فهرست

فصل اول: الکتریسیتهٔ ساکن

آزمون ۲ ..... ۱

پاسخ تشریحی تست‌های در پاسخ ۴

پاسخ تشریحی تست‌های سطح دوم ۱۳

پاسخ آزمون ۱ ..... ۲۹

پاسخ آزمون ۲ ..... ۳۳

فصل دوم: الکتریسیته جاری و مدارهای جریان مستقیم

آزمون ۲ ..... ۳۷

پاسخ تشریحی تست‌های در پاسخ ۴۰

پاسخ تشریحی تست‌های سطح دوم ۵۲

پاسخ آزمون ۱ ..... ۶۹

پاسخ آزمون ۲ ..... ۷۳

فصل سوم: مغناطیس

آزمون ۲ ..... ۷۷

پاسخ تشریحی تست‌های در پاسخ ۷۹

پاسخ تشریحی تست‌های سطح دوم ۸۲

پاسخ آزمون ۱ ..... ۸۷

پاسخ آزمون ۲ ..... ۹۰

فصل چهارم: القای الکترومغناطیسی و جریان متناوب

آزمون ۲ ..... ۹۳

پاسخ تشریحی تست‌های در پاسخ ۹۵

پاسخ تشریحی تست‌های سطح دوم ۹۸

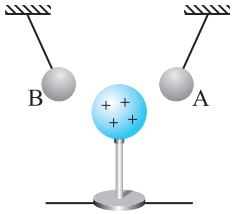
پاسخ آزمون ۱ ..... ۱۰۶

پاسخ آزمون ۲ ..... ۱۰۹

فصل ۱ الکتریسیته ساکن

آزمون ۲ *

۱- مطابق شکل یک گوی با بار مثبت را بین دو آونگ A و B قرار داده و آونگ‌ها مطابق شکل در حال تعادل قرار می‌گیرند. اگر گوی را از بین دو آونگ خارج کنیم نیرویی که دو آونگ بر هم وارد می‌کنند چگونه است؟

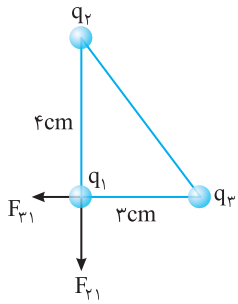


۱) رانشی
۲) ربایشی
۳) بر یکدیگر نیرویی وارد نمی‌کنند.
۴) هر سه حالت ممکن است.

۲- نیرویی که دو بار نقطه‌ای $+q$ در فاصلهٔ r به یکدیگر وارد می‌کنند، برابر $F=۶۴۰N$ است. اگر بار $۲\mu C$ از یکی کم کرده و همان مقدار به دیگری اضافه کنیم نیروی جدید F'، در همان فاصله برابر $۶۰۰N$ می‌شود. بار q چند میکروکولن بوده است؟

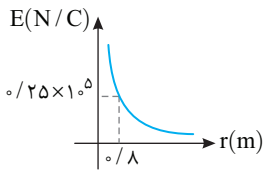
۱) ۱۲
۲) ۸
۳) ۶
۴) ۴

۳- اگر در شکل روبه‌رو $\frac{q_۲}{q_۳}=\frac{۴}{۵}$ باشد، کدام گزینه در مورد نسبت $\frac{F_{۲۱}}{F_{۳۱}}$ درست است؟



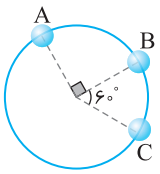
۱) $\frac{۹}{۲۰}$
۲) $\frac{۱۶}{۹}$
۳) $\frac{۲۰}{۹}$
۴) به اندازهٔ بار $q_۱$ بستگی دارد.

۴- نمودار تغییرات میدان الکتریکی حاصل از بار الکتریکی q بر حسب فاصله از آن به صورت شکل روبه‌رو است. اگر بار الکتریکی $q'=۹\mu c$ را در فاصلهٔ ۹۰ سانتی‌متری بار q قرار دهیم، نیرویی که دو ذرهٔ باردار بر یکدیگر وارد می‌کنند، چند نیوتون است؟ خارج تجربی - ۹۸



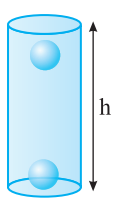
۱) ۰/۱۶
۲) ۰/۳۲
۳) ۱/۶
۴) ۳/۲

۵- سه بار الکتریکی نقطه‌ای مطابق شکل بر روی دایره‌ای به شعاع $۴cm$ قرار دارند. اگر اندازهٔ نیروی الکتریکی‌ای که بارهای A و B بر هم وارد می‌کنند $۸N$ و اندازهٔ نیروی الکتریکی‌ای که بارهای B و C برهم وارد می‌کنند $۱۰N$ باشد، حاصل $\frac{|q_A|}{|q_C|}$ چقدر است؟ قلم‌چی



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

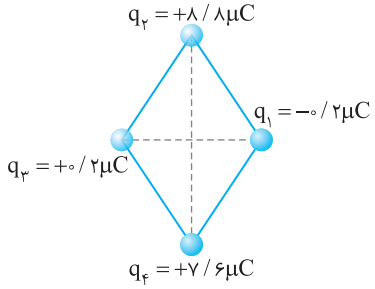
۶- کف لولهٔ شیشه‌ای شکل روبه‌رو حداکثر می‌تواند نیرویی به بزرگی $۴N$ را تحمل کند. اگر دو گلولهٔ کوچک یکسان با بارهای $+۳\mu C$ را به آرامی درون لوله قرار دهیم و بعد از ایجاد تعادل، کف لوله نشکند، کمترین فاصلهٔ بین مراکز دو گلوله چند سانتی‌متر می‌تواند باشد؟ ($k=۹\times۱۰^۹ N.m^۲/C^۲$ و از تمامی اصطکاک‌ها صرف‌نظر شود.) قلم‌چی



۱) $۳\sqrt{۵}$
۲) $۹\sqrt{۵}$
۳) $۴/۵\sqrt{۵}$
۴) $۹\sqrt{۲}$

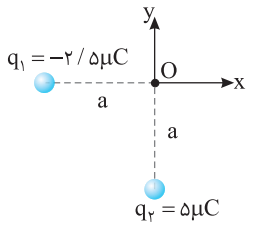
* شماره تست‌های مشابه هر سؤال بالای پاسخ آن سؤال قرار گرفته است.
** شماره تست‌های مشابه هر سؤال بالای پاسخ آن سؤال قرار گرفته است.

۷- چهار ذرهٔ باردار را مطابق شکل در چهار رأس یک لوزی با قطرهای ۶cm و ۴cm قرار داده‌ایم. اندازهٔ میدان الکتریکی خالص در مرکز لوزی چند N/C است؟



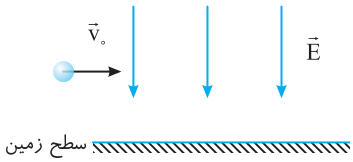
۱) ۲۰×۱۰^{۴}
۲) ۱۵×۱۰^{۷}
۳) ۱۵×۱۰^{۶}
۴) ۲۴×۱۰^{۱۴}

۸- در شکل روبه‌رو میدان الکتریکی ناشی از بار $q_۲$ در نقطهٔ O برابر $۳\times۱۰^{۴}\,N/C$ است. میدان الکتریکی کل در نقطهٔ O چند نیوتون بر کولن است؟



۱) $(-\vec{i}+۳\vec{j})\times۱۰^{۴}$
۲) $(۳\vec{i}-\frac{۳}{۲}\vec{j})\times۱۰^{۴}$
۳) $(\vec{i}-۳\vec{j})\times۱۰^{۴}$
۴) $(-\frac{۳\vec{i}}{۲}+۳\vec{j})\times۱۰^{۴}$

۹- مطابق شکل، ذره‌ای باردار به جرم ۲۰g با اندازه بار الکتریکی $۰/۴\mu C$ را با سرعت اولیهٔ $\vec{v}_۰$ در فضای میدان الکتریکی یکنواخت $\vec{E}$ که راستای آن عمود بر سطح زمین است، پرتاب می‌کنیم. اگر این ذره بدون انحراف به مسیر خود ادامه دهد، اندازهٔ میدان الکتریکی چند نیوتون بر کولن و علامت بار ذره کدام است؟ $(g=۱۰\,N/kg)$ قلم‌چی



۱) ۵×۱۰^{۸}، مثبت
۲) ۵×۱۰^{۸}، منفی
۳) ۵×۱۰^{۵}، منفی
۴) ۵×۱۰^{۵}، مثبت

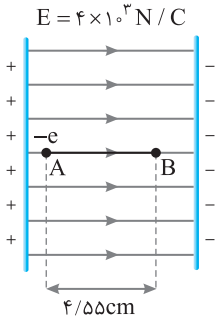
۱۰- بار نقطه‌ای $q_۱=۳\mu C$ به بار نقطه‌ای $q_۲=-۴\mu C$ نیروی کولنی $\vec{F}_۱=-۱۲\times۱۰^{-۶}\vec{i}+۲۴\times۱۰^{-۶}\vec{j}$ نیوتون وارد می‌کند، بردار میدان الکتریکی بار $q_۲$ در محل بار $q_۱$ بر حسب واحدهای SI به کدام صورت است؟ قلم‌چی

۱) $-۴\vec{i}+۸\vec{j}$
۲) $+۴\vec{i}-۸\vec{j}$
۳) $-۳\vec{i}+۶\vec{j}$
۴) $+۳\vec{i}-۶\vec{j}$

۱۱- ذره‌ای را که دارای بار مثبت است در یک نقطه درون میدان الکتریکی یکنواخت به حال سکون قرار می‌دهیم. کدام‌یک از گزینه‌های زیر با فرض چشم‌پوشی از اصطکاک‌ها، درست است؟

۱) ذره در جهت میدان حرکت می‌کند و انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد.
۲) ذره در جهت میدان حرکت می‌کند و کاهش انرژی پتانسیل آن برابر افزایش انرژی جنبشی آن می‌شود.
۳) ذره در خلاف جهت میدان حرکت می‌کند و انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد.
۴) ذره در خلاف جهت میدان حرکت می‌کند و کاهش انرژی پتانسیل آن برابر افزایش انرژی جنبشی آن می‌شود.

۱۲- در میدان الکتریکی یکنواخت نشان داده شده در شکل روبه‌رو، الکترونی از نقطهٔ A با سرعت $v_۰$ به سمت راست پرتاب می‌شود و در نهایت در نقطهٔ B متوقف می‌شود. اندازهٔ $v_۰$ چند متر بر ثانیه است؟ $(e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C$ ، $m_e=۹/۱\times۱۰^{-۳۱}kg$ و از نیروی وزن وارد بر الکترون صرف‌نظر شود.) قلم‌چی

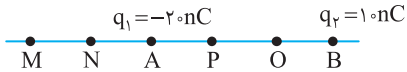


۱) ۴×۱۰^{۶}
۲) ۲×۱۰^{۶}
۳) ۶×۱۰^{۶}
۴) ۸×۱۰^{۶}

۱۳- اختلاف پتانسیل بین دو نقطه، مقدار ثابت ۴۰۰V است. با صرف ۰/۰۲J انرژی، چند کولن الکتریسیته را می‌توان از یک نقطه به نقطهٔ دیگر منتقل کرد؟

۱) ۰/۵
۲) ۲×۱۰^{۴}
۳) ۵×۱۰^{-۵}
۴) ۰/۲

۱۴- بارهای نقطه‌ای q_1 و q_2 به ترتیب در نقاط A و B قرار دارند. کدام گزینه در مورد مقایسه پتانسیل الکتریکی در نقاط O ، P ، N و M درست است؟



۱) $V_P > V_O$ ، $V_M > V_N$

۲) $V_P > V_O$ ، $V_M < V_N$

۳) $V_P < V_O$ ، $V_M > V_N$

۴) $V_P < V_O$ ، $V_M < V_N$

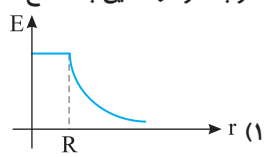
۱۵- در یک میدان الکتریکی یکنواخت، ذرهٔ بارداری به جرم ۰/۱ گرم، از نقطه‌ای به پتانسیل الکتریکی $+۱۰۰$ ولت از حال سکون به حرکت درمی‌آید و با سرعت ۱۰ متر بر ثانیه به نقطهٔ دیگری به پتانسیل الکتریکی -۱۰۰ ولت می‌رسد. اگر در این مسیر نیروی مؤثر بر ذره فقط حاصل از میدان الکتریکی باشد، بار الکتریکی ذره چند میکروکولن است؟ خارج ریاضی - ۹۵

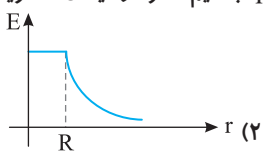
۱) ۲/۵ ۲) ۴ ۳) ۲۵ ۴) ۴۰

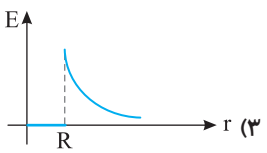
۱۶- دو صفحهٔ رسانا روی محور مختصات و موازی محور yها قرار دارند. اگر صفحهٔ مثبت از نقطهٔ $x=۲cm$ و صفحهٔ منفی از مکان $x=-۲cm$ عبور کند و ذره‌ای با جرم $۸mg$ و بار $q=+۲\mu C$ از صفحهٔ منفی با سرعت $۱۰m/s$ افقی به سمت صفحهٔ مثبت پرتاب شود، ذره هنگام رسیدن به محور yها به‌طور لحظه‌ای متوقف می‌شود. اختلاف پتانسیل دو صفحهٔ رسانا چند ولت است؟ (از اثر نیروی وزن صرف‌نظر شود.) آزمون مدارس برتر

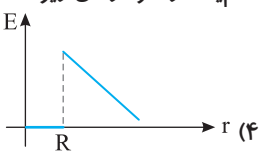
۱) ۴×۱۰^۳ ۲) $۱۰^۳$ ۳) ۴×۱۰^۲ ۴) ۲×۱۰^۲

۱۷- اگر به کرهٔ رسانایی به شعاع R بار q بدهیم، نمودار میدان الکتریکی بر حسب فاصله از مرکز کره مطابق کدام‌یک از نمودارهای زیر است؟

۱) 

۲) 

۳) 

۴) 

۱۸- هر یک از صفحه‌های خازن تختی، مستطیلی به ابعاد ۲/۵ متر در ۴ متر است. فاصلهٔ بین دو صفحه با دی‌الکتریکی به ضخامت ۱ سانتی‌متر و ثابت دی‌الکتریک ۱۰۰ پر شده است. ولتاژ ۳۰۰V به دو صفحهٔ خازن وصل می‌کنیم. بار خازن چند میکروکولن می‌شود؟
$(\varepsilon_0 = ۸\times۱۰^{-۱۲} C^۲/N.m^۲)$

۱) ۲۴ ۲) ۲۴۰ ۳) ۴۸ ۴) ۴۸۰

۱۹- بر روی دو کرهٔ رسانای مشابه به شعاع ۱cm، بارهای الکتریکی ناهمنام q_1 و q_2 قرار دارد. اگر پس از اتصال آن‌ها به هم بار کره‌ها مثبت و چگالی سطحی بار الکتریکی هر یک $۰/۰۱C/m^۲$ شود و فقط اندازهٔ بار یکی از کره‌ها تغییر نکند، اندازهٔ بار کرهٔ دیگر قبل از تماس چند میکروکولن بوده است؟ $(\pi \simeq ۳)$ قلم‌چی

۱) ۱۶ ۲) ۲۴ ۳) ۳۶ ۴) ۴۸

۲۰- در مدار یک فلاش عکاسی، انرژی را با ولتاژ ۳۳۰V در یک خازن $۶۶۰\mu F$ ذخیره می‌کند. اگر تقریباً همهٔ انرژی ذخیره شده در این خازن در مدت $۰/۹ms$ آزاد شود، توان متوسط خروجی فلاش چند کیلووات است؟ از کتاب درسی

۱) ۳۹/۳۹ ۲) ۹۳/۹۳ ۳) ۳۹/۹۳ ۴) ۱۳/۳۱

پاسخ تشریحی تست‌های در پاسخ

۱- گزینهٔ ۴ (A) بار الکتریکی همواره مضرب صحیحی از بار پایهٔ الکترون است $(q=\pm ne)$ و تنها گزینهٔ (۴) مضرب صحیحی از بار یک الکترون نیست.

گزینهٔ (۴): $\frac{3/2\times10^{-20}}{1/6\times10^{-19}}=0/2$ ، گزینهٔ (۳): $\frac{7/2\times10^{-18}}{1/6\times10^{-19}}=45$ ، گزینهٔ (۲): $\frac{8\times10^{-17}}{1/6\times10^{-19}}=500$ ، گزینهٔ (۱): $\frac{6/4\times10^{-19}}{1/6\times10^{-19}}=4$

۲- گزینهٔ ۳ (A) کافی است مقدار $q=ne$ را حساب کنیم:

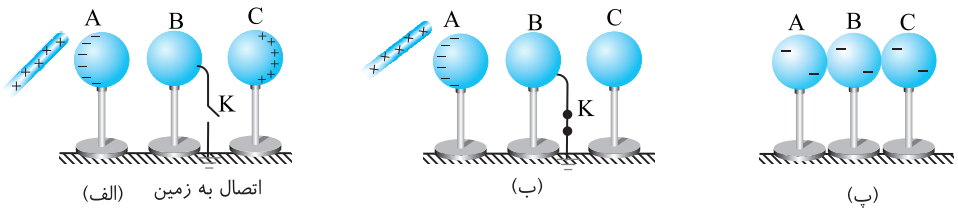
$$q=2\times1/6\times10^{-19}=3/2\times10^{-19}C=3/2\times10^{-13}\mu C$$

۳- گزینهٔ ۱ (A) **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- گزینهٔ ۳ (A) 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 میلهٔ باردار توسط اتصال به زمین خنثی می‌شود و پس از اتصال به زمین، بار کرهٔ A منفی و کرهٔ B و C خنثی خواهند بود و بعد از باز کردن کلید K و دور کردن میله، کرهٔ منفی A در تماس با کره‌های خنثی B و C است در نتیجه بار منفی القایی کرهٔ A بین سه کره تقسیم می‌شود و هر سه دارای بار منفی می شوند. (شکل (پ))



۵- گزینهٔ ۱ (B) 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 $5+q$ برابر $+2\mu C$ شود از این‌رو:

$$5+q_B=2\Rightarrow q_B=-3\mu C$$

حال اگر کرهٔ خنثی $(q_C=0)$ را با کرهٔ 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 قبل از تماس شود.

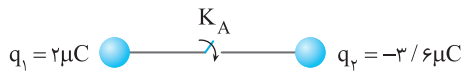
$$q'_C=q'_B=\frac{-3+0}{2}=-1/5\mu C$$

در واقع $-1/5\mu C$ بار از کرهٔ B به کرهٔ C منتقل می‌شود که تعداد الکترون‌های منتقل شده را با استفاده از رابطهٔ $q=\pm ne$ به‌دست می‌آوریم:

$$q=\pm ne\Rightarrow -1/5\times10^{-6}=-n\times1/6\times10^{-19}\ ,\ n=\frac{1/5}{1/6}\times10^{13}=0/9375\times10^{13}=9/375\times10^{12}$$

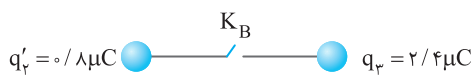
۶- گزینهٔ ۱ (B) هنگامی‌که دو کرهٔ مشابه را به هم تماس می‌دهیم بار آن‌ها با هم یکسان و برابر میانگین بار اولیه آن‌ها خواهد شد.

مرحلهٔ ۱: بستن کلید A:



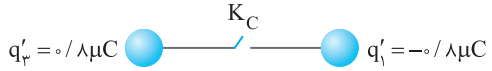
$$q_2=-3/6\mu C\Rightarrow q'_1=q'_2=\frac{q_1+q_2}{2}=\frac{2+(-3/6)}{2}=-0/8\mu C$$

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

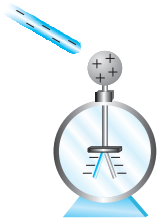


$$q_3=2/4\mu C\Rightarrow q''_2=q'_3=\frac{q'_2+q_3}{2}=\frac{-0/8+2/4}{2}=0/8\mu C$$

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



$$q'_1=0/8\mu C\Rightarrow q''_1=q''_3=\frac{q'_1+q'_3}{2}=0$$



۷- گزینهٔ ۱ (B) مالش میلهٔ پلاستیکی با پارچهٔ پشمی باعث می‌شود 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 ورقه‌ها القا می‌شود. رانش بارهای همنام در ورقه‌ها باعث دور شدن آن‌ها از هم می‌شود. بنابراین ورقه‌ها باز شده و کلاهک مطابق شکل دارای بار مثبت است.

۸- گزینهٔ ۴ (A) نیرویی که بار $۸\mu C$ بر بار $۲\mu C$ وارد می‌کند برابر نیرویی است که بار $۲\mu C$ بر بار $۸\mu C$ وارد خواهد کرد و داریم:

$$F=k\frac{(۸\times۱۰^{-۶})(۲\times۱۰^{-۶})}{r^۲}$$

در حالت دوم نیرویی که دوبار بر هم وارد می‌کنند، در فاصلهٔ r' برابر $۲F$ است:

$$F'=۲F=k\frac{(۸\times۱۰^{-۶})(۲\times۱۰^{-۶})}{(r')^۲}$$

$$\frac{F'}{F}=\frac{۲F}{F}\Rightarrow\frac{k\frac{(۸\times۱۰^{-۶})(۲\times۱۰^{-۶})}{(r')^۲}}{k\frac{(۸\times۱۰^{-۶})(۲\times۱۰^{-۶})}{(r)^۲}}=۲\Rightarrow\frac{r^۲}{(r')^۲}=۲\Rightarrow\frac{r}{r'}=\sqrt{۲}\Rightarrow r'=\frac{r}{\sqrt{۲}}=\frac{\sqrt{۲}}{۲}r$$

۹- گزینهٔ ۲ (A) **خط فکری:** دو ذره مشابه هم‌اند پس بار هرکدام را q می‌گیریم و حالت تغییر بار و فاصله را در هر گزاره اعمال کرده و نیروی به‌دست آمده را با نیروی الکتریکی ابتدایی که برابر $F=k\frac{q_۱q_۲}{a^۲}=k\frac{q^۲}{a^۲}$ است، مقایسه می‌کنیم.

گزارهٔ الف) یکی از بارها دو برابر $(q'_۱=۲q)$ و یکی از بارها نصف $(q'_۲=\frac{q}{۲})$ و فاصلهٔ دو ذره سه برابر $(a'=۳a)$ شده است:

$$F'=k\frac{q'_۱q'_۲}{a'^۲}\Rightarrow F'=k\times\frac{۲q\times\frac{q}{۲}}{(۳a)^۲}=k\frac{q^۲}{۹a^۲}\Rightarrow F'=\frac{۱}{۹}(k\frac{q^۲}{a^۲})\xrightarrow{F=k\frac{q^۲}{a^۲}}F'=\frac{F}{۹}$$

گزارهٔ ب) بار یکی از ذره‌ها $\frac{۱}{۴}$ برابر $(q'_۱=\frac{q}{۴})$ و فاصلهٔ دو ذره $(a'=\frac{۳}{۲}a)\frac{۳}{۲}$ برابر شده است:

$$F'=k\frac{q'_۱q'_۲}{a'^۲}\Rightarrow F'=k\times\frac{\frac{q}{۴}\times q}{(\frac{۳}{۲}a)^۲}=k\frac{q^۲}{۹a^۲}\Rightarrow F'=\frac{۱}{۹}(k\frac{q^۲}{a^۲})\xrightarrow{F=k\frac{q^۲}{a^۲}}F'=\frac{F}{۹}$$

گزارهٔ پ) بار هر دو ذره $\frac{۱}{۳}$ برابر $(q'_۱=q'_۲=\frac{q}{۳})$ و فاصلهٔ دو ذره سه برابر $(a'=۳a)$ شده است.

$$F'=k\frac{q'_۱q'_۲}{a'^۲}\Rightarrow F'=k\frac{\frac{q}{۳}\times\frac{q}{۳}}{(۳a)^۲}=k\frac{q^۲}{۸۱a^۲}\Rightarrow F'=\frac{۱}{۸۱}(k\frac{q^۲}{a^۲})\Rightarrow F'=\frac{F}{۸۱}$$

پس تنها با تغییرات گزارهٔ (الف) و (ب) نیرویی که دو ذره به‌هم وارد می‌کنند $\frac{۱}{۹}$ برابر می‌شود.

۱۰- گزینهٔ ۳ (B) مقدار باری که از بار q برداشته شده و به بار دیگر (q) منتقل شده مجهول است، اندازهٔ آن را x می‌گیریم. در این صورت بار یکی از آن‌ها $q'=q-x$ و بار دیگری $q''=q+x$ خواهد شد.

$$F=k\frac{qq}{r^۲}\ ,\ F'=k\frac{(q')(q'')}{r^۲}\xrightarrow[\substack{q''=q+x\\ \downarrow\\ \text{به اندازهٔ } x \text{ به بار دیگری اضافه کردیم}}]{\substack{q'=q-x\\ \uparrow\\ \text{به اندازهٔ } x \text{ بار برداشتیم}}}F'=k\frac{(q-x)(q+x)}{r^۲}=k\frac{q^۲-x^۲}{r^۲}$$

با توجه به فرض مسئله $F'=۰/۸۴F$ است:

$$\frac{F'}{F}=\frac{k\frac{q^۲-x^۲}{r^۲}}{k\frac{q^۲}{r^۲}}=\frac{۰/۸۴F}{F}\Rightarrow\frac{q^۲-x^۲}{q^۲}=\frac{۸۴}{۱۰۰}\Rightarrow ۱۰۰q^۲-۱۰۰x^۲=۸۴q^۲\Rightarrow x^۲=\frac{۱۶}{۱۰۰}q^۲\Rightarrow x=\frac{۴}{۱۰}q=\frac{۴۰}{۱۰۰}q$$

بنابراین مقدار بار جابه‌جا شده بین دو ذرهٔ باردار ٪۴۰ بار اولیه است.

۱۱- گزینهٔ ۳ (A) دو کرهٔ فلزی یکسانند، بنابراین پس از تماس، بار الکتریکی آن‌ها یکسان می‌شود:

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

نیروی F_1 برابر است با:

$$F_1 = k\frac{q_1 q_2}{r^2} \Rightarrow F_1 = k\frac{(-3q)(2q)}{r^2} = -6\frac{kq^2}{r^2}$$

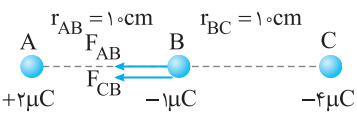
نیروی F_2 برابر است با:

$$F_2 = k\frac{q_1' q_2'}{r^2} \Rightarrow F_2 = k\frac{(-\frac{q}{2})(-\frac{q}{2})}{r^2} = \frac{1}{4}\frac{kq^2}{r^2}$$

در این صورت خواهیم داشت:

$$|\frac{F_2}{F_1}| = \frac{\frac{1}{4}k\frac{q^2}{r^2}}{6k\frac{q^2}{r^2}} = \frac{1}{24}$$

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

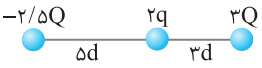


$$F_{AB} = k\frac{|q_B||q_A|}{r_{AB}^2} \Rightarrow F_{AB} = 9\times10^9 \times \frac{(1\times10^{-6})\times(2\times10^{-6})}{100\times10^{-4}} = 1/8N \quad , \quad F_{CB} = k\frac{|q_B||q_C|}{r_{CB}^2} \Rightarrow F_{CB} = 9\times10^9 \times \frac{(1\times10^{-6})(4\times10^{-6})}{100\times10^{-4}} = 3/6N$$

دو نیروی F_{AB} و F_{CB} هم‌جهت یکدیگرند پس نیروی برایند برابر مجموع دو نیرو و هم‌جهت با آن‌هاست:

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

۱۳- گزینهٔ ۴ (A) نیرویی که بار Q بر بار q در فاصلهٔ d وارد می‌کند F است.



$$F = k\frac{qQ}{d^2}$$

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

$$F' = k\frac{2q\times3Q}{(3d)^2} \Rightarrow F' = \frac{2}{3}k\frac{qQ}{d^2} \Rightarrow F' = \frac{2}{3}F$$

اکنون نیرویی که از طرف بار $-2/5Q$ بر بار $2q$ در فاصلهٔ $5d$ وارد می‌شود خواهد شد:

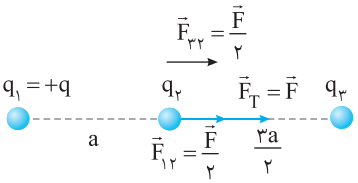
$$F'' = k\frac{2/5q\times2q}{(5d)^2} \Rightarrow F'' = \frac{1}{5}F$$

نیروهای F' و F'' هم‌جهت هستند، بنابراین:

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

۱۴- گزینهٔ ۲ (B) در ادامهٔ حل برای رسیدن به جواب این تست مراحل زیر را نیز باید انجام بدهید.

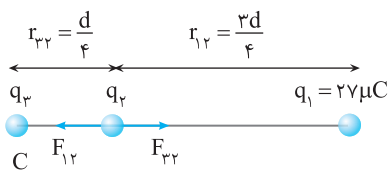
$$\vec{F}_T = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{32} \Rightarrow \vec{F} = \frac{\vec{F}}{2} + \vec{F}_{32} \Rightarrow \vec{F}_{32} = \frac{\vec{F}}{2}$$



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

$$\vec{F}_{12} = \vec{F}_{32} \Rightarrow k\frac{|q_2||q_1|}{a^2} = k\frac{|q_2||q_3|}{\frac{9}{4}a^2} \xrightarrow[\text{را از دو طرف ساده می‌کنیم}]{a^2 \text{ و } k|q_2|} \frac{|q_1|}{1} = \frac{|q_3|}{\frac{9}{4}} \Rightarrow |q_3| = \frac{9}{4}|q_1| \xrightarrow[\text{بار } q_3 \text{ منفی است}]{q_1=q} q_3 = -\frac{9}{4}q$$

۱۵- گزینهٔ ۱ (A) **خط فکری:** برایند نیروهای وارد بر q_2 صفر است پس نیروهایی که q_1 به q_2 (F_{12}) و q_3 به q_2 (F_{32}) وارد می‌کنند باید هم‌اندازه و خلاف جهت هم باشند. اگر بار q_2 را مثبت فرض کنیم نیروی q_1 به q_2 (F_{12}) دافعه بوده و به سمت چپ است پس نیرویی که q_3 به q_2 (F_{32}) 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.



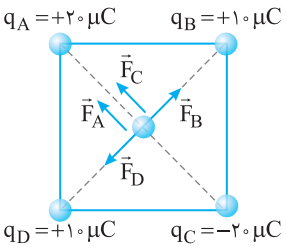
حال با توجه به قانون کولن که اندازهٔ نیروی الکتریکی را به ما می‌دهد، حل را ادامه می دهیم:

$$F_{۱۲}=F_{۳۲} \xrightarrow[r_{۱۲}: \text{فاصلهٔ دو بار } q_۱ \text{ و } q_۲ \text{ از هم}]{r_{۳۲}: \text{فاصلهٔ دو بار } q_۲ \text{ و } q_۳ \text{ از هم}} k\frac{|q_۳||q_۲|}{r_{۳۲}^۲}=k\frac{|q_۱||q_۲|}{r_{۱۲}^۲} \xrightarrow[|q_۲| \text{ و } k \text{ را خط می‌زنیم}]{\text{از دو طرف معادله}} \frac{|q_۳|}{(\frac{d}{۴})^۲}=\frac{۲۷}{(\frac{۳d}{۴})^۲} \Rightarrow \frac{\frac{۹d^۲}{۱۶}}{\frac{d^۲}{۱۶}}=\frac{۲۷}{|q_۳|}$$

$$\Rightarrow ۹=\frac{۲۷}{|q_۳|} \Rightarrow |q_۳|=\frac{۲۷}{۹} \xrightarrow[q_۳ \text{ مثبت است}]{\text{در متن بالا توضیح دادیم}} q_۳=+۳\mu C$$

تذکـر: حتـی اگر در خط فکری فرض می‌کردیم که $q_۲$ منفی اسـت باز بار $q_۳$ مثبت به‌دسـت می‌آمد. دقت کنید که از دو طـرف معادلهٔ بالا $q_۲$ خط می‌خورد پس علامت و اندازهٔ بار $q_۲$ در حل مسئله تغییری ایجاد نمی‌کند. پس برای حل این تست‌ها درگیر به‌دست آوردن علامت باری که برایند نیروها بر آن صفر است نشوید.

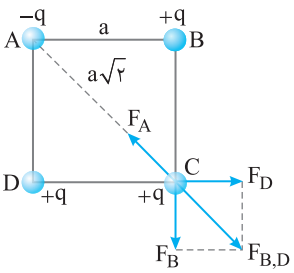
۱۶- گزینهٔ ۴ ابتدا نیروهای وارد بر بار در مرکز مربع را رسم می‌کنیم؛ نیروهای F_B و F_D هم‌اندازه و در خلاف جهت هم هستند و یکدیگر را خنثی می‌کنند. کافی است F_A و F_C را به‌دست آورده و با هم جمع کنیم:



فاصلهٔ بار q تا رئوس مربع : $r=\frac{۱}{۲}\times$ قطر مربع $=\frac{۱}{۲}\times ۳۰\sqrt{۲}=۱۵\sqrt{۲}cm$

$$F_A=F_C=\frac{kq_Aq}{r^۲}=\frac{۹\times ۱۰^۹\times ۲۰\times ۱۰^{-۶}\times ۲۰\times ۱۰^{-۶}}{(۱۵\sqrt{۲}\times ۱۰^{-۲})^۲}=۸۰N \quad , \quad F_T=F_C+F_A=۱۶۰N$$

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



$$F_B=F_D=\frac{kq^۲}{a^۲} \Rightarrow F_{B,D}=\sqrt{۲}F_B=\sqrt{۲}\frac{kq^۲}{a^۲}$$

فاصلهٔ AC برابر $\sqrt{۲}a$ است، پس:

$$F_A=\frac{kq^۲}{(a\sqrt{۲})^۲}=\frac{kq^۲}{۲a^۲}$$

$$F_T=F_{B,D}-F_A=(\sqrt{۲}-\frac{۱}{۲})\frac{kq^۲}{a^۲}$$

۱۸- گزینهٔ ۲ **خط فکری:** وقتی برایند چند بردار را به‌دست می‌آوریم، اگر اندازهٔ هر یک از بردارها را دو برابر کنیم، اندازهٔ برایند آن‌ها نیز دو برابر می‌شود. در این مسئله باید ابتدا بررسی کنیم که با افزایش فاصله بین بارها، نیرویی که هر بار بر بار $q_۱$ وارد می‌کند چند برابر می‌شود. سپس در مورد نیروی برایند وارد بر بار $q_۱$ اظهارنظر کنیم.

با توجه به قانون کولن $F=k\frac{|q_۱||q_۲|}{r^۲}$ نیرو با مجذور فاصله نسبت وارون دارد و با دو برابر شدن فاصلهٔ بارها، نیروی الکتریکی بین آن‌ها $\frac{۱}{۴}$ می‌شود. بنابراین وقتی نیرویی که هر بار الکتریکی بر بار $q_۱$ وارد می‌کند $\frac{۱}{۴}$ می‌شود، برایند نیروهای وارد بر بار $q_۱$ نیز $\frac{۱}{۴}$ می‌شود.

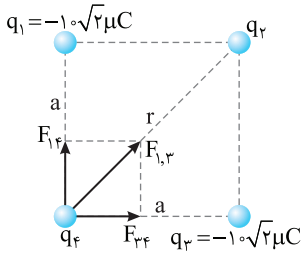
$$\left.\begin{aligned}&\vec{F}_T=\vec{F}_۱+\vec{F}_۲+\vec{F}_۳+\vec{F}_۴\\&\vec{F}'_T=\frac{۱}{۴}\vec{F}_۱+\frac{۱}{۴}\vec{F}_۲+\frac{۱}{۴}\vec{F}_۳+\frac{۱}{۴}\vec{F}_۴=\frac{۱}{۴}(\vec{F}_۱+\vec{F}_۲+\vec{F}_۳+\vec{F}_۴)\end{aligned}\right\} \Rightarrow F'_T=\frac{۱}{۴}F_T$$

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

۱) قرار اسـت نیروی خالص وارد بر $q_۴$ صفر باشـد و چنانچه نیروهای وارد بر $q_۴$ را رسـم کرده و برایند آن‌ها را برابر صفر قرار دهیم، همان‌گونه که خواهید دید (در تست‌های قبلی نیز دیده‌اید)، مشخص می‌شود $q_۴$ از معادلات حذف شده و علامت $q_۴$ نقشی در حل تست ندارد. بار $q_۴$ را مثبت فرض می‌کنیم.

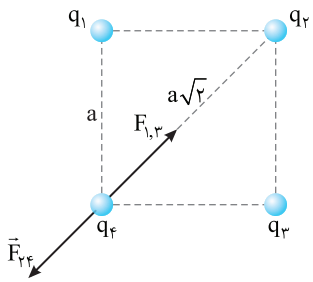
۲) مقدار بارهای $q_۱$ و $q_۳$ یکسان و فاصلهٔ آن‌ها از $q_۴$ یکسان است، پس نیرویی که $q_۱$ و $q_۳$ به $q_۴$ وارد می‌کنند با هم برابر است. برایند دو نیروی $\vec{F}_{۱۴}$ و $\vec{F}_{۳۴}$ را با $\vec{F}_{۱,۳}$ نمایش می‌دهیم و این نیرو در راستای نیمساز یعنی روی قطر مربع خواهد بود.

۳) نیروی $\vec{F}_{۱,۳}$ در راسـتای قطر مربع اسـت و نیرویی که $q_۲$ بر $q_۴$ وارد می‌کند $(\vec{F}_{۲۴})$ نیز در امتداد قطر مربع و هم‌راسـتا بـا $\vec{F}_{۱,۳}$ اسـت و بـرای آن‌که نیروی خالـص وارد بر $q_۴$ صفر شـود باید $\vec{F}_{۲۴}$ و $F_{۱,۳}$ خـلاف جهت هم و هم‌اندازه باشند. اکنون به حل مسئله می‌پردازیم، ابتدا نیروی برایند $\vec{F}_{۱۴}$ و $\vec{F}_{۳۴}$ یعنی $\vec{F}_{۱,۳}$ را حساب می‌کنیم.



$$F_{۱۴}=F_{۳۴}=k\frac{|q_۱||q_۴|}{a^۲}$$

$$F_{۱,۳}=\sqrt{F_{۱۴}^۲+F_{۳۴}^۲} \xrightarrow{F_{۱۴}=F_{۳۴}} F_{۱,۳}=\sqrt{F_{۱۴}^۲+F_{۱۴}^۲} \Rightarrow F_{۱,۳}=F_{۱۴}\sqrt{۲}=k\frac{|q_۱||q_۴|}{a^۲}\sqrt{۲}$$



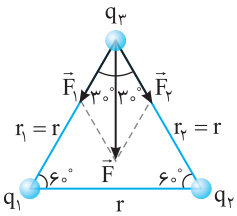
چون $\vec{F}_{۲۴}$ باید خلاف جهت $\vec{F}_{۱,۳}$ باشد پس نیروی بین $q_۲$ و $q_۴$ دافعه بوده بنابراین $q_۲$ و $q_۴$ همنام هستند. بار $q_۴$ را مثبت فرض کرده‌ایم بنابراین $q_۲$ نیز مثبت است. با برابر قرار دادن نیروی $\vec{F}_{۲۴}$ و $\vec{F}_{۱,۳}$، $q_۲$ را به‌دست می‌آوریم.

$$F_{۲۴}=F_{۱,۳}\xrightarrow[\text{قطر مربع است}]{\text{فاصلهٔ }q_۲\text{ تا }q_۴\text{ برابر}}k\frac{|q_۲||q_۴|}{(a\sqrt{۲})^۲}=k\frac{|q_۱||q_۴|}{a^۲}\times\sqrt{۲}\Rightarrow k\frac{|q_۲||q_۴|}{۲a^۲}=k\frac{|q_۱||q_۴|}{a^۲}\sqrt{۲}$$

$$\xrightarrow[k\text{ و }|q_۴|\text{ و }a^۲\text{ را ساده می‌کنیم}]{\text{از دو طرف تساوی}}|q_۲|=۲|q_۱|\sqrt{۲}\xrightarrow{q_۲>۰}q_۲=۲۰\sqrt{۲}\times\sqrt{۲}\mu C=۴۰\mu C$$

راستی یادتونه گفتیم که علامت و مقدار $q_۴$ مهم نیست و در دو طرف معادلات ساده می‌شه در معادلهٔ بالا همین اتفاق افتاد.

۲۰- گزینهٔ ۲ (A)



برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار الکتریکی $q_۳$ از سوی بارهای الکتریکی $q_۱$ و $q_۲$، یعنی نیروی $\vec{F}$ را در راستای اضلاع مثلث تجزیه می‌کنیم. مؤلفه‌های به‌دست‌آمده نشان‌دهندهٔ وجود نیروهای جاذبهٔ $\vec{F}_۱$ و $\vec{F}_۲$ از سوی بارهای $q_۱$ و $q_۲$ بر بار الکتریکی $q_۳$ می‌باشد. پس نتیجه می‌گیریم که $q_۱$ و $q_۲$ همنام بوده و $q_۳$ با آن‌ها ناهمنام است. از سوی دیگر با توجه به این که مثلث متساوی‌الاضلاع است و بردار برایند $\vec{F}$ منطبق بر نیمساز زاویهٔ بین بردارهای $\vec{F}_۱$ و $\vec{F}_۲$ یعنی ۶۰° است، به این نتیجه می‌رسیم که نیروهای $\vec{F}_۱$ و $\vec{F}_۲$ هم‌اندازه‌اند و چون فاصلهٔ بارهای $q_۱$ و $q_۲$ تا بار الکتریکی $q_۳$ یکسان است، پس بارهای الکتریکی $q_۱$ و $q_۲$ نیز یکسان می‌باشند.

۲۱- گزینهٔ ۳ (A)

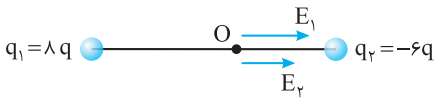
میدان حاصل از بار نقطه‌ای، $E=\frac{kq}{r^۲}$ است. پس:

$$\frac{E_A}{E_B}=\frac{\frac{kq}{r_A^۲}}{\frac{kq}{r_B^۲}}=\frac{r_B^۲}{r_A^۲}=\frac{(d+۳۰)^۲}{۳۰^۲}=۲/۲۵\Rightarrow\frac{d+۳۰}{۳۰}=۱/۵\Rightarrow d=۱۵cm$$

۲۲- گزینهٔ ۱ (B)

اگر اندازهٔ میدان الکتریکی بار q در فاصلهٔ d از آن برابر E باشد، آن‌گاه:

$$E=\frac{kq}{d^۲}\Rightarrow E_۱=\frac{k\times۸q}{(۴d)^۲}=\frac{۱}{۲}\times\frac{kq}{d^۲}=\frac{E}{۲}\quad,\quad E_۲=\frac{k\times۶q}{(۳d)^۲}=\frac{۲}{۳}\times\frac{kq}{d^۲}=\frac{۲}{۳}E$$

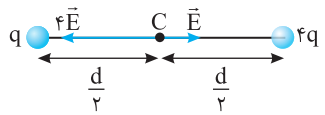


میدان در نقطهٔ O برایند $E_۱$ و $E_۲$ بوده و چون میدان‌ها هم‌جهت هستند با هم جمع می‌شوند:

$$E_O=E_۱+E_۲=\frac{E}{۲}+\frac{۲E}{۳}=\frac{۳E+۴E}{۶}=\frac{۷}{۶}E$$

۲۳- گزینهٔ ۴ (B)

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



$$E_T=۴E-E\Rightarrow E_T=۳E=۳۰۰N/C\Rightarrow E=۱۰۰N/C$$

وقتی بار بزرگ‌تر را خنثی کنیم، فقط میدان بار کوچک‌تر که $E=۱۰۰N/C$ است، باقی می‌ماند.

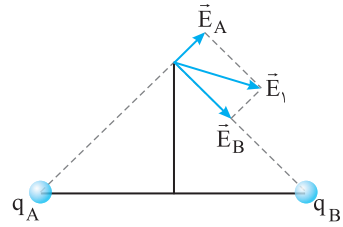
۲۴- گزینهٔ ۳ (A)

در نقطه‌ای بین دو بار به فاصلهٔ ۴۰cm از بار $-Q$ و $۶۰cm=۴۰-۱۰۰$ از بار $+Q_۲$ میدان‌ها با هم برابر شده است، در این صورت:

$$E_۱=E_۲\Rightarrow k\frac{Q_۱}{r_۱^۲}=k\frac{Q_۲}{r_۲^۲}\Rightarrow\frac{Q_۱}{(۴۰)^۲}=\frac{Q_۲}{(۶۰)^۲}\Rightarrow\frac{Q_۲}{Q_۱}=(\frac{۶۰}{۴۰})^۲\Rightarrow\frac{Q_۲}{Q_۱}=۲/۲۵$$

۲۵- گزینهٔ ۱ (A)

بار q_B بزرگ‌تر و در نتیجه میدان آن نیز بزرگ‌تر از میدان حاصل از بار q_A است. مطابق شکل میدان برایند در نقطهٔ M، $E_۱$ است.

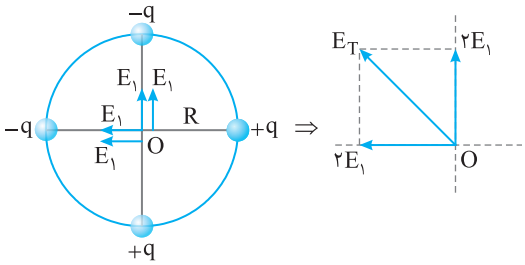


۲۶- گزینهٔ ۱ (B)

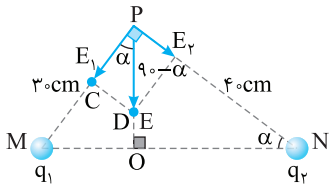
با توجه به شکل خواهیم داشت: $E_T=۲\sqrt{۲}E_۱$

به کمک رابطهٔ فیثاغورس میدان الکتریکی خالص (برایند) را در نقطهٔ O به‌دست می‌آوریم.

$$E_T=\sqrt{(۲E_۱)^۲+(۲E_۱)^۲}=۲\sqrt{۲}E_۱$$

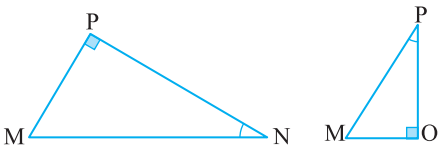


۲۷- گزینهٔ ۴ در حل این مسأله باید از هندسه و مثلثات کمک گرفت.



ⓒ ابتـدا میـدان E را در امتداد پاره‌خط‌های MP و NP تجزیه می‌کنیم تا میدان‌های حاصل از بار q_1 (E_1) و q_2 (E_2) در نقطهٔ P به‌دست آید.

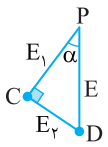
هندسه سؤال: دو مثلث PMN و PMO قائم‌الزاویه هستند. برای سادگی آن‌ها را جداگانه رسم کرده‌ایم.



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

مثلثات سؤال: مثلث MPN: $\tan\alpha=\frac{\text{ضلع روبه‌رو}}{\text{ضلع مجاور}}=\frac{MP}{NP}\Rightarrow\tan\alpha=\frac{30}{40}=\frac{3}{4}$:در مثلث MPN

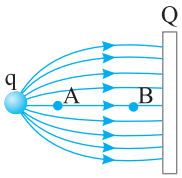
از طرفی با توجه به مثلث PCD می‌توان $\tan\alpha$ را از رابطهٔ زیر به‌دست آورد:



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

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

۲۸- گزینهٔ ۱ ۱) خطوط میدان الکتریکی از بار مثبت خارج و به بار منفی وارد می‌شود، با توجه به شکل، خطوط

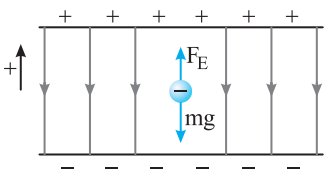


Ⓐ میدان الکتریکی از بار q خارج $(q>0)$ و به بار منفی وارد $(Q<0)$ است.

۲) در مورد مقایسـهٔ اندازهٔ میدان الکتریکی با توجه به خطوط میدان الکتریکی می‌دانیم هر جا که تراکم خطوط بیشـتر باشد میدان قوی‌تر و اندازهٔ آن بزرگ‌تر است.

$$E_A>E_B$$

۲۹- گزینهٔ ۱ نیروی وزن می‌خواهد ذره را با شـتاب $10m/s^2$ به طرف پایین بکشـد، با توجه به این که شتاب

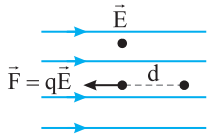


Ⓑ ذره $6m/s^2$ به طرف پایین اسـت بنابراین باید یک نیروی رو به بالا بر ذره وارد شـود و با توجه به منفی بودن بار ذره میدان الکتریکی به‌صورت روبه‌رو باید باشد تا نیرویی رو به بالا به آن وارد شود.

$$F_T=ma\Rightarrow F_E-mg=m\times(a)\Rightarrow E\times(10\times10^{-9})-20\times10^{-3}\times10=20\times10^{-3}\times(-6)$$

$$E\times(10^{-8})=0/08\Rightarrow E=8\times10^6\,N/C$$

۳۰- گزینهٔ ۴ به بار منفی در خلاف جهت میدان الکتریکی نیرو وارد می‌شـود. 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.

$$W=Fd\cos\theta\xrightarrow{\theta=\pi}W<0$$

۳۱- گزینهٔ ۱ در جابه‌جایی بار در یک میدان الکتریکی، کار میدان الکتریکی به مسـیر بسـتگی ندارد و برابر منفی تغییر انرژی پتانسـیل 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.

۳۲- گزینهٔ ۱ جای قطب‌های باتری را عوض کرده‌ایم، بنابراین جهت میدان از نقطهٔ 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.

$$W_E=\Delta K\Rightarrow qEd=\frac{1}{2}m_p(v_B^2-v_A^2)\xrightarrow[v_A=0]{\text{در نقطهٔ (A) رها شده}}1/6\times10^{-19}\times2\times10^3\times10\times10^{-2}=\frac{1}{2}\times1/6\times10^{-27}\times v_B^2\Rightarrow v_B=2\times10^5\,m/s$$

۳۳- گزینهٔ ۱ بـا حرکـت در جهت میدان الکتریکی پتانسـیل الکتریکـی نقاط کاهش می‌یابد $(V_A>V_B)$. همچنین با انتقال بار مثبت در خلاف سـوی خطوط

Ⓐ میدان، انرژی پتانسیل آن افزایش می‌یابد $(U_A>U_B)$.

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

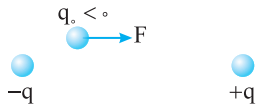
Ⓐ

$$V_2-V_1=\frac{U_{E_2}-U_{E_1}}{q}\Rightarrow-10-(-40)=\frac{\Delta U_E}{-2\times10^{-6}}\Rightarrow\Delta U_E=-6\times10^{-5}\,J$$

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

۳۵- گزینهٔ ۴ (B)

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.

۳۶- گزینهٔ ۲ (A)

بار داده شده به رسانا همواره در سطح خارجی آن پخش 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 $+5Q+(-2Q)=+3Q$ خواهد شد.

۳۷- گزینهٔ ۱ (A)

در حالت تعادل الکتروستاتیکی میدان الکتریکی درون رسانا صفر و پتانسیل الکتریکی نقاط هم یکسان است.

۳۸- گزینهٔ ۳ (A)

همواره در تمام نقاط یک رسانا در پدیده‌های الکتریسیتهٔ 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.

۳۹- گزینهٔ ۱ (A)

ابتدا مقدار بار داده شده به کرهٔ رسانا را به‌دست می‌آوریم.

$$Q=ne\Rightarrow Q=6\times10^{13}\times1/6\times10^{-19}\Rightarrow Q=9/6\times10^{-6}\,C$$

اکنون چگالی سطحی بار را حساب می‌کنیم، البته دقت کنید شعاع کره $r=\frac{4}{2}=2cm$ است.

$$\sigma=\frac{Q}{A}\xrightarrow{A=4\pi r^2}|\sigma|=\frac{9/6\times10^{-6}}{4\times3\times(4\times10^{-4})}\Rightarrow|\sigma|=\frac{0/8\times10^{-6}}{4\times10^{-4}}=2\times10^{-3}\ \frac{C}{m^2}$$

۴۰- گزینهٔ ۴ (A)

با توجه به تعریف ظرفیت خازن خواهیم داشت:

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

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

$$Q=CV\Rightarrow 20=10\times2$$

۴۱- گزینهٔ ۳ (A)

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

۴۲- گزینهٔ ۳ (A)

وقتی خازن به باتری $6V$ متصل می‌شود، اختلاف پتانسیل دو سر آن $6V$ است و اگر به باتری $12V$ متصل شود، اختلاف پتانسیل دو سر آن $12V$ است، در دو حالت خواهیم داشت:

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

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

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

۴۳- گزینهٔ ۲ (B)

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

$$E=\frac{V}{d}=\frac{\frac{Q}{C}}{d}=\frac{Q}{Cd}=\frac{Q}{\frac{\kappa\varepsilon_0 A}{d}\times d}=\frac{Q}{\kappa\varepsilon_0 A}\xrightarrow{\kappa=1}E=\frac{Q}{\varepsilon_0 A}$$

۴۴- گزینهٔ ۳ (A)

اختلاف پتانسیل داده شده و ظرفیت خازن خواسته شده بنابراین از رابطهٔ $U=\frac{1}{2}CV^2$ برای انرژی خازن استفاده می‌کنیم:

$$U=\frac{1}{2}CV^2\Rightarrow1/8=\frac{1}{2}\times C\times(200)^2\Rightarrow C=90\mu F$$

۴۵- گزینهٔ ۲ (A)

برای مقایسهٔ انرژی‌های ذخیره شده در حالت‌های اولیه و ثانویهٔ این خازن از رابطهٔ $U=\frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$ استفاده می‌کنیم. با معلوم بودن ظرفیت الکتریکی خازن و تفاوت انرژی‌های ذخیره شده در خازن می‌توانیم بنویسیم:

$$C=22\mu F\ ,\ Q_2=Q_1+\frac{20}{100}q_1=1/2q_1\ ,\ U_2=U_1+16\mu J$$

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

$$U_2-U_1=16\Rightarrow\frac{1/44q_1^2}{44}-\frac{Q_1^2}{44}=16\Rightarrow\frac{0/44Q_1^2}{44}=16\Rightarrow Q_1^2=\frac{16\times44}{0/44}=1600\Rightarrow Q_1=40\mu C$$

۴۶- گزینهٔ ۲ (B) **خط فکری:** وقتی کمیتی مانند انرژی ذخیره شده در خازن x درصد تغییر می‌کند، می‌توان نوشت:

$$U_۲=U_۱\overset{\text{افزایش}}{\overset{\nearrow}{\underset{\searrow}{\pm}}}\frac{x}{۱۰۰}U_۱ \quad \begin{matrix}\text{افزایش}\\ \text{کاهش}\end{matrix}$$

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 اندازهٔ $۲\mu C$، ظرفیت خازن ثابت می‌ماند. با توجه به رابطه انرژی خازن $U=\frac{Q^۲}{۲C}$، انرژی را دو حالت نوشته و بر هم تقسیم می‌کنیم:

$$U=\frac{Q^۲}{۲C}\Rightarrow\frac{U_۲}{U_۱}=\frac{\frac{(Q+۲)^۲}{۲C_۲^۲}}{\frac{Q^۲}{۲C_۱^۲}}\xrightarrow[U_۲=U_۱+\frac{۲۱}{۱۰۰}U_۱]{C_۲=C_۱}\frac{\frac{۱۲۱}{۱۰۰}U_۱}{U_۱}=(\frac{Q+۲}{Q})^۲\Rightarrow\frac{۱۲۱}{۱۰۰}=(\frac{Q+۲}{Q})^۲\xrightarrow[\text{جذر می گیریم}]{\text{از دو طرف}}\sqrt{\frac{۱۲۱}{۱۰۰}}=\sqrt{(\frac{(Q+۲)}{Q})^۲}$$

$$\Rightarrow\frac{۱۱}{۱۰}=\frac{Q+۲}{Q}\Rightarrow ۱۱Q=۱۰Q+۲۰\Rightarrow Q=۲۰\mu C$$

۴۷- گزینهٔ ۲ (C) 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:

$$\begin{cases}U=\frac{۱}{۲}\frac{Q^۲}{C}\Rightarrow\Delta U=\frac{Q_۲^۲-Q_۱^۲}{۲C}\\ \Delta Q=۴\mu C\\ Q_۲^۲-Q_۱^۲=\underbrace{(Q_۲-Q_۱)}_{۴\mu C}\underbrace{(Q_۲+Q_۱)}_{(۲Q_۱+۴)\mu C}\end{cases}\Rightarrow\Delta U=\frac{۴\times(۲Q_۱+۴)}{۲C}\Rightarrow۵=\frac{۴\times(۲Q_۱+۴)}{۲\times۸}\Rightarrow ۲Q_۱+۴=۲۰\Rightarrow ۲Q_۱=۱۶\Rightarrow Q_۱=۸\mu C$$

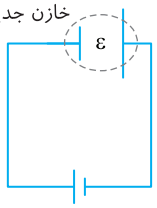
۴۸- گزینهٔ ۱ (A) هرگاه خازن بارداری از مولد جدا شود بار روی صفحه‌های آن ثابت می‌ماند. با کاهش d، ظرفیت خازن افزایش می‌یابد و اختلاف پتانسیل دو سر خازن و در نتیجه انرژی خازن کاهش می‌یابد.

$$\downarrow V=\frac{Q}{C\uparrow}\quad,\quad U\downarrow=\frac{Q^۲}{۲C\uparrow}$$

۴۹- گزینهٔ ۳ (A) اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو صفحهٔ خازن به دلیل اتصال به یک اختلاف پتانسیل ثابت، بدون تغییر می‌ماند، پس:

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

۵۰- گزینهٔ ۱ (B) وقتی یک صفحهٔ خازن را نصف می‌کنیم، ظرفیت خازن جدید نصف ظرفیت خازن قدیم می‌شود:



$$C=\varepsilon_۰\frac{A}{d}\xrightarrow{A'=\frac{۱}{۲}A}C'=\frac{۱}{۲}C$$

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

$$Q=CV\xrightarrow{C'=\frac{۱}{۲}C}Q'=\frac{۱}{۲}Q$$

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

۵۱- گزینهٔ ۳ (B) با جداکردن خازن از مولد، بار روی صفحه‌های خازن **ثابت می‌ماند**. با زیادشدن فاصلهٔ بین صفحه‌ها ظرفیت خازن به نسبت عکس فاصله کاهش می‌یابد. در نتیجه اختلاف پتانسیل دو سر خازن به همان نسبت افزایش می‌یابد. در نتیجه میدان بین صفحات ثابت می‌ماند.

$$d'=nd\Rightarrow C'=\frac{۱}{n}C\xrightarrow{V=\frac{Q}{C}}V'=nV\xrightarrow{E=\frac{V}{d}}E'=\frac{V'}{d'}=\frac{nV}{nd}=\frac{V}{d}\Rightarrow E'=E$$

۵۲- گزینهٔ ۲ (A) با بازکردن کلید، خازن از مدار جدا می‌شود و بار روی صفحه‌های آن ثابت می‌ماند. با افزایش مساحت صفحه‌های خازن، ظرفیت خازن افزایش می‌یابد.

$$\frac{C'}{C}=\frac{A'}{A}\Rightarrow\frac{C'}{C}=\frac{A+۰/۲۵A}{A}\Rightarrow C'=۱/۲۵C$$

در این‌صورت انرژی خازن نسبت به حالت اول خواهد شد:

$$\frac{U'}{U}=\frac{\frac{۱}{۲}\frac{Q^۲}{C'}}{\frac{۱}{۲}\frac{Q^۲}{C}}\Rightarrow\frac{U'}{U}=\frac{C}{C'}=\frac{C}{۱/۲۵C}\Rightarrow\frac{U'}{U}=\frac{۴}{۵}\Rightarrow\Delta U=U'-U=\frac{۴}{۵}U-U\Rightarrow\Delta U=-\frac{۱}{۵}U=-۲۰٪U$$

در نتیجه انرژی خازن ۲۰٪ کاهش می‌یابد.

۵۳- گزینهٔ ۴ 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 دی‌الکتریک بین صفحات خازن، ظرفیت خازن κ برابر می‌شود. اکنون به کمک رابطهٔ $U=\frac{1}{2}CV^2$ ، انرژی ذخیره شده خازن در حالت جدید را حساب می‌کنیم.

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

۲) اگر خازن را از باتری جدا کرده باشیم، بار ذخیره شده روی صفحات خازن ثابت است و با قرار دادن دی‌الکتریک بین صفحات خازن، ظرفیت خازن κ برابر می‌شود. این بار از رابطهٔ $U=\frac{1}{2}Q^2/C$ استفاده می‌کنیم.

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

اکنون نسبت $\frac{U''}{U'}$ را به‌دست می‌آوریم.

$$\frac{U''}{U'}=\frac{\frac{U}{\kappa}}{\kappa U}=\frac{1}{\kappa^2}$$

باز تذکر می‌دهیم که در بررسی خازن، باید از سه رابطه انرژی خازن، رابطه‌ای را انتخاب کرد که با داده‌های مسئله هم‌خوانی داشته باشد.

پاسخ تشریحی پرسش‌های چهارگزینه‌ای سطح دوم

۹۸- گزینهٔ ۴ **خط فکری:** به اولین چیزی که باید فکر کنید این است که بار این ذره ممکن است مثبت یا منفی باشد. اگر منفی باشد با دادن الکترون به آن بار منفی‌اش بیشتر می‌شود اما اگر بارش مثبت باشد با دادن الکترون به آن ابتدا ذره خنثی و سپس دارای بار منفی شده که مقدار آن دو برابر بار منفی اولیه خواهد بود، یعنی مسئله دو جواب خواهد داشت.

ابتدا مقدار بار منفی داده شده به ذره را حساب می‌کنیم.

$$\Delta q = ne = ۳\times۱۰^{۱۳}\times(-۱/۶\times۱۰^{-۱۹}) = -۴/۸\mu C$$

اگر بار اولیهٔ ذره مثبت باشد بار نهایی آن منفی می‌شود یعنی اگر بار اولیه را $q_۱$ و بار نهایی را $q_۲$ بنامیم در این حالت $q_۱$ مثبت و $q_۲$ منفی است $(q_۲ = -۲q_۱)$

بنابراین:

$$\begin{cases} q_۲ = -۲q_۱ \\ q_۲ = q_۱ - ۴/۸ \end{cases} \Rightarrow -۲q_۱ = q_۱ - ۴/۸ \Rightarrow q_۱ = +۱/۶\mu C$$

اگر بار اولیه ذره منفی باشد، بار نهایی نیز منفی می‌شود از این‌رو $q_۱$ و $q_۲$ همنام‌اند.

$$\begin{cases} q_۲ = ۲q_۱ \\ q_۲ = q_۱ - ۴/۸ \end{cases} \Rightarrow ۲q_۱ = q_۱ - ۴/۸ \Rightarrow q_۲ = -۴/۸\mu C$$

۹۹- گزینهٔ ۱ دقت کنید اگر یک میلهٔ شیشه‌ای را با پارچهٔ ابریشمی مالش دهید و به ذرات ریز کاغذ نزدیک کنید، میلهٔ باردار ذرات ریز کاغذ را می‌رباید. بنا بر قانون سوم نیوتون، ذرات ریز کاغذ نیز به میله نیرویی به سمت خود وارد می‌کنند. حال اگر یک بار مثبت را به نزدیک نارسانای خنثی (مثلاً ذرات کاغذ) نزدیک کنیم، نارسانای خنثی به بار مثبت در جهت نارسانا نیروی ربایشی وارد می‌کند.

۱۰۰- گزینهٔ ۴ علت دور شدن دو کرهٔ فلزی این است که بارهای الکتریکی همنام یکدیگر را می‌رانند. اگر بار الکتریکی کرهٔ A را تخلیه کنیم نیروی رانش الکتریکی از بین می‌رود و دو کره به سوی هم حرکت کرده و با هم برخورد می‌کنند و در اثر تماس از کرهٔ B مقداری بار به کرهٔ A منتقل شده و دو کره یکدیگر را می‌رانند اما بار هر دو در این حالت کمتر است و انحراف آن‌ها از هم از حالت قبل کمتر خواهد بود.

۱۰۱- گزینهٔ ۳ در ابتدا میلهٔ باردار مثبت، در کرهٔ رسانای A بار $-۸۰nC$ و در کرهٔ رسانای C بار $+۸۰\,nC$ القا می‌کند و کرهٔ رسانای B بدون بار الکتریکی خواهد ماند. اگر در این شرایط به طور همزمان سه کره را از هم جدا کنیم، بارهای الکتریکی القا شده در آن‌ها باقی می‌ماند و پس از آن، تماس بین کره‌ها سبب تقسیم بار بین آن‌ها می‌شود. در تماس اول بین کرهٔ رسانای باردار A و کرهٔ رسانای خنثی B، بار الکتریکی ثانویهٔ ایجاد شده در آن‌ها یکسان بوده که از قانون پایستگی بار الکتریکی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

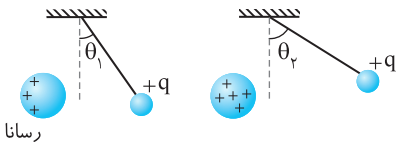
$$q'_A = q'_B \Rightarrow q_A + q_B = q'_A + q'_B \Rightarrow (-۸۰)+(۰) = q'_A + q'_A \Rightarrow q'_A = \frac{-۸۰}{۲} = -۴۰\,nC = q'_B$$

در تماس دوم بین کرهٔ رسانای باردار C و کرهٔ رسانای باردار شدهٔ B پس از تماس اول، بار الکتریکی ثانویهٔ دیگری ایجاد شده که در دو کره یکسان است و با استفاده از قانون پایستگی بار الکتریکی به‌دست می‌آید: $q'_C = q''_B$

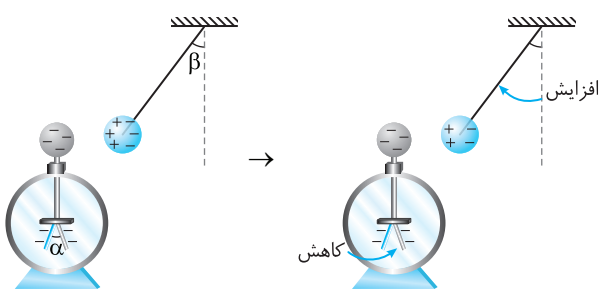
$$q_C + q'_B = q'_C + q''_B \Rightarrow (+۸۰)+(-۴۰) = q''_B + q''_B \Rightarrow q''_B = \frac{+۴۰}{۲} = +۲۰\,nC = q'_C$$

بنابراین پس از این دو تماس ایجاد شده بین کره‌های رسانای مشابه A، B و C، در نهایت در کرهٔ B بار الکتریکی $+۲۰nC$ ایجاد می‌شود.

۱۰۲- گزینهٔ ۲ وقتی کرهٔ رسانا به بار نقطه‌ای نزدیک می‌شود، در اثر رانش الکتریکی بارهای همنام، مقداری از بار کرهٔ رسانا در دورترین نقطهٔ کره نسبت به بار q قرار می‌گیرد و نیروی دافعهٔ الکتریکی بین دو بار نسبت به حالتی که کره نارسانا است و توزیع بار آن تغییر نمی‌کند کمتر بوده، پس زاویهٔ انحراف θ در حالت اول کمتر است.

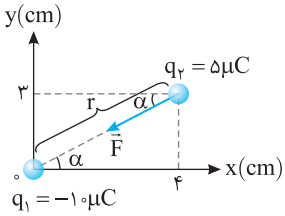


۱۰۳- گزینهٔ ۳ با نزدیک شدن الکتروسکوپ به آونگ در آونگ بارهای القایی مثبت و منفی به‌وجود می‌آید و هرچه الکتروسکوپ به آونگ نزدیک‌تر شود، مطابق شکل جاذبه بین بارهای مثبت آونگ و بار منفی کلاهک بیشتر می‌شود پس بار مثبت آونگ بار منفی بیشتری از ورقه‌ها را جذب می‌کند و زاویه α کاهش می‌یابد. همچنین به‌دلیل جاذبهٔ بیشتر بین کلاهک و آونگ، آونگ بیشتر از حالت قائم منحرف می‌شود و β افزایش می‌یابد.



۱۰۴- گزینهٔ ۴ (A) وقتی به الکتروسکوپ بار داده می‌شود، ورقه‌ها به دلیل داشتن بارهای همنام از یکدیگر دور می‌شوند و هر چه بار روی ورقه‌ها بیشتر باشد، زاویهٔ بین دو ورقه (α) افزایش می‌یابد، البته در نهایت زاویهٔ بین دو ورقه می‌تواند حدود 180° باشد و هر چه مقدار بار افزایش یابد، انحراف ورقه‌ها و زاویهٔ α بیشتر نخواهد شد.

۱۰۵- گزینهٔ ۲ (B) بین این دو بار الکتریکی ناهمنام، نیروی جاذبهٔ الکتریکی وجود دارد. در شکل زیر نیروی جاذبهٔ الکتریکی وارد بر بار q_2 از سوی بار الکتریکی q_1 نشان داده شده است. با توجه به شکل فاصلهٔ بین این دو بار نقطه‌ای برابر خواهد شد با:

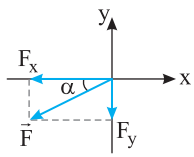


$$r=\sqrt{x^2+y^2}=\sqrt{4^2+3^2}=5\,cm$$

برای محاسبهٔ اندازهٔ این نیرو از قانون کولن استفاده می‌کنیم:

$$F=k\frac{q_1q_2}{r^2}\Rightarrow F=\frac{9\times10^9\times(10\times10^{-6})\times(5\times10^{-6})}{(5\times10^{-2})^2}=\frac{450\times10^{-3}}{25\times10^{-4}}=180N$$

برای تعیین بردار نیروی $\vec{F}$ بر حسب بردارهای یکهٔ $\vec{i}$ و $\vec{j}$ این بردار را در یک صفحهٔ xy دیگر رسم و به مؤلفه‌های افقی و عمودی آن تجزیه می‌کنیم:

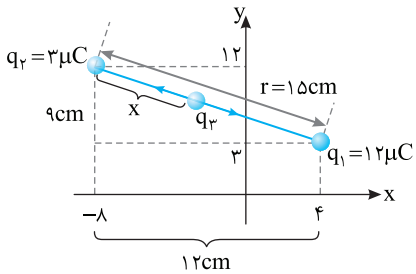


$$\cos\alpha=\frac{x}{r}=\frac{4}{5}\ ,\ \sin\alpha=\frac{y}{r}=\frac{3}{5}$$

$$\begin{cases}F_x=-F\cos\alpha=-180\times\frac{4}{5}=-144\ N\\ F_y=-F\sin\alpha=-180\times\frac{3}{5}=-108\ N\end{cases}\Rightarrow\vec{F}=F_x\vec{i}+F_y\vec{j}\Rightarrow\vec{F}=-144\vec{i}-108\vec{j}\ (N)$$

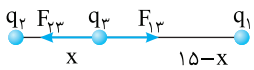
$\vec{F}_x$ و $\vec{F}_y$ در جهت منفی محورهای x و y هستند.

۱۰۶- گزینهٔ ۳ (B) **خط فکری:** به ظاهر تست نگاه نکنید، در واقع مسئله این است که دو بار q_1 و q_2 بر بار q_3 نیرو وارد می‌کنند و نیروی خالص وارد بر q_3 صفر است. بنابراین بارهای q_1، q_2 و q_3 روی یک خط راست قرار دارند. دو بار q_1 و q_2 هم‌علامتند پس باید بار q_3 بین این دو بار نزدیک به بار کوچک‌تر یعنی q_2 باشد تا برایند نیروهای وارد بر q_3 صفر شود.



ابتدا فاصلهٔ بین q_1 و q_2 را به‌دست می‌آوریم: $r=\sqrt{9^2+12^2}=3\sqrt{3^2+4^2}=3\times5=15cm$

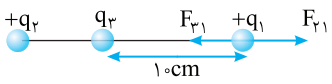
برای آن‌که مسئله را راحت بفهمیم شکل را به صورت مقابل رسم می‌کنیم.



برایند نیروهای وارد بر q_3 صفر است پس باید اندازهٔ نیروهایی که q_1 و q_2 بر بار q_3 وارد می‌کنند هم‌اندازه و خلاف جهت هم باشند:

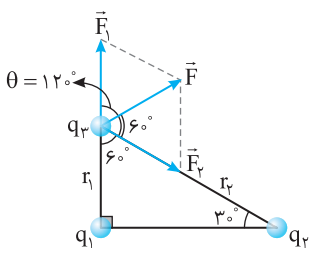
$$F_{13}=F_{23}\Rightarrow k\frac{q_2q_3}{(x)^2}=k\frac{q_1q_3}{(15-x)^2}\xrightarrow{k\text{ و }q_3\text{ را از دو طرف ساده می‌کنیم}}\frac{3}{x^2}=\frac{12}{(15-x)^2}\Rightarrow\frac{1}{x}=\frac{2}{15-x}\Rightarrow15-x=2x\Rightarrow x=5cm$$

بنابراین بار q_3 در فاصلهٔ 5cm بار q_2 و در فاصلهٔ 10cm بار q_1 قرار دارد. با توجه به فرض مسئله که نیروی خالص وارد بر هر ذره صفر است باید نیروهایی که بارهای q_2 و q_3 بر بار q_1 وارد می‌کنند با هم برابر و خلاف جهت هم بوده و یکدیگر را خنثی کنند، از این‌رو باید بار q_3 منفی باشد تا بار $+q_1$ را برباید. با برابر قرار دادن اندازهٔ نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_1، از طرف بارهای q_2 و q_3، بار q_3 را به‌دست می‌آوریم.



$$F_{31}=F_{21}\Rightarrow k\frac{|q_3||q_1|}{(10\times10^{-2})^2}=k\frac{|q_2||q_1|}{(15\times10^{-2})^2}\Rightarrow\frac{|q_3|}{10^{+2}}=\frac{3\times10^{-6}}{15^2}\Rightarrow|q_3|=\frac{100}{75}\times10^{-6}C=\frac{4}{3}\mu C\Rightarrow q_3=-\frac{4}{3}\mu C$$

۱۰۷- گزینهٔ ۱ (B) بار الکتریکی q_3 توسط بار الکتریکی q_1 دفع و توسط بار الکتریکی q_2 جذب می‌شود. با توجه به شکل داریم:



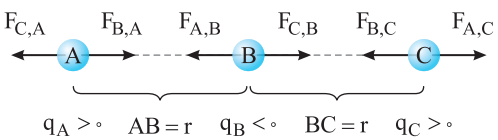
$$\sin30^\circ=\frac{r_1}{r_2}\Rightarrow\frac{1}{2}=\frac{r_1}{r_2}\Rightarrow r_2=2r_1$$

از طرفی با توجه به فرض مسأله $|q_2|=4q_1$ نسبت اندازهٔ دو نیروی $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$ را از قانون کولن به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{F_1}{F_2}=\frac{\frac{kq_1q_3}{r_1^2}}{\frac{kq_2q_3}{r_2^2}}=(\frac{q_1}{q_2})\times(\frac{r_2}{r_1})^2\Rightarrow\frac{F_1}{F_2}=(\frac{q_1}{4q_1})\times(\frac{2r_1}{r_1})^2=\frac{1}{4}\times4=1$$

پس دو نیروی $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$ هم‌اندازه بوده و بردار برایند آن‌ها یعنی $\vec{F}$ نیمساز زاویهٔ بین آن‌ها $(\theta=120^\circ)$ خواهد بود، یعنی نیروی $\vec{F}$ با وتر مثلث قائم‌الزاویهٔ رسم شده، زاویهٔ $\frac{\theta}{2}=60^\circ$ را خواهد ساخت. در نتیجه شکل نشان داده شده در گزینهٔ (۱) پاسخ درست این مسأله است.

۱۰۸- گزینهٔ ۳ (B) اگـر بخواهیم هر سـه گلولهٔ بـاردار در وضعیت تعادل باقـی بمانند، باید برایند نیروهای الکتریکی افقی وارد بر هر یک از آن‌ها صفر باشـد. پس می‌توانیم شـکل مقابل را در نظر بگیریم (با فرض این که علامت بار q_A مثبت اسـت). سـپس برای هر یک از بارهای الکتریکی، برایند نیروها را برابر صفر قرار می‌دهیم:



برای این‌که برایند نیروهای وارد بر q_A صفر باشد باید q_B و q_C ناهمنام باشد.

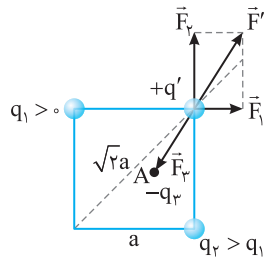
$$q_A \text{ بار الکتریکی}: F_{B,A}=F_{C,A}\Rightarrow \frac{kq_Bq_A}{AB^2}=\frac{kq_Cq_A}{AC^2}\Rightarrow \frac{q_B}{r^2}=\frac{q_C}{(2r)^2}\Rightarrow |q_C|=4|q_B|$$

$$q_B \text{ بار الکتریکی}: F_{A,B}=F_{C,B}\Rightarrow \frac{kq_Aq_B}{AB^2}=\frac{kq_Cq_B}{BC^2}\Rightarrow \frac{q_A}{r^2}=\frac{q_C}{r^2}\Rightarrow |q_A|=|q_C|$$

$$q_C \text{ بار الکتریکی}: F_{B,C}=F_{A,C}\Rightarrow \frac{kq_Bq_C}{BC^2}=\frac{kq_Aq_C}{AC^2}\Rightarrow \frac{q_B}{r^2}=\frac{q_A}{(2r)^2}\Rightarrow |q_A|=4|q_B|$$

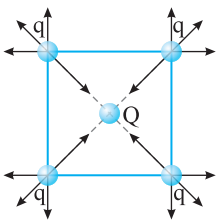
با توجه به علامت‌های مشـخص شـده برای سـه بار الکتریکی A ، B و C می‌فهمیم که بارهای q_A و q_C هم‌اندازه و همنام بوده و بار الکتریکی q_B با آن‌ها ناهمنام است و رابطهٔ $q_A=q_C=-4q_B$ برقرار است.

۱۰۹- گزینهٔ ۱ (C) نیروهای وارد بر بار الکتریکی q' را که از سـوی بارهای الکتریکی q_1 و q_2 بر آن وارد می‌شـود، رسـم می‌کنیم. با فرض این که بار q' مثبت باشد، نیروهای $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$ به صورت دافعه ظاهر شده و با توجه به یکسان بودن فاصلهٔ بارهای q_1 و q_2 تا بار q' و مقدار این دو بار نتیجه می‌گیریم که اندازهٔ $\vec{F}_2$ از اندازهٔ $\vec{F}_1$ بزرگ‌تر است. اگر برایند دو نیروی $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$ را نیروی $\vec{F}'$ در نظر بگیریم، این نیرو به سـمت نیروی بزرگ‌تر ($\vec{F}_2$) متمایل بوده و در راسـتای قطر مربع نخواهد بود. پس اگر بخواهیم بار q' در حال تعادل باشـد، باید نیرویی همانند $\vec{F}_3$ وجود داشـته باشـد که در خلاف جهت $\vec{F}'$ باشد و با آن زاویهٔ 180° بسازد. پس نتیجه می‌گیریم که اگر بار الکتریکی از نوع منفی درون مربع و در نقطهٔ A قرار گیرد، می‌تواند نیرویی خلاف جهت $\vec{F}'$ به بار $+q'$ وارد کند.



۱۱۰- گزینهٔ ۳ (C) قبل از حل تست دقت کنید این مسائل بیشتر جنبهٔ محاسبات ریاضی دارند و به شما کمک می‌کنند که محاسبات خود را قوی‌تر کنید وگرنه از نظر فیزیکی چیز تازه‌ای ندارند.

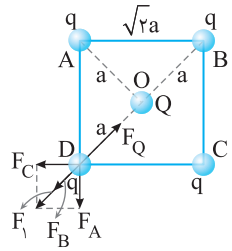
بار Q در مرکز مربع توسط بارهای یک اندازه و در فاصله‌های یکسان جذب می‌شود و این نیروها، یکدیگر را خنثی کرده و برایند نیروی وارد بر Q صفر می‌شود.



نیروهـای وارد بر هرکدام از بارهای (q) واقع بر رأس‌های مربع مشـابه یکدیگرند و کافی اسـت تنهـا برایند نیروهای وارد بر بار موجود روی یک رأس را بررسـی کنیم و اگر در آن رأس، برایند نیروها صفر شـود برایند نیروهای وارد بر بار در رأس‌های دیگر نیـز صفر می‌شـود. اکنون به بررسـی نیروهـای وارد بر بار q در نقطهٔ D می‌پردازیم. فاصلهٔ بـار Q تا بار q را با حرف a نمایش داده‌ایم در این صورت فاصلهٔ A تا B با توجه به رابطهٔ فیثاغورس برابر $\sqrt{a^2+a^2}=\sqrt{2}a$ خواهد شد.

$$F_A=F_C=k\frac{qq}{(\sqrt{2}a)^2}=k\frac{q^2}{2a^2}$$

نیروهای F_A و F_C بر هم عمودند و هم‌اندازه‌اند پس برایند آن‌ها در راستای قطر مربع قرار می‌گیرد.



$$F_1=\sqrt{F_A^2+F_C^2}=\sqrt{(k\frac{q^2}{2a^2})^2+(k\frac{q^2}{2a^2})^2}=\frac{kq^2}{2a^2}\sqrt{2}$$

نیرویی که بار q در محل B بر بار q در محل D وارد می‌کند برابر است با:

$$F_B=k\frac{qq}{(2a)^2}=k\frac{q^2}{4a^2}$$

نیروهای F_1 و F_B هم‌جهت‌اند از این‌رو:

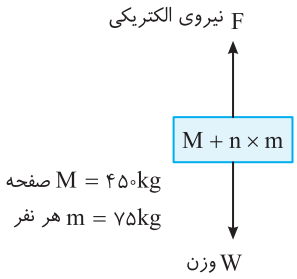
$$F'=F_B+F_1=k\frac{q^2}{4a^2}+k\frac{q^2}{2a^2}\sqrt{2}$$

برای آن‌که برایند نیروهای وارد بر بار روی رأس D صفر شود، باید F' و F_Q هم‌اندازه باشند تا به‌دلیل خلاف جهت بودن، برایند بارها در رأس D صفر شود.

$$F_T=0\Rightarrow F_Q=F'\Rightarrow k\frac{q|Q|}{a^2}=\frac{kq^2}{4a^2}(1+2\sqrt{2})\xrightarrow[\text{را ساده می‌کنیم}]{\text{از دو طرف معادله } q \text{ و } k \text{ و } a^2}|Q|=\frac{q}{4}(1+2\sqrt{2})$$

۱۱۱- گزینهٔ ۴ (B) گـول خورده‌ایـد؟! این مسـأله اصولاً به فصل الکتریسـیتهٔ سـاکن تعلق ندارد. دوباره مسـأله را بخوانید، بله درسـت فهمیده‌اید. سـه گلولهٔ باردار پلاستیکی با سه میله به هم متصل شده و مجموعه روی میز ساکن است و همواره برآیند نیروهای وارد بر جسم ساکن صفر است.

۱۱۲- گزینهٔ ۴ (B) اگر قرار باشد صفحهٔ بالایی شروع به پایین آمدن کند، باید مجموع وزن حداقل نفراتی که روی آن می‌ایستند به همراه وزن صفحهٔ بالایی بتواند هم‌اندازه یا بزرگ‌تر از نیروی دافعهٔ الکتریکی بین بارهای همنام قرار گرفته روی صفحه‌های A و B باشد. این صفحات را با توجه به فاصلهٔ زیادشان از هم می‌توان در مقابل هم بار نقطه‌ای در نظر گرفت. اندازهٔ این نیروی الکتریکی برابر است با:



$$F=\frac{kq_Aq_B}{r^2}=\frac{9\times10^9\times1\times1}{(1\times10^{-3})^2}=9\times10^3\,N$$

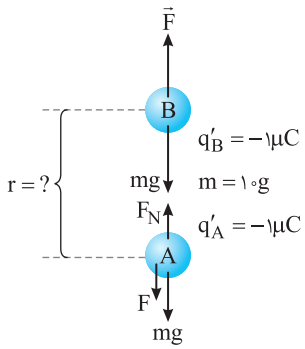
$$W\geq F\Rightarrow(M+n\times m)g\geq F\Rightarrow(450+n\times75)\times10\geq9000\Rightarrow450+n\times75\geq900\Rightarrow n\geq\frac{450}{75}=6$$

پس برای این که این صفحه شروع به حرکت رو به پایین کند، باید حداقل ۶ نفر روی آن بایستند.

