



فهرست

۱	پاسخ تشریحی تست‌های در پاسخ فصل اول
۱۰	پاسخ تشریحی تست‌های در پاسخ فصل دوم
۲۰	پاسخ تشریحی تست‌های در پاسخ فصل سوم
۲۵	پاسخ تشریحی آزمون (۱) فصل اول
۲۹	پاسخ تشریحی آزمون (۲) فصل اول
۳۳	پاسخ تشریحی آزمون (۱) فصل دوم
۳۸	پاسخ تشریحی آزمون (۲) فصل دوم
۴۳	پاسخ تشریحی آزمون (۱) فصل سوم
۴۶	پاسخ تشریحی آزمون (۲) فصل سوم
۵۰	پاسخ تشریحی آزمون جامع (۱)
۵۳	پاسخ تشریحی آزمون جامع (۲)
۵۷	پاسخ تشریحی آزمون جامع (۳)

پاسخ تست‌های در پاسخ

۱- گزینه ۴

بار الکتریکی همواره مضرب صحیحی از بار پایه الکترون است ($q = \pm ne$) و تنها گزینه (۴) مضرب صحیحی از بار یک الکترون نیست.

$$\text{گزینه (۱): } \frac{6/4 \times 10^{-19}}{1/6 \times 10^{-19}} = 4, \quad \text{گزینه (۲): } \frac{8 \times 10^{-17}}{1/6 \times 10^{-19}} = 500, \quad \text{گزینه (۳): } \frac{7/2 \times 10^{-18}}{1/6 \times 10^{-19}} = 45, \quad \text{گزینه (۴): } \frac{3/2 \times 10^{-20}}{1/6 \times 10^{-19}} = 0/2$$

۲- گزینه ۳

کافی است مقدار $q = ne$ را حساب کنیم:

$$q = 2 \times 1/6 \times 10^{-19} = 3/2 \times 10^{-19} C = 3/2 \times 10^{-13} \mu C$$

۳- گزینه ۱

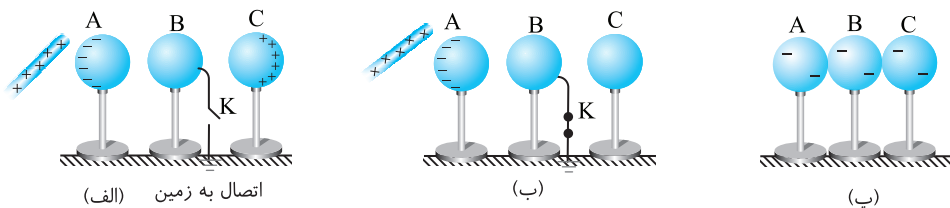
خط فکری: اگر دو جسم A و B با هم مالش داده شوند چنانچه A در جدول الکتریسیته مالشی به انتهای منفی سری نزدیک‌تر باشد، A از جسم B الکترون می‌گیرد و A دارای بار منفی و B دارای بار مثبت می‌شود.

(۱) مالش سرب و پارچه کتان: پارچه کتان به انتهای منفی نزدیک‌تر است پس پارچه کتان الکترون گرفته و سرب الکترون از دست داده است.

(۲) مالش نقره و پارچه کتان: نقره به انتهای منفی نزدیک‌تر است پس نقره الکترون گرفته و پارچه کتان الکترون از دست داده است.

۴- گزینه ۳

با نزدیک کردن میله با بار مثبت، بارهای القایی منفی در نزدیک‌ترین مکان و بارهای القایی مثبت در دورترین مکان ایجاد می‌شوند (شکل الف)). بعد از اتصال K، بارهای همنام با میله باردار توسط اتصال به زمین خنثی می‌شود و پس از اتصال به زمین، بار کره A منفی و کره B و C خنثی خواهند بود و بعد از باز کردن کلید K و دور کردن میله، کره منفی A در تماس با کره‌های خنثی B و C است در نتیجه بار منفی القایی کره A بین سه کره تقسیم می‌شود و هر سه دارای بار منفی می‌شوند. (شکل پ))



۵- گزینه ۱

با توجه به قانون پایستگی بار باید مجموع بار کره‌های A و B قبل از تماس و بعد از تماس با هم برابر باشد. با توجه به صورت مسئله باید مجموع $\Delta + q = 2\mu C$ شود از این‌رو:

$$\Delta + q_B = 2 \Rightarrow q_B = -3\mu C$$

حال اگر کره خنثی ($q_C = 0$) را با کره B با بار اولیه ($q_B = -3\mu C$) تماس دهیم. باید بار نهایی کره‌های B و C بعد از تماس یکسان و برابر میانگین بارهای دو کره

$$q'_C = q'_B = \frac{-3+0}{2} = -1/2\mu C$$

قبل از تماس شود.

در واقع $-1/2\mu C$ بار از کره B به کره C منتقل می‌شود که تعداد الکترون‌های منتقل شده را با استفاده از رابطه $q = \pm ne$ به دست می‌آوریم:

$$q = \pm ne \Rightarrow -1/2 \times 10^{-6} = -n \times 1/6 \times 10^{-19}, \quad n = \frac{1/2 \times 10^{-6}}{1/6 \times 10^{-19}} = 0/9375 \times 10^{13} = 9/375 \times 10^{12}$$

۶- گزینه ۱

هنگامی که دو کره مشابه را به هم تماس می‌دهیم بار آن‌ها با هم یکسان و برابر میانگین بار اولیه آن‌ها خواهد شد.

مرحله ۱: بستن کلید A:

$$q_1 = 2\mu C \quad \text{---} \quad K_A \quad \text{---} \quad q_2 = -3/6\mu C$$

$$q_2 = -3/6\mu C \Rightarrow q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{2 + (-3/6)}{2} = -0/8\mu C$$

مرحله ۲: باز کردن کلید A و بستن کلید B:

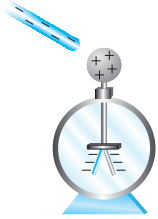
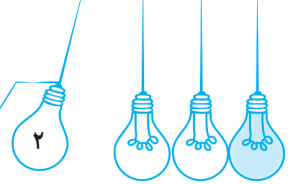
$$q'_1 = 0/8\mu C \quad \text{---} \quad K_B \quad \text{---} \quad q_2 = 2/4\mu C$$

$$q_2 = 2/4\mu C \Rightarrow q''_1 = q''_2 = \frac{q'_1 + q_2}{2} = \frac{-0/8 + 2/4}{2} = 0/8\mu C$$

مرحله ۳: باز کردن کلید B و بستن کلید C:

$$q''_1 = 0/8\mu C \quad \text{---} \quad K_C \quad \text{---} \quad q'_1 = -0/8\mu C$$

$$q'_1 = 0/8\mu C \Rightarrow q'''_1 = q'''_2 = \frac{q''_1 + q'_1}{2} = 0$$



۷- گزینه ۱ مالش میله پلاستیکی با پارچه پشمی باعث می شود میله دارای بار منفی شود. با نزدیک شدن یک جسم باردار به الکتروسکوپ بدون بار، بار ناهمنام با جسم باردار (مثبت) در کلاهک الکتروسکوپ و بار همنام با جسم باردار (منفی) در ورقه ها القا می شود. رانش بارهای همنام در ورقه ها باعث دور شدن آن ها از هم می شود. بنابراین ورقه ها باز شده و کلاهک مطابق شکل دارای بار مثبت است.

۸- گزینه ۴ نیرویی که بار $8\mu C$ بر بار $2\mu C$ وارد می کند برابر نیرویی است که بار $2\mu C$ بر بار $8\mu C$ وارد خواهد کرد و داریم:

$$F = k \frac{(\lambda \times 10^{-6})(2 \times 10^{-6})}{r^2}$$

$$F' = 2F = k \frac{(\lambda \times 10^{-6})(2 \times 10^{-6})}{(r')^2}$$

در حالت دوم نیرویی که دوبار بر هم وارد می کنند، در فاصله r' برابر $2F$ است:

$$\frac{F'}{F} = \frac{2F}{F} \Rightarrow \frac{k(\lambda \times 10^{-6})(2 \times 10^{-6})}{(r')^2} = 2 \Rightarrow \frac{r^2}{(r')^2} = 2 \Rightarrow \frac{r}{r'} = \sqrt{2} \Rightarrow r' = \frac{r}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2} r$$

۹- گزینه ۲ خط فکری: دو ذره مشابه هم اند پس بار هر کدام را q می گیریم و حالت تغییر بار و فاصله را در هر گزاره اعمال کرده و نیروی به دست آمده را با نیروی الکتریکی ابتدایی که برابر $F = k \frac{q_1 q_2}{a^2} = k \frac{q^2}{a^2}$ است، مقایسه می کنیم.

گزاره الف) یکی از بارها دو برابر $(q_1' = 2q)$ و یکی از بارها نصف $(q_2' = \frac{q}{2})$ و فاصله دو ذره سه برابر $(a' = 3a)$ شده است:

$$F' = k \frac{q_1' q_2'}{a'^2} \Rightarrow F' = k \times \frac{2q \times \frac{q}{2}}{(3a)^2} = k \frac{q^2}{9a^2} \Rightarrow F' = \frac{1}{9} (k \frac{q^2}{a^2}) \xrightarrow{F = k \frac{q^2}{a^2}} F' = \frac{F}{9}$$

گزاره ب) بار یکی از ذره ها $\frac{1}{4}$ برابر $(q_1' = \frac{q}{4})$ و فاصله دو ذره $\frac{3}{2}$ برابر $(a' = \frac{3}{2}a)$ شده است:

$$F' = k \frac{q_1' q_2'}{a'^2} \Rightarrow F' = k \times \frac{\frac{q}{4} \times q}{(\frac{3}{2}a)^2} = k \frac{q^2}{9a^2} \Rightarrow F' = \frac{1}{9} (k \frac{q^2}{a^2}) \xrightarrow{F = k \frac{q^2}{a^2}} F' = \frac{F}{9}$$

گزاره پ) بار هر دو ذره $\frac{1}{3}$ برابر $(q_1' = q_2' = \frac{q}{3})$ و فاصله دو ذره سه برابر $(a' = 3a)$ شده است.

$$F' = k \frac{q_1' q_2'}{a'^2} \Rightarrow F' = k \frac{\frac{q}{3} \times \frac{q}{3}}{(3a)^2} = k \frac{q^2}{81a^2} \Rightarrow F' = \frac{1}{81} (k \frac{q^2}{a^2}) \Rightarrow F' = \frac{F}{81}$$

پس تنها با تغییرات گزاره الف) و ب) نیرویی که دو ذره به هم وارد می کنند $\frac{1}{9}$ برابر می شود.

۱۰- گزینه ۳ مقدار باری که از بار q برداشته شده و به بار دیگر (q) منتقل شده مجهول است، اندازه آن را x می گیریم. در این صورت بار یکی از آن ها $q' = q - x$ و بار دیگری $q'' = q + x$ خواهد شد.

به اندازه x بار برداشتیم

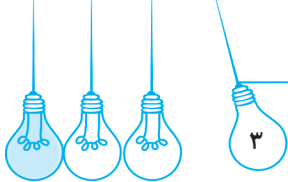
$$F = k \frac{qq}{r^2}, \quad F' = k \frac{(q')(q'')}{r^2} \xrightarrow{\substack{q' = q-x \\ q'' = q+x}} F' = k \frac{(q-x)(q+x)}{r^2} = k \frac{q^2 - x^2}{r^2}$$

به اندازه x به بار دیگری اضافه کردیم

با توجه به فرض مسئله $F' = \frac{1}{81} F$ است:

$$\frac{F'}{F} = \frac{k \frac{q^2 - x^2}{r^2}}{k \frac{q^2}{r^2}} = \frac{1}{81} \Rightarrow \frac{q^2 - x^2}{q^2} = \frac{1}{81} \Rightarrow \frac{81q^2 - 81x^2}{81q^2} = \frac{1}{81} \Rightarrow 81q^2 - 81x^2 = q^2 \Rightarrow x^2 = \frac{16}{100} q^2 \Rightarrow x = \frac{4}{10} q = \frac{2}{5} q$$

بنابراین مقدار بار جابه جا شده بین دو ذره باردار 40% بار اولیه است.



$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{2q + (-3q)}{2} = -\frac{q}{2}$$

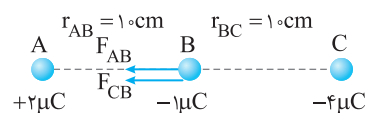
$$F_r = k \frac{q'_1 q'_2}{r^2} \Rightarrow F_r = k \frac{(-\frac{q}{2})(-\frac{q}{2})}{r^2} = \frac{1}{4} \frac{kq^2}{r^2}$$

$$\left| \frac{F_r}{F_1} \right| = \frac{\frac{1}{4} k \frac{q^2}{r^2}}{\frac{1}{6} k \frac{q^2}{r^2}} = \frac{1}{24}$$

۱۱- گزینه ۳ دو کره فلزی یکسانند، بنابراین پس از تماس، بار الکتریکی آنها یکسان می‌شود:

$$F_1 = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \Rightarrow F_1 = k \frac{(-3q)(2q)}{r^2} = -\frac{6}{r^2} kq^2 \quad \text{نیروی } F_1 \text{ برابر است با:}$$

در این صورت خواهیم داشت:



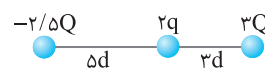
۱۲- گزینه ۳ بار ذره B منفی است پس ذره A که بار مثبت دارد آن را جذب می‌کند و بار ذره C که همنام بار ذره B (منفی) است این ذره را دفع خواهد کرد. حال اندازه نیروهایی که ذره‌های A و C بر بار B وارد می‌کنند را با توجه به قانون کولن حساب می‌کنیم.

$$F_{AB} = k \frac{|q_B||q_A|}{r_{AB}^2} \Rightarrow F_{AB} = 9 \times 10^9 \times \frac{(1 \times 10^{-6}) \times (2 \times 10^{-6})}{(10 \times 10^{-2})^2} = 1/8 \text{ N}, \quad F_{CB} = k \frac{|q_B||q_C|}{r_{CB}^2} \Rightarrow F_{CB} = 9 \times 10^9 \times \frac{(1 \times 10^{-6}) \times (4 \times 10^{-6})}{(10 \times 10^{-2})^2} = 3/6 \text{ N}$$



دو نیروی F_{CB} و F_{AB} هم جهت یکدیگرند پس برابری مجموع دو نیرو و هم جهت با آنهاست:

$$F_B = F_{AB} + F_{CB} = 1/8 + 3/6 = 5/4 \text{ N}$$



۱۳- گزینه ۴ نیرویی که بار Q بر بار q در فاصله d وارد می‌کند F است.

$$F' = k \frac{2q \times 3Q}{(3d)^2} \Rightarrow F' = \frac{2}{3} k \frac{qQ}{d^2} \Rightarrow F' = \frac{2}{3} F$$

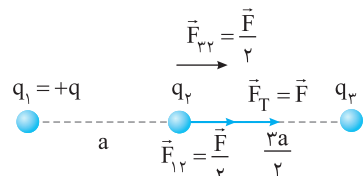
اکنون نیرویی که از طرف بار 3Q بر بار 2q در فاصله 3d وارد می‌شود خواهد شد:

$$F'' = k \frac{2/5 Q \times 2q}{(\Delta d)^2} \Rightarrow F'' = \frac{1}{5} F$$

اکنون نیرویی که از طرف بار -2/5Q بر بار 2q در فاصله Δd وارد می‌شود خواهد شد:

$$F = F' + F'' = \frac{2}{3} F + \frac{1}{5} F = \frac{10F + 3F}{15} = \frac{13F}{15}$$

نیروهای F' و F'' هم جهت هستند، بنابراین:

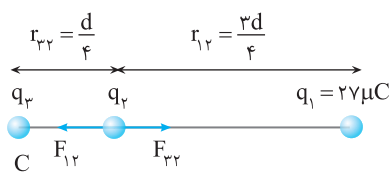


۱۴- گزینه ۲ در ادامه حل برای رسیدن به جواب این تست مراحل زیر را نیز باید انجام بدهید.

$$\vec{F}_T = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{23} \Rightarrow \vec{F} = \vec{F}_2 + \vec{F}_{23} \Rightarrow \vec{F}_{23} = \vec{F}$$

با توجه به اینکه بار q_1 ، بار q_2 را دفع اما بار q_3 را جذب می‌کند پس بارهای q_1 و q_3 نااهمنا هستند یعنی بار $q_1 = +q$ و بار q_3 منفی است:

$$\vec{F}_{12} = \vec{F}_{23} \Rightarrow k \frac{|q_2||q_1|}{a^2} = k \frac{|q_2||q_3|}{9a^2} \Rightarrow \frac{|q_1|}{1} = \frac{|q_3|}{9} \Rightarrow |q_3| = \frac{9}{4} |q_1| \Rightarrow |q_3| = \frac{9}{4} q \quad \text{بار } q_3 \text{ منفی است}$$

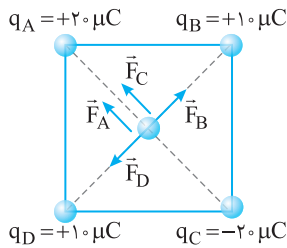
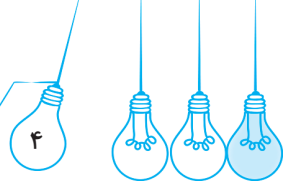


۱۵- گزینه ۱ خط فکری: برابری نیروهای وارد بر q_2 صفر است پس نیروهایی که q_1 به $(F_{12})q_2$ و q_3 به $(F_{23})q_2$ وارد می‌کنند باید هم اندازه و خلاف جهت هم باشند. اگر بار q_2 را مثبت فرض کنیم نیروی q_1 به $(F_{12})q_2$ دافعه بوده و به سمت چپ است پس نیرویی که q_3 به $(F_{23})q_2$ وارد می‌کند نیز باید به سمت راست و دافعه باشد. بنابراین q_3 مثبت است. البته می‌توان سریع‌تر و با توجه به نکته درسنامه که گفته شده: «اگر دو بار همنام باشند (مثل q_1 و q_3) برایند نیروهای وارد بر باری بین آنها (مثل q_2) صفر می‌شود» به این نتیجه رسید که q_1 و q_3 همنام بوده و مثبت‌اند. حال با توجه به قانون کولن که اندازه نیروی الکتریکی را به ما می‌دهد، حل را ادامه می‌دهیم:

$$F_{12} = F_{23} \Rightarrow k \frac{|q_2||q_1|}{r_{23}^2} = k \frac{|q_2||q_3|}{r_{23}^2} \Rightarrow \frac{|q_1|}{(\frac{d}{4})^2} = \frac{|q_3|}{(\frac{3d}{4})^2} \Rightarrow \frac{|q_1|}{1} = \frac{|q_3|}{9} \Rightarrow |q_3| = \frac{9}{4} |q_1| = \frac{27}{4} \mu\text{C}$$

$$\Rightarrow 9 = \frac{27}{|q_3|} \Rightarrow |q_3| = \frac{27}{9} \Rightarrow |q_3| = 3 \mu\text{C} \quad \text{در متن بالا توضیح دادیم } q_3 \text{ مثبت است}$$

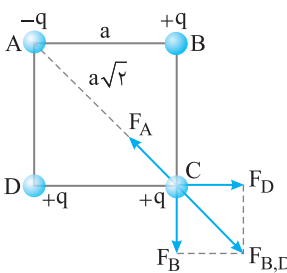
تذکر: حتی اگر در خط فکری فرض می‌کردیم که q_2 منفی است باز بار q_3 مثبت به دست می‌آید. دقت کنید که از دو طرف معادله بالا q_2 خط می‌خورد پس علامت و اندازه بار q_2 در حل مسئله تغییری ایجاد نمی‌کند. پس برای حل این تست‌ها درگیر به دست آوردن علامت باری که برابری نیروها بر آن صفر است نشوید.



۱۶- گزینۀ ۴ ابتدا نیروهای وارد بر بار در مرکز مربع را رسم می‌کنیم؛ نیروهای F_D و F_B هم‌اندازه و در خلاف جهت هم هستند و یکدیگر را خنثی می‌کنند. کافی است F_C و F_A را به‌دست آورده و با هم جمع کنیم:

$$r = \frac{1}{\sqrt{2}} \times \text{قطر مربع} = \frac{1}{\sqrt{2}} \times 3.0 \times \sqrt{2} = 1.5\sqrt{2} \text{ cm}$$

$$F_A = F_C = \frac{kq_A q_C}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 2.0 \times 10^{-6} \times 2.0 \times 10^{-6}}{(1.5\sqrt{2} \times 10^{-2})^2} = 8.0 \text{ N}, \quad F_T = F_C + F_A = 16.0 \text{ N}$$



۱۷- گزینۀ ۱ ابتدا با توجه به شکل، نیروی وارد بر بار C توسط بارهای دیگر را به‌دست می‌آوریم:

$$F_B = F_D = \frac{kq^2}{a^2} \Rightarrow F_{B,D} = \sqrt{2} F_B = \sqrt{2} \frac{kq^2}{a^2}$$

$$F_A = \frac{kq^2}{(a\sqrt{2})^2} = \frac{kq^2}{2a^2}$$

$$F_T = F_{B,D} - F_A = \left(\sqrt{2} - \frac{1}{2}\right) \frac{kq^2}{a^2}$$

فاصله AC برابر $\sqrt{2}a$ است، پس:

۱۸- گزینۀ ۲ **خط فکری:** وقتی برآیند چند بردار را به‌دست می‌آوریم، اگر اندازه هر یک از بردارها را دو برابر کنیم، اندازه برآیند آنها نیز دو برابر می‌شود. در این مسئله باید ابتدا بررسی کنیم که با افزایش فاصله بین بارها، نیرویی که هر بار بر بار q_1 وارد می‌کند چند برابر می‌شود. سپس در مورد نیروی برآیند وارد بر بار q_1 اظهار نظر کنیم.

با توجه به قانون کولن $F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$ نیرو با مجذور فاصله نسبت وارون دارد و با دو برابر شدن فاصله بارها، نیروی الکتریکی بین آنها $\frac{1}{4}$ می‌شود. بنابراین وقتی

نیرویی که هر بار الکتریکی بر بار q_1 وارد می‌کند $\frac{1}{4}$ می‌شود، برآیند نیروهای وارد بر بار q_1 نیز $\frac{1}{4}$ می‌شود.

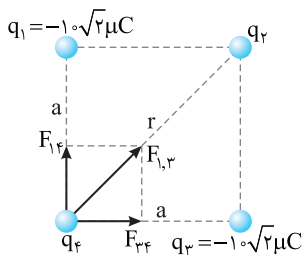
$$\left. \begin{aligned} \vec{F}_T &= \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 \\ \vec{F}_T' &= \frac{1}{4} \vec{F}_1 + \frac{1}{4} \vec{F}_2 + \frac{1}{4} \vec{F}_3 + \frac{1}{4} \vec{F}_4 = \frac{1}{4} (\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4) \end{aligned} \right\} \Rightarrow F_T' = \frac{1}{4} F_T$$

۱۹- گزینۀ ۱ **خط فکری:** برای حل این تست سه نکته را باید در نظر بگیریم.

۱) قرار است نیروی خالص وارد بر q_4 صفر باشد و چنانچه نیروهای وارد بر q_4 را رسم کرده و برآیند آنها را برابر صفر قرار دهیم، همان‌گونه که خواهید دید (در

تست‌های قبلی نیز دیده‌اید)، مشخص می‌شود q_4 از معادلات حذف شده و علامت q_4 نقشی در حل تست ندارد. بار q_4 را مثبت فرض می‌کنیم.

۲) مقدار بارهای q_1 و q_3 یکسان و فاصله آنها از q_4 یکسان است، پس نیرویی که q_1 و q_3 به q_4 وارد می‌کنند با هم برابر است. برآیند دو نیروی $\vec{F}_{1,4}$ و $\vec{F}_{3,4}$ را با $\vec{F}_{1,3}$ نمایش می‌دهیم و این نیرو در راستای نیمساز یعنی روی قطر مربع خواهد بود.



۳) نیروی $\vec{F}_{1,3}$ در راستای قطر مربع است و نیرویی که q_2 بر q_4 وارد می‌کند ($\vec{F}_{2,4}$) نیز در امتداد قطر مربع و هم‌راستا با $\vec{F}_{1,3}$ است و برای آن که نیروی خالص وارد بر q_4 صفر شود باید $\vec{F}_{1,3}$ و $\vec{F}_{2,4}$ خلاف جهت هم و هم‌اندازه باشند. اکنون به حل مسئله می‌پردازیم، ابتدا نیروی برآیند $\vec{F}_{1,4}$ و $\vec{F}_{3,4}$ یعنی $\vec{F}_{1,3}$ را حساب می‌کنیم.

$$F_{1,4} = F_{3,4} = k \frac{|q_1||q_4|}{a^2}$$

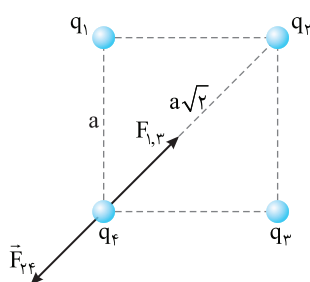
$$F_{1,3} = \sqrt{F_{1,4}^2 + F_{3,4}^2} \xrightarrow{F_{1,4} = F_{3,4}} F_{1,3} = \sqrt{F_{1,4}^2 + F_{1,4}^2} \Rightarrow F_{1,3} = F_{1,4} \sqrt{2} = k \frac{|q_1||q_4|}{a^2} \sqrt{2}$$

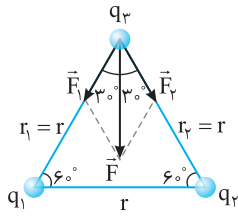
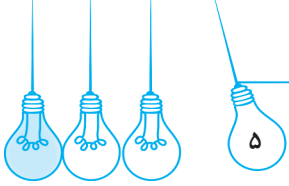
چون $\vec{F}_{2,4}$ باید خلاف جهت $\vec{F}_{1,3}$ باشد پس نیروی بین q_2 و q_4 دافعه بوده بنابراین q_2 و q_4 همنام هستند. بار q_4 را مثبت فرض کرده‌ایم بنابراین q_2 نیز مثبت است. با برابر قرار دادن نیروی $\vec{F}_{2,4}$ و $\vec{F}_{1,3}$ ، q_2 را به‌دست می‌آوریم.

$$F_{2,4} = F_{1,3} \xrightarrow{\text{فاصله } q_2 \text{ تا } q_4 \text{ برابر قطر مربع است}} k \frac{|q_2||q_4|}{(a\sqrt{2})^2} = k \frac{|q_1||q_4|}{a^2} \times \sqrt{2} \Rightarrow k \frac{|q_2||q_4|}{2a^2} = k \frac{|q_1||q_4|}{a^2} \sqrt{2}$$

$$\xrightarrow{\text{از دو طرف تساوی}} |q_2| = 2|q_1| \sqrt{2} \xrightarrow{q_2 > 0} q_2 = 2.0\sqrt{2} \times \sqrt{2} \mu\text{C} = 4.0 \mu\text{C}$$

راستی یادتونه گفتیم که علامت و مقدار q_4 مهم نیست و در دو طرف معادلات ساده می‌شه در معادله بالا همین اتفاق افتاد.

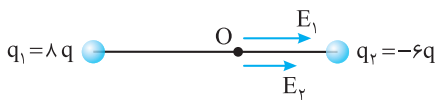




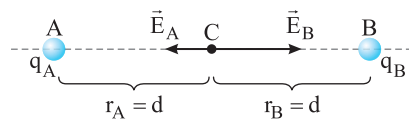
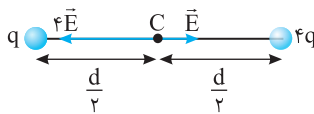
۲۰- گزینه ۲
برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار الکتریکی q_3 از سوی بارهای الکتریکی q_1 و q_2 ، یعنی نیروی $\vec{F}$ را در راستای اضلاع مثلث تجزیه می‌کنیم. مؤلفه‌های به‌دست آمده نشان‌دهنده وجود نیروهای جاذبه $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$ از سوی بارهای q_1 و q_2 بر بار الکتریکی q_3 می‌باشد. پس نتیجه می‌گیریم که q_1 و q_2 همنام بوده و q_3 با آن‌ها ناهمنام است. از سوی دیگر با توجه به این که مثلث متساوی‌الاضلاع است و بردار برایند $\vec{F}$ منطبق بر نیمساز زاویه بین بردارهای $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$ یعنی 60° است. به این نتیجه می‌رسیم که نیروهای $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$ هم‌اندازه‌اند و چون فاصله بارهای q_1 و q_2 تا بار الکتریکی q_3 یکسان است، پس بارهای الکتریکی q_1 و q_2 نیز یکسان می‌باشند.

۲۱- گزینه ۳
میدان حاصل از بار نقطه‌ای، $E = \frac{kq}{r^2}$ است. پس:

$$\frac{E_A}{E_B} = \frac{\frac{kq}{r_A^2}}{\frac{kq}{r_B^2}} = \frac{r_B^2}{r_A^2} = \frac{(d+30)^2}{30^2} = 2/25 \Rightarrow \frac{d+30}{30} = 1/5 \Rightarrow d = 15 \text{ cm}$$



$$E_O = E_1 + E_2 = \frac{E}{2} + \frac{2E}{3} = \frac{3E+4E}{6} = \frac{7}{6}E$$



۲۲- گزینه ۱
اگر اندازه میدان الکتریکی بار q در فاصله d از آن برابر E باشد، آن‌گاه:
 $E = \frac{kq}{d^2} \Rightarrow E_1 = \frac{k \times 8q}{(4d)^2} = \frac{1}{2} \times \frac{kq}{d^2} = \frac{E}{2}$, $E_2 = \frac{k \times 6q}{(3d)^2} = \frac{2}{3} \times \frac{kq}{d^2} = \frac{2}{3}E$

میدان در نقطه O برایند E_1 و E_2 بوده و چون میدان‌ها هم‌جهت هستند با هم جمع می‌شوند:

۲۳- گزینه ۴
اگر میدان بار q در وسط خط واصل دو بار برابر E باشد، میدان بار $4q$ در همان نقطه $4E$ خواهد بود که برایند آن‌ها برابر خواهد شد با:

$$E_T = 4E - E \Rightarrow E_T = 3E = 300 \text{ N/C} \Rightarrow E = 100 \text{ N/C}$$

وقتی بار بزرگ‌تر را خنثی کنیم، فقط میدان بار کوچک‌تر که $E = 100 \text{ N/C}$ است، باقی می‌ماند.

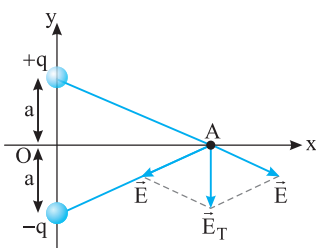
۲۴- گزینه ۴
با توجه به داده‌های مسأله خواهیم داشت:

حالت اول: $\vec{E}_A + \vec{E}_B = 3\vec{E}_1$
حالت دوم: $q_B = 0 \Rightarrow \vec{E}_B = 0 \Rightarrow \vec{E}_A = -2\vec{E}_1 \Rightarrow -2\vec{E}_1 + \vec{E}_B = 3\vec{E}_1 \Rightarrow \vec{E}_B = 5\vec{E}_1$
از آن‌جا که بردارهای میدان الکتریکی $\vec{E}_B = +5\vec{E}_1$ و $\vec{E}_A = -2\vec{E}_1$ در نقطه C و بین دو بار الکتریکی در خلاف جهت یکدیگر ظاهر شده‌اند نتیجه می‌گیریم که این دو بار نقطه‌ای همنام هستند و نسبت اندازه بارهای الکتریکی آن‌ها به صورت زیر محاسبه می‌شود:

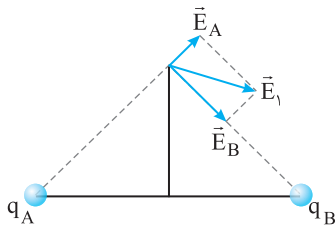
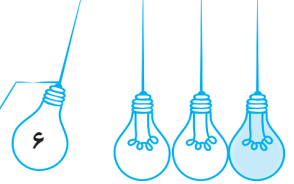
$$\frac{E_A}{E_B} = \frac{\frac{kq_A}{r_A^2}}{\frac{kq_B}{r_B^2}} \Rightarrow \frac{2E_1}{5E_1} = \left(\frac{q_A}{q_B}\right) \times \left(\frac{d}{d}\right)^2 \Rightarrow \frac{q_A}{q_B} = \frac{2}{5} \Rightarrow |q_B| = \frac{5}{2}|q_A|$$

۲۵- گزینه ۳
در نقطه‌ای بین دو بار به فاصله 40 cm از بار $-Q$ و 60 cm از بار $+Q$ میدان‌ها با هم برابر شده است، در این صورت:

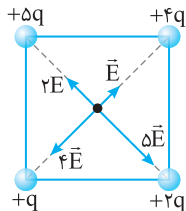
$$E_1 = E_2 \Rightarrow k \frac{Q_1}{r_1^2} = k \frac{Q_2}{r_2^2} \Rightarrow \frac{Q_1}{(40)^2} = \frac{Q_2}{(60)^2} \Rightarrow \frac{Q_2}{Q_1} = \left(\frac{60}{40}\right)^2 = \frac{9}{4} \Rightarrow \frac{Q_2}{Q_1} = 2/25$$



۲۶- گزینه ۴
همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، در نقطه A دو میدان برابر وجود دارد که برایند آن‌ها عمود بر محور OX و به سمت پایین است.

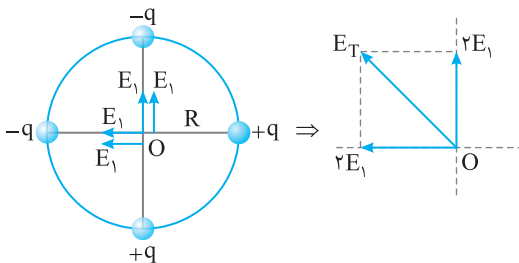


۲۷- گزینه ۱ بار q_B بزرگتر و در نتیجه میدان آن نیز بزرگتر از میدان حاصل از بار q_A است. مطابق شکل میدان برآیند در نقطه M ، E_1 است. (A)



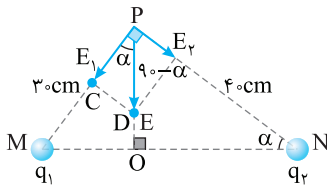
۲۸- گزینه ۴ اگر میدان بار q در مرکز مربع E باشد، با توجه به یکسان بودن فاصله‌ها میدان هر یک از بارها متناسب با اندازه بار برحسب E به دست می‌آید. با توجه به شکل خواهیم داشت: (B)

$$E_T = \sqrt{(\Delta E - 2E)^2 + (4E - E)^2} = \sqrt{9E^2 + 9E^2} = 3\sqrt{2}E$$



۲۹- گزینه ۱ با توجه به شکل خواهیم داشت: (B)

$$E_T = \sqrt{(2E_1)^2 + (2E_1)^2} = 2\sqrt{2}E_1$$



۳۰- گزینه ۴ در حل این مسأله باید از هندسه و مثلثات کمک گرفت. ابتدا میدان E را در امتداد پاره‌خط‌های MP و NP تجزیه می‌کنیم تا میدان‌های حاصل از بار $(E_1)q_1$ و $(E_2)q_2$ در نقطه P به دست آید. (C)

هندسه سؤال: دو مثلث PMO و PMN قائم‌الزاویه هستند. برای سادگی آن‌ها را جداگانه رسم کرده‌ایم.

$$\begin{cases} \hat{PMN} + \hat{PNM} = 90^\circ \\ \hat{OPM} + \hat{PMO} = 90^\circ \end{cases} \xrightarrow{\hat{PMN} = \hat{PMO}} \hat{PNM} = \hat{OPM} = \alpha$$

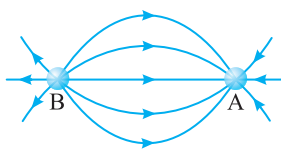
مثلثات سؤال: مثلث MPN :

$$\tan \alpha = \frac{\text{ضلع روبه‌رو}}{\text{ضلع مجاور}} = \frac{MP}{NP} \Rightarrow \tan \alpha = \frac{30}{40} = \frac{3}{4}$$

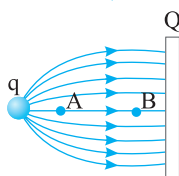
از طرفی با توجه به مثلث PCD می‌توان $\tan \alpha$ را از رابطه زیر به دست آورد:

$$\tan \alpha = \frac{\text{ضلع روبه‌رو}}{\text{ضلع مجاور}} = \frac{E_2}{E_1} \Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{k \frac{|q_2|}{40^2}}{k \frac{|q_1|}{30^2}} \Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{900}{1600} \times \frac{|q_2|}{9} \Rightarrow |q_2| = 12 \mu C$$

با توجه به جهت میدان E_2 باید بار الکتریکی q_2 منفی باشد.

