



یکشنبه

۱۴۰۲/۱۲/۱۳



دوره جمع بندی دوپینگ ماز

گروه آزمایشی علوم ریاضی و فنی

دفترچه پاسخ فیزیک

(فصل ۴ و ۵ دهم و فصل ۱ یازدهم)

دروس	مسئول درس	طراحان	ویراستاران
فیزیک	سجاد صادقی زاده سعید احمدی	سجاد صادقی زاده سعید احمدی عباس غریبی	محمد جواد سورچی پویا هدایتی

حق چاپ و تکثیر سوالات به هر روش (الکترونیکی و ...) پس از برگزاری آزمون برای تمامی اشخاص حقیقی و حقوقی تنها با مجوز «گروه ماز» مجاز می باشد و

با متخلفین برابر مقررات رفتار می شود.

به دلیل عدم رضایت تیم ماز، هر گونه استفاده غیرقانونی از دفترچه سوالات و پاسخنامه ماز برای تمامی اشخاص، شرعاً حرام است.

اهمیت مباحث این آزمون در کنکور...

خب رسیدیم به فصل ۴ و ۵ فیزیک دهم و فصل ۱ فیزیک یازدهم. بدون مقدمه بریم این فصل‌ها رو به بررسی سریع کنیم و بعدش تست‌ها رو حل کنیم.

فصل ۴ فیزیک دهم

۱- مباحث اصلی این فصل چیا هستن؟

بدون معطلی به نمودار زیر نگاه کنین!



۱- چرا این فصل مهمه؟

از این فصل، توی کنکور دو تا تست مطرح و این باعث اهمیت زیاد این فصل می‌شه!

۲- توی کنکورهای اخیر، چند سؤال از این فصل اومده؟

جدول زیر رو نگاه کنین!

سال	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱	۱۴۰۲ (نوبت اول)	۱۴۰۲ (نوبت دوم)
رشته					
تجربی	۲	۲	۲	۲	۲
ریاضی	۳	۲	۲	۱	۳

فصل ۵ فیزیک دهم

بچه‌ها فصل ترمودینامیک از اون فصلایی هست که معمولاً دانش‌آموزا کمتر بهش توجه می‌کنن و چون فقط مخصوص رشته ریاضی هست، کتاب‌های تست هم در مورد این فصل کم‌کاری می‌کنن؛ اما تجربه کنکورهای چند سال گذشته نشون داده که معمولاً ۲ سؤال از این فصل توی کنکور بچه‌های ریاضی مطرح می‌شه که نشون‌دهنده اهمیت این فصله! توی جدول زیر تعداد سؤالاتی که از این فصل توی کنکورهای اخیر اومده رو براتون آوردیم.

سال	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱	۱۴۰۲ (نوبت اول)	۱۴۰۲ (نوبت دوم)
رشته					
ریاضی	۲	۴	۲	۲	۱

مباحث مهم فصل ترمودینامیک رو هم توی نمودار زیر براتون آوردیم:



فصل ۱ فیزیک یازدهم

خب بریم سراغ فصل مهم «الکتریسیته ساکن» از فیزیک یازدهم. بعضی از قسمت‌های این فصل نسبتاً دشوار هستن و ما سعی کردیم توی این آزمون سؤالات متنوعی از این مباحث براتون طرح کنیم تا حسابی واسه کنکور آماده باشین! یکم با این فصل آشنا بشیم و بعدش بریم باهمدیگه سراغ بررسی سؤالاتش.

۱- مباحث اصلی این فصل چیا هستن؟

مهم‌ترین مباحث این فصل، مباحث مربوط به «قانون کولن»، «میدان الکتریکی»، «پتانسیل و انرژی پتانسیل الکتریکی» و «خازن» هستن. از مباحث اولیه فصل مثل «گسستگی بار الکتریکی» و «روش‌های باردار کردن اجسام» هم غافل نشین که ممکنه ازشون سؤال بیاد. دانش‌آموزای رشته ریاضی علاوه‌بر مباحث بالا، مبحث «چگالی سطحی بار الکتریکی» رو هم دارن که خیلی مهمه!



۲- چرا این فصل مهمه؟

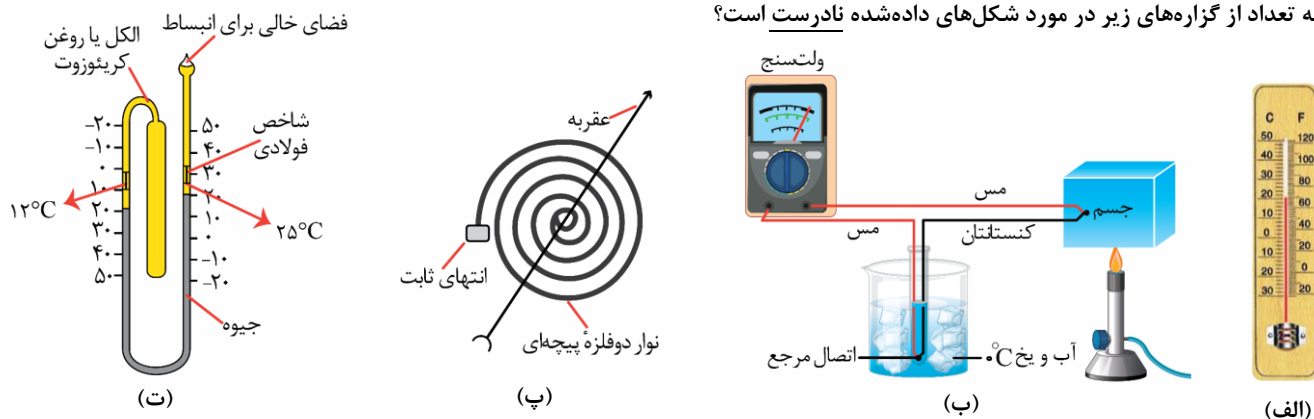
از این فصل حدوداً ۳ یا ۴ سؤال توی کنکور مطرح می‌شه که تعداد قابل توجهیه. از طرفی مباحث این فصل قابلیت ترکیب با مطالب فصل‌های بعدی فیزیک یازدهم رو هم دارن که باعث می‌شه اهمیت این فصل بیش‌تر هم بشه.

۳- توی کنکورهای اخیر چند سؤال از این فصل اومده؟

توی جدول زیر، تعداد سؤالاتی که از این فصل توی کنکور اومده رو براتون آوردیم:

سال	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱	۱۴۰۲ (نوبت اول)	۱۴۰۲ (نوبت دوم)
رشته					
تجربی	۳	۴	۴	۳	۳
ریاضی	۴	۵	۴	۳	۳

۱- چه تعداد از گزاره‌های زیر در مورد شکل‌های داده‌شده نادرست است؟



الف: کمیت دماسنجی در شکل (الف)، طول ستون مایع است.

ب: دماسنج (ب) یک دماسنج معیار است.

پ: شکل (پ) یک دماسنج نواری دو فلزه است که اساس کار آن، انبساط طولی است.

ت: دماسنج (ت) در گلخانه‌ها و مراکز پرورش گیاهان کاربرد دارد.

۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

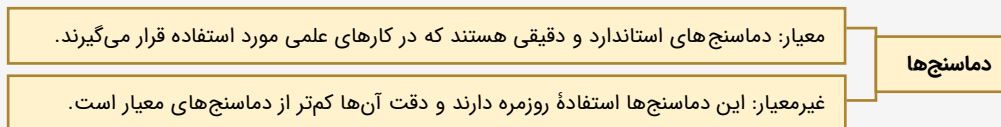
۱ (۱)

(آسان - مفهومی / خطبه خط کتاب درسی - ۱۰۰۴)

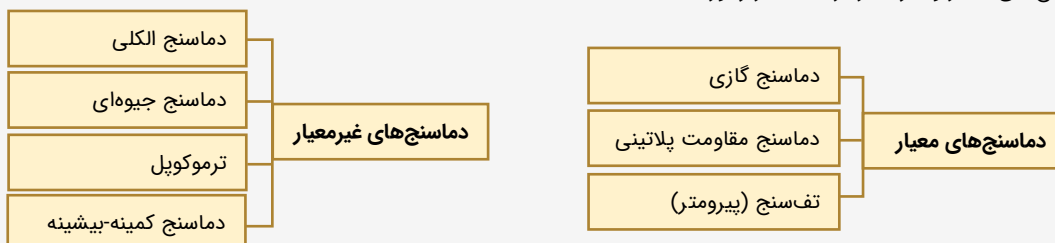
پاسخ: گزینه ۱

دما و دماسنجی

در این قسمت، انواع دماسنج‌ها را باهم مرور می‌کنیم:

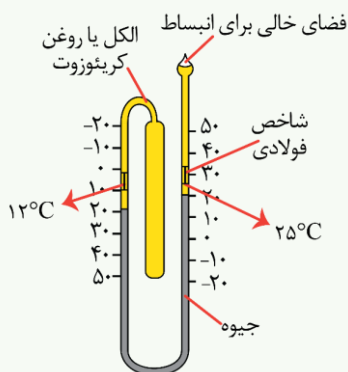


چند نمونه از دماسنج‌های معیار و غیرمعیار در قسمت زیر آورده شده است:



نکته:

دماسنج «کمینه و بیشینه» دماسنجی است که در یک مدت معین (مثلاً یک شبانه‌روز)، کمینه و بیشینه دما را ثبت می‌کند و به همین دلیل در جاهایی مثل گلخانه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.



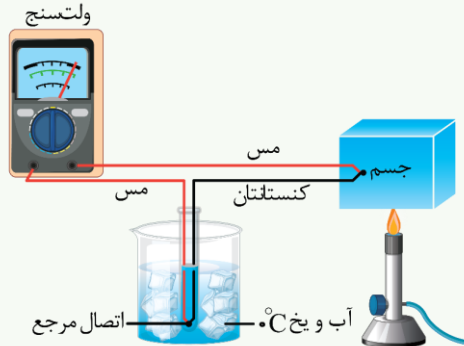
نکته ۲:

دماسنج‌ها به طور 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

نکته 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 -270°C تا 1372°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.

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 آن هم بیش‌تر است و هرچه دمای جسم پایین‌تر باشد (جسم سردتر باشد)، متوسط انرژی جنبشی ذرات آن هم 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	$^{\circ}\text{C}$	
دما برحسب کلوین	T	K	$T = \theta + 273$
دما برحسب درجهٔ فارنهایت	F	$^{\circ}\text{F}$	$F = \frac{9}{5}\theta + 32$

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:

$$\Delta\theta = \Delta T \quad \Delta F = \frac{9}{5} \Delta\theta$$

پاسخ سریعی؟

بررسی موارد

- الف:** شکل داده‌شده یک دماسنج جیوه‌ای (یا الکلی) است که کمیت دماسنجی آن طول ستون مایع است. (✓)
- ب:** این شکل یک ترموکوپل را نشان می‌دهد که امروزه دماسنج معیار محسوب نمی‌شود. (*)
- پ:** این شکل یک دماسنج دو فلزه (بی‌متال) است که براساس انبساط طولی دو فلز مختلف، دما را اندازه می‌گیرد. (✓)
- ت:** دماسنج کمینه-بیشینه در گلخانه‌ها و مراکز پرورش گیاهان کاربرد دارد. (✓)

۲- اگر به جسم A به جرم m، گرمای Q داده شود، دمای آن ۱۰°C بالا می‌رود. اگر به جسم B به جرم ۲m، گرمای ۸Q داده شود، دمای آن ۵°C بالا می‌رود. گرمای ویژه جسم A چند برابر گرمای ویژه جسم B است؟

- ۱) $\frac{1}{8}$
۲) $\frac{1}{2}$
۳) ۲
۴) ۸

پاسخ: گزینه ۱ (آسان - محاسباتی - ۱۰۰۴)

گرمای

هنگامی که به یک جسم، گرما می‌دهیم، دو حالت می‌تواند رخ دهد.

۱- می‌تواند باعث تغییر دمای یک جسم شود. مثلاً وقتی به آب درون کتری گرما می‌دهیم، داغ می‌شود و دمای آن بالا می‌رود.

گرمای

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 بر اثر گرما می‌پردازیم.

گرمای لازم برای تغییر دما

این گرما با جرم جسم و تغییر دمای آن متناسب است و طبق رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$Q = mc\Delta\theta \quad \text{یا} \quad Q = C\Delta\theta$$

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

$$\text{آن } \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \text{ است.}$$

ظرفیت گرمایی

مقدار گرمایی که جسم می‌گیرد تا دمای آن ۱°C (یا ۱ K) افزایش یابد، ظرفیت گرمایی گویند و یکای SI آن $\frac{\text{J}}{\text{K}}$ است.

تذکر: $Q > 0$ نشان‌دهندهٔ گرما گرفتن و $Q < 0$ نشان‌دهندهٔ گرما از دست دادن است.

نکتهٔ ۱:

مطابق رابطهٔ $Q = mc\Delta\theta$ داریم:



$$Q = mc\Delta\theta \rightarrow \text{شیب نمودار } \Delta\theta \text{ بر حسب } Q: \frac{\Delta\theta}{Q} = \frac{1}{mc} = \frac{1}{C}$$

بنابراین شیب نمودار $\Delta\theta$ بر حسب Q برابر عکس ظرفیت گرمایی جسم است. دقت کنید که این نمودار فقط به ما کمک می‌کند تا ظرفیت گرمایی را برای دو جسم مقایسه کنیم. اگر بخواهیم گرمای ویژه را هم مقایسه کنیم، باید راجع به جرم دو جسم اطلاعات داشته باشیم. دقت کنید اگر نمودار Q بر حسب $\Delta\theta$ داده شود، شیب آن برابر ظرفیت گرمایی C است.

نکتهٔ ۲:

۱- هنگامی که دمای دو جسم با گرفتن گرما تغییر می‌کند، برای مقایسهٔ آن‌ها می‌توان از رابطهٔ زیر استفاده کرد:

$$Q = mc\Delta\theta \rightarrow \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{m_2}{m_1} \times \frac{c_2}{c_1} \times \frac{\Delta\theta_2}{\Delta\theta_1}$$

۲- در صورتی که به‌جای جرم جسم‌ها، چگالی و حجم آن‌ها داده شده باشد، برای مقایسهٔ آن‌ها از رابطهٔ زیر استفاده می‌کنیم:

$$\begin{cases} Q = mc\Delta\theta \\ m = \rho V \end{cases} \rightarrow \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times \frac{V_2}{V_1} \times \frac{c_2}{c_1} \times \frac{\Delta\theta_2}{\Delta\theta_1}$$

برای مقایسه دو جسم به صورت زیر عمل می کنیم:

$$Q = mc\Delta\theta \rightarrow \frac{Q_A}{Q_B} = \frac{m_A}{m_B} \times \frac{c_A}{c_B} \times \frac{\Delta\theta_A}{\Delta\theta_B}$$

$$\rightarrow \frac{Q}{\Delta Q} = \frac{m}{\Delta m} \times \frac{c_A}{c_B} \times \frac{10}{5} \rightarrow \frac{c_A}{c_B} = \frac{1}{8}$$

گروه آموزشی ماز

۳- درون گرماسنجی با ظرفیت گرمایی $\frac{J}{K}$ ۸۰۰، آب $2kg$ و $20^\circ C$ وجود دارد که با گرماسنج در تعادل گرمایی است. گلوله ای سربی به شعاع $5cm$ و دمای $71^\circ C$ را درون آب می اندازیم و دمای نهایی مجموعه پس از رسیدن به تعادل $23^\circ C$ می شود. کدام نتیجه گیری صحیح است؟ ($\pi \approx 3$)، از تبادل گرما با محیط صرف نظر کنید.)

	گرمای ویژه ($\frac{J}{kg \cdot K}$)	چگالی ($\frac{g}{cm^3}$)
آب	۴۰۰۰	۱
سرب	۱۲۵	۱۱

(۱) گلوله توپر است.

(۲) گلوله حفره ای به حجم $400cm^3$ دارد.

(۳) ۲۰ درصد حجم گلوله فضای خالی است.

(۴) درون حفره گلوله، 250 گرم آب جای می گیرد.

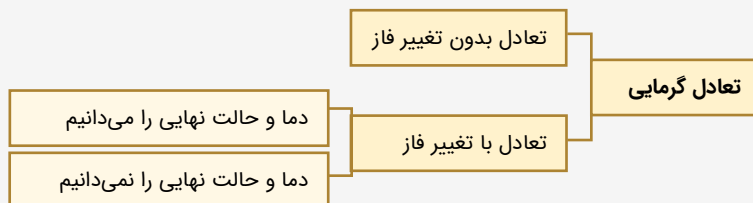
(سخت - محاسباتی / ترکیبی - ۱۰۰۴)

پاسخ: گزینه ۳

تعادل گرمایی

در سؤالات مربوط به تعادل گرمایی، دو یا چند جسم با دماهای مختلف در کنار هم قرار می گیرند تا پس از گذشت زمان طولانی، دمای آن ها برابر شود. به دمای نهایی اجسام پس از رسیدن به تعادل، دمای تعادل می گوئیم و آن را با θ_e نشان می دهیم.

برای آن که بتوانیم سؤالات تعادل را با سرعت و به راحتی حل کنیم، این سؤالات را به صورت زیر دسته بندی می کنیم:



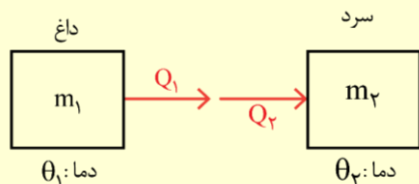
در این بخش به بررسی سؤالات تعادل بدون تغییر فاز می پردازیم.

تعادل گرمایی بدون تغییر فاز

در این حالت خبری از ذوب شدن، تبخیر شدن و سایر تغییر حالت های ماده نیست؛ بنابراین فقط گرماهایی به فرم $Q = mc\Delta\theta$ در این سؤالات وجود دارد و در نتیجه حل کردن آن ها 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 مبادله شده هریک از آن ها به ترتیب Q_1 و Q_2 باشد، مطابق اصل پایستگی انرژی، مجموع این گرماها باید صفر باشد.



$$Q_1 + Q_2 = 0 \rightarrow m_1 c_1 (\theta_e - \theta_1) + m_2 c_2 (\theta_e - \theta_2) = 0$$

اگر تعداد جسم ها بیش تر شد، کافی است رابطه بالا را تعمیم دهیم.

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots = 0 \rightarrow m_1 c_1 (\theta_e - \theta_1) + m_2 c_2 (\theta_e - \theta_2) + m_3 c_3 (\theta_e - \theta_3) + \dots = 0$$

یادآوری:

وقتی جسم گرما می گیرد، Q مثبت خواهد بود و هنگامی که جسم گرما از دست می دهد، Q برای آن جسم منفی خواهد بود.

مثال:

$2kg$ آب $20^\circ C$ را با $3kg$ آب $70^\circ C$ مخلوط می کنیم. دمای نهایی آب چند درجه سلسیوس می شود؟

پاسخ:

پایستگی انرژی: $Q_1 + Q_2 = 0 \rightarrow m_1 c_1 (\theta_e - \theta_1) + m_2 c_2 (\theta_e - \theta_2) = 0$

$\rightarrow 2 \times c_{\text{آب}} \times (\theta_e - 20) + 3 \times c_{\text{آب}} \times (\theta_e - 70) = 0$

$\rightarrow 2\theta_e - 40 + 3\theta_e - 210 = 0 \rightarrow 5\theta_e = 250 \rightarrow \theta_e = 50^\circ\text{C}$

نتیجه: هنگامی که دو ماده همجنس می‌خواهند به تعادل برسند، گرمای ویژه آن‌ها اهمیت ندارد و در روابط ساده می‌شود.

نکته:

۱- هنگامی که در به تعادل رسیدن دو ماده، تغییر حالتی صورت نگیرد، می‌توانیم از رابطه زیر برای به دست آوردن دمای تعادل استفاده کنیم:

$$\theta_e = \frac{m_1 c_1 \theta_1 + m_2 c_2 \theta_2}{m_1 c_1 + m_2 c_2}$$

۲- اگر چگالی و حجم مواد، داده شده باشد، با توجه به رابطه $m = \rho V$ ، دمای تعادل برابر است با:

$$\theta_e = \frac{\rho_1 V_1 c_1 \theta_1 + \rho_2 V_2 c_2 \theta_2}{\rho_1 V_1 c_1 + \rho_2 V_2 c_2}$$

۳- در صورتی که دو ماده همجنس باشند، ρ و c آن‌ها برابر است؛ بنابراین دمای تعادل از روابط زیر سریع و راحت محاسبه می‌شود:

$$\theta_e = \frac{V_1 \theta_1 + V_2 \theta_2}{V_1 + V_2} \quad \text{یا} \quad \theta_e = \frac{m_1 \theta_1 + m_2 \theta_2}{m_1 + m_2}$$

پایخ سیری

گام اول:

حجم ظاهری گلوله سربی را به دست می‌آوریم.