۱۱۳- گزینهٔ ۱ (C) در ابتدا دو گلولهٔ کوچک و رسانای مشابه دارای بار الکتریکی ناهمنام بوده، پس یکدیگر را جذب می‌کنند، پس از تماس با یکدیگر بار آن‌ها همنام و هم‌اندازه می‌شود. بار الکتریکی ثانویهٔ هر یک از این گلوله‌ها را می‌توانیم با استفاده از قانون پایستگی بار الکتریکی تعیین کنیم:

$$q'_A+q'_B=q_A+q_B\Rightarrow q'_A+q'_B=(-4)+(+2)\Rightarrow2q'_A=-2\Rightarrow q'_A=-1\mu C\Rightarrow q'_B=-1\mu C$$

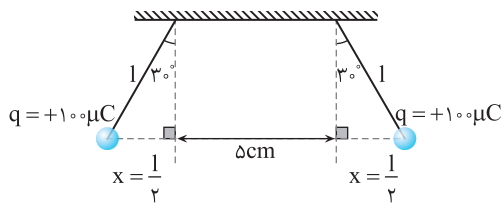
پس از این دو گلولهٔ سبک فلزی بر اثر نیروی دافعهٔ بین بارهای الکتریکی همنام و منفی ایجاد شده، یکدیگر را دفع کرده و از هم جدا می‌شوند تا جایی که برایند نیروهای وارد بر هر یک از آن‌ها صفر شود. در این شرایط برای گلولهٔ بالایی، یعنی B باید نیروی دافعهٔ الکتریکی، نیروی وزن را خنثی کند، اما برای توقف A باید A به کف استوانه رسیده باشد و نیروی عمودی تکیه‌گاه با مجموع نیروی وزن A و دافعهٔ الکتریکی برابر شود. پس با در نظر گرفتن شکل روبه‌رو می‌توانیم محاسبات زیر را انجام دهیم:



برای گلولهٔ B : $F_T=0\Rightarrow F-mg=0\Rightarrow F=\frac{kq'_Aq'_B}{r^2}=mg$

$$\Rightarrow\frac{9\times10^9\times(1\times10^{-6})\times(1\times10^{-6})}{r^2}=(10\times10^{-3})\times10\Rightarrow r^2=9\times10^{-2}\Rightarrow r=3\times10^{-1}m=30\,cm$$

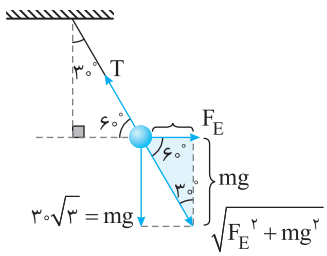
۱۱۴- گزینهٔ ۴ (C) میزان انحراف هر دو گلوله از وضع تعادل یکسان و طبق صورت سؤال ۳۰° است:



$$\sin30^\circ=\frac{\text{ضلع روبه‌رو}}{\text{وتر}}\Rightarrow\frac{1}{2}=\frac{x}{l}\Rightarrow x=\frac{l}{2}$$

$$r=5+\frac{l}{2}+\frac{l}{2}=5+l\,cm \quad \text{(I)}$$ فاصلهٔ دو بار:

نیروهای وارد بر هردو گلوله یکسان است پس تنها نیروهای وارد بر یکی از گلوله‌ها (مثلاً گلوله سمت راست) را بررسی می‌کنیم. بر گلوله دو نیروی F_E و mg عمود بر هم وارد می‌شود و چون گلوله در حالت تعادل است، برایند این دو نیرو باید با نیروی کشش طناب برابر باشد.



در مثلث رنگی:

$$\xrightarrow{\text{(II)}}\tan30^\circ=\frac{F_E}{mg}\Rightarrow F_E=mg\times\tan30^\circ=30\sqrt{3}\times\frac{\sqrt{3}}{3}=30\,N$$

$$\xrightarrow{\text{(III)}}\sin30^\circ=\frac{mg}{\sqrt{F_E^2+(mg)^2}}\Rightarrow\sqrt{F_E^2+(mg)^2}=\frac{30}{\frac{1}{2}}=60\,N$$

بنابراین:

$$\text{(II)}\ F_E=k\frac{q_1q_2}{r^2}\Rightarrow30=9\times10^9\times\frac{100\times100\times10^{-12}}{r^2}\Rightarrow r^2=3=300\Rightarrow r=10\sqrt{3}cm=10\times1/7=17cm$$

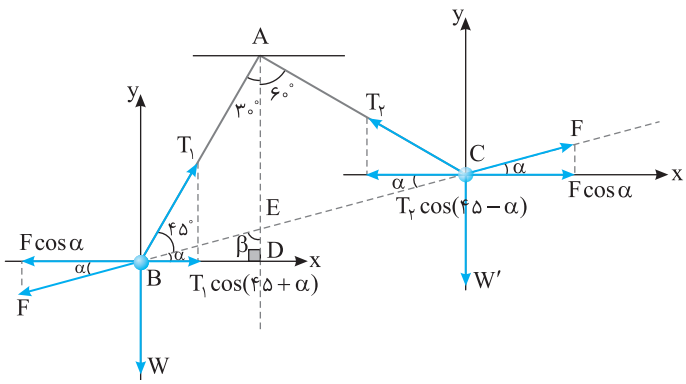
با توجه به معادلهٔ (I):

$$r=5+l\Rightarrow17=5+l\rightarrow l=12cm$$

با توجه به معادلهٔ (III) داریم:

$$\begin{cases}\sqrt{F_E^2+(mg)^2}=60\sqrt{3}\\ T=\sqrt{F_E^2+mg^2}\end{cases}\Rightarrow T=60\sqrt{3}\,N$$

۱۱۵- گزینهٔ ۳ (C) زاویـهٔ بیـن دو نیـروی F با محور xها، α اسـت. مثلث ABC متساوی‌الساقین است، پس زاویهٔ بین T_1 با خط واصل دو بار و زاویهٔ بین T_2 با خط واصل دو بار 45° است.



با توجه به شکل می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} F\cos\alpha = T_1\cos(45+\alpha) \\ F\cos\alpha = T_2\cos(45-\alpha) \end{cases} \Rightarrow T_1\cos(45+\alpha) = T_2\cos(45-\alpha)$$

اکنون باید زاویهٔ α را به‌دست آوریم. زاویهٔ β، زاویهٔ خارجی مثلث ABE است، پس:

$$\beta = 45+30 = 75^\circ$$

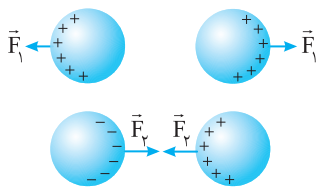
در مثلث BED داریم:

$$\alpha+\beta+90=180 \Rightarrow \alpha+75+90=180^\circ \Rightarrow \alpha=15^\circ$$

اکنون α را جایگزین می‌کنیم:

$$T_1\cos(45+15) = T_2\cos(45-15) \Rightarrow T_1\times\frac{1}{2} = T_2\times\frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \sqrt{3}$$

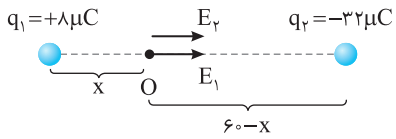
۱۱۶- گزینهٔ ۳ (B) هنگامی‌کـه بارهای همنام به دو کره می‌دهیم، بارها روی سـطح خارجی دو کره و در دورترین نقاط قـرار می‌گیرنـد و هنگامی‌کـه بار ناهمنام به دو کره می‌دهیـم، در نزدیک‌ترین نقاط قرار می‌گیرنـد و فاصلهٔ بارها کمتر از حالت اول است. پس نیرو در این حالت (F_2) بیشتر از حالت اول (F_1) است.



۱۱۷- گزینهٔ ۱ (B) بار q در سـطح نزدیک‌تر ورقهٔ فلزی به خود بار ناهمنام و در سـطح دورتر بار همنام القا کرده که به دلیل اتصال به زمین این بارهای همنام تخلیه و خنثی شده و تنها بارهای ناهمنام روی ورقهٔ فلزی باقی می‌مانند. با نزدیک شدن بار q به ورقهٔ فلزی، شدت القا افزایش یافته که سبب زیاد شدن اندازهٔ بار ناهمنام القایی می‌شـود. ایـن دو اثـر یعنی کاهش فاصلهٔ بار q تا ورقهٔ فلزی و زیاد شـدن اندازهٔ بار ناهمنام القایی روی آن باعث می‌شـود که اندازهٔ نیـروی جاذبهٔ الکتریکی وارد بر بار q افزایش یافته و در نتیجه طبق قانون دوم نیوتون اندازهٔ شتاب ذرهٔ باردار q نیز رفته‌رفته زیادتر شود.

۱۹۶- گزینهٔ ۴ **خط فکری:** ۱) دو بار ناهمنام هستند و میدان در نقطه‌ای مانند O بین دو بار هم‌جهت خواهد بود (مطابق شکل).

اندازهٔ میدان در نقطهٔ O بنابر فرض مسئله با هم برابر است از طرفی مقدار بار q_2 بزرگ‌تر از مقدار بار q_1 است پس باید نقطهٔ O به بار q_1 نزدیک‌تر باشد تا میدان حاصل از این دو ذره با هم برابر باشند:

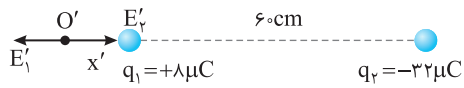


$$E_1=E_2\Rightarrow k\frac{q_1}{x^2\times10^{-4}}=k\frac{|q_2|}{(60-x)^2\times10^{-4}}\xrightarrow[\text{حساب می‌کنیم}]{\text{از دو طرف k را}}\frac{(60-x)^2}{x^2}=\frac{|q_2|}{q_1}\Rightarrow\left(\frac{60-x}{x}\right)^2=\frac{32}{8}$$

$$\xrightarrow[\text{جذر می‌گیریم}]{\text{از دو طرف معادله}}\frac{60-x}{x}=2\Rightarrow60-x=2x\Rightarrow3x=60\Rightarrow x=20\,cm$$

۲) دو بار ناهمنام هستند و مطابق شکل میدان دو بار در نقطهٔ O' خارج از دو بار و در امتداد خط وصل کنندهٔ دو بار خلاف جهت هم است.

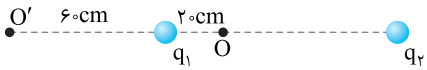
مقدار بار q_1 کوچک‌تر از مقدار بار q_2 است، پس فاصلهٔ موردنظر باید به q_1 نزدیک‌تر باشد تا میدان الکتریکی حاصل از آن‌ها با هم برابر باشد.



$$E'_1=E'_2\Rightarrow k\frac{q_1}{x'^2\times10^{-4}}=k\frac{|q_2|}{(60+x')^2\times10^{-4}}\xrightarrow[\text{ساده می‌کنیم}]{\text{از دو طرف معادله k را}}\frac{8\times10^{-6}}{x'^2\times10^{-4}}=\frac{32\times10^{-6}}{(60+x')^2\times10^{-4}}\Rightarrow$$

$$\frac{1}{x'^2}=\frac{4}{(60+x')^2}\Rightarrow\left(\frac{60+x'}{x'}\right)^2=4\xrightarrow[\text{جذر می‌گیریم}]{\text{از دو طرف}}\frac{60+x'}{x'}=2\Rightarrow x'=60\,cm$$

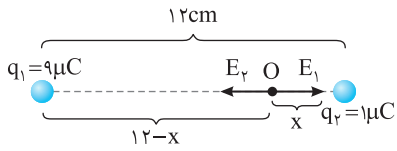
فاصلهٔ O تا O' خواسته شده است $OO'=80cm$.



روش دیگر: می‌خواهیم به درک ریاضی شما اعتماد کنیم. بار $q_1=+8\mu C$ و بار $q_2=-32\mu C$ است. یعنی $\frac{|q_2|}{q_1}=4$ است. بنابراین با توجه به رابطهٔ $E=k\frac{q}{r^2}$ برای آن‌که میدان این دو بار در یک نقطه هم‌اندازه باشد، باید فاصلهٔ بار $|q_2|$ (که مقدار آن ۴ برابر q_1 است) از آن نقطه، دو برابر فاصلهٔ بار q_1 از آن نقطه باشد. فاصله دو بار ۶۰cm است که دو قسمت آن مربوط به بار بزرگ‌تر $|q_2|$ و یک قسمت آن مربوط به بار کوچک‌تر است بنابراین:

$$r_1=\frac{60}{3}=20\,cm\quad,\quad r_2=\frac{60}{3}\times2=40\,cm$$

۱۹۷- گزینهٔ ۱ ابتدا نقطه‌ای را روی خط واصل دو بار $q_1=9\mu C$ و $q_2=1\mu C$ که در آن میدان خالص صفر می‌شود به‌دست می‌آوریم. دقت کنید که q_1 و q_2 همنام‌اند پس این نقطه بین دو بار و نزدیک به بار کوچک‌تر یعنی q_2 است و در این نقطه دو میدان خلاف جهت هم و هم‌اندازه هستند از این‌رو:



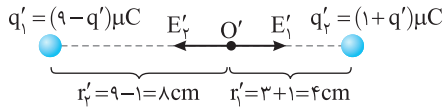
$$E_2=k\frac{q_2}{x^2\times10^{-4}}\ ,\ E_1=k\frac{q_1}{(12-x)^2\times10^{-4}}\Rightarrow\xrightarrow{E_1=E_2}E_1=E_2\Rightarrow k\frac{9\times10^{-6}}{(12-x)^2\times10^{-4}}=k\frac{10^{-6}}{x^2\times10^{-4}}$$

$$\frac{x^2}{(12-x)^2}=\frac{1}{9}\xrightarrow{\text{از دو طرف جذر می‌گیریم}}\sqrt{\frac{x^2}{(12-x)^2}}=\sqrt{\frac{1}{9}}\Rightarrow\frac{x}{12-x}=\frac{1}{3}\Rightarrow3x=12-x\Rightarrow4x=12\Rightarrow x=3cm$$

در حالت دوم مقداری از بار q_1 به بار q_2 منتقل شده مثلاً بار q' از بار q_1 به بار q_2 منتقل شده است.

$$q'_1=(9-q')\mu C\quad,\quad q'_2=(1+q')\mu C$$

فاصلهٔ نقطه‌ای که میدان خالص در آن صفر می‌شود نیز ۱cm از بار q_2 دورتر شده و در این نقطه

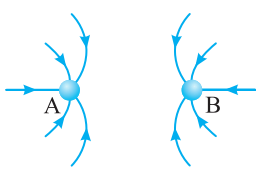


اندازه دو میدان E'_1 و E'_2 با هم برابر است.

$$E'_1=E'_2\Rightarrow k\frac{(9-q')}{8^2}=k\frac{(1+q')}{4^2}\Rightarrow\frac{9-q'}{4}=1+q'\Rightarrow9-q'=4+4q'\Rightarrow5=5q'\Rightarrow q'=1\mu C$$

تذکر: دقت کردید که در حل مسئله تبدیل واحد نکردیم زیرا ضرایب تبدیل واحد از طرفین حذف می‌شد.

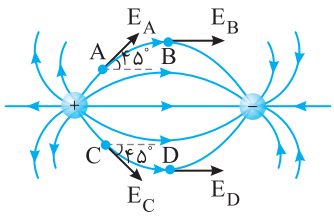
۱۹۸- گزینهٔ ۴ از شکل اولیهٔ خطوط میدان الکتریکی می‌فهمیم بار الکتریکی اولیهٔ کرهٔ A از نوع مثبت و بار الکتریکی کرهٔ B از نوع منفی می‌باشد. همچنین برای کرهٔ B تراکم خطوط میدان الکتریکی بیشتر و انحنای خطوط میدان الکتریکی کمتری نسبت به کرهٔ A می‌بینیم که نشان‌دهندهٔ آن است که اندازهٔ بار الکتریکی کرهٔ B از اندازهٔ بار الکتریکی کرهٔ A بیشتر است. اگر دو کرهٔ باردار را با هم تماس دهیم، طبق قانون پایستگی بار الکتریکی و نتیجه‌گیری‌های انجام شده، انتظار داریم بار الکتریکی هر دو کره هم‌اندازه و از نوع منفی شود:



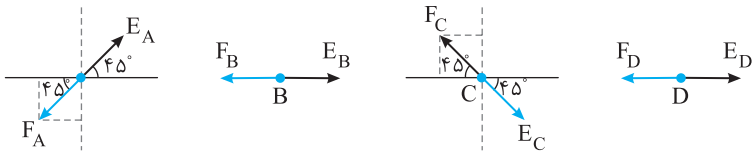
$$q_A>0\ ,\ q_B<0\ ,\ |q_B|>|q_A|\ ,\ q'_A=q'_B\ ,\ q'_A+q'_B=q_A+q_B<0\Rightarrow q'_A=q'_B<0$$

در حالت دوم خطوط میدان الکتریکی برای دو کرهٔ مشابه A و B که دارای بار الکتریکی هم‌اندازه و منفی می‌باشند به صورت متقارن و به سمت داخل بارهای الکتریکی رسم می‌شود.

۱۹۹- گزینهٔ ۳ Ⓒ میدان الکتریکی در هر نقطه مماس بر خط میدان و هم‌سو با آن است. جهت میدان را در نقاط A، B و C رسم می‌کنیم.

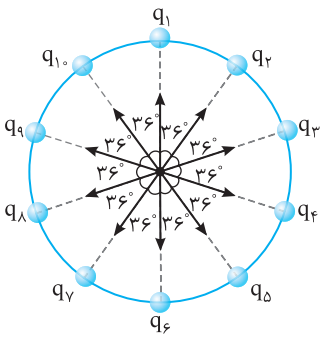


چون ذره دارای بار منفی است پس نیروی وارد بر آن در هر نقطه خلاف جهت میدان در آن نقطه است.



بردارهای نیرو در نقاط B و D مؤلفهٔ افقی دارند و مؤلفهٔ قائم ندارند، بردار نیرو در نقطهٔ A، دارای مؤلفه افقی منفی و مؤلفهٔ قائم منفی است و بردار نیرو در نقطهٔ C، یک مؤلفه قائم مثبت و یک مؤلفه افقی منفی دارد، بنابراین ذره در نقطه C است.

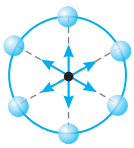
۲۰۰- گزینهٔ ۱ Ⓐ میدان الکتریکی این بارهای نقطه‌ای را در مرکز دایره رسم می‌کنیم. چون فاصلهٔ بین هر دو بار الکتریکی مجاور روی محیط دایره یکسان است، بردارهای میدان الکتریکی، دو به دو در خلاف جهت هم قرار می‌گیرند.



$$\begin{cases} r_1=r_2=\cdots=r_{10}=R=60cm \\ |q_1|=|q_2|=\cdots=|q_{10}|=40\mu C=q \end{cases} \Rightarrow E_1=E_2=\cdots=E_{10}=\frac{kq}{R^2}$$

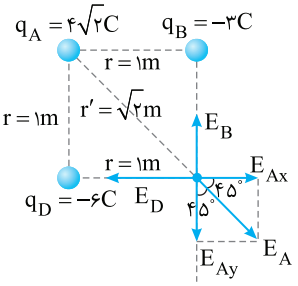
پس تمامی این میدان‌ها هم‌اندازه هستند و چون دو به دو یکدیگر را خنثی می‌کنند نتیجه می‌گیریم میدان الکتریکی خالص در مرکز این دایره صفر است.

۲۰۱- گزینهٔ ۴ Ⓐ با وجود شش بار الکتریکی، میدان در مرکز دایره صفر است.



برایند میدان الکتریکی ۵ بار، هم‌اندازهٔ میدان الکتریکی بار ششم و در خلاف جهت آن است. پس میدان برابر $E=k\frac{q}{r^2}$ است.

۲۰۲- گزینهٔ ۲ Ⓒ اندازه و جهت میدان‌های حاصل از q_A، q_B و q_D را در نقطهٔ C به‌دست می‌آوریم:



$$E_B=k\frac{|q_B|}{r^2}\Rightarrow E_B=9\times10^9\times\frac{3}{1}=27\times10^9 N/C$$

$$E_D=k\frac{|q_D|}{r^2}\Rightarrow E_D=9\times10^9\times\frac{6}{1}=54\times10^9 N/C$$

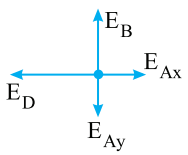
$$E_A=k\frac{|q_A|}{r'^2}\Rightarrow E_A=9\times10^9\times\frac{4\sqrt{2}}{2}=18\sqrt{2}\times10^9 N/C$$

میدان بار q_A در نقطهٔ C یعنی E_A را می‌توان حاصل از دو بردار E_{Ax} و E_{Ay} در نظر گرفت (یعنی بنابر آنچه در ریاضی پایهٔ هشتم خوانده‌اید می‌توانید E_A را به دو مؤلفه روی محور xها و محور yها تجزیه کنید.)

$$E_A=\sqrt{E_{Ax}^2+E_{Ay}^2}\xrightarrow[E_{Ax}=E_{Ay}\text{ پس }E_{Ay}\text{ و }E_{Ax}]{E_A\text{ روی نیمساز دو بردار}}18\sqrt{2}\times10^9=\sqrt{E_{Ax}^2+E_{Ax}^2}\Rightarrow18\sqrt{2}\times10^9=E_{Ax}\sqrt{2}$$

$$E_{Ax}=E_{Ay}=18\times10^9 N/C$$

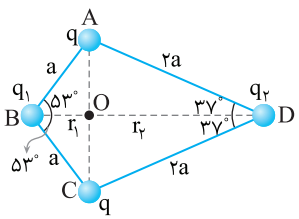
E_{Ax} خلاف جهت E_D و بردار E_{Ay} خلاف جهت بردار E_B است.



$$\Rightarrow \begin{cases} E_B-E_{Ay}=(27-18)\times10^9 N/C=9\times10^9 N/C \\ E_D-E_{Ax}=(54-18)\times10^9 N/C=36\times10^9 N/C \end{cases}$$

$$\Rightarrow E=-36\times10^9\vec{i}+9\times10^9\vec{j}$$

۲۰۳- گزینهٔ ۳ (B)



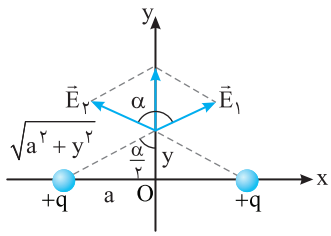
بارهایی که در رأس‌های A و C قرار گرفته‌اند با هم برابر و فاصلهٔ نقطهٔ O تا A و O تا C با هم یکسان است. بنابراین اندازهٔ میدان حاصل از آن‌ها در نقطهٔ O با هم برابر و خلاف جهت هم است و میدان خالص حاصل از این دو بار در نقطهٔ O برابر صفر است. میدان حاصل از بارهایی که در نقاط D و B قرار دارند، خلاف جهت هم بوده و برای اینکه میدان خالص این دو بار نیز در نقطهٔ O صفر شود باید اندازهٔ آن‌ها نیز با هم برابر باشد

$$E_{DO}=k\frac{q_۲}{r_۲^۲}=\frac{kq_۲}{(۲a\cos ۳۷^\circ)^۲}=\frac{kq_۲}{۴a^۲\times(۰/۸)^۲}=\frac{kq_۲}{۴a^۲\times ۰/۶۴}$$

$$E_{BO}=k\frac{q_۱}{r_۱^۲}=\frac{kq_۱}{(a\cos ۵۳^\circ)}=\frac{kq_۱}{a^۲\times(۰/۶)^۲}=\frac{kq_۱}{a^۲\times ۰/۳۶}$$

$$E_{DO}=E_{BO}\Rightarrow\frac{kq_۲}{۴a^۲\times ۰/۶۴}=\frac{kq_۱}{a^۲\times ۰/۳۶}\Rightarrow\frac{q_۱}{q_۲}=\frac{۰/۳۶}{۴\times ۰/۶۴}=\frac{۹}{۶۴}$$

۲۰۴- گزینهٔ ۱ (C)



میدان الکتریکی در نقطهٔ O وسط خط واصل دو بار صفر است. ضمناً میدان روی محور y در فاصلهٔ خیلی دور ($r\to-\infty$ یا $r\to+\infty$) نیز صفر است، ولی روی محور y در نقطه‌ای دلخواه به فاصلهٔ r، میدان صفر نیست. پس از منفی بی‌نهایت به سمت O ابتدا میدان صفر بوده و افزایش می‌یابد سپس با نزدیک شدن به نقطهٔ O به صفر می‌رسد یعنی کاهش می‌یابد. سپس با دور شدن از O میدان مجدداً افزایش می‌یابد و با نزدیک شدن به مثبت بی‌نهایت مجدداً به صفر می‌رسد یعنی کاهش می‌یابد.

۲۰۵- گزینهٔ ۳ (B)

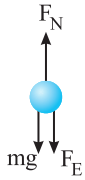
میدان الکتریکی برابر $\vec{E}=۱۰^۵\vec{i}+۱۰^۶\vec{j}\ (N/C)$ است. ابتدا با توجه به بار الکتریکی ذره و رابطهٔ $\vec{F}=q\vec{E}$ نیروی وارد بر ذره را به‌دست می‌آوریم:

$$\vec{F}=q\vec{E}\Rightarrow\vec{F}=-۲\times۱۰^{-۶}(۱۰^۵\vec{i}+۱۰^۶\vec{j})\Rightarrow\vec{F}=(-۲\times۱۰^{-۱}\vec{i}-۲\vec{j})$$

حال با توجه به $\vec{F}=m\vec{a}$ شتاب حرکت بار به‌دست می‌آید:

$$\vec{F}=m\vec{a}\Rightarrow-۲\times۱۰^{-۱}\vec{i}-۲\vec{j}=۲۰\times۱۰^{-۳}\vec{a}\Rightarrow\vec{a}=\frac{۱}{۲۰\times۱۰^{-۳}}(-۲\times۱۰^{-۱}\vec{i}-۲\vec{j})\Rightarrow\vec{a}=-۱۰\vec{i}-۱۰۰\vec{j}$$

۲۰۶- گزینهٔ ۳ (C)



از طرف کرهٔ زمین نیروی وزن بر جسم رو به پایین وارد می‌شود:

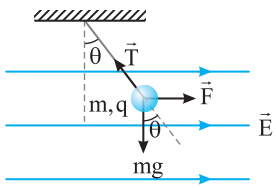
$$W=mg\Rightarrow W=۰/۱\times۱۰=۱\ N$$

از طرف میدان الکتریکی یکنواخت بالاسو نیروی $F=qE$ بر ذره با بار منفی رو به پایین وارد می‌شود که مقدار آن برابر است با:

$$F_E=qE\Rightarrow F_E=۲\times۱۰^{-۳}\times۱۰۰۰=۲N$$

بنابراین جمعاً نیروی $W+F_E=۱+۲=۳N$ رو به پایین بر جسم وارد می‌شود و ترازو این نیروی سه نیوتونی را نشان می‌دهد. $(F_N=۳N)$

۲۰۷- گزینهٔ ۲ (B)



شکل مقابل را در نظر می‌گیریم و با توجه به آن از رابطهٔ زیر استفاده می‌کنیم:

$$\tan\theta=\frac{|q|E}{mg}$$

برای آونگ‌های الکتریکی A و B اطلاعات زیر را در اختیار داریم:

$$\theta_A=۹۰^\circ-۳۰^\circ=۶۰^\circ\ ,\ \theta_B=۹۰^\circ-۶۰^\circ=۳۰^\circ\ ,\ |q_A|=۴\mu C\ ,\ |q_B|=۲\mu C$$

$$E_A=E_B=E=۲\times۱۰^۵\ N/C\ ,\ \frac{m_A}{m_B}=?\quad ,\quad \frac{\tan\theta_A}{\tan\theta_B}=\frac{|q_A|E_A/m_Ag}{|q_B|E_B/m_Bg}\Rightarrow\frac{\tan ۶۰^\circ}{\tan ۳۰^\circ}=\frac{\sqrt{۳}}{\frac{\sqrt{۳}}{۳}}=۳=\frac{۴\times۱۰^{-۶}}{۲\times۱۰^{-۶}}\times\frac{m_B}{m_A}\Rightarrow۳=۲\times\frac{m_B}{m_A}\Rightarrow\frac{m_A}{m_B}=\frac{۲}{۳}$$

۲۰۸- گزینهٔ ۳ (B)

نیروی الکتریکی وارد بر ذره با بار ۱۰μC در میدان الکتریکی ۲۰۰N/C برابر است با:

$$F=qE\Rightarrow F=۱۰\times۱۰^{-۶}\times۲۰۰۰=۲\times۱۰^{-۲}N$$

حال با توجه به قانون دوم نیوتون شتاب را به‌دست می‌آوریم:

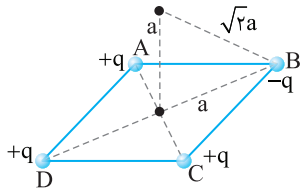
$$F=ma\Rightarrow۲\times۱۰^{-۲}=۱۰\times۱۰^{-۳}a\Rightarrow a=۲m/s^۲$$

در علوم نهم خواندید که شتاب متوسط برابر نسبت تغییر سرعت بر بازهٔ زمانی است.

$$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}\Rightarrow۲=\frac{v_۲-v_۱}{۲s}\xrightarrow[v_۱=۰\ \text{شروع به حرکت کرده}]{\text{جسم از حال سکون}}۲=\frac{v_۲-۰}{۲}\Rightarrow v_۲=۴m/s$$

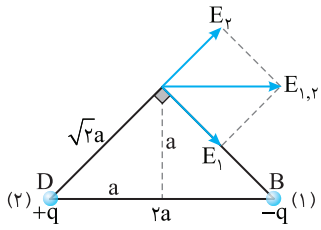
۲۰۹- گزینهٔ ۱ قطر مربع $\sqrt{۲}$ برابر ضلع آن است، بنابراین قطر مربع $\sqrt{۲}\times\sqrt{۲}a=۲a$ است. فاصلهٔ وسط مربع از هر بار، a و هم‌چنین فاصلهٔ نقطهٔ مورد نظر از مرکز مربع a است، پس فاصلهٔ هر بار از نقطهٔ مورد نظر خواهد شد: Ⓓ

$$\sqrt{a^۲+a^۲}=\sqrt{۲}a$$



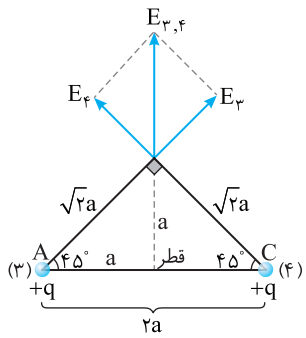
اندازهٔ میدان هر بار برابر است با:

$$E=\frac{kq}{(\sqrt{۲}a)^۲}=\frac{kq}{۲a^۲}$$



میدان بارهای $q_۱$ و $q_۲$ در یک صفحه قرار دارند و بر هم عمودند. برایند آن‌ها در جهت محور افقی است:

$$E_{۱,۲}=\sqrt{۲}\frac{kq}{۲a^۲}$$



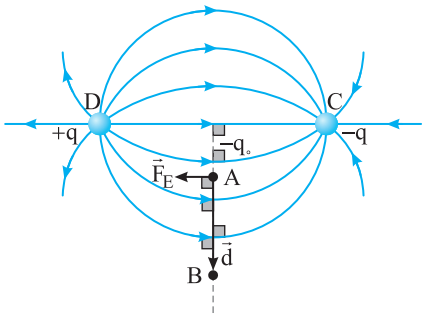
میدان بارهای $q_۳$ و $q_۴$ در یک صفحه قرار دارند و بر هم عمودند. برایند آن‌ها در جهت محور قائم است:

$$E_{۳,۴}=\sqrt{۲}\frac{kq}{۲a^۲}$$

میدان برایند برابر می‌شود با:

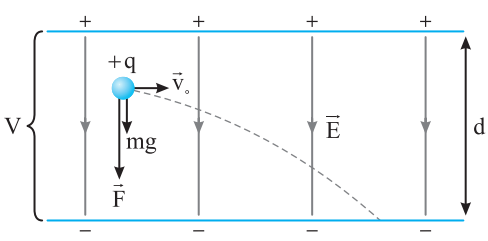
$$E_T=\sqrt{E_{۱,۲}^۲+E_{۳,۴}^۲}=\sqrt{۲(\frac{kq}{۲a^۲})^۲+۲(\frac{kq}{۲a^۲})^۲}\Rightarrow E_T=\frac{kq}{a^۲}$$

۲۹۴- گزینهٔ ۳ (B) ابتدا خطوط میدان الکتریکی را برای این دو قطبی الکتریکی (بارهای الکتریکی $+q$ و $-q$) مطابق شکل روبه‌رو رسم می‌کنیم:

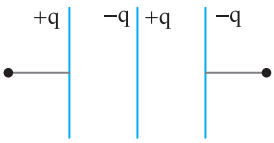


همان‌طور که از شکل پیدا است به دلیل تقارن موجود در میدان الکتریکی، خطوط میدان بر عمودمنصف پاره‌خط CD عمود می‌باشند. پس انتظار داریم که نیروی الکتریکی وارد بر بار آزمون $(-q_0)$ در طی انتقال آن از نقطهٔ A به نقطهٔ B، بر راستای جابه‌جایی $(\vec{d})$ عمود باشد و طبق رابطهٔ $W_E = F_E d \cos 90^\circ$ کاری توسط نیروی میدان الکتریکی انجام نمی‌شود، پس $W_{AB} = 0$ است.

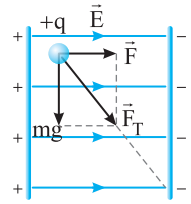
۲۹۵- گزینهٔ ۱ (C) نیروهای وارد بر ذرهٔ مورد نظر در فضای میدان الکتریکی یکنواخت بین صفحه‌های خازن تخت به صورت روبه‌رو است. هر قدر اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو صفحه (V) بیشتر شود، چون فاصلهٔ دو صفحه (d) ثابت است، طبق رابطهٔ $V = Ed$ اندازهٔ میدان الکتریکی بین این دو صفحه افزایش می‌یابد، از طرفی با توجه به رابطهٔ $F = |q|E$، بزرگی نیروی الکتریکی وارد بر این ذرهٔ باردار مثبت که به سمت پایین و هم‌جهت با میدان الکتریکی است، نیز افزایش می‌یابد. پس برایند نیروهای الکتریکی وارد به این ذره یعنی $F_T = F + mg$ به سمت پایین بوده و اندازهٔ آن با افزایش اختلاف پتانسیل الکتریکی، زیاد می‌شود. با توجه به سرعت افقی $\vec{v}_0$ و روابط حرکت شتاب‌دار که می‌توان در راستای قائم در نظر گرفت، شتاب عمودی و سقوط این ذره $(a_y = \frac{F_T}{m})$ افزایش یافته و مدت زمان حرکت آن $(\Delta y = \frac{1}{2} a_y t^2)$ کاهش می‌یابد و ذره زودتر به صفحهٔ پایین برخورد می‌کند. توجه کنید به دلیل سرعت افقی $\vec{v}_0$ مسیر حرکت ذره در این فضا به صورت منحنی است.



۲۹۶- گزینهٔ ۴ (B) در اثر القای الکتریکی دو طرف صفحهٔ وسط (صفحهٔ (۲)) دارای بار القایی $+q$ و $-q$ می‌شود.

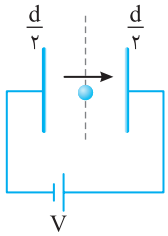


۲۹۷- گزینهٔ ۳ (C) در فضای بین این دو صفحهٔ رسانا و موازی، میدان الکتریکی یکنواختی به سمت راست ایجاد می‌شود. به ذرهٔ باردار $+q$، نیروی ثابت وزن که به سمت پایین است و نیروی الکتریکی ثابتی که به سمت راست است وارد می‌شود. پس برایند نیروهای وارد بر این ذره مطابق شکل روبه‌رو است: $\vec{F}_T = \vec{F} + m\vec{g}$, $\vec{F}$ و $\vec{E}$ هم‌جهت $\Rightarrow q > 0$



چون به ذرهٔ باردار، نیروهای ثابت mg و F وارد می‌شوند، بنابراین برایند نیروهای وارد بر آن نیز ثابت بوده و همواره برابر $\vec{F}_T$ باقی می‌ماند. با توجه به این که ذره را در این فضا بدون سرعت اولیه رها کرده‌ایم، پس ذره روی مسیر مستقیم و در جهت برایند نیروها $(\vec{F}_T)$ به سمت صفحهٔ منفی حرکت می‌کند.

۲۹۸- گزینهٔ ۲ (C) ذره دارای بار مثبت است و وقتی به سوی صفحهٔ مثبت پرتاب می‌شود بر آن نیروی الکتریکی $F = qE$ در خلاف جهت حرکتش وارد می‌شود و تندی آن کاهش می‌یابد، چنانچه انرژی جنبشی ذره زیاد باشد به صفحهٔ مثبت برخورد می‌کند اما اگر انرژی جنبشی کمی داشته باشد قبل از برخورد به صفحهٔ مثبت متوقف شده و برمی‌گردد. اکنون می‌خواهیم بدانیم انرژی جنبشی آن از چه مقدار کمتر باشد تا ذره به صفحهٔ مثبت برخورد نکند.



کمترین انرژی جنبشی K_{min} برای آن‌که ذرهٔ q به صفحهٔ سمت راست برسد برای حالتی است که در صفحهٔ سمت راست سرعت ذره به صفر برسد و اگر انرژی جنبشی بیشتر از این مقدار $(K > K_{min})$ باشد، ذره حتماً با سرعت به صفحهٔ سمت راست برخورد می‌کند. به کمک قضیه کار و انرژی جنبشی، مسئله را حل می‌کنیم.

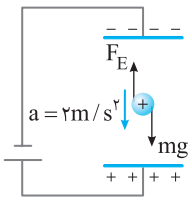
$$\begin{cases} W_E = \Delta K \xrightarrow[K_1 = K_{min}]{K_2 = 0} W_E = -K_{min} \\ W_E = |q|E\frac{d}{2} \xrightarrow[W_E < 0 \text{ چون ذره با بار مثبت به صفحهٔ مثبت نزدیک می‌شود}]{E = \frac{V}{d} \Rightarrow V = Ed} W_E = -\frac{1}{2}(qEd) \Rightarrow W_E = -\frac{1}{2}qV \end{cases} \Rightarrow -\frac{qV}{2} = -K_{min} \Rightarrow K_{min} = \frac{qV}{2}$$

برای $K > K_{min}$ ذره به صفحهٔ سمت راست برخورد می‌کند بنابراین:

$$K > \frac{qV}{2}$$

۲۹۹- گزینهٔ ۲ بـار الکتـرون و پروتون یکسـان اسـت ($q_e=-e$ و $q_P=+e$) و نیرویی که میدان الکتریکـی به الکترون و پروتون وارد می‌کند هم‌اندازه اسـت ($F_P=F_e=eE$) اما جرم پروتون بسیار بیشتر از جرم الکترون است و با توجه به قانون دوم نیوتون ($F=ma$) چون جرم پروتون بیشتر است شتاب حرکت آن کمتر بوده و تندی آن نیز کوچک‌تر از الکترون اسـت، از این‌رو، وقتی الکترون و پروتون از کنار هم می‌گذرند، الکترون جابه‌جایی بیشـتری انجام داده اسـت. یعنی محل ملاقات در سمت چپ A است.

۳۰۰- گزینهٔ ۴ به ذره دو نیروی F_E و mg وارد می‌شود، دقت کنید که اگر جسم را رها کنیم تا در اثر وزن سقوط کند، با شتاب $a=g$ سـقوط خواهد کرد. اما در این سـؤال شـتاب $2m/s^2$ و از g کمتر اسـت، پس باید نیروی میدان الکتریکی (F_E) و نیروی وزن (mg) خلاف جهت هم باشند. دو حالت مختلف برای شتاب $2m/s^2$ وجود دارد:



۱) $a=2m/s^2$ و به سمت پایین باشد یعنی mg از F_E بزرگ‌تر است.

$$mg-F_E=ma \xrightarrow{F_E=Eq} 200\times10^{-6}\times10-E\times2/5\times10^{-6}=200\times10^{-6}\times(2)$$

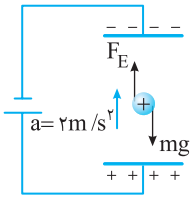
از دو طرف تساوی 10^{-6} را ساده می‌کنیم:

$$2000-2/5E=400\Rightarrow 2/5E=1600\Rightarrow E=640V/m$$

حال با توجه به فاصلهٔ دو صفحه اختلاف پتانسیل دو صفحه را به‌دست می‌آوریم:

$$E=\frac{\Delta V}{d}\Rightarrow \Delta V=Ed\Rightarrow 1/2-V'=640\times2\times10^{-3}\Rightarrow 1/2-V'=1/28\Rightarrow V'=-0/08V$$

۲) $a=2m/s^2$ و به سمت بالا باشد یعنی F_E از mg بزرگ‌تر است:



$$F_E-mg=ma \xrightarrow{F_E=Eq} E\times2/5\times10^{-6}-200\times10^{-6}\times10=200\times10^{-6}\times(2)$$

از دو طرف تساوی 10^{-6} را ساده می‌کنیم:

$$2/5E-2000=400\Rightarrow 2/5E=2400\Rightarrow E=960V/m$$

حال با توجه به فاصلهٔ دو صفحه اختلاف پتانسیل دو صفحه را به‌دست می‌آوریم:

$$E=\frac{\Delta V}{d}\Rightarrow \Delta V=Ed\Rightarrow 1/2-V'=960\times2\times10^{-3}\Rightarrow 1/2-V'=1/92\Rightarrow V'=-0/72V$$

۳۰۱- گزینهٔ ۲ میدان الکتریکی یکنواخت است، به کمک رابطهٔ اختلاف پتانسیل الکتریکی در میدان الکتریکی یکنواخت فاصله AB را به‌دست می‌آوریم:

$$|E|=\frac{|\Delta V|}{d}\Rightarrow 5000=\frac{|V_B-V_A|}{AB}\Rightarrow 5000=\frac{200}{AB}\Rightarrow AB=\frac{2}{50}=\frac{4}{100}=0/04m$$

حرکت گلوله با تندی ثابت انجام می‌شود و تغییر انرژی جنبشی آن صفر است، بنا به قضیهٔ کار و انرژی جنبشی باید مجموع کار نیروهای وارد بر جسم صفر شود.

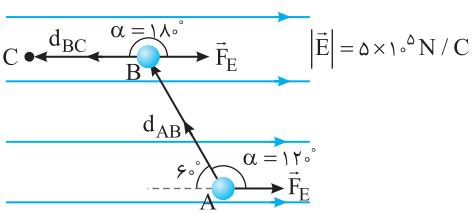
$$W_t=\Delta K \xrightarrow[K_1=K_2 \text{ سرعت ثابت}]{W_g\neq0 \text{ جسم در راستای قائم حرکت کرده}} W_E+W_g=0\Rightarrow W_E=-W_g \xrightarrow{W_g<0 \text{ جسم به سمت بالا حرکت کرده}}$$

$$W_E=-(-mgd)\Rightarrow W_E=(10\times10^{-3})\times10\times(0/04) \xrightarrow{W_E=|q|Ed} |q|\times5000\times0/04=10^{-1}\times0/04$$

از دو طرف معادله $0/04m$ را ساده می‌کنیم:

$$5000|q|=10^{-1}\Rightarrow |q|=\frac{10^{-1}}{5000}=\frac{10^{-1}}{5\times10^{+3}}=\frac{10^{-1}\times10^{-3}}{5}=\frac{1}{5}\times10^{-4}C=0/2\times10^{-4}\times10^{6}\mu C\Rightarrow |q|=20\mu C$$

۳۰۲- گزینهٔ ۳ **خط فکری:** در یک مسیر شکسته می‌توان کار را در هر قسمت مسیر به‌دست آورد و با هم جمع کرد.



برای محاسـبهٔ تغییر انرژی پتانسـیل الکتریکی بار q در طی مسیر ABC، ابتدا کار نیروی الکتریکی وارد بر آن را در هر یک از قسـمت‌های مسـیر به طور جداگانه به‌دسـت آورده و سـپس مجموع این مقدارها را به‌دست آورده و قرینه می‌کنیم:

$$AB=20cm=0/2m \quad , \quad BC=2AB=40cm=0/4m \quad ,$$

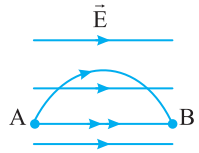
$$q=+8\mu C \ , \ W_E=F_E d\cos\alpha=|q|Ed\cos\alpha$$

$$W_{AB}=(8\times10^{-6})\times5\times10^5\times0/2\times\cos120^\circ\Rightarrow W_{AB}=4\times0/2\times(-\frac{1}{2})=-0/4J$$

$$W_{BC}=(8\times10^{-6})\times5\times10^5\times0/4\times\underbrace{\cos180^\circ}_{-1}=-1/6J$$

$$W_{ABC}=W_{AB}+W_{BC}=(-0/4)+(-1/6)=-2J, \Delta U=-W_E\Rightarrow \Delta U=-(-2)=+2J$$

۳۰۳- گزینهٔ ۱ **خط فکری:** تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی به مسیر بستگی ندارد یعنی به جای بررسی حرکت ذره با بار $q=۲\mu C$ در مسیر دایره‌ای کافی است که تغییرات انرژی پتانسیل را در مسیر مستقیم از A تا B بررسی کنیم.



ابتدا شعاع دایره را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{محیط نیم‌دایره}=\frac{۱}{۲}(۲\pi r)=\pi r=۶\pi\Rightarrow r=۶m$$

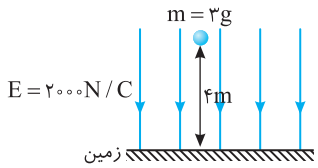
$$|\Delta U_{AB}|=Eq\underbrace{d\cos\theta}_{\text{فاصلهٔ افقی دو نقطه A و B از هم که برابر }۲r\text{ می‌باشد}}=۱۰^{۳}\times۲\times۱۰^{-۶}\times۱۲=۲۴\times۱۰^{-۳}J$$

چون ذره مثبت بوده و در جهت خطوط جابه‌جا می‌شود بنابراین انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد.

$$\Delta U_{AB}=-۲۴\times۱۰^{-۳}J$$

۳۰۴- گزینهٔ ۳ ذره با بار q پس از رها شدن با انرژی جنبشی ۲۰۰ mJ به زمین می‌رسد، بنابراین تغییر انرژی جنبشی آن برابر است با:

$$\Delta k=K_{۲}-K_{۱}=۲۰۰\times۱۰^{-۳}-۰=۰/۲J$$



کار نیروی وزن در این جابه‌جایی مثبت و برابر است با:

$$W_g=mgh\Rightarrow W_g=۳\times۱۰^{-۳}\times۱۰\times۴=۰/۱۲J$$

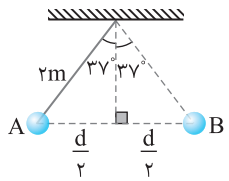
اکنون به کمک قضیهٔ کار و انرژی جنبشی، کار نیروی میدان الکتریکی را به‌دست می‌آوریم.

$$W_t=\Delta K\Rightarrow W_g+W_E=\Delta K\Rightarrow ۰/۱۲+W_E=۰/۲\Rightarrow W_E=۰/۰۸J$$

کار میدان الکتریکی مثبت است یعنی نیروی الکتریکی هم‌جهت با میدان بوده و می‌دانیم بر بار مثبت در جهت میدان نیرو وارد می‌شود. اکنون مقدار بار را حساب می‌کنیم.

$$W_E=qEd\Rightarrow ۰/۰۸=q\times۲\times۱۰^{۳}\times۴\Rightarrow q=۱۰^{-۵}C\Rightarrow q=+۱۰\mu C$$

۳۰۵- گزینهٔ ۴ نقاط A و B دارای یک ارتفاع یکسان هستند بنابراین کار نیروی وزن صفر است $(W_g=۰)$. جسم در نقطهٔ B به‌طور لحظه‌ای ساکن و انرژی جنبشی آن صفر شده است. با توجه به قضیه کار و انرژی جنبشی خواهیم داشت:



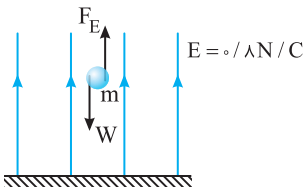
$$\sin ۳۷^{\circ}=\frac{\frac{d}{۲}}{۲}\Rightarrow ۰/۶=\frac{d}{۴}\Rightarrow d=۲/۴m$$

$$W_t=\Delta K\xrightarrow[W_g=۰]{W_t=W_E+W_g}W_t=K_B-K_A\Rightarrow -qEd=K_B-K_A\xrightarrow{K_B=۰}-qEd=-K_A$$

$$۶\times۱۰^{-۶}\times۵\times۱۰^{۵}\times۲/۴=\frac{۱}{۲}\times۱۰\times۱۰^{-۳}\times v^{۲}\Rightarrow v^{۲}=\frac{۵\times۲/۴\times۶\times۱۰^{-۱}}{\frac{۱}{۲}\times۱۰^{-۲}}=۱۴/۴\times۱۰^{۲}=۱۴۴۰\Rightarrow v=۱۲\sqrt{۱۰}\,m/s$$

دقت کنید که در این مسئله، نیروی میدان الکتریکی وارد بر بار مثبت در خلاف جهت حرکت ذره است از این‌رو، کار نیروی میدان الکتریکی برابر $W_E=|q|Ed\cos ۱۸۰^{\circ}=-|q|Ed$ شده است.

۳۰۶- گزینهٔ ۴ ذره رو به پایین پرتاب شده است و بر آن دو نیروی وزن (W) رو به پایین و نیروی الکتریکی رو به بالا وارد می‌شود. برای بررسی حرکت ذره ابتدا این دو نیرو را به‌دست می‌آوریم و با هم مقایسه می‌کنیم.



$$\left.\begin{aligned}W=mg\Rightarrow W=۱۰^{-۲۰}\times۱۰=۱۰^{-۱۹}N\\ F_E=qE\Rightarrow F_E=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\times۰/۸=۱/۲۸\times۱۰^{-۱۹}N\end{aligned}\right\}\Rightarrow F_E>W$$

نیروی الکتریکی رو به بالا بزرگ‌تر است و سبب می‌گردد که نیروی خالص وارد بر ذره (F_E-W) رو به بالا باشد و باعث کاهش تندی ذره می‌شود، بنابراین انرژی جنبشی ذره تا لحظهٔ توقف ذره کاهش می‌یابد اما پس از توقف ذره، چون نیروی خالص رو به بالاست، ذره شروع به حرکت رو به بالا کرده و انرژی جنبشی افزایش می‌یابد بنابراین انرژی جنبشی ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد.

۳۰۷- گزینهٔ ۲ **خط فکری:** ۱) کار لازم برای انتقال بار از سطح زمین تا نقطهٔ مورد نظر همان کار نیروی خارجی است. ۲) حداقل مقدار کار به مفهوم آن است که بار با تندی ثابت منتقل شده و ΔK صفر است. در این‌صورت:

$$\Delta K=۰\Rightarrow W_{\text{خارجی}}=-W_E\Rightarrow W_{\text{خارجی}}=+q\Delta V=+q(V_{۲}-V_{۱})$$

۳) سطح زمین را مرجع پتانسیل الکتریکی درنظر می‌گیریم: $V_E=۰$

اکنون با توجه به مطالب خط فکری پتانسیل الکتریکی نقطهٔ A و نقطهٔ B را به‌دست می‌آوریم.

$$A:W_{\text{خارجی}(E\to A)}=q(V_A-V_E)\xrightarrow{W=۲۰۰\mu J}۲۰۰=۲۰(V_A-۰)\Rightarrow V_A=+۱۰V$$

$$B:W_{\text{خارجی}(E\to B)}=q(V_B-V_E)\xrightarrow{W=۴۰۰\mu J}۴۰۰=-۸(V_B-۰)\Rightarrow V_B=-۵۰V$$

اکنون کار میدان الکتریکی در جابه‌جایی بار $۵\mu C$ از نقطهٔ A تا نقطهٔ B خواهد شد:

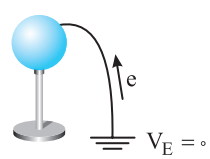
$$W_E=\Delta U_{E(A\to B)}=-q(V_B-V_A)\Rightarrow W_E=-۵\times(-۵۰-۱۰)\Rightarrow W_E=۳۰۰J$$

۳۰۸- گزینهٔ ۳ (A) بر اثر تماس گلولهٔ فلزی باردار با سطح داخلی جعبهٔ نارسانا و خنثی، مقداری از بار الکتریکی مثبت گلوله در محل تماس به جعبهٔ نارسانا منتقل می‌شود و چون به دلیل نبود الکترون آزاد در نارسانا، امکان جابه‌جایی بارهای الکتریکی وجود ندارد، بار مثبت در همان محل اتصال باقی می‌ماند.

۳۰۹- گزینهٔ ۴ (B) بار الکتریکی داده شده به این جسم رسانا روی سطح خارجی آن پخش شده و به تعادل می‌رسد. در این شرایط میدان الکتریکی بر سطح رسانا عمود بوده و سطح رسانا، یک سطح هم‌پتانسیل می‌باشد، به گونه‌ای که اختلاف پتانسیل الکتریکی بین تمامی نقاط آن صفر است. حال اگر هر بار دلخواهی مانند q را بین دو نقطهٔ این سطح مانند نقاط A و B جابه‌جا کنیم، چون نیروی حاصل از میدان الکتریکی بر جابه‌جایی و سطح عمود بوده، کاری توسط نیروی الکتریکی یا عامل خارجی انجام نمی‌شود و کار صفر است. توجه کنید که تفاوت تراکم بار الکتریکی در نقاط نوک‌تیز با سایر نقاط هیچ تأثیری بر مقدار این کار ندارد و به طور کلی کار در یک سطح هم‌پتانسیل صفر است.

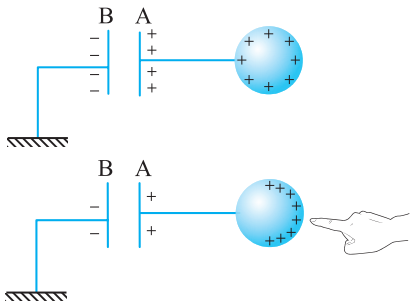
۳۱۰- گزینهٔ ۳ (B) میلهٔ پلاستیکی دارای بار منفی با نزدیک شدن به میلهٔ رسانای AB شروع به القای بارهای الکتریکی مثبت در سر نزدیک‌تر A و منفی در سر دورتر B می‌کند، مدت زمان انجام این فرایند بسیار کوتاه بوده و پس از این مدت، بارهای الکتریکی القایی به تعادل رسیده و در اصطلاح «مقید» می‌شوند و دیگر جابه‌جا نمی‌شوند. پس چنانچه میکروآمپرسنجی را بین دو نقطهٔ A و B و یا هر دو نقطهٔ دیگر این میلهٔ رسانا قرار دهیم، شارش باری از آن صورت نگرفته و عبور جریانی را نشان نمی‌دهد.

۳۱۱- گزینهٔ ۱ (A) با اتصال کره به زمین، بار الکتریکی منفی از زمین به کره منتقل شده است. اصولاً بار الکتریکی منفی از پتانسیل کمتر به پتانسیل بیشتر جابه‌جا می‌شود. زمین به عنوان پتانسیل صفر است، بنابراین پتانسیل کره در ابتدا مثبت بوده است، پس از تماس با زمین کره و زمین هم‌پتانسیل می‌شوند، بنابراین پتانسیل کره صفر می‌شود.

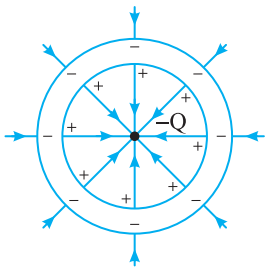


۳۱۲- گزینهٔ ۱ (A) با توجه به این که الکتروسکوپ باردار است به این نتیجه می‌رسیم که رسانای یکپارچهٔ آن و سیم اتصال و صفحهٔ B همگی دارای بار الکتریکی همنام می‌باشند. با قرار دادن یک صفحهٔ شیشه‌ای بین صفحه‌های A و B ، مولکول‌های شیشه در این فضا قطبیده شده و تبدیل به ذراتی با قطب‌های مثبت و منفی می‌شوند. سر مثبت این مولکول‌های قطبی به سمت صفحهٔ مخالف یعنی صفحه‌ای که دارای بار منفی است متمایل می‌شود و سر منفی آن‌ها به سمت صفحه‌ای که دارای بار مثبت است، متمایل می‌گردد. این فرایند سبب می‌شود که نیروی جاذبه‌ای بین یک سر مولکول‌های قطبیده شده و بارهای الکتریکی ناهمنام هر یک از صفحه‌ها ایجاد شود و در نتیجه بارهای الکتریکی به سمت صفحه‌های A و B کشیده شوند. پس تراکم بارهای الکتریکی روی صفحه‌های A و B با انتقال بار الکتریکی به آن‌ها افزایش می‌یابد. صفحهٔ A این بار اضافی را از اتصال به زمین تأمین می‌کند و صفحهٔ B این بار اضافی را از اتصال به الکتروسکوپ تأمین می‌کند، یعنی مقداری از بار الکتریکی الکتروسکوپ به سمت صفحهٔ B کشیده و منتقل می‌شود و در نتیجه تراکم بارهای الکتریکی روی ورقه‌های الکتروسکوپ کاهش می‌یابد که این پدیده همراه با کم شدن انحراف ورقه‌های الکتروسکوپ است.

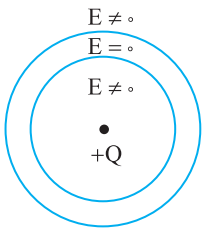
۳۱۳- گزینهٔ ۳ (C) مقدار بار القا شده در صفحهٔ B برابر بار موجود در صفحهٔ A است.
با نزدیک شدن انگشت که رسانا است به کره، بار منفی در انگشت القا شده و بارهای مثبت بیشتر به سمت انگشت کشیده می‌شوند و از مقدار بار مثبت صفحهٔ A کاسته می‌شود. بنابراین مقدار بار القا شده روی صفحهٔ B نیز کاهش می‌یابد.



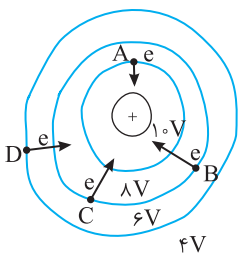
۳۱۴- گزینهٔ ۱ (B) هنگامی که یک بار منفی را در مرکز کرهٔ رسانای توخالی قرار می‌دهیم، در پوسته بار القایی ایجاد می‌شود اما درون فلز پوسته میدان الکتریکی صفر می‌شود و خطوط میدان به شکل روبه‌رو خواهد بود (شبیه سکان کشتی!).



۳۱۵- گزینهٔ ۳ (B) میدان الکتریکی درون رسانا صفر است. در این صورت در قسمت فلزی پوسته، میدان الکتریکی صفر است. اما به دلیل القای الکتریکی سطح درونی و بیرونی کره باردار شده و میدان درون پوسته $(r<R_i)$ و در بیرون پوسته $(r>R_o)$ مخالف صفر و در فلز پوسته $(R_i<r<R_o)$ صفر است.



۳۱۶- گزینهٔ ۱ (B) مسألهٔ مشکلی به نظر می‌رسد! بیایید با هم بررسی کنیم که با دور شدن از مرکز شکل، پتانسیل الکتریکی در حال کاهش است یا در حال افزایش؟
مشخص است که پتانسیل از ۱۰V به ۴V در حال کاهش است و هنگام دور شدن از بار مثبت و حرکت در جهت خطوط میدان، پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد، بنابراین در وسط خطوط با یک توزیع بار مثبت روبه‌رو هستیم و در نقطهٔ A مطابق شکل نیروی وارد بر الکترون رو به پایین است.



۳۱۷- گزینهٔ ۳ (A) برای مقایسهٔ چگالی سطحی بار الکتریکی استوانهٔ نارسانا و کرهٔ رسانا، ابتدا لازم است که مساحت سطح بیرونی آن‌ها را به صورت زیر به‌دست آوریم:

سطح بیرونی استوانه: A_1 = سطح قاعده‌ها + سطح جانبی $\Rightarrow A_1 = 2\pi r^2 + 2\pi rh \Rightarrow A_1 = 2\pi r^2 + 2\pi r \times 2r = 6\pi r^2$

سطح بیرونی کره: $A_2 = 4\pi r^2$

بار الکتریکی داده شده به این دو جسم یکسان است، پس می‌توانیم بنویسیم:

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{\frac{Q_1}{A_1}}{\frac{Q_2}{A_2}} \Rightarrow \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = (\frac{Q_1}{Q_2}) \times (\frac{A_2}{A_1}) \xrightarrow{Q_1 = Q_2} \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = (1) \times (\frac{4\pi r^2}{6\pi r^2}) \Rightarrow \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = 1 \times \frac{4}{6} = \frac{2}{3}$$

۳۱۸- گزینهٔ ۱ (B) **خط فکری:** با داشتن رابطهٔ بین شعاع دو کره و رابطهٔ بین چگالی سطحی آن‌ها همواره می‌توان رابطهٔ ریاضی بین بار دو کره را به‌دست آورد و سپس به کمک یک دستگاه دو معادله دو مجهول مسئله را حل کرد.

با توجه به فرض مسئله می‌توان نوشت:

$$|\sigma_A| = 3|\sigma_B| \Rightarrow \frac{|Q_A|}{4\pi r_A^2} = 3\frac{|Q_B|}{4\pi (r_B)^2} \Rightarrow \frac{|Q_A|}{4\pi (2r_B)^2} = 3\frac{|Q_B|}{4\pi r_B^2} \Rightarrow |Q_B| = \frac{1}{12}|Q_A|$$

مجموع جبری بار دو کره $+66\mu C$ شده است. از طرفی $|Q_A| > |Q_B|$ به‌دست آمد بنابراین بار کرهٔ A مثبت و بار کرهٔ B منفی است. بنابراین:

$$|Q_A| + |Q_B| = 66 \Rightarrow Q_A - \frac{1}{12}Q_A = 66 \Rightarrow \frac{11}{12}Q_A = 66 \Rightarrow Q_A = 72\mu C$$

۳۱۹- گزینهٔ ۲ (C) بار کرهٔ A منفی و بار کرهٔ B مثبت است و با توجه به فرض مسئله می‌توان نوشت:

$$Q_B = |Q_A| + 48 \qquad (1)$$

$$\frac{\sigma_B}{\sigma_A} = \frac{Q_B}{|Q_A|} \times \frac{r_A^2}{r_B^2} \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{Q_B}{|Q_A|} \times (\frac{1}{2})^2 \Rightarrow Q_B = 2|Q_A| \qquad (2)$$

از رابطهٔ (۱) و (۲) نتیجه می‌شود که:

$$2|Q_A| = |Q_A| + 48 \Rightarrow |Q_A| = 48 \Rightarrow Q_A = -48\mu C \quad , \quad Q_B = 2 \times 48 = 96\mu C$$

با دادن الکترون به کرهٔ A اندازهٔ بار منفی آن بیشتر می‌شود $(|Q'_A| = |Q_A| + |ne|)$ و با دادن الکترون به کره B اندازهٔ بار مثبت آن کاهش می‌یابد $Q'_B = Q_B + |ne|$

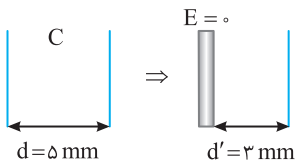
اما در صورت سؤال تأکید شده که بار کرهٔ B پس از افزودن الکترون‌ها هم‌چنان مثبت است.

با توجه به فرض مسئله:

$$\frac{\sigma'_A}{\sigma'_B} = \frac{|Q'_A|}{Q'_B} \times (\frac{r_B}{r_A})^2 \xrightarrow{\sigma'_A = 8\sigma'_B} 8 = \frac{Q_A + ne}{Q_B - ne} \times (\frac{2r_A}{r_A})^2 \Rightarrow 2 = \frac{48 \times 10^{-6} + ne}{96 \times 10^{-6} - ne}$$

$$48 \times 10^{-6} + ne = 2 \times 96 \times 10^{-6} - 2ne \Rightarrow ne = 48 \times 10^{-6} \Rightarrow n \times 1/6 \times 10^{-19} = 48 \times 10^{-6} \Rightarrow n = 3 \times 10^{14} \text{ الکترون}$$

۳۶۹- گزینهٔ ۲ هرگاه بین صفحه‌های خازن یک تیغهٔ رسانا قرار گیرد، به دلیل آن‌که میدان درون رسانا صفر است، مانند این است که فاصلهٔ صفحه‌های رسانا به اندازهٔ ضخامت تیغه کم شده است.



$$\frac{C'}{C}=\frac{d}{d'}\Rightarrow\frac{C'}{۱۵}=\frac{۵}{۳}\Rightarrow C'=۲۵\mu F$$

۳۷۰- گزینهٔ ۳ ذره را از مجاورت صفحهٔ مثبت رها کردیم پس $v_۱=۰$ و ذره با تندی $۵۰km/s=۵۰\times۱۰^{۳}m/s$ به صفحهٔ منفی رسیده است. به کمک قضیهٔ کار و انرژی جنبشی که در پایهٔ دهم خوانده‌اید، کار میدان الکتریکی را به‌دست می‌آوریم:

$$W_E=\Delta K\Rightarrow W_E=\frac{۱}{۲}m(v_۲^{۲}-v_۱^{۲})\Rightarrow W_E=\frac{۱}{۲}\times(۲۰\times۱۰^{-۶})(۲۵۰۰\times۱۰^{۶}-۰^{۲})=۲/۵\times۱۰^{+۴}J$$

کار نیروی میدان الکتریکی قرینهٔ تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی است از این‌رو:

$$W_E=-\Delta U\Rightarrow|W_E|=|\Delta U|\Rightarrow|\Delta U|=۲/۵\times۱۰^{+۴}J$$

با توجه به تعریف اختلاف پتانسیل می‌توان نوشت:

$$|\Delta V|=\frac{|\Delta U|}{|q|}\Rightarrow|\Delta V|=\frac{۲/۵\times۱۰^{+۴}}{۱۰\times۱۰^{-۶}}=۲/۵\times۱۰^{۹}V$$

با توجه به داده‌های مسئله، ظرفیت خازن را به‌دست می‌آوریم:

$$C=\kappa\varepsilon_۰\frac{A}{d}=۱\times۸/۸\times۱۰^{-۱۲}\times\frac{۴۰\times۱۰^{-۴}}{۴\times۱۰^{-۲}}=۸/۸\times۱۰^{-۱۳}F$$

اکنون همه چیز برای به‌دست آوردن بار خازن مهیاست.

$$C=\frac{Q}{V}\Rightarrow۸/۸\times۱۰^{-۱۳}=\frac{Q}{۲/۵\times۱۰^{۹}}\Rightarrow Q=۲۲\times۱۰^{-۴}C=۲۲\times۱۰^{-۱}mC=۲/۲mC$$

۳۷۱- گزینهٔ ۱ ابتدا بیشینه میدان الکتریکی را به‌دست می‌آوریم:

$$E_{max}=\frac{V_{max}}{d}=\frac{۶۰۰۰}{۱/۲\times۱۰^{-۳}}=۵\times۱۰^{۶}\frac{V}{m}$$

حال با داشتن ظرفیت خازن جدید و ولتاژ ماکزیمم بیشینه بار را به‌دست می‌آوریم:

$$V_{max}=E_{max}\times d'=۵\times۱۰^{۶}\times۳/۶\times۱۰^{-۳}=۱۸\times۱۰^{۳}V\,,\,Q=CV=۵۰\times۱۰^{-۶}\times۱۸\times۱۰^{۳}=۰/۹C$$

۳۷۲- گزینهٔ ۲ با توجه به داده‌های سؤال ابتدا ظرفیت خازن را به‌دست می‌آوریم:

$$C=\kappa\varepsilon_۰\frac{A}{d}\Rightarrow C=۴\times۹\times۱۰^{-۱۲}\times\frac{۱}{۰/۳\times۱۰^{-۳}}=۱۲\times۱۰^{-۸}F$$

با توجه به بیشینه میدان قابل تحمل دی‌الکتریک خازن، اختلاف پتانسیل بیشینه را حساب می‌کنیم.

$$E_{max}=\frac{V_{max}}{d}\xrightarrow{E_{max}=۱۰kV/mm}۱۰\frac{kV}{mm}=\frac{V_{max}}{۰/۳mm}\Rightarrow V_{max}=۱۰\frac{kV}{mm}\times۰/۳mm=۳kV$$

با داشتن V_{max} و C انرژی ذخیره شده در خازن برابر خواهد شد با: $U=\frac{۱}{۲}CV^{۲}\Rightarrow U=\frac{۱}{۲}\times۱۲\times۱۰^{-۸}\times(۳۰۰۰)^{۲}\Rightarrow U=۶\times۱۰^{-۸}\times۹\times۱۰^{۶}\Rightarrow U=۵۴\times۱۰^{-۲}J$

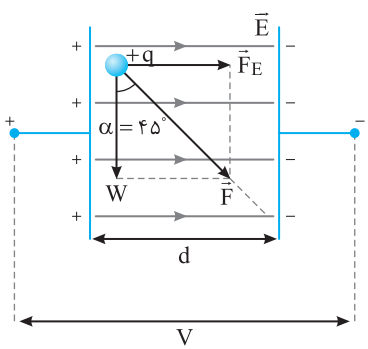
که این انرژی در مدت $۰/۳ms$ تخلیه شده پس توان متوسط خروجی بین صفحات برابر است با:

$$P=\frac{U}{t}=\frac{۵۴\times۱۰^{-۲}}{۳\times۱۰^{-۴}}=۱۸\times۱۰^{۲}W=۱/۸\times۱۰^{۳}W=۱/۸kW$$

۳۷۳- گزینهٔ ۲ با توجه به رابطهٔ انرژی ذخیره شده در خازن، ظرفیت خازن را به‌دست می‌آوریم. البته ابتدا واحد انرژی را از کیلووات ساعت به ژول تبدیل می‌کنیم:

$$U=۱۰^{-۶}kWh\Rightarrow U=۱۰^{-۶}\times۱۰^{۳}\times۳۶۰۰\Rightarrow U=۳/۶J\quad,\quad U=\frac{۱}{۲}CV^{۲}\Rightarrow۳/۶=\frac{۱}{۲}\times C\times(۱۰^{۳})^{۲}\Rightarrow C=۷/۲\times۱۰^{-۶}F\Rightarrow C=۷/۲\mu F$$

۳۷۴- گزینهٔ ۲ چون ذرهٔ باردار در فضای میدان الکتریکی یکنواخت بین صفحه‌های خازن تخت رها شده، بنابراین مسیری مستقیم و در جهت برایند نیروهای وارد بر خود را طی می‌کند. در این فضا به این ذره دو نیروی ثابت، وزن (W) به سمت پایین و نیروی الکتریکی افقی (F_E) وارد می‌شود. بزرگی میدان الکتریکی یکنواخت بین این دو صفحه برابر است با:



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

اندازهٔ نیروی الکتریکی وارد بر این بار الکتریکی در میدان الکتریکی به صورت مقابل به‌دست می‌آید:

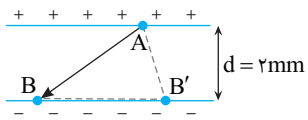
$$F_E=Eq\Rightarrow F_E=\frac{V}{d}q$$

با توجه به زاویهٔ انحراف مسیر حرکت ذره از راستای قائم $(\alpha=۴۵^{\circ})$ رابطهٔ زیر را می‌توانیم بین نیروهای W و F_E به کار بریم:

$$\tan\alpha=\frac{F_E}{W}\Rightarrow\tan۴۵^{\circ}=۱=\frac{\frac{Vq}{d}}{W}\Rightarrow\frac{Vq}{Wd}=۱\Rightarrow q=\frac{Wd}{V}$$

۳۷۵- گزینهٔ ۲ (B)

خط فکری: میدان الکتریکی یکنواخت است و اختلاف پتانسیل بین دو نقطه به فاصلهٔ d از هم برابر $\Delta V=Ed$ است. از طرفی پتانسیل نقاطی مانند B و B' که روی یک خط عمود بر خط‌های میدان قرار دارند با هم برابر است، بنابراین $V_A-V_B=V_A-V_{B'}$ خواهد بود. تندی بار ثابت است و کار نیروی خارجی برابر کار میدان الکتریکی است. $(W_{\text{خارجی}}=-W_E=q\Delta V)$



ابتدا اختلاف پتانسیل بین دو نقطهٔ A و B را به‌دست می‌آوریم.

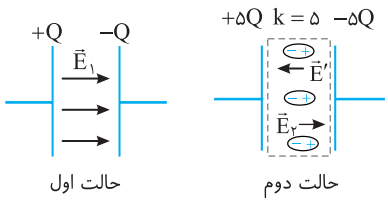
$$|\Delta V_{AB}|=|\Delta V_{AB'}|=Ed\Rightarrow|\Delta V_{AB}|=۶\times۱۰^{۳}\times۲\times۱۰^{-۳}=۱۲V\Rightarrow V_B-V_A=-۱۲V$$

$$W_{\text{خارجی}A\to B}=q\Delta V\xrightarrow{q=-۲mC}W_{\text{خارجی}A\to B}=-۲\times۱۰^{-۳}\times(-۱۲)=۲۴\times۱۰^{-۳}J\Rightarrow W_{\text{خارجی}}=۲۴mJ$$

دقت کنید برای جابه‌جا کردن ذره‌ای با بار منفی از نزدیکی صفحهٔ مثبت تا نزدیکی صفحه منفی، ذره را باید به زور جابه‌جا کرد زیرا میدان الکتریکی با این جابه‌جایی مخالف است. یعنی کار نیروی خارجی مثبت است.

۳۷۶- گزینهٔ ۲ (C)

میدان الکتریکی خازن از رابطه‌های $E=\frac{V}{d}=\frac{Q}{\kappa\varepsilon_{۰}A}$ به دست می‌آید. هنگامی که خازن به مولد وصل است و فاصلهٔ صفحه‌های آن تغییر نمی‌کند، میدان آن نیز تغییر نمی‌کند. ابتدا میدان خازن فقط شامل میدان ایجاد شده توسط بارهای $+Q$ و $-Q$ روی صفحه‌های خازن است $(E_۱)$، بعد از قرار دادن دی‌الکتریک، میدان خازن برایند دو میدان است. یکی میدان ایجاد شده توسط بارهای $+۵Q$ و $-۵Q$ روی صفحه‌های خازن $(E_۲)$ و دیگری میدان ایجاد شده توسط دوقطبی‌ها (E'). می‌دانیم میدان خازن تغییر نکرده است:



$$E_۱=E_۲-E'\quad(۱)$$

از آن‌جا که بار صفحات ۵ برابر شده، میدانی که ایجاد می‌کند نیز ۵ برابر می‌شود:

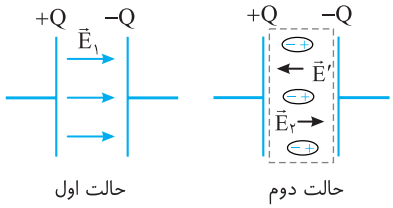
$$E_۲=۵E_۱\quad(۲)$$

$$(۲),(۱)\Rightarrow E_۱=۵E_۱-E'\Rightarrow E'=۴E_۱=۴\frac{V}{d}=\frac{۴\times۲۰}{۱۰^{-۳}}=۸\times۱۰^{۴}N/C$$

نکته: هرگاه بین صفحات خازنی که به مولد متصل است، یک دی‌الکتریک با ثابت k قرار دهیم، میدان الکتریکی ناشی از قطبیدگی دی‌الکتریک برابر است با: $E'=(\kappa-۱)\frac{V}{d}$

۳۷۷- گزینهٔ ۳ (C)

میدان الکتریکی خازن از رابطه‌های $E=\frac{V}{d}=\frac{Q}{\kappa\varepsilon_{۰}A}$ به دست می‌آید. اگر خازن از مولد جدا شده باشد، بار آن ثابت می‌ماند. بنابراین با توجه به رابطهٔ $E=\frac{Q}{k\varepsilon_{۰}A}$ میدان خازن با قرار دادن دی‌الکتریک $\frac{۱}{\kappa}$ برابر می‌شود.



ابتدا میدان خازن فقط شامل میدان ایجاد شده توسط بارهای $+Q$ و $-Q$ روی صفحه‌های خازن می‌باشد $(E_۱)$. بعد از قرار دادن دی‌الکتریک بار صفحه‌ها ثابت مانده و میدان آن‌ها نیز کماکان $E_۱$ است. میدان دوقطبی‌ها E' بوده و خلاف جهت $E_۱$ به وجود می‌آید. میدان برایند $(E_۱-E')$، $\frac{۱}{\kappa}$ میدان اولیه است.

$$E_۱-E'=\frac{۱}{\kappa}E_۱\Rightarrow E_۱-E'=\frac{۱}{۵}E_۱\Rightarrow E'=\frac{۴}{۵}E_۱=\frac{۴}{۵}(\frac{Q}{\varepsilon_{۰}A})\xrightarrow{\frac{Q}{A}=۱۰^{-۸}}E'=\frac{۴}{۵}\times\frac{۱۰^{-۸}}{۸\times۱۰^{-۱۲}}=۱۰^{۳}N/C$$

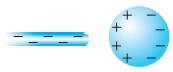
نکته: هرگاه بین صفحات خازن بارداری که از مولد جدا شده است یک دی‌الکتریک با ثابت κ قرار دهیم، میدان ناشی از قطبیدگی دی‌الکتریک برابر است با: $E'=\frac{\kappa-۱}{\kappa}(\frac{Q}{\varepsilon_{۰}A})$

پاسخ آزمون ۱

تست‌های مشابه: ۱۴ تا ۱۶

۱- گزینهٔ ۳ (A)

هر گاه نارسانای باردار شبیه یک میلهٔ 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.

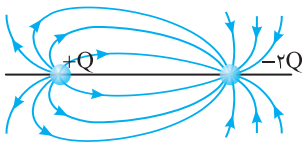


یادآوری: اجسام باردار بر تمام اجسام بدون بار چه رسانا و چه نارسانا نیروی ربایش الکتریکی وارد می‌کنند.

تست‌های مشابه: ۱۸۶ تا ۱۹۲

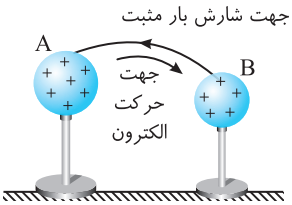
۲- گزینهٔ ۴ (A)

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



۳- گزینهٔ ۳ (B)

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



تست‌های مشابه: ۴۳ تا ۴۸

۴- گزینهٔ ۱ (A)

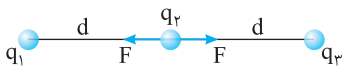
با توجه به قانون کولن $F=k\frac{q_۱q_۲}{r^۲}$ در دو حالت، نیرو را نوشته و بر هم تقسیم می‌کنیم:

$$\begin{cases}\frac{k\times Q\times ۱۰^{-۶}\times Q\times ۱۰^{-۶}}{r^۲}=۳۰۰\\ \frac{k(Q-۳)\times ۱۰^{-۶}\times(Q+۳)\times ۱۰^{-۶}}{r^۲}=۲۰۰\end{cases}\Rightarrow\frac{Q^۲}{(Q-۳)(Q+۳)}=\frac{۳}{۲}\Rightarrow ۲Q^۲=۳Q^۲-۲۷\Rightarrow Q^۲=۲۷\Rightarrow Q=۳\sqrt{۳}\mu C$$

تست‌های مشابه: ۶۵ تا ۷۰

۵- گزینهٔ ۱ (B)

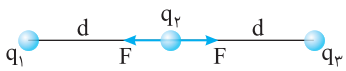
ابتدا تعادل بار $q_۲$ را درنظر می‌گیریم:



$$F_{۱۲}=F_{۳۲}\Rightarrow\frac{kq_۱q_۲}{r_{۱۲}^۲}=\frac{kq_۲q_۳}{r_{۳۲}^۲}\Rightarrow\frac{q_۱}{d^۲}=\frac{q_۳}{d^۲}\Rightarrow q_۱=q_۳$$

نیرویی که بار $q_۱$ و $q_۳$ بر بار $q_۲$ وارد می‌کنند در خلاف جهت هم است، بنابراین دو بار $q_۱$ و $q_۳$ هر دو بار $q_۲$ را می‌رانند یا هر دو بار $q_۲$ را می‌ربایند، پس $q_۱$ و $q_۳$ باید همنام باشند و خواهیم داشت: $\frac{q_۱}{q_۳}=۱$، حال، تعادل یک بار دیگر را درنظر می‌گیریم:

با توجه به همنام بودن بار $q_۳$ و $q_۱$، بار $q_۱$، $q_۳$ را می‌راند، پس $q_۲$ باید $q_۳$ را برباید تا برایند نیروهای وارد بر بار $q_۳$ صفر شود. پس $q_۱$ و $q_۳$ ناهمنام با $q_۲$ هستند.



$$F_{۲۳}=F_{۱۳}\Rightarrow\frac{kq_۲q_۳}{r_{۲۳}^۲}=\frac{kq_۱q_۳}{r_{۱۳}^۲}\Rightarrow\frac{q_۲}{d^۲}=\frac{q_۱}{۴d^۲}\Rightarrow\frac{q_۱}{q_۲}=۴$$

می‌دانیم $q_۱$ و $q_۲$ ناهمنام هستند، یعنی داریم: $\frac{q_۱}{q_۲}=-۴$

تست‌های مشابه: ۱۹۶ تا ۲۰۱

۶- گزینهٔ ۳ (A)

میدان الکتریکی برابر نیروی وارد بر یکای بار است. ابتدا اندازهٔ نیروی F را به‌دست می‌آوریم:

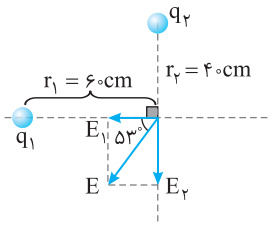
$$F=\sqrt{(-۴۰۰)^۲+(۳۰۰)^۲}\Rightarrow F=۵۰۰\,N$$

اکنون میدان را حساب می‌کنیم:

$$E=\frac{F}{q}\Rightarrow E=\frac{۵۰۰}{۰/۵}\Rightarrow E=۱۰۰۰\,N/C$$

تست‌های مشابه: ۱۸۴ و ۱۸۵

۷- گزینهٔ ۲ (B) با توجه به شکل باید بار q_1 منفی و بار q_2 مثبت باشد.



$$\tan 53^\circ=\frac{E_2}{E_1}=\frac{k\frac{q_2}{r_2^2}}{k\frac{q_1}{r_1^2}}\Rightarrow\frac{4}{3}=\frac{q_2}{q_1}\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$$

$$\frac{4}{3}=\frac{q_2}{q_1}\left(\frac{60}{40}\right)^2\Rightarrow\frac{4}{3}=\frac{q_2}{q_1}\left(\frac{9}{4}\right)\Rightarrow\frac{q_2}{q_1}=\frac{16}{27}\xrightarrow{q_1\text{ منفی و }q_2\text{ مثبت است}}\frac{q_2}{q_1}=-\frac{16}{27}$$

تست‌های مشابه: ۲۴۷ تا ۲۴۹

۸- گزینهٔ ۲ (A) در وسط خط واصل دو بار، میدان الکتریکی دو بار هم‌اندازه و در خلاف جهت هم بوده و برایندشان صفر است. در فاصلهٔ خیلی دور $(r\to\infty)$ نیز میدان الکتریکی صفر است $(E=\frac{kq}{r^2})$، پس وقتی از نقطهٔ O در جهت مثبت محور yها پیش می‌رویم، میدان ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد.

