابزار

۲) **دقت اندازه‌گیری در ابزارهای رقمی (دیجیتال)**: یک واحد از آخرین رقمی که دستگاه می‌خواند

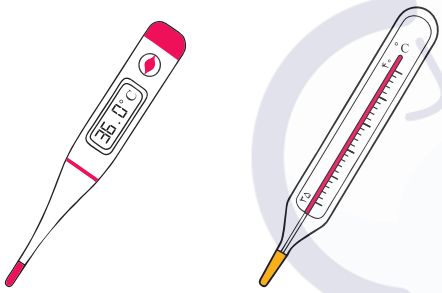
پاسخ خیلی تشریحی

در تب‌سنج رقمی، آخرین رقمی که دستگاه می‌خواند $۰/۰\ ^\circ C$ است؛ بنابراین:

دقت اندازه‌گیری تب‌سنج رقمی = یک واحد از آخرین رقمی که تب‌سنج می‌خواند = $۰/۱\ ^\circ C$

در تب‌سنج مدرج، فاصلهٔ بین $۳۵\ ^\circ C$ تا $۴۰\ ^\circ C$ به ۲۵ قسمت مساوی تقسیم شده است؛ بنابراین:

دقت‌اندازه‌گیری تب‌سنج مدرج = کمینهٔ درجه‌بندی تب‌سنج = $\frac{۴۰\ ^\circ C - ۳۵\ ^\circ C}{۲۵} = \frac{۵\ ^\circ C}{۲۵} = ۰/۲\ ^\circ C$



۳ کدام‌یک از موارد زیر، با یکای انرژی در SI معادل نیست؟

۱) متر × نیوتون

۲) متر مکعب × پاسکال

۳) $\frac{\text{متر} \times \text{کیلوگرم}}{\text{ثانیه}}$

۴) $\frac{\text{میلی‌متر مربع} \times \text{کیلوگرم}}{(\text{میلی‌ثانیه})^{۲}}$

پاسخ: گزینهٔ ۳

درس Box

پیشوند یکا: پیشوندهایی هستند که قبل از یکا قرار می‌گیرند و آن یکا را کوچک یا بزرگ می‌کنند. درجدول زیر، تعدادی از این پیشوندها را که مهم‌تر از بقیه هستند و باید آن‌ها را حفظ باشید، آورده‌ایم:

پیشوندهای کوچک‌کننده			پیشوندهای بزرگ‌کننده		
پیشوند	نماد	ضریب تبدیل	پیشوند	نماد	ضریب تبدیل
دسی	d	$۱۰^{-۱}$	دکا	da	$۱۰^{۱}$
سانتی	c	$۱۰^{-۲}$	هکتو	h	$۱۰^{۲}$
میلی	m	$۱۰^{-۳}$	کیلو	k	$۱۰^{۳}$
میکرو	μ	$۱۰^{-۶}$	مگا	M	$۱۰^{۶}$
نانو	n	$۱۰^{-۹}$	گیگا (جیگا)	G	$۱۰^{۹}$
پیکو	p	$۱۰^{-۱۲}$	ترا	T	$۱۰^{۱۲}$

پاسخ خیلی تشریحی

یکای انرژی در SI، ژول است. به بررسی هر یک از گزینه‌ها می‌پردازیم:

گزینهٔ (۱): به کمک رابطهٔ کار داریم:

$$W = Fd \Rightarrow \text{یکای } W = \text{یکای } F \times \text{یکای } d \Rightarrow \text{ژول} = \text{نیوتون} \times \text{متر} \checkmark$$

گزینهٔ (۲): به کمک رابطهٔ فشار داریم:

$$P = \frac{F}{A} \Rightarrow F = PA \xrightarrow{\times d} Fd = PAd \xrightarrow{W=Fd} W = PAd$$

$$\Rightarrow \text{یکای } W = \text{یکای } P \times \text{یکای } A \times \text{یکای } d \Rightarrow \text{ژول} = \text{پاسکال} \times \text{متر مربع} \times \text{متر} = \text{متر مکعب} \times \text{پاسکال} \checkmark$$

گزینهٔ (۳): به کمک رابطه‌های کار و نیرو داریم:

$$W = Fd \xrightarrow{F=ma} W = mad \Rightarrow \text{یکای } W = \text{یکای } m \times \text{یکای } a \times \text{یکای } d$$

$$\Rightarrow \text{ژول} = \text{کیلوگرم} \times \frac{\text{متر}}{(\text{ثانیه})^{۲}} \times \text{متر} = \text{کیلوگرم} \times \frac{\text{مترمربع}}{(\text{ثانیه})^{۲}} \times$$

گزینهٔ (۴):

$$\text{ژول} = \text{کیلوگرم} \times \frac{\text{مترمربع}}{(\text{ثانیه})^{۲}} \times \frac{۱۰^{-۶}}{۱۰^{-۶}} = \text{کیلوگرم} \times \frac{(\text{متر} \times ۱۰^{-۳})^{۲}}{(\text{ثانیه} \times ۱۰^{-۳})^{۲}} \xrightarrow{\text{میلی} = ۱۰^{-۳}} \text{ژول} = \text{کیلوگرم} \times \frac{\text{میلی‌متر مربع}}{(\text{میلی‌ثانیه})^{۲}} \checkmark$$

۴ هر میکروقرن، تقریباً چند دقیقه است؟

۱) ۵ / ۲۶ ۲) ۸ / ۷۶

۳) ۵۲ / ۶ ۴) ۸۷ / ۶

پاسخ: گزینهٔ ۳

درس Box

تبدیل یکای زنجیره‌ای: برای تبدیل یکای یک کمیت به یکاهای دیگر، از روش تبدیل یکای زنجیره‌ای استفاده می‌کنیم. برای نمونه، برای این‌که ببینیم ۲۰ in معادل چند cm است، به صورت زیر عمل می‌کنیم:

الف) ابتدا تساوی بین دو یکا را می‌نویسم، تا کسر تبدیل مناسب به دست آید:

$$۱\,in = ۲/۵۴\,cm \Rightarrow \frac{۱\,in}{۲/۵۴\,cm} = ۱ \quad \text{یا} \quad \frac{۲/۵۴\,cm}{۱\,in} = ۱$$

ب) سپس به کمک کسر تبدیل مناسب، تبدیل یکای زنجیره‌ای را می‌نویسیم:

$$۲۰\,in = ۲۰\,\cancel{in} \times \frac{۲/۵۴\,cm}{۱\,\cancel{in}} = ۵۰/۸\,cm$$

پاسخ خیلی تشریحی از روش تبدیل یکای زنجیره‌ای استفاده می‌کنیم:

$$۱\,\text{میکروقرن} = ۱\,\cancel{\text{میکروقرن}} \times \frac{۱\,\cancel{\text{میکروقرن}}}{۱۰^{-۶}\,\cancel{\text{قرن}}} \times \frac{۱\,\cancel{\text{قرن}}}{۱۰۰\,\cancel{\text{سال}}} \times \frac{۱\,\cancel{\text{سال}}}{۳۶۵\,\cancel{\text{روز}}} \times \frac{۱\,\cancel{\text{روز}}}{۲۴\,\cancel{\text{ساعت}}} \times \frac{۱\,\cancel{\text{ساعت}}}{۶۰\,\text{دقیقه}}$$

$$= ۱۰^{-۶} \times ۱۰۰ \times ۳۶۵ \times ۲۴ \times ۶۰ = ۵۲/۵۶\,\text{دقیقه} \simeq ۵۲/۶\,\text{دقیقه}$$

کتاب درسی

الف) هر میکروقرن، تقریباً چند دقیقه است؟ *(فیزیک (۱) _ تمرین ۶ پایان فصل صفحهٔ ۱۹ کتاب درسی)*

۵ **یک کشتی، مسافت ۴۵۹ km را در مدت ۵ ساعت طی می‌کند. در این حرکت، تندی متوسط این کشتی چند گرهٔ دریایی است؟ (هر گرهٔ دریایی برابر ۰/۵۱ m/s است.)**

۱) ۳۰
۲) ۵۰
۳) ۳۰۰
۴) ۵۰۰

پاسخ: گزینهٔ ۲

درس Box

۱) **تندی متوسط:**

$$s_{av} = \frac{\overset{\text{مسافت طی‌شده}}{\ell}}{\Delta t}$$

تبدیل یکای $\frac{km}{h}$ به $\frac{m}{s}$ و برعکس:

$$\frac{km}{h} \underset{\times ۳/۶}{\overset{\div ۳/۶}{\rightleftarrows}} \frac{m}{s}$$

۲) درس‌باکس تست ۶۹ را بخوانید.

پاسخ خیلی تشریحی

گام اول: تندی متوسط کشتی را برحسب $\frac{m}{s}$ به دست می‌آوریم:

$$s_{av} = \frac{\ell}{\Delta t} = \frac{۴۵۹}{۵} = ۹۱/۸\ \frac{km}{h} \xrightarrow{\div ۳/۶} s_{av} = ۲۵/۵\ \frac{m}{s}$$

گام دوم: به کمک تبدیل یکای زنجیره‌ای، تندی متوسط را برحسب گرهٔ دریایی حساب می‌کنیم:

$$s_{av} = ۲۵/۵\ \frac{m}{s} \times \frac{۱\ \text{گرهٔ دریایی}}{۰/۵۱\ \frac{m}{s}} = ۵۰\ \text{گرهٔ دریایی}$$

۶ **چگالی نوترون تقریباً برابر $۰/۶۹\ \mu g/nm^۳$ است. چگالی نوترون در SI و برحسب نمادگذاری علمی کدام است؟**

۱) $۶/۹\times۱۰^{۱۵}$
۲) $۶/۹\times۱۰^{۱۷}$
۳) ۶۹×۱۰^{۱۳}
۴) ۶۹×۱۰^{۱۶}

پاسخ: گزینهٔ ۲

درس Box

۱) درس‌باکس تست ۶۹ را بخوانید.

۲) **نمادگذاری علمی**: برای نوشتن اعداد به روش نمادگذاری علمی باید عدد مربوطه را به صورت حاصل‌ضرب عددی از ۱ تا ۱۰ در توان صحیحی از ۱۰ نوشت. به زبان ریاضی:

$a\times۱۰^z\ ,(۱\le a<۱۰)$

پاسخ خیلی تشریحی

یکای چگالی در SI، $kg/m^۳$ است. به کمک تبدیل یکای زنجیره‌ای می‌توان نوشت:

$$\rho=۰/۶۹\frac{\mu g}{nm^۳}\times\frac{۱۰^{-۹}\ kg}{۱\ \mu g}\times\frac{۱\ nm^۳}{(۱۰^{-۹})^۳m^۳}=۰/۶۹\times\frac{۱۰^{-۹}}{(۱۰^{-۹})^۳}kg/m^۳=\frac{۰/۶۹}{(۱۰^{-۹})^۲}kg/m^۳$$

$$=۰/۶۹\times(۱۰^۹)^۲\ kg/m^۳=۰/۶۹\times۱۰^{۱۸}\ kg/m^۳\xrightarrow{\text{برحسب نمادگذاری علمی}}\rho=۶/۹\times۱۰^{۱۷}\ kg/m^۳$$

گول نخوری

در گزینهٔ (۴)، چگالی نوترون برحسب یکای SI است، ولی برحسب نمادگذاری علمی نیست.

۷ یک لولهٔ استوانه‌ای توخالی با سطح مقطع دایره‌ای به شعاع داخلی a و شعاع خارجی $b = ۱/۲a$ و طول $L = ۲۰a$ از ماده‌ای با چگالی $\rho = \frac{۱۶}{\pi} g/cm^۳$ ساخته شده است. اگر جرم این لوله $m = ۲/۲ kg$ باشد، a چند سانتی‌متر است؟

۱) ۲/۵ ۲) ۳ ۳) ۵ ۴) ۶

پاسخ: گزینهٔ ۱

درس Box

چگالی:

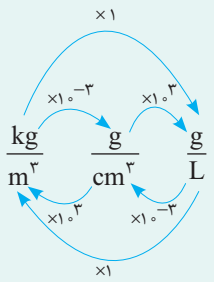
$$\rho = \frac{m}{V}$$

جرم جسم

حجم جسم

$\frac{kg}{m^۳}$ ، $\frac{g}{cm^۳}$ و $\frac{g}{L}$ از یکاهای متداول چگالی‌اند.

تبدیل این یکاها به یکدیگر به صورت زیر انجام می‌شود:



پاسخ خیلی تشریحی

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{\pi(R^۲_{خارجی} - R^۲_{داخلی})L} \xrightarrow[R_{خارجی}=b=۱/۲a\ ,\ R_{داخلی}=a\ ,\ L=۲۰a]{m=۲/۲ kg=۲/۲\times۱۰^۳ g} \frac{۱۶}{\pi} = \frac{۲/۲\times۱۰^۳}{\pi[(۱/۲a)^۲ - a^۲]\times۲۰a}$$

$$\Rightarrow ۱۶ = \frac{۲/۲\times۱۰^۳}{(۱/۴۴a^۲ - a^۲)\times۲۰a} \Rightarrow ۱۶\times\overset{۰/۲}{\cancel{۰/۴۴}}\times۲۰a^۳ = \overset{۱}{\cancel{۲/۲}}\times۱۰^۳$$

$$\Rightarrow a^۳ = \frac{۱۰^۳}{۶۴} \xrightarrow{\sqrt[۳]{\ }} a = \frac{۱۰}{۴} = ۲/۵ cm$$

کنکور

یک لولهٔ استوانه‌ای توخالی با سطح مقطع دایره‌ای به شعاع داخلی a و شعاع خارجی $b = ۱/۱a$ و طول $L = ۱۰a$ از ماده‌ای با چگالی $\rho = \frac{۸}{\pi} g/cm^۳$ ساخته شده است. اگر جرم این لوله $m = ۲/۱ kg$ باشد، a چند سانتی‌متر است؟

(سؤال ۶۴ کنکور تجربی ۱۴۰۴ (خارج از کشور))

۱) ۳/۰ ۲) ۳/۳

۳) ۴/۲ ۴) ۵/۰

www.SanjeshCloud.ir
T.me/SanjeshCloud

۸ در یک ظرف ۱ لیتری، ۹۶۰ g آب وجود دارد. اگر قطعهٔ فلزی به جرم ۱/۲ kg در آب درون این ظرف فرو رود، $۱۲۰\ cm^۳$ آب از ظرف بیرون می‌ریزد. حجم حفرهٔ درون این قطعه چند سانتی‌متر مکعب است؟ ($\rho_{فلز} = ۸\ g/cm^۳$ و $\rho_{آب} = ۱\ g/cm^۳$)

۱) ۳۰ ۲) ۲۰ ۳) ۱۰ ۴) ۵

پاسخ: گزینهٔ ۳

Hint

ابتدا با محاسبهٔ حجم آب درون ظرف، حجم فضای خالی درون ظرف به دست می‌آید. حجم ظاهری قطعه برابر با مجموع حجم فضای خالی و حجم آب بیرون ریخته شده از ظرف است. سپس به کمک رابطهٔ چگالی، حجم فلز درون قطعه را حساب می‌کنیم. حجم حفره برابر با اختلاف حجم ظاهری قطعه و حجم فلز به‌کاررفته در آن است.

درس Box

درس‌باکس تست ۷۲ را بخوانید.

پاسخ خیلی تشریحی

گام اول: در حالت اول، حجم آب موجود در ظرف را حساب می‌کنیم تا حجم فضای خالی درون ظرف به دست آید:

$$\rho_{آب} = \frac{m_{آب}}{V_{آب}} \Rightarrow ۱ = \frac{۹۶۰}{V_{آب}} \Rightarrow V_{آب} = ۹۶۰\ cm^۳$$

$$V_{خالی} = V_{ظرف} - V_{آب} \xrightarrow{V_{ظرف}=۱\ L=۱۰۰۰\ cm^۳} V_{خالی} = ۱۰۰۰ - ۹۶۰ = ۴۰\ cm^۳$$

گام دوم: با فرورفتن قطعهٔ فلزی در آب، $۴۰\ cm^۳$ فضای خالی ظرف، پر شده و $۱۲۰\ cm^۳$ آب از ظرف بیرون می‌ریزد. مجموع این دو حجم برابر با حجم ظاهری قطعه فلز است:

$$V_{ظاهری} = ۴۰ + ۱۲۰ = ۱۶۰\ cm^۳$$

گام سوم: به کمک رابطهٔ چگالی، حجم فلز موجود در قطعه را به دست می‌آوریم:

$$\rho_{فلز} = \frac{m_{فلز}}{V_{فلز}} \xrightarrow{m_{فلز}=۱/۲\ kg=۱۲۰۰\ g} ۸ = \frac{۱۲۰۰}{V_{فلز}} \Rightarrow V_{فلز} = ۱۵۰\ cm^۳$$

گام چهارم: حجم حفرهٔ درون قطعه فلز برابر است با:

$$V_{حفره} = V_{ظاهری} - V_{فلز} = ۱۶۰ - ۱۵۰ = ۱۰\ cm^۳$$

۹ **چگالی مایع A از چگالی مایع B، ۲۵ درصد بیشتر است. اگر در مخلوطی از این دو مایع، حجم مایع A، ۳ برابر حجم مایع B باشد، چگالی مخلوط چند درصد کم‌تر از چگالی مایع A است؟ (در اثر مخلوط‌شدن، حجم کل مایع‌ها ثابت می‌ماند.)**

۱) ۵ ۲) ۶/۲۵ ۳) ۷/۵ ۴) ۱۰

پاسخ: گزینهٔ ۱

درس Box

اگر چند مادهٔ مختلف را با هم مخلوط کنیم (و تغییر حجمی نداشته باشیم)، چگالی مخلوط (یا محلول) از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_{\text{مخلوط}}}{V_{\text{مخلوط}}} = \frac{m_1 + m_2 + \dots}{V_1 + V_2 + \dots}$$

اگر mها و ρها را داشته باشیم، به جای Vها، نسبت $\frac{m}{\rho}$ها را قرار می‌دهیم.

اگر Vها و ρها را داشته باشیم، به جای mها، نسبت ρVها را قرار می‌دهیم.

پاسخ خیلی تشریحی

گام اول: چگالی مایع A، ۲۵ درصد بیشتر از چگالی مایع B است، پس:

$$\rho_A = \rho_B + \frac{25}{100}\rho_B = \frac{125}{100}\rho_B = \frac{5}{4}\rho_B$$

گام دوم: رابطهٔ چگالی مخلوط را می‌نویسیم:

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_A + m_B}{V_A + V_B} \xrightarrow{m=\rho V} \rho_{\text{مخلوط}} = \frac{\rho_A V_A + \rho_B V_B}{V_A + V_B}$$

$$\xrightarrow[V_A = 3V_B]{\rho_B = \frac{4}{5}\rho_A} \rho_{\text{مخلوط}} = \frac{\rho_A \times 3V_B + \frac{4}{5}\rho_A \times V_B}{3V_B + V_B} = \frac{\frac{19}{5}\rho_A \cancel{V_B}}{4\cancel{V_B}} = \frac{19}{20}\rho_A$$

گام سوم: درصد خواسته‌شده برابر است با:

$$\frac{\rho_{\text{مخلوط}} - \rho_A}{\rho_A} \times 100 = \frac{\frac{19}{20}\rho_A - \rho_A}{\rho_A} \times 100 = \frac{-\frac{1}{20}\cancel{\rho_A}}{\cancel{\rho_A}} \times 100 = -5\%$$

۱۰ جرم مخلوطی از آب و یک مایع به چگالی $1/9\ g/cm^3$ برابر $7/7\ kg$ و حجم آن برابر $5\ L$ است. جرم آب موجود در این مخلوط چند کیلوگرم است؟ ($\rho_{آب} = 1\ g/cm^3$)

۱) ۲
۲) ۳
۳) ۳/۸
۴) ۵/۷

پاسخ: گزینهٔ ۱

درس‌باکس تست ۷۴ را بخوانید.

پاسخ خیلی تشریحی

گام اول: چگالی مخلوط برابر است با:

$$\rho_{مخلوط} = \frac{m_{مخلوط}}{V_{مخلوط}} \xrightarrow[V_{مخلوط}=5\ L=5\times10^3\ cm^3]{m_{مخلوط}=7/7\ kg=7/7\times10^3\ g} \rho_{مخلوط} = \frac{7/7\times\cancel{10^3}}{5\times\cancel{10^3}} = 1/54\ g/cm^3$$

گام دوم: رابطهٔ چگالی مخلوط را می‌نویسیم:

$$\rho_{مخلوط} = \frac{m_{آب}+m_{مایع}}{V_{آب}+V_{مایع}} \xrightarrow{V=\frac{m}{\rho}} \rho_{مخلوط} = \frac{m_{آب}+m_{مایع}}{\frac{m_{آب}}{\rho_{آب}}+\frac{m_{مایع}}{\rho_{مایع}}}$$

$$\xrightarrow{m_{آب}+m_{مایع}=m_{مخلوط}=7/7\ kg=7/7\times10^3\ g} 1/54 = \frac{7/7\times10^3}{\frac{m_{آب}}{1}+\frac{m_{مایع}}{1/9}} \Rightarrow 1/54 = \frac{7/7\times10^3}{\frac{1/9m_{آب}+m_{مایع}}{1/9}}$$

$$\Rightarrow \cancel{1/54}(1/9m_{آب}+m_{مایع}) = 1/9\times\overset{5}{\cancel{7/7}}\times10^3 \Rightarrow 1/9m_{آب}+m_{مایع} = 9/5\times10^3$$

گام سوم: با حل دستگاه زیر، $m_{آب}$ محاسبه می‌شود:

$$\begin{cases} 1/9m_{آب}+m_{مایع} = 9/5\times10^3 & (I) \\ m_{آب}+m_{مایع} = 7/7\times10^3 & (II) \end{cases} \xrightarrow{\text{رابطهٔ (II) را از رابطهٔ (I) کم می‌کنیم}} \overset{1}{\cancel{0/9}}\ m_{آب} = \overset{2}{\cancel{1/8}}\times10^3$$

$$\Rightarrow m_{آب} = 2\times10^3\ g = 2\ kg$$

فیزیک

۱ **کدام‌یک از موارد زیر همواره درست است؟**

۱) فاصلهٔ ذرات سازندهٔ مایع، بیشتر از فاصلهٔ ذرات سازندهٔ جامد است.

۲) با افزایش دمای یک مایع، اندازهٔ نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های آن افزایش می‌یابد.

۳) پدیدهٔ پخش در مایع‌ها، سریع‌تر از گازها رخ می‌دهد.

۴) در فرایند سردسازی آرام مایع، اغلب جامدهای بلورین تشکیل می‌شوند.

پاسخ: گزینهٔ ۴

پاسخ خیلی تشریحی ✔

بررسی تک‌به‌تک موارد:

گزینهٔ (۱): فاصلهٔ ذرات سازندهٔ مایع و جامد تقریباً یکسان و در حدود یک آنگستروم است. (نادرست) ✘

گزینهٔ (۲): با توجه به پرسش ۲-۳ صفحهٔ ۳۰، با افزایش دما، نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های آن کاهش می‌یابد. (نادرست) ✘

گزینهٔ (۳): مطابق پرسش ۲-۱ صفحهٔ ۲۶، پدیدهٔ پخش در گازها سریع‌تر است، زیرا فاصلهٔ میانگین مولکول‌های گاز در مقایسه با اندازهٔ آن‌ها، خیلی بیشتر است؛ بنابراین مولکول‌های گاز با سرعت بیشتر و دامنهٔ بیشتری حرکت می‌کنند. (نادرست) ✘

گزینهٔ (۴): مطابق متن کتاب درسی، اگر مایع را به آرامی سرد کنیم، اغلب جامدهای بلورین تشکیل می‌شوند. (درست) ✓

سنجش کلاد

۲ **جسم توپری به چگالی ρ_1 و وزن W بر روی سطح مایعی به چگالی ρ_2 شناور و ساکن است. اگر اندازهٔ نیروی شناوری وارد بر جسم از طرف مایع برابر F باشد، کدام مقایسه درست است؟**

۱) $F > W$ ، $\rho_1 > \rho_2$

۲) $F = W$ ، $\rho_1 > \rho_2$

۳) $F > W$ ، $\rho_2 > \rho_1$

۴) $F = W$ ، $\rho_2 > \rho_1$

پاسخ: گزینهٔ ۴

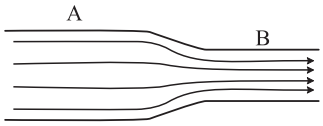
درس Box

- منظور از جسم شناور روی مایع، یعنی جسم به طور کامل در مایع فرو نرفته و بخشی از آن بالاتر از سطح مایع قرار دارد.
- جسم غوطه‌ور، به طور کامل درون مایع قرار دارد.
- نیروی شناوری برابر وزن حجم مایع جابه‌جاشده توسط جسم است.
- نیروی شناوری همواره رو به بالا است.

ویژگی	جسم شناور	جسم غوطه‌ور
حجم مایع جابه‌جاشده	$V_{غوطه‌ور} < V_{کل}$	$V_{غوطه‌ور} = V_{کل}$
چگالی	$\rho_{جسم} < \rho_{مایع}$	$\rho_{جسم} = \rho_{مایع}$
نیروی شناوری	$F_b = W_{جسم}$	$F_b = W_{جسم}$

پاسخ خیلی تشریحی با توجه به توضیحات درس‌باکس، چگالی جسم کم‌تر از چگالی مایع و نیروی شناوری، برابر وزن جسم است.

۳ در شکل زیر، مایع تراکم‌ناپذیری که حجم لوله را پر کرده است، در راستای افقی جاری است. اگر شعاع مقطع لوله در قسمت B، ۲۰ درصد کم‌تر از شعاع مقطع لوله در قسمت A باشد، تندی مایع در قسمت B چند درصد بیشتر از تندی مایع در قسمت A است؟



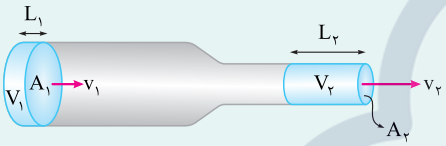
۱) ۲۰
۲) ۲۵
۳) ۵۶ / ۲۵
۴) ۶۲ / ۵

پاسخ: گزینهٔ ۳

Hint: ابتدا از معادلهٔ پیوستگی، نسبت تندی‌ها را محاسبه و سپس خواستهٔ سؤال را به دست آورید.

درس Box: مطابق شکل، مایعی با حرکت لایه‌ای در لوله‌ای با دو سطح مقطع متفاوت جریان دارد. فرض کنید در مدت معینی حجم V_1، از دهانهٔ گشاد لوله وارد آن می‌شود و در همان زمان حجم V_2 مایع، از دهانهٔ باریک لوله خارج می‌شود. چون حجم مایع داخل لوله ثابت است:

$$V_1 = V_2$$



به معادلهٔ زیر، «معادلهٔ پیوستگی» می‌گویند و برای شارهٔ تراکم‌ناپذیر برقرار است:

$$\frac{V_1}{t} = \frac{V_2}{t} \Rightarrow A_1 v_1 = A_2 v_2$$

پاسخ خیلی تشریحی: **گام اول:** با نوشتن معادلهٔ پیوستگی نسبت $\frac{v_B}{v_A}$ را حساب می‌کنیم:

$$A_A v_A = A_B v_B \xrightarrow[R_B = 0/8 R_A]{A = \pi R^2} \frac{v_B}{v_A} = \frac{A_A}{A_B} = \left(\frac{R_A}{R_B}\right)^2 = \frac{R_A^2}{0/64 R_A^2} = \frac{25}{16}$$

گام دوم: با داشتن $\frac{v_B}{v_A}$ خواستهٔ مسئله را به دست می‌آوریم:

$$\frac{v_B - v_A}{v_A} \times 100 = \frac{\frac{25}{16} v_A - v_A}{v_A} \times 100 = \frac{9}{16} \times 100 = \%56/25$$

۴ **تندی هوا در بالا و پایین بال هواپیمایی به ترتیب v_1 و v_2 و فشار هوا در بالا و پایین بال آن به ترتیب P_1 و P_2 است. در حالتی که نیروی وارد بر بال هواپیما از طرف هوا رو به بالاست، کدام مورد درست است؟**

۱) $P_1 > P_2 ، v_1 > v_2$

۲) $P_2 > P_1 ، v_1 > v_2$

۳) $P_1 > P_2 ، v_2 > v_1$

۴) $P_2 > P_1 ، v_2 > v_1$

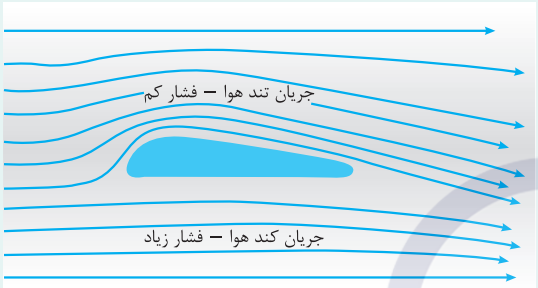
پاسخ: گزینهٔ ۲

Hint

با توجه به اصل برنولی می‌توانید به مسئله پاسخ بدهید.

درس Box

شکل زیر قسمتی از یک بال هواپیما را نشان می‌دهد. بال‌های هواپیما طوری طراحی شده‌اند که تندی هوا در بالای بال بیشتر از زیر آن است. در نتیجه فشار هوای بالای بال، کم‌تر از فشار هوای زیر آن است. به این ترتیب نیرویی رو به بالا به بال هواپیما وارد می‌شود.



پاسخ خیلی تشریحی

مطابق درس‌باکس، چون نیروی وارد بر بال هواپیما رو به بالاست؛ بنابراین فشار پایین بال بزرگ‌تر از بالای بال است $(P_2 > P_1)$ و تندی بالای بال بزرگ‌تر از زیر بال است $(v_1 > v_2)$.

۵ **اگر در عمق ۵ سانتی‌متری مایعی فشار ۱۰۰ kPa و در عمق ۲۵ سانتی‌متری آن فشار ۱۰۸ kPa باشد، به ترتیب از راست به چپ، چگالی مایع چند گرم بر لیتر و فشار هوا در محیط چند کیلوپاسکال است؟ $(g = ۱۰\ N/kg)$**

۱) ۹۸ ،۴
۲) ۹۶ ،۴
۳) ۹۸ ،۴۰۰۰
۴) ۹۶ ،۴۰۰۰

پاسخ: گزینهٔ ۳

Hint: با استفاده از رابطهٔ فشار کل و نوشتن آن برای هر ۲ عمق داده‌شده، فشار هوا و چگالی مایع را به دست آورید.

درس Box: فشار مایع در عمق h از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$P = P_۰ + \rho gh$$

$P_۰$ ← فشار هوا

ρ ← چگالی مایع

h ← عمق مایع از سطح آزاد

چگالی مایع در رابطهٔ فشار باید برحسب $kg/m^۳$ باشد. برای دو واحد پرکاربرد دیگر چگالی داریم:

$$\frac{g}{L} = \frac{kg}{m^۳}$$

$$\frac{kg}{m^۳} = ۱۰۰۰\ \frac{g}{cm^۳}$$

پاسخ خیلی تشریحی ✔

گام اول: اختلاف فشار بین دو نقطه از مایع به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\begin{cases} P_۱ = P_۰ + \rho gh_۱ \\ P_۲ = P_۰ + \rho gh_۲ \end{cases} \Rightarrow \Delta P = \rho g \Delta h \Rightarrow (۱۰۸ - ۱۰۰) \times ۱۰^۳ = \rho(۱۰)(۲ \times ۱۰^{-۱})$$

$$\Rightarrow \rho = \frac{۸ \times ۱۰^۳}{۲} = ۴۰۰۰\ kg/m^۳ = ۴۰۰۰\ g/L$$

گام دوم: با قراردادن چگالی به‌دست‌آمده در یکی از روابط داده‌شده داریم:

$$P_۱ = ۱۰۰\ kPa \xrightarrow[h_۱ = ۵ \times ۱۰^{-۲}\ m]{\rho = ۴۰۰۰\ kg/m^۳} ۱۰۰ \times ۱۰^۳ = ۴۰۰۰ \times ۱۰ \times ۵ \times ۱۰^{-۲} + P_۰$$

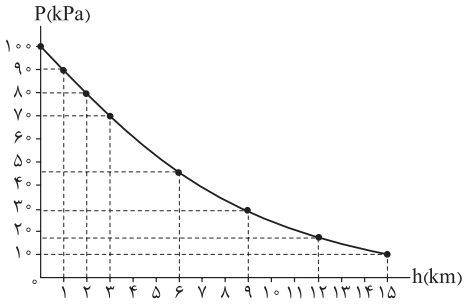
$$\Rightarrow P_۰ = ۹۸ \times ۱۰^۳\ Pa = ۹۸\ kPa$$

کنکور

اگر در عمق ۵ سانتی‌متری مایعی، فشار ۱۰۰ کیلوپاسکال و در عمق ۲۰ سانتی‌متری آن فشار ۱۰۶ کیلوپاسکال باشد، فشار هوا در محیط چند کیلوپاسکال است؟ $(g = ۱۰\ m/s^۲)$ *(سؤال ۱۹۴ کنکور ریاضی ۱۴۰۰)*

۱) ۹۶
۲) ۹۷
۳) ۹۸
۴) ۹۹

۶ **نمودار فشار هوا برحسب فاصله از سطح دریای آزاد به شکل زیر است. چگالی متوسط هوا از ارتفاع ۳ کیلومتری دریای آزاد تا ارتفاع ۱۵ کیلومتری آن، چند کیلوگرم بر متر مکعب است؟ $(g = ۱۰\ N/kg)$**



۱) ۰/۵

۲) ۰/۷۵

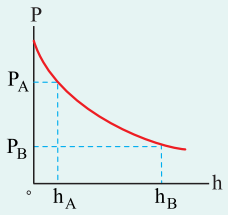
۳) ۵

۴) ۷/۵

پاسخ: گزینهٔ ۱

درس Box

در سؤالات مربوط به نمودار فشار هوا برحسب فاصله از سطح دریای آزاد، برای محاسبهٔ اختلاف فشار هوا بین دو نقطه، از چگالی متوسط استفاده می‌کنیم:



$$\Delta P = \rho_{av}\, g\, \Delta h$$

پاسخ خیلی تشریحی

گام اول: فشار در دو ارتفاع‌داده‌شده را از روی نمودار به دست می‌آوریم:

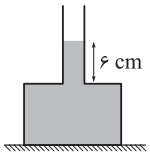
$P_۱ = ۷۰\ kPa$

$P_۲ = ۱۰\ kPa$

گام دوم: با توجه به رابطهٔ گفته‌شده در درس‌باکس، چگالی متوسط هوا را به دست می‌آوریم:

$$\Delta P = \rho_{av} g \Delta h \Rightarrow (۷۰-۱۰)\times ۱۰^۳ = \rho_{av}(۱۰)(۱۵-۳)\times ۱۰^۳ \Rightarrow \rho_{av} = \frac{۶۰}{۱۲\times ۱۰} = ۰/۵\ kg/m^۳$$

۷ در شکل زیر، ظرف مکعب‌شکلی به ابعاد ۱۰ cm روی سطح افقی قرار دارد و به سطح بالایی ظرف، لولهٔ قائمی به سطح مقطع $۲\ cm^۲$ وصل است و درون آن تا اندازهٔ نشان داده شده، مایعی به چگالی $۱/۵\ g/cm^۳$ قرار دارد. اندازهٔ نیروی ناشی از فشار مایع وارد بر کف ظرف چند نیوتون است؟ $(g = ۱۰\ N/kg)$



۱) ۲۴
۲) ۱۵۱/۸
۳) ۲/۴
۴) ۱۵/۱۸

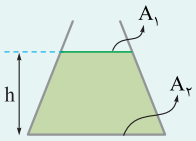
پاسخ: گزینهٔ ۱

Hint: ابتدا فشار کل مایع و سپس نیروی وارد بر کف ظرف را محاسبه کنید.

درس Box: در سؤالاتی که سطح مقطع ظرف، ثابت نیست توجه کنید که در محاسبهٔ فشار وارد بر کف ظرف، سطح مقطع کف ظرف را در نظر می‌گیریم:

$$P = P_۰ + \rho gh$$

$$P'_{\text{ناشی از مایع}} = \rho gh$$



$$F_{\text{ناشی از مایع بر کف ظرف}} = (\rho gh)A_۲$$

پاسخ خیلی تشریحی: **گام اول:** ابتدا فشار ناشی از مایع را به دست می‌آوریم:

$$P = \rho gh = ۱۵۰۰ \times ۱۰ \times ۱۶ \times ۱۰^{-۲}$$

گام دوم: نیروی ناشی از مایع در کف ظرف برابر است با:

$$F = P.A = (۱۵۰۰ \times ۱۰ \times ۱۶ \times ۱۰^{-۲}) \times (۱۰۰ \times ۱۰^{-۴}) = ۲۴\ N$$

۸ در یک لولهٔ Uشکل، مقداری جیوه قرار دارد. در یکی از شاخه‌های لوله، مایعی به چگالی $۲\,g/cm^۳$ می‌ریزیم تا ارتفاع آن به ۳۴ cm برسد. در این حالت، اختلاف ارتفاع سطح آزاد مایع و جیوه در دو شاخهٔ لوله چند سانتی‌متر است؟ (چگالی جیوه $۱۳/۶\,g/cm^۳$ است.)

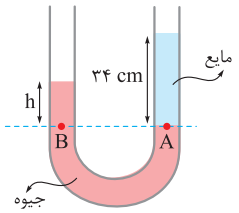
۱) ۵ ۲) ۱۰ ۳) ۱۹ ۴) ۲۹

پاسخ: گزینهٔ ۴

Hint: با توجه به اصل برابری فشار در نقاط هم‌تراز، ارتفاع جیوه و سپس اختلاف ارتفاع را به دست بیاورید.

پاسخ خیلی تشریحی

گام اول: ابتدا شکل درستی از توضیحات سؤال رسم می‌کنیم:



گام دوم: با توجه به اصل برابری فشار در نقاط هم‌تراز A و B داریم:

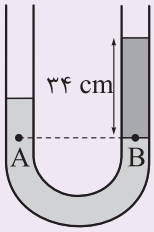
$$P_A = P_B \Rightarrow P_۰ + \rho_{جیوه} gh = P_۰ + \rho_{مایع} gh_{مایع} \Rightarrow \rho_{جیوه} h = \rho_{مایع} h_{مایع} \Rightarrow h = \frac{۲\times ۳۴}{۱۳/۶} = ۵\ cm$$

گام سوم: با داشتن ارتفاع ستون مایع و جیوه، خواستهٔ سؤال را به دست می‌آوریم:

$$\Delta h = h_{مایع} - h_{جیوه} = ۳۴ - ۵ = ۲۹\ cm$$

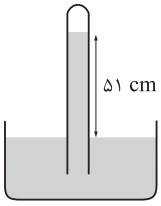
کتاب درسی

در یک لولهٔ Uشکل، مقداری جیوه قرار دارد. در شاخهٔ سمت راست لوله آن‌قدر آب می‌ریزیم تا ارتفاع آب به ۳۴ cm برسد (شکل زیر). اختلاف ارتفاع جیوه در دو شاخه چند سانتی‌متر است؟ (مقیاس‌ها، در این شکل واقعی نیست.)
$(\rho_{جیوه} = ۱۳/۶\,g/cm^۳$ و $\rho_{آب} = ۱\,g/cm^۳)$



(فیزیک (۱) ـ مثال ۲ ـ ۳ صفحهٔ ۳۵ کتاب درسی)

۹ در شکل زیر، چگالی مایع درون ظرف و لوله $2\ g/cm^3$ است. اگر فشار هوا در محیط $102\ kPa$ باشد، فشار گاز جمع‌شده در انتهای لوله چند سانتی‌متر جیوه است؟ ($g = 10\ m/s^2$ و $\rho_{جیوه} = 13/6\ g/cm^3$)

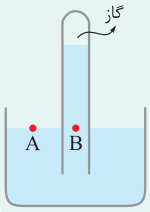


۱) ۶۶/۵
۲) ۶۷/۵
۳) ۶۸/۵
۴) ۶۹/۵

پاسخ: گزینهٔ ۲

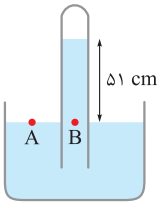
Hint: از برابری فشار در نقاط هم‌تراز، دو نقطه را انتخاب و فشار گاز را به دست آورید.

درس Box: اولین بار یک ایتالیایی به نام توریچلی لولهٔ شیشه‌ای بلندی (با طول ۹۰ ـ ۸۰ سانتی‌متر) را پر از جیوه کرد و آن را مطابق شکل در یک تشت پر از جیوه وارونه کرد. سطح جیوه کمی پایین آمد و در یک ارتفاع معین ایستاد. اصل هم‌فشاری نقاط هم‌تراز می‌گوید:



$$P_A = \rho gh + P_{گاز}$$

پاسخ خیلی تشریحی: **گام اول:** دو نقطهٔ هم‌تراز A و B را مطابق شکل در نظر می‌گیریم و با برابری فشار آن‌ها به خواستهٔ مسئله می‌رسیم:



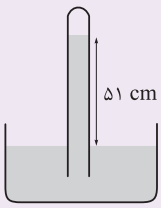
$$P_A = P_B$$
$$\Rightarrow P_0 = \rho gh + P_{گاز} \Rightarrow P_{گاز} = P_0 - \rho gh$$
$$\Rightarrow P_{گاز} = 102000 - (2000 \times 10 \times 0/51) = 91800\ Pa$$

گام دوم: اکنون فشار گاز به‌دست‌آمده را برحسب سانتی‌متر جیوه به دست می‌آوریم:

$$P_{گاز} = \rho_{جیوه} gh \Rightarrow h = \frac{P_{گاز}}{\rho_{جیوه} g} = 0/675\ m = 67/5\ cm$$

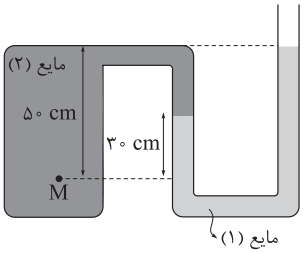
کنکور: در شکل زیر، چگالی مایع درون ظرف و لوله $2/8\ g/cm^3$ است. اگر فشار هوا در محیط ۷۵/۵ سانتی‌متر جیوه باشد، فشار هوای جمع‌شده در انتهای لوله، چند پاسکال است؟ ($g = 10\ m/s^2$ و $\rho_{جیوه} = 13/6\ g/cm^3$)

(سؤال ۷۲ کنکور ریاضی ۱۴۰۴ ـ نوبت دوم)



۱) ۱۴۲۸۰
۲) ۵۵۶۰۰
۳) ۶۹۳۶۰
۴) ۸۸۴۰۰

۱۰ در شکل زیر، چگالی دو مایع (۱) و (۲) به ترتیب $۲/۵\ g/cm^۳$ و $۲\ g/cm^۳$ است. اگر فشار هوا برابر $۹۰\ kPa$ باشد، فشار نقطهٔ M چند کیلوپاسکال است؟ $(g = ۱۰\ N/kg)$



۱) ۹۵

۲) ۹۶

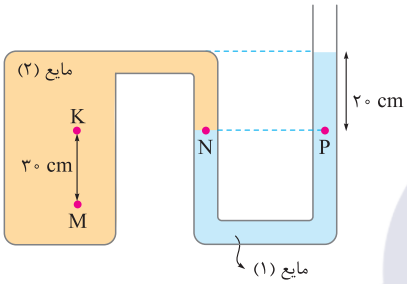
۳) ۱۰۰

۴) ۱۰۱

پاسخ: گزینهٔ ۴

Hint با دو مرتبه استفاده از اصل هم‌فشاری نقاط هم‌تراز، فشار نقطهٔ خواسته‌شده را به دست آورید.

پاسخ خیلی تشریحی **گام اول:** با نوشتن هم‌فشاری نقاط P و N داریم:



$$P_P = P_N = P_۰ + \rho_۱ gh = ۹۰۰۰۰ + (۲۵۰۰ \times ۱۰ \times ۰/۲) \Rightarrow P_N = ۹۵\ kPa$$

گام دوم: طبق اصل هم‌فشاری نقاط هم‌تراز $P_K = P_N$ و با توجه به اختلاف ارتفاع M و K داریم:

$$P_M = P_K + \rho gh \Rightarrow P_M = ۹۵۰۰۰ + (۲۰۰۰ \times ۱۰ \times ۰/۳) = ۱۰۱\ kPa$$

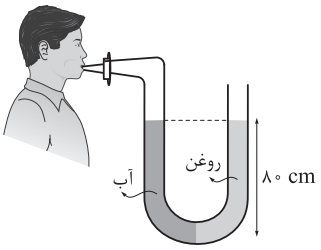
۱۱ در شکل زیر، لولهٔ Uشکل محتوی حجم مساوی از آب و روغن است. فشار پیمانه‌ای هوای درون ریهٔ شخص چند کیلوپاسکال است؟ ($g = ۱۰\ N/kg$ ، $\rho_{آب} = ۱\ g/cm^۳$ ، $\rho_{روغن} = ۰/۷۵\ g/cm^۳$)

۱) ۲

۲) ۲−

۳) ۲۰

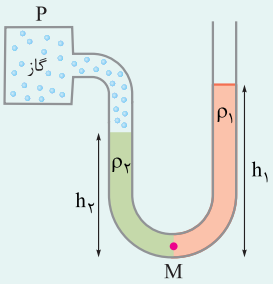
۴) ۲۰−



پاسخ: گزینهٔ ۲

Hint از برابری فشار در محل تماس دو مایع، فشار پیمانه‌ای هوای درون ریهٔ شخص را به دست آورید.

درس Box هنگامی‌که دو مایع در محل تقارن لولهٔ Uشکل (M) در تماس با هم هستند، از برابری فشار همین نقطه با توجه به دو طرف لوله استفاده می‌کنیم:

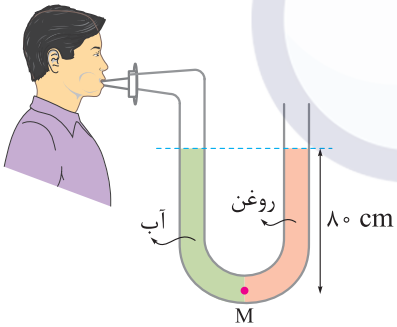


$$P_{M_{چپ}} = P_{M_{راست}} \Rightarrow \rho_۲ g h_۲ + P_{گاز} = \rho_۱ g h_۱ + P_۰$$

$$فشار\ پیمانه‌ای = P_{گاز} - P_۰ = \rho_۱ g h_۱ - \rho_۲ g h_۲$$

اگر فشار یک مخزن P باشد، عبارت $P - P_۰$ را فشار پیمانه‌ای می‌گوییم.

پاسخ خیلی تشریحی ✔ اگر فشار هوای درون ریه را P در نظر بگیریم:

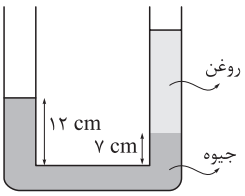


$$P_{M_{چپ}} = P_{M_{راست}}$$

$$\Rightarrow P + (\rho gh)_{آب} = P_۰ + (\rho gh)_{روغن} \Rightarrow P - P_۰ = (\rho gh)_{روغن} - (\rho gh)_{آب}$$

$$= (۷۵۰ \times ۱۰ \times ۰/۸) - (۱۰۰۰ \times ۱۰ \times ۰/۸) = -۲۰۰۰\ Pa = -۲\ kPa$$

۱۲ در شکل زیر، روغن و جیوه در لولهٔ Uشکلی به سطح مقطع $۴\ cm^۲$ در حال تعادل قرار دارند. در شاخهٔ سمت چپ لوله، چند گرم آب بریزیم تا ارتفاع جیوه در دو شاخهٔ لوله یکسان شود؟ ($g = ۱۰\ N/kg$ و چگالی جیوه $۱۳/۶\ g/cm^۳$ است.)

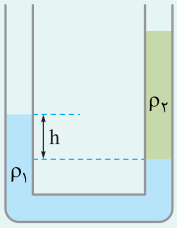


۱) ۶/۸
۲) ۲۷/۲
۳) ۶۸
۴) ۲۷۲

پاسخ: گزینهٔ ۴

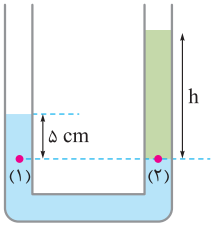
Hint ابتدا از تعادل روغن و جیوه، فشار ستون روغن را به دست آورید، سپس ارتفاع ستون آب را در حالت برابری با ارتفاع ستون جیوه حساب کنید و در انتها از رابطهٔ $m = \rho.A.h$، جرم آب را محاسبه کنید.

درس Box در سؤالاتی که مایع سومی به لولهٔ Uشکل اضافه می‌کنیم:



- اگر مثلاً مایع $\rho_۳$ (اغلب اوقات $\rho_۳ < \rho_۱$) را به شاخهٔ سمت چپ بیفزاییم با فرض یکسان‌بودن مساحت مقطع دو طرف لوله، بر اثر وزن ستون مایع، ارتفاع h به اندازهٔ x کاهش و در شاخهٔ سمت راست به اندازهٔ x افزایش می‌یابد.
- اگر ارتفاع مایع (۱) در دو طرف برابر شود، جابه‌جایی مایع در دو شاخه $\frac{h}{۲}$ بوده است.
- در صورتی که جرم مایع مورد پرسش قرار بگیرد از رابطهٔ $m = \rho.A.h$ استفاده می‌کنیم (A سطح مقطع لوله است.)

پاسخ خیلی تشریحی **گام اول**: از تعادل اولیهٔ جیوه و روغن، فشار ستون روغن را به دست می‌آوریم:

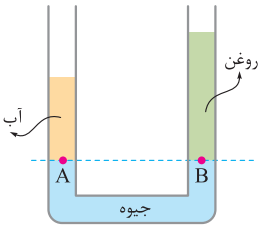


$$P_۱ = P_۲$$

$$\Rightarrow (\rho gh)_{جیوه} + P_۰ = (\rho gh)_{روغن} + P_۰$$

$$(\rho gh)_{روغن} = ۱۳۶۰۰ \times ۱۰ \times ۰/۰۵ \Rightarrow (\rho gh)_{روغن} = ۶۸۰۰\ Pa$$

گام دوم: از تعادل در حالت دوم و داشتن فشار ستون روغن داریم:



$$P_A = P_B$$

$$\Rightarrow (\rho gh)_{آب} + P_۰ = (\rho gh)_{روغن} + P_۰ \Rightarrow (\rho gh)_{آب} = ۶۸۰۰ \Rightarrow (\rho h)_{آب} = ۶۸۰ \quad (۱)$$

گام سوم: از رابطهٔ جرم برحسب چگالی، خواستهٔ سؤال را به دست می‌آوریم:

$$m_{آب} = \rho V = \rho Ah = (\rho h)A = ۶۸۰ \times (۴ \times ۱۰^{-۴}) = ۰/۲۷۲\ kg = ۲۷۲\ g$$

۱ بیماری به جرم ۶۰ kg روی تختی به جرم ۱۵ kg دراز کشیده است. پرستاری این تخت را با نیروی ثابت و افقی $\vec{F}$ روی سطحی هموار و با اصطکاک ناچیز هُل می‌دهد. مجموعهٔ تخت و بیمار با شتاب $0/4\ m/s^2$ حرکت می‌کند. اگر تخت ۸ m در جهت این نیرو جابه‌جا شود، کار انجام‌شده توسط نیروی $\vec{F}$ در این جابه‌جایی برابر چند ژول است؟

۱) ۱۹/۲ ۲) ۱۹۲ ۳) ۲۴ ۴) ۲۴۰

پاسخ: گزینهٔ ۴

Hint نیروی وارد بر مجموعه را از رابطهٔ $F_{net} = ma$ محاسبه و سپس از رابطهٔ $W = Fd\cos\theta$ مسئله را حل کنید.

درس Box اگر بر مجموعه‌ای فقط یک نیرو وارد شود، با توجه به قانون دوم نیوتون داریم:

$F = ma$

a : شتاب مجموعه (m/s^2)

m : جرم مجموعه (kg)

F : نیروی وارد بر جسم (N)

در این حالت، کار کل با کار نیروی F برابر است و از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

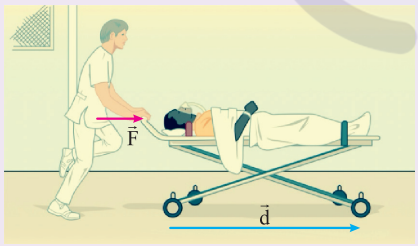
$W_T = W_F = Fd\cos\theta = mad\cos\theta$

پاسخ خیلی تشریحی تنها نیروی وارد بر مجموعهٔ بیمار و تخت، نیروی F است:

$$W_F = W_T = mad\cos\theta \xrightarrow[a=0/4\ m/s^2,\ d=8\ m,\ \cos\theta=1]{m=60+15=75\ kg} W_F = (75\times 0/4\times 8\times 1) = 240\ J$$

کتاب درسی بیماری به جرم ۷۲ kg روی تختی به جرم ۱۵ kg دراز کشیده است. پرستاری این تخت را با نیروی ثابت و افقی $\vec{F}$ روی سطحی هموار و با اصطکاک ناچیز هُل می‌دهد، مجموعهٔ تخت و بیمار با شتاب $0/60\ m/s^2$ حرکت می‌کند.

(فیزیک (۱) ـ مثال ۳ ـ ۳ صفحهٔ ۵۶ کتاب درسی)



الف) اندازهٔ نیروی $\vec{F}$ چه‌قدر است؟

ب) اگر تخت ۱۰ m در جهت این نیرو جابه‌جا شود، کار انجام‌شده توسط نیروی $\vec{F}$ را حساب کنید.

۲ **شهاب‌سنگی به جرم $1/4\times10^{8}$ kg با تندی $12\ km/s$ به زمین برخورد می‌کند. انرژی جنبشی این شهاب‌سنگ در لحظهٔ برخورد به زمین معادل با انرژی آزادشده توسط چند تن TNT است؟ (انرژی آزادشده توسط یک کیلوگرم TNT برابر $4/2\ MJ$ است.)**

۱) $2/4\times10^{6}$
۲) $2/4\times10^{7}$
۳) $2/4\times10^{8}$
۴) $2/4\times10^{9}$

پاسخ: گزینهٔ ۱

Hint از رابطهٔ $K=\frac{1}{2}mv^{2}$ (پس از تبدیل یکای سرعت) انرژی جنبشی را برحسب ژول محاسبه کنید، سپس جرم TNT معادل را به دست آورید.

درس Box از فصل (۱) کتاب درسی فیزیک (۱) (فیزیک و اندازه‌گیری) به یاد داریم که جهت تبدیل یکا از روش تبدیل زنجیره‌ای استفاده می‌کنیم:

$$\text{کمیت با یکای A}\times\frac{\text{کمیت با یکای B}}{\text{کمیت با یکای A}}$$

پاسخ خیلی تشریحی **گام اول:** ابتدا انرژی جنبشی را برحسب ژول به دست می‌آوریم:

$$K=\frac{1}{2}mv^{2}\xrightarrow[v=12\times10^{3}\ m/s]{m=1/4\times10^{8}\ kg}K=\frac{1}{2}(1/4\times10^{8})(12\times10^{3})^{2}=100/8\times10^{14}\ J$$

گام دوم: حال، انرژی جنبشی را برحسب کیلوگرم TNT به دست می‌آوریم:

$$K=100/8\times10^{14}\ J\times\frac{1\ MJ}{10^{6}\ J}\times\frac{1\ kg\ TNT}{4/2\ MJ}\times\frac{1\ tonTNT}{10^{3}\ kg\ TNT}=2/4\times10^{6}\ ton\ TNT$$

کتاب درسی **حدود ۵۰۰۰۰ سال پیش شهاب‌سنگی در نزدیک آریزونای آمریکا به زمین برخورد کرده و چاله‌ای بزرگ از خود به جای گذاشته است. با اندازه‌گیری‌های جدید (۲۰۰۵ میلادی) برآورد شده است که جرم این شهاب‌سنگ حدود $1/40\times10^{8}$ kg بوده و با تندی $12/0\ km/s$ به زمین برخورد کرده است.**

انرژی جنبشی این شهاب‌سنگ هنگام برخورد به زمین چه‌قدر بوده است؟ (خوب است بدانید انرژی آزادشده توسط هر تُن TNT تقریباً برابر $4/2\times10^{9}$ J است.)

(فیزیک (۱) ـ تمرین ۲ صفحهٔ ۷۸ کتاب درسی)

۳ **گلوله‌ای از یک بلندی پرتاب می شود. در بازهٔ زمانی معینی، انرژی پتانسیل گرانشی گلوله J ۲۰۰ افزایش و انرژی مکانیکی آن J ۱۰۰ کاهش می‌یابد. به ترتیب از راست به چپ، در این بازهٔ زمانی، کار انجام‌شده توسط وزن گلوله و کار کل انجام‌شده روی گلوله چند ژول است؟**

۱) ۲۰۰، ۱۰۰
۲) ۲۰۰، −۳۰۰
۳) −۲۰۰، ۱۰۰
۴) −۲۰۰، −۳۰۰

پاسخ: گزینهٔ ۴

Hint با توجه به رابطهٔ $W_{mg} = -\Delta U$، کار نیروی وزن و از رابطه‌های $\Delta E = \Delta U + \Delta K$ و $W_T = \Delta K$ کار کل انجام‌شده را حساب کنید.

درس Box

در بسیاری از سؤالات فصل کار، انرژی و توان، با استفاده از رابطهٔ کار نیروی وزن و تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی می‌توان به پاسخ رسید:

$$\begin{cases}\Delta U = mg\Delta h \\ W_{mg} = -mg\Delta h\end{cases} \Rightarrow W_{mg} = -\Delta U$$

- از طرف دیگر با ترکیب دو رابطهٔ زیر برای کار کل انجام‌شده داریم:

$$\begin{cases}\Delta E = \Delta U + \Delta K \Rightarrow \Delta K = \Delta E - \Delta U \\ W_T = \Delta K\end{cases} \Rightarrow W_T = \Delta E - \Delta U$$

پاسخ خیلی تشریحی

گام اول: کار نیروی وزن، قرینهٔ تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی است:

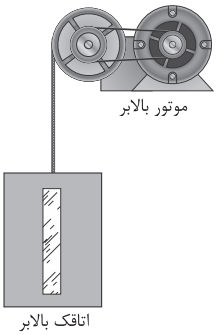
$$W_{mg} = -\Delta U \xrightarrow{\Delta U = +۲۰۰\,J} W_{mg} = -۲۰۰\,J$$

گام دوم: به کمک رابطهٔ به‌دست‌آمده در درس‌باکس، برای کار کل داریم:

$$W_T = \Delta E - \Delta U = -۱۰۰ - ۲۰۰ = -۳۰۰\,J$$

۴ در شکل زیر، توان ورودی موتور بالابر، برابر ۲ kW و بازده آن ۸۰ درصد است. اگر جرم اتاقک بالابر به همراه بار آن ۴۰۰ kg باشد، چند ثانیه طول می‌کشد تا اتاقک بالابر، ۱۰ m به سمت بالا جابه‌جا شود؟ $(g = ۱۰\ N/kg)$

۱) ۲۵
۲) ۲۰
۳) ۲/۵
۴) ۲



پاسخ: گزینهٔ ۱

Hint ابتدا از رابطهٔ $\text{بازده} = \frac{P_{\text{خروجی}}}{P_{\text{ورودی}}} \times ۱۰۰$ بازده، توان خروجی را به دست آورید، سپس از دو رابطهٔ $W_{\text{موتور}} = P.t$ و $|W_{\text{موتور}}| = |W_{mg}|$ کار نیروی موتور و زمان لازم را به دست آورید.

درس Box هنگامی که موتور بالابر، جسمی به جرم m را با سرعت ثابت بالا می‌برد، از قضیهٔ کار ـ انرژی جنبشی داریم:

$$W_{mg} + W_{\text{موتور}} = \Delta K \xrightarrow{\Delta K = ۰} |W_{mg}| = |W_{\text{موتور}}|$$

همچنین در مورد توان خروجی و بازده داریم:

$$\text{بازده} = \frac{P_{\text{خروجی}}}{P_{\text{ورودی}}} \times ۱۰۰ \ , \ P_{\text{خروجی}} = \frac{W_{\text{موتور}}}{t}$$

پاسخ خیلی تشریحی **گام اول:** از قضیهٔ کار ـ انرژی جنبشی، کار نیروی موتور را به دست می‌آوریم:

$$W_{mg} + W_{\text{موتور}} = \Delta K = ۰ \Rightarrow W_{\text{موتور}} = mg\Delta h = (۴۰۰ \times ۱۰ \times ۱۰) = ۴۰۰۰۰\ J$$

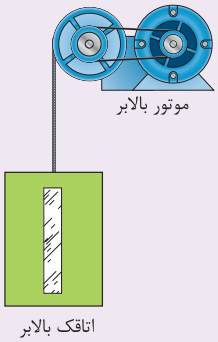
گام دوم: از رابطهٔ بازده، توان خروجی و سپس زمان لازم را به دست می‌آوریم:

$$\text{بازده} = \frac{P_{\text{خروجی}}}{P_{\text{ورودی}}} \times ۱۰۰ \Rightarrow ۰/۸ = \frac{P_{\text{خروجی}}}{۲\ kW} \Rightarrow P_{\text{خروجی}} = ۱/۶\ kW = ۱۶۰۰\ W$$

$$\xrightarrow[W = ۴۰۰۰۰\ J]{W = P.t} ۴۰۰۰۰ = ۱۶۰۰ \times t \Rightarrow t = ۲۵\ s$$

کتاب درسی **جرم اتاقک بالابری به همراه بار آن ۵۰۰ kg است (شکل زیر). اگر این بالابر در مدت ۱۰ s از طبقهٔ همکف به طبقهٔ دوم در ارتفاع ۶/۰ m برود، توان متوسط موتور این بالابر چند اسب بخار است؟ (نیروهای اتلافی را نادیده بگیرید.)**

(فیزیک (۱) ـ مثال ۳ ـ ۱۵ صفحهٔ ۷۴ کتاب درسی)



۵ **اتومبیلی روی خط راست، از حال سکون با شتاب ثابت به حرکت درمی‌آید. کار کل انجام‌شده روی آن در ثانیهٔ دوم، چند برابر کار کل انجام‌شده روی آن در ثانیهٔ اول است؟**

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ: گزینهٔ ۳

Hint ابتدا جابه‌جایی اتومبیل را در بازه‌های زمانی ذکرشده در سؤال به دست آورید و سپس از رابطهٔ $W_T = mad$ نسبت خواسته‌شده را محاسبه کنید.

درس Box در حرکت شتاب ثابت، جابه‌جایی از روابط زیر به دست می‌آید:

$$\Delta x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t$$

$$\Delta x = \frac{v + v_0}{2}\Delta t$$

$$\Delta x = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$$

هم‌چنین جابه‌جایی در t ثانیه‌های nام از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$\Delta x = \frac{1}{2}a(2n-1)t^2 + v_0 t$$

پاسخ خیلی تشریحی **گام اول:** جابه‌جایی متحرک در ثانیه‌های اول و دوم را حساب می‌کنیم:

ثانیهٔ اول $(0 \to 1\,s): \Delta x_1 = \frac{1}{2}a(1)^2 + 0(1) = \frac{1}{2}a$

ثانیهٔ دوم $(1\,s \to 2\,s): \Delta x_2 = \frac{1}{2}a(1)^2 + v_{1s}(1) \xrightarrow{v_{1s}=a} \Delta x_2 = \frac{3}{2}a$

گام دوم: کار کل در ثانیهٔ اول و دوم را به دست می‌آوریم:

$$W_1 = mad_1 \xrightarrow{d_1=\Delta x_1} W_1 = ma(\frac{1}{2}a) = \frac{ma^2}{2}$$

$$W_2 = mad_2 \xrightarrow{d_2=\Delta x_2} W_2 = ma(\frac{3}{2}a) = \frac{3ma^2}{2}$$

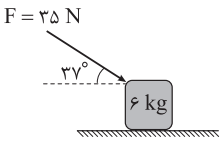
گام سوم: نسبت مورد نظر سؤال را حساب می‌کنیم:

$$\frac{W_2}{W_1} = \frac{\frac{3ma^2}{2}}{\frac{ma^2}{2}} = 3$$

کنکور **اتومبیلی روی خط راست، از حال سکون با شتاب ثابت $3\,m/s^2$ به حرکت درمی‌آید. تغییر انرژی جنبشی آن در ثانیهٔ دوم، چند برابر تغییر انرژی جنبشی آن در ثانیهٔ اول است؟** *(سؤال ۷۴ کنکور تجربی ۱۴۰۴ - نوبت اول)*

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۶ در شکل زیر، جعبهٔ ۶کیلوگرمی توسط نیروی $\vec{F}$ از حال سکون به حرکت درآمده و پس از ۳ m جابه‌جایی روی سطح افقی، تندی آن به ۵ m / s می‌رسد. بزرگی نیروی اصطکاک وارد بر جعبه، چند نیوتون است؟ $(\sin ۳۷^\circ = ۰/۶)$



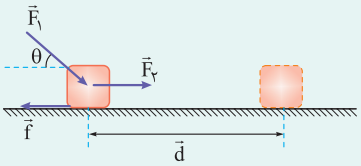
۱) ۳ ۲) ۵

۳) ۶ ۴) ۹

پاسخ: گزینهٔ ۱

Hint ابتدا از رابطهٔ $W_T = \Delta K$ کار نیروی اصطکاک (W_f) را محاسبه کنید و سپس از رابطهٔ $W_f = -f.d$ مقدار نیروی اصطکاک را به دست آورید.

درس Box هنگامی که چند نیرو به طور هم‌زمان بر جسمی وارد و سبب شوند که جسم به اندازهٔ d جابه‌جا شود، از قضیهٔ کار ـ انرژی جنبشی داریم:



$$W_T = \Delta K$$

$$\Rightarrow W_{F_1} + W_{F_2} + W_f = \Delta K$$

$$W_{F_1} = F_1 d \cos\theta$$

$$W_{F_2} = F_2 d$$

$$W_f = -f.d$$

پاسخ خیلی تشریحی **گام اول:** از قضیهٔ کار ـ انرژی جنبشی، کار نیروی اصطکاک را به دست می‌آوریم:

$$W_F = Fd\cos\theta = ۳۵(۳)\cos ۳۷^\circ = ۳۵(۳)(۰/۸) = ۸۴\ J$$

$$W_T = \Delta K \xrightarrow[\Delta K = \frac{۱}{۲}(۶)(۵^۲) = ۷۵J]{W_F = ۸۴\ J} ۸۴ + W_f = ۷۵ \Rightarrow W_f = -۹\ J$$

گام دوم: اکنون مقدار نیروی اصطکاک را به دست می‌آوریم:

$$W_f = -f.d \Rightarrow -۹ = -f(۳) \Rightarrow f = \frac{۹}{۳} = ۳\ N$$

۷ **از یک بالگرد که در ارتفاع ۶۰متری سطح زمین با تندی ثابت در حال حرکت است، بسته‌ای به جرم ۲۰ kg رها می‌شود و بسته با تندی ۲۰ m / s به سطح زمین برخورد می‌کند. اگر اندازهٔ کار انجام‌شده توسط نیروی مقاومت هوا بر روی بسته، از لحظهٔ رهاشدن تا لحظهٔ رسیدن به سطح زمین برابر ۸ / ۶۴ kJ باشد، تندی بالگرد چند متر بر ثانیه است؟ $(g = ۱۰\ N / kg)$**

۱) ۶ ۲) ۸ ۳) ۹ ۴) ۱۲

پاسخ: گزینهٔ ۲

Hint از رابطهٔ $W_f + W_{mg} = \Delta K$ تندی بالگرد را محاسبه کنید.

درس Box هنگامی‌که از یک متحرک (بالگرد، هواپیما و ...)، جسمی رها می‌شود، سرعت اولیهٔ جسم برابر با سرعت متحرک است.

پاسخ خیلی تشریحی از قضیهٔ کار ـ انرژی جنبشی داریم:

$$W_T = \Delta K \xrightarrow[W_{mg}=mgd=۲۰(۱۰)(۶۰)=۱۲۰۰۰\ J]{W_f=-۸۶۴۰\ J\ ,\ d=۶۰\ m} W_{mg} + W_f = \Delta K \Rightarrow ۱۲۰۰۰ + (-۸۶۴۰) = \frac{۱}{۲}m(v^۲ - v_۰^۲)$$

$$\Rightarrow ۳۳۶۰ = \frac{۱}{۲}(۲۰)[(۲۰)^۲ - v_۰^۲] \Rightarrow ۴۰۰ - v_۰^۲ = ۳۳۶ \Rightarrow v_۰^۲ = ۶۴ \Rightarrow v_۰ = v_{\text{بالگرد}} = ۸\ m / s$$

۸ **گلوله‌ای به جرم ۲ kg از سطح زمین با تندی ۱۸ m / s در راستای قائم و رو به بالا پرتاب می‌شود. در لحظه‌ای که انرژی جنبشی گلوله به ۸۱ J می‌رسد، ارتفاع آن چند برابر ارتفاع بیشینهٔ گلوله است؟($g = ۱۰\ N / kg$ و از مقاومت هوا چشم‌پوشی کنید.)**

۱) $\frac{۱}{۳}$ ۲) $\frac{۲}{۳}$ ۳) $\frac{۱}{۴}$ ۴) $\frac{۳}{۴}$

پاسخ: گزینهٔ ۴

Hint از رابطهٔ $W_T = \Delta K$ ، ارتفاع گلوله در ۲ حالت گفته‌شده را به دست آورید. توجه کنید که در ارتفاع بیشینه، انرژی جنبشی صفر است.

پاسخ خیلی تشریحی **گام اول:** ارتفاع گلوله در لحظه‌ای که $K = ۸۱\ J$ است را به دست می‌آوریم:

$$W_T = \Delta K \Rightarrow -mgh_۱ = K_۲ - K_۱ \xrightarrow[K_۱=\frac{۱}{۲}(۲)(۱۸)^۲=۳۲۴\ J]{K_۲=۸۱\ J} -۲(۱۰)h_۱ = ۸۱ - ۳۲۴ \Rightarrow h_۱ = ۱۲/۱۵\ m$$

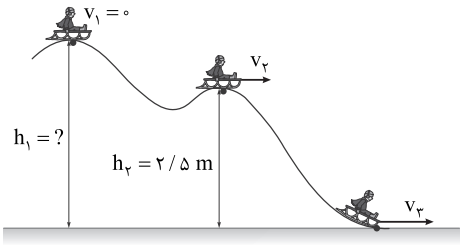
گام دوم: ارتفاع بیشینهٔ گلوله را نیز به همین ترتیب به دست می‌آوریم:

$$W_T = \Delta K \Rightarrow -mgh_۲ = K_۲ - K_۱ \xrightarrow{K_۲=۰} -۲(۱۰)h_۲ = -۳۲۴ \Rightarrow h_۲ = ۱۶/۲\ m$$

گام سوم: نسبت خواسته‌شده را حساب می‌کنیم:

$$\frac{h_۱}{h_۲} = \frac{۱۲/۱۵}{۱۶/۲} = \frac{۳}{۴}$$

۹ در شکل زیر، سورتمه‌سواری از ارتفاع h_1 بالای سطح زمین و روی مسیری بدون اصطکاک، از حال سکون شروع به حرکت می‌کند. اگر تندی سورتمه‌سوار در لحظهٔ رسیدن به سطح زمین، $\frac{3}{2}$ برابر تندی سورتمه‌سوار در ارتفاع $h_2 = 2/5\ m$ باشد، h_1 برابر چند متر است؟ ($g = 10\ N/kg$ و نیروی مقاومت هوا ناچیز است.)



۱) ۳/۷۵

۲) ۴/۵

۳) ۵/۶۲۵

۴) ۷/۵

پاسخ: گزینهٔ ۲

Hint ابتدا از اصل پایستگی انرژی مکانیکی بین نقاط (۲) و (۳) استفاده کنید $(E_2 = E_3)$ و سپس h_1 را به دست آورید.

درس Box انرژی مکانیکی را به صورت $E = K + U$ تعریف می‌کنیم. اگر نیروهای اتلاف‌کننده (اصطکاک، مقاومت هوا و ...) نداشته باشیم، انرژی مکانیکی جسم ثابت می‌ماند:

$$E_1 = E_2$$

$$K_1 + U_1 = K_2 + U_2$$

پاسخ خیلی تشریحی **گام اول:** با داشتن رابطهٔ $v_3 = \frac{3}{2}v_2$ و نوشتن اصل پایستگی انرژی مکانیکی بین نقاط (۲) و (۳) داریم:

$$E_2 = E_3$$

$$K_2 + U_2 = K_3 + U_3 \xrightarrow{v_3 = \frac{3}{2}v_2} \frac{1}{2}\cancel{m}v_2^2 + \cancel{m}g(2/5) = \frac{1}{2}\cancel{m}(\frac{9}{4}v_2^2) + 0 \Rightarrow \frac{5}{4}v_2^2 = 50$$

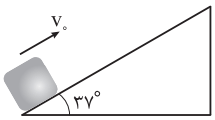
$$\Rightarrow v_2 = \sqrt{40}\ m/s \Rightarrow v_3 = \frac{3}{2}\sqrt{40}\ m/s$$

گام دوم: اکنون پایستگی انرژی مکانیکی را بین نقاط (۱) و (۳) نوشته و h_1 را به دست می‌آوریم:

$$E_1 = E_3 \Rightarrow \cancel{K_1}^{0} + U_1 = K_3 + \cancel{U_3}^{0}$$

$$\Rightarrow \cancel{m}gh_1 = \frac{1}{2}\cancel{m}v_3^2 \Rightarrow h_1 = \frac{v_3^2}{2g} = \frac{\frac{9}{4}\times 40}{20} = 4/5\ m$$

۱۰ در شکل زیر، یک مکعب چوبی به جرم ۴۰۰ g از پایین سطح شیب‌دار و به موازات سطح، رو به بالا پرتاب می‌شود. تندی مکعب پس از ۸ m جابه‌جایی در امتداد سطح، ۷۵ درصد کاهش می‌یابد. اگر اندازهٔ کار نیروی اصطکاک در این جابه‌جایی ۵۵/۸ J باشد، تندی اولیهٔ مکعب چند متر بر ثانیه است؟ ($g = ۱۰\ N/kg$ و $\sin ۳۷^\circ = ۰/۶$)



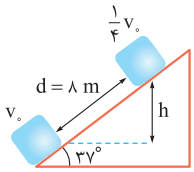
۱) ۱۲ ۲) ۱۶

۳) ۲۰ ۴) ۲۴

پاسخ: گزینهٔ ۳

Hint با استفاده از قضیهٔ کار ـ انرژی جنبشی که در این‌جا به صورت $(W_{mg} + W_f = K_۲ - K_۱)$ است، تندی اولیهٔ مکعب را به دست آورید.

پاسخ خیلی تشریحی **گام اول:** ابتدا یک شکل مناسب رسم می‌کنیم:



گام دوم: قضیهٔ کار ـ انرژی جنبشی را می‌نویسیم:

$$W_T = K_۲ - K_۱ \Rightarrow W_{mg} + W_f = K_۲ - K_۱ \xrightarrow[h = d\sin ۳۷^\circ]{W_f = -۵۵/۸\,J} -mgd\sin ۳۷^\circ + W_f = \frac{۱}{۲}m\left(\left(\frac{v_0}{۴}\right)^۲ - v_0^۲\right)$$

$$\Rightarrow -۰/۴(۱۰)(۸)(۰/۶) - ۵۵/۸ = \frac{۱}{۲}(۰/۴)\left(-\frac{۱۵v_0^۲}{۱۶}\right) \Rightarrow v_0^۲ = ۴۰۰ \Rightarrow v_0 = ۲۰\ m/s$$

۱۱ **بازده یک نیروگاه سوخت فسیلی ۴۰ درصد و بازده خطوط انتقال توان الکتریکی حاصل از آن تا محل مصرف ۸۰ درصد است. با سوختن ۲۵۰ L گازوئیل در نیروگاه، چند ژول انرژی الکتریکی به محل مصرف می‌رسد؟ (با سوختن هر لیتر گازوئیل، ۳۵ MJ انرژی گرمایی آزاد می‌شود.)**

۱) $۲/۸\times۱۰^{۸}$ ۲) $۲/۸\times۱۰^{۹}$

۳) $۱/۰۵\times۱۰^{۸}$ ۴) $۱/۰۵\times۱۰^{۹}$

پاسخ: گزینهٔ ۲

Hint ابتدا انرژی گرمایی آزادشده از ۲۵۰ L گازوئیل را به دست آورید و سپس با در نظر گرفتن بازده نیروگاه و بازده خطوط انتقال، انرژی الکتریکی رسیده به محل مصرف را به دست آورید.

درس Box در هر سیستم مکانیکی که از دو بخش تشکیل شده و هر کدام از بخش‌ها نیز دارای بازده مشخص باشد، توان و انرژی خروجی به صورت زیر محاسبه می‌شوند:

$$P_{خروجی} = P_{ورودی} \times Ra_۱ \times Ra_۲$$

پاسخ خیلی تشریحی مطابق درس‌باکس، ابتدا انرژی گرمایی آزادشده از گازوئیل و سپس با در نظر گرفتن بازده‌ها، انرژی الکتریکی که به محل مصرف می‌رسد را حساب می‌کنیم:

$$\underset{\text{گازوئیل}}{۲۵۰\,L} \times \underset{\text{گازوئیل}}{\frac{۳۵\times۱۰^{۶}\,J}{۱\,L}} \times \underset{\text{بازده گرمایی}}{(۰/۴)} \times \underset{\text{بازده الکتریکی}}{(۰/۸)} = ۲/۸\times۱۰^{۹}\,J$$

۱ **دمای جسمی برحسب درجهٔ فارنهایت، ۲ برابر دمای آن برحسب درجهٔ سلسیوس است. این دما چند کلوین است؟**

۱) ۱۶۰ ۲) ۳۲۰ ۳) ۳۳۳ ۴) ۴۳۳

پاسخ: گزینهٔ ۴

Hint طبق اطلاعات سؤال، ابتدا $F=\frac{۹}{۵}\theta+۳۲$ را برابر با ۲θ قرار می‌دهیم، سپس با توجه به رابطهٔ $T=\theta+۲۷۳$ جواب مسئله را به دست می‌آوریم.

درس Box یکای دما در SI کلوین است، اما دو یکای رایج دیگر دما، درجهٔ سلسیوس و درجهٔ فارنهایت هستند. رابطهٔ بین این یکاها به صورت زیر می‌باشد:

$$\underset{\text{کلوین}}{T}=\theta+۲۷۳\ ,\ \Delta T=\Delta\theta$$

$$\underset{\text{درجهٔ فارنهایت}}{F}=\frac{۹}{۵}\underset{\text{درجهٔ سلسیوس}}{\theta}+۳۲\ ,\ \Delta F=\frac{۹}{۵}\Delta\theta$$

پاسخ خیلی تشریحی **گام اول:** طبق گفتهٔ سؤال، دما برحسب درجهٔ فارنهایت، دو برابر درجهٔ سلسیوس است:

$$F=۲\theta \xrightarrow{F=\frac{۹}{۵}\theta+۳۲} \frac{۹}{۵}\theta+۳۲=۲\theta \Rightarrow \frac{۱}{۵}\theta=۳۲ \Rightarrow \theta=۱۶۰\ ^\circ C$$

گام دوم: اکنون دما را برحسب کلوین به دست می‌آوریم:

$$T=۱۶۰+۲۷۳=۴۳۳\ K$$

گول نخوری حواستون باشه که با رسیدن به $۱۶۰\ ^\circ C$، سراغ گزینهٔ (۱) نروید چون جواب برحسب کلوین خواسته شده است.

کنکور **دمای جسمی برحسب درجهٔ فارنهایت، ۵ برابر دمای آن برحسب درجهٔ سلسیوس است. این دما چند کلوین است؟**

(سؤال ۷۳ کنکور تجربی ۱۴۰۲ ـ نوبت دوم)

۱) ۲۶۳ ۲) ۲۷۳ ۳) ۲۸۳ ۴) ۳۶۳

۲ **اگر دمای یک قطعه توپر سربی $200\ ^\circ F$ افزایش یابد، چگالی آن تقریباً چند درصد تغییر می‌کند؟ (ضریب انبساط طولی سرب $3\times10^{-5}\ \frac{1}{K}$ است.)**

۱) ۱ ۲) ۰/۱ ۳) ۱/۸ ۴) ۰/۱۸

پاسخ: گزینهٔ ۱

Hint برای محاسبهٔ درصد تغییرات چگالی، از رابطهٔ $\Delta\rho = -\rho_1(3\alpha)\Delta\theta$ استفاده کنید.

درس Box در مسئله‌های مربوط به انبساط طولی، سطحی و حجمی، هرگاه درصد تغییرات خواسته شود از روابط زیر استفاده کنید:

$$\text{درصد تغییر طول} = \frac{\Delta L}{L}\times100 = \alpha\Delta\theta\times100$$

$$\text{درصد تغییر سطح} = \frac{\Delta A}{A_1}\times100 = (2\alpha)\Delta\theta\times100$$

$$\text{درصد تغییر حجم} = \frac{\Delta V}{V_1}\times100 = (3\alpha)\Delta\theta\times100$$

$$\text{درصد تغییر چگالی} = \frac{\Delta\rho}{\rho_1}\times100 = (-3\alpha)(\Delta\theta)\times100$$

پاسخ خیلی تشریحی ✔ با توجه به رابطهٔ درصد تغییرات چگالی داریم:

$$\frac{\Delta\rho}{\rho_1}\times100 = (-3\alpha)(\Delta\theta)\times100 \xrightarrow[\alpha=3\times10^{-5}K^{-1}]{\Delta\theta=\frac{5}{9}\Delta F=\frac{5}{9}\times200=\frac{1000}{9}\ ^\circ C} \frac{\Delta\rho}{\rho_1}\times100 = -3\times3\times10^{-5}\times\frac{1000}{9}\times100 = \%-1$$

کتاب درسی یک قطعه سرب را در دمای اتاق در نظر بگیرید. اگر دمای این قطعه را $200\ ^\circ C$ افزایش دهیم، چگالی آن چند برابر می‌شود؟

(فیزیک (۱) ـ مثال ٤ ـ ٥ صفحهٔ ٩٤ کتاب درسی)

۳ در دمای $0^\circ C$، شعاع یک قرص فولادی برابر R_1 و شعاع یک قرص آلومینیمی برابر R_2 است. اگر دمای دو قرص را به تدریج افزایش دهیم، اختلاف مساحت دو قرص در هر دمایی ثابت می‌ماند. R_2 چند برابر R_1 است؟ (ضریب انبساط طولی فولاد وآلومینیم به ترتیب $10^{-5}\frac{1}{K}$ و $2/25\times10^{-5}\frac{1}{K}$ است.)

۱) $\frac{2}{3}$ ۲) $\frac{3}{2}$ ۳) $\frac{4}{9}$ ۴) $\frac{9}{4}$

پاسخ: گزینهٔ ۱

Hint شرط ثابت‌بودن اختلاف مساحت در هر دما آن است که $\Delta A_{\text{فولاد}} = \Delta A_{\text{آلومینیم}}$. با توجه به این‌که $\Delta A = A_1(2\alpha)\Delta\theta$ و $A = \pi R^2$ است، رابطهٔ $(R_1^2\alpha)_{\text{فولاد}} = (R_2^2\alpha)_{\text{آلومینیم}}$ را بنویسید و نسبت $\frac{R_2}{R_1}$ را به دست آورید.

درس Box با افزایش دما، همهٔ ابعاد جسم (حفره، گوشه و ...) به تناسب افزایش می‌یابد. اگر مساحت اولیهٔ جسم جامد A_1 و افزایش دما ΔT باشد، افزایش مساحتی به اندازهٔ ΔA پیدا می‌کند:

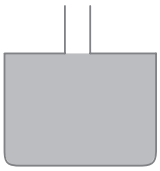
$$\Delta A = \underbrace{2\alpha}_{\text{ضریب انبساط طولی } (\frac{1}{K})}\underbrace{A_1}_{(m^2)}\underbrace{\Delta T}_{(K)}$$

پاسخ خیلی تشریحی شرط ثابت‌بودن اختلاف مساحت در هر دمایی آن است که افزایش مساحت (ΔA) دو قرص با هم برابر باشد:

$$\Delta A_{\text{فولاد}} = \Delta A_{\text{آلومینیم}} \Rightarrow A_1(2\alpha_1)\cancel{\Delta\theta} = A_2(2\alpha_2)\cancel{\Delta\theta} \xrightarrow{A=\pi R^2} R_1^2(10^{-5}) = R_2^2(\frac{9}{4}\times10^{-5})$$

$$\Rightarrow \frac{R_2^2}{R_1^2} = \frac{4}{9} \xrightarrow{\sqrt{\ }} \frac{R_2}{R_1} = \frac{2}{3}$$

۴ در شکل زیر، ظرف مکعب‌شکلی به ابعاد ۱۰ cm روی سطح افقی قرار دارد و به سطح بالایی ظرف، لولهٔ قائمی به قطر مقطع ۲ cm و ارتفاع ۱۰ cm وصل است و درون آن تا اندازهٔ نشان داده شده مایعی به ضریب انبساط حجمی $۵\times۱۰^{-۴}\ \frac{۱}{K}$ قرار دارد. دمای مایع چند درجهٔ سلسیوس بالا رود تا مایع از ظرف لبریز شود؟ ($\pi = ۳$ و انبساط ظرف ناچیز است.)



۱) ۲۴

۲) ۶۰

۳) ۲۴۰

۴) ۶۰۰

پاسخ: گزینهٔ ۲

Hint $V_۱$ برابر حجم مکعب و $V_۲$ برابر حجم مکعب به علاوهٔ حجم لولهٔ قائم است. از رابطهٔ $\Delta V = V_۱\beta\Delta T$ استفاده کنید.

درس Box حجم بیشتر اجسام با افزایش دما، زیاد می‌شود. اگر حجم اولیهٔ جسم (جامد یا مایع) $V_۱$ و افزایش دما ΔT باشد، افزایش حجم جسم به اندازهٔ ΔV است و از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$\Delta V = \underbrace{\beta}_{\text{ضریب انبساط حجمی جامد یا مایع } (\frac{۱}{K})}\ \underbrace{V_۱}_{(m^۳)}\ \underbrace{\Delta T}_{(K)}$$

با تقریب خوبی در مورد یک جسم جامد می‌توان نوشت:

$$\beta_{\text{جامد}} = ۳\alpha$$

پاسخ خیلی تشریحی **گام اول:** ابتدا حجم اولیه و ثانویه را به دست می‌آوریم:

$$V_۱ = ۱۰\times۱۰\times۱۰ = ۱۰۰۰\ cm^۳$$

$$V_۲ = ۱۰۰۰ + (۳\times۱^۲\times۱۰) = ۱۰۳۰\ cm^۳$$

گام دوم: از رابطهٔ $\Delta V = V_۱\ \beta\Delta T$، افزایش دما را به دست می‌آوریم:

$$\Delta V = V_۱\ \beta\Delta T \xrightarrow[V_۱=۱۰۰۰\ cm^۳\ ,\ \beta=۵\times۱۰^{-۴}K^{-۱}]{\Delta V=۳۰\ cm^۳} ۳۰ = ۱۰۰۰\times۵\times۱۰^{-۴}\times\Delta T \Rightarrow \Delta T = ۶۰\ K$$

۵ **شعاع کرهٔ توپر مسی A، ۲ برابر شعاع کرهٔ توپر مسی B است. اگر گرمای دریافتی کرهٔ A، ۳ برابر گرمای دریافتی کرهٔ B باشد، تغییر حجم کرهٔ A، چند برابر تغییر حجم کرهٔ B است؟**

۱) ۳ ۲) ۶ ۳) $\frac{۳}{۲}$ ۴) $\frac{۳}{۸}$

پاسخ: گزینهٔ ۱

درس Box

برای جسمی که بدون تغییر حالت، در اثر تبادل گرمایی، فقط دمای آن تغییر می‌کند، می‌توان نوشت: $Q = mc\Delta\theta$

$Q =$ گرما (J)

$m =$ جرم (kg)

$c =$ گرمای ویژه $(\frac{J}{kg.^\circ C})$

$\Delta\theta =$ تغییر دما $(^\circ C)$

در مسائلی که تغییر حجم به جرم و گرمای دریافتی مربوط می‌شود، می‌توانیم از رابطهٔ زیر استفاده کنیم:

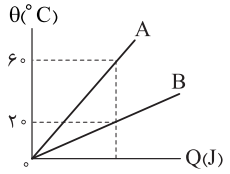
$$\Delta V = \beta V_۱ \Delta\theta \xrightarrow{\Delta\theta = \frac{Q}{mc}} \Delta V = \beta V_۱ \frac{Q}{mc} \xrightarrow{m = \rho V_۱} \Delta V = \beta \frac{Q}{\rho c}$$

ΔV: تغییر حجم $(m^۳)$ — β: ضریب انبساط حجمی $(\frac{۱}{K})$ — Q: گرمای دریافتی (J) — ρ: چگالی $(kg/m^۳)$ — c: گرمای ویژه $(\frac{J}{kg.K})$

پاسخ خیلی تشریحی با ترکیب دو رابطهٔ $\Delta V = V_۱\beta\Delta\theta$ و $Q = mc\Delta\theta$، به رابطهٔ $\Delta V = \frac{\beta Q}{\rho c}$ می‌رسیم؛ با توجه به برابری پارامترهای ρ، c و β در دو کرهٔ A و B داریم:

$$\frac{\Delta V_A}{\Delta V_B} = \frac{Q_A}{Q_B} = \frac{۳Q_B}{Q_B} = ۳$$

۶ **نمودار دمای دو جسم A و B برحسب گرمای دریافتی آن‌ها به شکل زیر است. اگر جرم جسم A، ۲ برابر جسم B باشد، به ترتیب از راست به چپ، گرمای ویژهٔ جسم A چند برابر گرمای ویژهٔ جسم B و ظرفیت گرمایی جسم A چند برابر ظرفیت گرمایی جسم B است؟**



۱) $\frac{۱}{۶}$ ، ۳

۲) $\frac{۲}{۳}$ ، $\frac{۱}{۳}$

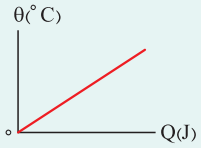
۳) $\frac{۲}{۳}$ ، ۳

۴) $\frac{۱}{۶}$ ، $\frac{۱}{۳}$

پاسخ: گزینهٔ ۴

درس Box

در نمودار دما (θ) برحسب گرمای دریافتی (Q) به نکات زیر توجه کنید:



- با توجه به رابطهٔ گرما $Q = mc\Delta\theta$، شیب این نمودار، برابر با $\frac{\Delta\theta}{Q} = \frac{۱}{mc}$ است.
- هر چه شیب این خط بیشتر باشد، ظرفیت گرمایی کم‌تر است.

پاسخ خیلی تشریحی

گام اول: با توجه به داده‌های نمودار، گرمای ویژهٔ دو جسم را مقایسه می‌کنیم:

$$\begin{cases} Q_A = Q_B \\ m_A = ۲m_B \\ \Delta\theta_A = ۶۰\,^\circ C \\ \Delta\theta_B = ۲۰\,^\circ C \end{cases} \xrightarrow{Q=mc\Delta\theta} ۲m_B c_A(۶۰) = m_B c_B(۲۰) \Rightarrow ۱۲۰\,c_A = ۲۰\,c_B \Rightarrow c_A = \frac{۱}{۶}c_B$$

گام دوم: با توجه به تعریف ظرفیت گرمایی $C = mc$ داریم:

$$\frac{C_A}{C_B} = \frac{m_A c_A}{m_B c_B} \xrightarrow[m_A = ۲m_B]{c_A = \frac{۱}{۶}c_B} \frac{C_A}{C_B} = \frac{۱}{۳}$$

$C = mc$

C = ظرفیت‌گرمایی (J/K)

m = جرم (kg)

c = گرمای‌ویژه $(\frac{J}{kg.K})$

۷ **۲ kg آب را درون یک کتری برقی با توان الکتریکی ۴ kW می‌ریزیم و آن را روشن می‌کنیم. از شروع جوشیدن تا تبخیر همهٔ آب درون کتری، تقریباً چند دقیقه طول می‌کشد؟ (فرض کنید ۷۵ درصد از انرژی الکتریکی تبدیل‌شده به انرژی گرمایی، به آب می‌رسد و $L_V = ۲۲۵۶\ J/g$)**

۱) ۲۵ ۲) ۲/۵ ۳) ۵۰ ۴) ۵

پاسخ: گزینهٔ ۱

Hint ابتدا گرمای دریافتی توسط آب را از رابطهٔ $Q = mL_V$ محاسبه کنید، سپس از رابطهٔ $\frac{۳}{۴}U = mL_V$ مقدار انرژی الکتریکی مصرف‌شده (U) را به دست آورید و در نهایت از رابطهٔ $P = \frac{U}{t}$، زمان لازم را برحسب دقیقه پیدا کنید.

درس Box گرمای منتقل‌شده برای تبخیر هر مایع با جرم آن نسبت مستقیم دارد. نسبت این گرما به جرم مایع بخارشده، گرمای نهان تبخیر نامیده می‌شود.

$$\underset{(\frac{J}{kg})}{L_V} = \frac{\overset{(J)}{Q}}{\underset{(kg)}{m}}$$

اگر توان یک کتری برقی P باشد:

$$\underset{W}{P} = \frac{\overset{(J)}{U}}{\underset{(s)}{t}}$$

$$\text{بازده} = \frac{Q}{U} \times ۱۰۰$$

پاسخ خیلی تشریحی **گام اول:** گرمای لازم برای تبخیر همهٔ آب را به دست می‌آوریم:

$$Q = mL_V = ۲ \times ۱۰۰۰ \times ۲۲۵۶ = ۴۵۱۲ \times ۱۰^۳\ J = ۴۵۱۲\ kJ$$

گام دوم: ۷۵ درصد از انرژی الکتریکی مصرفی (U) به گرما تبدیل می‌شود، بنابراین:

$$\frac{۳}{۴}U = ۴۵۱۲ \Rightarrow U = ۶۰۱۶\ kJ$$

گام سوم: از رابطهٔ $P = \frac{U}{t}$ زمان لازم را به دست می‌آوریم:

$$t = \frac{U}{P} \xrightarrow[P=۴kW]{U=۶۰۱۶kJ} t = \frac{۶۰۱۶ \times ۱۰^۳}{۴ \times ۱۰^۳} = ۱۵۰۴\ s$$

$$\Rightarrow t = \frac{۱۵۰۴}{۶۰} \simeq ۲۵\ min$$

کنکور **۲ kg آب را درون یک کتری برقی با توان الکتریکی ۳ kW می‌ریزیم و آن را روشن می‌کنیم. از شروع جوشیدن تا تبخیر همهٔ آب درون کتری، چند دقیقه طول می‌کشد؟ (فرض کنید تمام انرژی الکتریکی تبدیل‌شده به انرژی گرمایی به آب می‌رسد و $L_V = ۲۲۵۶\ J/g$)**

(سؤال ۷۵ کنکور تجربی ۱۴۰۳ (خارج از کشور))

۱) ۲۵ ۲) ۲/۵ ۳) ۵۰ ۴) ۵

۸ **در چالهٔ کوچکی $1\,kg$ آب $0\,^{\circ}C$ قرار دارد. اگر بر اثر تبخیر سطحی $40\,g$ از آب تبخیر شود، جرم آب مایع باقی‌مانده در چاله به چند گرم می‌رسد؟ ($L_F = 336\,kJ/kg$ ، $L_V = 2520\,kJ/kg$ و از مبادلهٔ گرما بین آب و محیط صرف نظر کنید.)**

۱) ۹۶۰ ۲) ۹۳۰ ۳) ۷۰۰ ۴) ۶۶۰

پاسخ: گزینهٔ ۴

درس Box

در مسائلی که با تبخیر سطحی و یخ‌زدگی هم‌زمان آب (در چاله، سطح جاده و ...) روبه‌رو هستیم؛ مقدار گرمایی که صرف تبخیر سطحی می‌شود ($Q = mL_V$) دقیقاً هم‌اندازهٔ گرمایی است که باعث یخ‌زدگی آب می‌شود. ($Q' = |m'L_F|$)

پاسخ خیلی تشریحی

گام اول: گرمای تبخیر سطحی دقیقاً هم‌اندازهٔ گرمایی است که باعث یخ‌زدگی آب در چاله می‌شود:

$$Q_V = |Q_F| \Rightarrow mL_V = |m'L_F| \Rightarrow 0/04(2520) = m'(336) \Rightarrow m' = \frac{0/04(2520)}{336} = 0/3\,kg = 300\,g$$

گام دوم: جرم آب باقی‌مانده را برحسب گرم به دست می‌آوریم:

$$m_{\text{باقی‌مانده}} = 1000 - (300 + 40) = 660\,g$$

گول نخوری

اگر $40\,g$ تبخیرشده رو در محاسبات نیاری به گزینهٔ غلط (۳) می‌رسی!

کتاب درسی

در چالهٔ کوچکی $1/00\,kg$ آب $0/0\,^{\circ}C$ قرار دارد. اگر بر اثر تبخیر سطحی قسمتی از آب تبخیر شود و بقیهٔ آن یخ ببندد، جرم آب یخ‌زده چه‌قدر می‌شود؟

(فیزیک (۱) ـ تمرین ۲۲ صفحهٔ ۱۲۰ کتاب درسی)

۹ **درون ظرفی با ظرفیت گرمایی ناچیز که محتوی ۵۰۰ g آب با دمای $10\,^{\circ}C$ است، یک قطعهٔ آلومینیمی به جرم ۱/۲ kg و دمای $100\,^{\circ}C$ می‌اندازیم. اگر پس از ایجاد تعادل گرمایی، دمای مجموعه به $40\,^{\circ}C$ برسد، چند ژول گرما از ظرف و آب به محیط منتقل شده است؟** ($c_{آب} = 4200\,\frac{J}{kg.K}$ و $c_{آلومینیم} = 900\,\frac{J}{kg.K}$)

۱) ۱۸۰۰ ۲) ۳۶۰۰ ۳) ۵۴۰۰ ۴) ۷۲۰۰

پاسخ: گزینهٔ ۱

Hint

معادلهٔ تعادل گرمایی $Q_{آب} + Q_{آلومینیم} + Q_{اتلافی} = 0$ را نوشته و گرمای منتقل‌شده به محیط (اتلافی) را به دست آورید.

درس Box

اگر دو یا چند جسم با دماهای متفاوت در تماس با یکدیگر قرار گیرند، پس از مدتی هم‌دما می‌شوند، یعنی دمای آن‌ها به مقدار یکسانی می‌رسد که دمای تعادل نام دارد. بنا به قرارداد، برای اجسامی که گرما می‌گیرند، $Q > 0$ و برای اجسامی که گرما از دست می‌دهند، $Q < 0$ است. براساس قانون پایستگی انرژی، همان‌قدر که اجسام گرم انرژی از دست می‌دهند، اجسام سرد انرژی می‌گیرند، پس جمع جبری این گرماها صفر می‌شود و داریم: $Q_1 + Q_2 + Q_3 + ... = 0$

پاسخ خیلی تشریحی

گام اول: با توجه به این‌که گرمای اتلافی داریم، از معادلهٔ کلی تعادل گرما استفاده می‌کنیم:

$$Q_{آب} + Q_{آلومینیم} + Q_{اتلافی} = 0 \Rightarrow (mc\Delta\theta)_{آب} + (mc\Delta\theta)_{آلومینیم} + Q_{اتلافی} = 0$$

گام دوم: با توجه به داده‌های سؤال و جای‌گذاری در معادلهٔ بالا، داریم:

$$0/5(4200)(40-10) + 1/2(900)(40-100) + Q_{اتلافی} = 0 \Rightarrow 63000 - 64800 + Q_{اتلافی} = 0 \Rightarrow Q_{اتلافی} = 1800\,J$$

۱۰ درون گرماسنج عایقی ۱kg آب با دمای $10\,^{\circ}C$ وجود دارد. قطعهٔ فلزی به جرم ۲ kg و دمای $90\,^{\circ}C$ را درون آن می‌اندازیم. پس از ایجاد تعادل گرمایی، دمای مجموعه به $30\,^{\circ}C$ می‌رسد. اگر ظرفیت گرمایی گرماسنج $1260\ J/K$ باشد، گرمای ویژهٔ فلز در SI کدام است؟ ($c_{آب} = 4200\ \frac{J}{kg.K}$)

۱) ۳۱۵ ۲) ۴۵۵ ۳) ۶۳۰ ۴) ۹۱۰

پاسخ: گزینهٔ ۴

Hint

از رابطهٔ دمای تعادل $\theta_e = \frac{m_1c_1\theta_1 + m_2c_2\theta_2 + ...}{m_1c_1 + m_2c_2 + ...}$، گرمای ویژهٔ فلز را به دست آورید.

درس Box

در سؤالات مربوط به دمای تعادل هنگامی‌که تغییر حالت نداشته باشیم، برای به دست آوردن دمای تعادل بین چند جسم، از رابطهٔ زیر استفاده می‌کنیم:

$$\underbrace{\theta_e}_{\text{دمای تعادل}} = \frac{m_1c_1\underbrace{\theta_1}_{(^{\circ}C)} + m_2c_2\theta_2 + ...}{\underbrace{m_1}_{\text{جرم (kg)}}\underbrace{c_1}_{\text{گرمای ویژه } (\frac{J}{kg.K})} + m_2c_2 + ...}$$

پاسخ خیلی تشریحی

با توجه به داده‌های سؤال، از رابطهٔ دمای تعادل استفاده می‌کنیم:

$$\begin{cases} m_{آب} = 1\,kg \\ \theta_{آب} = \theta_{گرماسنج} = 10\,^{\circ}C \\ m_{فلز} = 2\,kg \\ \theta_{فلز} = 90\,^{\circ}C \\ \theta_e = 30\,^{\circ}C \\ C_{گرماسنج} = 1260\,J/K \\ c_{فلز} = ? \end{cases} \qquad \theta_e = \frac{\overbrace{m_1c_1\theta_1}^{آب} + \overbrace{m_2c_2\theta_2}^{فلز} + \overbrace{m_3c_3\theta_3}^{گرماسنج}}{m_1c_1 + m_2c_2 + m_3c_3}$$

$$\Rightarrow 30 = \frac{(1\times4200\times10) + (2\times c\times90) + (1260\times10)}{(1\times4200) + (2c) + 1260} \Rightarrow 30\times4200 + 60c + 30\times1260 = 42000 + 180c + 12600$$

$$\xrightarrow{\div 60} 2100 + c + 630 = 700 + 3c + 210$$

$$\Rightarrow 1820 = 2c \Rightarrow c = 910\ \frac{J}{kg.K}$$

۱۱ m گرم یخ $0\,^\circ C$ را با M گرم آب $20\,^\circ C$ مخلوط می‌کنیم. پس از مبادلهٔ گرما بین آب و یخ، دمای تعادل مجموعه به $10\,^\circ C$ می‌رسد. $\frac{M}{m}$ کدام است؟ $(L_F = 336\ kJ/kg$ و $c_{آب} = 4200\ \frac{J}{kg.K})$

۱) ۴ ۲) ۸ ۳) ۹ ۴) ۴/۵

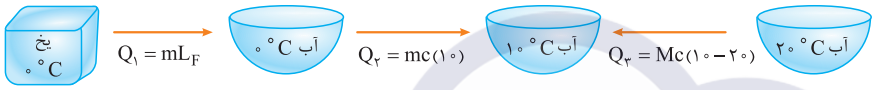
پاسخ: گزینهٔ ۳

Hint ابتدا طرح‌وارهٔ گرمایی مسئله را رسم کنید؛ سپس معادلهٔ تعادل گرمایی آن $(Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0)$ را بنویسید. در آخر با نوشتن روابط هر یک از گرماهای مبادله‌شده (با در نظر گرفتن علامت آن‌ها)، نسبت خواسته‌شده را به دست آورید.

درس Box در حل مسائل دما و گرما، به ویژه مسئله‌های تغییر حالت، استفاده از رابطهٔ بین گرمای ویژهٔ یخ و آب و هم‌چنین گرمای نهان ذوب و تبخیر، بسیار سودمند است:

$$c_{آب} = c\ ,\ c_{یخ} = \frac{c}{2}\ ,\ L_F = 80c\ ,\ L_V = 540c$$

پاسخ خیلی تشریحی **گام اول:** ابتدا طرح‌وارهٔ گرمایی مسئله را رسم می‌کنیم:



گام دوم: معادلهٔ تعادل گرمایی $(Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0)$ را می‌نویسیم:

$$mL_F + mc\,(10-0) + Mc(10-20) = 0 \Rightarrow m(80c + 10c) = M(10c) \Rightarrow \frac{M}{m} = \frac{90c}{10c} = 9$$

۱۲ **در چه تعداد از موارد زیر، روش انتقال گرما به درستی بیان شده است؟**

الف) انتقال گرما از مرکز خورشید به سطح آن: رسانش

ب) گرم‌شدن بخش‌های مختلف بدن جانوران خونگرم بر اثر گردش جریان خون: همرفت واداشته

پ) گرم‌شدن دستمان هنگامی که آن را زیر لامپ رشته‌ای روشن نگه داشته‌ایم: تابش

ت) گرم‌شدن قابلمهٔ چدنی که روی شعلهٔ آتش قرار دارد: همرفت طبیعی

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ: گزینهٔ ۲

درس Box

روش‌های انتقال گرما:

اختلاف دما باعث شارش گرما از جسم با دمای بالاتر به جسم با دمای پایین‌تر می‌شود. انتقال گرما تا زمانی ادامه می‌یابد که دو جسم هم‌دما شوند و اصطلاحاً به تعادل گرمایی برسند.

در ادامه به بررسی دقیق هر یک از این روش‌ها می‌پردازیم:

رسانش گرمایی: بسیاری از ما این تجربه را داریم که انتهای قاشق فلزی درون ظرف غذای روی اجاق روشن را با دست گرفته و داغی آن را احساس کرده‌ایم. رسانش گرمایی در این اجسام، به دلیل ارتعاش اتم‌ها و گسترش ارتعاش‌ها در طول آن‌هاست.

همرفت

- **طبیعی:** برخلاف رسانش، با انتقال بخش‌هایی از ماده همراه است. وقتی دمای شاره بالا می‌رود، فاصلهٔ متوسط مولکول‌های آن زیاد ← حجم آن زیاد ← چگالی کاهش ← نیروی شناوری این قسمت را به طرف بالا هدایت می‌کند.
- **واداشته:** شاره به کمک تلمبه (طبیعی یا مصنوعی) به حرکت واداشته می‌شود تا انتقال گرما صورت گیرد. سیستم گرم‌کنندهٔ مرکزی در ساختمان‌ها و گرم و سرد شدن بخش‌های مختلف بدن بر اثر گردش جریان خون در بدن جانوران مثال‌هایی از همرفت واداشته است.

تابش: هر جسم در هر دمایی تابش گرمایی گسیل می‌کند. هر چه دما بیشتر باشد، این تابش نیز بیشتر است.

پاسخ خیلی تشریحی

بررسی موارد:

الف) انتقال گرما از مرکز خورشید به سطح آن، همرفت طبیعی است؛ نادرست.

ب) گرم‌شدن بخش‌های مختلف بدن جانوران خونگرم بر اثر گردش جریان خون، همرفت واداشته است که به کمک قلب انجام می‌شود؛ درست.

پ) گرم‌شدن دستمان هنگامی که آن را زیر لامپ رشته‌ای روشن نگه داشته‌ایم، تابش است، می‌دانیم هوا رسانای خوبی نیست و چون دست ما زیر لامپ قرار دارد، انتقال گرما به روش همرفت نیز نمی‌تواند رخ داده باشد. ؛ درست.

ت) گرم‌شدن قابلمهٔ چدنی که روی شعلهٔ آتش قرار دارد، رسانش است؛ نادرست. (مایع درون قابلمه با همرفت طبیعی گرم می‌شود ولی خود قابلمه در اثر رسانش گرم می‌شود.)

ماز

۱- **در کدام‌یک از مدل‌سازی‌های زیر، می‌توان از مقاومت هوا صرف‌نظر کرد؟**

۱) قطرهٔ بارانی که از ابر سقوط می‌کند و به سطح زمین می‌رسد.

۲) فردی که با چترباز از ارتفاع زیاد سقوط می‌کند.

۳) گلوله‌ای که از تفنگ شلیک می‌شود.

۴) اتومبیلی که روی جادهٔ افقی درحال ترمز کردن است.

پاسخ: گزینهٔ ۴ (آسان ـ مفهومی/حفظی ـ سریع ـ صفحهٔ ۵)

در مدل‌سازی سقوط قطرهٔ باران، چترباز با چتر بازشده و گلوله‌ای که با تفنگ شلیک می‌شود، نیروی مقاومت هوا نقش مهم و اثرگذاری دارد؛ بنابراین نمی‌توانیم از آن صرف‌نظر کنیم. درحالی‌که در مدل‌سازی حرکت کندشونده و در حالت ترمز اتومبیل، علت توقف، نیروی اصطکاک بوده و می‌توانیم از نیروی مقاومت هوا صرف‌نظر کنیم.

نکات مربوط به مدل‌سازی

۱- هرگز نمی‌توان از نیروی وزن صرف‌نظر کرد، یعنی نیروی وزن (mg) را در تمامی سؤالات به‌عنوان اولین نیرو در راستای قائم به‌سمت زمین ترسیم کنید (مگر برای جسمی که در فضا و به دور از هر سیاره و ستاره‌ای باشد).

می‌دانیم که با افزایش ارتفاع از سطح زمین، نیروی وزن **کاهش** می‌یابد؛ ولی اگر تغییر ارتفاع زیاد نباشد، می‌توان از تغییر نیروی گرانش در اثر تغییر ارتفاع از زمین صرف‌نظر کرد و وزن را ثابت درنظر گرفت.

۲- در اجسامی که روی سطوح حرکت می‌کنند، نیروی اصطکاک را در خلاف جهت حرکت جسم ترسیم می‌کنیم. فقط و فقط زمانی می‌توانیم از نیروی اصطکاک صرف‌نظر کنیم که سطح کاملاً صاف و صیقلی باشد.

۳- در بسیاری از مدل‌های فیزیکی، اصولاً اجسام را به‌صورت ذره فرض می‌کنیم و به‌جای کل جسم فقط مرکز جسم را رسم می‌کنیم.

۴- نیروی مقاومت شاره (هوا) را همواره در خلاف جهت حرکت جسم رسم می‌کنیم. اصولاً زمانی می‌توان از نیروی مقاومت شاره چشم‌پوشی کرد که ابعاد جسم و تندی حرکت آن کوچک باشد. پس در سؤالاتی مثل حرکت پر، چترباز، بالون و قایق بادبانی نمی‌توان از مقاومت هوا و وزش باد چشم‌پوشی کرد. در سقوط باران به‌دلیل تندی زیاد قطره‌ها و در حرکت چترباز به‌علت بزرگی سطح مقطع چتر و تندی زیاد حرکت، نمی‌توان از نیروی مقاومت هوا صرف‌نظر کرد.

یه نمونهٔ باحال

در مدل‌سازی سقوط یک چترباز، از چه تعداد از موارد زیر می‌توان صرف‌نظر کرد؟

الف: نیروی وزن چترباز

ب: تغییرات نیروی وزن با تغییر ارتفاع از سطح زمین

پ: نیروی مقاومت هوا

ت: ابعاد و اندازهٔ چتر

۱) ۱

۲) ۲

۳) ۳

۴) صفر

پاسخ تشریحی:

نیروی گرانش و مقاومت هوا عوامل مهم و تأثیرگذاری در بررسی سقوط چترباز هستند. دقت کنید که از ابعاد چتر هم نمی‌توان صرف‌نظر کرد، زیرا ابعاد چتر بزرگ است و باعث قابل‌توجه‌شدن مقاومت هوا می‌شود؛ بنابراین تنها عاملی که می‌توان از آن صرف‌نظر کرد، تغییرات نیروی گرانشی با تغییر ارتفاع است که یک عامل جزئی می‌باشد.

پاسخ: گزینهٔ ۱

یه نمونهٔ باحال

درستی یا نادرستی هریک از گزاره‌های زیر را تعیین کنید.

۱- در مدل‌سازی سقوط یک پَر، از نیروی وزن پَر به‌علت سبکی پَر می‌توان صرف‌نظر کرد.

پاسخ تشریحی: در سقوط اجسام، هرچقدر جسم هم سبک باشد، نمی‌توان از نیروی وزن صرف‌نظر کرد؛ چون نیروی وزن عاملی است که سبب پایین آمدن جسم می‌شود. (✗)

۲- در مدل‌سازی پرتاب ماهواره به فضا از تغییر جاذبهٔ زمین می‌توان صرف‌نظر کرد.

پاسخ تشریحی: در مدل‌سازی پرتاب ماهواره به فضا چون تغییر ارتفاع زیاد است نمی‌توان از تغییر نیروی وزن صرف‌نظر کرد. (✗)

۳- در مدل‌سازی شخصی که درحال هل‌دادن یک جسم روی زمین است، از نیروی اصطکاک نمی‌توان صرف‌نظر کرد مگر آن‌که سطح کاملاً صیقلی باشد.

پاسخ تشریحی: در حرکت اجسام روی سطح زمین، نیروی اصطکاک یک عامل مهم و تعیین‌کننده است و نمی‌توان از آن صرف‌نظر کرد مگر این‌که سطح صیقلی باشد. (✓)

۴- در مدل‌سازی بلندکردن یک وزنه از روی زمین می‌توان از نیروی مقاومت هوا صرف‌نظر کرد.

پاسخ تشریحی: نیروی مقاومت هوا در بلند کردن وزنه یک اثر جزئی است به همین دلیل می‌توان از آن صرف‌نظر کرد. (✓)

۵- در مدل‌سازی سقوط یک سنگ در هوا از نیروی مقاومت هوا می‌توان صرف‌نظر کرد.

پاسخ تشریحی: چون وزن سنگ در مقایسه با ابعاد آن نسبتاً بزرگ است، هوا تأثیر زیادی روی آن نخواهد داشت و می‌توان از مقاومت هوا صرف‌نظر کرد. (✓)

۶- در مدل‌سازی سقوط یک ورقهٔ کاغذ در هوا، از نیروی مقاومت هوا می‌توان صرف‌نظر کرد.

پاسخ تشریحی: مقاومت هوا روی حرکت اجسام سبکی مانند پَر، برگ درخت و ... بسیار مؤثر است به همین دلیل نمی‌توانیم آن را نادیده بگیریم. (✗)

۷- در مدل‌سازی پرواز یک هواپیما، می‌توان نیرویی که هوا به هواپیما وارد می‌کند را نادیده گرفت.

پاسخ تشریحی: نیرویی که هوا به هواپیما وارد می‌کند، یکی از عوامل اصلی نیروی بالابر هواپیما است و نمی‌توان از آن صرف‌نظر کرد. (✗)

۸- در خروج باریکهٔ نور از یک لیزر مدادی، باریکهٔ نور را به‌صورت پرتوهای موازی نور مدل‌سازی می‌کنیم. (✓)

۹- در تشکیل تصویر یک درخت در دوربین عکاسی، پرتوهای نور که از خورشید به درخت برخورد می‌کنند را به‌صورت موازی و پرتوهایی که از درخت به دوربین عکاسی می‌رسند را به‌صورت پرتوهای واگرا مدل‌سازی می‌کنیم.

پاسخ تشریحی: در برخورد پرتوها از خورشید به درخت، چون فاصله زیاد است می‌توان پرتوها را به‌صورت موازی مدل‌سازی کرد. (✓)

۱۰- در مدل‌سازی حرکت یک قایق بادبانی، باید به نیروی باد توجه داشته باشیم، ولی در حرکت قایق پارویی می‌توان از اثر نیروی باد چشم‌پوشی کرد.

پاسخ تشریحی: در حرکت قایق بادبانی، نیروی باد اثر زیادی دارد؛ به همین دلیل نمی‌توان از آن صرف‌نظر کرد ولی در حرکت قایق پارویی، نیروی باد اثر مهم و تعیین‌کننده نیست و می‌توان آن را نادیده گرفت. (✓)

۱۱- در مدل‌سازی راه‌رفتن، از نیروی اصطکاک بین کفش و زمین چشم‌پوشی می‌کنیم.

پاسخ تشریحی: در راه‌رفتن، اثر نیروی اصطکاک بین کفش و زمین مهم است و اگر از نیروی اصطکاک در حین راه‌رفتن صرف‌نظر کنیم، دیگر امکان راه‌رفتن وجود نخواهد داشت. (✗)

۱۲- در مدل‌سازی سقوط قطرهٔ باران، از نیروی مقاومت هوا می‌توان صرف‌نظر کرد.

پاسخ تشریحی: قطرات باران با تندی حدی تقریباً $7\frac{m}{s}$ به سطح زمین برخورد می‌کنند. درصورتی‌که از مقاومت هوا در سقوط قطره‌های باران صرف‌نظر کنیم، تندی برخورد قطرات باران به سطح زمین خیلی بیش‌تر از این مقدار خواهد شد. (✗)

۱۳- در مدل‌سازی حرکت یک کشتی روی سطح آب، از نیروی شناوری می‌توان صرف‌نظر کرد.

پاسخ تشریحی: نیروی شناوری عامل شناورماندن کشتی روی سطح آب است و نمی‌توان آن را نادیده گرفت. (✗)

۱۴- در مدل‌سازی «گلوله‌ای که از پایین سطح شیب‌داری به سمت بالا پرتاب می‌شود و پس از طی مسافتی روی سطح شیب‌دار متوقف می‌شود» از نیروی وزن گلوله و نیروی اصطکاک می‌توان صرف‌نظر کرد.

پاسخ تشریحی: اگر از نیروی وزن و نیروی اصطکاک صرف‌نظر کنیم، گلوله روی سطح شیب‌دار هرگز متوقف نخواهد شد. (✗)

۱۵- در مدل‌سازی «گلوله‌ای که از پایین سطح شیب‌داری به سمت بالا پرتاب می‌شود و پس از طی مسافتی روی سطح شیب‌دار متوقف می‌شود» از ابعاد گلوله و نیروی مقاومت هوا می‌توان صرف‌نظر کرد. (✓)

۱۶- در مدل‌سازی حرکت ماهواره به دور زمین، در محاسبهٔ نیروی وزن می‌توان شتاب گرانش را برابر با شتاب گرانش در سطح زمین فرض کرد.

پاسخ تشریحی: فاصلهٔ ماهواره از سطح زمین زیاد است؛ به همین دلیل شتاب گرانش کم‌تر از شتاب گرانش در سطح زمین است و به‌دلیل اختلاف زیاد نمی‌توان شتاب گرانش را برابر با شتاب گرانش در سطح زمین فرض کرد. (✗)

۱۷- در مدل‌سازی پرواز یک پرنده، از اثر هوا چشم‌پوشی می‌کنیم و فرض می‌کنیم پرواز در شرایط خلأ انجام شده است.

پاسخ تشریحی: یک پرنده به کمک بال‌زدن و هُل دادن هوا به سمت عقب پرواز می‌کند؛ پس در شرایط خلأ امکان پرواز کردن پرنده وجود ندارد. (✗)

۱۸- در مدل‌سازی سقوط یک شهاب‌سنگ بر روی زمین، از نیروی مقاومت هوا و تغییر نیروی وزن می‌توان صرف‌نظر کرد.

پاسخ تشریحی: شهاب‌سنگ با تندی زیاد از جو زمین عبور می‌کند و با مولکول‌های هوا برخورد می‌کند؛ به همین دلیل اثر مقاومت هوا یک اثر مهم و تعیین‌کننده است و نمی‌توان از آن چشم‌پوشی کرد. از طرفی به‌دلیل تغییر ارتفاع زیاد شهاب‌سنگ نمی‌توان از تغییر نیروی وزن صرف‌نظر کرد. (✗)

۱۹- در مدل‌سازی سقوط اجسام سنگین در هوا، از نیروی مقاومت هوا چشم‌پوشی می‌کنیم. (✓)

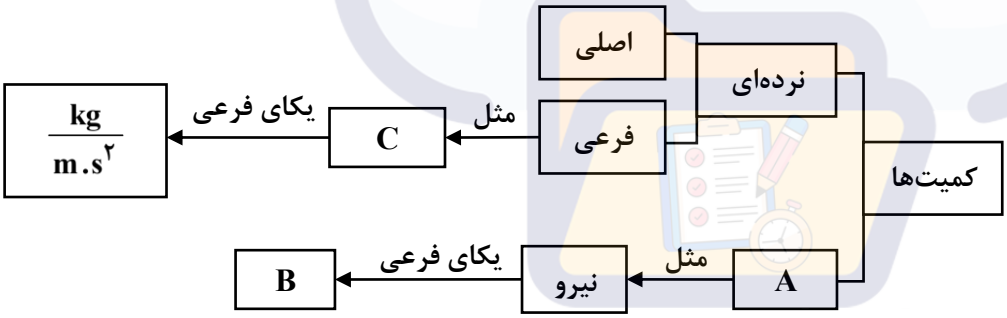
۲۰- در مدل‌سازی حرکت توپ بسکتبال در هوا از اثر نیروی جاذبهٔ گرانش زمین می‌توان صرف‌نظر کرد.

پاسخ تشریحی: اگر از نیروی جاذبهٔ گرانشی (وزن) صرف‌نظر کنیم، نمی‌توان انتظار داشت که توپ به زمین برگردد. (✗)

۲۱- هنگام مدل‌سازی توپ، می‌توانیم از اندازه و شکل جسم چشم‌پوشی کرده و آن را یک نقطه درنظر بگیریم. (✓)

۲۲- در مدل‌سازی پرتاب توپ بسکتبال، تغییرات نیروی گرانش زمین در ارتفاعات مختلف را نادیده می‌گیریم. (✓)

۲- مطابق الگوی زیر، موارد A، B و C به‌ترتیب از راست به چپ کدام می‌تواند باشد؟



۱) برداری - کار - $\frac{kg.m^2}{s^2}$

۲) برداری - فشار - $\frac{kg.m}{s^2}$

۳) عددی - کار - $\frac{kg.m^2}{s^2}$

۴) عددی - فشار - $\frac{kg.m}{s^2}$

پاسخ: گزینهٔ ۲ (متوسط ـ حفظی/مفهومی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۷)

با توجه به این‌که کمیت‌ها دو دسته‌اند و یکی از آن‌ها نرده‌ای است، درمی‌یابیم، A کمیت برداری است.

یکای کمیت نیرو در SI نیوتون است؛ بنابراین یکای فرعی آن یعنی B برابر با $\frac{kg.m}{s^2}$ است.

یکای فرعی $\frac{kg}{m.s^2}$ معادل پاسکال (Pa) است؛ بنابراین کمیت C فشار است.

راهنمای مسیرت

اگه یکاهای فرعی مهم رو نمی‌دونی، همین الان از درس‌نامه بخونش!

یکاها و کمیت‌ها

۱- کمیت‌های فیزیکی در سیستم SI به دو گروه اصلی و فرعی تقسیم می‌شوند.

انواع یکاها

یکای اصلی

یکاهایی که مستقل از سایر یکاها می‌باشند و برای تعریف آن‌ها نیازی به سایر یکاها نداریم.

یکای فرعی

یکاهایی که مستقل نبوده و برای تعریف آن‌ها از سایر یکاها استفاده می‌کنیم.

انواع کمیت‌ها

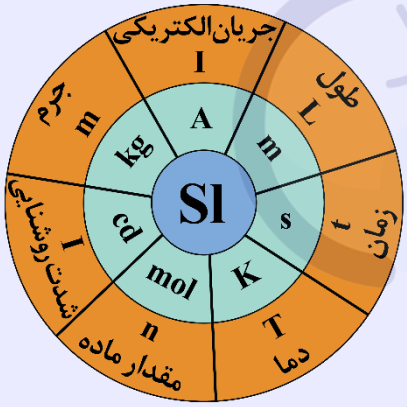
کمیت اصلی

کمیت‌هایی که مستقل از سایر کمیت‌ها می‌باشند و برای تعریف یکای آن‌ها نیازی به سایر یکاها نداریم.

کمیت فرعی

کمیت‌هایی که به کمیت‌های دیگر وابسته هستند و برای تعریف یکای آن‌ها از سایر یکاها استفاده می‌کنیم.

فقط و فقط این ۷ یکا اصلی هستند، غیرازاین ۷ یکا بقیه فرعی محسوب می‌شود.



جدول کمیت‌های اصلی که همگی نرده‌ای هستند.

کمیت	نماد	یکای SI	یکای غیر SI
طول	L	متر (m)	اینچ، فوت، سال نوری
جرم	m	کیلوگرم (kg)	گرم، مثقال، تن
زمان	t	ثانیه (s)	دقیقه، ساعت، روز
شدت روشنایی	I	کَندِلا (شمع) (cd)	
جریان الکتریکی	I	آمپر (A)	
مقدار ماده	n	مول (mol)	
دما	T	کلوین (K)	درجهٔ سلسیوس، درجهٔ فارنهایت

۲- کمیت‌های فیزیکی علاوه‌بر اصلی و فرعی‌بودن، به دو دستهٔ نرده‌ای (اسکالر) و برداری نیز تقسیم می‌شوند.

انواع کمیت

نرده‌ای (اسکالر یا عددی)

اندازه (عدد و یکا) دارد.
جهت ندارد.
جمع و تفریق آن جبری است.

برداری

اندازه (عدد و یکا) دارد.
جهت دارد.
جمع و تفریق آن برداری است.

جرم

عدد	یکا
۷	kg

سرعت

عدد	یکا	جهت
۶	$\frac{m}{s}$	جنوب

یه نمونهٔ باحال

در کدام گزینه، همهٔ کمیت‌ها اصلی و نرده‌ای هستند؟

۱) مسافت ـ نیرو ـ زمان
۲) تندی ـ جرم ـ جریان الکتریکی
۳) جریان الکتریکی ـ جرم ـ زمان
۴) زمان ـ دما ـ جابه‌جایی

پاسخ تشریحی:

در هر گزینه، مواردی که متناقض با خواسته سؤال هستند را بررسی می‌کنیم:

۱: نیرو: فرعی ـ برداری
۲: تندی: فرعی ـ نرده‌ای
۴: جابه‌جایی: اصلی ـ برداری

مابقی کمیت‌های ذکرشده در گزینه‌ها، همگی اصلی و نرده‌ای هستند. درنتیجه جواب گزینهٔ (۳) است.

پاسخ: گزینهٔ ۳

نحوهٔ به‌دست آوردن یکای یک کمیت

۱- ابتدا یک فرمول بنویسید که کمیت موردنظر داخل آن باشد.

۲- حال، کمیت موردنظر را یک طرف و بقیه را طرف دیگر تساوی ببرید (استانداردسازی).

۳- درنهایت به‌جای سایر کمیت‌ها یکا قرار دهید تا یکای مجهول محاسبه شود.

یه نمونهٔ باحال

یکای فرعی نیرو را در SI به‌دست آورید.

پاسخ: طبق قانون دوم نیوتون می‌توان نوشت:

$$F = ma$$
$$\Rightarrow [F] = [m][a]$$
$$\Rightarrow N = kg \times \frac{m}{s^2} \Rightarrow N = \frac{kg.m}{s^2}$$

در جدول زیر، یکای تعدادی از کمیت‌های مهم آورده شده است. توصیه می‌کنیم این یکاها را حفظ کنید و با روابط فیزیکی آن‌ها را به‌دست آورید.

کمیت	یکای SI	یکای فرعی (یکا برحسب یکاهای اصلی)	یکای فرعی
تندی و سرعت	$\frac{m}{s}$	$\frac{m}{s}$	
شتاب	$\frac{m}{s^2}$	$\frac{m}{s^2}$	$\frac{N}{kg}$
نیرو	N	$\frac{kg.m}{s^2}$	
انرژی (کار و گرما)	J	$\frac{kg.m^2}{s^2}$	N.m
توان	W	$\frac{kg.m^2}{s^3}$	$\frac{J}{s}$
فشار	Pa	$\frac{kg}{m.s^2}$	$\frac{N}{m^2}$

کنکور خارج از کشور ۱۴۰۰

یکای فرعی فشار برحسب یکاهای اصلی SI کدام است؟

۱) Pa ۲) $\frac{kg}{m.s^2}$ ۳) $\frac{kg.m}{s^2}$ ۴) $\frac{N}{m.s}$

پاسخ تشریحی:

با توجه به متن درس‌نامه و جدولی که در آن مطرح شده، یکای فشار برحسب یکاهای اصلی $\frac{kg}{m.s^2}$ است. رابطهٔ فشار $P=\frac{F}{A}$ می‌باشد که در این رابطه، نیرو برحسب N (نیوتون) و مساحت برحسب m^2 وارد می‌شود. یکای فشار Pa (پاسکال) است که معادل $\frac{N}{m^2}$ می‌باشد؛ اما یکای نیرو برحسب یکاهای اصلی $kg\frac{m}{s^2}$ است؛ پس یکای فشار نیز برابر است با:

$$Pa=\frac{N}{m^2}=\frac{kg\frac{m}{s^2}}{m^2}=\frac{kg}{m.s^2}$$

پاسخ: گزینهٔ ۲

۳- از شیلنگ شکل زیر، آب با آهنگ $1200\frac{cm^3}{s}$ خارج می‌شود. آهنگ خروج آب از این شیلنگ به‌صورت نمادگذاری علمی چند لیتر بر دقیقه است؟

۱) 2×10^{-2} ۲) 2×10^{4}

۳) $7/2\times10^{1}$ ۴) $7/2\times10^{7}$

پاسخ: گزینهٔ ۳ (آسان ـ محاسباتی ـ سریع ـ صفحهٔ ۱۲)

آهنگ خروج آب از شیلنگ را به روش زنجیره‌ای برحسب $\frac{L}{min}$ به‌دست می‌آوریم:

$$\text{آهنگ خروج آب} = ۱۲۰۰\frac{cm^۳}{s}\times(\frac{۱L}{۱۰^۳cm^۳})\times(\frac{۶۰s}{۱min}) = ۷۲\frac{L}{min} = ۷/۲\times۱۰^۱\frac{L}{min}$$

تبدیل یکاها

اغلب در حل مسئله‌های فیزیک لازم است یکای کمیتی را تغییر دهیم. برای این منظور دو روش زیر را به‌کار می‌بریم:

۱- روش زنجیره‌ای ۲- روش معادله‌ای

یه نمونهٔ باحال

سرعت خودرویی $۵۴\frac{km}{h}$ است. سرعت خودرو را با دو روش زنجیره‌ای و روش x (معادله‌ای) برحسب $\frac{m}{s}$ به‌دست آورید؟

روش زنجیره‌ای: $۵۴\frac{km}{h} = \frac{۵۴km}{h}\times\frac{۱۰۰۰m}{۱km}\times\frac{۱h}{۳۶۰۰s} = \frac{۵۴۰۰۰m}{۳۶۰۰s} = ۱۵(\frac{m}{s})$

روش معادله‌ای: $۵۴\frac{km}{h} = x(\frac{m}{s}) \Rightarrow x = \frac{۵۴\frac{km}{h}}{\frac{m}{s}} = \frac{۵۴km\times s}{m\times h} = \frac{۵۴۰۰۰}{۳۶۰۰} \Rightarrow x = ۱۵$

یه نمونهٔ باحال

حداکثر تندی مجاز برای خودروها در یکی از جاده‌های ایران، ۶۷/۵ مایل بر ساعت می‌باشد. اگر هر مایل ۱۶۰۰ متر باشد، این تندی چند متر بر ثانیه است؟

۱) ۱۸ ۲) ۱۲/۵ ۳) ۳۰ ۴) ۲۸/۱

پاسخ تشریحی:

برای پاسخ‌دادن به این سؤال، از روش تبدیل واحد زنجیره‌ای استفاده می‌کنیم. با توجه به این‌که $۱mile = ۱۶۰۰m$ است، ضریبی برابر با (۱) به این صورت می‌سازیم:

$$۱ = \frac{۱۶۰۰m}{۱mile}$$

و چون:

$$۱h = ۳۶۰۰s \Rightarrow ۱ = \frac{۱h}{۳۶۰۰s}$$

پس:

$$۶۷/۵\frac{\cancel{mile}}{\cancel{h}}\times\frac{۱۶۰۰m}{\cancel{۱mile}}\times\frac{\cancel{۱h}}{۳۶۰۰s} = ۳۰\frac{m}{s}$$

پاسخ: گزینهٔ ۳

۴- جرم جسمی توسط چهار ترازوی دیجیتال، اندازه‌گیری شده است و جدول زیر، اعدادی که هر ترازو اندازه گرفته را نشان می‌دهد. کدام ترازو از بقیهٔ ترازوها دقیق‌تر است؟

ترازو	A	B	C	D
جرم	۴۲۵/۰g	۰/۴۲۵۰۰kg	۰/۴۲۵kg	۴۲۵g

۱) A
۲) B
۳) C
۴) D

پاسخ: گزینهٔ ۲ (متوسط ـ محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۱۵)

با توجه به این‌که ترازوها دیجیتال هستند، دقت آن‌ها برابر است با یک واحد از آخرین مرتبه‌ای که نشان می‌دهند؛ بنابراین داریم:

$$\text{دقت } A = ۰/۱g$$

$$\text{دقت } B = ۰/۰۰۰۰۱kg \times \frac{۱۰^{۳}g}{۱kg} = ۰/۰۱g$$

$$\text{دقت } C = ۰/۰۰۱kg \times \frac{۱۰^{۳}g}{۱kg} = ۱g$$

$$\text{دقت } D = ۱g$$

بنابراین ترازوی B با دقتی در حد ۰/۰۱g از بقیه دقیق‌تر است.

پیشوند تبدیل یکا

برخی ضرایب مربوط به پیشوند یکاها در جدول زیر بیان شده است. آن‌ها را به ذهن بسپارید و در مسائل از آن‌ها استفاده نمایید. برای تبدیل یکاها به روش زنجیره‌ای باید از ضریب تبدیل استفاده کرد.

p	پیکو	$۱۰^{-۱۲}$	T	تِرا	$۱۰^{۱۲}$
n	نانو	$۱۰^{-۹}$	G	گیگا (جیگا)	$۱۰^{۹}$
μ	میکرو	$۱۰^{-۶}$	M	مِگا	$۱۰^{۶}$
m	میلی	$۱۰^{-۳}$	k	کیلو	$۱۰^{۳}$
c	سانتی	$۱۰^{-۲}$	h	هِکتو	$۱۰^{۲}$
d	دِسی	$۱۰^{-۱}$	da	دِکا	$۱۰^{۱}$

۵- اگر جرم جسمی ۱۰۰ مثقال و شتاب آن ۳۶۰ کیلومتر بر مجذور دقیقه باشد، نیروی خالص وارد بر جسم (حاصل‌ضرب جرم جسم در شتاب آن) برحسب نیوتون کدام است؟ (۱مثقال = ۴/۶g)

۱) ۳۰ ۲) ۳ ۳) ۴۶ ۴) ۴/۶

پاسخ: گزینهٔ ۳ (سخت ـ محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۱۰)

گام اول

جرم جسم را برحسب kg به‌دست می‌آوریم:

$$m = ۱۰۰\text{مثقال} \times \frac{۴/۶g}{۱\text{مثقال}} \times \frac{۱kg}{۱۰۰۰g} = ۰/۴۶kg$$

گام دوم

شتاب جسم را برحسب $\frac{m}{s^{۲}}$ به‌دست می‌آوریم:

$$a = ۳۶۰\frac{km}{(min)^{۲}} \times \frac{۱۰۰۰m}{۱km} \times \frac{(۱min)^{۲}}{(۶۰s)^{۲}}$$

$$\Rightarrow a = \frac{۳۶۰ \times ۱۰۰۰}{۳۶۰۰}\frac{m}{s^{۲}} = ۱۰۰\frac{m}{s^{۲}}$$

گام آخر

نیروی خالص وارد بر جسم را برحسب نیوتون به‌دست می‌آوریم:

$$F = ma = (0/46kg)(100\frac{m}{s^2}) \Rightarrow F = 46\frac{kgm}{s^2}$$

$$\xrightarrow{1\frac{kgm}{s^2}=1N} \Rightarrow F = 46N$$

ماز

۶- در رابطهٔ $A = \frac{B}{C} + DE^2$، یکای کمیت‌های A، C و E در SI به‌ترتیب ژول، ثانیه و متر است. اگر یکای کمیت BD در SI برابر $kg^{\alpha}.m^{\beta}.s^{\gamma}$ باشد، حاصل $\alpha+\beta+\gamma$ کدام است؟

۱) صفر ۲) ۱ ۳) ۷ ۴) ۴

پاسخ: گزینهٔ ۲ **(سخت ـ محاسباتی ـ زمان‌بَر ـ صفحهٔ ۱۱)**

یکای کمیت A و کمیت $\frac{B}{C}$ یکسان است، بنابراین داریم:

$$[A] = \frac{[B]}{[C]} \Rightarrow J = \frac{[B]}{s} \Rightarrow [B] = J.s$$

$$\xrightarrow{J=\frac{kg.m^2}{s^2}} [B] = \frac{kg.m^2}{s}$$

یکای کمیت A و کمیت DE^2 برابر است، بنابراین داریم:

$$[A] = [D][E^2] \Rightarrow J = [D] \times m^2 \Rightarrow [D] = \frac{J}{m^2}$$

$$\xrightarrow{J=\frac{kg.m^2}{s^2}} [D] = \frac{kg}{s^2}$$

بنابراین یکای کمیت BD برابر است با:

$$[BD] = \frac{kg.m^2}{s} \times \frac{kg}{s^2} = \frac{kg^2.m^2}{s^3} = kg^2.m^2.s^{-3} \Rightarrow \alpha+\beta+\gamma = 2+2+(-3) = 1$$

سازگاری یکاها

۱- در هر رابطه، دقت کنید که یکاهای قرارداده‌شده در دو طرف رابطه باهم سازگار باشند و بتوانند باهم خط بخورند.

مثلاً در رابطهٔ چگالی، اگر چگالی را برحسب $\frac{g}{cm^3}$ بدهند، باید جرم را برحسب گرم و حجم را برحسب cm^3 قرار دهیم تا یکاها باهم سازگار شوند؛ ولی اگر جرم را برحسب kg و حجم را برحسب m^3 قرار دهیم، چگالی برحسب $\frac{kg}{m^3}$ به‌دست می‌آید:

$$\frac{g}{cm^3} \leftarrow \rho = \frac{m \rightarrow g}{V \rightarrow cm^3} \qquad \frac{kg}{m^3} \leftarrow \rho = \frac{m \rightarrow kg}{V \rightarrow m^3}$$

بنابراین در فیزیک، هر رابطه‌ای بین کمیت‌ها برقرار باشد، همان رابطه بین یکاهای آن کمیت‌ها نیز برقرار است. اگر کمیت را با x نمایش دهیم، یکای کمیت را با $[x]$ نمایش می‌دهیم.

به‌طور مثال برای انرژی جنبشی:

$$K=\frac{1}{2}mv^2$$

$$[K]=[m].[v]^2 \Rightarrow [K]=kg.\frac{m^2}{s^2}$$

۲- در ضرب و تقسیم، محدودیتی برای یکاها وجود ندارد ولی در جمع و تفریق، فقط کمیت‌هایی را می‌توانیم جمع و تفریق کنیم که از یک جنس باشند.

مثلاً در رابطهٔ $A=BC+D^2-\frac{3E}{F}$ باید جنس A با جنس BC، با جنس D^2 و با جنس $\frac{3E}{F}$ یکسان باشد ولی لزومی ندارد که جنس B و C باهم یکی باشند.

نکته

برای جمع، تفریق و یا مقایسهٔ دو یا چند کمیت، حتماً باید یکا و حتی پیشوند یکای آن‌ها با یکدیگر معادل باشد.

به‌طور مثال نمی‌توان ۱/۵kg را با ۲۰cm جمع کرد، یا نمی‌توان بدون تبدیل یکا ۳km، را با ۲۰mm یا ۲atm را با ۲۰۰Pa جمع کرد.

یه نمونهٔ باحال

اگر A، B و C سه کمیت فیزیکی باشند، کدام‌یک از گزینه‌های زیر درست است؟

۱) مجموع دو عبارت AC و B الزاماً غیرممکن است.

۲) تفریق دو عبارت A و C الزاماً غیرممکن است.

۳) عبارت $\frac{AC}{B}$ الزاماً دارای یکا است.

۴) اگر دو عبارت BC و A جمع‌پذیر باشند، عبارت $\frac{BC}{A}$ الزاماً بدون یکا است.

پاسخ تشریحی:

بررسی گزینه‌ها:

۱: اگر یکای عبارت AC و یکای B یکسان باشد، امکان جمع‌پذیربودن آن‌ها وجود دارد و قادر به جمع‌شدن هستند. (✗)

۲: ممکن است A و C هم یکا باشند؛ در این صورت تفریق آن‌ها امکان‌پذیر است. اگر بدانیم الزاماً یکای این دو کمیت متفاوت است، قادر به تفریق آن‌ها نخواهیم بود. (✗)

۳: ممکن است یکای دو عبارت AC و B یکسان بوده باشد؛ در این صورت کسر $\frac{AC}{B}$ بدون یکا خواهد بود. (✗)

۴: اگر دو عبارت BC و A جمع‌پذیر باشند؛ پس الزاماً یکای یکسان دارند. در این صورت کسر $\frac{BC}{A}$ الزاماً بدون یکا خواهد بود. (✓)

پاسخ: گزینهٔ ۴

یه نمونهٔ باحال

یک رابطهٔ فیزیکی به‌صورت $v=\sqrt{\alpha U+\beta^2}$ نوشته می‌شود که در آن v بیانگر تندی و U بیانگر انرژی است. یکای β و α در SI به‌ترتیب از راست به چپ کدام است؟

۱) $\frac{m}{kg}$ ، $\frac{m^2}{s^2}$ ۲) $\frac{m}{kg}$ ، $\frac{m}{s}$ ۳) $\frac{1}{kg}$ ، $\frac{m}{s}$ ۴) $\frac{1}{kg}$ ، $\frac{m^2}{s^2}$

پاسخ تشریحی:

اولاً برای راحتی کار، طرفین تساوی را به توان ۲ می‌رسانیم تا معادله به‌صورت $v^2=\alpha U+\beta^2$ درآید. ثانیاً چون دو عبارت αU و β^2 توانسته‌اند با یکدیگر جمع شده و برابر یکای v^2 شوند؛ پس یکای هر دوی این عبارت‌ها، همان یکای v^2 بوده است؛ بنابراین می‌توان نوشت:

$$[v]^۲=[\alpha][U]\Rightarrow \frac{m^۲}{s^۲}=[\alpha]\times\frac{kg.m^۲}{s^۲}\Rightarrow[\alpha]=\frac{۱}{kg}$$

$$[v]^۲=[\beta]^۲\Rightarrow[\beta]=[v]\Rightarrow[\beta]=\frac{m}{s}$$

پاسخ: گزینهٔ ۳

ماز

۷- جرم شخصی ۸۰kg است. اگر ۷ درصد جرم این شخص خون باشد، حجم خون این شخص تقریباً چند $cm^۳$ است؟ (چگالی خون $۱۰۵۰\frac{kg}{m^۳}$ است.)

۱) ۵۲۳۳ ۲) ۵۳۳۳ ۳) ۵۴۳۳ ۴) ۵۵۳۳

پاسخ: گزینهٔ ۲ (متوسط ـ محاسباتی ـ سریع ـ صفحهٔ ۱۷)

راه نجات سریع

اول جرم خون رو با داشتن جرم بدن و درصد جرمی خون به‌دست بیار. بعدش با داشتن جرم و چگالی خون حجمش رو حساب کن.

کام اول

جرم خون شخص را حساب می‌کنیم:

$$m_{خون}=\frac{۷}{۱۰۰}m_{بدن}\Rightarrow m_{خون}=\frac{۷}{۱۰۰}\times ۸۰=۵/۶kg$$

کام آخر

حجم خون را به‌دست می‌آوریم:

$$\rho=\frac{m}{V}\xrightarrow[m_{خون}=۵/۶kg=۵۶۰۰g]{\rho_{خون}=۱۰۵۰\frac{kg}{m^۳}=۱/۰۵\frac{g}{cm^۳}}۱/۰۵=\frac{۵۶۰۰}{V}\Rightarrow V=\frac{۵۶۰۰}{۱/۰۵}\simeq ۵۳۳۳cm^۳$$

چگالی

جرم واحد حجم جسم را چگالی گویند و از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$\rho=\frac{m}{V}$$

m : جرم ماده برحسب کیلوگرم (kg) V : حجم ماده برحسب مترمکعب $(m)^۳$

ρ : چگالی ماده برحسب کیلوگرم بر مترمکعب $\left(\frac{kg}{m^۳}\right)$

تبدیل یکاهای چگالی

یکا در SI	یکای متداول
$\frac{kg}{m^۳}\leftarrow\rho=\frac{m(kg)}{V(m^۳)}$	$\frac{g}{cm^۳}\leftarrow\rho=\frac{m(g)}{V(cm^۳)}$

$$\frac{kg}{L}=\frac{g}{cm^۳}\xrightarrow{\times ۱۰^۳}\frac{kg}{m^۳}=\frac{g}{L}$$

$$m^۳\xrightarrow{\times ۱۰^۳}dm^۳=L\xrightarrow{\times ۱۰^۳}cm^۳=cc=mL$$

$$g\xrightarrow{\times ۱۰^{-۳}}kg$$

نکته

۱- چگالی از ویژگی‌های مادهٔ سازندهٔ یک جسم است و به جرم و حجم جسم بستگی ندارد. مثلاً چگالی یک لیوان آب با چگالی دریایی از آب برابر است.

۲- چگالی جامدها و مایع‌ها به جنس و دمای آن‌ها بستگی دارد.

۳- چگالی گازها علاوه‌بر جنس و دما، به فشار گاز هم وابسته است.

برای مقایسهٔ چگالی دو جسم می‌توان از رابطهٔ زیر استفاده کرد:

$$\frac{\rho_۲}{\rho_۱}=\frac{m_۲}{m_۱}\times\frac{V_۱}{V_۲}$$

یه نمونهٔ باحال

جسمی به حجم $۴\times۱۰^۳ mm^۳$ از ماده‌ای به چگالی $۳\frac{g}{mL}$ (گرم بر میلی‌لیتر) ساخته شده است. جرم این جسم چند گرم است؟

۱) ۱۲۰ ۲) ۱۲ ۳) ۱/۲ ۴) ۰/۱۲

پاسخ تشریحی:

$$\rho=۳\frac{g}{mL}=۳\frac{g}{cm^۳}$$

$$V=۴\times۱۰^۳ mm^۳=۴cm^۳$$

$$m=\rho.V=۳\frac{g}{cm^۳}\times۴cm^۳\Rightarrow m=۱۲g$$

پاسخ: گزینهٔ ۲

ماز

۸- چگالی مایع A، ۲۰ درصد کم‌تر از چگالی مایع B است. اگر حجم مساوی از این دو مایع را باهم مخلوط کنیم، چگالی مخلوط، چند درصد بیش‌تر از چگالی مایع A خواهد شد؟ (از تغییر حجم مخلوط صرف‌نظر شود.)

۱) ۱۰ ۲) ۱۲/۵ ۳) ۲۰ ۴) ۲۵

پاسخ: گزینهٔ ۲ **(متوسط ـ محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۱۷)**

طبق رابطهٔ $\rho=\frac{m}{V}$ می‌توانیم بنویسیم:

$$\begin{cases}\rho_A=\rho_B-\frac{۲۰}{۱۰۰}\rho_B=\frac{۸۰}{۱۰۰}\rho_B=۰/۸\rho_B\\ V_A=V_B=V\end{cases}$$

$$\rho_{مخلوط}=\frac{m_{مخلوط}}{V_{مخلوط}}=\frac{m_A+m_B}{V_A+V_B}\xrightarrow[m_B=\rho_B V_B]{m_A=\rho_A V_A}\rho_{مخلوط}=\frac{\rho_A V_A+\rho_B V_B}{V_A+V_B}$$

$$\xrightarrow[V_A=V_B=V]{\rho_A=۰/۸\rho_B}\rho_{مخلوط}=\frac{(۰/۸\rho_B V)+(\rho_B V)}{V+V}=\frac{۱/۸\rho_B V}{۲V}=۰/۹\rho_B$$

درنهایت داریم:

$$\frac{\rho_{مخلوط}-\rho_A}{\rho_A}\times۱۰۰=\frac{۰/۹\rho_B-۰/۸\rho_B}{۰/۸\rho_B}\times۱۰۰=\frac{۰/۱\rho_B}{۰/۸\rho_B}\times۱۰۰=۱۲/۵\ \text{درصد}$$

راهنمای مسیرت

این سؤال خوراک طراحی کنکوره. اگه جای تو بودم حتماً علامت می‌زدم تا برای جمع‌بندی بخونمش!

سوتی‌های پرتکرار

اگه حواست نباشه، با توجه به این‌که چگالی مخلوط رو $۰/۹\rho_B$ و چگالی مایع A رو $۰/۸\rho_B$ به‌دست آوردی، چون اختلافشون $۰/۱\rho_B$ هست فک می‌کنی باید ۱۰ درصد بیش‌تر (گزینهٔ ۱) رو انتخاب کنی ولی باید دقت کنی که گفته چند درصد از چگالی A بیش‌تره!

محاسبهٔ چگالی مخلوط (آلیاژ)

اگر چند ماده را با یکدیگر مخلوط کنیم، مشروط بر این‌که تغییر حجمی صورت نگیرد، چگالی آلیاژ (مخلوط) از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_{\text{مخلوط}}}{V_{\text{مخلوط}}} \Rightarrow \rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_۱ + m_۲ + \cdots}{V_۱ + V_۲ + \cdots}$$

۱- اگر در سؤالی، چگالی و حجم مواد را بدانیم، کافی است از رابطهٔ $m = \rho V$ در رابطهٔ بالا استفاده کنیم:

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_۱ + m_۲}{V_۱ + V_۲} \xrightarrow[m_۲ = \rho_۲ V_۲]{m_۱ = \rho_۱ V_۱} \rho_{\text{مخلوط}} = \frac{\rho_۱ V_۱ + \rho_۲ V_۲}{V_۱ + V_۲}$$

۲- اگر در سؤالی، چگالی و جرم مواد را بدانیم، کافی است از رابطهٔ $V = \frac{m}{\rho}$ در رابطهٔ بالا استفاده کنیم:

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_۱ + m_۲}{V_۱ + V_۲} \xrightarrow[V_۲ = \frac{m_۲}{\rho_۲}]{V_۱ = \frac{m_۱}{\rho_۱}} \rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_۱ + m_۲}{\frac{m_۱}{\rho_۱} + \frac{m_۲}{\rho_۲}}$$

اشتباه متداول: متأسفانه بعضی از دانش‌آموزان برای پیداکردن چگالی مخلوط، چگالی مواد اولیه را باهم جمع می‌کنند و یا این‌که میانگین چگالی‌های مواد اولیه را حساب می‌کنند که این دو کار کاملاً اشتباه است.

نکتهٔ مهم در محاسبهٔ جرم و حجم مخلوط

✓ در مخلوط دو ماده، قانون پایستگی جرم الزاماً برقرار است:

$$m_t = m_۱ + m_۲$$

✓ در مخلوط دو ماده، الزاماً قانون پایستگی حجم برقرار نیست.

۱- اگر تداخل حجمی صورت نگیرد:

$$V_t = V_۱ + V_۲$$

۲- اگر تداخل حجمی اتفاق افتد $(V_t \neq V_۱ + V_۲)$، باید مجموع حجم‌ها را منهای میزان کاهش حجم کنیم:

$$V_t = (V_۱ + V_۲) - \Delta V$$

مثلاً اگر حجم مخلوط، ۲۰ درصد کاهش یابد، داریم:

$$V_t = (V_۱ + V_۲) - \frac{۲۰}{۱۰۰}(V_۱ + V_۲) \Rightarrow V_t = \frac{۸۰}{۱۰۰}(V_۱ + V_۲)$$

حالت خاص

۱- در حالت خاص، اگر جرم مساوی از دو ماده را باهم مخلوط کنیم، چگالی مخلوط حاصل به شکل زیر به‌دست می‌آید:

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{۲\rho_۱\rho_۲}{\rho_۱ + \rho_۲}$$

۲- در حالت خاص دیگر، اگر حجم مساوی از دو ماده را باهم مخلوط کنیم، چگالی مخلوط حاصل به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{\rho_۱ + \rho_۲}{۲}$$

آزمون سراسری تجربی خارج از کشور ۱۴۰۱

درون یک لیتر آب، چند سانتی‌متر مکعب الکل بریزیم تا چگالی مخلوط حاصل، ۱۰ درصد بیش‌تر از چگالی الکل شود؟

(چگالی آب و الکل به‌ترتیب $۱\frac{g}{cm^۳}$ و $۰/۸\frac{g}{cm^۳}$ است.)

۱) ۸۰۰ ۲) ۱۲۰۰ ۳) ۱۵۰۰ ۴) ۱۸۰۰

پاسخ تشریحی:

$$V_{آب} = ۱L = ۱۰۰۰cm^۳$$

$$\rho_{مخلوط} = \frac{۱۱۰}{۱۰۰}\rho_{الکل} = \frac{۱۱}{۱۰} \times ۰/۸ = ۰/۸۸\frac{g}{cm^۳}$$

$$\rho_{مخلوط} = \frac{m_{آب} + m_{الکل}}{V_{آب} + V_{الکل}} = \frac{\rho_{آب}V_{آب} + \rho_{الکل}V_{الکل}}{V_{آب} + V_{الکل}} \Rightarrow ۰/۸۸ = \frac{(۱ \times ۱۰۰۰) + (۰/۸V_{الکل})}{۱۰۰۰ + V_{الکل}}$$

$$\Rightarrow ۸۸۰ + ۰/۸۸V_{الکل} = ۱۰۰۰ + ۰/۸V_{الکل}$$

$$\Rightarrow ۰/۰۸V_{الکل} = ۱۲۰ \Rightarrow V_{الکل} = ۱۵۰۰cm^۳$$

پاسخ: گزینهٔ ۳

۹- یک ظرف با حجم داخلی $۲۰۰cm^۳$ از یخ به‌طور کامل پر شده است. مدتی صبر می‌کنیم تا یخ به‌طور کامل ذوب شود. حال یک گلولهٔ آلومینیومی به جرم ۱۳۵g درون آن می‌اندازیم. چند گرم آب از ظرف بیرون می‌ریزد؟

$$(\rho_{آب} = ۱\frac{g}{cm^۳}, \rho_{یخ} = ۰/۹\frac{g}{cm^۳}, \rho_{آلومینیوم} = ۲/۷\frac{g}{cm^۳})$$

۱) ۲۰ ۲) ۳۰ ۳) ۴۵ ۴) ۵۰

پاسخ: گزینهٔ ۲ (سخت ـ مفهومی/محاسباتی ـ زمان‌بَر ـ صفحهٔ ۱۸)

ابتدا جرم یخ داخل ظرف را محاسبه می‌کنیم:

جرم یخ داخل ظرف: $m_۱ = \rho_۱V_۱ = ۰/۹ \times ۲۰۰ = ۱۸۰g$

پس جرم آب حاصل از ذوب یخ هم ۱۸۰g می‌باشد.

حجم آب حاصل از ذوب یخ: $V_۲ = \frac{m_۲}{\rho_۲} = \frac{۱۸۰}{۱} = ۱۸۰cm^۳$

وقتی یخ به‌طور کامل ذوب شد، حجم آب حاصل $۱۸۰cm^۳$ می‌باشد؛ یعنی $۲۰cm^۳$ از ظرف خالی می‌باشد.

حجم گلولهٔ آلومینیومی: $V_۳ = \frac{m_۳}{\rho_۳} = \frac{۱۳۵}{۲/۷} = ۵۰cm^۳$

چون حجم گلوله $۵۰cm^۳$ و حجم قسمت خالی ظرف $۲۰cm^۳$ است، نتیجه می‌گیریم $۳۰cm^۳$ آب از ظرف بیرون می‌ریزد.

جرم آب سرریزشده: $m_۴ = \rho_۴V_۴ = ۱ \times ۳۰ = ۳۰g$

راهنمای مسیرت

اگه این سؤالو سر جلسه حل نکردی، فدای سرت! الان بشین با خیال راحت تحلیلش کن چون خیلی مهمه!

جرم

مقدار مادهٔ تشکیل‌دهندهٔ جسم را جرم جسم گویند.

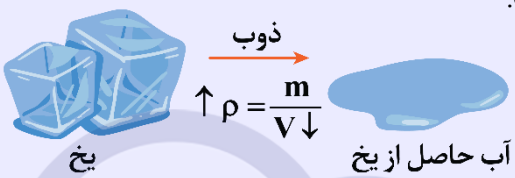
۱- جرم یک جسم هرگز تغییر نمی‌کند. مثلاً با افزایش دما، حجم اکثر مواد افزایش و چگالی کاهش می‌یابد ولی جرم، ثابت می‌ماند.

$$\rho=\frac{m}{V}\xrightarrow{\text{افزایش دما}}\downarrow\rho=\frac{\overbrace{m}^{\text{ثابت}}}{V\uparrow}$$

۲- در اثر تغییر فاز (حالت) مثل ذوب و تبخیر و ... حجم جسم تغییر می‌کند، ولی جرم جسم ثابت می‌ماند. پس در حل این‌گونه سؤالات، جرم اولیه و ثانویه را برابر هم قرار داده و سؤال را حل می‌کنیم:

جرم مادهٔ اولیه = جرم مادهٔ حاصل $\Rightarrow m_1=m_2\Rightarrow\rho_1V_1=\rho_2V_2$

۳- وقتی مقداری یخ، ذوب شده و به آب تبدیل می‌شود، حجم آن کاهش و چگالی آن افزایش می‌یابد ولی جرم آن تغییر نمی‌کند، یعنی جرم آب تولیدشده با جرم یخ ذوب‌شده برابر است:



جرم آب حاصل از یخ = جرم اولیه $\Rightarrow m_{\text{یخ}}=m_{\text{آب}}\Rightarrow\rho V_{\text{یخ}}=\rho V_{\text{آب}}$

یه نمونهٔ باحال

مقداری آب را در داخل یخچال قرار می‌دهیم تا یخ بزند. اگر در اثر منجمدشدن کل آب، حجم آن $100cm^3$ افزایش یابد، حجم اولیهٔ آب چند سانتی‌متر مکعب است؟ $(\rho_{\text{آب}}=1\frac{g}{cm^3}\ ,\ \rho_{\text{یخ}}=0/9\frac{g}{cm^3})$

۱) ۱۸۰۰ ۲) ۲۰۰۰ ۳) ۹۰۰ ۴) ۱۰۰۰

پاسخ تشریحی:

هنگام یخ‌زدن آب، جرم تغییر نمی‌کند پس داریم:

$$m_{\text{آب}}=m_{\text{یخ}}\Rightarrow\rho_{\text{آب}}V_{\text{آب}}=\rho_{\text{یخ}}V_{\text{یخ}}$$

$$\Rightarrow 1\times V_{\text{آب}}=0/9\times(V_{\text{آب}}+100cm^3)$$

$$\Rightarrow V_{\text{آب}}=0/9V_{\text{آب}}+90cm^3$$

$$\Rightarrow 0/1V_{\text{آب}}=90cm^3\Rightarrow V_{\text{آب}}=900cm^3$$

پاسخ: گزینهٔ ۳

نکته

وقتی ظرفی لبریز از یک مایع است، اگر جسمی به حجم V را به‌آرامی و به‌طور کامل داخل ظرف فرو ببریم، به‌اندازهٔ حجم جسم، مایع از ظرف بیرون می‌ریزد؛ یعنی حجم مایع جابه‌جاشده برابر با حجم جسم خواهد بود.

مثلاً در ظرفی لبریز از آب، اگر جسمی به حجم $10cm^3$ را به‌آرامی داخل ظرف فرو ببریم، به‌اندازهٔ $10cm^3$ آب از ظرف بیرون می‌ریزد.

یه نمونهٔ باحال

جرم یک گلولهٔ فلزی توپر ۴۲۰۰ گرم و چگالی آن $8400\frac{kg}{m^3}$ است. اگر گلولهٔ فلزی را به‌آرامی در ظرف پر از روغن فرو ببریم و چگالی روغن $700\frac{kg}{m^3}$ باشد، چند گرم روغن از ظرف خارج می‌شود؟

۱) ۴۰۰ ۲) ۳۵۰ ۳) ۵۰۰ ۴) ۴۰۰۰

پاسخ تشریحی:

حجم مایع بیرون‌ریخته با حجم جسم برابر است؛ پس ابتدا حجم گلولهٔ فلزی را به‌دست می‌آوریم:

$$V=\frac{m}{\rho}=\frac{۴۲۰۰g}{۸/۴\frac{g}{cm^۳}}=۵۰۰cm^۳$$

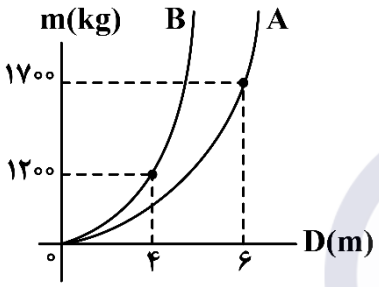
یعنی $۵۰۰cm^۳$ از روغن با چگالی $۷۰۰\frac{kg}{m^۳}$ بیرون ریخته است. حال جرم آن را محاسبه می‌کنیم:

$$m=\rho V\Rightarrow m=۰/۷\frac{g}{cm^۳}\times ۵۰۰cm^۳=۳۵۰g$$

بنابراین $۳۵۰g$ روغن از ظرف بیرون می‌ریزد.

پاسخ: گزینهٔ ۲

۱۰- مطابق شکل زیر، نمودار تغییرات جرم برحسب طول قطر دو کرهٔ توپر نشان داده شده است. چگالی جسم A چند برابر چگالی جسم B است؟



۱) $\frac{۱۷}{۳۲}$

۲) $\frac{۳۴}{۸۱}$

۳) $\frac{۳۸}{۲۷}$

۴) $\frac{۱۹}{۱۸}$

پاسخ: گزینهٔ ۲ (سخت ـ نموداری/محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۱۷)

می‌دانیم حجم کره با مکعب شعاع $(R^۳)$ متناسب است؛ بنابراین داریم:

$$\frac{\rho_A}{\rho_B}=\frac{m_A}{m_B}\times\frac{V_B}{V_A}=\frac{m_A}{m_B}\times(\frac{R_B}{R_A})^۳$$

$$\Rightarrow\frac{\rho_A}{\rho_B}=\frac{۱۷۰۰kg}{۱۲۰۰kg}\times(\frac{۲}{۳})^۳$$

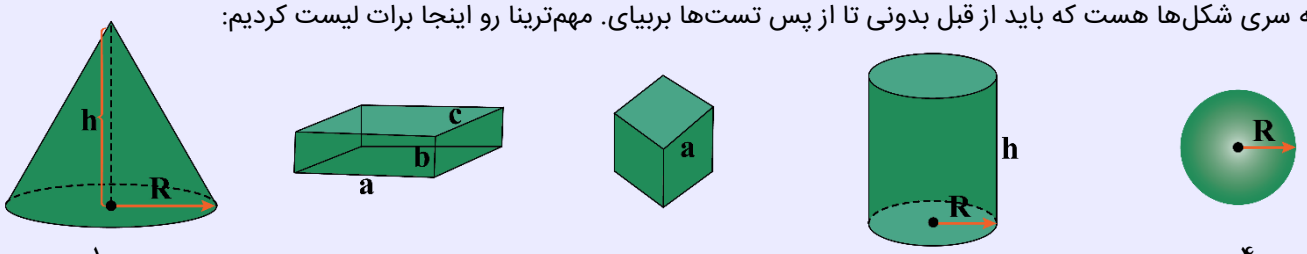
$$\Rightarrow\frac{\rho_A}{\rho_B}=\frac{۱۷}{۱۲}\times\frac{۸}{۲۷}=\frac{۳۴}{۸۱}$$

راهنمای مسیرت

همین اول کار یه پیشنهادی بهت می‌دم برو حجم‌های هندسی مهم رو یاد بگیر!

حجم اشکال هندسی مهم

حجم یه سری شکل‌ها هست که باید از قبل بدونی تا از پس تست‌ها بربیای. مهم‌ترینا رو اینجا برات لیست کردیم:



$V=\frac{۱}{۳}\pi R^۲h$ $\quad V=abc$ $\quad V=a^۳$ $\quad V=\pi R^۲h$ $\quad V=\frac{۴}{۳}\pi R^۳$

۱- کدام‌یک از عبارت‌های زیر درست است؟

الف ـ حالت ماده به چگونگی حرکت ذرات سازندهٔ ماده و اندازهٔ نیروی جاذبهٔ گرانشی بین ذره‌های آن بستگی دارد.

ب ـ جامدهای آمورف شکل معیّنی ندارند.

ج ـ آهن بر خلاف شیشه یک جامد بلورین است.

د ـ به‌خاطر نیروی رانشی بین مولکول‌ها در فواصل خیلی نزدیک، مایعات تقریباً تراکم‌ناپذیرند.

۱) «الف» و «ب» ۲) «الف» و «ج» ۳) «ب» و «د» ۴) «ج» و «د»

پاسخ: گزینهٔ ۴ (آسان ـ حفظی ـ سریع ـ صفحهٔ ۲۴)

بررسی موارد:

الف) نیروی بین ذرات از نوع الکتریکی است، نه گرانشی. (✗)

ب) مواد آمورف ساختار شبکه‌ای منظم ندارند ولی چون جامد هستند، دارای شکل معیّنی می‌باشند. (✗)

ج) آهن بر خلاف شیشه یک جامد بلورین است. (✓)

د) درصورتی‌که فاصلهٔ بین ذرات از میانگین فاصلهٔ بین‌مولکولی کم‌تر شود، همدیگر را می‌رانند و این علت تراکم‌ناپذیری مایعات است. (✓)

راهنمای مسیرت

حفظیات اول و آخر فصل فشار خیلی مهمه. بهت پیشنهاد می‌دم متن کتاب رو بخونی.

حالت‌های ماده

به هر چیزی که فضا را اشغال کند (حجم داشته باشد) ماده می‌گوییم. مواد از اتم یا مولکول ساخته شده‌اند. اندازهٔ اتم‌ها یک تا چند آنگستروم است ($1\text{Å} = 10^{-10}\text{m}$).

حالت ماده به چگونگی حرکت ذرات سازنده و اندازهٔ نیروی بین آن‌ها بستگی دارد.

مواد موجود در طبیعت به چهار دستهٔ گاز، مایع، جامد و پلاسما تقسیم می‌شوند.

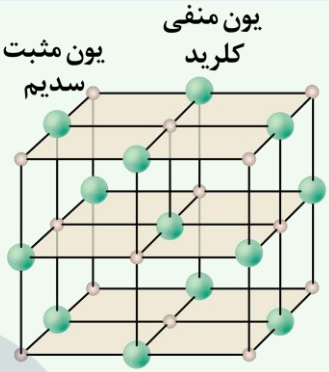
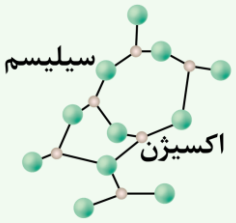
نکتهٔ ۱

گروه دیگری از مواد هستند که وقتی در حالت مایع یا بخار به‌سرعت سرد شوند جامد بی‌شکل به‌وجود می‌آید ولی وقتی این مواد تا دمای معیّنی گرم شوند، به‌سرعت ساختار بلورین پیدا می‌کنند. فلزات مثالی از این دسته مواد هستند.

نکتهٔ ۲

ماهیت آمُورف شیشه‌های طبیعی کاملاً پایدار است.

جدول مربوط به مقایسهٔ انواع جامدات

انواع جامد	جامد بلورین	جامد بی‌شکل (آمُورف)
شکل		
نحوهٔ تشکیل	از فرایند سردسازی آرام به‌وجود می‌آیند	وقتی به‌سرعت سرد می‌شود جامد بی‌شکل به‌وجود می‌آید
ویژگی	در یک الگوی سه‌بعدی تکرارشونده از واحدهای منظم ساخته می‌شوند	در طرح نامنظمی که در حالت مایع داشتند باقی می‌مانند
مثال	فلزها، نمک‌ها، الماس، یخ و بیش‌تر مواد معدنی	قیر، شیشه و اکثر پلاستیک‌ها

یه نمونهٔ باحال

کدام گزینه دربارهٔ شیشه نادرست است؟

۱) ذرات شیشه به سبب نیروهای الکتریکی که به یکدیگر وارد می‌کنند در کنار یکدیگر می‌مانند.

۲) شیشه از سردسازی سریع حالت مایع آن به‌وجود آمده است.

۳) ذرات سازندهٔ شیشه در مکان‌های معیّنی نسبت به یکدیگر قرار دارند و در این مکان‌ها حرکت انتقالی انجام می‌دهند.

۴) اگر مولکول‌های شیشه را نسبت به وضعیت تعادل به‌هم نزدیک‌تر یا از هم دورتر کنیم، نیرویی بین آن‌ها ایجاد شده و آن‌ها را به وضع تعادل بازمی‌گرداند.

پاسخ تشریحی:

ذرات سازندهٔ شیشه در مکان‌های معیّنی نسبت به یکدیگر قرار دارند و در این مکان‌ها حرکت **ارتعاشی** انجام می‌دهند.

پاسخ: گزینهٔ ۳

پ) مایع:

۱- مولکول‌های مایع، نظم و تقارن جامدهای بلورین را ندارند و به‌صورت نامنظم و نزدیک به یکدیگر قرار گرفته‌اند.

۲- مولکول‌های مایع به‌آسانی جابه‌جا می‌شوند ولی تندی حرکت آن‌ها کم‌تر از گازها است، پس مایع به‌راحتی جاری می‌شود و شکل ظرف را به خود می‌گیرد.

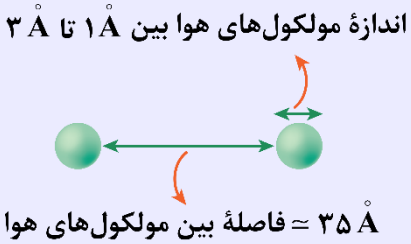
۳- فاصلهٔ ذرات سازندهٔ مایع و جامد تقریباً یکسان و در حدود یک آنگستروم است، پس به‌دلیل این‌که خیلی به‌هم نزدیک‌اند به‌جای حرکت آزادانه فقط روی هم می‌لغزند (مانند حالتی که ظرف آب را کج می‌کنیم و آب می‌ریزیم).

ت) گاز:

گاز ماده‌ای است که شکل مشخصی ندارد.

۱- اتم‌ها و مولکول‌های گاز آزادانه و با تندی بسیار زیاد به اطراف حرکت و با یکدیگر و دیوارهٔ ظرف برخورد می‌کنند.

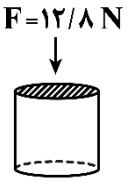
۲- فاصلهٔ میانگین مولکول‌های گاز در مقایسه با اندازهٔ آن‌ها، خیلی بیش‌تر است:



۳- گازها به‌دلیل ناچیزبودن نیروی بین‌مولکولی ویژگی انبساط‌پذیری دارند یعنی در هر ظرفی قرار گیرند کل فضای آن را اشغال می‌کنند.

۴- به‌دلیل فاصلهٔ زیاد بین مولکول‌های گاز، گازها تراکم‌پذیر هستند.

۲- مطابق شکل زیر، به استوانه‌ای به جرم ۵kg و شعاع مقطع ۱۰cm که بر روی سطح زمین قرار دارد، نیروی عمودی مانند شکل زیر وارد می‌کنیم. فشار در محل تماس استوانه با سطح زمین چند پاسکال است؟ $(g=۱۰\frac{N}{kg})$



۱) ۱۵۰۰
۲) ۲۰۰۰
۳) ۳۰۰۰
۴) ۴۰۰۰

پاسخ: گزینهٔ ۲ (متوسط ـ محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۳۳)

راه نجات سریع

اول نیروی عمودی که جسم بر سطح وارد می‌کنه رو حساب کن. بعدش فشار رو به‌دست بیار.

گام اول

نیروی عمودی جسم بر سطح زمین را به‌دست می‌آوریم:

$$F_N = mg + F \Rightarrow F_N = (۵\times۱۰) + ۱۲/۸ = ۶۲/۸N$$

گام آخر

فشار در محل تماس استوانه با سطح زمین را به‌دست می‌آوریم:

$$P = \frac{F_N}{A} = \frac{F_N}{\pi r^۲} \xrightarrow[r=۱۰cm=۰/۱m]{F_N=۶۲/۸N} P = \frac{۶۲/۸}{۳/۱۴\times(۰/۱)^۲} = \frac{۲۰}{۰/۰۱} = ۲۰۰۰Pa$$

راهنمای مسیرت

اگه توی سؤالی لازم بود (π) رو در محاسبات قرار بدی و در آخر جواب برحسب π به‌دست اومد و گزینه‌ها برحسب π نبود، استرس نگیر به‌جای π، ۳/۱۴ رو قرار بده.

فشار جامدات

فشار وارد بر یک سطح، برابر نیروی عمودی وارد بر واحد سطح است.

$$P = \frac{F_\perp}{A}$$

P: فشار با یکای Pa F: نیرو با یکای N A: مساحت با یکای $m^۲$

یه نمونهٔ باحال

یکای فرعی فشار را برحسب یکاهای اصلی به‌دست آورید.

پاسخ تشریحی:

$$P=\frac{F_\perp}{A}\Rightarrow P_{\text{یکای}}\equiv\frac{F_{\perp\,\text{یکای}}}{A_{\text{یکای}}}$$

$$\Rightarrow P_{\text{یکای}}\equiv\frac{\text{نیوتون}}{\text{مترمربع}}\equiv\frac{\frac{\text{کیلوگرم}\times\text{متر}}{\text{مربع ثانیه}}}{\text{مترمربع}}\equiv\frac{\text{کیلوگرم}}{\text{مربع ثانیه}\times\text{متر}}$$

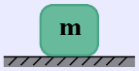
نکته

در رابطهٔ $P=\frac{F_\perp}{A}$، منظور از $F_\perp$، نیروی عمودی سطح (یعنی F_N) است، پس اگر به جسمی نیروهایی غیر از وزن وارد شود، برای محاسبهٔ فشار جسم باید نیروی عمودی سطح را حساب کنیم و بر مساحت قاعدهٔ جسم تقسیم کنیم.

فشار جامدات

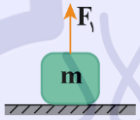
در محاسبهٔ فشار جامدات به نکات زیر توجه کنید:

۱- اگر جسم روی سطح ساکن باشد و نیروی خارجی به آن وارد نشود، نیروی عمودی سطح برابر وزن جسم است و فشار برابر است با:

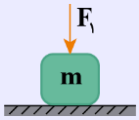


$$P=\frac{F}{A}=\frac{mg}{A}$$

۲- اگر جسم روی سطح ساکن باشد و نیروی قائمی به آن وارد شود، فشار وارد بر سطح برابر است با:



$$P=\frac{mg-F_۱}{A}$$



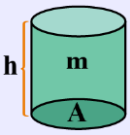
$$P=\frac{mg+F_۱}{A}$$

۳- اگر جسم کف آسانسوری قرار داشته باشد که با شتاب a حرکت می‌کند، فشار وارد بر کف آسانسور برابر است با:

$$P=\frac{m(g\pm a)}{A}$$

+ ← اگر شتاب به سمت بالا باشد. − ← اگر شتاب به سمت پایین باشد.

۴- اگر جسم جامد به‌گونه‌ای باشد که سطح مقطع آن در همهٔ ارتفاع‌ها ثابت باشد، می‌توان فشار وارد بر سطح را به‌صورت زیر محاسبه کرد:



$$\begin{cases}P=\frac{mg}{A}\\ m=\rho V\end{cases}\Rightarrow P=\frac{\rho Vg}{A}\xrightarrow{V=Ah}P=\rho gh$$

دقت کنید که این رابطه فقط برای اجسامی مثل مکعب و استوانه برقرار است که مساحت مقطع آن‌ها در همهٔ ارتفاع‌ها ثابت است. برای اجسامی مثل مخروط و هرم که مساحت مقطع آن‌ها به‌تدریج تغییر می‌کند، استفاده از این رابطه مجاز نیست.

۵- اگر مخروطی به مساحت قاعدهٔ A و ارتفاع h در اختیار داشته باشیم، حجم آن از رابطهٔ $V=\frac{۱}{۳}Ah$ به‌دست می‌آید. اکنون می‌توان نوشت:

$$P=\frac{mg}{A}\xrightarrow{m=\rho V}P=\frac{\rho Vg}{A}=\frac{\frac{۱}{۳}\rho Ahg}{A}\Rightarrow P=\frac{۱}{۳}\rho gh$$

یه نمونهٔ باحال

شعاع قاعدهٔ مخروط توپر فلزی برابر ۱۰cm و ارتفاع آن برابر ۲۰cm است. اگر چگالی مادهٔ سازندهٔ این مخروط $۱/۵\frac{g}{cm^۳}$ باشد، فشار مخروط به سطح زیرین آن چند پاسکال است؟ $(\pi\simeq ۳\ ,\ g=۱۰\frac{N}{kg})$

پاسخ تشریحی:

$$P=\frac{۱}{۳}\rho gh=\frac{۱}{۳}\times ۱/۵\times ۱۰^{۳}\times ۱۰\times ۲۰\times ۱۰^{-۲}=۱۰۰۰Pa$$

۳- فشارسنجی را با سرعت $۱۰\frac{cm}{s}$ در راستای قائم به سمت پایین درون آب فرو می‌بریم. آهنگ افزایش فشار در این حالت چند پاسکال بر دقیقه است؟ $(\rho_{آب}=۱\frac{g}{cm^{۳}}\ ,\ g=۱۰\frac{N}{kg})$

۱) ۱۰۰۰ ۲) ۶۰۰۰ ۳) ۱۰۰۰۰ ۴) ۶۰۰۰۰

پاسخ: گزینهٔ ۴ **(آسان ـ محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۳۴)**

راه نجات سریع

اول افزایش عمق در مدت یک دقیقه رو حساب کن. بعدش تغییر فشار رو طبق رابطهٔ $P=\rho gh$ به‌دست بیار.

گام اول

افزایش عمق فشارسنج را در مدت یک دقیقه به‌دست می‌آوریم:

$$v=\frac{\Delta h}{\Delta t}\xrightarrow[\Delta t=۱min=۶۰s]{v=۱۰\frac{cm}{s}=۰/۱\frac{m}{s}}۰/۱=\frac{\Delta h}{۶۰}\Rightarrow \Delta h=۶m$$

گام آخر

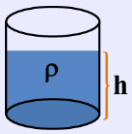
تغییر فشار را در مدت یک دقیقه به‌دست می‌آوریم:

$$\Delta P=\rho g\Delta h\Rightarrow \Delta P=۱۰۰۰\times ۱۰\times ۶=۶۰۰۰۰Pa$$

بنابراین آهنگ تغییر فشار، برابر با $۶۰۰۰۰\frac{Pa}{min}$ است.

فشار در شاره‌ها

فشار یک ستون شاره به ارتفاع h (بدون درنظر گرفتن سایر فشارها) این‌گونه محاسبه می‌شود:



$P=\rho gh$

P: فشار یک ستون مایع با چگالی ρ و ارتفاع h

ρ: چگالی مایع

h: ارتفاع مایع

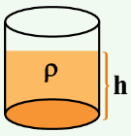
g: شتاب جاذبهٔ زمین

تبدیل یکاهای مربوط به فشار

$$cm\xrightarrow{\times ۱۰^{-۲}}m \qquad \frac{kg}{Lit}=\frac{g}{cm^{۳}}\xrightarrow{\times ۱۰^{+۳}}\frac{kg}{m^{۳}}=\frac{g}{Lit}$$

نکتهٔ ۱

«فشار در هر نقطه از مایع برابر مجموع فشارهای بالای آن نقطه است.»

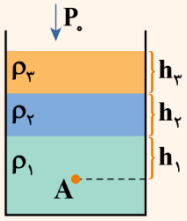


فشار در کف ظرف: $P=\rho gh+P_{۰}$

فشار مایع در کف ظرف: $P=\rho gh$

یه نمونهٔ باحال ۱

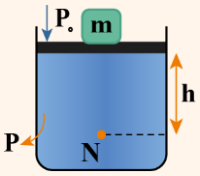
اگر مانند شکل زیر، چند مایع مختلف درون ظرف باشند و فشار در نقطهٔ A مدنظر باشد $(\rho_1 > \rho_2 > \rho_3)$، باید فشار ناشی از تک‌تک مایع‌های بالای نقطهٔ A را با فشار هوا جمع کرد، یعنی:



$$P_A = P_1 + P_2 + P_3 + P_0 = \rho_1 g h_1 + \rho_2 g h_2 + \rho_3 g h_3 + P_0$$

یه نمونهٔ باحال ۲

اگر مانند شکل زیر، توسط پیستون بدون اصطکاکی سطح مایع مسدود شده باشد، با قرارگیری جسمی به جرم m روی پیستون، فشار کل در نقطه‌ای مانند N برابر خواهد شد با:



$$P_N = P_{\text{مایع}} + P_{\text{هوا}} + P_{\text{جامد}} \Rightarrow P_N = \rho g h + P_0 + \frac{mg}{A_{\text{جسم}}}$$

نکتهٔ ۲

نکته خیلی مهم: به ادبیات سؤال خیلی دقت کنید سه نوع سؤال داریم:

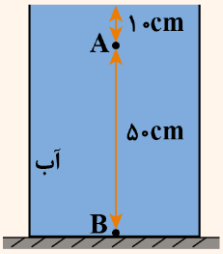
۱- اگر کلمهٔ **فشار** به‌تنهایی آمد یا گفته شد **فشار کل (مطلق)** در این حالت باید تمام فشارهای بالای نقطهٔ موردنظر را جمع کنید.

۲- اگر در سؤال گفته شد فشار مایع در این حالت فقط **فشار مایع** را حساب می‌کنیم و کاری به بقیهٔ فشارها ازجمله فشار هوا نداریم.

۳- اگر در صورت سؤال **فشار پیمانه‌ای** خواسته شد باید کلیهٔ فشارها به‌جز فشار هوا را محاسبه کنیم.

یه نمونهٔ باحال ۳

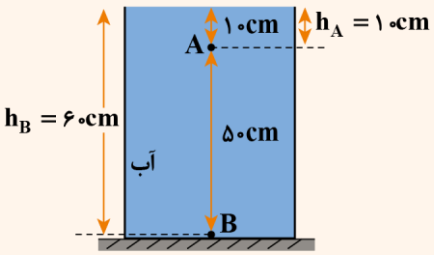
در شکل زیر، فشار در نقطهٔ B چند برابر فشار در نقطهٔ A می‌باشد؟ $(P_0 = 9/9\times10^4\,Pa\ ,\ \rho_{\text{آب}} = 1\frac{g}{cm^3}\ ,\ g = 10\frac{N}{kg})$



۱) $\frac{5}{4}$ ۲) $\frac{6}{5}$ ۳) $\frac{20}{19}$ ۴) $\frac{21}{20}$

پاسخ تشریحی:

فشار در هر نقطه از رابطهٔ $P = P_0 + \rho g h$ به‌دست می‌آید:



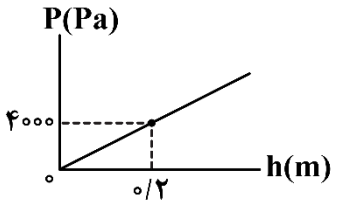
$$\begin{cases} P_A = P_0 + \rho g h_A \\ P_B = P_0 + \rho g h_B \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{P_B}{P_A} = \frac{(9/9\times10^4) + (10^3\times10\times6\times10^{-1})}{(9/9\times10^4) + (10^3\times10\times10^{-1})} = \frac{\cancel{10^3}(99+6)}{\cancel{10^3}(99+1)}$$

$$\Rightarrow \frac{P_B}{P_A} = \frac{105}{100} = \frac{21}{20}$$

پاسخ: گزینهٔ ۴

۴- نمودار فشار ناشی از یک مایع برحسب عمق آن، مطابق شکل زیر است. اگر مکعبی به ضلع a و جرم ۲۵۰g درون این مایع غوطه‌ور باشد، a چند سانتی‌متر است؟ $(g=10\frac{N}{kg})$



۱) ۱ ۲) ۲

۳) ۴ ۴) ۵

پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ نموداری/محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۳۴)

راه نجات سریع

اول به کمک نمودار، چگالی مایع رو به‌دست بیار بعدش با چگالی جسم که همون چگالی مایع است و جرم جسم، حجم مکعب رو حساب کن و درنهایت ضلع مکعب رو به‌دست بیار.

گام اول

با توجه به رابطهٔ $P_{مایع}=\rho gh$، از روی نمودار فشار مایع برحسب عمق مایع، چگالی مایع را به‌دست می‌آوریم:

$$P_{مایع}=\rho gh \Rightarrow ۴۰۰۰=\rho_{مایع}\times ۱۰\times ۰/۲ \Rightarrow \rho_{مایع}=۲۰۰۰\frac{kg}{m^۳}$$

گام دوم

حجم مکعب را به‌دست می‌آوریم. با توجه به این‌که مکعب در مایع غوطه‌ور است، درمی‌یابیم چگالی آن با چگالی مایع برابر است؛ بنابراین داریم:

$$\rho=\frac{m}{V}\xrightarrow[m_{مکعب}=۲۵۰g]{\rho_{مکعب}=\rho_{مایع}=۲۰۰۰\frac{kg}{m^۳}=۲\frac{g}{cm^۳}}۲=\frac{۲۵۰}{V}\Rightarrow V=۱۲۵cm^۳$$

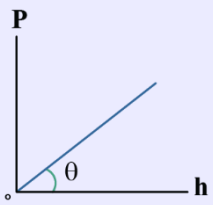
گام آخر

ضلع مکعب (a) را به‌دست می‌آوریم:

$$V=a^۳\Rightarrow ۱۲۵=a^۳\Rightarrow a=۵cm$$

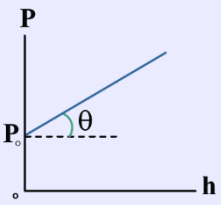
نمودارهای فشار

۱- نمودار فشار **ناشی از مایع** برحسب ارتفاع از سطح آزاد مایع:



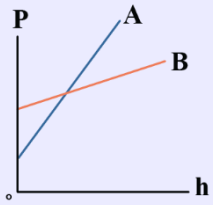
$$P=\underbrace{\rho g}_{شیب}h\Rightarrow شیب=\tan\theta=\rho g$$

۲- نمودار فشار برحسب ارتفاع از سطح آزاد مایع:



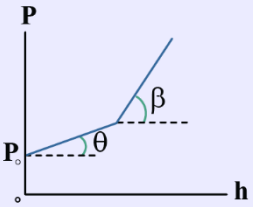
$$P=\underbrace{\rho g}_{شیب}h+\underbrace{P_۰}_{عرض\ از\ مبدأ}\Rightarrow شیب=\tan\theta=\rho g$$

۳- مقایسهٔ دو نمودار فشار برحسب ارتفاع از سطح آزاد مایع:

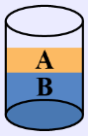


$$\Rightarrow\begin{cases}P_{۰B}>P_{۰A}\\ \rho_A>\rho_B\end{cases}$$

۴- نمودار فشار برحسب ارتفاع از سطح آزاد مایع (برای دو مایع متفاوت):



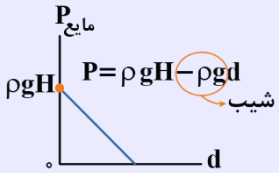
$\tan\beta > \tan\theta$



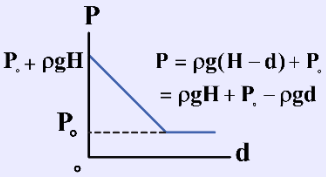
چون مایع B زیر قرار دارد؛ پس چگالی آن بیش‌تر است،
پس باید شیب نمودار در قسمت B از قسمت A بیش‌تر باشد.

۵- اگر نمودار فشار برحسب فاصله از کف ظرف (d) مدنظر باشد، چون فاصلهٔ یک نقطه از کف ظرف برابر با فاصله از سطح مایع (ارتفاع مایع) است، پس نمودار مربوطه به‌صورت زیر می‌شود:

الف) نمودار فشار مایع برحسب فاصله از کف ظرف (d)

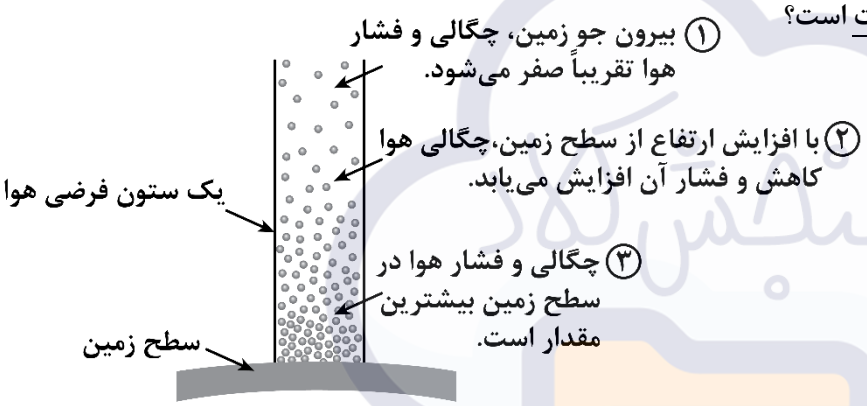


ب) نمودار فشار برحسب فاصله از کف ظرف (d)



۵- در شکل زیر، یک ستون هوا به‌صورت فرضی از سطح زمین تا لایه‌های بالایی سطح زمین درنظر گرفته شده است. چه تعداد از جملات مشخص‌شده بر روی این شکل نادرست است؟

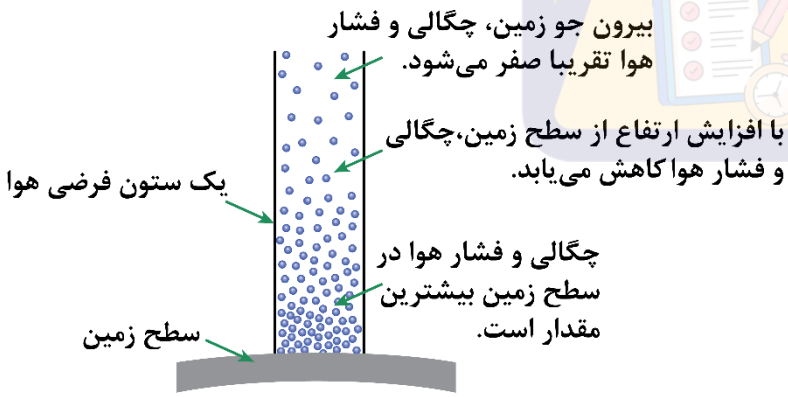
۱) صفر
۲) ۱
۳) ۲
۴) ۳



پاسخ: گزینهٔ ۲ (آسان ـ حفظی/مفهومی ـ سریع ۶ ـ صفحهٔ ۳۶)

فقط جملهٔ (۲) نادرست است. چون با افزایش ارتفاع از سطح زمین، چگالی و **فشار** هوا **کاهش** می‌یابد.

نیروی جاذبهٔ زمین سبب می‌شود که لایه‌های زیرین هوا نسبت به لایه‌های بالایی هوا متراکم‌تر شوند. درنتیجه هرچه به سطح زمین نزدیک‌تر می‌شویم، چگالی و فشار هوا بیش‌تر می‌شود.



راهنمای مسیرت

این سؤال رو دادیم تا به اهمیت شکل‌های کتاب اشاره کنیم. اگه نتونستی جواب بدی یادت باشه از کتاب درسی غافل نشی!

فشار هوا

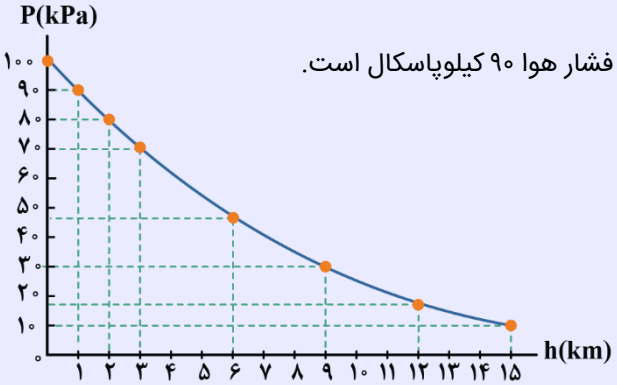
فشار هوا در کنار دریای آزاد در حدود ۱۰۰ کیلوپاسکال می‌باشد:

$$P_{\circ} \simeq ۱۰^{۵}\,Pa = ۱atm = ۱bar$$

✓ به دو روش می‌توان فشار هوا در ارتفاعات را به‌دست آورد:

۱- استفاده از نمودار تجربی فشار هوا برحسب ارتفاع از سطح دریای آزاد:

به‌عنوان مثال با توجه به نمودار مقابل، در ارتفاع هزار متری از سطح دریای آزاد، فشار هوا ۹۰ کیلوپاسکال است.

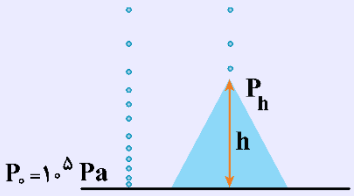


✓ هرچه از سطح زمین به سمت بالا حرکت کنیم، مقدار هوای بالای سر کم‌تر می‌شود و همین باعث می‌شود به هر لایه فشار کم‌تری وارد شود و این فشار کم‌تر باعث می‌شود مولکول‌های هوا از هم دورتر شوند، یعنی چگالی هوا کاهش می‌یابد.

۲- اگر چگالی متوسط هوا را بدهند:

اگر فشار هوا در سطح دریای آزاد، $P_{\circ}$ باشد، با افزایش ارتفاع فشار هوا کاهش می‌یابد، درنتیجه فشار هوا در ارتفاع h از سطح زمین، از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$P_h = P_{\circ} - \bar{\rho} g h$$



P_h : فشار هوا در ارتفاع h از سطح دریای آزاد (Pa)

$P_{\circ}$: فشار هوا کنار دریای آزاد (Pa)

$\bar{\rho}$: چگالی متوسط هوا $(\frac{kg}{m^{۳}})$

h : ارتفاع از سطح دریا (m)

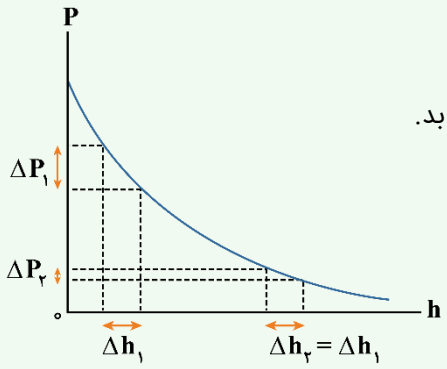
نکتهٔ ۱

براساس نمودار فشار هوا برحسب فاصله از سطح دریای آزاد، دو نتیجهٔ زیر قابل‌بیان است:

۱- با افزایش فاصله از سطح زمین، فشار هوا کاهش می‌یابد.

۲- با افزایش فاصله از سطح زمین، میزان افت فشار در اختلاف ارتفاع‌های مساوی، کاهش می‌یابد.

به بیان دیگر طبق نمودار مقابل داریم:



$$\underbrace{\Delta h_۲}_{\text{دورتر از سطح زمین}} = \underbrace{\Delta h_۱}_{\text{نزدیک‌تر به سطح زمین}} \Rightarrow \Delta P_۲ < \Delta P_۱$$

نکتهٔ ۲

اختلاف فشار هوا بین دو نقطه (در ارتفاعات کم) از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$\Delta P = \bar{\rho} g \Delta h$$

$\bar{\rho}$: چگالی هوا

Δh: اختلاف ارتفاع دو نقطه

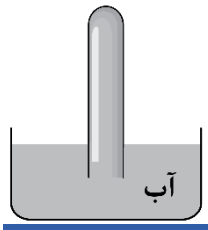
نکتهٔ ۳

در هواشناسی و روی نقشه‌های آب‌وهوا، معمولاً از یکای بار (bar) برای فشار هوا استفاده می‌کنند. به‌طوری‌که داریم:

$$1bar = 1/000 \times 10^5 N/m^2 = 1/000 \times 10^5 Pa$$

ماز

۶- در شکل زیر، اگر لوله را به‌اندازهٔ ۲cm درون مایع بیش‌تر فرو ببریم، اندازهٔ نیرویی که از طرف مایع بر انتهای بستهٔ لوله وارد می‌شود، چند نیوتون افزایش می‌یابد؟ (مساحت سقف لوله برابر $50cm^2$، چگالی آب برابر $1000\frac{kg}{m^3}$ و $g = 10\frac{N}{kg}$ است.)



۱) ۰/۵

۲) ۱

۳) ۲

۴) ۱۰

پاسخ: گزینهٔ ۲ (متوسط ـ محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۳۷)

راه نجات سریع

اول تغییر فشار وارد بر انتهای لوله رو طبق رابطهٔ $P = \rho gh$ به‌دست بیار، بعدش با داشتن مساحت مقطع لوله، تغییر نیرو رو حساب کن.

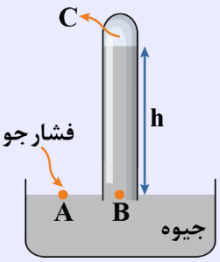
اگر لوله را ۲cm بیش‌تر درون آب فرو ببریم، فشاری که از طرف مایع بر انتهای لوله وارد می‌شود، به‌اندازهٔ $\Delta P = \rho g \Delta h$ افزایش می‌یابد.

$$\Delta P = \rho g \Delta h = 1000 \times 10 \times \frac{2}{100} = 200 Pa$$

بنابراین برای محاسبهٔ افزایش نیرویی که از طرف مایع بر انتهای بستهٔ لوله وارد می‌شود، می‌توان نوشت:

$$\Delta P = \frac{\Delta F}{A} \Rightarrow \Delta F = \Delta P \times A = 200 \times 50 \times 10^{-4} = 1N$$

بارومتر (جوسنج)



به شکل مقابل، فشارسنج هوا (بارومتر) گفته می‌شود که برای اندازه‌گیری فشار جو به‌کار می‌رود.

۱- محاسبهٔ فشار هوا برحسب پاسکال در بارومتر:

دو نقطهٔ A و B هم‌تراز هستند؛ پس فشار آن‌ها باهم برابر است:

$$P_A = P_B \Rightarrow P_0 = \rho gh + P_C$$

معمولاً در ناحیهٔ C، خلأ نسبی (شامل بخار جیوه با چگالی بسیار کم) وجود دارد به همین دلیل $P_C \simeq 0$ است. ولی اگر بالای لوله خلأ نبود باید فشار آن را در رابطه به‌جای P_C قرار دهیم.

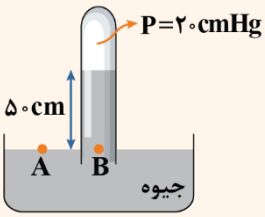
۲- محاسبهٔ فشار هوا برحسب cmHg در بارومتر:

مجموع فشار گاز بالای لوله و ارتفاع ستون جیوه برابر فشار هوا است.

فشار گاز ناحیهٔ C برحسب cmHg + ارتفاع ستون جیوه برحسب cm = فشار هوا برحسب cmHg

یه نمونهٔ باحال ۱

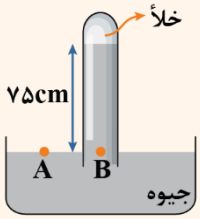
در شکل مقابل، فشار هوا برابر ۷۰cmHg است.



$$P_A = P_B \Rightarrow P_\circ = ۵۰ + ۲۰ = ۷۰cmHg$$

یه نمونهٔ باحال ۲

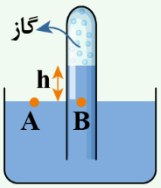
در شکل مقابل، فشار هوا برابر ۷۵cmHg است.



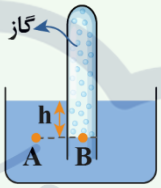
$$P_A = P_B \Rightarrow P_\circ = ۷۵ + ۰ = ۷۵cmHg$$

نکته

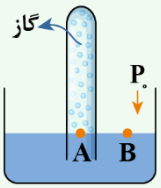
گاهی در قسمت انتهایی لوله، هوا محبوس شده است و فشار گاز محبوس‌شده هم باید درنظر گرفته شود. به شکل‌های زیر دقت کنید:



$P_A = P_B \Rightarrow P_\circ = P_{گاز} + \rho gh$



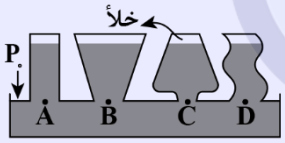
$P_A = P_B \Rightarrow P_\circ + \rho gh = P_{گاز}$



$P_A = P_B \Rightarrow P_\circ = P_{گاز}$

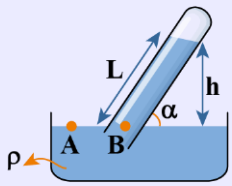
۳- فشار هوای بیرون که بر سطح جیوهٔ درون ظرف وارد می‌شود، جیوه را درون لوله نگه می‌دارد. پس دلیل بالارفتن جیوه در لوله خاصیت مویینگی نیست.

✓ سطح مقطع، ضخامت، شکل و طول لوله در ارتفاع جیوه مؤثر نیست، پس اگر ضخامت لوله را افزایش دهیم، ارتفاع جیوه ثابت می‌ماند و فقط حجم جیوهٔ درون لوله زیاد می‌شود.



$$P_\circ = P_A = P_B = P_C = P_D$$

۴- اگر لوله به‌طور قائم در ظرف قرار نگیرد، در محاسبهٔ فشار باید ارتفاع قائم مایع را لحاظ کنیم.

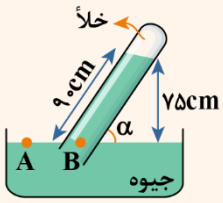


$$P_A = P_B \Rightarrow P_\circ = \rho gh$$

$$\xrightarrow{h = L\sin\alpha} P_\circ = \rho gL\sin\alpha$$

یه نمونهٔ باحال ۱

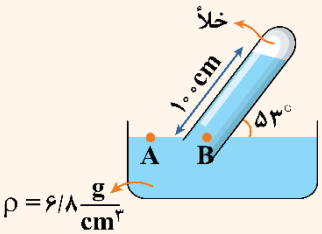
در شکل مقابل، فشار هوا برابر ۷۵cmHg می‌باشد:



$$P_\circ = ۷۵cmHg$$

یه نمونهٔ باحال ۲

در شکل مقابل، فشار هوای محیط چند سانتی‌متر جیوه است؟ $(\rho_{جیوه} = ۱۳/۶ \frac{g}{cm^۳}\ ,\ \sin ۵۳^\circ = ۰/۸)$



پاسخ تشریحی:

ابتدا ارتفاع قائم مایع را به‌دست می‌آوریم:

$$h = L\sin\alpha = ۱۰۰ \times \sin ۵۳^\circ = ۱۰۰ \times ۰/۸ = ۸۰cm$$

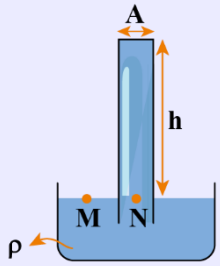
بنابراین فشار هوای محیط معادل $۸۰cm$ از مایعی با چگالی $۶/۸\frac{g}{cm^۳}$ است که باید این فشار را به $cmHg$ تبدیل کنیم:

$$P_{مایع}=P_{جیوه}\Rightarrow \rho_{مایع}h_{مایع}=\rho_{جیوه}h_{جیوه}$$

$$\Rightarrow ۶/۸\times ۸۰=۱۳/۶h_{جیوه}\Rightarrow h_{جیوه}=۴۰cm$$

بنابراین فشار هوای محیط برابر $۴۰cmHg$ است.