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3 \approx 4 \times 5^3 = 500 \text{ cm}^3$$

گام دوم:

با استفاده از رابطه دمای تعادل می‌توان نوشت:

$$\theta_e = \frac{\overbrace{m_1 c_1 \theta_1}^{\text{گلوله}} + \overbrace{m_2 c_2 \theta_2}^{\text{آب}} + \overbrace{m_3 c_3 \theta_3}^{\text{گرماسنج}}}{m_1 c_1 + m_2 c_2 + m_3 c_3}$$

$$\rightarrow 23 = \frac{m_1 \times 125 \times 71 + 2 \times 4000 \times 20 + 800 \times 20}{m_1 \times 125 + 2 \times 4000 + 800}$$

$$\rightarrow 23 = \frac{125 \times 71 m_1 + 160000 + 16000}{125 m_1 + 8000 + 800}$$

$$\rightarrow 23 \times 125 m_1 + 23 \times 8800 = 71 \times 125 m_1 + \underbrace{176000}_{20 \times 8800}$$

$$\rightarrow 48 \times 125 m_1 = 3 \times 8800$$

$$\rightarrow m_1 = \frac{\cancel{3} \times \cancel{8800}^{352}}{\cancel{48}^{16} \times \cancel{125}^5} = \frac{352}{80} = 4 / 4 \text{ kg} = 440 \text{ g}$$

گام آخر:

حجم سرب به کاررفته در گلوله برابر است با:

$$V_{\text{سرب}} = \frac{m_1}{\rho_{\text{سرب}}} = \frac{440}{11} = 40 \text{ cm}^3$$

بنابراین از 500 cm^3 حجم کل گلوله، 40 cm^3 آن سرب است و 100 cm^3 فضای خالی است، یعنی 20% از حجم کل گلوله فضای خالی است.

۴- کدام یک از عبارت‌های زیر صحیح است؟

الف: افزایش فشار وارد بر یک جسم جامد همواره باعث کاهش نقطه ذوب آن می‌شود.

ب: ذوب و تبخیر نمونه‌هایی از گذار فازهای گرماگیر هستند.

پ: چگالی آب در دمای $39/2^{\circ}\text{F}$ بیشینه است.

ت: اختلاف دمایی که در آن حجم مقدار معینی آب کمینه می‌شود با دمایی که آب در فشار یک اتمسفر به جوش می‌آید، برابر 369K است.

(۴) فقط (ت)

(۳) (الف) و (ت)

(۲) (ب) و (پ)

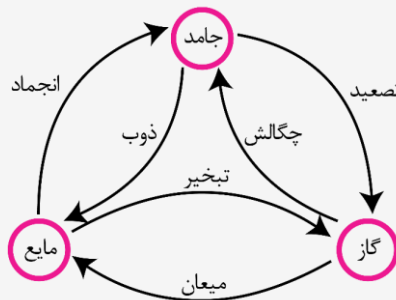
(۱) فقط (ب)

پاسخ: گزینه ۲

(آسان - مفهومی / خطبه خط کتاب درسی - ۱۰۰۴)

تغییر حالت

در این حالت، گرمایی که جسم می‌گیرد یا از دست می‌دهد باعث تغییر دمای آن نمی‌شود؛ بلکه باعث تغییر فاز (حالت) آن خواهد شد. طرح‌واره زیر تغییر حالت‌هایی که ممکن است رخ دهند را نشان می‌دهد.



نکته ۱:

تغییر فازها می‌توانند گرماگیر ($Q > 0$) یا گرماده ($Q < 0$) باشند.

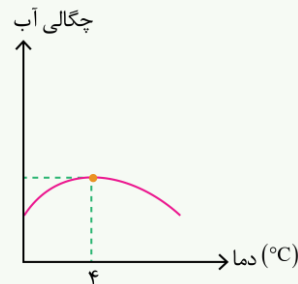
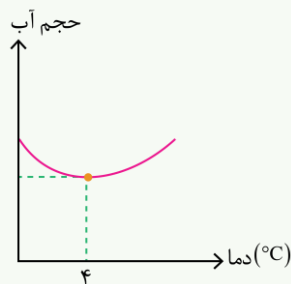
گرماده: انجماد، چگالش، میعان

تغییر فاز

گرماگیر: ذوب، تصعید، تبخیر

نکته ۲:

نمودار تغییرات حجم و چگالی آب برحسب دمای آن مطابق شکل‌های زیر است:



همان‌طور که می‌بینید، در دمای 4°C ، حجم آب کمینه و چگالی آب بیشینه است؛ بنابراین در سؤالاتی که از ما می‌خواهند کاری کنیم تا حجم آب کمینه شود یا چگالی آب بیشینه شود، منظور آن است که دمای آب را به 4°C برسانیم.

پاسخ تشریحی:

بررسی موارد:

الف: معمولاً افزایش فشار وارد بر جسم سبب بالا رفتن نقطه ذوب جسم می‌شود، ولی در برخی مواد مانند یخ، افزایش فشار به کاهش نقطه ذوب می‌انجامد. (*)

ب: ذوب یک گذار فاز (تغییر حالت) گرماگیر و تبخیر نیز یک گذار فاز (تغییر حالت) گرماگیر است. (✓)

پ: در دمای 4°C ، چگالی آب بیشینه است. این دما برحسب درجه فارنهایت برابر $F = \frac{9}{5} \times 4 + 32 = 39/2^{\circ}\text{F}$ است. (✓)

ت: اختلاف دمایی که در آن حجم آب کمینه است (4°C) و دمای جوش آب (100°C) برابر 96°C ، معادل 96K است. دقت کنید تغییر دما برحسب درجه سلسیوس و کلوین باهم برابر است. (*)

گروه آموزشی ماز

۵- از مقداری آب با دمای 80°C گرما می‌گیریم تا دمای آن به صفر درجه سلسیوس برسد و به‌طور کامل یخ بزند. چند درصد از گرمای گرفته‌شده صرف

تغییر دمای آب شده است؟ ($c_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$, $L_F = 336000 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$)

۶۰ (۴)

۵۰ (۳)

۴۰ (۲)

۲۰ (۱)

(متوسط - محاسباتی - ۱۰۰۴)

پاسخ: گزینه ۳

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:

$$Q_F = +mL_F \quad L_F \text{ یکای } \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

در رابطه بالا، L_F گرمای نهان ویژه ذوب و انجماد است که وابسته به جنس ماده است.

گرمای نهان ویژه ذوب: مقدار گرمایی است که یک کیلوگرم از جسم جامد می‌گیرد تا بدون تغییر دما در نقطه 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، قرینه گرمای لازم برای ذوب است.

$$Q_{\text{انجماد}} = -mL_F \quad Q_{\text{انجماد}} < 0$$

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 محاسبه گرمای تبخیر داریم:

$$Q_V = mL_V \quad L_V \text{ یکای } \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

در رابطه بالا، L_V گرمای نهان ویژه تبخیر و میعان است که وابسته به جنس ماده و دمای آن است.

گرمای نهان ویژه 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، قرینه گرمای لازم برای تبخیر است و به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$Q_{\text{میعان}} = -mL_V \quad Q_{\text{میعان}} < 0$$

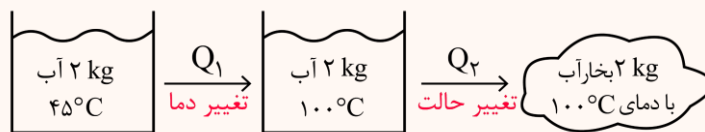
مثال

به 2 kg آب 45°C گرما می‌دهیم تا به‌طور کامل به بخار آب 100°C تبدیل شود. چه کسری از گرمای داده‌شده به آب صرف تغییر حالت آن شده است؟

$$(L_V = 2310 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \text{ و } c_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}})$$

پاسخ:

ابتدا توجه کنید که دما و حالت جسم مطابق شکل زیر تغییر می‌کند:



$$Q_1 = mc\Delta\theta = 2 \times 4200 \times 55 = 110 \times 4200 \text{ J}$$

55×42

$$Q_2 = mL_V = 2 \times 2310 \times 10^3 = 110 \times 4200 \text{ J}$$

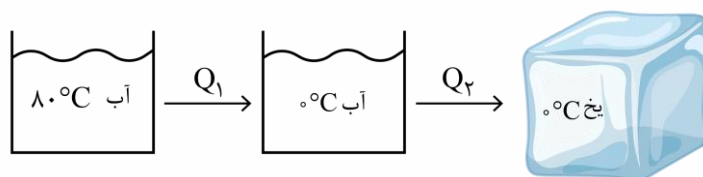
$$\rightarrow Q_{\text{کل}} = Q_1 + Q_2 = 110 \times 4200 + 110 \times 4200 = 1210 \times 4200 \text{ J}$$

در ادامه نسبت گرمای تغییر حالت (Q_2) را به کل گرما می‌خواهیم:

$$\frac{Q_2}{Q_{\text{کل}}} = \frac{110 \times 4200}{1210 \times 4200} = \frac{110}{1210} = \frac{10}{11}$$

بنابراین $\frac{10}{11}$ گرما صرف تغییر حالت و $\frac{1}{11}$ آن صرف تغییر دما شده است.

مراحل تغییر دما و تغییر حالت آب مطابق شکل زیر است:



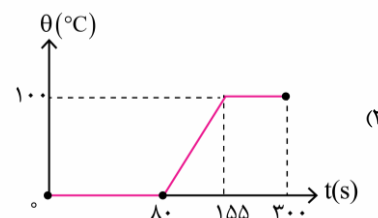
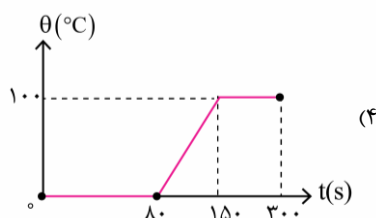
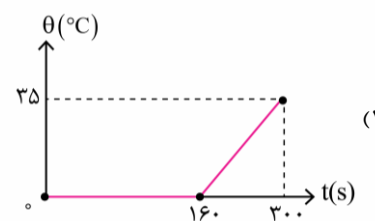
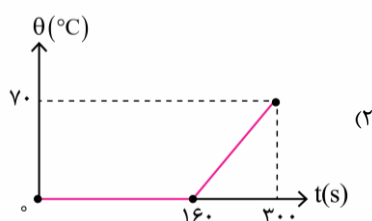
$$\begin{cases} Q_1 = mc\Delta\theta = mc \times (-80) = -80 \cdot mc \\ Q_2 = -mL_F \xrightarrow{L_F = 80 \cdot c} Q_2 = -80 \cdot mc \end{cases} \rightarrow Q_{\text{کل}} = Q_1 + Q_2 = -160 \cdot mc$$

بنابراین درصد گرمای لازم برای تغییر دمای آن برابر است با:

$$\frac{Q_1}{Q_{\text{کل}}} = \frac{80 \cdot mc}{160 \cdot mc} = \frac{1}{2} = 50\%$$

گروه آموزشی ماز

۶- به $0/5 \text{ kg}$ یخ صفر درجه سلسیوس با گرم کنی با توان 1050 W به مدت 5 دقیقه گرما می دهیم. نمودار تغییرات دمای آن بر حسب زمان در کدام گزینه به درستی رسم شده است؟ ($c_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$, $L_F = 336000 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$, $L_V = 2100 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$)



(متوسط - نموداری - ۱۰۰۴)

پاسخ: گزینه ۲

گرمای

فرض کنید یک جسم جامد داریم که به آرامی به آن گرما می دهیم. این جسم مراحل زیر را طی می کند:

۱- در ابتدا با گرفتن گرما، دمای جسم جامد بالا می رود تا به دمای ذوب برسد. در این مرحله، گرمای گرفته شده از رابطه زیر به دست می آید:

$$Q = mc_{\text{جامد}} \Delta\theta$$

۲- پس از رسیدن به دمای ذوب، جسم جامد با گرفتن گرما به تدریج ذوب می شود و دمای آن ثابت می ماند. فرایند ذوب شدن می تواند آن قدر ادامه پیدا کند تا کل جسم جامد ذوب شود. گرمای گرفته شده در این مرحله برابر است با:

$$Q = mL_F$$

۳- پس از آن که جسم جامد به طور کامل ذوب شد، مایع به دست آمده گرما می گیرد و دمای آن به تدریج بالا می رود. گرمای گرفته شده در این مرحله برابر است با:

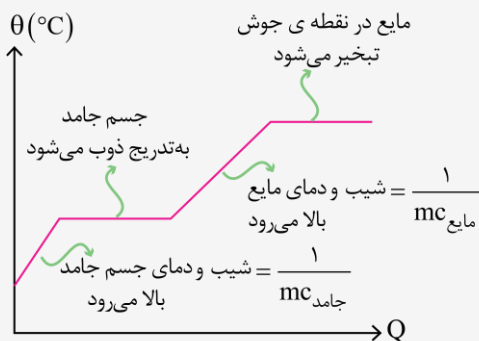
$$Q = mc_{\text{مایع}} \Delta\theta$$

در این مرحله از تبخیر سطحی مایع صرف نظر کرده ایم.

۴- پس از آن که دمای مایع تا دمای جوش بالا رفت، مایع با گرفتن گرمای بیش تر شروع به تبخیر شدن می کند. گرمای گرفته شده در این مرحله برابر است با:

$$Q = mL_V$$

مراحل فوق را می‌توان در نمودار زیر به‌طور خلاصه بیان کرد:



نکته:

۱- هنگامی که آهنگ گرما گرفتن جسم یا همان توان را داریم، در مسائلی که فقط دمای جسم تغییر می‌کند، از رابطه زیر استفاده می‌کنیم:

$$\begin{cases} Q = mc\Delta\theta \\ Q = P_{\text{واقعی}} t \rightarrow P_{\text{واقعی}} = mc\Delta\theta / t \end{cases}$$

۲- اگر توان اسمی گرم‌کن و بازده آن را داشته باشیم، می‌توان به‌صورت زیر عمل کرد:

$$\begin{aligned} \text{بازده: } Ra &= \frac{P_{\text{واقعی}}}{P_{\text{اسمی}}} \rightarrow P_{\text{واقعی}} = (Ra) \times P_{\text{اسمی}} \\ \frac{P_{\text{واقعی}} t = mc\Delta\theta}{\rightarrow (Ra) \times P_{\text{اسمی}} t = mc\Delta\theta} \end{aligned}$$

۳- اگر گرما باعث تغییر حالت شود، کافی است t و $P_{\text{واقعی}}$ $Q = P_{\text{واقعی}}$ را برابر با گرمای تغییر حالت (مثلاً $Q = mL_F$) قرار دهیم.

۴- اگر جسم جامد با یک گرم‌کن گرم شود، شکل کلی نمودار $\theta - t$ آن شبیه نمودار $Q - \theta$ رسم شده می‌شود.

پاسخ تشریحی:

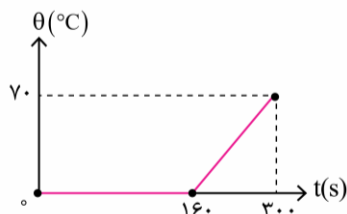
یخ صفر درجه سلسیوس ابتدا گرما می‌گیرد تا کاملاً ذوب شود. زمان ذوب یخ برابر است با:

$$\begin{cases} Q = mL_F \rightarrow Pt = mL_F \rightarrow 10.5 \times t = 0.5 \times 336000 \rightarrow t = 160s \\ Q = Pt \end{cases}$$

بنابراین در ۱۶۰s اول، نمودار به‌صورت خطی افقی در دمای صفر درجه سلسیوس خواهد بود و یکی از گزینه‌های (۱) یا (۲) می‌توانند صحیح باشند. تا پایان زمان ۵ دقیقه (۳۰۰s)، ۱۴۰s دیگر باقی مانده است. در این مدت دمای آب بالا می‌رود.

$$\begin{cases} Q = mc\Delta\theta \rightarrow Pt = mc\Delta\theta \rightarrow 10.5 \times 140 = 0.5 \times 4200 \Delta\theta \rightarrow \Delta\theta = 7.0^\circ\text{C} \\ Q = Pt \end{cases}$$

بنابراین در قسمت دوم نمودار، دمای آب 7.0°C بالا می‌رود.



گروه آموزشی ماز

۷- گلوله‌ای آهنی به جرم ۴kg و دمای 21.0°C را به قطعه یخ بسیار بزرگی با دمای صفر درجه سلسیوس تماس می‌دهیم تا با ذوب شدن مقداری یخ، به تعادل برسد. اگر آب به‌دست آمده از ذوب یخ را با گرم‌کنی با توان ۱۰kW و بازده ۲۱ درصد گرم کنیم، پس از چند دقیقه به بخار آب 100°C تبدیل می‌شود؟

$$(L_V = 2252 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, L_F = 336 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, c_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg.K}}, c_{\text{آهن}} = 500 \frac{\text{J}}{\text{kg.K}})$$

۲۷/۵ (۴)

۵۵ (۳)

۲۲/۵ (۲)

۲۵ (۱)

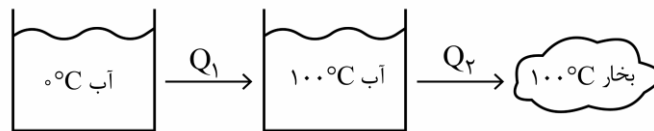
گرمایی که آهن از دست می دهد، باعث ذوب یخ می شود.

$$|Q_{\text{آهن}}| = |Q_{\text{یخ}}| \rightarrow |m_{\text{آهن}} c_{\text{آهن}} \Delta \theta| = m_{\text{ذوب شده}} L_F$$

$$\rightarrow 4 \times 500 \times 210 = m_{\text{ذوب شده}} \times 336000 \rightarrow m_{\text{ذوب شده}} = 1/25 \text{ kg}$$

گام دوم:

می خواهیم با دادن گرما به $1/25 \text{ kg}$ آب صفر درجه سلسیوس، آن را به بخار 100°C تبدیل کنیم. گرمای مورد نیاز برابر است با:



$$Q = Q_1 + Q_2 = mc\Delta\theta + mL_V = 1/25 \times 4200 \times 100 + 1/25 \times \underbrace{235200}_{560 \times 4200}$$

$$\rightarrow Q = 125 \times 4200 + \underbrace{1/25 \times 560 \times 4200}_{700} = 825 \times 4200 \text{ J}$$

گام آخر:

این گرما توسط گرم کنی با توان واقعی $P = \frac{21}{100} \times 10000 = 2100 \text{ W}$ تأمین می شود؛ بنابراین می توان نوشت:

$$Q = Pt \rightarrow 825 \times 4200 = 2100 \times t$$

$$\rightarrow t = 1650 \text{ s} = \frac{1650}{60} \text{ min} = 27/5 \text{ min}$$

گروه آموزشی ما

۸- قطعه یخی به جرم 1 kg و دمای -20°C را درون m کیلوگرم آب 20°C می اندازیم. اگر دمای تعادل صفر درجه سلسیوس باشد، m در کدام محدوده قرار

دارد؟ $(L_F = 336000 \frac{\text{J}}{\text{kg}}, c_{\text{آب}} = c_{\text{یخ}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg.K}})$

(۱) $0/1 \text{ kg} \leq m \leq 4/5 \text{ kg}$ (۲) $0/5 \text{ kg} \leq m \leq 4/5 \text{ kg}$ (۳) $0/1 \text{ kg} \leq m \leq 5 \text{ kg}$ (۴) $0/5 \text{ kg} \leq m \leq 5 \text{ kg}$

درس نامه

در این بخش به بررسی سؤالات تعادل گرمایی در حالتی می پردازیم که تغییر فاز وجود دارد و دما و حالت نهایی را می دانیم. در این حالت چون دمای نهایی را می دانیم، از ابتدا می دانیم که چه موادی تغییر حالت می دهند و چه موادی تغییر حالت نمی دهند؛ بنابراین می توانیم بازهم مثل قسمت قبل، از پایستگی انرژی استفاده کنیم. فقط باید دقت کنیم که گرما علاوه بر فرم $Q = mc\Delta\theta$ ، به فرم $Q = mL_F$ و $Q = mL_V$ هم می تواند وجود داشته باشد.

تذکر: استفاده از رابطه $\theta_e = \frac{m_1 c_1 \theta_1 + m_2 c_2 \theta_2}{m_1 c_1 + m_2 c_2}$ فقط مربوط به وقتی است که تغییر حالت نداریم. در این بخش از این رابطه استفاده نکنید!

با حل یک مثال، شیوه حل سؤالات این بخش را یاد می گیریم.

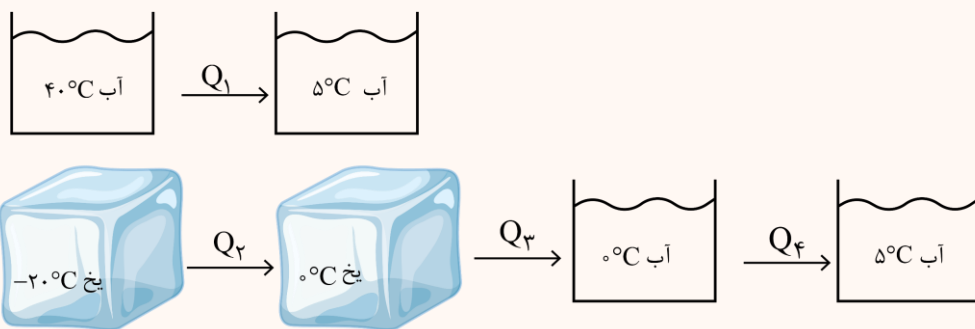
مثال:

درون 4 kg آب 40°C ، چند کیلوگرم یخ با دمای -20°C بیندازیم تا دمای نهایی برابر 5°C شود؟

$(L_F = 336000 \frac{\text{J}}{\text{kg}}, c_{\text{یخ}} = 2100 \frac{\text{J}}{\text{kg.K}}, c_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg.K}})$

پاسخ:

ابتدا دقت کنید که چون دمای نهایی 5°C است، حتماً تمام یخ ذوب شده است؛ بنابراین تغییر حالت را می‌دانیم. به شکل زیر توجه کنید:



$$\begin{aligned}
 &\text{پایستگی انرژی: } \overbrace{Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4}^{\text{گرمای یخ}} + \overbrace{Q_1}^{\text{گرمای آب}} = 0 \\
 &\rightarrow m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} (5 - 40) + m_{\text{یخ}} c_{\text{یخ}} (0 - (-20)) + m_{\text{یخ}} L_F + m_{\text{یخ}} c_{\text{آب}} (5 - 0) = 0 \\
 &\xrightarrow{\frac{L_F = 80 \cdot c_{\text{آب}}}{c_{\text{یخ}} = \frac{c_{\text{آب}}}{2}}} -35 m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} + m_{\text{یخ}} \frac{c_{\text{آب}}}{2} \times 20 + m_{\text{یخ}} \times 80 \cdot c_{\text{آب}} + m_{\text{یخ}} c_{\text{آب}} \times 5 = 0 \\
 &\xrightarrow{\text{ساده کردن به } c_{\text{آب}} \atop m_{\text{آب}} = 4 \text{ kg}} -35 \times 4 + m_{\text{یخ}} \times 10 + m_{\text{یخ}} \times 80 + m_{\text{یخ}} \times 5 = 0 \\
 &\rightarrow -140 + 95 m_{\text{یخ}} = 0 \rightarrow m_{\text{یخ}} = \frac{140}{95} = \frac{28}{19} \text{ kg}
 \end{aligned}$$

نتیجه: معمولاً در سؤالات تعادل آب و یخ می‌توانیم از روابط زیر استفاده کنیم.

