



جمعه

۱۴۰۳/۰۱/۰۳



دوره جمع بندی دوینگ ماز

گروه آزمایشی علوم ریاضی و فنی
دفترچه پاسخ فیزیک
(فصل ۲ تا ۴ یازدهم)

ویراستاران	طراحان	مسئول درس	درس
محمد جواد سورچی پویا هدایتی	سجاد صادقی زاده مهدی پارسا سعید احمدی	سجاد صادقی زاده سعید احمدی	فیزیک

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...

رسیدیم به فصل خیلی مهم جریان الکتریکی از فیزیک یازدهم و همچنین مباحث مربوط به «مغناطیس» و «القای الکترومغناطیسی» که توی دو فصل از کتاب درسی قرار گرفته. کلی تست خوب که منتظر مونه! بچه‌ها با توجه به روند سؤالات کنکور توی چند سال گذشته، تصمیم گرفتیم بیش‌تر تمرکزمون رو توی سؤالات این فصل روی حل مدار و سؤالات متنوع مربوط به اونا بذاریم.

فصل ۲ فیزیک یازدهم

۱- مباحث اصلی این فصل چیا هستن؟

این فصل قسمت‌های مهم زیادی داره که معمولاً همه اونا به‌صورت ترکیبی توی حل مدارها به‌کار میرن و به همین خاطر شاید لیست کردن مباحث این فصل خیلی کار درستی نباشه! ولی به هر حال می‌تونیم مباحث رو مطابق نمودار زیر در نظر بگیریم.



البته باز تأکید می‌کنم که مباحث این فصل درهم تنیده هستند و تقسیم‌بندی بالا چندان مهم نیست.

۲- چرا این فصل مهمه؟

بچه‌ها این فصل از اون فصلای سخت فیزیکه که تعداد زیادی از دانش‌آموزا نمی‌تونن سؤالاتش رو جواب بدن و از طرفی تعداد سؤالاتش هم در کنکور قابل‌توجهه، پس هر کدومتون که بتونه سؤالات این فصل رو حل کنه، یه قدم از بقیه رقیباش جلوتره!

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	۴	۴	۴	۳	۳
ریاضی	۴	۴	۴	۳	۳

فصل ۳ و ۴ فیزیک یازدهم

۱- مباحث اصلی این فصل چیا هستن؟

توی نمودارهای زیر سرفصل‌های مهم این مبحث رو براتون آوردیم:



توی این آزمون سعی کردیم از همهٔ سرفصل‌های بالا، تست‌های متنوعی رو براتون آماده کنیم.

۲- چرا این فصل مهمه؟

جواب دادن به سؤالی کنکور از این مباحث خیلی کار سختی نیست، چون تست‌های اونا معمولاً تیپ‌های تکراری و مشخصی داره که توی کنکورهای اخیر همیشه داره تکرار می‌شه و ما هم سعی کردیم توی آزمون‌هامون بیش‌تر این تیپ سؤالات رو براتون پوشش بدیم. پس یادتون باشه اگه سؤالی کنکور چند سال اخیر و سؤالی دوپینگ رو خوب بررسی کنین، شانس خیلی خوبی برای جواب دادن به تست‌های این فصل دارین!

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

قبل از این‌که بریم سراغ سؤالی آزمون خودمون، می‌تونین توی جدول زیر تعداد تست‌هایی که از «مغناطیس» و «القای الکترومغناطیسی» در کنکورهای اخیر اومده رو ببینین!

سال	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱	۱۴۰۲ (نوبت اول)	۱۴۰۲ (نوبت دوم)
رشته					
تجربی	۲	۲	۳	۳	۳
ریاضی	۴	۵	۴	۴	۴

۱- چه تعداد از عبارت‌های زیر صحیح است؟

الف: اگر اختلاف پتانسیل دو سر یک سیم فلزی صفر باشد، شارش بار خالصی از هر مقطع سیم نخواهیم داشت.

ب: در سیم فلزی که اختلاف پتانسیل دو سر آن صفر است، الکترون‌ها با تندی از مرتبه $10^{-6} \frac{m}{s}$ در جهت کاتوره‌ای حرکت می‌کنند.

پ: اگر دو سر یک سیم فلزی را به یک باتری وصل کنیم، در آن میدان الکتریکی به وجود می‌آید که باعث ایجاد جریان الکتریکی در خلاف جهت میدان می‌شود.

ت: هر آمپر-ساعت معادل 3.6×10^5 کولن است.

۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

(آسان - مفهومی / خطبه خط کتاب درسی - ۱۱۰۲)

پاسخ: گزینه ۱

جریان الکتریکی

شکل مقابل حرکت الکترون‌ها را درون یک رسانای فلزی در حضور میدان الکتریکی نشان می‌دهد.



در مورد این شکل به نکات زیر توجه کنید:

- ۱- در غیاب میدان الکتریکی، الکترون‌ها به صورت کاتوره‌ای و تصادفی در همه جهت‌ها حرکت می‌کنند و بار الکتریکی به طور خالص منتقل نمی‌شود؛ بنابراین جریان الکتریکی درون رسانا ایجاد نمی‌شود.
- ۲- در حضور میدان الکتریکی، الکترون‌ها با سرعتی متوسط موسوم به سرعت سوق در خلاف جهت میدان الکتریکی حرکت می‌کنند. علت این حرکت آن است که میدان الکتریکی نیرویی در خلاف جهت میدان به الکترون‌ها وارد می‌کند.
- ۳- به دلیل حرکت الکترون‌ها با سرعت سوق در خلاف جهت میدان، بار الکتریکی منفی به طور خالص در خلاف جهت میدان الکتریکی به حرکت درمی‌آید؛ بنابراین جریان الکتریکی در جهت میدان الکتریکی در رسانا ایجاد می‌شود. دقت کنید که طبق قرارداد، جهت جریان الکتریکی هم‌جهت با حرکت بارهای مثبت یا به عبارت دیگر در خلاف جهت حرکت بارهای منفی است.
- ۴- میدان الکتریکی و جریان الکتریکی هم‌جهت هستند، درحالی‌که جهت سرعت سوق الکترون‌ها در خلاف جهت آن‌هاست.
- ۵- سرعت سوق الکترون‌ها بسیار کم و از مرتبه $10^{-4} \frac{m}{s}$ است، در صورتی‌که سرعت حرکت کاتوره‌ای آن‌ها بسیار زیاد و از مرتبه $10^6 \frac{m}{s}$ است.
- ۶- آهنگ شارش بار الکتریکی در یک سیم معادل با جریان الکتریکی گذرنده از آن سیم است.

$$I_{av} = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

Δq : بار الکتریکی شارش شده با یکای کولن

Δt : مدت زمان عبور بار الکتریکی با یکای ثانیه

I_{av} : جریان الکتریکی متوسط با یکای آمپر

۷- یکای جریان الکتریکی برابر آمپر (A) است که معادل با $\frac{کولن}{ثانیه}$ می‌باشد. دقت کنید که آمپر یکی از هفت یکای اصلی SI می‌باشد.

۸- طبق رابطه $\Delta q = I_{av} \Delta t$ ، علاوه بر کولن، می‌توان یکای (آمپر-ساعت) را هم برای بار الکتریکی استفاده کرد. هر (آمپر-ساعت) معادل با ۳۶۰۰ کولن است.

۹- در سؤالاتی که تعداد الکترون‌های عبوری از مقطع رسانا را در مدت زمان Δt می‌خواهیم، می‌توان به صورت زیر عمل کرد:

$$\begin{cases} I_{av} = \frac{\Delta q}{\Delta t} \\ \Delta q = ne \end{cases} \rightarrow I_{av} = \frac{ne}{\Delta t} \rightarrow n = \frac{I_{av} \Delta t}{e}$$

پاسخ تشریحی:

بررسی موارد:

الف: اگر اختلاف پتانسیل دو سر یک سیم صفر باشد، جریانی در آن به وجود نمی‌آید. (✓)

ب: سرعت حرکت کاتوره‌ای الکترون‌ها بسیار زیاد و از مرتبه $10^6 \frac{m}{s}$ است. (*)

پ: جریان الکتریکی در جهت میدان الکتریکی ایجاد می‌شود. (*)

ت: هر آمپر-ساعت معادل ۳۶۰۰ C است. (*)

- ۲- دو سر یک سیم آهنی به مقاومت 2Ω را به اختلاف پتانسیل $16V$ وصل کرده ایم. در هر ثانیه الکترون به طور خالص از هر مقطع سیم عبور می کند و اگر دمای سیم افزایش یابد، تعداد این الکترون ها می یابد. ($e = 1.6 \times 10^{-19} C$)
- (۱) 5×10^{19} ، کاهش (۲) 5×10^{19} ، افزایش (۳) 10^{20} ، کاهش (۴) 10^{20} ، افزایش

(آسان - مفهومی / محاسباتی - ۱۱۰۲)

پاسخ: گزینه ۱

قانون اهم

۱- مطابق قانون اهم، رابطه ولتاژ و جریان برای یک مقاومت الکتریکی به صورت زیر است:

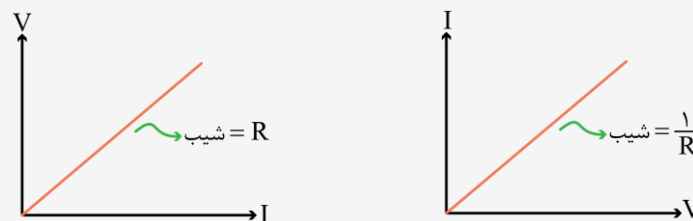
$$V = RI$$

V : اختلاف پتانسیل با یکای ولت

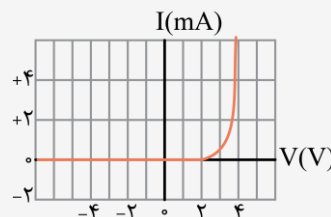
I : جریان الکتریکی با یکای آمپر

R : مقاومت الکتریکی با یکای اهم

۲- مطابق قانون اهم، نمودار تغییرات ولتاژ یک مقاومت بر حسب جریان الکتریکی آن و نمودار جریان الکتریکی بر حسب ولتاژ، مطابق شکل زیر به صورت یک خط صعودی است.



۳- مقاومت های الکتریکی به دو دسته اهمی و غیراهمی تقسیم می شوند. مقاومت های اهمی از قانون اهم پیروی می کنند که در نکته قبل با آن ها آشنا شدیم. برخلاف مقاومت های اهمی که ولتاژ و جریان باهم رابطه مستقیم و خطی دارند، ولتاژ و جریان مقاومت های غیراهمی دارای رابطه غیرخطی هستند، مثلاً شکل زیر نمودار جریان-ولتاژ برای یک دیود نورگسیل (LED) را نشان می دهد که یک مقاومت غیراهمی می باشد.



دقت کنید که در دمای ثابت نسبت ولتاژ به جریان $(\frac{V}{I})$ در مقاومت های اهمی همواره ثابت است، درحالی که این نسبت در مقاومت های غیراهمی متغیر می باشد.

پاسخ تشریحی:

گام اول:

جریان الکتریکی گذرنده از مقاومت برابر است با:

$$I = \frac{V}{R} \rightarrow I = \frac{16}{2} = 8A$$

گام آخر:

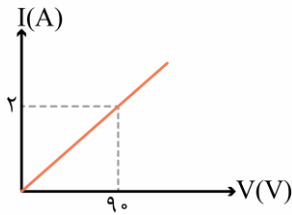
تعداد الکترون هایی که در هر ثانیه از هر مقطع سیم می گذرند برابر است با:

$$\begin{cases} \Delta q = I \Delta t \\ \Delta q = ne \end{cases} \rightarrow ne = I \Delta t \rightarrow n = \frac{I \Delta t}{e} \rightarrow n = \frac{8 \times 1}{1.6 \times 10^{-19}} = 5 \times 10^{19}$$

دقت کنید که با افزایش دمای مقاومت فلزی، مقدار مقاومت آن نیز افزایش می یابد؛ بنابراین جریان الکتریکی و تعداد الکترون ها کاهش می یابند.

گروه آموزشی ما

۳- نمودار جریان عبوری از یک سیم فلزی بر حسب ولتاژ دو سر آن، مطابق شکل زیر است. اگر جرم سیم فلزی $11/4\text{g}$ و طول سیم 15m باشد، چگالی این سیم چند گرم بر سانتی متر مکعب است؟ (مقاومت ویژه فلز برابر $10^{-7} \times 8/3 \Omega \cdot \text{m}$ و دما ثابت است).



- (۱) ۶
(۲) ۱۸
(۳) ۱۲
(۴) ۳

(متوسط - نموداری - ۱۱۰۲)

پاسخ: گزینه ۱

مقاومت الکتریکی

۱- مقدار مقاومت الکتریکی یک سیم به ویژگی‌های ساختمانی و دمای آن وابسته است و ربطی به ولتاژ و جریان آن ندارد. مقدار مقاومت یک سیم بر حسب ویژگی‌های ساختمانی آن را می‌توانیم از رابطه زیر به دست آوریم:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

R : مقدار مقاومت الکتریکی با یکای اهم

ρ : مقاومت ویژه با یکای (اهم $\times$ متر)

L : طول سیم با یکای متر

A : سطح مقطع سیم با یکای مترمربع

۲- با توجه به رابطه $R = \rho \frac{L}{A}$ ، برای مقایسه مقاومت الکتریکی دو سیم به صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$R = \rho \frac{L}{A} \rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times \frac{L_2}{L_1} \times \frac{A_1}{A_2} \xrightarrow[A_2 \rightarrow \text{قطر مقطع}]{A \propto d^2} \frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times \frac{L_2}{L_1} \times \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2$$

۳- گاهی در سؤالات مربوط به محاسبه مقاومت، از جرم و چگالی سیم هم استفاده می‌شود. برای حل این سؤالات می‌توانیم به صورت زیر عمل کنیم. دقت کنید که چگالی را با ρ' نشان داده‌ایم تا با مقاومت ویژه اشتباه نشود.

$$\text{چگالی: } \rho' = \frac{m}{V} = \frac{m}{AL} \rightarrow A = \frac{m}{\rho' L}$$

$$R = \rho \frac{L}{A} \xrightarrow[A = \frac{m}{\rho' L}]{A = \frac{m}{\rho' L}} R = \rho \rho' \frac{L^2}{m}$$

البته می‌توانیم رابطه فوق را حفظ نکنیم و فقط از مراحل به دست آوردن این رابطه در حل سؤال استفاده کنیم. به مثال زیر توجه کنید.

مثال:

با ۲۰۰ گرم آهن، سیمی استوانه‌ای و توپر به طول ۱۰ متر ساخته‌ایم. مقاومت این سیم چند اهم است؟ (مقاومت ویژه و چگالی آهن به ترتیب 10^{-7} و 8000 واحد SI است.)

پاسخ:

این سؤال را با دو روش حل می‌کنیم.

الف: اگر رابطه مقاومت و جرم را حفظ باشیم:

$$R = \rho \rho' \frac{L^2}{m} = 10^{-7} \times 8000 \times \frac{10^2}{0.2} = 0.4 \Omega$$

ب: اگر رابطه را حفظ نباشیم:

در این صورت ابتدا سطح مقطع سیم را محاسبه می‌کنیم و سپس با کمک آن مقاومت سیم را به دست می‌آوریم.

$$\rho' = \frac{m}{V} = \frac{m}{AL} \rightarrow 8000 = \frac{0.2}{A \times 10} \rightarrow A = 2.5 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$R = \rho \frac{L}{A} = 10^{-7} \times \frac{10}{2.5 \times 10^{-6}} = 0.4 \Omega$$

محاسبه مقاومت الکتریکی (R) سیم فلزی به کمک نمودار:
برای یک رسانای اهمی، شیب نمودار جریان عبوری از رسانا بر حسب ولتاژ دو سر آن ثابت و برابر با عکس مقاومت الکتریکی رسانا است، پس با توجه به نمودار داده شده، می توان نوشت:

$$\frac{1}{R} = \frac{I}{V} \xrightarrow{I=2A, V=90V} \frac{1}{R} = \frac{2}{90} \rightarrow R = \frac{90}{2} = 45 \rightarrow R = 45\Omega$$

گام دوم:

محاسبه سطح مقطع سیم فلزی:

$$R = \frac{\rho L}{A} \xrightarrow{\rho=3/8 \times 10^{-7} \Omega.m, L=15m, R=45\Omega} 45 = \frac{3/8 \times 10^{-7} \times 15}{A} \rightarrow A = \frac{3/8 \times 10^{-7} \times 15}{45} \rightarrow A = \frac{3/8 \times 10^{-7}}{3} m^2$$

گام سوم:

محاسبه حجم سیم فلزی:

$$V = AL \xrightarrow{A = \frac{3/8 \times 10^{-7}}{3} m^2, L=15m} V = \frac{3/8 \times 10^{-7}}{3} \times 15 \rightarrow V = 3/8 \times 10^{-7} \times 5 m^3$$

گام آخر:

محاسبه چگالی سیم فلزی:

$$\rho = \frac{m}{V} \xrightarrow{m=11/4 g = 11/4 \times 10^{-3} kg, V=3/8 \times 10^{-7} \times 5 m^3} \rho = \frac{11/4 \times 10^{-3}}{3/8 \times 10^{-7} \times 5} \rightarrow \rho = \frac{3 \times 10^{-4}}{5} = 6 \times 10^{-5} \frac{kg}{m^3}$$

برای تبدیل چگالی بر حسب $\frac{kg}{m^3}$ به چگالی بر حسب $\frac{g}{cm^3}$ ، عدد به دست آمده را تقسیم بر 10^3 می کنیم:

$$\rho = \frac{6 \times 10^{-5}}{10^3} = 6 \frac{g}{cm^3}$$

روش سریع تر ...

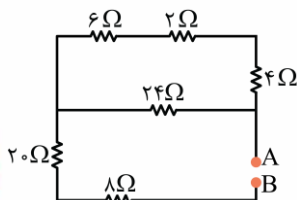
با استفاده از رابطه $R = \rho \rho' \frac{L}{m}$ می توان نوشت:

$$R = \rho \rho' \frac{L}{m} \rightarrow 45 = 3/8 \times 10^{-7} \times \rho' \times \frac{15}{11/4 \times 10^{-3}}$$

$$\rightarrow 45 = \rho' \times \frac{225 \times 10^{-7}}{3 \times 10^{-3}} \rightarrow \rho' = 6 \dots \frac{kg}{m^3} = 6 \frac{g}{cm^3}$$

گروه آموزشی ماز

۴- اگر یک باتری با نیروی محرکه ۸۰ ولت و مقاومت درونی 4Ω و ظرفیت ۱۰۰ آمپر-ساعت را بین نقاط A و B ببندیم، پس از چند ساعت، باتری به طور کامل تخلیه می شود؟



۲ (۱)

۴ (۲)

۲۵ (۳)

۵۰ (۴)

مقاومت معادل

۱- هنگامی که دو مقاومت بدون هیچ انشعابی با یک سیم به هم بسته شده باشند، به اتصال آن‌ها سری یا متوالی می‌گوییم. در مقاومت‌های متوالی روابط زیر برقرار است.

$$R_{eq} = R_1 + R_2$$

$$I_{eq} = I_1 = I_2$$

$$V_{eq} = V_1 + V_2$$

۲- هنگامی که دو سر دو مقاومت با سیم رسانا به هم متصل باشد، این دو مقاومت به صورت موازی به هم متصل شده‌اند. در مقاومت‌های موازی روابط زیر برقرار است.

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \rightarrow R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

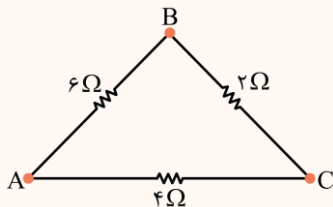
$$I_{eq} = I_1 + I_2$$

$$V_{eq} = V_1 = V_2$$

۳- مقاومت معادل بین دو نقطه A و B به این معنی است که یک سیم به نقطه A وارد شده است و یک سیم از نقطه B خارج شده است. به مثال زیر توجه کنید.

مثال:

در شکل مقابل مقاومت معادل بین نقاط A و B و مقاومت معادل بین نقاط A و C را محاسبه کنید.



پاسخ:

حالت اول: ابتدا مقاومت معادل بین نقاط A و B را محاسبه می‌کنیم. در این حالت مقاومت‌های ۲Ω و ۴Ω با هم متوالی هستند و حاصل آن‌ها با مقاومت ۶Ω موازی است؛ بنابراین داریم:

$$R_{AB} = \frac{6 \times 6}{6 + 6} = \frac{36}{12} = 3\Omega$$

حالت دوم: مقاومت معادل بین نقاط A و C را محاسبه می‌کنیم. در این حالت مقاومت‌های ۲Ω و ۶Ω متوالی هستند و حاصل آن‌ها با مقاومت ۴Ω موازی است.

$$R_{AC} = \frac{8 \times 4}{8 + 4} = \frac{32}{12} = \frac{8}{3}\Omega$$

مثال:

در مثال قبل، اگر یک باتری آرمانی ۲۴ ولتی را یک بار بین A و B و بار دیگر بین A و C ببندیم، جریان خروجی از آن در هر حالت چند آمپر می‌شود؟

پاسخ:

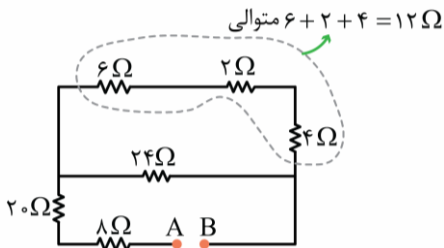
اگر باتری بین A و B بسته شود، مقاومت ۳Ω است و داریم:

$$I_1 = \frac{\varepsilon}{R_{AB} + r} = \frac{24}{3 + 0} = 8A$$

اگر باتری بین A و C بسته شود، مقاومت $\frac{8}{3}\Omega$ است و داریم:

$$I_2 = \frac{\varepsilon}{R_{AC} + r} = \frac{24}{\frac{8}{3} + 0} = 9A$$

ابتدا مقاومت معادل مدار را به دست می آوریم:



در مدار بالا مقاومت های 6Ω و 2Ω و 4Ω باهم متوالی بوده و حاصل آن ها که برابر 12Ω است با مقاومت 24Ω موازی است؛ بنابراین مقاومت معادل برابر است با:

$$R_{eq} = 8 + 20 + \frac{12 \times 24}{12 + 24} \rightarrow R_{eq} = 36\Omega$$

حاصل مقاومت های موازی 12Ω و 24Ω اهمی

گام دوم:

جریان خروجی از باتری برابر است با:

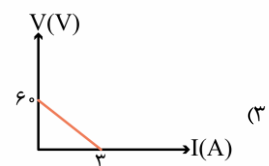
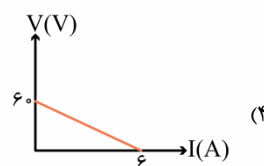
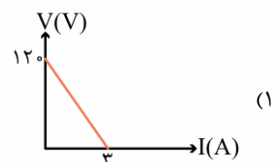
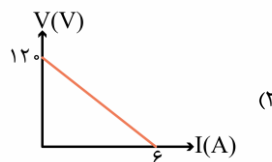
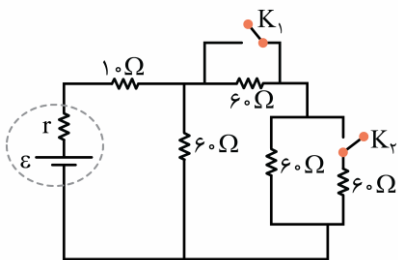
$$I = \frac{\varepsilon}{r + R_{eq}} = \frac{12}{4 + 36} = 2A$$

گام آخر:

ظرفیت باتری $100 A.h$ است، یعنی اگر از آن جریان $2A$ بگیریم، به مدت $\frac{100}{2} = 50 h$ کار خواهد کرد تا به طور کامل تخلیه شود.

