



فهرست

فصل اول

آزمون دوم ۱

پاسخ آزمون دوم ۴

فصل دوم

آزمون دوم ۸

پاسخ آزمون دوم ۱۱

فصل سوم

آزمون دوم ۱۵

پاسخ آزمون دوم ۱۸

فصل چهارم

آزمون دوم ۲۱

پاسخ آزمون دوم ۲۳

آزمون جامع

پاسخ آزمون جامع ۲۶

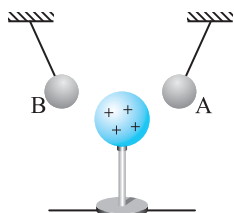
تست در پاسخ

پاسخ تست‌های در پاسخ فصل اول ۳۶

پاسخ تست‌های در پاسخ فصل دوم ۴۵

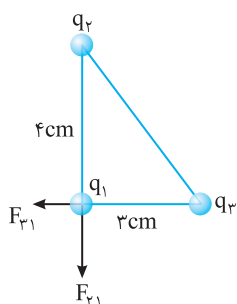
پاسخ تست‌های در پاسخ فصل سوم ۵۸

پاسخ تست‌های در پاسخ فصل چهارم ۶۱



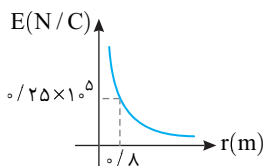
- ۱- مطابق شکل یک گوی با بار مثبت را بین دو آونگ A و B قرار داده و آونگ‌ها مطابق شکل در حال تعادل قرار می‌گیرند. اگر گوی را از بین دو آونگ خارج کنیم نیرویی که دو آونگ بر هم وارد می‌کنند چگونه است؟
 (۱) رانشی
 (۲) ربایشی
 (۳) بر یکدیگر نیرویی وارد نمی‌کنند.
 (۴) هر سه حالت ممکن است.

- ۲- نیرویی که دو بار نقطه‌ای $+q$ در فاصله r به یکدیگر وارد می‌کنند، برابر $F = ۶۴۰\text{ N}$ است. اگر بار $۲\mu\text{C}$ از یکی کم کرده و همان مقدار به دیگری اضافه کنیم نیروی جدید F' ، در همان فاصله برابر ۶۰۰ N می‌شود. بار q چند میکروکولن بوده است؟
 (۱) ۱۲ (۲) ۸ (۳) ۶ (۴) ۴



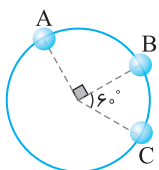
- ۳- اگر در شکل روبه‌رو $\frac{q_2}{q_3} = \frac{4}{5}$ باشد، کدام گزینه در مورد نسبت $\frac{F_{21}}{F_{31}}$ درست است؟

- (۱) $\frac{9}{20}$ (۲) $\frac{16}{9}$ (۳) $\frac{20}{9}$ (۴) به اندازه بار q_1 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 $q' = ۹\mu\text{C}$ را در فاصله ۹۰ سانتی‌متری بار q قرار دهیم، نیرویی که دو ذره باردار بر یکدیگر وارد می‌کنند، چند نیوتون است؟

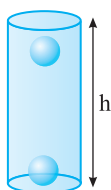
- (۱) $۰/۱۶$ (۲) $۰/۳۲$ (۳) $۱/۶$ (۴) $۳/۲$



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

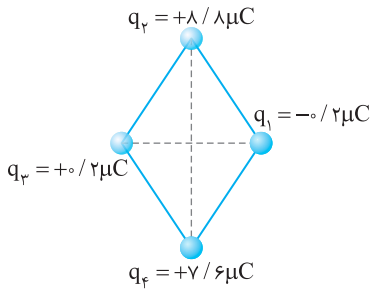
- (۱) $\frac{16}{5}$ (۲) $\frac{1}{5}$ (۳) $\frac{5}{16}$ (۴) $\frac{5}{8}$

- ۶- کف لوله شیشه‌ای شکل روبه‌رو حداکثر می‌تواند نیرویی به بزرگی ۴ N را تحمل کند. اگر دو گلوله کوچک یکسان با بارهای $+۳\mu\text{C}$ را به آرامی درون لوله قرار دهیم و بعد از ایجاد تعادل، کف لوله نشکند، کمترین فاصله بین مراکز دو گلوله چند سانتی‌متر می‌تواند باشد؟



قلم‌چی $k = ۹ \times ۱۰^{-۹} \text{ N.m}^2 / \text{C}^2$ و از تمامی اصطکاک‌ها صرف‌نظر شود.

- (۱) $۳\sqrt{5}$ (۲) $۹\sqrt{5}$ (۳) $۴/۵\sqrt{5}$ (۴) $۹\sqrt{2}$



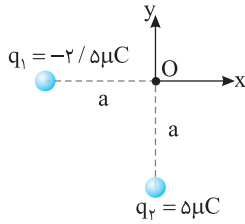
۷- چهار ذره باردار را مطابق شکل در چهار رأس یک لوزی با قطرهای ۶ cm و ۴ cm قرار داده‌ایم. اندازه میدان الکتریکی خالص در مرکز لوزی چند N/C است؟

$$(1) 2.0 \times 10^4$$

$$(2) 1.5 \times 10^7$$

$$(3) 1.5 \times 10^6$$

$$(4) 2.4 \times 10^{14}$$



۸- در شکل روبه‌رو میدان الکتریکی ناشی از بار q_2 در نقطه O برابر 3×10^4 N/C است. میدان الکتریکی کل در نقطه O چند نیوتون بر کولن است؟

$$(1) (-\vec{i} + 3\vec{j}) \times 10^4$$

$$(2) (3\vec{i} - \frac{3}{2}\vec{j}) \times 10^4$$

$$(3) (\vec{i} - 3\vec{j}) \times 10^4$$

$$(4) (-\frac{3}{2}\vec{i} + 3\vec{j}) \times 10^4$$

۹- مطابق شکل، ذره‌ای باردار به جرم 20 g با اندازه بار الکتریکی $4 \mu\text{C}$ را با سرعت اولیه $\vec{v}$ 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، اندازه میدان الکتریکی چند نیوتون بر کولن و علامت بار ذره کدام است؟ ($g = 10$ N/kg)



قلم‌چی

$$(2) 5 \times 10^8, \text{ منفی}$$

$$(1) 5 \times 10^8, \text{ مثبت}$$

$$(4) 5 \times 10^5, \text{ مثبت}$$

$$(3) 5 \times 10^5, \text{ منفی}$$

۱۰- بار نقطه‌ای $q_1 = 3 \mu\text{C}$ به بار نقطه‌ای $q_2 = -4 \mu\text{C}$ نیروی کولنی $\vec{F} = -12 \times 10^{-6} \vec{i} + 24 \times 10^{-6} \vec{j}$ نیوتون وارد می‌کند، بردار میدان الکتریکی بار q_2 در محل بار q_1 بر حسب واحدهای SI به کدام صورت است؟

$$(2) +4\vec{i} - 8\vec{j}$$

$$(1) -4\vec{i} + 8\vec{j}$$

$$(4) +3\vec{i} - 6\vec{j}$$

$$(3) -3\vec{i} + 6\vec{j}$$

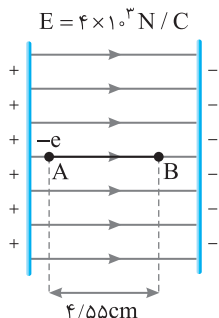
۱۱- ذره‌ای را که دارای بار مثبت است در یک نقطه درون میدان الکتریکی یکنواخت به حال سکون قرار می‌دهیم. کدام یک از گزینه‌های زیر با فرض چشم‌پوشی از اصطکاک‌ها، درست است؟

(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 نقطه A با سرعت v_0 به سمت راست پرتاب می‌شود و در نهایت در نقطه B متوقف می‌شود. اندازه v_0 چند متر بر ثانیه است؟

($m_e = 9/1 \times 10^{-31}$ kg, $e = 1/6 \times 10^{-19}$ C) و از نیروی وزن وارد بر الکترون صرف‌نظر شود. (قلم‌چی)

$$(1) 4 \times 10^6$$

$$(2) 2 \times 10^6$$

$$(3) 6 \times 10^6$$

$$(4) 8 \times 10^6$$

۱۳- اختلاف پتانسیل بین دو نقطه، مقدار ثابت 400 V است. با صرف 2 J انرژی، چند کولن الکتریسته را می‌توان از یک نقطه به نقطه دیگر منتقل کرد؟

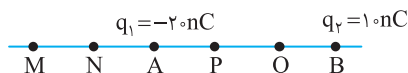
$$(4) 0.2$$

$$(3) 5 \times 10^{-5}$$

$$(2) 2 \times 10^4$$

$$(1) 0.5$$

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؟



$$V_P > V_O, V_M > V_N \quad (1)$$

$$V_P > V_O, V_M < V_N \quad (2)$$

$$V_P < V_O, V_M > V_N \quad (3)$$

$$V_P < V_O, V_M < V_N \quad (4)$$

۱۵- در یک میدان الکتریکی یکنواخت، ذره بارداری به جرم $1/10^6$ گرم، از نقطه‌ای به پتانسیل الکتریکی $+100$ ولت از حال سکون به حرکت درمی‌آید و با سرعت 10^6 متر بر ثانیه به نقطه دیگری به پتانسیل الکتریکی -100 ولت می‌رسد. اگر در این مسیر نیروی مؤثر بر ذره فقط حاصل از میدان الکتریکی باشد، بار الکتریکی ذره چند میکروکولن است؟

$$40 \quad (4)$$

$$25 \quad (3)$$

$$4 \quad (2)$$

$$2/5 \quad (1)$$

۱۶- دو صفحه رسانا روی محور مختصات و موازی محور Yها قرار دارند. اگر صفحه مثبت از نقطه $x = 2 \text{ cm}$ و صفحه منفی از مکان $x = -2 \text{ cm}$ عبور کند و ذره‌ای با جرم 8 mg و بار $q = +2 \mu\text{C}$ از صفحه منفی با سرعت 10^6 m/s افقی به سمت صفحه مثبت پرتاب شود، ذره هنگام رسیدن به محور Yها به‌طور لحظه‌ای متوقف می‌شود. اختلاف پتانسیل دو صفحه رسانا چند ولت است؟ (از اثر نیروی وزن صرف نظر شود).

آزمون مدارس برتر

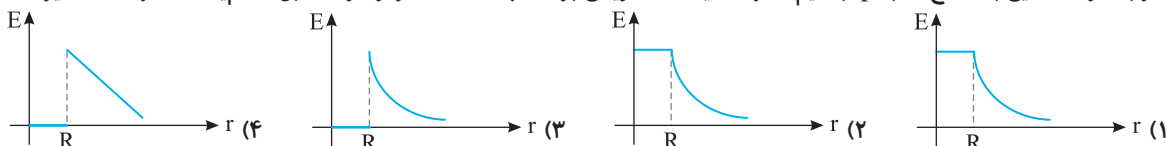
$$2 \times 10^2 \quad (4)$$

$$4 \times 10^2 \quad (3)$$

$$10^3 \quad (2)$$

$$4 \times 10^3 \quad (1)$$

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



۱۸- هر یک از صفحه‌های خازن تختی، مستطیلی به ابعاد $2/5$ متر در 4 متر است. فاصله بین دو صفحه با دی الکتریکی به ضخامت 1 سانتی‌متر و ثابت دی الکتریک 100 پر شده است. ولتاژ 300 V به دو صفحه خازن وصل می‌کنیم. بار خازن چند میکروکولن می‌شود؟
 $(\epsilon_0 = 8 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{N.m}^2)$

$$480 \quad (4)$$

$$48 \quad (3)$$

$$240 \quad (2)$$

$$24 \quad (1)$$

۱۹- بر روی دو کره رسانای مشابه به شعاع 1 cm ، 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 1 C/m^2 شود و فقط اندازه بار یکی از کره‌ها تغییر نکند، اندازه بار کره دیگر قبل از تماس چند میکروکولن بوده است؟ ($\pi = 3$)

قلم چی

$$48 \quad (4)$$

$$36 \quad (3)$$

$$24 \quad (2)$$

$$16 \quad (1)$$

۲۰- در مدار یک فلاش عکاسی، انرژی را با ولتاژ 330 V در یک خازن $660 \mu\text{F}$ ذخیره می‌کند. اگر تقریباً همه انرژی ذخیره شده در این خازن در مدت 9 ms آزاد شود، توان متوسط خروجی فلاش چند کیلووات است؟

از کتاب درسی

$$13/31 \quad (4)$$

$$39/93 \quad (3)$$

$$93/93 \quad (2)$$

$$39/39 \quad (1)$$



پاسخ آزمون ۲



تست‌های مشابه: ۱۴ تا ۱۶

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

کره باردار هر دو آونگ A و B را جذب کرده 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

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \Rightarrow 64 = k \frac{q^2}{r^2}$$

۲ (A) نیروی الکتریکی در حالت اول، 64 N است که با توجه به قانون کولن داریم:

$$F' = k \frac{(q+2)(q-2)}{r^2} \Rightarrow 6 = k \frac{q^2 - 4}{r^2}$$

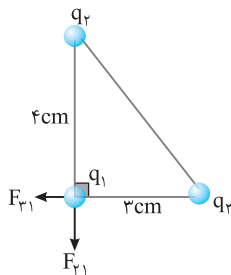
نیروی الکتریکی در حالت دوم، 6 N است که از بار q، $2 \mu\text{C}$ کم شده $(q-2)$ و به بار دیگر $2 \mu\text{C}$ اضافه شده و بار آن $q+2$ شده است:

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

$$\frac{F'}{F} = \frac{6}{64} \Rightarrow \frac{k \frac{q^2 - 4}{r^2}}{k \frac{q^2}{r^2}} = \frac{6}{64} \Rightarrow \frac{q^2 - 4}{q^2} = \frac{3}{32} \Rightarrow 16q^2 - 64 = 15q^2 \Rightarrow q^2 = 64 \Rightarrow q = 8 \mu\text{C}$$

تست‌های مشابه: ۷۱ تا ۷۴

۳ (A) بنا بر قانون کولن نیروها را به‌دست آورده و چون نسبت آن‌ها خواسته شده پس F_{31} را بر F_{21} تقسیم می‌کنیم:



$$\frac{F_{21}}{F_{31}} = \frac{k \frac{q_2 q_1}{(4)^2}}{k \frac{q_3 q_1}{(3)^2}} = \frac{q_2}{q_3} \times \frac{9}{16} \Rightarrow \frac{q_2}{q_3} = \frac{4}{5} \Rightarrow \frac{4}{5} \times \frac{9}{16} = \frac{F_{21}}{F_{31}} \Rightarrow \frac{F_{21}}{F_{31}} = \frac{9}{20}$$

تست‌های مشابه: ۱۰۱ تا ۱۰۴

$$E = k \frac{q}{r^2} \Rightarrow 2/25 \times 10^9 = 9 \times 10^9 \frac{q}{0.6^2} \Rightarrow q = 1.6 \times 10^{-6} \text{ C} = 1.6 \mu\text{C}$$

۴ (B) ابتدا با استفاده از نمودار و رابطه $E = k \frac{q}{r^2}$ ، مقدار بار q را به‌دست می‌آوریم:

$$F = k \frac{q q'}{r^2} \Rightarrow F = 9 \times 10^9 \times \frac{1.6 \times 10^{-6} \times 9 \times 10^{-6}}{1 \times 10^{-2}} = 1/6 \text{ N}$$

حال نیرویی که دو بار $q = 1.6 \mu\text{C}$ و $q' = 9 \mu\text{C}$ در فاصله 9 cm بر هم وارد می‌کنند را حساب می‌کنیم:

تست‌های مشابه: ۷۴ تا ۸۱

۵ (B) خط فکری: برای محاسبه اندازه نیروی الکتریکی از قانون کولن $F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2}$ استفاده می‌کنیم که باید

فاصله دو بار (r) را داشته باشیم. از این‌رو فاصله B تا A و B تا C را حساب می‌کنیم.

$$r_{AB} = \sqrt{R^2 + R^2} \Rightarrow r_{AB} = R\sqrt{2} \quad \text{و} \quad r_{BC} = R \quad \text{مثلاً BOC متساوی‌الاضلاع است}$$

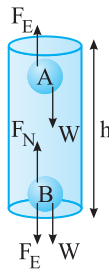
نیروی بین بار q_A و q_B و نیروی بین بار q_B و q_C را حساب می‌کنیم.

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

$$\frac{F_{AB}}{F_{BC}} = \frac{8}{10} \Rightarrow \frac{k \frac{|q_A| |q_B|}{2R^2}}{k \frac{|q_C| |q_B|}{R^2}} = \frac{4}{5} \Rightarrow \frac{|q_A|}{2|q_C|} = \frac{4}{5} \Rightarrow \frac{|q_A|}{|q_C|} = \frac{8}{5}$$

تست‌های مشابه: ۹۸ تا ۱۰۰

۶ (B) 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 گلوله A و گلوله B در شکل روبه‌رو رسم شده‌اند.



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

گلوله 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 پایه دهم با آن آشنا شده‌اید بر B رو به بالا وارد می‌شود و برابری $(F_E + mg)$ را خنثی می‌کند.

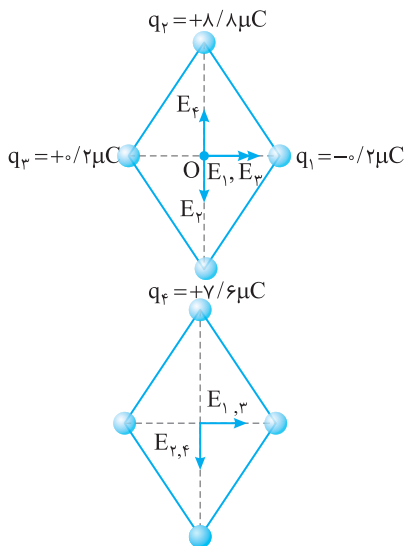
$$F_N = F_E + mg \xrightarrow{F_E = mg} F_N = 2F_E$$

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

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

$$F_N = 2F_E \Rightarrow 4 = 2F_E \Rightarrow k \frac{q_1 q_2}{r^2} = 2 \Rightarrow 9 \times 10^9 \times \frac{(3 \times 10^{-6})^2}{r^2} = 2 \Rightarrow r^2 = \frac{9 \times 10^9 \times 9 \times 10^{-12}}{2} \Rightarrow r = 9\sqrt{5} \times 10^{-2} \text{ m} \Rightarrow r = 9\sqrt{5} \text{ cm}$$

تست‌های مشابه: ۱۷۱ تا ۱۷۵



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

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

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

$$E_{1,3} = E_1 + E_3 = 9 \times 10^6 + 9 \times 10^6 = 18 \times 10^6$$

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

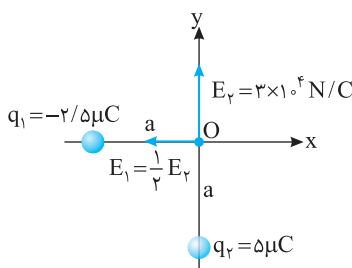
$$E_{2,4} = E_2 - E_4 = 88 \times 10^6 - 76 \times 10^6 = 12 \times 10^6$$

میدان‌های E_2 و E_4 در خلاف جهت هم می‌باشند:

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

$$E_T = \sqrt{(9 \times 10^6)^2 + (12 \times 10^6)^2} = \sqrt{(9^2 + 12^2) \times (10^6)^2} = \sqrt{145} \times 10^6 = 15 \times 10^6 \text{ N/C}$$

تست‌های مشابه: ۱۷۸ تا ۱۸۰



۸ (B) ۴ فاصله بارهای q_1 و q_2 از نقطه O برابر است، از طرفی میدان بار $q_2 = 5 \mu\text{C}$ در نقطه O برابر

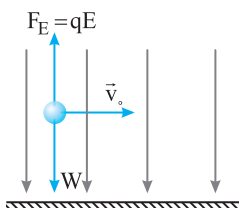
$3 \times 10^4 \text{ N/C}$ است و اندازه بار $q_1 = -2/5 \mu\text{C}$ نصف اندازه بار q_2 است، بنابراین میدان q_1 در همان فاصله نصف میدان q_2 می‌شود.

با توجه به علامت و جهت میدان بارهای q_1 و q_2 در نقطه O، میدان E_1 در جهت منفی محور xها ($-\vec{i}$) و

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

میدان E_2 در جهت مثبت محور yها ($+\vec{j}$) قرار دارد:

تست‌های مشابه: ۲۰۲ تا ۲۰۴



۹ (B) ۳ نیروی وزن ذره را به پایین می‌کشد. برای آن که ذره منحرف نشود باید نیروی میدان الکتریکی، $\vec{F}_E$

رو به بالا بر آن وارد شود و این نیرو باید با نیروی وزن برابر شود. میدان $\vec{E}$ رو به پایین و نیروی F_E رو به بالاست بنابراین بار ذره منفی است. اکنون اندازه میدان را به دست می‌آوریم:

$$F_E = W \Rightarrow |q|E = mg \Rightarrow 0.4 \times 10^{-6} \times E = 0.2 \times 10^{-2} \Rightarrow E = 5 \times 10^5 \text{ N/C}$$

تست‌های مشابه: ۱۳۹ تا ۱۳۲

۱۰ (B) ۲ 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:

$$\vec{F}_2 = -\vec{F}_1 \Rightarrow -12 \times 10^{-6} \vec{i} + 24 \times 10^{-6} \vec{j} = -\vec{F}_1 \Rightarrow \vec{F}_1 = 12 \times 10^{-6} \vec{i} - 24 \times 10^{-6} \vec{j}$$



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

$$\vec{F}_{q_1} = q_1 \vec{E}_{q_2} \Rightarrow 12 \times 10^{-6} \vec{i} - 24 \times 10^{-6} \vec{j} = 3 \times 10^{-6} \times \vec{E}_{q_2} \Rightarrow \vec{E}_{q_2} = 4 \vec{i} - 8 \vec{j}$$

تست‌های مشابه: ۲۲۰ تا ۲۲۳

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

تست‌های مشابه: ۲۲۸ تا ۲۳۱

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

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

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

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

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

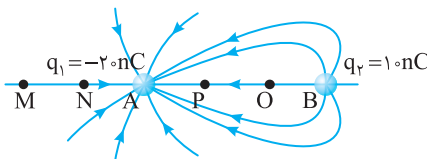
$$\Delta K = K_f - K_i = \frac{1}{2} m(v^2 - v_0^2) \xrightarrow[\text{متوقف شده در نقطه B}]{v=0} -18 / 2 \times 1 / 6 \times 10^{-18} = \frac{1}{2} \times 9 / 1 \times 10^{-31} \times (-v_0^2) \Rightarrow 4 \times 1 / 6 \times 10^{13} = v_0^2 \Rightarrow v_0^2 = 4 \times 1 / 6 \times 10^{12}$$

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

تست‌های مشابه: ۲۴۰ تا ۲۴۴

۱۳ ۳ با توجه به تعریف اختلاف پتانسیل خواهیم داشت: $C = 5 \times 10^{-5} \Rightarrow q = \frac{0.2}{400} \times 10^{-4} \Rightarrow q = 5 \times 10^{-8} \text{ C}$

تست‌های مشابه: ۲۴۷ تا ۲۵۱



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

تست‌های مشابه: ۲۶۷ تا ۲۷۱

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

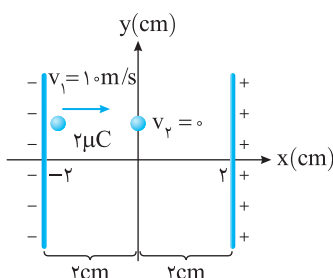
$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \xrightarrow[\text{با استفاده از طرفین وسطین داریم}]{\text{چون بار خواسته شده}} q = \frac{\Delta U}{\Delta V} \xrightarrow{W_E = \Delta K} \Delta U = -\Delta K \xrightarrow{W_E = \Delta K} \Delta U = -\Delta K \xrightarrow{q = \frac{-\Delta K}{\Delta V}} q = \frac{-\frac{1}{2}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

$$\xrightarrow[V_1 = 0, V_2 = 10 \text{ m/s}]{V_1 = 0 \text{ V}, V_2 = -10 \text{ V}} q = \frac{-\frac{1}{2} \times 0.1 \times 10^{-3} (100 - 0)}{-100 - 100} \Rightarrow q = 25 \times 10^{-6} \text{ C} \Rightarrow q = 25 \mu\text{C}$$

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

$$\begin{cases} \Delta V = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow \Delta V = \frac{-\Delta K}{q} \Rightarrow q = \frac{-\Delta K}{\Delta V} \Rightarrow q = \frac{-\frac{1}{2} m(v_f^2 - v_i^2)}{V_f - V_i} \xrightarrow[V_1 = 0 \text{ V}, V_2 = -10 \text{ V}]{V_1 = 0, V_2 = 10 \text{ m/s}} q = 25 \times 10^{-6} \text{ C} \Rightarrow q = 25 \mu\text{C} \\ \Delta U = -\Delta K \end{cases}$$

تست‌های مشابه: ۲۵۳ تا ۲۵۷



۱۶ ۴ کافی است با توجه به صورت سؤال ابتدا شکل سؤال را رسم کنیم و به کمک قضیه کار و انرژی جنبشی، کار نیروی میدان الکتریکی را به دست آوریم و به کمک آن میدان الکتریکی بین دو صفحه را حساب کنیم.

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

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

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

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

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

تست‌های مشابه: ۲۷۸ تا ۲۸۰

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

تست‌های مشابه: ۳۱۷ تا ۳۱۹

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

(A) ۱۸ (۲) ظرفیت خازن تخت را به دست می‌آوریم:

$$Q = CV = 8 \times 300 = 2400 \mu\text{C}$$

بار روی صفحات خازن خواهد شد:

تست‌های مشابه: ۳۲۶ تا ۳۲۸

(B) ۱۹ (۳) 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 کره دارای بار منفی که مقدار بارش کمتر بوده با دریافت بار مثبت از کره 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.

$$\sigma = \frac{Q'}{A} \Rightarrow \sigma = \frac{Q'}{4\pi(10^{-2})^2} \Rightarrow Q'_1 = Q'_2 = 4 \times 3 \times 10^{-6} = 12 \mu\text{C}$$

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

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

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

از طرفی اندازه بار کره منفی تغییر نکرده است.

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

سرانجام:

یک تست به شدت ریاضی و فیزیکی

تست‌های مشابه: ۳۲۹ تا ۳۳۴

(A) ۲۰ (۳) خط فکری: توان متوسط خروجی یک خازن برابر آهنگ تخلیه انرژی ذخیره شده در یک خازن است. $(P = \frac{U}{t})$

توان متوسط خروجی فلاش برابر است با:

$$P = \frac{U}{t} \xrightarrow{U = \frac{1}{2} CV^2} P = \frac{\frac{1}{2} CV^2}{t} \Rightarrow P = \frac{\frac{1}{2} \times 660 \times 10^{-6} \times (330)^2}{0.9 \times 10^{-3}} \Rightarrow P = \frac{330 \times 10^{-6} \times 12100}{10^{-4}} \Rightarrow P = 330 \times 10^{-2} \times 12100 \Rightarrow P = 330 \times 121 = 39930 \text{ W} = 39.93 \text{ kW}$$



فصل ۲: جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم

۲

فصل

آزمون ۲ *

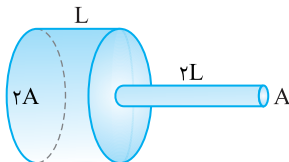


- ۱ معادله بار گذرنده برحسب زمان در SI به صورت $q = t^2 - 4t + 3$ است. جریان متوسط در کدام بازه زمانی صفر است؟
 (۱) $1/75s$ تا $2/32s$ (۲) $1/79s$ تا $2/21s$ (۳) $1/68s$ تا $2/45s$ (۴) $1/22s$ تا $2/66s$

از کتاب درسی

- ۲ کدام یک از گزاره‌های زیر درست است؟

- (۱) تفاوت یک باتری نو و فرسوده در نیروی محرکه 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 میله رسانا و هم جنس را به هم چسبانده‌ایم. یک میله از همان جنس با طول $3L$ ، مقاومتی برابر مقاومت معادل آن دو میله را دارد. سطح مقطع این میله چند برابر سطح مقطع میله نازک‌تر است؟

- (۱) $1/5$ (۲) 2 (۳) $2/5$ (۴) $1/2$

- ۴ اگر اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر یک رسانای فلزی را 20% درصد کاهش دهیم، جریان عبوری از آن و توان الکتریکی مصرفی در آن می‌یابد. (مقاومت الکتریکی رسانا ثابت است.)