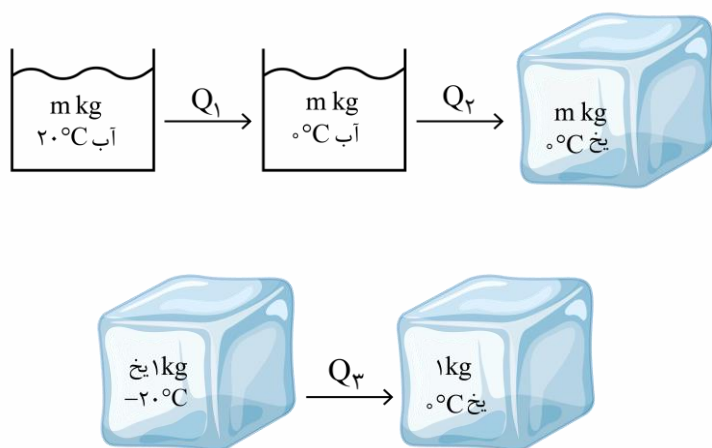
$$c_{\text{یخ}} = \frac{1}{2} c_{\text{آب}}, \quad L_F = 80 \cdot c_{\text{آب}}$$

به عبارتی می‌توان در محاسبات از $c_{\text{آب}} = 4200$ فاکتور گرفت و درنهایت آن را ساده کرد.



اگر جرم آب کم باشد، تمام آب یخ می‌زند و دمای تعادل به صفر درجهٔ سلسیوس می‌رسد و اگر جرم آب زیاد باشد، تمام یخ ذوب می‌شود و دمای تعادل به صفر درجهٔ سلسیوس می‌رسد.

محاسبهٔ کمینهٔ جرم آب: در این حالت همهٔ آب یخ می‌زند.



$$\begin{aligned}
 &\text{پایستگی انرژی: } Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0 \\
 &\rightarrow m c_{\text{آب}} (0 - 20) - m L_F + m_{\text{یخ}} c_{\text{یخ}} (0 - (-20)) = 0 \\
 &\rightarrow m \times 4200 \times (-20) - m \times 336000 + 1 \times 2100 \times 20 = 0 \\
 &\xrightarrow{\text{ساده کردن به } 4200} -20m - 80m + 10 = 0 \rightarrow m = 0.1 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

محاسبه بیشینه جرم آب: در این حالت کل یخ ذوب می‌شود.

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$$

$$\rightarrow mc_{\text{آب}}(0 - 20) + m_{\text{یخ}}c_{\text{یخ}}(0 - (-20)) + m_{\text{یخ}}L_F = 0$$

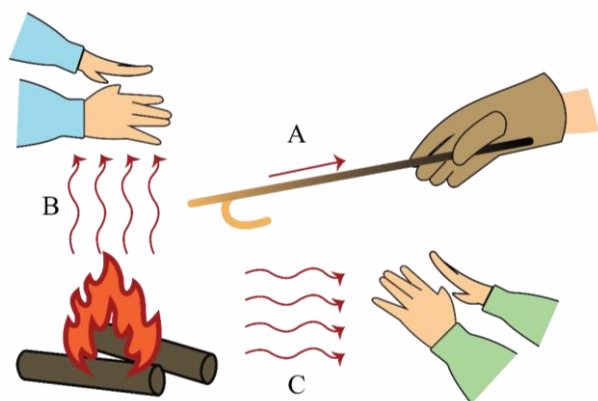
$$\rightarrow m \times 4200 \times (-20) + 1 \times 2100 \times 20 + 1 \times 336000 = 0$$

$$\xrightarrow{\text{ساده کردن به } 4200} -20m + 10 + 80 = 0 \rightarrow m = 4/5 \text{ kg}$$

بنابراین جرم آب در محدوده $4/5 \text{ kg} \leq m \leq 1 \text{ kg}$ قرار دارد.

گروه آموزشی ماز

۹- هر سه روش انتقال گرما را در شکل زیر مشاهده می‌کنید. روش در همهٔ شاره‌ها، چه مایع و چه گاز انجام می‌شود و روش بدون نیاز به ماده نیز به‌وقوع می‌پیوندد.



(۱) C - B

(۲) A - C

(۳) A - B

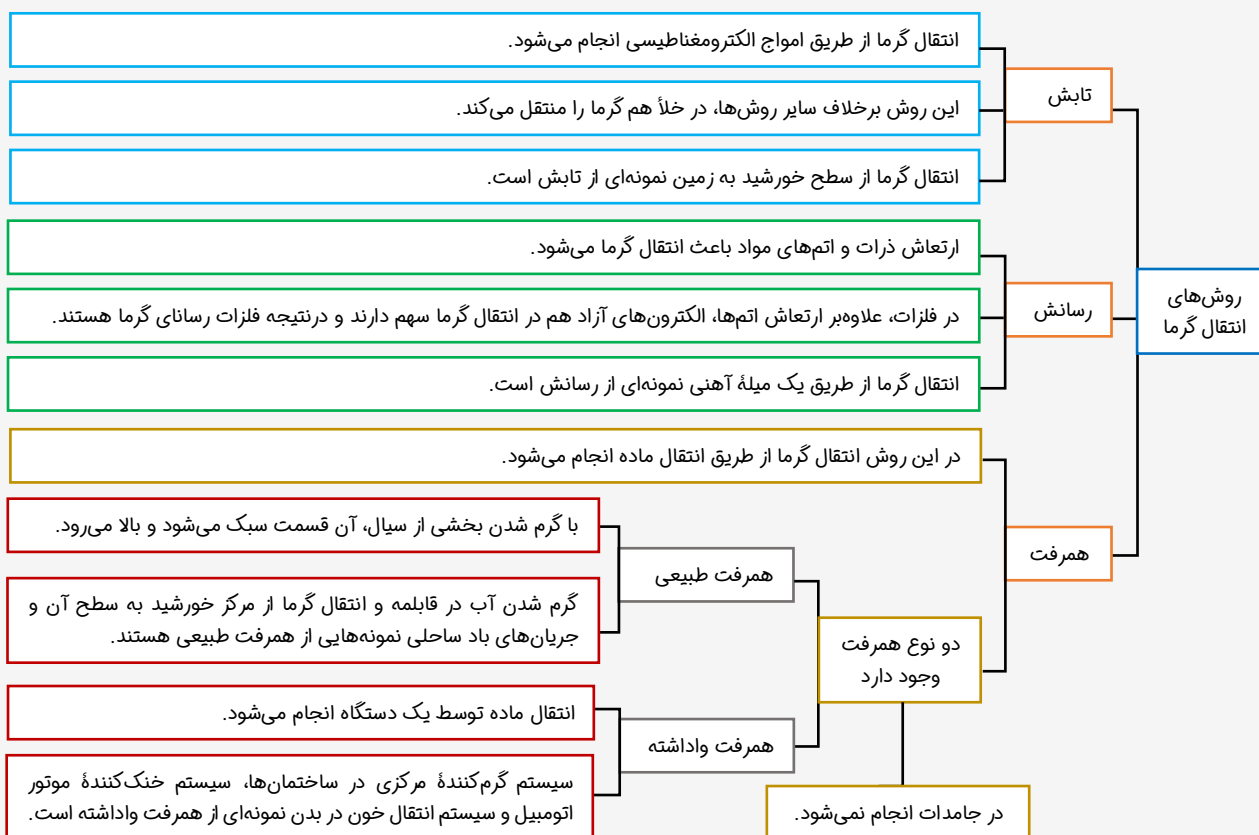
(۴) B - A

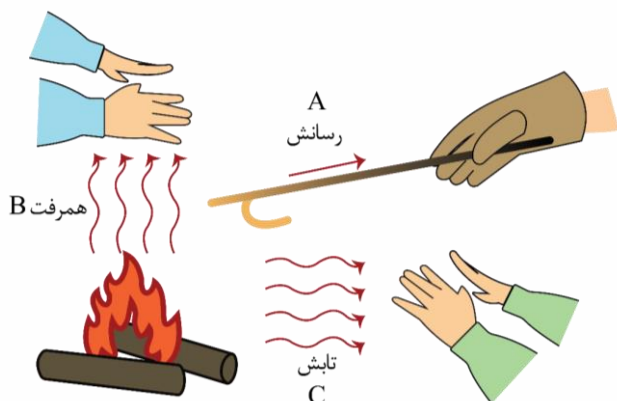
پاسخ: گزینه ۱

(آسان - مفهومی / خطبه خط کتاب درسی - ۱۰۰۴)

روش‌های انتقال گرما

در این بخش روش‌های انتقال گرما را با کمک طرحواره زیر مرور می‌کنیم:





در شکل زیر، روش‌های A، B و C مشخص شده‌اند. روش همرفت (B) در همهٔ شاره‌ها انجام می‌شود و روش تابش (C)، بدون نیاز به ماده نیز به‌وقوع می‌پیوندد، زیرا امواج الکترومغناطیسی برای انتشار نیاز به محیط مادی ندارند.

گروه آموزشی ماز

۱۰- در مدت یک سال، اختلاف بیش‌ترین و کم‌ترین دمای هوا در شهری برابر ۴۵°F است. اگر طول یک پل در سردترین روز این شهر برابر ۱ km باشد، طول این پل در گرم‌ترین روز این شهر چند متر است؟ $(\alpha = ۲ \times ۱۰^{-۵} \frac{1}{\text{K}})$

(۴) ۱۰۰۱

(۳) ۱۰۰۰/۹

(۲) ۱۰۰۰/۵

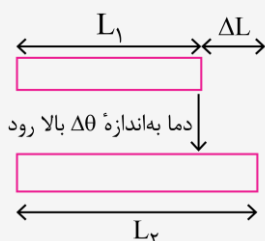
(۱) ۱۰۰۰/۲

(آسان - محاسباتی - ۱۰۰۴)

پاسخ: گزینهٔ ۲

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:



$$\Delta L = L_1 \alpha \Delta \theta$$

$$L_2 = L_1 (1 + \alpha \Delta \theta)$$

ضریب انبساط طولی با یکای $\frac{1}{^{\circ}\text{C}}$ یا $\frac{1}{\text{K}}$:

۲- در سؤالات مربوط به انبساط طولی ۳ چیز ممکن است پرسیده شود:
الف: طول جسم چند برابر شده است؟

$$L_2 = L_1 (1 + \alpha \Delta \theta) \rightarrow \text{چند برابر شدن طول} : \frac{L_2}{L_1} = 1 + \alpha \Delta \theta$$

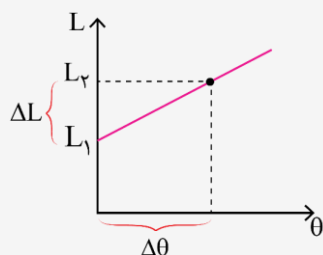
ب: طول جسم چقدر تغییر کرده است؟

$$\Delta L = L_1 \alpha \Delta \theta : \text{تغییر طول جسم}$$

ج: طول جسم چند درصد تغییر کرده است؟

$$\text{درصد تغییر طول} : \frac{\Delta L}{L_1} \times (۱۰۰) = \frac{L_1 \alpha \Delta \theta}{L_1} \times (۱۰۰) \rightarrow \alpha \Delta \theta \times (۱۰۰) : \text{درصد تغییر طول}$$

تبدیل به درصد



$$\Delta L = L_1 \alpha \Delta \theta \rightarrow \frac{\Delta L}{\Delta \theta} = L_1 \alpha$$

۳- نمودار تغییرات طول جسم برحسب دما مطابق شکل زیر است:

بنابراین شیب نمودار طول برحسب دما برابر $L_1 \alpha$ است و هم به جنس جسم و هم به طول اولیهٔ آن وابسته است.

گام اول:

تغییرات دما برحسب درجهٔ سلسیوس برابر است با:

$$\Delta \theta = \frac{5}{9} \Delta F = \frac{5}{9} \times ۴۵ = ۲۵^{\circ}\text{C}$$

گام آخر:

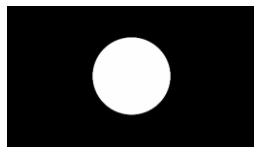
طول نهایی پل برابر است با:

$$L_2 = L_1(1 + \alpha \Delta\theta) \rightarrow L_2 = 1000(1 + 2 \times 10^{-5} \times 25) = 1000.5 \text{ m}$$

گروه آموزشی ماز

۱۱- شکل زیر، یک ورقه آلومینیمی به جرم ۴۰۰g را نشان می‌دهد که درون آن یک حفره دایره‌ای به قطر ۲۰cm ایجاد شده است. اگر ۱۸kJ گرما به این

ورقه آلومینیمی بدهیم، مساحت این حفره چند سانتی متر مربع افزایش می‌یابد؟ ($\alpha_{\text{آلومینیم}} = 23 \times 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$ ، $c_{\text{آلومینیم}} = 900 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$ ، $\pi \approx 3$)



(۲) ۰/۰۶۹

(۱) ۰/۰۴۶

(۴) ۰/۰۶۹

(۳) ۰/۰۴۶

(متوسط - محاسباتی - ۱۰۰۴)

پاسخ: گزینه ۴

انبساط سطحی

۱- اگر به جای ضریب انبساط طولی (α) در روابط انبساط طولی از ضریب انبساط سطحی ($\gamma = 2\alpha$) استفاده کنیم، روابط تغییر مساحت جسم در اثر انبساط به دست می‌آید:

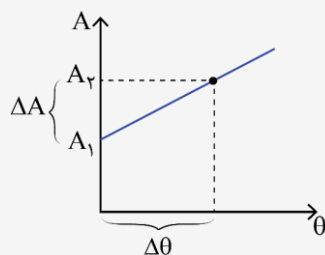
$$A_2 = A_1(1 + 2\alpha\Delta\theta)$$

$$\Delta A = A_1(2\alpha)\Delta\theta$$

$$\frac{A_2}{A_1} = 1 + 2\alpha\Delta\theta \quad \text{چند برابر شدن مساحت}$$

$$\Delta A = A_1(2\alpha)\Delta\theta \quad \text{مقدار تغییر مساحت}$$

$$\frac{\Delta A}{A_1} \times (100) = 2\alpha\Delta\theta \times (100) \quad \text{درصد تغییر مساحت}$$



$$\Delta A = A_1(2\alpha)\Delta\theta$$

$$\rightarrow \frac{\Delta A}{\Delta\theta} = 2\alpha A_1$$

۲- نمودار تغییرات مساحت برحسب دما به شکل زیر خواهد بود:

بنابراین شیب نمودار مساحت برحسب دما برابر $2\alpha A_1$ است.

پاسخ تشریحی:

گام اول:

محاسبه تغییر دمای ورقه آلومینیمی ($\Delta\theta$)، پس از آن که به ورقه آلومینیمی ۱۸kJ گرما می‌دهیم:

$$Q = mc\Delta\theta \quad \frac{Q = 18 \text{ kJ} = 18 \times 10^3 \text{ J}}{m = 400 \text{ g} = 0.4 \text{ kg} = 4 \times 10^{-1} \text{ kg}, \quad c_{\text{آلومینیم}} = 900 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}} \rightarrow 18 \times 10^3 = 4 \times 10^{-1} \times 900 \times \Delta\theta$$

$$\rightarrow \Delta\theta = \frac{18 \times 10^3}{4 \times 10^{-1} \times 900} \rightarrow \Delta\theta = 50^\circ\text{C}$$

گام دوم:

محاسبه مساحت اولیه حفره دایره‌ای (A_1) قبل از آن که به ورقه آلومینیمی ۱۸kJ گرما بدهیم:

با توجه به این که حفره درون ورقه آلومینیمی، دایره‌ای شکل است، مساحت اولیه این حفره دایره‌ای (A_1)، از رابطه $\pi r^2 = \text{مساحت دایره}$ ، به دست می‌آید، پس داریم:

$$A_1 = \pi r^2 \quad \frac{\pi \approx 3, \quad r = \frac{D}{2} = \frac{20 \text{ cm}}{2} \rightarrow r = 10 \text{ cm}}{\text{قطر: } D} \rightarrow A_1 = 3 \times (10)^2$$

$$\rightarrow A_1 = 3 \times 100 \rightarrow A_1 = 300 \text{ cm}^2$$

محاسبه تغییر مساحت حفره دایره‌ای (ΔA)، پس از آن که به ورقه آلومینیومی 18 kJ گرما می‌دهیم:

$$\Delta A = A_1 \alpha \Delta \theta \quad A_1 = 300 \text{ cm}^2, \alpha = 23 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}, \Delta \theta = 50 \text{ } ^\circ\text{C} \rightarrow \Delta A = 300 \times 23 \times 10^{-6} \times 50 \rightarrow \Delta A = 0.69 \text{ cm}^2$$

پس مساحت حفره دایره‌ای، پس از آن که به ورقه آلومینیومی 18 kJ گرما می‌دهیم، 0.69 cm^2 افزایش می‌یابد.

گروه آموزشی ماز

۱۲- در شکل مقابل، دمای مجموعه را تقریباً چند درجه سلسیوس بالا ببریم تا مایع از ظرف سرریز شود؟

$$\left(\alpha_{\text{ظرف}} = \frac{1}{3} \times 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}, \beta_{\text{مایع}} = 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \right)$$

۱۸ (۱)

۳۶ (۲)

۵۶ (۳)

(۴) بستگی به سطح مقطع ظرف دارد.

(سخت - محاسباتی - ۱۰۰۴)

پاسخ: گزینه ۳

انبساط حجمی جامدات

اگر به جای ضریب انبساط طولی (α) در روابط انبساط طولی از ضریب انبساط حجمی ($\beta = 3\alpha$) استفاده کنیم، روابط تغییر حجم جسم در اثر انبساط به دست می‌آید.

$$V_f = V_i (1 + 3\alpha \Delta \theta) \quad \Delta V = V_i (3\alpha) \Delta \theta$$

$$\frac{V_f}{V_i} = 1 + 3\alpha \Delta \theta \quad \text{چند برابر شدن حجم}$$

$$\Delta V = V_i (3\alpha) \Delta \theta \quad \text{مقدار تغییر حجم}$$

$$\frac{\Delta V}{V_i} \times (100) = 3\alpha \Delta \theta \times (100) \quad \text{درصد تغییر حجم}$$

انبساط حجمی مایعات

مایعات نیز در اثر افزایش دما، حجمشان افزایش می‌یابد. برای محاسبه تغییر حجم مایعات بر اثر افزایش دما، می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$\Delta V_{\text{مایع}} = V_i \beta \Delta \theta$$

$$\beta: \text{ضریب انبساط حجمی مایعات با یکای } \frac{1}{^\circ\text{C}} \text{ یا } \frac{1}{\text{K}}$$

مثال:

ظرفی به حجم 2 Lit کاملاً لبریز از الکل است. دمای مجموعه را $50 \text{ } ^\circ\text{C}$ بالا می‌بریم. چند میلی‌لیتر الکل بیرون می‌ریزد؟ (ضریب انبساط طولی ظرف و ضریب انبساط حجمی الکل به ترتیب 10^{-5} و 10^{-4} واحد SI است.)