گروه آموزشی ماژ

- ۵- در مدار زیر، اگر فقط کلید K_1 بسته شود، جریان خروجی از باتری 20% درصد افزایش می یابد و اگر هر دو کلید بسته شوند، جریان خروجی از باتری 50% نسبت به حالت اولیه افزایش می یابد. نمودار ولتاژ-جریان این باتری در کدام گزینه به درستی آمده است؟



(سخت - محاسباتی - ۱۱۰۲)

پاسخ: گزینه ۴

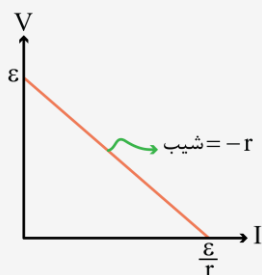
ولتاژ باتری

۱- معادله ولتاژ-جریان یک باتری (مولد) به صورت زیر است:

$$V_{\text{باتری}} = \varepsilon - rI$$

در رابطه فوق، ε برابر نیروی محرکه باتری و r برابر مقاومت درونی آن است.

۲- مطابق رابطه $V_{\text{باتری}} = \varepsilon - rI$ ، نمودار ولتاژ-جریان یک باتری (مولد) مطابق شکل زیر است.



۳- در مورد نمودار ولتاژ-جریان باتری به نکات زیر توجه کنید:

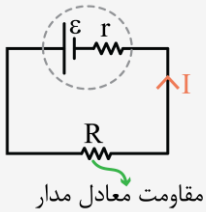
الف: بیشینه ولتاژ باتری (مولد) برابر نیروی محرکه آن است.

ب: اندازه شیب نمودار برابر مقاومت درونی باتری است.

پ: عرض از مبدأ نمودار برابر $\mathcal{E}$ و طول از مبدأ آن برابر $\frac{\mathcal{E}}{r}$ است.

ت: بیشینه جریان خروجی از باتری برابر $\frac{\mathcal{E}}{r}$ است که به آن، جریان اتصال کوتاه باتری می‌گوییم.

۴- همان‌طور که یاد گرفتیم، می‌توان مقاومت‌های مدار را ساده کرد و همه آن‌ها را به یک مقاومت معادل تبدیل کرد؛ بنابراین در مدارهایی که دارای یک باتری هستند، همواره می‌توانیم مدار را به شکل مقابل ساده کنیم. این مدار یک مدار ساده تک‌حلقه است.



در مورد مدار تک‌حلقه به نکات زیر توجه کنید:

الف: جریان خروجی از باتری برابر است با:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{r + R}$$

ب: افت پتانسیل در باتری برابر است با:

$$rI = r \times \frac{\mathcal{E}}{r + R} = \frac{\mathcal{E}r}{r + R}$$

پ: ولتاژ دو سر باتری برابر است با:

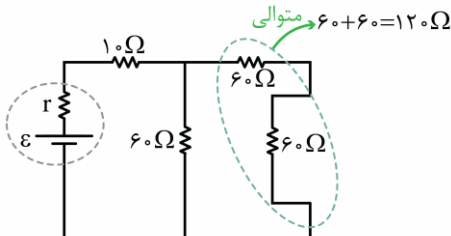
$$V_{\text{باتری}} = \mathcal{E} - rI = \mathcal{E} - r \times \frac{\mathcal{E}}{r + R} = \frac{\mathcal{E}R}{r + R}$$

ت: ولتاژ دو سر باتری با ولتاژ دو سر مقاومت معادل R برابر است و ولتاژ هر دو برابر $\frac{\mathcal{E}R}{r + R}$ می‌باشد.



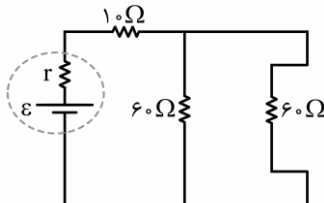
ابتدا مقاومت معادل مدار را در سه حالت زیر به دست می‌آوریم:

۱- هر دو کلید باز باشند:



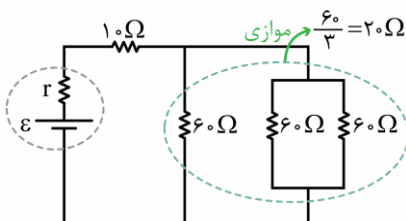
$$R_{eq} = 10 + \frac{60 \times 120}{60 + 120} = 10 + 40 = 50 \Omega$$

۲- فقط کلید K_1 بسته باشد: در این حالت مقاومت 60Ω در بالای مدار اتصال کوتاه می‌شود.



$$R'_{eq} = 10 + \frac{60}{2} = 10 + 30 = 40 \Omega$$

۳- هر دو کلید بسته باشند:



$$R''_{eq} = 10 + 20 = 30 \Omega$$

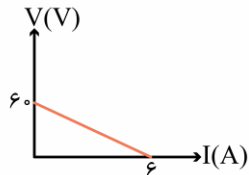
طبق صورت سؤال، در حالت دوم، جریان ۲۰ درصد بیش تر از حالت اول است؛ بنابراین می توان نوشت:

$$\begin{cases} I' = \frac{\varepsilon}{r + R'_{eq}} \\ I = \frac{\varepsilon}{r + R_{eq}} \end{cases} \rightarrow \frac{I'}{I} = \frac{r + R_{eq}}{r + R'_{eq}} \rightarrow \frac{120}{100} = \frac{r + 50}{r + 40} \rightarrow r = 10 \Omega$$

در حالت سوم، جریان ۵/۰ A بیش تر از حالت اول است؛ بنابراین می توان نوشت:

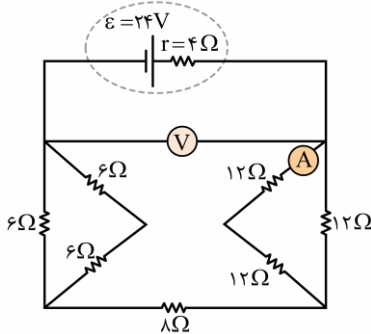
$$I'' - I = 0.5 A \rightarrow \frac{\varepsilon}{r + R''_{eq}} - \frac{\varepsilon}{r + R_{eq}} = 0.5 \rightarrow \frac{\varepsilon}{10 + 30} - \frac{\varepsilon}{10 + 50} = 0.5 \rightarrow \frac{\varepsilon}{40} - \frac{\varepsilon}{60} = 0.5 \rightarrow \frac{\varepsilon}{120} = 0.5 \rightarrow \varepsilon = 60 V$$

بنابراین نیروی محرکه باتری ۶۰ V و مقاومت درونی آن ۱۰ Ω است، پس نمودار ولتاژ-جریان آن خطی با عرض از مبدأ ۶۰ V و شیب ۱۰- می باشد.



گروه آموزشی ما

۶- در مدار زیر، آمپرسنج آرمانی و ولتسنج آرمانی به ترتیب از راست به چپ چه مقادیری را اندازه می گیرند؟



۱) $20 V, \frac{1}{3} A$

۲) $22 V, \frac{1}{3} A$

۳) $20 V, \frac{2}{3} A$

۴) $22 V, \frac{2}{3} A$

(متوسط - محاسباتی - ۱۱۰۲)

پاسخ: گزینه ۱

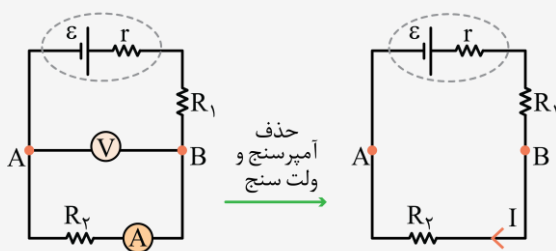
ولتسنج ایده آل و آمپرسنج ایده آل

در سؤالاتی که عدد آمپرسنج یا ولتسنج آرمانی پرسیده می شود، برای راحتی می توانیم به صورت زیر عمل کنیم:

۱- آمپرسنج را از مدار حذف کرده و به جای آن سیم قرار می دهیم.

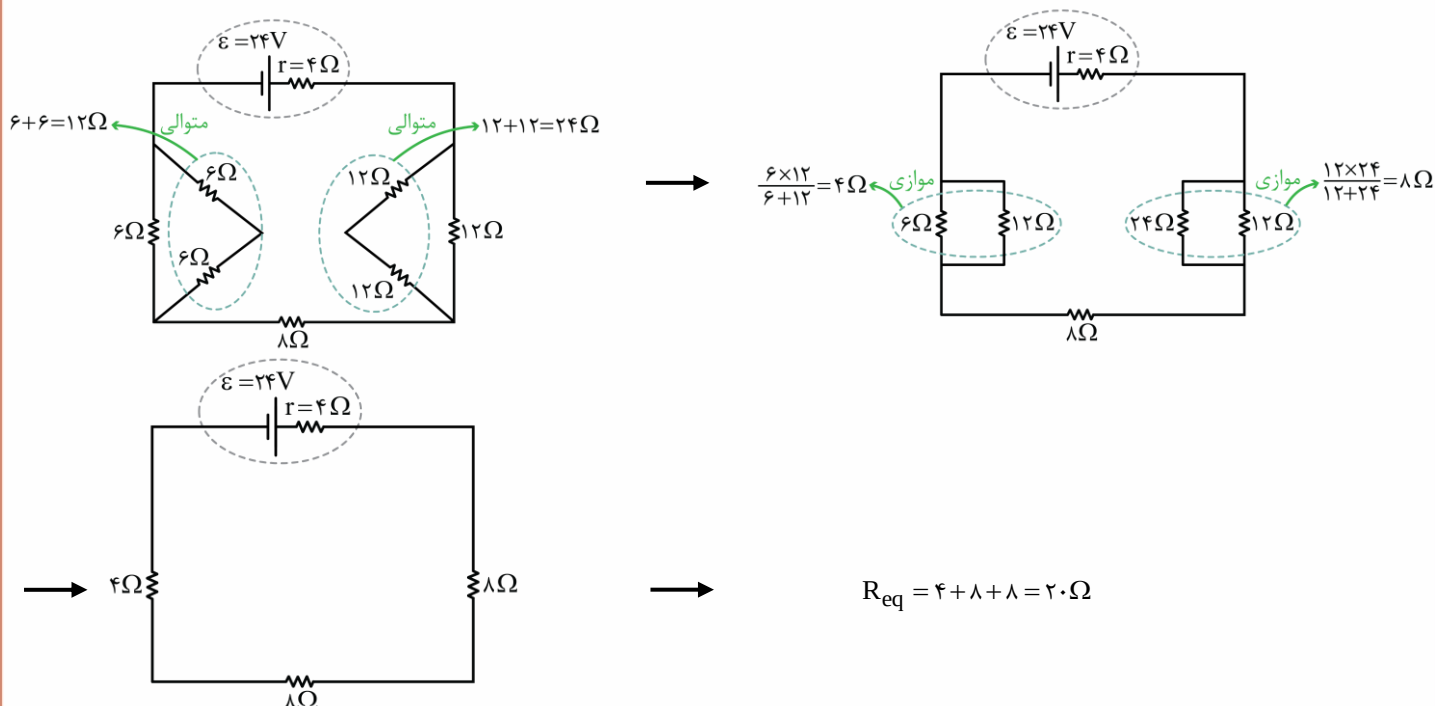
۲- ولتسنج را از مدار حذف کرده و سیم های شاخه آن را پاک می کنیم.

به عنوان مثال مدار مقابل را به صورت نشان داده شده ساده می کنیم:



پس از حذف آمپرسنج و ولتسنج می توانیم مدار ساده شده را به راحتی حل کنیم. در این صورت جریان I همان عدد آمپرسنج است و اختلاف پتانسیل بین نقاط A و B (دو سر ولتسنج) برابر عدد ولتسنج می باشد. برای محاسبه اختلاف پتانسیل نقاط می توان از تکنیک پتانسیل نویسی استفاده کرد.

پس از حذف آمپرسنج و ولتسنج طبق نکته ارائه شده، مقاومت معادل مدار را به دست می آوریم.



گام دوم:

جریان خروجی از باتری برابر است با:

$$I = \frac{\varepsilon}{r + R_{eq}} = \frac{24}{4 + 20} = 1A$$

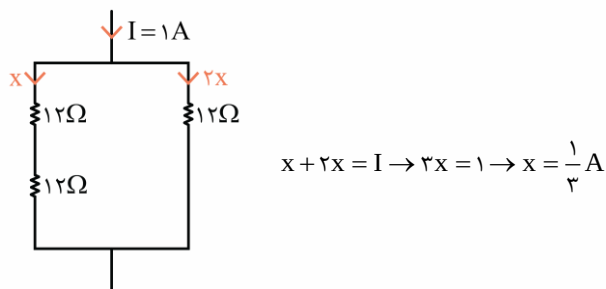
گام سوم:

ولتسنج ولتاژ دو سر باتری را اندازه می گیرد که برابر است با:

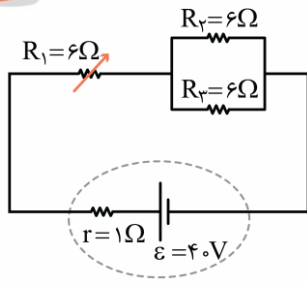
$$V = \varepsilon - rI \rightarrow V = 24 - 4 \times 1 = 20V$$

گام آخر:

با تقسیم جریان بین شاخه های موازی، جریان گذرنده از آمپرسنج را به دست می آوریم.



بنابراین جریان گذرنده از آمپرسنج برابر $\frac{1}{3}A$ خواهد بود.



۷- کدام یک از عبارت‌های زیر در مورد مدار مقابل صحیح است؟

الف: جریان عبوری از مقاومت R_3 برابر $4A$ است.

ب: توان مصرفی مقاومت R_1 برابر $48W$ است.

پ: در مقاومت درونی باتری، در هر دقیقه $960J$ انرژی تلف می‌شود.

ت: اگر مقاومت R_1 افزایش یابد، ولتاژ دو سر باتری افزایش می‌یابد.

(۲) (ب) و (پ)

(۱) (الف) و (ت)

(۴) (پ) و (ت)

(۳) (الف) و (ب)

(متوسط - محاسباتی - ۱۱۰۲)

پاسخ: گزینه ۴

توان مصرفی

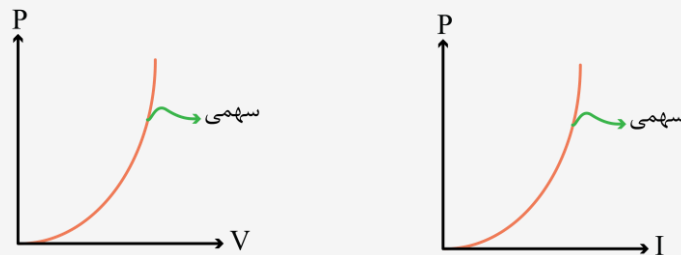
۱- توان الکتریکی هر وسیله الکتریکی برابر حاصل ضرب اختلاف پتانسیل دو سر آن در جریان عبوری از آن وسیله است.

$$P = VI$$

۲- برای یک مقاومت اهمی با توجه به رابطه $V = RI$ ، توان مقاومت از روابط زیر قابل محاسبه است.

$$\text{توان مصرفی مقاومت} \begin{cases} P = VI \\ P = RI^2 \\ P = \frac{V^2}{R} \end{cases}$$

۳- نمودار توان مصرفی در یک مقاومت برحسب ولتاژ و جریان آن مطابق شکل‌های زیر است.



۴- با ضرب کردن توان الکتریکی در زمان، می‌توان انرژی مصرفی در مقاومت را محاسبه کرد.

$$U = Pt \begin{cases} U = VIt \\ U = RI^2 t \\ U = \frac{V^2}{R} t \end{cases}$$

۵- در استفاده از رابطه $U = Pt$ ، اگر توان برحسب وات و زمان برحسب ثانیه جایگزین شود، انرژی برحسب ژول به دست می‌آید و اگر توان برحسب کیلووات و زمان برحسب ساعت جایگزین شود، انرژی برحسب کیلووات ساعت به دست می‌آید.

۶- هر کیلووات ساعت معادل 3.6×10^6 ژول است.

$$1 \text{ kWh} \equiv 3.6 \times 10^6 \text{ J}$$



مقاومت معادل مدار برابر $9\Omega = 6 + \frac{6}{3}$ است؛ بنابراین جریان خروجی از باتری برابر است با:

$$I = \frac{\varepsilon}{r + R_{eq}} = \frac{4.0}{1 + 9} = 4A$$

بررسی موارد:

الف: جریان $I = 4A$ که از باتری خارج می شود، بین دو مقاومت R_2 و R_3 به طور مساوی تقسیم می شود و از هریک جریان $2A$ می گذرد. (*)
ب: توان مصرفی مقاومت R_1 برابر است با:

$$P_1 = R_1 I^2 = 6 \times 4^2 = 96W$$

بنابراین عبارت (ب) نیز نادرست است. (*)

پ: انرژی مصرفی در مقاومت درونی باتری برابر است با:

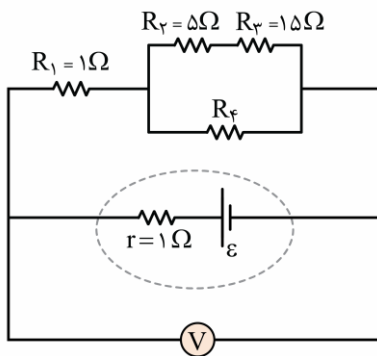
$$U = r I^2 t = 1 \times 4^2 \times 60 = 960J$$

عبارت (پ) صحیح است. (✓)

ت: با افزایش مقاومت R_1 ، جریان مدار کاهش می یابد و طبق رابطه $\varepsilon - rI = V_{\text{باتری}}$ ، با کاهش جریان مدار، ولتاژ باتری افزایش می یابد. (✓)

گروه آموزشی ماز

۸- در مدار زیر، توان مصرفی مقاومت R_3 ، $\frac{3}{5}$ برابر توان مصرفی مقاومت R_1 است. اگر ولت سنج آرمانی 20 ولت را نشان دهد، نیروی محرکه باتری چند



ولت است؟

۲۰ (۱)

۲۲ (۲)

۲۴ (۳)

۳۰ (۴)

(سخت - محاسباتی - ۱۱۰۲)

پاسخ: گزینه ۳

مقایسه توان مقاومت ها

۱- برای مقایسه توان مصرفی در مقاومت های یک مدار، ابتدا جریان آن ها را باهم مقایسه می کنیم. در مقایسه جریان ها به نکات زیر توجه می کنیم:
الف: جریان مقاومت های متوالی باهم برابر است.

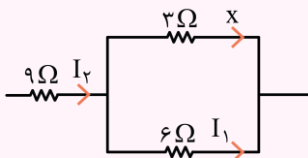
ب: جریان مقاومت های موازی با اندازه مقاومت رابطه عکس دارد.

پ: برای مقایسه جریان ها، جریان یکی از شاخه های مدار را برابر x در نظر می گیریم و جریان سایر قسمت ها را برحسب x به دست می آوریم.

۲- پس از مقایسه جریان ها، می توانیم به راحتی و با استفاده از رابطه $P = RI^2$ ، توان مقاومت ها را با یکدیگر مقایسه کنیم.

$$P = RI^2 \rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{R_2}{R_1} \times \left(\frac{I_2}{I_1}\right)^2$$

برای آن که نکته بالا واضح تر شود، بهتر است قبل از این که به حل این تست بپردازیم، چند تمرین زیر را حل کنیم.



تمرین:

در مدار مقابل، اگر جریان مقاومت 3Ω برابر x باشد، جریان سایر مقاومت ها را برحسب x به دست آورید.

پاسخ:

همان طور که یاد گرفتید در مقاومت های موازی، جریان با اندازه مقاومت رابطه عکس دارد؛ بنابراین می توان نوشت:

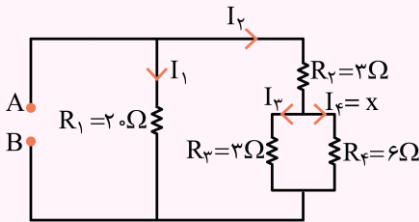
$$\frac{\text{جریان مقاومت } 6\Omega}{\text{جریان مقاومت } 3\Omega} = \frac{3}{6} \rightarrow \frac{I_1}{x} = \frac{3}{6} \rightarrow I_1 = \frac{x}{2}$$

همچنین جریان مقاومت 9Ω برابر مجموع جریان های مقاومت های 3Ω و 6Ω است؛ بنابراین داریم:

$$I_2 = x + \frac{x}{2} = \frac{3x}{2}$$

تمرین:

در مدار مقابل، اگر جریان مقاومت 6Ω برابر x باشد، جریان سایر مقاومت ها را بر حسب x به دست آورید.



پاسخ:

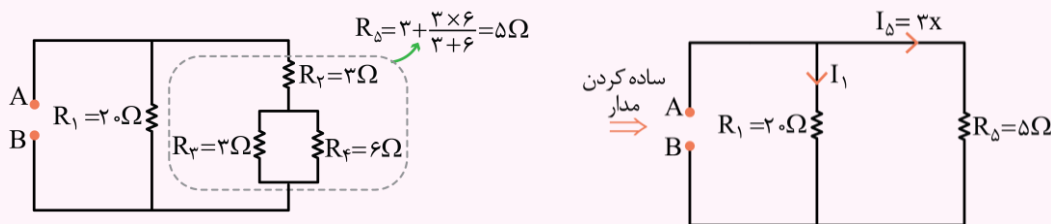
مقاومت های R_3 و R_4 با هم موازی هستند؛ بنابراین داریم:

$$\frac{I_2}{I_4} = \frac{R_4}{R_3} \rightarrow \frac{I_2}{x} = \frac{6}{3} \rightarrow I_2 = 2x$$

جریان I_2 برابر مجموع I_3 و I_4 است؛ بنابراین می توان نوشت:

$$I_2 = I_3 + I_4 = 2x + x = 3x$$

برای به دست آوردن جریان I_1 ، ابتدا سمت راست مدار را ساده می کنیم. مقاومت های R_3 و R_4 موازی هستند و حاصل آن ها با R_2 متوالی است؛ بنابراین داریم:



در نهایت چون مقاومت های R_1 و R_5 موازی هستند، می توانیم جریان I_1 را هم بر حسب x به دست آوریم.