۵- گاهی طول لولهٔ بارومتر کوتاه است و مایع به سقف لوله می‌رسد. در این حالت مایع به سقف لوله نیرو و فشار وارد می‌کند. فشار وارد بر سقف لوله برابر اختلاف فشار هوا و فشار ستون مایع است.



$$P_M=P_N\Rightarrow P_۰=P_{مایع}+P_{سقف}$$

$$\Rightarrow P_۰=\rho gh+P_{سقف}$$

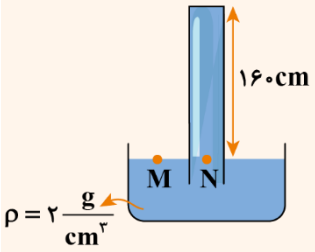
$$\Rightarrow P_{سقف}=P_۰-\rho gh$$

با ضرب‌کردن فشار وارد بر سقف لوله در مساحت آن، نیروی وارد بر سقف لوله به‌دست می‌آید:

$$F_{سقف}=P_{سقف}A$$

یه نمونهٔ باحال

در شکل زیر، مساحت مقطع انتهای لوله برابر $۲cm^۲$ است. اگر فشار هوای محیط برابر $۱۰^۵$ پاسکال باشد، نیرویی که مایع بر انتهای لوله وارد می‌کند چند نیوتون است؟ $(g=۱۰\frac{N}{kg})$



پاسخ تشریحی:

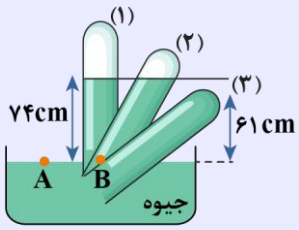
با توجه به نکات فوق داریم:

$$P_{سقف}=P_۰-\rho gh=۱۰^۵-(۲۰۰۰\times ۱۰\times ۱/۶)=۶۸۰۰۰Pa$$

$$F_{سقف}=P_{سقف}A=۶۸۰۰۰\times \underbrace{۲\times ۱۰^{-۴}}_{m^۲\ \text{مساحت برحسب}}=۱۳/۶N$$

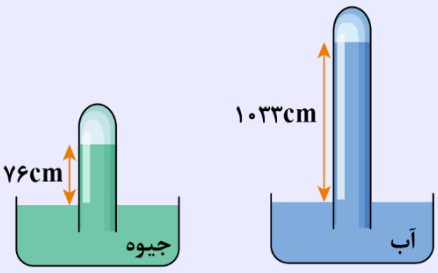
✓ اگر لولهٔ آزمایش را کج کنیم، (لولهٔ ۲) طول ستون جیوهٔ داخل لوله (حجم جیوهٔ داخل لوله) زیاد می‌شود ولی ارتفاع قائم جیوه تغییر نمی‌کند. ولی اگر لوله خیلی کج شود (لولهٔ ۳)، جیوه به ته لوله رسیده و نمی‌تواند تا ارتفاع موردنظر بالا برود، پس به مقدار اختلاف این دو ارتفاع به ته لوله فشار وارد می‌کند.

مثلاً در شکل زیر، جیوه باید ۷۴ سانتی‌متر بالا برود، ولی فقط ۶۱ سانتی‌متر بالا رفته و باید ۱۳ سانتی‌متر دیگر بالا می‌رفت، پس به ته لوله $۱۳cmHg$ فشار وارد می‌شود.



$$\begin{cases} \text{فشار هوا}: P_۰=۷۴\,cmHg \\ \text{فشار وارد بر ته لولهٔ (۳)}: P_۳=۷۴-۶۱=۱۳\,cmHg \end{cases}$$

✓ دلیل استفادهٔ توریچلی از جیوه برای محاسبهٔ فشار هوا، چگالی زیاد جیوه است و به همین دلیل ارتفاع جیوه در لوله کم خواهد شد.
مثلاً در شکل زیر، اگر به‌جای جیوه از آب استفاده کنیم، ارتفاع آب ۱۰۳۳ سانتی‌متر می‌شود (یعنی برای محاسبهٔ فشار هوا به لوله‌ای با حداقل طول ۱۱ متر نیاز داشتیم!). در این حالت برای محاسبهٔ ارتفاع مایع می‌توان نوشت:



$$\rho_{\text{جیوه}} h_{\text{جیوه}} = \rho_{\text{مایع}} h_{\text{مایع}}$$

✓ تمامی نکات بالا و سؤالات مربوط به بارومتر را می‌توان با برابر قراردادن فشار نقاط هم‌تراز حل کرد.

نکته

در سؤالاتی که خواستهٔ مسئله، بزرگی نیرو است، بهتر است از همان ابتدای کار، فشار را برحسب پاسکال محاسبه کنید نه سانتی‌متر جیوه.

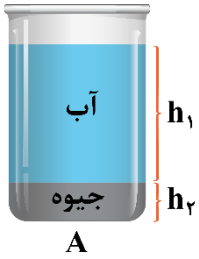
۷- در یک ظرف استوانه‌ای‌شکل، آب و جیوه به جرم‌های برابر ریخته شده است و مجموع ارتفاع این دو مایع برابر ۷۳cm است. اگر سطح مقطع کف ظرف $۵۰cm^۲$ باشد، نیرویی که از طرف این دو مایع بر کف ظرف وارد می‌شود، چند نیوتون است؟

$$(g = ۱۰\frac{N}{kg}\ ,\ \rho_{\text{جیوه}} = ۱۳/۶\frac{g}{cm^۳}\ ,\ \rho_{\text{آب}} = ۱\frac{g}{cm^۳})$$

۱) ۳/۴ ۲) ۶/۸ ۳) ۳۴ ۴) ۶۸

پاسخ: گزینهٔ ۴ (سخت ـ محاسباتی ـ زمان‌بَر ـ صفحهٔ ۳۴)

گام اول



(سطح مقطع ظرف)

با توجه به شکل مقابل و با توجه به این‌که جرم آب و جیوه درون مخزن استوانه‌ای یکسان است، می‌توان نوشت:

$$m_۱ = m_۲ \Rightarrow \rho_۱ V_۱ = \rho_۲ V_۲ \Rightarrow \rho_۱ A h_۱ = \rho_۲ A h_۲ \Rightarrow \rho_۱ h_۱ = \rho_۲ h_۲$$

رابطهٔ (۱): $\Rightarrow ۱ \times h_۱ = ۱۳/۶ \times h_۲ \Rightarrow h_{\text{آب}} = ۱۳/۶ h_{\text{جیوه}}$

از طرفی با توجه به‌صورت سؤال، مجموع ارتفاع دو لایهٔ آب و جیوه برابر ۷۳ سانتی‌متر است.

رابطهٔ (۲): $h_{\text{آب}} + h_{\text{جیوه}} = ۷۳cm$

با توجه به روابط (۱) و (۲)، با حل دستگاه زیر ارتفاع آب و جیوه به‌دست می‌آید:

$$\begin{cases} h_{\text{آب}} = ۱۳/۶ h_{\text{جیوه}} \\ h_{\text{آب}} + h_{\text{جیوه}} = ۷۳ \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} h_{\text{آب}} = ۶۸cm \\ h_{\text{جیوه}} = ۵cm \end{cases}$$

گام دوم

حال جرم مایعات را به‌دست می‌آوریم:

$$m_{\text{آب}} = \rho_{\text{آب}} V_{\text{آب}} = \rho_{\text{آب}} (h_{\text{آب}} A) = ۱۰^۳ \times ۶۸ \times ۱۰^{-۲} \times ۵۰ \times ۱۰^{-۴} = ۳/۴kg$$

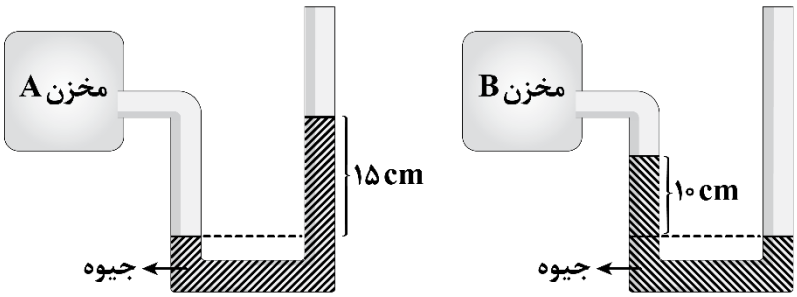
طبق صورت سؤال: $m_{\text{جیوه}} = m_{\text{آب}} = ۳/۴kg$

گام آخر

چون ظرف استوانه‌ای‌شکل است، نیروی واردشده بر کف ظرف از طرف مایعات برابر وزن آن‌ها می‌باشد؛ بنابراین می‌توان نوشت:

$$F = W_{\text{آب}} + W_{\text{جیوه}} \xrightarrow{W_{\text{آب}} = W_{\text{جیوه}}} F = ۲W_{\text{آب}} = ۲m_{\text{آب}} g = ۲ \times ۳/۴ \times ۱۰ = ۶۸N$$

۸- با توجه به فشارسنج‌های زیر، کدام گزینه درست است؟ (فشارسنج‌ها در یک محیط قرار دارند، $\rho_{\text{جیوه}} = ۱۳/۶ \frac{g}{cm^۳}$ و $(g = ۱۰ \frac{N}{kg})$



۱) فشار هوا درون مخزن B، ۶۸۰۰Pa بیش‌تر از مخزن A است.

۲) فشار هوا درون مخزن A، ۶۸۰۰Pa بیش‌تر از مخزن B است.

۳) فشار هوا درون مخزن B، ۳۴۰۰۰Pa بیش‌تر از مخزن A است.

۴) فشار هوا درون مخزن A، ۳۴۰۰۰Pa بیش‌تر از مخزن B است.

پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ مفهومی/محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۳۸)

با توجه به فشارسنج‌ها درمی‌یابیم: فشار هوای مخزن A بیش‌تر از فشار هوای محیط و فشار هوای محیط بیش‌تر از فشار هوای مخزن B است.

$$P_A > P_{\text{هوای محیط}} > P_B$$

$$P_A - P_B = ۱۵ + ۱۰ = ۲۵cmHg$$

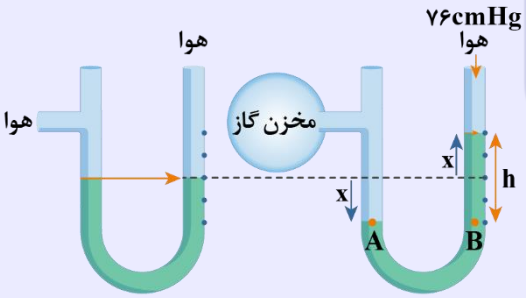
$$P_A - P_B = \rho gh = ۱۳۶۰۰ \times ۱۰ \times ۲۵ \times ۱۰^{-۲} = ۳۴۰۰۰Pa$$

راهنمای مسیرت

توی این مدل سؤالا سعی کن اول رد گزینه انجام بدی بعدش حل کنی!

فشارسنج شاره‌ها یا مانومتر (فشارسنج U‌شکل)

از مانومتر برای محاسبهٔ فشار شاره‌ها استفاده می‌شود. اختلاف فشار شارهٔ محصور (فشار مخزن گاز) و هوا باعث اختلاف ارتفاع جیوه در دو لوله می‌شود. به همین دلیل، عددی که مانومتر نشان می‌دهد اختلاف فشار شارهٔ محصور (فشار مخزن گاز) و فشار هوا است که آن را فشار پیمانه‌ای (P_g) گویند.



$$P_A = P_B \Rightarrow P_{\text{گاز}} = \rho gh + P_۰$$

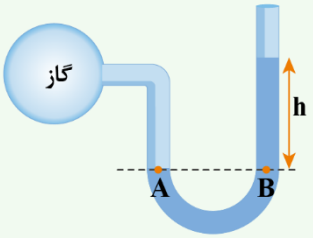
$$P_{\text{گاز}} - P_۰ = \rho gh$$

فشار پیمانه‌ای: $P_g = \rho gh$

نکته

اختلاف فشار گاز درون مخزن و فشار هوا برابر با فشار پیمانه‌ای گاز است؛ بنابراین داریم:

الف) اگر مایع در شاخهٔ راست بالاتر باشد، یعنی فشار گاز بیش‌تر از فشار جو است و فشار پیمانه‌ای مثبت خواهد شد:

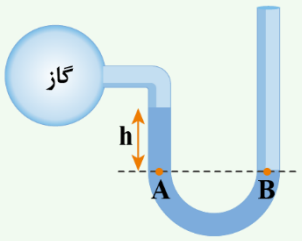


$$P_{\text{گاز}} = P_۰ + \rho gh \Rightarrow \underbrace{P_{\text{گاز}} - P_۰}_{\text{فشار پیمانه‌ای}} = +\rho gh \Rightarrow P_g > ۰$$

$$P_{\text{گاز}} > P_۰$$

$$P_g > ۰$$

ب) اگر مایع در شاخهٔ چپ بالاتر باشد، یعنی فشار گاز کم‌تر از فشار جو است و فشار پیمانه‌ای منفی خواهد شد:

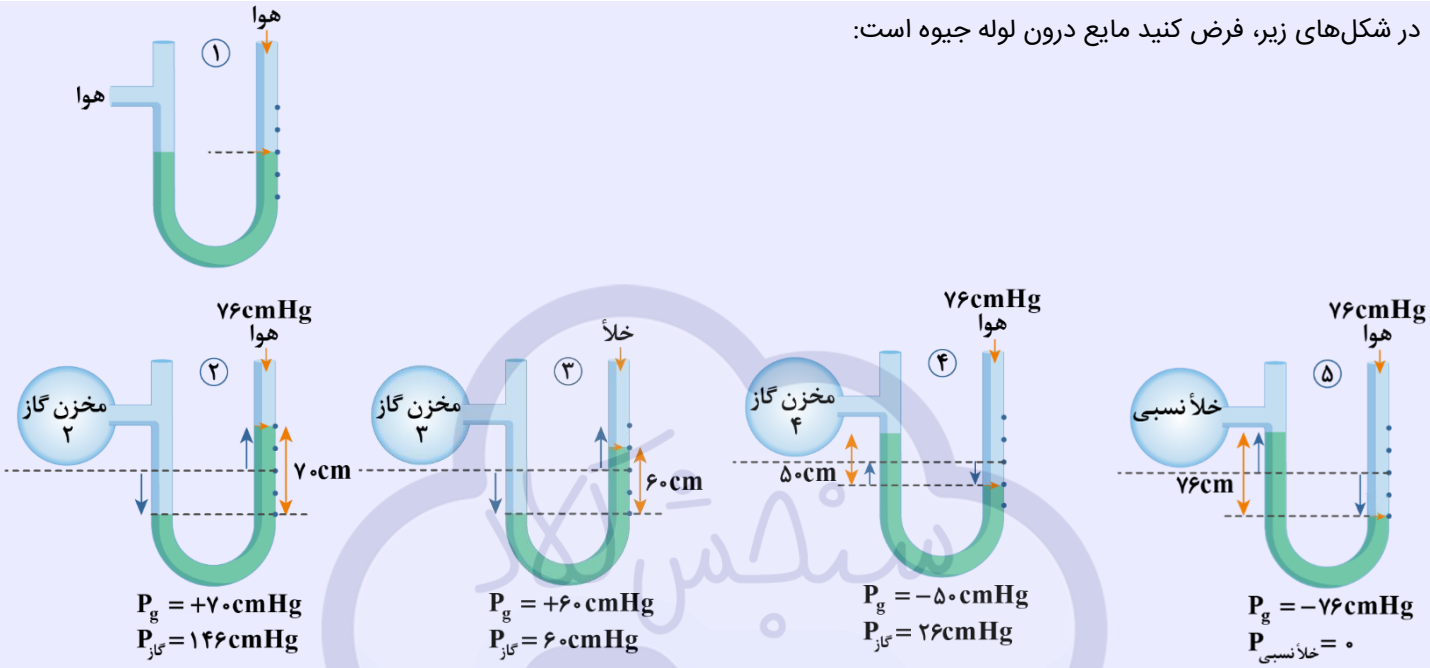


$$P_{\text{گاز}} = P_{\circ} - \rho gh \Rightarrow \underbrace{P_{\text{گاز}} - P_{\circ}}_{\text{فشار پیمانه‌ای}} = -\rho gh \Rightarrow P_g < ۰$$

$$P_{\text{گاز}} < P_{\circ}$$

$$P_g < ۰$$

در شکل‌های زیر، فرض کنید مایع درون لوله جیوه است:



در شکل (۱)، فشارسنج به هیچ شاره‌ای وصل نیست، یعنی هر دو طرف آن هوا است. پس اختلاف ارتفاع جیوه در لوله‌ها صفر است و فشارسنج عدد صفر را نشان می‌دهد.

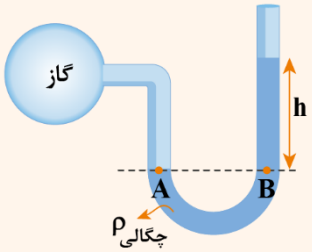
در شکل (۲)، فشار پیمانه‌ای ۷۰+ سانتی‌متر جیوه است یعنی فشار گاز ۷۰cmHg بیش‌تر از فشار هوا است.

اگر به فرض در محیطی که فشار شاره را اندازه می‌گیریم خلأ کامل برقرار باشد شکل (۳) آن‌گاه فشارسنج فشار مطلق شاره را نشان می‌دهد (چون خلأ فشار ندارد).

در خلأ نسبی (شکل ۵) و شاره‌ای که فشار در آن کم‌تر از فشار جو است (شکل ۴) فشار پیمانه‌ای منفی است.

یه نمونهٔ باحال

در شکل زیر، جیوهٔ درون لولهٔ U شکل درحال تعادل است. اگر فشار گاز درون مخزن ۱۶۸ kPa باشد، ارتفاع h چند سانتی‌متر است؟ $(\rho_{\text{جیوه}} = ۱۳/۶ \frac{g}{cm^۳} \ , \ g = ۱۰ \frac{N}{kg} \ , \ P_{\circ} = ۱۰^۵ Pa)$



پاسخ تشریحی:

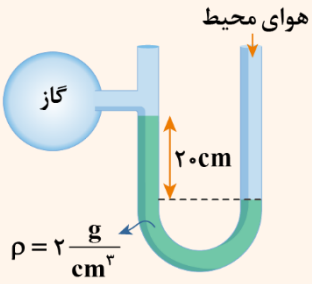
$$P_A = P_B \Rightarrow P_{\text{گاز}} = P_{\circ} + \rho gh_{\text{جیوه}}$$

$$\Rightarrow ۱۶۸۰۰۰ = ۱۰۰۰۰۰ + ۱۳۶۰۰ \times ۱۰ \times h_{\text{جیوه}}$$

$$\Rightarrow ۱۳۶۰۰۰ h_{\text{جیوه}} = ۶۸۰۰۰ \Rightarrow h_{\text{جیوه}} = ۰/۵ (m) = ۵۰ cm$$

یه نمونهٔ باحال

فشار پیمانه‌ای گاز درون مخزن چند پاسکال است؟ $(g=10\frac{m}{s^2})$



پاسخ تشریحی:

مایع در شاخهٔ سمت چپ بالاتر است و فشار پیمانه‌ای گاز برابر $-\rho gh$ است؛ بنابراین می‌توان نوشت:

$$P_{\text{پیمانه‌ای}}=-\rho gh=-2000\times10\times0/2=-4000Pa$$

نکته

در این سؤال چون فشار پیمانه‌ای خواسته شده است از همان ابتدا می‌توانستیم به‌جای فشار هوا صفر قرار دهیم و سؤال را حل کنیم، یعنی نیازی به دادن فشار هوا در این سؤال نبود.

ماز

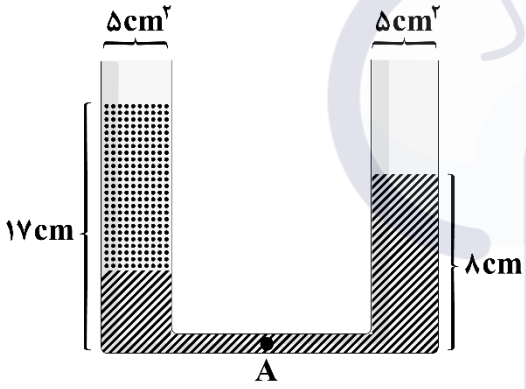
۹- مطابق شکل زیر، دو مایع مخلوط‌نشدنی (۱) و (۲) با چگالی‌های $\rho_1=2\frac{g}{cm^3}$ و $\rho_2=0/8\frac{g}{cm^3}$ درحال تعادل‌اند. اگر $50cm^3$ از مایع (۳) با چگالی $\rho_3=1\frac{g}{cm^3}$ را به شاخهٔ سمت راست اضافه کنیم و این مایع کاملاً با مایع (۱) مخلوط شده و حجم مخلوط در اثر اختلاط تغییر نکند، فشار در نقطهٔ A چند پاسکال تغییر می‌کند؟ (حجم لولهٔ رابط ناچیز است و $g=10\frac{N}{kg}$)

۱) ۴۰۰

۲) ۵۰۰

۳) ۶۰۰

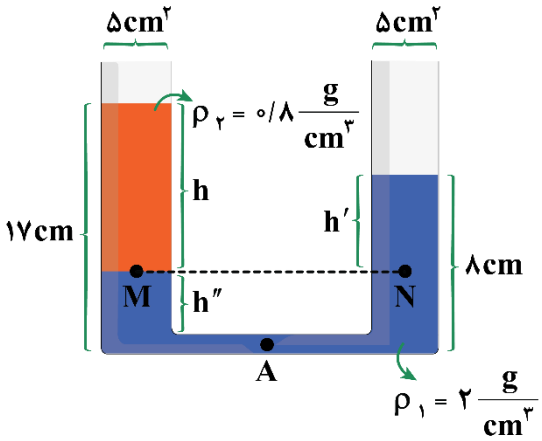
۴) ۷۰۰



پاسخ: گزینهٔ ۲ (خیلی سخت ـ مفهومی/محاسباتی ـ زمان‌بَر ـ صفحهٔ ۳۵)

گام اول

حجم هر مایع را به‌دست می‌آوریم. با توجه به هم‌فشاری دو نقطهٔ M و N داریم:



$$P_M=P_N\Rightarrow\rho_2h=\rho_1h'\Rightarrow0/8h=2h'\Rightarrow h=2/5h'$$

$$\begin{cases}h+h''=17\\h'+h''=8\end{cases}\xrightarrow{(-)}h-h'=17-8=9cm$$

$$\xrightarrow{h=۲/۵h'} ۲/۵h' - h' = ۹ \Rightarrow ۱/۵h' = ۹ \Rightarrow h' = ۶cm$$

$$\Rightarrow h = ۲/۵h' = ۲/۵(۶) = ۱۵cm$$

$$\Rightarrow h'' + h' = ۸ \Rightarrow h'' + ۶ = ۸ \Rightarrow h'' = ۲cm$$

$$V = Ah \Rightarrow \begin{cases} V_۱ = A(h' + h'' + h'') = ۵(۶ + ۲ + ۲) = ۵۰cm^۳ \\ V_۲ = A(h) = ۵ \times ۱۵ = ۷۵cm^۳ \\ V_۳ = ۵۰cm^۳ \end{cases}$$

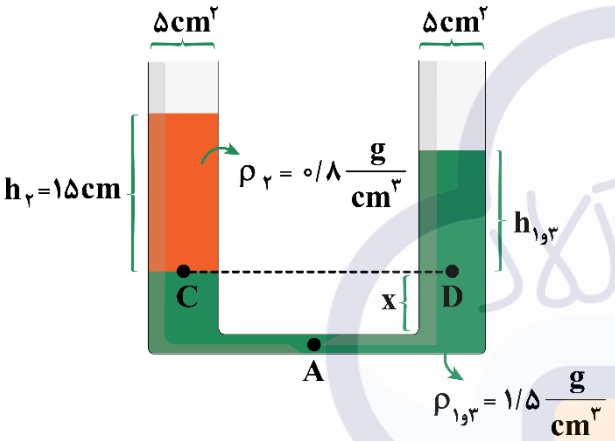
گام دوم

چگالی مخلوط مایع‌های (۱) و (۳) را حساب می‌کنیم:

$$\rho_{۱,۳} = \frac{m_۱ + m_۳}{V_۱ + V_۳} \xrightarrow[m_۳ = \rho_۳ V_۳ = ۱ \times ۵۰ = ۵۰g]{m_۱ = \rho_۱ V_۱ = ۲ \times ۵۰ = ۱۰۰g} \rho_{۱,۳} = \frac{۱۰۰ + ۵۰}{۵۰ + ۵۰} = ۱/۵ \frac{g}{cm^۳}$$

گام سوم

تعادل جدید را در لولهٔ Uشکل بررسی می‌کنیم و ارتفاع مخلوط را در شاخهٔ سمت راست به‌دست می‌آوریم:



$$P_C = P_D \Rightarrow \rho_۲ h_۲ = \rho_{۱,۳} h_{۱,۳}$$

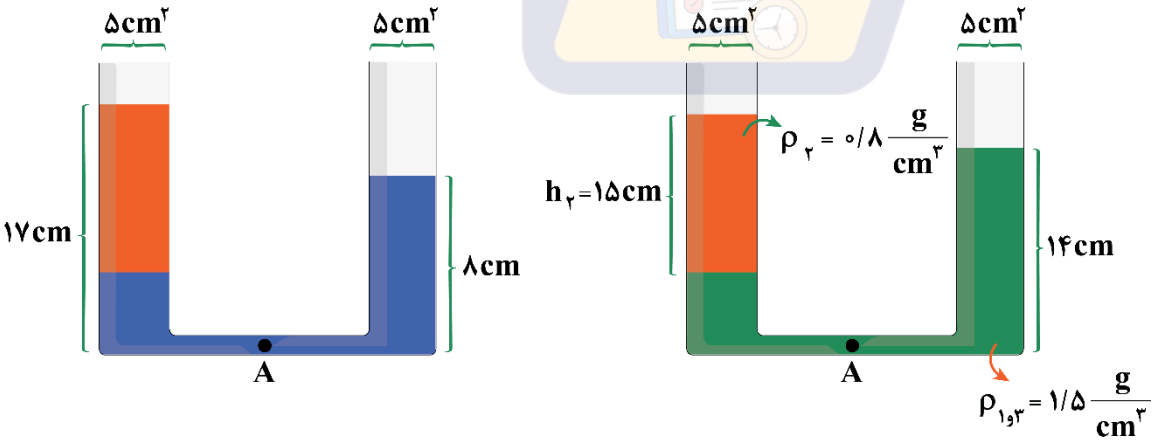
$$\Rightarrow ۰/۸ \times ۱۵ = ۱/۵ \times h_{۱,۳} \Rightarrow h_{۱,۳} = ۸cm$$

$$\underbrace{\text{حجم کل مخلوط مایع (۱) و (۳)}}_{V_۱ + V_۳} = A(h_{۱,۳} + x + x) \Rightarrow ۵۰ + ۵۰ = ۵(۸ + ۲x) \Rightarrow ۲x = ۱۲ \Rightarrow x = ۶cm$$

$$\text{ارتفاع مخلوط در شاخهٔ راست} = h_{۱,۳} + x = ۸ + ۶ = ۱۴cm$$

گام آخر

فشار نقطهٔ A را در حالت‌های اول و دوم حساب کرده و تغییر آن را به‌دست می‌آوریم:



$$P = \rho gh \Rightarrow \begin{cases} \text{حالت اول}: P_A = ۲۰۰۰ \times ۱۰ \times ۰/۰۸ = ۱۶۰۰Pa \\ \text{حالت دوم}: P'_A = ۱۵۰۰ \times ۱۰ \times ۰/۱۴ = ۲۱۰۰Pa \end{cases} \Rightarrow P'_A - P_A = ۲۱۰۰ - ۱۶۰۰ = ۵۰۰Pa$$

راهنمای مسیرت

به‌نظرم مدال سخت‌ترین سؤال آزمون به این سؤال می‌رسه! امیدوارم سر جلسهٔ آزمون توی چاه زمانی این سؤال نیفتاده باشی و وقت شیمی رو هم بگیره. ولی به‌جاش بهت پیشنهاد می‌دم روی تحلیلش کلی وقت بزاری چون قراره خیلی چیزا یاد بگیری! البته یه راه سریع هم اینجا بهت یاد می‌دیم.

راهنمای زرنگ‌بازی

مبنای کار لوله‌های Uشکل، تساوی فشار در دو سمت لوله است. قبل از اضافه کردن مایع سوم، مایع‌ها در حال تعادل هستند و فشار در دو سمت برابر است. با اضافه کردن مایع سوم، مایع‌ها طوری در ظرف جابه‌جا می‌شوند که فشاری که مایع سوم اضافه می‌کند به‌طور مساوی بین دو شاخه تقسیم شود؛ بنابراین فشار در نقطهٔ A به اندازهٔ نصف فشار حاصل از مایع (۳) افزایش می‌یابد.

$$h_۳ = \frac{V_۳}{A} = \frac{۵۰}{۵} = ۱۰cm$$

$$\Delta P = \frac{۱}{۲}\rho_۳ g h_۳ = \frac{۱}{۲}\times ۱۰۰۰\times ۱۰\times ۰/۱ = ۵۰۰Pa$$

ظروف مرتبط

ظروفی که به‌هم راه داشته باشند را ظروف مرتبط گویند، پس در این ظروف اگر داخل یک قسمت ظرف مایعی بریزیم این مایع در کل ظرف پخش می‌شود.

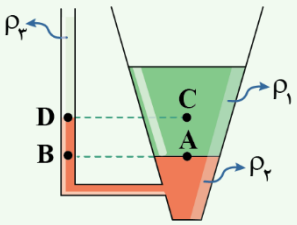
نکتهٔ مهم

شرایط هم‌تراز بودن دو نقطه:

۱- در یک سطح افقی قرار داشته باشند (ارتفاع مایع زیر و بالای آن‌ها مهم نیست).

۲- چگالی مایع زیر آن‌ها یکسان باشد (چگالی مایع بالای آن‌ها اهمیتی ندارد).

«فشار در نقاط هم‌تراز برابر است.»



در هر لوله، مایعی که پایین‌تر است، چگالی بیش‌تری دارد.

مثلاً در شکل مقابل، چگالی مایع ۲ از ۱ بیش‌تر است و چگالی مایع ۲ از ۳ هم بیش‌تر است ولی چگالی مایع ۱ و ۳ را نمی‌توان مقایسه کرد چون درون دو لولهٔ متفاوت قرار دارند.

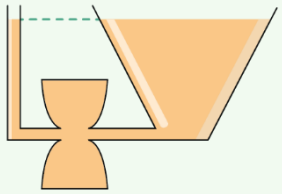
نقاط C و D هم‌تراز نیستند چون چگالی مایع زیر آن‌ها برابر نیست.

نقاط A و D هم‌تراز نیستند چون در یک سطح افقی قرار ندارند.

نقاط A و B هم‌ترازند چون هر دو شرط را دارند پس: $P_A = P_B$

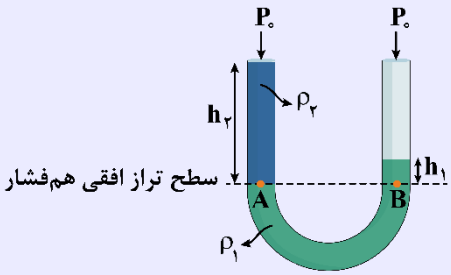
۳- سطح مقطع و شکل ظرف هیچ تأثیری در فشار مایعات ندارد.

۴- اگر در یک ظرف مرتبط یک نوع مایع بریزیم سطح آزاد مایع در کل ظرف یکسان خواهد شد.



لوله‌های Uشکل

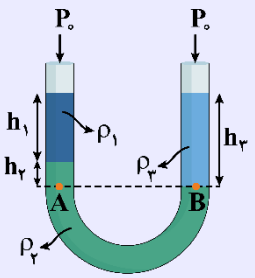
برای حل مسائل لوله‌های Uشکل، در سطح هر دو شاخه آن‌قدر به سمت پایین حرکت کنید تا به نقطه‌ای برسید که در هر دو شاخه یک مایع قرار داشته باشد. از مساوی قراردادن فشار این دو نقطه، خواستهٔ مسئله به‌دست می‌آید.



$$P_A = P_B$$

$$\Rightarrow \rho_۲ g h_۲ + P_۰ = \rho_۱ g h_۱ + P_۰$$

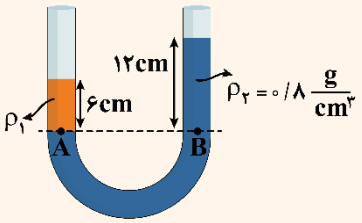
$$\Rightarrow \rho_۲ h_۲ = \rho_۱ h_۱$$



$$P_A = P_B$$
$$\Rightarrow P_0 + \rho_1 g h_1 + \rho_2 g h_2 = P_0 + \rho_3 g h_3$$
$$\Rightarrow \rho_1 h_1 + \rho_2 h_2 = \rho_3 h_3$$

یه نمونهٔ باحال

در لولهٔ Uشکل مقابل، چگالی ρ_1 چند واحد SI است؟

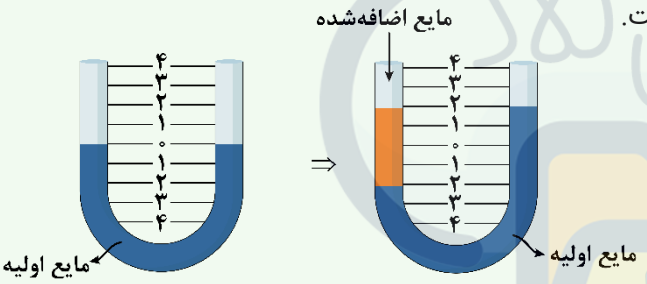


پاسخ تشریحی:

$$P_A = P_B$$
$$\Rightarrow \rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$$
$$\Rightarrow \rho_1 \times 6 = 0/8 \times 12 \Rightarrow \rho_1 = 1/6 \frac{g}{cm^3} \Rightarrow \rho_1 = 1600 \frac{kg}{m^3}$$

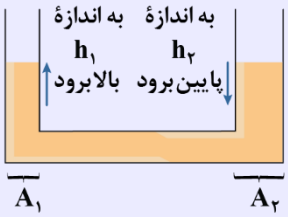
نکته

هنگامی که در یک لولهٔ Uشکل، سطح مقطع دو طرف یکسان است و به یکی از شاخه‌ها مایع دیگری اضافه کنیم سطح مایع در هر دو شاخه به یک اندازه جابه‌جا می‌شود. به‌عنوان مثال در شکل زیر، با اضافه‌کردن مایع به شاخهٔ سمت چپ، اختلاف ارتفاع مایع اولیه در دو شاخه برابر ۴cm خواهد شد. درحالی‌که سطح مایع در هر شاخه ۲cm جابه‌جا شده است.



اضافه‌کردن مایع در لولهٔ Uشکل

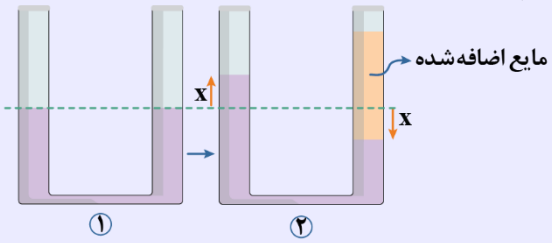
اگر در یکی از شاخه‌های یک لولهٔ Uشکل مقداری از یک مایع اضافه کنیم، مایع زیرین در آن شاخه مقداری پایین‌تر رفته و در شاخهٔ مقابل مقداری به بالا جابه‌جا خواهد شد. در این شرایط در حالت کلی، حجمی از مایع زیرین که در یک شاخه به پایین جابه‌جا می‌شود با حجمی از آن که در شاخهٔ مقابل به بالا جابه‌جا می‌شود، برابر است.



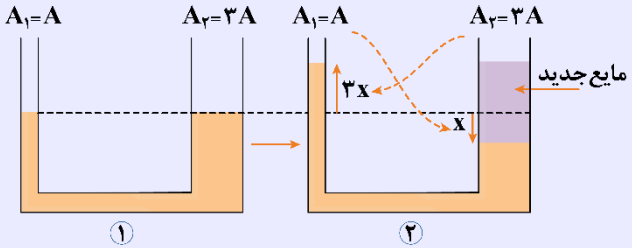
$$\Delta V_1 = \Delta V_2 \Rightarrow A_1 h_1 = A_2 h_2 \Rightarrow \frac{h_2}{h_1} = \frac{A_1}{A_2}$$

اکنون دو حالت می‌توان درنظر گرفت:

۱- اگر سطح مقطع دو شاخه برابر باشد، ارتفاع مایعِ جابه‌جاشده در دو شاخه نیز برابر خواهد شد؛ بنابراین در این شرایط اگر مایع زیرین در یک شاخه به‌عنوان مثال ۵cm به پایین حرکت کند، در شاخهٔ مقابل ۵cm به بالا خواهد رفت.



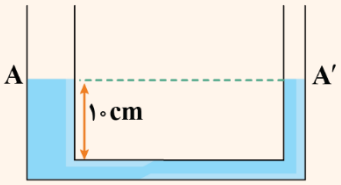
۲- اگر سطح مقطع دو شاخه برابر نباشد، ارتفاع مایعِ جابه‌جاشده در دو شاخه نیز برابر نخواهد بود. در این حالت با توجه به ثابت‌بودن حجم مایعِ جابه‌جاشده می‌توان نشان داد که ارتفاع مایعِ جابه‌جاشده به نسبت معکوس سطح مقطع‌ها خواهد بود. به مثال زیر دقت کنید:



یه نمونهٔ باحال

در یک لولهٔ Uشکل تا سطح AA' آب وجود دارد و قطر قاعدهٔ یکی از شاخه‌ها ۳ برابر قطر قاعدهٔ شاخهٔ دیگر است. اگر در لولهٔ سمت چپ تا ارتفاع ۵ سانتی‌متر نفت اضافه کنیم، آب در لولهٔ باریک چند سانتی‌متر نسبت به حالت اول بالا می‌رود؟

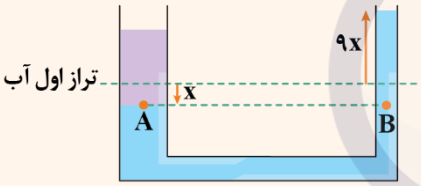
$(\rho_{\text{نفت}}=0/8\frac{g}{cm^3}\ ,\ g=10\frac{m}{s^2}\ ,\ \rho_{\text{آب}}=1\frac{g}{cm^3})$



۱) ۱/۲
۲) ۳/۶
۳) ۰/۴
۴) ۵

پاسخ تشریحی:

طبق رابطهٔ $A=\frac{\pi}{4}d^2$ چون قطر قاعدهٔ شاخهٔ سمت چپ، ۳ برابر قطر قاعدهٔ شاخهٔ سمت راست است، پس مساحت شاخهٔ سمت چپ، ۹ برابر مساحت شاخهٔ سمت راست بوده و با ریختن نفت در شاخهٔ سمت چپ اگر آب در این شاخه به‌اندازهٔ x پایین رود، آب در شاخهٔ مقابل ۹x بالا خواهد رفت. با توجه به نقاط هم‌تراز A و B داریم:



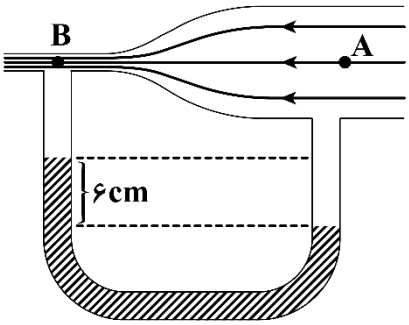
$$P_A=P_B \Rightarrow P_0+\rho_{\text{نفت}}gh_{\text{نفت}}=P_0+\rho_{\text{آب}}gh_{\text{آب}}$$

$$\Rightarrow \rho_{\text{نفت}}h_{\text{نفت}}=\rho_{\text{آب}}h_{\text{آب}} \Rightarrow 0/8\times 5=1\times 10x \Rightarrow x=0/4\,cm$$

پس آب در شاخهٔ سمت راست به‌اندازهٔ $9\times 0/4=3/6cm$ بالا خواهد رفت.

پاسخ: گزینهٔ ۲

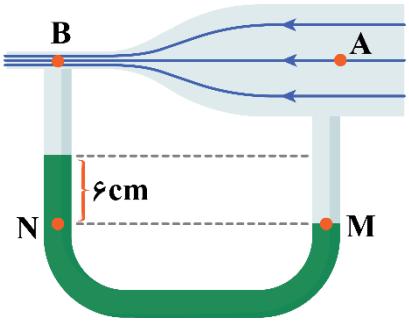
۱۰- در شکل زیر، آب داخل شاخه‌های لولهٔ Uشکل درحال تعادل است. کدام گزینه در مقایسهٔ فشار و تندی هوا در نقاط A و B صحیح است؟ ($\rho_{\text{آب}}=1\frac{g}{cm^3}$ ، $g=10\frac{N}{kg}$ و در لولهٔ افقی، جریان پایای هوا از راست به چپ وجود دارد.)



۱) $V_A<V_B\ ,\ P_A-P_B=0/6kPa$
۲) $V_A<V_B\ ,\ P_B-P_A=0/6kPa$
۳) $V_A<V_B\ ,\ P_A-P_B=0/3kPa$
۴) $V_A>V_B\ ,\ P_A-P_B=0/3kPa$

پاسخ: گزینهٔ ۱ (متوسط ـ مفهومی/محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۴۴)

با توجه به شکل زیر داریم:



$$P_M = P_N \Rightarrow P_A = P_B + \rho gh$$

$$\Rightarrow P_A - P_B = \rho gh = ۱۰۰۰ \times ۱۰ \times ۰/۰۶ = ۶۰۰Pa = ۰/۶kPa$$

از طرفی طبق معادلهٔ پیوستگی با توجه به این‌که سطح مقطع B از A کوچک‌تر است، درمی‌یابیم تندی جریان هوا در نقطهٔ B از A بیش‌تر است و داریم:

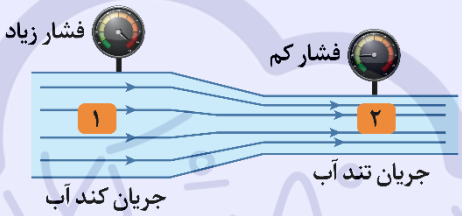
$$V_B > V_A$$

تذکر!

طبق اصل برنولی با توجه به این‌که تندی جریان هوا در نقطهٔ A کم‌تر از نقطهٔ B است، فشار در نقطهٔ A بیش‌تر از نقطهٔ B است.

اصل برنولی

«در مسیر حرکت شاره، با افزایش تندی شاره، فشار آن کاهش می‌یابد.»



$$A_۲ < A_۱ \Rightarrow v_۲ > v_۱ \Rightarrow P_۲ < P_۱$$

آب با جریان لایه‌ای، در لوله‌ای با دو سطح مقطع متفاوت حرکت می‌کند.

با کاهش سطح مقطع لوله، جریان آب تندتر می‌شود و فشار آن کاهش می‌یابد.

اصل برنولی برای شاره‌هایی (مایع‌ها و گازهایی) برقرار است که:

۱- حرکت لایه‌ای (غیرآشوبناک) و در امتداد افق دارند (روی خط راست حرکت کنند).

۲- اصطکاک داخلی (چسبندگی یا گران‌رَوی) ندارند. در اصل برنولی فرض بر عدم اتلاف انرژی وجود دارد (اصل پایستگی انرژی مکانیکی).

نکته

تندی با سطح مقطع و فشار، رابطهٔ عکس دارد:

$$\downarrow A \propto \downarrow P \propto \frac{۱}{v\uparrow}$$

روش‌های حل سؤالات مربوط به اصل برنولی:

گام اول: ابتدا شاره یا هوای موجود را به دو قسمت تقسیم می‌کنیم.

۱- ناحیه‌ای که تندی هوا زیاد است (فشار کم).

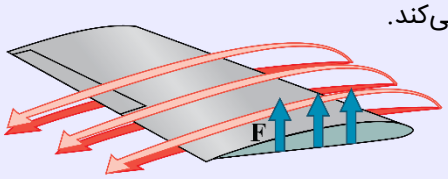
۲- ناحیه‌ای که تندی هوا کم است (فشار زیاد).

گام دوم: حال شاره باید از منطقهٔ پرفشار به منطقهٔ کم‌فشار حرکت کند و اگر جسمی جلوی حرکت آن را بگیرد، نیروی خالصی از منطقهٔ پرفشار به منطقهٔ کم‌فشار به جسم وارد شده که این نیرو حرکت جسم را توجیه می‌کند.

کاربردهایی از اصل برنولی

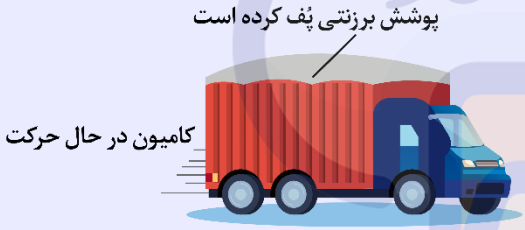
۱- ایجاد نیروی بالابری به بال‌های هواپیما

نحوهٔ ساختن بال‌های هواپیما به نحوی است که تندی هوا در بالای بال، بیش‌تر از زیر آن است و درنتیجه فشار هوای بالای بال، کم‌تر از فشار هوای زیر آن است، به همین دلیل نیروی خالصی به بال هواپیما وارد می‌شود که البته این نیروی بالابر که براساس اصل برنولی ایجاد می‌شود بخش کوچکی از نیروی بالابر هواپیما را تأمین می‌کند.

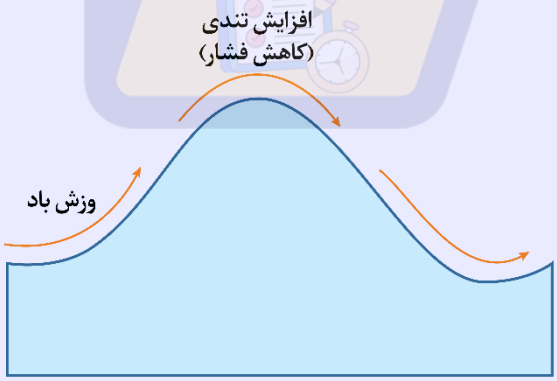


۲- وقتی یک ورقهٔ کاغذ را جلوی دهانتان می‌گیرید و در سطح بالایی آن می‌دمید، تندی جریان هوا در بالای کاغذ بیش‌تر از زیر آن خواهد شد و با توجه به اصل برنولی فشار هوا در بالای کاغذ، کم‌تر از زیر آن شده و یک نیرویی به سمت بالا به کاغذ وارد می‌شود و آن را به سمت بالا حرکت می‌دهد.

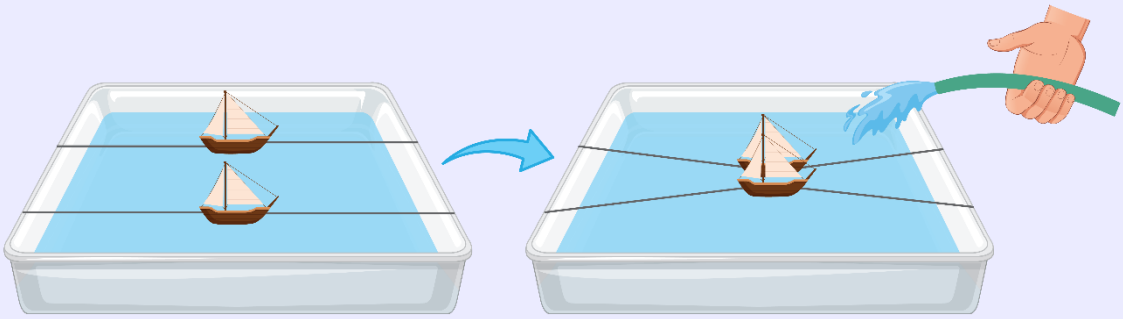
۳- وقتی کامیون درحال حرکت است، فشار هوای روی پوشش برزنتی کاهش می‌یابد و درنتیجه هوای زیر پوشش برزنتی که فشار بیش‌تری دارد سبب پف‌کردن پوشش برزنتی به‌طرف بالا می‌شود.



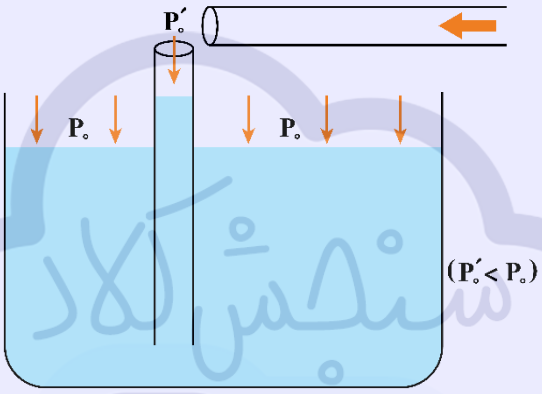
۴- در روزهایی که باد می‌وزد، به‌دلیل افزایش تندی جریان هوای سطح آب، فشار هوای سطح آب کاهش و درنتیجه ارتفاع موج‌های دریا یا اقیانوس بالاتر از ارتفاع میانگین می‌شود.



۵- مطابق شکل اگر جریان آبی را بین دو قایق اسباب‌بازی برقرار کنیم، فشار ناشی از آب در بین دو قایق کاهش یافته و فشار دو طرف قایق‌ها، سبب می‌شود که قایق‌ها به‌طرف هم کشیده شوند.

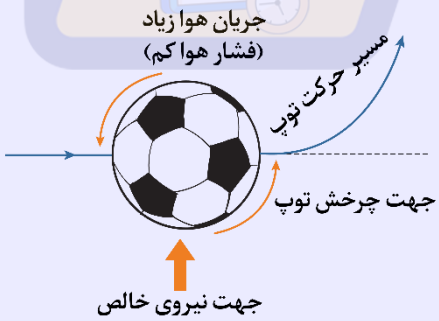


۶- مطابق شکل، یک نی نوشابه را به‌طور عمودی درون ظرفی محتوی آب قرار داده‌ایم به‌طوری‌که ته نی با کف ظرف آب در تماس نباشد. اگر درون یک نی افقی به‌گونه‌ای بدمیم که جریان هوای خروجی درست از بالای سر نی عمودی بگذرد، تندی هوای بالای نی عمودی افزایش یافته و درنتیجه فشار هوای بالای نی عمودی کاهش می‌یابد و درنتیجه آب درون نی قائم بالا می‌رود.



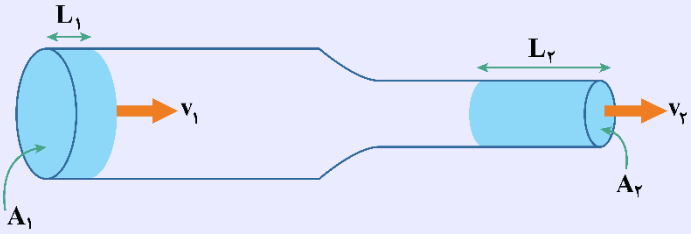
۷- حرکت کات‌دار توپ فوتبال

در قسمت بالای توپ، جهت چرخش با جهت جریان هوا موافق است درنتیجه تندی هوا بیش‌تر شده و طبق اصل برنولی، فشار در این منطقه کاهش یافته و در قسمت پایین توپ، جهت چرخش توپ با جهت جریان هوا مخالف بوده و تندی هوا کم‌تر شده و باعث افزایش فشار در این قسمت می‌شود. درنتیجه یک نیروی خالص از منطقهٔ پرفشار (قسمت پایین توپ) به منطقهٔ کم‌فشار (سمت بالای توپ) وارد می‌شود و باعث انحراف توپ به سمت بالا می‌شود.



معادلهٔ پیوستگی

چنان‌چه شارهٔ تراکم‌ناپذیر، جریانی لایه‌ای داشته و فاقد اصطکاک با دیوارهٔ لوله باشد، آهنگ شارش حجمی در تمام قسمت‌های مختلف لوله یکسان و ثابت بوده و طبق معادله‌ای به نام معادلهٔ پیوستگی می‌توان چنین نوشت:



$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

A_1 : سطح مقطع لولهٔ (۱)

A_2 : سطح مقطع لولهٔ (۲)

v_1 : تندی شاره در لولهٔ (۱)

v_2 : تندی شاره در لولهٔ (۲)

اثبات

در شکل، شاره‌ای با جریان لایه‌ای در لوله‌ای با دو سطح مقطع متفاوت، در حرکت است.

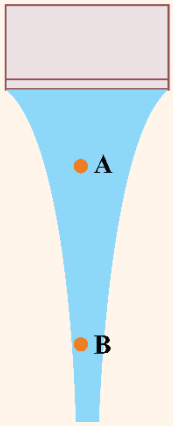
در حالت پایا (وقتی که آهنگ شارش شاره ثابت است) در مدت‌زمان معیّن، جرم یکسانی شاره، از هر سطح مقطع دلخواه لوله می‌گذرد.

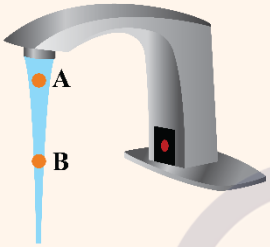
درنتیجه می‌توان معادلهٔ پیوستگی برای شارهٔ تراکم‌ناپذیر را به‌صورت زیر بیان کرد:

$$m_1 = m_2 \Rightarrow \frac{m_1}{\Delta t} = \frac{m_2}{\Delta t} \xrightarrow{m=\rho V} \frac{\rho V_1}{\Delta t} = \frac{\rho V_2}{\Delta t} \Rightarrow \frac{V_1}{\Delta t} = \frac{V_2}{\Delta t} \Rightarrow R_1 = R_2 \Rightarrow A_1 v_1 = A_2 v_2$$

یه نمونهٔ باحال

شیر آبی را کمی باز کنید و آب به‌آرامی جریان می‌یابد. باریکهٔ آب با نزدیک‌تر شدن به زمین باریک‌تر می‌شود. هرچه آب خروجی به زمین نزدیک‌تر می‌شود تندی آن افزایش می‌یابد. لذا با توجه به معادلهٔ پیوستگی باید سطح مقطع آن نیز کاهش یابد.



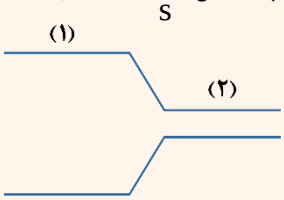


در نقطهٔ A: تندی کم‌تر، سطح مقطع بیش‌تر

در نقطهٔ B: تندی بیش‌تر، سطح مقطع کم‌تر

یه نمونهٔ باحال

در شکل زیر، آب به‌طور پیوسته جاری است. اگر قطر قسمت (۱)، سه برابر قطر قسمت (۲) و تندی آب در قسمت (۲) معادل $۱۳/۵\frac{cm}{s}$ باشد، تندی آب در قسمت (۱) چند $\frac{cm}{s}$ خواهد بود؟



پاسخ تشریحی:

طبق معادلهٔ پیوستگی داریم:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

$$\xrightarrow{A=\pi r^2=\frac{\pi}{4}d^2} \cancel{\frac{\pi}{4}} d_1^2 \times v_1 = \cancel{\frac{\pi}{4}} d_2^2 \times v_2$$

$$\xrightarrow[v_2=۱۳/۵\frac{cm}{s}]{d_1=۳d_2} (۳d_2)^2 \times v_1 = d_2^2 \times ۱۳/۵$$

$$\Rightarrow ۹v_1 = ۱۳/۵ \Rightarrow v_1 = ۱/۵\frac{cm}{s}$$

نکته

ترکیب اصل برنولی و معادلهٔ پیوستگی در مسیر حرکت آب در لوله‌ای با قطر مقطع متفاوت:

هرچه مقطع لوله کوچک‌تر باشد، تندی جریان آب بیش‌تر و فشار آب کم‌تر است و برعکس؛

هرچه مقطع لوله بزرگ‌تر باشد، تندی جریان آب کم‌تر و فشار آب بیش‌تر است.

$$\downarrow A \propto \downarrow P \propto \frac{۱}{v\uparrow}$$

۱- تندی متحرکی ۲۰ درصد افزایش یافته و جرم آن ۲۵ درصد کاهش یافته است. اگر براثر این تغییرات، انرژی جنبشی متحرک ۸J افزایش یابد، انرژی جنبشی اولیهٔ متحرک چند کیلوژول بوده است؟

۱) ۲۰۰ ۲) ۰/۲ ۳) ۰/۱ ۴) ۱۰۰

پاسخ: گزینهٔ ۳ **(آسان ـ محاسباتی ـ سریع ـ صفحهٔ ۵۵ ـ ۱۰۰۳)**

گام اول

تندی متحرک ۲۰ درصد افزایش یافته است و جرم متحرک ۲۵ درصد کاهش یافته است؛ بنابراین داریم:

$$v_۲ = v_۱ + \frac{۲۰}{۱۰۰}v_۱ \Rightarrow v_۲ = \frac{۱۲۰}{۱۰۰}v_۱ \Rightarrow v_۲ = \frac{۶}{۵}v_۱$$

$$m_۲ = m_۱ - \frac{۲۵}{۱۰۰}m_۱ \Rightarrow m_۲ = \frac{۷۵}{۱۰۰}m_۱ \Rightarrow m_۲ = \frac{۳}{۴}m_۱$$

گام آخر

براثر این تغییرات، انرژی جنبشی متحرک ۸J افزایش یافته است، پس داریم:

$$K_۲ = K_۱ + ۸$$

حال رابطهٔ انرژی جنبشی را به‌صورت مقایسه‌ای می‌نویسیم و جایگذاری را انجام می‌دهیم:

$$K = \frac{۱}{۲}mv^۲ \Rightarrow \frac{K_۲}{K_۱} = \frac{m_۲}{m_۱} \times (\frac{v_۲}{v_۱})^۲ \Rightarrow \frac{K_۱ + ۸}{K_۱} = \frac{\frac{۳}{۴}\cancel{m_۱}}{\cancel{m_۱}} \times \left(\frac{\frac{۶}{۵}\cancel{v_۱}}{\cancel{v_۱}}\right)^۲ \Rightarrow \frac{K_۱ + ۸}{K_۱} = \frac{۳}{۴} \times \frac{۳۶}{۲۵} = \frac{۲۷}{۲۵}$$

$$\Rightarrow ۲۷K_۱ = ۲۵K_۱ + ۲۰۰ \Rightarrow ۲K_۱ = ۲۰۰ \Rightarrow K_۱ = ۱۰۰J = ۰/۱kJ$$

انرژی جنبشی

انرژی‌ای است که جسم به‌دلیل حرکت خود دارد، نماد آن K بوده و یکای آن در SI، ژول (J) است. انرژی جنبشی کمیتی نرده‌ای می‌باشد و همواره مثبت است. انرژی جنبشی جسم به جرم (m) و تندی جسم (v) بستگی دارد و به جهت حرکت جسم وابسته نیست.

$$K = \frac{۱}{۲}mv^۲$$

نکته

فرمول مقایسه‌ای انرژی جنبشی دو جسم با یکدیگر:

$$\frac{K_۲}{K_۱}=\frac{m_۲}{m_۱}\times(\frac{v_۲}{v_۱})^۲$$

محاسبهٔ تغییر انرژی جنبشی جسمی که جرم آن ثابت است به شکل زیر است:

$$\Delta K=\frac{۱}{۲}m(v_۲^۲-v_۱^۲)$$

یه نمونهٔ باحال

رانندهٔ کامیونی با حذف مقداری بار، ۲۵ درصد جرم کامیون را کم کرده و همچنین ۲۰ درصد بر تندی حرکت آن افزوده است. با این عمل، انرژی جنبشی کامیون ..... درصد ..... می‌یابد.

۱) ۵، کاهش ۲) ۵، افزایش ۳) ۸، کاهش ۴) ۸، افزایش

پاسخ تشریحی:

$$\frac{K_۲}{K_۱}=\frac{m_۲}{m_۱}\times(\frac{v_۲}{v_۱})^۲=\frac{۷۵}{۱۰۰}\times(\frac{۱۲۰}{۱۰۰})^۲$$

$$\Rightarrow\frac{K_۲}{K_۱}=\frac{۳}{۴}\times\frac{۱۴۴}{۱۰۰}=\frac{۱۰۸}{۱۰۰}\Rightarrow K_۲=\frac{۱۰۸}{۱۰۰}K_۱\Rightarrow\frac{K_۲}{K_۱}=۱/۰۸\xrightarrow{\text{به درصد}}۱۰۸\%$$

بنابراین انرژی جنبشی کامیون ۸ درصد افزایش می‌یابد.

پاسخ: گزینهٔ ۴

آزمون سراسری ریاضی دی‌ماه ۱۴۰۱

۷۱- اگر تندی جسمی را از $۲\frac{m}{s}$ به $۶\frac{m}{s}$ برسانیم، انرژی جنبشی آن ۴ ژول افزایش می‌یابد. جرم جسم چند گرم است؟

۱) ۱۵۰ ۲) ۲۵۰ ۳) ۳۰۰ ۴) ۴۰۰

پاسخ تشریحی:

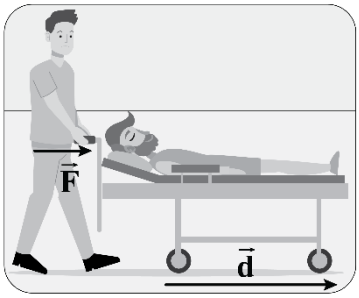
با توجه به این‌که تغییر تندی داشته‌ایم، با نوشتن اختلاف آن‌ها در رابطهٔ انرژی جنبشی، میزان افزایش انرژی جنبشی یعنی ۴J به‌دست می‌آید؛ بنابراین رابطه را دو بار نوشته و از هم کم می‌کنیم:

$$\Delta K=\frac{۱}{۲}m\left(v_۲^۲-v_۱^۲\right)=\frac{۱}{۲}m\left(۶^۲-۲^۲\right)=۴\Rightarrow ۱۶m=۴\Rightarrow m=\frac{۱}{۴}kg=۲۵۰g$$

پاسخ: گزینهٔ ۲

ماز

۲- بیماری به جرم ۷۵kg روی تختی به جرم ۱۵kg دراز کشیده است. پرستاری این تخت را با نیروی ثابت و افقی $\vec{F}$ روی سطحی هموار و با اصطکاک ناچیز هُل می‌دهد. مجموعهٔ تخت و بیمار از حال سکون با شتاب ثابت $۰/۸\frac{m}{s^۲}$ حرکت می‌کند. کار انجام‌شده توسط نیروی $\vec{F}$ در مدت ۴ ثانیه چند ژول است؟



۱) ۳۸۴

۲) ۶۴۰

۳) ۴۶۰/۸

۴) ۵۴۲/۴

پاسخ: گزینهٔ ۳ (آسان ـ محاسباتی ـ سریع ـ صفحهٔ ۵۶ ـ ۱۰۰۳)

گام اول

اندازهٔ نیروی $\vec{F}$ برابر است با:

$$F = ma \Rightarrow F = (۷۵ + ۱۵) \times ۰/۸ = ۷۲N$$

گام دوم

جابه‌جایی تخت در مدت ۴ ثانیه برابر است با:

$$d = \frac{۱}{۲}at^۲ = \frac{۱}{۲} \times ۰/۸ \times ۴^۲ = ۶/۴m$$

گام آخر

بنابراین کار انجام‌شده برابر است با:

$$W = Fd\cos\alpha = ۷۲ \times ۶/۴ \times ۱ = ۴۶۰/۸J$$

راهنمای مسیرت

کتاب درسی مثل یک گنج ارزشمنده و اگر شما خیلی خوب بهش مسلط باشین قطعاً سر جلسهٔ کنکور حسابی ذوق می‌کنین که چقدر اکثر سؤالات شبیه مسائل و تمرینات کتاب درسی هست. پس قدر کتاب درسی رو بدون.

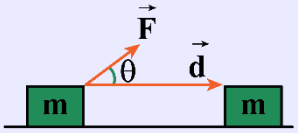
سوتی‌های پرتکرار

اگر سوتی بدی و فقط جرم بیمار رو درنظر بگیری در دام گزینهٔ (۱) می‌افتی.

کار نیروی ثابت

«کار، روشی برای انتقال انرژی از جسمی به جسم دیگر است.»

اگر مطابق شکل بر جسمی نیروی F وارد شود و جسم را جابه‌جا کند، کار انجام‌شده توسط این نیرو از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:



$$W_F = Fd\cos\theta$$

W_F : کار نیروی F (برحسب J)

F: اندازهٔ نیرو (برحسب N)

d: اندازهٔ جابه‌جایی (برحسب m)

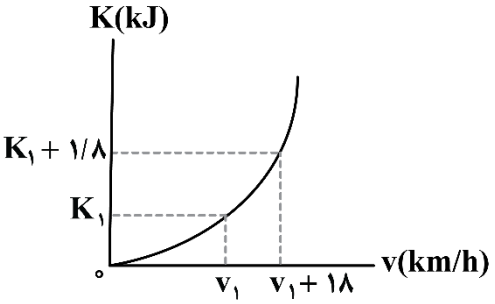
θ : زاویهٔ بین بردار نیرو و بردار جابه‌جایی

نکته

کار، کمیتی نرده‌ای و فرعی است که یکای آن در SI، ژول (J) می‌باشد و داریم:

$$J \equiv N.m \equiv \frac{kg.m^۲}{s^۲}$$

۳- نمودار انرژی جنبشی برحسب تندی جسمی به جرم ۱۶kg مطابق شکل زیر است. انرژی جنبشی اولیهٔ جسم $(K_۱)$ چند کیلوژول است؟



۱) ۳/۲

۲) ۳۲

۳) ۱۲/۸

۴) ۱/۲۸

پاسخ: گزینهٔ ۱ (متوسط ـ نموداری ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۵۴ ـ ۱۰۰۳)

به کمک اطلاعات روی نمودار داریم:

$$\Delta K=\frac{1}{2}m(v_2^2-v_1^2)\Rightarrow 1/8\times10^3=\frac{1}{2}\times16\times((v_1+5)^2-v_1^2)$$

$$\Rightarrow 1/8\times10^3=8\times(10v_1+25)\Rightarrow 1800=200+80v_1\Rightarrow v_1=20\frac{m}{s}$$

$$\Rightarrow K_1=\frac{1}{2}mv_1^2=\frac{1}{2}(16)(20)^2=3200J=3/2kJ$$

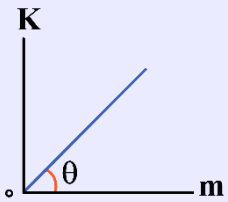
راهنمای مسیرت

یکی از رایج‌ترین سوتی‌ها، عدم توجه به یکای محورها هست که اتفاقاً این سؤال هم از اوناست. پس اگر سر این سؤال حسابی کلافه شدین، یادتون بمونه که در نمودارها، به یکای محورها خیلی حواستون جمع باشه.

نمودارهای انرژی جنبشی

۱- نمودار انرژی جنبشی برحسب جرم:

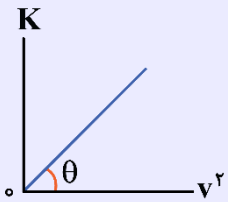
در این حالت، تندی جسم، ثابت ولی جرم جسم متغیر است.



$$\text{شیب نمودار}=\tan\theta=\frac{1}{2}v^2$$

۲- نمودار انرژی جنبشی برحسب مربع تندی:

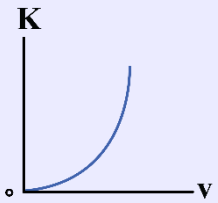
در این حالت، جرم جسم، ثابت ولی مربع تندی جسم متغیر است.



$$\text{شیب نمودار}=\tan\theta=\frac{1}{2}m$$

۳- نمودار تغییرات انرژی جنبشی برحسب تندی:

در این حالت، جرم جسم، ثابت ولی تندی جسم متغیر است.



۴- شخصی گلولهٔ برفی به جرم ۱۵۰g را از روی زمین برمی‌دارد و تا ارتفاع ۱۸۰cm بالا می‌برد و سپس آن را با تندی $12\frac{m}{s}$ پرتاب می‌کند. کار انجام‌شده توسط شخص روی گلولهٔ برف چند ژول است؟ ($g=10\frac{m}{s^2}$، از مقاومت هوا صرف‌نظر کنید.)

۱) $-8/1$ ۲) $8/1$ ۳) $-13/5$ ۴) $13/5$

پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۶۴ ـ ۱۰۰۳)

راه نجات سریع

به کمک قضیهٔ کار ـ انرژی جنبشی می‌تونی به‌راحتی از پس این سؤال بربیای.

طبق قضیهٔ کار ـ انرژی جنبشی داریم:

$$W_t=\Delta K\Rightarrow W_{mg}+W_{\text{شخص}}=\frac{1}{2}m(v_2^2-v_1^2)$$

$$\Rightarrow -mg\Delta h+W_{\text{شخص}}=\frac{1}{2}m(v_2^2-0^2)$$

$$\Rightarrow W_{\text{شخص}} = \frac{۱}{۲}mv_۲^۲ + mg\Delta h = \frac{۱}{۲}(۰/۱۵)(۱۲)^۲ + (۰/۱۵)(۱۰)(۱/۸)$$

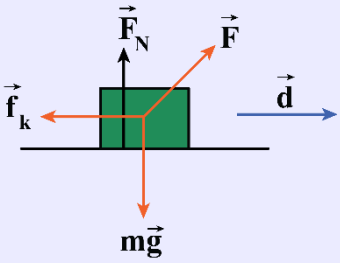
$$\Rightarrow W_{\text{شخص}} = ۱۰/۸ + ۲/۷ = ۱۳/۵J$$

روش‌های محاسبهٔ کار کل

۱- قضیهٔ کار ـ انرژی جنبشی: اگر در سؤال، تندی یا انرژی جنبشی را بدهند، برای محاسبهٔ کار کل بهتر است از قضیهٔ کار ـ انرژی جنبشی استفاده کنیم:

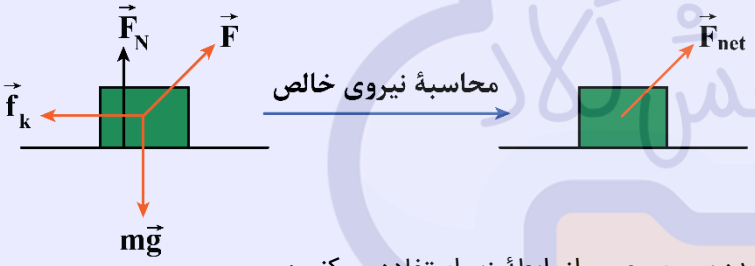
$$W_t = K_۲ - K_۱ \xrightarrow{K=\frac{۱}{۲}mv^۲} W_t = \frac{۱}{۲}m(v_۲^۲ - v_۱^۲)$$

۲- کار تک‌تک نیروها را جداگانه به‌دست می‌آوریم و درنهایت همهٔ آن‌ها را جمع جبری می‌کنیم:



$$\vec{W}_t = \vec{W}_{mg} + \vec{W}_{f_k} + \vec{W}_{F_N} + \vec{W}_F + \cdots$$

۳- ابتدا برایند نیروهای وارد بر جسم را به‌دست آورده و درنهایت کار نیروی برایند (نیروی خالص) را محاسبه می‌کنیم:



$$W_t = W_{F_{net}} \Rightarrow W_t = F_{net}d\cos\theta$$

✓ اگر شتاب حرکت جسم را داشته باشیم برای محاسبهٔ کار انجام‌شده بر روی جسم از رابطهٔ زیر استفاده می‌کنیم:

$$W_t = F_{net}d\cos\theta \xrightarrow{F_{net}=ma} W_t = mad\cos\theta$$

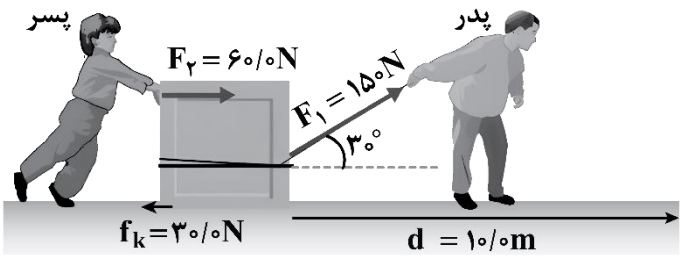
فقط در حرکت تندشونده روی خط راست که شتاب، هم‌جهت جابه‌جایی است $(\theta = ۰^\circ)$، نیازی به محاسبهٔ $\cos\theta$ نیست زیرا:

$$W_t = mad\cos\theta \xrightarrow[\cos\theta=۱]{\theta=۰^\circ} W_t = mad$$

نکته

در اکثر سؤالات نیاز است تا کار کل را از دو روش بالا به‌دست آورده و مساوی هم قرار دهیم تا مجهول مسئله محاسبه شود.

۵- شکل زیر، پدر و پسری را درحال جابه‌جاکردن یک جعبهٔ سنگین روی سطحی هموار نشان می‌دهد. کدام‌یک از عبارت‌های زیر صحیح است؟ $(\sqrt{۳} \simeq ۱/۷)$



الف ـ کار انجام‌شده توسط پدر ۱۲۷۵J است.

ب ـ کار کل انجام‌شده بر روی جعبه برابر ۲۱۷۵J است.

ج ـ انرژی جنبشی جعبه در پایان جابه‌جایی ۱۵۷۵J بیش‌تر از انرژی جنبشی اولیهٔ آن است.

۱) «الف» و «ج» ۲) «الف» و «ب» ۳) «ب» و «ج» ۴) «الف»، «ب» و «ج»

پاسخ: گزینهٔ ۱ (آسان ـ محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۶۴ ـ ۱۰۰۳)

بررسی موارد:

الف

کار پدر برابر است با:

$$W_1 = F_1 d\cos\theta_1 = 150\times 10\times\cos 30^\circ$$

$$\Rightarrow W_1 = 1500\times\frac{\sqrt{3}}{2} = 750\times 1/7 = 1275J \ (✓)$$

ب

برای محاسبهٔ کار کل، علاوه‌بر کار پدر، باید کار پسر و کار نیروی اصطکاک را نیز محاسبه کنیم.

$$W_2 = F_2 d\cos\theta_2 = 60\times 10\times\cos 0^\circ = 600J$$

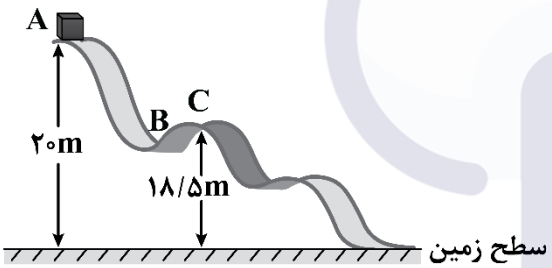
$$W_{f_k} = -f_k d = -30\times 10 = -300J$$

$$\Rightarrow W_{کل} = W_1 + W_2 + W_{f_k} = 1275 + 600 - 300 = 1575J \ (✗)$$

ج

با توجه به قضیهٔ کار و انرژی جنبشی و پاسخ قسمت «ب»، انرژی جنبشی جعبه $1575J$ افزایش یافته است. (✓)

۶- جسمی روی سطح بدون اصطکاکی مطابق شکل زیر، از نقطهٔ A با تندی $\sqrt{10}\frac{m}{s}$ مماس بر سطح عبور می‌کند. اگر تندی جسم در هنگام عبور از نقطهٔ B دو برابر تندی جسم در هنگام عبور از نقطهٔ C باشد، ارتفاع نقطهٔ B از سطح زمین چند متر است؟ $(g=10\frac{m}{s^2})$



۱) ۹/۲۵

۲) ۴/۶۲۵

۳) ۱۲/۵

۴) ۷/۵

پاسخ: گزینهٔ ۳ (متوسط ـ محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۷۰ ـ ۱۰۰۳)

روش اول

گام اول

به کمک پایستگی انرژی بین دو نقطهٔ A و C داریم:

$$E_A = E_C \Rightarrow K_A + U_A = K_C + U_C \Rightarrow \frac{1}{2}\cancel{m}v_A^2 + \cancel{m}gh_A = \frac{1}{2}\cancel{m}v_C^2 + \cancel{m}gh_C$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}(\sqrt{10})^2 + 10(20) = \frac{1}{2}v_C^2 + 10\times(18/5) \Rightarrow 5 + 200 = \frac{1}{2}v_C^2 + 185$$

$$v_C^2 = 40 \Rightarrow v_C = \sqrt{40} = 2\sqrt{10}\frac{m}{s}$$

$$\frac{v_B}{v_C} = 2 \Rightarrow v_B = 4\sqrt{10}$$

کام آخر

به کمک پایستگی انرژی بین دو نقطهٔ A و B داریم:

$$E_A = E_B \Rightarrow K_A + U_A = K_B + U_B \Rightarrow \frac{1}{2}\cancel{m}v_A^2 + \cancel{m}gh_A = \frac{1}{2}\cancel{m}v_B^2 + \cancel{m}gh_B$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}(\sqrt{10})^2 + 10(20) = \frac{1}{2}(4\sqrt{10})^2 + 10h_B \Rightarrow 5 + 200 = 80 + 10h_B \Rightarrow h_B = 12/5m$$

روش دوم

با توجه به پایستگی انرژی مکانیکی، به کمک رابطهٔ $v_2^2 - v_1^2 = -2g\Delta h$ داریم:

$$v_C^2 - v_A^2 = -2g(h_C - h_A) \Rightarrow v_C^2 - (\sqrt{10})^2 = -20(18/5 - 20) \Rightarrow v_C^2 - 10 = 30 \Rightarrow v_C^2 = 40$$

$$v_B^2 - v_A^2 = -2g(h_B - h_A) \xrightarrow{v_B = 2v_C \Rightarrow v_B^2 = 4v_C^2 = 160} 160 - 10 = -20(h_B - 20)$$

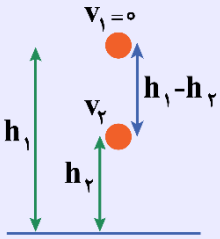
$$\Rightarrow -7/5 = h_B - 20 \Rightarrow h_B = 12/5m$$

راهنمای مسیرت

بچه‌ها این تیپ تست‌ها خیلی توی کنکور سروکله‌شون پیدا می‌شه. منتها با یک روش دوم باحالی که براتون نوشتیم می‌تونین خیلی سریع و راحت از پس این تست‌ها بربیاین. پس حتماً یه سر به پاسخ این تست بزنین.

پایستگی انرژی مکانیکی

فرض کنید جسمی به جرم m را در شرایط خلأ از ارتفاع h_1 رها کنیم و مانند شکل زیر، جسم با تندی v_2 از ارتفاع h_2 عبور کند، با توجه به پایستگی انرژی، بین این دو نقطه می‌توان نوشت:



$$E_1 = E_2 \Rightarrow K_1 + U_1 = K_2 + U_2 \Rightarrow \frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2$$

$$\xrightarrow[\text{حذف m ها}]{v_1 = 0} gh_1 = \frac{1}{2}v_2^2 + gh_2 \Rightarrow v_2^2 = 2g(h_1 - h_2) \Rightarrow v_2 = \sqrt{2g(h_1 - h_2)}$$

در رابطهٔ بالا، $h_1 - h_2$، فاصله از نقطهٔ رهاشدن (قلهٔ حرکت) است. پس می‌توان گفت:

نکته

اگر جسمی به جرم m از ارتفاعی رها شود، تندی جسم در فاصلهٔ h از محل رهاشدن برابر است با:

$$v = \sqrt{2gh}$$

یه نمونهٔ باحال

گلوله‌ای به جرم 2kg، از ارتفاعی رها می‌شود. اگر از مقاومت هوا صرف‌نظر شود، تندی گلوله در فاصلهٔ ۴ متری از نقطهٔ رهاشدن چند متر بر ثانیه است؟ $(g = 10\frac{m}{s^2})$

۱) $2\sqrt{5}$ ۲) $4\sqrt{5}$ ۳) $3\sqrt{2}$ ۴) $2\sqrt{3}$

پاسخ تشریحی:

کافی است در رابطهٔ بالا عددگذاری کنیم:

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 10 \times 4} = \sqrt{80} = 4\sqrt{5}\frac{m}{s}$$

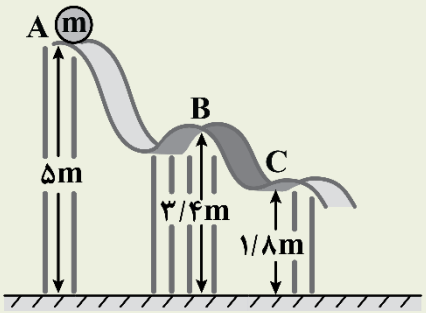
پاسخ: گزینهٔ ۲

تذکر!

همان‌طور که در اثبات رابطهٔ بالا دیدید، در حالتی که انرژی، پایسته است، جرم جسم در تندی جسمی که از ارتفاعی رها شده است، تأثیری ندارد.

آزمون سراسری تجربی خارج از کشور تیرماه ۱۴۰۱

۵۰- جسمی به جرم m روی سطح بدون اصطکاکی مطابق شکل زیر، از نقطهٔ A رها می‌شود. تندی جسم در نقطهٔ C، چند برابر تندی آن در نقطهٔ B است؟



۱) ۲

۲) $\frac{\sqrt{۱۷}}{۳}$

۳) $\sqrt{۲}$

۴) $\frac{۱۷}{۹}$

پاسخ تشریحی:

گام اول: نقطهٔ C را مبدأ پتانسیل گرانشی درنظر می‌گیریم ($h_C = ۰$)؛ بنابراین $h_A = ۳/۲m$ و $h_B = ۱/۶m$ است و با توجه به این‌که سطح بدون اصطکاک است، رابطهٔ انرژی مکانیکی را برای دو نقطهٔ A و B می‌نویسیم، تا براساس آن تندی جسم را در نقطهٔ B بیابیم:

$$E_A = E_B$$

$$\cancel{K_A}^{\circ} + U_A = K_B + U_B \Rightarrow m \times ۱۰ \times ۳/۲ = \frac{۱}{۲} \times v_B^۲ + m \times ۱۰ \times ۱/۶ \Rightarrow v_B^۲ = ۳۲$$

گام دوم: مسیری که برای یافتن تندی در نقطهٔ B در گام اول طی کردیم، تکرار می‌کنیم تا تندی را در نقطهٔ C بیابیم:

$$E_A = E_C$$

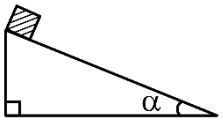
$$\cancel{K_A}^{\circ} + U_A = K_C + \cancel{U_C}^{\circ} \Rightarrow m \times ۱۰ \times ۳/۲ = \frac{۱}{۲} \times v_C^۲ \Rightarrow v_C^۲ = ۶۴$$

حال نسبت خواسته‌شده را به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{v_C^۲}{v_B^۲} = \frac{۶۴}{۳۲} = ۲ \Rightarrow \frac{v_C}{v_B} = \sqrt{۲}$$

پاسخ: گزینهٔ ۳

۷- مطابق شکل، جسمی از بالای سطح شیب‌داری، مماس بر سطح پرتاب می‌شود و به پایین سطح می‌رسد. اگر اندازهٔ کار نیروهای مقاوم روی جسم ..... باشد، تندی جسم در پایین سطح شیب‌دار کم‌تر از تندی اولیهٔ پرتاب است.



۱) صفر

۲) برابر با کار نیروی وزن جسم

۳) کم‌تر از کار نیروی وزن جسم

۴) بیش‌تر از کار نیروی وزن جسم

پاسخ: گزینهٔ ۴ (آسان ـ مفهومی/محاسباتی ـ سریع ـ صفحهٔ ۷۳ ـ ۱۰۰۳)

روش اول

طبق قضیهٔ کار و انرژی جنبشی داریم:

$$W_t = \Delta K \Rightarrow \underbrace{W_{\text{وزن}}}_{+} + \underbrace{W_{\text{نیروهای مقاوم}}}_{-} + \cancel{W_{\text{نیروی عمودی سطح}}}^{\circ} = \underbrace{\Delta K}_{-}$$

جسم پایین می‌آید. $\Rightarrow W_{\text{وزن}} > ۰$

نیروی عمودی سطح عمود بر جابه‌جایی است. $\Rightarrow W_{\text{نیروی عمودی سطح}} = ۰$

تندی جسم کاهش می‌یابد. $\Rightarrow \Delta K < ۰$

کار نیروهای مقاوم باید منفی و اندازهٔ آن بیش‌تر از کار نیروی وزن باشد تا حاصل‌جمع، منفی شود.

روش دوم

تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی (ΔU) و کار نیروی وزن یک جسم، قرینهٔ یکدیگرند. درنتیجه، اندازهٔ آن‌ها باهم برابر است؛ بنابراین، کافی است کار نیروهای مقاوم (W_f) را با ΔU مقایسه کنیم.

اگر نیروهای مقاوم وجود نداشته باشند، با پایین آمدن جسم، انرژی پتانسیل گرانشی تبدیل به انرژی جنبشی می‌شود و تندی جسم افزایش می‌یابد؛ اما با وجود نیروهای مقاوم، سه حالت ممکن است رخ دهد:

حالت اول

$|W_f| = |\Delta U| \Leftarrow$ در این صورت، انرژی پتانسیل آزادشده توسط کار نیروهای مقاوم، خنثی شده و جسم با تندی ثابت به پایین می‌لغزد.

حالت دوم

$|W_f| < |\Delta U| \Leftarrow$ در این صورت، بخشی از انرژی پتانسیل آزادشده توسط کار نیروهای مقاوم، تلف می‌شود و بقیه تبدیل به انرژی جنبشی می‌شود. درنتیجه، تندی جسم افزایش می‌یابد.

حالت سوم

$|W_f| > |\Delta U| \Leftarrow$ در این صورت، نه‌تنها تمام انرژی پتانسیل آزادشده، تلف می‌شود، بلکه بخشی از انرژی جنبشی اولیهٔ جسم نیز تلف می‌شود. درنتیجه، تندی جسم کاهش می‌یابد.

انرژی درونی و مکانیکی

همان‌طور که می‌دانیم، درصورتی‌که نیروهای غیرپایستار مانند نیروی مقاومت هوا و اصطکاک در مسئله وجود نداشتند، انرژی مکانیکی پایسته می‌ماند. در این درس‌نامه می‌خواهیم ببینیم در حضور این نیروها، انرژی مکانیکی چگونه تغییر خواهد کرد. به نکات زیر توجه کنید:

۱- کار نیروهای اصطکاک و مقاومت هوا منفی است. کار این نیروها باعث کاهش یافتن انرژی مکانیکی جسم می‌شود؛ به عبارت دیگر:

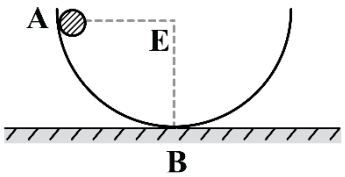
$$E_2 - E_1 = W_f$$

با توجه به این‌که علامت کار منفی است، E_2 کوچک‌تر از E_1 می‌باشد.

۲- انرژی مکانیکی که جسم از دست می‌دهد صرف افزایش انرژی درونی محیط و جسم می‌شود؛ به عبارت دیگر تغییرات انرژی درونی محیط و جسم برابر $E_1 - E_2$ خواهد بود.

ماز

۸- مطابق شکل جسمی به جرم ۱۵۰g از لبهٔ نیمکره‌ای در نقطهٔ A به شعاع ۶cm رها می‌شود و پس از چند رفت‌وبرگشت در مدت‌زمان ۱/۵s در نقطهٔ B متوقف می‌شود. اگر بزرگی نیروی اصطکاک در طول مسیر ثابت و برابر ۰/۴N باشد، تندی متوسط جسم چند سانتی‌متر بر ثانیه است؟ ($g = 10\frac{m}{s^2}$ و از مقاومت هوا صرف‌نظر کنید.)



۱) ۱/۵ ۲) ۱۵

۳) ۱/۲ ۴) ۱۲

پاسخ: گزینهٔ ۲ (متوسط ـ محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۷۳ ـ ۱۰۰۳)

می‌دانیم اگر جهت حرکت جسم تغییر کند، کار نیروی اصطکاک از رابطهٔ $W_{f_k} = -f_k L$ به‌دست می‌آید که L طول مسیر طی‌شده است نه جابه‌جایی! حالا به کمک قضیهٔ کار ـ انرژی جنبشی داریم:

$$W_t = \Delta K \Rightarrow W_{mg} + W_{f_k} = 0 \Rightarrow +mgR - f_k L = 0$$

$$mgR = f_k L \Rightarrow 0/15 \times 10 \times 0/06 = 0/4L \Rightarrow L = 0/225m = 22/5cm$$

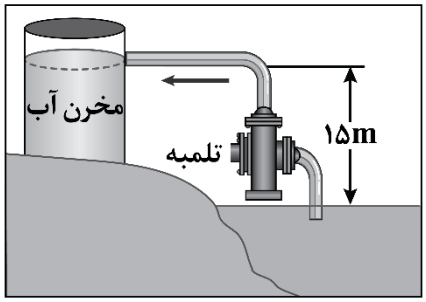
$$s_{av} = \frac{L}{\Delta t} = \frac{22/5}{1/5} = 15\frac{cm}{s}$$

راهنمای مسیرت

خیلی از بچه‌ها حواسشون نیست که در محاسبهٔ کار نیروی اصطکاک، اگر جسم بر یک مسیر مستقیم و بدون تغییر جهت حرکت کند، کار نیروی اصطکاک از رابطهٔ $W_{f_k} = -f_k d$ به‌دست میاد که d اندازهٔ جابه‌جایی جسم هست؛ اما اگر جهت حرکت جسم تغییر کنه، کار نیروی

اصطکاک از رابطهٔ $W_{f_k} = -f_k L$ به‌دست میاد که L طول مسیر طی‌شده (مسافت) است. ما با طرح این سؤال خواستیم یک بار برای همیشه، این مورد مهم رو کامل بهتون یاد بدیم تا هم خیال خودمون و هم خیال شما رو راحت کنیم.

۹- تلمبه‌ای با توان ورودی ۲۰ اسب بخار در هر ثانیه ۷۰ لیتر آب دریاچه‌ای به چگالی $۱۰۰۰\frac{kg}{m^۳}$ را مطابق شکل زیر تا ارتفاع ۱۵ متری مخزنی می‌فرستد. بازدهٔ تلمبه چند درصد است؟ ($g=۱۰\frac{m}{s^۲}$ و هر اسب بخار را ۷۵۰ وات فرض کنید.)



۱) ۷۰
۲) ۶۰
۳) ۵۰
۴) ۴۰

پاسخ: گزینهٔ ۱ (آسان ـ محاسباتی ـ سریع ـ صفحهٔ ۷۶ ـ ۱۰۰۳)

گام اول

توان خروجی پمپ برابر است با:

$$P_{\text{خروجی}} = \frac{mg\Delta h}{\Delta t} = \frac{۷۰\times۱۰\times۱۵}{۱} = ۱۰۵۰۰W$$

گام دوم

توان ورودی پمپ برحسب وات برابر است با:

$$P_{\text{ورودی}} = ۲۰hp \times \frac{۷۵۰W}{۱hp} = ۱۵۰۰۰W$$

گام آخر

بنابراین بازدهٔ پمپ برابر است با:

$$Ra = \frac{P_{\text{خروجی}}}{P_{\text{ورودی}}} = \frac{۱۰۵۰۰}{۱۵۰۰۰} = ۰/۷ = ۷۰٪$$

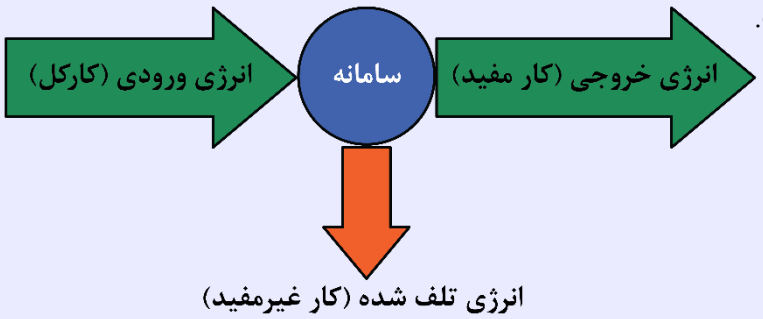
راندمان (بازده)

$$Ra = \frac{\text{انرژی مفید (خروجی)}}{\text{انرژی کل (ورودی)}} \times ۱۰۰ = \frac{\text{توان مفید (خروجی)}}{\text{توان کل (ورودی)}} \times ۱۰۰$$

✓ بازده، یکا ندارد و درصد آن همواره کوچک‌تر مساوی ۱۰۰ است.

ماشین آرمانی: $Ra = ۱۰۰٪$

$$P_{\text{کل}} = P_{\text{مفید}} + P_{\text{غیرمفید}}$$



انواع توان:

۱- توان کل (توان ورودی): توانی که به دستگاه می‌دهیم تا برای ما کار انجام دهد.

✓ وقتی گفته می‌شود توان دستگاه مثلاً ۲۰۰W است، منظور توان کل دستگاه است.

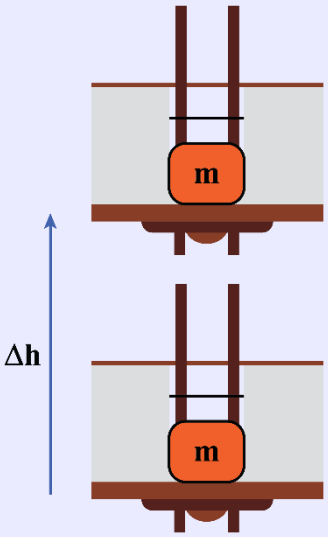
✓ توان کل اصولاً روی دستگاه نوشته می‌شود.

۲- توان غیرمفید (توان تلف‌شده در داخل دستگاه): این توان داخل دستگاه به‌صورت گرما و ... تلف می‌شود و صرف هدف اصلی دستگاه نمی‌شود.

۳- توان مفید (خروجی): این توان از دستگاه خارج‌شده و صرف هدف اصلی دستگاه می‌شود.

این توان را در عمل و به‌صورت زیر محاسبه می‌کنیم:

$$P_{\text{مفید}} = \frac{W_{\text{مفید}}}{\Delta t}$$



نحوهٔ محاسبهٔ توان مفید بالابر و پمپ:

کار مفیدی که بالابر و پمپ بر روی جسم انجام می‌دهند،

صرف افزایش انرژی مکانیکی جسم می‌شود؛ بنابراین:

$$P_{\text{مفید}} = \frac{W_{\text{مفید}}}{\Delta t} = \frac{\Delta E}{\Delta t} \quad ; \quad \Delta E = mg\Delta h + \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2)$$

✓ در اکثر سؤالات، تندی جسم تغییر نمی‌کند (مثلاً جسم در ابتدا و انتها ساکن است)، در این حالت تغییر انرژی جنبشی جسم، صفر است و کار مفید برابر تغییر انرژی پتانسیل گرانشی جسم است:

$$\text{توان مفید پمپ (بالابر)}: P_{\text{مفید}} = \frac{mg\Delta h}{\Delta t}$$

آزمون سراسری ریاضی ۱۳۹۹

پمپ آبی در هر دقیقه ۳ مترمکعب آب رودخانه‌ای را به نقطه‌ای منتقل می‌کند که ارتفاع آن تا سطح آب رودخانه ۲۴ متر است. اگر توان ورودی پمپ ۲۰ کیلووات باشد، بازدهٔ پمپ چند درصد است؟ $(\rho_{\text{آب}} = 1\frac{g}{cm^3} , g = 10\frac{m}{s^2})$

۱) ۷۰ ۲) ۶۰ ۳) ۴۰ ۴) ۳۰

پاسخ تشریحی:

گام اول: با استفاده از قضیهٔ کار ـ انرژی جنبشی، کار پمپ را به‌دست می‌آوریم:

$$W_{\text{پمپ}} + W_{mg} = K_2 - K_1 \xrightarrow{K_2 = K_1} W_{\text{پمپ}} = -W_{mg}$$

$$\Rightarrow W_{\text{پمپ}} = -(-mg\Delta h) = +\rho V g \Delta h$$

$$\Rightarrow W_{\text{پمپ}} = +1\times10^3 \times 3 \times 10 \times 24 = 7/2\times10^5 J$$

گام دوم: توان مفید پمپ را به‌دست می‌آوریم:

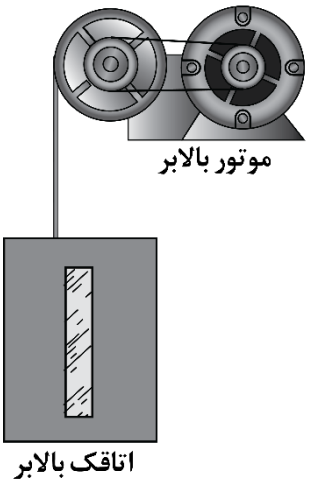
$$P_{\text{مفید}} = \frac{W_{\text{پمپ}}}{\Delta t} = \frac{7/2\times10^5}{60} = 1/2\times10^4 W = 12 kW$$

گام آخر: بازدهٔ پمپ برابر است با:

$$Ra = \frac{P_{\text{مفید}}}{P_{\text{ورودی}}} \times 100 = \frac{12}{20} \times 100 = 60\%$$

پاسخ: گزینهٔ ۲

۱۰- مطابق شکل زیر، جرم اتاقک بالابری بدون احتساب بار آن ۳۰۰kg است. این بالابر قرار است تعدادی کیسهٔ شن که جرم هر کیسه ۲۵kg است را در مدت ۱۰s از طبقهٔ همکف به طبقهٔ سوم در ارتفاع ۸ متری ببرد. اگر توان متوسط موتور بالابر در این مدت ۳۲۰۰W باشد، حداکثر چند کیسه شن را در این مدت می‌تواند هم‌زمان بالا ببرد؟ $(g=10\frac{m}{s^2})$



۱) ۵

۲) ۶

۳) ۳

۴) ۴

پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ محاسباتی ـ سریع ـ صفحهٔ ۷۴ ـ ۱۰۰۳)

گام اول

در ابتدا با استفاده از توان متوسط موتور بالابر و مدت‌زمان انجام این فرایند، کار نیروی موتور بالابر $(W_{موتور})$ را محاسبه می‌کنیم:

$$P_{av}=\frac{W_{موتور}}{\Delta t}\xrightarrow[\Delta t=10s]{P_{av}=3200W}3200=\frac{W_{موتور}}{10}\Rightarrow W_{موتور}=32000J$$

گام دوم

طبق قضیهٔ کار ـ انرژی جنبشی، کار کل انجام‌شده روی اتاقک بالابر (شامل کار نیروی وزن $(W_{وزن})$ و کار نیروی موتور بالابر $(W_{موتور})$) برابر تغییر انرژی جنبشی آن است.

دقت کنید که تندی اتاقک بالابر در طبقهٔ همکف و در طبقهٔ سوم (در ارتفاع ۸ متری) صفر است، پس انرژی جنبشی اولیه (K_1) و انرژی جنبشی ثانویه (K_2) اتاقک بالابر، به‌ترتیب در طبقهٔ همکف و طبقهٔ سوم (در ارتفاع ۸ متری) صفر است. حال داریم:

$$W_t=\Delta K\Rightarrow W_{وزن}+W_{موتور}=K_2-K_1\xrightarrow[K_2=0,K_1=0]{W_{موتور}=32000J}W_{وزن}+32000=0-0$$

$$\Rightarrow W_{وزن}=-32000J$$

اتاقک بالابر، به سمت بالا حرکت کرده است، پس کار نیروی وزن اتاقک بالابر منفی است، حال با استفاده از رابطهٔ کار نیروی وزن داریم:

$$W_{وزن}=-mg\underset{\text{اتاقک بالابر، بالا رفته است.}}{\Delta h}\xrightarrow[g=10\frac{m}{s^2},\ \Delta h=h_2-h_1=8m]{W_{وزن}=-32000J}-32000=-m\times10\times8$$

$$\Rightarrow 32000=m\times80\Rightarrow m=400kg$$

گام آخر

جرم به‌دست‌آمده $(m=۴۰۰kg)$، شامل جرم اتاقک بالابر $(m_{\text{اتاقک بالابر}})$ و جرم کیسه‌های شن $(m_{\text{کیسه‌های شن}})$ است، پس داریم:

$$m_{\text{اتاقک بالابر}} + m_{\text{کیسه‌های شن}} = ۴۰۰ \xrightarrow{m_{\text{اتاقک بالابر}}=۳۰۰kg}$$

$$۳۰۰ + m_{\text{کیسه‌های شن}} = ۴۰۰ \Rightarrow m_{\text{کیسه‌های شن}} = ۱۰۰kg$$

جرم هر کیسه شن طبق صورت سؤال ۲۵kg است پس برای محاسبهٔ حداکثر تعداد کیسه‌های شنی (n) که بالابر می‌تواند هم‌زمان بالا بکشد، جرم کل کیسه‌های شن را تقسیم بر جرم یک کیسه شن می‌کنیم، پس داریم:

$$n = \frac{\text{جرم کل کیسه‌های شن}}{\text{جرم یک کیسه شن}} \Rightarrow n = \frac{۱۰۰}{۲۵} = ۴$$

۱- کدام‌یک از موارد زیر درست است؟

الف ـ کمیت دماسنجی در دماسنج‌های جیوه‌ای و الکلی، ارتفاع مایع درون لولهٔ دماسنج است.

ب ـ ترموکوپل به‌دلیل گسترهٔ دماسنجی کم‌تر، از مجموعهٔ دماسنج‌های معیار کنار گذاشته شد.

ج ـ تف‌سنج تابشی به‌عنوان یکی از دماسنج‌های معیار پذیرفته شده است.

د ـ در ترموکوپل، کمیت دماسنجی ولتاژ است.

۱) «الف» و «ج» ۲) «الف» و «د» ۳) «ب» و «ج» ۴) «ب» و «د»

پاسخ: گزینهٔ ۲ (آسان ـ حفظی ـ سریع ـ صفحهٔ ۸۶ ـ ۱۰۰۴)

عبارت‌های «الف» و «د» درست هستند.

بررسی موارد نادرست:

ب) ترموکوپل به‌دلیل دقت کم‌تر، از مجموعهٔ دماسنج‌های معیار کنار گذاشته شد. (✗)

ج) تف‌سنج نوری به‌عنوان یکی از دماسنج‌های معیار پذیرفته شده است. (✗)

نکات مربوط به دماسنج ترموکوپل

۱- کمیت دماسنجی آن ولتاژ الکتریکی است.

۲- سرعت اندازه‌گیری دما در آن بالا است، زیرا محل اتصال به‌دلیل جرم کم، خیلی سریع با جسمی که دمای آن اندازه‌گیری می‌شود به تعادل گرمایی می‌رسد.

۳- هرچه اختلاف دما بیش‌تر باشد، ولتاژ اندازه‌گیری‌شده هم بیش‌تر خواهد بود.

۴- بسته به جنس فلزهای آن، می‌تواند از $-۲۷۰^\circ C$ تا $۱۳۷۲^\circ C$ را اندازه بگیرد.

۵- حتماً از دو فلز مختلف ساخته می‌شود. به‌عنوان نمونه می‌توان از مس و کنستانتان در ساختن آن استفاده کرد.

۶- در گذشته به‌عنوان دماسنج معیار درنظر گرفته می‌شد ولی امروزه آن را به‌دلیل دقت کم‌تر از فهرست دماسنج‌های معیار کنار گذاشته‌اند.

۲- طول خط لولهٔ انتقال فرآورده‌های نفتی بین دو ایستگاه در کم‌ترین دمای آن برابر ۲۵۰km است. اگر اختلاف کم‌ترین طول و بیش‌ترین طول لوله ۱۵۰ متر باشد، اختلاف کمینه و بیشینهٔ دما چند درجهٔ فارنهایت است؟ (جنس لوله‌ها از فولاد با ضریب انبساط طولی $۱۰^{-۵}K^{-۱}$ است.)

۱) ۵۰ ۲) ۶۰ ۳) ۹۰ ۴) ۱۰۸

پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۸۹ ـ ۱۰۰۴)

گام اول

اختلاف کمینه و بیشینهٔ دما را برحسب درجهٔ سلسیوس به‌دست می‌آوریم:

$$\Delta L = L_۱\alpha\Delta\theta \Rightarrow ۱۵۰ = ۲۵۰\times۱۰^{۳}\times۱۰^{-۵}\times\Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = ۶۰°C$$

گام آخر

اختلاف دما را برحسب درجهٔ فارنهایت به‌دست می‌آوریم:

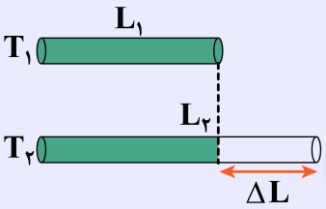
$$\Delta F = ۱/۸\Delta\theta \xrightarrow{\Delta\theta=۶۰°C} \Delta F = ۱/۸\times۶۰ = ۱۰۸°F$$

سوتی‌های پرتکرار

اگه گزینهٔ «۲» رو زدی یکم عجله کردی چون اختلاف دما رو برحسب فارنهایت می‌خواد و نه سلسیوس!

انبساط طولی (خطی)

اگر دمای یک میله را به‌اندازهٔ ΔT تغییر دهیم، تغییر طول میله از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:



$$\Delta L = L_۱\alpha\Delta T \Rightarrow L_۲ = L_۱(۱+\alpha\Delta T)$$

در این رابطه باید یکای $L_۱$، $L_۲$ و ΔL در دو طرف معادله باهم سازگار باشند.

α ضریب انبساط طولی است که یکای آن $\frac{۱}{°C}$ یا $\frac{۱}{K}$ است.

ضریب انبساط طولی (خطی) جسم جامد:

افزایش طول بر واحد طولِ یک جسم جامد به‌ازای یک کلوین (یک درجهٔ سلسیوس) افزایش دما است و آن را با α نشان می‌دهند.

عوامل مؤثر بر انبساط طولی:

۱- هرچه طول اولیهٔ میله بلندتر باشد، به‌ازای یک تغییر دمای مشخص، افزایش طول آن بیش‌تر خواهد بود.

۲- هرچه تغییر دمای میلهٔ فلزی بیش‌تر باشد، افزایش طول آن بیش‌تر است.

۳- اگر دمای دو میلهٔ هم‌اندازه که جنس‌های آن‌ها باهم متفاوت است را به یک اندازه افزایش دهیم، میزان افزایش طول آن‌ها متفاوت خواهد بود.

عوامل مؤثر بر ضریب انبساط طولی:

۱- جنس ماده

۲- دما (به‌دلیل وابستگی کم ضریب انبساط طولی به دما در محاسبات معمولی، این اثر نادیده گرفته می‌شود).

در سؤالات مربوط به انبساط طولی، سه چیز ممکن است پرسیده شود:

الف) طول جسم چند برابر شده است؟

$$L_۲ = L_۱(۱+\alpha\Delta\theta) \Rightarrow \text{چند برابرشدن طول جسم}: \frac{L_۲}{L_۱} = ۱+\alpha\Delta\theta$$

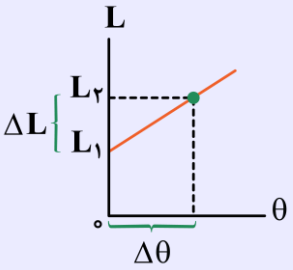
ب) طول جسم چقدر تغییر کرده است؟

تغییر طول جسم: $\Delta L = L_۱\alpha\Delta\theta$

پ) طول جسم چند درصد تغییر کرده است؟

$$\text{درصد تغییر طول جسم}=\alpha\Delta\theta\times(۱۰۰)\Rightarrow \text{درصد تغییر طول جسم}:\frac{\Delta L}{L_۱}\times\underbrace{(۱۰۰)}_{\text{تبدیل به درصد}}=\frac{L_۱\alpha\Delta\theta}{L_۱}\times(۱۰۰)$$

نمودار تغییرات طول جسم برحسب دما مطابق شکل زیر است:



$$\Delta L=L_۱\alpha\Delta\theta\Rightarrow \text{شیب نمودار}=\frac{\Delta L}{\Delta\theta}=L_۱\alpha$$

بنابراین شیب نمودار طول برحسب دما برابر $L_۱\alpha$ است که هم به جنس جسم و هم به طول اولیهٔ آن وابسته است.

یه نمونهٔ باحال

طول یک میلهٔ آلومینیمی در دمای $۸^\circ C$ برابر ۶ سانتی‌متر است. طول این میله در دمای $۱۳۳^\circ C$ چند سانتی‌متر می‌شود؟ (ضریب انبساط خطی آلومینیم را برابر $۲\times۱۰^{-۵}\frac{۱}{K}$ درنظر بگیرید.)

پاسخ تشریحی:

ابتدا تغییر طول میلهٔ آلومینیم را به‌دست می‌آوریم:

$$\Delta L=\alpha L_۱\Delta\theta=۲\times۱۰^{-۵}\times۶\times(۱۳۳-۸)=۰/۰۱۵cm$$

سپس با استفاده از طول اولیه و تغییر طول به‌دست‌آمده طول ثانویهٔ میله را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta L=L_۲-L_۱\Rightarrow ۰/۰۱۵=L_۲-۶\Rightarrow L_۲=۶/۰۱۵cm$$

تمرین

۱- طول یک پل معلق در پایین‌ترین دمای منطقه‌ای ۱۲۰۰ متر است. این پل از نوعی فولاد با $\alpha=۱۳\times۱۰^{-۶}\frac{۱}{^\circ C}$ ساخته شده است. فرض کنید کم‌ترین دمای ممکن $-۵۰^\circ C$ و بیش‌ترین دمای ممکن $۵۰^\circ C$ باشد. بیش‌ترین تغییر طول ممکن پل چند متر است؟

۲- تغییر طول به‌دست‌آمده مقدار نسبتاً زیادی است. درنتیجه در عمل نمی‌توان فضایی خالی به این طول ایجاد کرد، برای رفع این مشکل از ..... استفاده می‌شود که از جنس ..... است.

پاسخ تشریحی:

۱-

$$\Delta L=L_۱\alpha\Delta\theta\Rightarrow\Delta L=۱۲۰۰\times۱۳\times۱۰^{-۶}\times\overbrace{(۵۰-(-۵۰))}^{۱۰۰}=۱/۵۶m$$

۲- برای رفع این مشکل از **بست انبساطی انگشتی** که از جنس **فلز** است استفاده می‌شود.

یه نمونهٔ باحال

یک تیرآهن دراثر افزایش دمای $۵۰^\circ C$، ۰/۰۶ درصد به طولش اضافه می‌شود. ضریب انبساط طولی این تیرآهن در SI کدام است؟

پاسخ تشریحی:

طول میله را صد متر فرض می‌کنیم. طبق مفهوم درصد، به‌ازای هر ۱۰۰ متر، طول ۰/۰۶ متر افزایش می‌یابد.

$$\Delta L=L_۱\alpha\Delta\theta\Rightarrow ۰/۰۶=۱۰۰\times\alpha\times۵۰\Rightarrow\alpha=\frac{۶\times۱۰^{-۲}}{۵\times۱۰^{+۳}}=۱/۲\times۱۰^{-۵}\frac{۱}{K}$$

۳- درون مکعبی فلزی، حفره‌ای کروی وجود دارد. وقتی دمای مکعب $36°C$ افزایش یابد، مساحت آن ۰/۱۸ درصد تغییر می‌کند. اگر دمای مکعب $40°C$ افزایش یابد، حجم حفرهٔ درون آن چند برابر می‌شود؟

۱) ۰/۰۰۳ ۲) ۱/۰۰۳ ۳) ۰/۰۰۱ ۴) ۱

پاسخ: گزینهٔ ۲ (متوسط ـ محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۹۲ ـ ۱۰۰۴)

گام اول

درصد تغییرات مساحت دراثر انبساط گرمایی از رابطهٔ $2\alpha\Delta\theta\times100$ به‌دست می‌آید. به کمک این رابطه ضریب انبساط خطی فلز را محاسبه می‌کنیم:

$$2\alpha\Delta\theta\times100=0/18\Rightarrow\alpha=\frac{0/18}{2\times36\times100}=\frac{18\times10^{-4}}{2\times36}=\frac{1}{4}\times10^{-4}\,\frac{1}{K}$$

گام آخر

حفرهٔ درون مکعب متناسب با مکعب تغییر حجم می‌دهد. پس برای محاسبهٔ درصد تغییرات حجم کرهٔ توخالی، از رابطهٔ $\frac{\Delta V}{V_1}\times100=3\alpha\Delta\theta'\times100$ استفاده می‌کنیم:

$$\frac{\Delta V}{V_1}=3\alpha\Delta\theta'=3\times\frac{1}{4}\times10^{-4}\times40=3\times10^{-3}$$

$$\Rightarrow\frac{V_2-V_1}{V_1}=3\times10^{-3}\Rightarrow V_2-V_1=3\times10^{-3}V_1$$

$$\Rightarrow V_2=V_1+3\times10^{-3}V_1\Rightarrow V_2=1/003V_1$$

انبساط حجمی جامدات

اگر دمای جسمی به‌اندازهٔ $\Delta\theta$ تغییر کند، تغییرات حجم جسم به کمک روابط زیر قابل‌محاسبه است:

$V_2=V_1(1+\beta\Delta\theta)$ و $\Delta V=V_1\beta\Delta\theta$ و $\beta=3\alpha$

چند برابرشدن حجم: $\frac{V_2}{V_1}=1+3\alpha\Delta\theta$

مقدار تغییر حجم: $\Delta V=V_1(3\alpha)\Delta\theta$

درصد تغییر حجم: $\frac{\Delta V}{V_1}\times(100)=3\alpha\Delta\theta\times(100)$

دقت کنید که ضریب انبساط حجمی (β) بیش‌تر جامدات، با تقریب مناسبی سه برابر ضریب انبساط طولی (α) آن‌ها است. $(\beta=3\alpha)$

ضریب انبساط حجمی جسم جامد

افزایش حجم در واحد حجم یک جسم جامد را به‌ازای یک کلوین (یک درجهٔ سلسیوس) افزایش دما را ضریب انبساط حجمی آن جسم می‌نامند و آن را با β نشان می‌دهند و تقریباً ۳ برابر ضریب انبساط خطی آن جسم می‌باشد و یکای آن $\frac{1}{K}$ یا $\frac{1}{°C}$ می‌باشد.

$$\beta=3\alpha=\frac{\Delta V}{V_1\Delta\theta}$$

تغییر حجم: $\Delta V=V_2-V_1$ $\quad$ V_1: حجم جسم در دمای θ_1 $\quad$ V_2: حجم جسم در دمای θ_2

انبساط حجمی مایعات

چون مایع‌ها شکل معیّنی ندارند، انبساط آن‌ها فقط به‌صورت حجمی قابل‌بررسی است. برای محاسبهٔ تغییر حجم مایعات براثر افزایش دما، می‌توان از رابطهٔ زیر استفاده کرد:

$$\Delta V_{\text{مایع}} = V_1 \beta \Delta\theta$$

β: ضریب انبساط حجمی مایعات با یکای $\frac{1}{°C}$ یا $\frac{1}{K}$

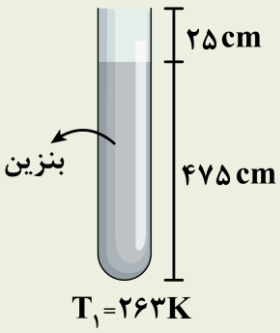
آزمون سراسری ریاضی تیرماه ۱۴۰۳

۷۳- مقداری بنزین در مخزنی استوانه‌ای به ارتفاع ۵m ریخته شده است. در دمای ۲۶۳K، فاصلهٔ بین سطح بنزین تا بالای ظرف برابر ۲۵cm است. حداقل در چه دمایی برحسب درجهٔ فارنهایت، بنزین از ظرف سرریز می‌شود؟ (ضریب انبساط حجمی بنزین $10^{-3}\frac{1}{K}$ می‌باشد و از انبساط ظرف صرف‌نظر شود.)

۱) ۱۰۴ ۲) ۹۶ ۳) ۱۲۲ ۴) ۱۴۰

پاسخ تشریحی:

طبق اطلاعات داده‌شده در سؤال، ارتفاع ظرف ۵m و ارتفاع بنزین داخل آن ۴۷۵cm است؛ بنابراین:



تغییر حجم بنزین برای سرریز شدن: $\Delta V = \Delta h \times A \Rightarrow \Delta V = 25A$

حجم اولیهٔ بنزین: $V_1 = h_1 A = 475A$

$$\Delta V = V_1 \beta \Delta T \Rightarrow 25A = 475A \times 10^{-3} \times (T_2 - 263)$$

$$\Rightarrow \frac{1000}{19} = T_2 - 263 \Rightarrow T_2 = 315/63\,K$$

$$\theta_2 = T_2 - 273 = 315/63 - 273 \Rightarrow \theta_2 = 42/63\,°C$$

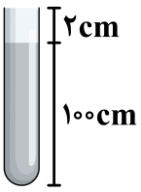
$$F_2 = 1/8\theta_2 + 32 \Rightarrow F_2 = 1/8 \times 42/63 + 32 \Rightarrow F_2 = 108/73\,°F$$

که متأسفانه پاسخ در گزینه‌ها وجود ندارد و نزدیک‌ترین مقدار به آن، گزینهٔ «۱» است.

* گویا طراح ارتفاع اولیهٔ بنزین را ۵m و ارتفاع ظرف را ۵۲۵cm درنظر گرفته است، که در این صورت $F_2 = 104°F$ به‌دست می‌آید.

پاسخ: گزینهٔ ۱

۴- مطابق شکل، درون یک لولهٔ شیشه‌ای تا ارتفاع ۱۰۰cm گلیسیرین ریخته‌ایم. اگر دمای لوله را ۹۰°F افزایش دهیم، آن‌گاه کدام گزینه صحیح است؟ ($1cm^2$ = مساحت مقطع لوله، $\beta_{\text{گلیسیرین}} = 5\times10^{-4}\frac{1}{K}$، $\alpha_{\text{شیشه}} = 10^{-5}\frac{1}{K}$ و از اتلاف انرژی گرمایی چشم‌پوشی کنید.)



۱) $2/5cm^3$ گلیسیرین از لوله بیرون می‌ریزد.

۲) $0/347cm^3$ گلیسیرین از لوله بیرون می‌ریزد.

۳) گلیسیرین در لوله در آستانهٔ سرریز شدن قرار می‌گیرد.

۴) $0/5cm^3$ از حجم لوله خالی می‌ماند.

پاسخ: گزینهٔ ۲ (سخت ـ محاسباتی ـ زمان‌بَر ۶ ـ صفحهٔ ۹۴ ـ ۱۰۰۴)

گام اول

ابتدا حجم اولیهٔ لوله، گلیسیرین داخل لوله و همچنین حجم خالی لوله را به‌دست می‌آوریم:

$$V_{1,\text{لوله}} = A \times h_{\text{لوله}} = 1\times102 = 102cm^3$$

$$V_{1,\text{گلیسیرین}} = A \times h_{\text{گلیسیرین}} = 1\times100 = 100cm^3$$

$$V_{\text{لولهٔ خالی}} = A \times h_{\text{خالی}} = ۱ \times ۲ = ۲cm^۳$$

گام دوم

حال مقدار افزایش دما را به کلوین تبدیل می‌کنیم:

$$\Delta F = ۱/۸\Delta T \xrightarrow{\Delta F = ۹۰°F} \Delta T = \frac{۹۰}{۱/۸} = ۵۰K$$

گام سوم

تغییر حجم لوله و گلیسیرین را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta V_{\text{لوله}} = V_{۱,\text{لوله}} \times ۳\alpha_{\text{لوله}} \times \Delta T = ۱۰۲ \times ۳ \times ۱۰^{-۵} \times ۵۰ = ۰/۱۵۳cm^۳$$

$$\Delta V_{\text{گلیسیرین}} = V_{۱,\text{گلیسیرین}} \times \beta_{\text{گلیسیرین}} \times \Delta T = ۱۰۰ \times ۵ \times ۱۰^{-۴} \times ۵۰ = ۲/۵cm^۳$$

گام آخر

تغییر حجم گلیسیرین بیش‌تر از مجموع تغییر حجم لوله و فضای خالی اولیهٔ آن است:

$$\Delta V_{\text{گلیسیرین}} - \Delta V_{\text{لوله}} - V_{\text{لولهٔ خالی}} = ۲/۵ - ۲ - ۰/۱۵۳ = ۰/۳۴۷cm^۳$$

بنابراین $۰/۳۴۷cm^۳$ گلیسیرین از لوله بیرون می‌ریزد.

انبساط مایع

بیش‌تر مایع‌ها نیز مانند جامدات با افزایش دما منبسط می‌شوند. انبساط مایع‌ها نیز به جنس مایع بستگی دارد اما چون ظرف محتوی مایع نیز انبساط می‌یابد، آنچه از انبساط مایع‌ها دیده می‌شود، انبساط ظاهری آن‌ها است.

تذکر

اگر در یک شیشه مانند شکل بالا، مقداری مایع وجود داشته باشد و به ظرف گرما دهیم، در چند ثانیهٔ اول مشاهده می‌شود که سطح مایع درون لوله پایین آمده و پس از مدتی شروع به بالارفتن می‌کند. علت این امر این است که شیشه، رسانای گرمای ضعیفی است؛ بنابراین ابتدا ظرف شیشه‌ای منبسط شده و حجم ظرف افزایش می‌یابد و سطح مایع که هنوز شروع به انبساط نکرده است، پایین می‌آید. با گذشت زمان، گرما به مایع می‌رسد و مایع منبسط می‌شود و در لوله از سطح اولیه هم بالاتر می‌رود. این موضوع نشان می‌دهد که ضریب انبساط حجمی مایع‌ها بیش‌تر از ضریب انبساط حجمی جامدها است.

برای محاسبهٔ حجم مایع سرریزشده، کافی است حجم نهایی مایع و ظرف را از هم کم کنیم:

حجم مایع سرریزشده: $\Delta V_{\text{سرریز}} = V_{۲\,\text{مایع}} - V_{۲\,\text{ظرف}}$

در مورد وضعیت مایع درون ظرف، ۳ حالت امکان‌پذیر است:

۱- $V_{۲\,\text{مایع}} > V_{۲\,\text{ظرف}}$ ← مایع سرریز می‌شود.

۲- $V_{۲\,\text{مایع}} = V_{۲\,\text{ظرف}}$ ← ظرف به‌طور کامل پر از مایع شده و مایع سرریز نمی‌شود.

۳- $V_{۲\,\text{مایع}} < V_{۲\,\text{ظرف}}$ ← ظرف سرخالی مانده (پر نشده است).

در حالتی که در ابتدا ظرف به‌طور کامل از مایع پر شده است، چون حجم اولیهٔ ظرف و مایع برابر است، حجم مایع سرریزشده را می‌توان از رابطهٔ زیر محاسبه کرد:

$$\Delta V_{\text{سرریز}} = \Delta V_{\text{مایع}} - \Delta V_{\text{ظرف}} \Rightarrow \Delta V_{\text{سرریز}} = V_{۱}(\beta_{\text{مایع}} - ۳\alpha_{\text{ظرف}})\Delta T$$

یه نمونهٔ باحال

ظرفی به حجم $۲L$ کاملاً لبریز از الکل است. دمای مجموعه را $۵۰°C$ بالا می‌بریم. چند میلی‌لیتر الکل از ظرف بیرون می‌ریزد؟ (ضریب انبساط طولی ظرف و ضریب انبساط حجمی الکل به‌ترتیب $۱۰^{-۵}$ و $۱۰^{-۴}$ واحد SI است.)

پاسخ تشریحی:

دراثر افزایش دما، هم حجم الکل و هم حجم ظرف زیاد می‌شود؛ بنابراین کافی است افزایش حجم هر دو را محاسبه کنیم. اختلاف این دو مقدار برابر حجم الکل بیرون‌ریخته است.

$$\Delta V_{\text{الکل}} = V_{۱}\beta\Delta\theta = ۲\times۱۰^{-۴}\times۵۰ = ۰/۰۱L = ۱۰mL$$

$$\Delta V_{\text{ظرف}} = V_{۱}(۳\alpha)\Delta\theta = ۲\times۳\times۱۰^{-۵}\times۵۰ = ۰/۰۰۳L = ۳mL$$

$$\Rightarrow \text{حجم الکل بیرون‌ریخته} = ۱۰ - ۳ = ۷mL$$

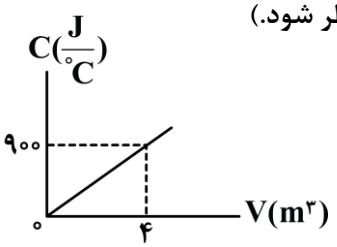
۵- در دستگاه‌های گرم‌کننده و خنک‌کننده، معمولاً از ..... استفاده می‌کنند؛ زیرا ..... دارد.

۱) آب ـ چگالی بالایی ۲) روغن ـ چگالی بالایی ۳) آب ـ گرمای ویژهٔ بالایی ۴) روغن ـ گرمای ویژهٔ بالایی

پاسخ: گزینهٔ ۳ (آسان ـ حفظی/مفهومی ـ سریع ـ صفحهٔ ۹۹ ـ ۱۰۰۴)

طبق متن کتاب درسی، در دستگاه‌های گرم‌کننده و خنک‌کننده معمولاً از **آب** استفاده می‌کنند؛ زیرا **گرمای ویژهٔ بالایی** دارد.

۶- در شکل زیر، نمودار ظرفیت گرمایی جسمی به چگالی $۲/۵\frac{kg}{m^۳}$ برحسب حجم آن رسم شده است. اگر به ۲۰۰g از این جسم مقدار ۰/۹kJ گرما بدهیم، دمای آن چند کلوین افزایش می‌یابد؟ (از اتلاف انرژی گرمایی صرف‌نظر شود.)



۱) ۲۵
۲) ۳۵
۳) ۵۰
۴) ۴۵

پاسخ: گزینهٔ ۳ (متوسط ـ نموداری ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۹۸ ـ ۱۰۰۴)

گام اول

ابتدا ظرفیت گرمایی ویژهٔ جسم را می‌یابیم:

$$c = \frac{C}{m} = \frac{C}{\rho V} = \frac{۹۰۰}{۲/۵\times۴} = ۹۰\frac{J}{kg°C}$$

گام آخر

مقدار افزایش دمای جسم برابر است با:

$$Q = mc\Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = \frac{Q}{mc} = \frac{۰/۹\times۱۰^{۳}}{۲۰۰\times۱۰^{-۳}\times۹۰} = ۵۰°C$$

$$\Rightarrow \Delta T = \Delta\theta = ۵۰K$$

گرما

گرما (Q): انرژی‌ای است که به‌دلیل اختلاف دما از جسم گرم به جسم سرد منتقل می‌شود.

یکای گرما:

$$1cal = 4/186J \qquad \text{یکای گرما} = J = \frac{kgm^2}{s^2} = N.m$$

گرما یک کمیت نرده‌ای و فرعی است.

اشاره‌کردن به گرمای موجود در یک جسم اشتباه است، چون گرما مربوط به انرژی درحال گذار است.

عبارت نادرست	عبارت درست
جسم دارای ۲۰ ژول گرما است.	جسم ۲۰ ژول گرما از دست داده یا گرفته است.
گرمای جسم زیاد شده است.	۲۰ ژول گرما به جسم منتقل شده است.
گرمای جسم A از جسم B بیش‌تر است.	گرما از جسم A به جسم B منتقل شده است.

اگر به جسمی گرما بدهیم دو حالت امکان‌پذیر است:

حالت اول) دمای جسم تغییر کند ولی حالت (فاز) ثابت بماند.

حالت دوم) دمای جسم ثابت بماند ولی حالت (فاز) تغییر کند.

امکان ندارد تغییر دما و تغییر حالت، هم‌زمان باهم اتفاق بیفتد.

در حالت اول اگر گرما باعث تغییر دمای جسم شود، فاز یا حالت ثابت می‌ماند:

$$Q = C\Delta T \qquad Q = mc\Delta T$$

Q: انرژی گرمایی $\quad m$: جرم $\quad c$: گرمای ویژه $\quad \Delta T$: تغییر دما $\quad C$: ظرفیت گرمایی

سازگاری یکاها: یکای گرمای ویژه را مبنای انتخاب سایر یکاها قرار دهید:

الف) یکاها در SI

$$\underset{\uparrow}{J} = \underset{\uparrow}{kg}\ \underset{\uparrow}{\frac{J}{kg.K}}\ \underset{\uparrow}{K}$$

$$Q = m\ c\ \Delta T$$

ب) یکاهای متداول

$$\underset{\uparrow}{cal} = \underset{\uparrow}{g}\ \underset{\uparrow}{\frac{cal}{g°C}}\ \underset{\uparrow}{°C}$$

$$Q = m\ c\ \Delta T$$

علامت گرما:

۱- اگر به جسم گرما بدهیم، ← انرژی جنبشی ذرات سازندهٔ آن زیاد می‌شود؛ ← انرژی درونی جسم افزایش می‌یابد؛ ← دمای جسم بالا می‌آید.

$$\uparrow T \Rightarrow T_2 > T_1 \Rightarrow Q > 0$$

۲- اگر از جسم گرما بگیریم، ← انرژی جنبشی ذرات سازندهٔ آن کم می‌شود؛ ← انرژی درونی جسم کاهش می‌یابد؛ ← دمای جسم پایین می‌آید.

$$\downarrow T \Rightarrow T_2 < T_1 \Rightarrow Q < 0$$

۷- گلوله‌ای از یک بلندی به ارتفاع ۴۰ متر با سرعت $40\frac{m}{s}$ به سمت پایین پرتاب شده و پس از برخورد به زمین متوقف می‌شود. اگر ۲۵ درصد انرژی گلوله، صرف افزایش دمای گلوله شود، دمای گلوله چند درجهٔ سلسیوس بالا می‌رود؟ ($c = 300\frac{J}{kg.K}$ و $g = 10\frac{N}{kg}$)

۱) ۰/۲۵ ۲) ۰/۵ ۳) ۰/۷۵ ۴) ۱

پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۹۸ ـ ۱۰۰۴)

گرمایی که صرف افزایش دمای گلوله می‌شود از رابطهٔ $Q = mc\Delta\theta$ و انرژی گلوله در لحظهٔ برخورد با زمین از رابطهٔ $E = mgh + \frac{1}{2}mv^2$ به‌دست می‌آید. با توجه به صورت سؤال می‌توان نوشت:

$$Q = \frac{25}{100}E$$

$$\Rightarrow mc\Delta\theta = \frac{1}{4}(mgh + \frac{1}{2}mv^2)$$

$$\Rightarrow c\Delta\theta = \frac{1}{4}(gh + \frac{1}{2}v^2)$$

$$\Rightarrow 300\Delta\theta = \frac{1}{4}(400 + 800) \Rightarrow 300\Delta\theta = 300 \Rightarrow \Delta\theta = 1^\circ C$$

۸- یک قطعه مس با جرم ۵۰g و دمای ۸۱°C را در ظرف عایقی که حاوی ۱۰۰g آب با دمای ۱۵°C است، می‌اندازیم. دمای تعادل چند درجهٔ سلسیوس می‌شود؟ $(c_{\text{آب}} = 4200\frac{J}{kg.K}, c_{\text{مس}} = 400\frac{J}{kg.K})$

۱) ۱۸ ۲) ۲۰ ۳) ۲۲ ۴) ۲۸

پاسخ: گزینهٔ ۱ (متوسط ـ محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۱۰۱ ـ ۱۰۰۴)

چون سیستم به تعادل گرمایی رسیده و با توجه به قانون پایستگی انرژی، مجموع گرمای مبادله‌شده برابر با صفر است؛ بنابراین داریم:

$$Q_{\text{آب}} + Q_{\text{مس}} = 0$$

$$\Rightarrow m_{\text{آب}}c_{\text{آب}}(\theta_e - \theta_{\text{آب}}) + m_{\text{مس}}c_{\text{مس}}(\theta_e - \theta_{\text{مس}}) = 0$$

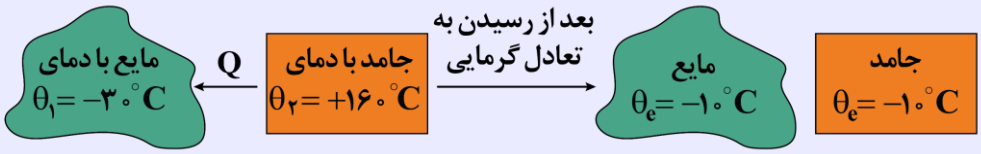
$$\Rightarrow 100 \times 4200(\theta_e - 15) + 50 \times 400(\theta_e - 81) = 0$$

$$\Rightarrow 42(\theta_e - 15) + 2(\theta_e - 81) = 0$$

$$\Rightarrow 44\theta_e = 630 + 162 = 792 \Rightarrow \theta_e = \frac{792}{44} = 18^\circ C$$

تعادل گرمایی

اگر دو یا چند جسم با دماهای مختلف در تماس با یکدیگر قرار گیرند، پس از مدتی هم‌دما می‌شوند؛ یعنی دمای آن‌ها به مقدار یکسانی می‌رسد. به این دما، دمای تعادل می‌گویند.



۲- بعد از تعادل گرمایی، گرمای خالصی بین دو جسم مبادله نمی‌شود.

۱- قبل از تعادل گرمایی، گرما از جسم گرم‌تر به جسم سردتر منتقل می‌شود.

بنابر قانون پایستگی انرژی، همان‌قدر که اجسام گرم انرژی از دست می‌دهند، اجسام سرد انرژی می‌گیرند، پس جمع جبری این Qها صفر می‌شود:

$$Q_1 + Q_2 + \cdots = 0$$

روش کلی:

$$|Q_{\text{داده شده}}| = |Q_{\text{گرفته شده}}|$$

۱- اجسامی که دمای آن‌ها بالاتر است گرما از دست می‌دهند، پس علامت گرما برای آن‌ها منفی است $(Q<0)$.

۲- اجسامی که دمای آن‌ها پایین‌تر است گرما می‌گیرند، پس علامت گرما برای آن‌ها مثبت است $(Q>0)$.

در تعادل گرمایی، گرچه اجسام به دمای یکسان می‌رسند ولی فاز (حالت) آن‌ها ممکن است یکسان نباشد.

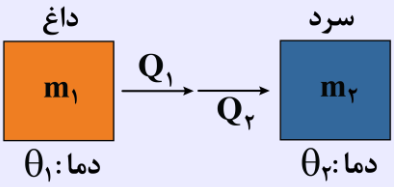
هرچه اختلاف دمای بین دو جسم بیش‌تر باشد، گرما با آهنگ بیش‌تری بین آن‌ها منتقل می‌شود.

تعادل گرمایی بدون تغییر فاز

در این حالت، خبری از ذوب‌شدن، تبخیرشدن و سایر تغییر حالت‌های ماده نیست؛ بنابراین فقط گرماهایی به فرم $Q=mc\Delta\theta$ در این سؤالات وجود دارد و درنتیجه حل‌کردن آن‌ها چندان دشوار نیست.

روش حل مسئله:

مطابق شکل، فرض کنید که دو جسم داغ و سرد در نزدیکی هم قرار دارند تا به تعادل برسند. اگر گرمای مبادله‌شدهٔ هریک از آن‌ها به‌ترتیب Q_1 و Q_2 باشد، مطابق اصل پایستگی انرژی، مجموع این گرماها باید صفر باشد:



$$Q_1+Q_2=0 \Rightarrow m_1c_1(\theta-\theta_1)+m_2c_2(\theta-\theta_2)=0$$

اگر تعداد جسم‌ها بیش‌تر شد، کافی است رابطهٔ بالا را تعمیم دهیم.

$$Q_1+Q_2+Q_3+\cdots=0 \Rightarrow m_1c_1(\theta-\theta_1)+m_2c_2(\theta-\theta_2)+m_3c_3(\theta-\theta_3)+\cdots=0$$

در رابطهٔ بالا رعایت SI لازم نیست و تنها کافی است که تمام گرماهای مبادله‌شده، جرم‌ها، گرماهای ویژه و دماها، واحدهای یکسان داشته باشند.

یه نمونهٔ باحال

یک قطعهٔ ۱۰۰ گرمی از مس که دمای آن $90^\circ C$ است در ظرفی که حاوی ۲۰۰ گرم آب در دمای $20^\circ C$ است می‌اندازیم، دمای تعادل را حساب کنید. (گرمای ویژهٔ آب و مس به‌ترتیب $4200\frac{J}{kg.K}$ و $380\frac{J}{kg.K}$ است و از اتلاف گرما صرف‌نظر شود.)

پاسخ تشریحی:

$$m_1=100g=0/1kg\ ,\ c_1=380\frac{J}{kg.K}\ ,\ \theta_1=90^\circ C$$

$$m_2=200g=0/2kg\ ,\ c_2=4200\frac{J}{kg.K}\ ,\ \theta_2=20^\circ C$$

$$Q_1=m_1c_1(\theta-\theta_1)\ ,\ Q_2=m_2c_2(\theta-\theta_2) \Rightarrow Q_1+Q_2=0 \Rightarrow m_1c_1(\theta-\theta_1)+m_2c_2(\theta-\theta_2)=0$$

$$\Rightarrow 0/1\times 380(\theta-90)+0/2\times 4200(\theta-20)=0 \Rightarrow \theta\simeq 23^\circ C$$

یه نمونهٔ باحال

$2kg$ آب $20^\circ C$ را با $3kg$ آب $70^\circ C$ مخلوط می‌کنیم. دمای نهایی آب چند درجهٔ سلسیوس می‌شود؟

پاسخ تشریحی:

پایستگی انرژی: $Q_1+Q_2=0 \Rightarrow m_1c_1(\theta-\theta_1)+m_2c_2(\theta-\theta_2)=0$

$$\Rightarrow 2\times c_{آب}\times(\theta-20)+3\times c_{آب}\times(\theta-70)=0$$

$$\Rightarrow 2\theta-40+3\theta-210=0 \Rightarrow 5\theta=250 \Rightarrow \theta=50^\circ C$$

نتیجه: هنگامی که دو مادهٔ هم‌جنس می‌خواهند به تعادل برسند، گرمای ویژهٔ آن‌ها اهمیت ندارد و در روابط ساده می‌شود.

کنکور سراسری تجربی تیرماه ۱۴۰۲

۷۱- در ظرفی عایق حاوی ۵۲۰ گرم آب $15°C$، یک قطعه مس به جرم $100g$ به دمای $50°C$ و یک قطعه فلز دیگر به دمای $60°C$ می‌اندازیم. پس از برقراری تعادل گرمایی، دمای تعادل به $20°C$ می‌رسد. با چشم‌پوشی از تبادل گرما بین ظرف و سایر اجسام، ظرفیت گرمایی فلز در SI چقدر است؟ ($c_{مس} = 400 \frac{J}{kg \cdot °C}$ و $c_{آب} = 4200 \frac{J}{kg.°C}$)

۱) ۱۲۴ ۲) ۲۴۳ ۳) ۲۴۳۰۰۰ ۴) ۱۲۴۰۰۰

پاسخ تشریحی:

با استفاده از پایستگی انرژی می‌توان نوشت:

$$Q_{آب} + Q_{مس} + Q_{فلز} = 0$$

$$\Rightarrow m_{آب}c_{آب}\Delta\theta_{آب} + m_{مس}c_{مس}\Delta\theta_{مس} + C_{فلز}\Delta\theta_{فلز} = 0$$

$$\Rightarrow 0/52 \times 4200 \times (20-15) + 0/1 \times 400 \times (20-50) + C_{فلز}(20-60) = 0$$

$$\Rightarrow C_{فلز} = 243 \frac{J}{K}$$

پاسخ: گزینهٔ ۲

نکات

۱- اگر چند جسم به جرم‌های m_1، m_2، m_3 و ... و دمای اولیهٔ θ_1، θ_2، θ_3 و ... و گرمای ویژهٔ c_1، c_2، c_3 و ... باهم مخلوط شوند درصورتی‌که تغییر حالت (ذوب، انجماد، میعان و ...) رخ ندهد و از اتلاف گرما صرف‌نظر شود، دمای تعادل از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$\theta = \frac{m_1c_1\theta_1 + m_2c_2\theta_2 + m_3c_3\theta_3 + \cdots}{m_1c_1 + m_2c_2 + m_3c_3 + \cdots}$$

✓ اگر در حالت فوق، همهٔ اجسام از یک نوع ماده باشند، در این صورت $c_1 = c_2 = c_3 = \cdots$ و درنتیجه دمای تعادل از رابطهٔ زیر تعیین می‌شود:

$$\theta = \frac{m_1\theta_1 + m_2\theta_2 + m_3\theta_3 + \cdots}{m_1 + m_2 + m_3 + \cdots}$$

۲- اگر چگالی و حجم مواد، داده شده باشد، با توجه به رابطهٔ $m = \rho V$، دمای تعادل برابر است با:

$$\theta = \frac{\rho_1V_1c_1\theta_1 + \rho_2V_2c_2\theta_2 + \cdots}{\rho_1V_1c_1 + \rho_2V_2c_2 + \cdots}$$

✓ درصورتی‌که دو ماده هم‌جنس باشند، ρ و c آن‌ها برابر است؛ بنابراین دمای تعادل از روابط زیر سریع و راحت محاسبه می‌شود:

$$\theta = \frac{m_1\theta_1 + m_2\theta_2}{m_1 + m_2} \quad \text{یا} \quad \theta = \frac{V_1\theta_1 + V_2\theta_2}{V_1 + V_2}$$

۳- اگر دو مایع از یک جنس به جرم‌های m_1 و $m_2 = km_1$ و یا حجم‌های V_1 و $V_2 = kV_1$ با دماهای θ_1 و θ_2 را باهم مخلوط کنیم و تغییرات حجم ناچیز باشد، دمای تعادل از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$\theta = \frac{\theta_1 + k\theta_2}{1 + k}$$

یه نمونهٔ باحال

در ظرفی ۵۰۰ گرم آب ۱۰ درجهٔ سلسیوس موجود است. یک قطعه فلز به جرم $1kg$ و دمای $100°C$ را در آن می‌اندازیم. اگر گرمای ویژهٔ فلز و ظرف $300 \frac{J}{kg.K}$ و گرمای ویژهٔ آب $4200 \frac{J}{kg.K}$ باشد، دمای تعادل را تعیین کنید. (جرم ظرف $2kg$ می‌باشد.)

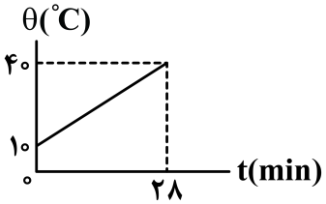
پاسخ تشریحی:

چون آب از قبل درون ظرف قرار دارد و دمای آب به $۱۰°C$ رسیده است؛ بنابراین آب و ظرف ابتدا در دمای $۱۰°C$ به تعادل رسیده‌اند و $\theta_۱$ ظرف و آب، هر دو $۱۰°C$ است.

$$\theta=\frac{m_۱c_۱\theta_۱+m_۲c_۲\theta_۲+m_۳c_۳\theta_۳}{m_۱c_۱+m_۲c_۲+m_۳c_۳}$$

$$\theta=\frac{۰/۵\times۴۲۰۰\times۱۰+۱\times۳۰۰\times۱۰۰+۲\times۳۰۰\times۱۰}{۰/۵\times۴۲۰۰+۱\times۳۰۰+۲\times۳۰۰}\Rightarrow\theta=۱۹°C$$

۹- یک گرمکن الکتریکی را درون $۴kg$ آب $۱۰°C$ قرار می‌دهیم. شکل زیر، نمودار دما را برحسب زمان برای این مقدار آب نشان می‌دهد. اگر ۸۰ درصد گرمای تولیدی توسط گرمکن جذب آب شود، توان گرمکن چند وات است؟ $(c=۴۲۰۰\frac{J}{kg.K})$



۱) ۳۷۵

۲) ۶۰۰

۳) ۷۵۰

۴) ۴۵۰۰

پاسخ: گزینهٔ ۱ (متوسط ـ نموداری ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۱۱۰ ـ ۱۰۰۴)

۸۰ درصد گرمای تولیدی گرمکن $(Q=Pt)$ در مدت ۲۸ دقیقه، دمای آب را از $۱۰°C$ به $۴۰°C$ می‌رساند؛ بنابراین می‌توان نوشت:

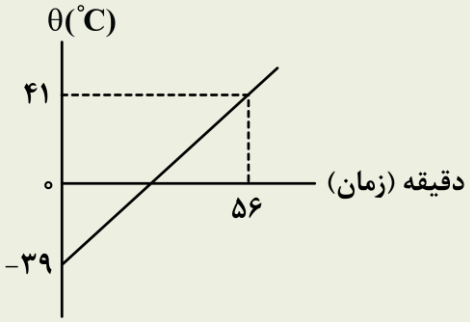
$$Q=\frac{۸۰}{۱۰۰}P.t=mc\Delta\theta$$

$$\Rightarrow\frac{۸۰}{۱۰۰}\times P\times۲۸\times۶۰=۴\times۴۲۰۰\times۳۰$$

$$\Rightarrow P=\frac{۴\times۴۲۰۰\times۳۰}{۸\times۲۸\times۶}=\frac{۱}{۲}\times۱۵۰\times۵=۳۷۵W$$

کنکور سراسری ریاضی خارج از کشور ۱۳۹۹

به مایعی به جرم ۵۰۰ گرم در هر دقیقه $۱۰۰J$ گرما می‌دهیم. اگر نمودار تغییرات دما برحسب زمان به‌صورت شکل زیر باشد، گرمای ویژهٔ مایع در SI، کدام است؟



۱) ۱۴۰

۲) ۱۶۰

۳) ۲۸۰

۴) ۳۲۰

پاسخ تشریحی:

گام اول: با یک تناسب می‌توان مقدار افزایش دما در هر دقیقه را محاسبه کرد:

زمان (دقیقه)	تغییر دما (°C)
۵۶	۸۰
۱	$\Delta\theta$

$$\Rightarrow\Delta\theta=\frac{۸۰}{۵۶}=\frac{۱۰}{۷}°C$$

گام دوم: حال می‌توان گرمای ویژه جسم را محاسبه کرد:

$$Q=mc\Delta\theta\Rightarrow۱۰۰=۰/۵\times c\times\frac{۱۰}{۷}\Rightarrow c=۱۴۰\frac{J}{kg.K}$$

پاسخ: گزینهٔ ۱

۱۰- m کیلوگرم آب $۸۰^\circ C$ را با یک کیلوگرم آب $۲۰^\circ C$ مخلوط کرده و درنتیجه دمای تعادل سیستم $۵۰^\circ C$ می‌شود. در مدت‌زمان تبادل گرما ۲۵۲kJ گرما از ظرف به محیط خارج داده می‌شود. m چند کیلوگرم است؟ $(c_{آب} = ۴۲۰۰ \frac{J}{kg.K})$

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ: گزینهٔ ۳ (متوسط ـ محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۱۰۰ ـ ۱۰۰۴)

۲۵۲۰۰۰+گرمایی که آب $۲۰^\circ C$ دریافت می‌کند = گرمایی که آب ۸۰° از دست می‌دهد.

$$\Rightarrow m \times ۴۲۰۰ \times (۸۰ - ۵۰) = ۱ \times ۴۲۰۰ \times (۵۰ - ۲۰) + ۲۵۲۰۰۰$$

$$\Rightarrow ۱۲۶۰۰۰m = ۱۲۶۰۰۰ + ۲۵۲۰۰۰ \Rightarrow m = ۳kg$$

۱- کدام موارد از عبارت‌های زیر نادرست است؟

الف ـ در بین فرایندهای ذوب، میعان و چگالش، دو فرایند گرماگیر وجود دارد.

ب ـ آهنگ رخ‌دادن تبخیر سطحی به عواملی همچون دما و مساحت سطح مایع بستگی دارد.

ج ـ معمولاً کاهش فشار وارد بر جسم سبب بالارفتن نقطهٔ ذوب جسم می‌شود، اما در برخی مواد مانند یخ، کاهش فشار به کاهش نقطهٔ ذوب می‌انجامد.

د ـ به فرایند تبخیر تا پیش از رسیدن به نقطهٔ جوش، تبخیر سطحی و به فرایند تبخیر در نقطهٔ جوش، اصطلاحاً جوشیدن می‌گویند.

۱) «الف» و «ج» ۲) «الف» و «د» ۳) «ب» و «ج» ۴) «ب» و «د»

پاسخ: گزینهٔ ۱ (آسان ـ حفظی/مفهومی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۱۰۴ ـ ۱۰۰۴)

عبارت‌های «الف» و «ج» نادرست و عبارت‌های «ب» و «د» صحیح هستند.

بررسی موارد نادرست:

الف) در بین فرایندهای ذوب، میعان و چگالش، **فقط فرایند ذوب** گرماگیر است.

ج) معمولاً **افزایش** فشار وارد بر جسم سبب بالارفتن نقطهٔ ذوب جسم می‌شود؛ اما در برخی مواد مانند یخ، **افزایش** فشار به کاهش نقطهٔ ذوب می‌انجامد.

۲- به یک مکعب توپر مسی و یک کرهٔ توپر مسی به یک اندازه گرما می‌دهیم. اگر تغییر دمای مکعب نصف تغییر دمای کره باشد، ضلع مکعب چند برابر قطر کره است؟ $(\pi = ۳)$

۱) ۰/۵ ۲) ۱ ۳) ۲ ۴) ۱/۵

پاسخ: گزینهٔ ۲ (متوسط ـ محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۹۸ ـ ۱۰۰۴)

کام اول

با استفاده از رابطهٔ $Q = mc\Delta\theta$، جرم دو جسم را مقایسه می‌کنیم:

$$Q = mc\Delta\theta \xrightarrow[\text{هم‌جنس}]{c\ \text{یکسان}} \frac{Q_{\text{مکعب}}}{Q_{\text{کره}}} = \frac{m_{\text{مکعب}}}{m_{\text{کره}}} \times \frac{\Delta\theta_{\text{مکعب}}}{\Delta\theta_{\text{کره}}}$$

$$\Rightarrow ۱ = \frac{m_{\text{مکعب}}}{m_{\text{کره}}} \times \frac{۱}{۲} \Rightarrow \frac{m_{\text{مکعب}}}{m_{\text{کره}}} = ۲$$

گام دوم

به کمک رابطهٔ $\rho=\frac{m}{V}$ حجم دو جسم را مقایسه می‌کنیم:

$$\rho=\frac{m}{V}\xrightarrow[\text{هم‌جنس}]{\rho\ \text{یکسان}}\frac{V_{\text{مکعب}}}{V_{\text{کره}}}=\frac{m_{\text{مکعب}}}{m_{\text{کره}}}=۲$$

گام آخر

درنهایت ضلع مکعب و قطر کره را مقایسه می‌کنیم:

$$\begin{cases}V_{\text{مکعب}}=a^{۳}\\ V_{\text{کره}}=\frac{۴}{۳}\pi R^{۳}=۴R^{۳}\end{cases}\Rightarrow\frac{V_{\text{مکعب}}}{V_{\text{کره}}}=\frac{a^{۳}}{۴R^{۳}}=۲\Rightarrow a^{۳}=۸R^{۳}\Rightarrow a=۲R\Rightarrow\frac{a}{۲R}=\frac{a}{D}=۱$$

۳- ۵۰۰ گرم نقره با دمای $۶۰^{\circ}C$ درون یک کوره با توان ورودی $۵kW$ و بازدهٔ ۶۸ درصد قرار دارد. حداقل چند ثانیه طول می‌کشد تا کل نقره به‌طور کامل ذوب شود؟

نقطهٔ ذوب نقره $(^{\circ}C)$	گرمای نهان ذوب نقره $(\frac{kJ}{kg})$	گرمای ویژهٔ نقره $(\frac{J}{kg.K})$
۹۶۰	۹۰	۲۴۰

۱) ۳۰/۶ ۲) ۳۵ ۳) ۴۵ ۴) ۵۵

پاسخ: گزینهٔ ۳ (متوسط ـ محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۱۱۰ ـ ۱۰۰۴)

گام اول

توان مفید کوره را به‌دست می‌آوریم:

$$Ra=\frac{P_{\text{مفید}}}{P_{\text{کل}}}\times۱۰۰\Rightarrow۶۸=\frac{P_{\text{مفید}}}{۵۰۰۰}\times۱۰۰\Rightarrow P_{\text{مفید}}=۳۴۰۰W$$

گام دوم

با توجه به این‌که نقطهٔ ذوب نقره $۹۶۰^{\circ}C$ است، مراحل این فرایند را می‌نویسیم و مجموع گرمای لازم جهت ذوب کامل نقره را محاسبه می‌کنیم:

$$\boxed{\text{نقره با دمای } ۶۰^{\circ}C}\xrightarrow[Q_{۱}=mc\Delta\theta]{\text{تغییر دما}}\boxed{\text{نقره با دمای } ۹۶۰^{\circ}C}\xrightarrow[Q_{۲}=mL_F]{\text{تغییر حالت}}\boxed{\text{نقرهٔ مذاب با دمای } ۹۶۰^{\circ}C}$$

$$Q=Q_{۱}+Q_{۲}=۰/۵\times۲۴۰\times(۹۶۰-۶۰)+۰/۵\times۹۰\times۱۰^{۳}=۱۵۳۰۰۰J$$

کام آخر

درنهایت به کمک رابطهٔ $P=\frac{Q}{t}$، داریم:

$$P=\frac{Q}{t}\Rightarrow ۳۴۰۰=\frac{۱۵۳۰۰۰}{t}\Rightarrow t=۴۵s$$

سوتی‌های پرتکرار

اگه به بازدهٔ کوره توجه نکرده باشی گزینهٔ «۱» رو زدی!

ذوب و انجماد

در فرایند ذوب، جسم جامد گرما می‌گیرد تا در دمای ثابت، حالت آن از جامد به مایع تغییر کند. گرما در این حالت برابر است با:

$$Q_F=+mL_F \qquad L_F \text{ یکای } : \frac{J}{kg}$$

در رابطهٔ بالا، L_F گرمای نهان ویژهٔ ذوب و انجماد است که وابسته به جنس ماده است.

گرمای نهان ویژهٔ ذوب: مقدار گرمایی است که یک کیلوگرم از جسم جامد می‌گیرد تا بدون تغییر دما در نقطهٔ ذوب به مایع تبدیل شود.

در فرایند انجماد، مایع گرما از دست می‌دهد تا در دمای ثابت، حالت آن از مایع به جامد تبدیل شود. گرمای مبادله‌شده در این حالت، قرینهٔ گرمای لازم برای ذوب است:

$$Q_{\text{انجماد}}=-mL_F\Rightarrow Q_{\text{انجماد}}<۰$$

تبخیر و میعان

در فرایند تبخیر، مایع گرما می‌گیرد تا در دمای ثابت، حالت آن از مایع به بخار (گاز) تغییر کند. دقت کنید که تبخیر در هر دمایی می‌تواند رخ دهد. برای محاسبهٔ گرمای تبخیر داریم:

$$Q_V=mL_V \qquad L_V \text{ یکای}: \frac{J}{kg}$$

در رابطهٔ بالا، L_V گرمای نهان ویژهٔ تبخیر و میعان است که وابسته به جنس ماده و دمای آن است.

گرمای نهان ویژهٔ تبخیر: مقدار گرمایی است که یک کیلوگرم از مایع می‌گیرد تا بدون تغییر دما به بخار تبدیل شود.

در فرایند میعان که برعکس تبخیر است، گاز گرما از دست می‌دهد تا در دمای ثابت به مایع تبدیل شود. گرمای مبادله‌شده در این حالت، قرینهٔ گرمای لازم برای تبخیر است و به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$Q_{\text{میعان}}=-mL_V\Rightarrow Q_{\text{میعان}}<۰$$

یه نمونهٔ باحال

به $۲kg$ آب $۴۵°C$ گرما می‌دهیم تا به‌طور کامل به بخار آب $۱۰۰°C$ تبدیل شود. چه کسری از گرمای داده‌شده به آب صرف تغییر حالت آن شده است؟ $(L_V=۲۳۱۰\frac{kJ}{kg}$ و $c_{\text{آب}}=۴۲۰۰\frac{J}{kg.K})$

پاسخ تشریحی:

ابتدا توجه کنید که دما و حالت جسم مطابق شکل زیر تغییر می‌کند:

$$Q_۱=mc\Delta\theta=۲\times۴۲۰۰\times۵۵=۱۱۰\times۴۲۰۰J$$

$$Q_۲=mL_V=۲\times\overbrace{۲۳۱۰}^{۵۵\times۴۲}\times۱۰^۳=۱۱۰۰\times۴۲۰۰J$$

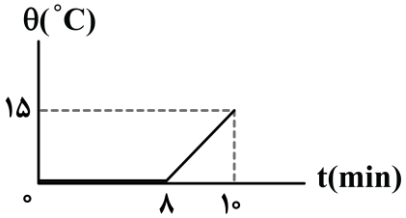
$$\Rightarrow Q_{\text{کل}}=Q_۱+Q_۲=۱۱۰\times۴۲۰۰+۱۱۰۰\times۴۲۰۰=۱۲۱۰\times۴۲۰۰J$$

در ادامه نسبت گرمای تغییر حالت $(Q_۲)$ را به کل گرما می‌خواهیم:

$$\frac{Q_۲}{Q_{\text{کل}}}=\frac{۱۱۰۰\times۴۲۰۰}{۱۲۱۰\times۴۲۰۰}=\frac{۱۱۰}{۱۲۱}=\frac{۱۰}{۱۱}$$

بنابراین $\frac{۱۰}{۱۱}$ گرما صرف تغییر حالت و $\frac{۱}{۱۱}$ آن صرف تغییر دما شده است.

۴- به مخلوطی از آب و یخ توسط یک گرمکن گرما می‌دهیم. اگر نمودار تغییر دمای مخلوط برحسب زمان به‌صورت شکل زیر باشد، چند درصد جرم مخلوط اولیه یخ است؟ $(L_F = ۳۳۶\frac{J}{g}\ ,\ c_{آب} = ۴۲۰۰\frac{J}{kg°C})$



۱) ۲۵
۲) ۵۰
۳) ۷۵
۴) ۸۰

گزینهٔ ۳ (متوسط ـ نموداری ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۱۱۰ ـ ۱۰۰۴)

گام اول

نسبت گرمای لازم برای ذوب یخ به گرمای لازم برای افزایش دمای آب را به‌دست می‌آوریم:

$$Q = Pt \xrightarrow{P\ ثابت} \frac{Q_۱}{Q_۲} = \frac{t_۱}{t_۲} \xrightarrow[t_۲=۲min]{t_۱=۸min} \frac{Q_۱}{Q_۲} = \frac{۸}{۲} = ۴$$

گام آخر

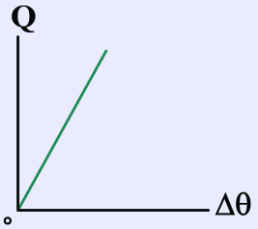
درصد جرم یخ نسبت به جرم کل مخلوط اولیه را به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{Q_۱}{Q_۲} = \frac{m_{یخ}L_F}{m_{کل}c\Delta\theta} \Rightarrow ۴ = \frac{m_{یخ} \times ۳۳۶۰۰۰}{m_{کل} \times ۴۲۰۰ \times ۱۵} \Rightarrow \frac{m_{یخ}}{m_{کل}} = \frac{۳}{۴}$$

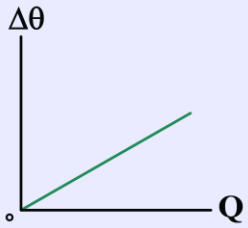
$$\Rightarrow \frac{m_{یخ}}{m_{کل}} \times ۱۰۰ = \frac{۳}{۴} \times ۱۰۰ = ۷۵\%$$

نمودارهای دما برحسب گرما

می‌توان نمودار گرما برحسب تغییر دما و نمودار تغییر دما برحسب گرما در حالتی که با مبادلهٔ گرما، دمای جسم تغییر می‌کند را به‌صورت زیر رسم کرد:



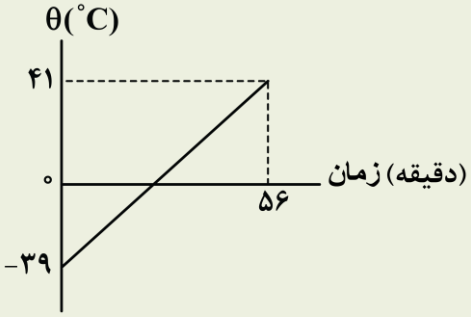
$$Q = \underbrace{mc}_{شیب\ خط}\Delta\theta \Rightarrow شیب\ خط = mc = C$$



$$Q = mc\Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = \underbrace{\frac{۱}{mc}}_{شیب\ خط} \times Q \Rightarrow شیب\ خط = \frac{۱}{mc} = \frac{۱}{C}$$

آزمون سراسری ریاضی خارج از کشور ۱۳۹۹

به مایعی به جرم ۵۰۰ گرم در هر دقیقه ۱۰۰J گرما می‌دهیم. اگر نمودار تغییرات دما برحسب زمان به‌صورت شکل زیر باشد، گرمای ویژهٔ مایع در SI، کدام است؟



۱) ۱۴۰

۲) ۱۶۰

۳) ۲۸۰

۴) ۳۲۰

پاسخ تشریحی:

گام اول: با یک تناسب می‌توان مقدار افزایش دما در هر دقیقه را محاسبه کرد:

زمان (دقیقه)	تغییر دما (°C)
۵۶	۸۰
۱	$\Delta\theta$

$$\Rightarrow \Delta\theta = \frac{۸۰}{۵۶} = \frac{۱۰}{۷}\,°C$$

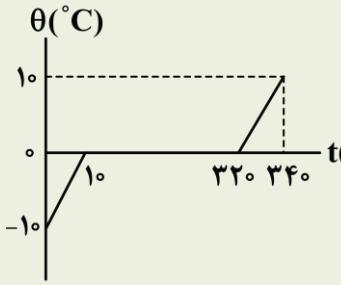
گام دوم: حال می‌توان گرمای ویژه جسم را محاسبه کرد:

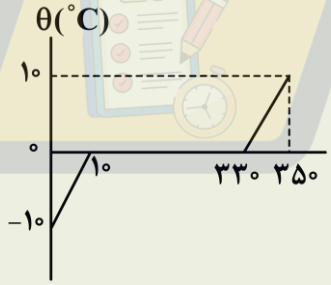
$$Q = mc\Delta\theta \Rightarrow ۱۰۰ = ۰/۵ \times c \times \frac{۱۰}{۷} \Rightarrow c = ۱۴۰\frac{J}{kg.K}$$

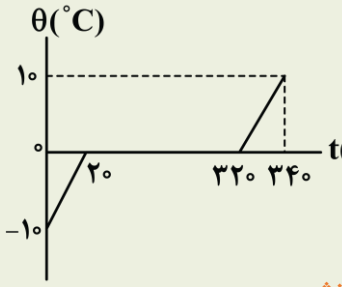
پاسخ: گزینهٔ ۱

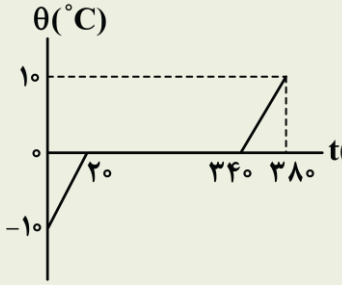
آزمون سراسری ریاضی خارج از کشور ۱۳۹۸

۷۲- به ۲۰۰g یخ $-۱۰°C$ با آهنگ ثابت $۲۱۰\frac{J}{s}$ گرما می‌دهیم تا به آب $۱۰°C$ تبدیل شود. کدام نمودار، تغییرات دما را برحسب زمان درست نشان می‌دهد؟ ($L_F = ۳۳۶۰۰۰\frac{J}{kg}$ و $c_{آب} = ۲c_{یخ} = ۴۲۰۰\frac{J}{kg.°C}$)

۱)


۲)


۳)


۴)


پاسخ تشریحی:

قسمت اول فرایند، یخ $-۱۰°C$ تبدیل به یخ $۰°C$ می‌شود:

$$Q_۱ = mc\Delta\theta = ۰/۲ \times ۲۱۰۰ \times ۱۰ = ۴۲۰۰J$$

$$P = \frac{Q_۱}{\Delta t_۱} \Rightarrow ۲۱۰ = \frac{۴۲۰۰}{\Delta t_۱} \Rightarrow \Delta t_۱ = ۲۰s \Rightarrow t_۱ = ۲۰s$$

سپس یخ $0°C$ به آب $0°C$ تبدیل می‌شود:

$$Q_2 = mL_F = 0/2 \times 336000 = 67200J$$

$$P = \frac{Q_2}{\Delta t_2} \Rightarrow 210 = \frac{67200}{\Delta t_2} \Rightarrow \Delta t_2 = 320s$$

$$t_2 = t_1 + \Delta t_2 = 20 + 320 = 340s$$

درنتیجه ذوب در بازهٔ زمانی $[20s , 340s]$ اتفاق می‌افتد.

پاسخ: گزینهٔ ۴

۵- حداکثر چند گرم آب با دمای $50°C$ را با ۱۰ گرم یخ $-20°C$ مخلوط کنیم تا دمای نهایی مخلوط، صفر درجهٔ سلسیوس شود؟

$$(L_F = 336000\frac{J}{kg°C}, c_{آب} = 4200\frac{J}{kg°C}, c_{یخ} = 2100\frac{J}{kg°C})$$

۱) ۱۸ ۲) ۲۰ ۳) ۱۸۰ ۴) ۲۰۰

پاسخ: گزینهٔ ۱ (متوسط ـ محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۱۰۸ ـ ۱۰۰۴)

با توجه به این‌که حداکثر جرم آب مدنظر است، باید دمای تعادل صفر و کل یخ ذوب شود؛ بنابراین داریم:

$$\boxed{-20°C\ \text{یخ}\ 10g} \xrightarrow[\text{تغییر دما}]{Q_1} \boxed{0°C\ \text{یخ}\ 10g} \xrightarrow[\text{تغییر حالت}]{Q_2} \boxed{0°C\ \text{آب}\ 10g}$$

$$\boxed{50°C\ \text{آب}\ m'} \xrightarrow[\text{تغییر دما}]{Q_3} \boxed{0°C\ \text{آب}\ m'}$$

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0 \Rightarrow mc\Delta\theta + mL_F + m'c'\Delta\theta' = 0$$

$$\Rightarrow 0/01 \times 2100 \times (0 - (-20)) + 0/01 \times 336000 + m' \times 4200 \times (0 - 50) = 0$$

$$\Rightarrow 420 + 3360 = m' \times 4200 \times 50 \Rightarrow 1 + 8 = m' \times 10 \times 50$$

$$\Rightarrow m' = \frac{9}{500} = 0/018kg = 18g$$

تعادل گرمایی

در سؤالات مربوط به تعادل گرمایی، دو یا چند جسم با دماهای مختلف در کنار هم قرار می‌گیرند تا پس از گذشت زمان طولانی، دمای آن‌ها برابر شود. به دمای نهایی اجسام پس از رسیدن به تعادل، دمای تعادل می‌گوییم و آن را با θ_e نشان می‌دهیم.

برای آن‌که بتوانیم سؤالات تعادل را با سرعت و به‌راحتی حل کنیم، این سؤالات را به‌صورت زیر دسته‌بندی می‌کنیم:

- **تعادل گرمایی**
  - تعادل بدون تغییر فاز
  - تعادل با تغییر فاز
    - دما و حالت نهایی را می‌دانیم.
    - دما و حالت نهایی را نمی‌دانیم.

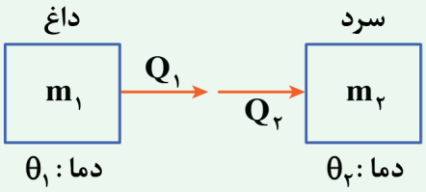
در این بخش به بررسی سؤالات تعادل بدون تغییر فاز می‌پردازیم.

تعادل گرمایی بدون تغییر فاز

در این حالت خبری از ذوب‌شدن، تبخیرشدن و سایر تغییر حالت‌های ماده نیست؛ بنابراین فقط گرماهایی به فرم $Q = mc\Delta\theta$ در این سؤالات وجود دارد و درنتیجه حل کردن آن‌ها چندان دشوار نیست.

روش حل مسئله

مطابق شکل، فرض کنید که دو جسم داغ و سرد در نزدیکی هم قرار دارند تا به تعادل برسند. اگر گرمای مبادله‌شدهٔ هریک از آن‌ها به‌ترتیب Q_1 و Q_2 باشد، مطابق اصل پایستگی انرژی، مجموع این گرماها باید صفر باشد:



$$Q_1+Q_2=0 \Rightarrow m_1c_1(\theta_e-\theta_1)+m_2c_2(\theta_e-\theta_2)=0$$

اگر تعداد جسم‌ها بیش‌تر شد، کافی است رابطهٔ بالا را تعمیم دهیم:

$$Q_1+Q_2+Q_3+...=0 \Rightarrow m_1c_1(\theta_e-\theta_1)+m_2c_2(\theta_e-\theta_2)+m_3c_3(\theta_e-\theta_3)+...=0$$

آنچه گذشت...

وقتی جسم گرما می‌گیرد، Q مثبت خواهد بود و هنگامی که جسم گرما از دست می‌دهد، Q برای آن جسم منفی خواهد بود.

یه نمونهٔ باحال

$2kg$ آب $20°C$ را با $3kg$ آب $70°C$ مخلوط می‌کنیم. دمای نهایی آب چند درجهٔ سلسیوس می‌شود؟

پاسخ تشریحی:

پایستگی انرژی: $Q_1+Q_2=0 \Rightarrow m_1c_1(\theta_e-\theta_1)+m_2c_2(\theta_e-\theta_2)=0$

$$\Rightarrow 2\times c_{آب}\times(\theta_e-20)+3\times c_{آب}\times(\theta_e-70)=0$$

$$\Rightarrow 2\theta_e-40+3\theta_e-210=0 \Rightarrow 5\theta_e=250 \Rightarrow \theta_e=50°C$$

نتیجه: هنگامی که دو مادهٔ هم‌جنس می‌خواهند به تعادل برسند، گرمای ویژهٔ آن‌ها اهمیت ندارد و در روابط ساده می‌شود.

نکته

۱- هنگامی که در به تعادل رسیدن دو ماده، تغییر حالتی صورت نگیرد، می‌توانیم از رابطهٔ زیر برای به‌دست آوردن دمای تعادل استفاده کنیم:

$$\theta_e=\frac{m_1c_1\theta_1+m_2c_2\theta_2}{m_1c_1+m_2c_2}$$

۲- اگر چگالی و حجم مواد، داده شده باشد، با توجه به رابطهٔ $m=\rho V$، دمای تعادل برابر است با:

$$\theta_e=\frac{\rho_1V_1c_1\theta_1+\rho_2V_2c_2\theta_2}{\rho_1V_1c_1+\rho_2V_2c_2}$$

۳- درصورتی‌که دو ماده هم‌جنس باشند، ρ و c آن‌ها برابر است؛ بنابراین دمای تعادل از روابط زیر سریع و راحت محاسبه می‌شود:

$$\theta_e=\frac{V_1\theta_1+V_2\theta_2}{V_1+V_2} \quad \text{یا} \quad \theta_e=\frac{m_1\theta_1+m_2\theta_2}{m_1+m_2}$$

۶- در یک روز زمستانی، بخار آب موجود در اتاقی روی شیشهٔ پنجره به شکل مایع درمی‌آید و قطره‌قطره می‌شود. اگر دمای شیشه حدود $0°C$ باشد، برای آن‌که $50g$ آب روی شیشه تشکیل شود، چند کیلوژول گرما به شیشه داده می‌شود؟ (گرمای ویژهٔ شیشه $0/84\frac{J}{g.K}$ و گرمای نهان تبخیر آب در دمای صفر درجهٔ سلسیوس $2400\frac{J}{g}$ است.)

۱) ۴۲۰۰۰ ۲) ۴۲

۳) ۱۲۰۰۰۰ ۴) ۱۲۰

پاسخ: گزینهٔ ۴ (آسان ـ محاسباتی ـ سریع ـ صفحهٔ ۱۰۸ ـ ۱۰۰۴)

گرمای لازم برابر است با:

$$Q=mL_V=50\times2400=120000J=120kJ$$

۷- کدام‌یک از موارد زیر، همرفت طبیعی است؟

الف ـ چرخش آب در سیستم گرمایشی آپارتمان‌ها
ب ـ وزش باد از ساحل به دریا
ج ـ سیستم گردش خون جانوران خونگرم
د ـ گرم‌شدن آب درون قابلمه
ه ـ انتقال گرما از مرکز خورشید به سطح آن

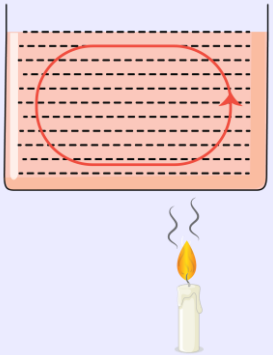
۱) «الف»، «د» و «ه»
۲) «ب»، «ج» و «د»
۳) «ب»، «د» و «ه»
۴) «ج»، «د» و «ه»

پاسخ: گزینهٔ ۳ (آسان ـ حفظی/مفهومی ـ سریع ـ صفحهٔ ۱۱۴ ـ ۱۰۰۴)

موارد «ب»، «د» و «ه» همرفت طبیعی و موارد «الف» و «ج» با توجه به این‌که به کمک پمپ، بخشی از شاره جابه‌جا می‌شود، همرفت واداشته هستند.

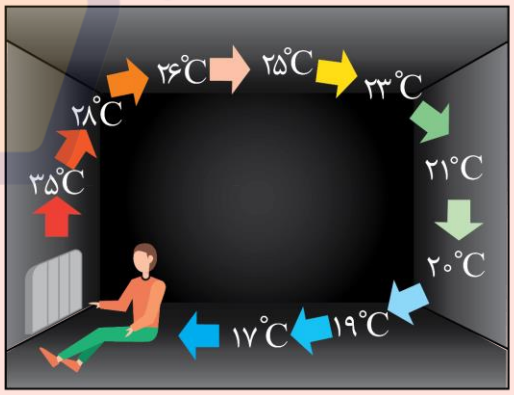
همرفت

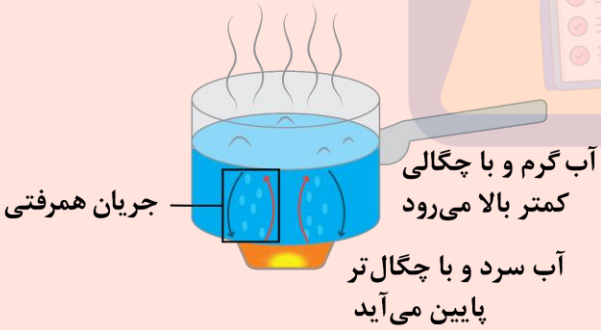
در این روش انتقال گرما که ویژهٔ شاره‌ها (مایعات و گازها) است، شاره ضمن جابه‌جاشدن، انرژی گرمایی را منتقل می‌کند. در این روش، آن قسمتی از شاره که گرم‌تر است، چگالی‌اش کم‌تر می‌باشد و به‌طرف بالا حرکت می‌کند و قسمت سردتر جای آن را می‌گیرد. شاره‌ای که به‌طرف بالا می‌رود گرما را با خود از نقطه‌ای به نقطهٔ دیگر منتقل می‌کند و قسمت سردشده پایین می‌آید و بدین ترتیب یک جریان همرفتی در شاره پدید آمده و همه‌جای آن گرم می‌شود.



تذکر

۱- گرم شدن هوای اتاق به‌وسیلهٔ بخاری و زود گرم‌شدن آبی که روی چراغ گاز است بیش‌تر به روش همرفت انجام می‌شود.



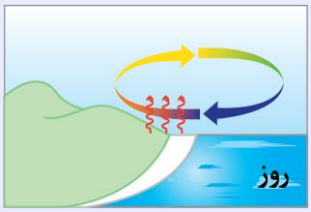


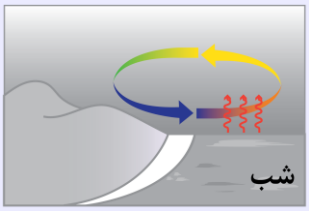
۲- انتقال گرما در شاره‌ها که معمولاً رساناهای گرمایی خوبی نیستند عمدتاً به روش همرفت رخ می‌دهد؛ یعنی همراه با جابه‌جایی بخشی از خود ماده انجام می‌گیرد.

سؤال: هنگامی که در اتاق، بخاری روشن است چه عاملی باعث ایجاد جریان هوا روی کف اتاق می‌شود؟

سؤال: چرا هنگامی که در یخچال را باز می‌کنید، هوای سرد از پایین آن بیرون می‌آید؟

سؤال: چرا در روزهای تابستان در ساحل دریاها باد از دریا به سمت خشکی و در هنگام شب از خشکی به‌طرف دریا می‌وزد؟





روز: زمین ساحل، گرم‌تر از آب دریاست. پدیدهٔ همرفت موجب نسیمی از سوی دریا به سمت ساحل می‌شود.

شب: زمین ساحل، سردتر از آب دریاست. پدیدهٔ همرفت موجب نسیمی از سوی ساحل به سمت دریا می‌شود.

همرفت طبیعی: اگر جریان همرفتی، فقط به‌خاطر اختلاف چگالی، رخ داده و به‌طور خودبه‌خود ادامه یابد، همرفت طبیعی نامیده می‌شود. گرم‌شدن آب درون ظرفی که روی شعلهٔ آتش قرار دارد، گرم‌کردن هوای داخل اتاق در زمستان به‌وسیلهٔ بخاری و شوفاژ، جریان بادها در ساحل، انتقال گرما از مرکز خورشید به سطح آن، همگی به روشِ همرفت طبیعی است.

همرفت واداشته: در این نوع همرفت، شاره توسط تلمبه یا پمپ، به حرکت وادار شده و گرما را به نقاط مختلف منتقل می‌کند. سیستم گرم‌کنندهٔ مرکزی در ساختمان‌ها، سیستم خنک‌کنندهٔ موتور اتومبیل، گرم و سردکردن بدن توسط جریان خون در جانوران خونگرم، مثال‌هایی از همرفت واداشته است.

۸- در یک ظرف عایق، ۵۰ گرم یخ صفر درجهٔ سلسیوس وجود دارد. چند گرم آب $40^\circ C$ به آن اضافه کنیم، تا در انتها ۶۰ گرم آب در ظرف داشته باشیم؟ ($c_{آب} = 4200 \frac{J}{kg.K}$ ، $L_F = 336 \frac{J}{g}$ و فقط بین آب و یخ تبادل گرما صورت می‌گیرد.)

۱) ۱۰ ۲) ۲۰ ۳) ۳۰ ۴) ۴۰

پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۱۰۶ ـ ۱۰۰۴)

با توجه به این‌که فقط بین آب و یخ تبادل گرما صورت می‌گیرد، می‌توانیم بنویسیم:

$$\begin{cases} m: \text{جرم آب} \\ m': \text{جرم یخ ذوب‌شده} \\ Q_1 = mc_{آب}\Delta\theta \\ Q_2 = m'L_F \end{cases}$$

$$Q_1 + Q_2 = 0 \Rightarrow mc_{آب}\Delta\theta + m'L_F = 0$$

$$\Rightarrow m'L_F = -mc_{آب}\Delta\theta$$

$$\Rightarrow m' \times 336000 = (-)m \times 4200 \times (0 - 40)$$

$$\Rightarrow m' = \frac{1}{2}m$$

از طرفی با توجه به این‌که در انتها ۶۰g آب وجود دارد، می‌توانیم بنویسیم:

$$m + m' = 60 \xrightarrow{m' = \frac{1}{2}m} m + \frac{1}{2}m = 60 \Rightarrow m = 40g$$

۹- می‌خواهیم به کمک نازل بخار یک دستگاه قهوه‌ساز، دمای ۲۹۰mL شیر ۲۰°C را به ۶۰°C برسانیم. چند گرم بخار آب ۱۰۰°C باید به شیر اضافه کنیم؟ ($\rho_{\text{شیر}}=1\frac{g}{cm^3}$ ، $c_{\text{شیر}}\simeq c_{\text{آب}}=4/2\frac{J}{g°C}$ ، $L_{V_{\text{بخار}}}=2268\frac{J}{g}$ و تبادل گرما فقط بین بخار و شیر صورت می‌گیرد.)

۱) ۱۰ ۲) ۱۵ ۳) ۲۰ ۴) ۳۰

پاسخ: گزینهٔ ۳ (متوسط ـ محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۱۰۸ ـ ۱۰۰۴)

گام اول

جرم شیر را به‌دست می‌آوریم:

$$\rho=\frac{m}{V}\xrightarrow[V=290mL=290cm^3]{\rho_{\text{شیر}}=1\frac{g}{cm^3}}1=\frac{m}{290}\Rightarrow m=290g=0/29kg$$

گام آخر

جرم بخار آب را به‌دست می‌آوریم. با توجه به این‌که تبادل گرما فقط بین بخار آب و شیر صورت می‌گیرد، داریم:

$$\boxed{m'\ \text{بخار آب}\ 100°C}\xrightarrow[\text{تغییر حالت}]{Q_2}\boxed{m'\ \text{آب}\ 100°C}\xrightarrow[\text{تغییر دما}]{Q_3}\boxed{m'\ \text{آب}\ 60°C}$$

$$\boxed{m\ \text{شیر}\ 20°C}\xrightarrow[\text{تغییر دما}]{Q_1}\boxed{m\ \text{شیر}\ 60°C}$$

m': جرم بخار آب m: جرم شیر

$$Q_1+Q_2+Q_3=0$$

$$\Rightarrow mc\Delta\theta_{\text{شیر}}-m'L_V+m'c\Delta\theta_{\text{آب}}=0\Rightarrow mc\Delta\theta_{\text{شیر}}=m'(L_V-c\Delta\theta_{\text{آب}})$$

$$\Rightarrow 0/29\times4200\times(60-20)=m'(2268000-4200\times(60-100))\Rightarrow 0/29\times4200\times40=m'(540(4200)+40(4200))$$

$$\Rightarrow m'=\frac{0/29\times40}{580}=0/02kg=20g$$

۱۰- در چالهٔ کوچکی ۱kg آب ۰°C قرار دارد. براثر تبخیر سطحی قسمتی از آب تبخیر شده و بقیهٔ آن یخ می‌بندد. برای تبدیل یخ به‌دست‌آمده به آب ۲۰°C، چند ژول گرما لازم است؟ ($L_V=2352\frac{J}{g}$, $L_F=336\frac{J}{g}$, $c_{\text{آب}}=4/2\frac{J}{g.K}$)

۱) ۳۶۷۵۰۰ ۲) ۴۲۰۰۰ ۳) ۲۹۴۰۰۰ ۴) ۲۳۵۲۰۰

پاسخ: گزینهٔ ۱ (متوسط ـ محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۱۱۱ ـ ۱۰۰۴)

گام اول

گرمایی که آب تبخیرشده می‌گیرد با گرمایی که آب منجمدشده از دست داده هم‌اندازه است؛ بنابراین اگر m کیلوگرم آب منجمد شود، می‌توان نوشت:

$$|Q_V|=|Q_F|\Rightarrow(1-m)L_V=mL_F\Rightarrow(1-m)\times2352=m\times336$$

$$\Rightarrow\frac{m}{1-m}=\frac{2352}{336}=7\Rightarrow m=0/875kg=875g$$

گام آخر

برای تبدیل این مقدار یخ به آب ۲۰°C داریم:

$$Q=mL_F+mc\Delta\theta=875\times336+875\times4/2\times20=367500J$$

1. یک توپ بدمینتون از بالای یک ساختمان ۳ طبقه از حال سکون رها می‌شود و در یک مسیر مستقیم در هوای آرام پایین می آید. در مدل‌سازی حرکت این توپ، کدام گزینه نادرست است؟

۱) توپ را به صورت یک ذره می‌توان در نظر گرفت.
۲) نیروی مقاومت هوا را حتماً باید در نظر بگیریم.
۳) نیروی وزن را حتماً باید در نظر بگیریم.
۴) از تغییر نیروی وزن با تغییر ارتفاع نمی‌توان صرف‌نظر کرد.

پاسخ: گزینه ۴ ساده | مفهومی

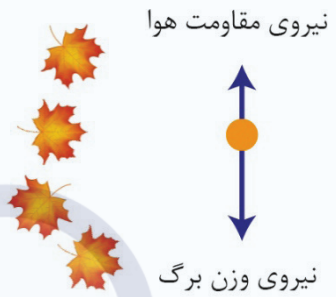
در مدل‌سازی یک رخداد فیزیکی از عوامل جزئی می‌توان چشم‌پوشی کرد. در سقوط توپ بدمینتون در راستای قائم می‌توان توپ را یک ذره در نظر گرفت.

از نیروهای وزن و مقاومت هوا نمی‌توان چشم‌پوشی کرد زیرا در صورتی‌که از هر کدام چشم‌پوشی کنیم پیش‌بینی ما با آن مدل با واقعیت بسیار متفاوت خواهد بود. اگر از وزن صرف‌نظر کنیم اصلاً توپ پایین نمی‌آید و اگر از مقاومت هوا صرف‌نظر کنیم، تندی توپ در حین حرکت افزایش می‌یابد و توپ با تندی زیادی به زمین برخورد می‌کند در صورتی‌که در واقعیت توپ پس از طی مسافت کوتاهی با تندی ثابت می‌رسد و با همان تندی ثابت پایین می‌آید تا به زمین برسد.

تغییر نیروی وزن در ارتفاع‌های چند ده متر از سطح زمین بسیار جزئی است و می‌توان از آن صرف‌نظر کرد. بنابراین گزینه «۴» نادرست است.

درسنامه

پدیده‌ی فیزیکی	اثرهای مهم و تأثیرگذار	عوامل جزئی
	• نیروی اصطکاک • نیروی شخص	• شکل جسم که می‌توانیم آن را به صورت نقطه در نظر بگیریم. • مقاومت هوا

• شکل توپ • مقاومت هوا • تغییر وزن در اثر تغییر ارتفاع	• نیروی وزن	حرکت توپ بسکتبال الف) توپ بسکتبال در هوا ب) مدل آرمانی توپ بسکتبال
• شکل برگ • تغییر وزن در اثر تغییر ارتفاع	• نیروی وزن • نیروی مقاومت هوا • اثر وزش باد	سقوط برگ درخت در راستای قائم 

تست‌درتست **در مدل‌سازی سقوط یک برگ پهن درخت (مانند برگ چنار) از لحظه جدا شدن تا رسیدن به زمین، با چشم‌پوشی از .....(الف) ..... و در نظر گرفتن ..... (ب) ..... و ..... (ج) ..... به یک مدل آرمانی نزدیک می‌شویم. الف، ب، ج به ترتیب از راست به چپ کدام‌اند؟**

۱) مقاومت هوا، تغییر وزن برگ با تغییر فاصله از سطح زمین، نیروی وزن

۲) مقاومت هوا، حرکت چرخشی، نیروی وزن

۳) تغییر وزن برگ با فاصله از سطح زمین، مقاومت هوا، نیروی وزن

۴) نیروی وزن، تغییر وزن برگ با تغییر فاصله از سطح زمین، مقاومت هوا

پاسخ: گزینه ۳

2. یکای فرعی کمیت‌های فشار و توان به ترتیب از راست به چپ کدام است؟

۱) $\frac{kg.m^2}{s}, \frac{kg}{m^2.s^2}$ ۲) $\frac{kg.m^2}{s^3}, \frac{kg}{ms^2}$ ۳) $\frac{kg.m^2}{s^3}, \frac{kg}{m^2 s^2}$ ۴) $\frac{kg.m^2}{s}, \frac{kg}{ms^2}$

پاسخ: گزینه ۲ ساده | مفهومی

طبق رابطه فشار $P=\frac{F}{A}$، یکای فرعی آن را به دست می‌آوریم:

$$P=\frac{F}{A} \xrightarrow{F=ma} [P]=\frac{kg\frac{m}{s^2}}{m^2}=\frac{kg}{ms^2}$$

توان از تقسیم انرژی به زمان به دست می‌آید. برای تعیین یکای فرعی انرژی به سراغ رابطه انرژی جنبشی می‌رویم.

$$K=\frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow [K]=kg(\frac{m}{s})^2=kg\frac{m^2}{s^2}$$

$$\text{یکای توان}=\frac{kg\frac{m^2}{s^2}}{s}=\frac{kg.m^2}{s^3}$$

درسنامه

تعریف کمیت فیزیکی: در فیزیک هر چیزی را که بتوان اندازه‌گیری کرد، مانند جرم، تندی و ... کمیت فیزیکی می‌نامند.

در بیان اندازه‌گیری یک کمیت به‌طور معمول از عدد و یکای مناسب استفاده می‌شود.

کمیت‌های فیزیکی دو نوع هستند:

۱) کمیت عددی یا نرده‌ای (اسکالر): این کمیت‌ها تنها دارای اندازه و یکا هستند. مانند جرم، زمان و ...

۲) کمیت برداری: این کمیت‌ها افزون بر اندازه و یکا، دارای جهت هستند و از قواعد جمع برداری پیروی می‌کنند. مانند جابه‌جایی و سرعت و شتاب، نیرو و تکانه و میدان الکتریکی و میدان مغناطیسی.

اندازه‌گیری و دستگاه بین‌المللی یکاها:

- برای اندازه‌گیری نیاز به یکای مناسب است. ویژگی یکای مناسب آن است که تغییر نکند و قابلیت باز تولید در مکان‌های مختلف را داشته باشد.
- دستگاه یکاهای مورد استفاده دستگاه متریک است که امروزه به آن دستگاه بین‌المللی یکاها (SI) گویند.
- در فیزیک هفت کمیت (در سال ۱۹۷۱) به عنوان کمیت اصلی انتخاب شده‌اند. هفت کمیت اصلی و یکاهای آن‌ها (یکاهای اصلی) در جدول زیر نشان داده شده‌اند.

کمیت‌های اصلی و یکاهای آن‌ها

کمیت	نام یکا	نماد یکا
طول	متر	m
جرم	کیلوگرم	kg
زمان	ثانیه	s
دما	کلوین	K
مقدار ماده	مُول	mol
جریان الکتریکی	آمپر	A
شدت روشنایی	کَندِلا	cd

در جدول زیر چند کمیت فرعی و یکای مربوط به آن‌ها بر حسب یکاهای اصلی درج شده است.

نام کمیت	یکای SI	یکای فرعی
تندی و سرعت	m/s	m/s
شتاب	m/s^2	m/s^2
نیرو	نیوتون (N)	$kg.m/s^2$
فشار	پاسکال (Pa)	kg/ms^2
انرژی	ژول (J)	$kg.m^2/s^2$

تست‌درتست کدام مورد، یکای توان نیست؟ (ریاضی ۴۰۴)

۱) ولت‌آمپر
۲) $\frac{\text{کولن ولت}}{\text{ثانیه}}$
۳) $\frac{\text{نیوتون متر}}{\text{ثانیه}}$
۴) $\frac{\text{کیلوگرم متر}}{\text{ثانیه}}$

پاسخ: گزینه ۴

3. در کدام گزینه تعداد کمیت‌های فرعی و نرده‌ای یکسان است؟

۱) جریان الکتریکی ـ انرژی ـ شتاب ـ سرعت
۲) زمان ـ توان ـ دما ـ فشار
۳) کار ـ نیرو ـ جرم ـ شتاب
۴) فشار ـ مقدار ماده ـ نیرو ـ کار

پاسخ: گزینه ۴ ساده | حفظی

کمیت‌های هر گزینه را از لحاظ اصلی و فرعی بودن و از لحاظ نرده‌ای و برداری بودن بررسی می‌کنیم:

۱

جریان الکتریکی {اصلی / نرده‌ای} ، انرژی {فرعی / نرده‌ای} ، شتاب {فرعی / برداری} ، سرعت {فرعی / برداری}

بنابراین در این گزینه، ۳ کمیت فرعی و ۲ کمیت نرده‌ای وجود دارد.

۲

زمان {اصلی / نرده‌ای} ، توان {فرعی / نرده‌ای} ، دما {اصلی / نرده‌ای} ، فشار {فرعی / نرده‌ای}

بنابراین در این گزینه، ۲ کمیت فرعی و ۴ کمیت نرده‌ای وجود دارد.

۳

کار {فرعی / نرده‌ای} ، نیرو {فرعی / برداری} ، جرم {اصلی / نرده‌ای} ، شتاب {فرعی / برداری}

بنابراین در این گزینه، ۳ کمیت فرعی و ۲ کمیت نرده‌ای وجود دارد.

۴

فشار {فرعی / نرده‌ای} ، مقدار ماده {اصلی / نرده‌ای} ، نیرو {فرعی / برداری} ، کار {فرعی / نرده‌ای}

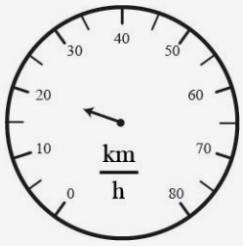
بنابراین در این گزینه، ۳ کمیت فرعی و ۳ کمیت نرده‌ای وجود دارد و تعداد کمیت‌های فرعی و نرده‌ای باهم برابر است.

تست‌درتست کدام یکاها، همگی مربوط به کمیت‌های اصلی هستند؟ (ریاضی ۴۰۲)

۱) ژول، کولن و مول
۲) کیلوگرم، آمپر و مول
۳) کیلوگرم، کولن و کندلا (شمع)
۴) ژول، آمپر و کندلا (شمع)

پاسخ: گزینه ۲

4. دقت اندازه‌گیری تندی‌سنج شکل (الف) بر حسب کیلومتر بر ساعت و دقت اندازه‌گیری دماسنج شکل (ب) بر حسب درجه سلسیوس کدام است؟



(الف)

(ب)

۱) ۰/۲، ۵
۲) ۰/۱، ۵
۳) ۰/۲، ۱۰
۴) ۰/۱، ۱۰

پاسخ: گزینه ۲ ساده | کاربردی

با توجه به شکل‌ها تندی‌سنج یک وسیله مدرج و دماسنج یک وسیله رقمی است. دقت اندازه‌گیری وسایل مدرج برابر کمینه درجه‌بندی آن ابزار است و دقت اندازه‌گیری وسایل رقمی برابر با یک واحد از آخرین رقمی است که ابزار نشان می‌دهد.

بنابراین دقت اندازه‌گیری تندی‌سنج برابر $۵\frac{km}{h}$ و دقت اندازه‌گیری دماسنج برابر $۰/۱^\circ C$ است.

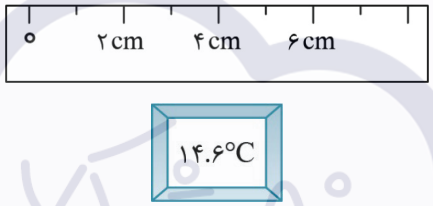
درسنامه

دقت اندازه‌گیری: برای هر وسیله اندازه‌گیری مانند ترازو، دقت اندازه‌گیری به صورت «کم‌ترین مقداری که یک وسیله قادر به اندازه‌گیری آن است» تعریف می‌شود.

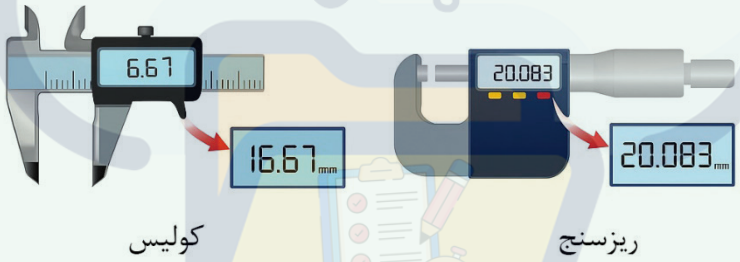
دقت اندازه‌گیری وسایل به صورت جدول زیر تعیین می‌شود.

وسیله مدرج	کمینه درجه‌بندی وسیله
وسیله رقمی	مرتبه آخرین رقم وسیله

به عنوان مثال، دقت اندازه‌گیری خط‌کش زیر ۱cm و دقت دماسنج $۰/۱^\circ C$ است.



نکته دو وسیله پرکاربرد در صنعت که برای اندازه‌گیری مقادیر کوچک طول به کار می‌رود در زیر معرفی شده‌اند.



5. توسط یک نازل بنزین در مدت یک دقیقه باک ۴۵ لیتری خالی از بنزین یک اتومبیل پر می‌شود. اگر چگالی بنزین $۰/۶\frac{g}{cm^۳}$ باشد، در هر ثانیه چند گرم بنزین از نازل خارج شده است؟

۱) ۴۵ ۲) ۷۵ ۳) ۴۵۰ ۴) ۷۵۰

پاسخ: گزینه ۳ متوسط | محاسباتی

ابتدا حجم بنزین خارج شده از نازل در هر ثانیه را حساب می‌کنیم.

$$\text{آهنگ شارش حجمی خروج بنزین از نازل} = ۴۵\frac{L}{min}\times\frac{۱min}{۶۰s}\times\frac{۱۰^۳ cm^۳}{۱L} = ۷۵۰\frac{cm^۳}{s}$$

حالا جرم بنزین خارج شده در هر ثانیه را حساب می‌کنیم:

$$m = \rho V = ۰/۶\times۷۵۰ = ۴۵۰g$$

بنابراین آهنگ جرم بنزین خارج شده از نازل $۴۵۰\frac{g}{s}$ است.

تبدیل یکاها:

در اندازه‌گیری فیزیکی و محاسبه‌های عددی در مسأله‌های فیزیکی، اغلب اوقات به تبدیل یکاها به یک‌دیگر نیاز داریم.

اما همیشه تبدیل یکاها به این سادگی نخواهد بود. برای تبدیل یکاها از دو روش می‌توان بهره برد.

تبدیل یکا به روش تبدیل زنجیره‌ای:

در این روش، اندازه کمیت را در یک «ضرب تبدیل» ضرب می‌کنیم. ابتدا از شما بپرسیم یک متر چند سانتی‌متر است؟ پاسخ آن قطعاً $1m = 100cm$ است، یعنی:

$$1m = 100cm \Rightarrow \frac{1m}{100cm} = 1$$

به کسر به دست آمده ضریب تبدیل می‌گویند. ضریب تبدیل نسبتی از یکاها است به گونه‌ای که حاصل نسبت برابر یک باشد.

ضریب تبدیل برابر یک است و هر عددی را که در یک ضرب کنیم، حاصل خود آن عدد خواهد بود. حال از این خاصیت ضرایب تبدیل برای تبدیل یکاها استفاده می‌کنیم. مثلا اگر بخواهیم یکای x را به یکای y تبدیل کنیم، در ضریب تبدیل یکای x باید در مخرج باشد (و خط بخورد) و یکای y در صورت کسر قرار گیرد:

$$\text{کمیتی با یکای y} = \underbrace{\frac{\text{یکای y}}{\text{یکای x}}}_{\text{ضریب تبدیل}} \times \text{کمیتی با یکای x داده شده در سوال}$$

مثال: تبدیل یکای $\frac{km}{h}$ به $\frac{m}{s}$ به روش زنجیره‌ای:

$$36km/h = (36\frac{km}{h})(1)(1) = (36\frac{\cancel{km}}{\cancel{h}})(\frac{1\cancel{h}}{3600s})(\frac{1000m}{1\cancel{km}}) = 10m/s$$

تست‌درتست جرم یک قطعه سنگ قیمتی ۲۰۰ قیراط است و هر قیراط معادل ۲۰۰ میلی‌گرم است. جرم این سنگ چند گرم است؟ (تجربی خارج ۹۸)

۱) ۴ ۲) ۱۰ ۳) ۴۰ ۴) ۱۰۰

پاسخ: گزینه ۳

6. اگر یک کشتی فاصله ۳۶ کیلومتری بین دو جزیره را در مدت ۲ ساعت طی کرده باشد، تندی متوسط آن چند گره دریایی است؟ (هر گره دریایی $0/5\frac{m}{s}$ است.)

۱) ۱۰ ۲) ۵ ۳) ۲/۵ ۴) ۲۰

پاسخ: گزینه ۱ متوسط | محاسباتی

ابتدا تندی کشتی را بر حسب متر بر ثانیه حساب می‌کنیم:

$$s_{av} = \frac{\ell}{\Delta t} = \frac{36km}{2h} = 18\frac{km}{h} \times \frac{1h}{3600s} \times \frac{10^3 m}{1km} = 5\frac{m}{s}$$

حالا تندی را بر حسب گره دریایی به دست می‌آوریم:

$$s_{av} = 5\frac{m}{s} = 5\frac{m}{s} \times \frac{1\text{گره دریایی}}{0/5\frac{m}{s}} = 10\text{گره دریایی}$$

7. مساحت یک صفحه فلزی $180ft^2$ است. مساحت این صفحه بر حسب میلی‌متر مربع و به صورت نمادگذاری علمی کدام است؟ $(1in = 2/5cm, 1ft = 12in)$

۱) $5/4\times10^5$ ۲) $1/62\times10^5$ ۳) $5/4\times10^7$ ۴) $1/62\times10^7$

پاسخ: گزینه ۴ متوسط | محاسباتی

تبدیل واحد را به صورت زنجیره‌ای انجام می‌دهیم.

$$180\,ft^2 = 180\,ft^2 \times \left(\frac{12\,in}{1\,ft}\right)^2 \left(\frac{2/5\,cm}{1\,in}\right)^2 \left(\frac{10\,mm}{1\,cm}\right)^2 = 180\times(12)^2\times(2/5)^2\times(10)^2\,mm^2 = 180(12\times 2/5\times 10)^2 = 180\times 9\times 10^4\,mm^2$$

$$= 162\times 10^5\,mm^2 = 1/62\times 10^7\,mm^2$$

درسنامه

نمادگذاری علمی: در فیزیک با عددهای بسیار بزرگ یا عددهای بسیار کوچک مانند جرم و پروتون سروکار داریم که برای نشان دادن آن‌ها و پرهیز از عددهای اعشاری با تعداد اعشار بالا و یا اعداد با تعداد صفرهای زیاد از نمادگذاری علمی استفاده می‌کنیم. در این روش، عدد یا مقدار موردنظر را به صورت حاصل‌ضرب عددی بین ۱ و ۱۰ در توان‌های صحیح مثبت یا منفی عدد ۱۰ می‌نویسیم.

$$\begin{cases} a\times 10^b \\ 1\le a<10 \quad , \quad b\in\mathbb{Z} \end{cases}$$

پیشوندهای SI:

برای بیان اندازه‌گیری‌ها با اندازه‌های بسیار بزرگ‌تر یا بسیار کوچک‌تر از یکاهای اصلی از پیشوندها استفاده می‌کنیم.

هر پیشوند توان معینی از ۱۰ را نشان می‌دهد که به صورت یک عامل ضرب به کار می‌رود. به‌طور مثال یک میکروگرم یعنی 10^{-6} گرم.