پاسخ:

در اثر افزایش دما، هم حجم الکل و هم حجم ظرف زیاد می‌شود؛ بنابراین کافی است افزایش حجم هر دو را محاسبه کنیم و اختلاف این دو مقدار برابر حجم الکل بیرون ریخته است.

$$\Delta V_{\text{الکل}} = V_i \beta \Delta \theta = 2 \times 10^{-4} \times 50 = 0.01 \text{ Lit} = 10 \text{ mL}$$

$$\Delta V_{\text{ظرف}} = V_i (3\alpha) \Delta \theta = 2 \times 3 \times 10^{-5} \times 50 = 0.003 \text{ Lit} = 3 \text{ mL}$$

$$\rightarrow \text{حجم الکل بیرون ریخته} = 10 - 3 = 7 \text{ mL}$$

پاسخ تشریحی:

فرض کنیم سطح مقطع ظرف A باشد. در این صورت حجم اولیه مایع و ظرف برابر است با:

$$V_{\text{مایع}} = Ah_{\text{مایع}} = A \times 0.4$$

$$V_{\text{ظرف}} = Ah_{\text{ظرف}} = A \times 0.42$$

برای آن که مایع سرریز شود، باید حجم آب به حجم ظرف برسد؛ بنابراین می توان نوشت:

$$V_{ظرف}(1 + \alpha_{ظرف} \Delta\theta) = V_{مایع}(1 + \beta_{مایع} \Delta\theta)$$

$$\rightarrow 0.42A(1 + 3 \times \frac{1}{3} \times 10^{-4} \Delta\theta) = 0.4A(1 + 10^{-3} \Delta\theta)$$

$$\rightarrow 21(1 + 10^{-4} \Delta\theta) = 20(1 + 10^{-3} \Delta\theta)$$

$$\rightarrow 21 + 21 \times 10^{-4} \Delta\theta = 20 + 20 \times 10^{-3} \Delta\theta$$

$$\rightarrow 179 \times 10^{-4} \Delta\theta = 1 \rightarrow \Delta\theta = \frac{10^4}{179} \approx 56^\circ\text{C}$$

گروه آموزشی ماز

۱۳- درون کپسولی با حجم ثابت، ۱۰۰ گرم گاز آرمانی در دمای صفر درجه سلسیوس وجود دارد. ۳۰ گرم از گاز درون کپسول را خارج می کنیم. برای آن که فشار پیمانه ای گاز ثابت بماند، دمای آن را باید به چند درجه سلسیوس برسانیم؟

۳۹۰ (۴)

۱۱۷ (۳)

۲۳۷ (۲)

۲۷۳ (۱)

(متوسط - محاسباتی - ۱۰۰۴)

پاسخ: گزینه ۳

قانون گازهای آرمانی (کامل)

معادله حالت بین کمیت های گاز کامل به صورت زیر است:

$$PV = nRT$$

n: تعداد مول های گاز

V: حجم گاز (m^۳)

P: فشار مطلق گاز (Pa)

$$R = 8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}}$$

T: دمای مطلق گاز (K)

ثابت جهانی گازها:

به طور کلی اگر یک گاز آرمانی از حالت (۱) (n_۱, P_۱, V_۱, T_۱) به حالت (۲) (n_۲, P_۲, V_۲, T_۲) برود، داریم:

$$\frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2}$$

اگر در تغییر حالت از (۱) به (۲) کمیتی تغییر نکند، در رابطه نمی آید. برای مثال اگر تعداد مول های گاز ثابت باشد، می توان رابطه را به این صورت نوشت:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$



۳۰ درصد از جرم گاز را از محفظه خارج کرده ایم، پس تعداد مول نهایی گاز، $\frac{7}{10}$ تعداد مول های اولیه آن است.

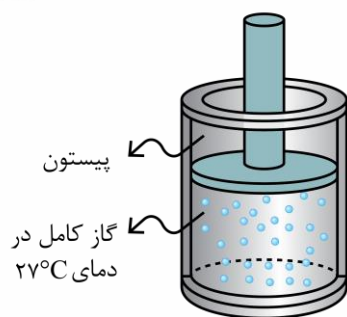
$$\frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2} \xrightarrow{P_1=P_2, V_1=V_2} n_1 T_1 = n_2 T_2$$

$$\xrightarrow{n_2 = \frac{7}{10} n_1} \frac{7}{10} n_1 \times 273 = \frac{7}{10} n_1 \times T_2 \xrightarrow{T_1=273K}$$

$$\rightarrow T_2 = \frac{10}{7} \times 273 = 390 \text{ K}$$

$$\rightarrow \theta_2 = T_2 - 273 = 117^\circ\text{C}$$

گروه آموزشی ماز



۱۴- در شکل مقابل، وزن پیستون ۶N و مساحت قاعده آن ۵۰ سانتی متر مربع است. اگر دمای گاز را از ۲۷°C به ۸۷°C برسانیم، پیستون ۴cm بالا می‌رود. دمای گاز را نسبت به حالت اولیه چند کلون کاهش دهیم تا پیستون ۲cm پایین برود؟ (اصطکاک پیستون و انبساط سیلندر و پیستون ناچیز است.)

(۱) ۳۰

(۲) ۴۰

(۳) ۲۰

(۴) ۱۵

(متوسط - محاسباتی - ۱۰۰۴)

پاسخ: گزینه ۱

پاسخ تشریحی

ابتدا دقت کنید در حالت تعادل، فشار گاز برابر مجموع فشار هوای محیط و فشار ناشی از وزن پیستون است؛ بنابراین فرایند در فشار ثابت انجام می‌شود. در ابتدا دما را از $T_1 = 27 + 273 = 300 \text{ K}$ به $T_2 = 87 + 273 = 360 \text{ K}$ می‌رسانیم و با استفاده از قانون گازهای کامل داریم:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \rightarrow \frac{Ah_1}{T_1} = \frac{Ah_2}{T_2}$$

$$\frac{h_1}{300} = \frac{h_2 + 4}{360} \rightarrow h_1 = 20 \text{ cm}$$

حالا می‌خواهیم دما را از $T_1 = 300 \text{ K}$ به T_3 برسانیم تا پیستون ۲cm پایین بیاید و به ارتفاع $h_3 = h_1 - 2 = 18 \text{ cm}$ برسد. بار دیگر با استفاده از قانون گازهای کامل در فشار ثابت داریم:

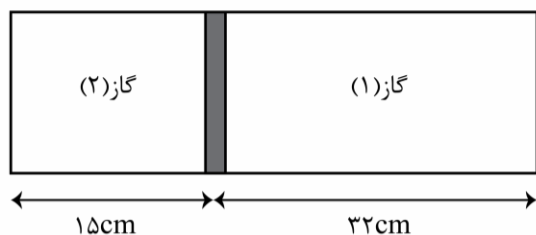
$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_3}{T_3} \rightarrow \frac{Ah_1}{T_1} = \frac{Ah_3}{T_3}$$

$$\frac{20}{300} = \frac{18}{T_3} \rightarrow T_3 = 270 \text{ K}$$

دمای گاز باید ۳۰K کاهش یابد.

گروه آموزشی ماز

۱۵- در شکل زیر، پیستون با اصطکاک ناچیز، درون یک محفظه استوانه‌ای، دو گاز مختلف با جرم برابر را جدا از هم نگه داشته است. اگر دمای گازهای (۱) و (۲) به ترتیب ۴۷°C و ۲۷°C باشد، گازهای (۱) و (۲) به ترتیب از راست به چپ کدام می‌توانند باشند؟



$$(O_2 = 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}}, \text{He} = 4 \frac{\text{g}}{\text{mol}}, H_2 = 2 \frac{\text{g}}{\text{mol}}, N_2 = 28 \frac{\text{g}}{\text{mol}})$$

(۱) H_2 و He

(۲) O_2 و N_2

(۳) N_2 و O_2

(۴) H_2 و He

(سخت - مفهومی / محاسباتی - ۱۰۰۵)

پاسخ: گزینه ۱

پاسخ تشریحی

در حالت تعادل، فشار دو گاز باهم برابر است؛ بنابراین طبق معادله حالت گاز کامل می‌توان نوشت:

$$PV = nRT \rightarrow P = \frac{nRT}{V}$$

$$P_1 = P_2 \rightarrow \frac{n_1 RT_1}{V_1} = \frac{n_2 RT_2}{V_2} \rightarrow \frac{n_1 RT_1}{A_1 \times h_1} = \frac{n_2 RT_2}{A_2 \times h_2} \xrightarrow{A_1 = A_2} \frac{n_1 T_1}{h_1} = \frac{n_2 T_2}{h_2}$$

$$\rightarrow \frac{n_1 \times (47 + 273)}{32} = \frac{n_2 \times (27 + 273)}{15}$$

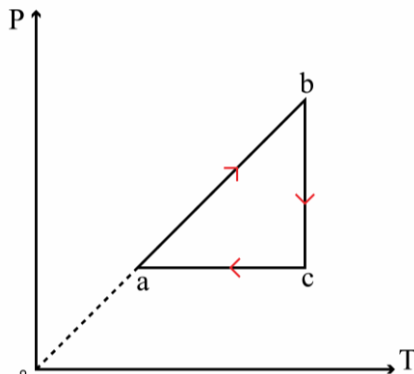
$$\rightarrow 10 n_1 = 20 n_2 \rightarrow n_1 = 2 n_2$$

از طرفی تعداد مول‌های گاز از تقسیم جرم گاز بر جرم مولی آن به دست می‌آید؛ بنابراین می‌توان نوشت:

$$n_1 = 2n_2 \rightarrow \frac{m_1}{M_1} = 2 \frac{m_2}{M_2} \xrightarrow{m_1=m_2} M_2 = 2M_1$$

بنابراین جرم مولی گاز (۲) باید ۲ برابر جرم مولی گاز (۱) باشد و با توجه به این که جرم مولی گاز هلیوم، ۲ برابر جرم مولی گاز هیدروژن است، گاز (۱) می‌تواند هیدروژن و گاز (۲) می‌تواند هلیوم باشد.

گروه آموزشی ماز



۱۶- نمودار P-T برای مقداری گاز آرمانی مطابق شکل مقابل است. اگر گرمایی که گاز در فرایند ab می‌گیرد، برابر ۵۰۰ J باشد، تغییرات انرژی درونی گاز در فرایندهای bc و ca به ترتیب چند ژول است؟

- (۱) صفر، ۵۰۰-
- (۲) صفر، ۵۰۰
- (۳) صفر، ۵۰۰
- (۴) ۵۰۰-، صفر

(آسان - نموداری - ۱۰۰۵)

پاسخ: گزینه ۱

نکته:

- ۱- تغییرات انرژی درونی در فرایند هم‌دما صفر است.
- ۲- تغییرات انرژی درونی در فرایند هم‌حجم برابر با گرمای گرفته شده است.
- ۳- تغییرات انرژی درونی در یک چرخه صفر است.

پاسخ تشریحی:

گام اول:

فرایند bc هم‌دما است؛ بنابراین تغییرات انرژی درونی در آن صفر است.

گام دوم:

فرایند ab یک فرایند هم‌حجم است؛ بنابراین چون گاز در این فرایند ۵۰۰ J گرما گرفته است، انرژی درونی آن نیز ۵۰۰ J افزایش یافته است.

گام آخر:

برای کل چرخه می‌توان نوشت:

$$\Delta U_{\text{چرخه}} = \Delta U_{ab} + \Delta U_{bc} + \Delta U_{ca} \rightarrow 0 = 500 + 0 + \Delta U_{ca} \rightarrow \Delta U_{ca} = -500 \text{ J}$$

گروه آموزشی ماز

۱۷- در یک فرایند هم‌فشار در فشار ثابت $4 \times 10^4 \text{ Pa}$ ، حجم مقداری گاز کامل از ۱۰ لیتر به ۱۶ لیتر می‌رسد. اگر انرژی درونی گاز ۶۰۰ J تغییر کرده باشد، گاز در این فرایند چند ژول گرما از محیط دریافت کرده است؟

(۴) ۸۴۰-

(۳) ۳۶۰-

(۲) ۸۴۰

(۱) ۳۶۰

(متوسط - محاسباتی - ۱۰۰۵)

پاسخ: گزینه ۲

نکته:

طبق قانون اول ترمودینامیک، تغییرات انرژی درونی گاز برابر با مجموع کار انجام شده روی گاز و گرمای دریافت شده توسط گاز است.

$$\Delta U = W + Q$$

پاسخ تشریحی:

گام اول:

کار انجام شده روی گاز برابر است با:

$$W = -P\Delta V = -4 \times 10^4 \times (16 - 10) \times 10^{-3} = -240 \text{ J}$$

گام آخر:

گرمای دریافت شده توسط گاز برابر است با:

$$\Delta U = W + Q \rightarrow 600 = -240 + Q \rightarrow Q = 840 \text{ J}$$

دقت کنید در انبساط هم فشار، دما و انرژی درونی گاز افزایش می یابند، پس ΔU مثبت است.

گروه آموزشی ماز

۱۸- ماشین گرمایی A در هر ثانیه ۴ چرخه را طی می کند و در هر چرخه، ۲۰۰ J انرژی از منبع دمابالا می گیرد و ۱۶۰ J انرژی به منبع دمایی می دهد. ماشین گرمایی B با بازده ۱۰ درصد، در هر دقیقه ۱۲۰ چرخه را طی می کند و در هر چرخه ۵۰۰ J انرژی از منبع دمابالا می گیرد. توان ماشین A وات از توان ماشین B است.

(۴) ۶۰ - بیش تر

(۳) ۶۰ - کم تر

(۲) ۴۰ - بیش تر

(۱) ۴۰ - کم تر

(متوسط - محاسباتی - ۱۰۰۵)

پاسخ: گزینه ۴

نکته:

یک ماشین گرمایی در هر چرخه، گرمای Q_H را از منبع دمابالا می گیرد و با انجام کار $|W|$ ، گرمای $|Q_L|$ را به منبع دمایی می دهد.

$$Q_H = |W| + |Q_L|$$

$$\eta = \frac{|W|}{Q_H} = 1 - \frac{|Q_L|}{Q_H}$$

پاسخ تشریحی:

گام اول:

مقدار کاری که ماشین A در هر چرخه انجام می دهد برابر است با:

$$|W_A| = Q_{H_A} - |Q_{L_A}| = 200 - 160 = 40 \text{ J}$$

با توجه به این که در هر ثانیه چهار چرخه انجام می شود، ماشین A در هر ثانیه $4 \times 40 = 160 \text{ J}$ کار انجام می دهد، یعنی توان آن $P_A = 160 \text{ W}$ است.

گام آخر:

مقدار کار ماشین B در هر چرخه برابر است با:

$$\eta_B = \frac{|W_B|}{Q_{H_B}} \rightarrow \frac{10}{100} = \frac{W_B}{500} \rightarrow W_B = 50 \text{ J}$$

ماشین B در هر دقیقه ۱۲۰ چرخه را طی می کند؛ بنابراین در هر ثانیه ۲ چرخه را طی می کند و $2 \times 50 = 100 \text{ J}$ کار انجام می دهد؛ بنابراین توان ماشین B برابر $P_B = 100 \text{ W}$ است.

با توجه به محاسبات فوق، توان ماشین A، ۶۰ وات بیش تر از توان ماشین B است.

گروه آموزشی ماز

۱۹- با توجه به سری الکتروسیته مالشی داده شده، چه تعداد از عبارتهای زیر صحیح است؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

انتهای مثبت سری
A
B
C
انتهای منفی سری

الف: اگر دو جسم A و B را مالش دهیم، یکدیگر را با نیروی الکتریکی جذب می کنند.

ب: اگر با مالش B به C، $1/25 \times 10^{10}$ الکترون بین آنها مبادله شود، بار C برابر $2n\text{C}$ خواهد شد.

پ: مجموع بار الکترونهای یون 12X^{2+} برابر $1/6 \times 10^{-18} \text{ C}$ است.

(۴) صفر

(۳) ۳

(۲) ۲

(۱) ۱

(آسان - مفهومی - ۱۱۰۱)

پاسخ: گزینه ۲

مفاهیم اولیه بار الکتریکی

یکی از روشهای باردار کردن اجسام که معمولاً برای اجسام نارسانا به کار می رود، روش مالش است. در مورد این روش خوب است نکات زیر را بدانیم:

۱- هنگامی که دو جسم از طریق مالش باردار می شوند، 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 می دهد با تعداد الکترونهایی که جسم دیگر به دست می آورد برابر است، اندازه 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 از نوع ربایشی خواهد بود.

۴- هنگامی که دو جسم را به هم مالش می‌دهیم تا باردار شوند، جسمی که الکترون‌خواه‌تر است (در سری الکتروسیته مالشی در قسمت پایین‌تری قرار دارد)، الکترون می‌گیرد و بار آن منفی می‌شود. همچنین جسمی که کمتر الکترون‌خواه است (در سری الکتروسیته مالشی در قسمت بالاتری قرار دارد)، الکترون از دست می‌دهد و علامت بار آن مثبت خواهد بود.

بار الکتریکی

۱- بار الکتریکی کمیتی گسسته (کوانتیده) است که از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$q = \pm ne$$

در رابطه فوق e مقدار بار بنیادی است و برابر $e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$ می‌باشد و n عددی صحیح 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 $2/5 \times 10^{10}$ واحد بیش‌تر از پروتون‌های آن است. بار الکتریکی این جسم چند نانوکولن است؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

پاسخ:

ابتدا دقت کنید که چون الکترون‌ها بیش‌تر هستند، علامت بار جسم منفی است؛ بنابراین می‌توان نوشت:

$$q = -ne = -2/5 \times 10^{10} \times 1/6 \times 10^{-19} = -4 \times 10^{-9} \text{ C} = -4 \text{ nC}$$

۳- در یک اتم خنثی مانند ${}^A_Z X$ می‌توان بار الکتریکی کل و بار هسته را به صورت زیر به دست آورد:

$$q_{\text{کل}} \rightarrow \text{اتم خنثی است.}$$

$$q_{\text{هسته}} = +Ze \rightarrow \text{تعداد پروتون‌های هسته برابر } Z \text{ است}$$

$$q_{\text{الکترون‌ها}} = -Ze \rightarrow \text{تعداد الکترون‌های اتم برابر } Z \text{ است}$$

۴- در یک یون مثبت مانند ${}^A_Z X^{n+}$ می‌توان بار الکتریکی کل و بار هسته را به صورت زیر به دست آورد:

$$q_{\text{کل}} = +ne \rightarrow \text{اتم } (n+) \text{ است}$$

$$q_{\text{هسته}} = +Ze \rightarrow \text{تعداد پروتون‌های هسته برابر } Z \text{ است}$$

$$q_{\text{الکترون‌ها}} = -(Z-n)e \rightarrow \text{تعداد الکترون‌های اتم برابر } Z-n \text{ است}$$

به همین ترتیب و برای تمرین، بار الکتریکی یون منفی ${}^A_Z X^{n-}$ را خودتان بررسی کنید.

مثال:

در یون منیزیم دو بار مثبت (${}^{24}_{12}\text{Mg}^{2+}$)، بار الکتریکی هسته و مجموع بار الکتریکی الکترون‌ها چند نانوکولن است؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

پاسخ:

برای پاسخ دادن به این سؤال به نکات زیر توجه کنید:

۱- عدد اتمی منیزیم برابر $Z = 12$ است؛ بنابراین تعداد ۱۲ پروتون در هسته آن وجود دارد و بار الکتریکی هسته برابر است با:

$$q_{\text{هسته}} = +Ze = 12 \times 1/6 \times 10^{-19} = 1/92 \times 10^{-18} \text{ C} = 1/92 \times 10^{-9} \text{ nC}$$

۲- چون یون منیزیم ۲ بار مثبت است، الکترون‌های آن ۲ تا کمتر از پروتون‌ها هستند، پس تعداد الکترون‌ها برابر ۱۰ است و مجموع بار الکتریکی آن‌ها برابر است با:

$$q_{\text{الکترون‌ها}} = -10e = -10 \times 1/6 \times 10^{-19} = -1/6 \times 10^{-18} \text{ C} = -1/6 \times 10^{-9} \text{ nC}$$

پاسخ تشریحی:

بررسی موارد:

الف: چون بار الکتریکی دو جسم پس از مالش، ناهم‌نام است، یکدیگر را با نیروی الکتریکی جذب می‌کنند. (✓)

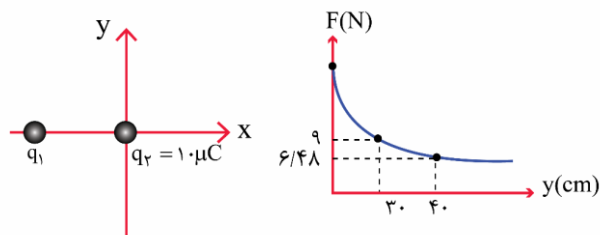
ب: جسم C در سری الکتروسیته مالشی پایین‌تر از B است؛ بنابراین بار آن پس از مالش منفی خواهد بود. (✗)

پ: یون X^{2+} ، دارای ۱۲ پروتون و ۱۰ الکترون است و مجموع بار الکترون‌های آن برابر است با:

$$q = -ne = -10 \times 1/6 \times 10^{-19} = -1/6 \times 10^{-18} \text{ C}$$

بنابراین عبارت (پ) صحیح است. (✓)

گروه آموزشی ماز



۲۰- در شکل مقابل، بار q_2 می‌تواند روی محور y حرکت کند و نمودار تغییرات اندازه نیروی الکتریکی رانشی بین دو بار بر حسب تغییرات y مطابق شکل

داده شده است. اندازه q_1 چند میکروکولن است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$

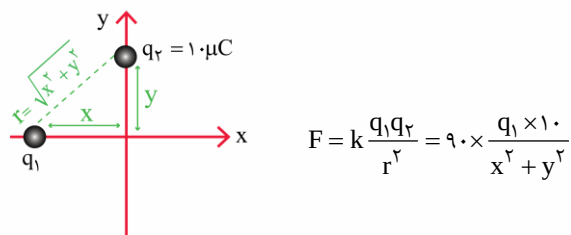
- (۱) ۹
(۲) ۱۰
(۳) ۱۸
(۴) ۲۰

(سخت - نموداری - ۱۱۰۱)

پاسخ: گزینه ۳

پاسخ تشریحی:

در شکل مقابل، نیروی الکتریکی بین دو بار برابر است با:



در این رابطه x و y بر حسب cm و q_1 بر حسب μC است. مطابق نمودار، اگر $y = 30$ cm باشد، $F = 9$ N است و اگر $y = 40$ cm باشد، $F = 6/48$ N است؛ بنابراین:

$$\begin{cases} y = 30 \text{ cm} \rightarrow 9 = 90 \cdot \frac{q_1 \times 10}{x^2 + 30^2} \\ y = 40 \text{ cm} \rightarrow 6/48 = 90 \cdot \frac{q_1 \times 10}{x^2 + 40^2} \end{cases} \xrightarrow{\text{تقسیم رابطه‌ها}} \frac{9}{6/48} = \frac{x^2 + 40^2}{x^2 + 30^2}$$

$$\rightarrow \frac{25}{18} = \frac{x^2 + 1600}{x^2 + 900} \rightarrow 25x^2 + 22500 = 18x^2 + 28800$$

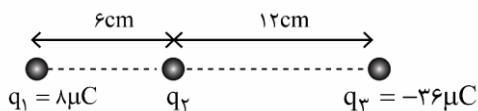
$$\rightarrow 7x^2 = 6300 \rightarrow x^2 = 900 \rightarrow x = 30 \text{ cm}$$

با جای گذاری x در یکی از رابطه‌ها، q_1 نیز به دست می‌آید.

$$9 = 90 \cdot \frac{q_1 \times 10}{x^2 + 900} \xrightarrow{x=30 \text{ cm}} 9 = 90 \cdot \frac{q_1 \times 10}{900 + 900} \rightarrow q_1 \times 10 = 180 \rightarrow q_1 = 18 \mu C$$

گروه آموزشی ماز

۲۱- در شکل زیر، بار q_1 در حال تعادل است. بار $q_4 = 17 \mu C$ را در فاصله چند سانتی‌متری q_1 قرار دهیم تا q_3 در حال تعادل باشد؟



- (۱) ۳۶
(۲) ۱۸
(۳) ۹
(۴) ۶

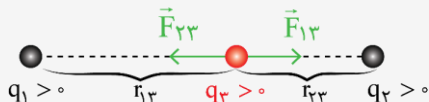
(سخت - محاسباتی - ۱۱۰۱)

پاسخ: گزینه ۱

بررسی تعادل برای بارهای قرار گرفته 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 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 فاصله بین دو بار و نزدیک به بار کوچکتر قرار گیرد تا برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر آن صفر شود. در شکل بالا برای سادگی فرض کرده‌ایم همه بارها مثبت باشند.