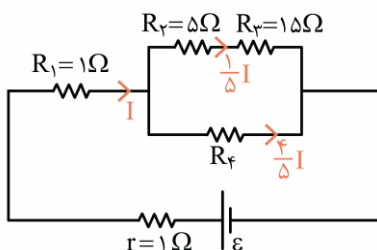
$$\frac{I_1}{I_5} = \frac{R_5}{R_1} \rightarrow \frac{I_1}{3x} = \frac{5}{2} \rightarrow I_1 = \frac{3}{4}x$$

پاسخ تشریحی:

گام اول:

توان مقاومت R_3 ، $\frac{3}{5}$ برابر توان مقاومت R_1 است؛ بنابراین:

$$P = RI^2 \rightarrow \frac{P_3}{P_1} = \frac{R_3}{R_1} \times \left(\frac{I_3}{I_1}\right)^2 \rightarrow \frac{3}{5} = \frac{15}{1} \times \left(\frac{I_3}{I_1}\right)^2 \rightarrow \left(\frac{I_3}{I_1}\right)^2 = \frac{1}{25} \rightarrow \frac{I_3}{I_1} = \frac{1}{5}$$



بنابراین اگر جریان شاخه اصلی مدار I باشد، $\frac{1}{5}I$ از شاخه بالا و $\frac{4}{5}I$ از شاخه پایین می گذرد.

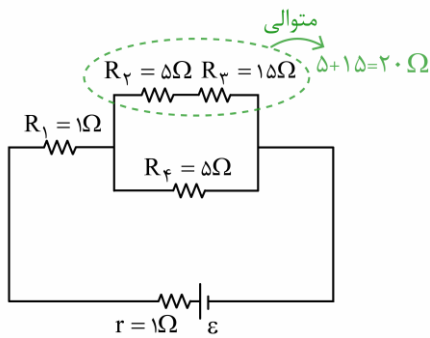
گام دوم:

ولتاژ مقاومت های موازی با هم برابر است؛ بنابراین:

$$(R_2 + R_3) \times \frac{1}{5}I = R_3 \times \frac{4}{5}I \rightarrow 20 \times \frac{1}{5}I = R_3 \times \frac{4}{5}I \rightarrow R_3 = 5\Omega$$

گام سوم:

حال که اندازه مقاومت R_F را می دانیم، می توانیم مقاومت معادل مدار را به دست آوریم:



$$R_{eq} = 1 + \frac{20 \times 5}{20 + 5} = 1 + 4 = 5\Omega$$

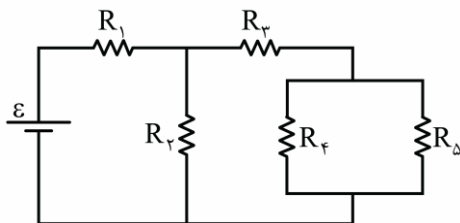
گام آخر:

ولتاژ ولتسنج که همان ولتاژ دو سر باتری است برابر است با:

$$V = \frac{R_{eq}}{R_{eq} + r} \varepsilon \rightarrow 20 = \frac{5}{5 + 1} \times \varepsilon \rightarrow \varepsilon = 24V$$

گروه آموزشی ماز

۹- در مدار زیر، همه مقاومت ها مشابه و برابر ۶ اهم هستند و حداکثر توانی که می توانند مصرف کنند بدون آن که آسیب ببینند برابر ۲۴W است. نیروی محرکه باتری آرمانی برابر چند ولت باشد که مدار بیشترین توان ممکن را بدون آسیب دیدن مصرف کند؟



- (۱) ۱۹/۲
- (۲) ۲۱/۴
- (۳) ۲۲/۵
- (۴) ۱۶

(متوسط - محاسباتی - ۱۱۰۲)

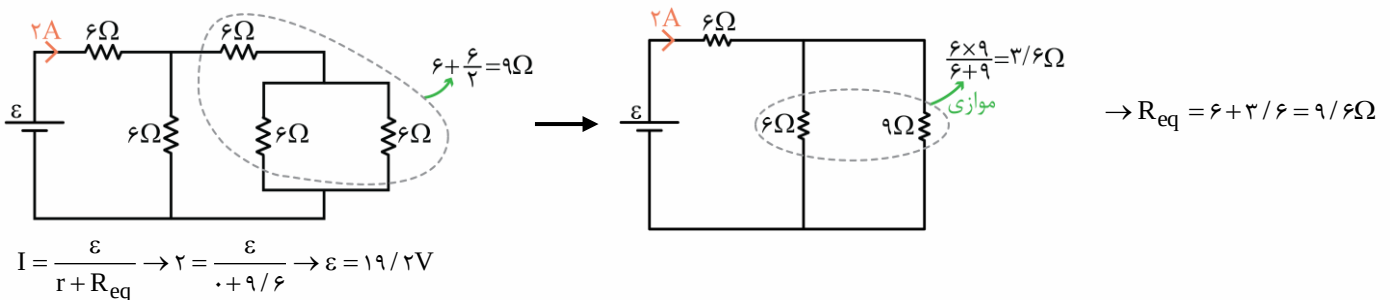
پاسخ: گزینه ۱



برخلاف ظاهر سؤال، با توجه به این که همه مقاومت ها هم اندازه اند، با سؤال چندان دشواری مواجه نیستیم. مقاومت ها هم اندازه اند، پس مقاومتی بیشترین توان را مصرف می کند که بیشترین جریان از آن بگذرد که همان مقاومتی است که در شاخه اصلی مدار قرار دارد؛ بنابراین مقاومت R_1 بیشترین توان را که برابر ۲۴W است مصرف می کند.

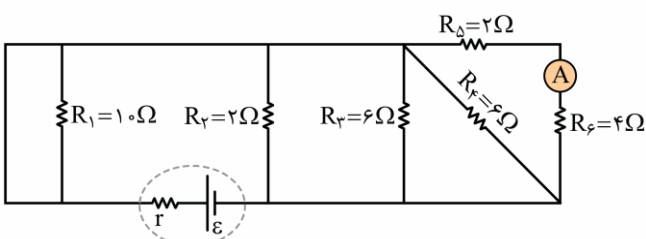
$$P = RI^2 \rightarrow 24 = 6I^2 \rightarrow I = 2A$$

بنابراین جریان خروجی از باتری باید $I = 2A$ باشد و در نتیجه برای محاسبه نیروی محرکه باتری می توان به صورت زیر عمل کرد:



گروه آموزشی ماز

۱۰- در مدار زیر، آمپرسنج آرمانی ۱A را اندازه می گیرد. توان مصرفی در مقاومت R_4 و توان خروجی از باتری، به ترتیب از راست به چپ، چند وات هستند؟



- (۱) ۳۶، ۶
- (۲) ۱۸، ۶
- (۳) ۳۶، ۱۸
- (۴) ۱۸، ۱۸

توان خروجی باتری

توان خروجی از یک مولد (توان مفید) از رابطه زیر به دست می آید:

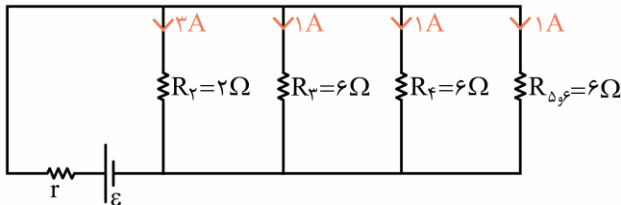
$$\begin{cases} P = VI \\ V = \varepsilon - rI \end{cases} \rightarrow P = \varepsilon I - rI^2$$

به عبارتی می توان گفت که باتری توان εI را تولید می کند و مقدار rI^2 در مقاومت درونی آن تلف می شود.

تذکر: دقت کنید توان خروجی از باتری ($P = \varepsilon I - rI^2$)، برابر توان مصرفی در کل مقاومت های خارجی مدار ($P = R_{eq} I^2 = \frac{V^2}{R_{eq}}$) است.



ابتدا دقت کنید که دو سر مقاومت R_1 با سیم به هم وصل شده است؛ بنابراین مقاومت R_1 اتصال کوتاه شده است و آن را از مدار حذف می کنیم. مقاومت های R_5 و R_6 متوالی هستند و حاصل آن ها برابر $R_{\Delta 6} = 2 + 4 = 6 \Omega$ است؛ بنابراین می توان مدار را به شکل ساده شده زیر رسم کرد. با توجه به این که جریان در مقاومت های موازی با مقدار مقاومت رابطه عکس دارد، جریان مقاومت R_2 ، ۳ برابر مقاومت $R_{\Delta 6}$ است؛ بنابراین جریان $3A$ از آن می گذرد.



توان مصرفی هریک از مقاومت ها برابر است با:

$$P_2 = R_2 I_2^2 = 2 \times 3^2 = 18W$$

$$P_3 = R_3 I_3^2 = 6 \times 1^2 = 6W$$

$$P_4 = R_4 I_4^2 = 6 \times 1^2 = 6W$$

$$P_{\Delta} = R_{\Delta} I_{\Delta}^2 = 2 \times 1^2 = 2W$$

$$P_6 = R_6 I_6^2 = 4 \times 1^2 = 4W$$

توان خروجی از باتری برابر مجموع توان مصرف شده در مقاومت های مدار است و برابر است با:

$$P_{\text{خروجی باتری}} = P_2 + P_3 + P_4 + P_{\Delta} + P_6 = 18 + 6 + 6 + 2 + 4 = 36W$$

گروه آموزشی ما

۱۱- اگر از یک باتری، جریان های $2A$ یا $3A$ خارج شود، توان خروجی از آن یکسان است. اگر یک مقاومت که اندازه آن ۴ برابر مقاومت درونی باتری است را به آن وصل کنیم، جریان خروجی از باتری چند آمپر می شود؟

۲/۵ (۴)

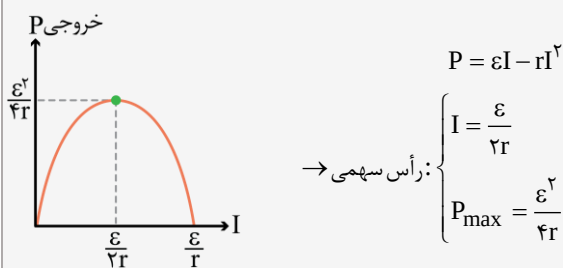
۲ (۳)

۱ (۲)

۰/۵ (۱)

نمودار توان-جریان باتری و ویژگی های آن

۱- نمودار توان خروجی از یک باتری بر حسب جریان عبوری از آن، به صورت یک سهمی است و توصیه می شود این نمودار را هم به خاطر بسپارید.

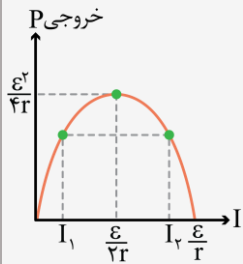


$$P = \varepsilon I - rI^2$$

$$\rightarrow \text{رأس سهمی} \begin{cases} I = \frac{\varepsilon}{2r} \\ P_{\max} = \frac{\varepsilon^2}{4r} \end{cases}$$

۲- همان طور که در نمودار بالا می بینید، توان خروجی از یک باتری زمانی بیشینه می شود که جریان آن برابر $\frac{\varepsilon}{2r}$ باشد. مقدار این توان بیشینه برابر $P_{\max} = \frac{\varepsilon^2}{4r}$ است.

۳- با توجه به تقارن سهمی حول رأس آن، اگر به ازای دو جریان مختلف، توان خروجی از باتری یکسان باشد، می توان نتیجه گرفت که مجموع این دو جریان برابر $\frac{\epsilon}{r}$ است. به شکل زیر دقت کنید:



$$\frac{\epsilon}{2r} = (I_1 \text{ و } I_2 \text{ میانگین}) = \frac{I_1 + I_2}{2}$$

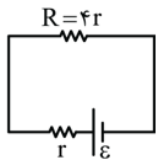
$$\rightarrow I_1 + I_2 = \frac{\epsilon}{r}$$



مطابق نکته فوق می توان نوشت:

$$I_1 + I_2 = \frac{\epsilon}{r} \rightarrow r + r = \frac{\epsilon}{r} \rightarrow \epsilon = \Delta r$$

حال فرض کنید مقاومت $R = 4r$ را به این باتری وصل کنیم. جریان مدار برابر می شود با:



$$I = \frac{\epsilon}{r + R} \xrightarrow{R = 4r, \epsilon = \Delta r} I = \frac{\Delta r}{r + 4r} = 1A$$

گروه آموزشی ماز

۱۲- چه تعداد از عبارت های زیر در مورد مدار مقابل صحیح است؟

الف: با افزایش مقاومت R_1 ، عدد ولت سنج افزایش می یابد.

ب: با بستن کلید K، نور لامپ کاهش می یابد.

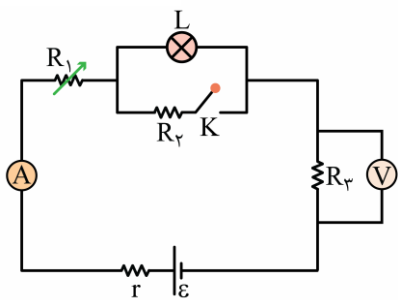
پ: اگر جای ولت سنج و آمپرسنج عوض شود، نور لامپ افزایش می یابد.

۱ (۲)

۱ (۳)

۳ (۴)

۲ (۳)



(متوسط - مفهومی - ۱۱۰۲)

پاسخ: گزینه ۲

بررسی تغییر در مدارهای الکتریکی

در این درس نامه به بررسی سؤالاتی می پردازیم که در آن ها مقدار یک مقاومت تغییر می کند یا کلیدی باز یا بسته می شود و اثر این تغییرات بر مقادیر ولت سنج ها، آمپرسنج ها و یا نور لامپ ها از ما پرسیده می شود. برای حل این نوع از سؤالات می توانیم گام های زیر را طی کنیم.

۱- تعیین می کنیم مقاومت معادل مدار چگونه تغییر کرده است.

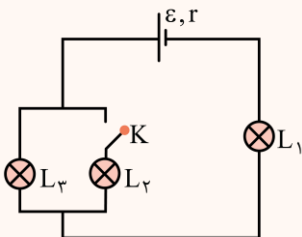
۲- با توجه به نتیجه گام قبل، تعیین می کنیم جریان خروجی از باتری چگونه تغییر می کند.

۳- با مشخص شدن تغییرات جریان باتری، تغییر نور برخی از لامپ ها و یا تغییرات اعداد برخی از ولت سنج ها و آمپرسنج های مدار مشخص می شود. برای تعیین تغییرات نور لامپ های دیگر و مقادیر سایر ولت سنج ها و آمپرسنج ها و ولتاژ باتری را بررسی می کنیم.

برای آن که روش بالا واضح تر شود، مثال زیر را حل می کنیم.



در مدار مقابل با بستن کلید K، نور لامپ های L_1 و L_3 چگونه تغییر می کند؟



پاسخ:

برای حل این سؤال گام های زیر را طی می کنیم.

گام ۱: با بستن کلید K، دو لامپ با هم موازی می شوند و در نتیجه مقاومت معادل مدار کاهش می یابد.

گام ۲: با کاهش مقاومت معادل مدار، جریان خروجی از باتری زیاد می شود. چون جریان باتری به طور کامل از لامپ L_1 می گذرد، با افزایش جریان، نور L_1 هم زیاد می شود.

گام ۳: جریان کل مدار زیاد شده است، ولی این جریان با بسته شدن کلید باید بین دو لامپ L_2 و L_3 تقسیم شود؛ بنابراین با کمک جریان نمی‌توانیم تغییرات نور لامپ L_3 را بررسی کنیم. برای این کار از تغییرات ولتاژ باتری در مدار کمک می‌گیریم.

$$V_{\text{باتری}} = \varepsilon - rI \quad \uparrow \Rightarrow V_{\text{باتری}} \downarrow$$

$$\downarrow V_{\text{باتری}} = \uparrow V_{L_1} + V_{L_2} \Rightarrow V_{L_3} \downarrow$$

بنابراین نور لامپ L_3 با کاهش ولتاژ آن کم شده است. راه حل این مثال را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

$$K \text{ بستن کلید} \Rightarrow R_{eq} \downarrow \Rightarrow I_t \uparrow \Rightarrow L_1 \text{ پر نورتر}$$

$$I_t \uparrow \Rightarrow V_{\text{باتری}} \downarrow \Rightarrow V_{L_3} \downarrow \Rightarrow L_3 \text{ کم نورتر}$$

پاسخ تشریحی

بررسی موارد

الف: با افزایش مقاومت R_1 ، مقاومت معادل مدار زیاد می‌شود و جریان مدار کاهش می‌یابد. ولت‌سنج ولتاژ دو سر مقاومت R_3 را نشان می‌دهد که طبق قانون اهم، با جریان آن متناسب است؛ بنابراین با کاهش جریان مدار، عدد ولت‌سنج نیز کاهش می‌یابد. (*)

ب: با بستن کلید K ، مقاومت R_2 با لامپ موازی می‌شود و باعث کاهش مقاومت معادل مدار می‌شود و در نتیجه جریان مدار افزایش می‌یابد. برای بررسی نور لامپ، از ولتاژ باتری کمک می‌گیریم. (✓)

$$V_{\text{باتری}} = \varepsilon - rI \xrightarrow{I \uparrow} V_{\text{باتری}} \downarrow$$

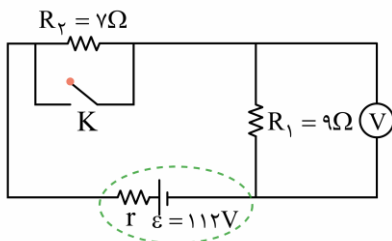
$$V_{\text{باتری}} = V_{R_1} + V_{\text{لامپ}} + V_{R_3} = R_1 I + V_{\text{لامپ}} + R_3 I \xrightarrow{V_{\text{باتری}} \downarrow, I \uparrow} V_{\text{لامپ}} \downarrow$$

بنابراین نور لامپ کاهش می‌یابد.

پ: اگر جای ولت‌سنج و آمپرسنج عوض شود، ولت‌سنج در شاخه اصلی مدار قرار می‌گیرد و باعث می‌شود جریان مدار قطع شود؛ بنابراین لامپ خاموش می‌شود. (*)

گروه آموزشی ماز

۱۳- در مدار زیر با بستن کلید K ، توان خروجی از باتری ثابت می‌ماند. عدد ولت‌سنج با بستن کلید K چگونه تغییر کرده است؟

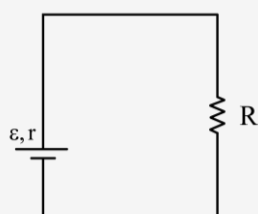


- (۱) ۱۲ ولت افزایش می‌یابد.
- (۲) ۱۲ ولت کاهش می‌یابد.
- (۳) ۲۴ ولت افزایش می‌یابد.
- (۴) ۲۴ ولت کاهش می‌یابد.

(متوسط - محاسباتی - ۱۱۰۲)

پاسخ: گزینه ۱

توان خروجی



۱- در مدار تک‌حلقه مقابل، نمودار توان خروجی باتری که برابر توان مصرفی در مقاومت‌های مدار است، بر حسب مقاومت R به صورت زیر است:



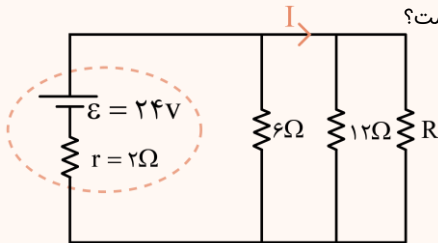
۲- مطابق نمودار فوق، هنگامی که مقاومت معادل مدار بزرگ‌تر از مقاومت درونی باتری است ($R > r$)، نمودار توان خروجی نزولی است. این نکته به این معنی است که با افزایش مقاومت معادل مدار، توان خروجی از باتری کاهش می‌یابد.

۳- مطابق نمودار فوق، هنگامی که مقاومت معادل مدار کوچک‌تر از مقاومت درونی باتری است ($R < r$)، نمودار توان خروجی صعودی است. این نکته به این معنی است که با افزایش مقاومت معادل مدار، توان خروجی از باتری افزایش می‌یابد.

۴- همان طور که در نمودار توان خروجی می بینید، توان خروجی از باتری هنگامی بیشینه است که $R = r$ باشد. در این حالت توان خروجی از باتری برابر $\frac{\epsilon^2}{4r}$ می باشد.

۵- اگر به ازای دو مقاومت R_1 و R_2 ، توان خروجی باتری یکسان باشد، مقاومت درونی باتری، واسطه هندسی مقاومت های R_1 و R_2 است، یعنی:
یا $r = \sqrt{R_1 R_2}$ یا $R_1 R_2 = r^2 \rightarrow$ اگر توان خروجی از باتری با اتصال به R_1 و R_2 یکسان باشد

مثال:



در مدار زیر، مقاومت R چند اهم باشد تا توان خروجی از مولد بیشینه شود و در این حالت I برابر با چند آمپر است؟

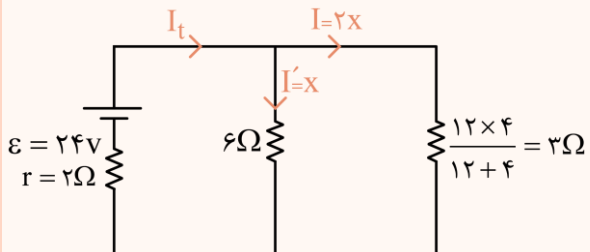
- (۱) صفر و ۱۲
(۲) ۳ و ۴/۸
(۳) ۴ و ۴
(۴) ۲/۴ و ۴

پاسخ: گزینه ۳

برای آن که توان خروجی باتری بیشینه شود، کافی است $R_{eq} = r$ باشد، پس داریم:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{6} + \frac{1}{12} + \frac{1}{R} \xrightarrow{R_{eq}=r=2\Omega} \frac{1}{2} = \frac{1}{6} + \frac{1}{12} + \frac{1}{R} \rightarrow R = 4\Omega$$

در این حالت، جریان I برابر است با:



$$I_t = \frac{\epsilon}{r + R_{eq}} = \frac{24}{2 + 2} = 6A$$

$$I_t = \frac{2x}{I} + \frac{x}{I'} \rightarrow 3x = 6 \rightarrow x = 2A$$

$$\rightarrow I = 2x = 4A$$

پاسخ تشریحی:

قبل از بستن کلید، مقاومت معادل مدار برابر 16Ω است. پس از بستن کلید، مقاومت R_2 اتصال کوتاه می شود و مقاومت معادل مدار 9Ω می شود. با توجه به نکته فوق، مقاومت داخلی باتری برابر است با:

$$r = \sqrt{R_{eq1} R_{eq2}} = \sqrt{16 \times 9} = 12\Omega$$

قبل از بستن کلید، نیروی محرکه باتری بین دو مقاومت R_1 و R_2 و مقاومت داخلی آن تقسیم می شود. ولت سنج، ولتاژ دو سر R_1 را اندازه می گیرد.

$$V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2 + r} \times \epsilon = \frac{9}{9 + 7 + 12} \times 112 = 36V$$

عدد ولت سنج:

پس از بستن کلید، نیروی محرکه باتری فقط بین R_1 و مقاومت داخلی آن تقسیم می شود.

$$V_2 = \frac{R_1}{R_1 + r} \times \epsilon = \frac{9}{9 + 12} \times 112 = 48V$$

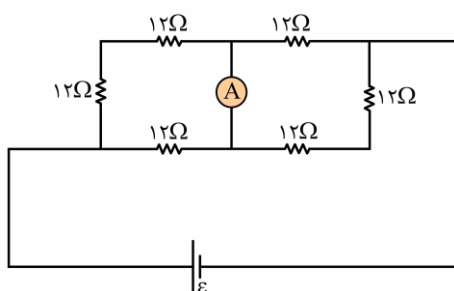
عدد ولت سنج:

$$\rightarrow V_2 - V_1 = 48 - 36 = 12V \rightarrow$$

عدد ولت سنج ۱۲V افزایش می یابد.