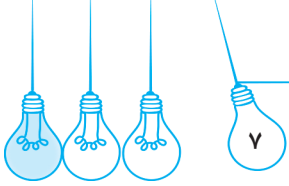


۳۱- گزینه ۳ تعداد خطوط و فاصله خطوط از یکدیگر در نزدیکی دو بار یکسان بوده، بنابراین بارهای A و B هم‌اندازه هستند. خطوط میدان از بار مثبت خارج و به بار منفی وارد می‌شوند، از این‌رو بار A منفی و بار B مثبت است. (A)



۳۲- گزینه ۱ (۱) خطوط میدان الکتریکی از بار مثبت خارج و به بار منفی وارد می‌شود، با توجه به شکل، خطوط میدان الکتریکی از بار q خارج ($q > 0$) و به بار منفی وارد ($Q < 0$) است. (A)

(۲) در مورد مقایسه اندازه میدان الکتریکی با توجه به خطوط میدان الکتریکی می‌دانیم هر جا که تراکم خطوط بیشتر باشد میدان قوی‌تر و اندازه آن بزرگ‌تر است. $E_A > E_B$

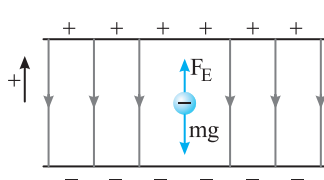


۳۳- گزینه ۲ می‌دانیم میدان در امتداد محور X و میدان در امتداد محور Y بر هم عمودند و اندازه میدان از رابطه فیثاغورس به دست می‌آید.

$$E = \sqrt{(3 \times 10^4)^2 + (4 \times 10^4)^2} \Rightarrow E = 5 \times 10^4 \text{ N/C}$$

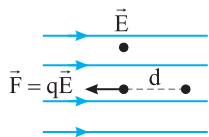
$$E = \frac{F}{|q|} \Rightarrow F = |q|E = 2 \times 10^{-3} \times 5 \times 10^4 \Rightarrow F = 100 \text{ N}$$

اکنون نیروی وارد بر بار 2 mC را به دست می‌آوریم:



۳۴- گزینه ۱ نیروی وزن می‌خواهد ذره را با شتاب 10 m/s^2 به طرف پایین بکشد، با توجه به این که شتاب ذره 6 m/s^2 به طرف پایین است بنابراین باید یک نیروی رو به بالا بر ذره وارد شود و با توجه به منفی بودن بار ذره میدان الکتریکی به صورت روبه‌رو باید باشد تا نیرویی رو به بالا به آن وارد شود.

$$F_T = ma \Rightarrow F_E - mg = m \times (a) \Rightarrow E \times (10 \times 10^{-9}) - 20 \times 10^{-3} \times 10 = 20 \times 10^{-3} \times (-6)$$

$$E \times (10^{-8}) = 0.8 \Rightarrow E = 8 \times 10^6 \text{ N/C}$$


۳۵- گزینه ۴ به بار منفی در خلاف جهت میدان الکتریکی نیرو وارد می‌شود. اگر بار در جهت خطوط میدان حرکت کند، جابه‌جایی و نیرو خلاف جهت هم بوده و کاری که میدان روی بار انجام می‌دهد منفی است.

$$W = Fd \cos \theta \quad \theta = \pi \Rightarrow W < 0$$

۳۶- گزینه ۱ در جابه‌جایی بار در یک میدان الکتریکی، کار میدان الکتریکی به مسیر بستگی ندارد و برابر منفی تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار است. در هر سه مسیر نقاط ابتدایی و انتهایی یکسان است، از این‌رو انرژی پتانسیل ابتدایی و انتهایی بار در هر سه مسیر یکسان است و تغییرات انرژی پتانسیل $\Delta U = U_B - U_A$ در هر سه مسیر برابر است، در نتیجه کار میدان الکتریکی در هر سه مسیر یکسان است.

۳۷- گزینه ۱ جای قطب‌های باتری را عوض کرده‌ایم، بنابراین جهت میدان از نقطه A به B است؛ پروتون در نقطه A رها شده است و بار مثبت در جهت خطوط میدان حرکت می‌کند، بنابراین W_E در مسیر A تا B مثبت است.

$$W_E = \Delta K \Rightarrow qEd = \frac{1}{2} m_p (v_B^2 - v_A^2) \xrightarrow[\text{در نقطه (A) رها شده}]{v_A = 0} \frac{1}{6 \times 10^{-19}} \times 2 \times 10^{-3} \times 10 \times 10^{-2} = \frac{1}{2} \times 1.6 \times 10^{-19} \times v_B^2 \Rightarrow v_B = 2 \times 10^5 \text{ m/s}$$

۳۸- گزینه ۱ با حرکت در جهت میدان الکتریکی پتانسیل الکتریکی نقاط کاهش می‌یابد ($V_A > V_B$). همچنین با انتقال بار مثبت در خلاف سوی خطوط میدان، انرژی پتانسیل آن افزایش می‌یابد ($U_A > U_B$).

۳۹- گزینه ۴ اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه، برابر اختلاف انرژی پتانسیل الکتریکی یکای بار مثبت بین دو نقطه است:

$$V_2 - V_1 = \frac{U_{E2} - U_{E1}}{q} \Rightarrow -10 - (-40) = \frac{\Delta U_E}{-2 \times 10^{-6}} \Rightarrow \Delta U_E = -6 \times 10^{-5} \text{ J}$$

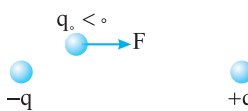
انرژی پتانسیل، $6 \times 10^{-5} \text{ J}$ کاهش می‌یابد (هرگاه بار منفی از پتانسیل کم‌تر به پتانسیل بیش‌تر برود، انرژی پتانسیل آن کاهش می‌یابد).

۴۰- گزینه ۱ تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی برابر منفی کار نیروی میدان الکتریکی است. از این‌رو:

$$\Delta U_E = -W_E \Rightarrow \Delta U_E = 6 \times 10^{-3} \text{ J}$$

$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} \Rightarrow V_B - V_A = \frac{\Delta U_E}{q} \Rightarrow V_B - 400 = \frac{6 \times 10^{-3}}{-3 \times 10^{-6}} \Rightarrow V_B = 200 \text{ V}$$

با توجه به تعریف اختلاف پتانسیل بین دو نقطه داریم:



۴۱- گزینه ۴ راه‌حل اول: مطابق شکل نیرویی که توسط میدان بین دو بار بر q_0 وارد می‌شود، در جهت جابه‌جایی بار q_0 بوده و کار میدان مثبت است. تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی برابر منفی کار میدان است، بنابراین $\Delta U < 0$ بوده و انرژی پتانسیل الکتریکی در حال کاهش است.

راه‌حل دوم: بار q_0 در خلاف جهت خطوط میدان در حال جابه‌جایی است، بنابراین انرژی پتانسیل الکتریکی آن در حال کاهش است.

۴۲- گزینه ۲ بار داده شده به رسانا همواره در سطح خارجی آن یخش می‌شود. وقتی کره با پوسته تماس پیدا می‌کند، بار $+5Q$ به سطح خارجی پوسته می‌رود و کره بدون بار می‌شود و بار سطح خارجی پوسته برابر با $+3Q + (-2Q) = +Q$ خواهد شد.

۴۳- گزینه ۳ همواره در تمام نقاط یک رسانا در پدیده‌های الکتریسته ساکن، پتانسیل یکسان است، زیرا اگر پتانسیل یکسان نباشد، در اثر اختلاف پتانسیل باید بارهای رسانا شارش کرده و در رسانا جریان برقرار شود که چنین چیزی مشاهده نمی‌شود.

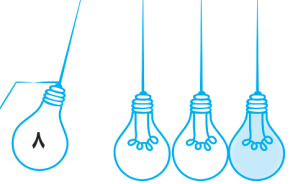
۴۴- گزینه ۴ با توجه به تعریف ظرفیت خازن خواهیم داشت:

$$C = \frac{Q}{V} \Rightarrow Q = CV$$

$$Q = CV \Rightarrow 20 = 10 \times 2$$

اکنون باید دید کدام گزینه در این رابطه صدق می‌کند که گزینه (۴) پاسخ این مسأله است.

۴۵- گزینه ۳ با توجه به تعریف ظرفیت خازن ($C = \frac{Q}{V}$)، یکای کولن بر ولت معادل فاراد است.



۴۶- گزینه ۳ وقتی خازن به باتری ۶V متصل می‌شود، اختلاف پتانسیل دو سر آن ۶V است و اگر به باتری ۱۲V متصل شود، اختلاف پتانسیل دو سر آن ۱۲V است، در دو حالت خواهیم داشت:

$$C_1 = \frac{Q_1}{V_1} \Rightarrow C_1 = \frac{Q_1}{6}, \quad C_2 = \frac{Q_2}{V_2} \Rightarrow C_2 = \frac{Q_2}{12}$$

همان‌طور که در تست‌های قبل نیز گفتیم، ظرفیت خازن به ساختار خازن بستگی دارد و با تغییر اختلاف پتانسیل بین دو صفحه (یا بار هر صفحه) تغییری نمی‌کند،

$$C_1 = C_2 \Rightarrow \frac{Q_1}{6} = \frac{Q_2}{12} \Rightarrow \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{12}{6} = 2$$

بنابراین ظرفیت را در دو حالت با هم مساوی قرار می‌دهیم:

۴۷- گزینه ۲ میدان الکتریکی بین صفحه‌های خازن $E = \frac{V}{d}$ و اختلاف پتانسیل آن $V = \frac{Q}{C}$ است. بنابراین:

$$E = \frac{V}{d} = \frac{Q}{Cd} = \frac{Q}{\kappa \epsilon_0 A} = \frac{Q}{\kappa \epsilon_0 A} \xrightarrow{\kappa=1} E = \frac{Q}{\epsilon_0 A}$$

۴۸- گزینه ۲ برای مقایسه انرژی‌های ذخیره شده در حالت‌های اولیه و ثانویه این خازن از رابطه $U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$ استفاده می‌کنیم. با معلوم بودن ظرفیت الکتریکی

$$C = 22 \mu F, \quad Q_2 = Q_1 + \frac{2}{100} q_1 = 1/2 q_1, \quad U_2 = U_1 + 16 \mu J$$

خازن و تفاوت انرژی‌های ذخیره شده در خازن می‌توانیم بنویسیم:

$$U_1 = \frac{1}{2} \frac{Q_1^2}{C} \Rightarrow U_1 = \frac{1}{2} \times \frac{Q_1^2}{22} = \frac{Q_1^2}{44}, \quad U_2 = \frac{1}{2} \frac{Q_2^2}{C} \Rightarrow U_2 = \frac{1}{2} \times \frac{(1/2 Q_1)^2}{22} = \frac{1/44 Q_1^2}{44}$$

$$U_2 - U_1 = 16 \Rightarrow \frac{1/44 Q_1^2}{44} - \frac{Q_1^2}{44} = 16 \Rightarrow \frac{-43 Q_1^2}{44} = 16 \Rightarrow Q_1^2 = \frac{16 \times 44}{-43} = 1600 \Rightarrow Q_1 = 40 \mu C$$

۴۹- گزینه ۲ خط فکری: وقتی کمیتی مانند انرژی ذخیره شده در خازن X درصد تغییر می‌کند، می‌توان نوشت:

$$U_2 = U_1 \pm \frac{X}{100} U_1$$

افزایش
↓
کاهش

ظرفیت خازن مستقل از اختلاف پتانسیل دو سر صفحات خازن و بار ذخیره شده در خازن است، بنابراین با افزایش بار ذخیره شده روی صفحات خازن به اندازه ۲۰μC،

ظرفیت خازن ثابت می‌ماند. با توجه به رابطه انرژی خازن $U = \frac{Q^2}{2C}$ ، انرژی را در دو حالت نوشته و بر هم تقسیم می‌کنیم:

$$U = \frac{Q^2}{2C} \Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \frac{\frac{(Q+2)^2}{2C}}{\frac{Q^2}{2C}} = \frac{(Q+2)^2}{Q^2} \xrightarrow{\frac{121}{100} U_1}{U_1} = \left(\frac{Q+2}{Q}\right)^2 \Rightarrow \frac{121}{100} = \left(\frac{Q+2}{Q}\right)^2 \xrightarrow{\text{از دو طرف جذر می‌گیریم}} \sqrt{\frac{121}{100}} = \sqrt{\left(\frac{Q+2}{Q}\right)^2}$$

$$\Rightarrow \frac{11}{10} = \frac{Q+2}{Q} \Rightarrow 11Q = 10Q + 20 \Rightarrow Q = 20 \mu C$$

۵۰- گزینه ۲ انرژی که مصرف می‌کنیم در خازن ذخیره می‌شود، پس انرژی خازن را در دو حالت به دست آورده تفاضل آن‌ها را برابر ۵ میکروژول قرار می‌دهیم:

$$\begin{cases} U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} \Rightarrow \Delta U = \frac{Q_2^2 - Q_1^2}{2C} \\ \Delta Q = 4 \mu C \end{cases} \Rightarrow \Delta U = \frac{4 \times (2Q_1 + 4)}{2C} \Rightarrow \Delta U = \frac{4 \times (2Q_1 + 4)}{2 \times 8} \Rightarrow 2Q_1 + 4 = 20 \Rightarrow 2Q_1 = 16 \Rightarrow Q_1 = 8 \mu C$$

$$Q_2^2 - Q_1^2 = \underbrace{(Q_2 - Q_1)}_{4 \mu C} \underbrace{(Q_2 + Q_1)}_{(2Q_1 + 4) \mu C}$$

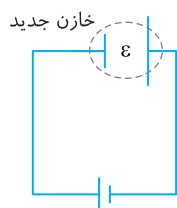
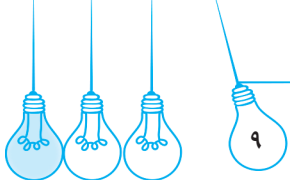
۵۱- گزینه ۱ هرگاه خازن بارداری از مولد جدا شود بار روی صفحه‌های آن ثابت می‌ماند. با کاهش d، ظرفیت خازن افزایش می‌یابد و اختلاف پتانسیل دو سر

$$\downarrow V = \frac{Q}{C \uparrow}, \quad U \downarrow = \frac{Q^2}{2C \uparrow}$$

خازن و در نتیجه انرژی خازن کاهش می‌یابد.

۵۲- گزینه ۳ اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو صفحه خازن به دلیل اتصال به یک اختلاف پتانسیل ثابت، بدون تغییر می‌ماند، پس:

$$\uparrow Q = C \uparrow V$$



وقتی یک صفحه خازن را نصف می کنیم، ظرفیت خازن جدید نصف ظرفیت خازن قدیم می شود:

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d} \xrightarrow{A' = \frac{1}{2}A} C' = \frac{1}{2}C$$

خازن به مولد متصل است و اختلاف پتانسیل دو سر آن مقدار ثابتی است، بنابراین بار روی صفحه های خازن برابر خواهد شد با:

$$Q = CV \xrightarrow{C' = \frac{1}{2}C} Q' = \frac{1}{2}Q$$

بار روی صفحه های خازن برابر و ناهمنام $(+Q'$ و $-Q')$ است و مقدار این بار نصف حالت اول خازن است.

با توجه به رابطه $E = \frac{V}{d}$ در میدان الکتریکی یکنواخت، چون خازن به مولد متصل است، ولتاژ آن ثابت باقی می ماند و چون فاصله بین صفحه های

$$\frac{E_2}{E_1} = 1$$

خازن را نیز تغییر نداده ایم، نتیجه می گیریم که بزرگی میدان الکتریکی یکنواخت بین صفحه های خازن نیز ثابت می ماند، یعنی:

مطالعه آزاد

لازم به ذکر است که قرار دادن دی الکتریک در بین صفحه های خازن سبب افزایش ظرفیت خازن، بار الکتریکی خازن و بزرگی میدان الکتریکی حاصل از بارهای الکتریکی ذخیره شده در خازن می شود، اما اثر قطبیدگی مولکول های دی الکتریک، میدان الکتریکی ای بر خلاف این میدان الکتریکی افزایش یافته ایجاد می کند، به گونه ای که همچنان اندازه میدان الکتریکی برابر ثابت می ماند.

با جد کردن خازن از مولد، بار روی صفحه های خازن ثابت می ماند. با زیاد شدن فاصله بین صفحه ها ظرفیت خازن به نسبت عکس فاصله کاهش می یابد. در نتیجه اختلاف پتانسیل دو سر خازن به همان نسبت افزایش می یابد. در نتیجه میدان بین صفحات ثابت می ماند.

$$d' = nd \Rightarrow C' = \frac{1}{n}C \xrightarrow{V = \frac{Q}{C}} V' = nV \xrightarrow{E = \frac{V}{d}} E' = \frac{V'}{d'} = \frac{nV}{nd} = \frac{V}{d} \Rightarrow E' = E$$

با باز کردن کلید، خازن از مدار جدا می شود و بار روی صفحه های آن ثابت می ماند. با افزایش مساحت صفحه های خازن، ظرفیت خازن افزایش می یابد.

$$\frac{C'}{C} = \frac{A'}{A} \Rightarrow \frac{C'}{C} = \frac{A + \frac{1}{2}\Delta A}{A} \Rightarrow C' = \frac{1}{2}\Delta C$$

در این صورت انرژی خازن نسبت به حالت اول خواهد شد:

$$\frac{U'}{U} = \frac{\frac{1}{2} \frac{Q^2}{C'}}{\frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}} \Rightarrow \frac{U'}{U} = \frac{C}{C'} = \frac{C}{\frac{1}{2}\Delta C} \Rightarrow \frac{U'}{U} = \frac{4}{5} \Rightarrow \Delta U = U' - U = \frac{4}{5}U - U \Rightarrow \Delta U = -\frac{1}{5}U = -20\%U$$

در نتیجه انرژی خازن ۲۰٪ کاهش می یابد.

تغییرات ایجاد شده روی خازن در دو حالت مختلف انجام شده است:

(۱) خازن متصل به باتری بوده پس اختلاف پتانسیل دو سر خازن ثابت است و با قرار دادن دی الکتریک بین صفحات خازن، ظرفیت خازن K برابر می شود. اکنون به

کمک رابطه $U = \frac{1}{2}CV^2$ ، انرژی ذخیره شده خازن در حالت جدید را حساب می کنیم.

$$\begin{cases} C_2 = KC_1 \\ V_2 = V_1 \end{cases}, \begin{cases} U = \frac{1}{2}C_1V_1^2 \\ U' = \frac{1}{2}C_2V_2^2 \end{cases} \Rightarrow \frac{U'}{U} = \frac{C_2}{C_1} = K \Rightarrow U' = KU$$

(۲) اگر خازن را از باتری جدا کرده باشیم، بار ذخیره شده روی صفحات خازن ثابت است و با قرار دادن دی الکتریک بین صفحات خازن، ظرفیت خازن K برابر می شود.

این بار از رابطه $U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$ استفاده می کنیم.

$$\begin{cases} C_2 = KC_1 \\ Q_2 = Q_1 \end{cases}, \begin{cases} U = \frac{1}{2} \frac{Q_1^2}{C_1} \\ U'' = \frac{1}{2} \frac{Q_2^2}{C_2} \end{cases} \Rightarrow \frac{U''}{U} = \frac{\frac{1}{2} \frac{Q_1^2}{C_1}}{\frac{1}{2} \frac{Q_1^2}{KC_1}} = \frac{1}{K} \Rightarrow U'' = \frac{U}{K}$$

$$\frac{U''}{U'} = \frac{\frac{U}{K}}{KU} = \frac{1}{K^2}$$

اکنون نسبت $\frac{U''}{U'}$ را به دست می آوریم.

باز تذکر می دهیم که در بررسی خازن، باید از سه رابطه انرژی خازن، رابطه ای را انتخاب کرد که با داده های مسئله هم خوانی داشته باشد.

پاسخ تست‌های در پاسخ

جریان مستقیم (پیوسته) به شدت جریانی می‌گویند که در هر بازه زمانی دلخواه، مقدار متوسط آن ثابت بماند. در این صورت:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow \Delta q = I \Delta t$$

بار شارش شده تابع درجه اول از زمان بوده و نمودار $q-t$ خط راست مایلی است که از مبدأ می‌گذرد.

بار الکتریکی را می‌توان از رابطه $I = \frac{q}{t} \Rightarrow q = It$ به دست آورد، حال اگر I را برحسب آمپر و t برحسب ساعت در رابطه قرار دهیم q برحسب آمپر ساعت به دست می‌آید. با توجه به تعریف جریان می‌توان نوشت:

$$q = It \xrightarrow{I = 50 \mu A = 50 \times 10^{-6} A, q = 1000 mA.h = 1 A.h} 1 A.h = 50 \times 10^{-6} \times t \Rightarrow t = \frac{1}{50 \times 10^{-6}} = \frac{10^6}{50} \Rightarrow t = 2 \times 10^4 h$$

$$I = \frac{V}{R} \Rightarrow I = \frac{60}{5} = 12 A$$

جریان مدار را به کمک قانون اهم به دست می‌آوریم:

$$\Delta q = I \Delta t \Rightarrow \Delta q = 12 \times 60 \Rightarrow \Delta q = 720 C$$

بار الکتریکی گذرنده از آن برابر است با:

$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow \begin{cases} R_A = \frac{20}{2} \Rightarrow \frac{R_B}{R_A} = \frac{2}{5} \\ R_B = \frac{20}{5} \end{cases}$$

با توجه به قانون اهم می‌توان نوشت:

$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow R = \frac{2/5}{31/25} = 0.8 \Omega$$

ابتدا با توجه به قانون اهم، مقاومت را به دست می‌آوریم:

$$R = \rho \frac{L}{A} \xrightarrow{D = 0.5 mm, A = \frac{\pi D^2}{4}} 0.8 = \rho \times \frac{1}{\frac{\pi D^2}{4}} \Rightarrow 0.8 = \rho \frac{4}{\pi \times 25 \times 10^{-8}} \Rightarrow \rho = 1/5 \times 10^{-8} (\Omega m)$$

حال با توجه به رابطه ساختار مقاومت داریم:

با توجه به رابطه $R = \rho \frac{L}{A}$ و داشتن $R = 3 \Omega$ و $L = 9/42 cm$ داریم:

$$3 = \rho \frac{9/42}{A} \xrightarrow{A = \pi r^2, \rho = 10^{-6} \Omega.m} 3 = 10^{-6} \times \frac{9/42}{\pi r^2} \Rightarrow r^2 = 10^{-6} m \Rightarrow r = 10^{-3} m = 0.1 cm$$

$$D = 2r = 0.2 cm$$

قطر مقطع برابر است با:

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

جرم سیم خواسته شده پس ابتدا با توجه به مقاومت ویژه و L ، مساحت سطح را به دست می‌آوریم.

$$V = AL \Rightarrow V = \frac{\rho L}{R} \times L \Rightarrow V = \frac{\rho L^2}{R}$$

حجم سیم برابر AL است از این‌رو:

$$\rho' = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho' V \Rightarrow m = \rho' \frac{\rho L^2}{R} \Rightarrow m = \frac{\rho \rho' L^2}{R}$$

حال با توجه به چگالی سیم ρ' و حجم سیم V ، جرم را به دست می‌آوریم:

دو سیم هم‌جنس و دارای جرم یکسان هستند، پس حجم آن‌ها نیز برابر است:

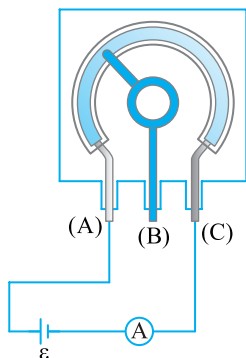
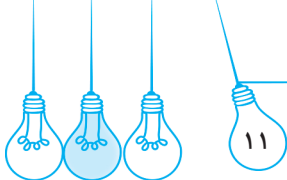
$$V_A = V_B \Rightarrow L_A \times A_A = L_B \times A_B \Rightarrow \frac{L_A}{L_B} = \frac{A_B}{A_A}$$

$$\frac{L_A}{L_B} = \left(\frac{D_B}{D_A}\right)^2 \Rightarrow \frac{L_A}{L_B} = \left(\frac{1}{2}\right)^2 \Rightarrow \frac{L_A}{L_B} = 25$$

سطح مقطع سیم با مجذور قطر متناسب است $(A = \pi \frac{D^2}{4})$ ، بنابراین:

$$\frac{R_A}{R_B} = \frac{L_A}{L_B} \times \left(\frac{D_B}{D_A}\right)^2 \Rightarrow \frac{R_A}{R_B} = (25) \left(\frac{1}{2}\right)^2 = 6.25$$

اکنون نسبت مقاومت الکتریکی سیم A به مقاومت الکتریکی سیم B را به دست می‌آوریم:



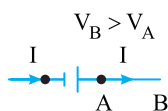
۹- گزینه ۳ با توجه به شکل از خروجی B که مربوط به لغزنده می باشد، سیمی خارج نشده است بنابراین لغزنده در مدار قرار نمی گیرد و با چرخاندن آن مقاومت مدار تغییر نمی کند و جریان مدار ثابت می ماند.

۱۰- گزینه ۲ وقتی مدار باز باشد، ولتسنج نیروی محرکه باتری را نشان می دهد، پس $\mathcal{E} = 8V$ است. وقتی مدار بسته است و در مدار جریان برقرار است، ولتسنج اختلاف پتانسیل دو سر باتری ($V = \mathcal{E} - Ir$) را نشان می دهد. در این صورت وقتی $I = 2A$ است، $V = 6V$ می باشد، در نتیجه: $6 = 8 - 2r \Rightarrow r = 1\Omega$

۱۱- گزینه ۱ هرگاه اختلاف پتانسیل دو سر باتری برابر با نیروی محرکه آن باشد، افت پتانسیل صفر است، پس:

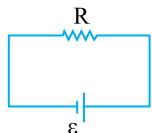
$$\begin{cases} V = \mathcal{E} - Ir \\ V \approx \mathcal{E} \end{cases} \Rightarrow Ir \approx 0 \Rightarrow \begin{cases} r \rightarrow 0 \\ I \rightarrow 0 \end{cases} \Rightarrow I = \frac{\mathcal{E}}{r+R} \rightarrow R \rightarrow \infty$$

پس با باید مقاومت درونی ناچیز باشد که در گزینه ها نیست، یا مقاومت خارجی خیلی زیاد باشد. در این صورت گزینه (۱) درست است.



۱۲- گزینه ۳ خط فکری: اگر در جهت جریان $\Delta V > 0$ باشد، جزء مدار، مولد است و اگر در جهت جریان $\Delta V < 0$ باشد، جزء مدار، مقاومت (مصرف کننده) است. پتانسیل نقاط متصل به زمین صفر است پس در مدار جزء A در جهت جریان پتانسیل کاهش یافته ($\Delta V = -10V$) و از $10V$ به صفر رسیده پس جزء A مولد نیست.

در مدار جزء B پتانسیل در جهت جریان از $10V$ به صفر رسیده ($\Delta V = +10V$) و افزایش یافته پس B مولد مدار حساب می شود. در مدار جزء C پتانسیل در جهت جریان از $10V$ به $+10V$ رسیده ($\Delta V = +20V$) و افزایش یافته پس C مولد مدار حساب می شود.



$$P = RI^2 = VI = \frac{V^2}{R}$$

$$P = \frac{V^2}{R} \Rightarrow 40 = \frac{10^2}{R} \Rightarrow R = \frac{100}{40} = 2.5\Omega$$

۱۳- گزینه ۴ توان مصرفی در مقاومت R برابر است با:

V ولتاژ دو سر مقاومت، ولتاژ دو سر باتری نیز می باشد.

$$V = 120V, P = 480W$$

$$P = VI \Rightarrow 480 = 120 \times I \Rightarrow I = 4A$$

برای به دست آوردن انرژی مصرفی کافی است در رابطه زیر توان را بر حسب کیلووات و زمان را بر حسب ساعت قرار دهیم: $U = Pt = 0.48(kW) \times 5(h) = 2.4kWh$

۱۵- گزینه ۴ خط فکری: اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت های A و B با هم برابر است بنابراین از روابط انرژی $U = VI t$ ، $U = RI^2 t$ و $U = \frac{V^2}{R} t$ باید $U = \frac{V^2}{R} t$ را انتخاب کرد. از طرفی، باید با توجه به داده های مسئله بررسی کنیم که مقاومت B چند برابر مقاومت A است.

$$R = \rho \frac{L}{A} \Rightarrow \frac{R_B}{R_A} = \frac{\rho_B}{\rho_A} \times \frac{L_B}{L_A} \times \frac{A_A}{A_B} \xrightarrow[\rho_A = \rho_B]{\text{دو رسانا هم جنس هستند}} \frac{R_B}{R_A} = \frac{L}{L} \times \frac{n A_B}{A_B} = n^2$$

با توجه به شکل و رابطه ساختمانی مقاومت می توان نوشت:

$$\frac{U_B}{U_A} = \frac{R_B}{R_A} \Rightarrow \frac{U_B}{U_A} = \frac{R_A}{R_B} \Rightarrow \frac{U_B}{U_A} = \frac{1}{n^2}$$

ولتاژ دو سر مقاومت ها یکسان است بنابراین:

$$\begin{cases} P = 100W \\ V = 110V \end{cases} \xrightarrow{P = \frac{V^2}{R}} 100 = \frac{110^2}{R} \Rightarrow R = 121\Omega$$

۱۶- گزینه ۳ ابتدا مقدار مقاومت را به دست می آوریم:

$$U = \frac{V^2}{R} t = \frac{220^2}{121} \times 1 = 400J$$

حال می توان انرژی مصرفی جدید را به دست آورد:

البته می توان با توجه به رابطه $P = \frac{V^2}{R}$ ، با ثابت بودن R و دو برابر شدن ولتاژ، نتیجه گرفت توان مصرفی چهار برابر می شود، بنابراین:

$$P = 4 \times 100 = 400W$$

$$V = P.t = 400 \times 1 = 400J$$

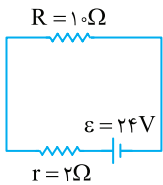


توان مفید را بر توان کل تقسیم می‌کنیم:

$$\begin{cases} P = \varepsilon I \\ P = RI^2 = VI \end{cases} \Rightarrow R_a = \frac{P_{\text{مفید}}}{P_{\text{کل}}} = \frac{V}{\varepsilon}, \quad R_a = \frac{V}{\varepsilon} = \frac{1}{10} \Rightarrow \frac{1}{10} = \frac{P_{\text{کل}} - P_{\text{تلف}}}{P_{\text{کل}}} = 1 - \frac{P_{\text{تلف}}}{P_{\text{کل}}} \Rightarrow \frac{P_{\text{تلف}}}{P_{\text{کل}}} = \frac{9}{10}$$

اختلاف پتانسیل دو سر مولد از رابطه $V = \varepsilon - rI$ به دست می‌آید با برابر قرار دادن این رابطه و معادله داده شده می‌توان نیروی محرکه مولد (ε) و مقاومت داخلی مولد (r) را به دست آورد:

$$\begin{cases} V = 24 - 2I \\ V = \varepsilon - rI \end{cases} \Rightarrow \varepsilon = 24 \text{ V}, r = 2 \Omega$$



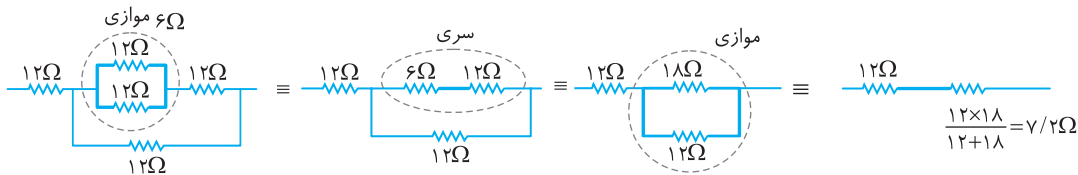
$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} \Rightarrow I = \frac{24}{10 + 2} \Rightarrow I = 2 \text{ A}$$

این مولد را به مقاومت 10Ω متصل کرده‌ایم و جریان مدار خواهد شد:

توان خروجی برابر است با:

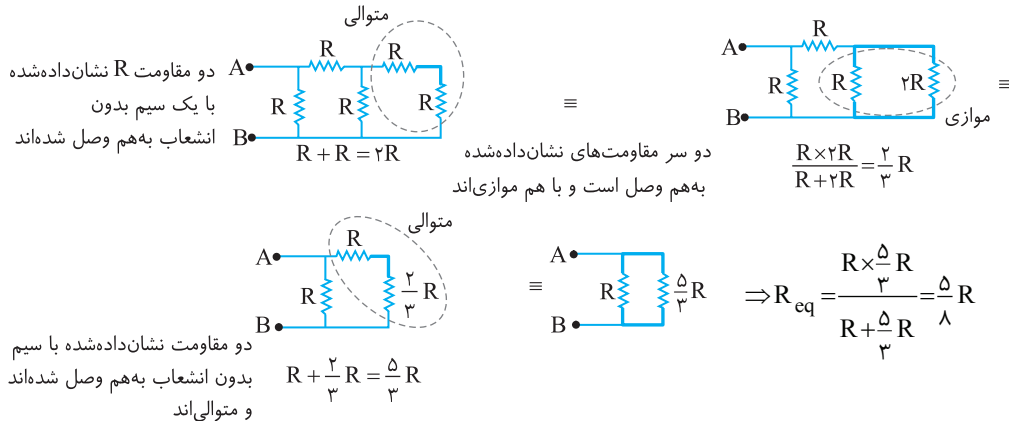
$$P_{\text{خروجی}} = VI = \frac{V(\varepsilon - Ir)}{1} \Rightarrow P_{\text{خروجی}} = (\varepsilon - rI)I \Rightarrow P_{\text{خروجی}} = (24 - 2I)I \xrightarrow{I=2\text{A}} P_{\text{خروجی}} = (24 - 4)2 \Rightarrow P_{\text{خروجی}} = 40 \text{ W}$$

در شکل‌های زیر مراحل محاسبه مقاومت معادل نشان داده شده است:



$$\Rightarrow R_{eq} = 12 + 7/2 = 19/2 \Omega$$

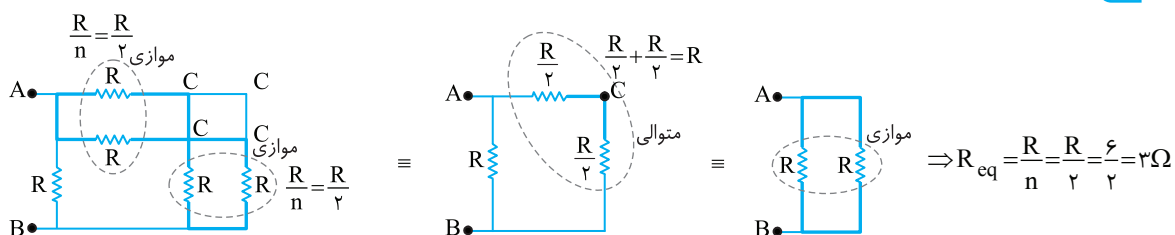
در شکل‌های زیر مراحل محاسبه مقاومت معادل نشان داده شده است:



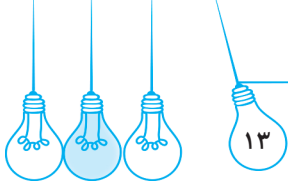
۲۱- گزینه ۲

$$\begin{cases} \text{شکل (۱): } R_1 = \frac{1}{2} = 0.5 \Omega \\ \text{شکل (۲): } R_2 = 4 + \frac{4}{2} + 4 = 10 \Omega \end{cases} \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \frac{10}{0.5} = 20$$

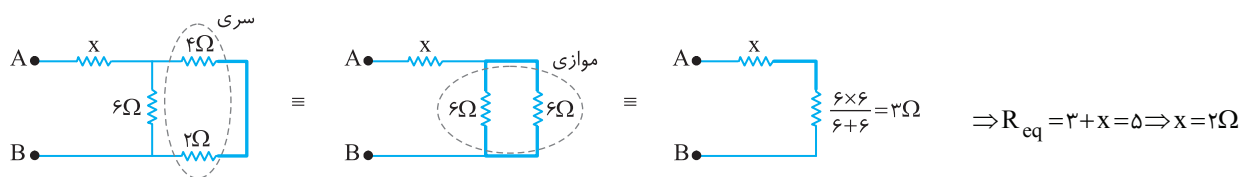
در شکل‌های زیر مراحل به دست آوردن مقاومت معادل نشان داده شده است.



۲۲- گزینه ۲

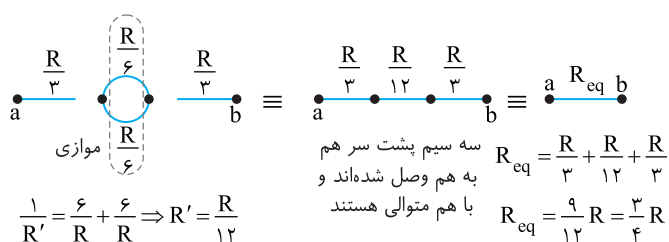


۲۳- گزینه ۱ ابتدا مقاومت معادل را به دست می آوریم و برابر با 5Ω قرار می دهیم.