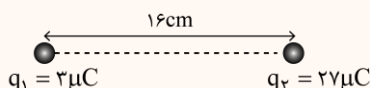
$$q_3 : F_{13} = F_{23} \rightarrow k \frac{q_1 q_3}{r_{13}^2} = k \frac{q_2 q_3}{r_{23}^2} \rightarrow \frac{q_1}{r_{13}^2} = \frac{q_2}{r_{23}^2}$$

نکته:

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:

چون بارهای q_1 و q_2 هم‌علامت هستند، بار q_3 باید در فاصله بین دو بار و نزدیک به بار کوچکتر قرار گیرد. به شکل زیر دقت کنید:

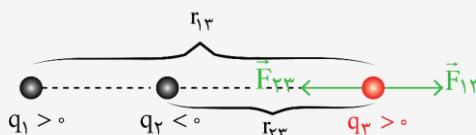
$$F_{13} = F_{23} \rightarrow k \frac{q_1 q_3}{r_{13}^2} = k \frac{q_2 q_3}{r_{23}^2}$$

$$\rightarrow \frac{q_1}{x^2} = \frac{q_2}{(16-x)^2} \rightarrow \frac{3}{x^2} = \frac{27}{(16-x)^2}$$

$$\xrightarrow{\text{جذر}} \frac{1}{x} = \frac{3}{16-x} \rightarrow 3x = 16-x \rightarrow x = 4 \text{ cm}$$

بنابراین بار q_3 باید در فاصله 4 cm از بار q_1 قرار گیرد.

۲- بارهای q_1 و q_2 نا هم‌نام باشند:



در این حالت بار q_3 باید خارج از فاصله بین دو بار قرار گیرد تا برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر آن بتواند صفر شود. در ادامه کافی است که F_{13} و F_{23} هم‌اندازه باشند.

$$q_3 : F_{13} = F_{23} \rightarrow k \frac{q_1 q_3}{r_{13}^2} = k \frac{q_2 q_3}{r_{23}^2} \rightarrow \frac{q_1}{r_{13}^2} = \frac{q_2}{r_{23}^2}$$

نکته ۱:

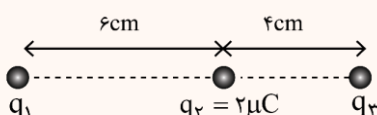
مانند حالت قبل، بار q_3 هیچ اهمیتی در جواب سؤال ندارد.

نکته ۲:

دقت کنید که در محاسبه نیروها فقط اندازه بارها را در رابطه قانون کولن قرار می‌دهیم و علامت آن‌ها را در محاسبه در نظر نمی‌گیریم.

مثال:

در شکل مقابل، بار q_3 در تعادل است. q_1 چند میکروکولن است؟



پاسخ:

چون q_3 در تعادل است، نیرویی که q_1 به q_3 وارد می‌کند باید هم‌اندازه نیرویی باشد که q_2 به q_3 وارد می‌کند. همچنین دقت کنید که چون q_3 در خارج از فاصله دو بار قرار دارد، بار q_1 مخالف q_2 است، پس بار q_1 منفی خواهد بود. در ادامه می‌توان نوشت:

$$F_{13} = F_{23} \rightarrow k \frac{|q_1 q_3|}{r_{13}^2} = k \frac{|q_2 q_3|}{r_{23}^2}$$

$$\rightarrow \frac{|q_1|}{1.2^2} = \frac{2}{4^2} \rightarrow |q_1| = 12/5 \mu C$$

$$\xrightarrow{q_1 \text{ منفی است}} q_1 = -12/5 \mu C$$

پیش‌تشریح:

گام اول:

با توجه به تعادل بار q_1 می‌توان نوشت:

$$F_{21} = F_{13} \rightarrow k \frac{|q_1| |q_3|}{r_{13}^2} = k \frac{|q_1| |q_2|}{r_{12}^2}$$

$$\rightarrow \frac{36}{18^2} = \frac{|q_2|}{6^2}$$

$$\rightarrow |q_2| = 4 \mu C \xrightarrow{q_2 > 0} q_2 = 4 \mu C$$

گام آخر:

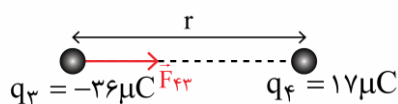
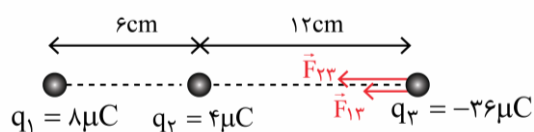
نیروی خالصی که بارهای q_1 و q_2 بر بار q_3 وارد می‌کنند برابر است با:

$$F_{13} = 9 \cdot \frac{|q_1 q_3|}{r_{13}^2} = 9 \cdot \frac{8 \times 36}{18^2} = 80 \text{ N}$$

$$\rightarrow F_{23} = 9 \cdot \frac{|q_2 q_3|}{r_{23}^2} = 9 \cdot \frac{36 \times 4}{12^2} = 90 \text{ N}$$

$$\rightarrow F_{\text{کل}} = F_{13} + F_{23} = 80 \text{ N} + 90 \text{ N} = 170 \text{ N}$$

بنابراین بار q_4 را باید در مکانی قرار دهیم که نیروی 170 N به سمت راست بر بار q_3 وارد کند تا نیروی خالص وارد بر q_3 صفر شود.



$$F_{43} = 9 \cdot \frac{q_4 q_3}{r^2} \rightarrow 170 = 9 \cdot \frac{17 \times 36}{r^2}$$

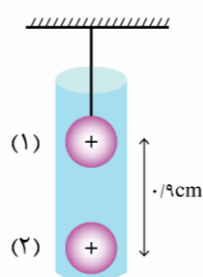
$$\rightarrow r^2 = 9 \times 36 \rightarrow r = 3 \times 6 = 18 \text{ cm}$$

بنابراین فاصله بار q_1 تا q_4 باید برابر $18 + 18 = 36 \text{ cm}$ باشد.

گروه آموزشی ماز

۲۲- در شکل زیر، دو کره مشابه با بار الکتریکی یکسان q در حال تعادل هستند. اگر نیروی کشش نخ به اندازه 0.8 N کمتر از نیروی عمودی سطح وارد بر

گوی (۲) باشد، بار هر گوی چند نانوکولن است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2})$



۳۰ (۱)

$30\sqrt{2}$ (۲)

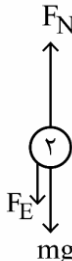
۶۰ (۳)

$60\sqrt{2}$ (۴)

نیروهای وارد بر هریک از گوی‌ها را رسم می‌کنیم و شرط تعادل آن‌ها را می‌نویسیم:



$$T + F_E = mg \rightarrow T = mg - F_E$$



$$F_N = mg + F_E$$

طبق صورت سؤال، اختلاف دو نیروی F_N و T برابر است با $۰/۸\text{N}$ است؛ بنابراین می‌توان نوشت:

$$F_N - T = ۰/۸\text{N} \rightarrow (mg + F_E) - (mg - F_E) = ۰/۸$$

$$\rightarrow 2F_E = ۰/۸ \rightarrow F_E = ۰/۴\text{N}$$

نیروی الکتریکی بین دو بار برابر $F_E = ۰/۴\text{N}$ است.

محاسبه اندازه بار گلوله‌ها:

$$F_E = k \frac{q^2}{r^2} \rightarrow ۰/۴ = ۹۰ \times \frac{q^2}{(۰/۹)^2}$$

$$\rightarrow q^2 = ۳۶ \times ۱۰^{-۴} \rightarrow q = ۰/۰۶\mu\text{C} = ۶۰\text{nC}$$

گروه آموزشی ماز

۲۳- در یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $۱۰^۴ \frac{\text{N}}{\text{C}}$ که جهت آن قائم است، ذره‌ای با بار الکتریکی $۲\mu\text{C}$ به جرم ۵g را رها می‌کنیم. کدام یک از

عبارت‌های زیر صحیح است؟ ($g = ۱۰ \frac{\text{N}}{\text{kg}}$)

(۱) اگر جهت میدان به سمت پایین باشد، ذره در حال تعادل قرار می‌گیرد.

(۲) اگر جهت میدان به سمت بالا باشد، ذره در حال تعادل قرار می‌گیرد.

(۳) اگر جهت میدان به سمت پایین باشد، اندازه شتاب ذره $۶ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ می‌شود.

(۴) اگر جهت میدان به سمت بالا باشد، اندازه شتاب ذره $۶ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ می‌شود.

میدان و نیروی الکتریکی

۱- میدان الکتریکی خاصیتی در اطراف ذرات باردار است که برابر نیروی وارد بر واحد بار الکتریکی است.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

۲- در رابطه فوق، یکای F ، q و E به ترتیب نیوتون، کولن و نیوتون/کولن است. در ادامه این فصل خواهیم دید که علاوه بر نیوتون، یکای $\frac{\text{ولت}}{\text{متر}}$ هم یکای میدان الکتریکی

است.

۳- اگر یک ذره باردار درون میدان الکتریکی قرار گیرد، به آن نیرو وارد می‌شود که این نیرو برابر است با:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \rightarrow \vec{F} = q\vec{E}$$



مطابق رابطه فوق نکات زیر قابل استنباط است:

الف: با ضرب اندازه بار الکتریکی در اندازه میدان الکتریکی، اندازه نیروی وارد بر بار به دست می‌آید.

ب: اگر $q > 0$ باشد، $\vec{E}$ و $\vec{F}$ هم‌جهت هستند؛ بنابراین به بار مثبت در جهت میدان نیرو وارد می‌شود.

ج: اگر $q < 0$ باشد، $\vec{E}$ و $\vec{F}$ در خلاف جهت هم هستند؛ بنابراین به بار منفی در خلاف جهت میدان نیرو وارد می‌شود.



بار الکتریکی $q = -20 \mu\text{C}$ درون میدان الکتریکی یکنواخت $\vec{E} = 10^5 \hat{i}$ برحسب واحدهای SI قرار گرفته است. بردار نیروی وارد بر این بار در SI کدام است؟

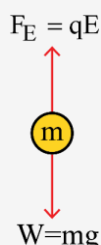
پاسخ:

$$\vec{F} = q\vec{E} = -20 \times 10^{-6} \times 10^5 \hat{i} = -2 \hat{i} \text{ (N)}$$

بنابراین به این بار نیروی ۲ نیوتونی در خلاف جهت محور X وارد می‌شود. دقت کنید اگر بار مثبت بود، نیرو در جهت محور X به بار وارد می‌شد.

تعالیل بین نیروی الکتریکی و وزن

۱- 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:

$$F_E = W \rightarrow qE = mg \text{ شرط تعادل}$$

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.



یک ذره باردار به جرم ۲ گرم دارای بار الکتریکی $q = -5 \mu\text{C}$ است. این ذره را از ارتفاعی رها می‌کنیم. برای آن‌که این ذره معلق بماند و سقوط نکند، باید میدان الکتریکی در جهت و با بزرگی واحد SI در اطراف ذره ایجاد کنیم. ($g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$)

پاسخ:

ابتدا دقت کنید که چون بار ذره منفی است، میدان به سمت پایین خواهد بود. برای محاسبه اندازه میدان می‌توان نوشت:

$$mg = qE \rightarrow 2 \times 10^{-3} \times 10 = 5 \times 10^{-6} \times E \rightarrow E = 4000 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$



هر حالت را جداگانه بررسی می‌کنیم.

۱- میدان به سمت پایین باشد: در این حالت نیروی الکتریکی به سمت بالا، بر ذره وارد می‌شود.



$$W = mg = 5 \times 10^{-3} \times 10 = 0.05 \text{ N}$$

$$F_E = |q|E = 2 \times 10^{-6} \times 4000 = 0.02 \text{ N}$$

$$\rightarrow F_{\text{net}} = 0.05 - 0.02 = 0.03 \text{ N}$$

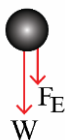
$$F_{\text{net}} = ma \rightarrow 0.03 = 0.005a \rightarrow a = 6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

در این حالت، ذره در حال تعادل قرار نمی‌گیرد و شتابی به اندازه $6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ به سمت پایین دارد.

۲- میدان به سمت بالا باشد: در این حالت نیروی الکتریکی به سمت پایین، بر ذره وارد می‌شود.

$$F_{\text{net}} = W + F_E = 0.5 + 0.2 = 0.7 \text{ N}$$

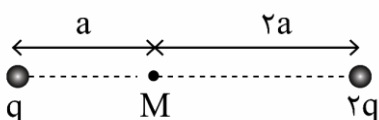
$$F_{\text{net}} = ma \rightarrow 0.7 = 0.05a \rightarrow a = 14 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$



در این حالت، ذره در حال تعادل قرار نمی‌گیرد و شتابی به اندازه $14 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ به سمت پایین دارد.

گروه آموزشی ماز

۲۴- در شکل زیر، اگر جای دو بار را با یکدیگر عوض کنیم، میدان الکتریکی خالص در نقطه M چگونه تغییر می‌کند؟



(۱) $\frac{1}{4}$ برابر می‌شود و جهت آن برعکس می‌شود.

(۲) $\frac{1}{4}$ برابر می‌شود و جهت آن تغییر نمی‌کند.

(۳) $\frac{1}{4}$ برابر می‌شود و جهت آن برعکس می‌شود.

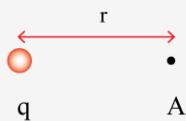
(۴) $\frac{1}{4}$ برابر می‌شود و جهت آن تغییر نمی‌کند.

(متوسط - مفهومی / محاسباتی - ۱۱۰۱)

پاسخ: گزینه ۲

میدان الکتریکی حاصل از یک ذره باردار

۱- برای محاسبه میدان الکتریکی حاصل از بار q در فاصله r از آن از رابطه زیر استفاده می‌کنیم:



$$E_A = k \frac{|q|}{r^2}$$

۲- جهت میدان حاصل از بار مثبت به صورت خارج شونده و جهت میدان حاصل از بار منفی به صورت داخل شونده است. به شکل‌های زیر دقت کنید:



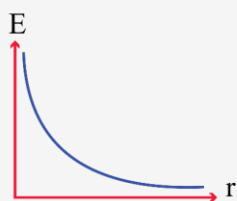
مثال: ؟؟

میدان الکتریکی در چه فاصله‌ای از بار $q = 4 \mu\text{C}$ برابر 10^5 واحد SI است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2})$

پاسخ:

$$E = k \frac{|q|}{r^2} \rightarrow 10^5 = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6}}{r^2}$$

$$\rightarrow r^2 = 36 \times 10^{-2} \rightarrow r = 0.6 \text{ m} = 60 \text{ cm}$$

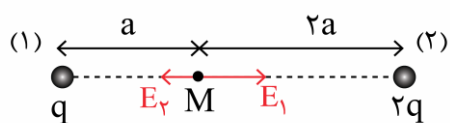


۳- نمودار تغییرات بزرگی میدان الکتریکی برحسب فاصله از بار، مطابق شکل زیر است. همان‌طور که واضح است با افزایش فاصله از بار، بزرگی میدان کاهش می‌یابد.

نکته: 🎯

دقت کنید که در محاسبه اندازه میدان الکتریکی فقط اندازه بار را در رابطه فوق قرار می‌دهیم و علامت بار را در محاسبه در نظر نمی‌گیریم.

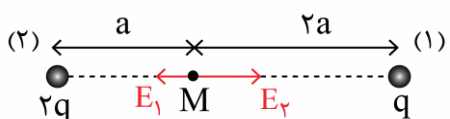
در حالت اول، میدان الکتریکی خالص در نقطه M برابر است با:



$$\begin{cases} E_1 = k \frac{q}{a^2} \\ E_2 = k \frac{2q}{(2a)^2} = \frac{1}{2} k \frac{q}{a^2} \end{cases} \rightarrow E_{\text{کل}} = E_1 - E_2 = \frac{1}{2} k \frac{q}{a^2}$$

در این حالت، میدان خالص به سمت راست است.

در حالت دوم، میدان الکتریکی خالص در نقطه M برابر است با:

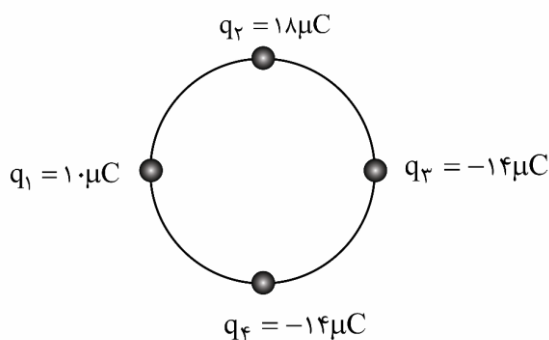


$$\begin{cases} E_1 = k \frac{q}{(2a)^2} = \frac{1}{4} k \frac{q}{a^2} \\ E_2 = k \frac{2q}{a^2} = 2k \frac{q}{a^2} \end{cases} \rightarrow E'_{\text{کل}} = E_2 - E_1 = \frac{7}{4} k \frac{q}{a^2} \rightarrow \frac{E'_{\text{کل}}}{E_{\text{کل}}} = \frac{\frac{7}{4}}{\frac{1}{2}} = \frac{7}{2}$$

میدان خالص در این حالت هم به سمت راست است و جهت آن تغییر نکرده است.

گروه آموزشی ماز

۲۵- مطابق شکل، ۴ بار الکتریکی با فاصله‌های برابر روی محیط یک دایره به شعاع ۱۰cm قرار گرفته‌اند. اگر بار q_4 را حذف کنیم، اندازه میدان الکتریکی در



مرکز دایره چگونه تغییر می‌کند؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}$)

(۱) $9 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ کاهش می‌یابد.

(۲) $9 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ افزایش می‌یابد.

(۳) $12/6 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ کاهش می‌یابد.

(۴) $12/6 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ افزایش می‌یابد.