- (۱) 20% درصد افزایش، 36% درصد کاهش
 (۲) 20% درصد افزایش، 36% درصد افزایش
 (۳) 20% درصد کاهش، 36% درصد کاهش
 (۴) 20% درصد کاهش، 36% درصد افزایش

- ۵ اگر اختلاف پتانسیل دو سر یک رسانای اهمی را در دمای ثابت سه برابر کنیم، جریان آن 2 آمپر افزایش می‌یابد. جریان اولیه در این مقاومت چند آمپر بوده است؟

- (۱) 1 (۲) 2 (۳) 3 (۴) 4

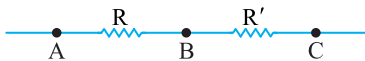
- ۶ طول سیم مسی A ، دو برابر طول سیم مسی B است و قطر مقطع سیم A ، نصف قطر مقطع سیم B است. مقاومت الکتریکی سیم A ، چند برابر مقاومت الکتریکی سیم B است؟

- (۱) $\frac{1}{2}$ (۲) 2 (۳) 4 (۴) 8

- ۷ اختلاف پتانسیل $17V$ به دو سر یک سیم مسی به طول 30 متر و شعاع مقطع $1mm$ اعمال می‌شود. آهنگ تولید انرژی گرمایی در سیم چند وات است؟ ($\rho = 1.7 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$, $\pi = 3$)

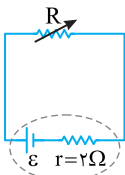
- (۱) 1700 (۲) 100 (۳) 170 (۴) 10

- ۸ در شکل زیر، اگر پتانسیل الکتریکی نقطه‌های A ، B و C به ترتیب برابر با $-105V$ ، $-45V$ و $-30V$ باشد، جهت جریان الکتریکی و حاصل $\frac{R}{R'}$ کدام است؟



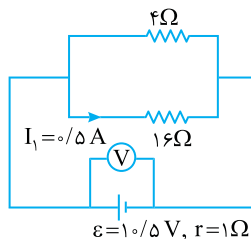
قلم‌چی

- (۱) از نقطه A به نقطه C ، 4 (۲) از نقطه A به نقطه C ، $\frac{1}{4}$ (۳) از نقطه C به نقطه A ، 4 (۴) از نقطه C به نقطه A ، $\frac{1}{4}$



- ۹ در مدار شکل مقابل، اگر مقاومت رئوستا برابر با R باشد، ولتاژ دو سر باتری برابر 10 ولت و اگر مقاومت رئوستا 60% درصد کاهش یابد، ولتاژ دو سر باتری 8 ولت می‌شود. مقدار R چند اهم است؟

- (۱) $1/25$ (۲) 10 (۳) $\frac{3}{10}$ (۴) $\frac{10}{3}$



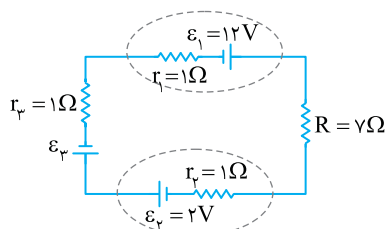
۱۰- در شکل روبه‌رو، ولت‌سنج چند ولت را نشان می‌دهد؟

۸ (۲)

۱۰/۵ (۱)

۱۴ (۴)

۱۲/۵ (۳)



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

قلم‌چی

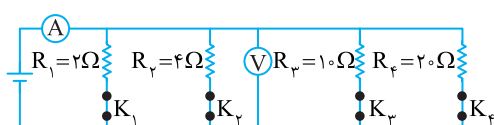
چند ولت است؟

۲ (۲)

۱ (۱)

۴ (۴)

۳ (۳)



۱۲- در شکل مقابل ولت‌سنج $20V$ را نشان می‌دهد. برای آنکه آمپرسنج $13A$ را

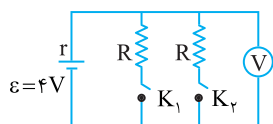
نشان دهد، کدام کلید را باید باز کنیم؟

K_2 (۲)

K_1 (۱)

K_4 (۴)

K_3 (۳)



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؟

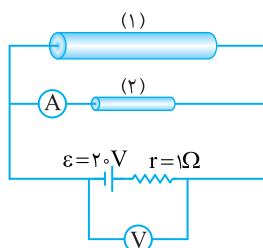
ریاضی-۸۸

۲/۸ (۲)

۲/۴ (۱)

۳/۶ (۴)

۴/۲ (۳)



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

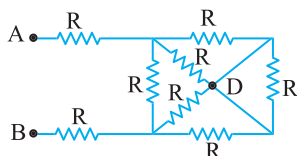
آمپرسنج A نشان می‌دهد، ۳ آمپر باشد، عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد چند ولت است؟

۹ (۲)

۷ (۱)

۲۹ (۴)

۱۱ (۳)



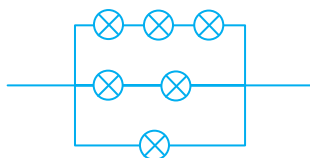
۱۵- مقاومت معادل بین دو نقطه A و B در شکل روبه‌رو، چند برابر R است؟

۱/۵ (۲)

۱ (۱)

۲/۵ (۴)

۲ (۳)



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 مجموعه مقابل گرفت (به‌طوری که

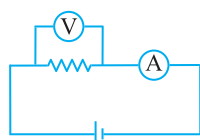
هیچ یک از لامپ‌ها نسوزد) چند وات است؟

۲۴ (۲)

۲۲ (۱)

۷۲ (۴)

۶۰ (۳)



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

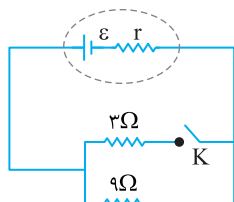
اعدادی را نشان می‌دهند؟

(۲) بیشتر از V - بیشتر از I

(۱) کمتر از V - کمتر از I

(۴) هیچ کدام را نمی‌توان تعیین کرد.

(۳) کمتر از V - بیشتر از I



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؟

۱/۵ (۲)

۴/۵ (۱)

۶ (۴)

۲/۲۵ (۳)



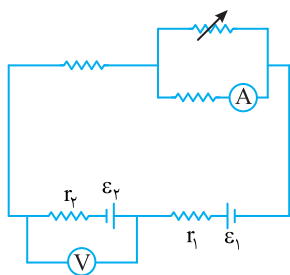
۱۹- در مدار روبه‌رو اگر مقاومت متغیر را افزایش دهیم، عددی که آمپرسنج و ولت‌سنج آرمانی نشان می‌دهند از راست به چپ چه تغییری می‌کند؟ ($\varepsilon_1 > \varepsilon_2$)

(۱) افزایش، افزایش

(۲) افزایش، کاهش

(۳) کاهش، کاهش

(۴) کاهش، افزایش



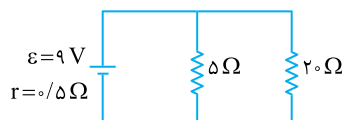
۲۰- در مدار شکل مقابل توان مصرفی در مقاومت‌های خارجی مدار چند وات است؟ خارج ریاضی - ۸۸

(۱) ۶

(۲) ۱۲

(۳) ۱۶

(۴) ۱۸



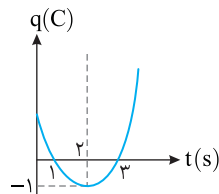
پاسخ آزمون ۲



جریان متوسط برابر $\bar{I} = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ است پس اگر بخواهد $\bar{I} = 0$ شود، باید $\Delta q = 0$ باشد. معادله q بر حسب زمان توان دوم بوده و نمودار $q-t$ سهمی است. مختصات

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

رأس سهمی خواهد شد:



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

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.

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

این دو میله در حکم دو مقاومت متوالی هستند. مقاومت هر یک را به دست آورده و با هم جمع می‌کنیم، سپس برابر مقاومت میله ۳۱ قرار می‌دهیم:

$$R = \rho \frac{L}{A} \Rightarrow \rho \frac{2L}{A} + \rho \frac{L}{2A} = \rho \frac{2L}{A'} \Rightarrow \frac{4+1}{2A} = \frac{2}{A'} \Rightarrow A' = \frac{5}{6} A \Rightarrow A' = \frac{1}{2} A$$

دقت کنید که با تغییر ولتاژ، مقدار مقاومت تغییر نمی‌کند و ثابت می‌ماند:

$$R_2 = R_1 \Rightarrow \frac{V_2}{I_2} = \frac{V_1}{I_1} \Rightarrow \frac{V_2 = V_1 - \frac{2}{10} V_1}{I_2} = \frac{V_1}{I_1} \Rightarrow \frac{0.8 V_1}{I_2} = \frac{V_1}{I_1} \Rightarrow I_2 = 0.8 I_1$$

بنابراین جریان عبوری نیز ۲۰ درصد کاهش می‌یابد.

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

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

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

درصد تغییرات توان مصرفی برابر است با:

خط فکری: در دمای ثابت، مقاومت الکتریکی یک رسانای اهمی ثابت است. از این رو، ولتاژ و جریان را در حالت جدید به دست می‌آوریم و مقدار $R = \frac{V_2}{I_2}$ را در دو حالت

برابر قرار می‌دهیم: مقاومت الکتریکی رسانا (نسبت ولتاژ دو سر رسانا به جریان آن)، مقدار ثابتی است:

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

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 $\frac{R_A}{R_B} = \frac{\rho_A}{\rho_B} \times \frac{L_A}{L_B} \times \frac{A_B}{A_A}$ هم جنس $\rho_A = \rho_B$ ، $L_A = 2L_B$ $\Rightarrow \frac{R_A}{R_B} = \frac{2L_B}{L_B} \times \frac{A_B}{A_A} = 2 \times \frac{A_B}{A_A}$ $\Rightarrow \frac{R_A}{R_B} = 2 \times \frac{D_B^2}{D_A^2} \Rightarrow \frac{R_A}{R_B} = 2 \times \frac{1}{4} = \frac{1}{2}$

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

ابتدا مقاومت سیم را حساب می‌کنیم:

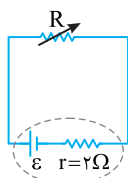
$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{17 \times 17}{\frac{1}{7} \times 10^{-2}} = 1700 W$$

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

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

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

با توجه به شکل ولتاژ دو سر باتری با ولتاژ دو سر مقاومت R برابر است از این رو:





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

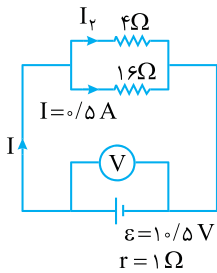
در حالت اول $V_1 = 10V$ و در حالت دوم $V_2 = 8V$ است از این رو:

$$V = \frac{\varepsilon}{R+r} R \quad (1) \quad 10 = \frac{\varepsilon}{R+r} R$$

$$8 = \frac{\varepsilon}{R'+r} R' \quad (2)$$

با توجه به فرض مسئله $R' = R - 0.6R = 0.4R$ است از این رو، دو رابطه (۱) و (۲) را بر هم تقسیم کرده و به جای R' مقدار $0.4R$ را قرار می‌دهیم.

$$\frac{10}{8} = \frac{\frac{\varepsilon}{R+r} R}{\frac{\varepsilon}{0.4R+r} (0.4R)} \Rightarrow \frac{5}{4} = \frac{0.4R+r}{(R+r) \times 0.4} \xrightarrow{r=2\Omega} \frac{5}{4} = \frac{0.4R+2}{(R+2) \times 0.4} \Rightarrow 2(0.4R) + 4 = R+2 \Rightarrow 2 = 0.2R \Rightarrow R = 10\Omega$$



ابتدا جریان مدار را محاسبه می‌کنیم. دو مقاومت ۴ و ۱۶ اهمی موازی هستند.

$$V_1 = V_2 \Rightarrow 16I_1 = 4I_2 \Rightarrow 16 \times 0.5 = 4I_2 \Rightarrow I_2 = 2A$$

$$I = I_1 + I_2 = 2 + 0.5 = 2.5A$$

$$V = \varepsilon - Ir = 10.5 - 2.5 \times 1 \Rightarrow V = 8V$$

اکنون اختلاف پتانسیل دو سر باتری را به دست می‌آوریم:

$$V = 0.5 \times 16 = 8V$$

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

جریان تولیدی دو باتری ε_1 و ε_2 هم‌جهت است و خلاف جهت جریانی است که باتری ε_3 می‌تواند به

مدار بدهد، بنابراین نیروی محرکه ε_1 و ε_2 با هم جمع می‌شوند و نیروی محرکه ε_3 از مجموع ε_1 و ε_2 کم می‌شود.

$$I = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2 - \varepsilon_3}{R + r_1 + r_2 + r_3} \Rightarrow I = \frac{14 - \varepsilon_3}{10}$$

با توجه به صورت مسئله نسبت توان خروجی باتری (۲) به توان ورودی باتری (۳). $\frac{1}{5}$ است:

$$\frac{P_{\text{خروجی}(2)}}{P_{\text{ورودی}(3)}} = \frac{1}{5} \Rightarrow \frac{(\varepsilon_2 - r_2 I) I}{(\varepsilon_3 + r_3 I) I} = \frac{1}{5} \Rightarrow \frac{2 - I}{\varepsilon_3 + I} = \frac{1}{5} \Rightarrow 10 - 5I = \varepsilon_3 + I \Rightarrow 6I + \varepsilon_3 = 10$$

در معادله بالا به جای جریان I ، مقدار $\frac{14 - \varepsilon_3}{10}$ را قرار می‌دهیم:

$$6\left(\frac{14 - \varepsilon_3}{10}\right) + \varepsilon_3 = 10 \Rightarrow \frac{84 - 6\varepsilon_3}{10} + \varepsilon_3 = 10$$

$$(84 - 6\varepsilon_3) + 10\varepsilon_3 = 100 \Rightarrow 4\varepsilon_3 = 16 \Rightarrow \varepsilon_3 = 4V$$

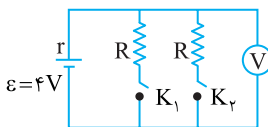
ولت‌سنج، اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌هایی را نشان می‌دهد که با آن موازی بسته شده باشند. مقاومت‌های R_1 تا R_4 با هم موازی اند و ولت‌سنج به دو سر آنها بسته شده است، بنابراین:

$$I_1 = \frac{V}{R_1} \Rightarrow I_1 = \frac{2}{2} = 1A, \quad I_2 = \frac{V}{R_2} \Rightarrow I_2 = \frac{2}{4} = 0.5A$$

$$\Rightarrow I_{\text{کل}} = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 1.8A$$

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

آمپرسنج جریان کل مقاومت‌ها یا $1.8A$ را نشان می‌دهد که برای رسیدن جریان آن به $3A$ باید جریان $1.2A$ یا $1.2A$ از مدار حذف شود، پس باید کلید K_4 باز شود تا مقاومت R_4 از مدار حذف شود.



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

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

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

ولت‌سنج ولتاژ دو سر R را ۳ ولت نشان می‌دهد از این رو:

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

$$I = \frac{\varepsilon}{r+R_{eq}} = \frac{4}{r+\frac{R}{2}} = \frac{4}{r+\frac{3r}{2}} = \frac{4}{2.5r} = \frac{2}{r}$$

$$V = \frac{R}{2} \times I = \frac{R}{2} \times \frac{2}{r} = \frac{R}{r} = 2/4V$$

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

به کمک رابطه ساختمانی $R = \rho \frac{L}{A}$ نسبت $\frac{R_2}{R_1}$ را حساب می‌کنیم.

$$r_1 = 2r_2 \xrightarrow{A = \pi r^2} A_1 = 4\pi r_1^2 = 4A_2 \Rightarrow A_2 = \frac{A_1}{4}, \quad \frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho \frac{L_2}{A_2}}{\rho \frac{L_1}{A_1}} \xrightarrow[\text{سیم‌ها هم جنس}]{\text{با هم برابر}} \frac{R_2}{R_1} = \frac{L_2 A_1}{L_1 A_2} = \frac{\frac{1}{2} L_1 \times A_1}{L_1 \times \frac{A_1}{4}} = \frac{1}{2} \times 4 = 2 \Rightarrow R_2 = 2R_1$$

$$V_2 = V_1 \Rightarrow R_2 I_2 = R_1 I_1 \xrightarrow{R_2 = 2R_1} I_1 = 2I_2 \xrightarrow{I_2 = 3A} I_1 = 6A$$

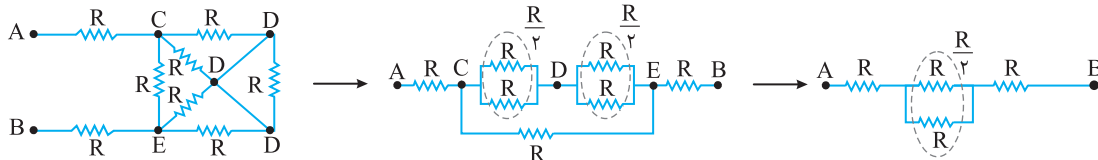
$$I_{\text{کل}} = I_1 + I_2 = 6 + 3 = 9A$$

$$V = \mathcal{E} - Ir = 20 - 9 \times 1 = 11V$$

دو سیم (۱) و (۲) با هم موازی اند:

بنابراین جریان کل مدار برابر است با:

ابتدا شکل را به کمک نقاط هم‌پتانسیل ساده می‌کنیم: (۴) ۱۵ (B)



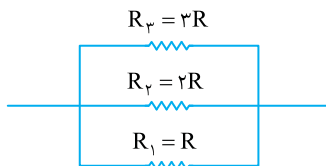
$$R_{eqAB} = R + \frac{R}{2} + R = \frac{5}{2}R = 2.5R$$

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

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

$$V_1 = V_2 = V_3 = V, \quad P_{\max} = P_1 = \frac{V^2}{R} = 12W$$

اکنون توان مصرفی R_2 و R_3 را حساب می‌کنیم:



$$P_2 = \frac{V^2}{R_2} = \frac{V^2}{2R} = \frac{1}{2} \times P_1 = \frac{1}{2} \times 12 = 6W, \quad P_3 = \frac{V^2}{R_3} = \frac{V^2}{3R} = \frac{1}{3} \times P_1 = \frac{1}{3} \times 12 = 4W$$

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 = 22W$$

توان کل مصرفی برابر است با:

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

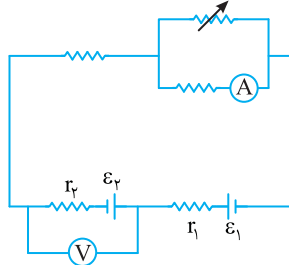
با بستن کلید K ، مقاومت 3Ω و 9Ω با هم موازی می‌شوند. جریان عبوری از مدار را قبل و پس از بستن کلید به‌دست می‌آوریم: (۱) ۱۸ (B)

$$I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + r} \xrightarrow{R_1 = 9\Omega} I_1 = \frac{\mathcal{E}}{9 + r}, \quad I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R_{eq} + r} \xrightarrow{R_{eq} = \frac{9 \times 3}{9 + 3} = \frac{27}{12}V} I_2 = \frac{\mathcal{E}}{\frac{27}{12} + r}$$

توان مفید مولد را در هر دو حالت حساب می‌کنیم:

$$P = RI^2 \Rightarrow \begin{cases} P_1 = 9 \left(\frac{\mathcal{E}}{9+r} \right)^2 \\ P_2 = \frac{27}{12} \left(\frac{\mathcal{E}}{\frac{27}{12} + r} \right)^2 \end{cases} \xrightarrow{P_1 = P_2} 9 \left(\frac{\mathcal{E}}{9+r} \right)^2 = \frac{27}{12} \left(\frac{\mathcal{E}}{\frac{27}{12} + r} \right)^2 \Rightarrow \frac{1}{9+r} = \frac{1}{2} \times \left(\frac{1}{\frac{27}{12} + r} \right) \Rightarrow \frac{9}{2} + 2r = 9 + r \Rightarrow r = 4.5\Omega$$

با افزایش مقاومت متغیر مقاومت معادل افزایش می‌یابد. (۲) ۱۹ (C)



$$R_{eq} \uparrow \Rightarrow I = \frac{\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2}{R_{eq} + r_1 + r_2} \Rightarrow \text{جریان کل مدار کاهش می‌یابد}$$

ولت‌سنج، ولتاژ دو سر باتری (۲) را نشان می‌دهد و با توجه به فرض مسأله ($\mathcal{E}_1 > \mathcal{E}_2$)، باتری $\mathcal{E}_1$ مولد و باتری $\mathcal{E}_2$ مصرف‌کننده است.

با کاهش جریان مدار ولتاژ دو سر $\mathcal{E}_2$ کاهش می‌یابد و ولت‌سنج عدد کمتری را نشان می‌دهد:

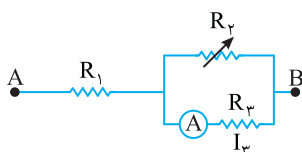
اختلاف پتانسیل دو سر مجموع مقاومت‌ها (V_{AB}) با اختلاف پتانسیل دو سر مجموع باتری‌ها برابر است از این‌رو:

$$V_{AB} = V_{\text{کل}} = \mathcal{E}_1 - Ir_1 - \mathcal{E}_2 - Ir_2 = \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 - I(r_1 + r_2)$$

با توجه به این‌که $\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2$ ثابت است، با افزایش مقاومت متغیر $I(r_1 + r_2)$ کاهش یافته یعنی مقدار کمتری از $\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2$

کم خواهد شد. بنابراین V_{AB} افزایش می‌یابد از طرفی اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R_1 کاهش می‌یابد

$$(\downarrow V_1 = \downarrow IR_1)$$

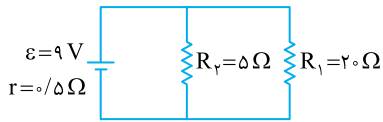




اکنون به بررسی اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌های R_p و R_s می‌پردازیم.

با افزایش ولتاژ دو سر R_p و R_s ، جریان گذرنده از R_s افزایش می‌یابد و آمپرسنج عدد بیشتری را نمایش می‌دهد:

$$V_{r,s} = V_r = V_s = I_s R_s \xrightarrow{R_s \text{ ثابت } V_r \uparrow} I_s \uparrow$$



توان مصرفی در مقاومت‌های خارجی خواسته شده است. کافی است مقاومت معادل (R_{eq}) مدار را به دست

آورده سپس جریان کل مدار را حساب کرده و از رابطه $P = R_{eq} I^2$ توان را به دست آوریم. مقاومت‌های 5Ω و 2Ω

با هم موازی هستند و مقاومت معادل آن‌ها برابر است با:

$$R_{eq} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow R_{eq} = \frac{5 \times 2}{5 + 2} = 4 \Omega$$

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

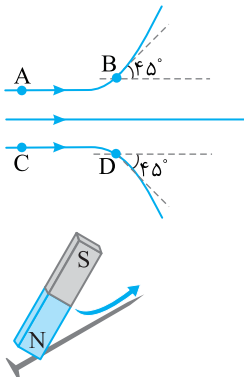
جریان مدار را به دست می‌آوریم:

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

توان مصرفی در مقاومت خارجی برابر است با:



آزمون ۲ *



۱- در شکل مقابل میدان مغناطیسی در کدام نقطه می‌تواند در SI به صورت $\vec{B} = 0.2\vec{i} + 0.2\vec{j}$ باشد؟

B (۲)

A (۱)

D (۴)

C (۳)

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؟

جنوب (۲)

شمال (۱)

غرب (۴)

شرق (۳)

۳- چه تعداد گزاره‌های زیر در مورد یک ذره 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 واسطه نیروی مغناطیسی وارد بر آن تغییر نمی‌کند.

(پ) اندازه نیروی وارد بر ذره به زاویه‌ای که نیرو با خطوط میدان مغناطیسی می‌سازد، بستگی دارد.

۳ (۴)

۲ (۳)

۱ (۲)

صفر (۱)

۴- ذره‌ای با جرم ناچیز و بار $+5\mu C$ در جهت مثبت محور y با تندی 10^6 m/s در حرکت است. اگر این ذره وارد فضایی شامل میدان الکتریکی

یکنواخت $\vec{E} = 10^5 \vec{j}$ و میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B} = 0.1\vec{i}$ شود، نیروی الکترومغناطیسی وارد بر ذره در لحظه ورود به این فضا چند نیوتون است؟

صفر (۴)

۱ (۳)

 $\frac{\sqrt{2}}{2}$ (۲) $\sqrt{2}$ (۱)

۵- یک سیم به طول 50 cm در امتداد محور y قرار دارد و از آن جریان 2 A در خلاف جهت محور y می‌گذرد. با توجه به این که سیم در میدان

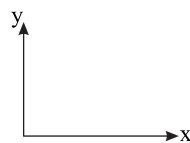
مغناطیسی $\vec{B} = 0.2\vec{i} + 0.3\vec{j}$ قرار دارد، اندازه و جهت نیروی وارد بر سیم را مشخص کنید؟ (یکایا در SI)

۰/۶ N ، درونسو (۲)

۰/۲ N ، درونسو (۱)

۰/۶ N ، برونسو (۴)

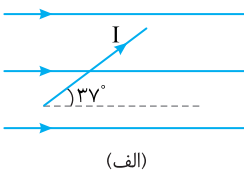
۰/۲ N ، برونسو (۳)



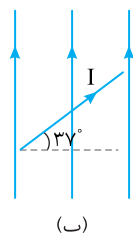
۶- میدان مغناطیسی در دو شکل (الف) و (ب)، برابر است و طول سیم حامل جریان I نیز

یکسان است. اگر نیروی وارد بر سیم در شکل (الف)، F_1 و نیروی وارد بر سیم در شکل

(ب)، F_2 باشد. $\frac{F_2}{F_1}$ برابر کدام گزینه است؟ ($\sin 37^\circ = 0.6$)

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

(الف)



(ب)

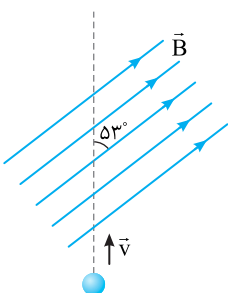
۷- بار الکتریکی $q = 25\mu C$ با سرعت $2 \times 10^5 \text{ m/s}$ مطابق شکل روبه‌رو وارد یک میدان مغناطیسی یکنواخت

به بزرگی $B = 10^4 \text{ G}$ می‌شود. در لحظه ورود به میدان، نیروی مغناطیسی وارد بر ذره چند نیوتون و در کدام

جهت است؟ ($\sin 53^\circ = 0.8$)

۲۵۰ و (۲)

۲۵۰ و (۱)

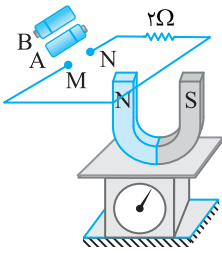


خارج ریاضی - ۹۸



⊗ و ۴ (۴)

⊙ و ۴ (۳)



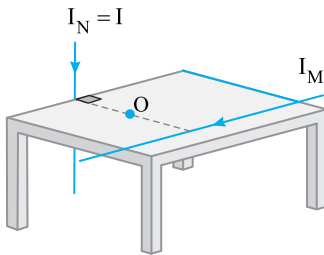
۸- در شکل روبه‌رو ۲۰cm از سیم یک مدار درون میدان مغناطیسی یکنواخت 100G یک آهنربا قرار دارد. اگر باتری با اختلاف پتانسیل در مدار قرار گیرد، عدد ترازو $8 \times 10^{-3}\text{N}$ کاهش می‌یابد.

(۱) A. ۴V

(۲) B. ۴V

(۳) B. ۸V

(۴) A. ۸V



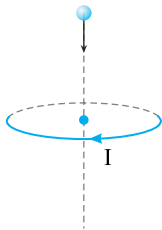
۹- در شکل روبه‌رو میدان حاصل از دو سیم در نقطه O دقیقاً بین دو سیم برابر $\sqrt{5}B$ و میدان حاصل از سیم M در نقطه O برابر B است. میدان حاصل از سیم N در نقطه O چند B است؟

(۱) ۱

(۲) ۲

(۳) $\sqrt{3}$

(۴) $\sqrt{2}$



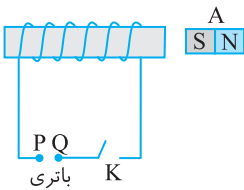
۱۰- در شکل روبه‌رو ذره‌ای را در راستای مرکز یک حلقه حامل جریان I رها می‌کنیم، شتاب حرکت ذره a است. کدام گزینه در مورد شتاب سقوط ذره درست است؟ (مقاومت هوا ناچیز است)

(۲) $a > g$

(۱) $a = g$

(۳) $a < g$

(۴) اظهار نظر 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 پایانه باتری قطب مثبت و میدان درون سیم‌لوله به کدام جهت است؟

(۲) Q. →

(۱) Q. ←

(۴) P. →

(۳) 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 به ترتیب کدام‌اند؟

(۲) فرومغناطیسی نرم و پارامغناطیسی

(۱) پارامغناطیسی و فرومغناطیسی سخت

(۴) فرومغناطیسی نرم و فرومغناطیسی سخت

(۳) فرومغناطیسی سخت و فرومغناطیسی نرم

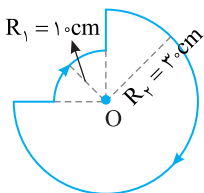
۱۳- از سیم راست و قائمی جریانی رو به پایین می‌گذرد. میدان مغناطیسی در سمت راست این سیم در کدام جهت است؟

(۳) مغرب

(۲) جنوب

(۱) شمال

(۴) مشرق



۱۴- در شکل روبه‌رو از سیم، جریان 5A می‌گذرد، میدان مغناطیسی در نقطه O (مرکز دایره) چند گاوس خواهد بود؟ ($\mu_0 = 12 \times 10^{-7}\text{T.m/A}$)

(۲) $7/5 \times 10^{-6}$

(۱) 15×10^{-6}

(۴) $0/15$

(۳) $0/75$

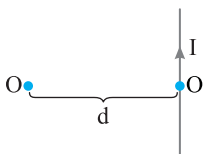
۱۵- در شکل روبه‌رو اگر سیم راست و طویل حامل جریان حول نقطه O'، 30° دوران کند، اندازه میدان حاصل از سیم در نقطه O چگونه تغییر می‌کند؟

(۱) کاهش می‌یابد

(۲) افزایش می‌یابد

(۳) تغییر نمی‌کند

(۴) گزینه (۱) و (۳) می‌تواند درست باشد.

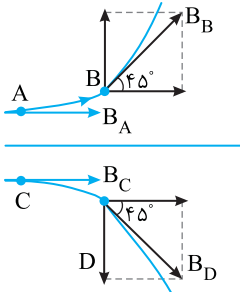


پاسخ آزمون ۲



تست‌های مشابه: ۸۰۶ تا ۸۱۵

۱ ۲ میدان مغناطیسی در هر نقطه مماس بر خطوط میدان و هم‌سو با خطوط میدان است. پس میدان مغناطیسی در نقطه B می‌تواند به صورت $\vec{B} = 0.2\vec{i} + 0.2\vec{j}$ باشد.



تست‌های مشابه: ۸۱۶ تا ۸۱۹

۲ 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 ۳ راستای نیروی مغناطیسی بر راستای سرعت ذره و خطوط میدان عمود است و گزاره (الف) درست است. نیروی مغناطیسی بر راستای حرکت (سرعت ذره) عمود است پس کاری روی ذره انجام نمی‌دهد و تندی ذره را تغییر نمی‌دهد، تنها باعث تغییر جهت ذره می‌شود و گزاره (ب) درست است. در رابطه $F = qvB \sin \theta$ ، زاویه بین راستای حرکت ذره و خطوط میدان است و نیرو همواره بر v و B عمود است بنابراین گزاره (پ) نادرست است.

تست‌های مشابه: ۸۳۸ تا ۸۴۲

۴ ۲ میدان الکتریکی در جهت مثبت محور y ها بر این ذره نیرو وارد می‌کند: 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.

$$F_E = qE \Rightarrow F_E = 5 \times 10^{-6} \times 10^5 \Rightarrow F_E = 0.5 \text{ N}$$

$$F_B = qvB \Rightarrow F_B = 5 \times 10^{-6} \times 10^6 \times 0.1 \Rightarrow F_B = 0.5 \text{ N}$$

$$F = \sqrt{F_B^2 + F_E^2} = \sqrt{(0.5)^2 + (0.5)^2} = \frac{\sqrt{2}}{2} \text{ N}$$

نیروی الکترومغناطیسی وارد بر ذره خواهد شد با:

تست‌های مشابه: ۸۶۰ تا ۸۶۲

۵ ۳ نیرویی که بر سیم وارد می‌شود، در اثر مولفه B_x است و به دلیل اینکه راستای سیم در جهت محور y است، از طرف B_y بر سیم نیرویی وارد نمی‌شود.



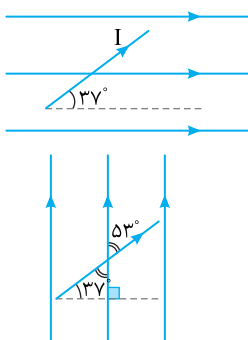
$$F = I l B_x \Rightarrow F = 2 \times 0.5 \times 0.2 \Rightarrow F = 0.2 \text{ N}$$

با توجه به قاعده دست راست و داشتن جهت جریان و میدان مغناطیسی، جهت نیرو برونسو است.

تست‌های مشابه: ۸۵۱ تا ۸۵۶

۶ ۱ در رابطه $F = I l B \sin \theta$ ، منظور از θ زاویه 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.

$$\begin{cases} F_1 = I l B \sin 37^\circ \\ F_2 = I l B \sin 53^\circ \end{cases} \Rightarrow \frac{F_1}{F_2} = \frac{\sin 37^\circ}{\sin 53^\circ} = \frac{0.6}{0.8} = \frac{3}{4}$$



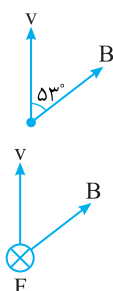
تست‌های مشابه: ۸۲۳ تا ۸۲۶

۷ ۴ با توجه به شکل سؤال، زاویه بین جهت حرکت ذره (v) و خطوط میدان. 53° است:

$$F = qvB \sin \theta \xrightarrow[\substack{B=10^{-4} \text{ T} \\ G=1 \text{ T}}]{\theta=53^\circ} F = (2 \times 10^{-6}) \times (2 \times 10^5) \times 10^{-4} \Rightarrow F = 4 \text{ N}$$

حال با استفاده از قاعده دست راست جهت نیروی مغناطیسی وارد بر ذره را مشخص می‌کنیم:

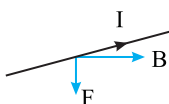
چهار انگشت دست راست در جهت v به سمت بالا به گونه‌ای که با خم شدن انگشت‌ها جهت میدان مغناطیسی (B) مشخص شود، شست دست راست جهت نیرو را نشان می‌دهد که دست راست درونسو است.