تست‌های مشابه: ۱۹۶ تا ۲۰۱

۹- گزینهٔ ۲ (A) با توجه به قانون دوم نیوتون، شتاب حاصل از نیروی الکتریکی وارد بر ذره برابر خواهد شد با:

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

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

تست‌های مشابه: ۱۴۷ تا ۱۵۲

۱۰- گزینهٔ ۴ (B) فرض می‌کنیم که بردارهای میدان الکتریکی حاصل از بارهای نقطه‌ای q_1 و q_2 در نقطهٔ M، وسط فاصلهٔ دو بار به ترتیب $\vec{E}_1$ و $\vec{E}_2$ است.

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

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

پس اندازهٔ این دو میدان الکتریکی برابر $E_1=3E$ و $E_2=2E$ خواهد شد. نسبت اندازهٔ این دو میدان الکتریکی را با استفاده از رابطهٔ $E=\frac{kq}{r^2}$ می‌نویسیم، تا نسبت اندازهٔ 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 نقطهٔ 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 بارهای الکتریکی 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- گزینهٔ ۲ (A) افزایش انرژی جنبشی بار، برابر کاهش انرژی پتانسیل الکتریکی آن است، پس $U_B-U_A=-8mJ$. بنا بر تعریف اختلاف پتانسیل بین دو نقطه داریم:

$$V_B-V_A=\frac{U_B-U_A}{q_0}=\frac{-8\times10^{-3}}{-4\times10^{-6}}=2000V=2kV$$

تست‌های مشابه: ۱۳۲ تا ۱۳۸

۱۲- گزینهٔ ۲ (A) رابطهٔ میدان الکتریکی را در دو حالت نوشته بر هم تقسیم می‌کنیم:

$$\frac{E_1}{E_2}=\frac{\frac{kq}{r_1^2}}{\frac{kq}{r_2^2}}\Rightarrow\frac{250}{160}=\left(\frac{r+10}{r}\right)^2\Rightarrow\frac{5}{4}=\frac{r+10}{r}\Rightarrow r=40\,cm$$

تست‌های مشابه: ۱۳۶ و ۱۳۷

۱۳- گزینهٔ ۳ (B) میدان الکتریکی یکنواخت خازن از رابطهٔ $E=\frac{q}{\kappa\varepsilon_{\circ}A}$ به دست می‌آید. اگر خازن از مولد جدا شده باشد، بار صفحات آن ثابت مانده و در صورتی میدان الکتریکی خازن تغییر می‌کند که دی‌الکتریک یا مساحت صفحه‌ها را تغییر دهیم. پس با تغییر فاصلهٔ دو صفحه، میدان خازن تغییر نمی‌کند و ثابت می‌ماند.

(دقت کنید که در تمام مدتی که فاصلهٔ صفحات را افزایش می‌دهیم باید ابعاد صفحه‌های خازن از فاصلهٔ بین صفحه‌ها بسیار بزرگ‌تر باشد تا بتوان در مورد آن لفظ خازن و میدان الکتریکی یکنواخت را به کار برد.)

تست‌های مشابه: ۳۲۶ تا ۳۲۸

۱۴- گزینهٔ ۳ (A) هنگام فروریزش معمولاً نه همواره با ایجاد جرقه همراه است، بنابراین گزینه (۱) نادرست است.

حضور دی‌الکتریک سبب افزایش بیشینه ولتاژ قابل تحمل خازن است، بنابراین گزینه (۲) نادرست است.

فروریزش ناشی از کنده‌شدن الکترون‌های اتم‌های مادهٔ دی‌الکتریک توسط میدان الکتریکی، سپس رانده شدن این الکترون‌ها توسط میدان الکتریکی و ایجاد یک مسیر رسانا درون دی‌الکتریک 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.

تست‌های مشابه: ۲۸۴ تا ۲۸۶

۱۵- گزینهٔ ۲ (B) ابتدا چگالی سطحی بار الکتریکی هر کره را قبل از تماس حساب می‌کنیم.

$$\sigma=\frac{Q}{A}\Rightarrow\sigma_{۱}=\frac{۳q}{A}\ ,\ \sigma_{۲}=\frac{q}{A}$$

کره‌ها یکسان‌اند، پس بعد از تماس دو کره، بار کره‌ها برابر می‌شود.

$$q'_{۱}=q'_{۲}=\frac{q_{۱}+q_{۲}}{۲}\Rightarrow q'_{۱}=q'_{۲}=\frac{۳q+q}{۲}=۲q$$

چگالی سطحی بار هر کره در حالت جدید برابر است با:

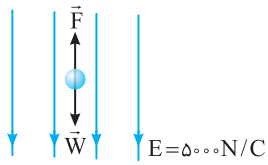
$$\sigma'_{۱}=\sigma'_{۲}=\frac{۲q}{A}$$

درصد تغییر چگالی سطحی بار خواهد شد:

$$\Delta\sigma_{۱}=\frac{\sigma'_{۱}-\sigma_{۱}}{\sigma_{۱}}\times۱۰۰=\frac{\frac{۲q}{A}-\frac{۳q}{A}}{\frac{۳q}{A}}\times۱۰۰\simeq-٪۳۳\quad,\quad\Delta\sigma_{۲}=\frac{\sigma'_{۲}-\sigma_{۲}}{\sigma_{۲}}\times۱۰۰=\frac{\frac{۲q}{A}-\frac{q}{A}}{\frac{q}{A}}\times۱۰۰\approx+٪۱۰۰$$

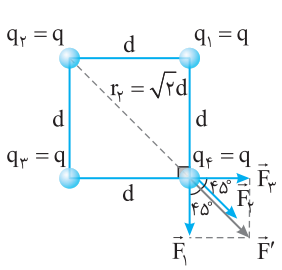
تست‌های مشابه: ۲۰۲ تا ۲۰۴

۱۶- گزینهٔ ۴ (A) بر بار منفی در خلاف جهت میدان نیرو وارد می‌شود. پس نیروی وارد بر بار رو به بالا است. وزن ذره برابر $W=mg=\frac{۱}{۱۰۰۰}\times۱۰=۰/۰۱N$ و نیرویی که میدان بر ذره وارد می‌کند $F=qE=۲\times۱۰^{-۶}\times۵۰۰۰=۰/۰۱N$ است. پس $F_T=۰$ و بار ساکن می‌ماند.



تست‌های مشابه: ۷۷ تا ۷۹

۱۷- گزینهٔ ۴ (B) مطابق شکل زیر سه نیروی دافعهٔ 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 اندازهٔ آن‌ها را با استفاده از قانون کولن تعیین کرده و برایند آن‌ها را محاسبه می‌کنیم:



$$F_{۱}=F_{۳}=\frac{kq_{۱}q_{۴}}{r_{۱}^{۲}}=\frac{kq^{۲}}{d^{۲}}\quad,\quad F_{۲}=\frac{kq_{۲}q_{۴}}{r_{۲}^{۲}}=\frac{kq^{۲}}{۲d^{۲}}$$

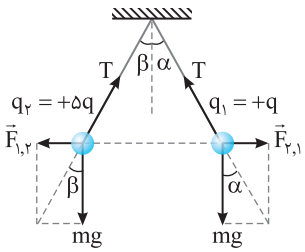
برایند بردارهای $\vec{F}_{۱}$ و $\vec{F}_{۳}$ را $\vec{F}'$ در نظر می‌گیریم که در راستای قطر مربع می‌باشد و هم‌جهت با بردار $\vec{F}_{۲}$ نیز است.

پس برایند نیروهای وارد بر بار $q_{۴}$ برابر خواهد شد با:

$$\vec{F}'=\vec{F}_{۱}+\vec{F}_{۳}\Rightarrow F'=۲F_{۱}\cos\frac{\theta}{۲}=۲\times\frac{kq^{۲}}{d^{۲}}\times\cos\frac{۹۰^{\circ}}{۲}=\sqrt{۲}\frac{kq^{۲}}{d^{۲}}\quad,\quad\vec{F}_{T}=\vec{F}_{۲}+\vec{F}'\Rightarrow F_{T}=F_{۲}+F'=\frac{kq^{۲}}{۲d^{۲}}+\sqrt{۲}\frac{kq^{۲}}{d^{۲}}=(۲\sqrt{۲}+۱)\frac{kq^{۲}}{۲d^{۲}}$$

تست‌های مشابه: ۱۰۱ تا ۱۰۴

۱۸- گزینهٔ ۲ (A) گلوله‌های این دو آونگ الکتریکی دارای جرم‌های یکسان و بارهای الکتریکی همنام و متفاوت هستند. پس بر اثر دافعهٔ الکتریکی بین آن‌ها، از هم جدا شده و فاصله می‌گیرند. این نیرو که به صورت عمل و عکس‌العمل بین آن‌ها اثر می‌کند، هم‌اندازه بوده و به تفاوت اندازهٔ بارهای الکتریکی $+q$ و $+۵q$ بستگی ندارد. برای این دو آونگ الکتریکی و نیروهای وارد بر هر یک از آن‌ها داریم:

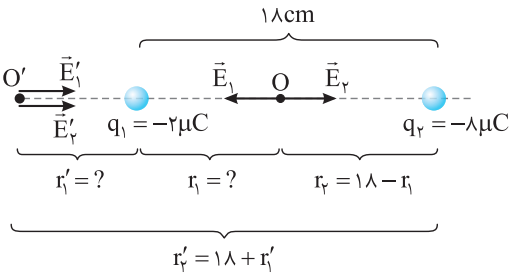


$$\vec{F}_{۲,۱} = -\vec{F}_{۱,۲} \Rightarrow F_{۲,۱} = F_{۱,۲} = F$$

$$\begin{cases} q_۱ \text{ برای آونگ}: \tan\alpha = \dfrac{F_{۲,۱}}{mg} = \dfrac{F}{mg} \\ q_۲ \text{ برای آونگ}: \tan\beta = \dfrac{F_{۱,۲}}{mg} = \dfrac{F}{mg} \end{cases} \Rightarrow \tan\alpha = \tan\beta \Rightarrow \alpha = \beta$$

تست‌های مشابه: ۱۵۹ تا ۱۶۳

۱۹- گزینهٔ ۴ (B) در دو مکان اندازهٔ میدان الکتریکی دو بار نقطه‌ای $q_۱ = -۲\mu C$ و $q_۲ = -۸\mu C$ روی خط واصل دو بار یکسان است. یک موقعیت بین دو بار الکتریکی و در نقطهٔ O و موقعیت دیگر خارج دو بار الکتریکی و در نقطهٔ O'، هر دو نقطهٔ مورد نظر به بار الکتریکی کوچک‌تر یعنی $q_۱$، نزدیک‌ترند.



با توجه به رابطهٔ $E = \dfrac{kq}{r^۲}$، فاصلهٔ $r_۱$ و $r'_۱$ را محاسبه کرده تا بتوانیم فاصلهٔ بین دو نقطهٔ O و O' را به‌دست آوریم:

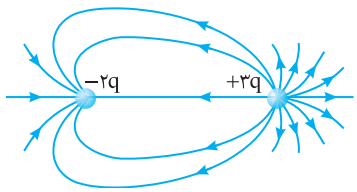
$$\text{در نقطهٔ O}: E_۱ = E_۲ \Rightarrow \frac{kq_۱}{r_۱^۲} = \frac{kq_۲}{r_۲^۲} \Rightarrow \frac{۲}{r_۱^۲} = \frac{۸}{(۱۸-r_۱)^۲} \Rightarrow \left(\frac{r_۱}{۱۸-r_۱}\right)^۲ = \frac{۲}{۸} = \frac{۱}{۴} \Rightarrow \frac{r_۱}{۱۸-r_۱} = \frac{۱}{۲} \Rightarrow r_۱ = ۶\,cm$$

$$\text{در نقطهٔ O′}: E'_۱ = E'_۲ \Rightarrow \frac{kq_۱}{r'^۲_۱} = \frac{kq_۲}{r'^۲_۲} \Rightarrow \frac{۲}{r'^۲_۱} = \frac{۸}{(۱۸+r'_۱)^۲} \Rightarrow \left(\frac{r'_۱}{۱۸+r'_۱}\right)^۲ = \frac{۱}{۴} \Rightarrow \frac{r'_۱}{۱۸+r'_۱} = \frac{۱}{۲} \Rightarrow r'_۱ = ۱۸\,cm$$

$$\text{فاصلهٔ نقاط O و O′}: OO' = r_۱ + r'_۱ = ۶ + ۱۸ = ۲۴\,cm$$

تست‌های مشابه: ۱۹۲ تا ۱۹۵

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



پاسخ آزمون ۲

تست‌های مشابه: ۱۴ تا ۱۶

۱- گزینهٔ 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.

کرهٔ باردار هر دو آونگ A و B را جذب کرده است بنابراین A و B یا خنثی هستند یا دارای بار منفی می‌باشند از این‌رو 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- گزینهٔ ۲ نیروی الکتریکی در حالت اول، $۶۴۰N$ است که با توجه به قانون کولن داریم:

$$F=k\frac{qq}{r^۲}\Rightarrow ۶۴۰=k\frac{q^۲}{r^۲}$$

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

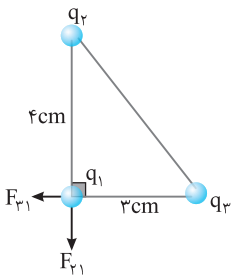
$$F'=k\frac{(q+۲)(q-۲)}{r^۲}\Rightarrow ۶۰۰=k\frac{q^۲-۴}{r^۲}$$

دو حالت به‌دست آمده را بر هم تقسیم می‌کنیم (تا k و $r^۲$ در هر دو رابطه با هم ساده شوند)

$$\frac{F'}{F}=\frac{۶۰۰}{۶۴۰}\Rightarrow\frac{k\frac{q^۲-۴}{r^۲}}{k\frac{q^۲}{r^۲}}=\frac{۶۰۰}{۶۴۰}\Rightarrow\frac{q^۲-۴}{q^۲}=\frac{۱۵}{۱۶}\Rightarrow ۱۶q^۲-۶۴=۱۵q^۲\Rightarrow q^۲=۶۴\Rightarrow q=۸\mu C$$

تست‌های مشابه: ۷۱ تا ۷۴

۳- گزینهٔ ۱ بنا بر قانون کولن نیروها را به‌دست آورده و چون نسبت آن‌ها خواسته شده پس $F_{۲۱}$ را بر $F_{۳۱}$ تقسیم می‌کنیم:



$$\frac{F_{۲۱}}{F_{۳۱}}=\frac{k\frac{q_۲q_۱}{(۴)^۲}}{k\frac{q_۳q_۱}{(۳)^۲}}=\frac{q_۲}{q_۳}\times\frac{۹}{۱۶}\xrightarrow{\frac{q_۲}{q_۳}=\frac{۴}{۵}}\frac{۴}{۵}\times\frac{۹}{۱۶}\Rightarrow\frac{F_{۲۱}}{F_{۳۱}}=\frac{۹}{۲۰}$$

تست‌های مشابه: ۱۰۱ تا ۱۰۴

۴- گزینهٔ ۳ ابتدا با استفاده از نمودار و رابطهٔ $E=K\frac{q}{r^۲}$، مقدار بار q را به‌دست می‌آوریم:

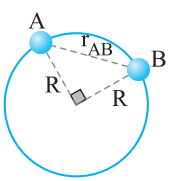
$$E=k\frac{q}{r^۲}\Rightarrow ۲/۲۵\times۱۰^۵=۹\times۱۰^۹\frac{q}{۰/۶۴}\Rightarrow q=۱۶\times۱۰^{-۶}C=۱۶\mu c$$

حال نیرویی که دو بار $q=۱۶\mu C$ و $q'=۹\mu C$ در فاصلهٔ $۹۰cm$ بر هم وارد می‌کنند را حساب می‌کنیم:

$$F=K\frac{qq'}{r'^۲}\Rightarrow F=۹\times۱۰^۹\times\frac{۱۶\times۱۰^{-۶}\times۹\times۱۰^{-۶}}{۸۱\times۱۰^{-۲}}=۱/۶N$$

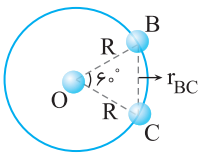
تست‌های مشابه: ۷۴ تا ۸۱

۵- گزینهٔ ۲ **خط فکری:** برای محاسبهٔ اندازهٔ نیروی الکتریکی از قانون کولن $F=k\frac{|q_۱||q_۲|}{r^۲}$ استفاده می‌کنیم که باید فاصلهٔ دو بار (r) را داشته باشیم. از این‌رو فاصله A تا B و C تا B را حساب می‌کنیم.



$$r_{AB}=\sqrt{R^۲+R^۲}\Rightarrow r_{AB}=R\sqrt{۲}\quad,\quad \text{مثلث BOC متساوی‌الاضلاع است}\Rightarrow r_{BC}=R$$

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



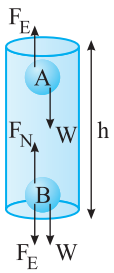
$$F_{AB}=k\frac{|q_A||q_B|}{(R\sqrt{۲})^۲}=k\frac{|q_A||q_B|}{۲R^۲}=۸N \quad , \quad F_{BC}=k\frac{|q_C||q_B|}{R^۲}=۱۰N$$

$$\frac{F_{AB}}{F_{BC}}=\frac{۸}{۱۰}\Rightarrow\frac{k\frac{|q_A||q_B|}{۲R^۲}}{k\frac{|q_C||q_B|}{R^۲}}=\frac{۴}{۵}\xrightarrow[\text{سمت راست تساوی ساده می‌کنیم}]{\text{}k\text{ و }R^۲\text{، }|q_B|\text{ را از صورت و مخرج کسر}}\frac{\frac{|q_A|}{۲}}{\frac{|q_C|}{۱}}=\frac{۴}{۵}\xrightarrow[\text{نزدیک در نزدیک انجام می‌دهیم}]{\text{در سمت راست تساوی دور در دور،}}\frac{|q_A|}{۲|q_C|}=\frac{۴}{۵}\Rightarrow\frac{|q_A|}{|q_C|}=\frac{۸}{۵}$$

تست‌های مشابه: ۹۸ تا ۱۰۰

۶- گزینهٔ 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.

نیروهای وارد بر گلولهٔ A و گلولهٔ B در شکل روبه‌رو رسم شده‌اند.



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

$$F_E=mg \qquad (۱)$$

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

$$F_N=F_E+mg \qquad (۲)$$

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

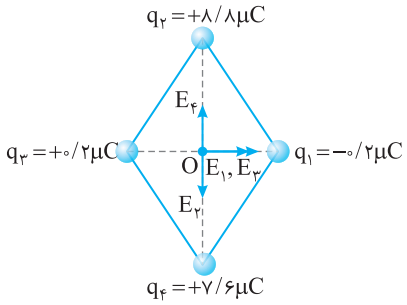
$$F_N=F_E+mg\xrightarrow{F_E=mg}F_N=۲F_E$$

خط فکری ۲: در صورت مسئله بیان شده «کمترین فاصله بین مراکز دو گلوله» این عبارت به این معنی است که نیروی دافعهٔ الکتریکی بیشینه شود زیرا نیروی الکتریکی با مجذور فاصلهٔ دو بار نسبت وارون دارد. نیروی الکتریکی F_E بیشینه است از این‌رو F_N نیز که برابر $۲F_E$ است بیشینه و برابر $F_N=۴N$ است.

$$F_N=۲F_E\Rightarrow۴=۲F_E\Rightarrow k\frac{q^۲}{r^۲}=۲\Rightarrow۹\times۱۰^۹\times\frac{(۳\times۱۰^{-۶})^۲}{r^۲}=۲\Rightarrow r^۲=\frac{۹\times۱۰^۹\times۹\times۱۰^{-۱۲}}{۲}\Rightarrow r=۹\sqrt{۵}\times۱۰^{-۲}m\Rightarrow r=۹\sqrt{۵}\,cm$$

تست‌های مشابه: ۱۷۱ تا ۱۷۵

۷- گزینهٔ ۳ با توجه به علامت بارها جهت میدان حاصل از بارهای $q_۱$، $q_۲$، $q_۳$ و $q_۴$ را در نقطهٔ O مشخص می‌کنیم و با استفاده از فرمول $E=\frac{k|q|}{r^۲}$ میدان حاصل از تک‌تک بارها را در مرکز لوزی حساب می‌کنیم:

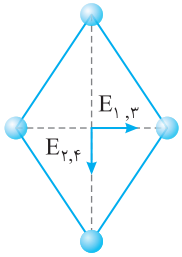


$$E_۱=۹\times۱۰^۹\times\frac{۰/۲\times۱۰^{-۶}}{(۲\times۱۰^{-۲})^۲}=\frac{۹}{۲}\times۱۰^۶\,N/C\,,E_۲=۹\times۱۰^۹\times\frac{۸/۸\times۱۰^{-۶}}{(۳\times۱۰^{-۲})^۲}=۸۸\times۱۰^۶\,N/C$$

$$E_۳=۹\times۱۰^۹\times\frac{۰/۲\times۱۰^{-۶}}{(۲\times۱۰^{-۲})^۲}=\frac{۹}{۲}\times۱۰^۶\,N/C\,,E_۴=۹\times۱۰^۹\times\frac{۷/۶\times۱۰^{-۶}}{(۳\times۱۰^{-۲})^۲}=۷۶\times۱۰^۶\,N/C$$

میدان‌های $E_۱$ و $E_۳$ با هم در یک جهت قرار دارند: $E_{۱,۳}=E_۱+E_۳=\frac{۹}{۲}\times۱۰^۶+\frac{۹}{۲}\times۱۰^۶=۹\times۱۰^۶$

میدان‌های $E_۲$ و $E_۴$ در خلاف جهت هم می‌باشند: $E_{۲,۴}=E_۲-E_۴=۸۸\times۱۰^۶-۷۶\times۱۰^۶=۱۲\times۱۰^۶$



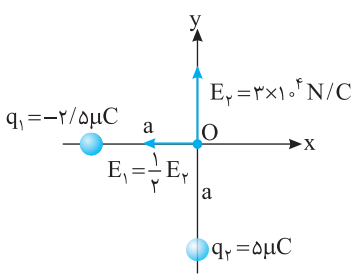
میدان‌های $E_{۱,۳}$ و $E_{۲,۴}$ بر هم عمودند:

$$E_T=\sqrt{(۹\times۱۰^۶)^۲+(۱۲\times۱۰^۶)^۲}=\sqrt{(۹^۲+۱۲^۲)\times(۱۰^۶)^۲}=\sqrt{(۸۱+۱۴۴)}\times۱۰^۶=۱۵\times۱۰^۶\,N/C$$

تست‌های مشابه: ۱۷۸ تا ۱۸۰

۸- گزینهٔ ۴ فاصلهٔ بارهای $q_۱$ و $q_۲$ از نقطهٔ O برابر است. از طرفی میدان بار $q_۲=۵\mu C$ در نقطهٔ O برابر $۳\times۱۰^۴\,N/C$ است و اندازه بار $q_۱=-۲/۵\mu C$ نصف اندازه بار $q_۲$ است. بنابراین میدان $q_۱$ در همان فاصله نصف میدان $q_۲$ می‌شود.

$$E_۱=\frac{۱}{۲}E_۲=\frac{۳}{۲}\times۱۰^۴\,N/C$$

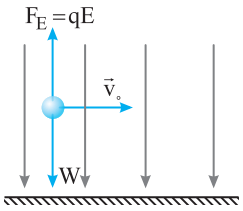


با توجه به علامت و جهت میدان بارهای $q_۱$ و $q_۲$ در نقطهٔ O، میدان $E_۱$، در جهت منفی محور xها $(-\vec{i})$ و میدان $E_۲$ در جهت مثبت محور yها $(+\vec{j})$ قرار دارد:

$$\vec{E}=(-\frac{۳}{۲}\vec{i}+۳\vec{j})\times۱۰^۴\,(N/C)$$

تست‌های مشابه: ۲۰۲ تا ۲۰۴

۹- گزینهٔ ۳ (B) نیروی وزن ذره را به پایین می‌کشد. برای آن‌که 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 اندازهٔ میدان را به‌دست می‌آوریم:



$$F_E=W\Rightarrow|q|E=mg\Rightarrow ۰/۴\times۱۰^{-۶}\times E=۰/۰۲\times۱۰\Rightarrow E=۵\times۱۰^{۵}\,N/C$$

تست‌های مشابه: ۱۲۹ تا ۱۳۲

۱۰- گزینهٔ ۲ (B) بار q_1 بر بار q_2 نیروی F_1 را وارد کرده است بنابر قانون سوم نیوتون بار q_2 همان نیروی F_1 را در خلاف جهت بر q_1 وارد می‌کند، بنابراین:

$$\vec{F}_{۱۲}=-\vec{F}_{۲۱}\Rightarrow -۱۲\times۱۰^{-۶}\vec{i}+۲۴\times۱۰^{-۶}\vec{j}=-\vec{F}_{۲۱}\Rightarrow\vec{F}_{۲۱}=۱۲\times۱۰^{-۶}\vec{i}-۲۴\times۱۰^{-۶}\vec{j}$$

نیرویی 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 به‌دست می‌آوریم:

$$\vec{F}_{۲۱}=q_1\vec{E}_2\Rightarrow ۱۲\times۱۰^{-۶}\vec{i}-۲۴\times۱۰^{-۶}\vec{j}=۳\times۱۰^{-۶}\times\vec{E}_2\Rightarrow\vec{E}_2=۴\vec{i}-۸\vec{j}$$

تست‌های مشابه: ۲۲۰ تا ۲۲۳

۱۱- گزینهٔ ۲ (B) چون ذره بار مثبت دارد نیروی وارد بر آن در جهت میدان است و ذرهٔ باردار، در جهت خطوط میدان حرکت می‌کند. نیروی میدان الکتریکی وارد بر ذره باعث ایجاد شتاب، افزایش سرعت، افزایش انرژی جنبشی و طبق قضیه پایستگی انرژی مکانیکی، کاهش انرژی پتانسیل الکتریکی ذره می‌شود. (ذره خودش جابه‌جا شده، پس $\Delta U_E<۰$ بوده و انرژی پتانسیل به انرژی جنبشی تبدیل شده)

تست‌های مشابه: ۲۲۸ تا ۲۳۱

۱۲- گزینهٔ ۴ (B) **خط فکری:** تنها نیروی وارد بر ذره نیروی الکتریکی است پس برای به‌دست آوردن v_0 باید مراحل زیر را طی کنیم:

$$|W_E|=|Edq|\xrightarrow{\text{قضیه کار و انرژی جنبشی}}W_E=\Delta K\xrightarrow{\text{رابطهٔ انرژی جنبشی}}\Delta K=\frac{۱}{۲}m(v^۲-v_0^۲)$$

۱) چون ذره پس از پرتاب، تندی‌اش کاهش یافته (یعنی خودبه‌خود از A به B نرفته است) $W_E<۰$ است:

$$W_E=-Edq\Rightarrow W_E=-۴\times۱۰^{۳}\times۴/۵۵\times۱۰^{-۲}\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹}J\Rightarrow W_E=-۱۸/۲\times۱/۶\times۱۰^{-۱۸}J$$

۲) بنابراین با توجه به $W_E=\Delta K$ تغییرات انرژی جنبشی نیز برابر $-۱۸/۲\times۱/۶\times۱۰^{-۱۸}J$ است.

۳) $$\Delta K=K_2-K_1=\frac{۱}{۲}m(v^۲-v_0^۲)\xrightarrow[v=۰\text{ متوقف شده}]{\text{ذره در نقطهٔ B}}-۱۸/۲\times۱/۶\times۱۰^{-۱۸}=\frac{۱}{۲}\times۹/۱\times۱۰^{-۳۱}\times(-v_0^۲)\Rightarrow ۴\times۱/۶\times۱۰^{۱۳}=v_0^۲\Rightarrow v_0^۲=۴\times۱۶\times۱۰^{۱۲}$$

$$\Rightarrow v_0=\sqrt{۴\times۱۶\times۱۰^{۱۲}}=۲\times۴\times۱۰^{۶}=۸\times۱۰^{۶}\,m/s$$

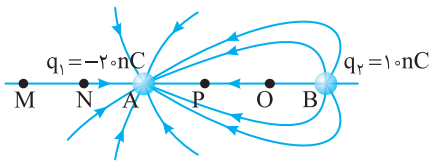
تست‌های مشابه: ۲۴۰ تا ۲۴۴

۱۳- گزینهٔ ۳ (A) باتوجه‌به‌تعریف اختلاف‌پتانسیل خواهیم داشت:

$$\Delta V=\frac{\Delta U_E}{q}\Rightarrow\Delta U_E=\Delta V.q\Rightarrow ۰/۰۲=۴۰۰q\Rightarrow q=\frac{۰/۰۲}{۴۰۰}=\frac{۱}{۲}\times۱۰^{-۴}\Rightarrow q=۵\times۱۰^{-۵}\,C$$

تست‌های مشابه: ۲۴۷ تا ۲۵۱

۱۴- گزینهٔ 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 گزینهٔ (۳) درست است.



تست‌های مشابه: ۲۶۷ تا ۲۷۱

۱۵- گزینهٔ ۳ (A) **راه‌حل اول:** جسم تنها تأثیر نیروی الکتریکی است پس با توجه به قضیه کار و انرژی جنبشی داریم:

$$\Delta V=\frac{\Delta U}{q}\xrightarrow[\text{با استفاده از طرفین وسطین داریم}]{\text{چون بار خواسته شده}}q=\frac{\Delta U}{\Delta V}\xrightarrow{\Delta U=-W_E\xrightarrow{W_E=\Delta K}\Delta U=-\Delta K}q=\frac{-\Delta K}{\Delta V}\Rightarrow q=\frac{-\frac{۱}{۲}m(v_2^۲-v_1^۲)}{V_2-V_1}$$

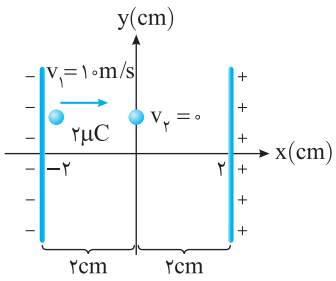
$$\xrightarrow[V_1=۱۰۰V\,,\,V_2=-۱۰۰V]{v_1=۰\,,\,v_2=۱۰\,m/s}q=\frac{-\frac{۱}{۲}\times۰/۱\times۱۰^{-۳}(۱۰۰-۰)}{-۱۰۰-۱۰۰}\Rightarrow q=۲۵\times۱۰^{-۶}\,C\Rightarrow q=۲۵\mu C$$

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

$$\begin{cases}\Delta V=\frac{\Delta U}{q}\\ \Delta U=-\Delta K\end{cases}\Rightarrow \Delta V=\frac{-\Delta K}{q}\Rightarrow q=\frac{-\Delta K}{\Delta V}\Rightarrow q=\frac{-\frac{1}{2}m(v_2^2-v_1^2)}{V_2-V_1}\xrightarrow[V_1=100V,\ V_2=-100V]{v_1=0,\ v_2=10m/s} q=25\times10^{-6}C\Rightarrow q=25\mu C$$

تست‌های مشابه: ۲۵۳ تا ۲۵۷

۱۶- گزینهٔ ۴ (C) 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 به‌دست آوریم و به کمک آن میدان الکتریکی بین دو صفحه را حساب کنیم.



$$W_E=\Delta K\xrightarrow[W_E<0,\ W_E=-qEd]{\text{بار مثبت به سمت صفحه مثبت نزدیک می‌شود}}-(2\times10^{-6})\times E\times(2\times10^{-2})=\frac{1}{2}m(v_2^2-v_1^2)$$

$$-4\times10^{-8}E=\frac{1}{2}\times(8\times10^{-6})(0-10^2)\Rightarrow -E\times4\times10^{-8}=4\times10^{-6}(-100)$$

$$E=\frac{4\times10^{-4}}{4\times10^{-8}}=10^{+4}V/m$$

حال با استفاده از رابطهٔ میدان الکتریکی یکنواخت بین دو صفحهٔ موازی، اختلاف پتانسیل بین دو صفحه را به‌دست می‌آوریم:

$$E=\frac{\Delta V}{d}\Rightarrow\Delta V=Ed\Rightarrow\Delta V=10^4\times2\times10^{-2}=2\times10^2V$$

تست‌های مشابه: ۲۷۸ تا ۲۸۰

۱۷- گزینهٔ ۲ (B) از مرکز کرهٔ رسانا تا سطح آن که جابه‌جا شویم $(r<R)$، چون درون رسانا قرار داریم، میدان الکتریکی صفر است. پس از جدا شدن از سطح کرهٔ رسانا و دور شدن از آن $(r>R)$ به دلیل تقارن موجود در کرهٔ رسانای باردار، می‌توانیم بار الکتریکی q را به طور متمرکز و نقطه‌ای در مرکز کره در نظر بگیریم و با توجه به رابطهٔ $E=\frac{kq}{r^2}$ در مورد اندازهٔ میدان الکتریکی اظهار نظر کنیم. بنابراین با دور شدن از کرهٔ رسانای باردار، میدان الکتریکی متناسب با $\frac{1}{r^2}$ ضعیف می‌شود (نه به صورت خطی).

تست‌های مشابه: ۳۱۷ تا ۳۱۹

۱۸- گزینهٔ ۲ (A) ظرفیت خازن تخت را به‌دست می‌آوریم:

$$C=\kappa\varepsilon_0\frac{A}{d}\Rightarrow C=100\times8\times10^{-12}\times\frac{10}{10^{-2}}=8\times10^{-7}F=0/8\mu F$$

بار روی صفحات خازن خواهد شد:

$$Q=CV=0/8\times300=240\mu C$$

تست‌های مشابه: ۳۲۶ تا ۳۲۸

۱۹- گزینهٔ ۴ (B) **خط فکری:** در این مسئله عبارت‌های کلیدی وجود دارد که باید به آن‌ها دقت شود:

۱) دو کره دارای بار ناهمنام هستند و پس از اتصال بار کره‌ها مثبت می‌شود یعنی کره‌ای که دارای بار مثبت بوده است مقدار بارش از مقدار بار کره‌ای که بار منفی دارد بیشتر بوده است که پس از اتصال بار هر دو مثبت شده است. $|q^-|<q^+$

۲) اندازه بار یکی از کره‌ها تغییر نکرده است. این بدان معنی است که کرهٔ دارای بار منفی که مقدار بارش کمتر بوده با دریافت بار مثبت از کرهٔ دیگر دارای بار مثبت به همان مقدار شده است.

چگالی سطحی بار الکتریکی هر دو کره پس از تماس با هم برابر است زیرا دو کره رسانا و مشابه هستند. اکنون به کمک اعداد داده شده در مسئله، بار الکتریکی هر دو کره قابل محاسبه است.

$$\sigma=\frac{Q'}{A}\Rightarrow0/01=\frac{Q'}{4\pi(10^{-2})^2}\Rightarrow Q'_1=Q'_2=4\times3\times10^{-6}=12\mu C$$

بار کرهٔ منفی را با Q_1 و بار کرهٔ مثبت را با Q_2 نمایش می‌دهیم:

$$Q'_1=Q'_2=\frac{Q_1+Q_2}{2}=12\Rightarrow Q_1+Q_2=24\pi C$$

از طرفی اندازه بار کرهٔ منفی تغییر نکرده است.

$$Q'_1=|Q_1|\Rightarrow Q_1=-12\mu C$$

سرانجام:

$$-12+Q_2=24\Rightarrow Q_2=36\mu C$$

یک تست به شدت ریاضی و فیزیکی

تست‌های مشابه: ۳۲۹ تا ۳۳۴

۲۰- گزینهٔ ۳ (A) **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:

$$P=\frac{U}{t}\xrightarrow{U=\frac{1}{2}CV^2}P=\frac{\frac{1}{2}CV^2}{t}\Rightarrow P=\frac{\frac{1}{2}\times660\times10^{-6}\times(330)^2}{0/9\times10^{-3}}\Rightarrow P=\frac{330\times10^{-6}\times12100}{10^{-4}}\Rightarrow P=330\times10^{-2}\times12100$$

$$\Rightarrow P=330\times121=39930W=39/93kW$$

فصل ۲ جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم

آزمون ۲ *

۱- معادلهٔ بار گذرنده برحسب زمان در SI به‌صورت $q=t^{۲}-۴t+۳$ است. جریان متوسط در کدام بازهٔ زمانی صفر است؟ آزمون مدارس برتر

۱) ۱/۷۵s تا ۲/۳۲s ۲) ۱/۷۹s تا ۲/۲۱s ۳) ۱/۶۸s تا ۲/۴۵s ۴) ۱/۲۲s تا ۲/۶۶s

۲- کدام‌یک از گزاره‌های زیر درست است؟ از کتاب درسی

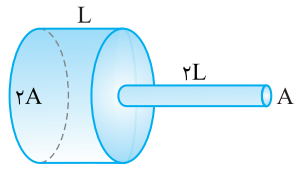
۱) تفاوت یک باتری نو و فرسوده در نیروی محرکهٔ آن‌هاست.

۲) تفاوت یک باتری نو و فرسوده در مقدار مقاومت داخلی آن‌هاست.

۳) افت پتانسیل یک باتری نو و فرسوده یکسان است.

۴) با اتصال یک باتری نو و یک باتری فرسوده به یک مقاومت یکسان، اختلاف پتانسیل دو سر باتری‌ها با هم برابر است.

۳- مطابق شکل دو میلهٔ رسانا و هم‌جنس را به هم چسبانده‌ایم. یک میله از همان جنس با طول $۳L$، مقاومتی برابر مقاومت معادل آن دو میله را دارد. سطح مقطع این میله چند برابر سطح مقطع میلهٔ نازک‌تر است؟



۱) ۱/۵ ۲) ۲

۳) ۲/۵ ۴) ۱/۲

۴- اگر اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر یک رسانای فلزی را ۲۰ درصد کاهش دهیم، جریان عبوری از آن ..... و توان الکتریکی مصرفی در آن ..... می‌یابد. (مقاومت الکتریکی رسانا ثابت است.)

۱) ۲۰ درصد افزایش، ۳۶ درصد کاهش ۲) ۲۰ درصد افزایش، ۳۶ درصد افزایش

۳) ۲۰ درصد کاهش، ۳۶ درصد کاهش ۴) ۲۰ درصد کاهش، ۳۶ درصد افزایش

۵- اگر اختلاف پتانسیل دو سر یک رسانای اهمی را در دمای ثابت سه برابر کنیم، جریان آن ۲ آمپر افزایش می‌یابد. جریان اولیه در این مقاومت چند آمپر بوده است؟

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

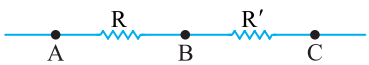
۶- طول سیم مسی A، دو برابر طول سیم مسی B است و قطر مقطع سیم A، نصف قطر مقطع سیم B است. مقاومت الکتریکی سیم A، چند برابر مقاومت الکتریکی سیم B است؟ تجربی - ۹۱

۱) $\frac{۱}{۲}$ ۲) ۲ ۳) ۴ ۴) ۸

۷- اختلاف پتانسیل $۱۷V$ به دو سر یک سیم مسی به طول ۳۰ متر و شعاع مقطع $۱mm$ اعمال می‌شود. آهنگ تولید انرژی گرمایی در سیم چند وات است؟ $(\rho=۱/۷\times۱۰^{-۸}\Omega.m, \pi=۳)$ خارج تجربی - ۹۶

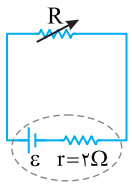
۱) ۱۷۰۰ ۲) ۱۰۰ ۳) ۱۷۰ ۴) ۱۰

۸- در شکل زیر، اگر پتانسیل الکتریکی نقطه‌های A، B و C به‌ترتیب برابر با $-۱۰۵V$، $-۴۵V$ و $-۳۰V$ باشد، جهت جریان الکتریکی و حاصل $\frac{R}{R'}$ کدام است؟ قلم‌چی



۱) از نقطهٔ A به نقطهٔ C، ۴ ۲) از نقطهٔ A به نقطهٔ C، $\frac{۱}{۴}$ ۳) از نقطهٔ C به نقطهٔ A، ۴ ۴) از نقطهٔ C به نقطهٔ A، $\frac{۱}{۴}$

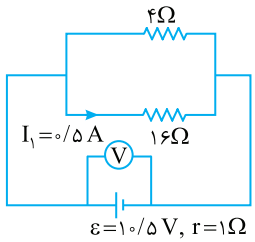
۹- در مدار شکل مقابل، اگر مقاومت رئوستا برابر با R باشد، ولتاژ دو سر باتری برابر ۱۰ ولت و اگر مقاومت رئوستا ۶۰ درصد کاهش یابد، ولتاژ دو سر باتری ۸ ولت می‌شود. مقدار R چند اهم است؟



۱) ۱/۲۵ ۲) ۱۰

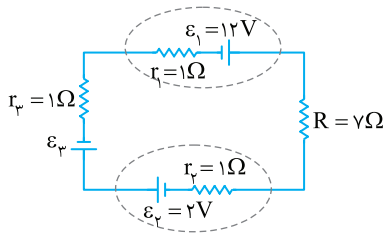
۳) $\frac{۳}{۱۰}$ ۴) $\frac{۱۰}{۳}$

۱۰- در شکل روبه‌رو، ولت‌سنج چند ولت را نشان می‌دهد؟



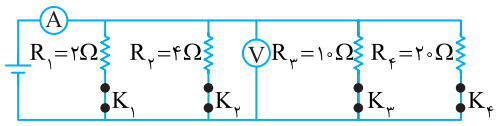
۱) ۱۰/۵ ۲) ۸
۳) ۱۲/۵ ۴) ۱۴

۱۱- در مدار شکل مقابل اگر توان خروجی مولد ε_2، $\frac{1}{5}$ برابر توان ورودی مولد ε_3 باشد، ε_3 چند ولت است؟ قلم‌چی



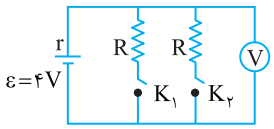
۱) ۱ ۲) ۲
۳) ۳ ۴) ۴

۱۲- در شکل مقابل ولت‌سنج $20V$ را نشان می‌دهد. برای آنکه آمپرسنج $13A$ را نشان دهد، کدام کلید را باید باز کنیم؟ آزمون مدارس برتر



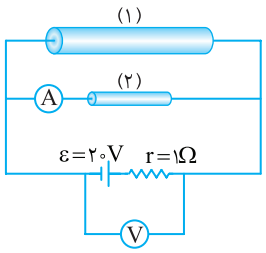
۱) K_1 ۲) K_2
۳) K_3 ۴) K_4

۱۳- در شکل روبه‌رو، هنگامی که یکی از کلیدها باز و دیگری بسته است، ولت‌سنج ۳ ولت را نشان می‌دهد. اگر هر دو کلید بسته شود، ولت‌سنج چند ولت را نشان می‌دهد؟ ریاضی-۸۸



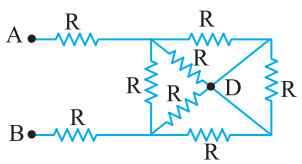
۱) ۲/۴ ۲) ۲/۸
۳) ۴/۲ ۴) ۳/۶

۱۴- در شکل مقابل دو سیم رسانای هم‌جنس (۱) و (۲) که شعاع مقطع سیم (۱)، دو برابر شعاع مقطع سیم (۲) و طول آن نیز دو برابر طول سیم (۲) می‌باشد، مشاهده می‌کنید. اگر عددی که آمپرسنج A نشان می‌دهد، ۳ آمپر باشد، عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد چند ولت است؟



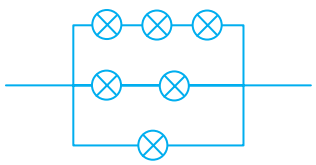
۱) ۷ ۲) ۹
۳) ۱۱ ۴) ۲۹

۱۵- مقاومت معادل بین دو نقطهٔ A و B در شکل روبه‌رو، چند برابر R است؟



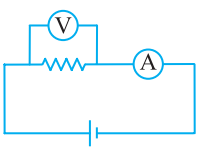
۱) ۱ ۲) ۱/۵
۳) ۲ ۴) ۲/۵

۱۶- ۶ لامپ رشته‌ای مشابه در مداری به شکل مقابل به هم بسته شده‌اند. اگر حداکثر توان قابل تحمل هر لامپ $12W$ باشد، حداکثر توانی که می‌توان از مجموعهٔ مقابل گرفت (به‌طوری که هیچ‌یک از لامپ‌ها نسوزد) چند وات است؟



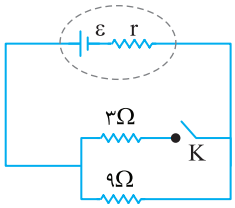
۱) ۲۲ ۲) ۲۴
۳) ۶۰ ۴) ۷۲

۱۷- در شکل زیر، اگر ولت‌سنج و آمپرسنج ایده‌آل باشند، V و I را نشان می‌دهند. اگر ایده‌آل نباشند، چه اعدادی را نشان می‌دهند؟



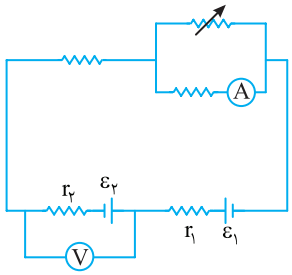
۱) کمتر از V - کمتر از I ۲) بیشتر از V - بیشتر از I
۳) کمتر از V - بیشتر از I ۴) هیچ‌کدام را نمی‌توان تعیین کرد.

۱۸- در مدار شکل زیر اگر توان خروجی مولد قبل و بعد از بسته شدن کلید K با هم برابر باشند، مقاومت درونی مولد چند اهم است؟ قلم‌چی



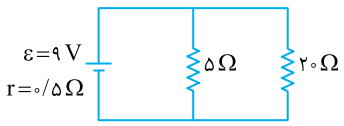
۱) ۴/۵ ۲) ۱/۵
۳) ۲/۲۵ ۴) ۶

۱۹- در مدار روبه‌رو اگر مقاومت متغیر را افزایش دهیم، عددی که آمپرسنج و ولت‌سنج آرمانی نشان می‌دهند از راست به چپ چه تغییری می‌کند؟ $(\varepsilon_1 > \varepsilon_2)$



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

۲۰- در مدار شکل مقابل توان مصرفی در مقاومت‌های خارجی مدار چند وات است؟ خارج ریاضی - ۸۸



۱) ۶
۲) ۱۲
۳) ۱۶
۴) ۱۸

پاسخ تشریحی تست‌های در پاسخ

۱- گزینهٔ ۲ جریان مستقیم (پیوسته) به شدت جریانی می‌گویند که در هر بازهٔ 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 درجهٔ اول از زمان بوده و نمودار $q-t$ خط راست مایلی است که از مبدأ می‌گذرد.

۲- گزینهٔ ۳ بار الکتریکی را می‌توان از رابطهٔ $I=\frac{q}{t}\Rightarrow q=It$ به‌دست آورد، حال اگر I را برحسب آمپر و t برحسب ساعت در رابطه قرار دهیم q برحسب آمپرساعت به‌دست می‌آید. با توجه به تعریف جریان می‌توان نوشت:

$$q=It \xrightarrow[q=۱۰۰۰mA.h=۱A.h]{I=۵۰\mu A=۵۰\times ۱۰^{-۶}A} ۱A.h=۵۰\times ۱۰^{-۶}\times t\Rightarrow t=\frac{۱}{۵۰\times ۱۰^{-۶}}=\frac{۱۰^{۶}}{۵۰}\Rightarrow t=۲\times ۱۰^{۴}h$$

۳- گزینهٔ ۳ جریان مدار را به کمک قانون اهم به‌دست می‌آوریم:

$$I=\frac{V}{R}\Rightarrow I=\frac{۶۰}{۵}=۱۲A$$

بار الکتریکی گذرنده از آن برابر است با:

$$\Delta q=I\Delta t\Rightarrow \Delta q=۱۲\times ۶۰\Rightarrow \Delta q=۷۲۰C$$

۴- گزینهٔ ۴ با توجه به قانون اهم می‌توان نوشت:

$$R=\frac{V}{I}\Rightarrow \begin{cases} R_A=\frac{۲۰}{۲} \\ R_B=\frac{۲۰}{۵} \end{cases}\Rightarrow \frac{R_B}{R_A}=\frac{۲}{۵}$$

۵- گزینهٔ ۱ ابتدا با توجه به قانون اهم، مقاومت را به‌دست می‌آوریم:

$$R=\frac{V}{I}\Rightarrow R=\frac{۲/۵}{۳۱/۲۵}=۰/۰۸\Omega$$

حال با توجه به رابطهٔ ساختار مقاومت داریم:

$$R=\rho\frac{L}{A}\xrightarrow[A=\frac{\pi D^{۲}}{۴}]{D=۰/۵mm}۰/۰۸=\rho\times\frac{۱}{\frac{\pi D^{۲}}{۴}}\Rightarrow ۰/۰۸=\rho\frac{۴}{\pi\times ۲۵\times ۱۰^{-۸}}\Rightarrow \rho=۱/۵۷\times ۱۰^{-۸}(\Omega m)$$

۶- گزینهٔ ۲ با توجه به رابطهٔ $R=\rho\frac{L}{A}$ و داشتن $R=۳\Omega$ و $L=۹/۴۲cm$ داریم:

$$۳=\rho\frac{۹/۴۲}{A}\xrightarrow[\rho=۱۰^{-۶}\Omega.m]{A=\pi r^{۲}}۳=۱۰^{-۶}\times\frac{۹/۴۲}{۳/۱۴\times r^{۲}}\Rightarrow r^{۲}=۱۰^{-۶}m\Rightarrow r=۱۰^{-۳}m=۰/۱cm$$

قطر مقطع برابر است با:

$$D=۲r=۰/۲cm$$

۷- گزینهٔ ۲ جرم سیم خواسته شده پس ابتدا با توجه به مقاومت ویژه و L، مساحت سطح را به‌دست می‌آوریم.

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

حجم سیم برابر AL است از این‌رو:

$$V=AL\Rightarrow V=\frac{\rho L}{R}\times L\Rightarrow V=\frac{\rho L^{۲}}{R}$$

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

$$\rho'=\frac{m}{V}\Rightarrow m=\rho' V\Rightarrow m=\rho'\frac{\rho L^{۲}}{R}\Rightarrow m=\frac{\rho\rho' L^{۲}}{R}$$

۸- گزینهٔ ۲ دو سیم هم‌جنس و دارای جرم یکسان هستند، پس حجم آن‌ها نیز برابر است:

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

سطح مقطع سیم با مجذور قطر متناسب است $(A=\pi\frac{D^{۲}}{۴})$، بنابراین:

$$\frac{L_A}{L_B}=(\frac{D_B}{D_A})^{۲}\Rightarrow\frac{L_A}{L_B}=(\frac{۱}{۰/۲})^{۲}\Rightarrow\frac{L_A}{L_B}=۲۵$$

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

$$\frac{R_A}{R_B}=\frac{L_A}{L_B}\times(\frac{D_B}{D_A})^{۲}\Rightarrow\frac{R_A}{R_B}=(۲۵)(\frac{۱}{۰/۲})^{۲}=۶۲۵$$

۹- گزینهٔ ۴ **خط فکری:** در سؤالات مقاومت نیاز به A و L داریم، پس اگر چگالی و جرم سیم‌ها یا نسبت آن‌ها داده شود، باید ابتدا با توجه به نسبت جرم و چگالی داده شده، نسبت حجم A به حجم B را به کمک رابطهٔ چگالی آن‌ها به‌دست آوریم (چگالی A و B را با ρ'_A و ρ'_B نمایش داده‌ایم)

$$\rho'_B=\frac{۱}{۳}\rho'_A\Rightarrow\frac{m_B}{V_B}=\frac{۱}{۳}\times\frac{m_A}{V_A}\xrightarrow{m_B=\frac{۲}{۳}m_A}\frac{\frac{۲}{۳}m_A}{V_B}=\frac{۱}{۳}\times\frac{m_A}{V_A}\Rightarrow V_A=\frac{۱}{۲}V_B$$

حجم سیم‌ها برابر $V=AL$ و طول دو مقاومت برابر است، در این صورت:

$$V_A=\frac{۱}{۲}V_B\Rightarrow A_AL_A=\frac{۱}{۲}A_BL_B\xrightarrow{L_A=L_B}A_A=\frac{A_B}{۲}$$

مقاومت دو سیم یکسان است:

$$R_A=R_B\Rightarrow\rho_A\frac{L_A}{A_A}=\rho_B\frac{L_B}{A_B}\xrightarrow{L_A=L_B}\frac{\rho_A}{A_A}=\frac{\rho_B}{A_B}\Rightarrow\frac{\rho_B}{\rho_A}=\frac{A_B}{A_A}\xrightarrow{A_A=\frac{A_B}{۲}}\frac{\rho_B}{\rho_A}=\frac{A_B}{\frac{A_B}{۲}}=۲$$

۱۰- گزینهٔ ۳ (A) با توجه به رابطهٔ دمایی مقاومت ویژه می‌توان نوشت:

$$R_۲=R_۱(۱+\alpha\Delta\theta)\Rightarrow ۳R_۱=R_۱(۱+\frac{۱}{۳۰۰}\Delta\theta)\Rightarrow\Delta\theta=۶۰۰^\circ C\Rightarrow\theta-۲۰=۶۰۰\Rightarrow\theta=۶۲۰^\circ C$$

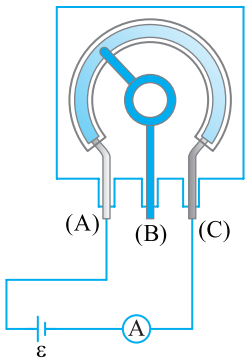
۱۱- گزینهٔ ۴ (B) با توجه به رابطهٔ مقاومت با دما می‌توان نوشت:

$$\begin{cases}\Delta R=۰/۱R_۱\\ \Delta R=R_۱\alpha\Delta\theta\end{cases}\Rightarrow ۰/۱=\alpha\times۵۰\Rightarrow\alpha=\frac{۱}{۵۰۰}=۲\times۱۰^{-۳}\frac{۱}{^\circ C}=۲\times۱۰^{-۳}\frac{۱}{K}$$

۱۲- گزینهٔ ۲ (A) رابطهٔ تغییر دما را برای دو مقاومت نوشته و بر هم تقسیم می‌کنیم:

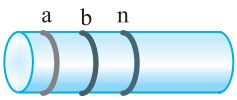
$$\begin{cases}\Delta R_۱=R_۱\alpha\Delta\theta\\ \Delta R_۲=R_۲\alpha\Delta\theta\end{cases}\Rightarrow\frac{۲R_۰}{\Delta R_۲}=\frac{R_۰\alpha\Delta\theta}{۲R_۰۲\alpha\Delta\theta}\Rightarrow\Delta R_۲=۸R_۰\Rightarrow R'-۲R_۰=۸R_۰\Rightarrow R'=۱۰R_۰$$

۱۳- گزینهٔ ۳ (A) با توجه به شکل از خروجی B که مربوط به لغزنده می‌باشد، سیمی خارج نشده است بنابراین لغزنده در مدار قرار نمی‌گیرد و با چرخاندن آن مقاومت مدار تغییر نمی‌کند و جریان مدار ثابت می‌ماند.



۱۴- گزینهٔ ۲ (B) در مقاومت‌های ترکیبی که با نوارهای رنگی مقدار آن‌ها مشخص می‌شود، حلقهٔ اول رقم دهگان و حلقهٔ دوم رقم یکان را نشان می‌دهد و حلقهٔ سوم توان ضریب ۱۰^n را نشان می‌دهد:

$$R=\overline{ab}\times۱۰^n$$



در صورت مسئله بیان شده که R یک عدد چهاررقمی است. دو رقم آن a و b است، بنابراین n نیز باید ۲ باشد تا $۱۰^n=۱۰^۲=۱۰۰$ شود و مقاومت حاصل چهار رقمی باشد. رنگ‌ها یکسان است در نتیجه اگر $n=۲$ باشد، a و b نیز باید ۲ باشد بنابراین رنگ هر سه حلقه قرمز است. البته شما می‌توانید همهٔ رنگ‌ها را به صورت زیر مقایسه کنید.

اگر هر سه حلقه نارنجی باشد (رنگ نارنجی =۳): عدد پنج رقمی $R=۳۳\times۱۰^۳$

اگر هر سه حلقه قرمز باشد (رنگ‌قرمز=۲): عدد چهار رقمی $R=۲۲\times۱۰^۲$

اگر هر سه حلقه قهوه‌ای باشد (رنگ قهوه‌ای=۱): عدد سه رقمی $R=۱۱\times۱۰^۱$

۱۵- گزینهٔ ۳ (A) با توجه به اینکه مقدار مقاومت برابر $۲۰\,\Omega$ $(۲۰\times۱۰^\circ)$ است و مقایسه با رابطهٔ $R=\overline{ab}\times۱۰^n$، مقدار $a=۲$، $b=۰$ و $n=۰$ می‌شود، بنابراین نوار اول قرمز و نوار دوم و سوم سیاه است.

۱۶- گزینهٔ ۲ (A) با افزایش دما در نیم‌رساناها، تعداد حامل‌های بار افزایش یافته و مقاومت الکتریکی کاهش می‌یابد.

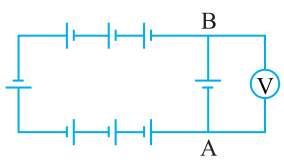
۱۷- گزینهٔ ۲ (A) وقتی مدار باز باشد، ولت‌سنج نیروی محرکهٔ باتری را نشان می‌دهد، پس $\varepsilon=۸\,V$ است. وقتی مدار بسته است و در مدار جریان برقرار است، ولت‌سنج اختلاف پتانسیل دو سر باتری $(V=\varepsilon-Ir)$ را نشان می‌دهد. در این صورت وقتی $I=۲\,A$ است، $V=۶\,V$ می‌باشد، در نتیجه: $۶=۸-۲r\Rightarrow r=۱\Omega$

۱۸- گزینهٔ ۱ (B) هرگاه اختلاف پتانسیل دو سر باتری برابر با نیروی محرکهٔ آن باشد، افت پتانسیل صفر است، پس:

$$\begin{cases}V=\varepsilon-Ir\\ V\approx\varepsilon\end{cases}\Rightarrow Ir\approx۰\Rightarrow\begin{cases}r\to۰\\ I\to۰\xrightarrow{I=\frac{\varepsilon}{r+R}}R\to\infty\end{cases}$$

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

۱۹- گزینهٔ ۳ (B) ابتدا جریان مدار را به‌دست می‌آوریم. باتری‌ها به‌گونه‌ای بسته شده‌اند که پایانه‌های ناهمنام آن‌ها به هم وصل بوده و جریان‌های آن‌ها همسو است، بنابراین نیروی محرکهٔ آن‌ها با هم جمع می‌شود.



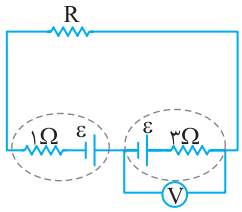
$$I=\frac{\varepsilon+\varepsilon+\cdots+\varepsilon}{۰+r+r+\cdots+r}=\frac{۸\times۵}{۸\times۰/۲}=۲۵A$$

عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد.

$$V_A+\varepsilon-Ir=V_B\Rightarrow V_B-V_A=\varepsilon-Ir=۵-(۲۵\times۰/۲)\Rightarrow V_B-V_A=۰$$

ولت‌سنج صفر را نشان می‌دهد.

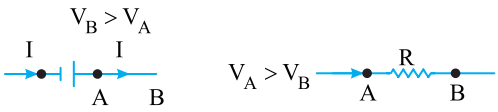
۲۰- گزینهٔ ۳ (B) ولت‌سنج عدد صفر را نشان می‌دهد از این‌رو: $V=\varepsilon-Ir=0\Rightarrow\varepsilon-3I=0\Rightarrow\varepsilon=3I$



جریان در مدار تک‌حلقه برابر است با:

$$I=\frac{\varepsilon_T}{R_T+r_T}\Rightarrow I=\frac{\varepsilon+\varepsilon}{R+1+3}\Rightarrow I=\frac{3I+3I}{R+4}\Rightarrow R+4=6\Rightarrow R=2\Omega$$

۲۱- گزینهٔ ۳ (A) **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.

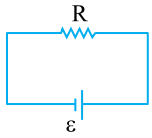


پتانسیل نقاط متصل به زمین صفر است پس در مدار جزء A در جهت جریان پتانسیل کاهش یافته $(\Delta V=-10V)$ و از $10V$ به صفر رسیده پس جزء A مولد نیست.

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

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

۲۲- گزینهٔ ۴ (A) توان مصرفی در مقاومت R برابر است با: $P=RI^2=VI=\frac{V^2}{R}$



V ولتاژ دو سر مقاومت، ولتاژ دو سر باتری نیز می‌باشد.

$$P=\frac{V^2}{R}\Rightarrow 40=\frac{80^2}{R}\Rightarrow R=\frac{6400}{40}=160\Omega$$

۲۳- گزینهٔ ۳ (A) با توجه به رابطهٔ توان الکتریکی $(P=VI)$ جریان را به‌دست می‌آوریم: $V=120V\ ,\ P=480W$

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

برای به‌دست آوردن انرژی مصرفی کافی است در رابطهٔ زیر توان را بر حسب کیلووات و زمان را بر حسب ساعت قرار دهیم: $U=Pt=0/48(kW)\times 5(h)=2/4kWh$

۲۴- گزینهٔ ۴ (A) **خط فکری:** اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌های A و B با هم برابر است بنابراین از روابط انرژی $U=VIt$ ، $U=RI^2t$ و $U=\frac{V^2}{R}t$ باید $U=\frac{V^2}{R}t$ را انتخاب کرد. از طرفی، باید با توجه به داده‌های مسئله بررسی کنیم که مقاومت B چند برابر مقاومت A است.

با توجه به شکل و رابطهٔ ساختمانی مقاومت می‌توان نوشت:

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

ولتاژ دو سر مقاومت‌ها یکسان است بنابراین:

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

۲۵- گزینهٔ ۳ (A) ابتدا مقدار مقاومت را به‌دست می‌آوریم:

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

حال می‌توان انرژی مصرفی جدید را به‌دست آورد:

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

روش دوم:

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

$$P=4\times 100=400W$$
$$V=P.t=400\times 1=400J$$

۲۶- گزینهٔ ۱ (A) **خط فکری:** توان خروجی از یک مولد برابر $P=\varepsilon I-rI^2$ است که در دو حالت گفته شده مقدار P و I را داریم و باید ε و r را از دو معادله به‌دست آوریم:

$$\begin{cases}(1):20=\varepsilon(2)-r(2)^2\Rightarrow 20=2\varepsilon-4r\xrightarrow{\times 9}180=18\varepsilon-36r\\(2):18=\varepsilon(3)-r(3)^2\Rightarrow 18=3\varepsilon-9r\xrightarrow{\times -4}-72=-12\varepsilon+36r\end{cases}\xrightarrow{(+)}108=6\varepsilon\Rightarrow\varepsilon=18V$$

$\varepsilon=18V$ را در معادلهٔ (۱) قرار می‌دهیم تا مقاومت درونی (r) را به‌دست آوریم:

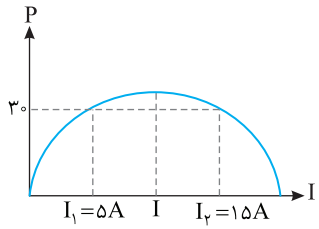
$$20=2\varepsilon-4r\xrightarrow{\varepsilon=18V}20=36-4r\Rightarrow 4r=16\Rightarrow r=4\Omega$$

۲۷- گزینهٔ ۱ (A) توان مفید را بر توان کل تقسیم می‌کنیم:

$$Ra=\frac{V}{\varepsilon}=\frac{8}{10}\Rightarrow 0/8=\frac{P_{کل}-P_{تلف}}{P_{کل}}=1-\frac{P_{تلف}}{P_{کل}}\Rightarrow\frac{P_{تلف}}{P_{کل}}=\frac{2}{10}$$

$$\begin{cases}P=\varepsilon I & \text{توان کل باتری}\\P=RI^2=VI & \text{توان مفید باتری}\end{cases}\Rightarrow Ra=\frac{P_{مفید}}{P_{کل}}=\frac{V}{\varepsilon}\ ,$$

۲۸- گزینهٔ ۴ (C)



معادلهٔ توان خروجی باتری به‌صورت $P=-rI^۲+\varepsilon I$ است. بنابراین نمودار $P-I$ به‌صورت سهمی می‌باشد. با توجه به تقارن سهمی جریانی که در آن توان بیشینه است را محاسبه کنیم:

$$I=\frac{I_۱+I_۲}{۲}=\frac{۵+۱۵}{۲}=۱۰A$$

حال توان خروجی مربوط به جریان‌های $I_۱$ و $I_۲$ را در معادلهٔ $P=-rI^۲+\varepsilon I$ می‌گذاریم تا r و ε را محاسبه کنیم:

$$(\varepsilon-I_۱r)I_۱=۳۰\xrightarrow{I_۱=۵A}\begin{cases}\varepsilon-۵r=۶\\ \varepsilon-۱۵r=۲\end{cases}\Rightarrow\varepsilon=۸V, r=۰/۴\Omega$$

جریانی که در آن توان بیشینه است را محاسبه کردیم و مقدار آن برابر $۱۰A$ شد. با گذاشتن این جریان در معادلهٔ توان خروجی داریم:

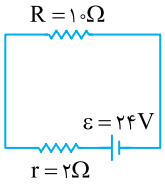
$$P=-۰/۴I^۲+۸I\xrightarrow{I=۱۰A}P=-۴۰+۸۰=۴۰W$$

۲۹- گزینهٔ ۴ (A)

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

$$\begin{cases}V=۲۴-۲I\\ V=\varepsilon-rI\end{cases}\Rightarrow\varepsilon=۲۴V, r=۲\Omega$$

این مولد را به مقاومت ۱۰Ω متصل کرده‌ایم و جریان مدار خواهد شد:



$$I=\frac{\varepsilon}{R+r}\Rightarrow I=\frac{۲۴}{۱۰+۲}\Rightarrow I=۲A$$

توان خروجی برابر است با:

$$P_{\text{خروجی}}=VI\xrightarrow{V=\varepsilon-Ir}P_{\text{خروجی}}=(\varepsilon-rI)I\Rightarrow P_{\text{خروجی}}=(۲۴-۲I)I\xrightarrow{I=۲A}P_{\text{خروجی}}=(۲۴-۴)۲\Rightarrow P_{\text{خروجی}}=۴۰W$$

۳۰- گزینهٔ ۲ (B)

خط فکری: توان خروجی باتری در یک مدار ساده در مقاومت خارجی مصرف می‌شود، پس در مدار ساده توان مصرفی مقاومت خارجی و توان خروجی از مولد با هم برابر است:

$$P=RI^۲\xrightarrow{I=\frac{\varepsilon}{R+r}}P=R\frac{\varepsilon^۲}{(R+r)^۲}$$

با توجه به تست به ازای مقاومت‌های ۸ اهم و $R_۲$ توان خروجی با هم برابر است:

$$P_۱=P_۲\xrightarrow{P=R\frac{\varepsilon^۲}{(R+r)^۲}}R_۱\frac{\varepsilon^۲}{(R_۱+r)^۲}=R_۲\frac{\varepsilon^۲}{(R_۲+r)^۲}\xrightarrow{\varepsilon^۲\text{ را از دو طرف ساده می‌کنیم}}\frac{۸}{(۸+۴)^۲}=\frac{R_۲}{(R_۲+۴)^۲}\Rightarrow\frac{۸}{۱۴۴}=\frac{R_۲}{R_۲^۲+۸R_۲+۱۶}$$

$$\Rightarrow\frac{۱}{۱۸}=\frac{R_۲}{R_۲^۲+۸R_۲+۱۶}\Rightarrow۱۸R_۲=R_۲^۲+۸R_۲+۱۶\Rightarrow R_۲^۲-۱۰R_۲+۱۶=۰\Rightarrow R_۲=۵\pm\sqrt{۲۵-۱۶}\Rightarrow R_۲=۵\pm۳\Rightarrow\begin{cases}R=۸\Omega\\ R=۲\Omega\end{cases}$$

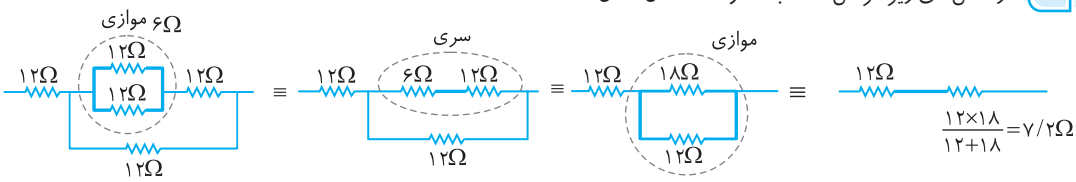
بنابراین مقاومت را از ۸Ω باید به ۲Ω برسانیم تا $P_۱=P_۲$ شود.

راستی می‌تونستیم از نتیجهٔ تست قبل استفاده کنیم:

$$r=\sqrt{R_۱R_۲}\Rightarrow۴=\sqrt{۸R_۲}\Rightarrow R_۲=۲\Omega$$

۳۱- گزینهٔ ۴ (A)

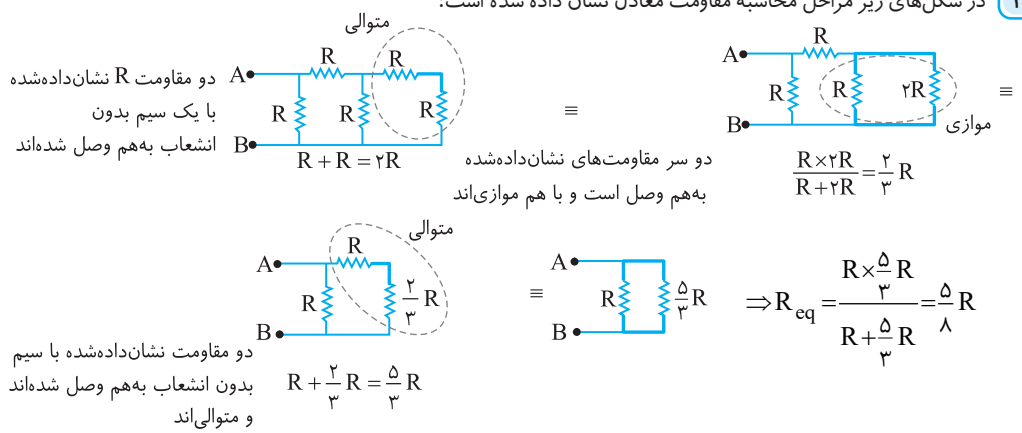
در شکل‌های زیر مراحل محاسبهٔ مقاومت معادل نشان داده شده است:



$$\Rightarrow R_{eq}=۱۲+۷/۲=۱۹/۲\Omega$$

۳۲- گزینهٔ ۴ (A)

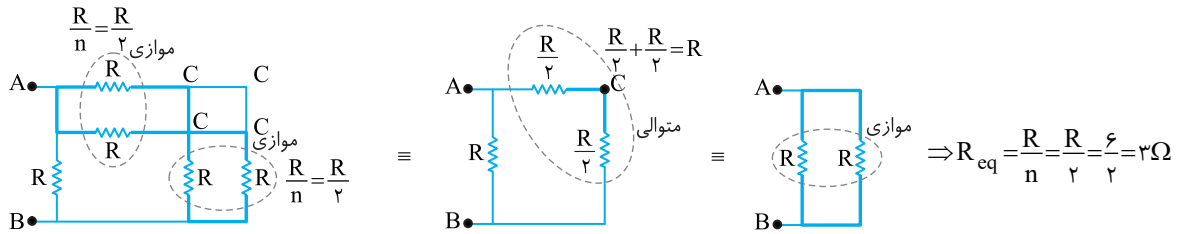
در شکل‌های زیر مراحل محاسبهٔ مقاومت معادل نشان داده شده است:



۳۳- گزینهٔ ۲ (A)

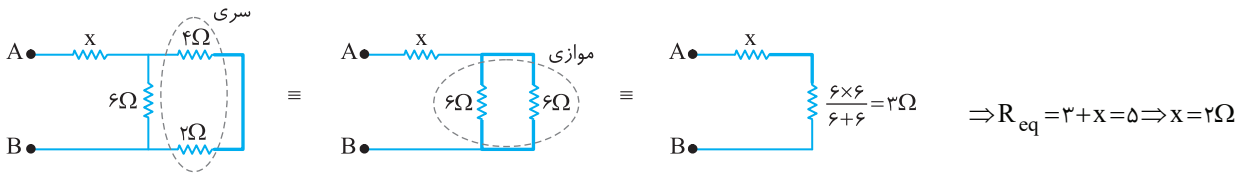
$$\begin{cases} (۱)\ \text{شکل}: R_۱=\frac{۸}{۲}=۴\Omega \\ (۲)\ \text{شکل}: R_۲=۴+\frac{۴}{۲}+۴=۱۰\Omega \end{cases} \Rightarrow \frac{R_۲}{R_۱}=\frac{۱۰}{۴}=\frac{۵}{۲}$$

۳۴- گزینهٔ ۲ (B) در شکل‌های زیر مراحل به‌دست آوردن مقاومت معادل نشان داده شده است.



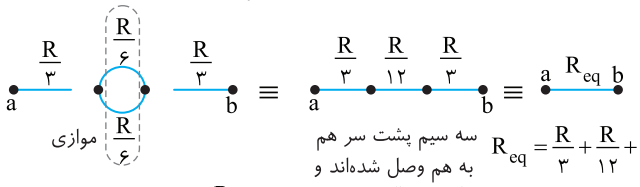
$$\Rightarrow R_{eq}=\frac{R}{n}=\frac{R}{۲}=\frac{۶}{۲}=۳\Omega$$

۳۵- گزینهٔ ۱ (B) ابتدا مقاومت معادل را به‌دست می‌آوریم و برابر با ۵Ω قرار می‌دهیم.



$$\Rightarrow R_{eq}=۳+x=۵\Rightarrow x=۲\Omega$$

۳۶- گزینهٔ ۱ (B) مقاومت سیم برابر R است، سیم به سه قسمت تقسیم شده بنابراین مقاومت هر قسمت سیم $\frac{R}{۳}$ و مقاومت هر دو قطعه سیم در سمت راست و سمت چپ دایره برابر $\frac{R}{۳}$ است، مقاومت قسمت دایره‌ای شکل را بررسی می‌کنیم. مقاومت نصف محیط دایره در قسمت بالا برابر $(\frac{\frac{R}{۳}}{۲}=\frac{R}{۶})$ و نصف محیط دایره در قسمت پایین نیز $(\frac{R}{۶})$ است که با هم موازی هستند. اکنون مقاومت معادل را حساب می‌کنیم:



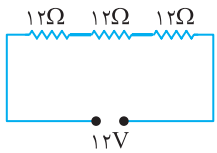
$$\frac{۱}{R'}=\frac{۶}{R}+\frac{۶}{R}\Rightarrow R'=\frac{R}{۱۲}$$

سه سیم پشت سر هم به هم وصل شده‌اند و با هم متوالی هستند

$$R_{eq}=\frac{R}{۳}+\frac{R}{۱۲}+\frac{R}{۳}$$

$$R_{eq}=\frac{۹}{۱۲}R=\frac{۳}{۴}R$$

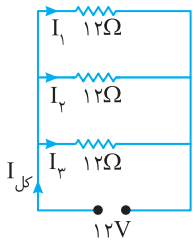
۳۷- گزینهٔ ۱ (A) اگر سه مقاومت را با هم متوالی ببندیم، مقاومت معادل و جریان مدار خواهد شد:



$$\Rightarrow R_{eq}=۱۲+۱۲+۱۲=۳۶\Omega\Rightarrow I_{کل}=\frac{V}{R_{eq}}\Rightarrow I_{کل}=\frac{۱۲}{۳۶}=\frac{۱}{۳}A$$

چون در مقاومت‌های متوالی جریان عبوری از هر مقاومت با هم یکسان و برابر جریان کل است، بنابراین جریان هر مقاومت برابر است با: $I_۱=\frac{۱}{۳}A$

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



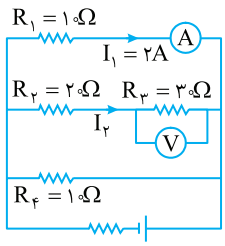
$$\Rightarrow R_{eq}=\frac{R}{n}=\frac{۱۲}{۳}=۴\Omega\Rightarrow I_{کل}=\frac{V}{R_{eq}}\Rightarrow I_{کل}=\frac{۱۲}{۴}=۳A$$

مقاومت‌ها یکسان و موازی هستند بنابراین جریان مدار به‌طور مساوی بین آن تقسیم می‌شود و جریان مقاومت‌ها با هم برابر است ازاین‌رو:

$$I_{کل}=I_۲+I_۲+I_۲=۳I_۲\Rightarrow ۳=۳I_۲\Rightarrow I_۲=۱A$$

$$\frac{I_۲}{I_۱}=\frac{۱}{\frac{۱}{۳}}=۳$$

۳۸- گزینهٔ ۴ (B)



مقاومت $R_۱$ با معادل دو مقاومت $R_۳$ و $R_۲$ موازی است و ولتاژ این دو شاخه یکسان است.

$$R_۱I_۱=(R_۲+R_۳)I_۲\Rightarrow ۱۰\times ۲=(۲۰+۳۰)I_۲\Rightarrow I_۲=۰/۴A$$

ولت‌سنج، اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت $R_۳$ را نشان می‌دهد:

$$V=R_۳I_۲=۳۰\times ۰/۴\Rightarrow V=۱۲V$$

۳۹- گزینهٔ ۱ (B)

خط فکری: جنس هر دو سیم از مس بوده و مقاومت ویژهٔ آن‌ها یکسان است $(\rho_A=\rho_B)$. طول دو سیم هم برابر است $(L_A=L_B)$ و قطر مقطع سیم B، $\frac{۳}{۲}$ برابر قطر سیم A است که با توجه به دایره‌ای بودن سطح مقطع $(A=\frac{\pi D^۲}{۴})$ سطح مقطع سیم B، $\frac{۹}{۴}$ سطح مقطع سیم A است. در شاخه‌های موازی ولتاژها با هم برابر است:

$$V_A=V_B\Rightarrow I_AR_A=I_BR_B\Rightarrow\frac{I_B}{I_A}=\frac{R_A}{R_B}\quad (۱)$$

با توجه به داده‌های سؤال نسبت مقاومت‌ها برابر است با:

$$R=\rho\frac{L}{A}\xrightarrow[L_A=L_B]{\rho_A=\rho_B}\frac{R_A}{R_B}=\frac{A_B}{A_A}\xrightarrow{\frac{A_B}{A_A}=\frac{۹}{۴}}\frac{R_A}{R_B}=\frac{۹}{۴}\quad (۲)$$

از رابطه‌های (۱) و (۲) خواهیم داشت:

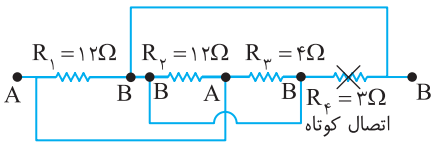
$$\frac{I_B}{I_A}=\frac{۹}{۴}\Rightarrow I_B=\frac{۹}{۴}I_A$$

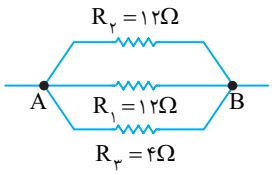
از طرفی داریم $I_A+I_B=۲/۶A$:

$$I_A+\frac{۹}{۴}I_A=۲/۶\Rightarrow\frac{۱۳I_A}{۴}=۲/۶\Rightarrow I_A=۰/۸A$$

۴۰- گزینهٔ ۲ (B)

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 $R_۴=۳\Omega$ نگاه کنید. دو سرش یک نام دارد، بنابراین $R_۴$ 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:

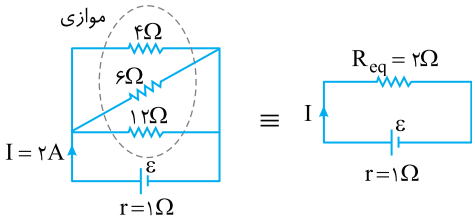




$$\frac{۱}{R_{eq}}=\frac{۱}{R_۱}+\frac{۱}{R_۲}+\frac{۱}{R_۳}=\frac{۱}{۱۲}+\frac{۱}{۱۲}+\frac{۱}{۴}=\frac{۱+۱+۳}{۱۲}\Rightarrow R_{eq}=\frac{۱۲}{۵}\Omega$$

۴۱- گزینهٔ ۱ (A)

با به‌دست آوردن مقاومت معادل مدار، مدار به شکل ساده‌تری درمی‌آید.

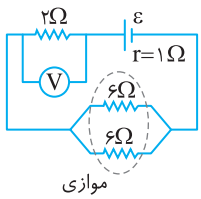


$$\frac{۱}{R_{eq}}=\frac{۱}{۴}+\frac{۱}{۶}+\frac{۱}{۱۲}\Rightarrow R_{eq}=۲\Omega$$

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}\Rightarrow ۲=\frac{\varepsilon}{۱+۲}\Rightarrow ۲=\frac{\varepsilon}{۳}\Rightarrow\varepsilon=۶V$$

۴۲- گزینهٔ ۴ (A)

چون مقاومت ۲Ω با باتری متوالی است پس جریان آن با جریان کل برابر است. ابتدا جریان مدار را به‌دست می‌آوریم:

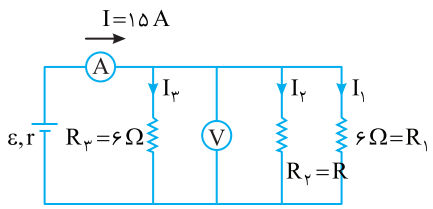


$$I=\frac{V}{R}\Rightarrow I=\frac{۴}{۲}=۲A$$

$$I=\frac{\varepsilon}{R+r}\Rightarrow ۲=\frac{\varepsilon}{(۲+\frac{۶}{۲})+۱}\Rightarrow\varepsilon=۱۲V$$

۴۳- گزینهٔ ۳ (B)

در شکل روبه‌رو آمپرسنج جریان کل مدار و ولت‌سنج نیز ولتاژ دو سر مقاومت‌ها و دو سر باتری را نشان می‌دهد (چون همهٔ مقاومت‌ها با باتری موازی‌اند). در نتیجه می‌توان با توجه به مقاومت‌ها و ولتاژ، جریان دو مقاومت ۶Ω $(I_۳, I_۱)$ را حساب کرد: $R=\frac{V}{I}\Rightarrow I_۱=I_۳=\frac{۳۰}{۶}=۵A$



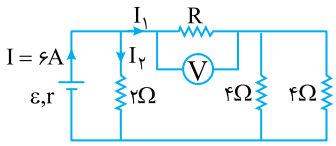
مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ و $R_۳$ با هم موازیند: $I=I_۱+I_۲+I_۳\Rightarrow ۱۵=۵+I_۲+۵\Rightarrow I_۲=۵A$

جریان‌های $I_۱$ و $I_۲$ و $I_۳$ با هم برابرند، پس $R_۱=R_۲=R_۳=۶\Omega$ است.

۴۴- گزینهٔ ۲ (B)

دو مقاومت ۴ اهمی موازی و حاصل آن‌ها با R متوالی است:

$$\frac{۴\times۴}{۴+۴}+R=۲+R$$



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

$$I_۱=\frac{۲}{۲+(۲+R)}I=\frac{۲}{۴+R}\times۶=\frac{۱۲}{۴+R}\Rightarrow I_۱=\frac{۱۲}{۴+R}$$

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

$$V=RI_۱\Rightarrow۴=\frac{R\times۱۲}{۴+R}\Rightarrow۴+R=۳R\Rightarrow R=۲\Omega$$

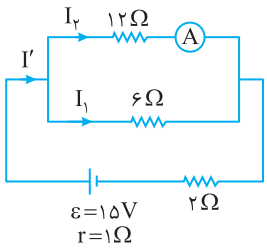
۴۵- گزینهٔ ۱ (B)

در حالتی که کلید باز است، دو مقاومت ۲Ω و ۱۲Ω در مدار بوده که با هم متوالی هستند:

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}\Rightarrow۱=\frac{\varepsilon}{۱۴+۱}\Rightarrow\varepsilon=۱۵\,V$$

وقتی کلید K را می‌بندیم، دو مقاومت ۱۲Ω و ۶Ω موازی می‌شوند:

$$R'_{eq}=\frac{۱۲\times۶}{۱۲+۶}+۲\Rightarrow R'_{eq}=۶\,\Omega$$



$$I'=\frac{\varepsilon}{R'_{eq}+r}\Rightarrow I'=\frac{۱۵}{۶+۱}=\frac{۱۵}{۷}\,A$$

اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌های موازی ۱۲Ω و ۶Ω برابر است، از این‌رو:

$$۶I_۱=۱۲I_۲\Rightarrow I_۱=۲I_۲$$

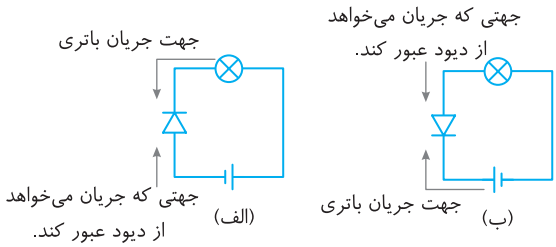
از طرفی داریم:

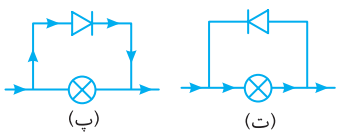
$$I'=I_۱+I_۲\Rightarrow\frac{۱۵}{۷}=۲I_۲+I_۲\Rightarrow I_۲=\frac{۵}{۷}\,A$$

آمپرسنج $\frac{۵}{۷}$ آمپر را نشان می‌دهد.