(سخت - محاسباتی - ۱۱۰۱)

پاسخ: گزینه ۱

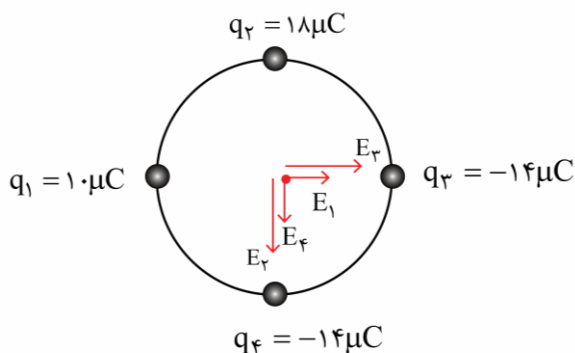
میدان الکتریکی هریک از بارها در مرکز دایره برابر است با:

$$E_1 = k \frac{q_1}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{10 \times 10^{-6}}{(0.1)^2} = 9 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$E_2 = k \frac{q_2}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{18 \times 10^{-6}}{(0.1)^2} = 16/2 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$E_3 = E_4 = \frac{k|q_3|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{14 \times 10^{-6}}{(0.1)^2} = 12/6 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

در حالتی که هر چهار بار وجود داشته باشند، میدان الکتریکی برآیند در مرکز دایره برابر است با:

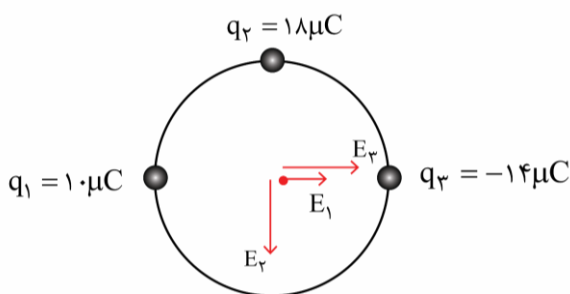


$$E_1 + E_3 = 21/6 \times 10^6 \frac{N}{C}$$

$$E_2 + E_4 = 28/8 \times 10^6 \frac{N}{C}$$

$$E_{\text{کل}} = \sqrt{(21/6 \times 10^6)^2 + (28/8 \times 10^6)^2} = 9 \times 10^6 \sqrt{(2/4)^2 + (3/2)^2} = 36 \times 10^6 \frac{N}{C}$$

اگر بار q_4 حذف شود، داریم:



$$E_1 + E_3 = 21/6 \times 10^6 \frac{N}{C}$$

$$E_2 = 16/2 \times 10^6 \frac{N}{C}$$

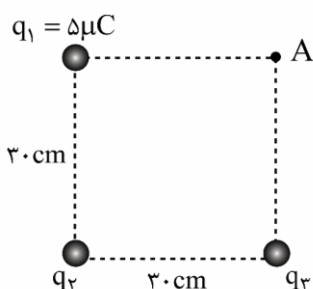
$$E'_{\text{کل}} = \sqrt{(21/6 \times 10^6)^2 + (16/2 \times 10^6)^2} = 9 \times 10^6 \sqrt{(2/4)^2 + (1/8)^2} = 27 \times 10^6 \frac{N}{C}$$

بنابراین اندازه میدان الکتریکی برآیند از $36 \times 10^6 \frac{N}{C}$ به $27 \times 10^6 \frac{N}{C}$ رسیده است و در نتیجه به اندازه $9 \times 10^6 \frac{N}{C}$ کاهش یافته است.

گروه آموزشی ماز

۲۶- در شکل زیر، میدان الکتریکی خالص در رأس A از مربع صفر است. اگر از جسمی کوچک و خنثی، 5×10^{-12} الکترون بگیریم و آن را در مرکز مربع قرار

دهیم، بزرگی نیروی الکتریکی خالص وارد بر آن چند نیوتون می‌شود؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$, $e = 1/6 \times 10^{-19} C$)



(۱) $3/2$

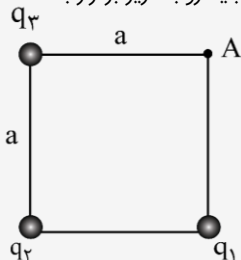
(۲) $3/2\sqrt{2}$

(۳) $1/6$

(۴) $1/6\sqrt{2}$

صفر شدن میدان خالص در یک رأس مربع

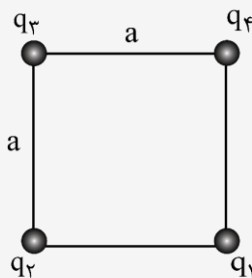
۱- هنگامی که سه بار الکتریکی مطابق شکل روی رأس‌های یک مربع قرار دارند، برای آن‌که میدان خالص در رأس چهارم صفر شود، باید روابط زیر برقرار باشد:



$$q_1 = q_3$$

$$q_2 = -2\sqrt{2}q_1$$

۲- اگر چهار بار الکتریکی مطابق شکل روی رأس‌های مربع قرار گرفته باشند و بار q_4 در تعادل باشد، روابط زیر برقرار است:



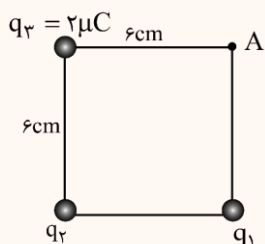
$$q_1 = q_3$$

$$q_2 = -2\sqrt{2}q_1$$

$$q_4 \rightarrow \text{دلخواه}$$

مثال:

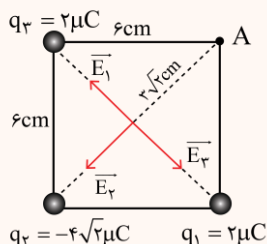
مطابق شکل، سه بار الکتریکی نقطه‌ای روی رأس‌های یک مربع قرار دارند و میدان الکتریکی خالص در رأس چهارم (A) برابر صفر است. بزرگی میدان الکتریکی خالص



در مرکز مربع چند واحد SI است؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$)

پاسخ:

با توجه به نکات فوق، $q_1 = q_3 = 2 \mu C$ است و $q_2 = -2\sqrt{2}q_1 = -4\sqrt{2} \mu C$ می‌باشد. در این صورت میدان الکتریکی خالص در مرکز مربع برابر است با:



این دو میدان اثر یکدیگر را خنثی می‌کنند. $E_1 = E_3 \rightarrow$

$$E_2 = k \frac{|q_2|}{r_2^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4\sqrt{2} \times 10^{-6}}{(3\sqrt{2} \times 10^{-2})^2} = 2\sqrt{2} \times 10^7 \frac{N}{C}$$

پاسخ تشریحی:

گام اول:

مطابق نکات فوق، بار q_3 نیز برابر $5 \mu C$ و بار q_2 برابر $-10\sqrt{2} \mu C$ است.

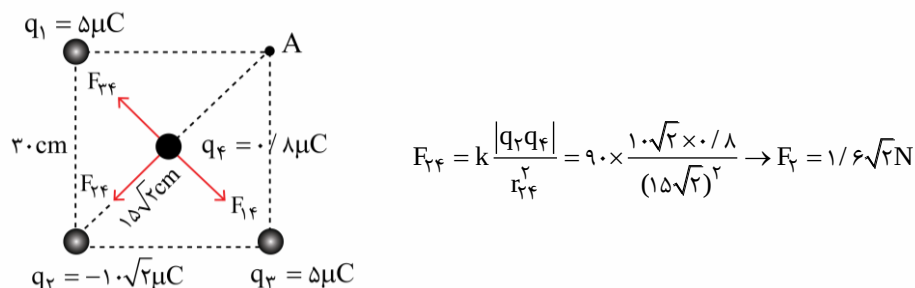
گام دوم:

اگر از جسمی خنثی 5×10^{12} الکترون بگیریم، بار الکتریکی آن برابر می‌شود با:

$$q_4 = ne = 5 \times 10^{12} \times 1.6 \times 10^{-19} = 8 \times 10^{-7} C = 0.8 \mu C$$

گام آخر:

نیروی که بارهای q_1 و q_3 بر q_4 وارد می کنند یکدیگر را خنثی می کند؛ بنابراین کافی است فقط نیروی وارد شده از طرف بار q_2 بر q_4 را محاسبه کنیم:



گروه آموزشی ماز

۲۷- مطابق شکل مقابل، ۲ بار الکتریکی در نزدیکی هم ثابت شده اند و میدان الکتریکی بر آیند در نقطه A صفر است. خطوط میدان الکتریکی در اطراف این دو بار در کدام گزینه می تواند به درستی رسم شده باشد؟

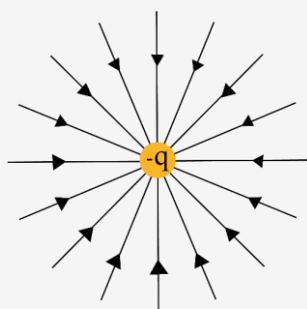


(متوسط - مفهومی - ۱۱۰۱)

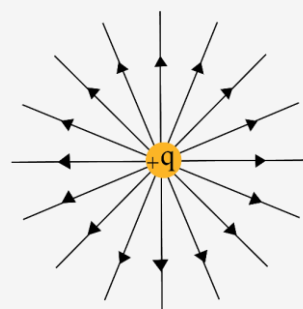
پاسخ: گزینه ۱

فصول میدان الکتریکی

- ۱- برای مجسم کردن میدان الکتریکی در فضای اطراف اجسام باردار از خطوط میدان الکتریکی استفاده می کنیم. این خطوط ویژگی های زیر را دارا می باشند:
 - الف: از بار مثبت خارج می شوند و به بار منفی وارد می شوند.
 - ب: میدان الکتریکی در هر نقطه هم جهت با خط مماس بر خطوط میدان الکتریکی در آن نقطه است.
 - ج: هرچه تراکم خطوط میدان الکتریکی بیشتر باشد، اندازه میدان الکتریکی بیشتر است.
 - د: خطوط میدان الکتریکی یکدیگر را قطع نمی کنند و از هر نقطه یک خط میدان عبور می کند.
- ۲- خطوط میدان الکتریکی در اطراف یک ذره باردار منزوی مطابق شکل های زیر است که آن ها را به خاطر بسپارید:

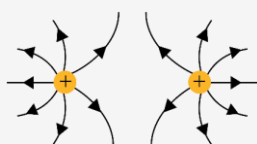


خطوط میدان الکتریکی در اطراف بار منفی

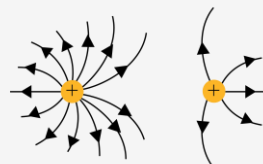


خطوط میدان الکتریکی در اطراف بار مثبت

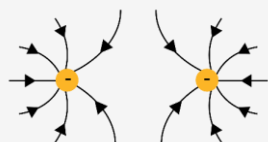
۳- خطوط میدان الکتریکی در اطراف دو ذره باردار مطابق شکل های زیر است. آن ها را به خاطر بسپارید:



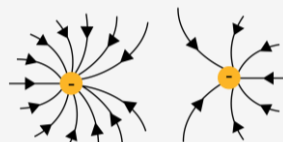
خطوط میدان الکتریکی در اطراف دو بار مثبت هم اندازه



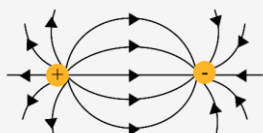
خطوط میدان الکتریکی در اطراف دو بار مثبت غیرهم اندازه



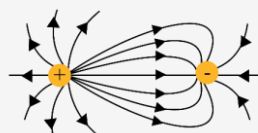
خطوط میدان الکتریکی در اطراف دو بار منفی هم‌اندازه



خطوط میدان الکتریکی در اطراف دو بار منفی غیرهم‌اندازه

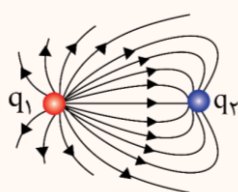


خطوط میدان بارهای مثبت و منفی هم‌اندازه



خطوط میدان بارهای مثبت و منفی غیرهم‌اندازه

مثال:



(۴) (ب) و (ت)

در شکل زیر خطوط میدان الکتریکی در اطراف دو ذره باردار نشان داده شده است. کدامیک از نتیجه‌گیری‌ها صحیح است؟

الف: علامت بار q_2 منفی است.

ب: علامت بارها یکسان است.

پ: اندازه بار q_1 بزرگ‌تر از اندازه 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: گزینه ۲ صحیح است.

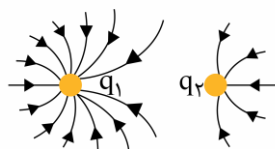
برای پاسخ دادن به این سؤال به نکات زیر توجه کنید:

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 اندازه q_1 بزرگ‌تر از اندازه q_2 است.

پاسخ تشریحی:

میدان الکتریکی در فاصله بین دو بار صفر شده است، پس این دو بار هم‌علامت هستند. از طرفی میدان در نزدیکی بار q_2 صفر شده است، پس q_2 کوچک‌تر از q_1 است و خطوط میدان می‌تواند مطابق شکل گزینه (۱) است.



گروه آموزشی ماز

۲۸- در جابه‌جایی بار $q = 2\text{fC}$ از نقطه A تا B، انرژی پتانسیل الکتریکی این بار 192 nJ کاهش می‌یابد. اختلاف پتانسیل نقاط A و B $(V_A - V_B)$ چند ولت است؟

(۴) -۱۲

(۳) ۱۲

(۲) -۸

(۱) ۸

تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی و اختلاف پتانسیل الکتریکی

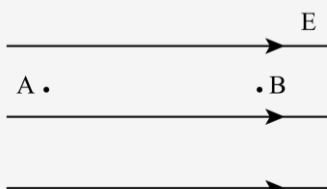
۱- هنگامی که بار q بین دو نقطه که اختلاف پتانسیل آن‌ها برابر ΔV است، جابه‌جا شود، انرژی پتانسیل الکتریکی آن تغییر می‌کند. تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی بار یعنی ΔU به صورت زیر به دست می‌آید.

$$\Delta U = q\Delta V$$

۲- مطابق رابطه 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 بار ذره در نحوه تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی (ΔU) مؤثر است ولی در نحوه تغییرات پتانسیل الکتریکی (ΔV) تأثیری ندارد. همچنین با حرکت در جهت عمود بر خطوط میدان الکتریکی، پتانسیل الکتریکی ثابت می‌ماند.

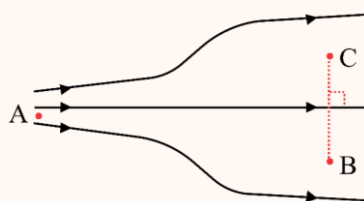
مثال:

شکل مقابل خطوط میدان الکتریکی را در ناحیه‌ای از صفحه نشان می‌دهد. چه تعداد از عبارت‌های زیر در مورد این شکل صحیح است؟
الف: بزرگی میدان الکتریکی در نقطه A بیش‌تر از نقطه 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.

بررسی (الف): تراکم خطوط میدان در نزدیکی نقطه A بیش‌تر از B است، پس بزرگی میدان الکتریکی در A بیش‌تر از B است.

بررسی (ب): نقاط B و C در یک سطح عمود بر خطوط میدان قرار دارند، پس پتانسیل الکتریکی آن‌ها برابر است.

بررسی (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.

بررسی (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. بنابراین هر ۴ عبارت، صحیح است.

پاسخ تشریحی:

با توجه به رابطه زیر، به راحتی می‌توان نوشت:

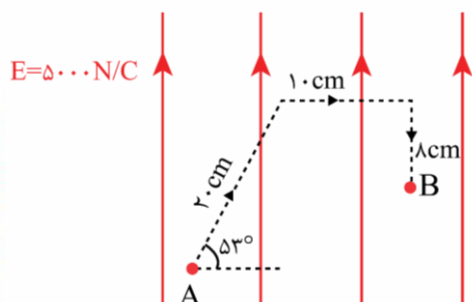
$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \rightarrow V_B - V_A = \frac{-192}{24} = -8V$$

$$\rightarrow V_A - V_B = 8V$$

گروه آموزشی ماز

۲۹- در جابه‌جایی بار $q = -12\mu C$ از نقطه A تا B از مسیر نشان داده‌شده، انرژی پتانسیل الکتریکی

این بار چند ژول و چگونه تغییر می‌کند؟ ($\sin 53^\circ = 0.8$)



(۱) $7/2$ میلی‌ژول افزایش می‌یابد.

(۲) $7/2$ میلی‌ژول کاهش می‌یابد.

(۳) $4/8$ میلی‌ژول افزایش می‌یابد.

(۴) $4/8$ میلی‌ژول کاهش می‌یابد.

کار میدان الکتریکی و تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی

۱- تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی برابر قرینه کار نیروی الکتریکی است و می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} W = Fd \cos \alpha \\ \Delta U = -W \end{cases} \rightarrow \Delta U = -Fd \cos \alpha$$

$$\xrightarrow{F=E|q|} \Delta U = -E|q|d \cos \alpha$$

$$\rightarrow |\Delta U| = |Eqd \cos \alpha|$$

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 رابطه فوق برای محاسبه تغییرات انرژی پتانسیل در یک میدان الکتریکی استفاده می‌کنیم. دقت کنید در حالتی که عمود بر خطوط میدان حرکت کنیم ($\cos \alpha = 0$)، پتانسیل الکتریکی و انرژی پتانسیل الکتریکی ثابت می‌مانند.

مثال:

در شکل زیر بار الکتریکی $q = 5 \mu C$ درون میدان الکتریکی یکنواخت با بزرگی $200 \frac{N}{C}$ از A به B می‌رود. انرژی پتانسیل الکتریکی آن چند ژول و چگونه تغییر می‌کند؟



پاسخ:

ابتدا دقت کنید که بار مثبت در جهت میدان یعنی در جهت حرکت خودبه‌خودی حرکت کرده است و در نتیجه انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش یافته است. در ادامه مقدار کاهش انرژی را محاسبه می‌کنیم.

$$|\Delta U| = |Eqd \cos \alpha| = |200 \times 5 \times 10^{-6} \times 0.5 / \cos 37^\circ|$$

$$\rightarrow |\Delta U| = 4 \times 10^{-3} J$$

بنابراین انرژی پتانسیل الکتریکی بار به اندازه $4 \times 10^{-3} J$ کاهش یافته است.

۲- با تقسیم رابطه $\Delta U = -E|q|d \cos \alpha$ بر q می‌توانیم تغییرات پتانسیل الکتریکی یعنی ΔV را محاسبه کنیم.

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} = \frac{-E|q|d \cos \alpha}{q} = -Ed \cos \alpha$$

$$\rightarrow \boxed{\Delta V = -Ed \cos \alpha}$$

مثال:

بار الکتریکی $q = -20 nC$ از نقطه A تا B جابه‌جا می‌شود. اگر انرژی پتانسیل الکتریکی در این جابه‌جایی به اندازه $4 \mu J$ کاهش یابد، کار نیروی الکتریکی در این جابه‌جایی برابر میکروژول است و پتانسیل الکتریکی نقطه A به اندازه ولت از نقطه B است.

پاسخ:

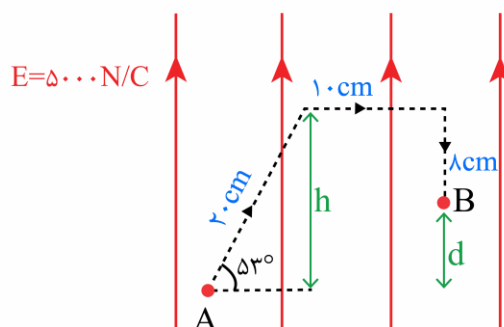
کار نیروی الکتریکی قرینه تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی است؛ بنابراین می‌توان نوشت:

$$W_E = -\Delta U = -(-4) = +4 \mu J$$

برای محاسبه اختلاف پتانسیل الکتریکی نیز می‌توان نوشت:

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} = \frac{-4 \times 10^{-6}}{-20 \times 10^{-9}} = 200 V \rightarrow V_B - V_A = 200 V$$

بنابراین پتانسیل الکتریکی نقطه A به اندازه ۲۰۰ ولت کمتر از پتانسیل الکتریکی نقطه B است.



برای محاسبه تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی، کافی است فقط جابه جایی در راستای میدان را در نظر بگیریم و مسیر حرکت اهمیتی ندارد. فاصله قائم بین نقاط A و B را به دست می آوریم:

$$h = 20 \sin 53^\circ = 20 \times 0.8 = 16 \text{ cm}$$

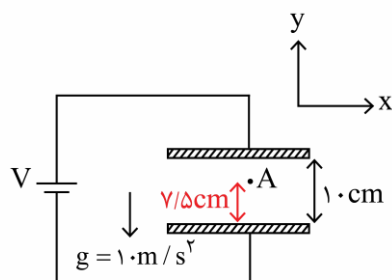
$$d = h - 8 \text{ cm} = 8 \text{ cm}$$

$$|\Delta U| = |Eqd_{\text{راستای میدان}}| = 5000 \times 12 \times 10^{-6} \times 8 \times 10^{-2} = 4/8 \times 10^{-3} \text{ J} = 4/8 \text{ mJ}$$

دقت کنید که چون بار منفی در جهت میدان حرکت کرده، انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش یافته است و $\Delta U > 0$ است؛ بنابراین انرژی پتانسیل الکتریکی بار، $4/8$ میلی ژول افزایش یافته است.

گروه آموزشی ماژ

۳۰- در شکل زیر، دو صفحه فلزی بزرگ به اختلاف پتانسیل ثابت V وصل شده اند و ذره ای با بار الکتریکی q در نقطه A در حال تعادل است. اگر صفحه بالایی را ۵ cm بالا ببریم و دوباره ذره را در نقطه A رها کنیم، بردار شتاب حرکت ذره چند واحد SI می شود؟



$$\frac{10}{3} \hat{j} \quad (1)$$

$$-\frac{10}{3} \hat{j} \quad (2)$$

$$\frac{20}{3} \hat{j} \quad (3)$$

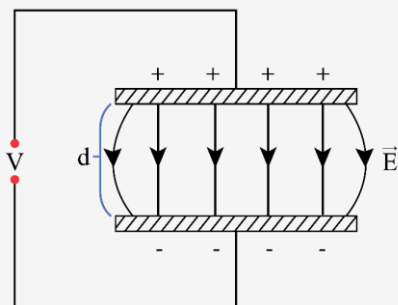
$$-\frac{20}{3} \hat{j} \quad (4)$$

(سخت - مفهومی / محاسباتی - ۱۱۰۱)

پاسخ: گزینه ۲

میدان الکتریکی یکنواخت

۱- اگر دو صفحه بزرگ فلزی را با بارهای +q و -q باردار کنیم و در مقابل هم در فاصله d قرار دهیم، میدان الکتریکی یکنواختی بین آن ها ایجاد می شود که اندازه آن از رابطه زیر به دست می آید:



$$E = \frac{V}{d}$$

۲- مطابق رابطه $E = \frac{V}{d}$ ، یکای میدان الکتریکی علاوه بر $\frac{\text{نیوتون}}{\text{کولن}}$ که در گذشته خواندیم، می تواند $\frac{\text{ولت}}{\text{متر}}$ هم باشد.