تست‌های مشابه: ۸۶۶ تا ۸۶۸

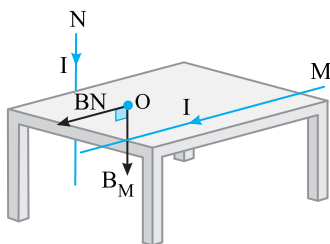
(B) ۸ (۳) عامل تغییر عدد نشان داده شده در ترازو، نیرویی وارد بر آهنربا از طرف سیم حامل جریان است که این نیرو طبق قانون سوم نیوتون عکس‌العمل نیرویی است که آهنربا به سیم حامل جریان وارد کرده، پس با آن هم اندازه است:

$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow \frac{2}{4} = \frac{V}{4} \Rightarrow V = 8V$$

با توجه به اینکه در مدار در مقاومت 2Ω داریم:

چون عددی که ترازو نشان می‌دهد کاهش یافته، پس نیروی مغناطیسی وارد بر آهنربا، روبه بالا بوده و همان‌طور که گفته شد با توجه به قانون سوم نیوتون، نیرویی که میدان مغناطیسی آهنربا به سیم وارد می‌کند رو به پایین است و میدان مغناطیسی آهنربا در محل سیم با توجه به قطب‌های آهنربا به سمت راست است، حال با توجه به قاعده دست راست جهت جریان را به دست می‌آوریم. جهت جریان نشان می‌دهد که جریان از نقطه M خارج و به نقطه N وارد می‌شود پس باید باتری B در مدار قرار گیرد.

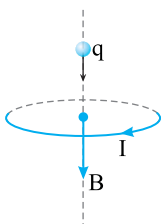
تست‌های مشابه: ۹۸۰ و ۹۸۱



(B) ۹ (۲) ابتدا جهت میدان‌های حاصل از دو سیم M و N را با توجه به قاعده دست راست در نقطه O به دست می‌آوریم. میدان سیم M در نقطه O در جهت روبه پایین میز و میدان سیم N روی سطح میز خواهد بود، بنابراین دو میدان بر هم عمودند و خواهیم داشت:

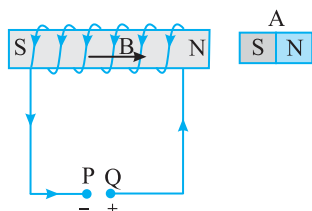
$$B_O = \sqrt{B_M^2 + B_N^2} \Rightarrow \sqrt{5}B = \sqrt{B^2 + B_N^2} \Rightarrow 5B^2 = B^2 + B_N^2 \Rightarrow 4B^2 = B_N^2 \Rightarrow B_N = 2B$$

تست‌های مشابه: ۹۳۶ و ۹۳۷



(B) ۱۰ (۱) خط میدان مغناطیسی در مرکز حلقه در امتداد محور حلقه و با توجه به جهت جریان حلقه رو به پایین است. ذره با بار q در امتداد محور رها شده است و زاویه بین راستای حرکت ذره و میدان مغناطیسی حلقه صفر است، بنابراین از طرف حلقه حامل جریان بر بار q نیروی مغناطیسی وارد نمی‌شود. به همین دلیل ذره با شتاب گرانش g سقوط خواهد کرد. ($a=g$)

تست‌های مشابه: ۹۴۰ تا ۹۴۶

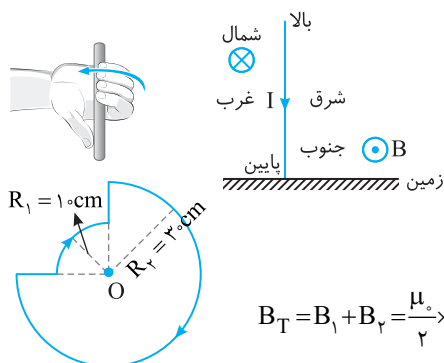


(A) ۱۱ (۲) با وصل کلید، ربایش صورت گرفته است. بنابراین سمت راست سیم‌لوله قطب N است و میدان درون سیم‌لوله به سمت راست است و پایانه Q مثبت است.

تست‌های مشابه: ۹۶۶ تا ۹۷۷

(A) ۱۲ (۳) مواد فرومغناطیسی دارای حوزه‌های مغناطیسی هستند و اگر فلز فرومغناطیسی نرم باشد، حجم حوزه‌های مغناطیسی آن در اثر میدان خارجی به راحتی تغییر می‌کند پس فلز B فرومغناطیسی نرم است. اگر فلز فرومغناطیسی سخت باشد حجم حوزه‌های مغناطیسی آن در اثر میدان خارجی به سختی تغییر می‌کند پس فلز A فرومغناطیسی سخت است.

تست‌های مشابه: ۸۸۳ تا ۸۸۸



(A) ۱۳ (۲) خط فکری: با توجه به نقشه‌ای که در قسمت‌های قبل جهت‌های جغرافیایی را با آن مشخص می‌کردیم، جهت رو به شمال را درون‌سو و جهت جنوب را برون‌سو در نظر می‌گیریم. به کمک قاعده دست راست جهت میدان را در سمت راست سیم به دست می‌آوریم. مطابق شکل جهت B برون‌سو یا رو به جنوب است.

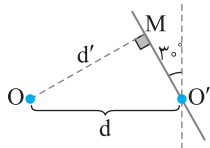
تست‌های مشابه: ۹۳۳ تا ۹۳۵

(A) ۱۴ (۴) مدار شامل یک ربع دایره با میدان درون‌سو و یک قسمت $\frac{3}{4}$ دایره آن نیز با میدان درون‌سو تشکیل شده است. میدان برابری خواهد شد با:

$$B_T = B_1 + B_2 = \frac{\mu_0}{2} \times \frac{N_1 I}{R_1} + \frac{\mu_0}{2} \times \frac{N_2 I}{R_2} = 6 \times 10^{-7} \times 5 \left(\frac{1}{4} \times \frac{1}{1} + \frac{3}{4} \times \frac{1}{3} \right) = 15 \times 10^{-7} T = 15 \times 10^{-3} G$$

تست‌های مشابه: ۸۹۷ تا ۸۹۹

(B) ۱۵ (۲) خط فکری: فاصله نقطه‌ای که در آن $B_T = 15 \times 10^{-6} = 0.15 G$ میدان مغناطیسی حاصل از سیم حامل جریان خواسته شده طول عمودی است که از آن نقطه به سیم رسم می‌شود.



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



- ۱- یک حلقه فلزی به مقاومت 12Ω عمود بر خطهای میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی 120 گاوس قرار دارد. مساحت حلقه با چه آهنگی بر حسب m^2/s تغییر کند تا جریان الکتریکی القا شده در حلقه برابر $6/0$ آمپر شود؟

(۴) ۰/۲

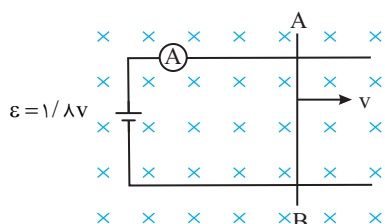
(۳) ۲

(۲) ۰/۱

(۱) ۱

- ۲- در مدار زیر میله 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



(۲) ۱/۴

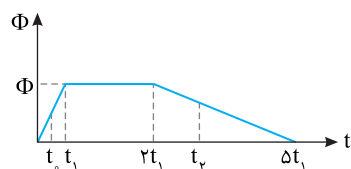
(۱) ۱/۳

(۴) ۱/۸

(۳) ۱/۲

- ۳- نمودار شار مغناطیسی عبوری از یک حلقه بر حسب زمان مطابق شکل زیر است. اندازه نیروی محرکه القایی متوسط در بازه زمانی t_0 تا t_1 چند برابر اندازه نیروی محرکه القایی متوسط در بازه زمانی t_1 تا t_2 است؟ (سطح حلقه بر خطهای میدان مغناطیسی عبوری از آن عمود است.)

قلمچی



(۲) ۳

(۱) ۱

(۴) ۵

(۳) ۱/۳

- ۴- حلقه‌ای عمود بر خطوط میدان مغناطیسی که معادله آن بر حسب زمان در SI به صورت $B = (t^2 - 5t - 6) \times 10^{-4}$ است، قرار دارد. در کدام بازه زمانی نیروی محرکه القایی متوسط برابر صفر می‌شود؟

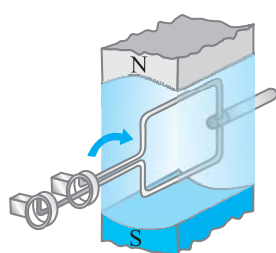
(۴) ۳s تا ۴s

(۳) ۲/۵s تا ۳

(۲) ۲s تا ۲/۵s

(۱) ۲s تا ۳s

- ۵- شکل روبه‌رو یک مولد جریان متناوب را نشان می‌دهد، در لحظه نشان داده شده در شکل شار مغناطیسی مولد است و بزرگی نیروی محرکه آن است.



(۱) صفر - صفر

(۲) صفر - بیشینه

(۳) بیشینه - صفر

(۴) بیشینه - بیشینه

- ۶- از سیم‌لوله‌ای به ضربه خودالقایی $4/0$ هانری جریان متناوبی می‌گذرد که معادله آن در SI به صورت $I = 5 \sin(50\pi t)$ است. بیشینه انرژی سیم‌لوله چند میلی‌ژول است؟

خارج ریاضی - ۹۶

(۴) ۵۰۰

(۳) ۲۰۰

(۲) ۵۰

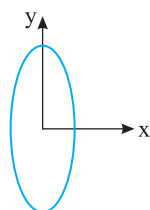
(۱) ۲۰

- ۷- یک پیچه عمود بر محور x ها و به شعاع $2m$ درون میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B} = 3\vec{i} - 4\vec{j}$ قرار گرفته است (یکاهای SI). اندازه شار مغناطیسی چند وبر است؟

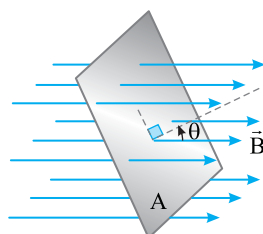
کتاب درسی

(۲) 28π

(۱) صفر

(۴) 12π (۳) 15π 

- ۸- مطابق شکل مقابل، حلقه رسانایی به مساحت A در یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی B قرار دارد. اگر بزرگی میدان مغناطیسی افزایش یابد و به $\sqrt{3/2}B$ برسد، صفحه را چند درجه



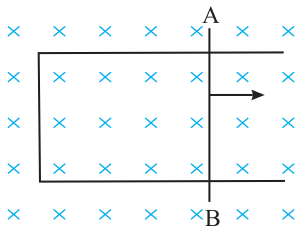


و چگونه در صفحه میدان بچرخانیم تا شار مغناطیسی عبوری از این حلقه تغییر نکند؟

- (۱) ۱۵° - ساعتگرد
(۲) ۱۵° - پادساعتگرد
(۳) ۴۵° - ساعتگرد
(۴) ۴۵° - پادساعتگرد

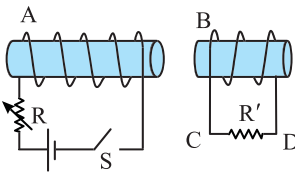
۹- دو سیملوله جدا و یکسان A و B را در نظر می‌گیریم. شار مغناطیسی که از A و B می‌گذرد به ترتیب $۱۰^۴$ و $۱۰^۲$ وبر می‌باشد. شار سیملوله A را در مدت ۱ ثانیه و شار سیملوله B را در مدت $۱/۱۰۰$ ثانیه به صفر می‌رسانیم. اگر ϵ_A و ϵ_B به ترتیب نیروی محرکه القایی در A و B باشند، نسبت $\frac{\epsilon_A}{\epsilon_B}$ کدام است؟

- (۱) $\frac{1}{10}$
(۲) ۱
(۳) ۱۰
(۴) ۱۰۰



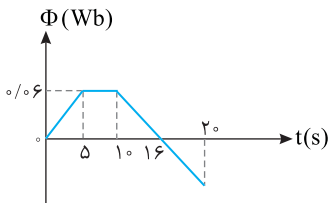
۱۰- سیم AB با مقاومت ۴Ω روی قاب مستطیل شکلی با سرعت ثابت مانند شکل حرکت می‌کند. اگر اندازه میدان مغناطیسی ۵×10^{-۲} تسلا باشد، مساحت قاب با چه آهنگی برحسب متر مربع بر ثانیه تغییر کند تا جریان $۰.۲A$ در مدار القا شود؟ (مقاومت الکتریکی قاب ناچیز فرض شود).
خارج تجربی - ۸۶

- (۱) ۰.۰۸
(۲) ۰.۱۶
(۳) $۱/۶$
(۴) $۲/۵$



۱۱- دو سیملوله 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) لحظه قطع کلید
(۴) لحظه وصل کلید

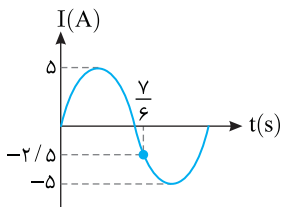


۱۲- نمودار تغییرات شار مغناطیسی عبوری از یک حلقه برحسب زمان مطابق شکل روبه‌رو است. بزرگی نیروی محرکه القایی متوسط در حلقه در بازه زمانی ۱۰ تا ۲۰ ثانیه چند میلی‌ولت است؟
خارج ریاضی - ۸۸

- (۱) ۰.۰۱
(۲) ۰.۰۲
(۳) ۲۰
(۴) ۱۰

۱۳- پیچه یک مولد جریان متناوب در هر $۰.۰۲s$ یک دور می‌چرخد. اگر این پیچه در مدت t ، θ درجه بچرخد و در مدت $t + ۰.۰۱s$ ، ۲θ 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 ، $\frac{\pi}{۲}$
(۴) ۰.۰۲ ، $\frac{\pi}{۲}$



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 محرکه القایی به بیشینه مقدار خود می‌رسد؟
قلم‌چی

- (۱) $\frac{1}{۴}$
(۲) $\frac{1}{۲}$
(۳) $\frac{۳}{۴}$
(۴) $\frac{۲}{۳}$

۱۵- یک مبدل را به یک ولتاژ متناوب وصل می‌کنیم. مبدل را یک‌بار به صورت کاهنده و بار دیگر به صورت افزایشنده استفاده می‌کنیم. بیشینه ولتاژ خروجی در این دو حالت $۵V$ و $۸۰V$ است. بیشینه ولتاژ ورودی چند ولت است؟
آزمون مدارس برتر

- (۱) $\frac{۱۶۰}{۱۷}$
(۲) ۲۰
(۳) $۴۳/۵$
(۴) ۶۰

پاسخ آزمون ۲



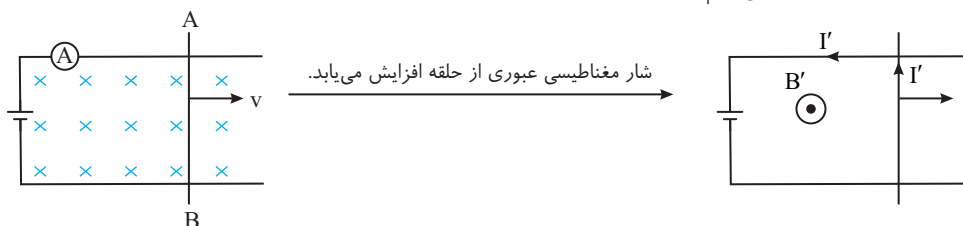
تست‌های مشابه: ۹۸۹ تا ۹۹۱

۱ ۱ شار مغناطیسی عبوری از حلقه برابر $\Phi = AB \cos \theta$ است و چون حلقه عمود بر خطوط میدان بوده ($\theta = 0$) شار مغناطیسی برابر $\Phi = AB$ می‌شود:

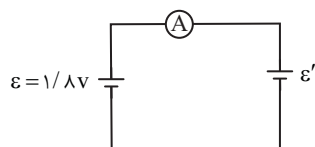
$$|I| = \frac{|\mathcal{E}|}{R} \Rightarrow |I| = \frac{N}{R} \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \Rightarrow I = \frac{N}{R} B \frac{\Delta A}{\Delta t} \xrightarrow{B=120 \text{ G}=12 \text{ T}} 0.6 = \frac{1}{12} \times 12 \times \frac{\Delta A}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta A}{\Delta t} = 1 \text{ m}^2/\text{s}$$

۲ ۳ خط فکری: با حرکت میله به سمت راست در مدار نیرو محرکه القایی $\mathcal{E}' = BLV$ القا شده که اگر جریان القایی هم‌جهت با جریان خروجی از نیرو محرکه مدار باشد جریان مدار برابر $I = \frac{\mathcal{E} + \mathcal{E}'}{R}$ و اگر جریان القایی خلاف جهت جریان خروجی از نیرو محرکه مدار باشد جریان مدار برابر $I = \frac{\mathcal{E} - \mathcal{E}'}{R}$ می‌شود. ابتدا جهت جریان القایی

را با توجه به قانون لنز و قاعده دست راست به دست می‌آوریم:



بنابراین جریان‌های القایی و جریان خروجی از باتری مدار خلاف جهت هم‌اند و مدلسازی مدار به صورت زیر است:

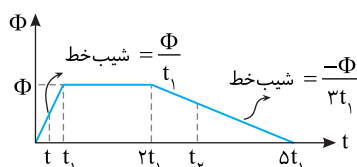


$$\mathcal{E}' = BLV \Rightarrow \mathcal{E}' = (400 \times 10^{-4}) \times (1) \times (20) = 0.8 \text{ V}$$

تبدیل واحد گاوس به تسلا

$$I = \frac{\mathcal{E} - \mathcal{E}'}{R} = \frac{1/8 - 0.8}{2} = -\frac{1}{2} \text{ A}$$

تست‌های مشابه: ۱۰۶۳ تا ۱۰۶۶



۲ ۳ اگر نمودار $\Phi - t$ به صورت خطی باشد شیب نمودار برابر $\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ است و در رابطه نیروی محرکه القایی متوسط

$$\bar{\mathcal{E}} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \quad \text{می‌توان به جای شیب نمودار را قرار داد. می‌دانیم برای یک خط راست، شیب ثابت است. در}$$

نمودار روبه‌رو در بازه‌های صفر تا t_0 ، t_0 تا t_1 و صفر تا t_1 شیب خط ثابت است و برای به‌دست آوردن شیب خط باید ببینیم اطلاعات کدام بازه زمانی را در اختیار داریم.

$$|\bar{\mathcal{E}}_{t=0 \text{ تا } t_1}| = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \Rightarrow |\bar{\mathcal{E}}_{t=0 \text{ تا } t_1}| = \frac{\Phi}{t_1}$$

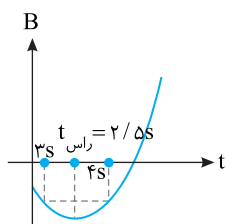
$$|\bar{\mathcal{E}}_{t_1 \text{ تا } 3t_1}| = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \Rightarrow |\bar{\mathcal{E}}_{t_1 \text{ تا } 3t_1}| = \frac{-\Phi}{3t_1 - 2t_1} = \frac{\Phi}{t_1}$$

$$\Rightarrow \frac{|\bar{\mathcal{E}}_{t=0 \text{ تا } t_1}|}{|\bar{\mathcal{E}}_{t_1 \text{ تا } 3t_1}|} = \frac{\Phi/t_1}{\Phi/t_1} = 1$$

تست‌های مشابه: ۱۰۱۱ تا ۱۰۱۳

۱ ۴ با توجه به قانون القای الکترومغناطیسی فاراده:

$$\bar{\mathcal{E}} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \xrightarrow{N=1} \bar{\mathcal{E}} = -1 \frac{\Delta B}{\Delta t} \Rightarrow \bar{\mathcal{E}} = -A \frac{\Delta B}{\Delta t}$$



برای آنکه نیروی محرکه القایی متوسط صفر شود باید $\Delta B = 0$ باشد و معادله $B = (t^2 - 5t - 6) \times 10^{-4}$ معادله درجه ۲ است و نمودار آن سهمی است و می‌دانیم سهمی نسبت به رأس متقارن است از این رو ابتدا مختصات رأس را حساب می‌کنیم.

$$t_{\text{رأس}} = \frac{-b}{2a} = \frac{5}{2} = 2.5 \text{ s}$$

در هر بازه‌ای که در آن ابتدا و انتهای بازه دارای فاصله یکسان از رأس سهمی باشد، B برابر است.

بنابراین گزینه (۱) که فاصله ابتدا و انتهای بازه زمانی تا رأس سهمی یکسان است دارای میدان مغناطیسی یکسانی است و ΔB آن صفر است، در این صورت $\Delta \Phi = 0$ شده و نیروی محرکه القایی متوسط صفر می‌شود.

تست‌های مشابه: ۱۱۴۵ و ۱۱۴۶

۲ ۵ با توجه به شکل، قاب موازی خطوط میدان مغناطیسی در داخل میدان مغناطیسی قرار گرفته است پس $\Phi = 0$ است. در یک مولد جریان متناوب معادله شار مغناطیسی

B - زمان تابعی کسینوسی و معادله نیروی محرکه - زمان تابعی سینوسی است، پس اگر شار مغناطیسی صفر باشد ($\cos \theta = 0$) نیروی محرکه بیشینه است ($\sin \theta = 1$)

تست‌های مشابه: ۱۱۱۸ تا ۱۱۲۰

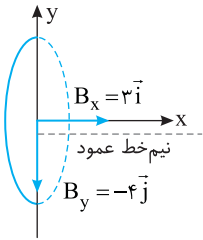
$$I = 0.4 \text{ H}, \quad I = I_{\max} \sin \omega t = 5 \sin(50\pi t) \Rightarrow I_{\max} = 5 \text{ A}$$

۴ با توجه به داده‌های سؤال داریم:

انرژی ذخیره شده در سیمولوله برابر $\frac{1}{2} L I^2$ است و زمانی بیشینه می‌باشد که جریان عبوری از آن بیشترین مقدار باشد.

$$U = \frac{1}{2} L I^2 \Rightarrow U_{\max} = \frac{1}{2} L I_{\max}^2 = \frac{1}{2} \times 0.4 \times (5)^2 = 0.2 \times 25 = 5 \text{ J} = 5 \times 10^{-3} \text{ mJ} = 5 \text{ mJ}$$

تست‌های مشابه: ۹۹۱ و ۹۹۲



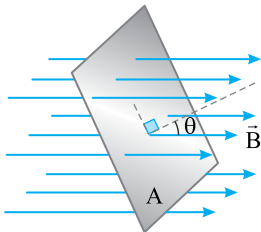
۷ خط فکری: شار عبوری از حلقه به صورت $\Phi = BA \cos \theta$ است که θ زاویه بین نیم‌خط عمود بر سطح و بردار میدان مغناطیسی است.

در حل این نوع مسائل مؤلفه‌ای از میدان که موازی سطح است را نادیده می‌گیریم و تنها مؤلفه عمود بر سطح میدان را برای به‌دست آوردن شار مغناطیسی به حساب می‌آوریم. سطح پیچه بر محور x ها عمود است، از این رو نیم‌خط عمود بر سطح در جهت محور x ها 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. $(\Phi = B_y A \cos 90^\circ = 0)$ زاویه بین B_x و نیم‌خط عمود بر سطح

پیچه صفر درجه است در نتیجه شار گذرنده از پیچه خواهد شد:

$$\Phi = B_x A \cos 0^\circ \xrightarrow{A = \pi r^2, \cos 0^\circ = 1} \Phi = 3 \times \pi \times (2)^2 \times 1 \Rightarrow \Phi = 12\pi \text{ Wb}$$

تست‌های مشابه: ۱۰۱۷ و ۱۰۱۸



۸ 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:

$$\Phi_2 = \Phi_1 \Rightarrow B_2 A \cos \theta_2 = BA \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow \sqrt{\frac{3}{2}} BA \cos \theta_2 = \frac{\sqrt{3}}{2} BA \Rightarrow \cos \theta_2 = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow \theta_2 = 45^\circ$$

بنابراین نیم‌خط عمود به اندازه $45^\circ - 30^\circ = 15^\circ$ پاد ساعتگرد چرخیده است بنابراین صفحه نیز باید 15° پاد ساعتگرد بچرخد.

تست‌های مشابه: ۱۰۰۸ تا ۱۰۱۰

۹ خط فکری: باید با استفاده از قانون القای الکترومغناطیسی فاراده به طور جداگانه برای سیمولوله‌های A و B نیروی محرکه القایی را به‌دست بیاوریم. هر دو سیمولوله یکسان

است پس تعداد حلقه‌های آن‌ها یکسان است، با توجه به قانون القای الکترومغناطیسی فاراده:

$$\varepsilon_A = -N \frac{\Delta \Phi_A}{\Delta t} = -N \frac{0.1 \times 0.4}{1} = -10^{-4} \text{ V}, \quad \varepsilon_B = -N \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = -N \frac{0.1 \times 0.2}{10^{-3}} = -10^{-5} \text{ V} \Rightarrow \frac{\varepsilon_A}{\varepsilon_B} = \frac{1}{10}$$

تست‌های مشابه: ۱۰۱۹ تا ۱۰۲۱

۱۰ آهنگ تغییر مساحت یعنی $\frac{\Delta A}{\Delta t}$ ، از این رو بنا بر قانون القای الکترومغناطیسی فاراده می‌توان نوشت:

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \xrightarrow{\varepsilon = IR} IR = \left| -B \frac{\Delta A}{\Delta t} \right| \Rightarrow 0.2 \times 4 = 5 \times 10^{-2} \frac{\Delta A}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta A}{\Delta t} = 1/6 \text{ m}^2/\text{s}$$

تست‌های مشابه: ۱۱۰۹ تا ۱۱۱۳

۱۱ اگر جریان از C به D باشد، در سیمولوله B جهت میدان مغناطیسی به سمت راست می‌شود. در سیمولوله A نیز میدان مغناطیسی در صورت بسته بودن کلید به

سمت راست است. هنگامی میدان القایی سیمولوله B با میدان اولیه سیمولوله A هم‌جهت می‌شود که کاهش شار رخ داده باشد، پس باید جریان سیمولوله A کم شده باشد. یعنی در لحظه قطع کلید، جریان در R' از C به D است.

تست‌های مشابه: ۱۰۶۱ تا ۱۰۶۶

۱۲ خط فکری: در رابطه نیروی محرکه القایی $(\varepsilon = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t})$ و نمودار $\Phi - t$ ، اگر نمودار خطی باشد شیب نمودار $\Phi - t$ برابر $\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ تغییرات محور قائم 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 $t = 1 \text{ s}$ تا $t = 2 \text{ s}$ ثابت است، پس مقدار $\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ در هر بازه دلخواه دیگر از $t = 1 \text{ s}$ تا $t = 2 \text{ s}$ تغییر نمی‌کند. در این سؤال که نیروی محرکه القایی از $t = 1 \text{ s}$ تا $t = 2 \text{ s}$ خواسته شده و اطلاعات $t = 2 \text{ s}$ را نداریم، شیب

$$\varepsilon = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \Rightarrow \varepsilon = -\frac{0.6 \times 10^{-6}}{16-10} \Rightarrow \varepsilon = 10^{-2} \text{ V} = 10 \text{ mV}$$

تست‌های مشابه: ۱۱۳۶ تا ۱۱۳۹

۱۳ تغییر زاویه پیچ از رابطه $\theta = \frac{2\pi}{T} t$ به دست می‌آید. B

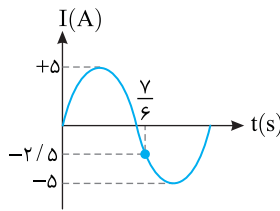
$$\begin{cases} \theta = \frac{2\pi}{T} t \xrightarrow{T=0.2s} \theta = 100\pi t + \pi & (1) \\ 2\theta = \frac{2\pi}{T} (t + 0.1) \xrightarrow{T=0.2s} 2\theta = 100\pi t + \pi & (2) \end{cases}$$

دو معادله را از هم کم می‌کنیم $\rightarrow 2\theta - \theta = 100\pi t + \pi - 100\pi t \Rightarrow \theta = \pi$

در معادله (۱) به جای θ ، π قرار می‌دهیم تا t به دست آید:

$$\theta = 100\pi t \xrightarrow{\theta=\pi} \pi = 100\pi t \Rightarrow t = 0.01s$$

تست‌های مشابه: ۱۱۴۰ تا ۱۱۴۶



۱۴ معادله جریان بر حسب زمان به صورت $I = I_{\max} \sin \frac{2\pi}{T} t$ است. با توجه به نمودار بیشینه جریان $I_{\max} = 5A$ است و جریان در لحظه $t = \frac{Y}{6} s$ برابر $-2/5 A$ است، از این رو:

$$-2/5 = 5 \sin \frac{2\pi}{T} \left(\frac{Y}{6} \right) \Rightarrow -\frac{1}{5} = \sin \frac{2\pi}{T} \left(\frac{Y}{6} \right)$$

سینوس در ربع سوم و چهارم مثلثاتی منفی است و سینوس زاویه $\left(\pi + \frac{\pi}{6} = \frac{7\pi}{6} \right)$ برابر $-\frac{1}{2}$ است بنابراین:

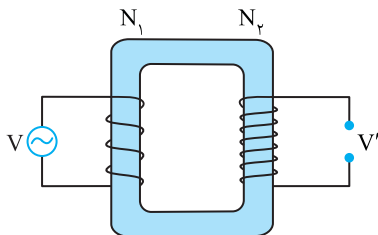
$$\frac{2\pi}{T} \times \frac{Y}{6} = \frac{7\pi}{6} \Rightarrow T = 2s$$

رابطه نیرو محرکه القایی نیز به صورت $\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\max} \sin \left(\frac{2\pi}{T} t \right)$ است پس اولین بار در لحظه $t = \frac{T}{4} = \frac{1}{2} s$ یعنی $t = \frac{2}{4} = \frac{1}{2} s$ نیرو محرکه القایی بیشینه می‌شود.