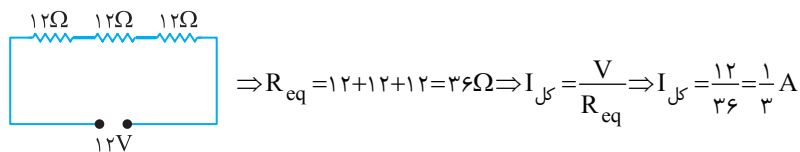


۲۴- گزینه ۱ مقاومت سیم برابر R است، سیم به سه قسمت تقسیم شده بنابراین مقاومت هر قسمت سیم $\frac{R}{3}$ و مقاومت هر دو قطعه سیم در سمت راست و

سمت چپ دایره برابر $\frac{R}{3}$ است، مقاومت قسمت دایره ای شکل را بررسی می کنیم. مقاومت نصف محیط دایره در قسمت بالا برابر $(\frac{3}{2} = \frac{R}{6})$ و نصف محیط دایره در قسمت پایین نیز $(\frac{R}{6})$ است که با هم موازی هستند. اکنون مقاومت معادل را حساب می کنیم:



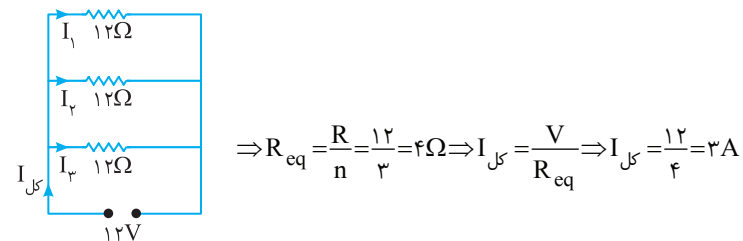
۲۵- گزینه ۱ اگر سه مقاومت را با هم متوالی ببندیم، مقاومت معادل و جریان مدار خواهد شد:



چون در مقاومت های متوالی جریان عبوری از هر مقاومت با هم یکسان و برابر جریان کل است، بنابراین جریان هر مقاومت برابر است با:

$$I_1 = \frac{1}{3}A$$

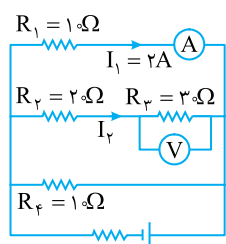
اگر سه مقاومت را با هم موازی ببندیم، مقاومت معادل و جریان مدار خواهد شد:



مقاومت ها یکسان و موازی هستند بنابراین جریان مدار به طور مساوی بین آن تقسیم می شود و جریان مقاومت ها با هم برابر است از این رو:

$$I_{کل} = I_1 + I_2 + I_3 = 3I_1 \Rightarrow 3 = 3I_1 \Rightarrow I_1 = 1A$$

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{1}{3} = 3$$

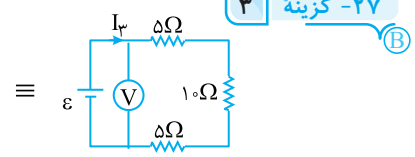
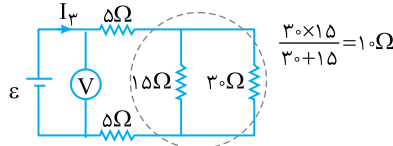
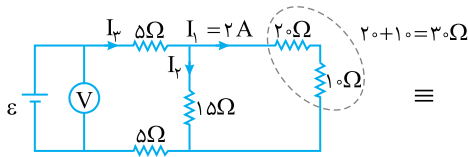
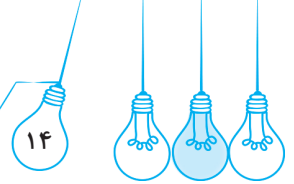


۲۶- گزینه ۴ مقاومت R_1 با معادل دو مقاومت R_2 و R_3 موازی است و ولتاژ این دو شاخه یکسان است.

$$R_1 I_1 = (R_2 + R_3) I_2 \Rightarrow 10 \times 2 = (2 + 3) I_2 \Rightarrow I_2 = 4A$$

ولت سنج، اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R_3 را نشان می دهد:

$$V = R_3 I_2 = 3 \times 4 = 12V$$



$$V_1 = V_r \Rightarrow 30I_1 = 10I_r \Rightarrow 30 \times 2 = 10I_r \Rightarrow I_r = 6A, I_3 = I_1 + I_r = 6A, R_{eq} = 5 + 10 + 5 = 20\Omega, V = R_{eq}I_3 = 20 \times 6 = 120V$$

۲۸- گزینه ۱ خط فکری: جنس هر دو سیم از مس بوده و مقاومت ویژه آنها یکسان است ($\rho_A = \rho_B$). طول دو سیم هم برابر است ($L_A = L_B$) و قطر

مقطع سیم B، برابر قطر سیم A است که با توجه به دایره‌ای بودن سطح مقطع ($A = \pi D^2/4$)، سطح مقطع سیم B، $\frac{3}{4}$ سطح مقطع سیم A است. در شاخه‌های

$$V_A = V_B \Rightarrow I_A R_A = I_B R_B \Rightarrow \frac{I_B}{I_A} = \frac{R_A}{R_B} \quad (1)$$

موازی ولتاژها با هم برابر است:

$$R = \rho \frac{L}{A} \xrightarrow{\frac{\rho_A = \rho_B}{L_A = L_B}} \frac{R_A}{R_B} = \frac{A_B}{A_A} \xrightarrow{\frac{A_B = \frac{9}{4}A_A}{A_A = A_A}} \frac{R_A}{R_B} = \frac{9}{4} \quad (2)$$

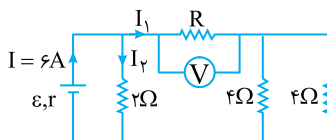
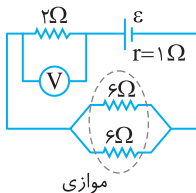
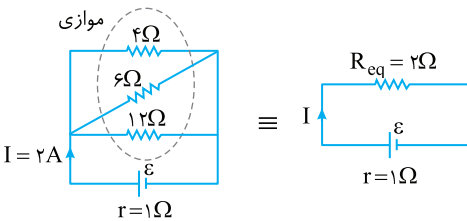
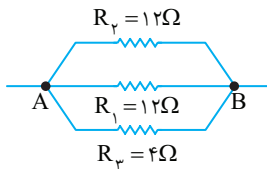
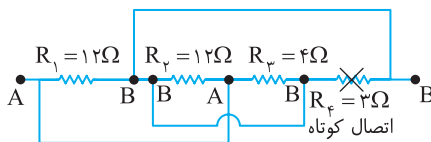
با توجه به داده‌های سؤال نسبت مقاومت‌ها برابر است با:

$$\frac{I_B}{I_A} = \frac{9}{4} \Rightarrow I_B = \frac{9}{4} I_A$$

از رابطه‌های (۱) و (۲) خواهیم داشت:

$$I_A + \frac{9}{4} I_A = 2/6 \Rightarrow \frac{13I_A}{4} = 2/6 \Rightarrow I_A = 0.8A$$

از طرفی داریم $I_A + I_B = 2/6A$



۲۹- گزینه ۲ قرار ما این شد که دو سر سیم‌های بدون مقاومت را با یک حرف نام‌گذاری

کنیم و سپس مدار را مجدداً رسم کنیم. به مقاومت $R_4 = 3\Omega$ نگاه کنید. دو سرش یک نام دارد،

بنابراین R_4 از مدار حذف می‌شود. اکنون مدار را مجدداً رسم می‌کنیم. هر سه مقاومت بین A و B

بسته شده و موازی‌اند، مقاومت معادل برابر است با:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{12} + \frac{1}{12} + \frac{1}{4} = \frac{1+1+3}{12} \Rightarrow R_{eq} = \frac{12}{5}\Omega$$

۳۰- گزینه ۱ با به دست آوردن مقاومت معادل مدار، مدار به شکل ساده‌تری درمی‌آید.

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{4} + \frac{1}{6} + \frac{1}{12} \Rightarrow R_{eq} = 2\Omega$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow 2 = \frac{\varepsilon}{2 + 1} \Rightarrow \varepsilon = 6V$$

۳۱- گزینه ۴ چون مقاومت 2Ω با باتری متوالی است پس جریان آن با جریان کل برابر

$$I = \frac{V}{R} \Rightarrow I = \frac{4}{2} = 2A$$

است، پس ابتدا جریان مدار را به دست می‌آوریم:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} \Rightarrow 2 = \frac{\varepsilon}{(2 + \frac{6}{2}) + 1} \Rightarrow \varepsilon = 12V$$

۳۲- گزینه ۲ دو مقاومت ۴ اهمی موازی و حاصل آن‌ها با R متوالی است: $\frac{4 \times 4}{4 + 4} + R = 2 + R$

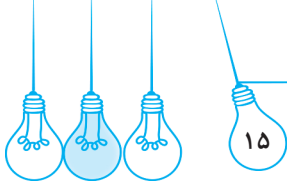
مقاومت $2 + R$ با مقاومت ۲ اهمی موازی است. جریان بین این دو مقاومت به نسبت عکس مقاومت‌ها

تقسیم می‌شود.

$$I_1 = \frac{2}{2 + (2 + R)} I = \frac{2}{4 + R} \times 6 = \frac{12}{4 + R} \Rightarrow I_1 = \frac{12}{4 + R}$$

از طرفی ولت‌سنج عدد ۴ ولت را برای ولتاژ دو سر R نشان می‌دهد.

$$V = RI_1 \Rightarrow 4 = \frac{R \times 12}{4 + R} \Rightarrow 4 + R = 3R \Rightarrow R = 2\Omega$$

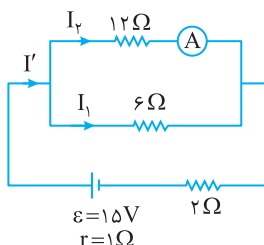


$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{14 + 1} \Rightarrow \varepsilon = 15 \text{ V}$$

در حالتی که کلید باز است، دو مقاومت 2Ω و 12Ω در مدار بوده که با هم متوالی هستند:

$$R'_{eq} = \frac{12 \times 6}{12 + 6} + 2 \Rightarrow R'_{eq} = 6\Omega$$

وقتی کلید K را می‌بندیم، دو مقاومت 12Ω و 6Ω موازی می‌شوند:



$$I' = \frac{\varepsilon}{R'_{eq} + r} \Rightarrow I' = \frac{15}{6 + 1} = \frac{15}{7} \text{ A}$$

$$6I_1 = 12I_2 \Rightarrow I_1 = 2I_2$$

اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌های موازی 12Ω و 6Ω برابر است، از این رو:

$$I' = I_1 + I_2 \Rightarrow \frac{15}{7} = 2I_2 + I_2 \Rightarrow I_2 = \frac{5}{7} \text{ A}$$

از طرفی داریم:

آمپرسنج $\frac{5}{7}$ آمپر را نشان می‌دهد.

$$R_{eq} = \frac{6}{n} + 6 \Rightarrow R_{eq} = \frac{6 + 6n}{n}$$

در حالت اول که کلید بسته است:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq}} \Rightarrow I = \frac{24}{\frac{6 + 6n}{n}} \Rightarrow I = \frac{24n}{6(1+n)} \Rightarrow I = \frac{4n}{n+1}$$

$$R'_{eq} = \frac{6}{n-1} + 6 \Rightarrow R'_{eq} = \frac{6n}{n-1}$$

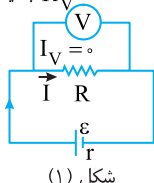
در حالت دوم که کلید باز شده است، یک مقاومت موازی با باز شدن کلید، از مدار جدا می‌شود:

$$I' = \frac{\varepsilon}{R'_{eq}} \Rightarrow I' = \frac{24}{\frac{6n}{n-1}} \Rightarrow I' = \frac{4(n-1)}{n}$$

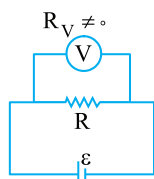
با توجه به متن سؤال اختلاف جریان I و I' برابر $2A$ است.

$$I - I' = 2 \Rightarrow \frac{4n}{n+1} - \frac{4(n-1)}{n} = 2 \Rightarrow 4\left(\frac{n}{n+1} - \frac{n-1}{n}\right) = 2 \Rightarrow 4\left(\frac{n^2 - (n^2 - 1)}{n(n+1)}\right) = 2 \Rightarrow \frac{4}{n^2 + n} = \frac{2}{1} \Rightarrow 2 = n^2 + n \Rightarrow n^2 + n - 2 = 0 \Rightarrow (n-1)(n+2) = 0 \Rightarrow n = 1$$

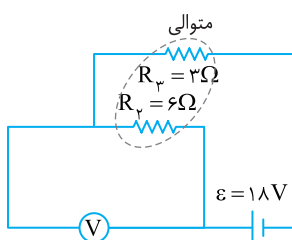
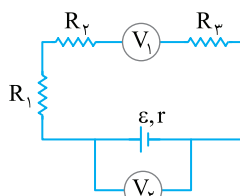
R_V بسیار بزرگ



شکل (۱)



شکل (۲)



یک ولت‌سنج مناسب باید دارای مقاومت الکتریکی خیلی بزرگی باشد تا وقتی ولت‌سنج به‌طوری موازی در مدار قرار می‌گیرد، جریانی از آن نگذرد و در جریان مدار اختلالی ایجاد نشود.

حال اگر ولت‌سنج شکل (۱) آرمانی نباشد، مقاومت ولت‌سنج با مقاومت R شکل روبه‌رو موازی شده و مقاومت کل مدار در شکل (۲) کوچک‌تر از مقاومت مدار شکل (۱) خواهد بود و جریان مدار نسبت به مدار شکل (۱) افزایش می‌یابد.

$$\uparrow I = \frac{\varepsilon}{\downarrow R_{eq} + r}$$

$$\downarrow V = \varepsilon - \uparrow Ir$$

افزایش جریان سبب کاهش اختلاف پتانسیل دو سر باتری می‌شود:

در این حالت ولت‌سنج که ولتاژ دو سر باتری را نشان می‌دهد عدد کمتری را نشان خواهد داد.

نکته: هرگاه ولت‌سنج و آمپرسنج آرمانی نباشند، عددی که نشان می‌دهند همواره از مقدار واقعی کمتر است.

ولت‌سنج V_1 با مدار خارجی متوالی بسته شده و جریان مدار صفر است. از این‌رو افت پتانسیل در باتری و تمام مقاومت‌های مدار صفر است و هر دو ولت‌سنج نیروی محرکه باتری را نشان می‌دهند.

از شاخه ولت‌سنج جریان عبور نمی‌کند و مقاومتی که با آن متوالی بسته شده از مدار حذف می‌شود، بنابراین مقاومت $R_1 = 3\Omega$ از مدار حذف شده و ولت‌سنج به دو سر مقاومت $R_2 = 6\Omega$ متصل است و ولتاژ دو سر آن را نشان می‌دهد. برای محاسبه عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد ابتدا باید جریان مدار را حساب کنیم.

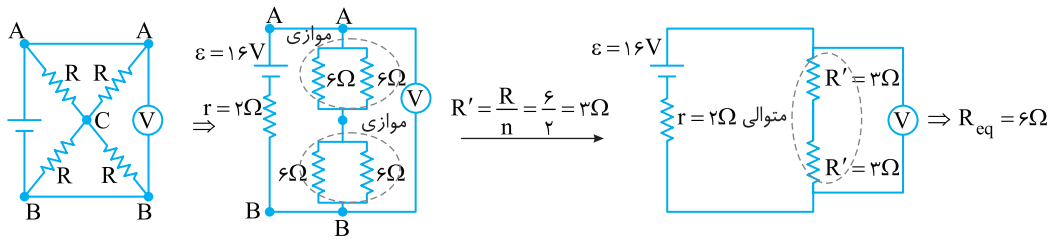
$$R_{eq} = 6 + 3 = 9\Omega, \quad I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{18}{9} = 2A$$

اکنون عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد یعنی اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت 6Ω را به‌دست می‌آوریم:
 $V = RI \Rightarrow V = 6 \times 2 = 12V$



۳۸- گزینه ۲

ولتسنج به دو سر کل مقاومت‌ها وصل است پس اختلاف پتانسیل دو سر مدار (کل مدار) را نشان می‌دهد. مقاومت کل مدار را به دست می‌آوریم.



$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{16}{6 + 2} = 2A$$

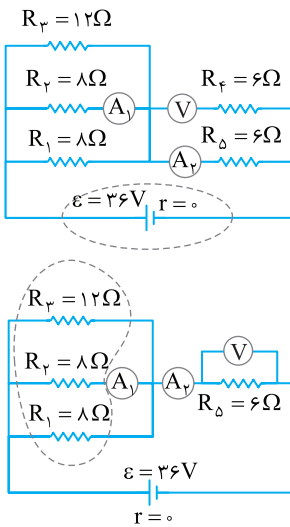
جریان کل مدار را حساب می‌کنیم:

$$V = R_{eq} I = 12V$$

عددی که ولتسنج نشان می‌دهد، برابر است با:

۳۹- گزینه ۳

ولتسنج آرمانی اجازه عبور جریان را نمی‌دهد و مقاومت $R_F = 6\Omega$ از مدار حذف می‌شود و در این حالت ولتسنج به دو سر مقاومت $R_D = 6\Omega$ بسته شده و اختلاف پتانسیل دو سر این مقاومت را نشان می‌دهد.



با حذف مقاومت R_F مدار به صورت روبه‌رو خواهد بود. ابتدا مقاومت معادل مدار به دست می‌آوریم:

$$\frac{1}{R_{1,2,3}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \Rightarrow \frac{1}{R_{1,2,3}} = \frac{1}{8} + \frac{1}{8} + \frac{1}{12} \Rightarrow R_{1,2,3} = 3\Omega$$

مقاومت معادل $R_{1,2,3}$ با مقاومت R_D متوالی است و مقاومت معادل خواهد شد:

$$R_{eq} = R_{1,2,3} + R_D = 3 + 6 = 9\Omega$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq}} \Rightarrow I = \frac{36}{9} = 4A$$

جریان کل مدار را حساب می‌کنیم:

مقاومت R_D با باتری متوالی بسته شده است و جریان آن برابر جریان کل مدار $4A$ بوده بنابراین آمپرسنج A_1 عدد $4A$ را نشان می‌دهد و ولتسنج ولتاژ دو سر R_F را نشان می‌دهد از این رو عدد $V = IR_D = 4 \times 6 = 24V$ را نشان خواهد داد. اما اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌های R_1 ، R_2 و R_3 یکسان بوده و برابر است با:

$$\varepsilon = V_{1,2,3} + V_D \Rightarrow 36 = V_{1,2,3} + 24 \Rightarrow V_{1,2,3} = 36 - 24 = 12V$$

بنابراین ولتاژ دو سر هر یک از مقاومت‌های R_1 و R_2 و R_3 برابر $12V$ است و آمپرسنج A_1 جریان مقاومت R_F را نشان می‌دهد و در این صورت آمپرسنج A_1

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1} = \frac{12}{8} = 1.5A$$

عدد مقابل را نشان می‌دهد:

۴۰- گزینه ۲

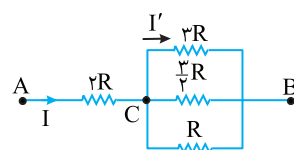
مقاومت معادل دو مقاومت متوالی برابر $R + R = 2R$ می‌شود و مقاومت معادل موازی آن $R'_{eq} = \frac{R}{2}$ است. برای مقایسه توان از رابطه

$$\begin{cases} P_1 = \frac{V^2}{R} \\ P_2 = \frac{V^2}{2R} \end{cases} \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{\frac{V^2}{R}}{\frac{V^2}{2R}} = \frac{2}{1} \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = 2$$

$P = \frac{V^2}{R}$ استفاده می‌کنیم زیرا در دو حالت ولتاژ یکسان است.

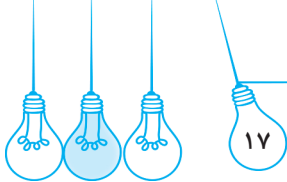
۴۱- گزینه ۲

ابتدا جریان عبوری از مقاومت $3R$ را بر حسب I محاسبه می‌کنیم:



$$\frac{1}{R_{BC}} = \frac{1}{R} + \frac{2}{3R} + \frac{1}{3R} = \frac{3+2+1}{3R} \Rightarrow R_{BC} = \frac{R}{2}$$

$$V_{BC} = I(R_{BC}) = I \frac{R}{2}, \quad I' = \frac{V_{BC}}{3R} = \frac{\frac{I}{2}}{3} = \frac{I}{6}, \quad \frac{P_{2R}}{P_{3R}} = \frac{(2R)I'^2}{(3R)(\frac{I}{6})^2} = \frac{2 \times 36}{3} = 24$$



۴۲- گزینه ۳ خط فکری: همان طور که می دانید در یک مدار هنگامی توان مصرفی مدار بیشینه است که $R_{eq} = r$ باشد که در این صورت $P_{max} = \frac{\varepsilon^2}{4r}$ است.

$$R_{eq} = \frac{6 \times 3}{6+3} = 2 \Omega \Rightarrow P_{max} = \frac{\varepsilon^2}{4r} = \frac{(12)^2}{4 \times 2} \Rightarrow P_{max} = 18 W$$

۴۳- گزینه ۲ جریان شاخه بالا را به دست می آوریم:

$$P_1 = I_1^2 R_1 \Rightarrow 4 = I_1^2 \times 1 \Rightarrow I_1 = 2 A$$

جریان شاخه پایینی نیز که موازی شاخه بالایی بوده و مقاومت آن برابر مقاومت معادل شاخه بالایی است برابر ۲ A است $(I_3 = 2 A)$ و جریان کل مدار $I = 2 + 2 = 4 A$ خواهد بود. مقاومت معادل را به دست می آوریم:

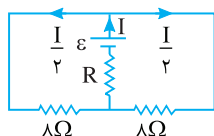
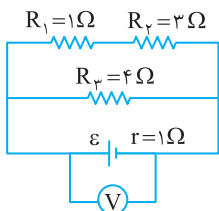
$$R_{1,2} = R_1 + R_2 = 1 + 3 = 4 \Omega, R_{eq} = \frac{4}{2} = 2 \Omega$$

اکنون نیروی محرکه باتری را به دست می آوریم:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow 4 = \frac{\varepsilon}{2 + 1} \Rightarrow \varepsilon = 12 V$$

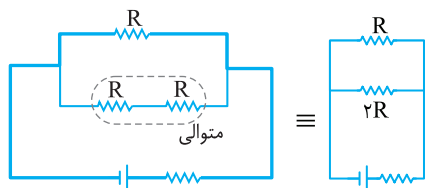
ولتاژ دو سر باتری برابر است با:

$$V = I_3 R_3 = 2 \times 4 = 8 V \quad \text{یا} \quad V = \varepsilon - Ir \Rightarrow V = 12 - 4 \times 1 = 8 V$$



۴۴- گزینه ۲ مقاومت R با باتری متوالی بسته شده و جریان عبوری از مقاومت R جریان کل مدار یعنی I است، اما جریان مدار (I) بین دو مقاومت موازی ۸ اهمی به طور مساوی تقسیم می شود و جریان هر مقاومت 8Ω ، $\frac{I}{2}$ است.

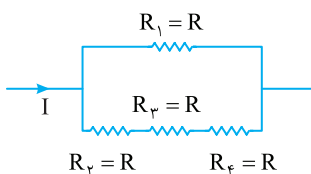
$$P_A = P_R \xrightarrow{P=RI^2} 8 \left(\frac{I}{2}\right)^2 = RI^2 \Rightarrow 8 \times \frac{1}{4} = R \Rightarrow R = 2 \Omega$$



۴۵- گزینه ۲ با توجه به شکل مقاومت R با باتری موازی بسته شده و اختلاف پتانسیل دو سر آن بیشینه و توان مصرفی بیشینه مربوط به این مقاومت و برابر $10 W$ است. با توجه به شکل مقاومت R و مقاومت $2R$ با هم موازی اند و در مقاومت های موازی توان و مقدار مقاومت با هم رابطه عکس دارند، پس توان مصرفی مقاومت $2R$ برابر $5 W$ است.

۴۶- گزینه ۲ مقاومت R_1 به تنهایی به دو سر باتری متصل می شود پس اختلاف پتانسیل دو سر آن بیشتر از بقیه

مقاومت ها بوده و با توجه به $P = \frac{V^2}{R}$ ، توان مصرفی R_1 بیشتر از مابقی مقاومت های مدار است.



$$R_{eq} = \frac{R \times 3R}{R + 3R} = \frac{3}{4} R$$

توان مصرفی مقاومت R_1 برابر $60 W$ است.

توان مصرفی کل برابر است با:

$$P_{R_1} = \frac{V^2}{R_1} \Rightarrow 60 = \frac{V^2}{R}, \quad P_{کل} = \frac{V^2}{R_{eq}} = \frac{4}{3} \frac{V^2}{R} \Rightarrow P_{کل} = 80 W$$

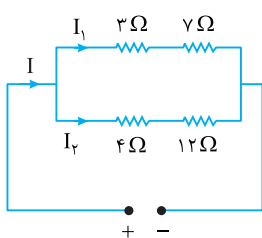
۴۷- گزینه ۲ راه حل اول: یک راه حل سریع این است که در شاخه های موازی، شاخه دارای مقاومت کمتر، توان بیشتری مصرف می کند $(P = \frac{V^2}{R})$. از این رو

شاخه بالایی گرمای بیشتری تولید می کند و در این شاخه هم دو مقاومت 7Ω و 3Ω متوالی بوده و دارای جریان یکسان هستند و با توجه به رابطه $P = RI^2$ توان مصرفی مقاومت 7Ω بیشتر از مقاومت 3Ω است. در نتیجه بیشینه توان مصرفی یا گرمای تولید شده مربوط به مقاومت 7Ω است.

راه حل دوم: اختلاف پتانسیل دو سر شاخه های موازی با هم برابر است. از این رو می توان رابطه بین جریان شاخه بالایی

$$(3+7)I_1 = (4+12)I_2 \Rightarrow I_1 = \frac{4}{5} I_2$$

در مقاومت های متوالی مقاومت بزرگتر دارای توان و انرژی مصرفی بیشتری است. یعنی در شاخه بالایی گرمای مقاومت 7Ω از گرمای مقاومت 3Ω بیشتر است و در شاخه پایین نیز گرمای تولید شده در مقاومت 12Ω از گرمای تولید شده در مقاومت 4Ω بیشتر است و کافی است تنها گرمای تولید شده در مقاومت 7Ω و 12Ω را با هم مقایسه کنیم.



$$U_{7\Omega} = RI_1^2 t \Rightarrow U_{7\Omega} = 7 \times \left(\frac{4}{5} I_2\right)^2 t \Rightarrow U_{7\Omega} = \frac{448}{25} I_2^2 t = 17.92 I_2^2 t$$

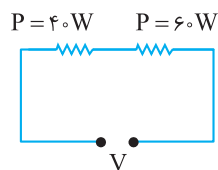
$$U_{12\Omega} = RI_2^2 t \Rightarrow U_{12\Omega} = 12 I_2^2 t$$

کاملاً مشخص است که انرژی گرمایی $U_{7\Omega} = 17.92 I_2^2 t$ از انرژی گرمایی تولید شده در مقاومت $U_{12\Omega}$ بزرگتر است.



$$P_m = \frac{V_m^2}{R} \Rightarrow R_1 = \frac{220^2}{40}, \quad R_2 = \frac{220^2}{60}$$

به کمک توان و ولتاژ نوشته شده روی لامپ، مقاومت هر لامپ را به دست می آوریم:



$$R_{eq} = R_1 + R_2 = \frac{220^2}{40} + \frac{220^2}{60} = 220^2 \left(\frac{1}{40} + \frac{1}{60} \right) = 220^2 \times \frac{1}{24}$$

چون دو لامپ به طور متوالی به برق شهر بسته شده اند، مقاومت آن‌ها با هم جمع می شود:

حال جریان را به دست آورده و توان هر لامپ را حساب می کنیم:

$$I = \frac{V_T}{R_{eq}} = \frac{220}{220^2 \times \frac{1}{24}} = \frac{24}{220} \text{ A} \Rightarrow \begin{cases} P_1 = R_1 I^2 = \frac{220^2}{40} \times \frac{24^2}{220^2} = 14/4 \text{ W} \\ P_2 = R_2 I^2 = \frac{220^2}{60} \times \frac{24^2}{220^2} = 9/6 \text{ W} \end{cases}$$

۴۹- گزینه ۴ روی وسایل برقی مانند لامپ معمولاً دو عدد نوشته شده است. یکی ولتاژی که با آن وسیله برقی کار می کند که برای برق شهرهای ایران ۲۲۰V است، دیگری توان مصرفی دستگاه است که در صورت اتصال موازی به برق شهر توسط دستگاه مصرف می شود.

در این سؤال روی لامپ‌ها نوشته شده ۲۰۰V و ۱۰۰W یعنی هرگاه هر یک از این لامپ‌ها به برق ۲۰۰V متصل شوند توان مصرفی آن‌ها ۱۰۰W است و اگر به ولتاژ کمتری وصل شوند دارای توان مصرفی کمتر هستند و اگر به ولتاژ بزرگتری وصل شوند ممکن است دستگاه آسیب ببیند و یا بسوزد.

توان مصرفی لامپ L_3 که مستقیماً به ولتاژ ۲۰۰V وصل بوده، همان ۱۰۰W است. لامپ‌های L_1 و L_2 متوالی هستند و مقاومت آن‌ها با هم جمع می شود و توان

کل مجموعه L_1 و L_2 با هم برابر است با:

$$P_{1,2} = \frac{V^2}{2R} \xrightarrow{\frac{V^2}{R} = 100} P_{1,2} = \frac{100}{2} = 50 \text{ W}$$

بنابراین توان کل سه لامپ برابر $100 + 50 = 150 \text{ W}$ است.

۵۰- گزینه ۲ در حالتی که یک لامپ به برق شهر متصل است، ولتاژ دو سر آن V است و وقتی سه لامپ مشابه به طور متوالی به همان ولتاژ V متصل می شوند ولتاژ دو سر هر باتری $\frac{V}{3}$ می شود، در این صورت:

$$P'_1 = \frac{V'^2}{R} = \frac{\left(\frac{V}{3}\right)^2}{R} \Rightarrow P'_1 = \frac{1}{9} \left(\frac{V^2}{R}\right) \xrightarrow{P_1 = \frac{V^2}{R}} P'_1 = \frac{1}{9} P_1 = 10 \text{ W}$$

$$P'_1 = \frac{P_1}{n^2}$$

نکته: هرگاه n لامپ که روی آن‌ها توان P_1 نوشته شده به طور متوالی به برق شهر متصل شوند، توان مصرفی هر لامپ برابر است با:

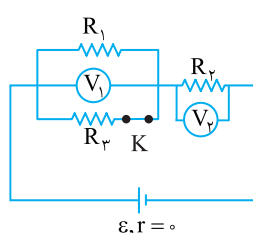
۵۱- گزینه ۲ جریان کل مدار از فیوز عبور می کند. جریان مدار برابر $I = \frac{V}{R_{eq}}$ است که حداکثر I برابر ۱۵A و اختلاف پتانسیل (V) نیز برابر ۱۵۰V است

$$I = \frac{V}{R_{eq}} \Rightarrow R_{eq} = \frac{V}{I} \Rightarrow R_{eq} = \frac{150}{15} = 10 \Omega$$

از این رو مقاومت معادل خواهد شد:

$$R_{eq} = \frac{R}{n} \xrightarrow{\frac{R_{eq} = 10 \Omega}{R = 100 \Omega}} 10 = \frac{100}{n} \Rightarrow n = 10$$

اگر n مقاومت مشابه R موازی بسته شوند، مقاومت معادل آن‌ها $\frac{R}{n}$ می شود بنابراین:



$$\varepsilon, r = 0$$

۵۲- گزینه ۴ با وصل کلید، یک مقاومت موازی به مدار اضافه می شود و اضافه شدن یک مقاومت موازی به مدار باعث کاهش مقاومت معادل مدار می شود. پس جریان مدار افزایش می یابد و $V_p = R_p I$ نیز زیاد می شود. مولد مقاومت درونی ندارد

و ولتاژ دو سر آن ε ثابت است، از این رو با افزایش V_p ، V_1 کاهش می یابد، زیرا:

$$\varepsilon = V_1 + V_p \Rightarrow \downarrow V_1 = \varepsilon - V_p \uparrow$$

ثابت

۵۳- گزینه ۴ با وصل کلید K ، R_3 به صورت موازی به R_p اضافه می شود و مقاومت معادل مدار کاهش می یابد. به این ترتیب جریان اصلی مدار (I_1) زیاد می شود.

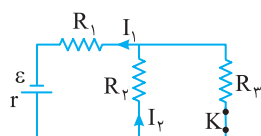
$$\uparrow I_1 = \frac{\varepsilon}{\downarrow R_{eq} + r}$$

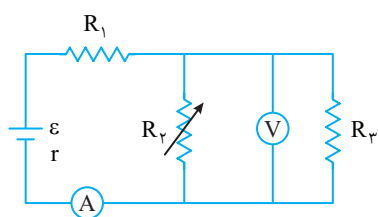
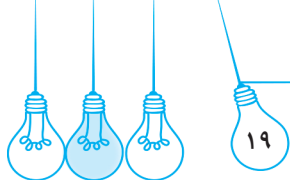
با افزایش جریان کل، ولتاژ دو سر باتری کاهش می یابد ($V_d = \varepsilon - I_1 r$)، اما اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R_1 افزایش

می یابد ($V_1 \uparrow = R_1 I_1 \uparrow$)، پس ولتاژ $V_{p,3}$ کاهش می یابد.

$$\downarrow V_{p,3} = \downarrow V_{\text{باتری}} - V_1 \uparrow \Rightarrow \downarrow V_{p,3} = R_p I_p \Rightarrow I_p \text{ کاهش می یابد}$$

ثابت





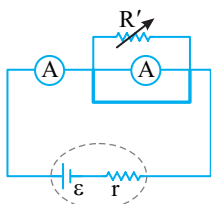
۵۴- گزینه ۲ با افزایش R_2 مقاومت معادل R_2 و R_3 افزایش یافته و مقاومت کل مدار نیز زیاد می‌شود و جریان مدار که آمپرسنج نشان می‌دهد، کاهش می‌یابد:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{2,3} + R_1 + r} \Rightarrow I \downarrow$$

جریان کاهش می‌یابد و آمپرسنج عدد کمتری را نشان می‌دهد.
با کاهش جریان، ولتاژ کل افزایش ($\uparrow V = \varepsilon - \downarrow Ir$) و ولتاژ دو سر R_1 یعنی IR_1 کاهش می‌یابد، بنابراین عددی که ولت سنج نشان می‌دهد افزایش می‌یابد.

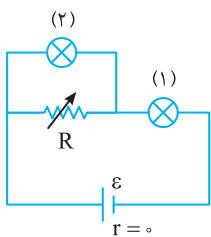
$$\uparrow \text{ولتسنج} \Rightarrow \downarrow V_{R_1} + \uparrow \text{ولتسنج} = V_T$$

بنابراین ولتسنج عدد بیشتری را نمایش می‌دهد.



۵۵- گزینه ۳ مقاومت R' اتصال کوتاه شده و در مدار قرار ندارد و هرگونه تغییر در آن، در مدار تغییری ایجاد نمی‌کند. ولتسنج متوالی بسته شده و جریان مدار صفر است، در این حالت ولتسنج نیروی محرکه باتری ε را نشان می‌دهد که در آن تغییری حاصل نمی‌شود.

۵۶- گزینه ۳ با کاهش مقاومت R_2 ، مقاومت معادل کاهش و جریان کل افزایش می‌یابد. اما چون مقاومت درونی باتری $r = 0$ است، اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌ها تغییر نمی‌کند. بنابراین توان تلف شده در R_1 تغییر نکرده ($P_1 = \frac{V_1^2}{R_1} = \frac{\varepsilon^2}{R_1}$) و ثابت می‌ماند. اما توان تلف شده در R_2 ، طبق رابطه $P = \frac{V^2}{R}$ ، چون $V = \varepsilon$ ثابت است، با کاهش R_2 ، افزایش می‌یابد.



۵۷- گزینه ۴ در مدار با مقاومت متغیر، اگر مقاومت متغیر افزایش یابد، مقاومت معادل افزایش می‌یابد و اگر مقاومت متغیر کاهش یابد، مقاومت معادل نیز کاهش می‌یابد. با کاهش مقاومت R ، مقاومت کل مدار کاهش می‌یابد.

$$(2) \text{ جریان مدار } I = \frac{\varepsilon}{R}$$

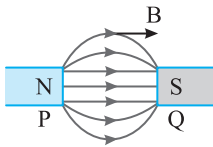
(۳) ولتاژ دو سر لامپ (۱) افزایش یافته ($\uparrow V_1 = \uparrow IR_1$) و نور لامپ (۱) زیاد می‌شود.

(۴) باتری مقاومت درونی ندارد و اختلاف پتانسیل دو سر مدار ثابت است.

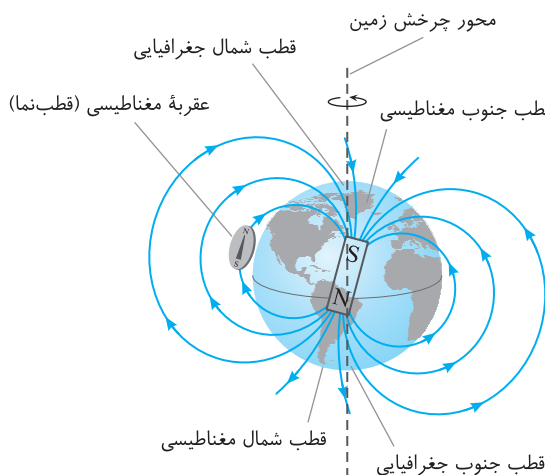
(۵) با کاهش اختلاف پتانسیل دو سر لامپ، نور لامپ کاهش می‌یابد.

$$V_{\text{باتری}} = V_1 + V_2 \rightarrow \text{کاهش یافته } V_2 \rightarrow \text{افزایش}$$

پاسخ تست‌های در پاسخ

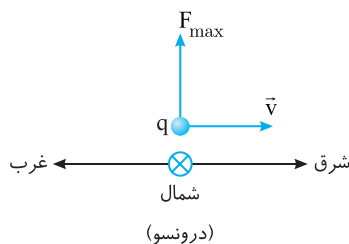


۱- گزینه ۲ برادر میدان مغناطیسی بر خط‌های میدان مماس بوده و سوی میدان هم‌سو با سوی خطوط است. بنابراین مطابق شکل باید مکان P قطب N و مکان Q قطب S باشد.



۲- گزینه ۳ زمین یک آهنربای بزرگ است که قطب S آن در شمال جغرافیایی و قطب N آن در جنوب جغرافیایی قرار دارد اما این قطب‌ها بر هم منطبق نبوده و قطب جنوب مغناطیسی تقریباً ۱۸۰۰ کیلومتری قطب شمال جغرافیایی است. یعنی عقربه مغناطیسی قطب‌نما قطب شمال جغرافیایی را به درستی نمایش نمی‌دهد.

۳- گزینه ۴ ذره به سمت شما در حرکت است. می‌توان فرض کرد که ذره از صفحه کاغذی که الان نگاه می‌کنید بیرون می‌آید و به سمت شما در حرکت است پس جهت سرعت ذره برون‌سو است. الکترون دارای بار منفی است. پس چهار انگشت دست چپ را که جهت سرعت بوده به سوی خودتان قرار دهید به گونه‌ای که انگشت شست که جهت نیروی وارد بر باریکه الکترون را نشان می‌دهد به سوی دست راست شما (یعنی جهت انحراف باریکه) قرار گیرد. در این حالت کف دست چپ شما به سمت بالا قرار دارد که نشان می‌دهد میدان مغناطیسی از پایین به بالا است.