۴۶- گزینهٔ ۱ (B)

خط فکری: دیودها یک‌سوکنندهٔ جریان هستند یعنی دیود جریان را در یک‌سو عبور می‌دهد و با توجه به نماد دیود (—▷|—) اگر جریان در جهت پیکان وارد دیود شود از دیود عبور می‌کند و اگر جریان در خلاف جهت پیکان وارد دیود شود از دیود نمی‌گذرد. بنابراین جریان در مدارهای (الف) و (ب) برقرار نمی‌شود و لامپ‌های مدار (الف) و (ب) خاموش هستند.

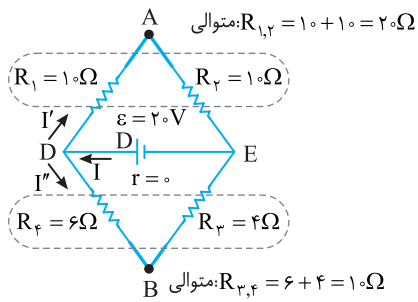




در مدار (پ) جریان به دو شاخهٔ موازی لامپ و دیود می‌رسد و چون جهت جریان در جهتی است که می‌تواند از دیود عبور کند، تمام جریان از شاخهٔ شامل دیود که دارای مقاومت ناچیز است عبور کرده و لامپ اتصال کوتاه شده و خاموش می‌ماند. اما در مدار (ت) جریان در جهتی نیست که بتواند از شاخهٔ شامل دیود عبور کند بنابراین تمام جریان از شاخهٔ شامل لامپ عبور کرده و لامپ روشن می‌شود.

۴۷- گزینهٔ ۳ (B)

دو مقاومت $R_۱$ و $R_۲$ با هم متوالی هستند زیرا بین آن‌ها هیچ انشعابی وجود ندارد. همچنین مقاومت‌های $R_۳$ و $R_۴$، متوالی هستند و مدار به‌صورت شکل (۲) خواهد بود. اختلاف پتانسیل دو سر هر شاخه ۲۰V است زیرا مقاومت درونی باتری ناچیز است.



جریان هر شاخه را به‌دست می‌آوریم:

$$I'=\frac{۲۰}{۲۰}=۱A\ ,\ I''=\frac{۲۰}{۱۰}=۲A$$

$$\begin{cases}V_D-V_A=I'R_۱=۱\times۱۰=۱۰V\\ V_D-V_B=I''R_۴=۲\times۶=۱۲V\end{cases}\xrightarrow{\text{دو رابطه را از هم کم می‌کنیم}}$$

$$V_D-V_B-(V_D-V_A)=۱۲-۱۰\Rightarrow V_A-V_B=۲V$$

۴۸- گزینهٔ ۳ (B)

در حالت اول که کلید بسته است:

$$R_{eq}=\frac{۶}{n}+۶\Rightarrow R_{eq}=\frac{۶+۶n}{n}$$

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}}\Rightarrow I=\frac{۲۴}{\frac{۶+۶n}{n}}\Rightarrow I=\frac{۲۴n}{۶(۱+n)}\Rightarrow I=\frac{۴n}{n+۱}$$

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

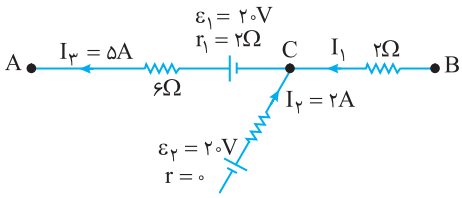
$$R'_{eq}=\frac{۶}{n-۱}+۶\Rightarrow R'_{eq}=\frac{۶n}{n-۱}$$

$$I'=\frac{\varepsilon}{R'_{eq}}\Rightarrow I'=\frac{۲۴}{\frac{۶n}{n-۱}}\Rightarrow I'=\frac{۴n-۴}{n}$$

با توجه به متن سؤال اختلاف جریان I و I' برابر ۰/۲A است.

$$I-I'=۰/۲\Rightarrow\frac{۴n}{n+۱}-\frac{۴(n-۱)}{n}=۰/۲\Rightarrow۴(\frac{n}{n+۱}-\frac{n-۱}{n})=۰/۲\Rightarrow۴(\frac{n^۲-(n^۲-۱)}{n(n+۱)})=۰/۲\Rightarrow\frac{۴}{n^۲+n}=\frac{۲}{۱۰}$$
$$\Rightarrow۲۰=n^۲+n\Rightarrow n^۲+n-۲۰=۰\Rightarrow(n-۴)(n+۵)=۰\Rightarrow n=۴$$

۴۹- گزینهٔ ۲ (B)



در نقطهٔ تقاطع مدار (گرهٔ C)، قانون جمع جریان‌ها را می‌نویسیم:

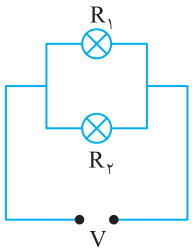
$$I_۱+I_۲=I_۳\Rightarrow I_۱+۲=۵\Rightarrow I_۱=۳A$$

حال از نقطهٔ B به نقطهٔ A می‌رویم:

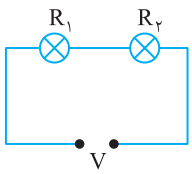
$$V_B-۲I_۱+\varepsilon_۱-r_۱I_۳-۶I_۳=V_A$$
$$\Rightarrow V_B-۲\times۳+۲۰-۲\times۵-۶\times۵=V_A\Rightarrow V_B-V_A=۲۶V$$

۵۰- گزینهٔ ۲ (B)

در حالت اول ولتاژ دو سر مقاومت‌ها برابر است و لامپ (۱) پرنورتر است. از این‌رو:



$$\begin{cases}V_۱=V_۲\\ P=\frac{V^۲}{R}\Rightarrow R_۱<R_۲\\ P_۱>P_۲\end{cases}$$



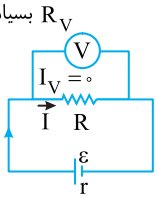
مقاومت لامپ (۱) از مقاومت لامپ (۲) کم‌تر است و اگر دو لامپ به طور سری قرار بگیرند جریان‌های آن‌ها برابر بوده و طبق رابطهٔ $P=RI^۲$، چون لامپ (۲) مقاومتش بیش‌تر است، توان مصرفی‌اش از توان لامپ (۱) بیشتر است.

$$R_۲>R_۱\Rightarrow P'_۲>P'_۱$$

۵۱- گزینهٔ ۴ (C)

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.

R_V بسیار بزرگ

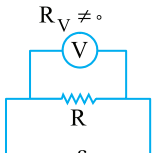


شکل (۱)

در شکل (۱)، می‌توان ولت‌سنج را آرمانی درنظر گرفت، اما اگر ولت‌سنج آرمانی نباشد، مقاومت ولت‌سنج با مقاومت R 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.

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

$R_V\neq۰$



شکل (۲)

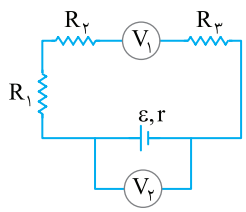
افزایش جریان سبب کاهش اختلاف پتانسیل دو سر باتری می‌شود:

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.

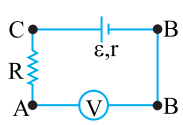
۵۲- گزینهٔ ۳ (A)

ولت‌سنج $V_۱$ 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 محرکهٔ باتری را نشان می‌دهند.



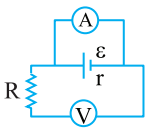
۵۳- گزینهٔ ۳ (C)

ولت‌سنج آرمانی دارای مقاومت بسیار زیاد است و اجازهٔ عبور جریان الکتریکی از خود را نمی‌دهد و باید در مدار به صورت موازی وصل شود. اگر این وسیله به صورت متوالی در مدار وصل شود، مقاومت مدار را بسیار زیاد می‌کند و جریان مدار ناچیز می‌شود. به این ترتیب اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R صفر می‌شود، یعنی پتانسیل دو نقطهٔ C و A برابر می‌شود. ولت‌سنج به دو نقطهٔ B و A وصل شده و اختلاف پتانسیل این دو نقطه را نشان می‌دهد. نقطهٔ C با A هم پتانسیل است، پس ولت‌سنج اختلاف پتانسیل دو نقطهٔ B و C یعنی اختلاف پتانسیل دو سر باتری را نشان می‌دهد.



$$\begin{cases}V=\varepsilon-rI\\ I\approx۰\end{cases}\Rightarrow V\approx\varepsilon$$

پس ولت‌سنج تقریباً نیروی محرکهٔ باتری را نشان می‌دهد.

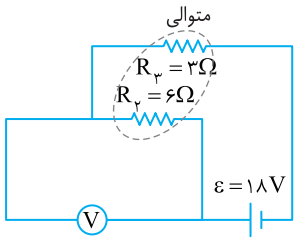


آمپرسنج آرمانی، آمپرسنجی است که مقاومت آن ناچیز باشد و به طور متوالی در مدار وصل می‌شود. اگر آن را به طور موازی به مقاومت مدار وصل کنیم، جریان زیادی از آن عبور می‌کند و احتمال سوختن آن زیاد می‌شود.

اگر در مدار، آمپرسنج به صورت موازی با باتری نباشد و مدار فقط شامل ولت‌سنجی باشد که اشتباهاً به صورت متوالی وصل شده، ولت‌سنج نیروی محرکهٔ باتری را نشان می‌دهد. ولی در این حالت که در سؤال مطرح شده، آمپرسنج به صورت موازی به باتری وصل شده است و آمپرسنج و باتری تشکیل یک مدار می‌دهند که جریانی معادل $I=\frac{\varepsilon}{r}=\frac{۱۰}{۱}=۱۰A$ از آن عبور می‌کند، پس آمپرسنج ۱۰A را نشان می‌دهد. ولت‌سنج نیز قرار است اختلاف پتانسیل دو سر باتری را نشان دهد: $V=\varepsilon-rI=۱۰-۱\times۱۰=۰$

پس ولت‌سنج عدد صفر را نشان می‌دهد.

۵۴- گزینهٔ ۱ (B)



از شاخهٔ ولت‌سنج جریان عبور نمی‌کند و مقاومتی که با آن متوالی بسته شده از مدار حذف می‌شود، بنابراین مقاومت $R_۱=۳\Omega$ از مدار حذف شده و ولت‌سنج به دو سر مقاومت $R_۲=۶\Omega$ متصل است و ولتاژ دو سر آن را نشان می‌دهد. برای محاسبهٔ عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد ابتدا باید جریان مدار را حساب کنیم.

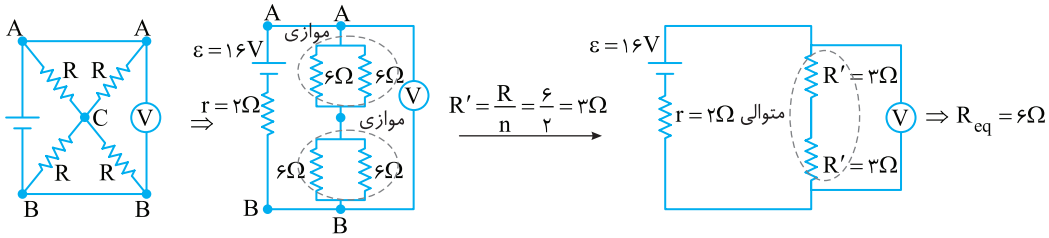
$$R_{eq}=۶+۳=۹\Omega \quad , \quad I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}=\frac{۱۸}{۹}=۲A$$

اکنون عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد یعنی اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت ۶Ω را به‌دست می‌آوریم:

$$V=RI\Rightarrow V=۶\times۲=۱۲V$$

۵۵- گزینهٔ ۲ (B)

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



جریان کل مدار را حساب می‌کنیم:

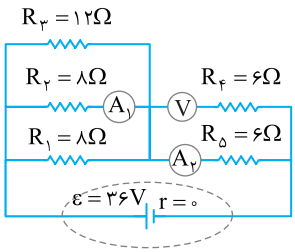
$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}=\frac{۱۶}{۸}=۲A$$

عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد، برابر است با:

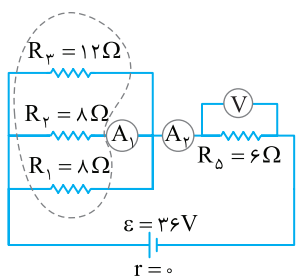
$$V=R_{eq}I=۱۲V$$

۵۶- گزینهٔ ۳ (C)

ولت‌سنج آرمانی اجازهٔ عبور جریان را نمی‌دهد و مقاومت $R_۴=۶\Omega$ از مدار حذف می‌شود و در این حالت ولت‌سنج به دو سر مقاومت $R_۵=۶\Omega$ بسته شده و اختلاف پتانسیل دو سر این مقاومت را نشان می‌دهد.



با حذف مقاومت $R_۴$ مدار به‌صورت روبه‌رو خواهد بود. ابتدا مقاومت معادل مدار به‌دست می‌آوریم:



$$\frac{۱}{R_{۱,۲,۳}}=\frac{۱}{R_۱}+\frac{۱}{R_۲}+\frac{۱}{R_۳}\Rightarrow\frac{۱}{R_{۱,۲,۳}}=\frac{۱}{۸}+\frac{۱}{۸}+\frac{۱}{۱۲}\Rightarrow R_{۱,۲,۳}=۳\Omega$$

مقاومت معادل $R_{۱,۲,۳}$ با مقاومت $R_۵$ متوالی است و مقاومت معادل خواهد شد:

$$R_{eq}=R_{۱,۲,۳}+R_۵=۳+۶=۹\Omega$$

جریان کل مدار را حساب می‌کنیم:

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}}\Rightarrow I=\frac{۳۶}{۹}=۴A$$

مقاومت $R_۵$ با باتری متوالی بسته شده است و جریان آن برابر جریان کل مدار $۴A$ بوده بنابراین آمپرسنج $A_۲$ عدد $۴A$ را نشان می‌دهد و ولت‌سنج ولتاژ دو سر $R_۲$ را نشان می‌دهد از این رو عدد $V=IR_۵=۴\times۶=۲۴V$ را نشان خواهد داد. اما اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌های $R_۱$، $R_۲$ و $R_۳$ یکسان بوده و برابر است با:

$$\varepsilon=V_{۱,۲,۳}+V_۵\Rightarrow ۳۶=V_{۱,۲,۳}+۲۴\Rightarrow V_{۱,۲,۳}=۳۶-۲۴=۱۲V$$

بنابراین ولتاژ دو سر هر یک از مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ و $R_۳$ برابر $۱۲V$ است و آمپرسنج $A_۱$ جریان مقاومت $R_۲$ را نشان می‌دهد و در این صورت آمپرسنج $A_۱$ عدد مقابل را نشان می‌دهد:

$$I_۱=\frac{V_۲}{R_۲}=\frac{۱۲}{۸}=۱/۵A$$

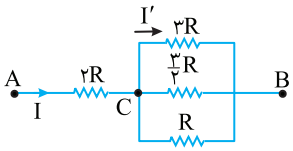
۵۷- گزینهٔ ۲ (A)

مقاومت معادل دو مقاومت متوالی برابر $R+R=۲R$ می‌شود و مقاومت معادل موازی آن $R'_{eq}=\frac{R}{۲}$ است. برای مقایسهٔ توان از رابطهٔ $P=\frac{V^۲}{R}$ استفاده می‌کنیم زیرا در دو حالت ولتاژ یکسان است.

$$\begin{cases} P_۲=\frac{V^۲}{\frac{R}{۲}} \\ P_۱=\frac{V^۲}{۲R} \end{cases} \Rightarrow \frac{P_۲}{P_۱}=\frac{\frac{۲V^۲}{R}}{\frac{V^۲}{۲R}} \Rightarrow \frac{P_۲}{P_۱}=۴$$

۵۸- گزینهٔ ۲ (B)

ابتدا جریان عبوری از مقاومت $۳R$ را برحسب I محاسبه می‌کنیم:



$$\frac{۱}{R_{BC}}=\frac{۱}{R}+\frac{۲}{۳R}+\frac{۱}{۳R}=\frac{۳+۲+۱}{۳R} \Rightarrow R_{BC}=\frac{R}{۲}$$

$$V_{BC}=I(R_{BC})=I\frac{R}{۲} \quad , \quad I'=\frac{V_{BC}}{۳R}=\frac{\frac{IR}{۲}}{۳R}=\frac{I}{۶} \quad , \quad \frac{P_{۲R}}{P_{۳R}}=\frac{(۲R)I^۲}{(۳R)(\frac{I}{۶})^۲}=\frac{۲}{۳}\times ۳۶=۲۴$$

۵۹- گزینهٔ ۳ (B)

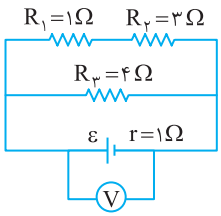
خط فکری: همان‌طور که می‌دانید در یک مدار هنگامی توان مصرفی مدار بیشینه است که $R_{eq}=r$ باشد که در این صورت $P_{max}=\frac{\varepsilon^۲}{۴r}$ است.

$$R_{eq}=\frac{۶\times ۳}{۶+۳}=۲\,\Omega \Rightarrow P_{max}=\frac{\varepsilon^۲}{۴r}=\frac{(۱۲)^۲}{۴\times ۲} \Rightarrow P_{max}=۱۸\,W$$

۶۰- گزینهٔ ۲ (A)

جریان شاخهٔ بالا را به‌دست می‌آوریم:

$$P_۱=I_۱^۲R_۱ \Rightarrow ۴=I_۱^۲\times ۱ \Rightarrow I_۱=۲\,A$$



جریان شاخهٔ پایینی نیز که موازی شاخهٔ بالایی بوده و مقاومت آن برابر مقاومت معادل شاخهٔ بالایی است برابر $۲\,A$ است $(I_۳=۲A)$ و جریان کل مدار $I=۲+۲=۴\,A$ خواهد بود. مقاومت معادل را به‌دست می‌آوریم:

$$R_{۱,۲}=R_۱+R_۲=۱+۳=۴\Omega \ , \ R_{eq}=\frac{۴}{۲}=۲\,\Omega$$

اکنون نیروی محرکهٔ باتری را به‌دست می‌آوریم:

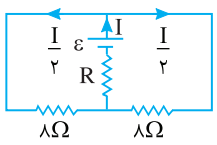
$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r} \Rightarrow ۴=\frac{\varepsilon}{۲+۱} \Rightarrow \varepsilon=۱۲\,V$$

ولتاژ دو سر باتری برابر است با:

$$V=I_۳R_۳=۲\times ۴=۸\,V \quad \text{یا} \quad V=\varepsilon-Ir \Rightarrow V=۱۲-۴\times ۱=۸\,V$$

۶۱- گزینهٔ ۲ (A)

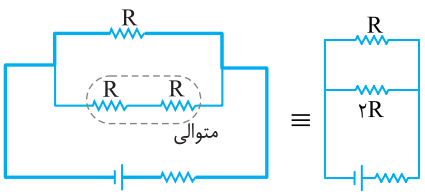
مقاومت R با باتری متوالی بسته شده و جریان عبوری از مقاومت R جریان کل مدار یعنی I است، اما جریان مدار (I) بین دو مقاومت موازی ۸ اهمی به طور مساوی تقسیم می‌شود و جریان هر مقاومت ۸Ω، $\frac{I}{۲}$ است.



$$P_۸=P_R \xrightarrow{P=RI^۲} ۸(\frac{I}{۲})^۲=RI^۲ \Rightarrow ۸\times\frac{۱}{۴}=R \Rightarrow R=۲\Omega$$

۶۲- گزینهٔ ۲ (B)

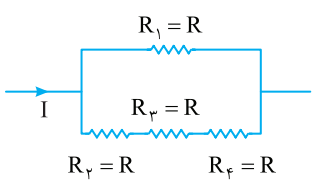
با توجه به شکل مقاومت R با باتری موازی بسته شده و اختلاف پتانسیل دو سر آن بیشینه و توان مصرفی بیشینه مربوط به این مقاومت و برابر $۱۰\,W$ است. با توجه به شکل مقاومت R و مقاومت $۲R$ با هم موازی‌اند و در مقاومت‌های موازی توان و مقدار مقاومت با هم رابطهٔ عکس دارند، پس توان مصرفی مقاومت $۲R$ برابر $\frac{۱۰}{۲}=۵\,W$ است.



$$P_{کل}=۵+۱۰=۱۵\,W$$

۶۳- گزینهٔ ۲ (B)

مقاومت $R_۱$ به تنهایی به دو سر باتری متصل می‌شود پس اختلاف پتانسیل دو سر آن بیشتر از بقیهٔ مقاومت‌ها بوده و با توجه به $P=\frac{V^۲}{R}$، توان مصرفی $R_۱$ بیشتر از مابقی مقاومت‌های مدار است.



$$R_{eq}=\frac{R\times ۳R}{R+۳R}=\frac{۳}{۴}R$$

توان مصرفی مقاومت $R_۲$ برابر $۶۰\,W$ است.

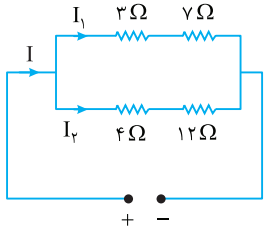
توان مصرفی کل برابر است با:

$$P_{R_۱}=\frac{V^۲}{R_۱} \Rightarrow ۶۰=\frac{V^۲}{R} \quad , \quad P_{کل}=\frac{V^۲}{R_{eq}}=\frac{۴}{۳}\frac{V^۲}{R} \Rightarrow P_{کل}=۸۰\,W$$

۶۴- گزینهٔ ۲ (B)

راه‌حل اول: یک راه‌حل سریع این است که در شاخه‌های موازی، شاخهٔ دارای مقاومت کمتر، توان بیشتری مصرف می‌کند $(P=\frac{V^2}{R})$. از این‌رو شاخهٔ بالایی گرمای بیشتری تولید می‌کند و در این شاخه هم دو مقاومت 7Ω و 3Ω متوالی بوده و دارای جریان یکسان هستند و با توجه به رابطهٔ $P=RI^2$ توان مصرفی مقاومت 7Ω بیشتر از مقاومت 3Ω است. در نتیجه بیشینه توان مصرفی یا گرمای تولید شده مربوط به مقاومت 7Ω است.

راه‌حل دوم: اختلاف پتانسیل دو سر شاخه‌های موازی با هم برابر است. از این‌رو می‌توان رابطهٔ بین جریان شاخهٔ بالایی I_1 و شاخهٔ پایینی I_2 را به‌دست آورد.



$$(3+7)I_1=(4+12)I_2\Rightarrow I_1=\frac{8}{5}I_2$$

در مقاومت‌های متوالی مقاومت بزرگ‌تر دارای توان و انرژی مصرفی بیشتری است. یعنی در شاخهٔ بالایی گرمای مقاومت 7Ω از گرمای مقاومت 3Ω بیشتر است و در شاخهٔ 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 12Ω و 7Ω را با هم مقایسه کنیم.

$$U_{7\Omega}=RI_1^2t\Rightarrow U_{7\Omega}=7\times(\frac{8}{5}I_2)^2t\Rightarrow U_{7\Omega}=\frac{448}{25}I_2^2t=17/92I_2^2t$$

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

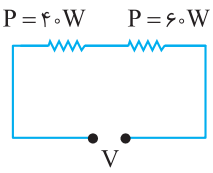
کاملاً مشخص است که انرژی گرمایی $U_{7\Omega}=17/92I_2^2t$ از انرژی گرمایی تولید شده در مقاومت $U_{12\Omega}$ بزرگ‌تر است.

۶۵- گزینهٔ ۲ (C)

به کمک توان و ولتاژ نوشته‌شده روی لامپ، مقاومت هر لامپ را به‌دست می‌آوریم:

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

چون دو لامپ به طور متوالی به برق شهر بسته شده‌اند، مقاومت آن‌ها با هم جمع می‌شود:



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

حال جریان را به‌دست آورده و توان هر لامپ را حساب می‌کنیم:

$$I=\frac{V_T}{R_{eq}}=\frac{220}{220^2\times\frac{1}{24}}=\frac{24}{220}A\Rightarrow\begin{cases}P_1=R_1I^2=\frac{220^2}{40}\times\frac{24^2}{220^2}=14/4W\\P_2=R_2I^2=\frac{220^2}{60}\times\frac{24^2}{220^2}=9/6W\end{cases}$$

۶۶- گزینهٔ ۴ (B)

روی وسایل برقی مانند لامپ معمولاً دو عدد نوشته شده است. یکی ولتاژی که با آن وسیلهٔ برقی کار می‌کند که برای برق شهرهای ایران $220V$ است، دیگری توان مصرفی دستگاه است که در صورت اتصال موازی به برق شهر توسط دستگاه مصرف می‌شود.

در این سؤال روی لامپ‌ها نوشته شده $200V$ و $100W$ یعنی هرگاه هر یک از این لامپ‌ها به برق $200V$ متصل شوند توان مصرفی آن‌ها $100W$ 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 $200V$ وصل بوده، همان $100W$ است. لامپ‌های L_1 و L_2 متوالی هستند و مقاومت آن‌ها با هم جمع می‌شود و توان کل مجموعهٔ L_1 و L_2 با هم، برابر است با:

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

بنابراین توان کل سه لامپ برابر $100+50=150W$ است.

۶۷- گزینهٔ ۲ (B)

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 می‌شوند ولتاژ دو سر هر باتری $\frac{V}{3}$ می‌شود، در این صورت:

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

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:

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

۶۸- گزینهٔ ۲ (A)

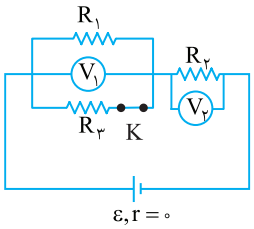
جریان کل مدار از فیوز عبور می‌کند. جریان مدار برابر $I=\frac{V}{R_{eq}}$ است که حداکثر I برابر $15A$ و اختلاف پتانسیل (V) نیز برابر $150V$ است از این‌رو مقاومت معادل خواهد شد:

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

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

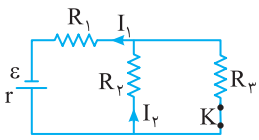
$$R_{eq}=\frac{R}{n}\xrightarrow[R=100\Omega]{R_{eq}=10\Omega}10=\frac{100}{n}\Rightarrow n=10$$

۶۹- گزینهٔ ۴ (B) با وصل کلید، یک مقاومت موازی به مدار اضافه می‌شود و اضافه شدن یک مقاومت موازی به مدار باعث کاهش مقاومت معادل مدار می‌شود. پس جریان مدار افزایش می‌یابد و $V_۲=R_۲I$ نیز زیاد می‌شود. مولد مقاومت درونی ندارد و ولتاژ دو سر آن ε ثابت است، از این رو با افزایش $V_۲$، $V_۱$ کاهش می‌یابد، زیرا:



$$\varepsilon=V_۱+V_۲\Rightarrow\downarrow V_۱=\underbrace{\varepsilon}_{\text{ثابت}}-V_۲\uparrow$$

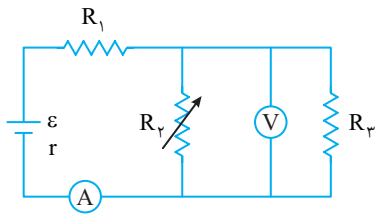
۷۰- گزینهٔ ۴ (B) با وصل کلید K، $R_۳$ به صورت موازی به $R_۲$ اضافه می‌شود و مقاومت معادل مدار کاهش می‌یابد. به این ترتیب جریان اصلی مدار $(I_۱)$ زیاد می‌شود.



$$\uparrow I_۱=\frac{\varepsilon}{\downarrow R_{eq}+r}$$

با افزایش جریان کل، ولتاژ دو سر باتری کاهش می‌یابد $(V_\downarrow=\varepsilon-I_۱^{\uparrow}r)$، اما اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت $R_۱$ افزایش می‌یابد $(V_۱^{\uparrow}=RI_۱^{\uparrow})$، پس ولتاژ $V_{۲,۳}$ کاهش می‌یابد. $I_۲$ کاهش می‌یابد $\Rightarrow \underbrace{R_۲I_۲}_{\text{ثابت}}\Rightarrow \downarrow V_{۲,۳}=\downarrow V_{\text{باتری}}-V_۱^{\uparrow}$

۷۱- گزینهٔ ۲ (B) با افزایش $R_۲$ مقاومت معادل $R_۲$ و $R_۳$ افزایش یافته و مقاومت کل مدار نیز زیاد می‌شود و جریان مدار که آمپرسنج نشان می‌دهد، کاهش می‌یابد:



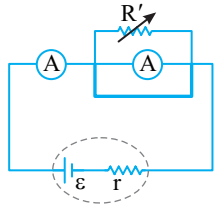
$$I=\frac{\varepsilon}{\uparrow R_{۲,۳}+R_۱+r}\Rightarrow I\downarrow$$

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 $R_۱$ یعنی $IR_۱$ کاهش می‌یابد، بنابراین عددی که ولت سنج نشان می‌دهد افزایش می‌یابد.

$$V_T\uparrow=V_{\text{ولت‌سنج}}+V_{R_۱}\downarrow\Rightarrow V_{\text{ولت‌سنج}}\uparrow$$

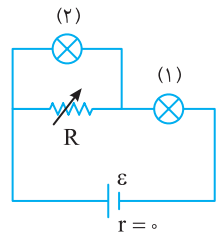
بنابراین ولت‌سنج عدد بیشتری را نمایش می‌دهد.

۷۲- گزینهٔ ۳ (A) 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 محرکهٔ باتری ε را نشان می‌دهد که در آن تغییری حاصل نمی‌شود.



۷۳- گزینهٔ ۳ (B) با کاهش مقاومت $R_۲$، مقاومت معادل کاهش و جریان کل افزایش می‌یابد. اما چون مقاومت درونی باتری $r=۰$ است، اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌ها تغییر نمی‌کند. بنابراین توان تلف شده در $R_۱$ تغییر نکرده $(P_۱=\frac{V^۲}{R_۱}=\frac{\varepsilon^۲}{R_۱})$ و ثابت می‌ماند. اما توان تلف شده در $R_۲$، طبق رابطهٔ $P=\frac{V^۲}{R}$، چون $V=\varepsilon$ ثابت است، با کاهش $R_۲$، افزایش می‌یابد.

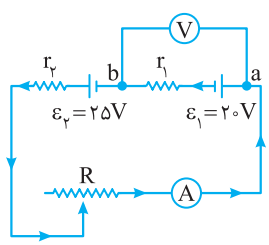
۷۴- گزینهٔ ۴ (B) ۱) در مدار با مقاومت متغیر، اگر مقاومت متغیر افزایش یابد، مقاومت معادل افزایش می‌یابد و اگر مقاومت متغیر کاهش یابد، مقاومت معادل نیز کاهش می‌یابد. با کاهش مقاومت R، مقاومت کل مدار کاهش می‌یابد.



۲) جریان مدار $I=\frac{\varepsilon}{R}$ افزایش می‌یابد.
۳) ولتاژ دو سر لامپ (۱) افزایش یافته $(\uparrow V_۱=\uparrow IR_۱)$ 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.

$$V_{\text{باتری}}=V_۱+V_۲\ \begin{cases}\text{کاهش یافته}\rightarrow V_۲\\ \text{افزایش}\rightarrow V_۱\\ \text{ثابت}\rightarrow V_{\text{باتری}}\end{cases}$$

۷۵- گزینهٔ ۴ (B) ابتدا به مدار نگاه کرده و با مدار حرف بزنید مثلاً بپرسید جریان کدام سو است تا جواب بگیرید. چون $\varepsilon_۲$ برابر ۲۵V و $\varepsilon_۱$ برابر ۲۰V است، پس جهت جریان در جهت جریان خروجی از باتری (۲) به‌صورت پادساعتگرد است. حال بپرسید با حرکت لغزنده به سمت راست مقاومت R چه تغییری می‌کند تا پاسخ بشنوید، با حرکت لغزنده به سمت راست مقدار کمتری از مقاومت R در مدار قرار می‌گیرد و مقاومت R کاهش می‌یابد. اکنون با توجه به رابطهٔ جریان داریم:



$$I=\frac{\varepsilon_۲-\varepsilon_۱}{\downarrow R+r_۱+r_۲}\xrightarrow{R\text{ کاهش یافته}}I\text{ افزایش می‌یابد}$$

درنتیجه با افزایش جریان، آمپرسنج عدد بزرگ‌تری را نشان می‌دهد.

اکنون به مدار نگاه می‌کنیم و می‌بینیم که ولت‌سنج، اختلاف پتانسیل دو سر $\varepsilon_۱$ را نمایش می‌دهد، حال از قانون ولتاژ استفاده می‌کنیم:

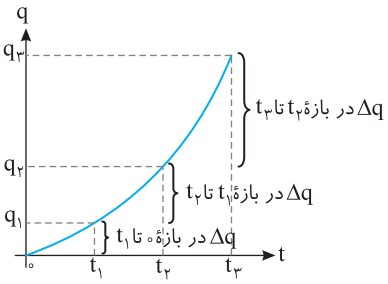
$$V_a-\varepsilon_۱-Ir_۱=V_b\Rightarrow V_a-V_b=\varepsilon_۱+Ir_۱\Rightarrow\uparrow V_۱=\varepsilon_۱+\uparrow Ir_۱$$

بنابراین ولت‌سنج عدد بزرگ‌تری را نشان می‌دهد.
البته می‌توانستیم بگوییم چون جریان از قطب مثبت وارد $\varepsilon_۱$ می‌شود، باتری $\varepsilon_۱$ شبیه یک مصرف‌کننده است و ولتاژ دو سر آن خواهد شد: $\uparrow V_۱=\varepsilon_۱+\uparrow Ir_۱$

پاسخ تشریحی پرسش‌های چهارگزینه‌ای سطح دوم

۴۴۸- گزینهٔ ۳ (B) در رساناهای فلزی عامل شارش جریان، الکترون‌های آزاد هستند اما در الکترولیت‌ها که در شیمی دهم خوانده‌اید عامل شارش جریان، یون‌های مثبت و منفی است. بنابراین گزینهٔ (۳) درست است.

۴۴۹- گزینهٔ ۳ (A) نمودار مربوط به تغییرات بار برحسب زمان می‌باشد و همان‌طور که در صورت سؤال گفته شده بازه‌های زمانی با هم مساوی و با توجه به $\bar{I}=\frac{\Delta q}{\Delta t}$ جریان متوسط در بازه‌ای بیشتر است که تغییرات بار در آن بازه بیشتر باشد که با توجه به نمودار در بازهٔ t_2 تا t_3 تغییرات بار از بقیهٔ بازه‌ها بیشتر است.



۴۵۰- گزینهٔ ۱ (B) در صورت سؤال گفته شده که نمودار، سهمی است $(y=ax^2+bx+c)$. چون محور قائم تابع (یا y) برابر q و محور افقی (یا x) برابر با t است، داریم:

$$q=at^2+bt+c\Rightarrow\begin{cases}t=0,q=0\Rightarrow 0=a(0)^2+b(0)+c\Rightarrow c=0 & (1)\\ t=2,q=4\Rightarrow 4=a(2)^2+b(2)+0\Rightarrow 4=4a+2b & (2)\\ t=4s,q=0\Rightarrow 0=a(4)^2+b(4)+0\Rightarrow 0=16a+4b & (3)\end{cases}$$

با توجه به تقارن سهمی

$$(2),(3)\Rightarrow a=-1,b=4$$

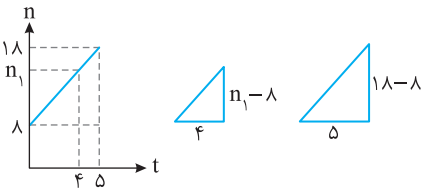
بنابراین تابع q برحسب t برابر است با:

$$q=-t^2+4t$$

حال جریان الکتریکی متوسط در بازهٔ زمانی $t=1s$ تا $t=3s$ را محاسبه می‌کنیم.

$$\bar{I}=\frac{\Delta q}{\Delta t}=\frac{-(3)^2+4(3)-(-(1)^2+4(1))}{3-1}=\frac{-9+12-3}{2}=\frac{0}{2}=0$$

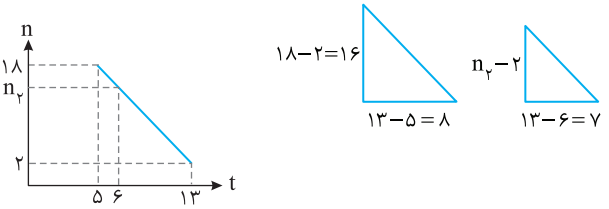
۴۵۱- گزینهٔ ۱ (C) دو ثانیه سوم حرکت از $t=4s$ تا $t=6s$ است، با توجه به نمودار داده شده تعداد بار شارش شده در $t=4s$ و $t=6s$ را به‌دست آورده و با استفاده از رابطهٔ $q=ne$ بار شارش شده در این دو زمان به‌دست می‌آید:



دو مثلث نشان داده شده متشابه هستند: $\frac{n_1-8}{18-8}=\frac{4}{5}\Rightarrow\frac{n_1-8}{10}=\frac{4}{5}\Rightarrow n_1=16$

با توجه به مقیاس محور قائم $(\times 10^{15})$ تعداد بار شارش شده 16×10^{15} است.

$$q_1=n_1e=16\times10^{15}\times1/6\times10^{-19}$$



دو مثلث نشان داده شده متشابه هستند: $\frac{16}{n_2-2}=\frac{8}{7}\Rightarrow n_2=16$

با توجه به مقیاس محور قائم $(\times10^{15})$ تعداد بارش شده در $t=6s$ برابر 16×10^{15} است.

$$q_2=n_2e=16\times10^{15}\times1/6\times10^{-19}$$

بنابراین:

$$I=\frac{\Delta q}{\Delta t}=\frac{q_2-q_1}{\Delta t}\xrightarrow{q_1=q_2}I=0$$

۴۵۲- گزینهٔ ۲ (C) **خط فکری:** در فصل (۱) یاد گرفته‌ایم که اختلاف پتانسیل بین دو نقطه در یک میدان الکتریکی از رابطهٔ $|\Delta V|=E.d$ به‌دست می‌آید.

با توجه به داده‌های مسئله، اختلاف پتانسیل دو سر سیم را حساب می‌کنیم:

$$|\Delta V|=Ed\xrightarrow[d=10m]{E=3/4\times10^{-2}V/m}|\Delta V|=3/4\times10^{-2}\times10=3/4\times10^{-1}V$$

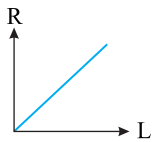
مقاومت سیم را به کمک رابطهٔ ساختمانی آن به‌دست می‌آوریم:

$$R=\rho\frac{L}{A}\Rightarrow R=1/7\times10^{-8}\times\frac{10}{5\times10^{-6}}\Rightarrow R=3/4\times10^{-2}\Omega$$

حال جریان را به کمک قانون اهم حساب می‌کنیم:

$$I=\frac{V}{R}\Rightarrow I=\frac{3/4\times10^{-1}}{3/4\times10^{-2}}\Rightarrow I=10A$$

۴۵۳- گزینهٔ ۴ (B) در روابط فیزیکی تشخیص تابع و متغیر بسیار مهم است. در رابطهٔ $R=\rho L/A$، اگر یک سیم با سطح مقطع ثابت داشته باشیم ρ و A ثابت بوده و R تابعی از متغیر L می‌باشد که رابطهٔ آن‌ها خطی است و نمودار مقاومت برحسب طول به‌صورت روبه‌رو می‌شود:



ولی با توجه به این‌که در صورت مسأله ذکر شده «جرم ثابت»، با تغییر طول، سطح مقطع سیم نیز تغییر می‌کند و دو متغیر در این تساوی وجود دارد و باید رابطه را به‌صورت زیر درآوریم:

$$V_1=V_2\Rightarrow A_1L_1=A_2L_2\Rightarrow\frac{L_2}{L_1}=\frac{A_1}{A_2}\Rightarrow\frac{R_2}{R_1}=\frac{\frac{\rho L_2}{A_2}}{\frac{\rho L_1}{A_1}}=\frac{L_2}{L_1}\times\frac{A_1}{A_2}=\frac{L_2}{L_1}\times\frac{L_2}{L_1}\Rightarrow\frac{R_2}{R_1}=(\frac{L_2}{L_1})^2\Rightarrow R\propto L^2$$

بنابراین گزینهٔ (۴) پاسخ درست است. گزینهٔ (۳) نیز سهمی می‌باشد اما داشتن مقاومت با طول صفر مفهومی ندارد، بنابراین نمی‌تواند پاسخ درست باشد.

۴۵۴- گزینهٔ ۳ (B) مقدار سیم به کار رفته در دو حالت یکسان است:

$$m_1=m_2\xrightarrow{m=\rho' V}\rho'_1V_1=\rho'_2V_2\xrightarrow[\rho'_1=\rho'_2]{\text{هر دو سیم مسی هستند}}V_1=V_2\xrightarrow{V=AL}A_1L_1=A_2L_2$$

سیم اول مقطع دایره‌ای و سیم دوم مقطع مربعی دارد:

$$\pi a^2L_1=a^2L_2\Rightarrow L_1=\frac{1}{\pi}L_2$$

حال مقاومت دو سیم را با هم مقایسه می‌کنیم:

$$\frac{R_1}{R_2}=\frac{\rho_1\frac{L_1}{A_1}}{\rho_2\frac{L_2}{A_2}}\xrightarrow[\text{مقاومت ویژه یکسان دارند}]{\text{هر دو سیم مسی هستند پس}}\frac{R_1}{R_2}=\frac{L_1}{L_2}\times\frac{A_2}{A_1}\xrightarrow{L_1=\frac{L_2}{\pi}}\frac{R_1}{R_2}=\frac{1}{\pi}\times\frac{a^2}{a^2\pi}=\frac{1}{\pi^2}$$

۴۵۵- گزینهٔ ۳ (B) دما $50^\circ C$ افزایش یافته بنابراین:

$$R_2=R_1(1+\alpha\Delta\theta)\Rightarrow\Delta R=R_1\alpha\Delta\theta\Rightarrow\frac{\Delta R}{R_1}=\alpha\Delta\theta\xrightarrow[\text{درصد تغییرات مقاومت به‌دست می‌آید}]{\text{اگر دو طرف را در ۱۰۰ ضرب کنیم}}\frac{\Delta R}{R_1}\times100=\alpha\Delta\theta\times100$$

$$\Rightarrow\frac{\Delta R}{R_1}\times100=5\times10^{-3}\times50\times100=25\%$$

بنابراین مقاومت ٪۲۵ افزایش می‌یابد و مقاومت جدید برابر است با:

$$R_2=R_1+\frac{25}{100}R_1=1/25R_1$$

اکنون می‌خواهیم در این دمای جدید با کاهش طول، مقاومت کاهش یافته و برابر R_1 شود $(R_3=R_1)$ یعنی مقاومت $R_2=1/25R_1$ با کاهش طول برابر R_1 شود. با توجه به رابطهٔ ساختمانی مقاومت می‌توان نوشت:

$$\frac{R_3}{R_2}=\frac{\rho\frac{L_3}{A}}{\rho\frac{L_2}{A}}\xrightarrow[R_2=1/25R_1]{R_3=R_1}\frac{R_1}{1/25R_1}=\frac{\rho\frac{L_3}{A}}{\rho\frac{L_2}{A}}\Rightarrow\frac{1}{1/25}=\frac{L_3}{L_2}\Rightarrow L_3=\frac{1}{1/25}L_2=\frac{4}{5}L_2\Rightarrow L_3=80\%L_2$$

یعنی طول باید ٪۲۰ کاهش یابد.

۴۵۶- گزینهٔ ۲ (A) رابطهٔ بین مقاومت رسانای فلزی و تغییرات دما به صورت زیر است:

$$R=R_0(1+\alpha\Delta\theta)$$

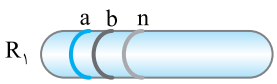
با توجه به قانون اهم داریم:

$$V=RI=R_0(1+\alpha\Delta\theta)I$$

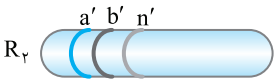
در لحظاتی که تغییرات دما برابر $100^\circ C$ و صفر است داریم:

$$\frac{V_2}{V_1}=\frac{1+\alpha\Delta\theta_2}{1+\alpha\Delta\theta_1}\Rightarrow\frac{2/4}{1/2}=1+100\alpha\Rightarrow\alpha=\frac{1}{100}=10^{-2}(K^{-1})$$

۴۵۷- گزینهٔ ۳ (B) مقاومت مقاومت‌های کربنی به‌صورت مقابل محاسبه می‌شود.



R_1 $\overline{ab}\times10^n$



R_2 $\overline{a'b'}\times10^n$

مقاومت $R_2=4R_1$ درواقع نسبت R_1 و R_2 از ۱۰ کمتر است. با توجه به کد رنگ‌های داده شده در سؤال باید $10^n=10^{n'}$ باشد، بنابراین $n=n'$ و تنها رنگی که بین R_1 و R_2 مشترک است قرمز می‌باشد:

$$\begin{matrix}R_1=\overline{ab}\times10^2\\R_2=\overline{a'b'}\times10^2\end{matrix}\Rightarrow R_2=4R_1\Rightarrow\overline{a'b'}\times10^2=4\times\overline{ab}\times10^2$$

حال حالت‌های ممکن برای $\overline{a'b'}$ و $\overline{ab}$ به این شکل است:

$$\begin{matrix}R_1\to\overline{ab}:17\text{ یا }71\\R_2\to\overline{a'b'}:68\text{ یا }86\end{matrix}\xrightarrow{\overline{a'b'}=4\overline{ab}}\begin{cases}\overline{ab}=17\\\overline{a'b'}=68\end{cases}$$

بنابراین حلقهٔ دوم مقاومت $R_1(b)$ به رنگ بنفش است و حلقهٔ دوم مقاومت $R_2(b')$ به رنگ خاکستری می‌باشد.

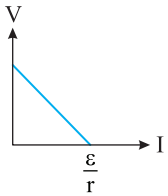
۵۴۱- گزینهٔ ۲ (A) مقاومت از جنس پلاتین و رسانا است پس با افزایش دما مقاومت افزایش می‌یابد. رابطهٔ جریان در مدار ساده به‌صورت زیر است:

$$I=\frac{\varepsilon}{R+r} \xrightarrow{\text{افزایش یافته } R} I=\frac{\varepsilon}{\uparrow R+r} \Rightarrow I \text{ کاهش می‌یابد}$$

افت پتانسیل درون باتری برابر rI است:

$$\text{افت پتانسیل} = rI \xrightarrow{\text{کاهش یافته } I} \text{افت پتانسیل کاهش می‌یابد}$$

۵۴۲- گزینهٔ ۲ (B) نمودار اختلاف پتانسیل دو سر یک مولد بر حسب شدت جریان آن $(V=\varepsilon-Ir)$ یک خط راست مایل است که عرض از مبدأ آن نیروی محرکهٔ باتری و منفی شیب آن برابر مقاومت درونی باتری است.



در شکل (الف) نیروی محرکهٔ دو مولد (۳) و (۴) با هم برابر و مقاومت درونی مولد (۴) بیشتر است، بنابراین $\varepsilon_3=\varepsilon_4$ و $r_4>r_3$

در شکل (ب) نیروی محرکهٔ مولد (۱) از نیروی محرکهٔ مولد (۲) بیشتر است، اما مقاومت درونی آن‌ها یکسان است، زیرا شیب نمودار آن‌ها یکی است، بنابراین $\varepsilon_1>\varepsilon_2$ و $r_1=r_2$

۵۴۳- گزینهٔ ۲ (B) ۱) مطابق نمودار داده شده رابطهٔ مقاومت با فاصله از ورودی A خطی است یعنی اگر x دو برابر شود مقاومت نیز دو برابر می‌شود و می‌توان برای به‌دست آوردن مقاومت وقتی $x_1=10cm$ و $x_2=25cm$ است از تناسب استفاده کرد، با توجه به نمودار وقتی $x=60cm$ است مقاومت 24Ω است از این‌رو:

$x=60cm$	$R=24\Omega$
$x_1=10cm$	$R_1=4\Omega$

$x=60cm$	$R=24\Omega$
$x_2=25cm$	$R_2=10\Omega$

۲) با افزایش مقاومت از $R_1=4\Omega$ به $R_2=10\Omega$ جریان مدار $(I\downarrow=\frac{\varepsilon}{\uparrow R+r})$ کاهش می‌یابد. با کاهش جریان، ولتاژ دو سر باتری افزایش می‌یابد $(\uparrow V=\varepsilon-\downarrow Ir)$

پس با توجه به فرض مسئله، ولتاژ ۲۵٪ افزایش می‌یابد از این‌رو:

$$V_2=V_1+\frac{25}{100}V_1 \Rightarrow V_2=1/25V_1$$

۳) اختلاف پتانسیل دو سر باتری و اختلاف پتانسیل دو سر رئوستا (مقاومت R) برابر است، بنابراین می‌توان نوشت:

$$V_{\text{باتری}}=V_{\text{مقاومت}} \Rightarrow V=RI \xrightarrow{I=\frac{\varepsilon}{R+r}} V=\frac{\varepsilon}{R+r}R$$

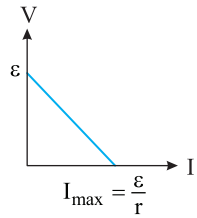
اکنون با توجه به نتایج قسمت (۲) و (۳) می‌توانیم بنویسیم:

$$V_2=1/25V_1 \Rightarrow \frac{\varepsilon}{R_2+r}R_2=1/25\left(\frac{\varepsilon}{R_1+r}R_1\right) \xrightarrow{R_1=4\Omega, R_2=10\Omega} \frac{10}{10+r}=1/25\times\frac{4}{4+r} \Rightarrow \frac{10}{10+r}=\frac{5}{4+r}$$

طرفین وسطین می‌کنیم:

$$8+2r=10+r \Rightarrow r=2\Omega$$

۵۴۴- گزینهٔ ۴ (C) معادلهٔ ولتاژ دو سر باتری برحسب جریان به صورت $V=\varepsilon-Ir$ است که نمودار آن یک خط راست مایل با شیب منفی است:



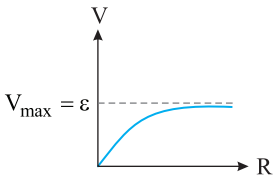
$$\begin{cases} V=0 \Rightarrow I=\frac{\varepsilon}{r} \\ I=0 \Rightarrow V=\varepsilon \end{cases}$$

پس نمودار (الف) درست است.

ولتاژ دو سر مولد یا دو سر مدار برحسب R برابر است با:

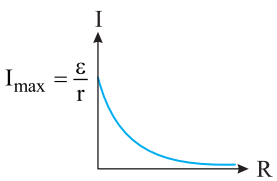
$$V=IR \xrightarrow{I=\frac{\varepsilon}{R+r}} V=\frac{R}{R+r}\varepsilon$$

وقتی $R=0$ است، $V=0$ بوده و وقتی مقاومت R بسیار بزرگ می‌شود مخرج کسر بسیار بزرگ شده، جریان مدار $(I=\frac{\varepsilon}{R+r})$ صفر می‌شود و اختلاف پتانسیل دو سر باتری با نیروی محرکهٔ باتری برابر می‌شود. $V=\varepsilon-Ir \xrightarrow{I=0} V=\varepsilon$



پس نمودار (ب) نیز درست است.

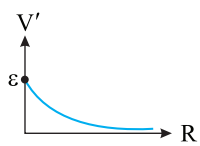
جریان برحسب مقاومت نیز برابر $I=\frac{\varepsilon}{R+r}$ است که وقتی $R=0$ است، $I=\frac{\varepsilon}{r}$ بوده و وقتی R بسیار بزرگ شود، $I=0$ می‌شود و شکل نمودار به صورت مقابل می‌باشد:



پس نمودار (پ) نیز درست است.

۵۴۵- گزینهٔ ۲ (B) افت پتانسیل برابر Ir و $I=\frac{\varepsilon}{R+r}$ است، از این‌رو:

$$V'=rI=\frac{r\varepsilon}{r+R}$$



در این رابطه R به عنوان متغیر و V' (افت پتانسیل) به عنوان تابع در نظر گرفته می‌شود. اگر R حداقل مقدار یعنی برابر صفر قرار داده شود، $V'=\varepsilon$ می‌شود و اگر R بسیار بزرگ شود مخرج کسر بسیار بزرگ شده و حاصل کسر به صفر نزدیک می‌شود. پس گزینهٔ (۲) درست است.

۵۴۶- گزینهٔ ۳ بـا افزایش دما، مقاومت رسـانای R_1 افزایش می‌یابد. با توجه بـه رابطهٔ $I=\frac{\varepsilon}{R_1+r}$ با افزایش مقاومت R_1، جریان مدار کاهش یافته و ولتاژ دو سر باتری افزایش می‌یابد و عددی که ولت‌سنج نمایش می‌دهد (V) افزایش می‌یابد.

$$V=\varepsilon-Ir \xrightarrow{\text{با افزایش } R_1 \text{ ، } I \text{ کاهش می‌یابد}} V\uparrow$$

جریان را در حالت اول حساب می‌کنیم:

$$V_1=\varepsilon-I_1r \Rightarrow ۱۴=۱۵-۲I_1 \Rightarrow I_1=۰/۵A$$

در حالت دوم جریان کاهش یافته و ولتاژ به اندازهٔ $۰/۲V$ افزایش می‌یابد بنابراین:

$$V_2=\varepsilon-I_2r \xrightarrow[V_2=۱۴/۲]{V_2=V_1+۰/۲} ۱۴/۲=۱۵-۲I_2 \Rightarrow I_2=۰/۴A$$

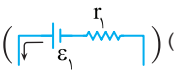
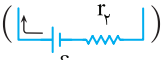
حال مقاومت را در حالت اول و دوم به‌دست می‌آوریم:

$$I_1=۰/۵A \Rightarrow \frac{\varepsilon}{R_1+r}=۰/۵ \Rightarrow \frac{۱۵}{R_1+۲}=۰/۵ \Rightarrow R_1+۲=۳۰ \Rightarrow R_1=۲۸\Omega$$

$$I_2=۰/۴A \Rightarrow \frac{\varepsilon}{R_2+r}=۰/۴ \Rightarrow \frac{۱۵}{R_2+۲}=۰/۴ \Rightarrow R_2+۲=۳۷/۵ \Rightarrow R_2=۳۵/۵\Omega$$

با توجه به رابطهٔ دمایی مقاومت داریم:

$$R_2=R_1(۱+\alpha\Delta\theta) \xrightarrow{\Delta\theta=\theta_2-\theta_1=۷۵^\circ C} ۳۵/۵=۲۸(۱+\alpha\times۷۵) \Rightarrow ۳۵/۵=۲۸+۲۸\times۷۵\alpha \Rightarrow ۷/۵=۲۸\times۷۵\alpha \Rightarrow \alpha=\frac{۱}{۲۸۰۰}K^{-1}$$

۵۴۷- گزینهٔ ۳ جریان خروجی از باتری (۱) () پادساعتگرد و جریان خروجی از باتری (۲) () ساعتگرد است و چون جریان مدار ساعتگرد است پس باید $\varepsilon_1<\varepsilon_2$ باشد:

جریان از این باتری خارج می‌شود $V_2=\varepsilon_2-r_2I \Rightarrow V_2=\varepsilon_2-I$

جریان به این باتری وارد می‌شود $V_1=\varepsilon_1+r_1I \Rightarrow V_1=\varepsilon_1+I$

$$\Rightarrow V_2-V_1=۱۲V \Rightarrow \varepsilon_2-\varepsilon_1-۲I=۱۲V \quad (۱)$$

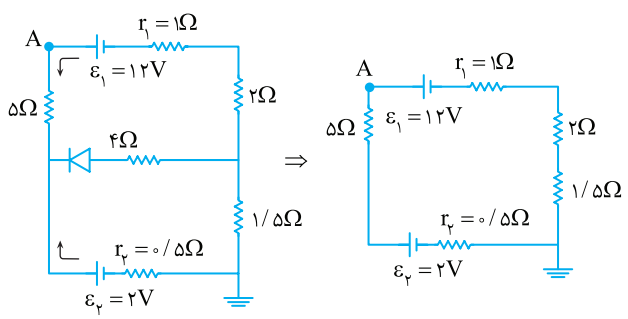
جریان مدار برابر است با:

$$I=\frac{\varepsilon_2-\varepsilon_1}{R_1+R_2+r_1+r_2} \Rightarrow I=\frac{\varepsilon_2-\varepsilon_1}{۷} \Rightarrow \varepsilon_2-\varepsilon_1=۷I \quad (۲)$$

اگر در معادلهٔ (۱) به جای $\varepsilon_2-\varepsilon_1$ با توجه به معادلهٔ (۲)، $۷I$ قرار دهیم خواهیم داشت:

$$۷I-۲I=۱۲ \Rightarrow ۵I=۱۲ \Rightarrow I=۲/۴A$$

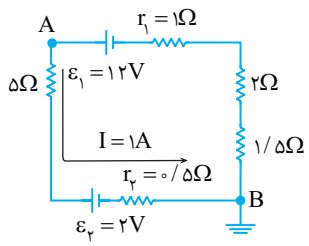
۵۴۸- گزینهٔ ۲ با توجه به شکل و جهت جریان دو باتری و جهت قرارگیری دیود در شاخهٔ شامل مقاومت ۴Ω، از شاخه شامل دیود جریانی نمی‌گذرد و این شاخه از مدار حذف می‌شود.



جریان خروجی از دو مولد مخالف هم است: $I=\frac{\varepsilon_1-\varepsilon_2}{R_{eq}+r_{eq}}$

$$\Rightarrow I=\frac{۱۲-۲}{(۵+۲+۱/۵)+(۱+۰/۵)}=\frac{۱۰}{۱۰}=۱A$$

نقطـهٔ B محل اتصال به زمین اسـت و به‌عنوان پتانسـیل مرجع، پتانسـیل نقطهٔ B صفر اسـت. با توجه بـه قانون ولتاژها می‌توان نوشت:



$$V_A-۵I-\varepsilon_2-۰/۵I=V_B \xrightarrow[I=۱A]{V_B=۰} V_A-۵-۲-۰/۵=۰ \Rightarrow V_A=۷/۵V$$

۵۴۹- گزینهٔ ۴ با اتصال کتری به برق شهر انرژی‌ای که کتری از برق شهر در مدت ۱۰ دقیقه دریافت می‌کند برابر است با:

$$U=VIt=۲۲۰\times۴\times۱۰\times۶۰$$

گرمایی که آب می‌گیرد را حساب می‌کنیم. جرم $۱/۵lit$ آب برابر $۱/۵kg$ است.

$$Q=mc\Delta\theta \Rightarrow Q=۱/۵\times۴۱۸۰\times(۱۰۰-۲۰) \Rightarrow Q=۱/۵\times۴۱۸۰\times۸۰$$

بازده برابر نسبت انرژی خروجی از دستگاه به نسبت انرژی ورودی به دستگاه است با توجه به این مطلب بازده را به‌دست می‌آوریم:

$$Ra=\frac{Q}{U}=\frac{۱/۵\times۴۱۸۰\times۸۰}{۲۲۰\times۴\times۱۰\times۶۰} \Rightarrow Ra=۹۵٪$$

۵۵۰- گزینهٔ ۲ ابتدا با استفاده از تعداد الکترون‌های عبوری از مقطع سیم، جریان مدار را حساب می‌کنیم:

$$q=It=ne \xrightarrow[n=۲/۵\times۱۰^{۱۹}]{t=۱} I\times۱=۲/۵\times۱۰^{۱۹}\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹} \Rightarrow I=۴A$$

جریان مدار برابر است با:

$$I=\frac{\varepsilon}{R+r} \xrightarrow[R=۳\Omega]{I=۴A} ۴=\frac{\varepsilon}{r+۳} \Rightarrow \varepsilon=۴r+۱۲ \quad (۱)$$

از سوی دیگر با توجه به این که توان تولیدی مولد ۳ برابر توان مصرف شده در مولد است، خواهیم داشت:

$$\frac{P_{\text{تولیدی}}}{P_{\text{مصرفی}}}=۳ \xrightarrow[P_{\text{مصرفی}}=rI^2]{P_{\text{تولیدی}}=\varepsilon I} \frac{\varepsilon I}{rI^2}=۳ \xrightarrow{I=۴A} \frac{\varepsilon}{۴r}=۳ \Rightarrow \varepsilon=۱۲r \quad (۲)$$

با حل هم‌زمان دستگاه معادلات ۱ و ۲، اندازهٔ نیروی محرکهٔ مولد و مقاومت درونی آن به‌دست می‌آیند:

$$\begin{cases}\varepsilon=۴r+۱۲\\ \varepsilon=۱۲r\end{cases} \Rightarrow \begin{cases}\varepsilon=۱۸V\\ r=۱/۵\Omega\end{cases}$$

۵۵۱- گزینهٔ ۳ ©

خط فکری: هنگامی توان خروجی از مولد به ازای دو مقاومت خارجی R_1 و R_2 ثابت می‌ماند که شرط زیر برقرار باشد:

$$r=\sqrt{R_1R_2}\xrightarrow[R_1=۴\Omega]{r=۲\Omega}۲=\sqrt{۴\times R_2}\Rightarrow ۴=۴R_2\Rightarrow R_2=۱\Omega$$

بنابراین مقاومت خارجی را باید از ۴Ω به ۱Ω برسانیم، درصد تغییرات هر کمیت از نسبت تغییر آن کمیت بر مقدار اولیهٔ آن ضربدر ۱۰۰ به‌دست می‌آید.

$$\text{درصد تغییرات مقاومت}=\frac{\Delta R}{R_1}\times ۱۰۰=\frac{۱-۴}{۴}\times ۱۰۰=-۷۵٪$$

۵۵۲- گزینهٔ ۱ Ⓐ

به کمک توان، جریانی که از باتری گرفته می‌شود را به‌دست می‌آوریم:

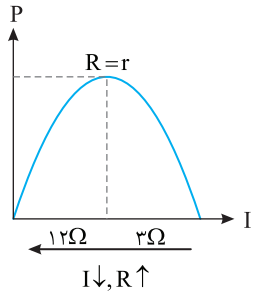
$$P=VI\Rightarrow ۱۰۰=۱۲I\Rightarrow I=\frac{۱۰۰}{۱۲}A=\frac{۲۵}{۳}A$$

اکنون زمان را به‌دست می‌آوریم:

$$Q=It\Rightarrow ۱۲۰=\frac{۲۵}{۳}t\Rightarrow t=\frac{۳۶۰}{۲۵}\Rightarrow t=۱۴/۴\,h$$

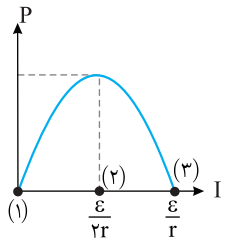
۵۵۳- گزینهٔ ۴ ©

توان خروجی باتری $P=-rI^۲+\varepsilon I$ یک تابع درجهٔ دوم و نمودار آن سهمی است که مختصات رأس سهمی $\left(\frac{\varepsilon}{۲r},\frac{\varepsilon^۲}{۴r}\right)$ است. وقتی توان خروجی باتری بیشینه است، مقاومت درونی مولد (r) با مقاومت خارجی R برابر است $(R=r)$. با افزایش مقاومت، جریان مدار کاهش می‌یابد یعنی روی محور جریان، به سمت چپ در حرکت هستیم و توان خروجی ابتدا افزایش و سپس کاهش یافته است بنابراین از سمت راست رأس سهمی به سمت چپ رأس سهمی رفته‌ایم، بنابراین مقاومت درونی r از ۳Ω بیشتر و از ۱۲Ω کمتر است. $(۳\Omega<r<۱۲\Omega)$ و مقاومت درونی نمی‌تواند ۲Ω باشد.



۵۵۴- گزینهٔ ۲ ©

خط فکری (۱): با توجه به رابطهٔ خروجی $P=\varepsilon I-rI^۲$ نمودار توان خروجی (P) برحسب جریان (I) به‌صورت سهمی شکل روبه‌رو است و جریان در سه نقطهٔ معروف آن به‌ترتیب $I_1=۰$، $I_2=\frac{\varepsilon}{۲r}$ و $I_3=\frac{\varepsilon}{r}$ است:

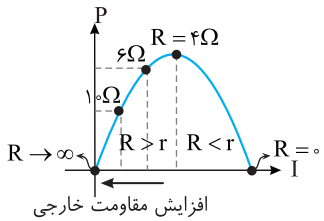


با توجه به رابطهٔ جریان در مدار ساده داریم:

$$I=\frac{\varepsilon}{R+r}\begin{cases}\frac{\varepsilon}{R+r}=۰\Rightarrow R\to\infty\\ \frac{\varepsilon}{R+r}=\frac{\varepsilon}{۲r}\Rightarrow R=r\Rightarrow R=۴\Omega\\ \frac{\varepsilon}{R+r}=\frac{\varepsilon}{r}\Rightarrow R=۰\end{cases}$$

با توجه به مقاومت‌های به‌دست آمده:

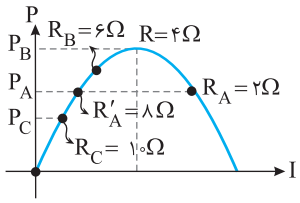
مقاومت‌های $R_B=۶\Omega$ و $R_C=۱۰\Omega$ چون $R>r$ است، در سمت چپ خط‌چین رسم شده در رأس سهمی، قرار دارند و چون $R_B=۶\Omega$ کوچک‌تر از $R_C=۱۰\Omega$ است پس توان خروجی آن بزرگ‌تر است.



خط فکری (۲): با توجه به سهمی بودن نمودار در هر دو جریانی که در دو طرف رأس سهمی‌اند، باید توان خروجی یکسان داشته باشیم که برای مقاومت‌های این دو جریان رابطهٔ روبه‌رو را داریم:

$$r=\sqrt{R_1R_2}\Rightarrow ۴=\sqrt{R_AR'_A}\xrightarrow{R_A=۲\Omega}R'_A=۸\Omega$$

$R'_A=۸\Omega$، باید بین دو نقطهٔ R_B و R_C روی نمودار باشد، بنابراین:



$$P_B>P_{A'}>P_C\xrightarrow{P_{A'}=P_A}P_B>P_A>P_C$$

۵۵۵- گزینهٔ ۲ Ⓑ

همان‌گونه که در صورت مسأله بیان شده است، بازده مولد، نسبت توان خروجی مولد به توان تولیدی مولد است.

توان تولیدی مولد برابر است با:

$$P_{\text{تولیدی}}=\varepsilon I=RI^۲+rI^۲$$

توان خروجی مولد (توان مصرفی در مقاومت‌های خارجی مدار) برابر است با:

$$P_{\text{مفید}}=VI=RI^۲$$

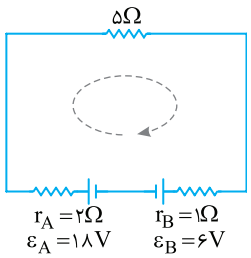
در این صورت بازده مولد برابر است با:

$$Ra=\frac{P_{\text{مفید}}}{P_{\text{تولیدی}}}=\frac{RI^۲}{RI^۲+rI^۲}\Rightarrow Ra=\frac{R}{R+r}$$

حال می‌توانیم نسبت بازده در حالت دوم به بازده در حالت اول را محاسبه کنیم:

$$\frac{(Ra)_۲}{(Ra)_۱}=\frac{\frac{۲r}{۲r+r}}{\frac{\frac{r}{۲}}{\frac{r}{۲}+r}}=\frac{\frac{۲}{۳}}{\frac{۱}{۳}}=۲$$

۵۵۶- گزینهٔ ۲ معادلهٔ اختلاف پتانسیل یک باتری برابر است با $V=\varepsilon-Ir$. حال با هم‌ارز کردن این معادله با معادله‌های باتری‌های A و B داریم:

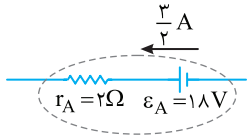


$$\begin{cases}\varepsilon_A=۱۸V\\ \varepsilon_B=۶V\end{cases},\quad \begin{cases}r_A=۲\Omega\\ r_B=۱\Omega\end{cases}$$

حال شکل مدار حالت دوم را می‌کشیم:

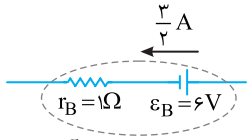
$$I=\frac{\varepsilon_T}{R+r_{eq}}=\frac{۱۸-۶}{۵+۳}=\frac{۱۲}{۸}=\frac{۳}{۲}=۱/۵\,A$$

و چون $\varepsilon_A>\varepsilon_B$ است بنابراین در شکل جهت جریان ساعتگرد می‌باشد. بنابراین جریان گذرنده از باتری A در جهت جریان تولیدی A می‌باشد و توان باتری A، توان خروجی می‌باشد:



$$P_{\text{خروجی}}=(\varepsilon_A-r_AI)I=(۱۸-۳)\times\frac{۳}{۲}=\frac{۴۵}{۲}=۲۲/۵W$$

اما جریان گذرنده از باتری B خلاف جهت جریان تولیدی B می‌باشد. بنابراین توان باتری B، توان ورودی می‌باشد:



$$P_{\text{ورودی}}=(\varepsilon_B+r_BI)I=(۶+\frac{۳}{۲})\times\frac{۳}{۲}=\frac{۴۵}{۴}=۱۱/۲۵W$$

۵۵۷- گزینهٔ ۲ انرژی که توسط مقاومت‌ها مصرف می‌شود به‌صورت گرما تلف می‌شود و توان یا انرژی ورودی به یک باتری به‌صورت انرژی شیمیایی در آن ذخیره می‌شود. نیرو محرکهٔ $\varepsilon_۲$ انرژی $\varepsilon_۲It$ تولید می‌کند که به اندازهٔ $\varepsilon_۱It$ در باتری (۱) ذخیره می‌شود $(\varepsilon_۲>\varepsilon_۱)$ و مابقی توسط دو مقاومت $r_۱$ و $r_۲$ به گرما تبدیل می‌شود:

$$\Rightarrow\frac{\text{انرژی تلف شده}}{\text{انرژی تولیدی}}=\frac{\varepsilon_۲It-\varepsilon_۱It}{\varepsilon_۲It}=\frac{It(\varepsilon_۲-\varepsilon_۱)}{\varepsilon_۲It}=\frac{۱۸-۱۲}{۱۸}=\frac{۶}{۱۸}=\frac{۱}{۳}$$

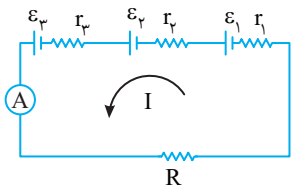
انرژی تلف شده به صورت گرما $=\varepsilon_۲It-\varepsilon_۱It$

انرژی الکتریکی تولیدی $=\varepsilon_۲It$

۵۵۸- گزینهٔ ۴ در حالت اول جریان خروجی از هر سه باتری یکسان بوده پس هر سه باتری توان خروجی دارند که این توان توسط مقاومت R مصرف می‌شود:

$$P_۱+P_۲+P_۳=P_R\qquad(۱)$$

در حالت دوم با تغییر جای قطب‌های باتری (۳) جهت جریان تغییر نکرده یعنی همچنان جریان از باتری (۱) و (۲) خارج می‌شود ولی در این حالت جریان به باتری (۳) وارد خواهد شد بنابراین باتری‌های (۱) و (۲) توان خروجی خواهند داشت که بخشی از این توان به‌صورت انرژی شیمیایی به باتری (۳) می‌رسد و مابقی درمقاومت R مصرف می‌شود.



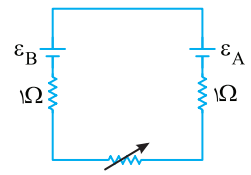
$$P_۱+P_۲=P'_۳+P'_R\Rightarrow P_۱+P_۲-P'_۳=P'_R\qquad(۲)$$

برای به‌دست آوردن تغییر توان مصرفی مقاومت R دو رابطه (۱) و (۲) را از هم کم می‌کنیم.

$$\xrightarrow{(۱)-(۲)}P_R-P'_R=P_۳+P'_۳\Rightarrow P_R-P'_R=(\varepsilon_۳I-r_۳I^۲)+(\varepsilon_۳I'+r_۳I'^۲)$$

$$\Rightarrow P_R-P'_R=(۵\times۴-۱\times۱۶)+(۵\times۲+۱\times۴)\Rightarrow P_R-P'_R=۴+۱۴=۱۸W$$

۵۵۹- گزینهٔ ۲ در گذر بار الکتریکی از باتری B، انرژی پتانسیل الکتریکی بار تغییر نکرده است بنابراین اختلاف پتانسیل دو سر باتری B باید صفر باشد.



$$V_B=۰\xrightarrow{r_B=۱\Omega}۰=\varepsilon_B-I\Rightarrow\boxed{\varepsilon_B=I}\qquad(۱)$$

از طرفی مدار باید به شکل روبه‌رو باشد یعنی باید نیروی محرکهٔ باتری‌ها جمع شود. در حالت اول: $I=\frac{\varepsilon_A+\varepsilon_B}{۱+۱+۱}=\frac{\varepsilon_A+\varepsilon_B}{۳}$

از رابطهٔ (۱) جای‌گذاری می‌کنیم:

$$\varepsilon_B=\frac{\varepsilon_A+\varepsilon_B}{۳}\Rightarrow\varepsilon_A=۲\varepsilon_B\qquad(۲)$$

در حالت دوم جریان خواهد شد:

$$I'=\frac{\varepsilon_A+\varepsilon_B}{۳+۱+۱}\Rightarrow I'=\frac{۲\varepsilon_B+\varepsilon_B}{۵}\Rightarrow I'=\frac{۳\varepsilon_B}{۵}$$

انرژی مصرف شده در باتری B در حالت اول صفر بوده و وقتی ۳۰mJ انرژی افزایش می‌یابد یعنی انرژی مصرفی در مدت ۱s برابر ۳۰mJ شده است، بنابراین توان باتری B در حالت دوم برابر است با:

$$P_B=\frac{U}{t}\Rightarrow P=\frac{۳۰\times۱۰^{-۳}}{۵\times۱۰^{-۳}}=۶W$$

$$P_B=\varepsilon_BI'-rI'^۲\Rightarrow۶=\varepsilon_B(\frac{۳\varepsilon_B}{۵})-\frac{۹\varepsilon_B^۲}{۲۵}\times۱\Rightarrow۶=\frac{۱۵\varepsilon_B^۲-۹\varepsilon_B^۲}{۲۵}\Rightarrow\varepsilon_B^۲=۲۵\Rightarrow\varepsilon_B=۵V\xrightarrow{\varepsilon_A=۲\varepsilon_B}\varepsilon_A=۱۰V$$

۶۸۴- گزینهٔ ۲ (B) مقاومت معادل را در دو حالت حساب کرده و بر هم تقسیم می‌کنیم:

$$\frac{R}{R'}=(R_1+R_2)\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)=(R_1+R_2)\left(\frac{R_1+R_2}{R_1R_2}\right)\Rightarrow\frac{R}{R'}=\frac{R_1^2+R_2^2+2R_1R_2}{R_1R_2}=\frac{R_1^2+R_2^2-2R_1R_2+4R_1R_2}{R_1R_2}$$

$$\frac{R}{R'}=\frac{(R_1-R_2)^2}{R_1R_2}+4\Rightarrow\frac{R}{R'}\geq 4$$

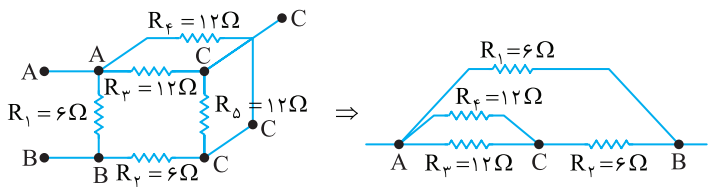
۶۸۵- گزینهٔ ۲ (B) در حالت اول مقاومت هر سیم به تنهایی $R_1=\rho\frac{l}{A}$ بوده و مقاومت ۹ تا سیم موازی برابر است با:

$$R_{eq}=\frac{R_1}{9}\Rightarrow R_{eq}=\frac{1}{9}\rho\frac{l}{A}$$

در حالت دوم خواهیم داشت:

$$R'=R_{eq}\Rightarrow\rho\frac{l}{A'}=\frac{1}{9}\rho\frac{l}{A}\Rightarrow\frac{A'}{A}=9\xrightarrow{A=\pi\frac{d^2}{4}}\frac{d'^2}{d^2}=9\Rightarrow\frac{d'}{d}=3\Rightarrow d'=3d$$

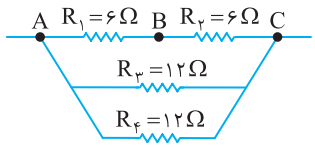
۶۸۶- گزینهٔ ۳ (B) ابتدا با نقطه‌گذاری مدار را به شکل ساده‌تری رسم می‌کنیم.



توجه کنید که دو سر مقاومت R_5 به یک گره C متصل است و بنابراین R_5 از مدار حذف می‌شود (اتصال کوتاه).

$$R_{AC}=\frac{12}{2}=6\,\Omega\qquad R_{234}=R_{AC}+R_{CB}=6+6=12\,\Omega\qquad,\qquad R_{eq_{AB}}=\frac{R_{234}\times R_1}{R_{234}+R_1}=\frac{12\times 6}{12+6}=4\,\Omega$$

اکنون مقاومت بین دو نقطهٔ A و C را با همین روش به‌دست می‌آوریم.

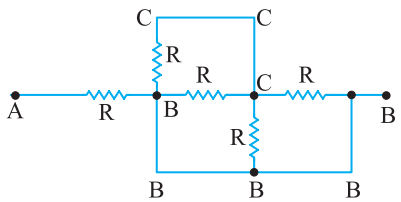


$$\Rightarrow R_{eq_{AC}}=\frac{12}{3}=4\,\Omega$$

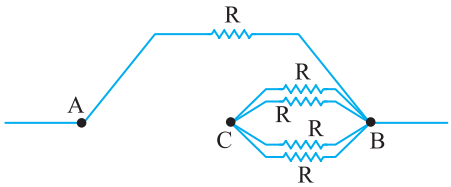
در این‌صورت:

$$\frac{R_{eq_{AB}}}{R_{eq_{AC}}}=\frac{4}{4}=1$$

۶۸۷- گزینهٔ ۱ (C) نقاطی که با سیم بدون مقاومت به هم متصل هستند در حکم یک نقطه از مدار هستند. تمام گره‌ها را مشخص می‌کنیم.

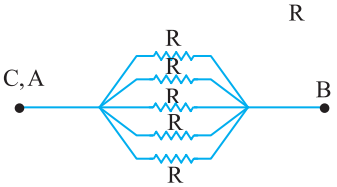


مدار را پس از نام‌گذاری، مجدداً رسم می‌کنیم. به شکل ایجاد شده خوب دقت کنید. چهار مقاومت بین B و C در مقاومت معادل بین A و B هیچ نقشی ندارند. بین A و B تنها مقاومت R وجود دارد:



$$R_{eq}=R$$

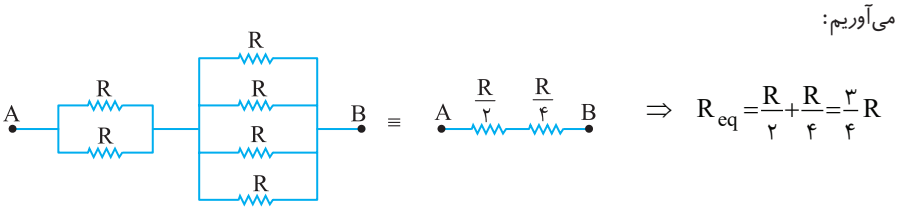
پس از بستن کلید نقطهٔ A و C یکسان شده و می‌توان شکل روبه‌رو را رسم کرد:



$$R'_{eq}=\frac{R}{5}$$

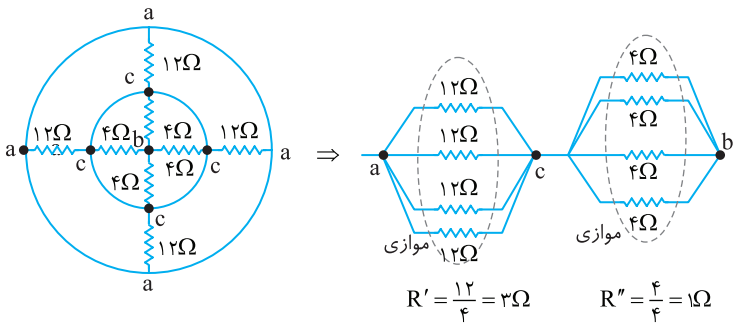
بنابراین مقاومت معادل $\frac{1}{5}$ برابر حالت اول می‌شود.