تست‌های مشابه: ۱۱۵۰ تا ۱۱۵۳

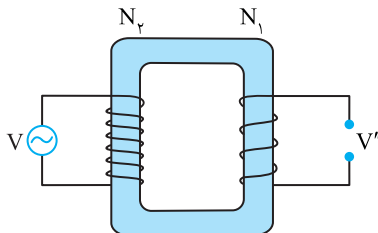
۱۵ در دو طرف مبدل تعداد حلقه‌ها N_1 و N_2 فرض می‌شود ($N_1 < N_2$) B

(۱) مبدل افزاینده:



$$\frac{V}{V'} = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow V = \frac{N_1}{N_2} V' \Rightarrow V = \frac{N_1}{N_2} (\lambda_0) \quad (I)$$

(۲) مبدل کاهنده:



$$\frac{V}{V''} = \frac{N_2}{N_1} \Rightarrow V = \frac{N_2}{N_1} V'' \Rightarrow V = \frac{N_2}{N_1} (\delta) \quad (II)$$

اگر دو معادله (I) و (II) را در هم ضرب کنیم:

$$(I) \times (II) \Rightarrow V^2 = \left(\frac{N_1}{N_2} (\lambda_0) \right) \times \left(\frac{N_2}{N_1} (\delta) \right) \Rightarrow V^2 = \lambda_0 \delta \Rightarrow V = 20V$$



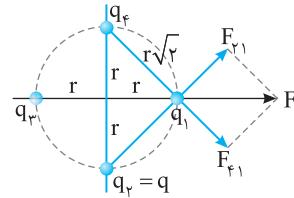
پاسخ آزمون ۱



۱۴۱ (B)

خط فک: برای آنکه برابند

نیروهای وارد بر q_1 صفر شود، باید نیروهای وارد بر آن از طرف q_2 و q_4 هم‌اندازه باشند زیرا در این صورت برابند نیروهای F_{q_1} و F_{q_2}



در راستای نیرویی که q_3 به q_1 وارد می‌کند قرار می‌گیرد، همچنین باید نیرویی که q_4 بر q_1 وارد می‌کند (F_{q_4}) خلاف جهت و هم‌اندازه برابند نیروهای F_{q_2} و F_{q_3} باشد.

بارهای q_2 و q_4 هم‌اندازه‌اند. بار آن‌ها را مثبت و q در نظر می‌گیریم:

$$F_{q_1} = F_{q_4} = k \frac{|q| \times |q_1|}{(r\sqrt{2})^2} = k \frac{q|q_1|}{2r^2}$$

یادآوری: برابند دو بردار هم‌اندازه و عمود بر هم، $\sqrt{2}$ برابر اندازه یکی از بردارها می‌شود.

برابند دو نیرو F_{q_2} و F_{q_3} برابر F' است:

نیروی وارد از طرف بار q_3 به بار q_1 هم‌اندازه F' و خلاف جهت آن باید باشد پس علامت بار q_3 خلاف علامت بار q_2 است. در اینجا چون q_2 را مثبت فرض کردیم باید q_3 منفی باشد:

$$F_{q_1} = F' \Rightarrow k \frac{|q_3||q_1|}{(2r)^2} = k \frac{q|q_1|}{2r^2}$$

$$|q_3| = 2\sqrt{2}q \xrightarrow{q_3 \text{ منفی است}} q_3 = -2\sqrt{2}q$$

$$\frac{q_2}{q_3} = \frac{q}{-2\sqrt{2}q} = \frac{-1}{2\sqrt{2}} \times \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = \frac{-\sqrt{2}}{4}$$

حال نسبت $\frac{q_2}{q_3}$ را به دست می‌آوریم:

۱۴۲ (B) اندازه میدان حاصل از بارهای q_1 و q_2 و q_3 در نقطه O و جهت آن‌ها را

مشخص می‌کنیم.

$$E_3 = k \frac{|q_3|}{r_3^2} \Rightarrow E_3 = E_2 = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6}}{(3\sqrt{2})^2} = 2 \times 10^3 \text{ N/C}$$

$$E_2 = k \frac{|q_2|}{r_2^2} = 2 \times 10^3 \text{ N/C}$$

$$E_1 = k \frac{|q_1|}{r_1^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{8 \times 10^{-6}}{(3\sqrt{2})^2} = 4 \times 10^3 \text{ N/C}$$

میدان‌های E_2 و E_3 هم‌جهت‌اند و برابند آن‌ها برابر است با:

$$E_{23} = E_2 + E_3 \Rightarrow E_{23} = 2 \times 10^3 + 2 \times 10^3 = 4 \times 10^3 \text{ N/C}$$

میدان E_{23} بر E_1 عمود است:

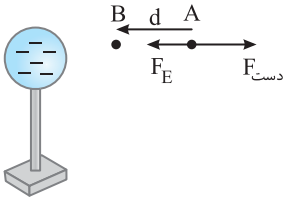
$$E_T = \sqrt{E_{23}^2 + E_1^2} = \sqrt{(4 \times 10^3)^2 + (4 \times 10^3)^2} = 4\sqrt{2} \times 10^3 \text{ N/C}$$

حال بار q_1 را حذف می‌کنیم، در این صورت بارهای q_2 و q_3 باقی می‌ماند که میدان

برابند آن‌ها برابر $E_{23} = 4 \times 10^3 \text{ N/C}$ است

پس برابند میدان‌ها در حالت دوم برابر $E'_T = 4 \times 10^3 \text{ N/C}$ می‌شود:

$$\frac{E'_T}{E_T} = \frac{4 \times 10^3}{4\sqrt{2} \times 10^3} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$



۱۳۱ (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

$$W = F_{دست} d \cos 180^\circ = -F_{دست} d < 0 \Rightarrow W < 0$$

کار نیروی میدان الکتریکی کره باردار خواهد شد.

$$W_E = F_E d \cos = F_E d > 0 \Rightarrow W' > 0$$

از طرفی با حرکت به سمت بار منفی پتانسیل کاهش می‌یابد. بنابراین $V_B < V_A$ بوده

$$\Delta V = V_A - V_B > 0 \text{ است.}$$

۱۴۴ (A) با توجه به فرض مسئله می‌توان نوشت:

$$U_2 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} U_1 \Rightarrow \frac{1}{2} CV_2^2 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{2} CV_1^2 \right) \Rightarrow V_2 = \frac{1}{2} V_1$$

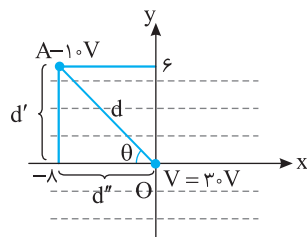
بنابراین اختلاف پتانسیل به اندازه $V_2 - V_1 = \frac{1}{2} V_1 - V_1 = -\frac{1}{2} V_1$ تغییر می‌کند.

یعنی $\frac{1}{2} V_1$ کاهش می‌یابد.

۱۴۵ (B)

یادآوری: با حرکت در جهت

خطوط میدان الکتریکی، پتانسیل الکتریکی کاهش و با حرکت در خلاف جهت خطوط میدان، پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد. از نقطه A تا نقطه O پتانسیل الکتریکی در حال افزایش است پس از



A تا O خلاف جهت میدان الکتریکی جابه‌جایی انجام می‌شود و باید خطوط میدان به سمت چپ یا خلاف جهت محور x باشد.

$$\begin{cases} \Delta V_{AO} = Ed \cos \theta \\ \cos \theta = \frac{d''}{d} \Rightarrow d \cos \theta = d'' \end{cases} \Rightarrow 40 = E \times \frac{\Delta}{100} \Rightarrow E = 500 \text{ N/m}$$

۱۴۶ (A)

خط فک: اگر حجم کره A ، n برابر حجم کره B باشد، با توجه به رابطه حجم کره $V = \frac{4}{3} \pi R^3$ ، شعاع کره A ، $\sqrt[3]{n}$ برابر شعاع کره B است.

در این مسئله حجم کره A ، 8 برابر حجم کره B است از این رو:

$$\frac{V_A}{V_B} = \left(\frac{r_A}{r_B} \right)^3 \Rightarrow 8 = \left(\frac{r_A}{r_B} \right)^3 \Rightarrow r_A = 2r_B$$

قرار است چگالی سطحی بار الکتریکی $(\sigma = \frac{Q}{A})$ با هم برابر شود:

$$\frac{\sigma_A}{\sigma_B} = \frac{|Q_A|}{|Q_B|} \times \left(\frac{r_B}{r_A} \right)^2 \Rightarrow 1 = \frac{|Q_A|}{|Q_B|} \times \left(\frac{r_B}{2r_B} \right)^2 \Rightarrow |Q_A| = 4|Q_B|$$

با توجه به این که $Q = ne$ ، است بنابراین:

$$n_A e = 4n_B e \Rightarrow n_A = 4n_B$$

$$n_A + n_B = 30 \Rightarrow 4n_B + n_B = 30 \Rightarrow n_B = 6, n_A = 24$$

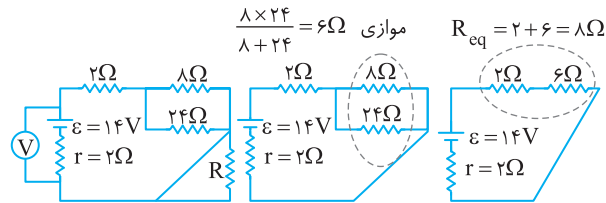
۱۴۷ (A) مقاومت سیم‌ها را از رابطه $R = \rho \frac{l}{A}$ می‌آوریم که اطلاعات مربوط

به ρ (مقاومت ویژه) و l در صورت سؤال ذکر شده است:

$$I_{Cu} = I_{Al} = I, \rho_{Cu} = \frac{1}{3} \rho_{Al} \text{ مقاومت ویژه}$$

حالت ۱: با بستن کلید، مقاومت R اتصال کوتاه شده و از مدار حذف می‌شود، بنابراین ابتدا حالت کلید بسته را بررسی می‌کنیم که مقاومت R از مدار حذف شده و جریان مدار و اختلاف پتانسیل دو سر باتری که ولت‌سنج نشان داده به دست می‌آید.

۱ کلید بسته باشد:

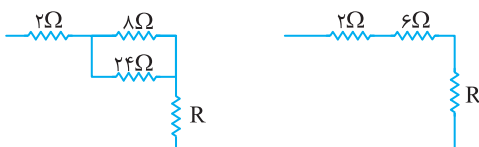


$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{14}{8 + 2} = 1/4 \text{ A}$$

$$V = \varepsilon - rI = 14 - 2 \times 1/4 = 11/2 \text{ V}$$

۲ با باز بودن کلید مقاومت R در مدار قرار دارد. با توجه به سؤال با بستن کلید عدد ولت‌سنج ۱۰/۴ درصد کمتر شده، یعنی $V = 11/2 \text{ V}$ ، ۱۰/۴ درصد کمتر از حالتی است که کلید باز باشد:

$$V = V' - \frac{10/4}{100} V' \Rightarrow 11/2 = \frac{89/6}{100} V' \Rightarrow V' = 12/5 \text{ V}$$



هنگامی که کلید باز باشد، مقاومت R با مقاومت‌های 2Ω و 6Ω متوالی است:

$$V' = 12/5 \text{ V} \Rightarrow 12/5 = \varepsilon - rI' \Rightarrow 12/5 = 14 - 2I' \Rightarrow I' = 1/5 \text{ A}$$

$$I' = \frac{\varepsilon}{R'_{eq} + r} \Rightarrow 1/5 = \frac{14}{R'_{eq} + 2} \Rightarrow R'_{eq} = 10 \Omega$$

$$\frac{3}{4} R'_{eq} = 12/5 \Rightarrow R'_{eq} = \frac{20}{3} \Omega$$

حالت با توجه به مقاومت معادل، R را به دست می‌آوریم:

$$2 + 6 + R = \frac{20}{3} \Rightarrow R = \frac{20}{3} - 8 = \frac{4}{3} \Omega$$

۱۱۳ با افزایش مقاومت متغیر R_1 ، مقاومت معادل R_1 و R_2 افزایش می‌یابد یعنی مقاومت معادل مدار R_{eq} افزایش می‌یابد و جریان مدار کاهش می‌یابد.

$$I_{کل} \xrightarrow{\text{با افزایش } R_{eq}} \frac{V}{R_{eq} + r} \rightarrow \text{کاهش می‌یابد}$$

ولت‌سنج V_1 اختلاف پتانسیل دو سر مولد را نشان می‌دهد:

$$V_1 = \varepsilon - Ir \xrightarrow{\text{کاهش یافته}} \text{افزایش می‌یابد}$$

اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R_2 را بررسی می‌کنیم:

$$V_{R_2} = R_2 I \xrightarrow{\text{کاهش یافته}} \text{کاهش می‌یابد}$$

با توجه به این که ولتاژ کل مدار برابر مجموع ولتاژ مقاومت‌های R_1 و R_2 می‌باشد داریم:

$$\uparrow V_1 = V_{R_1} + V_{R_2} \downarrow \xrightarrow{\text{افزایش یافته } V_1, \text{ کاهش یافته } V_{R_2}} \text{افزایش می‌یابد}$$

ولت‌سنج V_2 ولتاژ مقاومت R_1 را نشان می‌دهد، پس V_2 افزایش می‌یابد.

حال با توجه به چگالی داده شده رابطه بین A دو سیم را به دست می‌آوریم:

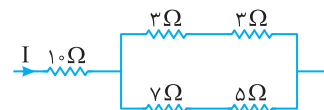
$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{A \times l} \Rightarrow \begin{cases} \rho_{Cu} = 9 = \frac{m_{Cu}}{A_{Cu} \times l} \\ \rho_{Al} = 2/3 = \frac{m_{Al}}{A_{Al} \times l} \end{cases} \Rightarrow \frac{1}{\rho_{Al}} = \frac{A_{Al} m_{Cu}}{A_{Cu} m_{Al}} \quad (1)$$

با توجه به فرض مسأله می‌توان نوشت:

$$R_{Cu} = 2 R_{Al} \Rightarrow \rho_{Cu} \times \frac{A_{Cu}}{l} = 2 \times (\rho_{Al} \times \frac{A_{Al}}{l}) \Rightarrow A_{Cu} = 4 A_{Al} \quad (2)$$

از رابطه (۱) و (۲) نتیجه می‌شود: $\frac{1}{\rho_{Al}} = \frac{A_{Al} m_{Cu}}{A_{Cu} m_{Al}} \Rightarrow \frac{m_{Al}}{m_{Cu}} = \frac{\rho_{Al}}{\rho_{Cu}} \times \frac{A_{Al}}{A_{Cu}} = \frac{2/3}{9} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{54}$

۴ اگر جریان عبوری از مقاومت 5Ω را برابر I_1 بگیریم توان مصرفی این مقاومت برابر است با:



چون مقاومت‌های 5Ω و 7Ω با هم متوالی‌اند جریان عبوری از آن‌ها با هم یکسان و برابر I_1 می‌باشد بنابراین ولتاژ معادل دو سر مقاومت‌های 5Ω و 7Ω برابر است.

$$V_{5\Omega, 7\Omega} = 5I_1 + 7I_1 = 12I_1$$

مقاومت معادل 5Ω و 7Ω با مقاومت معادل 3Ω و 3Ω موازی می‌باشد، پس ولتاژ دو سر آن‌ها برابر است با $12I_1$ ، بنابراین جریان عبوری از هر کدام از مقاومت‌های 3Ω که با هم متوالی هستند، برابر است با:

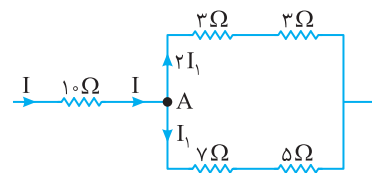
$$V_{AB} = 12I_1$$

$$R_{AB} = 3 + 3 = 6\Omega \Rightarrow I = \frac{12I_1}{6} = 2I_1$$

بنابراین داریم:

اکنون با توجه به قاعده انشعابی کیرشهوف I را حساب می‌کنیم:

$$I = 2I_1 + I_1 = 3I_1 \Rightarrow P_{10\Omega} = RI^2 = 10 \times (3I_1)^2$$



نسبت توان مصرفی در مقاومت 5Ω به توان مصرفی در مقاومت 10Ω خواهد شد:

$$\frac{P_{5\Omega}}{P_{10\Omega}} = \frac{5 \times I_1^2}{10 \times 9 I_1^2} = \frac{1}{18}$$

۹ با توجه به نیرو محرکه‌ها ($\varepsilon_1 > \varepsilon_2$) جهت حرکت جریان در مدار به صورت

$$V_1 = \varepsilon_1 - Ir_1, \quad V_2 = \varepsilon_2 + Ir_2$$

رو به رو می‌باشد؛ بنابراین:

$$I = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{r_1 + r_2} = 1 \text{ A}$$

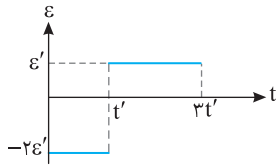
اکنون توان ورودی ε_2 و توان خروجی ε_1 را حساب می‌کنیم

$$\varepsilon_2 \text{ توان ورودی} \rightarrow P_2 = V_2 I = (\varepsilon_2 + Ir_2) I = (1 + 1) \times 1 = 2 \text{ W}$$

$$\varepsilon_1 \text{ توان خروجی} \rightarrow P_1 = V_1 I = (\varepsilon_1 - Ir_1) I = (2 - 1) \times 1 = 1 \text{ W}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{2}{1} = 2$$

بنابراین:



بنابراین در بازه صفر تا t' نیرو محرکه منفی و در بازه t' تا $3t'$ نیرو محرکه مثبت است و اندازه نیرو محرکه در بازه صفر تا t' دو برابر اندازه آن در بازه t' تا $3t'$ است.

ابتدا ضریب القاوری را به دست می‌آوریم:

$$L = \frac{N^2 \mu_0 \mu_r A}{\ell} = \frac{(100)^2 \times (\pi \times (2 \times 10^{-2})^2) \times (1) \times (4\pi \times 10^{-7})}{0.1} \\ = \frac{10^4 \times 3 \times 4 \times 10^{-4} \times 10^{-7} \times 12 \times 10^{-2}}{0.1} = 144 \times 10^{-6} = 1.44 \times 10^{-4} \text{ H}$$

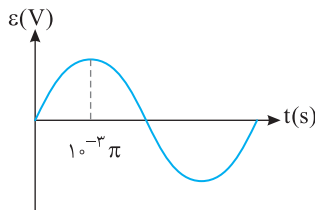
حال جریان را در لحظه $t = 3\text{ s}$ حساب می‌کنیم: $I = 4 \times (3)^2 - 5(3) - 1 = 20 \text{ A}$
اثری ذخیره شده در سیم لوله در $t = 3\text{ s}$ خواهد شد:

$$U = \frac{1}{2} LI^2 = \frac{1}{2} \times 1.44 \times 10^{-4} \times 400 = 2.88 \times 10^{-2} \text{ J} = 28.8 \text{ mJ}$$

با توجه به معادله $\Phi = \Phi_m \cos(\frac{\pi}{T} t)$ پس: $\Phi_{\max} = 0.02 \text{ wb}$

معادله نیرو محرکه القایی $\varepsilon = \varepsilon_{\max}(\omega t)$ است پس نمودار این معادله شبیه نمودار

$$\frac{\pi}{T} = 500 \Rightarrow T = \frac{\pi}{500} = 4\pi \times 10^{-3} \text{ s} \Rightarrow \frac{T}{4} = \pi \times 10^{-3} \text{ (sin) است.}$$



برای مبدا A داریم:

$$K_A = \frac{N_2}{N_1} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{42000}{12000} = 3.5$$

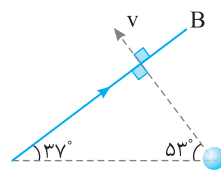
$$K_B = \frac{N_2}{N_1} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{6000}{42000 \times 70} = \frac{1}{70}$$

برای مبدا B داریم:

$$\frac{K_A}{K_B} = \frac{3.5}{\frac{1}{70}} = 70 \times 3.5 = 245$$

بنابراین:

در این مدار دیودها به گونه‌ای وصل شده‌اند که جریانی در مدار برقرار نمی‌شود و باتری شارژ نمی‌شود.



$$\theta = 90^\circ$$

$$F = qvB \sin 90^\circ \xrightarrow{B=10^{-4} \text{ G} \Rightarrow T} F = (25 \times 10^{-6}) (2 \times 10^5) (1) = 5 \text{ N}$$



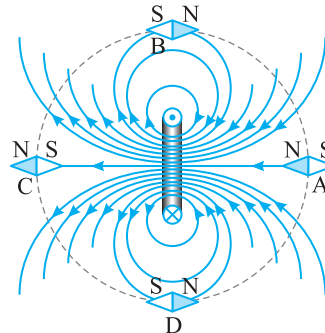
با توجه به قاعده دست راست، چهار انگشت دست راست در جهت v قرار می‌گیرد به گونه‌ای که با خم شدن انگشت‌های دست

جهت B مشخص شود، شست دست راست درون‌سو بوده و جهت میدان مغناطیسی را نشان می‌دهد.

با توجه به شکل، عقربه از نقطه A تا B 180° ، از نقطه B تا C 180° از

نقطه C تا D 180° و از نقطه D تا A 180° می‌چرخد که جمعاً خواهد شد:

$$180^\circ + 180^\circ + 180^\circ + 180^\circ = 720^\circ$$



ابتدا با توجه به رابطه $F = qvB \sin \theta$ نیروی وارد بر ذره را به دست می‌آوریم.

دقت کنید که ذره در جهت عمود بر میدان مغناطیسی برآورد شده بنابراین $\sin \theta$ برابر

$$F = qvB \sin \theta = qvB = 40 \times 10^{-6} \times 10^4 \times 2 \times 10^{-3} = 8 \times 10^{-4} \text{ N}$$

یک می‌باشد:

$$F = ma \Rightarrow 8 \times 10^{-4} = 400 \times 10^{-6} \times a \Rightarrow a = 2 \text{ m/s}^2$$

با حرکت رتوستا از A به سمت B

مقاومت بیشتری در مدار قرار می‌گیرد، بنابراین

جریان عبوری کاهش می‌یابد و شار در حال

کاهش می‌باشد: تغییر شار سبب ایجاد جریان

القایی در حلقه رسانا می‌شود که میدان مغناطیسی

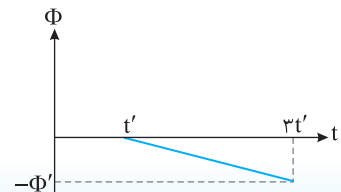
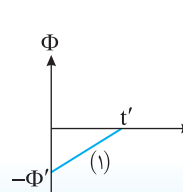
القایی باید با میدان مغناطیسی حاصل از جریان I هم‌جهت باشد تا با کاهش شار مخالفت

کند (بنا به قانون لنز) از این‌رو جهت میدان مغناطیسی القایی باید برون‌سو باشد.

نیرو محرکه القایی از رابطه $\varepsilon_{av} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ به دست می‌آید:

$$\varepsilon_{av} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \Rightarrow \varepsilon_{av} = -N \frac{0 - \Phi'}{t'} = N \frac{\Phi'}{t'}$$

$$\varepsilon_{av} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \Rightarrow \varepsilon_{av} = -N \frac{-\Phi' - 0}{3t'} = N \frac{\Phi'}{3t'}$$



۳۴ (A) بارها را روی محور Xها قرار می‌دهیم:

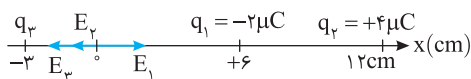
با توجه به فرض مسئله E_T باید در مبدأ صفر شود، یعنی بردارهای E_P و E_3 باید

E_1 را خنثی کنند از این‌رو:

$$E_1 = E_P + E_3 \Rightarrow \frac{k \times 2 \times 10^{-6}}{(6 \times 10^{-2})^2} = \frac{k \times 4 \times 10^{-6}}{(12 \times 10^{-2})^2} + \frac{k q_3}{(3 \times 10^{-2})^2}$$

$$\frac{2 \times 10^{-6}}{36 \times 10^{-4}} - \frac{4 \times 10^{-6}}{144 \times 10^{-4}} = \frac{q_3}{9 \times 10^{-4}} \Rightarrow \frac{8 \times 10^{-6} - 4 \times 10^{-6}}{144 \times 10^{-4}} = \frac{q_3}{9 \times 10^{-4}}$$

$$\frac{4 \times 10^{-6}}{144 \times 10^{-4}} = \frac{q_3}{9 \times 10^{-4}} \Rightarrow q_3 = \frac{1}{4} \times 10^{-6} = 0.25 \times 10^{-6} \text{ C} = 0.25 \mu\text{C}$$



۴۵ (A) اختلاف پتانسیل بین دو نقطه A و B برابر است با:

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} = \frac{(0.5 - 0.3) \times 10^{-3}}{-2 \times 10^{-6}} = -100 \text{ V}$$

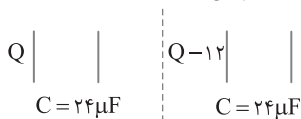
قدرمطلق (اندازه) پتانسیل B، 100 V ولت شده است از این‌رو $V_B = \pm 100 \text{ V}$ می‌تواند

باشد. در نتیجه:

$$V_B - V_A = -100 \text{ V} \begin{cases} V_B = +100 \text{ V} \Rightarrow 100 - V_A = -100 \Rightarrow V_A = +200 \text{ V} \\ V_B = -100 \text{ V} \Rightarrow -100 - V_A = -100 \Rightarrow V_A = 0 \text{ V} \end{cases}$$

۲۶ (B) بار صفحه مثبت خازن در حالت اول Q و در حالت دوم $Q - 12 \mu\text{C}$ است.

با تغییر بار ظرفیت خازن تغییر نمی‌کند.



در رابطه $U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$ اگر بار الکتریکی بر حسب میکروکولن و ظرفیت خازن بر حسب

میکرو فاراد باشد انرژی بر حسب میکروژول به دست می‌آید.

$$U_1 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} = \frac{Q^2}{48}$$

$$U_2 = \frac{1}{2} \frac{(Q-12)^2}{C} = \frac{(Q-12)^2}{48}$$

$$\frac{(Q-12)^2}{48} - \frac{Q^2}{48} = -57 \Rightarrow \frac{(Q-12)^2 - Q^2}{48} = -57$$

$$-24Q + 144 = -2736 \Rightarrow 24Q = 2880 \Rightarrow Q = 120 \mu\text{C}$$

ولتاژ را به کمک رابطه $C = \frac{Q}{V}$ حساب می‌کنیم.

$$C = \frac{Q}{V} \Rightarrow 24 = \frac{120}{V_1} \Rightarrow V_1 = 5 \text{ V}$$

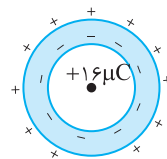
۲۷ (B) میدان بین دو صفحه موازی یکنواخت بوده و از رابطه $E = \frac{\Delta V}{d}$ به دست می‌آید. پتانسیل الکتریکی صفحه M چون به زمین وصل بوده صفر است.

میدان الکتریکی بین نقطه A و صفحه M با میدان الکتریکی بین دو صفحه M و N با هم برابر است. پتانسیل صفحه M که به قطب مثبت وصل است از پتانسیل نقطه A و صفحه N بیشتر است:

$$E_{AM} = E_{NM} \Rightarrow \frac{\Delta V_{AM}}{d_{AM}} = \frac{\Delta V_{NM}}{d_{NM}} \Rightarrow \frac{0 - (-16)}{2/5 \text{ mm}} = \frac{0 - V_N}{10 \text{ mm}}$$

$$V_N = -64 \text{ V}$$

پاسخ آزمون ۲



۳۱ (A) اگر بار $+16 \mu\text{C}$ را در مرکز یک کره رسانای

توخالی قرار دهیم، روی سطح داخلی کره بار $-16 \mu\text{C}$ و روی سطح خارجی آن، بار $+16 \mu\text{C}$ قرار می‌گیرد.

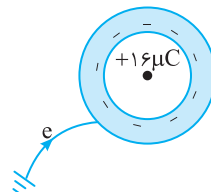
هنگامی که این کره توخالی را به زمین وصل می‌کنیم بار

سطح خارجی کره خنثی می‌شود. پس بار منتقل شده $+16 \mu\text{C}$ است (بار روی سطح داخلی تحت تأثیر بار در مرکز پوسته می‌باشد و حرکت نمی‌کند)

$$q = \pm ne \Rightarrow 1/6 \times 10^{-6} = n \times 1/6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = 10^{13}$$

در واقع 10^{13} الکترون از زمین به سطح خارجی

پوسته منتقل شده و سطح خارجی بدون بار می‌شود.



۴۲ (B) هنگامی که 25% از بار q_P را به بار q_1 می‌دهیم مجدداً مجموع دو بار ثابت

می‌ماند؛ بنابراین:

$$q_1 + q_P = q_1' + q_P'$$

اگر دو کره را به هم تماس دهیم بار هر دو کره با هم یکسان و برابر خواهد شد:

$$q_1'' = q_P'' = \frac{q_1' + q_P'}{2} = \frac{q_1 + q_P}{2} = \frac{15 + 5}{2} = 10 \mu\text{C}$$

نیروی بین دو کره را در دو حالت به دست می‌آوریم:

$$F = k \frac{q_1 q_P}{r^2} = k \times \frac{15 \times 5 \times 10^{-6}}{r^2} = 75 \times 10^{-12} \frac{k}{r^2}$$

$$F' = k \frac{q_1'' q_P''}{r^2} = k \times \frac{10 \times 10 \times 10^{-6}}{r^2} = 100 \times 10^{-12} \frac{k}{r^2}$$

در حالت دوم نیرو به اندازه زیر افزایش می‌یابد:

$$\Delta F = \left(\frac{100 \times 10^{-12}}{r^2} - \frac{75 \times 10^{-12}}{r^2} \right) k = \frac{25 \times 10^{-12}}{r^2} k$$

$$\frac{\Delta F}{F} = \frac{\frac{25 \times 10^{-12}}{r^2} k}{\frac{75 \times 10^{-12}}{r^2} k} = \frac{1}{3} = 33\%$$

در نتیجه:

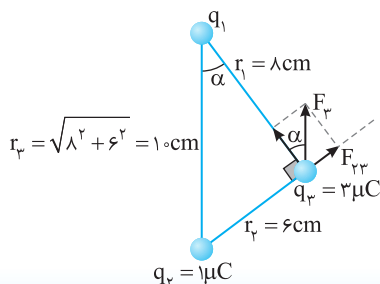
بنابراین نیرو تقریباً 33% افزایش می‌یابد.