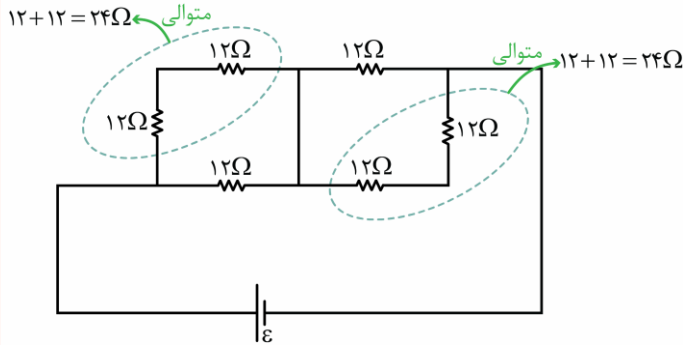
گروه آموزشی ماز

۱۴- در مدار شکل زیر، در هر دقیقه $8/64kJ$ انرژی در مقاومت های مدار به گرما تبدیل می شود. آمپرسنج آرمانی چند آمپر را اندازه می گیرد؟

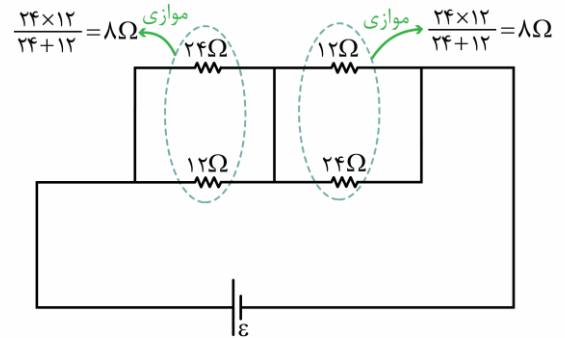


- (۱) ۰/۵
(۲) ۱
(۳) ۱/۵
(۴) ۲

مقاومت معادل مدار برابر است با:



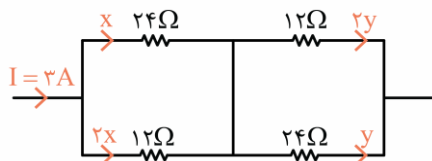
$$R_{eq} = 8 + 8 = 16\Omega$$



انرژی مصرفی در کل مدار، برابر با انرژی مصرفی در مقاومت معادل است.

$$U = R_{eq} I^2 t \rightarrow 8 / 64 \times 10^3 = 16 I^2 \times 60 \rightarrow I^2 = 9 \rightarrow I = 3A$$

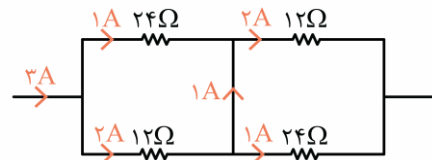
با یک تقسیم جریان ساده، جریان آمپرسنج به دست می آید.



$$I = x + 2x \rightarrow 3 = 3x \rightarrow x = 1A$$

$$I = y + 2y \rightarrow 3 = 3y \rightarrow y = 1A$$

با توجه به شکل زیر، جریان ۱A از سیم وسط می گذرد.



گروه آموزشی ماز

۱۵- چهار مقاومت مشابه را بار اول به طور متوالی و بار دوم به طور موازی به یک باتری با مقاومت درونی ۲Ω می بندیم. اگر توان الکتریکی مصرف شده در مقاومت ها در حالت دوم، ۵۱ درصد کم تر از توان الکتریکی مصرف شده در مقاومت ها در حالت اول باشد، اندازه هریک از این مقاومت ها چند اهم است؟

$$\frac{6}{7} (4)$$

$$\frac{7}{6} (3)$$

$$\frac{11}{12} (2)$$

$$\frac{12}{11} (1)$$

در حالت اول، مقاومت معادل مدار برابر $R_{eq} = 4R$ است و توان مصرف شده در مقاومت ها که همان توان خروجی از باتری است برابر است با:

$$P = R_{eq} I^2 = 4R \times \left(\frac{\epsilon}{4R + r} \right)^2 = \frac{4\epsilon^2 R}{(4R + r)^2}$$

در حالت دوم، مقاومت معادل برابر $R'_{eq} = \frac{R}{4}$ است و با روش مشابه داریم:

$$P' = R'_{eq} I'^2 = \frac{R}{4} \times \left(\frac{\epsilon}{\frac{R}{4} + r} \right)^2 = \frac{\frac{1}{4}\epsilon^2 R}{\left(\frac{R}{4} + r \right)^2}$$

توان در حالت دوم، ۵۱ درصد کمتر از حالت اول است؛ بنابراین می توان نوشت:

$$\frac{P'}{P} = \frac{49}{100} \rightarrow \frac{\frac{\frac{1}{4}\epsilon^2 R}{(\frac{R}{4} + r)^2}}{\frac{4\epsilon^2 R}{(4R + r)^2}} = \frac{49}{100}$$

$$\rightarrow \frac{(4R + r)^2}{16(\frac{R}{4} + r)^2} = \frac{49}{100} \xrightarrow{\text{جذر}} \frac{4R + r}{4(\frac{R}{4} + r)} = \frac{7}{10}$$

$$\xrightarrow{r=2\Omega} 10(4R + 2) = 28(\frac{R}{4} + 2)$$

$$\rightarrow 40R + 20 = 7R + 56 \rightarrow 33R = 36 \rightarrow R = \frac{12}{11}\Omega$$

گروه آموزشی ماز

۱۶- چند مورد از موارد زیر نادرست است؟

الف: یکای فرعی شار مغناطیسی $\frac{\text{kg.m}^2}{\text{A.s}^2}$ می باشد.

ب: موتورهای الکتریکی برخلاف ژنراتور، انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل می کنند.

پ: اگر یک عقربه مغناطیسی را از وسط آویزان کنیم امتداد آن با سطح افقی زمین یک زاویه می سازد که به این زاویه شیب مغناطیسی گفته می شود.

ت: مواد پارامغناطیسی مثل اورانیم، پلاتین و آلومینیم در حضور میدان مغناطیسی قوی، خاصیت مغناطیسی ضعیف و موقت پیدا می کنند.

ث: برای انتقال توان الکتریکی در فاصله های دور تا جایی که امکان دارد باید از ولتاژها و جریان های بالا استفاده کنیم.

۳ (۴)

۲ (۳)

۱ (۲)

صفر (۱)

پاسخ: گزینه ۲

(آسان - مفهومی / خطبه خط کتاب درسی - ۱۱۰۳)

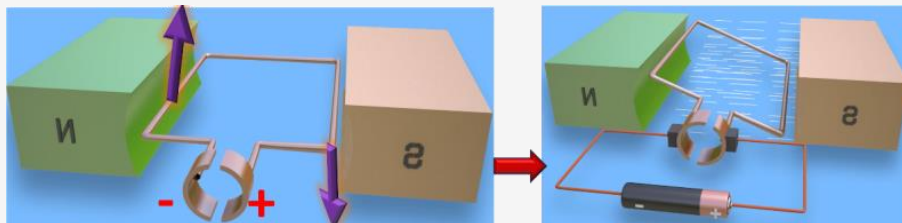
موتور الکتریکی

موتورهای الکتریکی ابزارهایی هستند که انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل می کنند و اساس کار بسیاری از دستگاه ها نظیر جاروی برقی، منته برقی، آسیاب برقی، ماشین لباسشویی، پنکه و ... را تشکیل می دهند.

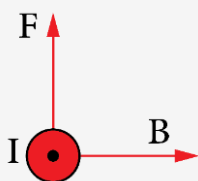
نحوه عملکرد موتور

پیچهای که دو سر آن به پایانه های یک باتری وصل است، در دهانه آهنربایی قرار دارد به همین علت بر این پیچه از طرف میدان مغناطیسی نیرو وارد می شود که با توجه به قاعده دست راست نیروهای مغناطیسی مطابق شکل به پیچه وارد می شوند و آن را می چرخانند.

اساس کار موتورهای الکتریکی

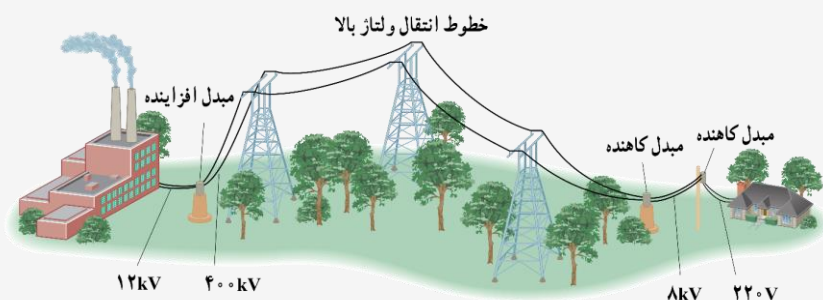


موتورهای الکتریکی براساس نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی کار می کنند.



مبدل ها: یکی از مزیت های مهم توزیع توان الکتریکی ac (جریان متناوب) بر dc (جریان مستقیم) آن است که افزایش و کاهش ولتاژ ac، بسیار آسان تر از dc است. برای انتقال توان الکتریکی در فاصله های دور تا جایی که امکان دارد باید از ولتاژهای بالا و جریان های کم استفاده کنیم. این کار اتلاف توان را در خط های انتقال کاهش می دهد.

همچنین با توجه به کاهش جریان می‌توان از سیم‌های نازک‌تری استفاده و در مصرف مواد اولیه ساخت سیم صرفه‌جویی کرد. تبدیل ولتاژ مورد نیاز با استفاده از مبدل‌ها صورت می‌گیرد.



قبل از انتقال توان الکتریکی از نیروگاه‌ها، مبدل‌های افزایشنده، ولتاژ را تا حدود ۴۰۰kV افزایش می‌دهند. در انتهای مسیر، مبدل‌های کاهشنده، ولتاژ را کاهش می‌دهند تا توان الکتریکی با امنیت بیش‌تر به محل مصرف برسد.

پایخ شش‌ریز

بررسی موارد

الف: ابتدا یکای میدان مغناطیسی را به دست می‌آوریم: (✓)

$$F = BIL \sin \theta \rightarrow B = \frac{F}{IL \sin \theta} \rightarrow [B] = \frac{N}{A \cdot m} \xrightarrow{N = kg \frac{m}{s^2}} [B] = \frac{kg \frac{m}{s^2}}{A \cdot m} = \frac{kg}{A \cdot s^2}$$

$$[B] = \frac{N}{A \cdot m} = \frac{kg}{A \cdot s^2} = T$$

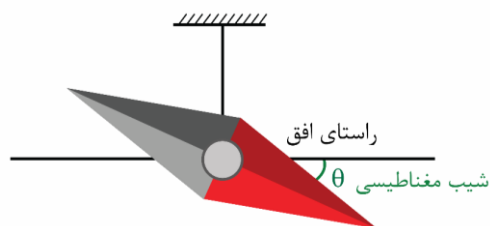
$$\phi = AB \cos \theta \rightarrow [\phi] = m^2 \times \frac{kg}{A \cdot s^2} = \frac{kg m^2}{A s^2}$$

ب: موتورهای الکتریکی ابزارهایی هستند که انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کنند و اساس کار بسیاری از دستگاه‌ها نظیر جاروی برقی، مته برقی، آسیاب برقی، ماشین لباسشویی، پنکه و ... را تشکیل می‌دهند. (✓)

اساس کار: طبق رابطه $F = BIL \sin \theta$ بر سیم حامل جریان از طرف میدان نیرو وارد شده و آن را می‌چرخاند.

در مولد (ژنراتور) حرکت مکانیکی از طریق میله گردان، سبب چرخیدن پیچه در میدان مغناطیسی می‌شود و با تغییر شار طبق رابطه $\varepsilon = -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$ نیروی محرکه القایی و جریان متناوب تولید می‌شود.

پ: (✓)

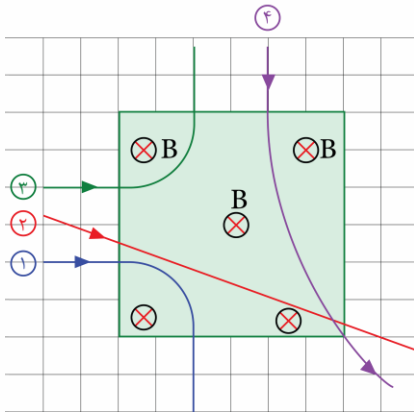


ت: (✓)

ث: برای انتقال توان الکتریکی در فاصله‌های دور تا جایی که امکان دارد باید از ولتاژهای بالا و جریان‌های کم استفاده کنیم. (*)

گروه آموزشی ماز

- ۱۷- در شکل زیر چهار ذره با جرم و تندی برابر وارد میدان مغناطیسی درون سوی B می‌شوند. اگر از کلیه نیروهای وارد بر ذرات به جز نیروی مغناطیسی صرف نظر شود، چند مورد از موارد زیر در مورد حرکت این ذرات نادرست است؟
- الف: ذره (۴) مثبت، ذره (۱) منفی و ذره (۲) خنثی است.
 ب: بزرگی شتاب ذره (۳) کم‌تر از بزرگی شتاب ذره (۱) است.
 پ: بار ذره (۴) کم‌تر از بار ذره (۳) است.



- (۱) صفر
 (۲) ۱
 (۳) ۲
 (۴) ۳

(متوسط - مفهومی - ۱۱۰۳)

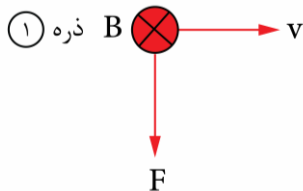
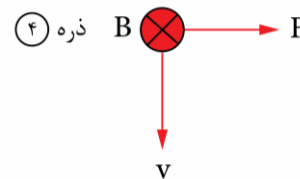
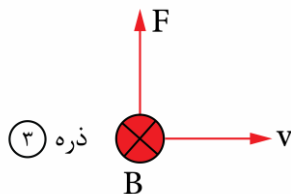
پاسخ: گزینه ۲

پاسخ تشریحی:

بررسی موارد:

الف: (✓)

ذره (۲) در میدان مغناطیسی منحرف نشده است پس خنثی است.
 ذره (۳) و (۴) از قاعده دست راست تبعیت می‌کنند پس هر دو مثبت هستند.



ذره (۱) از قاعده دست چپ تبعیت می‌کند پس منفی است.

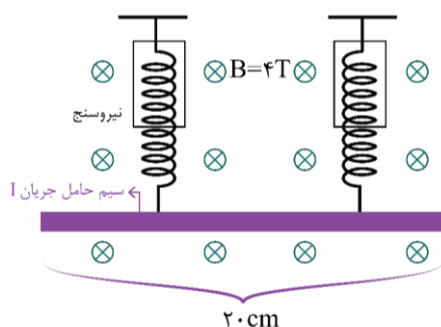
ب: با توجه به شکل، میزان انحراف ذرات (۱) و (۳) برابر است، پس با توجه به هم‌جرم بودن ذرات، نیروی مغناطیسی وارد بر آن‌ها نیز هم‌اندازه است و طبق رابطه $F = ma$ ، شتاب آن‌ها نیز هم‌اندازه است. (✗)

پ: میزان انحراف ذره (۳) بیش‌تر از میزان انحراف ذره (۴) است پس با توجه به هم‌جرم بودن ذرات، نیروی وارد بر ذره (۳) بیش‌تر است. از طرفی چون تندی و میدان برای هر دو ذره هم‌اندازه است، پس بار ذره (۳) بزرگ‌تر است. (✓)

$$F = qvB \sin \theta \xrightarrow[v_F > F_f]{v_3 = v_4, B_3 = B_4} |q_3| > |q_4|$$

گروه آموزشی ماز

- ۱۸- در شکل زیر نیروسنج‌ها عدد صفر را نشان می‌دهند. اگر بدون تغییر جهت جریان، فقط بزرگی جریان عبوری از سیم را ۶A کاهش دهیم، هریک از نیروسنج‌ها چند نیوتون را نشان می‌دهد و جریان عبوری از سیم در چه جهتی است؟



- (۱) ۲/۴ - راست
 (۲) ۲/۴ - چپ
 (۳) ۴/۸ - راست
 (۴) ۴/۸ - چپ

اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان

$$F_B = ILB \sin \theta$$

F: اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان.

I: جریان عبوری از سیم.

L: طول بخشی از سیم رسانا که در میدان مغناطیسی قرار دارد.

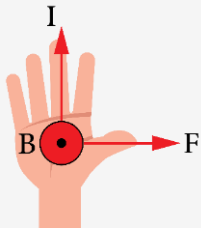
B: اندازه میدان مغناطیسی یکنواخت.

θ : زاویه‌ای که امتداد سیم با خطوط میدان مغناطیسی می‌سازد.

جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان

قاعده دست راست

دست راست خود را طوری نگه داریم که انگشتان باز شده ما در جهت جریان الکتریکی باشد به گونه‌ای که وقتی آن‌ها را در جهت چرخش طبیعی انگشتان خم کنیم در جهت میدان مغناطیسی قرار گیرد. در این حالت انگشت شست ما در جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم خواهد بود.

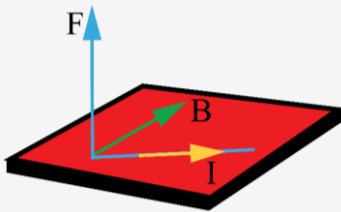


I: چهار انگشت دست راست در جهت جریان الکتریکی

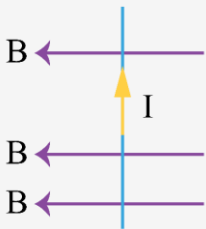
B: کف دست راست در جهت میدان مغناطیسی

F: شست دست راست در جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم

نیرویی که در میدان مغناطیسی بر سیم حامل جریان الکتریکی وارد می‌شود، بر راستای سیم و نیز بر راستای میدان مغناطیسی عمود است، یعنی نیروی مغناطیسی بر صفحه‌ای که توسط جریان و میدان مغناطیسی تشکیل می‌شود، عمود است. دقت کنید که I و B الزاماً برهم عمود نیستند.

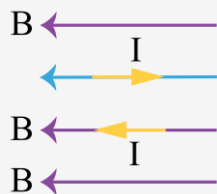


اگر سیم حامل جریان در راستای عمود بر میدان مغناطیسی قرار بگیرد، حداکثر نیروی مغناطیسی به آن وارد می‌شود.



$$\theta = 90^\circ \rightarrow \sin \theta = 1 \rightarrow F_m = ILB$$

اگر سیم حامل جریان در راستای میدان مغناطیسی قرار بگیرد، از طرف میدان مغناطیسی به آن نیرو وارد نمی‌شود.



$$\begin{cases} \theta = 0^\circ \\ \text{یا} \\ \theta = 180^\circ \end{cases} \rightarrow \sin \theta = 0 \rightarrow F_B = 0$$

تعریف تسلا

یک تسلا بزرگی میدان مغناطیسی است که در آن بر یک متر از سیمی که حامل جریان یک آمپر است و در راستای عمود بر میدان مغناطیسی قرار گرفته است، نیرویی به بزرگی یک نیوتون وارد می‌شود.

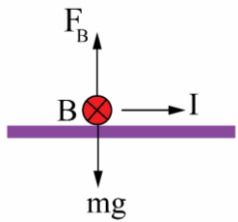
$$B = \frac{F_m}{IL} \rightarrow T = \frac{N}{A \cdot m} \quad G \xrightarrow{\times 10^{-4}} T$$

استراتژی لازم برای حل تست‌های این قسمت:

۱- در شکل‌های سه بعدی اگر سیم حامل جریان (یا میدان) در راستای مورب قرار گرفت، منظور طراح این است که جریان (یا میدان) عمود بر صفحه یعنی درون سو یا برون سو است.

۲- راستای سیم و میدان ممکن است هر زاویه‌ای باهم بسازند، اما نیروی مغناطیسی همیشه بر هر دوی آن‌ها عمود خواهد بود.

در حالت اول چون نیرو سنجها صفر را نشان می دهند پس F_B خلاف جهت mg و هم اندازه آن است. پس طبق قاعده دست راست، جهت جریان عبوری از سیم به سمت راست است. با کاهش جریان، نیروی مغناطیسی وارد بر سیم کاهش می یابد.



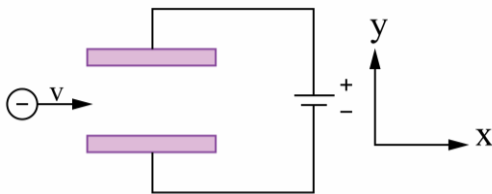
$$\Delta F = BL\Delta I \sin \theta \rightarrow \Delta F = 4 \times 10^{-2} \times (-6) \sin 90^\circ$$

$$\rightarrow \Delta F = -4/18 \text{ N}$$

پس هریک از نیرو سنجها $2/4 \text{ N}$ را نشان می دهند.

گروه آموزشی ماز

۱۹- مطابق شکل، یک ذره باردار با بار $q = -2 \mu\text{C}$ و جرم 120 mg با سرعت $12 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ در جهت مثبت محور x وارد فضایی می شود که میدان های یکنواخت $E = 3600 \frac{\text{V}}{\text{m}}$ و B وجود دارد. میدان مغناطیسی چند تسلا و در چه جهتی باشد تا ذره بدون انحراف در همان جهت محور x به حرکت خود ادامه دهد.



($g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ و میدان مغناطیسی عمود بر سرعت حرکت ذره است.)