۶۸۸- گزینهٔ ۴ (B) مدار را به صورت روبه‌رو در می‌آوریم:



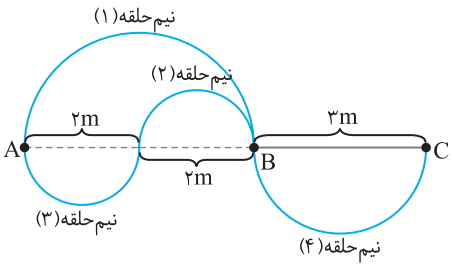
$$\Rightarrow R_{eq}=\frac{R}{2}+\frac{R}{4}=\frac{3}{4}R$$

۶۸۹- گزینهٔ ۲ (B) با نام‌گذاری شکل را ساده‌تر می‌کنیم:



$$R_{eq}=۳+۱=۴\Omega$$

۶۹۰- گزینهٔ ۴ (B) مقاومت هر متر از سیم برابر ۱۰Ω است بنابراین:



$$R=\rho\frac{l}{A}=۱۰=\rho\frac{۱}{A}\Rightarrow\frac{\rho}{A}=۱۰\,\Omega$$

حال مقاومت اجزای مدار را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{نیم حلقهٔ (۱)}: l_۱=\frac{\text{محیط دایرهٔ (۱)}}{۲}=\frac{۲\pi r_۱}{۲}=۶m\Rightarrow R_۱=\rho\frac{l_۱}{A}=۶\times۱۰=۶۰\,\Omega$$

$$\text{نیم حلقهٔ (۲)}: l_۲=\frac{\text{محیط دایرهٔ (۲)}}{۲}=\frac{۲\pi r_۲}{۲}=۳m\Rightarrow R_۲=\rho\frac{l_۲}{A}=۳\times۱۰=۳۰\,\Omega$$

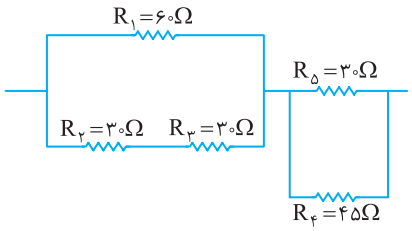
$$\text{نیم حلقهٔ (۳)}: l_۳=\frac{\text{محیط دایرهٔ (۳)}}{۲}=\frac{۲\pi r_۳}{۲}=۳m\Rightarrow R_۳=\rho\frac{l_۳}{A}=۳\times۱۰=۳۰\,\Omega$$

$$\text{نیم حلقهٔ (۴)}: l_۴=\frac{\text{محیط دایرهٔ (۴)}}{۲}=\frac{۲\pi r_۴}{۲}=۴/۵m\Rightarrow R_۴=\rho\frac{l_۴}{A}=۴/۵\times۱۰=۴۵\,\Omega$$

$$\text{سیم راست بین B تا C}: l_۵=۳m\Rightarrow R_۵=\rho\frac{l_۵}{A}=۳۰\,\Omega$$

حلقه‌های (۲) و (۳) با هم متوالی هستند و حلقهٔ (۴) با سیم راست BC موازی می‌باشد. حال شکل مقاومت را می‌کشیم:

$$\frac{۱}{R_{۴,۵}}=\frac{۱}{R_۴}+\frac{۱}{R_۵}=\frac{۵}{۹۰}=\frac{۱}{۱۸}\Rightarrow R_{۴,۵}=۱۸\,\Omega$$



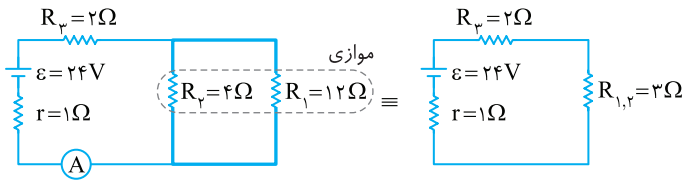
$$R_{۲,۳}=R_۲+R_۳=۶۰\Omega$$

$$\frac{۱}{R_{۲,۳,۱}}=\frac{۱}{R_{۲,۳}}+\frac{۱}{R_۱}=\frac{۱}{۶۰}+\frac{۱}{۶۰}=\frac{۱}{۳۰}\Rightarrow R_{۲,۳,۱}=۳۰\,\Omega$$

بنابراین مقاومت معادل برابر است با:

$$R_{eq}=R_{۱,۲,۳}+R_{۴,۵}=۳۰+۱۸=۴۸\,\Omega$$

۶۹۱- گزینهٔ ۴ (C) آمپرسنج با باتری متوالی بسته شده و در حالت اول جریان مدار را نشان می‌دهد:

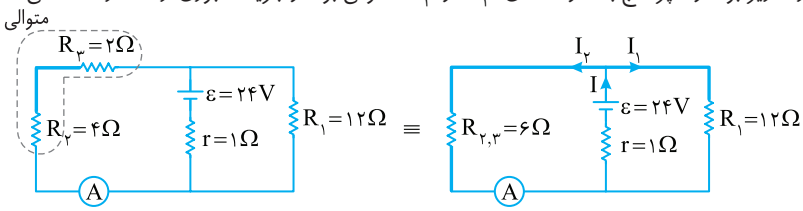


$$R_{eq}=۲+۳=۵\Omega$$

$$\Rightarrow I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}=\frac{۲۴}{۵+۱}=۴A$$

$$\frac{۱}{R_{۱,۲}}=\frac{۱}{۴}+\frac{۱}{۱۲}\Rightarrow R_{۱,۲}=۳\Omega$$

در حالت دوم شکل مدار به صورت زیر بوده و آمپرسنج با مقاومت‌های $R_۳$ و $R_۲$ متوالی بوده و جریان عبوری از آن‌ها را نشان می‌دهد.



$$\frac{۱}{R_{eq}}=\frac{۱}{R_۱}+\frac{۱}{R_{۲,۳}}=\frac{۱}{۱۲}+\frac{۱}{۶}=\frac{۳}{۱۲}\Rightarrow R_{eq}=۴\Omega\Rightarrow I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}=\frac{۲۴}{۴+۱}=۴/۸A$$

جریان I بین دو مقاومت $R_۱$ و $R_{۲,۳}$ تقسیم می‌شود. می‌دانیم که در مقاومت‌های موازی جریان با مقدار مقاومت نسبت وارون دارد:

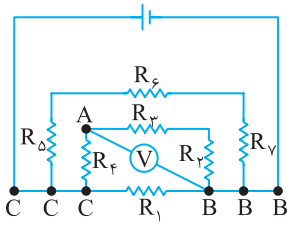
$$R_۱=۲R_{۲,۳}\Rightarrow I_۲=۲I_۱$$

$$I=I_۱+I_۲\xrightarrow{I=۴/۸A}۴/۸=۳I_۱\Rightarrow I_۱=۱/۶A\,,\,I_۲=۳/۲A$$

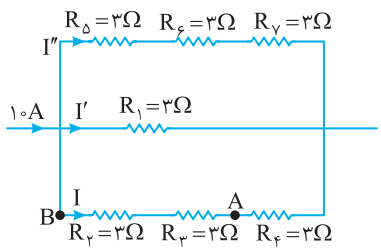
آمپرسنج جریان $I_۲$ را نشان می‌دهد پس عددی که آمپرسنج نشان داده از $۴A$ به $۳/۲A$ رسیده و $۰/۸A$ کاهش یافته است.

۶۹۲- گزینه ۱ (B)

با توجه به نام‌گذاری شکل، عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌های متوالی $R_۲$ و $R_۳$ است. حال شکل مدار را ساده‌تر می‌کشیم.



همان‌طور که از مدار مشخص است $R_۵$ و $R_۶$ و $R_۷$ با هم متوالی‌اند و هم‌چنین $R_۲$، $R_۳$ و $R_۴$ نیز با هم متوالی‌اند و مقاومت‌های $R_{۵,۶,۷}$، $R_{۲,۳,۴}$ و $R_۱$ که بین دو گره C و B است، با هم موازی‌اند.



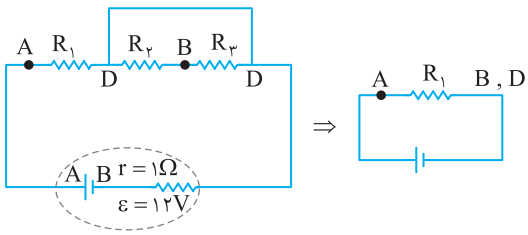
$$\begin{cases} R_{۵,۶,۷}=۹\,\Omega \\ R_۱=۳\,\Omega \\ R_{۲,۳,۴}=۹\,\Omega \end{cases} \Rightarrow V_{۵,۶,۷}=V_۱=V_{۲,۳,۴} \Rightarrow R_{۵,۶,۷}I''=R_۱I'=R_{۲,۳,۴}I \Rightarrow I''=I=\frac{I'}{۳}$$

$$I''+I'+I=۱۰ \Rightarrow I+۳I+I=۱۰ \Rightarrow I=۲A$$

$$V=I(R_۲+R_۳)=۲\times(۳+۳)=۱۲V$$

۶۹۳- گزینه ۱ (B)

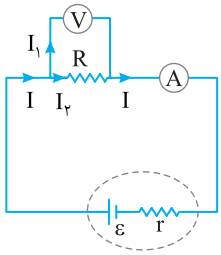
وسایل اندازه‌گیری آرمانی اگر صحیح در مدار قرار گیرند در مدار و آرایش آن اختلالی ایجاد نمی‌کنند و می‌توان آن‌ها را از مدار جدا کرد بدون آن که در مدار و آرایش آن و جریان شاخه‌های مختلف تغییری حاصل شود. ولت‌سنج این مدار آرمانی است و از آن جریانی نمی‌گذرد، آن را از مدار برمی‌داریم. مشاهده می‌کنیم که از مقاومت‌های $R_۲$ و $R_۳$ توسط سیم بدون مقاومتی که سبب اتصال کوتاه می‌شود جریانی نمی‌گذرد و اختلاف پتانسیل دو سر $R_۲$ و $R_۳$ صفر می‌شود، یعنی نقاط B و D هم‌پتانسیل هستند و در واقع ولت‌سنج در این حالت ولتاژ دو سر مقاومت $R_۱$ را اندازه می‌کند.



$$\begin{cases} V_{AB}=V_{AD}=R_۱I \\ I=\frac{\varepsilon}{R+r}=\frac{۱۲}{۳+۱}=۳A \end{cases} \Rightarrow V_{AD}=۳\times۳=۹V$$

۶۹۴- گزینه ۱ (C)

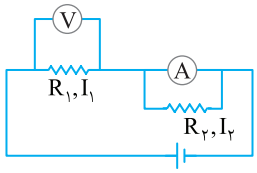
ولت‌سنج اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R را نشان می‌دهد که این اختلاف پتانسیل برابر $V=I_۲R$ است. از طرفی جریان $I_۲$ از جریان اصلی مدار (I) کمتر است. یعنی از عددی که آمپرسنج نشان می‌دهد، کمتر است. در نتیجه:



$$I_۲<I \Rightarrow I_۲R<IR \Rightarrow V<IR \Rightarrow \frac{V}{I}<R$$

۶۹۵- گزینه ۱ (B)

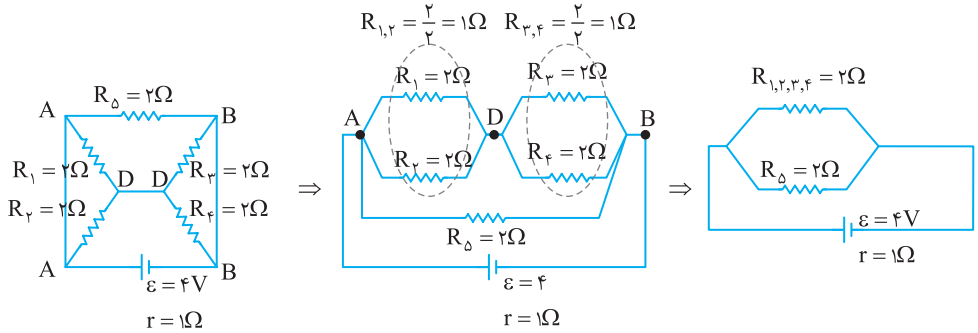
ولت‌سنج اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت $R_۱$ را نشان می‌دهد. جریان مقاومت $R_۱$ برابر $I_۱$ است. در این صورت:



$$V=I_۱R_۱ \Rightarrow R_۱=\frac{V}{I_۱}$$

۶۹۶- گزینه ۳ (C)

ابتدا با نام‌گذاری، مدار را ساده‌تر می‌کنیم:



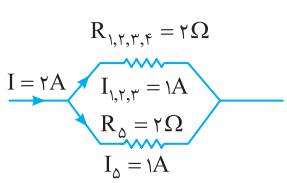
مقاومت معادل مدار برابر است با:

$$R_{eq}=\frac{۲}{۲}=۱\,\Omega$$

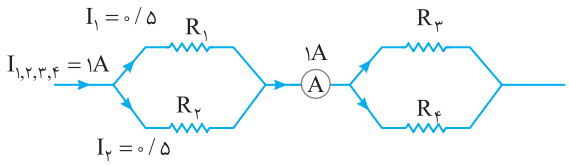
جریان مدار را حساب می‌کنیم:

$$I_{eq}=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}=\frac{۴}{۱+۱}=۲A$$

سپس جریان را بین شاخه‌ها تقسیم می‌کنیم و جریان هر مقاومت را به‌دست می‌آوریم:



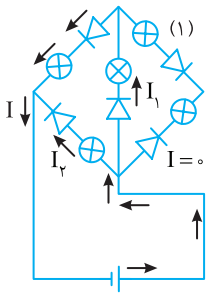
دو شاخهٔ بالا و پایین دارای مقاومت‌های مساوی هستند. پس جریان به طور مساوی بین آن‌ها تقسیم می‌شود.



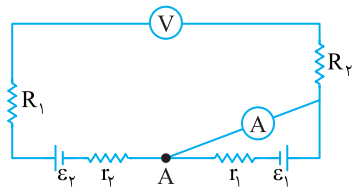
آمپرسنج جریان شاخهٔ بالایی را نشان می‌دهد.

$$\text{جریان آمپرسنج}=I_{۱,۲,۳,۴}=۱A$$

۶۹۷- گزینهٔ ۳ در شاخهٔ سمت راست دیودی که با شماره (۱) مشخص شده مانع عبور جریان است و لامپ‌های روی این شاخه روشن نمی‌شوند اما لامپ‌های دیگر روشن می‌شوند. (B)

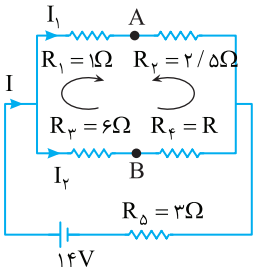


۶۹۸- گزینهٔ ۴ مقاومت آمپرسنج آرمانی ناچیز می‌باشد، بنابراین تمام جریانی که به نقطهٔ A می‌رسد از شاخه آمپرسنج می‌گذرد. در واقع نیرو محرکه $\varepsilon_۱$ و مقاومت درونی آن $r_۱$ اتصال کوتاه می‌شوند و از مدار حذف خواهند شد، حال چون ولت‌سنج به‌صورت متوالی با نیرو محرکهٔ $\varepsilon_۲$ و $r_۲$ بسته شده است، بنابراین جریانی از مدار عبور نمی‌کند و آمپرسنج عدد صفر را نشان می‌دهد. ولت‌سنج، ولتاژ دو سر باتری $\varepsilon_۲$ را نشان می‌دهد. (A)



$$V=\varepsilon_۲-Ir_۲ \xrightarrow{I=۰} V=\varepsilon_۲$$

۶۹۹- گزینهٔ ۱ اختلاف پتانسیل بین A و B صفر است، از این رو می‌توان مدار را به شکل روبه‌رو رسم کرد. قاعده حلقه را دو بار بین نقاط A و B می‌نویسیم، یک‌بار برای نیم‌حلقهٔ سمت راست و بار دیگر برای نیم‌حلقهٔ سمت چپ: (C)



$$\text{نیم‌حلقهٔ سمت راست}: V_B-RI_۲+۲/۵I_۱=V_A \xrightarrow{V_A=V_B} RI_۲=۲/۵I_۱ \quad (۱)$$

$$\text{نیم‌حلقهٔ سمت چپ}: V_B+۶I_۲-۱\times I_۱=V_A \xrightarrow{V_A=V_B} ۶I_۲=I_۱ \quad (۲)$$

با توجه به رابطهٔ (۱) و (۲) می‌توان نوشت:

$$RI_۲=۲/۵(۶I_۲)\Rightarrow R=۱۵\Omega$$

ابتدا مقاومت معادل و سپس جریان کل را حساب می‌کنیم:

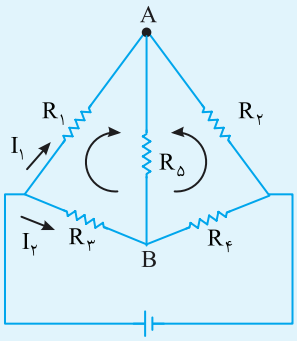
$$R_{۱۲}=۱+۲/۵=۳/۵\Omega \;,\; R_{۳۴}=R_۳+R_۴=۶+۱۵=۲۱\Omega \;,\; R_{۱۲۳۴}=\frac{۲۱\times ۳/۵}{۲۱+۳/۵}\Rightarrow R_{۱۲۳۴}=۳\Omega$$

$$R_{eq}=R_{۱۲۳۴}+R_۵=۶\Omega \;,\; I=\frac{V}{R_{eq}}=\frac{۱۴}{۶}=\frac{۷}{۳}A\Rightarrow I_۱+I_۲=\frac{۷}{۳}A \quad (۳)$$

از رابطهٔ (۳) و (۴) نتیجه می‌شود:

$$I_۱+\frac{I_۱}{۶}=\frac{۷}{۳}\Rightarrow I_۱=۲A$$

روشی برای یافتن مقاومت مجهول R در این مدار بدین‌گونه است. هرگاه پتانسیل الکتریکی دو نقطه A و B برابر باشد آن گاه می‌توان نوشت:



$$V_B+I_۲R_۳-I_۱R_۱=V_A\Rightarrow I_۲R_۳=I_۱R_۱ \quad (۱)$$
$$V_B-I_۲R_۴+I_۱R_۲=V_B\Rightarrow I_۲R_۴=I_۱R_۲ \quad (۲)$$

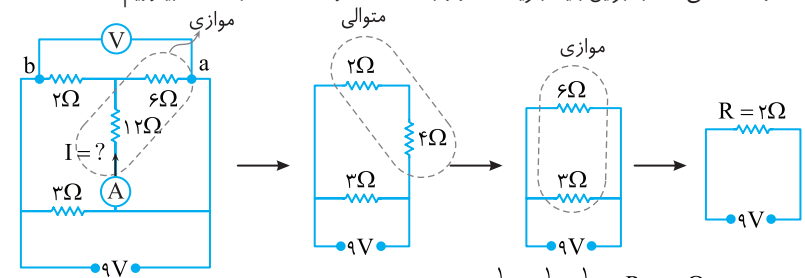
رابطهٔ (۱) و (۲) را بر هم تقسیم می‌کنیم.

$$\frac{R_۳}{R_۴}=\frac{R_۱}{R_۲}\Rightarrow \boxed{R_۱R_۴=R_۲R_۳}$$

در این صورت هر گاه در یک مجموعهٔ ۵ مقاومتی مانند شکل، شرط بالا برقرار باشد، از مقاومت $R_۵$ جریانی نمی‌گذرد و این مدار را پل وتستون گویند. حال با دانستن این مطلب می‌توان نوشت:

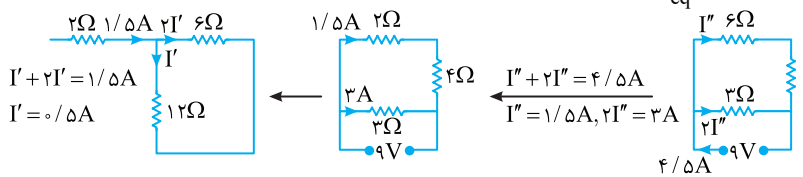
$$۱\times R=۶\times ۲/۵\Rightarrow R=۱۵\Omega$$

۷۰۰- گزینهٔ ۳ **خط فکری:** آمپرسنج با مقاومت ۱۲Ω متوالی بسته شده و جریان این مقاومت را نشان می‌دهد و ولت‌سنج مطابق شکل زیر بین دو نقطهٔ a و b بسته شده و ولتاژ بین این دو نقطه را نشان می‌دهد بنابراین باید جریان مدار را به کمک مقاومت معادل به‌دست بیاوریم.

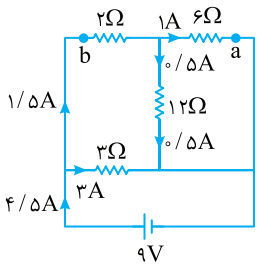


$$\frac{۱}{۶}+\frac{۱}{۱۲}=\frac{۳}{۱۲}\Rightarrow R_{۶\Omega,۱۲\Omega}=۴\Omega \qquad \frac{۱}{R_q}=\frac{۱}{۶}+\frac{۱}{۳}\Rightarrow R_q=۲\Omega$$

بنابراین جریان مدار برابر است با $I=\frac{V}{R_{eq}}=\frac{۹}{۲}=۴/۵A$. حال با توجه به مدارهای ساده شدهٔ بالا جریان عبوری از مقاومت ۱۲Ω را پله‌پله به‌دست می‌آوریم. (از راست به چپ):

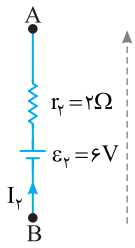


با توجه به تقسیم جریان‌ها در مدار اولیه و قانون ولتاژها از b به a می‌رویم.

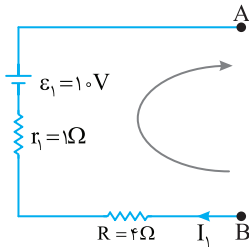


$$V_b-۲(۱/۵)-۶(۱)=V_a$$
$$V_b-V_a=۹V$$

۷۰۱- گزینهٔ ۳ از دو مسیر مختلف از پتانسیل B به پتانسیل A می‌رویم:

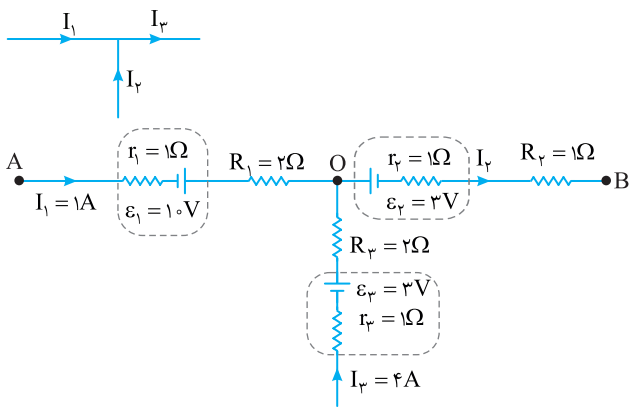


$$V_B+\varepsilon_۲-r_۲I_۲=V_A\Rightarrow\varepsilon_۲-r_۲I_۲=V_A-V_B=۲V$$
$$۶-۲I_۲=۲\Rightarrow I_۲=۲A$$



$$V_B-RI_۱-r_۱I_۱+\varepsilon_۱=V_A\Rightarrow\varepsilon_۱-RI_۱-r_۱I_۱=V_A-V_B$$
$$\Rightarrow ۱۰-۴I_۱-۱I_۱=۲\Rightarrow ۵I_۱=۸\Rightarrow I_۱=۱/۶A$$

حال با توجه به قاعدهٔ انشعاب داریم:



$$I_۱+I_۲=I_۳\Rightarrow I_۳=۱/۶+۲=۳/۶A$$

۷۰۲- گزینهٔ ۴ ابتدا قانون شدت جریان‌ها را برای گره O می‌نویسیم تا شدت جریان $I_۲$ را محاسبه کنیم:

$$I_۱+I_۳=I_۲\Rightarrow ۱+۴=I_۲\Rightarrow I_۲=۵A$$

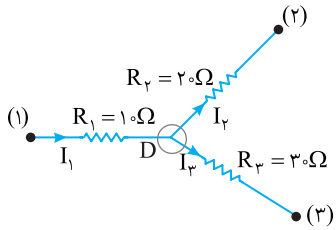
حال از نقطهٔ A به نقطهٔ B حرکت می‌کنیم و اختلاف پتانسیل هر جزء را می‌نویسیم:

$$V_A+\varepsilon_۱-r_۱I_۱-R_۱I_۱-\varepsilon_۲-r_۲I_۲-R_۲I_۲=V_B$$
$$\Rightarrow V_A+۱۰-۱\times۱-۲\times۱-۳-۱\times۵-۱\times۵=V_B$$
$$\Rightarrow V_B-V_A=-۶V$$

$$V_B-V_A=\frac{\Delta U}{q}\Rightarrow -۶=\frac{\Delta U}{-۲\times۱۰^{-۶}}\Rightarrow\Delta U=۱۲\mu J$$

چون علامت ΔU مثبت است، بنابراین انرژی پتانسیل الکتریکی بار $۱۲\mu J$ افزایش می‌یابد.

۷۰۳- گزینهٔ ۴ ابتـدا جهـت جریان‌هـا را به طور دلخواه مشـخص می‌کنیم. سـپس برای گره D قانون شـدت جریان‌ها را می‌نویسیم:



$$I_۱=I_۲+I_۳ \quad (۱)$$

پس از نقطهٔ (۱) به نقطهٔ (۲) حرکت کرده و قاعده حلقه را می‌نویسیم:

$$V_۱-R_۱I_۱-R_۲I_۲=V_۲\Rightarrow V_۱-V_۲=R_۱I_۱+R_۲I_۲\Rightarrow ۱۰-۶=۱۰I_۱+۲۰I_۲\Rightarrow ۱۰I_۱+۲۰I_۲=۴ \quad (۲)$$

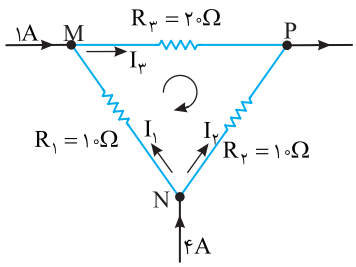
یک‌بار نیز از نقطهٔ (۱) به نقطهٔ (۳) حرکت کرده و قاعده حلقه را می‌نویسیم:

$$V_۱-R_۱I_۱-R_۳I_۳=V_۳\Rightarrow V_۱-V_۳=R_۱I_۱+R_۳I_۳\Rightarrow ۱۰-۵=۱۰I_۱+۳۰I_۳\Rightarrow ۱۰I_۱+۳۰I_۳=۵ \quad (۳)$$

با توجه به معادله‌های (۱)، (۲) و (۳) داریم:

$$\begin{cases} I_۱=I_۲+I_۳ \\ ۱۰I_۱+۲۰I_۲=۴ \\ ۱۰I_۱+۳۰I_۳=۵ \end{cases}\Rightarrow \begin{cases} ۱۰I_۱+۲۰(I_۱-I_۳)=۴ \\ ۱۰I_۱+۳۰I_۳=۵ \end{cases}\Rightarrow \begin{matrix} ۳\times \\ ۲\times \end{matrix}\begin{cases} ۳۰I_۱-۲۰I_۳=۴ \\ ۱۰I_۱+۳۰I_۳=۵ \end{cases}\Rightarrow I_۱=۰/۲A$$

۷۰۴- گزینهٔ ۴ سه جریان $I_۱$ و $I_۲$ و $I_۳$ را در مدار اختیار می‌کنیم.



برای گره M و گره N قاعده انشعاب را می‌نویسیم:

$$N: I_۱+I_۲=۴\Rightarrow I_۲=۴-I_۱ \quad (۱)$$

$$M: I_۳=۱+I_۱ \quad (۲)$$

قاعده حلقه را به صورت ساعتگرد در حلقهٔ MPNM می‌نویسیم:

$$-۲۰I_۳+۱۰I_۲-۱۰I_۱=۰\Rightarrow -۲I_۳+I_۲-I_۱=۰ \quad (۳)$$

از رابطهٔ (۱) و (۲) در رابطهٔ (۳) جای‌گذاری می‌کنیم:

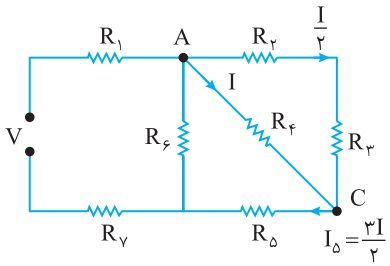
$$-۲(۱+I_۱)+۴-I_۱-I_۱=۰\Rightarrow -۲-۲I_۱+۴-۲I_۱=۰\Rightarrow ۴I_۱=۲\Rightarrow I_۱=۰/۵A$$

$$(۱)\Rightarrow I_۲=۴-۰/۵=۳/۵A \quad , \quad (۲)\Rightarrow I_۳=۱+۰/۵=۱/۵A$$

اکنون نسبت $\frac{V_{NP}}{V_{MN}}$ را به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{V_{NP}}{V_{MN}}=\frac{R_۲I_۲}{R_۱I_۱}=\frac{۱۰\times ۳/۵}{۱۰\times ۰/۵}=۷$$

۷۸۳- گزینه ۲ جریان مقاومت $R_۴$ را I فرض می‌کنیم، جریان شاخهٔ $R_۲$ و $R_۳$ که مقاومتش دو برابر و موازی $R_۴$ است $\frac{I}{۲}$ می‌باشد. بنابراین جریان گذرنده از $R_۵$ برابر می‌شود با:



$$I=I+\frac{I}{۲}=\frac{۳I}{۲}$$

مقاومت بین AC برابر است با:

$$R_{AC}=\frac{۲R\times R}{۲R+R}=\frac{۲}{۳}R$$

مقاومت $R_{۲,۳,۴,۵}$ برابر است با:

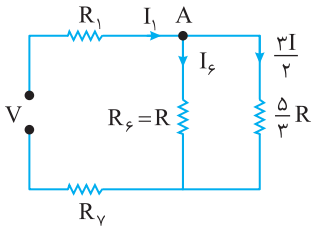
$$R+\frac{۲}{۳}R=\frac{۵}{۳}R$$

بنابراین جریان مقاومت $R_۶$ برابر است با:

$$\frac{۳I}{۲}\times\frac{۵}{۳}R=I_۶\times R\Rightarrow I_۶=\frac{۵}{۲}I$$

جریان $R_۱$ برابر خواهد بود با:

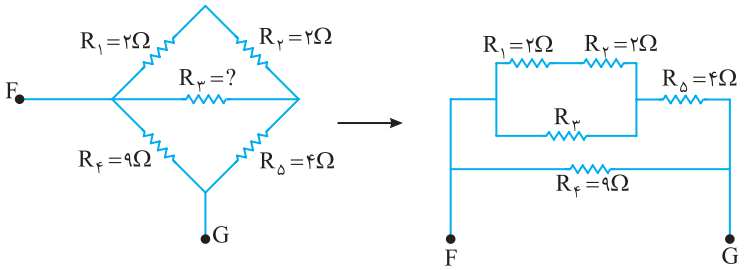
$$I_۱=\frac{۳I}{۲}+\frac{۵}{۲}I=۴I$$



نسبت توان مصرفی در $R_۴$ به توان مصرفی در $R_۱$ برابر خواهد شد با:

$$\frac{P_۴}{P_۱}=\frac{RI_۴^۲}{RI_۱^۲}=\frac{I^۲}{(۴I)^۲}\Rightarrow\frac{P_۴}{P_۱}=\frac{۱}{۱۶}$$

۷۸۴- گزینه ۲ شکل مدار را ساده‌تر می‌کشیم.



توان مصرفی مقاومت‌های $R_۴$ و $R_۵$ با هم برابر است.

$$P_۴=P_۵\Rightarrow R_۴I_۴^۲=R_۵I_۵^۲\Rightarrow ۹I_۴^۲=۴I_۵^۲\Rightarrow I_۵=۱/۵I_۴$$

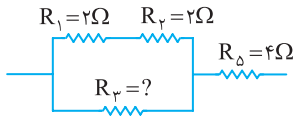
مقاومت $R_۵$ با مقاومت معادل $R_۱$، $R_۲$ و $R_۳$ یعنی $R_{۱,۲,۳}$ متوالی می‌باشد بنابراین:

$$I_۵=I_{۱,۲,۳}=I_{۱,۲,۳,۵}=۱/۵I_۴$$

مقاومت معادل $R_{۱,۲,۳,۵}$ با مقاومت $R_۴$ موازی بوده بنابراین ولتاژ دو سر آن‌ها با هم برابر است.

$$V_{۱,۲,۳,۵}=V_۴\Rightarrow R_{۱,۲,۳,۵}I_۵=R_۴I_۴\Rightarrow ۱/۵R_{۱,۲,۳,۵}I_۴=۹\times I_۴\Rightarrow R_{۱,۲,۳,۵}=۶\,\Omega$$

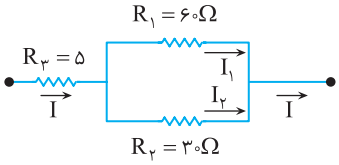
مقاومت معادل $R_{۱,۲,۳,۵}$ برابر $۶\,\Omega$ است.



$$R_۵+R_{۱,۲,۳}=R_{۱,۲,۳,۵}=۶\,\Omega\Rightarrow ۴+R_{۱,۲,۳}=۶\Rightarrow R_{۱,۲,۳}=۲\Omega$$

$$\frac{۱}{R_{۱,۲,۳}}=\frac{۱}{R_{۱,۲}}+\frac{۱}{R_۳}\xrightarrow{R_{۱,۲}=R_۱+R_۲=۴\Omega}\frac{۱}{۲}=\frac{۱}{۴}+\frac{۱}{R_۳}\Rightarrow R_۳=۴\Omega$$

۷۸۵- گزینه ۱ ابتدا جریان همهٔ مقاومت‌ها را بر حسب $I_۱$ می‌نویسیم. مقاومت $R_۱$ موازی $R_۲$ می‌باشد، بنابراین:



$$V_۱=V_۲\Rightarrow R_۱I_۱=R_۲I_۲\Rightarrow ۶۰I_۱=۳۰I_۲\Rightarrow ۲I_۱=I_۲$$

$$I_۱+I_۲=I\Rightarrow I_۱+۲I_۱=I\Rightarrow ۳I_۱=I$$

سپس توان هر یک از مقاومت‌ها را محاسبه می‌کنیم تا ببینیم کدام مقاومت حداکثر توان را مصرف می‌کند:

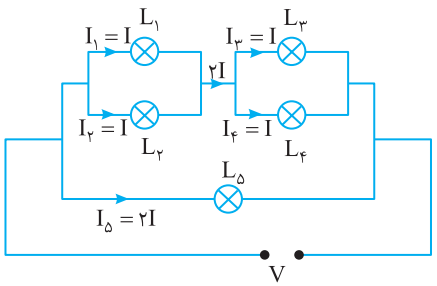
$$P=RI^۲\Rightarrow P_۱=R_۱I_۱^۲=۶۰I_۱^۲\ ,\ P_۲=R_۲I_۲^۲=۳۰(۲I_۱)^۲=۱۲۰I_۱^۲\ ,\ P_۳=R_۳I^۲=۵(۳I_۱)^۲=۴۵I_۱^۲$$

بیشترین توان مصرفی در مقاومت $R_۲=۳۰\,\Omega$ است. اگر این مقدار برابر ۴۰ وات باشد، می‌توان اطمینان داشت که توان هیچ‌یک از مقاومت‌ها بیشتر از ۴۰ وات نیست:

$$P_۲=۱۲۰I_۱^۲=۴۰\Rightarrow I_۱=\frac{۱}{\sqrt{۳}}A\Rightarrow I=۳I_۱=۳\times\frac{۱}{\sqrt{۳}}=\sqrt{۳}A\ ,\ R_{eq}=\frac{R_۱R_۲}{R_۱+R_۲}+R_۳=\frac{۶۰\times۳۰}{۶۰+۳۰}+۵=۲۵\,\Omega\ ,\ V_{AB}=R_{eq}I=۲۵\times\sqrt{۳}=۲۵\sqrt{۳}\,V$$

۷۸۶- گزینهٔ ۲ (B)

دقت کنید لامپ L_5 موازی مولد است و ولتاژ دو سر آن V و توان آن $P_5=\frac{V^2}{R}$ است. اما ولتاژ دو سر لامپ‌های L_1، L_2، L_3 و L_4 برابر $V_1=V_2=V_3=V_4=\frac{V}{2}$ است. پس



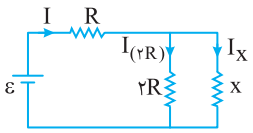
توان مصرفی هر یک از آن‌ها برابر است با:

$$P_1=P_2=P_3=P_4=\frac{(\frac{V}{2})^2}{R}=\frac{V^2}{4R}=\frac{1}{4}P_5$$

توان مصرفی کل لامپ‌ها برابر است با:

$$P_1+P_2+P_3+P_4+P_5=200\Rightarrow\frac{1}{4}P_5+\frac{1}{4}P_5+\frac{1}{4}P_5+\frac{1}{4}P_5+P_5=200\Rightarrow P_5=\frac{200}{2}=100W$$

۷۸۷- گزینهٔ ۳ (C)



جریان به نسبت وارون مقاومت‌ها بین آن‌ها تقسیم می‌شود:

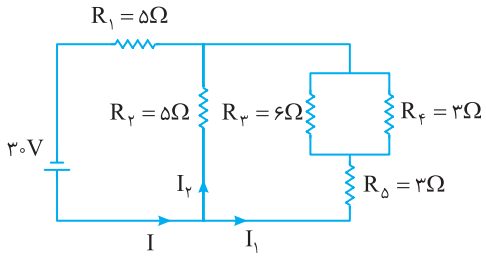
$$I_x=\frac{2R}{2R+x}I$$

$$P_x=\frac{1}{2}P_R\Rightarrow xI_x^2=\frac{1}{2}RI^2\Rightarrow x\frac{4R^2I^2}{(2R+x)^2}=\frac{1}{2}RI^2\Rightarrow\frac{4Rx}{(2R+x)^2}=\frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow 4R^2+4Rx+x^2=8Rx\Rightarrow 4R^2-4Rx+x^2=0\Rightarrow(2R-x)^2=0\Rightarrow x=2R$$

در حل این مسأله می‌توان از جای‌گذاری گزینه‌ها استفاده کرده و به راحتی گزینهٔ (۳) را انتخاب کرد.

۷۸۸- گزینهٔ ۴ (C)



ابتدا مدار را به صورت مقابل رسم کرده و مقاومت کل مدار را به‌دست می‌آوریم:

$$R_{3,4}=\frac{6\times3}{6+3}=2\Omega\quad,\quad R_{3,4,5}=2+3=5\Omega$$

$$R_{2,3,4,5}=\frac{5}{2}=2/5\Omega\quad,\quad R_{eq}=R_1+R_{2,3,4,5}=5+2/5=7/5\Omega$$

حال جریان کل مدار را حساب می‌کنیم:

$$I=\frac{V}{R_{eq}}=\frac{30}{7/5}\Rightarrow I=4A$$

مقاومت معادل شاخهٔ سمت راست $(R_{345}=5\Omega)$ با مقاومت شاخهٔ وسط برابر بوده و جریان بین آن‌ها تقسیم می‌شود:

$$I_1=I_2=\frac{4}{2}A\Rightarrow I_1=I_2=2A$$

توان مقاومت R_1 از همه بیشتر است، زیرا تمام جریان از آن می‌گذرد. توان شاخهٔ سمت راست (R_{345}) با توان شاخهٔ سمت چپ شامل R_2 برابر است، زیرا مقاومت و جریان دو شاخه یکی است. توان مقاومت $R_5=3\Omega$ از توان مقاومت $R_{34}=2\Omega$ بیشتر است، زیرا در شاخه‌های سری، جریان‌ها یکی است و مقاومت بزرگ‌تر، توانش بیشتر است. در این صورت باید یکی از مقاومت‌های $R_4=3\Omega$ و $R_3=6\Omega$ کمترین توان را مصرف کند که در مقاومت‌های موازی چون ولتاژها برابر است، بنابر رابطهٔ $P=\frac{V^2}{R}$ مقاومت بزرگ‌تر، توان مصرفی‌اش کمتر است. پس توان مصرفی $R_3=6\Omega$ کمتر است که ولتاژ دو سر آن برابر $V_{3,4}=R_{3,4}\times I_1=2\times2=4V$ است و توان آن برابر است با:

$$V_{34}=I_1R_{34}\Rightarrow V_{34}=2\times2=4V\Rightarrow P_3=\frac{V^2}{R}=\frac{4^2}{6}=\frac{16}{6}\Rightarrow P_3=\frac{8}{3}W$$

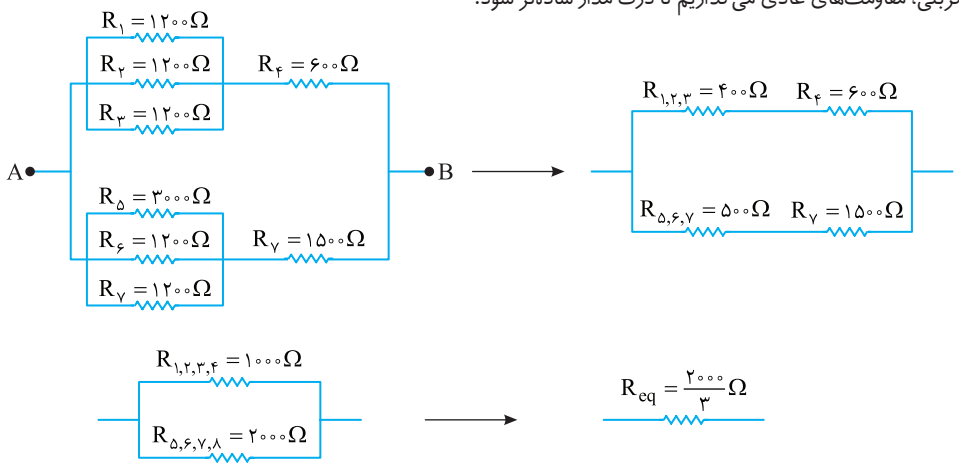
۷۸۹- گزینهٔ ۴ (A)

عدد مقاومت‌های کربنی به صورت $\overline{ab}\times10^n$ می‌باشد که a کد رنگ اول مقاومت و b کد رنگ دوم مقاومت و n برابر کد رنگ عدد سوم می‌باشد.

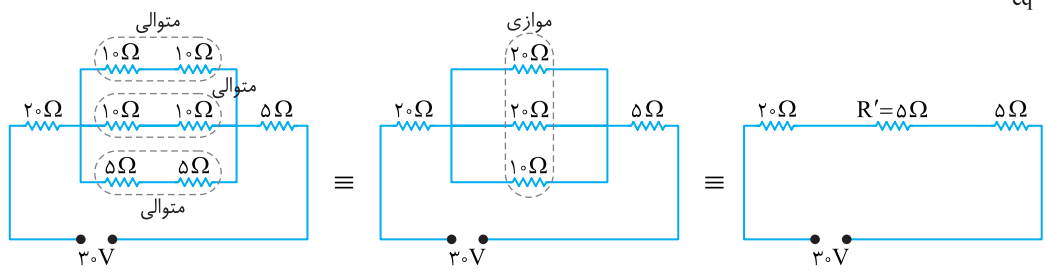
$$R_1=R_2=R_3=R_6=R_7=\overline{ab}\times10^n=12\times10^2=1200\Omega\quad,\quad R_5=\overline{ab}\times10^n=30\times10^2=3000\Omega$$

$$R_4=6\times10^2=600\Omega\quad,\quad R_8=15\times10^2=1500\Omega$$

به جای مقاومت‌های کربنی، مقاومت‌های عادی می‌گذاریم تا درک مدار ساده‌تر شود.



۷۹۰- گزینه ۱ (B) مقاومت ۲۰Ω به طور متوالی با مدار بسته شده و جریان عبوری از آن جریان مدار است. بنابراین ابتدا مقاومت معادل را حساب کرده، سپس با استفاده از رابطهٔ $I=\frac{V}{R_{eq}}$ جریان مدار را به‌دست می‌آوریم:



$\frac{۱}{R'}=\frac{۱}{۲۰}+\frac{۱}{۲۰}+\frac{۱}{۱۰}=\frac{۱}{۵}\Rightarrow R'=۵\Omega$

$R_{eq}=۲۰+۵+۵=۳۰\Omega$

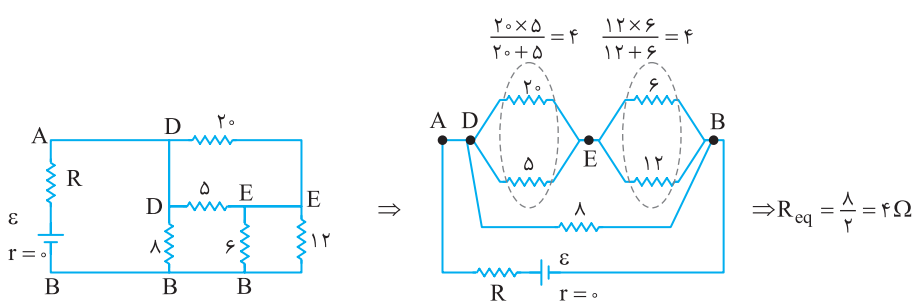
جریان کل مدار و جریان عبوری از مقاومت ۲۰Ω خواهد شد:

$I=\frac{V}{R_{eq}}=\frac{۳۰}{۳۰}=۱A$

گرمای تولید شده توسط مقاومت برابر $Q=RI^۲t$ است که سبب افزایش دمای آب $Q=mc\Delta\theta$ می‌شود:

$$mc\Delta\theta=RI^۲t \xrightarrow[R=۲۰\Omega\,,\,I=۱A]{m=۰/۱kg\,,\,\Delta\theta=۳۰^\circ C} ۰/۱\times۴۲۰۰\times۳۰=۲۰\times۱\times t\Rightarrow t=۶۳۰s\Rightarrow t=\frac{۶۳۰}{۶۰}min=۱۰/۵\,min$$

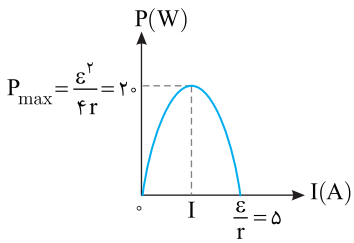
۷۹۱- گزینه ۳ (B) چون جریان عبوری از مقاومت R برابر I_T می‌باشد، ابتدا I_T را محاسبه می‌کنیم. برای این منظور مقاومت معادل مدار را محاسبه می‌کنیم:



$\Rightarrow R_{eq}=\frac{۸}{۲}=۴\Omega$

مقاومت R را به‌عنوان مقاومت درونی مولد فرض می‌کنیم. توان مفید وقتی بیشینه است که مقاومت درونی مولد با مقاومت خارجی برابر باشد. یعنی R نیز باید $۴\,\Omega$ باشد.

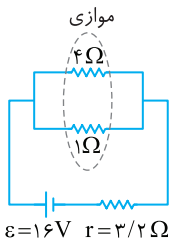
۷۹۲- گزینه ۴ (B) نمودار توان خروجی برحسب جریان با توجه به شکل و رابطهٔ $P=\varepsilon I-rI^۲$ سهمی است و می‌دانیم در این سهمی توان بیشینه برابر $P_{max}=\frac{\varepsilon^۲}{۴r}$ و به ازای جریان $\frac{\varepsilon}{r}$ توان صفر است یعنی در شکل داده شده خواهیم داشت:



$\frac{\varepsilon}{r}=۵\Rightarrow\varepsilon=۵r$

$P_{max}=\frac{\varepsilon^۲}{۴r}\Rightarrow۲۰=\frac{۲۵r^۲}{۴r}\Rightarrow r=۳/۲\Omega\ ,\ \varepsilon=۵\times۳/۲=۱۶V$

بنابراین مدار داده شده به صورت مقابل است:

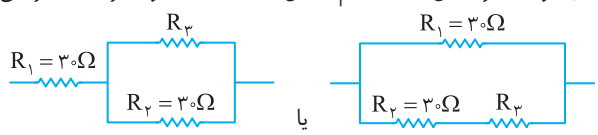


$\frac{۱}{R_{eq}}=\frac{۱}{۴}+\frac{۱}{۱}\Rightarrow\frac{۱}{R_{eq}}=\frac{۵}{۴}\Rightarrow R_{eq}=\frac{۴}{۵}=۰/۸\Omega$

$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}=\frac{۱۶}{۰/۸+۳/۲}=۴A$

$P_{کل}=R_{eq}I^۲\Rightarrow P_{کل}=۰/۸\times۱۶=۱۲/۸W$

۷۹۳- گزینه ۱ (C) مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ یکسان و برابر ۳۰Ω است. اگر این دو مقاومت به طور متوالی با هم بسته شوند توان مصرفی آن‌ها بنا به رابطه $P=RI^۲$ برابر می‌شود در حالی که در مسئله بیان شده توان $R_۱$ و $R_۲$ یکسان نیست، بنابراین $R_۱$ و $R_۲$ متوالی نیستند و اگر دو مقاومت $R_۱$ و $R_۲$ موازی باشند ولتاژ دو سر آن‌ها برابر بوده و توان مصرفی آن‌ها بنا به رابطهٔ $P=V^۲/R$ برابر می‌شود. در حالی که در سؤال بیان شده $P_۱\neq P_۲$ است، در این صورت $R_۱$ و $R_۲$ نه متوالی و نه موازی‌اند و مقاومت‌ها به دو صورت زیر ممکن است به هم متصل شده باشند. اکنون هر مدار را بررسی می‌کنیم تا مدار موردنظر مشخص می‌گردد.



حال با توجه به جریان عبوری از کل مدار و اختلاف پتانسیل داریم:

$$R_{eq}=\frac{V}{I}\Rightarrow R_{eq}=\frac{۱۲}{\frac{۱}{۲}}=۲۴\,\Omega$$

مدار (۱):

$$R_{eq}=R_۱+R_{۲,۳}\Rightarrow ۲۴=۳۰+R_{۲,۳}\Rightarrow R_{۲,۳}<۰$$ غیر قابل قبول

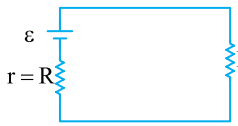
مدار (۲):

$$\frac{۱}{R_{eq}}=\frac{۱}{R_۱}+\frac{۱}{R_{۲,۳}}\Rightarrow \frac{۱}{R_{eq}}=\frac{۱}{۳۰}+\frac{۱}{R_{۲,۳}}\Rightarrow \frac{۱}{۲۴}=\frac{۱}{۳۰}+\frac{۱}{R_{۲,۳}}\Rightarrow \frac{۱}{R_{۲,۳}}=\frac{۱}{۱۲۰}\Rightarrow R_{۲,۳}=۱۲۰\,\Omega$$

$$R_{۲,۳}=R_۲+R_۳=۳۰+R_۳=۱۲۰\Rightarrow R_۳=۹۰\,\Omega$$

۷۹۴- گزینهٔ ۱ (B)

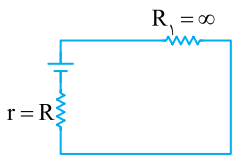
حالت اول: اگر $R_۱=۰$ باشد $R_۱$ از مدار حذف شده ولتاژ دو سرش صفر می‌شود و مدار به شکل روبه‌رو خواهد بود:



شکل (الف)

$$V_۱=R_۱I\xrightarrow{R_۱=۰}V_۱=۰$$

حالت دوم: اگر $R_۱$ بسیار بزرگ شود با توجه به رابطهٔ $I=\frac{\varepsilon}{R_۱+R_۲+r}$ با افزایش $R_۱$ مخرج کسر بسیار بزرگ شده و جریان مدار ناچیز می‌شود و با کاهش جریان، اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت $R_۲$ برابر $V_۲=R_۲I$ تقریباً صفر خواهد شد و $R_۲$ از مدار حذف می‌شود. (شکل (ب)) و افت پتانسیل در مقاومت داخلی باتری Ir نیز صفر شده و اختلاف پتانسیل دو سر $R_۱$ که با باتری موازی است با نیروی محرکه باتری برابر می‌شود به روابط زیر دقت کنید.



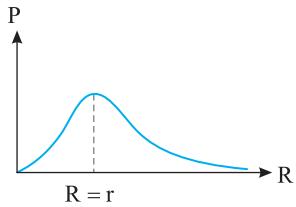
شکل (ب)

$$V_{R_۱}=V_{\text{باتری}}=\varepsilon-Ir\Rightarrow \varepsilon-Ir=V_۱\xrightarrow{I=۰}V_۱=\varepsilon$$

بنابراین با تغییر مقاومت $R_۱$ از صفر تا بینهایت ولتاژ دو سر مقاومت $R_۱$ از صفر به ε می‌رسد.

۷۹۵- گزینهٔ ۴ (C)

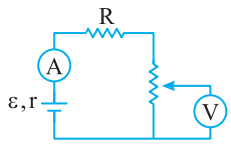
با بستن کلیدها یکی پس از دیگری، مقاومت معادل مدار (R_{eq}) کمتر و کمتر می‌شود. توان خروجی باتری از رابطهٔ $P=\varepsilon I-rI^۲$ پیروی می‌کند که نمودار آن مانند سهمی شکل زیر است. اگر این کاهش در جهت نزدیک شدن R_{eq} به r باشد، توان خروجی باتری افزایش و اگر این کاهش در جهت دور شدن از r باشد، توان خروجی باتری کاهش می‌یابد. پس چون مقایسه‌ای از r و R در دست نیست، در مورد روند تغییر توان خروجی باتری نمی‌توان قضاوت کرد. اما در مورد توان مصرفی هر مقاومت با اتصال کلیدها، مقاومت معادل (R_{eq}) کاهش، شدت جریان در مدار افزایش و اختلاف پتانسیل دو سر مولد کاهش می‌یابد. از آنجا که اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌ها و مولد یکسان است، پس اختلاف پتانسیل دو سر هر مقاومت نیز کاهش می‌یابد و در نتیجه توان مصرفی آن نیز کاهش می‌یابد:



$$R_{eq}\downarrow\Rightarrow\uparrow I_T=\frac{\varepsilon}{(\downarrow R_{eq})+r}\quad,\quad V=\varepsilon-(rI_T\uparrow)\Rightarrow V\downarrow\quad,\quad P_۱=\frac{V^۲}{R_۱}\xrightarrow{V\downarrow}P_۱\downarrow$$

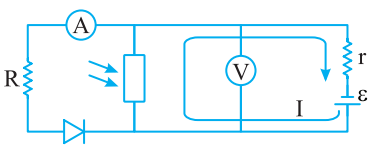
۷۹۶- گزینهٔ ۲ (B)

مقاومت ولت‌سنج بسیار زیاد است و از آن جریانی نمی‌گذرد. با حرکت لغزنده، مقاومت مدار تغییر نمی‌کند در این صورت جریان مدار ثابت می‌ماند. با حرکت لغزنده رو به بالا مقاومتی که ولت‌سنج ولتاژ آن را اندازه‌گیری می‌کند افزایش می‌یابد پس ولت‌سنج عدد بزرگ‌تری نمایش می‌دهد. $(\uparrow V=I_{\text{ثابت}}R\uparrow)$



۷۹۷- گزینهٔ ۴ (B)

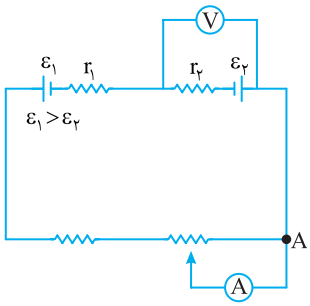
به مدار دقت کنید. با توجه به جهت دیود، جریان به شاخهٔ دارای آمپرسنج و مقاومت وارد نمی‌شود پس آمپرسنج همواره عدد صفر را نشان می‌دهد و در عددی که آمپرسنج نشان می‌دهد تغییری ایجاد نمی‌شود.



با افزایش روشنایی محیط مقاومت LDR کاهش می‌یابد و مقاومت معادل مدار (R_{eq}) نیز کاهش یافته و با توجه به رابطهٔ $\uparrow I=\frac{\varepsilon}{\downarrow R_{eq}+r}$ جریان مدار افزایش می‌یابد. با توجه به اینکه ولت‌سنج آرمانی به دو سر باتری بسته شده پس ولت‌سنج، اختلاف پتانسیل دو سر باتری را نشان می‌دهد بنابراین خواهیم داشت:

$$\downarrow V=\varepsilon-\uparrow Ir\xrightarrow[\text{افزایش Ir}]{\text{افزایش I}}V\text{ کاهش می‌یابد}$$

ولت‌سنج عدد کمتری را نشان می‌دهد.



۷۹۸- گزینهٔ ۲ (B) مقاومت آمپرسنج آرمانی ناچیز است. بنابراین جریان مدار از شاخهٔ شامل آمپرسنج می‌گذرد و مقاومت موازی با آمپرسنج اتصال کوتاه می‌شود. با حرکت لغزنده به سمت راست مقاومت کمتری با آمپرسنج موازی شده و از مدار حذف می‌شود، در واقع با حرکت لغزنده به سمت راست مقاومت مدار افزایش می‌یابد $(R_{eq}\uparrow)$ و جریان مدار کاهش می‌یابد. $(I\downarrow)$ درنتیجه آمپرسنج عدد کمتری را نمایش می‌دهد. با توجه به این‌که $\varepsilon_1 > \varepsilon_2$ است باتری ε_1، به مدار جریان می‌دهد و باتری ε_2 مصرف کننده است. در این صورت ولتاژ دو سر باتری ε_2 خواهد شد:

$$\downarrow V_2 = \varepsilon_2 + \downarrow Ir_2$$

بنابراین ولت‌سنج عدد کوچک‌تری را نمایش می‌دهد.

۷۹۹- گزینهٔ ۱ (C) با توجه به اینکه جریان خروجی از دو باتری مخالف یکدیگر است پس جریان مدار را نیرو محرکهٔ بزرگ‌تر یعنی ε_2 مشخص می‌کند و باتری (۲) توان خروجی دارد:

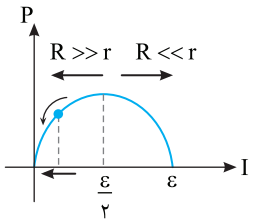
$$P_2 = \varepsilon_2 I - rI^2$$

با توجه به معادلهٔ بالا رابطهٔ توان خروجی برحسب جریان، توان (۲) بوده که با توجه به اینکه ضریب I^2 منفی است پس شکل نمودار توان P_2 برحسب I به‌صورت سهمی روبه پایین $(\cap)$ بوده و بیشینه مقدار توان برابر است با:

$$\text{رأس سهمی } x = \frac{-b}{2a} \Rightarrow I = \frac{-\varepsilon_2}{-2r_2} \Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{2r} \Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{2r} \Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{2}$$

جریان مدار برابر است با:

$$I = \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{R_{eq} + r_1 + r_2} \Rightarrow \frac{\varepsilon}{2} = \frac{\frac{7}{8}\varepsilon}{R_{eq} + 1/1} \Rightarrow \frac{7}{4} = R_{eq} + 1/1 \Rightarrow 1/75 = R_{eq} + 1/1 \Rightarrow R_{eq} = 0/65\Omega$$



بنابراین اگر مقاومت خارجی $0/65\Omega$ باشد توان خروجی از باتری (۲) بیشینه می‌شود و با توجه به اینکه مقاومت معادل دو مقاومت، رئوستا و مقاومت R_1، با مقاومت $R_2 = 6\Omega$ متوالی بسته شده است و مقاومت معادل کل مدار از $0/65\Omega$ بزرگ‌تر است مقدار جریان مدار از $\frac{\varepsilon}{2}$ کمتر می‌شود. با حرکت لغزنده از B به A مقاومت رئوستا و مقاومت معادل کل مدار افزایش می‌یابد و با توجه به نمودار توان خروجی باتری (۲) کاهش می‌یابد. اما برای باتری (۱) توان ورودی داریم که رابطهٔ آن به‌صورت $P = \varepsilon I + rI^2$ است که با افزایش I توان ورودی افزایش می‌یابد و با کاهش I توان ورودی کم می‌شود:

$$I = \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{R_{eq} + r_1 + r_2} \xrightarrow{R_{eq}\uparrow} I\downarrow$$

بنابراین توان ورودی باتری (۱) کاهش می‌یابد.

پاسخ آزمون ۱

۱- گزینهٔ ۳ (B) ابتدا با توجه به داده‌های مسأله، رابطهٔ بین سطح مقطع دو سیم را به‌دست می‌آوریم:

$$m_A=۶m_B \quad , \quad \rho=\frac{m}{V}\Rightarrow m=\rho V\Rightarrow \rho_A V_A=۶\rho_B V_B \quad (۱)$$

$$\begin{cases} V_A=A_A l_A \\ V_B=A_B l_B \end{cases} \xrightarrow{(۱)} \rho_A A_A l_A=۶\rho_B A_B l_B \xrightarrow{\substack{\rho_A=\rho_B \\ l_A=۳l_B}} A_A\times ۳l_B=۶A_B l_B\Rightarrow A_A=۲A_B$$

حال به کمک رابطهٔ ساختمانی مقاومت، نسبت مقاومت‌ها را به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{R_A}{R_B}=\frac{\rho_A\frac{l_A}{A_A}}{\rho_B\frac{l_B}{A_B}}=\frac{\frac{۳l_B}{۲A_B}}{\frac{l_B}{A_B}}=\frac{۳}{۲}$$

۲- گزینهٔ ۱ (A) ابتدا جریان مدار را به‌دست می‌آوریم:

$$I=\frac{\varepsilon}{r+R}=\frac{\varepsilon}{r+\frac{r}{۲}}=\frac{۲\varepsilon}{۳r}$$

حال اختلاف پتانسیل دو سر باتری را به‌دست می‌آوریم:

$$V=\varepsilon-Ir=\varepsilon-\frac{۲\varepsilon}{۳r}\times r\Rightarrow V=\frac{۱}{۳}\varepsilon$$

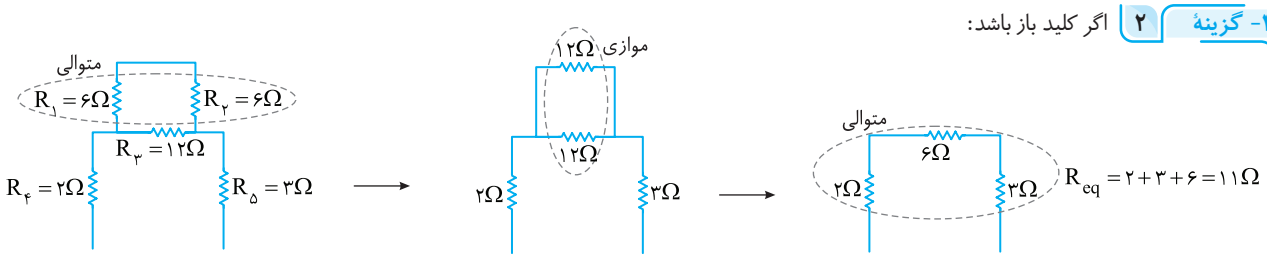
۳- گزینهٔ ۳ (B) وقتی کلید باز است، $I=۰$ و $V=\varepsilon$ می‌باشد.

$$\begin{cases} V=\varepsilon-Ir \\ I=۰ \end{cases}\Rightarrow V=\varepsilon=۱۰V$$

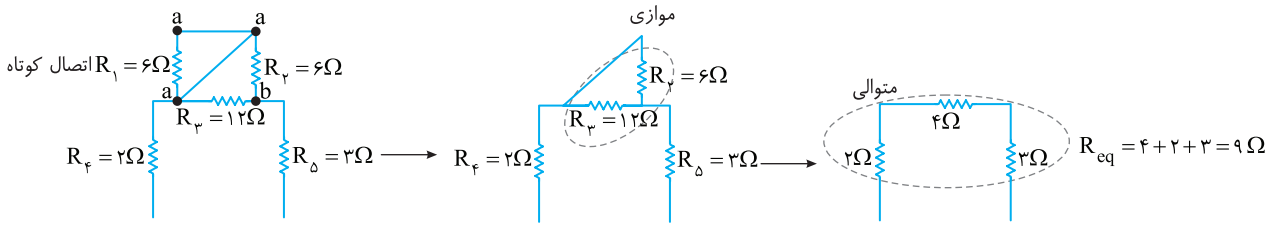
وقتی کلید بسته است، ولت‌سنج اختلاف پتانسیل دو سر باتری و دو سر مقاومت را نشان می‌دهد:

$$V=\varepsilon-Ir=IR\Rightarrow V=\frac{\varepsilon}{r+R}\times R\Rightarrow ۸=\frac{۱۰R}{r+R}\Rightarrow ۸r+۸R=۱۰R\Rightarrow \frac{R}{r}=۴$$

۴- گزینهٔ ۲ (B) اگر کلید باز باشد:



اگر کلید بسته شود:

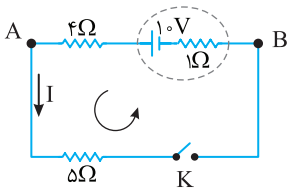


بنابراین مقاومت معادل از ۱۱Ω به ۹Ω رسیده و ۲Ω کاهش یافته است.

۵- گزینهٔ ۱ (B) با توجه به نقاط هم‌پتانسیل، مجدداً شکل را رسم می‌کنیم:

$$R_{BD}=\frac{۴\times ۱۲}{۴+۱۲}=\frac{۴۸}{۱۶}=۳\Omega \ , \ \frac{۱}{R_{eq}}=\frac{۱}{۶۰}+\frac{۱}{۱۷+۳}+\frac{۱}{۳۰}=\frac{۱+۳+۲}{۶۰}\Rightarrow R_{eq}=۱۰\Omega$$

۶- گزینهٔ ۲ (A) وقتی کلید باز و جریان صفر است افت پتانسیل در مقاومت درونی باتری و مقاومت‌های مدار صفر است و اختلاف پتانسیل $V_A - V_B = \varepsilon = ۱۰V$ است.



با بستن کلید K، در مدار جریان برقرار می‌شود.

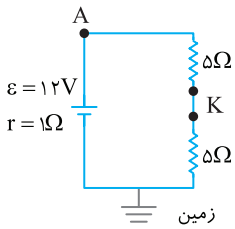
$$V_A - ۵\times I - ۱\times I + ۱۰ - ۴I = V_A \Rightarrow I = \frac{۱۰}{۱۰} = ۱A$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{۱۰}{۵+۴+۱} = \frac{۱۰}{۱۰} = ۱A$$

در این حالت اختلاف پتانسیل بین A و B برابر اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت ۵ اهمی است. $V_A - V_B = IR = ۱\times ۵ = ۵V$

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

۷- گزینهٔ ۳ (A) با باز کردن کلید K جریان مدار صفر شده و پتانسیل نقطهٔ A یعنی اختلاف پتانسیل بین نقطهٔ A و اتصال به زمین برابر نیروی محرکهٔ باتری بوده و چون نقطهٔ A به قطب مثبت باتری متصل است، پتانسیل نقطهٔ A برابر $+۱۲V$ خواهد بود.



۸- گزینهٔ ۱ (B) با کاهش اختلاف پتانسیل دو سر لامپ، توان مصرفی لامپ کاهش می‌یابد.

$$\begin{cases} V_۱ = ۲۰۰V \\ V_۲ = ۱۲۰V \Rightarrow \frac{P_۲}{P_۱} = (\frac{V_۲}{V_۱})^۲ = (\frac{۱۲۰}{۲۰۰})^۲ = ۰/۳۶ \Rightarrow P_۲ = ۰/۳۶P_۱ \\ P = \frac{V^۲}{R} \end{cases}$$

توان مصرفی مقاومت ۶۴ درصد کاهش می‌یابد. $\Delta P = P_۲ - P_۱ = ۰/۳۶P_۱ - P_۱ = -۰/۶۴P_۱ \Rightarrow$

۹- گزینهٔ ۱ (B) در شکل الف: ولت‌سنج به صورت موازی با یک سیم بدون مقاومت بسته شده و با توجه به رابطهٔ $V = RI$؛ اگر مقاومت سیم صفر باشد، اختلاف پتانسیل دو سر آن نیز صفر است، پس ولت‌سنج، صفر را نشان می‌دهد.

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

$$V = \varepsilon - rI \leq \varepsilon$$

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

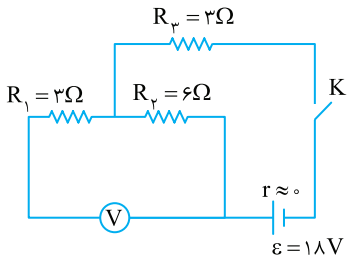
$$\begin{cases} V = \varepsilon - rI \\ I = ۰ \end{cases} \Rightarrow V = \varepsilon$$

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

$$V = \varepsilon$$

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

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



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

$$\xrightarrow[A_A = A_B]{l_A = l_B} ۱/۶\times ۱۰^{-۸} I_A = ۵/۶\times ۱۰^{-۸} I_B \Rightarrow ۲I_A = ۷I_B \Rightarrow I_B = \frac{۲}{۷} I_A$$

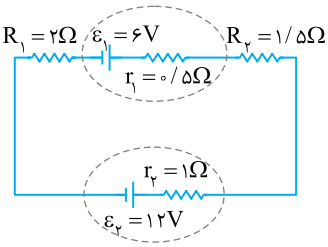
از طرفی جمع جریان‌ها ۴/۵ آمپر است:

$$I_A + I_B = ۴/۵ \Rightarrow I_A + \frac{۲I_A}{۷} = ۴/۵ \Rightarrow I_A = ۳/۵\,A$$

۱۲- گزینهٔ ۴ (A) 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.

$$P = VI \Rightarrow \frac{P_R}{P_r} = \frac{۱۸I}{۲I} = ۹$$

۱۳- گزینهٔ ۱ (A) به مدار نگاه کنید $\varepsilon_۲ > \varepsilon_۱$ است، بنابراین سوی جریان مدار پادساعتگرد می‌شود. بزرگی جریان برابر است با:



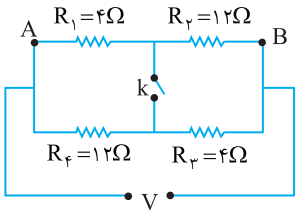
$$I = \frac{\varepsilon_۲ - \varepsilon_۱}{R_۱ + R_۲ + r_۱ + r_۲} \Rightarrow I = \frac{۱۲-۶}{۲+۱/۵+۰/۵+۱} = \frac{۶}{۵} = ۱/۲A$$

انرژی مصرفی در مقاومت با توجه به قانون ژول از روابط $U = RI^۲t = \frac{V^۲}{R}t = VIt$ به‌دست می‌آید.

$$\begin{cases} R_۱ = ۲\Omega \\ t = ۵s \\ I = ۱/۲A \end{cases} \Rightarrow U = R_۱ I^۲ t \Rightarrow U = ۲\times (۱/۲)^۲ \times ۵ \Rightarrow U = ۲\times ۱/۴۴ \times ۵ \Rightarrow U = ۱۴/۴J$$

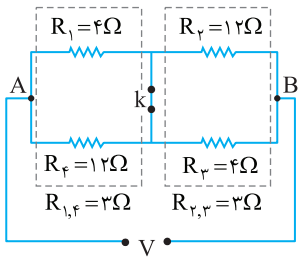
۱۴- گزینهٔ ۱ (B)

وقتی کلید باز است، جریان عبوری از R_1 به شکل زیر به‌دست می‌آید:



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

وقتی کلید بسته است، جریان عبوری از R_1 به شکل زیر به‌دست می‌آید:



دو مقاومت $R_{1,4}$ و $R_{2,3}$ برابر هستند و ولتاژ کل مدار به طور مساوی بین آن‌ها تقسیم می‌شود. پس:

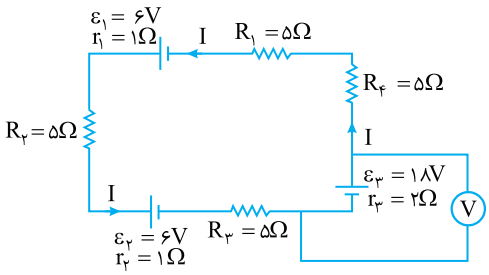
$$V_{1,4}=\frac{V}{2}\Rightarrow R_1I'=\frac{V}{2}\Rightarrow I'=\frac{V}{8}$$

حاصل $\frac{I'}{I}$ به‌دست می‌آید:

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

۱۵- گزینهٔ ۳ (B)

ولت‌سنج اختلاف پتانسیل دو سر باتری ε_3 را نشان می‌دهد.



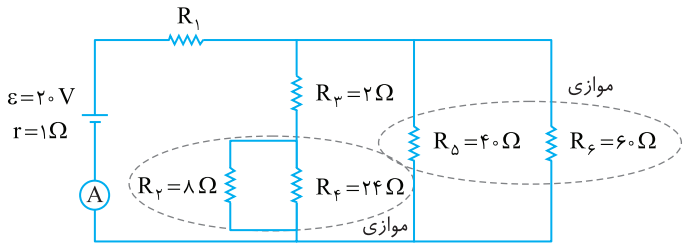
با توجه به این‌که $\varepsilon_2<\varepsilon_3+\varepsilon_1$ می‌باشد، پیل‌های ۱ و ۳ مولد و باتری ۲ مصرف‌کننده است. پس داریم:

$$I=\frac{\varepsilon_1+\varepsilon_3-\varepsilon_2}{r_1+r_2+r_3+R_{eq}}=\frac{6+18-6}{24}=\frac{3}{4}A$$

ولت‌سنج: $V=\varepsilon_3-r_3I=18-2\times\frac{3}{4}=16/5V$

۱۶- گزینهٔ ۱ (B)

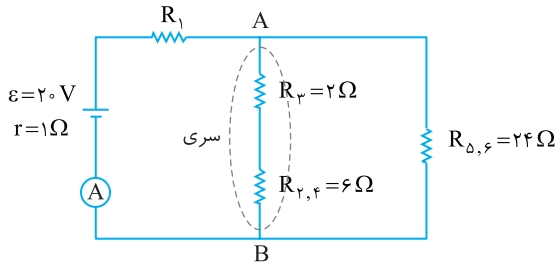
مدار را مطابق شکل ساده‌تر می‌کنیم:



مقاومت معادل R_5 و R_6 و مقاومت معادل R_2 و R_4 را به‌دست می‌آوریم:

$$R_{2,4}=\frac{8\times24}{8+24}=6\,\Omega$$

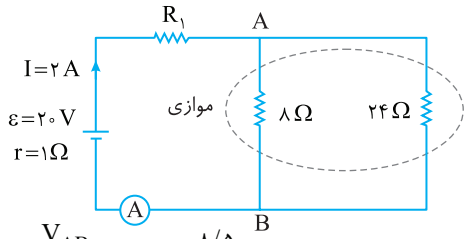
$$R_{5,6}=\frac{40\times60}{40+60}=24\,\Omega$$



مقاومت R_3 و $R_{2,4}$ سری هستند:

$$R_{2,3,4}=2+6=8\,\Omega$$

$$R_{AB}=\frac{24\times8}{24+8}=6\,\Omega$$



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

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}\Rightarrow2=\frac{20}{R_{eq}+1}\Rightarrow R_{eq}=9\,\Omega$$

بنابراین مقاومت R_1 برابر است با:

$$R_{eq}=R_1+R_{AB}\Rightarrow9=R_1+6\Rightarrow R_1=3\,\Omega$$

۱۷- گزینهٔ ۱ (B)

ابتدا مقاومت بین A و B را به‌دست می‌آوریم:

$$R_{AB}=\frac{V_{AB}}{I}\Rightarrow R_{AB}=\frac{8/5}{0/5}=17\,\Omega\quad(1)$$

مقاومت R و مقاومت $30\,\Omega$ موازی و معادل آن‌ها با مقاومت $5\,\Omega$ متوالی است، از این‌رو:

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

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

$$\frac{30\times R}{30+R}+5=17\Rightarrow\frac{30R}{30+R}=12\Rightarrow\frac{5R}{30+R}=2\Rightarrow5R=60+2R\Rightarrow R=20\,\Omega$$

اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت $20\,\Omega$ و $30\,\Omega$ با هم برابر است:

$$V_1=V_2\Rightarrow30I_1=20I_R\Rightarrow I_1=\frac{2}{3}I_R\Rightarrow I=I_1+I_R\Rightarrow0/5=\frac{2}{3}I_R+I_R\Rightarrow0/5=\frac{5I_R}{3}\Rightarrow I_R=0/3A\Rightarrow I_1=0/5-0/3=0/2A$$

۱۸- گزینهٔ ۳ (B) 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 مجموعهٔ سری بسوزد، کلیهٔ 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.

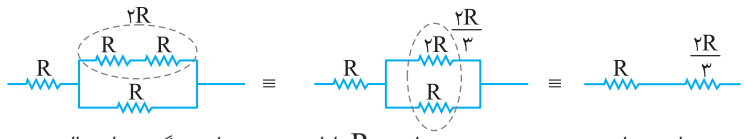
۳- اگر دو لامپ با هم موازی باشند و مقاومت درونی باتری صفر باشد و یکی از آن‌ها از کار بیفتد در نور لامپ دیگر تأثیری ایجاد نمی‌شود. ولی اگر مقاومت درونی باتری صفر نباشد، نور لامپ دیگر افزایش می‌یابد.

۴- اگر دو سر لامپی به‌وسیلهٔ 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 هیچ‌کدام تغییر نخواهد کرد. ولی اگر مقاومت درونی باتری صفر نباشد، نور لامپ‌های دیگر کاهش می‌یابد.

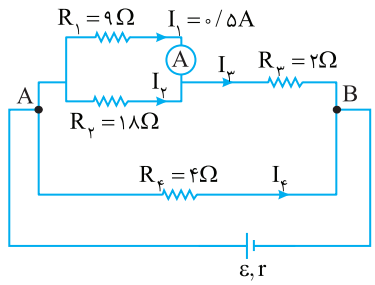
در این تست لامپ $L_۲$ از مدار خارج می‌شود و چون موازی است مقاومت مدار افزایش می‌یابد. بنابراین جریان عبوری از لامپ $L_۳$ کم‌تر می‌شود. بنابراین کم‌نورتر می‌شود. از طرفی طبق رابطهٔ $V_۱=\varepsilon-R_۳I$ با کاهش I، اختلاف پتانسیل دو سر لامپ $L_۱$ افزایش می‌یابد و نور آن زیاد می‌شود.

۱۹- گزینهٔ ۴ (B)



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 $\frac{۲R}{۳}$ برابر با $\frac{۲}{۳}\times۹=۶$ وات می‌شود، بنابراین حداکثر توان قابل تحمل مدار برابر با $۹+۶=۱۵W$ است.

۲۰- گزینهٔ ۱ (B) دو مقاومت $R_۱$ و $R_۲$ موازی هستند.



$$R_۱I_۱=R_۲I_۲\Rightarrow ۹\times۰/۵=۱۸I_۲\Rightarrow I_۲=۰/۲۵A$$
$$I_۳=I_۱+I_۲=۰/۵+۰/۲۵=۰/۷۵A$$

$R_{۱,۲}$ با $R_۳$ متوالی هستند و حاصل آن‌ها با $R_۴$ موازی است:

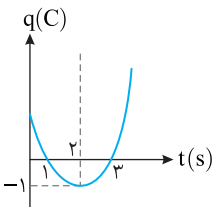
$$R_{۱,۲}=\frac{R_۱R_۲}{R_۱+R_۲}=\frac{۹\times۱۸}{۹+۱۸}=۶\Omega$$
$$R_{۱,۲,۳}I_۳=R_۴I_۴\Rightarrow(R_{۱,۲}+R_۳)I_۳=R_۴I_۴\Rightarrow(۶+۲)\times۰/۷۵=۴I_۴\Rightarrow I_۴=۱/۵A$$
$$P_۴=R_۴I_۴^۲=۴\times(۱/۵)^۲=۹W$$

پاسخ آزمون ۲

۱- گزینهٔ ۲ (C) جریان متوسط برابر $\bar{I}=\frac{\Delta q}{\Delta t}$ است پس اگر بخواهد $\bar{I}=0$ شود، باید $\Delta q=0$ باشد. معادلهٔ q برحسب زمان توان دوم بوده و نمودار $q-t$ سهمی است. مختصات رأس سهمی خواهد شد:

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

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



۲- گزینهٔ ۲ (A) 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.

$$V=IR\Rightarrow\downarrow V=\frac{\varepsilon}{R+r\uparrow}R$$

۳- گزینهٔ ۴ (B) این دو میله در حکم دو مقاومت متوالی هستند. مقاومت هر یک را به‌دست آورده و با هم جمع می‌کنیم، سپس برابر مقاومت میلهٔ ۳l قرار می‌دهیم:

$$R=\rho\frac{L}{A}\Rightarrow\rho\frac{2L}{A}+\rho\frac{L}{2A}=\rho\frac{3L}{A'}\Rightarrow\frac{4+1}{2A}=\frac{3}{A'}\Rightarrow A'=\frac{6}{5}A\Rightarrow A'=1/2\,A$$

۴- گزینهٔ ۳ (B) دقت کنید که با تغییر ولتاژ، مقدار مقاومت تغییر نمی‌کند و ثابت می‌ماند:

$$R_2=R_1\Rightarrow\frac{V_2}{I_2}=\frac{V_1}{I_1}\xrightarrow{V_2=V_1-\frac{20}{100}V_1}\frac{0/8V_1}{I_2}=\frac{V_1}{I_1}\Rightarrow I_2=0/8I_1$$

بنابراین جریان عبوری نیز ۲۰ درصد کاهش می‌یابد.

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

$$\begin{cases}P_1=\frac{V_1^2}{R}\\P_2=\frac{V_2^2}{R}\end{cases}\xrightarrow{V_2=0/8V_1}\frac{P_2}{P_1}=(0/8)^2\Rightarrow\frac{P_2}{P_1}=0/64$$

درصد تغییرات توان مصرفی برابر است با:

$$\frac{\Delta P}{P_1}\times100=\frac{-0/36P_1}{P_1}\times100=-36\%$$

۵- گزینهٔ ۱ (A) **خط فکری:** در دمای ثابت، مقاومت الکتریکی یک رسانای اهمی ثابت است. از این رو، ولتاژ و جریان را در حالت جدید به‌دست می‌آوریم و مقدار $R=\frac{V_2}{I_2}$ را در دو حالت برابر قرار می‌دهیم.

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

$$\begin{cases}R_1=\frac{V_1}{I_1}\\R_2=\frac{V_2}{I_2}\end{cases}\xrightarrow[R_1=R_2\text{ پس}]{R\text{ ثابت است}}\frac{V_1}{I_1}=\frac{V_2}{I_2}\Rightarrow\frac{V_1}{I_1}=\frac{3V_1}{I_1+2}\Rightarrow3I_1=I_1+2\Rightarrow I_1=1A$$

۶- گزینهٔ ۴ (A) **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 به‌دست آوریم.

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

۷- گزینهٔ ۱ (A) ابتدا مقاومت سیم را حساب می‌کنیم:

$$R=\rho\frac{L}{A}\Rightarrow R=1/7\times10^{-8}\times\frac{30}{\pi(10^{-3})^2}\Omega\xrightarrow{\pi=3}R=17\times10^{-2}\Omega$$

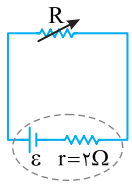
آهنگ تولید انرژی گرمایی یعنی توان مصرفی در مقاومت، بنابراین:

$$P=\frac{V^2}{R}=\frac{17\times17}{17\times10^{-2}}=1700W$$

۸- گزینهٔ ۳ (A) با حرکت از نقطهٔ A تا نقطهٔ 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 نقطهٔ C به نقطهٔ A باشد. حال با توجه به این که مقاومت‌های R و R' متوالی‌اند باید جریان‌های آن‌ها با هم برابر باشد.

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

۹- گزینهٔ ۲ (B) با توجه به شکل ولتاژ دو سر باتری با ولتاژ دو سر مقاومت R برابر است از این‌رو:



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

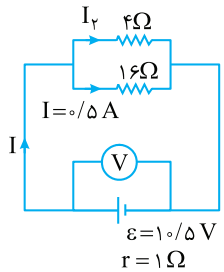
در حالت اول $V_۱=۱۰V$ و در حالت دوم $V_۲=۸V$ است از این‌رو:

$$V=\frac{\varepsilon}{R+r}R \qquad \begin{matrix} ۱۰=\frac{\varepsilon}{R+r}R & (۱) \\ ۸=\frac{\varepsilon}{R'+r}R' & (۲) \end{matrix}$$

با توجه به فرض مسئله $R'=R-۰/۶R=۰/۴R$ است از این‌رو، دو رابطهٔ (۱) و (۲) را بر هم تقسیم کرده و به جای R' مقدار $۰/۴R$ را قرار می‌دهیم.

$$\frac{۱۰}{۸}=\frac{\frac{\varepsilon}{R+r}R}{\frac{\varepsilon}{۰/۴R+r}(۰/۴R)} \Rightarrow \frac{۵}{۴}=\frac{۰/۴R+r}{(R+r)\times ۰/۴} \xrightarrow{r=۲\Omega} \frac{۵}{۴}=\frac{۰/۴R+۲}{(R+۲)۰/۴} \Rightarrow ۲(۰/۴R)+۴=R+۲ \Rightarrow ۲=۰/۲R \Rightarrow R=۱۰\,\Omega$$

۱۰- گزینهٔ ۲ (B) ابتدا جریان مدار را محاسبه می‌کنیم. دو مقاومت ۴ و ۱۶ اهمی موازی هستند.