پیشوندهای یکاهای SI

ضریب	پیشوند	نماد	ضریب	پیشوند	نماد
10^{24}	یوتا	Y	10^{-24}	یوکتو	y
10^{21}	زِتو	Z	10^{-21}	زپتو	z
10^{18}	اگزا	E	10^{-18}	اَتو	a
10^{15}	پِتا	P	10^{-15}	فِمتو	f
10^{12}	تِرا	T	10^{-12}	پیکو	p
10^{9}	گیگا (جیگا)	G	10^{-9}	نانو	n
10^{6}	مِگا	M	10^{-6}	میکرو	μ
10^{3}	کیلو	k	10^{-3}	میلی	m
10^{2}	هِکتو	h	10^{-2}	سانتی	c
10^{1}	دِکا	da	10^{-1}	دِسی	d

پیشوندهایی که کاربرد بیشتری دارند و بهتر است آن‌ها را به خاطر بسپارید، رنگی شده‌اند.

تست‌درتست بار الکتریکی جسمی $160\times 10^{-10}\,\mu C$ است. این مقدار بار بر حسب کولن و بر حسب نمادگذاری علمی، کدام است؟

۱) $1/6\times 10^{-20}$ ۲) $1/6\times 10^{-8}$ ۳) $1/60\times 10^{-2}$ ۴) $1/60\times 10^{-14}$ (تجربی ۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۴

8. برای ساخت یک مخروط توپر با قطر قاعده ۲۰cm و ارتفاع ۱۰cm، به چند کیلوگرم آهن نیاز است؟ (چگالی آهن $۸\frac{g}{cm^۳}$ است و $\pi = ۳$)

۱) ۳۲ ۲) ۲۴ ۳) ۸ ۴) ۴

پاسخ: گزینه ۳ متوسط | محاسباتی

ابتدا حجم مخروط را حساب می‌کنیم:

$$V=\frac{۱}{۳}\pi r^۲ h=\frac{۱}{۳}\times ۳\times(۱۰)^۲(۱۰)=۱۰۰۰cm^۳$$

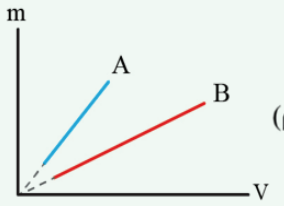
حالا با استفاده از رابطه چگالی، جرم آهن موردنیاز را به دست می‌آوریم:

$$\rho=\frac{m}{V} \Rightarrow m=\rho V=۸\times ۱۰^۳=۸۰۰۰g=۸kg$$

درسنامه

چگالی: نسبت جرم به حجم یک ماده، چگالی آن ماده نامیده می‌شود. $\rho=\frac{m}{V}$

نکته نمودار تغییر جرم بر حسب حجم برای دو ماده A, B به شکل مقابل است. در این نمودار شیب نمودار برابر با چگالی جسم است.



$(\rho_A > \rho_B)$

با نگاهی به یکای جرم و حجم می‌فهمیم که یکای چگالی در SI کیلوگرم بر متر مکعب $(kg/m^۳)$ است.

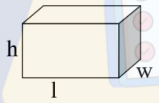
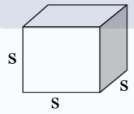
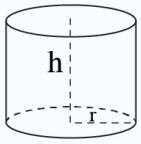
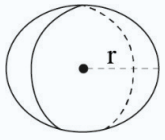
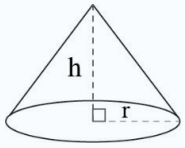
یکاهای متداول چگالی:

$$\frac{kg}{m^۳}=\frac{g}{L}\underset{\times ۱۰^{+۳}}{\overset{\times ۱۰^{-۳}}{\rightleftarrows}}=\frac{g}{cm^۳}=\frac{kg}{L}$$

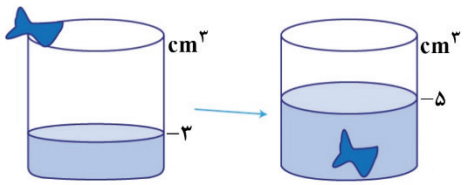
نکته برای مقایسه چگالی دو ماده از رابطه‌ی روبه‌رو استفاده می‌کنیم.

$$\frac{\rho_۲}{\rho_۱}=\frac{m_۲}{m_۱}\times\frac{V_۱}{V_۲}$$

برای حل خیلی از تست‌های مربوط به چگالی باید حجم برخی از اجسام را که شکل هندسی مشخصی دارند بدانید، در این‌جا فرمول حجم تعدادی از پرکاربردترین اشکال هندسی را برای‌تان آورده‌ایم:

مکعب مستطیل		طول×عرض×ارتفاع $V=hwl$
مکعب		$(\text{طول ضلع})^۳$ $V=s^۳$
استوانه		$\pi\times(\text{شعاع})^۲\times\text{ارتفاع}$ $V=\pi r^۲ h$
کره		$\frac{۴}{۳}\times\pi\times(\text{شعاع})^۳$ $V=\frac{۴}{۳}\pi r^۳$
مخروط		$\frac{۱}{۳}\times\pi\times(\text{شعاع})^۲\times\text{ارتفاع}$ $V=\frac{۱}{۳}\pi r^۲ h$

برای اندازه‌گیری حجم اجسامی که شکل مشخصی ندارند، از استوانه مدرج استفاده می‌کنیم. برای این کار ابتدا حجم مشخصی از یک مایع (مانند آب) را درون استوانه می‌ریزیم، سپس جسم را درون استوانه می‌اندازیم. حجم مایع جابه‌جا شده برابر با حجم جسم است. با توجه به شکل، حجم جسم $۵-۳=۲cm^۳$ است.



تست‌درتست **چگالی جسم A، ۱/۵ برابر چگالی جسم B است. اگر جرم ۵۰۰ سانتی‌متر مکعب از جسم B برابر ۲۰۰ گرم باشد، جرم ۲۰۰ سانتی‌متر مکعب از جسم A چند گرم است؟**

۱) ۱۲۰ ۲) ۱۸۰ ۳) ۲۴۰ ۴) ۳۶۰

پاسخ: گزینه ۱

تست‌درتست **یک قطعه فلز به جرم ۵۰۰g را درون استوانه مدرج پر از مایعی می‌اندازیم. در نتیجه تغییر ارتفاع سطح مایع افزایش حجمی به $۱۲۵۰cm^۳$ نشان می‌دهد. چگالی این قطعه فلز چند واحد SI است؟**

۱) ۲۵۰۰ ۲) ۱۰۰۰ ۳) ۸۰۰ ۴) ۴۰۰

پاسخ: گزینه ۴

تست‌درتست **چگالی کره‌ای همگن به جرم ۸kg و به شعاع ۱۰ سانتی‌متر چند کیلوگرم بر متر مکعب است؟ $(\pi=۳)$**

۱) ۱۰۰۰ ۲) ۱۵۰۰ ۳) ۲۰۰۰ ۴) ۴۰۰۰

پاسخ: گزینه ۳

9. برای ساخت آلیاژی از مقداری نقره و طلا استفاده شده است. اگر جرم نقره به کار رفته در ساخت آلیاژ ۵ برابر جرم طلای به کار رفته باشد، چگالی آلیاژ در SI تقریباً کدام است؟ (چگالی نقره و طلا به ترتیب $۱۰\frac{g}{cm^۳}$ و $۱۹\frac{g}{cm^۳}$ است.)

۱) ۱۰/۸۶ ۲) ۱۲/۸۶ ۳) $۱/۰۸۶\times۱۰^۴$ ۴) $۱/۲۸۶\times۱۰^۴$

پاسخ: گزینه ۳ متوسط | محاسباتی

جرم طلای به کار رفته در ساخت آلیاژ را m در نظر می‌گیریم. بنابراین جرم نقره به کار رفته برابر ۵m است. حالا رابطه چگالی مخلوط را می‌نویسیم تا چگالی آلیاژ به دست بیاید.

$$\rho=\frac{m_۱+m_۲}{V_۱+V_۲}=\frac{m_۱+m_۲}{\frac{m_۱}{\rho_۱}+\frac{m_۲}{\rho_۲}}=\frac{۵m+m}{\frac{۵m}{۱۰}+\frac{m}{۱۹}}=\frac{۶m}{\frac{۹۵m+۱۰m}{۱۹۰}}=\frac{۱۱۴۰\cancel{m}}{۱۰۵\cancel{m}}=\frac{۷۶}{۷}\simeq۱۰/۸۶\frac{g}{cm^۳}$$

حالا چگالی را به $\frac{kg}{m^۳}$ تبدیل می‌کنیم:

$$\rho=۱۰/۸۶\frac{g}{cm^۳}=۱/۰۸۶\times۱۰^۴\frac{kg}{m^۳}$$

درسنامه

چگالی مخلوط: اگر دو یا چند ماده را با هم مخلوط کنیم، به شرط این‌که در اثر مخلوط شدن مجموع حجم مواد اولیه تغییر نکند، چگالی مخلوط از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$\rho_{\text{مخلوط}}=\frac{\text{مجموع جرم کل مواد}}{\text{مجموع حجم کل مواد}}=\frac{m_۱+m_۲+m_۳+...}{V_۱+V_۲+V_۳+...}$$

که در آن m_1, m_2, m_3 و ... به ترتیب جرم ماده اول، جرم ماده دوم، جرم ماده سوم و ... است. به همین صورت V_1, V_2, V_3 و ... به ترتیب حجم ماده اول، حجم ماده دوم، حجم ماده سوم و ... است.

آلیاژ نیز نوعی مخلوط است، پس برای به دست آوردن چگالی آلیاژ هم می‌توان از همین رابطه استفاده کرد.

اگر چگالی و حجم مواد در تست معلوم و جرم مجهول باشد، برای به دست آوردن چگالی مخلوط در رابطه بالا به جای m، معادلش (ρV) را قرار می‌دهیم:

$$\rho_{\text{مخلوط}}=\frac{m_1+m_2+m_3+...}{V_1+V_2+V_3+...}=\frac{\rho_1V_1+\rho_2V_2+\rho_3V_3}{V_1+V_2+V_3}$$

اگر در مسئله، جرم و چگالی مواد را داده باشند و حجم را نداده باشند، در فرمول به جای V معادلش (یعنی $\frac{m}{\rho}$) را جایگزین می‌کنیم:

$$\rho_{\text{مخلوط}}=\frac{m_1+m_2+m_3+...}{V_1+V_2+V_3+...}=\frac{m_1+m_2+m_3+...}{\frac{m_1}{\rho_1}+\frac{m_2}{\rho_2}+\frac{m_3}{\rho_3}+...}$$

10. مخلوطی از آب و یخ درون ظرفی قرار دارد. اگر تمام آب یخ ببندد حجم مخلوط ۴ درصد تغییر می‌کند. جرم آب قبل از یخ بستن چند برابر جرم کل مخلوط است؟ ($\rho_{\text{یخ}}=0/9\rho_{\text{آب}}$)

۱) $\frac{1}{17}$ ۲) $\frac{8}{13}$ ۳) $\frac{5}{13}$ ۴) $\frac{16}{17}$

پاسخ: گزینه ۳ سخت | محاسباتی

با یخ بستن آب، حجم جدید بیشتر از حجم اولیه می‌شود. بنابراین:

$$V_{\text{مخلوط یخ کامل}}=1/04(V_{\text{آب}}+V_{\text{یخ اولیه}})$$

می‌دانیم حجم جدید یخ ایجاد شده برابر مجموع یخ اولیه و حجم یخ ایجاد شده از انجماد آب است. یعنی:

$$V_{\text{مخلوط یخ کامل}}=V_{\text{یخ اولیه}}+V_{\text{آب منجمد شده}}$$

دو رابطه بالا را با هم برابر قرار می‌دهیم:

$$1/04V_{\text{آب}}+1/04V_{\text{یخ اولیه}}=V_{\text{یخ اولیه}}+V_{\text{آب منجمد شده}} \Rightarrow V_{\text{آب منجمد شده}}-1/04V_{\text{آب}}=0/04V_{\text{یخ اولیه}}$$

به جای حجم‌های به دست آمده رابطه $V=\frac{m}{\rho}$ را استفاده می‌کنیم:

$$\frac{m_{\text{آب}}}{\rho_{\text{یخ}}}-1/04\frac{m_{\text{آب}}}{\rho_{\text{آب}}}=0/04\frac{m_{\text{یخ اولیه}}}{\rho_{\text{یخ}}} \Rightarrow \frac{m_{\text{آب}}}{0/9}-1/04\frac{m_{\text{آب}}}{1}=0/04\times\frac{m_{\text{یخ اولیه}}}{0/9}$$

$$(\frac{10-9/36}{9})m_{\text{آب}}=\frac{4}{90}m_{\text{یخ اولیه}} \Rightarrow 0/64m_{\text{آب}}=0/4m_{\text{یخ اولیه}} \Rightarrow m_{\text{یخ اولیه}}=1/6m_{\text{آب}}$$

حالا نسبت جرم آب به جرم کل مخلوط را حساب می‌کنیم:

$$\frac{m_{\text{آب}}}{m_{\text{آب}}+m_{\text{یخ اولیه}}}=\frac{m_{\text{آب}}}{m_{\text{آب}}+1/6m_{\text{آب}}}=\frac{1}{2/6}=\frac{5}{13}$$

درسنامه

هنگام تغییر حالت یخ به آب، جرم تغییری نمی‌کند اما به دلیل تفاوت چگالی آب $(\rho_{\text{آب}}=1\frac{g}{cm^3})$ و یخ $(\rho_{\text{یخ}}=0/9\frac{g}{cm^3})$ حجم تغییر می‌کند.

حجم آب حاصل از ذوب شدن مقداری یخ، کم‌تر از یخ اولیه است. مقدار این کاهش حجم از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$\Delta V = V_{\text{یخ}} - V_{\text{آب}} = \frac{m}{\rho_{\text{یخ}}} - \frac{m}{\rho_{\text{آب}}} = \frac{m}{۰/۹} - \frac{m}{۱} = \frac{۱}{۹}m$$

در رابطه $\Delta V = \frac{۱}{۹}m$، باید جرم را بر حسب گرم در رابطه قرار دهیم تا میزان تغییرات حجم بر حسب $cm^۳$ به دست آید.

تست‌درتست **در مخلوطی از آب و یخ، مقداری یخ ذوب می‌شود و حجم مخلوط $۵cm^۳$ کاهش می‌یابد. جرم یخ ذوب شده چند گرم است؟** $(\rho_{\text{آب}} = ۱g/cm^۲ , \rho_{\text{یخ}} = ۰/۹g/cm^۳)$

۱) ۴/۵ ۲) ۵ ۳) ۴۵ ۴) ۵۰

پاسخ: گزینه ۳

1. کدام گزینه نادرست است؟

۱) با سرد شدن آهسته یک مایع اغلب جامد بلورین تشکیل می‌شود.

۲) پدیده پخش در مایع‌ها سریع‌تر از گازها رخ می‌دهد.

۳) فاصله ذرات سازنده مایع و جامد تقریبا یکسان است.

۴) ذرات سازنده شیشه برخلاف یخ، در طرح‌های منظمی کنار هم قرار ندارند.

پاسخ: گزینه ۲ ساده | حفظی

بررسی گزینه‌ها:

۱ وقتی مایعی را به آهستگی سرد می‌کنیم، اغلب جامدهای بلورین تشکیل می‌شود. در این فرایند سردسازی آرام، ذرات سازنده مایع فرصت کافی دارند تا در طرح‌های منظم خود را مرتب کنند. ✓

۲ مولکول‌های مایع بر روی هم می‌لغزند و تندی میانگین آن‌ها بسیار کم است. در حالی‌که مثلاً ذرات هوا با تندی بسیار زیادی (حدود $۵۰۰\frac{m}{s}$ در دمای اتاق) به این طرف و آن طرف می‌روند. به همین دلیل، پدیده پخش در گازها سریع‌تر از مایع‌ها رخ می‌دهد. ✗

۳ فاصله ذرات سازنده مایع و جامد تقریباً یکسان و در حدود $۱A^{\circ}$ است. ✓

۴ ذرات سازنده جامدهای بی‌شکل (آمورف) مثل شیشه برخلاف جامدهای بلورین مثل یخ، در طرح‌های منظمی کنار هم قرار ندارند. ✓

2. کدام موارد درست است؟

الف) جیوه سطح شیشه تمیز را تر می‌کند.

ب) با نرم شدن تکه‌های شیشه به دلیل افزایش دما اندازهٔ نیروی هم‌چسبی زیاد می‌شود و بدون تغییر در فاصله مولکول‌ها، تکه‌های شیشه به هم می‌چسبند.

پ) علت چسبیدن موهای قلم‌مو هنگام خروج از آب، پدیده کشش سطحی آب است.

ت) سطح آب درون لوله مویین دارای فرورفتگی و بالاتر از سطح آب ظرف قرار می‌گیرد.

۱) الف و ب ۲) الف و ت ۳) ب و پ ۴) پ و ت

پاسخ: گزینه ۴ متوسط | حفظی

بررسی عبارت‌ها:

الف نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های جیوه بیشتر از نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های جیوه و مولکول‌های شیشه‌ی تمیز است، بنابراین جیوه، سطح شیشه تمیز را تر نمی‌کند. ✗ و (۱) و (۲) پَرا!

ب با افزایش دما به دلیل کاهش فاصله مولکول‌ها، نیروی هم‌چسبی افزایش می‌یابد نه به دلیل افزایش دما. ✗

پ نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های آب بیشتر از نیروی دگرچسبی مولکول‌های آب و موهای قلم‌مو است. بنابراین وقتی که قلم‌مو را از آب بیرون می‌کشیم، نیروی هم‌چسبی مولکول‌های آب، باعث می‌شود تا لایه‌ای از آب در اطراف موهای قلم تشکیل شود و موهای قلم به هم بچسبند. (کشش سطحی آب) ✓

ت نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های آب و مولکول‌های شیشه بیشتر از نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های آب است، به همین دلیل، آب در لوله مویین بالا می‌رود و سطح آن بالاتر از سطح آب درون ظرف قرار می‌گیردو همچنین سطح آب در بالای لوله مویین به صورت **فرورفته** است. ✓

3. یک زیردریایی در عمق ۸۰ متری از سطح یک اقیانوس به آرامی حرکت می‌کند. اگر شعاع یک پنجره دایره‌ای‌شکل این زیردریایی $0/5\,m$ باشد، بزرگی نیرویی که از طرف آب به این پنجره وارد می‌شود معادل وزن جسمی به جرم چند کیلوگرم است؟

($\pi=3$,$g=10\frac{m}{s^2}$ و چگالی آب اقیانوس $1\frac{g}{cm^3}$ و فشار هوا $10^5\,Pa$ است.)

۱) $6/75\times10^4$ ۲) $6/75\times10^5$ ۳) 6×10^4 ۴) 6×10^5

پاسخ: گزینه ۱ متوسط | محاسباتی

فشار در محل پنجره برابر با مجموع فشار هوا و فشار ناشی از عمق ۸۰ متر آب است. نیروی عمودی ناشی از فشار در محل پنجره را که به آن وارد می‌شود، به دست می‌آوریم.

$$F=PA \xrightarrow{P=\rho gh+P_0} F=(\rho gh+P_0)A \xrightarrow[P_0=10^5\,Pa,\ A=\pi r^2=3\times\underbrace{(0/5)^2}_{\frac{1}{4}}=\frac{3}{4}m^2]{\rho=1\frac{g}{cm^3}=1000\frac{kg}{m^3},\ g=10\frac{m}{s^2},\ h=80m} F=(1000\times\overset{8\times10^5}{10\times80}+10^5)\times\frac{3}{4}=\frac{27}{4}\times10^5\,N$$

می‌خواهیم ببینیم که نیروی F معادل وزن جسمی با جرم چند کیلوگرم است. کافی است نیروی F را برابر با وزن آن جسم قرار بدهیم تا بتوانیم جرم آن را پیدا کنیم.

$$F=W=mg \xrightarrow[g=10\frac{m}{s^2}]{F=\frac{27}{4}\times10^5\,N} \frac{27}{4}\times10^5=m\times10 \rightarrow m=6/75\times10^4\,kg$$

درسنامه:

فشار مطلق در عمق h از مایعی که سطح آزاد آن در تماس با هوا است، از رابطهٔ زیر به دست می‌آید.

$$\underbrace{P_{\text{مطلق}}}_{(Pa)} \leftarrow P=\underbrace{\rho}_{\text{چگالی}\,(\frac{kg}{m^3})}\underbrace{g}_{\text{شتاب گرانش}\,(\frac{m}{s^2})}\underbrace{h}_{\text{عمق}\,(m)}+\underbrace{P_0}_{\text{فشار هوا}\,(Pa)} \rightarrow (Pa)$$

تست‌درتست **مساحت یکی از پنجره‌های یک زیردریایی ۱۲۰۰ سانتی‌متر مربع است. اگر نیروی وارد بر سطح خارجی این پنجره ۷۳۲۰۰ نیوتون باشد، این پنجره در عمق چند متری آب دریا قرار دارد؟** (ریاضی خارج از کشور – ۱۴۰۲)

($\rho=1020\frac{kg}{m^3}$,$g=10\frac{m}{s^2}$,$P_0=10^5\,Pa$)

۱) ۴۰ ۲) ۴۵ ۳) ۵۰ ۴) ۶۵

پاسخ: گزینه ۳

4. درون یک ظرف استوانه‌ای، ۱/۷ لیتر مایع به چگالی $0/8\frac{g}{cm^3}$ قرار دارد. اگر سطح مقطع ظرف $50cm^2$ باشد، فشار پیمانه‌ای در کف ظرف چند سانتی‌متر جیوه است؟ ($\rho_{\text{جیوه}}=13/6\frac{g}{cm^3}$)

۱) ۱ ۲) ۱/۲ ۳) ۲ ۴) ۴

پاسخ: گزینه ۳ متوسط | محاسباتی

ابتدا نکته زیر را بخوانید.

نکته اختلاف فشار مطلق و فشار هوا را فشار پیمانه‌ای می‌گوییم و با P_g نشان می‌دهیم. $P_g = P - P_0$

با توجه به نکته بالا، فشار پیمانه‌ای در کف ظرف را حساب می‌کنیم:

$$P_g = \rho g h \xrightarrow[A=50cm^2=50\times10^{-4}m^2,\ h=\frac{V}{A}=\frac{1/7\times10^{-3}}{50\times10^{-4}}=0/34m]{\rho=0/8\frac{g}{cm^3}=800\frac{kg}{m^3},\ V=1/7L=1/7\times10^{-3}m^3} P_g = 800g\times0/34 = 8\times34g\ P_a$$

دوباره، یک نکته دیگر را بخوانید.

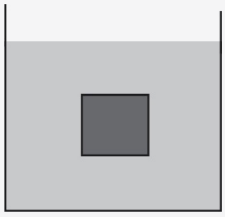
نکته یکی از یکاهای متداول چگالی، یکای سانتی‌متر جیوه (cmHg) است، مثلاً منظور از فشار ۲ سانتی‌متر جیوه، فشاری است که ۲ سانتی‌متر از ستون مایع جیوه ایجاد می‌کند.

طبق نکته بالا، باید ببینیم که چند سانتی‌متر از مایع جیوه، فشار P_g را ایجاد می‌کند.

$$P_g = \rho_{جیوه} g h_{جیوه} \xrightarrow[\rho_{جیوه}=13/6\frac{g}{cm^3}=13600\frac{kg}{m^3}]{P_g=8\times34gP_a} 8\times\cancel{34}^{1}\cancel{g}_{1} = \cancel{13600}^{400}\cancel{g}_{1} h_{جیوه} \to h_{جیوه} = \frac{\cancel{8}^{2}}{\cancel{400}_{100}} = 0/02m = 2cm$$

این یعنی این‌که فشار پیمانه‌ای در کف ظرف (P_g) معادل ۲ سانتی‌متر جیوه (۲cmHg) است.

5. مطابق شکل زیر جسمی توپر به شکل مکعب درون مایعی با چگالی $1/2\frac{g}{cm^3}$ غوطه‌ور است. اگر فشار در بالا و پایین جسم ۱۰۲ kPa و ۱۰۴/۴kPa باشد، جرم جسم چند کیلوگرم است؟ ($g=10\frac{m}{s^2}$)



۱) ۲/۴

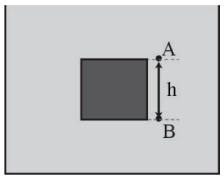
۲) ۴/۸

۳) ۱۲/۰

۴) ۹/۶

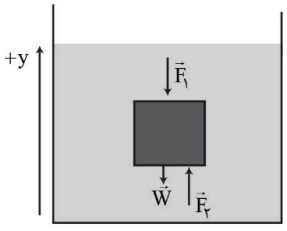
پاسخ: گزینه ۴ | متوسط | محاسباتی

گام اول: از آن‌جا که فشار در بالا (P_A) و پایین جسم (P_B) را داریم، پس می‌توانیم ارتفاع h را که همان ضلع مکعب است، به دست بیاوریم.



$$P_B = \rho g h + P_A \xrightarrow[g=10\frac{m}{s^2},\ P_A=102000P_a]{P_B=104400P_a,\ \rho=1200\frac{kg}{m^3}} 104400 = 1200\times10h + 102000 \to \cancel{2400}^{2} = \cancel{1200}^{1}\times10h \to h = 0/2m$$

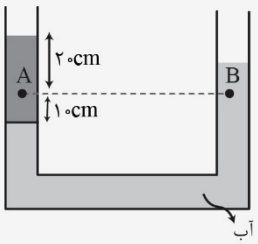
گام دوم: از این اطلاعاتی که داریم چه استفاده‌ای می‌توانیم بکنیم که از دل آن جرم جسم را بتوانیم پیدا کنیم؟ لطفاً کمی فکر کنید و بعد ادامه پاسخ را بخوانید! چون فشار در بالا و پایین جسم را داریم، پس نیروی عمودی وارد بر سطح بالا و پایین جسم را می‌توانیم حساب کنیم. از طرفی چون جسم درون مایع غوطه‌ور است، پس جسم در حال تعادل است و نیروی خالص وارد بر آن را باید برابر با صفر قرار بدهیم.



$$F_2 - F_1 - W = 0 \xrightarrow[W=mg]{F_2=P_2A,\ F_1=P_1A} \underbrace{P_2A - P_1A}_{(P_2-P_1)A} = mg$$

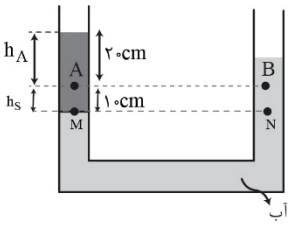
$$\xrightarrow[A=h^2=0/04m^2,\ g=10\frac{m}{s^2}]{P_2=104400P_a,\ P_1=102000P_a} (\cancel{104400-102000}^{2400})\times0/04 = m\times10 \to m = 9/6kg$$

6. درون لوله U شکل زیر، مقداری آب با چگالی $1\frac{g}{cm^3}$ و مقداری مایع با چگالی نامعلوم ریخته شده است. اگر اختلاف فشار بین نقاط A و B برابر ۴۰۰Pa باشد، فشار نقطه A چند کیلوپاسکال است؟ $(P_0=10^5\,Pa, g=10\frac{N}{kg})$



۱) ۱۰۲
۲) ۱۰۱/۸
۳) ۱۰۱/۲
۴) ۱۰۰/۶

پاسخ: گزینه ۳ | متوسط | محاسباتی



کاری که معمولاً در حل سوالات لوله U شکل باید بکنید، این است که فشار در نقاط هم‌تراز و درون یک مایع را برابر با هم قرار بدهید و با توجه به اطلاعات داده شده، دنبال خواسته سوال بروید. در این‌جا، اختلاف فشار بین دو نقطه A و B را داریم (ولی نمی‌دانم P_A-P_B را داریم یا P_B-P_A؟! مسئله این است.) پس باید تساوی فشار در نقاط هم‌تراز درون آن (P_N, P_M) را بر اساس فشار در دو نقطه B,A (P_B, P_A) بنویسیم.

$$P_M=P_N \rightarrow P_A+\rho_{مایع}gh=P_B+\rho_{آب}gh \rightarrow P_A-P_B=(\rho_{آب}-\rho_{مایع})gh$$

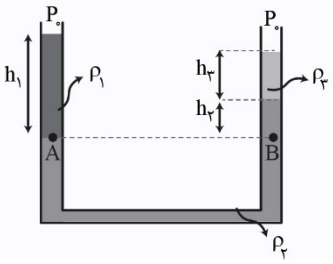
در لوله U شکل داده شده، آب در کف لوله قرار دارد؛ پس چگالی آب بزرگ‌تر از چگالی مایع است $(\rho_{آب}>\rho_{مایع})$ و از طرفی مقدار g و h مثبت است، پس حاصل $(\rho_{آب}-\rho_{مایع})gh$، مقداری مثبت بوده و در نتیجه مقدار P_A-P_B مثبت است. این‌ها را بررسی کردیم تا بفهمیم $P_A-P_B=400Pa$ است یا $P_B-P_A=400Pa$؟!

$$P_A-P_B=(\rho_{آب}-\rho_{مایع})gh \xrightarrow[\rho_{آب}=1000\frac{kg}{m^3}, g=10\frac{m}{s^2}]{P_A-P_B=400Pa, h=0/1m} 400=(1000-\rho_{مایع})\times 1\times 10\times 0/1 \rightarrow \rho_{مایع}=600\frac{kg}{m^3}$$

می‌بینید؟ به‌طور ناخواسته، چگالی مایع را به دست آوردیم! سوال چه می‌خواست؟! فشار در نقطه A؟ خب، الآن همه چیز را برای محاسبه آن را داریم و کافی است داده‌ها را در رابطه زیر جای‌گذاری کنیم.

$$P_A=\rho_{مایع}gh_A+P_0 \xrightarrow[h_A=0/2m, P_0=10^5 P_a]{\rho_{مایع}=600\frac{kg}{m^3}, g=10\frac{m}{s^2}} P_A=\overset{1200}{\cancel{600\times 10\times 0/2}}+10^5=101200Pa=101/2kPa$$

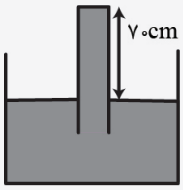
درسنامه



در لوله U شکل، فشار در نقاط هم‌تراز و درون یک مایع باهم برابر است. مثلاً لوله U شکل زیر را در نظر بگیرید که سه مایع مخلوط نشدنی در حال تعادل قرار دارند و سطح آزاد و مایع (۱) و (۳) در تماس با هواست. از آن‌جا که فشار در دو نقطه هم‌تراز و درون مایع (۲) باهم برابر است، می‌توان نوشت:

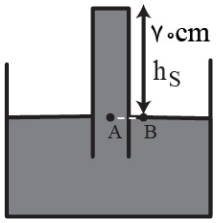
$$P_A=P_B \rightarrow \rho_1 gh_1+P_0=\rho_2 gh_2+\rho_3 gh_3+P_0 \rightarrow \rho_1 h_1=\rho_2 h_2+\rho_3 h_3$$

6. مطابق شکل یک لوله با مساحت مقطع $20cm^2$ درون ظرف محتوی جیوه قرار دارد. لوله را چند سانتی‌متر در راستای قائم جابه‌جا کنیم تا بزرگی نیرویی که جیوه به انتهای لوله وارد می‌کند برابر با ۲۷/۲N شود؟ (فشار هوای محیط ۷۵ سانتی‌متر جیوه $\rho_{جیوه}=13/6\frac{g}{cm^3}$, $g=10\frac{N}{kg}$ است.)



۱) ۲/۵
۲) ۵
۳) ۷/۵
۴) ۱۰

پاسخ: گزینه ۲ | متوسط | محاسباتی



در این سوال هم، فشار در دو نقطه هم‌تراز و درون یک مایع (P_B, P_A) را برابر باهم قرار می‌دهیم تا دریابیم فشار در انتهای لوله چقدر است؛ چون با داشتن مقدار فشار در انتهای لوله می‌توانیم بزرگی نیرویی که جیوه به انتهای لوله وارد می‌کند، حساب کنیم. دقت کنید که چون فشار هوا را بر حسب سانتی‌متر جیوه داریم و مایع درون ظرف و لوله نیز جیوه است، پس تساوی فشار دو نقطه A و B را بر حسب سانتی‌متر جیوه می‌نویسیم.

$$P_A = P_B \xrightarrow[P_B = P_0]{P_A = P_{\text{جیوه}} + P_{\text{انتهای لوله}}} P_{\text{جیوه}} + P_{\text{انتهای لوله}} = P_0 \xrightarrow[P_0 = ۷۵cmHg]{P_{\text{جیوه}} = ۷۰cmHg} ۷۰ + P_{\text{انتهای لوله}} = ۷۵ \rightarrow P_{\text{انتهای لوله}} = ۵cmHg$$

پس فشار در انتهای لوله ۵ سانتی‌متر جیوه است، اما برای محاسبه بزرگی نیرویی که جیوه به انتهای لوله بر حسب نیوتون وارد می‌کند، باید فشار در انتهای لوله $(P_{\text{انتهای لوله}})$ را بر حسب پاسکال بنویسیم سپس بزرگی این نیرو را حساب کنیم.

$$F_{\text{انتهای لوله}} = P_{\text{انتهای لوله}} A \xrightarrow{P_{\text{انتهای لوله}} = \rho_{\text{جیوه}} g h_{\text{جیوه}}} F_{\text{انتهای لوله}} = \rho_{\text{جیوه}} g h_{\text{جیوه}} A$$

$$\xrightarrow[h_{\text{جیوه}} = ۰/۰۵m,\ A = ۲۰\times۱۰^{-۴} m^۲]{\rho_{\text{جیوه}} = ۱۳۶۰۰\frac{kg}{m^۳},\ g = ۱۰\frac{N}{kg}} F_{\text{انتهای لوله}} = ۱۳۶۰۰\times۱۰\times\cancel{۰/۰۵}^{۱}\times۲۰\times۱۰^{-۴} = ۱۳/۶N$$

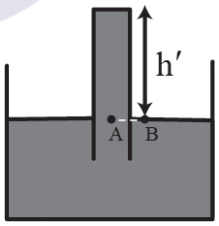
پس بزرگی نیرویی ناشی از فشار ۵ سانتی‌متر جیوه، ۱۳/۶N است. سوال می‌پرسد که لوله را چند سانتی‌متر در راستای قائم جابه‌جا کنیم تا بزرگی نیرویی که جیوه به انتهای لوله وارد می‌کند (همین $F_{\text{انتهای لوله}}$)، ۲۷/۲N شود. پس می‌خواهیم $F_{\text{انتهای لوله}}$ به اندازه ۱۳/۶N(۲۷/۲−۱۳/۶) زیاد شود. خب، مگر بزرگی نیروی ناشی از ۵ سانتی‌متر جیوه، ۱۳/۶N نشد؟ پس برای این‌که بزرگی این نیرو، ۱۳/۶N زیاد شود، باید فشار در انتهای لوله به اندازه ۵ سانتی‌متر جیوه زیاد شود؛ بنابراین، باید لوله را ۵ سانتی‌متر دیگر در راستای قائم و به سمت کف ظرف جابه‌جا کنیم. اگر محاسبات ریاضی می‌خواهید این هم محاسبات ریاضی‌اش به همراه شکل تقدیم به شما!

$$F'_{\text{انتهای لوله}} = P'_{\text{انتهای لوله}} A \xrightarrow{P'_{\text{انتهای لوله}} = \rho_{\text{جیوه}} g h'_{\text{جیوه}}} F'_{\text{انتهای لوله}} = \rho_{\text{جیوه}} g h'_{\text{جیوه}} A \xrightarrow[g = ۱۰\frac{N}{kg},\ A = ۲۰\times۱۰^{-۴} m^۲]{F'_{\text{انتهای لوله}} = ۲۷/۷N,\ \rho_{\text{جیوه}} = ۱۳۶۰۰\frac{kg}{m^۳}}$$

$$۲۷/۲ = ۱۳۶۰۰\times۱۰ h'_{\text{جیوه}}\times۲۰\times۱۰^{-۴} \rightarrow h'_{\text{جیوه}} = ۰/۱m = ۱۰cm \rightarrow P'_{\text{انتهای لوله}} = ۱۰cmHg$$

$$P_{A'} = P_{B'} \rightarrow P'_{\text{جیوه}} + P'_{\text{انتهای لوله}} = P_B \xrightarrow[P_B = P_0 = ۷۵cmHg]{P'_{\text{انتهای لوله}} = ۱۰cmHg} P'_{\text{جیوه}} + ۱۰ = ۷۵$$

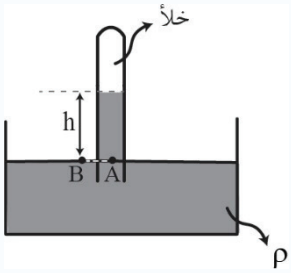
$$\rightarrow P'_{\text{جیوه}} = ۶۵cmHg \rightarrow h' = ۶۵cm$$

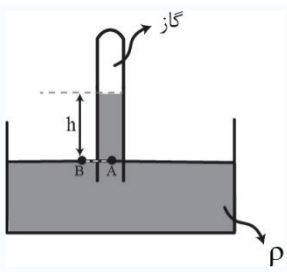
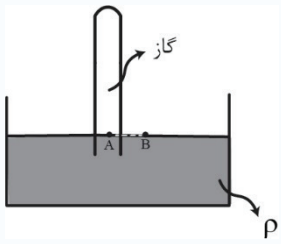
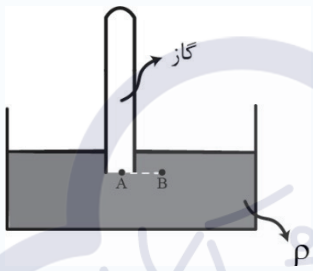


یعنی باید لوله را به اندازه ۵cm(۷۰−۶۵) در راستای قائم به سمت پایین جابه‌جا کنیم.

درسنامه:

در جدول زیر، حالت‌های مختلف را برای فشارسنج هوا (بارومتر) نشان دادیم.

رابطه	شکل
$P_A = P_B \rightarrow \rho g h = P_0$	

	$P_A = P_B \rightarrow P_{گاز} + \rho gh = P_0$
	$P_A = P_B \rightarrow P_{گاز} = P_0$
	$P_A = P_B \rightarrow P_{گاز} = \rho gh + P_0$

8. روزنه خروج بخار آب روی درب یک دیگ زودپز $5mm^2$ است. جرم وزنه‌ای که باید روی وزنه گذاشت چند گرم باشد تا فشار داخل محفظه از $3atm$ بیشتر نشود؟ ($g = 10\frac{N}{kg}$، فشار هوای محیط برابر $10^5 Pa$ و $1atm = 10^5 Pa$ است.)

۱) ۱۰۰ ۲) ۱۵۰ ۳) ۲۰۰ ۴) ۵۰۰

پاسخ: گزینه ۱ متوسط | محاسباتی

سه نیرو بر وزنه در دیگ زودپز وارد می‌شود:

۱) نیروی حاصل از فشار هوا ($\vec{F}_1$)

۲) نیروی حاصل از فشار داخل محفظه ($\vec{F}_2$)

۳) نیروی وزن وزنه در دیگ زودپز ($\vec{W}$).

برای این‌که فشار داخل محفظه از $3atm$ بیشتر نشود. باید نیروی خالص وارد بر در دیگ زودپز در این وضعیت صفر شود. این سه نیرو را در شکل زیر نشان دادیم و با توجه به آن، نیروی خالص وارد بر در دیگ زودپز را برابر با صفر قرار می‌دهیم:

$$F_1 + W - F_2 = 0 \xrightarrow[F_2 = P_2 A]{F_1 = P_1 A,\ W = mg} P_1 A + mg = P_2 A \xrightarrow[g = 10\frac{N}{kg},\ P_2 = 3atm = 3\times10^5 Pa]{P_1 = 1atm = 10^5 Pa,\ A = 5mm^2 = 5\times10^{-6} m^2}$$

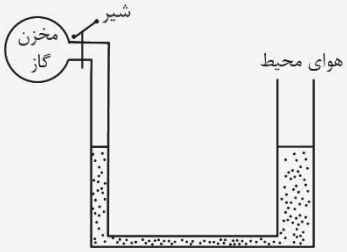
$$\overset{0/5}{\cancel{10^5 \times 5\times10^{-6}}} + m\times10 = \overset{1/5}{\cancel{3\times10^5 \times 5\times10^{-6}}} \rightarrow m = 0/1kg = 100g$$

تست‌درتست **دریک دیگ زودپز، مساحت روزنه خروج بخار آب ۵ میلی‌متر مربع است. جرم وزنه روی روزنه چند گرم باشد، تا فشار پیمانه‌ای بخار داخل دیگر در 10^5 پاسکال نگه داشته شود؟ ($g = 10\frac{m}{s^2}$)** (ریاضی - ۱۴۰۲)

۱) ۲۰ ۲) ۲۵ ۳) ۴۰ ۴) ۵۰

پاسخ: گزینه ۴

9. مطابق شکل، درون یک لوله U شکل مقداری مایع با چگالی $۲\frac{g}{cm^۳}$ ریخته شده و در حال تعادل است. قطر شاخه‌های سمت راست و چپ ۲D و D و فشار گاز درون مخزن ۱/۰۰۴atm است. اگر شیر مخزن را باز کنیم، ارتفاع سطح مایع در شاخه سمت راست چند سانتی‌متر تغییر می‌کند؟ (فشار هوای آزاد ۰/۹۸atm و $۱atm = ۱۰^۵ Pa$ است.)



۱) ۸

۲) ۲/۴

۳) ۴

۴) ۹/۶

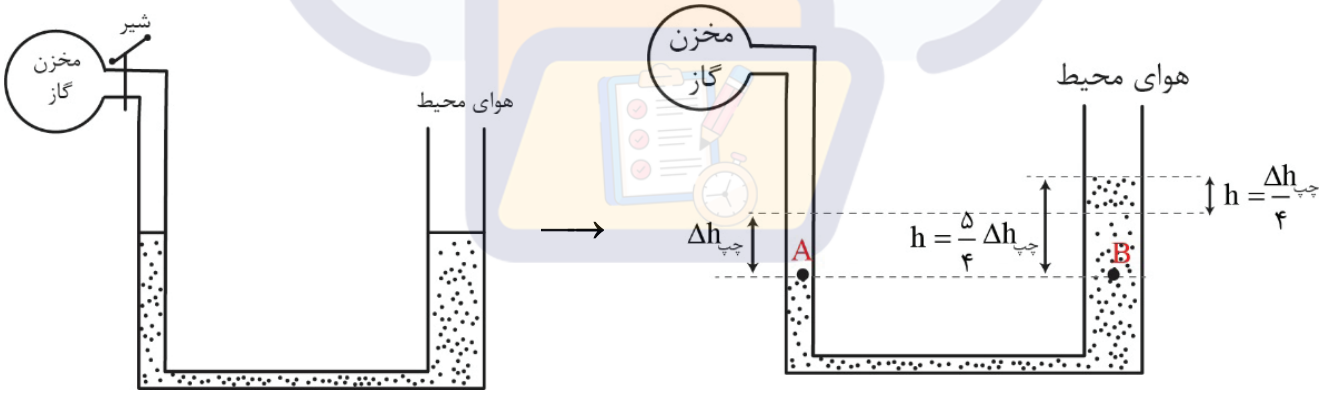
پاسخ: گزینه ۲ متوسط | محاسباتی

وقتی شیر مخزن را باز می‌کنیم، مقداری گاز در بالای مایع در شاخه سمت چپ قرار می‌گیرد و فشار ایجاد می‌کند. در این وضعیت، تعادل مایع بهم می‌خورد و حجمی از مایع در شاخه سمت چپ پایین می‌آید و همان حجم در شاخه سمت راست بالا می‌رود. پس حجم جابه‌جا شده مایع در دو طرف شاخه‌ها یکسان است و می‌توان نوشت:

$$\Delta V_{چپ} = \Delta V_{راست} \xrightarrow{\Delta V = A\Delta h} A_{چپ}\,\Delta h_{چپ} = A_{راست}\,\Delta h_{راست} \xrightarrow[A_{راست} = \frac{\pi(۲D)^۲}{۴} = \pi D^۲]{A_{چپ} = \frac{kD^۲}{۴}} \frac{\cancel{\pi D^۲}^{\,۱}}{۴}\Delta h_{چپ} = \cancel{\pi D^۲}^{\,۱}\,\Delta h_{راست}$$

$$\rightarrow \Delta h_{راست} = \frac{\Delta h_{چپ}}{۴}$$

یعنی وقتی شیر مخزن را باز می‌کنیم، اگر مایع در شاخه سمت چپ به اندازه $\Delta h_{چپ}$ پایین بیاید، مایع به اندازه $\frac{\Delta h_{چپ}}{۴}$ در شاخه سمت راست بالا می‌رود. در این حالت، وضعیت قرارگیری مایع درون لوله U شکل، از حالت (الف) به حالت (ب) تغییر می‌کند. طبق روال همیشه، فشار در دو نقطه هم‌تراز و درون یک مایع (P_B, P_A) را برابر با یک‌دیگر قرار می‌دهیم و مقدار $\Delta h_{راست}$ را که خواسته سوال است، به دست می‌آوریم:



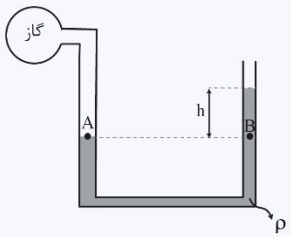
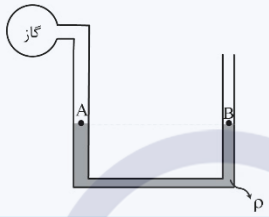
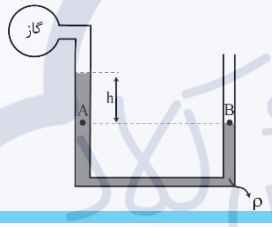
$$P_A = P_B \rightarrow P_{گاز} = \rho g h + P_۰ \xrightarrow[g = ۱۰\frac{N}{kg},\ h = \frac{۵}{۴}\Delta h_{چپ},\ P_۰ = ۰/۹۸\,atm = ۹۸۰۰۰Pa]{P_{گاز} = ۱/۰۰۴atm = ۱۰۰۴۰۰\rho_a,\ o = ۲۰۰۰\frac{kg}{m^۳}}$$

$$۱۰۰۴۰۰ = ۲۰۰۰ \times ۱۰ \times \frac{۵}{۴}\Delta h_{چپ} + ۹۸۰۰۰ \rightarrow ۲۴۰۰ = ۲۵۰۰۰\Delta h_{چپ} \rightarrow \Delta h_{چپ} = \frac{۲۴}{۲۵۰} = ۰/۰۹۶m = ۹/۶cm$$

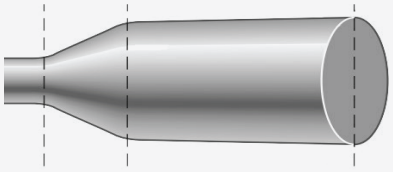
$$\Delta h_{راست} = \frac{\Delta h_{چپ}}{۴} \xrightarrow{\Delta h_{چپ} = ۹/۶cm} \Delta h_{راست} = \frac{۹/۶}{۴} = ۲/۴cm$$

درسنامه

در جدول زیر، حالت‌های مختلف را برای فشارسنج شاره‌ها (مانومتر) نشان دادیم.

رابطه	شکل
$P_A = P_B \rightarrow P_{گاز} = \rho gh + P_0$	
$P_A = P_B \rightarrow P_{گاز} = P_0$	
$P_A = P_B \rightarrow P_{گاز} + \rho gh = P_0$	

10. مطابق شکل آب به صورت پایا و با جریان لایه‌ای با تندی $20\frac{cm}{s}$ وارد بخش پهن لوله افقی شده و از بخش باریک لوله خارج می‌شود. اگر قطر مقطع لوله در بخش‌های لوله ۸cm و ۲cm باشد، تندی خروج آب از بخش باریک لوله چند متر بر ثانیه است و فشار آب در کدام بخش لوله بیشتر است؟



۱) ۳/۲، پهن

۲) ۳/۲، باریک

۳) ۰/۸، پهن

۴) ۰/۸، باریک

پاسخ: گزینه ۱ متوسط | محاسباتی، مفهومی

تندی خروج آب از بخش باریک لوله را با کمک معادلهٔ پیوستگی به دست می‌آوریم:

$$A_{پهن} v_{پهن} = A_{باریک} v_{باریک} \xrightarrow{A=\frac{\pi d^2}{4}} \frac{v_{باریک}}{v_{پهن}} = \left(\frac{d_{پهن}}{d_{باریک}}\right)^2 \xrightarrow[d_{پهن}=8cm,\ d_{باریک}=2cm]{v_{پهن}=20\frac{cm}{s}=0/2\frac{m}{s}} \frac{v_{باریک}}{0/2} = \left(\frac{\cancel{8}^{16}}{\cancel{2}}\right)^2 \rightarrow v_{باریک} = 3/2\frac{m}{s}$$

(۳) و (۴) پَر!

طبق اصل برنولی برای شاره تراکم‌ناپذیری (در این جا آب) که به صورت لایه‌ای و در امتداد افق حرکت می‌کند در مسیر حرکت شاره با افزایش تندی، فشار آن کاهش می‌یابد. چون تندی آب در قسمت باریک لوله بیشتر از تندی آن در قسمت پهن لوله است. پس فشار در قسمت باریک لوله کمتر از فشار در قسمت پهن لوله است ($P_{پهن} > P_{باریک}$)، (۲) پَر پَر!

درسنامه:

معادله پیوستگی: در شکل زیر، شاره تراکم‌ناپذیر (مثلا آب) با جریان لایه‌ای و به صورت پایا درون لوله افقی با دو سطح مقطع متفاوت حرکت می‌کند. در این حالت، جرم شاره‌ای که در مدت زمان Δt از سطح مقطع A_1 می‌گذرد، برابر با جرم شاره‌ای است که در همان مدت زمان از سطح مقطع A_2 می‌گذرد. از این موضوع به معادله پیوستگی برای شاره تراکم‌ناپذیر می‌رسیم که به صورت زیر است.

تندی شاره در مقطع ۲ تندی شاره در مقطع ۱

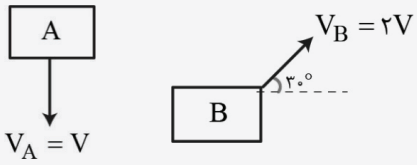
$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

مساحت مقطع ۲ مساحت مقطع ۱

اصل برنولی: اگر شاره‌ای به صورت لایه‌ای و در امتداد افق حرکت کند، در مسیر حرکت شاره با افزایش تندی، فشار کاهش می‌یابد.

$$A_2 < A_1 \quad , \quad v_2 > v_1 \quad , \quad \rho_2 < \rho_1$$

1. مطابق شکل زیر، دو جسم A و B به جرم‌های $m_A = m$ و $m_B = ۲m$ با سرعت‌های نشان داده شده پرتاب می‌شوند. انرژی جنبشی جسم A در لحظه‌ی پرتابش چند برابر انرژی جنبشی جسم B در لحظه پرتاب آن است؟



۱) $\frac{۱}{۲}$

۲) $\frac{۱}{۴}$

۳) $\frac{۱}{۸}$

۴) $\frac{۱}{۶}$

پاسخ: گزینه ۳ متوسط | محاسباتی

کافی است از رابطه انرژی به صورت نسبی استفاده کنیم.

$$K = \frac{۱}{۲}mv^۲ \rightarrow \frac{K_A}{K_B} = \frac{m_A}{m_B} \times (\frac{v_A}{v_B})^۲ \xrightarrow[v_A = v, v_B = ۲v]{m_A = m, m_B = ۲m} \frac{K_A}{K_B} = \frac{\cancel{m}}{۲\cancel{m}} \times (\frac{\cancel{v}}{۲\cancel{v}})^۲ = \frac{۱}{۲} \times \frac{۱}{۴} = \frac{۱}{۸}$$

درسنامه

انرژی جنبشی جسمی به جرم m که با تندی v در حال حرکت است، از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$K = \frac{۱}{۲}\underset{\text{جرم}(kg)}{m}v^۲ \rightarrow (\frac{m}{s})\text{تندی}$$

2. برای این‌که تندی جسمی با جرم ۲kg به اندازه‌ی $۲\frac{m}{s}$ افزایش یابد، باید ۲۰J کار کل روی آن انجام شود. چند ژول دیگر کار کل روی جسم انجام شود تا تندی جسم $۱\frac{m}{s}$ دیگر افزایش یابد؟

۱) ۱۰ ۲) ۱۳ ۳) ۳۶ ۴) ۴۹

پاسخ: گزینه ۲ متوسط | محاسباتی

گام اول) اگر تندی اولیه جسم $v_۱$ باشد، تندی آن در اثر ۲۰J کار کلی که روی آن انجام می‌شود به $v_۱ + ۲$ می‌رسد. چون حرف از کار کل و

تندی جسم است، پس به سراغ قضیه‌ی کار - انرژی جنبشی می‌رویم.

$$W_t=\frac{1}{2}m(v_2^2-v_1^2)\xrightarrow[v_2=v_1+2]{W_t=20J,\,m=2kg}20=\frac{1}{\cancel{2}_{1}}\times\cancel{2}^{1}\times[\cancel{(v_1+2)^2}^{\,v_1^2+4v_1+4}-v_1^2]$$

$$\rightarrow 20=4v_1+4\rightarrow v_1=4\frac{m}{s}\ ,\ v_2=v_1+2\ v\xrightarrow{v_1=4\frac{m}{s}}v_2=4+2=6\frac{m}{s}$$

گام دوم) حالا می‌خواهیم ببینیم که چند ژول دیگر (به واژه دیگر توجه کنید) کار کل باید روی جسم انجام شود تا تندی آن $1\frac{m}{s}$ افزایش یابد. دوباره از قضیه‌ی کار - انرژی جنبشی استفاده می‌کنیم.

$$W'_t=\frac{1}{2}m(v_3^2-v_2^2)\xrightarrow[v_3=v_2+1=6+1=7\frac{m}{s}]{m=2kg,\,v_2=6\frac{m}{s}}W'_t=\frac{1}{\cancel{2}_{1}}\times\cancel{2}^{1}\times(\cancel{7^2}^{49}-\cancel{6^2}^{36})=13J$$

درسنامه

۱) کار کل: حاصل‌جمع جبری کار تک‌تک نیرهای وارد بر جسم برابر با کار کل انجام شده روی جسم است. $W_t=W_1+W_2+W_3+\cdots$

۲) قضیه‌ی کار - انرژی جنبشی: کار کل انجام شده روی یک جسم در یک جابه‌جایی معین، برابر با تغییرات انژی جنبشی جسم در آن جابه‌جایی است.

$$W_t=\Delta K=K_2-K_1=\frac{1}{2}m(v_2^2-v_1^2)$$

تست‌درتست **برای آن‌که تندی اسکی‌بازی از صفر به v_1 برسد، باید کل کار انجام شده روی آن ۱۲۰J شود. اگر تندی اسکی‌باز از v_1 به $4v_1$ برسد، در این مرحله کل کار انجام شده روی آن چند ژول است؟** (ریاضی خارج از کشور - ۱۴۰۲)

۱) ۳۶۰ ۲) ۹۶۰ ۳) ۱۹۲۰ ۴) ۱۸۰۰

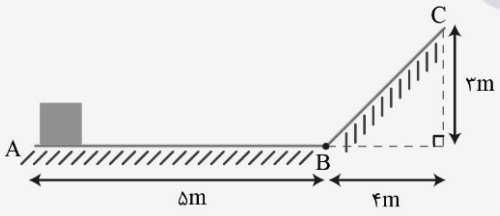
پاسخ: گزینه ۴

3. وزنه‌ای به جرم ۲kg توسط نیروی ثابت $\vec{F}=(40N)\vec{i}$ از نقطه A از حال سکون به حرکت درمی‌آید و مسیر AB را روی مسیر مستقیم سپس مسیر BC را روی سطح شیبدار طی می‌کند. اگر بزرگی نیروی اصطکاک وارد بر جسم در تمام مسیر ۵N باشد، چه تعداد از موارد زیر درباره‌ی حرکت وزنه در مسیر ABC درست است؟ $(g=10\frac{m}{s^2})$

الف) کار نیروی $\vec{F}$ برابر ۳۶۰J است.

ب) کار نیروی وزن برابر ۶۰J است.

پ) کار نیروی اصطکاک ۵۰J- است.

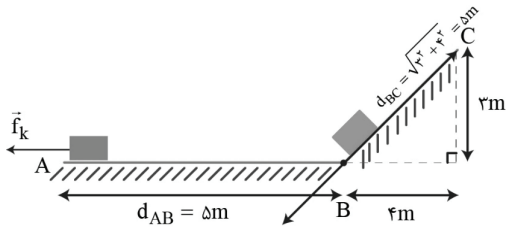


۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) صفر

پاسخ: گزینه ۲ متوسط | محاسباتی

کار هریک از نیروهای وارد بر جسم در مسیرهای AB و BC را حساب می‌کنیم.

کار نیروی F:



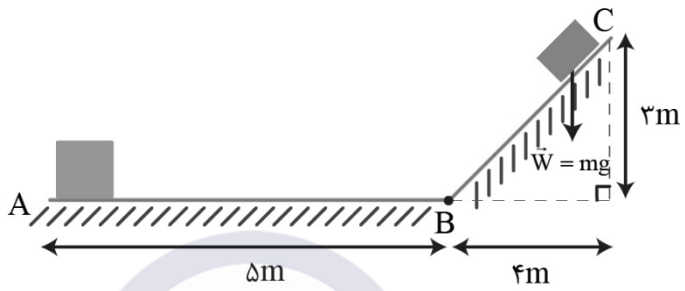
$$W_{F,AB}=Fd_{AB}\cos\theta_{AB}\xrightarrow[\theta_{AB}=۰^\circ]{F=۴۰N,\,d_{AB}=۵m}W_{F,AB}=۴۰\times۵\overset{۱}{\cancel{\cos۰^\circ}}=۲۰۰J$$

$$W_{F,BC}=Fd_{BC}\cos\theta_{BC}\xrightarrow[\cos\theta_{BC}=\frac{۴}{۵}]{F=۴۰N,\,d_{BC}=۵m}W_{F,BC}=۴۰\times\overset{۱}{\cancel{۵}}\times\frac{۴}{\underset{۱}{\cancel{۵}}}=۱۶۰J$$

الف) ✓

$$W_t=W_{F,AB}+W_{F,BC}\xrightarrow[W_{F,BC}=۱۶۰J]{W_{F,AB}=۲۰۰J}W_t=۲۰۰+۱۶۰=۳۶۰J$$

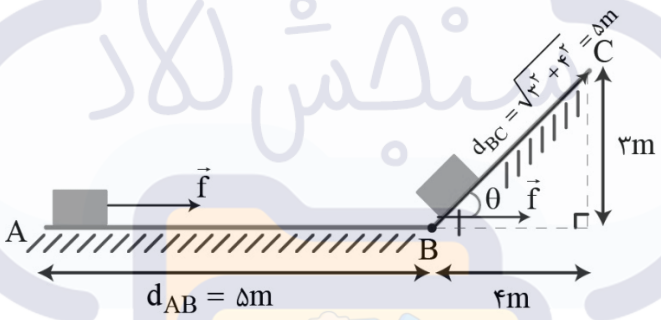
کار نیروی وزن:



ب) ✗

$$W=mg\Delta h=-۲۰\times۳=-۶۰J$$

کار نیروی اصطکاک:



$$W_{AB}=f_kd_{AB}\cos\theta_{AB}\xrightarrow[\theta_{AB}=۱۸۰^\circ]{f_k=۵N,\,d_{AB}=۵m}W_{AB}=۵\times۵\overset{-۱}{\cancel{\cos۱۸۰^\circ}}=-۲۵J$$

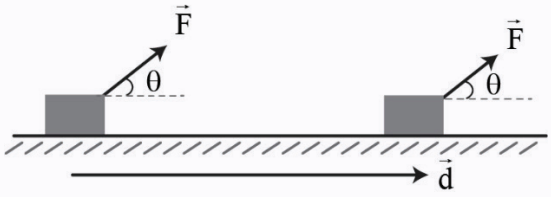
$$W_{BC}=f_kd_{BC}\cos\theta_{BC}\xrightarrow[\theta_{BC}=۱۸۰^\circ]{f_k=۵N,\,d_{BC}=۵m}W_{BC}=۵\times۵\overset{-۱}{\cancel{\cos۱۸۰^\circ}}=-۲۵J$$

پ) ✓

$$W_t=W_{AB}+W_{BC}\xrightarrow{W_{AB}=W_{BC}=-۲۵J}W_t=-۲۵-۲۵=-۵۰J$$

درسنامه:

کار: اگر جسمی مطابق شکل زیر، تحت تأثیر نیروی $\vec{F}$ به اندازه d بر روی سطح افقی جابه‌جا شود، کار نیروی $\vec{F}$ از رابطه زیر به دست می‌آید:

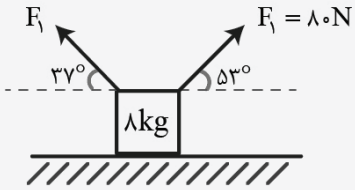


زاویه بین نیرو و جابه‌جایی نیرو (N)

$$W_F=Fd\cos\theta$$

کار نیروی F (J) جابه‌جایی (m)

4. مطابق شکل زیر، جسمی به جرم ۸kg تحت تأثیر دو نیروی $\vec{F_1}$ و $\vec{F_2}$ از سطح زمین و از حال سکون در راستای قائم به سمت بالا جابه‌جا می‌شود. اگر تندی جسم در ارتفاع ۲۰ متری از سطح زمین به $10\frac{m}{s}$ برسد، بزرگی نیروی $\vec{F_2}$ چند نیوتون است؟



($\sin 37^\circ = 0/6, g = 10\frac{m}{s^2}$ و از مقاومت هوا صرف‌نظر شود.)

۱) ۴۸
۲) ۳۶
۳) ۶۵
۴) ۶۰

پاسخ: گزینه ۴ متوسط | محاسباتی

روش اول) تندی جسم در ابتدا و انتهای جابه‌جایی آن را داریم. پس می‌توانیم از قضیه کار - انرژی جنبشی استفاده کنیم. فقط چالش این روش در این سوال، پیدا کردن زاویه بین نیروی وارد بر جسم و جابه‌جایی آن (θ) است. که در شکل (الف)، این زاویه را برای هریک از نیروها نشان دادیم.

$$\sin 37^\circ = \cos 53^\circ = 0/6$$

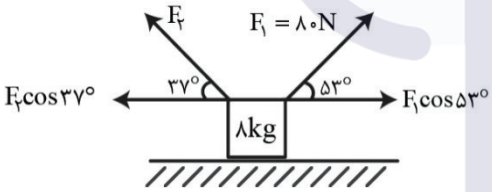
$$\cos 37^\circ = \sqrt{1-\sin^2 37^\circ} = \sqrt{1-0/36} = \sqrt{0/64} = 0/8$$

$$W_{F_1} + W_{F_2} + W_{mg} = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2) \rightarrow F_1 d\cos\theta_1 + F_2 d\cos\theta_2 + mgd\cos\theta = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2)$$

$$\xrightarrow[\theta=180^\circ, m=8kg, g=10\frac{m}{s^2}, v_1=0\frac{m}{s}, v_2=10\frac{m}{s}]{F_1=80N, d=20m, \theta_1=37^\circ, \theta_2=53^\circ} 80\times 20\cancel{\cos 37^\circ}^{0/8} + F_2\times 20\cancel{\cos 53^\circ}^{0/6} + 8\times 10\times 20\cancel{\cos 180^\circ}^{-1} = \frac{1}{\cancel{2}_1}\times \cancel{8}^4\times(\cancel{100}^{\cancel{50}} - \cancel{0}^0)$$

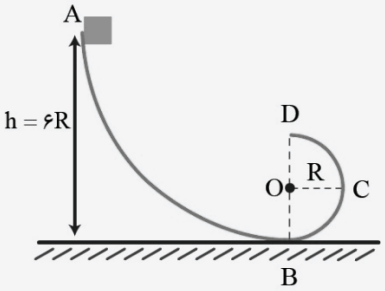
$$\rightarrow 1280 + 12F_2 - 1600 = 400 \rightarrow 12F_2 = 720 \rightarrow F_2 = 60N$$

روش دوم) چون جسم در راستای قائم به سمت بالا جابه‌جا می‌شود، پس نیروی خالص در راستای افق صفر است.



$$F_1\cos 53^\circ = F_2\cos 37^\circ \xrightarrow[\cos 37^\circ = 0/8]{F_1 = 80N, \cos 53^\circ = 0/6} 80\times 0/6 = F_2\times 0/8 \rightarrow F_2 = 60N$$

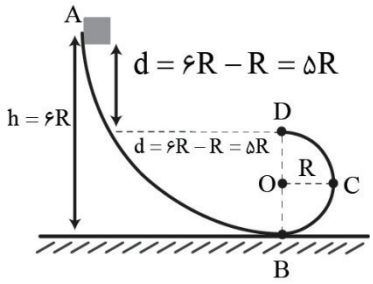
5. مطابق شکل زیر، جسمی به جرم m از نقطه‌ی A و از حال سکون رها شده و پس از عبور از نقطه‌ی B وارد مسیر دایره‌ای به شعاع R می‌شود. کار نیروی وزن بر روی جسم در جابه‌جایی آن از نقطه‌ی A تا نقطه‌ی D چند برابر تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی جسم در جابه‌جایی از نقطه‌ی A تا نقطه‌ی C است؟



۱) $\frac{4}{5}$
۲) $-\frac{4}{5}$
۳) $-\frac{5}{4}$
۴) $\frac{5}{4}$

پاسخ: گزینه ۲ متوسط | محاسباتی

کار نیروی وزن روی جسم از نقطه A تا نقطه D: مطابق شکل (الف)، کار نیروی وزن روی جسم در جابه‌جایی آن از نقطه A تا نقطه D را حساب می‌کنیم.



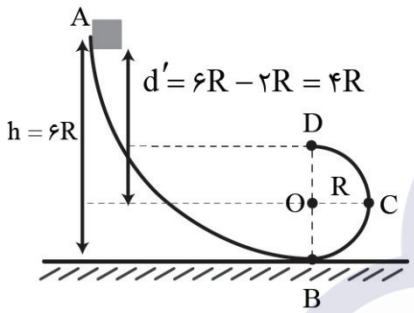
$$W_{mg} = mgd\cos\theta \xrightarrow[\theta=۰^\circ]{d=۴R} W = mg\times ۴R\,\overset{۱}{\cancel{\cos ۰^\circ}} = ۴mgR$$

تغییر انرژی پتانسیل گرانشی جسم در جابه‌جایی از نقطه A تا نقطه C، ابتدا نکته زیر را بخوانید.

نکته کار نیروی وزن روی یک جسم در یک جابه جایی برابر با منفی تغییر انرژی پتانسیل گرانشی جسم درآن جابه جایی است.

$$W_{mg} = -\Delta U$$

حالا طبق نکته بالا، ابتدا کار نیروی وزن روی جسم در جابه‌جایی از نقطه A تا نقطه C را حساب می‌کنیم سپس انرژی پتانسیل گرانشی آن در این جابه‌جایی را به دست می‌آوریم. (شکل ب)



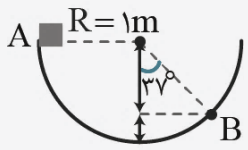
$$W'_{mg} = mgd\cos\theta \xrightarrow[\theta=۰^\circ]{d'=۵R} W'_{mg} = mg\times ۵R\,\overset{+۱}{\cancel{\cos ۰^\circ}} = +۵mgR \rightarrow \Delta U = -۵mgR$$

سوال از ما نسبت $\frac{W}{\Delta U}$ را می‌خواهد که ما هم حسابش می‌کنیم.

$$\frac{W}{W'} = \frac{۴\cancel{mgR}}{-۵\cancel{mgR}} = -\frac{۴}{۵}$$

6. مطابق شکل زیر، جسمی به جرم ۵kg با سرعت $۲\frac{m}{s}$ از نقطه‌ی A مماس بر سطح در مسیر نیم‌دایره‌ای به سمت پایین پرتاب می‌شود. اگر جسم حداکثر تا نقطه‌ی B روی سطح بالا رود، افزایش انرژی درونی جسم و محیط در مسیر A تا B چند ژول است؟

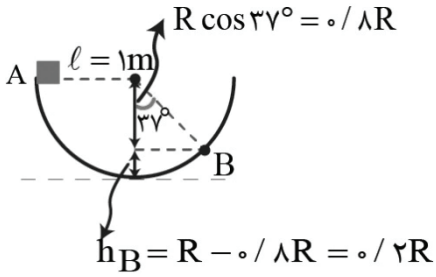
$(\sin ۳۷^\circ = ۰/۶, g = ۱۰\frac{m}{s^۲})$



۱) ۱۰
۲) ۴۰
۳) ۵۰
۴) ۷۰

پاسخ: گزینه ۳ متوسط | محاسباتی

با کاهش انرژی مکانیکی جسم از نقطه‌ی A تا نقطه‌ی B، انرژی درونی جسم و محیط همان مقدار افزایش می‌یابد. پس باید ببینیم که چند ژول از انرژی مکانیکی جسم در این مسیر کم می‌شود (مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی را در پایین‌ترین نقطه مسیر در نظر گرفتیم).



$$E_B - E_A = (K_B + U_B) - (K_A + U_A) = K_B - K_A + U_B - U_A \xrightarrow[U=mgh]{K=\frac{۱}{۲}mV^۲} E_B - E_A = \frac{۱}{۲}m(V_B^۲ - V_A^۲) + mg(h_B - h_A)$$

$$\xrightarrow[h_B = ۰/۲R = ۰/۲\times ۱ = ۰/۲m,\ h_A = R = ۱m]{m=۵kg,\ v_B = ۰\frac{m}{s},\ v_A = ۲\frac{m}{s},\ g = ۱۰\frac{m}{s^۲}} E_B - E_A = \frac{۱}{۲}\times ۵\times(\overset{-۴}{\cancel{۰^۲ - ۲^۲}}) + ۵\times ۱۰\times(\overset{-۰/۸}{\cancel{۰/۲ - ۱}}) = -۱۰ - ۴۰ = -۵۰J$$

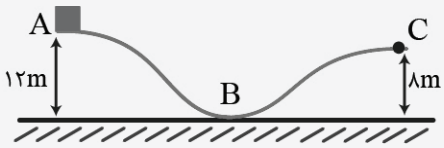
بنابراین ۵۰J از انرژی مکانیکی جسم در مسیر AB کاهش می‌یابد و همین مقدار یعنی ۵۰J به انرژی درونی جسم و محیط اضافه می‌شود.

۱) انرژی مکانیکی: به مجموع انرژی پتانسیل و انرژی جنبشی جسم، انرژی مکانیکی می‌گوییم. $E=K+U$

۲) اگر در طول مسیر حرکت جسم، نیروهای اتلافی (مثل اصطکاک و مقاومت هوا) و نیروی خارجی (مانند نیروی دست)بر جسم وارد شوند و کار منفی روی آن انجام دهند، انرژی مکانیکی جسم کاهش می‌یابد. کار این نیروها (W_f) در یک مسیر معین، برابر با اختلاف انرژی مکانیکی جسم در ابتدا و انتهای مسیر است.

$W_f=E_۲-E_۱$

7. وزنه‌ای به جرم ۲kg باتندی اولیه v_A از نقطه‌ی A مماس بر سطح پرتاب می‌شود. اگر در مسیر ABC، ۴۴ ژول به انرژی درونی جسم و محیط اضافه شده باشد و تندی وزنه در نقطه C، ۲۵ درصد بیشتر از تندی آن وزنه در نقطه A باشد، تندی وزنه در نقطه A چند متر بر ثانیه است؟ $(g=۱۰\frac{N}{kg})$

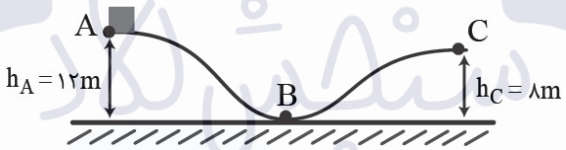


۱) ۴ ۲) ۶

۳) ۸ ۴) ۱۰

پاسخ: گزینه ۳ متوسط | محاسباتی

از آن‌جا که در مسیر ABC، انرژی درونی جسم و محیط ۴۴J افزایش یافته است، پس انرژی مکانیکی جسم در این مسیر، ۴۴J کاهش می‌یابد. با در نظر گرفتن سطح هم‌تراز با نقطه B به عنوان مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی می‌توان نوشت:



$$E_C-E_A=-۴۴J \xrightarrow{E=K+U} (K_C+U_C)-(K_A+U_A)=-۴۴ \xrightarrow[U=mgh]{K=\frac{۱}{۲}mv^۲} \frac{۱}{۲}m(v_C^۲-v_A^۲)+mg(h_C-h_A)=-۴۴$$

$$\xrightarrow[g=۱۰\frac{m}{s^۲},h_C=۸m,h_A=۱۲m]{m=۲kg,v_C=v_A+\frac{۲۵}{۱۰۰}v_A=\frac{۵}{۴}v_A^۲} \frac{۱}{\cancel{۲}_{۱}}\times\cancel{۲}^{۱}\times[\underbrace{(\frac{۵}{۴}v_A)^۲}_{\frac{۹}{۱۶}v_A^۲}-v_A^۲]+۲\times۱۰\times\underbrace{(۸-۱۲)}_{-۴}=-۴۴$$

$$\rightarrow \frac{\cancel{۹}^{۱}}{۱۶}v_A^۲=\cancel{۳۶}^{۴} \xrightarrow{\sqrt{\ }} v_A=۸\frac{m}{s}$$

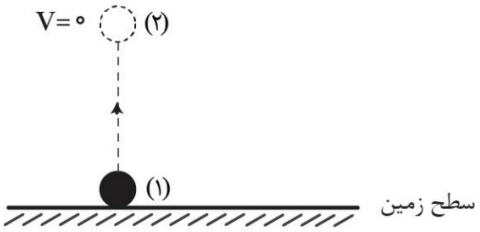
8. گلوله‌ای به جرم ۵۰۰g با سرعت $۲۰\frac{m}{s}$ از سطح زمین در راستای قائم به سمت بالا پرتاب می‌شود. گلوله تا ارتفاع ۱۵ متری سطح زمین بالا رفته سپس برمی‌گردد. اگر بزرگی نیروی مقاومت هوای وارد بر گلوله در حین حرکت آن ثابت فرض شود، تندی برخورد گلوله به زمین چند متر بر ثانیه است؟ $(g=۱۰\frac{m}{s^۲})$

۱) $۱۰\sqrt{۲}$ ۲) ۱۵ ۳) $۱۰\sqrt{۳}$ ۴) ۱۰

پاسخ: گزینه ۱ متوسط | محاسباتی

هر دو مسیر رفت و برگشت گلوله را بررسی می‌کنیم.

مسیر رفت: در این حالت، گلوله به سمت بالا پرتاب شده و در راستای قائم تا جایی بالا می‌رودکه تندی آن صفر شود (شکل الف). چون بزرگی نیروی مقاومت هوای وارد بر گلوله حین حرکت آن ثابت فرض شده است. بنابراین کار نیروی مقاومت هوای وارد بر گلوله در مسیر رفت و برگشت یکسان است. پس اگر کار نیروی مقاومت هوای وارد بر گلوله در مسیر رفت آن را حساب کنیم، می‌توانیم در مسیر برگشت هم از آن استفاده کنیم (مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی را در سطح زمین در نظر گرفتیم).

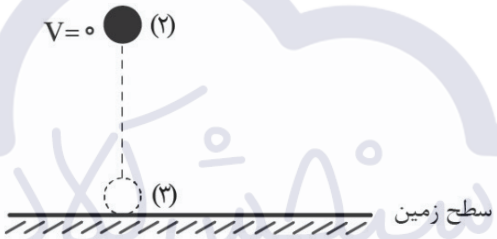


(الف)

$$W_f = E_۲ - E_۱ = (K_۲ + U_۲) - (K_۱ + U_۱) = K_۲ - K_۱ + U_۲ - U_۱ \xrightarrow[U=mgh]{K=\frac{۱}{۲}mV^۲} W_f = \frac{۱}{۲}m(v_۲^۲ - v_۱^۲) + mg(h_۲ - h_۱)$$

$$\xrightarrow[g=۱۰\frac{N}{kg},\, h_۲=۱۵m,\, h_۱=۰m]{m=۰/۵kg,\, v_۱=۲۰\frac{m}{s},\, v_۲=۰\frac{m}{s}} W_f = \frac{۱}{۲}\times ۰/۵\times(\overset{-۴۰۰}{\cancel{۰^۲ - ۲۰^۲}}) + ۰/۵\times ۱۰\times(\overset{۱۵}{\cancel{۱۵-۰}}) = -۱۰۰ + ۷۵ = -۲۵J$$

مسیر برگشت: در مسیر برگشت، گلوله از نقطه اوج (جایی که تندی آن گلوله صفر شده است) در راستای قائم به سمت پایین می‌آید و به سطح زمین می‌رسد (شکل ب). در این حالت، چون کار نیروی مقاومت هوای وارد بر گلوله برابر با کار این نیرو در مسیر رفت آن است، می‌توان نوشت:



(ب)

$$W'_f = E_۳ - E_۲ = (K_۳ + U_۳) - (K_۲ + U_۲) = K_۳ - K_۲ + U_۳ - U_۲ \xrightarrow[U=mgh]{K=\frac{۱}{۲}mv^۲}$$

$$W'_f = \frac{۱}{۲}m(v_۳^۲ - v_۲^۲) + mg(h_۳ - h_۲) \xrightarrow[g=۱۰\frac{N}{kg},\, h_۳=۰m,\, h_۲=۱۵m]{W'_f=W_f=-۲۵J,\, m=۰/۵kg,\, v_۲=۰\frac{m}{s}} -۲۵ = \frac{۱}{۲}\times ۰/۵\times(\overset{v_۳^۲}{\cancel{v_۳^۲ - ۰^۲}}) + ۰/۵\times ۱۰\times(\overset{-۱۵}{\cancel{۰-۱۵}} - ۱۵)$$

$$\rightarrow -۲۵ = \frac{v_۳^۲}{۴} - ۷۵ \rightarrow v_۳^۲ = ۲۰۰ \xrightarrow{\sqrt{\ }} v_۳ = ۱۰\sqrt{۲}\frac{m}{s}$$

9. شخصی به جرم ۶۰kg در مدت زمان ۹۰s از تعداد ۵۰ پله بالا می‌رود. توان متوسط مفید شخص چند وات است؟ ($g=۱۰\frac{m}{s^۲}$ و ارتفاع هر پله ۳۰cm است.)

۱) ۱۰۰۰ ۲) ۳۳۳ ۳) ۱۰۰ ۴) ۳۳/۳

پاسخ: گزینه ۳ ساده | محاسباتی

کاری که شخص انجام می‌دهد، صرف افزایش انرژی پتانسیل گرانشی می‌شود. کافی است داده‌ها را در رابطه‌ی زیر جای‌گذاری کنیم تا توان متوسط مفید شخص را به دست بیاوریم.

$$P_{av} = \frac{W}{\Delta t} \xrightarrow{W=mgh} P_{av} = \frac{mgh}{\Delta t} \xrightarrow[h=۵۰\times ۰/۳=۱۵m,\, \Delta t=۹۰s]{m=۶۰kg,\, g=۱۰\frac{m}{s^۲}} P_{av} = \frac{۶۰\times ۱۰\times \overset{۱}{\cancel{۱۵}}}{\underset{۶}{\cancel{۹۰}}} = ۱۰۰W$$

درسنامه

توان متوسط: آهنگ انجام کار را، توان متوسط می‌گوییم

$$\text{توان متوسط}(\frac{J}{s}\text{ یا }W) \leftarrow P_{av}=\frac{W \rightarrow (J)\text{ کار}}{\Delta t \rightarrow (s)\text{ مدت زمان}}$$

10. پمپ آبی با توان ۵kW و بازده ۸۲ درصد، چند کیلوگرم آب را از ته چاهی به عمق ۸m در هر دقیقه بالا می‌آورد و با تندی $۲\frac{m}{s}$ به بیرون پرتاب می‌کند؟ $(g=۱۰\frac{m}{s^۲})$

۱) ۳×۱۰^۳ ۲) ۳×۱۰^۲ ۳) $۳/۰۷۵\times۱۰^۳$ ۴) $۳/۰۷۵\times۱۰^۲$

پاسخ: گزینه ۱ متوسط | محاسباتی

گام اول) ابتدا با کمک بازده پمپ، توان متوسط خروجی آن را به دست می‌آوریم:

$$\text{بازده بر حسب درصد}=\frac{P_{av,\text{خروجی}}}{P_{av,\text{ورودی}}}\times۱۰۰ \rightarrow ۸۲=\frac{P_{av,\text{خروجی}}}{۵۰۰۰}\times۱۰۰ \rightarrow P_{av,\text{خروجی}}=۴۱۰۰W$$

گام دوم) حالا که توان متوسط خروجی پمپ را به دست آوردیم، می‌توانیم کاری را که پمپ بر روی آب در هر دقیقه انجام می‌دهد نیز حساب کنیم.

$$P_{av,\text{خروجی}}=\frac{W_{\text{خروجی}}}{\Delta t} \xrightarrow[\Delta t=۶۰s]{P_{av,\text{خروجی}}=۴۱۰۰W} ۴۱۰۰=\frac{W_{\text{خروجی}}}{۶۰} \rightarrow W_{\text{خروجی}}=۴۱۰۰\times۶۰=۲۴۶۰۰۰J$$

گام سوم) الان می‌توانیم با استفاده از قضیه کار - انرژی جنبشی، کاری را که پمپ بر روی آب انجام می‌دهد، به دست بیاوریم.

$$W_t=K_۲-K_۱ \xrightarrow[K=\frac{۱}{۲}mV^۲]{W_t=W_{mg}+W_{\text{پمپ}}} W_{mg}+W_{\text{پمپ}}=\frac{۱}{۲}m(v_۲^۲-v_۱^۲) \xrightarrow[v_۱=۰\frac{m}{s},\ v_۲=۲\frac{m}{s},\ g=۱۰\frac{m}{s^۲},\ h=۸m]{W_{mg}=mgh\cos۱۸۰^\circ,\ W_{\text{پمپ}}=۲۴۶۰۰۰J}$$

$$m\times۱۰\times۸\times(-۱)+۲۴۶۰۰۰=\frac{۱}{۲}m(\cancel{۲^۲-۰^۲}^{\,۴}) \rightarrow -۸۰m+۲۴۶۰۰۰=۲m \rightarrow ۸۲m=۲۴۶۰۰۰ \rightarrow m=۳\times۱۰^۳kg$$

درسنامه

بازده: نسبت انرژی خروجی به انرژی ورودی یک دستگاه در مدا معین را بازده می‌گوییم.

$$\text{بازده بر حسب درصد}=\frac{\text{انرژی خروجی}}{\text{انرژی ورودی}}\times۱۰۰=\frac{\text{توان متوسط خروجی}}{\text{توان متوسط ورودی}}\times۱۰۰$$

1. دمای جسمی ۳۲۰K است. دمای این جسم بر حسب درجه‌ی فارنهایت کدام است؟

۱) ۸۴/۶ ۲) ۱۰۲/۶ ۳) ۱۱۶/۶ ۴) ۱۳۴/۶

پاسخ: گزینه ۳ ساده | محاسباتی

گام اول) ابتدا دمای جسم را بر حسب درجه‌ی سلسیوس ($^\circ C$) به دست می‌آوریم.

$$T=\theta+۲۷۳ \xrightarrow{T=۳۲۰K} ۳۲۰=\theta+۲۷۳ \rightarrow \theta=۴۷^\circ C$$

گام دوم) حالا دمای جسم بر حسب درجه‌ی سلسیوس ($۴۷^\circ C$) را در رابطه‌ی زیر جای‌گذاری می‌کنیم و دمای آن را بر حسب درجه‌ی فارنهایت ($^\circ F$) به دست می‌آوریم.

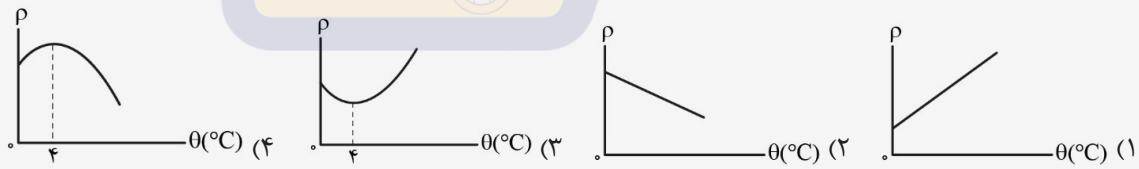
$$F=\frac{۹}{۵}\theta+۳۲ \xrightarrow{\theta=۴۷^\circ} F=\frac{۹}{۵}\times ۴۷+۳۲=۱۱۶/۶^\circ F$$

درسنامه

در جدول زیر، روابط بین دما بر حسب درجه‌ی سلسیوس ($^\circ C$)، کلوین (K) و درجه‌ی فارنهایت ($^\circ F$) را آورده‌ایم.

رابطه‌ی بین دما بر حسب کلوین و درجه‌ی سلسیوس	$T=\theta+۲۷۳$
رابطه‌ی بین دما بر حسب درجه‌ی فارنهایت و درجه‌ی سلسیوس	$F=\frac{۹}{۵}\theta+۳۲$
رابطه‌ی بین تغییر دما بر حسب کلوین و درجه‌ی سلسیوس	$\Delta T=\Delta\theta$
رابطه‌ی بین تغییر دما بر حسب درجه‌ی فارنهایت و درجه‌ی سلسیوس	$\Delta F=\frac{۹}{۵}\Delta\theta$
رابطه‌ی بین تغییر دما بر حسب درجه‌ی فارنهایت و کلوین	$\Delta F=\frac{۹}{۵}\Delta T$

2. کدام نمودار، تغییرات چگالی آب بر حسب دمای آن را به درستی نشان می‌دهد؟

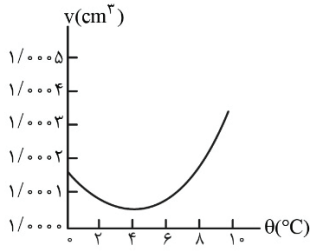


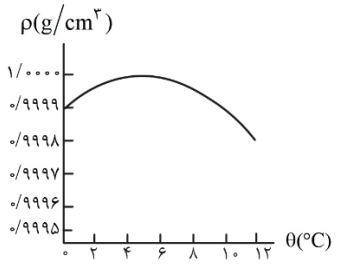
۱) ۲) ۳) ۴)

پاسخ: گزینه ۴ ساده | حفظی

حجم بیشتر مایع‌ها با افزایش دما، افزایش و در نتیجه چگالی آن‌ها کاهش می‌یابد؛ اما رفتار آب در فشار یک اتمسفر و در محدوده‌ی دمایی $۰^\circ C$ تا $۴^\circ C$ متفاوت است حجم آب در فشار یک اتمسفر و در محدوده‌ی دمایی $۰^\circ C$ تا $۴^\circ C$ با افزایش دما، کاهش و در نتیجه، چگالی آن افزایش می‌یابد و پس از دمای $۴^\circ C$ مانند سایر اجسام، حجم آن با افزایش دما، افزایش و در نتیجه، چگالی آن کاهش می‌یابد. نمودارهای تغییرات حجم

و تغییرات چگالی ۱ گرم آب خالص بر حسب دما به صورت زیر است.



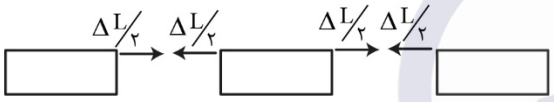


3. یک بزرگراه از بخش‌های بتونی به طول ۳۰m ساخته شده است. این بخش‌ها در دمای $5^\circ C$ بتون‌ریزی و عمل آورده شده‌اند. برای جلوگیری از تاب برداشتن بتون در دمای $45^\circ C$، مهندسان باید حداقل چه فاصله‌ای را بر حسب میلی‌متر بین این قطعه‌ها در نظر بگیرند؟ (ضریب انبساط طولی بتون $14\times10^{-6}\,K^{-1}$ است.)

۱) ۸/۴ ۲) ۱۶/۸ ۳) ۳۳/۶ ۴) ۲۵/۲

پاسخ: گزینه ۲ متوسط | محاسباتی

به شکل زیر دقت کنید:



با توجه به شکل بالا فاصلهٔ بین دوقطعه باید به اندازهٔ مجموع نصف افزایش دوقطعه مجاور هم باشد. چون طول قطعه ها برابر است پس این فاصله برابر با افزایش طول یکی از این قطعه ها است. باید ببینیم که این بخش‌های بتونی در اثر افزایش دما، چند میلی‌متر افزایش پیدا می‌کنند تا مهندسان این فاصله را در نظر بگیرند.

$$\Delta L=\alpha L_1\Delta T \xrightarrow[\Delta T=\Delta\theta=45-5=40^\circ C]{\alpha=14\times10^{-6}K^{-1},\ L_1=30m} \Delta L=14\times10^{-6}\times30\times40=16/8\times\underbrace{10^{-3}}_{m}m=16/8mm$$

درسنامه

	رابطه		
	تغییرات کمیت	مقدار نهایی کمیت	درصد تغییرات کمیت
انبساط طولی	$\Delta L=\alpha L_1\Delta T$ (طول اولیه، ضریب انبساط طولی $(\frac{1}{K})$، تغییرات دما (K))	$L_2=L_1(1+\alpha\Delta T)$	$100\alpha\Delta T$
انبساط سطحی	$\Delta A=2\alpha A_1\Delta T$ (مساحت اولیه)	$A_2=A_1(1+2\alpha\Delta T)$	$100(2\alpha)\Delta T$
انبساط جامدات	$\Delta V=3\alpha V_1\Delta T$ (حجم اولیه)	$V_2=V_1(1+3\alpha\Delta T)$	$100(3\alpha)\Delta T$
انبساط مایعات	$\Delta V=\beta V_1\Delta T$ (ضریب انبساط حجمی $(\frac{1}{K})$)	$V_2=V_1(1+\beta\Delta T)$	$100\beta\Delta T$

4. دمای یک صفحه‌ی فلزی را $50^\circ C$ افزایش می‌دهیم، در نتیجه مساحت آن ۰/۲ درصد افزایش می‌یابد. ضریب انبساط طولی فلز در SI کدام است؟

۱) 10^{-5} ۲) 2×10^{-5} ۳) 10^{-3} ۴) 2×10^{-3}

پاسخ: گزینه ۲ ساده | محاسباتی

کافی است داده‌ها را در رابطه‌ی زیر جای‌گذاری کنیم. همین!

$$\text{درصد تغییرات مساحت}=100(2\alpha)\Delta T \rightarrow 0/2=100(2\alpha)\times50 \rightarrow 0/2=10^{4}\times\alpha \rightarrow \alpha=2\times10^{-5}K^{-1}$$

5. یک ظرف آلومینیومی در دمای $20^\circ C$ به‌طور کامل از گلیسیرین پر شده است. اگر دمای ظرف و گلیسیرین به $40^\circ C$ برسد، $34cm^3$ گلیسیرین از ظرف سرریز می‌شود. حجم گلیسیرین در دمای $20^\circ C$ چند سانتی‌متر مکعب است؟ (ضریب انبساط حجمی گلیسیرین $5\times10^{-4}\frac{1}{K}$ و ضریب انبساط طولی آلومینیم $25\times10^{-6}\frac{1}{K}$ است.)

۱) ۳۵۷۹ ۲) ۴۰۰۰ ۳) ۴۰۰ ۴) ۳۵۷/۹

پاسخ: گزینه ۲ متوسط | محاسباتی

گام اول) ابتدا باید ببینیم که حجم ظرف و گلیسیرین با افزایش دما چقدر افزایش می‌یابد (دقت کنید که چون ظرف از گلیسیرین به‌طور کامل پر شده است، پس حجم اولیه‌ی ظرف و گلیسیرین (V_1) یکسان است).

$$\Delta V_{\text{ظرف}}=3\alpha V_1\Delta T \xrightarrow[\Delta T=\Delta\theta=40-20=20^\circ C]{\alpha=25\times10^{-6}K^{-1}} \Delta V_{\text{ظرف}}=3\times25\times10^{-6}V_1\times20=0/15\times10^{-2}V_1$$

$$\Delta V_{\text{گلیسیرین}}=\beta V_1\Delta T \xrightarrow[\Delta T=\Delta\theta=40-20=20^\circ C]{\beta=5\times10^{-4}K^{-1}} \Delta V_{\text{گلیسیرین}}=5\times10^{-4}V_1\times20=10^{-2}V_1$$

گام دوم) همان‌طور که می‌بینید، با افزایش دما، حجم گلیسیرین بیشتر از حجم ظرف افزایش می‌یابد. اختلاف این دو حجم برابر با حجم گلیسیرین سرریز شده از ظرف است. بنابراین حجم اولیه گلیسیرین برابر است با:

$$\Delta V_{\text{گلیسیرین}}-\Delta V_{\text{ظرف}}=34 \xrightarrow[\Delta V_{\text{ظرف}}=0/15\times10^{-2}V_1]{\Delta V_{\text{گلیسیرین}}=10^{-2}V} 10^{-2}V_1-0/15\times10^{-2}V_1=34 \rightarrow \overset{0/05}{\cancel{0/85}}\times10^{-2}V_1=\overset{2}{\cancel{34}} \rightarrow V_1=4000cm^3$$

6. به دو گوی توپر فلزی و هم‌جنس با شعاع‌های R_1 و R_2 به‌ترتیب گرماهای Q_1 و $Q_2=8Q_1$ داده می‌شود. اگر تغییر شعاع کره با شعاع R_1، ۲ برابر تغییر شعاع کره با شعاع R_2 باشد، $\frac{R_1}{R_2}$ کدام است؟

۱) $\frac{1}{4}$ ۲) $\frac{1}{2}$ ۳) ۲ ۴) ۴

پاسخ: گزینه ۱ متوسط | محاسباتی

گام اول) وقتی به کره‌ای گرما داده می‌شود، دمای آن بالا می‌رود و انبساط پیدا می‌کند. از آن‌جا که تغییر شعاع کره با شعاع R_1، ۲ برابر تغییر شعاع کره با شعاع R_2 است، می‌توان نوشت:

$$\Delta R_1=2\Delta R_2 \xrightarrow{\Delta R=\alpha R_1\Delta T} \alpha_1R_1\Delta T_1=2\alpha_2R_2\Delta T_2 \xrightarrow{\alpha_1=\alpha_2} \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}=\frac{R_1}{2R_2}$$

گام دوم) از طرفی، گرمای داده شده به کره با شعاع R_2، ۸ برابر گرمای داده شده به کره با شعاع R_1 است $(Q_2=8Q_1)$. چون گرمای داده شده به کره‌ها منجر به تغییر حالت گرمایی نمی‌شود، پس فقط دمای کره‌ها تغییر می‌کند که در این صورت باید از رابطه‌ی $Q=mc\Delta T$ استفاده کنیم.

$$Q_2=8Q \xrightarrow[m=\rho V]{Q=mc\Delta T} \rho_2V_2c_2\Delta T_2=8\rho_1V_1c_1\Delta T_1 \xrightarrow[V=\frac{4}{3}\pi R^3]{\rho_1=\rho_2\ ,\ c_1=c_2} \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}=8(\frac{R_1}{R_2})^3$$

دو رابطهٔ به دست آمده را باهم برابر قرار می دهیم. در این صورت:

$$\frac{1}{2}\times\frac{\cancel{R_1}^{\,1}}{\cancel{R_2}}=8\,\cancel{\left(\frac{R_1}{R_2}\right)^3}^{\,\left(\frac{R_1}{R_2}\right)^2}\rightarrow\left(\frac{R_1}{R_2}\right)^2=\frac{1}{16}\xrightarrow{\sqrt{\ }}\frac{R_1}{R_2}=\frac{1}{4}$$

درسنامه:

$Q=mC\Delta T\rightarrow$ تغییرات دما (K) جرم (kg) ↑ گرمای ویژه $(\frac{J}{kg.K})$ ↓	**گرمای لازم برای تغییر دما**
$Q=C\Delta T, C=mc$ ظرفیت گرمایی $(\frac{J}{K})$ ↑	

7. مقدار 2kg مایع با گرمای ویژه $800\frac{J}{kg.K}$ درون ظرفی با ظرفیت گرمایی 2000 در SI قرار دارد. چند کیلوژول گرما نیاز است تا دمای مجموعه $20^\circ C$ افزایش یابد؟

۱) ۳۲ ۲) ۳۶ ۳) ۴۸ ۴) ۷۲

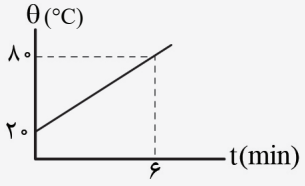
پاسخ: گزینه ۴ متوسط | محاسباتی

گرمای لازم برای تغییر دمای $20^\circ C$ مایع و ظرف را حساب می‌کنیم و باهم جمع می‌کنیم.

$$Q=Q_{مایع}+Q_{ظرف}\xrightarrow[Q_{ظرف}=c_{ظرف}\Delta T_{ظرف}]{Q_{مایع}=m_{مایع}c_{مایع}\Delta T_{مایع}}Q=m_{مایع}c_{مایع}\Delta T_{مایع}+C_{ظرف}\Delta T_{ظرف}$$

$$\xrightarrow[\Delta T_{مایع}=\Delta T_{ظرف}=\Delta\theta=20^\circ C\,,\,c_{ظرف}=2000\frac{J}{K}]{m_{مایع}=2kg\,,\,c_{مایع}=800\frac{J}{kg.K}}Q=2\times800\times20+2000\times20=72\times10^3\,J=72kJ$$

8. درون یک کتری برقی با توان 2/5KJ، مقدار 2kg آب $20^\circ C$ قرار دارد. اگر در $t=0$ کتری روشن شود، نمودار تغییرات دمای آب به صورت زیر می‌شود. بازده کتری چند درصد است؟ (گرمای ویژه آب $4/2\frac{J}{g.K}$ و از تبخیر سطحی آب صرف‌نظر شود.)



۱) ۵۲
۲) ۵۶
۳) ۶۰
۴) ۷۰

پاسخ: گزینه ۲ ساده | حفظی

گام اول) در نمودار داده شده می‌بینیم که دمای آب کتری در مدت زمان 360s ثانیه (۶ دقیقه) از $20^\circ C$ به $80^\circ C$ رسیده است. با داشتن توان کتری می‌توانیم گرمایی را که کتری در این مدت ایجاد کرده است، حساب کنیم.

$$Q_{کتری}=Pt\xrightarrow[t=360s]{P=2/5kW=2500W}Q_{کتری}=2500\times360=900\times10^3\,J$$

گام دوم) حالا باید ببینیم که آب درون کتری در مدت 360s چند ژول گرما دریافت کرده است.

$$Q_{آب}=mc\Delta T \xrightarrow[\Delta T=\Delta\theta=۸۰-۲۰=۶۰^\circ C]{m=۲kg,\ c=۴/۲\frac{J}{g.K}=۴۲۰۰\frac{J}{kg.K}} Q_{آب}=۲\times۴۲۰۰\times۶۰=۵۰۴\times۱۰^۳ J$$

گام سوم) همان‌طور که می‌بینید، همه‌ی گرمایی که کتری ایجاد کرده است، به آب نرسیده است، بلکه بخشی از گرمای ایجاد شده توسط کتری منجر به تغییر دمای آب درون آن شده است. با این توضیح، بازده کتری را بر حسب درصد حساب می‌کنیم.

$$\text{بازده کتری بر حسب درصد}=\frac{Q_{آب}}{Q_{کتری}}\times۱۰۰ \xrightarrow[Q_{کتری}=۹۰۰\times۱۰^۳ J]{Q_{آب}=۵۰۴\times۱۰^۳ J} =\frac{\overset{۵۶}{\cancel{۵۰۴}}\times\overset{۱}{\cancel{۱۰^۳}}}{\underset{۱۰۰}{\cancel{۹۰۰}}\times\underset{۱}{\cancel{۱۰^۳}}}\times۱۰۰=۵۶\%$$

9. ظرفیت گرمایی جسم A، ۳ برابر ظرفیت گرمایی جسم B و دمای جسم A، ۲ برابر دمای جسم B است. این دوجسم را در تماس با یک‌دیگر قرار می‌دهیم تا به دمای تعادل برسند. کدام گزینه درست است؟(انرژی گرمایی فقط بین A و B مبادله می‌شود.)

۱) گرمایی که جسم A مبادله می‌کند تا به تعادل گرمایی برسد، ۳ برابر گرمایی است که جسم B مبادله می‌کند تا به تعادل گرمایی برسد.

۲) گرمایی که جسم A مبادله می‌کند تا به تعادل گرمایی برسد، $\frac{۱}{۳}$ برابر گرمایی است که جسم B مبادله می‌کند تا به تعادل گرمایی برسد.

۳) دمای تعادل $\frac{۷}{۱۰}$ برابر دمای اولیه جسم A است.

۴) دمای تعادل $\frac{۷}{۸}$ برابر دمای اولیه جسم A است.

پاسخ: گزینه ۴ متوسط | محاسباتی، مفهومی

طبق قانون پایستگی انرژی، جمع جبری گرماهای مبادله شده تا رسیدن به حالت تعادل برابر با صفر است. $Q_A+Q_B=۰$

بنابراین، اندازه‌ی گرمایی که جسم A مبادله می‌کند تا به تعادل گرمایی برسد، برابر با اندازه‌ی گرمایی است که جسم B مبادله می‌کند تا به تعادل گرمایی برسد ((۱) و (۲) پَرَا) ادامه‌ی رابطه‌ی بالا را می‌نویسیم تا گزینه‌ی درست را پیدا کنیم.

$$C_A(\theta-\theta_A)+C_B(\theta-\theta_B)=۰ \xrightarrow[\theta_A=۲\theta_B]{C_A=۳C_B} ۳C_B(\theta-۲\theta_B)+C_B(\theta-\theta_B)=۰$$

$$\xrightarrow{\div C_B} ۳\theta-۶\theta_B+\theta-\theta_B=۰ \rightarrow \theta=\frac{۷}{۴}\theta_B \xrightarrow{\theta_B=\frac{\theta_A}{۲}} \theta=\frac{۷}{۴}\times\frac{\theta_A}{۲}=\frac{۷}{۸}\theta_A$$

(۳) پَرپَرا

درسنامه

طبق قانون پایستگی انرژی، جمع جبری گرماهای مبادله شده تا رسیدن به حالت تعادل برابر با صفر است.

$$Q_A+Q_B+Q_C+...=۰ \rightarrow \begin{cases} m_Ac_A(\theta-\theta_A)+m_Bc_B(\theta-\theta_B)+m_Cc_C(\theta-\theta_C)+...=۰ \\ C_A(\theta-\theta_A)+C_B(\theta-\theta_B)+C_C(\theta-\theta_C)+...=۰ \end{cases}$$

نکته اگر مقداری گرما تلف شود، گرمای تلف شده را به عنوان یک جسم در نظر می گیریم که گرمای Q را دریافت کرده است پس در این حالت $Q_A+Q_B+Q_C+Q=۰$

10. شخصی ۳۰۰g آب $۵۰^\circ C$ را در یک لیوان آلومینیومی ۱۰۰ گرمی که دمای آن $۲۰^\circ C$ است می‌ریزد. دمای نهایی پس از آن‌که آب و لیوان به تعادل گرمایی برسند، چند درجه سلسیوس است؟ (از تبادل گرما با محیط صرف‌نظر شود و گرمای ویژه آب و آلومینیوم به ترتیب $۴۲۰۰\frac{J}{kg.K}$ و $۹۰۰\frac{J}{kg.K}$ است.)

۱) ۴۸ ۲) ۴۶ ۳) ۳۶ ۴) ۳۲

پاسخ: گزینه ۱ متوسط | محاسباتی

طبق قانون پایستگی انرژی، جمع جبری گرماهای مبادله شده تا رسیدن به حالت تعادل برابر با صفر است؛ بنابراین می‌توان نوشت:

$$Q_{آب}+Q_{آلومینیم}=۰ \xrightarrow{Q=mc\Delta\theta} m_{آب}c_{آب}(\theta-\theta_{آب})+m_{آلومینیم}c_{آلومینیم}(\theta-\theta_{آلومینیم})=۰$$

$$\xrightarrow[m_{آلومینیم}=۰/۱kg,\ c_{آلومینیم}=۹۰۰\frac{J}{kg.K},\ \theta_{آلومینیم}=۲۰^\circ c]{m_{آب}=۰/۳kg,\ c_{آب}=۴۲۰۰\frac{J}{kg.K},\ \theta_{آب}=۵۰^\circ c} ۰/۳\times۴۲۰۰\times(\theta-۵۰)+۰/۱\times۹۰۰\times(\theta-۲۰)=۰$$

$$\xrightarrow{\div ۹۰} ۱۴\theta-۷۰۰+\theta-۲۰=۰ \rightarrow ۱۵\theta=۷۲۰ \rightarrow \theta=۴۸^\circ C$$

1. کدام گزینه نادرست است؟

۱) تغییر حالت از جامد به بخار تصعید نامیده می‌شود.

۲) جامدهای بلورین در گستره‌ای از دما به تدریج ذوب می‌شوند.

۳) نقطه‌ی ذوب به جنس جسم و فشار وارد بر آن بستگی دارد.

۴) افزایش فشار وارد بر یخ سبب کاهش نقطه‌ی ذوب آن می‌شود.

پاسخ: گزینه ۲ ساده | حفظی

برخلاف جامدهای خالص و بلورین، جامدهای بی‌شکل مانند شیشه و جامدهای ناخالصی مانند قیر نقطه‌ی ذوب کاملاً مشخصی ندارند. در واقع وقتی این مواد را گرم می‌کنیم، پیش از ذوب شدن خمیری‌شکل می‌شوند. این مواد در گستره‌ای از دما به تدریج ذوب می‌شوند.

2. کدام موارد درست است؟

الف) علت احساس گرمای بیشتر در هوای خیلی مرطوب، میعان بخار آب روی بدن است.

ب) نقطه‌ی جوش آب در ارتفاعات بیشتر از نقطه‌ی جوش آن در سطح آزاد دریا است.

پ) در رساناهای فلزی، سهم الکترون‌های آزاد در رسانش گرما کم‌تر از اتم‌ها است.

ت) پدیده‌ی همرفت طبیعی موجب ایجاد نسیمی از سوی ساحل به سمت دریا در شب می‌شود.

۱) الف و پ ۲) ب و ت ۳) الف و ت ۴) ب و پ

پاسخ: گزینه ۳ متوسط | حفظی

الف یکی از عواملی که موجب می‌شود در هوایی که رطوبت آن زیاد است، احساس گرمای بیشتری بکنیم، همین میعان بخار آب روی بدنمان است. ✓ ۲ و ٤ پَرا

ب فشار هوا در ارتفاعات، کم‌تر از فشار هوا در سطح دریای آزاد است؛ بنابراین نقطه‌ی جوش آب در ارتفاعات کم‌تر از نقطه‌ی جوش آن در سطح آزاد دریاست. ✗

پ در فلزات افزون بر ارتعاش‌های اتمی، الکترون‌های آزاد نیز در انتقال گرما نقش دارند؛ بنابراین، نسبت به سایر اجسام، رساناهای گرمایی بسیار بهتری هستند. در واقع چون الکترون‌ها بسیار کوچک‌اند و به سرعت حرکت می‌کنند با برخورد با سایر الکترون‌ها و اتم‌ها سبب رسانش گرما می‌شوند. بنابراین، در رساناهای فلزی سهم الکترون‌های آزاد در رسانش گرما بیشتر از اتم‌هاست. ✗ و ۱ پَرَا

ت در طول روز، زمین ساحل گرم‌تر از آب دریاست؛ در نتیجه، پدیده‌ی همرفت موجب نسیمی از سوی دریا به سمت ساحل می‌شود. همچنین در طول شب، ساحل سردتر از آب دریاست؛ در نتیجه، پدیده‌ی همرفت موجب نسیمی از سوی ساحل به سمت دریا می‌شود. ✓

3. یک جواهرساز می‌خواهد ۲۰۰g نقره را ذوب کند. اگر دمای اولیه‌ی نقره برابر $10^\circ C$ و دمای ذوب آن $960^\circ C$ باشد، چند کیلوژول گرما نیاز است تا تمام نقره ذوب شود؟ (گرمای ویژه و گرمای نهان ذوب نقره به ترتیب $240\frac{J}{kg.K}$ و $90\frac{kJ}{kg}$ است.)

۱) ۴۶/۶ ۲) ۶۴/۶ ۳) ۳۶ ۴) ۷۶/۲

پاسخ: گزینه ۲ متوسط | محاسباتی

وقتی نقره گرما دریافت می‌کند، ابتدا دمایش بالا می‌رود تا به نقطه‌ی ذوبش، یعنی $960\ ^\circ C$ برسد، سپس در این دما شروع به ذوب شدن می‌کند. پس گرمای موردنیاز برای ذوب شدن تمام این نقره برابر با مجموع گرمای لازم برای تغییر دمای آن (Q_1) و گرمای لازم برای ذوب شدن آن (Q_2) است.

$$200g\ \text{نقره}\ 10^\circ C \xleftarrow{Q_1} 200g\ \text{نقره}\ 960^\circ C \xleftarrow{Q_2} 200g\ \text{مایع نقره}\ 960^\circ C$$

$$Q = Q_1 + Q_2 \xrightarrow[Q_2 = mL_F]{Q_1 = mc\Delta T} Q = mc\Delta T + mL_F \xrightarrow[\Delta T = \Delta\theta = -960 - 10 = 950^\circ C,\ L_F = 90\times10^3 \frac{J}{kg}]{m = 200g = 0/2kg,\ c = 250 \frac{J}{kg.K}}$$

$$Q = 0/2 \times \overset{45/6\times10^3}{\cancel{240\times950}} + 0/2 \times \overset{18\times10^3}{\cancel{90\times10^3}} = 63/6 \times \overset{k}{10^3} J = 63/6 kJ$$

درسنامه

گرمای لازم برای تغییر دما	$Q = m c \Delta T \rightarrow$ تغییرات دما (K) ؛ m: جرم (kg) ؛ c: گرمای ویژه $(\frac{J}{kg.K})$
	$Q = C \Delta T$ ؛ C: ظرفیت گرمایی $(\frac{J}{K})$
گرمای لازم برای ذوب	$Q = m L_F$ ؛ L_F: گرمای نهان ذوب $(\frac{J}{kg})$
گرمای لازم برای انجماد	$Q = -mL_F$
گرمای لازم برای تبخیر	$Q = m L_V$ ؛ L_V: گرمای نهان تبخیر $(\frac{J}{kg})$
گرمای لازم برای میعان	$Q = -mL_V$

4. مقدار $3kg$ آب $20^\circ C$ در فشار $1atm$ درون یک کتری برقی با توان $2kW$ و بازده ۸۴ درصد قرار دارد. با روشن شدن کتری، چند دقیقه زمان لازم است تا جرم آب درون کتری به $1kg$ برسد؟ (از تبخیر سطحی آب صرف‌نظر کنید و فرض کنید تمام انرژی الکتریکی تبدیل شده به انرژی گرمایی به آب می‌رسد و $c_{\text{آب}} = 4/2 \frac{kJ}{kg.K}$ و $L_F = 2268 \frac{kJ}{kg}$ است.)

۱) ۵۵ ۲) ۵۱/۶ ۳) ۴۸/۳ ۴) ۷۲

پاسخ: گزینه ۱ | متوسط | محاسباتی

وقتی آب در فشار ۱atm گرما دریافت می‌کند، دمایش بالا می‌رود تا به نقطه‌ی تبخیر آن، یعنی $100^\circ C$ برسد، سپس در این دما شروع به بخار شدن می‌کند. از آن‌جا که جرم آب درون کتری از ۳kg به ۱kg رسیده است، پس ۲kg(۱−۳) آن تبخیر شده است؛ بنابراین گرمایی که آب در این مدت زمان دریافت می‌کند، برابر با مجموع گرمای لازم برای تبخیر دمای ۳kg آب (Q_1) و گرمای لازم برای تبخیر ۲kg آب (Q_2) است.

$$\text{۳kg آب } 20^\circ C \xrightarrow{Q_1} \text{۳kg آب } 100^\circ C$$

$$\text{۲kg آب } 100^\circ C \xrightarrow{Q_2} \text{۲kg بخار آب } 100^\circ C$$

$$Q=Q_1+Q_2 \xrightarrow[Q_2=m_2L_V]{Q_1=m_1c\Delta T} Q=m_1c\Delta T+m_2L_V \xrightarrow[\Delta T=\Delta\theta=100-20=80^\circ C\,,\ m_2=2kg]{m_1=3kg,\ c=4/2\frac{kJ}{kg.K}=4200\frac{J}{kg.K},\ L_V=2268\frac{kJ}{kg}=2268\times10^3\frac{J}{kg}}$$

$$Q=\overset{1008\times10^3}{\cancel{3\times4200\times80}}+\overset{4536\times10^3}{\cancel{2\times2268\times10^3}}=5544\times10^3\,J$$

حالا با استفاده از بازده کتری، مدت زمان لازم را به دست می‌آوریم.

$$\text{بازده بر حسب درصد}=\frac{P_{\text{خروجی}}}{P_{\text{ورودی}}}\times100 \xrightarrow[P_{\text{ورودی}}=2KW=2\times10^3W]{\text{بازده بر حسب درصد}=84} 84=\frac{P_{\text{خروجی}}}{2\times10^3}\times100 \rightarrow P_{\text{خروجی}}=1680W$$

$$P_{\text{خروجی}}=\frac{Q}{\Delta t} \xrightarrow[Q=5544\times10^3J]{P_{\text{خروجی}}=1680W} 1680=\frac{5544\times10^3}{\Delta t} \rightarrow \Delta t=3300s=55min$$

درسنامه

۱) توان متوسط: آهنگ انجام کار را، توان متوسط می‌گوییم.

$$\text{توان متوسط}(W \text{ یا } \frac{J}{s}) \leftarrow P_{av}=\frac{W \rightarrow (J)\ \text{کار}}{\Delta t \rightarrow (s)\ \text{مدت زمان}}$$

۲) بازده: نسبت انرژی خروجی به انرژی ورودی را بازده می‌گوییم.

$$\text{بازده بر حسب درصد}=\frac{\text{انرژی خروجی}}{\text{انرژی ورودی}}\times100=\frac{\text{توان متوسط خروجی}}{\text{توان متوسط ورودی}}\times100$$

5. چند کیلوژول گرما نیاز است تا در فشار ۱atm ، قطعه یخی به جرم ۵۰g و دمای $-20^\circ C$ به‌طور کامل تبدیل به بخار آب $100^\circ C$ شود؟ $(L_V=2268\frac{J}{g}, L_F=336\frac{J}{g}, c_{\text{آب}}=2c_{\text{یخ}}=4/2\frac{J}{g.K})$

۱) ۱۵/۳۳ ۲) ۴۰/۷۴ ۳) ۱۵۳/۳ ۴) ۴۰۷/۴

پاسخ: گزینه ۳ | متوسط | محاسباتی

وقتی این یخ در فشار ۱atm گرما دریافت می‌کند، دمای آن بالا می‌رود تا به نقطه‌ی ذوبش، یعنی $0^\circ C$ برسد، سپس در این دما شروع به ذوب شدن می‌کند تا به آب $0^\circ C$ برسد و در ادامه، دمای آب بالا می‌رود تا به نقطه‌ی تبخیرش یعنی $100^\circ C$ برسد سپس در این دما شروع به بخار شدن می‌کند؛ بنابراین گرمای موردنیاز برابر با مجموع گرمای لازم برای تغییر دمای یخ (Q_1)، گرمای لازم برای ذوب شدن کامل یخ (Q_2)، گرمای لازم برای تغییر دمای آب (Q_3) و گرمای لازم برای بخار شدن آب (Q_4) است.

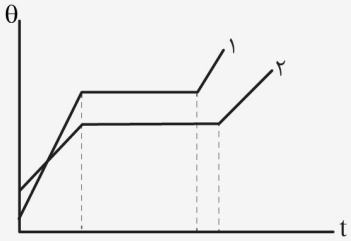
$$\text{۵۰g یخ } -20^\circ C \xrightarrow{Q_1} \text{۵۰g یخ } 0^\circ C \xrightarrow{Q_2} \text{۵۰g آب } 0^\circ C \xrightarrow{Q_3} \text{۵۰g آب } 100^\circ C \xrightarrow{Q_4} \text{۵۰g بخار آب } 100^\circ C$$

$$Q=Q_1+Q_2+Q_3+Q_4 \xrightarrow[Q_3=mc_{\text{آب}}\Delta T_{\text{آب}}\ ,\ Q_4=mL_V]{Q_1=mc_{\text{یخ}}\Delta T_{\text{یخ}}\ ,\ Q_2=mL_F} Q=mc_{\text{یخ}}\Delta T_{\text{یخ}}+mL_F+mc_{\text{آب}}\Delta T_{\text{آب}}+mL_V$$

$$\xrightarrow[\Delta T_{\text{یخ}}=\Delta\theta_{\text{یخ}}=0-(-20)=20^\circ C\ ,\ C_{\text{آب}}=4/2\frac{J}{g.K}=4200\frac{J}{kg.K}\ ,\ \Delta T_{\text{آب}}=\Delta\theta_{\text{آب}}=100-0=100^\circ C]{m=50g=0/05kg,\ c_{\text{یخ}}=2/1\frac{J}{kg.K},\ L_F=336\frac{J}{g}=336\times10^3\frac{J}{kg},\ L_V=2268\frac{J}{g}=2268\times10^3\frac{J}{kg}}$$

$$Q=\overset{۲/۱\times۱۰^{۳}}{\cancel{۰/۰۵\times۲۱۰۰\times۲۰}}+\overset{۱۶/۸\times۱۰^{۳}}{\cancel{۰/۰۵\times۳۳۶\times۱۰^{۳}}}+\overset{۲۱\times۱۰^{۳}}{\cancel{۰/۰۵\times۴۲۰۰\times۱۰۰}}+\overset{۱۱۳/۴\times۱۰^{۳}}{\cancel{۰/۰۵\times۲۲۶۸\times۱۰^{۳}}}=۱۵۳/۳\times\overset{k}{۱۰^{۳}}J=۱۵۳/۳kJ$$

6. نمودار دما بر حسب زمان دو جسم جامد هم‌جرم که هر کدام از دو منبع گرما با توان خروجی ثابت و یکسان گرما می‌گیرند، مطابق شکل زیر است. کدام گزینه درباره‌ی گرمای ویژه‌ی دو جسم در حالت جامد و گرمای نهان ذوب آن‌ها درست است؟



۱) $L_{F_۱}>L_{F_۲}\ ,\ c_۱>c_۲$

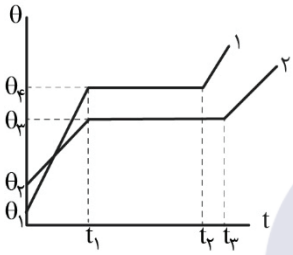
۲) $L_{F_۱}<L_{F_۲}\ ,\ c_۱>c_۲$

۳) $L_{F_۱}>L_{F_۲}\ ,\ c_۱<c_۲$

۴) $L_{F_۱}<L_{F_۲}\ ,\ c_۱<c_۲$

پاسخ: گزینه ۴ متوسط | مفهومی

گام اول) همان‌طور که در نمودار زیر می‌بینید، دمای هر دو جسم در بازه‌ی زمانی صفر تا $t_۱$ افزایش می‌یابد: پس گرمایی که دو جسم در این مدت زمان دریافت می‌کنند، باعث تغییر دمای آن‌ها می‌شود. از آن‌جا که توان خروجی منبع گرما ثابت است، می‌توان نوشت:



$$P_۱=P_۲\xrightarrow{P=\frac{Q}{\Delta t}}\frac{Q_۱}{\Delta t_۱}=\frac{Q_۲}{\Delta t_۲}\xrightarrow{\Delta t_۱=\Delta t_۲}Q_۱=Q_۲\xrightarrow[Q_۲=m_۲c_۲\Delta\theta_۲]{Q_۱=m_۱c_۱\Delta\theta_۱}m_۱c_۱\Delta\theta_۱=m_۲c_۲\Delta\theta_۲$$

$$\xrightarrow{m_۱=m_۲}\frac{c_۲}{c_۱}=\frac{\Delta\theta_۱}{\Delta\theta_۲}\xrightarrow[\Delta\theta_۲=\theta_۳-\theta_۲\ ,\ \Delta\theta_۱>\Delta\theta_۲]{\Delta\theta_۱=\theta_۴-\theta_۱}\frac{c_۲}{c_۱}>۱\rightarrow c_۱>c_۲$$ ۱ و ۲ پَرا

گام دوم) از طرفی، دمای جسم (۱) در بازه‌ی زمانی $t_۱$ تا $t_۲$ ثابت و دمای جسم (۲) در بازه‌ی زمانی $t_۱$ تا $t_۳$ نیز ثابت است. از آن‌جا که این دو جسم در این بازه‌های زمانی گرما دریافت می‌کنند، پس در حال ذوب شدن هستند. دوباره با توجه به ثابت بودن توان خروجی منبع گرمایی می‌توان نوشت:

$$P'_۱=P'_۲\xrightarrow{P'_۱=\frac{Q'}{\Delta t'}}\frac{Q'_۱}{\Delta t'_۱}=\frac{Q'_۲}{\Delta t'_۲}\xrightarrow[Q'_۲=m_۲L_{F_۲}]{Q'_۱=m_۱L_{F_۱}}\frac{m_۱L_{F_۱}}{\Delta t'_۱}=\frac{m_۲L_{F_۲}}{\Delta t'_۲}\xrightarrow{m_۱=m_۲}$$

$$\frac{L_{F_۲}}{L_{F_۱}}=\frac{\Delta t'_۲}{\Delta t'_۱}\xrightarrow[\Delta t'_۱=t_۲-t_۱\ ,\ \Delta t'_۲>\Delta t'_۱]{\Delta t'_۲=t_۳-t_۱}\frac{L_{F_۲}}{L_{F_۱}}>۱\rightarrow L_{F_۱}<L_{F_۲}$$ ۳ پَرَا

7. اگر ۸g بخار آب $۱۰۰^\circ C$ را وارد گرماسنج عایق حاوی مقدار زیادی یخ $۰^\circ C$ کنیم، چند گرم یخ ذوب می‌شود؟ (گرمای ویژه آب، گرمای نهان ذوب یخ و گرمای نهان تبخیر آب به ترتیب $۲۶۸\frac{kJ}{kg},۳۳۶\frac{kJ}{kg},۴/۲\frac{J}{kg.k}$ است و از تبادل گرما با محیط صرف‌نظر شود.)

۱) ۶۴ ۲) ۵۴ ۳) ۴۸ ۴) ۱۰

پاسخ: گزینه ۱ متوسط | محاسباتی

وقتی ۸g بخار آب $۱۰۰^\circ C$ را وارد گرماسنج عایق حاوی مقدار زیادی یخ $۰^\circ C$ می‌کنیم، بخار آب گرما از دست می‌دهد و مقداری از یخ همان مقدار گرما را می‌گیرد و شروع به ذوب شدن می‌کند. از آن‌جا که مقدار یخ زیاد و دمای آن $۰^\circ C$ است، پس در نهایت مخلوطی از آب و یخ در دمای $۰^\circ C$ خواهیم داشت.

۸g بخار آب $۱۰۰^\circ C$ $\xleftarrow{Q_۱}$ ۸g آب $۱۰۰^\circ C$ $\xleftarrow{Q_۲}$ ۸g آب $۰^\circ C$

m کیلوگرم یخ $۰^\circ C$ $\xleftarrow{Q_۳}$ m کیلوگرم آب $۰^\circ C$

طبق قانون پایستگی انرژی، جمع جبری و گرمای مبادله شده تا رسیدن به حالت تعادل صفر است؛ بنابراین می‌توان نوشت:

$$Q_1+Q_2+Q_3=0 \xrightarrow[Q_3=m_{\text{یخ}}L_F\ ,\ \Delta T_{\text{آب}}=\Delta\theta_{\text{آب}}]{Q_1=-m_{\text{بخار آب}}.L_V\ ,\ Q_2=m_{\text{بخار آب}}c_{\text{آب}}\Delta T_{\text{آب}}} -m_{\text{بخار آب}}L_V+m_{\text{آب}}c_{\text{آب}}\Delta\theta_{\text{آب}}+m_{\text{یخ}}L_F=0$$

$$\xrightarrow[c_{\text{آب}}=4/2\frac{J}{g.K}=4200\frac{J}{kg.K}\ ,\ \Delta\theta_{\text{آب}}=0-100=-100^\circ C\ ,\ L_F=336\frac{kJ}{kg}=336\times10^3\frac{J}{kg}]{m_{\text{بخار آب}}=8g=8\times10^{-3}kg\ ,\ L_V=2268\frac{kJ}{kg}=2268\times10^3\frac{J}{kg}}$$

$$-8\times10^{-3}\times2268\times10^3+8\times10^{-3}\times4200\times(-100)+m_{\text{یخ}}\times336\times10^3=0\rightarrow18144+3360=336\times10^3m_{\text{یخ}}$$

$$\rightarrow m_{\text{یخ}}=64\times10^{-3}kg=64g$$

8. درون چاله‌ی کوچکی، ۲۵۵۰g آب $0^\circ C$ ریخته شده است. چند گرم از آب بر اثر تغییر سطحی باید تبخیر شود تا تمام آب باقی‌مانده یخ بزند؟ (از تبادل انرژی با محیط صرف‌نظر شود و $L_V=7/5L_F$ است.)

۱) ۳۰۰ ۲) ۳۴۰ ۳) ۲۲۱۰ ۴) ۲۲۵۰

پاسخ: گزینه ۱ متوسط | محاسباتی

اگر m کیلوگرم از اب درون چاله بخواهد بر اثر تغییر سطح بخار شود، باید انرژی گرمایی دریافت کند که مابقی آب $(2/55-m)$ این انرژی گرمایی را به m کیلوگرم آب می‌دهد. از آن‌جا که دمای آب $0^\circ C$ است، پس $2/55-m$ کیلوگرم از آب با از دست دادن انرژی گرمایی یخ می‌زند، بنابراین، طبق قانون پایستگی انرژی می‌توان نوشت:

$$Q_1+Q_2=0 \xrightarrow[Q_2=-(2/55-m)L_F]{Q_1=mL_V} mL_V-(2/55-m)L_F=0 \xrightarrow{L_V=7/5L_F} 7/5m\cancel{L_F}=(2/55-m)\cancel{L_F}$$

$$\rightarrow 8/5m=2/55\rightarrow m=0/3kg=300g$$

9. حداقل چند کیلوگرم آب $10^\circ C$ را روی ۱۸kg یخ $-20^\circ C$ بریزیم تا دمای تعادل مجموعه ۲۷۳K شود؟ ($c_{\text{آب}}=2c_{\text{یخ}}=4/2\frac{J}{g.K}$,$L_F=336\frac{kJ}{kg}$ و از تبادل انرژی با محیط صرف‌نظر شود.)

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۹ ۴) ۱۸

پاسخ: گزینه ۲ متوسط | مفهومی ، محاسباتی

طبق اطلاعات داده شده، حداقل جرم آبی که باید روی یخ بریزیم تا دمای تعادل مجموعه $0^\circ C$(۲۷۳K) شود، مربوط به حالتی است که آب $10^\circ C$ به یخ $0^\circ C$ تبدیل شود.

m کیلوگرم آب $10^\circ C \xleftarrow{Q_1}$ m کیلوگرم آب $0^\circ C \xleftarrow{Q_2}$ m کیلوگرم یخ $0^\circ C$

۱۸kg یخ $-20^\circ C \xleftarrow{Q_3}$ ۱۸kg یخ $0^\circ C$

حالا طبق قانون پایستگی انرژی می‌توانیم بنویسیم:

$$Q_1+Q_2+Q_3=0 \xrightarrow[Q_2=m_{\text{آب}}L_F\ ,\ Q_3=m_{\text{یخ}}c_{\text{یخ}}\Delta T_{\text{یخ}}]{Q_1=m_{\text{آب}}c_{\text{آب}}\Delta T_{\text{آب}}} m_{\text{آب}}c_{\text{آب}}\Delta T_{\text{آب}}-m_{\text{آب}}L_F+m_{\text{یخ}}c_{\text{یخ}}\Delta T_{\text{یخ}}=0$$

$$\xrightarrow[L_F=336\frac{kJ}{kg}=336\times10^3\frac{J}{kg}\ ,\ m_{\text{یخ}}=18kg\ ,\ c_{\text{یخ}}=2/1\frac{J}{g.K}=2100\frac{J}{kg.K}]{c_{\text{آب}}=4/2\frac{J}{g.K}=4200\frac{J}{kg.K}\ ,\ \Delta T_{\text{آب}}=\Delta\theta_{\text{آب}}=0-10=-10^\circ C\ ,\ \Delta T_{\text{یخ}}=\Delta\theta_{\text{یخ}}=0-(-20)=20^\circ C}$$

$$m_{\text{آب}}\times4200\times(-10)-m_{\text{آب}}\times336\times10^3+18\times2100\times20=0 \xrightarrow{\div4200} 90m_{\text{آب}}=180\rightarrow m_{\text{آب}}=2kg$$

10. چه تعداد از موارد زیر درست است؟

الف) هر جسم در هر دمایی تابش الکترومغناطیسی گسیل می‌کند که در دماهای پایین‌تر از $500^\circ C$ عمدتاً به صورت تابش فروسرخ است.

ب) برای آشکارسازی تابش‌های فروسرخ از وسیله‌ای به نام دمانگار استفاده می‌شود و به تصویر حاصل از آن دمانگاشت می‌گوییم.

پ) سطوح صاف و درخشان با رنگ‌های روشن تابش گرمایی کم‌تری نسبت به سطوح تیره، ناصاف و مات دارند.

ت) تابش گرمایی از سطح هر جسم به دما، مساحت، رنگ و میزان صیقلی بودن سطح آن بستگی دارد.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ: گزینه ۴ متوسط | حفظی

الف درست، در واقع هر جسم در هر دمایی تابش الکترومغناطیسی گسیل می‌کند. به این نوع تابش، تابش گرمایی می‌گویند. نشان داده می‌شود که تابش گرمایی در دماهای زیر حدود $500^\circ C$ عمدتاً به صورت تابش فروسرخ است که نامرئی است.

ب درست، برای آشکارسازی تابش‌های فروسرخ از ابزاری موسوم به دمانگار استفاده می‌کنیم و به تصویر به دست آمده از آن دمانگاشت می‌گوییم.

پ و ت هر دو درست، تابش گرمایی از سطح هر جسم علاوه بر دما به مساحت، میزان صیقلی بودن و رنگ سطح آن جسم بستگی دارد. سطح صاف و درخشان با رنگ‌های روشن تابش گرمایی کم‌تری دارند، در حالی‌که تابش گرمایی سطوح تیره، ناصاف و مات بیشتر است.

سنجش کلاد

فیزیک ۲

۱- گزینهٔ «۱»
(مهدی معینی‌فر)

ابتدا بررسی می‌کنیم که در حالت اول و دوم، بار قطعهٔ آلومینیومی به چه صورت است.

الف) در حالت اول، قطعهٔ آلومینیومی با ابریشم مالش داده شده است که طبق جدول سری الکتریسیته مالشی (تریبوالکتریک) آلومینیوم به انتهای منفی سری نزدیک‌تر است و ابریشم به انتهای مثبت سری، پس آلومینیوم بار منفی و ابریشم بار مثبت خواهد داشت ⇐ حالت اول ⇐ آلومینیوم (-) (رد گزینهٔ «۲» و «۴»)

ب) در حالت دوم، بار دیگر بررسی انجام شده در قسمت الف را برای دو جسم آلومینیوم و پارچهٔ کتان انجام می‌دهیم، بدین ترتیب در این حالت آلومینیوم مثبت و پارچهٔ کتان منفی خواهد شد ⇐ حالت دوم ⇐ آلومینیوم (+) (همچنان رد گزینهٔ «۲» و «۴»)

(اثبات شده در مورد الف ⇐ $q_{\text{آلومینیوم}} = -ne((-)$: حالت اول

$$\Rightarrow q_{\text{آلومینیوم}(1)} = -5\times10^{10}\times1/6\times10^{-19}$$

$$= -8\times10^{-9}C = -8nC\ ,\ q_{\text{ابریشم}} = -q_{\text{آلومینیوم}(1)} = 8nC$$

قانون پایستگی بار ⇐ $q_{\text{پارچهٔ کتان}} = -q_{\text{آلومینیوم}(2)}$: حالت دوم

$$|q_{\text{پارچهٔ کتان}} - q_{\text{آلومینیوم}(2)}| = 16nc \Rightarrow |q_{\text{پارچهٔ کتان}} + q_{\text{پارچهٔ کتان}}|$$

$$= 16nC \Rightarrow 2q_{\text{پارچهٔ کتان}} = 16nC$$

$$\Rightarrow q_{\text{پارچهٔ کتان}} = -8nC$$

$$\Rightarrow |q_{\text{ابریشم}} - q_{\text{پارچهٔ کتان}}| = |8-(-8)| = 16nC$$

(الکتریسیته ساکن)(فیزیک ۲، صفحه‌های ۳ و ۴)

۲- گزینهٔ «۲»
(مهدی معینی‌فر)

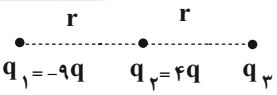
شکلی که در صورت سوال نمایش داده شده است، نمایی از یک الکتروسکوپ (برق نما) است:

به جز مورد ج که اندازه‌گیری بار الکتریکی جسم می‌باشد، باقی موارد صورت سوال را می‌توان با ساخت و طراحی آزمایشات مختلف با استفاده از الکتروسکوپ تشخیص داد

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲ و ۳)

۳- گزینهٔ «۲»
(عطاله شادآباد)

قبل از وصل کلیدها بار q_1 در حالت تعادل است.



$$F_{21} = F_{31}$$

$$\frac{k(9q)(4q)}{r^2} = \frac{k(q_3)\times(9q)}{4r^2}$$

$$|q_3| = 16q \Rightarrow q_3 = -16q$$

و برای محاسبهٔ برآیند نیروهای وارد بر بار q_3 داریم:

$$\left.\begin{array}{l}\vec{F}_{13} = (k\frac{144q^2}{4r^2})\vec{i}\\ \vec{F}_{23} = (k\frac{-64q^2}{r^2})\vec{i}\end{array}\right\} \Rightarrow \vec{F} = -28\frac{kq^2}{r^2}i\ \ (I)$$

پس از وصل کلید داریم:

$$q'_1 = q'_2 = q'_3 = -\frac{21q}{3} = -7q$$

$$\left.\begin{array}{l}\vec{F}'_{13} = k\frac{49q^2}{4r^2}\vec{i}\\ \vec{F}'_{23} = k\frac{49q^2}{r^2}\vec{i}\end{array}\right\} \vec{F}' = \frac{245}{4}\frac{kq^2}{r^2}\vec{i}\ \ (II)$$

$$(I),(II) \Rightarrow \vec{F}' = -\frac{35}{16}\vec{F}$$

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۷ و ۸)

۴- گزینهٔ «۱»
(مهدی شریفی)

هنگام اتصال دو کره:

$$\text{بار هر کره بعد تماس} = \frac{q_1 + (-q_2)}{2} = \frac{q_1 - q_2}{2}$$

از نسبت قانون کولن:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{|q'_1q'_2|}{|q_1q_2|}\times(\frac{r_1}{r_2})^2 \Rightarrow \text{فرض}: \frac{q_2}{q_1} = x \Rightarrow q_2 = xq_1$$

$$\frac{50}{100} = \frac{\frac{1}{4}(q_1 - xq_1)^2}{q_1\times xq_1}\times4 \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{q_1^2(1-x)^2}{q_1^2x} \Rightarrow 2+2x^2-4x = x$$

$$2x^2 - 5x + 2 = 0$$

$$\begin{cases} x = 2 & \text{غ ق ق} \\ x = \frac{1}{2} & \text{ق ق} \Rightarrow q_1 > |q_2| \text{ زیرا باشد عددی کوچکتر از ۱ باید } x = \left|\frac{q_2}{q_1}\right| \text{ به دلیل آنکه} \end{cases}$$

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۴ تا ۶)

۵- گزینهٔ «۱»
(مهدی شریفی)

با توجه به نمودار و نسبت رابطهٔ میدان اطراف بار $E = \frac{k|q|}{r^2}$ داریم:

$$\frac{E_2}{E_1} = (\frac{r_1}{r_2})^2 \Rightarrow \frac{\frac{4}{3}\times10^4}{3\times10^4} = (\frac{d}{d+3})^2 \Rightarrow \frac{2}{3} = \frac{d}{d+3} \Rightarrow d = 6cm$$

$$E = \frac{k|q|}{r^2} \Rightarrow 3\times10^4 = \frac{9\times10^9\times q}{36\times10^{-4}} \rightarrow q = 12\times10^{-9} = 12nC$$

برای آنکه بار q در میدان E بتواند به حالت معلق بماند باید نیروی میدان (Eq) و نیروی وزن (mg) همدیگر را خنثی کنند و برابر باشند:

$$Eq = mg \Rightarrow 10^5\times12\times10^{-9} = m\times10 \Rightarrow m = 0/12g$$

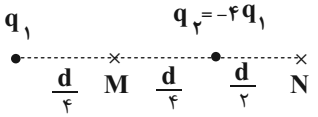
(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۱۰ تا ۱۴)

۶- گزینهٔ «۱» *(آراس معمری)*

قبل از انتقال بارهای الکتریکی، میدان برآیند در نقطهٔ M را به دست می‌آوریم:

$$E_M = E = \frac{kq_1}{(\frac{d}{2})^2} + \frac{k\times 4q_1}{(\frac{d}{2})^2} \Rightarrow E_M = E = \frac{20kq_1}{d^2}$$

شکل نمایشی فاصله‌ها و بارها پس از انتقال به این صورت است:



اکنون در این حالت میدان برایند در نقطهٔ N را حساب می‌کنیم.

$$E_N = \frac{+kq_1}{d^2} - \frac{4kq_1}{(\frac{d}{2})^2} = +\frac{kq_1}{d^2} - \frac{16kq_1}{d^2} \Rightarrow |E_N| = 15\frac{kq_1}{d^2}$$

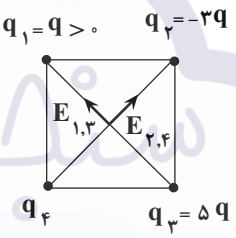
در نهایت داریم:

$$\left|\frac{E_N}{E}\right| = \frac{15\frac{kq_1}{d^2}}{20\frac{kq_1}{d^2}} = \frac{3}{4}$$

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۱۰ تا ۱۴)

۷- گزینهٔ «۴» *(عطاله شادآباد)*

برآیند میدان الکتریکی بارهای q_1 و q_3 را با $E_{1,3}$ و برآیند میدان الکتریکی بارهای q_2 و q_4 را با $E_{2,4}$ نمایش می دهیم.اکنون برای محاسبهٔ هر کدام داریم: (طول نصف قطر مربع را a فرض می‌کنیم.)

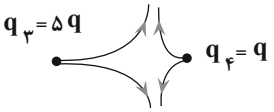


$$\left.\begin{array}{l} E_1 = \frac{k|q_1|}{a^2} = \frac{k|q|}{a^2} \\ E_3 = \frac{k|q_3|}{a^2} = \frac{k|5q|}{a^2} \end{array}\right\} \Rightarrow E_{1,3} = \frac{k\times 5q}{a^2} - \frac{k\times q}{a^2} = \frac{4kq}{a^2}$$

$$\left.\begin{array}{l} E_2 = \frac{k|q_2|}{a^2} = \frac{k\times 3q}{a^2} \\ E_4 = \frac{k|q_4|}{a^2} = \frac{k|q_4|}{a^2} \end{array}\right\} \Rightarrow E_{2,4} = \frac{k\times 3q}{a^2} + \frac{k\times|q_4|}{a^2}$$

برای این‌که برآیند میدان‌های الکتریکی این بارها در مرکز مربع، در جهت $+y$ باشد، باید اندازهٔ $E_{2,4}$ و $E_{1,3}$ با هم برابر باشد. بنابراین داریم:

$$E_{1,3} = E_{2,4} \Rightarrow \frac{4kq}{a^2} = \frac{3kq}{a^2} + \frac{k\times|q_4|}{a^2} \Rightarrow q_4 = q > 0$$



(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۱۰ تا ۱۸)

۸- گزینهٔ «۴» *(عطاله شادآباد)*

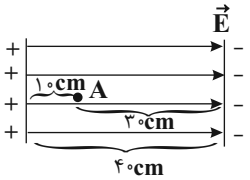
ابتدا حساب می‌کنیم که ذره در این میدان با توجه به تندی اولیهٔ پرتاب، چند متـر را برای توقف باید طی کند:

$$W_E = \Delta K \Rightarrow -|q|Ed = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2)$$

$$-5\times 10^{-3}\times 200d = \frac{1}{2}\times 10\times 10^{-3}(0-100)$$

$$d = 0/5m = 50cm$$

چون ذره با صفحهٔ منفی $30cm$ فاصله دارد پس به آن برخورد می‌کند. تندی برخورد را حساب می‌کنیم:



$$W_E = \Delta K$$

$$-|q|Ed' = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2)$$

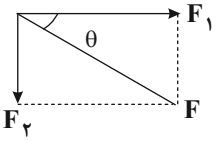
$$\cancel{-}5\times \cancel{10^{-3}}\times 200\times 0/3 = \frac{1}{\cancel{2}}\times \cancel{10}\times \cancel{10^{-3}}(v_2^2 - 100)$$

$$v_2^2 = 40 \Rightarrow v_2 = 2\sqrt{10}\frac{m}{s}$$

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲۰ و ۲۱)

۹- گزینهٔ «۲» *(عطاله شادآباد)*

چنانچه شکل رو به رو نشان دهندهٔ نیروهای وارد بر بار q_3 از طرف بارهای q_1 و q_2 باشد داریم:



$$\tan\theta = \frac{F_{23}}{F_{13}} = \frac{r_1}{r_2}$$

از طرفی می‌دانیم که خود F_{23} و F_{13}، به صورت $\frac{k|q_2q_3|}{r_2^2}$ و $\frac{k|q_1q_3|}{r_1^2}$ تعریف می‌شوند و می‌توان نوشت:

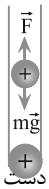
$$\frac{\frac{k|q_3\times q_3|}{r_2^2}}{\frac{k|q_1q_3|}{r_1^2}} = \frac{\frac{|q_2|}{r_2^2}}{\frac{|q_1|}{r_1^2}} = \frac{r_1}{r_2} \Rightarrow \frac{q_2}{q_1} = -\frac{r_2}{r_1}$$

اگر q_1 و q_2 همنام شده و $\frac{q_2}{q_1} = \frac{r_2}{r_1}$ شود، نیروی F بر خط واصل آنها عمود می‌شود. پس q_1 باید قرینه شود.

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۷ و ۸)

۱۰- گزینهٔ «۱» *(کتاب آبی جامع فیزیک تجربی)*

نیروهای وارد به گوی بالایی را رسم می‌کنیم. دو نیروی الکتریکی و وزن به آن وارد می‌شوند. چون این گوی در تعادل است بنابراین این دو نیرو هم‌اندازه هستند.



$$\frac{kq^2}{r^2} = mg \Rightarrow q^2 = \frac{mgr^2}{k} = \frac{3/6\times 10^{-3}\times 10\times 10^{-2}}{9\times 10^9}$$

$$= \frac{36}{9}\times 10^{-14} \Rightarrow q = 2\times 10^{-7}C$$

بار هر گلوله $2\times 10^{-7}C$ است. حال محاسبه می‌کنیم که این مقدار در اثر از دست دادن چه تعداد الکترون حاصل می‌شود.

$$q = ne \Rightarrow n = \frac{q}{e}$$

$$n = \frac{2\times 10^{-7}}{1/6\times 10^{-19}} = 1/25\times 10^{12}$$

(حرکت بر خط راست) (فیزیک ۲، صفحه‌های۳ تا ۸)

فیزیک ۲

۱- گزینهٔ «۳»
(مهدی معینی‌فر)

ابتدا حذف گزینه می‌کنیم:

در صورت سوال در عبارت $\frac{kgm^2}{A.s^3}$ می‌توانیم عبارت A یا آمپر را مشاهده کنیم، پس گزینه «۱» نمی‌تواند پاسخ باشد، ظرفیت خازن هم از فرمول $C=\frac{k\varepsilon_0 A}{d}$ به دست می‌آید که A اینجا بیانگر مفهوم سطح مقطع است و خبری از آمپر در یکای فرعی این مفهوم نیز نمی‌باشد، اما دو گزینه «۳» و «۴» باید بررسی شود.

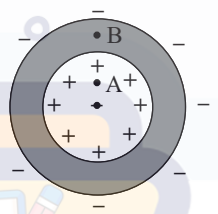
$$\Rightarrow \frac{J}{C}=\frac{kg.m^2}{s^3.A} \Rightarrow \text{موجوددرصورتسوال}$$

اگر دقت کنیم متوجه خواهیم شد که ماهیت گزینهٔ «۴» از نوع انرژی و ژول است که مسلماً در یکای فرعی موجود در SI انرژی با توجه به مفاهیم فصل کار و انرژی دهم و فصل۳ فیزیک ۱، خبری از آمپر در آن نمی‌باشد.

$\frac{J}{C}$، مطابق رابطهٔ $\Delta V=\frac{\Delta U}{q}$ بیانگر یکای اختلاف پتانسیل الکتریکی است، در نتیجه گزینه ۳ پاسخ سؤال است.

(جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲۲، ۲۳ و ۴۱)

۲- گزینهٔ «۴»
(عطاله شادآباد)



با قرار دادن بار نقطه‌ای در مرکز پوسته، القای بار رخ داده و چون به ازای بار مساوی در داخل و خارج پوسته، مساحت داخل کمتر است، بنابراین تراکم بار در سطح داخلی بیشتر است.

توزیع بار به گونه‌ای در رسانا رخ می‌دهد که میدان الکتریکی داخل آن یعنی نقطه B صفر است.

(الکتریسته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲۵ تا ۲۸)

۳- گزینهٔ «۲»
(محمدکاظم منشادی)

عبارت‌های «الف» و «ت» درست‌اند. بررسی عبارات نادرست:

ب) چون میدان الکتریکی درون رسانایی که در تعادل الکتروستاتیک است برابر صفر است، نیروی الکتریکی وارد بر هر ذره باردار در داخل رسانا نیز صفر می‌شود. بنابراین، کار نیروی الکتریکی در هر جابه‌جایی دلخواهی در داخل رسانا صفر می‌شود. در نتیجه همه نقاط رسانا پتانسیل یکسانی دارند. به عبارت دیگر:

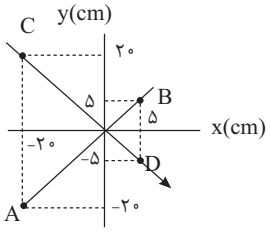
$$F_E=0 \Rightarrow \Delta U_E=-W_E=0 \Rightarrow \Delta V=\frac{\Delta U_E}{q}=0$$

پ) حضور دی الکتریک بین صفحات خازن باعث افزایش حداکثر ولتاژ قابل تحمل خازن می‌شود.

(الکتریسته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲۷، ۲۸ و ۳۸)

۴- گزینهٔ «۱»
(عطاله شادآباد)

چون اختلاف پتانسیل دو نقطه A و B صفر است پس خط واصل این دو نقطه باید بر بردار میدان عمود باشد، چون نقاط A و B روی نیمساز ربع اول و سوم قرار دارند، پس میدان در امتداد نیمساز ربع دوم و چهارم است. چون پتانسیل نقطه C بیشتر از نقطه D است، جهت میدان باید از سمت C به D باشد:

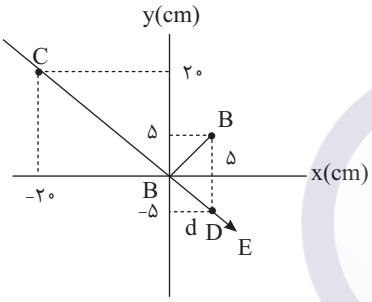


$$|\Delta V|_{CD}=Ed$$

$$50=E(20\sqrt{2}+5\sqrt{2})\times 10^{-2}$$

$$E=\sqrt{2}\times 10^{2}\ \frac{V}{m}$$

با حرکت ذره باردار از نقطه D به B داریم:



$$W_E=|q|Ed\times\cos\theta=-4\times 10^{-6}\times\sqrt{2}\times 10^{2}\times 5\sqrt{2}\times 10^{-2}=-40\mu J$$

$$\Delta U_E=-W_E=+40\mu J$$

(الکتریسته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲۰ تا ۲۴)

۵- گزینهٔ «۲»
(محمدکاظم منشادی)

هنگامی که کلید وصل بوده و خازن به مولد متصل است، اختلاف پتانسیل دو سر خازن ثابت است.

بنابراین داریم:

$$C=\kappa\varepsilon_0\frac{A}{d}\Rightarrow\frac{C'}{C}=\frac{d}{d'}=\frac{1}{3}\Rightarrow C'=\frac{1}{3}C$$

هنگامی که کلید قطع می‌شود، بار ذخیره شده در خازن تغییر نمی‌کند. بنابراین داریم:

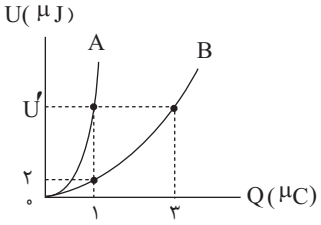
$$\left.\begin{aligned}Q''&=Q'=\frac{1}{3}Q\\ C''&=\kappa C'=4C'=\frac{4}{3}C\end{aligned}\right\}$$

$$\Rightarrow U=\frac{Q^2}{2C}\Rightarrow\frac{U''}{U}=\left(\frac{Q''}{Q}\right)^2.\frac{C}{C''}=\frac{1}{9}\times\frac{3}{4}=\frac{1}{12}$$

(الکتریسته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۳۳، ۳۴ و ۳۶)

۶- گزینهٔ «۴» *(امیرمحمد محسن‌زاده)*

با توجه به نمودار داده شده، هنگامی که انرژی ذخیره شده در هر یک از خازن‌های A و B برابر U' است، بار خازن A برابر $1\mu C$ و بار خازن B برابر $3\mu C$ است، بنابراین:



$$U=\frac{Q^2}{2C}\Rightarrow\frac{U_A}{U_B}=(\frac{Q_A}{Q_B})^2\times\frac{C_B}{C_A}\Rightarrow\frac{U'}{U'}=(\frac{1}{3})^2\times\frac{C_B}{C_A}$$

$$\Rightarrow 1=\frac{1}{9}\times\frac{C_B}{C_A}\Rightarrow\frac{C_B}{C_A}=9 \quad \text{رابطهٔ (۱)}$$

از طرفی با توجه به نمودار هنگامی که بار ذخیره شده در هریک از خازن‌های A و B برابر $1\mu C$ است، انرژی ذخیره شده در خازن A برابر U' و انرژی ذخیره شده در خازن B برابر $2\mu J$ است. بنابراین:

$$U=\frac{Q^2}{2C}\xrightarrow{(Q_A=Q_B=1\mu C)}\frac{U_A}{U_B}=\frac{C_B}{C_A}\xrightarrow{\text{رابطهٔ(۱)}}\frac{U'}{2}=9\Rightarrow U'=18\mu J$$

(الکتریسته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۳۲ و ۳۳)

۷- گزینهٔ «۳» *(سیدمحمد مهدی رضوی‌زاده)*

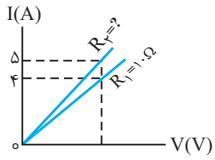
$$C_2-C_1=k\varepsilon_0 A(\frac{1}{d_2}-\frac{1}{d_1})=\frac{\cancel{5}\times 9\times 10^{-12}\times 20\times \cancel{10^{-4}}}{\cancel{10^{-4}}}\times(\frac{1}{\cancel{2}}-\frac{\cancel{1}}{5})$$

$$=27\times 10^{-12}F=27pF$$

(الکتریسته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۱ تا ۱۴، ۳۰ و ۳۱)

۸- گزینهٔ «۲» *(کتاب آبی جامع فیزیک تجربی)*

با استفاده از نمودار (I-V) داده شده، مختصات هر مقاومت را استخراج کرده و نسبت $\frac{R_2}{R_1}$ را می‌یابیم:



$$R=\frac{V}{I}\xrightarrow[\text{پس R و I نسبت عکس دارند.}]{\text{برای هر دو مقاومت V یکسان است.}}\frac{R_2}{R_1}=\frac{I_1}{I_2}$$

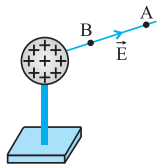
$$\xrightarrow[I_1=4A\ ,\ I_2=5A]{\text{با توجه به نمودار } R_1=10\Omega}\frac{R_2}{10}=\frac{4}{5}\Rightarrow R_2=8\Omega$$

(جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم)(فیزیک ۲، صفحه‌های ۴۳ تا ۴۵)

۹- گزینهٔ «۲» *(سراسری خارج از کشور ریاضی ۹۶)*

اگر خط‌های میدان کرهٔ باردار مثبت را رسم کنیم، می‌بینیم جهت این خط‌ها از نقطهٔ B به طرف نقطهٔ A است، چون در جهت خطوط میدان الکتریکی، پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد، $V_A<V_B$ است، لذا $\Delta V=V_A-V_B<0$ می‌باشد. از طرف دیگر، چون ذرهٔ باردار مثبت $(q>0)$ در جهت میدان الکتریکی جابه‌جا می‌شود، انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد، بنابراین $\Delta U_E<0$ است، لذا با توجه به رابطهٔ ، کار نیروی حاصل از میدان الکتریکی $W'_E>0$ می‌شود.

در ضمن، چون ذره با سرعت ثابت حرکت می‌کند و در راستای جابه‌جایی فقط نیروی شخص و نیروی الکتریکی بر ذره وارد می‌شود، این دو نیرو قرینهٔ یکدیگرند، بنابراین کار آن‌ها نیز قرینه می‌باشد. یعنی $W_{\text{شخص}}=-W'_E<0$ است.



(الکتریسته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲۰ تا ۲۵)

۱۰- گزینهٔ «۳» *(کتاب آبی فیزیک جامع تجربی)*

تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی برابر با تغییر انرژی جنبشی ذره است.

$$\Delta U|=\Delta K\xrightarrow[m=40mg,\ v_B=0/5\frac{m}{s}]{\Delta K=\frac{1}{2}m(v_B^2-v_A^2)}|\Delta U|=\frac{1}{2}\times 40\times 10^{-6}\times 0/5^2=5\times 10^{-6}J$$

$$\xrightarrow[q=4\times 10^{-6}C]{\Delta U=q\Delta V}\Delta V_{AB}=\frac{5}{4}V\Rightarrow\frac{\Delta V_{AB}}{\Delta V_{\text{دو صفحه}}}=\frac{0/5}{2}\Rightarrow\Delta V_{\text{دو صفحه}}=5V$$

(الکتریسته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه ۳۷)

فیزیک ۲

۱- گزینهٔ «۲» (میلاد طاهرعزیزی)

در این مسئله برای اینکه مقاومت ویژه و چگالی را اشتباه نگیریم، چگالی را با ρ' نشان می‌دهیم.

$$\begin{cases} L_A = L_B \\ R_A = R_B \end{cases} , \begin{cases} m_A = ۳m_B \\ \rho_A = ۲\rho_B \end{cases} \Rightarrow \frac{\rho'_B}{\rho'_A} = ?$$

$$R = \rho\frac{L}{A} , \rho' = \frac{m}{V} = \frac{m}{A.L}$$

$$R_A = R_B \Rightarrow \rho_A\frac{L_A}{A_A} = \rho_B\frac{L_B}{A_B} \Rightarrow \frac{A_A}{A_B} = ۲$$

$$\Rightarrow \frac{\rho'_B}{\rho'_A} = \frac{m_B}{m_A}\times\frac{A_A}{A_B}\times\frac{L_A}{L_B} = \frac{۱}{۳}\times ۲\times ۱ = \frac{۲}{۳}$$

(جریان الکتریکی مدارهای جریان مستقیم) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۴۵ و ۴۶)

۲- گزینهٔ «۲» (احسان مطلبی)

ابتدا به کمک چگالی مقدار طول سیم را به دست می‌آوریم:

$$\text{چگالی}: \rho' = \frac{m}{V} \xrightarrow{V=A.L} \rho' = \frac{m}{A.L} \Rightarrow L = \frac{m}{\rho'.A}$$

حال این مقدار را با رابطهٔ عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی ترکیب می‌کنیم:

$$\text{مقاومت}: R = \rho\frac{L}{A} \Rightarrow R = \rho\frac{\frac{m}{\rho'.A}}{A} \Rightarrow R = \frac{\rho.m}{\rho'.A^۲}$$

$$\xrightarrow[\rho'=۸\frac{g}{cm^۳}=۸\times۱۰^۳\frac{kg}{m^۳}, A=\pi r^۲]{m=۲۰۰۰g=۲kg , r=۱۰^{-۳}m} R = \frac{۲/۴\times۱۰^{-۸}\times۲}{۸\times۱۰^۳\times[۳\times(۱۰^{-۳})^۲]^۲} = \frac{۲}{۳}\Omega$$

$$R = \frac{۲}{۳}\times۱۰^{+۳}m\Omega$$

(جریان الکتریکی مدارهای جریان مستقیم) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۴۵ و ۴۶)

۳- گزینهٔ «۲» (میلاد طاهرعزیزی)

طبق متن کتاب درسی همهٔ گزینه‌ها صحیح هستند.

(جریان الکتریکی مدارهای جریان مستقیم) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۴۵ تا ۶۴)

۴- گزینهٔ «۳» (احسان مطلبی)

با توجه به اینکه ولت‌سنج آرمانی است یعنی مقاومت آن بی‌نهایت است، پس مقاومت $R_۱$ و $R_۲$ با هم متوالی بوده و مقاومت $R_۳$ و $R_۴$ هم با هم متوالی هستند.

$$R_{۱,۲} = R_۱ + R_۲ = ۴ + ۸ = ۱۲\Omega$$

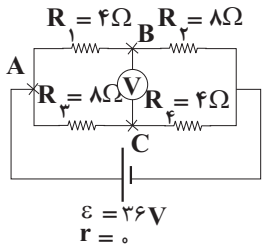
$$R_{۳,۴} = R_۳ + R_۴ = ۸ + ۴ = ۱۲\Omega$$

مقاومت معادل را بدست می‌آوریم:

$$R_{eq} = \frac{R_{۱,۲}\times R_{۳,۴}}{R_{۱,۲}+R_{۳,۴}} = \frac{۱۲\times۱۲}{۱۲+۱۲} = \frac{۱۴۴}{۲۴} = ۶\Omega$$

جریان الکتریکی کل را محاسبه می‌کنیم:

$$I_{\text{کل}} = \frac{\varepsilon}{R_{eq}} = \frac{۳۶}{۶} = ۶A$$



$$\begin{cases} R_{۱,۲} = R_{۳,۴} \\ V_{۱,۲} = V_{۳,۴} \end{cases} \Rightarrow I_{۱,۲} = I_{۳,۴} = \frac{I_{\text{کل}}}{۲} = \frac{۶}{۲} = ۳A$$

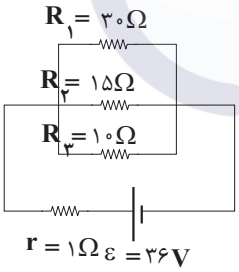
$$\begin{cases} V_A - V_B = ۳\times۴ = ۱۲V \\ V_A - V_C = ۳\times۸ = ۲۴V \end{cases} \Rightarrow V_B - V_C = ۲۴ - ۱۲ = ۱۲V$$

بنابراین ولت‌سنج آرمانی در مدار ۱۲ ولت را نشان می‌دهد.

(جریان الکتریکی مدارهای جریان مستقیم) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۵۶ تا ۶۱)

۵- گزینهٔ «۱» (احسان مطلبی)

ابتدا برای به دست آوردن مقاومت الکتریکی معادل و جریان الکتریکی کل، مدار ساده شده را رسم می‌کنیم. (توجه کنید که از ولت‌سنج آرمانی جریانی عبور نمی‌کند)



$$\text{مقاومت‌ها موازی هستند}: \frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۱}{R_۱} + \frac{۱}{R_۲} + \frac{۱}{R_۳} = \frac{۱}{۳۰} + \frac{۱}{۱۵} + \frac{۱}{۱۰} = \frac{۱}{۵}$$

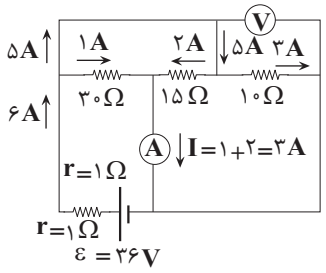
$$R_{eq} = ۵\Omega \text{ ، } I_{\substack{\text{کل عبوری}\\ \text{از باتری}}} = \frac{\varepsilon}{R_{eq}+r} = \frac{۳۶}{۵+۱} = ۶A$$

اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر باتری در این مدار برابر با اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر هر یک از مقاومت‌ها نیز است. بنابراین داریم:

$$V = \varepsilon - Ir = ۳۶ - (۶)(۱) = ۳۰V$$

$$I_۱ = \frac{V_۱}{R_۱} = \frac{۳۰}{۳۰} = ۱A \text{ ، } I_۲ = \frac{V_۲}{R_۲} = \frac{۳۰}{۱۵} = ۲A \text{ ، } I_۳ = \frac{V_۳}{R_۳} = \frac{۳۰}{۱۰} = ۳A$$

حال جریان‌های به دست آمده را در شکل اصلی مدار قرار می‌دهیم و به کمک قاعده انشعاب، جریان الکتریکی عبوری از هر شاخه را به دست می‌آوریم:



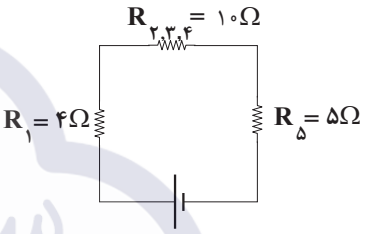
بنابراین جریان عبوری از آمپرسنج $3A$ است.

(جریان الکتریکی مدارهای جریان مستقیم) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۵۶ تا ۶۱)

۶- گزینهٔ «۲» *(احمد مرادی‌پور)*

برای بدست آوردن مقاومت معادل، ابتدا باید با توجه به عدد ولت‌سنج و آمپرسنج مقاومت معادل مقاومت‌های R_2، R_3 و R_4 را به دست آوریم:

$$R_{2,3,4}=\frac{V}{I}=\frac{20}{2}=10\Omega$$



حال کاملاً واضح است که R_1 و R_5 و $R_{2,3,4}$ متوالی هستند، پس:

$$R_{eq}=R_1+R_{2,3,4}+R_5=4+10+5=19\Omega$$

در نهایت توان خروجی باتری را محاسبه می‌کنیم (توان خروجی از باتری در واقع همان توانی است که در مقاومت R_{eq} مصرف می‌شود):

$$P_{\text{خروجی}}=R_{eq}I^2=19\times 2^2=76W$$

(جریان الکتریکی مدارهای جریان مستقیم) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۵۳ تا ۶۱)

۷- گزینهٔ «۲» *(مهدی سلطانی)*

مقاومت‌های R_3 و R_4 متوالی هستند و مقاومت معادلشان که برابر 80Ω است، با مقاومت R_2 موازی است.

$$\frac{I_2}{I_{3,4}}=\frac{R_{3,4}}{R_2}=\frac{80\Omega}{40\Omega}\Rightarrow I_2=2I_{3,4}$$

از طرفی:

$$\begin{matrix}I_2+I_{3,4}=I\\ I_2=2I_{3,4}\end{matrix}\Rightarrow\begin{cases}I_2=2\dfrac{I}{3}\\ I_{3,4}=\dfrac{I}{3}\end{cases}$$

$$P=RI^2\Rightarrow\begin{cases}P_1=15(I)^2=15I^2\\ P_2=40(\dfrac{2I}{3})^2=\dfrac{160}{9}I^2\\ P_3=70(\dfrac{I}{3})^2=\dfrac{70}{9}I^2\\ P_4=10(\dfrac{I}{3})^2=\dfrac{10}{9}I^2\end{cases}\Rightarrow P_2>P_1>P_3>P_4$$

(جریان الکتریکی مدارهای جریان مستقیم) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۵۳ تا ۶۱)

۸- گزینهٔ «۲» *(محمود منصوری)*

با توجه به یکسان بودن اختلاف پتانسیل در دو حالت از رابطه $P=\frac{V^2}{R}$ استفاده می‌کنیم: (مقاومت معادل در حالت متوالی $4R$ و در حالت موازی $\frac{R}{4}$ است.)

$$P_{\text{متوالی}}=\frac{V^2}{4R}\qquad P_{\text{موازی}}=\frac{V^2}{\frac{R}{4}}=\frac{4V^2}{R}$$

$$\frac{P_{\text{متوالی}}}{P_{\text{موازی}}}=\frac{\frac{V^2}{4R}}{\frac{4V^2}{R}}\xrightarrow{P_1=60W}\frac{60}{P_2}=\frac{1}{16}\Rightarrow P_2=960W$$

$$\Delta P_{\text{تغییرات توان}}=P_2-P_1=960-60=900W$$

راه دوم: اگر n مقاومت مشابه را یک بار به صورت موازی و بار دیگر به صورت متوالی به ولتاژ یکسان وصل کنیم، توان مصرفی کل در حالت موازی n^2 برابر حالت متوالی است:

$$\frac{P_{\text{موازی}}}{P_{\text{متوالی}}}=n^2=(4)^2=16\Rightarrow\frac{P_{\text{موازی}}}{60}=16\Rightarrow P_{\text{موازی}}=960W$$

(جریان الکتریکی مدارهای جریان مستقیم) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۵۳ تا ۶۱)

۹- گزینهٔ «۱» *(محمود منصوری)*

اختلاف پتانسیل دو سر باتری از رابطه $V=\varepsilon-Ir$ به دست می‌آید که با توجه به تغییر مقاومت، جریان هم تغییر می‌کند، بنابراین خواهیم داشت:

$$R_1=3\Omega\Rightarrow R_{eq}=\frac{6\times 3}{6+3}=2\Omega\Rightarrow I_1=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}=\frac{12}{2+2}=3A$$

$$V_1=\varepsilon-I_1r\xrightarrow[I_1=3A\,,\,r=2\Omega]{\varepsilon=12V}V_1=12-3(2)=6V$$

$$R_2=12\Omega\Rightarrow R_{eq}=\frac{6\times 12}{6+12}=4\Omega\Rightarrow I_2=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}=\frac{12}{4+2}=2A$$

$$V_2=\varepsilon-I_2r\xrightarrow[I_2=2A\,,\,r=2\Omega]{\varepsilon=12V}V_2=12-2(2)=8V$$

$$\Delta V=V_2-V_1\Rightarrow\Delta V=8-6=2V$$

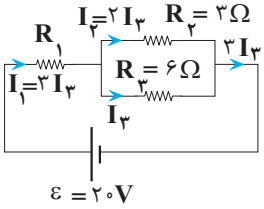
(جریان الکتریکی مدارهای جریان مستقیم) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۵۰ تا ۶۱)

۱۰- گزینهٔ «۳» *(محمود منصوری)*

$$V_2=V_3\Rightarrow I_2R_2=I_3R_3\Rightarrow 3I_2=6I_3\Rightarrow I_2=2I_3$$

$$I_1=I_2+I_3\xrightarrow{I_2=2I_3}I_1=3I_3$$

$$P=I^2R$$



$$\frac{P_1}{P_2}=(\frac{I_1}{I_2})^2\times\frac{R_1}{R_2}\xrightarrow[R_2=3\Omega\,,\,I_2=2I_3]{P_1=6P_2\,,\,I_1=3I_3}$$

$$\Rightarrow 6=(\frac{3\cancel{I_3}}{2\cancel{I_3}})^2\times\frac{R_1}{3}\Rightarrow R_1=8\Omega$$

$$R_{2,3}=\frac{R_2R_3}{R_2+R_3}=\frac{3\times 6}{3+6}=2\Omega\,،\,R_{eq}=R_1+R_{2,3}=8+2=10\Omega$$

$$I_{\text{کل}}=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}=\frac{20}{10+0}=2A$$

$$I_{\text{کل}}=I_1=3I_3\xrightarrow{I_1=2A}2=3I_3\Rightarrow I_3=\frac{2}{3}A$$

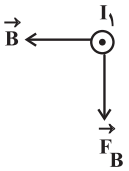
(جریان الکتریکی مدارهای جریان مستقیم) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۵۳ الی ۶۱)

فیزیک ۲

۱- گزینهٔ «۳»
(ادریس محمدی)

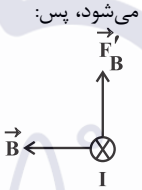
برای حل این سؤال، دو حالت مطرح شده را بررسی می‌کنیم:

حالت اول: جریان $2A$ از M به N در سیم عبور می‌کند که در این صورت طبق قاعدهٔ دست راست، نیروی رو به پایین F_B بر سیم وارد می‌شود که طبق قانون سوم نیوتون نیروی عکس العمل F_B از طرف سیم به آهنربا وارد می‌شود، پس:



$$F_{\text{ترازو}} = mg - F_B \qquad (1)$$

حالت دوم: جریان I از N به M عبور می‌کند که در این حالت نیروی رو به بالا F'_B بر سیم حامل جریان وارد می‌شود. بنابراین طبق قانون سوم نیوتون، نیروی عکس العمل F'_B از طرف سیم به آهنربا وارد می‌شود، پس:



$$F'_{\text{ترازو}} = mg + F'_B \qquad (2)$$

حال با کم کردن دو رابطهٔ (۱) و (۲) از یکدیگر داریم:

$$F'_{\text{ترازو}} - F_{\text{ترازو}} = 15 \xrightarrow{(1),(2)} (mg + F'_B) - (mg - F_B) = 15$$

$$\Rightarrow F'_B + F_B = 15 \xrightarrow{F_B = BIL\sin 90^\circ} BI'L' + BIL = 15$$

$$\xrightarrow[I=2A,\ L=L'=\frac{3}{4}m]{B=0/5T,\ I'=I} \frac{1}{2}\times I\times\frac{3}{4} + \frac{1}{2}\times 2\times\frac{3}{4} = 15$$

$$\xrightarrow{\times 8} 3I + 6 = 120 \Rightarrow I = 38A$$

(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک۲، صفحه‌های ۷۳ تا ۷۶)

۲- گزینهٔ «۴»
(آراس محمدی)

با استفاده از قانون دست راست درمی‌یابیم که میدان مغناطیسی ناشی از سیملولهٔ Q به سمت راست می‌باشد: $M \bullet\!\!\longrightarrow B_Q$

برای این‌که میدان مغناطیسی در این نقطه ماکزیمم گردد، می‌بایست میدان حاصل از سیملولهٔ P نیز به سمت راست باشد. به این منظور جهت جریان مطابق حالت (۲) است: $B_P + B_Q = 216G$

از رابطهٔ $B = \frac{\mu_0 NI}{\ell}$ می‌توان نوشت:

$$\frac{B_P}{B_Q} = \frac{N_P}{N_Q}\times\frac{I_P}{I_Q}\times\frac{\ell_Q}{\ell_P} \xrightarrow[N_P=300,\ N_Q=200]{\ell_Q=\ell_P,\ \frac{I_P}{I_Q}=\frac{1}{3}}$$

$$\frac{B_P}{B_Q} = \frac{300}{200}\times\frac{1}{3}\times 1 \Rightarrow B_Q = 2B_P \qquad (*)$$

حال داریم:

$$B_P + B_Q = 216G \xrightarrow{(*)} B_P + 2B_P = 216G$$

$$\Rightarrow B_P = 72G = 72\times 10^{-4}T$$

و در نهایت اندازهٔ جریان را به دست می‌آوریم:

$$B_P = \frac{\mu_0 N_P I_P}{\ell} \Rightarrow 72\times 10^{-4} = \frac{12\times 10^{-7}\times 300\times I_P}{1}$$

$$\Rightarrow I_P = 20A$$

(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک۲، صفحه‌های ۸۱ و ۸۲)

۳- گزینهٔ «۳»
(مجتبی نکوئیان)

ابتدا نیروی وزن و نیروی الکتریکی وارد بر ذرهٔ باردار را از طرف میدان الکتریکی به دست می‌آوریم:

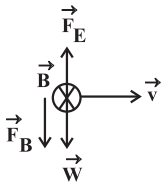
$$W = mg = (40\times 10^{-6})(10) = 4\times 10^{-4}N$$

$$F_E = |q|E = (10\times 10^{-6})(120) = 12\times 10^{-4}N$$

با توجه به این‌که ذره دارای بار منفی است، می‌توان گفت که جهت نیروی الکتریکی وارد بر آن از طرف میدان الکتریکی در خلاف جهت میدان الکتریکی و به طرف بالا است. از طرفی با مقایسهٔ مقادیر mg و F_E می‌توان نتیجه گرفت که مقدار نیروی مغناطیسی وارد بر ذرهٔ باردار متحرک از طرف میدان مغناطیسی، باید $8\times 10^{-4}N$ و جهت آن به طرف پایین باشد تا برایند نیروهای وارد بر آن صفر شود و ذرهٔ باردار مسیر افقی حرکت خود را حفظ کند. پس طبق قاعدهٔ دست راست می‌توان گفت که جهت میدان مغناطیسی باید به طرف شمال باشد. پس:

$$F_B = |q|vB\sin\theta \xrightarrow[v=1/6\times 10^5\frac{m}{s},\ |q|=10^{-5}C,\ \sin\theta=1]{F_B=8\times 10^{-4}N}$$

$$8\times 10^{-4} = (10^{-5})(16\times 10^4)B(1) \Rightarrow B = 5\times 10^{-4}T = 5G$$



(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک۲، صفحه‌های ۷۱ تا ۷۳)

۴- گزینهٔ «۲» *(محمدکاظم منشاری)*

تنها عبارت «ت» درست است. بررسی عبارات نادرست:

الف) اتم‌های مواد پارامغناطیسی خاصیت مغناطیسی دارند اما دوقطبی‌های مغناطیسی وابسته به آن‌ها، به‌طور کاتوره‌ای سمت‌گیری کرده‌اند و میدان مغناطیسی خالصی ایجاد نمی‌کنند.

ب) در مواد دیامغناطیسی، میدان مغناطیسی خارجی می‌تواند سبب القای دوقطبی‌های مغناطیسی در خلاف سوی میدان خارجی شود.

پ) در مواد فرومغناطیس در اثر میدان مغناطیسی خارجی، حجم حوزه‌های همسو با میدان افزایش می‌یابد و حجم حوزه‌هایی که سمت‌گیری آن‌ها در راستای میدان نیست، کم می‌شود.

(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک۲، صفحه‌های ۸۳ و ۸۴)

۵- گزینهٔ «۳» *(امیراحمد میرسعید)*

با توجه به جهت جریان در حلقهٔ **A**، میدان در مرکز آن درون‌سو است، پس جریان سیم راست باید رو به بالا باشد تا میدان حاصل از سیم راست در مرکز حلقهٔ **A** برون‌سو شود تا برایند میدان‌ها در حلقه **A**، بتواند صفر شود و میدان حاصل از سیم راست در مرکز حلقهٔ **B**، درون‌سو می‌شود، پس میدان حاصل از حلقهٔ **B** در مرکز آن باید برون‌سو گردد تا برایند میدان‌ها درمرکز حلقهٔ **B**، بتواند صفر شود و جهت جریان در حلقهٔ **B** پادساعتگرد می‌شود.

(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک۲، صفحه‌های ۷۶ تا ۸۰)

۶- گزینهٔ «۲» *(حسین الهی)*

موارد «الف» و «پ» صحیح می‌باشند. بررسی موارد:

الف) خطوط میدان مغناطیسی در خارج از آهنربا از قطب **N** خارج و به قطب **S** وارد می‌شوند، پس **D** و **A** قطب **S** آهنربا هستند.

ب) اگر الکترونی در نقطهٔ **M** به سمت پایین حرکت کند، نیروی مغناطیسی بر آن وارد نمی‌شود.

پ) با توجه به اینکه تراکم خطوط میدان در نزدیکی آهنربای (۲) بیشتر است، پس این آهنربا قوی‌تر است.

ت) با توجه به خروج خطوط میدان از **C** می‌دانیم که قطب **N** آهنربا می‌باشد.

ث) اگر پروتونی در نقطهٔ **N** به سمت بالا حرکت کند، هیچ نیرویی برآن وارد نمی‌شود، زیرا راستای حرکت ذره بر راستای میدان مغناطیسی منطبق است.

(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک۲، صفحه‌های ۶۷ و ۶۸)

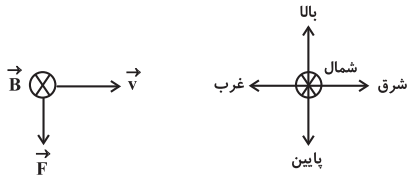
۷- گزینهٔ «۳» *(علیرضا جباری)*

ابتدا اندازهٔ نیروی مغناطیسی وارد بر الکترون را به دست می‌آوریم:

$$F = |q|vB\sin\theta \xrightarrow[B=۰/۵۴G=۵۴\times۱۰^{-۶}T,\ \sin\theta=۱]{|q|=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C,\ v=۲\times۱۰^{۵}\frac{m}{s}}$$

$$F = ۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\times۲\times۱۰^{۵}\times۵۴\times۱۰^{-۶} = ۳/۲\times۵۴\times۱۰^{-۲۰}N$$

سپس جهت این نیرو را با استفاده از قاعدهٔ دست چپ تعیین می‌کنیم؛ زیرا بار الکترون منفی است. از طرفی می‌دانیم جهت میدان مغناطیسی زمین رو به شمال است. بنابراین مطابق شکل زیر، جهت نیروی مغناطیسی وارد بر الکترون، به طرف پایین است.



در پایان، اندازه و جهت شتاب ناشی از نیروی مغناطیسی وارد بر الکترون را پیدا می‌کنیم:

$$a = \frac{F_{net}}{m} = \frac{۳/۲\times۵۴\times۱۰^{-۲۰}}{۹\times۱۰^{-۳۱}} = ۱۹/۲\times۱۰^{۱۱}\frac{m}{s^۲} = ۱/۹۲\times۱۰^{۱۲}\frac{m}{s^۲}$$

جهت شتاب نیز مانند نیرو، به طرف پایین است.

(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک۲، صفحه‌های ۶۹ تا ۷۳)

۸- گزینهٔ «۴» *(مجتبی نکوئیان)*

با استفاده از رابطهٔ نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی داریم:

$$F = ILB_T\sin\theta \xrightarrow[I=۸A\ ,\ L=۲\times۱۰^{-۱}m\ ,\ \sin\theta=۱]{F=۴\times۱۰^{-۳}(N)}$$

$$۴\times۱۰^{-۳} = ۸(۲\times۱۰^{-۱})B_T$$

$$\Rightarrow B_T = ۲۵\times۱۰^{-۴}T = ۲۵G$$

با توجه به قاعدهٔ دست راست، برای اینکه جهت نیروی وارد بر سیم (۴) به طرف چپ باشد، باید میدان مغناطیسی برآیند در محل سیم (۴) به صورت برون‌سو باشد. از آنجایی که جهت میدان مغناطیسی برآیند دو سیم (۱) و (۲) در محل سیم (۴) به صورت درون‌سو است، پس جهت میدان مغناطیسی سیم (۳) در محل سیم (۴) باید به صورت برون‌سو باشد، بنابراین جهت جریان در سیم (۳) به طرف پایین است و اندازهٔ میدان مغناطیسی آن در محل سیم (۴) برابر است با:

$$B_T = B_۳ - B_{۱,۲} \Rightarrow ۲۵ = B_۳ - ۷ \Rightarrow B_۳ = ۳۲G$$

(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک۲، صفحه‌های ۷۴ تا ۷۹)

۹- گزینهٔ «۴» *(امیراحمد میرسعید)*

اگر قطر مقطع سیم را با **D** و تعداد دور را با **N** و طول سیملوله را با **L** نمایش دهیم، در حالت آرمانی می‌توان نوشت: $L = ND$

و میدان مغناطیسی سیملوله برابر است با:

$$B = \mu_۰\frac{NI}{L} \Rightarrow B = \mu_۰\frac{NI}{ND} \Rightarrow B = \mu_۰\frac{I}{D}$$

از این رابطه می‌توان قطر مقطع سیم را محاسبه کرد.

$$B = \mu_۰\frac{I}{D} \Rightarrow ۶۰\times۱۰^{-۴} = ۱۲\times۱۰^{-۷}\times\frac{۱۰}{D}$$

$$\Rightarrow D = ۲\times۱۰^{-۳}m = ۲mm$$

(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک۲، صفحه‌های ۸۱ و ۸۲)

۱۰- گزینهٔ «۳» *(عبدالرضا امینی‌نسب)*

هر چه از سیم حامل جریان دورتر شویم، میدان مغناطیسی ضعیف‌تر خواهد شد، بنابراین برای رسم خطوط میدان مغناطیسی، در نقاط دورتر بردار میدان مغناطیسی باید کوچک‌تر رسم شود. از طرفی طبق قاعدهٔ دست راست گزینهٔ «۳» صحیح است.

(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک۲، صفحه‌های ۷۶ و ۷۷)

فیزیک ۲

۱- گزینهٔ «۳» *(ریحانه آزادیان)*

با توجه به قانون القای الکترومغناطیسی فاراده، خواهیم داشت:

$$|\varepsilon_{av}| = |N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}| \Rightarrow \varepsilon_{av} = NB\cos\theta\,|\frac{\Delta A}{\Delta t}|$$

$$\xrightarrow[B=500G=0/05T\ ,\ \cos 0^\circ=1]{\varepsilon=0/4V\ ,\ N=100} 0/4 = 100\times 0/05\times\cos 0^\circ\times|\frac{\Delta A}{\Delta t}|$$

$$\Rightarrow |\frac{\Delta A}{\Delta t}| = \frac{0/4}{5} = 0/08\frac{m^2}{s}$$

(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۸۷ تا ۸۹)

۲- گزینهٔ «۱» *(محسن سلماسی‌وند)*

از ترکیب روابط، رابطهٔ زیر را نتیجه می‌گیریم:

$$\left.\begin{array}{l}\varepsilon_{av} = |-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}| \\ I = \frac{\varepsilon}{R} \\ I = \frac{\Delta q}{\Delta t}\end{array}\right\} \Rightarrow \frac{\Delta q}{\Delta t} = |-\frac{N\Delta\Phi}{R\Delta t}|$$

$$\xrightarrow{\Delta t>0} |\Delta q| = \frac{N|\Delta\Phi|}{R} \quad (*)$$

در محاسبهٔ $\Delta\Phi$ باید حواسمان باشد، زاویهٔ اولیه ۳۰ درجه بوده و در نهایت میدان به خلاف جهت اولیهٔ خود رسیده است.

$$\Delta\Phi = AB_2\cos\theta_2 - AB_1\cos\theta_1 \xrightarrow[\theta_2=180^\circ-60^\circ=120^\circ]{\theta_1=90^\circ-30^\circ=60^\circ}$$

$$= 2\times10^{-2}\times4\times10^{-2}\times\cos120^\circ - 2\times10^{-2}\times8\times10^{-2}\cos60^\circ$$

$$\Delta\Phi = -12\times10^{-4}\,Wb$$

$$\xrightarrow{(*)} \Delta q = |\frac{-12\times10^{-4}}{2}| = 6\times10^{-4}C = 0/6\,mC$$

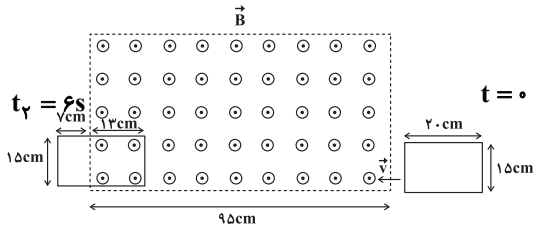
(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۴۱ و ۸۷ تا ۸۹)

۳- گزینهٔ «۲» *(مجتبی نکوئیان)*

با توجه به رابطهٔ حرکت با تندی ثابت بر روی خط راست، جابه‌جایی قاب رسانا را در مدت زمان $6s$ به صورت زیر به دست می‌آوریم:

$$\Delta x = vt \xrightarrow[\Delta t=6s]{v=17\frac{cm}{s}} \Delta x = (17)(6) = 102\,cm$$

بنابراین موقعیت قاب رسانا پس از $6s$ مطابق با شکل زیر است:



طبق رابطهٔ تغییر شار مغناطیسی می‌توان نوشت:

$$\Delta\Phi = B(\Delta A)\cos\theta = B(A_2 - A_1)\cos\theta$$

$$\xrightarrow[B=2\times10^3G=2\times10^{-1}T\ ,\ \theta=0]{A_1=0\ ,\ A_2=15cm\times13cm=195cm^2=195\times10^{-4}m^2}$$

$$\Delta\Phi = (2\times10^{-1})(195\times10^{-4})(1) = 39\times10^{-4}\,Wb$$

و در نهایت با استفاده از قانون القای الکترومغناطیسی فاراده داریم:

$$|\varepsilon_{av}| = |-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}| \Rightarrow |\varepsilon_{av}| = \frac{39\times10^{-4}}{6} = 6/5\times10^{-4}V = 650\mu V$$

(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۸۷ تا ۹۳)

۴- گزینهٔ «۱» *(سراسری ریاضی ۱۴۰۱ خارج کشور)*

بررسی گزینه‌ها:

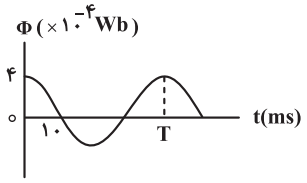
گزینهٔ «۱»: با توجه به کاهش جریان عبوری از سیم راست، شار مغناطیسی عبوری از حلقه در حال کاهش است، بنابراین طبق قاعدهٔ دست راست، جهت جریان القایی باید به گونه‌ای باشد تا با کاهش شار مخالفت کند، بنابراین جریان القایی در حلقه ساعتگرد خواهد بود.

در گزینه‌های «۲»، «۳» و «۴» طبق قانون لنز، جهت جریان القایی در خلاف جهت رسم شده در گزینه‌ها است.

(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۹۱ تا ۹۳)

۵- گزینهٔ «۳» *(زهره آقامحمدی)*

ابتدا با توجه به اطلاعات داده شده در نمودار، معادلهٔ شار مغناطیسی را برحسب زمان می‌نویسیم:



$$\frac{T}{4} = 10\times10^{-3}s \Rightarrow T = 0/04s$$

$$\Phi = BA\cos\frac{2\pi}{T}t \xrightarrow[T=0/04s]{BA=4\times10^{-4}Wb} \Phi = 4\times10^{-4}\cos\frac{2\pi}{0/04}t$$

$$\Rightarrow \Phi = 4\times10^{-4}\cos50\pi t$$

اکنون اندازهٔ شار مغناطیسی را در لحظه‌های $t_1=\frac{1}{150}s$ و $t_2=0/05=\frac{1}{20}s$ محاسبه می‌کنیم:

$$\Phi_1=4\times10^{-4}\cos(50\pi\times\frac{1}{150})=4\times10^{-4}\times\cos\frac{\pi}{3}$$

$$\xrightarrow{\cos\frac{\pi}{3}=\frac{1}{2}}\Phi_1=2\times10^{-4}\,Wb$$

$$\Phi_2=4\times10^{-4}\cos(50\pi\times\frac{1}{20})=4\times10^{-4}\cos(\frac{5\pi}{2})=0$$

با استفاده از قانون القای فاراده داریم:

$$\varepsilon_{av}=-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=-N\frac{\Phi_2-\Phi_1}{\Delta t}\xrightarrow[\Delta t=\frac{1}{20}-\frac{1}{150}=\frac{13}{300}s]{N=1300,\ \Phi_1=2\times10^{-4}Wb\ ,\ \Phi_2=0}$$

$$|\varepsilon_{av}|=|-1300\times\frac{0-2\times10^{-4}}{\frac{13}{300}}|=6V$$

(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۹۷ و ۹۸)

۶- گزینهٔ «۴» *(محمدکاظم منشاری)*

(ضلع مربع) $a=\frac{160}{4}=40cm\Rightarrow A=a^2=(\frac{40}{100})^2=0/16m^2$

$$\Phi=AB\cos\theta=0/16\times200\times10^{-4}\times\cos30^\circ$$

$$=32\times10^{-4}\times\frac{\sqrt{3}}{2}=16\sqrt{3}\times10^{-4}Wb$$

(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحهٔ ۸۷)

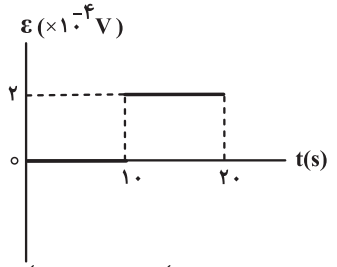
۷- گزینهٔ «۲» *(عبدالرضا امینی‌نسب)*

می‌دانیم نیروی محرکهٔ القایی متوسط در هر مدار از رابطهٔ $\varepsilon_{av}=-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ به دست می‌آید. در بازهٔ زمانی صفر الی ۱۰ ثانیه داریم:

$$\varepsilon_{av}=-1\times\frac{10^{-3}-10^{-3}}{10-0}=0$$

در بازهٔ زمانی ۱۰ ثانیه الی ۲۰ ثانیه داریم:

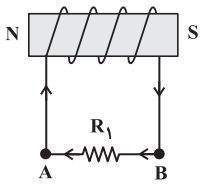
$$\varepsilon_{av}=-1\times\frac{-10^{-3}-10^{-3}}{20-10}=-(\frac{-2\times10^{-3}}{10})\Rightarrow\varepsilon_{av}=2\times10^{-4}V$$



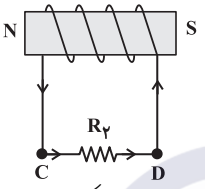
(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۸۷ تا ۹۰)

۸- گزینهٔ «۱» *(علیرضا جباری)*

با توجه به قاعدهٔ دست راست و معلوم بودن جهت جریان در مقاومت R_1، قطب‌های S و N در دو سر سیملولهٔ (۱)، مطابق شکل زیر تشکیل می‌شود.



جهت جریان در مدار (۲) به گونه‌ای است که میدان مغناطیسی درون آن با میدان مغناطیسی سیملولهٔ (۱) هم‌جهت است، بنابراین با توجه به قانون لنز، شار مغناطیسی ناشی از سیملولهٔ (۲) در حال کاهش است. یعنی جریان آن کاهش پیدا کرده و در نتیجه مقاومت رئوستا در حال افزایش است. با توجه به قانون لنز و کاهش شار مغناطیسی عبوری از سیملولهٔ (۳)، جهت میدان مغناطیسی در سیملولهٔ (۳) باید هم‌جهت با میدان سیملولهٔ (۲) یعنی به طرف چپ باشد. بنابراین جهت جریان القایی در مقاومت R_2 از C به طرف D است.



(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۹۱ تا ۹۳)

۹- گزینهٔ «۱» *(امیراحمد میرسعید)*

$$U_2=9U_1\Rightarrow\frac{1}{2}L_2I_2^2=9\times\frac{1}{2}L_1I_1^2$$

$$\Rightarrow40\times10^{-3}\times I_2^2=9\times10\times10^{-3}I_1^2\Rightarrow I_2=\frac{3}{2}I_1$$

چون اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌های موازی یکسان می‌باشد، می‌توان نوشت:

$$V_2=V_1\Rightarrow R_2I_2=R_1I_1\Rightarrow\frac{I_2}{I_1}=\frac{R_1}{R_2}$$

$$\Rightarrow\frac{R_1}{\frac{50}{3}}=\frac{3}{2}\Rightarrow R_1=25\Omega$$

(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۹۵ و ۹۶)

فیزیک ۲

۱- گزینهٔ «۳»
(میلاد طاهر عزیزی)

با توجه به سری تریبوالکتریک، چون جسم D در جدول پایین‌تر قرار دارد (به سری منفی نزدیک‌تر است) پس الکترون خواهی آن بیشتر است و الکترون از جسم B به جسم D منتقل می‌شود. بنابراین جسم D الکترون می‌گیرد و تعداد الکترون‌های آن افزایش می‌یابد. همچنین جسم B الکترون از دست می‌دهد و بار آن مثبت می‌شود.

نکته: در مالش اجسام به یکدیگر فقط الکترون‌ها جابه‌جا می‌شوند و پروتون‌ها نمی‌توانند جابه‌جا شوند. (الکتریسته ساکن) (فیزیک۲، صفحه‌های ۴ تا ۲۱)

۲- گزینهٔ «۲»
(کاظم منشاری)

اگر باری را که قرار است به جای q_2 بگذاریم تا برآیند نیروهای وارد بر q_1 را صفر کند q'_2 در نظر بگیریم، داریم:

$$|F'_{21}|=|F_{31}| \Rightarrow k\frac{|q'_2||q_1|}{(r_{21})^2}=k\frac{|q_3||q_1|}{(r_{31})^2} \Rightarrow |q'_2|=\left(\frac{r_{21}}{r_{31}}\right)^2|q_3|$$

$$\Rightarrow |q'_2|=\left(\frac{6}{10}\right)^2\times 4=1/44\mu C$$

* با توجه به مثبت بودن بار q_3 بار q'_2 منفی است. بنابراین:

$$q'_2=-1/44\mu C$$

* و می‌دانیم منفی شدن بار نشان دهندهٔ اضافه کردن الکترون است.

$$\Delta q=(-1/44)-(2/56)=-4\mu C$$

$$|\Delta q|=ne \Rightarrow n=\frac{|\Delta q|}{e}=\frac{4\times10^{-6}}{1/6\times10^{-19}}=2/5\times10^{13}$$

(الکتریسته ساکن) (فیزیک ۲، صفحهٔ ۵)

۳- گزینهٔ «۲»
(علی اکبریان کیاسری)

با توجه به مقدار میدان الکتریکی داده شده، اندازهٔ بار هریک از ذره‌ها را به دست می‌آوریم.

$$E=\frac{k|q|}{r^2} \Rightarrow \begin{cases} |E_1|=4\times10^4=\dfrac{9\times10^9\times|q_1|}{9\times10^{-2}} \Rightarrow |q_1|=4\times10^{-7}C \\ |E_2|=3\times10^4=\dfrac{9\times10^9\times|q_2|}{9\times10^{-2}} \Rightarrow |q_2|=3\times10^{-7}C \end{cases}$$

$$\Rightarrow F=\frac{k|q_1||q_2|}{r^2}=\frac{9\times10^9\times4\times3\times10^{-14}}{9\times10^{-2}}=12\times10^{-3}N=12mN$$

می‌دانیم اگر بار الکتریکی مثبت باشد، جهت بردار میدان الکتریکی از بار خارج می‌شود و اگر بار الکتریکی منفی باشد، جهت بردار میدان الکتریکی به سمت درون بار می‌باشد. بنابراین با توجه به جهت بردارهای داده شده نتیجه می‌گیریم که هر دو بار منفی بوده و نیروی الکتریکی بین آن‌ها از نوع دافعه است.

(الکتریسته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۵ تا ۱۲)

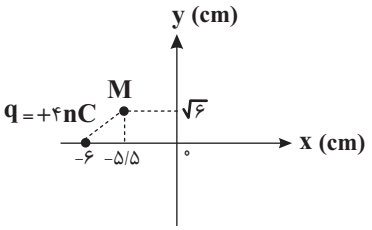
۴- گزینهٔ «۲»
(سیده ملیحه میرصالحی)

ابتدا محل بار q را تعیین می‌کنیم. چون بار مثبت است، جهت میدان به سمت خارج از بار است پس بار الکتریکی روی محور x و در قسمت سمت چپ محور است.

$$E=k\frac{|q|}{r^2}\xrightarrow[E=1\times10^4\frac{N}{C}]{|q|=4\times10^{-9}C}1\times10^4=9\times10^9\times\frac{4\times10^{-9}}{r^2}\Rightarrow$$

$$r^2=36\times10^{-4}\Rightarrow r=6\times10^{-2}m\Rightarrow r=6cm$$

اکنون میدان الکتریکی در نقطهٔ M را محاسبه می‌کنیم:



$$r=\sqrt{(\sqrt{6})^2+(0/5)^2}=\sqrt{6/25}\Rightarrow r=2/5cm$$

$$E=k\frac{|q|}{r^2}\xrightarrow[r=2/5\times10^{-2}m]{|q|=4nC}E=\frac{9\times10^9\times4\times10^{-9}}{6/25\times10^{-4}}\Rightarrow E=5/76\times10^4\frac{N}{C}$$

(الکتریسته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۱۰ و ۱۱)

۵- گزینهٔ «۱»
(مهدی فتاحی)

گام اول: ابتدا نیرویی که از طرف q_2 بر q_3 وارد می‌شود را حساب می‌کنیم. چون بارها ناهمنام هستند، این نیرو جاذبه و در جهت محور y هاست.

$$F_{23}=\frac{9\times10^9|q_2||q_3|}{r_{23}^2}\Rightarrow F_{23}=\frac{90\times4\times6}{144}=15N$$

یعنی:

$$\vec{F}_{23}=+15\vec{j}$$

گام دوم: به بار q_3 دو نیروی $\vec{F}_{23}$ و $\vec{F}_{13}$ وارد می‌شود و چون نیروی خالص وارده بر q_3 را داریم می‌توانیم F_{13} را حساب کنیم و اندازهٔ آن را بدست آوریم:

$$\vec{F}_{net}=\vec{F}_{13}+\vec{F}_{23}\Rightarrow 30\vec{i}-25\vec{j}=\vec{F}_{13}+15\vec{j}\Rightarrow \vec{F}_{13}=30\vec{i}-40\vec{j}$$

$$|F_{13}|=\sqrt{30^2+40^2}=50N$$

گام سوم: با توجه به شکل می‌توانیم فاصلهٔ بارهای q_1 و q_3 را حساب کنیم و با نوشتن قانون کولن اندازهٔ بار q_1 را حساب کنیم:

$$r_{13}=\sqrt{6^2+8^2}=10cm$$

$$F_{13}=\frac{k|q_1||q_3|}{r_{13}^2}\Rightarrow 50=\frac{90\times q_1\times4}{100}\Rightarrow |q_1|=\frac{500}{36}=\frac{125}{9}\mu C$$

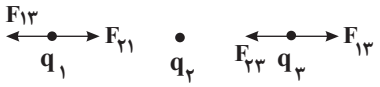
با توجه به جهت بردار $\vec{F}_{13}=30\vec{i}-40\vec{j}$ می‌توان فهمید که نیروی F_{13} از نوع دافعه می‌باشد و چون q_3 مثبت است پس q_1 باید مثبت باشد:

$$q_1=\frac{125}{9}\mu C$$

(الکتریسته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۷ تا ۹)

۶- گزینهٔ «۴» *(امیرحسین برادران)*

چون هر سه بار در حال تعادل‌اند بنابراین اولاً بارهای q_1 و q_3 همنام اند ثانیاً بار q_2 ناهمنام با دو بار دیگر است.

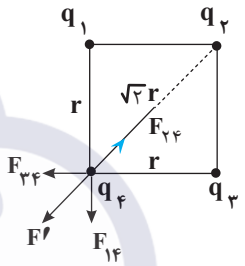


با نزدیک شدن بار q_2 به بار q_1، F_{21} افزایش و F_{23} کاهش می‌یابد. بنابراین جهت نیروی خالص وارد بر هر دو بار به سمت راست می‌شود.

(الکتریسته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۷ تا ۹)

۷- گزینهٔ «۳» *(مجتبی نکوئیان)*

برای صفر شدن نیروی خالص الکتریکی وارد بر بار q_4، باید بارهای q_1 و q_3 با هم برابر بوده و بار q_2 با آن‌ها ناهمنام باشد، پس با فرض $q_1 = q_3 > 0$، $q_2 < 0$ و $q_4 > 0$ داریم:



با توجه به اینکه نیروی F_{14} و F_{34} بر هم عمود بوده و با هم برابر هستند، می‌توان نوشت:

$$F = \sqrt{F_{14}^2 + F_{34}^2} = \sqrt{2}F_{14}$$

از طرفی با توجه به اینکه نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_4 صفر است داریم:

$$F_{24} = F' = \sqrt{2}F_{14} \Rightarrow \frac{k|q_2||q_4|}{r_{24}^2} = \sqrt{2}\frac{k|q_1||q_4|}{r_{14}^2}$$

$$\xrightarrow[\substack{r_{24}=\sqrt{2}r \\ r_{14}=r}]{|q_2|=11/2\mu C=8\sqrt{2}\mu C} \frac{8\sqrt{2}}{2r^2} = \frac{\sqrt{2}|q_1|}{r^2} \Rightarrow |q_1| = 4\mu C$$

و در نهایت نیروی الکتریکی بین دو ذره باردار q_1 و q_3 را بصورت زیر به دست می‌آوریم:

$$F_{13} = \frac{k|q_1||q_3|}{r_{13}^2} = \frac{(9\times10^9)(4\times10^{-6})(4\times10^{-6})}{8\times10^{-2}} = 1/8N$$

(الکتریسته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۷ تا ۹)

۸- گزینهٔ «۱» *(امیرحسین برادران)*

ابتدا با استفاده از قانون پایستگی انرژی مشخص می‌کنیم، انرژی پتانسیل الکتریکی بار چگونه تغییر کرده است:

$$\Delta U = -\Delta K \xrightarrow[\Delta K=\frac{1}{2}m(v^2-v_0^2)]{\Delta U=\Delta U_g\,,\,\Delta U_E} \Delta U_g + \Delta U_E = -\frac{1}{2}m(v^2 - v_0^2)$$

چون بار سقوط کرده است بنابراین انرژی پتانسیل گرانشی آن کاهش می‌یابد.

$$\xrightarrow[m=2\times10^{-3}kg\,,\,g=10\frac{N}{kg}\,,\,v_1=10\frac{m}{s}]{\Delta U_g=-mg|\Delta h|\,,\,v=15\frac{m}{s}\,,\,|\Delta h|=5m} -2\times10^{-3}\times10\times5 + \Delta U_E$$

$$= -\frac{1}{2}\times2\times10^{-3}\times(15^2-10^2)$$

$$-0/1 + \Delta U_E = -0/125 \Rightarrow \Delta U_E = -0/025J \xrightarrow[d=5m\,,\,|q|=4\mu C=4\times10^{-6}C]{|\Delta U_E|=.E|q|d}$$

$$E = \frac{0/025}{4\times10^{-6}\times5} = \frac{25\times10^{-3}}{2\times10^{-5}} = 1250\frac{N}{C}$$

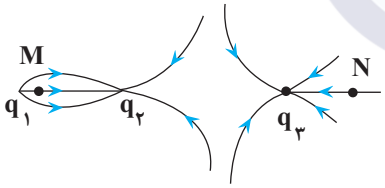
چون انرژی پتانسیل الکتریکی بار منفی کاهش یافته است بار در خلاف جهت خطوط میدان الکتریکی جابه‌جا شده است. بنابراین میدان الکتریکی به سمت بالا است.

(الکتریسته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲۰ و ۲۱)

۹- گزینهٔ «۳» *(امیرحسین برادران)*

خطوط میدان الکتریکی از بار مثبت خارج و به بار منفی وارد می‌شود، بنابراین در شکل «الف» بار q_1 مثبت و بار q_2 منفی است.

در شکل «ب» بارهای q_2 و q_3 همنام و منفی هستند در نتیجه میدان الکتریکی در شکل «پ» به صورت زیر خواهد بود.