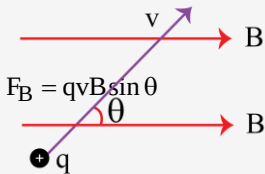
- (۱) $0/35$ - برون سو
- (۲) $0/35$ - درون سو
- (۳) $0/25$ - برون سو
- (۴) $0/25$ - درون سو

(سخت - محاسباتی - ۱۱۰۳)

پاسخ: گزینه ۴

نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار متحرک در میدان مغناطیسی

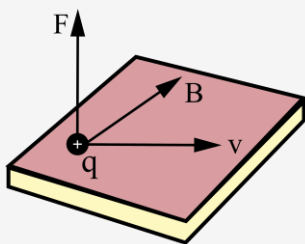
اگر ذره باردار q با سرعت v در میدان مغناطیسی B حرکت کند، از طرف میدان مغناطیسی بر آن نیروی F وارد خواهد شد که این نیرو را نیروی مغناطیسی می نامند.



$$F_B = qvB \sin \theta$$

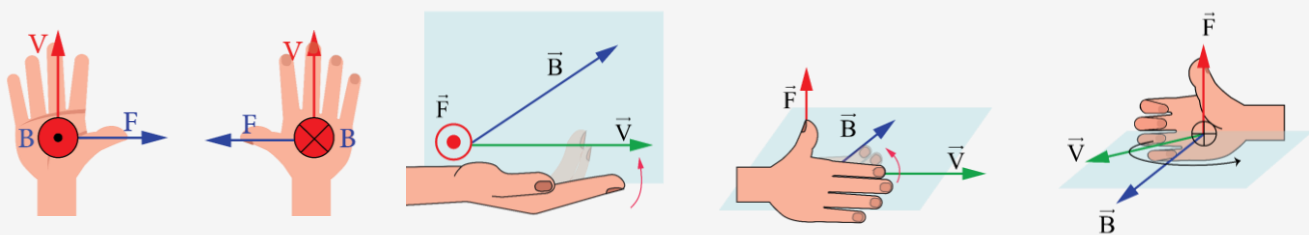
الف: محاسبه اندازه نیروی مغناطیسی:

نیروی F بر هر دو بردار V و B عمود است؛ یعنی نیروی مغناطیسی بر صفحه ای که توسط سرعت و میدان مغناطیسی تشکیل می شود، عمود است.



ب: تعیین جهت نیروی مغناطیسی:

دست راست خود را طوری نگه داریم که انگشتان باز شده ما در جهت سرعت (V) باشد به گونه ای که وقتی آن ها را در جهت چرخش طبیعی انگشتان خم کنیم در جهت B قرار گیرد. در این حالت انگشت شست ما در جهت نیروی (F) وارد بر ذره باردار مثبت خواهد بود.



تذکر: دقت کنید اگر بار الکتریکی ذره منفی بود، پس از استفاده از قاعده دست راست و به دست آوردن جهت نیروی F ، باید آن را قرینه کنیم (یا می توانیم از همان ابتدا چون بار ذره منفی است، از قاعده دست چپ استفاده کنیم).

بر ذره سه نیرو وارد می شود:

۱- نیروی وزن $W = mg$

۲- نیروی الکتریکی $F_E = Eq$

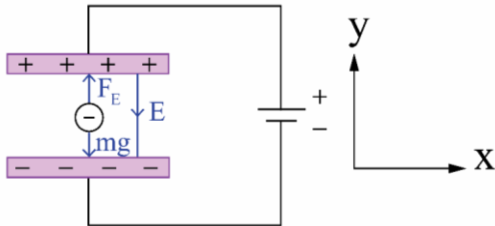
۳- نیروی مغناطیسی $F_B = qvB \sin \theta$

ابتدا نیروی وزن و نیروی الکتریکی را محاسبه می کنیم.

$$W = mg = 120 \times 10^{-6} \times 10 = 1/2 \times 10^{-3} \text{ N}$$

$$F_E = Eq = 3600 \times 2 \times 10^{-6} = 7/2 \times 10^{-3} \text{ N}$$

حال جهت نیروها را مشخص می کنیم. چون بار ذره منفی است نیروی الکتریکی خلاف جهت میدان می باشد.



چون $F_E > mg$ است پس باید F_B به سمت پایین باشد تا برابری نیروها صفر شود:

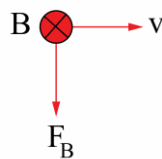
$$F_E = F_B + mg$$

$$7/2 \times 10^{-3} = F_B + 1/2 \times 10^{-3} \rightarrow F_B = 6 \times 10^{-3} \text{ N}$$

$$F_B = qvB \sin \theta \rightarrow 6 \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-6} \times 12 \times 10^3 \times B \times \sin 90^\circ$$

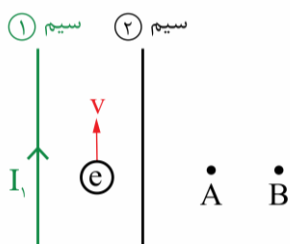
$$\rightarrow B = 0.25 \text{ T}$$

با توجه به قاعده دست چپ جهت میدان مغناطیسی را مشخص می کنیم.



گروه آموزشی ماز

۲۰- در شکل زیر میدان خالص حاصل از دو سیم حامل جریان در نقطه B، برابر صفر است. جهت میدان خالص در نقطه A و جهت نیروی وارد بر الکترون، به ترتیب کدام است؟



۱) $\leftarrow \odot$

۲) $\rightarrow \odot$

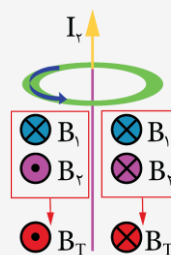
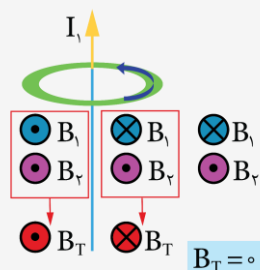
۳) $\leftarrow \otimes$

۴) $\rightarrow \otimes$

(آسان - مفهومی - ۱۱۰۳)

پاسخ: گزینه ۲

محاسبه میدان خالص در فضای بین و اطراف دو سیم حامل جریان

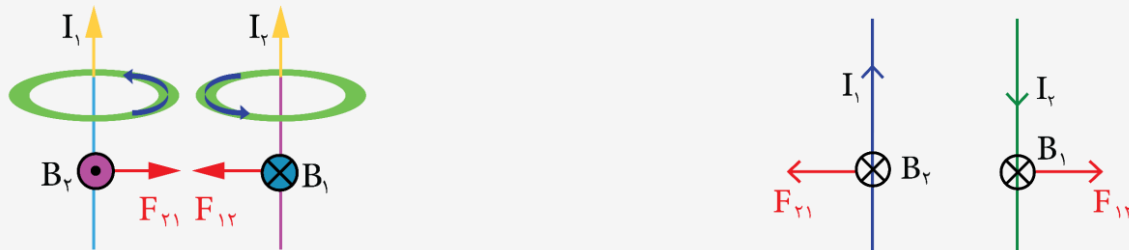


اگر جریان دو سیم هم جهت باشند، بین دو سیم و اگر خلاف جهت باشند، خارج دو سیم و در هر دو حالت نزدیک به سیم با جریان کمتر میدان مغناطیسی خالص صفر است.



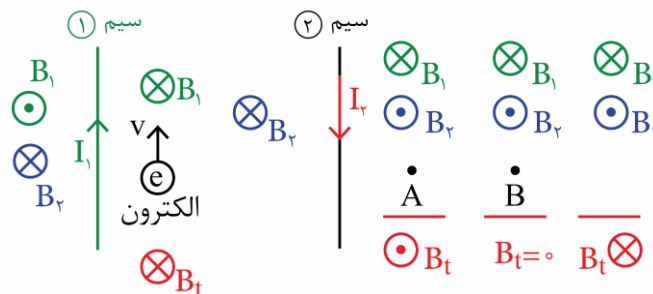
نیروی بین سیم‌های موازی حامل جریان

اگر جریان‌ها در یک جهت از دو سیم موازی بگذرند، نیروی بین آن‌ها رابشی است. همچنین اگر جریان‌ها در دو جهت مخالف از دو سیم موازی بگذرند، نیروی بین آن‌ها رانشی است.

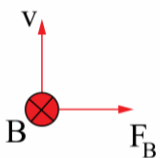


پایه تشریحی

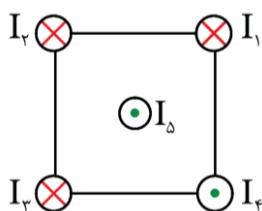
چون جهت میدان سیم (۱) در نقطه B درون سو است، پس میدان سیم (۲) باید برون سو باشد تا آن را خنثی کند و با توجه به آن، جهت جریان سیم (۲) به سمت پایین است:



از طرفی نقطه A چون در نزدیکی سیم (۲) قرار دارد، پس میدان سیم (۲) قوی تر است و میدان خالص برون سو است. در مکان الکترون میدان خالص درون سو است پس طبق قاعده دست چپ، جهت نیروی وارد بر الکترون به سمت راست است.



گروه آموزشی ماز



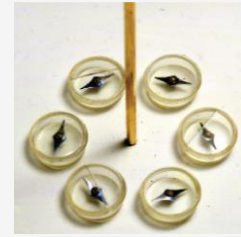
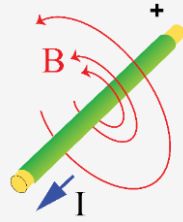
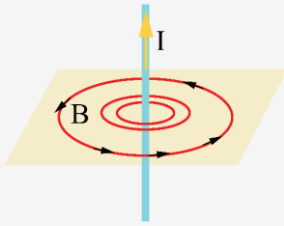
۲۱- در شکل زیر چهار سیم با جریان‌های هم اندازه در چهار رأس یک مربع قرار دارند و میدان مغناطیسی هر کدام از سیم‌ها در مرکز مربع ۱۰ T است. اگر یک سیم حامل جریان $I_5 = 2A$ در مرکز مربع قرار دهیم، نیروی مغناطیسی خالص وارد بر ۵ mm از این سیم چند نیوتون و در چه جهتی است؟

$$\begin{aligned} ۱) & - ۰/۲ \\ ۲) & - ۰/۲\sqrt{۲} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ۳) & - ۰/۲\sqrt{۲} \\ ۴) & - ۰/۲ \end{aligned}$$

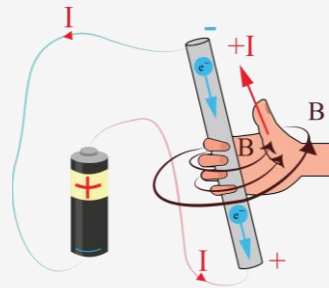
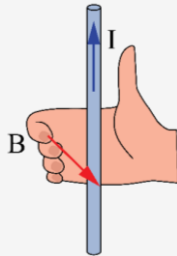
آزمایش اورستد

عبور جریان الکتریکی از یک سیم رسانا در اطراف آن یک میدان مغناطیسی به وجود می‌آورد. خط‌های میدان مغناطیسی حاصل از یک سیم حامل جریان به صورت دایره‌های هم‌مرکز در اطراف سیم حامل جریان هستند.



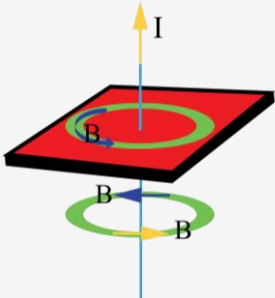
تعیین جهت میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریکی

اگر سیم را در دست راست خود بگیرید به گونه‌ای که انگشت شست در جهت جریان الکتریکی باشد خم شدن چهار انگشت شما جهت خط‌های میدان مغناطیسی را در اطراف سیم نشان می‌دهد.



حالت اول: سیم حامل جریان درون صفحه باشد.

اگر سیم حامل جریان درون صفحه باشد خطوط میدان مغناطیسی آن عمود بر صفحه خواهد شد.



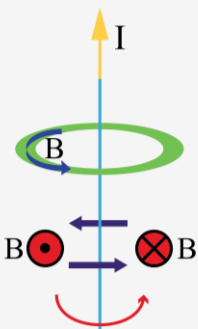
در این حالت در چهار نقطه میدان مغناطیسی حائز اهمیت است:

۱- زیر سیم

۲- روی سیم

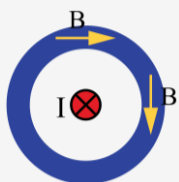
۳- سمت راست سیم

۴- سمت چپ سیم



حالت دوم: سیم حامل جریان عمود بر صفحه باشد.

اگر سیم حامل جریان عمود بر صفحه باشد، خطوط میدان مغناطیسی آن درون صفحه قرار می‌گیرد.



پیدا کردن جهت میدان مغناطیسی در یک نقطه:

ابتدا از نقطه موردنظر به سیم وصل کنید (r)، میدان مغناطیسی در این نقطه الزاماً بر r عمود است. پس در نقطه موردنظر یک خط عمود بر r رسم کنید و با قاعده دست راست یکی از جهت‌ها را برای میدان مغناطیسی انتخاب کنید.



عوامل مؤثر بر میدان سیم حامل جریان:

❖ هرچقدر جریان سیم بزرگتر باشد میدان مغناطیسی آن قوی‌تر است.

$$\uparrow B \propto I \uparrow$$

❖ هرچقدر به سیم حامل جریان نزدیک‌تر شویم میدان مغناطیسی قوی‌تر خواهد شد.

$$\uparrow B \propto \frac{1}{r} \downarrow$$

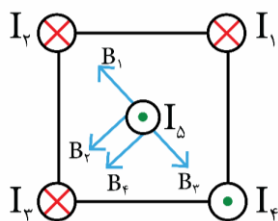
❖ میدان مغناطیسی در نقاطی که به یک فاصله از سیم قرار دارند یکسان است.

$$r_1 = r_2 \rightarrow B_1 = B_2$$

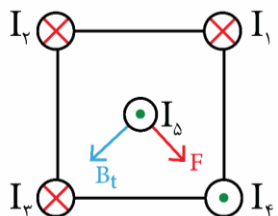


ابتدا با قاعده دست راست جهت میدان هریک از سیم‌ها را در مرکز مربع مشخص می‌کنیم:

B_1 و B_3 یکدیگر را خنثی می‌کنند، پس میدان مغناطیسی برآیند برابر است با:



$$B_t = 10 + 10 = 20 \text{ T}$$



حال با قاعده دست راست جهت نیروی وارد بر سیم I_d را مشخص می‌کنیم.

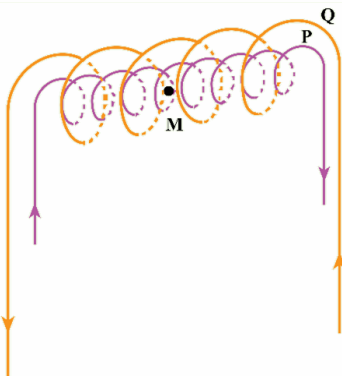
$$F = BIL \sin \theta = 20 \times 2 \times 5 \times 10^{-3} \sin 90^\circ = 0.2 \text{ N}$$

گروه آموزشی ماز

۲۲- در شکل زیر، دو سیم‌لوله P و Q هم‌محورند و برآیند میدان مغناطیسی ناشی از دو سیم‌لوله در نقطه M صفر است. تعداد دورهای سیم‌لوله P دو برابر

تعداد دورهای سیم‌لوله Q است و طول سیم‌لوله P و Q به ترتیب ۳۰cm و ۴۰cm می‌باشد. اگر اختلاف جریان عبوری از دو سیم‌لوله ۲/۵A باشد، جریان

عبوری از سیم‌لوله Q چند آمپر است؟



۱/۵ (۱)

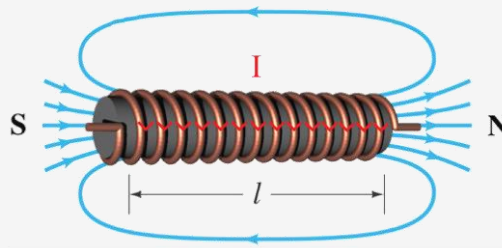
۳/۵ (۲)

۴ (۳)

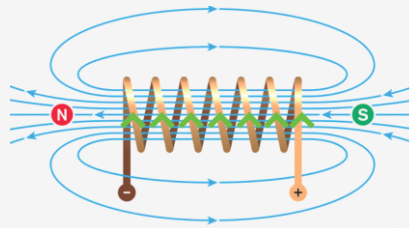
۶ (۴)

میدان مغناطیسی حاصل از سیم‌لوله حامل جریان

سیم‌لوله، سیم درازی است که به صورت مارپیچی بلند، پیچیده شده است. با عبور جریان الکتریکی از سیم‌لوله در فضای اطراف آن میدان مغناطیسی به وجود می‌آید.



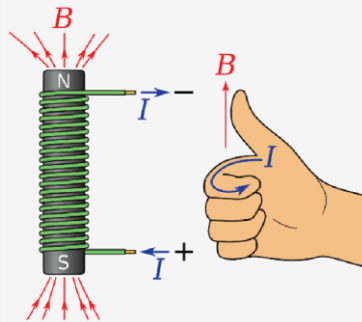
خط‌های میدان در داخل سیم‌لوله، به ویژه در نقطه‌های نسبتاً دور از لبه‌های آن، تقریباً موازی و هم‌فاصله‌اند و این، نشانگر **یکنواخت بودن میدان مغناطیسی درون سیم‌لوله است**.



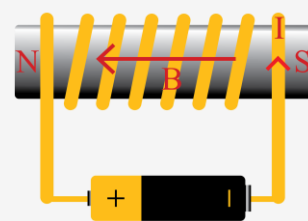
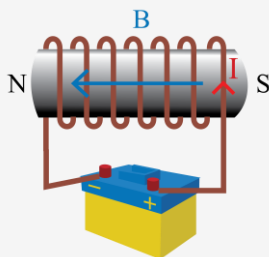
خط‌های میدان داخل سیم‌لوله بسیار متراکم‌تر از خط‌های میدان در خارج آن است و این نشانگر **بزرگ‌تر بودن میدان در داخل سیم‌لوله است**.

تعیین جهت میدان مغناطیسی سیم‌لوله:

جهت میدان مغناطیسی سیم‌لوله به کمک قاعده دست راست که در شکل نشان داده شده است تعیین می‌شود:

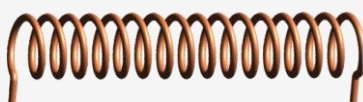


مثال از تعیین جهت میدان مغناطیسی سیم‌لوله:



سیم‌لوله آرمانی

اگر قطر حلقه‌های سیم‌لوله در مقایسه با طول آن، بسیار کوچک و حلقه‌های آن، خیلی به هم نزدیک باشند، به این سیم‌لوله، **سیم‌لوله آرمانی** گفته می‌شود.



میدان مغناطیسی سیم‌لوله آرمانی:

میدان مغناطیسی داخل یک سیم‌لوله آرمانی در نقطه‌های دور از لبه‌ها یکنواخت است و اندازه آن از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$B = \frac{\mu_0 N I}{L}$$

μ_0 : تراوایی مغناطیسی خلأ

$\left(\frac{T \cdot m}{A}\right)$

N: تعداد دورهای سیم‌لوله

L : طول سیمولوه

I : جریان عبوری از سیمولوه

صورت دوم میدان مغناطیسی سیمولوه آرمانی:

$$n = \frac{N}{L} \rightarrow B = \mu_0 n I$$

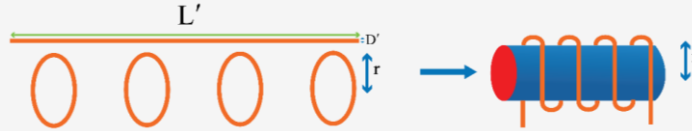
n : تعداد دورها در واحد طول سیمولوه

L : طول سیمولوه

N : تعداد دورهای سیمولوه

محاسبه تعداد حلقه‌های سیمولوه:

$$N = \frac{L'}{2\pi r}$$



L' : طول سیم

N : تعداد دورهای سیمولوه

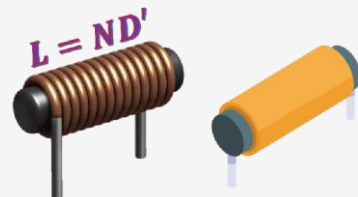
D' : قطر (ضخامت) سیم

r : شعاع سیمولوه (حلقه‌ها)

صورت دیگر میدان مغناطیسی سیمولوه منظم:

سیمولوه‌ای که بین حلقه‌ها هیچ فاصله‌ای نباشد و حلقه‌ها روی هم قرار نگرفته باشند.

این رابطه فقط برای میدان سیمولوه منظم است $\rightarrow B = \frac{\mu_0 I}{D'} \rightarrow L = ND'$



D' : قطر (ضخامت) سیم

I : جریان عبوری از سیمولوه

عوامل مؤثر بر میدان مغناطیسی سیمولوه:

جریان عبوری از سیمولوه: هرچه قدر جریان بیش‌تری از سیمولوه عبور کند میدان مغناطیسی آن قوی‌تر است.

$$B \propto I$$

تعداد دور در واحد طول سیمولوه: هرچه قدر تعداد دورها در واحد طول سیمولوه بیش‌تر باشد میدان مغناطیسی سیمولوه قوی‌تر خواهد شد.

$$B \propto n$$

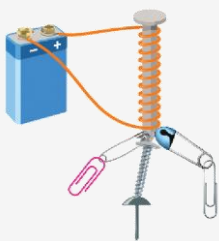
❖ میدان مغناطیسی سیمولوه به تعداد حلقه‌ها و طول سیمولوه به‌تنهایی **بستگی ندارد** و با نسبت آن‌ها، یعنی $\frac{N}{L}$ رابطه مستقیم دارد.

❖ **وجود هسته آهنی** باعث تقویت میدان مغناطیسی سیمولوه می‌شود. میدان مغناطیسی سیمولوه بدون هسته آهنی به قدری ضعیف است که در عمل کاربردهای کمی دارد.

آهنربای الکتریکی سیمولوه با هسته آهنی:

وقتی جریانی در سیمولوه برقرار می‌شود، میدان مغناطیسی سیمولوه، در هسته آهنی خاصیت مغناطیسی القا می‌کند و هسته آهنی، آهنربا می‌شود. این آهنربا را آهنربای الکتریکی می‌نامند.

آهنربای الکتریکی صنعتی شامل پیچ‌های حامل جریان است که تعداد دور سیم زیادی دارد و میدان مغناطیسی حاصل از آن قادر است مقدار زیادی میله‌های فولادی و دیگر قراضه‌های آهنی را بلند کند.