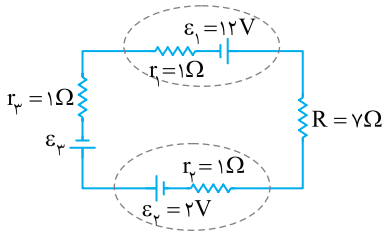
$$V_۱=V_۲ \Rightarrow ۱۶I_۱=۴I_۲ \Rightarrow ۱۶\times ۰/۵=۴I_۲ \Rightarrow I_۲=۲A$$

$$I=I_۱+I_۲=۲+۰/۵=۲/۵A$$

اکنون اختلاف پتانسیل دو سر باتری را به‌دست می‌آوریم: $V=\varepsilon-Ir=۱۰/۵-۲/۵\times ۱ \Rightarrow V=۸V$

توجه کنید که ولت‌سنج موازی با هر یک از مقاومت‌ها است، بنابراین می‌توان نوشت: $V=۰/۵\times ۱۶=۸V$

۱۱- گزینهٔ ۴ (B) جریان تولیدی دو باتری $\varepsilon_۱$ و $\varepsilon_۲$ هم‌جهت است و خلاف جهت جریانی است که باتری $\varepsilon_۳$ می‌تواند به مدار بدهد، بنابراین نیروی محرکهٔ $\varepsilon_۱$ و $\varepsilon_۲$ با هم جمع می‌شوند و نیروی محرکهٔ $\varepsilon_۳$ از مجموع $\varepsilon_۱$ و $\varepsilon_۲$ کم می‌شود.



$$I=\frac{\varepsilon_۱+\varepsilon_۲-\varepsilon_۳}{R+r_۱+r_۲+r_۳} \Rightarrow I=\frac{۱۴-\varepsilon_۳}{۱۰}$$

با توجه به صورت مسئله نسبت توان خروجی باتری (۲) به توان ورودی باتری (۳)، $\frac{۱}{۵}$ است:

$$\frac{P_{خروجی(۲)}}{P_{ورودی(۳)}}=\frac{۱}{۵} \Rightarrow \frac{(\varepsilon_۲-r_۲I)I}{(\varepsilon_۳+r_۳I)I}=\frac{۱}{۵} \Rightarrow \frac{۲-I}{\varepsilon_۳+I}=\frac{۱}{۵} \Rightarrow ۱۰-۵I=\varepsilon_۳+I \Rightarrow ۶I+\varepsilon_۳=۱۰$$

در معادلهٔ بالا به جای جریان I، مقدار $\frac{۱۴-\varepsilon_۳}{۱۰}$ را قرار می‌دهیم:

$$۶\left(\frac{۱۴-\varepsilon_۳}{۱۰}\right)+\varepsilon_۳=۱۰ \Rightarrow \frac{۸۴-۶\varepsilon_۳}{۱۰}+\varepsilon_۳=۱۰$$

دو طرف معادله را در ۱۰ ضرب می‌کنیم:

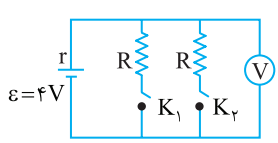
$$(۸۴-۶\varepsilon_۳)+۱۰\varepsilon_۳=۱۰۰ \Rightarrow ۴\varepsilon_۳=۱۶ \Rightarrow \varepsilon_۳=۴V$$

۱۲- گزینهٔ ۲ (B) ولت‌سنج، اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌هایی را نشان می‌دهد که با آن موازی بسته شده باشند. مقاومت‌های $R_۱$ تا $R_۴$ با هم موازی‌اند و ولت‌سنج به دو سر آن‌ها بسته شده است، بنابراین:

$$I_۱=\frac{V}{R_۱} \Rightarrow I_۱=\frac{۲۰}{۲}=۱۰A \;,\; I_۲=\frac{V}{R_۲} \Rightarrow I_۲=\frac{۲۰}{۴}=۵A$$
$$I_۳=\frac{V}{R_۳} \Rightarrow I_۳=\frac{۲۰}{۱۰}=۲A \;,\; I_۴=\frac{V}{R_۴} \Rightarrow I_۴=\frac{۲۰}{۲۰}=۱A$$
$$\Rightarrow I_{کل}=I_۱+I_۲+I_۳+I_۴=۱۸A$$

آمپرسنج جریان کل مقاومت‌ها یا ۱۸A را نشان می‌دهد که برای رسیدن جریان آن به ۱۳A باید جریان ۵A یا $I_۲$ از مدار حذف شود، پس باید کلید $K_۲$ باز شود تا مقاومت $R_۲$ از مدار حذف شود.

۱۳- گزینهٔ ۱ (C) وقتی فقط یکی از کلیدها باز است، مقاومت مدار R است و جریان مدار برابر است با:



$$I=\frac{\varepsilon}{r+R}=\frac{۴}{r+R}$$

ولت‌سنج ولتاژ دو سر R را ۳ ولت نشان می‌دهد از این‌رو: $V=RI=\frac{۴R}{r+R}=۳ \Rightarrow ۴R=۳r+۳R \Rightarrow r=\frac{R}{۳}$

وقتی هر دو کلید بسته شوند، دو مقاومت R با هم موازی می‌شوند و مقاومت معادل مدار برابر $R_{eq}=\frac{R}{۲}$ است و جریان مدار را در این حالت خواهد شد:

$$I=\frac{\varepsilon}{r+R_{eq}}=\frac{۴}{\frac{R}{۳}+\frac{R}{۲}}=\frac{۴}{\frac{۵R}{۶}}=\frac{۲۴}{۵R}$$

در این حالت ولت‌سنج اختلاف پتانسیل دو سر مدار خارجی یعنی مقاومت $R_{eq}=\frac{R}{۲}$ را نشان می‌دهد بنابراین:

$$V=\frac{R}{۲}\times I=\frac{R}{۲}\times\frac{۲۴}{۵R}=۲/۴V$$

۱۴- گزینهٔ ۳ (A) به کمک رابطهٔ ساختمانی $R=\rho\frac{L}{A}$ نسبت $\frac{R_۲}{R_۱}$ را حساب می‌کنیم.

$$r_۱=۲r_۲ \xrightarrow{A=\pi r^۲} A_۱=۴\pi r_۱^۲=۴A_۲\Rightarrow A_۲=\frac{A_۱}{۴} \quad , \quad \frac{R_۲}{R_۱}=\frac{\rho\frac{L_۲}{A_۲}}{\rho\frac{L_۱}{A_۱}} \xrightarrow[\rho\text{ها با هم برابر}]{\text{سیم‌ها هم‌جنس}} \frac{R_۲}{R_۱}=\frac{L_۲A_۱}{L_۱A_۲}=\frac{\frac{۱}{۲}L_۱\times A_۱}{L_۱\times\frac{A_۱}{۴}}=\frac{۱}{۲}\times۴=۲\Rightarrow R_۲=۲R_۱$$

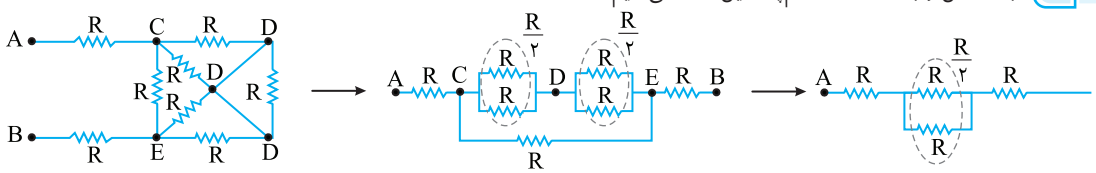
دو سیم (۱) و (۲) با هم موازی‌اند:

$$V_۲=V_۱\Rightarrow R_۲I_۲=R_۱I_۱ \xrightarrow{R_۲=۲R_۱} I_۱=۲I_۲ \xrightarrow{I_۲=۳A} I_۱=۶A$$

بنابراین جریان کل مدار برابر است با:

$$I_{\text{کل}}=I_۱+I_۲=۶+۳=۹A$$
$$V=\varepsilon-Ir=۲۰-۹\times۱=۱۱V$$

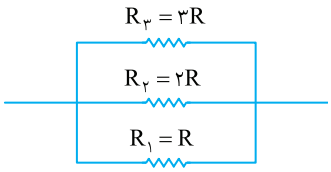
۱۵- گزینهٔ ۴ (B) ابتدا شکل را به کمک نقاط هم‌پتانسیل ساده می‌کنیم:



$$P_۱=RI_۱^۲ \quad , \quad P_۲=RI_۲^۲=R(۱/۲I_۱)^۲=۱/۴۴RI_۱^۲=۱/۴۴P_۱\Rightarrow\Delta P=۰/۴۴P_۱$$

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

۱۶- گزینهٔ ۱ (B) اگر مقاومت رشتهٔ 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 $R_۱$ که از همه کوچک‌تر است، بیشترین مقدار است.

$$V_۱=V_۲=V_۳=V \quad , \quad P_{max}=P_۱=\frac{V^۲}{R}=۱۲W$$

اکنون توان مصرفی $R_۲$ و $R_۳$ را حساب می‌کنیم:

$$P_۲=\frac{V^۲}{R_۲}=\frac{V^۲}{۲R}=\frac{۱}{۲}\times P_۱=\frac{۱}{۲}\times۱۲=۶W \quad , \quad P_۳=\frac{V^۲}{R_۳}=\frac{V^۲}{۳R}=\frac{۱}{۳}\times P_۱=\frac{۱}{۳}\times۱۲=۴W$$

توان کل مصرفی برابر است با:

$$P_T=P_۱+P_۲+P_۳=۲۲W$$

۱۷- گزینهٔ ۴ (C) بستن ولت‌سنج واقعی به‌طور موازی باعث کاهش مقاومت مدار و بستن آمپرسنج واقعی به‌طور متوالی باعث افزایش مقاومت مدار می‌شود. با بستن هردو 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.

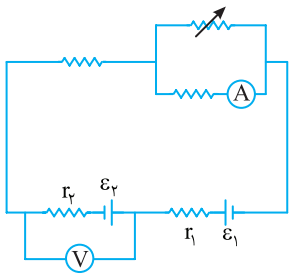
۱۸- گزینهٔ ۱ (B) با بستن کلید K، مقاومت ۳Ω و ۹Ω با هم موازی می‌شوند. جریان عبوری از مدار را قبل و پس از بستن کلید به‌دست می‌آوریم:

$$I_۱=\frac{\varepsilon}{R_۱+r} \xrightarrow{R_۱=۹\Omega} I_۱=\frac{\varepsilon}{۹+r} \qquad I_۲=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r} \xrightarrow{R_{eq}=\frac{۹\times۳}{۹+۳}=\frac{۲۷}{۱۲}V} I_۲=\frac{\varepsilon}{\frac{۲۷}{۱۲}+r}$$

توان مفید مولد را در هر دو حالت حساب می‌کنیم:

$$P=RI^۲\Rightarrow\begin{cases}P_۱=۹(\frac{\varepsilon}{۹+r})^۲\\ P_۲=\frac{۲۷}{۱۲}(\frac{\varepsilon}{\frac{۲۷}{۱۲}+r})^۲\end{cases} \xrightarrow{P_۱=P_۲} ۹(\frac{\varepsilon}{۹+r})^۲=\frac{۲۷}{۱۲}(\frac{\varepsilon}{\frac{۲۷}{۱۲}+r})^۲\Rightarrow\frac{۱}{۹+r}=\frac{۱}{۲}\times(\frac{۱}{\frac{۲۷}{۱۲}+r})\Rightarrow\frac{۹}{۲}+۲r=۹+r\Rightarrow r=۴/۵\Omega$$

۱۹- گزینهٔ ۲ (C) با افزایش مقاومت متغیر مقاومت معادل افزایش می‌یابد.



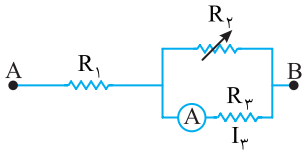
$$R_{eq}\uparrow\Rightarrow I=\frac{\varepsilon_۱-\varepsilon_۲}{\uparrow R_{eq}+r_۱+r_۲}\Rightarrow$$ جریان کل مدار کاهش می‌یابد

ولت‌سنج، ولتاژ دو سر باتری (۲) را نشان می‌دهد و با توجه به فرض مسأله $(\varepsilon_۱>\varepsilon_۲)$، باتری $\varepsilon_۱$ مولد و باتری $\varepsilon_۲$ مصرف‌کننده است.

با کاهش جریان مدار ولتاژ دو سر $\varepsilon_۲$ کاهش می‌یابد و ولت‌سنج عدد کمتری را نشان می‌دهد: $\downarrow V=\varepsilon_۲+\downarrow Ir_۲$

اختلاف پتانسیل دو سر مجموع مقاومت‌ها (V_{AB}) با اختلاف پتانسیل دو سر مجموع باتری‌ها برابر است از این‌رو:

$$V_{AB}=V_{\text{کل}}=\varepsilon_۱-Ir_۱-\varepsilon_۲-Ir_۲=\varepsilon_۱-\varepsilon_۲-\downarrow I(r_۱+r_۲)$$



با توجه به این‌که $\varepsilon_1-\varepsilon_2$ ثابت است، با افزایش مقاومت متغیر $I(r_1+r_2)$ کاهش یافته یعنی مقدار کمتری از $\varepsilon_1-\varepsilon_2$ کم خواهد شد. بنابراین V_{AB} افزایش می‌یابد از طرفی اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R_1 کاهش می‌یابد $(\downarrow V_1=\downarrow IR_1)$

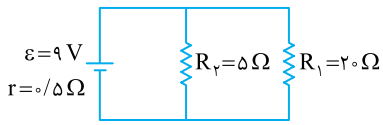
اکنون به بررسی اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌های R_2 و R_3 می‌پردازیم.

$$V_{AB}=V_1+V_{2,3}\Rightarrow V_{2,3}=\uparrow V_{AB}-V_1\downarrow\Rightarrow V_{2,3}\uparrow$$

با افزایش ولتاژ دو سر R_2 و R_3، جریان گذرنده از R_3 افزایش می‌یابد و آمپرسنج عدد بیشتری را نمایش می‌دهد:

$$V_{2,3}=V_2=V_3=I_3R_3\xrightarrow[R_3\text{ ثابت}]{V_3\uparrow} I_3\uparrow$$

۲۰- گزینهٔ ۳ Ⓐ



توان مصرفی در مقاومت‌های خارجی خواسته شده است، کافی است مقاومت معادل (R_{eq}) مدار را به‌دست آورده سپس جریان کل مدار را حساب کرده و از رابطهٔ $P=R_{eq}I^2$ توان را به‌دست آوریم. مقاومت‌های $20\,\Omega$ و $5\,\Omega$ با هم موازی هستند و مقاومت معادل آن‌ها برابر است با:

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

جریان مدار را به‌دست می‌آوریم:

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}\Rightarrow I=\frac{9}{4+0/5}\Rightarrow I=2\,A$$

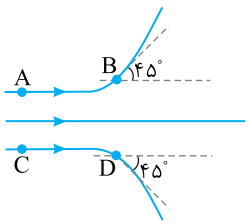
توان مصرفی در مقاومت خارجی برابر است با:

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

فصل ۳ مغناطیس

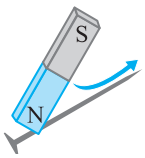
آزمون ۲ *

۱- در شکل مقابل میدان مغناطیسی در کدام نقطه می‌تواند در SI به‌صورت $\vec{B}=۰/۰۲\vec{i}+۰/۰۲\vec{j}$ باشد؟



۱) A
۲) B
۳) C
۴) D

۲- مطابق شکل روبه‌رو به یک آهنربای دائمی را چندین بار و در یک جهت به یک سوزن ته‌گرد می‌کشیم و سپس سوزن را روی سطح آب شناور می‌کنیم. نوک سوزن به کدام سمت جغرافیایی قرار می‌گیرد؟



۱) شمال
۲) جنوب
۳) شرق
۴) غرب

۳- چه تعداد گزاره‌های زیر در مورد یک ذرهٔ باردار که در یک میدان مغناطیسی حرکت می‌کند، درست است؟

الف) راستای نیروی مغناطیسی وارد بر ذره بر راستای حرکت بار و خطوط میدان مغناطیسی عمود است.

ب) در طی حرکت ذره تندی به واسطهٔ نیروی مغناطیسی وارد بر آن تغییر نمی‌کند.

پ) اندازهٔ نیروی وارد بر ذره به زاویه‌ای که نیرو با خطوط میدان مغناطیسی می‌سازد، بستگی دارد.

۱) صفر
۲) ۱
۳) ۲
۴) ۳

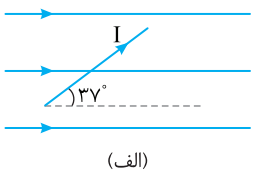
۴- ذره‌ای با جرم ناچیز و بار $+۵\mu C$ در جهت مثبت محور y ها با تندی $۱۰^۶ m/s$ در حرکت است. اگر این ذره وارد فضایی شامل میدان الکتریکی یکنواخت $\vec{E}=۱۰^۵\vec{j}$ و میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}=۰/۱\vec{i}$ شود، نیروی الکترومغناطیسی وارد بر ذره در لحظهٔ ورود به این فضا چند نیوتون است؟

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

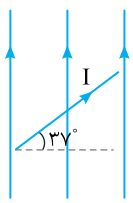
۵- یک سیم به طول ۵۰cm در امتداد محور y قرار دارد و از آن جریان ۲A در خلاف جهت محور y می‌گذرد. با توجه به این‌که سیم در میدان مغناطیسی $\vec{B}=۰/۲\vec{i}+۰/۳\vec{j}$ قرار دارد، اندازه و جهت نیروی وارد بر سیم را مشخص کنید؟ (یکاها در SI)

۱) ۰/۲ N ، درونسو
۲) ۰/۶ N ، درونسو
۳) ۰/۲ N ، برونسو
۴) ۰/۶ N ، برونسو

۶- میدان مغناطیسی در دو شکل (الف) و (ب)، برابر است و طول سیم حامل جریان I نیز یکسان است. اگر نیروی وارد بر سیم در شکل (الف)، $F_۱$ و نیروی وارد بر سیم در شکل (ب)، $F_۲$ باشد. $\frac{F_۲}{F_۱}$ برابر کدام گزینه است؟ $(\sin ۳۷^\circ=۰/۶)$



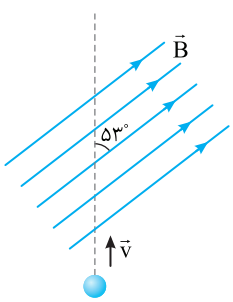
(الف)



(ب)

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

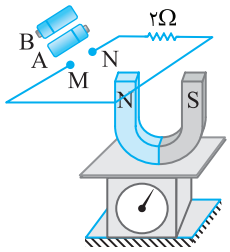
۷- بار الکتریکی $q=۲۵\mu C$ با سرعت $۲\times۱۰^۵ m/s$ مطابق شکل روبه‌رو وارد یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی $B=۱۰^۴ G$ می‌شود. در لحظه ورود به میدان، نیروی مغناطیسی وارد بر ذره چند نیوتون و در کدام جهت است؟ $(\sin ۵۳^\circ=۰/۸)$ خارج ریاضی - ۹۸



۱) ۲۵۰ و ⊗
۲) ۲۵۰ و ⊙
۳) ۴ و ⊙
۴) ۴ و ⊗

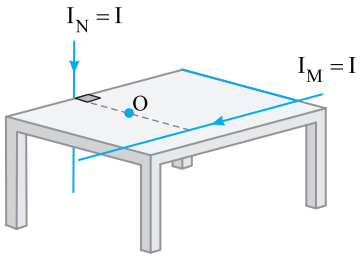
* شماره تست‌های مشابه هر سؤال بالای پاسخ آن سؤال قرار گرفته است.

۸- در شکل روبه‌رو $۲۰cm$ از سیم یک مدار درون میدان مغناطیسی یکنواخت $۱۰۰G$ یک آهنربا قرار دارد. اگر باتری ..... با اختلاف پتانسیل ..... در مدار قرار گیرد، عدد ترازو $۸\times۱۰^{-۳}N$ کاهش می‌یابد.



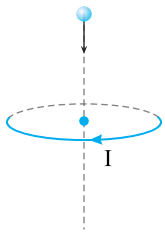
۱) $۴V$ ،A
۲) $۴V$ ،B
۳) $۸V$ ،B
۴) $۸V$ ،A

۹- در شکل روبه‌رو میدان حاصل از دو سیم در نقطهٔ O دقیقاً بین دو سیم برابر $\sqrt{۵}B$ و میدان حاصل از سیم M در نقطهٔ O برابر B است. میدان حاصل از سیم N در نقطهٔ O چند B است؟



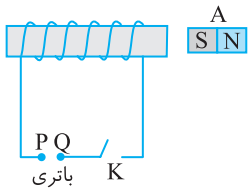
۱) ۱
۲) ۲
۳) $\sqrt{۳}$
۴) $\sqrt{۲}$

۱۰- در شکل روبه‌رو ذره‌ای را در راستای مرکز یک حلقه حامل جریان I رها می‌کنیم، شتاب حرکت ذره a است. کدام گزینه در مورد شتاب سقوط ذره درست است؟ (مقاومت هوا ناچیز است)



۱) $a = g$
۲) $a > g$
۳) $a < g$
۴) اظهارنظر قطعی نمی‌توان کرد.

۱۱- یک سیملوله به یک باتری متصل است و با وصل کلید K سیملوله آهنربای A را به سوی خود می‌کشد. کدام پایانهٔ باتری قطب مثبت و میدان درون سیملوله به کدام جهت است؟



۱) Q، ←
۲) Q، →
۳) P، ←
۴) P، →

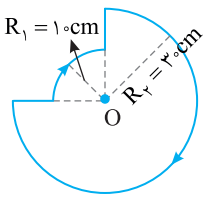
۱۲- دو فلز A و B وقتی در یک میدان مغناطیسی قرار می‌گیرند، حجم حوزه‌های مغناطیسی فلز A به سختی تغییر می‌کند و پس از حذف میدان خارجی به حالت اول برنمی‌گردد اما در فلز B، حجم حوزه‌ها به سهولت تغییر می‌کند و پس از حذف میدان خارجی به حالت اول برمی‌گردد. A و B به‌ترتیب کدام‌اند؟ ریاضی - ۹۷

۱) پارامغناطیسی و فرومغناطیسی سخت
۲) فرومغناطیسی نرم و پارامغناطیسی
۳) فرومغناطیسی سخت و فرومغناطیسی نرم
۴) فرومغناطیسی نرم و فرومغناطیسی سخت

۱۳- از سیم راست و قائمی جریانی رو به پایین می‌گذرد. میدان مغناطیسی در سمت راست این سیم در کدام جهت است؟

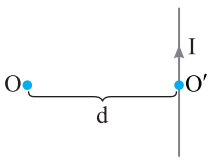
۱) شمال ۲) جنوب ۳) مغرب ۴) مشرق

۱۴- در شکل روبه‌رو از سیم، جریان $۵A$ می‌گذرد، میدان مغناطیسی در نقطهٔ O (مرکز دایره) چند گاؤس خواهد بود؟ $(\mu_۰ = ۱۲\times۱۰^{-۷} T.m/A)$ گزینه دو



۱) ۱۵×۱۰^{-۶}
۲) $۷/۵\times۱۰^{-۶}$
۳) ۰/۰۷۵
۴) ۰/۱۵

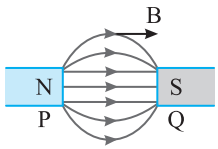
۱۵- در شکل روبه‌رو اگر سیم راست و طویل حامل جریان حول نقطهٔ O'، ۳۰° دوران کند، اندازه میدان حاصل از سیم در نقطهٔ O چگونه تغییر می‌کند؟



۱) کاهش می‌یابد
۲) افزایش می‌یابد
۳) تغییر نمی‌کند
۴) گزینهٔ (۱) و (۳) می‌تواند درست باشد.

پاسخ تشریحی تست‌های در پاسخ

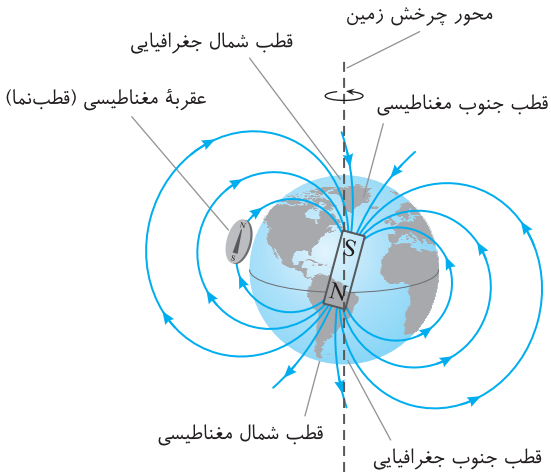
۱- گزینهٔ ۲ بردار میدان مغناطیسی بر خط‌های میدان مماس بوده و سوی میدان هم‌سو با سوی خطوط است.



Ⓐ بنابراین مطابق شکل باید مکان P قطب N و مکان Q قطب S باشد.

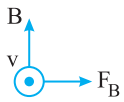
۲- گزینهٔ ۳ زمین یک آهنربای بزرگ است که قطب S آن در شمال جغرافیایی و قطب N آن در جنوب جغرافیایی قرار دارد اما این قطب‌ها بر هم منطبق نبوده و قطب جنوب مغناطیسی تقریباً ۱۸۰۰ کیلومتری قطب شمال جغرافیایی است. یعنی عقربهٔ مغناطیسی قطب‌نما قطب شمال جغرافیایی را به درستی نمایش نمی‌دهد.

Ⓐ



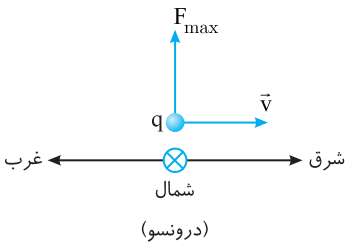
۳- گزینهٔ ۴ ذره به سمت شما در حرکت است. می‌توان فرض کرد که ذره از صفحهٔ کاغذی که الان نگاه می‌کنید بیرون می‌آید و به سمت شما در حرکت است پس جهت سرعت ذره برونسو است. الکترون دارای بار منفی است. پس چهار انگشت دست چپ را که جهت سرعت بوده به سوی خودتان قرار دهید به گونه‌ای که انگشت شست که جهت نیروی وارد بر باریکهٔ 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- گزینهٔ ۴ با توجه به قاعدهٔ دست راست ابتدا انگشت شست را در جهت نیرو رو 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 $(\theta=90^\circ)$:

Ⓐ



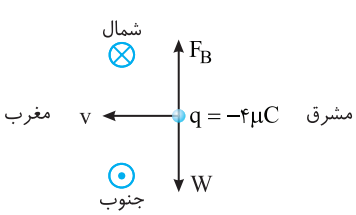
$$F=|q|vB\Rightarrow 0/15=3\times10^{-3}\times10^{3}\times B\Rightarrow B=0/05T$$

۵- گزینهٔ 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- گزینهٔ 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 قاعدهٔ دست راست و برای بار منفی باید میدان مغناطیسی رو به شمال باشد.

Ⓑ



$$F_T=0\Rightarrow F_B=W\Rightarrow qvB=mg\Rightarrow 4\times10^{-6}\times200\times B=2\times10^{-4}$$

$$B=\frac{1}{4}=0/25T$$

بنابراین میدان $0/25T$ و رو به شمال است.

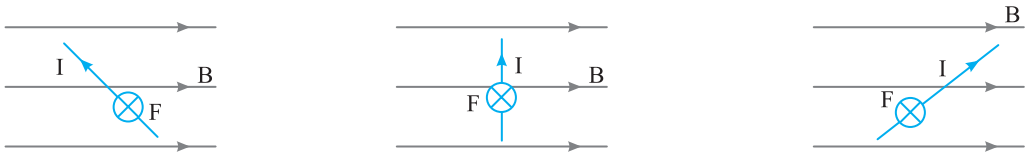
۷- گزینهٔ ۲ بیشینه نیروی مغناطیسی برای حالتی است که سیم بر خطوط میدان عمود شود یعنی سیم از وضعیت اولیه خود 45° ساعتگرد بچرخد.

Ⓐ

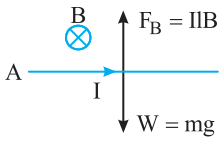
$$F_1=IlB\sin 45^\circ\Rightarrow F_1=\frac{\sqrt{2}}{2}IlB$$

$$F_2=IlB\sin 90^\circ\Rightarrow F_2=IlB$$

بنابراین در 45° چرخش اولیهٔ 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.



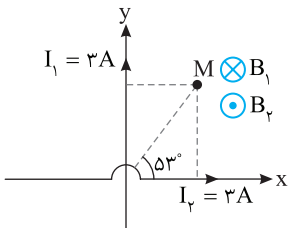
۸- گزینهٔ ۳ برای آن‌که ریسمان‌ها کشیدگی پیدا نکنند، باید نیروی وزن سیم با نیرویی که میدان مغناطیسی بر سیم وارد می‌کند، خنثی شود، بنابراین نیروی مغناطیسی باید رو به بالا و هم‌اندازه با نیروی وزن باشد:



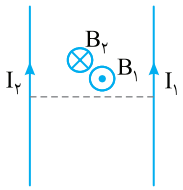
$$F_B = W \Rightarrow IlB = mg \Rightarrow ۲\times ۰/۲۵ \times B = ۰/۰۴\times ۱۰ \Rightarrow B = ۰/۸T$$

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

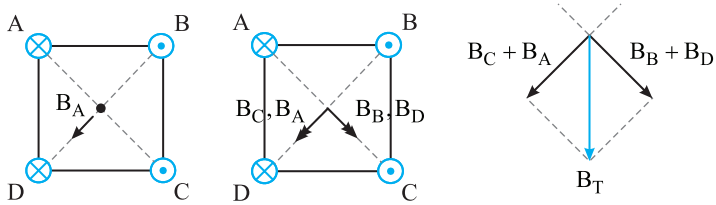
۹- گزینهٔ ۲ با توجه به شکل فاصلهٔ نقطه M از سیم $I_۲$ بیشتر از فاصلهٔ نقطهٔ M از سیم $I_۱$ است. بنابراین میدان مغناطیسی سیم $I_۲$ از میدان مغناطیسی سیم $I_۱$ کوچک‌تر است. با توجه به قاعده دست راست میدان مغناطیسی سیم $I_۱$، درونسو و میدان مغناطیسی سیم $I_۲$، برونسو است. بنابراین میدان مغناطیسی برایند درونسو خواهد بود.



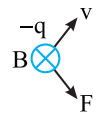
۱۰- گزینهٔ ۴ جریان‌ها همسو بوده و میدان مغناطیسی حاصل از آن‌ها بین دو سیم خلاف جهت هم بوده و در نقطه‌ای بین دو سیم و نزدیک سیم با جریان کمتر میدان می‌تواند صفر شود بنابراین از کنار هر سیم شروع به حرکت شود، ابتدا به نقطه‌ای می‌رسیم که میدان کل صفر است، پس ابتدا میدان کاهش می‌یابد و از آن نقطه به بعد افزایش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



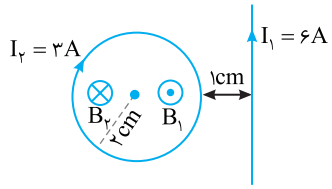
۱۱- گزینهٔ ۲ با استفاده از قاعدهٔ دست راست، میدان حاصل از هر سیم را در مرکز مربع بیابید. سپس به شکل‌های زیر نگاه کنید تا نحوهٔ به‌دست آوردن میدان مغناطیسی خالص برای شما مشخص شود. (اندازهٔ هر چهار میدان با هم برابر است.)



۱۲- گزینهٔ ۲ ابتدا جهت میدان مغناطیسی برآیند (خالص) ناشی از دو سیم $I_۱$ و $I_۲$ را بین دو سیم در مسیر بار q به کمک قاعدهٔ دست راست مشخص کنید. حق با شماست میدان هر دو سیم درونسو است و میدان خالص نیز درونسو است اکنون به کمک قاعدهٔ دست چپ برای بار منفی جهت نیروی وارد بر بار q را به‌دست می‌آوریم.



۱۳- گزینهٔ ۴ با توجه به قاعدهٔ دست راست، میدان مغناطیسی سیم راست در مرکز حلقه برونسو و میدان مغناطیسی حلقه در مرکز حلقه درونسو خواهد بود.

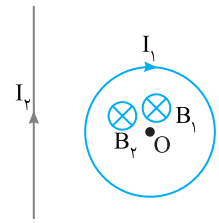


$$B_{ح} = \frac{\mu_۰}{۲} \times \frac{NI}{R} \Rightarrow B_{ح} = ۶\times ۱۰^{-۷} \times \frac{۳}{۲\times ۱۰^{-۲}} \Rightarrow B_{ح} = ۹\times ۱۰^{-۵}T$$

$$B_{س} = \frac{\mu_۰}{۲\pi} \times \frac{I}{R} \Rightarrow B_{س} = ۲\times ۱۰^{-۷} \times \frac{۶}{۳\times ۱۰^{-۲}} \Rightarrow B_{س} = ۴\times ۱۰^{-۵}T$$

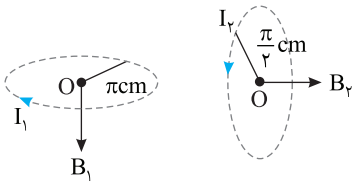
$$B_T = B_{ح} - B_{س} = ۹\times ۱۰^{-۵} - ۴\times ۱۰^{-۵} \Rightarrow B_T = ۵\times ۱۰^{-۵}T = ۰/۵G$$ درونسو

۱۴- گزینهٔ ۱ با توجه به قاعدهٔ دست راست جهت میدان‌های $B_۱$ و $B_۲$ ناشی از جریان‌های $I_۱$ و $I_۲$ در نقطهٔ O درونسو بوده و هم‌جهت‌اند، پس دو میدان با هم جمع می‌شود، بنابراین میدان مغناطیسی برایند (خالص) درونسو است.



۱۵- گزینهٔ ۴ (B)

با توجه به شکل میدان مغناطیسی سیم I_1 در خلاف جهت محور yها است و میدان مغناطیسی سیم I_2 در جهت مثبت محور xها است. حال میدان هر سیم را حساب می‌کنیم:



$$B_1=\frac{\mu_0}{2}\times\frac{NI}{R}\Rightarrow B_1=2\pi\times10^{-7}\times\frac{2}{\pi\times10^{-2}}=4\times10^{-5}\,T$$

$$B_2=2\pi\times10^{-7}\times\frac{3}{\frac{\pi}{2}\times10^{-2}}=12\times10^{-5}\,T$$

در این صورت بردار میدان خالص خواهد شد:

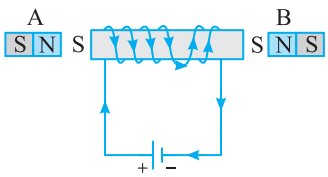
$$\vec{B}=12\times10^{-5}\vec{i}-4\times10^{-5}\vec{j}=(12\vec{i}-4\vec{j})\times10^{-5}$$

۱۶- گزینهٔ ۴ (A)

میدان مغناطیسی در مرکز حلقه در امتداد محور عمود بر حلقه بوده و باریکهٔ الکترون در راستای خط میدان در حرکت است و بر آن نیرویی وارد نشده و از مسیر خود منحرف نمی‌شود.

۱۷- گزینهٔ ۳ (A)

به کمک قاعدهٔ دست راست مشخص می‌شود که دو سر سیملوله قطب S بوده و آهنرباهای A و B را می‌رباید.



۱۸- گزینهٔ ۳ (A)

هر تسلا برابر 10^4 گاؤس است، با توجه به رابطهٔ میدان مغناطیسی برای سیملوله داریم:

$$B=\mu_0\frac{N}{l}I\Rightarrow B=4\pi\times10^{-7}\times\frac{200}{0/2}\times5=20\pi\times10^{-4}\,T\Rightarrow B=20\pi G$$

۱۹- گزینهٔ ۲ (A)

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

$$P=RI^2\Rightarrow 8=2\times I^2\Rightarrow I=2A$$

سیملوله و مقاومت به‌طور متوالی بسته شده‌اند و از سیملوله نیز جریان $2A$ می‌گذرد. حال با استفاده از رابطهٔ $B=\mu_0\frac{N}{l}I$ میدان درون سیملوله را حساب می‌کنیم:

$$B=\mu_0\frac{N}{l}I\Rightarrow B=4\pi\times10^{-7}\times\frac{30}{1}\times2=240\pi\times10^{-7}=2/4\pi\times10^{-5}\,T$$

۲۰- گزینهٔ ۱ (A)

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

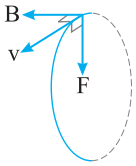
پاسخ تشریحی پرسش‌های چهارگزینه‌ای سطح دوم

۸۶۹- گزینهٔ ۲ عقربهٔ مغناطیسی می‌چرخد تا در راستای میدان مغناطیسی B قرار گیرد. پس عقربه پادساعتگرد می‌چرخد. (قطب N به سمت انتهای خطوط میدان، جهت‌گیری می‌کند.)

۸۷۰- گزینهٔ ۴ ابتدا در اثر القای مغناطیسی نوک پایین سوزن‌ها قطب S شده و سوزن‌ها یکدیگر را می‌رانند و از هم دور می‌شوند. اما با نزدیک‌تر شدن آهنربا به سوزن‌ها، سوزن‌ها به سوی آهنربا جذب می‌شوند و به هم نزدیک می‌شوند.

۸۷۱- گزینهٔ ۳ در اطراف بار الکتریکی همواره میدان الکتریکی وجود دارد. هرگاه بار الکتریکی حرکت کند در اطراف آن علاوه بر میدان الکتریکی، میدان مغناطیسی به‌وجود می‌آید. البته باید بدانیم که حرکت نسبی است یعنی اگر ناظر به سوی بار حرکت کند مانند این است که بار نسبت به ناظر در حرکت است و اسباب‌های اندازه‌گیری ناظر در اطراف بار الکتریکی (الکترون) علاوه بر میدان الکتریکی، میدان مغناطیسی را نیز نشان می‌دهند.

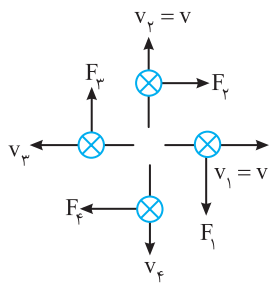
۸۷۲- گزینهٔ ۲ نیروی میدان مغناطیسی در هر نقطه بر v عمود است و v نیز مماس بر مسیر است، بنابراین F رو به مرکز دایره و در امتداد شعاع دایره است.

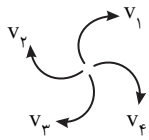


در یک نقطه مانند شکل جهت F و v را داریم و با استفاده از قانون دست راست، جهت میدان مغناطیسی به‌دست می‌آید.

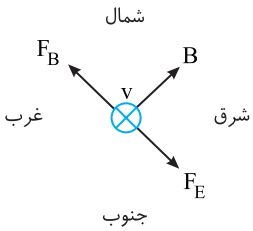
۸۷۳- گزینهٔ ۳ میدان مغناطیسی یکنواخت است، بار ذره ثابت $(q=-2\mu C)$ و تندی ذره ثابت است $(v=10^4\ m/s)$، بنابراین اندازهٔ نیروی وارد بر ذره تغییر نمی‌کند. اما بردار نیرو همواره بر $\vec{v}$ عمود است و اگر بردار $\vec{v}$، ۳۰° ساعتگرد بچرخد، بردار $\vec{F}$ نیز ۳۰° ساعتگرد می‌چرخد.

۸۷۴- گزینهٔ ۱ به کمک قاعده دست راست مطابق شکل جهت نیروی وارد بر هر ذره را به دست می‌آوریم، مشاهده خواهیم کرد که چرخش نیروها پادساعتگرد است بنابراین ذرات پادساعتگرد منحرف می‌شوند.





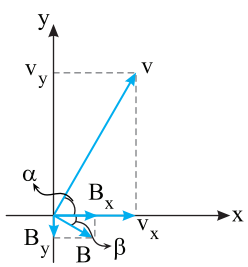
۸۷۵- گزینهٔ ۴ ابتدا یک نقشهٔ جغرافیایی می‌کشیم تا در حل سؤال به ما کمک کند، در این نقشه جهت پایین درونسو است. با توجه به قاعدهٔ دست راست و منفی بودن بار ذره جهت نیروی مغناطیسی را به‌دست می‌آوریم. (نیروی مغناطیسی هم به خطوط میدان و هم به راستای سرعت عمود است.)



بنابراین نیروی مغناطیسی به سمت شمال غرب است و چون می‌خواهیم جهت حرکت ذره تغییر نکند باید نیروی الکتریکی‌ای به سمت جنوب شرق به ذره وارد شود. ذره دارای بار منفی است و نیروی وارد بر ذره با بار منفی در خلاف جهت میدان الکتریکی است، بنابراین میدان الکتریکی باید به سمت شمال غرب باشد.

$$|F_E|=|F_B|\Rightarrow E|q|=qvB\Rightarrow E\times 2\times 10^{-6}=2\times 10^{-6}\times 2\times 10^5\times 200\times 10^{-4}\Rightarrow E=4000\ N/C$$

۸۷۶- گزینهٔ ۳ **خط فکری:** هر دو بردار $\vec{v}$ و $\vec{B}$ در صفحهٔ xoy قرار دارند. ابتدا هر دو را رسم کرده و سپس اندازهٔ هر دو را به‌دست می‌آوریم و زاویهٔ بین دو بردار را نیز به‌دست می‌آوریم.



۱) اندازه بردار $\vec{v}$ را به‌دست می‌آوریم:

$$v=\sqrt{v_x^2+v_y^2}\Rightarrow v=\sqrt{(10^5)^2+(\sqrt{3}\times 10^5)^2}\Rightarrow v=2\times 10^5\ m/s$$

۲) زاویهٔ بین بردار $\vec{v}$ و محور xها برابر است با:

$$\tan\alpha=\frac{v_y}{v_x}=\frac{10^5\sqrt{3}}{10^5}\Rightarrow\tan\alpha=\sqrt{3}\Rightarrow\alpha=60^\circ$$

۳) اندازهٔ بردار $\vec{B}$ برابر است با:

$$B=\sqrt{B_x^2+B_y^2}\Rightarrow B=\sqrt{(\frac{\sqrt{3}}{2})^2+(-\frac{1}{2})^2}\Rightarrow B=\sqrt{\frac{3}{4}+\frac{1}{4}}\Rightarrow B=1T$$

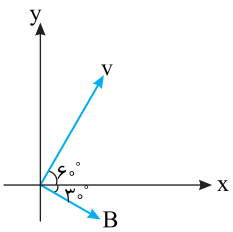
۴) زاویهٔ بین بردار B و محور xها برابر خواهد شد با:

$$\tan\beta=\frac{B_y}{B_x}=\frac{-\frac{1}{2}}{\frac{\sqrt{3}}{2}}=-\frac{\sqrt{3}}{3}\Rightarrow\beta=-30^\circ$$

۵) بنابراین زاویهٔ بین بردار $\vec{B}$ و $\vec{v}$ برابر است با:

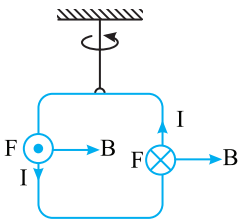
$$30^\circ+60^\circ=90^\circ$$

۶) اکنون می‌توان نیروی وارد بر الکترون را حساب کرد.



$$F=qvB\sin\theta\Rightarrow F=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\times۲\times۱۰^{۵}\times۱\times\sin۹۰^{\circ}\Rightarrow F=۳/۲\times۱۰^{-۱۴}\,N$$

۸۷۷- گزینهٔ ۴ (B) در شکل گزینهٔ (۱) میدان مغناطیسی نداریم بنابراین بر سیم حامل جریان نیرویی وارد نمی‌شود. در گزینه‌های (۲)، (۳) و (۴) با توجه به جهت چرخش قاب‌ها (که در همهٔ آن‌ها یکسان است)، باید بر ضلع سمت چپ قاب نیرویی برونسو و بر ضلع سمت راست نیرویی درونسو وارد شود. حال با توجه به قاعدهٔ دست راست برای ضلع سمت چپ، شست دست راست را به سمت بیرون کاغذ و چهار انگشت دست راست به سمت پایین در جهت جریان می‌گیریم، در این حالت کف دست راست که نشان دهندهٔ جهت میدان است به سمت راست است پس گزینهٔ (۴) درست است.



۸۷۸- گزینهٔ ۳ (C) صحبت از شتاب است، بنابراین باید به سراغ قانون دوم نیوتون $F=ma$ برویم. ابتدا باید جرم میله را به کمک چگالی به‌دست آوریم:

$$m=\rho V\xrightarrow[A=\pi r^{۲}]{V=Al} m=\rho l(\pi r^{۲})\Rightarrow m=۸۰۰۰\times l\times۳(۰/۵\times۱۰^{-۲})^{۲}\Rightarrow m=۰/۶l$$

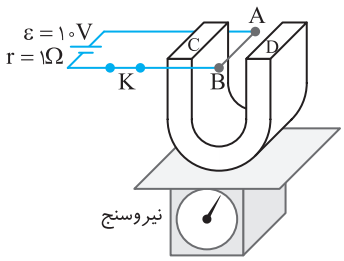
اکنون نیروی وارد بر میله را به دست می‌آوریم:

$$F=IlB\sin\theta\xrightarrow{\theta=۹۰^{\circ},\sin\theta=۱} F=۴\times l\times۱/۲$$

حال از قانون دوم نیوتون به‌راحتی شتاب را حساب می‌کنیم:

$$F=ma\Rightarrow a=\frac{F}{m}\Rightarrow a=\frac{۴\times l\times۱/۲}{۰/۶l}\Rightarrow a=۸m/s^{۲}$$

۸۷۹- گزینهٔ ۱ (B) ابتدا نیروسنج نیروی $W=mg=۲N$ را نشان می‌دهد پس از بستن کلید نیرو سنج عدد $۲/۱N$ را نشان داده است. بنابراین سیم حامل جریان بر آهنربا نیروی $F'=۲/۱-۲=۰/۱N$ را رو به پایین وارد کرده است. در نتیجه نیرویی که آهنربا بر سیم AB وارد می‌کند، بنا به قانون سوم نیوتون برابر $F=۰/۱N$ و رو به بالا خواهد بود.



جریان سیم AB را به‌دست می‌آوریم:

$$I=\frac{\varepsilon}{R+r}\Rightarrow I=\frac{۱۰}{۴+۱}\Rightarrow I=۲A$$

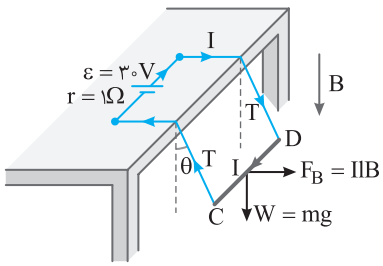
میدان مغناطیسی بین قطب‌های آهنربا برابر است با:

$$F=IlB\sin\theta\Rightarrow ۰/۱=۲\times۰/۱\times B\times۱\Rightarrow B=\frac{۱}{۲}T=۵۰۰۰G$$

جریان از A به B بوده و نیروی وارد بر آن رو به بالا است پس جهت میدان مغناطیسی از تیغهٔ C به سمت تیغهٔ D است.

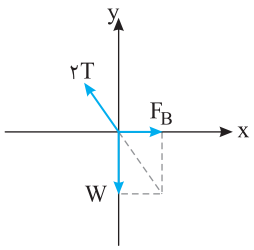
۸۸۰- گزینهٔ ۳ (C) جریان در سیم از D به C بوده و میدان B رو به پایین است. بنابراین نیرویی که میدان بر سیم وارد می‌کند، مطابق شکل به سمت راست بوده و سبب انحراف سیم می‌شود تا جایی که نیروی خالص صفر می‌شود. مانند یک تاب که شما آن را به سمت راست کشیده و نگه می‌دارید، در این‌صورت نیروهای وارد بر تاب:

۱- نیروی F شما رو به راست، ۲- نیروی وزن W رو به پایین، ۳- نیرویی که دو طناب وارد می‌کنند که آن را T می‌نامیم. اکنون به نیروهای وارد بر سیم که در شکل نشان داده شده توجه کنید. خواهیم داشت:



$$۲\vec{T}=\vec{W}+\vec{F}$$

در شکل نمودار x و y روبه‌رو می‌توان قضیهٔ فیثاغورس را به‌کار برد:



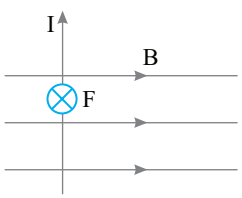
$$۲T=\sqrt{W^{۲}+F^{۲}}\Rightarrow ۲T=\sqrt{(mg)^{۲}+(IlB)^{۲}}$$

باید جریان سیم CD را به‌دست بیاوریم:

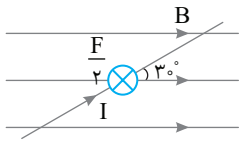
$$I=\frac{\varepsilon}{R+r}\Rightarrow I=\frac{۳۰}{۲+۱}=۱۰A$$

$$۲T=\sqrt{(۰/۳)^{۲}+(۱۰\times۱\times۴\times۱۰^{-۲})^{۲}}\Rightarrow ۲T=\sqrt{۰/۳^{۲}+۰/۴^{۲}}=۰/۵N\Rightarrow T=۰/۲۵N$$

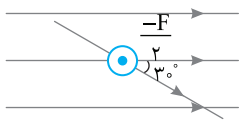
۸۸۱- گزینهٔ ۱ (C) اگر چهار انگشت دست راست خود را در جهت جریان قرار دهید به‌گونه‌ای که کف دست راست شما در جهت B باشد، انگشت باز دست راست شما رو به درون صفحه کاغذ خواهد بود یعنی بردار F درونسو است. اکنون می‌خواهیم بردار F علاوه بر نصف شدن برونسو نیز شود، در این صورت با دو حالت زیر سروکار داریم.



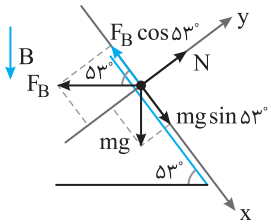
البته باید زاویهٔ بین I و B، ۳۰° باشد تا در رابطهٔ نیرو $\sin\theta=\frac{۱}{۲}$ شود و نیرو نصف شود.



حالت اول: اگر زاویهٔ بین I و B، 30° باشد، با توجه به قاعدهٔ دست راست نیرو درونسو می‌شود و زاویهٔ 30° در شکل (الف) جواب مسئله نیست.



حالت دوم: اگر زاویهٔ بین I و B مطابق شکل (ب) 30° باشد، یعنی سیم را از حالت قائم 120° بچرخانیم، آن‌گاه علاوه بر نصف شدن نیرو، جهت نیرو نیز برونسو و خلاف جهت اولیه خواهد شد.



۸۸۲- گزینه ۱ ابتدا جریان سیم CD را به‌دست می‌آوریم:

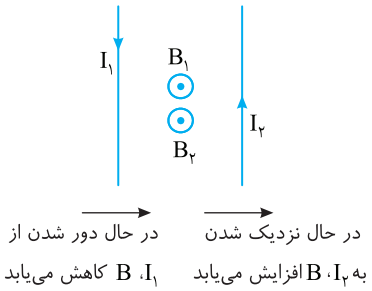
$$I=\frac{\varepsilon}{R+r}\Rightarrow I=\frac{۶}{۲}=۳A$$

در شکل روبه‌رو جریان سیم درونسو، میدان مغناطیسی رو به پایین و بنا بر قاعدهٔ دست راست نیروی میدان مغناطیسی مطابق شکل به سمت چپ است. سیم ساکن است از این رو:

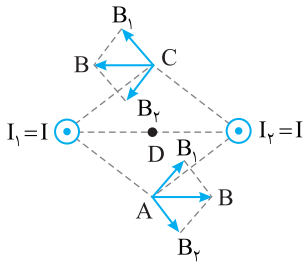
$$F_B\cos ۵۳^\circ=mg\sin ۵۳^\circ\Rightarrow F_B=mg\tan ۵۳^\circ\Rightarrow IlB=mg\tan ۵۳^\circ$$

$$\Rightarrow ۳\times ۰/۵\times B=۰/۰۹\times ۱۰\times\frac{۴}{۳}\Rightarrow B=\frac{۴}{۵}=۰/۸T$$

۹۷۸- گزینهٔ ۲ (B) جریان‌ها ناهمسو است (فرض کنید I_1 رو به پایین و I_2 رو به بالا باشد)، بنابراین میدان‌های دو سیم بین دو سیم هم‌جهت هستند. در نزدیکی هر سیم میدان مغناطیسی بزرگ است. هرچه از سیم I_1 به سمت سیم I_2 برویم این میدان بزرگ کاهش می‌یابد، اما با نزدیک شدن به سیم I_2 مجدداً میدان در نزدیکی سیم I_2 بزرگ می‌شود. بنابراین میدان مغناطیسی ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد.



۹۷۹- گزینهٔ ۱ (B) بین دو سیم در نقطهٔ D میدان دو سیم در خلاف جهت هم می‌باشد و بزرگی آن‌ها برابر بوده، پس میدان صفر است. در این صورت از A تا D میدان کاهش و سپس از D تا C افزایش می‌یابد و با توجه به شکل جهت میدان تغییر می‌کند.

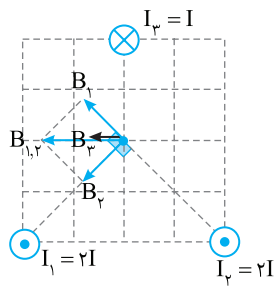


۹۸۰- گزینهٔ ۱ (B) به مراحل زیر دقت کنید:

۱) جریان‌های I_1 و I_2 با هم برابرند از این‌رو میدان‌های مغناطیسی آن‌ها در نقطهٔ O هم‌اندازه‌اند، بنابراین برایند میدان‌های آن‌ها روی نیم‌ساز دو بردار قرار می‌گیرد. اکنون به شکل روبه‌رو و جهت میدان‌های B_1 و B_2 دقت کنید. میدان $B_{1,2}$ در جهت M است.

۲) میدان حاصل از جریان سیم I_3 را به کمک قاعده دست راست به‌دست آورید، این میدان نیز در جهت M خواهد بود.

۳) میدان خالص که برایند B_3 و $B_{1,2}$ است در جهت M است.

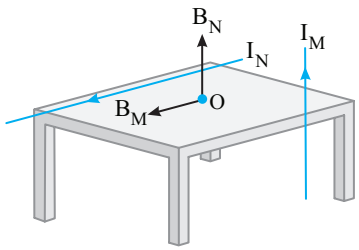


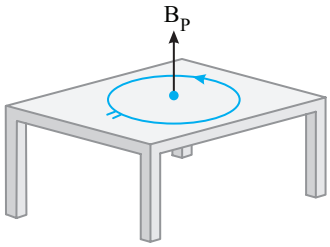
۹۸۱- گزینهٔ ۳ (B) باید با توجه به قاعدهٔ دست راست جهت میدان‌های حاصل از سیم‌های M و N در نقطهٔ O را به‌دست آوریم:

۱) برای سیم‌های راست، شست دست راست را در جهت جریان قرار داده و با خم کردن چهار انگشت و بردن آن به نقطهٔ O جهت میدان حاصل از سیم‌های M و N را می‌توان مشخص کرد که در شکل روبه‌رو جهت میدان B_M ناشی از جریان I_M روی میز قرار می‌گیرد و میدان مغناطیسی B_N ناشی از جریان I_N به سمت بالای میز است.

۲) برای حلقه نیز با توجه به قاعدهٔ دست راست مشخص است که میدان مغناطیسی حلقه نیز به سمت بالای میز و در امتداد B_N است.

بنابراین B_N و B_P هم جهت هستند و با هم جمع می‌شوند و میدان خالص در نقطهٔ O از رابطهٔ فیثاغورس به‌دست می‌آید.

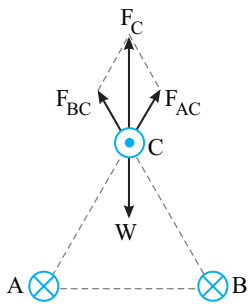




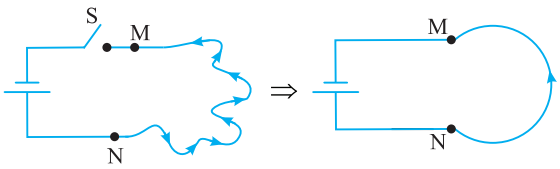
$$B_{N,P}=B+2B=3B$$

$$B_O=\sqrt{(3B)^2+B^2}=\sqrt{B^2_{N,P}+B^2_M}=\sqrt{10}B$$

۹۸۲- گزینهٔ ۳ (C) نیروی وزن سیم C روبه پایین و در امتداد قائم است. باید برایند نیرویی که سیم A و سیم B بر سیم C وارد می‌کنند نیروی وزن آن را خنثی کند تا سیم C در تعادل باشد. بنابراین نیروی برایند وارد بر سیم C از سوی سیم‌های A و B باید روبه بالا و در امتداد وزن باشد. یعنی سیم‌های A و B هر دو باید سیم C را دفع کنند. در این صورت جریان‌های B و C و جریان‌های A و C باید ناهمسو باشند. بنابراین وقتی جریان B درونسوست باید جریان C برونسو باشد و وقتی جریان C برونسو است باید جریان A درونسو باشد تا یکدیگر را برانند. از طرفی باید نیروهای F_{AC} و F_{BC} با هم برابر باشند تا برایند آن‌ها در امتداد نیمساز آن‌ها و در امتداد وزن باشد. از این رو باید $I_A=I_B$ باشد.



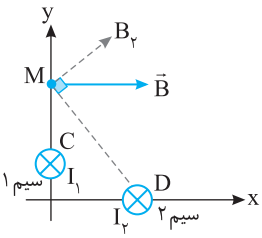
۹۸۳- گزینهٔ ۱ (B) با وصل کلید S و برقراری جریان اگر به جهت جریان در سیم دقت کنید هر دو جزء کنار هم دارای جریان‌های ناهمسو هستند، پس یکدیگر را می‌رانند و سیم به شکل دایره در می‌آید.



۹۸۴- گزینهٔ ۱ (B) **خط فکری:** نیروی بین دو سیم حامل جریان، هرگاه جریان‌ها همسو باشند ربایشی (جاذبه) و هرگاه جریان‌ها ناهمسو باشند رانشی (دافعه) است.

با توجه به جهت میدان مغناطیسی سیم (۱) در نقطهٔ M و قاعدهٔ دست راست، جریان سیم (۱) درونسو است. دو سیم یکدیگر را می‌ربایند بنابراین جریان آن‌ها همسو بوده یعنی جریان I_2 درونسوست.

بنابراین میدان مغناطیسی سیم (۲) در نقطهٔ M به صورت نشان داده شده در شکل است و گزینهٔ (۴) درست است.



۹۸۵- گزینهٔ ۲ (B) اگر طول سیملوله y را برابر l و تعداد حلقه‌های آن را N بگیریم، در این صورت طول سیملولهٔ x، $3l$ و تعداد حلقه‌های آن $2N$ می‌شود. با نصف کردن سیملوله y طول آن $\frac{l}{2}$ و تعداد حلقه‌های آن نیز $\frac{N}{2}$ می‌شود. اکنون میدان مغناطیسی سیملولهٔ x و سیملولهٔ جدید y را با هم مقایسه می‌کنیم.

$$\frac{B_x}{B_{y\text{جدید}}}=\frac{\mu_\circ \frac{2N}{3l} I}{\mu_\circ \frac{\frac{N}{2}}{\frac{l}{2}} I}\Rightarrow \frac{B_x}{B_{y\text{جدید}}}=\frac{2}{3}$$

۹۸۶- گزینهٔ ۴ (C) در فرمول $B=\mu_\circ \frac{N}{l} I$، $\frac{N}{l}$ در واقع تعداد حلقه‌ها در یکای طول سیملوله است. صورت مسئله تعداد حلقه‌ها در هر سانتی‌متر را ۲۰ دور بیان کرده است، از این‌رو در یک متر سیملوله تعداد حلقه $20\times100=2000$ خواهد شد. بنابراین میدان مغناطیسی سیملوله خواهد شد:

$$B=\mu_\circ \frac{N}{l} I\Rightarrow B=12\times10^{-7}\times(2000)\times2\Rightarrow=4/8\times10^{-2}\,T$$

اکنون نیروی وارد بر بار را به‌دست می‌آوریم.

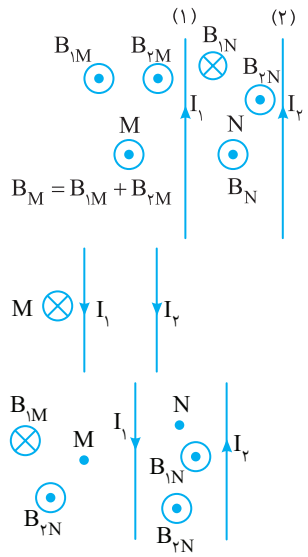
$$F=|q|vB\sin\theta\Rightarrow F=0/5\times10^{-3}\times4\times10^{3}\times10^{3}\times4/8\times10^{-2}\sin30^\circ\Rightarrow F=48N$$

(10^{-3}: برای تبدیل به کولن؛ 10^{3}: برای تبدیل به m/s)

دقت کردید که طول سیملوله در حل این تست جایی نداشت.

۹۸۷- گزینهٔ ۱ (C) اگر جریان‌های I_1 و I_2 همسو رو به بالا باشند. در نقطهٔ M میدان هر دو سیم برونسو بوده و میدان خالص نیز برونسو خواهد شد. در این صورت با جریان‌های همسو رو بالا میدان مغناطیسی سیم I_2 در محل N برونسو و میدان مغناطیسی سیم I_1 در محل N درونسو است. با توجه به فرض مسئله میدان خالص در نقطه N برونسو است بنابراین میدان مغناطیسی برونسوی B_{2N} از میدان مغناطیسی درونسوی B_{1N} بزرگ‌تر است و این به معنای آن است که $I_2>I_1$ است و گزینهٔ (۱) درست است.

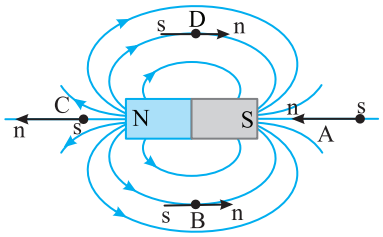
اما اگر جریان‌ها رو به پایین باشند میدان خالص در نقطهٔ M درونسو خواهد بود که خلاف فرض مسئله است. اگر جریان‌ها ناهمسو باشد باید I_1 رو به پایین و I_2 رو به بالا باشد. تا میدان خالص در نقطهٔ N برونسو شود. در این حالت دو میدان با هم جمع می‌شوند. در نقطهٔ M دو میدان از هم کم می‌شوند زیرا خلاف جهت هم می‌شوند. در این صورت میدان خالص در نقطه N قطعاً از میدان خالص برونسو در نقطهٔ M بزرگ‌تر می‌شود که خلاف فرض مسئله است.



پاسخ آزمون ۱

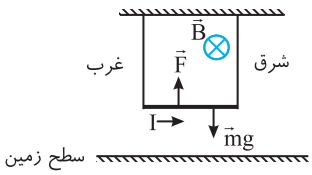
تست‌های مشابه: ۸۰۶ تا ۸۱۵

۱- گزینهٔ ۱ (A) با توجه به شکل خطوط میدان، جهت میدان در نقطهٔ A درست رسم شده است.



تست‌های مشابه: ۸۶۳ تا ۸۶۸

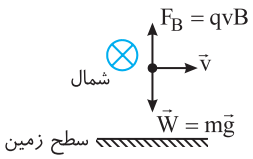
۲- گزینهٔ ۱ (A) اگر نیروی وارد بر سیم از طرف میدان مغناطیسی به سمت بالا باشد، کشش نخ‌ها کاهش می‌یابد. از طرفی میدان مغناطیسی زمین از جنوب به شمال است، پس جریان در سیم باید به طرف شرق باشد.



تست‌های مشابه: ۸۳۹ تا ۸۴۲

۳- گزینهٔ ۲ (B) 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.

$$F_B = W \Rightarrow qvB = mg \Rightarrow ۲/۵\times۱۰^{-۷}\times۴\times۱۰^{۵}\times B = ۵\times۱۰^{-۶}\times۱۰ \Rightarrow B = ۵\times۱۰^{-۴}\,T = ۵G$$



تست‌های مشابه: ۸۶۰ تا ۸۶۲

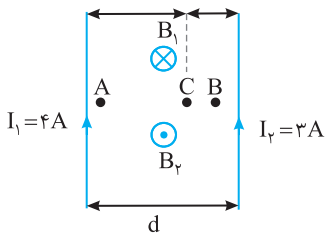
۴- گزینهٔ ۳ (B) بر سیم تنها مؤلفهٔ قائم میدان نیرو وارد می‌کند از این‌رو:

$$F = IlB_y \Rightarrow F = ۲\times۰/۵\times۳ = ۳N$$

تست‌های مشابه: ۸۸۹ تا ۸۹۳

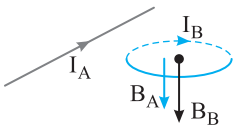
۵- گزینهٔ ۳ (B) بین دو سیم میدان‌ها ناهمسو هستند، بنابراین وقتی از A به سوی B می‌رویم، در نقطه‌ای مانند C میدان می‌تواند صفر شود. یعنی میدان‌های دو سیم هم‌اندازه و در خلاف جهت هم باشند و یکدیگر را خنثی کنند.

بنابراین میدان از A تا C در حال کاهش و از C تا B در حال افزایش است.



تست‌های مشابه: ۹۲۶ و ۹۲۷

۶- گزینهٔ ۱ (A) با توجه به شکل جهت میدان مغناطیسی برایند مطابق گزینهٔ (۱) است.



تست‌های مشابه: ۹۵۱ و ۹۵۲

۷- گزینهٔ ۲ (B) در واقع در هر ۴ میلی‌متر از طول سیملوله یک دور سیم وجود دارد و تعداد دورهای سیملوله در واحد طول برابر است با:

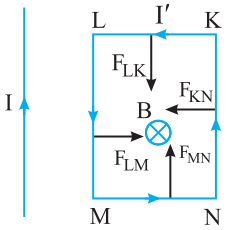
$$n = \frac{N}{l} = \frac{۱}{۴\times۱۰^{-۳}} \Rightarrow n = ۲۵۰$$

اکنون میدان مغناطیسی سیملوله را به‌دست می‌آوریم:

$$B = \mu_{۰} nI \Rightarrow B = ۴\pi\times۱۰^{-۷}\times۲۵۰\times۳ \Rightarrow B = ۳\pi\times۱۰^{-۴}\,T \Rightarrow B = ۳\pi G$$

تست‌های مشابه: ۹۱۱ تا ۹۱۳

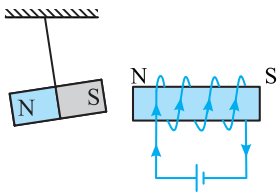
۸- گزینهٔ ۱ (B) میدان مغناطیسی ناشی از سیم راست در سمت راست سیم و در محل قاب بنا بر قاعدهٔ دست راست، درونسو است.



نیروی وارد بر سیم LK پایین‌سو و نیروی وارد بر سیم MN بالاسو است و این نیروها برابرند و یکدیگر را خنثی می‌کنند. نیروی وارد بر سیم LM بنا بر قاعدهٔ دست راست برای نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی به سمت راست و نیروی وارد بر سیم KN به سمت چپ است. نیروی وارد بر سیم LM که به سیم راست نزدیک‌تر است بیشتر از نیروی وارد بر سیم KN بوده $(F_{LM} > F_{KN})$ و قاب به سمت راست کشیده می‌شود.

تست‌های مشابه: ۹۴۰ تا ۹۴۴

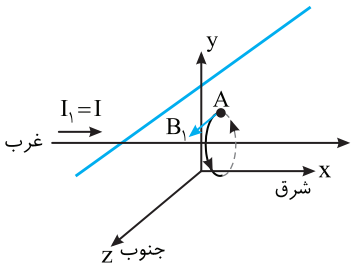
۹- گزینهٔ ۱ (A) مطابق شکل با بستن کلید K و برقراری جریان، سمت چپ سیملوله قطب N شده و آهنربا را به سوی خود می‌کشد.



تست‌های مشابه: ۸۹۴ تا ۸۹۸

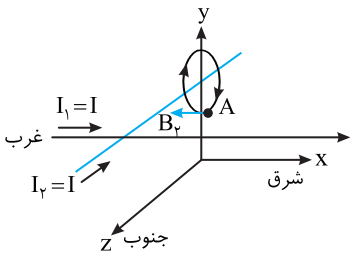
۱۰- گزینهٔ ۴ (C) اگر محورهای x، y و z را رسم کنیم، داریم:

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



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

پس میدان برایند در نقطهٔ A به سمت جنوب غربی است.



تست‌های مشابه: ۸۸۳ تا ۸۸۸

۱۱- گزینهٔ ۳ (A) در شکل (۳) نیروی وارد بر بار باید صفر باشد، زیرا 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 قاعدهٔ دست راست، نیروی وارد بر بار باید رو به بالا باشد که چنین نیست و شکل نادرست است.

تست‌های مشابه: ۸۱۶ تا ۸۱۹

۱۲- گزینهٔ ۳ (B) قطب‌نما همواره مماس بر خطوط میدان قرار می‌گیرد.

تست‌های مشابه: ۹۳۷ و ۹۳۸

۱۳- گزینهٔ ۴ (B) ابتدا مقاومت الکتریکی بین دو نقطهٔ A و B را به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow \frac{1}{R} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} \Rightarrow R = 2\Omega$$

سپس جریان مدار و V_{AB} را حساب می‌کنیم:

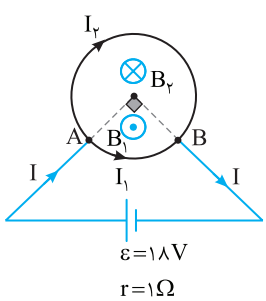
$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} \Rightarrow I = \frac{18}{2+1} \Rightarrow I = 6A$$

$$V_{AB} = IR_{AB} = 6 \times 2 = 12V$$

جریان هر شاخه برابر است با:

$$I_1 = \frac{V_{AB}}{R_1} = \frac{12}{3} = 4A$$

$$I_2 = \frac{V_{AB}}{R_2} \Rightarrow I_2 = \frac{12}{6} = 2A$$



اکنون میدان‌ها را به‌دست می‌آوریم و از هم کم می‌کنیم:

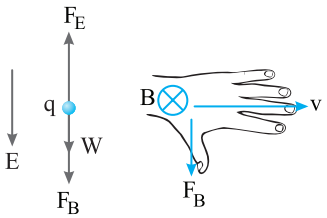
$$B=\frac{\mu_{\circ}NI}{2r}\Rightarrow\begin{cases}B_1=2\pi\times10^{-7}\times\frac{1}{4}\times\frac{4}{10^{-1}}\Rightarrow B_1=2\pi\times10^{-6}\,T=2\pi\times10^{-2}\,G & \text{برونسو}\\ B_2=2\pi\times10^{-7}\times\frac{3}{4}\times\frac{2}{10^{-1}}\Rightarrow B_2=3\pi\times10^{-6}\,T=3\pi\times10^{-2}\,G & \text{برونسو}\end{cases}$$

$$\Rightarrow B_T=B_2-B_1=3\pi\times10^{-2}-2\pi\times10^{-2}\Rightarrow B_T=\pi\times10^{-2}\,G$$

تست‌های مشابه: ۸۳۹ تا ۸۴۲

۱۴- گزینهٔ ۲ ۱) جهت نیروی وزن به سمت پایین و اندازهٔ آن برابر است با:

$$W=mg\Rightarrow W=5\circ\times10^{-3}\times10\Rightarrow W=\circ/5\,N$$



۲) اندازهٔ نیروی مغناطیسی برابر است با: $F_B=qvB\sin\theta\Rightarrow F_B=10\times10^{-6}\times10^{5}\times\circ/5\times\sin90^{\circ}=\circ/5\,N$

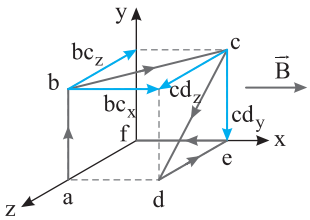
ذره دارای بار منفی بوده و با توجه به قاعده دست راست برای بار منفی نیرویی که میدان مغناطیسی بر بار وارد می‌کند، رو به پایین است و با نیروی وزن جمع می‌شود.

۳) نیروی میدان الکتریکی باید رو به بالا باشد تا برایند نیروی وزن و نیروی مغناطیسی را خنثی کند. نیرویی که میدان الکتریکی بر بار منفی وارد می‌کند در خلاف جهت میدان است، از این رو میدان الکتریکی باید رو به پایین باشد.

$$F_E=F_B+W\Rightarrow qE=F_B+W\Rightarrow10\times10^{-6}\times E=\circ/5+\circ/5\Rightarrow E=10^{5}\,N/C$$

تست‌های مشابه: ۸۵۷ تا ۸۵۹

۱۵- گزینهٔ ۱ سیم bc را به دو مولفهٔ bc_x و bc_z و سیم cd را به دو مولفهٔ cd_z و cd_y تجزیه می‌کنیم.



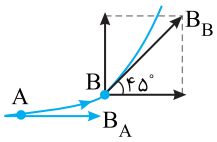
بر سیم ef و بر مولفهٔ bc_x که در راستای میدان هستند نیرویی وارد نمی‌شود. نیروی وارد بر سیم ab و نیروی وارد بر مولفه cd_y برابر و در خلاف جهت هم بوده یکدیگر را خنثی می‌کنند. نیروی وارد بر مولفهٔ bc_z و نیروی وارد بر مولفهٔ cd_z در خلاف جهت بوده و یکدیگر را خنثی می‌کنند و تنها نیروی وارد بر de باقی می‌ماند که برابر است با:

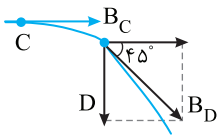
$$F=IlB=2\times\circ/1\times\circ/04\Rightarrow F=8\times10^{-3}\,N$$

پاسخ آزمون ۲

تست‌های مشابه: ۸۰۶ تا ۸۱۵

۱- گزینهٔ ۲ میدان مغناطیسی در هر نقطه مماس بر خطوط میدان و هم‌سو با خطوط میدان است، پس میدان مغناطیسی در نقطهٔ B می‌تواند به صورت $0/02\vec{i}+0/02\vec{j}$ باشد.





تست‌های مشابه: ۸۱۶ تا ۸۱۹

۲- گزینهٔ ۲ با توجه به جهت مالش آهنربا، نوک سوزن قطب S می‌شود که جهت جنوب جغرافیایی را نشان می‌دهد.

تست‌های مشابه: ۸۲۰ تا ۸۲۲

۳- گزینهٔ ۳ راستای نیروی مغناطیسی بر راستای سرعت ذره و خطوط میدان عمود است و گزارهٔ (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 گزارهٔ (ب) درست است. در رابطهٔ $F=qvB\sin\theta$، θ زاویهٔ بین راستای حرکت ذره و خطوط میدان است و نیرو همواره بر v و B عمود است بنابراین گزاره (پ) نادرست است.

تست‌های مشابه: ۸۳۸ تا ۸۴۲

۴- گزینهٔ ۲ میدان الکتریکی در جهت مثبت محور y ها بر این ذره نیرو وارد می‌کند:

$$F_E=qE\Rightarrow F_E=5\times10^{-6}\times10^{5}\Rightarrow F_E=0/5N$$

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. بنابراین نیروی میدان مغناطیسی بر نیروی الکتریکی F_E که در امتداد محور y ها است نیز عمود می‌باشد.

$$F_B=qvB\Rightarrow F_B=5\times10^{-6}\times10^{6}\times0/1\Rightarrow F_B=0/5N$$

$$F=\sqrt{F_B^2+F_E^2}=\sqrt{(0/5)^2+(0/5)^2}=\frac{\sqrt{2}}{2}N$$

نیروی الکترومغناطیسی وارد بر ذره خواهد شد با:

تست‌های مشابه: ۸۶۰ تا ۸۶۲

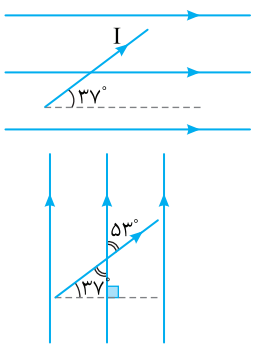
۵- گزینهٔ ۳ نیرویی که بر سیم وارد می‌شود، در اثر مولفهٔ B_x است و به دلیل اینکه راستای سیم در جهت محور y است، از طرف B_y بر سیم نیرویی وارد نمی‌شود.

$$F=IlB_x\Rightarrow F=2\times0/5\times0/2\Rightarrow F=0/2N$$

با توجه به قاعدهٔ دست راست و داشتن جهت جریان و میدان مغناطیسی، جهت نیرو برونسو است.

تست‌های مشابه: ۸۵۱ تا ۸۵۶

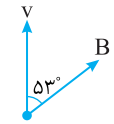
۶- گزینهٔ ۱ در رابطهٔ $F=IlB\sin\theta$، منظور از θ زاویهٔ بین سیم حامل جریان و خطوط میدان مغناطیسی است، پس در شکل (الف) $\theta_1=37^\circ$ است و در شکل (ب) $\theta_2=53^\circ$ است.



$$\begin{cases}F_1=IlB\sin37^\circ\\F_2=IlB\sin53^\circ\end{cases}\Rightarrow\frac{F_2}{F_1}=\frac{Il_B\sin53^\circ}{IlB\sin37^\circ}=\frac{0/8}{0/6}=\frac{4}{3}$$

تست‌های مشابه: ۸۲۳ تا ۸۲۶

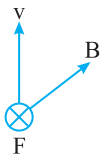
۷- گزینهٔ ۴ (B) با توجه به شکل سؤال، زاویهٔ بین جهت حرکت ذره (v) و خطوط میدان، ۵۳° است:



$$F=qvB\sin\theta \xrightarrow[B=10^{-4}\,G=1T]{\theta=53^\circ} F=(25\times10^{-6})\times(2\times10^{5})\times0/8\Rightarrow F=4N$$

حال با استفاده از قاعدهٔ 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: ۸۶۶ تا ۸۶۸

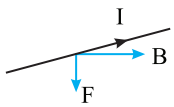
۸- گزینهٔ ۳ (B) عامل تغییر عدد نشان داده شده در ترازو، نیرویی وارد بر آهنربا از طرف سیم حامل جریان است که این نیرو طبق قانون سوم نیوتون عکس‌العمل نیرویی است که آهنربا به سیم حامل جریان وارد کرده، پس با آن هم اندازه است:

$$F_B=8\times10^{-3}N\Rightarrow IlB=8\times10^{-3}\Rightarrow I\times\frac{20}{100}\times100\times10^{-4}=8\times10^{-3}\Rightarrow I=4A$$

با توجه به اینکه در مدار در مقاومت 2Ω داریم:

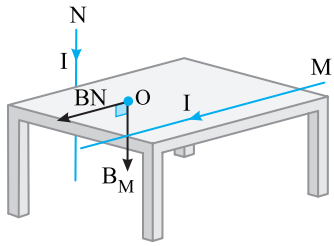
$$R=\frac{V}{I}\Rightarrow2=\frac{V}{4}\Rightarrow V=8V$$

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 قاعدهٔ دست راست جهت جریان را به‌دست می‌آوریم. جهت جریان نشان می‌دهد که جریان از نقطهٔ M خارج و به نقطهٔ N وارد می‌شود پس باید باتری B در مدار قرار گیرد.



تست‌های مشابه: ۹۸۰ و ۹۸۱

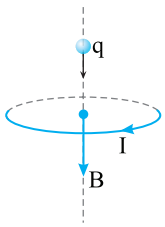
۹- گزینهٔ ۲ (B) ابتدا جهت میدان‌های حاصل از دو سیم M و N را با توجه به قاعدهٔ دست راست در نقطهٔ O به‌دست می‌آوریم. میدان سیم M در نقطهٔ O در جهت روبه پایین میز و میدان سیم N روی سطح میز خواهد بود، بنابراین دو میدان بر هم عمودند و خواهیم داشت:



$$B_O=\sqrt{B_M^2+B_N^2}\Rightarrow\sqrt{5}B=\sqrt{B^2+B_N^2}\Rightarrow5B^2=B^2+B_N^2\Rightarrow4B^2=B_N^2\Rightarrow B_N=2B$$

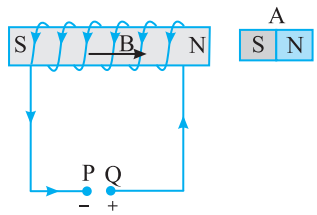
تست‌های مشابه: ۹۳۶ و ۹۳۷

۱۰- گزینهٔ ۱ (B) 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 زاویهٔ بین راستای حرکت ذره و میدان مغناطیسی حلقه صفر است، بنابراین از طرف حلقهٔ حامل جریان بر بار q نیروی مغناطیسی وارد نمی‌شود. به همین دلیل ذره با شتاب گرانش g سقوط خواهد کرد. $(a=g)$



تست‌های مشابه: ۹۴۰ تا ۹۴۶

۱۱- گزینهٔ ۲ (A) با وصل کلید، رباش صورت گرفته است. بنابراین سمت راست سیملوله قطب N است و میدان درون سیملوله به سمت راست است و پایانهٔ Q مثبت است.



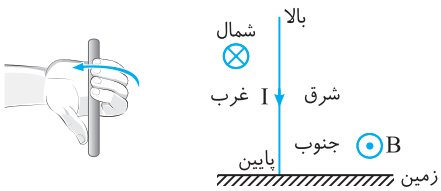
تست‌های مشابه: ۹۶۶ تا ۹۷۷

۱۲- گزینهٔ ۳ (A) 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.

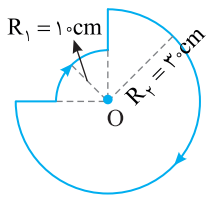
تست‌های مشابه: ۸۸۳ تا ۸۸۸

۱۳- گزینهٔ ۲ (A) **خط فکری:** با توجه به نقشه‌ای که در قسمت‌های قبل جهت های جغرافیایی را با آن مشخص می‌کردیم، جهت رو به شمال را درونسو و جهت جنوب را برونسو در نظر می‌گیریم. به کمک قاعدهٔ دست راست جهت میدان را در سمت راست سیم به‌دست می‌آوریم. مطابق شکل جهت B برونسو یا رو به جنوب است.



تست‌های مشابه: ۹۳۳ تا ۹۳۵

۱۴- گزینهٔ ۴ (A) مدار شامل یک ربع دایره با میدان درونسو و یک قسمت $\frac{۳}{۴}$ دایره آن نیز با میدان درونسو تشکیل شده است. میدان برایند برابر خواهد شد با:

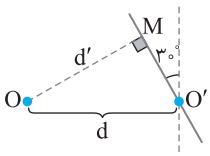


$$B_T = B_۱ + B_۲ = \frac{\mu_۰}{۲} \times \frac{N_۱ I}{R_۱} + \frac{\mu_۰}{۲} \times \frac{N_۲ I}{R_۲} = ۶ \times ۱۰^{-۷} \times ۵ \left(\frac{۱}{۴} \times \frac{۱}{۰/۱} + \frac{۳}{۴} \times \frac{۱}{۰/۳} \right)$$

تست‌های مشابه: ۸۹۷ تا ۸۹۹

۱۵- گزینهٔ ۲ (B) **خط فکری:** فاصلهٔ نقطه‌ای که در آن $B_T = ۱۵ \times ۱۰^{-۶} = ۰/۱۵G$ میدان مغناطیسی حاصل از سیم حامل جریان خواسته شده طول عمودی است که از آن نقطه به سیم رسم می‌شود.

فاصلهٔ 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 زاویهٔ قائمه از وتر (d) کوچک‌ترند. حال که فاصلهٔ سیم تا O کمتر شده است میدان قوی‌تر می‌شود. اکنون خودتان سیم را ۳۰° ساعتگرد بچرخانید و ببینید به همین نتیجه خواهید رسید.

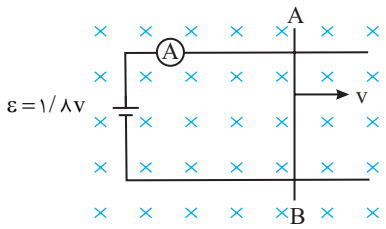


آزمون ۲ *

۱- یک حلقهٔ فلزی به مقاومت 12Ω عمود بر خط‌های میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی ۱۲۰ گاوس قرار دارد. مساحت حلقه با چه آهنگی بر حسب m^2/s تغییر کند تا جریان الکتریکی القا شده در حلقه برابر ۰/۶ آمپر شود؟

۱) ۱ ۲) ۰/۱ ۳) ۲ ۴) ۰/۲

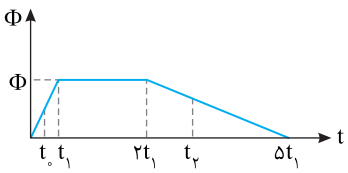
۲- در مدار زیر میلهٔ AB با سرعت ثابت $20m/s$ در میدان مغناطیسی یکنواخت و درون سوی $\vec{B}$ به بزرگی $400G$ حرکت می‌کند. آمپرسنج چه جریانی را بر حسب آمپر نشان می‌دهد؟



آزمون مدارس برتر

۱) $\frac{1}{3}$ ۲) $\frac{1}{4}$ ۳) $\frac{1}{2}$ ۴) $\frac{1}{8}$

۳- نمودار شار مغناطیسی عبوری از یک حلقه برحسب زمان مطابق شکل زیر است. اندازهٔ نیروی محرکهٔ القایی متوسط در بازهٔ زمانی t_0 تا t_1 چند برابر اندازهٔ نیروی محرکهٔ القایی متوسط در بازهٔ زمانی t_2 تا $5t_1$ است؟ (سطح حلقه بر خط‌های میدان مغناطیسی عبوری از آن عمود است.)



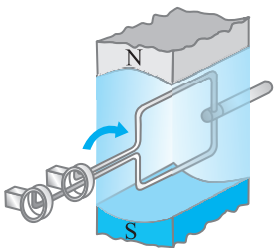
قلم‌چی

۱) ۱ ۲) ۳ ۳) $\frac{1}{3}$ ۴) ۵

۴- حلقه‌ای عمود بر خطوط میدان مغناطیسی که معادلهٔ آن برحسب زمان در SI به‌صورت $B=(t^2-5t-6)\times10^{-4}$ است، قرار دارد. در کدام بازهٔ زمانی نیروی محرکهٔ القایی متوسط برابر صفر می‌شود؟

۱) ۲s تا ۳s ۲) ۲s تا ۲/۵s ۳) ۲/۵s تا ۳ ۴) ۳s تا ۴s

۵- شکل روبه‌رو یک مولد جریان متناوب را نشان می‌دهد، در لحظهٔ نشان داده شده در شکل شار مغناطیسی مولد ..... است و بزرگی نیروی محرکهٔ آن ..... است.