(الکتریسته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۱۶ تا ۱۸)

۱۰- گزینهٔ «۲» *(امیرحسین برادران)*

چون فاصلهٔ بین ورقه‌های الکتروسکوپ افزایش یافته است، بنابراین بار ورقه‌ها افزایش یافته است. با نزدیک شدن میلهٔ رسانا به کلاهک الکتروسکوپ بارهای هم نام با میله از کلاهک الکتروسکوپ به سمت ورقه‌ها شارش می‌یابند، بنابراین میله و الکتروسکوپ دارای بار هم نام هستند. *(الکتریسته ساکن) (فیزیک ۲، صفحهٔ ۳)*

فیزیک ۲

۱- گزینهٔ «۳» *(معصومه شریعت‌ناصری)*

مطابق رابطهٔ زیر، ظرفیت خازن را محاسبه می‌کنیم:

$$C=\frac{\Delta q}{\Delta V}=\frac{۲\times۱۰^{-۶}}{۶}=\frac{۱}{۳}\times۱۰^{-۶}F=\frac{۱}{۳}\mu F$$

(الکتریسیتهٔ ساکن)(فیزیک۲، صفحه‌های ۲۸ و ۲۹)

۲- گزینهٔ «۴» *(عباس اصغری)*

با توجه به اینکه خازن به باتری متصل است، با خارج کردن دی‌الکتریک، ظرفیت آن کاهش و اختلاف پتانسیل بین صفحات ثابت می‌ماند. با توجه رابطهٔ $Q=CV$ بار خازن کاهش می‌یابد و با توجه به رابطهٔ $U=\frac{۱}{۲}CV^۲$، انرژی ذخیره شده در خازن نیز کم می‌شود. با توجه به رابطهٔ $E=\frac{V}{d}$ و اینکه V و d هر دو ثابت هستند، میدان الکتریکی بین صفحات ثابت می‌ماند.

(الکتریسیتهٔ ساکن) (فیزیک۲، صفحه‌های ۲۸ تا ۳۲)

۳- گزینهٔ «۴» *(مهری فتاحی)*

گام اول: چون مشخصات ساختمانی خازن تغییر کرده است، ظرفیت خازن نیز تغییر خواهد کرد و با توجه به اطلاعات سوال می‌توان نوشت:

$$C=\frac{\kappa\varepsilon_۰A}{d}\xrightarrow{A_۲=A_۱}\frac{C_۲}{C_۱}=\frac{\kappa_۲}{\kappa_۱}\times\frac{d_۱}{d_۲}\xrightarrow[d_۱=۱۰cm\,,\,C_۱=۲۰\mu F]{\kappa_۲=۱\,,\,\kappa_۱=۵\,,\,d_۲=\frac{۴۰}{۱۰۰}d_۱}$$

$$\frac{C_۲}{C_۱}=\frac{۱}{۵}\times\frac{۱۰}{۴}\xrightarrow{C_۱=۲۰\mu F}\frac{C_۲}{۲۰}=\frac{۱}{۲}\Rightarrow C_۲=۱۰\mu F$$

گام دوم: با توجه به اینکه خازن از باتری جدا می‌شود، بار ذخیره شده در خازن ثابت می‌ماند، پس می‌توانیم تغییرات انرژی ذخیره شده در خازن (ΔU) را حساب کنیم:

$$\Delta U=U_۲-U_۱\Rightarrow\Delta U=\frac{q_۲^۲}{۲C_۲}-\frac{q_۱^۲}{۲C_۱}\xrightarrow[C_۲=۱۰\mu F\,,\,C_۱=۲۰\mu F]{q_۲=q_۱=۵۰\mu C}$$

$$\Delta U=\frac{۵۰^۲}{۲\times۱۰}-\frac{۵۰^۲}{۲\times۲۰}\longrightarrow\Delta U=۶۲/۵\mu J$$

چون $\Delta U>۰$ است، پس انرژی خازن افزایش یافته است.

(الکتریسیتهٔ ساکن) (فیزیک۲، صفحه‌های ۲۹ تا ۳۳)

۴- گزینهٔ «۴» *(مبین دهقان)*

با توجه به اینکه مختصات ساختمانی خازن تغییر نکرده است، پس ظرفیت آن ثابت می‌ماند. داریم:

$$\frac{U_۲}{U_۱}=\frac{\frac{۱}{۲}CV_۲^۲}{\frac{۱}{۲}CV_۱^۲}\xrightarrow{V_۲=۲V_۱}\frac{U_۲}{U_۱}=(\frac{V_۲}{V_۱})^۲=۴$$

$$E=\frac{V}{d}\xrightarrow[\text{دوبرابرشده}\,V]{\text{ثابت}\,d}\frac{E_۲}{E_۱}=۲$$

پس انرژی چهار برابر و میدان دو برابر شده است.

(الکتریسیتهٔ ساکن) (فیزیک۲، صفحه‌های ۲۹ تا ۳۳)

۵- گزینهٔ «۱» *(علی‌اکبریان کیاسری)*

فقط مورد «ب» درست است. بررسی موارد نادرست:

الف) پروتون‌های جسم رسانا با اعمال اختلاف پتانسیل الکتریکی، جابه‌جا نمی‌شوند.

پ) پتانسیل الکتریکی در تمامی نقاط سطح درونی و بیرونی یکسان خواهد شد، اما تراکم بار الکتریکی در سطح خارجی و در نقاط نوک تیز بیشتر خواهد بود.

ت) با قراردادن یک رسانای خنثی در یک میدان الکتریکی خارجی، میدان الکتریکی ناشی از بار توزیع شده در سطح خارجی جسم، اثر میدان الکتریکی خارجی درون رسانا را خنثی می‌کند.

(ترکیبی) (فیزیک۲، صفحه‌های ۲۵ تا ۲۷ و ۴۰ و۴۱)

۶- گزینهٔ «۳» *(علی اکبریان‌کیاسری)*

$$\Delta q=ne\Rightarrow\Delta q=۱/۸\times۱۰^{۲۲}\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹}=۲/۸۸\times۱۰^۳C$$

$$I=\frac{\Delta q}{\Delta t}\Rightarrow t=\frac{۲/۸۸\times۱۰^۳}{۰/۴}=۷/۲\times۱۰^۳s=۲h$$

(جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم) (فیزیک۲، صفحه‌های ۴۰ تا ۴۲)

۷- گزینهٔ «۲» *(سیده‌ملیحه میرصالحی)*

با توجه به نمودار و نقاط مشخص شده روی آن داریم:

$$R=\frac{V}{I}\begin{cases}R_A=\frac{۱/۵}{۱}=۱/۵\Omega\\ R_B=\frac{۱/۲}{۱/۸}=\frac{۲}{۳}\Omega\end{cases}\Rightarrow\frac{R_A}{R_B}=\frac{\frac{۳}{۲}}{\frac{۲}{۳}}=\frac{۹}{۴}$$

حال نسبت جریان عبوری از رساناها به ازای اختلاف پتانسیل ذکر شده رامحاسبه می‌کنیم:

$$\frac{I_B}{I_A}=\frac{V_B}{V_A}\times\frac{R_A}{R_B}=\frac{۹۰}{۱۲۰}\times\frac{۹}{۴}=\frac{۲۷}{۱۶}$$

طبق رابطهٔ $I=\frac{\Delta q}{\Delta t}$، در مدت زمان معین، رابطهٔ مقدار بار شارش شده نیز به صورت $\frac{\Delta q_B}{\Delta q_A}=\frac{۲۷}{۱۶}$ است و با توجه به رابطهٔ $\Delta q=ne$، تعداد الکترون‌های شارش یافته در رسانای B، $\frac{۲۷}{۱۶}$ تعداد الکترون‌های شارش شده در رسانای A می‌باشد.

(جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم) (فیزیک۲، صفحه‌های ۴۰ تا ۴۲)

۸– گزینهٔ «۲» *(امیرحسین برادران)*

در حالت اول کار میدان الکتریکی از لحظهٔ پرتاب تا لحظهٔ توقف منفی است. با نوشتن قضیهٔ کار و انرژی جنبشی از لحظهٔ پرتاب تا لحظهٔ توقف داریم.

$$W_t = \Delta k \xrightarrow{W_t = W_E} W_E = ۰ - \frac{۱}{۲}mv_۰^۲$$

در حالت دوم با دو برابرشدن ولتاژ باتری، بزرگی میدان الکتریکی بین صفحات خازن هم مطابق رابطهٔ $V = Ed$ دو برابر می‌شود. بنابراین نیروی الکتریکی وارد بر بار از طرف میدان نیز مطابق رابطهٔ $F_E = E|q|$ دو برابر می‌شود. اکنون نسبت قدرمطلق کار میدان الکتریکی را در حالت دوم به حالت اول به دست می‌آوریم، سپس با استفاده از قضیهٔ کار و انرژی جنبشی در حالت دوم تندی الکترون را در لحظهٔ رسیدن به صفحهٔ مثبت به دست می‌آوریم:

$$\left(\frac{W'_E}{W_E}\right) = \frac{۲F_E d}{\frac{۲}{۳}F_E d} = ۳ \xrightarrow[|W_E| = \frac{۱}{۲}mv_۰^۲]{W'_E = \Delta k'} \frac{\frac{۱}{۲}mv'^۲ - \frac{۱}{۲}mv_۰^۲}{\frac{۱}{۲}mv_۰^۲} = ۳$$

$$v'^۲ = ۴v_۰^۲ \Rightarrow v' = ۲v_۰ \xrightarrow{v_۰ = ۱۰۰۰\frac{m}{s}} v' = ۲۰۰۰\frac{m}{s}$$

(الکتریسیتهٔ ساکن) (فیزیک۲، صفحه‌های ۲۲ تا ۲۴)

۹– گزینهٔ «۳» *(امیرحسین برادران)*

اگر Q بار ذخیره شده در خازن، κ ثابت دی‌الکتریک، A مساحت صفحات خازن و $\varepsilon_۰$ ضریب گذردهی الکتریکی خلأ باشد، بزرگی میدان الکتریکی بین صفحات خازن برابر است با:

$$E = \frac{Q}{\kappa\varepsilon_۰ A} \Rightarrow \Delta E = \frac{\Delta Q}{\kappa\varepsilon_۰ A} \Rightarrow A = \frac{\Delta Q}{\Delta E \kappa\varepsilon_۰}$$

$$\xrightarrow[\Delta E = ۵۰۰۰\frac{N}{C}, \kappa = ۴, \varepsilon_۰ = ۸/۸۵\times۱۰^{-۱۲}\frac{F}{m}]{\Delta Q = ۱/۱۸nC = ۱/۱۸\times۱۰^{-۹}C}$$

$$A = \frac{۱/۱۸\times۱۰^{-۹}}{۵۰۰۰\times۴\times۸/۸۵\times۱۰^{-۱۲}} = \frac{۱۱۸}{۴\times۸۸۵\times۵} = \frac{۱}{۱۵۰}m^۲ = \frac{۲۰۰}{۳}cm^۲$$

(الکتریسیتهٔ ساکن) (فیزیک۲، صفحه‌های ۲۴ و ۲۹ تا ۳۱)

۱۰– گزینهٔ «۱» *(امیرحسین برادران)*

ابتدا بار ذخیره شده در باتری را برحسب کولن به دست می‌آوریم:

$$Q = ۲۰A.min = ۲۰\times۶۰ = ۱۲۰۰C$$

اکنون مطابق رابطهٔ زیر انرژی داده شده به مدار را به دست می‌آوریم:

$$\Delta U = q\Delta V \xrightarrow[q = ۱۲۰۰C]{\Delta V = ۱۲V} \Delta U = ۱۴۴۰۰J$$

(جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم) (فیزیک۲، صفحه‌های ۲۲ تا ۲۴ و ۴۰ تا ۴۲)

فیزیک ۲

۱- گزینهٔ «۴»
(ابراهیم قانونی)

شکل، پتانسیومتر را نمایش می‌دهد که نوعی مقاومت متغیر است.
رئوستا خود نوعی مقاومت متغیر است که از سیمی با مقاومت ویژهٔ نسبتاً زیاد تشکیل شده است. این سیم روی استوانه‌ای نارسانا پیچیده شده و با استفاده از دکمه‌ای لغزنده که روی ریلی در بالای استوانه قرار دارد و انتهای آن با سیم در ارتباط است، می‌تواند مقدار مقاومت مدار را تغییر دهد.

(جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۴۶ و ۴۷)

۲- گزینهٔ «۴»
(زهره آقامحمدی)

طبق رابطهٔ مقاومت سیم برحسب ویژگی‌های ساختمانی آن و همچنین رابطهٔ چگالی، داریم:

$$\begin{cases} R=\rho\dfrac{L}{A} \\ m=\rho' V=\rho' AL \end{cases} \xrightarrow{L=\frac{m}{\rho' A}} R=\frac{\rho m}{\rho' A^{۲}} \xrightarrow{A=\pi(r_۲^۲-r_۱^۲)}$$

$$R=\frac{\rho m}{\rho'\pi^{۲}(r_۲^۲-r_۱^۲)^{۲}} \xrightarrow[\rho'=۸\times۱۰^{۳}\frac{kg}{m^{۳}},\ r_۲=۱۰^{-۳}m,\ r_۱=\frac{۱}{۲}\times۱۰^{-۳}m,\ \pi^{۲}=۱۰]{\rho=۳\times۱۰^{-۶}\Omega.cm=۳\times۱۰^{-۸}\Omega.m,\ m=۲۴۰\times۱۰^{-۳}kg}$$

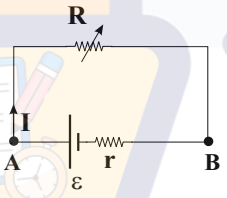
$$R=\frac{۳\times۱۰^{-۸}\times۲۴۰\times۱۰^{-۳}}{۸\times۱۰^{۳}\times۱۰(۱-\frac{۱}{۴})^{۲}\times۱۰^{-۱۲}}=۰/۱۶\Omega$$

توجه کنید که ρ مقاومت ویژهٔ سیم و ρ' چگالی آن است.

(جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۴۵ و ۴۶)

۳- گزینهٔ «۲»
(عباس اصغری)

در مدار شکل روبه‌رو، جریان عبوری از مدار و اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت برابر است با:



$$I=\frac{\varepsilon}{R+r}$$

$$V_B-rI+\varepsilon=V_A \Rightarrow V_A-V_B=-rI+\varepsilon$$

اگر ولتاژ دو سر مولد را V بنامیم در این حالت داریم:

$$V_{باتری}=-rI+\varepsilon$$

حال با توجه به نمودار داریم:

$$\begin{matrix}(۱): ۴=-۲r+\varepsilon \\ (۲): ۰=-۳r+\varepsilon\end{matrix} \Rightarrow (۱)-(۲) \Rightarrow ۴=-۲r+\varepsilon+۳r-\varepsilon \Rightarrow r=۴\Omega$$

با جاگذاری «r» در رابطهٔ (۱) داریم $\Rightarrow ۴=-۲\times۴+\varepsilon \Rightarrow \varepsilon=۱۲V$

(جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم) (فیزیک ۲، صفحهٔ‌های ۵۰، ۵۱ و ۶۳)

۴- گزینهٔ «۲»
(ابوالفضل شاقی)

هنگامی که $R_۱$ افزایش می‌یابد، R_{eq} نیز افزایش می‌یابد و با توجه به رابطهٔ $I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}$ و ثابت بودن r و ε، جریان کل که همان جریانی است که از آمپرسنج $A_۳$ می‌گذرد، کاهش می‌یابد.

اختلاف پتانسیل دو سر مولد و $R_۳$، برابر با اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ است.

$$\varepsilon-Ir-IR_۳=V_۱=V_۲ \Rightarrow \varepsilon-I(R_۳+r)=V_۱=V_۲$$

با کاهش I، $V_۱$ و $V_۲$ افزایش می‌یابند.

آمپرسنج ۲:

$$V_۲=\underset{\text{ثابت}}{I_۲}\,\underset{\text{افزایش}}{R_۲} \Rightarrow I_۲:\text{افزایش}$$

آمپرسنج ۱:

$$I_۳=\underset{\text{افزایش}}{I_۱}+\underset{\text{کاهش}}{I_۲} \Rightarrow I_۱:\text{کاهش}$$

(جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۵۱ تا ۶۱)

۵- گزینهٔ «۴»
(احسان مطلبی)

می‌دانیم در یک مدار الکتریکی تک مقاومت عدد ولت‌سنج متصل به باتری، اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر مقاومت را نیز نشان می‌دهد. بنابراین:

$$V'_{باتری}=\frac{۱}{۲}V_{باتری} \Rightarrow V'_{مقاومت}=\frac{۱}{۲}V_{مقاومت} \xrightarrow{V=RI} R'I'=\frac{۱}{۲}RI$$

$$\xrightarrow[R=۸\Omega,\ r=۱\Omega]{I=\frac{\varepsilon}{R+r}} R'\times\frac{\varepsilon}{R'+۱}=\frac{۱}{۲}\times۸\times\frac{\varepsilon}{۱+۸}$$

$$\frac{R'}{R'+۱}=\frac{۴}{۹} \Rightarrow ۹R'=۴R'+۴ \Rightarrow ۵R'=۴ \Rightarrow R'=۰/۸\Omega$$

بنابراین تغییرات مقاومت رئوستا برابر است با:

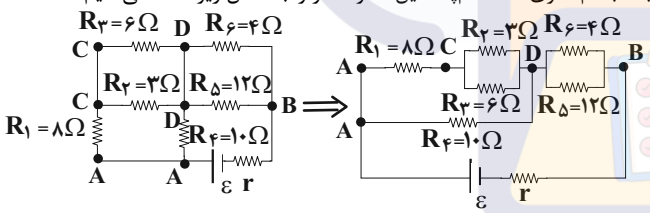
$\Delta R=R'-R=۰/۸-۸=-۷/۲\Omega \rightarrow$ علامت منفی به معنای کاهش است

پس این مقدار باید $۷/۲\Omega$ کاهش یابد.

(جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۵۱ تا ۶۰)

۶- گزینهٔ «۳»
(زهره آقامحمدی)

ابتدا با نام‌گذاری نقاط هم‌پتانسیل مدار، مدار را به شکل زیر ساده می‌کنیم:



مقاومت $R_۲$ و $R_۳$ با هم و مقاومت $R_۵$ و $R_۶$ نیز با هم موازی‌اند. مقاومت $R_۱$ با مقاومت $R_{۲,۳}$ متوالی و حاصل آنها با مقاومت $R_۴$ موازی است.

در نهایت مقاومت $R_{۱,۲,۳,۴}$ با مقاومت $R_{۵,۶}$ متوالی است:

$$R_{۱,۲,۳}=\frac{۳\times۶}{۳+۶}+۸=۱۰\Omega,\ R_{۱,۲,۳,۴}=\frac{۱۰\times۱۰}{۲۰}=۵\Omega$$

$$R_{۵,۶}=\frac{۴\times۱۲}{۴+۱۲}=۳\Omega,\ R_{eq}=۳+۵=۸\Omega$$

جریان عبوری از باتری برابر است با:

$$I=\frac{\varepsilon}{r+R_{eq}}=\frac{۱۸}{۱+۸}=۲A$$

توان خروجی باتری، همان توان مصرفی مقاومت معادل است:

$$P=R_{eq}I^{۲}=۸\times۴=۳۲W$$

(جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۵۳ تا ۵۹)

۷- گزینهٔ «۲» *(امیرمحمد محسن‌زاده)*

با این تغییر، مقدار مقاومت متغیر زیاد می‌شود (طول مسیر عبور جریان افزایش می‌یابد) و بنابراین R_{eq} نیز زیاد می‌شود. در این صورت $I_{کل} = \frac{\varepsilon}{r + R_{eq}}$، جریان کل کاهش می‌یابد و اختلاف پتانسیل دو سر باتری برابر $\varepsilon - I_{کل} r$ است که آن هم زیاد می‌شود. با توجه به اینکه اختلاف پتانسیل دو سر باتری (یا به عبارتی اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت $R_۲$) افزایش یافته است، پس مطابق رابطهٔ $V = IR$، جریان گذرنده از این مقاومت نیز افزایش می‌یابد.

(جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۴۶ تا ۵۱)

۸- گزینهٔ «۳» *(احسان مطلبی)*

با توجه به اینکه فیوز می‌تواند حداکثر $۲۵A$ را تحمل کند، داریم:

$$I_{max\,فیوز} = I_{بخاری\,برقی} + I_{اتوبرقی} + I_{nلامپ}\,,\ I = \frac{P}{V}$$

$$۲۵A = \frac{۳۵۰۰ + ۱۰۰۰ + n(۳۰۰)}{۲۲۰} \Rightarrow ۵۵۰۰ = ۴۵۰۰ + n(۳۰۰)$$

$$n = \frac{۱۰۰۰}{۳۰۰} = ۳/\overline{۳}$$

پس این فیوز با روشن بودن ۳ لامپ نمی‌پرد، اما با روشن کردن ۴ لامپ به دلیل آن‌که جریان عبوری از فیوز بیشتر از حد تحمل آن خواهد بود، می‌پرد.

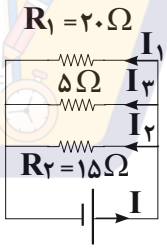
(جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۵۹ و ۶۰)

۹- گزینهٔ «۲» *(زهره آقامحمدی)*

مقاومت‌های ۸Ω و ۱۲Ω با هم متوالی‌اند و مقاومت‌های ۱۱Ω و ۴Ω نیز با هم متوالی‌اند.

$$R_۱ = ۱۲ + ۸ = ۲۰\Omega$$

$$R_۲ = ۱۱ + ۴ = ۱۵\Omega$$



چون مقاومت‌های $R_۱$، ۵Ω و $R_۲$ موازی‌اند، اختلاف پتانسیل دو سر آنها با هم برابر است و داریم:

$$R_۱ I_۱ = R_۲ I_۲ \Rightarrow ۲۰ I_۱ = ۱۵ I_۲ \Rightarrow I_۱ = \frac{۳}{۴} I_۲$$

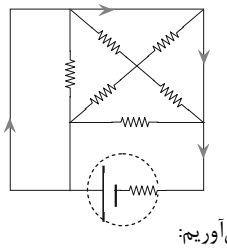
بنابراین نسبت اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت ۸Ω به اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت ۴Ω برابر است با:

$$\frac{V_{۸\Omega}}{V_{۴\Omega}} = \frac{۸ \times I_۱}{۴ \times I_۲} = ۲ \times \frac{۳}{۴} = \frac{۳}{۲}$$

(جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۵۵ تا ۵۹)

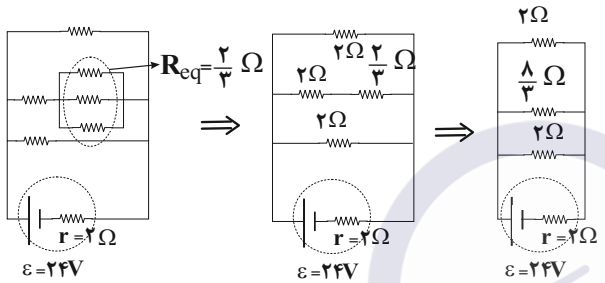
۱۰- گزینهٔ «۴» *(امیرحسین برادران)*

اگر کلید K بسته شود، مدار اتصال کوتاه شده و جریان عبوری از مولد برابر می‌شود با:



$$I = \frac{\varepsilon}{r} \xrightarrow[r=۲\Omega]{\varepsilon=۲۴V} I = \frac{۲۴}{۲} = ۱۲A \quad (۱)$$

اکنون جریان عبوری از مدار را در حالت اول به دست می‌آوریم:



$$\frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۱}{۲} + \frac{۳}{۸} + \frac{۱}{۲} \Rightarrow \frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۱۱}{۸} \Rightarrow R_{eq} = \frac{۸}{۱۱}\Omega$$

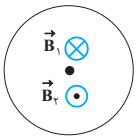
$$I' = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \xrightarrow[r=۲\Omega,\varepsilon=۲۴V]{R_{eq}=\frac{۸}{۱۱}\Omega} I = \frac{۲۴}{\frac{۸}{۱۱} + ۲} = \frac{۲۴ \times ۱۱}{۳۰} \Rightarrow I' = \frac{۴۴}{۵} = ۸/۸A \quad (۲)$$

$$(۱),(۲) \Rightarrow I - I' = ۱۲ - ۸/۸ = ۳/۲A$$

(جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۵۵ تا ۵۹)

فیزیک ۲

۱- گزینهٔ «۲» (عبدالرضا امینی‌نسب)

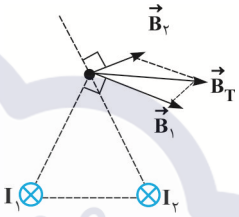


طبق قاعدهٔ دست راست، میدان مغناطیسی ناشی از سیم راست در مرکز حلقه درون‌سو می‌باشد، بنابراین میدان مغناطیسی حلقه باید برون‌سو باشد تا برایند میدان‌های حاصل از سیم و حلقه در مرکز حلقه صفر شود. در این صورت لازم است، جریان در حلقه پادساعتگرد باشد.

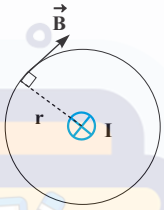
(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی)(فیزیک ۲، صفحه‌های ۷۶تا۸۰)

۲- گزینهٔ «۳» (سعید شرق)

برای آن که جهت برایند میدان‌های مغناطیسی حاصل از دو سیم در نقطهٔ **A**، مطابق شکل باشد، باید میدان‌های مغناطیسی حاصل از سیم‌های (۱) و (۲) به گونه‌ای باشد، که با رسم برایند آن‌ها، بردار $\vec{B}$ به دست آید. در این حالت لازم است، جریان دو سیم (۱) و (۲) درون‌سو باشد.

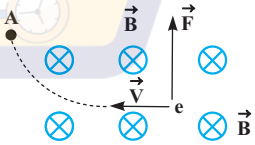


دقت کنید، میدان مغناطیسی یک سیم در هر نقطه برداری مماس بر دایرهٔ گذرنده از آن نقطه و به مرکز سیم است که بر شعاع دایره در نقطهٔ موردنظر عمود است.



(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی)(فیزیک ۲، صفحه‌های ۷۶تا۷۹)

۳- گزینهٔ «۲» (محمدکاظم منشادی)



مطابق قاعدهٔ دست راست، ذره به بالا منحرف شده و از نقطهٔ **A** می‌گذرد.

از طرف دیگر، با توجه به اینکه نیروی مغناطیسی همواره بر جابه‌جایی عمود است، طبق رابطهٔ $W=(F\cos\theta)d$ کار نیروی میدان مغناطیسی صفر می‌باشد. بنابراین، چون تنها نیروی مغناطیسی بر الکترون وارد می‌شود، داریم:

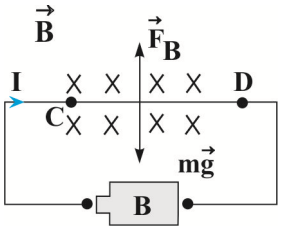
$$W_t=\Delta K \xrightarrow[\Delta K=K_2-K_1]{W_t=W_{F_B}=0} 0=K_2-K_1 \Rightarrow K_2=K_1$$

بنابراین، الکترون بدون آن که انرژی جنبشی اش تغییر کند، از نقطهٔ **A** می‌گذرد.

(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی)(فیزیک ۲، صفحه‌های ۷۱تا۷۳)

۴- گزینهٔ «۳» (عبدالرضا امینی‌نسب)

برای آن که بر فنرها نیرویی وارد نشود، باید نیروی مغناطیسی، نیروی وزن را که به طرف پایین است خنثی کند. یعنی باید نیروی مغناطیسی رو به بالا باشد. بنابراین با توجه به جهت میدان مغناطیسی که درون‌سو است، باید جهت جریان الکتریکی از **C** به طرف **D** باشد. در این حالت لازم است باتری **B** در مدار قرار گیرد. برای محاسبهٔ ولتاژ باتری **B** داریم:



$$F_B=mg \xrightarrow{F_B=ILB\sin\theta} ILB\sin 90^\circ=mg$$

$$\xrightarrow[B=0/04T\ ,\ m=80\times10^{-3}kg]{L=160cm=1/6m}$$

$$I\times1/6\times0/04\times1=80\times10^{-3}\times10 \Rightarrow I=\frac{50}{4}A$$

در آخر، با استفاده از قانون اهم، **V** را می‌یابیم:

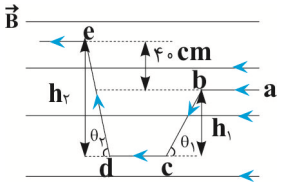
$$V=RI \xrightarrow{R=0/4\Omega} V=0/4\times\frac{50}{4}=5V$$

(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی)(فیزیک ۲، صفحه‌های ۷۳تا۷۶)

۵- گزینهٔ «۴» (مجتبی نکوئیان)

با استفاده از رابطهٔ $F=ILB\sin\theta$ و با توجه به اینکه سیم‌های **ab**، **cd** و **ef** در راستای خط‌های میدان مغناطیسی قرار دارند، بزرگی نیروی مغناطیسی وارد بر آن‌ها صفر است. طبق قاعده دست راست، جهت نیروی وارد بر سیم **bc** به صورت درون‌سو و جهت نیروی وارد بر سیم **de** به صورت برون‌سو است.

اندازهٔ آن‌ها به صورت زیر به دست می‌آید:



$$F_{bc}=IL_{bc}B\sin\theta_1=IB(L_{bc}\sin\theta_1) \xrightarrow{L_{bc}\sin\theta_1=h_1} F_{bc}=IBh_1$$

$$F_{de}=IL_{de}B\sin\theta_2=IB(L_{de}\sin\theta_2) \Rightarrow \xrightarrow{L_{de}\sin\theta_2=h_2} F_{de}=IBh_2$$

با توجه به اینکه $h_2>h_1$ می‌باشد، لذا $F_{de}>F_{bc}$ است، بنابراین جهت نیروی خالص وارد بر سیم، برون‌سو است و اندازهٔ آن به صورت زیر بدست می‌آید:

$$F=F_{de}-F_{bc}=IBh_2-IBh_1 \Rightarrow F=IB(h_2-h_1)$$

$$\xrightarrow[h_2-h_1=40cm=0/4m]{I=5A\ ,\ B=200G=200\times10^{-4}T} F=5\times200\times10^{-4}\times0/4=0/04N$$

(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی)(فیزیک ۲، صفحه‌های ۷۳تا۷۶)

۶- گزینهٔ «۳» (مجتبی نکوئیان)

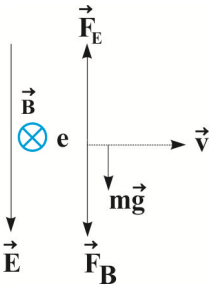
ابتدا نیروی وزن و نیروی الکتریکی وارد بر ذرهٔ باردار را از طرف میدان الکتریکی به دست می‌آوریم:

$$W=mg \xrightarrow{m=40mg=40\times10^{-6}kg} W=40\times10^{-6}\times10=4\times10^{-4}N$$

$$F_E=|q|E \xrightarrow[E=120\frac{N}{C}]{|q|=10\times10^{-6}C} F_E=10\times10^{-6}\times120=12\times10^{-4}N$$

با توجه به اینکه ذره دارای بار منفی است، می‌توان گفت که جهت نیروی الکتریکی وارد بر آن از طرف میدان الکتریکی در خلاف جهت میدان الکتریکی و به طرف بالا است. از طرفی، با مقایسهٔ مقادیر **mg** و F_E می‌توان نتیجه گرفت که مقدار نیروی مغناطیسی وارد بر ذره

باردار متحرک از طرف میدان مغناطیسی، باید $8\times10^{-4}(N)$ و جهت آن به طرف پایین باشد تا برآیند نیروهای وارد بر آن صفر شود و ذره باردار مسیر افقی حرکت خود را حفظ کند. پس طبق قاعده دست راست و با توجه به اینکه اندازهٔ میدان مغناطیسی باید کمینه باشد، می‌توان گفت که جهت میدان مغناطیسی باید به طرف شمال باشد. در این حالت داریم:



$$F_B + W = F_E \Rightarrow F_B + 4\times10^{-4} = 12\times10^{-4} \Rightarrow$$

$$F_B = |q|vB\sin\theta \xrightarrow[|q|=10\times10^{-6}C=10^{-5}C,\ \theta=90^\circ]{F_B=8\times10^{-4}N,\ v=1/6\times10^{5}\frac{m}{s}}$$

$$8\times10^{-4} = 10^{-5}\times1/6\times10^{5}\times B\times\sin90^\circ \xrightarrow{\sin90^\circ=1}$$

$$B = 5\times10^{-4}T \xrightarrow{10^{-4}T=1G} B = 5G$$

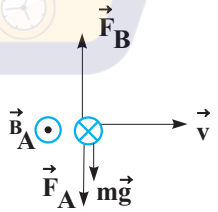
دقت کنید، جهت شمال همان درون‌سو است.

(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی)(فیزیک ۲، صفحه‌های ۷۱تا۷۳)

۷- گزینهٔ «۳» *(امیرحسین برادران)*

چون ذرهٔ باردار q روی خط راست افقی در حال حرکت است، برایند نیروهای وارد بر آن صفر است. بر ذرهٔ باردار q، نیروی وزن و نیروی مغناطیسی ناشی از میدان‌های مغناطیسی A و B وارد می‌شود. چون میدان مغناطیسی حاصل از سیم A در محل ذرهٔ باردار q برون‌سو است، با استفاده از قاعدهٔ دست راست، نیرویی که از طرف سیم A بر آن وارد می‌شود رو به پایین خواهد بود، بنابراین، چون $\vec{F}_A$ و $\vec{W}=m\vec{g}$ رو به پایین‌اند، برای این که ذرهٔ باردار q روی خط راست افقی حرکت کند، باید $\vec{F}_B$ رو به بالا باشد.

در این حالت می‌توان نوشت:



$$F_{net,y} = 0 \Rightarrow F_B = F_A + mg \xrightarrow{F=qvB\sin\theta}$$

$$qvB_B\sin90 = qvB_A\sin90^\circ + mg$$

$$\xrightarrow[m=0/4g=0/4\times10^{-3}kg,\ q=5mC=5\times10^{-3}C]{v=2\times10^{3}\frac{m}{s},\ B_A=5G=5\times10^{-4}T} 5\times10^{-3}\times2\times10^{3}\times B_B\times1$$

$$= 5\times10^{-3}\times2\times10^{3}\times5\times10^{-4}\times1 + 0/4\times10^{-3}\times10 \Rightarrow$$

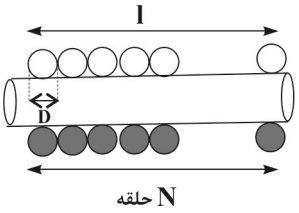
$$10B_B = 5\times10^{-3} + 4\times10^{-3} \Rightarrow 10B = 9\times10^{-3}$$

$$\Rightarrow B = 9\times10^{-4}T \xrightarrow{10^{-4}T=1G} B = 9G$$

(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی)(فیزیک ۲، صفحه‌های ۷۱تا۷۳)

۸- گزینهٔ «۲» *(مصطفی کیانی)*

چون حلقه‌ها در یک ردیف در کنار هم قرار گرفته‌اند، طول سیملوله برابر تعداد حلقه‌ها ضربدر قطر یک حلقه است. یعنی $l = ND$ است. بنابراین داریم:



$$B = \frac{\mu_0 NI}{l} \xrightarrow{l=ND} B = \frac{\mu_0 NI}{ND} \Rightarrow$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{D} \xrightarrow[D=1/5mm=1/5\times10^{-3}m]{B=8mT=8\times10^{-3}T,\ \mu_0=12\times10^{-7}T.\frac{m}{A}}$$

$$8\times10^{-3} = \frac{12\times10^{-7}I}{1/5\times10^{-3}} \Rightarrow 12\times10^{-6} = 12\times10^{-7}I \Rightarrow I = \frac{12\times10^{-6}}{12\times10^{-7}} = 10A$$

(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی)(فیزیک ۲، صفحه‌های ۸۱و۸۲)

۹- گزینهٔ «۲» *(مریم شیخ ممو)*

مورد اول درست است.

مورد دوم نادرست است. خاصیت مغناطیسی القایی در فولاد دائمی و در آهن موقتی است.

مورد سوم درست است.

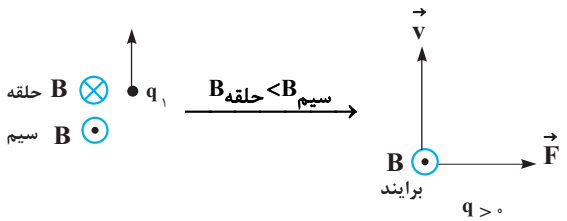
مورد چهارم نادرست است. اگر میدان مغناطیسی خارجی آن چنان قوی باشد که تمام دوقطبی‌های فرومغناطیسی نرم و سخت را با خود هم جهت کند، در این حالت خاصیت مغناطیسی دو ماده با هم برابر است.

بنابراین، تعداد ۲ عبارت نادرست است.

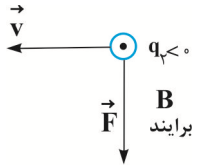
(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی)(فیزیک ۲، صفحه‌های ۸۳تا۸۵)

۱۰- گزینهٔ «۲» *(امیرحسین برادران)*

با استفاده از قاعدهٔ دست راست جهت میدان حلقه و سیم را در محل بارهای q_1 و q_2 مشخص می‌کنیم. میدان ناشی از حلقه در محل بارهای q_1 و q_2 درونسو و میدان ناشی از سیم راست در محل بارهای q_1 و q_2 برونسو است. چون میدان ناشی از سیم راست با فاصله از آن رابطهٔ عکس دارد، پس میدان ناشی از سیم راست در محل بار q_2 بزرگتر از میدان حاصل از سیم راست در محل بار q_1 است. بنابراین میدان برایند در محل بارهای q_1 و q_2 برونسو است.



با استفاده از قاعدهٔ دست راست جهت نیروی مغناطیسی وارد بر بارها را مشخص می‌کنیم. می‌دانیم که جهت نیروی وارد بر ذره با جهت شتاب آن ذره یکی است.



(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی)(فیزیک ۲، صفحه‌های ۷۱تا۷۸)

فیزیک ۲

۱- گزینهٔ «۱» *(امیراحمد میرسعید)*

اندازهٔ شیب نمودار $\Phi - t$ در هر بازهٔ زمانی، متناسب با اندازهٔ نیروی محرکهٔ القایی متوسط در آن بازهٔ زمانی است.

شیب نمودار از صفر تا t_1 از بقیهٔ بازه‌های زمانی بیشتر است.

(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی)(فیزیک ۲، صفحه‌های ۸۵ تا ۹۰)

۲- گزینهٔ «۲» *(امیراحمد میرسعید)*

$$I = \left|\frac{-N}{R}\times\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = \left|\frac{-N}{R}\times\frac{BA(\cos 53 - \cos 0)}{\Delta t}\right| \Rightarrow$$

$$N = \left|\frac{-IR\Delta t}{BA(0/6-1)}\right| \Rightarrow N = \frac{5\times10^{-1}\times100\times2\times10^{-3}}{20\times10^{-4}\times4\times10^{-1}} \Rightarrow$$

$$N = \frac{10000}{80} = 125$$

(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۸۵ تا ۹۰)

۳- گزینهٔ «۳» *(عطاله شادآباد)*

با توجه به رابطهٔ جریان القایی داریم:

$$I = \frac{\bar{\varepsilon}}{R} = -\frac{N}{R}\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow \Delta\Phi = -\frac{R}{N}I\Delta t$$

$$\xrightarrow[N=1]{R=5\Omega} \Delta\Phi = -5I\Delta t$$

در بازه زمانی صفر تا $4s$ داریم:

$$\Delta\Phi = -5\times0/6\times4 = -12Wb$$

یعنی شار باید ۱۲ وبر کاهش یابد.

در بازه زمانی ۴ تا ۶ ثانیه داریم:

$$\Delta\Phi = -5\times(-0/2)\times2 = +2Wb$$

یعنی شار ۲ وبر افزایش می‌یابد.

در بازه زمانی ۶ تا ۹ ثانیه هم شار ثابت بوده و تغییر نمی‌کند.

همان‌طور که مشاهده می‌کنید در گزینه ۳ تغییرات شار درست رسم شده است. دقت کنید که با استفاده از نمودار $I - t$ تنها قادر به محاسبه $\Delta\Phi$ هستیم.

(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۸۵ تا ۹۰)

۴- گزینهٔ «۴» *(عطاله شادآباد)*

ابتدا محاسبه می‌کنیم، سیملوله شامل چند حلقه بوده و مقاومت الکتریکی آن چند اهم است:

$$N = \frac{L}{2\pi r} = \frac{6}{2\times3\times5\times10^{-2}} = 20$$

$$R = 6\times4 = 24\Omega$$

حال رابطهٔ اندازهٔ بار القایی را به‌دست می‌آوریم:

$$\bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \xrightarrow[I=\frac{\Delta q}{\Delta t}]{I=\frac{\bar{\varepsilon}}{R}} \frac{\Delta q}{\cancel{\Delta t}} = -\frac{N}{R}\frac{\Delta\Phi}{\cancel{\Delta t}} \Rightarrow |\Delta q| = \frac{N}{R}|\Delta\Phi|$$

نتیجه می‌گیریم بار شارش شده در سیملوله به زمان تغییرات شار وابسته نیست.

توجه کنید که عامل تغییر شار زاویه بین میدان و نیم‌خط عمود بر سطح حلقه‌ها می‌باشد:

$$\alpha_1 = 30^\circ \Rightarrow \theta_1 = 60^\circ \Rightarrow \cos\theta_1 = \frac{1}{2}$$

$$\theta_2 = 120^\circ \Rightarrow \cos\theta_2 = \frac{-1}{2}$$

$$|\Delta q| = \frac{N}{R}|\Delta\Phi| = \frac{NAB}{R}|\cos\theta_2 - \cos\theta_1|$$

$$= \frac{20\times3\times25\times10^{-4}\times0/8\times1}{24} = 5\times10^{-3}C = 5mC$$

(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۸۵ تا ۹۰)

۵- گزینهٔ «۳» *(علی برزگر)*

طبق قانون لنز، جهت جریان القایی در جهتی است که با تغییرات شار عبوری از حلقه مخالفت کند، بنابراین در شکل «۱» به دلیل افزایش جریان شار عبوری از حلقه به صورت برونسو می‌باشد، لذا جهت جریان القایی باید ساعتگرد باشد.

در شکل «۲» به دلیل کاهش جریان شار عبوری از حلقه به صورت درونسو می‌باشد، لذا جهت جریان القایی باید ساعتگرد باشد.

در شکل «۳» به دلیل افزایش جریان شار عبوری از حلقه به صورت درونسو می‌باشد، لذا جهت جریان القایی باید پادساعتگرد باشد. لذا گزینه ۳ صحیح است.

(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۹۱ تا ۹۳)

۶- گزینهٔ «۴» *(امیرمحمد محسن‌زاده)*

طبق رابطه: $U = \frac{1}{2}LI^2$ داریم:

$$\frac{U_2}{U_1} = \left(\frac{I_2}{I_1}\right)^2 \Rightarrow \frac{U_1+15}{U_1} = \left(\frac{2}{1}\right)^2 \Rightarrow 4U_1 = U_1 + 15$$

$$\Rightarrow 3U_1 = 15 \Rightarrow U_1 = 5mJ$$

$$\Rightarrow U = \frac{1}{2}LI^2 \Rightarrow 5\times10^{-3} = \frac{1}{2}\times L\times(1)^2$$

$$\Rightarrow L = 10^{-2}H = 10mH$$

(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۹۳ تا ۹۶)

۷- گزینهٔ «۲» *(عطاله شادآباد)*

آ) این جمله درست است؛ با چرخش سریع‌تر چرخ، آهنگ شار عبوری از پیچه بیشتر شده در نتیجه نیروی محرکه و جریان بیشتری در آن القا شده و نمایشگر عدد بزرگتری نشان می‌دهد.

ب) این جمله نادرست است؛ چون آهنربای کوچک متصل به چرخ جلو یعنی متحرک و پیچه متصل به دو شاخ فرمان، یعنی ساکن است.

پ) این جمله نادرست است؛ این نوار حاوی تعداد بسیار زیادی ذرهٔ فرومغناطیس است.

ت) این جمله نادرست است؛ با کشیده شدن کارت جریان اندکی در پیچه القا می‌شود که توسط دستگاه دیگری تقویت و رمزگشایی می‌شود.

(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۹۰ و ۹۱)

۸- گزینهٔ «۲» *(مهدی فتاحی)*

گام اول: از روی شکل، بازهٔ زمانی داده شدهٔ $0/01s$ معادل نصف دوره تناوب است:

$$\frac{T}{2} = 0/01 \Rightarrow T = 0/02s$$

گام دوم: با توجه به اینکه نیروی محرکهٔ القایی ماکزیمم را داریم $(\varepsilon_m = 30\pi V)$ می‌توانیم شدت جریان القایی ماکزیمم را حساب کرده و معادلهٔ جریان متناوب را می‌نویسیم:

$$I_m = \frac{\varepsilon_m}{R} \Rightarrow I_m = \frac{30\pi}{5} = 6\pi A$$

$$I = I_m\sin\left(\frac{2\pi}{T}\right)t \Rightarrow I = 6\pi\sin\left(\frac{2\pi}{0/02}t\right) = 6\pi\sin(100\pi t)$$

گام سوم: با جاگذاری $t=\frac{۱}{۶۰}s$ در معادلهٔ جریان اندازهٔ شدت جریان را به‌دست می‌آوریم:

$$I=۶\pi\sin(۱۰۰\pi\times\frac{۱}{۶۰})=۶\pi\sin\frac{۵\pi}{۳}\xrightarrow{\sin\frac{۵\pi}{۳}=-\sin\frac{\pi}{۳}}$$

$$I=۶\pi(-\frac{\sqrt{۳}}{۲})=-۳\sqrt{۳}\pi A\Rightarrow|I|=۳\sqrt{۳}\pi A$$

(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۸۵ تا ۹۰)

۹– گزینهٔ «۴» *(آراس محمدی)*

با استفاده از رابطهٔ انرژی ذخیره شده در القاگر، جریان را به‌دست می‌آوریم:

$$U=\frac{۱}{۲}LI^۲\Rightarrow ۳۷۵\times۱۰^{-۳}=\frac{۱}{۲}\times\frac{۴}{۱۰۰}\times I^۲$$

$$\Rightarrow I^۲=\frac{۳۷۵}{۲۰}=\frac{۷۵}{۴}\Rightarrow I=\pm۵\frac{\sqrt{۳}}{۲}(*)$$

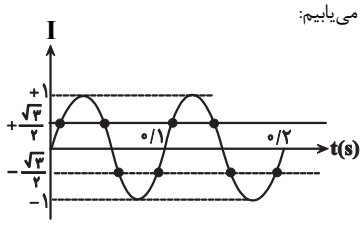
حال (*) را در معادلهٔ جریان متناوب جای‌گذاری می‌کنیم:

$$۵\sin(۲۰\pi t)=\pm۵\frac{\sqrt{۳}}{۲}\Rightarrow\sin(۲۰\pi t)=\pm\frac{\sqrt{۳}}{۲}\quad(I)$$

برای حل معادلهٔ (I) و رسم آن، باید max,min و T تابع sin را به‌دست آوریم:

$$I(t)=\sin(۲۰\pi t)\begin{cases}max=+۱\\min=-۱\\\frac{۲\pi}{T}=۲۰\pi\Rightarrow T=۰/۱s\end{cases}$$

اکنون نمودار را رسم کرده و نقاط تقاطع را می‌یابیم:



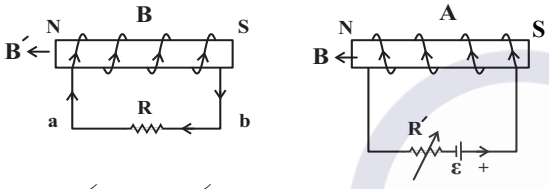
همان‌طور که می‌بینید، ۸ بار این اتفاق می‌افتد.

(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۹۷ تا ۹۹)

۱۰– گزینهٔ «۴» *(عبدالرضا امینی‌نسب)*

با افزایش مقاومت رئوستا در پیچهٔ **A**، جریان الکتریکی در این پیچه کاهش یافته و در نتیجه میدان مغناطیسی ایجاد شده در این پیچه کاهش می‌یابد. طبق قانون لنز جهت جریان القایی در پیچهٔ **B** باید به‌گونه‌ای باشد که از کاهش میدان در پیچهٔ **A** جلوگیری کند. بنابراین جریان القایی از **b** به **a** خواهد بود.

از طرفی مطابق شکل، دو قطب ناهم‌نام کنار یکدیگر قرار دارند و نیروی جاذبه به هم وارد می‌کنند.



(مغناطیس و القای الکترومغناطیسی) (فیزیک ۲ ، صفحه‌های۹۱ تا ۹۳)

۱ **دو جسم خنثی و نارسانای A و C را به یکدیگر مالش می‌دهیم. اگر در حین مالش $۲/۵\times۱۰^{۱۲}$ الکترون از یک جسم به دیگری منتقل شده باشد، با توجه به جدول سری الکتریسیتهٔ مالشی زیر، بار الکتریکی جسم A بعد از مالش به چند میکروکولن می‌رسد؟ $(e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\ C)$**

انتهای مثبت سری
A
B
C
انتهای منفی سری

۱) ۴×۱۰^{-۷}

۲) -۴×۱۰^{-۷}

۳) $۰/۴$

۴) $-۰/۴$

پاسخ: گزینهٔ ۳

Hint ابتدا به کمک رابطهٔ $q=ne$، اندازهٔ بار الکتریکی جسم A را به دست آورید، سپس با توجه به سری الکتریستهٔ مالشی (تریبوالکتریک)، علامت بار جسم A را پیدا کنید.

درس Box هرگاه دو جسم خنثی را با هم مالش دهیم، تعدادی الکترون از یک جسم به جسم دیگر منتقل می‌شود و تعادل بارها در دو جسم به هم می‌خورد، یکی از جسم‌ها الکترون از دست می‌دهد و بار آن مثبت می‌شود و جسم دیگر به همان تعداد الکترون می‌گیرد و بار آن منفی می‌شود.

به کمک جدول سری الکتریسیتهٔ مالشی (تریبوالکتریک) از دست دادن یا به دست آوردن الکترون توسط اجسام مشخص می‌شود. در این جدول اجسامی که به انتهای منفی سری نزدیک‌ترند الکترون‌خواهی بیشتری دارند. مثلاً در جدول زیر، در اثر مالش شیشه با ابریشم، شیشه بار مثبت و ابریشم بار منفی به دست می‌آورند.

انتهای مثبت سری
شیشه
پشم
سرب
ابریشم
انتهای منفی سری

اصل کوانتیده‌بودن بار الکتریکی: بار الکتریکی یک جسم همواره مضرب صحیحی از بار بنیادی $(e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C)$ است و داریم:

$$q=\underset{\text{جسم الکترون بگیرد.}}{\overset{\text{جسم الکترون از دست بدهد.}}{\pm}}ne \quad , \quad n=۰,۱,۲,۳,\dots$$

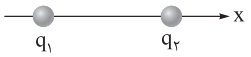
پاسخ خیلی تشریحی **گام اول:** مقدار بار الکتریکی جسم A را محاسبه می‌کنیم:

$$q=ne=۲/۵\times۱۰^{۱۲}\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹}=۴\times۱۰^{-۷}C=۰/۴\times۱۰^{-۶}C=۰/۴\ \mu C$$

گام دوم: چون جسم A نسبت به جسم C به انتهای مثبت سری نزدیک‌تر است، الکترون از دست می‌دهد و بار آن مثبت می‌شود.

گول نخوری *اگه هواست به یکای خواسته‌شدهٔ سؤال نباشه، توی دام گزینهٔ (۱) می‌افتی.*

۲ در شکل زیر، دو بار الکتریکی نقطه‌ای $q_1 = 5\ \mu C$ و $q_2 = -3\ \mu C$ در فاصلهٔ $15\ cm$ از یکدیگر ثابت شده‌اند. نیروی الکتریکی که بار q_2 به بار q_1 وارد می‌کند، برحسب نیوتون کدام است؟ $(k = 9\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2})$



۱) $6\vec{i}$
۲) $-6\vec{i}$
۳) $60\vec{i}$
۴) $-60\vec{i}$

پاسخ: گزینهٔ ۱

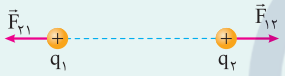
Hint با جای‌گذاری داده‌ها در رابطهٔ قانون کولن $(F = k\frac{|q_1||q_2|}{r^2})$، اندازهٔ نیروی الکتریکی که بار q_2 به بار q_1 وارد می‌کند را محاسبه کنید، سپس با توجه به این‌که بارها ناهمنام هستند، جهت نیرو را مشخص کنید.

درس Box دو بار نقطه‌ای q_1 و q_2 که در فاصلهٔ r از یکدیگر قراردارند به هم نیروی الکتریکی $\vec{F}$ را وارد می‌کنند که اندازهٔ این نیرو از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

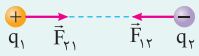
$$F = k\frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$

نیروی الکتریکی (N) — بارهای نقطه‌ای (C) — ثابت کولن $(\frac{N.m^2}{C^2})$ — فاصلهٔ دو بار از هم (m)

- بارهای الکتریکی همنام یکدیگر را دفع می‌کنند:



- بارهای الکتریکی ناهمنام یکدیگر را جذب می‌کنند:



پاسخ خیلی تشریحی داده‌ها را در رابطهٔ قانون کولن جای‌گذاری می‌کنیم:

$$F = k\frac{|q_1||q_2|}{r^2} = 9\times10^9 \times \frac{5\times10^{-6}\times3\times10^{-6}}{(0/15)^2} = 6\ N$$

با توجه به این‌که بارها ناهمنام هستند، نیروی بین آن‌ها ربایشی است.

$$\vec{F}_{21} = (6N)\vec{i}$$

تیزبازی با تکنیک ۹۰ هنگام عددگذاری در رابطهٔ قانون کولن، اگر بارهای الکتریکی برحسب میکروکولن و فاصلهٔ دو بار، برحسب سانتی‌متر نوشته شود، برای آن‌که نیرو برحسب نیوتون به‌دست آید، باید ضریب K را برابر $90\ N.Cm^2/\mu c^2$ در نظر بگیریم.

مثلاً در حل این سؤال می‌توان نوشت:

$$F = K\frac{|q_1||q_2|}{r^2} \Rightarrow F = 90\times\frac{5\times3}{15^2} = 6\ N$$

۳ **بار الکتریکی نقطه‌ای q در فاصلهٔ معینی از بار الکتریکی نقطه‌ای Q قرار دارد. با ۲ برابر شدن مقدار بارهای q و Q، به ترتیب از راست به چپ، اندازهٔ نیروی الکتریکی وارد بر بار q از طرف بار دیگر و اندازهٔ میدان الکتریکی در محل بار q، چند برابر می‌شود؟**

۱) ۲، ۲ ۲) ۴، ۴ ۳) ۲، ۴ ۴) ۴، ۲

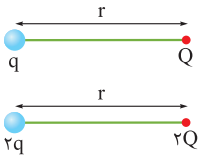
پاسخ: گزینهٔ ۴

Hint از رابطهٔ نسبتی قانون کولن $(F = k\frac{|q_1||q_2|}{r^2})$ و رابطهٔ نسبتی میدان الکتریکی حاصل از یک ذرهٔ دارای بار الکتریکی $(E = \frac{k|q|}{r^2})$، خواسته‌های سؤال را به دست آورید.

درس Box هر بار الکتریکی نقطه‌ای q در اطراف خود خاصیتی به نام میدان الکتریکی ایجاد می‌کند که اندازهٔ این میدان در نقطه‌ای به فاصلهٔ r از بار q از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$\underset{\text{میدان الکتریکی } (\frac{N}{C})}{E} = \overset{\text{ثابت کولن } (\frac{N.m^2}{C^2})}{k}\frac{\overset{\text{اندازهٔ بار الکتریکی } (C)}{|q|}}{\underset{\text{فاصله } (m)}{r^2}} \quad , \quad k = 9\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2}$$

پاسخ خیلی تشریحی **گام اول:** با توجه به شکل زیر، رابطهٔ $F = k\frac{|q_1||q_2|}{r^2}$ را به صورت نسبتی می‌نویسیم:



$$\frac{F_2}{F_1} = |\frac{q_1'}{q_1}|\times|\frac{q_2'}{q_2}|\times\frac{r_1^2}{r_2^2} = \frac{2q}{q}\times\frac{2Q}{Q}\times1 = 4 \Rightarrow F_2 = 4F_1$$

گام دوم: به کمک رابطهٔ نسبتی $E = \frac{k|q|}{r^2}$، میدان الکتریکی را در محل بار q به دست می‌آوریم:

$$\frac{E_2}{E_1} = |\frac{q_2}{q_1}|\times\frac{r_1^2}{r_2^2} = \frac{2Q}{Q}\times1 = 2 \Rightarrow E_2 = 2E_1$$

۴ **دو بار الکتریکی نقطه‌ای q_1 و $q_2 = -9q_1$ در فاصلهٔ ثابتی از یکدیگر قرار دارند. اگر میدان الکتریکی خالص در فاصلهٔ ۴۸ سانتی‌متری از بار q_2 برابر صفر باشد، فاصلهٔ دو بار q_1 و q_2 چند سانتی‌متر است؟**

۱) ۱۶ ۲) ۳۲ ۳) ۶۴ ۴) ۹۶

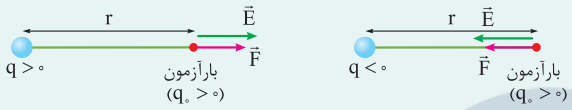
پاسخ: گزینهٔ ۲

Hint

با توجه به این‌که علامت دو بار متفاوت است، میدان الکتریکی روی خط واصل دو بار، در نقطه‌ای خارج از فاصلهٔ بین آن‌ها و نزدیک به بار کوچک‌تر صفر می‌شود، پس میدان‌های الکتریکی حاصل از بارهای q_1 و q_2 را در فاصلهٔ ۴۸ سانتی‌متری از بار q_2 نوشته و با هم برابر قرار دهید تا فاصلهٔ دو بار به دست آید.

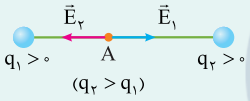
درس Box

برای تشخیص جهت میدان الکتریکی حاصل از یک ذرهٔ باردار، بار آزمون $(q_0 > 0)$ را در نقطهٔ مورد نظر قرار می‌دهیم، جهت نیروی واردشده به بار q_0 هم‌جهت با میدان الکتریکی حاصل از بار q در آن نقطه است.

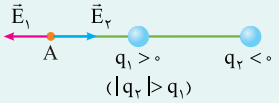


طبق شکل‌های بالا، میدان الکتریکی بار مثبت در جهتی است که از بار دور شود و میدان الکتریکی بار منفی در جهتی است که به بار نزدیک شود.

- میدان الکتریکی خالص حاصل از دو بار همنام، در نقطه‌ای بین دو بار، روی خط واصل دو بار و نزدیک به باری که اندازهٔ آن کوچک‌تر است صفر می‌شود.

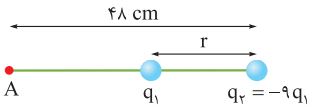


- میدان الکتریکی خالص حاصل از دو بار ناهمنام در نقطه‌ای خارج از فاصلهٔ بین دو بار، روی خط گذرنده از دو بار و نزدیک به باری که اندازهٔ آن کوچک‌تر است صفر می‌شود.



پاسخ خیلی تشریحی

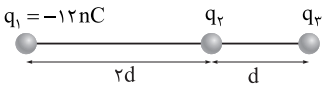
میدان‌های الکتریکی بارهای نقطه‌ای q_1 و q_2 را در نقطهٔ A با هم برابر قرار می‌دهیم:



$$E_1 = E_2 \Rightarrow \frac{k|q_1|}{r_1^2} = \frac{k|q_2|}{r_2^2} \Rightarrow \frac{\cancel{q_1}}{(48-r)^2} = \frac{9\cancel{q_1}}{48^2} \Rightarrow \frac{1}{(48-r)^2} = \frac{1}{16^2} \Rightarrow 48 - r = 16$$

$$\Rightarrow r = 32\ cm$$

۵ در شکل زیر، سه بار الکتریکی نقطه‌ای روی خط راستی قرار دارند. با ۲ برابرشدن بار q_3، اندازهٔ نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_2 تغییری نمی‌کند. q_3 برابر چند نانوکولن است؟



۱) ۲

۲) ۳

۳) ۲−

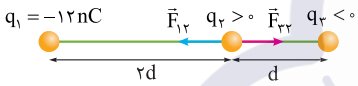
۴) ۳−

پاسخ: گزینهٔ ۳

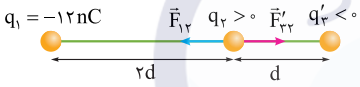
Hint با توجه به این‌که اندازهٔ نیروی خالص وارد بر بار q_2 تغییری نکرده، پس جهت نیرو برعکس شده؛ با برابر قراردادن اختلاف نیروها در دو حالت، اندازهٔ بار q_3 را محاسبه کنید و سپس با توجه به منفی‌بودن بار q_1 و مثبت در نظر گرفتن بار q_2، علامت بار q_3 را پیدا کنید.

پاسخ خیلی تشریحی از آن‌جایی که با دوبرابرشدن مقدار بار q_3، بزرگی نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_2 تغییری نمی‌کند، پس حتماً جهت نیرو تغییر کرده است، یعنی فرض می‌کنیم در حالت اول نیروی حاصل از بار $q_1 = -12\,nC$ بزرگ‌تر بوده و در حالت دوم نیروی حاصل از بار q_3 بزرگ‌تر بوده است؛ از طرفی بار q_2 را مثبت در نظر می‌گیریم، برای این‌که جهت نیروی خالص در حالت دوم برعکس جهت نیرو در حالت اول باشد، باید نیروهای حاصل از بارها در خلاف جهت هم باشند، پس $q_3 < 0$ است و داریم:

حالت اول:



حالت دوم:



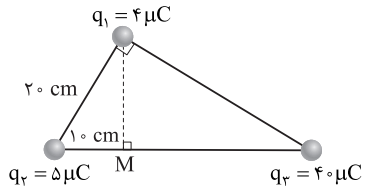
$$F_{12} - F_{32} = F'_{32} - F_{12} \Rightarrow \frac{k|q_1||q_2|}{4d^2} - \frac{k|q_3||q_2|}{d^2} = \frac{k|q'_3||q_2|}{d^2} - \frac{k|q_1||q_2|}{4d^2}$$

$$\xrightarrow{\div \frac{kq_2}{d^2}} \frac{|q_1|}{4} - |q_3| = |q'_3| - \frac{|q_1|}{4} \Rightarrow \frac{12\times10^{-9}}{4} - |q_3| = (2|q_3|) - \frac{12\times10^{-9}}{4}$$

$$\Rightarrow 3|q_3| = 6\times10^{-9} \Rightarrow |q_3| = 2\times10^{-9}\,C = 2\,nC$$

$$\xrightarrow{q_3<0} q_3 = -2\,nC$$

۶ در شکل زیر، سه بار الکتریکی نقطه‌ای روی رأس‌های یک مثلث قائم‌الزاویه قرار دارند. بزرگی میدان الکتریکی خالص در نقطهٔ M چند کیلوولت بر متر است؟ $(k = ۹\times۱۰^{۹}\ \frac{N.m^{۲}}{C^{۲}})$



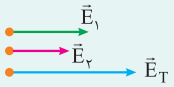
۱) ۱۲۵۰
۲) ۱۳۰۰
۳) ۱۴۵۰
۴) ۱۵۰۰

پاسخ: گزینهٔ ۲

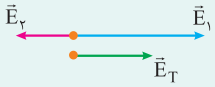
Hint اندازهٔ میدان الکتریکی حاصل از هر یک از بارها را در نقطهٔ M محاسبه کنید، سپس میدان الکتریکی خالص را پیدا کنید.

درس Box برای محاسبهٔ میدان الکتریکی خالص وارد بر هر بار الکتریکی، سه حالت زیر رخ می‌دهد:

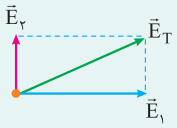
الف) میدان‌های هم‌راستا و هم‌جهت: $E_T = E_۱ + E_۲$



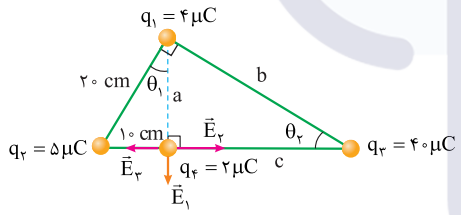
ب) میدان‌های هم‌راستا و خلاف جهت: $E_T = E_۱ - E_۲$



پ) میدان‌های عمود بر هم: $E_T = \sqrt{E_۱^{۲} + E_۲^{۲}}$



پاسخ خیلی تشریحی **گام اول:** مطابق شکل زیر، میدان الکتریکی بارهای نقطه‌ای را در نقطهٔ M رسم کرده و اندازهٔ هر کدام را محاسبه می‌کنیم:



در مثلث قائم‌الزاویهٔ سمت چپ داریم: $۲۰^{۲} = ۱۰^{۲} + a^{۲} \Rightarrow a^{۲} = ۳۰۰$

چون در مثلث قائم‌الزویهٔ سمت چپ، یکی از اضلاع نصف وتر است، پس $\theta_۱ = ۳۰^{\circ}$ است. در مثلث قائم‌الزاویه سمت راست هم $\theta_۲ = ۳۰^{\circ}$ است، پس:

$$a = \frac{b}{۲} \Rightarrow b^{۲} = ۴a^{۲} = ۱۲۰۰$$

$$a^{۲} + c^{۲} = b^{۲} \Rightarrow c^{۲} = ۱۲۰۰ - ۳۰۰ = ۹۰۰$$

$$E = k\frac{|q|}{r^{۲}} \Rightarrow \begin{cases} E_۱ = \frac{۹\times۱۰^{۹}\times۴\times۱۰^{-۶}}{۳۰۰\times۱۰^{-۴}} = ۱۲\times۱۰^{۵}\ N/C \\ E_۲ = \frac{۹\times۱۰^{۹}\times۵\times۱۰^{-۶}}{۱۰۰\times۱۰^{-۴}} = ۴۵\times۱۰^{۵}\ N/C \\ E_۳ = \frac{۹\times۱۰^{۹}\times۴۰\times۱۰^{-۶}}{۹۰۰\times۱۰^{-۴}} = ۴۰\times۱۰^{۵}\ N/C \end{cases}$$

گام دوم: با توجه به جهت میدان‌ها، میدان الکتریکی برایند را در راستاهای x و y به دست می‌آوریم:

$$E_x = E_۲ - E_۳ = ۴۵\times۱۰^۵ - ۴۰\times۱۰^۵ = ۵\times۱۰^۵\ N/C$$

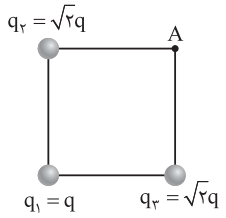
$$E_y = E_۱ = ۱۲\times۱۰^۵\ N/C$$

از رابطهٔ فیثاغورس داریم:

$$E_T = \sqrt{E_x^۲ + E_y^۲} = \sqrt{(۵\times۱۰^۵)^۲ + (۱۲\times۱۰^۵)^۲} = ۱۳\times۱۰^۵\ V/m = ۱۳۰۰\ kV/m$$

نکته دقت کنید یکاهای N/C و V/m معادل یکدیگرند و هر دو، یکای میدان الکتریکی هستند.

۷ در شکل زیر، سه بار الکتریکی نقطه‌ای روی سه رأس یک مربع به ضلع ۱۰ cm قرار دارند. اگر اندازهٔ میدان الکتریکی خالص در رأس A برابر با $45\times10^{3}\ N/C$ باشد، بار q_1 چند نانوکولن است؟ $(k = 9\times10^{9}\ \frac{N.m^2}{C^2})$



۱) ۱

۲) ۲

۳) ۱۰

۴) ۲۰

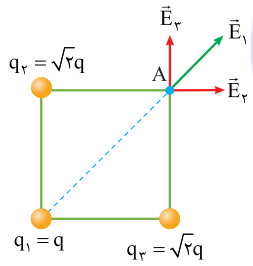
پاسخ: گزینهٔ ۴

Hint ابتدا میدان الکتریکی حاصل از بارها را در رأس A برحسب q نوشته و میدان الکتریکی خالص را در این نقطه برحسب q به دست می‌آوریم. سپس q را محاسبه می‌کنیم.

پاسخ خیلی تشریحی **گام اول**: میدان الکتریکی حاصل از هر بار را در رأس A برحسب q می‌نویسیم:

$$E = k\frac{|q|}{r^2} \Rightarrow \begin{cases} E_1 = \dfrac{9\times\cancel{10^{9}}\times q\times\cancel{10^{-9}}}{(10\sqrt{2}\times10^{-2})^2} = 4/5\,q\times10^{2} = 450q\ N/C \\ E_2 = E_3 = \dfrac{9\times\cancel{10^{9}}\times\sqrt{2}q\times\cancel{10^{-9}}}{(0/1)^2} = 9\sqrt{2}q\times10^{2}\ N/C \end{cases}$$

گام دوم: میدان‌های حاصل از هر ذره را در رأس A رسم می‌کنیم و برایند آن‌ها را برحسب q محاسبه می‌کنیم: (q را مثبت فرض می‌کنیم.)



$\vec{E}_2$ و $\vec{E}_3$ هم‌اندازه و عمود بر هم هستند، پس برایند آن‌ها هم‌جهت با $\vec{E}_1$ است:

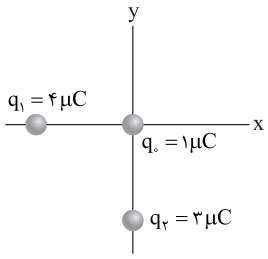
$$E' = \sqrt{E_2^2+E_3^2} = E_2\sqrt{2} = 9\sqrt{2}q\times10^{2}\times\sqrt{2} = 1800q\ N/C$$

$$E_T = E' + E_1 = 1800q + 450q = 2250q\ N/C$$

گام سوم: طبق دادهٔ سؤال، میدان الکتریکی خالص در رأس A برابر با $45\times10^{3}\ N/C$ است:

$$2250q = 45\times10^{3} \Rightarrow q = 20\ nC$$

۸ در شکل زیر، بار الکتریکی نقطه‌ای q_0 در مبدأ مختصات و بارهای الکتریکی نقطه‌ای q_1 و q_2 در فاصلهٔ ۱۰ cm از آن ثابت شده‌اند. بار الکتریکی $q_3 = 20\ \mu C$ را در نقطهٔ M قرار داده‌ایم، به طوری که نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_0، برابر صفر شده است. فاصلهٔ نقطهٔ M از مبدأ مختصات چند سانتی‌متر است؟



۱) $5\sqrt{2}$

۲) ۱۰

۳) $10\sqrt{2}$

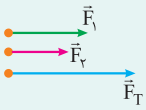
۴) ۲۰

پاسخ: گزینهٔ ۴

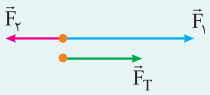
درس Box

- اگر تعدادی بار الکتریکی ذره‌ای داشته باشیم، نیروی الکتریکی وارد بر هر ذره، برایند نیروهایی است که هر یک از ذره‌های دیگر به تنهایی، بر آن ذره وارد می‌کنند.
- برای محاسبهٔ نیروی الکتریکی خالص وارد بر هر بار الکتریکی، سه حالت زیر رخ می‌دهد:

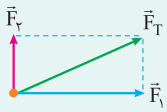
الف) نیروهای هم‌راستا و هم‌جهت: $F_T = F_1 + F_2$



ب) نیروهای هم‌راستا و خلاف جهت: $F_T = F_1 - F_2$

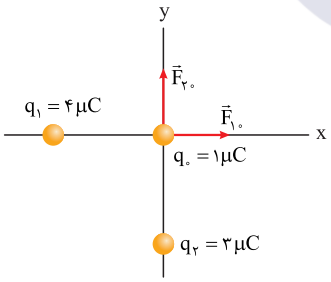


پ) نیروهای عمود برهم: $F_T = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$



پاسخ خیلی تشریحی

گام اول: ابتدا نیروی الکتریکی وارد بر بار q_0 از طرف بارهای نقطه‌ای q_1 و q_2 را رسم و محاسبه می‌کنیم:



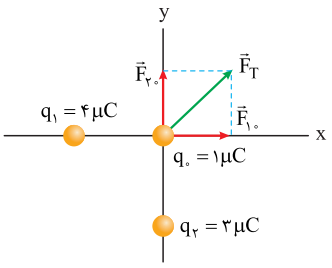
$$F_{10} = \frac{k|q_1||q_0|}{r^2} = \frac{9\times10^9\times4\times10^{-6}\times1\times10^{-6}}{(10\times10^{-2})^2} = 3/6\ N$$

$$F_{20} = \frac{k|q_2||q_0|}{r^2} = \frac{9\times10^9\times3\times10^{-6}\times1\times10^{-6}}{(10\times10^{-2})^2} = 2/7\ N$$

گام دوم: اندازهٔ برایند نیروهای $\vec{F}_{10}$ و $\vec{F}_{20}$ را به دست می‌آوریم:

$$F_T = \sqrt{F_{10}^2 + F_{20}^2} = \sqrt{3/6^2 + 2/7^2} = \sqrt{(4\times0/9)^2 + (3\times0/9)^2} = 5\times0/9 = 4/5\ N$$

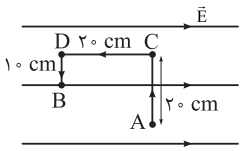
گام سوم: برای این‌که نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_0 در حالت دوم، صفر شود، باید بار q_3 نیرویی خلاف جهت $\vec{F}_T$ به q_0 وارد کند، یعنی:



$$F_T = F_{30} = \frac{k|q_3||q_0|}{r^2} \Rightarrow 4/5 = \frac{9\times10^9\times20\times10^{-6}\times1\times10^{-6}}{r^2}$$

$$\Rightarrow r^2 = \frac{18\times10^{-2}}{4/5} = 0/04 \Rightarrow r = 0/2\ m = 20\ cm$$

۹ در شکل زیر، در میدان الکتریکی یکنواخت $E = ۲\times۱۰^{۵}\ N/C$، بار نقطه‌ای q از طریق مسیر نشان داده شده از نقطهٔ A به نقطهٔ B منتقل می‌شود. اگر در این انتقال، انرژی پتانسیل الکتریکی بار، ۳۰۰ mJ کاهش یابد، بار q برحسب میکروکولن کدام است؟



۱) ۵

۲) ۷/۵

۳) −۵

۴) −۷/۵

پاسخ: گزینهٔ ۴

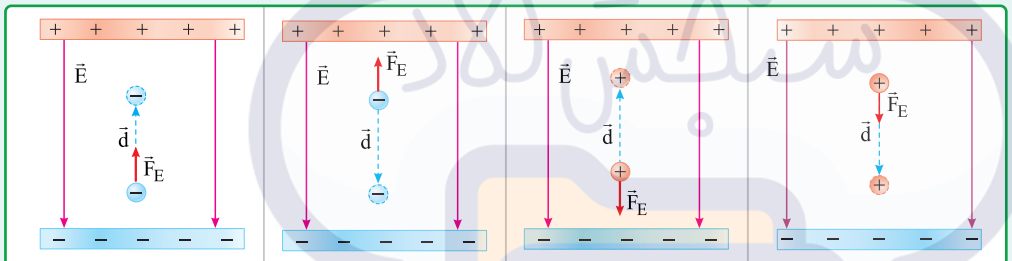
Hint در مسیر عمود بر میدان الکتریکی، انرژی پتانسیل تغییر نمی‌کند، پس فقط کافیست در مسیر CD، از رابطهٔ $\Delta U = -|q|Ed\cos\theta$ تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی را به دست آورید.

درس Box اگر بار الکتریکی q در میدان الکتریکی $\vec{E}$ جابه‌جا شود، روی بار، کار انجام می‌شود که این کار با تغییرات انرژی پتانسیل، قرینه است و از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$\Delta U = -W_E = -|q|\,E\,d\cos\theta$$

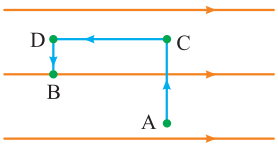
بار الکتریکی (C) — جابه‌جایی (m) — میدان الکتریکی (N/C) — زاویهٔ بین $\vec{F}_E$ و $\vec{d}$

کاهشی یا افزایشی بودن انرژی پتانسیل الکتریکی به صورت زیر مشخص می‌شود:



الف)	ب)	پ)	ت)
بار مثبت را در جهت میدان الکتریکی $\vec{E}$ جابه‌جا می‌کنیم: میدان الکتریکی کار مثبت W_E را روی بار انجام می‌دهد. انرژی پتانسیل الکتریکی U_E کاهش می‌یابد.	بار مثبت را در خلاف جهت میدان الکتریکی $\vec{E}$ جابه‌جا می‌کنیم: میدان الکتریکی کار منفی W_E را روی بار انجام می‌دهد. انرژی پتانسیل الکتریکی U_E افزایش می‌یابد.	بار منفی را در جهت میدان الکتریکی $\vec{E}$ جابه‌جا می‌کنیم: میدان الکتریکی کار منفی W_E را روی بار انجام می‌دهد. انرژی پتانسیل الکتریکی U_E افزایش می‌یابد.	بار منفی را در خلاف جهت میدان الکتریکی $\vec{E}$ جابه‌جا می‌کنیم: میدان الکتریکی کار مثبت W_E را روی بار انجام می‌دهد. انرژی پتانسیل الکتریکی U_E کاهش می‌یابد.

پاسخ خیلی تشریحی طبق شکل مقابل، مسیرهای AC و DB بر میدان الکتریکی عمود هستند، در نتیجه انرژی پتانسیل الکتریکی بار در این مسیرها تغییری نمی‌کند، پس فقط در مسیر CD انرژی پتانسیل ذره کاهش پیدا کرده، از آن‌جا که بار در خلاف جهت میدان حرکت کرده؛ بنابراین $q<۰$ است (رد گزینه‌های (۱) و (۲)).



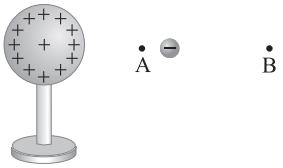
$$\Delta U_{AB} = \Delta U_{CD}$$

$$\Rightarrow -۳۰۰\times۱۰^{-۳} = -|q|\times۲\times۱۰^{۵}\times۰/۲\times\cos۰$$

$$\Rightarrow |q| = \frac{۳\times۱۰^{-۱}}{۴\times۱۰^{۴}} = ۰/۷۵\times۱۰^{-۵} \Rightarrow |q| = ۷/۵\ \mu C \xrightarrow{q<۰} q = -۷/۵\ \mu C$$

گول نخوری *انرژی پتانسیل الکتریکی با حرکت در خلاف جهت میدان، کاهش پیدا کرده، پس بار جسم، منفی می‌شه. اگر به این عبارت دقت نکنی، توی دام گزینهٔ (۲) می‌افتی.*

۱۰ **در شکل زیر، ذره‌ای با بار الکتریکی منفی را از نقطهٔ A در نزدیکی کرهٔ بارداری که روی پایهٔ عایقی قرار دارد، دور می‌کنیم و در نقطهٔ B قرار می‌دهیم. در طی این انتقال، کدام‌یک از موارد زیر اتفاق می‌افتد؟**



الف) انرژی پتانسیل الکتریکی ذره افزایش می‌یابد.

ب) کار میدان الکتریکی روی ذره، مثبت است.

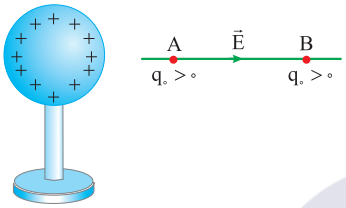
پ) پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد.

۱) الف
۲) الف و پ
۳) ب
۴) ب و پ

پاسخ: گزینهٔ ۱

Hint ابتدا جهت میدان الکتریکی حاصل از کره را در نقاط A و B مشخص کنید و سپس انرژی پتانسیل الکتریکی، کار میدان و پتانسیل الکتریکی را در جابه‌جایی ذره از A به B بررسی کنید.

پاسخ خیلی تشریحی ابتدا جهت میدان الکتریکی حاصل از کرهٔ باردار را در نقاط A و B با قراردادن بار آزمون $(q_0 > 0)$ مشخص می‌کنیم:



با حرکت در جهت میدان (از نقطهٔ A به سمت نقطهٔ B)، پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد (نادرستی عبارت «پ»).

با توجه به این‌که بار منفی در جهت میدان جابه‌جا شده، پس انرژی پتانسیل الکتریکی ذره افزایش یافته است (درستی عبارت «الف»).

طبق رابطهٔ $\Delta U = -W_E$ و با توجه به این‌که انرژی پتانسیل افزایش یافته $(\Delta U > 0)$، پس کار میدان الکتریکی روی ذره منفی است (نادرستی عبارت «ب»).

۱۱ **ذره‌ای با بار الکتریکی $q = -۴۰\ \mu C$ در یک میدان الکتریکی یکنواخت از نقطهٔ A به نقطهٔ B منتقل می‌شود. اگر پتانسیل الکتریکی نقاط A و B به ترتیب برابر با $V_A = ۲۰۰\ V$ و $V_B = ۱۰۰\ V$ باشد، انرژی پتانسیل الکتریکی ذره در طی این جابه‌جایی چند میلی‌ژول و چگونه تغییر می‌کند؟**

۱) ۱۲، افزایش می‌یابد.

۲) ۱۲، کاهش می‌یابد.

۳) ۴، افزایش می‌یابد.

۴) ۴، کاهش می‌یابد.

پاسخ: گزینهٔ ۳

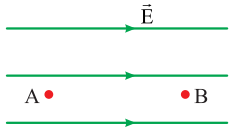
Hint کافی است داده‌ها را در رابطهٔ $\Delta V = \frac{\Delta U}{q}$ جای‌گذاری کنیم تا اندازه و چگونگی تغییرات انرژی پتانسیل ذره مشخص شود.

درس Box هرگاه بار q در میدان الکتریکی یکنواخت $\vec{E}$ جابه‌جا شود و انرژی پتانسیل آن از $U_۱$ به $U_۲$ تغییر کند، اختلاف پتانسیل الکتریکی بین این دو نقطه به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow V_۲ - V_۱ = \frac{U_۲ - U_۱}{q}$$

دقت کنید که در رابطهٔ بالا، بار الکتریکی q را با علامت آن در رابطه جای‌گذاری می‌کنیم.

پاسخ خیلی تشریحی **گام اول:** چون $V_A > V_B$ است و با حرکت در جهت میدان، پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد، پس میدان الکتریکی مطابق شکل زیر است:



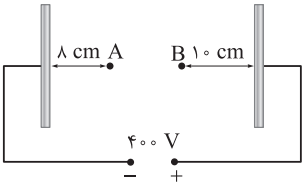
گام دوم: از رابطهٔ اختلاف پتانسیل الکتریکی داریم:

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow \Delta U = q\Delta V = -۴۰\times۱۰^{-۶}(۱۰۰-۲۰۰) = ۴\times۱۰^{-۳}\ J = ۴\ mJ$$

علامت مثبت، نشان‌دهندهٔ افزایش انرژی پتانسیل است

تیزبازی از همان ابتدا با توجه به این‌که بار منفی در جهت میدان الکتریکی جابه‌جا شده، می‌توانستیم افزایش انرژی پتانسیل را تشخیص دهیم.

۱۲ در شکل زیر، دو صفحهٔ رسانای موازی به اختلاف پتانسیل الکتریکی ۴۰۰ V وصل هستند. اگر پتانسیل الکتریکی نقاط A و B برابر با $V_A = -۵۰\ V$ و $V_B = ۵۰\ V$ باشد، فاصلهٔ بین دو صفحه چند سانتی‌متر است؟



۱) ۲۰
۲) ۲۴
۳) ۲۵
۴) ۳۰

پاسخ: گزینهٔ ۲

Hint باتوجه به یکنواخت و ثابت بودن میدان الکتریکی بین دو صفحه، کافی است داده‌ها را در رابطهٔ $E = \frac{|\Delta V|}{d} = \frac{|\Delta V_{AB}|}{AB}$ جای‌گذاری کنید تا d به دست آید.

درس Box

میدان الکتریکی یکنواخت، طبق رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$E = \frac{|\Delta V|}{d}$$

وقتی جابه‌جایی در جهت میدان الکتریکی باشد:

$$\Delta V = -Ed$$

وقتی جابه‌جایی در خلاف جهت میدان الکتریکی باشد:

$$\Delta V = Ed$$

E = اندازهٔ میدان الکتریکی یکنواخت (V / m)

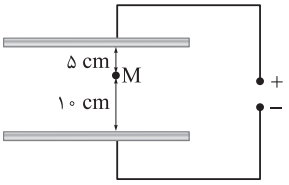
$|\Delta V|$ = اندازهٔ اختلاف پتانسیل بین هر دو نقطهٔ دلخواه از میدان (V)

d = فاصلهٔ دو نقطهٔ دلخواه در امتداد میدان (m)

پاسخ خیلی تشریحی میدان الکتریکی بین دو صفحه یکنواخت و در همه جا یکسان است، پس می‌توانیم فاصلهٔ بین دو صفحهٔ (d) را به دست آوریم:

$$\frac{|\Delta V_{کل}|}{d} = \frac{|\Delta V_{AB}|}{AB} \Rightarrow \frac{۴۰۰}{d} = \frac{|-۵۰-۵۰|}{d-۱۸} = \frac{۱۰۰}{d-۱۸} \Rightarrow ۴d - ۷۲ = d \Rightarrow d = ۲۴\ cm$$

۱۳ در شکل زیر، دو صفحهٔ رسانای موازی به اختلاف پتانسیل الکتریکی معینی وصل هستند. اگر ذره‌ای به جرم $۰/۱۶\,g$ و بار الکتریکی $q = -۱۰\,\mu C$ را در نقطهٔ M رها کنیم، ذره با تندی $۱\,m/s$ به یکی از صفحه‌ها برخورد می‌کند. اختلاف پتانسیل الکتریکی دو صفحه چند ولت است؟ (از اثر وزن ذره صرف نظر کنید.)



۱) ۱۶

۲) ۲۴

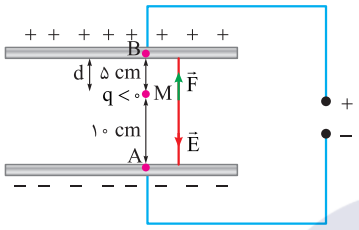
۳) ۳۲

۴) ۴۸

پاسخ: گزینهٔ ۲

Hint ابتدا طبق رابطهٔ پایستگی انرژی مکانیکی ($|\Delta U| = |\Delta K|$)، اختلاف پتانسیل بین نقطهٔ M تا صفحهٔ بالایی را محاسبه کنید و سپس با توجه به ثابت‌بودن میدان الکتریکی بین دو صفحهٔ موازی، اختلاف پتانسیل الکتریکی دو صفحه را به دست آورید.

پاسخ خیلی تشریحی **گام اول:** مطابق شکل چون بار صفحهٔ بالایی مثبت است، پس با رهاکردن بار منفی، ذره به سمت بالا حرکت می‌کند:



به کمک اصل پایستگی انرژی مکانیکی داریم:

$$|\Delta U| = |\Delta K| \Rightarrow |Eqd\cos\theta| = |\frac{۱}{۲}m(v_۲^۲ - v_۱^۲)|$$

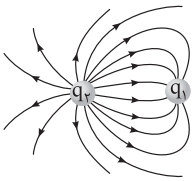
$$\xrightarrow[\theta=۰]{Ed=\Delta V} |\Delta V_{BM} q \cancel{\cos\theta}^{۱}| = |\frac{۱}{۲}m(v_۲^۲ - v_۱^۲)| \Rightarrow \Delta V_{BM} \times ۱۰ \times ۱۰^{-۶} = \frac{۱}{۲}(۰/۱۶ \times ۱۰^{-۳})(۱^۲ - ۰)$$

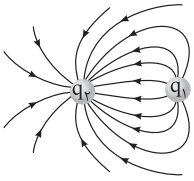
$$\Rightarrow \Delta V_{BM} = \frac{۰/۰۸ \times ۱۰^{-۳}}{۱۰^{-۵}} = ۸\,V$$

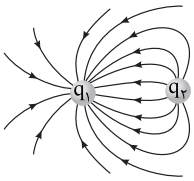
گام دوم: میدان الکتریکی بین دو صفحه، یکنواخت و در همه جا یکسان است، پس:

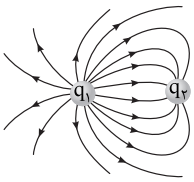
$$\frac{|\Delta V_{کل}|}{d} = \frac{|\Delta V_{BM}|}{BM} \Rightarrow \frac{\Delta V}{۱۵} = \frac{۸}{۵} \Rightarrow \Delta V = \frac{۸ \times ۱۵}{۵} = ۲۴\,V$$

۱۴ **دو بار الکتریکی نقطه‌ای q_1 و q_2 در فاصلهٔ معینی از هم قرار دارند. اگر $q_1 > 0$، $q_2 < 0$ و $|q_1| > |q_2|$ باشد، شکل خطوط میدان الکتریکی در اطراف این دو بار نقطه‌ای کدام است؟**

۱)


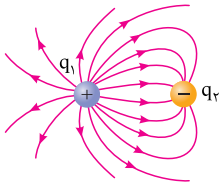
۲)


۳)


۴)


پاسخ: گزینهٔ ۴

پاسخ خیلی تشریحی می‌دانیم میدان الکتریکی حاصل از بار مثبت، در جهتی است که از بار دور شود و میدان الکتریکی حاصل از بار منفی، در جهتی است که به بار نزدیک شود. (رد گزینه‌های (۱) و (۲)) هم‌چنین با توجه به این‌که تراکم خطوط میدان الکتریکی در اطراف بار بزرگ‌تر، بیشتر است رد گزینهٔ (۲)، در نتیجه خطوط میدان الکتریکی اطراف دو بار به صورت شکل زیر است:



۱۵ **سه کرهٔ فلزی A، B و C در فاصلهٔ معینی از هم قرار دارند. بار الکتریکی کرهٔ A مثبت است. اگر نیروی الکتریکی که کرهٔ A به کرهٔ B وارد می‌کند، ربایش و نیروی الکتریکی که کرهٔ A به کرهٔ C وارد می‌کند، رانش باشد، کدام‌یک از موارد زیر الزاماً درست است؟**

الف) بار الکتریکی کرهٔ B، مثبت است.

ب) بار الکتریکی کرهٔ C، مثبت است.

پ) بار الکتریکی کرهٔ B، منفی است.

ت) بار الکتریکی کرهٔ C، منفی است.

۱) ب و پ　　۲) الف و ت　　۳) ب　　۴) پ

پاسخ: گزینهٔ ۳

پاسخ خیلی تشریحی

از آن‌جایی که نیروی الکتریکی که کرهٔ A به کرهٔ C وارد می‌کند رانشی است و بار الکتریکی کرهٔ A مثبت است، پس بار الکتریکی کرهٔ C همنام با بار کرهٔ A و مثبت است (درستی عبارت «ب» و نادرستی عبارت «ت»).

در مورد بار الکتریکی کرهٔ B نمی‌توان اظهار نظر قطعی کرد، چون نیروی الکتریکی بین دو کرهٔ A و B ربایشی است، کرهٔ B می‌تواند خنثی باشد یا بار الکتریکی ناهمنام با کرهٔ A، یعنی بار منفی داشته باشد، پس فقط عبارت «ب» الزاماً درست است.

گول نخوری

اگر یکی از کره‌ها باردار و دیگری خنثی باشد، نیروی الکتریکی بین آن‌ها ربایشی است، بنابراین در صورتی که فقط نیروی ربایشی بین دو جسم ناهمنام را در نظر بگیرید، در دام گزینهٔ (۱) می‌افتید.

۱ **فاصلهٔ بین صفحه‌های یک خازن تخت ۱۲ mm و مساحت هر یک از صفحه‌ها $۴\,cm^۲$ است که بین آن‌ها با دی‌الکتریک انعطاف‌پذیری با ثابت $\kappa = ۵$ پر شده است. اگر فاصلهٔ بین صفحه‌های خازن را ۷ mm کاهش دهیم، ظرفیت خازن چند پیکوفاراد تغییر می‌کند؟ $(\varepsilon_۰ = ۹\times۱۰^{-۱۲}\ F/m)$**

۱) ۱/۲ ۲) ۲/۱ ۳) ۱۲ ۴) ۲۱

پاسخ: گزینهٔ ۲

Hint

با کمک رابطهٔ $C = \kappa\varepsilon_۰\frac{A}{d}$، ظرفیت اولیهٔ خازن را محاسبه کنید، سپس با توجه به رابطهٔ $\frac{C_۲}{C_۱} = \frac{d_۱}{d_۲}$، ظرفیت خازن را در حالت دوم به دست آورید.

درس Box

ظرفیت خازن از ویژگی‌های ساختاری خازن است و از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$C = \kappa\varepsilon_۰\frac{A}{d}$$

κ: ثابت دی‌الکتریک

A: مساحت هر یک از صفحه‌ها $(m^۲)$

d: فاصلهٔ صفحه‌ها از هم (m)

$\varepsilon_۰$: ضریب گذردهی الکتریکی خلأ $(\frac{C^۲}{N.m^۲}, F/m)$

- ثابت دی‌الکتریک یکا ندارد.
- ثابت دی‌الکتریک هوا برابر یک فرض می‌شود و ثابت دی‌الکتریک سایر مواد نارسانا بزرگ‌تر از یک است.
- رابطهٔ نسبتی ظرفیت دو خازن به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$\frac{C_۲}{C_۱} = \frac{\kappa_۲}{\kappa_۱}\times\frac{A_۲}{A_۱}\times\frac{d_۱}{d_۲}$$

پاسخ خیلی تشریحی

گام اول: از رابطهٔ $C = \kappa\varepsilon_۰\frac{A}{d}$ ظرفیت خازن را در حالت اول حساب می‌کنیم:

$$C_۱ = \kappa\varepsilon_۰\frac{A_۱}{d_۱} = ۵\times۹\times۱۰^{-۱۲}\times\frac{۴\times۱۰^{-۴}}{۱۲\times۱۰^{-۳}} = ۱۵\times۱۰^{-۱۳}\ F = ۱/۵\ pF$$

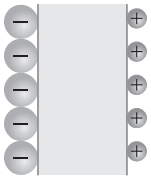
گام دوم: از رابطهٔ نسبتی $C = \kappa\varepsilon_۰\frac{A}{d}$، با توجه به ثابت‌بودن κ، $\varepsilon_۰$ و A داریم:

$$\frac{C_۲}{C_۱} = \frac{d_۱}{d_۲} \Rightarrow \frac{C_۲}{۱/۵} = \frac{۱۲}{۱۲-۷} \Rightarrow C_۲ = ۳/۶\ pF$$

گام سوم: تغییر ظرفیت خازن را برحسب پیکوفاراد به دست می‌آوریم:

$$\Delta C = C_۲ - C_۱ = ۳/۶ - ۱/۵ = ۲/۱\ pF$$

۲ **غشای یاختهٔ عصبی شکل زیر، دارای ثابت دی‌الکتریک ۳، ضخامت ۱۰ nm و مساحت سطح $۱۰^{-۱۰}\ m^۲$ است. تعداد یون‌های لازم در یک سمت این غشا برای آن‌که در دو سر غشا، اختلاف پتانسیل الکتریکی ۱۶ mV ایجاد شود، کدام است؟ ($e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}\ C$ ، $\varepsilon_۰ = ۹ \times ۱۰^{-۱۲}\ F/m$ و هر یون یک بار یونیده می‌شود.)**



۱) $۲/۷ \times ۱۰^۵$

۲) $۲/۷ \times ۱۰^۴$

۳) ۹×۱۰^۵

۴) ۹×۱۰^۴

پاسخ: گزینهٔ ۲

Hint

از رابطهٔ $C = \kappa\varepsilon_۰ \frac{A}{d}$ ظرفیت خازن را به دست آورید و در رابطهٔ $Q = CV$ قرار دهید تا بار الکتریکی روی هر صفحه مشخص شود، در نهایت از رابطهٔ $Q = ne$ تعداد یون‌های لازم در یک سمت غشا را محاسبه کنید.

درس Box

اصل کوانتیده‌بودن بار الکتریکی: بار الکتریکی یک جسم همواره مضرب صحیحی از بار بنیادی $(e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}\ C)$ است و داریم:

$$q = \pm ne \ , \ n = ۰,۱,۲,۳,...$$

(+: جسم الکترون از دست بدهد. −: جسم الکترون بگیرد.)

ظرفیت خازن: نسبت بار الکتریکی ذخیره‌شده روی صفحه‌های یک خازن به اختلاف پتانسیل دو سر صفحه‌های آن همواره عدد ثابتی است، به این نسبت ثابت، ظرفیت خازن می‌گویند:

$$C = \frac{Q}{V}$$

(Q: بار ذخیره‌شده روی صفحه‌ها (C)، V: اختلاف پتانسیل بین صفحه‌ها (V)، C: ظرفیت خازن (F))

پاسخ خیلی تشریحی

گام اول: غشای یاختهٔ عصبی را مانند یک خازن تخت می‌توان مدل‌سازی کرد، پس ابتدا ظرفیت خازن را محاسبه می‌کنیم:

$$C = \kappa\varepsilon_۰ \frac{A}{d} = ۳ \times ۹ \times ۱۰^{-۱۲} \times \frac{۱۰^{-۱۰}}{۱۰ \times ۱۰^{-۹}} = ۲۷ \times ۱۰^{-۱۴}\ F$$

گام دوم: برای آن‌که در دو سر غشا، اختلاف پتانسیل ۱۶ mV ایجاد شود، لازم است بار $+Q$ را روی یکی از صفحات و بار $-Q$ را روی صفحهٔ مقابل آن داشته باشیم، پس به کمک رابطهٔ $Q = CV$، بار الکتریکی روی هر کدام از صفحات را محاسبه می‌کنیم:

$$Q = CV = ۲۷ \times ۱۰^{-۱۴} \times ۱۶ \times ۱۰^{-۳} = ۴۳۲ \times ۱۰^{-۱۷}\ C$$

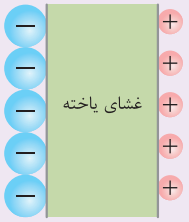
گام سوم: تعداد یون لازم در یک صفحه برابر است با:

$$Q = ne \Rightarrow n = \frac{۴۳۲ \times ۱۰^{-۱۷}}{۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}} = ۲۷۰ \times ۱۰^۲ = ۲/۷ \times ۱۰^۴$$

کتاب درسی

یک یاختهٔ عصبی (نورون) را می‌توان با یک خازن تخت مدل‌سازی کرد، به طوری که غشای سلول به عنوان دی‌الکتریک و یون‌های باردار با علامت مخالف که در دو طرف غشا هستند به عنوان بارهای روی صفحه‌های خازن عمل کنند (شکل زیر). ظرفیت یک سلول عصبی و تعداد یون‌های لازم (با فرض آن‌که هر یون یک بار یونیده باشد)، برای آن‌که یک اختلاف پتانسیل $85\ mV$ ایجاد شود، چه‌قدر است؟ فرض کنید غشا دارای ثابت دی‌الکتریک $\kappa = 3/0$، ضخامت $10/0\ nm$ و مساحت سطح $1/0 \times 10^{-10}\ m^2$ است.

(فیزیک (۲) ـ تمرین ۱۱۱ صفحهٔ ۳۳ کتاب درسی)



۳ **خازنی با ظرفیت $5\ \mu F$ که بین صفحات آن هواست، به یک باتری ۱۰ ولتی متصل است. اگر عایقی با ثابت دی‌الکتریک $\kappa = 4$ را وارد فضای بین صفحات خازن کنیم، انرژی خازن چند میکروژول تغییر می‌کند؟**

۱) ۲۵۰ ۲) ۵۰۰

۳) ۷۵۰ ۴) ۱۰۰۰

پاسخ: گزینهٔ ۳

Hint

کافی است طبق رابطهٔ $C_2 = \kappa C_1$، ظرفیت خازن در حالت دوم را به دست آورید و از رابطهٔ $\Delta U = \frac{1}{2}V^2\Delta C$، تغییرات انرژی را محاسبه کنید.

درس Box

- انرژی ذخیره‌شده در خازن به صورت‌های زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{انرژی (J)} \leftarrow U = \frac{Q^2}{2C}$$

بار ذخیره‌شده در خازن (C) ↑ ، ظرفیت خازن (F) ↓

$$\text{انرژی (J)} \leftarrow U = \frac{1}{2}CV^2$$

اختلاف پتانسیل (V) ↑ ، ظرفیت خازن (F) ↓

- طبق رابطهٔ $C = \kappa\varepsilon_0\frac{A}{d}$، با اضافه‌کردن دی‌الکتریک به یک خازن که بین صفحات آن هوا است، ظرفیت خازن κ برابر می‌شود.
- اگر خازن از مولد جدا شود، بار الکتریکی روی صفحات ثابت می‌ماند و اگر خازن به مولد متصل باشد، همواره اختلاف پتانسیل دو سر آن ثابت است.

پاسخ خیلی تشریحی

گام اول: با قراردادن عایقی با ثابت κ، ظرفیت خازن κ برابر می‌شود، پس:

$$C_2 = \kappa C_1 = 4 \times 5 = 20\ \mu F$$

گام دوم: با توجه به این‌که خازن در هر دو حالت به باتری ۱۰ ولتی متصل است، از رابطهٔ $U = \frac{1}{2}CV^2$ تغییر انرژی را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta U = \frac{1}{2}C_2V^2 - \frac{1}{2}C_1V^2 = \frac{1}{2}V^2(C_2 - C_1) = \frac{1}{2} \times 10^2(20-5) = 750\ \mu J$$

۴ **ظرفیت خازنی $5\ \mu F$ و انرژی الکتریکی ذخیره‌شده در آن U است. اگر $3\ mC$ بار الکتریکی را از صفحهٔ منفی جدا کرده و به صفحهٔ مثبت منتقل کنیم، انرژی ذخیره‌شده در خازن به اندازهٔ $4/5\ J$ تغییر می‌کند. U برابر چند ژول است؟**

۱) ۰/۹
۲) ۳/۶
۳) ۸/۱
۴) ۱۴/۴

مشاوره توی بعضی از تست‌ها، تشخیص علامت پارامترها بر عهدهٔ شماست و باید بتونین براساس روابط کاهشی یا افزایشی‌بودن هر کمیت رو براساس تغییر سایر کمیت‌ها تشخیص بدین.

پاسخ: گزینهٔ ۲

Hint

با توجه به این‌که تغییرات بار $+3\ mC$ است، از رابطهٔ $\Delta U = \frac{1}{2C}(q_2^2 - q_1^2)$، حاصل $q_1 + q_2$ را به دست آورید و سپس با حل معادلات، مقدارهای q_1 و q_2 را محاسبه کرده و در رابطهٔ $U_1 = \frac{q_1^2}{2C}$ جای‌گذاری کنید تا خواستهٔ سؤال به دست آید.

پاسخ خیلی تشریحی

گام اول: $3\ mC$ بار را از صفحهٔ منفی جدا کرده و به صفحهٔ مثبت منتقل کرده‌ایم، یعنی بار صفحه‌ها به اندازهٔ $3\ mC$ افزایش پیدا کرده است:

$$q_2 = q_1 + 3 \Rightarrow q_2 - q_1 = 3\ mC \quad (I)$$

از رابطهٔ $U = \frac{q^2}{2C}$ داریم:

$$\Delta U = \frac{1}{2C}(q_2^2 - q_1^2) \Rightarrow 4/5 = \frac{1}{2\times5\times10^{-6}}\overset{3\times10^{-3}}{\cancel{(q_2 - q_1)}}(q_2 + q_1)$$

$$\Rightarrow q_2 + q_1 = \frac{4/5\times10\times10^{-6}}{3\times10^{-3}} = 15\times10^{-3}\ C = 15\ mC \quad (II)$$

گام دوم: از حل دو معادلهٔ (I) و (II) داریم:

$$\begin{cases} q_2 - q_1 = 3 \\ q_2 + q_1 = 15 \end{cases} \Rightarrow q_1 = 6\ mC\ ,\ q_2 = 9\ mC$$

گام سوم: انرژی ذخیره‌شده در خازن در حالت اول برابر است با:

$$U_1 = \frac{q_1^2}{2C} = \frac{36\times10^{-6}}{2\times5\times10^{-6}} = 3/6\ J$$

گول نخوری اگه به علامت تغییرات بار یا تغییرات انرژی دقت نکنی، توی دام گزینهٔ (۱) یا (۳) می‌افتی.

کنکور

ظرفیت خازنی ۵ میکروفاراد و بار الکتریکی آن q است. اگر $3\ mC$ بار الکتریکی را از صفحهٔ منفی جدا کرده و به صفحهٔ مثبت منتقل کنیم، انرژی ذخیره‌شده در خازن به اندازهٔ $4/5\ J$ افزایش می‌یابد. q چند میلی‌کولن است؟

(سؤال ۱۸۲ کنکور ریاضی ۱۴۰۰)

۱) ۳ ۲) ۶ ۳) ۹ ۴) ۱۲

۵ روی یک باتری تلفن همراه مقدار ۴۸۰۰ mAh نوشته شده است. پس از شارژ کامل این باتری، می‌توان به مدت ۲ شبانه‌روز از گوشی تلفن‌همراه استفاده کرد و بعد از آن باتری به طور کامل خالی می‌شود. جریان الکتریکی متوسطی که این باتری در این مدت فراهم کرده است، چند آمپر است؟

۱) ۰/۱ ۲) ۰/۲۴

۳) ۱ ۴) ۲/۴

پاسخ: گزینهٔ ۱

Hint

میلی‌آمپر ساعت یکای بار الکتریکی است. ۲ شبانه‌روز را برحسب ساعت بنویسید. سپس به کمک رابطهٔ $I=\frac{\Delta q}{\Delta t}$، جریان را محاسبه کنید.

درس Box

به آهنگ شارش بار الکتریکی در رسانا، جریان الکتریکی متوسط می‌گویند:

$$I_{av}=\frac{\Delta q}{\Delta t}$$

I_{av}: جریان الکتریکی متوسط (A)، Δq: بار الکتریکی (C)، Δt: مدت زمان (s)

اگر این آهنگ ثابت باشد، جریان را مستقیم می‌گوییم و I_{av} را برابر با I در نظر می‌گیریم.

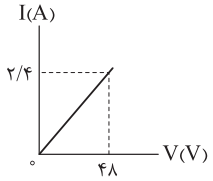
- در رابطهٔ بالا، اگر I برحسب A و Δt برحسب ساعت باشد، یکای Δq برحسب آمپر ساعت (Ah) بیان می‌شود.

پاسخ خیلی تشریحی

طبق رابطهٔ $I=\frac{\Delta q}{\Delta t}$ داریم:

$$I=\frac{\Delta q}{\Delta t}\xrightarrow[\Delta t=۲\times۲۴=۴۸\,h]{\Delta q=۴۸۰۰\times۱۰^{-۳}\,Ah}I=\frac{۴۸\times۱۰^{-۱}}{۴۸}=۰/۱\,A$$

۶ **نمودار جریان الکتریکی عبوری از یک رسانای اُهمی برحسب اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر آن به شکل زیر است. در حالتی که اختلاف پتانسیل دو سر این رسانا ۱۶ V است، در هر دقیقه چند الکترون از مقطع آن عبور می‌کند؟ $(e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}\ C)$**



۱) $۱/۵ \times ۱۰^{۱۹}$

۲) ۳×۱۰^{۲۰}

۳) ۵×۱۰^{۱۸}

۴) ۹×۱۰^{۲۰}

پاسخ: گزینهٔ ۲

Hint

ابتدا به کمک شیب نمودار ($\frac{۱}{R}$ = شیب نمودار I ـ V) مقاومت را به دست آورید، سپس در حالتی که اختلاف پتانسیل دو سر رسانا ۱۶ V است، جریان الکتریکی عبوری از رسانا را محاسبه کنید و در نهایت با ترکیب دو رابطهٔ $\Delta q = ne$ و $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$، تعداد الکترون‌های عبوری از هر مقطع رسانا را به دست آورید.

درس Box

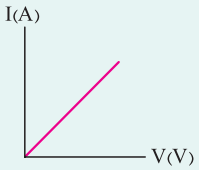
● در رساناهای اهمی، مقاومت الکتریکی در ولتاژهای متفاوت و در دمای ثابت همواره مقدار ثابتی است، در واقع در وسیله‌هایی که از قانون اهم پیروی می‌کنند، نسبت اختلاف پتانسیل به جریان عبوری همواره مقداری ثابت است، این مقدار ثابت را مقاومت الکتریکی رسانا می‌نامند:

اختلاف پتانسیل (V)

$R = \frac{V}{I}$ ← مقاومت الکتریکی (Ω)

جریان عبوری (A)

● نمودار جریان برحسب اختلاف پتانسیل نشان می‌دهد که در رساناهای اهمی، جریان به طور مستقیم با اختلاف پتانسیل افزایش می‌یابد:



$$\text{شیب نمودار} = \frac{۱}{R} = \frac{I}{V}$$

پاسخ خیلی تشریحی

گام اول: شیب نمودار I ـ V برابر با $\frac{۱}{R}$ است، پس ابتدا به کمک نمودار، مقاومت الکتریکی رسانا را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{شیب نمودار} = \frac{۱}{R} = \frac{I}{V} \Rightarrow \frac{۱}{R} = \frac{۲/۴}{۴۸} = ۰/۰۵\ (\Omega)^{-۱} \Rightarrow R = ۲۰\ \Omega$$

گام دوم: در حالتی که $V' = ۱۶\ V$ است، جریان الکتریکی را به دست می‌آوریم:

$$R = \frac{V'}{I'} \Rightarrow I' = \frac{V'}{R} = \frac{۱۶}{۲۰} = ۰/۸\ A$$

گام سوم: با ترکیب دو رابطهٔ $\Delta q = ne$ و $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ داریم:

$$I' = \frac{ne}{\Delta t} \Rightarrow n = \frac{I'\Delta t}{e} = \frac{۰/۸ \times ۶۰}{۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}} = ۳۰ \times ۱۰^{۱۹} = ۳ \times ۱۰^{۲۰}$$

۷ **یک سیم مسی را ذوب کرده، مقداری مس به آن اضافه می‌کنیم و دوباره با آن یک سیم جدید می‌سازیم که طول آن ۱۰ درصد نسبت به طول سیم اولیه بیشتر است. جرم مس اضافه‌شده برابر چند درصد از جرم مس اولیه باید باشد تا مقاومت سیم جدید و سیم اولیه یکسان شود؟**

۱) ۱۰ ۲) ۱۱ ۳) ۲۱ ۴) ۲۲

پاسخ: گزینهٔ ۳

Hint

ابتدا از رابطهٔ $R=\rho\frac{L}{A}$، نسبت مساحت‌ها را به دست می‌آورید، سپس با جای‌گذاری در رابطهٔ $\rho=\frac{m}{V}=\frac{m}{AL}$، نسبت جرم‌ها را به دست آورید و در آخر تغییرات جرم را حساب کنید.

درس Box

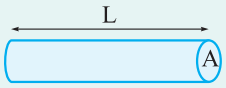
اگر سطح مقطع جسم در تمام طول آن یکسان باشد، مقاومت آن از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$R=\rho\frac{L}{A}$$

طول رسانا (m)

مساحت مقطع رسانا (m^2)

مقاومت ویژه ($\Omega.m$)



پاسخ خیلی تشریحی

گام اول: با توجه به این‌که مقاومت سیم جدید و سیم اولیه یکسان است، داریم:

$$R_1=R_2 \Rightarrow \rho_1\frac{L_1}{A_1}=\rho_2\frac{L_2}{A_2} \xrightarrow[\rho_1=\rho_2]{L_2=1/1L_1} \frac{L_1}{A_1}=\frac{1/1L_1}{A_2} \Rightarrow \frac{A_2}{A_1}=1/1$$

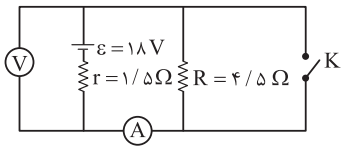
گام دوم: از رابطهٔ چگالی (ρ') با جرم m و حجم V داریم:

$$\rho'_1=\rho'_2 \Rightarrow \frac{m_1}{V_1}=\frac{m_2}{V_2} \xrightarrow{V=AL} \frac{m_1}{A_1L_1}=\frac{m_2}{A_2L_2} \Rightarrow \frac{m_1}{A_1L_1}=\frac{m_2}{(1/1A_1)(1/1L_1)}$$

$$\Rightarrow m_2=1/21m_1 \Rightarrow \text{جرم اضافه‌شده}=0/21\,m_1$$

یعنی جرم مس اضافه‌شده، باید ۲۱ درصد از جرم مس اولیه باشد.

۸ **در مدار شکل زیر، آمپرسنج و ولت‌سنج آرمانی هستند. اگر کلید K را ببندیم، مقداری که ولت‌سنج و آمپرسنج نشان می‌دهند، به ترتیب از راست به چپ چند ولت و چند آمپر تغییر می‌کنند؟**



۱) صفر، ۹

۲) صفر، ۳

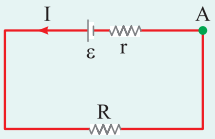
۳) ۱۳/۵، ۹

۴) ۱۳/۵، ۳

پاسخ: گزینهٔ ۳

درس Box

در مدار مقابل، جریان الکتریکی از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:



$$I=\frac{\varepsilon}{r+R}$$

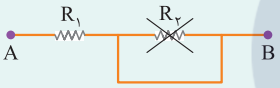
I = جریان الکتریکی (A)

ε = نیروی محرکهٔ مولد (V)

r = مقاومت درونی مولد (Ω)

R = مقاومت خارجی (مصرفی) مدار (Ω)

- آمپرسنج در مدار به صورت متوالی (سری) و ولت‌سنج به صورت موازی با اجزایی که می‌خواهیم جریان الکتریکی و یا اختلاف پتانسیل آن را محاسبه کنیم، بسته می‌شود.
- چون مقاومت ولت‌سنج آرمانی بی‌نهایت است، ولت‌سنج آرمانی در هر شاخه‌ای قرار بگیرد جریانی از آن شاخه عبور نمی‌کند.
- اگر دو سر یک مقاومت توسط یک سیم به هم وصل شود، آن مقاومت، اتصال‌کوتاه شده و از مدار حذف می شود.



پاسخ خیلی تشریحی

گام اول: ابتدا در حالتی که کلید باز است، جریانی را که از آمپرسنج می‌گذرد به دست می‌آوریم:

$$I=\frac{\varepsilon}{R+r}=\frac{۱۸}{۴/۵+۱/۵}=\frac{۱۸}{۶}=۳\ A$$

گام دوم: در حالتی که کلید باز است، عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد برابر است با:

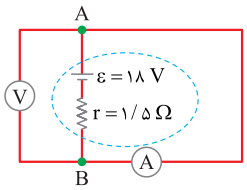
$$V=\varepsilon-Ir \Rightarrow V=۱۸-۳\times ۱/۵=۱۳/۵\ V$$

گام سوم: وقتی کلید را ببندیم، مقاومت R اتصال کوتاه شده و از مدار حذف می‌شود، پس مقداری که آمپرسنج نشان می‌دهد برابر است با:

$$I'=\frac{\varepsilon}{r}=\frac{۱۸}{۱/۵}=۱۲\ A$$

با بستن کلید، ولت‌سنج آرمانی اختلاف پتانسیل دو نقطهٔ A و B را که سیم رسانا است نشان می‌دهد، پس:

$$V'=۰\ V$$



گام چهارم:

$$\Delta I=I'-I=۱۲-۳=۹\ A$$

$$\Delta V=V'-V=۰-۱۳/۵=-۱۳/۵\ V$$

۹ **در شهری ۴ میلیون لامپ مشابه با مقاومت الکتریکی $۸۸۰\ \Omega$، در هر شبانه‌روز به مدت ۶ ساعت به اختلاف پتانسیل الکتریکی $۲۲۰\ V$ متصل و روشن است. بهای برق مصرفی این لامپ‌ها در طول یک ماه (۳۰ شبانه‌روز) چند میلیارد تومان است؟ (بهای برق مصرفی به ازای هر کیلووات ساعت ۴۰۰ تومان است.)**

۱) ۲/۶۴ ۲) ۱۵/۸۴

۳) ۲۶۴۰ ۴) ۱۵۸۴۰

پاسخ: گزینهٔ ۲

Hint: توان مصرفی ۴ میلیون لامپ را محاسبه کنید و سپس به کمک رابطهٔ $U = Pt$، انرژی مصرفی و سپس بهای برق مصرفی را به دست آورید.

درس Box

۱) توان مصرفی در یک مقاومت خارجی یا مصرف‌کننده، از روابط زیر محاسبه می‌شود:

$$P = VI$$

$$P = RI^۲$$

$$P = \frac{V^۲}{R}$$

V: اختلاف پتانسیل دو سر مصرف‌کننده (V)

R: مقاومت الکتریکی مصرف‌کننده (Ω)

I: جریان الکتریکی عبوری از مصرف‌کننده (A)

۲) انرژی مصرفی در یک مصرف‌کننده در مدت‌زمان t از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$U = Pt$$

اگر در رابطهٔ بالا توان را برحسب کیلووات (kW) و زمان را برحسب ساعت (h) جای‌گذاری کنیم، انرژی مصرفی برحسب کیلووات ساعت (kWh) به دست می‌آید.

پاسخ خیلی تشریحی

گام اول: ابتدا توان مصرفی هر لامپ را محاسبه می‌کنیم:

$$P = \frac{V^۲}{R} = \frac{(۲۲۰)^۲}{۸۸۰} = ۵۵\ W$$

توان مصرفی ۴ میلیون لامپ برابر است با:

$$P_{کل} = ۴\times۱۰^۶ \times ۵۵ = ۲۲\times۱۰^۷\ W \times \frac{۱\ kW}{۱۰^۳\ W} = ۲۲\times۱۰^۴\ kW$$

گام دوم: انرژی را از رابطهٔ $U = Pt$ محاسبه می‌کنیم:

$$U = Pt = ۲۲\times۱۰^۴ \times ۳۰\times۶ = ۳۹۶\times۱۰^۵\ kWh$$

گام سوم: بهای برق مصرفی به ازای هر کیلووات ساعت ۴۰۰ تومان است، پس هزینهٔ برق مصرفی یک ماه برابر است با:

$$کل\ هزینه = ۳۹۶\times۱۰^۵ \times ۴۰۰ = ۱۵۸۴\times۱۰^۷\ تومان \times \frac{۱\ میلیارد\ تومان}{۱۰^۹\ تومان} = ۱۵/۸۴\ میلیارد\ تومان$$

۱۰ **جنس رشتهٔ دو لامپ رشته‌ای A و B، یکسان و طول و قطر رشتهٔ لامپ B به ترتیب ۳ و ۲ برابر طول و قطر رشتهٔ لامپ A است. از این دو لامپ جریان الکتریکی یکسانی عبور می‌کند. توان مصرفی لامپ A چند برابر توان مصرفی لامپ B است؟**

۱) $\frac{۳}{۲}$ ۲) $\frac{۲}{۳}$ ۳) $\frac{۳}{۴}$ ۴) $\frac{۴}{۳}$

پاسخ: گزینهٔ ۴

Hint

فقط کافی است رابطهٔ $P = RI^۲$ را به صورت نسبتی بنویسید و در رابطه به جای R، $\rho\frac{L}{A}$ را جای‌گذاری کنید تا نسبت $\frac{P_A}{P_B}$ به دست آید.

پاسخ خیلی تشریحی

گام اول: با توجه به رابطهٔ توان مصرفی در مقاومت $(P = RI^۲)$ و رابطهٔ مقاومت الکتریکی براساس ساختار آن $(R = \rho\frac{L}{A})$ داریم:

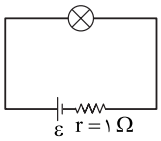
$$\frac{P_A}{P_B} = \frac{R_A I^۲}{R_B I^۲} \xrightarrow[\rho_A=\rho_B]{I:\ \text{یکسان}} \frac{P_A}{P_B} = \overset{۱}{\cancel{\frac{\rho_A}{\rho_B}}} \times \frac{L_A}{L_B} \times \frac{A_B}{A_A} = \frac{L_A}{L_B} \times (\frac{\pi r_B}{\pi r_A})^۲$$

$$\xrightarrow[r_B=۲r_A]{L_B=۳L_A} \frac{P_A}{P_B} = \frac{۱}{۳} \times (۲)^۲ = \frac{۴}{۳}$$

گول نخوری

اگه نسبت رو اشتباه بنویسی یا حواست به توان دو در محاسبهٔ مساحت نباشه، توی دام گزینه‌های دیگه می‌افتی.

۱۱ **یک لامپ رشته‌ای با مشخصات ۱۵ V و ۴۵ W در مدار شکل زیر قرار دارد. اگر در این حالت توان مصرفی لامپ ۲۰ W باشد، نیروی محرکهٔ باتری چند ولت است؟ (مقاومت لامپ را ثابت در نظر بگیرید.)**



۱) ۵

۲) ۱۰

۳) ۱۲

۴) ۲۴

پاسخ: گزینهٔ ۳

Hint

با توجه به این‌که مقاومت لامپ ثابت است، رابطهٔ $P = \frac{V^2}{R}$ را به صورت نسبتی بنویسید و $V_{\text{مصرفی}}$ لامپ را محاسبه کنید، سپس به کمک رابطهٔ $P = VI$، جریان عبوری از مدار را به دست آورید و در نهایت در رابطهٔ $V = \varepsilon - Ir$، داده‌ها را جای‌گذاری کنید تا ε به دست آید.

پاسخ خیلی تشریحی

گام اول: اختلاف پتانسیل دو سر لامپ را به دست می‌آوریم:

$$P = \frac{V^2}{R} \xrightarrow{R:\text{ثابت}} \frac{P_{\text{اسمی}}}{P_{\text{مصرفی}}} = \left(\frac{V_{\text{اسمی}}}{V_{\text{مصرفی}}}\right)^2 \Rightarrow \frac{45}{20} = \left(\frac{15}{V_{\text{مصرفی}}}\right)^2$$

$$\Rightarrow \frac{9}{4} = \left(\frac{15}{V_{\text{مصرفی}}}\right)^2 \xrightarrow{\sqrt{\ }} \frac{3}{2} = \frac{15}{V_{\text{مصرفی}}} \Rightarrow V_{\text{مصرفی}} = 10\,V$$

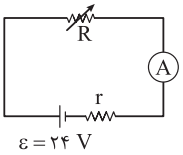
گام دوم: با کمک رابطهٔ $P = VI$، اندازهٔ I را به دست می‌آوریم:

$$20 = 10 \times I \Rightarrow I = 2A$$

گام سوم: نیروی محرکه را از رابطهٔ $V = \varepsilon - Ir$ به دست می‌آوریم:

$$V = \varepsilon - Ir \Rightarrow 10 = \varepsilon - 2(1) \Rightarrow \varepsilon = 12\,V$$

۱۲ در مدار شکل زیر، هرگاه مقاومت رئوستا برابر دو مقدار $8\ \Omega$ یا $2\ \Omega$ باشد، توان خروجی باتری یکسان است. در حالتی که توان خروجی باتری برابر صفر است، مقداری که آمپرسنج آرمانی نشان می‌دهد، چند آمپر است؟



۱) ۱

۲) ۳

۳) ۶

۴) ۱۲

پاسخ: گزینهٔ ۳

Hint

با توجه به این‌که به ازای دو مقاومت مختلف، توان خروجی باتری برابر است، از رابطهٔ $R_{eq}R'_{eq}=r^2$، مقاومت درونی باتری را محاسبه کنید و داده‌ها را در رابطهٔ $P=\varepsilon I-rI^2$ جای‌گذاری کنید.

درس Box

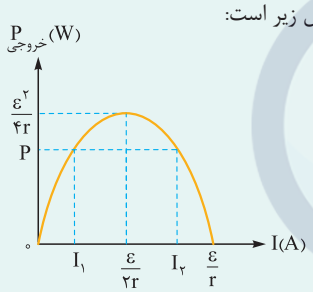
توان خروجی باتری از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود و برابر است با توان تولیدی کل، منهای توان تلف‌شده:

$$P_{\text{خروجی}}=\underbrace{\varepsilon I}_{\text{توان تولیدی}}-\underbrace{rI^2}_{\text{توان تلف‌شده}}$$

- اگر باتری، مصرف‌کنندهٔ انرژی باشد، توان ورودی آن برابر است با توان تولیدی کل بعلاوهٔ توان مصرف‌شده، یعنی:

$$P_{\text{ورودی}}=\varepsilon I+rI^2$$

- نمودار توان خروجی برحسب جریان عبوری از مدار برای یک باتری مولد به صورت شکل زیر است:



همان‌طور که از نمودار مشخص است، به ازای دو جریان I_1 و I_2، توان خروجی مولد بدون تغییر است، از این‌رو به ازای دو مقدار مقاومت معادل خارجی هم توان خروجی مولد بدون تغییر است و داریم:

$$r^2=R_{eq}\times R'_{eq}$$

پاسخ خیلی تشریحی

گام اول: توان خروجی باتری زمانی یکسان است که رابطهٔ $R_{eq}R'_{eq}=r^2$ برقرار باشد، پس:

$$r^2=8\times 2\Rightarrow r=4\,\Omega$$

گام دوم: با جای‌گذاری داده‌ها در رابطهٔ $P=\varepsilon I-rI^2$، جریان عبوری از مدار که برابر با مقداری است که آمپرسنج نشان می‌دهد به دست می‌آید:

$$P=\varepsilon I-rI^2\Rightarrow 0=24I-4I^2\Rightarrow\begin{cases}I=0\\ I=6\ \text{A}\end{cases}$$

فیزیک

۱ اگر جریان الکتریکی عبوری از یک باتری از ۲A به ۴A برسد، توان خروجی آن از ۱۴W به ۲۴W می‌رسد. چه تعداد از موارد زیر دربارهٔ این باتری درست است؟

الف) نیروی محرکهٔ باتری ۸V است.

ب) مقاومت درونی باتری ۰/۵Ω است.

پ) بیشینهٔ توان خروجی باتری ۳۲W است.

ت) اگر جریان ۱۶ آمپری از باتری عبور کند، توان خروجی آن بیشینه می‌شود.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

Hint رابطهٔ $P = \varepsilon I - rI^2$ را دو مرتبه برای I و P های متفاوت نوشته و از حل دستگاه، ε و r را به دست آورید، سپس بیشینهٔ توان و جریان عبوری که به ازای آن بیشینهٔ توان را دارید، محاسبه کرده و با عبارت‌های سؤال مقایسه کنید.

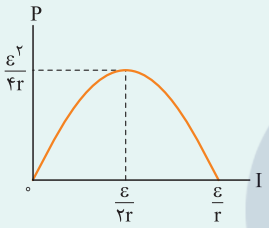
درس Box توان خروجی باتری از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

نیروی محرکهٔ الکتریکی مولد (V) — مقاومت درونی مولد (Ω)

$$P = \varepsilon I - rI^2$$

توان خروجی (W) ← P ، جریان عبوری (A) ← I

همان‌طور که از رابطهٔ بالا مشخص است، معادلهٔ توان خروجی باتری برحسب I، درجهٔ دو و ضریب متغیر درجه دوم منفی است، پس نمودار آن سهمی رو به پایین است.



$$P = 0 \Rightarrow \varepsilon I - rI^2 = 0 \Rightarrow I(\varepsilon - rI) = 0 \Rightarrow \begin{cases} I = 0 \\ I = \frac{\varepsilon}{r} \end{cases}$$

پس نقطهٔ رأس سهمی در $\frac{\varepsilon}{2r}$ است.

$$P_{max} = \varepsilon(\frac{\varepsilon}{2r}) - r(\frac{\varepsilon}{2r})^2 = \frac{\varepsilon^2}{2r} - \frac{\varepsilon^2}{4r} = \frac{\varepsilon^2}{4r}$$

نکته وقتی جریان برابر $I = \frac{\varepsilon}{2r}$ باشد، توان خروجی باتری بیشینه و برابر با $\frac{\varepsilon^2}{4r}$ است.

پاسخ خیلی تشریحی **گام اول**: با جاگذاری داده‌های سؤال در رابطهٔ توان خروجی، به دو معادله می‌رسیم و از حل دستگاه، مقدار r و ε را به دست می‌آوریم:

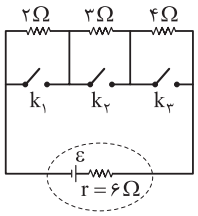
$$P = \varepsilon I - rI^2 \Rightarrow \begin{cases} 14 = \varepsilon(2) - r(2)^2 = 2\varepsilon - 4r \\ 24 = \varepsilon(4) - r(4)^2 = 4\varepsilon - 16r \end{cases} \xrightarrow{\text{حل دستگاه}} r = \frac{1}{2}\Omega \ , \ \varepsilon = 8V$$ (درستی «الف» و «ب»)

گام دوم: بیشینهٔ توان خروجی به ازای جریان $I = \frac{\varepsilon}{2r}$ رخ می‌دهد و داریم:

$$P_{max} = \frac{\varepsilon^2}{4r} = \frac{8\times 8}{4\times\frac{1}{2}} = 32W$$ (درستی «پ»)

$$I = \frac{\varepsilon}{2r} = \frac{8}{2\times\frac{1}{2}} = 8A$$ (نادرستی «ت»)

۲ در مدار شکل زیر، با بستن کدام کلید (یا کلیدها)، توان خروجی باتری تغییری نمی‌کند؟



۱) k_2

۲) k_3

۳) k_1 و k_2

۴) k_1 و k_3

Hint شرط این‌که توان خروجی در یک مدار تغییر نکند، این است که رابطهٔ $R_1R_2 = r^2$ برقرار باشد؛ پس کافی است مقاومت معادل حالت اول را حساب کنید و سپس در رابطهٔ بالا قرار دهید تا مشخص شود مقاومت معادل حالت دوم چند اهم است.

درس Box وقتی به ازای دو مقاومت معادل خارجی R_1 و R_2، توان خروجی در باتری تغییر نمی‌کند، رابطهٔ زیر بین R_1، R_2 و مقاومت درونی مولد برقرار است:

مقاومت درونی باتری (Ω) — مقاومت معادل حالت دوم (Ω)

$$r = \sqrt{R_1R_2} \Rightarrow r^2 = R_1R_2$$

مقاومت معادل حالت اول (Ω)

پاسخ خیلی تشریحی از آن‌جا که توان خروجی باتری در هر دو حالت یکسان است، پس:

$$R_1R_2 = r^2 \Rightarrow R_1R_2 = 36 \quad (I)$$

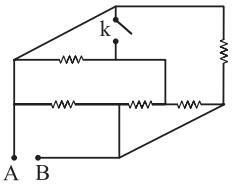
در حالت اول که هر سه کلید باز است، مقاومت معادل (R_1) را حساب می‌کنیم:

$$R_1 = 2+3+4 = 9\Omega \qquad (II)$$

$$\xrightarrow{(II),(I)} 9R_2 = 36 \Rightarrow R_2 = 4\Omega$$

پس مقاومت معادل در حالت دوم (R_2) باید برابر 4Ω باشد، یعنی کلیدهای k_1 و k_2 باید وصل شوند تا مقاومت‌های 2Ω و 3Ω اتصال کوتاه شده و از مدار حذف شوند.

۳ در مدار شکل زیر، پس از بستن کلید **k** مقاومت معادل بین دو نقطهٔ **A** و **B** چند برابر می‌شود؟ (مقاومت‌ها مشابه هم هستند)



۱) $\frac{۳}{۴}$

۲) $\frac{۴}{۳}$

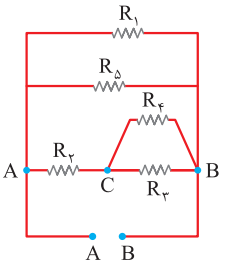
۳) $\frac{۲}{۳}$

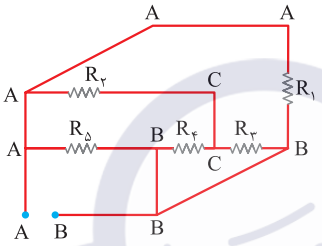
۴) $\frac{۳}{۲}$

Hint به کمک تکنیک نام‌گذاری نقاط هم‌پتانسیل، در هر دو حالت کلید باز و کلید بسته، مقاومت معادل را حساب کنید.

پاسخ خیلی تشریحی **گام اول**: از تکنیک نام‌گذاری نقاط هم‌پتانسیل کمک می‌گیریم و مدار را ساده می‌کنیم:

(تمام مقاومت‌ها مشابه هستند و فقط برای رسم‌کردن، آن‌ها را نام‌گذاری کردیم.)





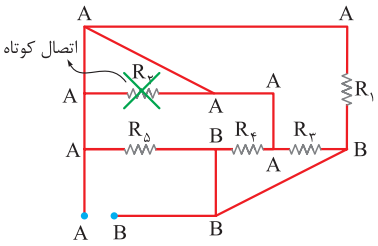
$R_۵$ و $R_۱$ موازی: $R' = \frac{R \times R}{R + R} = \frac{R}{۲}$

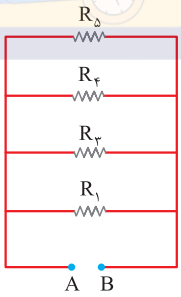
$R_۳$ و $R_۴$ موازی: $R'' = \frac{R \times R}{R + R} = \frac{R}{۲}$

$R_۲$ و R'' متوالی: $R''' = \frac{R}{۲} + R = \frac{۳}{۲}R$

R''' و R' موازی: $R_{eq} = \frac{\frac{۳}{۲}R \times \frac{R}{۲}}{\frac{۳}{۲}R + \frac{R}{۲}} = \frac{۳}{۸}R$

گام دوم: در حالت دوم که کلید بسته می‌شود نیز مدار را ساده کرده و مقاومت معادل را حساب می‌کنیم:



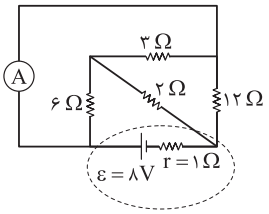


$$\frac{۱}{R'_{eq}} = \frac{۱}{R} + \frac{۱}{R} + \frac{۱}{R} + \frac{۱}{R} = \frac{۴}{R} \Rightarrow R'_{eq} = \frac{R}{۴}$$

گام سوم: خواستهٔ سؤال، محاسبهٔ نسبت مقاومت معادل در حالت کلید بسته به حالت کلید باز است، پس:

$$\frac{R'_{eq}}{R_{eq}} = \frac{\frac{R}{۴}}{\frac{۳}{۸}R} = \frac{۸R}{۴ \times ۳ \times R} = \frac{۲}{۳}$$

۴ در مدار شکل زیر، مقداری که آمپرسنج آرمانی نشان می‌دهد، چند آمپر است؟



۱) ۰/۵

۲) ۱

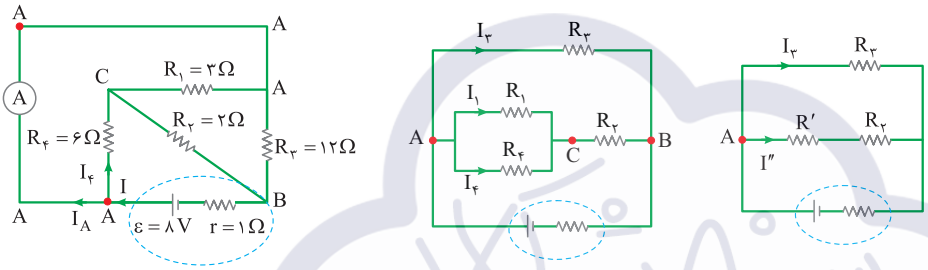
۳) ۱/۵

۴) ۲

Hint با تکنیک نام‌گذاری نقاط هم پتانسیل، مدار را ساده کنید و مقاومت معادل و جریان کل مدار را حساب کنید و سپس جریان هر شاخه را از تقسیم جریان در مقاومت‌ها به دست آورید و در نهایت در مدار صورت سؤال جریان عبوری از آمپرسنج را حساب کنید.

درس Box در مقاومت‌های موازی اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌ها یکسان است و طبق رابطهٔ $I=\frac{V}{R}$، جریان به نسبت وارون مقاومت‌ها تسهیم می‌شود.

پاسخ خیلی تشریحی **گام اول**: به کمک نام‌گذاری نقاط هم‌پتانسیل، مدار را ساده می‌کنیم:



(الف) (ب) (پ)

R_1 و R_4 موازی: $R'=\frac{۳\times۶}{۳+۶}=۲\Omega$

R' و R_2 متوالی: $R''=۲+۲=۴\Omega$

R'' و R_3 موازی: $R_{eq}=\frac{۴\times۱۲}{۴+۱۲}=۳\Omega$

گام دوم: جریان کل عبوری از مدار را حساب می‌کنیم:

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}=\frac{۸}{۳+۱}=۲A$$

گام سوم: در مقاومت‌های موازی R_3 و R''، جریان‌ها به نسبت وارون مقاومت‌ها تسهیم می‌شود، پس:

$$\frac{I_3}{I''}=\frac{R''}{R_3}\Rightarrow\frac{I_3}{I''}=\frac{۴}{۱۲}\Rightarrow I''=۳I_3$$

جریان کل ورودی به نقطهٔ A در شکل (پ) بین I_3 و I'' تقسیم شده، پس:

$$I=I_3+I''\Rightarrow ۲=I_3+۳I_3\Rightarrow ۲=۴I_3\Rightarrow I_3=۰/۵A\ ,\ I''=۱/۵A$$

گام چهارم: مقاومت‌های R_1 و R_4 هم موازی هستند، پس:

$$\frac{I_1}{I_4}=\frac{R_4}{R_1}\Rightarrow\frac{I_1}{I_4}=\frac{۶}{۳}=۲\Rightarrow I_1=۲I_4$$

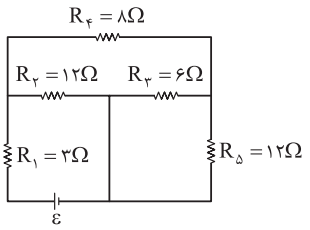
با توجه به شکل (ب)، جریان I'' بین دو مقاومت R_1 و R_4 تقسیم شده، پس:

$$I''=I_1+I_4\Rightarrow ۱/۵=۲I_4+I_4=۳I_4\Rightarrow I_4=۰/۵A$$

گام آخر: به مدار (الف) برمی‌گردیم و در نقطهٔ A (کنار مولد) جریان‌های ورودی و خروجی را بررسی می‌کنیم:

$$I=I_A+I_4\Rightarrow ۲=I_A+۰/۵\Rightarrow I_A=۱/۵A$$

۵ در مدار شکل زیر، توان مصرفی مقاومت $R_۵$، چند برابر توان مصرفی مقاومت $R_۱$ است؟



۱) ۹

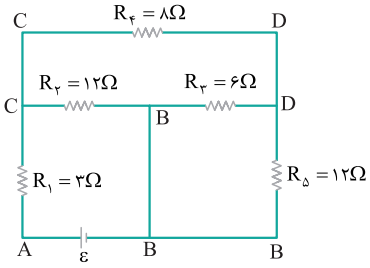
۲) $\frac{۱}{۹}$

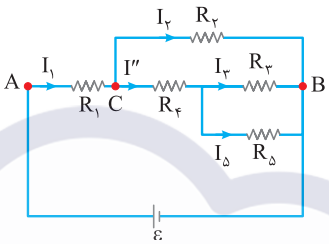
۳) $\frac{۲}{۳}$

۴) $\frac{۳}{۲}$

درس Box درس‌باکس سؤال‌های ۶۴ و ۶۸ را مطالعه کنید.

پاسخ خیلی تشریحی **گام اول**: با تکنیک نام‌گذاری نقاط هم‌پتانسیل، مدار را ساده می‌کنیم:





گام دوم: از برابری ولتاژ در مقاومت‌های موازی داریم:

$$\frac{I_۳}{I_۵} = \frac{R_۵}{R_۳} \Rightarrow \frac{I_۳}{I_۵} = \frac{۱۲}{۶} = ۲ \Rightarrow I_۳ = ۲I_۵ \qquad (۱)$$

$$R'' = R_۴ + \frac{R_۳R_۵}{R_۳ + R_۵} = ۸ + \frac{۶\times۱۲}{۶+۱۲} = ۱۲\Omega$$

گام سوم: یک بار دیگر در مقاومت‌های موازی $R_۲$ و R'' نسبت جریان‌ها به عکس مقاومت‌ها را می‌نویسیم:

$$\frac{I_۲}{I''} = \frac{R''}{R_۲} \Rightarrow \frac{I_۲}{I''} = \frac{۱۲}{۱۲} = ۱ \Rightarrow I_۲ = I'' \qquad (۲)$$

I'' مجموع جریان‌های عبوری از دو مقاومت $R_۳$ و $R_۵$ است، پس:

$$I'' = I_۳ + I_۵ \xrightarrow{(۱)} I'' = ۲I_۵ + I_۵ = ۳I_۵ \Rightarrow I_۵ = \frac{I''}{۳} \qquad (۳)$$

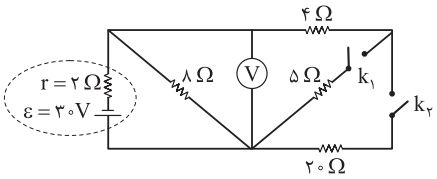
گام چهارم: جریان عبوری از مقاومت $R_۱$ برابر مجموع جریان‌های $I_۲$ و I'' است، پس:

$$I_۱ = I_۲ + I'' \xrightarrow{(۲)} I_۱ = ۲I'' \qquad (۴)$$

گام آخر: سؤال، توان مصرفی $R_۵$ به توان مصرفی $R_۱$ را خواسته، پس:

$$P = RI^۲ \Rightarrow \frac{P_۵}{P_۱} = \frac{R_۵I_۵^۲}{R_۱I_۱^۲} = \frac{۱۲\times(\frac{I''}{۳})^۲}{۳\times(۲I'')^۲} = \frac{۱}{۹}$$

۶ در مدار شکل زیر، ابتدا کلیدهای k_1 و k_2 باز هستند. با بستن هر دو کلید، مقداری که ولت‌سنج آرمانی نشان می‌دهد، چند ولت تغییر می‌کند؟



۱) صفر

۲) ۲

۳) ۳

۴) ۴

Hint در حالت کلید باز، مقاومت معادل و جریان عبوری و در آخر عدد ولت‌سنج را محاسبه کنید. در حالتی که هر دو کلید بسته است، ابتدا مدار را ساده کنید تا راحت‌تر مقاومت معادل و جریان عبوری و عدد ولت‌سنج را محاسبه کنید.

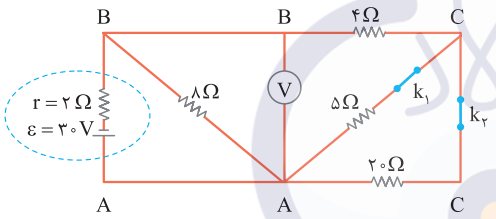
پاسخ خیلی تشریحی **گام اول**: در حالت اول که هر دو کلید باز است، حلقهٔ سمت راست از مدار حذف می‌شود و ولت‌سنج اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت ۸ اهمی که برابر با اختلاف پتانسیل دو سر مولد است را نشان می‌دهد.

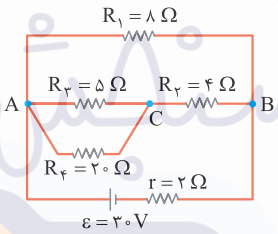
جریان عبوری از مدار را محاسبه می‌کنیم:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{۳۰}{۸+۲} = ۳A$$

$$V = RI = ۸ \times ۳ = ۲۴\ V$$

گام دوم: با بستن کلیدها، مدار به شکل زیر در می‌آید که با تکنیک نام‌گذاری نقاط هم پتانسیل، مدار را ساده می‌کنیم:





موازی R_3 و R_4 : $R' = \frac{۲۰ \times ۵}{۲۰+۵} = ۴\Omega$

متوالی R' و R_2 : $R'' = ۴ + ۴ = ۸\Omega$

موازی R_1 و R'' : $R'_{eq} = \frac{۸ \times ۸}{۸+۸} = ۴\Omega$

در این حالت جریان عبوری از مدار را محاسبه می‌کنیم:

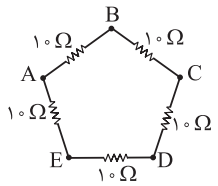
$$I' = \frac{\varepsilon}{R'_{eq} + r} = \frac{۳۰}{۴+۲} = ۵A$$

ولت‌سنج اختلاف پتانسیل دو سر مولد را نشان می‌دهد، پس:

$$V' = \varepsilon - I'r = ۳۰ - ۵ \times ۲ = ۲۰V$$

در نتیجه ولت‌سنج در حالت دوم نسبت به حالت اول، ۴V کم‌تر را نشان می‌دهد.

۷ در آزمایشی، دو سر یک باتری آرمانی با نیروی محرکهٔ ۱۲V را به هر دو نقطهٔ مجزا از نقاط **A**، **B**، **C**، **D** و **E** در مدار شکل زیر وصل می‌کنیم. در این آزمایش، تفاضل بیشینه و کمینهٔ جریان الکتریکی عبوری از باتری چند آمپر است؟



۱) ۰/۲۵

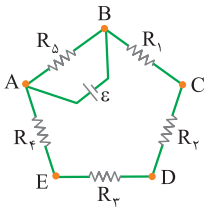
۲) ۰/۵

۳) ۱

۴) صفر

Hint با توجه به رابطهٔ $I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}$، R_{eq} را در دو حالت مختلف که می‌توان باتری آرمانی را به مقاومت‌ها وصل کرد، حساب کنید و در رابطه قرار دهید تا I_{min} و I_{max} به دست آید.

پاسخ خیلی تشریحی **گام اول**: طبق رابطهٔ $I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}$، جریان الکتریکی عبوری با مقاومت معادل رابطهٔ عکس دارد، پس برای داشتن I_{max} باید R کم‌ترین مقدار را داشته باشد، پس باتری آرمانی را به گونه‌ای به نقاط متصل می‌کنیم که یکی از مقاومت‌ها با سایر مقاومت‌ها موازی شود.



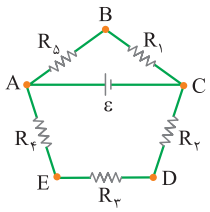
متوالی : R_1 و R_2 و R_3 و R_4 : $R'=10+10+10+10=40\,\Omega$

موازی R_5 و R' : $R_{eq}=\frac{10\times 40}{10+40}=\frac{400}{50}=8\,\Omega$

گام دوم: جریان عبوری از مدار را در این حالت حساب می‌کنیم:

$$I_{max}=\frac{\varepsilon}{R_{eq}}=\frac{12}{8}=\frac{3}{2}A$$

گام سوم: در حالت دوم، برای داشتن I_{min} باید مولد را به‌گونه‌ای به مقاومت‌ها وصل کنیم که تعدادی از مقاومت‌ها با هم متوالی و تعدادی دیگر با هم متوالی شوند تا مقاومت معادل کاهش یابد.



متوالی R_1 و R_5 : $R'=10+10=20\,\Omega$

متوالی R_4 و R_3 و R_2 : $R''=10+10+10=30\,\Omega$

موازی R'' و R' : $R_{eq}=\frac{30\times 20}{30+20}=12\,\Omega$

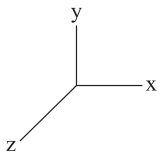
گام چهارم: حالا جریان را در این حالت محاسبه می‌کنیم:

$$I_{min}=\frac{\varepsilon}{R_{max}}=\frac{12}{12}=1A$$

و در نهایت خواستهٔ سؤال را پیدا می‌کنیم:

$$I_{max}-I_{min}=1/5-1=0/5A$$

۸ در یک میدان مغناطیسی یکنواخت، اگر الکترون در راستای محور y حرکت کند، به آن نیروی مغناطیسی وارد نمی‌شود و اگر در خلاف جهت محور z حرکت کند، به آن نیروی مغناطیسی در جهت محور x وارد می‌شود. در این میدان مغناطیسی، اگر پروتونی در جهت محور x پرتاب شود، در لحظهٔ پرتاب، نیروی مغناطیسی در چه جهتی به آن وارد می‌شود؟ (جهت محورهای x، y و z به شکل زیر است.)



۱) $+y$

۲) $-y$

۳) $+z$

۴) $-z$

مشاوره اگر کمی حواستون رو جمع کنید، حل این تست خیلی آسونه چون فقط کافیه قاعدهٔ دست راست رو استفاده کنید.

Hint قاعدهٔ دست راست را برای دو حالتی که الکترون در راستای محور y و در خلاف جهت محور z پرتاب می‌شود، بررسی کنید تا جهت میدان مغناطیسی پیدا شود و سپس وقتی پروتون در جهت محور x پرتاب می‌شود جهت نیرو را تعیین کنید.

درس Box

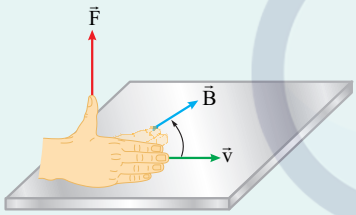
اگر ذره‌ای با بار الکتریکی q و سرعت $\vec{v}$ در میدان مغناطیسی $\vec{B}$ در حال حرکت باشد $(q > 0)$، به ذره، نیروی $\vec{F}$ وارد می‌شود که اندازهٔ آن از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$F = q v B \sin\theta$$

F: نیروی وارد بر ذره (N)
q: بار الکتریکی (C)
v: تندی بار (m / s)
B: میدان مغناطیسی (T)
θ: زاویهٔ بین بردار $\vec{v}$ و بردار $\vec{B}$

تعیین جهت نیروی مغناطیسی وارد بر ذرهٔ باردار متحرک مثبت در میدان مغناطیسی:

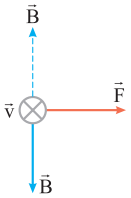
اگر ذرهٔ باردار متحرک در میدان مغناطیسی قرار گیرد، مطابق شکل مقابل و طبق قاعدهٔ دست راست، جهت نیروی مغناطیسی تعیین می‌شود؛ به این صورت که چهار انگشت دست راست را در جهت $\vec{v}$ می‌گیریم به طوری که جهت خم‌شدن چهار انگشت، جهت میدان مغناطیسی $(\vec{B})$ را نشان دهد، در این صورت شست دست جهت بردار نیرو $(\vec{F})$ را نشان می‌دهد.



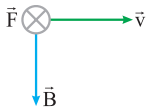
دقت کنید اگر بار ذره منفی بود، در نهایت جهت نیروی مغناطیسی را برعکس می‌کنیم.

پاسخ خیلی تشریحی **گام اول:** در صورت سؤال بیان شده که الکترون در راستای محور y حرکت کرده و به آن نیرویی وارد نمی‌شود، پس $\vec{v}$ و $\vec{B}$ باید هم‌راستا باشند. یعنی $\sin\theta = 0$ باشد ($\theta = 0$ یا $\theta = 180^\circ$) در نتیجه میدان مغناطیسی هم باید در راستای محور y باشد.

هم‌چنین بیان شده که اگر الکترون در خلاف جهت محور z حرکت کند، به آن نیروی مغناطیسی در جهت محور x وارد می‌شود، پس برای این حالت به کمک قاعدهٔ دست راست جهت میدان مغناطیسی را پیدا می‌کنیم *(هواستون باشه بار الکترون منفیه!)*؛ بنابراین میدان مغناطیسی مطابق شکل در جهت $-y$ است.



گام دوم: اکنون با پیداکردن جهت میدان مغناطیسی برای پروتونی که در جهت محور x پرتاب می‌شود، به راحتی جهت نیرو را مشخص می‌کنیم؛ جهت نیرو به سمت $-z$ است.



۹ ذره‌ای با بار الکتریکی $1mC$ و سرعت $(10^4 m/s)\vec{i}$ وارد فضایی می‌شود که در آن میدان الکتریکی یکنواخت $\vec{E}=((3\vec{i}+4\vec{j})\times 10^2)N/C$ و میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}=((5\vec{i}+12\vec{j})\times 10^{-2})T$ وجود دارد. اندازهٔ نیروی خالص وارد بر این ذره در این لحظه چند نیوتون است؟ (وزن ذره در مقایسه با نیروی‌های الکتریکی و مغناطیسی ناچیز است.)

۱) ۱۳ ۲) ۱/۳

۳) $5\sqrt{2}$ ۴) $\frac{\sqrt{2}}{2}$

مشاوره وقتی ذرهٔ بارداری هم‌زمان در میدان‌های مغناطیسی و الکتریکی قرار می‌گیرد، هر کدام از نیروها را جداگانه بررسی کنید و سپس نیروی خالص آن‌ها را تعیین کنید.

Hint ابتدا از رابطهٔ $F_E = Eq$ نیروی الکتریکی وارد بر ذره را حساب کنید، سپس با توجه به این‌که میدان مغناطیسی در راستاهای x و y مؤلفه دارد و چون سرعت در راستای محور x است، نیروی مغناطیسی که ناشی از مؤلفهٔ y میدان بر ذره است را حساب کنید و در نهایت برایند نیروها را به دست آورید.

درس Box

۱) اگر بار q در میدان الکتریکی $\vec{E}$ قرار بگیرد، نیروی الکتریکی واردشده بر ذرهٔ باردار از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$\underset{\text{نیروی الکتریکی (N)}}{\vec{F}_E} = \overset{\text{بار الکتریکی (C)}}{q}\,\underset{\text{میدان الکتریکی (N/C)}}{\vec{E}}$$

اگر $q>0 \Leftarrow$ E و F هم‌جهت هستند.

اگر $q<0 \Leftarrow$ E و F خلاف جهت هستند.

۲) درس‌باکس سؤال ۷۲ را مطالعه کنید.

پاسخ خیلی تشریحی

گام اول: ابتدا نیروی الکتریکی وارد بر ذره را حساب می‌کنیم:

$$F_E = qE = 1\times \underbrace{10^{-3}}_{\text{تبدیل mC به C}} \times (3\vec{i}+4\vec{j})\times 10^2 = (0/3\vec{i}+0/4\vec{j})N$$

گام دوم: نیروی مغناطیسی وارد بر ذره را به دست می‌آوریم: (مؤلفهٔ میدان که در راستای سرعت است نیرو ایجاد نمی‌کند و فقط مؤلفهٔ عمود میدان بر راستای سرعت، نیرو ایجاد می‌کند.)

$$\vec{F}_B = q\vec{v}\vec{B}\sin\theta = 1\times 10^{-3}\times(10^4\vec{i})(5\vec{i}+12\vec{j})\times 10^{-2}$$

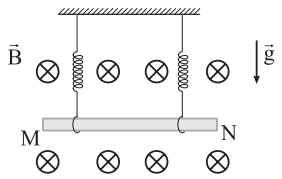
$$\xrightarrow[\sin 90^\circ = 1 \;\Leftarrow\; \text{عمود بر هم } \vec{i} \text{ و } \vec{j}]{\sin 0^\circ = 0 \;\Leftarrow\; \text{هم‌جهت } \vec{i} \text{ و } \vec{i}} F_B = 0 + 10^{-3}\times 10^4 \times 12\times 10^{-2}\vec{k} = 1/2\vec{k}$$

(دقت کنید چون سرعت در جهت محور x و بردار میدان مغناطیسی در جهت محور y بود، نیروی مغناطیسی طبق قاعدهٔ دست راست در جهت z خواهد بود.)

گام سوم: اندازهٔ نیروی خالص را محاسبه می‌کنیم:

$$\vec{F}_T = 0/3\,\vec{i} + 0/4\,\vec{j} + 1/2\vec{k} \Rightarrow |F_T| = \sqrt{(0/3)^2+(0/4)^2+(1/2)^2} = \sqrt{1/69} = 1/3\,N$$

۱۰ در شکل زیر، سیم رسانایی به طول ۸۰ cm از دو فنر مشابه با ثابت ۴۰ N/m و جرم ناچیز آویخته شده و اندازهٔ میدان مغناطیسی یکنواخت عمود بر صفحه B = ۲۰۰ G است. اگر از سیم جریان الکتریکی ۵A از نقطهٔ M به نقطهٔ N عبور کند، طول هر یک از فنرها چند سانتی‌متر و چگونه تغییر می‌کند؟



۱) ۰/۱، کاهش می‌یابد.

۲) ۰/۱، افزایش می‌یابد.

۳) ۰/۲، کاهش می‌یابد.

۴) ۰/۲، افزایش می‌یابد.

Hint ابتدا نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان را حساب کنید و جهت آن را به کمک قاعدهٔ دست راست تعیین کنید و سپس نیروی مغناطیسی را بین دو فنر تقسیم کرده و از رابطهٔ $F = k\Delta x$، تغییر طول هر فنر را حساب کنید.

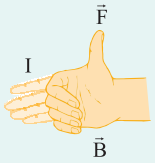
درس Box

۱) اندازهٔ نیرویی که از طرف میدان مغناطیسی $\vec{B}$ به سیمی به طول L که حامل جریان I است، وارد می‌شود، از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$F = I\,L\,B\sin\theta$$

F: نیروی مغناطیسی (N)، I: جریان الکتریکی (A)، L: طول سیمی که در میدان قرار گرفته (m)، B: میدان مغناطیسی (T)، θ: زاویهٔ میدان مغناطیسی با جهت جریان

۲) جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم راست حامل جریان (I) که در میدان مغناطیسی قرار دارد، از قاعدهٔ دست راست تعیین می‌شود. به این صورت که چهار انگشت دست راست را در جهت جریان قرار می‌دهیم، به گونه‌ای که جهت خم‌شدن انگشتان در جهت $\vec{B}$ باشد. در این حالت انگشت شست جهت نیرو را نشان می‌دهد.

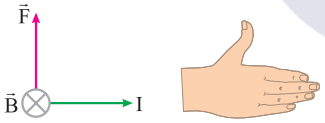


پاسخ خیلی تشریحی

گام اول: نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان در میدان را حساب می‌کنیم:

$$F = ILB\sin\theta = ۵\times۸۰\times۱۰^{-۲}\times۲۰۰\times۱۰^{-۴}\times\sin۹۰^\circ = ۸۰\times۱۰^{-۳}\,N$$

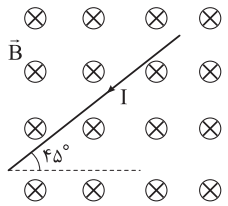
گام دوم: جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم را از قاعدهٔ دست راست تعیین می‌کنیم:



گام سوم: نیروی وارد بر سیم حامل جریان به سمت بالا است، پس فنرها به سمت بالا فشرده می‌شوند و طول آن‌ها کاهش می‌یابد. نیروی مغناطیسی $۸۰\times۱۰^{-۳}\,N$ به دو فنر وارد می‌شود، پس:

$$\frac{F}{۲} = k\Delta x \Rightarrow \frac{۸۰\times۱۰^{-۳}}{۲} = ۴۰\,\Delta x \Rightarrow \Delta x = \frac{۴۰\times۱۰^{-۳}}{۴۰} = ۱۰^{-۳}\,m = ۰/۱\,cm$$

۱۱ در شکل زیر، قطعه سیمی به طول ۴۰ cm به طور کامل در میدان مغناطیسی یکنواخت و درون‌سوی $\vec{B}$ به بزرگی ۵۰G قرار دارد و از آن جریان الکتریکی I = ۲A می‌گذرد. نیروی مغناطیسی وارد بر این سیم چند میلی‌نیوتون و در چه جهتی است؟



۱) ۴، ↖

۲) $۲\sqrt{۲}$، ↖

۳) ۴، ↘

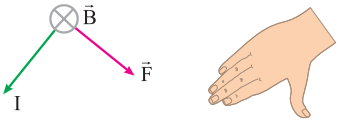
۴) $۲\sqrt{۲}$، ↘

Hint با جای‌گذاری اعداد در رابطهٔ $F = ILB\sin\theta$ اندازهٔ نیرو را محاسبه کنید و با کمک قاعدهٔ دست راست جهت نیرو را تعیین کنید.

پاسخ خیلی تشریحی **گام اول**: راستای میدان مغناطیسی و جهت جریان بر هم عمود هستند، پس:

$$F = ILB\sin\theta \Rightarrow F = ۲\times۴۰\times۱۰^{-۲}\times۵۰\times۱۰^{-۴}\times\sin۹۰^\circ = ۴\times۱۰^{-۳}N = ۴mN$$

گام دوم: طبق قاعدهٔ دست راست، جهت نیرو را مشخص می‌کنیم، به این صورت که چهار انگشت دست راست را در جهت جریان قرار می‌دهیم، به طوری که میدان مغناطیسی از کف دست خارج شود، در این حالت انگشت شست جهت نیرو را نشان می‌دهد.



گول نخوری *اگر اشتباه کنی و ۴۵° را زاویهٔ بین سیم و میدان در نظر بگیری، به گزینهٔ اشتباه (۴) می‌رسی. ۴۵° زاویهٔ بین سیم و سطح افق است و تأثیری در جواب ندارد.*

ماز

۱- اگر میلهٔ نارسانایی را بعد از مالش با پارچهٔ پشمی به الکتروسکوپی که دارای بار مثبت است، نزدیک کنیم، ورقه‌های الکتروسکوپ از هم دورتر می‌شوند. با توجه به جدول سری الکتریسیتهٔ مالشی، جنس میله و علامت بار ایجادشده در آن کدام است؟

انتهای مثبت سری
شیشه
پشم
ابریشم
پلاستیک
انتهای منفی سری

۱) شیشه‌ای ـ منفی
۲) شیشه‌ای ـ مثبت
۳) پلاستیکی ـ منفی
۴) پلاستیکی ـ مثبت

پاسخ: گزینهٔ ۲ (آسان ـ مفهومی ـ سریع ـ صفحهٔ ۴ ـ ۱۱۰۱)

اگر به الکتروسکوپ دارای بار مثبت، میله‌ای دارای بار هم‌نام با الکتروسکوپ نزدیک کنیم، دراثر القای الکتریکی، الکترون‌هایی از ورقه‌ها کنده شده و روی کلاهک مستقر می‌شوند؛ بنابراین بار ورقه‌ها افزایش می‌یابد (مثبت‌تر می‌شوند) و درنتیجه ورقه‌ها از هم دورتر خواهند شد. پس میلهٔ نارسانا دارای بار مثبت بوده و در سری الکتریسیتهٔ مالشی بالاتر از پشم قرار خواهد گرفت؛ بنابراین جنس میله شیشه‌ای است.

جدول سری الکتریسیتهٔ مالشی (تریبوالکتریک)

یکی از روش‌های باردارکردن اجسام که معمولاً برای اجسام نارسانا به‌کار می‌رود، روش مالش است. در مورد این روش خوب است نکات زیر را بدانیم:

۱- هنگامی که دو جسم از طریق مالش باردار می‌شوند، بار یکی از آن‌ها منفی و بار دیگری مثبت خواهد شد؛ بنابراین علامت بارها مخالف هم خواهد بود.

۲- چون در روش مالش تعداد الکترون‌هایی که یک جسم از دست می‌دهد با تعداد الکترون‌هایی که جسم دیگر به‌دست می‌آورد برابر است، اندازهٔ بار دو جسم باهم برابر خواهد بود؛ به عبارت دیگر اگر بار یک جسم $+q$ شود، بار دیگری $-q$ خواهد بود.

۳- چون در روش مالش علامت بار اجسام مخالف هم است، نیروی الکتریکی بین این دو جسم از نوع ربایشی خواهد بود.

۴- هنگامی که دو جسم را به‌هم مالش می‌دهیم تا باردار شوند، جسمی که الکترون‌خواه‌تر است (در سری الکتریسیتهٔ مالشی به انتهای منفی سری نزدیک‌تر است)، الکترون می‌گیرد و بار آن منفی می‌شود. همچنین جسمی که کم‌تر الکترون‌خواه است (در سری الکتریسیتهٔ مالشی به انتهای مثبت سری نزدیک‌تر است)، الکترون از دست می‌دهد و علامت بار آن مثبت خواهد بود.

نکته

در مالش دو جسم به‌هم، باید دو جسم از جنس‌های مختلفی باشند تا دراثر مالش به‌هم، باردار شوند.

یه نمونهٔ باحال

در شکل زیر، جدول سری الکتریسیتهٔ مالشی نشان داده شده است. اگر جسم A را به جسم E و جسم C را به جسم D مالش دهیم، کدام‌یک از اظهارنظرهای زیر در رابطه با آن‌ها صحیح است؟

انتهای مثبت سری
A
B
C
D
E
انتهای منفی سری

۱) دو جسم A و C همدیگر را جذب می‌کنند.

۲) دو جسم A و D همدیگر را دفع می‌کنند.

۳) دو جسم C و E همدیگر را دفع می‌کنند.

۴) دو جسم C و D همدیگر را جذب می‌کنند.

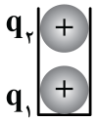
پاسخ تشریحی:

اگر جسم A را به جسم E مالش دهیم، A مثبت و E منفی خواهد شد و اگر جسم C را به جسم D مالش دهیم، C مثبت و D منفی خواهد شد. بنابراین جسم C با بار مثبت، جسم D با بار منفی را جذب می‌کند.

انتهای مثبت سری
A+
B
C+
D-
E-
انتهای منفی سری

پاسخ: گزینهٔ ۴

۲- در شکل زیر، دو گوی باردار با بارهای $q_1 = 2\mu C$ و $q_2 = 2/1\mu C$ که جرم هریک برابر $2/5g$ است، در فاصلهٔ مشخصی از هم قرار دارند و گوی بالایی معلق است. اگر گوی بالایی 10^{13} الکترون بگیرد، فاصلهٔ دو گوی در حالت تعادل، چند سانتی‌متر خواهد شد؟ $(e = 1/6\times10^{-19}C\ ,\ g = 10\frac{m}{s^2}\ ,\ k = 9\times10^9\frac{N.m^2}{C^2})$



۱) ۱۸ ۲) ۳۶ ۳) ۶۰ ۴) ۹۰

پاسخ: گزینهٔ ۳ (متوسط ـ محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۶ ـ ۱۱۰۱)

گام اول

ابتدا محاسبه می‌کنیم که وقتی گوی بالایی 10^{13} الکترون بگیرد، بار آن چند میکروکولن خواهد شد:

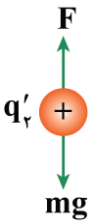
$$q'_2 = q_2 + \Delta q \xrightarrow{\Delta q = -ne} q'_2 = q_2 - ne$$

$$\xrightarrow[n=10^{13},\ e=1/6\times10^{-19}C=1/6\times10^{-13}\mu C]{q_2=2/1\mu C} q'_2 = 2/1 - 10^{13}\times1/6\times10^{-13} = 0/5\mu C$$

گام آخر

بر گوی بالایی دو نیروی وزن و نیروی دافعهٔ الکتریکی از طرف بار q_1 وارد می‌شود. برای این‌که گوی بالایی درحال تعادل باشد، برایند این دو نیرو صفر است و داریم:

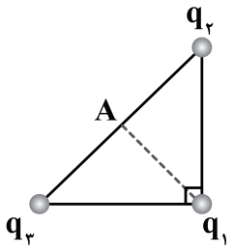
$$F = mg \xrightarrow{F=k\frac{|q_1||q'_2|}{r^2}} k\frac{|q_1||q'_2|}{r^2} = mg$$



$$\xrightarrow[q_1=2\mu C\ ,\ q'_2=0/5\mu C\ ,\ g=10\frac{m}{s^2}]{k=90\frac{Ncm^2}{\mu C^2}\ ,\ m=2/5\times10^{-3}kg} 90\times\frac{2\times0/5}{r^2} = 2/5\times10^{-3}\times10$$

$$\Rightarrow r^2 = \frac{90}{25\times10^{-3}} = \frac{9\times10^4}{25} \xrightarrow{\text{جذر می‌گیریم}} r = \frac{3}{5}\times10^2 = 60cm$$

۳- مطابق شکل، سه ذرهٔ باردار $q_1 = q_3 = -q_2$، در سه رأس یک مثلث قائم‌الزاویهٔ متساوی‌الساقین قرار دارند. اگر بار q_1 را به نقطهٔ A، وسط خط واصل بارهای q_2 و q_3 منتقل کنیم، بزرگی نیروی الکتریکی خالص وارد بر آن، چند برابر خواهد شد؟



۱) ۲

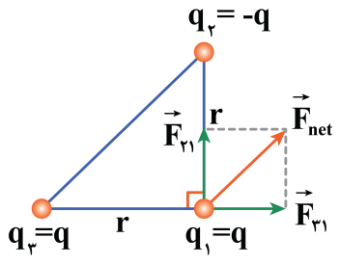
۲) $\frac{\sqrt{2}}{2}$

۳) $2\sqrt{2}$

۴) $\sqrt{2}$

پاسخ: گزینهٔ ۳ (سخت ـ محاسباتی ـ زمان‌بَر ـ صفحهٔ ۱۰ ـ ۱۱۰۱)

حالت اول



چون اندازهٔ بارهای q_1، q_2 و q_3 باهم برابر است، داریم:

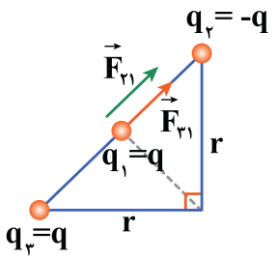
$$\begin{cases} q_1 = q_3 = q \\ q_2 = -q \end{cases}$$

از طرفی چون مثلث، قائم‌الزاویه و متساوی‌الساقین است، فاصلهٔ بارهای q_2 و q_3 از بار q_1 برابر است. درنتیجه نیروی خالص وارد بر بار q_1 با استفاده از قانون کولن به روش زیر به‌دست می‌آید:

$$F = k\frac{|q_1||q_2|}{r^2} \Rightarrow F_{21} = F_{31} = k\frac{q^2}{r^2} \Rightarrow F_{net} = \sqrt{F_{21}^2 + F_{31}^2} \xrightarrow{F_{21}=F_{31}} F_{net} = \sqrt{2}F_{21}$$

$$\Rightarrow F_{net} = \sqrt{2}(k\frac{q^2}{r^2})$$

حالت دوم



در این حالت، بار q را به نقطهٔ A، وسط خط واصل بارهای q_2 و q_3 منتقل می‌کنیم و فاصلهٔ هر بار تا q برابر است با:

$$r_{23} = \sqrt{r^2 + r^2} = \sqrt{2}r \Rightarrow r'_{21} = r'_{31} = \frac{\sqrt{2}}{2}r$$

نیروی خالص وارد بر بار q_1 را محاسبه می‌کنیم:

$$F'_{21} = F'_{31} = k\frac{q^2}{(\frac{\sqrt{2}}{2}r)^2} \Rightarrow F'_{21} = F'_{31} = 2(k\frac{q^2}{r^2})$$

$$F'_{net} = F'_{21} + F'_{31} = 4(k\frac{q^2}{r^2})$$

درنتیجه نسبت دو نیروی F'_{net} و F_{net} برابر است با:

$$\frac{F'_{net}}{F_{net}} = \frac{4(k\frac{q^2}{r^2})}{\sqrt{2}(k\frac{q^2}{r^2})} = \frac{4}{\sqrt{2}} = 2\sqrt{2}$$

محاسبهٔ نیروی الکتریکی در حضور چند بار

در سؤالاتی که چند بار الکتریکی وجود دارند و نیروی الکتریکی وارد بر یکی از آن‌ها را می‌خواهیم، گام‌های زیر را طی می‌کنیم.

گام اول: بردار نیروی الکتریکی که هر یک از بارها وارد می‌کنند را رسم می‌کنیم.

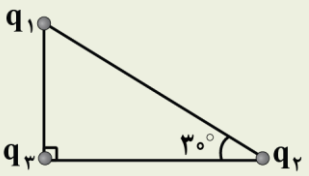
گام دوم: نیروهای الکتریکی را جداگانه محاسبه می‌کنیم.

گام سوم: بردارهای به‌دست‌آمده را به‌صورت برداری جمع می‌کنیم. اگر بردارها هم‌جهت باشند، اندازهٔ آن‌ها جمع می‌شود، اگر خلاف جهت هم باشند، اندازهٔ آن‌ها از هم کم می‌شود و اگر عمود بر هم باشند با کمک رابطهٔ فیثاغورس برایند آن‌ها محاسبه می‌شود.

در ادامه با حل یک مثال، مطالب فوق را مرور می‌کنیم.

آزمون سراسری تجربی خارج از کشور تیرماه ۱۴۰۳

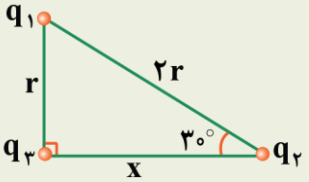
۶۳- در شکل زیر، بزرگی نیروی الکتریکی که q_1 به q_3 وارد می‌کند، ۲۵ درصد از بزرگی نیروی الکتریکی که q_2 به q_3 وارد می‌کند، کم‌تر است. $\left|\frac{q_1}{q_2}\right|$ کدام است؟



۱) ۳ ۲) ۴ ۳) $\frac{1}{3}$ ۴) $\frac{1}{4}$

پاسخ تشریحی:

گام اول: ابتدا فاصلهٔ بین بارها را مشخص می‌کنیم. فاصلهٔ بین q_1 و q_3 را r درنظر می‌گیریم. می‌دانیم در مثلث قائم‌الزاویه، ضلع روبه‌رو به زاویهٔ 30° نصف وتر است؛ بنابراین فاصلهٔ بین q_1 و q_2 برابر 2r است.



$$x = \sqrt{(2r)^2 - r^2} = \sqrt{3}r$$

گام دوم:

$$F_{13} = 0/75F_{23} \Rightarrow \frac{\cancel{k}|q_1|\cancel{|q_3|}}{\cancel{r^2}} = \frac{3}{4} \times \frac{\cancel{k}|q_2|\cancel{|q_3|}}{3\cancel{r^2}} \Rightarrow \left|\frac{q_1}{q_2}\right| = \frac{1}{4}$$

پاسخ: گزینهٔ ۴

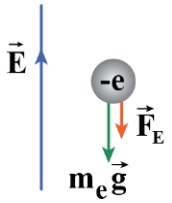
۴- **الکترونی از ارتفاع h در یک میدان الکتریکی یکنواخت قائم رو به بالا رها می‌شود. اگر فقط جهت میدان الکتریکی عوض شود و یک پروتون از همان ارتفاع رها شود، نسبت زمان سقوط الکترون به زمان سقوط پروتون .....**

۱) بزرگ‌تر از $\sqrt{۲}$ است. ۲) بزرگ‌تر از ۱ است. ۳) برابر با ۱ است. ۴) کوچک‌تر از ۱ است.

پاسخ: گزینهٔ ۴ **(سخت ـ مفهومی/محاسباتی ـ زمان‌بَر ـ صفحهٔ ۲۴ ـ ۱۱۰۱)**

گام اول

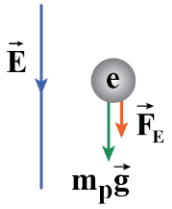
دو نیروی الکتریکی و گرانشی به سمت پایین بر الکترون وارد می‌شوند. طبق قانون دوم نیوتون، داریم: (m_e جرم الکترون است.)



$$F_{net} = ma \Rightarrow m_e g + eE = m_e a_e \Rightarrow a_e = g + \frac{eE}{m_e}$$

گام دوم

برای پروتون، جهت میدان الکتریکی رو به پایین است، پس داریم: (m_p جرم پروتون است.)



$$F_{net} = ma \Rightarrow m_p g + eE = m_p a_p \Rightarrow a_p = g + \frac{eE}{m_p}$$

گام سوم

چون ذرات رها می‌شوند، با کمک رابطهٔ مکان ـ زمان در حرکت با شتاب ثابت داریم:

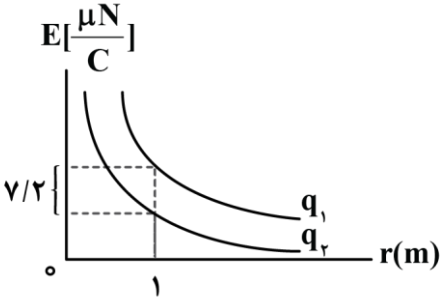
$$\Delta y = \frac{۱}{۲}at^۲ + v_\circ t \xrightarrow{v_\circ = \circ} h = \frac{۱}{۲}at^۲ \Rightarrow t = \sqrt{\frac{۲h}{a}}$$

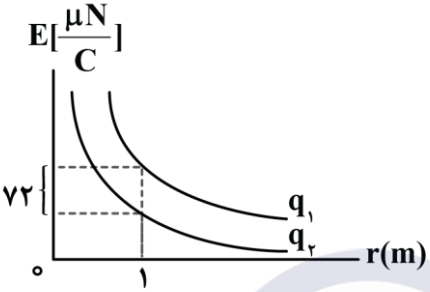
گام آخر

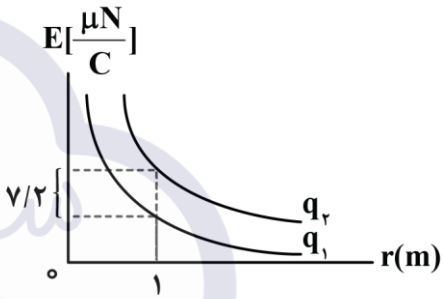
ارتفاع سقوط هر دو برابر است، پس داریم:

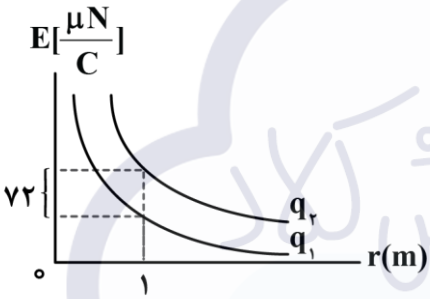
$$\frac{t_e}{t_p} = \sqrt{\frac{a_p}{a_e}} = \sqrt{\frac{g + \frac{eE}{m_p}}{g + \frac{eE}{m_e}}} \xrightarrow{m_p > m_e} \frac{t_e}{t_p} < ۱$$

۵- دو بار الکتریکی $q_1 < 0$ و $q_2 < 0$ در اختیار داریم. اگر بار q_1 به تعداد ۵۰۰۰ الکترون بیش‌تر از بار q_2 داشته باشد، کدام نمودار میدان الکتریکی برحسب فاصله برای این دو بار به‌درستی رسم شده است؟ $(e = 1/6 \times 10^{-19} C \, , \, k = 9 \times 10^{9} \frac{N.m^2}{C^2})$

۱)


۲)


۳)


۴)


پاسخ: گزینهٔ ۱ (سخت ـ نموداری ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۱۳ ـ ۱۱۰۱)

گام اول

ابتدا اختلاف بار q_1 و q_2 را به‌دست می‌آوریم. چون هر دو بار منفی هستند اما تعداد الکترون‌های بار q_1 بیش‌تر است، درنتیجه $|q_1| > |q_2|$ می‌باشد.

$$|q_1| - |q_2| = ne = 5000 \times 1/6 \times 10^{-19} = 8 \times 10^{-16} C$$

گام آخر

در نمودارها، اختلاف میدان حاصل از بارها در فاصلهٔ یک‌متری خواسته شده است.

$$E=\frac{k|q|}{r^{۲}}\Rightarrow \Delta E=\frac{k|\Delta q|}{r^{۲}}$$

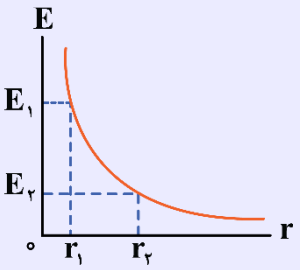
$$\Rightarrow \Delta E=\frac{۹\times ۱۰^{۹}\times ۸\times ۱۰^{-۱۶}}{(۱)^{۲}}=۷۲\times ۱۰^{-۷}\frac{N}{C}=۷/۲\frac{\mu N}{C}$$

دقت شود چون $|q_۱|>|q_۲|$ است، درنتیجه به‌ازای فاصله‌های یکسان، میدان حاصل از بار $q_۱$ باید بزرگ‌تر باشد. پس نمودار آن باید بالاتر قرار گیرد.

نمودار بزرگی میدان الکتریکی برحسب فاصله از بار

نمودار تغییرات بزرگی میدان الکتریکی برحسب فاصله از بار، مطابق شکل مقابل است:

همان‌طور که واضح است با افزایش فاصله از بار، بزرگی میدان کاهش می‌یابد.



$$E=\frac{k|q|}{r^{۲}}\xrightarrow{k|q|\ \text{ثابت است}}E\propto\frac{۱}{r^{۲}}$$

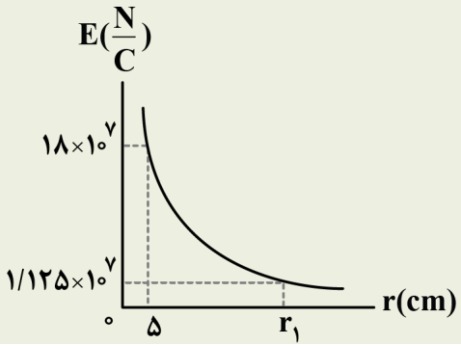
نکته

اگر بزرگی میدان الکتریکی بار q در فاصلهٔ $r_۱$ برابر با $E_۱$ و در فاصلهٔ $r_۲$ برابر با $E_۲$ باشد، داریم:

$$\frac{E_۲}{E_۱}=(\frac{r_۱}{r_۲})^{۲}$$

آزمون سراسری ریاضی خارج از کشور ۱۳۹۹

۵۹- نمودار تغییرات میدان الکتریکی حاصل از بار نقطه‌ای q برحسب فاصله از آن به‌صورت شکل زیر است. اندازهٔ q چند میکروکولن و $r_۱$ چند سانتی‌متر است؟ $(k=۹\times ۱۰^{۹}\frac{N.m^{۲}}{C^{۲}})$



۱) ۵۰، ۱۰

۲) ۵۰، ۲۰

۳) ۲۵، ۱۰

۴) ۲۵، ۲۰

پاسخ تشریحی:

با توجه به نمودار داده‌شده داریم:

$$E = k\frac{|q|}{r^2} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = (\frac{r_1}{r_2})^2 \Rightarrow \frac{18\times10^7}{1/125\times10^7} = (\frac{r_1}{5})^2 \Rightarrow r_1 = 20cm$$

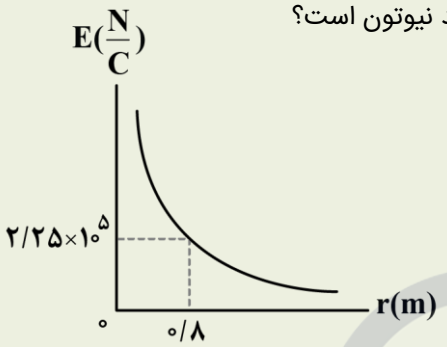
و بار الکتریکی برابر است با:

$$E = \frac{k|q|}{r^2} \Rightarrow 18\times10^7 = \frac{9\times10^9\times|q|}{(5\times10^{-2})^2} \Rightarrow |q| = 50\times10^{-6}C = 50\mu C$$

پاسخ: گزینهٔ ۲

آزمون سراسری تجربی خارج از کشور ۱۳۹۸

۶۱- نمودار تغییرات میدان الکتریکی حاصل از بار الکتریکی q برحسب فاصله از آن به‌صورت شکل زیر است. اگر بار الکتریکی $q' = 9\mu C$ را در فاصلهٔ ۹۰ سانتی‌متری بار q قرار دهیم، نیرویی که دو ذرهٔ باردار بر یکدیگر وارد می‌کنند، چند نیوتون است؟



۱) ۰/۱۶

۲) ۰/۳۲

۳) ۱/۶

۴) ۳/۲

پاسخ تشریحی:

گام اول: ابتدا به کمک نمودار، اندازهٔ بار الکتریکی q را محاسبه می‌کنیم:

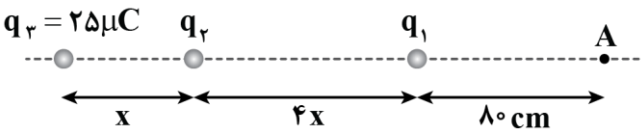
$$E = \frac{k|q|}{r^2} \Rightarrow 2/25\times10^5 = \frac{9\times10^9\times|q|}{0/8^2} \Rightarrow |q| = 16\times10^{-6}C = 16\mu C$$

گام دوم: حال از قانون کولن برای محاسبهٔ نیروی بین $|q|$ و $|q'|$ استفاده می‌کنیم:

$$F = 90\times\frac{|q||q'|}{r'^2} = 90\times\frac{16\times9}{90^2} = 1/6N$$

پاسخ: گزینهٔ ۳

۶- مطابق شکل، سه بار الکتریکی q_1، q_2 و q_3 در تعادل الکتروستاتیکی قرار دارند. اگر اندازهٔ میدان الکتریکی ناشی از بار q_2 در محل A برابر با $36000\frac{N}{C}$ باشد، فاصلهٔ A تا بار q_3 چند سانتی‌متر است؟ $(k = 9\times10^9\frac{N.m^2}{C^2})$



۱) ۲۱۰

۲) ۲۳۰

۳) ۲۴۰

۴) ۲۷۰

پاسخ: گزینهٔ ۲ (متوسط ـ محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۱۵ ـ ۱۱۰۱)

گام اول

ابتدا با توجه به تعادل سه بار الکتریکی، q_2 را به‌دست می‌آوریم:

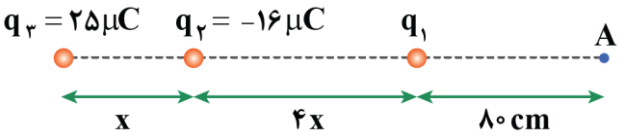
$q_1 \Rightarrow F_{31} = F_{21} \Rightarrow \left|\frac{q_3}{q_2}\right| = (\frac{r_{31}}{r_{21}})^2 \Rightarrow \frac{25}{|q_2|} = (\frac{5x}{4x})^2 \Rightarrow |q_2| = 16\mu C$ در تعادل است.

برای این‌که ۳ بار الکتریکی نشان‌داده‌شده در تعادل باشند، باید بارهای q_1 و q_3 مثبت باشند و q_2 منفی باشد:

$$q_2 = -16\mu C$$

گام دوم

فاصلهٔ x را به کمک بزرگی میدان q_2 در نقطهٔ A حساب می‌کنیم:



$$q_2 = -16\mu C$$

$$E_2 = \frac{k|q_2|}{r_2^2} \Rightarrow 36000 = \frac{9\times10^9\times16\times10^{-6}}{r_2^2}$$

$$\Rightarrow r_2 = 2m = 200cm$$

با توجه به شکل، $r_2 = 4x + 80$ است:

$$200 = 4x + 80 \Rightarrow x = 30cm$$

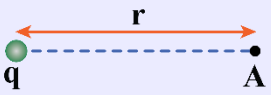
گام آخر

درنتیجه فاصلهٔ q_3 تا نقطهٔ A برابر است با:

$$r_3 = x + 4x + 80 = 5x + 80 = 5(30) + 80 = 230cm$$

میدان الکتریکی حاصل از یک ذرهٔ باردار

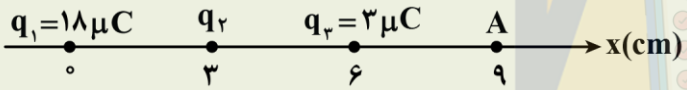
برای محاسبهٔ اندازهٔ میدان الکتریکی حاصل از بار q در فاصلهٔ r از آن از رابطهٔ زیر استفاده می‌کنیم:



$$\overset{\uparrow}{E}_A = k\frac{|q|}{r^2}$$ نیوتون بر کولن $(\frac{N}{C})$

آزمون سراسری تجربی تیرماه ۱۴۰۳

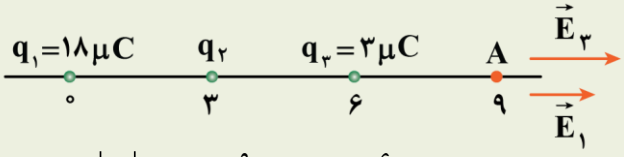
۶۰- مطابق شکل، سه ذره باردار روی محور x ثابت شده‌اند. بزرگی میدان الکتریکی خالص در نقطهٔ A برابر $3\times10^7\frac{N}{C}$ است. بار q_2 چند میکروکولن می‌تواند باشد؟ $(k = 9\times10^9\frac{Nm^2}{C^2})$



۱) ۴ ۲) ۸ ۳) -۱۶ ۴) -۳۲

پاسخ تشریحی:

در نقطهٔ A سه میدان الکتریکی وجود دارد. ابتدا میدان‌های الکتریکی حاصل از بارهای q_3 و q_1 را در نقطهٔ A به‌دست می‌آوریم:



$$E_1 = \frac{k|q_1|}{r_1^2} = \frac{9\times10^9\times18\times10^{-6}}{(9\times10^{-2})^2} = 2\times10^7\frac{N}{C} \Rightarrow \vec{E}_1 = 2\times10^7\vec{i}(\frac{N}{C})$$

$$E_3 = \frac{k|q_3|}{r_3^2} = \frac{9\times10^9\times3\times10^{-6}}{(3\times10^{-2})^2} = 3\times10^7\frac{N}{C} \Rightarrow \vec{E}_3 = 3\times10^7\vec{i}(\frac{N}{C})$$

برایند میدان‌های $\vec{E}_1$ و $\vec{E}_3$: $\vec{E}_{1,3} = 2\times10^7\vec{i} + 3\times10^7\vec{i} = 5\times10^7\vec{i}(\frac{N}{C})$

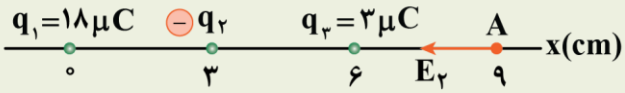
در صورت سؤال فقط بزرگی میدان خالص را به ما داده است، پس میدان خالص می‌تواند در جهت محور x یا خلاف جهت آن باشد:

حالت اول: $\vec{E}_t = +3\times10^7\vec{i}(\frac{N}{C})$ حالت دوم: $\vec{E}_t = -3\times10^7\vec{i}(\frac{N}{C})$

حالت اول: $\vec{E}_t = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3$

$$\Rightarrow +3\times10^{7}\vec{i} = 2\times10^{7}\vec{i} + \vec{E}_2 + 3\times10^{7}\vec{i} \Rightarrow \vec{E}_2 = -2\times10^{7}\vec{i}\left(\frac{N}{C}\right)$$

چون میدان $\vec{E}_2$ در نقطهٔ A به سمت چپ است، پس q_2 منفی است.



$$E_2 = \frac{k|q_2|}{r_2^2} \Rightarrow 2\times10^{7} = \frac{9\times10^{9}\times|q_2|}{36\times10^{-4}} \Rightarrow |q_2| = 8\times10^{-6}C \Rightarrow q_2 = -8\mu C$$

چون پاسخ در گزینه‌ها وجود ندارد حالت دوم را بررسی می‌کنیم:

حالت دوم: $\vec{E}_t = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3$

$$-3\times10^{7}\vec{i} = 2\times10^{7}\vec{i} + \vec{E}_2 + 3\times10^{7}\vec{i} \Rightarrow \vec{E}_2 = -8\times10^{7}\vec{i}\left(\frac{N}{C}\right)$$

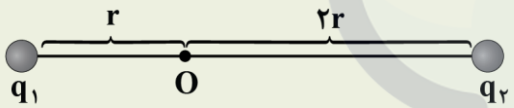
چون میدان $\vec{E}_2$ در نقطهٔ A به سمت چپ است، پس q_2 منفی است.

$$E_2 = \frac{k|q_2|}{r_2^2} \Rightarrow 8\times10^{7} = \frac{9\times10^{9}|q_2|}{36\times10^{-4}} \Rightarrow |q_2| = 32\times10^{-6}C \Rightarrow q_2 = -32\mu C$$

پاسخ: گزینهٔ ۴

آزمون سراسری ریاضی خارج از کشور ۱۳۹۹

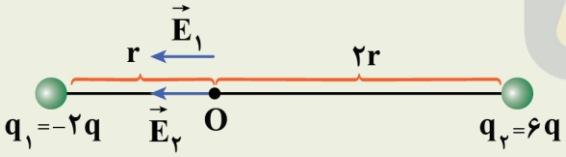
۶۰- مطابق شکل زیر، دو ذرهٔ باردار $q_1 = -2q$ و $q_2 = 6q$ در فاصلهٔ $3r$ از هم قرار دارند و بزرگی میدان الکتریکی خالص (برایند) ناشی از دو ذره در نقطهٔ O برابر E_1 است. اگر ۵۰ درصد از بار q_2 به q_1 منتقل شود، بزرگی میدان الکتریکی خالص (برایند) در نقطهٔ O برابر E_2 می‌شود. $\frac{E_2}{E_1}$ کدام است؟



۱) $\frac{1}{14}$ ۲) $\frac{1}{6}$ ۳) $\frac{1}{4}$ ۴) $\frac{1}{2}$

پاسخ تشریحی:

این سؤال دو حالت دارد؛ در حالت اول میدان هر دو بار در نقطهٔ O هم‌جهت است:

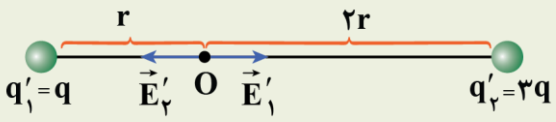


$$\left.\begin{aligned} E_1 &= \frac{k|-2q|}{r^2} = \frac{2k|q|}{r^2} \\ E_2 &= \frac{k|6q|}{(2r)^2} = \frac{3k|q|}{2r^2} \end{aligned}\right\} \rightarrow E_{کل} = E_1 + E_2 = \frac{7k|q|}{2r^2}$$

در حالت دوم، ٪۵۰ بار q_2 به q_1 منتقل می‌شود:

$$\begin{cases} q_1' = -2q + \frac{1}{2}(6q) = q \\ q_2' = 6q - \frac{1}{2}(6q) = 3q \end{cases}$$

و میدان‌ها در نقطهٔ O خلاف جهت هم هستند:



$$\left.\begin{aligned} E_1' &= \frac{k|q|}{r^2} \\ E_2' &= \frac{k|3q|}{(2r)^2} = \frac{3k|q|}{4r^2} \end{aligned}\right\} \Rightarrow E'_{کل} = E_1' - E_2' = \frac{k|q|}{4r^2}$$

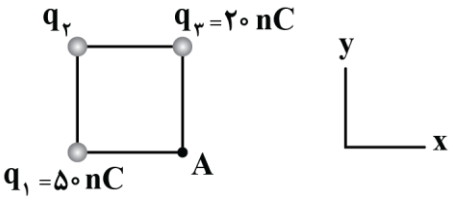
و درنهایت:

$$\frac{E'_{کل}}{E_{کل}}=\frac{\frac{k|q|}{۴r^۲}}{\frac{۷k|q|}{۲r^۲}}=\frac{۱}{۱۴}$$

پاسخ: گزینهٔ ۱

ماز

۷- در شکل زیر، میدان الکتریکی خالص حاصل از بارهای نقطه‌ای $q_۱$، $q_۲$ و $q_۳$ در رأس A مربعی به ضلع ۱m، برابر $\vec{E}=۲۷۰(\frac{N}{C})\vec{i}$ است. بار $q_۲$ چند نانوکولن است؟ $(k=۹\times۱۰^۹\frac{N.m^۲}{C^۲})$

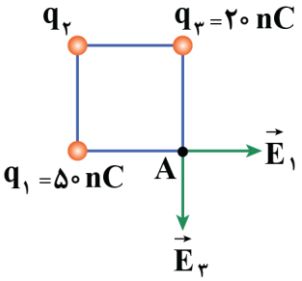


۱) $۴۰\sqrt{۲}$
۲) ۴۰
۳) $-۴۰\sqrt{۲}$
۴) -۴۰

پاسخ: گزینهٔ ۳ (متوسط ـ محاسباتی ـ زمان‌بَر ـ صفحهٔ ۱۶ ـ ۱۱۰۱)

گام اول

میدان الکتریکی حاصل از بارهای $q_۱$ و $q_۳$ را در نقطهٔ A محاسبه می‌کنیم:



$$E_۱=k\frac{|q_۱|}{r^۲}\xrightarrow[r=۱m\,,\,k=۹\times۱۰^۹\frac{N.m^۲}{C^۲}]{q_۱=۵۰\times۱۰^{-۹}C}$$

$$E_۱=۹\times۱۰^۹\times\frac{۵۰\times۱۰^{-۹}}{۱}=۴۵۰\frac{N}{C}\Rightarrow\vec{E}_۱=۴۵۰(\frac{N}{C})\vec{i}$$

$$E_۳=\frac{k|q_۳|}{r^۲}\xrightarrow[r=۱m\,,\,k=۹\times۱۰^۹\frac{N.m^۲}{C^۲}]{q_۳=۲۰\times۱۰^{-۹}C}E_۳=۹\times۱۰^۹\times\frac{۲۰\times۱۰^{-۹}}{۱}=۱۸۰\frac{N}{C}$$

$$\Rightarrow\vec{E}_۳=-۱۸۰(\frac{N}{C})\vec{j}$$

راهنمای زرنگ‌بازی

از اونجایی که فاصلهٔ بارها تا نقطهٔ A یکیه و $q_۱$، ۲/۵ برابر $q_۳$ هست، نیاز نیست دو بار رابطهٔ میدان رو بنویسی. تیز باش!

گام دوم

با توجه به این‌که میدان خالص در نقطهٔ A برابر $\vec{E}=۲۷۰\vec{i}$ است، داریم:

$$\vec{E}=\vec{E}_۱+\vec{E}_۲+\vec{E}_۳\Rightarrow۲۷۰\vec{i}=۴۵۰\vec{i}+\vec{E}_۲-۱۸۰\vec{j}$$

$$\Rightarrow\vec{E}_۲=-۱۸۰\vec{i}+۱۸۰\vec{j}\Rightarrow E_۲=\sqrt{۱۸۰^۲+۱۸۰^۲}=۱۸۰\sqrt{۲}\frac{N}{C}$$

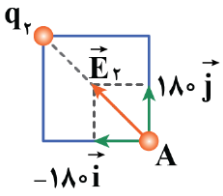
گام آخر

اکنون می‌توانیم اندازهٔ بار $q_۲$ را محاسبه کنیم:

$$E_۲=k\frac{|q_۲|}{r_۲^۲}\xrightarrow{r_۲=\sqrt{۲}m}۱۸۰\sqrt{۲}=\frac{۹\times۱۰^۹\times|q_۲|}{۲}$$

$$\Rightarrow|q_۲|=۴۰\sqrt{۲}\times۱۰^{-۹}C=۴۰\sqrt{۲}\,nC$$

از طرفی با توجه به جهت میدان الکتریکی $\vec{E}_2$، بار q_2 منفی است:

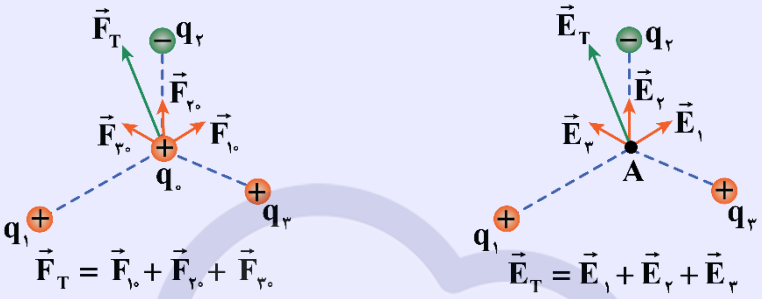


$$q_2 = -40\sqrt{2}\,nC$$

اصل برهم‌نهی میدان‌های الکتریکی

این اصل بیان می‌دارد که میدان الکتریکی ناشی از چند بار نقطه‌ای در نقطه‌ای از فضا، برابر با جمع برداری میدان‌های الکتریکی‌ای است که هر یک از بارها به‌طور مستقل در آن نقطه ایجاد می‌کنند.

$$\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots$$



۱- نیروی $\vec{F}_T$، نیروی برایند وارد بر بار آزمون q_0 است.

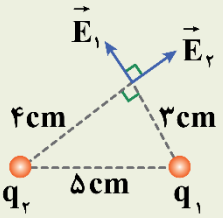
۲- میدان الکتریکی $\vec{E}_T$ در محل بار آزمون برابر با جمع برداری میدان‌های $\vec{E}_1$، $\vec{E}_2$ و $\vec{E}_3$ در محل این بار است.

آزمون سراسری تجربی اردیبهشت‌ماه ۱۴۰۴

۶۵- بارهای الکتریکی $q_1 = 3/0\times10^{-8}C$ و $q_2 = 1/6\times10^{-7}C$ در فاصلهٔ ۵ سانتی‌متری از یکدیگر قرار دارند. اندازهٔ میدان الکتریکی خالص در نقطه‌ای به فاصلهٔ ۳cm از بار q_1 و ۴cm از بار q_2، چند نیوتون بر کولن است؟ $(k = 9\times10^{9}\frac{N.m^2}{C^2})$

۱) $5\sqrt{3}\times10^5$ ۲) $3\sqrt{10}\times10^5$ ۳) $2\sqrt{5}\times10^5$ ۴) $2\sqrt{2}\times10^5$

پاسخ تشریحی:



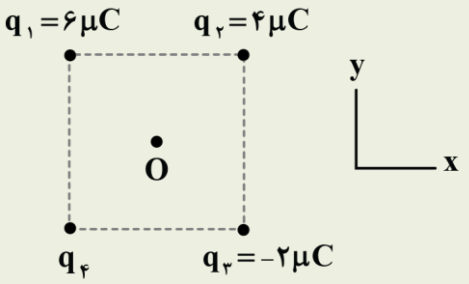
$$E = \frac{k|q|}{r^2} \Rightarrow \begin{cases} E_1 = \dfrac{9\times10^9\times3\times10^{-8}}{9\times10^{-4}} = 3\times10^5\,\dfrac{N}{C} \\ E_2 = \dfrac{9\times10^9\times1/6\times10^{-7}}{16\times10^{-4}} = 9\times10^5\,\dfrac{N}{C} \end{cases}$$

$$E_t = \sqrt{(3)^2 + (9)^2}\times10^5 = 3\sqrt{10}\times10^5\,\frac{N}{C}$$

پاسخ: گزینهٔ ۲

آزمون سراسری تجربی خارج از کشور تیرماه ۱۴۰۳

۶۴- در شکل زیر، چهار ذرهٔ باردار در رأس‌های مربعی ثابت شده‌اند. میدان الکتریکی خالص در نقطهٔ O (مرکز مربع) در جهت محور x است. بار q_4 چند میکروکولن است؟



۱) ۸

۲) ۸-

۳) ۱۲

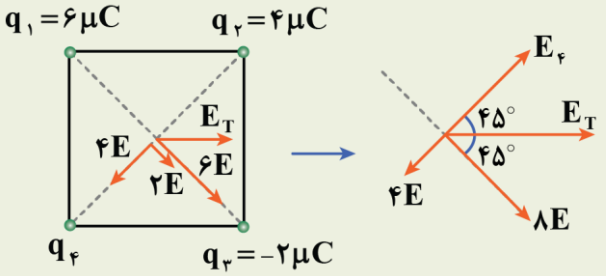
۴) ۱۲-

پاسخ تشریحی:

فرض می‌کنیم میدان بار $1\mu C$ در فاصلهٔ r برابر E باشد. با توجه به این‌که اندازهٔ میدان با اندازهٔ بار رابطهٔ مستقیم دارد، داریم:

$$E_1 = 6E \ , \ E_2 = 4E \ , \ E_3 = 2E$$

با توجه به این‌که میدان برایند با میدان 8E، زاویهٔ 45° می‌سازد؛ بنابراین میدان $\vec{E}_4$ باید به‌اندازه‌ای باشد که برایند آن با 4E برابر 8E شود.



$$E_4 - 4E = 8E \Rightarrow E_4 = 12E \Rightarrow |q_4| = 12\mu C$$

با توجه به جهت میدان $\vec{E}_4$، بار q_4 مثبت است.