۱۳ (B) با توجه به اینکه F_P با خط واصل بین q_1 و q_2 موازی است و با استفاده

از قضیه خطوط موازی و مورب داریم:

$$F_{P3} = F_P \sin \alpha \Rightarrow k \frac{q_2 q_3}{r_{23}^2} = F_P \frac{r_2}{r_3}$$

$$9 \times 10^{-9} \times \frac{3 \times 10^{-12}}{36 \times 10^{-4}} = F_P \times 0.6 \Rightarrow \frac{F_P}{6} \times 10 = F_P \times 0.6 \Rightarrow \frac{5}{6} = F_P \Rightarrow F_P = 12/5 \text{ N}$$





جرم جسم تغییر نمی‌کند بنابراین:

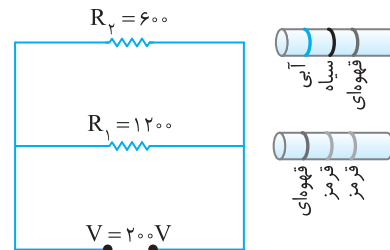
$$m_1 = m_2 \Rightarrow \frac{V_1}{\rho} = \frac{V_2}{\rho} \Rightarrow V_1 = V_2 \Rightarrow A_1 L_1 = A_2 L_2 \Rightarrow \frac{A_1}{A_2} = \frac{L_2}{L_1}$$

حال مقاومت سیم را در دو حالت به هم تقسیم می‌کنیم:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho \frac{L_2}{A_2}}{\rho \frac{L_1}{A_1}} = \frac{L_2}{L_1} \times \frac{A_1}{A_2} = \left(\frac{L_2}{L_1}\right)^2 = 9 \Rightarrow \frac{L_2}{L_1} = 3 \Rightarrow L_2 = 3 \times 12 = 36 \text{ cm}$$

ابتدا با توجه به کد رنگ‌ها مقاومت‌ها را محاسبه می‌کنیم:

$$R_1 = 60 \times 10^{-1} = 60 \Omega, \quad R_2 = 12 \times 10^{-2} = 120 \Omega$$



حال با توجه به اینکه ولتاژ هر دو مقاومت برابر ۲۰۰ V است داریم:

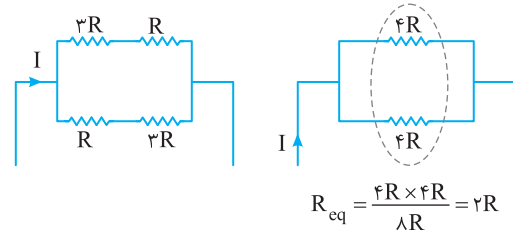
$$Q_1 = \frac{V^2}{R_1} t = \frac{200^2 \times 200}{1200} \times 30 \times 60 = 60 \text{ kJ}$$

$$Q_2 = \frac{V^2}{R_2} t = \frac{200^2 \times 200}{600} \times 30 \times 60 = 120 \text{ kJ}$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2 = 60 + 120 = 180 \text{ kJ}$$

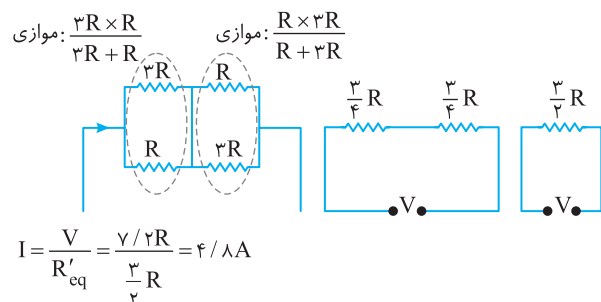
هنگام باز بودن کلید مقاومت‌های شاخه‌های بالا با هم متوالی و مقاومت

شاخه‌های پایین نیز با هم متوالی اند:



$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{V}{2R} \Rightarrow 3/6 = \frac{V}{2R} \Rightarrow V = 3/2 R$$

با بستن کلید نحوه به هم بستن مقاومت‌ها تغییر می‌کند. ابتدا جریان کل مدار و جریان عبوری از هر مقاومت را با بستن کلید به دست می‌آوریم:



$$I = \frac{V}{R'_{eq}} = \frac{3/2 R}{3/8 R} = 4/3 \text{ A}$$

جریان بین دو شاخه موازی R و 3R به نسبت عکس مقدار مقاومت تقسیم می‌شود:

$$x + 3x = 4/3 \Rightarrow x = 1/3 \text{ A}$$

$$x' + 3x' = 4/3 \Rightarrow x' = 1/3 \text{ A}$$

در شاخه بالا جریان ۱/۲ A از مقاومت 3R رد می‌شود اما در ادامه از مقاومت R جریان ۳×۱/۲ = ۳/۲ A عبور می‌کند.

$$1/2 + I' = 3/2 \Rightarrow I' = 1 \text{ A}$$

(۴۱۱) B

اگر به ازای تغییر مقاومت معادل خارجی باتری توان خروجی باتری ثابت بماند، خواهیم داشت:

$$P_1 = P_2 \Rightarrow \begin{cases} I_1 + I_2 = \frac{\varepsilon}{r} \\ r = \sqrt{R_{eq1} R_{eq2}} \end{cases}$$

منظور از اندیس ۱: مقاومت معادل در حالت اول و جریان مدار در حالت اول است.

منظور از اندیس ۲: مقاومت معادل در حالت دوم و جریان مدار در حالت دوم است.

$$R_{eq1} = 2 + 2 = 4 \Omega$$

حالت ۱: مقاومت‌های ۲Ω با هم متوالی اند:

حالت ۲: اگر کلید را در وضعیت (۲) قرار دهیم مقاومت ۲Ω در مدار قرار نداشته و مقاومت R در مدار قرار می‌گیرد.



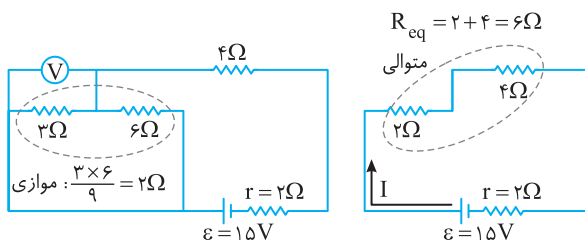
در هر دو حالت توان خروجی یکسان است:

$$r = \sqrt{R_{eq1} R_{eq2}} \Rightarrow 3\sqrt{2} = \sqrt{4(2+R)} \Rightarrow R = 2 \Omega$$

$$18 = 4(2+R) \Rightarrow 2+R = 4.5 \Rightarrow R = 2.5 \Omega$$

ابتدا مقاومت رتوستا ۳Ω است. دقت کنید که ولت‌سنج به دو سر مقاومت

رتوستا وصل شده و اختلاف پتانسیل دو سر آن را نشان می‌دهد:



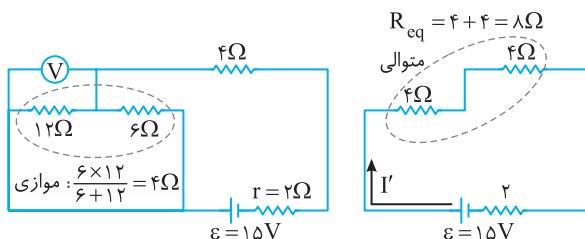
$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{15}{8} \text{ A}$$

مقاومت‌های ۳Ω و ۶Ω با هم موازی اند و اختلاف پتانسیل دو سر آن‌ها یکسان و برابر اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت معادل این دو یعنی مقاومت ۲Ω است:

$$V = RI \Rightarrow V = 2 \times \frac{15}{8} = \frac{15}{4} = 3.75 \text{ V}$$

ولت‌سنج ولتاژ مقاومت ۳Ω یعنی ۳/۷۵ ولت را نشان می‌دهد.

در گام بعدی مقاومت رتوستا ۱۲Ω است و همان مراحل بالا را این بار با ۱۲Ω و ۶Ω موازی:



$$I' = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{15}{10} = 1.5 \text{ A}, \quad V' = RI' = 4 \times 1.5 = 6 \text{ V}$$

ولتاژ دو سر مقاومت ۱۲Ω نیز برابر ولتاژ دو سر مقاومت معادل ۶Ω و ۱۲Ω یعنی

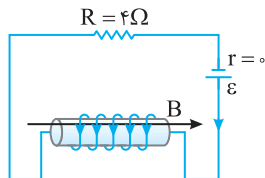
مقاومت ۴Ω است، پس ولتاژ دو سر مقاومت ۱۲Ω نیز ۶V است. ولتاژ دو سر رتوستا

از ۳/۷۵V به ۶V رسیده و به اندازه ۲/۲۵V افزایش یافته است.

با توجه به توان مصرفی داده شده جریان عبوری را به دست می آوریم.

$$P = RI^2 \Rightarrow 36 = 4 \times I^2 \Rightarrow I = 3 \text{ A}$$

$$\begin{cases} B = \mu_0 n I \\ n = \frac{N}{l} = \frac{2}{0.1} = 20 \end{cases} \Rightarrow B = 4\pi \times 10^{-7} \times 20 \times 3 = 2/4\pi \times 10^{-4} \text{ T}$$



و با توجه به جهت جریان عبوری از سیملوله و قاعده دست راست جهت میدان به سمت راست است.

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 آهتریا 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 گزینه (۱) و اگر میدان مغناطیسی خارجی قوی باشد می‌تواند بیشتر حوزه‌ها را هم جهت با خود کرده و شکل آن مانند گزینه (۳) شود، بنابراین پاسخ گزینه (۴) است.

نمودار شار مغناطیسی گذرنده از یک حلقه به صورت سهمی است بنابراین:

$$\begin{cases} t=0, \Phi=\Delta \Rightarrow \Delta=a(0)^2+b(0)+c \Rightarrow c=\Delta \\ \Phi=at^2+bt+c \Rightarrow t=3, \Phi=2 \Rightarrow 2=a(3)^2+b(3)+\Delta \Rightarrow -4 \times (9a+3b=-3) \\ t=4, \Phi=\Delta \Rightarrow \Delta=a(4)^2+b(4)+\Delta \Rightarrow 3 \times (16a+4b=0) \end{cases}$$

$$\begin{cases} -36a-12b=12 \\ 48a+12b=0 \end{cases} \Rightarrow 12a=12 \Rightarrow a=1, b=-4$$

بنابراین شار عبوری برابر است با:

نمودار شار سهمی می‌باشد پس کمترین شار عبوری برابر است با:

$$t = \frac{-b}{2a} = \frac{4}{2} = 2 \Rightarrow \Phi_{\min} = (2)^2 - 4(2) + \Delta = 1 \text{ Wb}$$

حال نیرو محرکه متوسط را به دست می آوریم:

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -N \times \frac{\Phi(3) - \Phi(1)}{3-1} = -1 \times \frac{2-1}{2} = -\frac{1}{2}$$

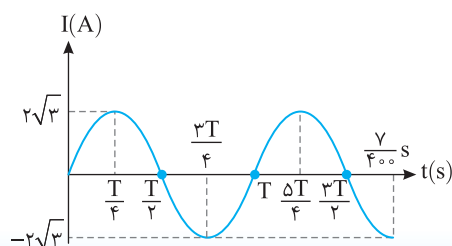
انرژی ذخیره شده در سیملوله از رابطه $U = \frac{1}{2} LI^2$ به دست می‌آید:

بنابراین:

$$100 \times 10^{-3} = \frac{1}{2} \times L \times (I)^2 = \frac{1}{2} \times L \times 4 = 2L \Rightarrow L = 50 \times 10^{-3} = 50 \times 10^{-2} \text{ H}$$

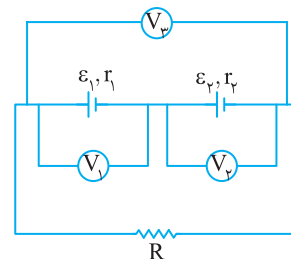
ابتدا با توجه به نمودار، دوره را به دست می آوریم:

$$\frac{VT}{4} = \frac{V}{400} \Rightarrow T = \frac{1}{100} \text{ s}$$



ابتدا جریان مدار را به دست می آوریم:

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon, \quad I = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{R + r_1 + r_2} = \frac{2\varepsilon}{r_1 - r_1 + r_1 + r_2} = \frac{\varepsilon}{r_2}$$



عددی که ولتسنج‌ها نشان می‌دهند را حساب می‌کنیم:

$$V_1 = \varepsilon_1 - r_1 I = \varepsilon - \frac{r_1 \varepsilon}{r_2} \neq 0: \varepsilon_1 \text{ نیرومحرکه}$$

$$V_2: \text{ اختلاف پتانسیل دو سر نیرومحرکه } \varepsilon_2:$$

$$V_2 = \varepsilon_2 - r_2 I = \varepsilon - \frac{r_2 \varepsilon}{r_2} = \varepsilon - \varepsilon = 0$$

ولتاژ V_2 صفر شده است از این رو ولتسنج V_2 همان عدد ولتسنج V_1 را نمایش

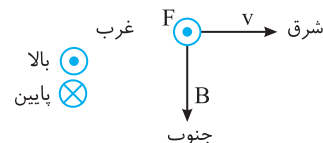
$$V_2 = V_1 + V_2 \xrightarrow{V_2=0} V_2 = V_1$$

می‌دهد:

اندازه نیروی وارد بر ذره از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$F = qvB \sin \theta \xrightarrow{\theta=90^\circ} 50 \times 10^{-6} \times 100 \times 0.2 = 10^{-4} \text{ N}$$

شمال



حال جهت خطوط میدان و جهت حرکت ذره که در فرض سؤال است را مشخص

می‌کنیم که با توجه به قاعده دست راست جهت نیرو درونسو می‌باشد که چون ذره

منفی است جهت نیرو برعکس آن، یعنی برونسو و به سمت بالا می‌باشد.

برای به دست آوردن جهت میدان مغناطیسی حاصل از سیم حامل جریان،

شست دست راست را در جهت جریان قرار می‌دهیم به طوری که چهار انگشت در جهت

خط واصل بین سیم و نقطه M قرار گیرد، حال اگر چهار انگشت را 90° خم کنیم، چهار

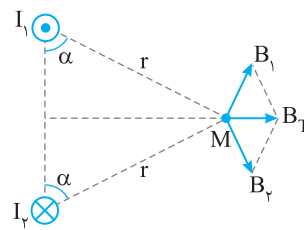
انگشت خم شده جهت میدان مغناطیسی را نشان می‌دهد. اندازه میدان مغناطیسی

حاصل از سیم با جریان سیم رابطه مستقیم و با فاصله از آن رابطه عکس دارد، در این

سؤال میدان حاصل از سیم‌های I_1 و I_2 هم‌اندازه‌اند چون جریان یکسان و فاصله

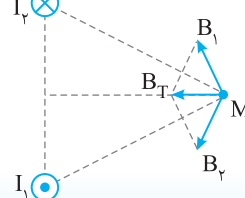
یکسان تا نقطه M دارند.

حالت اول:



حالت دوم:

بنابراین میدان خالص 180° پاساگر می‌چرخد.





پاسخ آزمون ۳



معادله جریان متناوب را می‌نویسیم:

$$I = I_m \sin\left(\frac{\omega}{T} t\right) \xrightarrow[\frac{1}{100}]{T = \frac{1}{50}} I = 2\sqrt{3} \sin\left(\frac{\omega}{T} t\right)$$

$$\Rightarrow I = 2\sqrt{3} \sin(200\pi t)$$

جریان در $t = \frac{1}{600}$ را به دست می‌آوریم

$$I = 2\sqrt{3} \sin\left(200\pi \times \frac{1}{600}\right) = 2\sqrt{3} \sin\left(\frac{\pi}{3}\right) \Rightarrow I = 2\sqrt{3} \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 3 \text{ A}$$

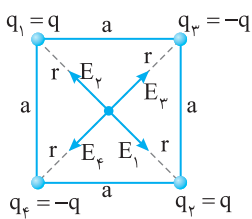
حال انرژی ذخیره شده در این لحظه را حساب می‌کنیم:

$$U = \frac{1}{2} LI^2 \xrightarrow[\frac{1}{3} \text{ A}]{L = 4 \times 10^{-3}} U = \frac{1}{2} \times 4 \times 10^{-3} \times 3 \times 3 = 18 \times 10^{-3} \text{ J} = 18 \text{ mJ}$$

$$U = \frac{1}{2} \times 4 \times 10^{-3} \times 3 \times 3 = 18 \times 10^{-3} \text{ J} = 18 \text{ mJ}$$

۳ ۱ B

خط‌نکته: چهار بار باید به گونه‌ای قرار گیرند که بردار میدان حاصل از هر بار قرینه بردار میدان برابند دیگر باشد. بارها هم اندازه‌اند و فاصله آن‌ها تا مرکز مربع با هم برابر است همچنین ۲ تا از بارها، مثبت و ۲ تا از آن‌ها منفی است. بنابراین برای اینکه میدان خالص در مرکز مربع صفر شود باید بارهای مشابه روبه‌روی هم قرار داشته باشند.

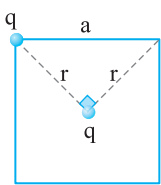


گام ۱: به طور مثال در شکل روبه‌رو میدان E_1 ، میدان E_2 را خنثی می‌کند و میدان E_3 ، میدان E_4 را خنثی خواهد کرد.

$$|\vec{E}_1| = |\vec{E}_2| = |\vec{E}_3| = |\vec{E}_4| = k \frac{|q|}{r^2}$$

$$E_T = 0$$

گام ۲: نیروی وارد از طرف بار q به بار q در مرکز مربع F است:



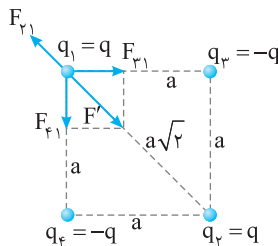
$$\sqrt{r^2 + r^2} = a \Rightarrow r\sqrt{2} = a \Rightarrow r = \frac{\sqrt{2}}{2} a$$

$$F = k \frac{qq}{r^2} = k \frac{q^2}{\left(\frac{\sqrt{2}}{2} a\right)^2} \Rightarrow F = 2k \frac{q^2}{a^2} \Rightarrow \frac{kq^2}{a^2} = \frac{F}{2}$$

گام ۳: حال برابند نیروهای وارد بر q_1 را به دست می‌آوریم.

$$F_{r1} = F_{f1} = k \frac{qq}{a^2} \xrightarrow{\frac{F = k \frac{q^2}{a^2}}{2}} F_{r1} = F_{f1} = \frac{F}{2}$$

$$F_{r1} = \frac{kqq}{2a^2} \xrightarrow{\frac{F = k \frac{q^2}{a^2}}{2}} F_{r1} = \frac{F}{4}$$



نیروهای F_{r1} و F_{f1} هم‌اندازه و عمود بر هم‌اند، پس F' که برابند این دو بردار بوده در راستای قطر است و اندازه آن برابر است با:

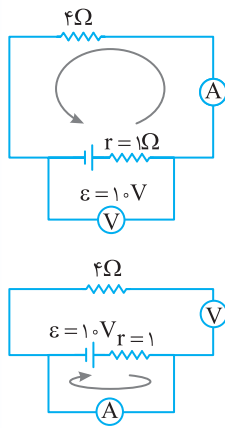
$$F' = \sqrt{F_{r1}^2 + F_{f1}^2} = \sqrt{\left(\frac{F}{2}\right)^2 + \left(\frac{F}{2}\right)^2} = \frac{F\sqrt{2}}{2}$$

بردارهای F' و F_{r1} هم راستا و در خلاف جهت هم‌اند:

$$F_T = F' - F_{r1} \Rightarrow F_T = \frac{F\sqrt{2}}{2} - \frac{F}{4} = \frac{2\sqrt{2}F - F}{4} \Rightarrow F_T = \left(\frac{2\sqrt{2}-1}{4}\right)F = 0.45F$$

۳ ۲ A

دو کره مجزا هستند و بر هم تأثیری ندارند، از این رو وقتی در مرکز کره سمت راست بار مثبت قرار گیرد در سطح درونی و بیرونی کره به ترتیب بار القایی منفی و مثبت ایجاد می‌شود. یعنی سطح (۱) دارای بار منفی و سطح (۲) دارای بار مثبت می‌شود. اگر به سطح کره سمت چپ یعنی سطح (۳) بار مثبت بدهیم بار به روی سطح خارجی رسانا (فلز) منتقل می‌شود، سطح (۳) خنثی و سطح (۴) دارای بار مثبت می‌شود.



ابتدا آمپرسنج جریان مدار را نشان می‌دهد. در واقع آمپرسنج مقاومت ناچیز و ولت‌سنج مقاوت زیادی دارد و جریان از شاخه شامل آمپرسنج عبور می‌کند.

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} \Rightarrow I = \frac{10}{5} = 2A$$

حال جای آمپرسنج و ولت‌سنج را تغییر می‌دهیم. آمپرسنج مقاومت ناچیز دارد و ولت‌سنج مقاوت خیلی زیادی دارد پس جریان از شاخه شامل آمپرسنج عبور می‌کند:

$$I = \frac{\varepsilon}{r} = \frac{10}{1} = 10A$$

بنابراین عدد آمپرسنج از ۲A به ۱۰A رسیده و به اندازه ۸A افزایش می‌یابد.

جریان افزایش یافته بنابراین مقاومت با ثابت بودن اختلاف پتانسیل کاهش یافته و دما نیز کاهش یافته است. از این رو:

$$R = \frac{V}{I} \xrightarrow{I' = 1/10 I} \frac{R'}{R} = \frac{I}{I'} \Rightarrow \frac{R'}{R} = \frac{1}{1/10} \Rightarrow R' = \frac{10}{11} R \xrightarrow{R' = R(1 + \alpha \Delta \theta)} \frac{10}{11} R = R[1 + \alpha(-50)]$$

$$50\alpha = 1 - \frac{10}{11} \Rightarrow \alpha = \frac{1}{50} \cdot \frac{1}{11} = 1/550 K^{-1}$$

مقاومت‌های R_P و R_F متوالی‌اند و توان مصرفی آن‌ها یکسان و برابر P است:

$$P_P = P_F \Rightarrow R_P I_P^2 = R_F I_F^2 \xrightarrow{I_P = I_F} R_P = R_F = 4/5 \Omega$$

$$R_P = 4/5 \Omega \quad R_F = ?$$

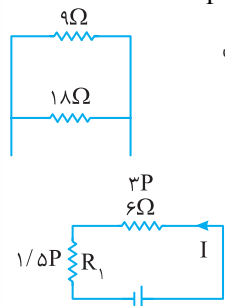
مقاومت معادل R_P و R_F برابر $R_{PF} = R_P + R_F = 9/5 \Omega$ است که توان ۲P مصرف می‌کند. مقاومت R_P با R_{PF} موازی است و توان مصرفی آن برابر توان مصرفی R_P یعنی P است:

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{PF} = 2P = \frac{V_{PF}^2}{R_{PF}} \\ P_P = P = \frac{V_P^2}{R_P} \end{array} \right. \xrightarrow{\substack{\text{دو مقاومت موازی: } V_{PF} = V_P \\ \text{دو عبارت را بر هم تقسیم می‌کنیم}}} \frac{2P}{P} = \frac{R_P}{R_{PF}} \Rightarrow 2 = \frac{R_P}{9/5} \Rightarrow R_P = 18/5 \Omega$$

مقاومت‌های R_P و R_{PF} موازی‌اند و توان مصرفی کل

$$\text{آن‌ها } 3P \text{ است: } \frac{9 \times 18}{9 + 18} = 6 \Omega$$

مقاومت $R_{PF} = 6 \Omega$ بوده و با مقاومت R_1 متوالی است. توان مصرفی R_1 نیز ۱/۵ برابر توان مصرفی R_F یعنی برابر ۱/۵P است.



$$\left\{ \begin{array}{l} P_{PF} = 3P = 6I^2 \\ P_1 = 1/5 P = R_1 I^2 \end{array} \right. \xrightarrow{\div} 2 = \frac{6}{R_1} \Rightarrow R_1 = 3 \Omega$$

مقاومت معادل مدار برابر است با:

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

با توجه به قضیه کار و انرژی جنبشی:

$$W_t = \Delta K \Rightarrow W_E = \Delta K$$

حالت اول:

$$W_E = \Delta K \Rightarrow W_E = K_B - K_A \xrightarrow{\text{در نقطه B توقف داریم}} W_E = -K_A$$

با جابه‌جایی پایانه‌ها چون جهت میدان تغییر می‌کند، پس در جابه‌جایی از A تا B کار میدان برابر $-W_E$ خواهد شد:

$$W'_E = -W_E = \Delta K \xrightarrow{W_E = -K_A} K_A = K_B - K_A \Rightarrow K_B = 2K_A$$

$$\xrightarrow{\frac{v_B = v'}{v_A = v}} \frac{1}{2} m v'^2 = 2 \left(\frac{1}{2} m v^2 \right) \Rightarrow v' = \sqrt{2} v \Rightarrow \frac{v'}{v} = \sqrt{2}$$

کار میدان در مسیر AB را به‌دست می‌آوریم. در این مسیر بار منفی در جهت

خطوط میدان به صفحه منفی نزدیک می‌شود و کار میدان منفی است:

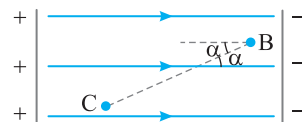
$$W_{AB} = -E|q|d_{AB} \Rightarrow W_{AB} = -2 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6} \times \frac{25}{100} = -2/J$$



کار میدان در مسیر BC را به‌دست می‌آوریم. در این مسیر بار منفی خلاف جهت خطوط میدان به صفحه مثبت نزدیک می‌شود و کار میدان مثبت است:

$$W_{BC} = +E|q|d_{BC} \cos \alpha \xrightarrow{\substack{\sin \alpha = 3/5 \\ \cos \alpha = 4/5}} W_{BC} = 2 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6} \times \frac{25}{100} \times \frac{4}{5} = 1/6 J$$

$$W_E = W_{AB} + W_{BC} \Rightarrow W_E = -2 + 1/6 = -11/6 J$$



ظرفیت خازن از رابطه $C = \kappa \varepsilon_0 \frac{A}{d}$ به‌دست می‌آید. بنابراین:

$$C_1 = \kappa \varepsilon_0 \frac{A}{d_1} \xrightarrow{\kappa=1} \text{بین صفحات خازن هواست}$$

$$C_1 = 1 \times 9 \times 10^{-12} \times \frac{4 \times 10^{-4}}{1 \times 10^{-3}} \Rightarrow C_1 = 3/6 \times 10^{-12} F = 3/6 pF$$

$$C_2 = \kappa \varepsilon_0 \frac{A}{d_2} \xrightarrow{d_2 = d_1 - \lambda = 2mm} C_2 = 1 \times 9 \times 10^{-12} \times \frac{4 \times 10^{-4}}{2 \times 10^{-3}} \Rightarrow C_2 = 18 \times 10^{-12} F = 18 pF$$

$$\Delta C = C_2 - C_1 = 18 - 3/6 = 14/6 pF$$

با جدا شدن خازن از باتری، بار روی صفحات خازن ثابت می‌ماند.

$$C = \varepsilon_0 \frac{A}{d}$$

$$C' = \kappa \varepsilon_0 \frac{A}{d'} = 2 \varepsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow C' = 2C$$

اکنون بررسی می‌کنیم انرژی چه تغییری می‌کند.

$$U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} \xrightarrow{\substack{C'=2C \\ q=\text{ثابت}}} U' = \frac{1}{4} U$$



جریان عبوری کمتر از ۵/۰ آمپر بوده و فیوز نمی‌پرد.

اگر هر دو کلید بسته شود، دو مقاومت R_1 و R_2 به صورت موازی در مدار قرار

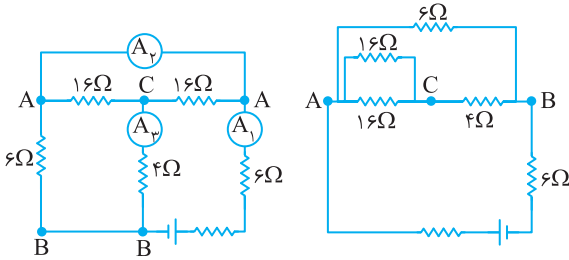
می‌گیرند:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{1000} + \frac{1}{500} = \frac{3}{1000} \Rightarrow R_{eq} = \frac{1000}{3}$$

$$R = \frac{V}{I} \xrightarrow{\text{هر دو کلید بسته‌اند}} R_{eq} = \frac{V}{I_{1,2}} \Rightarrow \frac{1000}{3} = \frac{200}{I_{1,2}} \Rightarrow I_{1,2} = 0/6 A$$

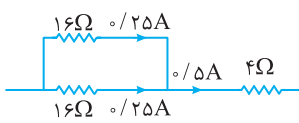
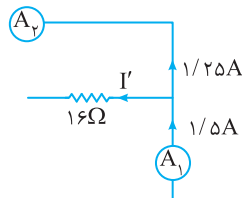
در این حالت جریان از ۵/۰ آمپر بیشتر بوده و فیوز می‌پرد.

(۳۱۲) با توجه به نام‌گذاری‌ها شکل ساده شده مدار را رسم می‌کنیم:



با توجه به آمپرسنج‌ها می‌توان جریان عبوری از مقاومت ۱۶Ω را به دست آورد.

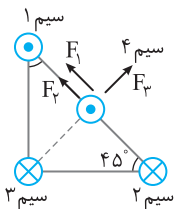
$$I' = 1/5 - 1/25 = 0/25 A$$



حال در مدار ساده شده، جریان مقاومت ۱۶Ω را ۰/۲۵A می‌گذاریم تا جریان عبوری از مقاومت ۴Ω آمپرسنج A_3 به آن وصل شده

$$0/25 + 0/25 = 0/5 A$$

به دست آید:



(۳۱۳) 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 هم اندازه

$F_{1,2}$ و F_3 وارد می‌شود که با یکدیگر

زاویه ۹۰° می‌سازند و چون این دو نیرو

هم اندازه‌اند نیروی خالص وارد بر سیم

(۴) دقیقاً بین $F_{1,2}$ و F_3 قرار می‌گیرد

و با این دو نیرو زاویه ۴۵° می‌سازد.

بنابراین F_T با افق زاویه ۹۰° می‌سازد.

(۳۱۴) برای اینکه ذره تحت تأثیر نیروهای ناشی از میدان مغناطیسی و میدان الکتریکی

منحرف نشود، باید نیروی وارد از طرف این میدان‌ها هم اندازه و خلاف جهت هم باشند.

الف) نیروی الکتریکی:

$$F_E = Eq$$

اندازه:

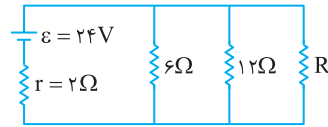
جهت: اگر بار مثبت باشد، F_E و E هم جهت‌اند، اگر بار منفی باشد، F_E و E خلاف جهت هم‌اند.

(۳۱۰) 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:

$$r = R_{eq} \Rightarrow R_{eq} = 2\Omega$$

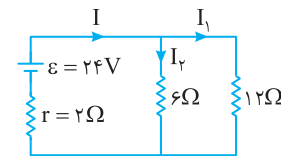
$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{6} + \frac{1}{12} + \frac{1}{R} \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{1}{6} + \frac{1}{12} + \frac{1}{R} \Rightarrow R = 4\Omega$$



در ابتدا کلید باز بوده و مقاومت R در مدار قرار ندارد:

$$\frac{1}{R'_{eq}} = \frac{1}{6} + \frac{1}{12} \Rightarrow \frac{1}{R'_{eq}} = \frac{1}{4} \Rightarrow R'_{eq} = 4\Omega$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R'_{eq} + r} \Rightarrow I = \frac{24}{4 + 2} = 4 A$$



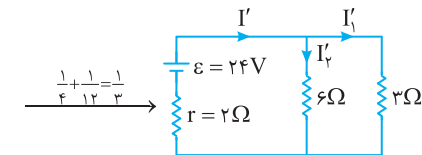
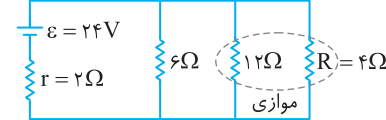
دو مقاومت ۶Ω و ۱۲Ω با هم موازی بوده و در مقاومت‌های موازی جریان به نسبت

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{12\Omega}{6\Omega} \Rightarrow I_2 = 2I_1$$

عکس مقاومت‌ها تقسیم می‌شود.