مثال:

دو صفحه بزرگ فلزی را به اختلاف پتانسیل ۲۰V وصل می کنیم و آن ها را در فاصله ۵ cm از هم قرار می دهیم. اندازه میدان الکتریکی بین دو صفحه چند واحد SI است؟

پاسخ:

مطابق رابطه $E = \frac{V}{d}$ داریم:

$$E = \frac{V}{d} = \frac{20}{5 \times 10^{-2}} = 400 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

$$F_E = |qE|$$



$$mg$$

در حالت اول، نیروی وزن و نیروی الکتریکی هم‌اندازه‌اند و یکدیگر را خنثی می‌کنند و در نتیجه ذره در حال تعادل قرار می‌گیرد.

$$\begin{cases} |qE| = mg \\ E = \frac{V}{d} \end{cases} \rightarrow \frac{|q|V}{d} = mg \rightarrow |q|V = mgd : (1) \text{ رابطه}$$

در حالت دوم، فاصله از $d = 10 \text{ cm}$ به $d' = 15 \text{ cm}$ رسیده است.

$$F'_E = |qE'|$$



$$mg$$

$$\begin{cases} F_{\text{net}} = |qE'| - mg \\ F_{\text{net}} = ma \end{cases} \rightarrow |qE'| - mg = ma$$

$$\frac{E' = \frac{V}{d'}}{\rightarrow} \frac{|q|V}{d'} - mg = ma$$

$$\xrightarrow{\text{رابطه (1): } |q|V = mgd} mg \frac{d}{d'} - mg = ma$$

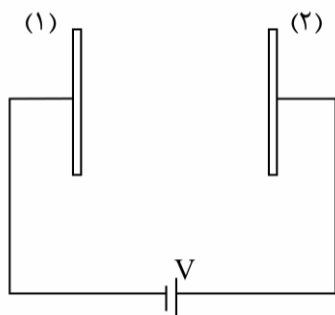
$$\xrightarrow{\frac{d}{d'} = \frac{10}{15} = \frac{2}{3}} \frac{2}{3} mg - mg = ma$$

$$\rightarrow -\frac{1}{3} mg = ma \rightarrow a = -\frac{g}{3} = -\frac{10}{3} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \Rightarrow \vec{a} = -\frac{10}{3} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) \vec{j}$$

اگر...

اگر زمان رسیدن ذره از نقطه A به صفحه پایینی را می‌خواستیم، پاسخ چه بود؟

گروه آموزشی ماز



۳۱- در شکل مقابل اختلاف پتانسیل الکتریکی V چند ولت باشد تا اگر یک ذره آلفا با تندی $8 \times 10^4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ از صفحه (۱) به سمت صفحه (۲) پرتاب شود، به صفحه (۲) نرسد؟ (از نیروی وزن صرف نظر کنید و بار و جرم ذره آلفا را به ترتیب $3.2 \times 10^{-19} \text{ C}$ و $6.6 \times 10^{-27} \text{ kg}$ فرض کنید).

(۱) بزرگتر از ۶۷ ولت

(۲) کوچکتر از ۶۷ ولت

(۳) بزرگتر از ۳۲ ولت

(۴) کوچکتر از ۳۲ ولت

(متوسط - مفهومی / محاسباتی - ۱۱۰۱)

پاسخ: گزینه ۱

پایستگی انرژی و انرژی پتانسیل الکتریکی

۱- در مسائلی که اتلاف انرژی نداریم و نیرویی جز نیروی الکتریکی روی ذره کار انجام نمی‌دهد، تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی و انرژی جنبشی، قرینه هم هستند؛ بنابراین برای محاسبه تغییرات انرژی جنبشی کافی است تغییرات انرژی پتانسیل را محاسبه کنیم و سپس آن را قرینه کنیم.

$$\Delta U + \Delta K = 0 \rightarrow \Delta K = -\Delta U$$

بنابراین با توجه به این که $|\Delta U| = |Eqd \cos \alpha|$ است، برای محاسبه 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 نقطه A به B برود. در نمودار زیر برخی از نکات مهم در مورد این جابه‌جایی را جمع‌آوری کرده‌ایم:

تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی برابر قرینه کار نیروی الکتریکی است: $\Delta U_E = -W_E$

اختلاف پتانسیل نقاط A و B برابر است با: $\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q}$

با حرکت در جهت میدان الکتریکی، پتانسیل الکتریکی نقاط عبوری کاهش می‌یابد.

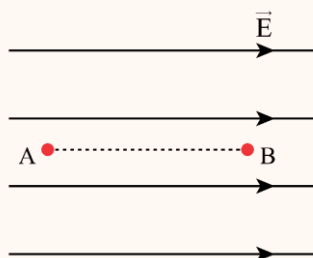
با حرکت در خلاف جهت میدان الکتریکی، پتانسیل الکتریکی نقاط عبوری افزایش می‌یابد.

با حرکت در جهت عمود بر میدان الکتریکی، پتانسیل الکتریکی ثابت می‌ماند.

در صورتی که فقط نیروی الکتریکی روی ذره کار انجام دهد، انرژی مکانیکی پایسته می‌ماند و تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی قرینه تغییرات انرژی جنبشی می‌شود: $\Delta U_E = -\Delta K$

مثال:

در شکل روبه‌رو، در میدان الکتریکی یکنواخت $\frac{10^5}{C} N$ ، ذره‌ای با بار الکتریکی $q = -5 \mu C$ از نقطه B بدون سرعت اولیه رها می‌شود. وقتی این ذره در مسیر مستقیم، ۲۰ سانتی‌متر جابه‌جا شده و به نقطه A می‌رسد، انرژی جنبشی آن چند ژول می‌شود؟ (از اثر گرانش و نیروهای مقاوم در مقابل حرکت ذره صرف‌نظر شود.)



پاسخ:

گام اول: بار منفی در خلاف جهت میدان حرکت کرده و از نقطه B به A می‌رسد؛ بنابراین انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش و انرژی جنبشی آن افزایش می‌یابد، پس $\Delta K > 0$ است.

گام دوم: برای محاسبه انرژی جنبشی می‌توان نوشت:

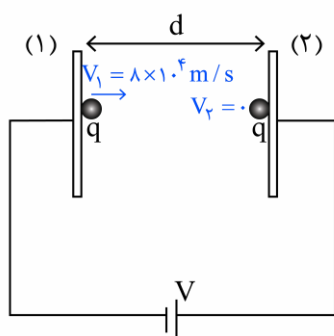
$$|\Delta K| = |Eqd \cos \alpha| = |10^5 \times 5 \times 10^{-6} \times 0.2| = 0.1 J$$

$$\Delta K > 0 \rightarrow \Delta K = +0.1 J$$

$$\rightarrow K_2 - \cancel{K_1^{\text{صفر}}} = 0.1 J \rightarrow K_2 = 0.1 J$$

پاسخ سنجی:

فرض کنید ذره دقیقاً تا صفحه (۲) برود و در کنار صفحه (۲)، تندی آن صفر شود. با استفاده از پایستگی انرژی می‌توان نوشت:



$$\Delta U + \Delta K = 0 \rightarrow qV + \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2) = 0$$

$$\rightarrow \frac{3}{2} \times 10^{-19} V + \frac{1}{2} \times \frac{6}{7} \times 10^{-27} \times (0 - (8 \times 10^4)^2) = 0$$

$$\rightarrow \frac{3}{2} \times 10^{-19} V = \frac{1}{2} \times \frac{6}{7} \times 10^{-27} \times 64 \times 10^8$$

$$\rightarrow V = \frac{64 \times 6 / 7}{2 \times 3 / 2} = 67 V$$

میدان الکتریکی بین صفحات به سمت چپ است و چون بار ذره آلفا، مثبت است؛ بنابراین نیروی الکتریکی وارد شده بر آن به سمت چپ است. حال اگر اختلاف پتانسیل بین صفحات، بیش تر از ۶۷ ولت باشد، طبق رابطه $E = \frac{V}{d}$ ، میدان، قوی تر بوده و نیروی الکتریکی وارد شده بر ذره آلفا که در خلاف جهت حرکت است، بیش تر می باشد و در نتیجه ذره قطعاً به صفحه سمت راست نمی رسد.

گروه آموزشی ماز

۳۲- فاصله بین صفحه های یک خازن تخت 0.3 mm و مساحت هریک از صفحه های آن 8 cm^2 است و خازن از ماده ای با ثابت دی الکتریک $\kappa = 2$ پر شده است. این خازن را با ولتاژ 2 kV شارژ می کنیم. اگر تمام انرژی این خازن، در مدت 0.2 ms تخلیه شود، این انرژی با چه توان متوسطی بر حسب وات،

تخلیه شده است؟ $(\epsilon_0 = 9 \times 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}})$

۴۸ (۴)

۹/۶ (۳)

۴/۸ (۲)

۹۶ (۱)

(سخت - محاسباتی - ۱۱۰۱)

پاسخ: گزینه ۲

ظرفیت خازن

با توجه به آن که هرچه اختلاف پتانسیل بین دو صفحه خازن بیش تر باشد، بار ذخیره شده در آن بیش تر می شود، نسبت بار ذخیره شده به اختلاف پتانسیل بین دو صفحه آن را ظرفیت خازن می نامند. ظرفیت خازن، عددی کاملاً ثابت است و آن را با C نشان می دهند و واحد آن فاراد یا کولن بر ولت است.

$$C = \frac{q}{V}$$

هنگامی که یک خازن به ظرفیت C توسط یک باتری با ولتاژ V باردار می شود، بار ذخیره شده در آن از رابطه $q = CV$ به دست می آید.

عوامل مؤثر بر ظرفیت خازن

تنها ویژگی های ساختمانی می توانند بر روی ظرفیت خازن مؤثر باشند.

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

میدان الکتریکی بین صفحه های خازن از روابط زیر به دست می آید:

$$E = \frac{V}{d} \rightarrow \text{اگر ولتاژ را داشته باشیم}$$

$$E = \frac{q}{\kappa \epsilon_0 A} \rightarrow \text{اگر بار را داشته باشیم}$$

انرژی ذخیره شده در خازن از روابط زیر به دست می آید:

$$\text{انرژی خازن} \rightarrow \begin{cases} U = \frac{1}{2} CV^2 \\ U = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} \\ U = \frac{1}{2} qV \end{cases}$$

مثال:

یک خازن تخت از صفحه هایی با مساحت 10^{-3} m^2 ساخته شده است که در فاصله 5 mm از هم قرار گرفته اند و بین صفحه ها هوا است. اگر این خازن را به اختلاف پتانسیل 20 V متصل کنیم تا شارژ شود، به سؤالات زیر پاسخ دهید.

الف: ظرفیت خازن چند نانوفاراد است؟ $(\epsilon_0 = 9 \times 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}})$

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} = 1 \times 9 \times 10^{-12} \times \frac{10^{-3}}{0.5 \times 10^{-3}} = 18 \times 10^{-12} \text{ F} = 0.18 \text{ nF}$$

ب: بزرگی میدان الکتریکی بین صفحه های خازن چند واحد SI است؟

$$E = \frac{V}{d} = \frac{20}{0.5 \times 10^{-3}} = 4 \times 10^4 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

پ: بار ذخیره شده در خازن چند نانوکولن است؟

$$q = CV \rightarrow q = 0.18 \times 20 = 0.36 \text{ nC}$$

ت: انرژی ذخیره شده در خازن چند نانوژول است؟

$$U = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times 0.18 \times 20^2 = 36 \text{ nJ}$$

پاسخ تشریحی:

گام اول:

محاسبه ظرفیت خازن تخت (C):

با استفاده از رابطه $C = \frac{\kappa \epsilon_0 A}{d}$ ، ظرفیت خازن تخت (C) را محاسبه می کنیم:

$$C = \frac{\kappa \epsilon_0 A}{d} = \frac{2 \times 9 \times 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}} \times 8 \times 10^{-4} \text{ m}^2}{0.2 \text{ mm} = 0.2 \times 10^{-3} \text{ m} = 2 \times 10^{-4} \text{ m}} \rightarrow C = \frac{2 \times 9 \times 10^{-12} \times 8 \times 10^{-4}}{2 \times 10^{-4}} \rightarrow C = 48 \times 10^{-11} \text{ F}$$

گام دوم:

محاسبه انرژی ذخیره شده در خازن (U):

می دانیم انرژی ذخیره شده در خازن، از روابط $U = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$ به دست می آید. با توجه به این که ظرفیت خازن (C) و همچنین اختلاف پتانسیل

دو صفحه خازن (V) را داریم، برای محاسبه انرژی ذخیره شده در خازن (U)، از رابطه $U = \frac{1}{2} CV^2$ استفاده می کنیم:

$$U = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times 48 \times 10^{-11} \text{ F} \times (2 \times 10^3 \text{ V})^2 \rightarrow U = \frac{1}{2} \times 48 \times 10^{-11} \times (2 \times 10^3)^2$$

$$\rightarrow U = \frac{1}{2} \times 48 \times 10^{-11} \times 4 \times 10^6 \rightarrow U = 96 \times 10^{-5} \text{ J}$$

گام آخر:

برای محاسبه این که انرژی ذخیره شده در خازن با چه توان متوسطی (P) بر حسب وات، تخلیه شده است، می توان نوشت:

$$P = \frac{U}{t} = \frac{96 \times 10^{-5} \text{ J}}{t = 0.2 \text{ ms} = 0.2 \times 10^{-3} \text{ s} = 2 \times 10^{-4} \text{ s}} \rightarrow P = \frac{96 \times 10^{-5}}{2 \times 10^{-4}} \rightarrow P = 48 \times 10^{-1} \text{ W} = 4.8 \text{ W}$$

گروه آموزشی ماز

۳۳- خازن تختی که بین صفحه های آن هوا است به یک باتری متصل می باشد. اگر در همین حالت، دی الکتریکی با ثابت ۴ فاصله بین صفحه های خازن را پر کند، ظرفیت و بار الکتریکی خازن چگونه تغییر می کنند؟

۱ - ۱ (۴)

۴ - ۴ (۳)

۴ - ۱ (۲)

۱ - ۴ (۱)

(آسان - مفهومی - ۱۱۰۱)

پاسخ: گزینه ۳

نکته:

هنگامی که در ویژگی های یک خازن تغییر ایجاد کنیم، دو حالت زیر امکان پذیر است:

۱- خازن به باتری وصل باشد: در این حالت ولتاژ خازن ثابت می ماند.

۲- خازن شارژ شده و از باتری جدا شده باشد: در این حالت بار خازن ثابت می ماند.

پاسخ تشریحی:

گام اول:

بررسی ظرفیت خازن:

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{\kappa_2}{\kappa_1} = \frac{4}{1} = 4$$

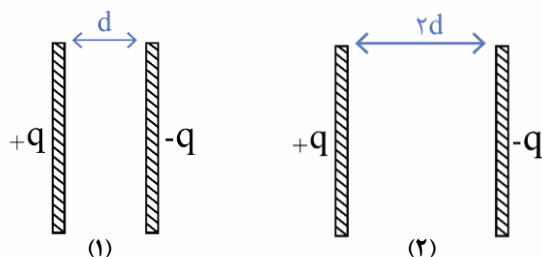
گام آخر:

بررسی بار الکتریکی خازن:

$$q = CV \rightarrow \frac{q_2}{q_1} = \frac{C_2}{C_1} \times \frac{V_2}{V_1} = 4 \times 1 = 4$$

گروه آموزشی ماز

۳۴- دو خازن در شکل زیر بار الکتریکی برابری دارند. اگر صفحه‌های مثبت و منفی هر خازن را به هم وصل کنیم، جرقه‌ای زده می‌شود. به ترتیب از راست به چپ، جرقه حاصل از تماس صفحه‌های کدام خازن بزرگ‌تر است و میدان الکتریکی اولیه بین صفحه‌های خازن (۱) چند برابر خازن (۲) است؟ (صفحه‌های دو خازن هم‌اندازه است و بین صفحه‌ها هوا است.)



- (۱) خازن (۱)، ۲
- (۲) خازن (۱)، ۱
- (۳) خازن (۲)، ۲
- (۴) خازن (۲)، ۱

(متوسط - مفهومی / محاسباتی - ۱۱۰۱)

پاسخ: گزینه ۴

نکته:

با وصل کردن صفحات یک خازن به یکدیگر، به دلیل تخلیه بار خازن، انرژی خازن نیز تخلیه شده و جرقه‌ای ایجاد می‌شود. این نکته را در نظر داشته باشید که شدت جرقه حاصل از به هم وصل کردن صفحات خازن به انرژی ذخیره شده در آن بستگی دارد. هرچه انرژی ذخیره شده در خازن بیش‌تر باشد، با اتصال صفحات آن به یکدیگر، جرقه شدیدتری حاصل خواهد شد.

پاسخ تشریحی:

گام اول:

نسبت ظرفیت خازن‌ها برابر است با:

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{d}{2d} = \frac{1}{2}$$

گام دوم:

نسبت انرژی خازن‌ها برابر است با:

$$U = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} \xrightarrow{q \text{ برابر}} \frac{U_2}{U_1} = \frac{C_1}{C_2} = 2$$

انرژی خازن (۲) بزرگ‌تر است و در نتیجه جرقه بزرگ‌تری ایجاد می‌کند.

گام آخر:

میدان الکتریکی بین صفحه‌های یک خازن تخت از رابطه $E = \frac{q}{\kappa \epsilon_0 A}$ به دست می‌آید که q ، κ و A برای هر دو خازن یکسان است؛ بنابراین میدان الکتریکی دو خازن هم‌اندازه است.

گروه آموزشی ماز

۳۵- چگالی سطحی بار کره‌های رسانا و مشابه A و B با شعاع 10 cm ، به ترتیب برابر $2 \frac{\mu\text{C}}{\text{m}^2}$ و $5 \frac{\text{nC}}{\text{cm}^2}$ است. اگر دو کره را به هم تماس دهیم و سپس جدا

کنیم، بار الکتریکی هر کره، چند کولن خواهد شد؟ ($\pi \approx 3$)

$$6 \times 10^{-7} \text{ (۴)}$$

$$2/4 \times 10^{-7} \text{ (۳)}$$

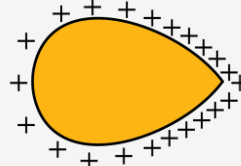
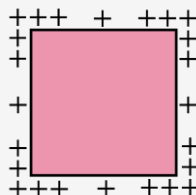
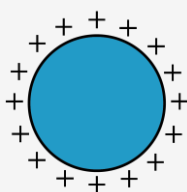
$$8/4 \times 10^{-7} \text{ (۲)}$$

$$4/2 \times 10^{-7} \text{ (۱)}$$

چگالی سطحی

چگالی سطحی بار الکتریکی رسانا: برای این که بتوانیم تراکم بار الکتریکی در بخش های مختلف سطح یک جسم را باهم مقایسه کنیم کمیتی به نام چگالی سطحی بار را تعریف می کنیم. درواقع چگالی سطحی، پارامتری است که تراکم بار در قسمت های مختلف یک جسم را نشان می دهد:

$$\sigma = \frac{q}{A}$$



در رابطه بالا، A مساحت سطحی است که بار در آن پخش شده است.

q، بار و σ (بخوانید سیگما)، چگالی سطحی بار است.