پاسخ: گزینهٔ ۳

۸- **در شکل زیر دو بار در فاصلهٔ معینی از هم ثابت شده‌اند و یکی از خط‌های میدان الکتریکی که در اطراف بارها وجود دارد، رسم شده است. علامت و مقایسهٔ اندازهٔ بارها در کدام گزینه به‌درستی آمده است؟**

۱) $|q_1| > |q_2| \ , \ q_2 > 0 \ , \ q_1 < 0$

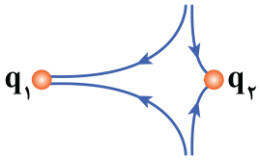
۲) $|q_1| < |q_2| \ , \ q_2 > 0 \ , \ q_1 < 0$

۳) $|q_1| > |q_2| \ , \ q_2 < 0 \ , \ q_1 < 0$

۴) $|q_1| < |q_2| \ , \ q_2 < 0 \ , \ q_1 < 0$

پاسخ: گزینهٔ ۳ (آسان ـ مفهومی ـ سریع ـ صفحهٔ ۱۸ ـ ۱۱۰۱)

اگر خطوط میدان اطراف بارها را کامل‌تر کنیم، خواهیم داشت:



با توجه به شکل چون خطوط میدان به هر دو بار وارد می‌شوند، پس هر دو بار منفی‌اند. از طرفی هرچه خطوط میدان اطراف بارها افقی‌تر باشند نشانگر تراکم بیش‌تر خطوط میدان است، پس: $|q_1| > |q_2|$

خطوط میدان الکتریکی

۱- برای مجسم‌کردن میدان الکتریکی در فضای اطراف اجسام باردار از خطوط میدان الکتریکی استفاده می‌کنیم. این خطوط ویژگی‌های زیر را دارا می‌باشند:

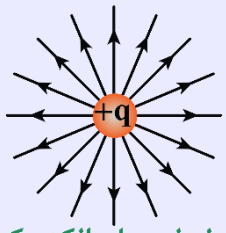
الف) از بار مثبت خارج می‌شوند و به بار منفی وارد می‌شوند.

ب) بردار میدان الکتریکی در هر نقطه هم‌جهت با خط مماس بر خطوط میدان الکتریکی در آن نقطه است.

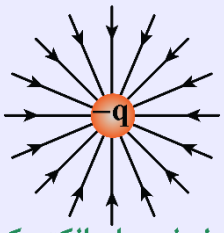
پ) هرچه تراکم خطوط میدان الکتریکی در ناحیه‌ای از فضا بیش‌تر باشد، اندازهٔ میدان الکتریکی در آن ناحیه بیش‌تر است.

ت) خطوط میدان الکتریکی یکدیگر را قطع نمی‌کنند و از هر نقطه فقط یک خط میدان عبور می‌کند.

۲- خطوط میدان الکتریکی در اطراف یک ذرهٔ باردار منزوی مطابق شکل‌های زیر است:

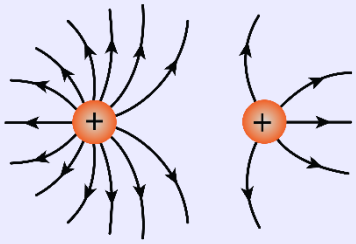


خطوط میدان الکتریکی
در اطراف بار مثبت

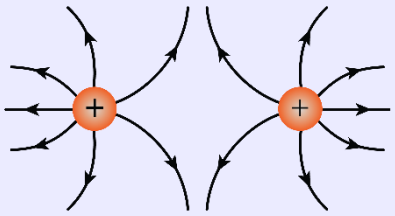


خطوط میدان الکتریکی
در اطراف بار منفی

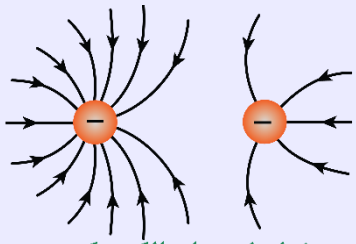
۳- خطوط میدان الکتریکی در اطراف دو ذرهٔ باردار مطابق شکل‌های زیر است:



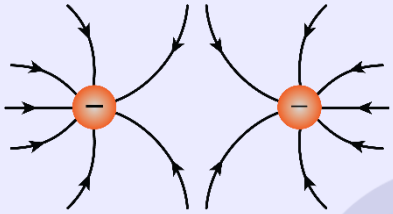
خطوط میدان الکتریکی
در اطراف دو بار مثبت غیرهم‌اندازه



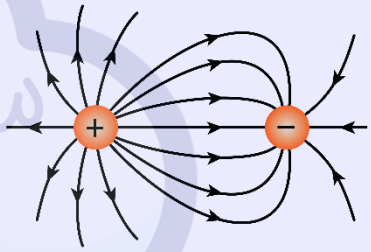
خطوط میدان الکتریکی
در اطراف دو بار مثبت هم‌اندازه



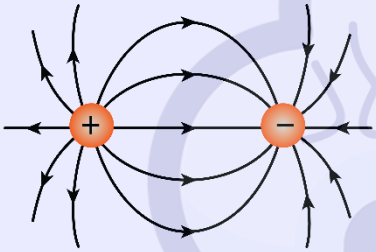
خطوط میدان الکتریکی
در اطراف دو بار منفی غیرهم‌اندازه



خطوط میدان الکتریکی
در اطراف دو بار منفی هم‌اندازه



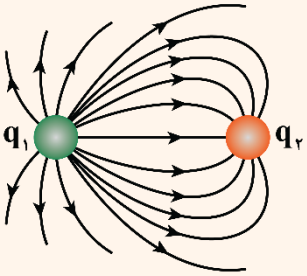
خطوط میدان بارهای
مثبت و منفی غیرهم‌اندازه



خطوط میدان بارهای
مثبت و منفی هم‌اندازه

یه نمونهٔ باحال

در شکل زیر، خطوط میدان الکتریکی در اطراف دو ذرهٔ باردار نشان داده شده است. کدام‌یک از نتیجه‌گیری‌ها صحیح است؟



الف: علامت بار q_2 منفی است.

ب: علامت بارها یکسان است.

پ: اندازهٔ بار q_1 بزرگ‌تر از اندازهٔ q_2 است.

ت: تراکم خطوط میدان الکتریکی در نزدیکی q_2، بیش‌تر از تراکم این خطوط در نزدیکی q_1 است.

۱) «الف» و «ت» ۲) «الف» و «پ» ۳) «ب» و «پ» ۴) «ب» و «ت»

پاسخ تشریحی:

برای پاسخ‌دادن به این سؤال به نکات زیر توجه کنید:

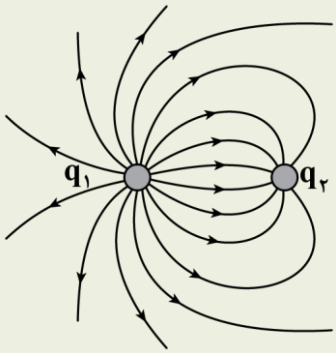
۱- خطوط میدان از q_1 خارج شده‌اند و به q_2 وارد می‌شوند؛ بنابراین q_1 مثبت و q_2 منفی است.

۲- تراکم خطوط در نزدیکی q_1 بیش‌تر از q_2 است؛ بنابراین اندازهٔ q_1 بزرگ‌تر از اندازهٔ q_2 است.

پاسخ: گزینهٔ ۲

آزمون سراسری ریاضی اردیبهشت‌ماه ۱۴۰۴

۴۲- در شکل زیر، با توجه به خطوط میدان الکتریکی، کدام رابطه‌ها در مورد بارهای الکتریکی درست است؟



۱) $|q_2|<|q_1|\ ,\ q_1<0$

۲) $|q_1|<|q_2|\ ,\ q_1<0$

۳) $|q_2|<|q_1|\ ,\ q_2<0$

۴) $|q_1|<|q_2|\ ,\ q_2<0$

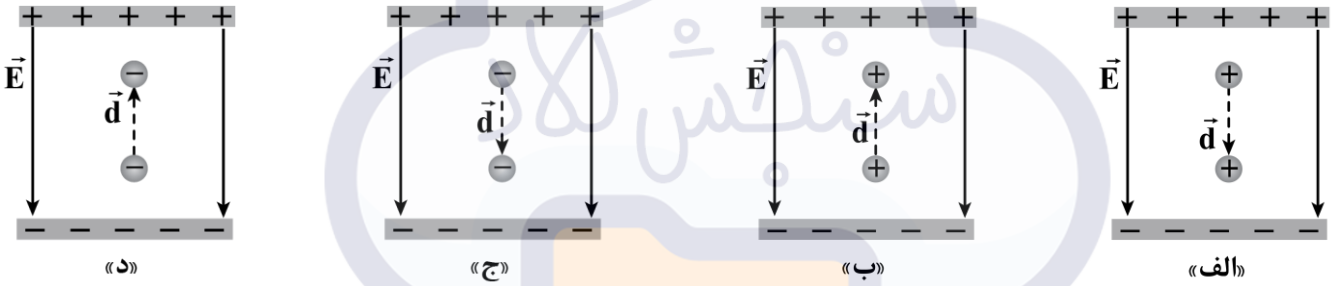
پاسخ تشریحی:

جهت خطوط میدان الکتریکی از بار مثبت به سمت بار منفی است. درنتیجه با توجه به شکل خطوط میدان، بار q_1 مثبت $(q_1>0)$ و بار q_2 منفی $(q_2<0)$ است. همچنین تراکم خطوط میدان در اطراف بار q_1 بیش‌تر است، درنتیجه اندازهٔ بار q_1 از اندازهٔ بار q_2 بزرگ‌تر است $(|q_2|<|q_1|)$.

پاسخ: گزینهٔ ۳

۹- در کدام‌یک از شکل‌های زیر، کار نیروی الکتریکی وارد بر ذره مثبت است و انرژی پتانسیل الکتریکی ذره کاهش یافته است؟

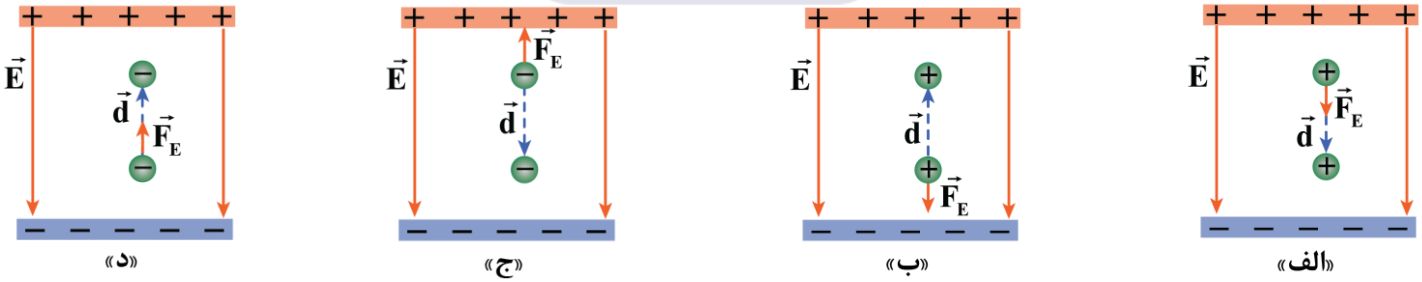
($\vec{E}$: بردار میدان الکتریکی میان دو صفحه و $\vec{d}$: بردار جابه‌جایی ذره)



۱) «الف» و «د»　　۲) فقط «الف»　　۳) «ب» و «ج»　　۴) فقط «ب»

پاسخ: گزینهٔ ۱　　(آسان ـ مفهومی ـ سریع ـ صفحهٔ ۲۱ ـ ۱۱۰۱)

در شکل‌های «الف» و «د»، نیروی الکتریکی هم‌جهت جابه‌جایی ذره است؛ بنابراین کار نیروی الکتریکی مثبت است. با توجه به رابطهٔ $\Delta U=-W_E$، مثبت شدن کار به معنی کاهش انرژی پتانسیل الکتریکی است.



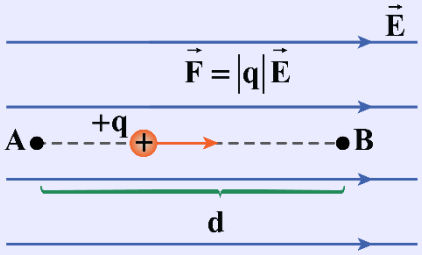
کار نیروی الکتریکی

کار نیروی الکتریکی وارد بر یک ذرهٔ باردار در میدان الکتریکی $\vec{E}$ در یک جابه‌جایی مشخص، برابر با قرینهٔ تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی در همان جابه‌جایی است.

$$W_E=-\Delta U_E$$

تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی یک ذرهٔ باردار در میدان الکتریکی یکنواخت

فرض کنید ذرهٔ باردار $+q$ در یک میدان الکتریکی یکنواخت $\vec{E}$ تحت اثر میدان الکتریکی، جابه‌جایی $\vec{d}$ را انجام می‌دهد. طبق تعریف کار یک نیرو، خواهیم داشت:



$$W_E = F_E d\cos\theta = |q|Ed\cos\theta$$

$$\Delta U_E = -W_E = -|q|Ed\cos\theta$$

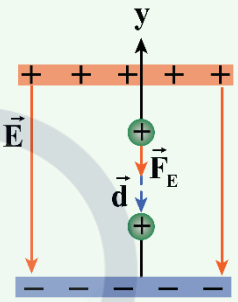
θ زاویهٔ بین نیروی الکتریکی $\vec{F}_E$ و جابه‌جایی $\vec{d}$ است.

نکات طلایی

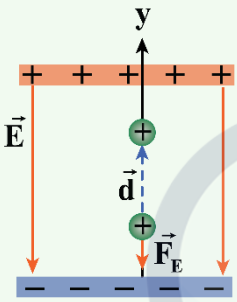
۱- به‌سادگی می‌توان دریافت، اگر بار الکتریکی مثبت، در جهت میدان الکتریکی جابه‌جا شود، انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش یافته است و اگر بار الکتریکی منفی، در جهت میدان الکتریکی جابه‌جا شود، انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد.

۲- اگر یک بار الکتریکی را در یک میدان الکتریکی رها سازیم، همواره به سمتی می‌رود که انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد و اگر برای جابه‌جایی آن مجبور باشیم به‌زور این کار را انجام دهیم، انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد.

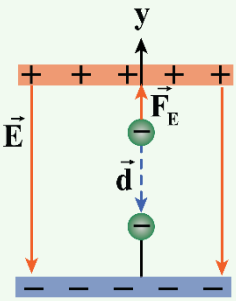
در شکل‌های زیر، چند حالت مربوط به جابه‌جایی بارهای مختلف و تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی نشان داده شده است.



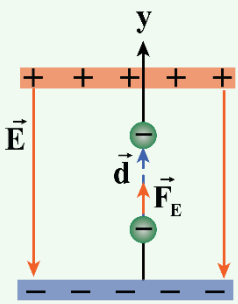
الف) بار مثبت در جهت میدان الکتریکی $\vec{E}$ حرکت می‌کند:
میدان الکتریکی، کار مثبت W_E را روی بار انجام می‌دهد.
انرژی پتانسیل الکتریکی U_E کاهش می‌یابد.



ب) بار مثبت در خلاف جهت میدان الکتریکی $\vec{E}$ حرکت می‌کند:
میدان الکتریکی، کار منفی W_E را روی بار انجام می‌دهد.
انرژی پتانسیل الکتریکی U_E افزایش می‌یابد.



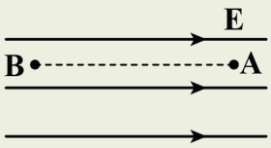
پ) بار منفی در جهت میدان الکتریکی $\vec{E}$ حرکت می‌کند:
میدان الکتریکی، کار منفی W_E را روی بار انجام می‌دهد.
انرژی پتانسیل الکتریکی U_E افزایش می‌یابد.



ت) بار منفی در خلاف جهت میدان الکتریکی $\vec{E}$ حرکت می‌کند:
میدان الکتریکی، کار مثبت W_E را روی بار انجام می‌دهد.
انرژی پتانسیل الکتریکی U_E کاهش می‌یابد.

آزمون سراسری تجربی خارج از کشور ۱۴۰۲

۴۹- ذره‌ای با بار الکتریکی $q < 0$ در یک میدان الکتریکی یکنواخت از نقطهٔ A تا B در راستای میدان جابه‌جا می‌شود. کدام مورد الزاماً درست است؟



۱) کار نیروی میدان الکتریکی روی ذره منفی است.
۲) کار نیروی میدان الکتریکی روی ذره مثبت است.
۳) انرژی جنبشی ذره کاهش می‌یابد.
۴) انرژی جنبشی ذره افزایش می‌یابد.

پاسخ تشریحی:

با توجه به این‌که ذرهٔ باردار در جابه‌جایی از نقطهٔ A تا نقطهٔ B در خلاف جهت خطوط میدان الکتریکی حرکت کرده است؛ بنابراین پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد $(\Delta V > ۰)$. از طرفی چون ذره دارای بار منفی است؛ بنابراین ΔV و ΔU_E مختلف‌العلامت هستند (یعنی $\Delta U_E < ۰$ است.) درنتیجه می‌توان نوشت:

$$W_E = -\Delta U_E \xrightarrow{\Delta U_E < ۰} W_E > ۰$$

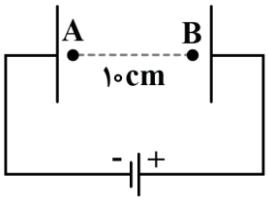
بنابراین کار میدان بر روی ذره در این جابه‌جایی الزاماً مثبت است.

در این سؤال از نیروهای غیر از نیروی الکتریکی صحبتی نشده است؛ بنابراین نمی‌توان با قطعیت گفت کار کل همان کار میدان الکتریکی است و درنتیجه اظهارنظر قطعی در مورد گزینه‌های (۳) و (۴) ممکن نیست.

$$\xrightarrow{\text{قضیهٔ کار - انرژی جنبشی}} W_t = \Delta K \rightarrow W_E + \underbrace{W_{\text{خارجی}}}_{\text{کارهای غیر از میدان الکتریکی}} = \Delta K$$

پاسخ: گزینهٔ ۲

۱۰- مطابق شکل، در یک میدان الکتریکی یکنواخت $E = ۱۰^۵ \frac{N}{C}$ ذره‌ای به جرم ۲g و بار ۶μC از نقطهٔ A با سرعت $۱۰ \frac{m}{s}$ در خلاف جهت میدان الکتریکی پرتاب شده است و سرانجام با سرعت $v_۱$ از نقطهٔ B رد می‌شود. اگر جای قطب‌های باتری عوض شود و ذره بار دیگر در نقطهٔ A با همان سرعت پرتاب شود و با تندی $v_۲$ به نقطهٔ B برسد، $\frac{v_۲}{v_۱}$ چقدر است؟ (از نیروی وزن و مقاومت هوا صرف‌نظر شود.)



۱) ۴

۲) $\frac{۱۳}{۷}$

۳) ۲

۴) ۱

پاسخ: گزینهٔ ۳ (متوسط ـ محاسباتی ـ زمان‌بَر ـ صفحهٔ ۲۱ ـ ۱۱۰۱)

بزرگی تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی ذره و انرژی جنبشی اولیهٔ ذره در هر دو حالت یکسان است. پس در ابتدا آن‌ها را محاسبه می‌کنیم:

$$|\Delta U_E| = |q|Ed \Rightarrow ۶ \times ۱۰^{-۶} \times ۱۰^۵ \times ۰/۱ = ۰/۰۶ J$$

$$K_۰ = \frac{۱}{۲} m v_۰^۲ \Rightarrow \frac{۱}{۲} \times ۲ \times ۱۰^{-۳} \times ۱۰^۲ = ۰/۱ J$$

حالت اول

در این حالت بار مثبت درخلاف جهت میدان حرکت می‌کند، پس انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد.

$$\Delta U_E = -\Delta K \Rightarrow K_۱ = K_۰ - \Delta U_E \xrightarrow{\Delta U_E > ۰} K_۱ = ۰/۱ - ۰/۰۶ = ۰/۰۴ J$$

حالت دوم

در حالت دوم که جای قطب‌های باتری عوض می‌شود، ذره با بار مثبت در جهت میدان حرکت می‌کند و انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد.

$$\Delta U_E = -\Delta K \Rightarrow K_۲ = K_۰ - \Delta U_E \xrightarrow{\Delta U_E < ۰} K_۲ = ۰/۱ - (-۰/۰۶) = ۰/۱۶ J$$

درنهایت با توجه به این‌که $K \propto v^۲$ است، داریم:

$$\frac{K_۲}{K_۱} = (\frac{v_۲}{v_۱})^۲ \Rightarrow \frac{۰/۱۶}{۰/۰۴} = (\frac{v_۲}{v_۱})^۲ \Rightarrow \frac{v_۲}{v_۱} = ۲$$

پایستگی انرژی و انرژی پتانسیل الکتریکی

در مسائلی که اتلاف انرژی نداریم و نیرویی جز نیروی الکتریکی روی ذره کار انجام نمی‌دهد، تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی و انرژی جنبشی، قرینهٔ هم هستند؛ بنابراین برای محاسبهٔ تغییرات انرژی جنبشی کافی است تغییرات انرژی پتانسیل را محاسبه کنیم و سپس آن را قرینه کنیم.

پایستگی انرژی: $\Delta U + \Delta K = ۰ \Rightarrow \Delta K = -\Delta U$

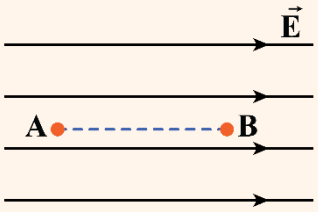
بنابراین با توجه به این‌که $|\Delta U| = |Eqd\cos\alpha|$ است، برای محاسبهٔ ΔK داریم:

$$|\Delta K| = |Eqd\cos\alpha|$$

در حالتی که روی ذره فقط نیروی الکتریکی کار انجام می‌دهد، هرگاه در جهت خودبه‌خودی حرکت کند، $\Delta K > ۰$ است و انرژی جنبشی زیاد می‌شود و هرگاه بار الکتریکی در خلاف جهت خودبه‌خودی حرکت کند، $\Delta K < ۰$ است و انرژی جنبشی کم می‌شود.

یه نمونهٔ باحال

در شکل زیر، در میدان الکتریکی یکنواخت $۱۰^{۵}\frac{N}{C}$، ذره‌ای با بار الکتریکی $q = -۵\mu C$ از نقطهٔ B بدون سرعت اولیه رها می‌شود. وقتی این ذره در مسیر مستقیم، ۲۰cm جابه‌جا شده و به نقطهٔ A می‌رسد، انرژی جنبشی آن چند ژول می‌شود؟ (از اثر گرانش و نیروهای مقاوم در مقابل حرکت ذره صرف‌نظر شود.)



پاسخ تشریحی:

گام اول: بار منفی در خلاف جهت میدان حرکت کرده و از نقطهٔ B به A می‌رسد؛ بنابراین انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش و انرژی جنبشی آن افزایش می‌یابد، پس $\Delta K > ۰$ است.

گام دوم: برای محاسبهٔ انرژی جنبشی می‌توان نوشت:

$$|\Delta K| = |Eqd\cos\alpha| = \left|۱۰^{۵} \times ۵ \times ۱۰^{-۶} \times ۰/۲ \times ۱\right| = ۰/۱J$$

$$\xrightarrow{\Delta K > ۰} \Delta K = +۰/۱J \Rightarrow K_۲ - \overset{\text{صفر}}{\cancel{K_۱}} = ۰/۱J \Rightarrow K_۲ = ۰/۱J$$

نکته

۱- هنگامی که یک بار الکتریکی در جهت خودبه‌خودی، یعنی در جهت نیروی الکتریکی وارد بر آن حرکت کند، انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد؛ بنابراین به نتیجهٔ زیر می‌رسیم:

الف) با حرکت بار مثبت در جهت میدان، انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد.

ب) با حرکت بار منفی در خلاف جهت میدان، انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد.

۲- هنگامی که یک بار الکتریکی در خلاف جهت خودبه‌خودی، یعنی در خلاف جهت نیروی الکتریکی وارد بر آن حرکت کند، انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد؛ بنابراین به نتیجهٔ زیر می‌رسیم:

الف) با حرکت بار مثبت در خلاف جهت میدان، انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد.

ب) با حرکت بار منفی در جهت میدان، انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد.

۳- با حرکت هر نوع بار الکتریکی در جهت عمود بر میدان، انرژی پتانسیل الکتریکی آن تغییر نمی‌کند.

۱- در یک میدان الکتریکی بار الکتریکی $-۲\mu C$ از نقطهٔ A با پتانسیل الکتریکی $-۵۰V$ به نقطهٔ B منتقل می‌شود. اگر کار میدان الکتریکی در این جابه‌جایی $۰/۴mJ$ باشد، پتانسیل الکتریکی نقطهٔ B چند ولت است؟

۱) ۱۵۰- ۲) ۱۵۰+ ۳) ۲۵۰- ۴) ۲۵۰+

پاسخ: گزینهٔ ۲ (متوسط ـ محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۲۳ ـ ۱۱۰۱)

ابتدا تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی بار الکتریکی را می‌یابیم (می‌دانیم ΔU_E برابر قرینهٔ کار میدان الکتریکی روی بار است):

$$\Delta U = -W_E \xrightarrow{W_E = ۰/۴mJ = ۴\times۱۰^{-۴}J} \Delta U = -۴\times۱۰^{-۴}J$$

حال از رابطهٔ تغییرات پتانسیل الکتریکی خواهیم داشت (در این رابطه علامت بار حتماً باید لحاظ شود):

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow V_B - V_A = \frac{\Delta U}{q} \xrightarrow[q=-۲\times۱۰^{-۶}C]{V_A=-۵۰V}$$

$$V_B - (-۵۰) = \frac{-۴\times۱۰^{-۴}}{-۲\times۱۰^{-۶}} \Rightarrow V_B + ۵۰ = +۲۰۰ \Rightarrow V_B = +۱۵۰V$$

نکته

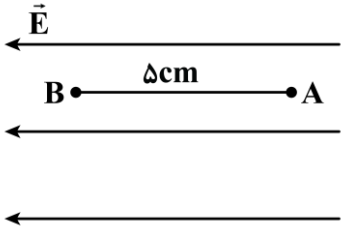
اگر به ذره‌ای فقط نیروی الکتریکی وارد شود، داریم:

$$\underbrace{\Delta U_E}_{\text{تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی (J)}} = -\underbrace{\Delta K}_{\text{تغییر انرژی جنبشی}}$$

رابطهٔ تغییر پتانسیل الکتریکی با تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی به‌صورت زیر است:

$$\underbrace{\Delta V}_{\text{تغییر پتانسیل الکتریکی (V)}} = \frac{\underbrace{\Delta U_E}_{\text{تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی (J)}}}{\underbrace{q}_{\text{بار الکتریکی (C)}}}$$

۲- مطابق شکل، ذره‌ای به جرم ۵ میلی‌گرم و بار $۴\mu C$ از نقطهٔ A رها می‌شود. اگر اندازهٔ اختلاف پتانسیل الکتریکی بین نقاط A و B برابر $۸۰۰V$ باشد، این ذره با تندی چند متر بر ثانیه به نقطهٔ B می‌رسد؟ (از نیروی وزن صرف‌نظر کنید.)



۱) $۱۶\sqrt{۲}$

۲) $۸۰\sqrt{۲}$

۳) $۱۶\sqrt{۵}$

۴) $۸۰\sqrt{۵}$

پاسخ: گزینهٔ ۳ (متوسط ـ محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۲۳ ـ ۱۱۰۱)

با توجه به جابه‌جایی ذره در جهت میدان، درمی‌یابیم پتانسیل الکتریکی نقطهٔ B از پتانسیل نقطهٔ A کم‌تر است؛ پس:

$$V_B - V_A = -۸۰۰V$$

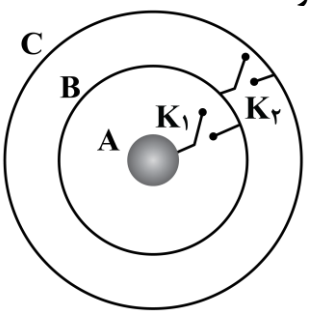
از آن‌جایی که تنها نیروی وارد بر ذره، نیروی الکتریکی است، طبق پایستگی انرژی مکانیکی داریم:

$$\Delta U = -\Delta K \Rightarrow q\Delta V = -(K_۲ - \cancel{K_۱}^{\,۰}) \Rightarrow q\Delta V = -\frac{۱}{۲}mv_۲^۲$$

$$\xrightarrow[m=۵mg=۵\times۱۰^{-۶}kg]{q=۴\times۱۰^{-۶}C\,,\,\Delta V=-۸۰۰V} ۴\times۱۰^{-۶}\times(-۸۰۰) = -\frac{۱}{۲}\times۵\times۱۰^{-۶}\times v_۲^۲$$

$$v_۲^۲ = \frac{۶۴۰۰}{۵} \Rightarrow v_۲ = ۱۶\sqrt{۵}\,\frac{m}{s}$$

۳- مطابق شکل زیر، کرهٔ فلزی A و پوسته‌های فلزی کروی B و C به‌ترتیب دارای بار الکتریکی $-۳\mu C$، $+۵\mu C$ و $+۹\mu C$ هستند. اگر کلیدهای $K_۱$ و $K_۲$ را ببندیم، پس از به تعادل رسیدن بارها، بار پوستهٔ C چند میکروکولن خواهد شد؟



۱) ۱۴

۲) ۱۷

۳) ۱۳

۴) ۱۱

پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ مفهومی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۲۶ ـ ۱۱۰۱)

با بسته‌شدن کلیدهای $K_۱$ و $K_۲$، کرهٔ A و پوستهٔ B یک رسانا محسوب شده و نیز جزئی از سطح داخلی پوستهٔ C محسوب می‌شوند. با توجه به این‌که بار داده‌شده به یک رسانا تماماً در سطح خارجی آن پخش می‌شود، پس تمام بار کرهٔ A و پوستهٔ B تخلیه شده و در سطح خارجی پوستهٔ C قرار می‌گیرند؛ بنابراین داریم:

$$q'_C = +۹ + ۵ - ۳ = ۱۱\mu C$$

۴- اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو صفحهٔ یک خازن را از $۲۸V$ به $۴۰V$ افزایش می‌دهیم. اگر با این کار $۱۵\mu C$ بر بار الکتریکی ذخیره‌شده در خازن افزوده شود، ظرفیت خازن چند میلی‌فاراد است؟

۱) ۱/۲۵ ۲) $۱/۲۵\times۱۰^{-۳}$ ۳) $۱/۲۵\times۱۰^{-۶}$ ۴) ۰/۸

پاسخ: گزینهٔ ۲ (آسان ـ محاسباتی ـ سریع ـ صفحهٔ ۲۹ ـ ۱۱۰۱)

برای به‌دست آوردن ظرفیت یک خازن، می‌توان نوشت:

$$C=\frac{\Delta Q}{\Delta V}=\frac{۱۵\times۱۰^{-۶}}{۴۰-۲۸}=\frac{۵}{۴}\times۱۰^{-۶}F=۱/۲۵\times۱۰^{-۳}mF$$

ظرفیت خازن

با توجه به آن‌که هرچه اختلاف پتانسیل بین دو صفحهٔ خازن بیش‌تر باشد، بار ذخیره‌شده در آن بیش‌تر می‌شود، نسبت بار ذخیره‌شده به اختلاف پتانسیل بین دو صفحهٔ آن را ظرفیت خازن می‌نامند. ظرفیت خازن، عددی ثابت است و آن را با C نشان می‌دهند و واحد آن فاراد یا کولن بر ولت است:

$$C=\frac{q}{V}$$

هنگامی‌که یک خازن به ظرفیت C توسط یک باتری با ولتاژ V باردار می‌شود، بار ذخیره‌شده در آن از رابطهٔ $q=CV$ به‌دست می‌آید.

عوامل مؤثر بر ظرفیت خازن:

تنها ویژگی‌های ساختمانی می‌توانند بر روی ظرفیت خازن مؤثر باشند.

$$C=\underset{\text{ثابت دی‌الکتریک}}{\underset{\downarrow}{\kappa}}\ \varepsilon_{۰}\frac{A}{d}\begin{matrix}\rightarrow(m^{۲})\ \text{مساحت صفحات}\\ \rightarrow(m)\ \text{فاصلهٔ بین صفحات}\end{matrix}$$

میدان الکتریکی بین صفحه‌های خازن از روابط زیر به‌دست می‌آید:

$E=\frac{V}{d}\Rightarrow$ اگر ولتاژ را داشته باشیم.

$E=\frac{q}{\kappa\varepsilon_{۰}A}\Rightarrow$ اگر بار را داشته باشیم.

انرژی ذخیره‌شده در خازن از روابط زیر به‌دست می‌آید:

$$\text{انرژی خازن}\Rightarrow\begin{cases}U=\frac{۱}{۲}CV^{۲}\\ U=\frac{۱}{۲}\frac{q^{۲}}{C}\\ U=\frac{۱}{۲}qV\end{cases}$$

یه نمونهٔ باحال

یک خازن تخت از صفحه‌هایی با مساحت $۱۰^{-۳}m^{۲}$ ساخته شده است که در فاصلهٔ $۰/۵mm$ از هم قرار گرفته‌اند و بین صفحه‌ها هوا است. اگر این خازن را به اختلاف پتانسیل $۲۰V$ متصل کنیم تا شارژ شود، به سؤالات زیر پاسخ دهید.

الف) ظرفیت خازن چند نانوفاراد است؟ $(\varepsilon_{۰}=۹\times۱۰^{-۱۲}\frac{F}{m})$

$$C=\kappa\varepsilon_{۰}\frac{A}{d}=۱\times۹\times۱۰^{-۱۲}\times\frac{۱۰^{-۳}}{۰/۵\times۱۰^{-۳}}=۱۸\times۱۰^{-۱۲}F=۰/۰۱۸nF$$

ب) بزرگی میدان الکتریکی بین صفحه‌های خازن چند واحد SI است؟

$$E=\frac{V}{d}=\frac{۲۰}{۰/۵\times۱۰^{-۳}}=۴\times۱۰^{۴}\frac{V}{m}$$

پ) بار ذخیره‌شده در خازن چند نانوکولن است؟

$$q = CV \Rightarrow q = ۰/۰۱۸ \times ۲۰ = ۰/۳۶\,nC$$

ت) انرژی ذخیره‌شده در خازن چند نانوژول است؟

$$U = \frac{۱}{۲}CV^۲ = \frac{۱}{۲} \times ۰/۰۱۸ \times ۲۰^۲ = ۳/۶\,nJ$$

۵- خازنی که بین صفحات آن هوا است، به دو سر یک باتری متصل است. اگر در این حالت فاصلهٔ بین صفحات خازن را ۲ برابر کنیم، سپس این فاصله را با ماده‌ای با ثابت دی‌الکتریک $\kappa = ۱/۵$ پر کنیم، کدام مورد درست است؟

۱) انرژی ذخیره‌شده در خازن، ۷۵ درصد کاهش می‌یابد.

۲) میدان الکتریکی بین دو صفحه، ۵۰ درصد کاهش می‌یابد.

۳) میدان الکتریکی بین دو صفحه، $\frac{۳}{۴}$ برابر می‌شود.

۴) انرژی ذخیره‌شده در خازن، $\frac{۴}{۳}$ برابر می‌شود.

پاسخ: گزینهٔ ۲ (متوسط ـ محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۳۴ ـ ۱۱۰۱)

با توجه به رابطهٔ ظرفیت خازن برحسب مشخصات ساختمانی آن، داریم:

$$C = \kappa\varepsilon_۰ \frac{A}{d} \Rightarrow \frac{C_۲}{C_۱} = \frac{\kappa_۲}{\kappa_۱} \times \frac{d_۱}{d_۲} \xrightarrow[d_۲ = ۲d_۱]{\kappa_۱ = ۱,\ \kappa_۲ = ۱/۵} \frac{C_۲}{C_۱} = ۱/۵ \times \frac{۱}{۲} = \frac{۳}{۴}$$

چون خازن به باتری متصل است، اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو صفحهٔ آن ثابت است و داریم:

$$U = \frac{۱}{۲}CV^۲ \xrightarrow{V\ \text{ثابت است.}} \frac{U_۲}{U_۱} = \frac{C_۲}{C_۱} = \frac{۳}{۴}$$

بنابراین درصد تغییر انرژی، برابر است با:

$$(\frac{U_۲}{U_۱} - ۱) \times ۱۰۰ = (\frac{۳}{۴} - ۱) \times ۱۰۰ = -۲۵\%$$

پس گزینه‌های (۱) و (۴) نادرست‌اند.

برای بررسی میدان الکتریکی بین دو صفحه، داریم:

$$E = \frac{V}{d} \xrightarrow{V\ \text{ثابت است.}} \frac{E_۲}{E_۱} = \frac{d_۱}{d_۲} = \frac{d_۱}{۲d_۱} = \frac{۱}{۲}$$

درصد تغییرات میدان الکتریکی: $(\frac{E_۲}{E_۱} - ۱) \times ۱۰۰ = (\frac{۱}{۲} - ۱) \times ۱۰۰ = -۵۰\%$

بنابراین میدان الکتریکی بین دو صفحه، ۵۰ درصد کاهش می‌یابد.

نکته

برای مقایسهٔ انرژی دو خازن از روابط زیر استفاده می‌کنیم:

۱- اگر ظرفیت و ولتاژ خازن‌ها را بدانیم:

$$U = \frac{۱}{۲}CV^۲ \Rightarrow \frac{U_۲}{U_۱} = \frac{C_۲}{C_۱} \times (\frac{V_۲}{V_۱})^۲$$

۲- اگر بار الکتریکی و ظرفیت خازن‌ها را بدانیم:

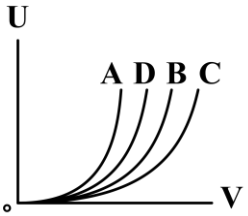
$$U = \frac{۱}{۲}\frac{q^۲}{C} \Rightarrow \frac{U_۲}{U_۱} = \frac{C_۱}{C_۲} \times (\frac{q_۲}{q_۱})^۲$$

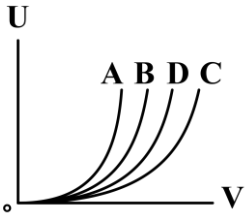
۳- اگر بار الکتریکی و ولتاژ خازن‌ها را بدانیم:

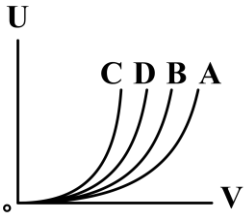
$$U = \frac{۱}{۲}qV \Rightarrow \frac{U_۲}{U_۱} = \frac{q_۲}{q_۱} \times \frac{V_۲}{V_۱}$$

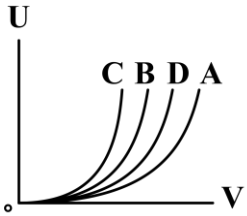
۶- جدول زیر مشخصات ۴ خازن A، B، C و D را نشان می‌دهد. اگر مساحت صفحات خازن‌ها با یکدیگر برابر باشند، کدام نمودار، انرژی ذخیره‌شده در خازن‌ها را برحسب اختلاف پتانسیل الکتریکی، به‌درستی نشان می‌دهد؟

خازن	A	B	C	D
فاصلهٔ بین صفحات (mm)	۶	۹	۱۰	۸
ثابت دی‌الکتریک	۲/۵	۳	۲/۸	۳/۲

۱) 

۲) 

۳) 

۴) 

پاسخ: گزینهٔ ۱ (سخت ـ مفهومی/محاسباتی ـ زمان‌بَر ـ صفحهٔ ۳۴ ـ ۱۱۰۱)

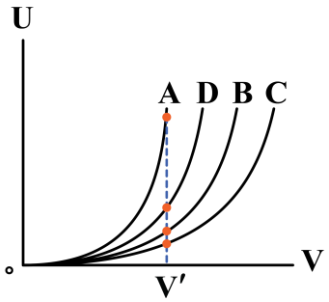
ابتدا ظرفیت خازن‌ها را با یکدیگر مقایسه می‌کنیم:

$$C=\frac{\kappa\varepsilon_{\circ}A}{d}\xrightarrow{A_A=A_B=A_C=A_D}\frac{C'}{C}=\frac{\kappa'}{\kappa}\times\frac{d}{d'}$$

درنتیجه خازنی که مقدار $\frac{\kappa}{d}$ بزرگ‌تری داشته باشد، دارای ظرفیت بیش‌تری است.

$$\begin{cases} A:\frac{\kappa}{d}=\frac{۲/۵}{۶}=۰/۴۲ \\ B:\frac{\kappa}{d}=\frac{۳}{۹}=۰/۳۳ \\ C:\frac{\kappa}{d}=\frac{۲/۸}{۱۰}=۰/۲۸ \\ D:\frac{\kappa}{d}=\frac{۳/۲}{۸}=۰/۴۰ \end{cases}\Rightarrow C_A>C_D>C_B>C_C$$

طبق رابطهٔ $U=\frac{۱}{۲}CV^{۲}$، به‌ازای V' یکسان، هر خازنی که دارای ظرفیت بیش‌تری باشد، انرژی ذخیره‌شدهٔ آن نیز بیش‌تر خواهد بود.



۷- چه تعداد از عبارت‌های زیر نادرست است؟

الف ـ همهٔ بارهای متحرک جریان الکتریکی خالص تولید می‌کنند.

ب ـ دراثر ایجاد اختلاف پتانسیل الکتریکی در دو سر یک رسانا، درون آن شارش بار الکتریکی خالص ایجاد می‌شود.

ج ـ الکترون‌ها با سرعت سوق در خلاف جهت میدان الکتریکی به‌طور بسیار آهسته‌ای سوق پیدا می‌کنند.

۱) صفر ۲) ۱ ۳) ۲ ۴) ۳

پاسخ: گزینهٔ ۲ (آسان ـ حفظی/مفهومی ـ سریع ـ صفحهٔ ۴۱ ـ ۱۱۰۲)

با توجه به نکات گفته‌شده در درس‌نامه عبارت «الف» نادرست است.

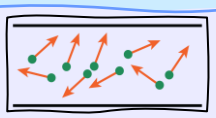
بررسی موارد نادرست:

الف) جریان الکتریکی ناشی از شارش **خالص** بارهای متحرک است؛ بنابراین همهٔ بارهای متحرک، جریان الکتریکی ایجاد نمی‌کنند. (✱)

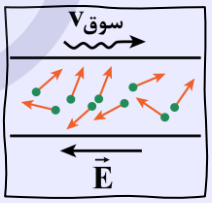
درس‌نامه

رسانا

- در تعادل الکترواستاتیک
  - پتانسیل الکتریکی تمام نقاط یکسان است $(\Delta V = ۰)$.
  - الکترون‌های آزاد به‌صورت کاتوره‌ای حرکت می‌کنند (تندی بسیار زیاد از مرتبهٔ $۱۰^{۶}\ \frac{m}{s}$).
  - شارش خالص بار نداریم.
  - میدان الکتریکی در داخل رسانا صفر است.



- در عدم تعادل
  - پتانسیل نقاط باهم برابر نیست $(\Delta V \neq ۰)$.
  - الکترون‌های آزاد به‌صورت کاتوره‌ای حرکت می‌کنند، از طرفی حرکت دیگری با تندی بسیار کم به نام **سرعت سوق** از مرتبهٔ $۰/۱\ \frac{mm}{s}$ هم دارند.
  - شارش خالص بار داریم (سرعت سوق در خلاف جهت میدان داخل رسانا است).
  - میدان الکتریکی در داخل رسانا صفر نیست.



جریان الکتریکی چیست؟

آهنگ شارش بار الکتریکی

جریان الکتریکی متوسط ← نسبت بار خالص عبوری به مدت‌زمان

$$I_{av} = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

I_{av}: جریان متوسط (A) Δq: بار خالص عبوری (C) Δt: مدت‌زمان (s)

جریان الکتریکی کمیتی اصلی و نرده‌ای است که یکای آن در SI، آمپر (A) است.

یکای فرعی بار الکتریکی:

$$I_{av} = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow \Delta q = I.\Delta t \Rightarrow C = A.s$$

بنابراین یک کولن معادل یک آمپر ـ ثانیه است.

یکی از یکاهای بار الکتریکی میلی‌آمپر - ساعت است که هر میلی‌آمپر ساعت معادل $۳/۶C$ است.

$$q = ۱mAh \times \frac{۳۶۰۰s}{۱h} \times \frac{۱۰^{-۳}A}{۱mA} \times \frac{۱C}{۱A.s} = ۳/۶C$$

یه نمونهٔ باحال

در مدت ۲ms مقدار ۲۵۰μC بار از یک مقطع مشخص از سیم، عبور می‌کند. جریان متوسط عبوری چند میلی‌آمپر است؟

پاسخ تشریحی:

$$I=\frac{\Delta q}{\Delta t}\xrightarrow[\Delta t=۲ms]{\Delta q=۲۵۰\mu C}I=\frac{۲۵۰\times ۱۰^{-۶}}{۲\times ۱۰^{-۳}}=۰/۱۲۵A\times\frac{۱۰۰۰mA}{۱A}=۱۲۵mA$$

یه نمونهٔ باحال

دو کرهٔ رسانای مشابه با بارهای الکتریکی $q_۱=۳\mu C$ و $q_۲=-۷\mu C$ را با یک سیم به‌هم وصل می‌کنیم. اگر در مدت ۲ms بار دو کره یکسان شود، جریان عبوری از سیم، چند آمپر است؟

(۱) مرحلهٔ: محاسبهٔ بار نهایی هر کره $\Rightarrow q'=\frac{q_۱+q_۲}{۲}=\frac{۳+(-۷)}{۲}=-۲\mu C$

(۲) مرحلهٔ: محاسبهٔ بار منتقل‌شده $\Rightarrow \Delta q=|-۲-۳|=۵\mu C$

(۳) مرحلهٔ: محاسبهٔ جریان $\Rightarrow I=\frac{\Delta q}{\Delta t}=\frac{۵\times ۱۰^{-۶}}{۲\times ۱۰^{-۳}}=۲/۵\times ۱۰^{-۳}A$

یه نمونهٔ باحال

در مدت ۱/۵ms تعداد ۶×۱۰^{۱۵} الکترون از یک مقطع معین سیمی عبور می‌کند. جریان متوسط عبوری را حساب کنید.

$(e=۱/۶\times ۱۰^{-۱۹}C)$

پاسخ تشریحی:

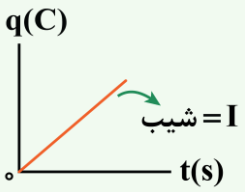
(۱) مرحلهٔ: محاسبهٔ بار شارش‌یافته $\Rightarrow \Delta q=ne=۶\times ۱۰^{۱۵}\times ۱/۶\times ۱۰^{-۱۹}=۶\times ۱/۶\times ۱۰^{-۴}C$

(۲) مرحلهٔ: محاسبهٔ جریان $\Rightarrow I=\frac{\Delta q}{\Delta t}=\frac{۶\times ۱/۶\times ۱۰^{-۴}}{۱/۵\times ۱۰^{-۳}}=۰/۶۴A$

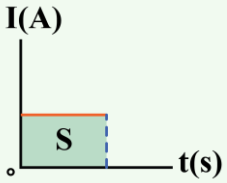
جریان مستقیم چیست؟ اگر آهنگ شارش بار ثابت باشد، یعنی جریان متوسط با جریان لحظه‌ای برابر باشد، به آن جریان مستقیم می‌گوییم.

دو نمودار مهم

نمودار بار برحسب زمان برای جریان مستقیم:



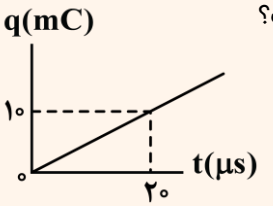
نمودار جریان برحسب زمان برای جریان مستقیم:



$\Delta q=S$

یه نمونهٔ باحال

نمودار بار عبوری از یک رسانا برحسب زمان، مطابق شکل روبه‌رو است. جریان عبوری از این رسانا، چند آمپر است؟

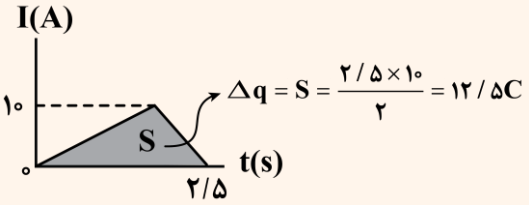


پاسخ تشریحی:

$$I=\frac{\Delta q}{\Delta t}=\frac{۱۰\times ۱۰^{-۳}}{۲۰\times ۱۰^{-۶}}=۰/۵\times ۱۰^{۳}=۵۰۰A$$

یه نمونهٔ باحال

نمودار جریان عبوری از یک رسانا، برحسب زمان مطابق شکل زیر است. جریان الکتریکی متوسط در این مدت، چند آمپر است؟



$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{۱۲/۵}{۲/۵} = ۵A$$

۸- ولتاژ باتری یک نوع ماشین‌حساب ۳V است. اگر این ماشین‌حساب یک ساعت روشن باشد، باتری ۷/۲J انرژی به مدار آن می‌دهد. جریان الکتریکی عبوری متوسط از مدار باتری در این مدت چند میلی‌آمپر است؟

۱) $\frac{۱}{۳}$ ۲) $\frac{۲}{۳}$ ۳) $\frac{۲}{۹}$ ۴) $\frac{۱}{۱۲}$

پاسخ: گزینهٔ ۲ (متوسط ـ محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۴۲ ـ ۱۱۰۲)

گام اول

بار الکتریکی عبوری از مدار را حساب می‌کنیم:

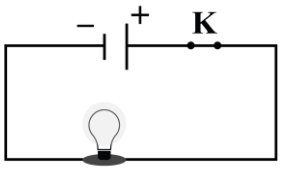
$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow ۳ = \frac{۷/۲}{q} \Rightarrow q = ۲/۴C$$

گام آخر

جریان عبوری متوسط را حساب می‌کنیم:

$$I_{av} = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow I_{av} = \frac{۲/۴}{۳۶۰۰} = \frac{۱}{۱۵۰۰}A \Rightarrow I_{av} = \frac{۲}{۳}mA$$

۹- در مدار شکل زیر، اختلاف پتانسیل دو سر لامپ ۴V است. اگر در مدت ۵ دقیقه تعداد $۷/۵\times۱۰^{۲۰}$ الکترون از لامپ عبور کند، مقاومت لامپ چند اُهم است؟ $(e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C)$



۱) ۲ ۲) ۴
۳) ۵ ۴) ۱۰

پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۴۴ ـ ۱۱۰۲)

گام اول

بار خالص عبوری را حساب می‌کنیم:

$$\Delta q = ne \Rightarrow \Delta q = ۷/۵\times۱۰^{۲۰}\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹} = ۱۲۰C$$

گام دوم

جریان الکتریکی را حساب می‌کنیم. با توجه به این‌که جریان مستقیم فرض شده است، داریم:

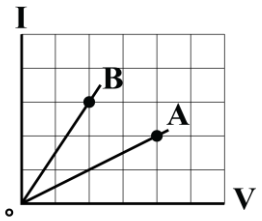
$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow I = \frac{۱۲۰}{۵\times۶۰} = ۰/۴A$$

گام آخر

مقاومت لامپ را حساب می‌کنیم:

$$R=\frac{V}{I}\Rightarrow R=\frac{۴}{۰/۴}=۱۰\Omega$$

۱۰- شکل زیر، نمودار $I-V$ را برای دو مقاومت A و B نشان می‌دهد. اگر اختلاف پتانسیل ۱۲ ولت به مقاومت A اعمال شود، جریان ۲ آمپر از آن عبور می‌کند. مقاومت B چند اُهم است؟



۱) ۲

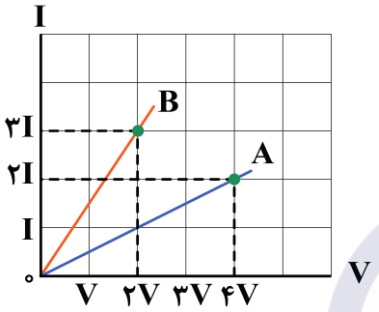
۲) ۴

۳) ۶

۴) ۸

پاسخ: گزینهٔ ۱ **(متوسط ـ مفهومی/محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۴۴ ـ ۱۱۰۲)**

گام اول



از مقایسهٔ نمودار $I-V$ دو مقاومت، نسبت $\frac{R_B}{R_A}$ را حساب می‌کنیم. می‌دانیم $R=\frac{V}{I}$ است؛

بنابراین داریم:

$$\frac{R_B}{R_A}=\frac{\frac{۲V}{۳I}}{\frac{۴V}{۲I}}=\frac{۱}{۳}$$

گام دوم

مقاومت R_A را حساب می‌کنیم. طبق قانون اُهم داریم:

$$R=\frac{V}{I}\Rightarrow R_A=\frac{۱۲}{۲}=۶\Omega$$

گام آخر

مقاومت R_B را حساب می‌کنیم:

$$\frac{R_B}{R_A}=\frac{۱}{۳}\Rightarrow\frac{R_B}{۶}=\frac{۱}{۳}\Rightarrow R_B=۲\Omega$$

انواع رسانا

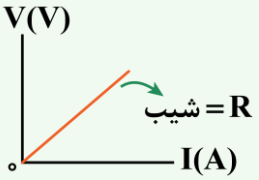
رسانای اُهمی: رسانایی که از قانون اُهم پیروی می‌کند. (مانند فلزات و بیش‌تر رساناهای غیرفلزی)

رسانای غیراُهمی: رسانایی که از قانون اُهم پیروی نمی‌کند. (مثل دیودها)

بررسی نمودارهای مهم

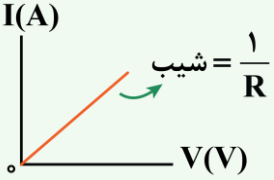
نمودار $V-I$ (ولتاژ برحسب جریان):

برای رسانای اُهمی این نمودار به‌صورت خطی است که شیب آن متناسب با مقاومت است.



نمودار $I-V$ (جریان برحسب ولتاژ):

برای رساناهای اُهمی این نمودار به‌صورت خطی با شیب ثابت است که شیب آن برابر با $\frac{۱}{R}$ است.

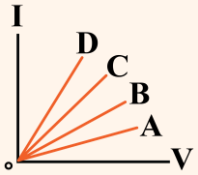


یه نمونهٔ باحال

نمودار جریان الکتریکی برحسب ولتاژ چهار رسانای A، B، C و D مطابق شکل زیر است. ترتیب مقاومت‌ها از کوچک به بزرگ چگونه است؟

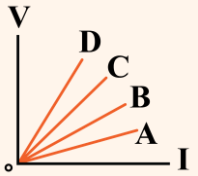
پاسخ تشریحی:

در نمودار $I-V$ هرچه شیب بزرگ‌تر باشد، مقاومت کم‌تر است.



$R_D < R_C < R_B < R_A$

اگر نمودار $V-I$ بود چی؟

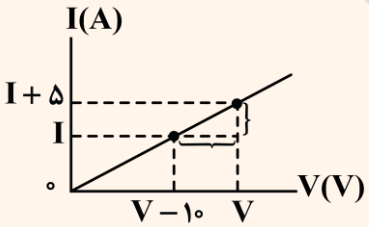


$R_A < R_B < R_C < R_D$

نتیجهٔ اخلاقی: هرچه خطی به محور V نزدیک‌تر باشه، مقاومتش بیش‌تره.

یه نمونهٔ باحال

نمودار جریان برحسب ولتاژ یک رسانا، مطابق شکل زیر است. اگر این رسانا را به ولتاژ ۲۰V وصل کنیم، در مدت یک دقیقه چند الکترون از هر مقطع رسانا می‌گذرد؟ $(e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} C)$



(۱) مرحلهٔ: محاسبهٔ مقاومت $\rightarrow$ شیب $I-V = \frac{۱}{R} \Rightarrow \frac{۵}{۱۰} = \frac{۱}{R} \Rightarrow R = ۲\Omega$

(۲) مرحلهٔ: محاسبهٔ جریان $\rightarrow R = \frac{V}{I} \Rightarrow ۲ = \frac{۲۰}{I} \Rightarrow I = ۱۰A$

(۳) مرحلهٔ: محاسبهٔ بار عبوری $\rightarrow I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow ۱۰ = \frac{\Delta q}{۶۰} \Rightarrow \Delta q = ۶۰۰C$

(۴) مرحلهٔ: محاسبهٔ تعداد الکترون عبوری $\rightarrow \Delta q = ne \Rightarrow ۶۰۰ = n \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}$

$$\Rightarrow n = \frac{۶۰۰}{۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}} = ۳/۷۵ \times ۱۰^{۲۱}$$

۱- دو سیم استوانه‌ای و هم‌جنس A و B در اختیار داریم که جرم سیم A، $\frac{۱}{۳}$ برابر جرم سیم B است. اگر قطر مقطع سیم A، $\frac{۱}{۲}$ برابر قطر مقطع سیم B باشد، مقاومت سیم A چند برابر مقاومت سیم B است؟

۱) $\frac{۴}{۳}$ ۲) $\frac{۸}{۳}$ ۳) $\frac{۱۶}{۳}$ ۴) ۸

پاسخ: گزینهٔ ۳ (سخت ـ محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۴۵ ـ ۱۱۰۲)

چون سیم‌ها هم‌جنس‌اند، چگالی (ρ') و مقاومت ویژهٔ (ρ) برابر دارند. درنتیجه طبق رابطهٔ مقاومت رسانا برحسب مشخصات ساختمانی آن، داریم:

$$R=\rho\frac{L}{A}\xrightarrow{L=\frac{m}{\rho' A}}R=\frac{\rho m}{\rho' A^{۲}}\xrightarrow[\rho'_A=\rho'_B]{\rho_A=\rho_B}\frac{R_A}{R_B}=\frac{m_A}{m_B}\times(\frac{A_B}{A_A})^{۲}$$

$$\xrightarrow{A=\pi\frac{d^{۲}}{۴}}\frac{R_A}{R_B}=\frac{m_A}{m_B}\times(\frac{d_B}{d_A})^{۴}\xrightarrow[d_A=\frac{۱}{۲}d_B]{m_A=\frac{۱}{۳}m_B}$$

$$\frac{R_A}{R_B}=\frac{۱}{۳}\times(۲)^{۴}=\frac{۱۶}{۳}$$

روابط کمکی عوامل مؤثر بر مقاومت

$$V=A.L\Rightarrow\begin{cases}A=\frac{V}{L}\\ L=\frac{V}{A}\end{cases}$$

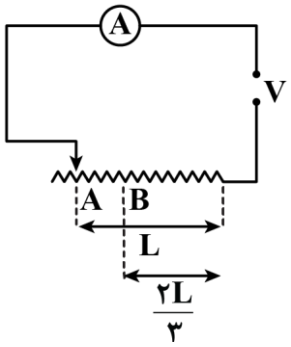
V: حجم A: سطح مقطع L: طول

تستی:

$$R=\frac{\rho.L}{A}\Rightarrow\begin{cases}R=\frac{\rho.V}{A^{۲}}\xrightarrow{\rho'=\frac{m}{V}}R=\frac{\rho.m}{\rho'.A^{۲}}\\ R=\frac{\rho.L^{۲}}{V}\xrightarrow{\rho'=\frac{m}{V}}R=\frac{\rho.L^{۲}\rho'}{m}\end{cases}$$

محاسبهٔ جریان :مرحلهٔ (۲) $\rightarrow R=\frac{V}{I}\xrightarrow[V=۲۴V]{R=۸\Omega}۸=\frac{۲۴}{I}\Rightarrow I=۳A$

۲- در مدار شکل زیر، لغزندهٔ رئوستا از نقطهٔ A به نقطهٔ B جابه‌جا می‌شود. عددی که آمپرسنج آرمانی نشان می‌دهد، چقدر و چگونه تغییر می‌کند؟ (دما ثابت فرض می‌شود.)



۱) ۵۰ درصد کاهش می‌یابد.

۲) ۳۳ درصد کاهش می‌یابد.

۳) ۵۰ درصد افزایش می‌یابد.

۴) ۳۳ درصد افزایش می‌یابد.

پاسخ: گزینهٔ ۳ (متوسط ـ محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۴۷ ـ ۱۱۰۲)

گام اول

با توجه به ثابت‌بودن ولتاژ، جریان به نسبت وارون با مقاومت تغییر می‌کند:

$$V=IR\xrightarrow{V=\text{ثابت}}\frac{I_۲}{I_۱}=\frac{R_۱}{R_۲}$$

گام دوم

طول مقاومت $\frac{۱}{۳}L$ کاهش پیدا کرده است؛ بنابراین طبق رابطهٔ $R=\frac{\rho.L}{A}$ داریم:

$$\frac{I_۲}{I_۱}=\frac{R_۱}{R_۲}=\frac{\ell_۱}{\ell_۲}=\frac{L}{\frac{۲L}{۳}}=\frac{۳}{۲}=۱/۵$$

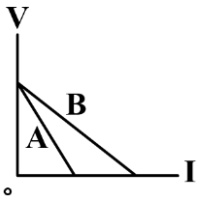
گام آخر

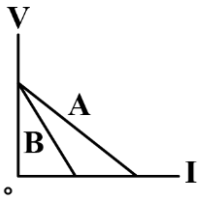
درصد تغییر جریان را محاسبه می‌کنیم:

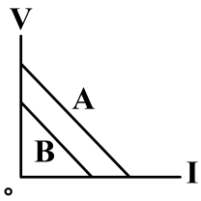
$$\frac{\Delta I}{I_۱}\times ۱۰۰=\frac{I_۲-I_۱}{I_۱}\times ۱۰۰=\frac{۱/۵I_۱-I_۱}{I_۱}\times ۱۰۰=۵۰\%$$

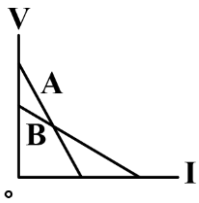
بنابراین عدد آمپرسنج ۵۰ درصد افزایش می‌یابد.

۳- دو باتری مشابه در اختیار داریم. اگر باتری A نو و باتری B فرسوده باشد، نمودار ولتاژ ـ جریان برای این دو باتری کدام شکل می‌تواند باشد؟

۱) 

۲) 

۳) 

۴) 

پاسخ: گزینهٔ ۲ (متوسط ـ مفهومی ـ سریع ـ صفحهٔ ۵۱ ـ ۱۱۰۲)

چون دو باتری مشابه هستند، دارای نیروی محرکهٔ برابر می‌باشند. از طرفی چون باتری B فرسوده است، درمی‌یابیم مقاومت درونی (مقدار شیب نمودار $V-I$) آن بیش‌تر است؛ بنابراین نمودار ولتاژ ـ جریان آن‌ها به‌صورت مقابل خواهد بود:

تذکر!

دقت شود در نمودار $V-I$ برای یک باتری، عرض از مبدأ برابر نیروی محرکهٔ باتری (ε) و شیب نمودار برابر مقاومت درونی باتری (r) است.

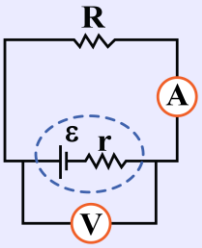
نیروی محرکه چیست؟

مقدار کاری که مولد بر روی یک واحد مثبت بار الکتریکی $(+1C)$ انجام می‌دهد، تا آن را از پتانسیل کم‌تر (قطب منفی) به پتانسیل بیش‌تر (قطب مثبت) منتقل کند.

$$\varepsilon = \frac{W}{\Delta q}$$

ε : نیروی محرکه (V) $\quad$ W: کار (J) $\quad$ Δq : بار الکتریکی (C)

در مدار تک‌حلقهٔ ساده، ولتاژ دو سر باتری را از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آوریم:

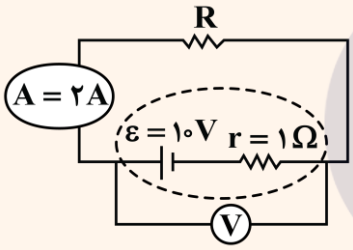


$$V_{\text{باتری}} = \varepsilon - rI$$

ε : نیروی محرکه (V) $\quad$ I: جریان (A) $\quad$ r: مقاومت درونی (Ω) $\quad$ rI : افت پتانسیل (V)

یه نمونهٔ باحال

در مدار شکل زیر، عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد، چند ولت است؟



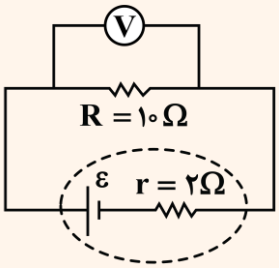
پاسخ تشریحی:

$$V_{\text{باتری}} = \varepsilon - rI$$

$$V_{\text{باتری}} = ۱۰ - (۱\times ۲) = ۱۰ - ۲ = ۸V$$

یه نمونهٔ باحال

در مدار شکل زیر، عددی که ولت‌سنج آرمانی نشان می‌دهد، ۲۰V است. نیروی محرکهٔ باتری چند ولت است؟



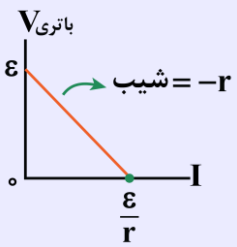
پاسخ تشریحی:

$$V_{\text{مقاومت خارجی}} = V_{\text{باتری}}$$

$$V = RI \xrightarrow[R=۱۰\Omega]{V=۲۰V} ۲۰ = ۱۰\times I \Rightarrow I = ۲A$$

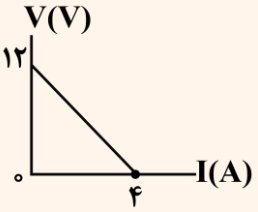
$$V_{\text{باتری}} = \varepsilon - rI \xrightarrow[r=۲\Omega\ ,\ I=۲A]{V_{\text{باتری}}=۲۰V} ۲۰ = \varepsilon - \overbrace{(۲\times ۲)}^{۴} \Rightarrow \varepsilon = ۲۴V$$

نمودار ولتاژ دو سر باتری برحسب جریان



یه نمونهٔ باحال

نمودار ولتاژ دو سر باتری برحسب جریان گذرنده از آن در یک مدار تک‌حلقهٔ ساده مطابق شکل زیر است. نیروی محرکه و مقاومت درونی باتری به‌ترتیب چقدر است؟

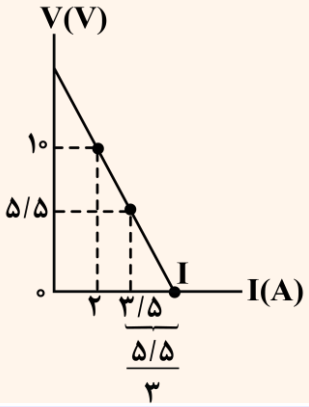


$$\varepsilon = ۱۲V$$

$$-r = \frac{-۱۲}{۴} = -۳ \Rightarrow r = ۳\Omega$$

یه نمونهٔ باحال

نمودار ولتاژ دو سر یک باتری برحسب جریان گذرنده از آن مطابق شکل زیر است. به‌ازای چه جریانی، ولتاژ دو سر باتری صفر می‌شود؟



$$\text{شیب} = -r \Rightarrow \frac{۵/۵ - ۱۰}{۳/۵ - ۲} = -\frac{۴/۵}{۱/۵} \Rightarrow r = ۳\Omega$$

$$I = ۳/۵ + \frac{۵/۵}{۳} = \frac{۱۶}{۳}A$$

برای محاسبهٔ جریان گذرنده از باتری در مدار تک‌حلقهٔ ساده از رابطهٔ زیر استفاده می‌کنیم:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r}$$

I: جریان (A) — ε: نیروی محرکه (V)

R_{eq}: مقاومت معادل خارجی (Ω) — r: مقاومت درونی باتری (Ω)

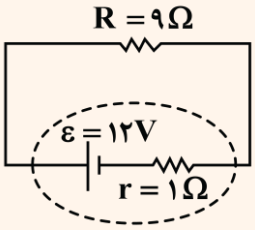
یه نمونهٔ باحال

در مدار شکل مقابل،

الف: جریان گذرنده از باتری چند آمپر است؟

ب: افت پتانسیل باتری را حساب کنید.

پ: ولتاژ دو سر باتری را حساب کنید.



پاسخ تشریحی:

الف:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{۱۲}{۹ + ۱} = \frac{۱۲}{۱۰} = ۱/۲A$$

ب:

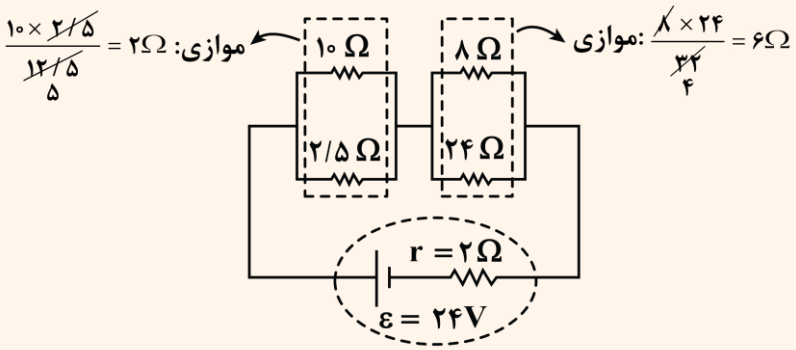
$$\text{افت پتانسیل} = rI = ۱ \times ۱/۲ = ۱/۲V$$

پ:

$$V_{\text{باتری}} = \varepsilon - rI \Rightarrow V_{\text{باتری}} = ۱۲ - (۱ \times ۱/۲) = ۱۰/۸V$$

یه نمونهٔ باحال

در مدار شکل زیر، جریان گذرنده از باتری چند آمپر است؟



پاسخ تشریحی:

مرحلهٔ ۱: محاسبهٔ مقاومت معادل (R_{eq}):

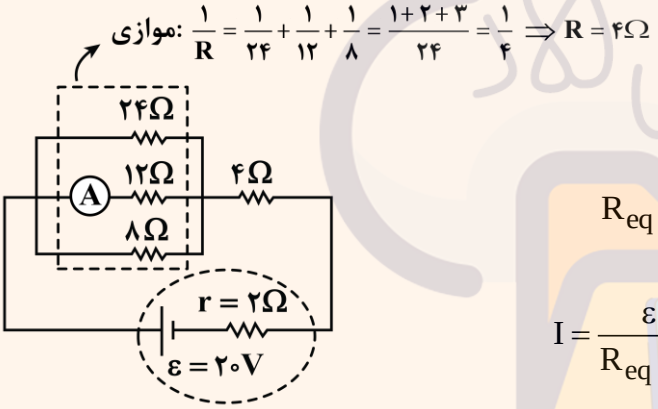
$$R_{eq} = ۲ + ۶ = ۸\Omega$$

مرحلهٔ ۲: محاسبهٔ جریان:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{۲۴}{۸ + ۲} = ۲/۴A$$

یه نمونهٔ باحال

در مدار شکل زیر، عددی که آمپرسنج آرمانی نشان می‌دهد، چند آمپر است؟



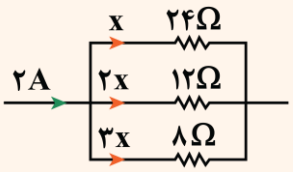
پاسخ تشریحی:

مرحلهٔ ۱: محاسبهٔ مقاومت معادل (R_{eq}):

$$R_{eq} = ۴ + ۴ = ۸\Omega$$

مرحلهٔ ۲: محاسبهٔ جریان کل:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{۲۰}{۸ + ۲} = ۲A$$

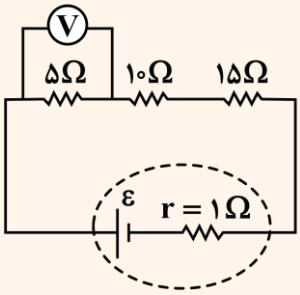


مرحلهٔ ۳: محاسبهٔ جریان گذرنده از مقاومت ۱۲Ω:

$$I_{۱۲\Omega} = \frac{۲x}{۶x} \times ۲ = \frac{۱}{۳} \times ۲ = \frac{۲}{۳}A$$

یه نمونهٔ باحال

در شکل زیر، عددی که ولت‌سنج آرمانی نشان می‌دهد، ۱۵V است. نیروی محرکهٔ باتری چند ولت است؟



پاسخ تشریحی:

مرحلهٔ ۱: محاسبهٔ جریان:

$$V = RI \Rightarrow I = \frac{V}{R} = \frac{۱۵}{۵} = ۳A$$

مرحلهٔ ۲: محاسبهٔ مقاومت معادل:

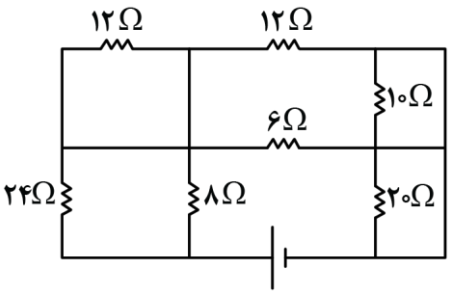
$$R_{eq} = ۵ + ۱۰ + ۱۵ = ۳۰\Omega$$

مرحلهٔ آخر: محاسبهٔ نیروی محرکه:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow ۳ = \frac{\varepsilon}{۳۰ + ۱} \Rightarrow \varepsilon = ۹۳V$$

دقت کنید چون مقاومت‌ها متوالی هستند، جریان گذرنده از هر سه مقاومت با جریان کل برابر است.

۴- در شکل روبه‌رو، مقاومت معادل مدار چند اهم است؟



۱) ۴

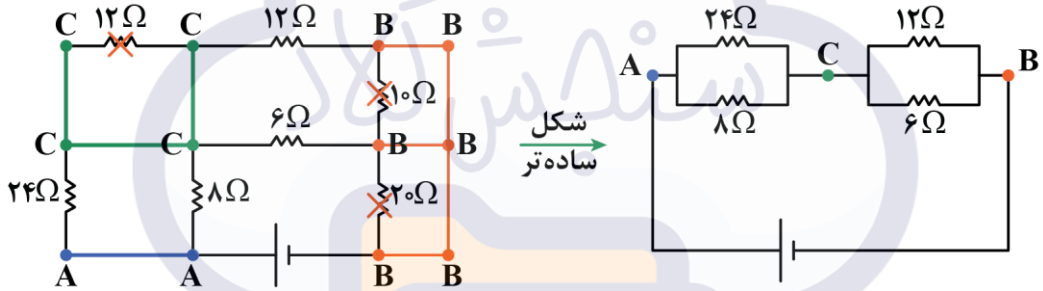
۲) ۱۰

۳) ۲۲

۴) ۳۴

پاسخ: گزینهٔ ۲ (متوسط ـ مفهومی/محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۵۸ ـ ۱۱۰۲)

ابتدا به کمک نام‌گذاری، یک شکل ساده‌تر رسم می‌کنیم:



همان‌طور که در شکل فوق مشاهده می‌کنید، سه مقاومت اتصال کوتاه شده و از مدار حذف می‌شوند، چون دو سر هریک از آن‌ها هم‌نام شده است، حال به کمک شکل ساده‌شده به‌راحتی مقاومت معادل به‌دست می‌آید:

مقاومت معادل ۸Ω و ۲۴Ω: $R_۱ = \frac{۲۴ \times ۸}{۲۴ + ۸} = ۶\Omega$

مقاومت معادل ۶Ω و ۱۲Ω: $R_۲ = \frac{۱۲ \times ۶}{۱۲ + ۶} = ۴\Omega$

$\Rightarrow$ مقاومت معادل کل مدار: $R_{eq} = ۶ + ۴ = ۱۰\Omega$

مدار از چه اجزایی ساخته می‌شود؟

سیم: ——

مولد (باتری):
- آرمانی ← مقاومت درونی ندارد.
- واقعی ← مقاومت درونی دارد.

مصرف‌کننده (مقاومت): R

مقاومت متغیر: R یا R

کلید: K باز K بسته

ولت‌سنج: V

آمپرسنج: A

ولت‌سنج آرمانی ← وسیله‌ای که اختلاف پتانسیل دو نقطه را نشان می‌دهد و مقاومت آن بسیار زیاد (∞) است. اگر ولت‌سنج، آرمانی نباشد، عددی که نشان می‌دهد، **کم‌تر** از مقدار واقعی است.

آمپرسنج آرمانی ← وسیله‌ای که جریان گذرنده از یک عنصر مدار را نشان می‌دهد و مقاومت آن صفر است.

اگر آمپرسنج، آرمانی نباشد، عددی که نشان می‌دهد، **کم‌تر** از مقدار واقعی است.

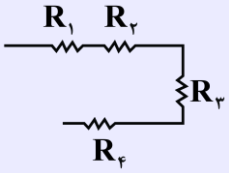
نکته: ولت‌سنج آرمانی را به‌صورت موازی و آمپرسنج آرمانی را به‌صورت متوالی با بخش موردنظر می‌بندیم.

به‌هم بستن مقاومت‌ها

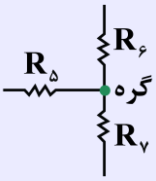
دو حالت مهم به‌هم بستن مقاومت‌ها به‌صورت سری (متوالی) و موازی است.

به‌هم بستن متوالی (سری) مقاومت‌ها:

اگر دو یا چند مقاومت به‌صورت پشت سر هم بسته شده باشند، به‌طوری‌که انشعاب فعالی بین آن‌ها نباشد، به این حالت متوالی می‌گوییم.



$R_۱, R_۲, R_۳, R_۴ \Rightarrow$ متوالی‌اند



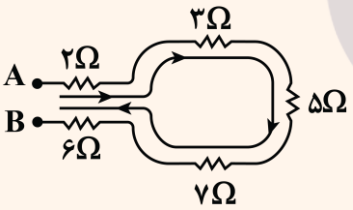
$\Rightarrow$ هیچ‌کدام با دیگر متوالی نیست

برای به‌دست آوردن مقاومت معادل دو یا چند مقاومت متوالی آن‌ها را باهم جمع می‌کنیم.

$$R_{eq} = R_۱ + R_۲ + R_۳ + R_۴$$

یه نمونهٔ باحال

در شکل مقابل، مقاومت معادل دو نقطهٔ A و B چند اُهم است؟

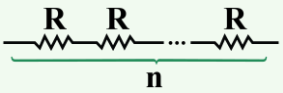


پاسخ تشریحی:

مقاومت متوالی ۵: $R_{AB} = ۲ + ۳ + ۵ + ۷ + ۶ = ۲۳\Omega$

نکته

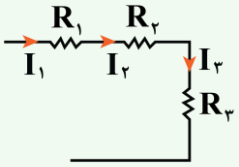
اگر n مقاومت مشابه R به‌صورت متوالی به‌هم وصل باشند، مقاومت معادل برابر است با:



$$R_{eq} = nR$$

نکته

جریان الکتریکی گذرنده از مقاومت‌های متوالی یکسان است و برابر است با جریان گذرنده از مقاومت معادل آن‌ها.



متوالی $R_۳, R_۲, R_۱$: $I_۱ = I_۲ = I_۳ = I_t$

نکته

ولتاژ مقاومت معادل دو یا چند مقاومت متوالی برابر است با مجموع ولتاژ تک‌تک مقاومت‌ها.

$$V_t = V_۱ + V_۲ + V_۳$$

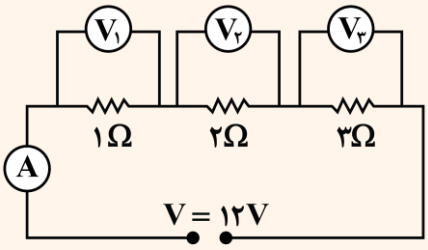
یه نمونهٔ باحال

در مدار شکل زیر،

الف: مقاومت معادل را حساب کنید.

ب: عدد آمپرسنج را حساب کنید.

پ: عدد هر یک از ولت‌سنج‌ها را حساب کنید.



پاسخ تشریحی:

الف:

$$R_{eq}: R_۱, R_۲, R_۳ \text{ متوالی} = R_۱ + R_۲ + R_۳ = ۱+۲+۳ = ۶\Omega$$

ب:

$$R_{eq} = \frac{V_t}{I_t} \Rightarrow ۶ = \frac{۱۲}{I_t} \Rightarrow I_t = ۲A \Rightarrow$$ عدد آمپرسنج ۲A است.

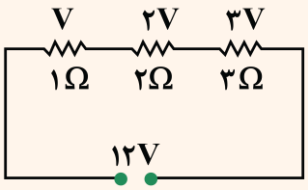
پ: جریان گذرنده از هر یک از مقاومت‌ها همان جریان کل یعنی ۲A است.

برای به‌دست آوردن ولتاژ هر یک از مقاومت‌ها باید طبق قانون اُهم، جریان گذرنده از آن مقاومت را در مقدار مقاومت ضرب کنیم و خواهیم داشت:

$$V = RI \xrightarrow{I_۱=I_۲=I_۳=۲A} \begin{cases} V_۱ = ۱\times۲ = ۲V \\ V_۲ = ۲\times۲ = ۴V \\ V_۳ = ۳\times۲ = ۶V \end{cases}$$

یه جور دیگه:

در مقاومت‌های متوالی، ولتاژ دو سر هر مقاومت با مقدار آن مقاومت متناسب است.

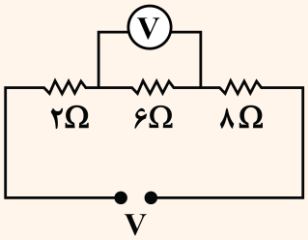


$$R_۱, R_۲ \text{ متوالی}: \frac{V_۲}{V_۱} = \frac{R_۲}{R_۱}$$

برای تقسیم ولتاژ در مقاومت‌های متوالی به کم‌ترین مقاومت مجموعه، یک سهم نسبت می‌دهیم و مابقی را با نسبت مستقیم با مقاومت به‌دست می‌آوریم. درنهایت ولتاژ کل را برابر با مجموع سهم‌ها قرار داده تا مقدار ولتاژ هر مقاومت به‌دست آید.

یه نمونهٔ باحال

در شکل زیر، اگر عددی که ولت‌سنج آرمانی نشان می‌دهد، ۹V باشد، اختلاف پتانسیل مجموعهٔ مقاومت‌ها چند ولت است؟



پاسخ تشریحی:

مرحلهٔ ۱: جریان گذرنده از مقاومت که همان جریان مجموعه نیز است را به‌دست می‌آوریم:

$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow ۶ = \frac{۹}{I} \Rightarrow I = \frac{۹}{۶} = ۱/۵A$$

مرحلهٔ ۲: مقاومت معادل مجموعه را حساب می‌کنیم:

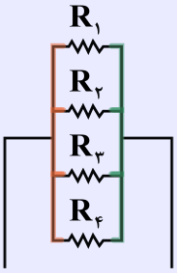
$$R_{eq} = ۲+۶+۸ = ۱۶\Omega$$

مرحلهٔ آخر: ولتاژ کل را حساب می‌کنیم:

$$R_{eq} = \frac{V_t}{I_t} \Rightarrow ۱۶ = \frac{V_t}{۱/۵} \Rightarrow V_t = ۱/۵\times۱۶ = ۲۴V$$

به‌هم بستن موازی مقاومت‌ها

اگر دو یا چند مقاومت طوری به‌هم وصل شده باشند که هر دو دست مقاومت‌ها در دست یکدیگر باشد (یعنی دو سر مشترک) آن مقاومت‌ها موازی‌اند.



$R_۱, R_۲, R_۳, R_۴ \Rightarrow$ موازی‌اند

برای محاسبهٔ مقاومت معادل چند مقاومت موازی داریم:

$$\frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۱}{R_۱} + \frac{۱}{R_۲} + \frac{۱}{R_۳} + \frac{۱}{R_۴}$$

اگر دو مقاومت موازی داشتیم، چطور می‌تونیم راحت‌تر مقاومت معادل رو حساب کنیم؟

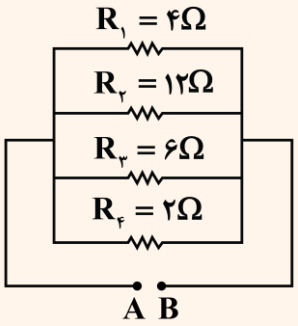
روش کنکوری:

$$R_{eq} = \frac{R_۱R_۲}{R_۱ + R_۲} \quad \text{یا} \quad R_{eq} = \frac{R_{\text{بزرگه}}}{n+۱} \qquad n = \frac{R_{\text{بزرگه}}}{R_{\text{کوچیکه}}}$$

طبق رابطهٔ $R_{eq} = \frac{R_۱R_۲}{R_۱ + R_۲}$ برای حساب کردن مقاومت معادل چند مقاومت موازی به‌جای رابطهٔ $\frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۱}{R_۱} + \frac{۱}{R_۲} + \cdots$ می‌توانیم دوبه‌دو مقاومت‌ها را از این رابطه به‌دست آوریم.

یه نمونهٔ باحال

مقاومت معادل دو نقطهٔ A و B را حساب کنید.



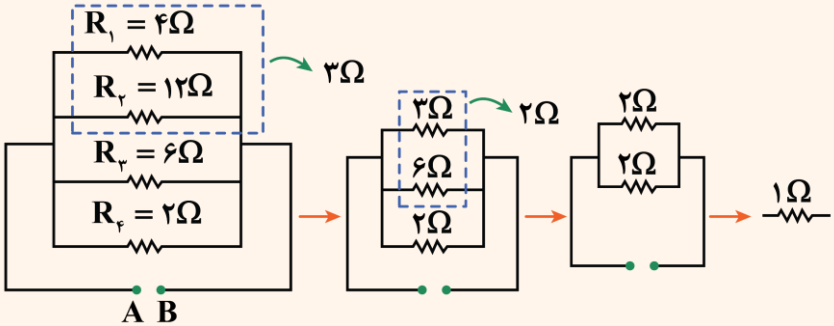
پاسخ تشریحی:

روش اول:

$$\frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۱}{R_۱} + \frac{۱}{R_۲} + \frac{۱}{R_۳} + \frac{۱}{R_۴} = \frac{۱}{۴} + \frac{۱}{۱۲} + \frac{۱}{۶} + \frac{۱}{۲}$$

$$\frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۳+۱+۲+۶}{۱۲} = ۱ \Rightarrow R_{eq} = ۱\Omega$$

روش دوم:



نکته

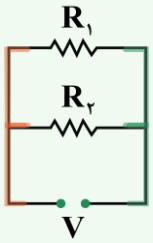
مقاومت معادل n مقاومت موازی مشابه R برابر است با:

$$R_{eq} = \frac{R}{n}$$

نکته

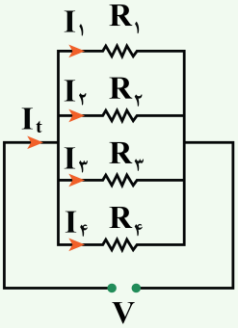
مقاومت معادل چند مقاومت سری از بزرگ‌ترین مقاومت مجموعه بزرگ‌تر است ولی مقاومت معادل چند مقاومت موازی از کوچک‌ترین مقاومت مجموعه کوچک‌تر است.

در مقاومت‌های موازی، ولتاژ دو سر مقاومت‌ها باهم برابر است و برابر با ولتاژ مجموعه است.



$$V_۱ = V_۲ = V$$

در مقاومت‌های موازی جریان کل برابر است با مجموع جریان تک‌تک مقاومت‌ها.



$$I_t = I_۱ + I_۲ + I_۳ + I_۴$$

تقسیم جریان در مقاومت‌های موازی چگونه است؟

۱- به بزرگ‌ترین مقاومت مجموعه یک سهم جریان نسبت می‌دهیم.

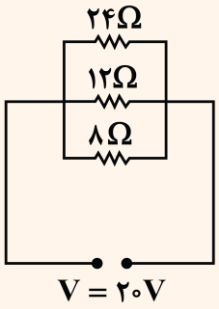
۲- جریان گذرنده از مابقی مقاومت‌ها را با نسبت عکس مقاومت تقسیم می‌کنیم.

$$\frac{I_۲}{I_۱} = \frac{R_۱}{R_۲}$$

۳- مجموع سهم‌ها را برابر جریان کل قرار داده و جریان هر مقاومت را حساب می‌کنیم.

یه نمونهٔ باحال

در مدار شکل زیر، جریان گذرنده از هر یک از مقاومت‌ها را حساب کنید.



پاسخ تشریحی:

روش اول:

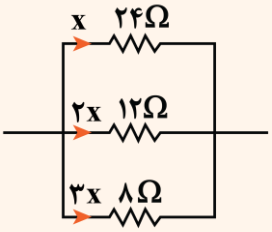
مرحلهٔ ۱: محاسبهٔ مقاومت معادل:

$$\frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۱}{۲۴} + \frac{۱}{۱۲} + \frac{۱}{۸} \Rightarrow \frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۱+۲+۳}{۲۴} = \frac{۱}{۴} \Rightarrow R_{eq} = ۴\Omega$$

مرحلهٔ ۲: محاسبهٔ جریان کل:

$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow I = \frac{V}{R} \Rightarrow I_t = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{۲۰}{۴} = ۵A$$

مرحلهٔ ۳: محاسبهٔ سهم هر مقاومت:



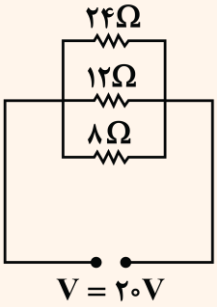
مرحلهٔ آخر: محاسبهٔ جریان هر مقاومت:

$$I_t = x + ۲x + ۳x = ۶x \Rightarrow ۵ = ۶x \Rightarrow x = \frac{۵}{۶}A$$

$$I_{۲۴\Omega} = \frac{۵}{۶}A \ , \ I_{۱۲\Omega} = \frac{۵}{۳}A \ , \ I_{۸\Omega} = \frac{۵}{۲}A$$

روش دوم:

مرحلهٔ ۱: ولتاژ هر مقاومت را به‌دست می‌آوریم:

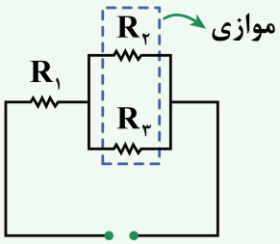


$$V_{۲۴\Omega} = V_{۱۲\Omega} = V_{۸\Omega} = V = ۲۰V$$

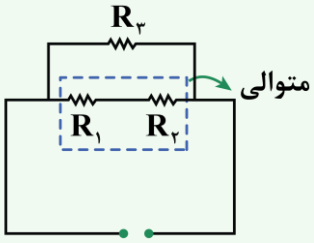
مرحلهٔ ۲: با داشتن ولتاژ و مقاومت هرکدام جریان را حساب می‌کنیم:

$$I = \frac{V}{R} \Rightarrow \begin{cases} I_{۲۴\Omega} = \frac{۲۰}{۲۴} = \frac{۵}{۶}A \\ I_{۱۲\Omega} = \frac{۲۰}{۱۲} = \frac{۵}{۳}A \\ I_{۸\Omega} = \frac{۲۰}{۸} = \frac{۵}{۲}A \end{cases}$$

حالت‌های ترکیبی مهم



$$R_{eq} = R_۱ + \underbrace{\frac{R_۲R_۳}{R_۲+R_۳}}_{R_{۲,۳}}$$

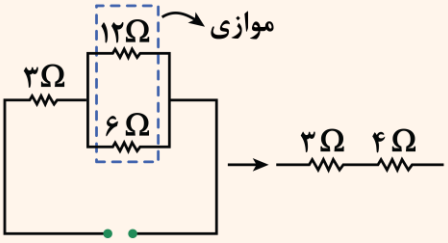


$$R_{eq} = \frac{\underbrace{(R_۱+R_۲)}_{R_{۱,۲}} \times R_۳}{R_{۱,۲} + R_۳}$$

یه نمونهٔ باحال

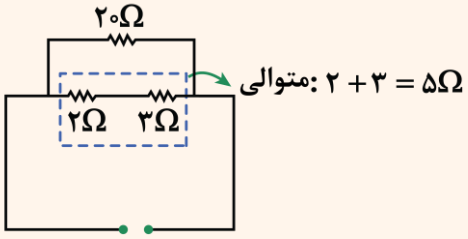
در شکل‌های زیر، مقاومت معادل را به‌دست آورید.

پاسخ تشریحی:



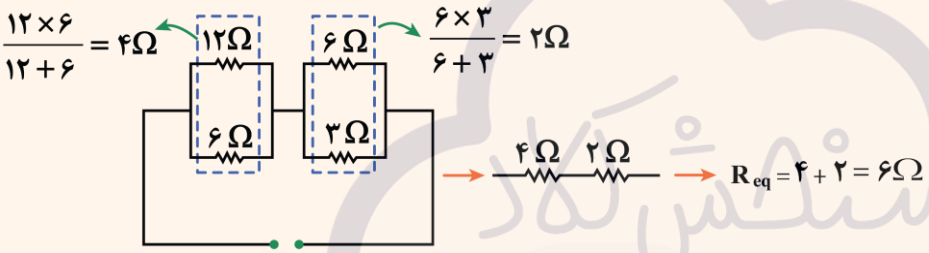
موازی: $\frac{۱۲\times۶}{۱۲+۶}=\frac{۱۲\times۶}{۱۸}=۴\Omega$

$R_{eq}=۳+۴=۷\Omega$

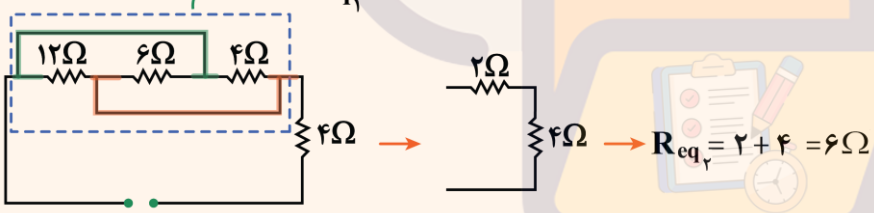


متوالی: $۲+۳=۵\Omega$

$R_{eq}=\frac{۵\times۲۰}{۵+۲۰}=\frac{۵\times۲۰}{۲۵}=۴\Omega$

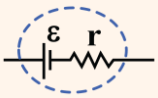


موازی: $\frac{۱}{R_{eq_۱}}=\frac{۱}{۱۲}+\frac{۱}{۶}+\frac{۱}{۴}=\frac{۱+۲+۳}{۱۲}=\frac{۱}{۲}\Rightarrow R_{eq_۱}=۲\Omega$



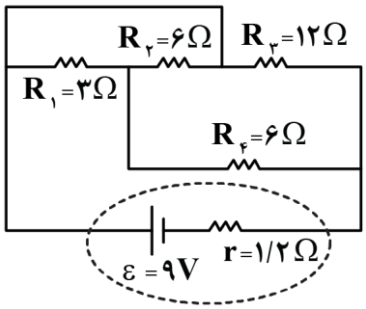
انواع باتری

باتری آرمانی ← فقط نیروی محرکه دارد.



باتری واقعی ← نیروی محرکه و مقاومت درونی دارد.

۵- در مدار شکل زیر، اگر جای باتری و مقاومت $R_۴$ را عوض کنیم، جریان عبوری از باتری، چند آمپر تغییر می‌کند؟



۱) ۰/۵، کاهش

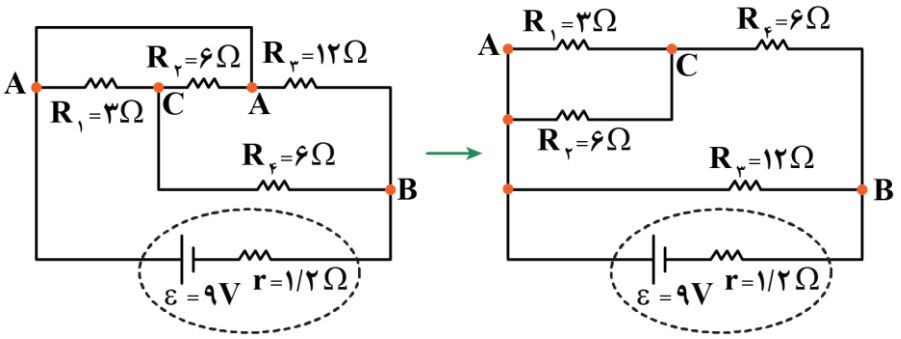
۲) ۰/۵، افزایش

۳) ۰/۲۵، کاهش

۴) ۰/۲۵، افزایش

پاسخ: گزینهٔ ۳ (سخت ـ مفهومی/محاسباتی ـ زمان‌بَر ـ صفحهٔ ۵۸ ـ ۱۱۰۲)

ابتدا با نام‌گذاری نقاط هم‌پتانسیل مدار، مدار را به شکل مقابل ساده می‌کنیم:



مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ موازی‌اند و مقاومت معادل آن‌ها با مقاومت $R_۴$ متوالی است:

$$R_{۱,۲}=\frac{R_۱R_۲}{R_۱+R_۲}=\frac{۳\times۶}{۳+۶}=۲\Omega$$

$$R_{۱,۲,۴}=R_{۱,۲}+R_۴=۲+۶=۸\Omega$$

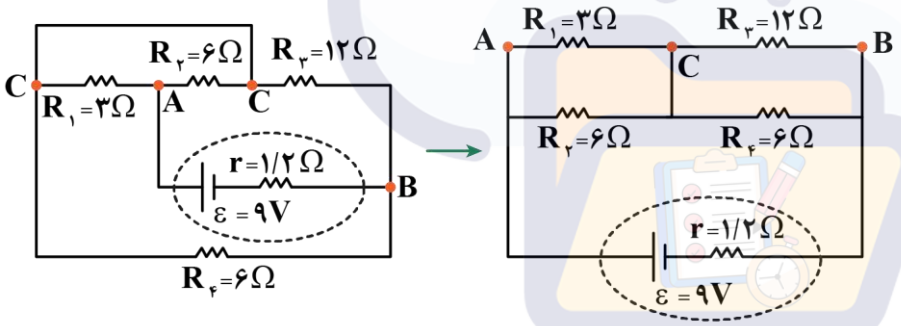
درنهایت مقاومت $R_{۱,۲,۴}$ با مقاومت $R_۳$ موازی است:

$$R_{eq}=\frac{R_{۱,۲,۴}\times R_۳}{R_{۱,۲,۴}+R_۳}=\frac{۸\times۱۲}{۸+۱۲}=۴/۸\Omega$$

درنتیجه جریان عبوری از باتری برابر است با:

$$I=\frac{\varepsilon}{r+R_{eq}}\xrightarrow[R_{eq}=۴/۸\Omega]{\varepsilon=۹V,\,r=۱/۲\Omega}I=\frac{۹}{۱/۲+۴/۸}=\frac{۹}{۶}=۱/۵A$$

اکنون جای مقاومت $R_۴$ و باتری را عوض می‌کنیم:



در این حالت مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ باهم و $R_۳$ و $R_۴$ باهم موازی‌اند و مقاومت معادل آن‌ها باهم متوالی‌اند:

$$R_{۱,۲}=\frac{R_۱R_۲}{R_۱+R_۲}=\frac{۳\times۶}{۳+۶}=۲\Omega$$

$$R_{۳,۴}=\frac{R_۳R_۴}{R_۳+R_۴}=\frac{۱۲\times۶}{۱۲+۶}=۴\Omega$$

$$\Rightarrow R'_{eq}=R_{۱,۲}+R_{۳,۴}=۲+۴=۶\Omega$$

درنتیجه جریان عبوری از باتری برابر است با:

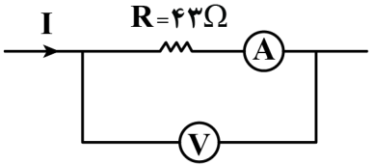
$$I'=\frac{\varepsilon}{r+R'_{eq}}\xrightarrow[R'_{eq}=۶\Omega]{\varepsilon=۹V\,,\,r=۱/۲\Omega}I'=\frac{۹}{۱/۲+۶}=\frac{۹}{۷/۲}=۱/۲۵A$$

بنابراین تغییر جریان عبوری از باتری برابر است با:

$$I'-I=۱/۲۵-۱/۵=-۰/۲۵A$$

یعنی جریان عبوری از باتری، $۰/۲۵A$ کاهش می‌یابد.

۶- شکل زیر بخشی از یک مدار را نشان می‌دهد. اگر مقاومت آمپرسنج و ولت‌سنج به‌ترتیب ۲Ω و ۱۸۰Ω باشد و ولت‌سنج عدد ۳۶ ولت را نشان دهد، مقدار I برحسب آمپر کدام است؟

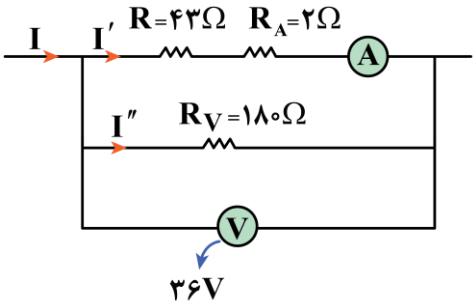


۱) ۰/۲ ۲) ۰/۸

۳) ۱ ۴) ۱/۲

پاسخ: گزینهٔ ۳ (سخت ـ مفهومی/محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۵۷ ـ ۱۱۰۲)

گام اول



شکل ساده‌شدهٔ مدار را رسم می‌کنیم. در این شکل آمپرسنج و ولت‌سنج آرمانی فرض شده‌اند:

گام دوم

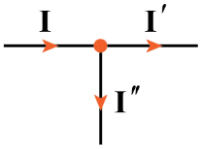
جریان‌های I' و I'' را حساب می‌کنیم. با توجه به ولتاژ ۳۶V مجموعه داریم:

R_V موازی با معادل R_A و R $\Rightarrow V_t = R_V I'' = (R + R_A)I'$

$$\Rightarrow ۳۶ = ۱۸۰I'' = (۴۳+۲)I' \Rightarrow \begin{cases} I'' = ۰/۲A \\ I' = ۰/۸A \end{cases}$$

گام آخر

مقدار I را به‌دست می‌آوریم. می‌دانیم که در یک گره مجموع جریان‌های ورودی با خروجی برابر است؛ درنتیجه داریم:



$$I = I' + I'' \Rightarrow I = ۰/۸ + ۰/۲ = ۱A$$

۷- سیمی به طول ۱۲m به اختلاف پتانسیل ۲۲۰V وصل شده است و در مدت ۱۰s در آن ۲kJ گرما تولید شده است. چند متر از همان سیم را انتخاب کنیم تا وقتی به اختلاف پتانسیل ۲۲۰ ولت وصل می‌شود، همان مقدار گرما را در مدت ۵s بدهد؟

۱) ۶ ۲) ۸ ۳) ۱۰ ۴) ۴

پاسخ: گزینهٔ ۱ (متوسط ـ محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۵۴ ـ ۱۱۰۲)

گام اول

رابطهٔ بین گرمای تولیدشده با طول رسانا و مدت‌زمان را می‌یابیم:

$$U = Pt \Rightarrow U = Q = \frac{V^۲}{R} \times t \quad \text{و} \quad R = \frac{\rho . L}{A}$$

$$\xrightarrow[R \propto L]{V=\text{ثابت}} \frac{Q_۱}{Q_۲} = \frac{R_۲}{R_۱} \times \frac{t_۱}{t_۲} = \frac{L_۲}{L_۱} \times \frac{t_۱}{t_۲}$$

گام آخر

با جایگذاری اطلاعات مسئله در رابطهٔ مقایسه‌ای به‌دست‌آمده داریم:

$$\frac{Q_۱}{Q_۲} = \frac{L_۲}{L_۱} \times \frac{t_۱}{t_۲} \Rightarrow ۱ = \frac{L_۲}{۱۲} \times \frac{۱۰}{۵} \Rightarrow L_۲ = ۶m$$

توان الکتریکی

توان: آهنگ مصرف یا تولید انرژی

توان کمیتی نرده‌ای و فرعی است که یکای آن در SI، وات (W) است که معادل آن برحسب یکاهای اصلی $\frac{kg.m^{۲}}{s^{۳}}$ است.

توان مصرفی: توانی که توسط **مصرف‌کننده‌ها** در مدار مثل **مقاومت‌ها** مصرف می‌شود.

توان تولیدی: توانی که توسط مولد در مدار تولید می‌شود.

توان اتلافی: توانی که توسط **مقاومت درونی** باتری مصرف می‌شود.

توان خروجی: توان مفید باتری

توان ورودی: ویژهٔ بچه‌های ریاضی: باشه برای بعداً...

$$P_{\text{مصرفی}} = VI = RI^{۲} = \frac{V^{۲}}{R}$$

R: مقاومت (Ω) V: ولتاژ دو سر مقاومت (V) I: جریان عبوری از مقاومت (A)

$$P_{\text{تولیدی}} = \varepsilon I$$

ε: نیروی محرکه (V) I: جریان عبوری از باتری (A)

$$P_{\text{اتلافی}} = rI^{۲}$$

r: مقاومت درونی (Ω) I: جریان عبوری از باتری (A)

$$P_{\text{خروجی}} = P_{\text{تولیدی}} - P_{\text{اتلافی}} = \varepsilon I - rI^{۲}$$

یه نمونهٔ باحال

جریان گذرنده از مقاومت R، ۵A و ولتاژ دو سر آن، ۲۰V است. توان مصرفی مقاومت چند وات است؟

پاسخ تشریحی:

$$P = VI = ۲۰ \times ۵ = ۱۰۰W$$

یه نمونهٔ باحال

جریان عبوری از مقاومت $R = ۷\Omega$ برابر با ۲A است. آهنگ مصرف انرژی این مقاومت چند واحد SI است؟

پاسخ تشریحی:

$$P = RI^{۲} = ۷ \times (۲)^{۲} = ۲۸W$$

یه نمونهٔ باحال

اختلاف پتانسیل دو سر یک مقاومت ۱۰ اُهمی برابر با ۵۰V است. این مقاومت در مدت یک دقیقه چند ژول انرژی مصرف می‌کند؟

پاسخ تشریحی:

مرحلهٔ ۱: محاسبهٔ توان مصرفی

$$P = \frac{V^{۲}}{R} = \frac{(۵۰)^{۲}}{۱۰} = \frac{۲۵۰۰}{۱۰} = ۲۵۰W$$

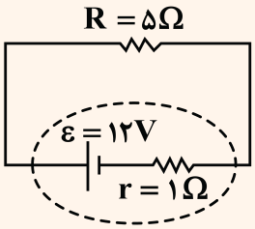
مرحلهٔ ۲: محاسبهٔ انرژی مصرفی

$$U = P.t$$

U: انرژی (J) P: توان (W) t: زمان (s)

$$U = Pt = ۲۵۰ \times ۶۰ = ۱۵۰۰۰J$$

یه نمونهٔ باحال



در مدار شکل مقابل

- توان تولیدی باتری
- توان اتلافی باتری
- توان خروجی باتری را به‌دست آورید.

پاسخ تشریحی:

با به‌دست آوردن جریان مدار، مقادیر خواسته‌شده را محاسبه می‌کنیم:

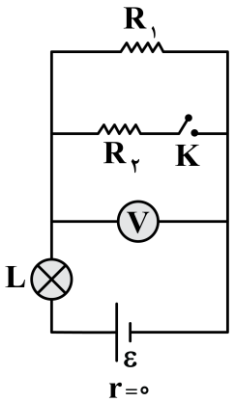
$$I=\frac{\varepsilon}{R+r}=\frac{۱۲}{۵+۱}=۲A\begin{cases}P_{\text{تولیدی}}=\varepsilon I=۱۲\times ۲=۲۴W\\ P_{\text{اتلافی}}=rI^{۲}=۱\times(۲)^{۲}=۴W\\ P_{\text{خروجی}}=\varepsilon I-rI^{۲}=۲۴-۴=۲۰W\\ P_{R_{\text{مصرفی}}}=RI^{۲}=۵\times(۲)^{۲}=۲۰W\end{cases}$$

به نظرتون تصادفی بود که $P_{\text{خروجی}}$ با $P_{R_{\text{مصرفی}}}$ برابر شد؟ خیر

در مدار تک‌حلقهٔ ساده داریم:

$$P_{\text{مصرفی کل}}=P_{\text{خروجی باتری}}$$

۸- در مدار شکل زیر، کلید K در ابتدا باز است. با بستن کلید، نور لامپ L و عددی که ولت‌سنج آرمانی نشان می‌دهد، به‌ترتیب از راست به چپ چگونه تغییر می‌کنند؟



۱) کاهش، کاهش

۲) کاهش، افزایش

۳) افزایش، کاهش

۴) افزایش، افزایش

پاسخ: گزینهٔ ۳ (متوسط ـ مفهومی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۵۸ ـ ۱۱۰۲)

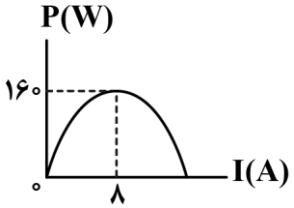
با بستن کلید K، مقاومت R_1 و R_2 موازی می‌شوند؛ درنتیجه مقاومت معادل این دو مقاومت، کم‌تر از مقاومت R_1 می‌شود؛ بنابراین با بستن کلید، مقاومت معادل مدار کاهش می‌یابد. با کاهش مقاومت معادل مدار، طبق رابطهٔ $I=\frac{\varepsilon}{r+R_{eq}}=\frac{\varepsilon}{R_{eq}}$، جریان عبوری از باتری افزایش می‌یابد و بنابراین لامپ L پرنورتر می‌شود.

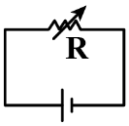
از طرفی اختلاف پتانسیل دو سر باتری برابر با مجموع اختلاف پتانسیل دو سر لامپ و اختلاف پتانسیلی است که ولت‌سنج آرمانی نشان می‌دهد:

$$V_{\text{باتری}}=V_{\text{لامپ}}+V_{\text{ولت‌سنج}}\xrightarrow[V_{\text{لامپ}}=IR_{\text{لامپ}}]{V_{\text{باتری}}=\varepsilon-Ir=\varepsilon}\varepsilon=IR_{\text{لامپ}}+V_{\text{ولت‌سنج}}$$

بنابراین با افزایش جریان I، عددی که ولت‌سنج آرمانی نشان می‌دهد کاهش می‌یابد.

۹- نمودار توان خروجی مولدی برحسب جریان عبوری از آن در شکل زیر رسم شده است. این مولد را در مدار زیر قرار می‌دهیم. اگر مقاومت R را از ۴Ω به ۳Ω برسانیم، توان خروجی مولد و آهنگ شارش بار الکتریکی، چگونه تغییر می‌کنند؟





۱) افزایش، افزایش

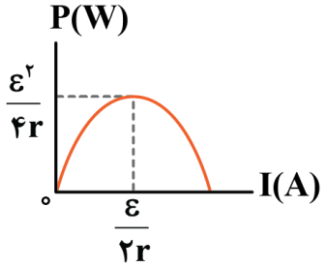
۲) افزایش، کاهش

۳) ابتدا افزایش سپس کاهش، افزایش

۴) ابتدا افزایش سپس کاهش، کاهش

پاسخ: گزینهٔ ۱ (متوسط ـ مفهومی/محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۵۵ ـ ۱۱۰۲)

طبق رابطهٔ توان خروجی مولد برحسب جریان که به‌صورت $P = \varepsilon I - rI^{۲}$ است، نمودار آن به‌صورت روبه‌رو می‌شود.



درنتیجه با توجه به مقادیر داده‌شده، خواهیم داشت:

$$\begin{cases} \dfrac{\varepsilon^{۲}}{۴r} = ۱۶۰ \\ \dfrac{\varepsilon}{۲r} = ۸ \end{cases} \xrightarrow[\text{تقسیم می‌کنیم.}]{\text{برهم}} \varepsilon = ۴۰V \ , \ r = ۲/۵\Omega$$

نکته

به‌ازای $r = R_{eq}$، توان خروجی (مفید) مولد بیشینه می‌شود.

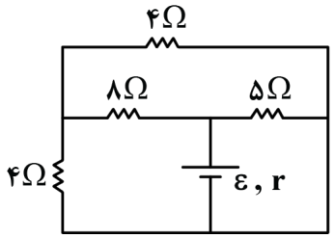
پس:

- اگر R_{eq} درحال نزدیک‌شدن به r باشد ⇐ P خروجی افزایش می‌یابد.
- اگر R_{eq} درحال دورشدن از r باشد ⇐ P خروجی کاهش می‌یابد.

درنتیجه اگر مقاومت R را از ۴Ω به ۳Ω برسانیم، همواره درحال نزدیک‌شدن به $r = ۲/۵\Omega$ هستیم و توان خروجی مولد درحال افزایش است.

با کاهش مقاومت R از ۴Ω به ۳Ω، مقاومت معادل مدار، کاهش می‌یابد و درنتیجه جریان مدار (آهنگ شارش بار الکتریکی) افزایش می‌یابد.

۱۰- در مدار شکل زیر، توان مصرفی در مقاومت ۵ اهمی، چند برابر توان مصرفی در هریک از مقاومت‌های ۴ اهمی است؟



۱) ۵

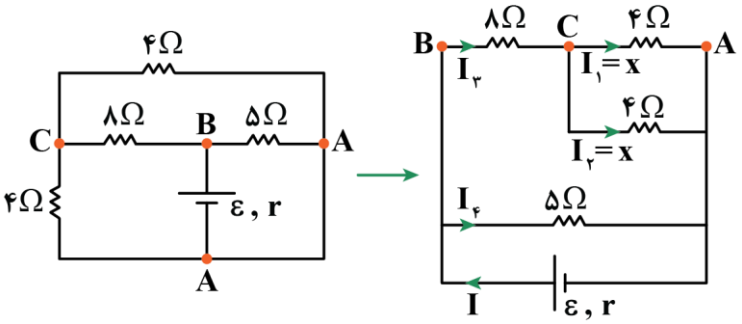
۲) ۱۰

۳) ۱۵

۴) ۲۰

پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ محاسباتی ـ استاندارد ۶ ـ صفحهٔ ۵۸ ـ ۱۱۰۲)

ابتدا با نام‌گذاری نقاط هم‌پتانسیل مدار، مدار را به شکل زیر ساده می‌کنیم:



چون مقاومت‌های ۴Ω موازی‌اند، اختلاف پتانسیل دو سر آن‌ها باهم برابر است. از طرفی چون این مقاومت‌ها اندازهٔ یکسان دارند، جریان عبوری از آن‌ها نیز برابر خواهد شد که آن را x درنظر می‌گیریم؛ بنابراین جریان عبوری از شاخهٔ بالا برابر ۲x است:

$$I_۳ = I_۱ + I_۲ = ۲x$$

از طرفی مقاومت معادل شاخهٔ بالا برابر است با:

$$R' = \frac{۴ \times ۴}{۴ + ۴} + ۸ = ۱۰\Omega$$

اختلاف پتانسیل دو سر R' با اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت ۵Ω برابر است:

$$۵I_۴ = ۱۰ \times ۲x \Rightarrow I_۴ = ۴x$$

اکنون نسبت توان مصرفی در مقاومت ۵Ω به توان مصرفی در مقاومت ۴Ω برابر است با:

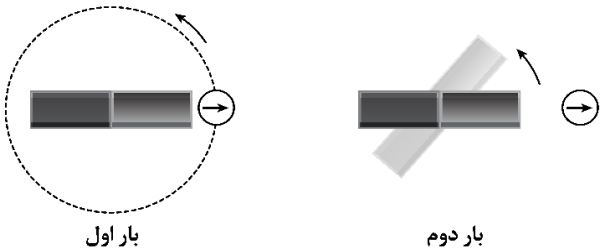
$$P = RI^۲ \Rightarrow \frac{P_{۵\Omega}}{P_{۴\Omega}} = \frac{۵ \times I_۴^۲}{۴ \times I_۱^۲} = \frac{۵ \times (۴x)^۲}{۴ \times x^۲} = ۲۰$$

توجه کنید که چون جریان عبوری از هر دو مقاومت ۴Ω یکسان است، این دو مقاومت توان مصرفی یکسان دارند.

گروه آموزشی ماز

۱- مطابق شکل، روی سطح یک میز افقی، یک آهنربای میله‌ای و یک عقربهٔ مغناطیسی قرار دارند. عقربه، مقابل یکی از قطب‌های آهنربا قرار دارد. بار اول، عقربه را روی مسیری دایره‌ای‌شکل دور آهنربا، یک دور به‌آرامی حرکت می‌دهیم و بار دوم، آهنربا را حول نقطهٔ وسط آن، به‌آرامی یک دور می‌چرخانیم. هر دو حرکت بر روی سطح میز انجام می‌شود. عقربه در بار اول و دوم، به‌ترتیب از راست به چپ، چند درجه می‌چرخد؟

۱) ۳۶۰ و ۷۲۰
۲) ۷۲۰ و ۷۲۰
۳) ۳۶۰ و ۳۶۰
۴) ۷۲۰ و ۳۶۰

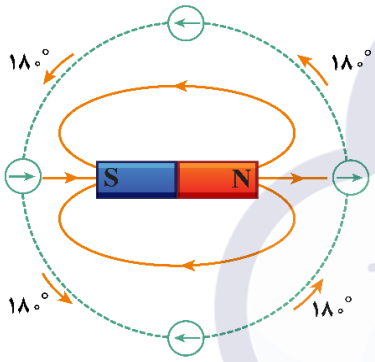


پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۳)

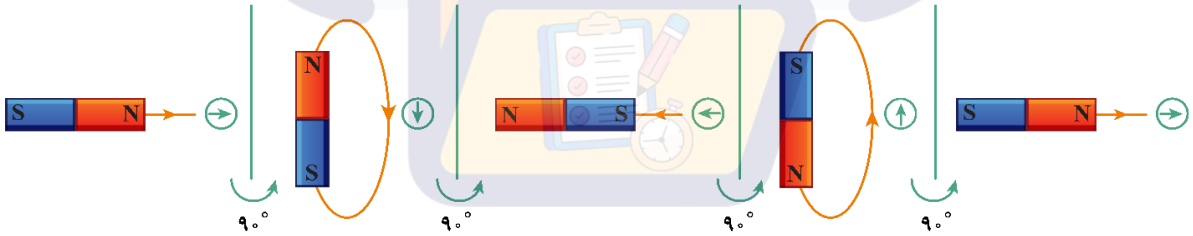
جهت عقربهٔ مغناطیسی همواره مماس بر خط میدان مغناطیسی و در جهت آن است. طبق جهت نشان‌داده‌شده برای عقربه، خطوط میدان از سمت راست آهنربا خارج می‌شوند؛ بنابراین، سمت راست آهنربا قطب N و سمت چپ آن S است.

بار اول: خطوط میدان را رسم می‌کنیم و از روی آن جهت‌گیری عقربه را مشخص می‌کنیم.

عقربه در هر ربع دایره، ۱۸۰° می‌چرخد؛ بنابراین با یک دور حرکت به دور آهنربا، به‌اندازهٔ $۴\times۱۸۰^\circ = ۷۲۰^\circ$ می‌چرخد.



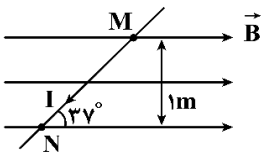
بار دوم: در هر ۹۰° چرخش پادساعتگرد آهنربا، عقربه به‌اندازهٔ ۹۰° ساعتگرد می‌چرخد؛ بنابراین، با یک دور چرخش آهنربا، عقربه به‌اندازهٔ $۴\times۹۰^\circ = ۳۶۰^\circ$ می‌چرخد.



گروه آموزشی ماز

۲- در شکل زیر، سیمی حامل جریان ۲A در میدان مغناطیسی یکنواخت ۲۰۰G قرار دارد. نیروی مغناطیسی وارد بر قسمت MN از سیم چند نیوتون و در چه جهتی است؟ $(\sin ۳۷^\circ = ۰/۶)$

۱) $۲/۴\times۱۰^{-۲}$ و ⊙
۲) $۲/۴\times۱۰^{-۲}$ و ⊗
۳) ۴×۱۰^{-۲} و ⊙
۴) ۴×۱۰^{-۲} و ⊗



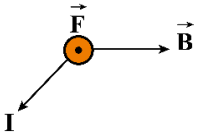
پاسخ: گزینهٔ ۳ (آسان ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۳)

$F = ILB\sin\theta$

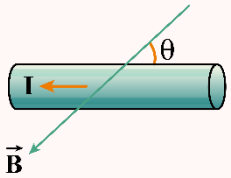
در شکل، اندازهٔ $L\sin\theta$، ۱ متر داده شده است.

$F = ۲\times۱\times۲۰۰\times۱۰^{-۴} = ۴\times۱۰^{-۲}N$

با توجه به قاعدهٔ دست راست، نیروی مغناطیسی وارد بر سیم برون‌سو خواهد بود.



اندازهٔ نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان



$$F_B = ILB\sin\theta$$

F: اندازهٔ نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان

I: جریان عبوری از سیم

L: طول بخشی از سیم رسانا که در میدان مغناطیسی قرار دارد.

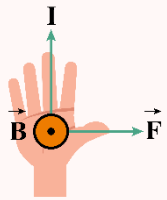
B: اندازهٔ میدان مغناطیسی یکنواخت

θ : زاویه‌ای که امتداد سیم با خطوط میدان مغناطیسی می‌سازد.

جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان

قاعدهٔ دست راست

دست راست خود را طوری نگه داریم که انگشتان بازشدهٔ ما در جهت جریان الکتریکی باشد به‌گونه‌ای که وقتی آن‌ها را در جهت چرخش طبیعی انگشتان خم کنیم در جهت میدان مغناطیسی قرار گیرد. در این حالت انگشت شست ما در جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم خواهد بود.

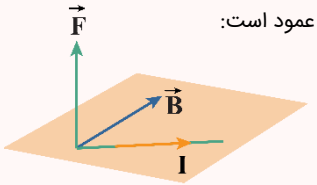


I: چهار انگشت دست راست در جهت جریان الکتریکی

B: کف دست راست در جهت میدان مغناطیسی

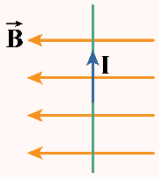
F: شست دست راست در جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم

نیرویی که در میدان مغناطیسی بر سیم حامل جریان الکتریکی وارد می‌شود، بر راستای سیم و نیز بر راستای میدان مغناطیسی، عمود است:



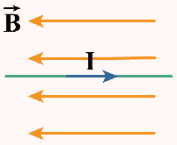
یعنی نیروی مغناطیسی بر صفحه‌ای که توسط جریان و میدان مغناطیسی تشکیل می‌شود، عمود است.

اگر سیم حامل جریان در راستای عمود بر میدان مغناطیسی قرار بگیرد، حداکثر نیروی مغناطیسی به آن وارد می‌شود.



$$\theta = ۹۰^\circ \Rightarrow \sin\theta = ۱ \Rightarrow F_m = ILB$$

اگر سیم حامل جریان در راستای میدان مغناطیسی قرار بگیرد، از طرف میدان مغناطیسی به آن نیرو وارد نمی‌شود.



$$\theta = ۰ \Rightarrow \sin\theta = ۰ \Rightarrow F_B = ۰$$

کنکور سراسری ریاضی تیرماه ۱۴۰۱

۴۳- مطابق شکل زیر، سیم مستقیمی به طول $۲/۴\,m$ حامل جریان $۲/۵\,A$ از شرق به غرب است. اندازهٔ میدان مغناطیسی زمین در محل این سیم $۰/۵\,G$ و جهت آن از جنوب به شمال است. اندازه و جهت نیروی مغناطیسی وارد بر این سیم، کدام است؟

۱) $۳\times۱۰^{-۵}\,N$ ، بالا

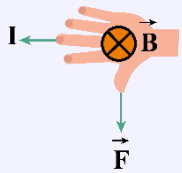
۲) $۳\times۱۰^{-۴}\,N$ ، بالا

۳) $۳\times۱۰^{-۵}\,N$ ، پایین

۴) $۳\times۱۰^{-۴}\,N$ ، پایین

پاسخ تشریحی:

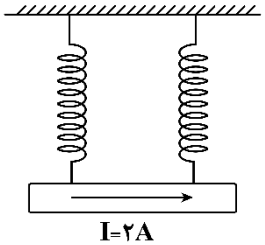
با توجه به قاعدهٔ دست راست، جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم به سمت پایین است و اندازهٔ آن برابر است با:



$$F = BIL\sin\theta = \underbrace{(۰/۵\times۱۰^{-۴})}_{\text{تبدیل گاوس به تسلا}} \times ۲/۵\times۲/۴\times \overbrace{\sin ۹۰^\circ}^{\text{زاویهٔ راستای سیم و } \vec{B}} = ۳\times۱۰^{-۴}\,N$$

پاسخ: گزینهٔ ۴

۳- مطابق شکل، میله‌ای به جرم ۲۰۰ گرم و طول ۱m به دو فنر مشابه آویخته شده است. اگر با عبور جریان ۲A از میله، نیروی وارد بر هریک از فنرها ۲N شود، میدان مغناطیسی چند تسلا و در کدام جهت است؟ $(g=10\frac{N}{kg})$



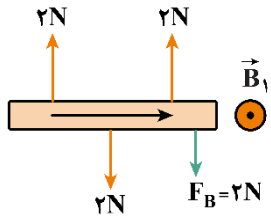
۱) ۱ و ⊙
۲) ۱ و ⊗
۳) ۳ و ⊗
۴) موارد ۱ و ۳ می‌توانند درست باشند.

پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۳)

مشخص نیست که فنرها کشیده یا فشرده شده‌اند؛ بنابراین دو حالت وجود دارد:

$F_g = mg = 0/2\times10 = 2N$

حالت اول:

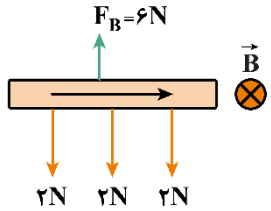


فنرها کشیده شده‌اند:

در این حالت برای این‌که میله در حالت تعادل باشد، نیروی مغناطیسی ۲N و به سمت پایین است. در این حالت میدان مغناطیسی ۱T و برون‌سو است.

$F_B = ILB \Rightarrow 2 = 2\times1\times B_1 \Rightarrow B_1 = 1T$

حالت دوم:



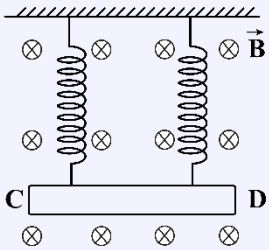
فنرها فشرده شده‌اند:

در این حالت برای این‌که میله در حالت تعادل باشد، نیروی مغناطیسی ۶N و به سمت بالا است. در این حالت میدان مغناطیسی ۳T و درون‌سو است.

$F_B = ILB \Rightarrow 6 = 2\times1\times B_2 \Rightarrow B_2 = 3T$

کنکور سراسری تجربی خارج از کشور ۱۳۹۸

۶۸- مطابق شکل زیر، میلهٔ CD به جرم ۱۶۰ گرم و طول ۸۰ سانتی‌متر به دو فنر مشابه آویخته شده و در یک میدان مغناطیسی یکنواخت که اندازهٔ آن ۰/۴ تسلا است، به‌صورت افقی قرار دارد. از میله جریان چند آمپر و در چه جهتی عبور کند تا از طرف میله بر فنرها نیرویی وارد نشود؟ $(g=10\frac{m}{s^2})$



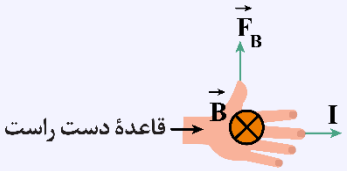
۱) ۵ و از C به‌طرف D
۲) ۵ و از D به‌طرف C
۳) ۲ و از C به‌طرف D
۴) ۲ و از D به‌طرف C

پاسخ تشریحی:

نیروی فنرها صفر است، پس نیروی مغناطیسی وارد بر سیم به‌سمت بالا و هم‌اندازهٔ نیروی وزن است:

$F_B = mg \rightarrow BIL\sin90^\circ = mg \rightarrow 0/4\times I\times0/8\times1 = 160\times10^{-3}\times10$

$\rightarrow I = 5A$



پاسخ: گزینهٔ ۱

گروه آموزشی ماز

۴- پروتونی با تندی $4\times10^5\frac{m}{s}$ درون میدان مغناطیسی یکنواختی به‌اندازهٔ ۸۵۰G در حرکت است. جهت حرکت پروتون بر جهت $\vec{B}$ عمود است. اگر تنها این نیرو بر پروتون وارد شود، شتاب پروتون چند متر بر مربع ثانیه است؟ (بار الکتریکی پروتون $1/6\times10^{-19}C$ و جرم آن را $1/7\times10^{-27}kg$ درنظر بگیرید.)

۱) $3/2\times10^{12}$ ۲) $3/2\times10^{16}$ ۳) $6/4\times10^{12}$ ۴) $6/4\times10^{16}$

پاسخ: گزینهٔ ۱ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۳)

گام اول:

نیروی مغناطیسی وارد بر پروتون برابر است با:

$$F=|q|vB\sin\alpha \Rightarrow F=1/6\times10^{-19}\times4\times10^{5}\times850\times10^{-4}\times\sin90^\circ$$

$$\Rightarrow F=6/4\times85\times10^{-17}\,N$$

گام آخر:

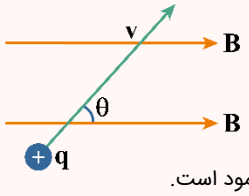
با استفاده از قانون دوم نیوتون، شتاب را محاسبه می‌کنیم:

$$a=\frac{F}{m}=\frac{6/4\times85\times10^{-17}}{1/7\times10^{-27}}=3/2\times10^{12}\,\frac{m}{s^2}$$

نیروی مغناطیسی وارد بر ذرهٔ باردار متحرک در میدان مغناطیسی

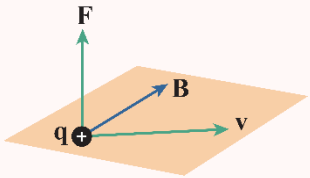
اگر ذرهٔ باردار q با سرعت v در میدان مغناطیسی B حرکت کند، از طرف میدان مغناطیسی بر آن نیروی F وارد خواهد شد که این نیرو را نیروی مغناطیسی می‌نامند.

الف) محاسبهٔ اندازهٔ نیروی مغناطیسی:



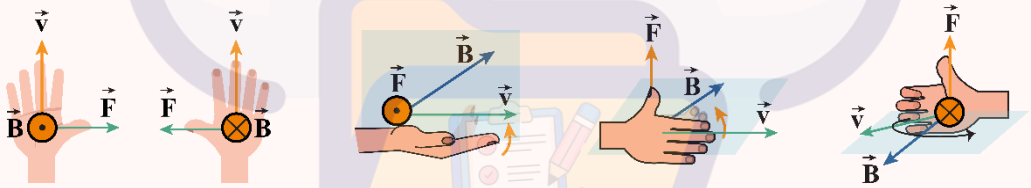
$$F_B=qvB\sin\theta$$

نیروی F بر هر دو بردار v و B عمود است؛ یعنی نیروی مغناطیسی بر صفحه‌ای که توسط سرعت و میدان مغناطیسی تشکیل می‌شود، عمود است.



ب) تعیین جهت نیروی مغناطیسی:

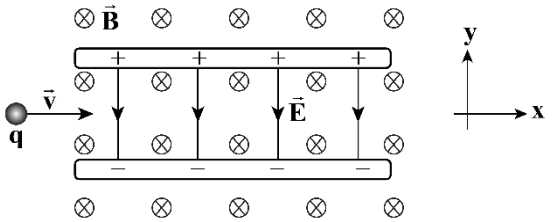
دست راست خود را طوری نگه داریم که انگشتان بازشدهٔ ما در جهت سرعت (v) باشد به‌گونه‌ای که وقتی آن‌ها را در جهت چرخش طبیعی انگشتان خم کنیم در جهت B قرار گیرد. در این حالت انگشت شست ما در جهت نیروی (F) وارد بر ذرهٔ باردار مثبت خواهد بود.



دقت کنید اگر بار الکتریکی ذره منفی بود، پس از استفاده از قاعدهٔ دست راست و به‌دست آوردن جهت نیروی F، باید آن را قرینه کنیم (یا می‌توانیم از همان ابتدا چون بار ذره منفی است، از قاعدهٔ دست چپ استفاده کنیم.)

گروه آموزشی ماز

۵- مطابق شکل، ذرهٔ بارداری با جرم ناچیز و با سرعت $\vec{v}$ در امتداد محور x وارد فضایی می‌شود که میدان‌های یکنواخت $\vec{E}$ و $\vec{B}$ وجود دارد. اندازهٔ این میدان‌ها برابر $E=9000\frac{N}{C}$ و $B=0/18T$ است. علامت بار ذره چگونه و تندی آن چند متر بر ثانیه باشد تا در همان امتداد محور x به حرکت خود ادامه دهد؟



۱) مثبت، 5×10^4

۲) مثبت، 2×10^4

۳) مثبت یا منفی، 5×10^4

۴) مثبت یا منفی، 2×10^4

پاسخ: گزینهٔ ۳ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۳)

اگر فرض کنیم بار ذره مثبت باشد، نیروی الکتریکی به سمت پایین و نیروی مغناطیسی به سمت بالا به‌هم وارد می‌شوند و برای آن‌که ذره بدون انحراف به مسیر خود ادامه دهد، کافی است این دو نیرو هم‌اندازه باشند.

$$|F_B|=|F_E|\Rightarrow|q|vB=|q|E\Rightarrow v\times0/18=9000\Rightarrow v=5\times10^4\,\frac{m}{s}$$

اگر بار ذره منفی باشد، نیروی الکتریکی به سمت بالا و نیروی مغناطیسی به سمت پایین به آن وارد می‌شوند و باز هم یکدیگر را خنثی می‌کنند، بنابراین علامت بار می‌تواند مثبت یا منفی باشد.

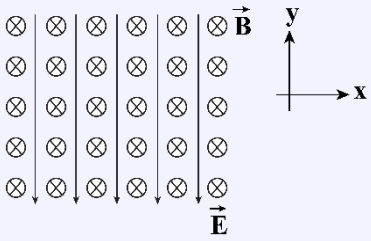
نکته

اگر ذره‌ای با جرم ناچیز، عمود بر دو میدان الکتریکی و مغناطیسی حرکت کند و از مسیر خود منحرف نشود، می‌توان نوشت:

$$F_B = F_E$$
$$\Rightarrow |q|vB = |q|E \Rightarrow E = vB$$

کنکور سراسری ریاضی خارج از کشور ۱۴۰۰

۷۱- در شکل زیر، میدان‌های یکنواخت الکتریکی $E = ۱۰۰۰\frac{N}{C}$ و مغناطیسی $B = ۱۰۰۰G$ نشان داده شده است. در این فضا، یک ذرهٔ آلفا با تندی چند متر بر ثانیه و در چه جهتی در حرکت باشد، تا بدون انحراف به حرکت خود ادامه دهد؟ (اثر وزن ناچیز است.)



۱) $۱۰^۴$، در جهت محور x

۲) ۵×۱۰^۳، در جهت محور x

۳) $۱۰^۴$، در خلاف جهت محور x

۴) ۵×۱۰^۳، در خلاف جهت محور x

پاسخ تشریحی:

نیروی الکتریکی در جهت میدان $\vec{E}$ به ذرهٔ آلفا وارد می‌شود، بنابراین نیروی الکتریکی به سمت پایین است. برای آن‌که ذره بدون انحراف به مسیر حرکت خود ادامه دهد، باید نیروی مغناطیسی به سمت بالا باشد تا بتواند نیروی الکتریکی را خنثی کند؛ بنابراین می‌توانیم به کمک قاعدهٔ دست راست، جهت حرکت ذره را پیدا کنیم.

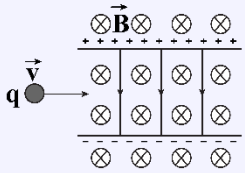
پس ذره باید در جهت محور x حرکت کند. با برابر قرار دادن اندازهٔ نیروی الکتریکی و نیروی مغناطیسی داریم:

$$F_E = F_B \Rightarrow qE = qvB$$
$$\Rightarrow E = vB \Rightarrow v = \frac{E}{B}$$
$$\Rightarrow v = \frac{۱۰۰۰}{۱۰۰۰\times۱۰^{-۴}} = ۱۰^۴\frac{m}{s}$$

پاسخ: گزینهٔ ۱

کنکور سراسری تجربی ۱۴۰۰

۶۸- مطابق شکل زیر، ذره‌ای به بار $q = ۲\mu C$ با جرم ناچیز با تندی $v = ۲\times۱۰^۴\frac{m}{s}$ در جهت نشان‌داده‌شده که عمود بر میدان‌های یکنواخت $B = ۰/۰۲T$ و $E = ۵۰۰\frac{N}{C}$ است. وارد فضای این میدان‌ها می‌شود. نیروی خالص وارد بر ذره در لحظهٔ ورود به میدان‌ها چند نیوتون است؟



۱) صفر

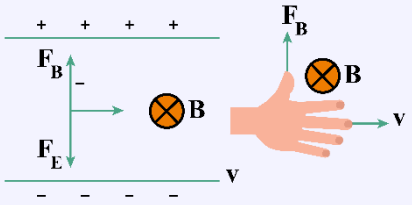
۲) ۳×۱۰^{-۴}

۳) ۲×۱۰^{-۴}

۴) $۱/۸\times۱۰^{-۳}$

پاسخ تشریحی:

نیروی الکتریکی وارد بر ذره در جهت میدان الکتریکی، یعنی به سمت پایین است. نیروی مغناطیسی با توجه به قاعدهٔ دست راست به سمت بالا است.



$$F_E = Eq = ۲\times۱۰^{-۶}\times۵۰۰ = ۱۰^{-۳}\,N$$

$$F_B = qvB = ۲\times۱۰^{-۶}\times۲\times۱۰^{۴}\times\frac{۲}{۱۰۰}$$

$$F_B = ۸\times۱۰^{-۴}$$

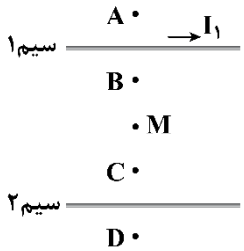
$$F_T = F_E - F_B = ۱۰^{-۳} - ۸\times۱۰^{-۴}$$

$$F_T = ۲\times۱۰^{-۴}\,N$$

پاسخ: گزینهٔ ۳

گروه آموزشی ماز

۶- **شکل زیر، دو سیم موازی و بلند حامل جریان را نشان می‌دهد. اگر میدان مغناطیسی خالص حاصل از این سیم‌ها در نقطهٔ M، وسط حد فاصل بین دو سیم، برون‌سو باشد، میدان مغناطیسی خالص حاصل از این دو سیم در کدام نقطه می‌تواند صفر باشد؟**

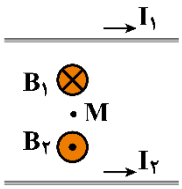


۱) A
۲) B
۳) C
۴) D

پاسخ: گزینهٔ ۲ (متوسط ـ مفهومی ـ ۱۱۰۳)

گام اول:

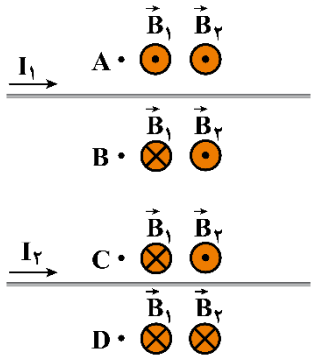
تعیین جهت I_2 و مقایسهٔ آن با I_1:



با توجه به این‌که میدان $\vec{B}_1$ در نقطهٔ M، درون‌سو و میدان خالص در این نقطه، برون‌سو است؛ بنابراین، میدان $\vec{B}_2$ در این نقطه باید الزاماً برون‌سو و بزرگ‌تر از $\vec{B}_1$ باشد. درنتیجه، جهت I_2 به سمت راست است: از طرفی، فاصلهٔ نقطهٔ M از هر دو سیم، یکسان است؛ بنابراین، برای این‌که $B_2 > B_1$ باشد، باید $I_2 > I_1$ باشد.

گام آخر:

تعیین جهت میدان‌های دو سیم در نقاط داده‌شده:



با توجه به جهت میدان‌های $\vec{B}_1$ و $\vec{B}_2$، میدان خالص در نقاط A و D نمی‌تواند صفر باشد. در نقطهٔ C هم که نزدیک‌تر به سیم با جریان بیش‌تر است، میدان $\vec{B}_2$ خیلی قوی‌تر از میدان $\vec{B}_1$ است و میدان خالص در این نقطه هم، صفر نمی‌شود. اما، در نقطهٔ B که نزدیک‌تر به سیم با جریان کم‌تر است، میدان خالص می‌تواند صفر شود.

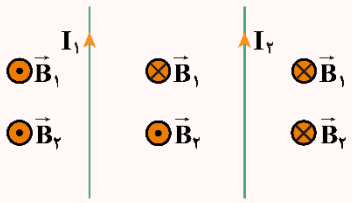
میدان مغناطیسی برایند دو سیم راست موازی

اگر دو سیم راست حامل جریان الکتریکی در نزدیکی هم قرار بگیرند، دو حالت زیر امکان‌پذیر است که هریک از آن‌ها را جداگانه بررسی خواهیم کرد.

حالت اول: جریان سیم‌ها هم‌جهت باشد.

در این حالت جهت میدان سیم‌ها مطابق شکل مقابل است. همان‌طور که می‌بینید، جهت میدان سیم‌ها در فاصلهٔ بین آن‌ها مخالف هم است و درنتیجه میدان مغناطیسی در فاصلهٔ بین دو سیم و نزدیک به سیم با جریان کم‌تر می‌تواند صفر باشد.

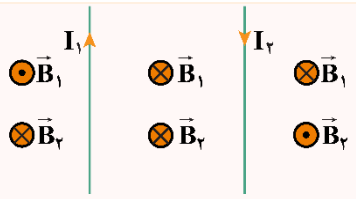
دقت کنید که اگر جریان الکتریکی سیم‌ها برابر باشد، میدان مغناطیسی برایند دقیقاً در وسط فاصلهٔ آن‌ها صفر خواهد شد.



حالت دوم: جریان سیم‌ها در خلاف جهت یکدیگر باشد.

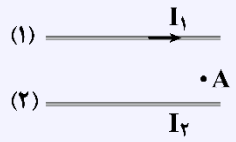
در این حالت جهت میدان سیم‌ها مطابق شکل مقابل است. همان‌طور که می‌بینید، جهت میدان سیم‌ها در خارج از فاصلهٔ بین آن‌ها مخالف هم است و درنتیجه میدان مغناطیسی در خارج از فاصلهٔ بین دو سیم و نزدیک به سیم با جریان کم‌تر می‌تواند صفر باشد.

دقت کنید که اگر جریان الکتریکی سیم‌ها برابر باشد، میدان مغناطیسی خالص در هیچ نقطه‌ای صفر نخواهد شد.



کنکور سراسری ریاضی ۱۴۰۰

۶۷- در شکل زیر، از دو سیم موازی و بلند، جریان‌های الکتریکی عبور می‌کند. اگر میدان مغناطیسی در نقطهٔ A برابر صفر باشد، کدام مورد درست است؟



۱) I_2 در خلاف جهت I_1 و کوچک‌تر از آن است.

۲) I_2 در خلاف جهت I_1 و بزرگ‌تر از آن است.

۳) I_2 هم‌جهت با I_1 و بزرگ‌تر از آن است.

۴) I_2 هم‌جهت با I_1 و کوچک‌تر از آن است.

پاسخ تشریحی:

طبق قاعدهٔ دست راست، میدان سیم (۱) در نقطهٔ A، درون‌سو است؛ بنابراین، میدان سیم (۲) باید برون‌سو باشد تا میدان برایند در A صفر شود. درنتیجه، جهت جریان‌های دو سیم یکسان است. همچنین چون میدان در نزدیکی سیم (۲) صفر شده است، جریان I_2 کوچک‌تر از I_1 است.

پاسخ: گزینهٔ ۴

کنکور سراسری تجربی خارج از کشور ۱۴۰۱

۴۸- جهت میدان مغناطیسی برایند (خالص) ناشی از سیم‌های موازی و بلند حامل جریان یکسان، در هریک از نقطه‌های a، b و c به‌ترتیب کدام است؟

۱) درون‌سو، درون‌سو، برون‌سو

۲) برون‌سو، درون‌سو، درون‌سو

۳) درون‌سو، برون‌سو، برون‌سو

۴) برون‌سو، برون‌سو، درون‌سو

پاسخ تشریحی:

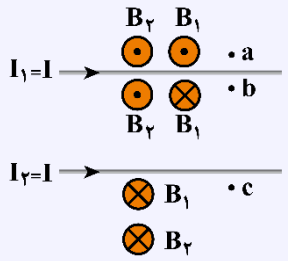
با توجه به‌قاعدهٔ دست راست، جهت میدان هر سیم را مشخص می‌کنیم و به بررسی میدان خالص در هر نقطه می‌پردازیم.

نقطهٔ a: در این نقطه هر دو میدان برون‌سو هستند، بنابراین میدان مغناطیسی خالص نیز برون‌سو (⊙) می‌باشد.

نقطهٔ b: در این نقطه، میدان دو سیم در خلاف جهت یکدیگر است و باید اندازهٔ آن‌ها را مقایسه کنیم.

چون فاصلهٔ نقطهٔ b تا سیم (۱) کم‌تر از فاصلهٔ آن تا سیم (۲) است، میدان سیم (۱) قوی‌تر است و درنتیجه میدان مغناطیسی خالص درون‌سو (⊗) می‌شود.

نقطهٔ c: در این نقطه میدان مغناطیسی هر دو سیم درون‌سو هستند، پس میدان مغناطیسی خالص نیز درون‌سو (⊗) می‌باشد.



پاسخ: گزینهٔ ۲

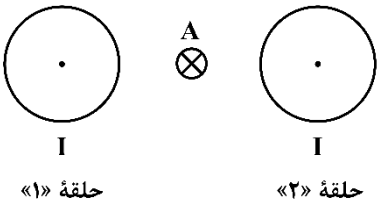
گروه آموزشی ماز

۷- در شکل زیر، جریان‌های الکتریکی یکسان در حلقه‌های هم‌اندازه برقرار است و جهت میدان مغناطیسی حاصل از آن‌ها در نقطهٔ A، درون‌سو است. نقطهٔ A به فاصلهٔ مساوی از مراکز دو حلقه می‌باشد. چه تعداد از موارد زیر، درست است؟

الف: جریان حلقهٔ (۱)، پادساعتگرد است.

ب: میدان مغناطیسی در مرکز حلقهٔ (۲)، برون‌سو است.

پ: جریان الکتریکی حلقه‌ها، هم‌جهت هستند.



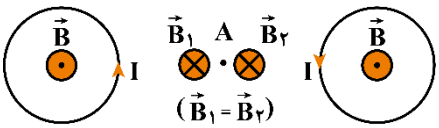
۱) صفر ۲) ۱

۳) ۲ ۴) ۳

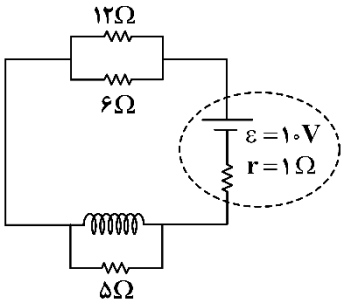
پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ مفهومی ـ ۱۱۰۳)

جریان الکتریکی حلقه‌ها، یکسان و نقطهٔ A به فاصلهٔ مساوی از مراکز دو حلقه است؛ بنابراین، اندازهٔ میدان‌های مغناطیسی ناشی از حلقه‌ها در نقطهٔ A باهم برابر است. درنتیجه، اگر این دو میدان خلاف جهت یکدیگر باشند، میدان برایند در نقطهٔ A صفر می‌شود.

با توجه به این‌که میدان در نقطهٔ A صفر نیست، بنابراین، میدان‌های ناشی از دو حلقه در نقطهٔ A، هم‌جهت و درون‌سو هستند. درنتیجه، طبق قاعدهٔ دست راست، جریان هر دو حلقه، پادساعتگرد است (درستی موارد «الف» و «پ») و میدان مغناطیسی در مرکز حلقه‌ها، برون‌سو است (درستی مورد «ب»).



۸- در مدار شکل زیر، سیملوله‌ای آرمانی و بدون مقاومت الکتریکی که در هر متر آن ۳۰۰۰ حلقه قرار دارد، وجود دارد. پس از گذشت زمان طولانی، میدان مغناطیسی حاصل در داخل سیملوله چند گاوس است؟ $(\mu_0 = 12\times10^{-7}\ \frac{T.m}{A})$



۱) ۳۶

۲) 36×10^{-4}

۳) ۷۲

۴) 72×10^{-4}

پاسخ: گزینهٔ ۳ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۳)

گام اول:

با توجه به این‌که مقاومت الکتریکی سیملولهٔ آرمانی صفر است، مقاومت ۵ اهمی اتصال کوتاه می‌شود و مقاومت معادل مدار برابر می‌شود با:

$$R_{eq} = \frac{12\times6}{12+6} = 4\Omega$$

گام دوم:

جریان مدار برابر است با:

$$I = \frac{\varepsilon}{r+R_{eq}} = \frac{10}{1+4} = 2A$$

گام آخر:

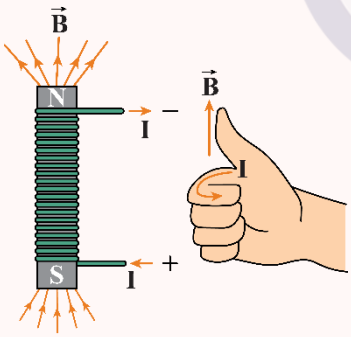
میدان مغناطیسی سیملوله برابر است با:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{L} \xrightarrow[I=2A]{\frac{N}{L}=3000\frac{\text{دور}}{m}} B = 12\times10^{-7}\times3000\times2 = 72\times10^{-4}\,T = 72G$$

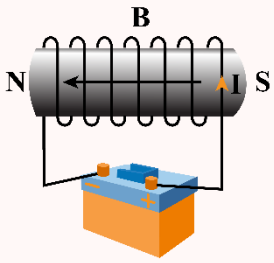
میدان مغناطیسی حاصل از سیملولهٔ حامل جریان

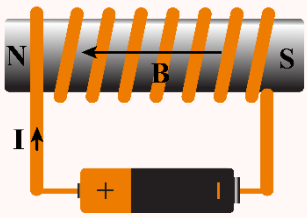
الف) تعیین جهت میدان مغناطیسی سیملوله

جهت میدان مغناطیسی سیملوله به کمک قاعدهٔ دست راست که در شکل مقابل، نشان داده شده است، تعیین می‌شود.



مثال:





ب) بزرگی میدان مغناطیسی سیملولهٔ آرمانی

میدان مغناطیسی داخل یک سیملولهٔ آرمانی در نقطه‌های دور از لبه‌ها یکنواخت است و اندازهٔ آن از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{L}$$

μ_0: ضریب تراوایی مغناطیسی خلأ

N: تعداد دورهای سیملوله

I: جریان عبوری از سیملوله

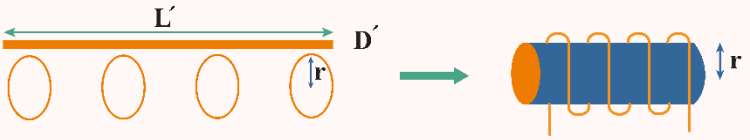
L: طول سیملوله

صورت دوم رابطهٔ بزرگی میدان مغناطیسی سیملولهٔ آرمانی

$$n = \frac{N}{L} \Rightarrow B = \mu_0 n I$$

L: طول سیملوله n: تعداد دورها در واحد طول سیملوله N: تعداد دورهای سیملوله

محاسبهٔ تعداد حلقه‌های سیملوله



$$N = \frac{L'}{2\pi r}$$

N: تعداد دورهای سیملوله

L': طول سیم r: شعاع مقطع سیملوله (حلقه‌ها)

عوامل مؤثر بر میدان مغناطیسی سیملوله

جریان عبوری از سیملوله: هرچقدر جریان بیش‌تری از سیملوله عبور کند، میدان مغناطیسی آن قوی‌تر است.

$B \propto I$

تعداد دوره‌ها، در واحد طول سیملوله: هرچقدر تعداد دورها در واحد طول سیملوله بیش‌تر باشد، میدان مغناطیسی سیملوله قوی‌تر خواهد شد.

$B \propto n$

میدان مغناطیسی سیملوله به تعداد حلقه‌ها و طول سیملوله به‌تنهایی بستگی ندارد و با نسبت آن‌ها، یعنی $\frac{N}{L}$ رابطهٔ مستقیم دارد.

وجود هستهٔ آهنی باعث تقویت میدان مغناطیسی سیملوله می‌شود. میدان مغناطیسی سیملوله بدون هستهٔ آهنی به‌قدری ضعیف است که در عمل کاربردهای کمی دارد.

کنکور سراسری ریاضی ۱۳۹۸

۶۸- پیچهٔ مسطحی شامل ۵۰ حلقه است و مساحت سطح هر حلقهٔ آن $64\pi cm^2$ است. اگر جریان ۸ آمپر از آن بگذرد، اندازهٔ میدان مغناطیسی در مرکز پیچه چند تسلا است؟ $(\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{T.m}{A})$

۱) 10^{-3} ۲) $10^{-3}\pi$ ۳) $1/6 \times 10^{-3}$ ۴) $2 \times 10^{-3}\pi$

پاسخ تشریحی:

میدان مغناطیسی در مرکز این پیچه برابر است با:

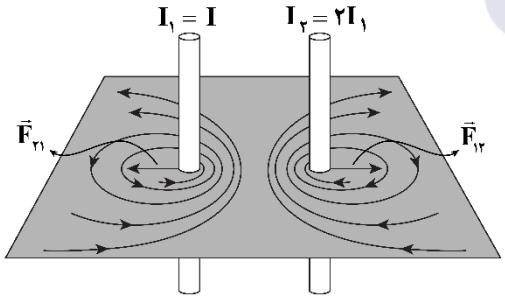
$$A = \pi R^2 \Rightarrow 64\pi = \pi R^2 \Rightarrow R = 8cm$$

$$B = \frac{\mu_0 N I}{2R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 50 \times 8}{2 \times 8 \times 10^{-2}} = \pi \times 10^{-3} T$$

پاسخ: گزینهٔ ۲

گروه آموزشی ماز

۹- شکل زیر خطوط میدان مغناطیسی و نیروی مغناطیسی بین دو سیم راست بلند و موازی حامل جریان الکتریکی را نشان می‌دهد. جهت جریان الکتریکی در سیم‌ها ..... یکدیگر است و با افزایش فاصلهٔ بین سیم‌ها، بزرگی نیروی مغناطیسی ..... می‌یابد.



۱) هم‌جهت ـ کاهش
۲) هم‌جهت ـ افزایش
۳) خلاف جهت ـ کاهش
۴) خلاف جهت ـ افزایش

پاسخ: گزینهٔ ۳ (آسان ـ مفهومی ـ ۱۱۰۳)

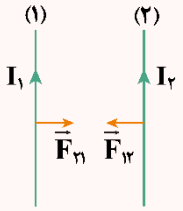
نیروی مغناطیسی بین سیم‌ها دافعه است، پس جریان سیم‌ها در خلاف جهت یکدیگرند. با افزایش فاصلهٔ سیم‌ها، میدان مغناطیسی ناشی از هر سیم در محل سیم دیگر کوچک‌تر شده و درنتیجه بزرگی نیروی مغناطیسی بین دو سیم کاهش می‌یابد.

نیروی مغناطیسی بین دو سیم راست موازی

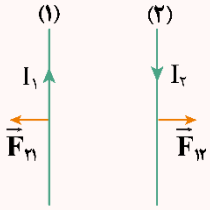
هنگامی که دو سیم راست بلند و موازی در نزدیکی هم قرار می‌گیرند، به‌هم نیروی مغناطیسی وارد می‌کنند.

در این مورد نکات زیر دارای اهمیت است:

۱- اگر جریان سیم‌ها هم‌جهت باشد، دو سیم با نیروی مغناطیسی یکدیگر را جذب می‌کنند.



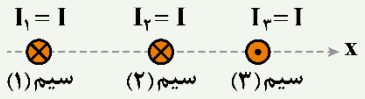
۲- اگر جریان سیم‌ها در خلاف جهت هم باشد، دو سیم با نیروی مغناطیسی یکدیگر را دفع می‌کنند.



۳- نیروی مغناطیسی که سیم‌ها بر هر متر از یکدیگر وارد می‌کنند با جریان سیم‌ها رابطهٔ مستقیم و با فاصلهٔ آن‌ها از هم رابطهٔ عکس دارد؛ بنابراین هرچه سیم‌ها به هم نزدیک‌تر باشند و جریان الکتریکی بیش‌تری از آن‌ها بگذرد، نیروی مغناطیسی که به یکدیگر وارد می‌کنند بزرگ‌تر خواهد بود.

مثال

شکل زیر، مقطع سه سیم راست و بلند حامل جریان‌های الکتریکی یکسان را نشان می‌دهد که در نزدیکی یکدیگر و در جهت عمود بر صفحه قرار گرفته‌اند. کدام‌یک از عبارت‌های زیر نادرست است؟



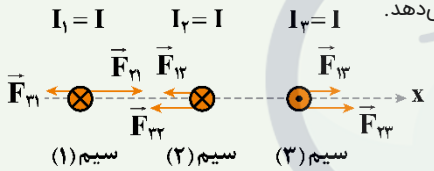
الف: نیروی مغناطیسی خالص وارد بر سیم (۳) در جهت محور x است.

ب: میدان مغناطیسی خالص در فاصلهٔ بین سیم‌های (۲) و (۳) روی محور x به سمت پایین است.

پ: نیروی مغناطیسی خالص وارد بر سیم (۱) در خلاف جهت محور x است.

پاسخ تشریحی:

همان‌طور که می‌دانید، اگر جریان دو سیم راست موازی، هم‌جهت باشد، نیروی مغناطیسی بین آن‌ها از نوع جاذبه است و اگر جریان دو سیم راست موازی در خلاف جهت هم باشد، نیروی مغناطیسی بین آن‌ها از نوع دافعه خواهد بود. شکل زیر نیروهای مغناطیسی را نشان می‌دهد.



همان‌طور که می‌بینید، نیروی خالص وارد بر سیم (۱) در جهت محور x ، نیروی خالص وارد بر سیم (۲) در خلاف جهت محور x و نیروی خالص وارد بر سیم (۳) در جهت محور x است. همچنین دقت کنید که در فاصلهٔ بین سیم‌های (۲) و (۳) روی محور x ، جهت میدان مغناطیسی حاصل از هر سه سیم به سمت پایین است و درنتیجه میدان مغناطیسی برایند هم به سمت پایین خواهد بود.

مطابق توضیحات فوق، عبارت‌های «الف» و «ب» صحیح هستند و فقط عبارت «پ» نادرست است.

گروه آموزشی ماز

۱۰- هر یک از موارد زیر به‌ترتیب توصیفی، از کدام دسته از مواد براساس خاصیت مغناطیسی است؟

الف: دوقطبی‌های مغناطیسی وابسته به آن‌ها به‌طور کاتوره‌ای سمت‌گیری کرده‌اند.

ب: از این مواد در ساخت هستهٔ پیچه‌ها و سیملوله‌ها و آهنربای الکتریکی استفاده می‌شود.

پ: اورانیم، پلاتین و آلومینیم، از این دسته مواد مغناطیسی‌اند.

۱) فرومغناطیس، فرومغناطیس نرم، دیامغناطیس
۲) پارامغناطیس، فرومغناطیس نرم، پارامغناطیس
۳) فرومغناطیس، فرومغناطیس سخت، پارامغناطیس
۴) پارامغناطیس، فرومغناطیس سخت، دیامغناطیس

پاسخ: گزینهٔ ۲ (آسان ـ حفظی ـ ۱۱۰۳)

بررسی موارد:

الف) در مواد پارامغناطیس دوقطبی‌ها به‌صورت کاتوره‌ای جهت‌گیری کرده‌اند.

ب) از مواد فرومغناطیس نرم (مثل آهن خالص) در ساخت هستهٔ پیچه‌ها و آهنرباهای الکتریکی استفاده می‌شود.

پ) اورانیم، پلاتین و آلومینیم ازجمله مواد پارامغناطیسی هستند.

گروه آموزشی ماز

۱- چند مورد از گزاره‌های زیر درست است؟

الف: ادیسون موافق جریان متناوب (ac) و وستینگهاوس موافق جریان مستقیم (dc) بود.

ب: سامانهٔ انتقال و توزیع برق و بیش‌تر وسایل خانگی با جریان متناوب کار می‌کنند.

پ: در مولدهای صنعتی آهنربای الکتریکی ثابت است و پیچهٔ اطراف آن می‌چرخد.

ت: افزایش و کاهش ولتاژ جریان مستقیم (dc) بسیار آسان‌تر از جریان متناوب (ac) است.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ: گزینهٔ ۱ (آسان ـ خط‌به‌خط کتاب درسی ـ ۱۱۰۳)

بررسی موارد:

الف) ادیسون موافق جریان مستقیم (dc) و وستینگهاوس موافق جریان متناوب (ac) بود. (✗)

ب) سامانهٔ انتقال و توزیع برق و بیش‌تر وسایل خانگی با جریان متناوب کار می‌کنند. (✓)

پ) در مولدهای صنعتی پیچه‌ها ساکن‌اند و آهنربای الکتریکی در آن‌ها می‌چرخد. (✗)

ت) افزایش و کاهش ولتاژ جریان متناوب (ac) بسیار آسان‌تر از جریان مستقیم (dc) است. (✗)

گروه آموزشی ماز

۲- طول سیملوله‌ای آرمانی که ۱۰۰ حلقه دارد، ۱۰۰cm است. اگر شعاع سطح مقطع این سیملوله ۵cm باشد و در مدت ۰/۴s جریان عبوری از سیملوله ۸A افزایش پیدا کند، شار عبوری از سیملوله چند وبر و چگونه تغییر می‌کند؟ $(\pi^2 = 10 \,,\, \mu_0 = 4\pi\times10^{-7}\frac{T.m}{A})$

۱) 32×10^{-8} و افزایش ۲) 32×10^{-8} و کاهش ۳) 8×10^{-6} و افزایش ۴) 8×10^{-6} و کاهش

پاسخ: گزینهٔ ۳ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۳)

می‌دانیم که تغییر جریان، موجب تغییر میدان مغناطیسی و تغییر شار می‌شود.

گام اول:

با استفاده از رابطهٔ بزرگی میدان مغناطیسی درون سیملولهٔ آرمانی می‌توان نوشت:

$$B=\mu_0(\frac{N}{\ell})I \Rightarrow \Delta B=\mu_0(\frac{N}{\ell})\Delta I \Rightarrow \Delta B=4\pi\times10^{-7}\times\left(\frac{100}{100\times10^{-2}}\right)\times8=32\pi\times10^{-5}T$$

گام آخر:

تغییر شار را به‌دست می‌آوریم:

$$\Delta\Phi = A\Delta B\cos\theta \xrightarrow{\theta=0} \Delta\Phi=\pi\times(5\times10^{-2})^2\times32\pi\times10^{-5}=8\times10^{-6}\,Wb$$

چون جریان سیملوله افزایش یافته، شار گذرنده از آن نیز افزایش می‌یابد.

شار مغناطیسی

هرگاه میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$ از صفحه‌ای به مساحت A عبور کند، به‌طوری که زاویهٔ بین خطوط $\vec{B}$ و نیم‌خط عمود بر صفحه θ باشد، شار مغناطیسی به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\Phi = BA\cos\theta \xrightarrow{\theta=0} \Phi = BA$$

شار مغناطیسی بیانگر تعداد خطوط میدان مغناطیسی گذرنده از حلقهٔ بستهٔ رسانا است.

گروه آموزشی ماز

۳- سیملوله‌ای با ۱۰۰ دور و مساحت سطح مقطع $20cm^2$ عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی قرار دارد. اگر آهنگ تغییر میدان مغناطیسی $0/08\frac{T}{s}$ و شدت جریان القاشده در سیملوله ۲mA باشد، مقاومت الکتریکی سیملوله چند اُهم است؟

۱) ۰/۴ ۲) ۴ ۳) ۸ ۴) ۰/۸

پاسخ: گزینهٔ ۳ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۳)

گام اول:

با استفاده از قانون القای فاراده داریم:

$$|\varepsilon_{av}| = \left|-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| \Rightarrow \left|-NA\cos\theta\frac{\Delta B}{\Delta t}\right| \xrightarrow{\cos\theta=1} |\varepsilon_{av}| = \left|-NA\times\frac{\Delta B}{\Delta t}\right| = NA\left|\frac{\Delta B}{\Delta t}\right| \quad *$$

گام آخر:

با نوشتن قانون اهم $(R=\frac{V}{I})$ و جایگذاری ε_{av} به جای V خواهیم داشت:

$$R=\frac{|\varepsilon_{av}|}{I} \xrightarrow{*} R=\frac{NA}{I}\times\left|\frac{\Delta B}{\Delta t}\right| = \frac{100\times(20\times10^{-4})}{2\times10^{-3}}\times0/08 = 8\Omega$$

قانون القای الکترومغناطیسی فاراده

هرگاه شار مغناطیسی که از مدار بسته‌ای می‌گذرد با گذشت زمان تغییر کند، در آن مدار بسته نیروی محرکه‌ای القا می‌شود که بزرگی آن با آهنگ تغییر شار مغناطیسی متناسب است؛ یعنی هرچه آهنگ تغییر شار مغناطیسی بیش‌تر باشد، نیروی محرکهٔ القایی و درنتیجه جریان القایی تولیدشده در مدار بیش‌تر خواهد بود:

$$\varepsilon_{av} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \rightarrow \text{ولت} = \frac{\text{وبر}}{\text{ثانیه}}$$

ε_{av} : نیروی محرکه‌ی القایی متوسط N : تعداد حلقه‌های مدار $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$: آهنگ تغییر شار مغناطیسی

محاسبهٔ نیروی محرکهٔ القایی در حالت‌های مختلف تغییر شار مغناطیسی

طبق روابط $\Phi = BA\cos\theta$ و $\varepsilon_{av} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ مشاهده می‌کنیم که نیروی محرکهٔ القایی متوسط با آهنگ تغییر شار مغناطیسی متناسب است. شار مغناطیسی در سه حالت زیر تغییر می‌کند:

۱- اگر تغییر شار فقط ناشی از تغییر B باشد:

$$\varepsilon_{av} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -N\frac{\Delta(BA\cos\theta)}{\Delta t} \Rightarrow \varepsilon_{av} = -NA\cos\theta\overbrace{\boxed{\frac{\Delta B}{\Delta t}}}^{\text{آهنگ تغییر میدان مغناطیسی}}$$

۲- اگر تغییر شار فقط ناشی از تغییر A باشد:

$$\varepsilon_{av} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -N\frac{\Delta(BA\cos\theta)}{\Delta t} \Rightarrow \varepsilon_{av} = -NB\cos\theta\overbrace{\boxed{\frac{\Delta A}{\Delta t}}}^{\text{آهنگ تغییر مساحت}}$$

۳- اگر تغییر شار فقط ناشی از تغییر θ باشد، خواهیم داشت:

$$\varepsilon_{av} = -NBA\frac{\cos\theta_2 - \cos\theta_1}{\Delta t}$$

جریان القایی

هرگاه شار مغناطیسی عبوری از یک مدار بسته با گذشت زمان تغییر کند، در آن مدار بسته نیروی محرکهٔ متوسط $\varepsilon_{av} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ القا می‌شود که این نیروی محرکهٔ القایی متوسط باعث برقراری جریان القایی I در مدار می‌شود، که داریم:

$$I = \frac{\varepsilon_{av}}{R} = \frac{-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}}{R} \Rightarrow I = \frac{-N\Delta\Phi}{R\Delta t}$$

کنکور سراسری ریاضی خارج از کشور ۱۴۰۲

۷۰- سیملوله‌ای دارای ۴۰۰ حلقه است و مساحت هر حلقهٔ آن $15\,cm^2$ است. درون این سیملوله، میدان مغناطیسی که موازی محور سیملوله است، با آهنگ ۰/۱ تسلا بر ثانیه کاهش می‌یابد. اگر مقاومت الکتریکی آن $0/2\Omega$ باشد، جریان الکتریکی القایی آن چند آمپر است؟

۱) ۰/۲ ۲) ۰/۶ ۳) ۰/۳ ۴) ۰/۴

پاسخ تشریحی:

گام اول: طبق قانون القای الکترومغناطیس فاراده می‌توان نوشت:

$$\varepsilon_{av}=-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\xrightarrow{\Delta\Phi=A\cos\theta\Delta B}\varepsilon_{av}=-NA\cos\theta\frac{\Delta B}{\Delta t}$$

$$\xrightarrow[\theta=۰\to\cos\theta=۱,\frac{\Delta B}{\Delta t}=-۰/۱\frac{T}{s}]{N=۴۰۰,A=۱۵\times۱۰^{-۴}m^{۲}}\varepsilon_{av}=-۴۰۰\times۱۵\times۱۰^{-۴}\times۱\times(-۰/۱)=۰/۰۶V$$

گام آخر: حال طبق قانون اهم، جریان القایی را به‌دست می‌آوریم:

$$I_{av}=\frac{\varepsilon_{av}}{R}\Rightarrow I_{av}=\frac{۰/۰۶}{۰/۲}=۰/۳A$$

پاسخ: گزینهٔ ۳

گروه آموزشی ماز

۴- قابی مستطیل‌شکل با مساحت $۵۰cm^{۲}$ شامل N حلقه بوده و مقاومت آن ۹Ω است. سطح این قاب، عمود بر میدان مغناطیسی به بزرگی $۹۰۰G$ قرار دارد. این قاب ۱۸۰° می‌چرخد تا دوباره عمود بر خطوط میدان مغناطیسی قرار بگیرد. اگر میزان بار القایی در قاب ۶۰ میلی‌کولن باشد، N کدام است؟

۱) ۶۰ ۲) ۱۲۰ ۳) ۶۰۰ ۴) ۱۲۰۰

پاسخ: گزینهٔ ۳ (سخت ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۳)

گام اول:

با استفاده از قانون فاراده داریم:

$$\varepsilon_{av}=-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

و با استفاده از رابطهٔ جریان می‌دانیم که:

$$I=\frac{\varepsilon_{av}}{R}\ ,\ I=\frac{\Delta q}{\Delta t}$$

گام دوم:

با جایگذاری رابطهٔ اول در رابطهٔ دوم داریم:

$$I=-\frac{N}{R}\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\Rightarrow\frac{\Delta q}{\Delta t}=-\frac{N}{R}\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

$$\Rightarrow\Delta q=-\frac{N}{R}\Delta\Phi\quad *$$

گام آخر:

چون حلقه ۱۸۰° چرخیده $(\Phi_{۲}=-\Phi_{۱})$ داریم:

$$|\Phi_{۱}|=AB\cos\theta\xrightarrow{\theta=۰}|\Phi_{۱}|=AB\Rightarrow|\Phi_{۱}|=۹۰۰\times۱۰^{-۴}\times(۵۰\times۱۰^{-۴})$$

$$|\Phi_{۱}|=۴۵\times۱۰^{-۵}Wb$$

$$|\Delta\Phi|=|\Phi_{۲}-\Phi_{۱}|=۲|\Phi_{۱}|\Rightarrow|\Delta\Phi|=۲\times۴۵\times۱۰^{-۵}Wb=۹\times۱۰^{-۴}Wb$$

$$\xrightarrow{*}|\Delta q|=۶۰\times۱۰^{-۳}=\frac{N}{۹}\times۹\times۱۰^{-۴}\Rightarrow N=۶۰۰$$

محاسبهٔ بار القایی

برقراری جریان الکتریکی القایی در مدار در اثر تغییر شار مغناطیسی به‌معنای حرکت الکترون‌های آزاد در مدار بسته است که به آن بار القایی (Δq) می‌گوییم و داریم:

$$\begin{cases}I=\dfrac{-N\Delta\Phi}{R\Delta t}\\ I=\dfrac{\Delta q}{\Delta t}\end{cases}\Rightarrow\frac{\Delta q}{\Delta t}=\frac{-N\Delta\Phi}{R\Delta t}\Rightarrow\Delta q=-\frac{N\Delta\Phi}{R}$$

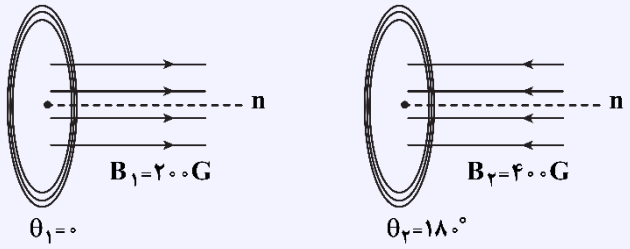
کنکور سراسری تجربی خارج از کشور ۱۴۰۳

۷۰- سطح حلقه‌های پیچه‌ای که دارای ۲۰۰ حلقه است، عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی که بزرگی آن ۲۰۰G و جهت آن از راست به چپ است، قرار دارد. میدان مغناطیسی در مدت ۴ms تغییر می‌کند و به ۴۰۰G در خلاف جهت اولیه می‌رسد. اگر سطح هر حلقهٔ پیچه $50cm^2$ باشد، بزرگی نیروی محرکهٔ القایی متوسط در پیچه چند ولت است؟

۱) ۱ ۲) ۵ ۳) ۶ ۴) ۱۵

پاسخ تشریحی:

زاویهٔ θ در حالت اول برابر صفر و در حالت دوم برابر ۱۸۰ درجه است (شکل مقابل).



$$\varepsilon_{av}=-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=-N\frac{\Delta(BA\cos\theta)}{\Delta t}=-NA\frac{\Delta(B\cos\theta)}{\Delta t}$$

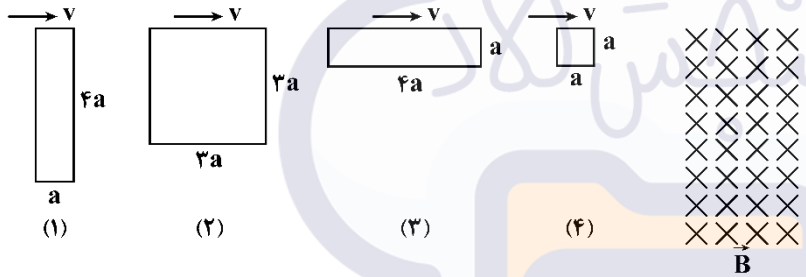
$$\Rightarrow \varepsilon_{av}=-NA\frac{B_2\cos\theta_2-B_1\cos\theta_1}{\Delta t}=-200\times50\times10^{-4}\times\frac{400\times10^{-4}\times\cos180°-200\times10^{-4}\times\cos0}{4\times10^{-3}}$$

$$\Rightarrow \varepsilon_{av}=15V$$

پاسخ: گزینهٔ ۴

گروه آموزشی ماز

۵- مطابق شکل زیر چهار حلقه سیم با سرعت ثابت و یکسان به‌ترتیب وارد یک میدان مغناطیسی درون‌سو می‌شوند. در مدت ورود حلقه‌ها به میدان، نیروی محرکهٔ القایی در کدام حلقه بیش‌تر است؟



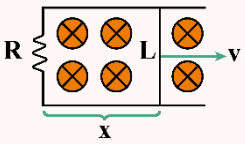
۱) ۱
۲) ۲
۳) ۳
۴) ۴

پاسخ: گزینهٔ ۱ (آسان ـ مفهومی ـ ۱۱۰۳)

با توجه به فرمول BLv هر حلقه‌ای که L بزرگ‌تری داشته باشد، نیروی محرکهٔ القایی بیش‌تری در آن تولید خواهد شد؛ بنابراین در حلقهٔ ۱ نیروی محرکهٔ القایی بیش‌تر خواهد بود چون عامل تأثیرگذار در نیروی محرکهٔ القایی طول آن ضلعی است که عمود بر راستای سرعت حلقه است که در حلقه‌های (۱)، (۲)، (۳) و (۴)، به‌ترتیب 4a، 3a، a و a است.

مولد خطی جریان

قاب مستطیل‌شکلی که از سیم بدون روکش ساخته شده است، مطابق شکل زیر در میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$ قرار دارد و سطح حلقه بر میدان مغناطیسی، عمود است. اگر ضلع L با سرعت ثابت v در جهت نشان‌داده‌شده حرکت کند، مساحت قاب (A) تغییر کرده و درنتیجه شار مغناطیسی گذرنده از قاب تغییر می‌کند:



$$\Phi=BA\cos\theta\xrightarrow{\cos\theta=1}\Phi=BA\Rightarrow\Phi=BLx$$

$$\varepsilon_{av}=-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\xrightarrow{N=1}\varepsilon_{av}=-\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=-\frac{\Delta(BLx)}{\Delta t}=-BL\frac{\Delta x}{\Delta t}$$

واضح است که $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ برابر سرعت حرکت میله است، پس خواهیم داشت:

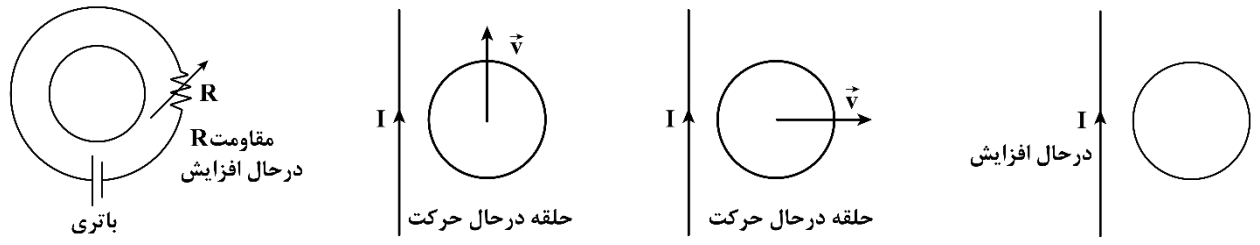
$$\varepsilon_{av}=-BLv$$

بدیهی است که اگر زاویهٔ بین خطوط میدان مغناطیسی و خط عمود بر حلقه θ باشد، نیروی محرکهٔ القایی متوسط ناشی از حرکت میله از رابطهٔ $\varepsilon_{av}=-BLv\cos\theta$ به‌دست می‌آید. نیروی محرکهٔ القایی متوسط حاصل، باعث تولید جریان القایی متوسط و توان مصرفی در مقاومت R می‌شود و داریم:

$$I=\frac{|\varepsilon_{av}|}{R}\Rightarrow I=\frac{|BLv|}{R}\qquad U=\frac{\varepsilon_{av}^2}{R}\Delta t=\frac{(BLv)^2}{R}\Delta t\qquad P=\frac{(BLv)^2}{R}$$

گروه آموزشی ماز

۶- در چند مورد از موارد زیر جریان القاشده در حلقه ساعتگرد است؟



«الف» «ب» «پ» «ت»

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ: گزینهٔ ۲ (متوسط ـ مفهومی ـ ۱۱۰۳)

در موارد «ب» و «ت» جهت جریان القاشده، ساعتگرد است.

طبق قاعدهٔ دست راست، به بررسی موارد می‌پردازیم:

بررسی موارد:

الف) با افزایش جریان سیم، میدان مغناطیسی درون‌سوی گذرنده از حلقه افزایش می‌یابد؛ بنابراین حلقه طبق قانون لنز با ایجاد جریان پادساعتگرد و میدان مغناطیسی برون‌سو با این اقدام مقابله می‌کند.

ب) با دور شدن حلقه از سیم، میدان مغناطیسی درون‌سوی گذرنده از حلقه کاهش می‌یابد؛ بنابراین حلقه طبق قانون لنز با ایجاد جریان ساعتگرد و میدان مغناطیسی درون‌سو با این اقدام مقابله می‌کند.

پ) با حرکت حلقه به موازات سیم میدان مغناطیسی و درنتیجه شار گذرنده از حلقه تغییر نمی‌کند و جریانی القا نمی‌شود.

ت) جریان گذرنده از مدار، ساعتگرد است. با افزایش مقاومت R جریان کاهش می‌یابد. کاهش جریان مدار باعث کاهش میدان درون‌سوی گذرنده از حلقه می‌شود؛ بنابراین حلقه طبق قانون لنز با ایجاد جریان ساعتگرد و میدان مغناطیسی درون‌سو با این اقدام مقابله می‌کند.

قانون لنز

برای تعیین جهت جریان القایی حاصل از تغییر شار مغناطیسی از قانون لنز استفاده می‌کنیم. طبق قانون لنز، جهت جریان القایی حاصل از نیروی محرکهٔ القایی به‌گونه‌ای است که به‌وسیلهٔ آثار مغناطیسی که از خود نشان می‌دهد با عامل به‌وجودآورندهٔ خودش، یعنی تغییر شار مخالفت می‌کند. این مخالفت در قانون فاراده با علامت منفی به‌صورت زیر بیان می‌شود:

$$\varepsilon_{av} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

برای تعیین جهت جریان القایی به کمک قانون لنز مراحل زیر را طی می‌کنیم:

۱- تعیین جهت $\vec{B}_{\text{اصلی}}$ (میدانی که شار مغناطیسی $(\Phi = BA\cos\theta)$ را به کمک آن تعریف می‌کنیم).

۲- تعیین نحوهٔ تغییر شار: افزایش شار ـ کاهش شار

۳- تعیین جهت $\vec{B}_{\text{القایی}}$ به‌صورت زیر:

اگر شار مغناطیسی عبوری، افزایش یافته است؛ جهت $\vec{B}_{\text{القایی}}$ خلاف جهت $\vec{B}_{\text{اصلی}}$

اگر شار مغناطیسی عبوری، کاهش یافته است؛ جهت $\vec{B}_{\text{القایی}}$ هم‌جهت $\vec{B}_{\text{اصلی}}$

۴- با توجه به جهت $\vec{B}_{\text{القایی}}$ به‌دست آمده و قاعدهٔ دست راست جهت $I_{\text{القایی}}$ تعیین می‌شود.

کنکور سراسری خارج از کشور تجربی تیرماه ۱۴۰۲

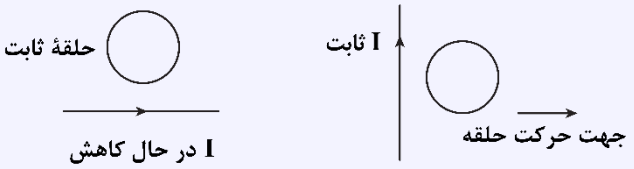
۵۱- در شکل‌های «الف» و «ب» جهت جریان الکتریکی القاشده در حلقه‌ها به‌ترتیب، کدام است؟

۱) ساعتگرد و پادساعتگرد

۲) پادساعتگرد و پادساعتگرد

۳) پادساعتگرد و ساعتگرد

۴) ساعتگرد و ساعتگرد



«الف» «ب»

پاسخ تشریحی:

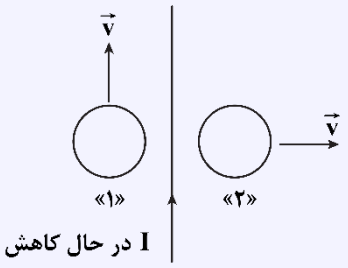
در حلقهٔ «الف» با توجه به دورشدن حلقه از سیم حامل جریان ثابت، شدت میدان مغناطیسی گذرنده از داخل حلقه کاهش و به‌دنبال آن شار مغناطیسی گذرنده از حلقه کاهش می‌یابد؛ درنتیجه طبق قانون لنز با کاهش شار، میدان القایی در داخل حلقه باید با میدان مغناطیسی حاصل از سیم هم‌جهت باشد (جهت میدان حاصل از سیم در داخل حلقه طبق قاعدهٔ دست راست به‌صورت درون‌سو است، بنابراین جهت میدان القایی نیز درون‌سو خواهد بود). درنهایت به کمک قاعدهٔ دست راست برای حلقهٔ حامل جریان الکتریکی درمی‌یابیم که جهت جریان القایی در حلقه باید به‌صورت ساعتگرد باشد.

در حلقهٔ «ب» با توجه به کم‌شدن جریان عبوری از سیم، میدان مغناطیسی و شار مغناطیسی گذرنده از حلقه کاهش یافته و طبق قانون لنز، جهت میدان القایی، هم‌سو با میدان اصلی در داخل حلقه بوده (طبق قاعدهٔ دست راست، جهت میدان حاصل از سیم در حلقه برون‌سو است، بنابراین جهت میدان القایی در حلقه نیز برون‌سو است) و درنتیجه طبق قاعدهٔ دست راست جهت جریان القایی حلقه به‌صورت پادساعتگرد خواهد بود.

پاسخ: گزینهٔ ۱

کنکور سراسری تجربی ۱۴۰۲

۶۸- مطابق شکل زیر، دو حلقه در جهت‌های نشان‌داده‌شده در نزدیکی یک سیم حامل جریان الکتریکی I حرکت می‌کنند. کدام مورد درست است؟



۱) در حلقهٔ (۱) جریان القا نمی‌شود و در حلقهٔ (۲) جریان القایی پادساعتگرد است.

۲) جهت جریان القایی در حلقهٔ (۱) پادساعتگرد و در حلقهٔ (۲) ساعتگرد است.

۳) در حلقهٔ (۱) جریان القا نمی‌شود و در حلقهٔ (۲) جریان القایی ساعتگرد است.

۴) جهت جریان القایی در حلقهٔ (۱) ساعتگرد و در حلقهٔ (۲) پادساعتگرد است.

پاسخ تشریحی:

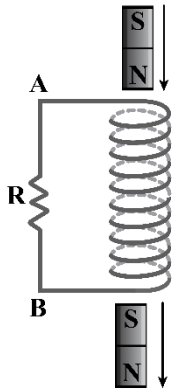
حلقهٔ (۱) موازی سیم حرکت می‌کند و فاصلهٔ آن تا سیم راست تغییر نمی‌کند، اما به‌دلیل آن‌که جریان سیم راست درحال کاهش است، شار مغناطیسی گذرنده از حلقهٔ (۱) کم می‌شود و طبق قانون لنز جهت جریان القایی در آن پادساعتگرد است.

شار مغناطیسی گذرنده از حلقهٔ (۲)، هم به‌دلیل کاهش جریان سیم راست و هم به‌دلیل دورشدن حلقه از سیم کاهش می‌یابد و طبق قانون لنز، جهت جریان القایی در آن ساعتگرد است.

پاسخ: گزینهٔ ۲

گروه آموزشی ماز

۷- مطابق شکل زیر، یک آهنربای میله‌ای از بالای یک سیملوله در راستای قائم رها شده و بعد از عبور از داخل سیملوله از آن خارج می‌شود. جهت جریان القایی در مقاومت الکتریکی R به‌ترتیب از راست به چپ هنگام ورود آهنربا ..... و هنگام خروج از آن ..... است.



۱) از A به B ـ از B به A

۲) از B به A ـ از A به B

۳) از A به B ـ از A به B

۴) از B به A ـ از B به A

پاسخ: گزینهٔ ۱ (متوسط ـ مفهومی ـ ۱۱۰۳)

براساس قانون لنز، جریان القایی در سیملوله در جهتی به‌وجود می‌آید که آثار مغناطیسی ناشی از آن، با عامل تغییردهندهٔ شار مغناطیسی مخالفت کند.

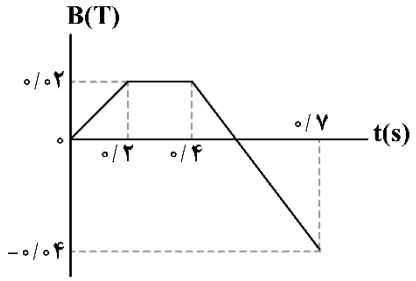
گام اول:

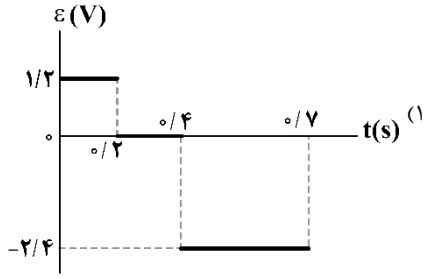
بنابراین در لحظهٔ ورود آهنربا به داخل سیملوله، قطب بالای سیملوله قطب N می‌شود تا آهنربا را دفع کند و مانع ورود آن به سیملوله شود و طبق قاعدهٔ دست راست، جهت جریان القایی از A به B خواهد بود.

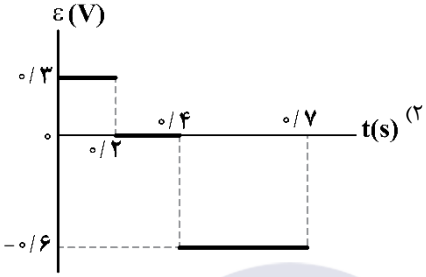
گام آخر:

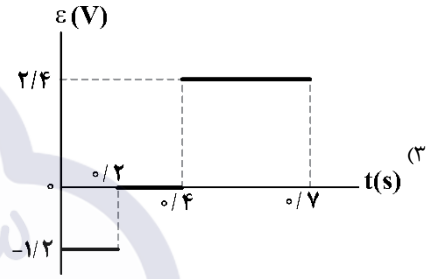
همچنین هنگام خروج آهنربا از سیملوله، قطب پایین سیملوله N خواهد شد تا از خروج آن جلوگیری کند و طبق قاعدهٔ دست راست، جهت جریان القایی از B به A خواهد بود.

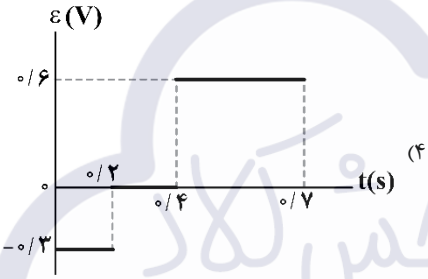
۸- حلقه‌ای رسانا به قطر ۲m عمود بر یک میدان مغناطیسی قرار دارد و تغییرات میدان مغناطیسی برحسب زمان، مطابق شکل است. نمودار نیروی محرکهٔ القاشده در حلقه کدام است؟ $(\pi = ۳)$



۱)


۲)


۳)


۴)


پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ نموداری ـ ۱۱۰۳)

نیروی محرکهٔ القایی متوسط حلقه را در سه بازهٔ زمانی محاسبه می‌کنیم:

$$\varepsilon_{av} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -N\frac{\Delta(AB\cos\theta)}{\Delta t} \xrightarrow{\theta=۰\ ,\ N=۱} \varepsilon = -A\frac{\Delta B}{\Delta t}$$

$$\xrightarrow[A=\pi r^۲=۳\times۱^۲=۳m^۲]{\text{در بازهٔ } t=۰s \text{ تا } t=۰/۲s} \varepsilon = -۱\times\frac{۳\times۰/۰۲}{۰/۲} = -۰/۳\,V$$

$$\xrightarrow[\Delta B=۰]{\text{در بازهٔ } t=۰/۲s \text{ تا } t=۰/۴s} \varepsilon = ۰$$

$$\xrightarrow{\text{در بازهٔ } t=۰/۴s \text{ تا } t=۰/۷s} \varepsilon = -۱\times\frac{۳\times(-۰/۰۶)}{۰/۳} = ۰/۶\,V$$

با توجه به اعداد به‌دست آمده، نمودار گزینهٔ «۴» پاسخ درست است.

دام تستی

اگر به علامت منفی در نمودار $\bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ توجه نداشته باشی، به‌اشتباه، گزینهٔ «۲» رو انتخاب می‌کنی.

نمودار شار ـ زمان

۱- با توجه به قانون القای فاراده، نتیجهٔ زیر از نمودار شار ـ زمان قابل‌استنباط است.

$$\varepsilon_{av} = -N\overbrace{\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}}^{\text{شیب نمودار شار ـ زمان}} \Rightarrow \text{نیروی محرکه} = -(\text{تعداد دور})\times(\text{شیب نمودار شار ـ زمان})$$

بنابراین هرچه اندازهٔ شیب نمودار شار ـ زمان بیش‌تر باشد، اندازهٔ نیروی محرکهٔ القایی بزرگ‌تر است و اگر نمودار شار ـ زمان افقی باشد، نیروی محرکهٔ القایی صفر خواهد بود.

۲- قبلاً دیدیم که اگر تغییرات شار مغناطیسی به‌دلیل تغییرات B باشد، نیروی محرکهٔ القایی با رابطهٔ $\varepsilon_{av} = -NA\cos\theta\frac{\Delta B}{\Delta t}$ به‌دست می‌آید. مفهوم نموداری این رابطه به‌صورت زیر است:

$$\varepsilon_{av} = -NA\cos\theta\overbrace{\boxed{\frac{\Delta B}{\Delta t}}}^{\text{شیب نمودار میدان ـ زمان}} \Rightarrow \text{نیروی محرکه} = -(\text{تعداد دور})\times(\text{مساحت حلقه})\times\cos\theta\times(\text{شیب نمودار میدان ـ زمان})$$

بنابراین هرچه اندازهٔ شیب نمودار میدان ـ زمان بیش‌تر باشد، نیروی محرکهٔ القایی بزرگ‌تر خواهد بود.

گروه آموزشی ماز

۹- ضریب القاوری یک القاگر چند هانری باشد تا بتواند ۰/۵kWh انرژی الکتریکی را در پیچهٔ حامل جریان ۲۰۰A ذخیره کند؟

۱) ۴۵ ۲) ۹۰ ۳) ۱۸۰ ۴) ۱۸۰۰

پاسخ: گزینهٔ ۲ (آسان ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۳)

گام اول:

ابتدا انرژی را بر حسب ژول به‌دست می‌آوریم:

$$U = ۰/۵kWh = (۰/۵\times۱۰^{۳}W)(۳۶۰۰s) = ۱/۸\times۱۰^{۶}J$$

گام آخر:

طبق رابطهٔ $U = \frac{۱}{۲}LI^{۲}$ داریم:

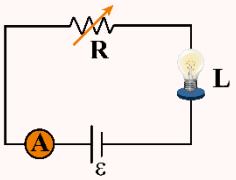
$$U = \frac{۱}{۲}LI^{۲} \Rightarrow ۱/۸\times۱۰^{۶} = \frac{۱}{۲}L\times۲۰۰^{۲} \Rightarrow L = ۹۰H$$

تذکر!

در واقعیت، ساختن یک سیملوله با چنین ضریب القاوری ممکن نیست، به همین دلیل، سیملوله‌ها برای ذخیرهٔ انرژی‌های مورد نیاز وسایل روزمره قابل‌استفاده نیستند.

پدیدهٔ خودالقاوری

مداری مانند شکل مقابل را درنظر می‌گیریم:



با تغییر مقاومت رئوستا، جریان در مدار تغییر می‌کند. تغییر جریان در مدار، سبب تغییر میدان مغناطیسی درون سیملوله (القاگر) می‌شود و درنتیجه شار مغناطیسی عبوری از آن نیز تغییر می‌کند. این فرایند سبب القای نیروی محرکهٔ القایی در القاگر می‌شود که طبق قانون لنز با تغییر شار مغناطیسی (و درنتیجه با تغییر جریان مدار) مخالفت می‌کند. این پدیده اثر خودالقاوری نامیده می‌شود.

ضریب القاوری: ویژگی‌های فیزیکی هر القاگر توسط ضریب القاوری آن تعیین می‌شود. ضریب القاوری که با نماد L نشان داده می‌شود، به عواملی مانند تعداد دور، طول و سطح مقطع القاگر و جنس هسته‌ای که داخل آن قرار می‌گیرد، بستگی دارد. یکای SI ضریب القاوری اُهم ثانیه $(\Omega.s)$ است که هانری نامیده می‌شود و با نماد H نشان داده می‌شود.

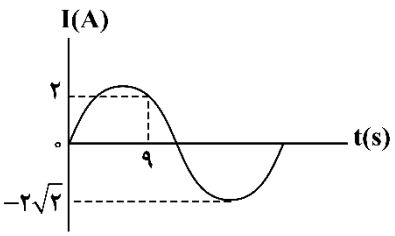
انرژی ذخیره‌شده در القاگر:

$$U = \frac{۱}{۲}LI^{۲}$$

U: انرژی ذخیره‌شده در القاگر (J) L: ضریب القاوری (H)

گروه آموزشی ماز

۱۰- نمودار تغییرات جریان سینوسی متناوب عبوری از مقاومت $R = ۵\Omega$ برحسب زمان، مطابق شکل است. توان مصرفی مقاومت در لحظهٔ $t = ۲۰s$ چند وات است؟



۱) ۱۰
۲) ۲۰
۳) ۳۰
۴) ۴۰

پاسخ: گزینهٔ ۳ (سخت ـ نموداری ـ ۱۱۰۳)

گام اول:

دورهٔ تناوب جریان را به‌دست می‌آوریم:

$$I = I_{max}\sin\frac{۲\pi}{T}\times t \Rightarrow ۲ = ۲\sqrt{۲}\sin\frac{۲\pi}{T}\times ۹ \Rightarrow \sin\frac{۲\pi}{T}\times ۹ = \frac{\sqrt{۲}}{۲}$$

$\frac{\sqrt{۲}}{۲}$ سینوس دو زاویهٔ $\frac{\pi}{۴}$ و $\frac{۳\pi}{۴}$ است، اما با توجه به این‌که در لحظهٔ $t = ۹s$ بعد از قلهٔ نمودار هستیم، $\frac{\sqrt{۲}}{۲}$ را $\sin\frac{۳\pi}{۴}$ درنظر می‌گیریم.

$$\frac{۲\pi}{T}\times ۹ = \frac{۳\pi}{۴} \Rightarrow T = ۲۴s$$

گام دوم:

جریان عبوری از مقاومت در لحظهٔ $t = ۲۰s$ را محاسبه می‌کنیم:

$$t = ۲۰s \Rightarrow I = ۲\sqrt{۲}\times\sin(\frac{۲\pi}{۲۴}\times ۲۰) = ۲\sqrt{۲}\sin\frac{۵\pi}{۳} = ۲\sqrt{۲}\times(-\frac{\sqrt{۳}}{۲}) = -\sqrt{۶}\,A$$

گام آخر:

توان مصرفی مقاومت در این لحظه برابر است با:

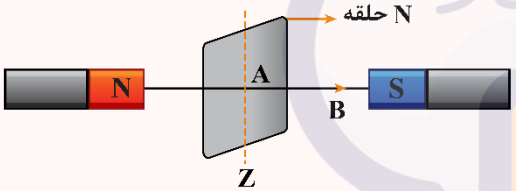
$$P = RI^۲ = ۵\times(-\sqrt{۶})^۲ = ۳۰W$$

مولد جریان متناوب

برای تولید نیروی محرکهٔ القایی باید شار عبوری از مدار بسته را تغییر دهیم، چون $\Phi = BA\cos\theta$ است. ساده‌ترین روش برای تغییر شار، تغییر زاویهٔ θ می‌باشد. به همین دلیل متداول‌ترین روش برای تولید جریان القایی تغییر θ می‌باشد.

مطابق شکل زیر، فرض کنید قابی مستطیل‌شکل شامل N حلقه و به مساحت A در معرض میدان مغناطیسی یکنواخت B قرار گیرد.

حال اگر قاب، حول محور Z بچرخد و در لحظهٔ $t = ۰$ زاویهٔ بین $\vec{B}$ و خط عمود بر قاب، صفر باشد و قاب در مدت‌زمان T (دورهٔ تناوب) یک دور کامل (۲π) بزند، داریم:



زمان	زاویهٔ طی‌شده
T	۲π
t	θ

$$\Rightarrow \theta = \frac{۲\pi}{T}t \Rightarrow \Phi = BA\cos\frac{۲\pi}{T}t \Rightarrow \Phi_m = B.A$$

به کمک قانون فاراده ثابت می‌شود که نیروی محرکهٔ القایی در پیچه (قاب) و جریان القاشده در پیچه از روابط زیر محاسبه می‌شوند:

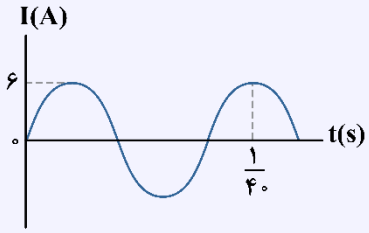
$$\varepsilon = \varepsilon_m\sin\frac{۲\pi}{T}t \xrightarrow{I=\frac{\varepsilon}{R}} I_m\sin\frac{۲\pi}{T}t$$

ε_m : بیشینهٔ نیروی محرکهٔ القایی

I_m : بیشینهٔ جریان القایی در پیچه

کنکور سراسری ریاضی خارج از کشور ۱۳۹۹

از یک سیملولهٔ آرمانی جریان متناوب سینوسی که نمودار آن برحسب زمان به‌صورت شکل زیر است، عبور می‌کند. اگر انرژی ذخیره‌شده در لحظهٔ $t = \frac{۱}{۴۰۰}s$ برابر ۷۲ میلی‌ژول باشد، ضریب القاوری سیملوله چند میلی‌هانری است؟



۱) ۸

۲) ۶

۳) ۴

۴) ۳

پاسخ تشریحی:

گام اول: دورهٔ تناوب جریان متناوب را محاسبه می‌کنیم:

$$T + \frac{T}{۴} = \frac{۵T}{۴} = \frac{۱}{۴۰} \Rightarrow T = \frac{۱}{۵۰}s$$

گام دوم: معادلهٔ جریان متناوب برحسب زمان را می‌نویسیم و جریان در لحظهٔ $t=\frac{۱}{۴۰۰}s$ را به‌دست می‌آوریم:

$$I=I_m\sin(\frac{۲\pi}{T}t)\xrightarrow[T=\frac{۱}{۵۰}s]{I_m=۶A}I=۶\sin(۱۰۰\pi t)\xrightarrow{t=\frac{۱}{۴۰۰}s}I=۶\sin(\frac{\pi}{۴})\Rightarrow I=۳\sqrt{۲}A$$

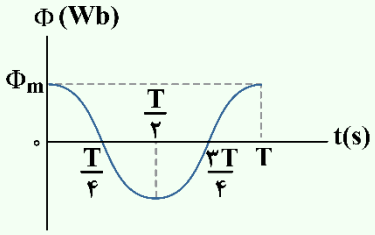
گام آخر: به کمک رابطهٔ انرژی ذخیره‌شده در القاگر، ضریب القاوری را حساب می‌کنیم:

$$U=\frac{۱}{۲}LI^۲\Rightarrow ۷۲mJ=\frac{۱}{۲}\times L\times(۳\sqrt{۲})^۲\Rightarrow ۷۲mJ=۹L\Rightarrow L=۸mH$$

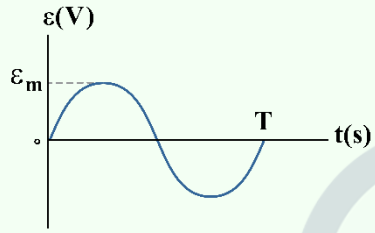
پاسخ: گزینهٔ ۱

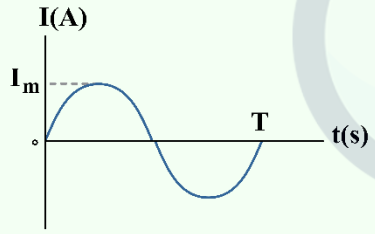
نکات تکمیلی مولد جریان متناوب

همان‌طور که ملاحظه کردیم در مولد جریان متناوب داریم:



$$\Phi=BA\cos(\frac{۲\pi}{T}t)=\Phi_m\cos(\frac{۲\pi}{T}t)$$





$$\begin{cases}\varepsilon=\varepsilon_m\sin(\frac{۲\pi}{T}t)\\ I=I_m\sin(\frac{۲\pi}{T}t)\end{cases}\Rightarrow I_m=\frac{\varepsilon_m}{R}$$

ε و I به‌صورت سینوسی تغییر می‌کنند، به همین دلیل مولد فوق را مولد جریان متناوب می‌گوییم. مطابق شکل‌ها نکتهٔ مهم آن است که هنگامی که $\Phi=۰$ است، ε و I مقادیر ماکزیمم ε_m و I_m را دارند و هنگامی که $\Phi=\Phi_{max}$ است، آن‌گاه $I=۰$ و $\varepsilon=۰$ است.