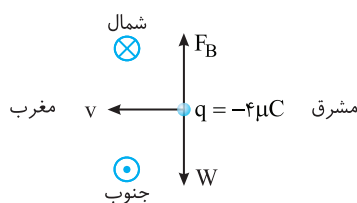
۴- گزینه ۴ با توجه به قاعده دست راست ابتدا انگشت شست را در جهت نیرو و به بالا قرار می‌دهیم و چهار انگشت دیگر را در سوی شرق می‌گیریم در این صورت مطابق شکل میدان مغناطیسی درونسو یعنی در جهت شمال می‌باشد. وقتی نیرویی بیشینه است که بردار سرعت بر بردار میدان عمود باشد ($\theta = 90^\circ$):

$$F = |q|vB \Rightarrow 0.15 = 3 \times 10^{-3} \times 10^3 \times B \Rightarrow B = 0.05 \text{ T}$$

۵- گزینه ۲ نوترون از راستای خود منحرف نمی‌شود، زیرا خنثی است. پروتون دارای بار مثبت است. چهار انگشت دست راست خود را در جهت حرکت پروتون رو به راست بگیرید به گونه‌ای که کف دست شما رو به کاغذ و در جهت B باشد انگشت شست دست شما جهت انحراف را نشان می‌دهد که رو به بالا است. با همین روش اما با دست چپ همین عمل را برای الکترون تکرار کنید، انحراف الکترون رو به پایین خواهد بود.

۶- گزینه ۴ بر مولفه‌ای از سرعت که در راستای میدان است، نیرویی وارد نمی‌شود و نیروی میدان تنها بر مؤلفه سرعت عمود بر میدان وارد می‌شود. در این مسأله میدان در راستای محور y ها است، بنابراین این میدان تنها بر مؤلفه v_x سرعت نیرو وارد می‌کند. در نتیجه:

$$F = qv_x B_y \Rightarrow F = 4 \times 10^{-6} \times 3 \times 10^5 \times 4 \times 10^{-2} \Rightarrow F = 4.8 \times 10^{-2} \text{ N}$$

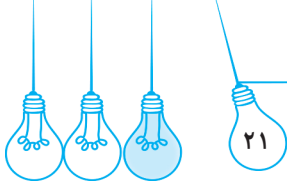


۷- گزینه ۱ نیرویی که از طرف میدان بر ذره وارد می‌شود، باید نیروی وزن را خنثی کند یعنی باید مطابق شکل رو به بالا باشد. در این صورت بنا به قاعده دست راست و برای بار منفی باید میدان مغناطیسی رو به شمال باشد.

$$F_T = 0 \Rightarrow F_B = W \Rightarrow qvB = mg \Rightarrow 4 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^5 \times B = 2 \times 10^{-4}$$

بنابراین میدان 0.25 T رو به شمال است.

$$B = \frac{1}{4} = 0.25 \text{ T}$$

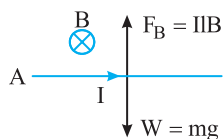
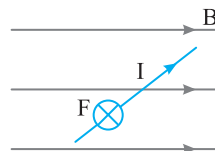
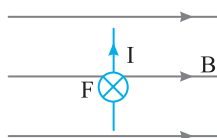
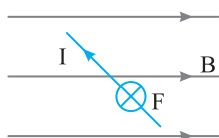


۸- گزینه ۲ بیشینه نیروی مغناطیسی برای حالتی است که سیم بر خطوط میدان عمود شود یعنی سیم از وضعیت اولیه خود 45° ساعتگرد بچرخد.

$$F_1 = I l B \sin 45^\circ \Rightarrow F_1 = \frac{\sqrt{2}}{2} I l B$$

$$F_2 = I l B \sin 90^\circ \Rightarrow F_2 = I l B$$

بنابراین در 45° چرخش اولیه سیم، نیروی وارد بر سیم افزایش می‌یابد. حال از وضعیت دوم هر چقدر بچرخیم نیروی مغناطیسی کاهش می‌یابد. با توجه به شکل‌های رسم شده می‌بینید که جهت نیروی وارد بر سیم، درون‌سو باقی می‌ماند.

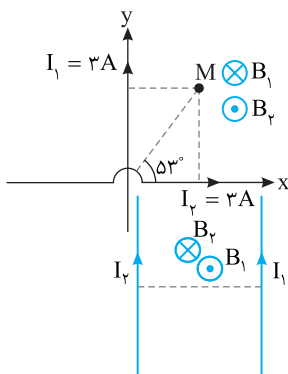


۹- گزینه ۳ برای آن که ریسمان‌ها کشیدگی پیدا نکنند، باید نیروی وزن سیم با نیرویی که میدان مغناطیسی بر سیم وارد می‌کند، خنثی شود، بنابراین نیروی مغناطیسی باید رو به بالا و هم‌اندازه با نیروی وزن باشد:

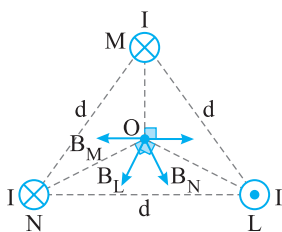
$$F_B = W \Rightarrow I l B = m g \Rightarrow 2 \times 10^{-2} \times 2 \times B = 0.4 \times 10^{-1} \Rightarrow B = 0.1 \text{ T}$$

با توجه به قاعده دست راست باید میدان مغناطیسی رو به شمال باشد.

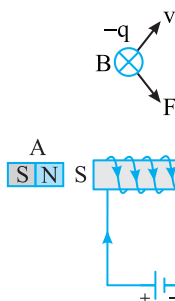
۱۰- گزینه ۲ با توجه به شکل فاصله نقطه M از سیم I_1 بیشتر از فاصله نقطه M از سیم I_2 است. بنابراین میدان مغناطیسی سیم I_1 از میدان مغناطیسی سیم I_2 کوچک‌تر است. با توجه به قاعده دست راست میدان مغناطیسی سیم I_1 ، درون‌سو و میدان مغناطیسی سیم I_2 ، برون‌سو است. بنابراین میدان مغناطیسی برآیند درون‌سو خواهد بود.



۱۱- گزینه ۴ جریان‌ها هم‌سو بوده و میدان مغناطیسی حاصل از آن‌ها بین دو سیم خلاف جهت هم بوده و در نقطه‌ای بین دو سیم و نزدیک سیم با جریان کمتر میدان می‌تواند صفر شود بنابراین از کنار هر سیم شروع به حرکت شود، ابتدا به نقطه‌ای می‌رسیم که میدان کل صفر است، پس ابتدا میدان کاهش می‌یابد و از آن نقطه به بعد افزایش می‌یابد.



۱۲- گزینه ۱ ابتدا خط‌های واصل بین نقطه O و سه سیم حامل جریان را رسم می‌کنیم. بردارهای میدان بر این خط‌ها عمودند یعنی بردار میدان سیم M بر خط OM و بردار میدان سیم N بر خط ON و بردار میدان سیم L بر خط OL عمود است. جهت میدان‌ها را به کمک قاعده دست راست مشخص می‌کنیم که روی شکل مشخص شده است. فاصله هر سه سیم از مرکز مثلث یکسان و جریان‌های آن‌ها با هم برابر است بنابراین اندازه میدان‌ها نیز برابر است ($B_M = B_L = B_N$) با توجه به جهت میدان‌ها در شکل بردار میدان مغناطیسی خالص نمی‌تواند طبق گزینه‌های (۲) و (۳) و (۴) باشد و قطعاً پاسخ (۱) صحیح است.



۱۳- گزینه ۲ ابتدا جهت میدان مغناطیسی برآیند (خالص) ناشی از دو سیم I_1 و I_2 را بین دو سیم در مسیر بار q به کمک قاعده دست راست مشخص کنید. حق با شماست میدان هر دو سیم درون‌سو است و میدان خالص نیز درون‌سو است اکنون به کمک قاعده دست چپ برای بار منفی جهت نیروی وارد بر بار q را به دست می‌آوریم.

۱۴- گزینه ۳ به کمک قاعده دست راست مشخص می‌شود که دو سر سیملوله قطب S بوده و آهنرباهای A و B را می‌رباید.

۱۵- گزینه ۳ هر تسلا برابر 10^4 گاوس است، با توجه به رابطه میدان مغناطیسی برای سیملوله داریم:

$$B = \mu_0 \frac{N}{l} I \Rightarrow B = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{2 \times 10^3}{0.2} \times 5 = 2 \times 10^{-4} \text{ T} \Rightarrow B = 2 \times 10^{-4} \text{ T}$$

$$P = R I^2 \Rightarrow 8 = 2 \times I^2 \Rightarrow I = 2 \text{ A}$$

۱۶- گزینه ۲ با استفاده از توان مصرفی مقاومت $R = 2 \Omega$ ، جریان مدار را حساب می‌کنیم.

سیملوله و مقاومت به‌طور متوالی بسته شده‌اند و از سیملوله نیز جریان ۲ A می‌گذرد. حال با استفاده از رابطه $B = \mu_0 \frac{N}{l} I$ میدان درون سیملوله را حساب می‌کنیم:

$$B = \mu_0 \frac{N}{l} I \Rightarrow B = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{2 \times 10^3}{0.2} \times 2 = 2 \times 10^{-4} \text{ T}$$

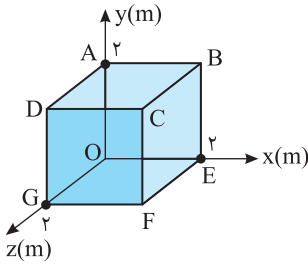


میدان مغناطیسی درون سیملوله در امتداد محور سیملوله است از طرفی جریان سیم در امتداد محور سیملوله است بنابراین نیروی وارد بر سیم

۱۷- گزینه ۱
A صفر است.

میدان در امتداد محور y ها است و وجه $DGFC$ نیز در همین امتداد بوده و زاویه بین نیم خط عمود بر وجه $DGFC$ و میدان B ، 90° است، بنابراین شار گذرنده از این وجه صفر است.

۱۸- گزینه ۴
A



زاویه ای که سطح حلقه با خطوط میدان ساخته است 30° است، بنابراین زاویه بین نیم خط عمود بر سطح و میدان برابر $90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$

۱۹- گزینه ۴
B است.

$$\Phi_1 = BA \cos \theta_1 \Rightarrow \Phi_1 = BA \cos 60^\circ \Rightarrow \Phi_1 = BA \times \frac{1}{2} \text{ Wb}$$

$$\Phi_2 = \sqrt{3} \Phi_1 \Rightarrow BA \cos \theta_2 = \sqrt{3} BA \times \frac{1}{2} \Rightarrow \cos \theta_2 = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow \theta_2 = 30^\circ$$

در حالت دوم شار مغناطیسی $\sqrt{3}$ برابر Φ_1 است از این رو:

بنابراین حلقه $30^\circ - 30^\circ = 0^\circ$ چرخیده است.

۲۰- گزینه ۱ با توجه به شکل (الف) و شکل (ب)، در شکل (ب) تندی حرکت آهنربا بیشتر از شکل (الف) است و جریان القایی مؤثری که گالوانومتر نشان می دهد در شکل (ب) بیشتر از شکل (الف) است در نتیجه این آزمایش نشان می دهد که سرعت حرکت آهنربا در جریان القایی مؤثر است.

۲۱- گزینه ۲
A

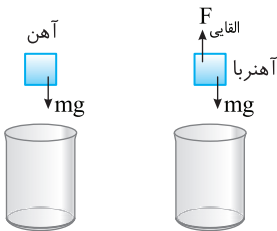
آهنگ تغییر میدان مغناطیسی یعنی $\frac{\Delta B}{\Delta t}$ ، از این رو بنا بر قانون القای الکترومغناطیسی فاراده می توان نوشت:

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -N \frac{\Delta B}{\Delta t} A \cos \theta$$

سطح سیملوله بر میدان عمود و $\cos \theta = 1$ است.

ابتدا نیروی محرکه القایی را به کمک قانون اهم به دست می آوریم سپس مقدار به دست آمده را در رابطه بالا قرار می دهیم:

$$I = \frac{\varepsilon}{R} \Rightarrow \varepsilon = IR \Rightarrow \varepsilon = 10^{-3} \times 10 \Rightarrow \varepsilon = 10^{-2} \text{ V}, \quad 10^{-2} = \left| -500 \times 25 \times 10^{-4} \times \frac{\Delta B}{\Delta t} \right| \Rightarrow \frac{\Delta B}{\Delta t} = 0.008 \text{ T/s} = 8 \text{ mT/s}$$



۲۲- گزینه ۱ هر یک از لوله ها نقش یک حلقه را دارند که با عبور آهنربا از آن، با تولید جریان القایی به آهنربا نیرویی وارد می کنند که این جریان طبق قانون لنز با عامل تغییر شار یعنی حرکت و سقوط آهنربا مخالف است. پس در طول مسیر آهنربا، نیرویی مخالف وزن به آن وارد می شود که شتاب حرکت آن را کم می کند. ولی در مورد آهن معمولی چون پدیده القا رخ نمی دهد، با شتاب g سقوط می کند و بنابراین سرعت آهنربا نسبت به آهن کمتر است.

۲۳- گزینه ۳
A

در صورت مسأله بیان شده که میله با سرعت ثابت به سمت راست کشیده شده است و پرسیده شده که جهت نیروی وارد بر سیم از طرف شخصی که آن را حرکت می دهد در کدام جهت است که واضح است این نیرو به سمت راست می باشد!

۲۴- گزینه ۱ هنگام ورود قاب به درون میدان، شار گذرنده از آن افزایش می یابد. بنابر قانون لنز، میدان مغناطیسی ناشی از جریان القایی قاب، با افزایش شار مخالفت می کند پس باید برونسو باشد. با توجه به قاعده دست راست باید جریان القایی در قاب پادساعتگرد باشد. هنگام خروج قاب از میدان و کاهش شار مغناطیسی، میدان مغناطیسی ناشی از جریان القایی قاب باید برونسو باشد که با کاهش شار مخالفت کند. بنابراین سیم جریان باید ساعتگرد باشد.

۲۵- گزینه ۴
B

$$\varepsilon = vBI = 20 \times 0.05 \times 0.4 = 0.4 \text{ V}$$

ابتدا نیروی محرکه القایی را به دست می آوریم:

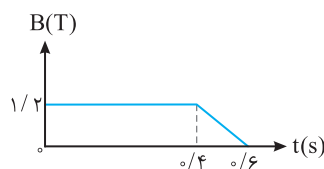
با توجه به جهت حرکت سیم، مساحت افزایش و شار مغناطیسی نیز افزایش می یابد. طبق قانون لنز میدان مغناطیسی القایی باید خلاف میدان اولیه و برونسو باشد. طبق قانون دست راست جهت جریان در جهت (۲) می باشد.

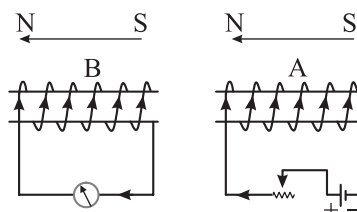
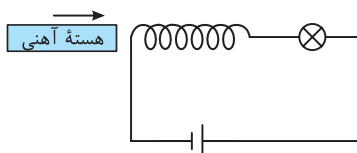
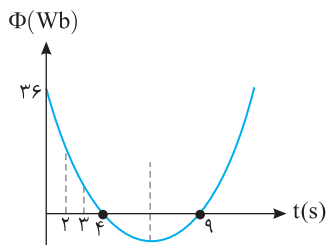
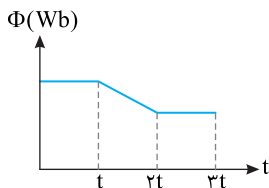
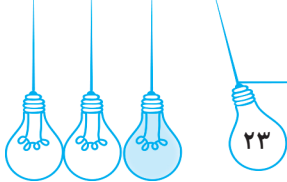
۲۶- گزینه ۴
A

سطح پیچه عمود بر خطوط میدان است و زاویه بین نیم خط عمود بر سطح پیچه و بردار میدان $\theta = 0^\circ$ است. با توجه به نمودار در بازه 0 تا 0.6 s ، اندازه میدان مغناطیسی از $B_1 = 1/2 \text{ T}$ به $B_2 = 0$ می رسد. اکنون

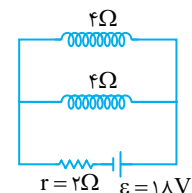
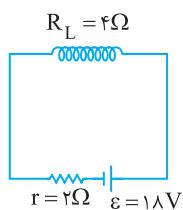
به کمک قانون القای الکترومغناطیسی فاراده مسئله را حل می کنیم:

$$|\bar{\varepsilon}| = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \Rightarrow \bar{\varepsilon} = N \frac{\Delta B}{\Delta t} \Rightarrow 3 = N \times \frac{0.5 \times 10^{-4} - (0.1/2)}{0.6} \Rightarrow 3 = N \times 80 \times 10^{-4} \Rightarrow N = 375$$





۳۱- گزینه ۱ خط فکری: در این نوع مسائل چیز تازه‌ای مطرح نمی‌شود. شما باید یک‌بار قبل از بستن کلید و بار دیگر بعد از بستن کلید جریان مدار را با توجه به آنچه در الکتریسته جاری خوانده‌اید به دست آورید.



اکنون انرژی ذخیره شده در مجموع القاگرها را حساب می‌کنیم. مقاومت القاگرها، یکسان است پس از هر القاگر جریان $\frac{9}{2} = \frac{9}{2} A$ می‌گذرد. از این‌رو:

$$U_V = \frac{1}{2} L I^2 + \frac{1}{2} L I^2 \Rightarrow U_V = L I^2 = L \left(\frac{9}{2} \right)^2$$

$$\frac{U_1}{U_V} = \frac{\frac{1}{2} L (9)}{L \left(\frac{9}{2} \right)^2} \Rightarrow \frac{U_1}{U_V} = \frac{\frac{9}{2}}{\left(\frac{9}{2} \right)^2} = \frac{2}{9}$$

۲۷- گزینه ۳ در بازه $t=0$ تا $t=2t$ شار ثابت است و نیروی محرکه القایی صفر است. در بازه $t=2t$ تا $t=3t$ شار به‌طور خطی کاهش می‌یابد، پس شیب خط شار - زمان ثابت و منفی است، بنابراین نیروی محرکه القایی متوسط مثبت است و گزینه (۳) درست است.

۲۸- گزینه ۲ خط فکری: ابتدا باید معادله شار - زمان را به کمک نمودار بنویسیم. نمودار سهمی است و دو ریشه معادله روی محور زمان مشخص است و به کمک معادله $y = x^2 - sx + p$ که در آن s حاصل جمع دو ریشه و p حاصل ضرب دو ریشه است، معادله شار - زمان را می‌توان نوشت:

(۱) ریشه‌های معادله $t=4s$ و $t=9s$ است که مجموع آن‌ها $s=13$ و حاصل ضرب آن‌ها $p=4 \times 9 = 36$ است و معادله شار زمان خواهد شد:

$$\Phi = t^2 - 13t + 36$$

(۲) ثانیه سوم یعنی بازه زمانی بین $t=2s$ تا $t=3s$. اکنون شار را در لحظه $t=2s$ و $t=3s$ به دست می‌آوریم.

$$t_1 = 2s \Rightarrow \Phi_1 = 4 - 26 + 36 \Rightarrow \Phi_1 = 14 \text{ Wb}$$

$$t_2 = 3s \Rightarrow \Phi_2 = 9 - 39 + 36 \Rightarrow \Phi_2 = 6 \text{ Wb}$$

$$\Rightarrow \Delta \Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = 6 - 14 = -8 \text{ Wb}$$

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \xrightarrow{N=1} \bar{\varepsilon} = -\frac{-8}{3-2} \Rightarrow \bar{\varepsilon} = 8 \text{ V}$$

نیروی محرکه القایی متوسط در ثانیه سوم خواهد شد:

۲۹- گزینه ۴ مدار به باتری متصل است و در آن جریان ثابتی برقرار است و میدان مغناطیسی یکنواخت و ثابتی در سیملوله وجود دارد. هنگامی که یک هسته آهنی در سیملوله قرار می‌گیرد، میدان مغناطیسی درون سیملوله افزایش می‌یابد. بنابراین در بازه زمانی ای که هسته آهنی وارد سیملوله می‌شود، میدان مغناطیسی زیاد شده، شار مغناطیسی گذرنده از سیملوله افزایش یافته و در آن نیروی محرکه خود - القاوری به وجود می‌آید که با تغییر شار مخالفت می‌کند. این نیروی محرکه خود - القاوری سبب کاهش جریان مدار و کاهش نور لامپ می‌شود. اما پس از استقرار کامل هسته درون سیملوله، تغییر شار از بین رفته، نیروی محرکه خود - القاوری صفر شده و جریان و نور لامپ به حالت اولیه باز می‌گردد.

۳۰- گزینه ۴ جریان‌های روی سیملوله‌های مدار A و B هم‌جهت هستند و دو سیملوله یکدیگر را جذب می‌کنند. در صورتی این اتفاق می‌افتد که جریان مدار در حال کاهش و شار مغناطیسی در حال کاهش باشد. جریان مدار وقتی کم می‌شود که مقاومت رثوستا در حال افزایش باشد.

قبل از بستن کلید تنها یک القاگر با مقاومت $R_L = 4\Omega$ در مدار است و جریان در حالت اول خواهد شد:

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} \Rightarrow I_1 = \frac{18}{4+2} \Rightarrow I_1 = 3 \text{ A}$$

$$U = \frac{1}{2} L I^2 \Rightarrow U_1 = \frac{1}{2} L (3)^2 = U_1 = \frac{1}{2} L (9)$$

انرژی ذخیره شده در القاگر برابر است با:

بعد از بستن کلید دو مقاومت موازی 4Ω در مدار وجود دارد که مقاومت معادل آن‌ها خواهد شد:

$$R_{eq} = \frac{R}{n} \Rightarrow R_{eq} = \frac{4}{2} = 2\Omega$$

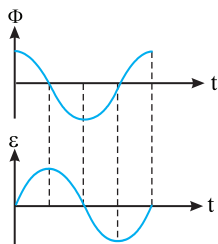
$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq}+r} \Rightarrow I_V = \frac{18}{2+2} \Rightarrow I_V = \frac{9}{2} \text{ A}$$

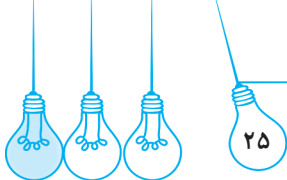
نسبت انرژی ذخیره شده در القاگر قبل از بسته شدن کلید بر حالتی که کلید بسته است برابر است با:



۳۲- گزینه ۴

معادله شار - زمان در مولد جریان متناوب به صورت $\Phi = BA \cos \frac{2\pi}{T} t$ و معادله نیروی محرکه - زمان آن به صورت $\varepsilon = \varepsilon_m \sin \frac{2\pi}{T} t$ است و نمودار آن‌ها به شکل روبه‌رو می‌باشد و در لحظه‌ای که Φ بیشینه است، ε صفر و هنگامی که $\Phi = 0$ است، نیروی محرکه بیشینه است.

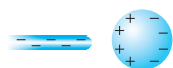




پاسخ آزمون ۱

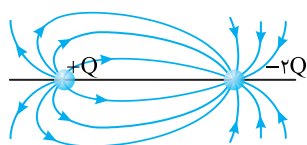
تست‌های مشابه: ۱۴ تا ۱۶

۱- گزینه ۳ هر گاه نارسانای باردار شبیه یک میله پلاستیکی را به یک فلز (رسانا) بدون بار نزدیک کنیم، در اثر القا، فلز دارای بار القایی مثبت و منفی می‌شود. قسمتی از فلز که به جسم نارسانا نزدیک‌تر است دارای بار ناهمنام با نارسانا شده و قسمت دورتر فلز دارای بار همنام می‌شود. در این حالت ربایش الکتریکی از رانش قوی‌تر بوده، نارسانا و فلز (رسانا) یکدیگر را می‌ربایند.
یادآوری: اجسام باردار بر تمام اجسام بدون بار چه رسانا و چه نارسانا نیروی ربایش الکتریکی وارد می‌کنند.

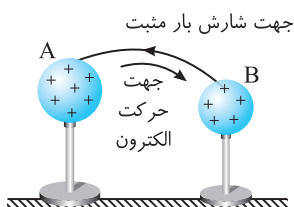


تست‌های مشابه: ۱۸۶ تا ۱۹۲

۲- گزینه ۴ خطوط میدان دو بار نقطه‌ای $-2Q$ و $+Q$ به صورت روبه‌رو است که نسبت به خط واصل دو بار تقارن دارند.



۳- گزینه ۳ بار دو کره برابر است و بارها در کره کوچک‌تر به هم نزدیک‌تر بوده و رانش الکتریکی در آن‌ها قوی است و مقداری از بار مثبت کره کوچک‌تر به کره بزرگ‌تر منتقل می‌شود (در واقع مقداری الکترون از کره A به B می‌رود) و بار مثبت کره A بیشتر و بار مثبت کره B کمتر می‌شود.



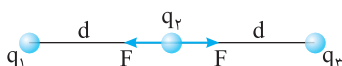
تست‌های مشابه: ۴۳ تا ۴۸

۴- گزینه ۱ با توجه به قانون کولن $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ در دو حالت، نیرو را نوشته و بر هم تقسیم می‌کنیم:

$$\begin{cases} \frac{k \times Q \times 10^{-6} \times Q \times 10^{-6}}{r^2} = 300 \\ \frac{k(Q-3) \times 10^{-6} \times (Q+3) \times 10^{-6}}{r^2} = 200 \end{cases} \Rightarrow \frac{Q^2}{(Q-3)(Q+3)} = \frac{3}{2} \Rightarrow 2Q^2 = 3Q^2 - 9 \Rightarrow Q^2 = 9 \Rightarrow Q = 3\sqrt{3} \mu C$$

تست‌های مشابه: ۶۵ تا ۷۰

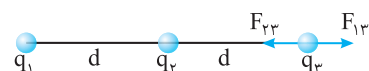
۵- گزینه ۱ ابتدا تعادل بار q_2 را در نظر می‌گیریم:



$$F_{12} = F_{32} \Rightarrow \frac{kq_1 q_2}{r_{12}^2} = \frac{kq_3 q_2}{r_{32}^2} \Rightarrow \frac{q_1}{d^2} = \frac{q_3}{d^2} \Rightarrow q_1 = q_3$$

نیرویی که بار q_1 و q_3 بر بار q_2 وارد می‌کنند در خلاف جهت هم است. بنابراین دو بار q_1 و q_3 هر دو بار q_2 را می‌رانند یا هر دو بار q_2 را می‌ربایند، پس q_1 و q_3 باید همنام باشند و خواهیم داشت: $\frac{q_1}{q_3} = 1$ ، حال، تعادل یک بار دیگر را در نظر می‌گیریم:

با توجه به همنام بودن بار q_1 و q_3 ، بار q_1 و q_3 را می‌رانند، پس q_2 باید q_3 را بر باید تا برابند نیروهای وارد بر بار q_3 صفر شود. پس q_1 و q_3 ناهمنام با q_2 هستند.



$$F_{23} = F_{13} \Rightarrow \frac{kq_2 q_3}{r_{23}^2} = \frac{kq_1 q_3}{r_{13}^2} \Rightarrow \frac{q_2}{d^2} = \frac{q_1}{4d^2} \Rightarrow \frac{q_2}{q_1} = \frac{1}{4}$$

می‌دانیم q_1 و q_2 ناهمنام هستند، یعنی داریم: $\frac{q_1}{q_2} = -4$

تست‌های مشابه: ۱۹۶ تا ۲۰۱

۶- گزینه ۳ میدان الکتریکی برابر نیروی وارد بر یکای بار است. ابتدا اندازه نیروی F را به دست می‌آوریم:

$$F = \sqrt{(-400)^2 + (300)^2} \Rightarrow F = 500 \text{ N}$$

$$E = \frac{F}{q} \Rightarrow E = \frac{500}{0.5} \Rightarrow E = 1000 \text{ N/C}$$

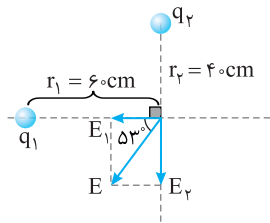
اکنون میدان را حساب می‌کنیم:

تست‌های مشابه: ۱۸۴ و ۱۸۵

۷- گزینه ۲

با توجه به شکل باید بار q_1 منفی و بار q_2 مثبت باشد.

(B)



$$\tan 30^\circ = \frac{E_2}{E_1} = \frac{k \frac{q_2}{r_2^2}}{k \frac{q_1}{r_1^2}} \Rightarrow \frac{4}{3} = \frac{q_2}{q_1} \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2$$

$$\frac{4}{3} = \frac{q_2}{q_1} \left(\frac{6}{4} \right)^2 \Rightarrow \frac{4}{3} = \frac{q_2}{q_1} \left(\frac{9}{4} \right) \Rightarrow \frac{q_2}{q_1} = \frac{16}{27} \xrightarrow{q_1 \text{ منفی و } q_2 \text{ مثبت است}} \frac{q_2}{q_1} = -\frac{16}{27}$$

تست‌های مشابه: ۲۴۷ تا ۲۴۹

۸- گزینه ۲

در وسط خط واصل دو بار، میدان الکتریکی دو بار هم‌اندازه و در خلاف جهت هم بوده و برآیندشان صفر است. در فاصله خیلی دور ($r \rightarrow \infty$) نیزمیدان الکتریکی صفر است ($E = \frac{kq}{r^2}$)، پس وقتی از نقطه O در جهت مثبت محور y ها پیش می‌رویم، میدان ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد.

(A)

تست‌های مشابه: ۱۹۶ تا ۲۰۱

۹- گزینه ۲

با توجه به قانون دوم نیوتون، شتاب حاصل از نیروی الکتریکی وارد بر ذره برابر خواهد شد با:

(A)

$$a = \frac{F}{m} = \frac{|q|E}{m}$$

$$\frac{a_\alpha}{a_p} = \frac{\frac{m_\alpha}{|q_p|E}}{\frac{m_p}{|q_p|E}} \Rightarrow \frac{a_\alpha}{a_p} = \frac{q_\alpha}{q_p} \times \frac{m_p}{m_\alpha} = \frac{2q_p}{4m_p} \times \frac{m_p}{1} = 2 \times \frac{1}{2} = 1$$

تست‌های مشابه: ۱۴۷ تا ۱۵۲

۱۰- گزینه ۴

فرض می‌کنیم که بردارهای میدان الکتریکی حاصل از بارهای نقطه‌ای q_1 و q_2 در نقطه M، وسط فاصله دو بار به ترتیب $\vec{E}_1$ و $\vec{E}_2$ است.

پس می‌توانیم در دو حالت گفته شده معادله‌های برداری زیر را بنویسیم:

(B)

$$\begin{cases} \text{حالت اول: } \vec{E}_M = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = \vec{E} \\ \text{حالت دوم: } q_1 = 0 \Rightarrow \vec{E}_1 = 0 \Rightarrow \vec{E}'_M = \vec{E}_2 = -2\vec{E} \Rightarrow \vec{E}_1 + (-2\vec{E}) = \vec{E} \Rightarrow \vec{E}_1 = 3\vec{E} \end{cases}$$

پس اندازه این دو میدان الکتریکی برابر $E_1 = 3E$ و $E_2 = 2E$ خواهد شد. نسبت اندازه این دو میدان الکتریکی را با استفاده از رابطه $E = \frac{kq}{r^2}$ می‌نویسیم، تا نسبتاندازه دو بار الکتریکی q_1 و q_2 تعیین شود:

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{\frac{kq_2}{r_2^2}}{\frac{kq_1}{r_1^2}} \Rightarrow \frac{2E}{3E} = \left(\frac{q_2}{q_1} \right) \times \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2 \xrightarrow{r_1=r_2} \left| \frac{q_2}{q_1} \right| = \frac{2}{3}$$

چون جهت میدان‌های الکتریکی $\vec{E}_1$ و $\vec{E}_2$ در نقطه M بین دو بار خلاف جهت یکدیگر می‌باشد ($\vec{E}_1 = +3\vec{E}$ و $\vec{E}_2 = -2\vec{E}$) به این نتیجه می‌رسیم که بارهایالکتریکی q_1 و q_2 همنام بوده و نسبت $\frac{q_2}{q_1}$ برابر $\frac{2}{3}$ است.

تست‌های مشابه: ۲۵۳ تا ۲۵۷

۱۱- گزینه ۲

افزایش انرژی جنبشی بار، برابر کاهش انرژی پتانسیل الکتریکی آن است، پس $U_B - U_A = -\Delta mJ$. بنا بر تعریف اختلاف پتانسیل بین دو

$$V_B - V_A = \frac{U_B - U_A}{q_0} = \frac{-8 \times 10^{-3}}{-4 \times 10^{-6}} = 2000 \text{ V} = 2 \text{ kV}$$

نقطه داریم:

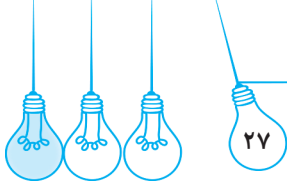
تست‌های مشابه: ۱۳۲ تا ۱۳۸

۱۲- گزینه ۲

رابطه میدان الکتریکی را در دو حالت نوشته بر هم تقسیم می‌کنیم:

(A)

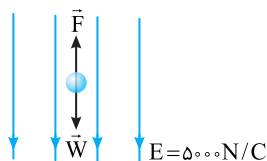
$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{\frac{kq}{r_1^2}}{\frac{kq}{r_2^2}} \Rightarrow \frac{E_1}{E_2} = \left(\frac{r_2}{r_1} \right)^2 \Rightarrow \frac{5}{4} = \left(\frac{r+1}{r} \right)^2 \Rightarrow \frac{5}{4} = \frac{r+1}{r} \Rightarrow r = 4 \text{ cm}$$



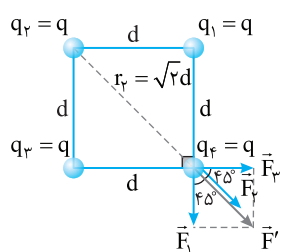
۱۳- گزینه ۳ میدان الکتریکی یکنواخت خازن از رابطه $E = \frac{q}{\kappa \epsilon_0 A}$ به دست می‌آید. اگر خازن از مولد جدا شده باشد، بار صفحات آن ثابت مانده و در صورتی میدان الکتریکی خازن تغییر می‌کند که دی الکتریک یا مساحت صفحه‌ها را تغییر دهیم. پس با تغییر فاصله دو صفحه، میدان خازن تغییر نمی‌کند و ثابت می‌ماند. دقت کنید که در تمام مدتی که فاصله صفحات را افزایش می‌دهیم باید ابعاد صفحه‌های خازن از فاصله بین صفحه‌ها بسیار بزرگ‌تر باشد تا بتوان در مورد آن لفظ خازن و میدان الکتریکی یکنواخت را به کار برد.

۱۴- گزینه ۳ فروریزش معمولاً نه همواره با ایجاد جرقه همراه است، بنابراین گزینه (۱) نادرست است. حضور دی الکتریک سبب افزایش بیشینه ولتاژ قابل تحمل خازن است، بنابراین گزینه (۲) نادرست است. فروریزش ناشی از کنده شدن الکترون‌های اتم‌های ماده دی الکتریک توسط میدان الکتریکی، سپس رانده شدن این الکترون‌ها توسط میدان الکتریکی و ایجاد یک مسیر رسانا درون دی الکتریک موسوم به نقش‌های لیچنبرگ است. بنابراین گزینه (۳) درست است. در فروریزش الکتریکی در بیشتر مواقع نه همواره خازن می‌سوزد بنابراین گزینه (۴) نادرست است.

۱۵- گزینه ۴ در کره فلزی بار به‌طور یکنواخت توزیع می‌شود، اما در کره پلاستیکی بار در محل دریافت باقی می‌ماند. پس در آن ناحیه، تراکم توزیع بار از کره فلزی بیش‌تر و در بقیه نقاط کم‌تر است.



۱۶- گزینه ۴ بر بار منفی در خلاف جهت میدان نیرو وارد می‌شود. پس نیروی وارد بر بار رو به بالا است. وزن ذره برابر $W = mg = \frac{1}{1000} \times 10 = 0.001 \text{ N}$ و نیرویی که میدان بر ذره وارد می‌کند $F = qE = 2 \times 10^{-6} \times 500000 = 0.001 \text{ N}$ است. پس $F_T = 0$ و بار ساکن می‌ماند.

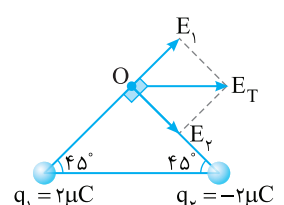


۱۷- گزینه ۴ مطابق شکل زیر سه نیروی دافعه الکتریکی که توسط سه بار الکتریکی نقطه‌ای واقع در سه رأس مربع بر بار الکتریکی واقع در رأس دیگر وارد می‌شود را رسم می‌کنیم و اندازه آن‌ها را با استفاده از قانون کولن تعیین کرده و برابری آن‌ها را محاسبه می‌کنیم:

$$F_1 = F_3 = \frac{kq_1 q_3}{r_1^2} = \frac{kq^2}{d^2}, \quad F_2 = \frac{kq_2 q_4}{r_2^2} = \frac{kq^2}{d^2}$$

برایند بردارهای $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_3$ را $\vec{F}'$ در نظر می‌گیریم که در راستای قطر مربع می‌باشد و هم‌جهت با بردار $\vec{F}_2$ نیز است. پس برایند نیروهای وارد بر بار q_f برابر خواهد شد با:

$$\vec{F}' = \vec{F}_1 + \vec{F}_3 \Rightarrow F' = 2F_1 \cos \frac{\theta}{2} = 2 \times \frac{kq^2}{d^2} \times \cos \frac{90^\circ}{2} = \sqrt{2} \frac{kq^2}{d^2}, \quad \vec{F}_T = \vec{F}_2 + \vec{F}' \Rightarrow F_T = F_2 + F' = \frac{kq^2}{d^2} + \sqrt{2} \frac{kq^2}{d^2} = (1 + \sqrt{2}) \frac{kq^2}{d^2}$$

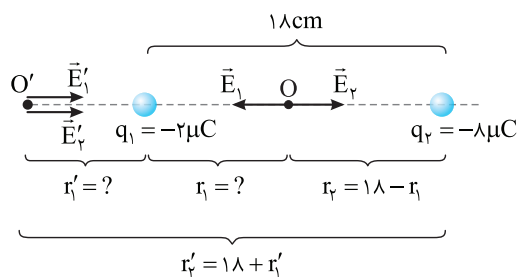


۱۸- گزینه ۲ ابتدا میدان حاصل از بارهای q_1 و q_2 را در نقطه O به‌دست می‌آوریم و جهت آن‌ها را در شکل نشان می‌دهیم. $E_1 = E_2 = K \frac{|q|}{r^2} \Rightarrow E_1 = E_2 = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6}}{9 \times 10^{-4}} = 2 \times 10^7 \frac{\text{N}}{\text{C}}$

دو میدان هم‌اندازه هم هستند بنابراین برایند این دو بردار دقیقاً بین آن‌ها قرار می‌گیرد.

$$E_T = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = 2\sqrt{2} \times 10^7 \frac{\text{N}}{\text{C}} \Rightarrow \vec{E}_T = 2\sqrt{2} \times 10^7 \vec{i}$$

تست‌های مشابه: ۱۵۹ تا ۱۶۳



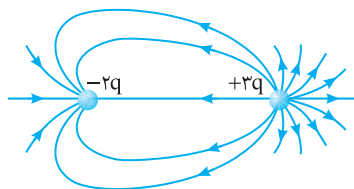
۱۹- گزینه ۴ در دو مکان اندازه میدان الکتریکی دو بار نقطه‌ای $q_1 = -2\mu\text{C}$ و $q_2 = -8\mu\text{C}$ روی خط واصل دو بار یکسان است. یک موقعیت بین دو بار الکتریکی و در نقطه O و موقعیت دیگر خارج دو بار الکتریکی و در نقطه O' ، هر دو نقطه مورد نظر به بار الکتریکی کوچک‌تر یعنی q_1 ، نزدیک‌ترند.