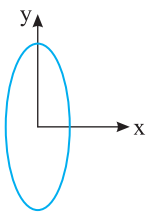
۱) صفر - صفر
۲) صفر - بیشینه
۳) بیشینه - صفر
۴) بیشینه - بیشینه

۶- از سیملوله‌ای به ضریب خودالقایی ۰/۰۴ هانری جریان متناوبی می‌گذرد که معادلهٔ آن در SI به صورت $I=5\sin(50\pi t)$ است. بیشینهٔ انرژی سیملوله چند میلی‌ژول است؟

خارج ریاضی - ۹۶

۱) ۲۰ ۲) ۵۰ ۳) ۲۰۰ ۴) ۵۰۰

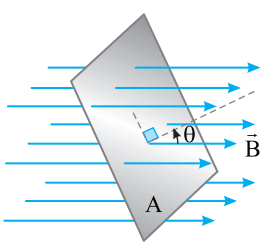
۷- یک پیچه عمود بر محور xها و به شعاع $2m$ درون میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}=3\vec{i}-4\vec{j}$ قرار گرفته است (یکاها در SI). اندازه شار مغناطیسی چند وبر است؟



کتاب درسی

۱) صفر ۲) 28π ۳) 15π ۴) 12π

۸- مطابق شکل مقابل، حلقهٔ رسانایی به مساحت A در یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی B قرار دارد. اگر بزرگی میدان مغناطیسی افزایش یابد و به $\sqrt{\frac{3}{2}}B$ برسد، صفحه را چند درجه و چگونه در صفحهٔ میدان بچرخانیم تا شار مغناطیسی عبوری از این حلقه تغییر نکند؟



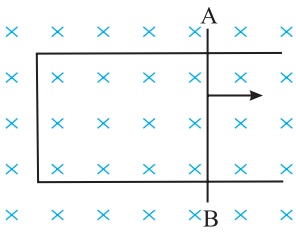
۱) ۱۵° - ساعتگرد ۲) ۱۵° - پادساعتگرد
۳) ۴۵° - ساعتگرد ۴) ۴۵° - پادساعتگرد

* شماره تست‌های مشابه هر سؤال بالای پاسخ آن سؤال قرار گرفته است.

۹- دو سیملولهٔ جدا و یکسان A و B را در نظر می‌گیریم. شار مغناطیسی که از A و B می‌گذرد به ترتیب 10^{4} و 10^{2} وبر می‌باشد. شار سیملولهٔ A را در مدت ۱ ثانیه و شار سیملولهٔ B را در مدت ۰/۰۰۱ ثانیه به صفر می‌رسانیم. اگر ε_A و ε_B به ترتیب نیروی محرکهٔ القایی در A و B باشند، نسبت $\frac{\varepsilon_A}{\varepsilon_B}$ کدام است؟

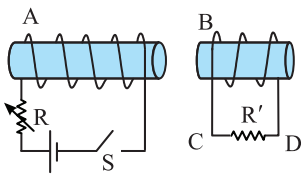
۱) $\frac{1}{10}$ ۲) ۱ ۳) ۱۰ ۴) ۱۰۰

۱۰- سیم AB با مقاومت 4Ω روی قاب مستطیل شکلی با سرعت ثابت مانند شکل حرکت می‌کند. اگر اندازهٔ میدان مغناطیسی 5×10^{-2} تسلا باشد، مساحت قاب با چه آهنگی برحسب متر مربع بر ثانیه تغییر کند تا جریان ۰/۰۲A در مدار القا شود؟ (مقاومت الکتریکی قاب ناچیز فرض شود.) خارج تجربی - ۸۶



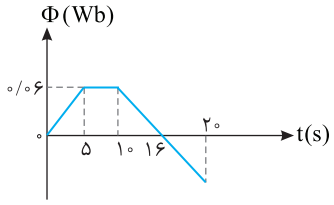
۱) ۰/۰۸ ۲) ۰/۱۶ ۳) ۱/۶ ۴) ۲/۵

۱۱- دو سیملولهٔ A و B روبه‌روی یکدیگر قرار دارند. در کدام یک از موارد زیر، جریان القا شده در مقاومت R′ از C به طرف D خواهد بود؟ ریاضی - ۸۸



۱) با بسته بودن کلید، دو سیم‌پیچ را به هم نزدیک کنیم.
۲) با بسته بودن کلید، مقاومت R را کم کنیم.
۳) لحظهٔ قطع کلید
۴) لحظهٔ وصل کلید

۱۲- نمودار تغییرات شار مغناطیسی عبوری از یک حلقه برحسب زمان مطابق شکل روبه‌رو است. بزرگی نیروی محرکهٔ القایی متوسط در حلقه در بازهٔ زمانی ۱۰ تا ۲۰ ثانیه چند میلی‌ولت است؟ خارج ریاضی - ۸۸

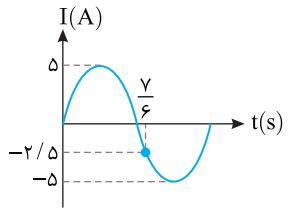


۱) ۰/۰۱ ۲) ۰/۰۲ ۳) ۲۰ ۴) ۱۰

۱۳- پیچهٔ یک مولد جریان متناوب در هر ۰/۰۲s یک دور می‌چرخد. اگر این پیچه در مدت t، θ درجه بچرخد و در مدت t+۰/۰۱s، 2θ درجه بچرخد، به ترتیب از راست به چپ t و θ چند ثانیه و چند رادیان است؟

۱) ۰/۰۱، π ۲) ۰/۰۲، π ۳) ۰/۰۱، $\frac{\pi}{2}$ ۴) ۰/۰۲، $\frac{\pi}{2}$

۱۴- با توجه به نمودار جریان القایی برحسب زمان که برای یک پیچه رسم شده است، در چه لحظه‌ای برحسب ثانیه برای اولین بار نیروی محرکهٔ القایی به بیشینهٔ مقدار خود می‌رسد؟ قلم‌چی



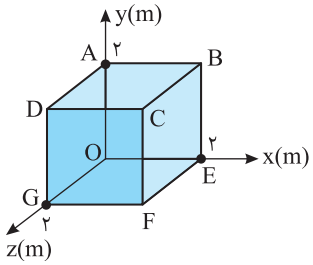
۱) $\frac{1}{4}$ ۲) $\frac{1}{2}$ ۳) $\frac{3}{4}$ ۴) $\frac{2}{3}$

۱۵- یک مبدل را به یک ولتاژ متناوب وصل می‌کنیم. مبدل را یک‌بار به صورت کاهنده و بار دیگر به صورت افزاینده استفاده می‌کنیم. بیشینه ولتاژ خروجی در این دو حالت ۵V و ۸۰V است. بیشینهٔ ولتاژ ورودی چند ولت است؟ آزمون مدارس برتر

۱) $\frac{160}{17}$ ۲) ۲۰ ۳) ۴۳/۵ ۴) ۶۰

پاسخ تشریحی تست‌های در پاسخ

۱- گزینهٔ ۴ (A) میدان در امتداد محور yها است و وجه DGFC نیز در همین امتداد بوده و زاویهٔ بین نیم‌خط عمود بر وجه DGFC و میدان B ، ۹۰° است، بنابراین شار گذرنده از این وجه صفر است.



۲- گزینهٔ ۴ (B) زاویه‌ای که سطح حلقه با خطوط میدان ساخته است ۳۰° است، بنابراین زاویهٔ بین نیم‌خط عمود بر سطح و میدان برابر $\theta_1 = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$ است.

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

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

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

بنابراین حلقه $60^\circ - 30^\circ = 30^\circ$ چرخیده است.

۳- گزینهٔ ۱ (A) 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 می‌دهد در شکل (ب) بیشتر از شکل (الف) است در نتیجه این آزمایش نشان می‌دهد که سرعت حرکت آهنربا در جریان القایی مؤثر است.

۴- گزینهٔ ۴ (B) از ترکیب قانون القای الکترومغناطیسی فاراده و قانون اهم خواهیم داشت:

$$\begin{cases} |\varepsilon| = |-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}| \\ I = \frac{|\varepsilon|}{R} \end{cases} \Rightarrow I = N|\frac{\Delta\Phi}{R\Delta t}| \Rightarrow I\Delta t = \frac{N}{R}|\Delta\Phi| \xrightarrow{\Delta q = I\Delta t} \Delta q = \frac{N}{R}|\Delta\Phi| \Rightarrow \text{کولن} = \frac{\text{وبر}}{\text{اهم}}$$

۵- گزینهٔ ۲ (A) آهنگ تغییر میدان مغناطیسی یعنی $\frac{\Delta B}{\Delta t}$، از این‌رو بنا بر قانون القای الکترومغناطیسی فاراده می‌توان نوشت:

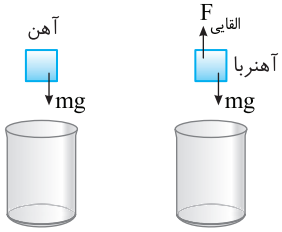
$$\overline{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -N\frac{\Delta B}{\Delta t}A\cos\theta$$

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

ابتدا نیروی محرکهٔ القایی را به کمک قانون اهم به‌دست می‌آوریم سپس مقدار به‌دست آمده را در رابطهٔ بالا قرار می‌دهیم:

$$I = \frac{\varepsilon}{R} \Rightarrow \varepsilon = IR \Rightarrow \varepsilon = 10^{-3}\times 10 \Rightarrow \varepsilon = 10^{-2}\,V \quad , \quad 10^{-2} = |-500\times 25\times 10^{-4}\times\frac{\Delta B}{\Delta t}| \Rightarrow \frac{\Delta B}{\Delta t} = 0/008\,T/s = 8\,mT/s$$

۶- گزینهٔ ۱ (B) هر یک از لوله‌ها نقش یک حلقه را دارند که با عبور آهنربا از آن، با تولید جریان القایی به آهنربا نیرویی وارد می‌کنند 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 می‌شود که شتاب حرکت آن را کم می‌کند. ولی در مورد آهن معمولی چون پدیدهٔ القا رخ نمی‌دهد، با شتاب g سقوط می‌کند و بنابراین سرعت آهنربا نسبت به آهن کمتر است.



۷- گزینهٔ 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 می‌دهد در کدام جهت است که واضح است این نیرو به سمت راست می‌باشد!

۸- گزینهٔ ۴ (B) ابتدا نیروی محرکهٔ القایی را به‌دست می‌آوریم:

$$\varepsilon = vBl = 20\times 0/05\times 0/4 = 0/4\,V$$

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

۹- گزینهٔ ۲ (A) ابتدا نیروی محرکهٔ القایی را به‌دست می‌آوریم:

$$I = \frac{\varepsilon}{R} \Rightarrow 0/5 = \frac{\varepsilon}{0/2} \Rightarrow \varepsilon = 0/1\,V$$

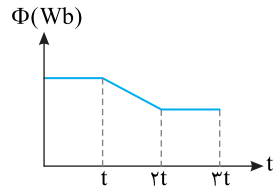
$$\varepsilon = vBl \Rightarrow 0/1 = v\times 0/1\times 0/25 \Rightarrow v = 4\,m/s$$

۱۰- گزینهٔ ۲ (A) ابتدا نیروی محرکهٔ القایی را به‌دست می‌آوریم:

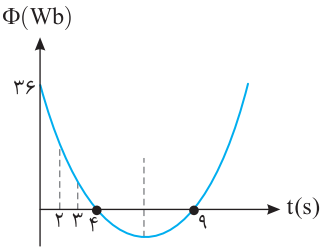
$$I=\frac{\varepsilon}{R}\Rightarrow ۰/۵=\frac{\varepsilon}{۰/۲}\Rightarrow \varepsilon=۰/۱V$$

$$\varepsilon=vBl\Rightarrow ۰/۱=v\times ۰/۱\times ۰/۲۵\Rightarrow v=۴m/s$$

۱۱- گزینهٔ ۳ (A) در بازهٔ ۰ تا t و $۲t$ تا $۳t$، شار ثابت است و نیروی محرکهٔ القایی صفر است. در بازهٔ t تا $۲t$ شار به‌طور خطی کاهش می‌یابد، پس شیب خط شار - زمان ثابت و منفی است، بنابراین نیروی محرکهٔ القایی متوسط مثبت است و گزینهٔ (۳) درست است.



۱۲- گزینهٔ ۲ (C) **خط فکری:** ابتدا باید معادلهٔ شار - زمان را به کمک نمودار بنویسیم. نمودار سهمی است و دو ریشهٔ معادله روی محور زمان مشخص است و به کمک معادله $y=x^۲-sx+p$ که در آن s حاصل جمع دو ریشه و p حاصل ضرب دو ریشه است، معادلهٔ شار - زمان را می‌توان نوشت:



۱) ریشه‌های معادله $t=۴s$ و $t=۹s$ است که مجموع آن‌ها $s=۱۳$ و حاصل ضرب آن‌ها $p=۴\times ۹=۳۶$ است و معادلهٔ شار زمان خواهد شد: $\Phi=t^۲-۱۳t+۳۶$

۲) ثانیهٔ سوم یعنی بازهٔ زمانی بین $t=۲s$ تا $t=۳s$. اکنون شار را در لحظهٔ $t=۲s$ و $t=۳s$ به دست می‌آوریم.

$$t_۱=۲s\Rightarrow \Phi_۱=۴-۲۶+۳۶\Rightarrow \Phi_۱=۱۴Wb$$

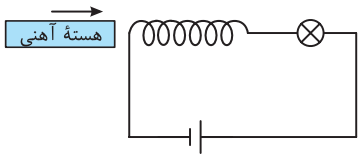
$$t_۲=۳s\Rightarrow \Phi_۲=۹-۳۹+۳۶\Rightarrow \Phi_۲=۶Wb$$

$$\Rightarrow \Delta\Phi=\Phi_۲-\Phi_۱=۶-۱۴=-۸Wb$$

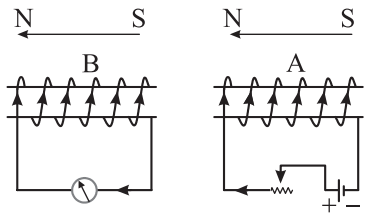
نیروی محرکهٔ القایی متوسط در ثانیه سوم خواهد شد:

$$\overline{\varepsilon}=-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\xrightarrow{N=۱}\overline{\varepsilon}=-\frac{-۸}{۳-۲}\Rightarrow\overline{\varepsilon}=۸V$$

۱۳- گزینهٔ ۴ (C) 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 هستهٔ آهنی در سیملوله قرار می‌گیرد، میدان مغناطیسی درون سیملوله افزایش می‌یابد. بنابراین در بازهٔ زمانی‌ای که هستهٔ آهنی وارد سیملوله می‌شود، میدان مغناطیسی زیاد شده، شار مغناطیسی گذرنده از سیملوله افزایش یافته و در آن نیروی محرکهٔ خود - القاوری به‌وجود می‌آید که با تغییر شار مخالفت می‌کند. این نیروی محرکهٔ 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 محرکهٔ خود - القاوری صفر شده و جریان و نور لامپ به حالت اولیه باز می‌گردد.



۱۴- گزینهٔ ۴ (B) جریان‌های روی سیملوله‌های مدار A و B هم‌جهت هستند و دو سیملوله یکدیگر را جذب می‌کنند. درصورتی این اتفاق می‌افتد که جریان مدار در حال کاهش و شار مغناطیسی در حال کاهش باشد. جریان مدار وقتی کم می‌شود که مقاومت رئوستا در حال افزایش باشد.

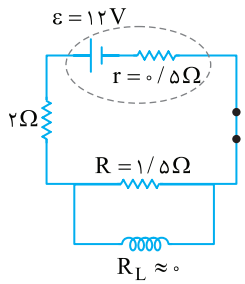


۱۵- گزینهٔ ۳ (B) در لحظهٔ وصل کلید، به دلیل اثر خود - القاوری در القاگر جریان گذرنده از القاگر ناچیز و تمام جریان مدار از مقاومت $R=۱/۵\Omega$ می‌گذرد: $I=\frac{\varepsilon}{R+r}\Rightarrow I=\frac{۱۲}{۳/۵+۰/۵}\Rightarrow I=۳A$

اما باتری مولد جریان مستقیم است و پس از ثبات جریان و از بین رفتن اثر خود - القاوری، القاگر که بدون مقاومت اهمی است، شبیه اتصال کوتاه عمل کرده و تمام جریان از آن می‌گذرد و جریان مقاومت R صفر می‌شود. در این صورت:

$$I=\frac{\varepsilon}{R+r}\Rightarrow I=\frac{۱۲}{۲+۰/۵}\Rightarrow I=۴/۸A$$

از این‌رو جریان مقاومت R بلافاصله پس از وصل کلید $۳A$ و سرانجام صفر می‌شود و نمودار گزینهٔ (۳) درست است.



۱۶- گزینهٔ ۳ (A) **خط فکری:** این مسئله ترکیبی از مغناطیس و الکترومغناطیس است یعنی باید ابتدا به کمک میدان مغناطیسی سیملوله، جریان سیملوله را به‌دست بیاوریم و سپس به کمک رابطهٔ انرژی القاگر، انرژی را حساب کنیم.

میدان مغناطیسی سیملوله برابر است با:

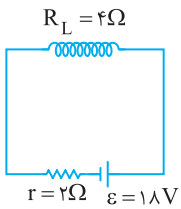
$$B=\mu_۰\frac{N}{L}I\Rightarrow ۱۸\times ۱۰^{-۴}=۱۲\times ۱۰^{-۷}\times\frac{۱۰۰}{۰/۵}I\Rightarrow I=\frac{۱۵}{۲}A$$

اکنون انرژی را حساب می‌کنیم:

$$U=\frac{۱}{۲}LI^۲\Rightarrow U=\frac{۱}{۲}\times ۰/۴(\frac{۱۵}{۲})^۲=\frac{۱}{۲}\times ۰/۴\times\frac{۲۲۵}{۴}\Rightarrow U=۱۱/۲۵J$$

۱۷- گزینهٔ ۱ (B) **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 الکتریسیته جاری خوانده‌اید به دست آورید.

قبل از بستن کلید تنها یک القاگر با مقاومت $R_L=۴\Omega$ در مدار است و جریان در حالت اول خواهد شد:

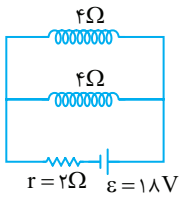


$$I=\frac{\varepsilon}{R+r}\Rightarrow I_۱=\frac{۱۸}{۴+۲}\Rightarrow I_۱=۳A$$

انرژی ذخیره شده در القاگر برابر است با:

$$U=\frac{۱}{۲}LI^۲\Rightarrow U_۱=\frac{۱}{۲}L(۳)^۲=U_۱=\frac{۱}{۲}L(۹)$$

بعد از بستن کلید دو مقاومت موازی ۴Ω در مدار وجود دارد که مقاومت معادل آن‌ها خواهد شد:



$$R_{eq}=\frac{R}{n}\Rightarrow R_{eq}=\frac{۴}{۲}=۲\Omega$$

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}\Rightarrow I_۲=\frac{۱۸}{۲+۲}\Rightarrow I_۲=\frac{۹}{۲}A$$

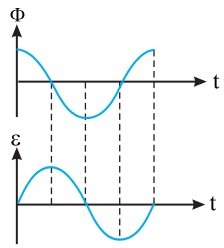
اکنون انرژی ذخیره شده در مجموع القاگرها را حساب می‌کنیم. مقاومت القاگرها، یکسان است پس از هر القاگر جریان $\frac{۹}{۲}=\frac{۹}{۴}A$ می‌گذرد. از این‌رو:

$$U_۲=\frac{۱}{۲}LI^۲+\frac{۱}{۲}LI^۲\Rightarrow U_۲=LI^۲=L(\frac{۹}{۴})^۲$$

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

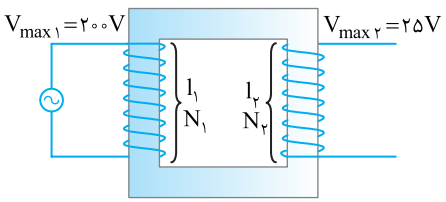
$$\frac{U_۱}{U_۲}=\frac{\frac{۱}{۲}L(۹)}{L(\frac{۹}{۴})^۲}\Rightarrow\frac{U_۱}{U_۲}=\frac{\frac{۹}{۲}}{(\frac{۹}{۴})^۲}=\frac{۸}{۹}$$

۱۸- گزینهٔ ۴ (A) معادلهٔ شار - زمان در مولد جریان متناوب به صورت $\Phi=BA\cos\frac{۲\pi}{T}t$ و معادلهٔ نیروی محرکه - زمان آن به صورت $\varepsilon=\varepsilon_m\sin\frac{۲\pi}{T}t$ است و نمودار آن‌ها به شکل روبه‌رو می‌باشد و در لحظه‌ای که Φ بیشینه است، ε صفر و هنگامی‌که $\Phi=۰$ است، نیروی محرکه بیشینه است.



۱۹- گزینهٔ ۴ (B) تعداد دور سیم‌پیچ‌ها در واحد طول برابر است با $\frac{N}{l}$ بنابراین:

$$\frac{N_۱}{l_۱}=\frac{N_۲}{l_۲}$$



$$\frac{V_۱}{V_۲}=\frac{N_۱}{N_۲}\Rightarrow\frac{N_۱}{N_۲}=\frac{۲۰۰}{۲۵}=۸$$

چون هر دو سیم دور یک حلقه پیچیده می‌شوند $A_۱=A_۲=A$، بنابراین:

$$\frac{L_۲}{L_۱}=\frac{\frac{\mu_۰N_۱^۲A_۱}{l_۱}}{\frac{\mu_۰N_۲^۲A_۲}{l_۲}}=\frac{\frac{N_۱}{l_۱}\times N_۱}{\frac{N_۲}{l_۲}\times N_۲}=\frac{N_۱}{N_۲}=۸\Rightarrow\frac{L_۱}{L_۲}=\frac{۱}{۸}$$

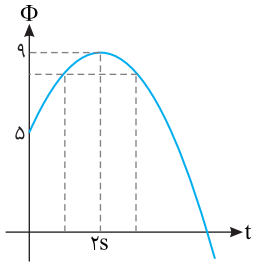
* در واقع ضریب القاوری برای یک پیچه دارای هستهٔ آهنی به صورت $L=\frac{K\mu_۰N^۲A}{l}$ است که K را تراوایی نسبی مغناطیسی هسته گویند که در این‌جا چون هسته‌ها یکسان است در نسبت $\frac{L_۲}{L_۱}$ تأثیری ندارد.

پاسخ تشریحی پرسش‌های چهارگزینه‌ای سطح دوم

۱۰۷۸- گزینهٔ ۱ (B)

تابع $\Phi=-t^{۲}+۴t+۵$ یک تابع درجه ۲ است و نمودار آن سهمی است که مختصات رأس آن خواهد شد:

$$t=-\frac{b}{۲a}=-\frac{۴}{-۲}=۲s\Rightarrow\Phi_{max}=-۴+۴\times۲+۵=۹Wb$$



در لحظهٔ $t=۰$ نیز، شار برابر $۵Wb$ است از این رو:

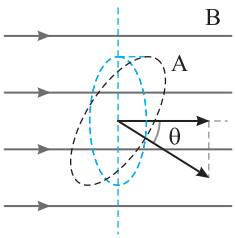
$$|\bar{\varepsilon}|=|-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}|=|-۱\times\frac{۹-((۰)^{۲}+۴(۰)+۵)}{۲}|=|\frac{-۴}{۲}|=|-۲V|=۲V$$

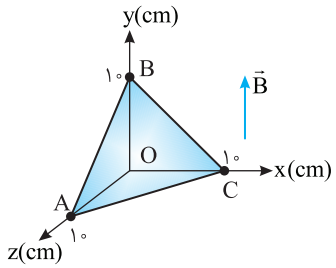
۱۰۷۹- گزینهٔ ۱ (C)

به تعریف شار مغناطیسی دقت کنید:

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

θ زاویهٔ بین نیم‌خط عمود بر سطح و میدان مغناطیسی است. با توجه به شکل $A\cos\theta$ تصویر نیم‌خط عمود بر سطح در امتداد میدان مغناطیسی B است. به عبارت بهتر مانند این است که سطح A را برصفحهٔ عمود بر میدان B تصویر می‌کنیم. (یعنی سایهٔ آن را روی صفحه عمود بر میدان به دست می‌آوریم) در این صورت: $\Phi=BA_{\perp}$





در شکل روبه‌رو اگر مثلث ABC را بر راستای عمود بر B یعنی بر صفحهٔ xoz تصویر کنیم، سطح OAC به‌دست می‌آید. در این صورت شار مغناطیسی گذرنده از سطح ABC همان شار گذرنده از سطح OAC خواهد بود، بنابراین:

$$\Phi=BA_{\perp}=۰/۴\times\frac{۰/۱\times۰/۱}{۲}=۲\times۱۰^{-۳}Wb$$

۱۰۸۰- گزینهٔ ۱ (B)

در حالت اول، میدان در راستای x است و بر سطح حلقه عمود است. در حالت دوم تنها مؤلفهٔ B_x سبب عبور شار از حلقه می‌شود و مؤلفهٔ B_y که مماس برسطح حلقه است، از حلقه شاری عبور نمی‌دهد و با توجه به این که مؤلفهٔ B_x با اندازهٔ اولیه میدان برابر است، شار گذرنده از سطح حلقه در دو حالت یکسان بوده و تغییر شار صفر است.

۱۰۸۱- گزینهٔ ۱ (B)

ابتدا نسبت مقاومت حلقه‌ها را به‌دست می‌آوریم:

$$\Delta q=|-N\frac{\Delta\Phi}{R}|\Rightarrow\frac{\Delta q_A}{\Delta q_B}=\frac{\Delta\Phi_A}{\Delta\Phi_B}\times\frac{R_B}{R_A}\Rightarrow۲=\frac{A_A\times B}{A_B\times B}\times\frac{R_B}{R_A}\Rightarrow۲=\frac{\pi r_A^{۲}}{\pi r_B^{۲}}\times\frac{R_B}{R_A}\Rightarrow۲=۴\times\frac{R_B}{R_A}\Rightarrow\frac{R_A}{R_B}=۲$$

به کمک رابطهٔ ساختمانی مقاومت اهمی، نسبت $\frac{\rho_A}{\rho_B}$ را حساب می‌کنیم:

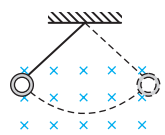
$$\frac{R_A}{R_B}=\frac{\rho_A\frac{l_A}{A_A}}{\rho_B\frac{l_B}{A_B}}\Rightarrow۲=\frac{\rho_A}{\rho_B}\times\frac{l_A}{l_B}\times\frac{A_B}{A_A}$$

طول هر مقاومت برابر محیط هر حلقه است. از طرفی قطر سیم‌ها و در نتیجه مساحت سطح مقطع آن‌ها برابر است، از این رو:

$$۲=\frac{\rho_A}{\rho_B}\times\frac{۲\pi r_A}{۲\pi r_B}\Rightarrow۲=\frac{\rho_A}{\rho_B}\times۲\Rightarrow\frac{\rho_A}{\rho_B}=\frac{۲}{۲}=۱$$

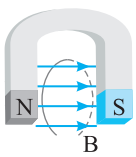
۱۰۸۲- گزینهٔ ۳ (A)

هنگام ورود حلقه به میدان شار مغناطیسی گذرنده از آن افزایش می‌یابد و جریان القایی حلقه، میدان مغناطیسی القایی به وجود می‌آورد که با افزایش شار مخالفت می‌کند. بنابراین میدان مغناطیسی القایی باید برونسو بوده و جریان القایی بنابر قاعدهٔ دست راست باید پادساعتگرد باشد. هنگام خروج حلقه از میدان، شار مغناطیسی کاهش می‌یابد. بنابراین میدان مغناطیسی حلقه باید درونسو و هم‌جهت میدان خارجی باشد. از این رو جهت جریان بنابر قاعدهٔ دست راست باید ساعتگرد باشد.

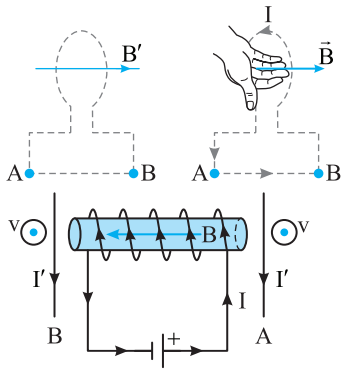


۱۰۸۳- گزینهٔ ۲ (B)

در ابتدا قاب عمود بر خطوط میدان مغناطیسی قرار دارد و شار عبوری از آن ماکزیمم است $(\cos\theta=۱)$ و با چرخیدن آهنربا، شار عبوری از حلقه کاهش می‌یابد.

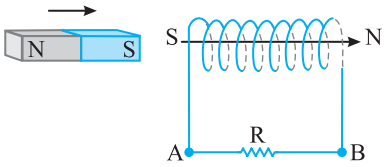


چون با چرخاندن آهنربا شـار مغناطیسـی کاهش یافته، جریان القایی بنابر قانون لنز باید با کاهش شـار مخالفت کند و میدان مغناطیسـی القایی هم‌جهت با میدان مغناطیسـی آهنربا می‌شـود. با توجه به قاعدهٔ دسـت راست مطابق شکل، جریان القایی در سوی نشان داده شده است و جریان از A به B خواهد بود.



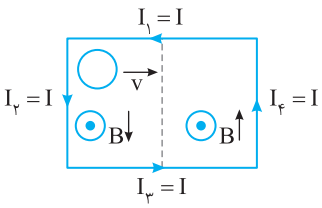
۱۰۸۴- گزینهٔ ۲ (B) با توجه به جهت جریان باتری، میدان مغناطیسی سیملوله از راست به چپ است. برای سیم A و همچنین سیم B چهار انگشت دست راست خود را به سمت خارج و عمود بر صفحهٔ کاغذ بگیرید، به گونه‌ای که کف دست شما به سمت چپ و در جهت میدان B باشد. در این حالت انگشت شست شما جهت جریان سیم A و همچنین سیم B را رو به پایین نشان خواهد داد.

۱۰۸۵- گزینهٔ ۲ (C) با توجه به رابطهٔ $v=۴t$ با افزایش t (یعنی با گذشت زمان)، تندی افزایش می‌یابد و آهنگ نزدیک شـدن آهنربا به سـیملوله افزایش می‌یابد درنتیجه آهنگ تغییر شـار $\left(\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right)$ نیز افزایش می‌یابد بنابراین نیروی محرکهٔ القایی و جریان القایی افزایش می‌یابد. طبق قانون لنز در سمت چپ سیملوله قطب S ایجاد می‌شود تا با حرکت آهنربا (عامل ایجاد جریان) مخالفت کند، بنابراین میدان مغناطیسی القایی در سیملوله به سمت راست بوده و جریان القایی در مقاومت R از A به B است.

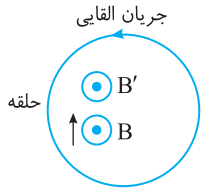


۱۰۸۶- گزینهٔ ۱ (C) هنگامی که قرص مسـی وارد میدان می‌شـود، شبیه یک مدار بسته است که از یک میدان مغناطیسی می‌گذرد و خط‌های میدان را قطع می‌کند و در آن جریان القایی به وجود می‌آید که بنا بر قانون لنز با عامل به‌وجود آورنده‌اش که حرکت قرص است، مخالفت می‌کند و هنگام خروج نیز دوباره این پدیده تکرار می‌شود. در نتیجه با حرکت قرص درون میدان، هم در هنگام ورود به میدان و هم در هنگام خروج از آن، نیرویی خلاف جهت حرکت قرص بر آن وارد می‌شـود، پس سـرعت آن در هر صورت کاهش می‌یابد.

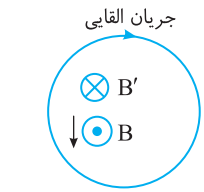
۱۰۸۷- گزینهٔ ۴ (C) میدان تمام سیم‌ها درون قاب مستطیل شکل برونسو است. با حرکت حلقه به سمت راست ابتدا تا خط چین نشـان داده شـده در شکل میدان مغناطیسـی خالص در حال کاهش و با گذر از خط‌چین و نزدیک شدن به سیم $I_۴$، میدان در حال افزایش است.



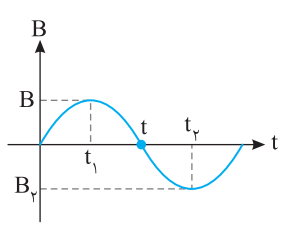
بنابراین در ابتدا که میدان در حال کم شـدن اسـت، بنا به قانون لنز میدان مغناطیسـی القایی حلقه باید برونسو باشد و جریان القایی پادساعتگرد است.

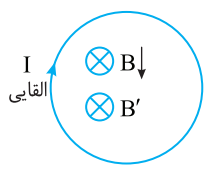


بعد از گذر از خط‌چین و کاهش میدان مغناطیسی، بنا به قانون لنز جهت جریان ساعتگرد خواهد شد.

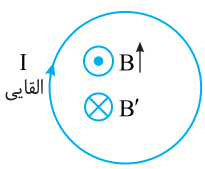


۱۰۸۸- گزینهٔ ۴ (B) از لحظهٔ $t_۱$ تا t میدان مغناطیسی از مقدار B به صفر کاهش می‌یابد و باعث تغییر شار در حلقه می‌شود در اثر تغییر شار در حلقه، در آن جریان القایی به‌وجود می‌آید که بنا به قانون لنز با کاهش شار مخالفت می‌کند از این‌رو یک میدان مغناطیسـی القایی (B') هم‌جهت میدان B یعنی درونسـو ایجاد می‌شـود. به کمک قاعده دسـت راسـت مشـخص می‌شـود که جریان القایی مطابق شکل (۱) باید سـاعتگرد یعنی در جهت (۲) باشد. از لحظهٔ t تا $t_۲$ میدان از صفر به $-B$ می‌رسد یعنی در این بازه جهت میدان مغناطیسی برونسو است و افزایش می‌یابد پس بنابه قانون لنز مجدداً میدان مغناطیسـی القایی B' درونسوسـت که با افزایش شـار مخالفت می‌کند و جهت جریان القایی مطابق شکل (۲) نیز ساعتگرد یعنی در جهت (۲) است.





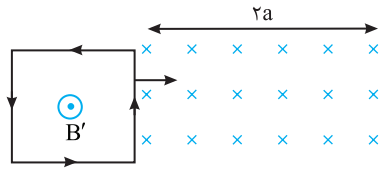
شکل (۱)



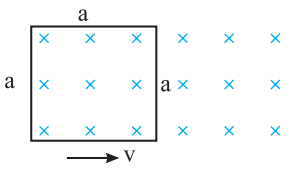
شکل (۲)

۱۰۸۹- گزینهٔ ۱ در مدت ورود قاب به درون میدان مغناطیسی شار مغناطیسی به‌طور یکنواخت در حال افزایش و جریان القایی در آن ثابت است شکل (الف). اما با ورود کامل قاب به درون میدان و حرکت آن در میدان تغییر شاری وجود ندارد و جریان القایی صفر می‌شود شکل (ب). اما در هنگام خروج قاب از میدان، چون سرعت قاب ثابت است، آهنگ تغییر شار ثابت بوده و جریان القایی ثابتی در خلاف جهت اولیه ایجاد می‌شود شکل (پ). با توجه به فرض مسأله که جهت جریان القایی مثبت را در جهت مثبت مثلثاتی در نظر گرفته است. هنگام ورود جریان القایی پادساعتگرد و در جهت مثلثاتی بوده و مثبت است.

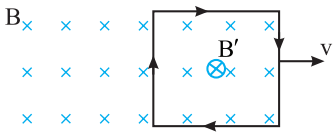
دقت کنید، که شار مغناطیسی در حال ورود به میدان در حال افزایش است و در قاب یک میدان مغناطیسی القایی برونسو (B') ایجاد می‌شود که با افزایش شار مخالفت می‌کند. به کمک قاعدهٔ دست راست برای میدان مغناطیسی حلقه مشخص می‌شود که جهت جریان القایی باید پادساعتگرد و در جهت مثلثاتی و مثبت باشد و هنگام خروج به دلیل کاهش شار یک میدان مغناطیسی القایی درونسو ایجاد شده که طبق قانون لنز با کاهش شار مخالفت می‌کند. بنا بر قاعدهٔ دست راست برای میدان مغناطیسی حلقه مشخص می‌شود که جریان ساعتگرد و در خلاف جهت مثبت مثلثاتی و منفی است.



شکل (الف)



شکل (ب)



شکل (پ)

۱۰۹۰- گزینهٔ ۳ زمانی که طول می‌کشد تا قاب به انتهای صفحهٔ میدان برسد:

$$\Delta x = ۳۰\,cm\,,\ v = ۱۵\,\frac{cm}{s} \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta x}{v} = ۲s$$

بنابراین در این ۲s مساحت سطحی که از آن میدان می‌گذرد افزایش یافته پس در این مدت شار مغناطیسی افزایش می‌یابد (چون حرکت با سرعت ثابت است، مساحت به‌طور یکنواخت افزایش یافته و نمودار $\Phi - t$ به صورت خط راست است.)

$$\begin{cases} \Phi = BA\cos\alpha \\ A: \text{افزایش یافته} \end{cases} \Rightarrow \Phi: \text{افزایش می‌یابد}$$

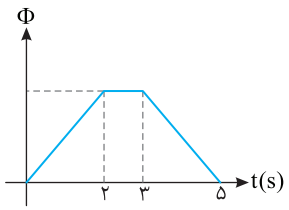
در مدت ۲s تا ۳s به صورت یکنواخت همان سطحی که به درون صفحه میدان داخل می‌شود برابر مساحت سطحی است که از صفحه خارج می‌شود بنابراین A که درون میدان قرار می‌گیرد ثابت است و شار عبوری از سطح ثابت می‌ماند:

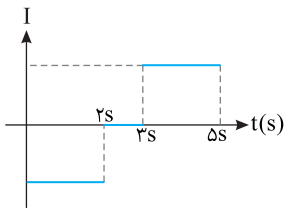
$$۲s < t < ۳s \Rightarrow \Phi = \text{ثابت}$$

از $t = ۳s$ تا $t = ۵s$ سطح از درون صفحه میدان خارج می‌شود، پس A در حال کاهش بوده و شار کاهش می‌یابد:

$$\begin{cases} \Phi = BA\cos\alpha \\ A: \text{کاهش می یابد} \end{cases} \Rightarrow \Phi: \text{کم می‌شود}$$

(چون حرکت با سرعت ثابت است کاهش سطح به صورت یکنواخت بوده و نمودار $\Phi - t$ به صورت خط راست می‌باشد.)
بعد از $t = ۵s$ قاب به طور کامل از صفحه میدان بیرون و شار آن صفر است.
حال نمودار $\Phi - t$ را رسم می‌کنیم:

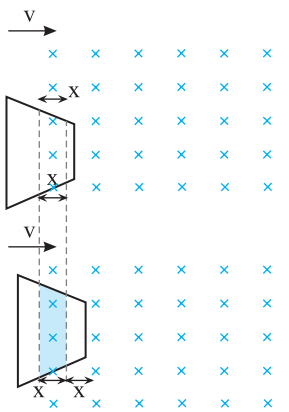


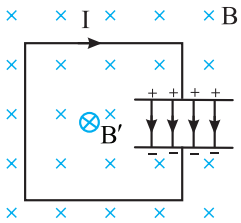


جریان عبوری از قاب برابر است با $I = \frac{-N}{R} \times \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ پس در مدت ۲s تا ۳s که شار ثابت است جریان صفر است و در مدتی که شار افزایش می‌یابد، $\Delta\Phi > ۰$ امّا جریان به خاطر $-\frac{N}{R}\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ منفی می‌باشد و در مدت ۳s تا ۵s که شار کاهش می‌یابد $\Delta\Phi < ۰$ اما جریان به خاطر $-\frac{N}{R}\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ مثبت می‌باشد.

بنابراین گزینهٔ (۳) درست است؛ دقت کنید گزینهٔ (۱) نمودار $\Phi - t$ می‌باشد نه $I - t$.

۱۰۹۱- گزینهٔ ۳ تندی قاب ذوزنقه شکل ثابت است و در مدت معین t مقدار ورود به میدان یکسان است اما مساحت ورود به میدان در حال زیاد شدن است. یعنی تغییر شار به صورت خطی نیست و نمودار آن خمیده خواهد بود. دقت کنید اگر تندی قاب $۱cm/s$ باشد در هر ثانیه قاب ۱cm وارد میدان می‌شود اما در هر ثانیه مساحت ذوزنقه‌ای که وارد میدان می‌شود بزرگ‌تر از ثانیهٔ قبل است یعنی آهنگ افزایش شار ثابت نیست.



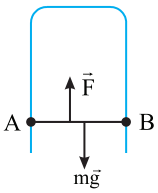


۱۰۹۲- گزینهٔ ۴ با کاهش ناگهانی میدان مغناطیسی، شار مغناطیسی گذرنده از مدار کاهش می‌یابد و با تغییر شار، نیروی محرکهٔ القایی و جریان القایی در مدار ایجاد می‌شود که بنا بر قانون لنز یک میدان مغناطیسی القایی درونسو ایجاد می‌شود که با کاهش شار مخالفت کند. ©

با توجه به قاعدهٔ دست راست جریان القایی لحظه‌ای ایجاد شده در بازهٔ زمانی کاهش میدان، ساعتگرد بوده و سبب می‌گردد صفحهٔ بالایی خازن دارای بار مثبت و صفحهٔ پایینی دارای بار منفی شود و میدان الکتریکی بین صفحه‌های خازن پایین‌سو خواهد بود.

جالب است بدانید که پس از صفر شدن میدان مغناطیسی، خازن نیز که توسط یک سیم رسانا دو صفحه‌اش به هم متصل است، خالی شده و یک جریان لحظه‌ای پادساعتگرد ایجاد می‌شود و خازن بدون بار شده و میدان الکتریکی بین صفحه‌های خازن صفر می‌شود.

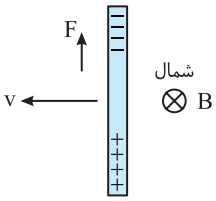
۱۰۹۳- گزینهٔ ۳ در لحظهٔ شروع حرکت تنها نیروی مؤثر وارد بر میلهٔ AB نیروی گرانشی است که به آن به‌طور لحظه‌ای شتاب g می‌دهد. با حرکت میله رو به پایین و افزایش سطح مدار و تغییر شار در میلهٔ AB جریان القایی به‌وجود می‌آید که بنا بر قانون لنز این جریان با عامل به‌وجود آورنده‌اش که حرکت میلهٔ AB است مخالفت می‌کند و مانند این است که به میلهٔ AB نیرویی رو به بالا وارد می‌شود. به همین علت شتاب حرکت میله از g کمتر می‌شود و هر چه سرعت میله بیشتر می‌شود، آهنگ تغییر شار بیشتر شده نیروی محرکهٔ القایی بیشتر شده و بنا بر قانون لنز نیرویی که به میله وارد می‌شود بیشتر می‌شود و شتاب حرکت میلهٔ AB کاهش می‌یابد تا لحظه‌ای که نیروی گرانش و نیرویی که رو به بالا بر میله از طرف میدان وارد می‌شود برابر شده و شتاب حرکت میله صفر شود و میله با سرعت ثابت به پایین می‌لغزد. ©



مرحلهٔ اول $F=0 \Rightarrow F_T \neq 0 \Rightarrow a=g$

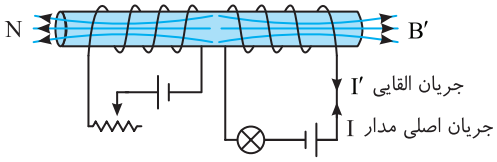
مرحلهٔ دوم $F \neq 0 \Rightarrow mg > F \Rightarrow a < g$

مرحلهٔ سوم $F=mg \Rightarrow F_T=0 \Rightarrow a=0$



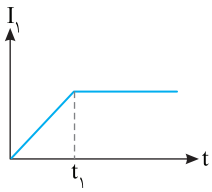
۱۰۹۴- گزینهٔ ۴ میدان مغناطیسی زمین از جنوب به شمال است. جهت رو به شمال را درونسو فرض می‌کنیم. میلهٔ فلزی دارای الکترون آزاد است. هنگامی که میله را به حرکت درمی‌آوریم، میدان مغناطیسی زمین بر الکترون‌ها نیرو وارد می‌کند. برای آن که انتهای پایینی، پتانسیل الکتریکی بیشتری داشته باشد، باید در اثر نیروی میدان الکترون‌ها به سمت بالای میله بروند. انگشت شست دست چپ خود را به سمت بالای میله نشانه‌گیری کنید، به گونه‌ای که کف دست شما به سمت صفحهٔ کاغذ یعنی در جهت میدان مغناطیسی (رو به شمال) باشد. در این حالت چهار انگشت شما جهت حرکت میله یعنی سمت چپ (غرب) را نشان می‌دهد. Ⓑ

۱۱۵۴- گزینهٔ ۴ در مدار سمت راست، لامپ در اثر عبور جریان باتری از آن روشن است و میدان مغناطیسی ناشی از جریان در سیملوله از راست به چپ است. در مدار سمت چپ نیز جریان برقرار است و میدان مغناطیسی ناشی از آن بنا بر قاعدهٔ دست راست از راست به چپ است. اگر مقاومت رئوستا را کاهش دهیم، جریان مدار سمت چپ افزایش یافته، میدان مغناطیسی آن نیز افزایش می‌یابد و سبب تغییر شار مغناطیسی در سیملولهٔ مدار سمت راست شده که باعث ایجاد جریان القایی در آن می‌شود که می‌خواهد با افزایش شار مخالفت کند. بنابراین علاوه بر میدان مغناطیسی سیملولهٔ سمت راست، یک میدان مغناطیسی القایی B' به‌وجود می‌آید که می‌خواهد با افزایش شار مخالفت کند. این میدان B' ناشی از جریان القایی است که جهت جریان القایی به وجود آورنده آن خلاف جهت جریان اصلی مدار سمت راست است. در واقع در سیملوله، یک نیروی محرکهٔ القایی به‌وجود می‌آید که خلاف جهت باتری مدار عمل می‌کند. اما مقدار اثرگذاری آن بستگی به سرعت کاهش مقاومت رئوستا، مقدار جریان‌ها و ... دارد. بنابراین ممکن است برای جریان کلی مدار و نور لامپ هر حالتی رخ دهد.



۱۱۵۵- گزینهٔ ۱ با باز و بسته کردن کلید K، جریان سیملولهٔ B تغییر می‌کند و در اثر تغییر شار در سیملولهٔ A جریان القایی به وجود می‌آید. البته وقتی کلید K بسته می‌شود و وقتی که کلید K باز می‌شود، سوی جریان‌های القایی در خلاف جهت هم بوده و جهت انحراف عقربه تغییر می‌کند. از طرفی در مدتی که کلید بسته است و جریان سیملولهٔ B ثابت است و تغییر شاری وجود ندارد، در سیملولهٔ A جریان صفر است.

۱۱۵۶- گزینهٔ ۲ در سیملولهٔ L_1 ابتدا جریان در حال تغییر و افزایش است بنابراین میدان مغناطیسی حاصل از آن نیز در حال افزایش است (تا لحظهٔ t_1) با افزایش میدان، شار مغناطیسی گذرنده از سیملولهٔ L_2 افزایش می‌یابد و باعث ایجاد جریان القایی در سیملولهٔ L_2 می‌شود. اما باید به نکات زیر دقت کرد.



در ابتدا نمودار I_1 خط راست با شیب ثابت است یعنی آهنگ تغییر جریان L_1 ثابت است از این‌رو آهنگ تغییر میدان مغناطیسی آن ثابت است درنتیجه آهنگ تغییر شار مغناطیسی گذرنده از سیملولهٔ L_2 ثابت است. بنابراین جریان القایی L_2 از $t=0$ تا $t=t_1$ مقدار ثابتی است که با توجه به قانون لنز وقتی شیب $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ مثبت باشد باید جریان القایی منفی باشد. از لحظهٔ t_1 به بعد نیز جریان القایی در L_2 صفر می‌شود و جواب گزینهٔ (۲) خواهد بود.

۱۱۵۷- گزینهٔ ۱ شعاع سیملولهٔ (۱)، دو برابر قطر سیملولهٔ (۲) است، از این رو شعاع سیملولهٔ (۱)، چهار برابر شعاع سیملولهٔ (۲) است و تعداد حلقه‌های سیملوله‌ها برابر $N=\frac{d}{2\pi r}$ است، بنابراین:

$$\begin{cases} N_1=\frac{d_1}{2\pi r_1} \\ N_2=\frac{d_2}{2\pi r_2} \end{cases} \Rightarrow \frac{N_1}{N_2}=\frac{d_1}{d_2}\times\frac{r_2}{r_1} \xrightarrow[d_2=2d_1]{r_1=4r_2} \frac{N_1}{N_2}=\frac{1}{2}\times\frac{1}{4}=\frac{1}{8}$$

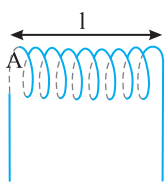
طول هر سیملولهٔ ۱۰٪ طول سیمی است که از آن ساخته شده است بنابراین:

$$l_1=\frac{10}{100}d_1 \Rightarrow l_1=0/2m \quad , \quad l_2=\frac{10}{100}d_2 \Rightarrow l_2=0/4m$$

ضریب القاوری سیملوله برابر $L=\frac{\mu_0 AN^2}{l}$ است، در نتیجه

$$\frac{L_1}{L_2}=\frac{\frac{\mu_0 A_1 N_1^2}{l_1}}{\frac{\mu_0 A_2 N_2^2}{l_2}} \Rightarrow \frac{L_1}{L_2}=\frac{A_1}{A_2}\times\left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2\times\frac{l_2}{l_1} \xrightarrow[l_2=2l_1]{r_1=4r_2\Rightarrow A_1=16A_2} \frac{L_1}{L_2}=16\times\left(\frac{1}{8}\right)^2\times 2 \Rightarrow \frac{L_1}{L_2}=\frac{1}{2}$$

۱۱۵۸- گزینهٔ ۱ **خط فکری:** ۱) تعداد حلقه‌ها در هر متر یعنی نسبت $\frac{N}{l}$ پس $\frac{N_A}{l_A}=\frac{1}{2}\frac{N_B}{l_B}$ ۲) حجم استوانه برابر



$V_{\text{سیملوله}}=Al$

حاصلضرب سطح مقطع در ارتفاع است:

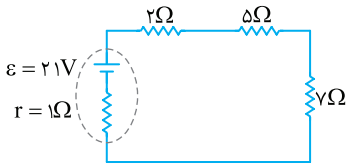
$$L=\frac{\mu_0 N^2 A}{l} \xrightarrow[\text{ضرب می کنیم } l]{\text{صورت و مخرج را در}} L=\frac{\mu_0 N^2 (Al)}{l^2} \xrightarrow{V=Al} L=\mu_0\left(\frac{N}{l}\right)^2 V$$

با توجه به صورت سؤال $V_A=2V_B$ بوده و $\frac{N_A}{l_A}=\frac{1}{2}\frac{N_B}{l_B}$ است:

$$\frac{L_B}{L_A}=\frac{\mu_0\left(\frac{N_A}{l_A}\right)^2 V_A}{\mu_0\left(\frac{N_B}{l_B}\right)^2 V_B}=\frac{\frac{1}{4}\left(\frac{N_B}{l_B}\right)^2\times 2V_B}{\left(\frac{N_B}{l_B}\right)^2\times V_B}=\frac{1}{2}$$

۱۱۵۹- گزینهٔ ۴ در بازهٔ زمانی قرار گرفتن هستهٔ آهنی در سیملوله و افزایش میدان مغناطیسی و افزایش شار مغناطیسی، نیروی محرکهٔ القایی که با عامل به وجود آورنده‌اش مخالفت می‌کند در سیملوله به‌وجود می‌آید که با ایجاد جریان القایی، سبب کاهش لحظه‌ای جریان می‌شود و پس از استقرار هستهٔ آهنی در سیملوله، تغییر شار از بین رفته، پدیدهٔ خود - القاوری وجود ندارد و جریان به حالت اول باز می‌گردد.

۱۱۶۰- گزینه ۲ در هنگام وصل کلید از سیملوله جریانی عبور نمی‌کند (درون سیملوله میدان القا می‌شود که با تغییر جریان مخالفت می‌کند) و شکل مدار به صورت مقابل می‌شود:

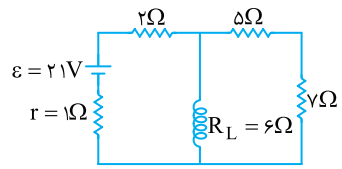


$$I_{کل}=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}$$

مقاومت‌های 2Ω، 5Ω و 7Ω با هم متوالی می‌باشند و جریان عبوری از تک‌تک مقاومت‌ها با هم برابر و مساوی جریان کل می‌باشد.

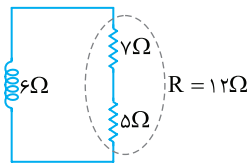
$$I_{5\Omega}=I_{کل}=\frac{۲۱}{۵+۲+۷+۱}=\frac{۲۱}{۱۵}=۱/۴A$$

بعد از مدتی جریان مدار ثابت شده و اثر خود - القاوری از بین می‌رود و سیملوله نیز مانند بقیه مقاومت‌ها خواهد شد.



$$I_{کل}=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}$$

مقاومت‌های 5Ω و 7Ω با هم متوالی‌اند و با مقاومت سیملوله موازی‌اند.

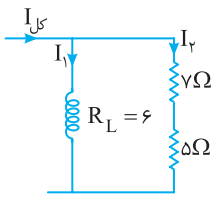


$$\frac{۱}{R_{۶,۷,۵}}=\frac{۱}{۱۲}+\frac{۱}{۶}=\frac{۱}{۴}$$
$$R_{۶,۷,۵}=۴\Omega$$

مقاومت معادل $R_{۶,۷,۵}$ با مقاومت 2Ω متوالی و جریان عبوری از آن‌ها برابر جریان کل است.

$$R_{eq}=۴\Omega+۲\Omega=۶\Omega,\ I_{کل}=\frac{۲۱}{۶+۱}=۳A$$

مطابق شکل جریان $3A$ بین مقاومت R_L و $R_{۷,۵}$ تقسیم می‌شود:



$$I_{کل}=I_۱+I_۲$$

و این دو مقاومت با هم موازی هستند:

$$V_۱=V_۲\Rightarrow I_۱\times۶=I_۲\times۱۲\Rightarrow I_۱=۲I_۲$$
$$I_۱+I_۲=I_{کل}\Rightarrow ۳I_۲=۳A\Rightarrow I_۲=۱A$$

مقاومت‌های 7Ω و 5Ω با هم متوالی هستند، بنابراین جریان آن‌ها با هم مساوی و برابر $I_۲$ است:

$$\Delta I=۱/۴-۱=۰/۴A$$

۱۱۶۱- گزینه ۲ دوره یعنی مدت زمانی که پیچه یک دور کامل بچرخد، در مدت زمان t تعداد چرخش‌های پیچه برابر است با:

$$\begin{array}{c|c}\text{یک دوره } T & \text{۱ چرخش}\\ \hline \text{ثانیه } t & \text{دور چرخش } N\end{array}\Rightarrow N=\frac{t}{T}$$

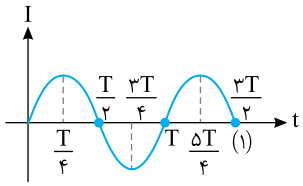
با توجه به فرض مسئله:

$$N_B=N_A+۱\Rightarrow\frac{t}{T_B}=\frac{t}{T_A}+۱\xrightarrow[T_B=T_A-۰/۱]{t=۰/۶s}\frac{۰/۶}{T_A-۰/۱}=\frac{۰/۶}{T_A}+۱$$
$$\Rightarrow\frac{۰/۶}{T_A-۰/۱}=\frac{۰/۶+T_A}{T_A}\Rightarrow ۰/۶T_A=T_A^۲+۰/۵T_A-۰/۰۶\Rightarrow T_A^۲-۰/۱T_A-۰/۰۶=۰\Rightarrow(T_A-۰/۳)(T_A+۰/۲)=۰\Rightarrow T_A=۰/۳s$$

۱۱۶۲- گزینه ۳ ۱) ابتدا دورهٔ تناوب مولد را به‌دست می‌آوریم:

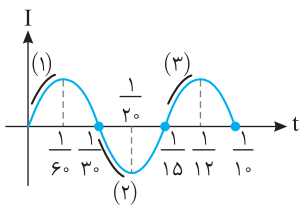
$$T=\frac{t}{N}\xrightarrow[N=۹۰۰]{t=۶۰s}T=\frac{۶۰}{۹۰۰}\Rightarrow T=\frac{۱}{۱۵}s$$

۲) معادلهٔ جریان القایی متناوب برابر $I=I_{max}\sin\frac{۲\pi}{T}t$ است پس نمودار I - T به صورت روبه‌رو است.



۳) در بازه‌های زمانی (۰ تا $\frac{T}{۴}$) یا ($\frac{T}{۲}$ تا $\frac{۳T}{۴}$) مقدار جریان در حال افزایش است.

۴) در اینجا مشخص می‌کنیم $۰/۱s$ چه کسری از دوره است برای این منظور به روش زیر عمل می‌کنیم:



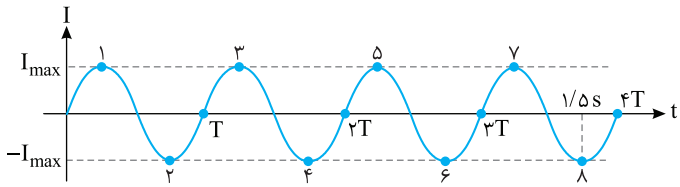
$$\frac{t}{T}=\frac{\frac{۱}{۱۰}}{\frac{۱}{۱۵}}\Rightarrow t=\frac{۳}{۲}T$$

اکنون جای $t=۰/۱s$ روی نمودار مشخص است. (مطابق شکل روبه‌رو). با توجه به نمودار روبه‌رو مدت زمانی را که جریان در حال افزایش است، به‌دست می‌آوریم. این زمان از صفر تا $\frac{۱}{۶۰}s$ و از $\frac{۱}{۳۰}s$ تا $\frac{۱}{۲۰}s$ و از $\frac{۱}{۱۵}s$ تا $\frac{۱}{۱۲}s$ است بنابراین:

$$\Delta t=\Delta t_۱+\Delta t_۲+\Delta t_۳$$
$$\Delta t=\frac{۱}{۶۰}+(\frac{۱}{۲۰}-\frac{۱}{۳۰})+(\frac{۱}{۱۲}-\frac{۱}{۱۵})=\frac{۳}{۶۰}=\frac{۱}{۲۰}=۰/۰۵s$$

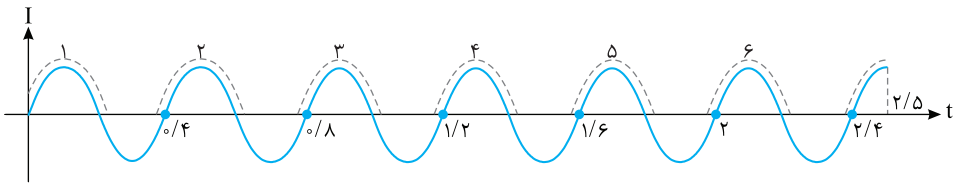
۱۱۶۳- گزینهٔ ۱ نمودار I - T برای مولد جریان متناوب، سینوسی است:

مدت زمانی که طول می‌کشد تا مولد جریان متناوب برای هشتمین مرتبه بیشینه شود ۱/۵s است:



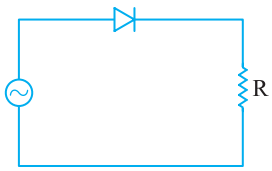
$$۴T-\frac{T}{۴}=۱/۵s\Rightarrow\frac{۱۵T}{۴}=۱/۵\Rightarrow T=۰/۴s$$

حال نمودار را در بازهٔ صفر تا ۲/۵ ثانیه رسم می‌کنیم:

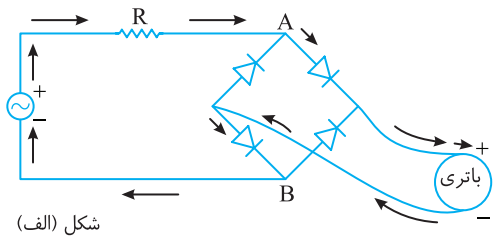


$$\Delta t=۶(\frac{T}{۲})+\frac{T}{۴}$$
$$\Rightarrow\Delta t=۶(۰/۲)+۰/۱=۱/۳s$$

۱۱۶۴- گزینهٔ ۲ دیود یکسوکننده است و جریان را از یک سو عبور می‌دهد. در جریان متناوب جهت جریان در هر دوره دو بار تغییر کرده و جای قطب‌های مثبت و منفی مولد متناوب عوض می‌شود. بنابراین در نیم دوره جریان از مدار می‌گذرد و در نیم دوره جریان بسیار کم می‌باشد. از طرفی دوره $\frac{۱}{۵۰}s$ بوده و نیم دوره $\frac{۱}{۱۰۰}s$ ثانیه است. در نتیجه در مدت $\frac{۱}{۱۰۰}s$ در مدار جریان برقرار است و در مدت $\frac{۱}{۱۰۰}s$ بعدی جریان صفر است و این عمل تکرار می‌شود بنابراین گزینهٔ (۲) پاسخ درست است.

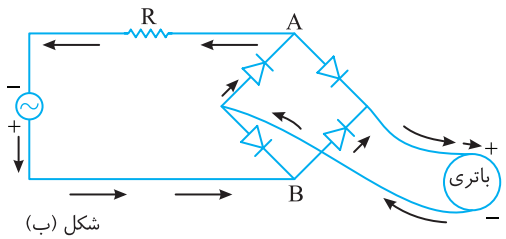


۱۱۶۵- گزینهٔ ۳ در مولد جریان متناوب در هر نیم‌دوره جای قطب‌های مثبت و منفی عوض می‌شود. در شکل (الف) جریان مدار هنگامی که نقطهٔ A قطب مثبت مولد بوده نشان داده شده است.



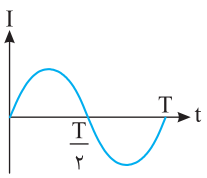
شکل (الف)

و در شکل (ب) جریان مدار هنگامی که نقطهٔ B قطب مثبت بوده، رسم گردیده و در هر دو حالت، جریان از قطب مثبت باتری به سوی قطب منفی آن است و همان گونه که در فصل ۲ جریان‌های الکتریکی یاد گرفتیم هرگاه جریان از قطب مثبت باتری وارد شود باتری مصرف‌کننده است و اگر قابلیت شارژ شدن داشته باشد، در حال شارژ شدن است.

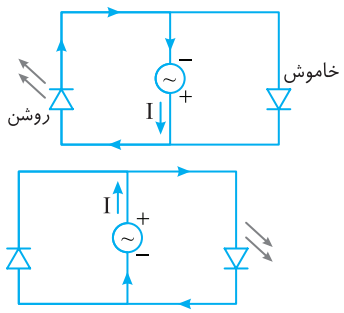


شکل (ب)

۱۱۶۶- گزینهٔ ۱ مولد جریان متناوب دارای دورهٔ T است پس مانند شکل روبه‌رو جهت جریان در بازهٔ صفر تا $\frac{T}{۲}$ با جهت جریان در بازهٔ $\frac{T}{۲}$ تا T متفاوت است.



مثلاً اگر در بازهٔ صفر تا $\frac{T}{۲}$ جهت جریان خروجی از مولد به‌صورت روبه‌رو باشد، با توجه به جهت دیودهای نوری (LED) تنها LED سمت چپ روشن می‌شود و به واسطهٔ نور رسیده از آن به LDR متصل به لامپ (۱)، مقاومت LDR کاهش یافته و لامپ (۱) روشن می‌شود. اما لامپ (۲) همچنان خاموش است زیرا به LDR مدار سمت راست نوری نمی‌رسد. در بازهٔ $\frac{T}{۲}$ تا T جهت جریان خروجی از مولد به صورت روبه‌رو شده و LED سمت راست را روشن کرده که به واسطهٔ نور آن مقاومت LDR متصل به لامپ (۲) کاهش یافته و لامپ (۲) روشن می‌شود اما در مدار طرف دیگر به LDR لامپ (۱) نور نرسیده و مقاومت LDR متصل به آن زیاد بوده و لامپ (۱) خاموش است.



۱۱۶۷- گزینهٔ ۲ در مولد جریان متناوب رابطهٔ شار - زمان به صورت $\Phi=\Phi_{max}\cos\frac{2\pi}{T}t$ و رابطهٔ جریان - زمان به صورت $I=I_{max}\sin\frac{2\pi}{T}t$ است، بنابراین:

$$\Phi=\Phi_{max}\cos\frac{2\pi}{T}t\xrightarrow{\Phi=\frac{3}{4}\Phi_{max}}\frac{3}{4}\Phi_{max}=\Phi_{max}\cos\frac{2\pi}{T}t\Rightarrow\cos\frac{2\pi}{T}t=\frac{3}{4}\quad(I)$$

با توجه به اتحاد مثلثاتی داریم:

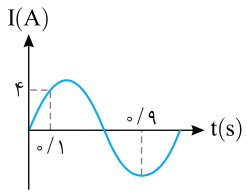
$$\sin^2\theta+\cos^2\theta=1\Rightarrow\sin^2\frac{2\pi}{T}t+\cos^2\frac{2\pi}{T}t=1\xrightarrow{(I)}\sin^2\frac{2\pi}{T}t+\frac{9}{16}=1\Rightarrow\sin^2\frac{2\pi}{T}t=\frac{7}{16}\Rightarrow\sin\frac{2\pi}{T}t=\frac{\sqrt{7}}{4}$$

نسبت $I-I_{max}$ خواسته شده است، بنابراین:

$$\frac{I}{I_{max}}=\frac{I_{max}\sin\frac{2\pi}{T}t}{I_{max}}=\sin\frac{2\pi}{T}t=\frac{\sqrt{7}}{4}$$

۱۱۶۸- گزینهٔ ۱ نمودار جریان متناوب سینوسی است بنابراین معادلهٔ جریان بر حسب زمان به صورت روبه‌رو است:

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



با توجه به نمودار ۰/۹s برابر $\frac{3T}{4}$ است و دوره برابر است با:

$$\frac{3T}{4}=0/9\Rightarrow T=1/2s$$

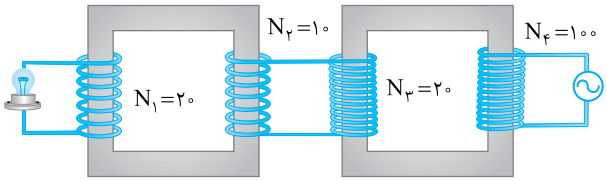
در نمودار، جریان عبوری از مقاومت در لحظهٔ $t=0/1s$، $4A$ نشان داده شده، این داده‌ها را در معادلهٔ جریان قرار می‌دهیم.

$$4=I_{max}\sin\frac{2\pi}{1/2}\times0/1\Rightarrow4=I_{max}\sin\frac{\pi}{6}\xrightarrow{\frac{\pi}{6}=\frac{180^\circ}{6}=30^\circ}4=I_{max}\sin30^\circ\Rightarrow I_{max}=8A$$

بیشینه توان مصرفی مقاومت با توجه به رابطهٔ $P=RI^2$ برای زمانی است که جریان عبوری از مقاومت بیشینه شود.

$$P_{max}=RI_{max}^2\Rightarrow P_{max}=2\times64=128W$$

۱۱۶۹- گزینهٔ ۴ **خط فکری:** شکل مسئله شما را به اشتباه نیندازد. مسئله ساده‌ای است تنها باید دو بار از روابط مبدل استفاده کرد. در مبدل سمت راست با توجه به معادله $\varepsilon=200\sin\frac{\pi}{4}t$ بیشینه ولتاژ ورودی به مبدل $\varepsilon_m=200V$ است، بنابراین می‌توان نوشت:



$$\frac{N_4}{N_3}=\frac{V_4}{V_3}\xrightarrow{V_4=200V}\frac{100}{20}=\frac{200}{V_3}\Rightarrow V_3=40V$$

در مبدل سمت چپ ولتاژ ورودی $V_2=40V$ است، زیرا دو سیملولهٔ N_3 و N_2 با هم موازی هستند. در ضمن چون هستهٔ آهنی مشترک ندارند، اثر القای متقابل در آن‌ها ظاهر نمی‌شود.

پاسخ آزمون ۱

تست‌های مشابه: ۹۸۸ تا ۹۹۰ و ۱۰۲۳

۱- گزینهٔ ۲ (B) میدان مغناطیسی درون سیملوله را حساب می‌کنیم:

$$B=\mu_{\circ}\frac{N}{l}I \Rightarrow B=۴\pi\times۱۰^{-۷}\times\frac{۱۰۰}{۰/۲}\times۰/۵=۴\times\pi\times۱۰^{-۵}\times\frac{۵}{۲}=\pi\times۱۰^{-۴}\,T$$

شار گذرنده از سیملوله برابر است با:

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

خطوط میدان درون سیملوله در امتداد محور سیملوله و عمود بر سطح حلقه‌های آن است $(\theta=۰,\cos\theta=۱)$، در این صورت:

$$\Phi=BA \Rightarrow \Phi=\pi\times۱۰^{-۴}\times\pi(۲\times۱۰^{-۲})^{۲} \Rightarrow \Phi=۴\pi^{۲}\times۱۰^{-۸} \xrightarrow{\pi^{۲}\simeq۱۰} \Phi=۴\times۱۰^{-۷}\,Wb$$

تست‌های مشابه: ۹۸۹ تا ۹۹۱

۲- گزینهٔ ۱ (A) زاویهٔ بین خط‌های میدان و نیم‌خط عمود بر سطح برابر است با:

$$\theta=۹۰^{\circ}-۶۰^{\circ}=۳۰^{\circ}$$

با توجه به تعریف شار مغناطیسی داریم:

$$\Phi=BA\cos\theta=\frac{\sqrt{۳}}{۲}BA$$

تست‌های مشابه: ۱۰۰۶ تا ۱۰۰۹

۳- گزینهٔ ۳ (A) ایجاد نیروی محرکه در اثر تغییر میدان مغناطیسی صورت گرفته است. دقت کنید در بررسی تغییر میدان مغناطیسی باید جهت میدان درنظر گرفته شود.

$$\alpha=۹۰^{\circ}\Rightarrow\theta=۰ \quad , \quad N=۲۰ \quad , \quad A=۱۰۰cm^{۲}=۱۰^{-۲}m^{۲} \quad , \quad \Delta t=۰/۲s \quad , \quad B_{۱}=۰/۲۵T \quad , \quad B_{۲}=-۰/۵T$$

$$|\varepsilon|=|-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}|=|\frac{-NA\Delta B\cos\theta}{\Delta t}| \Rightarrow |\varepsilon|=|\frac{-۲۰\times۱۰^{-۲}\times(-۰/۵-۰/۲۵)\times۱}{۲\times۱۰^{-۱}}| \Rightarrow |\varepsilon|=۰/۷۵V$$

۴- گزینهٔ ۳ (A) با توجه به قانون القای الکترومغناطیسی فاراده داریم:

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

تست‌های مشابه: ۱۰۱۴ تا ۱۰۱۶

۵- گزینهٔ ۲ (A) بنا بر قانون القای الکترومغناطیسی فاراده نیروی محرکهٔ القایی با آهنگ تغییر شار متناسب است. از طرفی آهنگ تغییر میدان $\frac{\Delta B}{\Delta t}$ است، پس می‌توان نوشت:

$$N=۱۰۰ \quad , \quad A=۵۰cm^{۲} \quad , \quad \varepsilon=۰/۱V \quad , \quad \alpha=۹۰^{\circ}\Rightarrow\theta=۰$$

$$\frac{\Delta B}{\Delta t}=?$$

$$|\varepsilon|=|-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}|=|-NA\frac{\Delta B}{\Delta t}\cos\theta| \Rightarrow ۰/۱=۱۰۰\times۵۰\times۱۰^{-۴}\times\frac{\Delta B}{\Delta t}\times۱\Rightarrow\frac{\Delta B}{\Delta t}=۰/۲\,T/s$$

۶- گزینهٔ ۴ (B) ابتدا دوره را به‌دست می‌آوریم. در هر ثانیه پیچه ۲۵ دور چرخیده است، بنابراین مدت زمانی که طول می‌کشد تا پیچه یک دور بچرخد برابر است با:

$$T=\frac{t}{n}\Rightarrow T=\frac{۱}{۲۵}s$$

بیشینه نیروی محرکه را حساب می‌کنیم.

$$\begin{cases}\varepsilon_m=NBA(\frac{۲\pi}{T})\Rightarrow\varepsilon_m=N\Phi_m(\frac{۲\pi}{T})\Rightarrow\varepsilon_m=۲۰\times۰/۰۵\times\frac{۲\pi}{\frac{۱}{۲۵}}\Rightarrow\varepsilon_m=۵۰\pi V\\ \Phi_m=BA\end{cases}$$

معادله نیروی محرکه را می‌نویسیم:

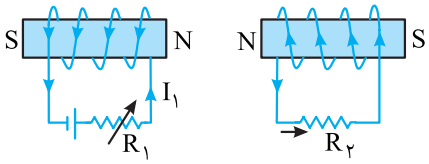
$$\varepsilon=\varepsilon_m\sin\frac{۲\pi}{T}t\Rightarrow\varepsilon=۵۰\pi\sin۵۰\pi t$$

اکنون نیروی محرکه در $t=\frac{۱}{۳}s$ را به دست می‌آوریم:

$$\varepsilon=۵۰\pi\sin\frac{۵۰\pi}{۳}=۵۰\pi\sin(\frac{۴۸\pi}{۳}+\frac{۲\pi}{۳})=۵۰\pi\sin(۱۶\pi+\frac{۲\pi}{۳})\Rightarrow\varepsilon=۵۰\pi\sin(\frac{۲\pi}{۳})\Rightarrow\varepsilon=۵۰\pi\times\frac{\sqrt{۳}}{۲}\Rightarrow\varepsilon=۲۵\pi\sqrt{۳}V$$

تست‌های مشابه: ۱۱۰۹ تا ۱۱۱۳

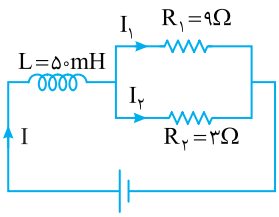
۷- گزینهٔ ۱ (B)



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: ۱۱۳۰ تا ۱۱۳۲

۸- گزینهٔ ۱ (B)



جریان R_2 را به‌دست می‌آوریم: $P_2=R_2I_2^2 \Rightarrow 27=3I_2^2 \Rightarrow I_2=3A$

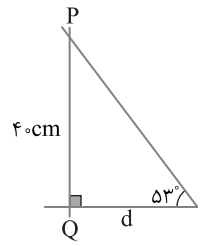
در مقاومت‌های موازی جریان به نسبت وارون مقاومت‌ها تقسیم می‌شود. بنابراین جریان مقاومت R_1 برابر خواهد شد با: $I_1R_1=I_2R_2 \Rightarrow 9I_1=3\times3 \Rightarrow I_1=1A$

بنا بر قانون جریان‌های کیرشهوف جریان کل مدار برابر است با: $I=I_1+I_2 \Rightarrow I=1+3 \Rightarrow I=4A$

انرژی ذخیره شده در سیم‌لوله برابر خواهد شد با: $U=\frac{1}{2}LI^2 \Rightarrow U=\frac{1}{2}\times50\times10^{-3}\times4^2=0/4J$

تست‌های مشابه: ۱۰۵۵ تا ۱۰۵۷

۹- گزینهٔ ۲ (C)

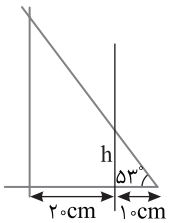


علت ایجاد نیروی محرکهٔ القایی، تغییر شار بوده و علت تغییر شار تغییر مساحت سطح مدار است. مساحت سطح مدار را در لحظهٔ نشان داده در شکل و ۱۰۰ میلی ثانیه پس از آن به‌دست می‌آوریم:

$$\tan53^\circ=\frac{40}{d}\Rightarrow\frac{\sin53^\circ}{\cos53^\circ}=\frac{40}{d}\Rightarrow\frac{0/8}{0/6}=\frac{40}{d}\Rightarrow d=30cm$$

$$A_1=\frac{0/30\times0/40}{2}=0/06m^2$$

$$\Phi_1=BA=3\times10^{-2}\times6\times10^{-2}=1/8\times10^{-3}Wb$$



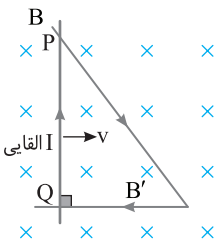
بعد از ۱۰۰ms با تندی ۲m/s میلهٔ PQ به اندازهٔ $2\times100\times10^{-3}=0/2m$ یعنی ۲۰cm به‌سمت راست می‌رود.

$$\tan53^\circ=\frac{h}{10}\Rightarrow\frac{\sin53^\circ}{\cos53^\circ}=\frac{h}{10}\quad,\quad\frac{0/8}{0/6}=\frac{h}{20}\Rightarrow\frac{4}{3}=\frac{h}{10}\Rightarrow h=\frac{40}{3}cm$$

$$A_2=\frac{0/1\times\frac{0/4}{3}}{2}=\frac{0/04}{6}m^2$$

$$\Phi_2=BA_2=3\times10^{-2}\times\frac{4\times10^{-2}}{6}=0/2\times10^{-3}Wb$$

نیروی محرکهٔ القایی متوسط خواهد شد: $\varepsilon=\left|-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right|=\left|-\frac{0/2\times10^{-3}-1/8\times10^{-3}}{0/1}\right|=16\times10^{-3}V\Rightarrow\varepsilon=16mV$



اکنون جهت جریان القایی را به دست می‌آوریم. سطح مدار در حال کاهش و شار مغناطیسی نیز در حال کاهش است. از این رو میدان مغناطیسی القایی B' باید همسو با میدان خارجی B باشد تا بنا به قانون لنز با عامل به‌وجود آورندهٔ جریان مخالفت کند در این صورت جهت جریان القایی از Q به P است.

تست‌های مشابه: ۱۱۲۱ تا ۱۱۲۳

۱۰- گزینهٔ ۴ (B)

طول سیملوله برابر تعداد حلقه‌ها ضربدر قطر سیم است از این رو: $l=40\times1\times10^{-3}=0/04m$

رابطهٔ ضریب القاوری، به‌صورت زیر است:

$$L=\mu_0\frac{N^2A}{l}\Rightarrow10^{-4}=4\pi\times10^{-7}\times\frac{(40)^2\pi r^2}{4\times10^{-2}}\Rightarrow4\times10^{-6}=4\pi^2\times10^{-7}\times1600r^2\Rightarrow r^2=\frac{1}{1600}\Rightarrow r=\frac{1}{40}m=2/5cm$$

تست‌های مشابه: ۱۱۳۳ تا ۱۱۳۹

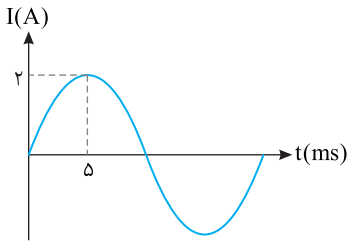
۱۱- گزینهٔ ۴ (B)

تابع شار بر حسب زمان، تابع کسینوسی و تابع نیروی محرکه القایی بر حسب زمان بر تابع سینوسی است. بنابراین در لحظه‌ای ولتاژ القایی بیشینه است که شار صفر شده باشد.

تست‌های مشابه: ۱۱۴۰ تا ۱۱۴۶

۱۲- گزینهٔ ۳ (B)

با توجه به شکل می‌توان نوشت: $\frac{T}{۴}=۵\Rightarrow T=۲۰\,ms$



معادلهٔ جریان بر حسب زمان را می‌نویسیم: $I=I_m\sin\frac{۲\pi}{T}t\Rightarrow I=۲\sin\frac{۲\pi}{۲۰\times۱۰^{-۳}}t\Rightarrow I=۲\sin۱۰۰\pi t$

اکنون جریان در لحظهٔ $t=\frac{۱}{۳۰}s$ را به‌دست می‌آوریم.

$$I=۲\sin(۱۰۰\pi\times\frac{۱}{۳۰})=۲\sin(\frac{۱۰\pi}{۳})=۲\sin(۳\pi+\frac{\pi}{۳})\Rightarrow I=-۲\sin\frac{\pi}{۳}\Rightarrow I=-۲\times\frac{\sqrt{۳}}{۲}=-\sqrt{۳}A$$

تست‌های مشابه: ۱۱۵۰ تا ۱۱۵۳

۱۳- گزینهٔ ۲ (B)

ولتاژ ثانویه را به‌دست می‌آوریم: $\frac{V_۲}{V_۱}=\frac{N_۲}{N_۱}\Rightarrow\frac{V_۲}{۲۲۰}=\frac{۴۸۰}{۸۸۰۰}\Rightarrow V_۲=۱۲V$

مبدل آرمانی است بنابراین توان در مدار ورودی با توان مصرف شده در مدار خروجی برابر است از این رو:

$$P_۱=P_۲=\frac{V_۲^۲}{R}=\frac{۱۴۴}{۸}\Rightarrow P_۱=۱۸\,W$$

تست‌های مشابه: ۱۰۲۲ تا ۱۰۲۷

۱۴- گزینهٔ ۲ (B)

بار الکتریکی گذرنده از مدار از رابطهٔ $q=I\Delta t$ و جریان به کمک قانون اهم $(I=\frac{\varepsilon}{R})$ به‌دست می‌آید و بنا بر قانون القای الکترومغناطیس فاراده $\varepsilon=-\frac{N\Delta\Phi}{\Delta t}$ است. پس:

$$q=I\Delta t=\frac{\varepsilon}{R}.\Delta t=\frac{-N\Delta\Phi}{R\Delta t}.\Delta t=\frac{-N\Delta\Phi}{R}=-۵۰\times\frac{(۰-۰/۰۴)}{۵}=۰/۰۴C$$

تست‌های مشابه: ۱۱۵۰ تا ۱۱۵۳

۱۵- گزینهٔ ۲ (A)

مبدل A افزاینده و مبدل‌های B و C کاهنده هستند.