چون میدان خالص صفر است باید میدان‌های حاصل از دو سیمولوه هم‌اندازه باشند:

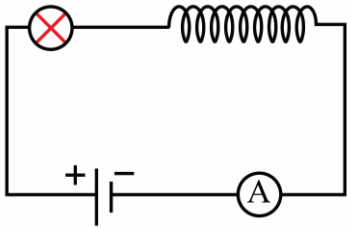
$$N_P = 2N_Q, L_P = 30 \text{ cm}, L_Q = 40 \text{ cm}$$

$$B_P = B_Q \rightarrow \frac{\mu_0 N_P I_P}{L_P} = \frac{\mu_0 N_Q I_Q}{L_Q} \rightarrow \frac{2 N_Q I_P}{30} = \frac{N_Q I_Q}{40} \rightarrow I_P = \frac{3}{8} I_Q$$

$$I_Q - I_P = 2/5 \rightarrow I_Q - \frac{3}{8} I_Q = 2/5 \rightarrow I_Q = 4 \text{ A}$$

گروه آموزشی ماز

۲۳- در مدار زیر تعداد دورها در واحد طول سیملوله 2500 m^{-1} می باشد. اگر میدان مغناطیسی سیملوله 150 G و انرژی ذخیره شده در آن 0.5 J باشد، ضریب القاوری سیملوله چند هانری است؟ $(\mu_0 = 12 \times 10^{-7} \frac{\text{T.m}}{\text{A}})$



- (۱) 0.2
(۲) 0.2
(۳) 0.4
(۴) 0.4

(متوسط - محاسباتی - ۱۱۰۴)

پاسخ: گزینه ۳

انرژی ذخیره شده در القاگر

هرگاه از سیملوله ای با ضریب القاوری L ، جریان I عبور کند، برای محاسبه انرژی ذخیره شده در القاگر، می توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$U = \frac{1}{2} LI^2$$

L : ضریب القاوری برحسب هانری (H)
 I : جریان عبوری از القاگر یا سیملوله برحسب آمپر
 U : انرژی ذخیره شده در القاگر برحسب ژول



$$\frac{N}{L} = 2500$$

$$B = \mu_0 \frac{N}{L} I \rightarrow 150 \times 10^{-4} = 12 \times 10^{-7} \times 2500 \times I \rightarrow I = 5 \text{ A}$$

$$U = \frac{1}{2} LI^2 \rightarrow 0.5 = \frac{1}{2} L \times 5^2 \rightarrow L = 0.4 \text{ H}$$

گروه آموزشی ماز

۲۴- بردار میدان مغناطیسی در یک محیط، در SI به صورت $\vec{B} = 5\vec{i} + 12\vec{j}$ است. اگر در آن محیط، سطح یک حلقه دایره ای شکل به قطر 20 cm عمود بر محور y باشد، شار مغناطیسی عبوری از آن چند وبر است؟ $(\pi \approx 3)$

(۴) $1/44$

(۳) 0.39

(۲) 0.36

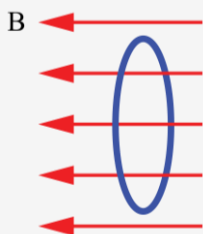
(۱) 0.15

(آسان - محاسباتی - ۱۱۰۴)

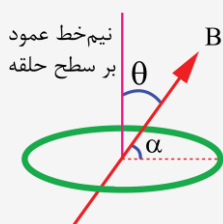
پاسخ: گزینه ۲

شار مغناطیسی

مجموعه خطوط میدان مغناطیسی که از یک سطح بسته می گذرد را شار مغناطیسی می گویند.



شار مغناطیسی کمیتی نرده ای است و برای میدان مغناطیسی یکنواخت B که از پیچهای با مساحت معین A می گذرد به صورت زیر تعریف می شود:



$$\phi = BA \cos \theta$$

ϕ : شار مغناطیسی (وبر Wb)

B : میدان مغناطیسی (تسلا T)

A : مساحت پیچه (m^2)

θ : زاویه بین بردار میدان مغناطیسی و نیم خط عمود بر سطح حلقه

اگر در سؤالی زاویه میدان و سطح حلقه (یعنی α) داده شد، باید ابتدا آن را از 90° کم کنید و در رابطه قرار دهید:

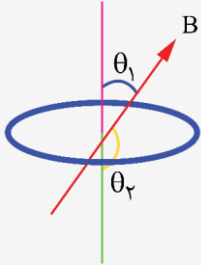
$$\cos \theta = \sin \alpha \quad \text{یا} \quad \theta = 90^\circ - \alpha$$

یکای شار مغناطیسی در SI وبر (Wb) است.

$$\phi = BA \cos \theta$$

$$1 \text{ Wb} = 1 \text{ T} \times 1 \text{ m}^2$$

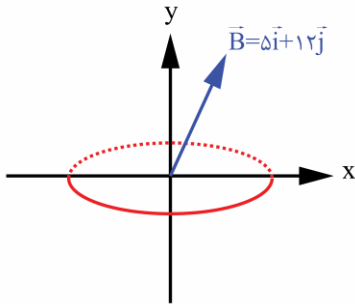
همواره دو جهت برای رسم نیم خط عمود بر سطح معین وجود دارد که علامت شار مغناطیسی عبوری از این سطح نیز به انتخاب این جهت بستگی دارد؛ یعنی برحسب انتخاب زاویه θ ، شار عبوری از سطح ممکن است مثبت یا منفی شود. پس در انتخاب این زاویه دقت کنید که در حل یک مسئله، نیم خط عمود بر سطح را در هر جهتی در نظر گرفتید تا پایان آن را تغییر ندهید.



پاسخ تشریحی:

$$A = \pi r^2 = \pi \times (1.0 \times 10^{-2} \text{ m})^2 = 0.3 \text{ m}^2$$

طبق رابطه شار مغناطیسی ($\phi = AB \cos \theta$) مؤلفه‌ای از میدان که در راستای محور X قرار دارد از حلقه عبور نمی‌کند. پس برای محاسبه شار، فقط مؤلفه Z که با نیم خط عمود بر حلقه، زاویه صفر می‌سازد را محاسبه می‌کنیم:



$$\phi = AB \cos \theta = 0.3 \times 12 \times \cos 0 = 0.36 \text{ Wb}$$

گروه آموزشی ماز

۲۵- یک پیچه ۲۰۰ حلقه‌ای درون میدان مغناطیسی 0.5 T طوری قرار گرفته که زاویه میدان و سطح پیچه 53° درجه می‌باشد. اگر مساحت پیچه با آهنگ

$$25 \frac{\text{cm}^2}{\text{s}} \text{ کاهش یابد، نیروی محرکه القایی به وجود آمده در پیچه چند ولت است؟ } (\cos 53^\circ = \sin 37^\circ = 0.6)$$

۲۰ (۴)

۱۵ (۳)

۰/۲ (۲)

۰/۱۵ (۱)

(متوسط - محاسباتی - ۱۱۰۴)

پاسخ: گزینه ۲

قانون القای الکترومغناطیسی فاراده

هرگاه شار مغناطیسی‌ای که از مدار بسته‌ای می‌گذرد تغییر کند، نیروی محرکه‌ای در آن القا می‌شود که بزرگی آن با آهنگ تغییر شار مغناطیسی متناسب است؛ یعنی هرچه آهنگ تغییر شار مغناطیسی بیش‌تر باشد، نیروی محرکه القایی و در نتیجه جریان القایی تولید شده در مدار بیش‌تر خواهد بود. قانون فاراده برای پیچه یا سیم‌لوله‌ای که از N دور مشابه تشکیل شده باشد طبق رابطه زیر بیان می‌شود:

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

N : تعداد حلقه‌ها

Δt : زمان تغییر شار

$\bar{\varepsilon}$: نیروی محرکه القایی متوسط برحسب ولت

$\Delta \phi$: تغییر شار مغناطیسی

$\frac{\Delta \phi}{\Delta t}$: آهنگ تغییر شار مغناطیسی برحسب وبر بر ثانیه

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{اگر فقط میدان مغناطیسی تغییر کند: } \bar{\varepsilon} = -NA \frac{\Delta B}{\Delta t} \cos \theta \\ \text{اگر فقط مساحت تغییر کند: } \bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta A}{\Delta t} B \cos \theta \\ \text{اگر فقط زاویه تغییر کند: } \varepsilon = -NAB \frac{(\cos \theta_f - \cos \theta_i)}{\Delta t} \end{array} \right.$$

اگر مقاومت پیچه یا سیملوله برابر R باشد، جریان القایی متوسط در آن از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\bar{I} = \frac{\bar{\varepsilon}}{R}$$

$\bar{\varepsilon}$: نیروی محرکه القایی متوسط بر حسب ولت R: مقاومت پیچه یا سیملوله

هرچه مقاومت پیچه یا مداری که در آن شار مغناطیسی تغییر می‌کند **بیش‌تر** باشد، **جریان کوچک‌تری** در آن القا می‌شود.

پاسخ تشریحی:

در صورت سؤال، زاویه میدان و سطح پیچه داده شده است، پس زاویه میدان و نیم‌خط عمود بر سطح پیچه ۳۷ درجه است:

$$\theta = 90 - 53 = 37$$

$$\text{آهنگ تغییر مساحت: } \frac{\Delta A}{\Delta t} = -25 \frac{\text{cm}^2}{\text{s}} = -25 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

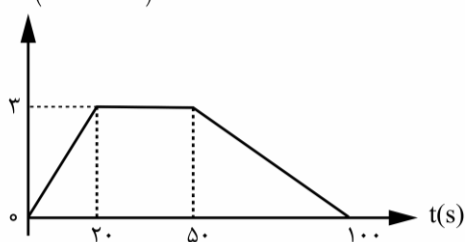
$$\varepsilon = -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t} \xrightarrow{\text{فقط مساحت تغییر کرده است}} \varepsilon = -NB \cos \theta \times \frac{\Delta A}{\Delta t}$$

$$\rightarrow \varepsilon = -200 \times 0.5 \times \cos 37 \times (-25 \times 10^{-4}) \rightarrow \varepsilon = 0.25 \text{ V}$$

گروه آموزشی ماز

۲۶- تغییرات شار مغناطیسی گذرنده از هر حلقه یک پیچه بر حسب زمان مطابق شکل است. اگر پیچه ۲۰۰۰ حلقه داشته باشد، اندازه جریان القایی متوسط در پیچه در بازه زمانی $t = 30 \text{ s}$ تا $t = 80 \text{ s}$ چند میلی‌آمپر است؟ (مقاومت هر دور پیچه برابر 0.3Ω اهم است.)

$$\phi (\times 10^{-3} \text{ Wb})$$



$$(1) \quad 1/2 \times 10^{-3}$$

$$(2) \quad 7/2 \times 10^{-2}$$

$$(3) \quad 72$$

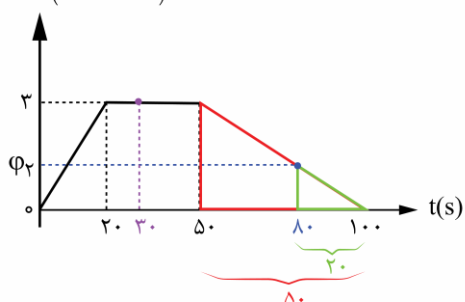
$$(4) \quad 1/2$$

(متوسط - نموداری - ۱۱۰۴)

پاسخ: گزینه ۴

پاسخ تشریحی:

$$\phi (\times 10^{-3} \text{ Wb})$$



در لحظه $t_1 = 30 \text{ s}$ ، شار $\phi_1 = 3 \times 10^{-3} \text{ Wb}$ است. حال با تشابه مثلث‌های سبز رنگ و قرمز رنگ شار را در $t_2 = 80 \text{ s}$ به دست می‌آوریم:

$$\frac{20}{50} = \frac{\phi_2}{3 \times 10^{-3}} \rightarrow \phi_2 = 1/2 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t} = -2000 \times \frac{1/2 \times 10^{-3} - 3 \times 10^{-3}}{80 - 30} = \frac{(-2000) \times (-1/8 \times 10^{-3})}{50}$$

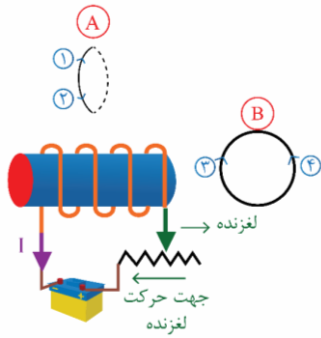
$$\rightarrow \varepsilon = 7/2 \times 10^{-2} \text{ V}$$

مقاومت هر دور پیچه برابر 0.3Ω است؛ بنابراین مقاومت کل پیچه برابر 60Ω است. حال برای محاسبه جریان القایی متوسط در پیچه می‌توان نوشت:

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{7/2 \times 10^{-2}}{60} = 1/2 \times 10^{-3} \text{ A} = 1/2 \text{ mA}$$

گروه آموزشی ماز

۲۷- در شکل زیر لغزندهٔ رئوس را به سمت چپ حرکت می‌دهیم. جهت جریان القایی در حلقه‌های A و B به ترتیب کدام است؟



- (۱) جهت (۱)، جهت (۴)
 (۲) جهت (۱)، در حلقه B جریان القا نمی‌شود.
 (۳) جهت (۲)، جهت (۴)
 (۴) جهت (۲)، در حلقه B جریان القا نمی‌شود.

(متوسط - مفهومی - ۱۱۰۴)

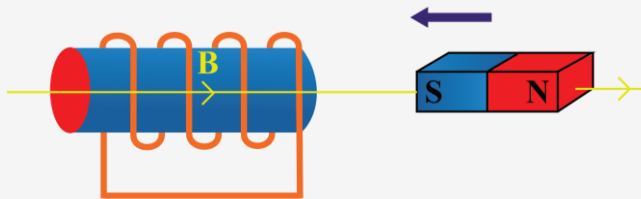
پاسخ: گزینه ۲

قانون لنز

جریان حاصل از نیروی محرکه القایی در یک مدار یا پیچه در جهتی است که آثار مغناطیسی ناشی از آن با عامل به وجود آورندهٔ جریان القایی، یعنی تغییر شار مغناطیسی مخالفت می‌کند. علامت منفی در فرمول لنز-فاراده نشان‌دهندهٔ همین مخالفت است.

روش تعیین جهت جریان القایی در یک پیچه یا در هر مدار بستهٔ دیگر

گام اول: ابتدا جهت میدان مغناطیسی‌ای که توسط یک عامل خارجی ایجاد شده است را در مرکز حلقه یا سیموله تعیین کنید.



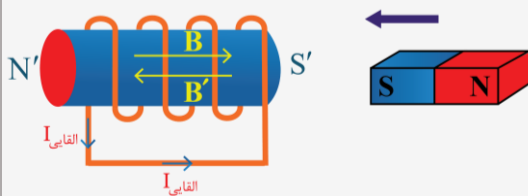
گام دوم: مشخص کنید شار مغناطیسی در حال افزایش است یا کاهش $\uparrow \varphi = A \uparrow B \cos \theta$

گام سوم:

۱- اگر شار مغناطیسی در حال افزایش بود، میدان مغناطیسی القایی در خلاف جهت میدان مغناطیسی اصلی به وجود می‌آید تا با افزایش شار مخالفت کند.

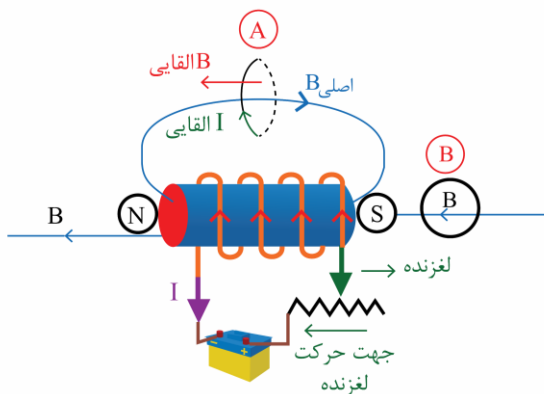
۲- اگر شار مغناطیسی در حال کاهش بود، میدان مغناطیسی القایی هم‌جهت با میدان اصلی به وجود می‌آید تا با کاهش شار مخالفت کند.

گام چهارم: با توجه به جهت میدان مغناطیسی القایی به کمک قاعدهٔ دست راست جهت جریان القایی را در حلقه یا سیموله مشخص کنید.



پاسخ سنجی

ابتدا جهت میدان ناشی از سیموله را در مکان هریک از حلقه‌ها مشخص می‌کنیم. چون هیچ میدانی از حلقه B عبور نمی‌کند شار عبوری از این حلقه صفر است و جریانی در آن القا نمی‌شود.

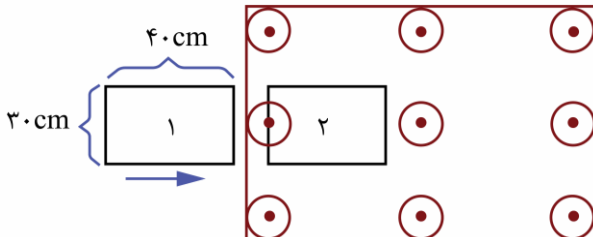


با حرکت لغزنده به سمت چپ، طول مقاومت کم تر شده و جریان مدار افزایش می یابد و به همین علت، میدان مغناطیسی و شار عبوری از حلقه A افزایش می یابد. پس میدان القایی به وجود آمده در حلقه A، خلاف جهت میدان اصلی یعنی به سمت چپ خواهد بود. پس طبق قاعده دست راست جهت جریان القایی در این حلقه در جهت (۱) است.

$$\downarrow R = \frac{\rho L}{A} \Rightarrow \uparrow I = \frac{\varepsilon}{R} \Rightarrow \uparrow B = \frac{\mu_0 NI}{L} \Rightarrow \uparrow \varphi = \uparrow BA \cos \theta$$

گروه آموزشی ماز

۲۸- یک قاب رسانای مستطیل شکل به ابعاد $30\text{ cm} \times 40\text{ cm}$ وارد میدان مغناطیسی برون سویی به اندازه 0.2 T شده و سپس از آن خارج می شود. اگر ورود کامل قاب به میدان (حرکت از موقعیت (۱) تا (۲)) 6 ms طول بکشد، اندازه نیروی محرکه القایی متوسط در این مدت چند ولت است و جهت جریان القایی به وجود آمده در قاب در چه جهتی است؟



- (۱) ۳ - ساعتگرد
(۲) ۳ - پادساعتگرد
(۳) ۴ - ساعتگرد
(۴) ۴ - پادساعتگرد

(متوسط - مفهومی / محاسباتی - ۱۱۰۴)

پاسخ: گزینه ۳



در حالت (۱) حلقه درون میدان مغناطیسی قرار ندارد؛ بنابراین شار عبوری از آن در این لحظه صفر است:

$$\varphi_1 = 0$$

$$\varphi_2 = AB \cos \theta = (0.2 \times 0.3 \times 0.4) \times 2 \times \cos 0 = 24 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = -1 \times \frac{24 \times 10^{-3}}{6 \times 10^{-3}} = -4 \rightarrow |\varepsilon| = 4\text{ V}$$

چون شار مغناطیسی در حال افزایش است پس میدان القایی خلاف جهت میدان اصلی می شود، یعنی میدان مغناطیسی القایی درون سو بوده و طبق قاعده دست راست، جهت جریان القایی ساعتگرد است.

گروه آموزشی ماز

۲۹- جریان متناوبی که دوره آن 0.04 s است از یک رسانای 3 A اهمی عبور می کند. در لحظه $t_1 = \frac{1}{6}\text{ s}$ جریان $I_1 = 3\sqrt{3}\text{ A}$ و در لحظه t_2 جریان بیشینه و نیروی محرکه برابر ε است. t_2 و ε به ترتیب از راست به چپ بر حسب SI کدام می تواند باشد؟

$$2 - 0.07 \text{ (۴)}$$

$$18 - 0.07 \text{ (۳)}$$

$$2 - 0.06 \text{ (۲)}$$

$$18 - 0.06 \text{ (۱)}$$

(متوسط - محاسباتی - ۱۱۰۴)

پاسخ: گزینه ۳

انواع جریان

جریان مستقیم

جریانی که با گذشت زمان تغییر نمی کند.

جریان متناوب

جریانی که در آن ولتاژ و جریان با گذشت زمان به طور سینوسی تغییر می کند.

تمامی نیروگاه های تولید برق در دنیا و از جمله ایران، جریان متناوب تولید می کنند که تابعی سینوسی از زمان است و به همین دلیل جریان متناوب سینوسی نامیده می شود.

جهت جریان در مدار جریان مستقیم معین است ولی در مدار جریان متناوب، به دلیل تغییر جهت جریان با گذشت زمان، نمی توان جهت معینی را برای آن در نظر گرفت.

جریان متناوب سینوسی متداول ترین نوع جریان متناوب است.

دوره (زمان تناوب)

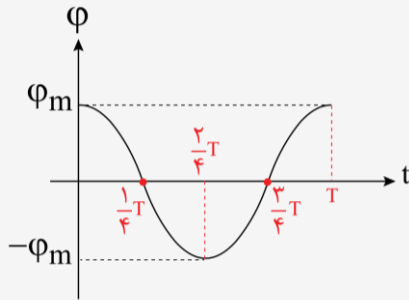
زمان یک دور چرخش کامل پیچه را دوره یا زمان تناوب می نامند. با تغییر شار مغناطیسی، جریانی که در پیچه القا می شود از رابطه زیر به دست می آید:

$$I = I_m \sin \frac{2\pi}{T} t$$

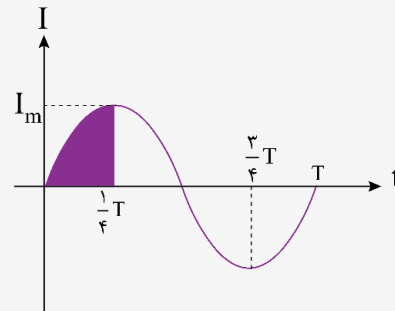
معادله شار بر حسب زمان:

$$\phi = BA \cos \frac{2\pi}{T} t$$

نمودار شار بر حسب زمان در یک دوره



نمودار جریان متناوب سینوسی در یک دوره



پایخ شریعی

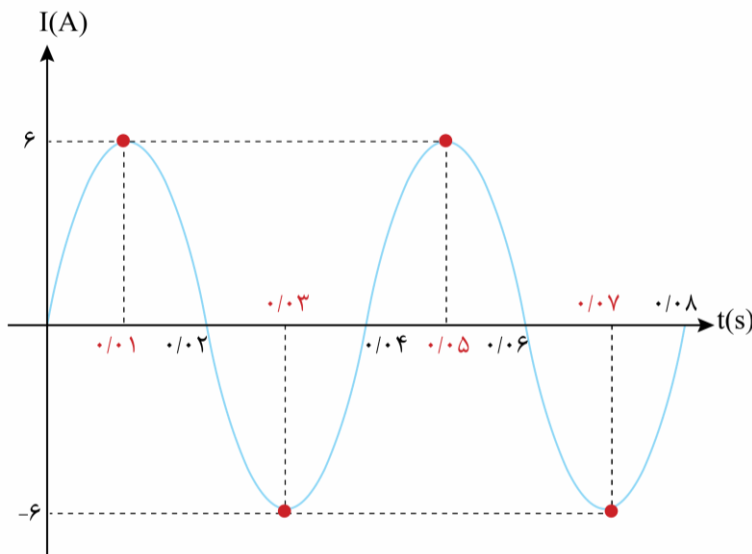
ابتدا معادله جریان را می نویسیم و $t_1 = \frac{1}{6} s$ را در آن قرار می دهیم:

$$I = I_m \sin\left(\frac{2\pi}{T} t\right) \xrightarrow[t_1 = \frac{1}{6}]{I_1 = 3\sqrt{3}} 3\sqrt{3} = I_m \sin\left(\frac{2\pi}{T} \times \frac{1}{6}\right)$$

$$\rightarrow 3\sqrt{3} = I_m \sin\left(\frac{2\pi}{T} \times \frac{1}{6}\right) \rightarrow 3\sqrt{3} = I_m \times \frac{\sqrt{3}}{2} \rightarrow I_m = 6 A$$

$$\rightarrow I_m = \frac{\epsilon_m}{R} \rightarrow \epsilon = \frac{\epsilon_m}{2} \rightarrow \epsilon_m = 12 V$$

می دانیم در لحظه ای که جریان، بیشینه است، نیروی محرکه هم بیشینه بوده ولی شار صفر است. پس در لحظه t_1 نیروی محرکه $12 V$ است. نمودار جریان-زمان را برای دو دوره رسم می کنیم.