با توجه به رابطه $E = \frac{kq}{r^2}$ ، فاصله r_1 و r_1' را محاسبه کرده تا بتوانیم فاصله بین دو نقطه O و O' را به دست آوریم:

$$\text{در نقطه } O: E_1 = E_2 \Rightarrow \frac{kq_1}{r_1^2} = \frac{kq_2}{r_2^2} \Rightarrow \frac{2}{r_1^2} = \frac{8}{(18-r_1)^2} \Rightarrow \left(\frac{r_1}{18-r_1}\right)^2 = \frac{2}{8} = \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{r_1}{18-r_1} = \frac{1}{2} \Rightarrow r_1 = 6\text{ cm}$$

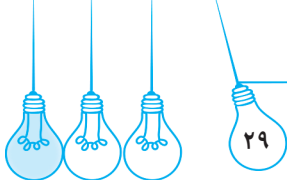
$$\text{در نقطه } O': E_1' = E_2' \Rightarrow \frac{kq_1}{r_1'^2} = \frac{kq_2}{r_2'^2} \Rightarrow \frac{2}{r_1'^2} = \frac{8}{(18+r_1')^2} \Rightarrow \left(\frac{r_1'}{18+r_1'}\right)^2 = \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{r_1'}{18+r_1'} = \frac{1}{2} \Rightarrow r_1' = 18\text{ cm}$$

$$\text{فاصله نقاط } O \text{ و } O': OO' = r_1 + r_1' = 6 + 18 = 24\text{ cm}$$



تست‌های مشابه: ۱۹۲ تا ۱۹۵

۲۰- گزینه ۴ با توجه به شکل مشخص است که گزینه (۱) نادرست و گزینه (۳) درست است. در مورد گزینه (۲)، در نقطه‌های نزدیک یک بار، نقش میدان شبیه میدان همان بار است. اما در نقطه‌های بسیار دور از مجموعه بارها، نقش میدان شبیه میدان بار نقطه‌ای مجموع بارها $-2q + 3q = +q$ است.



پاسخ آزمون ۲



تست‌های مشابه: ۱۴ تا ۱۶

۱- گزینه ۴

خط فکری: اگر جسم باردار M به جسم N نیروی ربایش الکتریکی وارد کند، جسم N یا دارای بار ناهمنام با M است. یا خنثی است.

- کره باردار هر دو آونگ A و B را جذب کرده است بنابراین A و B یا خنثی هستند یا دارای بار منفی می‌باشند از این رو سه حالت زیر ممکن است رخ دهد.
- (۱) ممکن است آونگ A خنثی و آونگ B دارای بار منفی باشد بعد از برداشتن گوی باردار، آونگ باردار B به آونگ خنثی A نیروی ربایش وارد می‌کند.
 - (۲) هر دو باردار باشند که در این صورت باید بار آنها همنام و منفی باشد، بنابراین یکدیگر را می‌رانند.
 - (۳) ممکن است هر دو آونگ خنثی باشند که در این صورت بر هم نیرویی وارد نمی‌کنند.

تست‌های مشابه: ۴۲ تا ۴۷

۲- گزینه ۲

نیروی الکتریکی در حالت اول، ۶۴۰N است که با توجه به قانون کولن داریم:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \Rightarrow ۶۴۰ = k \frac{q^2}{r^2}$$

نیروی الکتریکی در حالت دوم، ۶۰۰N است که از بار q ، $۲\mu\text{C}$ کم شده $(q-۲)$ و به بار دیگر $۲\mu\text{C}$ اضافه شده و بار آن $q+۲$ شده است:

$$F' = k \frac{(q+۲)(q-۲)}{r^2} \Rightarrow ۶۰۰ = k \frac{q^2 - ۴}{r^2}$$

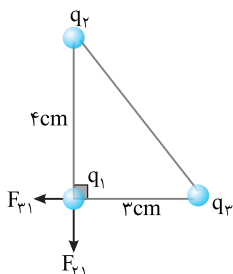
دو حالت به دست آمده را بر هم تقسیم می‌کنیم (تا k و r^2 در هر دو رابطه با هم ساده شوند)

$$\frac{F'}{F} = \frac{۶۰۰}{۶۴۰} \Rightarrow \frac{k \frac{q^2 - ۴}{r^2}}{k \frac{q^2}{r^2}} = \frac{۶۰۰}{۶۴۰} \Rightarrow \frac{q^2 - ۴}{q^2} = \frac{۱۵}{۱۶} \Rightarrow ۱۶q^2 - ۶۴ = ۱۵q^2 \Rightarrow q^2 = ۶۴ \Rightarrow q = ۸\mu\text{C}$$

تست‌های مشابه: ۷۱ تا ۷۴

۳- گزینه ۱

بنا بر قانون کولن نیروها را به دست آورده و چون نسبت آنها خواسته شده پس $F_{۳۱}$ را بر $F_{۲۱}$ تقسیم می‌کنیم:

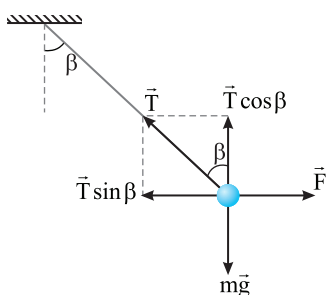


$$\frac{F_{۲۱}}{F_{۳۱}} = \frac{k \frac{q_2 q_1}{(۴)^2}}{k \frac{q_3 q_1}{(۳)^2}} = \frac{q_2}{q_3} \times \frac{۹}{۱۶} = \frac{۴}{۵} \times \frac{۹}{۱۶} \Rightarrow \frac{F_{۲۱}}{F_{۳۱}} = \frac{۹}{۲۰}$$

تست‌های مشابه: ۱۰۱ تا ۱۰۴

۴- گزینه ۲

طبق قانون سوم نیوتون نیروهای کنش و واکنش با هم برابرند. پس اگر جسم B به جسم A نیروی الکتریکی F_A و جسم A به جسم B نیروی الکتریکی F_B را وارد کند، $F_A = F_B$ است و این تساوی به مقدار بارهای q_A و q_B ربطی ندارد.



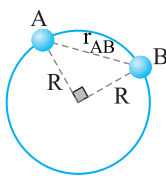
$$\begin{aligned} F_{Tx} = 0 &\Rightarrow T \sin \beta = F \\ F_{Ty} = 0 &\Rightarrow T \cos \beta = mg \end{aligned} \Rightarrow \tan \beta = \frac{F}{mg}$$

پس مقدار انحراف زاویه گلوله از راستای قائم وابسته به F و mg است. F که یکسان است، بنابراین جسمی که جرم بیشتری دارد، تانژانت زاویه انحراف آن کمتر و در واقع کمتر منحرف می‌شود. یعنی گلوله B کمتر از گلوله A منحرف می‌شود. پس: $\alpha > \beta$

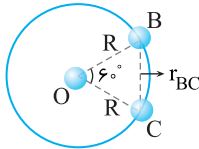
تست‌های مشابه: ۷۴ تا ۸۱

۵- گزینه ۲

خط فکری: برای محاسبه اندازه نیروی الکتریکی از قانون کولن $F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2}$ استفاده می‌کنیم که باید فاصله دو بار (r) را داشته باشیم. از این رو فاصله A تا B و B تا C را حساب می‌کنیم.



$$r_{BC} = R \Rightarrow \text{مثلث BOC متساوی الاضلاع است} \Rightarrow r_{AB} = \sqrt{R^2 + R^2} \Rightarrow r_{AB} = R\sqrt{2}$$



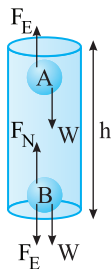
نیروی بین بار q_A و q_B و نیروی بین بار q_B و q_C را حساب می‌کنیم.

$$F_{AB} = k \frac{|q_A||q_B|}{(R\sqrt{2})^2} = k \frac{|q_A||q_B|}{2R^2} = 8N, \quad F_{BC} = k \frac{|q_C||q_B|}{R^2} = 10N$$

$$\frac{F_{AB}}{F_{BC}} = \frac{8}{10} \Rightarrow \frac{k \frac{|q_A||q_B|}{2R^2}}{k \frac{|q_C||q_B|}{R^2}} = \frac{4}{5} \xrightarrow[\text{سمت راست تساوی ساده می‌کنیم}]{\text{در سمت راست تساوی دور در دور، نزدیک در نزدیک انجام می‌دهیم}} \frac{\frac{|q_A|}{2}}{|q_C|} = \frac{4}{5} \Rightarrow \frac{|q_A|}{|q_C|} = \frac{8}{5}$$

تست‌های مشابه: ۹۸ تا ۱۰۰

۶- گزینه ۲ خط فکری ۱: در حل این نوع مسائل باید نیروهای وارد بر دو گلوله را بررسی کرد برای این منظور نیروهای وارد بر هر گلوله را رسم می‌کنیم.



گلوله A: دو نیرو، یکی نیروی وزن رو به پایین و دیگری نیروی دافعه الکتریکی رو به بالا که یکدیگر را خنثی می‌کنند.

$$F_E = mg \quad (1)$$

گلوله B: یکی نیروی وزن رو به پایین و دیگری نیروی دافعه الکتریکی بر A. اما چرا B رو به پایین نمی‌رود؟ زیرا نیروی عمودی سطح (F_N) که در پایه دهم با آن آشنا شده‌اید بر B رو به بالا وارد می‌شود و برابری ($F_E + mg$) را خنثی می‌کند.

$$F_N = F_E + mg \quad (2)$$

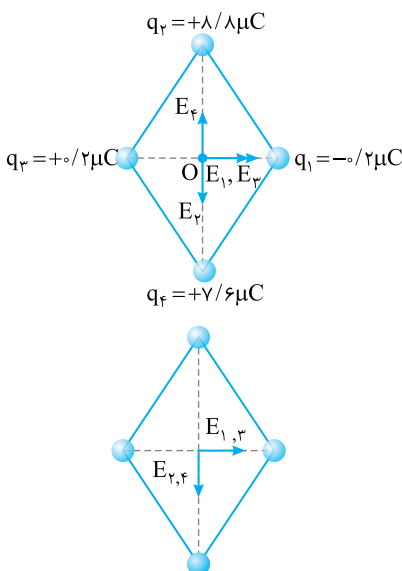
با توجه به رابطه (۱) و (۲) خواهیم داشت:

$$F_N = F_E + mg \xrightarrow{F_E = mg} F_N = 2F_E$$

خط فکری ۲: در صورت مسئله بیان شده «کمترین فاصله بین مراکز دو گلوله» این عبارت به این معنی است که نیروی دافعه الکتریکی بیشینه شود زیرا نیروی الکتریکی با مجذور فاصله دو بار نسبت وارون دارد. نیروی الکتریکی F_E بیشینه است از این رو F_N نیز که برابر $2F_E$ است بیشینه و برابر $F_N = 4N$ است.

$$F_N = 2F_E \Rightarrow 4 = 2F_E \Rightarrow k \frac{q^2}{r^2} = 2 \Rightarrow 9 \times 10^9 \times \frac{(3 \times 10^{-6})^2}{r^2} = 2 \Rightarrow r^2 = \frac{9 \times 10^9 \times 9 \times 10^{-12}}{2} \Rightarrow r = 9\sqrt{5} \times 10^{-2} \text{ m} \Rightarrow r = 9\sqrt{5} \text{ cm}$$

تست‌های مشابه: ۱۷۱ تا ۱۷۵



۷- گزینه ۳ با توجه به علامت بارها جهت میدان حاصل از بارهای q_1 , q_2 , q_3 و q_4 را در نقطه O مشخص می‌کنیم و با استفاده از فرمول $E = \frac{k|q|}{r^2}$ میدان حاصل از تک‌تک بارها را در مرکز لوزی حساب می‌کنیم:

$$E_1 = 9 \times 10^9 \times \frac{0/2 \times 10^{-6}}{(2 \times 10^{-2})^2} = \frac{9}{2} \times 10^6 \text{ N/C}, \quad E_2 = 9 \times 10^9 \times \frac{8/11 \times 10^{-6}}{(3 \times 10^{-2})^2} = 88 \times 10^6 \text{ N/C}$$

$$E_3 = 9 \times 10^9 \times \frac{0/2 \times 10^{-6}}{(2 \times 10^{-2})^2} = \frac{9}{2} \times 10^6 \text{ N/C}, \quad E_4 = 9 \times 10^9 \times \frac{7/6 \times 10^{-6}}{(3 \times 10^{-2})^2} = 76 \times 10^6 \text{ N/C}$$

میدان‌های E_1 و E_3 با هم در یک جهت قرار دارند:

$$E_{1,3} = E_1 + E_3 = \frac{9}{2} \times 10^6 + \frac{9}{2} \times 10^6 = 9 \times 10^6$$

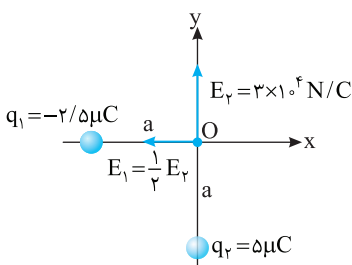
میدان‌های E_2 و E_4 در خلاف جهت هم می‌باشند:

$$E_{2,4} = E_2 - E_4 = 88 \times 10^6 - 76 \times 10^6 = 12 \times 10^6$$

میدان‌های $E_{1,3}$ و $E_{2,4}$ بر هم عمودند:

$$E_T = \sqrt{(9 \times 10^6)^2 + (12 \times 10^6)^2} = \sqrt{(9^2 + 12^2) \times (10^6)^2} = \sqrt{(81 + 144) \times 10^6} = \sqrt{225 \times 10^6} = 15 \times 10^6 \text{ N/C}$$

تست‌های مشابه: ۱۷۸ تا ۱۸۰



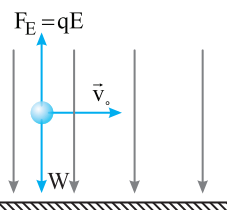
۸- گزینه ۴ فاصله بارهای q_1 و q_2 از نقطه O برابر است، از طرفی میدان بار $q_2 = 5 \mu C$ در نقطه O برابر $3 \times 10^4 \text{ N/C}$ است و اندازه بار $q_1 = -2/5 \mu C$ نصف اندازه بار q_2 است، بنابراین میدان

$$E_1 = \frac{1}{2} E_2 = \frac{3}{2} \times 10^4 \text{ N/C}$$

در همان فاصله نصف میدان q_2 می‌شود.

با توجه به علامت و جهت میدان بارهای q_1 و q_2 در نقطه O، میدان E_1 در جهت منفی محور xها

$$\vec{E} = (-\frac{3}{2} \vec{i} + 3 \vec{j}) \times 10^4 \text{ (N/C)} \quad (+\vec{j}) \text{ قرار دارد:}$$



تست‌های مشابه: ۲۰۲ تا ۲۰۴

۹- گزینه ۳ ^(B) نیروی وزن ذره را به پایین می‌کشد. برای آن که ذره منحرف نشود باید نیروی میدان الکتریکی، $\vec{F}_E$ رو به بالا بر آن وارد شود و این نیرو باید با نیروی وزن برابر شود. میدان $\vec{E}$ رو به پایین و نیروی F_E رو به بالاست بنابراین بار ذره منفی است. اکنون اندازه میدان را به دست می‌آوریم:

$$F_E = W \Rightarrow |q|E = mg \Rightarrow 0.4 \times 10^{-6} \times E = 0.2 \times 10^{-3} \Rightarrow E = 5 \times 10^5 \text{ N/C}$$

تست‌های مشابه: ۱۲۹ تا ۱۳۲

۱۰- گزینه ۲ ^(B) بار q_1 بر بار q_2 نیروی F_1 را وارد کرده است بنابراین قانون سوم نیوتون بار q_2 همان نیروی F_1 را در خلاف جهت بر q_1 وارد می‌کند، بنابراین: $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \Rightarrow -12 \times 10^{-6} \vec{i} - 24 \times 10^{-6} \vec{j} = -\vec{F}_{21} \Rightarrow \vec{F}_{21} = 12 \times 10^{-6} \vec{i} - 24 \times 10^{-6} \vec{j}$

نیروی که q_2 بر q_1 وارد می‌کند ناشی از میدان الکتریکی q_2 در محل بار q_1 است و با توجه به تعریف میدان $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ ، بار q_2 را به دست می‌آوریم:

$$\vec{F}_{21} = q_1 \vec{E}_2 \Rightarrow 12 \times 10^{-6} \vec{i} - 24 \times 10^{-6} \vec{j} = 3 \times 10^{-6} \times \vec{E}_2 \Rightarrow \vec{E}_2 = 4 \vec{i} - 8 \vec{j}$$

تست‌های مشابه: ۲۲۰ تا ۲۲۳

۱۱- گزینه ۲ ^(B) چون ذره بار مثبت دارد نیروی وارد بر آن در جهت میدان است و ذره باردار، در جهت خطوط میدان حرکت می‌کند. نیروی میدان الکتریکی وارد بر ذره باعث ایجاد شتاب، افزایش سرعت، افزایش انرژی جنبشی و طبق قضیه پائستگی انرژی مکانیکی، کاهش انرژی پتانسیل الکتریکی ذره می‌شود. (ذره خودش جابه‌جا شده، پس $\Delta U_E < 0$ بوده و انرژی پتانسیل به انرژی جنبشی تبدیل شده)

تست‌های مشابه: ۲۲۸ تا ۲۳۱

۱۲- گزینه ۴ ^(B) خط فکری: تنها نیروی وارد بر ذره نیروی الکتریکی است پس برای به دست آوردن v_0 باید مراحل زیر را طی کنیم:

$$|W_E| = |Edq| \xrightarrow{\text{قضیه کار و انرژی جنبشی}} W_E = \Delta K \xrightarrow{\text{رابطه انرژی جنبشی}} \Delta K = \frac{1}{2} m(v^2 - v_0^2)$$

(۱) چون ذره پس از پرتاب، تندی‌اش کاهش یافته (یعنی خودبه‌خود از A به B نرفته است) $W_E < 0$ است:

$$W_E = -Edq \Rightarrow W_E = -4 \times 10^3 \times 4 / 55 \times 10^{-2} \times 1 / 6 \times 10^{-19} \text{ J} \Rightarrow W_E = -18 / 2 \times 1 / 6 \times 10^{-18} \text{ J}$$

(۲) بنابراین با توجه به $W_E = \Delta K$ تغییرات انرژی جنبشی نیز برابر $-18 / 2 \times 1 / 6 \times 10^{-18} \text{ J}$ است.

$$\Delta K = K_2 - K_1 = \frac{1}{2} m(v^2 - v_0^2) \xrightarrow[\text{متوقف شده } v=0]{\text{ذره در نقطه B}} -18 / 2 \times 1 / 6 \times 10^{-18} = \frac{1}{2} \times 9 / 1 \times 10^{-31} \times (-v_0^2) \Rightarrow 4 \times 1 / 6 \times 10^{13} = v_0^2 \Rightarrow v_0^2 = 4 \times 1 / 6 \times 10^{12} \quad (3)$$

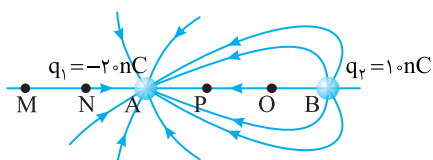
$$\Rightarrow v_0 = \sqrt{4 \times 1 / 6 \times 10^{12}} = 2 \times 4 \times 10^6 = 8 \times 10^6 \text{ m/s}$$

تست‌های مشابه: ۲۴۰ تا ۲۴۴

۱۳- گزینه ۳ ^(A) با توجه به تعریف اختلاف پتانسیل خواهیم داشت:

$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} \Rightarrow \Delta U_E = \Delta V \cdot q \Rightarrow 0.2 = 40 \cdot q \Rightarrow q = \frac{0.2}{40} = \frac{1}{200} \times 10^{-4} \Rightarrow q = 5 \times 10^{-5} \text{ C}$$

تست‌های مشابه: ۲۴۷ تا ۲۵۱



۱۴- گزینه ۳ ^(A) اگر خط‌های میدان را رسم کنیم، از O تا P در جهت خط‌های میدان حرکت می‌کنیم و پتانسیل الکتریکی نقاط کاهش می‌یابد ($V_P < V_O$) و هرگاه از N به M برویم، خلاف جهت خط‌های میدان حرکت کرده‌ایم و پتانسیل الکتریکی نقاط افزایش می‌یابد ($V_M > V_N$)، بنابراین گزینه (۳) درست است.

تست‌های مشابه: ۲۶۷ تا ۲۷۱

۱۵- گزینه ۳ راه حل اول: جسم تنها تأثیر نیروی الکتریکی است پس با توجه به قضیه کار و انرژی جنبشی داریم:

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \xrightarrow[\text{با استفاده از طرفین وسطین داریم}]{\text{چون بار خواسته شده}} q = \frac{\Delta U}{\Delta V} \xrightarrow[\Delta U = -W_E]{W_E = \Delta K} \Delta U = -\Delta K \rightarrow q = \frac{-\Delta K}{\Delta V} \Rightarrow q = \frac{-\frac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2)}{V_f - V_i}$$

$$\xrightarrow[V_i = 0, V_f = -100V]{v_i = 0, v_f = 10 \text{ m/s}} q = \frac{-\frac{1}{2} \times 0.01 \times 10^{-3} (100 - 0)}{-100 - 0} \Rightarrow q = 25 \times 10^{-6} \text{ C} \Rightarrow q = 25 \mu\text{C}$$

راه حل دوم: با توجه به پایستگی انرژی مکانیکی $\Delta U = -\Delta K$ است بنابراین:

$$\begin{cases} \Delta V = \frac{\Delta U}{q} \\ \Delta U = -\Delta K \end{cases} \Rightarrow \Delta V = \frac{-\Delta K}{q} \Rightarrow q = \frac{-\Delta K}{\Delta V} \Rightarrow q = \frac{-\frac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2)}{V_f - V_i} \xrightarrow[V_i = 0, V_f = -100V]{v_i = 0, v_f = 10 \text{ m/s}} q = 25 \times 10^{-6} \text{ C} \Rightarrow q = 25 \mu\text{C}$$

تست‌های مشابه: ۲۵۳ تا ۲۵۷

۱۶- گزینه ۴

کافی است با توجه به صورت سؤال ابتدا شکل سؤال را رسم کنیم و به کمک قضیه کار و انرژی جنبشی، کار نیروی میدان الکتریکی را به دست آوریم و به کمک آن میدان الکتریکی بین دو صفحه را حساب کنیم.

$$W_E = \Delta K \xrightarrow[W_E < 0, W_E = -qEd]{\text{بار مثبت به سمت صفحه مثبت نزدیک می شود}} -(2 \times 10^{-6}) \times E \times (2 \times 10^{-2}) = \frac{1}{2} m (v_f^2 - v_i^2)$$

$$-4 \times 10^{-8} E = \frac{1}{2} \times (8 \times 10^{-6}) (0 - 10^2) \Rightarrow -E \times 4 \times 10^{-8} = 4 \times 10^{-6} (-100)$$

$$E = \frac{4 \times 10^{-4}}{4 \times 10^{-8}} = 10^4 \text{ V/m}$$

حال با استفاده از رابطه میدان الکتریکی یکنواخت بین دو صفحه موازی، اختلاف پتانسیل بین دو صفحه را به دست می آوریم:

$$E = \frac{\Delta V}{d} \Rightarrow \Delta V = Ed \Rightarrow \Delta V = 10^4 \times 2 \times 10^{-2} = 2 \times 10^2 \text{ V}$$

تست‌های مشابه: ۲۷۸ تا ۲۸۰

۱۷- گزینه ۲

از مرکز کره رسانا تا سطح آن که جابه‌جا شویم ($r < R$)، چون درون رسانا قرار داریم، میدان الکتریکی صفر است. پس از جدا شدن از سطح کره رسانا و دور شدن از آن ($r > R$) به دلیل تقارن موجود در کره رسانای باردار، می‌توانیم بار الکتریکی q را به طور متمرکز و نقطه‌ای در مرکز کره در نظر بگیریم و با توجه به رابطه $E = \frac{kq}{r^2}$ در مورد اندازه میدان الکتریکی اظهار نظر کنیم. بنابراین با دور شدن از کره رسانای باردار، میدان الکتریکی متناسب با $\frac{1}{r^2}$ ضعیف می‌شود (نه به صورت خطی).

تست‌های مشابه: ۳۱۷ تا ۳۱۹

۱۸- گزینه ۲

ظرفیت خازن تخت را به دست می آوریم:

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow C = 100 \times 8 \times 10^{-12} \times \frac{10}{10^{-2}} = 8 \times 10^{-9} \text{ F} = 8 \mu\text{F}$$

$$Q = CV = 0.8 \times 30 = 24 \mu\text{C}$$

بار روی صفحات خازن خواهد شد:

تست‌های مشابه: ۳۲۶ تا ۳۲۸

۱۹- گزینه ۳

ابتدا با استفاده از نمودار و رابطه $E = k \frac{q}{r^2}$ ، مقدار بار q را به دست می آوریم:

$$E = k \frac{q}{r^2} \Rightarrow 2/25 \times 10^5 = 9 \times 10^9 \times \frac{q}{0.04} \Rightarrow q = 16 \times 10^{-6} \text{ C} = 16 \mu\text{C}$$

حال نیرویی که دو بار $q = 16 \mu\text{C}$ و $q' = 9 \mu\text{C}$ در فاصله 9 cm بر هم وارد می‌کنند را حساب می‌کنیم:

$$F = k \frac{qq'}{r^2} \Rightarrow F = 9 \times 10^9 \times \frac{16 \times 10^{-6} \times 9 \times 10^{-6}}{(0.09)^2} = 1/6 \text{ N}$$

تست‌های مشابه: ۳۲۹ تا ۳۳۴

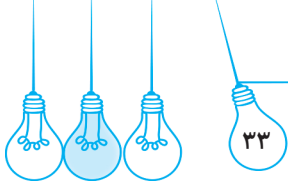
۲۰- گزینه ۳

خط فکری: توان متوسط خروجی یک خازن برابر آهنگ تخلیه انرژی ذخیره شده در یک خازن است. $(P = \frac{U}{t})$

توان متوسط خروجی فلاش برابر است با:

$$P = \frac{U}{t} \xrightarrow{U = \frac{1}{2} CV^2} P = \frac{\frac{1}{2} CV^2}{t} \Rightarrow P = \frac{\frac{1}{2} \times 66 \times 10^{-6} \times (330)^2}{0.0009 \times 10^{-3}} \Rightarrow P = \frac{330 \times 10^{-6} \times 12100}{10^{-4}} \Rightarrow P = 330 \times 10^{-2} \times 12100$$

$$\Rightarrow P = 330 \times 121 = 39930 \text{ W} = 39.93 \text{ kW}$$



تست‌های مشابه: ۴۰۷ تا ۴۱۳

۱- گزینه ۳

ابتدا با توجه به داده‌های مسأله، رابطه بین سطح مقطع دو سیم را به دست می‌آوریم:

$$m_A = \epsilon m_B, \quad \rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho V \Rightarrow \rho_A V_A = \epsilon \rho_B V_B \quad (1)$$

$$\begin{cases} V_A = A_A l_A \\ V_B = A_B l_B \end{cases} \xrightarrow{(1)} \rho_A A_A l_A = \epsilon \rho_B A_B l_B \xrightarrow{\frac{\rho_A = \rho_B}{l_A = 3l_B}} A_A \times 3l_B = \epsilon A_B l_B \Rightarrow A_A = 2A_B$$

$$\frac{R_A}{R_B} = \frac{\rho_A \frac{l_A}{A_A}}{\rho_B \frac{l_B}{A_B}} = \frac{3l_B}{2A_B} \times \frac{A_B}{l_B} = \frac{3}{2}$$

حال به کمک رابطه ساختمانی مقاومت، نسبت مقاومت‌ها را به دست می‌آوریم:

تست‌های مشابه: ۴۳۸ تا ۴۴۴

۲- گزینه ۱

ابتدا جریان مدار را به دست می‌آوریم:

$$I = \frac{\epsilon}{r+R} = \frac{\epsilon}{r+\frac{r}{2}} = \frac{2\epsilon}{3r}$$

$$V = \epsilon - Ir = \epsilon - \frac{2\epsilon}{3r} \times r \Rightarrow V = \frac{1}{3} \epsilon$$

حال اختلاف پتانسیل دو سر باتری را به دست می‌آوریم:

تست‌های مشابه: ۴۴۵ تا ۴۴۷

۳- گزینه ۳

وقتی کلید باز است، $I=0$ و $V=\epsilon$ می‌باشد.

$$\begin{cases} V = \epsilon - Ir \\ I = 0 \end{cases} \Rightarrow V = \epsilon = 10V$$

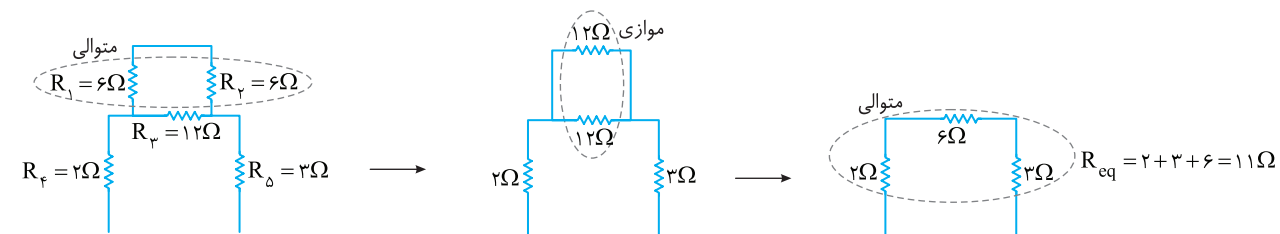
وقتی کلید بسته است، ولت‌سنج اختلاف پتانسیل دو سر باتری و دو سر مقاومت را نشان می‌دهد:

$$V = \epsilon - Ir = IR \Rightarrow V = \frac{\epsilon}{r+R} \times R \Rightarrow \lambda = \frac{10R}{r+R} \Rightarrow \lambda r + \lambda R = 10R \Rightarrow \frac{R}{r} = 4$$

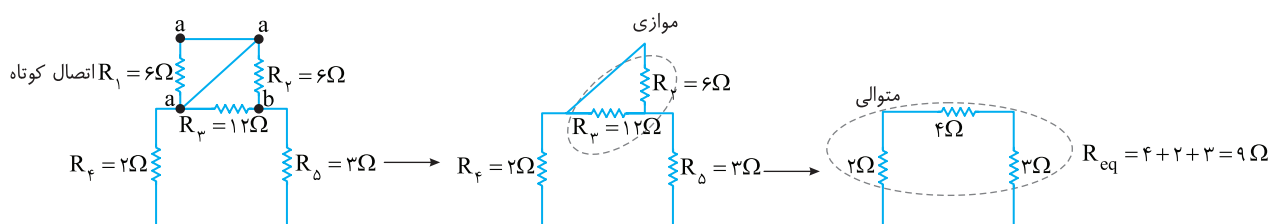
تست‌های مشابه: ۵۶۱ تا ۵۶۳

۴- گزینه ۲

اگر کلید باز باشد:



اگر کلید بسته شود:

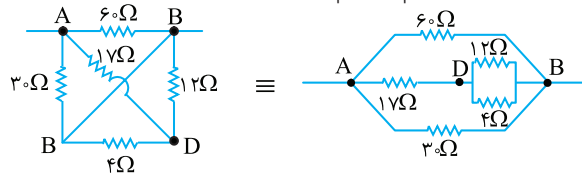


بنابراین مقاومت معادل از 11Ω به 9Ω رسیده و 2Ω کاهش یافته است.

تست‌های مشابه: ۵۵۵ تا ۵۶۰

۵- گزینه ۱

با توجه به نقاط هم‌پتانسیل، مجدداً شکل را رسم می‌کنیم:

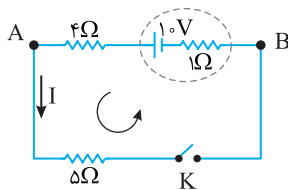


$$R_{BD} = \frac{4 \times 12}{4 + 12} = \frac{48}{16} = 3\Omega, \quad \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{6} + \frac{1}{17+3} + \frac{1}{3} = \frac{1+3+2}{6} \Rightarrow R_{eq} = 1\Omega$$

تست‌های مشابه: ۵۷۷ تا ۵۸۱

۶- گزینه ۲

وقتی کلید باز و جریان صفر است افت پتانسیل در مقاومت درونی باتری و مقاومت‌های مدار صفر است و اختلاف پتانسیل $V_A - V_B = \mathcal{E} = 10V$ است.



با بستن کلید K، در مدار جریان برقرار می‌شود.

$$V_A - 5 \times I - 1 \times I + 10 - 4I = V_B \Rightarrow I = \frac{10}{1} = 1A$$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_{eq} + r} = \frac{10}{5 + 4 + 1} = \frac{10}{10} = 1A$$

در این حالت اختلاف پتانسیل بین A و B برابر اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت ۵ اهمی است.

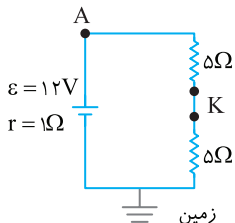
$$V_A - V_B = IR = 1 \times 5 = 5V$$

بنابراین اختلاف پتانسیل بین A و B از ۱۰ ولت به ۵ ولت کاهش می‌یابد: $\Delta V = 5V$

تست‌های مشابه: ۵۸۲ تا ۵۸۶

۷- گزینه ۳

با باز کردن کلید K جریان مدار صفر شده و پتانسیل نقطه A یعنی اختلاف پتانسیل بین نقطه A و اتصال به زمین برابر نیروی محرکه باتری بوده و چون نقطه A به قطب مثبت باتری متصل است، پتانسیل نقطه A برابر $12V +$ خواهد بود.



تست‌های مشابه: ۴۷۰ تا ۴۷۳

۸- گزینه ۱

با کاهش اختلاف پتانسیل دو سر لامپ، توان مصرفی لامپ کاهش می‌یابد.

$$\begin{cases} V_1 = 200V \\ V_r = 120V \Rightarrow \frac{P_r}{P_1} = \left(\frac{V_r}{V_1}\right)^2 = \left(\frac{120}{200}\right)^2 = 0.36 \Rightarrow P_r = 0.36P_1 \\ P = \frac{V^2}{R} \end{cases}$$

$$\Delta P = P_r - P_1 = 0.36P_1 - P_1 = -0.64P_1 \Rightarrow \text{توان مصرفی مقاومت ۶۴ درصد کاهش می‌یابد.}$$

تست‌های مشابه: ۶۰۳ تا ۶۰۶

۹- گزینه ۱

در شکل الف: ولت‌سنج به صورت موازی با یک سیم بدون مقاومت بسته شده و با توجه به رابطه $V = RI$: اگر مقاومت سیم صفر باشد، اختلاف پتانسیل دو سر آن نیز صفر است. پس ولت‌سنج، صفر را نشان می‌دهد.