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

در حالت دوم کلید بسته شده و مقاومت $R = 4\Omega$ در مدار قرار می‌گیرد:



$$R_{eq} = 2\Omega \Rightarrow I' = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow I' = \frac{24}{4} = 6 A$$

$$\frac{I'_2}{I'_1} = \frac{3}{6} \Rightarrow I'_2 = \frac{1}{2} I'_1, \quad I' = I'_1 + I'_2 \Rightarrow 6 = I'_1 + \frac{1}{2} I'_1 \Rightarrow I'_1 = 4 A$$

$$\Delta I_1 = I'_1 - I_1 = 4 - \frac{4}{3} = \frac{8}{3} A$$

(۳۱۱) لامپ به اختلاف پتانسیل ۲۰۰V وصل است. حال سه حالت مختلف را که

در آن‌ها کلید A یا کلید B با هر دو کلید بسته باشد، بررسی می‌کنیم:

اگر تنها کلید A بسته شود، مقاومت R_1 در مدار قرار می‌گیرد:

$$R = \frac{V}{I} \xrightarrow{\text{کلید A بسته است}} R_1 = \frac{V}{I_1} \Rightarrow 1000 = \frac{200}{I_1} \Rightarrow I_1 = 0/2 A$$

جریان عبوری کمتر از ۵/۰ آمپر بوده و فیوز نمی‌پرد.

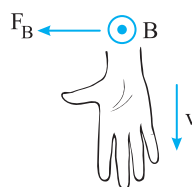
اگر تنها کلید B بسته شود، مقاومت R_2 در مدار قرار می‌گیرد:

$$R = \frac{V}{I} \xrightarrow{\text{کلید B بسته است}} R_2 = \frac{V}{I_2} \Rightarrow 500 = \frac{200}{I_2} \Rightarrow I_2 = 0/4 A$$

(ب) نیروی مغناطیسی:

$$F_B = qvB \sin \theta$$

جهت: اگر بار مثبت باشد، چهار انگشت دست راست را در جهت سرعت قرار داده به گونه‌ای که کف دست در جهت میدان مغناطیسی باشد در این صورت، شست دست جهت نیروی مغناطیسی را نشان می‌دهد. برای بار منفی همین کار را با دست چپ انجام می‌دهیم.



بار ذره مثبت بوده و چون میدان الکتریکی به سمت راست است پس نیروی الکتریکی نیز به سمت راست به ذره وارد می‌شود. برای خنثی کردن نیروی الکتریکی، نیروی مغناطیسی باید به سمت چپ وارد شود و این دو نیرو هم‌اندازه باشند:

$$F_E = F_B \Rightarrow Eq = qvB \Rightarrow E = vB \Rightarrow 5 \times 10^{-2} = v \times 5 \times 10^{-2} \Rightarrow v = 1 \times 10^4 \text{ m/s}$$

$$\vec{v} = -1 \times 10^4 \hat{j}$$

این سرعت به سمت پایین است:

(۴۱۵) میدان سیم I_1 درون سیم I_2 نیز درون سیم بوده و با هم جمع می‌شوند.

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \Rightarrow \begin{cases} B_1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi R} \\ B_2 = \frac{\mu_0 I}{2\pi 4R} \end{cases} \Rightarrow B_1 + B_2 = \frac{5\mu_0 I}{4\pi R}$$

جریان سیم I_2 باید پادساعتگرد باشد تا میدان حاصل از آن برآیند میدان‌های

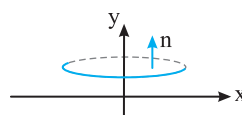
$$B_1 \text{ و } B_2 \text{ را خنثی کند. } B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi R} \times \frac{I_1}{I_2} = \frac{5\mu_0 I}{4\pi R} \Rightarrow I_2 = \frac{5}{2} I = 2.5 I$$

(۱۱۶) با توجه به شکل، حلقه بر محور y عمود است و نیم‌خط عمود بر سطح موازی

محور y می‌شود، پس زاویه بین نیم‌خط عمود بر سطح حلقه و مؤلفه قائم میدان صفر درجه است. از طرفی زاویه بین نیم‌خط عمود بر سطح حلقه و مؤلفه افقی میدان 90° است که با توجه به رابطه $\Phi = BA \cos \theta$ ، اگر $\theta = 90^\circ$ باشد شار عبوری صفر می‌شود:

$$B_y: \Phi_1 = B_y A \cos 90^\circ \Rightarrow \Phi_1 = 0 \Rightarrow \Phi_1 = 9 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

$$B_x: \Phi_2 = B_x A \cos 90^\circ \Rightarrow \Phi_2 = 0$$



(۱۱۷) میدان درون سیمولوله را به دست می‌آوریم:

$$B = \mu_0 \frac{N}{l} I \Rightarrow B = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{120}{0.1} \times 2 \Rightarrow B = 12\pi \times 10^{-5} \text{ T}$$

خطوط میدان سیمولوله بر سطح حلقه‌های آن عمود است و $\theta = 0^\circ$ می‌باشد. از این رو:

$$\Phi = BA \cos \theta \Rightarrow \Phi = 12\pi \times 10^{-5} \times \pi (5 \times 10^{-2})^2 \times 1 \Rightarrow \Phi = 3 \times 10^{-6} \text{ Wb}$$

(۲۱۸) هنگام ورود حلقه به میدان

مغناطیسی، شار عبوری از حلقه در حال افزایش است پس طبق قانون لنز در خلاف جهت میدان B ، میدان مغناطیسی B' القا می‌شود و جهت

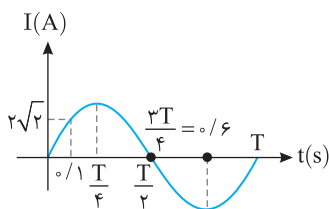
جریان القایی با توجه به قاعده دست راست برابر است با:

هنگام خروج حلقه از میدان مغناطیسی، شار مغناطیسی کاهش می‌یابد و میدان مغناطیسی القایی در جهت میدان B است:

بنابراین در ورود حلقه جهت جریان در جهت (۱) و هنگام خروج جهت جریان در جهت (۲) است.

(۳۱۹) ابتدا با اطلاعات داده شده ضریب القاوری سیمولوله را به دست می‌آوریم:

$$L = \mu_0 \frac{AN^2}{l} \Rightarrow L = (12 \times 10^{-7}) \frac{(20 \times 10^3)^2 (1000)^2}{1.0 \times 10^{-2}} = 3 \times 10^{-2} \text{ H}$$

انرژی ذخیره شده در سیمولوله برابر $U = \frac{1}{2} LI^2$ بوده و زمانی انرژی ذخیره شده درسیمولوله بیشینه می‌شود که جریان مدار بیشینه باشد، حال با استفاده از نمودار $I-t$ ، بیشینه جریان عبوری از سیمولوله را به دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} I = I_{\max} \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right) \Rightarrow I = I_{\max} \sin \frac{50\pi t}{2} \\ \frac{3T}{4} = 0.06 \Rightarrow T = 0.08 \text{ s} \\ t = 0.08 \text{ s} \Rightarrow 2\sqrt{2} = I_{\max} \sin\left(\frac{50\pi}{2} \times \frac{1}{10}\right) \Rightarrow 2\sqrt{2} = \frac{\sqrt{2}}{2} I_{\max} \Rightarrow I_{\max} = 4 \text{ A} \\ I = 2\sqrt{2} \text{ A} \end{cases}$$

$$U_{\max} = \frac{1}{2} LI_{\max}^2 \Rightarrow U_{\max} = \frac{1}{2} \times 3 \times 10^{-2} \times 16 = 0.24 \text{ J} = 24 \text{ mJ} \quad \text{بنابراین:}$$

(۲۲۰) با توجه به رابطه $P = \frac{V^2}{R}$ ، 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

$$\frac{220}{V'_{\max}} = \frac{N}{N'} \Rightarrow \frac{220}{V'_{\max}} = \frac{100}{40} \Rightarrow V'_{\max} = 11 \text{ V} \quad \left(\frac{V'_{\max}}{V_{\max}} = \frac{N}{N'}\right)$$

با توجه به مشخصات لامپ هنگامی که اختلاف پتانسیل دو سر لامپ 11 V باشد، توان مصرفی آن 220 W است.



فصل ۱: پاسخ تشریحی تست‌های در پاسخ

۱



۴ ۱ A بار الکتریکی همواره مضرب صحیحی از بار پایه الکترتون است ($q = \pm ne$) و تنها گزینه (۴) مضرب صحیحی از بار یک الکترتون نیست.

$$\text{گزینه (۱): } \frac{6/4 \times 10^{-19}}{1/6 \times 10^{-19}} = 4, \quad \text{گزینه (۲): } \frac{8 \times 10^{-17}}{1/6 \times 10^{-19}} = 500, \quad \text{گزینه (۳): } \frac{7/2 \times 10^{-18}}{1/6 \times 10^{-19}} = 45, \quad \text{گزینه (۴): } \frac{3/2 \times 10^{-20}}{1/6 \times 10^{-19}} = 0.2$$

۳ ۲ A کافی است مقدار $q = ne$ را حساب کنیم:

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

۱ ۳ A

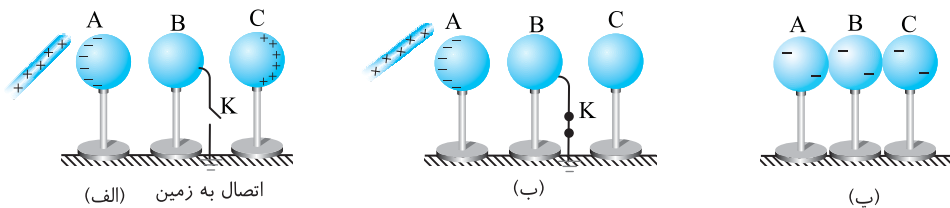
خط‌نک: اگر دو جسم A و B با هم مالش داده شوند چنانچه A در جدول الکتریسیته مالشی به انتهای منفی سری نزدیک‌تر باشد، A از جسم B الکترتون می‌گیرد و A دارای بار منفی و B دارای بار مثبت می‌شود.

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

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

۳ ۴ 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 میله باردار توسط اتصال به زمین خنثی می‌شود و پس از اتصال به زمین، بار کره A منفی و کره B و C خنثی خواهند بود و بعد از باز کردن کلید K و دور کردن میله، کره منفی A در تماس با کره‌های خنثی B و C است در نتیجه بار منفی القایی کره A بین سه کره تقسیم می‌شود و هر سه دارای بار منفی می‌شوند. (شکل پ)



۱ ۵ 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

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

از این‌رو:

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

$$q'_C = q'_B = \frac{-3 + 0}{2} = -1.5 \mu C$$

در واقع $-1.5 \mu C$ بار از کره B به کره C منتقل می‌شود که تعداد الکترتون‌های منتقل شده را با استفاده از رابطه $q = \pm ne$ به دست می‌آوریم:

$$q = \pm ne \Rightarrow -1.5 \times 10^{-6} = -n \times 1/6 \times 10^{-19}, \quad n = \frac{1.5}{1/6} \times 10^{13} = 9.375 \times 10^{13} = 9.375 \times 10^{12}$$

۱ ۶ B هنگامی که دو کره مشابه را به هم تماس می‌دهیم بار آن‌ها با هم یکسان و برابر میانگین بار اولیه آن‌ها خواهد شد.

مرحله ۱: بستن کلید A:

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

$$q_2 = -3/6 \mu C \Rightarrow q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{2 + (-3/6)}{2} = -0.5/8 \mu C$$

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

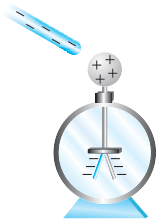
$$q'_1 = -0.5/8 \mu C \quad K_B \quad q_3 = 2/4 \mu C$$

$$q_3 = 2/4 \mu C \Rightarrow q''_1 = q''_3 = \frac{q'_1 + q_3}{2} = \frac{-0.5/8 + 2/4}{2} = 0.5/8 \mu C$$

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

$$q'_1 = 0.5/8 \mu C \quad K_C \quad q'_1 = -0.5/8 \mu C$$

$$q'_1 = 0.5/8 \mu C \Rightarrow q'''_1 = q'''_2 = \frac{q'_1 + q'_1}{2} = 0$$



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

۲ ۸ A

خط نکته: دو ذره مشابه هم اند پس بار هر کدام را q می گیریم و حالت تغییر بار و فاصله را در هر گزاره اعمال کرده و نیروی به دست آمده را با نیروی الکتریکی ابتدایی که برابر

$$F = k \frac{q_1 q_2}{a^2} = k \frac{q^2}{a^2}$$

است، مقایسه می کنیم.

گزاره الف) یکی از بارها دو برابر ($q'_1 = 2q$) و یکی از بارها نصف ($q'_2 = \frac{q}{2}$) و فاصله دو ذره سه برابر ($a' = 3a$) شده است:

$$F' = k \frac{q'_1 q'_2}{a'^2} \Rightarrow F' = k \times \frac{2q \times \frac{q}{2}}{(3a)^2} = k \frac{q^2}{9a^2} \Rightarrow F' = \frac{1}{9} \left(k \frac{q^2}{a^2} \right) \xrightarrow{F = k \frac{q^2}{a^2}} F' = \frac{F}{9}$$

گزاره ب) بار یکی از ذره ها $\frac{1}{4}$ برابر ($q'_1 = \frac{q}{4}$) و فاصله دو ذره $\frac{3}{4}$ برابر ($a' = \frac{3}{4}a$) شده است:

$$F' = k \frac{q'_1 q'_2}{a'^2} \Rightarrow F' = k \times \frac{\frac{q}{4} \times q}{\left(\frac{3}{4}a\right)^2} = k \frac{q^2}{9a^2} \Rightarrow F' = \frac{1}{9} \left(k \frac{q^2}{a^2} \right) \xrightarrow{F = k \frac{q^2}{a^2}} F' = \frac{F}{9}$$

گزاره پ) بار هر دو ذره $\frac{1}{3}$ برابر ($q'_1 = q'_2 = \frac{q}{3}$) و فاصله دو ذره سه برابر ($a' = 3a$) شده است.

$$F' = k \frac{q'_1 q'_2}{a'^2} \Rightarrow F' = k \frac{\frac{q}{3} \times \frac{q}{3}}{(3a)^2} = k \frac{q^2}{9a^2} \Rightarrow F' = \frac{1}{9} \left(k \frac{q^2}{a^2} \right) \Rightarrow F' = \frac{F}{9}$$

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

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

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

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

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

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

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

به اندازه x بار برداشتیم

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

به اندازه x به بار دیگری اضافه کردیم

با توجه به فرض مسئله $F' = 0.84F$ است:

$$\frac{F'}{F} = \frac{k \frac{q^2 - x^2}{r^2}}{k \frac{q^2}{r^2}} = \frac{q^2 - x^2}{q^2} = \frac{0.84F}{F} \Rightarrow \frac{q^2 - x^2}{q^2} = 0.84 \Rightarrow 100q^2 - 100x^2 = 84q^2 \Rightarrow x^2 = \frac{16}{100} q^2 \Rightarrow x = \frac{4}{10} q = 0.4q$$

بنابراین مقدار بار جابه جا شده بین دو ذره باردار ۴۰٪ بار اولیه است.



۳۱۱ (A) دو کره فلزی یکسانند، بنابراین پس از تماس، بار الکتریکی آنها یکسان می‌شود:

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

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

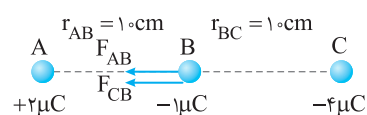
نیروی F_1 برابر است با:

$$F_2 = k \frac{q'_1 q'_2}{r^2} \Rightarrow F_2 = k \frac{(-\frac{q}{2})(-\frac{q}{2})}{r^2} = \frac{1}{4} \frac{kq^2}{r^2}$$

نیروی F_2 برابر است با:

$$\left| \frac{F_2}{F_1} \right| = \frac{\frac{1}{4} \frac{kq^2}{r^2}}{\frac{6kq^2}{r^2}} = \frac{1}{24}$$

در این صورت خواهیم داشت:



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

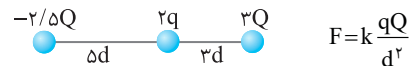
$$F_{AB} = k \frac{|q_B||q_A|}{r_{AB}^2} \Rightarrow F_{AB} = 9 \times 10^9 \times \frac{(1 \times 10^{-6})(2 \times 10^{-6})}{(10 \times 10^{-2})^2} = 1/8 \text{ N}, \quad F_{CB} = k \frac{|q_B||q_C|}{r_{CB}^2} \Rightarrow F_{CB} = 9 \times 10^9 \times \frac{(1 \times 10^{-6})(4 \times 10^{-6})}{(10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

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



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

۴۱۳ (A) نیرویی که بار Q بر بار q در فاصله d وارد می‌کند F است.



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

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

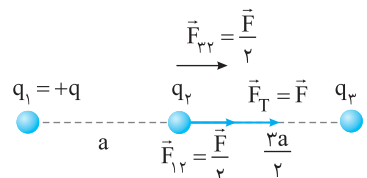
$$F'' = k \frac{2/5 Q \times 2q}{(\delta d)^2} \Rightarrow F'' = \frac{1}{5} F$$

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

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

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

۲۱۴ (B) در ادامه حل برای رسیدن به جواب این تست مراحل زیر را نیز باید انجام بدهید.

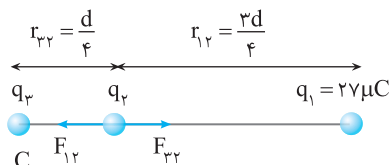


$$\vec{F}_T = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{23} \Rightarrow \vec{F} = \frac{\vec{F}}{2} + \vec{F}_{23} \Rightarrow \vec{F}_{23} = \frac{\vec{F}}{2}$$

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

$$\vec{F}_{12} = \vec{F}_{23} \Rightarrow k \frac{|q_1||q_2|}{a^2} = k \frac{|q_2||q_3|}{\frac{9}{4}a^2} \xrightarrow{\text{از دو طرف ساده می‌کنیم}} \frac{|q_1|}{1} = \frac{|q_3|}{\frac{9}{4}} \Rightarrow |q_3| = \frac{9}{4}|q_1| \xrightarrow{q_1 = q} q_3 = -\frac{9}{4}q$$

۱۱۵ (A)



خط‌نک: برابری نیروهای وارد بر q_2 صفر است پس نیروهایی که q_1 به $(F_{12})q_2$ و q_3 به $(F_{23})q_2$ وارد

می‌کنند باید هم‌اندازه و خلاف جهت هم باشند. اگر بار q_2 را مثبت فرض کنیم نیروی q_1 به $(F_{12})q_2$ دافعه بوده و

به سمت چپ است پس نیرویی که q_3 به $(F_{23})q_2$ وارد می‌کند نیز باید به سمت راست و دافعه باشد. بنابراین q_3

مثبت است. البته می‌توان سریع‌تر و با توجه به نکته درسنامه که گفته شده: «اگر دو بار همنام باشند (مثل q_1 و q_3)

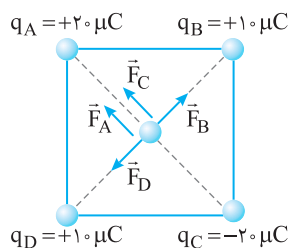
برایند نیروهای وارد بر باری بین آنها (مثل q_2) صفر می‌شود» به این نتیجه رسید که q_1 و q_3 همنام بوده و مثبت‌اند.

حال با توجه به قانون کولن که اندازه نیروی الکتریکی را به ما می‌دهد، حل را ادامه می‌دهیم:

$$F_{12} = F_{23} \xrightarrow{\text{از دو طرف معادله}} k \frac{|q_1||q_2|}{r_{12}^2} = k \frac{|q_2||q_3|}{r_{23}^2} \xrightarrow{\text{از دو طرف معادله}} \frac{|q_1|}{(\frac{d}{4})^2} = \frac{|q_3|}{(\frac{3d}{4})^2} \Rightarrow \frac{16}{d^2} = \frac{|q_3|}{\frac{9d^2}{16}} \Rightarrow |q_3| = \frac{27}{9} = 3 \mu\text{C}$$

$$\Rightarrow q = \frac{27}{|q_3|} \Rightarrow |q_3| = \frac{27}{9} \xrightarrow{\text{در متن بالا توضیح دادیم}} q_3 = +3 \mu\text{C}$$

تذکره حتی اگر در خط فکری فرض می کردیم که q_2 منفی است باز بار q_1 مثبت به دست می آمد. دقت کنید که از دو طرف معادله بالا q_2 خط می خورد پس علامت و اندازه بار q_2 در حل مسئله تغییری ایجاد نمی کند. پس برای حل این تست ها درگیر به دست آوردن علامت باری که برآیند نیروها بر آن صفر است نشوید.

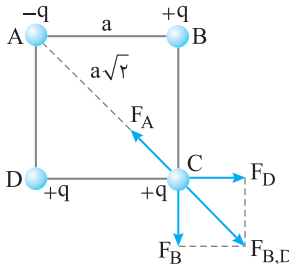


۱۶ ابتدا نیروهای وارد بر بار در مرکز مربع را رسم می کنیم؛ نیروهای F_D و F_B هم اندازه و در خلاف جهت هم هستند و یکدیگر را خنثی می کنند. کافی است F_A و F_C را به دست آورده و با هم جمع کنیم:

$$r = \frac{1}{2} \times \text{قطر مربع} = \frac{1}{2} \times 30\sqrt{2} = 15\sqrt{2} \text{ cm}$$

$$F_A = F_C = \frac{kq_A q_C}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 2.0 \times 10^{-6} \times 2.0 \times 10^{-6}}{(15\sqrt{2} \times 10^{-2})^2} = 8.0 \text{ N}, \quad F_T = F_C + F_A = 16.0 \text{ N}$$

۱۷ ابتدا با توجه به شکل، نیروی وارد بر بار C توسط بارهای دیگر را به دست می آوریم:



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

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

فاصله AC برابر $\sqrt{2}a$ است، پس:

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

۱۸

خط ننگ: وقتی برآیند چند بردار را به دست می آوریم، اگر اندازه هر یک از بردارها را دو برابر کنیم، اندازه برآیند آنها نیز دو برابر می شود. در این مسئله باید ابتدا بررسی کنیم که با افزایش فاصله بین بارها، نیرویی که هر بار بر بار q_1 وارد می کند چند برابر می شود. سپس در مورد نیروی برآیند وارد بر بار q_1 اظهار نظر کنیم.

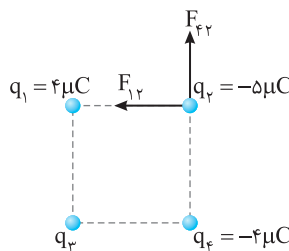
با توجه به قانون کولن $F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$ نیرو با مجذور فاصله نسبت وارون دارد و با دو برابر شدن فاصله بارها، نیروی الکتریکی بین آنها $\frac{1}{4}$ می شود. بنابراین وقتی نیرویی که هر بار الکتریکی بر بار q_1 وارد می کند $\frac{1}{4}$ می شود، برآیند نیروهای وارد بر بار q_1 نیز $\frac{1}{4}$ می شود.

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

۱۹ ابتدا نیروهایی که بارهای q_1 و q_2 بر بار q_3 وارد می کنند را رسم کرده و اندازه آنها را به دست می آوریم، البته حواسمان هست که چون بارهای q_1 و q_2 هم اندازه اند و

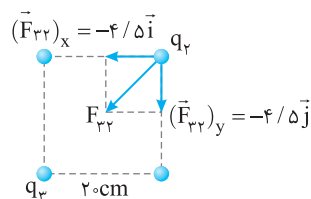
$$F_{13} = F_{23} = k \frac{|q_1||q_3|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6} \times 5 \times 10^{-6}}{40 \times 10^{-2}} = 4.5 \text{ N}$$

فاصله آنها تا بار q_3 برابر است، F_{13} با F_{23} برابر است.



برآیند نیروهای $\vec{F}_{13}$ و $\vec{F}_{23}$ را با توجه به جهت و اندازه های آن بر حسب $\vec{i}$ و $\vec{j}$ به صورت زیر می نویسیم:

$$\vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} = -4/\delta \vec{i} + 4/\delta \vec{j}$$



با توجه به صورت مسئله نیروی خالص وارد بر q_3 برابر $-9\vec{i}$ است، بنابراین:

$$\begin{aligned} \vec{F} &= \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} + \vec{F}_{33} \\ \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} &= -4/\delta \vec{i} + 4/\delta \vec{j} \\ \vec{F} &= -9\vec{i} \\ -9\vec{i} &= -4/\delta \vec{i} + 4/\delta \vec{j} + \vec{F}_{33} \\ \Rightarrow \vec{F}_{33} &= -4/\delta \vec{i} - 4/\delta \vec{j} \end{aligned}$$

بنابراین نیرویی که q_3 به q_3 وارد می کند مطابق شکل روبه رو است.

۱ نیروی $\vec{F}_{33}$ ربایشی است پس بار q_3 و q_3 ناهمنام بوده و q_3 مثبت است.

۲ اندازه نیروی $\vec{F}_{33}$ برابر است با:

$$F_{33} = \sqrt{(F_{33})_x^2 + (F_{33})_y^2} = 4/\delta \sqrt{2} \text{ N}$$

$$F_{33} = k \frac{|q_3||q_3|}{r_{33}^2} \quad \text{فاصله } q_3 \text{ و } q_3 \text{ برابر قطر مربع}$$

$$r_{33} = \sqrt{20^2 + 20^2} = 20\sqrt{2} \text{ cm}$$

$$4/\delta \sqrt{2} = 9 \times 10^9 \times \frac{q_3 \times 5 \times 10^{-6}}{80 \times 10^{-2}} \Rightarrow q_3 = 8\sqrt{2} \times 10^{-6} \text{ C} = 8\sqrt{2} \mu\text{C}$$

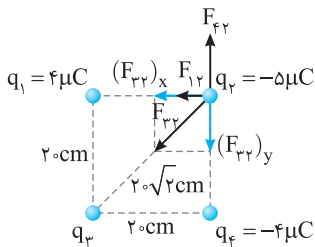
روش دیگر: البته با کمی فکر کردن نیز می توانیم بردار $\vec{F}_{33}$ را به دست آوریم.

نیروی برآیند $\vec{F} = -9\vec{i}$ ندارد، بنابراین مؤلفه قائم نیرویی که بار q_3 بر بار q_3 وارد می کند باید هم اندازه نیرویی باشد که بار q_3 بر بار q_3 وارد می کند.

$$F_{(33)y} = F_{33} = 4/\delta \text{ N}$$



نیروی که بار q_1 بر q_2 وارد می‌کند رابیشی و مقدار آن $4/5N$ و در خلاف جهت محور x هاست یعنی $\vec{F}_{12} = -4/5\vec{i}$ بنابراین مؤلفه x نیرویی که q_3 بر q_2 وارد می‌کند نیز باید $(F_{32})_y = F_{22} \Rightarrow (F_{32})_y = 4/5N$
 برابر $\vec{F}_{(32)x} = -4/5\vec{i}$ باشد، در نتیجه:
 $(F_{32})_x + F_{12} = 9N \Rightarrow (F_{32})_x = 4/5N$
 $\Rightarrow F_{32} = \sqrt{4/5^2 + 4/5^2} = 4/5\sqrt{2}N$



با توجه به اینکه نیروی F_{32} نیروی رابیشی است پس q_3 و q_2 مختلف‌العلامت هستند و q_3 مثبت است.

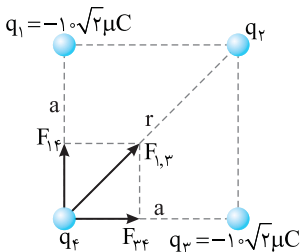
$$F_{32} = k \frac{|q_3||q_2|}{r_{32}^2} \Rightarrow \frac{4/5\sqrt{2}}{4 \times 10^{-9}} = k \frac{q_3 \times 5 \times 10^{-6}}{(2 \times 10^{-2})^2} \Rightarrow q_3 = 8\sqrt{2} \times 10^{-6} C = 8\sqrt{2} \mu C$$

۱۲۰ B

خط فکری:

۱ قرار است نیروی خالص وارد بر q_4 صفر باشد و چنانچه نیروهای وارد بر q_4 را رسم کرده و برابری آن‌ها را برابر صفر قرار دهیم، همان‌گونه که خواهید دید (در تست‌های قبلی نیز دیده‌اید)، مشخص می‌شود q_4 از معادلات حذف شده و علامت q_4 نقشی در حل تست ندارد. بار q_4 را مثبت فرض می‌کنیم.

۲ مقدار بارهای q_1 و q_3 یکسان و فاصله آن‌ها از q_4 یکسان است، پس نیرویی که q_1 و q_3 به q_4 وارد می‌کنند با هم برابر است. بنابراین دو نیروی $\vec{F}_{14}$ و $\vec{F}_{34}$ را با $\vec{F}_{1,3}$ نمایش می‌دهیم و این نیرو در راستای نیمساز یعنی روی قطر مربع خواهد بود.



۳ نیروی $\vec{F}_{1,3}$ در راستای قطر مربع است و نیرویی که q_2 بر q_4 وارد می‌کند $(\vec{F}_{24})$ نیز در امتداد قطر مربع و هم‌راستا با $\vec{F}_{1,3}$ است و برای آن‌که نیروی خالص وارد بر q_4 صفر شود باید $\vec{F}_{1,3}$ و $\vec{F}_{24}$ خلاف جهت هم و هم‌اندازه باشند. اکنون به حل مسئله می‌پردازیم، ابتدا نیروی $\vec{F}_{14}$ و $\vec{F}_{34}$ یعنی $\vec{F}_{1,3}$ را حساب می‌کنیم.

$$F_{14} = F_{34} = k \frac{|q_1||q_4|}{a^2}$$

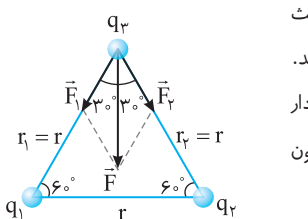
$$F_{1,3} = \sqrt{F_{14}^2 + F_{34}^2} \xrightarrow{F_{14}=F_{34}} F_{1,3} = \sqrt{F_{14}^2 + F_{14}^2} \Rightarrow F_{1,3} = F_{14}\sqrt{2} = k \frac{|q_1||q_4|}{a^2} \sqrt{2}$$

چون $\vec{F}_{24}$ باید خلاف جهت $\vec{F}_{1,3}$ باشد پس نیروی بین q_2 و q_4 دافعه بوده بنابراین q_2 و q_4 همنام هستند. بار q_4 را مثبت فرض کرده‌ایم بنابراین q_2 نیز مثبت است. با برابر قرار دادن نیروی $\vec{F}_{1,3}$ و $\vec{F}_{24}$ را به دست می‌آوریم.

$$F_{24} = F_{1,3} \xrightarrow{\text{فاصله } q_2 \text{ تا } q_4 \text{ برابر قطر مربع است}} k \frac{|q_2||q_4|}{(a\sqrt{2})^2} = k \frac{|q_1||q_4|}{a^2} \times \sqrt{2} \Rightarrow k \frac{|q_2||q_4|}{2a^2} = k \frac{|q_1||q_4|}{a^2} \sqrt{2}$$

$$\xrightarrow{\text{از دو طرف تساوی}} |q_2| = 2|q_1|\sqrt{2} \xrightarrow{q_2 > 0} q_2 = 20\sqrt{2} \times \sqrt{2} \mu C = 40 \mu C$$

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



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

۲۲۲ A) میدان حاصل از بار نقطه‌ای، $E = \frac{kq}{r^2}$ است. پس:

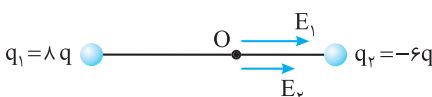
$$\frac{E_A}{E_B} = \frac{\frac{kq}{r_A^2}}{\frac{kq}{r_B^2}} = \frac{r_B^2}{r_A^2} = \frac{(d+30)^2}{30^2} = 2/25 \Rightarrow \frac{d+30}{30} = 1/5 \Rightarrow d = 15 \text{ cm}$$

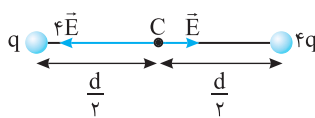
۱۲۳ B) اگر اندازه میدان الکتریکی بار q در فاصله d از آن برابر E باشد، آن‌گاه:

$$E = \frac{kq}{d^2} \Rightarrow E_1 = \frac{k \times 8q}{(4d)^2} = \frac{1}{2} \times \frac{kq}{d^2} = \frac{E}{2}, \quad E_2 = \frac{k \times 6q}{(3d)^2} = \frac{2}{3} \times \frac{kq}{d^2} = \frac{2}{3}E$$

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

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





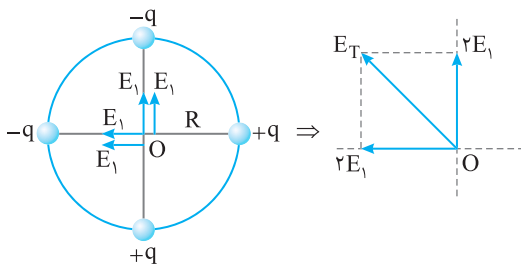
۴۲۴ (B) اگر میدان بار q در وسط خط واصل دو بار برابر E باشد، میدان بار $4q$ در همان نقطه $4E$ خواهد بود که برابری آنها خواهد شد با:

$$E_T = 4E - E \Rightarrow E_T = 3E = 3 \times 10^6 \text{ N/C} \Rightarrow E = 10^6 \text{ N/C}$$

وقتی بار بزرگتر را خنثی کنیم، فقط میدان بار کوچکتر که $E = 10^6 \text{ N/C}$ است، باقی می‌ماند.