همان طور که مشخص است در لحظات مشخص شده (قرمز رنگ) اندازه جریان، بیشینه است که در گزینه ها فقط $0.07 s$ وجود دارد.

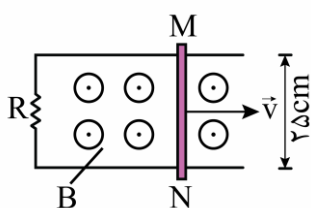
گروه آموزشی ماز

۳۰- در شکل زیر، رسانای U شکل به مقاومت $R = 0.2 \Omega$ در میدان مغناطیسی یکنواخت $B = 0.1 T$ قرار دارد. میله رسانا روی آن با تندی ثابت v در حرکت است. اگر جریان القایی $I = 0.5 A$ باشد، چه تعداد از عبارت های زیر در رابطه با آن صحیح است؟

الف: تندی حرکت میله برابر $4 \frac{m}{s}$ است.

ب: جهت جریان القایی در میله از طرف M به N است.

پ: نیروی مغناطیسی وارد شده بر میله به طرف چپ است.



۱ (۲)

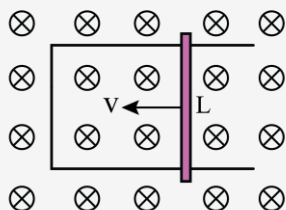
۳ (۴)

۱ (۱) صفر

۲ (۳)

نیروی محرکه القایی در میله متحرک در میدان مغناطیسی

هرگاه مطابق شکل، میله‌ای به طول L در میدان مغناطیسی یکنواخت B با تندی ثابت v حرکت کند، شار عبوری از آن تغییر کرده و اندازه نیروی محرکه القایی در دو سر میله از رابطه زیر به دست می‌آید:



$$\varepsilon = BvL$$

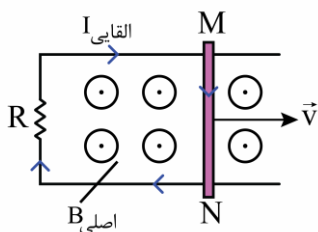
پاسخ تشریحی:

بررسی موارد:

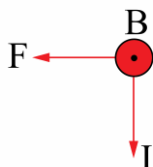
الف:

$$I = \frac{\varepsilon}{R} \Rightarrow \cdot / \Delta = \frac{\varepsilon}{\cdot / \gamma} \Rightarrow \varepsilon = \cdot / \Delta V$$

$$\varepsilon = Bvl \Rightarrow \cdot / \wedge = \cdot / \wedge \times v \times \cdot / \vee \Delta \Rightarrow v = \mathfrak{f} \frac{m}{s}$$



پ: با توجه به این که مساحت قاب در حال افزایش است؛ بنابراین شار عبوری از قاب در حال افزایش است. پس جهت میدان القایی در خلاف جهت میدان اصلی است، یعنی میدان القایی باید درون سو باشد، پس جهت جریان القایی در قاب، ساعتگرد است و جریان در میله از M به N است. (✓)



پ: با توجه به جهت جریان در میله، به کمک قاعده دست راست، نیروی مغناطیسی وارد بر میله به سمت چپ است. (✓)

گروه آموزشی ماز

۳۱- چه تعداد از عبارتهای زیر دربارهٔ مدار مقابل صحیح است؟

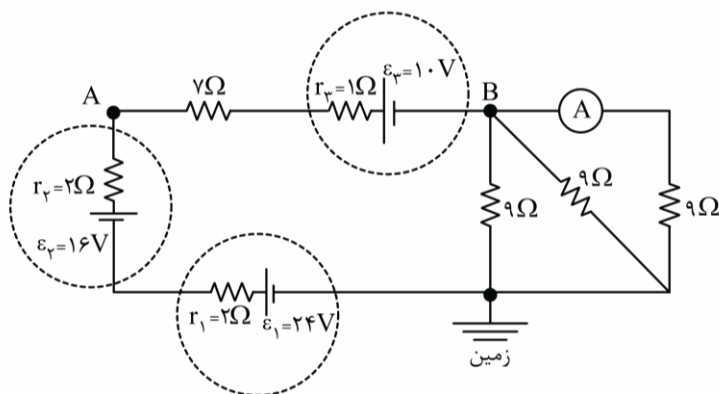
الف: آمیرسنج آرمانی A۱ را اندازه می‌گیرد.

ب: پتانسیل الکتریکی نقطہ A برابر $28V$ است.

پ: با عبور یک الکترون از نقطه A تا B، انرژی پتانسیل

الکتریکی آن 26 eV کاهش می یابد.

ت: باتری (۳)، توان ۱۲ وات را به مدار تحویل می‌دهد.



1 (Y

2 (2)

3 (2)

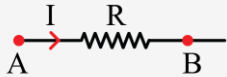
(۴) صفر

پتانسیل نویسی

در مدارهای الکتریکی با حرکت از یک نقطه مدار و محاسبه اختلاف پتانسیل اجزای مختلف، می‌توانیم به نقاط دیگر مدار برسیم و اختلاف پتانسیل نقاط مختلف مدار را به دست آوریم. برای این کار از تکنیک پتانسیل نویسی استفاده می‌کنیم که به شرح زیر است:

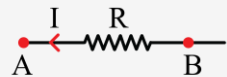
۱- هنگامی که به یک مقاومت الکتریکی (مقاومت درونی باتری یا سایر مقاومت‌های مدار) رسیدیم به صورت زیر عمل می‌کنیم:

الف: اگر در حال حرکت در جهت جریان بودیم، پتانسیل الکتریکی به اندازه RI کاهش می‌یابد و تغییرات ولتاژ برابر $(-RI)$ است.



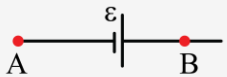
$$V_A - RI = V_B$$

ب: اگر در حال حرکت در خلاف جهت جریان بودیم، پتانسیل الکتریکی به اندازه RI افزایش می‌یابد و تغییرات ولتاژ برابر $(+RI)$ است.



$$V_A + RI = V_B$$

۲- هنگامی که به باتری آرمانی رسیدیم، اگر از سر مثبت باتری خارج شدیم، پتانسیل به اندازه $\mathcal{E}$ زیاد می‌شود و تغییرات ولتاژ برابر $(+\mathcal{E})$ است. همچنین اگر از سر منفی خارج شدیم، پتانسیل به اندازه $\mathcal{E}$ کم می‌شود و تغییرات ولتاژ برابر $(-\mathcal{E})$ است.



$$V_A + \mathcal{E} = V_B$$

۳- پتانسیل الکتریکی زمین که معمولاً با نماد $\perp$ در مدار مشخص می‌شود، طبق قرارداد برابر صفر است.

نکته:

۱- در مدارهای چند باتری، اگر جریان از سر مثبت یک باتری خارج شود، این باتری در نقش مولد محرکه است و وظیفه رساندن انرژی به سایر اجزای مدار را بر عهده دارد. ولتاژ این باتری و توان خروجی از آن برابر است با:

$$V = \mathcal{E} - rI$$

$$P_{\text{خروجی}} = VI = (\mathcal{E} - rI)I = \mathcal{E}I - rI^2$$

با ضرب کردن توان خروجی از باتری در زمان، می‌توانیم انرژی که باتری به مدار تحویل می‌دهد را هم محاسبه کنیم.

۲- در مدارهای چند باتری، اگر جریان از سر منفی یک باتری خارج شود، این باتری در نقش مصرف کننده است و مانند مقاومت‌های مدار، انرژی را مصرف می‌کند. اندازه ولتاژ این باتری و توان مصرفی از آن برابر است با:

$$V = \mathcal{E} + rI$$

$$P_{\text{مصرفی}} = VI = (\mathcal{E} + rI)I = \mathcal{E}I + rI^2$$

با ضرب کردن توان مصرفی باتری در زمان، می‌توانیم انرژی که باتری مصرف می‌کند را هم محاسبه کنیم.

پایخ سنجی

سه مقاومت 9Ω باهم موازی هستند و حاصل آن‌ها با مقاومت 7Ω متوالی است؛ بنابراین مقاومت معادل مدار برابر است با:

$$R_{eq} = 7 + \frac{9}{3} = 7 + 3 = 10\Omega$$

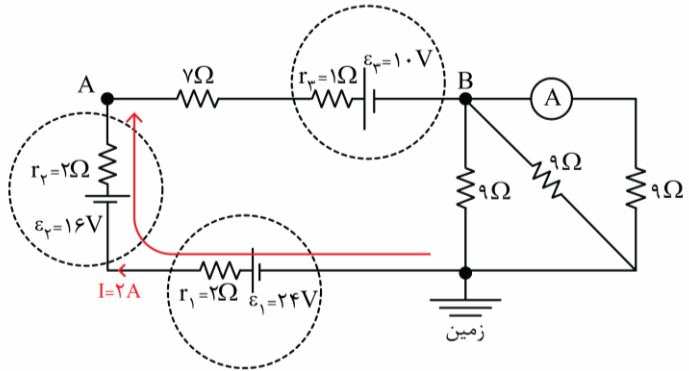
جریان شاخه اصلی مدار برابر است با:

$$I = \frac{\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_3}{r_1 + r_2 + r_3 + R_{eq}} = \frac{24 + 16 - 10}{2 + 2 + 1 + 10} = \frac{30}{15} = 2A$$

بررسی موارد

الف: جریان $I = 2A$ بین سه مقاومت 9Ω به طور مساوی تقسیم می‌شود، پس به هر مقاومت جریان $\frac{2}{3}A$ می‌رسد و آمپرسنج جریان $\frac{2}{3}A$ را نشان می‌دهد. (*)

ب: برای محاسبه پتانسیل الکتریکی نقطه A، از زمین تا نقطه A حرکت می کنیم.



$$V_{\text{زمین}} + \varepsilon_1 - r_1 I + \varepsilon_2 - r_2 I = V_A$$

$$\Rightarrow 0 + 24 - 2 \times 2 + 16 - 2 \times 2 = V_A \Rightarrow V_A = 32 \text{ V}$$

(*)

پ: پتانسیل نقطه B برابر ولتاژ دو سر مقاومت 9Ω است (چرا؟)؛ بنابراین می توان نوشت:

$$V_B = 9 \times \frac{2}{3} = 6 \text{ V}$$

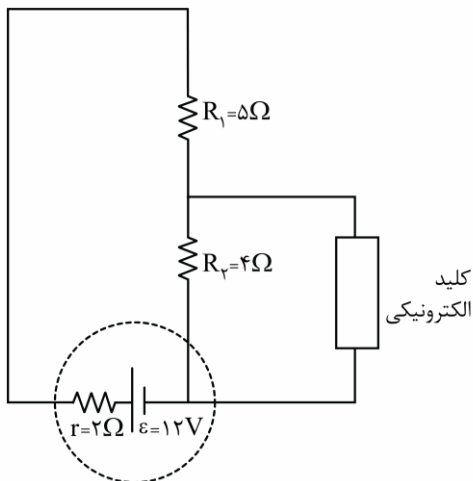
بنابراین با حرکت از A تا B، پتانسیل الکتریکی 26 V کاهش می یابد، پس انرژی پتانسیل الکتریکی الکترون، به اندازه 26 eV افزایش می یابد. (*)

ت: باتری (۳) در نقش مصرف کننده است و توان از مدار می گیرد. (*)

گروه آموزشی ماز

۳۲- در مدار زیر، دمای مقاومت R_p را حداقل چند درجه سلسیوس افزایش دهیم تا کلید الکترونیکی فعال شود؟ (برای فعال شدن کلید، ولتاژ دو سر آن

باید به 5 V برسد، ضریب دمایی مقاومت R_p برابر $\frac{1}{K} \times 10^{-3}$ است و دمای سایر مقاومت ها ثابت است.)



۲۵ (۱)

۵۰ (۲)

۷۵ (۳)

۱۰۰ (۴)

(متوسط - محاسباتی - ۱۱۰۲)

پاسخ: گزینه ۲

محاسبه تغییرات مقاومت الکتریکی با تغییر دما

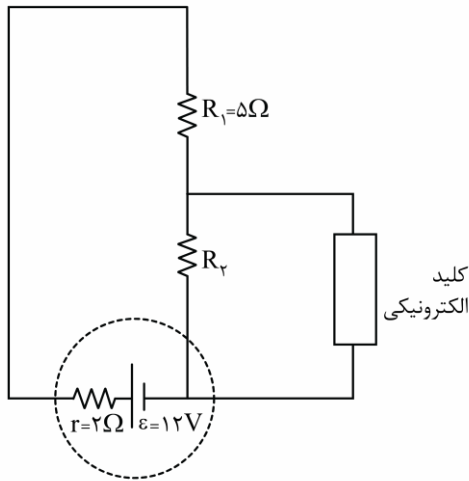
اگر دمای مقاومتی به اندازه $\Delta\theta$ افزایش یابد، تغییرات مقاومت و مقدار نهایی آن از روابط زیر به دست می آیند:

$$\Delta R = R_1 \alpha \Delta\theta$$

$$R_r = R_1 (1 + \alpha \Delta\theta)$$

در روابط فوق، α ضریب دمایی مقاومت است و یکای آن در SI، $\frac{1}{K}$ می باشد.

ولتاژ دو سر مقاومت R_2 برابر است با:



$$I = \frac{\varepsilon}{r + R_{eq}} = \frac{12}{2 + 5 + R_2} = \frac{12}{7 + R_2}$$

$$V_{R_2} = R_2 I = \frac{12 R_2}{7 + R_2}$$

می‌خواهیم ولتاژ دو سر مقاومت R_2 برابر ۵V شود تا کلید فعال شود؛ بنابراین داریم:

$$V_{R_2} = 5V \Rightarrow 5 = \frac{12 R_2}{7 + R_2} \Rightarrow R_2 = 5\Omega$$

گام آخر:

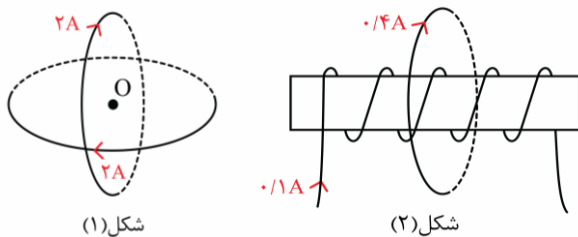
باید دمای مقاومت R_2 آن قدر افزایش یابد تا مقدار مقاومت آن از 4Ω به 5Ω برسد؛ بنابراین داریم:

$$R_2 = R_1(1 + \alpha \Delta\theta) \Rightarrow 5 = 4(1 + \alpha \Delta\theta) \Rightarrow 5 = 4(1 + 10^{-3} \Delta\theta)$$

$$\Rightarrow 5 \times 10^{-3} \Delta\theta = 0.25 \Rightarrow \Delta\theta = 50^\circ C$$

گروه آموزشی ماز

۳۳- در شکل (۱)، دو حلقه هم‌مرکز به شعاع ۲cm عمود بر هم قرار دارند و در شکل (۲)، سیم‌لوله‌ای به طول ۸۰cm که دارای ۴۰۰ دور سیم است، از مرکز پیچ‌های به قطر ۴cm گذشته است. اگر میدان مغناطیسی خالص در مرکز حلقه‌های شکل (۱)، هم‌اندازه میدان مغناطیسی خالص در مرکز پیچ‌های شکل (۲) باشد، تعداد حلقه‌های پیچ چندتا است؟ ($\sqrt{2} \approx 1/4$)



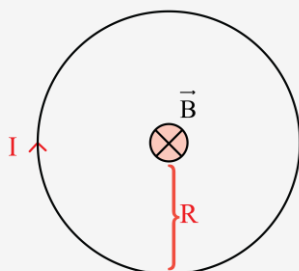
- ۸ (۱)
- ۴ (۲)
- ۲ (۳)
- ۱۰ (۴)

(سخت - محاسباتی - ۱۱۰۳)

پاسخ: گزینه ۳

میدان مغناطیسی در مرکز پیچ مسطح

میدان در مرکز یک پیچ دایره‌ای با N حلقه از رابطه زیر به دست می‌آید:



$$B = \frac{\mu_0 N I}{2 R}$$

میدان خالص در شکل (۱) برابر است با:

$$B_1 = B_2 = \frac{\mu_0 I}{2R} = \frac{\mu_0}{2} \times \frac{2}{0.2} = 50 \mu_0$$

$$\Rightarrow B_T = \sqrt{B_1^2 + B_2^2} = 50 \mu_0 \sqrt{2} \approx 70 \mu_0$$

گام آخر:

در شکل (۲)، میدان سیملوله برابر است با:

$$B_{\text{سیملوله}} = \mu_0 \frac{NI}{\ell} = \mu_0 \times \frac{400 \times 0.1}{0.8} = 50 \mu_0$$

میدان سیملوله و پیچه هر دو به سمت چپ است. طبق صورت سؤال، می‌خواهیم میدان خالص آن‌ها نیز، مثل شکل (۱) برابر $70 \mu_0$ شود، پس پیچه باید میدانی با بزرگی $20 \mu_0 = B_{\text{پیچه}}$ به سمت چپ تولید کند.

$$B_{\text{پیچه}} = \frac{\mu_0 NI}{2R} \Rightarrow 20 \mu_0 = \frac{\mu_0}{2} \times \frac{N \times 0.4}{0.2}$$

$$\Rightarrow 20 = 10N \Rightarrow N = 2$$

گروه آموزشی ماز

۳۴- طول سیملوله A ، ۴ برابر طول سیملوله B و تعداد دور در واحد طول آن، ۲ برابر سیملوله B است. از هر دو سیملوله جریان $5A$ می‌گذرد و انرژی ذخیره‌شده در سیملوله A ، $3 \mu J$ بیش‌تر از انرژی سیملوله B است. ضریب القاوری سیملوله B چند هانری است؟ (مساحت حلقه‌های دو سیملوله برابر است).

(۴) 8×10^{-5}

(۳) 8×10^{-6}

(۲) $1/6 \times 10^{-5}$

(۱) $1/6 \times 10^{-6}$

(متوسط - محاسباتی - ۱۱۰۴)

پاسخ: گزینه ۱

محاسبه ضریب القاوری سیملوله

ضریب القاوری سیملوله برابر است با:

$$L = \frac{\mu_0 N^2 A}{\ell}$$

N تعداد حلقه‌های سیملوله، ℓ طول آن و A مساحت مقطع هر حلقه آن است.

ابتدا ضریب القاوری دو سیملوله را مقایسه می‌کنیم:

$$L = \frac{\mu_0 N^2 A}{\ell} \xrightarrow[\text{ثابت } \mu_0]{\text{یکسان } A} \frac{L_A}{L_B} = \left(\frac{N_A}{N_B} \right)^2 \times \frac{\ell_B}{\ell_A}$$

$$\xrightarrow{N=n\ell} \frac{L_A}{L_B} = \left(\frac{n_A \ell_A}{n_B \ell_B} \right)^2 \times \frac{\ell_B}{\ell_A}$$

$$\Rightarrow \frac{L_A}{L_B} = \left(\frac{n_A}{n_B} \right)^2 \times \frac{\ell_A}{\ell_B} = 2^2 \times 4 = 16$$

بنابراین ضریب القاوری A ، ۱۶ برابر B ($L_A = 16L_B$) است.

گام آخر:

اختلاف انرژی دو سیملوله برابر است با:

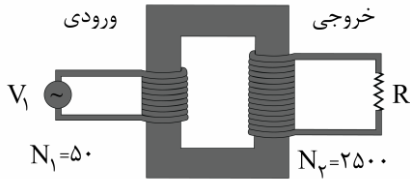
$$U_A - U_B = \frac{1}{2} L_A I^2 - \frac{1}{2} L_B I^2 = \frac{1}{2} (L_A - L_B) I^2$$

$$\frac{I = \frac{\Delta A}{L_A = 16 L_B}}{\Delta A} \rightarrow 3 \times 10^{-6} = \frac{1}{2} (16 L_B - L_B) \times \left(\frac{0}{5}\right)^2$$

$$\Rightarrow 3 \times 10^{-6} = \frac{15}{2} L_B \Rightarrow L_B = 1/6 \times 10^{-6} \text{ H}$$

گروه آموزشی ماز

۳۵- V_1 ولتاژ متناوبی با بیشینه 320 V است. ولتاژ دو سر مقاومت R ، ولتاژ متناوبی با بیشینه ولت است و مبدل نشان داده شده، یک مبدل است.