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

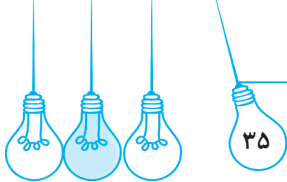
$$\begin{cases} V = \mathcal{E} - rI \\ I = 0 \end{cases} \Rightarrow V = \mathcal{E}$$

$$V = \mathcal{E}$$

در شکل ب: ولت‌سنج به طور موازی با مقاومت و باتری وصل شده:

در شکل پ: کلید باز است و جریانی در مدار وجود ندارد:

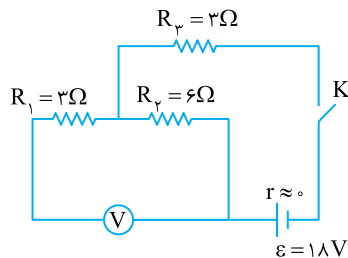
در شکل ت: ولت‌سنج به‌طور اشتباه در مدار به صورت متوالی وصل شده و نیروی محرکه باتری را نشان می‌دهد:



تست‌های مشابه: ۶۰۷ تا ۶۰۹ و ۶۱۵ و ۶۱۶

۱۰- گزینه ۳ چون یکی از ولت‌سنج‌ها در مدار اصلی بسته شده است، بنابراین جریان در مدار، برابر با صفر است. بنابراین هر دو ولت‌سنج نیروی محرکه باتری را نشان می‌دهند. (B)

تست‌های مشابه: ۵۴۵ و ۵۴۶



۱۱- گزینه ۲ دو مقاومت موازی هستند. بنابراین اختلاف پتانسیل یکسانی دارند: (A)

$$R_A I_A = R_B I_B \Rightarrow \frac{\rho_A \cdot l_A}{A_A} I_A = \frac{\rho_B \cdot l_B}{A_B} I_B$$

$$\frac{l_A = l_B}{A_A = A_B} \rightarrow 1/6 \times 10^{-8} I_A = 5/6 \times 10^{-8} I_B \Rightarrow 2I_A = 5I_B \Rightarrow I_B = \frac{2}{5} I_A$$

$$I_A + I_B = 4/5 \Rightarrow I_A + \frac{2}{5} I_A = 4/5 \Rightarrow I_A = 3/5 A$$

از طرفی جمع جریان‌ها ۴/۵ آمپر است:

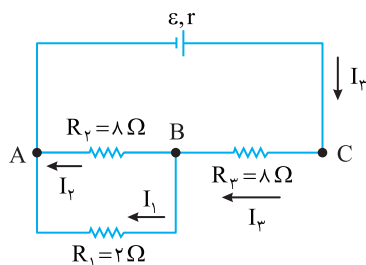
تست‌های مشابه: ۴۷۸ تا ۴۸۲

۱۲- گزینه ۴ ولتاژ دو سر مقاومت خارجی R، برابر ۱۸V و ولتاژ دو سر مقاومت درونی ۲۰-۱۸=۲V است و جریان عبوری از هر دو یکی است. (A)

$$P = VI \Rightarrow \frac{P_R}{P_r} = \frac{18I}{2I} = 9$$

تست‌های مشابه: ۶۴۵ تا ۶۴۹

۱۳- گزینه ۴ ولتاژ دو سر مقاومت R1 و R2 با هم برابر است: (B)



$$V_{AB} = V_1 = V_2 \Rightarrow I_1 R_1 = I_2 R_2 \Rightarrow I_1 = 4I_2$$

$$I_3 = I_1 + \frac{I_1}{4} \Rightarrow I_3 = \frac{5}{4} I_1$$

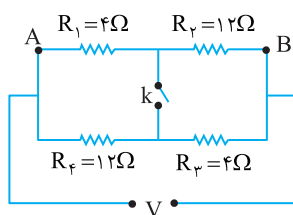
از طرفی $I_3 = I_1 + I_2$ است:

$$\frac{P_3}{P_1} = \frac{I_3^2 R_3}{I_1^2 R_1} \Rightarrow \frac{P_3}{P_1} = \frac{(\frac{5}{4} I_1)^2 \cdot 8}{I_1^2 \cdot 8} \Rightarrow \frac{P_3}{P_1} = \frac{25}{4}$$

توان R3 و R1 را نوشته و بر هم تقسیم می‌کنیم:

تست‌های مشابه: ۵۷۷ تا ۵۸۱

۱۴- گزینه ۱ وقتی کلید باز است، جریان عبوری از R1 به شکل زیر به دست می‌آید: (B)



$$V_{AB} = V \Rightarrow (R_1 + R_2)I = V \Rightarrow I = \frac{V}{16}$$

وقتی کلید بسته است، جریان عبوری از R1 به شکل زیر به دست می‌آید:

دو مقاومت R1,3 و R1,4 برابر هستند و ولتاژ کل مدار به طور مساوی بین آن‌ها تقسیم می‌شود. پس:

$$V_{1,4} = \frac{V}{2} \Rightarrow R_1 I' = \frac{V}{2} \Rightarrow I' = \frac{V}{8}$$

$$\frac{I'}{I} = \frac{\frac{V}{8}}{\frac{V}{16}} = 2$$

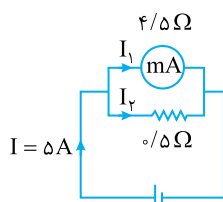
حاصل $\frac{I'}{I}$ به دست می‌آید:

تست‌های مشابه: ۶۱۰ تا ۶۱۲

۱۵- گزینه ۱ مقاومت آمپرسنج، موازی با مقاومت ۵/ اهمی است و اختلاف پتانسیل آن‌ها با هم برابر است. (A)

$$\begin{cases} V_1 = V_2 \Rightarrow R_1 I_1 = R_2 I_2 \Rightarrow 4/5 \times I_1 = 5/5 I_2 \Rightarrow 4I_1 = 5I_2 \\ I_1 + I_2 = I = 5 \end{cases}$$

آمپرسنج جریان I1، یعنی ۵/۵ آمپر را نشان می‌دهد.



تست‌های مشابه: ۵۷۰ تا ۵۷۴

۱۶- گزینه ۱

مدار را مطابق شکل ساده‌تر می‌کنیم:

مقاومت معادل R_D و R_F و مقاومت معادل R_P و R_F را به دست

$$R_{P,F} = \frac{8 \times 24}{8 + 24} = 6 \Omega$$

می‌آوریم:

$$R_{D,F} = \frac{40 \times 60}{40 + 60} = 24 \Omega$$

مقاومت $R_{P,F}$ و R_3 سری هستند:

$$R_{P,F,3} = 2 + 6 = 8 \Omega$$

$$R_{AB} = \frac{24 \times 8}{24 + 8} = 6 \Omega$$

به کمک جریان، مقاومت معادل کل مدار را به دست می‌آوریم:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow 2 = \frac{20}{R_{eq} + 1} \Rightarrow R_{eq} = 9 \Omega$$

بنابراین مقاومت R_1 برابر است با:

$$R_{eq} = R_1 + R_{AB} \Rightarrow 9 = R_1 + 6 \Rightarrow R_1 = 3 \Omega$$

تست‌های مشابه: ۵۳۵ تا ۵۴۰

۱۷- گزینه ۱

ابتدا مقاومت بین A و B را به دست می‌آوریم:

مقاومت R و مقاومت 30Ω موازی و معادل آن‌ها با مقاومت 5Ω متوالی است، از این‌رو:

رابطه (۱) و (۲) را مساوی قرار می‌دهیم:

اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت 20Ω و 30Ω با هم برابر است:

$$R_{AB} = \frac{V_{AB}}{I} \Rightarrow R_{AB} = \frac{10/5}{0/5} = 10 \Omega \quad (1)$$

$$R_{AB} = \frac{30 \times R}{30 + R} + 5 \quad (2)$$

$$\frac{30 \times R}{30 + R} + 5 = 10 \Rightarrow \frac{30R}{30 + R} = 5 \Rightarrow \frac{5R}{30 + R} = 1 \Rightarrow 5R = 30 + R \Rightarrow 4R = 30 \Rightarrow R = 7.5 \Omega$$

$$V_1 = V_2 \Rightarrow 30I_1 = 20I_2 \Rightarrow I_1 = \frac{2}{3}I_2 \Rightarrow I = I_1 + I_2 \Rightarrow 0/5 = \frac{2}{3}I_2 + I_2 \Rightarrow 0/5 = \frac{5}{3}I_2 \Rightarrow I_2 = 0/3A \Rightarrow I_1 = 0/5 - 0/3 = 0/2A$$

تست‌های مشابه: ۶۹۶ تا ۶۹۹ و ۷۰۵ و ۷۰۶

۱۸- گزینه ۳

این دسته از سؤالات از رایج‌ترین تست‌های کنکورهای سراسری و آزاد می‌باشند. اما منظور از پرنورتر و کم‌نورتر چیست؟

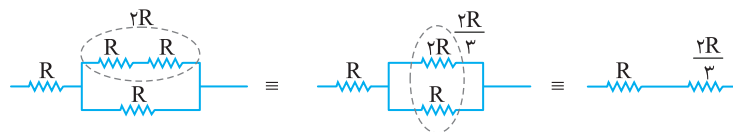
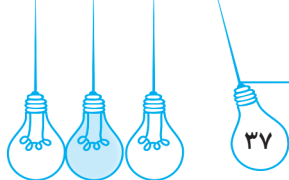
در لامپ‌های مشابه هنگامی می‌گوییم لامپ پرنورتر شده است که جریان عبوری از آن افزایش پیدا می‌کند و هنگامی می‌گوییم کم‌نورتر می‌شود که جریان عبوری از آن‌ها کم‌تر شود. در این حالت بهتر است لامپ‌ها را با یک مقاومت جایگزین کنیم.

برای حل این گونه تست‌ها به نکات زیر توجه کنید:

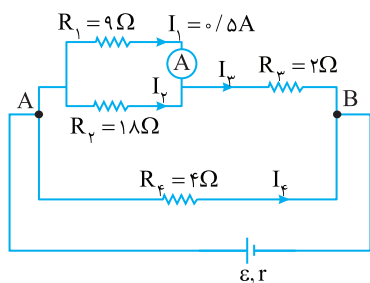
- ۱- اگر لامپی از یک مجموعه سری بسوزد، کلیه لامپ‌های آن شاخه از کار می‌افتند.
- ۲- اگر لامپی به طور موازی با دیگری به مدار اضافه شود، مقاومت کاهش و اگر از مدار جدا شود، مقاومت افزایش خواهد یافت.
- ۳- اگر دو لامپ با هم موازی باشند و مقاومت درونی باتری صفر باشد و یکی از آن‌ها از کار بیفتد در نور لامپ دیگر تغییری ایجاد نمی‌شود. ولی اگر مقاومت درونی باتری صفر نباشد، نور لامپ دیگر افزایش می‌یابد.
- ۴- اگر دو سر لامپی به وسیله سیم بدون مقاومتی به هم وصل شود، آن لامپ در مدار قرار ندارد. در این حالت اصطلاحاً می‌گوییم که اتصال کوتاه برقرار شده است. (این نکته در مورد مقاومت نیز صادق است.)
- ۵- اگر در یک مدار که مقاومت درونی باتری صفر است، با تعدادی لامپ که به طور موازی به هم متصل شده‌اند، تعداد دیگری لامپ موازی با آن‌ها ببندیم، نور هیچ کدام تغییر نخواهد کرد. ولی اگر مقاومت درونی باتری صفر نباشد، نور لامپ‌های دیگر کاهش می‌یابد.

در این تست لامپ L_1 از مدار خارج می‌شود و چون موازی است مقاومت مدار افزایش می‌یابد. بنابراین جریان عبوری از لامپ L_3 کم‌تر می‌شود. بنابراین کم‌نورتر

می‌شود. از طرفی طبق رابطه $V_1 = \varepsilon - R_3 I$ با کاهش I، اختلاف پتانسیل دو سر لامپ L_1 افزایش می‌یابد و نور آن زیاد می‌شود.



ولتاژ کل بین دو مقاومت سری به نسبت مقاومت‌ها تقسیم می‌شود، پس به مقاومت R ولتاژ بیشتری تعلق می‌گیرد و احتمال سوختن آن بیشتر است. پس توان مصرفی مقاومت R را برابر با ۹ وات می‌گیریم که در این صورت توان مصرفی مقاومت $\frac{2R}{3}$ برابر با $\frac{2}{3} \times 9 = 6$ وات می‌شود، بنابراین حداکثر توان قابل تحمل مدار برابر با $9 + 6 = 15 \text{ W}$ است.



$$R_1 I_1 = R_2 I_2 \Rightarrow 9 \times 0.5 = 18 I_2 \Rightarrow I_2 = 0.25 \text{ A}$$

$$I_3 = I_1 + I_2 = 0.5 + 0.25 = 0.75 \text{ A}$$

R_1 و R_2 با R_3 متوالی هستند و حاصل آن‌ها با R_4 موازی است:

$$R_{1,2} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{9 \times 18}{9 + 18} = 6 \Omega$$

$$R_{1,2,3} I_3 = R_4 I_4 \Rightarrow (R_{1,2} + R_3) I_3 = R_4 I_4 \Rightarrow (6 + 2) \times 0.75 = 4 I_4 \Rightarrow I_4 = 0.5 \text{ A}$$

$$P_4 = R_4 I_4^2 = 4 \times (0.5)^2 = 1 \text{ W}$$

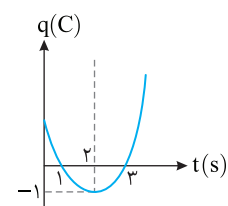
پاسخ آزمون ۲

تست‌های مشابه: ۳۷۳ و ۳۷۴

۱- گزینه ۲ $\bar{I} = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ است پس اگر بخواند $\bar{I} = 0$ شود، باید $\Delta q = 0$ باشد. معادله q بر حسب زمان توان دوم بوده و نمودار $q-t$

$$t = \frac{-b}{2a} = \frac{+4}{2} = 2s$$

سهمی است. مختصات رأس سهمی خواهد شد:



نمودار سهمی نسبت به خط گذرنده از رأس آن متقارن است و برای زمان‌هایی که فاصله یکسانی از رأس سهمی ($t=2s$) دارند، مقدار q یکسان بوده و در این بازه‌ها $\Delta q = q_2 - q_1$ صفر می‌شود، از این رو باید بازه‌ای که نسبت به $t=2s$ فاصله یکسانی دارد را با بررسی گزینه‌ها مشخص کنیم. با بررسی گزینه‌ها، مشخص می‌شود، گزینه (۲) درست است.

۲- گزینه ۲ در باتری‌های فرسوده مقاومت داخلی باتری افزایش می‌یابد بنابراین Ir یا افت پتانسیل در باتری افزایش می‌یابد و اختلاف پتانسیل دو سر باتری به شدت کاهش می‌یابد. (A)

$$V = IR \Rightarrow \downarrow V = \frac{\mathcal{E}}{R+r} R$$

تست‌های مشابه: ۵۲۵ و ۵۲۶

۳- گزینه ۴ این دو میله در حکم دو مقاومت متوالی هستند. مقاومت هر یک را به دست آورده و با هم جمع می‌کنیم، سپس برابر مقاومت میله ۳ قرار می‌دهیم:

$$R = \rho \frac{L}{A} \Rightarrow \rho \frac{2L}{A} + \rho \frac{L}{2A} = \rho \frac{2L}{A'} \Rightarrow \frac{4+1}{2A} = \frac{2}{A'} \Rightarrow A' = \frac{5}{2} A \Rightarrow A' = 1/2 A$$

تست‌های مشابه: ۴۶۴ تا ۴۶۹

۴- گزینه ۳ دقت کنید که با تغییر ولتاژ، مقدار مقاومت تغییر نمی‌کند و ثابت می‌ماند:

$$R_2 = R_1 \Rightarrow \frac{V_2}{I_2} = \frac{V_1}{I_1} \xrightarrow{V_2 = V_1 - \frac{20}{100} V_1} \frac{0.8 V_1}{I_2} = \frac{V_1}{I_1} \Rightarrow I_2 = 0.8 I_1$$

بنابراین جریان عبوری نیز ۲۰ درصد کاهش می‌یابد.

برای بررسی تغییر توان از رابطه $P = \frac{V^2}{R}$ کمک می‌گیریم:

$$\begin{cases} P_1 = \frac{V_1^2}{R} \\ P_2 = \frac{V_2^2}{R} \end{cases} \xrightarrow{V_2 = 0.8 V_1} \frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{0.8}{1}\right)^2 \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = 0.64$$

$$\frac{\Delta P}{P_1} \times 100 = \frac{-0.36 P_1}{P_1} \times 100 = -36\%$$

درصد تغییرات توان مصرفی برابر است با:

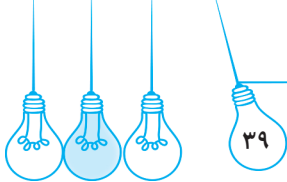
تست‌های مشابه: ۳۸۶ تا ۳۸۸

۵- گزینه ۱ خط فکری: در دمای ثابت، مقاومت الکتریکی یک رسانای اهمی ثابت است. از این رو، ولتاژ و جریان را در حالت جدید به دست می‌آوریم و مقدار

$$R = \frac{V_2}{I_2} \text{ را در دو حالت برابر قرار می‌دهیم.}$$

در دمای ثابت، مقاومت الکتریکی رسانا (نسبت ولتاژ دو سر رسانا به جریان آن)، مقدار ثابتی است:

$$\begin{cases} R_1 = \frac{V_1}{I_1} \\ R_2 = \frac{V_2}{I_2} \end{cases} \xrightarrow[\text{پس } R_1 = R_2]{\text{است ثابت است}} \frac{V_1}{I_1} = \frac{V_2}{I_2} \Rightarrow \frac{V_1}{I_1} = \frac{3V_1}{I_1 + 2} \Rightarrow 3I_1 = I_1 + 2 \Rightarrow I_1 = 1A$$



تست‌های مشابه: ۳۹۷ تا ۴۰۰

۶- گزینه ۴ خط فکری: اگر شعاع یا قطر مقطع سیمی n برابر سیم دیگر باشد سطح مقطع آن سیم $(n)^2$ برابر سطح مقطع سیم دیگر است، نسبت دو مقاومت خواسته شده، پس باید $\frac{R_A}{R_B}$ را به دست آوریم.

$$\frac{R_A}{R_B} = \frac{\rho_A}{\rho_B} \times \frac{L_A}{L_B} \times \frac{A_B}{A_A} \xrightarrow[\substack{\rho_A = \rho_B \text{ هم جنس} \\ D_A = \frac{D_B}{2} \Rightarrow A_A = \frac{A_B}{4}}]{L_A = 2L_B} \frac{R_A}{R_B} = \frac{2L_B}{L_B} \times \frac{A_B}{\frac{A_B}{4}} = 8$$

تست‌های مشابه: ۴۵۶ تا ۴۶۰

۷- گزینه ۱ ابتدا مقاومت سیم را حساب می‌کنیم:

$$R = \rho \frac{L}{A} \Rightarrow R = 1/7 \times 10^{-8} \times \frac{30}{\pi(10^{-3})^2} \Omega \xrightarrow{\pi=3} R = 17 \times 10^{-2} \Omega$$

آهنگ تولید انرژی گرمایی یعنی توان مصرفی در مقاومت، بنابراین:

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{17 \times 17}{17 \times 10^{-2}} = 1700 \text{ W}$$

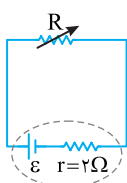
تست‌های مشابه: ۵۲۷ تا ۵۳۱

۸- گزینه ۳ با حرکت از نقطه A تا نقطه C پتانسیل در حال افزایش می‌باشد و از طرفی می‌دانیم که جهت جریان از پتانسیل بیشتر به پتانسیل کمتر است، در این صورت جهت جریان باید از نقطه C به نقطه A باشد. حال با توجه به این که مقاومت‌های R و R' متوالی‌اند باید جریان‌های آن‌ها با هم برابر باشد.

$$\left. \begin{aligned} I &= \frac{\Delta V_R}{R} \\ I &= \frac{\Delta V_{R'}}{R'} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{\Delta V_R}{R} = \frac{\Delta V_{R'}}{R'} \Rightarrow \frac{R}{R'} = \frac{\Delta V_R}{\Delta V_{R'}} = \frac{V_B - V_A}{V_C - V_B} = \frac{-45 - (-105)}{-30 - (-45)} = \frac{60}{15} = 4$$

تست‌های مشابه: ۴۳۹ تا ۴۴۴

۹- گزینه ۲ با توجه به شکل ولتاژ دو سر باتری با ولتاژ دو سر مقاومت R برابر است از این‌رو:



$$V_{\text{مولد}} = V_R = IR \xrightarrow{I = \frac{\varepsilon}{R+r}} V = \frac{\varepsilon}{R+r} R$$

در حالت اول $V_1 = 10 \text{ V}$ و در حالت دوم $V_2 = 8 \text{ V}$ است از این‌رو:

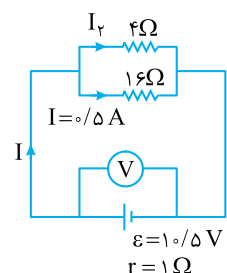
$$V = \frac{\varepsilon}{R+r} R \begin{cases} 10 = \frac{\varepsilon}{R+r} R & (1) \\ 8 = \frac{\varepsilon}{R'+r} R' & (2) \end{cases}$$

با توجه به فرض مسئله $R' = R - \frac{1}{6}R = \frac{5}{6}R$ است از این‌رو، دو رابطه (۱) و (۲) را بر هم تقسیم کرده و به جای R' مقدار $\frac{5}{6}R$ را قرار می‌دهیم.

$$\frac{10}{8} = \frac{\frac{\varepsilon}{R+r} R}{\frac{\varepsilon}{\frac{5}{6}R+r} (\frac{5}{6}R)} \Rightarrow \frac{5}{4} = \frac{\frac{5}{6}R + r}{(R+r) \times \frac{5}{6}} \xrightarrow{r=2\Omega} \frac{5}{4} = \frac{\frac{5}{6}R + 2}{(R+2) \times \frac{5}{6}} \Rightarrow 2(\frac{5}{6}R) + 4 = R + 2 \Rightarrow 2 = \frac{1}{6}R \Rightarrow R = 12 \Omega$$

تست‌های مشابه: ۵۴۹ تا ۵۵۴

۱۰- گزینه ۲ ابتدا جریان مدار را محاسبه می‌کنیم. دو مقاومت ۴ و ۱۶ اهمی موازی هستند.



$$V_1 = V_2 \Rightarrow 16 I_1 = 4 I_2 \Rightarrow 16 \times \frac{1}{5} = 4 I_2 \Rightarrow I_2 = 2 \text{ A}$$

$$I = I_1 + I_2 = 2 + \frac{1}{5} = \frac{11}{5} \text{ A}$$

اکنون اختلاف پتانسیل دو سر باتری را به دست می‌آوریم:

$$V = \varepsilon - Ir = 10 - \frac{11}{5} \times 1 \Rightarrow V = 8 \text{ V}$$

توجه کنید که ولت‌سنج موازی با هر یک از مقاومت‌ها است، بنابراین می‌توان نوشت:

$$V = \frac{1}{5} \times 16 = 8 \text{ V}$$

تست‌های مشابه: ۵۸۴ تا ۵۸۶

۱۱- گزینه ۳

شکل مدار را به صورت ساده‌تری رسم می‌کنیم. ابتدا مقاومت معادل مدار را

$$R_{\gamma, \gamma} = 2 + 4 = 6 \Omega, \quad R_{\gamma, \gamma, \gamma} = \frac{6 \times 3}{6 + 3} = 2 \Omega$$

حساب می‌کنیم:

$$R_{eq} = R_1 + R_{\gamma, \gamma, \gamma} \Rightarrow R_{eq} = 1 + 2 = 3 \Omega$$

جریان کل مدار را به دست می‌آوریم (پتانسیل A یعنی اختلاف پتانسیل نقطه A با زمین):

$$I = \frac{V}{R_{eq}} \Rightarrow I = \frac{18}{3} = 6A$$

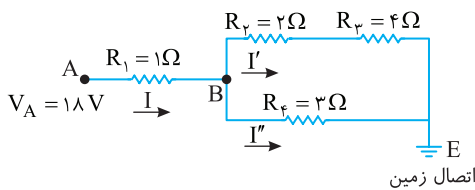
ولتاژ دو سر شاخه‌های موازی با هم برابر است.

$$V_{\gamma, \gamma} = V_{\gamma} \Rightarrow I'(R_{\gamma} + R_{\gamma}) = I''(R_{\gamma}) \Rightarrow 6I' = 3I'' \Rightarrow I'' = 2I'$$

$$I = I' + I'' \Rightarrow 6 = 2I' + I' \Rightarrow I' = 2A$$

از طرفی داریم:

جریان مقاومت 4Ω ، $2A$ است.



تست‌های مشابه: ۵۴۱ تا ۵۴۴

۱۲- گزینه ۲

ولت‌سنج، اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌هایی را نشان می‌دهد که با آن موازی بسته شده باشند. مقاومت‌های R_1 تا R_4 با هم موازی‌اند و

ولت‌سنج به دو سر آن‌ها بسته شده است، بنابراین:

$$I_1 = \frac{V}{R_1} \Rightarrow I_1 = \frac{2}{2} = 1A, \quad I_{\gamma} = \frac{V}{R_{\gamma}} \Rightarrow I_{\gamma} = \frac{2}{4} = 0.5A$$

$$\Rightarrow I_{\text{کل}} = I_1 + I_{\gamma} + I_3 + I_4 = 1.8A$$

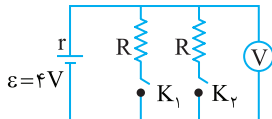
$$I_3 = \frac{V}{R_3} \Rightarrow I_3 = \frac{2}{1} = 2A, \quad I_4 = \frac{V}{R_4} \Rightarrow I_4 = \frac{2}{2} = 1A$$

آمپرسنج جریان کل مقاومت‌ها یا $1.8A$ را نشان می‌دهد که برای رسیدن جریان آن به $1.3A$ باید جریان $0.5A$ یا I_{γ} از مدار حذف شود، پس باید کلید K_{γ} باز شود تا مقاومت R_{γ} از مدار حذف شود.

تست‌های مشابه: ۵۷۸ تا ۵۸۱

۱۳- گزینه ۱

وقتی فقط یکی از کلیدها باز است، مقاومت مدار R است و جریان مدار برابر است با:



$$I = \frac{\varepsilon}{r + R} = \frac{4}{r + R}$$

$$V = RI = \frac{4R}{r + R} = 3 \Rightarrow 4R = 3r + 3R \Rightarrow r = \frac{R}{3}$$

ولت‌سنج ولتاژ دو سر R را 3 ولت نشان می‌دهد از این‌رو:

وقتی هر دو کلید بسته شوند، دو مقاومت R با هم موازی می‌شوند و مقاومت معادل مدار برابر $R_{eq} = \frac{R}{2}$ است و جریان مدار را در این حالت خواهد شد:

$$I = \frac{\varepsilon}{r + R_{eq}} = \frac{4}{\frac{R}{3} + \frac{R}{2}} = \frac{4}{\frac{5R}{6}} = \frac{24}{5R}$$

$$V = \frac{R}{2} \times I = \frac{R}{2} \times \frac{24}{5R} = \frac{12}{5}V$$

در این حالت ولت‌سنج اختلاف پتانسیل دو سر مدار خارجی یعنی مقاومت $R_{eq} = \frac{R}{2}$ را نشان می‌دهد بنابراین:

تست‌های مشابه: ۵۴۵ و ۵۴۶

۱۴- گزینه ۳

به کمک رابطه ساختمانی $R = \rho \frac{L}{A}$ نسبت $\frac{R_{\gamma}}{R_1}$ را حساب می‌کنیم.

$$r_1 = 2r_{\gamma} \xrightarrow{A = \pi r^2} A_1 = 4\pi r_1^2 = 4A_{\gamma} \Rightarrow A_{\gamma} = \frac{A_1}{4}, \quad \frac{R_{\gamma}}{R_1} = \frac{\rho \frac{L_{\gamma}}{A_{\gamma}}}{\rho \frac{L_1}{A_1}} \xrightarrow{\text{سیم‌ها هم جنس}} \frac{R_{\gamma}}{R_1} = \frac{L_{\gamma} A_1}{L_1 A_{\gamma}} = \frac{\frac{1}{2} L_1 \times A_1}{L_1 \times \frac{A_1}{4}} = \frac{1}{2} \times 4 = 2 \Rightarrow R_{\gamma} = 2R_1$$

$$V_{\gamma} = V_1 \Rightarrow R_{\gamma} I_{\gamma} = R_1 I_1 \xrightarrow{R_{\gamma} = 2R_1} I_1 = 2I_{\gamma} \xrightarrow{I_{\gamma} = 3A} I_1 = 6A$$

دو سیم (۱) و (۲) با هم موازی‌اند:

$$I_{\text{کل}} = I_1 + I_{\gamma} = 6 + 3 = 9A$$

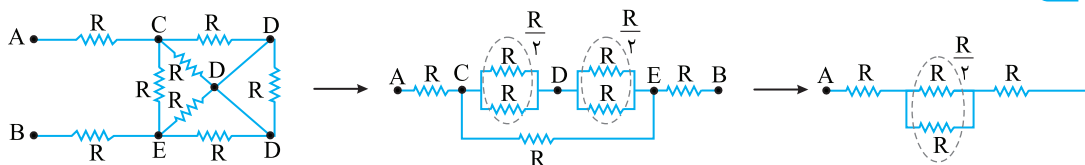
بنابراین جریان کل مدار برابر است با:

$$V = \varepsilon - Ir = 20 - 9 \times 1 = 11V$$



تست‌های مشابه: ۵۵۶ تا ۵۶۰

۱۵- گزینه ۴ ابتدا شکل را به کمک نقاط هم‌پتانسیل ساده می‌کنیم:

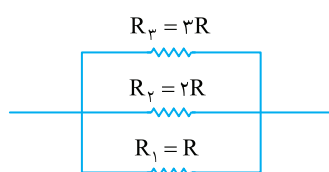


$$\Rightarrow R_{eq} = R + R + \frac{R}{\frac{1}{2} + \frac{1}{2}} = \frac{5}{2}R = 2.5R$$

توجه کنید که مقاومت R در سمت راست مدار، اتصال کوتاه شده و از مدار خارج می‌شود.

تست‌های مشابه: ۶۷۴ تا ۶۷۷ و ۶۸۲ و ۶۸۳

۱۶- گزینه ۱ اگر مقاومت رشته هر لامپ R باشد، می‌توانیم شکل زیر را به جای شکل مدار اصلی به کار ببریم. چون در مقاومت‌های موازی، ولتاژها برابر است، از این‌رو توان مصرفی مقاومت R_1 که از همه کوچک‌تر است، بیشترین مقدار است.



$$V_1 = V_p = V_r = V, \quad P_{max} = P_1 = \frac{V^2}{R} = 12W$$

اکنون توان مصرفی R_p و R_r را حساب می‌کنیم:

$$P_p = \frac{V^2}{R_p} = \frac{V^2}{2R} = \frac{1}{2} \times P_1 = \frac{1}{2} \times 12 = 6W, \quad P_r = \frac{V^2}{R_r} = \frac{V^2}{2R} = \frac{1}{2} \times P_1 = \frac{1}{2} \times 12 = 6W$$

$$P_T = P_1 + P_p + P_r = 22W$$

توان کل مصرفی برابر است با:

تست‌های مشابه: ۶۱۰ تا ۶۱۲

۱۷- گزینه ۴ بستن ولت‌سنج واقعی به‌طور موازی باعث کاهش مقاومت مدار و بستن آمپرسنج واقعی به‌طور متوالی باعث افزایش مقاومت مدار می‌شود. با بستن هر دو نمی‌توان تعیین کرد که مقاومت مدار چگونه تغییر می‌کند، پس معلوم نیست اعدادی که وسایل اندازه‌گیری نشان می‌دهند، بیشتر از حالت ایده‌آل است یا کمتر.

تست‌های مشابه: ۶۶۱ تا ۶۶۴

۱۸- گزینه ۱ با بستن کلید K، مقاومت 3Ω و 9Ω با هم موازی می‌شوند. جریان عبوری از مدار را قبل و پس از بستن کلید به‌دست می‌آوریم:

$$I_1 = \frac{\varepsilon}{R_1 + r} \xrightarrow{R_1 = 9\Omega} I_1 = \frac{\varepsilon}{9 + r} \quad I_r = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \xrightarrow{R_{eq} = \frac{9 \times 3}{9 + 3} = \frac{27}{12}V} I_r = \frac{\varepsilon}{\frac{27}{12} + r}$$

توان مفید مولد را در هر دو حالت حساب می‌کنیم:

$$P = RI^2 \Rightarrow \begin{cases} P_1 = 9 \left(\frac{\varepsilon}{9+r} \right)^2 \\ P_r = \frac{27}{12} \left(\frac{\varepsilon}{\frac{27}{12} + r} \right)^2 \end{cases} \xrightarrow{P_1 = P_r} 9 \left(\frac{\varepsilon}{9+r} \right)^2 = \frac{27}{12} \left(\frac{\varepsilon}{\frac{27}{12} + r} \right)^2 \Rightarrow \frac{1}{9+r} = \frac{1}{2} \times \left(\frac{1}{\frac{27}{12} + r} \right) \Rightarrow \frac{9}{2} + 2r = 9 + r \Rightarrow r = 4.5\Omega$$

تست‌های مشابه: ۷۱۰ تا ۷۱۵

۱۹- گزینه ۴ با حرکت لغزنده به طرف N، مقاومت R_{MN} کم می‌شود. زیرا قسمت بیشتری از مقاومت MN اتصال کوتاه می‌شود. با کاهش مقاومت R_{MN} ، مقاومت کل کاهش و جریان مدار افزایش می‌یابد.

$$R_{MN} \downarrow \Rightarrow R_{eq} \downarrow \Rightarrow I_T \uparrow$$

$$V_T = \varepsilon - (rI_T \uparrow) \Rightarrow V_T \downarrow$$

با افزایش جریان مدار، ولتاژ دو سر مدار (ولتاژ دو سر مولد) کاهش می‌یابد:

پس اختلاف پتانسیل دو سر L_1 کم شده، جریان گذرنده از آن نیز کاهش می‌یابد و L_1 کم‌نورتر می‌شود. اما جریان لامپ L_p افزایش می‌یابد:

$$I_T = I_1 + I_p \xrightarrow{I_1 \downarrow, I_T \uparrow} I_p \uparrow \Rightarrow L_p \text{ پرنورتر شده}$$

تست‌های مشابه: ۶۵۰ تا ۶۵۳

۲۰- گزینه ۳

توان مصرفی در مقاومت‌های خارجی خواسته شده است، کافی است مقاومت معادل (R_{eq}) مدار را به دست آورده سپس جریان کل مدار را حساب کرده و از رابطه $P = R_{eq} I^2$ توان را به دست

آوریم. مقاومت‌های 5Ω و 20Ω با هم موازی هستند و مقاومت معادل آن‌ها برابر است با:

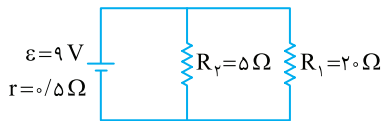
$$R_{eq} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow R_{eq} = \frac{5 \times 20}{5 + 20} = 4\Omega$$

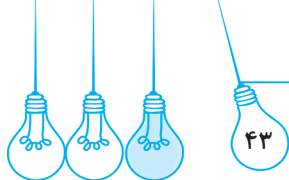
$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow I = \frac{9}{4 + 0.5} \Rightarrow I = 2\text{ A}$$

جریان مدار را به دست می‌آوریم:

$$P = R_{eq} I^2 \Rightarrow P = 4 \times (2)^2 \Rightarrow P = 16\text{ W}$$

توان مصرفی در مقاومت خارجی برابر است با:

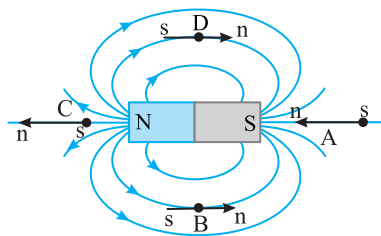




پاسخ آزمون ۱

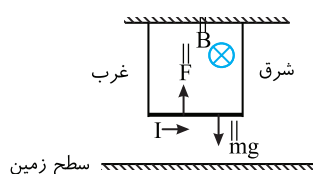
تست‌های مشابه: ۷۴۳ تا ۷۴۸

۱- گزینه ۱ با توجه به شکل خطوط میدان، جهت میدان در نقطه A درست رسم شده است.



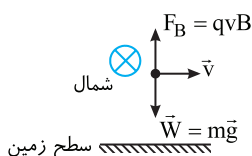
تست‌های مشابه: ۷۹۸ تا ۸۰۳

۲- گزینه ۱ اگر نیروی وارد بر سیم از طرف میدان مغناطیسی به سمت بالا باشد، کشش نخ‌ها کاهش می‌یابد. از طرفی میدان مغناطیسی زمین از جنوب به شمال است، پس جریان در سیم باید به طرف شرق باشد.



تست‌های مشابه: ۷۷۲ تا ۷۷۶

۳- گزینه ۲ باید نیرویی که توسط میدان مغناطیسی بر بار وارد می‌شود رو به بالا باشد تا بتواند نیروی وزن را خنثی کند. بار به سوی شرق می‌رود، پس باید میدان مغناطیسی رو به شمال باشد. دقت کنید که کمترین مقدار میدان خواسته شده است، پس باید میدان بر v عمود باشد تا $\sin \alpha$ بیشینه و B کمترین شود.

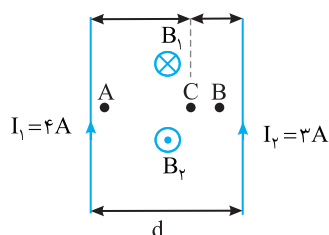


$$F_B = W \Rightarrow qvB = mg \Rightarrow 2/5 \times 10^{-7} \times 4 \times 10^5 \times B = 5 \times 10^{-6} \times 1 \Rightarrow B = 5 \times 10^{-4} \text{ T} = 5 \text{ G}$$

تست‌های مشابه: ۷۹۵ تا ۷۹۷

۴- گزینه ۳ بر سیم تنها مؤلفه قائم میدان نیرو وارد می‌کند از این‌رو:

$$F = I l B_y \Rightarrow F = 2 \times 10^{-3} / 5 \times 3 = 3 \text{ N}$$

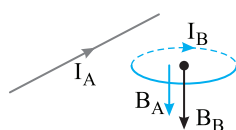


تست‌های مشابه: ۸۲۶ و ۸۲۷

۵- گزینه ۳ بین دو سیم میدان‌ها ناهمسو هستند، بنابراین وقتی از A به سوی B می‌رویم، در نقطه‌ای مانند C میدان می‌تواند صفر شود. یعنی میدان‌های دو سیم هم‌اندازه و در خلاف جهت هم باشند و یکدیگر را خنثی کنند. بنابراین میدان از A تا C در حال کاهش و از C تا B در حال افزایش است.

تست‌های مشابه: ۸۵۵ تا ۸۵۸ و ۸۶۲ و ۸۶۳

۶- گزینه ۱ با توجه به شکل جهت میدان مغناطیسی برابند مطابق گزینه (۱) است.



تست‌های مشابه: ۸۷۶ و ۸۷۷

۷- گزینه ۲ در واقع در هر ۴ میلی‌متر از طول سیمولوله یک دور سیم وجود دارد و تعداد دورهای سیمولوله در واحد طول برابر است با:

$$n = \frac{N}{l} = \frac{1}{4 \times 10^{-3}} \Rightarrow n = 250$$

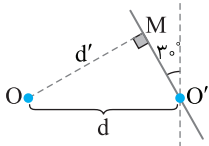
$$B = \mu_0 n I \Rightarrow B = 4\pi \times 10^{-7} \times 250 \times 3 \Rightarrow B = 3\pi \times 10^{-4} \text{ T} \Rightarrow B = 3\pi \text{ G}$$

اکنون میدان مغناطیسی سیمولوله را به دست می‌آوریم:

تست‌های مشابه: ۸۹۱ تا ۸۹۷

۸- گزینه ۲

خط فکری: فاصله نقطه‌ای که در آن $B_T = 15 \times 10^{-6} = 0.15 \text{ G}$ میدان مغناطیسی حاصل از سیم حامل جریان خواسته شده طول عمودی است که از آن نقطه به سیم رسم می‌شود.