✓ با توجه به روابط Φ، ε و I می‌توان نوشت:

$$\left(\frac{\Phi}{\Phi_m}\right)^۲+\left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_m}\right)^۲=۱\quad ،\quad \frac{\varepsilon}{\varepsilon_m}=\frac{I}{I_m}$$

1. اگر به یک سکه ۲×۱۰^{۱۳} الکترون بدهیم، بار الکتریکی آن به $-۲\mu C$ می‌رسد. بار اولیه سکه (بار آن قبل از انتقال الکترون‌ها) چند میکروکولن است؟ $(e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\,C)$

۱) $-۳/۲$ ۲) $-۱/۲$ ۳) $+۱/۲$ ۴) $+۳/۲$

پاسخ: گزینه ۳ ساده | محاسباتی

گام اول: بار منتقل شده به سکه را محاسبه می‌کنیم، چون به سکه الکترون منتقل شده است، بار منتقل شده منفی است.

$$Q=-ne \Rightarrow Q'=-۲\times۱۰^{۱۳}\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹}=-۳/۲\times۱۰^{-۶}\,C=-۳/۲\mu C$$

گام دوم: با توجه به تغییرات بار داریم:

$$Q_۲=Q_۱+Q' \Rightarrow -۲=Q_۱-۳/۲ \Rightarrow Q_۱=۱/۲\mu C$$

درسنامه:

اندازه بار الکتریکی	$\lvert q\rvert=ne$
اگر جسم خنثی، الکترون از دست بدهد.	$q>۰$
اگر جسم خنثی، الکترون بگیرد.	$q<۰$

2. دو کرهٔ باردار بسیار کوچک و مشابه در فاصلهٔ ۳۰cm از یک‌دیگر به هم نیروی الکتریکی ۳N وارد می‌کنند. اگر دو کره را به هم تماس دهیم و در فاصلهٔ ۱۰cm از یک‌دیگر قرار دهیم، نیروی الکتریکی به بزرگی ۰/۲۲۵N به هم وارد می‌کنند. اندازهٔ بار الکتریکی کره‌ها قبل از تماس دو کره به هم چند میکروکولن است؟ $(k=۹\times۱۰^{۹}\,\frac{N.m^۲}{C^۲})$

۱) ۵ و ۶ ۲) ۲ و ۱۵ ۳) ۱ و ۳۰ ۴) ۳ و ۱۰

پاسخ: گزینه ۱ متوسط | محاسباتی

بار الکتریکی کره‌ها را $q_۱$ و $q_۲$ در نظر می‌گیریم. پس از تماس دو کره با هم اندازهٔ بار هر کره برابر است با:

$$\lvert q'_۱\rvert=\lvert q'_۲\rvert=\frac{\lvert q_۱+q_۲\rvert}{۲}$$

برای هر دو حالت قانون کولن را می‌نویسیم:

$$F=k\frac{\lvert q_۱\rvert\lvert q_۲\rvert}{r^۲} \Rightarrow \begin{cases} ۳=۹۰\dfrac{\lvert q_۱\rvert\lvert q_۲\rvert}{(۳۰)^۲} \Rightarrow \lvert q_۱\rvert\lvert q_۲\rvert=۳۰\,\mu C^۲ \\ ۰/۲۲۵=۹۰\dfrac{(\frac{q_۱+q_۲}{۲})^۲}{(۱۰)^۲} \Rightarrow (q_۱+q_۲)^۲=۱\,\mu C^۲ \end{cases}$$

چون اندازهٔ نیروی الکتریکی که دو بار به هم وارد کرده‌اند کاهش یافته است، بار دو کره ناهم‌نام است. بنابر گزینه‌ها و امتحان آن‌ها در دو رابطهٔ به دست آمده یکی از بارها دارای اندازهٔ $۵\mu C$ و بار دیگر $۶\mu C$ است.

درسنامه:

نکته طبق اصل پایستگی بار الکتریکی، مجموع جبری بارهای الکتریکی قبل از تماس برابر با مجموع جبری بارهای الکتریکی پس از تماس است. پس اگر دو کرهٔ رسانای مشابه و باردار را به هم تماس دهیم، بار هریک از آن‌ها پس از تماس برابر با میانگین بارها قبل از تماس است.

$$q_۱+q_۲=q'_۱+q'_۲ \xrightarrow{q'_۱=q'_۲} q'_۱=q'_۲=\frac{q_۱+q_۲}{۲}$$

دو بار الکتریکی هم‌نام یک‌دیگر را دفع می‌کنند.		
دو بار الکتریکی ناهم‌نام یک‌دیگر را جذب می‌کنند.		
اندازهٔ نیروی الکتریکی بین دو بار الکتریکی (قانون کولن)	$F=\frac{k\lvert q_1\rvert\lvert q_2\rvert}{r^2}$ ، $k=9\times10^9\frac{N.m^2}{C^2}$ F: اندازهٔ نیروی الکتریکی (N) ، k: ثابت کولن $(\frac{N.m^2}{C^2})$ ، q_1: اندازهٔ بار الکتریکی (۱) (C) ، q_2: اندازهٔ بار الکتریکی (۲) (C) ، r: فاصله بین دو بار	
	$F=\frac{90\lvert q_1\rvert\lvert q_2\rvert}{r^2}$ F: اندازه نیروی الکتریکی (N) ، q_1: اندازه بار الکتریکی ۱ (μC) ، q_2: اندازه بار الکتریکی ۲ (μC) ، r: فاصله (cm)	
رابطهٔ نسبتی قانون کولن	$\frac{F_2}{F_1}=\frac{\lvert q_1'\rvert\lvert q_2'\rvert}{\lvert q_1\rvert\lvert q_1\rvert}\times(\frac{r_1}{r_2})^2$	

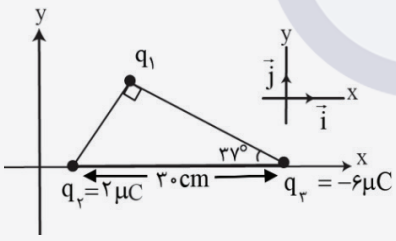
3. سه بار الکتریکی مطابق شکل در سه رأس یک مثلث قائم‌الزاویه ثابت قرار گرفته‌اند. اگر بردار نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_2 در SI به صورت $\vec{F}=4/2\vec{i}+4\vec{j}$ باشد، بار q_1 بر حسب میکروکولن کدام است؟ $(\sin 37^\circ=0/6\ ,\ k=9\times10^9\frac{N.m^2}{C^2})$

۱) -9

۲) $+9$

۳) -18

۴) $+18$



پاسخ: گزینه ۱ | متوسط | محاسباتی

بر بار q_2، از سوی q_1 و q_3، نیرو وارد می‌شود. ابتدا نیرویی که q_3 بر q_2 وارد می‌کند را محاسبه می‌کنیم:

$$F=\frac{k\lvert q_1q_2\rvert}{r^2}\Rightarrow F_{32}=\frac{9\times10^9\times2\times10^{-6}\times6\times10^{-6}}{(0/3)^2}=1/2N$$

بردار نیروی q_3 بر q_2 برابر است با:

$$\vec{F}_{32}=+1/2N\vec{i}$$

حال به کمک بردار نیروی خالص، بردار نیروی $\vec{F}_{12}$ را تعیین کنیم:

$$\vec{F}=\vec{F}_{12}+\vec{F}_{32}\Rightarrow 4/2\vec{i}+4\vec{j}+\vec{F}_{12}\Rightarrow\vec{F}_{12}=3\vec{i}+4\vec{j}$$

چون جهت این نیروی به سوی q_1 است، یعنی نیرو جاذبه است و $q_1<0$ پس (۲) و (۴) حذف!

اندازه نیروی q_1 بر q_2 برابر است با:

$$\lvert\vec{F}_{12}\rvert=\sqrt{3^2+4^2}=5N$$

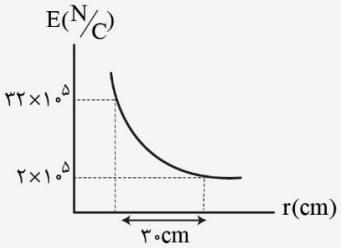
و فاصله دو بار:

$$r_{12}=30\sin 37^\circ=30\times\frac{6}{10}=18\,cm=18\times10^{-2}m$$

و به این ترتیب، اندازه q_1 را به دست می‌آوریم:

$$5=\frac{9\times10^9\times2\times10^{-6}\times\lvert q_1\rvert}{18\times18\times10^{-4}}\Rightarrow\lvert q_1\rvert=9\times10^{-6}C\Rightarrow q_1=-9\mu C$$

4. نمودار بزرگی میدان الکتریکی بار ذره‌ای q بر حسب فاصله از آن به صورت شکل زیر است. اگر بار الکتریکی ذره‌ای $q'=-۸/۱nC$ را در فاصلهٔ ۹۰cm از آن قرار دهیم بزرگی نیروی الکتریکی که به آن وارد می‌شود چند میکرونیوتون است؟



۱) ۳۲

۲) ۳۲۰

۳) ۲۸/۸

۴) ۲۸۸

پاسخ: گزینه ۲ متوسط | محاسباتی

با توجه به نمودار، مقادیر $r_۱$ و $r_۲$ را محاسبه می‌کنیم:

$$E=\frac{kq}{r^۲} \Rightarrow \frac{E_۲}{E_۱}=(\frac{r_۱}{r_۲})^۲ \Rightarrow (\frac{۲\times۱۰^۵}{۳۲\times۱۰^۵})=(\frac{r_۱}{r_۲})^۲ \Rightarrow \frac{r_۱}{r_۲}=\frac{۱}{۴} \Rightarrow r_۲=۴r_۱$$

از طرفی $r_۲-r_۱=۳۰cm$ پس:

$$۴r_۱-r_۱=۳۰ \Rightarrow r_۱=۱۰\,cm$$

حال میدان را در فاصله ۹۰cm به دست می‌آوریم:

$$\frac{E_۳}{E_۱}=(\frac{r_۱}{r_۲})^۲ \Rightarrow \frac{E_۳}{۳۲\times۱۰^۵}=(\frac{۱۰}{۹۰})^۲ \Rightarrow E_۳=\frac{۳۲\times۱۰^۵}{۸۱}\frac{N}{C}$$

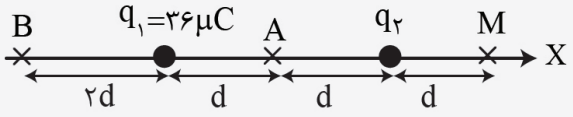
و در پایان نیروی وارد بر بار $q'=-۸/۱nc$ برابر است با:

$$F=qE \Rightarrow F=۸/۱\times۱۰^{-۹}\times\frac{۳۲\times۱۰^۵}{۸۱}=۳۲\times۱۰^{-۵}=۳۲۰\times۱۰^{-۶}N=۳۲۰\mu N$$

درسنامه:

تعریف	رابطه
اندازه نیروی الکتریکی وارد بر ذره باردار درون میدان الکتریکی یکنواخت	$\lvert F\rvert=\lvert q\rvert E$
اندازه میدان الکتریکی حاصل از ذره باردار	$E=k\frac{\lvert q\rvert}{r^۲}$ $k=۹\times۱۰^۹\frac{N.m^۲}{C^۲}$
رابطه نسبتی میدان الکتریکی حاصل از ذره باردار با فاصله از بار	$\frac{E_۲}{E_۱}=(\frac{r_۱}{r_۲})^۲$

5. در شکل زیر بردار میدان الکتریکی خالص در نقطهٔ M صفر است. بزرگی میدان الکتریکی خالص در نقطهٔ A چند برابر بزرگی میدان الکتریکی خالص در نقطهٔ B است؟



۱) $\frac{۱۲۸}{۳۵}$

۲) $\frac{۳۲}{۷}$

۳) $\frac{۱۶۰}{۲۹}$

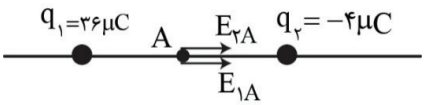
۴) $\frac{۱۲۸}{۲۹}$

پاسخ: گزینه ۲ متوسط | محاسباتی

چون میدان در فضای خارج دو بار صفر شده است یعنی $q_۲$ با $q_۱$ ناهم‌نام هستند و $q_۲<۰$ است.

حال بزرگی q_2 را به دست آوریم:

$$E_{1M}=E_{2M} \Rightarrow \frac{k\times 36\times 10^{-6}}{(3d)^2}=\frac{k|q_2|}{d^2} \Rightarrow |q_2|=4\times 10^{-6} \Rightarrow q_2=-4\mu C$$

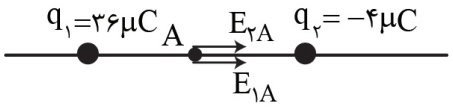


میدان الکتریکی خالص در نقطه A برابر است با:

$$E_A=E_{1A}+E_{2A}=\frac{k(36\mu C)}{d^2}+\frac{k(4\mu C)}{d^2}=\frac{k(40\mu C)}{d^2}=40\frac{k}{d^2}$$

و در نقطه B، میدان خالص برابر است با:

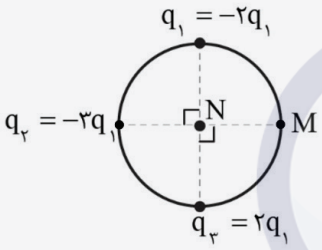
$$E_B=E_{1B}-E_{2B}=\frac{k(36\mu C)}{(2d)^2}-\frac{k(4\mu C)}{(4d)^2}=\frac{k(9\mu C)}{d^2}-\frac{k(1\mu C)}{4d^2} \Rightarrow E_B=\frac{35}{4}\frac{k}{d^2}$$



به این ترتیب:

$$\frac{E_A}{E_B}=\frac{\frac{40k}{d^2}}{\frac{35k}{4d^2}}=\frac{40\times 4}{35}=\frac{8\times 4}{7}=\frac{32}{7}$$

6. سه بار الکتریکی نقطه‌ای مطابق شکل روی محیط دایره‌ای قرار گرفته‌اند. بزرگی میدان الکتریکی خالص بارها در نقطهٔ M چند برابر بزرگی میدان الکتریکی خالص بارها در نقطهٔ N است؟



۱) $\frac{\sqrt{41}}{20}$

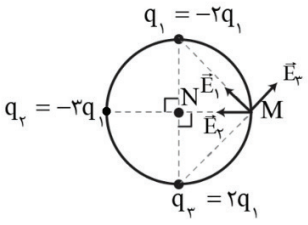
۲) $\frac{\sqrt{137}}{10}$

۳) $\frac{\sqrt{137}}{20}$

۴) $\frac{\sqrt{41}}{10}$

پاسخ: گزینه ۱ متوسط | محاسباتی

میدان هر کدام از بارها در نقطه M به شکل مقابل است:



فاصله بارهای q_1 و q_2 تا نقطه M برابر است با:

$$r_2=r_1=\sqrt{R^2+R^2}=R\sqrt{2}$$

اندازهٔ میدان ناشی از بارهای q_1 و q_2 و q_3 را در M به دست می‌آوریم:

$$E=\frac{kq}{r^2}$$

$$|E_1|=|E_3|=\frac{k(2q_1)}{(R\sqrt{2})^2}=\frac{kq_1}{R^2}=E_0 \ , \ E_2=\frac{k(3q_1)}{(2R)^2}=\frac{3kq_1}{4R^2}=\frac{3}{4}E_0$$

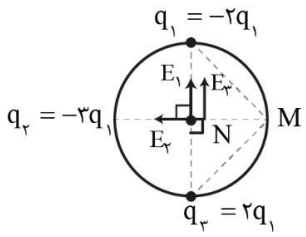
چون دو بردار E_1 و E_2 برهم عمودند و اندازه آن‌ها یکسان است برآیند آن‌ها برابر است با:

$$E_{13}=\sqrt{E_1^2+E_3^2}=\sqrt{2}E_0$$

و میدان کل در M برابر است با:

$$E_M=\sqrt{(E_{13})^2+E_2^2}=E_0\sqrt{\sqrt{2}^2(\frac{3}{4})^2}=\frac{\sqrt{41}}{4}E_0$$

در نقطه N میدان الکتریکی ناشی از بارها به شکل مقابل است:



$$|E_1|=|E_3|=\frac{k(2q_1)}{R^2}=2E_0$$

$$E_2=\frac{k(3q_1)}{R^2}=3E_0$$

و میدان خالص در نقطه N برابر است با:

$$E_N=\sqrt{(E_1+E_2)^2+E_3^2}=\sqrt{(4E_0)^2+(3E_0)^2}=5E_0$$

به این ترتیب:

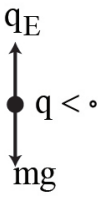
$$\frac{E_M}{E_N}=\frac{\frac{\sqrt{۴۱}}{۴}E_۰}{۵E_۰}=\frac{\sqrt{۴۱}}{۲۰}$$

7. ذره‌ای باردار به جرم $۲mg$ و بار $q=-۲nC$ درون میدان الکتریکی یکنواخت و قائم به صورت معلق قرار دارد. بزرگی میدان الکتریکی بر حسب نیوتون بر کولن و جهت آن کدام است؟ $(g=۱۰\frac{m}{s^۲})$

۱) $۱۰^۴$، به سمت پایین ۲) $۱۰^۷$، به سمت بالا ۳) $۱۰^۴$، به سمت بالا ۴) $۱۰^۷$، به سمت پایین

پاسخ: گزینه ۱ ساده | محاسباتی

برای آنکه ذره در وضع تعادل باشد، نیروی الکترکی باید هم‌اندازه و در خلاف جهت وزن آن باشد. پس وضعیت ذره به شکل مقابل است.

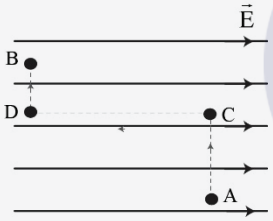


چون بار ذره منفی است، جهت میدان الکتریکی مخالف جهت نیروی وارد بر ذره و به سمت پایین است. (۲ و ۳ حذف)

بزرگی میدان نیز بر اساس برابری نیروهای وزن و الکتریکی به دست می‌آید:

$$mg=|q|E \Rightarrow ۲\times۱۰^{-۶}\times۱۰=۲\times۱۰^{-۹}E \Rightarrow E=۱۰^۴\frac{N}{C}$$

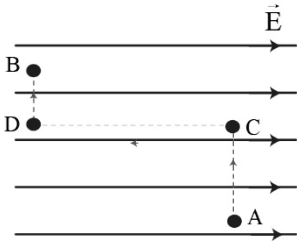
8. بار الکتریکی $q=-۱۰\mu C$ را درون میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $۱۰^۵\frac{N}{C}$، مطابق شکل از نقطهٔ A به نقطهٔ B در مسیر نشان داده شده جابه‌جا می‌شود. تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار در این جابه‌جایی چند ژول است؟ $(AC=DB=\frac{CD}{۴}=۱۰cm)$



۱) $-۰/۴$
۲) $-۰/۲$
۳) $+۰/۴$
۴) $+۰/۲$

پاسخ: گزینه ۱ متوسط | محاسباتی

با جابه‌جایی در راستای عمود بر خطوط میدان، انرژی پتانسیل الکتریکی تغییری نمی‌کند. پس:



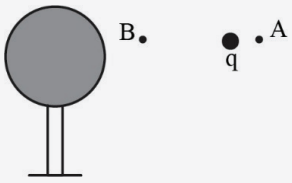
$$\Delta U_{AC}=\Delta U_{CD}=۰$$

کافی است تغییرات انرژی پتانسیل را در مسیر CD محاسبه کنیم.

بار منفی در خلاف جهت میدان جابه‌جا شده است و قطعاً $\Delta U<۰$ است. پس:

$$\Delta U=-|qEd| \Rightarrow \Delta U=-|۱۰\times۱۰^{-۶}\times۱۰^۵\times۴۰\times۱۰^{-۲}|=-۰/۴J$$

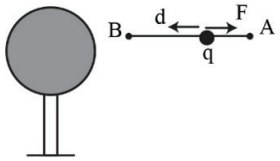
9. مطابق شکل بار الکتریکی q را در نزدیکی یک کرهٔ باردار از نقطهٔ A تا B جابه‌جا می‌کنیم. اگر کاری که میدان الکتریکی در این جابه‌جایی انجام می‌دهد منفی باشد، بار الکتریکی ذره باردار و کره نسبت به هم چگونه است و انرژی پتانسیل الکتریکی بار در این جابه‌جایی چگونه تغییر می‌کند؟



۱) هم‌نام – کاهش ۲) ناهم‌نام – کاهش
۳) هم‌نام – افزایش ۴) ناهم‌نام – افزایش

پاسخ: گزینه ۳ متوسط | مفهومی

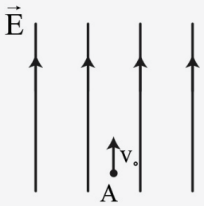
کار میدان الکتریکی منفی است، یعنی نیروی الکتریکی در خلاف جهت جابه‌جایی وارد شده است. (خودمونیش میشه نیرو مخالف جابه‌جایی بوده!)



چون جابه‌جایی به سمت چپ است، نیرو به سمت راست بوده و این یعنی این دو هم را دفع کرده‌اند پس بار آن‌ها هم‌نام است.

در مورد تغییرات انرژی پتانسیل هم با توجه به رابطه $\Delta U=-W_E$، $W_E<0$ است پس $\Delta U>0$ و انرژی پتانسیل الکتریکی افزایش یافته است.

10. ذره‌ای به جرم ۴g و بار $q=-4\mu C$ مطابق شکل از نقطهٔ A درون میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $10^4\frac{N}{C}$ در راستای قائم با سرعت v_0 به سمت بالا پرتاب می‌شود. اگر تندی ذره پس از طی مسافت ۴۰cm به صفر برسد، v_0 چند متر با ثانیه است؟ ($g=10\frac{m}{s^2}$ و از مقاومت هوا صرف‌نظر شود.)



۱) ۲

۲) $2\sqrt{2}$

۳) ۴

۴) $4\sqrt{2}$

پاسخ: گزینه ۳ متوسط | محاسباتی

چون بار ذره منفی است، در طی حرکت تا لحظه توقف انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش ارتفاع، انرژی پتانسیل گرانشی آن نیز افزایش یافته است. پس:

$$\Delta U_T=\Delta U_g+\Delta U_E$$

تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی و الکتریکی آن را محاسبه می‌کنیم:

$$\left.\begin{array}{l}\Delta U_g=mg\Delta h=4\times10^{-3}\times10\times0/4=16\times10^{-3}\,J\\ \Delta U_E=|q|Ed=4\times10^{-6}\times10^{4}\times0/4=16\times10^{-3}\,J\end{array}\right\}\Rightarrow \Delta U_T=32\times10^{-3}\,J$$

حال با توجه به رابطه $\Delta U=-\Delta k$ تندی اولیه آن را به دست می‌آوریم:

$$\Delta K=-32\times10^{-3}\Rightarrow \cancel{K}^{\circ}-K_0=-32\times10^{-3}\Rightarrow \frac{1}{2}mv_0^2=32\times10^{-3}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}\times4\times10^{-3}v_0^2=32\times10^{-3}\Rightarrow v_0^2=16\Rightarrow v_0=4\frac{m}{s}$$

درسنامه:

یادآوری از فصل کار و انرژی: ۱) انرژی جنبشی جسم از رابطه‌ی $K=\frac{1}{2}mv^2$ به دست می‌آید. در این رابطه جرم (m) بر حسب کیلوگرم و تندی (v) بر حسب $(\frac{m}{s})$ است.

۲) اگر به جسمی نیرو وارد شود و جسم جابه‌جا شود آن نیرو بر روی جسم کار انجام داده است و مقدار این کار از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود.

$$W=\underset{\text{اندازه‌ی نیرو}}{F}\,\underset{\text{اندازه‌ی جابه‌جایی}}{d}\cos\theta \rightarrow \text{زاویه‌ی بین بردار نیرو و جابه‌جایی}$$

۳) اگر به‌طور همزمان چند نیرو بر جسم اثر کند، کار کل با همان کار نیروی خالص برابر است با جمع جبری کار تک‌تک نیروهای وارد بر جسم:

$$W_{\text{خالص}}=W_1+W_2+\cdots$$

۴) تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی یک ذره باردار در یک جابه‌جایی درون میدان الکتریکی برابر با قرینه‌ی کار نیروی الکتریکی بر روی بار در این

جابه‌جایی است.

۵) طبق قضیه‌ی کار و انرژی جنبشی کل کار (کار نیروی خالص) با تغییرات انرژی جنبشی برابر است.

$$W_{\text{خالص}} = \Delta K$$

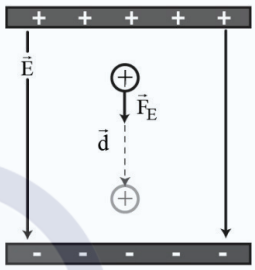
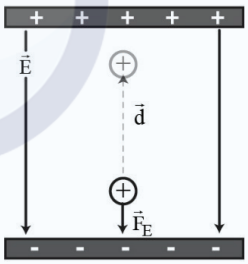
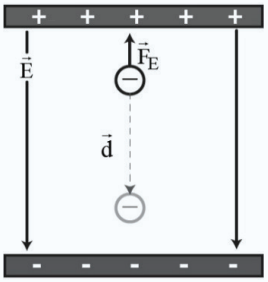
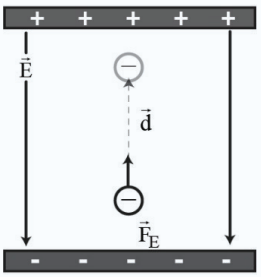
$$\Delta U_E = -W_E$$

با توجه به یادآوری فوق تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی را به دست می‌آوریم:

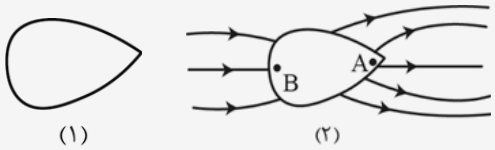
$$\Delta U_E = -W_E = -F_E\, d\cos\theta \xrightarrow{F_E = E|q|} \Delta U_E = -\overset{\text{بزرگی میدان الکتریکی (بر حسب } \frac{N}{C})}{E}\,|\overset{\text{جابه‌جایی بر حسب m}}{q}|\,d\cos\theta \rightarrow \text{زاویه‌ی بین } \vec{d}, \vec{F}$$

تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار q در جابه‌جایی d (بر حسب j) — بار الکتریکی بر حسب C

حالت‌های مختلف تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی را در جدول زیر خلاصه کرده‌ایم.

حالت	علامت کار میدان الکتریکی	تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی
۱) جابه‌جایی بار مثبت در جهت خطوط میدان 	نیرو در جهت خطوط میدان است. زاویه‌ی بین نیرو و جابه‌جایی صفر است. $W_E = E\|q\|d\cos 0$ $W_E = E\|q\|d$ $W_E > 0$	$\Delta U_E = -W_E$ $\Delta U < 0$ انرژی پتانسیل الکتریکی بار کاهش می‌یابد.
۲) جابه‌جایی بار مثبت در خلاف جهت خطوط میدان 	نیرو در جهت خطوط میدان است. زاویه‌ی بین نیرو و جابه‌جایی $\theta = 180^\circ$ است. $W_E = E\|q\|d\cos 180^\circ$ $W_E = -E\|q\|d$ $W_E < 0$	$\Delta U_E = -W_E$ $\Delta U > 0$ انرژی پتانسیل الکتریکی بار افزایش یافته است.
۳) جابه‌جایی بار منفی در جهت خطوط میدان 	نیرو در خلاف جهت خطوط میدان است. زاویه‌ی بین نیرو و جابه‌جایی $\theta = 180^\circ$ است. $W_E = E\|q\|d\cos 180^\circ$ $W_E = -E\|q\|d$ $W_E < 0$	$\Delta U_E = -W_E$ $\Delta U > 0$ انرژی پتانسیل الکتریکی بار افزایش یافته است.
۴) جابه‌جایی بار منفی در خلاف جهت خطوط میدان 	نیرو در خلاف جهت خطوط میدان است. زاویه‌ی بین نیرو و جابه‌جایی صفر است. $W_E = E\|q\|d\cos 0$ $W_E = E\|q\|d$ $W_E > 0$	$\Delta U_E = -W_E$ $\Delta U < 0$ انرژی پتانسیل الکتریکی بار کاهش یافته است.

1. شکل (۱) یک جسم رسانای دوکی‌شکل خنثی را نشان می‌دهد. این جسم مطابق شکل (۲) درون یک میدان الکتریکی یکنواخت قرار می‌دهیم. کدام مورد درست است؟



آ) پتانسیل الکتریکی نقطهٔ A بیشتر از نقطهٔ B است.

ب) میدان الکتریکی درون رسانا صفر است.

پ) تراکم بارها در نقطهٔ A بیشتر از نقطهٔ B است.

۱) آ و ب ۲) آ، ب و پ ۳) آ و پ ۴) ب و پ

پاسخ: گزینه ۴ مفهومی - ساده | فیزیک ۲ فصل۱ - خطوط میدان الکتریکی

به بررسی جملات می‌پردازیم:

آ نادرست است. پتانسیل الکتریکی تمام نقاط رسانا در تعادل الکتروستاتیکی برابر هستند.

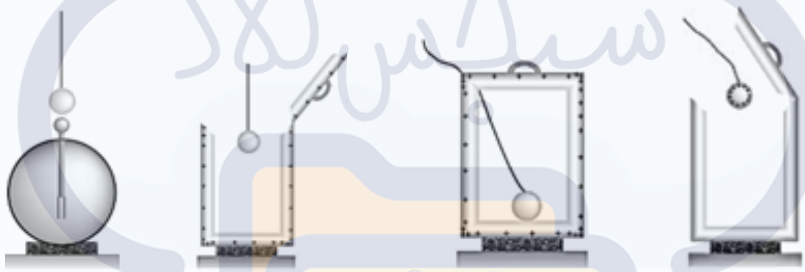
ب درست است. در حالت تعادل الکتروستاتیکی، میدان الکتریکی درون رسانا صفر است.

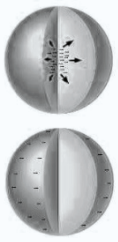
پ درست است. تراکم بار در نقاط نوک‌تیز یک رسانا، بیشتر از سایر نقاط است.

درسنامه: توزیع بار الکتریکی در رسانا

آزمایش فارادی

اگر یک گوی فلزی باردار را در یک ظرف فلزی قرار دهیم، پس از بستن درب، گوی را خارج و نزدیک الکتروسکوپ کنیم، عقربه الکتروسکوپ حرکت نمی‌کند.



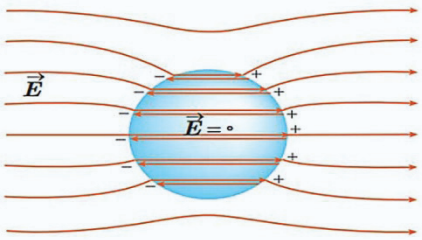


اما اگر ظرف را نزدیک الکتروسکوپ کنیم، ورقه‌ها از هم باز می‌شوند.

نتیجه: بار اضافی داده شده به یک جسم رسانا، روی سطح خارجی آن توزیع می‌شود و در حال تعادل الکتروستاتیکی به گونه‌ای که میدان الکتریکی داخل رسانا صفر شود.

پس تمام نقاط رسانا در حالت تعادل الکتروستاتیکی، پتانسیل یکسانی دارند.

اگر یک رسانای خنثی نیز در میدان الکتریکی قرار بگیرد، بارهای الکتریکی در رسانا به گونه‌ای توزیع می‌شوند که میدان الکتریکی داخل رسانا صفر شود.



2. اگر پایانهٔ مثبت یک باتری ۹ ولتی را مرجع پتانسیل در نظر بگیریم، پتانسیل پایانهٔ منفی آن چند ولت است؟

۱) -9 ۲) $+9$ ۳) -18 ۴) $+18$

پاسخ: گزینه ۱ محاسباتی - ساده | فیزیک ۲ فصل۱ - پتانسیل الکتریکی

طبق تعریف، ولتاژ باتری برابر پتانسیل قطب مثبت باتری، منهای پتانسیل قطب منفی است پس:

$$۹=V_{+}-V_{-} \Rightarrow ۹=۰-V_{-} \Rightarrow V_{-}=-۹V$$

یادآوری: بنابه قرارداد، ولتاژ باتری، پتانسیل قطب مثبت منهای پتانسیل قطب منفی باتری است.

$$\Delta V=V_{+}-V_{-}$$

3. بار الکتریکی q درون میدان الکتریکی از نقطهٔ A تا نقطهٔ B جابه‌جا می‌شود. اگر پتانسیل الکتریکی نقاط A و B به ترتیب ۱۰V و −۱۰V و کاری که میدان الکتریکی در این جابه‌جایی روی بار انجام می‌دهد برابر −۲۰۰μJ باشد، بار q برحسب میکروکولن کدام است؟

۱) −۱۰۰ ۲) +۱۰۰ ۳) −۱۰ ۴) +۱۰

پاسخ: گزینه ۳ محاسباتی - متوسط | فیزیک ۲ فصل ۱ - انرژی پتانسیل الکتریکی

تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی برابر است با:

$$\Delta U=-W_{E}=-(-۲۰۰\mu J)=۲۰۰\mu J$$

به این ترتیب، بار q محاسبه می‌شود:

$$\Delta U=q\Delta V \Rightarrow ۲۰۰\times۱۰^{-۶}=q\times(-۱۰-۱۰) \Rightarrow q=\frac{۲۰۰\times۱۰^{-۶}}{-۲۰}=-۱۰\times۱۰^{-۶}=-۱۰\mu C$$

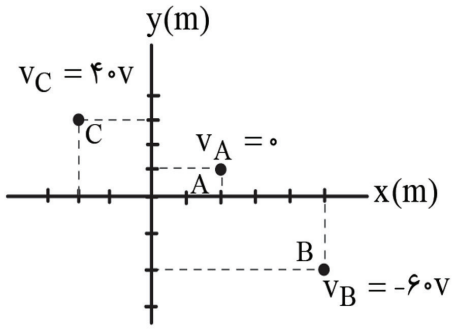
تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی	قرینه کاری که میدان الکتریکی روی بار انجام می‌دهد.	$\Delta U=-W_{E}$
اختلاف پتانسیل الکتریکی	نسبت تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی به بار الکتریکی جابه‌جا شده	$\Delta V=\frac{\Delta U}{q}$

4. در صفحهٔ xoy میدان الکتریکی یکنواختی در امتداد یکی از محورهای مختصات برقرار است. اگر پتانسیل الکتریکی نقاط A(۲m,۱m)، B(۵m,−۲m) و C(−۲m,۳m) به ترتیب $V_A=۰$، $V_B=-۶۰V$ و $V_C=+۴۰V$ باشد، بردار میدان الکتریکی در SI کدام است؟

۱) $-۲۰\vec{i}$ ۲) $+۴۰\vec{i}$ ۳) $+۴۰\vec{j}$ ۴) $-۲۰\vec{j}$

پاسخ: گزینه ۴ محاسباتی - متوسط | فیزیک ۲ فصل ۱ - میدان الکتریکی

در صفحه مختصات، نقاط A و B و C را معین می‌کنیم:



با توجه به این‌که با حرکت در جهت میدان، پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد، میدان الکتریکی بایستی در جهت مثبت محور x یا در خلاف جهت محور y باشد. (یا گزینهٔ (۲) یا گزینهٔ (۴)).

اگر میدان در جهت مثبت محور x باشد، بایستی دو رابطه زیر با یکدیگر برابر باشند:

$$\begin{cases} E=\left|\dfrac{V_C-V_B}{x_C-x_B}\right|=\left|\dfrac{۴۰-(-۶۰)}{-۲-(+۵)}\right|=\dfrac{۱۰۰}{۷}\dfrac{N}{C} \\ E=\left|\dfrac{V_A-V_B}{x_A-x_B}\right|=\left|\dfrac{۰-(-۶۰)}{۲-۵}\right|=\dfrac{۶۰}{۳}=۲۰\dfrac{N}{C} \end{cases} \Rightarrow \frac{۱۰۰}{۷}\neq ۲۰$$

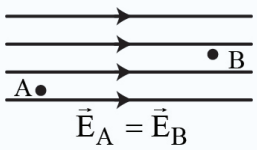
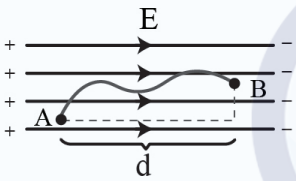
پس میدان در جهت محور x نیست!

اگر در جهت خلاف محور y باشد:

$$\begin{cases} E=\left|\dfrac{V_C-V_B}{y_C-y_B}\right|=\left|\dfrac{۴۰-(-۶۰)}{۳-(-۲)}\right|=\dfrac{۱۰۰}{۵}=۲۰\dfrac{N}{C} \\ E=\left|\dfrac{V_C-V_A}{y_C-y_A}\right|=\left|\dfrac{۴۰-۰}{۳-۱}\right|=\dfrac{۴۰}{۲}=۲۰\dfrac{N}{C} \end{cases} \Rightarrow ۲۰=۲۰$$

پس میدان در خلاف جهت محور y است.

درسنامه:

میدان الکتریکی یکنواخت	میدان الکتریکی که بزرگی و جهت آن در تمام نقاط یکسان باشد.	 $\vec{E}_A=\vec{E}_B$
تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی در میدان یکنواخت	q: بار الکتریکی E: میدان الکتریکی d: جابه‌جایی در راستای میدان +: اگر بار q به بار هم‌نام خود نزدیک شود. −: اگر بار q به بار ناهم‌نام خود نزدیک شود. $\Delta U=\pm\lvert qEd\rvert$	
اختلاف پتانسیل الکتریکی	با حرکت در جهت میدان الکتریکی پتانسیل الکتریکی نقاط کاهش می‌یابد.	$\Delta V_{AB}=Ed$

5. مساحت صفحه‌های خازن تختی $۲۰cm^۲$ و هوا بین دو صفحهٔ خازن قرار دارد. اگر فاصلهٔ بین صفحه‌های خازن را ۲cm افزایش دهیم، ظرفیت خازن ۲۰ درصد تغییر می‌کند. اگر قبل از تغییر فاصلهٔ صفحه‌های خازن، آن را به اختلاف پتانسیل ۲۰۰V وصل کنیم، چند نانوژول انرژی در خازن ذخیره می‌شود؟ $(\varepsilon_۰=۹\times۱۰^{-۱۲}\frac{F}{m})$

۱) ۳/۶ ۲) ۴/۵ ۳) ۴۵ ۴) ۳۶

پاسخ: گزینه ۲ محاسباتی - متوسط | فیزیک ۲ فصل ۱ - انرژی خازن

ابتدا رابطه ظرفیت خازن را به صورت نسبتی می‌نویسیم تا فاصله صفحات خازن در حالت اول به دست آید. با افزایش فاصله صفحات خازن، ظرفیت خازن کاهش می‌یابد پس:

$$C_۲=C_۱-۰/۲C_۱=۰/۸C_۱$$

$$C=\frac{k\varepsilon_۰A}{d} \Rightarrow \frac{C_۲}{C_۱}=\frac{d_۱}{d_۲} \xrightarrow{C_۲=\frac{۸}{۱۰}C_۱} \frac{۸}{۱۰}=\frac{d_۱}{d_۱+۲} \Rightarrow d_۱=۸cm$$

حالا ظرفیت اولیه خازن را محاسبه می‌کنیم:

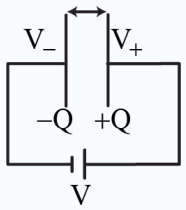
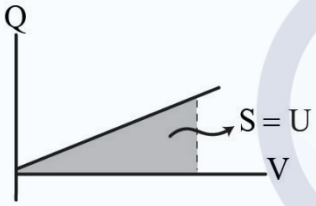
$$k=۱\ ,\ A=۲۰cm^۲=۲۰\times۱۰^{-۴}m^۲\ ,\ d=۸cm=۸\times۱۰^{-۲}m$$

$$C=\frac{۱\times۹\times۱۰^{-۱۲}\times۲۰\times۱۰^{-۴}}{۸\times۱۰^{-۲}}=۲۲/۵\times۱۰^{-۱۴}F$$

در پایان انرژی ذخیره شده در خازن را محاسبه می‌کنیم:

$$U=\frac{1}{2}CV^2=\frac{1}{2}\times 22/5\times 10^{-14}\times 200^2=45\times 10^{-10}\,J=4/5\,nJ$$

درسنامه:

خازن	قطعه‌ای که قابلیت ذخیره‌سازی بار و انرژی الکتریکی را دارد.
ساختار خازن	از دو رسانای نزدیک به هم ساخته شده و انواع مختلفی دارد.
خازن تخت	از دو صفحه رسانای موازی در مقابل هم تشکیل شده است.
ظرفیت خازن	نسبت بار ذخیره شده به اختلاف پتانسیل اعمال شده: $C=\frac{Q}{V}$ Q: بزرگی بار روی صفحه مثبت خازن V: اختلاف پتانسیل صفحات خازن $V=V_+-V_-$ 
عوامل موثر بر ظرفیت خازن تخت	ماده دی‌الکتریک، مساحت صفحات خازن و فاصله بین صفحات خازن در ظرفیت خازن موثر است. $C=\frac{k\varepsilon_0 A}{d}$ k: ضریب دی‌الکتریک، A: مساحت، d: فاصله بین صفحات
انرژی ذخیره شده در خازن	انرژی ذخیره شده در یک خازن به ظرفیت C که با ولتاژ V شارژ شد و روی صفحات آن بار Q قرار دارد برابر است با: $U=\frac{1}{2}QV=\frac{1}{2}CV^2=\frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$ 
نکات مهم	✓ اگر خازن به باتری وصل باشد، اختلاف پتانسیل (V) صفحات آن ثابت می‌ماند. ✓ اگر خازن از باتری جدا شود، بار روی صفحات آن (Q) ثابت می‌ماند. ✓ میدان الکتریکی بین صفحات خازن تخت برابر است با: $E=\frac{V}{d}=\frac{Q}{k\varepsilon_0 A}$

6. یک خازن کاملاً خالی از بار با ظرفیت $10\mu F$ را به یک باتری ۱۰ ولتی وصل می‌کنیم تا کاملاً شارژ شود. سپس خازن را از باتری جدا می‌کنیم و صفحه با بار مثبت آن را به قطب مثبت باتری ۲۰ ولتی و صفحهٔ دیگر آن را به قطب منفی باتری وصل می‌کنیم. به ترتیب از راست به چپ هر کدام از باتری‌های ۱۰ ولتی و ۲۰ ولتی چند میکروژول انرژی برای شارژ خازن مصرف کرده‌اند؟

۱) ۵۰۰، ۳۰۰۰ ۲) ۱۰۰۰، ۳۰۰۰ ۳) ۵۰۰، ۲۰۰۰ ۴) ۱۰۰۰، ۲۰۰۰

پاسخ: گزینه ۴ محاسباتی - دشوار | فیزیک ۲ فصل ۱ - انرژی خازن

انرژی ذخیره شده در خازن برابر است با:

$$U=\frac{1}{2}CV^2$$

با وصل شدن خازن به باتری $10V$، انرژی ذخیره شده در خازن برابر است با:

$$U=\frac{1}{2}\times 10\times 10^{-6}\times 10^2=500\times 10^{-6}\,J=500\,\mu J$$

کاری که باتری برای شارژ خازن انجام می‌دهد، دو برابر انرژی ذخیره شده در خازن است:

$$W_{(1)\,\text{باتری}}=2U_1=2\times 500=1000\,\mu J$$

پس از وصل شدن خازن به باتری ۲۰ ولتی، تغییر انرژی ذخیره شده در خازن برابر است با:

$$U_۲=\frac{۱}{۲}CV'^۲=\frac{۱}{۲}\times۱۰\times۱۰^{-۶}\times۲۰^۲=۲۰۰۰\times۱۰^{-۶}\,J=۲۰۰۰\mu J$$

$$\Delta U=۲۰۰۰-۵۰۰=۱۵۰۰\mu J$$

کار باتری شماره (۲) برابر است با:

$$W_۲=۲\times۱۵۰۰=۳۰۰۰\mu J$$

7. ولتاژ باتری یک ماشین‌حساب ۶V است. هنگامی که ماشین‌حساب روشن است، جریان ۰/۲mA از مدار ماشین‌حساب عبور می‌کند. در مدت یک دقیقه به ترتیب از راست به چپ، چند کولن بار الکتریکی از مدار می‌گذرد و باتری چند ژول انرژی به مدار ماشین‌حساب می‌دهد؟

۱) ۰/۰۱۲، ۰/۰۷۲ ۲) ۰/۱۲، ۰/۷۲ ۳) ۰/۰۱۲، ۰/۰۰۲ ۴) ۰/۱۲، ۰/۰۲

پاسخ: گزینه ۱ محاسباتی - ساده | فیزیک ۲ فصل۲ - جریان الکتریکی

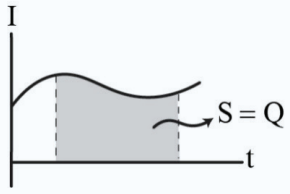
بار شارش یافته در مدار برابر است با:

$$I=۰/۲mA=۲\times۱۰^{-۴}A\ ,\ t=۱min=۶۰s$$

$$Q=It=۲\times۱۰^{-۴}\times۶۰=۱۲\times۱۰^{-۳}\,C=۰/۰۱۲C$$

انرژی که توسط باتری به مدار داده شده است برابر است با:

$$W_{باتری}=Q\Delta V=۱۲\times۱۰^{-۳}\times۶=۷۲\times۱۰^{-۳}\,J=۰/۰۷۲J$$

جریان الکتریکی متوسط	بار خالص شارش شده از سطح مقطع رسانا:	$I=\frac{Q}{t}$
آمپرساعت (A.h)	یکای بار ذخیره شده در باتری‌ها:	$Q_{(A.h)}=I_{(A)}.t_{(h)}$ $Q_{(mA.h)}=I_{(mA)}.t_{(h)}$
نمودار جریان - زمان	در نمودار جریان الکتریکی بر حسب زمان، از سطح بین نمودار و محور زمان می‌توان بار خالص عبوری را محاسبه کرد.	

8. بر روی یک باتری ۱۰۰mA.h نوشته شده است، اگر باتری ابتدا کاملاً شارژ باشد، چند دقیقه می‌تواند جریان متوسط ۱۰۰μA را فراهم کند؟

۱) $۱۰^۳$ ۲) ۶×۱۰^۳ ۳) $۱۰^۴$ ۴) ۶×۱۰^۴

پاسخ: گزینه ۴ محاسباتی - ساده | فیزیک ۲ فصل۲ - جریان الکتریکی

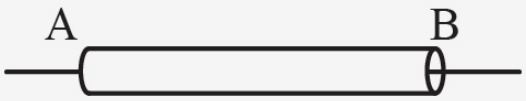
ابتدا جریان را بر حسب میلی‌آمپر می‌نویسیم:

$$I=۱۰۰\mu A=۱۰۰\times۱۰^{-۳}\,mA=۰/۱mA$$

به این ترتیب، مدت زمان تأمین جریان برابر است با:

$$I=\frac{Q}{t}\Rightarrow ۰/۱=\frac{۱۰۰}{t}\Rightarrow t=۱۰۰۰h=۶۰\times۱۰^۳\,min=۶\times۱۰^۴\,min$$

9. در مدت یک دقیقه تعداد ۶×۱۰^{۱۸} الکترون از یک مقطع سیم از A به سمت B عبور می‌کند. جریان الکتریکی متوسط عبوری از سیم بر حسب میلی‌آمپر و جهت آن کدام است؟ $(e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\,C)$



۱) ۱۶، از A به B

۲) ۹۶۰، از A به B

۳) ۱۶، از B به A

۴) ۹۶۰، از B به B

پاسخ: گزینه ۳ محاسباتی - ساده | فیزیک ۲ فصل۲ - جریان الکتریکی

مقدار بار عبوری از مقطع سیم برابر است با:

$$Q=ne=۶\times۱۰^{۱۸}\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹}=۶\times۱/۶\times۱۰^{-۱}C$$

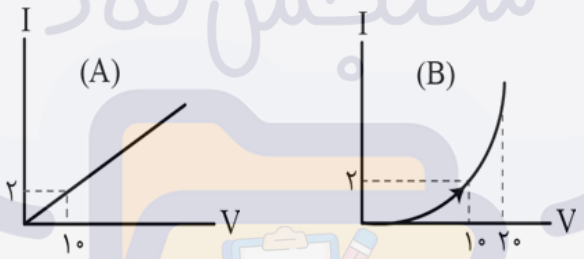
و به این ترتیب، جریان الکتریکی متوسط برابر است با:

$$I=\frac{Q}{t}=\frac{۶\times۱/۶\times۱۰^{-۱}}{۶۰}=۱۶\times۱۰^{-۳}A=۱۶mA$$

جهت جریان نیز از B به A است.

یادآوری: جهت جریان الکتریکی، به‌طور قراردادی، در خلاف جهت حرکت الکترون‌ها است.

10. نمودار جریان عبوری از دو رسانای (A) و (B) بر حسب اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر آن‌ها به صورت زیر است. چه تعداد از موارد زیر دربارهٔ این دو رسانا درست است؟ (دمای هر دو رسانا ثابت است.)



آ) رسانای A یک رسانای اهمی است.

ب) رسانای B می‌تواند یک دیود نور گسیل باشد.

پ) مقاومت رسانای A تحت اختلاف پتانسیل ۲۰V بیشتر از مقاومت الکتریکی رسانای B تحت اختلاف پتانسیل ۲۰V است.

ت) مقاومت رسانای B تحت اختلاف پتانسیل ۱۰V برابر $\frac{۱}{۵}\Omega$ است.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ: گزینه ۲ مفهومی - متوسط | فیزیک ۲ فصل۲ - مقاومت الکتریکی و قانون اهم

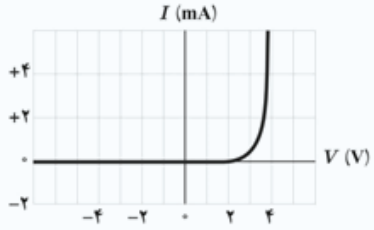
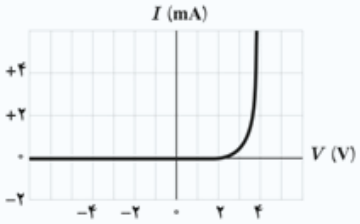
به بررسی جملات می‌پردازیم:

آ) درست است. نمودار جریان بر حسب ولتاژ رساناهای اهمی، یک خط راست است که از مبدأ می‌گذرد.

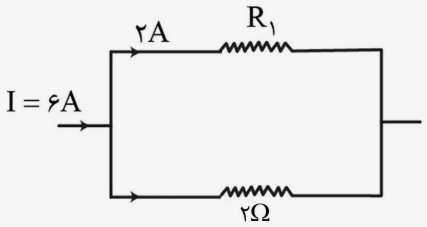
ب) درست است. دیود نور گسیل یک مقاومت غیراهمی است و نمودار جریان بر حسب ولتاژ آن شبیه نمودار B است.

پ) درست است. مقاومت رسانای A برابر $R_A=\frac{۱۰}{۲}=۵\Omega$ است. در حالی‌که مقاومت رسانای B تحت ولتاژ ۲۰V، کم‌تر از ۵Ω است.

ت) نادرست است. تحت اختلاف پتانسیل ۱۰V، از رسانای B جریان ۲A عبور می‌کند و مقاومت آن برابر $R=\frac{۱۰}{۲}=۵\Omega$ است.

مقامت الکتریکی	مقاومت رسانا در مقابل حرکت الکترون‌های آزاد: $R=\frac{V}{I}$
قانون اهم	اگر مقاومت ماده، در ولتاژهای مختلف (در دمای ثابت) ثابت بماند، از قانون اهم پیروی می‌کند. این قانون برای فلزات و بسیاری از رساناهی غیرفلزی برقرار است. نمودار $I-V$ برای رسانای اهمی یک خط راست مبدأگذر است و برای رساناهای غیراهمی (مانند دیود نور گسیل) منحنی است.  شکل۲-دیود نورگسیل  شکل۲-دیود نورگسیل در نمودار $I-V$، هرچه شیب نمودار بیشتر باشد، مقاومت کم‌تر است.

1. در شکل زیر انرژی مصرفی مقاومت R_1 در مدت یک دقیقه چند ژول است؟



۱) ۲۴۰
۲) ۴۸۰
۳) ۹۴۰
۴) ۱۴۴۰

پاسخ: گزینه ۳ ساده | محاسباتی

جریان عبور از مقاوت R_2 برابر $I - I_1 = ۶ - ۲ = ۴A$ اســت. چون در مقاومت‌های موازی نســبت جریان‌ها به نسبت وارون مقاومت‌ها است، مقدار مقاومت R_1 را به دست می‌آوریم:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow \frac{R_1}{۲} = \frac{۴}{۲} \Rightarrow R_1 = ۴\Omega$$

انرژی مصرفی در مقاومت R_1 را به دست می‌آوریم:

$$U = R_1 I^2 t = ۴ \times (۲)^2 \times ۶۰ = ۹۶۰J$$

درسنامه

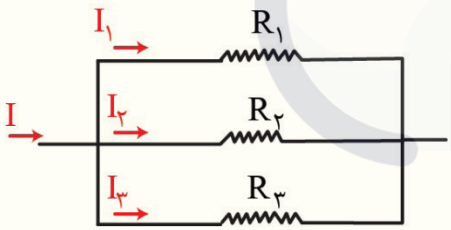
۱) توان مصرفی در مقاومت:

$$P = RI^2 = \frac{V^2}{R} = IV$$

۲) انرژی مصرفی در مقاومت:

$$U = Pt$$

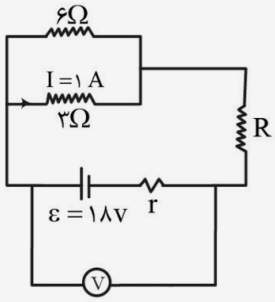
۳) در مقاومت‌های موازی، داریم:



الف) $R_1 I_1 = R_2 I_2 = R_3 I_3 = ...$

ب) $I = I_1 + I_2 + I_3 + ...$

2. در مدار شکل زیر اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R برابر ۱۲V است. عدد ولت‌سنج آرمانی برحسب ولت کدام است؟



۱) ۱۲
۲) ۱۸
۳) ۱۵
۴) ۱۶

پاسخ: گزینه ۳ متوسط | محاسباتی

عد ولت‌سنج برابر مجموع اختلاف پتانسیل دو سر دو مقاومت موازی ۶Ω و ۳Ω و مقاومت R است. پس:

$$V = V_{۳,۶} + V_R = (۳ \times ۱) + ۱۲ = ۱۵v$$

درسنامه

۱) اندازهٔ اختلاف پتانسیل اجزای مدار

نام قطعه	اندازهٔ اختلاف پتانسیل ($\|V\|$)
مقاومت	$\|V\| = RI$
باتری	$\|V\| = \varepsilon - rI$

۲) جریان مدار: $I = \dfrac{\varepsilon}{R_{eq} + r}$

۳) مقاومت معادلِ مدار (R_{eq})

حالت قرارگیری مقاومت‌ها	مقاومت معادل (R_{eq})
متوالی (سِری)	$R_{eq} = R_۱ + R_۲ + R_۳ + \dots$
موازی	$\dfrac{۱}{R_{eq}} = \dfrac{۱}{R_۱} + \dfrac{۱}{R_۲} + \dfrac{۱}{R_۳} + \dots$

3. دو مقاومت ۶Ω و ۱۲Ω اهمی را بار اول به طور متوالی و بار دوم به طور موازی به یک باتری آرمانی ۳۶V وصل می‌کنیم. توان مصرفی مقاومت ۶Ω در حالت اول چند برابر توان مصرفی مقاومت ۶Ω در حالت دوم است؟

۱) $\dfrac{۱}{۹}$ ۲) $\dfrac{۱}{۱۸}$ ۳) $\dfrac{۱}{۶}$ ۴) $\dfrac{۱}{۱۲}$

پاسخ: گزینه ۱ متوسط | محاسباتی

اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت ۶Ω را در دو حالت به دست می‌آوریم:

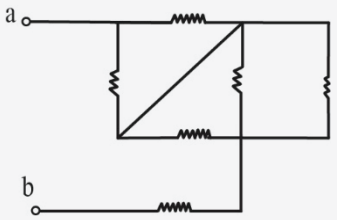
$$V_{۶\Omega} = ۳۶V$$

$$\begin{cases} V_{۶\Omega} + V_{۱۲\Omega} = ۳۶ \\ \dfrac{V_{۶\Omega}}{V_{۱۲\Omega}} = \dfrac{۶\Omega}{۱۲\Omega} = \dfrac{۱}{۲} \Rightarrow V_{۶\Omega} = ۱۲V \end{cases}$$

طبق رابطهٔ $P = \dfrac{V^۲}{R}$، نسبت توان مصرفی در حالت متوالی به حالت موازی را حساب می‌کنیم:

$$\frac{P_۱}{P_۲} = (\frac{V_۱}{V_۲}) = (\frac{۱۲}{۳۶})^۲ = \frac{۱}{۹}$$

4. در مدار شکل زیر تمام مقاومت‌ها مشابه و برابر ۶Ω می‌باشند. مقاومت معادل مدار چند اهم است؟



۱) ۶

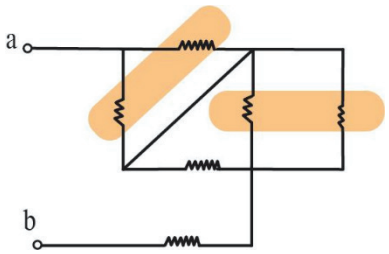
۲) ۸

۳) ۹

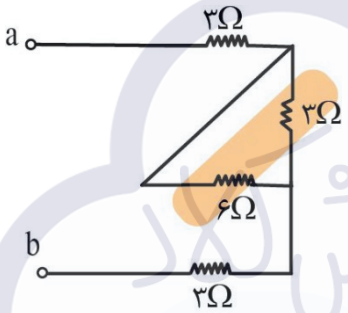
۴) ۱۱

پاسخ: گزینه ۴ متوسط | محاسباتی

دو زوج مقاومت موازی در نگاه اول در مدار دیده می‌شوند که معادل آن‌ها را حساب می‌کنیم و جای یکی از آن‌ها می‌گذاریم و دیگر مقاومت‌ها را حذف می‌کنیم.



$$R=\frac{۶}{۱+۱}=\frac{۶}{۲}=۳\Omega\Rightarrow$$



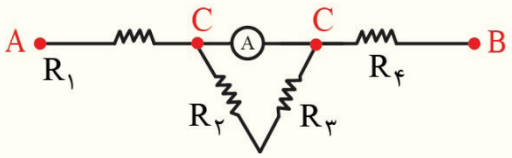
در مقاومت ۳Ω و ۶Ω در مدار تغییر داده شده با هم موازی‌اند و با سایر مقاومت‌ها سری‌اند. پس مقاومت معادل برابر است با:

$$R_{eq}=۳+(۳\,||\,۶)+۶=۳+۲+۶=۱۱\Omega$$

درسنامه

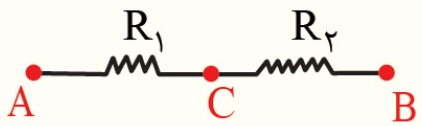
نام‌گذاری گره‌های مدار:

۱) نقاطی که از مدار که با سیم خالی یا آمپرسنج آرمانی به یکدیگر متصل باشند، پتانسیل یکسانی دارند و نام یکسانی می‌گیرند.



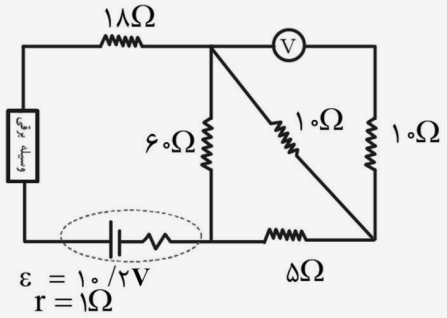
۲) شاخه‌هایی از مدار که حروف دو سَرشان یکسان شود از مدار حذف می‌شوند. مثلاً در شکل بالا $R_۲$ و $R_۳$ حذف می‌شوند.

۳) تمام حروف استفاده شده برای نامگذاری نقاط، بدون تکرار روی یک خط رسم می‌شوند و با خواندن حروف دو سَر هر مقاومت، آنها را بین این نقاط رسم می‌کنیم.



$$Req=R_۱+R_۴$$

5. در مدار زیر یک وسیله برقی که ولتاژ و توان اسمی آن $10V$ و $5W$ در مدار قرار گرفته است. توان خروجی باتری و توان مصرف شده در وسیله برقی به ترتیب از راست به چپ چند وات است؟ (ولت‌سنج آرمانی است.)



۱) ۲ و ۵

۲) ۲ و ۰/۸

۳) ۲/۰۴ و ۰/۸

۴) ۹/۲ و ۵

پاسخ: گزینه ۲ | متوسط | محاسباتی

ابتدا مقاومت وسیلهٔ برقی را با استفاده از ولتاژ و توان اسمی آن به دست می‌آوریم:

$$P=\frac{V^2}{R}\Rightarrow 5=\frac{10^2}{R}\Rightarrow R=20\Omega$$

جریان شاخه‌ای که ولت‌سنج آرمانی در آن قرار دارد برابر صفر است. پس مقاومت 10Ω که متوالی با ولت‌سنج است تأثیری در مدار ندارد. دو مقاومت 10Ω و 5Ω متوالی هستند و معادل آن‌ها با مقاومت 60Ω موازی است و در نهایت معادل آن‌ها با وسیلهٔ برقی و مقاومت 18Ω متوالی است. پس مقاومت معادل برابر است با:

$$R_{eq}=[(10+5)\,||\,60]+18+20]=12+18+20=50\Omega$$

جریان عبوری از باتری که همان جریان عبوری از وسیلهٔ برقی نیز می‌باشد را به دست می‌آوریم:

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+R}=\frac{10/2}{50+1}=\frac{10/2}{51}=0/2A$$

توان خروجی باتری و توان مصرفی وسیلهٔ برقی را حساب می‌کنیم:

$$P_{out}=\varepsilon I-rI^2=10/2(0/2)-1(0/2)^2=2W$$

$$P_R=RI^2=20(0/2)^2=0/8W$$

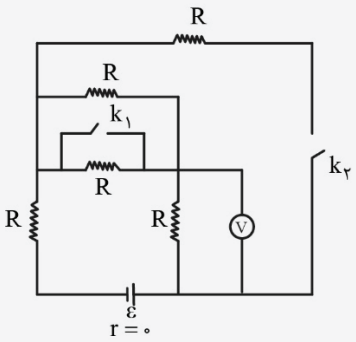
درسنامه

۱) توان خروجی باتری: $p=\varepsilon I-rI^2$

۲) توان و ولتاژ اسمی در مقاومت: $R=\frac{V^2}{p}=\frac{V_{اسمی}^2}{P_{اسمی}}$

۳) مقاومت‌هایی که در یک شاخه در کنار ولت‌سنج قرار بگیرند از مدار حذف می‌شوند.

6. در مدار شکل زیر وقتی هر دو کلید باز است، ولت‌سنج آرمانی V_1 را نشان می‌دهد و اگر هر دو کلید بسته شود V_2 را نشان می‌دهد. نسبت $\frac{V_2}{V_1}$ کدام است؟



۱) $\frac{3}{5}$

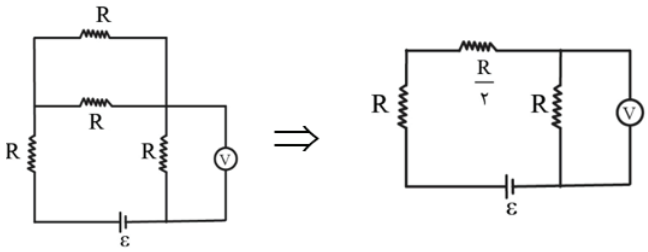
۲) $\frac{5}{6}$

۳) $\frac{3}{4}$

۴) $\frac{1}{2}$

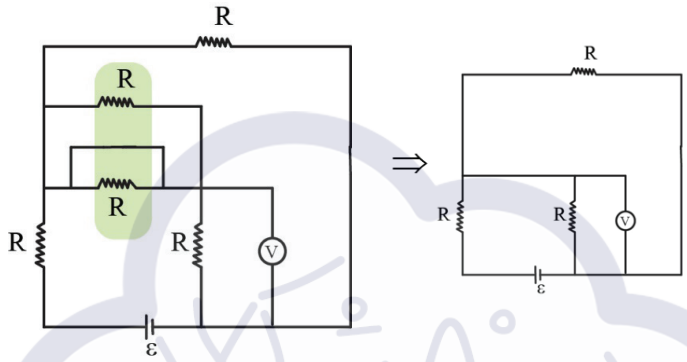
پاسخ: گزینه ۲ متوسط | محاسباتی

در حالتی که دو کلید باز است، مدار به صورت شکل زیر خواهد بود. دو مقاومت R با هم موازی هستند. ε بین سه مقاومت سری R، $\frac{R}{۲}$ و R تقسیم می‌شود.



$$\begin{cases} V_R + V_{\frac{R}{۲}} + V_R = \varepsilon \\ V_R = ۲V_{\frac{R}{۲}} \end{cases} \Rightarrow ۲/۵V_R = \varepsilon \Rightarrow V_R = \frac{۲}{۵}\varepsilon = V_۱$$

با وصل شدن کلید $k_۱$، دو مقاومت R رنگی شده، اتصال کوتاه و از مدار حذف می‌شوند و شکل مدار به صورت زیر در می‌آید:



جریان باتری را به دست می‌آوریم و از روی آن جریان عبوری از دو مقاومت موازی را حساب می‌کنیم:

$$R_{eq} = \frac{R}{۲} + R = \frac{۳}{۲}R$$

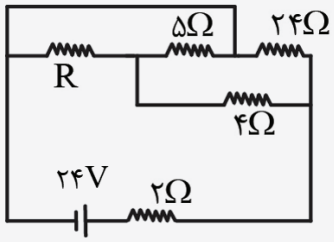
$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq}} = \frac{\varepsilon}{\frac{۳}{۲}R} = \frac{۲}{۳}\frac{\varepsilon}{R}$$

$$V_۲ = R(\frac{I}{۲}) = R(\frac{\varepsilon}{۳R}) = \frac{\varepsilon}{۳}$$

بنابراین نسبت خواسته شده برابر است با:

$$\frac{V_۲}{V_۱} = \frac{\frac{\varepsilon}{۳}}{\frac{۲}{۵}\varepsilon} = \frac{۵}{۶}$$

7. در مدار شکل زیر اگر توان مصرفی، مقاومت ۵Ω، $\frac{۴}{۵}$ برابر توان مصرفی ۴Ω باشد، اختلاف پتانسیل دو سر باتری چند ولت است؟



۱) ۲۰

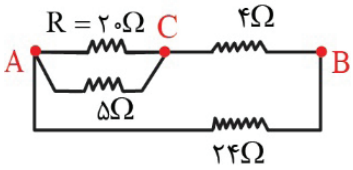
۲) ۱۸

۳) ۱۶

۴) ۱۴

پاسخ: گزینه ۲ متوسط | محاسباتی

دو مقاومت‌های R و ۵Ω موازی هستند و مجموع آن‌ها با مقاومت ۴Ω سری شده است و مدار به شکل مقابل است. در این وضعیت اگر جریان عبوری از مقاومت ۵Ω را I_1 و جریان عبور از مقاومت ۴Ω را I_2 در نظر بگیریم توان مصرفی آن‌ها برابر است با:



$$P_4 = 4I_2^2 \,,\, P_5 = 5I_1^2$$

طبق صورت تست، نسبت I_2 به I_1 برابر است با:

$$P_5 = 5I_1^2 = \frac{4}{5}\times 4I_2^2 \Rightarrow 25I_1^2 = 16I_2^2 \Rightarrow 5I_1 = 4I_2^2 \Rightarrow I_2 = \frac{5}{4}I_1$$

از طرفی مجموع جریان‌های عبوری از ۵Ω و Ω به ۴Ω می‌رسد پس:

$$\frac{5}{4}I_1 + I_1 + I_R \Rightarrow I_R = \frac{1}{4}I_1$$

به این ترتیب مقاومت R برابر است با:

$$R\times I_R = 5\times I_1 \Rightarrow R\times\frac{1}{4}I_1 = 5I_1 \Rightarrow R = 20\Omega$$

و حال با دانستن R، می‌توان مقاومت کل مدار و در پی آن جریان عبوری از باتری را به دست آورد:

$$R_{eq} = ((4+4)\,||\,24) = 6\Omega$$

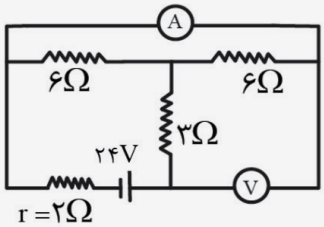
و جریان مدار برابر است با:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq}+r} = \frac{24}{2+6} = 3A$$

در نهایت اختلاف پتانسیل دو سر باتری را حساب می‌کنیم:

$$V = \varepsilon - rI = 24 - 2\times 3 = 18V$$

8. در مدار مقابل اگر جای آمپرسنج و ولت‌سنج عوض شود، کدام گزینه درست است؟



۱) عدد آمپرسنج ۰/۷A افزایش می‌یابد.

۲) عدد ولت‌سنج تغییر نمی‌کند.

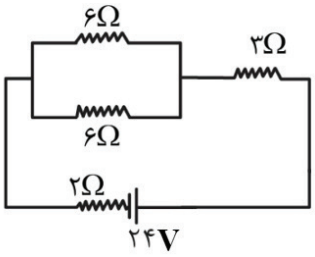
۳) عدد ولت‌سنج ۱/۲V افزایش می‌یابد.

۴) عدد آمپرسنج ۱/۲A افزایش می‌یابد.

پاسخ: گزینه ۳ سخت | محاسباتی

در حالت اول جریان مدار را تعیین می‌کنیم.

شکل ساده شدهٔ مدار در این حالت به صورت مقابل است:



$$R_{eq} = (6\,||\,6) + 3 = 3 + 3 = 6\Omega$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq}+r} = I\frac{24}{6+2} = 3A$$

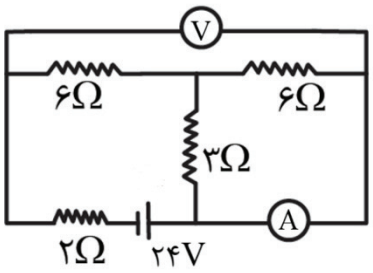
در این حالت دو مقاومت ۶Ω موازی هستند و آمپرسنج جریان عبوری از یکی از مقاومت‌های ۶Ω را نشان می‌دهد که نصف جریان کل است. پس

$$A_1 = \frac{3}{2} = 1/5A$$

و ولت‌سنج نیز اختلاف پتانسیل دو سر باتری را نشان می‌دهد:

$$V_1 = \varepsilon - rI = 24 - 2(3) = 18V$$

در حالت دوم مدار به شکل مقابل است:



$$R_{eq} = ۶ + (۶ \| ۳) = ۸\Omega$$

جریان مدار برابر است با:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow I' = \frac{۲۴}{۲+۶+۲} = ۲/۴A$$

در این حالت، کماکان ولت‌سنج، ولتاژ دو سر باتری را نشان می‌دهد که برابر است با:

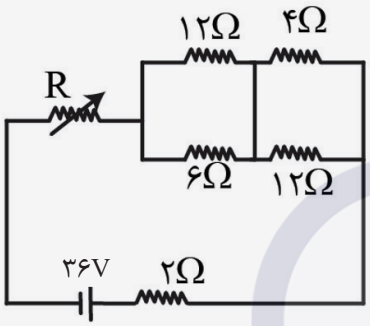
$$V = \varepsilon - rI = ۲۴ - ۲(۲/۴) = ۱۹/۲V$$

و آمپرسنج جریان عبوری از مقاومت ۶Ω موازی با ۳Ω را نشان می‌دهد که یک سوم جریان کل است پس:

$$A_۲ = \frac{۱}{۳} \times ۲/۴ = ۰/۸A$$

پس عدد ولت‌سنج $۱/۲V$ افزایش و عدد آمپرسنج $۰/۷A$ کاهش می‌یابد.

9. در مدار مقابل حداکثر توان مصرفی مقاومت متغیر R چند وات است؟



۱) ۱۲

۲) ۱۸

۳) ۲۴

۴) ۳۶

پاسخ: گزینه ۴ متوسط | محاسباتی

گام اول: مقاومت معادل همهٔ مقاومت‌ها به جز R را محاسبه می‌کنیم:

مقاومت ۱۲Ω و ۴Ω موازی: $R' = \frac{R_۱ \times R_۲}{R_۱ + R_۲} = \frac{۴ \times ۱۲}{۴+۱۲} = ۳\Omega$

مقاومت ۱۲Ω و ۶Ω موازی: $R'' = \frac{R_۱ \times R_۲}{R_۱ + R_۲} = \frac{۶ \times ۱۲}{۶+۱۲} = ۴\Omega$

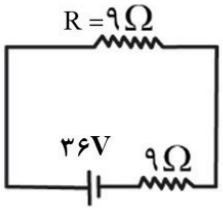
پس مقاومت معادل برابر است با:

$$R_{eq} = ۳ + ۴ = ۷\Omega$$

برای اینکه مقاومت R حداکثر توان را داشته باشد این مقاومت ۷ اهمی که به دست آوردیم را با مقاومت درونی باتری جمع می‌کنیم و به عنوان مقاومت درونی جدید باتری در نظر می‌گیریم یعنی $r = ۹\Omega$، حالا برای اینکه حداکثر توان را داشته باشیم باید $R = r$ باشد.

در ادامه جریان را به دست می‌آوریم:

مدار جدید ⇐

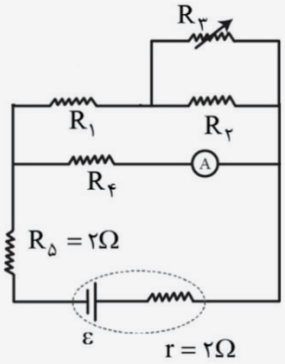


$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} = \frac{۳۶}{۹+۹} \Rightarrow I = ۲A$$

در آخر حداکثر توان مقاومت را به دست می‌آوریم:

$$P = RI^۲ \Rightarrow P = ۹ \times (۲)^۲ \Rightarrow P = ۳۶W$$

10. در مدار شکل زیر با افزایش مقاومت $R_۳$ به ترتیب از راست به چپ عدد آمپرسنج آرمانی و توان خروجی باتری چگونه تغییر می‌کند؟



۱) کاهش، کاهش

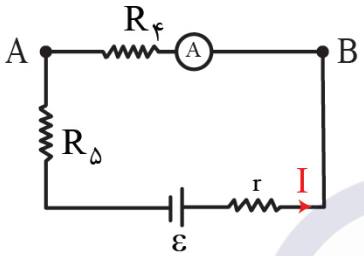
۲) کاهش، افزایش

۳) افزایش، افزایش

۴) افزایش، کاهش

پاسخ: گزینه ۴ متوسط | مفهومی

بـــا افزایش مقاومت $R_۳$، مقاومت معادل مدار افزایش می‌یابد. طبق رابطهٔ $I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r}$، جریان عبوری از باتری کاهش می‌یابد. اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت $R_۴$ برابر است با:



$$V_{R_۴} = V_{AB} = \varepsilon - (r + R_۵)I$$

با کاهش جریان I، $V_{R_۴}$ افزایش می‌یابد. بنابراین عدد آمپرسنج که جریان عبوری از $R_۴$ است، افزایش می‌یابد.

مقاومت معادل مدار قطعاً از مقاومت $R_۵ = ۲\Omega$ بیشـــتر اســـت. بنابراین با افزایش مقاومت $R_۳$، مقاومت معادل مدار از مقدار $R = ۲\Omega$ که برابر با مقاومت درونی باتری است دور می‌شود. با دور شدن مقدار مقاومت معادل از مقاومت درونی باتری، توان خروجی باتری کاهش می‌یابد.

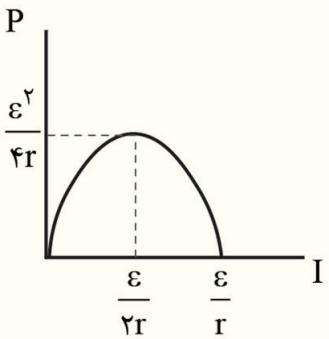
درسنامه

۱) افزایش مقاومت رئوستا: مقاومت معادل افزایش- جریان باتری کاهش می‌یابد.

با

کاهش مقاومت رئوستا: مقاومت معادل کاهش- جریان باتری افزایش می‌یابد.

۲) نمودار توان خروجی باتری برحسب جریان:



هنگامی که $R_{eq} = r$ شود، یعنی جریان مدار برابر $I = \frac{\varepsilon}{۲r}$ شود، توان خروجی باتری بیشینه می‌شود.

۳) حرکت در مدار جهت بررسی تغییرات پتانسیل الکتریکی:

الف) در مقاومت: هم‌جهت با جریان عبور کنیم. $\Delta V = -IR$

در خلاف جریان عبور کنیم. $\Delta V = IR$

ب) در نیروی محرکه: از قطب منفی به مثبت برویم. $\Delta V = \varepsilon$

از قطب مثبت به منفی برویم. $\Delta V = -\varepsilon$

پاسخنامه فیزیک ۸ اسفند ۱۴۰۳

1. چه تعداد از موارد زیر درست است؟

الف) اتم‌های مواد پارامغناطیسی خاصیت مغناطیسی دارند.

ب) با حضور مواد دیامغناطیس در میدان مغناطیسی خارجی، دوقطبی‌های مغناطیسی در جهت میدان مغناطیسی درون آن‌ها القا می‌شود.

پ) از مواد فرومغناطیس نرم که دارای حوزه مغناطیسی هستند برای ساخت پیچه‌ها و سیملوله‌ها استفاده می‌شود.

ت) مواد فرومغناطیس سخت برای ساخت آهنربای دائمی مناسب است.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ: گزینه ۳ متوسط | حفظی

به بررسی هریک از موارد می‌پردازیم:

الف درست؛ اتم‌های مواد پارامغناطیس دارای خاصیت مغناطیسی هستند.

ب نادرست؛ دوقطبی‌های القا شده در مواد دیامغناطیس در خلاف جهت میدان خارجی است که به آن‌ها اعمال می‌شود.

پ درست؛ این مواد برای ساخت هسته پیچه‌ها و سیملوله‌ها استفاده می‌شوند.

ت درست؛ چون خاصیت مغناطیسی این مواد بسیار سخت و دیر از بین می‌رود.

درسنامه

انواع مواد از نظر مغناطیسی

۱- مواد پارامغناطیسی

موادی مانند اورانیوم، پلاتین، آلومینیم، سدیم، اکسیژن هستند.

خاصیت مغناطیسی دارند اما دوقطبی‌های آن‌ها کاملاً نامنظم هستند و میدان خالصی ایجاد نمی‌کنند.

اگر در یک میدان مغناطیسی قوی قرار بگیرند، دوقطبی‌های آن‌ها مقدار کمی در جهت میدان مرتب می‌شوند اما با حذف میدان خارجی به حالت قبل برمی‌گرداند.

۲- مواد دیامغناطیس

موادی مانند سرب، مس، نقره و بیسموت هستند.

این مواد ذاتاً خاصیت مغناطیسی و دوقطبی مغناطیسی ندارند.

اما در میدان مغناطیسی خارجی، دوقطبی‌های مغناطیسی در خلاف جهت میدان در آن‌ها ایجاد می‌شود.

۳- مواد فرومغناطیس

موادی مانند آهن، نیکل و کبالت هستند.

ذاتاً خاصیت مغناطیسی و دوقطبی مغناطیسی دارند.

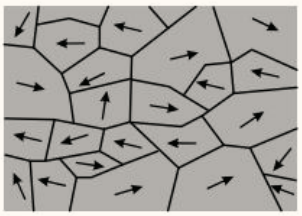
دوقطبی‌های آن‌ها در نواحی کوچکی به نام حوزه مغناطیسی هم‌جهت هستند.

اگر در یک میدان خارجی قرار بگیرند، حوزه‌ها متمایل به میدان خارجی شده و خاصیت مغناطیسی و آهنربایی پیدا می‌کنند.

فرومغناطیس نرم: سریعاً حوزه‌ها با میدان هم‌جهت شده با حذف میدان خارجی، حوزه‌ها سریعاً به حالت اول برمی‌گردد.

فرومغناطیس سخت: حجم حوزه‌ها در حضور میدان خارجی، به سختی تغییر می‌کند، اما پس از حذف میدان نیز تا مدت معینی آهنربا هستند. مانند آلیاژهای آهن، نیکل و کبالت.

تست‌درتست **شکل زیر مربوط به کدام مادهٔ مغناطیسی است و آن ماده در چه شرایطی قرار دارد؟** (خارج از کشور – ۱۴۰۳)



۱) مادهٔ مغناطیسی در حضور میدان مغناطیسی خارجی ضعیف

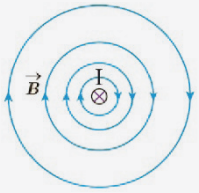
۲) مادهٔ پارامغناطیسی در حضور میدان مغناطیسی خارجی ضعیف

۳) مادهٔ پارامغناطیسی در نبود میدان مغناطیسی خارجی

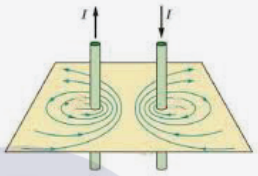
۴) مادهٔ فرومغناطیسی در نبود میدان مغناطیسی خارجی

پاسخ: گزینه ۱

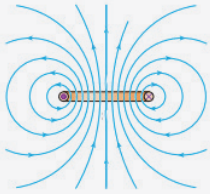
2. کدام شکل‌ها آرایش درست خطوط میدان مغناطیسی را نشان می‌دهد؟



الف) سیم حامل جریان درون‌سو



ب) دو سیم موازی با جریان‌های ناهمسو



پ) حلقهٔ حامل جریان

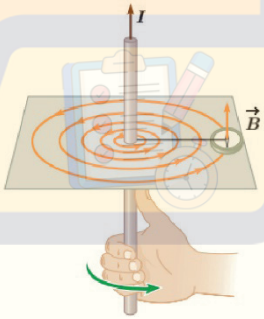
۱) الف ۲) الف و پ ۳) الف، ب و پ ۴) ب و پ

پاسخ: گزینه ۳ متوسط | کاربردی

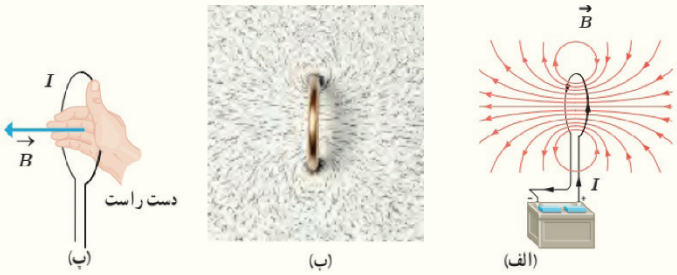
هر سه شکل به درستی میدان مغناطیسی عناصر را نشان می‌دهند.

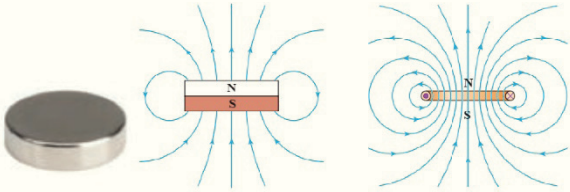
درسنامه

شکل میدان مغناطیسی در اطراف یک سیم حامل جریان طبق قاعده دست راست به صورت زیر تعیین می‌شود:

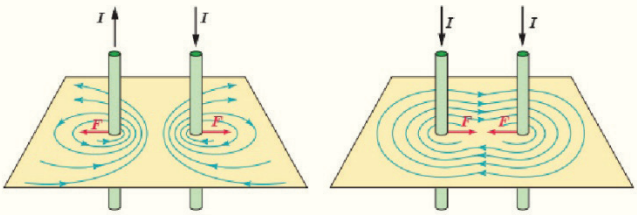


میدان مغناطیسی یک حلقه حامل جریان نیز به صورت زیر خواهد بود:





دو سیم موازی حامل جریان، در اثر میدان مغناطیسی اطراف خود به هم نیرو وارد می‌کنند که اگر جریان‌ها هم‌سو باشند این نیرو جاذبه و اگر جریان‌ها غیرهم‌سو باشند، نیروی بین آن‌ها دافعه است.



تست‌درتست **در حلقه زیر، جریان الکتریکی برقرار است و جهت میدان مغناطیسی حاصل از آن در نقطهٔ A خارج از حلقه رسم شده است. جهت جریان الکتریکی و جهت میدان مغناطیسی در مرکز حلقه، کدام است؟** (خارج از کشور – ۱۴۰۱)

۱) ساعتگرد و ⊙

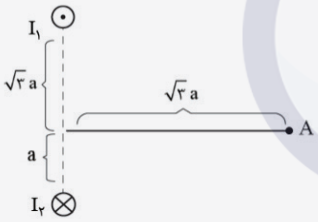
۲) ساعتگرد و ⊗

۳) پادساعتگرد و ⊙

۴) پاساعتگرد و ⊗

پاسخ: گزینه ۲

3. مطابق شکل دو سیم راست حامل جریان عمود بر صفحه قرار گرفته‌اند. زاویهٔ بین میدان مغناطیسی سیم‌ها در نقطهٔ A چند درجه است؟



۱) ۱۵

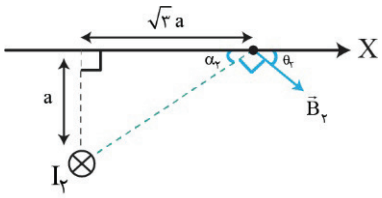
۲) ۷۵

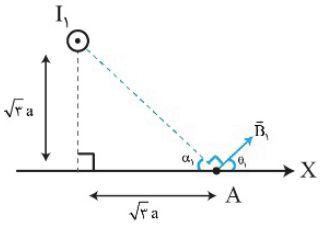
۳) ۹۰

۴) ۱۰۵

پاسخ: گزینه ۴ متوسط | کاربردی

توجه کنید که میدان مغناطیسی سیم راست در یک نقطه، بر خطی که سیم را به آن نقطه وصل می‌کند، عمود است. بنابراین میدان‌های دو سیم در نقطهٔ A به صورت جداگانه با استفاده از قاعدهٔ دست راست و طبق نکته ذکر شده مطابق شکل‌های زیر می‌باشد:





$$\tan\alpha_2 = \frac{a}{\sqrt{3}a} = \frac{\sqrt{3}}{3} \Rightarrow \alpha_2 = 30^\circ$$

$$\theta_2 = 180 - (\alpha_2 + 90) = 60^\circ$$

$$\tan\alpha_1 = \frac{\sqrt{3}a}{\sqrt{3}a} = 1 \Rightarrow \alpha_1 = 45^\circ$$

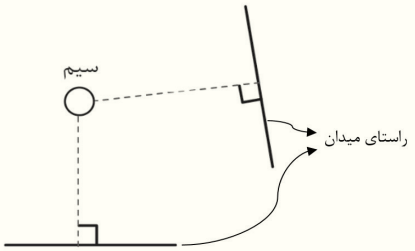
$$\theta_1 = 180 - (\alpha_1 + 90) = 45^\circ$$

باتوجه به دو شکل بالا دو میدان $\vec{B}_1$ و $\vec{B}_2$ با یکدیگر زاویه $\theta_1 + \theta_2 = 105^\circ$ می‌سازند.

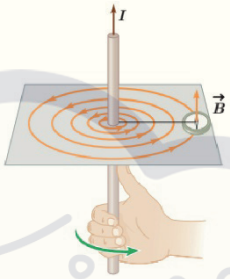
درسنامه

راستای میدان مغناطیسی در یک نقطه اطراف سیم حامل جریان، دقیقاً عمود بر خط واصل سیم و آن نقطه است.

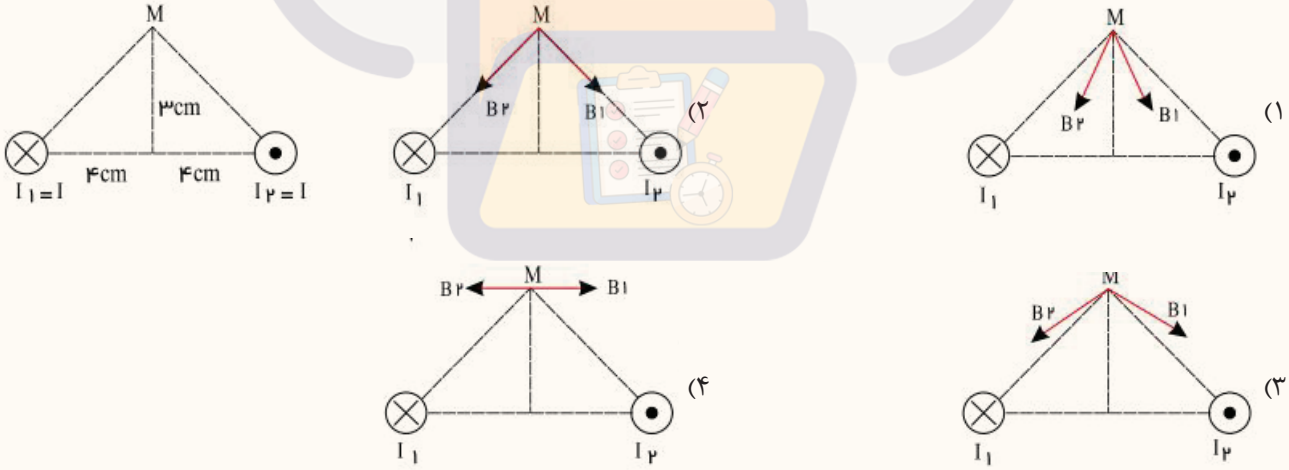
جهت میدان نیز به کمک قاعده دست راست تعیین می‌شود.



به طوری که اگر شست دست راست در جهت جریان باشد، جهت میدان هم‌جهت با چرخش انگشتان خواهد بود.

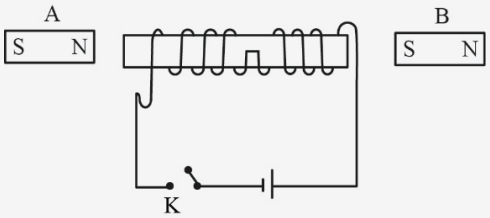


تست‌درتست دو سیم موازی بسیار بلند، حامل جریان I، مطابق شکل زیر عمود بر صفحه قرار دارند. بردار میدان مغناطیسی هریک از دو سیم در نقطهٔ M در کدام شکل درست است؟ (سراسری – ۱۳۹۴)



پاسخ: گزینه ۱

4. در شکل زیر بعد از وصل کلید، از طرف سیملوله به آهنرباهای A و B به ترتیب از راست به چپ چه نیرویی وارد می‌شود؟



۱) رانشی – ربایشی

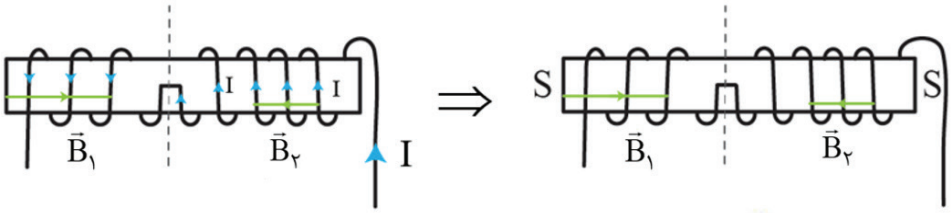
۲) رانشی – رانشی

۳) ربایشی – ربایشی

۴) ربایشی – رانشی

پاسخ: گزینه ۴ ساده | کاربردی

ابتدا با استفاده از قاعدهٔ دست راست جهت میدان مغناطیسی درون سیملوله را تعیین می‌کنیم و پس از آن قطب‌های سیملوله را مشخص می‌کنیم. چون جهت سیم‌پیچی در سیملوله عوض شده است از سیملوله دو آهنربای الکتریکی ساخته شده است.



باتوجه به قطب‌های سیملوله، آهنربای A توسط سیملوله جذب و آهنربای B توسط سیملوله دفع می‌شود.

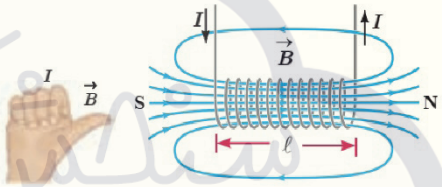
درسنامه

میدان مغناطیسی سیملوله:

در حین عبور جریان از سیملوله، اطراف آن میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود.

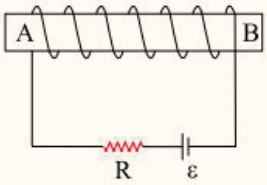
میدان مغناطیسی سیملوله در داخل آن تقریباً یکنواخت است.

جهت میدان مغناطیسی داخل سیملوله طبق قاعده دست راست تعیین می‌شود.



میدان مغناطیسی سیملوله شبیه به میدان مغناطیسی یک آهنربای میله‌ای است.

تست‌درتست در آهنربای الکتریکی شکل زیر، قطب N و جهت میدان مغناطیسی درون سیملوله، کدام است؟ (سراسری – ۱۴۰۱)



۱) $\rightarrow, A$

۲) $\rightarrow, B$

۳) $\leftarrow, A$

۴) $\leftarrow, B$

پاسخ: گزینه ۲

5. طول یک سیملوله ۴۰cm و از 10^3 دور حلقه تشکیل شده است. اگر جریان ۰/۲A از سیملوله عبور کند، بزرگی میدان مغناطیسی درون سیملوله چند گاوس است؟ $(\mu_0 = 12\times10^{-7}\frac{T.m}{A})$

۱) 6×10^{-5} ۲) 6×10^{-4} ۳) ۰/۶ ۴) ۶

پاسخ: گزینه ۴ ساده | محاسباتی

کافی است رابطهٔ $B=\frac{\mu_0 NI}{\ell}$ را که میدان مغناطیسی درون سیملوله را می‌دهد، به کار ببریم:

$$B=\frac{\mu_0 NI}{\ell}=\frac{12\times10^{-7}\times10^{3}\times0/2}{4\times10^{-1}}=6\times10^{-4}T=6G$$

«توجه کنید در فصل مغناطیس و القای الکترومغناطیسی، تمام فرمول‌ها B را برحسب تسلا می‌گیرند یا برحسب تسلا تحویل می‌دهند.»

درسنامه

اندازه میدان مغناطیسی داخل سیملوله آرمانی و نزدیک محور آن برابر است با:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{L}$$

که N : تعداد دور سیملوله، μ_0 ضریب تراوایی مغناطیسی خلاء و I جریان عبوری از سیملوله برحسب آمپر (A) و L طول سیملوله برحسب متر (m) است.

سیملوله آرمانی، به سیملوله‌ای گفته می‌شود که قطر حلقه‌ها در مقایسه با طول آن ناچیز و حلقه‌ها بسیار نزدیک به هم باشند.

اگر در مسأله‌ای قطر سیم به کار رفته در سیملوله ذکر شده باشد، می‌توان از رابطه مقابل کمک گرفت:

$$B = \frac{\mu_0 I}{D}$$

D : قطر سیم

اگر طول سیم به کار رفته در ساخت سیملوله بیان شده باشد، به کمک قطر سیملوله می‌توان تعداد دور سیملوله را تعیین کرد:

$$N = \frac{L_{\text{سیم}}}{2\pi R_{\text{سیملوله}}}$$

تست‌درتست **سیملوله‌ای آرمانی به طول ۱۰cm دارای ۵۰۰ حلقهٔ نزدیک به هم است، اگر جریان ۴۰۰mA از سیملوله بگذرد، بزرگی میدان مغناطیسی درون سیملوله و دور از لبه‌های آن چند گاوس است؟ ($\mu_0 = 12\times10^{-7}\frac{T.m}{A}$)** (سراسری – ۱۴۰۳)

۱) ۱۲ ۲) ۱/۲ ۳) ۲۴ ۴) ۲/۴

پاسخ: گزینه ۳

6. کدام گزینه دربارهٔ نیروی مغناطیسی وارد بر یک ذره باردار که با سرعت $\vec{v}$ وارد میدان مغناطیسی $\vec{B}$ شده است، الزاماً درست می‌باشد؟

۱) اگر جهت بردارهای $\vec{F}$ و $\vec{v}$ مشخص باشد، جهت $\vec{B}$ به صورت دقیق تعیین می‌شود.

۲) اگر جهت بردارهای $\vec{F}$ و $\vec{B}$ مشخص باشد، جهت $\vec{v}$ به صورت دقیق تعیین می‌شود.

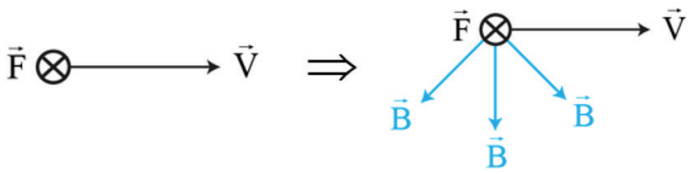
۳) اگر جهت بردارهای $\vec{B}$ و $\vec{v}$ مشخص باشد، جهت $\vec{F}$ به صورت دقیق تعیین می‌شود.

۴) هر سه گزینه درست است.

پاسخ: گزینه ۳ متوسط | مفهومی

در صورتی که جهت $\vec{v}$ و $\vec{B}$ معلوم باشد، چون $\vec{F}$ بر هر دوی این بردارها عمود است، جهت $\vec{F}$ یکتا و معین خواهد بود. اما اگر $\vec{v}$ و $\vec{F}$ معلوم باشد یا $\vec{B}$ و $\vec{F}$ معلوم باشند، چون بردارهای $\vec{B}$ و $\vec{v}$ می‌توانند هر زاویه‌ای با هم بسازند، جهت بردار مجهول یکتا نخواهد بود. به مثال زیر توجه کنید:

فرض کنید بار مثبت q با سرعت $\vec{v}$ درون میدان $\vec{B}$ حرکت می‌کند و بردارهای $\vec{v}$ و $\vec{F}$ به صورت شکل زیر هستند جهت بردار $\vec{B}$ می‌تواند به شکل‌های زیر باشد:

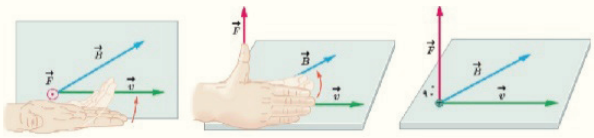


درسنامه

هنگامی‌که ذره‌ای با بار q و تندی v در یک میدان مغناطیسی $\vec{B}$ حرکت می‌کند، اگر سرعت ذره در راستای میدان نباشد، از طرف میدان مغناطیسی به آن نیروی $\vec{F}$ وارد می‌شود.

نیروی $\vec{F}$ بر هر دو بردار $\vec{v}$ و $\vec{B}$ عمود است اما بردارهای سرعت $(\vec{v})$ و میدان مغناطیسی $(\vec{B})$ می‌توانند هر زاویه‌ای بین صفر تا 180° داشته باشند.

جهت $\vec{F}$ به کمک قاعده دست راست تعیین می‌شود.



نکته اگر بار ذره منفی باشد، باید نتیجه را برعکس کرد یا از دست چپ استفاده کرد.

تست‌درتست نیروی $\vec{F}$ وارد بر الکترونی که در میدان مغناطیسی $\vec{B}$ در حرکت است، در شکل نشان داده شده است. جهت سرعت الکترون کدام است؟ ($\vec{B}$ روی صفحه و $\vec{F}$ درون‌سو است.) (خارج از کشور – ۱۳۸۶)

۱) $\vec{v}\nwarrow$

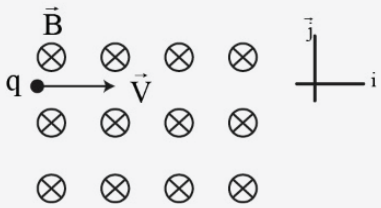
۲) $\vec{v}\rightarrow$

۳) $\vec{v}\nearrow$

۴) گزینه‌های ۲ و ۳ می‌توانند درست باشند.

پاسخ: گزینه ۴

7. مطابق شکل ذره بارداری به جرم ۴mg و بار $-2\mu C$ با سرعت $\vec{v}=2\times10^{5}\frac{m}{s}\vec{i}$ وارد یک میدان مغناطیسی یکنواخت که میدان آن درون‌سو و بزرگی آن $4\times10^{3}\,G$ است، می‌شود. در لحظهٔ ورود ذره به میدان مغناطیسی، بردار شتاب ذره در SI کدام است؟ (از وزن ذره صرف‌نظر شود.)



۱) $4\times10^{4}\vec{j}$

۲) $40\vec{j}$

۳) $-4\times10^{4}\vec{j}$

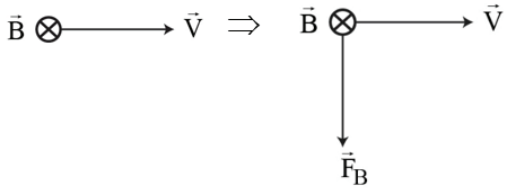
۴) $-40\vec{j}$

پاسخ: گزینه ۳ متوسط ، محاسباتی و کاربردی

ابتدا اندازه شتاب را تعیین می‌کنیم. نیروی مغناطیسی تنها نیروی وارد بر ذره است. پس:

$$F_{net}=F_B=|q|VB\sin\theta=(2\times10^{-6})\times(2\times10^{5})\times(4\times10^{-1})\times\sin90=0/16\,N$$

$$F_{net}=ma\Rightarrow0/16=4\times10^{-6}\times a\Rightarrow a=4\times10^{4}\frac{m}{s^{2}}$$



با استفاده از قاعدهٔ دست راست و قرینه کردن جهت نیرو (یا قاعدهٔ دست چپ!)، جهت نیروی وارد بر بار که همان جهت شتاب نیز می‌باشد به دست می‌آید:

بنابراین بردار نیرو و بردار شتاب در خلاف جهت محور y است. پس $\vec{a}=-4\times10^{4}\vec{j}$ است.

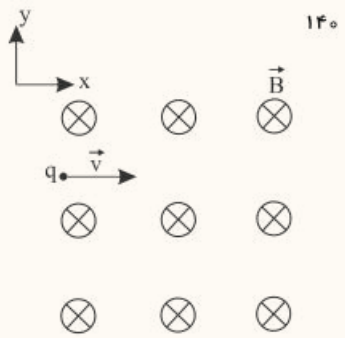
درسنامه

اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر یک ذره باردار (q) که در میدان مغناطیسی (B) با سرعت ($\vec{v}$) حرکت می‌کند برابر است با:

$F = |q| VB\sin\theta$

که θ زاویه بین بردارهای سرعت و میدان مغناطیسی است.

تست‌درتست **مطابق شکل زیر، پروتونی با سرعت $\vec{v} = (10^4 \frac{m}{s})\vec{i}$ وارد یک میدان مغناطیسی یکنواخت، به بزرگی ۱۷۰G می‌شود. اگر تنها نیروی مغناطیسی به پروتون وارد شود، شتاب حرکتش در این لحظه در SI، کدام است؟ (بار الکتریکی پروتون $1/6\times10^{-19}C$ و جرم آن $1/7\times10^{-27}kg$ است.)**



۱) $1/6\times10^{10}\vec{j}$

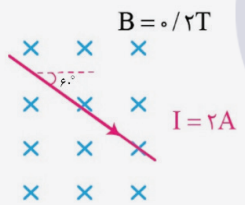
۲) $1/6\times10^{10}\vec{i}$

۳) $1/6\times10^{8}\vec{j}$

۴) $1/6\times10^{8}\vec{i}$

پاسخ: گزینه ۱

8. در شکل زیر نیروی مغناطیسی وارد بر ۲۰cm از سیم چند نیوتون و در کدام جهت است؟



۱) ۰/۰۸، ↗

۲) ۰/۰۴، ↙

۳) ۰/۰۸، ↙

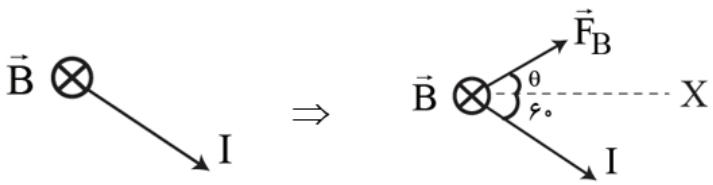
۴) ۰/۰۴، ↗

پاسخ: گزینه ۱ متوسط ، محاسباتی

توجه کنید: زاویهٔ بین سیم و میدان مغناطیسی در اینجا 90° است نه 60°. زیرا سیم درون صفحه و میدان مغناطیسی عمود بر صفحه می‌باشد. ابتدا اندازهٔ نیروی مغناطیسی وارد بر ۲۰cm از سیم را تعیین می‌کنیم:

$F = I\ell B\sin\theta = 2\times0/2\times0/2\times\sin90 = 0/08N$

حالا با استفاده از قاعدهٔ دست راست جهت نیروی وارد بر سیم را تعیین می‌کنیم:



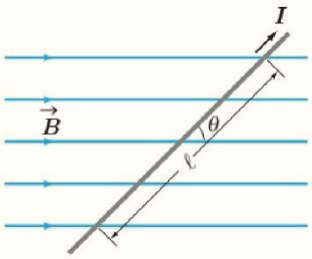
باتوجه به شکل زاویهٔ نیروی مغناطیسی با محور x ها برابر $\theta = 90 - 60 = 30^\circ$ است.

درسنامه

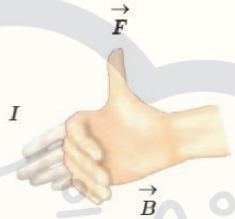
بر سیم حامل جریان الکتریکی (I)، در میدان مغناطیسی (B) نیرویی وارد می‌شود که برابر است با:

$F = ILB\sin\theta$

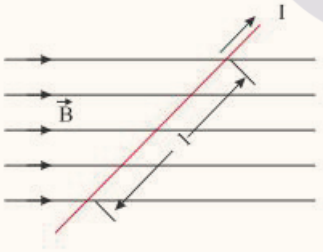
که L طولی از سیم است که در میدان مغناطیسی قرار دارد و θ زاویه بین جریان الکتریکی (یا راستای سیم) و میدان مغناطیسی ($\vec{B}$) است.



جهت نیروی مغناطیسی نیز به کمک قاعده دست راست تعیین می‌شود.



تست‌درتست **در شکل زیر، میدان مغناطیسی به صورت افقی در جهت غرب به شرق است و مقدار آن ۵۰۰ گاوس است، سیم افقی است و جریان $I = ۲۵A$ در جهت شمال شرقی از آن عبور می‌کند. اگر $l = ۸۰cm$ و زاویهٔ بین سیم و میدان ۳۷° باشد، نیروی مغناطیسی وارد بر این قسمت از سیم، چند نیوتون و به کدام جهت است؟ $(\sin ۳۷^\circ = ۰/۶)$** (خارج از کشور – ۱۳۹۶)



۱) ۰/۸، قائم رو به پایین

۲) ۰/۶، قائم رو به پایین

۳) ۰/۸، قائم رو به بالا

۴) ۰/۶، قائم رو به بالا

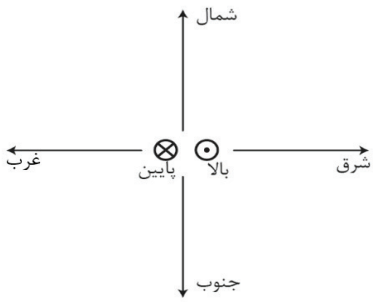
پاسخ: گزینه ۲

9. یک پروتون از بالا به سمت پایین وارد میدان مغناطیسی یکنواخت افقی که جهت آن به سمت شمال شرقی است می‌شود. جهت نیروی مغناطیسی وارد بر پروتون با ورود به این میدان به کدام سمت خواهد بود؟

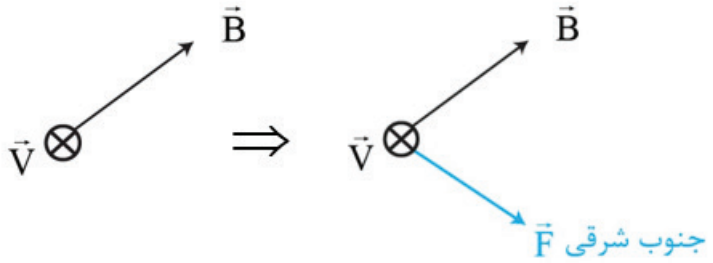
۱) جنوب شرقی ۲) شمال غربی ۳) شرق ۴) شمال

پاسخ: گزینه ۱

هنگامی که در تست‌های مغناطیس، جهت‌های جغرافیایی وارد می‌شوند، از قرارداد زیر برای تعیین این جهت‌ها استفاده می‌کنیم:



طبق قرارداد بالا جهت حرکت ذره در جهت میدان به صورت زیر اســـت. با اســـتفاده از قاعدهٔ دست راست، جهت نیروی وارد بر آن تعیین می‌شود:

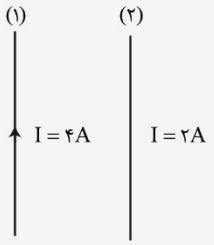


تست‌درتست **ذره‌ای به جرم ۵ گرم که دارای بار $-50\mu C$ است، در یک میدان مغناطیسی یکنواخت، با سرعت $2/5\times10^{3}\,m/s$ در راستای افقی از جنوب به شمال پرتاب می‌شود. جهت و اندازهٔ میدان، کدام‌یک از موارد زیر می‌تواند باشد تا نیروی مغناطیسی نیروی وزن را خنثی کند و ذره در مسیر مستقیم به حرکت خود ادامه دهد؟** (خارج از کشور – ۱۳۹۸)

۱) ۰/۰۴ تسلا در راستای افقی از شرق به غرب
۲) ۰/۰۴ تسلا در راستای افقی از غرب به شرق
۳) ۰/۴۰ تسلا در راستای افقی از شرق به غرب
۴) ۰/۴۰ تسلا در راستای افقی از غرب به شرق

پاسخ: گزینه ۴

10. دو سیم (۱) و (۲) موازی هم در صفحه قرار دارند. اگر نیروی مغناطیسی که سیم (۱) بر یک متر از سیم (۲) وارد می‌کند در SI به صورت $-2\vec{i}$ باشد، اندازه و جهت میدان مغناطیسی سیم (۲) در محل سیم (۱) کدام است؟



۱) $0/5T$ ، $\odot$
۲) $0/5T$ ، $\otimes$
۳) $1T$ ، $\odot$
۴) $1T$ ، $\otimes$

پاسخ: گزینه ۱ متوسط | محاسباتی

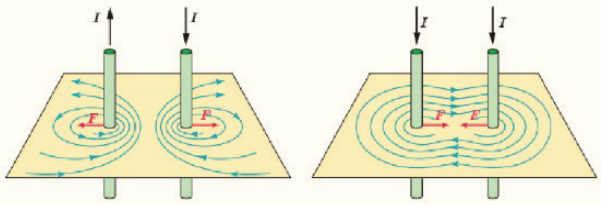
چون نیروی بین دو سیم جاذبه است، جهت جریان سیم‌ها، هم‌جهت با یکدیگر می‌باشد. پس جریان عبوری از سیم (۲) به سمت بالا است.
طبق قاعدهٔ دست راست جهت میدان سیم (۲) در محل حضور سیم (۱) به صورت برونسو ($\odot$) می‌باشد.
حالا با استفاده از نیروی وارد بر سیم حامل جریان میدان سیم (۲) در محل سیم (۱) را تعیین می‌کنیم:

$$F_{21} = I_1 \ell_1 B_2 \sin 90 \rightarrow 2 = 4\times1\times B_2 \Rightarrow B_2 = 0/5T$$

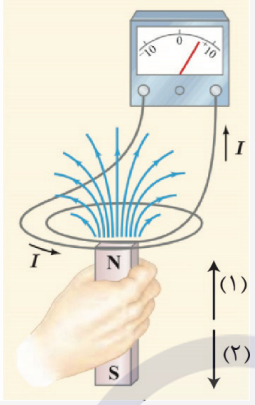
توجه کنید: طبق قانون سوم نیوتون، بزرگی نیرویی که دو سیم به طول معین و یکسانی از یکدیگر وارد می‌کنند با هم برابر است.

درسنامه

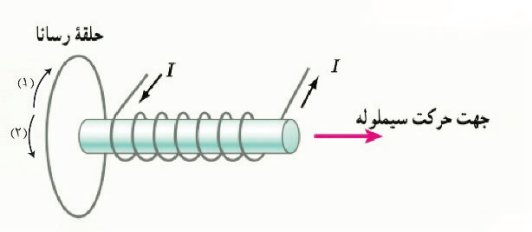
دو سیم موازی حامل جریان، به یکدیگر نیروی مغناطیسی وارد می‌کنند.
اگر جریان الکتریکی آن‌ها هم‌جهت باشند، نیروی بین آن‌ها جاذبه و اگر خلاف‌جهت باشند، نیروی بین آن‌ها دافعه است.



1. باتوجه به جهت جریان القایی در شکل (الف) و جهت حرکت سیملوله در شکل (ب)، جهت حرکت آهنربا در شکل (الف) و جهت جریان القایی در شکل (ب) به ترتیب از راست به چپ کدام است؟



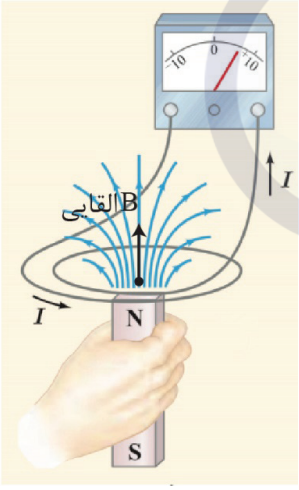
(الف)



(ب)

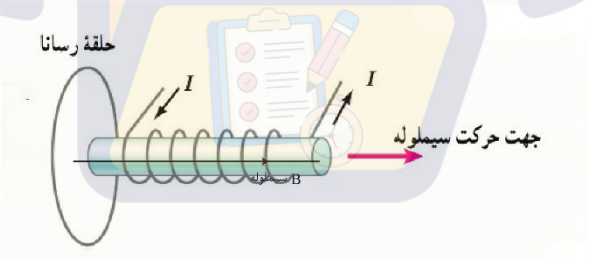
۱) (۱) – (۱)　　۲) (۱) – (۲)　　۳) (۲) – (۱)　　۴) (۲) – (۲)

پاسخ: گزینه ۴　متوسط | کاربردی



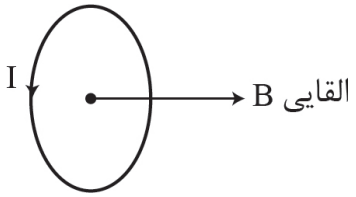
ابتدا به سراغ شکل (الف) می‌رویم. باتوجه به جهت جریان القایی جهت میدان القایی با استفاده از قاعدهٔ دست راست به صورت شکل زیر است. چون B القایی هم‌جهت با B اصلی است، پس شار در حال کم شدن بوده است و آهنربا در حال دور شدن از حلقه بوده است. پس جهت حرکت آهنربا، (۲) است.

در شکل (ب) ابتدا میدان مغناطیسی سیملوله را تعیین می‌کنیم. طبق قاعدهٔ دست راست، جهت میدان سیملوله به سمت راست است. چون سیملوله در حال دور شدن از حلقه است، شار عبوری از حلقه تغییر می‌کند، پس جهت میدان القایی درون حلقه هم‌جهت



با $\vec{B}$ سیملوله و به سمت راست باید باشد.

طبق قاعدهٔ دست راست جهت جریان القایی در جهت (۲) است.



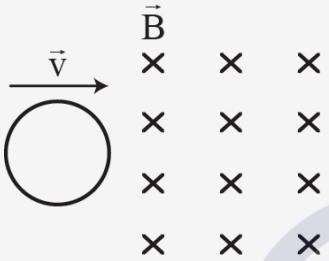
درسنامه

قانون لنز و تعیین جهت جریان القایی:

براساس قانون لنز، جهت جریان القایی به گونه‌ای است که میدان مغناطیسی آن با تغییرات شار مخالفت کند.

یعنی اگر شار در حال کم شدن باشد، میدان مغناطیسی القایی، هم‌جهت با میدان خارجی و اگر شار در حال افزایش باشد، میدان مغناطیسی القایی، خلاف جهت میدان اصلی خواهد بود.

2. مطابق شکل یک حلقه دایره‌ای شکل با سرعت ثابت وارد یک میدان مغناطیسی یکنواخت می‌شود. از لحظهٔ ورود حلقه به میدان مغناطیسی تا لحظه‌ای که تمام حلقه درون میدان قرار بگیرد، جریان القایی درون حلقه چگونه تغییر می‌کند؟



۱) همواره کاهش می‌یابد.

۲) همواره افزایش می‌یابد.

۳) ابتدا افزایش سپس کاهش می‌یابد.

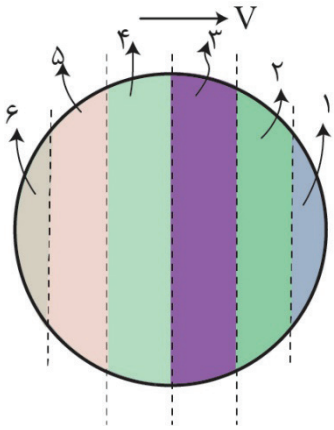
۴) ابتدا کاهش سپس افزایش می‌یابد.

پاسخ: گزینه ۴ متوسط | مفهومی

چون سرعت حلقه ثابت است در هر بازه زمانی یکسان، حلقه مسافت یکسانی را در راستای سرعت به درون میدان وارد می‌شود. باتوجه به شکل زیر مساحت قسمت‌هایی از حلقه که در بازه‌های زمانی یکسان و متوالی وارد میدان می‌شود ابتدا افزایش سپس کاهش می‌یابد.

طبق رابطهٔ $\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}=B\frac{\Delta A}{\Delta t}\cos\theta$، با افزایش $\frac{\Delta A}{\Delta t}$ در ابتدا و کاهش آن در ادامه، نیروی محرکه القایی ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد.

نیروی محرکه از لحظهٔ ورود حلقه به میدان تا زمانی که نیمی از حلقه وارد میدان شود رو به افزایش است.

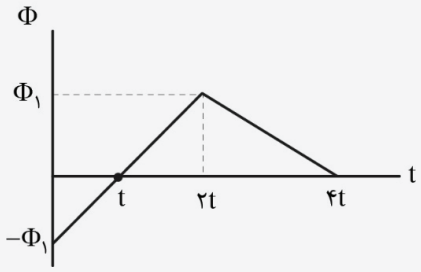


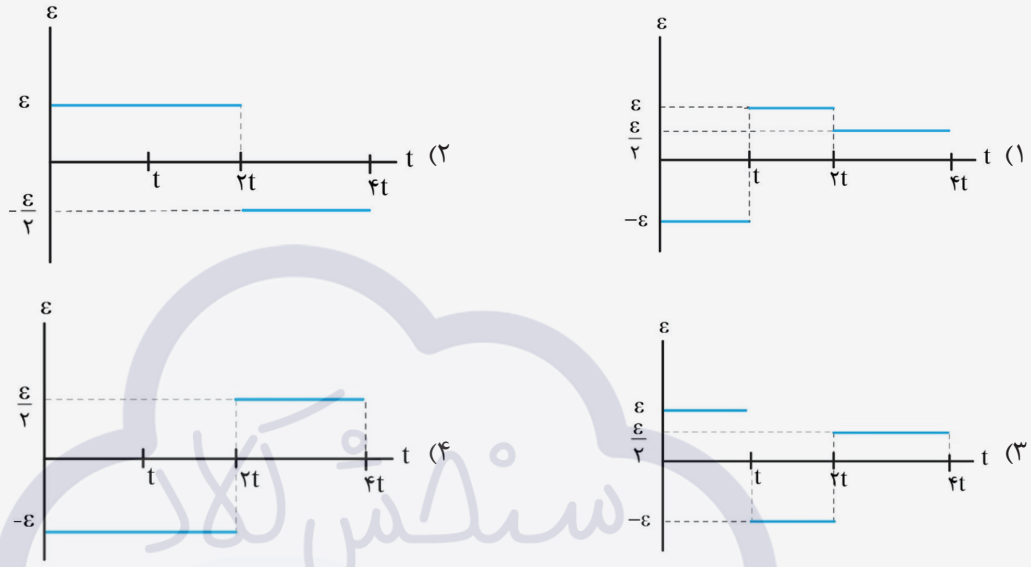
$$\frac{\Delta A_{۳}}{\Delta t}>\frac{\Delta A_{۲}}{\Delta t}>\frac{\Delta A_{۱}}{\Delta t}\Rightarrow$$

نیروی محرکه از لحظه‌ای که نیمی از حلقه وارد میدان می‌شود. تا ورود کامل آن به میدان رو به کاهش است.

$$\frac{\Delta A_{۶}}{\Delta t}<\frac{\Delta A_{۵}}{\Delta t}<\frac{\Delta A_{۴}}{\Delta t}\Rightarrow$$

3. نمودار زیر تغییر شار مغناطیسی عبوری از یک حلقه را نشان می‌دهد. نمودار نیروی محرکه القایی آن مطابق کدام گزینه است؟





پاسخ: گزینه ۳ | ساده | مفهومی

در بازهٔ $(0,2t)$ شیب خط که برابر $\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ است، ثابت و مثبت می‌باشد. بنابراین طبق رابطهٔ $\bar{\varepsilon}=-N\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$، نیروی محرکه در این بازه ثابت و مقداری منفی است. بنابراین گزینهٔ ۴ پاسخ درست است.

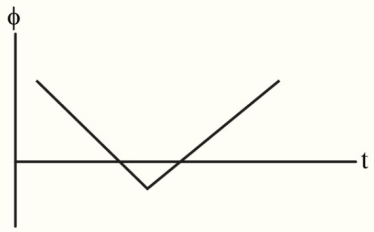
درسنامه

قانون القای الکترومغناطیسی فاراده:

این قانون بیان می‌کند که نیروی محرکه القایی در یک حلقه بسته، متناسب با آهنگ تغییرات شار مغناطیسی حلقه است. $\varepsilon \propto \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$

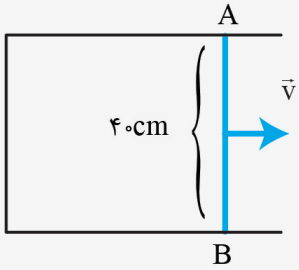
و به طور کلی رابطه مقابل بین نیروی محرکه القایی و شار برقرار است: $\varepsilon=-N\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ که N تعداد حلقه‌ها و $\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$، آهنگ تغییر شار است.

نمودار شار مغناطیسی برحسب زمان:



طبق رابطه بیان شده، شیب خط نمودار $(\phi-t)$، متناسب با قرینه نیروی محرکه القایی است.

4. مطابق شکل سیم AB را با سرعت ثابت $۲\frac{m}{s}$ به سمت راست روی رسانای U شکل حرکت می‌دهیم. اگر سیم و رسانای U شکل درون میدان مغناطیسی یکنواختی که عمود بر صفحه است، قرار داشته باشند، جهت و اندازهٔ این میدان برحسب تسلا کدام باشد تا جریان $۰/۲A$ به صورت ساعتگرد در رسانا و سیم القا شود؟ (مقاومت مدار ۱۰Ω است.)



۱) برونسو- ۰/۴

۲) برونسو – ۲/۵

۳) درونسو – ۰/۴

۴) درونسو – ۲/۵

پاسخ: گزینه ۲ متوسط | محاسباتی

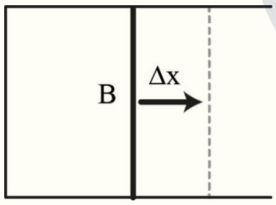
با استفاده از رابطهٔ $|\varepsilon| = BV\ell$، $I = \frac{|\varepsilon|}{R}$، اندازهٔ میدان مغناطیسی را به دست می‌آوریم:

$$I = \frac{|\varepsilon|}{R} = \frac{BV\ell}{R} = \frac{B \times ۲ \times ۰/۴}{۱۰} = ۰/۲ \Rightarrow B = ۲/۵T$$

با حرکت سیم AB به سمت راست، مساحت حلقه افزایش می‌یابد، پس شار عبوری از حلقه نیز افزایش یافته است. طبق قانون لنز، جهت میدان القایی خلاف جهت میدان اصلی خواهد بود. با اســتفاده از قاعدهٔ دست راست، جهت میدان القایی درونسو پس جهت میدان اصلی برونسو است.

درسنامه

اگر یک ضلع از یک قاب رسانا که در میدان مغناطیسی B قرار دارد را با تندی V حرکت دهیم، سطح حلقه متناسب با زمان تغییر می‌کند و در پی آن شار مغناطیسی حلقه نیز تغییر می‌کند.



$$\varepsilon = \left|N\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}\right| = \left|\frac{B\Delta A}{\Delta t}\right| = \left|BL\frac{\Delta x}{\Delta t}\right| = BLV$$

5. به ترتیب از راست به چپ کدام یکا معادل «ولت در ثانیه» و کدام یکا معادل «هانری بر اهم» است؟

۱) تسلا در مترمربع – ثانیه

۲) آمپر – ثانیه

۳) تسلا در مترمربع- هرتز

۴) آمپر – هرتز

پاسخ: گزینه ۱ متوسط | محاسباتی

طبق رابطهٔ $\bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$، حاصلضرب نیروی محرکه القایی در زمان از جنس تغییرات شار است. پس:

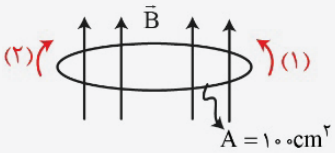
$$[\bar{\varepsilon}][\Delta t] = [\Delta\varphi] \Rightarrow V \times s = Wb \xrightarrow{\varphi = BA\cos\theta} V \times s = T.m^۲$$

پس ولت در ثانیه معادل تسلا در مترمربع است.

طبق دو رابطهٔ $U = \frac{۱}{۲}LI^۲$ و $U = RI^۲t$ داریم:

$$RI^۲t = \frac{۱}{۲}LI^۲ \Rightarrow \left[\frac{L}{R}\right] = [t] \Rightarrow \frac{\text{هانری}}{\text{اهم}} = \text{ثانیه}$$

6. مطابق شکل حلقه‌ای عمود بر خطوط میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی ۴mT که جهت آن رو به بالا است قرار دارد. اگر در مدت ۱۰ms بزرگی میدان به ۲mT و جهت آن رو به پایین برسد، بزرگی نیروی محرکهٔ القایی متوسط در حلقه برحسب میلی‌ولت و جهت جریان القایی در آن کدام است؟



۱) ۲، (۱)

۲) ۶ ، (۲)

۳) ۲، (۲)

۴) ۶، (۱)

پاسخ: گزینه ۴ متوسط | محاسباتی

می‌توان تغییرات میدان مغناطیسی را حساب کرد و بزرگی نیروی محرکه القایی را با قانون القای فاراده به دست آورد.

$$\bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = -۱\times\frac{\Delta BA\cos\theta}{\Delta t} = -۱\times\frac{۶\times۱۰^{-۳}\times۱۰^{-۲}}{۱۰^{-۲}} = -۶\times۱۰^{-۳}V \Rightarrow |\bar{\varepsilon}| = ۶mV$$

باتوجه به قانون لنز جهت میدان القایی باید به سمت بالا باشد تا با تغییر شار مخالفت کند. طبق قاعدهٔ دست راست، جهت جریان القایی در جهت (۱) است.

7. ضریب القاوری یک سیملوله ۲mH و جریان عبوری از آن ۲A است. انرژی ذخیره شده در سیملوله چند میلی‌ژول است؟

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۴ ۴) ۸

پاسخ: گزینه ۳ ساده | محاسباتی

کافی است از رابطهٔ $U = \frac{۱}{۲}LI^۲$ استفاده کنیم. L را برحسب میلی هانری جایگزین می‌کنیم تا انرژی ذخیره شده در القاگر برحسب میلی‌ژول به دست بیاید:

$$U = \frac{۱}{۲}LI^۲ = \frac{۱}{۲}\times۲\times(۲)^۲ = ۴mJ$$

درسنامه

انرژی ذخیره شده در القاگر:

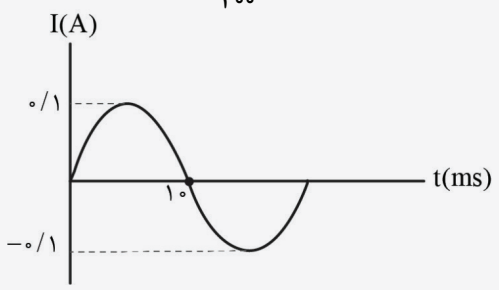
در حین تغییر جریان عبوری از القاگر، براساس قانون لنز، انرژی ذخیره شده در القاگر تغییر می‌کند اگر جریان عبوری افزایش یابد. انرژی ذخیره شد، افزایش یافته و اگر جریان کاهش یابد، انرژی ذخیره شده در القاگر کاهش می‌یابد.

انرژی ذخیره شده در حالی که جریان ثابت I از القاگر می‌گذرد برابر است با:

$$U = \frac{۱}{۲}LI^۲$$

که L : ضریب القاوری است.

8. نمودار جریان متناوب عبوری از یک مقاومت به صورت زیر است. جریان عبوری از مقاومت در $t = \frac{۳}{۴۰۰}s$ چند میلی آمپر است؟



۱) ۵۰

۲) $۵۰\sqrt{۲}$

۳) ۲۵

۴) $۲۵\sqrt{۲}$

پاسخ: گزینه ۲ متوسط | محاسباتی

ابتدا دورهٔ تناوب جریان را از روی نمودار تعیین می‌کنیم و معادلهٔ جریان را می‌نویسیم:

$$\frac{T}{۲}=۱۰\times۱۰^{-۳}s \Rightarrow T=۲\times۱۰^{-۲}s$$

$$I=I_m\sin(\frac{۲\pi}{T}t)=۰/۱\sin(\frac{۲\pi}{۲\times۱۰^{-۲}}t)=۰/۱\sin(۱۰۰\pi t)$$

حالا لحظهٔ $t=\frac{۳}{۴۰۰}s$ را در معادلهٔ بالا قرار می‌دهیم:

$$I=۰/۱\sin(۱۰۰\pi\times\frac{۳}{۴۰۰})=۰/۱\sin(\frac{۳\pi}{۴})=\frac{\sqrt{۲}}{۲۰}A=۵۰\sqrt{۲}mA$$

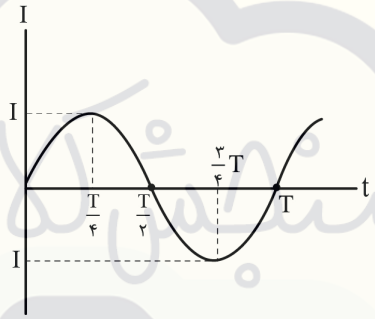
درسنامه

معادله جریان متناوب حاصل از یک پیچه که با دوره متناوب T در یک میدان مغناطیسی یکنواخت می‌چرخد به شکل مقابل است:

$$I=I_m\sin\frac{۲x}{T}t$$

که I_m، حداکثر جریان عبوری از پیچه است.

نمودار تغییرات جریان برحسب زمان نیز به شکل زیر خواهد بود.



9. بیشینهٔ شار عبوری از یک پیچه جریان متناوب برابر ۴ Wb است. در لحظه‌ای که جریان پیچه نصف جریان بیشینهٔ آن است، شار عبوری از پیچه چند وبر است؟

۱) $\sqrt{۳}$ ۲) $۲\sqrt{۳}$ ۳) ۳ ۴) ۲

پاسخ: گزینه ۲ متوسط | محاسباتی

طبق روابط جریان و شار، داریم:

$$\begin{cases}\frac{\varphi}{\varphi m}=\cos(\frac{۲\pi}{T}t)\\ \frac{I}{I_m}=\sin(\frac{۲\pi}{T}t)\end{cases}\Rightarrow(\frac{\varphi}{\varphi m})^۲+(\frac{I}{I_m})^۲=\cos^۲(\frac{۲\pi}{T}t)+\sin^۲(\frac{۲\pi}{T}t)=۱$$

بنابراین چون $\frac{I}{I_m}=\frac{۱}{۲}$ است، شار به شار بیشینه برابر است با:

$$(\frac{\varphi}{\varphi_m})^۲=۱-(\frac{I}{I_m})^۲=۱-\frac{۱}{۴}=\frac{۳}{۴}\Rightarrow\frac{\varphi}{\varphi_m}=\frac{\sqrt{۳}}{۲}\Rightarrow\varphi=\frac{\sqrt{۳}}{۲}(۴)=۲\sqrt{۳}$$

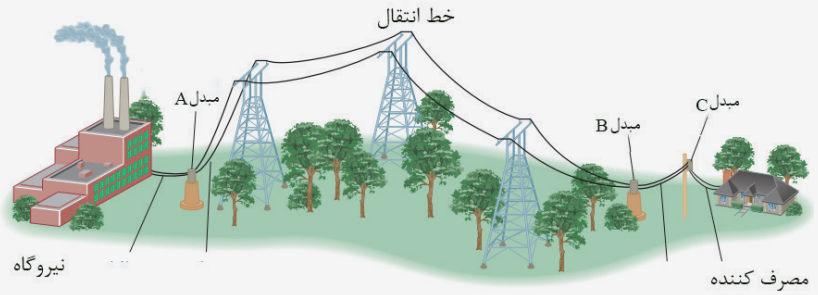
درسنامه

اگر یک پیچه به مساحت A در میدان مغناطیسی B با دوره تناوب T حول یک قطر دوران کند، شار عبوری از آن طبق معادله زیر تغییر می‌کند:

$$\varphi=\varphi_m\cos\frac{۲x}{T}t$$

که φ_m حداکثر شار عبوری از آن است و جریان حاصل نیز به صورت $I=I_m\sin\frac{\pi}{T}t$

10. در شکل زیر که مربوط به انتقال توان الکتریکی از نیروگاه به مصرف کننده است، مبدل‌های A، B و C به ترتیب از راست به چپ کدام‌اند؟



۱) کاهنده، کاهنده، افزاینده
۲) افزاینده، افزاینده، کاهنده
۳) افزاینده، کاهنده، کاهنده
۴) کاهنده، افزاینده، افزاینده

پاسخ: گزینه ۳ ساده | حفظی

طبق شکل کتاب درسی گزینهٔ ۳ پاسخ درست است.

درسنامه

یکی از مزیت‌های مهم جریان AC نسبت به DC، تغییر ولتاژ ساده‌تر در ولتاژ AC نسبت به DC است.

برای انتقال توان الکتریکی در فواصل دور، از ولتاژهای بالا و جریان کم استفاده می‌کنیم تا اتلاف انرژی در خطوط انتقال کاهش یابد، از این رو می‌توان از سیم‌های نازک‌تر استفاده کرد.

مبدل: وسیله‌ای است که ولتاژ AC را تغییر می‌دهد.

مبدل‌هایی که ولتاژ را افزایش می‌دهند، افزاینده و آن‌هایی که ولتاژ را کم می‌کنند، مبدل کاهنده نام دارند.

برای انتقال توان الکتریکی، بایستی ولتاژ خروجی از نیروگاه را افزایش و در محل مصرف ولتاژ را کاهش داد.

گروه آموزشی ماز

دوپینگ

گروه آموزشی ماز

۱- چه تعداد از عبارت‌های زیر در مورد مدل‌سازی در فیزیک صحیح است؟

الف: برای بررسی پدیده‌های پیچیده از مدل‌سازی استفاده می‌شود.

ب: هنگام مدل‌سازی یک پدیدهٔ فیزیکی نباید اثرهای جزئی‌تر را نادیده گرفت.

پ: در طی فرایند مدل‌سازی، یک پدیدهٔ فیزیکی آن‌قدر ساده و آرمانی می‌شود تا امکان بررسی و تحلیل آن فراهم شود.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) صفر

پاسخ: گزینهٔ ۲ (آسان ـ خط‌به‌خط کتاب درسی ـ ۱۰۰۱)

برای بررسی پدیده‌های پیچیده از مدل‌سازی استفاده می‌شود و در طی مدل‌سازی، یک پدیده آن‌قدر ساده می‌شود تا امکان بررسی و تحلیل آن فراهم شود. در مدل‌سازی، اثرهای جزئی‌تر را نادیده می‌گیریم، بنابراین عبارت «ب» نادرست است و عبارت‌های «الف» و «پ» صحیح هستند.

مدل‌سازی

۱- برای آن‌که بتوانیم پدیده‌های فیزیکی را تحلیل کنیم، نیاز است تا آن‌ها را به‌گونه‌ای ساده‌سازی کنیم تا امکان تحلیل و بررسی آن‌ها فراهم شود. به این فرایندِ ساده‌سازی پدیده‌ها، مدل‌سازی می‌گوییم.

۲- هنگام مدل‌سازی یک پدیدهٔ فیزیکی اثرهای جزئی را نادیده می‌گیریم و اثرهای مهم و تعیین‌کننده را در مسئله اِعمال می‌کنیم.

مثال

درستی یا نادرستی هریک از گزاره‌های زیر را تعیین کنید.

۱- در مدل‌سازی پرتاب ماهواره به فضا از تغییر جاذبهٔ زمین می‌توان صرف‌نظر کرد. (✗)

۲- در مدل‌سازی بلند کردن یک وزنه از روی زمین می‌توان از نیروی مقاومت هوا صرف‌نظر کرد. (✓)

۳- در مدل‌سازی سقوط یک سنگ در هوا از نیروی مقاومت هوا می‌توان صرف‌نظر کرد. (✓)

۴- در مدل‌سازی سقوط یک ورقهٔ کاغذ در هوا از نیروی مقاومت هوا می‌توان صرف‌نظر کرد. (✗)

۵- در مدل‌سازی پرواز یک هواپیما می‌توان نیرویی که هوا به هواپیما وارد می‌کند را نادیده گرفت. (✗)

۶- در خروج باریکهٔ نور از یک لیزر مدادی، باریکهٔ نور را به‌صورت پرتوهای موازی نور مدل‌سازی می‌کنیم. (✓)

۷- در تشکیل تصویر یک درخت در دوربین عکاسی، پرتوهای نور که از خورشید به درخت برخورد می‌کنند را به‌صورت موازی و پرتوهایی که از درخت به دوربین عکاسی می‌رسند را به‌صورت پرتوهای واگرا مدل‌سازی می‌کنیم. (✓)

۸- در مدل‌سازی راه رفتن، از نیروی اصطکاک بین کفش و زمین چشم‌پوشی می‌کنیم. (✗)

۹- در مدل‌سازی حرکت یک کشتی روی سطح آب، از نیروی شناوری می‌توان صرف‌نظر کرد. (✗)

گروه آموزشی ماز

۲- در کدام گزینه تمام کمیت‌ها اصلی هستند؟

۱) جرم، دما، مقدار ماده، شدت تابشی ۲) طول، زمان، شدت جریان الکتریکی، فشار

۳) زمان، دما، مقدار ماده، شدت روشنایی ۴) کار، طول، زمان، شدت جریان الکتریکی

پاسخ: گزینهٔ ۳ (آسان ـ خط‌به‌خط کتاب درسی ـ ۱۰۰۱)

بررسی گزینه‌ها:

۱ شدت تابشی، کمیتی فرعی است. (✗)

۲ فشار، کمیتی فرعی است. (✗)

۳ تمام کمیت‌ها اصلی هستند. (✓)

۴ کار، کمیتی فرعی است. (✗)

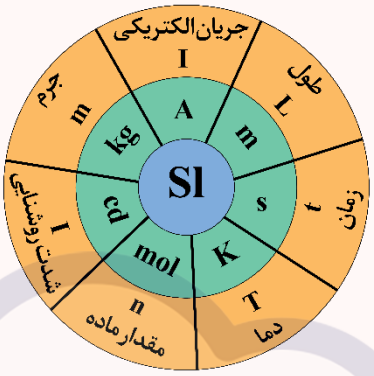
انواع کمیت‌ها

کمیت اصلی

کمیت‌هایی که مستقل از سایر کمیت‌ها می‌باشند و برای تعریف یکای آن‌ها نیازی به سایر یکاها نداریم.

کمیت فرعی

کمیت‌هایی که به کمیت‌های دیگر وابسته هستند و برای تعریف یکای آن‌ها از سایر یکاها استفاده می‌کنیم.



فقط و فقط این ۷ یکا اصلی هستند، غیر از این ۷ یکا بقیه فرعی محسوب می‌شود.

جدول کمیت‌های اصلی که همگی نرده‌ای هستند.

کمیت	نماد	یکای SI	یکای غیر SI
طول	L	متر (m)	اینچ، فوت، سال نوری
جرم	m	کیلوگرم (kg)	گرم، مثقال، تن
زمان	t	ثانیه (s)	دقیقه، ساعت، روز
شدت روشنایی	I	کَندِلا (شمع) (cd)	
جریان الکتریکی	I	آمپر (A)	
مقدار ماده	n	مول (mol)	
دما	T	کلوین (K)	درجهٔ سلسیوس، درجهٔ فارنهایت

کمیت‌های فیزیکی علاوه‌بر اصلی و فرعی بودن، به گونهٔ دیگری نیز تقسیم‌بندی می‌شوند. کمیت‌ها به دو دستهٔ نرده‌ای (اسکالر) و برداری تقسیم می‌شوند.

انواع کمیت

نرده‌ای (اسکالر یا عددی)

اندازه (عدد و یکا) دارد.
جهت ندارد.
جمع و تفریق آن جبری است.

برداری

اندازه (عدد و یکا) دارد.
جهت دارد.
جمع و تفریق آن برداری است.

گروه آموزشی ماز

۳- اگر حجم ظرفی استوانه‌ای که مساحت کف آن $۲۰۰cm^۲$ است، برابر ۲/۵۴۰ لیتر باشد، ارتفاع این ظرف چند اینچ است؟ (هر اینچ معادل ۲/۵۴cm است.)

۱) ۲ ۲) ۰/۲ ۳) ۵ ۴) ۰/۵

پاسخ: گزینهٔ ۳ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۰۰۱)

گام اول:

ابتدا حجم ظرف را برحسب $cm^۳$ حساب می‌کنیم:

$$V = ۲/۵۴۰L = ۲/۵۴۰L \times \frac{۱۰^۳ cm^۳}{۱L} = ۲۵۴۰cm^۳$$

گام دوم:

با توجه به رابطهٔ حجم، ارتفاع ظرف برابر است با:

$$V = Ah \Rightarrow ۲۵۴۰cm^۳ = ۲۰۰cm^۲ \times h \Rightarrow h = \frac{۲۵/۴}{۲}cm$$

گام آخر:

اکنون این مقدار را به اینچ تبدیل می‌کنیم:

$$h = \frac{۲۵/۴}{۲}cm \times \frac{۱in}{۲/۵۴cm} = ۵in$$

تبدیل یکاها به یکدیگر

در فیزیک باید گاهی یکای کمیت‌ها را به یکاهای دیگر تبدیل کرد، مثلاً cm را به m تبدیل کنیم. برای این کار از روش تبدیل زنجیره‌ای کمک می‌گیریم. در این روش ابتدا باید بین دو یکایی که قرار است به همدیگر تبدیل شوند؛ یک رابطه پیدا کرد. سپس کسری از این رابطه می‌سازیم (به این کسر که برابر با عدد یک است، ضریب تبدیل می‌گویند) و آن را در اندازهٔ کمیت ضرب می‌کنیم.

برای مثال می‌خواهیم ۱۵km را به متر تبدیل کنیم. ابتدا باید بین km و m یک رابطه پیدا کنیم $۱km = ۱۰۰۰m$ سپس ضریب تبدیل را می‌سازیم. ضریب تبدیل باید به شکلی نوشته شود که یکای قبلی ساده و یکای جدید جای آن را بگیرد، که در اینجا ضریب تبدیل $\frac{۱۰۰۰m}{۱km}$ مناسب است.

$$۵km \times \frac{۱۰۰۰m}{۱km} = ۵ \times ۱۰۰۰m = ۵۰۰۰m$$

مثال

تندی ۲۱۶ کیلومتر بر ساعت، معادل چند مایل بر دقیقه است؟ (یک مایل را ۱۸۰۰ متر فرض کنید).

۱) ۲ ۲) ۲/۵ ۳) ۳ ۴) ۳/۶

پاسخ تشریحی:

$$۱mi = ۱۸۰۰m = ۱/۸km$$

$$۲۱۶\frac{km}{h} \times \frac{۱mi}{۱/۸km} \times \frac{۱h}{۶۰min} = \frac{۲۱۶}{۱/۸ \times ۶۰}\frac{mi}{min} = \frac{۲۱۶}{۱۰۸}\frac{mi}{min} = ۲\frac{mi}{min}$$

پاسخ: گزینهٔ ۱

گروه آموزشی ماز

۴- آب با تندی $۱۵\frac{m}{s}$ در لوله‌ای استوانه‌ای‌شکل با سطح مقطع $۵۰۰mm^۲$ درحال حرکت است. آهنگ شارش آب درون لوله برحسب لیتر بر دقیقه و به‌صورت نمادگذاری علمی کدام است؟

۱) ۴۵×۱۰^۱ ۲) $۴/۵ \times ۱۰^۲$ ۳) $۷/۵ \times ۱۰^{-۳}$ ۴) ۷۵×۱۰^{-۴}

پاسخ: گزینهٔ ۲ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۰۰۱)

گام اول:

آهنگ شارش آب (Q) برابر است با:

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{A \times L}{t} = A \times v$$

V: حجم آب عبوری v: تندی جریان آب t: زمان

$$\Rightarrow Q = ۵۰۰mm^۲ \times ۱۵\frac{m}{s}$$

$$\Rightarrow Q = ۵۰۰ \times ۱۰^{-۶}m^۲ \times ۱۵\frac{m}{s} \Rightarrow Q = ۷/۵ \times ۱۰^{-۳}\frac{m^۳}{s}$$

گام آخر:

آهنگ شارش آب را برحسب لیتر بر دقیقه و به‌صورت نمادگذاری علمی می‌نویسیم.

$$Q = ۷/۵ \times ۱۰^{-۳}\frac{m^۳}{s} \times \frac{۱۰^۳L}{۱m^۳} \times \frac{۶۰s}{۱min} = ۴۵۰\frac{L}{min} = ۴/۵ \times ۱۰^۲\frac{L}{min}$$

نمادگذاری علمی

نوشتن اعداد بسیار بزرگ و یا بسیار کوچک با صفرهای زیاد علاوه‌بر دشواری در خواندن و نوشتن، احتمال اشتباه را نیز افزایش می‌دهد، ازاین‌رو از نمادگذاری علمی استفاده می‌کنیم تا نوشتن و محاسبهٔ مقدارهای خیلی بزرگ یا خیلی کوچک ساده شود.

اندازهٔ هر کمیت فیزیکی که به‌صورت نمادگذاری علمی بیان می‌شود باید شامل سه قسمت باشد. قسمت‌های اول و دوم دربرگیرندهٔ حاصل‌ضرب عددی از یک تا ده در توان صحیحی از ده است و در قسمت سوم، یکای آن کمیت نوشته می‌شود:

یکا $\times 10^{n}$ a = اندازهٔ یک کمیت برحسب نمادگذاری علمی

a : عددی از ۱ تا ۱۰ $(1 \le a < 10)$ n : توان صحیحی از ده

گروه آموزشی ماز

۵- یکای فرعی کدام‌یک از کمیت‌های زیر صحیح است؟ (kg، m و s به‌ترتیب نماد کیلوگرم، متر و ثانیه هستند.)

۱) کار: $kg\frac{m}{s^2}$ ۲) نیرو: $kg\frac{m^2}{s^2}$ ۳) فشار: $\frac{kg}{ms}$ ۴) توان: $kg\frac{m^2}{s^3}$

پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ مفهومی ـ ۱۰۰۱)

۱ یکای کار:

$$W = F.d \Rightarrow J = \left(kg\frac{m}{s^2}\right)(m) = kg\frac{m^2}{s^2}$$ ژول (✗)

۲ یکای نیرو:

$$F = ma \Rightarrow N = kg\frac{m}{s^2}$$ نیوتون (✗)

۳ یکای فشار:

$$P = \frac{F}{A} \Rightarrow Pa = \frac{kg\frac{m}{s^2}}{m^2} = \frac{kg}{ms^2}$$ پاسکال (✗)

۴ یکای توان:

$$P = \frac{W}{t} \Rightarrow W = \frac{kg\frac{m^2}{s^2}}{s} = kg\frac{m^2}{s^3}$$ وات (✓)

نحوهٔ به‌دست آوردن یکای یک کمیت

۱- ابتدا یک فرمول بنویسید که کمیت موردنظر داخل آن باشد.

۲- حال، کمیت موردنظر را یک طرف و بقیه را طرف دیگر تساوی ببرید (استانداردسازی).

۳- درنهایت به‌جای سایر کمیت‌ها یکا قرار دهید تا یکای مجهول محاسبه شود.

مثال

یکای فرعی نیرو را در SI به‌دست آورید.

پاسخ: طبق قانون دوم نیوتون می‌توان نوشت:

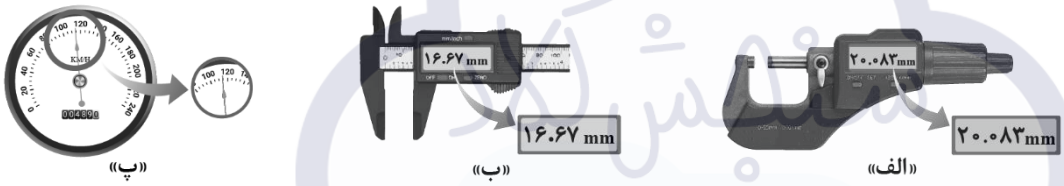
$$F = ma$$
$$\Rightarrow [F] = [m][a]$$
$$\Rightarrow N = kg \times \frac{m}{s^2} \Rightarrow N = \frac{kg.m}{s^2}$$

در جدول زیر یکای تعدادی از کمیت‌های مهم آورده شده است. توصیه می‌کنیم این یکاها را حفظ کنید و با روابط فیزیکی آن‌ها را به‌دست آورید.

کمیت	یکای SI	یکای فرعی (یکا برحسب یکاهای اصلی)	یکای فرعی
تندی و سرعت	$\frac{m}{s}$	$\frac{m}{s}$	
شتاب	$\frac{m}{s^2}$	$\frac{m}{s^2}$	$\frac{N}{kg}$
نیرو	N	$\frac{kg.m}{s^2}$	
انرژی (کار و گرما)	J	$\frac{kg.m^2}{s^2}$	N.m
توان	W	$\frac{kg.m^2}{s^3}$	$\frac{J}{s}$
فشار	Pa	$\frac{kg}{m.s^2}$	$\frac{N}{m^2}$

گروه آموزشی ماز

۶- شکل‌های زیر، سه وسیلهٔ اندازه‌گیری را نشان می‌دهند. با توجه به این شکل‌ها، دقت اندازه‌گیری کولیس و تندی‌سنج خودرو به‌ترتیب از راست به چپ چند متر و چند کیلومتر بر ساعت است؟



۱) $۲۰ \cdot ۱۰^{-۶}$

۲) $۵ \cdot ۱۰^{-۶}$

۳) $۲۰ \cdot ۱۰^{-۵}$

۴) $۵ \cdot ۱۰^{-۵}$

پاسخ: گزینهٔ ۴ (آسان ـ مفهومی ـ ۱۰۰۱)

شکل «ب» یک کولیس را نشان می‌دهد. با توجه به شکل، عدد نشان‌داده‌شده توسط این کولیس دیجیتالی برابر ۱۶/۶۷mm است، یعنی دقت آن برابر ۰/۰۱mm می‌باشد.

دقت کولیس: $۰/۰۱mm = ۱۰^{-۲}mm = ۱۰^{-۵}m$

برای تندی‌سنج خودرو، هر واحد درجه‌بندی برابر $\frac{۲۰}{۴} = ۵\frac{km}{h}$ است، بنابراین دقت اندازه‌گیری برابر $۵\frac{km}{h}$ است.

دقت اندازه‌گیری

وسایل اندازه‌گیری به دو دستهٔ رقمی (دیجیتال) و مدرج تقسیم می‌شوند. دقت اندازه‌گیری این وسایل به‌صورت زیر تعیین می‌شود:

۱- ابزار اندازه‌گیری مدرج

دقت اندازه‌گیری ابزارهای اندازه‌گیری مدرج، برابر با کمینهٔ درجه‌بندی آن ابزار است.

دقت اندازه‌گیری $= ۰/۲cm$

دقت اندازه‌گیری ابزار اندازه‌گیری مدرج از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$\text{دقت اندازه‌گیری} = \frac{\text{فاصلهٔ بین دو عدد متوالی}}{\text{تعداد تقسیم‌بندی بین دو عدد متوالی}} \text{ یکا}$$

به‌عنوان مثال برای خط‌کش شکل بالا داریم:

$$\text{دقت اندازه‌گیری} = \frac{۱-۰}{۵}cm = ۰/۲cm$$

۲- ابزار اندازه‌گیری دیجیتال

دقت اندازه‌گیری در ابزارهای رقمی (دیجیتال) برابر یک واحد از آخرین رقمی است که آن ابزار می‌خواند.

برای به‌دست آوردن دقت اندازه‌گیری ابزار اندازه‌گیری دیجیتال به‌جای آخرین رقم سمت راست، ۱ قرار دهید و به‌جای بقیهٔ اعداد، صفر و درنهایت یکای آن را جلوی آن بنویسید.

دقت اندازه‌گیری $= ۰/۰۱g$

۵۰۴/۰۸
↓
۰۰۰/۰۱

$\boxed{۵۰۴/۰۸g}$

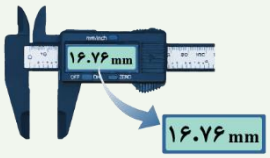
مثال

دماسنج دیجیتال: $\boxed{12\ ^\circ C}$ → دقت اندازه‌گیری = ۱°C

زمان‌سنج دیجیتال: $\boxed{15.2\ s}$ → دقت اندازه‌گیری = ۰/۱s

کولیس دیجیتال: $\boxed{45.34\ mm}$ → دقت اندازه‌گیری = ۰/۰۱mm

دقت: ۰/۱°C



دقت: ۰/۰۱mm

گروه آموزشی ماز

۷- با ذوب M گرم از یک فلز، کره‌ای توپر به شعاع R ساخته‌ایم. اگر بخواهیم از همین فلز استوانه‌ای به شعاع مقطع ۲R و ارتفاع $\frac{R}{۲}$ بسازیم، جرم مورد نیاز چند M است؟

۱) ۰/۵ ۲) $\frac{۲}{۳}$ ۳) ۱ ۴) ۱/۵

پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۰۰۱)

گام اول:

با توجه به این‌که از همان فلز استفاده می‌کنیم، پس چگالی استوانه و کره یکسان خواهد بود:

$$\rho_۱ = \rho_۲ \Rightarrow \frac{m_۱}{V_۱} = \frac{m_۲}{V_۲}$$

گام آخر:

رابطهٔ حجم کره و استوانه را جایگذاری می‌کنیم:

$$\frac{M}{\frac{۴}{۳}\pi R^۳} = \frac{m_۲}{\pi(۲R)^۲ \times \frac{R}{۲}} \Rightarrow m_۲ = ۱/۵M$$

چگالی

جرم واحد حجم جسم را چگالی گویند و از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

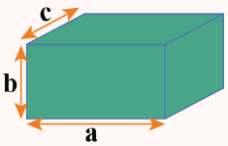
یکای SI چگالی $\frac{kg}{m^۳}$ است، اما اغلب از $\frac{g}{cm^۳}$ نیز استفاده می‌شود: $۱\frac{g}{cm^۳} = ۱۰۰۰\frac{kg}{m^۳}$

برای مقایسهٔ چگالی دو جسم می‌توان از رابطهٔ زیر استفاده کرد:

$$\frac{\rho_۲}{\rho_۱} = \frac{m_۲}{m_۱} \times \frac{V_۱}{V_۲}$$

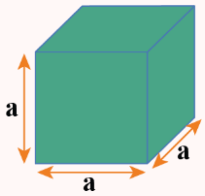
برخی مواقع در مورد چگالی اجسام با شکل هندسی مشخص، مثل کره، مکعب، مخروط و ... سؤال پرسیده می‌شود، به همین دلیل روابط محاسبهٔ حجم اجسام هندسی را به یاد داشته باشید.

مکعب‌مستطیل



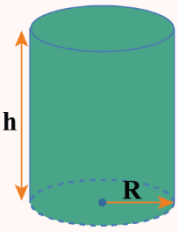
$V = abc$

مکعب



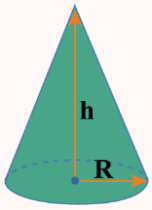
$V = a^۳$

استوانه



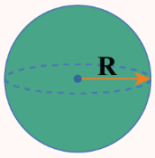
$V = \pi R^۲ h$

مخروط



$V = \frac{۱}{۳}\pi R^۲ h$

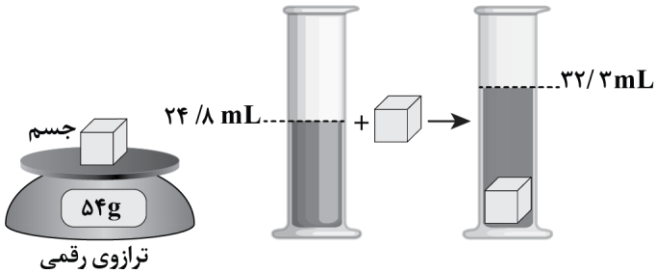
کره



$V = \frac{۴}{۳}\pi R^۳$

۸- مطابق شکل زیر، یک قطعهٔ مسی که دارای حفره‌ای بسته است، درون استوانهٔ مدرج انداخته می‌شود. اگر یک قطعهٔ آلومینیمی برای پر کردن حفره بسازیم، جرم این قطعهٔ آلومینیمی چند گرم می‌شود؟ $(\rho_{\text{مس}} = ۹\frac{g}{cm^۳}\ ,\ \rho_{\text{آلومینیم}} = ۲/۷\frac{g}{cm^۳})$

۱) ۴/۰۵
۲) ۴/۵
۳) ۵/۰۴
۴) ۵/۴



پاسخ: گزینهٔ ۱ (سخت ـ مفهومی/محاسباتی ـ ۱۰۰۱)

گام اول:

با توجه به این‌که سطح آب درون استوانهٔ مدرج از $۲۴/۸cm^۳$ به $۳۲/۳cm^۳$ رسیده است، حجم ظاهری این قطعه به‌همراه حفرهٔ آن برابر $V_{\text{ظاهری}} = ۳۲/۳ - ۲۴/۸ = ۷/۵cm^۳$ است (دقت کنید که میلی‌متر معادل سانتی‌متر مکعب است).

گام دوم:

جرم قطعهٔ مسی برابر ۵۴g است، بنابراین حجم مس به‌کاررفته در آن (حجم واقعی) برابر است با:

$$V_{\text{واقعی}} = \frac{m}{\rho_{\text{مس}}} = \frac{۵۴g}{۹\frac{g}{cm^۳}} = ۶cm^۳$$

گام آخر:

حجم حفرهٔ درون قطعهٔ مسی برابر $V_{\text{حفره}} = V_{\text{ظاهری}} - V_{\text{واقعی}} = ۷/۵ - ۶ = ۱/۵cm^۳$ است و اگر یک قطعهٔ آلومینیمی با این حجم بسازیم، جرم آن برابر است با:

$$m_{\text{آلومینیم}} = \rho_{\text{آلومینیم}} V_{\text{آلومینیم}} = ۲/۷\frac{g}{cm^۳} \times ۱/۵cm^۳ = ۴/۰۵g$$

یافتن حجم اجسامی که شکل هندسی منظمی ندارند

جسم را داخل یک استوانهٔ مدرج حاوی مایع می‌اندازیم، طوری که تمام حجم جسم زیر مایع قرار گیرد (باید چگالی جسم، بزرگ‌تر از چگالی مایع باشد).

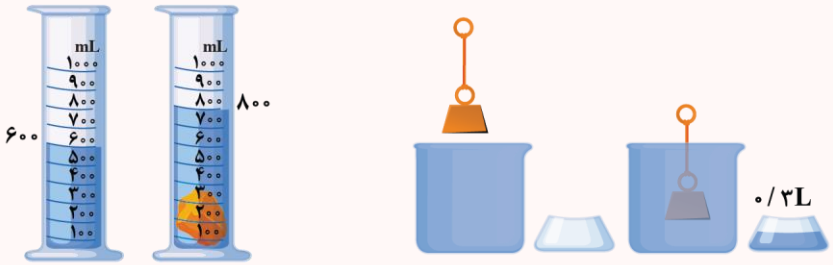
۱- اگر ظرف ابتدا لبریز از مایع باشد:

حجم مایع سرریزشده = حجم جسم

۲- اگر با انداختن جسم، درون مایع، سطح مایع در استوانهٔ مدرج جابه‌جا شود:

حالت (۱) حالت (۲)

حجم مایع جابه‌جاشده = حجم جسم $= A \times \Delta h$

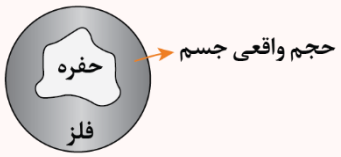


حجم جسم = حجم مایع سرریزشده = ۰/۳L

حجم جسم = حجم مایع جابه‌جاشده = ۲۰۰mL

محاسبهٔ حجم حفره

مطابق شکل، درون جسمی حفرهٔ توخالی وجود دارد:



۱- حجم واقعی جسم درواقع حجم مادهٔ به‌کاررفته در جسم است. حجم واقعی توسط رابطهٔ چگالی به‌دست می‌آید:

$$\rho_{\text{فلز}} = \frac{m_{\text{فلز}}}{V_{\text{فلز}}}$$

۲- حجم ظاهری (کل) مجموع حجم مادهٔ سازندهٔ جسم و حجم حفرهٔ درون جسم است؛ حجم ظاهری معمولاً توسط روابط هندسی به‌دست می‌آید.

حجم واقعی ـ حجم ظاهری = حجم حفرهٔ درون جسم

به کمک هندسه — به کمک رابطهٔ چگالی

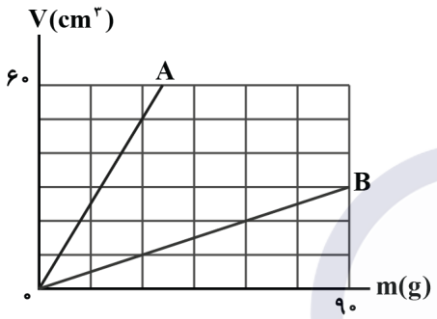
$$\rho_{\text{فلز}} = \frac{m_{\text{فلز}}}{V_{\text{فلز}}} \rightarrow \rho_{\text{فلز}} = \frac{m_{\text{فلز}}}{V_{\text{ظاهری}} - V_{\text{حفره}}}$$

نکته

چنان‌چه عدد حجم ظاهری و حجم واقعی باهم برابر باشد، می‌توان نتیجه گرفت که جسم فاقد حفرهٔ توخالی بوده و کاملاً توپر است.

گروه آموزشی ماز

۹- نمودار تغییرات حجم برحسب جرم دو مایع A و B مطابق شکل زیر است. ۱۸ گرم از مایع A را با ۵۴ گرم از مایع B ترکیب می‌کنیم. چگالی مخلوط به‌دست‌آمده چند واحد SI است؟ (از تغییر حجم در اثر اختلاط، صرف‌نظر شود.)

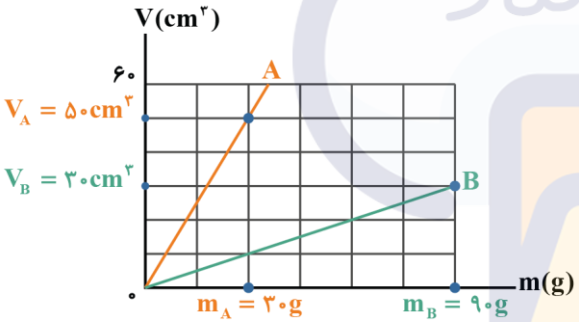


۱) ۱
۲) ۱۰۰۰
۳) ۱/۵
۴) ۱۵۰۰

پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ نموداری ـ ۱۰۰۱)

گام اول:

ابتدا با استفاده از نمودار، چگالی هریک از مایع‌ها را به‌دست می‌آوریم:



$$\rho_A = \frac{m_A}{V_A} = \frac{۳۰}{۵۰} = ۰/۶\,\frac{g}{cm^۳}$$

$$\rho_B = \frac{m_B}{V_B} = \frac{۹۰}{۳۰} = ۳\,\frac{g}{cm^۳}$$

گام آخر:

چگالی مخلوط برابر است با:

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_A + m_B}{V_A + V_B} = \frac{m_A + m_B}{\frac{m_A}{\rho_A} + \frac{m_B}{\rho_B}}$$

$$\Rightarrow \rho_{\text{مخلوط}} = \frac{۱۸ + ۵۴}{\frac{۱۸}{۰/۶} + \frac{۵۴}{۳}} = \frac{۷۲}{۳۰ + ۱۸} = \frac{۷۲}{۴۸} = ۱/۵\,\frac{g}{cm^۳}$$

$$\Rightarrow \rho_{\text{مخلوط}} = ۱۵۰۰\,\frac{kg}{m^۳}$$

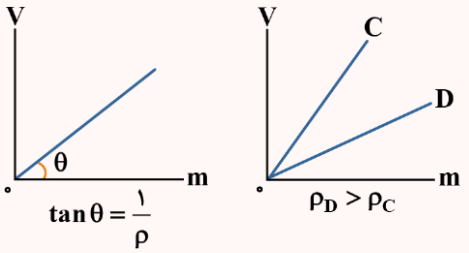
میان‌بُر

روی نمودار $\frac{m_B}{m_A} = \frac{۹۰}{۳۰} = ۳$ و در صورت سؤال نیز $\frac{m_B}{m_A} = \frac{۵۴}{۱۸} = ۳$ است، پس می‌توانستیم بنویسیم:

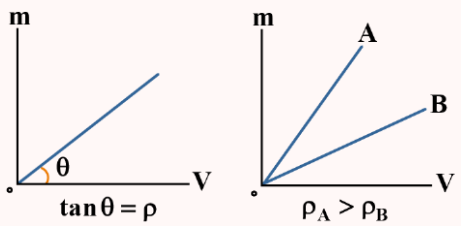
$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_A + m_B}{V_A + V_B} = \frac{۳۰ + ۹۰}{۵۰ + ۳۰} = \frac{۱۲۰}{۸۰} = ۱/۵\,\frac{g}{cm^۳} = ۱۵۰۰\,\frac{kg}{m^۳}$$

نمودارهای مربوط به چگالی

نمودار حجم برحسب جرم



نمودار جرم برحسب حجم



✓ نموداری که به محور m نزدیک‌تر باشد، چگالی بیش‌تری دارد.

محاسبهٔ چگالی مخلوط (آلیاژ)

اگر چند ماده را با یکدیگر مخلوط کنیم، مشروط بر این‌که تغییر حجمی صورت نگیرد، چگالی آلیاژ (مخلوط) از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_{\text{مخلوط}}}{V_{\text{مخلوط}}} \rightarrow \rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_1 + m_2 + \cdots}{V_1 + V_2 + \cdots}$$

۱- اگر در سؤالی، چگالی و حجم مواد را بدانیم، کافی است از رابطهٔ $m = \rho V$ در رابطهٔ بالا استفاده کنیم.

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2} \xrightarrow[m_2 = \rho_2 V_2]{m_1 = \rho_1 V_1} \rho_{\text{مخلوط}} = \frac{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2}{V_1 + V_2}$$

۲- اگر در سؤالی چگالی و جرم مواد را بدانیم، کافی است از رابطهٔ $V = \frac{m}{\rho}$ در رابطهٔ بالا استفاده کنیم.

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2} \xrightarrow[V_2 = \frac{m_2}{\rho_2}]{V_1 = \frac{m_1}{\rho_1}} \rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_1 + m_2}{\frac{m_1}{\rho_1} + \frac{m_2}{\rho_2}}$$

گروه آموزشی ماز

۱۰- یک ظرف یک لیتری پر از آب است. اگر یک قطعه نقرهٔ ۴۲۰ گرمی را به‌آرامی درون ظرف بیندازیم مقداری آب از ظرف سرریز می‌شود. اگر بعدازآن یک قطعه طلا که حجم آن دو برابر قطعه نقره است را نیز به‌آرامی درون ظرف بیندازیم، چند سانتی‌متر مکعب آب درون ظرف باقی می‌ماند؟

$$(\rho_{\text{نقره}} = 10/5 \times 10^3 \frac{kg}{m^3}, \rho_{\text{طلا}} = 19 \times 10^3 \frac{kg}{m^3})$$

۱) ۸۸۰ ۲) ۹۶۰ ۳) ۹۲۰ ۴) ۸۰۰

پاسخ: گزینهٔ ۱ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۰۰۱)

گام اول:

حجم نقره را حساب می‌کنیم:

$$V_{\text{نقره}} = \frac{m_{\text{نقره}}}{\rho_{\text{نقره}}} = \frac{420g}{10/5 \frac{g}{cm^3}} = 40cm^3$$

گام دوم:

حجم طلا را حساب می‌کنیم:

$$V_{\text{طلا}} = 2V_{\text{نقره}} = 2 \times 40 = 80cm^3$$

گام آخر:

حجم آب بیرون ریخته و آب باقی‌مانده در ظرف را حساب می‌کنیم:

آب بیرون‌ریخته‌شده از ظرف: $V = V_{\text{نقره}} + V_{\text{طلا}} = 40 + 80 = 120cm^3$

آب باقی‌مانده در ظرف: $V' = 1000 - 120 = 880cm^3$

۱۱- چه تعداد از عبارت‌های زیر صحیح است؟

الف: مایع‌ها تقریباً تراکم‌ناپذیرند، درحالی‌که گازها تراکم‌پذیر هستند.

ب: نمک‌ها، الماس، یخ و بیش‌تر مواد معدنی جزو جامدهای بلورین‌اند.

پ: سرعت پدیدهٔ پخش در گازها بیش‌تر از مایعات است.

ت: اضافه کردن مایع ظرف‌شویی به آب، نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های آب را کاهش می‌دهد.

ث: به‌علت نیروی کشش سطحی، قطرهٔ آبی که آزادانه سقوط می‌کند، به شکل کره درمی‌آید.

۱) دو ۲) سه ۳) چهار ۴) پنج

پاسخ: گزینهٔ ۴ (آسان ـ خط‌به‌خط کتاب درسی ـ ۱۰۰۲)

همهٔ جمله‌ها از کتاب درسی انتخاب شده‌اند و صحیح هستند. برای بررسی بیش‌تر این مباحث حتماً درس‌نامهٔ زیر را بخوانید.

حالت‌های ماده

مشخصات مواد مختلف			
جامد	۱- حجم و شکل معیّن دارند. ۲- ذرات جامد به سبب نیروهای الکتریکی که به‌هم وارد می‌کنند در کنار یکدیگر می‌مانند. ۳- ذرات سازندهٔ جسم جامد در مکان‌های معیّنی نسبت به‌هم قرار دارند و در اطراف این مکان‌ها نوسان کوچکی انجام می‌دهند. ۴- وقتی جسم جامدی گرما می‌گیرد محدوده و دامنهٔ نوسان ذرات آن بیش‌تر شده و جسم جامد منبسط می‌شود.	جامد بلورین: ۱- از سرد کردن آهستهٔ مایع به‌دست می‌آیند. ۲- ساختار منظم سه‌بعدی دارند.	مانند فلزها، نمک‌ها، الماس، یخ و بیش‌تر مواد معدنی
		جامد بی‌شکل: ۱- از سرد کردن سریع مایع به‌دست می‌آیند. ۲- ساختار نامنظم دارند.	مانند شیشه، چوب، قیر
مایع	۱- فاصلهٔ مولکول‌های مایع و جامد تقریباً یکسان و در حدود یک آنگستروم است ولی مولکول‌های مایع نظم و تقارن جامدهای بلورین را ندارند و به‌صورت نامنظم و نزدیک به یکدیگر قرار دارند. ۲- مولکول‌های مایع به‌راحتی روی هم می‌لغزند و مایع جاری می‌شود و شکل ظرف را به خود می‌گیرد. ۳- مایع‌ها تراکم‌ناپذیرند و حجم آن‌ها ثابت است.		
گاز	۱- شکل مشخصی ندارد. ۲- اتم‌ها و مولکول‌های گاز آزادانه و با سرعت بسیار زیاد (تندی مولکول‌های هوا در دمای اتاق ۵۰۰ متر بر ثانیه) به اطراف حرکت کرده و باهم و با دیواره‌های ظرف برخورد می‌کنند. ۳- فاصلهٔ بین مولکول‌های گاز نسبت به‌اندازهٔ مولکول‌های آن خیلی بیش‌تر است. (اندازهٔ مولکول‌های هوا بین ۱ تا ۳ آنگستروم و فاصلهٔ بین مولکول‌های آن حدود ۳۵ آنگستروم است.) ۴- گازها تراکم پذیرند. ۵- انرژی جنبشی مولکول‌های گاز بسیار زیاد است.		
پلاسما	فاز چهارم ماده که شبیه سوپی از یون‌های مثبت و منفی است. چند مادهٔ پلاسما: ۱- به‌طور طبیعی: آتش و مادهٔ داخل لولهٔ تابان لامپ‌های مهتابی، مادهٔ درون ستارگان و بیش‌تر فضای بین‌ستاره‌ای، آذرخش، شفق‌های قطبی و ... ۲- به‌طور مصنوعی: در انفجارهای هسته‌ای و شیمیایی، راکتورهای همجوشی هسته‌ای و ...		

پدیدهٔ پخش

به پخش شدن یک ماده درون مایع یا گاز پدیدهٔ پخش گویند.

وقتی مولکول‌های ماده‌ای وارد شاره‌ای (مایع یا گاز) می‌شوند، به‌دلیل حرکت نامنظم و کاتوره‌ای مولکول‌های شاره، برخوردهایی نامنظم بین مولکول‌های ماده و شاره رخ می‌دهد که باعث پخش شدن آن ماده در شاره می‌شود و به این پدیدهٔ «پخش» گویند.

۱- علت پدیدهٔ پخش: حرکت نامنظم و کاتوره‌ای مولکول‌های شاره (گاز یا مایع) و برخورد آن‌ها با ذرات سازندهٔ نمک، جوهر و عطر باعث پخش شدن نمک و جوهر در آب و یا عطر در اتاق می‌شود.

۲- پدیدهٔ پخش هم برای مایع و هم برای گاز رخ می‌دهد پس در هر دو حالت مولکول‌های گاز و مایع حرکت کاتوره‌ای دارند.

نکتهٔ مهم

تندی پدیدهٔ پخش در گازها بیش‌تر از مایع است (چون فاصلهٔ متوسط بین ذرات و تندی حرکت ذرات در گازها بیش‌تر است).

۳- عواملی مانند افزایش دما و هم زدن مایع باعث می‌شود تا پدیدهٔ پخش با سرعت بیش‌تری انجام شود.

۴- همان‌طور که دیدیم، ذرات مایع و گاز (سیالات) آزادانه حرکت می‌کنند ولی ذرات جامدات فقط در جای خود حرکت ارتعاشی دارند. این موضوع باعث می‌شود که اگر مثلاً یک قطره جوهر در آب بریزیم، جوهر کاملاً درون آن پخش می‌شود ولی اگر روی یک جامد جوهر ریخته شود، درون آن پخش نمی‌شود؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که پدیدهٔ «پخش» در مایعات و گازها رخ می‌دهد ولی در جامدات رخ نمی‌دهد.

نیروی بین‌مولکولی

دو ویژگی مهم نیروهای بین‌مولکولی:

الف) نیروهای بین‌مولکولی کوتاه‌برد هستند؛ یعنی وقتی فاصلهٔ بین مولکول‌ها به چند برابر ابعاد مولکول می‌رسد، بسیار کوچک و عملاً صفر می‌شوند. به همین دلیل است که این نیرو در گازها دیده نمی‌شود.

ب) وقتی فاصلهٔ بین مولکول‌ها از حد معیّنی (نسبت به ابعاد مولکول) کم‌تر شود، نیروی بین‌مولکولی دافعه است و همین موضوع سبب می‌شود که متراکم کردن مایع‌ها و جامدها بسیار دشوار باشد.

پس وقتی سعی می‌کنیم فاصلهٔ بین مولکول‌های مایع را کم کنیم، نیروی دافعهٔ بزرگی بین آن‌ها ایجاد می‌شود که از تراکم‌پذیری مایعات جلوگیری می‌کند و وقتی مولکول‌های مایع را کمی از هم دور کنیم نیروی جاذبه بین آن‌ها ظاهر می‌شود.

✓ افزایش دما و افزودن ناخالصی (مانند مایع ظرف‌شویی) به مایع، موجب کاهش نیروی بین‌مولکولی ازجمله کاهش نیروی همچسبی و کاهش کشش سطحی مایع می‌شود (و قطرات مایع ریزتر خواهند شد).

جدول انواع نیروهای بین‌مولکولی

نوع نیروی بین‌مولکولی	تعریف و مثال	پدیده
همچسبی	جاذبهٔ بین مولکول‌های همسان مانند جاذبهٔ بین مولکول‌های آب در قطرهٔ آب آویزان از شاخهٔ درخت	کشش سطحی
دگرچسبی	جاذبهٔ بین مولکول‌های ناهمسان مانند جاذبهٔ بین مولکول‌های آب و سطح شیشه	ترشوندگی، مویینگی

کشش سطحی

به‌دلیل نیروی جاذبه‌ای که مولکول‌های سطح مایع به یکدیگر وارد می‌کنند، سطح مایع شبیه یک پوستهٔ تحت کشش رفتار می‌کند و کشش سطحی رخ می‌دهد. پس کشش سطحی ناشی از همچسبی مولکول‌های سطح مایع است.

عامل تمامی مثال‌های زیر کشش سطحی است:

۱- سطح قطره‌ای که آزادانه سقوط می‌کند مانند یک پوستهٔ کشیده‌شده تمایل به کمینه کردن مساحتش را دارد به همین دلیل به شکل کره درمی‌آید.

۲- کشش سطحی باعث می‌شود آبی که توسط ماهی کمان‌گیر از دهان او به‌طرف حشره پرتاب می‌شود در هوا پخش شود و به برگ و حشره برخورد کند ← بزرگ بودن نیروی همچسبی مولکول‌های آب.

۳- نشستن حشره روی آب و قرار گرفتن گیره روی سطح آب

۴- علت تشکیل حباب‌های آب و صابون

۵- بادهای نسبتاً ضعیف قادرند توده‌های بزرگی از ریزگردها را به حرکت درآورند درحالی‌که توفان‌های شدید دریایی تنها مقدار اندکی آب را به‌صورت قطره‌های ریز به‌طرف بالا می‌پاشند ← بزرگ بودن نیروی همچسبی مولکول‌های آب در مقایسه با نیروی همچسبی اندک ذرات ریزگرد.

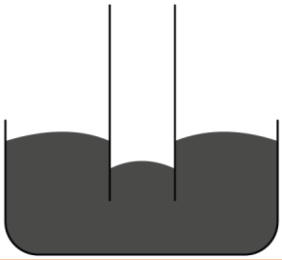
نکات طلایی

۱- اگر یک سوزن ته‌گرد روی سطح آب شناور باشد با به‌آرامی اضافه کردن یکی دو قطره مایع شوینده به آب درون ظرف، مشاهده می‌کنیم که سوزن در آب فرو می‌رود چون اضافه کردن مایع شوینده نیروی کشش سطحی را کاهش می‌دهد.

۲- افزایش دمای آب نیز سبب کاهش کشش سطحی آبی می‌شود.

گروه آموزشی ماز

۱۲- در شکل زیر، یک لولهٔ مویین شیشه‌ای تمیز را درون مایعی قرار داده‌ایم. کدام‌یک از عبارت‌های زیر صحیح است؟



۱) مایع می‌تواند آب باشد.

۲) دگرچسبی مایع با شیشه بیش‌تر از همچسبی بین ذرات مایع است.

۳) اگر قطر لوله را کاهش دهیم، مایع درون لوله بیش‌تر پایین می‌رود.

۴) اگر این مایع را روی سطحی شیشه‌ای بریزیم، آن را تر می‌کند.

پاسخ: گزینهٔ ۳ (آسان ـ مفهومی ـ ۱۰۰۲)

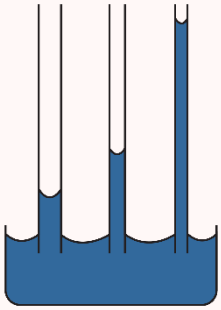
با توجه به این‌که سطح مایع به‌صورت محدب قرار گرفته و سطح آزاد آن در لوله پایین‌تر از سطح مایع در ظرف است، می‌توان نتیجه گرفت که همچسبی ذرات این مایع بیش‌تر از دگرچسبی ذرات آن با شیشه است و درنتیجه شیشه را تر نمی‌کند. اگر قطر لوله را کاهش دهیم، مایع درون لوله پایین‌تر می‌رود. با توجه به ویژگی‌های ذکرشده، این مایع می‌تواند جیوه باشد.

اثر مویینگی

لوله‌هایی دو سر باز که قطر داخلی آن‌ها حدود یک‌دهم میلی‌متر $(2r \simeq 0/1mm)$ باشد، لولهٔ مویین نامیده می‌شوند.

واژهٔ مویین به معنی «مُو مانند» است.

در مبحث مربوط به لولهٔ مویین، دو حالت زیر را بررسی می‌کنیم:



حالت اول:

لولهٔ مویین وقتی در ظرف آب قرار دارد، دارای ویژگی‌های زیر است:

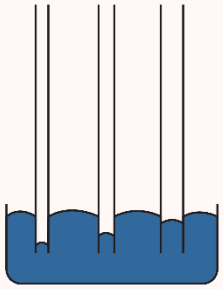
۱- آب در لولهٔ مویین بالا می‌رود و سطح آن بالاتر از سطح آب در ظرف قرار می‌گیرد.

۲- هرچه قطر لوله کم‌تر باشد، ارتفاع ستون آب در آن بیش‌تر است.

۳- سطح آب در لولهٔ مویین فرورفته (مقعر) است.

توجیه فیزیکی این پدیده:

چون نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های آب و شیشه از نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های آب بیش‌تر است، آب تمایل به چسبیدن به دیوار شیشه را دارد، درنتیجه آب در لوله بالا می‌رود.



حالت دوم:

لولهٔ مویین وقتی در ظرف جیوه قرار دارد، دارای ویژگی‌های زیر است:

۱- جیوه در لولهٔ مویین پایین می‌رود و سطح آن پایین‌تر از سطح جیوه در ظرف قرار می‌گیرد.

۲- هرچه قطر لوله کم‌تر باشد، ارتفاع ستون جیوه در آن کم‌تر است.

۳- سطح جیوه در لولهٔ مویین برآمده (محدب) است.

توجیه فیزیکی این پدیده

چون نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های جیوه از نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های جیوه و شیشه بیش‌تر است، جیوه سطح شیشه را تر نمی‌کند، درنتیجه سطح جیوه در لولهٔ مویین، پایین‌تر از سطح جیوه در ظرف است.

خلاصهٔ نکات مویینگی در مورد آب و جیوه

مویینگی در آب	مویینگی در جیوه
سطح آب در لولهٔ مویین بالاتر از سطح آب در داخل ظرف است.	سطح جیوه در لولهٔ مویین پایین‌تر از سطح جیوه داخل ظرف است.
سطح آب در لولهٔ مویین فرورفته (گود یا مقعر) هست.	سطح جیوه در لولهٔ مویین برآمده (محدب) است.
هرچقدر قطر لوله کم‌تر باشد، آب در آن بیش‌تر بالا می‌رود.	هرچه قطر لوله کم‌تر باشد، جیوه در آن بیش‌تر پایین می‌رود.
نیروی دگرچسبی آب و شیشه > نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های آب	نیروی دگرچسبی جیوه و شیشه > نیروی هم‌چسبی مولکول‌های جیوه

گروه آموزشی ماز

۱۳- شخصی به جرم $۸۰kg$ که مجموع مساحت کفش‌های او $۵۰cm^۲$ است، فشاری که به سطح افقی زمین وارد می‌کند، ..... پاسکال ..... از فشاری است که همان فرد با لباس فضانوردی (جرم لباس فضانوردی برابر $۷۰kg$ و کفش مخصوص با مجموع مساحت $۷۵cm^۲$) به یک سطح افقی در کرهٔ ماه وارد می‌کند. $(g_{زمین}=۶g_{ماه}=۹/۶\frac{m}{s^۲})$

۱) ۱۲۱۶۰۰، بیش‌تر ۲) ۵۴۴۰۰، بیش‌تر ۳) ۵۴۴۰۰، کم‌تر ۴) ۱۲۱۶۰۰، کم‌تر

پاسخ: گزینهٔ ۱ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۰۰۲)

گام اول:

فشاری که یک جسم به سطح زیرین خود وارد می‌کند، برابر با $\frac{mg}{A}$ است که mg وزن آن جسم است. برای شخص روی زمین می‌توان نوشت:

$$P_{زمین}=\frac{mg_{زمین}}{A}=\frac{۸۰\times۹/۶}{۵۰\times۱۰^{-۴}}=۱۵/۳۶\times۱۰^{۴}=۱۵۳۶۰۰Pa$$

گام آخر:

برای فردی که روی کرهٔ ماه است، داریم:

$$P_{ماه}=\frac{(m_{فرد}+m_{لباس})g_{ماه}}{A'}=\frac{(۸۰+۷۰)\times\frac{۱}{۶}\times۹/۶}{۷۵\times۱۰^{-۴}}=۳/۲\times۱۰^{۴}=۳۲۰۰۰Pa$$

$$P_{زمین}-P_{ماه}=۱۵۳۶۰۰-۳۲۰۰۰=۱۲۱۶۰۰Pa$$

بنابراین فشار ایجادشده روی زمین، ۱۲۱۶۰۰ پاسکال بیش‌تر از فشار ایجادشده روی سطح ماه است.

فشار جامدات

فشار وارد بر یک سطح، برابر نیروی عمودی وارد بر واحد سطح است.

$$P=\frac{F_{\perp}}{A}$$

P: فشار با یکای Pa F: نیرو با یکای N A: مساحت با یکای $m^{۲}$

مثال

یکای فرعی فشار را برحسب یکاهای اصلی به‌دست آورید.

پاسخ:

$$P=\frac{F_{\perp}}{A}\Rightarrow P_{\text{یکای}}\equiv\frac{F_{\perp\,\text{یکای}}}{A_{\text{یکای}}}$$

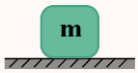
$$\Rightarrow P_{\text{یکای}}\equiv\frac{\text{نیوتون}}{\text{مترمربع}}\equiv\frac{\frac{\text{کیلوگرم}\times\text{متر}}{\text{مربع ثانیه}}}{\text{مترمربع}}\equiv\frac{\text{کیلوگرم}}{\text{مربع ثانیه}\times\text{متر}}$$

نکته

در رابطهٔ $P=\frac{F_{\perp}}{A}$، منظور از $(F_{\perp})$، نیروی عمودی سطح (یعنی F_N) است، پس اگر به جسمی نیروهایی غیر از وزن وارد شود، برای محاسبهٔ فشار جسم باید نیروی عمودی سطح را حساب کنیم و بر مساحت قاعدهٔ جسم تقسیم کنیم. به چند مثال دقت کنید:

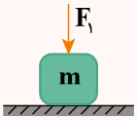
۲- در محاسبهٔ فشار جامدات به نکات زیر توجه کنید:

الف) اگر جسم، روی سطح ساکن باشد و نیروی خارجی به آن وارد نشود، نیروی عمودی سطح برابر وزن جسم است و فشار برابر است با:

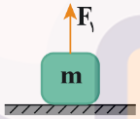


$$P=\frac{F}{A}=\frac{mg}{A}$$

ب) اگر جسم، روی سطح ساکن باشد و نیروی قائمی به آن وارد شود، فشار وارد بر سطح برابر است با:



$$P=\frac{mg+F_{۱}}{A}$$



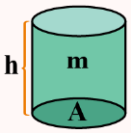
$$P=\frac{mg-F_{۱}}{A}$$

پ) اگر جسم، کف آسانسوری قرار داشته باشد که با شتاب a حرکت می‌کند، فشار وارد بر کف آسانسور برابر است با:

$$P=\frac{m(g\pm a)}{A}$$

+ ← اگر شتاب به سمت بالا باشد. − ← اگر شتاب به سمت پایین باشد.

ت) اگر جسم جامد به‌گونه‌ای باشد که سطح مقطع آن در همهٔ ارتفاع‌ها ثابت باشد، می‌توان فشار وارد بر سطح را به‌صورت زیر محاسبه کرد:



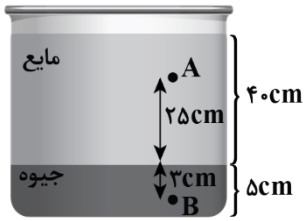
$$\begin{cases}P=\frac{mg}{A}\\ m=\rho V\end{cases}\Rightarrow P=\frac{\rho Vg}{A}\xrightarrow{V=Ah}P=\rho gh$$

دقت کنید که این رابطه فقط برای اجسامی مثل مکعب و استوانه برقرار است که مساحت مقطع آن‌ها در همهٔ ارتفاع‌ها ثابت است. برای اجسامی مثل مخروط و هرم که مساحت مقطع آن‌ها به‌تدریج تغییر می‌کند، استفاده از این رابطه مجاز نیست.

گروه آموزشی ماز

۱۴- در شکل زیر، فشار کل در کف ظرف برابر ۹۱cmHg است. اختلاف فشار نقاط A و B چند کیلوپاسکال است؟

$$(P_{\circ}=۷۶cmHg\ ,\ \rho_{\text{جیوه}}=۱۳/۶\frac{g}{cm^{۳}}\ ,\ g=۱۰\frac{N}{kg})$$



۱) ۱۲/۵۸
۲) ۱۳/۶۴
۳) ۱۵
۴) ۱۰

پاسخ: گزینهٔ ۱ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۰۰۲)

گام اول:

فشار کل در کف ظرف برابر مجموع فشار هوا، مایع و جیوه است.

$$P_{کل} = P_{۰} + P_{مایع} + P_{جیوه} \Rightarrow ۹۱cmHg = ۷۶cmHg + P_{مایع} + ۵cmHg$$

$$\Rightarrow P_{مایع} = ۱۰cmHg$$

گام دوم:

با توجه به این‌که ارتفاع $h = ۴۰cm$ از مایع، فشاری معادل $۱۰cmHg$ ایجاد کرده است، چگالی مایع $\frac{۱}{۴}$ چگالی جیوه است.

$$\rho_{مایع} = \frac{۱}{۴}\rho_{جیوه} = \frac{۱}{۴}\times ۱۳/۶ = ۳/۴\frac{g}{cm^۳} = ۳۴۰۰\frac{kg}{m^۳}$$

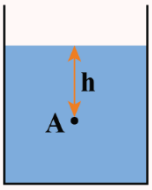
گام آخر:

اختلاف فشار نقاط A و B برابر است با:

$$\Delta P = \rho_{مایع}g\times ۰/۲۵ + \rho_{جیوه}g\times ۰/۰۳$$

$$\Rightarrow \Delta P = ۳۴۰۰\times ۱۰\times ۰/۲۵ + ۱۳۶۰۰\times ۱۰\times ۰/۰۳ = ۱۲۵۸۰Pa = ۱۲/۵۸kPa$$

فشار مایعات



اگر درون یک مایع، نقطه‌ای مانند A در عمق h از مایع قرار داشته باشد، فشار مایع در این نقطه، از رابطهٔ $P_{مایع} = \rho gh$ به‌دست می‌آید.

چنان‌چه فشار هوا را $P_{۰}$ بنامیم، فشار کل (به‌اختصار فشار) در نقطهٔ A نیز از رابطهٔ $P = P_{۰} + \rho gh$ به‌دست می‌آید.

نکته

۱- رابطهٔ $P_{مایع} = \rho gh$ برای هر ظرفی با هر شکلی قابلِ‌استفاده است. در این رابطه h معادل با فاصلهٔ عمودی نقطهٔ موردنظر از سطح آزاد مایع می‌باشد که به شکل ظرف بستگی ندارد.

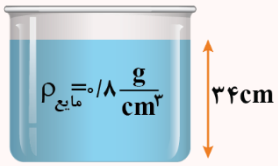
۲- چنان‌چه مایع موردنظر در ظرفی ریخته شده باشد که سطح مقطع آن در طول ارتفاعش، ثابت باشد (در ظرف‌هایی به شکل مکعب، مکعب‌مستطیل و استوانه این امکان وجود دارد.)، علاوه‌بر رابطهٔ $P = \rho gh$ ، فشار مایع را می‌توان از رابطهٔ $P = \frac{mg}{A}$ نیز به‌دست آورد. به‌گونه‌ای که m بیانگر جرم مایع بالای آن نقطه و A مساحت مقطع ظرف است.

محاسبهٔ فشار برحسب سانتی‌متر جیوه

وقتی یک فشار را برحسب cmHg از ما می‌خواهند منظور این است که چه ارتفاعی از جیوه می‌تواند فشار موردنظر را تولید کند. پس برای محاسبهٔ فشار برحسب cmHg کافی است فشار موردنظر را با فشار جیوهٔ فرضی برابر قرار داده و ارتفاع جیوهٔ معادل با آن فشار را محاسبه کنیم:

$$\text{فشار موردنظر} = \rho_{جیوه}gh_{جیوه} \Rightarrow h_{جیوه} = ?$$

به‌عنوان مثال در شکل زیر می‌خواهیم فشار مایع را برحسب cmHg محاسبه کنیم:

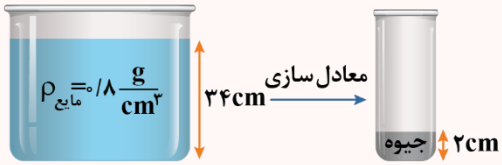


فشار ستون جیوهٔ فرضی = فشار ناشی از مایع

$$\Rightarrow \rho_{مایع}\cancel{g}h_{مایع} = \rho_{جیوه}\cancel{g}h_{جیوه} \Rightarrow \rho_{مایع}h_{مایع} = \rho_{جیوه}h_{جیوه}$$

$$\Rightarrow ۰/۸\times ۳۴ = ۱۳/۶\times h_{جیوه} \Rightarrow h_{جیوه} = ۲cm$$

پس فشار این مایع معادل $۲cmHg$ است.



نکات نهایی مربوط به محاسبهٔ فشار برحسب cmHg

۱- اگر فشار یک مایع را برحسب cmHg بخواهیم باید از رابطهٔ زیر، ارتفاع جیوه را به‌دست آوریم:

$$\rho_{مایع}h_{مایع} = \rho_{جیوه}h_{جیوه} \Rightarrow h_{جیوه} = \frac{\rho_{مایع}h_{مایع}}{\rho_{جیوه}}$$

نکته

در استفاده از این رابطه حتماً لازم نیست همهٔ یکاها برحسب SI باشند. فقط کافی است یکای دو طرف معادله باهم سازگار باشند. به‌عنوان مثال اگر فشار را برحسب mmHg بخواهند باید یکای h در دو طرف معادله برحسب mm باشد و یکای ρ در دو طرف معادله باهم سازگار باشند:

$$\rho_{\text{مایع}} h_{\text{مایع}} = \rho_{\text{جیوه}} h_{\text{جیوه}}$$

$\rho_{\text{جیوه}}$, $\rho_{\text{مایع}}$: هر دو یکای یکسان داشته باشند $h_{\text{جیوه}}$, $h_{\text{مایع}}$: هر دو برحسب mm

۲- برای تبدیل پاسکال به cmHg کافی است فشار موردنظر را با ρgh جیوه برابر قرار داده و h جیوه را به‌دست آوریم:

$$\text{فشار موردنظر برحسب پاسکال} = \rho_{\text{جیوه}} g h_{\text{جیوه}} \Rightarrow h_{\text{جیوه}} = ?$$

دقت کنید که در این رابطه همهٔ یکاها را برحسب SI قرار می‌دهیم و h هم برحسب متر به‌دست می‌آید. حال براساس خواسته سؤال h را به cm یا mm تبدیل می‌کنیم.

مثال

فشار هوا در یک مکان برابر ۹۵/۲kPa می‌باشد این فشار چند cmHg است؟ $(\rho_{\text{جیوه}} = ۱۳/۶ \frac{g}{cm^۳})$

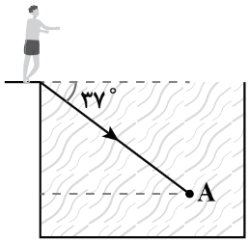
$$\text{فشار موردنظر برحسب پاسکال} = \rho_{\text{جیوه}} g h_{\text{جیوه}}$$

$$\Rightarrow ۹۵/۲ \times ۱۰^۳ = ۱۳/۶ \times ۱۰^۳ \times ۱۰ \times h_{\text{جیوه}} \Rightarrow h_{\text{جیوه}} = ۰/۷m = ۷۰cm$$

درنتیجه فشار هوا در این مکان ۷۰cmHg است.

گروه آموزشی ماز

۱۵- مطابق شکل زیر، شناگری از کنار لبهٔ استخری با زاویهٔ ۳۷ درجه نسبت به افق به درون آب شیرجه می‌زند و درون آب، ۸ متر حرکت می‌کند و به نقطهٔ A می‌رسد. اگر مساحت پردهٔ هریک از گوش‌های شناگر $۲/۵cm^۲$ باشد، در نقطهٔ A به پردهٔ هریک از گوش‌های او از طرف آب چند نیوتون نیرو وارد می‌شود؟ $(\rho_{\text{آب}} = ۱ \frac{g}{cm^۳} , g = ۱۰ \frac{N}{kg} , \cos ۵۳^\circ = ۰/۶)$

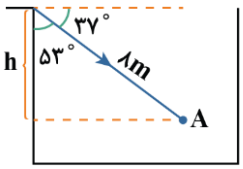


۱) ۶
۲) ۱۲
۳) ۶۰
۴) ۱۲۰

پاسخ: گزینهٔ ۲ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۰۰۲)

گام اول:

با توجه به شکل، ابتدا جابه‌جایی قائم شناگر تا رسیدن به نقطهٔ A (عمق نقطهٔ A از سطح آب) را به‌دست می‌آوریم:



$$\cos ۵۳^\circ = \frac{h}{۸} \Rightarrow ۰/۶ = \frac{h}{۸} \Rightarrow h = ۴/۸m$$

گام دوم:

فشار در نقطهٔ A را حساب می‌کنیم:

$$P = \rho g h = ۱۰۰۰ \times ۱۰ \times ۴/۸ = ۴۸۰۰۰Pa$$

گام آخر:

$$P = \frac{F}{A} \Rightarrow F = P \times A = ۴۸۰۰۰ \times ۲/۵ \times ۱۰^{-۴} = ۱۲N$$

محاسبهٔ نیروی حاصل از فشار

نیرویی که از طرف مایع به یک سطح در داخل مایع وارد می‌شود، از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$F = PA$$

F: نیرو (N) P: فشار ناشی از مایع (Pa) A: مساحت سطح $(m^۲)$

مثال

مساحت پنجرهٔ یک زیردریایی ۳۰۰ سانتی‌متر مربع است. اگر این زیردریایی در عمق ۱۰ متری آب قرار داشته باشد، نیرویی که از طرف آب به آن پنجره وارد می‌شود، چند نیوتون است؟ $(\rho_{\text{آب}} = ۱ \frac{g}{cm^۳} , g = ۱۰ \frac{N}{kg})$

پاسخ تشریحی:

ابتدا فشار ناشی از آب را در عمق ۱۰ متری آب حساب می‌کنیم:

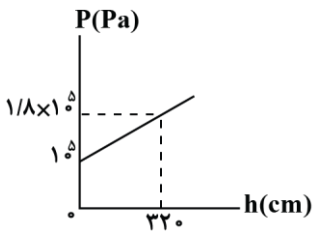
$$P=\rho gh \Rightarrow P=1000\times 10\times 10=10^5\,Pa$$

سپس نیرویی که آب بر پنجرهٔ زیردریایی وارد می‌کند را به‌دست می‌آوریم:

$$F=PA \Rightarrow F=10^5\times 300\times 10^{-4}=3000N$$

گروه آموزشی ماز

۱۶- نمودار فشار برحسب عمق از سطح آزاد مایع A به شکل زیر است. ۱ لیتر از مایع A را با ۲ لیتر از مایع B به چگالی $3/25\frac{g}{cm^3}$ مخلوط می‌کنیم و در یک لولهٔ استوانه‌ای که مساحت قاعدهٔ آن $20cm^2$ است، می‌ریزیم. فشار پیمانه‌ای در انتهای لولهٔ استوانه‌ای چند پاسکال است؟ (از کاهش حجم مخلوط حین اختلاط چشم‌پوشی و $g=10\frac{N}{kg}$ درنظر گرفته شود.)