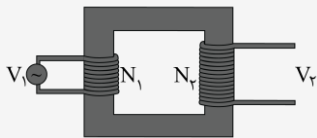
- (۱) - افزایشده
- (۲) - کاهشده
- (۳) - افزایشده
- (۴) - کاهشده

(آسان - مفهومی / محاسباتی - ۱۱۰۴)

پاسخ: گزینه ۱

مبدل

اگر تعداد دورهای خروجی (ثانویه) یک مبدل بیش‌تر از تعداد دورهای ورودی (اولیه) آن باشد، مبدل افزایشده است و اگر تعداد دورهای خروجی (ثانویه) کم‌تر از تعداد دورهای ورودی (اولیه) باشد، مبدل کاهشده است. برای تبدیل در مبدل، می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد:



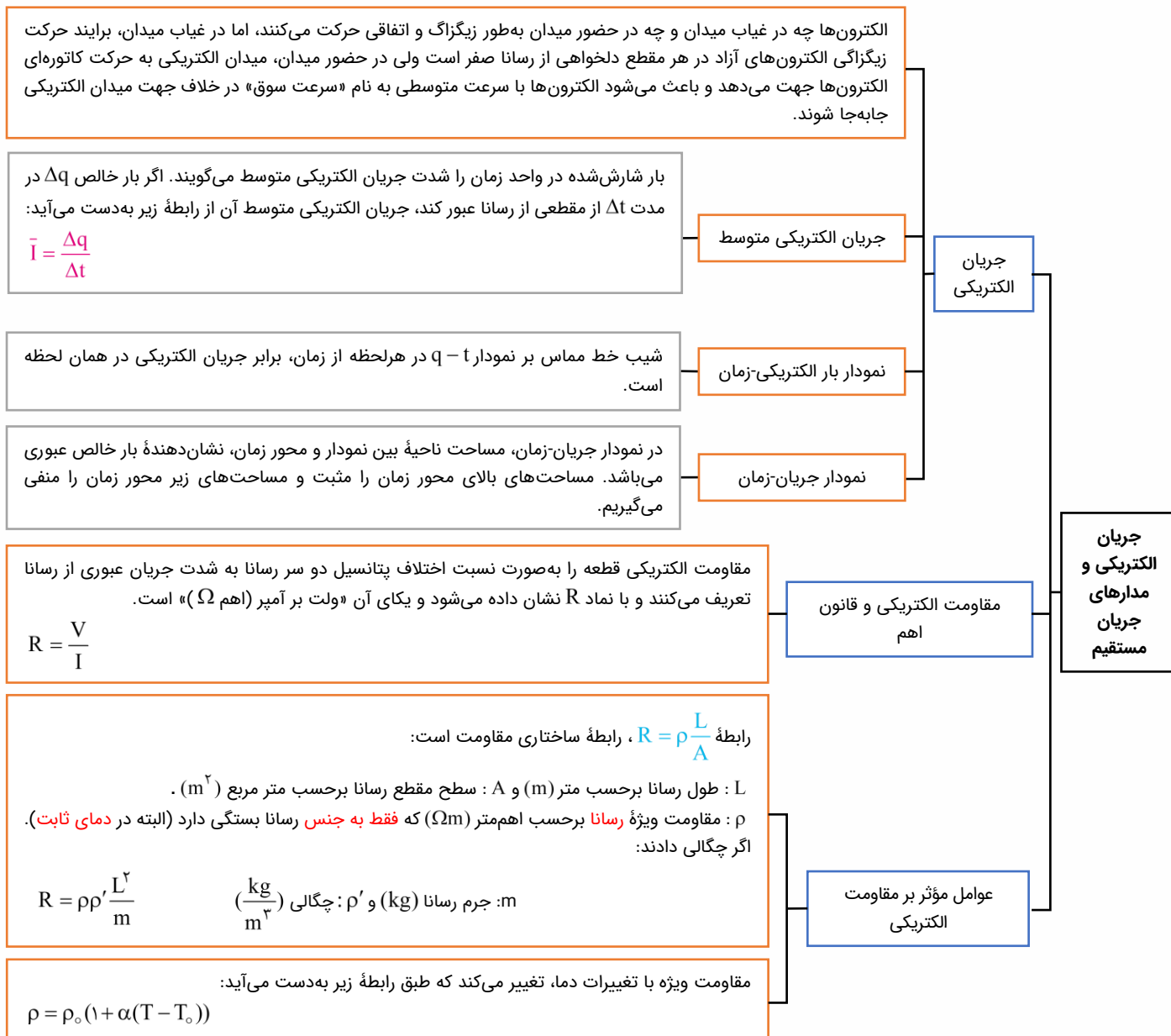
$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

پاسخ تشریحی:

N_2 بزرگ‌تر از N_1 است؛ بنابراین مبدل افزایشده است.

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1} \Rightarrow \frac{V_2}{320} = \frac{2500}{50} \Rightarrow V_2 = 16000 \text{ V}$$

گروه آموزشی ماز



کاری که منبع نیروی محرکه الکتریکی روی واحد بار الکتریکی مثبت انجام می‌دهد تا آن را از پایانه با پتانسیل کمتر به پایانه با پتانسیل بیش‌تر جابه‌جا کند، اصطلاحاً نیروی محرکه الکتریکی (emf) نامیده و با رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$\varepsilon = \frac{\Delta U}{\Delta q}$$

نیروی محرکه الکتریکی

اگر جریان الکتریکی I در مدار برقرار باشد، از نقطه اول شروع می‌کنیم و با رعایت پروتکل‌های زیر به مقصد می‌رسیم:

- ۱- اگر در جهت جریان I از مقاومت عبور کنیم، افت پتانسیل خواهیم داشت. (چون جریان الکتریکی از پتانسیل بیش‌تر به کمتر است).
- ۲- اگر در خلاف جهت جریان I از مقاومت عبور کنیم، افزایش پتانسیل خواهیم داشت.
- ۳- هنگامی که به یک باتری می‌رسیم بدون توجه به جهت جریان، فقط به پایانه‌ها توجه می‌کنیم. اگر از پایانه مثبت مولد خارج شویم، $\varepsilon +$ و اگر از پایانه منفی مولد خارج شویم، $\varepsilon -$.

محاسبه اختلاف پتانسیل دو نقطه از مدار

نیروی محرکه الکتریکی و مدارها

در مدار تک حلقه، جریان حلقه برابر است با نیروی محرکه باتری تقسیم بر مجموع تمام مقاومت‌های الکتریکی حلقه (مقاومت معادل حلقه به‌اضافه مقاومت درونی مولد):

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \quad \text{مقاومت معادل حلقه} = R_e$$

مدار تک حلقه

اگر اندازه انرژی گرمایی مصرفی را با U نشان دهیم، آن‌گاه:

$$U = qV \quad \text{و} \quad U = VIt \xrightarrow{V=RI} U = RI^2t \xrightarrow{I=V/R} U = \frac{V^2}{R}t$$

انرژی گرمایی مصرفی

روابط توان مصرفی در مقاومت R:

$$P = \frac{U}{t} \begin{cases} U = VIt \Rightarrow P = VI \\ U = RI^2t \Rightarrow P = RI^2 \\ U = \frac{V^2}{R}t \Rightarrow P = \frac{V^2}{R} \end{cases}$$

روابط توان مصرفی

توان مدارهای الکتریکی

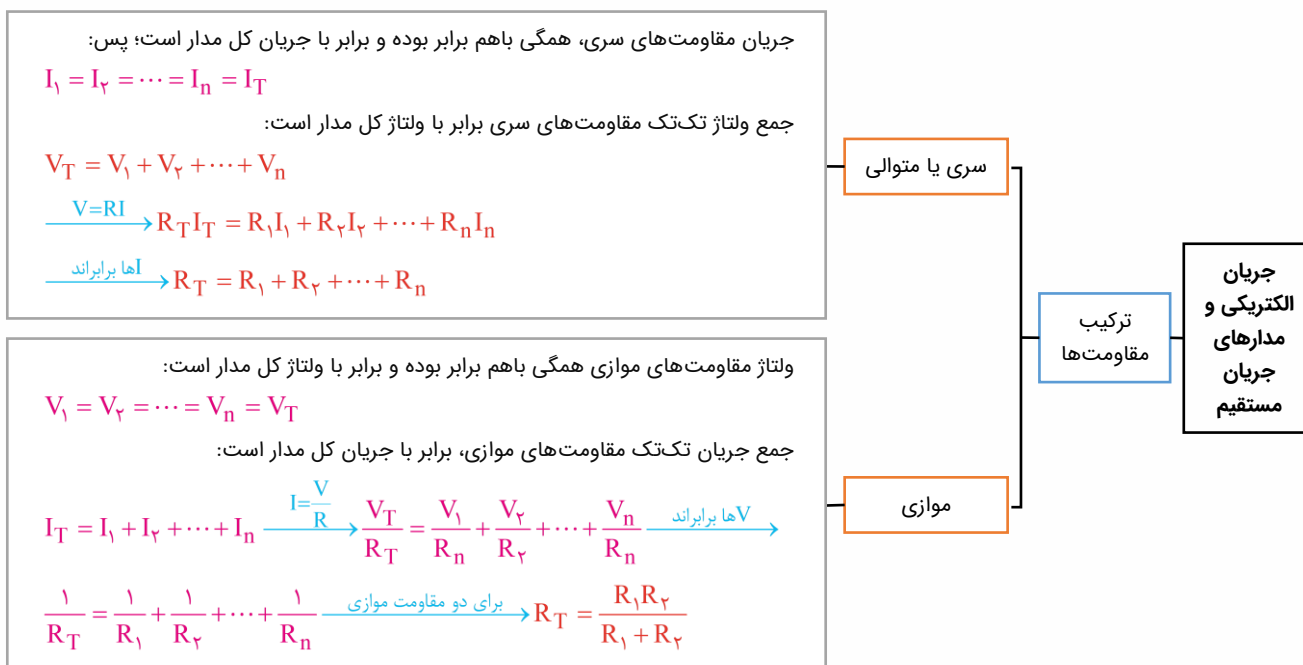
جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم

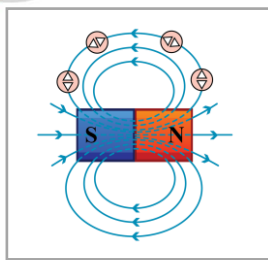
وسیله‌ای برای اندازه‌گیری ولتاژ یا همان اختلاف پتانسیل دو سر عنصر است و به‌صورت موازی با عنصر بسته می‌شود. مقاومت داخل ولت‌سنج ایده‌آل، خیلی خیلی بزرگ است و جریانی از ولت‌سنج ایده‌آل عبور نمی‌کند.

ولت‌سنج ایده‌آل

وسیله‌ای برای اندازه‌گیری جریان عبوری از عنصر است و به‌صورت متوالی با عنصر بسته می‌شود. مقاومت داخل آمپرسنج ایده‌آل خیلی خیلی ناچیز و تقریباً صفر است (چرا؟)؛ بنابراین مثل یک سیم بدون مقاومت است.

آمپرسنج ایده‌آل





میدان مغناطیسی در خارج آهنربا، از قطب N خارج و به قطب S وارد می‌شود. به شکل مقابل دقت کنید:

معرفی مغناطیس، قطب‌های مغناطیسی و میدان مغناطیسی

$$F = |q|vB \sin \theta$$

نیروی مغناطیسی وارد بر بار الکتریکی متحرک مطابق رابطه مقابل محاسبه می‌شود:

نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار متحرک

- ۱- بردار $\vec{F}$ الزاماً بر بردارهای $\vec{B}$ و $\vec{v}$ عمود است.
- ۲- بردار $\vec{B}$ و $\vec{v}$ هر زاویه‌ای می‌توانند باهم داشته باشند.
- ۳- هنگامی که $\vec{B}$ و $\vec{v}$ بر هم عمودند، نیروی مغناطیسی بیشینه می‌شود.
- ۴- هنگامی که $\vec{B}$ و $\vec{v}$ هم‌راستا باشند، نیروی مغناطیسی صفر می‌شود.

در رابطه زیر، B ، I و L به ترتیب اندازه میدان، شدت جریان و طول سیم هستند و θ زاویه بین جهت جریان سیم و جهت بردار میدان مغناطیسی است.

$$F = BIL \sin \theta$$

نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان از طرف میدان مغناطیسی مطابق رابطه مقابل به دست می‌آید:

نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان

- ۱- اگر سیم راست حامل جریان موازی میدان مغناطیسی باشد نیروی وارد بر آن کمینه (صفر) خواهد شد و اگر سیم عمود بر میدان مغناطیسی باشد، نیروی مغناطیسی وارد بر آن بیشینه خواهد شد.
- ۲- بردار نیروی وارد بر سیم حتماً بر بردار میدان مغناطیسی و جهت جریان در سیم عمود است.

مغناطیس

در اطراف سیم راست حامل جریان الکتریکی، میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود. جهت این میدان مطابق با قاعده دست راست تعیین می‌شود. برای این کار کافی است انگشت شست دست راست را در جهت جریان سیم قرار دهیم و چهار انگشت دست راست را حول آن بچرخانیم، در این صورت جهت میدان مغناطیسی در همان جهت چرخش چهار انگشت خواهد بود.

میدان مغناطیسی درون سیملوله از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$B = \mu_0 \frac{NI}{\ell}$$

سیملوله

میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریکی

میدان مغناطیسی در مرکز پیچه که معمولاً به آن پیچه مسطح می‌گویند، از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2R}$$

پیچه

اتم‌های مواد پارامغناطیسی، خاصیت مغناطیسی دارند؛ اما دوقطبی‌های مغناطیسی وابسته به آن‌ها، به طور کاتوره‌ای سمت‌گیری کرده‌اند و میدان مغناطیسی خالصی ایجاد نمی‌کنند. مواد پارامغناطیسی در حضور میدان‌های مغناطیسی قوی، خاصیت مغناطیسی ضعیف و موقت پیدا می‌کنند. اورانیم، پلاتین، آلومینیم، سدیم، اکسیژن و اکسید نیتروژن از جمله مواد پارامغناطیسی‌اند.

مواد پارامغناطیسی

اتم‌های مواد دیامغناطیس نظیر مس، نقره، سرب و بیسموت به طور ذاتی فاقد خاصیت مغناطیسی‌اند؛ به عبارت دیگر، هیچ‌یک از اتم‌های این مواد، دارای دوقطبی مغناطیسی خالصی نیستند. با وجود این، حضور میدان مغناطیسی خارجی، می‌تواند سبب القای دوقطبی‌های مغناطیسی در خلاف سوی میدان خارجی، در مواد دیامغناطیسی شود. (توسط آهنربا دفع می‌شوند.)

مواد دیامغناطیسی

ویژگی‌های مغناطیسی مواد

در میدان مغناطیسی، سریعاً آهنربا می‌شوند و در غیاب آن سریعاً خاصیت آهنربایی خود را از دست می‌دهند.

فرومغناطیس نرم

به سختی آهنربا می‌شوند و به سختی خاصیت آهنربایی خود را از دست می‌دهند. مثل فولاد (آهن به اضافه ۲ درصد کربن)، آلیاژهای آهن، کبالت و نیکل.

فرومغناطیس سخت

مواد فرومغناطیسی

در حدود سال ۱۸۳۱ میلادی، دانشمندی انگلیسی به نام مایکل فاراده با انجام آزمایشی دریافت که با دور و نزدیک کردن یک آهنربا به یک پیچه متصل به گالوانومتر (آمپرسنج حساس)، عقربه آن تغییر می‌کند؛ یعنی در پیچه (سیم‌پیچ) متصل به گالوانومتر جریان الکتریکی ایجاد یا به عبارتی القا می‌شود.

پدیده القای
الکترومغناطیسی

دو نکته مهم:

- ۱- فاراده به هنگام این کشف، به جای آهنربای دائمی، از آهنربای الکتریکی استفاده کرد.
- ۲- باتری به پیچه و گالوانومتر متصل نبود.

$$\phi = BA \cos \theta$$

شار مغناطیسی

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

نیروی محرکه
القایی

$$\bar{I} = \frac{\bar{\varepsilon}}{R}$$

جریان

قانون القای
الکترومغناطیسی فاراده

$$P = \frac{\varepsilon^2}{R}$$

توان

اگر شار عبوری از حلقه در حال افزایش باشد، جهت جریان القایی در حلقه به گونه‌ای خواهد بود که در قسمتی از حلقه که نزدیک سیم است، جهت آن با جهت جریان سیم مخالف باشد (به عبارت دیگر میدان القایی در خلاف جهت میدان اصلی ایجاد می‌شود).

اگر شار عبوری از حلقه در حال کاهش باشد، جهت جریان القایی در آن به گونه‌ای خواهد بود که در قسمتی از حلقه که نزدیک سیم راست است، جهت آن با جهت جریان سیم موافق باشد. (به عبارت دیگر میدان القایی در جهت میدان اصلی ایجاد می‌شود).

مطابق قانون لنز، جهت جریان القایی به گونه‌ای است که با تغییر شار مغناطیسی مخالفت کند.

قانون لنز

القاگر آرمانی یک سیم‌لوله با مقاومت الکتریکی ناچیز است که با عبور جریان الکتریکی از آن، درون آن انرژی ذخیره می‌شود. القاگر آرمانی فقط می‌تواند انرژی را در خود ذخیره کند یا آن را آزاد کند ولی انرژی را مصرف نمی‌کند.

خود القاوری

$$L = \mu \cdot \frac{AN^2}{\ell}$$

ضریب القاوری

$$U = \frac{1}{2} LI^2$$

انرژی ذخیره شده در
القاگر

$$I = I_m \sin\left(\frac{2\pi}{T} t\right) \quad \text{و} \quad \phi = BA \cos\left(\frac{2\pi}{T} t\right)$$

جریان متناوب

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

مبدل

القا

القاگر

۴ دلیل که در آزمون‌ها کم تست می‌زنید!

بسیاری از دانش‌آموزان بعد از آزمون با این سوال روبه‌رو می‌شوند. در ادامه علل و راه‌حل‌های این موضوع را بررسی می‌کنیم.

۱ اعتماد به نفس پایین!

ممکن است شما حین آزمون دادن به آموخته‌های خود اعتماد نداشته باشید و سوالات را نصفه و نیمه رها کنید.

در نظر داشته باشید آزمون دادن برای یادگیری شماسست، در نتیجه از آن بهترین استفاده را ببرید. برای تقویت این مورد کافی است سطح تسلط خودتان را بالا ببرید. این عمل با تست و آزمون دادن بسیار میسر می‌شود.

۲ مطالبی که مطالعه کرده‌اید اندک است!

زمانی که شما تمام مباحث را به خوبی مطالعه نکرده باشید به خوبی نمی‌توانید از پس سوالات آن مبحث بر بیایید.

علل: عدم برنامه‌ریزی درست، ساعت مطالعه پایین. می‌توانید به وبلاگ ماز سر بزنید و مقاله (به برنامه آزمون‌هایم نمی‌رسم! چکار کنم؟) را مطالعه کنید.

۳ تسلط کم!

حتما برای شما هم پیش آمده که سوالی را تا نیمه حل می‌کنید ولی نمی‌توانید آن را تمام کنید و به جواب نهایی برسید.

علل: آموزش ناقص، حل تعداد کمی تست، راه‌حل‌های تست‌ها و نکات مهم را به خوبی یاد نگرفته‌اید. برای رفع این مورد علل آن را پیدا کنید و رفعش کنید.

۴ مواجه نشدن با ایده جدید!

بعضی سوالات در آزمون ایده جدیدی دارند. شما نمی‌توانید ایده تمام سوالات را بدانید. اما می‌توانید قبل از آزمون با حل سوالات مختلف ذهن خودتان را آموزش دهید چطور در مواجهه با سوال جدید از آن اطلاعات استفاده کنید.

۵ تمرکز زیاد روی آموزش و مطالعه و تست زنی کم!

بسیاری از دانش‌آموزان بیشتر وقت خود را صرف مطالعه و ویدیو دیدن و.. می‌کنند. در صورتی شما باید حداکثر نصف زمان را برای مطالعه و نصف دیگر را به تست زنی اختصاص دهید.

۳ تا اصل مهم برای داشتن مطالعه با کیفیت!

ساعت مطالعه یا کیفیت مطالعه؟! حقیقتاً کیفیت و ساعت مطالعه مکمل یکدیگر هستند اما کیفیت مهم تر است.

چه دلایلی باعث می شود کیفیت مطالعه ما پایین باشد؟

✓ مطالعه در شرایط خستگی ✓ عدم آگاهی از روش صحیح مطالعه دروس مختلف

✓ ناامیدی ✓ نداشتن برنامه درسی مناسب و اصولی یکنواخت

✓ تغذیه و خواب نامناسب ✓ استرس روزهای باقی مانده

و هزاران دلیل دیگر...

بعد از تشخیص علل کاهش کیفیت باید به سراغ راهکار برای حل این موضوع برویم. ۳ بخش اصلی وجود دارد که در ادامه آن ها را معرفی می کنیم.

بخش اول: آماده سازی شرایط اولیه

در اولین مرحله لازم است نور، دما و مرتب بودن اتاق را تنظیم کنید. تمام مواردی که زمان مطالعه ممکن است به آن نیاز داشته باشید را در کنار خودتان قرار دهید، مانند: خودکار، کاغذ، کتاب تست، آب آشامیدنی و...

بخش دوم: آمادگی پیش از مطالعه

لازم است شما قبل از شروع به مطالعه بدانید که قرار است امروز چند صفحه مطالعه کنید. از چه کتابی و چه مبحثی و چه میزان تست بزنید. زمانی که شما برنامه درسی داشته باشید تکلیف روزانه خودتان را می دانید و یک برنامه هدفمند برای رسیدن به هدفتان دارید. نداشتن برنامه خود باعث بهم ریختن ذهن شما و نداشتن نظم می شود.

بخش سوم: شروع مطالعه

این قسمت ۳ گام دارد که باید به ترتیب آن را اجرا کنید و سپس به سراغ مطالعه بروید.

گام اول: آماده سازی ذهن

قبل از اینکه مطالعه را آغاز کنید ذهن خود را از تفکرات اضافی خالی کنید. یک کاغذ در کنار خود قرار دهید و آنچه را که ذهنتان را درگیر کرده است تمام و کمال بنویسید. بعد از تمام شدن کاغذ را در گوشه ای خارج از دامنه دید خودتان قرار دهید.

گام دوم: مطالعه فعال

مباحث را به قسمت های کوچک تری تبدیل کنید و برای هر قسمت مدت زمانی را مشخص کنید. سر زمان مطالعه را تمام کنید و درگیر وسواس مطالعاتی نشوید.

شروع به مطالعه کنید و مطالب را روزنامه وار مطالعه نکنید، سعی کنید مطالعه فعالی داشته باشید و نکات مهم را علامت بزنید. ارتباطی بین مباحث جدید و مباحث قبلی مطالعه شده را پیدا کنید. مطالب را دسته بندی کرده، نمودار رسم کنید. اگر در مطالعه قسمتی مشکل دارید از دوستان، معلم و کلاس های کمک آموزشی ماز بهره ببرید. در نظر داشته باشید یاد دادن مباحث به دیگران باعث تثبیت آن در ذهنتان خواهد شد.

درس خواندن به تنهایی کافی نیست، باید دست به قلم شوید نمونه سوال و تست های زیادی را حل کنید. برای شروع بهتر است به سراغ تمرین های ساده تر بروید بعد که مفهوم اصلی را درک کردید به سراغ سوالات تست های سخت تر بروید. از هر تست به سادگی نگذرید. نکات مهم را استخراج و نقاط ضعف خودتان را پیدا کرده و رفع کنید. بعد از چند روز مطالعه در آزمون شرکت کنید.

قدم سوم: تنوع در مطالعه

در برنامه ریزی درسیتان دروس متنوعی قرار دهید، حتی تنوع در نوع مطالعه هم داشته باشید. مثلاً: مطالعه درس زیست و تست زنی درس شیمی.

در محیط مطالعه و حالت مطالعه خودتان نیز تنوع ایجاد کنید. سعی کنید به صورت یکنواخت در شرایطی قرار نگیرید. به مدت زمان مطالعه و استراحتتان پایبند باشید.

با تکرار و رعایت این نکات می توانید پیشرفت را در نتیجه آزمون های خودتان ببینید.