فاصله O تا سیم در حالت اول d و پس از چرخش سیم برابر d' است که مقدار d' کوچک‌تر از d است. دقت کنید که مثلث OMO' قائم الزاویه است و در مثلث قائم الزاویه اضلاع مجاور به زاویه قائمه از وتر (d) کوچک‌ترند. حال که فاصله سیم تا O کمتر شده است میدان قوی‌تر می‌شود. اکنون خودتان سیم را 30° ساعتگرد بچرخانید و ببینید به همین نتیجه خواهید رسید.

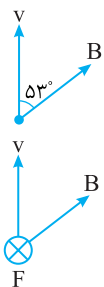
تست‌های مشابه: ۸۵۰ تا ۸۵۳

۹- گزینه ۴

با توجه به شکل سؤال، زاویه بین جهت حرکت ذره (v) و خطوط میدان، 53° است:

$$F = qvB \sin \theta \xrightarrow[\substack{\theta = 53^\circ \\ B = 10^{-4} \text{ G} = T}]{\substack{\theta = 53^\circ \\ B = 10^{-4} \text{ G} = T}} F = (2 \times 10^{-6}) \times (2 \times 10^5) \times 0.8 = 4 \text{ N}$$

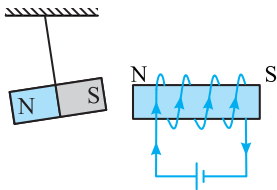
حال با استفاده از قاعده دست راست جهت نیروی مغناطیسی وارد بر ذره را مشخص می‌کنیم: چهار انگشت دست راست در جهت v به سمت بالا به گونه‌ای که با خم شدن انگشت‌ها جهت میدان مغناطیسی (B) مشخص شود، شست دست راست جهت نیرو را نشان می‌دهد که دست راست درون‌سو است.



تست‌های مشابه: ۸۶۵ تا ۸۷۱

۱۰- گزینه ۱

مطابق شکل با بستن کلید K و برقراری جریان، سمت چپ سیم‌لوله قطب N شده و آهنربا را به سوی خود می‌کشد.

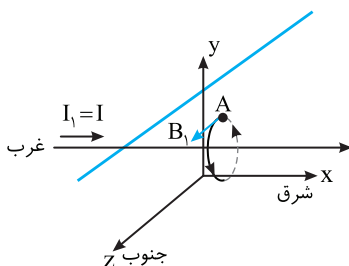


تست‌های مشابه: ۸۲۷ تا ۸۳۱

۱۱- گزینه ۴

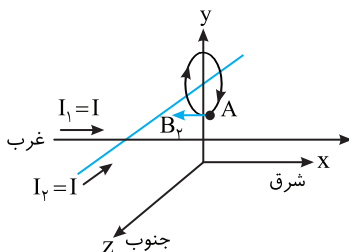
اگر محورهای x, y و z را رسم کنیم، داریم:

سیم I_1 موازی با محور x ها است و میدانی که این سیم در نقطه A ایجاد می‌کند، به سمت جنوب است.



سیم I_2 موازی با محور z ها است و میدانی که ایجاد می‌کند، در نقطه A به سمت غرب است.

پس میدان برابند در نقطه A به سمت جنوب غربی است.



تست‌های مشابه: ۷۵۳ تا ۷۵۵

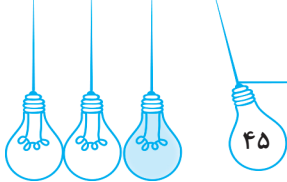
۱۲- گزینه ۳

در شکل (۳) نیروی وارد بر بار در راستای میدان مغناطیسی در حرکت است. در شکل (۲) نیرو برابر با $F = qvB \sin \theta$ است. در شکل (۱) با توجه به مثبت بودن بار و بنا بر قاعده دست راست، نیروی وارد بر بار باید رو به بالا باشد که چنین نیست و شکل نادرست است.

تست‌های مشابه: ۷۴۸ تا ۷۵۰

۱۳- گزینه ۳

قطب‌نما همواره مماس بر خطوط میدان قرار می‌گیرد.



تست‌های مشابه: ۹۱۵ و ۹۱۶

$$B = \mu_0 \frac{N}{l} I \Rightarrow B = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{100}{0.2} \times 5 = 4\pi \times 10^{-5} \times \frac{5}{2} = \pi \times 10^{-4} \text{ T}$$

۱۴- گزینه ۲ میدان مغناطیسی درون سیملوله را حساب می‌کنیم:

$$\Phi = BA \cos \theta$$

شار گذرنده از سیملوله برابر است با:

خطوط میدان درون سیملوله در امتداد محور سیملوله و عمود بر سطح حلقه‌های آن است ($\theta = 0^\circ$, $\cos \theta = 1$). در این صورت:

$$\Phi = BA \Rightarrow \Phi = \pi \times 10^{-4} \times \pi (2 \times 10^{-2})^2 \Rightarrow \Phi = 4\pi^2 \times 10^{-8} \xrightarrow{\pi^2 \approx 10} \Phi = 4 \times 10^{-7} \text{ Wb}$$

۱۵- گزینه ۳ ایجاد نیروی محرکه در اثر تغییر میدان مغناطیسی صورت گرفته است. دقت کنید در بررسی تغییر میدان مغناطیسی باید جهت میدان در نظر

گرفته شود.

$$\alpha = 90^\circ \Rightarrow \theta = 0^\circ, N = 20, A = 100 \text{ cm}^2 = 10^{-2} \text{ m}^2, \Delta t = 0.2 \text{ s}, B_1 = 0.2 \text{ T}, B_2 = -0.5 \text{ T}$$

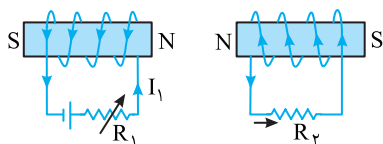
$$|\varepsilon| = \left| -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| = \left| \frac{-NA \Delta B \cos \theta}{\Delta t} \right| \Rightarrow |\varepsilon| = \left| \frac{-20 \times 10^{-2} \times (-0.5 - 0.2) \times 1}{2 \times 10^{-1}} \right| \Rightarrow |\varepsilon| = 0.7 \text{ V}$$

تست‌های مشابه: ۹۴۳ تا ۹۴۵

$$\varepsilon = -N \frac{d\Phi}{dt} \Rightarrow \text{ولت} = \frac{\text{وبر}}{\text{ثانیه}} = \text{یکای آهنگ تغییر شار}$$

۱۶- گزینه ۳ با توجه به قانون القای الکترومغناطیسی فاراده داریم:

تست‌های مشابه: ۱۰۳۵ تا ۱۰۳۹

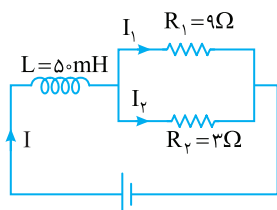


۱۷- گزینه ۱ اگر مقاومت R_1 را کاهش دهیم، جریان در مدار آن افزایش می‌یابد. شار گذرنده از مدار

دوم افزایش یافته و جریان القایی در مدار آن در جهت (۱) ایجاد می‌شود تا با افزایش شار مخالفت کند.

تغییرات جریان در مدار اول موقتی و تغییر شار آن نیز موقتی است. پس جریان القا شده در مدار دوم نیز موقتی خواهد بود.

تست‌های مشابه: ۱۰۵۴ تا ۱۰۵۶



$$P_2 = R_2 I_2^2 \Rightarrow 27 = 3 I_2^2 \Rightarrow I_2 = 3 \text{ A}$$

در مقاومت‌های موازی جریان به نسبت وارون مقاومت‌ها تقسیم می‌شود. بنابراین جریان مقاومت R_1 برابر خواهد شد با:

$$I_1 R_1 = I_2 R_2 \Rightarrow 9 I_1 = 3 \times 3 \Rightarrow I_1 = 1 \text{ A}$$

بنا بر قانون جریان‌های کیرشهوف جریان کل مدار برابر است با:

$$I = I_1 + I_2 \Rightarrow I = 1 + 3 \Rightarrow I = 4 \text{ A}$$

$$U = \frac{1}{2} L I^2 \Rightarrow U = \frac{1}{2} \times 50 \times 10^{-3} \times 4^2 = 0.4 \text{ J}$$

انرژی ذخیره شده در سیملوله برابر خواهد شد با:

تست‌های مشابه: ۹۶۰ تا ۹۶۳

۱۹- گزینه ۲ بار الکتریکی گذرنده از مدار از رابطه $q = I \Delta t$ و جریان به کمک قانون اهم ($I = \frac{\varepsilon}{R}$) به دست می‌آید و بنا بر قانون القای الکترومغناطیسی فاراده

$$\varepsilon = - \frac{N \Delta \Phi}{\Delta t}$$

$$q = I \Delta t = \frac{\varepsilon}{R} \Delta t = \frac{-N \Delta \Phi}{R \Delta t} \Delta t = \frac{-N \Delta \Phi}{R} = -50 \times \frac{(0 - 0.4)}{5} = 0.4 \text{ C}$$

تست‌های مشابه: ۱۰۷۱ و ۱۰۷۲

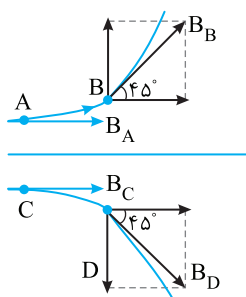
۲۰- گزینه ۲ مبدل A افزایشده و مبدل‌های B و C کاهشده هستند.

پاسخ آزمون ۲

تست‌های مشابه: ۷۳۸ تا ۷۴۱

۱- گزینه ۲

میدان مغناطیسی در هر نقطه مماس بر خطوط میدان و هم‌سو با خطوط میدان است. پس میدان مغناطیسی

(B) در نقطه B می‌تواند به صورت $\vec{B} = 0.2\vec{i} + 0.2\vec{j}$ باشد.

تست‌های مشابه: ۷۳۴ تا ۷۳۷

۲- گزینه ۲

با توجه به جهت مالش آهنربا، نوک سوزن قطب S می‌شود که جهت جنوب جغرافیایی را نشان می‌دهد.

تست‌های مشابه: ۷۵۳ تا ۷۵۵ و ۷۶۲ و ۷۶۳

۳- گزینه ۳

راستای نیروی مغناطیسی بر راستای سرعت ذره و خطوط میدان عمود است و گزاره (الف) درست است. نیروی مغناطیسی بر راستای حرکت

(سرعت ذره) عمود است پس کاری روی ذره انجام نمی‌دهد و تندی ذره را تغییر نمی‌دهد، تنها باعث تغییر جهت ذره می‌شود و گزاره (ب) درست است. در رابطه

 $F = qvB \sin \theta$ ، زاویه بین راستای حرکت ذره و خطوط میدان است و نیرو همواره بر v و B عمود است بنابراین گزاره (پ) نادرست است.

تست‌های مشابه: ۷۷۲ تا ۷۷۴

۴- گزینه ۲

میدان الکتریکی در جهت مثبت محور y ها بر این ذره نیرو وارد می‌کند:

$$F_E = qE \Rightarrow F_E = 5 \times 10^{-6} \times 10^5 \Rightarrow F_E = 0.5 \text{ N}$$

بار الکتریکی در جهت مثبت محور y ها در حرکت است، میدان مغناطیسی در جهت مثبت محور x ها است. نیروی میدان مغناطیسی بر سرعت و میدان عمود است. بنابرایننیروی میدان مغناطیسی بر نیروی الکتریکی F_E که در امتداد محور y ها است نیز عمود می‌باشد.

$$F_B = qvB \Rightarrow F_B = 5 \times 10^{-6} \times 10^6 \times 0.1 \Rightarrow F_B = 0.5 \text{ N}$$

$$F = \sqrt{F_B^2 + F_E^2} = \sqrt{(0.5)^2 + (0.5)^2} = \frac{\sqrt{2}}{2} \text{ N}$$

نیروی الکترومغناطیسی وارد بر ذره خواهد شد با:

تست‌های مشابه: ۷۹۵ تا ۷۹۷

۵- گزینه ۳

نیروی که بر سیم وارد می‌شود، در اثر مولفه B_x است و به دلیل اینکه راستای سیم در جهت محور y (C) است، از طرف B_y بر سیم نیرویی وارد نمی‌شود.

$$F = I l B_x \Rightarrow F = 2 \times 0.5 \times 0.2 \Rightarrow F = 0.2 \text{ N}$$

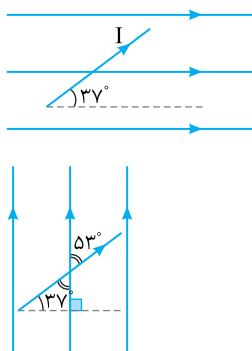
با توجه به قاعده دست راست و داشتن جهت جریان و میدان مغناطیسی، جهت نیرو برونسو است.

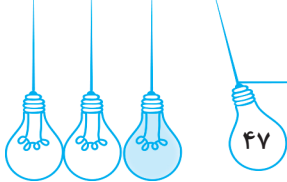
تست‌های مشابه: ۷۸۷ تا ۷۹۱

۶- گزینه ۱

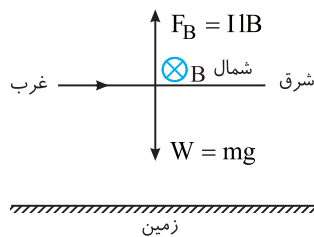
در رابطه $F = I l B \sin \theta$ ، منظور از θ زاویه بین سیم حامل جریان و خطوط میدان مغناطیسی است. پس(A) در شکل (الف) $\theta_1 = 37^\circ$ است و در شکل (ب) $\theta_2 = 53^\circ$ است.

$$\begin{cases} F_1 = I l B \sin 37^\circ \\ F_2 = I l B \sin 53^\circ \end{cases} \Rightarrow \frac{F_1}{F_2} = \frac{\sin 37^\circ}{\sin 53^\circ} = \frac{0.6}{0.8} = \frac{3}{4}$$





تست‌های مشابه: ۷۹۸ تا ۸۰۱



۷- گزینه ۳ جهت رو به شمال را درونسو می‌گیریم. نیروی وزن رو به پایین است بنابراین نیروی وارد بر سیم حامل جریان باید رو به بالا و برابر نیروی وزن باشد تا سیم ساکن و در حال تعادل بماند. بنا بر قاعده دست راست برای آن‌که نیروی F_B رو به بالا باشد باید میدان مغناطیسی رو به شمال (درونسو) باشد. اکنون اندازه میدان را به دست می‌آوریم:

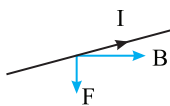
$$\begin{cases} F = IIB \\ W = mg \end{cases} \Rightarrow mg = IIB \Rightarrow 4 \times 10^{-3} \times 10 \times 0.5 \times 4 \times B \Rightarrow B = 0.2 T$$

تست‌های مشابه: ۸۰۲ و ۸۰۳

۸- گزینه ۳ عامل تغییر عدد نشان داده شده در ترازو، نیرویی وارد بر آهنربا از طرف سیم حامل جریان است که این نیرو طبق قانون سوم نیوتون عکس‌العمل نیرویی است که آهنربا به سیم حامل جریان وارد کرده، پس با آن هم اندازه است: $F_B = 8 \times 10^{-3} N \Rightarrow IIB = 8 \times 10^{-3} \Rightarrow I \times \frac{2}{100} \times 10 \times 10^{-4} = 8 \times 10^{-3} \Rightarrow I = 4 A$

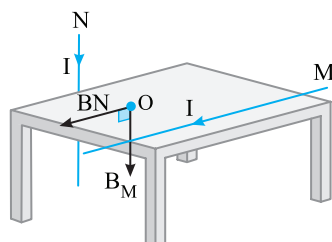
$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow 2 = \frac{V}{4} \Rightarrow V = 8 V$$

با توجه به اینکه در مدار در مقاومت 2Ω داریم:



چون عددی که ترازو نشان می‌دهد کاهش یافته، پس نیروی مغناطیسی وارد بر آهنربا، روبه بالا بوده و همان‌طور که گفته شد با توجه به قانون سوم نیوتون، نیرویی که میدان مغناطیسی آهنربا به سیم وارد می‌کند رو به پایین است و میدان مغناطیسی آهنربا در محل سیم با توجه به قطب‌های آهنربا به سمت راست است، حال با توجه به قاعده دست راست جهت جریان را به دست می‌آوریم. جهت جریان نشان می‌دهد که جریان از نقطه M خارج و به نقطه N وارد می‌شود پس باید باتری B در مدار قرار گیرد.

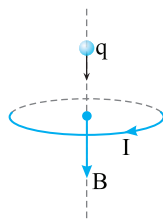
تست‌های مشابه: ۹۰۷ و ۹۰۸



۹- گزینه ۲ ابتدا جهت میدان‌های حاصل از دو سیم M و N را با توجه به قاعده دست راست در نقطه O به دست می‌آوریم. میدان سیم M در نقطه O در جهت روبه پایین میز و میدان سیم N روی سطح میز خواهد بود، بنابراین دو میدان بر هم عمودند و خواهیم داشت:

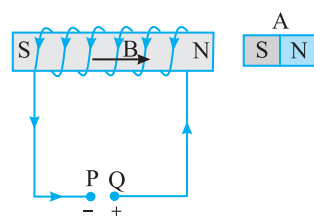
$$B_O = \sqrt{B_M^2 + B_N^2} \Rightarrow \sqrt{5} B = \sqrt{B^2 + B_N^2} \Rightarrow 5B^2 = B^2 + B_N^2 \Rightarrow 4B^2 = B_N^2 \Rightarrow B_N = 2B$$

تست‌های مشابه: ۸۶۰ و ۸۶۱



۱۰- گزینه ۱ خط میدان مغناطیسی در مرکز حلقه در امتداد محور حلقه و با توجه به جهت جریان حلقه رو به پایین است. ذره با بار q در امتداد محور رها شده است و زاویه بین راستای حرکت ذره و میدان مغناطیسی حلقه صفر است، بنابراین از طرف حلقه حامل جریان بر بار q نیروی مغناطیسی وارد نمی‌شود. به همین دلیل ذره با شتاب گرانش g سقوط خواهد کرد. ($a = g$)

تست‌های مشابه: ۸۶۵ تا ۸۷۱



۱۱- گزینه ۲ با وصل کلید، ربایش صورت گرفته است. بنابراین سمت راست سیم‌لوله قطب N است و میدان درون سیم‌لوله به سمت راست است و پایانه Q مثبت است.

تست‌های مشابه: ۸۹۸ تا ۹۰۱

۱۲- گزینه ۳ مواد فرومغناطیسی دارای حوزه‌های مغناطیسی هستند و اگر فلز فرومغناطیسی نرم باشد، حجم حوزه‌های مغناطیسی آن در اثر میدان خارجی به راحتی تغییر می‌کند پس فلز B فرومغناطیسی نرم است. اگر فلز فرومغناطیسی سخت باشد حجم حوزه‌های مغناطیسی آن در اثر میدان خارجی به سختی تغییر می‌کند پس فلز A فرومغناطیسی سخت است.

تست‌های مشابه: ۹۱۵ تا ۹۱۷

$$\theta = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$$

$$\Phi = BA \cos \theta = \frac{\sqrt{3}}{2} BA$$

۱۳- گزینه ۱ زاویه بین خط‌های میدان و نیم‌خط عمود بر سطح برابر است با:

با توجه به تعریف شار مغناطیسی داریم:

تست‌های مشابه: ۹۴۳ تا ۹۴۵

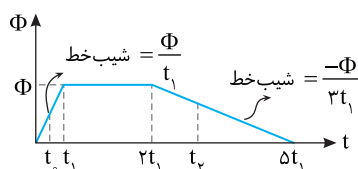
۱۴- گزینه ۲ بنا بر قانون القای الکترومغناطیسی فاراده نیروی محرکه القایی با آهنگ تغییر شار متناسب است. از طرفی آهنگ تغییر میدان $\frac{\Delta B}{\Delta t}$ است. پس

می‌توان نوشت:

$$\theta = 0 \Rightarrow \text{پیچ بر میدان عمود است}$$

$$|\varepsilon| = |-N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}| = |-NA \frac{\Delta B}{\Delta t} \cos \theta| \Rightarrow 10^{-4} = 100 \times 50 \times 10^{-4} \times \frac{\Delta B}{\Delta t} \times 1 \Rightarrow \frac{\Delta B}{\Delta t} = 2 \text{ T/s}$$

تست‌های مشابه: ۹۹۵ تا ۹۹۷



۱۵- گزینه ۲ اگر نمودار $\Phi-t$ به صورت خطی باشد شیب نمودار برابر $\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ است و در رابطه نیروی

محرکه القایی متوسط $(\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t})$ می‌توان به جای شیب نمودار را قرار داد. می‌دانیم برای یک خط

راست، شیب ثابت است. در نمودار روبه‌رو در بازه‌های صفر تا t_0 ، t_0 تا t_1 و صفر تا t_1 شیب خط ثابت است و برای به‌دست آوردن شیب خط باید بینیم اطلاعات کدام بازه زمانی را در اختیار داریم.

$$|\bar{\varepsilon}_{t=0 \text{ تا } t_1}| = |-N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}| \Rightarrow |\bar{\varepsilon}_{t=0 \text{ تا } t_1}| = \frac{\Phi}{t_1} \Rightarrow \frac{|\bar{\varepsilon}_{t=0 \text{ تا } t_1}|}{|\bar{\varepsilon}_{t_1 \text{ تا } \Delta t_1}|} = \frac{t_1}{3t_1} = \frac{1}{3}$$

$$|\bar{\varepsilon}_{t_1 \text{ تا } \Delta t_1}| = |-N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}| \Rightarrow |\bar{\varepsilon}_{t_1 \text{ تا } \Delta t_1}| = \frac{-\Phi}{\Delta t_1 - t_1} = \frac{\Phi}{3t_1}$$

تست‌های مشابه: ۹۴۰ تا ۹۴۲

۱۶- گزینه ۱ با توجه به قانون القای الکترومغناطیسی فاراده:

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \xrightarrow{N=1} \bar{\varepsilon} = -1 \frac{\Delta B}{\Delta t} \Rightarrow \bar{\varepsilon} = -A \frac{\Delta B}{\Delta t}$$

برای آنکه نیروی محرکه القایی متوسط صفر شود باید $\Delta B = 0$ باشد و معادله $B = (t^2 - \Delta t - \varepsilon) \times 10^{-4}$ ، معادله درجه ۲ است و نمودار آن سهمی است و می‌دانیم سهمی نسبت به رأس متقارن است از این رو ابتدا مختصات رأس را حساب می‌کنیم.

در هر بازه‌ای که در آن ابتدا و انتهای بازه دارای فاصله یکسان از رأس سهمی باشد، B برابر است. بنابراین گزینه (۱) که فاصله ابتدا و انتهای بازه زمانی تا رأس سهمی یکسان است دارای میدان مغناطیسی یکسانی است و ΔB آن صفر است، در این صورت $\Delta \Phi = 0$ شده و نیروی محرکه القایی متوسط صفر می‌شود.

تست‌های مشابه: ۱۰۵۹ تا ۱۰۶۱

۱۷- گزینه ۲ با توجه به شکل، قاب موازی خطوط میدان مغناطیسی در داخل میدان مغناطیسی قرار گرفته است پس $\Phi = 0$ است. در یک مولد جریان متناوب معادله شار مغناطیسی - زمان تابعی کسینوسی و معادله نیروی محرکه - زمان تابعی سینوسی است. پس اگر شار مغناطیسی صفر باشد $(\cos \theta = 0)$ نیروی محرکه پیشینه است $(\sin \theta = 1)$

تست‌های مشابه: ۸۸۱ تا ۸۸۴

۱۸- گزینه ۴ با توجه به مشخصات لامپ‌ها، مقاومت آن‌ها را به‌دست می‌آوریم:

$$P = I^2 R, V = 20 \text{ V}, P = \frac{V^2}{R} \Rightarrow R = \frac{400}{10} = 40 \Omega$$

دو لامپ با هم موازی هستند و مقاومت آن‌ها با هم برابر و مقاومت سیم‌لوله ناچیز است بنابراین مقاومت معادل مدار خواهد شد:

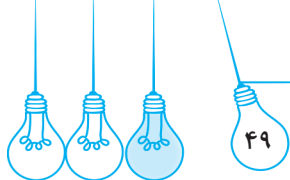
$$R_{eq} = \frac{R}{n} = \frac{40}{2} = 20 \Omega$$

$$I = \frac{V}{R_{eq}} \Rightarrow I = \frac{20}{20} = 1 \text{ A}$$

حال جریان مدار را به‌دست می‌آوریم:

سیم‌لوله با مولد متوالی است از این‌رو جریان عبوری از سیم‌لوله نیز ۱A است:

$$B = \mu_0 \frac{NI}{l} \Rightarrow B = 12/5 \times 10^{-7} \times \frac{1000}{1} \times 1 = 10^{-2} \text{ T} \Rightarrow B = 10^{-2} \text{ T} \times \frac{10^4 \text{ G}}{1 \text{ T}} = 100 \text{ G}$$



تست‌های مشابه: ۱۰۴۵ تا ۱۰۴۷

$$I = 0.4H, \quad I = I_{\max} \sin \omega t = 5 \sin(50\pi t) \Rightarrow I_{\max} = 5A$$

با توجه به داده‌های سؤال داریم:

۱۹- گزینه ۴

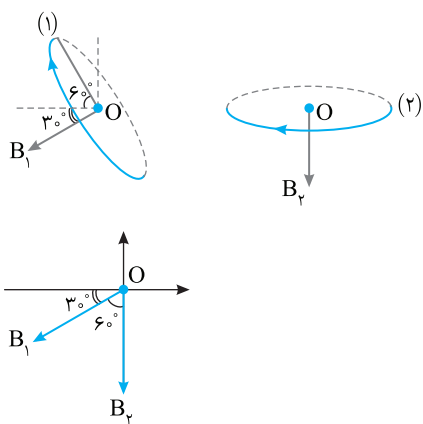
انرژی ذخیره شده در سیم‌لوله برابر $\frac{1}{2}LI^2$ است و زمانی بیشینه می‌باشد که جریان عبوری از آن بیشترین مقدار باشد.

$$U = \frac{1}{2}LI^2 \Rightarrow U_{\max} = \frac{1}{2}LI_{\max}^2 = \frac{1}{2} \times 0.4 \times (5)^2 = 0.2 \times 25 = 0.5J = 0.5 \times 10^{-3} mJ = 0.5 mJ$$

تست‌های مشابه: ۸۶۲ و ۸۶۳

۲۰- گزینه ۲ ابتدا به صورت جداگانه میدان حاصل از هر حلقه را در نقطه O با توجه به قاعده

دست راست به دست می‌آوریم.



بنابراین زاویه بین B_1 و B_2 مطابق شکل برابر 60° می‌شود.

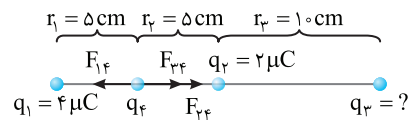
پاسخ آزمون ۱



۱- گزینه ۳ دو بار q_1 و q_2 در فاصله یکسانی از بار q_4 قرار گرفته اند اما بار q_1 بزرگ تر از بار

q_2 است. بنابراین نیروی خالص از طرف q_1 و q_2 بر q_4 به سمت نیروی q_1 می باشد، در نتیجه نیرویی که از طرف q_3 بر q_4 وارد می شود باید در راستای نیرویی باشد که q_2 بر q_4 وارد می کند در واقع باید q_3 با q_2 هم علامت باشند. حال فرض می کنیم q_4 دارای بار منفی باشد در این صورت نیروهایی که از طرف q_1 و q_2 و q_3 بر q_4 وارد می شود به صورت مقابل می باشد.

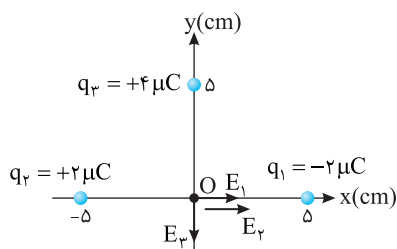
با توجه به فرض مسأله برآیند نیروهای وارد بر q_4 باید صفر باشد بنابراین:



$$F_{13} = F_{12} + F_{23} \Rightarrow k \frac{q_1 q_3}{r_1^2} = k \frac{q_1 q_2}{r_1^2} + k \frac{q_2 q_3}{(r_2 + r_1)^2} \Rightarrow k \frac{q_1 q_3}{r_1^2} = k q_2 \left(\frac{q_1}{r_1^2} + \frac{q_3}{(r_2 + r_1)^2} \right) \Rightarrow \frac{q_1}{r_1^2} = \frac{q_2}{r_1^2} + \frac{q_3}{(r_2 + r_1)^2}$$

$$\frac{4 \times 10^{-6}}{(5 \times 10^{-2})^2} = \frac{2 \times 10^{-6}}{(5 \times 10^{-2})^2} + \frac{q_3}{(15 \times 10^{-2})^2} \Rightarrow \frac{4 \times 10^{-6}}{(5 \times 10^{-2})^2} - \frac{2 \times 10^{-6}}{(5 \times 10^{-2})^2} = \frac{q_3}{(15 \times 10^{-2})^2} \Rightarrow \frac{2 \times 10^{-6}}{25 \times 10^{-4}} = \frac{q_3}{225 \times 10^{-4}} \Rightarrow q_3 = 18 \times 10^{-6} \text{ C} = 18 \mu\text{C}$$

۲- گزینه ۴ با توجه به شکل، میدان حاصل از هر بار در نقطه O را مشخص می کنیم:



$$E_1 = k \frac{q_1}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6}}{(5 \times 10^{-2})^2} = 7.2 \times 10^6 \text{ N/C}, E_2 = E_1 = 7.2 \times 10^6 \text{ N/C}$$

$$E_3 = k \frac{q_3}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6}}{(5 \times 10^{-2})^2} = 14.4 \times 10^6 \text{ N/C} = 1.44 \times 10^7 \text{ N/C}$$

بردارهای E_1 و E_2 هم جهت می باشند:

$$E_{1,2} = E_1 + E_2 = 7.2 \times 10^6 + 7.2 \times 10^6 = 14.4 \times 10^6 \text{ N/C} = 1.44 \times 10^7 \text{ N/C}$$

بردار $E_{1,2}$ بر بردار E_3 عمود می باشد:

$$\vec{E} = 1.44 \times 10^7 \vec{i} - 1.44 \times 10^7 \vec{j}$$

۳- گزینه ۱ بار منفی کره، بار مثبت را می رباید در این صورت شخص باید نیرویی در خلاف جهت حرکت

ذره وارد کند تا ذره با بار مثبت با سرعت ثابت حرکت کند. در این صورت $F_{\text{دست}}$ به صورت شکل روبه رو است.

$$W = F_{\text{دست}} d \cos 180^\circ = -F_{\text{دست}} d < 0 \Rightarrow W < 0$$

کار نیروی میدان الکتریکی کره باردار خواهد شد.

از طرفی با حرکت به سمت بار منفی پتانسیل کاهش می یابد. بنابراین $V_B < V_A$ بوده و

$$\Delta V = V_A - V_B > 0 \text{ است.}$$

۴- گزینه ۱ با توجه به فرض مسأله می توان نوشت:

$$U_p = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} U_1 \Rightarrow \frac{1}{2} C V_p^2 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{2} C V_1^2 \right) \Rightarrow V_p = 0.2 V_1$$

بنابراین اختلاف پتانسیل به اندازه $V_p - V_1 = 0.2 V_1 - V_1 = -0.8 V_1$ تغییر می کند، یعنی ۸۰٪ کاهش می یابد.

۵- گزینه ۲ ذره آلفا دارای دو بار مثبت می باشد؛ بنابراین:

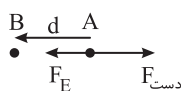
$$q = +ne = 2 \times 1.6 \times 10^{-19} = 3.2 \times 10^{-19} \text{ C}$$

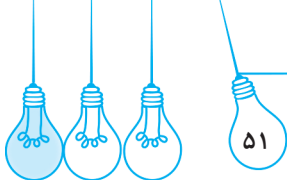
میدان الکتریکی یکنواخت بین دو صفحه را حساب می کنیم:

$$E = \frac{V}{d} \Rightarrow E = \frac{200}{1 \times 10^{-2}} = 2 \times 10^4 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

$$F = Eq = 2 \times 10^4 \times 3.2 \times 10^{-19} = 6.4 \times 10^{-15} \text{ N}$$

نیروی وارد بر ذره آلفا برابر است با:





۶- گزینه ۲ مقاومت سیم‌ها را از رابطه $R = \rho \frac{l}{A}$ به دست می‌آوریم که اطلاعات مربوط به ρ (مقاومت ویژه) و l در صورت سؤال ذکر شده است:

$$I_{Cu} = I_{Al} = I \quad \rho_{Cu} = \frac{1}{3} \rho_{Al} \quad \text{طول سیم‌ها}$$

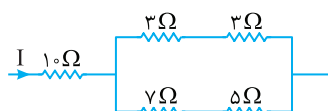
حال با توجه به چگالی داده شده رابطه بین A دو سیم را به دست می‌آوریم:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{A \times l} \quad \begin{cases} \rho_{Cu} = \frac{m_{Cu}}{A_{Cu} \times l} \\ \rho_{Al} = \frac{m_{Al}}{A_{Al} \times l} \end{cases} \Rightarrow \frac{1}{3} = \frac{A_{Al} m_{Cu}}{A_{Cu} m_{Al}} \quad (1)$$

$$R_{Cu} = 2R_{Al} \Rightarrow \rho_{Cu} \times \frac{A_{Cu}}{l} = 2 \times (\rho_{Al} \times \frac{A_{Al}}{l}) \Rightarrow A_{Cu} = 4A_{Al} \quad (2)$$

$$(1), (2) \Rightarrow \frac{1}{3} = \frac{A_{Al} m_{Cu}}{4A_{Al} \times m_{Al}} \Rightarrow \frac{m_{Al}}{m_{Cu}} = \frac{4}{3} = \frac{3}{4}$$

از رابطه (۱) و (۲) نتیجه می‌شود:



۷- گزینه ۴ اگر جریان عبوری از مقاومت 5Ω را برابر I_1 بگیریم توان مصرفی این مقاومت برابر است با:

$$P_{5\Omega} = RI^2 = 5I_1^2$$

چون مقاومت‌های 5Ω و 7Ω با هم متوالی‌اند جریان عبوری از آن‌ها با هم یکسان و برابر I_1 می‌باشد بنابراین ولتاژ معادل دو سر مقاومت‌های 5Ω و 7Ω برابر است.

مقاومت معادل 5Ω و 7Ω با مقاومت معادل 3Ω و 3Ω موازی می‌باشد، پس ولتاژ دو سر آن‌ها برابر است با $12I_1$ ، بنابراین جریان عبوری از هر کدام از مقاومت‌های 3Ω که با هم متوالی هستند، برابر است با:

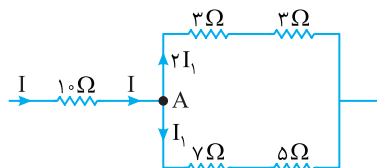
$$V_{AB} = 12I_1 \quad R_{AB} = 3 + 3 = 6\Omega \Rightarrow I = \frac{12I_1}{6} = 2I_1$$

بنابراین داریم:

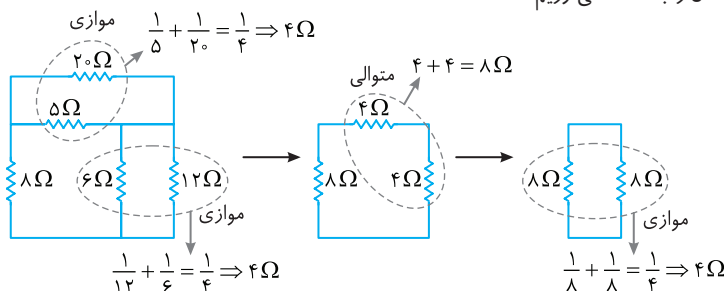
اکنون با توجه به قاعده انشعابی کیرشهوف I را حساب می‌کنیم:

$$I = 2I_1 + I_1 = 3I_1 \Rightarrow P_{10\Omega} = RI^2 = 10 \times (3I_1)^2$$

$$\frac{P_{5\Omega}}{P_{10\Omega}} = \frac{5 \times I_1^2}{10 \times 9I_1^2} = \frac{1}{18} \quad \text{نسبت توان مصرفی در مقاومت } 5\Omega \text{ به توان مصرفی در مقاومت } 10\Omega \text{ خواهد شد:}$$



۸- گزینه ۳ ابتدا مقاومت معادل را به دست می‌آوریم:



$$R_{eq} = 4 + R$$

$$I = \frac{10}{4 + R + 1} = 1 \Rightarrow 10 = 4 + 1 + R \Rightarrow R = 5\Omega$$

بنابراین مقاومت معادل خواهد شد:

آمپرسنج در این مدار جریان کل را نشان می‌دهد از این‌رو:

۹- گزینه ۳ با افزایش مقاومت متغیر R_1 ، مقاومت معادل مدار R_{eq} افزایش می‌یابد یعنی مقاومت معادل مدار R_p افزایش می‌یابد و جریان مدار کاهش می‌یابد.

$$I_{کل} = \frac{V}{R_{eq} + r} \quad \text{با افزایش } R_{eq} \rightarrow \text{کاهش می‌یابد}$$

$$V_1 = \varepsilon - Ir \quad \text{کاهش } I \rightarrow \text{افزایش می‌یابد}$$

ولت‌سنج V_1 اختلاف پتانسیل دو سر مولد را نشان می‌دهد:

$$V_{R_p} = R_p I \quad \text{کاهش } I \rightarrow \text{کاهش می‌یابد}$$

اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R_p را بررسی می‌کنیم:

با توجه به این‌که ولتاژ کل مدار برابر مجموع ولتاژ مقاومت‌های R_1 و R_p می‌باشد؛ داریم: $V_1 = V_{R_1} + V_{R_p}$ ولت‌سنج V_p ولتاژ مقاومت R_1 را نشان می‌دهد، پس V_p افزایش می‌یابد.