یکای چگالی سطحی بار الکتریکی:

$$\sigma = \frac{q}{A} \rightarrow [\sigma] = \frac{[q]}{[A]} \rightarrow [\sigma] = \frac{C}{m^2}$$

پاسخ سریعی:

گام اول:

بار الکتریکی هر کره برابر است با:

$$q_A = \sigma_A \times 4\pi r^2 = 2 \times 10^{-6} \times 4 \times 3 \times (0.1)^2 = 2/4 \times 10^{-7} C$$

$$q_B = \sigma_B \times 4\pi r^2 = 0.5 \times \frac{10^{-9}}{10^{-4}} \times 4 \times 3 \times (0.1)^2 = 6 \times 10^{-7} C$$

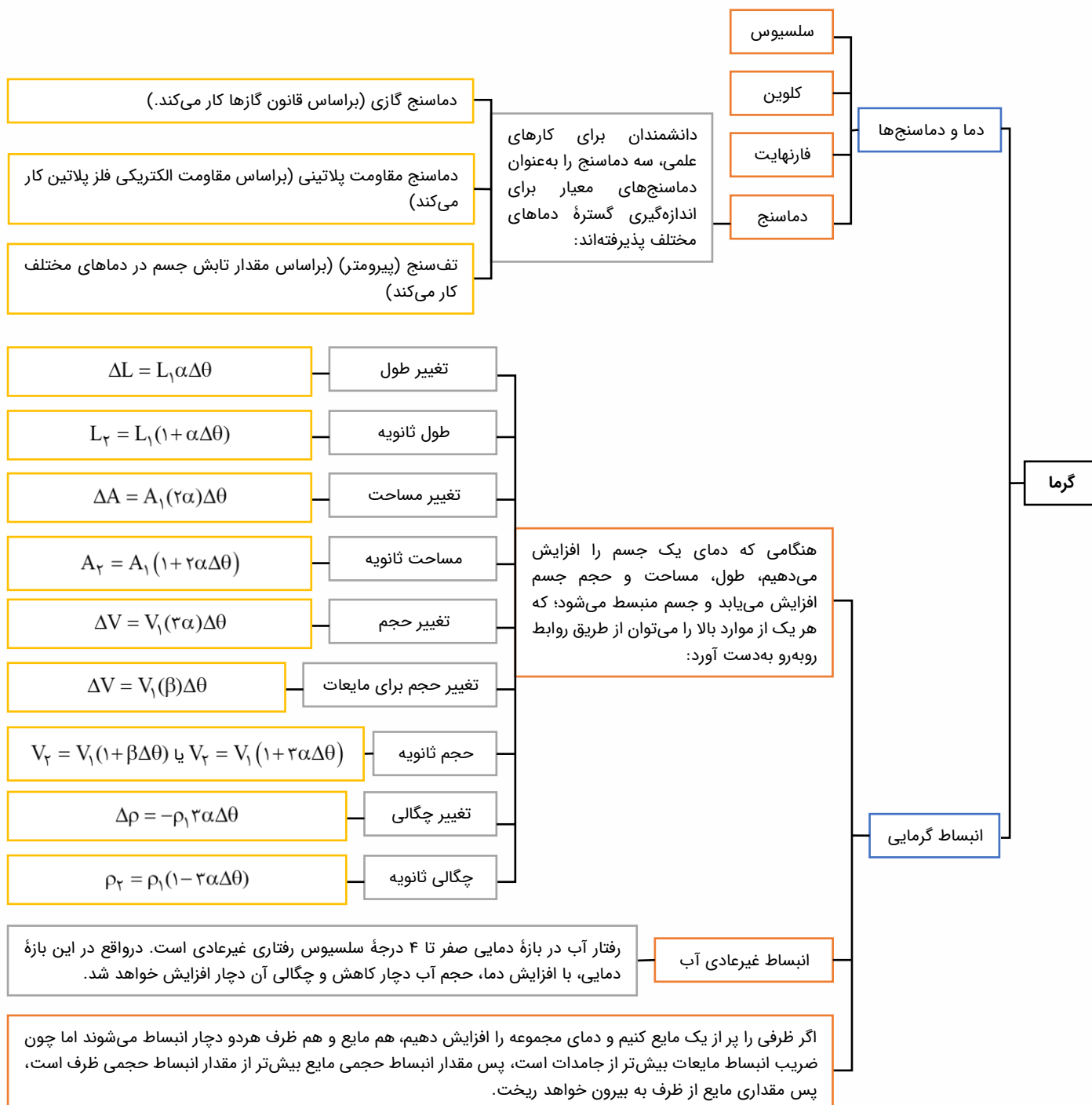
$$\frac{C}{m^2} \text{ به } \frac{nC}{cm^2} \text{ تبدیل}$$

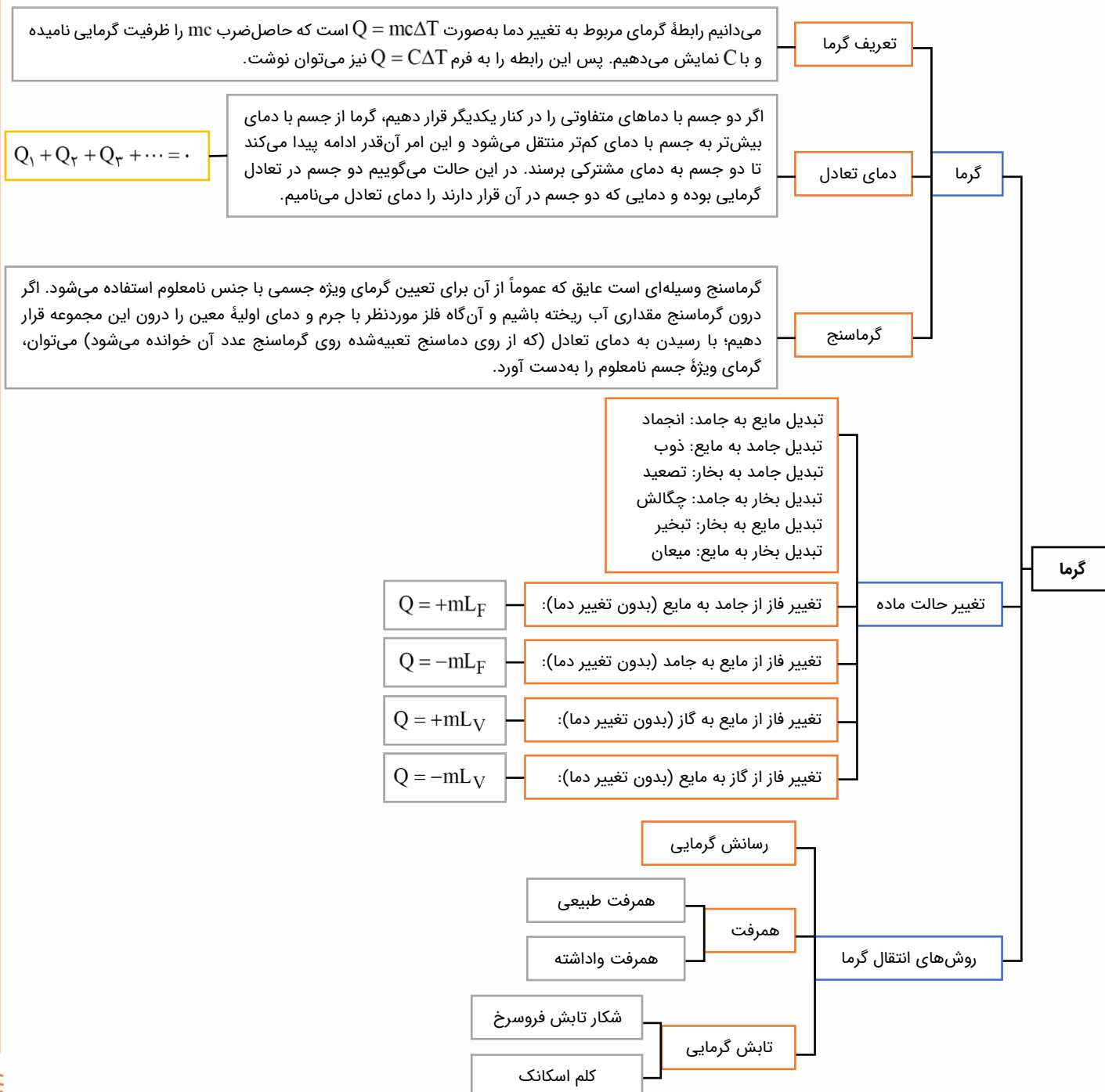
گام آخر:

پس از تماس کره ها به هم، بار الکتریکی به طور مساوی بین آن ها تقسیم می شود؛ بنابراین بار نهایی هر کره برابر است با:

$$q_{\text{نهایی}} = \frac{q_A + q_B}{2} = \frac{2/4 \times 10^{-7} + 6 \times 10^{-7}}{2} = 4/2 \times 10^{-7} C$$

گروه آموزشی ماز





ترمودینامیک

معادله حالت

معادله حالت $(PV = nRT)$ رابطه بین پارامترهای ترمودینامیکی یک گاز را مشخص می‌شود.

تبادل انرژی

تبادل انرژی بین محیط و دستگاه از دو طرق **گرما** و **کار** صورت می‌گیرد و معمولاً فرض می‌شود که دستگاه در حین تبادل گرما، در تماس با یک **منبع گرما** است.

انرژی درونی و قانون اول ترمودینامیک

انرژی درونی یک گاز کامل **فقط تابع دمای مطلق گاز** است.

$$\Delta U = W + Q$$

اگر دستگاهی در فرآیندی، گرمای Q را بگیرد و کار W روی آن انجام شود، تغییر انرژی درونی آن حاصل جمع جبری کار و گرمای مبادله شده خواهد بود. به این رابطه قانون اول ترمودینامیک گفته می‌شود:

در این فرایند حجم دستگاه ثابت است؛ بنابراین در این فرایند کار صفر است.

برای مقدار معینی از گاز کامل، در فرایند هم‌حجم، اگر گاز گرما بگیرد، فشار و دمای آن هر دو افزایش می‌یابند و اگر گرما از دست بدهد، فشار و دمای آن هر دو کاهش می‌یابند.

فرایند هم‌حجم

در این فرایند فشار دستگاه ثابت است. برای مقدار معینی از گاز کامل، در فرایند هم‌فشار، اگر گاز گرما بگیرد، حجم و دمای آن هر دو افزایش می‌یابند و اگر گرما از دست بدهد، حجم و دمای آن هر دو کاهش می‌یابند.

فرایند هم‌فشار

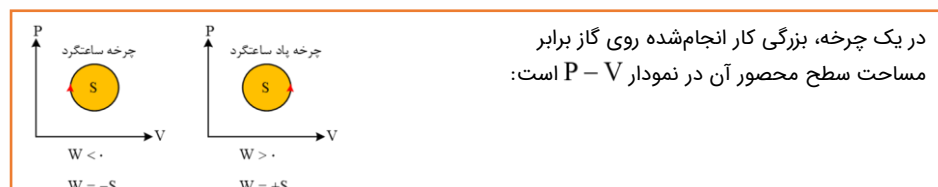
در این فرایند دمای دستگاه ثابت است. برای مقدار معینی از گاز کامل، در فرایند هم‌دما، فشار و حجم باهم رابطه معکوس (وارون) دارند. اگر گاز گرما بگیرد، حجم آن افزایش یافته و فشار آن کاهش می‌یابد و اگر گاز گرما از دست بدهد، حجم آن کاهش یافته و فشار آن افزایش می‌یابد.

فرایند هم‌دما

در این فرایند بین دستگاه (گاز) و محیط، گرما مبادله نمی‌شود. برای انجام دادن این فرایند یا باید دستگاه را کاملاً عایق‌بندی کنیم و سپس عمل تراکم یا انبساط به آهستگی انجام دهیم و یا این‌که گاز را چنان به سرعت متراکم یا منبسط کنیم که گاز فرصت تبادل گرما با محیط را پیدا نکند.

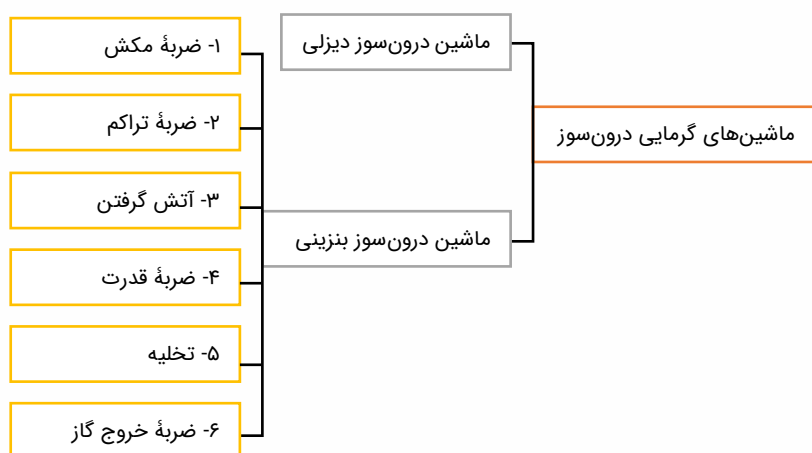
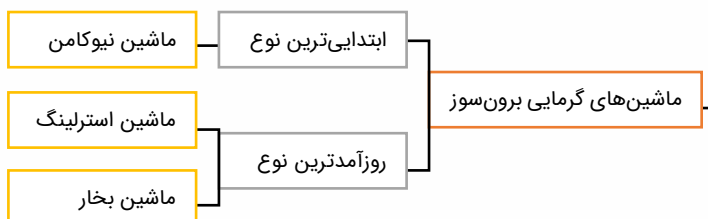
فرایند بی‌دررو

$$\Delta U = Q + W = 0 + W$$



چرخه ترمودینامیکی

ترمودینامیک



ماشین های گرمایی

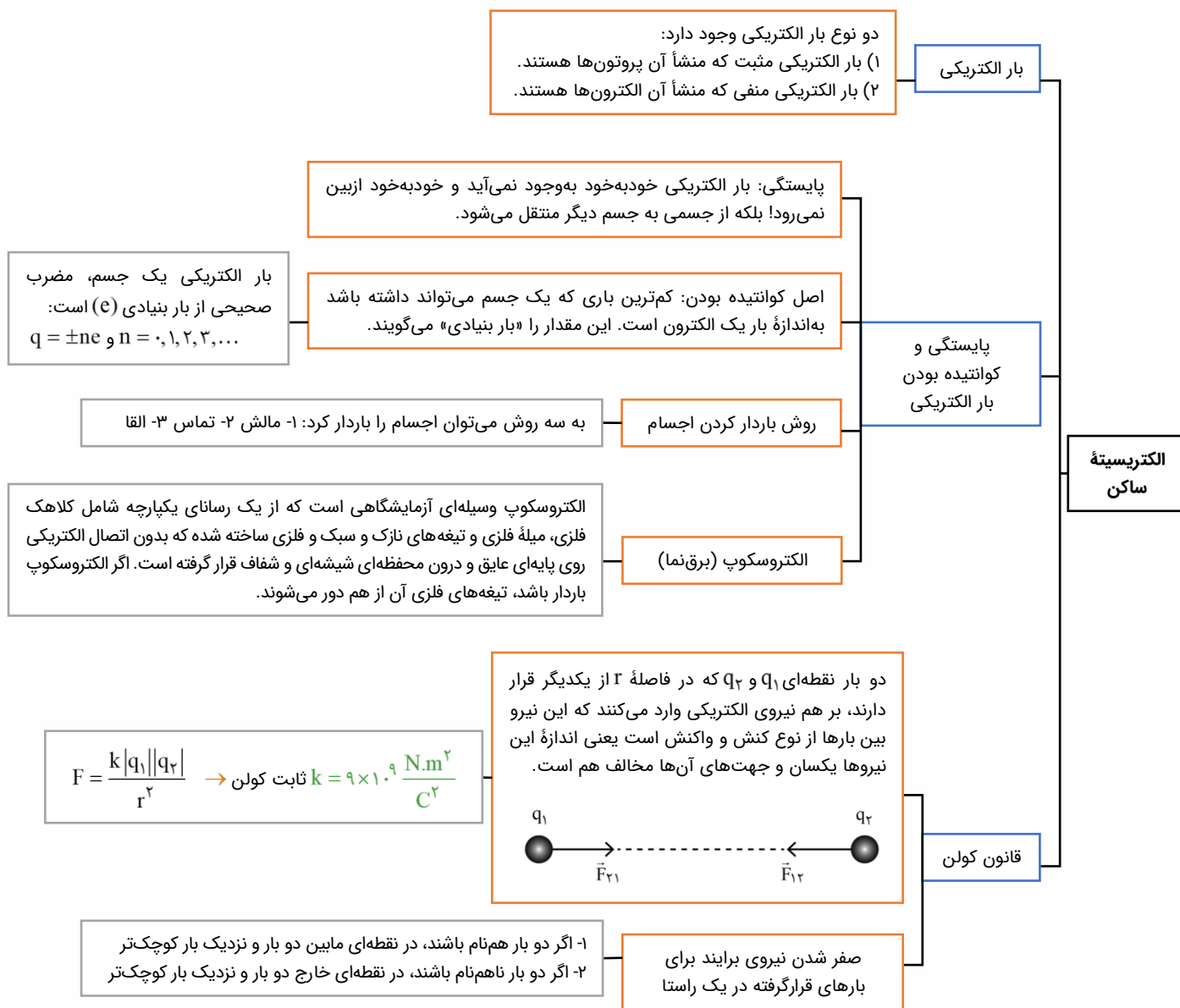
بازده ماشین گرمایی

در ماشین های گرمایی، انرژی مفید خروجی همان کار $|W|$ و انرژی داده شده به ماشین، همان گرمای Q_H است؛ بنابراین برای بازده هر ماشین گرمایی داریم:

$$\eta = \frac{|W|}{Q_H} = \frac{Q_H - |Q_L|}{Q_H} \rightarrow \eta = 1 - \frac{|Q_L|}{Q_H}$$

اگر بازده برحسب درصد خواسته شد، نسبت به دست آمده در بالا را در ۱۰۰ ضرب می کنیم.





الکتریسیته ساکن

میدان الکتریکی

هر بار الکتریکی در فضای اطراف خود خاصیتی ایجاد می‌کند که به موجب آن به هر بار دیگری که در آن فضا باشد، نیروی الکتریکی وارد می‌کند. این خاصیت، میدان الکتریکی نام دارد.

$$E = \frac{k|q|}{r^2} \rightarrow \text{اندازه میدان الکتریکی در فاصله } r \text{ از } q$$

اگر یک بار الکتریکی وارد میدان بار الکتریکی دیگری شود، به آن نیرویی وارد می‌شود که از رابطه روبه‌رو به دست می‌آید:

$$F = E|q|$$

خطوط میدان الکتریکی

خط‌های میدان در هر نقطه، هم‌جهت با نیروی وارد بر بار مثبت واقع در آن نقطه است. خطوط میدان الکتریکی به صورت شعاعی، از بار مثبت خارج و به بار منفی وارد می‌شود. میدان الکتریکی کمیتی برداری است و میدان الکتریکی در هر نقطه، برداری مماس بر خط میدان عبوری از آن نقطه و هم‌جهت با خط میدان است. میزان تراکم خطوط میدان الکتریکی، نشان‌دهنده بزرگی میدان است. هر جا خطوط میدان به یکدیگر نزدیک‌تر و فشرده‌تر و پرتراکم‌تر باشند، میدان در آن ناحیه بزرگ‌تر است و بالعکس.

خطوط میدان، یکدیگر را قطع نمی‌کنند، یعنی از هر نقطه از فضا یک خط میدان می‌گذرد که همان میدان الکتریکی برآیند است. تعداد خط‌های میدان الکتریکی که از یک بار الکتریکی خارج یا به آن داخل می‌شوند، با اندازه آن بار متناسب است. خط میدان در نزدیکی بار بزرگ‌تر، خمیدگی کم‌تری دارد.

کار نیروی الکتریکی

فرض کنید ذره‌ای با بار الکتریکی q در میدان الکتریکی یکنواخت $\vec{E}$ به اندازه d جابه‌جا شود. نیروی الکتریکی وارد بر بار $F_E = E|q|$ و کاری که نیروی الکتریکی روی بار انجام می‌دهد برابر است با:

$$W_E = E|q|d \cos \theta$$

نکته: طبق قضیه کار و انرژی، کار کل انجام‌شده روی یک جسم برابر تغییر انرژی جنبشی آن است:

$$W_t = \Delta K$$

انرژی پتانسیل الکتریکی

تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار در یک جابه‌جایی، همواره برابر با منفی کار نیروی الکتریکی وارد بر آن بار در آن جابه‌جایی است.

$$\Delta U_E = -W_E \Rightarrow \Delta U_E = -E|q|d \cos \theta$$

اگر جهت جابه‌جایی بار، در خلاف تمایل حرکت بار باشد، آن‌گاه $W_E < 0$ و انرژی پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد ($\Delta U_E > 0$) و اگر جهت جابه‌جایی بار، مطابق تمایل حرکت بار باشد، آن‌گاه $W_E > 0$ و انرژی پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد ($\Delta U_E < 0$).

اختلاف پتانسیل الکتریکی

به تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بر یکای بار الکتریکی در جابه‌جایی بین دو نقطه از میدان الکتریکی، اختلاف پتانسیل الکتریکی می‌گویند (تعریف کمی) و از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\Delta V_E = \frac{\Delta U_E}{q} = \frac{-W_E}{q} \Rightarrow |\Delta V_E| = E|d'|$$

$\xrightarrow{\text{در جهت میدان باشد}} \Delta V = -E|d'|$
 $\xrightarrow{\text{در خلاف جهت میدان باشد}} \Delta V = +E|d'|$

اندازه جابه‌جایی در راستای میدان

باتری

هر باتری از دو پایانه تشکیل شده است، یکی مثبت و دیگری منفی. هنگامی که می‌گوییم باتری ۱۲ ولت است، یعنی پتانسیل الکتریکی پایانه مثبت (V_+) به اندازه ۱۲ ولت از پتانسیل الکتریکی پایانه منفی (V_-) بیش‌تر است.

۱) جسم نارسانا: بار داده شده به جسم نارسانا در همان محل باقی می ماند.

۲) جسم رسانای منزوی: بار داده شده به جسم رسانای منزوی، فقط روی سطح خارجی رسانا پخش می شود و هیچ باری داخل جسم رسانا باقی نمی ماند و این ربطی به توپر یا توخالی بودن جسم رسانا ندارد.

اگر به جسم نارسانا و رسانای منزوی (جسمی که با فضای اطراف خود، بار الکتریکی مبادله نمی کند) بار الکتریکی بدهیم، بار به صورت زیر پخش می شود:

توزیع بار الکتریکی در اجسام رسانا

الکتریسیته ساکن

رابطه مداری خازن

$$C = \frac{q}{V} \text{ یا } q = CV \text{ یا } V = \frac{q}{C}$$

عوامل مؤثر بر ظرفیت خازن

$$C = \frac{\kappa \epsilon_0 A}{d}$$

انرژی ذخیره شده در خازن

$$U = \frac{1}{2} CV^2 \text{ یا } U = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} \text{ یا } U = \frac{1}{2} qV$$

تحلیل میدان الکتریکی بین صفحه های خازن

اگر خازن به مولد وصل است، حتماً از رابطه $E = \frac{V}{d}$ حل کنید؛ زیرا V ثابت است.

اگر خازن شارژ شده را از باتری جدا کنند، از رابطه $E = \frac{q}{\kappa \epsilon_0 A}$ حل کنید؛ زیرا q ثابت است.