پاسخ آزمون ۲

تست‌های مشابه: ۹۸۹ تا ۹۹۱

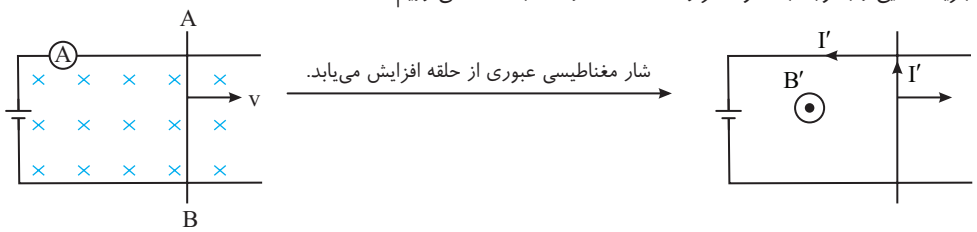
۱- گزینهٔ ۱ (A)

شار مغناطیسی عبوری از حلقه برابر $\Phi=AB\cos\theta$ است و چون حلقه عمود بر خطوط میدان بوده $(\theta=0^\circ)$ شار مغناطیسی برابر $\Phi=AB$ می‌شود:

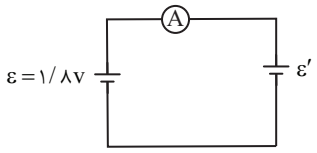
$$|I|=\frac{|\varepsilon|}{R}\Rightarrow|I|=\frac{N}{R}\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\Rightarrow I=\frac{N}{R}B\frac{\Delta A}{\Delta t}\xrightarrow{B=1/2G=1/2T}0/6=\frac{1}{12}\times1/2\times\frac{\Delta A}{\Delta t}\Rightarrow\frac{\Delta A}{\Delta t}=1m^2/s$$

۲- گزینهٔ ۳ (A)

خط فکری: با حرکت میله به سمت راست در مدار نیرو محرکهٔ القایی $\varepsilon'=BLV$ القا شده که اگر جریان القایی هم‌جهت با جریان خروجی از نیرو محرکهٔ مدار $(\varepsilon=1/8)$ باشد جریان مدار برابر $I=\frac{\varepsilon+\varepsilon'}{R}$ و اگر جریان القایی خلاف جهت جریان خروجی از نیرو محرکهٔ مدار باشد جریان مدار برابر $I=\frac{\varepsilon+\varepsilon'}{R}$ می‌شود. ابتدا جهت جریان القایی را با توجه به قانون لنز و قاعدهٔ دست راست به‌دست می‌آوریم:



بنابراین جریان‌های القایی و جریان خروجی از باتری مدار خلاف جهت هم‌اند و مدلسازی مدار به صورت زیر است:



$$\varepsilon'=BLV\Rightarrow\varepsilon'=(400\times10^{-4})\times(1)\times(20)=0/8v$$

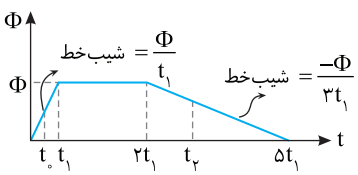
تبدیل واحد گاوس به تسلا

$$I=\frac{\varepsilon-\varepsilon'}{R}=\frac{1/8-0/8}{2}=\frac{1}{2}A$$

تست‌های مشابه: ۱۰۶۳ تا ۱۰۶۶

۳- گزینهٔ ۲ (A)

اگر نمودار $\Phi-t$ به صورت خطی باشد شیب نمودار برابر $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ است و در رابطهٔ نیروی محرکهٔ القایی متوسط $(\overline{\varepsilon}=-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t})$ می‌توان به جای $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 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 ببینیم اطلاعات کدام بازهٔ زمانی را در اختیار داریم.



$$|\overline{\varepsilon}_{t=0\text{ تا }t_1}|=|-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}|\Rightarrow|\overline{\varepsilon}_{t=0\text{ تا }t_1}|=\frac{\Phi}{t_1}$$

$$|\overline{\varepsilon}_{t_2\text{ تا }5t_1}|=|-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}|\Rightarrow|\overline{\varepsilon}_{t_2\text{ تا }5t_1}|=|\frac{-\Phi}{5t_1-2t_1}|$$

$$\Rightarrow\frac{|\overline{\varepsilon}_{t=0\text{ تا }t_1}|}{|\overline{\varepsilon}_{t_2\text{ تا }5t_1}|}=\frac{\frac{\Phi}{t_1}}{\frac{\Phi}{3t_1}}=3$$

تست‌های مشابه: ۱۰۱۱ تا ۱۰۱۳

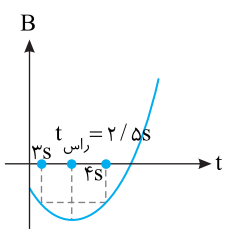
۴- گزینهٔ ۱ (C)

با توجه به قانون القای الکترومغناطیسی فاراده:

$$\overline{\varepsilon}=-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\xrightarrow{N=1}\overline{\varepsilon}=-1\frac{A\Delta B}{\Delta t}\Rightarrow\overline{\varepsilon}=-A\frac{\Delta B}{\Delta t}$$

برای آنکه نیروی محرکهٔ القایی متوسط صفر شود باید $\Delta B=0$ باشد و معادلهٔ $B=(t^2-5t-6)\times10^{-4}$، معادلهٔ 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.

$$t_{\text{رأس}}=\frac{-b}{2a}=\frac{5}{2}=2/5s$$



در هر بازه‌ای که در آن ابتدا و انتهای بازه دارای فاصلهٔ یکسان از رأس سهمی باشد، B برابر است.

بنابراین گزینهٔ (۱) که فاصلهٔ ابتدا و انتهای بازهٔ 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 محرکهٔ القایی متوسط صفر می‌شود.

تست‌های مشابه: ۱۱۴۵ و ۱۱۴۶

۵- گزینهٔ ۲ (B) 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 معادلهٔ شار مغناطیسی - زمان تابعی کسینوسی و معادلهٔ نیروی محرکه - زمان تابعی سینوسی است، پس اگر شار مغناطیسی صفر باشد $(\cos\theta=0)$ نیروی محرکهٔ بیشینه است $(\sin\theta=1)$

تست‌های مشابه: ۱۱۱۸ تا ۱۱۲۰

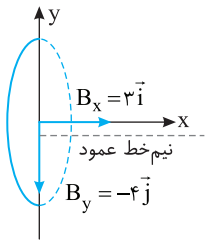
۶- گزینهٔ ۴ (A) با توجه به داده‌های سؤال داریم: $I=I_{max}\sin\omega t=5\sin(50\pi t)\Rightarrow I_{max}=5A \quad , \quad l=0/04H$

انرژی ذخیره شده در سیملوله برابر $\frac{1}{2}LI^2$ است و زمانی بیشینه می‌باشد که جریان عبوری از آن بیشترین مقدار باشد.

$$U=\frac{1}{2}LI^2\Rightarrow U_{max}=\frac{1}{2}LI_{max}^2=\frac{1}{2}\times 0/04\times(5)^2=0/02\times 25=0/5J=0/5\times 10^3\,mJ=500mJ$$

تست‌های مشابه: ۹۹۱ و ۹۹۲

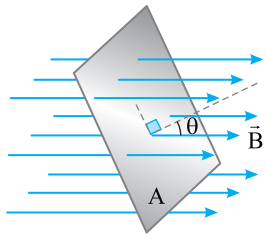
۷- گزینهٔ ۴ (B) **خط فکری:** شار عبوری از حلقه به صورت $\Phi=BA\cos\theta$ است که θ زاویه بین نیم‌خط عمود بر سطح و بردار میدان مغناطیسی است. در حل این نوع مسائل مؤلفه‌ای از میدان که موازی سطح است را نادیده می‌گیریم و تنها مؤلفهٔ عمود بر سطح میدان را برای به‌دست آوردن شار مغناطیسی به حساب می‌آوریم. سطح پیچه بر **محور x ها عمود است**، از این‌رو نیم‌خط عمود بر سطح در جهت محور xها است، بنابراین زاویه بین B_y و نیم‌خط عمود بر سطح پیچه 90° می‌باشد و شار عبوری از سطح مربوط به مؤلفه B_y صفر است. $(\Phi=B_yA\cos 90^\circ=0)$ زاویه بین B_x و نیم‌خط عمود بر سطح پیچه صفر درجه است در نتیجه شار گذرنده از پیچه خواهد شد:



$$\Phi=B_xA\cos 0\xrightarrow{A=\pi r^2,\cos 0=1}\Phi=3\times\pi\times(2)^2\times 1\Rightarrow\Phi=12\pi Wb$$

تست‌های مشابه: ۱۰۱۷ و ۱۰۱۸

۸- گزینهٔ ۲ (B) **خط فکری:** یادمان باشد همواره نیم‌خط عمود بر صفحه به همراه صفحه می‌چرخد. زاویه‌ای که نیم‌خط عمود با خطوط میدان در حالت اول ساخته برابر 30° بوده است:



$$\Phi_1=BA\cos\theta_1\Rightarrow\Phi_1=BA\cos 30^\circ\Rightarrow\Phi_1=BA\frac{\sqrt{3}}{2}$$

میدان مغناطیسی در حالت دوم $B_2=\sqrt{\frac{3}{2}}B$ شده و شار تغییر نکرده بنابراین:

$$\Phi_2=\Phi_1\Rightarrow B_2A\cos\theta_2=BA\frac{\sqrt{3}}{2}\Rightarrow\sqrt{\frac{3}{2}}BA\cos\theta_2=\frac{\sqrt{3}}{2}BA\Rightarrow\cos\theta_2=\frac{\sqrt{2}}{2}\Rightarrow\theta_2=45^\circ$$

بنابراین نیم‌خط عمود به اندازهٔ $45^\circ-30^\circ=15^\circ$ پادساعتگرد چرخیده است بنابراین صفحه نیز باید 15° پادساعتگرد بچرخد.

تست‌های مشابه: ۱۰۰۸ تا ۱۰۱۰

۹- گزینهٔ ۱ (A) **خط فکری:** باید با استفاده از قانون القای الکترومغناطیسی فاراده به طور جداگانه برای سیملوله‌های A و B نیروی محرکهٔ القایی را به‌دست بیاوریم. هر دو سیملوله یکسان است پس تعداد حلقه‌های آن‌ها یکسان است، با توجه به قانون القای الکترومغناطیسی فاراده:

$$\varepsilon_A=-N\frac{\Delta\Phi_A}{\Delta t}=-N\frac{0-10^4}{1}=10^4N \quad , \quad \varepsilon_B=-N\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}=-N\frac{0-10^2}{10^{-3}}=10^5N\Rightarrow\frac{\varepsilon_A}{\varepsilon_B}=\frac{1}{10}$$

تست‌های مشابه: ۱۰۱۹ تا ۱۰۲۱

۱۰- گزینهٔ ۳ (A) آهنگ تغییر مساحت یعنی $\frac{\Delta A}{\Delta t}$. از این‌رو بنا بر قانون القای الکترومغناطیسی فاراده می‌توان نوشت:

$$\varepsilon=-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\xrightarrow{\varepsilon=IR}IR=\left|-B\frac{\Delta A}{\Delta t}\right|\Rightarrow 0/02\times 4=5\times 10^{-2}\frac{\Delta A}{\Delta t}\Rightarrow\frac{\Delta A}{\Delta t}=1/6m^2/s$$

تست‌های مشابه: ۱۱۰۹ تا ۱۱۱۳

۱۱- گزینهٔ ۳ (B) اگر جریان از C به D باشد، در سیملوله B، جهت میدان مغناطیسی به سمت راست می‌شود. در سیملوله A نیز میدان مغناطیسی در صورت بسته بودن کلید به سمت راست است. هنگامی میدان القایی سیملوله B با میدان اولیهٔ سیملوله A هم‌جهت می‌شود که کاهش شار رخ داده باشد، پس باید جریان سیملوله A کم شده باشد. یعنی در لحظهٔ قطع کلید، جریان در R' از C به D است.

تست‌های مشابه: ۱۰۶۱ تا ۱۰۶۶

۱۲- گزینهٔ ۴ **خط فکری:** در رابطهٔ نیروی محرکهٔ القایی $(\bar{\varepsilon}=-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t})$ و نمودار $\Phi-t$، اگر نمودار خطی باشد شیب نمودار $\Phi-t$ برابر $\frac{\text{تغییرات محور قائم}}{\text{تغییرات محور افقی}}=\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ بوده و می‌توان شیب خط را در نمودار جایگزین کرد. همچنین دقت کنید که شیب خط همواره ثابت است. مثلاً در این سؤال، شیب خط در بازه $t=۱۰s$ تا $t=۲۰s$ ثابت است، پس مقدار $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ در هر بازهٔ دلخواه دیگر از $t=۱۰s$ تا $t=۲۰s$ تغییر نمی‌کند. در این سؤال که نیروی محرکه القایی از $t=۱۰s$ تا $t=۲۰s$ خواسته شده و اطلاعات $t=۲۰s$ را نداریم، شیب خط $t=۱۰s$ تا $t=۱۶s$ را حساب می‌کنیم.

$$\bar{\varepsilon}=-\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\Rightarrow\varepsilon=-\frac{۰-۰/۰۶}{۱۶-۱۰}\Rightarrow\varepsilon=۱۰^{-۲}V=۱۰mV$$

تست‌های مشابه: ۱۱۳۶ تا ۱۱۳۹

۱۳- گزینهٔ ۱ تغییر زاویهٔ پیچه از رابطهٔ $\theta=\frac{۲\pi}{T}t$ به‌دست می‌آید.

$$\begin{cases}\theta=\frac{۲\pi}{T}t\xrightarrow{T=۰/۰۲s}\theta=۱۰۰\pi t+\pi & (۱)\\ ۲\theta=\frac{۲\pi}{T}(t+۰/۰۱)\xrightarrow{T=۰/۰۲s}۲\theta=۱۰۰\pi t+\pi & (۲)\end{cases}$$

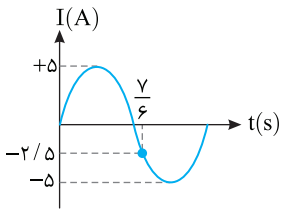
$$\xrightarrow[\text{کم می‌کنیم}]{\text{دو معادله را از هم}}۲\theta-\theta=۱۰۰\pi t+\pi-۱۰۰\pi t\Rightarrow\theta=\pi$$

در معادلهٔ (۱) به جای θ، π قرار می‌دهیم تا t به‌دست آید:

$$\theta=۱۰۰\pi t\xrightarrow{\theta=\pi}\pi=۱۰۰\pi t\Rightarrow t=۰/۰۱s$$

تست‌های مشابه: ۱۱۴۰ تا ۱۱۴۶

۱۴- گزینهٔ ۲ معادلهٔ جریان برحسب زمان به صورت $I=I_{max}\sin\frac{۲\pi}{T}t$ است. با توجه به نمودار بیشینه جریان $I_{max}=۵A$ است و جریان در لحظهٔ $t=\frac{۷}{۶}s$ برابر $-۲/۵A$ است، از این رو:



$$-۲/۵=۵\sin\frac{۲\pi}{T}(\frac{۷}{۶})\Rightarrow-\frac{۱}{۲}=\sin\frac{۲\pi}{T}(\frac{۷}{۶})$$

سینوس در ربع سوم و چهارم مثلثاتی منفی است و سینوس زاویهٔ $(\pi+\frac{\pi}{۶}=\frac{۷\pi}{۶})$ برابر $-\frac{۱}{۲}$ است بنابراین:

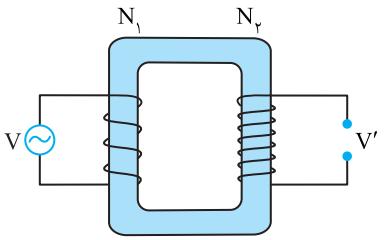
$$\frac{۲\pi}{T}\times\frac{۷}{۶}=\frac{۷\pi}{۶}\Rightarrow T=۲s$$

رابطهٔ نیرو محرکهٔ القایی نیز به صورت $\varepsilon=\varepsilon_{max}\sin(\frac{۲\pi}{T}t)$ است پس اولین بار در لحظهٔ $t=\frac{T}{۴}$ یعنی $t=\frac{۲}{۴}=\frac{۱}{۲}s$ نیرو محرکهٔ القایی بیشینه می‌شود.

تست‌های مشابه: ۱۱۵۰ تا ۱۱۵۳

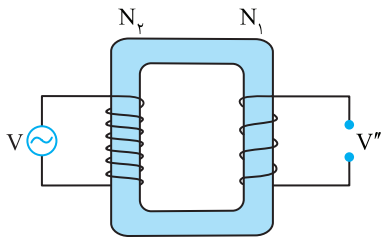
۱۵- گزینهٔ ۲ در دو طرف مبدل تعداد حلقه‌ها $N_۱$ و $N_۲$ فرض می‌شود $(N_۱<N_۲)$

۱) مبدل افزاینده:



$$\frac{V}{V'}=\frac{N_۱}{N_۲}\Rightarrow V=\frac{N_۱}{N_۲}V'\Rightarrow V=\frac{N_۱}{N_۲}(۸۰)\quad(I)$$

۲) مبدل کاهنده:



$$\frac{V}{V''}=\frac{N_۲}{N_۱}\Rightarrow V=\frac{N_۲}{N_۱}V''\Rightarrow V=\frac{N_۲}{N_۱}(۵)\quad(II)$$

اگر دو معادلهٔ (I) و (II) را در هم ضرب کنیم:

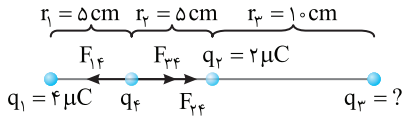
$$(I)\times(II)\Rightarrow V^۲=(\frac{N_۱}{N_۲}(۸۰))\times(\frac{N_۲}{N_۱}(۵))\Rightarrow V^۲=۴۰۰\Rightarrow V=۲۰V$$

پاسخ تشریحی آزمون‌های جامع

پاسخ آزمون ۱

۱- گزینهٔ ۳ (B)

دو بار q_1 و q_2 در فاصلهٔ یکسانی از بار q_4 قرار گرفته‌اند امّا بار q_1 بزرگ‌تر از بار q_2 است، بنابراین نیروی خالص از طرف q_1 و q_2 بر q_4 به سمت نیروی q_1 می‌باشد، در نتیجه نیرویی که از طرف q_3 بر q_4 وارد می‌شود باید در راستای نیرویی باشد که q_2 بر q_4 وارد می‌کند در واقع باید q_3 با q_2 هم‌علامت باشند. حال فرض می‌کنیم 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 می‌شود به‌صورت مقابل می‌باشد.



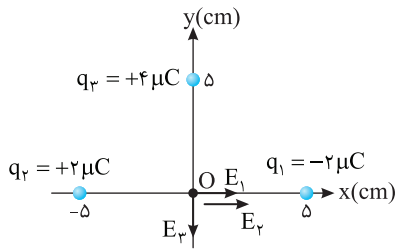
با توجه به فرض مسأله برآیند نیروهای وارد بر q_4 باید صفر باشد بنابراین:

$$F_{14}=F_{34}+F_{24}\Rightarrow k\frac{q_1q_4}{r_1^2}=k\frac{q_2q_4}{r_2^2}+k\frac{q_3q_4}{(r_3+r_2)^2}\Rightarrow k\frac{q_1q_4}{r_1^2}=kq_4\left(\frac{q_2}{r_2^2}+\frac{q_3}{(r_3+r_2)^2}\right)\Rightarrow\frac{q_1}{r_1^2}=\frac{q_2}{r_2^2}+\frac{q_3}{(r_3+r_2)^2}$$

$$\frac{4\times10^{-6}}{(5\times10^{-2})^2}=\frac{2\times10^{-6}}{(5\times10^{-2})^2}+\frac{q_3}{(15\times10^{-2})^2}\Rightarrow\frac{4\times10^{-6}}{(5\times10^{-2})^2}-\frac{2\times10^{-6}}{(5\times10^{-2})^2}=\frac{q_3}{(15\times10^{-2})^2}\Rightarrow\frac{2\times10^{-6}}{25\times10^{-4}}=\frac{q_3}{225\times10^{-4}}\Rightarrow q_3=18\times10^{-6}C=18\mu C$$

۲- گزینهٔ ۴ (B)

با توجه به شکل، میدان حاصل از هر بار در نقطهٔ O را مشخص می‌کنیم:



$$E_1=k\frac{q_1}{r^2}=9\times10^9\times\frac{2\times10^{-6}}{(5\times10^{-2})^2}=7/2\times10^6\,N/C,\ E_2=E_1=7/2\times10^6\,N/C$$

$$E_3=k\frac{q_3}{r^2}=9\times10^9\times\frac{4\times10^{-6}}{(5\times10^{-2})^2}=14/4\times10^6\,N/C=1/44\times10^7\,\frac{N}{C}$$

بردارهای E_1 و E_2 هم‌جهت می‌باشند:

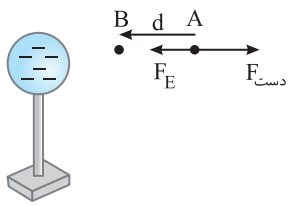
$$E_{1,2}=E_1+E_2=7/2\times10^6+7/2\times10^6=14/4\times10^6\,N/C=1/44\times10^7\,\frac{N}{C}$$

بردار $E_{1,2}$ بر بردار E_3 عمود می‌باشد:

$$\vec{E}=1/44\times10^7\,i-1/44\times10^7\,j$$

۳- گزینهٔ ۱ (B)

بار منفی کره، بار مثبت را می‌رباید 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 $F_{دست}$ به صورت شکل روبه‌رو است.



$$W=F_{دست}d\cos180^\circ=-F_{دست}d<0\Rightarrow W<0$$

کار نیروی میدان الکتریکی کرهٔ باردار خواهد شد.

$$W_E=F_Ed\cos=F_Ed>0\Rightarrow W'>0$$

از طرفی با حرکت به سمت بار منفی پتانسیل کاهش می‌یابد. بنابراین $V_B<V_A$ بوده و $\Delta V=V_A-V_B>0$ است.

۴- گزینهٔ ۱ (A)

با توجه به فرض مسأله می‌توان نوشت:

$$U_2=\frac{4}{100}U_1\Rightarrow\frac{1}{2}CV_2^2=\frac{4}{100}\left(\frac{1}{2}CV_1^2\right)\Rightarrow V_2=0/2V_1$$

بنابراین اختلاف پتانسیل به اندازه $V_2-V_1=0/2V_1-V_1=-0/8V_1$ تغییر می‌کند، یعنی ۸۰٪ کاهش می‌یابد.

۵- گزینهٔ ۲ (A)

ذرهٔ آلفا دارای دو بار مثبت می‌باشد؛ بنابراین:

$$q=+ne=2\times1/6\times10^{-19}=3/2\times10^{-19}C$$

میدان الکتریکی یکنواخت بین دو صفحه را حساب می‌کنیم:

$$E=\frac{V}{d}\Rightarrow E=\frac{200}{1\times10^{-2}}=2\times10^4\,\frac{V}{m}$$

نیروی وارد بر ذرهٔ آلفا برابر است با:

$$F=Eq=2\times10^4\times3/2\times10^{-19}=6/4\times10^{-15}N$$

۶- گزینهٔ ۳ **خط فکری:** اگر حجم کرهٔ A، n برابر حجم کرهٔ B باشد، با توجه به رابطهٔ حجم کره $V=\frac{۴}{۳}\pi R^۳$، شعاع کرهٔ A، $\sqrt[۳]{n}$ برابر شعاع کرهٔ B است.

در این مسئله حجم کره A، ۸ برابر حجم کرهٔ B است از این رو:

$$\frac{V_A}{V_B}=\frac{(r_A)^۳}{(r_B)^۳}\Rightarrow ۸=(\frac{r_A}{r_B})^۳\Rightarrow r_A=۲r_B$$

قرار است چگالی سطحی بار الکتریکی $(\sigma=\frac{Q}{A})$ با هم برابر شود:

$$\frac{\sigma_A}{\sigma_B}=\frac{|Q_A|}{|Q_B|}\times(\frac{r_B}{r_A})^۲\Rightarrow ۱=\frac{|Q_A|}{|Q_B|}\times(\frac{r_B}{۲r_B})^۲\Rightarrow |Q_A|=۴|Q_B|$$

با توجه به این‌که $Q=ne$، است بنابراین:

$$n_Ae=۴n_Be\Rightarrow n_A=۴n_B$$

$$n_A+n_B=۳۰\Rightarrow ۴n_B+n_B=۳۰\Rightarrow n_B=۶\ ,\ n_A=۲۴$$

۷- گزینهٔ ۲ مقاومت سیم‌ها را از رابطهٔ $R=\rho\frac{l}{A}$ به‌دست می‌آوریم که اطلاعات مربوط به ρ (مقاومت ویژه) و l در صورت سؤال ذکر شده است:

طول سیم‌ها $l_{Cu}=l_{Al}=l$ ، مقاومت ویژه $\rho_{Cu}=\frac{۱}{۲}\rho_{Al}$

حال با توجه به چگالی داده شده رابطهٔ بین A دو سیم را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{چگالی}\ \rho=\frac{m}{V}=\frac{m}{A\times l}\begin{cases}\rho_{Cu}=۹=\frac{m_{Cu}}{A_{Cu}\times l}\\ \rho_{Al}=۲/۷=\frac{m_{Al}}{A_{Al}\times l}\end{cases}\Rightarrow\frac{۱}{۰/۳}=\frac{A_{Al}m_{Cu}}{A_{Cu}m_{Al}}\qquad (۱)$$

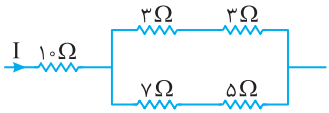
با توجه به فرض مسأله می‌توان نوشت:

$$R_{Cu}=۲R_{Al}\Rightarrow\rho_{Cu}\times\frac{A_{Cu}}{l}=۲\times(۲\rho_{Cu})\times\frac{A_{Al}}{l}\rightarrow A_{Cu}=۴A_{Al}\qquad (۲)$$

از رابطهٔ (۱) و (۲) نتیجه می‌شود:

$$(۱),(۲)\ \frac{۱}{۰/۳}=\frac{A_{Al}m_{Cu}}{۴A_{Al}\times m_{Al}}\Rightarrow\frac{m_{Al}}{m_{Cu}}=\frac{۰/۳}{۴}=\frac{۳}{۴۰}$$

۸- گزینهٔ ۴ اگر جریان عبوری از مقاومت ۵Ω را برابر $I_۱$ بگیریم توان مصرفی این مقاومت برابر است با:



$$P_{۵\Omega}=RI^۲=۵I_۱^۲$$

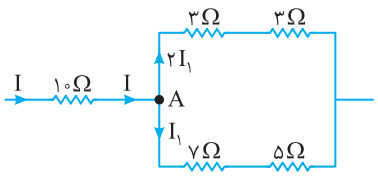
چون مقاومت‌های ۵Ω و ۷Ω با هم متوالی‌اند جریان عبوری از آن‌ها با هم یکسان و برابر $I_۱$ می‌باشد بنابراین ولتاژ معادل دو سر مقاومت‌های ۵Ω و ۷Ω برابر است.

$$V_{۵\Omega,۷\Omega}=۵I_۱+۷I_۱=۱۲I_۱$$

مقاومت معادل ۵Ω و ۷Ω با مقاومت معادل ۳Ω و ۳Ω موازی می‌باشد، پس ولتاژ دو سر آن‌ها برابر است با $۱۲I_۱$، بنابراین جریان عبوری از هر کدام از مقاومت‌های ۳Ω که با هم متوالی هستند، برابر است با:

$$\begin{matrix}V_{AB}=۱۲I_۱\\ R_{AB}=۳+۳=۶\Omega\end{matrix}\Rightarrow I=\frac{۱۲I_۱}{۶}=۲I_۱$$

بنابراین داریم:



اکنون با توجه به قاعدهٔ انشعابی کیرشهوف I را حساب می‌کنیم:

$$I=۲I_۱+I_۱=۳I_۱\Rightarrow P_{۱۰\Omega}=RI^۲=۱۰\times(۳I_۱)^۲$$

نسبت توان مصرفی در مقاومت ۵Ω به توان مصرفی در مقاومت ۱۰Ω خواهد شد:

$$\frac{P_{۵\Omega}}{P_{۱۰\Omega}}=\frac{۵\times I_۱^۲}{۱۰\times۹I_۱^۲}=\frac{۱}{۱۸}$$

۹- گزینهٔ ۱ با توجه به نیرو محرکه‌ها $(\varepsilon_۱>\varepsilon_۲)$ جهت حرکت جریان در مدار به‌صورت روبه‌رو می‌باشد؛ بنابراین:

$$V_۱=\varepsilon_۱-Ir_۱\quad ,\quad V_۲=\varepsilon_۲+Ir_۲$$

$$I=\frac{۲۰-۸}{۱۲}=۱A$$

اکنون توان ورودی $\varepsilon_۲$ و توان خروجی $\varepsilon_۱$ را حساب می‌کنیم

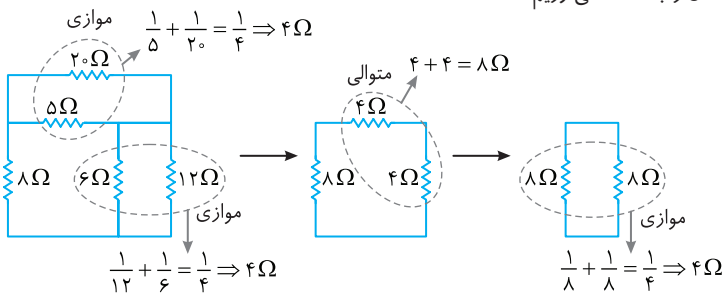
$$\varepsilon_۲\ \text{توان ورودی}\rightarrow P_۲=V_۲I=(\varepsilon_۲+Ir_۲)I=(۸+۱)\times۱=۹W$$

$$\varepsilon_۱\ \text{توان خروجی}\rightarrow P_۱=V_۱I=(\varepsilon_۱-Ir_۱)I=(۲۰-۲)\times۱=۱۸W$$

بنابراین:

$$\frac{P_۲}{P_۱}=\frac{۹}{۱۸}=\frac{۱}{۲}$$

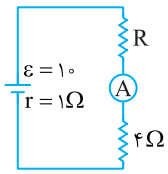
۱۰- گزینهٔ ۳ (A) ابتدا مقاومت معادل را به‌دست می‌آوریم:



بنابراین مقاومت معادل خواهد شد:

$$R_{eq}=۴+R$$

آمپرسنج در این مدار جریان کل را نشان می‌دهد از این‌رو:



$$I=\frac{۱۰}{۴+R+۱}=۱\Rightarrow ۱۰=۴+۱+R\Rightarrow R=۵\Omega$$

۱۱- گزینهٔ ۳ (C) با افزایش مقاومت متغیر $R_۱$، مقاومت معادل $R_۱$ و $R_۲$ افزایش می‌یابد یعنی مقاومت معادل مدار R_{eq} افزایش می‌یابد و جریان مدار کاهش می‌یابد.

$$I_{کل}=\frac{V}{\uparrow R_{eq}+r}\xrightarrow{\text{با افزایش } R_{eq}}I_{کل}\text{ کاهش می‌یابد}$$

ولت‌سنج $V_۱$ اختلاف پتانسیل دو سر مولد را نشان می‌دهد:

$$V_۱=\varepsilon-Ir\xrightarrow{I\text{ کاهش یافته}}V_۱\text{ افزایش می‌یابد}$$

اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت $R_۲$ را بررسی می‌کنیم:

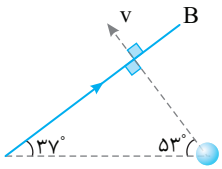
$$V_{R_۲}=R_۲I\xrightarrow{I\text{ کاهش یافته}}V_{R_۲}\text{ کاهش می‌یابد}$$

با توجه به این‌که ولتاژ کل مدار برابر مجموع ولتاژ مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ می‌باشد؛ داریم:

$$\uparrow V_۱=V_{R_۱}+V_{R_۲}\downarrow\xrightarrow[V_{R_۲}\text{ کاهش یافته}]{V_۱\text{ افزایش یافته}}V_{R_۱}\text{ افزایش می‌یابد}$$

ولت‌سنج $V_۲$ ولتاژ مقاومت $R_۱$ را نشان می‌دهد، پس $V_۲$ افزایش می‌یابد.

۱۲- گزینهٔ ۲ (B) ابتدا با توجه به جهت سرعت و جهت میدان مغناطیسی زاویهٔ بین بردار سرعت و بردار میدان مغناطیسی را به دست می‌آوریم.



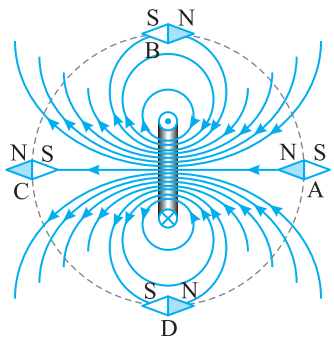
$$\theta=۹۰^\circ$$

$$F=qvB\sin ۹۰^\circ\xrightarrow{B=۱۰^{-۴}\,G=۱T}F=(۲۵\times۱۰^{-۶})(۲\times۱۰^{۵})(۱)=۵N$$

با توجه به قاعدهٔ دست راست، چهار انگشت دست راست در جهت v قرار می‌گیرد به‌گونه‌ای که با خم شدن انگشت‌های دست جهت B مشخص شود، شست دست راست درونسو بوده و جهت میدان مغناطیسی را نشان می‌دهد.

۱۳- گزینهٔ ۴ (A) با توجه به شکل، عقربه از نقطهٔ A تا B، ۱۸۰° از نقطهٔ B تا C، ۱۸۰° از نقطه C تا D و ۱۸۰° از نقطه D تا A، ۱۸۰° می‌چرخد که جمعاً خواهد شد:

$$۱۸۰^\circ+۱۸۰^\circ+۱۸۰^\circ+۱۸۰^\circ=۷۲۰^\circ$$



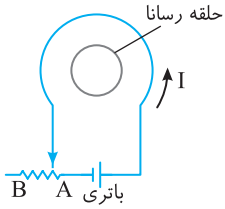
۱۴- گزینهٔ ۳ (A) ابتدا با توجه به رابطهٔ $F=qvB\sin\alpha$ نیروی وارد بر ذره را به‌دست می‌آوریم. دقت کنید که ذره در جهت عمود بر میدان مغناطیسی برآن وارد شده بنابراین $\sin\alpha$ برابر یک می‌باشد:

$$F=qvB\sin\alpha=qvB=۴\circ\times۱۰^{-۶}\times۱۰^{۴}\times۲\times۱۰^{-۳}=۸\times۱۰^{-۴}\,N$$

حال با توجه به قانون دوم نیوتون $F=ma$ شتاب ذره را به‌دست می‌آوریم:

$$F=ma\Rightarrow ۸\times۱۰^{-۴}=۴\circ\circ\times۱۰^{-۶}\times a\Rightarrow a=۲m/s^۲$$

۱۵- گزینهٔ ۱ (A) با حرکت رئوستا از A به سمت B مقاومت بیشتری درمدار قرار می‌گیرد، بنابراین جریان عبوری I کاهش می‌یابد و شار در حال کاهش می‌باشد؛ تغییر شار سبب ایجاد جریان القایی در حلقهٔ رسانا می‌شود که میدان مغناطیسی القایی باید با میدان مغناطیسی حاصل از جریان I هم‌جهت باشد تا با کاهش شار مخالفت کند (بنا به قانون لنز) از این‌رو جهت میدان مغناطیسی القایی باید برونسو باشد.



۱۶- گزینهٔ ۴ (B) با توجه به قانون القای الکترومغناطیسی فاراده:

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

در بازهٔ ۰ تا ۰/۰۱s: $\varepsilon_1=-1\times\pi\times(0/2)^2\times\frac{0/3}{0/01}=-3/6V$

در بازهٔ ۰/۰۱s تا ۰/۰۲: $\varepsilon_2=0$

در بازهٔ ۰/۰۲s تا ۰/۰۳s: $\varepsilon_3=1\times\pi(0/2)^2\times\frac{0/3}{0/01}\Rightarrow\varepsilon_3=3/6V$

۱۷- گزینهٔ ۴ (A) ابتدا ضریب القاوری را به‌دست می‌آوریم:

$$L=\frac{N^2AK\mu_0}{l}=\frac{(100)^2\times(\pi\times(2\times10^{-2})^2)(1)\times(4\pi\times10^{-7})}{0/1}=\frac{10^4\times3\times4\times10^{-4}\times12\times10^{-7}}{0/1}=144\times10^{-6}=1/44\times10^{-4}H$$

حال جریان را در لحظه $t=3s$ حساب می‌کنیم:

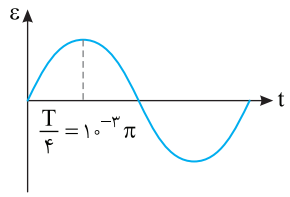
$$I=4\times(3)^2-5(3)-1=20A$$

انرژی ذخیره شده در سیم‌لوله در $t=3s$ خواهد شد:

$$U=\frac{1}{2}LI^2=\frac{1}{2}\times1/44\times10^{-4}\times400=2/88\times10^{-2}J=28/8mJ$$

۱۸- گزینهٔ ۴ (B) با توجه به رابطهٔ شار $\Phi=BA\cos(\frac{2\pi}{T}t)$ بنابراین $BA=0/002Wb$ و $\frac{2\pi}{T}=500rad/s$:

$$I_{max}=\frac{NBA(\frac{2\pi}{T})}{R}=\frac{40\times0/002\times500}{10}=4A$$



حال معادلهٔ نیرو محرکهٔ القایی را می‌نویسیم:

$$\varepsilon=NBA(\frac{2\pi}{T})\sin(500t)=40\sin(500t)\Rightarrow\frac{2\pi}{T}=500\Rightarrow T=\frac{2\pi}{500}=4\times10^{-3}\pi\Rightarrow\frac{T}{4}=10^{-3}\pi$$

بنابراین نمودار شکل (۴) درست است.

۱۹- گزینهٔ ۴ (A) برای مبدل A داریم:

$$K_A=\frac{N_2}{N_1}=\frac{V_2}{V_1}=\frac{42000}{12000}=35$$

برای مبدل B داریم:

$$K_B=\frac{N_2}{N_1}=\frac{V_2}{V_1}=\frac{6000}{42000}=\frac{1}{70}$$

بنابراین:

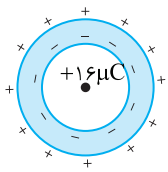
$$\frac{K_A}{K_B}=\frac{35}{\frac{1}{70}}=70\times35=2450$$

۲۰- گزینهٔ ۲ (A) در این مدار دیودها به گونه‌ای وصل شده‌اند که جریانی در مدار برقرار نمی‌شود و باتری شارژ نمی‌شود.

پاسخ آزمون ۲

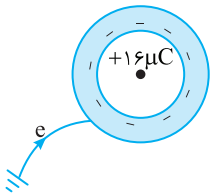
۱- گزینهٔ ۳ (A)

اگر بار $+۱۶\mu C$ را در مرکز یک کرهٔ رسانای توخالی قرار دهیم، روی سطح داخلی کره بار $-۱۶\mu C$ و روی سطح خارجی آن، بار $+۱۶\mu C$ قرار می‌گیرد. هنگامی که این کرهٔ تو خالی را به زمین وصل می‌کنیم بار سطح خارجی کره خنثی می‌شود. پس بار منتقل شده $+۱۶\mu C$ است (بار روی سطح داخلی تحت تأثیر بار در مرکز پوسته می‌باشد و حرکت نمی‌کند)



$$q=\pm ne \Rightarrow ۱/۶\times۱۰^{-۶}=n\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹} \Rightarrow n=۱۰^{۱۳}$$

در واقع $۱۰^{۱۳}$ الکترون از زمین به سطح خارجی پوسته منتقل شده و سطح خارجی بدون بار می‌شود.



۲- گزینهٔ ۴ (B)

هنگامی که ۲۵٪ از بار $q_۲$ را به بار $q_۱$ می‌دهیم مجدداً مجموع دو بار ثابت می‌ماند؛ بنابراین: $q_۱+q_۲=q'_۱+q'_۲$

اگر دو کره را به هم تماس دهیم بار هر دو کره با هم یکسان و برابر خواهد شد:

$$q''_۱=q''_۲=\frac{q'_۱+q'_۲}{۲} \xrightarrow{q'_۱+q'_۲=q_۱+q_۲} q''_۱=q''_۲=\frac{q_۱+q_۲}{۲}=\frac{۱۵+۵}{۲}=۱۰\mu C$$

نیروی بین دو کره را در دو حالت به‌دست می‌آوریم:

$$F=k\frac{q_۱q_۲}{r^۲}=k\times\frac{۵\times۱۰^{-۶}\times۱۵\times۱۰^{-۶}}{r^۲}=۷۵\times۱۰^{-۱۲}\frac{k}{r^۲}$$

$$F'=k\frac{q''_۱q''_۲}{r_۲}=k\times\frac{۱۰\times۱۰^{-۶}\times۱۰\times۱۰^{-۶}}{r^۲}=۱۰۰\times۱۰^{-۱۲}\times\frac{k}{r^۲}$$

در حالت دوم نیرو به اندازه زیر افزایش می‌یابد:

$$\Delta F=\left(\frac{۱۰۰\times۱۰^{-۱۲}-۷۵\times۱۰^{-۱۲}}{r^۲}\right)k=\frac{۲۵\times۱۰^{-۱۲}}{r^۲}k$$

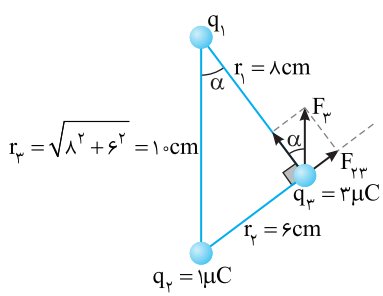
در نتیجه:

$$\frac{\Delta F}{F}=\frac{\frac{۲۵\times۱۰^{-۱۲}}{r^۲}k}{\frac{۷۵\times۱۰^{-۱۲}}{r^۲}k}=\frac{۱}{۳}\simeq۰/۳۳$$

بنابراین نیرو تقریباً ۳۳٪ افزایش می‌یابد.

۳- گزینهٔ ۱ (B)

با توجه به اینکه $F_۳$ با خط واصل بین $q_۱$ و $q_۲$ موازی است و با استفاده از قضیه خطوط موازی و مورب داریم:



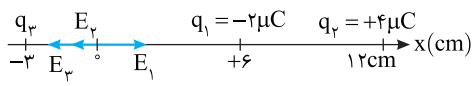
$$F_{۲۳}=F_۳\sin\alpha \Rightarrow k\frac{q_۲q_۳}{r_۲^۲}=F_۳\frac{r_۲}{r_۳}$$

$$۹\times۱۰^۹\times\frac{۳\times۱۰^{-۱۲}}{۳۶\times۱۰^{-۴}}=F_۳\times۰/۶ \Rightarrow \frac{۳}{۴}\times۱۰=F_۳\times۰/۶ \Rightarrow \frac{۵۰}{۴}=F_۳ \Rightarrow F_۳=۱۲/۵N$$

۴- گزینهٔ ۳ (A)

بارها را روی محور xها قرار می‌دهیم:

با توجه به فرض مسأله E_T باید در مبدأ صفر شود، یعنی بردارهای $E_۲$ و $E_۳$ باید $E_۱$ را خنثی کنند از این‌رو:



$$E_۱=E_۲+E_۳ \Rightarrow \frac{k\times۲\times۱۰^{-۶}}{(۶\times۱۰^{-۲})^۲}=\frac{k\times۴\times۱۰^{-۶}}{(۱۲\times۱۰^{-۲})^۲}+\frac{kq_۳}{(۳\times۱۰^{-۲})^۲}$$

$$\frac{۲\times۱۰^{-۶}}{۳۶\times۱۰^{-۴}}-\frac{۴\times۱۰^{-۶}}{۱۴۴\times۱۰^{-۴}}=\frac{q_۳}{۹\times۱۰^{-۴}} \Rightarrow \frac{۸\times۱۰^{-۶}-۴\times۱۰^{-۶}}{۱۴۴\times۱۰^{-۴}}=\frac{q_۳}{۹\times۱۰^{-۴}}$$

$$\frac{۴\times۱۰^{-۶}}{۱۴۴\times۱۰^{-۴}}=\frac{q_۳}{۹\times۱۰^{-۴}} \Rightarrow q_۳=\frac{۱}{۴}\times۱۰^{-۶}=۰/۲۵\times۱۰^{-۶}C=۰/۲۵\mu C$$

۵- گزینهٔ ۴ اختلاف پتانسیل بین دو نقطهٔ A و B برابر است با:

$$\Delta V=\frac{\Delta U}{q}=\frac{(۰/۵-۰/۳)\times ۱۰^{-۳}}{-۲\times ۱۰^{-۶}}=-۱۰۰V$$

قدرمطلق (اندازه) پتانسیل B، ۸۰ ولت شده است از این‌رو $V_B=\pm ۸۰V$ می‌تواند باشد. در نتیجه:

$$V_B-V_A=-۱۰۰V\begin{cases}V_B=+۸۰V\Rightarrow ۸۰-V_A=-۱۰۰\Rightarrow V_A=+۱۸۰V\\ V_B=-۸۰V\Rightarrow -۸۰-V_A=-۱۰۰\Rightarrow V_A=+۲۰V\end{cases}$$

۶- گزینهٔ ۳ روی خازن ظرفیت آن $۶\mu F$ و بیشینه اختلاف پتانسیل قابل تحمل آن برابر $۱۰۰V$ نوشته شده است بنابراین:

$$U=\frac{۱}{۲}CV^۲=\frac{۱}{۲}\times ۶\times ۱۰^{-۶}\times (۱۰۰)^۲=۳\times ۱۰^{-۶}\times ۱۰^۴=۳\times ۱۰^{-۲}J=۳۰mJ$$

قدرت دی‌الکتریک، بیشینه میدان الکتریکی قابل تحمل خازن می‌باشد:

$$E_{max}=\frac{V_{max}}{d}=\frac{۱۰۰}{۲\times ۱۰^{-۲}}=۵\times ۱۰^۳\frac{V}{m}\times\frac{۱kV}{۱۰^۳V}\times\frac{۱m}{۱۰^۳mm}=۵\times ۱۰^{-۳}\frac{kV}{mm}$$

۷- گزینهٔ ۲ با اتصال به زمین بار کره خنثی می‌شود، بنابراین در ابتدا روی کره $۱/۲\times ۱۰^{۱۴}$ الکترون وجود داشته و بار اولیهٔ کره برابر است با:

$$Q=ne\Rightarrow Q=۱/۲\times ۱۰^{۱۴}\times ۱/۶\times ۱۰^{-۱۹}=۱/۹۲\times ۱۰^{-۵}C=۱۹/۲\mu C$$

$$\sigma=\frac{Q}{A}\Rightarrow\sigma=\frac{۱۹/۲\mu C}{۴\pi(۱۰^{-۱})^۲m^۲}=\frac{۱۹/۲\mu C}{(۴\times ۳\times ۱۰^{-۲})m^۲}=۱۶۰\frac{\mu C}{m^۲}$$

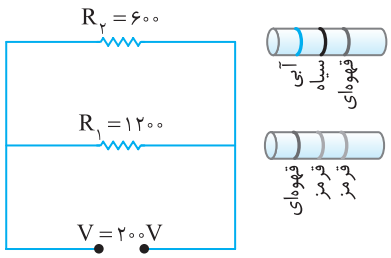
۸- گزینهٔ ۳ جرم جسم تغییر نمی‌کند بنابراین:

$$m_۱=m_۲\Rightarrow\frac{V_۱}{\rho}=\frac{V_۲}{\rho}\Rightarrow V_۱=V_۲\Rightarrow A_۱L_۱=A_۲L_۲\Rightarrow\frac{A_۱}{A_۲}=\frac{L_۲}{L_۱}$$

حال مقاومت سیم را در دو حالت به هم تقسیم می‌کنیم:

$$\frac{R_۲}{R_۱}=\frac{\rho\frac{L_۲}{A_۲}}{\rho\frac{L_۱}{A_۱}}=\frac{L_۲}{L_۱}\times\frac{A_۱}{A_۲}=(\frac{L_۲}{L_۱})^۲=۹\Rightarrow\frac{L_۲}{L_۱}=۳\Rightarrow L_۲=۳\times ۱۲=۳۶cm$$

۹- گزینهٔ ۳ ابتدا با توجه به کد رنگ‌ها مقاومت‌ها را محاسبه می‌کنیم:



$$R=\overline{ab}\times ۱۰^n$$

$$R_۱=۶۰\times ۱۰^۱=۶۰۰$$

$$R_۲=۱۲\times ۱۰^۲=۱۲۰۰$$

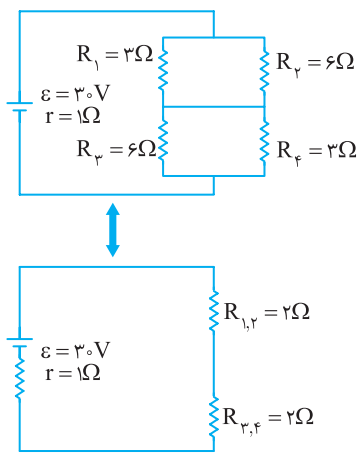
حال با توجه به اینکه ولتاژ هر دو مقاومت برابر $۲۰۰V$ است داریم:

$$Q_۱=\frac{V^۲}{R_۱}t=\frac{۲۰۰\times ۲۰۰}{۱۲۰۰}\times ۳۰\times ۶۰=۶۰kJ$$

$$Q_۲=\frac{V^۲}{R_۲}t=\frac{۲۰۰\times ۲۰۰}{۶۰۰}\times ۳۰\times ۶۰=۱۲۰kJ$$

$$Q_T=Q_۱+Q_۲=۶۰+۱۲۰=۱۸۰kJ$$

۱۰- گزینهٔ ۳ مقاومت آمپرسنج ایده‌آل ناچیز است از این‌رو شبیه یک سیم بدون مقاومت عمل کرده و با توجه به مدار مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ با هم موازی و مقاومت‌های $R_۳$ و $R_۴$ نیز با هم موازی‌اند:



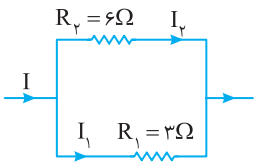
$$\frac{۱}{R_{۱,۲}}=\frac{۱}{R_۱}+\frac{۱}{R_۲}=\frac{۱}{۶}+\frac{۱}{۳}=\frac{۱}{۲}\Rightarrow R_{۱,۲}=۲\Omega$$

$$\frac{۱}{R_{۳,۴}}=\frac{۱}{R_۳}+\frac{۱}{R_۴}=\frac{۱}{۶}+\frac{۱}{۳}=\frac{۱}{۲}\Rightarrow R_{۳,۴}=۲\Omega$$

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}=\frac{۳۰}{R_{۲,۳}+R_{۳,۴}+r}=\frac{۳۰}{۲+۲+۱}=۶A$$

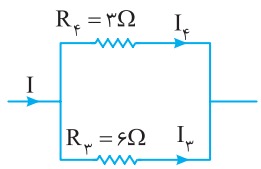
مقاومت‌های $R_{1,2}$ و $R_{3,4}$ با هم متوالی‌اند، بنابراین جریان‌های عبوری از آن‌ها با هم یکسان می‌باشند و برابر جریان I هستند.

$$I_{1,2}=I_{3,4}=I=6A$$



مقاومت‌های R_2 و R_1 با هم موازی‌اند بنابراین:

$$\begin{cases} I_1+I_2=6A \\ V_1=V_2\Rightarrow R_2I_2=R_1I_1\Rightarrow 6I_2=3I_1\Rightarrow I_1=2I_2 \end{cases}\Rightarrow 2I_2+I_2=6A\Rightarrow I_1=4A, I_2=2A$$

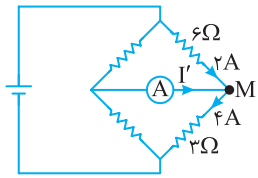


برای مقاومت‌های R_3 و R_4 نیز داریم:

$$\begin{cases} I_3+I_4=6 \\ R_3I_3=R_4I_4\Rightarrow 6I_3=3I_4\Rightarrow I_4=2I_3 \end{cases}\Rightarrow I_3=2A, I_4=4A$$

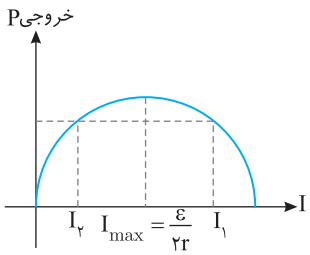
در مدار اصلی برای گره M می‌نویسیم:

$$I'+2=4\Rightarrow I'=2A$$



آمپرسنج جریان I' یعنی $2A$ را نشان می‌دهد.

۱۱- گزینهٔ ۱ توان خروجی مولد $P=\varepsilon I-rI^2$ است که نمودار آن یک سهمی مطابق شکل است. با توجه به نمودار $P_{\text{خروجی}}-I$ خروجی هنگامی توان خروجی در دو حالت با هم برابر است که جریان آن‌ها در آن دو حالت به فاصلهٔ یکسانی از I_{max} قرار گیرد بنابراین:



$$\frac{I_1+I_2}{2}=I_{max}\Rightarrow I_1+I_2=2I_{max}$$

با توجه به رابطهٔ $I=\frac{\varepsilon}{R+r}$ رابطهٔ بالا خواهد شد:

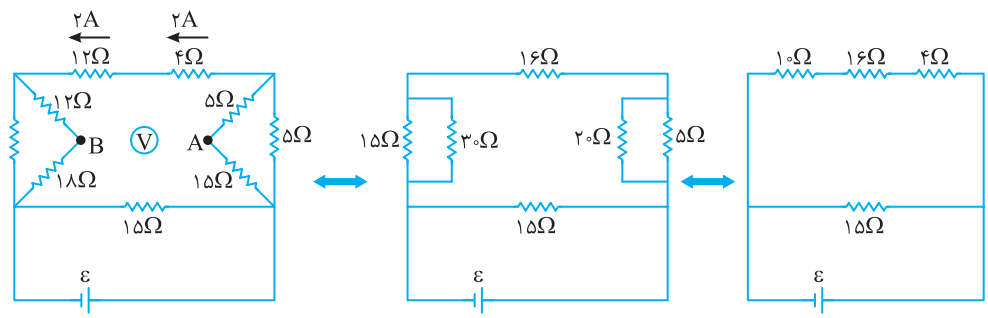
$$\frac{\varepsilon}{R_{eq,1}+r}+\frac{\varepsilon}{R_{eq,2}+r}=2\frac{\varepsilon}{2r}$$

$$\frac{1}{1+0/2+2}+\frac{1}{R_2+1+2}=\frac{1}{2}\Rightarrow\frac{1}{R_2+3}=\frac{1}{2}-\frac{1}{3/2}=\frac{0/6}{3/2}$$

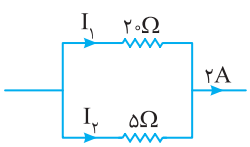
$$0/6R_2+1/8=3/2\Rightarrow 0/6R_2=1/4\Rightarrow R_2=\frac{14}{6}=\frac{7}{3}\Omega$$

بنابراین مقاومت به اندازهٔ $\frac{7}{3}-\frac{2}{10}=\frac{64}{30}$ افزایش یافته است.

۱۲- گزینهٔ ۴ ابتدا جریانی که از هر مقاومت می‌گذرد را به‌دست می‌آوریم، سپس از نقطه‌ی A تا نقطه‌ی B قانون ولتاژها (قاعده حلقه) را می‌نویسیم زیرا ولت‌سنج اختلاف پتانسیل نقاط A و B را نشان می‌دهد. دقت کنید از شاخه‌ی شامل ولت‌سنج به‌دلیل مقاومت بالای ولت‌سنج ایده‌آل جریانی نمی‌گذرد.

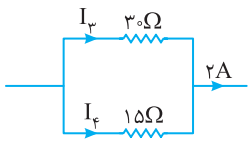


مقاومت‌های 4Ω و 12Ω متوالی‌اند و جریان در هر دو مقاومت معادل آن‌ها برابر $2A$ است بنابراین کل جریان عبوری از مقاومت‌های معادل مقاومت‌های 5Ω و 20Ω که با هم موازی‌اند برابر $2A$ می‌باشد.



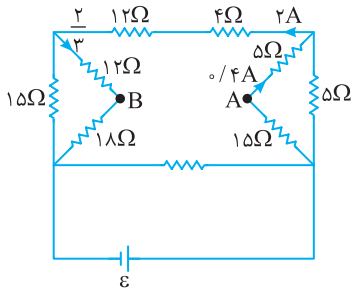
$$\begin{cases} I_1+I_2=2A \\ V_1=V_2\Rightarrow 20I_1=5I_2 \end{cases}\Rightarrow 5I_1=2\Rightarrow I_1=0/4A, I_2=1/6A$$

کل جریان عبوری از مقاومت‌های 30Ω و 15Ω که با هم موازی‌اند نیز برابر $2A$ است:



$$\begin{cases} I_3+I_4=2 \\ V_3=V_4\Rightarrow 30I_3=15I_4\Rightarrow I_4=2I_3 \end{cases}\Rightarrow 3I_3=2\Rightarrow I_3=\frac{2}{3}, I_4=\frac{4}{3}$$

حال در مدار از نقطهٔ A تا B می‌چرخیم:



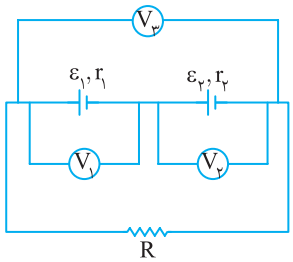
$$V_A-(۰/۴\times۵)-(۲\times۱۶)-(\frac{۲}{۳}\times۱۲)=V_B$$

$$V_A-۲-۳۲-۸=V_B\Rightarrow V_A-V_B=۴۲V$$

گزینهٔ ۲ - ۱۳ (C)

ابتدا جریان مدار را به‌دست می‌آوریم:

$$\varepsilon_۱=\varepsilon_۲=\varepsilon\ ,\ I=\frac{\varepsilon_۱+\varepsilon_۲}{R+r_۱+r_۲}=\frac{۲\varepsilon}{r_۲-r_۱+r_۱+r_۲}=\frac{\varepsilon}{r_۲}$$



عددی که ولت‌سنج‌ها نشان می‌دهند را حساب می‌کنیم:

$V_۱$: اختلاف پتانسیل دو سر نیرومحرکه $\varepsilon_۱$: $V_۱=\varepsilon_۱-r_۱I=\varepsilon-\frac{r_۱\varepsilon}{r_۲}\neq۰$

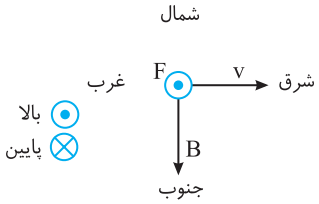
$V_۲$: اختلاف پتانسیل دو سر نیرومحرکه $\varepsilon_۲$: $V_۲=\varepsilon_۲-r_۲I=\varepsilon-\frac{r_۲\varepsilon}{r_۲}=\varepsilon-\varepsilon=۰$

ولتاژ $V_۲$ صفر شده است از این‌رو ولت‌سنج $V_۳$ همان عدد ولت‌سنج $V_۱$ را نمایش می‌دهد:

$$V_۳=V_۱+V_۲\xrightarrow{V_۲=۰}V_۳=V_۱$$

گزینهٔ ۳ - ۱۴ (B)

اندازهٔ نیروی وارد بر ذره از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

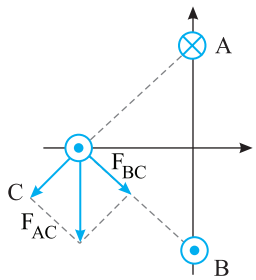


$$F=qvB\sin\theta\xrightarrow{\theta=۹۰^\circ}۵۰\times۱۰^{-۶}\times۱۰۰\times۰/۰۲=۱۰^{-۴}N$$

حال جهت خطوط میدان و جهت حرکت ذره که در فرض سؤال است را مشخص می‌کنیم که با توجه به قاعدهٔ دست راست جهت نیرو درونسو می‌باشد که چون ذره منفی است جهت نیرو برعکس آن، یعنی برونسو و به سمت بالا می‌باشد.

گزینهٔ ۳ - ۱۵ (B)

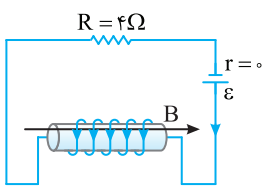
نیرویی که سیم‌های دارای جریان همسو بر هم وارد می‌کنند ربایشی و نیرویی که سیم‌ها با جریان‌های ناهمسو بر هم وارد می‌کنند رانشی است. از این‌رو A، C را می‌راند و B، سیم C را می‌رباید و این نیروها هم‌اندازه هستند.



زیرا جریان‌های سیم‌ها و فاصلهٔ A و B از سیم C یکسان است. بنابراین نیروی برآیند وارد بر سیم C مطابق شکل رو به پایین خواهد بود.

گزینهٔ ۱ - ۱۶ (A)

با توجه به توان مصرفی داده شده جریان عبوری را به‌دست می‌آوریم.



$$P=RI^۲\Rightarrow۳۶=۴\times I^۲\Rightarrow I=۳A$$

$$\begin{cases}B=\mu_۰nI\\ n=\frac{N}{l}=\frac{۲}{۰/۰۱}=۲۰۰\end{cases}\Rightarrow B=۴\pi\times۱۰^{-۷}\times۲۰۰\times۳=۲/۴\pi\times۱۰^{-۴}T$$

و با توجه به جهت جریان عبوری از سیملوله و قاعدهٔ دست راست جهت میدان به سمت راست است.

گزینهٔ ۴ - ۱۷ (A)

مواد فرومغناطیسی شامل حوزه‌های مغناطیسی هستند که در این حوزه‌ها جهت‌گیری‌های مغناطیسی یکسان است. مواد فرومغناطیسی را با قرار دادن در یک میدان مغناطیسی می‌توان به آهنربا تبدیل کرد. اگر میدان ضعیف باشد حوزه‌های مغناطیسی همسو با میدان افزایش می‌یابد و حوزه‌هایی که جهت آن‌ها با میدان بیرونی یکسان نیست کوچک‌تر می‌شوند مانند شکل گزینهٔ (۱) و اگر میدان مغناطیسی خارجی قوی باشد می‌تواند بیشتر حوزه‌ها را هم‌جهت با خود کرده و شکل آن مانند گزینهٔ (۳) شود، بنابراین پاسخ گزینهٔ (۴) است.

گزینهٔ ۴ - ۱۸ (C)

نمودار شار مغناطیسی گذرنده از یک حلقه به صورت سهمی است بنابراین:

$$\Phi=at^۲+bt+c\Rightarrow\begin{cases}t=۰,\Phi=۵\Rightarrow۵=a(۰)^۲+b(۰)+c\Rightarrow c=۵\\ t=۳,\Phi=۲\Rightarrow۲=a(۳)^۲+b(۳)+۵\Rightarrow-۴\times(۹a+۳b=-۳)\\ t=۴,\Phi=۵\Rightarrow۵=a(۴)^۲+b(۴)+۵\Rightarrow۳\times(۱۶a+۴b=۰)\end{cases},\ \begin{cases}-۳۶a-۱۲b=۱۲\\ ۴۸a+۱۲b=۰\end{cases}\Rightarrow۱۲a=۱۲\Rightarrow a=۱,b=-۴$$

بنابراین شار عبوری برابر است با:

$$\Phi = t^{۲} - ۴t + ۵$$

نمودار شار سهمی می‌باشد پس کمترین شار عبوری برابر است با:

$$t = \frac{-b}{۲a} = \frac{۴}{۲} = ۲ \Rightarrow \Phi_{min} = (۲)^{۲} - ۴(۲) + ۵ = ۱Wb$$

حال نیرو محرکهٔ متوسط را به‌دست می‌آوریم:

$$\varepsilon = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -N \times \frac{\Phi(۳) - \Phi(۱)}{۳ - ۱} = -۱ \times \frac{۰}{۲} = ۰$$

۱۹- گزینهٔ ۲ (A)

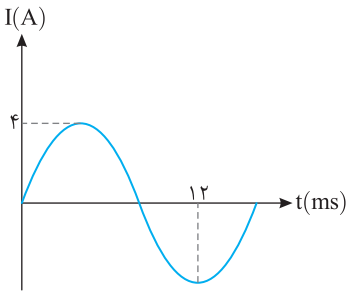
انرژی ذخیره شده در سیملوله از رابطهٔ $U = \frac{۱}{۲}LI^{۲}$ به‌دست می‌آید؛ بنابراین:

$$۱۰۰ \times ۱۰^{-۳} = \frac{۱}{۲} \times L \times (I)^{۲} = \frac{۱}{۲} \times L \times ۴ = ۲L \Rightarrow L = ۵۰ \times ۱۰^{-۳} = ۵ \times ۱۰^{-۲} H$$

۲۰- گزینهٔ ۲ (B)

با توجه به نمودار:

$$\frac{۳T}{۴} = ۱۲ms \Rightarrow T = ۱۶ms \quad , \quad \Phi = \Phi_{max} \cos\frac{۲\pi}{T}t$$



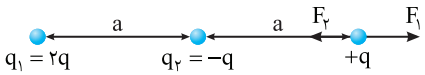
بیشینهٔ نیروی محرکهٔ القایی برابر است با:

$$\varepsilon_m = RI_m \Rightarrow \varepsilon_m = ۳ \times ۴ = ۱۲V$$

$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin\frac{۲\pi}{T}t \Rightarrow \varepsilon = ۱۲\sin\frac{۲\pi}{۱۶ \times ۱۰^{-۳}}t \Rightarrow \varepsilon = ۱۲\sin ۳۷۵t$$

پاسخ آزمون ۳

۱- گزینهٔ ۴ (B) نیروی بین دو بار q و $|-q|$ در فاصلهٔ a را $F_۲$ فرض می‌کنیم. در این صورت نیروی بین دو بار q و $۲q$ خواهد شد:



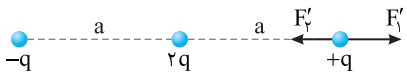
$$F_۱=k\frac{|۲q||q|}{(۲a)^۲}=\frac{۱}{۲}k\frac{q^۲}{a^۲}\Rightarrow F_۱=\frac{۱}{۲}F_۲$$

نیروی برایند F وارد بر q برابر است با:

$$\vec{F}=\vec{F}_۲-\vec{F}_۱=\vec{F}_۲-\frac{۱}{۲}\vec{F}_۲=\frac{۱}{۲}\vec{F}_۲$$

با عوض کردن جای $-q$ و $۲q$ فاصلهٔ بین $-q$ و q دو برابر و نیروی بین آن‌ها $\frac{۱}{۴}$ یعنی $F'_۲=\frac{۱}{۴}F_۲$

خواهد شد و نیروی بین $۲q$ و q با نصف شدن فاصله چهار برابر می‌شود. $F'_۱=۴F_۱=۴\times\frac{۱}{۲}F_۲=۲F_۲$



در این صورت نیروی خالص وارد بر بار $+q$ برابر است با:

$$\vec{F}'=\vec{F}'_۲-\vec{F}'_۱=\frac{۱}{۴}\vec{F}_۲-۲\vec{F}_۲=\frac{-۷}{۴}\vec{F}_۲$$

اکنون نسبت F' به F را به‌دست می‌آوریم.

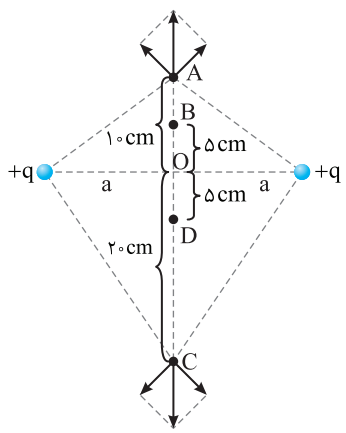
$$\frac{\vec{F}'}{F}=\frac{-\frac{۷}{۴}\vec{F}_۲}{\frac{۱}{۲}\vec{F}_۲}=\frac{-۷}{۲}\Rightarrow\vec{F}'=\frac{-۷}{۲}\vec{F}$$

مفهوم علامت منفی تغییر جهت نیروی برایند است.

۲- گزینهٔ ۳ (A) دو کره مجزا هستند و بر هم تأثیری ندارند، از این رو وقتی در مرکز کرهٔ 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 رسانا (فلز) منتقل می‌شود، سطح (۳) خنثی و سطح (۴) دارای بار مثبت می‌شود.

۳- گزینهٔ ۲ (C) ذره دارای بار الکتریکی مثبت می‌باشد و زمانی که آن را درون میدان رها می‌کنیم به‌صورت 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 به‌صورت سؤال میدان الکتریکی ثابت و یکنواخت است؛ بنابراین اندازهٔ میدان در تمام نقاط یکسان و ثابت می‌باشد.

۴- گزینهٔ ۴ (B) با توجه به شکل میدان در نقاط A و B روبه‌بالا است و اگر بار منفی از نقطهٔ A به نقطهٔ B برود در خلاف جهت میدان جابه‌جا شده و انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد $U_B<U_A$.



در نقطهٔ D و B که فاصلهٔ یکسانی تا خط واصل دارند. انرژی پتانسیل الکتریکی بار به دلیل تقارن برابر است وقتی از نقطهٔ D به نقطهٔ 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 نقطهٔ A رها کنیم خودبه‌خود به سوی نقطهٔ 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 دوبار، بار $-q$ تمایلی برای حرکت ندارد و باید بار منفی را به اجبار از نقطهٔ O تا نقطهٔ 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 فاصلهٔ C تا O از فاصلهٔ A تا O، انرژی پتانسیل الکتریکی بیشتری در آن ذخیره می‌شود. در این صورت $U_B<U_A<U_C$

۵- گزینهٔ ۴ (B) ظرفیت خازن از رابطهٔ $C=\kappa\varepsilon_۰\frac{A}{d}$ به‌دست می‌آید، بنابراین:

$$C_۱=\kappa\varepsilon_۰\frac{A}{d_۱}\xrightarrow[\text{بین صفحات خازن هواست}]{\kappa=۱}C_۱=۱\times۹\times۱۰^{-۱۲}\times\frac{۴۰\times۱۰^{-۴}}{۱۰\times۱۰^{-۳}}\Rightarrow C_۱=۳/۶\times۱۰^{-۱۲}F=۳/۶pF$$

$$C_۲=\kappa\varepsilon_۰\frac{A}{d_۲}\xrightarrow{d_۲=d_۱-۸=۲mm}C_۲=۱\times۹\times۱۰^{-۱۲}\times\frac{۴۰\times۱۰^{-۴}}{۲\times۱۰^{-۳}}\Rightarrow C_۲=۱۸\times۱۰^{-۱۲}F=۱۸pF$$

$$\Delta C=C_۲-C_۱=۱۸-۳/۶=۱۴/۴pF$$

۶- گزینهٔ ۲ (A) با جدا شدن خازن از باتری، بار روی صفحات خازن ثابت می‌ماند.

$$C=\varepsilon_{\circ}\frac{A}{d}$$

$$C'=\kappa\varepsilon_{\circ}\frac{A}{d'}=۲\varepsilon_{\circ}\frac{A}{\frac{d}{۲}}\Rightarrow C'=۴\varepsilon_{\circ}\frac{A}{d}\Rightarrow C'=۴C$$

اکنون بررسی می‌کنیم انرژی چه تغییری می‌کند.

$$U=\frac{۱}{۲}\frac{Q^{۲}}{C}\xrightarrow[q=\text{ثابت}]{C'=۴C}U'=\frac{۱}{۴}U$$

۷- گزینهٔ ۳ (A) 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 می‌کنیم مقاومت هر قسمت آن $R'=\frac{۱}{n}R=\frac{۱}{n}\rho\frac{l}{A}$ می‌شود و هنگامی که به صورت موازی بسته می‌شوند. مقاومت کل آن خواهد شد:

$$R_{eq}=\frac{۱}{n}R'\Rightarrow R_{eq}=\frac{۱}{n^{۲}}\rho\frac{l}{A}$$

در نتیجه اختلاف پتانسیل دو سر مجموعه با عبور جریان I، برابر است با:

$$V=IR_{eq}\Rightarrow V=\frac{\rho lI}{n^{۲}A}$$

۸- گزینهٔ ۱ (B) جریان افزایش یافته بنابراین مقاومت با ثابت بودن اختلاف پتانسیل کاهش یافته و دما نیز کاهش یافته است. از این رو:

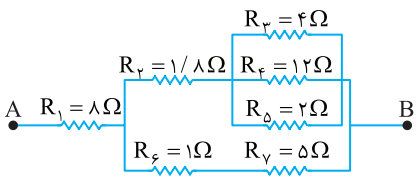
$$R=\frac{V}{I}\xrightarrow{I'=۱/۱I}\frac{R'}{R}=\frac{I}{I'}\Rightarrow\frac{R'}{R}=\frac{۱}{۱/۱}\Rightarrow R'=\frac{۱۰}{۱۱}R\xrightarrow{R'=R(۱+\alpha\Delta\theta)}\frac{۱۰}{۱۱}R=R[۱+\alpha(-۵۰)]$$

$$۵۰\alpha=۱-\frac{۱۰}{۱۱}\Rightarrow\alpha=\frac{۱}{۵۵۰}\frac{۱}{K}\simeq ۱/۸\times۱۰^{-۳}\kappa^{-۱}$$

۹- گزینهٔ ۳ (A) ابتدا مقاومت معادل را به‌دست می‌آوریم.

مقاومت‌های ۴Ω و ۱۲Ω و ۲Ω با هم موازی‌اند.

$$\frac{۱}{R_{۳۴۵}}=\frac{۱}{۴}+\frac{۱}{۱۲}+\frac{۱}{۲}=\frac{۳+۱+۶}{۱۲}\Rightarrow R_{۳۴۵}=۱/۲\Omega\Rightarrow R_{۲۳۴۵}=۱/۸+۱/۲=۳\Omega$$



مقاومت‌های $R_۶$ و $R_۷$ متوالی و با شاخهٔ بالایی موازی‌اند.

$$\frac{۱}{R_{۲۳۴۵۶۷}}=\frac{۱}{۶}+\frac{۱}{۳}\Rightarrow R_{۲۳۴۵۶۷}=۲\Omega$$

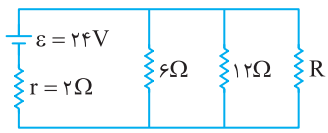
مقاومت معادل برابر است با:

$$R_{eq}=۸+۲=۱۰\Omega$$

توان مصرفی مجموعه خواهد شد.

$$P=R_{eq}I^{۲}=۱۰\times۴=۴۰W$$

۱۰- گزینهٔ ۲ (B) برای آنکه توان خروجی بیشینه شود، باید جریان بیشینه نشود، هنگامی که جریان خروجی از باتری بیشینه می‌شود که مقاومت خارجی با مقاومت داخلی برابر باشد:

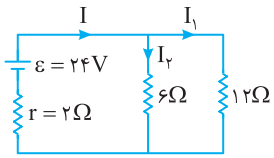


$$r=R_{eq}\Rightarrow R_{eq}=۲\Omega$$

$$\frac{۱}{R_{eq}}=\frac{۱}{۶}+\frac{۱}{۱۲}+\frac{۱}{R}\Rightarrow\frac{۱}{۲}=\frac{۱}{۴}+\frac{۱}{R}\Rightarrow R=۴\Omega$$

در ابتدا کلید باز بوده و مقاومت R در مدار قرار ندارد:

$$\frac{۱}{R'_{eq}}=\frac{۱}{۶}+\frac{۱}{۱۲}\Rightarrow\frac{۱}{R'_{eq}}=\frac{۱}{۴}\Rightarrow R'_{eq}=۴\Omega$$



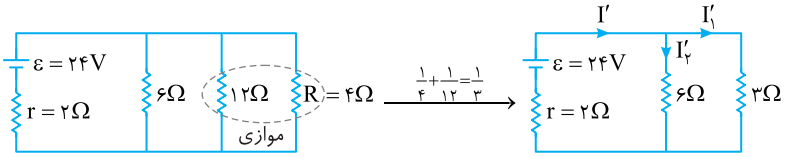
$$I=\frac{\varepsilon}{R'_{eq}+r}\Rightarrow I=\frac{۲۴}{۴+۲}=۴A$$

دو مقاومت ۶Ω و ۱۲Ω با هم موازی بوده و در مقاومت‌های موازی جریان به نسبت عکس مقاومت‌ها تقسیم می‌شود.

$$\frac{I_۲}{I_۱}=\frac{۱۲\Omega}{۶\Omega}\Rightarrow I_۲=۲I_۱$$

$$I_۱+I_۲=I\Rightarrow ۳I_۱=۴\Rightarrow I_۱=\frac{۴}{۳}A$$

در حالت دوم کلید بسته شده و مقاومت $R=۴\Omega$ در مدار قرار می‌گیرد:



$$R_{eq}=۲\Omega\Rightarrow I'=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}\Rightarrow I'=\frac{۲۴}{۴}=۶A$$

$$\frac{I'_۲}{I'_۱}=\frac{۳}{۶}\Rightarrow I'_۲=\frac{۱}{۲}I'_۱\quad,\quad I'=I'_۱+I'_۲\Rightarrow ۶=I'_۱+\frac{۱}{۲}I'_۱\Rightarrow I'_۱=۴A\quad,\quad \Delta I_۱=I'_۱-I_۱=۴-\frac{۴}{۳}=\frac{۸}{۳}A$$

۱۱- گزینهٔ ۳ (B) لامپ به اختلاف پتانسیل ۲۰۰V وصل است. حال سه حالت مختلف را که در آن‌ها کلید A یا کلید B یا هر دو کلید بسته باشد، بررسی می‌کنیم:

اگر تنها کلید A بسته شود، مقاومت R_1 در مدار قرار می‌گیرد:

$$R=\frac{V}{I}\xrightarrow{\text{کلید A بسته است}}R_1=\frac{V}{I_1}\Rightarrow 1000=\frac{200}{I_1}\Rightarrow I_1=0/2A$$

جریان عبوری کمتر از ۰/۵ آمپر بوده و فیوز نمی‌پرد.

اگر تنها کلید B بسته شود، مقاومت R_2 در مدار قرار می‌گیرد:

$$R=\frac{V}{I}\xrightarrow{\text{کلید B بسته است}}R_2=\frac{V}{I_2}\Rightarrow 500=\frac{200}{I_{n_2}}\Rightarrow I_2=0/4A$$

جریان عبوری کمتر از ۰/۵ آمپر بوده و فیوز نمی‌پرد.

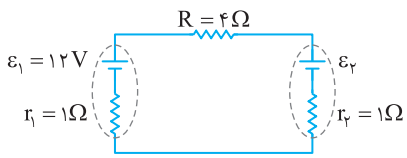
اگر هر دو کلید بسته شود، دو مقاومت R_1 و R_2 به‌صورت موازی در مدار قرار می‌گیرند:

$$\frac{1}{R_{eq}}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}=\frac{1}{1000}+\frac{1}{500}=\frac{3}{1000}\Rightarrow R_{eq}=\frac{1000}{3}$$

$$R=\frac{V}{I}\xrightarrow{\text{هر دو کلید بسته‌اند}}R_{eq}=\frac{V}{I_{1,2}}\Rightarrow\frac{1000}{3}=\frac{200}{I_{1,2}}\Rightarrow I_{1,2}=0/6A$$

در این حالت جریان از ۰/۵A بیشتر بوده و فیوز می‌پرد.

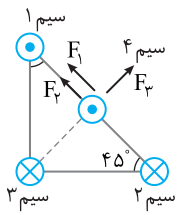
۱۲- گزینهٔ ۳ (B) با عوض کردن جهت مولد ε_2، جهت جریان تغییر کرده بنابراین قطعاً $\varepsilon_2>\varepsilon_1$ است. در نتیجه:



$$I=\frac{\varepsilon_2-\varepsilon_1}{R_{eq}+r_1+r_2}\Rightarrow 1=\frac{\varepsilon_2-12}{4+1+1}\Rightarrow\varepsilon_2=18V$$

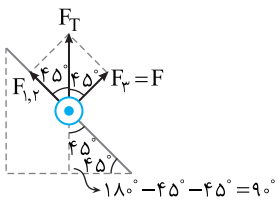
۱۳- گزینهٔ ۴ (B) دو سیم همسو یکدیگر را جذب و دو سیم ناهمسو یکدیگر را دفع می‌کنند.

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 هم‌اندازهٔ F_3 و $F_{1,2}$ وارد می‌شود که با یکدیگر زاویهٔ ۹۰° می‌سازند و چون این دو نیرو هم اندازه‌اند نیروی خالص وارد بر سیم (۴) دقیقاً بین F_3 و $F_{1,2}$ قرار می‌گیرد و با این دو نیرو زاویهٔ ۴۵° می‌سازد، بنابراین F_T با افق زاویهٔ ۹۰° می‌سازد.



۱۴- گزینهٔ ۱ (A) 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.

۱۵- گزینهٔ ۴ (B) میدان سیم I_1 درونسو، میدان سیم I_3 نیز درونسو بوده و با هم جمع می‌شوند.

$$B=\frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I}{r}\Rightarrow\begin{cases}B_1=\frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I}{R}\\ B_3=\frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I}{4R}\end{cases}\Rightarrow B_1+B_3=\frac{5}{4}\frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I}{R}$$

جریان سیم I_2 باید پادساعتگرد باشد تا میدان حاصل از آن برایند میدان‌های B_1 و B_3 را خنثی کند.

$$B_2=\frac{\mu_0}{2\pi}\times\frac{I_2}{2R}=\frac{5}{4}\frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I}{R}\Rightarrow I_2=\frac{5}{2}I=2/5I$$

۱۶- گزینهٔ ۴ (B) میدان $\vec{B}_2=\vec{j}$ با نیم‌خط عمود بر سطح حلقه زاویهٔ ۹۰° می‌سازد و شار گذرنده از سطح به واسطهٔ B_2 صفر است؛ بنابراین تنها شار گذرنده از سطح توسط B_1 را حساب می‌کنیم:

$$\Phi=BA\cos\theta\Rightarrow\Phi=0/5\times(\pi\times0/1^2)\cos180^\circ\Rightarrow\Phi=-0/015Wb$$

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.

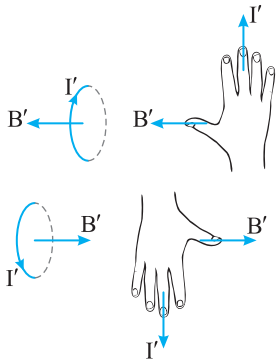
۱۷- گزینهٔ ۱ (B) میدان درون سیملوله را به‌دست می‌آوریم:

$$B=\mu_0\frac{N}{l}I\Rightarrow B=4\pi\times10^{-7}\times\frac{120}{0/8}\times2\Rightarrow B=12\pi\times10^{-5}T$$

خطوط میدان سیملوله بر سطح حلقه‌های آن عمود است و $\theta=0$ می‌باشد. از این رو:

$$\Phi=BA\cos\theta\Rightarrow\Phi=12\pi\times10^{-5}\times\pi(5\times10^{-2})^2\times1\Rightarrow\Phi=3\times10^{-6}Wb$$

۱۸- گزینهٔ ۲ (B) 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 قاعدهٔ دست راست برابر است با:



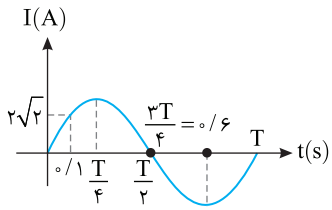
هنگام خروج حلقه از میدان مغناطیسی، شار مغناطیسی کاهش می‌یابد و میدان مغناطیسی القایی در جهت میدان B است:

بنابراین در ورود حلقه جهت جریان در جهت (۱) و هنگام خروج جهت جریان در جهت (۲) است.

۱۹- گزینهٔ ۳ (B) ابتدا با اطلاعات داده شده ضریب القاوری سیملوله را به‌دست می‌آوریم:

$$L=\mu_{\circ}\frac{AN^{۲}}{l}\Rightarrow L=(۱۲\times۱۰^{-۷})\frac{(۲۰\times۱۰^{-۴})(۱۰۰۰)^{۲}}{۸۰\times۱۰^{-۲}}=۳\times۱۰^{-۳}H$$

انرژی ذخیره شده در سیملوله برابر $U=\frac{۱}{۲}LI^{۲}$ بوده و زمانی انرژی ذخیره شده در سیملوله بیشینه می‌شود که جریان مدار بیشینه باشد، حال با استفاده از نمودار $I-t$، بیشینه جریان عبوری از سیملوله را به‌دست می‌آوریم:



$$\begin{cases} I=I_{max}\sin(\frac{۲\pi}{T})t \\ \frac{۳T}{۴}=۰/۶\Rightarrow T=۰/۸s \end{cases}\Rightarrow I=I_{max}\sin\frac{۵\pi t}{۲}$$

$$\begin{cases} t=۰/۱s \\ I=۲\sqrt{۲}A \end{cases}\Rightarrow ۲\sqrt{۲}=I_{max}\sin(\frac{۵\pi}{۲}\times\frac{۱}{۱۰})\Rightarrow ۲\sqrt{۲}=\frac{\sqrt{۲}}{۲}I_{max}\Rightarrow I_{max}=۴A$$

بنابراین: $U_{max}=\frac{۱}{۲}LI_{max}^{۲}\Rightarrow U_{max}=\frac{۱}{۲}\times۳\times۱۰^{-۳}\times۱۶=۰/۰۲۴J=۲۴mJ$

۲۰- گزینهٔ ۱ (B) با توجه به رابطهٔ $P=\frac{V^{۲}}{R}$، هنگامی توان مصرفی لامپ بیشینه است که اختلاف پتانسیل آن بیشینه باشد و همچنین هنگامی اختلاف پتانسیل دو سر لامپ بیشینه است که اختلاف پتانسیل دو سر مولد متصل به مبدل بیشینه باشد $(\frac{V_{max}}{V'_{max}}=\frac{N}{N'})$.

$$\frac{۲۲۰}{V'_{max}}=\frac{N}{N'}\xrightarrow{\substack{N=۸۰۰\\N'=۴۰}}\frac{۲۲۰}{V'}=\frac{۸۰۰}{۴۰}\Rightarrow V'=۱۱V$$

با توجه به مشخصات لامپ هنگامی‌که اختلاف پتانسیل دو سر لامپ ۱۱V باشد، توان مصرفی آن ۲۲۰W است.