(۱) ابتدا با توجه به نمودار q را به دست می آوریم:

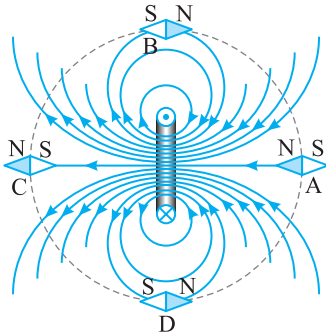
۱۰- گزینه ۲

(A)

$$E = k \frac{q}{r^2} \Rightarrow \frac{E=1 \times 10^3 \frac{N}{C}}{r=6 \text{ cm} = 0.06 \text{ m}} \Rightarrow 1 \times 10^3 = 9 \times 10^9 \times \frac{q}{36 \times 10^{-2}} \Rightarrow q = 4 \times 10^{-6} \text{ C} = 4 \mu\text{C}$$

(۲) حال نیرویی که بار $q = 4 \mu\text{C}$ و بار $2q = 8 \mu\text{C}$ در فاصله 3 cm به هم وارد می کنند را حساب می کنیم:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \Rightarrow F = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6} \times 8 \times 10^{-6}}{9 \times 10^{-2}} = 3/2 \text{ N}$$



۱۱- گزینه ۴ با توجه به شکل، عقربه از نقطه A تا B 18° ، از نقطه B تا C 18° ، از نقطه C تا D 18° و

از نقطه D تا A 18° می چرخد که جمعاً خواهد شد:

$$18^\circ + 18^\circ + 18^\circ + 18^\circ = 72^\circ$$

(A)

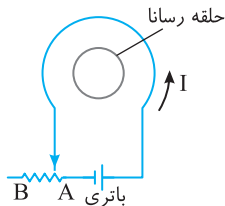
۱۲- گزینه ۳ ابتدا با توجه به رابطه $F = qvB \sin \alpha$ نیروی وارد بر ذره را به دست می آوریم. دقت کنید که ذره در جهت عمود بر میدان مغناطیسی بر آن وارد

$$F = qvB \sin \alpha = qvB = 4 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^4 \times 2 \times 10^{-3} = 8 \times 10^{-4} \text{ N}$$

شده بنابراین $\sin \alpha$ برابر یک می باشد:

$$F = ma \Rightarrow 8 \times 10^{-4} = 4 \times 10^{-6} \times a \Rightarrow a = 2 \text{ m/s}^2$$

حال با توجه به قانون دوم نیوتون $F = ma$ شتاب ذره را به دست می آوریم:



۱۳- گزینه ۱ با حرکت رئوس A به سمت B مقاومت بیشتری در مدار قرار می گیرد، بنابراین جریان عبوری

I کاهش می یابد و شار در حال کاهش می باشد؛ تغییر شار سبب ایجاد جریان القایی در حلقه رسانا می شود که میدان

مغناطیسی القایی باید با میدان مغناطیسی حاصل از جریان I هم جهت باشد تا با کاهش شار مخالفت کند (بنا به قانون لنز)

از این رو جهت میدان مغناطیسی القایی باید برونسو باشد.

۱۴- گزینه ۴ ابتدا ضریب القاوری را به دست می آوریم:

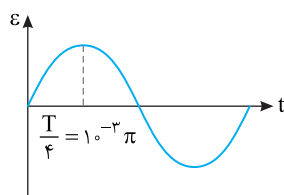
$$L = \frac{N^2 \mu_0 \mu_r A}{l} = \frac{(100)^2 \times (\pi \times (2 \times 10^{-2})^2) \times (1) \times (4\pi \times 10^{-7})}{0.1} = \frac{10^4 \times 3 \times 4 \times 10^{-4} \times 1 \times 2 \times 10^{-7}}{0.1} = 144 \times 10^{-6} = 1/44 \times 10^{-4} \text{ H}$$

$$I = 4 \times (3)^2 - 5(3) - 1 = 20 \text{ A}$$

حال جریان را در لحظه $t = 3 \text{ s}$ حساب می کنیم:

$$U = \frac{1}{2} LI^2 = \frac{1}{2} \times 1/44 \times 10^{-4} \times 400 = 2/88 \times 10^{-2} \text{ J} = 28/8 \text{ mJ}$$

انرژی ذخیره شده در سیم لوله در $t = 3 \text{ s}$ خواهد شد:



۱۵- گزینه ۴ با توجه به رابطه شار $\Phi = BA \cos(\frac{2\pi}{T} t)$ و $BA = 0.02 \text{ Wb}$ و $\frac{2\pi}{T} = 500 \text{ rad/s}$ بنابراین

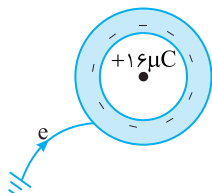
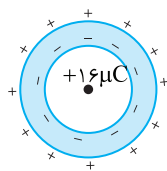
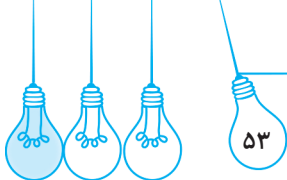
$$I_{\max} = \frac{NBA(\frac{2\pi}{T})}{R} = \frac{4 \times 0.02 \times 500}{10} = 4 \text{ A}$$

حال معادله نیرو محرکه القایی را می نویسیم:

$$\varepsilon = NBA(\frac{2\pi}{T}) \sin(500 t) = 4 \sin(500 t) \Rightarrow \frac{2\pi}{T} = 500 \Rightarrow T = \frac{2\pi}{500} = 4 \times 10^{-3} \pi \Rightarrow \frac{T}{4} = 10^{-3} \pi$$

بنابراین نمودار شکل (۴) درست است.

(B)



۱- گزینه ۳ اگر بار $+16 \mu C$ را در مرکز یک کره رسانای توخالی قرار دهیم، روی سطح داخلی کره بار $-16 \mu C$ و روی سطح خارجی آن، بار $+16 \mu C$ قرار می‌گیرد. هنگامی که این کره تو خالی را به زمین وصل می‌کنیم بار سطح خارجی کره خنثی می‌شود. پس بار منتقل شده $+16 \mu C$ است (بار روی سطح داخلی تحت تأثیر بار در مرکز پوسته می‌باشد و حرکت نمی‌کند)

$$q = \pm ne \Rightarrow 1/6 \times 10^{-6} = n \times 1/6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = 10^{13}$$

در واقع 10^{13} الکترون از زمین به سطح خارجی پوسته منتقل شده و سطح خارجی بدون بار می‌شود.

$$q_1 + q_2 = q'_1 + q'_2$$

۲- گزینه ۴ هنگامی که ۲۵٪ از بار q_2 را به بار q_1 می‌دهیم مجدداً مجموع دو بار ثابت می‌ماند؛ بنابراین: اگر دو کره را به هم تماس دهیم بار هر دو کره با هم یکسان و برابر خواهد شد:

$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2} \xrightarrow{q'_1 + q'_2 = q_1 + q_2} q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{15 + 5}{2} = 10 \mu C$$

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = k \times \frac{5 \times 10^{-6} \times 15 \times 10^{-6}}{r^2} = 75 \times 10^{-12} \frac{k}{r^2}$$

نیروی بین دو کره را در دو حالت به دست می‌آوریم:

$$F' = k \frac{q'_1 q'_2}{r^2} = k \times \frac{10 \times 10^{-6} \times 10 \times 10^{-6}}{r^2} = 100 \times 10^{-12} \times \frac{k}{r^2}$$

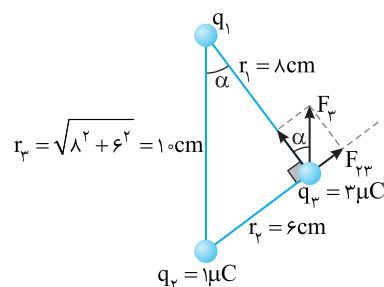
$$\Delta F = \left(\frac{100 \times 10^{-12}}{r^2} - \frac{75 \times 10^{-12}}{r^2} \right) k = \frac{25 \times 10^{-12}}{r^2} k$$

در حالت دوم نیرو به اندازه زیر افزایش می‌یابد:

$$\frac{\Delta F}{F} = \frac{\frac{25 \times 10^{-12}}{r^2} k}{\frac{75 \times 10^{-12}}{r^2} k} = \frac{1}{3} \approx 33\%$$

در نتیجه:

بنابراین نیرو تقریباً ۳۳٪ افزایش می‌یابد.



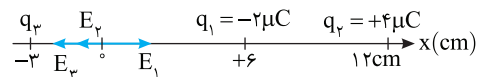
۳- گزینه ۱ با توجه به اینکه F_3 با خط واصل بین q_1 و q_2 موازی است و با استفاده از قضیه خطوط موازی و مورب داریم:

$$F_{33} = F_3 \sin \alpha \Rightarrow k \frac{q_2 q_3}{r_2^2} = F_3 \frac{r_2}{r_3}$$

$$9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-12}}{36 \times 10^{-4}} = F_3 \times 0/6 \Rightarrow \frac{3}{4} \times 10^0 = F_3 \times 0/6 \Rightarrow \frac{5}{4} = F_3 \Rightarrow F_3 = 12/5 N$$

۴- گزینه ۳ بارها را روی محور Xها قرار می‌دهیم:

با توجه به فرض مسأله E_T باید در مبدأ صفر شود، یعنی بردارهای E_2 و E_3 باید E_1 را خنثی کنند از این رو:



$$E_1 = E_2 + E_3 \Rightarrow \frac{k \times 2 \times 10^{-6}}{(6 \times 10^{-2})^2} = \frac{k \times 4 \times 10^{-6}}{(12 \times 10^{-2})^2} + \frac{k q_3}{(3 \times 10^{-2})^2}$$

$$\frac{2 \times 10^{-6}}{36 \times 10^{-4}} - \frac{4 \times 10^{-6}}{144 \times 10^{-4}} = \frac{q_3}{9 \times 10^{-4}} \Rightarrow \frac{8 \times 10^{-6} - 4 \times 10^{-6}}{144 \times 10^{-4}} = \frac{q_3}{9 \times 10^{-4}}$$

$$\frac{4 \times 10^{-6}}{144 \times 10^{-4}} = \frac{q_3}{9 \times 10^{-4}} \Rightarrow q_3 = \frac{1}{4} \times 10^{-6} = 0/25 \times 10^{-6} C = 0/25 \mu C$$

اختلاف پتانسیل بین دو نقطه A و B برابر است با:

۴ - گزینه

(A)

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} = \frac{(\frac{0}{5} - \frac{0}{3}) \times 10^{-3}}{-2 \times 10^{-6}} = -100 \text{ V}$$

قدر مطلق (اندازه) پتانسیل B، ۸۰ ولت شده است از این رو $V_B = \pm 80 \text{ V}$ می تواند باشد. در نتیجه:

$$V_B - V_A = -100 \text{ V} \begin{cases} V_B = +80 \text{ V} \Rightarrow 80 - V_A = -100 \Rightarrow V_A = +180 \text{ V} \\ V_B = -80 \text{ V} \Rightarrow -80 - V_A = -100 \Rightarrow V_A = +20 \text{ V} \end{cases}$$

روی خازن ظرفیت آن $6 \mu\text{F}$ و بیشینه اختلاف پتانسیل قابل تحمل آن برابر 100 V نوشته شده است بنابراین:

۳ - گزینه

(A)

$$U = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times 6 \times 10^{-6} \times (100)^2 = 3 \times 10^{-6} \times 10^4 = 3 \times 10^{-2} \text{ J} = 30 \text{ mJ}$$

$$E_{\text{max}} = \frac{V_{\text{max}}}{d} = \frac{100}{2 \times 10^{-2}} = 5 \times 10^3 \frac{\text{V}}{\text{m}} \times \frac{1 \text{ kV}}{10^3 \text{ V}} \times \frac{1 \text{ m}}{10^3 \text{ mm}} = 5 \times 10^{-3} \frac{\text{kV}}{\text{mm}}$$

قدرت دی الکتریک، بیشینه میدان الکتریکی قابل تحمل خازن می باشد:

$$m_1 = m_2 \Rightarrow \frac{V_1}{\rho} = \frac{V_2}{\rho} \Rightarrow V_1 = V_2 \Rightarrow A_1 L_1 = A_2 L_2 \Rightarrow \frac{A_1}{A_2} = \frac{L_2}{L_1}$$

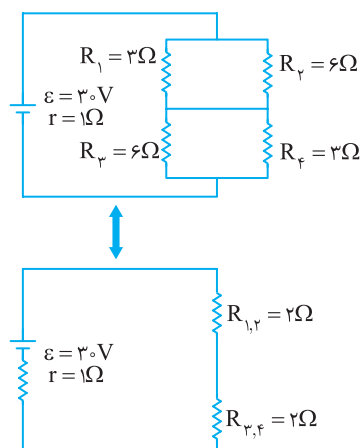
جرم جسم تغییر نمی کند بنابراین:

۳ - گزینه

(A)

حال مقاومت سیم را در دو حالت به هم تقسیم می کنیم:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho \frac{L_2}{A_2}}{\rho \frac{L_1}{A_1}} = \frac{L_2}{L_1} \times \frac{A_1}{A_2} = \left(\frac{L_2}{L_1}\right)^2 = 9 \Rightarrow \frac{L_2}{L_1} = 3 \Rightarrow L_2 = 3 \times 12 = 36 \text{ cm}$$



مقاومت آمپر سنج ایده آل ناچیز است از این رو شبیه یک سیم بدون مقاومت عمل کرده و با

۳ - گزینه

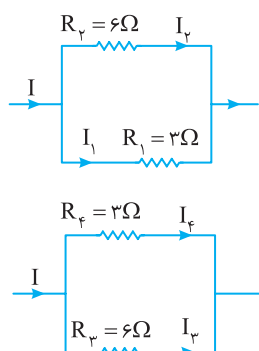
(C)

توجه به مدار مقاومت های R_1 و R_2 با هم موازی و مقاومت های R_3 و R_4 نیز با هم موازی اند:

$$\frac{1}{R_{1,2}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} = \frac{1}{2} \Rightarrow R_{1,2} = 2\Omega$$

$$\frac{1}{R_{3,4}} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} = \frac{1}{6} + \frac{1}{3} = \frac{1}{2} \Rightarrow R_{3,4} = 2\Omega$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{\text{eq}} + r} = \frac{30}{R_{1,2} + R_{3,4} + r} = \frac{30}{2 + 2 + 1} = 6 \text{ A}$$



مقاومت های $R_{1,2}$ و $R_{3,4}$ با هم متوالی اند، بنابراین جریان های عبوری از آنها با هم یکسان می باشند و برابر

$$I_{1,2} = I_{3,4} = I = 6 \text{ A}$$

جریان I هستند.

مقاومت های R_1 و R_2 با هم موازی اند بنابراین:

$$\begin{cases} I_1 + I_2 = 6 \text{ A} \\ V_1 = V_2 \Rightarrow R_2 I_2 = R_1 I_1 \Rightarrow 6 I_2 = 3 I_1 \Rightarrow I_1 = 2 I_2 \Rightarrow 2 I_2 + I_2 = 6 \text{ A} \Rightarrow I_1 = 4 \text{ A}, I_2 = 2 \text{ A} \end{cases}$$

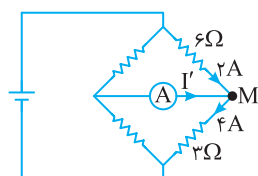
برای مقاومت های R_3 و R_4 نیز داریم:

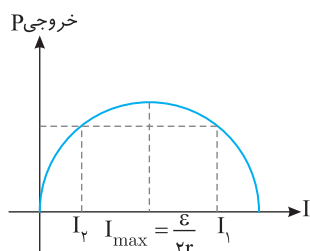
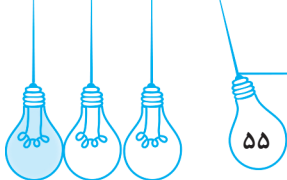
$$\begin{cases} I_3 + I_4 = 6 \\ R_4 I_4 = R_3 I_3 \Rightarrow 6 I_4 = 3 I_3 \Rightarrow I_3 = 2 I_4 \Rightarrow I_3 = 4 \text{ A}, I_4 = 2 \text{ A} \end{cases}$$

در مدار اصلی برای گره M می نویسیم:

$$I' + 2 = 4 \Rightarrow I' = 2 \text{ A}$$

آمپر سنج جریان I' یعنی 2 A را نشان می دهد.





۹- گزینه ۱ توان خروجی مولد $P = \epsilon I - rI^2$ است که نمودار آن یک سهمی مطابق شکل است. با توجه به نمودار $I - P$ خروجی هنگامی توان خروجی در دو حالت با هم برابر است که جریان آن‌ها در آن دو حالت

$$\frac{I_1 + I_2}{2} = I_{\max} \Rightarrow I_1 + I_2 = 2I_{\max}$$

به فاصله یکسانی از $I_{\max}$ قرار گیرد بنابراین:

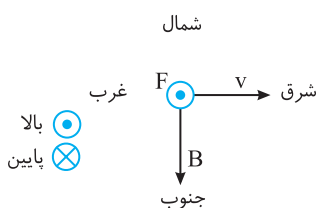
$$\frac{\epsilon}{R_{eq,1} + r} + \frac{\epsilon}{R_{eq,2} + r} = 2 \frac{\epsilon}{2r}$$

با توجه به رابطه $I = \frac{\epsilon}{R + r}$ رابطه بالا خواهد شد:

$$\frac{1}{1 + \frac{2}{2+2}} + \frac{1}{R_p + 1 + 2} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{1}{R_p + 3} = \frac{1}{2} - \frac{1}{3} = \frac{1}{6}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{6} R_p + \frac{1}{6} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{1}{6} R_p = \frac{1}{4} \Rightarrow R_p = \frac{1.5}{6} = \frac{1}{4} \Omega$$

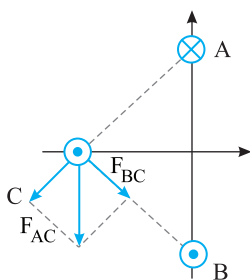
بنابراین مقاومت به اندازه $\frac{1}{3} - \frac{2}{10} = \frac{64}{30}$ افزایش یافته است.



۱۰- گزینه ۳ اندازه نیروی وارد بر ذره از رابطه زیر به دست می‌آید:

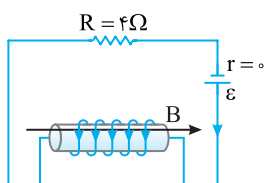
$$F = qvB \sin \theta \xrightarrow{\theta=90^\circ} 5 \times 10^{-6} \times 100 \times 0.2 = 10^{-4} \text{ N}$$

حال جهت خطوط میدان و جهت حرکت ذره که در فرض سؤال است را مشخص می‌کنیم که با توجه به قاعده دست راست جهت نیروی درون‌سوی می‌باشد که چون ذره منفی است جهت نیرو برعکس آن، یعنی برون‌سوی و به سمت بالا می‌باشد.



۱۱- گزینه ۳ نیرویی که سیم‌های دارای جریان هم‌سو بر هم وارد می‌کنند ربایشی و نیرویی که سیم‌ها با جریان‌های ناهم‌سو بر هم وارد می‌کنند رانشی است. از این رو A، C را می‌راند و B، سیم C را می‌رباید و این نیروها هم‌اندازه هستند.

زیرا جریان‌های سیم‌ها و فاصله A و B از سیم C یکسان است. بنابراین نیروی برآیند وارد بر سیم C مطابق شکل رو به پایین خواهد بود.



۱۲- گزینه ۱ با توجه به توان مصرفی داده شده جریان عبوری را به دست می‌آوریم.

$$P = RI^2 \Rightarrow 36 = 4 \times I^2 \Rightarrow I = 3 \text{ A}$$

$$\begin{cases} B = \mu_0 n I \\ n = \frac{N}{l} = \frac{2}{0.1} = 20 \end{cases} \Rightarrow B = 4\pi \times 10^{-7} \times 20 \times 3 = 24\pi \times 10^{-7} \text{ T}$$

و با توجه به جهت جریان عبوری از سیم‌لوله و قاعده دست راست جهت میدان به سمت راست است.

۱۳- گزینه ۴ نمودار شار مغناطیسی گذرنده از یک حلقه به صورت سهمی است بنابراین:

$$\Phi = at^2 + bt + c \Rightarrow \begin{cases} t=0, \Phi=5 \Rightarrow 5 = a(0)^2 + b(0) + c \Rightarrow c=5 \\ t=3, \Phi=2 \Rightarrow 2 = a(3)^2 + b(3) + 5 \Rightarrow -4(9a+3b) = -3 \\ t=4, \Phi=5 \Rightarrow 5 = a(4)^2 + b(4) + 5 \Rightarrow 3(16a+4b) = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} -36a-12b=12 \\ 48a+12b=0 \end{cases} \Rightarrow 12a=12 \Rightarrow a=1, b=-4$$

$$\Phi = t^2 - 4t + 5$$

بنابراین شار عبوری برابر است با:

$$t = \frac{-b}{2a} = \frac{4}{2} = 2 \Rightarrow \Phi_{\min} = (2)^2 - 4(2) + 5 = 1 \text{ Wb}$$

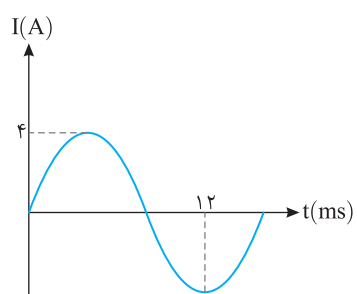
نمودار شار سهمی می‌باشد پس کمترین شار عبوری برابر است با:

$$\epsilon = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -N \times \frac{\Phi(3) - \Phi(1)}{3-1} = -1 \times \frac{0}{2} = 0$$

حال نیرو محرکه متوسط را به دست می‌آوریم:

۱۴- گزینه ۲ انرژی ذخیره شده در سیم‌لوله از رابطه $U = \frac{1}{2} LI^2$ به دست می‌آید: بنابراین:

$$100 \times 10^{-3} = \frac{1}{2} \times L \times (I)^2 = \frac{1}{2} \times L \times 4 = 2L \Rightarrow L = 50 \times 10^{-3} = 50 \times 10^{-2} \text{ H}$$



$$\frac{3T}{4} = 12 \text{ ms} \Rightarrow T = 16 \text{ ms}, \quad \Phi = \Phi_{\max} \cos \frac{2\pi}{T} t$$

با توجه به نمودار:

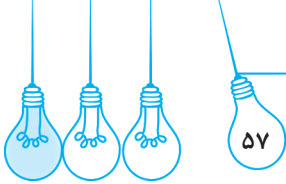
۱۵- گزینه ۲

ⓑ

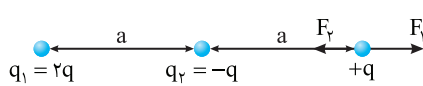
$$\varepsilon_m = RI_m \Rightarrow \varepsilon_m = 3 \times 4 = 12 \text{ V}$$

بیشینه نیروی محرکه القایی برابر است با:

$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin \frac{2\pi}{T} t \Rightarrow \varepsilon = 12 \sin \frac{2\pi}{16 \times 10^{-3}} t \Rightarrow \varepsilon = 12 \sin 375 t$$



۱- گزینه ۴ نیروی بین دو بار q و $-q$ در فاصله a را F_p فرض می‌کنیم. در این صورت نیروی بین دو بار q و $2q$ خواهد شد:

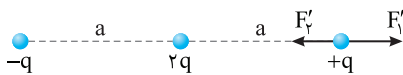


$$F_1 = k \frac{|2q||q|}{(2a)^2} = \frac{1}{2} k \frac{q^2}{a^2} \Rightarrow F_1 = \frac{1}{2} F_p$$

$$\vec{F} = \vec{F}_1 - \vec{F}_2 = \vec{F}_1 - \frac{1}{2} \vec{F}_1 = \frac{1}{2} \vec{F}_1$$

نیروی برابند F وارد بر q برابر است با:

با عوض کردن جای $-q$ و $2q$ فاصله بین $-q$ و q دو برابر و نیروی بین آنها $\frac{1}{4}$ یعنی $F_p' = \frac{1}{4} F_p$ خواهد شد و نیروی بین $2q$ و q با نصف شدن فاصله چهار برابر می‌شود. $F_1' = 4F_1 = 4 \times \frac{1}{2} F_p = 2F_p$



در این صورت نیروی خالص وارد بر بار $+q$ برابر است با:

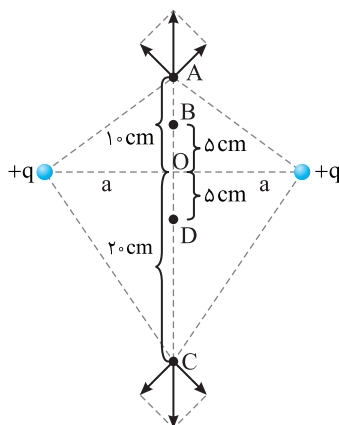
$$\vec{F}' = \vec{F}_1' - \vec{F}_2' = \frac{1}{4} \vec{F}_1 - 2\vec{F}_2 = \frac{-3}{4} \vec{F}_1$$

اکنون نسبت F' به F را به دست می‌آوریم.

مفهوم علامت منفی تغییر جهت نیروی برابند است.

۲- گزینه ۳ دو کره مجزا هستند و بر هم تأثیری ندارند، از این رو وقتی در مرکز کره سمت راست بار مثبت قرار گیرد در سطح درونی و بیرونی کره به ترتیب بار القایی منفی و مثبت ایجاد می‌شود. یعنی سطح (۱) دارای بار منفی و سطح (۲) دارای بار مثبت می‌شود. اگر به سطح کره سمت چپ یعنی سطح (۳) بار مثبت بدهیم بار به روی سطح خارجی رسنا (فلز) منتقل می‌شود، سطح (۳) خنثی و سطح (۴) دارای بار مثبت می‌شود.

۳- گزینه ۲ ذره دارای بار الکتریکی مثبت می‌باشد و زمانی که آن را درون میدان رها می‌کنیم به صورت خود به خودی در جهت میدان جابه‌جا می‌شود بنابراین پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد و کمتر می‌شود و چون حرکت خودبه‌خودی می‌باشد انرژی پتانسیل الکتریکی نیز کاهش می‌یابد. هم‌چنین با توجه به صورت سؤال میدان الکتریکی ثابت و یکنواخت است؛ بنابراین اندازه میدان در تمام نقاط یکسان و ثابت می‌باشد.



۴- گزینه ۴ با توجه به شکل میدان در نقاط A و B روبه‌بالا است و اگر بار منفی از نقطه A به نقطه B برود در خلاف جهت میدان جابه‌جا شده و انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد. $U_B < U_A$

در نقطه D و B که فاصله یکسانی تا خط واصل دارند. انرژی پتانسیل الکتریکی بار به دلیل تقارن برابر است وقتی از نقطه D به نقطه C بار منفی جابه‌جا شود، انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد. بنابراین $U_D = U_B < U_C$ در نتیجه $U_B < U_A < U_C$ خواهد بود. البته می‌توان به صورت دیگر و ساده‌تری استدلال کرد. اگر بار $-q$ را در نقطه A رها کنیم خودبه‌خود به سوی نقطه B می‌رود و سرعت و انرژی جنبشی آن افزایش و انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد. $U_B < U_A$

اما در قسمت پایین خط واصل دو بار، بار $-q$ تمایلی برای حرکت ندارد و باید بار منفی را به اجبار از نقطه O تا نقطه C جابه‌جا کرد و کاری که روی بار منفی انجام می‌شود به صورت انرژی پتانسیل الکتریکی در آن ذخیره می‌شود. با توجه به دورتر بودن فاصله C تا O از فاصله A تا O ، انرژی پتانسیل الکتریکی بیشتری در آن ذخیره می‌شود. در این صورت $U_B < U_A < U_C$

۵- گزینه ۴ ظرفیت خازن از رابطه $C = k\epsilon_0 \frac{A}{d}$ به دست می‌آید، بنابراین:

$$C_1 = k\epsilon_0 \frac{A}{d_1} \xrightarrow{K=1} C_1 = 1 \times 9 \times 10^{-12} \times \frac{4 \times 10^{-4}}{1 \times 10^{-3}} \Rightarrow C_1 = 3.6 \times 10^{-12} F = 3.6 pF$$

$$C_2 = k\epsilon_0 \frac{A}{d_2} \xrightarrow{d_2 = d_1 - \lambda = 2mm} C_2 = 1 \times 9 \times 10^{-12} \times \frac{4 \times 10^{-4}}{2 \times 10^{-3}} \Rightarrow C_2 = 1.8 \times 10^{-12} F = 1.8 pF$$

$$\Delta C = C_2 - C_1 = 1.8 - 3.6 = -1.8 pF$$

گزینه ۶-۲

با جدا شدن خازن از باتری، بار روی صفحات خازن ثابت می ماند.

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

$$C' = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d'} = 2 \epsilon_0 \frac{A}{\frac{d}{2}} \Rightarrow C' = 4 \epsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow C' = 4C$$

$$U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} \xrightarrow[q=\text{ثابت}]{C'=4C} U' = \frac{1}{4} U$$

اکنون بررسی می کنیم انرژی چه تغییری می کند.

گزینه ۷-۳

مقاومت این سیم قبل از قطعه قطعه شدن برابر $R = \rho \frac{l}{A}$ است بعد از آن که آن را به n قسمت مساوی تقسیم می کنیم مقاومت هر قسمت آن

$$R' = \frac{1}{n} R = \frac{1}{n} \rho \frac{l}{A}$$

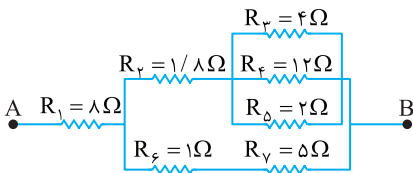
$$R_{eq} = \frac{1}{n} R' \Rightarrow R_{eq} = \frac{1}{n^2} \rho \frac{l}{A}$$

$$V = IR_{eq} \Rightarrow V = \frac{\rho l I}{n^2 A}$$

در نتیجه اختلاف پتانسیل دو سر مجموعه با عبور جریان I ، برابر است با:

گزینه ۸-۳

ابتدا مقاومت معادل را به دست می آوریم.

مقاومت های 4Ω و 12Ω و 2Ω با هم موازی اند.

$$\frac{1}{R_{345}} = \frac{1}{4} + \frac{1}{12} + \frac{1}{2} = \frac{3+1+6}{12} \Rightarrow R_{345} = 1/2\Omega \Rightarrow R_{2345} = 1/8 + 1/2 = 3/4\Omega$$

مقاومت های R_2 و R_7 متوالی و با شاخه بالایی موازی اند.

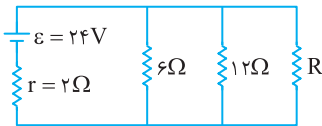
$$\frac{1}{R_{234567}} = \frac{1}{6} + \frac{1}{3} \Rightarrow R_{234567} = 2/3\Omega$$

$$R_{eq} = 8 + 2 = 10\Omega$$

مقاومت معادل برابر است با:

$$P = R_{eq} I^2 = 10 \times 4 = 40W$$

توان مصرفی مجموعه خواهد شد.



گزینه ۹-۲

هنگامی جریان خروجی از باتری بیشینه می شود که مقاومت خارجی با مقاومت داخلی

برابر باشد.

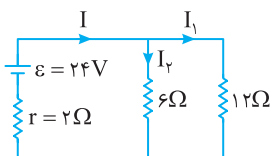
$$r = R_{eq} \Rightarrow R_{eq} = 2\Omega$$

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

$$\frac{1}{R'_{eq}} = \frac{1}{6} + \frac{1}{12} \Rightarrow \frac{1}{R'_{eq}} = \frac{1}{4} \Rightarrow R'_{eq} = 4\Omega$$

در ابتدا کلید باز بوده و مقاومت R در مدار قرار ندارد:

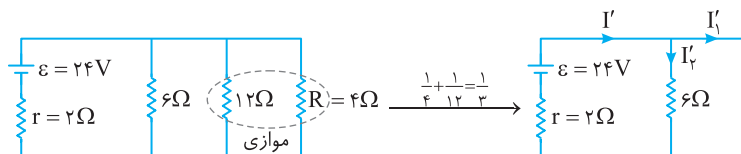
$$I = \frac{\epsilon}{R'_{eq} + r} \Rightarrow I = \frac{24}{4 + 2} = 4A$$



$$\frac{I_1}{I} = \frac{12\Omega}{6\Omega} \Rightarrow I_1 = 2I_1$$

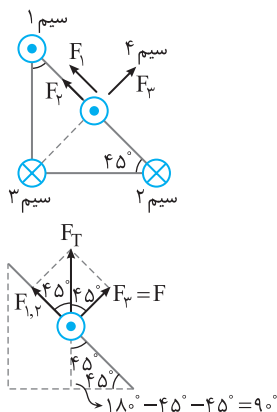
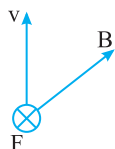
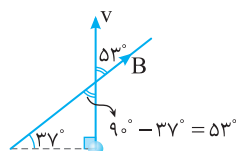
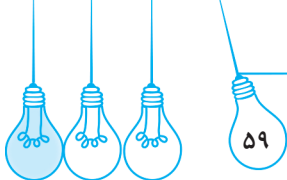
دو مقاومت 6Ω و 12Ω با هم موازی بوده و در مقاومت های موازی جریان به نسبت عکس مقاومت ها تقسیم می شود.

$$I_1 + I_1 = I \Rightarrow 3I_1 = 4 \Rightarrow I_1 = \frac{4}{3}A$$

در حالت دوم کلید بسته شده و مقاومت $R = 4\Omega$ در مدار قرار می گیرد:

$$R_{eq} = 2\Omega \Rightarrow I' = \frac{\epsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow I' = \frac{24}{4} = 6A$$

$$\frac{I'_1}{I'_1} = \frac{3}{6} \Rightarrow I'_1 = \frac{1}{2} I' = 3A, I' = I'_1 + I'_1 \Rightarrow 6 = I'_1 + \frac{1}{2} I'_1 \Rightarrow I'_1 = 4A, \Delta I_1 = I'_1 - I_1 = 4 - \frac{4}{3} = \frac{8}{3}A$$



۱۰- گزینه ۳ ابتدا با توجه به زاویه‌های داده شده زاویه بین سازه‌های در خطوط موازی می‌باشد. می‌آوریم:

$$F = qvB \sin \alpha \Rightarrow F = (25 \times 10^{-6}) \times 2 \times 10^5 \times (10^{-4} \times 10^{-4}) \sin 53^\circ \Rightarrow F = 4 \text{ N}$$

تبدیل یکا μC به C

تبدیل یکا G به T

حال با توجه به قاعده دست راست (بار مثبت است) جهت نیرو را به دست می‌آوریم: چهار انگشت را در جهت v به گونه‌ای قرار می‌دهیم که با خم شدن انگشت‌ها جهت B مشخص شود، شست دست درون‌سو بوده که جهت نیرو را نشان می‌دهد.

۱۱- گزینه ۴ دو سیم همسو یکدیگر را جذب و دو سیم ناهمسو یکدیگر را دفع می‌کنند. با توجه به جهت نیروها، نیروی F_1 و F_2 هم جهت یکدیگرند و چون نیروهایی که سیم (۱) و (۲) وارد می‌کنند نصف نیروی سیم (۳) است، داریم:

$$F_{1,2} = F_1 + F_2 \xrightarrow{F_1 = F_2 = \frac{F_3}{2}} F_{1,2} = F_3$$

بنابراین به سیم (۴) دو نیروی هم‌اندازه F_3 و $F_{1,2}$ وارد می‌شود که با یکدیگر زاویه 90° می‌سازند و چون این دو نیرو هم‌اندازه‌اند نیروی خالص وارد بر سیم (۴) دقیقاً بین F_3 و $F_{1,2}$ قرار می‌گیرد و با این دو نیرو زاویه 45° می‌سازد.

۱۲- گزینه ۱ با توجه به شکل P_2 باید قطب S و P_1 قطب N باشد و P_1 قوی‌تر است که S عقربه را به سوی خود متمایل کرده است.

۱۳- گزینه ۴ میدان $\vec{B}_p = \vec{j}$ با نیم‌خط عمود بر سطح حلقه زاویه 90° می‌سازد و شار گذرنده از سطح به واسطه B_p صفر است؛ بنابراین شار گذرنده از سطح توسط B_1 را حساب می‌کنیم:

$$\Phi = BA \cos \theta \Rightarrow \Phi = 0.5 \times (\pi \times 0.1^2) \cos 180^\circ \Rightarrow \Phi = -0.015 \text{ Wb}$$

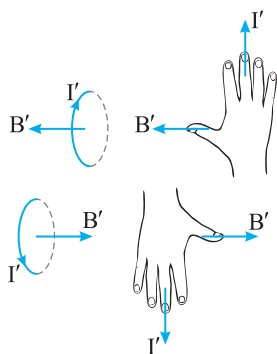
دقت کنید نیم‌خط عمود بر سطح در جهت مثبت محور Xها و بردار میدان B_1 در جهت منفی محور Xها است بنابراین $\theta = 180^\circ$ است.

$$B = \mu_0 \frac{N}{l} I \Rightarrow B = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{12}{0.1} \times 2 \Rightarrow B = 12\pi \times 10^{-5} \text{ T}$$

۱۴- گزینه ۱ میدان درون سیملوله را به دست می‌آوریم:

$$\Phi = BA \cos \theta \Rightarrow \Phi = 12\pi \times 10^{-5} \times \pi (\Delta \times 10^{-2})^2 \times 1 \Rightarrow \Phi = 3 \times 10^{-6} \text{ Wb}$$

۱۵- گزینه ۲ هنگام ورود حلقه به میدان مغناطیسی، شار عبوری از حلقه در حال افزایش است پس طبق قانون لنز در خلاف جهت میدان B، میدان مغناطیسی B' القا می‌شود و جهت جریان القایی با توجه به قاعده دست راست برابر است با:



هنگام خروج حلقه از میدان مغناطیسی، شار مغناطیسی کاهش می‌یابد و میدان مغناطیسی القایی در جهت B است:

بنابراین در ورود حلقه جهت جریان در جهت (۱) و هنگام خروج جهت جریان در جهت (۲) است.