۳۲۵ (A) در نقطه‌ای بین دو بار به فاصله 40 cm از بار $-Q$ و $100 - 40 = 60 \text{ cm}$ از بار $+Q$ میدان‌ها با هم برابر شده است، در این صورت:

$$E_1 = E_2 \Rightarrow k \frac{Q_1}{r_1^2} = k \frac{Q_2}{r_2^2} \Rightarrow \frac{Q_1}{(40)^2} = \frac{Q_2}{(60)^2} \Rightarrow \frac{Q_2}{Q_1} = \left(\frac{60}{40}\right)^2 \Rightarrow \frac{Q_2}{Q_1} = 2.25$$



$$E_T = 2\sqrt{2}E_1$$

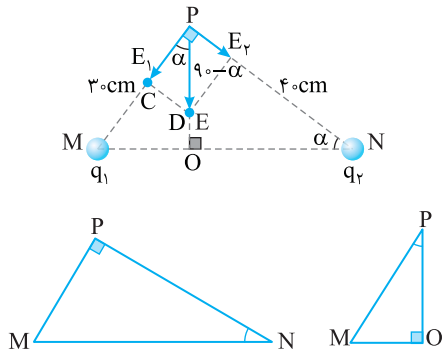
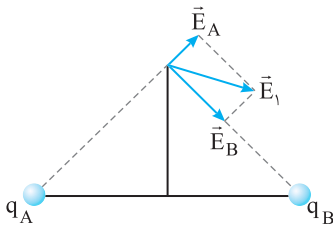
۱۲۶ (B) با توجه به شکل خواهیم داشت:

به کمک رابطه فیثاغورس میدان الکتریکی خالص (برابری) را در نقطه O به دست می‌آوریم.

$$E_T = \sqrt{(rE_1)^2 + (rE_1)^2} = 2\sqrt{2}E_1$$

۱۲۷ (A) بار q_B بزرگتر و در نتیجه میدان آن نیز بزرگتر از میدان حاصل از بار q_A است. مطابق شکل میدان را برابری در نقطه

E_1 است.



۴۲۸ (C) در حل این مسأله باید از هندسه و مثلثات کمک گرفت.

ابتدا میدان E را در امتداد پاره‌خط‌های MP و NP تجزیه می‌کنیم تا میدان‌های حاصل از بار q_1 و q_2 (E_1) و $(E_2)q_2$ در نقطه P به دست آید.

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

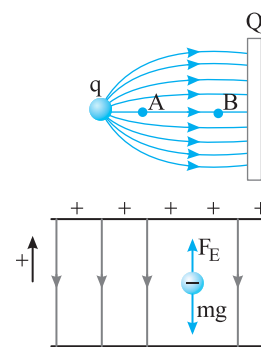
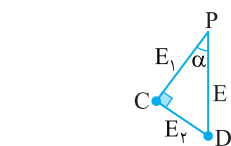
$$\begin{cases} \hat{PMN} + \hat{PNM} = 90^\circ \\ \hat{OPM} + \hat{PMO} = 90^\circ \end{cases} \xrightarrow{\hat{PMN} = \hat{PMO}} \hat{PNM} = \hat{OPM} = \alpha$$

$$\text{مثلثات سؤال: مثلث } PMN: \tan \alpha = \frac{\text{ضلع روبه‌رو}}{\text{ضلع مجاور}} = \frac{MP}{NP} \Rightarrow \tan \alpha = \frac{3}{4} = \frac{3}{4} \Rightarrow \alpha = 37^\circ$$

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

$$\tan \alpha = \frac{\text{ضلع روبه‌رو}}{\text{ضلع مجاور}} = \frac{E_2}{E_1} \Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{k \frac{|q_2|}{r^2}}{k \frac{|q_1|}{r^2}} \Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{9 \times 10^{-9}}{16 \times 10^{-9}} \times \frac{|q_2|}{9} \Rightarrow |q_2| = 12 \mu\text{C}$$

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



۱۲۹ (A) 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.

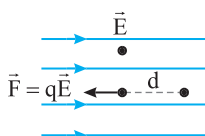
۲ در مورد مقایسه اندازه میدان الکتریکی با توجه به خطوط میدان الکتریکی می‌دانیم هر جا که تراکم خطوط بیشتر باشد میدان قوی‌تر و اندازه آن بزرگتر است.

۱۳۰ (B) نیروی وزن می‌خواهد ذره را با شتاب 10 m/s^2 به طرف پایین بکشد، با توجه به این که شتاب ذره 6 m/s^2 به طرف

پایین است بنابراین باید یک نیروی رو به بالا بر ذره وارد شود و با توجه به منفی بودن بار ذره میدان الکتریکی به صورت روبه‌رو باید باشد تا نیرویی رو به بالا به آن وارد شود.

$$F_T = ma \Rightarrow F_E - mg = m \times (a) \Rightarrow E \times (1 \times 10^{-9}) - 2 \times 10^{-3} \times 10 = 2 \times 10^{-3} \times (-6)$$

$$E \times (10^{-9}) = 0.8 \Rightarrow E = 8 \times 10^8 \text{ N/C}$$



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

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

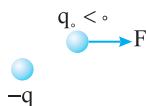
۱۳۲ A در جابه‌جایی بار در یک میدان الکتریکی، کار میدان الکتریکی به مسیر بستگی ندارد و برابر منفی تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار است. در هر سه مسیر نقاط ابتدایی و انتهایی یکسان است، از این رو انرژی پتانسیل ابتدایی و انتهایی بار در هر سه مسیر یکسان است و تغییرات انرژی پتانسیل $\Delta U = U_B - U_A$ در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

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

۴۳۴ A اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه، برابر اختلاف انرژی پتانسیل الکتریکی یکای بار مثبت بین دو نقطه است:

$$V_r - V_i = \frac{U_{Er} - U_{Ei}}{q} \Rightarrow -10 - (-40) = \frac{\Delta U_E}{-2 \times 10^{-6}} \Rightarrow \Delta U_E = -6 \times 10^{-5} \text{ J}$$

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



۴۳۵ B **راه حل 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.

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

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

$$W_E = \Delta K \Rightarrow qEd = \frac{1}{2} m_p (v_B^2 - v_A^2) \xrightarrow{\text{در نقطه (A) رها شده}} \frac{1}{2} \times 1.67 \times 10^{-27} \times (10^6)^2 = qEd \Rightarrow v_B = 2 \times 10^5 \text{ m/s}$$

۲۳۷ 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 $+3Q$ خواهد شد.

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

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

۱۴۰ A ابتدا مقدار بار داده شده به کره رسانا را به دست می‌آوریم.

$$Q = ne \Rightarrow Q = 6 \times 10^{13} \times 1.6 \times 10^{-19} \Rightarrow Q = 9.6 \times 10^{-6} \text{ C}$$

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

$$\sigma = \frac{Q}{A} \xrightarrow{A = 4\pi r^2} |\sigma| = \frac{9.6 \times 10^{-6}}{4 \times \pi \times (2 \times 10^{-2})^2} \Rightarrow |\sigma| = \frac{0.8 \times 10^{-4}}{4 \times 10^{-4}} = 2 \times 10^{-3} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}$$

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

۴۴۱ A با توجه به تعریف ظرفیت خازن خواهیم داشت:

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

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

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

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

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

همان‌طور که در تست‌های قبل نیز گفتیم، ظرفیت خازن به ساختار خازن بستگی دارد و با تغییر اختلاف پتانسیل بین دو صفحه (یا بار هر صفحه) تغییری نمی‌کند، بنابراین ظرفیت را در دو حالت با هم مساوی قرار می‌دهیم:

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

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{\kappa \epsilon_0 \frac{A}{d_2}}{\kappa \epsilon_0 \frac{A}{d_1}} = \frac{d_1}{d_2} \Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{d_1}{d_2} \Rightarrow C_2 = 150 \text{ pF}$$

ابتدا ظرفیت خازن جدید را به دست می‌آوریم: (۳)۴۴ (A)

در دو حالت ظرفیت خازن را داریم و اختلاف پتانسیل ثابت است ($V = 8V$)، بنابراین بار را در دو حالت به دست می‌آوریم:

$$Q_1 = C_1 V \Rightarrow Q_1 = 60 \times 8 = 480 \text{ pC}, \quad Q_2 = C_2 V \Rightarrow Q_2 = 150 \times 8 = 1200 \text{ pC}$$

$$\Delta Q = Q_2 - Q_1 = 1200 - 480 = 720 \text{ pC}$$

بنابراین بار منتقل شده خواهد شد:

پاسخ گزینه ۳ است.

میدان الکتریکی بین صفحه‌های خازن $E = \frac{V}{d}$ و اختلاف پتانسیل آن $V = \frac{Q}{C}$ است. بنابراین: (۲)۴۵ (B)

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

اختلاف پتانسیل داده شده و ظرفیت خازن خواسته شده بنابراین از رابطه $U = \frac{1}{2} CV^2$ برای انرژی خازن استفاده می‌کنیم: (۳)۴۶ (A)

$$U = \frac{1}{2} CV^2 \Rightarrow 1/8 = \frac{1}{2} \times C \times (200)^2 \Rightarrow C = 9 \mu\text{F}$$

(۴)۴۷ (B)

خط‌نکته: ۱ دقت کنید با تغییر بار یا اختلاف پتانسیل خازن، ظرفیت خازن تغییر نمی‌کند پس در سؤالاتی که بار یا پتانسیل صفحات خازن تغییر کرده و انرژی ذخیره شده خواسته

می‌شود، باید از رابطه $U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$ یا $U = \frac{1}{2} CV^2$ استفاده کنیم.

$$V_2 = V_1 \pm \frac{X}{100} V_1$$

افزایش
کاهش

۲ وقتی مقدار کمی مانند اختلاف پتانسیل الکتریکی دو صفحه خازن، X درصد تغییر می‌کند داریم:

با تخلیه بار الکتریکی ظرفیت خازن ثابت می‌ماند، حال با استفاده از رابطه $U = \frac{1}{2} CV^2$ به حل مسئله می‌پردازیم:

$$V_2 = V_1 - 0.04 V_1 = 0.96 V_1$$

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{\frac{1}{2} CV_2^2}{\frac{1}{2} CV_1^2} \Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \frac{(\frac{96}{100} V_1)^2}{V_1^2} = \frac{92}{100} \Rightarrow U_2 = \frac{92}{100} U_1$$

بنابراین انرژی خازن $96\% - 4\% = 92\%$ کاهش می‌یابد.

(۲)۴۸ (B)

خط‌نکته: وقتی کمی مانند انرژی ذخیره شده در خازن X درصد تغییر می‌کند، می‌توان نوشت:

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

افزایش
کاهش

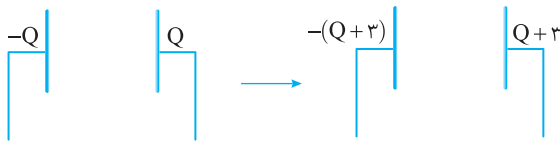
ظرفیت خازن مستقل از اختلاف پتانسیل دو سر صفحات خازن و بار ذخیره شده در خازن است، بنابراین با افزایش بار ذخیره شده روی صفحات خازن به اندازه $2 \mu\text{C}$ ، ظرفیت خازن ثابت

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

$$U = \frac{Q^2}{2C} \Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \frac{\frac{(Q+2)^2}{2C}}{\frac{Q^2}{2C}} = \frac{(Q+2)^2}{Q^2} \xrightarrow{C_2=C_1} \frac{121}{100} = \frac{(Q+2)^2}{Q^2} \xrightarrow{\text{از دو طرف جذر می‌گیریم}} \sqrt{\frac{121}{100}} = \sqrt{\frac{(Q+2)^2}{Q^2}}$$

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

۱۴۹



خط نکه: ۱. با تغییر بار صفحه‌ها ظرفیت خازن تغییر نمی‌کند.

۲. در روابط مربوط به خازن منظور از Q بار الکتریکی هر صفحه خازن است (بار Q را بر حسب mC در نظر می‌گیریم)

۳. اگر از صفحه منفی خازن که دارای بار $(-Q)$ است، $3mC$ بار گرفته شود بار صفحه منفی

$-Q-3=-(Q+3)$ میلی کولن می‌شود و با انتقال آن به صفحه مثبت بار صفحه مثبت $Q+3$ میلی کولن می‌شود.

$$U = \frac{Q^2}{2C} \quad \text{انرژی را در دو حالت به دست می‌آوریم.}$$

$$U_1 = \frac{Q^2}{2C} = \frac{Q^2 \times 10^{-6}}{2 \times 30 \times 10^{-6}} = \frac{Q^2}{60} \quad , \quad U_2 = \frac{(Q+3)^2 \times 10^{-6}}{2 \times 30 \times 10^{-6}} = \frac{(Q+3)^2}{60}$$

با توجه به صورت سؤال تغییر انرژی ذخیره شده در خازن برابر $U_2 - U_1 = 900 \times 10^{-3} J$ است از این رو می‌توان نوشت:

$$\frac{(Q+3)^2}{60} - \frac{Q^2}{60} = 900 \times 10^{-3} \Rightarrow \frac{(Q+3)^2 - Q^2}{60} = 900 \times 10^{-3} \Rightarrow Q^2 + 6Q + 9 - Q^2 = 27 \Rightarrow 6Q + 9 = 27 \Rightarrow 6Q = 18 \Rightarrow Q = 3mC$$

$$U_1 = \frac{Q^2}{2C} \Rightarrow U_1 = \frac{9 \times 10^{-6}}{2 \times 30 \times 10^{-6}} = 0.15 J = 150 mJ$$

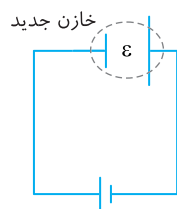
حال انرژی ذخیره شده اولیه را به دست می‌آوریم:

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

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

کاهش می‌یابد.

با قرار دادن تیغه ظرفیت خازن افزایش می‌یابد، اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو صفحه خازن به دلیل اتصال به یک اختلاف پتانسیل ثابت، بدون تغییر می‌ماند، پس: $\uparrow Q = C \uparrow V$



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

وقتی یک صفحه خازن را نصف می‌کنیم، ظرفیت خازن جدید نصف ظرفیت خازن قدیم می‌شود:

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

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

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

با بازکردن کلید، خازن از مدار جدا می‌شود و بار روی صفحه‌های آن ثابت می‌ماند. با افزایش مساحت صفحه‌های خازن، ظرفیت خازن افزایش می‌یابد.

$$\frac{C'}{C} = \frac{A'}{A} \Rightarrow \frac{C'}{C} = \frac{A + 0.25A}{A} \Rightarrow C' = 1.25C$$

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

$$\frac{U'}{U} = \frac{\frac{1}{2} \frac{Q^2}{C'}}{\frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}} = \frac{U'}{U} = \frac{C}{C'} = \frac{C}{1.25C} \Rightarrow \frac{U'}{U} = \frac{4}{5} \Rightarrow \Delta U = U' - U = \frac{4}{5}U - U = -\frac{1}{5}U = -20\%U$$

در نتیجه انرژی خازن ۲۰٪ کاهش می‌یابد.

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 K برابر می‌شود. اکنون به کمک رابطه

$$\left\{ \begin{array}{l} C_2 = KC_1 \\ V_2 = V_1 \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} U = \frac{1}{2} C_1 V_1^2 \\ U' = \frac{1}{2} C_2 V_1^2 \end{array} \right. \Rightarrow \frac{U'}{U} = \frac{C_2}{C_1} = K \Rightarrow U' = KU \quad , \quad U = \frac{1}{2} CV^2$$

انرژی ذخیره شده خازن در حالت جدید را حساب می‌کنیم.

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 K برابر می‌شود. این بار از رابطه

$$U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} \quad \text{استفاده می‌کنیم.}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} C_2 = KC_1 \\ Q_2 = Q_1 \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} U = \frac{1}{2} \frac{Q_1^2}{C_1} \\ U'' = \frac{1}{2} \frac{Q_1^2}{C_2} \end{array} \right. \Rightarrow \frac{U''}{U} = \frac{C_1}{C_2} = \frac{1}{K} \Rightarrow U'' = \frac{U}{K}$$

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

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

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

با جد کردن خازن از مولد، بار روی صفحه‌های خازن ثابت می‌ماند. با زیاد شدن فاصله بین صفحه‌ها ظرفیت خازن به نسبت عکس فاصله کاهش می‌یابد. در نتیجه اختلاف پتانسیل

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

دو سر خازن به همان نسبت افزایش می‌یابد. در نتیجه میدان بین صفحات ثابت می‌ماند.

۱۵۵

فصل ۲: پاسخ تشریحی تست‌های در پاسخ

۲



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

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

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

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

$$q = It = \frac{I = 50 \mu A = 50 \times 10^{-6} A}{q = 0.001 mA \cdot h = 1 A \cdot h} \rightarrow 1 A \cdot h = 50 \times 10^{-6} \times t \Rightarrow t = \frac{1}{50 \times 10^{-6}} = \frac{10^6}{50} \Rightarrow t = 2 \times 10^4 h$$

توجه به تعریف جریان می‌توان نوشت:

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

جریان مدار را به کمک قانون اهم به دست می‌آوریم:

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

بار الکتریکی گذرنده از آن برابر است با:

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

با توجه به قانون اهم می‌توان نوشت:

$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow R = \frac{2/5}{3/125} = 0.8 \Omega$$

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

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

حال با توجه به رابطه ساختار مقاومت داریم:

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

$$3 = \rho \frac{9/42}{A} \xrightarrow{\substack{A=\pi r^2 \\ \rho=10^{-8} \Omega \cdot m}} 3 = 10^{-8} \times \frac{9/42}{\pi/4 \times r^2} \Rightarrow r^2 = 10^{-8} m \Rightarrow r = 10^{-3} m = 0.1 cm$$

$$D = 2r = 0.2 cm$$

قطر مقطع برابر است با:

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

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

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

حجم سیم برابر AL است از این‌رو:

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

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

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

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

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

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

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

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

۴ ۹ B

خط‌نکته: 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 رابطه چگالی آن‌ها به دست آوریم (چگالی A و B را با ρ'_A و ρ'_B نمایش داده‌ایم)

$$\rho'_B = \frac{1}{3} \rho'_A \Rightarrow \frac{m_B}{V_B} = \frac{1}{3} \times \frac{m_A}{V_A} \xrightarrow{m_B = \frac{1}{3} m_A} \frac{\frac{1}{3} m_A}{V_B} = \frac{1}{3} \times \frac{m_A}{V_A} \Rightarrow V_A = \frac{1}{2} V_B$$

$$V_A = \frac{1}{2} V_B \Rightarrow A_A L_A = \frac{1}{2} A_B L_B \xrightarrow{L_A = L_B} A_A = \frac{A_B}{2}$$

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



$$R_A = R_B \Rightarrow \rho_A \frac{L_A}{A_A} = \rho_B \frac{L_B}{A_B} \xrightarrow{L_A=L_B} \frac{\rho_A}{A_A} = \frac{\rho_B}{A_B} \Rightarrow \frac{\rho_B}{\rho_A} = \frac{A_B}{A_A} \xrightarrow{A_A=\frac{A_B}{2}} \frac{\rho_B}{\rho_A} = \frac{A_B}{\frac{A_B}{2}} = 2$$

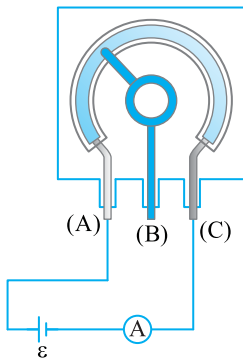
مقاومت دو سیم یکسان است:

با توجه به رابطه دمایی مقاومت ویژه می توان نوشت: (۳۱۰) (A)

$$R_\gamma = R_1(1 + \alpha \Delta\theta) \Rightarrow 3R_1 = R_1(1 + \frac{1}{300} \Delta\theta) \Rightarrow \Delta\theta = 600^\circ \text{C} \Rightarrow \theta - 20 = 600 \Rightarrow \theta = 620^\circ \text{C}$$

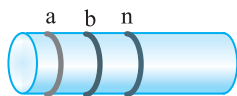
رابطه تغییر دما را برای دو مقاومت نوشته و بر هم تقسیم می کنیم: (۲۱۱) (A)

$$\begin{cases} \Delta R_1 = R_1 \alpha \Delta\theta \\ \Delta R_\gamma = R_\gamma \alpha \Delta\theta \end{cases} \Rightarrow \frac{2R_0}{\Delta R_\gamma} = \frac{R_0 \alpha \Delta\theta}{2R_0 \alpha \Delta\theta} \Rightarrow \Delta R_\gamma = 2R_0 \Rightarrow R' - 2R_0 = 2R_0 \Rightarrow R' = 4R_0$$



با توجه به شکل از خروجی B که مربوط به لغزنده می باشد، سیمی خارج نشده است بنابراین لغزنده در مدار قرار نمی گیرد و با چرخاندن آن مقاومت مدار تغییر نمی کند و جریان مدار ثابت می ماند. (۳۱۲) (A)

در مقاومت های ترکیبی که با نوارهای رنگی مقدار آن ها مشخص می شود، حلقه اول رقم دهگان و حلقه دوم رقم یکان را نشان می دهد و حلقه سوم توان ضریب 10^n را نشان می دهد: (۲۱۳) (B)



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 $10^2 = 100$ باشد و مقاومت حاصل چهار رقمی باشد. رنگ ها یکسان است در نتیجه اگر $n=2$ باشد، a و b نیز باید ۲ باشد بنابراین رنگ هر سه حلقه قرمز است. البته شما می توانید همه رنگ ها را به صورت زیر مقایسه کنید.

اگر هر سه حلقه نارنجی باشد (رنگ نارنجی = ۳): عدد پنج رقمی $R = 33 \times 10^3$
اگر هر سه حلقه قهوه ای باشد (رنگ قهوه ای = ۱): عدد سه رقمی $R = 11 \times 10^1$

با توجه به اینکه مقدار مقاومت برابر 20Ω (20×10^0) است و مقایسه با رابطه $R = ab \times 10^n$ ، مقدار $a=2$ ، $b=0$ و $n=0$ می شود، بنابراین نوار اول قرمز و نوار دوم و سوم سیاه است. (۳۱۴) (A)

با افزایش دما در نیم رساناها، تعداد حامل های بار افزایش یافته و مقاومت الکتریکی کاهش می یابد. (۲۱۵) (A)

وقتی مدار باز باشد، ولت سنسج نیروی محرکه باتری را نشان می دهد، پس $\mathcal{E} = 8 \text{ V}$ است. وقتی مدار بسته است و در مدار جریان برقرار است، ولت سنسج اختلاف پتانسیل دو سر باتری $(V = \mathcal{E} - Ir)$ را نشان می دهد. در این صورت وقتی $I = 2 \text{ A}$ است، $V = 6 \text{ V}$ می باشد، در نتیجه: (۲۱۶) (A)

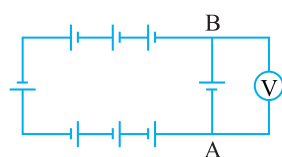
$$6 = 8 - 2r \Rightarrow r = 1 \Omega$$

هرگاه اختلاف پتانسیل دو سر باتری برابر با نیروی محرکه آن باشد، افت پتانسیل صفر است، پس: (۱۱۷) (B)

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

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

ابتدا جریان مدار را به دست می آوریم. باتری ها به گونه ای بسته شده اند که پایانه های ناهم نام آن ها به هم وصل بوده و جریان های آن ها همسو است، بنابراین نیروی محرکه آن ها با هم جمع می شود. (۳۱۸) (B)

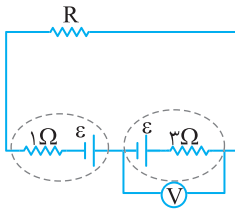


$$I = \frac{\mathcal{E} + \mathcal{E} + \dots + \mathcal{E}}{r + r + \dots + r} = \frac{8 \times 5}{8 \times 0.2} = 25 \text{ A}$$

عددی که ولت سنسج نشان می دهد.

$$V_A + \mathcal{E} - Ir = V_B \Rightarrow V_B - V_A = \mathcal{E} - Ir = 5 - (25 \times 0.2) \Rightarrow V_B - V_A = 0$$

ولت سنسج صفر را نشان می دهد.



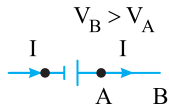
$$V = \varepsilon - Ir = 0 \Rightarrow \varepsilon - 3I = 0 \Rightarrow \varepsilon = 3I$$

۱۹ (B) ولتسنج عدد صفر را نشان می‌دهد از این‌رو:

جریان در مدار تک‌حلقه برابر است با:

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

۲۰ (A)

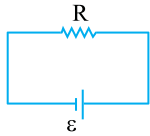


خط‌نک: اگر در جهت جریان $\Delta V > 0$ باشد، جزء مدار، مولد است و اگر در جهت جریان $\Delta V < 0$ باشد، جزء مدار، مقاومت (مصرف کننده) است.

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 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.



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

۲۱ (A) توان مصرفی در مقاومت R برابر است با:

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

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

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

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

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

۲۳ (A)

خط‌نک: 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 رابطه ساختمانی مقاومت می‌توان نوشت:

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

ولتاژ دو سر مقاومت‌ها یکسان است بنابراین:

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

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

۲۴ (A) ابتدا مقدار مقاومت را به‌دست می‌آوریم:

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

حال می‌توان انرژی مصرفی جدید را به‌دست آورد:

روش دوم:

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

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

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

۲۵ (A)

خط‌نک: 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:

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

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

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

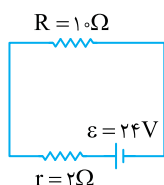


۱۲۶ (A) توان مفید را بر توان کل تقسیم می‌کنیم:

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

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

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

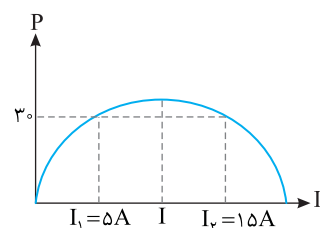


$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} \Rightarrow I = \frac{24}{10 + 2} \Rightarrow I = 2 \text{ A}$$

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

توان خروجی برابر است با:

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



۴۲۸ (C) معادله توان خروجی باتری به صورت $P = -rI^2 + \varepsilon I$ است. بنابراین نمودار $P-I$ به صورت سهمی می‌باشد. با توجه

به تقارن سهمی جریانی که در آن توان بیشینه است را محاسبه کنیم:

$$I = \frac{I_1 + I_2}{2} = \frac{5 + 15}{2} = 10 \text{ A}$$

حال توان خروجی مربوط به جریان‌های I_1 و I_2 را در معادله $P = -rI^2 + \varepsilon I$ می‌گذاریم تا ε و r را محاسبه کنیم:

$$\begin{cases} (\varepsilon - I_1 r)I_1 = 30 \xrightarrow{I_1 = 5 \text{ A}} \begin{cases} \varepsilon - 5r = 6 \\ \varepsilon - 15r = 2 \end{cases} \Rightarrow \varepsilon = 8 \text{ V}, r = 1/4 \Omega \\ (\varepsilon - I_2 r)I_2 = 30 \xrightarrow{I_2 = 15 \text{ A}} \end{cases}$$

جریانی که در آن توان بیشینه است را محاسبه کردیم و مقدار آن برابر 10 A شد. با گذاشتن این جریان در معادله توان خروجی داریم:

$$P = -\frac{1}{4}I^2 + 8I \xrightarrow{I = 10 \text{ A}} P = -40 + 80 = 40 \text{ W}$$

۲۲۹ (B)

خط فک: 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:

$$P = RI^2 \xrightarrow{I = \frac{\varepsilon}{R+r}} P = R \frac{\varepsilon^2}{(R+r)^2}$$

با توجه به تست به ازای مقاومت‌های 8Ω و 2Ω توان خروجی با هم برابر است:

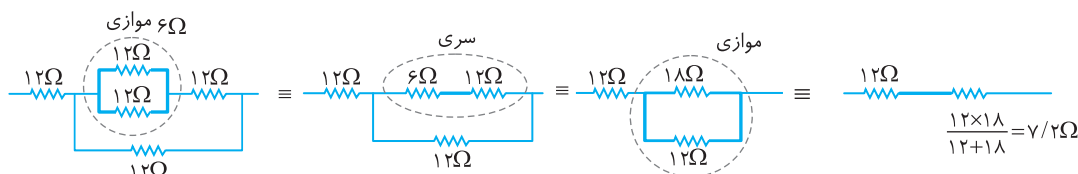
$$\begin{aligned} P_1 = P_2 &\xrightarrow{P = R \frac{\varepsilon^2}{(R+r)^2}} R_1 \frac{\varepsilon^2}{(R_1+r)^2} = R_2 \frac{\varepsilon^2}{(R_2+r)^2} \xrightarrow{\varepsilon^2 \text{ را از دو طرف ساده می‌کنیم}} \frac{1}{(8+4)^2} = \frac{R_2}{(R_2+4)^2} \Rightarrow \frac{1}{144} = \frac{R_2}{R_2^2 + 8R_2 + 16} \\ \Rightarrow \frac{1}{18} &= \frac{R_2}{R_2^2 + 8R_2 + 16} \Rightarrow 18R_2 = R_2^2 + 8R_2 + 16 \Rightarrow R_2^2 - 10R_2 + 16 = 0 \Rightarrow R_2 = 5 \pm \sqrt{25 - 16} \Rightarrow R_2 = 5 \pm 3 \Rightarrow \begin{cases} R = 8 \Omega \\ R = 2 \Omega \end{cases} \end{aligned}$$

بنابراین مقاومت را از 8Ω باید به 2Ω برسانیم تا $P_1 = P_2$ شود.