۱) ۴۵۰۰۰
۲) ۴۵۰۰
۳) ۲۲۵۰۰
۴) ۲۲۵۰

پاسخ: گزینهٔ ۱ (سخت ـ نموداری ـ ۱۰۰۲)

گام اول:

محاسبهٔ چگالی مایع A (ρ_A):

شیب نمودار فشار کل برحسب عمق از سطح آزاد یک مایع برابر با $\rho_{مایع}g$ است؛ بنابراین با استفاده از نمودار داده‌شده داریم:

$$\text{شیب نمودار}=\frac{1/8\times 10^5-10^5}{320\times 10^{-2}}=\frac{(1/8-1)10^5}{3/2}=\frac{8\times 10^4}{3/2}=25\times 10^3$$

گفتیم شیب نمودار برابر با $\rho_{مایع}g$ است. از طرفی چون نمودار داده‌شده مربوط به مایع A است، عدد به‌دست‌آمده را مساوی $\rho_A g$ می‌گذاریم:

$$25\times 10^3=\rho_A\times 10 \Rightarrow \rho_A=2500\frac{kg}{m^3}$$

گام دوم:

محاسبهٔ چگالی مخلوط $(\rho_{مخلوط})$:

۱ لیتر از مایع A را با ۲ لیتر از مایع B مخلوط کرده‌ایم. برای محاسبهٔ چگالی مخلوط $(\rho_{مخلوط})$ داریم:

$$\rho_{مخلوط}=\frac{m_A+m_B}{V_A+V_B}=\frac{\rho_A V_A+\rho_B V_B}{V_A+V_B}$$

$$\xrightarrow[V_A=1L=10^{-3}m^3\ ,\ V_B=2L=2\times 10^{-3}m^3]{\rho_A=2500\frac{kg}{m^3}\ ,\ \rho_B=3/25\frac{g}{cm^3}=3250\frac{kg}{m^3}}\rho_{مخلوط}=\frac{2500\times 10^{-3}+3250\times 2\times 10^{-3}}{10^{-3}+2\times 10^{-3}}=\frac{2/5+6/5}{3\times 10^{-3}}=\frac{9}{3\times 10^{-3}}=3\times 10^3\frac{kg}{m^3}$$

گام آخر:

۱ لیتر از مایع A را با ۲ لیتر از مایع B مخلوط کرده‌ایم؛ پس درمجموع ۳ لیتر مایع در یک لولهٔ استوانه‌ای که مساحت قاعدهٔ آن $20cm^2$ است، ریخته‌ایم. حال، ارتفاع حاصل از مخلوط کردن دو مایع A و B $(h_{مخلوط})$ برابر است با:

$$V=Ah\xrightarrow[A=20cm^2]{V_{مخلوط}=3L=3\times 10^3cm^3}3\times 10^3=20\times h \Rightarrow h_{مخلوط}=\frac{3\times 10^3}{20}=150cm=1/5m$$

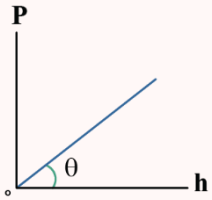
فشار پیمانه‌ای در انتهای لوله درواقع همان فشار حاصل از مخلوط کردن دو مایع A و B است و فشار هوا در محاسبهٔ فشار پیمانه‌ای اثری ندارد:

$$P_{پیمانه‌ای}=\rho_{مخلوط}gh_{مخلوط}$$

$$\Rightarrow P_{پیمانه‌ای}=3\times 10^3\times 10\times 1/5=45000Pa$$

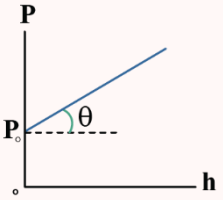
نمودارهای فشار

۱- نمودار فشار **ناشی از مایع** برحسب ارتفاع از سطح آزاد مایع:



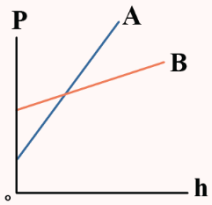
$$P = \underset{\text{شیب}}{\underset{\downarrow}{\rho g}}\, h \rightarrow \text{شیب} = \tan\theta = \rho g$$

۲- نمودار فشار برحسب ارتفاع از سطح آزاد مایع:



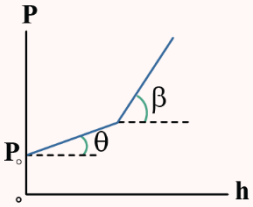
$$P = \underset{\text{شیب}}{\underset{\downarrow}{\rho g}}\, h + \underset{\text{عرض از مبدأ}}{\underset{\downarrow}{P_۰}} \rightarrow \text{شیب} = \tan\theta = \rho g$$

۳- مقایسهٔ دو نمودار فشار برحسب ارتفاع از سطح آزاد مایع:

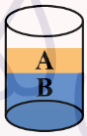


$$\Rightarrow \begin{cases} P_{۰B} > P_{۰A} \\ \rho_A > \rho_B \end{cases}$$

۴- نمودار فشار برحسب ارتفاع از سطح آزاد مایع (برای دو مایع متفاوت):



$$\tan\beta > \tan\theta$$

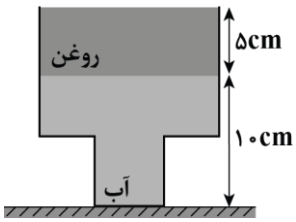


چون مایع B زیر قرار دارد پس چگالی آن بیش‌تر است،

پس باید شیب نمودار در قسمت B از قسمت A بیش‌تر باشد.

گروه آموزشی ماز

۱۷- در شکل زیر، ظرف از دو قسمت استوانه‌ای‌شکل تشکیل شده است؛ که سطح مقطع استوانه‌ها ۵۰ و ۱۰ سانتی‌متر مربع است. فشار و نیرویی که از طرف مایع‌ها بر کف ظرف که بر روی سطح افقی قرار دارد وارد می‌شود، به‌ترتیب چند واحد SI است؟ ($g = ۱۰\frac{N}{kg}$ و چگالی آب و روغن به‌ترتیب ۱ و ۰/۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب است.)



۱) ۱۴۰۰ و ۷

۲) ۱۳۰۰ و ۱/۳

۳) ۱۳۰۰ و ۶۵

۴) ۱۴۰۰ و ۱/۴

پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ مفهومی/محاسباتی ـ ۱۰۰۲)

گام اول:

ابتدا فشار حاصل از مایع‌ها بر کف ظرف را حساب می‌کنیم:

فشار به ارتفاع مایع بستگی دارد و به شکل ظرف بستگی ندارد.

$$P = P_{\text{آب}} + P_{\text{روغن}} = \rho_{\text{آب}} g h_{\text{آب}} + P_{\text{روغن}} g h_{\text{روغن}}$$

$$\Rightarrow P = (۱\times۱۰^{۳}\times۱۰\times۱۰\times۱۰^{-۲}) + (۰/۸\times۱۰^{۳}\times۱۰\times۵\times۱۰^{-۲}) = ۱۰۰۰ + ۴۰۰ = ۱۴۰۰\,Pa$$

گام آخر:

نیروی وارد بر کف ظرف از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید. در فرمول زیر؛ مساحت، مربوط به کف ظرف است (یعنی ۱۰ سانتی‌متر مربع).

$$F = P\times A = ۱۴۰۰\times۱۰\times۱۰^{-۴} = ۱/۴\,N$$

نیروی حاصل از فشار

در فصل فشار، ممکن است با دو نوع نیرو در تست‌ها مواجه شوید:

۱- نیروی مایع به کف ظرف (نیروی کل وارد بر کف ظرف): اگر با این عبارت مواجه شدید، کافی است فشار مایع یا فشار کل را به‌دست آورده و طبق رابطهٔ $F = PA$ ، آن را در مساحت کف ظرف ضرب نمایید؛ بنابراین:

$$\begin{cases} F_{\text{مایع به کف}} = P_{\text{مایع}} A_{\text{کف}} = \rho g h A_{\text{کف}} \\ F_{\text{کل به کف}} = P_{\text{کل}} A_{\text{کف}} = (P_{\circ} + \rho g h) A_{\text{کف}} \end{cases}$$

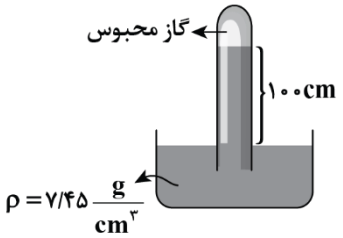
۲- نیروی ظرف به سطح افقی زیرینش: اگر در سؤالی با این عبارت مواجه شدید، کافی است طبق علم نیروشناسی (همان دینامیک!) به این نکته توجه کنید که نیرویی که هر جسمی بر سطح زیرین خود اعمال می‌کند (اگر نیروی عمودی دیگری بر آن جسم اعمال نشده باشد)، معادل با وزن آن جسم است؛ بنابراین:

$$F_{\text{ظرف به زیرش}} = W_{\text{مایع}} + W_{\text{ظرف}} = (m_{\text{مایع}} + m_{\text{ظرف}})g$$

گروه آموزشی ماز

۱۸- در شکل زیر، مجموعه در حالت تعادل قرار دارد. اگر فشار گاز محبوس در انتهای لوله ۲۰kPa باشد، فشار هوای محیط چند میلی‌متر جیوه است؟

$(g = ۱۰\frac{N}{kg} , \rho_{\text{جیوه}} = ۱۳/۵\frac{g}{cm^۳})$

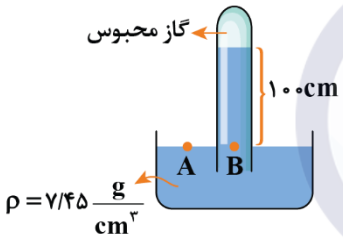


۱) ۷۰
۲) ۷۰۰
۳) ۷۵
۴) ۷۵۰

پاسخ: گزینهٔ ۲ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۰۰۲)

گام اول:

مطابق شکل، فشار در نقاط هم‌تراز A و B برابر است، بنابراین داریم:



$$P_A = P_B \Rightarrow P_{\circ} = P_{\text{گاز}} + P_{\text{مایع}} \Rightarrow P_{\circ} = ۲۰\times۱۰^۳ + ۷۴۵۰\times۱۰\times۱ \Rightarrow P_{\circ} = ۹۴۵۰۰Pa$$

گام آخر:

حال، فشار به‌دست‌آمده را برحسب mmHg می‌نویسیم.

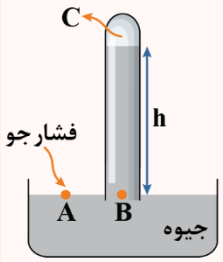
$$P = \rho_{\text{جیوه}} g h_{\text{جیوه}} \Rightarrow ۹۴۵۰۰ = ۱۳۵۰۰\times۱۰\times h_{\text{جیوه}}$$

$$\Rightarrow h_{\text{جیوه}} = ۰/۷m = ۷۰۰mm$$

بنابراین فشار هوای محیط برابر با ۷۰۰mmHg است.

بارومتر (جوسنج)

به شکل مقابل، فشارسنج هوا (بارومتر) گفته می‌شود که برای اندازه‌گیری فشار جو به‌کار می‌رود.



۱- محاسبهٔ فشار هوا برحسب پاسکال در بارومتر:

دو نقطهٔ A و B هم‌تراز هستند پس فشار آن‌ها باهم برابر است:

$$P_A = P_B \Rightarrow P_{\circ} = \rho g h + P_C$$

معمولاً در ناحیهٔ C، خلأ نسبی (شامل بخار جیوه با چگالی بسیار کم) وجود دارد به همین دلیل $P_C \simeq ۰$ است. ولی اگر بالای لوله خلأ نبود باید فشار آن را در رابطه به‌جای P_C قرار دهیم.

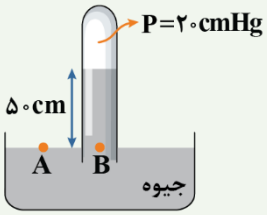
۲- محاسبهٔ فشار هوا برحسب cmHg در بارومتر:

مجموع فشار گاز بالای لوله و ارتفاع ستون جیوه برابر فشار هوا است.

فشار گاز ناحیهٔ C برحسب cmHg + ارتفاع ستون جیوه برحسب cm = فشار هوا برحسب cmHg

مثال ۱

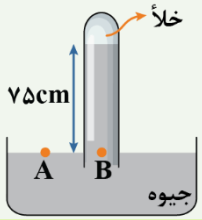
در شکل مقابل، فشار هوا برابر ۷۰cmHg است.



$$P_A = P_B \Rightarrow P_\circ = ۵۰ + ۲۰ = ۷۰cmHg$$

مثال ۲

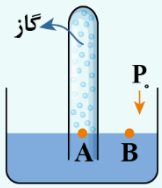
در شکل مقابل، فشار هوا برابر ۷۵cmHg است.



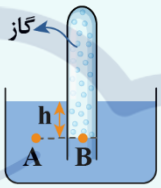
$$P_A = P_B \Rightarrow P_\circ = ۷۵ + ۰ = ۷۵cmHg$$

نکته

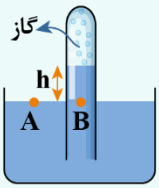
گاهی در قسمت انتهایی لوله، هوا محبوس شده است و فشار گاز محبوس‌شده هم باید درنظر گرفته شود. به شکل‌های زیر دقت کنید:



$$P_A = P_B \Rightarrow P_\circ = P_{گاز}$$



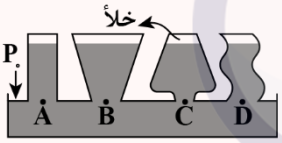
$$P_A = P_B \Rightarrow P_\circ + \rho gh = P_{گاز}$$



$$P_A = P_B \Rightarrow P_\circ = P_{گاز} + \rho gh$$

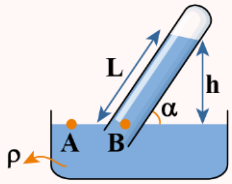
۳- فشار هوای بیرون که بر سطح جیوهٔ درون ظرف وارد می‌شود، جیوه را درون لوله نگه می‌دارد. پس دلیل بالا رفتن جیوه در لوله خاصیت مویینگی نیست.

✓ سطح مقطع، ضخامت، شکل و طول لوله در ارتفاع جیوه مؤثر نیست، پس اگر ضخامت لوله را افزایش دهیم، ارتفاع جیوه ثابت می‌ماند و فقط حجم جیوهٔ درون لوله زیاد می‌شود.



$$P_\circ = P_A = P_B = P_C = P_D$$

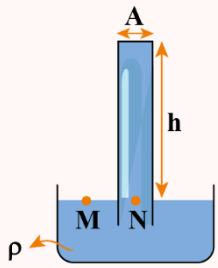
۴- اگر لوله به‌طور قائم در ظرف قرار نگیرد، در محاسبهٔ فشار باید ارتفاع قائم مایع را لحاظ کنیم.



$$P_A = P_B \Rightarrow P_\circ = \rho gh$$

$$\xrightarrow{h = L\sin\alpha} P_\circ = \rho gL\sin\alpha$$

۵- گاهی طول لولهٔ بارومتر کوتاه است و مایع به سقف لوله می‌رسد. در این حالت مایع به سقف لوله نیرو و فشار وارد می‌کند. فشار وارد بر سقف لوله برابر اختلاف فشار هوا و فشار ستون مایع است.



$$P_M = P_N \Rightarrow P_\circ = P_{مایع} + P_{سقف}$$

$$\Rightarrow P_\circ = \rho gh + P_{سقف}$$

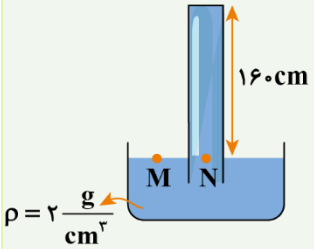
$$\Rightarrow P_{سقف} = P_\circ - \rho gh$$

با ضرب کردن فشار وارد بر سقف لوله در مساحت آن، نیروی وارد بر سقف لوله به‌دست می‌آید:

$$F_{سقف} = P_{سقف} A$$

مثال

در شکل مقابل، مساحت مقطع انتهای لوله برابر $۲cm^۲$ است. اگر فشار هوای محیط برابر $۱۰^۵$ پاسکال باشد، نیرویی که مایع بر انتهای لوله وارد می‌کند چند نیوتون است؟ $(g=۱۰\frac{N}{kg})$



پاسخ:

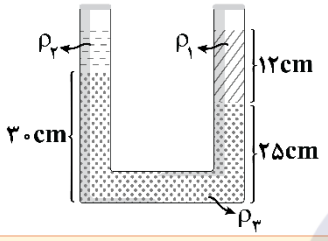
با توجه به نکات فوق داریم:

$$P_{سقف}=P_۰-\rho gh=۱۰^۵-(۲۰۰۰\times۱۰\times۱/۶)=۶۸۰۰۰Pa$$

$$F_{سقف}=P_{سقف}A=۶۸۰۰۰\times\underbrace{۲\times۱۰^{-۴}}_{m^۲\ \text{مساحت برحسب}}=۱۳/۶N$$

گروه آموزشی ماز

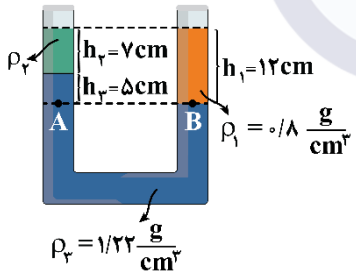
۱۹- در شکل زیر، سه مایع مخلوط‌نشدنی $\rho_۱=۰/۸\frac{g}{cm^۳}$، $\rho_۲$ و $\rho_۳=۱/۲۲\frac{g}{cm^۳}$ درحال تعادل قرار دارند. اگر سطح آزاد مایع‌ها در دو طرف لوله باهم برابر باشند، چگالی $\rho_۲$ چند کیلوگرم بر لیتر است؟



۱) ۰/۴
۲) ۰/۴۵
۳) ۰/۵
۴) ۰/۵۵

پاسخ: گزینهٔ ۳ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۰۰۲)

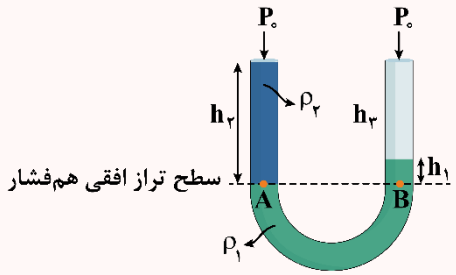
مطابق شکل زیر، با توجه به برابری فشار در دو نقطهٔ A و B داریم:



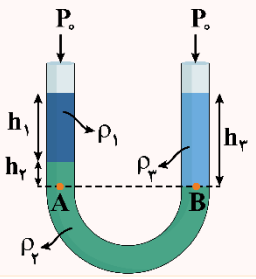
$$P_A=P_B$$
$$\Rightarrow P_۰+\rho_۲gh_۲+\rho_۳gh_۳=P_۰+\rho_۱gh_۱$$
$$\Rightarrow \rho_۲h_۲+\rho_۳h_۳=\rho_۱h_۱$$
$$(\rho_۲\times۷)+(۱/۲۲\times۵)=۰/۸\times۱۲$$
$$۷\rho_۲+۶/۱=۹/۶$$
$$\rho_۲=\frac{۳/۵}{۷}=۰/۵\frac{g}{cm^۳}=۰/۵\frac{kg}{L}$$
$$(۱\frac{kg}{L}=۱\frac{g}{cm^۳})$$

لوله‌های U‌شکل

برای حل مسائل لوله‌های U‌شکل، در سطح هر دو شاخه آن‌قدر به سمت پایین حرکت می‌کنید تا به نقطه‌ای برسید که در هر دو شاخه یک مایع قرار داشته باشد. از مساوی قرار دادن فشار این دو نقطه، خواستهٔ مسئله به‌دست می‌آید.



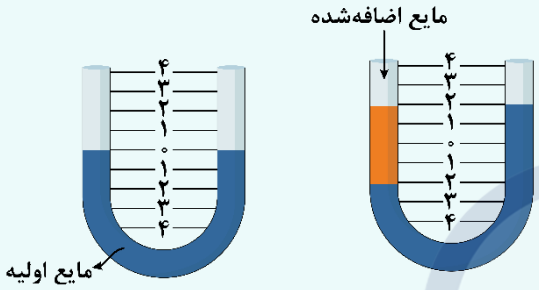
$$P_A=P_B$$
$$\Rightarrow \rho_۲gh_۲+P_۰=\rho_۱gh_۱+P_۰ \Rightarrow \rho_۲h_۲=\rho_۱h_۱$$



$$P_A = P_B$$
$$\Rightarrow P_0 + \rho_1 g h_1 + \rho_2 g h_2 = P_0 + \rho_3 g h_3 \Rightarrow \rho_1 h_1 + \rho_2 h_2 = \rho_3 h_3$$

نکته

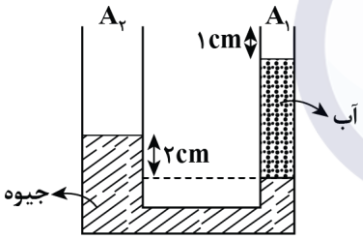
هنگامی که در یک لولهٔ Uشکل، سطح مقطع دو طرف یکسان است و به یکی از شاخه‌ها مایع دیگری اضافه کنیم سطح مایع در هر دو شاخه به یک اندازه جابه‌جا می‌شود. به‌عنوان مثال در شکل زیر با اضافه کردن مایع به شاخهٔ سمت چپ، اختلاف ارتفاع مایع اولیه در دو شاخه برابر ۴ cm است. درحالی‌که سطح مایع در هر شاخه ۲ cm جابه‌جا شده است.



گروه آموزشی ماز

۲۰- در شکل زیر، مقداری جیوه و آب درحال تعادل قرار دارند و سطح مقطع لوله‌های راست و چپ به‌ترتیب برابر $A_1 = 2cm^2$ و $A_2 = 4cm^2$ است. در شاخهٔ سمت چپ به‌آرامی روغن اضافه می‌کنیم تا آب در آستانهٔ سرریز شدن قرار بگیرد. جرم روغن اضافه‌شده چند گرم است؟

$(\rho_{جیوه} = 13/5 \frac{g}{cm^3}, \rho_{آب} = 1 \frac{g}{cm^3}, \rho_{روغن} = 0/8 \frac{g}{cm^3})$



۱) ۸۱
۲) ۲۷
۳) ۱۶۲
۴) ۴۱

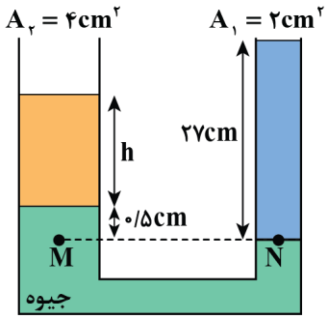
پاسخ: گزینهٔ ۱ (سخت ـ محاسباتی ـ ۱۰۰۲)

در ابتدا آب و جیوه درحال تعادل هستند؛ بنابراین داریم:

$$\rho_{جیوه} g h_{جیوه} = \rho_{آب} g h_{آب} \Rightarrow 13/5 \times 2 = 1 \times h_{آب} \Rightarrow h_{آب} = 27cm$$

بنابراین ارتفاع ستون آب برابر ۲۷cm است.

برای آن‌که آب در آستانهٔ سرریزشدن قرار بگیرد، باید مایع‌ها در شاخهٔ سمت راست ۱cm بالا بروند. با توجه به این‌که سطح مقطع شاخهٔ چپ ۲ برابر سطح مقطع شاخهٔ راست است، سطح جیوه در شاخهٔ چپ باید ۰/۵cm پایین برود و شکل نهایی ظرف و مایع‌های درون آن مطابق شکل زیر است و می‌توان نوشت:



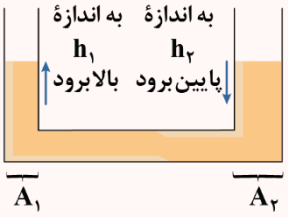
$$P_M = P_N \Rightarrow \rho_{روغن} g h_{روغن} + \rho_{جیوه} g h_{جیوه} = \rho_{آب} g h_{آب}$$
$$\Rightarrow 0/8h + 13/5 \times 0/5 = 1 \times 27$$
$$\Rightarrow h = \frac{20/25}{0/8} cm$$

بنابراین جرم روغن برابر است با:

$$m_{روغن} = \rho_{روغن} V_{روغن} = \rho_{روغن} A_2 h$$
$$\Rightarrow m_{روغن} = 0/8 \times 4 \times \frac{20/25}{0/8} = 81g$$

اضافه کردن مایع در لولهٔ Uشکل

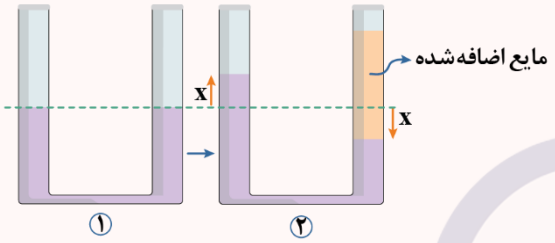
اگر در یکی از شاخه‌های یک لولهٔ Uشکل مقداری از یک مایع اضافه کنیم، مایع زیرین در آن شاخه مقداری پایین‌تر رفته و در شاخهٔ مقابل مقداری به بالا جابه‌جا خواهد شد. در این شرایط در حالت کلی، حجمی از مایع زیرین که در یک شاخه به پایین جابه‌جا می‌شود با حجمی از آن که در شاخهٔ مقابل به بالا جابه‌جا می‌شود، برابر است.



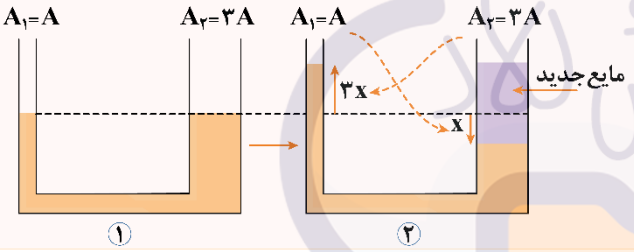
$$\Delta V_1 = \Delta V_2 \Rightarrow A_1h_1 = A_2h_2 \Rightarrow \frac{h_2}{h_1} = \frac{A_1}{A_2}$$

اکنون دو حالت می‌توان درنظر گرفت:

۱- اگر سطح مقطع دو شاخه برابر باشد، ارتفاع مایعِ جابه‌جاشده در دو شاخه نیز برابر خواهد شد؛ بنابراین در این شرایط اگر مایع زیرین در یک شاخه به‌عنوان مثال ۵cm به پایین حرکت کند، در شاخهٔ مقابل ۵cm به بالا خواهد رفت.

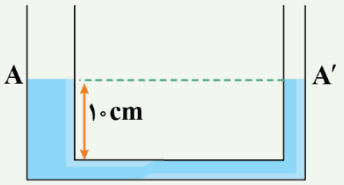


۲- اگر سطح مقطع دو شاخه برابر نباشد، ارتفاع مایعِ جابه‌جاشده در دو شاخه نیز برابر نخواهد بود. در این حالت با توجه به ثابت بودن حجم مایعِ جابه‌جاشده می‌توان نشان داد که ارتفاع مایعِ جابه‌جاشده به نسبت معکوس سطح مقطع‌ها خواهد بود. به مثال زیر دقت کنید:



مثال

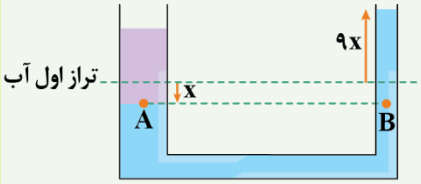
در یک لولهٔ Uشکل تا سطح AA' آب وجود دارد و قطر قاعدهٔ یکی از شاخه‌ها ۳ برابر قطر قاعدهٔ شاخهٔ دیگر است. اگر در لولهٔ سمت چپ تا ارتفاع ۵ سانتی‌متر نفت اضافه کنیم، آب در لولهٔ باریک چند سانتی‌متر نسبت به حالت اول بالا می‌رود؟ $(\rho_{\text{نفت}} = 0/8\frac{g}{cm^3}\ ,\ g = 10\frac{m}{s^2}\ ,\ \rho_{\text{آب}} = 1\frac{g}{cm^3})$



۱) ۱/۲
۲) ۳/۶
۳) ۰/۴
۴) ۵

پاسخ تشریحی:

طبق رابطهٔ $A = \frac{\pi}{4}d^2$ چون قطر قاعدهٔ شاخهٔ سمت چپ، ۳ برابر قطر قاعدهٔ شاخهٔ سمت راست است، پس مساحت شاخهٔ سمت چپ، ۹ برابر مساحت شاخهٔ سمت راست بوده و با ریختن نفت در شاخهٔ سمت چپ اگر آب در این شاخه به‌اندازهٔ x پایین رود، آب در شاخهٔ مقابل ۹x بالا خواهد رفت. با توجه به نقاط هم‌تراز A و B داریم:



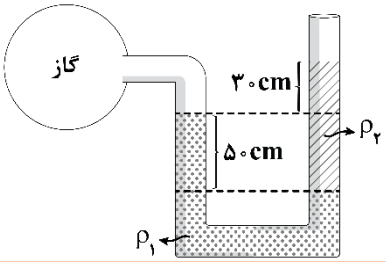
$$P_A = P_B \Rightarrow P_0 + \rho_{\text{نفت}}gh_{\text{نفت}} = P_0 + \rho_{\text{آب}}gh_{\text{آب}}$$

$$\Rightarrow \rho_{\text{نفت}}h_{\text{نفت}} = \rho_{\text{آب}}h_{\text{آب}} \Rightarrow 0/8\times 5 = 1\times 10x \Rightarrow x = 0/4\,cm$$

پس آب در شاخهٔ سمت راست به‌اندازهٔ $9\times 0/4 = 3/6cm$ بالا خواهد رفت.

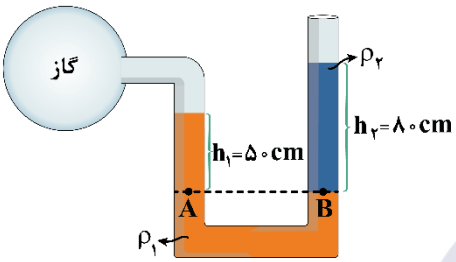
پاسخ: گزینهٔ ۲

۲۱- در شکل زیر، دو مایع مخلوط‌نشدنی درحال تعادل قرار دارند. اگر چگالی آن‌ها $\rho_1 = 1/4 \frac{g}{cm^3}$ و $\rho_2 = 1 \frac{g}{cm^3}$ باشد، فشار پیمانه‌ای گاز چند پاسکال است؟ $(g = 10 \frac{m}{s^2})$



۱) صفر
۲) +۱۰۰۰
۳) +۳۰۰
۴) -۱۰۰۰

پاسخ: گزینهٔ ۲ (متوسط ـ مفهومی/محاسباتی ـ ۱۰۰۲)



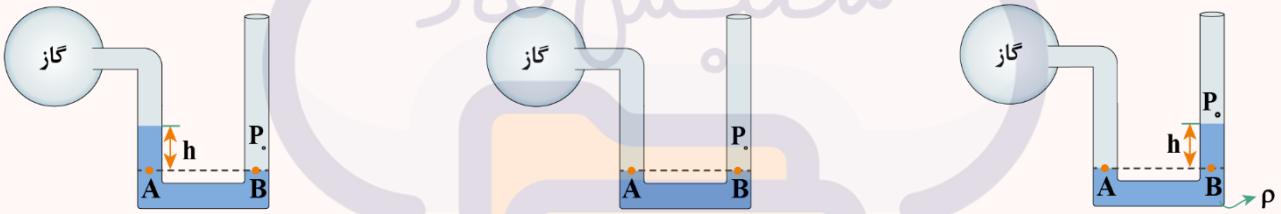
$$P_A = P_B$$
$$\Rightarrow P_{گاز} + \rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2 + P_0$$
$$P_{پیمانه‌ای} = P_{گاز} - P_0 = \rho_2 g h_2 - \rho_1 g h_1$$
$$\Rightarrow (1000 \times 10 \times 0/8) - (1400 \times 10 \times 0/5) = 8000 - 7000 = 1000 Pa$$

فشار پیمانه‌ای

به اختلاف فشار مطلق (فشار یک نقطه از گاز یا مایع) با فشار هوا، فشار پیمانه‌ای گفته می‌شود و با نماد P_g نمایش می‌دهند:

$$P_g = P_{مطلق} - P_0$$

با توجه به تعریف بالا، فشار پیمانه‌ای می‌تواند مثبت، منفی یا صفر باشد که در ادامه هر سه حالت را برای فشار پیمانه‌ای گاز در مانومتر بررسی می‌کنیم:



$P_{گاز} < P_0$
$P_g = P_{گاز} - P_0 = -\rho g h$

$P_{گاز} = P_0$
$P_g = P_{گاز} - P_0 = 0$

$P_{گاز} > P_0$
$P_g = P_{گاز} - P_0 = +\rho g h$

در تمام این سه شکل، از برابری فشار در نقاط A و B استفاده شده و فشار پیمانه‌ای گاز محبوس در مخزن به‌دست آمده است.

نکته

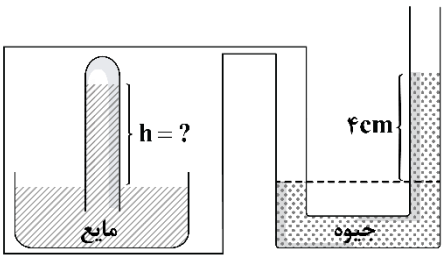
عددی که فشارسنج‌ها نشان می‌دهند، فشار پیمانه‌ای است، یعنی فشارسنج‌ها اختلاف فشار مطلق با فشار هوا را نشان می‌دهند.
پس فشارسنج‌های پزشکی و صنعتی (مانومتر، بوردون و ...) فشار پیمانه‌ای را نشان می‌دهند، (نه فشار مطلق را).

✓ هنگام اندازه‌گیری فشارخون یا فشار هوای درون تایر، فشار پیمانه‌ای نشان داده می‌شود. به‌عنوان مثال اگر فشارسنج، فشار هوای درون یک تایر را $2/4 P_0$ نشان دهد، فشار کل آن $3/4 P_0$ است.

$$P_{پیمانه‌ای} = P_g - P_0 \Rightarrow 2/4 P_0 = P_g - P_0 \Rightarrow P_g = 3/4 P_0$$

گروه آموزشی ماز

۲۲- مطابق شکل، یک مانومتر را به یک مخزن هوا وصل کرده‌ایم که درون آن یک بارومتر قرار دارد. اگر فشار هوای محیط ۷۱ سانتی‌متر جیوه باشد، ارتفاع مایع درون لولهٔ بارومتر چند سانتی‌متر خواهد بود؟ $(g = 10 \frac{N}{kg}, \rho_{مایع} = 10/2 \frac{g}{cm^3}, \rho_{جیوه} = 13/6 \frac{g}{cm^3})$



۱) ۸۰
۲) ۹۰
۳) ۱۰۰
۴) ۱۲۰

پاسخ: گزینهٔ ۳ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۰۰۲)

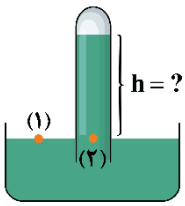
ابتدا باید فشار مطلق مخزن را به‌دست آوریم تا بتوانیم به‌وسیلهٔ آن، ارتفاع مایع بارومتر را به‌دست آوریم. چون فشار هوای محیط برحسب سانتی‌متر جیوه داده شده است، با یکای cmHg در حل سؤال پیش می‌رویم. با توجه به این‌که مایع درون لولهٔ Uشکل، جیوه است، داریم:

$$P_{\text{هوای مخزن}} = P_{\text{هوای محیط}} + P_{\text{مایع درون لولهٔ مانومتر}} = ۷۱ + ۴ = ۷۵\,cmHg$$

پس فشار هوای مخزن ۷۵ سانتی‌متر جیوه است.

حال به سراغ بارومتر می‌رویم:

(فشار هوای مخزن ۷۵ سانتی‌متر جیوه است).



$$P_۱ = P_۲$$

$$\Rightarrow P_{\text{هوای مخزن}} = P_{\text{مایع بارومتر}}$$

$$\Rightarrow \rho_{\text{جیوه}} h = \rho_{\text{مایع}} h$$

$$\Rightarrow ۱۳۶۰۰ \times ۷۵ = ۱۰۲۰۰ \times h \Rightarrow h = ۱۰۰\,cm$$

گروه آموزشی ماز

۲۳- براساس کدام گزینه به‌ترتیب از راست به چپ می‌توان عبارت‌های زیر را توجیه کرد؟

الف: روزهایی که باد می‌وزد ارتفاع موج‌های دریا بالاتر از ارتفاع میانگین می‌شود.

ب: وقتی شیر آب را باز می‌کنیم آب، به‌آرامی جریان می‌یابد و باریکهٔ آب با نزدیک شدن به زمین باریک‌تر می‌شود.

پ: وقتی یک توپ بادی را وارد آب و سپس رها می‌کنیم توپ به سطح آب می‌آید.

۱) شناوری، اصل برنولی، شناوری
۲) اصل برنولی، اصل برنولی، شناوری
۳) اصل برنولی، معادلهٔ پیوستگی، شناوری
۴) اصل برنولی، معادلهٔ پیوستگی، اصل برنولی

پاسخ: گزینهٔ ۳ (آسان ـ مفهومی ـ ۱۰۰۲)

بررسی موارد:

الف) چون تندی هوا در روزهای طوفانی بیش‌تر از روزهای عادی است، پس فشارش کم‌تر است و باعث می‌شود آب بالاتر بیاید (طبق اصل برنولی).

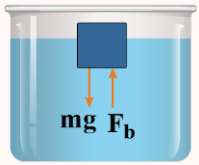
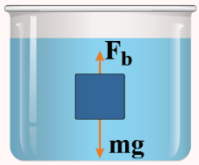
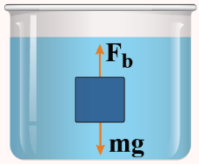
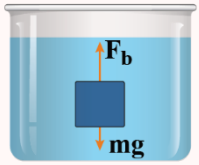
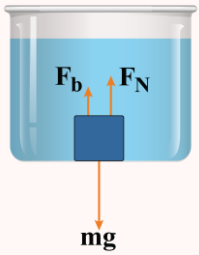
ب) تندی آب هرچه به سمت پایین رود بیش‌تر می‌شود. پس طبق معادلهٔ پیوستگی مساحت مقطع آب کم‌تر می‌شود.

پ) به اجسامی که در داخل آب (شاره) قرار دارند، نیروی خالص از طرف آب رو به بالا وارد می‌شود که به آن نیروی شناوری می‌گویند.

در بحث شناوری جسم درون شاره (مایع یا گاز) دو موضوع مهم است:

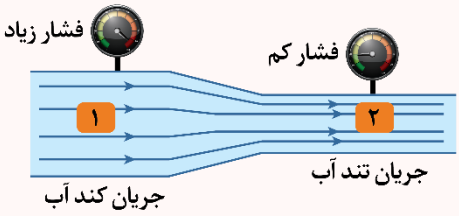
۱- تشخیص نحوهٔ قرار گرفتن جسم توسط مقایسهٔ چگالی جسم و شاره.

۲- مقایسهٔ نیروی شناوری و وزن مایع در هر حالت. این دو موضوع را در ۵ حالت می‌توانید در جدول زیر ببینید:

وضعیت جسم	توضیح نحوهٔ قرارگیری جسم	مقایسهٔ نیروی وزن و نیروی شناوری	مقایسهٔ چگالی‌ها	شکل
شناوری	بخشی از جسم درون مایع و بخشی بیرون مایع است.	$F_b = mg$	$\rho_{جسم} < \rho_{شاره}$	
پایین رفتن	تمام جسم درون مایع است و جسم درحال پایین رفتن است.	$F_b < mg$	$\rho_{جسم} > \rho_{شاره}$	
غوطه‌وری	تمام جسم درون مایع است و جسم در میان مایع ساکن است.	$F_b = mg$	$\rho_{جسم} = \rho_{شاره}$	
بالا رفتن	تمام جسم درون مایع است و جسم درحال حرکت به سمت بالا است.	$F_b > mg$	$\rho_{جسم} < \rho_{شاره}$	
ته‌نشینی	جسم در تماس با کف ظرف است.	$F_b = mg - F_N \Rightarrow F_b < mg$	$\rho_{جسم} > \rho_{شاره}$	

اصل برنولی

«در مسیر حرکت شاره، با افزایش تندی شاره، فشار آن کاهش می‌یابد.»



$$A_2 < A_1 \Rightarrow v_2 > v_1 \Rightarrow P_2 < P_1$$

آب با جریان لایه‌ای، در لوله‌ای با دو سطح مقطع متفاوت حرکت می‌کند.

با کاهش سطح مقطع لوله، جریان آب تندتر می‌شود و فشار آن کاهش می‌یابد.

اصل برنولی برای شاره‌هایی (مایع‌ها و گازهایی) برقرار است که:

۱- حرکت لایه‌ای (غیرآشوبناک) و در امتداد افق دارند (روی خط راست حرکت کنند).

۲- اصطکاک داخلی (چسبندگی یا گران‌رَوی) ندارند. در اصل برنولی فرض بر عدم اتلاف انرژی وجود دارد (اصل پایستگی انرژی مکانیکی).

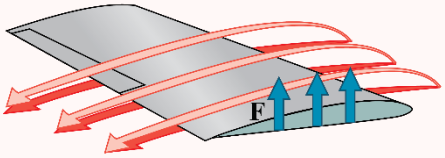
✓ تندی با سطح مقطع و فشار، رابطهٔ عکس دارد:

$$\downarrow A \propto \downarrow P \propto \frac{1}{v\uparrow}$$

کاربردهایی از اصل برنولی

۱- ایجاد نیروی بالابری به بال‌های هواپیما

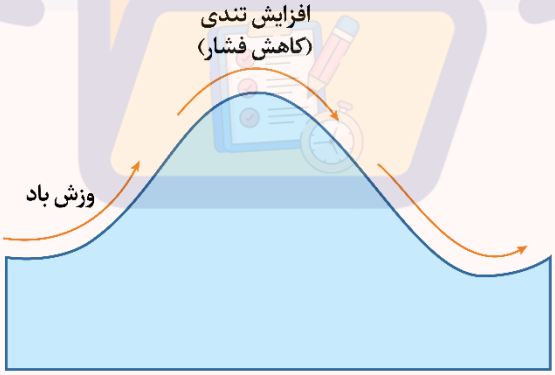
نحوهٔ ساختن بال‌های هواپیما به نحوی است که تندی هوا در بالای بال، بیش‌تر از زیر آن است و درنتیجه فشار هوای بالای بال، کم‌تر از فشار هوای زیر آن است، به همین دلیل نیروی خالصی به بال هواپیما وارد می‌شود که البته این نیروی بالابر که براساس اصل برنولی ایجاد می‌شود بخش کوچکی از نیروی بالابر هواپیما را تأمین می‌کند.



۲- وقتی یک ورقهٔ کاغذ را جلوی دهانتان می‌گیرید و در سطح بالایی آن می‌دمید، تندی جریان هوا در بالای کاغذ بیش‌تر از زیر آن خواهد شد و با توجه به اصل برنولی فشار هوا در بالای کاغذ، کم‌تر از زیر آن شده و یک نیرویی به سمت بالا به کاغذ وارد می‌شود و آن را به سمت بالا حرکت می‌دهد.

۳- وقتی کامیون درحال حرکت است، فشار هوای روی پوشش برزنتی کاهش می‌یابد و درنتیجه هوای زیر پوشش برزنتی که فشار بیش‌تری دارد سبب پف کردن پوشش برزنتی به‌طرف بالا می‌شود.

۴- در روزهایی که باد می‌وزد، به‌دلیل افزایش تندی جریان هوای سطح آب، فشار هوای سطح آب کاهش و درنتیجه ارتفاع موج‌های دریا یا اقیانوس بالاتر از ارتفاع میانگین می‌شود.



گروه آموزشی ماز

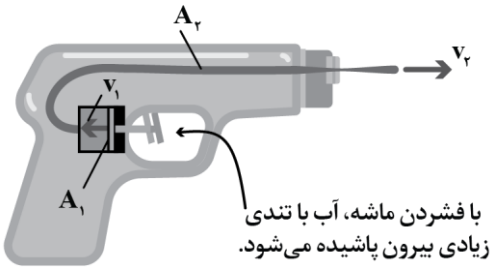
۲۴- شکل زیر، یک تفنگ آب‌پاش را نشان می‌دهد که با فشردن ماشهٔ آن، آب با تندی زیادی بیرون می‌آید. اگر $A_1 = 3cm^2$ ، $A_2 = 0/10mm^2$ و $v_1 = 0/5 \frac{cm}{s}$ باشد، تندی خروج آب چند متر بر ثانیه است؟

۱) ۱۵

۲) ۱۵۰۰

۳) ۳

۴) ۳۰۰



پاسخ: گزینهٔ ۱ (آسان ـ محاسباتی ـ ۱۰۰۲)

از معادلهٔ پیوستگی به‌سادگی می‌توان تندی خروج آب از تفنگ را به‌دست آورد.

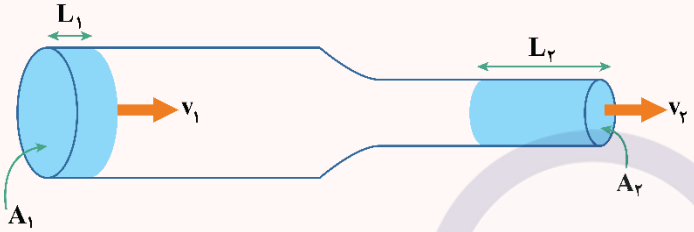
$$A_1v_1 = A_2v_2$$

$$\Rightarrow 3\times 0/5 = 0/1\times \underbrace{10^{-2}}_{\substack{\text{تبدیل } mm^2 \\ \text{به } cm^2}} v_2$$

$$\Rightarrow v_2 = 1500\frac{cm}{s} = 15\frac{m}{s}$$

معادلهٔ پیوستگی

چنان‌چه شارهٔ تراکم‌ناپذیر، جریانی لایه‌ای داشته و فاقد اصطکاک با دیوارهٔ لوله باشد، آهنگ شارش حجمی در تمام قسمت‌های مختلف لوله یکسان و ثابت بوده و طبق معادله‌ای به نام معادلهٔ پیوستگی می‌توان چنین نوشت:



$$A_1v_1 = A_2v_2$$

A_1: سطح مقطع لولهٔ (۱)

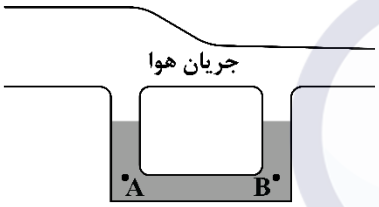
v_1: تندی شاره در لولهٔ (۱)

A_2: سطح مقطع لولهٔ (۲)

v_2: تندی شاره در لولهٔ (۲)

گروه آموزشی ماز

۲۵- در لولهٔ افقی زیر، جریانی از هوا با تندی v وارد و با تندی ۲v خارج می‌شود، بنابراین جریان در لوله از سمت ..... است و در این صورت جریان مایع در لولهٔ Uشکل پایینی از ..... خواهد بود.



۱) چپ به راست ـ از A به B

۲) چپ به راست ـ از B به A

۳) راست به چپ ـ از B به A

۴) راست به چپ ـ از A به B

پاسخ: گزینهٔ ۱ (سخت ـ مفهومی ـ ۱۰۰۲)

چون جریان، با تندی کم‌تر وارد و با تندی بیش‌تر خارج می‌شود و طبق معادلهٔ پیوستگی می‌دانیم که در سطح مقطع کوچک‌تر، تندی جریان شاره بیش‌تر است؛ بنابراین باید جریان از سمت چپ وارد و از سمت راست خارج شده باشد. طبق اصل برنولی هرچه تندی جریان بیش‌تر باشد فشار شاره کاهش می‌یابد؛ پس در بالای نقطهٔ B که سطح مقطع، کوچک‌تر و تندی بیش‌تر است فشار شاره کم‌تر خواهد شد و بنابراین جریان مایع در لولهٔ پایینی از فشار بیش‌تر (A) به سمت فشار کم‌تر (B) خواهد بود.

گروه آموزشی ماز

۱- **بالونی به جرم ۸۰۰ کیلوگرم در یک ارتفاع مشخص از سطح زمین درحال حرکت است. اگر شش وزنهٔ ۲۰ کیلوگرمی از بالون بیرون بیندازیم، تندی بالون ۲۰ درصد افزایش می‌یابد. انرژی جنبشی بالون چگونه تغییر کرده است؟**

۱) تقریباً ۴۱ درصد افزایش یافته است.
۲) تغییر نکرده است.
۳) ۲۲/۴ درصد افزایش یافته است.
۴) ۲ درصد افزایش یافته است.

پاسخ: گزینهٔ ۳ (آسان ـ محاسباتی ـ ۱۰۰۳)

طبق رابطهٔ $K=\frac{1}{2}mv^2$ می‌توانیم بنویسیم:

$$\frac{K_2}{K_1}=\frac{m_2}{m_1}\times(\frac{v_2}{v_1})^2 \Rightarrow \frac{K_2}{K_1}=(\frac{680}{800})\times\left(\frac{1/2v}{v}\right)^2=1/224$$

بنابراین انرژی جنبشی ۲۲/۴ درصد افزایش یافته است.

انرژی جنبشی

انرژی وابسته به حرکت یک جسم را انرژی حرکتی یا انرژی جنبشی می‌نامیم.

برای جسمی به جرم m که با تندی v حرکت می‌کند، انرژی جنبشی از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$K=\frac{1}{2}mv^2$$

K : انرژی جنبشی جسم برحسب ژول (J) — m : جرم جسم برحسب کیلوگرم (kg)

v : تندی جسم برحسب متر بر ثانیه $\left(\frac{m}{s}\right)$ — یکای انرژی: $J\equiv kg\frac{m^2}{s^2}\equiv N.m$

✓ انرژی جنبشی یک کمیت نرده‌ای و نامنفی است که فاقد جهت است (انرژی جنبشی به جهت حرکت و یا جهت سرعت بستگی ندارد).

عوامل مؤثر بر انرژی جنبشی

✓ انرژی جنبشی با جرم جسم و مجذور تندی جسم، رابطهٔ مستقیم دارد.

۱- هرچه جرم جسم بیش‌تر باشد، انرژی جنبشی بیش‌تری دارد.

$$K\propto m$$

۲- هرچه جسمی تندتر حرکت کند، انرژی جنبشی بیش‌تری دارد.

$$K\propto v^2$$

مقایسهٔ انرژی جنبشی دو متحرک:

$$\frac{K_2}{K_1}=(\frac{m_2}{m_1})\times(\frac{v_2}{v_1})^2$$

✓ هنگامی‌که جسم، ساکن باشد، انرژی جنبشی آن صفر است.

محاسبهٔ تغییر انرژی جنبشی جسمی که جرم آن ثابت است به شکل زیر است:

$$\Delta K=\frac{1}{2}m(v_2^2-v_1^2)$$

گروه آموزشی ماز

۲- **هواپیمایی به جرم ۸ تن در مدت‌زمان ۵۰ ثانیه از سطح زمین به ارتفاع ۴۰۰ متری از سطح زمین می‌رسد. کار نیروی وزن هواپیما در این مدت چند مگاژول است؟ $(g=10\frac{N}{kg})$**

۱) ۳۲
۲) ۰/۶۴
۳) -۳۲
۴) -۰/۶۴

پاسخ: گزینهٔ ۳ (آسان ـ محاسباتی ـ ۱۰۰۳)

جسم به سمت بالا حرکت می‌کند؛ بنابراین کار نیروی وزن منفی است. برای محاسبهٔ کار نیروی وزن، می‌توان نوشت:

$$W=-mg\Delta h=-8\times10^3\times10\times400=-32\times10^6J=-32MJ$$

جمع‌بندی محاسبهٔ کار نیروهای خاص

۱- کار نیروی اصطکاک و مقاومت هوا به مسافت طی‌شده (کل مسیر حرکت) بستگی دارد، پس هرچه مسافت طی‌شده بیش‌تر باشد قدر مطلق کار این نیروها هم بیش‌تر است.

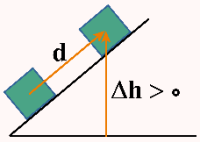
کار نیروی اصطکاک: $W_{f_k}=-f_kL$ — کار نیروی مقاومت هوا: $W_{air}=-f_{air}L$

f_k : نیروی اصطکاک جنبشی — f_{air} : نیروی مقاومت هوا — L: مسافت طی‌شده

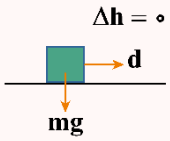
۲- کار **نیروی وزن** به **تغییر ارتفاع** جسم بستگی دارد پس هرچه تغییر ارتفاع بیش‌تر باشد قدر مطلق کار نیروی وزن بیش‌تر است.

کار نیروی وزن: $W_{mg} = -mg\Delta h$

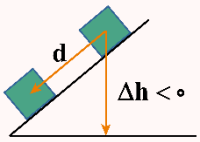
Δh : تغییر ارتفاع جسم



اگر جسم بالا برود : $\Delta h > ۰ \rightarrow W_{mg} < ۰$

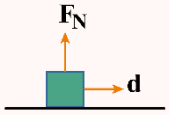


اگر جسم روی سطح افقی جابه‌جا شود : $\Delta h = ۰ \rightarrow W_{mg} = ۰$

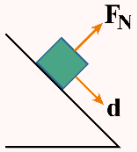


اگر جسم رو به پایین حرکت کند : $\Delta h < ۰ \rightarrow W_{mg} > ۰$

۳- کار نیروی عمودی سطح $(\vec{F}_N)$:



اگر جسم روی سطح افقی حرکت کند: $W_{F_N} = ۰$



اگر جسم روی سطح شیب‌دار حرکت کند: $W_{F_N} = ۰$

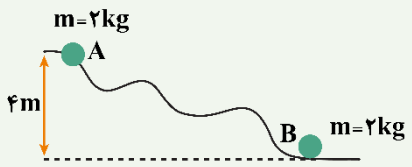
حرکت آسانسور: $\begin{cases} \text{حرکت رو به بالا}: W_{F_N} = F_N d \\ \text{حرکت رو به پایین}: W_{F_N} = -F_N d \end{cases}$

۴- کار بقیهٔ نیروها به **جابه‌جایی** بستگی دارد پس هرچه جابه‌جایی بیش‌تر باشد، قدر مطلق کار این نیروها بیش‌تر است.

کار نیروی F: $W_F = Fd\cos\theta$

مثال

کار نیروی وزن در جابه‌جایی جسم از A تا B چند ژول است؟ $(g = ۱۰\frac{N}{kg})$

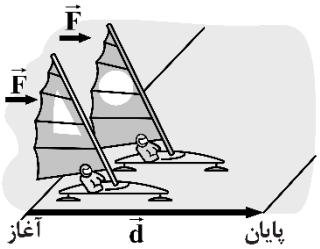


جسم به‌اندازهٔ ۴ متر پایین آمده است، بنابراین داریم:

$W = +mgh = +۲\times۱۰\times۴ = ۸۰J$

گروه آموزشی ماز

۳- دو قایق مخصوص با جرم‌های متفاوت، روی سطح افقی یخ‌زده و بدون اصطکاک دریاچه‌ای مطابق شکل زیر، قرار دارند. قایق‌ها تحت اثر نیروهای مساوی باد، شروع به حرکت می‌کنند و از خط پایان به فاصلهٔ d می‌گذرند. چند مورد از موارد زیر درست است؟



الف: انرژی جنبشی قایق سبک‌تر در خط پایان، بیش‌تر است.

ب: تندی هر دو قایق در خط پایان یکسان است.

پ: کل کار انجام‌شده روی قایق سنگین‌تر، بیش‌تر است.

۱) صفر ۲) ۱

۳) ۲ ۴) ۳

پاسخ: گزینهٔ ۱ (متوسط ـ مفهومی/محاسباتی ـ ۱۰۰۳)

طبق قضیهٔ کار ـ انرژی جنبشی داریم:

$$W_t = \Delta K \Rightarrow \cancel{W_{\text{وزن}}}^{0} + \cancel{W_{\text{نیروی شناوری}}}^{0} + W_F = K_2 - \cancel{K_1}^{0}$$

قایق‌ها در ابتدا ساکن هستند؛ بنابراین $K_1 = 0$ است. نیروی وزن و نیروی شناوری بر جابه‌جایی عمود هستند بنابراین کار آن‌ها صفر است؛ بنابراین:

$$Fd\,\cancel{\cos 0^\circ}^{1} = K_2 \Rightarrow K_2 = F.d$$

طبق رابطهٔ فوق، انرژی جنبشی قایق‌ها به جرم آن‌ها بستگی ندارد. («الف» ✗)

از طرفی، طبق رابطهٔ $K = \frac{1}{2}mv^2$ و یکسان بودن انرژی جنبشی، قایقی که سبک‌تر است، تندی بیش‌تری دارد. («ب» ✗)

کل کار انجام‌شده بر روی هر دو قایق یکسان است؛ زیرا: طبق رابطهٔ زیر، F و d برای هر دو قایق یکسان است. («پ» ✗)

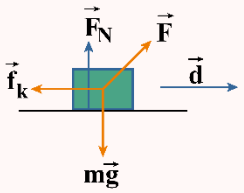
$$W_t = \cancel{W_{mg}}^{0} + \cancel{W_{\text{نیروی شناوری}}}^{0} + W_F = F.d$$

روش‌های محاسبهٔ کار کل

۱- قضیهٔ کار ـ انرژی جنبشی: اگر در سؤال، تندی یا انرژی جنبشی را بدهند، برای محاسبهٔ کار کل بهتر است از قضیهٔ کار ـ انرژی جنبشی استفاده کنیم:

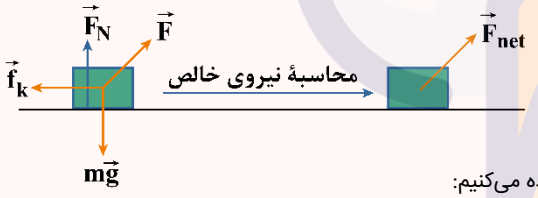
$$W_t = K_2 - K_1 \xrightarrow{K=\frac{1}{2}mv^2} W_t = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2)$$

۲- کار تک‌تک نیروها را جداگانه به‌دست می‌آوریم و درنهایت همهٔ آن‌ها را جمع جبری می‌کنیم:



$$W_t = W_{mg} + W_{f_k} + W_{F_N} + W_F + \cdots$$

۳- ابتدا برایند نیروهای وارد بر جسم را به‌دست آورده و درنهایت کار نیروی برایند (نیروی خالص) را محاسبه می‌کنیم:



$$W_t = W_{F_{net}} \Rightarrow W_t = F_{net}d\cos\theta$$

✓ اگر شتاب حرکت جسم را داشته باشیم برای محاسبهٔ کار انجام‌شده بر روی جسم از رابطهٔ زیر استفاده می‌کنیم:

$$W_t = F_{net}d\cos\theta \xrightarrow{F_{net}=ma} W_t = m\,a\,d\cos\theta$$

فقط در حرکت تندشونده روی خط راست که شتاب، هم‌جهت جابه‌جایی است $(\theta = 0^\circ)$، نیازی به محاسبهٔ $\cos\theta$ نیست زیرا:

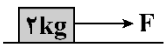
$$W_t = m\,a\,d\cos\theta \xrightarrow[\cos\theta=1]{\theta=0^\circ} W_t = m\,a\,d$$

نکته

در اکثر سؤالات نیاز است تا کار کل را از دو روش بالا به‌دست آورده و مساوی هم قرار دهیم تا مجهول مسئله محاسبه شود.

گروه آموزشی ماز

۴- در شکل زیر، نیروی افقی و ثابت F، جسم را روی سطح افقی دارای اصطکاکی از حال سکون به حرکت درمی‌آورد و بعد از طی مسافت ۱۰ متر، تندی جسم را به $5\frac{m}{s}$ می‌رساند. اندازهٔ نیروی F را چند نیوتون کاهش دهیم تا جسم با تندی ثابت به حرکت خود ادامه دهد؟



۱) ۲/۵ ۲) ۵ ۳) ۱۰ ۴) ۲۰

پاسخ: گزینهٔ ۱ (سخت ـ محاسباتی ـ ۱۰۰۳)

طبق قضیهٔ کار ـ انرژی جنبشی داریم: (f_k، نیروی اصطکاک جنبشی و F_N نیروی عمودی سطح است.)

$$W_t = \Delta K \Rightarrow \cancel{W_{mg}}^{0} + \cancel{W_{F_N}}^{0} + W_F + W_{f_k} = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2)$$

نیروی وزن و نیروی عمودی سطح، بر جابه‌جایی عمود هستند و کار آن‌ها صفر است.

$$\Rightarrow Fd\cos 0^\circ + f_k d\cos 180^\circ = \frac{1}{2}\times 2\times(5^2-0^2)$$

$$\Rightarrow F\times 10\times 1 + f_k\times 10\times(-1) = 25 \xrightarrow{\times\frac{1}{10}} F - f_k = 2/5 \Rightarrow F = f_k + 2/5 \quad (1)$$

حال فرض می‌کنیم اندازهٔ نیروی F کاهش یابد و به F' برسد و جسم با تندی ثابت حرکت کند؛ بنابراین، طبق قانون اول نیوتون، نیروهای وارد بر جسم باید متوازن باشند و نیروی خالص وارد بر جسم باید صفر باشد؛ بنابراین:

$$F' = f_k \xrightarrow{(1)} F - F' = (f_k + 2/5) - f_k = 2/5\,N$$

بنابراین، نیروی F باید ۲/۵N کاهش یابد.

گروه آموزشی ماز

۵- کودکی، سنگی را از بالای یک ساختمان پرتاب می‌کند. در کدام گزینه، کار نیروی وزن سنگ و تغییر انرژی پتانسیل گرانشی آن الزاماً قرینهٔ یکدیگرند؟

۱) فقط در پرتاب در راستای قائم رو به بالا
۲) فقط در پرتاب در راستای قائم رو به پایین
۳) فقط در پرتاب در راستای قائم
۴) در هر حالتی قرینهٔ یکدیگرند.

پاسخ: گزینهٔ ۴ (آسان ـ مفهومی ـ ۱۰۰۳)

طبق درس‌نامهٔ زیر، گزینهٔ (۴) صحیح است.

نکته

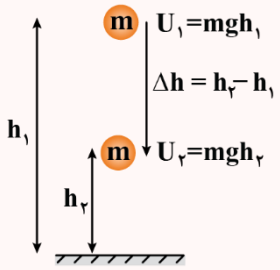
کار نیروی وزن، مستقل از مسیر حرکت است و فقط به جابه‌جایی قائم جسم بستگی دارد.

نکته

کار نیروی وزن و تغییر انرژی پتانسیل گرانشی یک جسم، همواره قرینهٔ یکدیگرند و این رابطه برای هر مسیر دلخواهی برقرار است.

تغییر انرژی پتانسیل گرانشی

با تغییر ارتفاع، انرژی پتانسیل گرانشی جسم تغییر می‌کند:



تغییر انرژی پتانسیل گرانشی: $\Delta U = U_2 - U_1 = mgh_2 - mgh_1 = mg(h_2 - h_1) \Rightarrow \Delta U = mg\Delta h$

کار نیروی وزن و تغییر انرژی پتانسیل گرانشی:

کار نیروی وزن برابر با منفی تغییر انرژی پتانسیل گرانشی است.

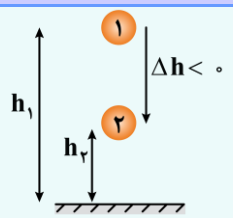
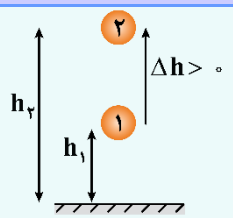
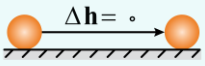
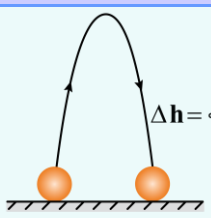
$$\left.\begin{array}{l} \text{تغییر انرژی پتانسیل گرانشی}: \Delta U_g = mg\Delta h \\ \text{کار نیروی وزن}: W_{mg} = -mg\Delta h \end{array}\right\} \Rightarrow W_{mg} = -\Delta U_g$$

نکتهٔ ۱

۱- هنگامی که جسمی **رو به پایین** حرکت می‌کند h کاهش می‌یابد (Δh منفی)، نیروی وزن جسم کار **مثبت** انجام می‌دهد و انرژی پتانسیل گرانشی **کاهش** می‌یابد.

۲- هنگامی که جسمی **رو به بالا** حرکت می‌کند h افزایش می‌یابد (Δh مثبت)، نیروی وزن جسم کار **منفی** انجام می‌دهد و انرژی پتانسیل گرانشی **افزایش** می‌یابد.

۳- اگر ارتفاع جسم تغییر نکند، کار نیروی وزن صفر می‌شود و انرژی پتانسیل گرانشی **ثابت** می‌ماند.

حالت (۱)	حالت (۲)	حالت (۳)	حالت (۳)
			
$W_{mg}>0$ $\Delta U<0$	$W_{mg}<0$ $\Delta U>0$	$W_{mg}=0$ $\Delta U=0$	$W_{mg}=0$ $\Delta U=0$

نکتهٔ ۲

اگر مبدأ پتانسیل را تغییر دهیم انرژی پتانسیل تغییر می‌کند ولی کار نیروی وزن و تغییر انرژی پتانسیل ثابت می‌ماند. پس انرژی پتانسیل به مبدأ بستگی دارد ولی کار نیروی وزن و تغییر انرژی پتانسیل به مبدأ وابسته نیست.

نکتهٔ ۳

در تست‌ها اگر مبدأ پتانسیل را مشخص کردند همان نقطه را مبدأ گرفته و سؤال را حل کنید؛ ولی اگر مبدأ پتانسیل مشخص نشد هر نقطه‌ای را که تمایل داشتید مبدأ بگیرید ولی ترجیحاً بهتر است پایین‌ترین نقطه‌ای که جسم در آن قرار می‌گیرد را مبدأ پتانسیل بگیرید.

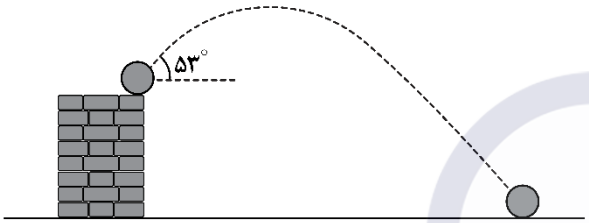
نکتهٔ ۴

در محاسبهٔ انرژی پتانسیل گرانشی، تغییر انرژی پتانسیل گرانشی و کار نیروی وزن ارتفاع قائم مهم است یعنی مسافت طی‌شده و مسیر حرکت اهمیتی ندارد.

گروه آموزشی ماز

۶- مطابق شکل گلوله‌ای به جرم ۱/۲kg با تندی اولیهٔ $۱۵\frac{m}{s}$ از بالای ساختمانی به ارتفاع ۱۲۵m، با زاویهٔ ۵۳° نسبت به افق پرتاب می‌شود. در چندمتری از سطح زمین، تندی گلوله ۳ برابر تندی لحظهٔ پرتاب می‌شود؟ ($g=۱۰\frac{N}{kg}$ ، $\cos ۳۷^\circ=۰/۸$ و از مقاومت هوا صرف‌نظر کنید.)

۱) ۳۳/۷۵
۲) ۳۵
۳) ۹۰
۴) ۹۱/۲۵



پاسخ: گزینهٔ ۲ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۰۰۳)

طبق اصل پایستگی انرژی مکانیکی می‌توانیم بنویسیم:

$$U_۱+K_۱=U_۲+K_۲ \xrightarrow[K_۲=۹K_۱]{v_۲=۳v_۱} U_۱+K_۱=U_۲+۹K_۱$$

$$\Rightarrow mgh_۱=mgh_۲+۸K_۱ \Rightarrow mgh_۱=mgh_۲+۸(\frac{۱}{۲}mv_۱^۲)$$

$$\Rightarrow gh_۱=gh_۲+۴v_۱^۲ \Rightarrow ۱۰(۱۲۵)=۱۰h_۲+۴(۱۵)^۲$$

$$۱۲۵۰-۹۰۰=۱۰h_۲ \Rightarrow h_۲=۳۵m$$

انرژی مکانیکی

مجموع انرژی‌های پتانسیل و جنبشی هر جسم را انرژی مکانیکی آن می‌نامیم.

$$E=U+K$$

E: انرژی مکانیکی U: انرژی پتانسیل K: انرژی جنبشی

اصل پایستگی انرژی مکانیکی

در مواردی که هنگام حرکت جسم فقط نیروی وزن کار انجام می‌دهد، انرژی مکانیکی جسم در نقاط مختلف مسیر یکسان است:

$$E_۱=E_۲ \Rightarrow U_۱+K_۱=U_۲+K_۲ \Rightarrow U_۱-U_۲=K_۲-K_۱ \Rightarrow \Delta U=-\Delta K$$

هرچقدر انرژی پتانسیل جسم کاهش یابد به همان میزان انرژی جنبشی جسم افزایش می‌یابد طوری که درنهایت مجموع آن‌ها یعنی انرژی مکانیکی ثابت بماند.

$$E_۱=E_۲ \quad و \quad \Delta U=-\Delta K$$

نکته

اصل پایستگی انرژی مکانیکی فقط و فقط برای شرایطی کاربرد دارد که بتوان اثر ناشی از نیروهای اتلافی مانند اصطکاک و مقاومت هوا را نادیده گرفت.

مثلاً وقتی یک جسم فقط تحت تأثیر نیروی وزن حرکت می‌کند، می‌توانیم با کمک اصل پایستگی انرژی، سؤال را حل کنیم.

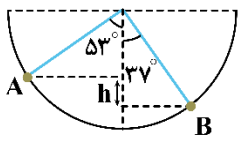
گروه آموزشی ماز

۷- وزنه‌ای را به نخی به طول ۲/۲۵ متر بسته و از سقف آویزان می‌کنیم. وزنه را روی دایره‌ای به شعاع نخ از حالت قائم آن‌قدر دور می‌کنیم تا زاویهٔ نخ با راستای قائم ۵۳° درجه شود و از این حالت وزنه را رها می‌کنیم. تندی وزنه زمانی که زاویهٔ نخ با راستای قائم به ۳۷° درجه می‌رسد، چند متر بر ثانیه می‌شود؟ ($g=۱۰\frac{N}{kg}$ ، $\sin ۵۳^\circ=۰/۸$ و مقاومت هوا و جرم نخ ناچیز است.)

۱) ۴/۲۵ ۲) ۳ ۳) ۱/۵ ۴) ۱

پاسخ: گزینهٔ ۲ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۰۰۳)

طبق اصل پایستگی انرژی مکانیکی می‌توانیم بنویسیم:



$$E_A = E_B$$

$$\Delta U + \Delta K = ۰$$

$$-mgh + \frac{۱}{۲}m(v_B^۲ - v_A^۲) = ۰$$

$$-gh + \frac{۱}{۲}v_B^۲ = ۰ \Rightarrow v_B^۲ = ۲gh$$

$$v_B^۲ = ۲\times۱۰\times(۲/۲۵\cos ۳۷° - ۲/۲۵\cos ۵۳°)$$

$$v_B^۲ = ۲۰\times۲/۲۵(۰/۸ - ۰/۶) = ۹ \Rightarrow v_B = ۳\frac{m}{s}$$

گروه آموزشی ماز

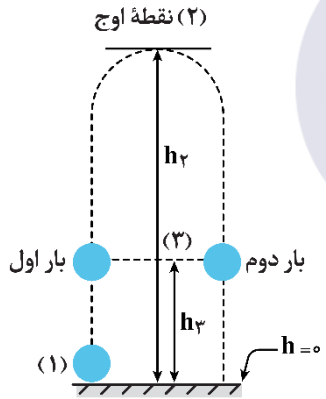
۸- گلوله‌ای را از سطح زمین و در راستای قائم رو به بالا پرتاب می‌کنیم. اگر پس از طی مسافت ۱۴۴m، برای دومین بار انرژی جنبشی گلوله ۴۰ درصد کم‌تر از انرژی جنبشی گلوله در لحظهٔ پرتاب باشد، گلوله حداکثر تا ارتفاع چند متر از سطح زمین بالا رفته است؟ ($g = ۱۰\frac{N}{kg}$، از مقاومت هوا صرف‌نظر کنید.)

۱) ۷۲ ۲) ۸۱ ۳) ۹۰ ۴) ۱۰۸

پاسخ: گزینهٔ ۳ (سخت ـ محاسباتی ـ ۱۰۰۳)

گام اول:

انرژی مکانیکی در نقاط (۱) و (۳) برابر است؛ بنابراین داریم:



$$U_۱ + K_۱ = U_۳ + K_۳$$

$$\frac{۱}{۲}mv_۱^۲ = mgh_۳ + ۰/۶(\frac{۱}{۲}mv_۱^۲)$$

$$۰/۵v_۱^۲ = ۱۰h_۳ + ۰/۳v_۱^۲ \Rightarrow ۰/۲v_۱^۲ = ۱۰h_۳ \Rightarrow v_۱^۲ = ۵۰h_۳$$

گام آخر:

انرژی مکانیکی در نقاط (۱) و (۲) نیز برابر است و می‌توان نوشت:

$$U_۱ + K_۱ = U_۲ + K_۲ \Rightarrow K_۱ = U_۲ \Rightarrow \frac{۱}{۲}mv_۱^۲ = mgh_۲$$

$$\Rightarrow \frac{۱}{۲}v_۱^۲ = ۱۰\times h_۲ \Rightarrow \frac{۱}{۲}\times(۵۰h_۳) = ۱۰h_۲ \Rightarrow h_۲ = ۲/۵h_۳$$

$$\text{مسافت طی‌شده} = h_۲ + (h_۲ - h_۳) = ۲h_۲ - h_۳ = ۲h_۲ - (\frac{h_۲}{۲/۵})$$

$$\text{مسافت طی‌شده} = \frac{۴h_۲}{۲/۵} = ۱۴۴ \Rightarrow h_۲ = ۹۰m$$

گروه آموزشی ماز

۹- توپ فوتبالی به جرم ۴۵۰g از نقطهٔ پنالتی با تندی $۱۸\frac{m}{s}$ به‌طرف دروازه شوت می‌شود و با تندی $۱۲\frac{m}{s}$ به تیرک افقی که ارتفاع آن ۲/۴۴m است، برخورد می‌کند. اندازهٔ کار نیروی مقاومت هوا در این مسیر چند ژول بوده است؟ ($g = ۱۰\frac{N}{kg}$)

۱) ۵۱/۴۸ ۲) ۲۹/۵۲ ۳) ۱۹/۰۸ ۴) ۲/۸۸

پاسخ: گزینهٔ ۲ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۰۰۳)

روش اول:

با استفاده از قضیهٔ کار ـ انرژی جنبشی می‌توان نوشت:

$$W_t = \Delta K$$

$$W_{mg} + W_{f_D} = \Delta K \Rightarrow -mg\Delta h + W_{f_D} = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2)$$

$$\Rightarrow -0/45\times 10\times 2/44 + W_{f_D} = \frac{1}{2}(0/45)(12^2 - 18^2)$$

$$\Rightarrow -10/98 + W_{f_D} = -40/5 \Rightarrow W_{f_D} = -29/52J$$

روش دوم:

کار نیروی اتلافی برابر تغییرات انرژی مکانیکی است؛ بنابراین می‌توانیم بنویسیم:

۱) لحظهٔ شوت زدن توپ

۲) لحظهٔ برخورد توپ به تیرک

$$E_2 - E_1 = W_f \xrightarrow[E_2=K_2+U_2]{E_1=K_1+\cancel{U_1}^{\,0}} K_2 + U_2 - K_1 = W_f$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}mv_2^2 + mgh - \frac{1}{2}mv_1^2 = W_f \xrightarrow[v_2=12\frac{m}{s},\ h=2/44m]{m=450g=0/45kg,\ v_1=18\frac{m}{s}}$$

$$W_f = (\frac{1}{2}\times 0/45\times 144) + (0/45\times 10\times 2/44) - (\frac{1}{2}\times 0/45\times 324) = -29/52J$$

انرژی درونی

«انرژی درونی یک جسم، مجموع انرژی ذره‌های تشکیل‌دهندهٔ آن است.»

عوامل مؤثر بر انرژی درونی یک جسم:

۱- **تعداد ذرات جسم:** هرچه تعداد ذرات یک جسم بیش‌تر باشد، انرژی درونی جسم بیش‌تر است.

۲- **انرژی هر ذره:** هرچه ذرات جسم انرژی بیش‌تری داشته باشند، انرژی درونی جسم بیش‌تر است.

قضیهٔ کار و انرژی درونی

اگر در طول مسیر، نیروهای اصطکاک و مقاومت هوا به جسم وارد شوند و روی جسم، کار منفی انجام دهند، بخشی از انرژی مکانیکی جسم را به انرژی درونی جسم، سطح مسیر و هوا تبدیل می‌کنند.

کاهش انرژی مکانیکی به‌صورت افزایش انرژی درونی جسم و محیط اطراف آن (سطح مسیر و هوا) درمی‌آید.

تغییر انرژی مکانیکی جسم = کار انجام‌شده توسط نیروهای اتلافی

$$W_f = E_2 - E_1$$

W_f : تلفات انرژی (تغییر انرژی درونی سامانه) می‌باشد که در تست‌ها با حالت‌های زیر مواجه خواهید شد:

۱- اگر در سؤال، بحث نیروی اصطکاک و مقاومت هوا شد، به‌جای تلفات انرژی باید کار نیروی اصطکاک و مقاومت هوا را قرار دهید.

$$W_{f_k} = -f_k \times L \quad , \quad W_{f_{air}} = -f_{air} \times L$$

۲- علامت تلفات انرژی باید حتماً منفی باشد. مثلاً اگر در سؤالی گفته شد تلفات انرژی ۷ ژول است باید در رابطه $-7J$ را قرار دهید.

۳- ممکن است تلفات انرژی را برحسب درصد بدهند. مثلاً اگر گفته شود تلفات انرژی ۳۰ درصد انرژی جنبشی اولیه است، شما در رابطه به‌جای تلفات $-\frac{30}{100}K_1$ را قرار دهید.

نکته

۱- کار نیروهای اصطکاک و مقاومت هوا منفی است. این کار باعث کاهش یافتن انرژی مکانیکی جسم می‌شود؛ به عبارت دیگر:

$$E_2 - E_1 = W_f$$

با توجه به این‌که علامت کار منفی است، E_2 کوچک‌تر از E_1 می‌باشد.

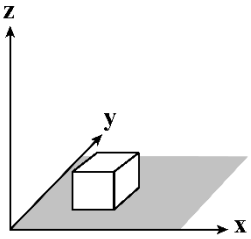
۲- انرژی مکانیکی که جسم از دست می‌دهد، صرف افزایش انرژی درونی محیط و جسم می‌شود؛ به عبارت دیگر تغییرات انرژی درونی محیط و جسم برابر $E_1 - E_2$ خواهد بود.

مثال ۱

در شکل مقابل، توپ درحال حرکتی که انرژی جنبشی دارد را با دست متوقف می‌کنیم. انرژی جنبشی توپ در اثر برخورد با مولکول‌های هوا و دست باعث گرم شدن مولکول‌های هوا و دست می‌شود. درواقع گفته می‌شود انرژی درونی مولکول‌های هوا و دست افزایش می‌یابد، پس انرژی جنبشی توپ از بین نرفته و تبدیل به انرژی درونی شده است.

گروه آموزشی ماز

۱۰- مطابق شکل، جسمی به جرم ۱kg بر روی سطح افقی درحال حرکت است. زمانی که تندی جسم $۱/۲\frac{m}{s}$ است، نیروی $\vec{F}=(۲N)\vec{i}+(۱N)\vec{j}$ موازی با سطح افقی به آن وارد شده و پس از جابه‌جایی $\vec{d}=(۶m)i+(۳m)j$، تندی آن به $۳/۸\frac{m}{s}$ می‌رسد. کار نیروی اصطکاک وارد بر جسم در این جابه‌جایی چند ژول است؟



۱) ۸/۵
۲) -۸/۵
۳) ۲/۶
۴) -۲/۶

پاسخ: گزینهٔ ۲ (سخت ـ محاسباتی ـ ۱۰۰۳)

طبق قضیهٔ کار ـ انرژی جنبشی می‌توانیم بنویسیم:

$$W_t=\Delta K \Rightarrow W_F+W_{f_k}=\Delta K$$

$$(F_x d_x+F_y d_y)+W_{f_k}=\frac{۱}{۲}m(v_۲^۲-v_۱^۲)$$

$$\Rightarrow (۲\times۶+۱\times۳)+W_{f_k}=\frac{۱}{۲}(۱)(۳/۸^۲-۱/۲)^۲$$

$$۱۵+W_{f_k}=۰/۵(۳/۸+۱/۲)(۳/۸-۱/۲)$$

$$۱۵+W_{f_k}=۰/۵(۵)(۲/۶)\Rightarrow W_{f_k}=-۸/۵J$$

نکته

کار نیروی $\vec{F}=F_x\vec{i}+F_y\vec{j}$ در جابه‌جایی $\vec{d}=d_x\vec{i}+d_y\vec{j}$ برابر است با:

$$W=F_x d_x+F_y d_y$$

گروه آموزشی ماز

۱۱- پمپ آبی در مدت ۲ ساعت، ۱۲۶ تن آب را از سطح زمین تا ارتفاع ۱۲ متر بالا می‌برد. اگر بازده این پمپ ۶۰ درصد باشد، توان این پمپ چند کیلووات است؟ $(g=۱۰\frac{N}{kg})$

۱) ۱/۷۵ ۲) ۳/۵ ۳) ۷ ۴) ۱۴

پاسخ: گزینهٔ ۲ (آسان ـ محاسباتی ـ ۱۰۰۳)

ابتدا توان مفید پمپ را به‌دست می‌آوریم:

$$P_{مفید}=\frac{W_{مفید}}{\Delta t}=\frac{mg\Delta h}{\Delta t}=\frac{۱۲۶\times۱۰^۳\times۱۰\times۱۲}{۲\times۶۰\times۶۰}=۲۱۰۰W$$

حال برای محاسبهٔ توان ورودی پمپ می‌توان نوشت:

$$Ra=\frac{P_{مفید}}{P_{ورودی}}\times۱۰۰\Rightarrow\frac{۶۰}{۱۰۰}=\frac{۲۱۰۰}{P_{ورودی}}\Rightarrow P_{ورودی}=۳۵۰۰W=۳/۵kW$$

توان (P)

توان (P): آهنگ انجام کار را توان می‌گویند که از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$P_{av}=\frac{W}{\Delta t}$$

توان، یک کمیت نرده‌ای است که یکای آن در SI، وات (W) است که معادل با ژول بر ثانیه $(\frac{J}{s})$ می‌باشد.

توان موتور وسایل نقلیه را برحسب اسب بخار (hp) بیان می‌کنند.

$1hp \simeq 746W$

نکتهٔ ۱

۱- توان درواقع بیانگر آهنگ انجام کار است؛ بنابراین هرچه توان، بیش‌تر باشد، یعنی مقدار کار معیّنی در مدت‌زمان کم‌تری صورت می‌گیرد یا در مدت‌زمان معیّن، کار بیش‌تری انجام می‌شود.

۲- توان مصرفی یک وسیله برابر آهنگ مصرف انرژی توسط آن وسیله است و داریم:

$$P_{مصرفی} = \frac{E_{مصرفی}}{\Delta t}$$

مثال

شخصی به جرم 72kg در مدت‌زمان 90s از تعداد ۵۰ پله با تندی ثابت بالا می‌رود. توان متوسط مفید او چند وات است؟

(ارتفاع هر پله را 30cm فرض کنید و $g = 10\frac{N}{kg}$.)

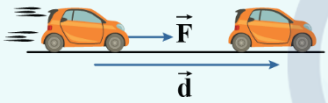
پاسخ تشریحی:

$$P_{av} = \frac{W}{\Delta t} = \frac{mgh}{\Delta t} \Rightarrow P_{av} = \frac{72 \times 10 \times (50 \times 0/3)}{90}$$

$$\Rightarrow P_{av} = 8 \times 15 \Rightarrow P_{av} = 120W$$

نکتهٔ ۲

اگر بر جسمی نیروی ثابت $\vec{F}$ وارد شود و جسم با سرعت ثابت حرکت کند، برای محاسبهٔ توان نیروی $\vec{F}$ می‌توان از رابطهٔ زیر استفاده کرد:

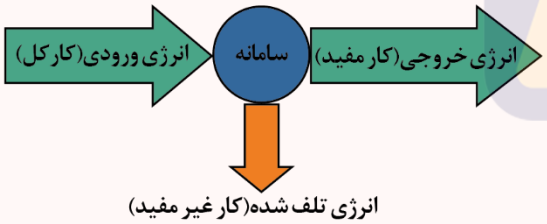


$$P_{av} = Fv\cos\theta$$

✓ برای محاسبهٔ توان نیروی خودرویی که با تندی ثابت درحال حرکت است، می‌توان از این رابطه استفاده کرد.

راندمان (بازده)

$$Ra = \frac{\text{انرژی مفید (خروجی)}}{\text{انرژی کل (ورودی)}} \times 100 = \frac{\text{توان مفید (خروجی)}}{\text{توان کل (ورودی)}} \times 100$$



✓ بازده، یکا ندارد و درصد آن همواره کوچک‌تر مساوی ۱۰۰ است.

ماشین آرمانی: $Ra = 100\%$

$$P_{کل} = P_{مفید} + P_{غیرمفید}$$

انواع توان

۱- توان کل (توان ورودی): توانی که به‌دستگاه می‌دهیم تا برای ما کار انجام دهد.

✓ وقتی گفته می‌شود توان دستگاه مثلاً ۲۰۰ وات است، منظور توان کل دستگاه است.

✓ توان کل اصولاً روی دستگاه نوشته می‌شود.

۲- توان غیرمفید (توان تلف‌شده در داخل دستگاه): این توان داخل دستگاه به‌صورت گرما و ... تلف می‌شود و صرف هدف اصلی دستگاه نمی‌شود.

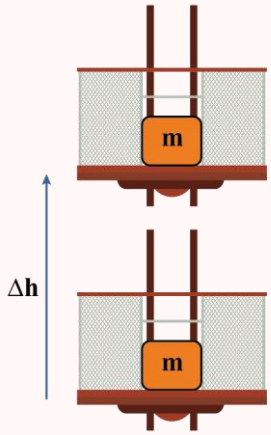
۳- توان مفید (خروجی): این توان از دستگاه خارج شده و صرف هدف اصلی دستگاه می‌شود.

این توان را در عمل و به‌صورت زیر محاسبه می‌کنیم:

$$P_{مفید} = \frac{W_{مفید}}{\Delta t}$$

نحوهٔ محاسبهٔ توان مفید بالابر و پمپ:

کار مفیدی که بالابر و پمپ بر روی جسم انجام می‌دهند، صرف افزایش انرژی مکانیکی جسم می‌شود، بنابراین:



$$P_{\text{مفید}} = \frac{W_{\text{مفید}}}{\Delta t} = \frac{\Delta E}{\Delta t} \quad \text{و} \quad \Delta E = mg\Delta h + \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2)$$

✓ در اکثر سؤالات، تندی جسم تغییر نمی‌کند (مثلاً جسم در ابتدا و انتها ساکن است)، در این حالت تغییر انرژی جنبشی جسم، صفر است و کار مفید برابر تغییر انرژی پتانسیل گرانشی جسم است:

$$\text{توان مفید پمپ (بالابر)}: P_{\text{مفید}} = \frac{mg\Delta h}{\Delta t}$$

گروه آموزشی ماز

۱۲- بالابری با توان ورودی ۳۰۰W با بازده ۶۰ درصد در شرایط خلأ، جسمی به جرم ۱/۵kg را در مدت ۱۵s از سطح زمین بالا برده سپس از حال سکون رها می‌کند. تندی جسم در لحظهٔ برخورد با زمین چند متر بر ثانیه است؟ $(g = 10\frac{N}{kg})$

۱) ۳۰ ۲) ۴۰ ۳) ۵۰ ۴) ۶۰

پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۰۰۳)

گام اول:

توان خروجی بالابر را حساب می‌کنیم:

$$Ra = \frac{P_{\text{خروجی}}}{P_{\text{ورودی}}} \xrightarrow[P_{\text{ورودی}}=300W]{Ra=\frac{60}{100}} \frac{60}{100} = \frac{P_{\text{خروجی}}}{300} \Rightarrow P_{\text{خروجی}} = 180W$$

گام دوم:

کار بالابر را حساب می‌کنیم:

$$P_{\text{خروجی}} = \frac{W}{\Delta t} \Rightarrow 180 = \frac{W}{15} \Rightarrow W = 2700J$$

گام سوم:

ارتفاعی که بالابر جسم را بالا برده است را حساب می‌کنیم:

$$W = mgh \Rightarrow 2700 = 1/5 \times 10 \times h \Rightarrow h = 180m$$

گام آخر:

تندی برخورد جسم به زمین در اثر رها شدن از ارتفاع ۱۸۰ متری را به‌دست می‌آوریم:

$$E_1 = E_2 \xrightarrow[E_2=K_2+\cancelto{0}{U_2}]{E_1=\cancelto{0}{K_1}+U_1} U_1 = K_2 \Rightarrow mgh = \frac{1}{2}mv_2^2$$

$$\Rightarrow gh = \frac{1}{2}v_2^2 \Rightarrow 10 \times 180 = \frac{1}{2} \times v_2^2 \Rightarrow v_2 = 60\frac{m}{s}$$

میان‌بُر

پس از آن‌که در گام دوم محاسبه کردیم کار بالابر برابر ۲۷۰۰J است (یعنی انرژی پتانسیل جسم به ۲۷۰۰J رسیده است)، می‌توانستیم بدون محاسبهٔ ارتفاع و با استفادهٔ مستقیم از پایستگی انرژی، تندی نهایی را به‌دست آوریم:

$$K = 2700J \Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 = 2700 \Rightarrow \frac{1}{2} \times 1/5v^2 = 2700 \Rightarrow v^2 = 3600 \Rightarrow v = 60\frac{m}{s}$$

گروه آموزشی ماز

۱۳- اگر مقدار عددی دمای جسمی برحسب سلسیوس ۵ برابر مقدار عددی آن برحسب درجهٔ فارنهایت باشد، دمای جسم چند کلوین است؟

۱) ۲۹۳ ۲) ۲۵۳ ۳) ۳۱۲ ۴) ۲۳۳

پاسخ: گزینهٔ ۲ (آسان ـ محاسباتی ـ ۱۰۰۴)

دمای جسم برحسب سلسیوس ۵ برابر دمای آن برحسب فارنهایت است؛ بنابراین دمای جسم برحسب سلسیوس برابر است با:

$$F=\frac{۹}{۵}\theta+۳۲ \xrightarrow{\theta=\Delta F \Rightarrow F=\frac{۱}{۵}\theta} \frac{۱}{۵}\theta=\frac{۹}{۵}\theta+۳۲ \Rightarrow \frac{۸}{۵}\theta+۳۲=۰ \Rightarrow \theta=-۲۰^\circ C$$

حال دمای محاسبه‌شده برحسب درجهٔ سلسیوس را به کلوین تبدیل می‌کنیم:

$$T=\theta+۲۷۳ \Rightarrow T=-۲۰+۲۷۳=۲۵۳K$$

دما

۱- دمای هر جسم متناسب با متوسط انرژی جنبشی ذرات آن است؛ بنابراین هرچه دمای جسم بالاتر باشد (جسم داغ‌تر باشد)، متوسط انرژی جنبشی ذرات آن‌هم بیش‌تر است و هرچه دمای جسم پایین‌تر باشد (جسم سردتر باشد)، متوسط انرژی جنبشی ذرات آن‌هم کم‌تر است.

۲- یکاهای رایج برای بیان دما، درجهٔ سلسیوس، کلوین و درجهٔ فارنهایت هستند. در جدول زیر اطلاعات مورد نیاز برای تبدیل این یکاها به‌هم آورده شده است.

دما	نماد	یکا	تبدیل
دما برحسب درجهٔ سلسیوس	θ	°C	
دما برحسب کلوین	T	K	$T=\theta+۲۷۳$
دما برحسب درجهٔ فارنهایت	F	°F	$F=\frac{۹}{۵}\theta+۳۲$

۳- گاهی به‌جای خود دما، می‌خواهیم تغییرات دما $(\Delta\theta)$ را برحسب یکاهای مختلف به‌هم تبدیل کنیم. برای این کار از روابط زیر استفاده می‌کنیم:

$$\Delta\theta=\Delta T \quad و \quad \Delta F=\frac{۹}{۵}\Delta\theta$$

گروه آموزشی ماز

۱۴- چه تعداد از موارد زیر صحیح است؟

الف: کمیت دماسنجی ترموکوپل، اختلاف پتانسیل الکتریکی است.

ب: پیرومتر جزو دماسنج‌های معیار محسوب می‌شود.

پ: ترموکوپل به‌دلیل داشتن جرم کم و به تعادل گرمایی رسیدن سریع با دستگاه اندازه‌گیری دما، در مدارهای الکترونیکی استفاده نمی‌شود.

ت: از دماسنج بیشینه و کمینه در مرکزهای پرورش گل و گیاه و باغداری استفاده می‌شود.

۱) ۴ ۲) ۳ ۳) ۲ ۴) ۱

پاسخ: گزینهٔ ۲ (آسان ـ خط‌به‌خط کتاب درسی ـ ۱۰۰۴)

موارد «الف»، «ب» و «ت» درست هستند.

بررسی سایر موارد:

پ) ترموکوپل به‌دلیل جرم کم محل اتصال، خیلی سریع با دستگاهی که دمای آن اندازه‌گیری می‌شود به حالت تعادل گرمایی می‌رسد. این ویژگی از مزیت‌های آن به شمار می‌رود و در مدارهای الکترونیکی کاربرد دارد.

دما و دماسنجی

در این قسمت، انواع دماسنج‌ها را باهم مرور می‌کنیم:

دماسنج‌ها
- معیار: دماسنج‌های استاندارد و دقیقی هستند که در کارهای علمی مورد استفاده قرار می‌گیرند.
- غیرمعیار: این دماسنج‌ها استفادهٔ روزمره دارند و دقت آن‌ها کم‌تر از دماسنج‌های معیار است.

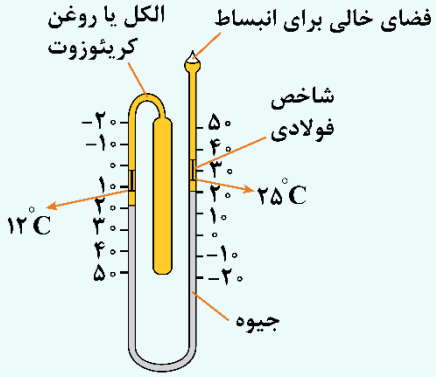
چند نمونه از دماسنج‌های معیار و غیرمعیار در قسمت زیر آورده شده است:

دماسنج‌های معیار
- دماسنج گازی
- دماسنج مقاومت پلاتینی
- تف‌سنج (پیرومتر)

دماسنج‌های غیرمعیار
- دماسنج الکلی
- دماسنج جیوه‌ای
- ترموکوپل
- دماسنج بیشینه ـ کمینه

نکتهٔ ۱

دماسنج «بیشینه ـ کمینه» دماسنجی است که در یک مدت معیّن (مثلاً یک شبانه‌روز)، کمینه و بیشینهٔ دما را ثبت می‌کند و به همین دلیل در جاهایی مثل گلخانه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.



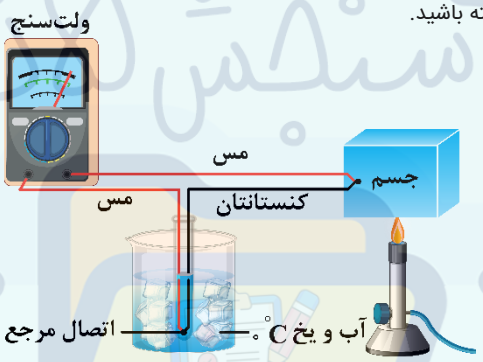
نکتهٔ ۲

دماسنج‌ها به‌طور مستقیم دما را اندازه نمی‌گیرند، بلکه کمیت دیگری را که به دما وابسته است اندازه می‌گیرند تا با کمک آن، دما مشخص شود. به این کمیت، کمیت دماسنجی می‌گویند. در جدول زیر، چند نمونه از کمیت‌های دماسنجی برای دماسنج‌های مختلف آورده شده است:

نوع دماسنج	الکلی و جیوه‌ای	ترموکوپل	دماسنج گازی	مقاومت پلاتینی
کمیت دماسنجی	طول ستون مایع	ولتاژ الکتریکی	فشار گاز	مقاومت الکتریکی

نکتهٔ ۳

در مورد ترموکوپل، بد نیست نکات زیر را به‌خاطر داشته باشید.



۱- کمیت دماسنجی آن ولتاژ الکتریکی است.

۲- سرعت اندازه‌گیری دما در آن بالا است، زیرا محل اتصال به‌دلیل جرم کم خیلی سریع با جسمی که دمای آن اندازه‌گیری می‌شود به تعادل می‌رسد.

۳- هرچه اختلاف دما بیش‌تر باشد، ولتاژ اندازه‌گیری‌شده هم بیش‌تر خواهد بود.

۴- بسته به جنس فلزهای آن، می‌تواند از $-۲۷۰°C$ تا $۱۳۷۲°C$ را اندازه بگیرد.

۵- حتماً از دو فلز مختلف ساخته می‌شود. به‌عنوان نمونه می‌توان از مس و کنستانتان در ساختن آن استفاده کرد.

۶- در گذشته به‌عنوان دماسنج معیار درنظر گرفته می‌شد ولی امروزه آن را از فهرست دماسنج‌های معیار کنار گذاشته‌اند.

گروه آموزشی ماز

۱۵- به جسمی به جرم ۲۰۰ گرم، ۴ کیلوژول گرما می‌دهیم و در این عمل، دمای آن به‌اندازهٔ ۵۰ کلوین افزایش می‌یابد. ظرفیت گرمایی این جسم چند ژول بر درجهٔ سلسیوس است؟

۱) ۴۰ ۲) ۸۰ ۳) ۴۰۰ ۴) ۸۰۰

پاسخ: گزینهٔ ۲ (آسان ـ محاسباتی ـ ۱۰۰۴)

با توجه به رابطهٔ زیر، ظرفیت گرمایی جسم را به‌دست می‌آوریم:

$$Q = mc\Delta\theta \xrightarrow{\text{ظرفیت گرمایی}:C=mc} Q = C\Delta\theta$$

$$\Rightarrow ۴\times۱۰^{۳} = C\times۵۰ \Rightarrow \text{ظرفیت گرمایی}: C = ۸۰\frac{J}{°C}$$

گرما

هنگامی که به یک جسم، گرما می‌دهیم، دو حالت می‌تواند رخ دهد.

گرما

۱- می‌تواند باعث تغییر دمای یک جسم شود. مثلاً وقتی به آب درون کتری گرما می‌دهیم، داغ می‌شود و دمای آن بالا می‌رود.

۲- می‌تواند باعث تغییر حالت (فاز) جسم شود. مثلاً وقتی به یک قطعه یخ صفر درجهٔ سلسیوس گرما می‌دهیم، ذوب خواهد شد.

در این قسمت به بررسی بالا رفتن دمای جسم براثر گرما می‌پردازیم.

گرمای لازم برای تغییر دما

این گرما با جرم جسم و تغییر دمای آن متناسب است و طبق رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$Q = mc\Delta\theta$ یا $Q = C\Delta\theta$

در این روابط، c گرمای ویژهٔ جسم و C، ظرفیت گرمایی آن است.

گرمای ویژه: مقدار گرمایی است که یک کیلوگرم از ماده می‌گیرد تا دمای آن یک درجهٔ سلسیوس بالا برود. گرمای ویژه وابسته به جنس ماده است و یکای استاندارد آن $\frac{J}{kg.K}$ است.

ظرفیت گرمایی

مقدار گرمایی که جسم می‌گیرد تا دمای آن $1^\circ C$ (یا $1\,K$) افزایش یابد، ظرفیت گرمایی گویند و یکای SI آن $\frac{J}{k}$ است.

تذکر

$Q > 0$ نشان‌دهندهٔ گرما گرفتن و $Q < 0$ نشان‌دهندهٔ گرما از دست دادن است.

گروه آموزشی ماز

۱۶- درون یک ظرف مسی به جرم ۸۰۰g، ۴kg مایعی با گرمای ویژهٔ $1/6\frac{kJ}{kg.K}$ و نقطهٔ جوش $80^\circ C$ قرار دارد و دمای مجموعه $40^\circ C$ است. اگر این مجموعه از یک گرمکن با توان ورودی ۴kW و بازده ۵۰ درصد گرما دریافت کند، پس از چند دقیقه ۲/۴kg از مایع تبخیر می‌شود؟ (گرمای ویژهٔ مس $400\frac{J}{kg^\circ C}$، گرمای نهان تبخیر مایع در نقطهٔ جوش $80\frac{J}{g}$ و تبخیر سطحی مایع ناچیز است.)

۱) ۳/۸۴ ۲) ۲/۲۵ ۳) ۲/۱۰ ۴) ۱

پاسخ: گزینهٔ ۱ (سخت ـ محاسباتی ـ ۱۰۰۴)

توان گرمکن ۴kW و بازده آن ۵۰ درصد است. پس توان مفید آن برابر ۲kW است. از طرفی گرمای لازم برای این‌که درنهایت ۲/۴kg از مایع تبخیر شود، به‌صورت زیر است:

$$Q_t = Q_{\text{ظرف}} + Q_{\text{مایع}} + Q_{\text{تبخیر مایع}} = mc\Delta\theta_{\text{ظرف}} + mc\Delta\theta_{\text{مایع}} + mL_V$$

$$\Rightarrow Q_t = 0/800\times400\times(80-40) + 4\times1600\times(80-40) + 2/4\times80\times10^3$$

$$Q_t = 12800 + 256000 + 192000 \Rightarrow Q_t = 460800\,J$$

درنتیجه داریم:

$$P_{\text{مفید}} = \frac{Q_{\text{کل}}}{t} \Rightarrow t = \frac{Q_{\text{کل}}}{P_{\text{مفید}}} = \frac{460800}{2000} = 230/4\,s = 3/84\,min$$

ذوب و انجماد

در فرایند ذوب، جسم جامد گرما می‌گیرد تا در دمای ثابت، حالت آن از جامد به مایع تغییر کند. گرما در این حالت برابر است با:

$Q_F = +mL_F$ $\qquad$ L_F یکای : $\frac{J}{kg}$

در رابطهٔ بالا، L_F گرمای نهان ویژهٔ ذوب و انجماد است که وابسته به جنس ماده است.

گرمای نهان ویژهٔ ذوب: مقدار گرمایی است که یک کیلوگرم از جسم جامد می‌گیرد تا بدون تغییر دما در نقطهٔ ذوب به مایع تبدیل شود.

در فرایند انجماد، مایع گرما از دست می‌دهد تا در دمای ثابت، حالت آن از مایع به جامد تبدیل شود. گرمای مبادله‌شده در این حالت، قرینهٔ گرمای لازم برای ذوب است.

$Q_{\text{انجماد}} = -mL_F$ $\qquad$ $Q_{\text{انجماد}} < 0$

تبخیر و میعان

در فرایند تبخیر، مایع گرما می‌گیرد تا در دمای ثابت، حالت آن از مایع به بخار (گاز) تغییر کند. دقت کنید که تبخیر در هر دمایی می‌تواند رخ دهد. برای محاسبهٔ گرمای تبخیر داریم:

$Q_V = mL_V$ $\qquad$ L_V یکای: $\frac{J}{kg}$

در رابطهٔ بالا، L_V گرمای نهان ویژهٔ تبخیر و میعان است که وابسته به جنس ماده و دمای آن است.

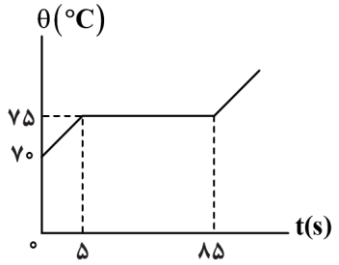
گرمای نهان ویژهٔ تبخیر: مقدار گرمایی است که یک کیلوگرم از مایع می‌گیرد تا بدون تغییر دما به بخار تبدیل شود.

در فرایند میعان که برعکس تبخیر است، گاز، گرما از دست می‌دهد تا در دمای ثابت به مایع تبدیل شود. گرمای مبادله‌شده در این حالت، قرینهٔ گرمای لازم برای تبخیر است و به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$Q_{میعان} = -mL_V$ $\qquad$ $Q_{میعان} < ۰$

گروه آموزشی ماز

۱۷- توسط گرمکنی با توان ۲۱۰ وات به جسم جامدی به جرم ۲۰۰ گرم گرما می‌دهیم. اگر نمودار تغییرات دمای این جسم برحسب زمان مطابق شکل باشد، گرمای نهان ذوب این جسم چند واحد SI است؟



۱) ۲۱۰۰۰
۲) ۴۲۰۰۰
۳) ۸۴۰۰۰
۴) ۱۶۸۰۰۰

پاسخ: گزینهٔ ۳ $\qquad$ (متوسط ـ نموداری ـ ۱۰۰۴)

از لحظهٔ $t = ۵s$ تا $t = ۸۵s$، یعنی به مدت‌زمان $۸۵ - ۵ = ۸۰s$ با توان ۲۱۰ وات گرما داده‌ایم تا جسم از حالت جامد به مایع تبدیل شده است؛ بنابراین برای محاسبهٔ گرمای نهان ذوب جسم می‌توان نوشت:

$$Q = mL_F \xrightarrow{Q=P\Delta t} P\Delta t = mL_F \Rightarrow ۲۱۰ \times ۸۰ = ۰/۲L_F$$

$$\Rightarrow L_F = ۸۴۰۰۰ \frac{J}{kg}$$

مراحل گرما گرفتن یک جسم جامد

فرض کنید یک جسم جامد داریم که به‌آرامی به آن گرما می‌دهیم. این جسم مراحل زیر را طی می‌کند:

۱- در ابتدا با گرفتن گرما، دمای جسم جامد بالا می‌رود تا به دمای ذوب برسد. در این مرحله، گرمای گرفته‌شده از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$Q = mc_{جامد}\Delta\theta$$

۲- پس از رسیدن به دمای ذوب، جسم جامد با گرفتن گرما به‌تدریج ذوب می‌شود و دمای آن ثابت می‌ماند. فرایند ذوب شدن می‌تواند آن‌قدر ادامه پیدا کند تا کل جسم جامد ذوب شود. گرمای گرفته‌شده در این مرحله برابر است با:

$$Q = mL_F$$

۳- پس از آن‌که جسم جامد به‌طور کامل ذوب شد، مایع به‌دست‌آمده گرما می‌گیرد و دمای آن به‌تدریج بالا می‌رود. گرمای گرفته‌شده در این مرحله برابر است با:

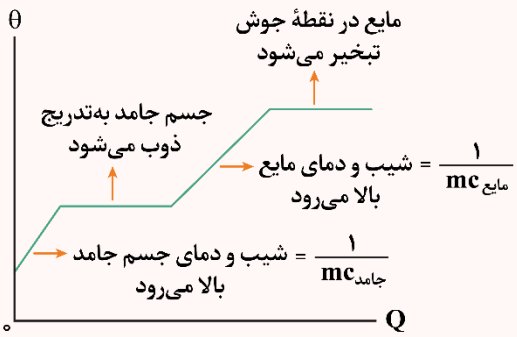
$$Q = mc_{مایع}\Delta\theta$$

در این مرحله از تبخیر سطحی مایع صرف‌نظر کرده‌ایم.

۴- پس از آن‌که دمای مایع تا دمای جوش بالا رفت، مایع با گرفتن گرمای بیش‌تر شروع به تبخیر شدن می‌کند. گرمای گرفته‌شده در این مرحله برابر است با:

$$Q = mL_V$$

مراحل فوق را می‌توان در نمودار زیر به‌طور خلاصه بیان کرد:



۱۸- درون گرماسنجی با ظرفیت گرمایی $۲۱۰۰\frac{J}{K}$، ۲kg آب با دمای ۸°C درحال تعادل است. گلولهٔ فلزی به جرم ۱/۱kg با دمای ۵۰°C را درون آب می‌اندازیم و پس از رسیدن به تعادل گرمایی، دمای مجموعه ۱۰°C می‌شود. در این مدت چند کیلوژول گرما تلف شده است؟

$(c_{فلز}=۵۰۰\frac{J}{kg°C}\ ,\ c_{آب}=۴۲۰۰\frac{J}{kg°C})$

۱) ۰/۲۵ ۲) ۰/۵ ۳) ۰/۷۵ ۴) ۱

پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۰۰۴)

گرمایی که آب و گرماسنج می‌گیرند تا به دمای ۱۰°C برسند برابر است با:

$$Q_۱=mc\Delta\theta_{آب}+C\Delta\theta_{گرماسنج}=۲\times۴۲۰۰\times۲+۲۱۰۰\times۲$$

$$Q_۱=۲۱۰۰۰J=۲۱kJ$$

گرمایی که فلز از دست می‌دهد تا به دمای ۱۰°C برسد:

$$|Q_۲|=mc|\Delta\theta|=۱/۱\times۵۰۰\times۴۰=۲۲۰۰۰J=۲۲kJ$$

بنابراین در این مدت $۲۲-۲۱=۱kJ$ گرما تلف شده است.

تعادل با اتلاف

اگر در مدت‌زمانی که دو یا چند جسم به تعادل گرمایی می‌رسند، بخشی از گرما تلف شود، طبق قانون پایستگی انرژی می‌توانیم بگوییم مجموع مقادیر گرماهای داده‌شده در فرایندهای گرماده، برابر است با مجموع گرماهای گرفته‌شده در فرایندهای گرماگیر با مقدار گرمای تلف‌شده و داریم:

$$|Q_{داده\,شده}|=Q_{گرفته\,شده}+|Q_{اتلافی}|$$

مثال

گرمکنی ۲۸kJ گرما به ۰/۵kg آب ۵۰°C می‌دهد و دمای آن را به ۶۰°C می‌رساند. چند درصد از گرما تلف شده است؟ $(c_{آب}=۴۲۰۰\frac{J}{kg°C})$

پاسخ تشریحی:

$$\overbrace{|Q_{داده\,شده}|}^{۲۸kJ}=\overbrace{Q_{گرفته\,شده}}^{mc\Delta\theta}+Q_{اتلافی}\Rightarrow ۲۸۰۰۰=\overbrace{(۰/۵\times۴۲۰۰\times۱۰)}^{۲۱۰۰۰}+Q_{اتلافی}$$

$$\Rightarrow Q_{اتلافی}=۷۰۰۰J$$

$$\Rightarrow\frac{Q_{اتلافی}}{|Q_{داده\,شده}|}\times۱۰۰=\frac{۷۰۰۰}{۲۸۰۰۰}\times۱۰۰=۲۵\ درصد$$

گروه آموزشی ماز

۱۹- مقداری یخ با دمای ۱۰°C− را درون ۲۵۰g آب ۲۵°C می‌ریزیم. اگر تا رسیدن به تعادل گرمایی آب ۲۱kJ گرما از دست بدهد، جرم یخ اولیه تقریباً چند گرم بوده است؟ ($L_F=۳۳۶\frac{kJ}{kg}$ ، $c_{آب}=۲c_{یخ}=۴/۲\frac{J}{g°C}$ و از اتلاف گرما صرف‌نظر شود.)

۱) ۲۸ ۲) ۳۵ ۳) ۴۲ ۴) ۵۶

پاسخ: گزینهٔ ۴ (سخت ـ محاسباتی ـ ۱۰۰۴)

گام اول:

۲۵۰ گرم آب ۱۵°C با از دست دادن ۲۱kJ گرما به تعادل می‌رسد. دمای تعادل (θ_e) را به‌دست می‌آوریم:

$$Q_{آب}=mc\Delta\theta\Rightarrow-۲۱۰۰۰=۰/۲۵\times۴۲۰۰\times\Delta\theta$$

$$\Rightarrow\Delta\theta=-۲۰\Rightarrow\theta_e-۲۵=-۲۰\Rightarrow\theta_e=۵°C$$

گام آخر:

مقدار گرمایی که آب از دست می‌دهد با مقدار گرمایی که m گرم یخ ۱۰°C− دریافت می‌کند تا به تعادل گرمایی برسد، برابر است؛ بنابراین داریم:

$$-۱۰°C\ یخ\xrightarrow{Q_۱}یخ\ صفر\xrightarrow{Q_۲}آب\ صفر\xrightarrow{Q_۳}۵°C\ آب$$

$$Q_۱+Q_۲+Q_۳=+۲۱kJ\Rightarrow mc\Delta\theta_{یخ}+mL_{F_{ذوب}}+mc\Delta\theta_{آب}=۲۱۰۰۰$$

$$\Rightarrow m\times۲۱۰۰\times۱۰+m\times۳۳۶۰۰۰+m\times۴۲۰۰\times۵=۲۱۰۰۰$$

$$\Rightarrow ۳۷۸۰۰۰m=۲۱۰۰۰\Rightarrow m\simeq۰/۰۵۶kg=۵۶g$$

تعادل با تغییر فاز

در این بخش به بررسی سؤالات تعادل گرمایی در حالتی می‌پردازیم که تغییر فاز وجود دارد و دما و حالت نهایی را می‌دانیم.

در این حالت چون دمای نهایی را می‌دانیم، از ابتدا می‌دانیم که چه موادی تغییر حالت می‌دهند و چه موادی تغییر حالت نمی‌دهند؛ بنابراین می‌توانیم بازهم مثل قسمت قبل، از پایستگی انرژی استفاده کنیم. فقط باید دقت کنیم که گرما علاوه‌بر فرم $Q = mc\Delta\theta$ ، به فرم $Q = mL_F$ و $Q = mL_V$ هم می‌تواند وجود داشته باشد.

تذکر

استفاده از رابطهٔ $\theta_e = \dfrac{m_1c_1\theta_1 + m_2c_2\theta_2}{m_1c_1 + m_2c_2}$ فقط مربوط به وقتی است که تغییر حالت نداریم. در این بخش از این رابطه استفاده نکنید!

با حل یک مثال، شیوهٔ حل سؤالات این بخش را یاد می‌گیریم.

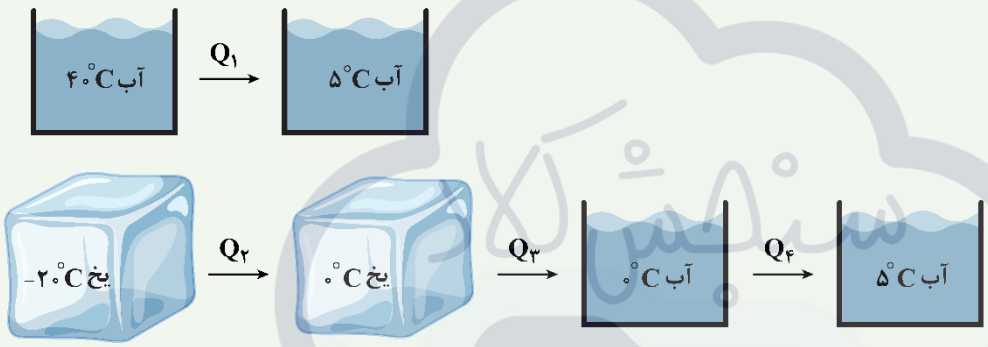
مثال

درون ۴ kg آب ۴۰°C ، چند کیلوگرم یخ با دمای ۲۰°C− بیندازیم تا دمای نهایی برابر ۵°C شود؟

$$(c_{\text{آب}} = 4200\frac{J}{kg.K} \ , \ c_{\text{یخ}} = 2100\frac{J}{kg.K} \ , \ L_F = 336000\frac{J}{kg})$$

پاسخ تشریحی:

ابتدا دقت کنید که چون دمای نهایی ۵°C است، حتماً تمام یخ ذوب شده است؛ بنابراین تغییر حالت را می‌دانیم. به شکل زیر توجه کنید:



پایستگی انرژی: $\overbrace{Q_1}^{\text{گرمای آب}} + \overbrace{Q_2 + Q_3 + Q_4}^{\text{گرمای یخ}} = 0$

$$\rightarrow m_{\text{آب}}c_{\text{آب}}(5-40) + m_{\text{یخ}}c_{\text{یخ}}(0-(-20)) + m_{\text{یخ}}L_F + m_{\text{یخ}}c_{\text{آب}}(5-0) = 0$$

$$\xrightarrow[c_{\text{یخ}}=\frac{c_{\text{آب}}}{2}]{L_F=80c_{\text{آب}}} -35m_{\text{آب}}c_{\text{آب}} + m_{\text{یخ}}\frac{c_{\text{آب}}}{2}\times 20 + m_{\text{یخ}}\times 80c_{\text{آب}} + m_{\text{یخ}}c_{\text{آب}}\times 5 = 0$$

$$\xrightarrow[m_{\text{آب}}=4\,kg]{\text{ساده کردن به } c_{\text{آب}}} -35\times 4 + m_{\text{یخ}}\times 10 + m_{\text{یخ}}\times 80 + m_{\text{یخ}}\times 5 = 0$$

$$\rightarrow -140 + 95m_{\text{یخ}} = 0 \rightarrow m_{\text{یخ}} = \frac{140}{95} = \frac{28}{19}kg$$

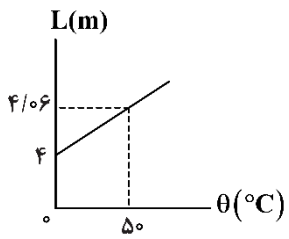
نتیجه: معمولاً در سؤالات تعادل آب و یخ می‌توانیم از روابط زیر استفاده کنیم.

$$c_{\text{یخ}} = \frac{1}{2}c_{\text{آب}} \ , \ L_F = 80c_{\text{آب}}$$

به عبارتی می‌توان در محاسبات از $c_{\text{آب}} = 4200$ فاکتور گرفت و درنهایت آن را ساده کرد.

گروه آموزشی ماز

۲۰- نمودار طول یک میله برحسب دماهای مختلف آن مطابق شکل می‌باشد. ضریب انبساط حجمی آن در SI کدام است؟



۱) 9×10^{-4}

۲) 6×10^{-4}

۳) 2×10^{-4}

۴) 3×10^{-4}

پاسخ: گزینهٔ ۱ (متوسط ـ نموداری ـ ۱۰۰۴)

گام اول:

ابتدا تغییر طول میله را در دمای $0°C$ تا $50°C$ محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta L = 4/06 - 4 = 0/06m$$

گام دوم:

با استفاده از رابطهٔ انبساط طولی، ضریب انبساط طولی (α) را می‌یابیم:

$$\Delta L = L_1 \alpha \Delta\theta$$

$$0/06 = 4 \times \alpha \times 50 \Rightarrow \alpha = \frac{0/06}{200} = 3 \times 10^{-4} \frac{1}{K}$$

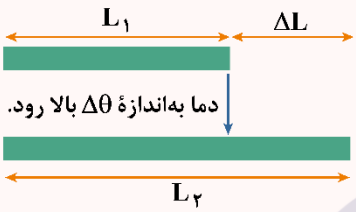
گام آخر:

ضریب انبساط حجمی میله برابر است با:

$$\beta = 3\alpha = 3 \times 3 \times 10^{-4} = 9 \times 10^{-4} \frac{1}{K}$$

انبساط طولی

۱- هنگامی که به یک جسم گرما می‌دهیم تا دمای آن به‌اندازهٔ $\Delta\theta$ بالا برود، طول آن مطابق رابطهٔ زیر تغییر می‌کند:



$$\Delta L = L_1 \alpha \Delta\theta$$

$$L_2 = L_1(1 + \alpha\Delta\theta)$$

α : ضریب انبساط طولی با یکای $\frac{1}{°C}$ یا $\frac{1}{K}$

۲- در سؤالات مربوط به انبساط طولی، سه چیز ممکن است پرسیده شود:

الف) طول جسم چند برابر شده است؟

$$L_2 = L_1(1 + \alpha\Delta\theta) \Rightarrow \text{چند برابر شدن طول}: \frac{L_2}{L_1} = 1 + \alpha\Delta\theta$$

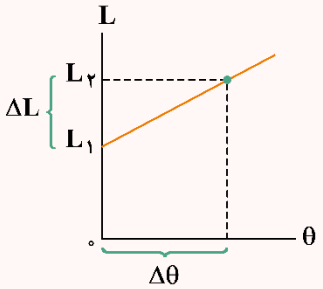
ب) طول جسم چقدر تغییر کرده است؟

$$\text{تغییر طول جسم}: \Delta L = L_1 \alpha \Delta\theta$$

پ) طول جسم چند درصد تغییر کرده است؟

$$\text{درصد تغییر طول}: \frac{\Delta L}{L_1} \times \underbrace{(100)}_{\text{تبدیل به درصد}} = \frac{L_1 \alpha \Delta\theta}{L_1} \times (100) \Rightarrow \text{درصد تغییر طول} = \alpha\Delta\theta \times (100)$$

۳- نمودار تغییرات طول جسم برحسب دما مطابق شکل زیر است:

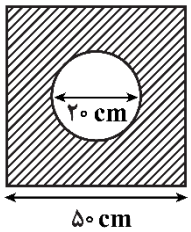


$$\Delta L = L_1 \alpha \Delta\theta \rightarrow \frac{\Delta L}{\Delta\theta} = L_1 \alpha$$

بنابراین شیب نمودار طول برحسب دما برابر $L_1\alpha$ است و هم به جنس جسم و هم به طول اولیهٔ آن وابسته است.

گروه آموزشی ماز

۲۱- مطابق شکل زیر، یک ورق آلومینیومی مربعی به ضلع ۵۰cm دارای یک حفره به قطر ۲۰cm در مقطع خود می‌باشد. اگر دمای ورق را $500°C$ افزایش دهیم، آن‌گاه مساحت قسمت فلزی ورقه چند سانتی‌متر مربع تغییر می‌کند؟ $(\pi = 3 , \alpha_{Al} = 2 \times 10^{-5})$



۱) ۲۲

۲) ۰/۲۲

۳) ۴۴

۴) ۰/۴۴

پاسخ: گزینهٔ ۳ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۰۰۴)

گام اول:

مساحت قسمت فلزی ورقه را می‌یابیم:

$$A_1 = a^2 - \pi r^2 = (50)^2 - 3(\frac{20}{2})^2 = 2500 - 300 = 2200\,cm^2$$

گام آخر:

تغییر مساحت قسمت فلزی را می‌یابیم:

$$\Delta A = A_1(2\alpha)\Delta T = 2200\times(2\times2\times10^{-5})\times500 = 44\,cm^2$$

انبساط سطحی جسم جامد

هنگامی که یک ورقهٔ فلزی را گرم می‌کنیم، حجم آن افزایش می‌یابد. ضخامت و مساحت سطح ورقه، هر دو افزایش می‌یابند. چنانچه ضخامت ورقه در مقایسه با سطح آن ناچیز باشد، انبساط سطح آن بیش‌تر مشاهده می‌شود. در این صورت انبساط را، انبساط سطحی می‌نامیم.

ضریب انبساط سطحی جسم جامد

افزایش مساحت یکای سطح یک جسم جامد به‌ازای یک کلوین (یک سلسیوس) افزایش دما را ضریب انبساط سطحی جسم جامد می‌نامند و تقریباً دو برابر ضریب انبساط خطی آن جسم بوده و یکای آن یا $\frac{1}{K}$ یا $\frac{1}{°C}$ می‌باشد.

$$\rightarrow 2\alpha = \frac{\Delta A}{A_1\Delta\theta}$$

تغییر دما : $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$ مساحت در دمای θ_1 : A_1 مساحت در دمای θ_2 : A_2 تغییر مساحت : $\Delta A = A_2 - A_1$

تذکر

با استفاده از تعریف ضریب انبساط سطحی می‌توان روابط زیر را نیز به‌دست آورد.

$$\Delta A = 2A_1\alpha\Delta\theta \qquad \Delta\theta = \frac{\Delta A}{2A_1\alpha}$$

$$A_2 = A_1(1+2\alpha\Delta\theta) \qquad \frac{\Delta A}{A_1} = 2\alpha\Delta\theta \Rightarrow \text{درصد تغییر سطح} = 2\alpha\Delta\theta\times100\%$$

نکته

هرگاه در میان یک ورقهٔ فلزی یک سوراخ وجود داشته باشد، با گرم نمودن این قطعه، مساحت ورقه و سوراخ هر دو افزایش می‌یابند و رابطهٔ تغییر مساحت سوراخ مشابه رابطهٔ تغییر مساحت ورقه می‌باشد.

رابطهٔ تغییر شعاع (یا قطر) سوراخ، مانند تغییر طول یک میله است.

$$\Delta R = R_1\alpha\Delta\theta$$

مثال

طول و عرض یک ورقهٔ فلزی در دمای $23°C$ به‌ترتیب $40cm$ و $25cm$ است. در چه دمایی مساحت این ورقه $1003/75cm^2$ می‌شود؟ (ضریب انبساط طولی این فلز را برابر $1/5\times10^{-5}\frac{1}{K}$ درنظر بگیرید.)

پاسخ تشریحی:

مساحت اولیهٔ ورقه برابر است با:

$$A_1 = 40\times25 = 1000\,cm^2$$

تغییر مساحت ورقه در اثر تغییر دما برابر است با:

$$\Delta A = A_1(2\alpha)\Delta\theta$$

$$\Rightarrow 1003/75 - 1000 = 2\times1/5\times10^{-5}\times1000\times(\theta_2 - 23)$$

$$\Rightarrow \theta_2 = 148°C$$

گروه آموزشی ماز

۲۲- در یک روز تابستانی، یک تانکر حمل سوخت مقدار ۱۵۰۰۰ لیتر سوخت بارگیری کرده است. اگر تانکر در مقصد، ۱۴۷۰۰ لیتر سوخت تحویل دهد، آن‌گاه اختلاف دمای محل بارگیری و تحویل سوخت چند درجهٔ فارنهایت است؟ ($\beta_{\text{سوخت}} = 10^{-3}\frac{1}{K}$ و حجم مخزن تانکر ثابت فرض شود.)

۱) ۳۰ ۲) ۲۶ ۳) ۲۰ ۴) ۳۶

پاسخ: گزینهٔ ۴ (آسان ـ محاسباتی ـ ۱۰۰۴)

با استفاده از رابطهٔ انبساط حجمی و تبدیل درجهٔ سلسیوس به فارنهایت داریم:

$$V_2 = V_1(1+\beta\Delta T)$$

$$F = 1/8\theta + 32 \Rightarrow \Delta F = \frac{9}{5}\Delta\theta \quad \text{و} \quad \Delta T = \Delta\theta$$

$$\Rightarrow V_2 = V_1(1+\beta(\frac{5}{9}\Delta F))$$

$$\Rightarrow 14700 = 15000(1+10^{-3}(\frac{5}{9}\Delta F))$$

$$\Rightarrow \Delta F = -36^\circ F$$

انبساط مایع

چون مایع‌ها شکل معیّنی ندارند، انبساط آن‌ها را فقط به‌صورت حجمی بررسی می‌کنیم.

درصد تغییرات حجم مایع	تغییر حجم مایع	حجم ثانویهٔ مایع
$\frac{\Delta V}{V_1}\times 100 = \beta\Delta T\times 100$	$\Delta V = V_1\beta\Delta T$	$V_2 = V_1(1+\beta\Delta T)$

روابط انبساط مایع‌ها:

مقایسهٔ ضریب انبساط حجمی جامدها با ضریب انبساط حجمی مایعات نشان می‌دهد که عموماً ضریب انبساط حجمی جامدها بسیار کم‌تر از ضریب انبساط حجمی مایعات است.

هرگاه یک ظرف محتوی مایع را گرم کنیم، با افزایش دما ظرف و مایع هر دو منبسط می‌شوند اما انبساط مایع همواره از انبساط ظرف بیش‌تر است. این امر سبب می‌گردد که در بررسی انبساط مایع معمولاً انبساط ظرف درنظر گرفته نشود.

گروه آموزشی ماز

۲۳- اگر چگالی فلزی در دمای $25^\circ C$ برابر $20\frac{g}{cm^3}$ باشد، در دمای چند درجهٔ سلسیوس چگالی فلز $19/7\frac{g}{cm^3}$ است؟ (ضریب انبساط طولی فلز $2\times 10^{-5}\frac{1}{K}$ است.)

۱) ۲۲۵ ۲) ۲۷۵ ۳) ۷۷۵ ۴) ۷۲۵

پاسخ: گزینهٔ ۲ (آسان ـ محاسباتی ـ ۱۰۰۴)

گام اول:

به کمک رابطهٔ تقریبی $\Delta\rho = -\rho_1 3\alpha\Delta\theta$ تغییرات دما را به‌دست می‌آوریم:

$$\Delta\rho = \rho_2 - \rho_1 = 19/7 - 20 = -0/3\frac{g}{cm^3}$$

$$\Delta\rho = -\rho_1 3\alpha\Delta\theta \xrightarrow{\alpha = 2\times 10^{-5}} -0/3 = -20\times 3\times 2\times 10^{-5}\times\Delta\theta$$

$$\Rightarrow \Delta\theta = \frac{0/3}{20\times 3\times 2\times 10^{-5}} = \frac{10^4}{40} = 250^\circ C$$

گام آخر:

دمای جسم را در حالتی که چگالی آن به $19/7\frac{g}{cm^3}$ رسیده است، محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 \Rightarrow 250 = \theta_2 - 25 \Rightarrow \theta_2 = 275^\circ C$$

نکتهٔ ۱

چگالی یک جسم جامد نیز با تغییر دما، تغییر می‌کند. می‌توان با استفاده از فرمول تغییر حجم، فرمول چگالی را برحسب تغییر دما به‌دست آورد.

$$\begin{cases} \rho_2 = \frac{m}{V_2} \to V_2 = \frac{m}{\rho_2} \\ \rho_1 = \frac{m}{V_1} \to V_1 = \frac{m}{\rho_1} \end{cases} \to V_2 = V_1(1+\beta\Delta\theta) \to \frac{m}{\rho_2} = \frac{m}{\rho_1}(1+\beta\Delta\theta) \to \rho_2 = \frac{\rho_1}{1+\beta\Delta\theta}$$

اگر صورت و مخرج را در مزدوج مخرج ضرب کنیم خواهیم داشت:

$$\rho_2=\frac{\rho_1}{1+\beta\Delta\theta}\times\frac{1-\beta\Delta\theta}{1-\beta\Delta\theta}=\rho_1\times\frac{1-\beta\Delta\theta}{1-(\beta\Delta\theta)^2}$$

نکتهٔ ۲

با توجه به این‌که ضریب انبساط حجمی یک جسم عدد بسیار کوچکی است وقتی به توان ۲ برسد بسیار کوچک‌تر می‌شود و همچنین $(\beta\Delta\theta)^2$ در مقایسه با عددهایی که با آن جمع و تفریق می‌شوند بسیار ناچیز بوده و می‌توان از آن صرف‌نظر کرد.

$$\rho_2=\rho_1\times\frac{1-\beta\Delta\theta}{1-\underbrace{(\beta\Delta\theta)^2}_{\simeq 0}}\simeq\rho_1(1-\beta\Delta\theta)\quad \text{یا}\quad \rho_2\simeq\rho_1(1-\beta\Delta\theta)$$

گروه آموزشی ماز

۲۴- دو کرهٔ توپر A و B به شعاع‌های $R_A=R$ و $R_B=2R$ گرمای یکسانی دریافت می‌کنند. اگر چگالی کرهٔ A، نصف چگالی کرهٔ B باشد، تغییر حجم کرهٔ B چند برابر تغییر حجم کرهٔ A است؟ $(\alpha_A=2/5\alpha_B, c_A=2c_B)$

۱) ۲/۵ ۲) ۰/۴ ۳) ۲ ۴) ۰/۵

پاسخ: گزینهٔ ۲ (سخت ـ محاسباتی ـ ۱۰۰۴)

حجم کره از رابطهٔ $\frac{4}{3}\pi r^3$ قابل‌محاسبه است؛ بنابراین:

$$\frac{V_A}{V_B}=(\frac{r_A}{r_B})^3=(\frac{R}{2R})^3=\frac{1}{8}$$

رابطهٔ چگالی به ما کمک می‌کند که نسبت جرم آن‌ها را به‌دست بیاوریم:

$$\frac{m_A}{m_B}=\frac{\rho_A}{\rho_B}\times\frac{V_A}{V_B}=\frac{1}{2}\times\frac{1}{8}=\frac{1}{16}$$

حال که به هر دو کره گرمای یکسانی داده شده است، تغییرات دمای آن‌ها برابر است با:

$$\frac{Q_A}{Q_B}=\frac{m_A}{m_B}\times\frac{c_A}{c_B}\times\frac{\Delta\theta_A}{\Delta\theta_B}\Rightarrow 1=\frac{1}{16}\times 2\times\frac{\Delta\theta_A}{\Delta\theta_B}\Rightarrow\frac{\Delta\theta_A}{\Delta\theta_B}=8$$

درنهایت خواهیم داشت:

$$\frac{\Delta V_B}{\Delta V_A}=\frac{V_B}{V_A}\times\frac{3\alpha_B}{3\alpha_A}\times\frac{\Delta\theta_B}{\Delta\theta_A}=8\times\frac{1}{2/5}\times\frac{1}{8}=\frac{1}{2/5}=0/4$$

گروه آموزشی ماز

۲۵- کدام‌یک از عبارت‌های زیر در مورد روش‌های انتقال گرما به روش رسانش و همرفت نادرست است؟

۱) ارتعاش اتم‌ها و الکترون‌های آزاد در ناحیهٔ گرم و انتقال بخشی از انرژی آن‌ها به ناحیهٔ مجاورشان از دلایل انتقال گرما در روش رسانش است.

۲) به‌دلیل سرعت بیش‌تر الکترون‌های آزاد در هنگام رسانش گرما در فلزها، سهم آن‌ها در مقایسه با اتم‌ها در انتقال گرما بیش‌تر است.

۳) کاهش چگالی در اثر افزایش دما، علت اصلی ایجاد جریان‌های همرفتی است.

۴) گرم شدن آب درون قابلمه در اثر حرارت، نمونه‌ای از جریان همرفتی واداشته است.

پاسخ: گزینهٔ ۴ (آسان ـ خط‌به‌خط کتاب درسی ـ ۱۰۰۴)

گرم شدن آب درون قابلمه در اثر حرارت، نمونه‌ای از جریان همرفت طبیعی است، نه واداشته؛ بنابراین گزینهٔ (۴) نادرست است.

عبارت‌های مطرح‌شده در گزینه‌های (۱)، (۲) و (۳) صحیح هستند.

روش‌های انتقال گرما

۱- رسانش گرمایی: رسانش گرمایی در غیرفلزات به‌دلیل ارتعاش اتم‌ها و گسترش این ارتعاش‌ها در طول آن‌ها است. در فلزات علاوه‌بر ارتعاش‌های اتمی، الکترون‌های آزاد نیز در انتقال گرما نقش دارند. چون الکترون‌ها بسیار کوچک بوده و با سرعت حرکت می‌کنند با برخورد با سایر الکترون‌ها و اتم‌ها سبب رسانش گرمایی می‌شوند. در رساناهای فلزی سهم الکترون‌های آزاد در رسانش گرما بیش‌تر از اتم‌ها است.

۲- همرفت: انتقال گرما در مایعات و گازها که معمولاً رساناهای گرمای خوبی نیستند عمدتاً به روش همرفت انجام می‌گیرد. این پدیده براثر کاهش چگالی شاره با افزایش دما صورت می‌گیرد. برخلاف رسانش، در همرفت انتقال گرما با انتقال بخش‌هایی از خود ماده صورت می‌گیرد. همرفت طبیعی و همرفت واداشته دو حالت انتقال گرما به روش همرفت هستند.

۳- تابش: تابش امواج الکترومغناطیسی از هر جسم در هر دمایی رخ می‌دهد که به آن تابش گرمایی می‌گویند. در دماهای زیر $500^\circ C$، عمدهٔ تابش گرمایی به‌صورت تابش فروسرخ است. سطوح صاف و درخشان با رنگ‌های روشن تابش کم‌تر و سطوح تیره و ناصاف و مات تابش بیش‌تر دارند. روش‌های اندازه‌گیری دما مبتنی بر تابش گرمایی را تف‌سنجی می‌گوییم.

۱- دو جسم خنثی A و B را مالش می‌دهیم تا دارای بار الکتریکی به بزرگی $8nC$ شوند. با توجه به سری الکتریسیتهٔ مالشی زیر، چه تعداد از عبارت‌های زیر صحیح است؟ $(e=1/6\times10^{-19}C)$

انتهای مثبت سری
A
B
انتهای منفی سری

الف: تعداد 5×10^{19} الکترون از جسم A به جسم B منتقل شده است.

ب: اگر جسم A را به کلاهک الکتروسکوپی با بار مثبت نزدیک کنیم، فاصلهٔ ورقه‌های الکتروسکوپ کاهش می‌یابد.

پ: جسم‌های A و B یکدیگر را با نیروی الکتریکی می‌رانند.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) صفر

پاسخ: گزینهٔ ۴ (آسان ـ مفهومی/محاسباتی ـ ۱۱۰۱)

بررسی موارد:

الف) با توجه به این‌که در سری الکتریسیتهٔ مالشی، جسم A بالاتر از جسم B قرار دارد، پس از مالش دو جسم، بار A مثبت و بار B منفی است؛ بنابراین تعدادی الکترون از A به B منتقل شده‌اند. تعداد این الکترون‌ها برابر است با:

$$q=ne \Rightarrow 8\times10^{-9}=n\times1/6\times10^{-19} \Rightarrow n=5\times10^{10} \quad (\times)$$

ب) بار جسم A مثبت است و اگر آن را به کلاهک الکتروسکوپ دارای بار مثبت نزدیک کنیم، با توجه به هم‌نام بودن جسم و الکتروسکوپ، فاصلهٔ ورقه‌ها افزایش می‌یابد. (×)

پ) با توجه به توضیحات قسمت «الف»، بار دو جسم، ناهمنام است؛ بنابراین جسم‌ها یکدیگر را با نیروی الکتریکی می‌ربایند (جذب می‌کنند). (×)

با توجه به توضیحات فوق، هر سه عبارت، نادرست هستند.

بار الکتریکی

۱- بار الکتریکی، کمیتی گسسته (کوانتیده) است که از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$q=\pm ne \quad , \quad n=0,1,2,...$$

در رابطهٔ فوق e بار بنیادی و برابر $e=1/6\times10^{-19}C$ است.

۲- اگر تعداد الکترون‌های یک جسم بیش‌تر از پروتون‌های آن باشد، علامت بار آن منفی خواهد بود و اگر تعداد الکترون‌های آن کم‌تر از پروتون‌هایش باشد، علامت بار آن مثبت خواهد بود.

مثال

تعداد الکترون‌های جسمی $2/5\times10^{10}$ واحد بیش‌تر از پروتون‌های آن است. بار الکتریکی این جسم چند نانوکولن است؟ $(e=1/6\times10^{-19}C)$

پاسخ:

ابتدا دقت کنید که چون الکترون‌ها بیش‌تر هستند، علامت بار جسم منفی است؛ بنابراین می‌توان نوشت:

$$q=-ne=-2/5\times10^{10}\times1/6\times10^{-19}=-4\times10^{-9}C=-4nC$$

روش‌های باردار کردن اجسام: مالش

یکی از روش‌های باردار کردن اجسام که معمولاً برای اجسام نارسانا به‌کار می‌رود، روش مالش است. در مورد این روش خوب است نکات زیر را بدانیم:

۱- هنگامی‌که دو جسم خنثی از طریق مالش، باردار می‌شوند، بار یکی از آن‌ها منفی و بار دیگری مثبت خواهد شد؛ بنابراین علامت بارها مخالف هم خواهد بود.

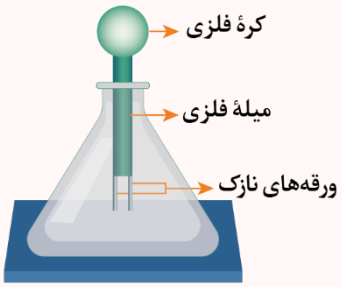
۲- چون در روش مالش تعداد الکترون‌هایی که یک جسم از دست می‌دهد با تعداد الکترون‌هایی که جسم دیگر به‌دست می‌آورد برابر است، اندازهٔ بار دو جسم باهم برابر خواهد بود؛ به عبارت دیگر اگر بار یک جسم $+q$ باشد، بار دیگری $-q$ خواهد بود.

۳- چون در روش مالش، علامت بار اجسام مخالف هم است، نیروی الکتریکی بین این دو جسم پس از مالش از نوع ربایشی خواهد بود.

۴- هنگامی‌که دو جسم را به‌هم مالش می‌دهیم تا باردار شوند، جسمی که الکترون‌خواه‌تر است (در جدول سری الکتریسیتهٔ مالشی در قسمت پایین‌تری قرار دارد)، الکترون می‌گیرد و بار آن منفی می‌شود. همچنین جسمی که کم‌تر الکترون‌خواه است (در جدول سری الکتریسیتهٔ مالشی در قسمت بالاتری قرار دارد)، الکترون از دست می‌دهد و بار آن مثبت خواهد بود.

الکتروسکوپ

یک وسیلهٔ آزمایشگاهی است که می‌توان برای تشخیص باردار بودن و یا نبودن، نوع بار و رسانا بودن اجسام از آن استفاده کرد و همچنین می‌توان مقایسهٔ بار دو جسم را با استفاده از این وسیله معیّن نمود.



۱- اگر یک جسم باردار را به کلاهک الکتروسکوپ بدون باری نزدیک کنیم، ورقه‌های الکتروسکوپ از هم دور شده و باز می‌شوند. دقت کنید علامت بار در این حالت اهمیت ندارد.

۲- اگر یک جسم باردار را به کلاهک الکتروسکوپ بارداری نزدیک کنیم، دو حالت زیر می‌تواند رخ دهد:

۱-۲: بار جسم و الکتروسکوپ هم‌نام باشد:

در این حالت با نزدیک شدن جسم به الکتروسکوپ، ورقه‌های الکتروسکوپ از هم دورتر می‌شوند.

۲-۲: بار جسم و الکتروسکوپ ناهم‌نام باشد:

در این حالت با نزدیک شدن جسم به کلاهک الکتروسکوپ ورقه‌ها به‌هم نزدیک می‌شوند. اگر بار جسم خیلی بزرگ باشد ممکن است ورقه‌ها کاملاً بسته شوند و دوباره شروع به باز شدن کنند.

۳- با توجه به دو نکتهٔ فوق می‌توان کاربردهای زیر را برای الکتروسکوپ درنظر گرفت:

۱-۳: تشخیص باردار بودن جسم: کافی است جسم را به کلاهک یک الکتروسکوپ خنثی نزدیک کنیم. اگر ورقه‌ها باز شوند، جسم باردار است.

۲-۳: تشخیص نوع بار جسم: کافی است جسم را به کلاهک یک الکتروسکوپ باردار که نوع بار آن را می‌دانیم نزدیک کنیم. اگر فاصلهٔ ورقه‌ها بیش‌تر شد، بار جسم هم‌علامت با بار الکتروسکوپ است و اگر فاصلهٔ ورقه‌ها کم‌تر شد، علامت بار جسم باردار مخالف علامت بار الکتروسکوپ است.

۳-۳: تشخیص رسانا یا نارسانا بودن جسم:

جسم را به کلاهک الکتروسکوپ بارداری تماس می‌دهیم. اگر فاصلهٔ ورقه‌ها از هم تغییر محسوسی نکند، جسم نارسانا است و اگر این فاصله تغییر کند، جسم رسانا است.

گروه آموزشی ماز

۲- فاصلهٔ بین دو بار الکتریکی، چند درصد و چگونه تغییر کند تا بزرگی نیروی الکتریکی بین آن‌ها ۳۶ درصد کاهش یابد؟

۱) ۲۵ درصد افزایش ۲) ۲۵ درصد کاهش ۳) ۲۰ درصد افزایش ۴) ۲۰ درصد کاهش

پاسخ: گزینهٔ ۱ (آسان ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۱)

برای مقایسهٔ نیروی الکتریکی در دو حالت می‌توان نوشت:

$$F = k\frac{|q_1||q_2|}{r^2} \xrightarrow{\text{ثابت } q_2, q_1, k} \frac{F'}{F} = \left(\frac{r}{r'}\right)^2$$

$$\Rightarrow \frac{64}{100} = \left(\frac{r}{r'}\right)^2 \Rightarrow \frac{r}{r'} = \frac{8}{10} \Rightarrow r' = \frac{5}{4}r = \frac{125}{100}r$$

بنابراین فاصلهٔ بین بارها باید ۲۵ درصد افزایش یابد.

قانون کولن

اگر دو بار q_1 و q_2 در فاصلهٔ r از یکدیگر باشند، نیروی الکتریکی F را به یکدیگر وارد می‌کنند که بزرگی آن از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

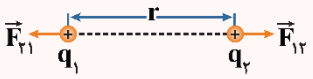
$$F = k\frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$

$|q_1|$ و $|q_2|$: اندازهٔ بار الکتریکی برحسب کولن (C)

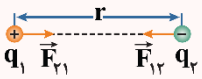
r : فاصلهٔ بین دو بار برحسب متر (m)

k : ثابت کولن که برابر با $9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$ است.

اگر بارهای q_1 و q_2 هم‌نام باشند، نیروی الکتریکی بین آن‌ها دافعه و اگر ناهم‌نام باشند، نیروی بین آن‌ها جاذبه است.



نیروی الکتریکی بین دو بار الکتریکی هم‌نام، دافعه است.



نیروی الکتریکی بین دو بار الکتریکی ناهم‌نام، جاذبه است.

گروه آموزشی ماز

۳- دو گوی رسانای کوچک و یکسان دارای بار الکتریکی $q_1 = 2\mu C$ و q_2 هستند و در فاصلهٔ r از یکدیگر با نیروی F همدیگر را جذب می‌کنند. اگر این دو گوی را به‌هم تماس دهیم، سپس در فاصلهٔ $\frac{r}{2}$ از هم قرار دهیم، نیروی الکتریکی که به‌هم وارد می‌کنند، ۱۰ درصد کاهش می‌یابد. اندازهٔ بار q_2 چند میکروکولن است؟

۱) ۵ ۲) ۴ ۳) ۴ یا ۰/۶ ۴) ۵ یا ۰/۸

پاسخ: گزینهٔ ۴ (سخت ـ مفهومی/محاسباتی ـ ۱۱۰۱)

با توجه به این‌که در ابتدا گوی‌ها همدیگر را جذب می‌کنند، درمی‌یابیم بار گوی‌ها ناهم‌نام است. از طرفی با توجه به یکسان بودن گوی‌ها، پس از تماس بار گوی‌ها یکسان خواهد شد و داریم:

$$q'_1 = q'_2 = q' = \frac{q_1 + q_2}{2} \xrightarrow[q_1 = 2\mu C]{q_2 < 0} |q'| = \frac{|2 - |q_2||}{2}$$

حالا طبق قانون کولن می‌توانیم بنویسیم:

$$\frac{F'}{F} = \frac{|q'_1||q'_2|}{2 \times |q_2|} \times (\frac{r}{r'})^2 \Rightarrow \frac{F - \frac{10}{100}F}{F} = \frac{9}{10} = \frac{q'^2}{2 \times |q_2|} \times (\frac{r}{\frac{r}{2}})^2$$

$$\Rightarrow \frac{q'^2}{2 \times |q_2|} = \frac{9}{40} \Rightarrow \frac{(\frac{2 - |q_2|}{2})^2}{2 \times |q_2|} = \frac{9}{40} \Rightarrow \frac{q_2^2 - 4|q_2| + 4}{2 \times |q_2|} = 0/9$$

$$\Rightarrow q_2^2 - 5/8|q_2| + 4 = 0 \Rightarrow (|q_2| - 5)(|q_2| - 0/8) = 0$$

$$|q_2| = 5\mu C$$

یا

$$|q_2| = 0/8\mu C$$

مقایسهٔ نیروی الکتریکی

برای مقایسهٔ نیروی الکتریکی بین بارها می‌توان نوشت:

$$F \propto \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \rightarrow \frac{F'}{F} = \left|\frac{q'_1 q'_2}{q_1 q_2}\right| \times \left(\frac{r}{r'}\right)^2 \xrightarrow{\text{اگر اندازهٔ بارها ثابت باشد}} \frac{F'}{F} = (\frac{r}{r'})^2$$

مثال

دو بار الکتریکی در فاصلهٔ ۱۰cm به‌هم نیروی الکتریکی F را وارد می‌کنند. فاصلهٔ بارها را چند سانتی‌متر افزایش دهیم تا نیروی الکتریکی بین آن‌ها $\frac{F}{4}$ شود؟

پاسخ:

$$F \propto \frac{|q_1 q_2|}{r^2} \xrightarrow{\text{بارها ثابت‌اند}} \frac{F'}{F} = (\frac{r}{r'})^2 \rightarrow \frac{1}{4} = (\frac{10}{r'})^2$$

$\rightarrow r' = 20cm \rightarrow$ فاصلهٔ بارها باید ۱۰cm افزایش یابد.

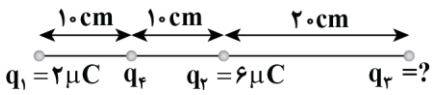
نکات طلایی

۱- هنگامی‌که دو کرهٔ مشابه رسانا که دارای بارهای الکتریکی q_1 و q_2 هستند، به‌هم تماس داده می‌شوند، بار نهایی آن‌ها برابر $\frac{q_1 + q_2}{2}$ می‌شود.

۲- هنگامی‌که دو کرهٔ مشابه رسانا که دارای بارهای الکتریکی q_1 و q_2 هستند، به‌هم تماس داده می‌شوند، اندازهٔ بار جابه‌جاشده بین آن‌ها برابر $\frac{|q_1 - q_2|}{2}$ است.

گروه آموزشی ماز

۴- در شکل زیر، برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_4 صفر است. بار q_3 چند میکروکولن است؟



۱) ۱۸-
۲) ۱۸
۳) ۳۶
۴) ۳۶-

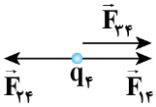
پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۱)

گام اول:

ابتدا نیروهای F_{14}، F_{24} را محاسبه می‌کنیم. طبق رابطهٔ $F=\frac{kqq'}{r^2}$ داریم:

$$F_{14}=\frac{9\times10^9\times2\times10^{-6}q_4}{(10)^2\times10^{-4}}=18\times10^5q_4$$

$$F_{24}=\frac{9\times10^9\times6\times10^{-6}q_4}{(10)^2\times10^{-4}}=54\times10^5q_4$$



گام آخر:

چون $F_{14}<F_{24}$ است برای صفر شدن برایند نیروهای وارد بر q_4 لازم است F_{34} در جهت F_{14} باشد:

$$F_{24}=F_{14}+F_{34}\Rightarrow 54\times10^5q_4=18\times10^5q_4+q_{34}$$

$$q_{34}=36\times10^5q_4=\frac{9\times10^9\times q_3\times q_4}{(30)^2\times10^{-4}}$$

$$|q_3|=36\times10^{-6}=36\mu C$$

چون نیروی F_{34} جاذبه است، پس بار q_3 منفی است و گزینهٔ (۴) درست است.

محاسبهٔ نیروی الکتریکی در حضور چند بار

در سؤالاتی که چند بار الکتریکی وجود دارند و نیروی الکتریکی وارد بر یکی از آن‌ها را می‌خواهیم، گام‌های زیر را طی می‌کنیم.

گام اول: بردار نیروی الکتریکی که هر یک از بارها وارد می‌کنند را رسم می‌کنیم.

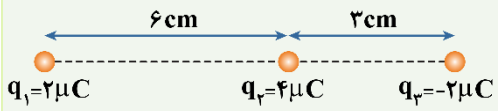
گام دوم: نیروهای الکتریکی را جداگانه محاسبه می‌کنیم.

گام سوم: بردارهای به‌دست‌آمده را به‌صورت برداری جمع می‌کنیم. اگر بردارها هم‌جهت باشند، اندازهٔ آن‌ها جمع می‌شود، اگر خلاف جهت هم باشند، اندازهٔ آن‌ها از هم کم می‌شود و اگر عمود بر هم باشند با کمک رابطهٔ فیثاغورس برایند آن‌ها محاسبه می‌شود.

در ادامه با حل یک مثال، مطالب فوق را مرور می‌کنیم.

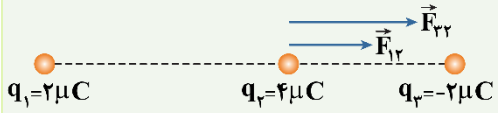
مثال

مطابق شکل، سه بار الکتریکی روی یک خط قرار دارند. نیروی الکتریکی برایند وارد بر q_2 چند نیوتون است؟ $(k=9\times10^9\frac{N.m^2}{C^2})$



پاسخ تشریحی:

ابتدا دقت کنید که بار q_1، q_2 را دفع می‌کند و بار q_3، q_2 را جذب می‌کند؛ بنابراین جهت نیروهای وارد بر q_2 مطابق شکل زیر است.



در ادامه این دو نیرو را محاسبه می‌کنیم:

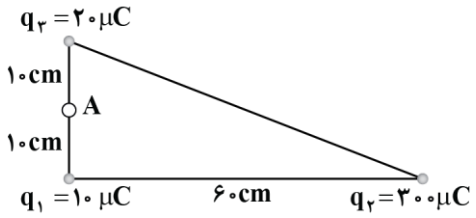
$$F_{12}=k\frac{|q_1q_2|}{r_{12}^2}=9\times10^9\times\frac{2\times10^{-6}\times4\times10^{-6}}{(6\times10^{-2})^2}=20N$$

$$F_{32}=k\frac{|q_3q_2|}{r_{32}^2}=9\times10^9\times\frac{2\times10^{-6}\times4\times10^{-6}}{(3\times10^{-2})^2}=80N$$

در ادامه با توجه به این‌که دو نیرو هم‌جهت هستند، برایند آن‌ها برابر مجموع اندازهٔ آن‌هاست و نیروی کل برابر است با:

$$\vec{F}_{t_2}=\vec{F}_{12}+\vec{F}_{32}\Rightarrow|F_{t_2}|=F_{12}+F_{32}=20+80=100N$$

۵- در شکل زیر، اگر بار الکتریکی $q_۴$ را در نقطهٔ A قرار دهیم، بزرگی نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار $q_۱$ برابر با ۱۹۵N می‌شود. بار $q_۴$ چند میکروکولن است؟



۱) ۱۵
۲) ۱۵ یا ۲۵-
۳) ۲۵ یا ۱۵-
۴) ۱۵-

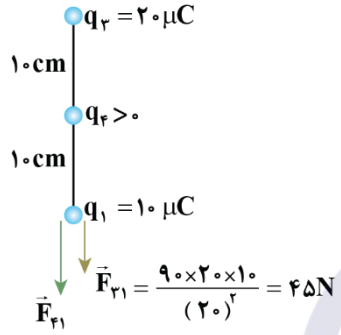
پاسخ: گزینهٔ ۲ (سخت ـ مفهومی/محاسباتی ـ ۱۱۰۱)

اگر برایند نیروهایی که بارهای $q_۳$ و $q_۴$ به بار $q_۱$ وارد می‌کنند را F_j بنامیم، طبق شکل خواهیم داشت:

$$\sqrt{F_{۲۱}^۲+F_j^۲}=۱۹۵N \xrightarrow{F_{۱۲}=\frac{۹۰\times۳۰۰\times۱۰}{۳۶۰۰}=۷۵} \sqrt{(۷۵)^۲+F_j^۲}=۱۹۵ \Rightarrow F_j=۱۸۰N$$

بنابراین بزرگی نیرویی که بارهای $q_۳$ و $q_۴$ به $q_۱$ وارد می‌کنند باید برابر ۱۸۰N باشد که با توجه به علامت بار $q_۴$، دو حالت زیر امکان‌پذیر است:

حالت اول:



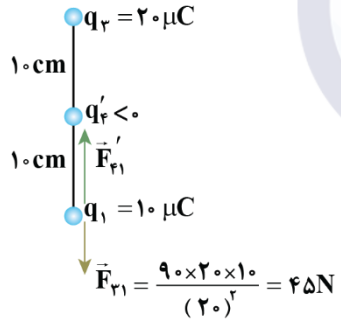
اگر $q_۴>۰$ در محل A قرار گیرد:

$$F_{۴۱}+۴۵=۱۸۰ \Rightarrow F_{۴۱}=۱۳۵N$$

اکنون $q_۴$ را به‌دست می‌آوریم:

$$۱۳۵=\frac{۹۰\times۱۰\times q_۴}{۱۰۰} \Rightarrow q_۴=۱۵\mu C$$

حالت دوم:



اگر $q'_۴<۰$ در محل A قرار گیرد:

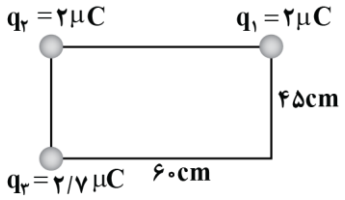
$$F_{۴۱}-۴۵=۱۸۰ \Rightarrow F_{۴۱}=۲۲۵N$$

اکنون $q'_۴$ را به‌دست می‌آوریم:

$$۲۲۵=\frac{۹۰\times۱۰\times|q'_۴|}{۱۰۰} \Rightarrow q'_۴=-۲۵\mu C$$

گروه آموزشی ماز

۶- در مستطیل زیر، برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار $q_۲$ چند برابر نیروی الکتریکی‌ای است که بار $q_۳$ بر $q_۱$ وارد می‌کند؟



۱) $\frac{۱۳}{۵}$
۲) $\frac{۱۱۷}{۴۰}$
۳) $\frac{۲۴۷}{۷۲}$
۴) $\frac{۳۲۵}{۱۰۸}$

پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۱)

طبق قانون کولن داریم:

$$F_{۱۲}=\frac{k(۲)(۲)}{(۶۰)^۲}\ ,\ F_{۳۲}=\frac{k(۲/۷)(۲)}{(۴۵)^۲} \Rightarrow \frac{F_{۳۲}}{F_{۱۲}}=۲/۴$$

درنتیجه اگر $F_{۱۲}=F'$ باشد، آن‌گاه $F_{۳۲}=۲/۴F'$ است.

در این صورت برای محاسبهٔ برایند نیروی الکتریکی وارد بر بار $q_۲$ خواهیم داشت:

$$(F_{net})_۲=\sqrt{F_{۱۲}^۲+F_{۳۲}^۲}=\sqrt{(F')^۲+(۲/۴F')^۲}=۲/۶F'=\frac{۱۳}{۵}F'$$

اکنون $F_{۱۳}$ را بررسی می‌کنیم.

با توجه به‌اندازهٔ اضلاع مستطیل، قطر آن برابر با $\sqrt{(۴۵)^۲+(۶۰)^۲}=۷۵cm$ است.

$$F_{۱۳}=\frac{k(۲)(۲/۷)}{(۷۵)^۲}\Rightarrow\frac{F_{۱۳}}{F'}=\frac{\frac{k(۲)(۲/۷)}{(۷۵)^۲}}{\frac{k(۲)(۲)}{(۶۰)^۲}}=\frac{۱۰۸}{۱۲۵}$$

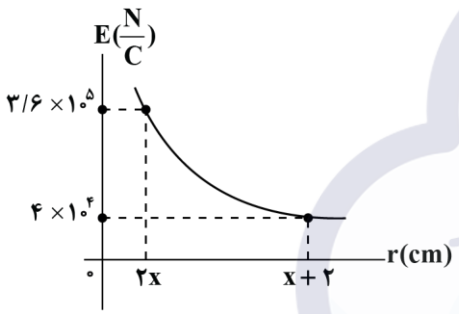
درنتیجه $F_{۱۳}=\frac{۱۰۸}{۱۲۵}F'$ است.

اکنون $\frac{(F_{net})_۲}{F_{۱۳}}$ را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{(F_{net})_۲}{F_{۱۳}}=\frac{\frac{۱۳}{۵}}{\frac{۱۰۸}{۱۲۵}}=\frac{۳۲۵}{۱۰۸}$$

گروه آموزشی ماز

۷- نمودار تغییرات میدان الکتریکی نقطه‌ای ناشی از بار الکتریکی q برحسب فاصله از آن، مطابق شکل زیر است. اندازهٔ میدان الکتریکی در فاصلهٔ ۱۶cm از این بار چند واحد SI است؟



۱) ۱۰۰
۲) ۲۰۰
۳) ۴۵۰
۴) ۹۰۰

پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ نموداری ـ ۱۱۰۱)

طبق رابطهٔ $E=\frac{kq}{r^۲}$ در صورت ثابت بودن q رابطهٔ E، به‌صورت زیر است:

$$E\propto\frac{۱}{r^۲}$$

از این نسبت استفاده می‌کنیم:

$$\frac{E_۱}{E_۲}=\left(\frac{r_۲}{r_۱}\right)^۲\Rightarrow\frac{۳/۶\times۱۰^۵}{۴\times۱۰^۴}=\left(\frac{x+۲}{۲x}\right)^۲\Rightarrow۹=\left(\frac{x+۲}{۲x}\right)^۲\Rightarrow۳=\frac{x+۲}{۲x}\Rightarrow۶x=x+۲\Rightarrow x=\frac{۲}{۵}=۰/۴cm$$

حال در گام بعدی kq را محاسبه می‌کنیم:

$$۳/۶\times۱۰^۵=\frac{kq}{(۰/۸\times۱۰^{-۲})^۲}\Rightarrow kq=۳/۶\times۱۰^۵\times۰/۶۴\times۱۰^{-۴}=۲۳/۰۴$$

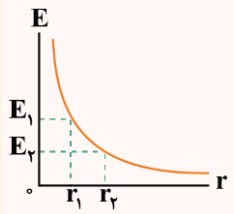
در مرحلهٔ آخر خواستهٔ سؤال را محاسبه می‌کنیم:

$$E=\frac{kq}{r^۲}\Rightarrow E=\frac{۲۳/۰۴}{(۱۶\times۱۰^{-۲})^۲}=۹۰۰(\frac{N}{C})$$

نمودار تغییرات میدان الکتریکی برحسب فاصله

نمودار تغییرات بزرگی میدان الکتریکی برحسب فاصله از بار، مطابق شکل مقابل است:

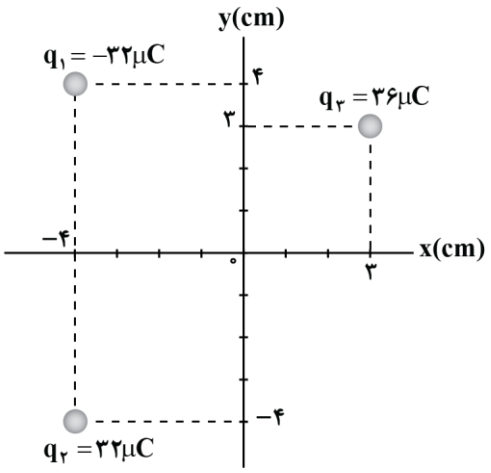
همان‌طور که واضح است با افزایش فاصله از بار، بزرگی میدان کاهش می‌یابد.



$$E=\frac{k|q|}{r^۲}\xrightarrow{k|q|\text{ ثابت است}}E\propto\frac{۱}{r^۲}\Rightarrow\frac{E_۲}{E_۱}=(\frac{r_۱}{r_۲})^۲$$

گروه آموزشی ماز

۸- مطابق شکل، سه بار الکتریکی در صفحهٔ مختصات قرار دارند. میدان الکتریکی خالص در مبدأ مختصات چند واحد SI است؟ $(k=9\times10^{9}\frac{N.m^{2}}{C^{2}})$



۱) $9\sqrt{2}\times10^{7}\vec{i}$

۲) $-9\sqrt{2}\times10^{7}\vec{i}$

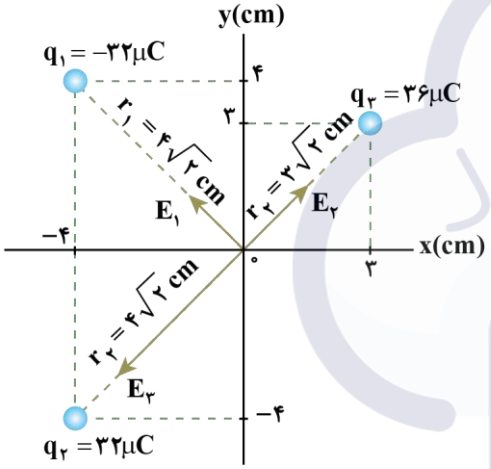
۳) $9\times10^{7}\vec{i}$

۴) $-9\times10^{7}\vec{i}$

پاسخ: گزینهٔ ۲ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۱)

گام اول:

میدان الکتریکی حاصل از هریک از بارهای q_1، q_2 و q_3 را در مبدأ مختصات محاسبه می‌کنیم:



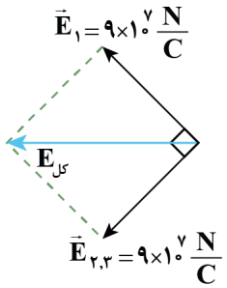
$$E_1=k\frac{|q_1|}{r_1^2}=9\times10^{9}\times\frac{32\times10^{-6}}{(4\sqrt{2}\times10^{-2})^2}=9\times10^{7}\frac{N}{C}$$

$$E_2=E_1\Rightarrow E_2=9\times10^{7}\frac{N}{C}$$

$$E_3=k\frac{|q_3|}{r_3^2}=9\times10^{9}\times\frac{36\times10^{-6}}{(3\sqrt{2}\times10^{-2})^2}=18\times10^{7}\frac{N}{C}$$

گام دوم:

با توجه به هم‌راستا بودن $\vec{E}_2$ و $\vec{E}_3$، ابتدا برایند آن‌ها را حساب می‌کنیم. سپس برایند حاصل را با $\vec{E}_1$ به‌دست می‌آوریم.



$$E_{2,3}=E_3-E_2=18\times10^{7}-9\times10^{7}=9\times10^{7}\frac{N}{C}$$

$$E_{کل}=\sqrt{E_1^2+E_{2,3}^2}=9\times10^{7}\sqrt{2}\frac{N}{C}$$

گام آخر:

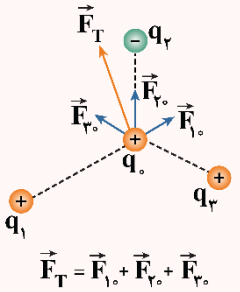
با توجه به شکل، جهت میدان در خلاف جهت محور x است؛ بنابراین بردار میدان الکتریکی خالص در مبدأ مختصات برابر است با:

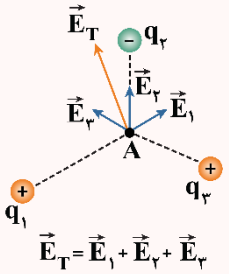
$$\vec{E}_{کل}=(-9\sqrt{2}\times10^{7}\frac{N}{C})\vec{i}$$

اصل برهم‌نهی میدان‌های الکتریکی

این اصل بیان می‌دارد که میدان الکتریکی ناشی از چند بار نقطه‌ای در نقطه‌ای از فضا، برابر با جمع برداری میدان‌های الکتریکی است که هر یک از بارها به‌طور مستقل در آن نقطه ایجاد می‌کنند.

$$\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots$$



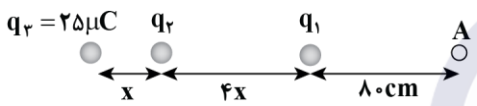


۱- نیروی $\vec{F}_T$، نیروی برایند وارد بر بار آزمون q_0 است.

۲- میدان الکتریکی $\vec{E}_T$ در محل بار آزمون، جمع برداری میدان‌های $\vec{E}_1$، $\vec{E}_2$ و $\vec{E}_3$ در محل این بار است.

گروه آموزشی ماز

۹- مطابق شکل، سه بار الکتریکی q_1، q_2 و q_3 در تعادل الکترواستاتیکی قرار دارند. اگر اندازهٔ میدان الکتریکی ناشی از بار q_2 در نقطهٔ A برابر با $36000\frac{N}{C}$ باشد، فاصلهٔ A تا بار q_3 چند سانتی‌متر است؟



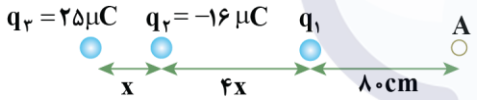
۱) ۲۱۰
۲) ۲۳۰
۳) ۲۴۰
۴) ۲۷۰

پاسخ: گزینهٔ ۲ (سخت ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۱)

ابتدا با توجه به تعادل ۳ بار الکتریکی، q_2 را به‌دست می‌آوریم:

$$q_1 \text{ در تعادل است.} \Rightarrow \left|\frac{q_3}{q_2}\right| = \left(\frac{r_{13}}{r_{12}}\right)^2 \Rightarrow \frac{25}{q_2} = \left(\frac{5x}{4x}\right)^2 \Rightarrow |q_2| = 16\mu C$$

برای این‌که سه بار الکتریکی نشان‌داده‌شده در تعادل باشند، باید بارهای q_1 و q_3 مثبت باشند و q_2 منفی باشد.



$$E_2 = \frac{kq_2}{r_2^2} = \frac{9\times10^9\times16\times10^{-6}}{r_2^2} = 36000 \Rightarrow r_2 = 2m = 200cm$$

با توجه به شکل، $r_2 = 4x + 80$ است:

$$200 = 4x + 80 \Rightarrow x = 30cm$$

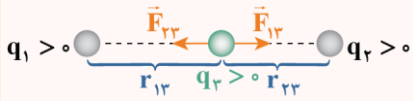
درنتیجه فاصلهٔ q_3 تا نقطهٔ A برابر است با:

$$x + 4x + 80 = 5x + 80 = 5(30) + 80 = 230cm$$

بررسی تعادل برای بارهای قرارگرفته در یک راستا

فرض کنید دو بار معلوم q_1 و q_2 در نزدیکی یکدیگر قرار دارند. می‌خواهیم ببینیم بار مجهول q_3 را کجا قرار دهیم تا نیروی الکتریکی خالص وارد بر آن صفر شود. برای این منظور دو حالت را بررسی می‌کنیم:

۱- بارهای q_1 و q_2 هم‌نام باشند:



در این حالت بار q_3 باید در فاصلهٔ بین دو بار و نزدیک به بار کوچک‌تر قرار گیرد تا برایند نیروهای الکتریکی وارد بر آن صفر شود. در شکل بالا برای سادگی فرض کرده‌ایم همهٔ بارها مثبت باشند.

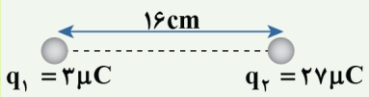
$$q_3 \text{ در تعادل}: F_{13} = F_{23} \rightarrow k\frac{q_1q_3}{r_{13}^2} = k\frac{q_2q_3}{r_{23}^2} \rightarrow \frac{q_1}{r_{13}^2} = \frac{q_2}{r_{23}^2}$$

تذکر!

دقت کنید اندازه و علامت بار q_3 هیچ اهمیتی در جواب سؤال ندارد.

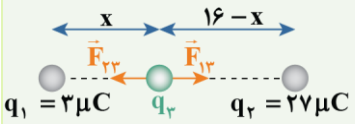
مثال

در شکل مقابل، بار q_3 را در چه فاصله‌ای از q_1 قرار دهیم تا نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_3 صفر شود؟



پاسخ تشریحی:

چون بارهای q_1 و q_2 هم‌علامت هستند، بار q_3 باید در فاصلهٔ بین دو بار و نزدیک به بار کوچک‌تر قرار گیرد. به شکل زیر دقت کنید:



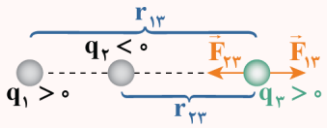
$$F_{13} = F_{23} \rightarrow k\frac{q_1 q_3}{r_{13}^2} = k\frac{q_2 q_3}{r_{23}^2}$$

$$\rightarrow \frac{q_1}{x^2} = \frac{q_2}{(16-x)^2} \rightarrow \frac{\cancel{3}^{1}}{x^2} = \frac{\cancel{27}^{9}}{(16-x)^2}$$

$$\xrightarrow{\text{جذر}} \frac{1}{x} = \frac{3}{16-x} \rightarrow 3x = 16 - x \rightarrow x = 4\,cm$$

بنابراین بار q_3 باید در فاصلهٔ $4\,cm$ از بار q_1 قرار گیرد.

۲- بارهای q_1 و q_2 ناهم‌نام باشند:



در این حالت بار q_3 باید خارج از فاصلهٔ بین دو بار و نزدیک به بار کوچک‌تر قرار گیرد تا برایند نیروهای الکتریکی وارد بر آن بتواند صفر شود. در ادامه کافی است که F_{13} و F_{23} هم‌اندازه باشند.

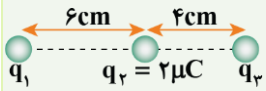
در تعادل q_3 : $F_{13} = F_{23} \rightarrow k\frac{q_1 q_3}{r_{13}^2} = k\frac{q_2 q_3}{r_{23}^2} \rightarrow \frac{q_1}{r_{13}^2} = \frac{q_2}{r_{23}^2}$

تذکر!

مانند حالت قبل، بار q_3 هیچ اهمیتی در جواب سؤال ندارد.

مثال

در شکل مقابل، بار q_3 در تعادل است. q_1 چند میکروکولن است؟



پاسخ تشریحی:

چون q_3 در تعادل است، نیروی الکتریکی‌ای که q_1 به q_3 وارد می‌کند باید هم‌اندازهٔ نیروی الکتریکی‌ای باشد که q_2 به q_3 وارد می‌کند. همچنین دقت کنید که چون q_3 در خارج از فاصلهٔ دو بار قرار دارد، علامت بار q_1 مخالف q_2 است، پس بار q_1 منفی خواهد بود. در ادامه می‌توان نوشت:

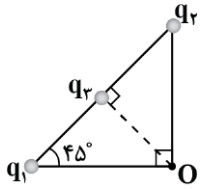
$$F_{13} = F_{23} \rightarrow \cancel{k}\frac{|q_1 \cancel{q_3}|}{r_{13}^2} = \cancel{k}\frac{|q_2 \cancel{q_3}|}{r_{23}^2}$$

$$\rightarrow \frac{|q_1|}{10^2} = \frac{2}{4^2} \rightarrow |q_1| = 12/5\,\mu C$$

$$\xrightarrow{q_1 \text{ منفی است.}} q_1 = -12/5\,\mu C$$

گروه آموزشی ماز

۱۰- اگر در شکل مقابل، میدان خالص در نقطهٔ O صفر باشد، کدام گزینه صحیح است؟



۱) $q_1 = q_2 = -\frac{\sqrt{2}}{2}q_3$

۲) $q_1 = q_2 = \frac{\sqrt{2}}{2}q_3$

۳) $q_1 = q_2 = \sqrt{2}q_3$

۴) $q_1 = q_2 = -\sqrt{2}q_3$

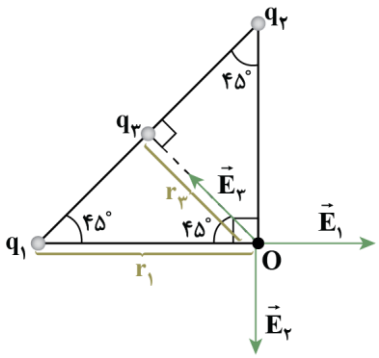
پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ مفهومی/محاسباتی ـ ۱۱۰۱)

با توجه به شکل برای این‌که میدان خالص در نقطهٔ O صفر شود، باید بارهای q_1 و q_2 هم‌نام باشند و بار q_3 باید ناهم‌نام با بارهای q_1 و q_2 باشد.

از طرفی داریم:

$$E_1 = E_2 \Rightarrow \frac{k|q_1|}{r_1^2} = \frac{k|q_2|}{r_2^2} \xrightarrow{r_1 = r_2} |q_1| = |q_2|$$

چون E_1 و E_2 باهم برابرند و بر هم عمودند، داریم:



$$E_{1,2}=\sqrt{E_1^2+E_2^2}=\sqrt{2}E_1$$

$\vec{E}_{1,2}$ بر روی خط واصل بار q_3 و نقطهٔ O قرار دارد و در خلاف جهت $\vec{E}_3$ است؛ بنابراین برای این‌که میدان خالص در نقطهٔ O صفر باشد، باید:

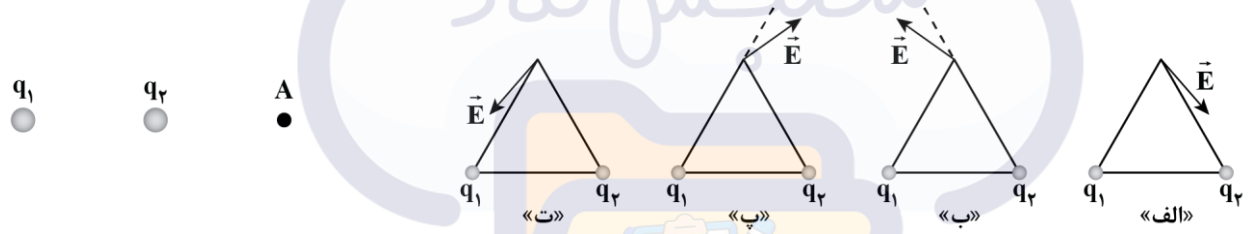
$$\vec{E}_{1,2}=-\vec{E}_3 \Rightarrow E_3=\sqrt{2}E_1 \Rightarrow \frac{k|q_3|}{r_3^2}=\sqrt{2}\frac{k|q_1|}{r_1^2}$$

$$\xrightarrow{r_3=\frac{\sqrt{2}}{2}r_1} \frac{k|q_3|}{\frac{1}{2}r_1^2}=\frac{\sqrt{2}k|q_1|}{r_1^2} \Rightarrow |q_3|=\frac{\sqrt{2}}{2}|q_1|$$

$$\Rightarrow |q_1|=\sqrt{2}|q_3| \Rightarrow q_1=-\sqrt{2}q_3$$

گروه آموزشی ماز

۱۱- مطابق شکل، دو بار الکتریکی q_1 و q_2 در جای خود ثابت نگه داشته شده‌اند و میدان الکتریکی خالص آن‌ها در نقطهٔ A برابر با صفر است. اگر این دو بار را مطابق شکل‌های «الف» تا «ت» در دو رأس مثلث متساوی‌الاضلاعی قرار دهیم، کدام شکل‌ها می‌توانند میدان الکتریکی خالص را در رأس سوم مثلث به‌درستی نشان دهند؟

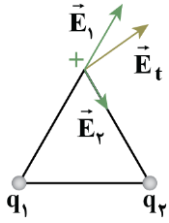


۱) «الف» و «ب»　　۲) «پ» و «ت»　　۳) «الف» و «پ»　　۴) «ب» و «ت»

پاسخ: گزینهٔ ۲　　(متوسط ـ مفهومی ـ ۱۱۰۱)

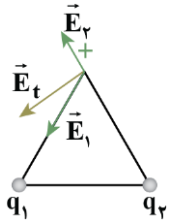
چون میدان الکتریکی خالص در خارج از خط واصل بین دو بار، صفر شده است، درنتیجه بارهای q_1 و q_2 دارای علامت مخالف‌اند و $|q_1|>|q_2|$ است.

حالت اول:



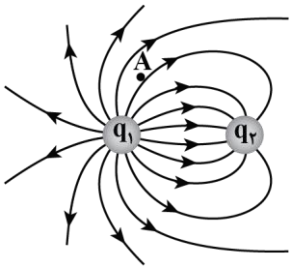
$q_2<0\ ,\ q_1>0$

حالت دوم:



$q_2>0\ ,\ q_1<0$

۱۲- خطوط میدان الکتریکی برای دو کرهٔ رسانای باردار کوچک در شکل زیر نشان داده شده است. کدام‌یک از عبارت‌های زیر صحیح است؟



الف: بار q_1 مثبت است.

ب: نیروی الکتریکی بین بارها از نوع جاذبه است.

پ: اگر یک الکترون را در نقطهٔ A رها کنیم، نیرویی در جهت ↗ به آن وارد می‌شود.

ت: اندازهٔ بارهای q_1 و q_2 برابر است.

۱) «الف» و «ب»
۲) «ب» و «ت»
۳) «الف» و «پ»
۴) «ب» و «پ»

پاسخ: گزینهٔ ۱ (آسان ـ مفهومی ـ ۱۱۰۱)

بررسی موارد:

الف

خطوط میدان از بار q_1 خارج شده و به بار q_2 وارد شده است؛ بنابراین q_1 مثبت و q_2 منفی است. (✓)

ب

چون بار الکتریکی دو جسم، ناهم‌نام است، نیروی الکتریکی بین آن‌ها جاذبه است. (✓)

پ

جهت میدان در هر نقطه مماس بر خطوط میدان است؛ بنابراین میدان در نقطهٔ A در جهت ↗ است. با توجه به این‌که به بار منفی در خلاف جهت میدان، نیرو وارد می‌شود، جهت نیروی الکتریکی وارد بر الکترون به‌صورت ↙ است. (✗)

ت

تراکم خطوط در نزدیکی بار q_1 بیش‌تر از تراکم خطوط در نزدیکی q_2 است؛ بنابراین اندازهٔ q_1 بزرگ‌تر از اندازهٔ q_2 است. (✗)

خطوط میدان الکتریکی

۱- برای مجسم کردن میدان الکتریکی در فضای اطراف اجسام باردار از خطوط میدان الکتریکی استفاده می‌کنیم. این خطوط ویژگی‌های زیر را دارا می‌باشند:

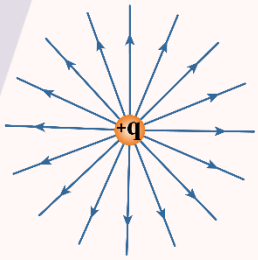
الف) از بار مثبت خارج می‌شوند و به بار منفی وارد می‌شوند.

ب) بردار میدان الکتریکی در هر نقطه هم‌جهت با خط مماس بر خطوط میدان الکتریکی در آن نقطه است.

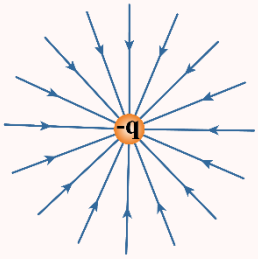
پ) هرچه تراکم خطوط میدان الکتریکی در ناحیه‌ای از فضا بیش‌تر باشد، اندازهٔ میدان الکتریکی در آن ناحیه بیش‌تر است.

ت) خطوط میدان الکتریکی یکدیگر را قطع نمی‌کنند و از هر نقطه فقط یک خط میدان عبور می‌کند.

۲- خطوط میدان الکتریکی در اطراف یک ذرهٔ باردار منزوی مطابق شکل‌های زیر است:

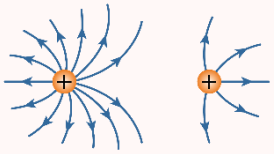


خطوط میدان الکتریکی در اطراف بار مثبت

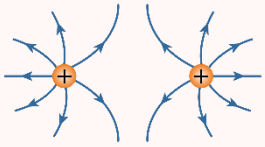


خطوط میدان الکتریکی در اطراف بار منفی

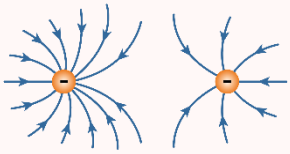
۳- خطوط میدان الکتریکی در اطراف دو ذرهٔ باردار مطابق شکل‌های زیر است:



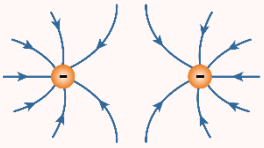
خطوط میدان الکتریکی در اطراف دو بار مثبت غیرهم‌اندازه



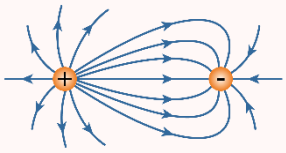
خطوط میدان الکتریکی در اطراف دو بار مثبت هم‌اندازه



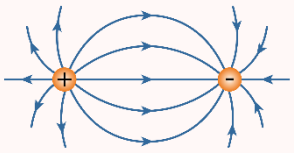
خطوط میدان الکتریکی در اطراف دو بار منفی غیرهم‌اندازه



خطوط میدان الکتریکی در اطراف دو بار منفی هم‌اندازه



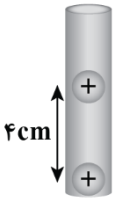
خطوط میدان بارهای مثبت و منفی غیرهم‌اندازه



خطوط میدان بارهای مثبت و منفی هم‌اندازه

گروه آموزشی ماز

۱۳- در شکل زیر، دو گوی مشابه به جرم ۰/۹g و بار یکسان مثبت q در فاصلهٔ ۴cm از هم قرار دارند، به‌طوری‌که گوی بالایی به حالت معلق مانده است. اختلاف تعداد الکترون‌ها و پروتون‌های هر گوی چقدر است؟ $(e=1/6\times10^{-19}C\ ,\ k=9\times10^{9}\frac{N.m^2}{C^2}\ ,\ g=10\frac{N}{kg})$



۱) $6/25\times10^{10}$

۲) $6/25\times10^{11}$

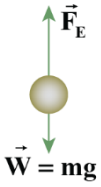
۳) $2/5\times10^{10}$

۴) $2/5\times10^{11}$

پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۱)

گام اول:

برای آن‌که گوی بالایی در حالت تعادل باشد، باید نیروی الکتریکی و وزن آن هم‌اندازه باشند؛ بنابراین می‌توان نوشت:



$$F_E=mg\Rightarrow k\frac{q^2}{r^2}=mg$$

$$\Rightarrow 90\frac{q^2}{4^2}=0/9\times10^{-3}\times10$$

$$\Rightarrow q^2=16\times10^{-4}\Rightarrow q=4\times10^{-2}\mu C=4\times10^{-8}C$$

گام آخر:

تعداد الکترون‌های کنده‌شده برابر است با:

$$q=ne\Rightarrow 4\times10^{-8}=n\times1/6\times10^{-19}\Rightarrow n=2/5\times10^{11}$$

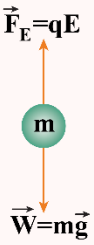
استراتژی حل

در این‌گونه از سؤالات باید نیروی الکتریکی، هم‌اندازه و در خلاف جهت نیروی وزن باشد تا بتواند اثر نیروی وزن را خنثی کند و جسم را معلق نگه دارد.

تعادل بین نیروی الکتریکی و وزن

در این قسمت می‌خواهیم تعادل جسم بارداری را که تحت تأثیر نیروی الکتریکی و وزن قرار دارد بررسی کنیم.

شکل روبه‌رو نیروهای وارد بر جسم را نشان می‌دهد:



با توجه به این‌که جسم در تعادل قرار دارد، نیروی وزن و نیروی الکتریکی، هم‌اندازه هستند و می‌توان نوشت:

شرط تعادل: $F_E=W\rightarrow|qE|=mg$

در مورد جهت میدان و علامت بار به موارد زیر دقت کنید:

الف) اگر بار مثبت باشد $(q>0)$، نیروی الکتریکی هم‌جهت با میدان الکتریکی است؛ بنابراین میدان الکتریکی به سمت بالا خواهد بود.

ب) اگر بار منفی باشد $(q<0)$، نیروی الکتریکی و میدان در خلاف جهت هم هستند؛ بنابراین میدان الکتریکی به سمت پایین خواهد بود.

گروه آموزشی ماز

۱۴- یک ذرهٔ آلفا به جرم $6/6\times10^{-27}kg$ درون یک میدان الکتریکی به بزرگی $3/3\times10^{4}\frac{N}{C}$ رها می‌شود. بزرگی شتابی که این ذره تحت تأثیر میدان الکتریکی می‌گیرد، چند واحد SI است؟ ($e=1/6\times10^{-19}C$ و ذرهٔ آلفا از جنس هستهٔ $^{4}_{2}He$ است.)

۱) $1/6\times10^{12}$ ۲) $3/2\times10^{12}$ ۳) $1/6\times10^{11}$ ۴) $3/2\times10^{11}$

پاسخ: گزینهٔ ۱ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۱)

گام اول:

نیروی الکتریکی وارد بر این ذره برابر است با:

$$|F| = q|E| \xrightarrow{q=2e=2\times1/6\times10^{-19}C} |F| = 2\times1/6\times10^{-19}\times3/3\times10^{4}$$

$$\Rightarrow |F| = 3/2\times3/3\times10^{-15}\,N$$

گام آخر:

شتاب ذره برابر است با:

$$a = \frac{F}{m} \Rightarrow a = \frac{3/2\times3/3\times10^{-15}}{6/6\times10^{-27}} = 1/6\times10^{12}\,\frac{m}{s^2}$$

نیروی وارد بر بار الکتریکی در میدان الکتریکی

گرچه برای تعریف میدان الکتریکی یک جسم باردار از بار آزمون مثبت استفاده کردیم ولی وجود این میدان مستقل از بار آزمون است؛ بنابراین، اگر بار الکتریکی در میدان الکتریکی ناشی از اجسام باردار دیگری قرار گیرد، این میدان بر آن نیرو وارد می‌کند که از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$\vec{F} = q\vec{E}$$

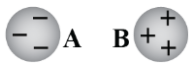
مطابق رابطهٔ فوق به دو نتیجهٔ زیر می‌رسیم:

۱- اندازهٔ نیروی الکتریکی از رابطهٔ $|F| = |q||E|$ محاسبه می‌شود.

۲- به بار مثبت در جهت میدان الکتریکی و به بار منفی در خلاف جهت میدان الکتریکی نیرو وارد می‌شود.

گروه آموزشی ماز

۱۵- در کدام شکل زیر، اگر پروتونی را از نقطهٔ A تا B جابه‌جا کنیم، انرژی پتانسیل الکتریکی آن ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد؟

۱) 

۲)

۳)

۴)

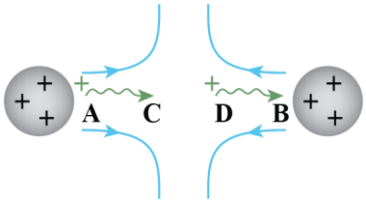
پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ مفهومی ـ ۱۱۰۱)

هرگاه حرکت بار، برخلاف میل طبیعی خود باشد ← انرژی پتانسیل الکتریکی بار، افزایش می‌یابد.

هرگاه حرکت بار، با میل طبیعی خود باشد ← انرژی پتانسیل الکتریکی بار، کاهش می‌یابد.

در گزینهٔ (۴) با رسم خطوط میدان متوجه می‌شویم که در قسمت اول حرکت (مثلاً A تا C) پروتون که دارای بار مثبت است از کرهٔ مثبت سمت چپ درحال دور شدن است و این حرکت، با میل طبیعی پروتون است ← انرژی پتانسیل الکتریکی درحال کاهش است.

اما در قسمت دوم مسیر (مثلاً D تا B) پروتون درحال نزدیک شدن به کرهٔ مثبت سمت راست است که این حرکت برخلاف میل طبیعی پروتون است ← انرژی پتانسیل الکتریکی درحال افزایش است.

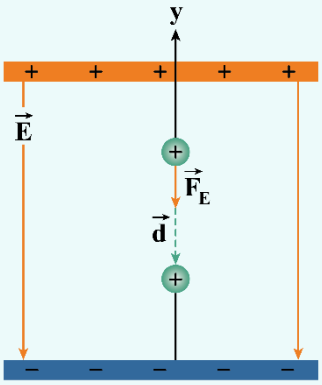


نکات طلایی

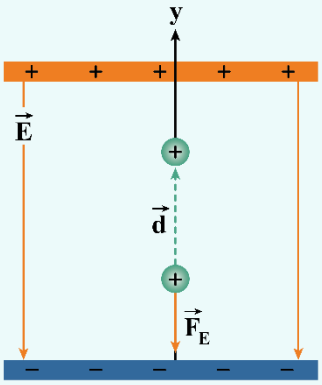
۱- به‌سادگی می‌توان دریافت، اگر بارِ الکتریکیِ مثبت، در جهتِ میدان الکتریکی جابه‌جا شود انرژی پتانسیل الکتریکیِ آن کاهش یافته است و اگر بارِ الکتریکیِ منفی، در جهتِ میدان الکتریکی جابه‌جا شود انرژی پتانسیل الکتریکیِ آن افزایش می‌یابد.

۲- اگر یک بار الکتریکی را در یک میدانِ الکتریکی رها سازیم، همواره به سمتی می‌رود که انرژی پتانسیلِ الکتریکیِ آن کاهش می‌یابد و اگر برای جابه‌جایی آن مجبور باشیم به‌زور این کار را انجام دهیم، انرژی پتانسیلِ الکتریکیِ آن افزایش می‌یابد.

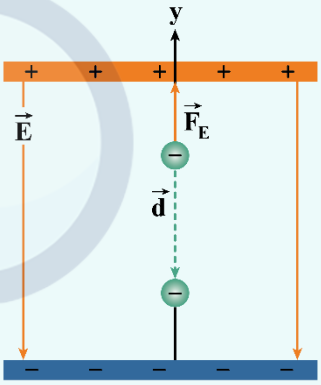
در شکل‌های زیر چند حالت مربوط به جابه‌جایی بارهای مختلف و تغییر انرژی پتانسیلِ الکتریکی نشان داده شده است.



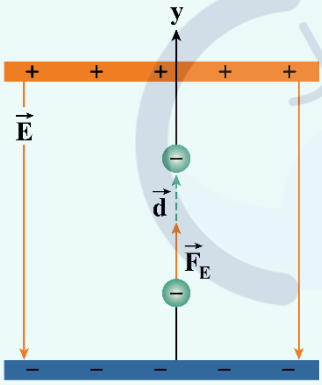
الف) بار مثبت در جهت میدان الکتریکی $\vec{E}$ حرکت می‌کند:
میدان الکتریکی، کار مثبت W_E را روی بار انجام می‌دهد.
انرژی پتانسیل الکتریکی U_E کاهش می‌یابد.



ب) بار مثبت در خلاف جهت میدان الکتریکی $\vec{E}$ حرکت می‌کند:
میدان الکتریکی، کار منفی W_E را روی بار انجام می‌دهد.
انرژی پتانسیل الکتریکی U_E افزایش می‌یابد.



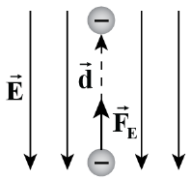
پ) بار منفی در جهت میدان الکتریکی $\vec{E}$ حرکت می‌کند:
میدان الکتریکی، کار منفی W_E را روی بار انجام می‌دهد.
انرژی پتانسیل الکتریکی U_E افزایش می‌یابد.



ت) بار منفی در خلاف جهت میدان الکتریکی $\vec{E}$ حرکت می‌کند:
میدان الکتریکی، کار مثبت W_E را روی بار انجام می‌دهد.
انرژی پتانسیل الکتریکی U_E کاهش می‌یابد.

گروه آموزشی ماز

۱۶- مطابق شکل زیر، درنتیجهٔ برخورد پرتوهای کیهانی با مولکول‌های هوا، الکترون‌هایی از این مولکول‌ها کنده می‌شوند. در نزدیکی سطح زمین، میدان الکتریکی با بزرگی $۲۵۰\frac{N}{C}$ و جهت رو به پایین وجود دارد. اگر یکی از این الکترون‌ها، تحت تأثیر این میدان ۲km رو به بالا جابه‌جا شود، انرژی پتانسیل الکتریکی آن چند ژول و چگونه تغییر می‌کند؟ $(e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C)$



۱) ۸×۱۰^{-۱۴} ژول کاهش می‌یابد.
۲) ۸×۱۰^{-۱۴} ژول افزایش می‌یابد.
۳) ۴×۱۰^{-۱۳} ژول کاهش می‌یابد.
۴) ۴×۱۰^{-۱۳} ژول افزایش می‌یابد.

پاسخ: گزینهٔ ۱ (آسان ـ مفهومی/محاسباتی ـ ۱۱۰۱)

برای محاسبهٔ تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی الکترون داریم:

$$\Delta U_E = -|q|Ed\cos\theta = -۱/۶۰\times۱۰^{-۱۹}\times۲۵۰\times۲۰۰۰\times\cos۰^\circ = -۸\times۱۰^{-۱۴}J$$

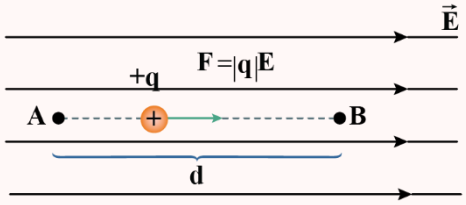
کار نیروی الکتریکی

کار نیروی الکتریکی وارد بر یک ذرهٔ باردار در میدانِ الکتریکی $\vec{E}$ در یک جابه‌جایی مشخص، برابر با قرینهٔ تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی در همان جابه‌جایی است.

$$W_E = -\Delta U_E$$

تغییر انرژیِ پتانسیل الکتریکیِ یک ذرهٔ باردار در میدان الکتریکیِ یکنواخت

فرض کنید ذرهٔ باردارِ $+q$ در یک میدان الکتریکی یکنواختِ $\vec{E}$، تحت اثرِ میدانِ الکتریکی، جابه‌جایی $\vec{d}$ را انجام می‌دهد. طبق تعریفِ کارِ یک نیرو، خواهیم داشت:



$$W_E = F \cdot d \cdot \cos\theta = |q| E \cdot d \cdot \cos\theta$$

$$\Delta U_E = -W_E = -|q| E \cdot d \cdot \cos\theta$$

θ زاویهٔ بین نیروی الکتریکی $\vec{F}_E$ و جابه‌جایی $\vec{d}$ است.

گروه آموزشی ماز

۱۷- الکترونی را در یک میدان الکتریکی یکنواخت به سمت صفحهٔ با پتانسیل بیش‌تر حرکت می‌دهیم. چه تعداد از عبارات زیر در مورد این الکترون الزاماً درست است؟

الف: انرژی جنبشی الکترون افزایش می‌یابد.

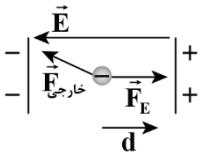
ب: کار میدان الکتریکی مثبت است.

پ: کار کل مثبت است.

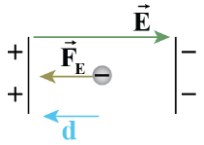
۱) صفر ۲) یک ۳) دو ۴) سه

پاسخ: گزینهٔ ۲ (متوسط ـ مفهومی ـ ۱۱۰۱)

به‌طور کلی به یاد داشته باشید برای اظهارنظر در مورد انرژی جنبشی و کار کل، باید حتماً راجع به همهٔ نیروهای وارد بر جسم اطلاعات داشته باشیم، به همین خاطر اظهارنظر قطعی در مورد انرژی جنبشی و کار کل امکان‌پذیر نیست.



مطابق شکل، ممکن است نیروی خارجی که ما به الکترون وارد می‌کنیم طوری باشد که مؤلفه‌های آن با F_E و mg برابر باشند.
در این صورت حرکت جسم با تندی ثابت خواهد بود و انرژی جنبشی آن نیز ثابت می‌ماند.
و در این صورت کار کل صفر می‌باشد (رد عبارات «الف» و «پ»)



طبق شکل، چون حرکت الکترون در جهت نیروی الکتریکی است، کار میدان الکتریکی مثبت است. (درستی عبارت «ب»)

کار میدان الکتریکی و تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی

تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی برابر قرینهٔ کار نیروی الکتریکی است و می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} W = Fd\cos\theta \\ \Delta U = -W \end{cases} \rightarrow \Delta U = -Fd\cos\theta$$

$$\xrightarrow{F=E|q|} \Delta U = -E|q|d\cos\theta$$

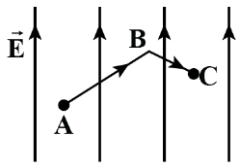
$$\rightarrow |\Delta U| = |Eqd\cos\theta|$$

دقت کنید کار نیروی الکتریکی فقط به مبدأ و مقصد حرکت بار ربط دارد و مستقل از مسیر حرکت است؛ بنابراین تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی هم فقط به مبدأ و مقصد حرکت ربط دارد.

از رابطهٔ فوق برای محاسبهٔ تغییرات انرژی پتانسیل در یک میدان الکتریکی استفاده می‌کنیم. دقت کنید در حالتی که عمود بر خطوط میدان حرکت کنیم ($\cos\theta = 0$)، پتانسیل الکتریکی و انرژی پتانسیل الکتریکی ثابت می‌مانند، زیرا کار نیروی الکتریکی صفر است.

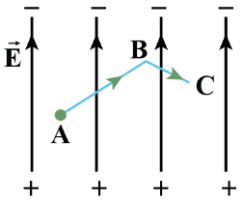
گروه آموزشی ماز

۱۸- در شکل زیر، بار الکتریکی $q=+۵۰\mu C$ مسیر ABC را طی می‌کند و تغییرات پتانسیل الکتریکی در مسیرهای AB و BC به‌ترتیب ۶۰V و ۲۰V است. اگر انرژی پتانسیل الکتریکی بار q در نقطهٔ C برابر با $۱۳۰۰\mu J$ باشد، آن‌گاه انرژی پتانسیل الکتریکی در نقطهٔ A چند میکروژول است؟



۱) ۷۰۰
۲) ۱۱۰۰
۳) ۱۵۰۰
۴) ۳۳۰۰

پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۱)



مسیر AB: در این مسیر، بار الکتریکی به سمت صفحهٔ منفی (پتانسیل کم‌تر) حرکت می‌کند.
درنتیجه پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد.

$$\Delta V_{AB} = -۶۰V$$

مسیر BC: در این مسیر، بار الکتریکی به سمت صفحهٔ مثبت (پتانسیل بیش‌تر) حرکت می‌کند. درنتیجه پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد.

$$\Delta V_{BC} = +۲۰V$$

درنتیجه در کل حرکت خواهیم داشت:

$$\Delta V_{ABC} = \Delta V_{AB} + \Delta V_{BC} = -۶۰ + ۲۰ = -۴۰V$$

اکنون تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی را به‌دست می‌آوریم:

$$\Delta U = q.\Delta V \Rightarrow U_C - U_A = q\Delta V$$
$$\Rightarrow ۱۳۰۰ - U_A = (+۵۰)(-۴۰) \Rightarrow U_A = ۳۳۰۰\mu J$$

تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی و اختلاف پتانسیل الکتریکی

۱- هنگامی‌که بار q بین دو نقطه که اختلاف پتانسیل آن‌ها برابر ΔV است، جابه‌جا شود، انرژی پتانسیل الکتریکی آن تغییر می‌کند. تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی بار یعنی ΔU به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$\Delta U = q\Delta V$$

۲- مطابق رابطهٔ بالا، بار مثبت با حرکت به سمت پتانسیل‌های بیش‌تر، انرژی پتانسیل الکتریکی‌اش زیاد می‌شود و انرژی پتانسیل الکتریکی بار منفی با حرکت به سمت پتانسیل‌های کم‌تر بیش‌تر می‌شود.

۳- اگر یک بار الکتریکی در جهت خودبه‌خودی حرکت کند، انرژی پتانسیل الکتریکی آن حتماً کم می‌شود. جهت حرکت خودبه‌خودی بار مثبت در جهت خطوط میدان الکتریکی است، درحالی‌که جهت حرکت خودبه‌خودی بار منفی در خلاف جهت میدان الکتریکی است.

۴- با حرکت در جهت خطوط میدان الکتریکی، پتانسیل الکتریکی (V) کاهش می‌یابد.

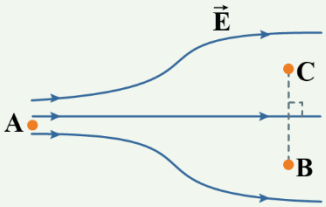
$$V_B < V_A$$

نکته

نوع و اندازهٔ بار ذره در نحوهٔ تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی (ΔU) مؤثر است؛ ولی در نحوهٔ تغییرات پتانسیل الکتریکی (ΔV) تأثیری ندارد.
همچنین با حرکت در جهت عمود بر خطوط میدان الکتریکی، پتانسیل الکتریکی ثابت می‌ماند.

مثال

شکل زیر، خطوط میدان الکتریکی را در ناحیه‌ای از صفحه نشان می‌دهد. درستی یا نادرستی گزاره‌های زیر را بررسی کنید.



الف: بزرگی میدان الکتریکی در نقطهٔ A بیش‌تر از نقطهٔ B است.
ب: پتانسیل الکتریکی نقاط B و C برابر است.
پ: با حرکت یک بار منفی از A تا B ، انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد.
ت: تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی یک بار الکتریکی در حرکت از A تا B، برابر تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی آن در حرکت از A تا C است.

پاسخ:
هریک از عبارت‌ها را جداگانه بررسی می‌کنیم:
الف: تراکم خطوط میدان در نزدیکی نقطهٔ A بیش‌تر از B است، پس بزرگی میدان الکتریکی در A بیش‌تر از B است. (✓)

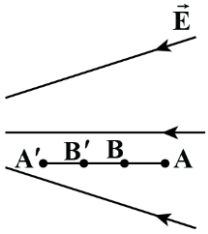
ب: نقاط B و C در یک سطح عمود بر خطوط میدان قرار دارند، پس پتانسیل الکتریکی آن‌ها برابر است. (✓)

پ: با حرکت بار منفی از A تا B، این بار در خلاف جهت خودبه‌خودی حرکت کرده است و درنتیجه انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد. (✓)

ت: چون پتانسیل الکتریکی نقاط B و C برابر است، تغییرات پتانسیل و انرژی پتانسیل الکتریکی با جابه‌جایی از A تا B با جابه‌جایی از A تا C یکسان است. (✓)

گروه آموزشی ماز

۱۹- در میدان الکتریکی نشان‌داده‌شده، یک پروتون را از نقطهٔ A به سمت چپ، شلیک می‌کنیم تا مسیر AA' را طی کند. اگر طول مسیرهای AB و $B'A'$ با یکدیگر برابر باشند، کدام گزینه نادرست است؟



۱) کار میدان الکتریکی در مسیر $B'A'$ از کار میدان الکتریکی در مسیر AB بزرگ‌تر است.

۲) تغییر انرژی جنبشی پروتون در مسیر $B'A'$ بیش‌تر از تغییر انرژی جنبشی پروتون در مسیر AB است.

۳) کاهش پتانسیل الکتریکی در مسیر $B'A'$ بیش‌تر از کاهش پتانسیل الکتریکی در مسیر AB است.

۴) افزایش انرژی پتانسیل الکتریکی پروتون در مسیر $B'A'$ بیش‌تر از افزایش انرژی پتانسیل الکتریکی پروتون در مسیر AB است.

پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ مفهومی ـ ۱۱۰۱)

با توجه به این‌که نیروی الکتریکی وارد بر پروتون به سمت چپ و جابه‌جایی آن نیز در همین جهت است، درنتیجه $\Delta U < 0$ است؛ یعنی انرژی پتانسیل الکتریکی پروتون درحال کاهش است.

دقت شود چون اندازهٔ میدان الکتریکی در مسیر $B'A'$ بزرگ‌تر از اندازهٔ میدان الکتریکی در مسیر AB است، آن‌گاه به‌ازای مسافت‌های یکسان:

اندازهٔ کار میدان در مسیر $B'A'$ بیش‌تر است.

تغییرات پتانسیل الکتریکی و تغییرات انرژی جنبشی در مسیر $B'A'$ بیش‌تر است.

چون حرکت در جهت میدان است، تغییرات پتانسیل الکتریکی از نوع کاهش است.

گروه آموزشی ماز

۲۰- ذره‌ای به جرم ۵۰ گرم و بار الکتریکی $q=-100mC$ از نقطهٔ A با پتانسیل $V_A=120V$، با تندی $35\frac{m}{s}$ به سمت نقطهٔ B با پتانسیل $V_B=-180V$ شلیک می‌شود. تندی این بار الکتریکی در نقطهٔ B چند متر بر ثانیه است؟ (تنها نیروی مؤثر بر بار، نیروی الکتریکی درنظر گرفته شود.)

۱) ۵ ۲) ۱۰ ۳) ۱۵ ۴) ۲۰

پاسخ: گزینهٔ ۱ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۱)

چون تنها نیروی مؤثر بر بار، نیروی الکتریکی است، خواهیم داشت:

$$\Delta U=-\Delta K \Rightarrow q.\Delta V=K_A-K_B=\frac{1}{2}m(v_A^2-v_B^2)$$

در این صورت خواهیم داشت:

$$\Rightarrow(-100\times10^{-3})\times[(-180)-(+120)]=\frac{1}{2}(50\times10^{-3})(35^2-v_B^2)\Rightarrow v_B^2=25\Rightarrow v_B=5\frac{m}{s}$$

پایستگی انرژی و انرژی پتانسیل الکتریکی

در مسائلی که اتلاف انرژی نداریم و نیرویی جز نیروی الکتریکی روی ذره کار انجام نمی‌دهد، تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی و انرژی جنبشی، قرینهٔ هم هستند؛ بنابراین برای محاسبهٔ تغییرات انرژی جنبشی کافی است تغییرات انرژی پتانسیل را محاسبه کنیم و سپس آن را قرینه کنیم.

پایستگی انرژی: $\Delta U+\Delta K=0\rightarrow\Delta K=-\Delta U$

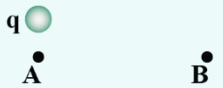
بنابراین با توجه به این‌که $|\Delta U|=|Eqd\cos\alpha|$ است، برای محاسبهٔ ΔK داریم:

$$|\Delta K|=|Eqd\cos\alpha|$$

در حالتی که روی ذره فقط نیروی الکتریکی کار انجام می‌دهد، هرگاه در جهت خودبه‌خودی حرکت کند، $\Delta K>0$ است و انرژی جنبشی زیاد می‌شود و هرگاه بار الکتریکی در خلاف جهت خودبه‌خودی حرکت کند، $\Delta K<0$ است و انرژی جنبشی کم می‌شود.

نکته

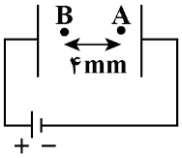
فرض کنید بار الکتریکی q از نقطهٔ A به B برود. در نمودار زیر برخی از نکات مهم در مورد این جابه‌جایی را جمع‌آوری کرده‌ایم:



- تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی برابر قرینهٔ کار نیروی الکتریکی است: $\Delta U_E = -W_E$
- اختلاف پتانسیل نقاط B و A برابر است با: $\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q}$
- با حرکت در جهت میدان الکتریکی، پتانسیل الکتریکی نقاط عبوری کاهش می‌یابد.
- با حرکت در خلاف جهت میدان الکتریکی، پتانسیل الکتریکی نقاط عبوری افزایش می‌یابد.
- با حرکت در جهت عمود بر میدان الکتریکی، پتانسیل الکتریکی ثابت می‌ماند.
- درصورتی‌که فقط نیروی الکتریکی روی ذره کار انجام دهد، انرژی مکانیکی، پایسته می‌ماند و تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی قرینهٔ تغییرات انرژی جنبشی می‌شود: $\Delta U_E = -\Delta K$

گروه آموزشی ماز

۲۱- خازنی به ظرفیت $4\mu F$ دارای بار $200\mu C$ است. اگر فاصلهٔ بین صفحات خازن $20mm$ باشد و این فاصله را ٪۲۵ افزایش دهیم، اختلاف پتانسیل بین نقاط A و B چند ولت تغییر می‌کند؟



۱) ۲ ولت کاهش می‌یابد.
۲) ۲ ولت افزایش می‌یابد.
۳) ۸ ولت کاهش می‌یابد.
۴) ۸ ولت افزایش می‌یابد.

پاسخ: گزینهٔ ۱ (سخت ـ مفهومی/محاسباتی ـ ۱۱۰۱)

اختلاف پتانسیل دو سر خازن برابر $V = \frac{Q}{C} = \frac{200\times10^{-6}}{4\times10^{-6}} = 50V$ است.

خازن به باتری متصل است؛ پس ولتاژ آن ثابت و طبق رابطهٔ $E = \frac{V}{d}$، با افزایش d، میدان الکتریکی کاهش می‌یابد.

$$E = \frac{V}{d} = \frac{50}{20\times10^{-3}} = 2500\frac{V}{m}$$

اختلاف پتانسیل اولیه بین نقاط A و B برابر است با:

$$V_{BA} = V_B - V_A = Ed_{BA} \Rightarrow V_B - V_A = 2500\times4\times10^{-3} = 10V$$

با افزایش d و ثابت ماندن اختلاف پتانسیل دو سر خازن، بزرگی میدان جدید را به‌دست می‌آوریم.

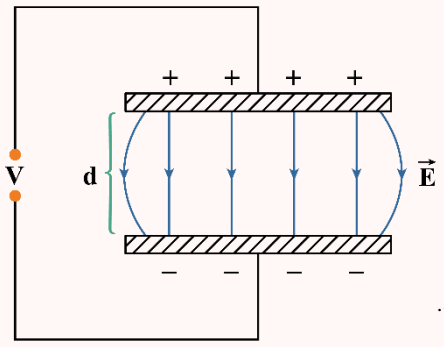
$$d' = d + \frac{25}{100}d = \frac{5}{4}d = \frac{5}{4}\times20\times10^{-3} = 25\times10^{-3}m$$

$$E' = \frac{V}{d'} = \frac{50}{25\times10^{-3}} = 2000\frac{V}{m}$$

$$V'_{BA} = V'_B - V'_A = E'd_{BA} = 2000\times4\times10^{-3} = 8V$$

بنابراین V_{BA} از ۱۰ ولت به ۸ ولت رسیده است، یعنی ۲ ولت کاهش داشته است.

میدان الکتریکی یکنواخت



۱- اگر دو صفحهٔ بزرگ فلزی را با بارهای $+q$ و $-q$ باردار کنیم و در مقابل هم در فاصلهٔ d قرار دهیم، به‌دور از لبهٔ صفحه‌ها، میدان الکتریکی یکنواختی بین آن‌ها ایجاد می‌شود که اندازهٔ آن از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$E = \frac{V}{d}$$

۲- مطابق رابطهٔ $E = \frac{V}{d}$، یکای میدان الکتریکی علاوه‌بر $\frac{\text{نیوتون}}{\text{کولن}}$ که در گذشته خواندیم، می‌تواند $\frac{\text{ولت}}{\text{متر}}$ هم باشد.

مثال

دو صفحهٔ بزرگ فلزی را به اختلاف پتانسیل ۲۰V وصل می‌کنیم و آن‌ها را در فاصلهٔ ۵cm از هم قرار می‌دهیم. اندازهٔ میدان الکتریکی بین دو صفحه چند واحد SI است؟

پاسخ:

مطابق رابطهٔ $E = \frac{V}{d}$ داریم:

$$E = \frac{V}{d} = \frac{۲۰}{۵\times۱۰^{-۲}} = ۴۰۰\frac{V}{m}$$

ظرفیت خازن

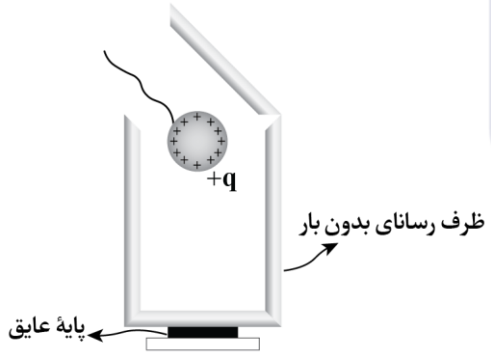
با توجه به آن‌که هرچه اختلاف پتانسیل بین دو صفحهٔ خازن بیش‌تر باشد، بار ذخیره‌شده در آن بیش‌تر می‌شود، نسبت بار ذخیره‌شده به اختلاف پتانسیل بین دو صفحهٔ آن را ظرفیت خازن می‌نامند. ظرفیت خازن، عددی ثابت است و آن را با C نشان می‌دهند و واحد آن فاراد یا کولن بر ولت است:

$$C = \frac{q}{V}$$

هنگامی‌که یک خازن به ظرفیت C توسط یک باتری با ولتاژ V باردار می‌شود، بار ذخیره‌شده در آن از رابطهٔ $q = CV$ به‌دست می‌آید.

گروه آموزشی ماز

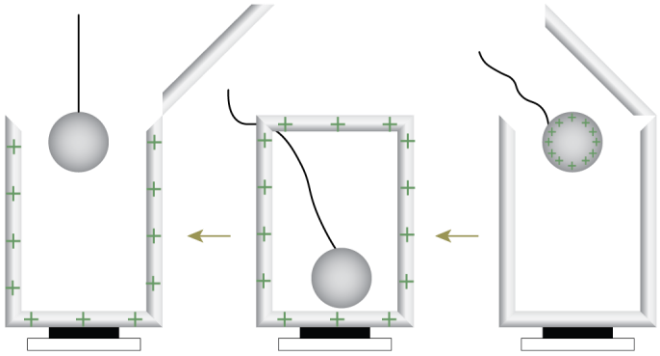
۲۲- مطابق شکل زیر، یک گوی فلزی با بار مثبت را که از نخ عایقی آویزان است، وارد ظرف می‌کنیم. اکنون گوی را با کف ظرف تماس می‌دهیم و سپس درپوش فلزی را می‌بندیم. آن‌گاه گوی را از ظرف جدا می‌کنیم و درپوش فلزی را با دستهٔ عایقش برمی‌داریم. پس از خارج کردن گوی فلزی از ظرف، بار الکتریکی گوی ..... است و از این آزمایش می‌توان نتیجه گرفت .....



۱) صفر ـ بار الکتریکی در سطح خارجی رسانا پخش می‌شود.
۲) صفر ـ میدان الکتریکی درون رسانا صفر است.
۳) مثبت ـ بار الکتریکی در سطح خارجی رسانا پخش می‌شود.
۴) مثبت ـ میدان الکتریکی درون رسانا صفر است.

پاسخ: گزینهٔ ۱ (آسان ـ مفهومی ـ ۱۱۰۱)

با توجه به این‌که بار الکتریکی در سطح خارجی رساناها پخش می‌شود، هنگامی که گوی را درون ظرف قرار می‌دهیم و سپس با ظرف تماس می‌دهیم، همهٔ بار گوی به ظرف منتقل می‌شود؛ بنابراین بار گوی برابر صفر می‌شود.



توزیع بار در جسم رسانا

در رساناهای منزوی، بار الکتریکی به‌گونه‌ای در سطح جسم پخش می‌شود که ویژگی‌های زیر را داشته باشد:

۱- بار الکتریکی در سطح خارجی رسانا پخش می‌شود.

۲- تجمع و تراکم بارها در نقاط نوک‌تیز بیش‌تر است.

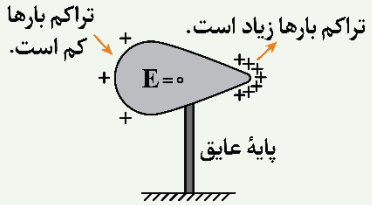
۳- میدان الکتریکی درون رسانا صفر است.

۴- خطوط میدان الکتریکی در خارج از رسانا بر سطح آن عمود است.

۵- پتانسیل الکتریکی همهٔ نقاط رسانا باهم برابر است، به عبارت دیگر اختلاف پتانسیل الکتریکی نقاط رسانا باهم صفر است.

مثال

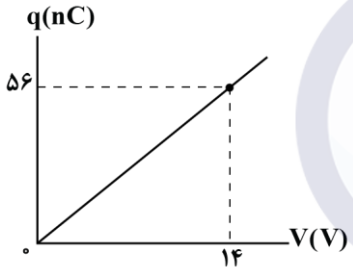
جسم فلزی دوکی‌شکل زیر را درنظر بگیرید. اگر این جسم را باردار کنیم، تراکم بارها در قسمت نوک‌تیز بیش‌تر از سایر قسمت‌های آن است.



بنابراین اگر یک آونگ الکتریکی را نزدیک قسمت نوک‌تیز قرار دهیم، به نسبت قسمت پهن‌تر، بیش‌تر منحرف می‌شود.

گروه آموزشی ماز

۲۳- دو صفحهٔ رسانا با مساحت $۴۰۰cm^۲$ را در فاصلهٔ $۰/۵mm$ از هم قرار می‌دهیم و فاصلهٔ بین آن‌ها را با یک مادهٔ دی‌الکتریک پر می‌کنیم. اگر با شارژ کردن این خازن، نمودار تغییرات بار ذخیره‌شده در آن برحسب اختلاف پتانسیل دو سر آن مطابق شکل باشد، ثابت دی‌الکتریک عایق بین صفحه‌ها چقدر است؟ $(\varepsilon_۰ \simeq ۹\times۱۰^{-۱۲}\frac{F}{m})$



۱) $\frac{۲۵}{۹}$

۲) $\frac{۲۵}{۳}$

۳) $\frac{۵۰}{۹}$

۴) $\frac{۵۰}{۳}$

پاسخ: گزینهٔ ۳ (متوسط ـ نموداری ـ ۱۱۰۱)

گام اول:

با توجه به نمودار، اگر خازن با ولتاژ $V=۱۴V$ شارژ شود، بار ذخیره‌شده در آن برابر $q=۵۶nC$ می‌شود؛ بنابراین ظرفیت آن برابر است با:

$$C=\frac{q}{V}\Rightarrow C=\frac{۵۶}{۱۴}=۴nF=۴\times۱۰^{-۹}F$$

گام آخر:

ثابت دی‌الکتریک را به‌دست می‌آوریم:

$$C=\kappa\varepsilon_۰\frac{A}{d}\Rightarrow ۴\times۱۰^{-۹}=\kappa\times۹\times۱۰^{-۱۲}\times\frac{۴۰۰\times۱۰^{-۴}}{۰/۵\times۱۰^{-۳}}$$

$$\Rightarrow ۴\times۱۰^{-۹}=\kappa\times۹\times۱۰^{-۱۲}\times۸۰\Rightarrow\kappa=\frac{۵۰}{۹}$$

ظرفیت خازن

با توجه به آن‌که هرچه اختلاف پتانسیل بین دو صفحهٔ خازن بیش‌تر باشد، بار ذخیره‌شده در آن بیش‌تر می‌شود، نسبت بار ذخیره‌شده به اختلاف پتانسیل بین دو صفحهٔ آن را ظرفیت خازن می‌نامند. ظرفیت خازن، عددی ثابت است و آن را با C نشان می‌دهند و واحد آن فاراد یا کولن بر ولت است:

$$C=\frac{q}{V}$$

هنگامی‌که یک خازن به ظرفیت C توسط یک باتری با ولتاژ V باردار می‌شود، بار ذخیره‌شده در آن از رابطهٔ $q=CV$ به‌دست می‌آید.

عوامل مؤثر بر ظرفیت خازن:

تنها ویژگی‌های ساختمانی می‌توانند بر روی ظرفیت خازن مؤثر باشند.

$$C = \kappa\varepsilon_{\circ}\frac{A}{d}$$

۱- فاصلهٔ بین صفحات (d)

۲- مساحت صفحات (A)

۳- دی‌الکتریک بین صفحات (با ثابت κ)

میدان الکتریکی بین صفحه‌های خازن از روابط زیر به‌دست می‌آید:

$E = \frac{V}{d} \rightarrow$ اگر ولتاژ را داشته باشیم

$E = \frac{q}{\kappa\varepsilon_{\circ}A} \rightarrow$ اگر بار را داشته باشیم

انرژی ذخیره‌شده در خازن از روابط زیر به‌دست می‌آید:

$$\text{انرژی خازن} \rightarrow \begin{cases} U = \frac{۱}{۲}CV^{۲} \\ U = \frac{۱}{۲}\frac{q^{۲}}{C} \\ U = \frac{۱}{۲}qV \end{cases}$$

مثال

یک خازن تخت از صفحه‌هایی با مساحت $۱۰^{-۳}m^{۲}$ ساخته شده است که در فاصلهٔ $۰/۵mm$ از هم قرار گرفته‌اند و بین صفحه‌ها هوا است. اگر این خازن را به اختلاف پتانسیل $۲۰V$ متصل کنیم تا شارژ شود، به سؤالات زیر پاسخ دهید.

الف) ظرفیت خازن چند نانوفاراد است؟ $(\varepsilon_{\circ} = ۹\times۱۰^{-۱۲}\frac{F}{m})$

$$C = \kappa\varepsilon_{\circ}\frac{A}{d} = ۱\times۹\times۱۰^{-۱۲}\times\frac{۱۰^{-۳}}{۰/۵\times۱۰^{-۳}} = ۱۸\times۱۰^{-۱۲}F = ۰/۰۱۸nF$$

ب) بزرگی میدان الکتریکی بین صفحه‌های خازن چند واحد SI است؟

$$E = \frac{V}{d} = \frac{۲۰}{۰/۵\times۱۰^{-۳}} = ۴\times۱۰^{۴}\frac{V}{m}$$

پ) بار ذخیره‌شده در خازن چند نانوکولن است؟

$$q = CV \rightarrow q = ۰/۰۱۸\times۲۰ = ۰/۳۶nC$$

ت) انرژی ذخیره‌شده در خازن چند نانوژول است؟

$$U = \frac{۱}{۲}CV^{۲} = \frac{۱}{۲}\times۰/۰۱۸\times۲۰^{۲} = ۳/۶nJ$$

گروه آموزشی ماز

۲۴- اختلاف پتانسیل دو صفحهٔ خازنی را $\frac{۱۵}{۱۱}$ برابر می‌کنیم. در این صورت انرژی خازن و بار ذخیره‌شدهٔ آن $۱۰۴\mu J$ و $۱۶\mu C$ تغییر می‌کنند. ظرفیت خازن چند میکروفاراد است؟

۱) ۴ ۲) ۸ ۳) ۱۰ ۴) ۲۰

پاسخ: گزینهٔ ۲ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۱)

ابتدا بار خازن را در دو حالت حساب می‌کنیم:

$$q = CV \xrightarrow{\text{C ثابت است}} \frac{q_{۲}}{q_{۱}} = \frac{V_{۲}}{V_{۱}} \Rightarrow \frac{q_{۱}+۱۶}{q_{۱}} = \frac{۱۵}{۱۱} \Rightarrow q_{۱} = ۴۴\mu C$$

$$q_{C} = q_{۱}+۱۶ = ۴۴+۱۶ = ۶۰\mu C$$

درنتیجه $q_{۲} = ۶۰\mu C$ می‌باشد.

حالا با داشتن اختلاف انرژی و بار خازن در دو حالت، ظرفیت خازن را حساب می‌کنیم:

$$U_2 - U_1 = 104 \xrightarrow{U=\frac{1}{2}\frac{q^2}{C}} \frac{1}{2C}(q_2^2 - q_1^2) = 104$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2C}(60^2 - 44^2) = 104 \Rightarrow C = 8\mu F$$

گروه آموزشی ماز

۲۵- خازنی به یک باتری متصل شده تا شارژ شود. اگر در همین حالت، فاصلهٔ بین صفحه‌های خازن را ۲۰ درصد کاهش دهیم، بار الکتریکی، میدان الکتریکی و انرژی ذخیره‌شده در خازن به‌ترتیب از راست به چپ چند برابر می‌شوند؟

۱) ۱، $\frac{4}{5}$، $\frac{4}{5}$

۲) $\frac{5}{4}$، $\frac{4}{5}$، $\frac{5}{4}$

۳) ۱، $\frac{5}{4}$، $\frac{4}{5}$

۴) $\frac{5}{4}$، $\frac{5}{4}$، $\frac{5}{4}$

پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ مفهومی/محاسباتی ـ ۱۱۰۱)

با توجه به این‌که خازن به باتری متصل است، ولتاژ آن ثابت می‌ماند.

$$\frac{V_2}{V_1} = 1$$

با کاهش ۲۰ درصدی فاصلهٔ بین صفحه‌ها، فاصلهٔ بین آن‌ها $\frac{4}{5}$ برابر می‌شود و داریم:

$$d_2 = d_1 - \frac{20}{100} = \frac{80}{100}d_1 = \frac{4}{5}d_1 \Rightarrow \frac{d_2}{d_1} = \frac{4}{5}$$

$$C = \kappa\varepsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{5}{4}$$

در ادامه تغییر هر یک از کمیت‌های خواسته‌شده را محاسبه می‌کنیم.

بار الکتریکی:

$$q = CV \xrightarrow{\text{ثابت } V} \frac{q_2}{q_1} = \frac{C_2}{C_1} = \frac{5}{4}$$

میدان الکتریکی:

$$E = \frac{V}{d} \xrightarrow{\text{ثابت } V} \frac{E_2}{E_1} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{5}{4}$$

انرژی الکتریکی:

$$U = \frac{1}{2}CV^2 \xrightarrow{\text{ثابت } V} \frac{U_2}{U_1} = \frac{C_2}{C_1} = \frac{5}{4}$$

نکته

هنگامی که در ویژگی‌های یک خازن تغییر ایجاد کنیم، دو حالت زیر امکان‌پذیر است:

۱- خازن به باتری وصل باشد: در این حالت ولتاژ خازن ثابت می‌ماند.

۲- خازن شارژ و از باتری جدا شده باشد: در این حالت بار خازن ثابت می‌ماند.

۱- چه تعداد از عبارت‌های زیر صحیح است؟

الف: آهنگ شارش بار الکتریکی خالص از هر مقطع سیم رسانا را جریان الکتریکی می‌نامند.

ب: آمپر ـ ساعت، یکای جریان الکتریکی است.

پ: کیلووات ساعت، یکای توان الکتریکی است.

ت: با ایجاد اختلاف پتانسیل الکتریکی در دو سر یک سیم رسانا، الکترون‌ها با سرعت متوسطی موسوم به سرعت سوق، به‌طور بسیار سریعی از پتانسیل بیش‌تر به پتانسیل کم‌تر حرکت می‌کنند.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ: گزینهٔ ۱ (آسان ـ خط‌به‌خط کتاب درسی ـ ۱۱۰۲)

با توجه به متن کتاب درسی، فقط عبارت «الف» صحیح است.

بررسی موارد نادرست:

ب

آمپر ـ ساعت یکای بار الکتریکی است و معادل ۳۶۰۰ کولن می‌باشد. (✗)

پ

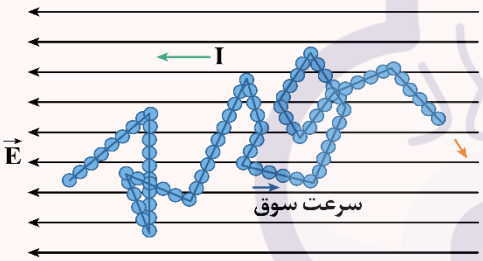
کیلووات ساعت یکای انرژی است و معادل $۳/۶\times۱۰^{۶}$ ژول می‌باشد. (✗)

ت

الکترون‌ها با سرعت متوسطی موسوم به سرعت سوق، به‌طور آهسته‌ای از پتانسیل کم‌تر به پتانسیل بیش‌تر حرکت می‌کنند. (✗)

جریان الکتریکی

شکل مقابل، حرکت الکترون‌ها را درون یک رسانای فلزی در حضور میدان الکتریکی نشان می‌دهد.



در مورد این شکل به نکات زیر توجه کنید:

۱- در غیاب میدان الکتریکی، الکترون‌ها به‌صورت کاتوره‌ای، تصادفی و با سرعت زیاد در همهٔ جهت‌ها حرکت می‌کنند و بار الکتریکی به‌طور خالص منتقل نمی‌شود؛ بنابراین جریان الکتریکی درون رسانا ایجاد نمی‌شود.

۲- در حضور میدان الکتریکی، الکترون‌ها با سرعتی متوسط موسوم به سرعت سوق در خلاف جهت میدان الکتریکی حرکت می‌کنند. علت این حرکت آن است که میدان الکتریکی، نیرویی در خلاف جهت میدان به الکترون‌ها وارد می‌کند.

۳- به‌دلیل حرکت الکترون‌ها با سرعت سوق در خلاف جهت میدان، بار الکتریکی منفی به‌طور خالص در خلاف جهت میدان الکتریکی به حرکت درمی‌آید؛ بنابراین جریان الکتریکی در جهت میدان الکتریکی در رسانا ایجاد می‌شود. دقت کنید که طبق قرارداد، جهت جریان الکتریکی در خلاف جهت حرکت بارهای منفی است.

۴- میدان الکتریکی و جریان الکتریکی هم‌جهت هستند، درحالی‌که جهت سرعت سوق الکترون‌ها در خلاف جهت آن‌هاست.

۵- سرعت سوق الکترون‌ها بسیار کم و از مرتبهٔ $۱۰^{-۴}\frac{m}{s}$ است، درصورتی‌که سرعت حرکت کاتوره‌ای آن‌ها بسیار زیاد و از مرتبهٔ $۱۰^{۶}\frac{m}{s}$ است.

۶- آهنگ شارش بار الکتریکی در یک سیم معادل با جریان الکتریکی گذرنده از آن سیم است.

$$I_{av}=\frac{\Delta q}{\Delta t}$$

Δq : بار الکتریکی شارش‌شده با یکای کولن

Δt : مدت‌زمان عبور بار الکتریکی با یکای ثانیه

I_{av} : جریان الکتریکی متوسط با یکای آمپر

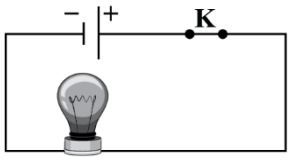
۷- یکای جریان الکتریکی برابر آمپر (A) است که معادل با $\frac{\text{کولن}}{\text{ثانیه}}$ می‌باشد. دقت کنید که آمپر یکی از هفت یکای اصلی SI می‌باشد.

۸- طبق رابطهٔ $\Delta q=I_{av}\Delta t$ ، علاوه‌بر کولن، می‌توان یکای (آمپر-ساعت) را هم برای بار الکتریکی استفاده کرد. هر (آمپر-ساعت) معادل با ۳۶۰۰ کولن است.

۹- در سؤالاتی که تعداد الکترون‌های عبوری از مقطع رسانا را در مدت‌زمان Δt می‌خواهیم، می‌توان به‌صورت زیر عمل کرد:

$$\begin{cases} I_{av}=\frac{\Delta q}{\Delta t} \\ \Delta q=ne \end{cases} \Rightarrow I_{av}=\frac{ne}{\Delta t}\Rightarrow n=\frac{I_{av}\Delta t}{e}$$

۲- در مدار شکل زیر، اختلاف پتانسیل دو سر لامپ ۸V و مقاومت آن ۲۰Ω است. در مدت یک ساعت چه تعداد الکترون از لامپ می‌گذرد؟



$(e=1/6\times10^{-19}C)$

۱) 9×10^{21}
۲) 9×10^{22}
۳) $4/5\times10^{21}$
۴) $4/5\times10^{22}$

پاسخ: گزینهٔ ۱ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۲)

گام اول:

جریان گذرنده از لامپ برابر است با:

$$I=\frac{V}{R}=\frac{8}{20}=\frac{2}{5}A$$

گام دوم:

بار الکتریکی گذرنده از لامپ در مدت یک ساعت برابر است با:

$$\Delta q=I\Delta t\Rightarrow \Delta q=\frac{2}{5}\times3600=1440C$$

گام آخر:

تعداد الکترون‌های گذرنده از لامپ برابر است با:

$$\Delta q=ne\Rightarrow n=\frac{\Delta q}{e}=\frac{1440}{1/6\times10^{-19}}=9\times10^{21}$$

قانون اُهم

۱- مطابق قانون اُهم، رابطهٔ ولتاژ و جریان برای یک مقاومت الکتریکی به‌صورت زیر است:

$$V=RI$$

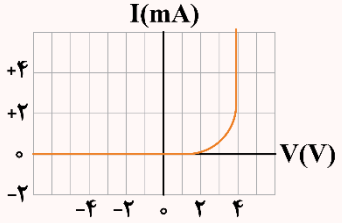
V : اختلاف پتانسیل با یکای ولت
I : جریان الکتریکی با یکای آمپر
R : مقاومت الکتریکی با یکای اُهم

نکته

مقدار مقاومت الکتریکی به ساختمان و دمای رسانا وابسته است و با تغییر ولتاژ یا جریان تغییر نمی‌کند.

۲- مطابق قانون اُهم، نمودار تغییرات ولتاژ یک مقاومت برحسب جریان الکتریکی آن و نمودار جریان الکتریکی برحسب ولتاژ، مطابق شکل زیر به‌صورت یک خط صعودی است.

۳- مقاومت‌های الکتریکی به دو دستهٔ اُهمی و غیراُهمی تقسیم می‌شوند. مقاومت‌های اُهمی از قانون اُهم پیروی می‌کنند که در نکتهٔ قبل با آن‌ها آشنا شدیم.
برخلاف مقاومت‌های اُهمی که ولتاژ و جریان باهم رابطهٔ مستقیم و خطی دارند، ولتاژ و جریان مقاومت‌های غیراُهمی دارای رابطهٔ غیرخطی هستند، مثلاً شکل زیر نمودار جریان ـ ولتاژ برای یک دیود نورگسیل (LED) را نشان می‌دهد که یک مقاومت غیراُهمی است.



دقت کنید که در دمای ثابت، نسبت ولتاژ به جریان $(\frac{V}{I})$ در مقاومت‌های اُهمی همواره ثابت است، درحالی‌که این نسبت در مقاومت‌های غیراُهمی متغیر می‌باشد.

۳- دو رسانای A و B به‌ترتیب از آهن و مس ساخته شده‌اند و طول یکسانی دارند. رسانای A سیم توپری به قطر ۱/۰mm است. رسانای B لوله‌ای توخالی به شعاع خارجی ۲/۰mm و شعاع داخلی ۱/۰mm است. مقاومت رسانای A چند برابر مقاومت رسانای B است؟

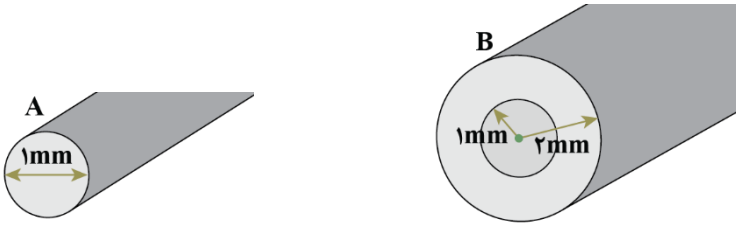
$(\rho_{مس} = ۲\times۱۰^{-۸}\Omega.m \ , \ \rho_{آهن} = ۱۰^{-۷}\Omega.m)$

۱) ۱۲ ۲) ۶۰ ۳) $\frac{۱}{۶۰}$ ۴) $\frac{۱}{۱۲}$

پاسخ: گزینهٔ ۲ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۲)

گام اول:

ابتدا با توجه به شکل زیر، سطح مقطع رساناها را محاسبه می‌کنیم.



$A_A = \pi r_A^۲ = \frac{\pi}{۴} mm^۲$

$A_B = \pi(r^۲_{خارجی} - r^۲_{داخلی}) = \pi(۲^۲ - ۱^۲) = ۳\pi\, mm^۲$

گام آخر:

برای مقایسهٔ مقاومت سیم‌ها می‌توان نوشت:

$$R = \rho\frac{L}{A} \Rightarrow \frac{R_A}{R_B} = \frac{\rho_A}{\rho_B}\times\frac{L_A}{L_B}\times\frac{A_B}{A_B}$$

$$\Rightarrow \frac{R_A}{R_B} = \frac{۱۰^{-۷}}{۲\times۱۰^{-۸}}\times۱\times\frac{۳\pi}{\frac{\pi}{۴}} = ۵\times۱\times۱۲ = ۶۰$$

مقاومت الکتریکی

۱- مقدار مقاومت الکتریکی یک سیم به ویژگی‌های ساختمانی و دمای آن وابسته است و ربطی به ولتاژ و جریان آن ندارد. مقدار مقاومت یک سیم برحسب ویژگی‌های ساختمانی آن را می‌توانیم از رابطهٔ زیر به‌دست آوریم:

$$R = \rho\frac{L}{A}$$

R : مقدار مقاومت الکتریکی با یکای اُهم ρ : مقاومت ویژه با یکای (اهم×متر)

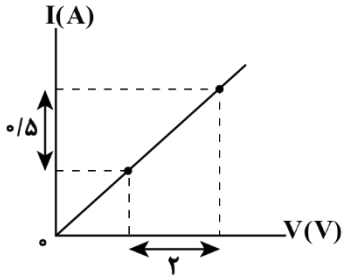
L : طول سیم با یکای متر A : سطح مقطع سیم با یکای مترمربع

۲- با توجه به رابطهٔ $R = \rho\frac{L}{A}$ ، برای مقایسهٔ مقاومت الکتریکی دو سیم به‌صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$R = \rho\frac{L}{A} \Rightarrow \frac{R_۲}{R_۱} = \frac{\rho_۲}{\rho_۱}\times\frac{L_۲}{L_۱}\times\frac{A_۱}{A_۲} \xrightarrow[d \to \text{قطر مقطع}]{A\propto d^۲} \frac{R_۲}{R_۱} = \frac{\rho_۲}{\rho_۱}\times\frac{L_۲}{L_۱}\times(\frac{d_۱}{d_۲})^۲$$

گروه آموزشی ماز

۴- نمودار جریان ـ ولتاژ یک سیم مسی مطابق شکل زیر است. اگر این سیم از ۹۰ گرم مس ساخته شده باشد، طول آن چند متر است؟ (چگالی و مقاومت ویژهٔ مس به‌ترتیب ۹۰۰۰ و $۱/۶\times۱۰^{-۸}$ واحد SI فرض شود.)



۱) ۵
۲) ۵۰
۳) ۱۰
۴) ۱۰۰

پاسخ: گزینهٔ ۲ (متوسط ـ نموداری ـ ۱۱۰۲)

گام اول:

با توجه به نمودار، با افزایش ۲ ولتی اختلاف پتانسیل، جریان سیم $0/5A$ افزایش یافته است؛ بنابراین مقاومت الکتریکی سیم برابر است با:

$$R=\frac{\Delta V}{\Delta I}=\frac{2}{0/5}=4\Omega$$

گام آخر:

برای محاسبهٔ طول سیم، از رابطهٔ $R=\rho\rho'\frac{L^2}{m}$ کمک می‌گیریم:

$$R=\rho\rho'\frac{L^2}{m}\Rightarrow 4=1/6\times10^{-8}\times9000\times\frac{L^2}{90\times10^{-3}}$$

$$\Rightarrow L^2=\frac{4}{1/6}\times10^3\Rightarrow L^2=2500\Rightarrow L=50m$$

درس‌نامه

گاهی در سؤالات مربوط به محاسبهٔ مقاومت، از جرم و چگالی سیم هم استفاده می‌شود. برای حل این سؤالات می‌توانیم به‌صورت زیر عمل کنیم. دقت کنید که چگالی را با ρ' نشان داده‌ایم تا با مقاومت ویژه اشتباه نشود.

$$\text{چگالی}:\rho'=\frac{m}{V}=\frac{m}{AL}\rightarrow A=\frac{m}{\rho' L}$$

$$R=\rho\frac{L}{A}\xrightarrow{A=\frac{m}{\rho' L}}R=\rho\rho'\frac{L^2}{m}$$

البته می‌توانیم رابطهٔ فوق را حفظ نکنیم و فقط از مراحل به‌دست آوردن این رابطه در حل سؤال استفاده کنیم. به مثال زیر توجه کنید.

مثال

با ۲۰۰ گرم آهن، سیمی استوانه‌ای و توپر به طول ۱۰ متر ساخته‌ایم. مقاومت این سیم چند اُهم است؟ (مقاومت ویژه و چگالی آهن به‌ترتیب 10^{-7} و ۸۰۰۰ واحد SI است.)

پاسخ:

این سؤال را با دو روش حل می‌کنیم.

روش اول: اگر رابطهٔ مقاومت و جرم را حفظ باشیم:

$$R=\rho\rho'\frac{L^2}{m}=10^{-7}\times8000\times\frac{10^2}{0/2}=0/4\Omega$$

روش دوم: اگر رابطه را حفظ نباشیم:

در این صورت ابتدا سطح مقطع سیم را محاسبه می‌کنیم و سپس با کمک آن مقاومت سیم را به‌دست می‌آوریم.

$$\rho'=\frac{m}{V}=\frac{m}{AL}\rightarrow 8000=\frac{0/2}{A\times10}\rightarrow A=2/5\times10^{-6}m^2$$

$$R=\rho\frac{L}{A}=10^{-7}\times\frac{10}{2/5\times10^{-6}}=0/4\Omega$$

گروه آموزشی ماز

۵- کدام‌یک از عبارت‌های زیر صحیح است؟

الف: مقاومت الکتریکی یک سیم مسی با افزایش دما زیاد می‌شود.

ب: نمودار ولتاژ ـ جریان یک دیود نورگسیل (LED) به‌صورت خطی است.

پ: در برخی مواد، مانند جیوه و قلع با کاهش دما، مقاومت ویژه در دمای خاصی به‌صورت ناگهانی به صفر افت می‌کند و در دماهای پایین‌تر، همچنان صفر می‌ماند. این پدیده را ابررسانایی می‌گویند.

ت: در مدارهای الکترونیکی وسیله‌ای به نام رئوستا نقش پتانسیومتر را دارد.

۱) «الف» و «پ» ۲) «الف» و «ت» ۳) «ب» و «ت» ۴) «ب» و «پ»

پاسخ: گزینهٔ ۱ (آسان ـ خط‌به‌خط کتاب درسی ـ ۱۱۰۲)

بررسی موارد:

الف مقاومت فلزات با افزایش دما زیاد می‌شود؛ بنابراین با افزایش دمای سیم مسی، مقاومت الکتریکی آن افزایش می‌یابد. (✓)

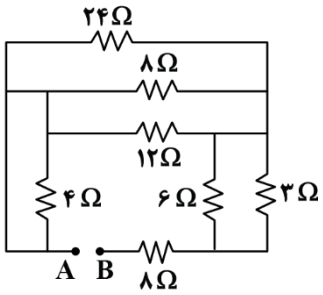
ب) دیود نورگسیل یک رسانای غیراُهمی است و نمودار ولتاژ ـ جریان آن غیرخطی است. (✗)

پ) با توجه به متن کتاب درسی صحیح است. (✓)

ت) در مدارهای الکترونیکی وسیله‌ای به نام پتانسیومتر نقش رئوستا را دارد. (✗)

گروه آموزشی ماز

۶- در مدار شکل مقابل، مقاومت معادل بین دو نقطهٔ A و B چند اُهم است؟



۱) ۶

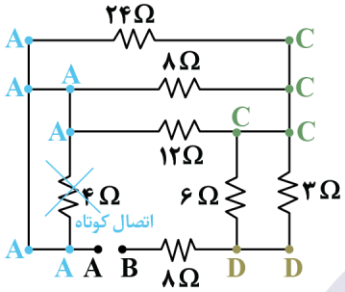
۲) ۸

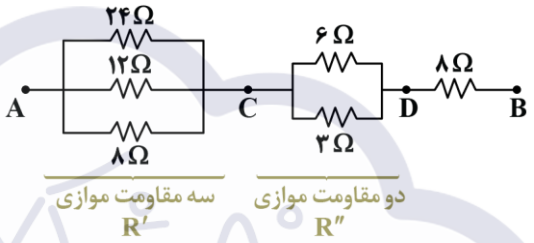
۳) ۱۴

۴) ۱۸

پاسخ: گزینهٔ ۳ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۲)

ابتدا با نام‌گذاری نقاط، مدار را ساده‌تر می‌کنیم:





$$\frac{۱}{R'}=\frac{۱}{۲۴}+\frac{۱}{۱۲}+\frac{۱}{۸}=\frac{۱+۲+۳}{۲۴}=\frac{۶}{۲۴}=\frac{۱}{۴}\Rightarrow R'=۴\Omega \qquad R''=\frac{۶\times۳}{۶+۳}=۲\Omega$$

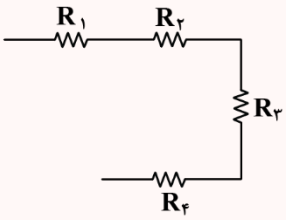
$$\Rightarrow A\text{—}\overset{R'=۴\Omega}{\text{/\!/\!/}}\text{—}\overset{R''=۲\Omega}{\text{/\!/\!/}}\text{—}\overset{۸\Omega}{\text{/\!/\!/}}\text{—}B \qquad R_{eq}=۴+۲+۸=۱۴\Omega$$

به‌هم بستن مقاومت‌ها

دو حالت مهم به‌هم بستن مقاومت‌ها به‌صورت سری (متوالی) و موازی است.

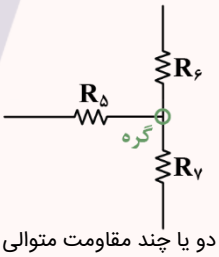
به هم بستن متوالی (سری) مقاومت‌ها

اگر دو یا چند مقاومت به‌صورت پشت سر هم بسته شده باشند، به‌طوری که انشعاب فعالی بین آن‌ها نباشد، به این حالت متوالی می‌گوییم.



$R_۱, R_۲, R_۳, R_۴ \Rightarrow$ متوالی‌اند

هیچ‌کدام با دیگری متوالی نیست.

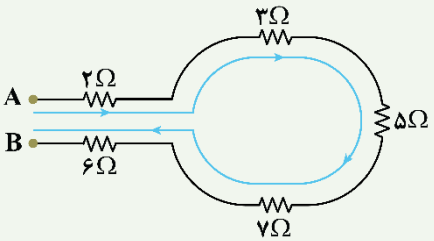


برای به‌دست آوردن مقاومت معادل دو یا چند مقاومت متوالی آن‌ها را باهم جمع می‌کنیم.

$$R_{eq}=R_۱+R_۲+R_۳+R_۴$$

مثال

در شکل مقابل، مقاومت معادل دو نقطهٔ A و B چند اُهم است؟



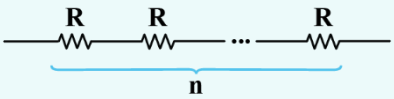
پاسخ تشریحی:

مقاومت متوالی ۵: $R_{AB}=۲+۳+۵+۷+۶=۲۳\Omega$

نکته

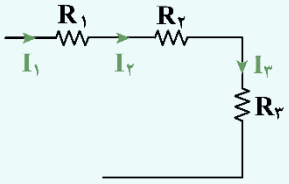
اگر n مقاومت مشابه R به‌صورت متوالی به‌هم وصل باشند، مقاومت معادل برابر است با:

$$R_{eq} = nR$$



نکته

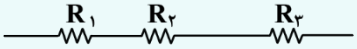
جریان الکتریکی گذرنده از مقاومت‌های متوالی، یکسان است و برابر است با جریان گذرنده از مقاومت معادل آن‌ها.



R_1، R_2 و R_3 متوالی: $I_1 = I_2 = I_3 = I_t$

نکته

ولتاژ مقاومت معادل دو یا چند مقاومت متوالی برابر است با مجموع ولتاژ تک‌تک مقاومت‌ها.



$$V_t = V_1 + V_2 + V_3$$

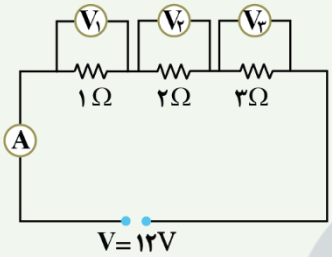
مثال

در مدار شکل مقابل:

الف: مقاومت معادل را حساب کنید.

ب: عدد آمپرسنج را حساب کنید.

پ: عدد هریک از ولت‌سنج‌ها را حساب کنید.



پاسخ تشریحی:

الف:

R_1، R_2 و R_3 متوالی: $R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 = 1+2+3 = 6\Omega$

ب:

$$R_{eq} = \frac{V_t}{I_t} \Rightarrow 6 = \frac{12}{I_t} \Rightarrow I_t = 2A$$

عدد آمپرسنج ۲A است.

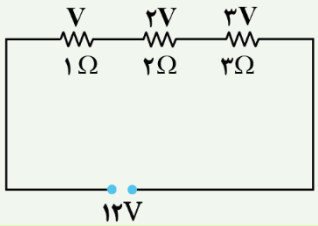
پ: جریان گذرنده از هر یک از مقاومت‌ها همان جریان کل یعنی ۲A است.

برای به‌دست آوردن ولتاژ هر یک از مقاومت‌ها باید طبق قانون اُهم، جریان گذرنده از آن مقاومت را در مقدار مقاومت ضرب کنیم و خواهیم داشت:

$$V = RI \xrightarrow{I_1=I_2=I_3=2A} \begin{cases} V_1 = 1\times 2 = 2V \\ V_2 = 2\times 2 = 4V \\ V_3 = 3\times 2 = 6V \end{cases}$$

یه جور دیگه:

در مقاومت‌های متوالی، ولتاژ دو سر هر مقاومت با مقدار آن مقاومت متناسب است.



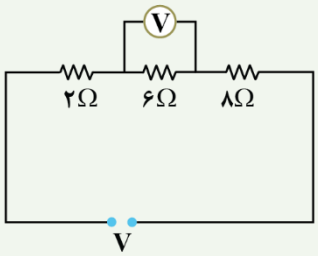
R_1 و R_2 متوالی: $\frac{V_2}{V_1} = \frac{R_2}{R_1}$

$$6V = 12V \Rightarrow V = 2 \Rightarrow \begin{cases} V_1 = V = 2V \\ V_2 = 2V = 4V \\ V_3 = 3V = 6V \end{cases}$$

برای تقسیم ولتاژ در مقاومت‌های متوالی به کم‌ترین مقاومت مجموعه، یک سهم نسبت می‌دهیم و مابقی را با نسبت مستقیم با مقاومت به‌دست می‌آوریم. درنهایت ولتاژ کل را برابر با مجموع سهم‌ها قرار داده تا مقدار ولتاژ هر مقاومت به‌دست آید.

مثال

در شکل مقابل، اگر عددی که ولت‌سنج آرمانی نشان می‌دهد، $۹V$ باشد، اختلاف پتانسیل مجموعهٔ مقاومت‌ها چند ولت است؟



پاسخ تشریحی:

گام اول: جریان گذرنده از مقاومت ۶Ω که همان جریان مجموعه هم هست به‌دست می‌آوریم:

$$R=\frac{V}{I}\Rightarrow ۶=\frac{۹}{I}\Rightarrow I=\frac{۹}{۶}=۱/۵A$$

گام دوم: مقاومت معادل مجموعه را حساب می‌کنیم:

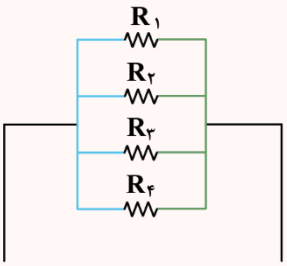
$$R_{eq}=۲+۶+۸=۱۶\Omega$$

گام آخر: ولتاژ کل را حساب می‌کنیم:

$$R_{eq}=\frac{V_t}{I_t}\Rightarrow ۱۶=\frac{V_t}{۱/۵}\Rightarrow V_t=۱/۵\times ۱۶=۲۴V$$

به‌هم بستن موازی مقاومت‌ها

اگر دو یا چند مقاومت طوری به‌هم وصل شده باشند که هر دو دست مقاومت‌ها در دست یکدیگر باشد (یعنی دو سر مشترک) آن مقاومت‌ها موازی‌اند.



$R_۱, R_۲, R_۳, R_۴$ موازی‌اند

برای محاسبهٔ مقاومت معادل چند مقاومت موازی داریم:

$$\frac{۱}{R_{eq}}=\frac{۱}{R_۱}+\frac{۱}{R_۲}+\frac{۱}{R_۳}+\frac{۱}{R_۴}$$

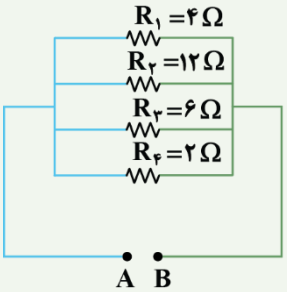
اگر دو مقاومت موازی داشتیم، چطور می‌تونیم راحت‌تر مقاومت معادل رو حساب کنیم؟

$$R_{eq}=\frac{R_۱R_۲}{R_۱+R_۲} \text{ یا } R_{eq}=\frac{R_{\text{بزرگ}}}{n+۱} \qquad (n=\frac{R_{\text{بزرگ}}}{R_{\text{کوچیکه}}})$$

طبق رابطهٔ $R_{eq}=\frac{R_۱R_۲}{R_۱+R_۲}$ برای حساب کردن مقاومت معادل چند مقاومت موازی به‌جای رابطهٔ $\frac{۱}{R_{eq}}=\frac{۱}{R_۱}+\frac{۱}{R_۲}+\cdots$ می‌توانیم دوبه‌دو مقاومت‌ها را از این رابطه به‌دست آوریم.

مثال

مقاومت معادل دو نقطهٔ A و B را حساب کنید.



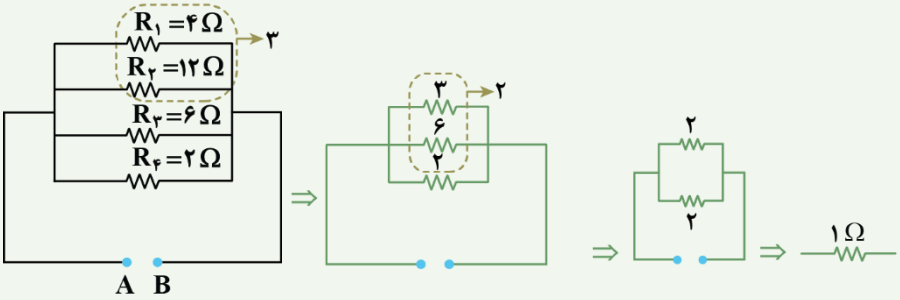
پاسخ تشریحی:

روش اول:

$$\frac{۱}{R_{eq}}=\frac{۱}{R_۱}+\frac{۱}{R_۲}+\frac{۱}{R_۳}+\frac{۱}{R_۴}=\frac{۱}{۴}+\frac{۱}{۱۲}+\frac{۱}{۶}+\frac{۱}{۲}$$

$$\frac{۱}{R_{eq}}=\frac{۳+۱+۲+۶}{۱۲}=۱\Rightarrow R_{eq}=۱\Omega$$

روش دوم:



نکته

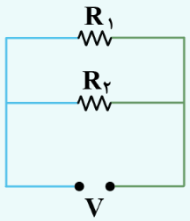
مقاومت n مقاومت موازی مشابه R برابر است با:

$$R_{eq} = \frac{R}{n}$$

نکته

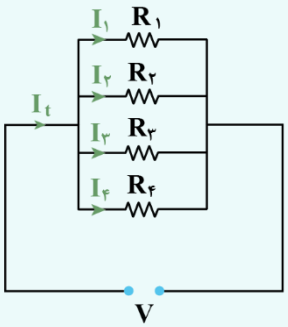
مقاومت معادل چند مقاومت سری از بزرگ‌ترین مقاومت مجموعه بزرگ‌تر است ولی مقاومت معادل چند مقاومت موازی از کوچک‌ترین مقاومت مجموعه کوچک‌تر است.

در مقاومت‌های موازی، ولتاژ دو سر مقاومت‌ها باهم برابر است و برابر با ولتاژ مجموعه است.



$$V_۱ = V_۲ = V$$

در مقاومت‌های موازی، جریان کل برابر است با مجموع جریان تک‌تک مقاومت‌ها:



$$I_t = I_۱ + I_۲ + I_۳ + I_۴$$

تقسیم جریان در مقاومت‌های موازی چگونه است؟

۱- به بزرگ‌ترین مقاومت مجموعه یک سهم جریان نسبت می‌دهیم.

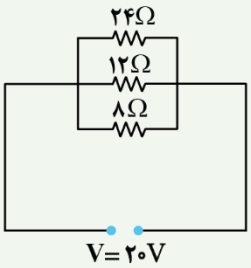
۲- جریان گذرنده از مابقی مقاومت‌ها را با نسبت عکس مقاومت تقسیم می‌کنیم.

$$\frac{I_۲}{I_۱} = \frac{R_۱}{R_۲}$$

۳- مجموع سهم‌ها را برابر جریان کل قرار داده و جریان هر مقاومت را حساب می‌کنیم.

مثال

در مدار شکل مقابل، جریان گذرنده از هر یک از مقاومت‌ها را حساب کنید.



پاسخ تشریحی:

روش اول:

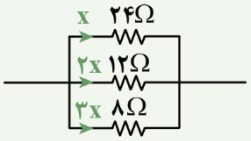
گام اول: محاسبهٔ مقاومت معادل:

$$\frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۱}{۲۴} + \frac{۱}{۱۲} + \frac{۱}{۸} \Rightarrow \frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۱+۲+۳}{۲۴} = \frac{۱}{۴} \Rightarrow R_{eq} = ۴\Omega$$

گام دوم: محاسبهٔ جریان کل:

$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow I = \frac{V}{R} \Rightarrow I_t = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{۲۰}{۴} = ۵A$$

گام سوم: محاسبهٔ سهم هر مقاومت::



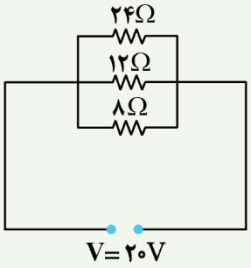
گام آخر: محاسبهٔ جریان هر مقاومت:

$$I_t = x + ۲x + ۳x = ۶x \Rightarrow ۵ = ۶x \Rightarrow x = \frac{۵}{۶}$$

$$I_{۲۴\Omega} = \frac{۵}{۶}A \ , \ I_{۱۲\Omega} = \frac{۵}{۳}A \ , \ I_{۸\Omega} = \frac{۵}{۲}A$$

روش دوم:

گام اول: ولتاژ هر مقاومت را به‌دست می‌آوریم:

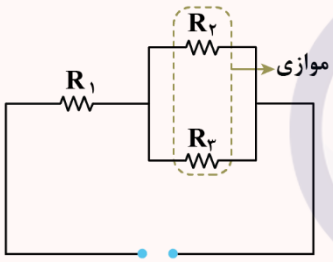


$$V_{۲۴\Omega} = V_{۱۲\Omega} = V_{۸\Omega} = V = ۲۰V$$

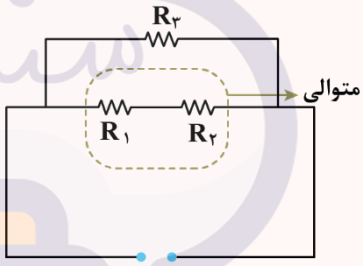
گام آخر: با داشتن ولتاژ و مقاومت هرکدام جریان را حساب می‌کنیم:

$$I = \frac{V}{R} \Rightarrow \begin{cases} I_{۲۴\Omega} = \frac{۲۰}{۲۴} = \frac{۵}{۶}A \\ I_{۱۲\Omega} = \frac{۲۰}{۱۲} = \frac{۵}{۳}A \\ I_{۸\Omega} = \frac{۲۰}{۸} = \frac{۵}{۲}A \end{cases}$$

حالت‌های ترکیبی مهم



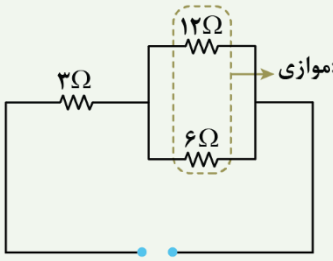
$$R_{eq} = R_۱ + \underbrace{\frac{R_۲.R_۳}{R_۲+R_۳}}_{R_{۲,۳}}$$



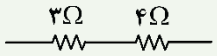
$$R_{eq} = \frac{\overbrace{R_{۱,۲}}^{(R_۱+R_۲)} \times R_۳}{R_{۱,۲} + R_۳}$$

مثال

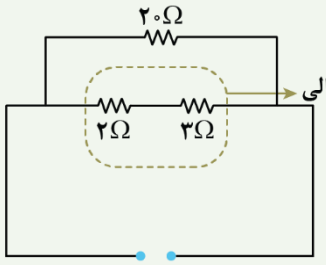
در شکل‌های زیر، مقاومت معادل را به‌دست آورید.



موازی: $\frac{۱۲\times۶}{۱۲+۶} = \frac{۱۲\times\cancel{۶}}{\cancel{۱۸}_{۳}} = ۴\Omega$

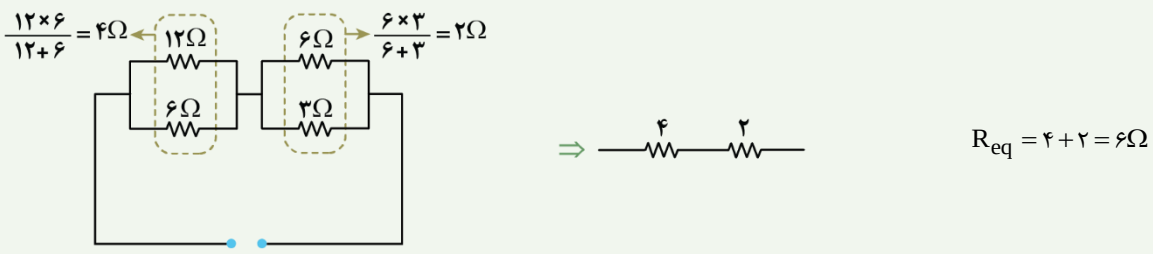
$\Rightarrow$ 

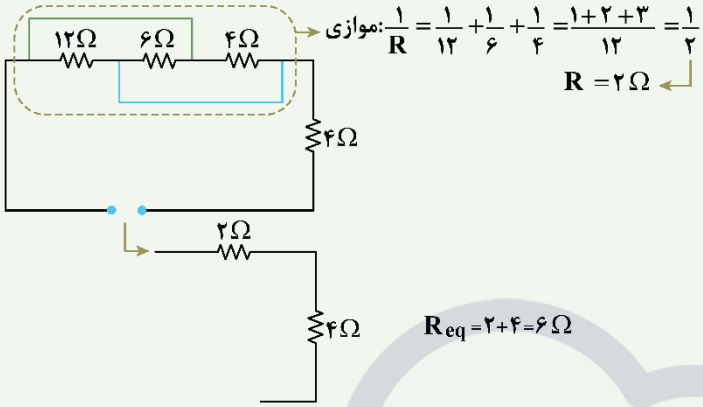
$$R_{eq} = ۳ + ۴ = ۷\Omega$$



متوالی: ۲+ ۳= ۵Ω

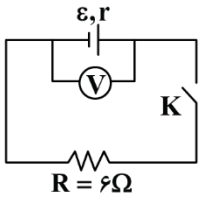
$$R_{eq} = \frac{۵\times۲۰}{۵+۲۰} = \frac{۵\times۲۰}{۲۵} = ۴\Omega$$





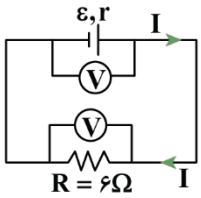
گروه آموزشی ماز

۷- در مدار شکل زیر، اگر کلید باز باشد، ولت‌سنج ۲۴ ولت و اگر کلید بسته شود، ولت‌سنج ۱۸ ولت را نشان می‌دهد. مقاومت درونی باتری چند اُهم است؟



۱) ۱
۲) ۲
۳) ۳
۴) ۶

پاسخ: گزینهٔ ۲ (آسان ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۲)



اگر کلید باز باشد، جریان مدار صفر بوده و ولت‌سنج نیروی محرکهٔ باتری را نشان می‌دهد. $(\varepsilon = ۲۴V)$

حال اگر کلید بسته شود، ولت‌سنج، ولتاژ دو سر باتری یا به عبارت دیگر، ولتاژ دو سر مقاومت خارجی را نشان می‌دهد؛ بنابراین می‌توان نوشت:

$$V = RI \Rightarrow ۱۸ = ۶I \Rightarrow I = ۳A$$

$$V = \varepsilon - rI \Rightarrow ۱۸ = ۲۴ - ۳r \Rightarrow r = ۲\Omega$$

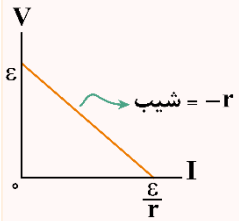
ولتاژ باتری

۱- معادلهٔ ولتاژ ـ جریان یک باتری (مولد) به‌صورت زیر است:

$$V_{\text{باتری}} = \varepsilon - rI$$

در رابطهٔ فوق، ε برابر نیروی محرکهٔ باتری و r برابر مقاومت درونی آن است.

۲- مطابق رابطهٔ $V_{\text{باتری}} = \varepsilon - rI$ ، نمودار ولتاژ ـ جریان یک باتری (مولد) مطابق شکل مقابل است.



۳- در مورد نمودار ولتاژ ـ جریان باتری به نکات زیر توجه کنید:

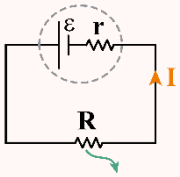
الف) بیشینهٔ ولتاژ باتری (مولد) برابر نیروی محرکهٔ آن است.

ب) اندازهٔ شیب نمودار برابر مقاومت درونی باتری است.

پ) عرض از مبدأ نمودار برابر ε و طول از مبدأ آن برابر $\frac{\varepsilon}{r}$ است.

ت) بیشینهٔ جریان خروجی از باتری برابر $\frac{\varepsilon}{r}$ است که به آن، جریان اتصال کوتاه باتری می‌گوییم.

۴- همان‌طور که یاد گرفتیم، می‌توان مقاومت‌های مدار را ساده کرد و همهٔ آن‌ها را به یک مقاومت معادل تبدیل کرد؛ بنابراین در مدارهایی که دارای یک باتری هستند، همواره می‌توانیم مدار را به شکل مقابل ساده کنیم.
این مدار یک مدار سادهٔ تک‌حلقه است.



در مورد مدار تک‌حلقه به نکات زیر توجه کنید:

الف) جریان خروجی از باتری برابر است با:

$$I=\frac{\varepsilon}{r+R}$$

ب) افت پتانسیل در باتری برابر است با:

$$\text{افت پتانسیل در باتری}:\ rI=r\times\frac{\varepsilon}{r+R}=\frac{\varepsilon r}{r+R}$$

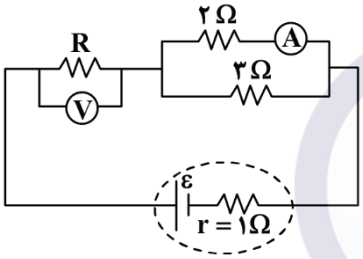
پ) ولتاژ دو سر باتری برابر است با:

$$V_{\text{باتری}}=\varepsilon-rI=\varepsilon-r\times\frac{\varepsilon}{r+R}=\frac{\varepsilon R}{r+R}$$

ت) ولتاژ دو سر باتری با ولتاژ دو سر مقاومت معادل R برابر است و ولتاژ هر دو برابر $\frac{\varepsilon R}{r+R}$ می‌باشد.

گروه آموزشی ماز

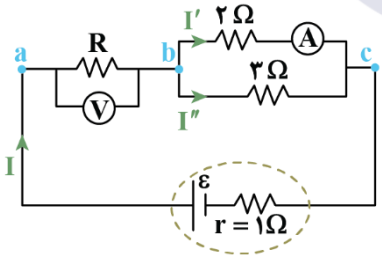
۸- در شکل زیر، ولت‌سنج و آمپرسنج آرمانی به‌ترتیب ۷ ولت و ۳ آمپر را نشان می‌دهند. نیروی محرکهٔ مولد چند ولت است؟



۱) ۱۲
۲) ۱۸
۳) ۲۴
۴) ۳۶

پاسخ: گزینهٔ ۲ (آسان ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۲)

جریان شاخه‌ها را مطابق شکل مقابل، نام‌گذاری می‌کنیم:



$$I'=۳A\ ,\ V_{ab}=۷V$$

گام اول:

جریان عبوری از مقاومت ۳Ω یعنی I'' را به‌دست می‌آوریم:

$$۲\Omega\|۳\Omega\Rightarrow V_{۲\Omega}=V_{۳\Omega}$$
$$\Rightarrow ۲\times I'=۳\times I''\Rightarrow ۲\times ۳=۳I''\Rightarrow I''=۲A$$

گام دوم:

جریان خروجی از باتری یعنی I را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{گرهٔ } b:\ I=I'+I''=۳+۲=۵A$$

گام آخر:

نیروی محرکهٔ باتری را حساب می‌کنیم:

$$\varepsilon-rI=V_{ac}=V_{ab}+V_{bc}=V_{ab}+۲\times I'$$
$$\Rightarrow \varepsilon-۱\times ۵=۷+۲\times ۳\Rightarrow \varepsilon=۱۸V$$

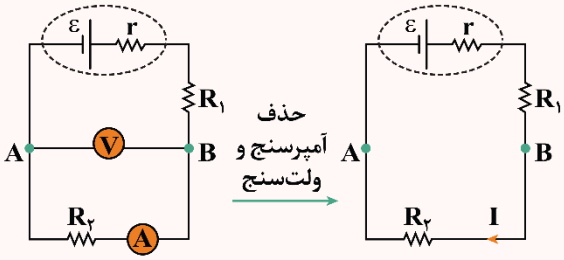
ولت‌سنج ایده‌آل و آمپرسنج ایده‌آل

در سؤالاتی که عدد آمپرسنج یا ولت‌سنج آرمانی پرسیده می‌شود، برای راحتی می‌توانیم به‌صورت زیر عمل کنیم:

۱- آمپرسنج را از مدار حذف کرده و به‌جای آن سیم قرار می‌دهیم.

۲- ولت‌سنج را از مدار حذف کرده و سیم‌های شاخهٔ آن را پاک می‌کنیم.

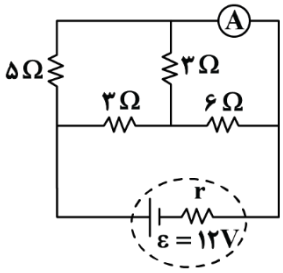
به‌عنوان مثال، مدار مقابل را به‌صورت نشان‌داده‌شده ساده می‌کنیم:



پس از حذف آمپرسنج و ولت‌سنج می‌توانیم مدار ساده‌شده را به‌راحتی حل کنیم. در این صورت جریان I همان عدد آمپرسنج است و اختلاف پتانسیل بین نقاط A و B (دو سر ولت‌سنج) برابر عدد ولت‌سنج می‌باشد. برای محاسبهٔ اختلاف پتانسیل نقاط می‌توان از تکنیک پتانسیل‌نویسی استفاده کرد.

گروه آموزشی ماز

۹- در مدار مقابل، آمپرسنج جریان ۲/۵ آمپر را نشان می‌دهد. مقاومت درونی مولد (r) چند اُهم است؟



۱) ۰/۵

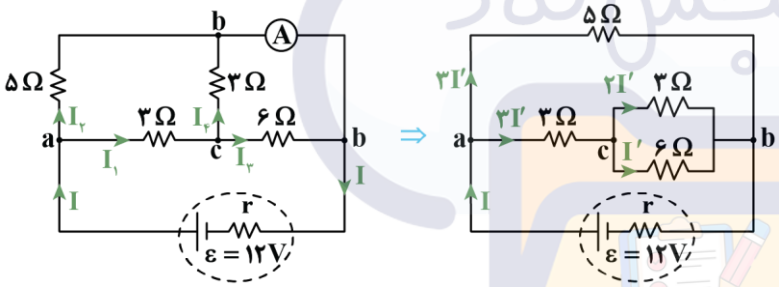
۲) ۱

۳) ۱/۵

۴) ۲

پاسخ: گزینهٔ ۳ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۲)

ابتدا مدار را با نام‌گذاری به شکل ساده‌تری نمایش می‌دهیم. آمپرسنج آرمانی مانند یک سیم با مقاومت صفر است و می‌توان دو سر آن را با یک نام درنظر گرفت.



گام اول:

تقسیم جریان:

$$V_{۶\Omega} = V_{۳\Omega} \Rightarrow ۶I_۳ = ۳I_۴ \xrightarrow{I_۳=I'} I_۴ = ۲I' \Rightarrow I_۱ = I_۳ + I_۴ = ۳I'$$

$$\text{مقاومت معادل شاخهٔ میانی} = ۳ + (۳ \,||\, ۶) = ۳ + \frac{۳\times۶}{۹} = ۵\Omega \Rightarrow I_۲ = I_۱ = ۳I'$$

$$\Rightarrow I = I_۱ + I_۲ = ۶I'$$

گام دوم:

محاسبهٔ I:

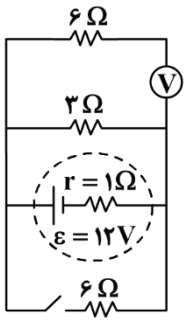
$$\text{عدد آمپرسنج} = I_۲ + I_۴ \Rightarrow ۲/۵ = ۳I' + ۲I' \Rightarrow I' = ۰/۵A \Rightarrow I = ۳A$$

گام آخر:

محاسبهٔ r

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow ۳ = \frac{۱۲}{۲/۵ + r} \Rightarrow r = ۱/۵\Omega$$

۱۰- **در مدار شکل مقابل، کلید را می‌بندیم. کدام مورد درست است؟ (ولت‌سنج، آرمانی است.)**



۱) عدد ولت‌سنج تغییر نمی‌کند و همچنان برابر صفر باقی می‌ماند.
۲) عدد ولت‌سنج، ۱ ولت تغییر می‌کند.
۳) عدد ولت‌سنج، ۰/۸ ولت تغییر می‌کند.
۴) عدد ولت‌سنج تغییر نمی‌کند و همچنان ۱۲ ولت را نشان می‌دهد.

پاسخ: گزینهٔ ۲ (متوسط ـ مفهومی/محاسباتی ـ ۱۱۰۲)

نکته

مقاومت ولت‌سنج آرمانی، بی‌نهایت است؛ بنابراین، شاخه‌ای از مدار که در آن، ولت‌سنج آرمانی قرار دارد، جریان آن صفر است.

حالت اول:

کلید باز است.

در این حالت ولت‌سنج، اختلاف پتانسیل دو سر مولد و نیز اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت ۳ اُهمی را نشان می‌دهد.

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{۱۲}{۳+۱} = ۳A \Rightarrow \text{عدد ولت‌سنج} = ۳ \times ۳ = ۹V$$

حالت دوم:

کلید بسته است.

در این حالت نیز ولت‌سنج، اختلاف پتانسیل دو سر مولد و مقاومت‌ها را نشان می‌دهد.

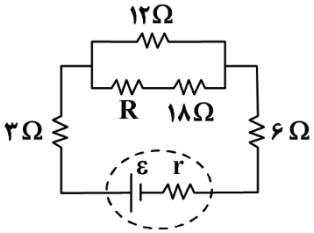
$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{۱۲}{(۶ \parallel ۳) + ۱} = \frac{۱۲}{\frac{۶ \times ۳}{۹} + ۱} = ۴A$$

$$\text{عدد ولت‌سنج} = \varepsilon - rI = ۱۲ - ۱ \times ۴ = ۸V$$

بنابراین، عدد ولت‌سنج ۱ ولت کاهش می‌یابد.

گروه آموزشی ماز

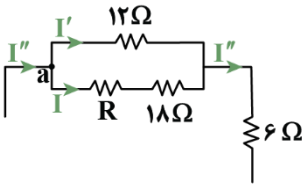
۱۱- **در شکل زیر، اختلاف پتانسیل الکتریکی مقاومت‌های ۶ اُهمی و ۱۸ اُهمی باهم برابر است. R چند اُهم است؟**



۱) ۲
۲) ۴
۳) ۶
۴) ۸

پاسخ: گزینهٔ ۳ (آسان ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۲)

ابتدا جریان‌های گذرنده از شاخه‌های مختلف را مطابق شکل زیر، نام‌گذاری می‌کنیم.



$$V_{(۶\Omega)} = V_{(۱۸\Omega)} \Rightarrow ۶I'' = ۱۸I \Rightarrow I'' = ۳I$$

در گرهٔ a داریم:

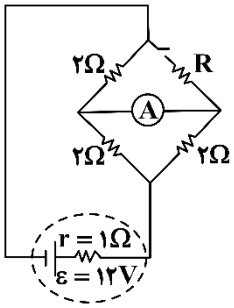
$$I'' = I + I' \Rightarrow ۳I = I + I' \Rightarrow I' = ۲I$$

شاخهٔ (۱۲Ω) و شاخهٔ $(R + ۱۸\Omega)$ باهم موازی‌اند؛ بنابراین:

$$V_{(۱۲\Omega)} = V_{(R+۱۸\Omega)} \Rightarrow ۱۲I' = (R + ۱۸)I \Rightarrow ۱۲ \times ۲\cancel{I} = (R + ۱۸)\cancel{I} \Rightarrow R = ۶\Omega$$

گروه آموزشی ماز

۱۲- در مدار زیر، با بستن کلید، جهت جریان در آمپرسنج آرمانی عوض می‌شود، اما عددی که آمپرسنج نشان می‌دهد، تغییر نمی‌کند. مقاومت R چند اُهم است؟

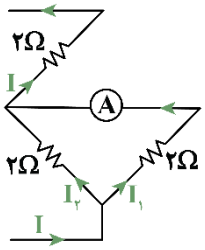


۱) ۰/۲۵
۲) ۰/۵
۳) ۱
۴) ۲

پاسخ: گزینهٔ ۲ (خیلی سخت ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۲)

گام اول:

وقتی کلید باز است داریم:



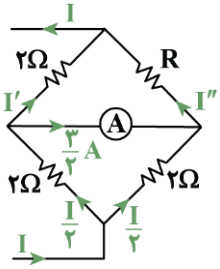
$$R_{eq} = (۲ \parallel ۲) + ۲ = \frac{۲}{۲} + ۲ = ۳\Omega$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{۱۲}{۳+۱} = ۳A$$

$$I_۱ = I_۲ = \frac{I}{۲} = \frac{۳}{۲}A \Rightarrow \text{عدد آمپرسنج} = I_۱ = \frac{۳}{۲}A$$

گام دوم:

کلید را می‌بندیم و جریان‌ها را مطابق شکل زیر، نام‌گذاری می‌کنیم:



$$\begin{cases} \frac{I}{۲} = I' + \frac{۳}{۲} \\ \frac{I}{۲} + \frac{۳}{۲} = I'' \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I' = \frac{I-۳}{۲} \\ I'' = \frac{I+۳}{۲} \end{cases}$$

گام سوم:

مقاومت ۲ اُهمی بالایی و مقاومت R باهم موازی‌اند؛ بنابراین:

$$V_{۲\Omega} = V_R \Rightarrow ۲ \times I' = R \times I'' \Rightarrow ۲\left(\frac{I-۳}{\cancel{۲}}\right) = R\left(\frac{I+۳}{\cancel{۲}}\right)$$

$$\Rightarrow ۲(I-۳) = R(I+۳) \qquad (*)$$

گام آخر:

$$R_{eq} = (۲ \parallel R) + (۲ \parallel ۲) = \frac{۲R}{R+۲} + ۱$$

$$\Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{۱۲}{\frac{۲R}{R+۲} + ۱ + ۱} = \frac{۱۲}{\frac{۲R}{R+۲} + ۲} = \frac{۱۲(R+۲)}{۲R + ۲R + ۴} = \frac{۱۲(R+۲)}{۴R+۴}$$

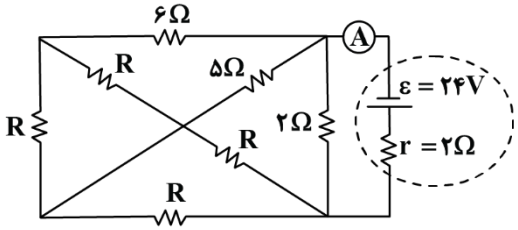
$$\Rightarrow I = \frac{۳(R+۲)}{R+۱} \xrightarrow{(*)} ۲\left(\frac{۳(R+۲)}{R+۱} - ۳\right) = R\left(\frac{۳(R+۲)}{R+۱} + ۳\right)$$

$$\xrightarrow{\times(R+۱)} ۲(R+۲-R-۱) = R(\underbrace{R+۲+R+۱}_{۲R+۳})$$

$$\Rightarrow ۲R^۲ + ۳R - ۲ = ۰$$

$$\Delta = ۹ - ۴ \times ۲(-۲) = ۲۵ \Rightarrow R = \frac{-۳ \pm ۵}{۴} = \begin{cases} \frac{۱}{۲} \checkmark \\ -۲ \times \end{cases} \Rightarrow R = ۰/۵\Omega$$

۱۳- در مدار شکل مقابل، آمپرسنج غیر ایده‌آل به مقاومت $۲/۲\Omega$، مقدار جریان $۴A$ را نشان می‌دهد. مقاومت الکتریکی R چند اُهم است؟



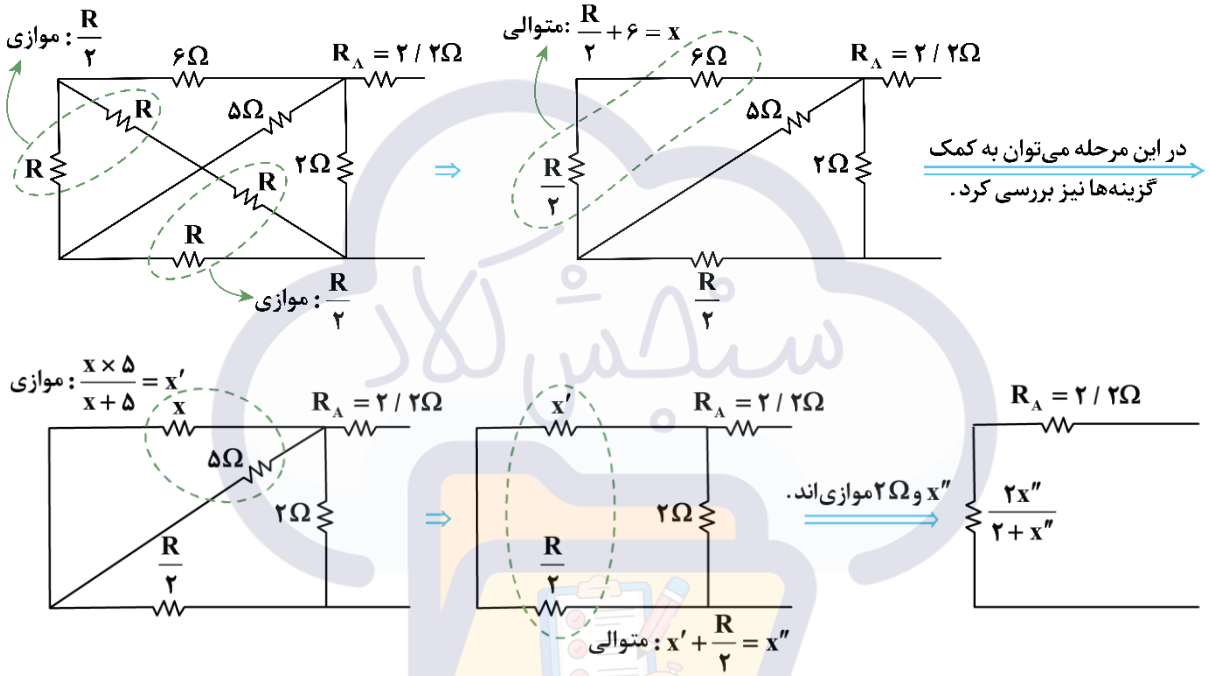
۱) ۷
۲) ۱۴
۳) ۱۸
۴) ۲۸

پاسخ: گزینهٔ ۴ (سخت ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۲)

با توجه به این‌که مقدار جریان نشان‌داده‌شده توسط آمپرسنج همان جریان کل مدار است، داریم:

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}\Rightarrow ۴=\frac{۲۴}{R_{eq}+۲}\Rightarrow R_{eq}=۴\Omega$$

پس باید مقاومت کل مدار برابر با ۴ اُهم باشد. لذا داریم:



$$\Rightarrow R_{eq}=\frac{۲x''}{۲+x''}+۲/۲=۴\Rightarrow\frac{x''}{۲+x''}=۰/۹\Rightarrow x''=۱/۸+۰/۹x''$$

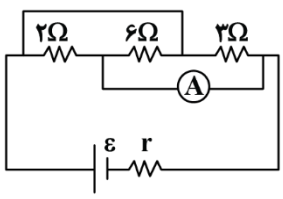
$$\Rightarrow x''=۱۸\Omega\xrightarrow{x''=x'+\frac{R}{۲}}x'+\frac{R}{۲}=۱۸\xrightarrow{x'=\frac{۵x}{x+۵}}\frac{۵x}{x+۵}+\frac{R}{۲}=۱۸$$

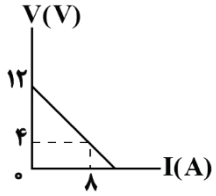
$$\xrightarrow{x=\frac{R}{۲}+۶}\frac{۵(\frac{R}{۲}+۶)}{\frac{R}{۲}+۶+۵}+\frac{R}{۲}=۱۸\Rightarrow\frac{۵R+۶۰}{R+۲۲}+\frac{R}{۲}=۱۸\Rightarrow\frac{R^۲+۳۲R+۱۲۰}{۲R+۴۴}=۱۸$$

$$\Rightarrow R^۲-۴R-۶۷۲=۰\Rightarrow(R-۲۸)(R+۲۴)=۰\Rightarrow R=۲۸\Omega$$

گروه آموزشی ماز

۱۴- نمودار اختلاف پتانسیل برحسب جریان باتری در مدار زیر، مطابق شکل است. آمپرسنج آرمانی چه عددی را نمایش می‌دهد؟





۱) ۲
۲) ۳
۳) ۴
۴) ۶

پاسخ: گزینهٔ ۳ (سخت ـ نموداری ـ ۱۱۰۲)

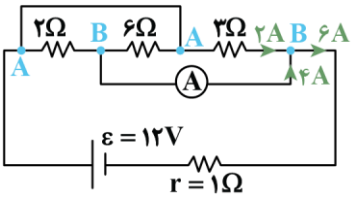
مطابق نمودار داریم:

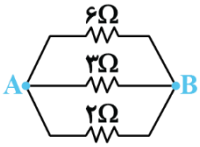
$V = \varepsilon - Ir$

$I = ۰ \Rightarrow V = \varepsilon = ۱۲V$

$I = ۸ \Rightarrow V = ۱۲ - ۸r = ۴ \Rightarrow ۸r = ۸ \Rightarrow r = ۱\Omega$

مدار را ساده می‌کنیم.

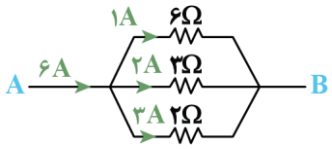




$$\frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۱}{۶} + \frac{۱}{۳} + \frac{۱}{۲} = \frac{۱+۲+۳}{۶} = \frac{۶}{۶} = ۱ \Rightarrow R_{eq} = ۱\Omega$$

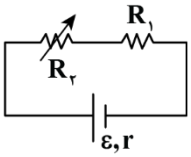
$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{۱۲}{۱+۱} = \frac{۱۲}{۲} = ۶A$$

حال جریان را بین مقاومت‌ها تقسیم می‌کنیم. جریان کل مدار ۶ آمپر و جریان عبوری از مقاومت ۳ اُهمی ۲ آمپر است؛ بنابراین جریان عبوری از آمپرسنج ۴ آمپر است.



گروه آموزشی ماز

۱۵- در شکل زیر، اگر مقاومت $R_۲$ را افزایش دهیم، اختلاف پتانسیل دو سر مولد و اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت $R_۱$ به‌ترتیب از راست به چپ چگونه تغییر می‌کنند؟



۱) کاهش، کاهش
۲) افزایش، کاهش
۳) افزایش، افزایش
۴) کاهش، افزایش

پاسخ: گزینهٔ ۲ (آسان ـ مفهومی ـ ۱۱۰۲)

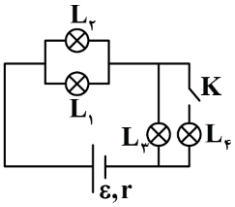
$R_۲ \uparrow \Rightarrow R_{eq} \uparrow \Rightarrow I_{\text{باتری}} \downarrow$

V دو سر مولد افزایش می‌یابد $\Rightarrow V = \varepsilon - rI \downarrow$ دو سر مولد

$V_۱ = R_۱ I \downarrow \Rightarrow V_۱ \downarrow$

گروه آموزشی ماز

۱۶- در شکل زیر، با بستن کلید K، نور لامپ‌های $L_۱$ و $L_۳$ به‌ترتیب از راست به چپ، چگونه تغییر می‌کند؟ (مقاومت لامپ‌ها یکسان است.)



۱) افزایش، افزایش
۲) افزایش، کاهش
۳) کاهش، افزایش
۴) کاهش، کاهش

پاسخ: گزینهٔ ۲ (متوسط ـ مفهومی ـ ۱۱۰۲)

با بستن کلید، لامپ‌های (۳) و (۴) موازی می‌شوند، پس مقاومت معادل مدار کاهش می‌یابد؛ بنابراین طبق رابطهٔ $I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r}$، جریان کل مدار افزایش می‌یابد؛ درنتیجه جریان عبوری از مقاومت (۱) و (۲) افزایش یافته و نور آن‌ها افزایش می‌یابد.

با توجه به این‌که با موازی شدن لامپ‌های (۳) و (۴)، جریان عبوری از لامپ (۳) کم می‌شود؛ بنابراین نور لامپ (۳) کاهش می‌یابد.

بررسی تغییر در مدارهای الکتریکی

در این درس‌نامه به بررسی سؤالاتی می‌پردازیم که در آن‌ها مقدار یک مقاومت تغییر می‌کند یا کلیدی باز یا بسته می‌شود و اثر این تغییرات بر مقادیر ولت‌سنج‌ها، آمپرسنج‌ها و یا نور لامپ‌ها از ما پرسیده می‌شود. برای حل این نوع از سؤالات می‌توانیم گام‌های زیر را طی کنیم.

۱- تعیین می‌کنیم مقاومت معادل مدار چگونه تغییر کرده است.

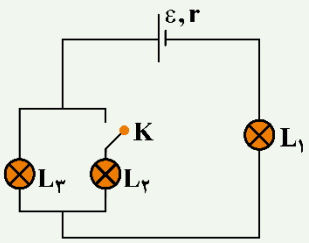
۲- با توجه به نتیجهٔ گام قبل، تعیین می‌کنیم جریان خروجی از باتری چگونه تغییر می‌کند.

۳- با مشخص شدن تغییرات جریان باتری، تغییر نور برخی از لامپ‌ها و یا تغییرات اعداد برخی از ولت‌سنج‌ها و آمپرسنج‌های مدار مشخص می‌شود. برای تعیین تغییرات نور لامپ‌های دیگر و مقادیر سایر ولت‌سنج‌ها و آمپرسنج‌ها ولتاژ باتری را بررسی می‌کنیم.

برای آن‌که روش بالا واضح‌تر شود، مثال زیر را حل می‌کنیم.

مثال

در مدار مقابل با بستن کلید K، نور لامپ‌های L_1 و L_3 چگونه تغییر می‌کند؟



پاسخ:

برای حل این سؤال گام‌های زیر را طی می‌کنیم.

گام اول: با بستن کلید K، دو لامپ باهم موازی می‌شوند و درنتیجه مقاومت معادل مدار کاهش می‌یابد.

گام دوم: با کاهش مقاومت معادل مدار، جریان خروجی از باتری زیاد می‌شود. چون جریان باتری به‌طور کامل از لامپ L_1 می‌گذرد، با افزایش جریان، نور L_1 هم زیاد می‌شود.

گام آخر: جریان کل مدار زیاد شده است، ولی این جریان با بسته شدن کلید باید بین دو لامپ L_2 و L_3 تقسیم شود؛ بنابراین با کمک جریان نمی‌توانیم تغییرات نور لامپ L_3 را بررسی کنیم. برای این کار از تغییرات ولتاژ باتری در مدار کمک می‌گیریم.

$$V_{\text{باتری}} = \varepsilon - rI \uparrow \Rightarrow V_{\text{باتری}} \downarrow$$

$$\downarrow V_{\text{باتری}} = \uparrow V_{L_1} + V_{L_3} \Rightarrow V_{L_3} \downarrow$$

بنابراین نور لامپ L_3 با کاهش ولتاژ آن کم شده است. راه‌حل این مثال را می‌توان به‌صورت زیر خلاصه کرد:

$$\text{بستن کلید } K \Rightarrow R_{eq} \downarrow \Rightarrow I_t \uparrow \Rightarrow \text{پرنورتر } L_1$$

$$I_t \uparrow \Rightarrow V_{\text{باتری}} \downarrow \Rightarrow V_{L_3} \downarrow \Rightarrow \text{کم‌نورتر } L_3$$

گروه آموزشی ماز

۱۷- بر روی کتری برقی زیر اعداد ولتاژ و توان نوشته شده است. اگر ولتاژ برق شهری ۲۲۰ ولت و بهای برق هر کیلووات ساعت ۵۰۰ تومان باشد و کتری برقی هر روز نیم ساعت روشن باشد، در مدت‌زمان یک ماه (۳۰ روز) بهای برق مصرفی آن ..... تومان است. همچنین جریان عبوری از سیم کتری در حالت روشن برابر ..... آمپر است. (از راست به چپ.)

کتری برقی, ۲۲۰۰W, ۲۲۰V

۱) ۱۶۵۰۰، ۱۰

۲) ۳۳۰۰۰، ۱۰

۳) ۳۳۰۰۰، ۰/۱

۴) ۱۶۵۰۰، ۰/۱

پاسخ: گزینهٔ ۱ (آسان ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۲)

توان مصرفی کتری برقی $P = ۲۲۰۰W = ۲/۲kW$ است. با توجه به این‌که کتری برقی هر روز نیم ساعت روشن است، انرژی مصرفی آن در مدت‌زمان یک ماه برابر است با:

$$U = Pt = ۲/۲kW \times (۳۰ \times ۰/۵h) = ۳۳kWh$$

بنابراین هزینهٔ مصرفی آن برابر است با:

$$\text{هزینهٔ مصرفی در یک ماه} = ۳۳ \times ۵۰۰ = ۱۶۵۰۰ \text{ تومان}$$

برای محاسبهٔ جریان عبوری از سیم کتری، می‌توان نوشت:

$$P = VI \Rightarrow ۲۲۰۰ = ۲۲۰I \Rightarrow I = ۱۰A$$

توان مصرفی

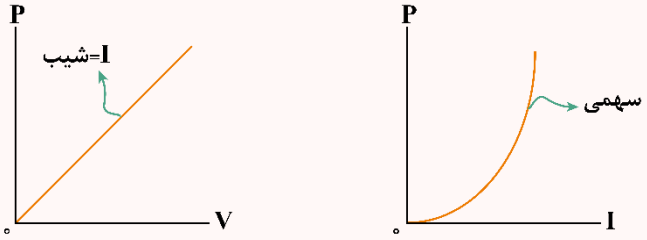
۱- توان الکتریکی هر وسیلهٔ الکتریکی برابر حاصل‌ضرب اختلاف پتانسیل دو سر آن در جریان عبوری از آن وسیله است.

$$P = VI$$

۲- برای یک مقاومت اُهمی با توجه به رابطهٔ $V = RI$ ، توان مقاومت از روابط زیر قابلِ‌محاسبه است.

$$\text{توان مصرفی مقاومت}\begin{cases} P = VI \\ P = RI^{۲} \\ P = \dfrac{V^{۲}}{R} \end{cases}$$

۳- نمودار توان مصرفی در یک مقاومت برحسب ولتاژ و جریان آن مطابق شکل‌های زیر است.



۴- با ضرب کردن توان الکتریکی در زمان، می‌توان انرژی مصرفی در مقاومت را محاسبه کرد.

$$U = Pt\begin{cases} U = VIt \\ U = RI^{۲}t \\ U = \dfrac{V^{۲}}{R}t \end{cases}$$

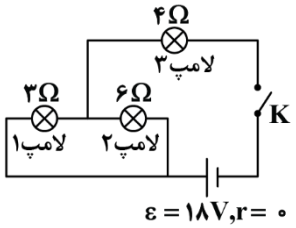
۵- در استفاده از رابطهٔ $U = Pt$ ، اگر توان برحسب وات و زمان برحسب ثانیه جایگزین شود، انرژی برحسب ژول به‌دست می‌آید و اگر توان برحسب کیلووات و زمان برحسب ساعت جایگزین شود، انرژی برحسب کیلووات ساعت به‌دست می‌آید.

۶- هر کیلووات ساعت معادل $۳/۶\times۱۰^{۶}$ ژول است.

$$۱kW.h \equiv ۳/۶\times۱۰^{۶}J$$

گروه آموزشی ماز

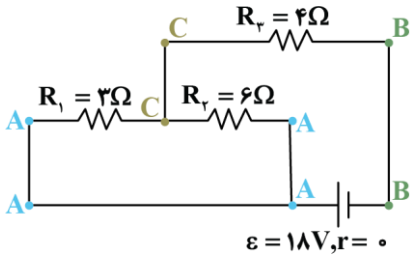
۱۸- در شکل مقابل، وقتی کلید بسته شود، توان مصرفی لامپ (۱)، چند وات می‌شود؟

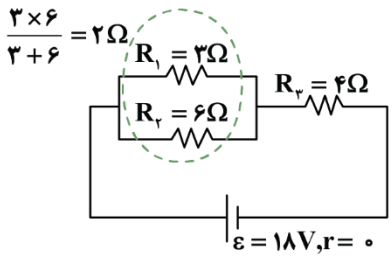


۱) ۳
۲) ۱۲
۳) ۱۸
۴) ۲۷

پاسخ: گزینهٔ ۲ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۲)

ابتدا به کمک نام‌گذاری نقاط، یک شکل ساده‌تر رسم می‌کنیم:

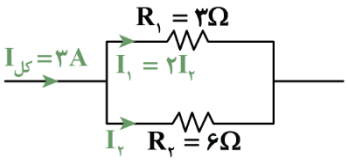




حال با به‌دست آوردن جریان کل مدار و سپس محاسبهٔ جریان عبوری از مقاومت $R_۱$ ، توان مصرفی آن را به‌دست می‌آوریم:

$$R_{eq} = ۲+۴ = ۶\Omega$$

$$I_{کل} = \frac{\varepsilon}{R_{eq}+r} = \frac{۱۸}{۶+۰} = ۳A$$



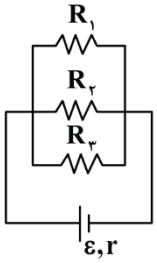
$$\overbrace{I_1}^{2I_2} + I_2 = I_{کل} \Rightarrow 3I_2 = 3 \Rightarrow \begin{cases} I_2 = 1A \\ I_1 = 2A \end{cases}$$

حال توان مصرفی مقاومت R_1 برابر است با:

$$P_1 = R_1 I_1^2 = 3 \times 2^2 = 12W$$

گروه آموزشی ماز

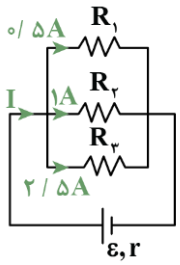
۱۹- در شکل زیر، جریان عبوری از مقاومت‌های R_1، R_2 و R_3 به‌ترتیب برابر ۰/۵A، ۱A و ۲/۵A است. اگر توان مصرفی در کل مقاومت‌های خارجی مدار برابر ۸۰ وات باشد، مقاومت معادل این مدار چند اُهم است؟



۱) ۵
۲) ۱۰
۳) ۲۰
۴) ۴۰

پاسخ: گزینهٔ ۱ (آسان ـ مفهومی/محاسباتی ـ ۱۱۰۲)

جریان کل مدار برابر با $I = 0/5 + 1 + 2/5 = 4A$ است. با توجه به توان مصرفی در کل مقاومت‌های خارجی، می‌توان نوشت:



$$P_{کل} = R_{eq} I_{کل}^2 \Rightarrow 80 = R_{eq} \times 4^2 \Rightarrow R_{eq} = \frac{80}{16} = 5\Omega$$

گروه آموزشی ماز

۲۰- دو مقاومت الکتریکی A و B را وقتی به‌طور موازی به اختلاف پتانسیل الکتریکی ثابت V می‌بندیم، توان مصرفی مقاومت A دو برابر توان مصرفی مقاومت B است. حال اگر آن‌ها را باهم متوالی بسته و دو سر آن‌ها را به اختلاف پتانسیل الکتریکی ثابت $\frac{V}{2}$ ببندیم، توان مصرفی مقاومت A چند برابر توان مصرفی مقاومت B است؟

۱) $\frac{1}{2}$
۲) $\frac{1}{4}$
۳) ۲
۴) ۴

پاسخ: گزینهٔ ۱ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۲)

گام اول:

محاسبهٔ نسبت مقاومت‌ها:

در اتصال موازی، اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌ها باهم برابر است.

$$P_A = 2P_B \Rightarrow \frac{\cancel{V^2}}{R_A} = 2\frac{\cancel{V^2}}{R_B} \Rightarrow R_B = 2R_A$$

گام آخر:

محاسبهٔ نسبت توان‌ها در اتصال متوالی:

در اتصال متوالی، جریان گذرنده از مقاومت‌ها یکسان است. فرض می‌کنیم جریان گذرنده از دو مقاومت برابر I باشد.

$$\frac{P_A}{P_B} = \frac{R_A \cancel{I^2}}{R_B \cancel{I^2}} = \frac{R_A}{2R_A} = \frac{1}{2}$$

توجه

اگر می‌خواستیم نسبت توان‌ها در اتصال متوالی را با استفاده از رابطهٔ $P=\frac{V^2}{R}$ به‌دست آوریم، ابتدا باید تقسیم ولتاژ انجام می‌دادیم. درواقع، برای مقایسهٔ توان مقاومت‌ها، بسته به شرایط مسئله باید از سه رابطهٔ توان $(P=RI^2=\frac{V^2}{R}=VI)$، رابطه‌ای را انتخاب کنیم که یکی از پارامترها ثابت باشد. به‌عنوان مثال، در سؤال بالا، در حالت موازی که Vها یکسان است از رابطهٔ $P=\frac{V^2}{R}$ و در حالت متوالی که Iها یکسان است از رابطهٔ $P=RI^2$ استفاده کردیم.

مقایسهٔ توان مقاومت‌ها

۱- برای مقایسهٔ توان مصرفی در مقاومت‌های یک مدار، ابتدا جریان آن‌ها را باهم مقایسه می‌کنیم. در مقایسهٔ جریان‌ها به نکات زیر توجه می‌کنیم:

الف) جریان مقاومت‌های متوالی باهم برابر است.

ب) جریان مقاومت‌های موازی با اندازهٔ مقاومت رابطهٔ عکس دارد.

پ) برای مقایسهٔ جریان‌ها، جریان یکی از شاخه‌های مدار را برابر x درنظر می‌گیریم (بهتر است شاخه‌ای را انتخاب کنیم که بیش‌ترین مقاومت را دارد) و جریان سایر قسمت‌ها را برحسب x به‌دست می‌آوریم.

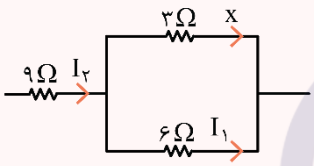
۲- پس از مقایسهٔ جریان‌ها، می‌توانیم به‌راحتی و با استفاده از رابطهٔ $P=RI^2$، توان مقاومت‌ها را با یکدیگر مقایسه کنیم.

$$P=RI^2 \Rightarrow \frac{P_2}{P_1}=\frac{R_2}{R_1}\times(\frac{I_2}{I_1})^2$$

برای آن‌که نکتهٔ بالا واضح‌تر شود، بهتر است قبل از این‌که به حل این تست بپردازیم، چند تمرین زیر را حل کنیم.

تمرین

در مدار مقابل، اگر جریان مقاومت 3Ω برابر x باشد، جریان سایر مقاومت‌ها را برحسب x به‌دست آورید.



پاسخ تشریحی:

همان‌طور که یاد گرفتید در مقاومت‌های موازی، جریان با اندازهٔ مقاومت رابطهٔ عکس دارد؛ بنابراین می‌توان نوشت:

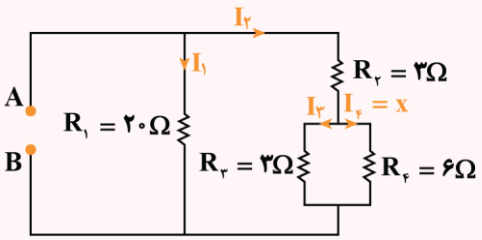
$$\frac{\text{جریان مقاومت } 6\Omega}{\text{جریان مقاومت } 3\Omega}=\frac{3}{6}\Rightarrow\frac{I_1}{x}=\frac{3}{6}\Rightarrow I_1=\frac{x}{2}$$

همچنین جریان مقاومت 9Ω برابر مجموع جریان‌های مقاومت‌های 3Ω و 6Ω است؛ بنابراین داریم:

$$I_2=x+\frac{x}{2}=\frac{3x}{2}$$

تمرین

در مدار مقابل، اگر جریان مقاومت 6Ω برابر x باشد، جریان سایر مقاومت‌ها را برحسب x به‌دست آورید.



پاسخ:

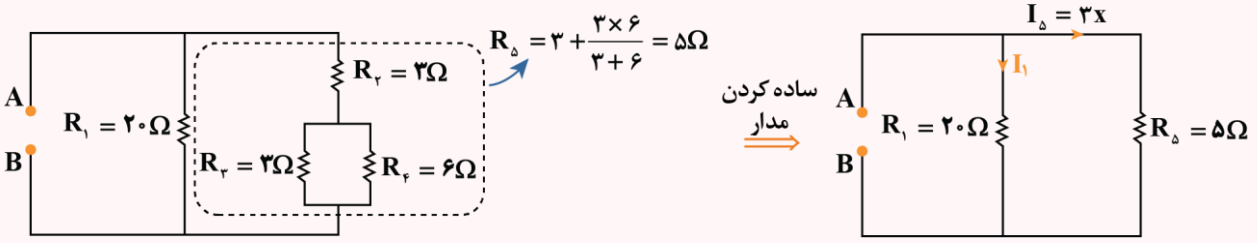
مقاومت‌های R_3 و R_4 باهم موازی هستند؛ بنابراین داریم:

$$\frac{I_3}{I_4}=\frac{R_4}{R_3}q\Rightarrow\frac{I_3}{x}=\frac{6}{3}\Rightarrow I_3=2x$$

جریان I_2 برابر مجموع I_3 و I_4 است؛ بنابراین می‌توان نوشت:

$$I_2=I_3+I_4=2x+x=3x$$

برای به‌دست آوردن جریان I_1، ابتدا سمت راست مدار را ساده می‌کنیم. مقاومت‌های R_3 و R_4 موازی هستند و حاصل آن‌ها با R_2 متوالی است؛ بنابراین داریم:

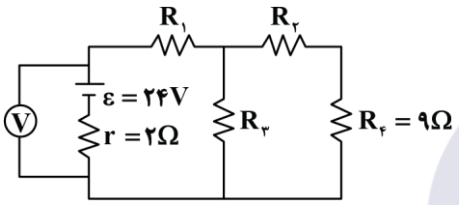


درنهایت چون مقاومت‌های R_1 و R_5 موازی هستند، می‌توانیم جریان I_1 را هم برحسب x به‌دست آوریم.

$$\frac{I_1}{I_5} = \frac{R_5}{R_1} \Rightarrow \frac{I_1}{3x} = \frac{5}{20} \Rightarrow I_1 = \frac{3}{4}x$$

گروه آموزشی ماز

۲۱- در مدار شکل زیر، توان مصرفی در همهٔ مقاومت‌های خارجی با یکدیگر برابر است. عددی که ولت‌سنج ایده‌آل نشان می‌دهد، چند ولت است؟



۱) $\frac{32}{3}$
۲) ۲۱
۳) $\frac{64}{3}$
۴) ۴۲

پاسخ: گزینهٔ ۳ (سخت ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۲)

با توجه به این‌که همهٔ توان‌ها یکسان و برابر هستند، از توان R_4 به بقیه می‌رسیم:

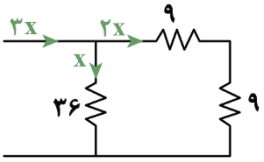
مقاومت R_2:

$$P_4 = P_3 = P_2 = P_1 \Rightarrow P_4 = 9x^2 = R_2x^2 \Rightarrow R_2 = 9\Omega$$

مقاومت R_3:

$$\Rightarrow P_4 = P_3 \Rightarrow 9\times\left(\frac{R_3}{R_3+18}\right)^2 I^2 = R_3\left(\frac{18}{R_3+18}\right)^2 I^2 \Rightarrow R_3 = 36\Omega$$

مقاومت R_1: چون جریان یکسانی از شاخهٔ سمت راست می‌گذرد، پس:



$$R_4 = R_2$$
$$P_4 = P_1 \Rightarrow 9\times(2x)^2 = R_1(3x)^2 \Rightarrow R_1 = 4\Omega$$

مقاومت معادل:

$$R_{eq} = \frac{18\times 36}{36+18} + 4 \Rightarrow 12+4 = 16\Omega$$

جریان کل:

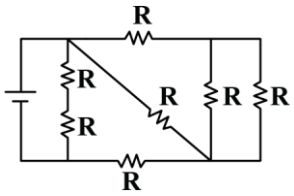
$$I_{کل} = \frac{\varepsilon}{R_{eq}+r} = \frac{24}{16+2} = \frac{4}{3}A$$

ولتاژ دو سر باتری:

$$\Rightarrow V = \varepsilon - Ir \Rightarrow 24 - \frac{4}{3}\times 2 = \frac{64}{3}V$$

گروه آموزشی ماز

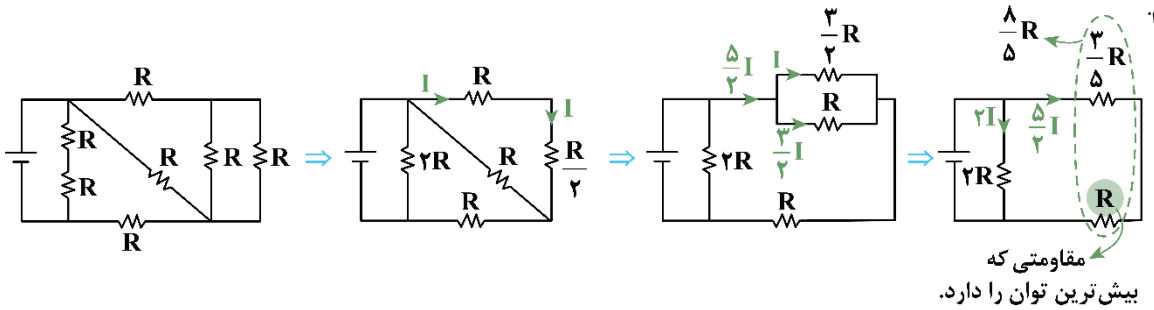
۲۲- در شکل زیر، همهٔ مقاومت‌ها مشابه‌اند. اگر حداکثر توان الکتریکی مصرفی ممکن در مدار برای آن‌که هیچ مقاومتی آسیب نبیند، ۳۶W باشد، بیش‌ترین توانی که هر مقاومت می‌تواند تحمل کند، چند وات است؟



۱) ۳۲
۲) ۱۶
۳) ۱۲/۵
۴) ۲۵

پاسخ: گزینهٔ ۳ (سخت ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۲)

ابتدا مدار را ساده می‌کنیم.



سپس مقاومت معادل مدار و جریان کل مدار را حساب می‌کنیم:

$$R_{eq}=\frac{۲R\times\frac{۸}{۵}R}{۲R+\frac{۸}{۵}R}=\frac{۸}{۹}R\ ,\ I_{کل}=(۲+\frac{۵}{۲})I=\frac{۹}{۲}I$$

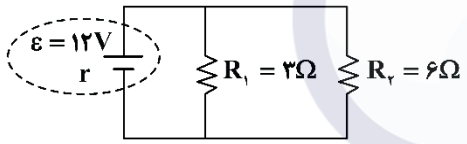
$$P_{کل}=R_{eq}I_{کل}^{۲}=\frac{۸}{۹}R\times\frac{۹}{۲}\times\frac{۹}{۲}I^{۲}=۳۶W\Rightarrow RI^{۲}=۲W$$

درنهایت حداکثر توان قابل‌تحمل هر مقاومت را به‌دست می‌آوریم:

$$\Rightarrow P_{max}=RI^{۲}=R\times(\frac{۵}{۲}I)^{۲}=\frac{۲۵}{۴}RI^{۲}\Rightarrow\frac{۲۵}{۴}\times۲=۱۲/۵W$$

گروه آموزشی ماز

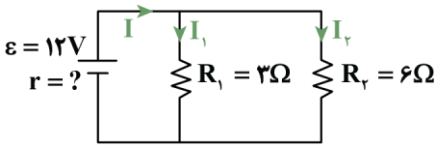
۲۳- در مدار شکل زیر، اگر جریان عبوری از مقاومت $R_۱$ برابر ۲A باشد، به‌ترتیب از راست به چپ، مقاومت درونی باتری چند اُهم و توان تلف‌شده در باتری چند وات است؟



۱) ۶ ،۱/۵
۲) ۱۸ ،۲
۳) ۱۸ ،۱/۵
۴) ۶ ،۲

پاسخ: گزینهٔ ۲ (آسان ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۲)

مطابق شکل واضح است که:



دو سر باتری $V=V_۱=V_۲$

$$\Rightarrow\varepsilon-rI=R_۱I_۱=R_۲I_۲$$

$$\Rightarrow ۱۲-r(I_۱+I_۲)=۳\times۲=۶\times I_۲\Rightarrow I_۲=۱(A)$$

$$\Rightarrow ۱۲-r(۲+۱)=۶\Rightarrow ۱۲-۳r=۶\Rightarrow ۳r=۶\Rightarrow r=۲\Omega$$

تلف‌شده در باتری $P=rI^{۲}=(۲)\times(۳)^{۲}=۱۸W$

توان خروجی باتری

توان خروجی از یک مولد (توان مفید) از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$\begin{cases}P=VI\\V=\varepsilon-rI\end{cases}\Rightarrow\ P=\varepsilon I-rI^{۲}$$

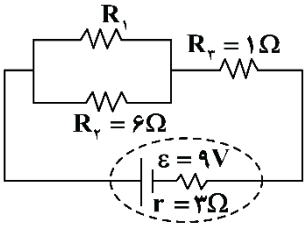
به عبارتی می‌توان گفت که باتری توان εI را تولید می‌کند و مقدار $rI^{۲}$ در مقاومت درونی آن تلف می‌شود.

تذکر!

دقت کنید توان خروجی از باتری $(P=\varepsilon I-rI^{۲})$، برابر توان مصرفی در کل مقاومت‌های خارجی مدار $(P=R_{eq}I^{۲}=\frac{V^{۲}}{R_{eq}})$ است.

گروه آموزشی ماز

۲۴- در مدار شکل زیر، اگر توان خروجی باتری بیشینه باشد، جریان عبوری از مقاومت R_1 چند آمپر خواهد بود؟



۱) ۰/۵
۲) ۱
۳) ۱/۵
۴) ۲

پاسخ: گزینهٔ ۲ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۲)

توان خروجی باتری از رابطهٔ $P = \varepsilon I - rI^2$، تابعی درجهٔ ۲ (سهمی) برحسب I می‌باشد که چون ضریب I^2 منفی است، سهمی ماکزیمم‌دار خواهد بود و P هنگامی ماکزیمم می‌شود که:

$$\text{رأس سهمی}: I = \frac{-b}{2a} = \frac{-\varepsilon}{2(-r)} = \frac{\varepsilon}{2r} \Rightarrow \frac{\varepsilon}{R_{eq}+r} = \frac{\varepsilon}{2r} \Rightarrow R_{eq} = r$$

$$I_{\text{باتری}} = \frac{\varepsilon}{2r}$$

پس برای ماکزیمم شدن توان خروجی داریم:

$$R_{eq} = r \Rightarrow \frac{6R_1}{6+R_1} + 1 = 3 \Rightarrow R_1 = 3\Omega$$

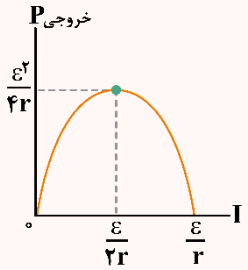
$$I_{\text{باتری}} = \frac{\varepsilon}{2r} = \frac{9}{6} = 1/5A$$

درنهایت جریان باتری باید بین R_1 و R_2 تقسیم شود که داریم:

$$I_1 = \frac{R_2}{R_1+R_2} I = \frac{6}{6+3} \times 1/5 \Rightarrow I_1 = 1A$$

نمودار توان ـ جریان باتری و ویژگی‌های آن

۱- نمودار توان خروجی از یک باتری برحسب جریان عبوری از آن، به‌صورت یک سهمی است و توصیه می‌شود این نمودار را به‌خاطر بسپارید.

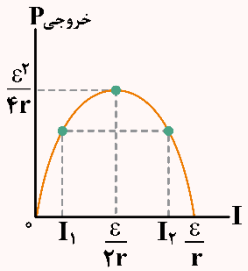


$$P = \varepsilon I - rI^2$$

$$\rightarrow \text{رأس سهمی}: \begin{cases} I = \frac{\varepsilon}{2r} \\ P_{max} = \frac{\varepsilon^2}{4r} \end{cases}$$

۲- همان‌طور که در نمودار بالا می‌بینید، توان خروجی از یک باتری زمانی بیشینه می‌شود که جریان آن برابر $\frac{\varepsilon}{2r}$ باشد. مقدار این توان بیشینه برابر $P_{max} = \frac{\varepsilon^2}{4r}$ است.

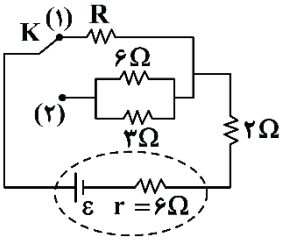
۳- با توجه به تقارن سهمی حول رأس آن، اگر به‌ازای دو جریان مختلف، توان خروجی از باتری یکسان باشد، می‌توان نتیجه گرفت که مجموع این دو جریان برابر $\frac{\varepsilon}{r}$ است. به شکل زیر دقت کنید:



$$\frac{\varepsilon}{2r} = (I_2 \text{ و } I_{1\,\text{میانگین}}) = \frac{I_1+I_2}{2}$$

$$\Rightarrow I_1 + I_2 = \frac{\varepsilon}{r}$$

۲۵- در مدار مقابل با تغییر حالت از کلید (۱) به (۲) توان خروجی باتری تغییر نمی‌کند. R چند اُهم است؟



۱) ۲
۲) ۴
۳) ۷
۴) گزینه‌های (۱) و (۳) می‌توانند درست باشند.

پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ مفهومی/محاسباتی ـ ۱۱۰۲)

دو حالت وجود دارد:

حالت اول:

اگر مقاومت مدار تغییر نکند، در این صورت مقاومت شاخهٔ بالا و شاخهٔ پایین باید برابر باشد.

$$R = \frac{۶\times۳}{۶+۳} = ۲\Omega$$

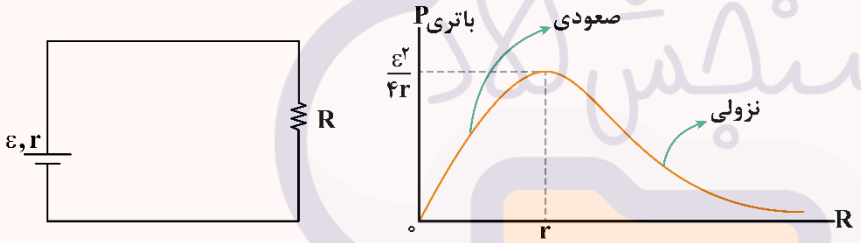
حالت دوم:

اگر مقاومت مدار تغییر کند اما توان خروجی تغییر نکند، داریم:

$$r = \sqrt{R_{eq_۱} + R_{eq_۲}} \Rightarrow ۶ = \sqrt{(R+۲)\times۴} \Rightarrow R+۲ = ۹ \Rightarrow R = ۷\Omega$$

توان خروجی

۱- در مدار تک‌حلقهٔ زیر، نمودار توان خروجی باتری که برابر توان مصرفی در مقاومت‌های مدار است، برحسب مقاومت R (مقاومت معادل) به‌صورت زیر است:



۲- مطابق نمودار فوق، هنگامی‌که مقاومت معادل مدار، بزرگ‌تر از مقاومت درونی باتری است $(R > r)$، نمودار توان خروجی نزولی است. این نکته به این معنی است که با افزایش مقاومت معادل مدار، توان خروجی از باتری کاهش می‌یابد.

۳- مطابق نمودار فوق، هنگامی‌که مقاومت معادل مدار کوچک‌تر از مقاومت درونی باتری است $(R < r)$، نمودار توان خروجی صعودی است. این نکته به این معنی است که با افزایش مقاومت معادل مدار، توان خروجی از باتری افزایش می‌یابد.

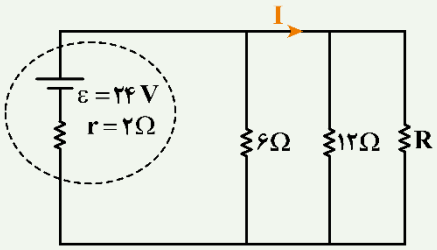
۴- همان‌طور که در نمودار توان خروجی می‌بینید، توان خروجی از باتری هنگامی بیشینه است که $R = r$ باشد. در این حالت توان خروجی از باتری برابر $\frac{\varepsilon^۲}{۴r}$ می‌باشد.

۵- اگر به‌ازای دو مقاومت $R_۱$ و $R_۲$، توان خروجی باتری یکسان باشد، مقاومت درونی باتری، واسطهٔ هندسی مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ است، یعنی:

$r = \sqrt{R_۱R_۲}$ یا $R_۱R_۲ = r^۲ \rightarrow$ اگر توان خروجی از باتری با اتصال به $R_۱$ و $R_۲$ یکسان باشد.

مثال

در مدار زیر، مقاومت R چند اُهم باشد تا توان خروجی از مولد، بیشینه شود و در این حالت I برابر با چند آمپر است؟



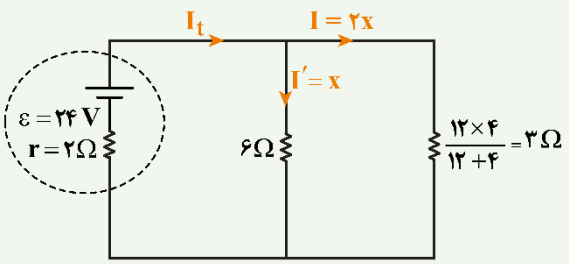
۱) صفر و ۱۲
۲) ۳ و ۴/۸
۳) ۴ و ۴
۴) ۴ و ۲/۴

پاسخ تشریحی:

برای آن‌که توان خروجی باتری بیشینه شود، کافی است $R_{eq} = r$ باشد، پس داریم:

$$\frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۱}{۶} + \frac{۱}{۱۲} + \frac{۱}{R} \xrightarrow{R_{eq}=r=۲\Omega} \frac{۱}{۲} = \frac{۱}{۶} + \frac{۱}{۱۲} + \frac{۱}{R} \Rightarrow R = ۴\Omega$$

در این حالت، جریان I برابر است با:



$$I_t = \frac{\varepsilon}{r + R_{eq}} = \frac{۲۴}{۲+۲} = ۶A$$

$$I_t = \overbrace{I}^{۲x} + \overbrace{I'}^{x} \Rightarrow ۳x = ۶ \Rightarrow x = ۲A$$

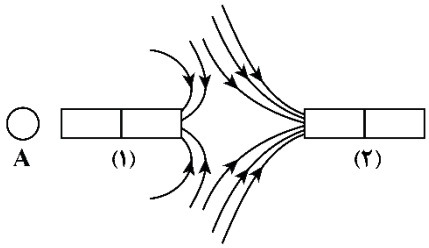
$$\Rightarrow I = ۲x = ۴A$$

پاسخ: گزینهٔ ۳

گروه آموزشی ماز

سنجش کلاد

۱- مطابق شکل زیر، خطوط میدان مغناطیسی اطراف دو آهنربای میله‌ای که در مجاورت یکدیگر هستند، رسم شده است. کدام آهنربا قوی‌تر است و جهت قرارگیری عقربهٔ قطب‌نمای A به چه سمتی است؟



۱) (۱)، ←
۲) (۲)، ←
۳) (۱)، →
۴) (۲)، →

پاسخ: گزینهٔ ۲ (آسان ـ مفهومی ـ ۱۱۰۳)

گام اول:

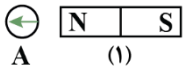
خطوط میدان در شکل به سمت دو قطب مجاور است درنتیجه هر دو قطب S هستند.

گام دوم:

تراکم خطوط اطراف آهنربای (۲) بیش‌تر است، پس آهنربای (۲) قوی‌تر است.

گام آخر:

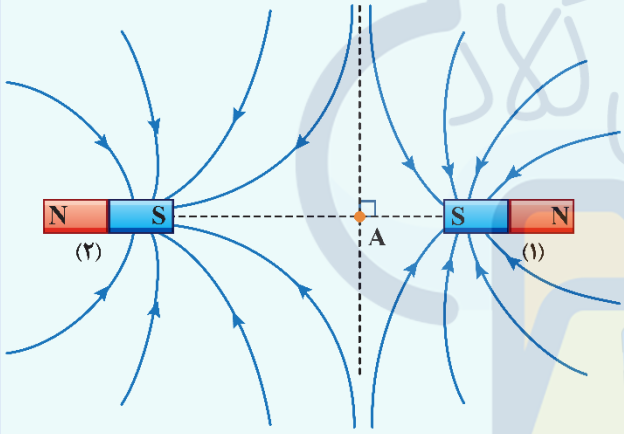
عقربهٔ قطب‌نما، هم‌جهت با بردار میدان مغناطیسی آهنربای (۱) در آن نقطه است، پس داریم:



نکته

۱- جهت‌گیری عقربهٔ مغناطیسی در یک نقطه همواره مماس بر خط میدان مغناطیسی در آن نقطه و در جهت آن است.

۲- هنگامی که قطب‌های هم‌نام دو آهنربا در مجاور هم قرار می‌گیرند، خطوط میدان مغناطیسی یکدیگر را دفع می‌کنند و در نقطه‌ای نزدیک‌تر به آهنربای ضعیف‌تر، میدان خالص، صفر می‌شود.

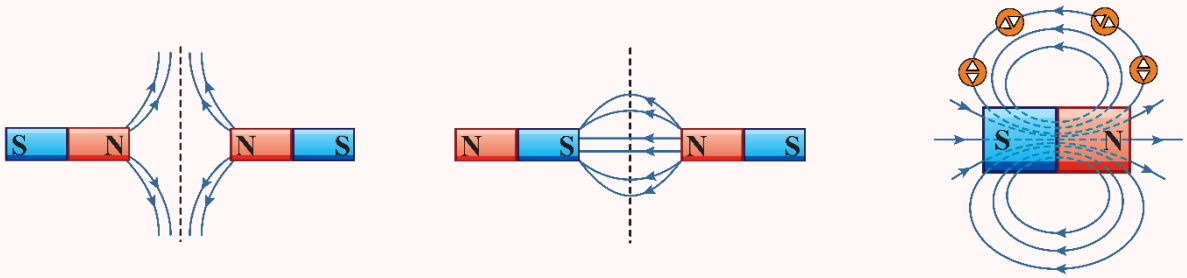


میدان خالص در نقطهٔ A، صفر است و این نقطه نزدیک‌تر به آهنربای (۱) است.

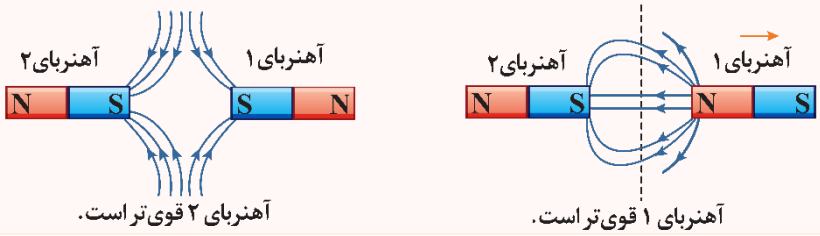
بنابراین، آهنربای (۲) قوی‌تر از آهنربای (۱) است.

خطوط میدان اطراف آهنربا به‌صورت زیر است

الف) خطوط میدان اطراف دو آهنربای مشابه:



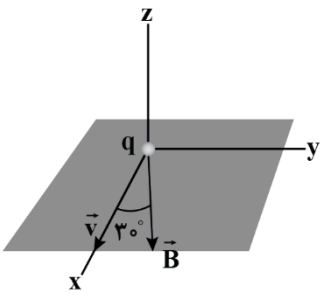
ب) خطوط میدان اطراف دو آهنربای غیرمشابه (آهنرباهایی با قدرت متفاوت):



آهنربای ۲ قوی‌تر است.

آهنربای ۱ قوی‌تر است.

۲- مطابق شکل زیر، ذره‌ای با بار $6\mu C$ و با تندی $500\frac{m}{s}$ در جهتی حرکت می‌کند که با میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی $120G$ زاویهٔ 30° می‌سازد. اندازهٔ نیروی مغناطیسی وارد بر این ذره چند نیوتون و جهت آن چگونه است؟



۱) $3/6\times10^{-5}$ در جهت محور z

۲) $3/6\times10^{-5}$ در خلاف جهت محور z

۳) $1/8\times10^{-5}$ در جهت محور z

۴) $1/8\times10^{-5}$ در خلاف جهت محور z

پاسخ: گزینهٔ ۳ (آسان ـ مفهومی/محاسباتی ـ ۱۱۰۳)

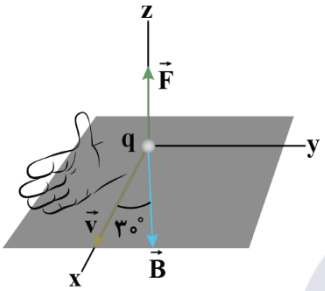
گام اول:

اندازهٔ نیروی مغناطیسی برابر است با:

$$F=|q|vB\sin\theta \Rightarrow F=6\times10^{-6}\times500\times120\times10^{-4}\times\sin30^\circ=180\times10^{-7}N=1/8\times10^{-5}N$$

گام آخر:

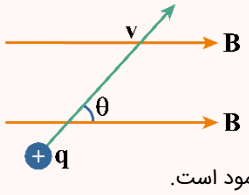
اگر چهار انگشت دست راست را در جهت $\vec{v}$ قرار دهیم به‌گونه‌ای که $\vec{B}$ از کف دست خارج شود، انگشت شست دست راست، جهت نیروی وارد بر بار مثبت را نشان می‌دهد.



نیروی مغناطیسی وارد بر ذرهٔ باردار متحرک در میدان مغناطیسی

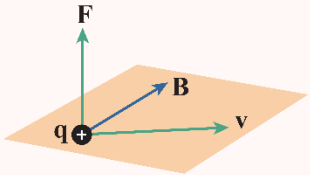
اگر ذرهٔ باردار q با سرعت v در میدان مغناطیسی B حرکت کند، از طرف میدان مغناطیسی بر آن نیروی F وارد خواهد شد که این نیرو را نیروی مغناطیسی می‌نامند.

الف) محاسبهٔ اندازهٔ نیروی مغناطیسی:



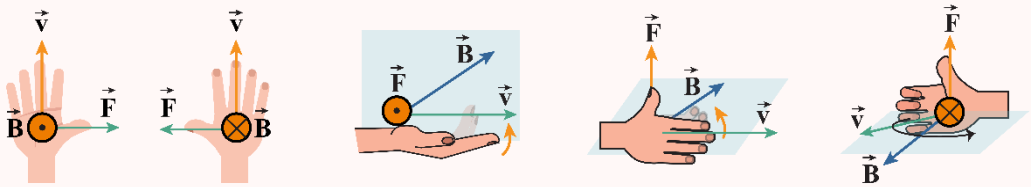
$$F_B=qvB\sin\theta$$

نیروی F بر هر دو بردار v و B عمود است؛ یعنی نیروی مغناطیسی بر صفحه‌ای که توسط سرعت و میدان مغناطیسی تشکیل می‌شود، عمود است.



ب) تعیین جهت نیروی مغناطیسی:

دست راست خود را طوری نگه داریم که انگشتان بازشدهٔ ما در جهت سرعت (v) باشد به‌گونه‌ای که وقتی آن‌ها را در جهت چرخش طبیعی انگشتان خم کنیم در جهت B قرار گیرد. در این حالت انگشت شست ما در جهت نیروی (F) وارد بر ذرهٔ باردار مثبت خواهد بود.



تذکر!

دقت کنید اگر بار الکتریکی ذره منفی بود، پس از استفاده از قاعدهٔ دست راست و به‌دست آوردن جهت نیروی F، باید آن را قرینه کنیم (یا می‌توانیم از همان ابتدا چون بار ذره منفی است، از قاعدهٔ دست چپ استفاده کنیم.)

مثال

بار الکتریکی q با سرعت $\vec{v}$ وارد میدان مغناطیسی $\vec{B}$ می‌شود و نیروی مغناطیسی $\vec{F}$ به آن وارد می‌شود. چه تعداد از گزاره‌های زیر الزاماً صحیح است؟

الف: بردار $\vec{F}$ بر بردار $\vec{v}$ عمود است.

ب: بردار $\vec{B}$ بر بردار $\vec{v}$ عمود است.

پ: بردار $\vec{B}$ بر بردار $\vec{F}$ عمود است.

ت: اگر $\vec{v}$ بر $\vec{B}$ عمود باشد، اندازهٔ $\vec{F}$ بیشینه می‌شود.

پاسخ تشریحی:

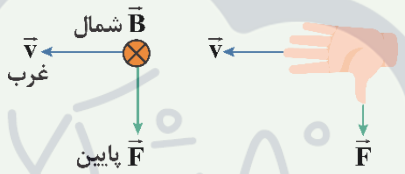
مطابق درس‌نامهٔ فوق، عبارت‌های «الف»، «پ» و «ت» الزاماً صحیح هستند، ولی عبارت «ب» می‌تواند صحیح باشد یا نباشد؛ بنابراین ۳ تا از عبارت‌های داده‌شده الزاماً صحیح هستند.

مثال

بار الکتریکی $q=+10\mu C$ با تندی $500\frac{m}{s}$ به سمت غرب پرتاب می‌شود و از میدان مغناطیسی یکنواختی به شدت $0/4T$ که جهت آن به سمت شمال است می‌گذرد. نیروی مغناطیسی وارد بر این بار چند نیوتون است و جهت آن به کدام سو می‌باشد؟

پاسخ تشریحی:

برای تعیین جهت نیرو مطابق قاعدهٔ دست راست می‌توان فهمید جهت نیروی مغناطیسی به سمت پایین است. به شکل زیر دقت کنید.

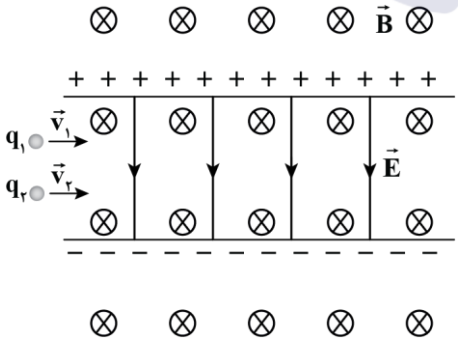


برای محاسبهٔ اندازهٔ نیرو هم می‌توان نوشت:

$$F=qvB\sin\alpha=10\times10^{-6}\times500\times0/4\times\sin90^\circ=2\times10^{-3}N$$

گروه آموزشی ماز

۳- مطابق شکل زیر، دو ذرهٔ باردار با جرم‌های ناچیز و با تندی‌های v_1 و v_2 در جهت‌های نشان‌داده‌شده که عمود بر میدان‌های یکنواخت $\vec{B}$ و $\vec{E}$ است، وارد فضای این میدان‌ها می‌شوند. اگر هر دو ذره در همان جهت‌ها و بدون انحراف به حرکت خود ادامه دهند، چه تعداد از موارد زیر الزاماً درست است؟ (از نیرویی که بارهای q_1 و q_2 به یکدیگر وارد می‌کنند، صرف‌نظر کنید.)



الف: بار ذره‌ها، هم‌نام است.

ب: اندازهٔ بار هر دو ذره، یکسان است.

پ: تندی هر دو ذره، یکسان است.

۱) صفر

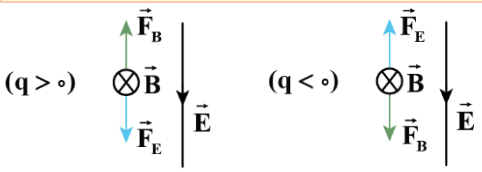
۲) ۱

۳) ۲

۴) ۳

پاسخ: گزینهٔ ۲ (متوسط ـ مفهومی ـ ۱۱۰۳)

ابتدا مسئله را برای یک ذره بررسی می‌کنیم. سپس، به مقایسهٔ دو ذره می‌پردازیم. اگر ذره‌ای در مسیر مستقیم و بدون انحراف از بین میدان‌های فوق عبور کند، باید نیروی مغناطیسی $(\vec{F}_B)$ و نیروی الکتریکی $(\vec{F}_E)$ وارد بر ذره، قرینهٔ یکدیگر باشند تا نیروی خالص وارد بر ذره، صفر شود.



همان‌طور که پیداست، در هر دو حالت $(q<0 ، q>0)$ نیروهای $\vec{F}_B$ و $\vec{F}_E$ خلاف جهت یکدیگرند؛ بنابراین، بارهای q_1 و q_2 می‌توانند هم‌نام یا ناهم‌نام باشند (نادرستی مورد «الف»).

$$F_B=F_E\Rightarrow \cancel{|q|}vB\sin90^\circ=\cancel{|q|}E\Rightarrow v=\frac{E}{B}$$

بنابراین، تندی ذره به‌اندازهٔ بار الکتریکی آن بستگی ندارد (نادرستی مورد «ب») و فقط به‌اندازهٔ دو میدان بستگی دارد (درستی مورد «پ»).

$$v_1=v_2=\frac{E}{B}$$

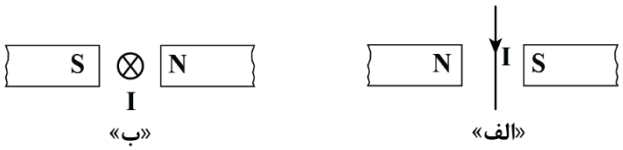
نکته

اگر ذره‌ای با جرم ناچیز، عمود بر دو میدان الکتریکی و مغناطیسی حرکت کند و از مسیر خود منحرف نشود، می‌توان نوشت:

$$F_B = F_E$$
$$\Rightarrow |q|vB = |q|E \Rightarrow E = vB$$

گروه آموزشی ماز

۴- جهت نیروی وارد بر سیم‌های حامل جریان در شکل‌های «الف» و «ب» به‌ترتیب از راست به چپ کدام است؟



۱) $\uparrow$ ، $\odot$

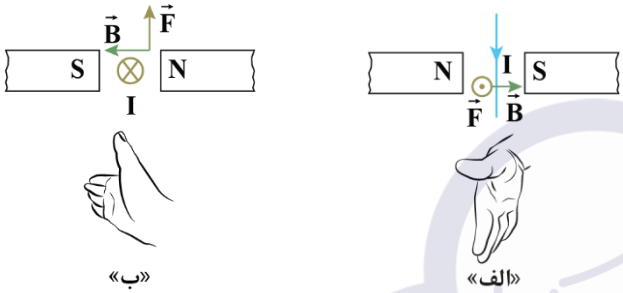
۲) $\leftarrow$ ، $\uparrow$

۳) $\odot$ ، $\downarrow$

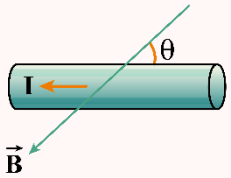
۴) $\leftarrow$ ، $\downarrow$

پاسخ: گزینهٔ ۱ (آسان ـ مفهومی ـ ۱۱۰۳)

طبق قاعدهٔ دست راست، چهار انگشت دست راست را در جهت جریان سیم قرار می‌دهیم، طوری که میدان مغناطیسی از کف دست خارج شود. در این حالت، انگشت شست دست راست جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم را نشان می‌دهد.



اندازهٔ نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان



$$F_B = ILB\sin\theta$$

F: اندازهٔ نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان

I: جریان عبوری از سیم

L: طول بخشی از سیم رسانا که در میدان مغناطیسی قرار دارد.

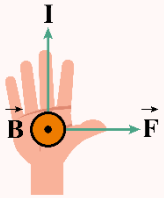
B: اندازهٔ میدان مغناطیسی یکنواخت

θ : زاویه‌ای که امتداد سیم با خطوط میدان مغناطیسی می‌سازد.

جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان

قاعدهٔ دست راست

دست راست خود را طوری نگه داریم که انگشتان بازشدهٔ ما در جهت جریان الکتریکی باشد به‌گونه‌ای که وقتی آن‌ها را در جهت چرخش طبیعی انگشتان خم کنیم در جهت میدان مغناطیسی قرار گیرد. در این حالت انگشت شست ما در جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم خواهد بود.

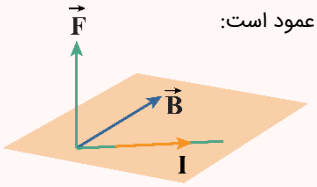


I: چهار انگشت دست راست در جهت جریان الکتریکی

B: کف دست راست در جهت میدان مغناطیسی

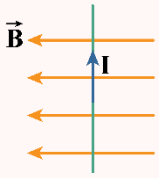
F: شست دست راست در جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم

نیرویی که در میدان مغناطیسی بر سیم حامل جریان الکتریکی وارد می‌شود، بر راستای سیم و نیز بر راستای میدان مغناطیسی، عمود است:



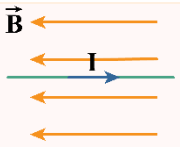
یعنی نیروی مغناطیسی بر صفحه‌ای که توسط جریان و میدان مغناطیسی تشکیل می‌شود، عمود است.

اگر سیم حامل جریان در راستای عمود بر میدان مغناطیسی قرار بگیرد، حداکثر نیروی مغناطیسی به آن وارد می‌شود.



$$\theta = ۹۰^\circ \Rightarrow \sin\theta = ۱ \Rightarrow F_m = ILB$$

اگر سیم حامل جریان در راستای میدان مغناطیسی قرار بگیرد، از طرف میدان مغناطیسی به آن نیرو وارد نمی‌شود.



$$\theta = 0 \Rightarrow \sin\theta = 0 \Rightarrow F_B = 0$$

گروه آموزشی ماز

۵- درون میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}=(1/2T)\vec{i}-(0/5T)\vec{j}$، سیمی حامل جریان الکتریکی ۲A بر روی محور x قرار دارد. بر هر متر از این سیم، چند نیوتون نیروی مغناطیسی وارد می‌شود؟

۱) ۱ ۲) ۱/۲ ۳) ۲/۴ ۴) ۲/۶

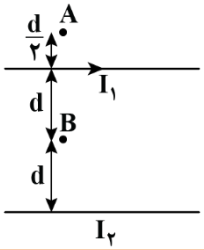
پاسخ: گزینهٔ ۱ (آسان ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۳)

چون سیم در راستای محور x قرار دارد، فقط مؤلفهٔ $\vec{j}$ میدان باعث وارد شدن نیروی مغناطیسی بر آن می‌شود؛ بنابراین داریم:

$$F = B_y IL\sin 90^\circ = 0/5\times 2\times 1\times 1 = 1N$$

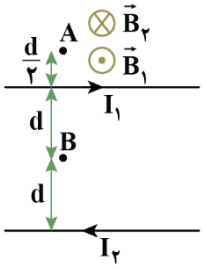
گروه آموزشی ماز

۶- در شکل زیر، دو میلهٔ بلند، موازی و حامل جریان در کنار هم قرار دارند. اگر میدان مغناطیسی خالص در نقطهٔ A صفر باشد، جریان کدام سیم، قوی‌تر است و جهت میدان مغناطیسی خالص در نقطهٔ B به کدام سمت است؟



۱) I_1 ، ⊗
۲) I_1 ، ⊙
۳) I_2 ، ⊗
۴) I_2 ، ⊙

پاسخ: گزینهٔ ۳ (متوسط ـ مفهومی ـ ۱۱۰۳)



گام اول:

میدان مغناطیسی خالص در نقطهٔ A صفر و جهت میدان حاصل از میلهٔ (۱) در نقطهٔ A، برون‌سو است. پس میدان B_2 باید درون‌سو باشد. درنتیجه جهت جریان I_2 به سمت چپ است.

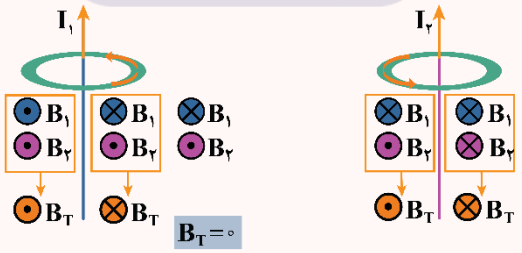
گام دوم:

جریان I_2 گرچه فاصلهٔ بیش‌تری با نقطهٔ A دارد ولی میدان آن هم‌اندازه با میدان I_1 است؛ درنتیجه $I_2 > I_1$ است.

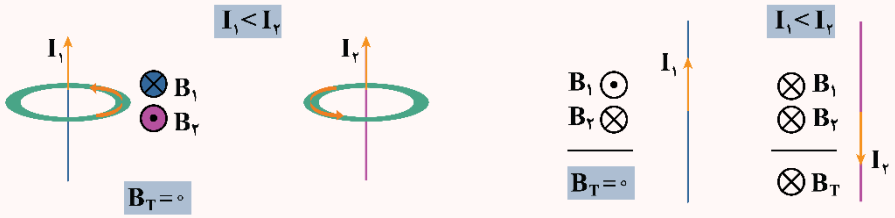
گام آخر:

فاصلهٔ نقطهٔ B تا هر دو میله به یک اندازه است و هر دو جریان، میدانی درون‌سو دارند. درنتیجه برایند میدان‌ها درون‌سو (⊗) است.

محاسبهٔ میدان خالص در فضای بین و اطراف دو سیم حامل جریان

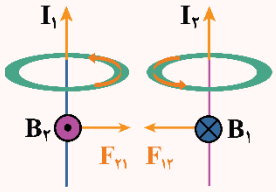


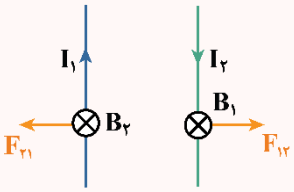
اگر جریان دو سیم هم‌جهت باشند، **بین دو سیم** و اگر خلاف جهت باشند، **خارج دو سیم** و در هر دو حالت **نزدیک به سیم با جریان کم‌تر** میدان مغناطیسی خالص **صفر** است.



نیروی بین سیم‌های موازی حامل جریان

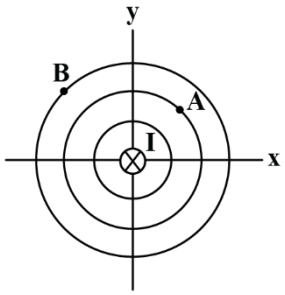
اگر جریان‌ها **در یک جهت** از دو سیم موازی بگذرند، نیروی بین آن‌ها **ربایشی** است. همچنین اگر جریان‌ها **در دو جهت مخالف** از دو سیم موازی بگذرند، نیروی بین آن‌ها **رانشی** است.





گروه آموزشی ماز

۷- شکل زیر، یک سیم راست و بلند حامل جریان I را نشان می‌دهد، که عمود بر صفحه به سمت داخل صفحه است. دایره‌های هم‌مرکز خطوط میدان مغناطیسی در اطراف سیم را نشان می‌دهد. دو الکترون در خلاف جهت محور x از نقاط A و B عبور می‌کنند. بردار نیروی مغناطیسی وارد بر این دو الکترون در نقطه‌های A و B، به‌ترتیب از راست به چپ، کدام‌اند؟



۱) ↖ و ↗

۲) ⊙ و ⊗

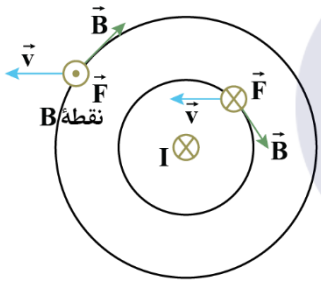
۳) ⊗ و ⊙

۴) ↙ و ↘

پاسخ: گزینهٔ ۲ (متوسط ـ مفهومی ـ ۱۱۰۳)

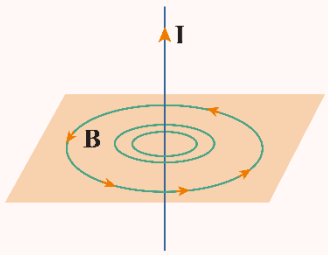
طبق قاعدهٔ دست راست، جهت میدان مغناطیسی و جهت نیروی مغناطیسی وارد بر الکترون در نقاط A و B به‌صورت مقابل است:

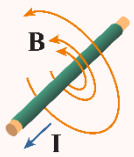
توجه کنید که بار الکترون، منفی است و جهت‌های به‌دست‌آمده برای نیروی $\vec{F}$ با استفاده از قاعدهٔ دست راست، باید برعکس شوند.

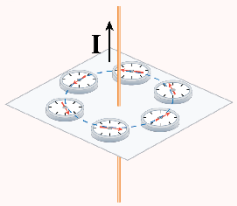


آزمایش اورستد

عبور جریان الکتریکی از یک سیم رسانا در اطراف آن یک میدان مغناطیسی به‌وجود می‌آورد. خط‌های میدان مغناطیسی حاصل از یک سیم حامل جریان به‌صورت دایره‌های هم‌مرکز در اطراف سیم حامل جریان هستند.

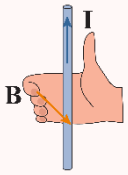


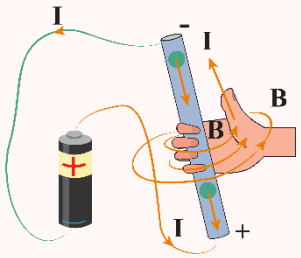




تعیین جهت میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریکی به کمک قاعدهٔ دست راست

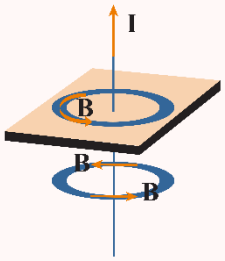
اگر سیم را در دست راست خود بگیرید به‌گونه‌ای که انگشت شست در جهت جریان الکتریکی باشد، جهت خم شدن چهار انگشت دست شما، جهت خط‌های میدان مغناطیسی را در اطراف سیم نشان می‌دهد.





حالت اول: سیم حامل جریان درون صفحه باشد.

اگر سیم حامل جریان درون صفحه باشد، خطوط میدان مغناطیسی آن عمود بر صفحه خواهد شد.



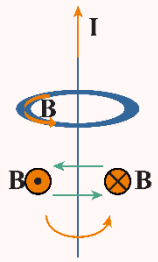
در این حالت در چهار نقطه، میدان مغناطیسی حائز اهمیت است:

۱- زیر سیم

۲- روی سیم

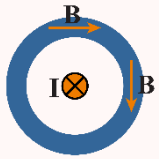
۳- سمت راست سیم

۴- سمت چپ سیم



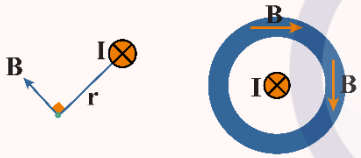
حالت دوم: سیم حامل جریان عمود بر صفحه باشد.

اگر سیم حامل جریان عمود بر صفحه باشد، خطوط میدان مغناطیسی آن درون صفحه قرار می‌گیرد.



پیدا کردن جهت میدان مغناطیسی در یک نقطه

ابتدا از نقطهٔ موردِنظر به سیم وصل کنید (r)، **میدان مغناطیسی در این نقطه الزاماً بر r عمود است**. پس در نقطهٔ موردِنظر یک خط عمود بر r رسم کنید و با قاعدهٔ دست راست یکی از جهت‌ها را برای میدان مغناطیسی انتخاب کنید.



عوامل مؤثر بر میدان سیم حامل جریان:

❖ هرچقدر جریان سیم بزرگ‌تر باشد میدان مغناطیسی آن قوی‌تر است.

$\uparrow B \propto I \uparrow$

❖ هرچقدر به سیم حامل جریان نزدیک‌تر شویم میدان مغناطیسی قوی‌تر خواهد شد.

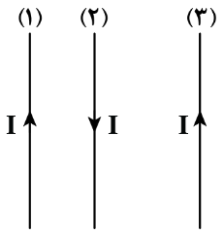
$\uparrow B \propto \frac{1}{r \downarrow}$

❖ میدان مغناطیسی در نقاطی که به یک فاصله از سیم قرار دارند یکسان است.

$r_1 = r_2 \Rightarrow B_1 = B_2$

گروه آموزشی ماز

۸- مطابق شکل، سه سیم راست و بلند حامل جریان الکتریکی برابر، موازی یکدیگر قرار دارند. جهت نیروی خالص مغناطیسی وارد بر سیم‌های (۱) و (۲) به‌ترتیب از راست به چپ کدام است؟



۱) ←، →

۲) ←، ←

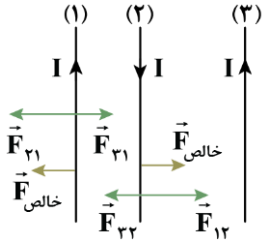
۳) →، ←

۴) →، →

پاسخ: گزینهٔ ۱ (متوسط ـ مفهومی ـ ۱۱۰۳)

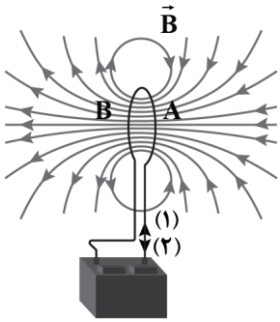
اگر جریان سیم‌ها هم‌جهت باشد، نیروی بین آن‌ها جاذبه و اگر جریان آن‌ها در خلاف جهت هم باشد، نیروی بین آن‌ها دافعه است. با توجه به این موضوع بردار نیروهای وارد بر سیم‌ها را رسم می‌کنیم.

دقت کنید با توجه به برابر بودن جریان‌ها، هرچه فاصلهٔ بین سیم‌ها بیش‌تر باشد، نیروی بین آن‌ها ضعیف‌تر است.



گروه آموزشی ماز

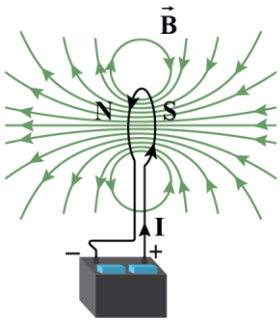
۹- **شکل زیر، خطوط میدان مغناطیسی اطراف یک حلقهٔ حامل جریان را نشان می‌دهد. جریان الکتریکی در سیم در جهت ..... است و قطب A آهنربای ایجادشده، قطب ..... مغناطیسی است.**

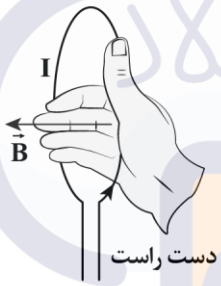


۱) (۱)، N
۲) (۲)، N
۳) (۱)، S
۴) (۲)، S

پاسخ: گزینهٔ ۳ (آسان ـ مفهومی ـ ۱۱۰۳)

با توجه به این‌که خطوط میدان درون حلقه از S به N است، قطب A همان قطب S مغناطیسی است. برای یافتن جهت جریان از قاعدهٔ دست راست کمک می‌گیریم:





گروه آموزشی ماز

۱۰- **سیملوله‌ای آرمانی به طول ۲۰cm دارای ۵۰۰ حلقهٔ نزدیک به‌هم است. تعداد حلقه‌های سیملوله را ۲ برابر می‌کنیم و جریان گذرنده از سیملوله را ۴۰۰mA افزایش می‌دهیم. درنتیجه، میدان مغناطیسی درون سیملوله و دور از لبه‌های آن، ۳ برابر می‌شود. میدان مغناطیسی اولیهٔ درون سیملوله چند گاوس بوده است؟ $(\mu_0 = ۱۲\times۱۰^{-۷}\frac{T.m}{A})$**

۱) ۶ ۲) ۰/۶ ۳) ۱/۲ ۴) ۱۲

پاسخ: گزینهٔ ۱ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۳)

نکته

طول یک سیملوله (L) برابر است با تعداد دور سیملوله (N) ضربدر فاصلهٔ بین دو حلقهٔ متوالی (d)؛ بنابراین، با افزایش تعداد دور سیملوله، طول سیملوله نیز به همان نسبت افزایش می‌یابد. درنتیجه، میدان مغناطیسی درون سیملوله، تغییر نمی‌کند $(B \propto \frac{N}{\ell})$.

گام اول:

با ۲ برابر شدن تعداد دور سیملوله، طول سیملوله نیز ۲ برابر می‌شود؛ بنابراین:

$$B = \mu_0 \frac{NI}{\ell} \Rightarrow \frac{B_۲}{B_۱} = \frac{N_۲}{N_۱}\times\frac{\ell_۱}{\ell_۲}\times\frac{I_۲}{I_۱} = \frac{۲N_۱}{N_۱}\times\frac{\ell_۱}{۲\ell_۱}\times\frac{I_۱+۰/۴}{I_۱}$$

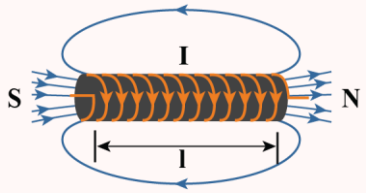
$$\Rightarrow \frac{۳B_۱}{B_۱} = \frac{I_۱+۰/۴}{I_۱} \Rightarrow ۳I_۱ = I_۱+۰/۴ \Rightarrow I_۱ = ۰/۲A$$

گام آخر:

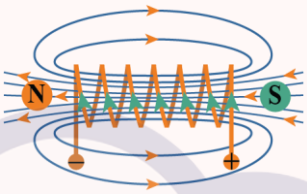
$$B_1 = \frac{\mu_0 N I_1}{\ell_1} = \frac{12\times10^{-7}\times500\times0/2}{0/2} = 6\times10^{-4}\,T = 6\,G$$

میدان مغناطیسی حاصل از سیملولهٔ حامل جریان

سیملوله، سیم درازی است که به‌صورت مارپیچی بلند، پیچیده شده است. با عبور جریان الکتریکی از سیملوله در فضای اطراف آن میدان مغناطیسی به‌وجود می‌آید.



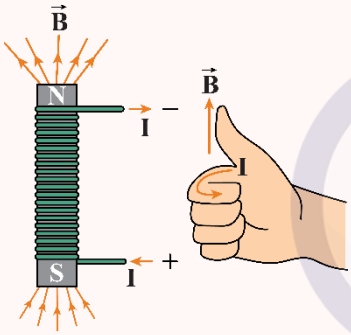
خط‌های میدان در داخل سیملوله، به‌ویژه در نقطه‌های نسبتاً دور از لبه‌های آن، تقریباً موازی و هم‌فاصله‌اند و این، نشانگر **یکنواخت بودن میدان مغناطیسی درون سیملوله است**.



خط‌های میدان داخل سیملوله بسیار متراکم‌تر از خط‌های میدان در خارج آن است و این نشانگر **بزرگ‌تر بودن میدان در داخل سیملوله است**.

تعیین جهت میدان مغناطیسی سیملوله:

جهت میدان مغناطیسی سیملوله به کمک قاعدهٔ دست راست که در شکل نشان داده شده است تعیین می‌شود:



مثال: تعیین جهت میدان مغناطیسی سیملوله:

سیملولهٔ آرمانی

اگر قطر حلقه‌های سیملوله در مقایسه با طول آن، بسیار کوچک و حلقه‌های آن، خیلی به‌هم نزدیک باشند، به این سیملوله، **سیملولهٔ آرمانی** گفته می‌شود.

میدان مغناطیسی سیملولهٔ آرمانی:

میدان مغناطیسی داخل یک سیملولهٔ آرمانی در نقطه‌های دور از لبه‌ها یکنواخت است و اندازهٔ آن از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$B = \frac{\mu_0 N I}{L}$$

μ_0 : تراوایی مغناطیسی خلأ $(\frac{T.m}{A})$ — N: تعداد دورهای سیملوله

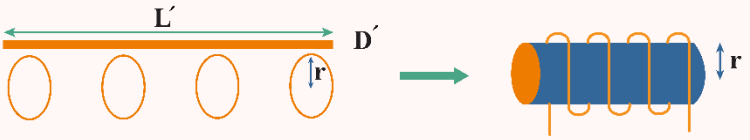
I: جریان عبوری از سیملوله — L: طول سیملوله

صورت دوم میدان مغناطیسی سیملولهٔ آرمانی:

$$n = \frac{N}{L} \Rightarrow B = \mu_0 n I$$

L: طول سیملوله — n: تعداد دورها در واحد طول سیملوله — N: تعداد دورهای سیملوله

محاسبهٔ تعداد حلقه‌های سیملوله:



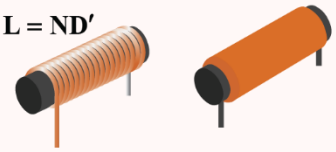
$$N = \frac{L'}{۲\pi r}$$

N: تعداد دورهای سیملوله — L' : طول سیم

r: شعاع سیملوله (حلقه‌ها) — D' : قطر (ضخامت) سیم

صورت دیگر میدان مغناطیسی سیملولهٔ منظم:

سیملولهٔ آرمانی: سیملوله‌ای که بین حلقه‌ها هیچ فاصله‌ای نباشد و حلقه‌ها روی هم قرار نگرفته باشند.



این رابطه فقط برای میدان سیملولهٔ آرمانی است. $L = ND' \rightarrow B = \frac{\mu_\circ I}{D'} \Rightarrow$

I: جریان عبوری از سیملوله — D' : قطر (ضخامت) سیم

عوامل مؤثر بر میدان مغناطیسی سیملوله:

جریان عبوری از سیملوله: هرچقدر جریان بیش‌تری از سیملوله عبور کند، میدان مغناطیسی آن قوی‌تر است.

$B \propto I$

تعداد دور در واحد طول سیملوله: هرچقدر تعداد دورها در واحد طول سیملوله بیش‌تر باشد، میدان مغناطیسی سیملوله قوی‌تر خواهد شد.

$B \propto n$

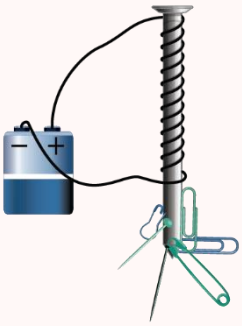
❖ میدان مغناطیسی سیملوله به تعداد حلقه‌ها و طول سیملوله به‌تنهایی **بستگی ندارد** و با نسبت آن‌ها، یعنی $\frac{N}{L}$ رابطهٔ مستقیم دارد.

❖ **وجود هستهٔ آهنی** باعث تقویت میدان مغناطیسی سیملوله می‌شود. میدان مغناطیسی سیملوله بدون هستهٔ آهنی به‌قدری ضعیف است که در عمل کاربردهای کمی دارد.

آهنربای الکتریکی سیملوله با هستهٔ آهنی:

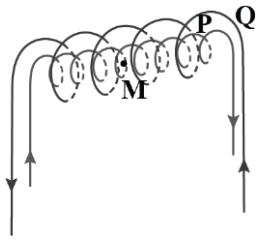
وقتی جریانی در سیملوله برقرار می‌شود، میدان مغناطیسی سیملوله، در هستهٔ آهنی خاصیت مغناطیسی القا می‌کند و هستهٔ آهنی، آهنربا می‌شود. این آهنربا را آهنربای الکتریکی می‌نامند.

آهنربای الکتریکی صنعتی شامل پیچه‌ای حامل جریان است که تعداد دور سیم زیادی دارد و میدان مغناطیسی حاصل از آن قادر است مقدار زیادی میله‌های فولادی و دیگر قراضه‌های آهنی را بلند کند.



گروه آموزشی ماز

۱۱- در شکل زیر، دو سیملولهٔ P و Q هم‌محورند و طول برابر ۲۰cm دارند. تعداد دور سیملولهٔ P برابر ۲۰۰ و تعداد دور سیملولهٔ Q برابر ۳۰۰ است. اگر جریان ۱A از سیملولهٔ Q و جریان ۱/۵A از سیملولهٔ P عبور کند، میدان مغناطیسی خالص در نقطهٔ M بر روی محور دو سیملوله چند گاوس است؟



$(\mu_\circ = ۱۲\times۱۰^{-۷}\ \frac{T.m}{A})$

۱) ۱۸

۲) ۳۶

۳) ۹

۴) صفر

پاسخ: گزینهٔ ۴ — (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۳)

میدان مغناطیسی دو سیملوله هم‌اندازه است:

$$B = \mu_\circ \frac{NI}{\ell} \Rightarrow \begin{cases} B_P = \mu_\circ \frac{۲۰۰\times۱/۵}{\ell} \\ B_Q = \mu_\circ \frac{۳۰۰\times۱}{\ell} \end{cases} \Rightarrow B_P = B_Q$$

با توجه به در خلاف بودن جهت جریان سیملوله‌ها، جهت میدان آن‌ها نیز در خلاف جهت یکدیگر است و میدان آن‌ها یکدیگر را خنثی می‌کند؛ بنابراین میدان مغناطیسی خالص برابر صفر است.

۱۲- چه تعداد از موارد زیر، درست است؟

الف: اتم‌های آلومینیوم خاصیت مغناطیسی ندارند.

ب: حضور میدان مغناطیسی خارجی، می‌تواند سبب القای دوقطبی‌های مغناطیسی در خلاف سوی میدان خارجی، در نقره شود.

پ: در مواد فرومغناطیس، برخی حوزه‌های مغناطیسی در حضور میدان مغناطیسی خارجی، با آن هم‌سو می‌شوند، اما مرز بین حوزه‌ها جابه‌جا نمی‌شود.

ت: مواد پارامغناطیس برای ساختن آهنرباهای الکتریکی (آهنرباهای غیردائم) مناسب‌اند.

۱) صفر ۲) ۱ ۳) ۲ ۴) ۳

پاسخ: گزینهٔ ۲ (آسان ـ خطبه‌خط کتاب درسی ـ ۱۱۰۳)

الف آلومینیوم جزو مواد پارامغناطیسی است. اتم‌های این مواد، خاصیت مغناطیسی دارند اما دوقطبی‌های مغناطیسی وابستهٔ به آن‌ها، به‌طور کاتوره‌ای سمت‌گیری کرده‌اند و میدان مغناطیسی خالصی ایجاد نمی‌کنند. (✗)

ب ویژگی ذکرشده مربوط به مواد دیامغناطیس، نظیر مس، نقره، سرب و بیسموت است. (✓)

پ در مواد فرومغناطیس، حوزه‌هایی که نسبت به میدان خارجی هم‌سو هستند، رشد می‌کنند و حجمشان زیاد می‌شود. از سوی دیگر، حجم حوزه‌هایی که سمت‌گیری آن‌ها در راستای میدان نیست، کم می‌شود. در این فرایند، مرز بین بیش‌تر حوزه‌ها جابه‌جا می‌شود. (✗)

ت مواد فرومغناطیس نرم برای ساختن آهنرباهای الکتریکی مناسب‌اند. (✗)

گروه آموزشی ماز

۱۳- اگر حلقه‌ای دایره‌ای که سطح آن عمود بر خطوط میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$ قرار دارد را به‌صورت قابی مربعی درآوریم و دوباره سطح آن را عمود بر خطوط همان میدان قرار دهیم، شار مغناطیسی گذرنده از حلقه چه تغییری خواهد کرد؟ $(\pi = ۳)$

۱) ۵۶ درصد کاهش می‌یابد. ۲) ۲۵ درصد کاهش می‌یابد. ۳) ۱۲۵ درصد افزایش می‌یابد. ۴) ۳۳ درصد افزایش می‌یابد.

پاسخ: گزینهٔ ۲ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۳)

گام اول:

وقتی حلقه به مربع تبدیل شود مساحت آن تغییر می‌کند اما محیط آن ثابت است.

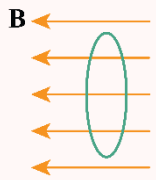
$$۴a = ۲\pi r \Rightarrow a = \frac{۳}{۲}r$$

گام آخر:

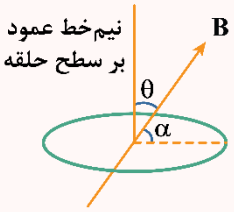
$$\frac{\Phi_۲}{\Phi_۱} = \frac{A_۲}{A_۱} = \frac{a^۲}{\pi r^۲} \Rightarrow \frac{\Phi_۲}{\Phi_۱} = \frac{(\frac{۳}{۲}r)^۲}{۳r^۲} = \frac{۳}{۴} \Rightarrow \frac{\Delta\Phi}{\Phi_۱}\times ۱۰۰ = \frac{-\frac{۱}{۴}\Phi_۱}{\Phi_۱}\times ۱۰۰ = -۲۵\%$$

شار مغناطیسی

مجموعهٔ خطوط میدان مغناطیسی که از یک سطح بسته می‌گذرد را **شار مغناطیسی** می‌گویند.



شار مغناطیسی، کمیتی **نرده‌ای** است و برای میدان مغناطیسی یکنواخت B که از پیچه‌ای با مساحت معیّن A می‌گذرد به‌صورت زیر تعریف می‌شود:



$$\Phi = BA\cos\theta$$

Φ : شار مغناطیسی (وِبِر Wb) B: میدان مغناطیسی (تسلا T) A: مساحت پیچه ($m^۲$)

θ : زاویهٔ بین بردار میدان مغناطیسی و نیم‌خط عمود بر سطح حلقه

اگر در سؤالی زاویهٔ میدان و سطح حلقه (یعنی α) داده شد، باید ابتدا آن را از ۹۰ کم کنید و در رابطه قرار دهید:

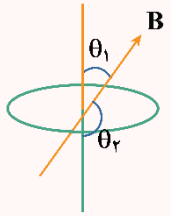
$\theta = ۹۰ - \alpha$ یا $\cos\theta = \sin\alpha$

یکای شار مغناطیسی در SI **وبر (Wb)** است.

$$\Phi = BA\cos\theta$$

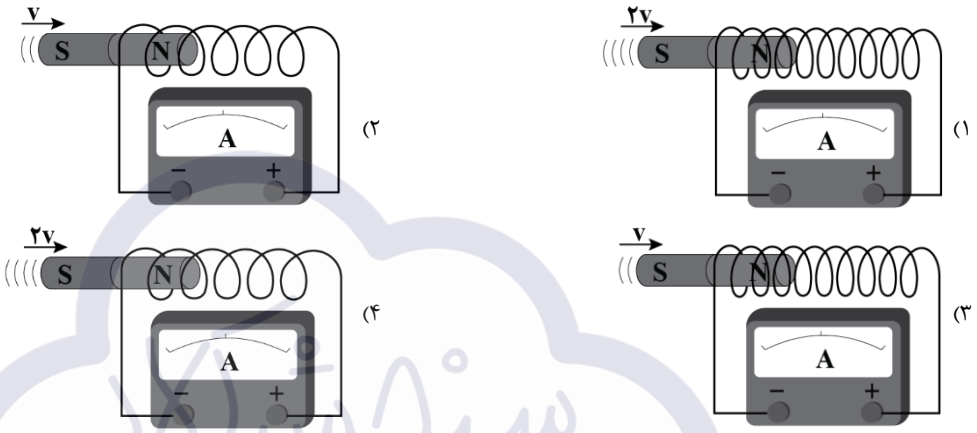
$$۱Wb = ۱T \times ۱m^۲$$

همواره دو جهت برای رسم نیم‌خط عمود بر سطح معیّن وجود دارد که علامت شار مغناطیسی عبوری از این سطح نیز به انتخاب این جهت بستگی دارد؛ یعنی برحسب انتخاب زاویهٔ θ ، شار عبوری از سطح ممکن است مثبت یا منفی شود. پس در انتخاب این زاویه دقت کنید که در حل یک مسئله، نیم‌خط عمود بر سطح را در هر جهتی درنظر گرفتید تا پایان آن را تغییر ندهید.



گروه آموزشی ماز

۱۴- مطابق شکل‌های زیر، یک آهنربا را با تندی‌های مختلف وارد سیملوله‌های متفاوت می‌کنیم. در کدام گزینه جریان اندازه‌گیری‌شده توسط گالوانومتر بزرگ‌تر است؟



پاسخ: گزینهٔ ۱ (آسان ـ مفهومی ـ ۱۱۰۳)

طبق رابطهٔ قانون القای فاراده، بزرگی نیروی محرکهٔ القایی با تعداد حلقه‌ها رابطهٔ مستقیم و با زمان تغییرات رابطهٔ عکس دارد. در شکل گزینهٔ (۱)، سرعت آهنربای میله‌ای بیش‌تر است، درنتیجه سریع‌تر حرکت می‌کند و بازهٔ زمانی، کوچک‌تر می‌شود، از طرف دیگر تعداد حلقه‌های سیملولهٔ شکل گزینهٔ (۱) نیز بیش‌تر است؛ بنابراین در این گزینه گالوانومتر عدد بزرگ‌تری را نشان می‌دهد.

قانون القای الکترومغناطیسی فاراده

هرگاه شار مغناطیسی‌ای که از مدار بسته‌ای می‌گذرد تغییر کند، نیروی محرکه‌ای در آن القا می‌شود که بزرگی آن با آهنگ تغییر شار مغناطیسی متناسب است؛ یعنی هرچه آهنگ تغییر شار مغناطیسی بیش‌تر باشد، نیروی محرکهٔ القایی و درنتیجه جریان القایی تولیدشده در مدار بیش‌تر خواهد بود.

قانون فاراده برای پیچه یا سیملوله‌ای که از N دور مشابه تشکیل شده باشد طبق رابطهٔ زیر بیان می‌شود:

$$\bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

$\bar{\varepsilon}$: نیروی محرکهٔ القایی متوسط برحسب ولت N: تعداد حلقه‌ها Δt : زمان تغییر شار

$\Delta\Phi$: تغییر شار مغناطیسی $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$: آهنگ تغییر شار مغناطیسی برحسب وبر بر ثانیه

$$\begin{cases} \bar{\varepsilon} = -NA\frac{\Delta B}{\Delta t}\cos\theta & \text{اگر فقط میدان مغناطیسی تغییر کند.} \\ \bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta A}{\Delta t}B\cos\theta & \text{اگر فقط مساحت تغییر کند.} \\ \varepsilon = -NAB\frac{(\cos\theta_2 - \cos\theta_1)}{\Delta t} & \text{اگر فقط زاویه تغییر کند.} \end{cases}$$

اگر مقاومت پیچه یا سیملوله برابر R باشد، جریان القایی متوسط در آن از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$\bar{I} = \frac{\bar{\varepsilon}}{R}$$

$\bar{\varepsilon}$: نیروی محرکهٔ القایی متوسط برحسب ولت R: مقاومت پیچه یا سیملوله

هرچه مقاومت پیچه یا مداری که در آن شار مغناطیسی تغییر می‌کند **بیش‌تر** باشد، **جریان کوچک‌تری** در آن القا می‌شود.

۱۵- پیچهٔ مسطحی که دارای ۲۰ حلقه و مساحت هر حلقهٔ آن $۵۰cm^۲$ است، عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی ۴۰۰G قرار دارد. اگر در مدت ۰/۲s میدان مغناطیسی به صفر برسد، جریان متوسط القایی در پیچه چند آمپر خواهد بود؟ (مقاومت کل پیچه ۴Ω است.)

۱) ۲۰ ۲) ۵ ۳) ۵×۱۰^{-۳} ۴) ۲×۱۰^{-۲}

پاسخ: گزینهٔ ۳ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۳)

بنابر قانون القای فاراده داریم:

$$|\varepsilon_{av}| = \left|-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| \Rightarrow \left|-N\frac{۰-B_۱A_۱\cos ۰}{۰/۲}\right| \Rightarrow \left|۲۰\times\frac{(۴۰۰\times۱۰^{-۴})(۵۰\times۱۰^{-۴})(۱)}{۲\times۱۰^{-۱}}\right| = ۲\times۱۰^{-۲}V$$

$$\Rightarrow |I_{av}| = \frac{|\varepsilon_{av}|}{R} = \frac{۲\times۱۰^{-۲}}{۴} = ۵\times۱۰^{-۳}A$$

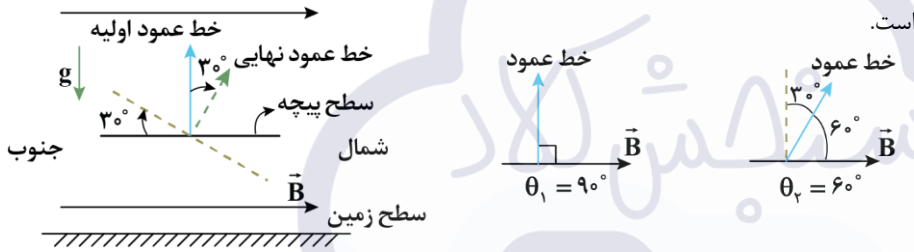
گروه آموزشی ماز

۱۶- مساحت هر حلقهٔ پیچه‌ای $۴۰cm^۲$ و پیچه متشکل از ۵۰۰ حلقه است. در ابتدا سطح پیچه موازی با سطح زمین است. اگر پیچه در مدت ۰/۰۲s حول قطری که در امتداد شرق - غرب است، به‌اندازهٔ ۳۰° بچرخد، اندازهٔ نیروی محرکهٔ متوسط القایی در آن چند ولت است؟ (اندازهٔ میدان زمین را ۰/۴G درنظر بگیرید و از شیب مغناطیسی صرف‌نظر کنید.)

۱) ۰/۰۰۲ ۲) $۰/۰۰۲\sqrt{۳}$ ۳) ۲۰ ۴) $۲۰\sqrt{۳}$

پاسخ: گزینهٔ ۱ (سخت ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۳)

نحوهٔ چرخش پیچه در درون میدان، مطابق شکل زیر است.



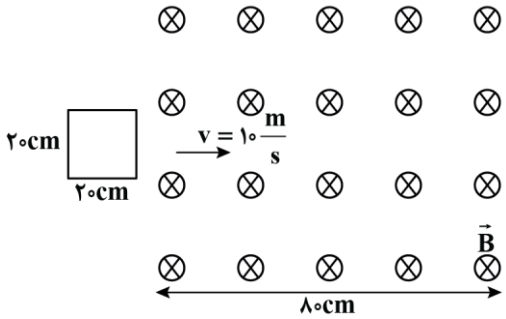
طبق قانون القای فاراده داریم:

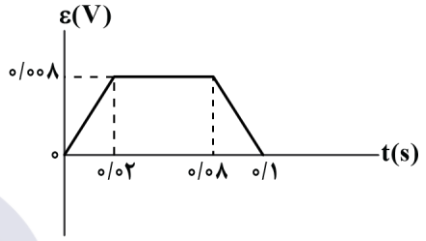
$$\bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -N\frac{\Delta(BA\cos\theta)}{\Delta t} = -NBA\frac{\Delta(\cos\theta)}{\Delta t} = -NBA\frac{\cos\theta_۲-\cos\theta_۱}{\Delta t}$$

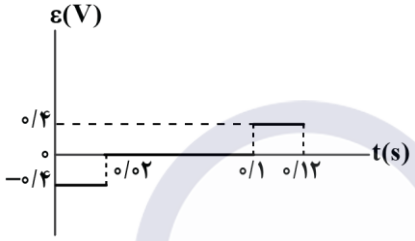
$$\Rightarrow \bar{\varepsilon} = -۵۰۰\times(۰/۴\times۱۰^{-۴})\times(۴۰\times۱۰^{-۴})\times\frac{\cos ۶۰^\circ-\cos ۹۰^\circ}{۰/۰۲} = -۰/۰۰۲V$$

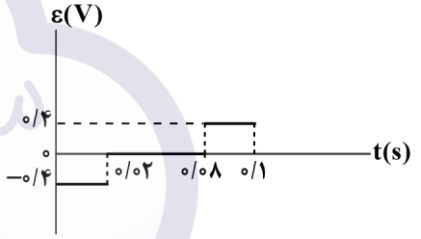
$$\Rightarrow |\bar{\varepsilon}| = ۰/۰۰۲V$$

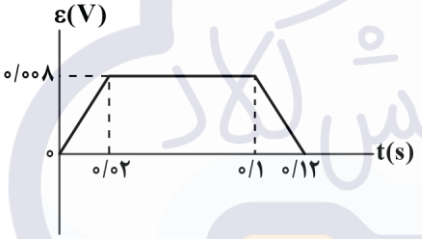
۱۷- مطابق شکل زیر، حلقهٔ رسانای مربع‌شکلی به ضلع ۲۰cm در لحظهٔ $t=0$ با تندی ثابت $10\frac{m}{s}$ وارد میدان مغناطیسی درون‌سوی $\vec{B}$ به بزرگی $0/2T$ می‌شود. کدام گزینه، نمودار نیروی محرکهٔ القایی در حلقه را برحسب زمان به‌درستی نشان می‌دهد؟ (بردار عمود بر سطح حلقه را درون‌سو درنظر بگیرید.)



۱)


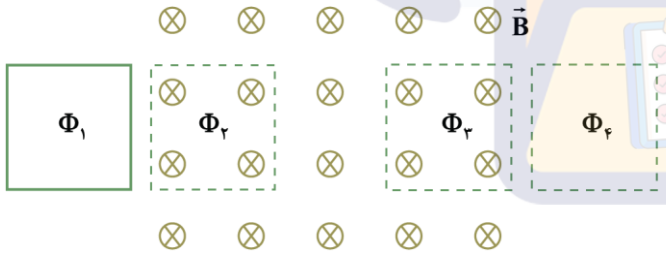
۲)


۳)


۴)


پاسخ: گزینهٔ ۳ (متوسط ـ نموداری ـ ۱۱۰۳)

ابتدا شار مغناطیسی عبوری از حلقه را در هریک از وضعیت‌های زیر به‌دست می‌آوریم:



$$\begin{cases}\Phi_1=\Phi_4=0\,Wb\\ \Phi_2=\Phi_3=BA\cos\theta=0/2\times0/2^2\times\cos0=0/008\,Wb\end{cases}$$

به‌علت ثابت بودن تندی حلقه، نیروی محرکهٔ القایی در حین ورود حلقه به میدان و نیز خروج حلقه از میدان، ثابت و برابر با نیروی محرکهٔ القایی متوسط است.

گام اول:

(ورود حلقه به میدان)

$$\Delta t=\frac{\Delta x}{v}=\frac{0/2}{10}=0/02s\Rightarrow\varepsilon_{av}=-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=-N\frac{\Phi_2-\Phi_1}{\Delta t}=-1\times\frac{0/008-0}{0/02}=-0/4V$$

گام دوم:

(مدت‌زمانی که حلقه به‌طور کامل درون میدان قرار دارد.)

$$\Delta t=\frac{\Delta x}{v}=\frac{0/6}{10}=0/06s$$

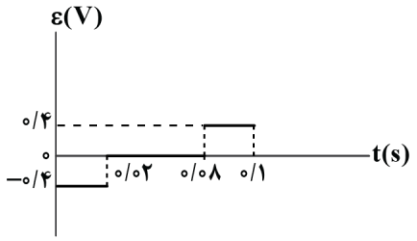
در این مرحله، شار عبوری از حلقه، تغییر نمی‌کند؛ بنابراین، نیروی محرکهٔ القایی، صفر است.

گام آخر:

(خروج حلقه از میدان)

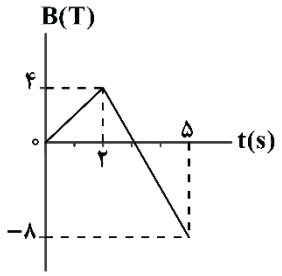
$$\Delta t=\frac{\Delta x}{v}=\frac{0/2}{10}=0/02s\Rightarrow\varepsilon_{av}=-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=-N\frac{\Phi_4-\Phi_3}{\Delta t}=-1\times\frac{0-0/008}{0/02}=0/4V$$

بنابراین نمودار گزینهٔ (۳)، نیروی محرکهٔ القایی را به‌درستی نشان می‌دهد.



گروه آموزشی ماز

۱۸- نمودار تغییرات میدان مغناطیسی گذرنده از یک پیچهٔ دارای ۱۰۰ حلقه به مساحت $۲۰۰cm^۲$ مطابق شکل زیر است. اگر میدان با سطح پیچه زاویهٔ ۶۰° بسازد، اندازهٔ بار الکتریکی شارش‌شده در پیچه از $t=۱s$ تا $t=۴s$ چند کولن است؟ (مقاومت هر حلقه $۰/۰۳\Omega$ است.)



۱) ۲
۲) $۲\sqrt{۳}$
۳) ۴
۴) $۴\sqrt{۳}$

پاسخ: گزینهٔ ۲ (متوسط ـ نموداری ـ ۱۱۰۳)

به کمک معادلهٔ خط، اندازهٔ میدان مغناطیسی در $t=۱s$ و $t=۴s$ را می‌یابیم.

$$t=۲s \text{ تا } t=۰ \Rightarrow B=۲t \xrightarrow{t=۱s} B=۲T$$

$$t=۵s \text{ تا } t=۲s \Rightarrow B=-۴t+۱۲ \xrightarrow{t=۴s} B=-۴T$$

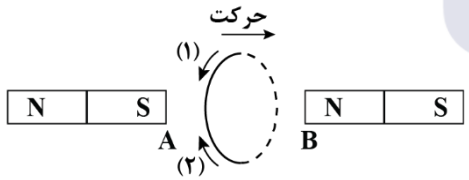
$$|\Delta q|=\left|-N\frac{\Delta\Phi}{R}\right|=\left|-N\frac{A\Delta B\cos\theta}{R}\right|=\left|-۱۰۰\times\frac{۲۰۰\times۱۰^{-۴}\times\overset{-۶}{\cancel{(-۴-۲)}}\times\frac{\sqrt{۳}}{۲}}{۱۰۰\times۰/۰۳}\right|=۲\sqrt{۳}\,C$$

تذکر!

زاویهٔ بین میدان و سطح پیچه ۶۰° است؛ بنابراین زاویهٔ بین میدان و نیم‌خط عمود بر سطح پیچه ۳۰° است (این زاویه در فرمول شار استفاده می‌شود).

گروه آموزشی ماز

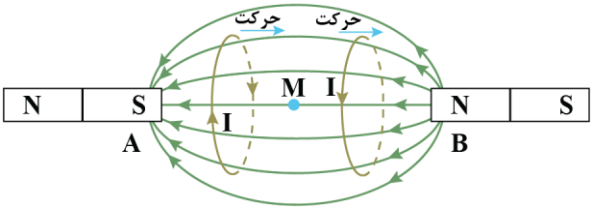
۱۹- مطابق شکل، یک حلقهٔ رسانا را در فضای بین دو آهنربای میله‌ای مشابه، از نقطهٔ A تا نقطهٔ B بر روی مسیر مستقیم جابه‌جا می‌کنیم. جهت جریان القایی در حلقه به چه صورت است؟



۱) ابتدا در جهت (۱) و سپس در جهت (۲)
۲) همواره در جهت (۲)
۳) همواره در جهت (۱)
۴) ابتدا در جهت (۲) و سپس در جهت (۱)

پاسخ: گزینهٔ ۴ (سخت ـ مفهومی ـ ۱۱۰۳)

آرایش خطوط میدان مغناطیسی بین دو آهنربای نشان‌داده‌شده، مطابق شکل مقابل است:



M: نقطهٔ وسط AB

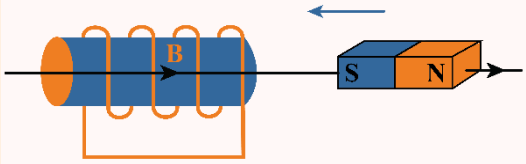
در حرکت حلقه از A تا M، شار عبوری از آن درحال کاهش است؛ بنابراین، طبق قانون لنز، جریان القایی در جهت (۲) به‌وجود می‌آید تا با این کاهش شار، مخالفت کند؛ اما در حرکت حلقه از M تا B، شار عبوری از آن درحال افزایش است؛ بنابراین، طبق قانون لنز، جریان القایی در جهت (۱) به‌وجود می‌آید تا با این افزایش شار مخالفت کند.

قانون لنز

جریان حاصل از نیروی محرکهٔ القایی در یک مدار یا پیچه در جهتی است که آثار مغناطیسی ناشی از آن با عامل به‌وجودآورندهٔ جریان القایی، یعنی تغییر شار مغناطیسی مخالفت می‌کند. علامت منفی در فرمول لنز ـ فاراده نشان‌دهندهٔ همین مخالفت است.

روش تعیین جهت جریان القایی در یک پیچه یا در هر مدار بستهٔ دیگر

گام اول: ابتدا جهت میدان مغناطیسی‌ای که توسط یک عامل خارجی ایجاد شده است را در مرکز حلقه یا سیملوله تعیین کنید.



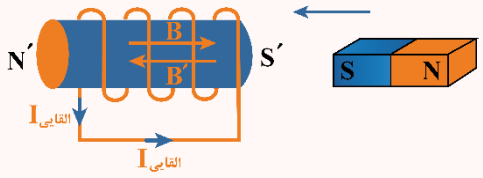
گام دوم: مشخص کنید شار مغناطیسی درحال افزایش است یا کاهش $\uparrow \Phi = A \uparrow B\cos\theta$

گام سوم:

۱- اگر شار مغناطیسی درحال افزایش بود، میدان مغناطیسی القایی در خلاف جهت میدان مغناطیسی اصلی به‌وجود می‌آید تا با افزایش شار مخالفت کند.

۲- اگر شار مغناطیسی درحال کاهش بود، میدان مغناطیسی القایی هم‌جهت با میدان اصلی به‌وجود می‌آید تا با کاهش شار مخالفت کند.

گام آخر: با توجه به جهت میدان مغناطیسی القایی به کمک قاعدهٔ دست راست جهت جریان القایی را در حلقه یا سیموله مشخص کنید.



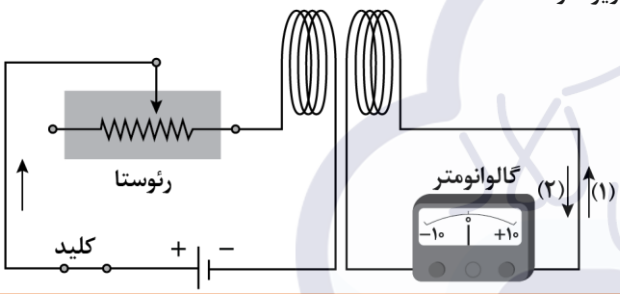
گروه آموزشی ماز

۲۰- در شکل زیر، لغزندهٔ رئوستا را به سمت چپ حرکت می‌دهیم. چه تعداد از موارد زیر، درست است؟

الف: جریان الکتریکی گذرنده از پیچهٔ سمت چپ کاهش می‌یابد.

ب: شار گذرنده از پیچهٔ سمت راست، کاهش می‌یابد.

پ: در پیچهٔ سمت راست، جریان القایی در جهت (۲) به‌وجود می‌آید.



۱) صفر

۲) ۱

۳) ۲

۴) ۳

پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ مفهومی ـ ۱۱۰۳)

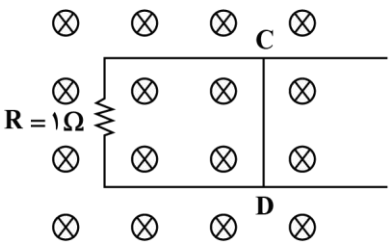
الف) با حرکت لغزندهٔ رئوستا به سمت چپ، مقاومت رئوستا افزایش یافته و جریان گذرنده از مدار، کاهش می‌یابد. (✓)

ب) با کاهش جریان گذرنده از مدار سمت چپ، میدان مغناطیسی پیچهٔ سمت چپ و درنتیجه، شار عبوری از پیچهٔ سمت راست کاهش می‌یابد. (✓)

پ) با کاهش شار در پیچهٔ سمت راست، طبق قانون لنز، جریان القایی در جهت (۲) به‌وجود می‌آید تا با کاهش شار مخالفت کند. (✓)

گروه آموزشی ماز

۲۱- شکل زیر، رسانای U‌شکلی را درون میدان مغناطیسی یکنواخت ۰/۲T که عمود بر صفحه و درون‌سو است، نشان می‌دهد. اگر میلهٔ CD به طول ۲m با سرعت $5\frac{m}{s}$ به سمت راست حرکت کند، اندازه و جهت جریان القایی در میله کدام است؟ (به‌جز مقاومت R، مقاومت سایر اجزا صفر است.)



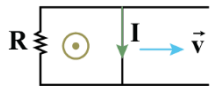
۱) ۱A، از D به C

۲) ۱A، از C به D

۳) ۲A، از D به C

۴) ۲A، از C به D

پاسخ: گزینهٔ ۳ (متوسط ـ مفهومی/محاسباتی ـ ۱۱۰۳)



با حرکت میله به سمت راست، سطح مدار افزایش می‌یابد. با افزایش مساحت مدار، شار گذرنده از سطح مدار افزایش می‌یابد. بنابر قانون لنز جهت جریان باید با تغییر شار مخالفت کند؛ بنابراین باید میدان مغناطیسی برون‌سو در حلقه القا شود. طبق قاعدهٔ دست راست جهت جریان القایی از D به C است.

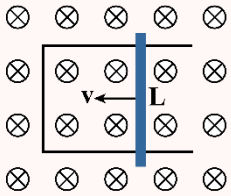
$$|\varepsilon| = \left|-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| \Rightarrow |\varepsilon| = \left|-N\frac{\Delta AB}{\Delta t}\right| \xrightarrow{\Delta A = L\Delta d} |\varepsilon| = \left|-N\frac{L\Delta dB}{\Delta t}\right|$$

$$\xrightarrow{\frac{\Delta d}{\Delta t}=v} |\varepsilon| = |-NLvB| \Rightarrow \varepsilon = ۱\times۲\times۵\times۰/۲ = ۲V$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{۲}{۱} = ۲A$$

نیروی محرکهٔ القایی در میلهٔ متحرک در میدان مغناطیسی

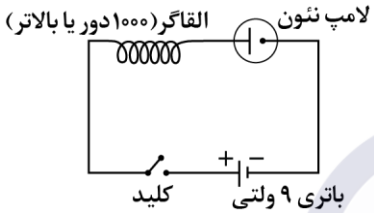
هرگاه مطابق شکل، میله‌ای به طول L در میدان مغناطیسی یکنواخت B با تندی ثابت v حرکت کند، شار عبوری از آن تغییر کرده و اندازهٔ نیروی محرکهٔ القایی در دو سر میله از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:



$$\varepsilon = BvL$$

گروه آموزشی ماز

۲۲- در مدار نشان‌داده‌شده، با وصل کلید، لامپ ..... روشن می‌شود و با قطع کلید، لامپ ..... خاموش می‌شود.



۱) به‌تدریج ـ به‌سرعت
۲) به‌سرعت ـ به‌تدریج
۳) به‌سرعت ـ به‌سرعت
۴) به‌تدریج ـ به‌تدریج

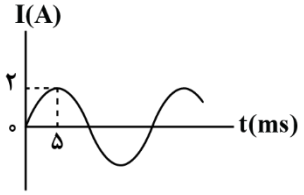
پاسخ: گزینهٔ ۱ (آسان ـ مفهومی ـ ۱۱۰۳)

با وصل کلید، در القاگر، جریان برقرار می‌شود و شار عبوری از آن افزایش می‌یابد. درنتیجه، طبق اثر خود ـ القاوری، نیروی محرکه‌ای در آن القا می‌شود که با افزایش جریان، مخالفت می‌کند؛ بنابراین، جریان مدار به‌سرعت به مقدار پایای $\frac{\varepsilon}{R+r}$ نمی‌رسد. با گذشت زمان، این مخالفت، کاهش یافته و جریان مدار به‌تدریج به مقدار پایا می‌رسد؛ بنابراین نور لامپ، به‌تدریج زیاد می‌شود.

لامپ و القاگر به‌طور متوالی در مدار قرار دارند؛ بنابراین، با قطع کلید، مدار بسته‌ای بین لامپ و القاگر وجود ندارد تا انرژی القاگر را در لامپ، تخلیه کند؛ بنابراین، لامپ، به‌سرعت خاموش می‌شود. توجه کنید، اگر لامپ به‌طور موازی به القاگر بسته شده بود، با قطع کلید، انرژی القاگر به‌تدریج در لامپ، تخلیه شده و لامپ به‌تدریج خاموش می‌شد.

گروه آموزشی ماز

۲۳- شکل زیر، نمودار جریان متناوب سینوسی را نشان می‌دهد که یک مولد جریان متناوب تولید کرده است. در لحظهٔ $t = ۲/۵ms$ جریان گذرنده از پیچه برابر ..... است و در لحظهٔ $t = ۲۰ms$ شار گذرنده از پیچه، ..... است.



۱) ۱A، صفر
۲) $\sqrt{۲}A$، بیشینه
۳) $\sqrt{۲}A$، صفر
۴) ۱A، بیشینه

پاسخ: گزینهٔ ۲ (متوسط ـ نموداری ـ ۱۱۰۳)

ابتدا از روی نمودار، دورهٔ تناوب (T) را به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{۱}{۴}T = ۵ms \Rightarrow T = ۲۰ms = ۰/۰۲s$$

معادلهٔ جریان متناوب سینوسی به‌صورت زیر است:

$$I = I_m \sin(\frac{۲\pi}{T}t) = ۲\sin(\frac{۲\pi}{۰/۰۲}t) = ۲\sin(۱۰۰\pi t)$$

بنابراین، در لحظهٔ $t = ۲/۵ms$ داریم:

$$I = ۲\sin(۱۰۰\pi \times ۲/۵ \times ۱۰^{-۳}) = ۲\sin(\frac{\pi}{۴}) = ۲ \times \frac{\sqrt{۲}}{۲} = \sqrt{۲}A$$

در تولید جریان متناوب، معادلهٔ شار گذرنده از پیچه به‌صورت $\Phi = \Phi_m \cos(\frac{۲\pi}{T}t)$ است؛ بنابراین:

$$\Phi = \Phi_m \cos(\frac{۲\pi}{۰/۰۲}t) = \Phi_m \cos(۱۰۰\pi t)$$

درنتیجه، در لحظهٔ $t = ۲۰ms$ داریم:

$$\Phi = \Phi_m \cos(۱۰۰\pi \times ۲۰ \times ۱۰^{-۳}) = \Phi_m \overset{۱}{\cancel{\cos(۲\pi)}} = \Phi_m$$

انواع جریان

جریان مستقیم

جریانی که با گذشت زمان تغییر نمی‌کند.

جریان متناوب

جریانی که در آن ولتاژ و جریان با گذشت زمان به‌طور سینوسی تغییر می‌کند.

تمامی نیروگاه‌های تولید برق در دنیا و ازجمله ایران، جریان متناوب تولید می‌کنند که تابعی سینوسی از زمان است و به همین دلیل جریان متناوب سینوسی نامیده می‌شود.

جهت جریان در مدار جریان مستقیم معیّن است ولی در مدار جریان متناوب، به‌دلیل تغییر جهت جریان با گذشت زمان، نمی‌توان جهت معیّنی را برای آن درنظر گرفت.

جریان متناوب سینوسی متداول‌ترین نوع جریان متناوب است.

دوره (زمان تناوب)

زمان یک دور چرخش کامل پیچه را دوره یا زمان تناوب می‌نامند. با تغییر شار مغناطیسی، جریانی که در پیچه القا می‌شود از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

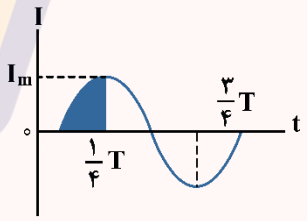
معادلهٔ جریان برحسب زمان:

$$I = I_m \sin \frac{۲\pi}{T} t$$

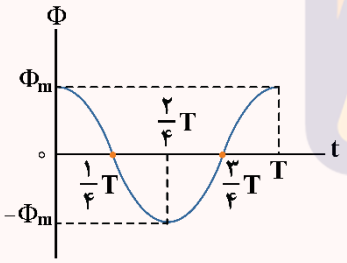
معادلهٔ شار برحسب زمان:

$$\Phi = BA \cos \frac{۲\pi}{T} t$$

نمودار جریان متناوب سینوسی در یک دوره



نمودار شار برحسب زمان در یک دوره



گروه آموزشی ماز

۲۴- در انتقال توان الکتریکی از نیروگاه به محل مصرف، دلیل افزایش ولتاژ در ابتدای مسیر و کاهش ولتاژ در انتهای مسیر، به‌ترتیب از راست به چپ، کدام است؟

۱) کاهش اتلاف توان در طول مسیر، افزایش امنیت در محل مصرف

۲) افزایش سرعت انتقال انرژی، صرفه‌جویی در مصرف انرژی

۳) افزایش سرعت انتقال انرژی، افزایش امنیت در محل مصرف

۴) کاهش اتلاف توان در طول مسیر، صرفه‌جویی در مصرف انرژی

پاسخ: گزینهٔ ۱ (آسان ـ خط‌به‌خط کتاب درسی ـ ۱۱۰۳)

برای انتقال توان الکتریکی در فاصله‌های دور، تا جایی که امکان دارد باید از ولتاژهای بالا و جریان‌های کم استفاده کنیم. این کار، اتلاف توان را در خط‌های انتقال کاهش می‌دهد. همچنین، با توجه به کاهش جریان می‌توان از سیم‌های نازک‌تری استفاده در مصرف مواد اولیهٔ ساخت سیم صرفه‌جویی کرد.

از طرف دیگر، ملاحظات ایمنی و الزامات عایق‌بندی در ساخت وسایل خانگی و صنعتی، ولتاژهای به‌نسبت پایین‌تری را در محل مصرف انرژی ضروری می‌کند.

۲۵- جریان متناوبی که بیشینهٔ آن $۲/۰A$ و دورهٔ آن $۰/۰۲۰s$ است از یک القاگر با ضریب القاوری $۲۰۰\mu H$ می‌گذرد. در لحظهٔ $t=\frac{۱}{۴۰۰}s$، انرژی ذخیره‌شده در القاگر چند میلی‌ژول است؟

۱) ۰/۲ ۲) ۲ ۳) ۰/۴ ۴) ۴

پاسخ: گزینهٔ ۱ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۳)

گام اول:

معادلهٔ جریان متناوب را می‌نویسیم:

$$I = I_m \sin(\frac{۲\pi}{T}t) \Rightarrow I = ۲\sin(\frac{۲\pi}{۰/۰۲}t) = ۲\sin(۱۰۰\pi t)$$

گام دوم:

جریان در لحظهٔ $t=\frac{۱}{۴۰۰}s$ برابر است با:

$$I = ۲\sin(۱۰۰\pi \times \frac{۱}{۴۰۰}) = ۲\sin(\frac{\pi}{۴}) = \sqrt{۲}A$$

گام آخر:

انرژی ذخیره‌شده در سیملوله برابر است با:

$$U = \frac{۱}{۲}LI^۲ \Rightarrow U = \frac{۱}{۲} \times ۲۰۰ \times ۱۰^{-۶} \times (\sqrt{۲})^۲ = ۲ \times ۱۰^{-۴} J = ۰/۲mJ$$

انرژی ذخیره‌شده در القاگر

هرگاه از سیملوله‌ای با ضریب القاوری L، جریان I عبور کند، برای محاسبهٔ انرژی ذخیره‌شده در القاگر، می‌توان از رابطهٔ زیر استفاده کرد:

$$U = \frac{۱}{۲}LI^۲$$

L : ضریب القاوری برحسب هانری (H) I : جریان عبوری از القاگر یا سیملوله برحسب آمپر U : انرژی ذخیره‌شده در القاگر برحسب ژول

سنجش کلاد

عربی ۳ دبیرستان