$$r = \sqrt{R_1 R_2} \Rightarrow r = \sqrt{8 R_2} \Rightarrow R_2 = 2 \Omega$$

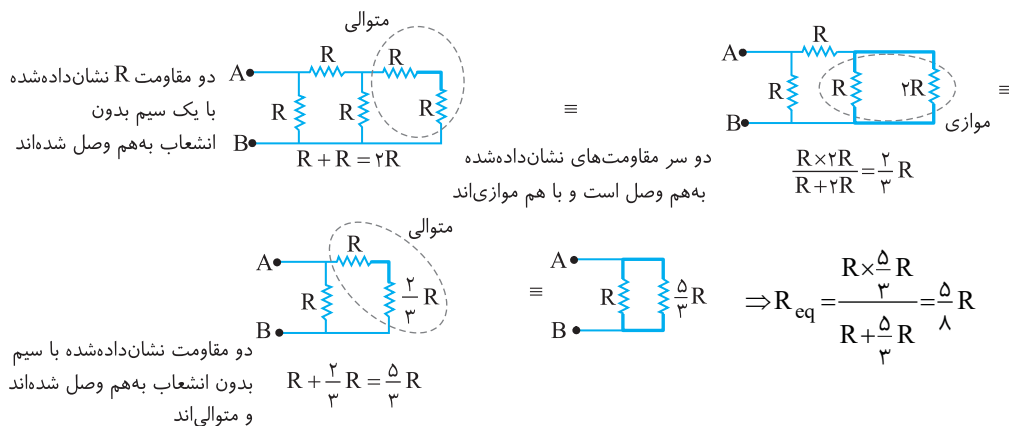
راستی می‌توانستیم از نتیجه تست قبل استفاده کنیم:

۴۳۰ (A) در شکل‌های زیر مراحل محاسبه مقاومت معادل نشان داده شده است:



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

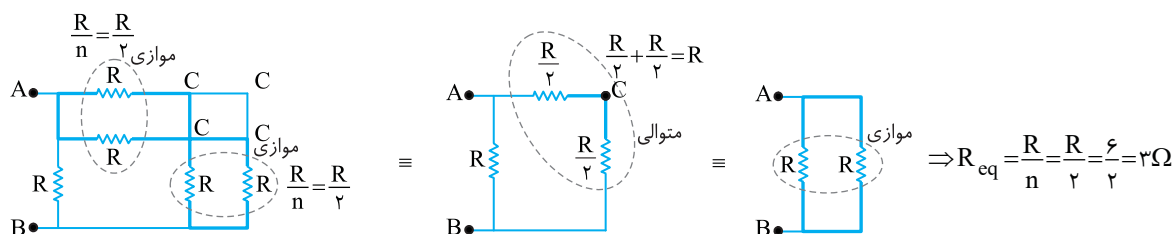
در شکل‌های زیر مراحل محاسبه مقاومت معادل نشان داده شده است: (۴۳۱) (A)



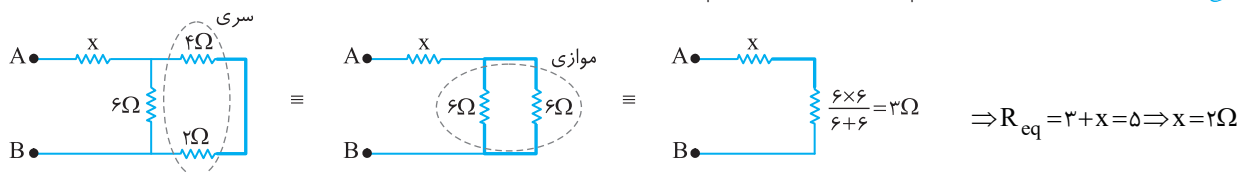
$$\left\{ \begin{array}{l} (1) R_1 = \frac{4}{2} = 2\Omega \\ (2) R_2 = 4 + \frac{6}{2} + 4 = 10\Omega \end{array} \right. \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \frac{10}{2} = 5$$

(۴۳۲) (A)

در شکل‌های زیر مراحل به دست آوردن مقاومت معادل نشان داده شده است. (۴۳۳) (B)

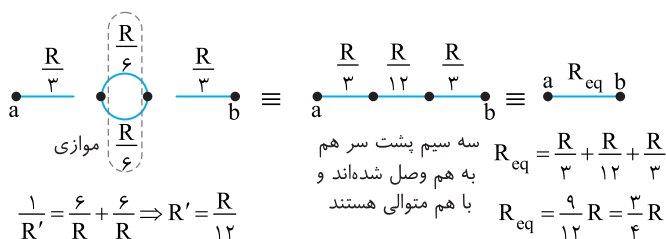


ابتدا مقاومت معادل را به دست می‌آوریم و برابر با 5Ω قرار می‌دهیم. (۴۳۴) (B)



مقاومت سیم برابر R است، سیم به سه قسمت تقسیم شده بنابراین مقاومت هر قسمت سیم $\frac{R}{3}$ و مقاومت هر دو قطعه سیم در سمت راست و سمت چپ دایره برابر $\frac{R}{3}$ (۴۳۵) (B)

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

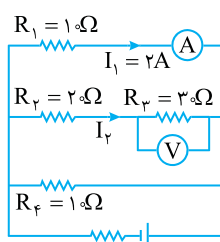


مقاومت R_1 با معادل دو مقاومت R_3 و R_2 موازی است و ولتاژ این دو شاخه یکسان است. (۴۳۶) (B)

$$R_1 I_1 = (R_2 + R_3) I_2 \Rightarrow 10 \times 2 = (20 + 30) I_2 \Rightarrow I_2 = 0.4A$$

ولت‌سنج، اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R_3 را نشان می‌دهد:

$$V = R_3 I_2 = 30 \times 0.4 \Rightarrow V = 12V$$



خط فک: جنس هر دو سیم از مس بوده و مقاومت ویژه آن‌ها یکسان است ($\rho_A = \rho_B$). طول دو سیم هم برابر است ($L_A = L_B$) و قطر مقطع سیم B، $\frac{3}{4}$ برابر قطر سیم

A است که با توجه به دایره‌ای بودن سطح مقطع ($A = \frac{\pi D^2}{4}$) سطح مقطع سیم B، $\frac{9}{4}$ سطح مقطع سیم A است. در شاخه‌های موازی ولتاژها با هم برابر است:

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

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

با توجه به داده‌های سؤال نسبت مقاومت‌ها برابر است با:

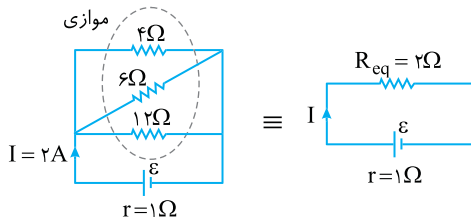
$$\frac{I_B}{I_A} = \frac{9}{4} \Rightarrow I_B = \frac{9}{4} I_A$$

از رابطه‌های (۱) و (۲) خواهیم داشت:

$$I_A + \frac{9}{4} I_A = \frac{2}{6} \Rightarrow \frac{13 I_A}{4} = \frac{2}{6} \Rightarrow I_A = \frac{8}{13} A$$

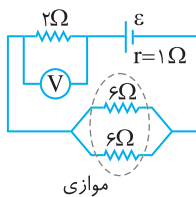
از طرفی داریم $I_A + I_B = \frac{2}{6} A$

۱۳۸ A با به دست آوردن مقاومت معادل مدار، مدار به شکل ساده‌تری درمی‌آید.



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

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



۳۹۰ A چون مقاومت 2Ω با باتری متوالی است پس جریان آن با جریان کل برابر است. ابتدا جریان مدار

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

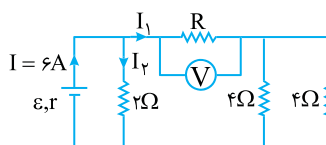
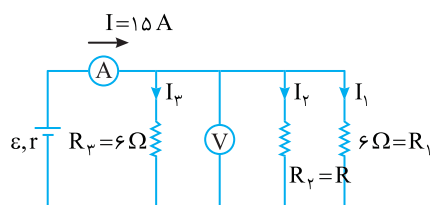
را به دست می‌آوریم:

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

۳۴۰ B در شکل روبه‌رو آمپرسنج جریان کل مدار و ولت‌سنج نیز ولتاژ دو سر مقاومت‌ها و دو سر باتری را نشان می‌دهد (چون همه مقاومت‌ها با باتری موازی‌اند). در نتیجه می‌توان با توجه به مقاومت‌ها و ولتاژ، جریان

$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow I_1 = I_3 = \frac{30}{6} = 5A \text{ را حساب کرد: } (I_3, I_1) 6\Omega$$

مقاومت‌های R_1 و R_2 و R_3 با هم موازی‌اند: $I = I_1 + I_2 + I_3 \Rightarrow 15 = 5 + I_2 + 5 \Rightarrow I_2 = 5A$ جریان‌های I_1 و I_2 و I_3 با هم برابرند، پس $R_1 = R_2 = R_3 = 6\Omega$ است.



$$\frac{4 \times 4}{4 + 4} + R = 2 + R$$

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

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

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

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

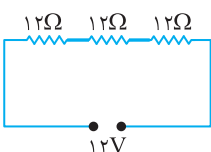
$$V = R I_1 \Rightarrow 4 = \frac{R \times 12}{4 + R} \Rightarrow 4 + R = 3R \Rightarrow R = 2\Omega$$

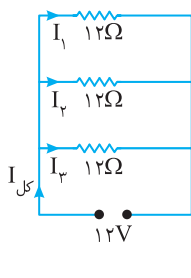
۴۲ A اگر سه مقاومت را با هم متوالی ببندیم، مقاومت معادل و جریان مدار خواهد شد:

$$\Rightarrow R_{eq} = 12 + 12 + 12 = 36\Omega \Rightarrow I_{کل} = \frac{V}{R_{eq}} \Rightarrow I_{کل} = \frac{12}{36} = \frac{1}{3} A$$

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

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



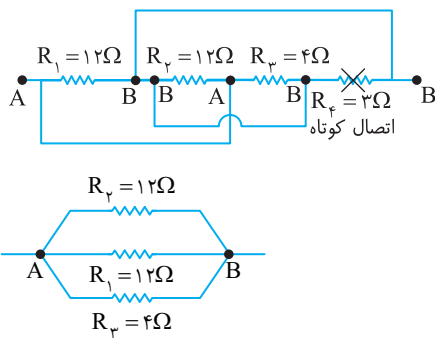


$$\Rightarrow R_{eq} = \frac{R}{n} = \frac{12}{3} = 4\Omega \Rightarrow I_{کل} = \frac{V}{R_{eq}} \Rightarrow I_{کل} = \frac{12}{4} = 3A$$

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

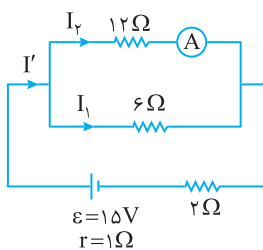
$$I_{کل} = I_1 + I_2 + I_3 = 3I_1 \Rightarrow 3 = 3I_1 \Rightarrow I_1 = 1A$$

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



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

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



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

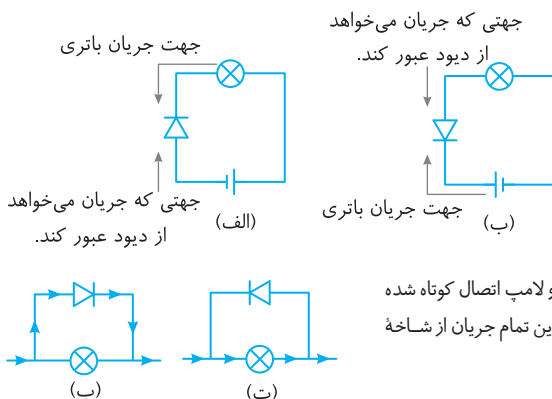
$$6I_1 = 12I_2 \Rightarrow I_1 = 2I_2$$

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

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

از طرفی داریم:

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



خط‌نکته: دیودها یک‌سوکننده 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 شاخه موازی لامپ و دیود می‌رسد و چون جهت جریان در جهتی است که می‌تواند از دیود عبور کند، تمام جریان از شاخه 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 شاخه شامل دیود عبور کند بنابراین تمام جریان از شاخه شامل لامپ عبور کرده و لامپ روشن می‌شود.

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

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

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

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

در حالت اول که کلید بسته است: ۳۴۶ B

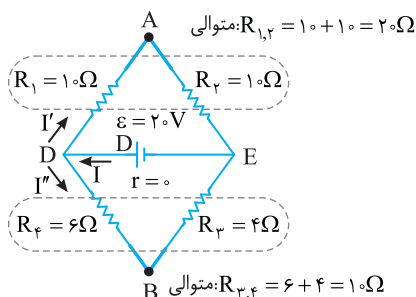
در حالت دوم که کلید باز شده است، یک مقاومت موازی با باز شدن کلید، از مدار جدا می‌شود:



با توجه به متن سؤال اختلاف جریان I و I' برابر $\frac{1}{2}A$ است.

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

$$\Rightarrow 2 = n^2 + n \Rightarrow n^2 + n - 2 = 0 \Rightarrow (n-1)(n+2) = 0 \Rightarrow n = 1$$



۳۴۷ (B) دو مقاومت R_1 و R_2 با هم متوالی هستند زیرا بین آنها هیچ انشعابی وجود ندارد. همچنین مقاومت‌های

R_3 و R_4 متوالی هستند و مدار به صورت شکل (۲) خواهد بود. اختلاف پتانسیل دو سر هر شاخه $20V$ است زیرا مقاومت درونی باتری ناچیز است.

جریان هر شاخه را به دست می‌آوریم:

$$I' = \frac{20}{10} = 2A, \quad I'' = \frac{20}{10} = 2A$$

$$\begin{cases} V_D - V_A = I'R_1 = 2 \times 10 = 20V \\ V_D - V_B = I''R_3 = 2 \times 6 = 12V \end{cases} \xrightarrow{\text{دو رابطه را از هم کم می‌کنیم}}$$

$$V_D - V_B - (V_D - V_A) = 12 - 20 \Rightarrow V_A - V_B = 8V$$

۳۴۸ (B) در نقطه تقاطع مدار (گره C)، قانون جمع جریان‌ها را می‌نویسیم:

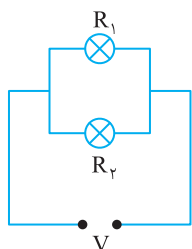
$$I_1 + I_2 = I_3 \Rightarrow I_1 + 2 = 5 \Rightarrow I_1 = 3A$$

حال از نقطه B به نقطه A می‌رویم:

$$V_B - 2I_1 + \varepsilon_1 - I_1 r_1 - \varepsilon_2 - I_2 r_2 = V_A$$

$$\Rightarrow V_B - 2 \times 3 + 20 - 2 \times 5 - 6 \times 5 = V_A \Rightarrow V_B - V_A = 26V$$

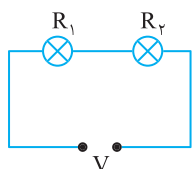
۳۴۹ (B) در حالت اول ولتاژ دو سر مقاومت‌ها برابر است و لامپ (۱) پرنورتر است. از این‌رو:



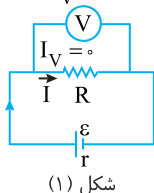
$$\begin{cases} V_1 = V_2 \\ P = \frac{V^2}{R} \Rightarrow R_1 < R_2 \\ P_1 > P_2 \end{cases}$$

مقاومت لامپ (۱) از مقاومت لامپ (۲) کم‌تر است و اگر دو لامپ به طور سری قرار بگیرند جریان‌های آنها برابر بوده و طبق رابطه $P = RI^2$ ، چون لامپ (۲) مقاومتش بیش‌تر است، توان مصرفی‌اش از توان لامپ (۱) بیشتر است.

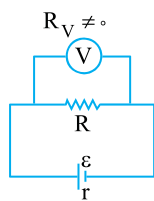
$$R_2 > R_1 \Rightarrow P'_2 > P'_1$$



R_V بسیار بزرگ



شکل (۱)



شکل (۲)

۳۵۰ (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.

در شکل (۱)، می‌توان ولت‌سنج را آرمانی در نظر 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.

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

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

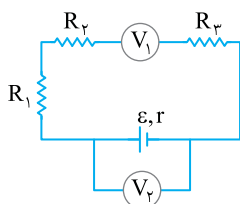
افزایش جریان سبب کاهش اختلاف پتانسیل دو سر باتری می‌شود:

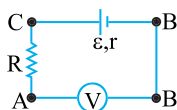
در این حالت ولت‌سنج که ولتاژ دو سر باتری را نشان می‌دهد عدد کمتری را نشان خواهد داد.

هرگاه ولت‌سنج و آمپر سنج آرمانی نباشند، عددی که نشان می‌دهند همواره از مقدار واقعی کمتر است.

۳۵۱ (A) ولت‌سنج V_1 با مدار خارجی متوالی بسته شده و جریان مدار صفر است. از این‌رو افت پتانسیل در باتری و تمام مقاومت‌های

مدار صفر است و هر دو ولت‌سنج نیروی محرکه باتری را نشان می‌دهند.

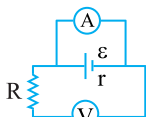




۳۵۲ C ولتسنج آرمانی دارای مقاومت بسیار زیاد است و اجازه عبور جریان الکتریکی از خود را نمی‌دهد و باید در مدار به صورت موازی وصل شود. اگر این وسیله به صورت متوالی در مدار وصل شود، مقاومت مدار را بسیار زیاد می‌کند و جریان مدار ناچیز می‌شود. به این ترتیب اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R صفر می‌شود، یعنی پتانسیل دو نقطه C و A برابر می‌شود. ولتسنج به دو نقطه A و B وصل شده و اختلاف پتانسیل این دو نقطه را نشان می‌دهد. نقطه C با A هم پتانسیل است، پس ولتسنج اختلاف پتانسیل دو نقطه B و C یعنی اختلاف پتانسیل دو سر باتری را نشان می‌دهد.

$$\begin{cases} V = \varepsilon - rI \\ I \approx 0 \end{cases} \Rightarrow V \approx \varepsilon$$

پس ولتسنج تقریباً نیروی محرکه باتری را نشان می‌دهد.



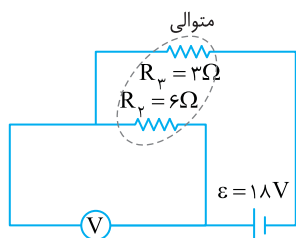
آمپرسنج آرمانی، آمپرسنجی است که مقاومت آن ناچیز باشد و به طور متوالی در مدار وصل می‌شود. اگر آن را به طور موازی به مقاومت مدار وصل کنیم، جریان زیادی از آن عبور می‌کند و احتمال سوختن آن زیاد می‌شود.

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 محرکه 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 $I = \frac{\varepsilon}{r} = \frac{10}{1} = 10 \text{ A}$ از آن عبور می‌کند، پس آمپرسنج 10 A را نشان می‌دهد. ولتسنج نیز قرار است اختلاف پتانسیل دو سر باتری را نشان دهد:

$$V = \varepsilon - rI = 10 - 1 \times 10 = 0$$

پس ولتسنج عدد صفر را نشان می‌دهد.



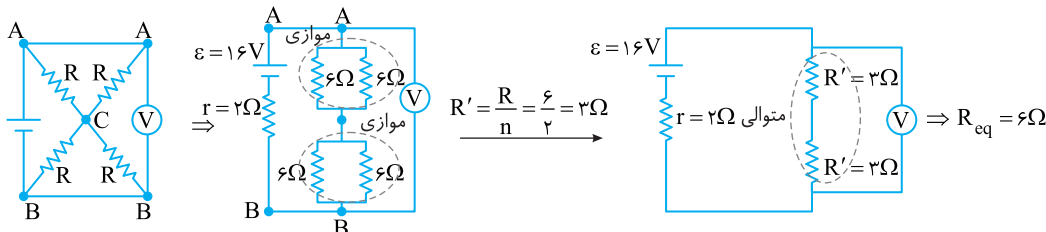
۱۵۳ B از شاخه ولتسنج جریان عبور نمی‌کند و مقاومتی که با آن متوالی بسته شده از مدار حذف می‌شود، بنابراین مقاومت $R_1 = 3\Omega$ از مدار حذف شده و ولتسنج به دو سر مقاومت $R_2 = 6\Omega$ متصل است و ولتاژ دو سر آن را نشان می‌دهد. برای محاسبه عددی که ولتسنج نشان می‌دهد ابتدا باید جریان مدار را حساب کنیم.

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

اکنون عددی که ولتسنج نشان می‌دهد یعنی اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت 6Ω را به دست می‌آوریم:

$$V = RI \Rightarrow V = 6 \times 2 = 12 \text{ V}$$

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

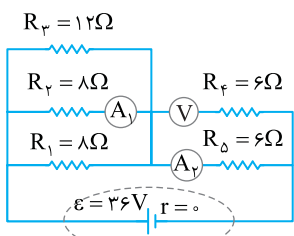


$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{16}{8} = 2 \text{ A}$$

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

جریان کل مدار را حساب می‌کنیم:

عددی که ولتسنج نشان می‌دهد، برابر است با:



۳۵۵ C ولتسنج آرمانی اجازه عبور جریان را نمی‌دهد و مقاومت $R_4 = 6\Omega$ از مدار حذف می‌شود و در این حالت ولتسنج به دو سر مقاومت $R_5 = 6\Omega$ بسته شده و اختلاف پتانسیل دو سر این مقاومت را نشان می‌دهد.

با حذف مقاومت R_4 مدار به صورت روبه‌رو خواهد بود. ابتدا مقاومت معادل مدار به دست می‌آوریم:

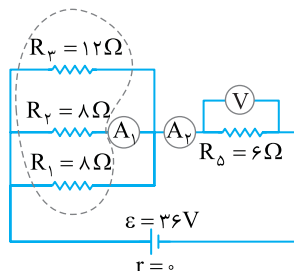
$$\frac{1}{R_{1,2,3}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \Rightarrow \frac{1}{R_{1,2,3}} = \frac{1}{8} + \frac{1}{8} + \frac{1}{12} \Rightarrow R_{1,2,3} = 3\Omega$$

مقاومت معادل $R_{1,2,3}$ با مقاومت R_5 متوالی است و مقاومت معادل خواهد شد:

$$R_{eq} = R_{1,2,3} + R_5 = 3 + 6 = 9\Omega$$

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

جریان کل مدار را حساب می‌کنیم:





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

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

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

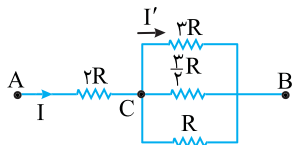
$$I_1 = \frac{V_1}{R_1} = \frac{12}{8} = 1.5A$$

نشان می‌دهد:

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

در دو حالت ولتاژ یکسان است.

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



ابتدا جریان عبوری از مقاومت $2R$ را بر حسب I محاسبه می‌کنیم:

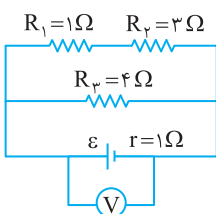
$$\frac{1}{R_{BC}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{2R} + \frac{1}{2R} = \frac{3+2+1}{2R} \Rightarrow R_{BC} = \frac{R}{2}$$

$$V_{BC} = I(R_{BC}) = I \frac{R}{2}, \quad I' = \frac{V_{BC}}{2R} = \frac{I}{4}, \quad \frac{P_{2R}}{P_{3R}} = \frac{(2R)I'^2}{(3R)(\frac{I}{4})^2} = \frac{2 \times 36}{3} = 24$$

۳۵۸ (B)

خط فک: همان‌طور که می‌دانید در یک مدار هنگامی توان مصرفی مدار بیشینه است که $R_{eq} = r$ باشد که در این صورت $P_{max} = \frac{\varepsilon^2}{4r}$ است.

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



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

جریان شاخه بالا را به دست می‌آوریم:

جریان شاخه پایینی نیز که موازی شاخه بالایی بوده و مقاومت آن برابر مقاومت معادل شاخه بالایی است برابر $2A$ است ($I_2 = 2A$) و

جریان کل مدار $I = 2 + 2 = 4A$ خواهد بود. مقاومت معادل را به دست می‌آوریم:

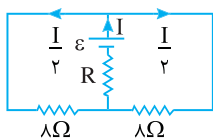
$$R_{1,2} = R_1 + R_2 = 1 + 3 = 4\Omega, \quad R_{eq} = \frac{4}{2} = 2\Omega$$

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

اکنون نیروی محرکه باتری را به دست می‌آوریم:

$$V = I_2 R_2 = 2 \times 4 = 8V \quad \text{یا} \quad V = \varepsilon - Ir \Rightarrow V = 12 - 4 \times 1 = 8V$$

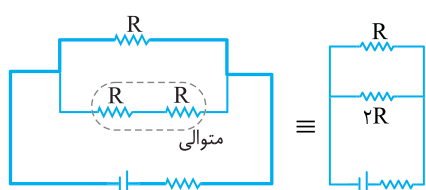
ولتاژ دو سر باتری برابر است با:



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 8 اهمی به طور مساوی تقسیم می‌شود و جریان هر مقاومت 8Ω ، $\frac{I}{2}$ است.

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



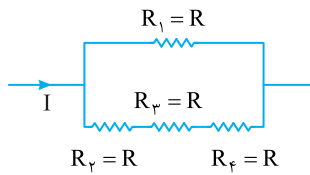
با توجه به شکل مقاومت R با باتری موازی بسته شده و اختلاف پتانسیل دو سر آن بیشینه و توان مصرفی

بیشینه مربوط به این مقاومت و برابر $10W$ است. با توجه به شکل مقاومت R و مقاومت $2R$ با هم موازی‌اند و در

مقاومت‌های موازی توان و مقدار مقاومت با هم رابطه عکس دارند، پس توان مصرفی مقاومت $2R$ برابر $5W$ است.

$$P_{کل} = 5 + 10 = 15W$$

مقاومت R_1 به تنهایی به دو سر باتری متصل می‌شود پس اختلاف پتانسیل دو سر آن بیشتر از بقیه مقاومت‌ها بوده و با



$$R_{eq} = \frac{R \times 2R}{R + 2R} = \frac{2}{3}R$$

توجه به $P = \frac{V^2}{R}$ ، توان مصرفی R_1 بیشتر از مابقی مقاومت‌های مدار است.

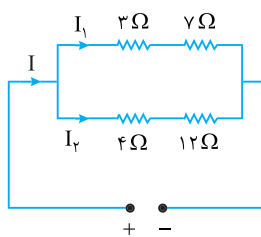
توان مصرفی مقاومت R_3 برابر 60 W است.

$$P_{R_1} = \frac{V^2}{R_1} \Rightarrow 60 = \frac{V^2}{R} \quad , \quad P_{R_3} = \frac{V^2}{R_{eq}} = \frac{4}{3} \frac{V^2}{R} \Rightarrow P_{R_3} = 80\text{ W}$$

توان مصرفی کل برابر است با:

راهنمای اول: یک راه حل سریع این است که در شاخه‌های موازی، شاخه دارای مقاومت کمتر، توان بیشتری مصرف می‌کند ($P = \frac{V^2}{R}$). از این رو شاخه 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 رابطه $P = RI^2$ توان مصرفی مقاومت 7Ω بیشتر از مقاومت 3Ω است. در نتیجه بیشینه توان مصرفی یا گرمای تولید شده مربوط به مقاومت 7Ω است.



راهنمای دوم: اختلاف پتانسیل دو سر شاخه‌های موازی با هم برابر است. از این رو می‌توان رابطه بین جریان شاخه بالایی I_1 و شاخه پایینی

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

I_2 را به دست آورد.

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

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

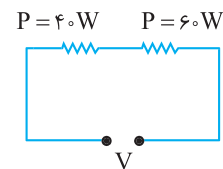
$$U_{12\Omega} = RI_2^2 t \Rightarrow U_{12\Omega} = 12I_2^2 t$$

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

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

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

چون دو لامپ به طور متوالی به برق شهر بسته شده‌اند، مقاومت آن‌ها با هم جمع می‌شود:



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

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

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

راهنمای دوم: در حالی 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

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

می‌شود، در این صورت:

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

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

راهنمای اول: روی وسایل برقی مانند لامپ معمولاً دو عدد نوشته شده است. یکی ولتاژی که با آن وسیله برقی کار می‌کند که برای برق شهرهای ایران 220 V 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 200 V و 100 W یعنی هرگاه هر یک از این لامپ‌ها به برق 200 V متصل شوند توان مصرفی آن‌ها 100 W 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 200 V وصل بوده، همان 100 W است. لامپ‌های L_1 و L_2 متوالی هستند و مقاومت آن‌ها با هم جمع می‌شود و توان کل مجموعه

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

L_1 و L_2 با هم، برابر است با:

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



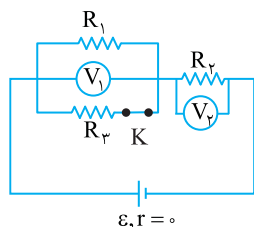
جریان کل مدار از فیوز عبور می‌کند. جریان مدار برابر $I = \frac{V}{R_{eq}}$ است که حداکثر I برابر $15A$ و اختلاف پتانسیل (V) نیز برابر $150V$ است از این رو مقاومت معادل

خواهد شد:

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

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

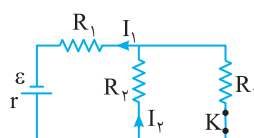
اگر n مقاومت مشابه R موازی بسته شوند، مقاومت معادل آن‌ها $\frac{R}{n}$ می‌شود. بنابراین:



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 $V_p = R_p I$ نیز زیاد می‌شود. مولد مقاومت درونی ندارد و ولتاژ دو سر آن ε ثابت است، از این رو با افزایش V_p ، V_1 کاهش می‌یابد، زیرا:

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

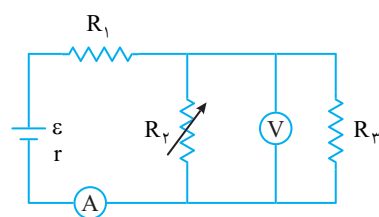
↓
ثابت



با وصل کلید K ، به صورت موازی به R_p اضافه می‌شود و مقاومت معادل مدار کاهش می‌یابد. به این ترتیب جریان اصلی مدار (I_1) زیاد می‌شود.

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

$$\downarrow V_{2,3} = \downarrow V_{\text{باتری}} - V_1 \uparrow \Rightarrow \downarrow V_{2,3} = \underbrace{R_p I_p}_{\text{ثابت}} \Rightarrow I_p \text{ کاهش می‌یابد}$$



با افزایش R_p مقاومت معادل R_p و R_1 افزایش یافته و مقاومت کل مدار نیز زیاد می‌شود و جریان مدار که

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

آمپرسنج نشان می‌دهد. کاهش می‌یابد:

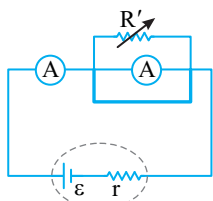
جریان کاهش می‌یابد و آمپرسنج عدد کمتری را نشان می‌دهد.

با کاهش جریان، ولتاژ کل افزایش ($\uparrow V = \varepsilon - \downarrow I r$) و ولتاژ دو سر R_1 یعنی $I R_1$ کاهش می‌یابد، بنابراین عددی که

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

ولت سنج نشان می‌دهد افزایش می‌یابد.

بنابراین ولتسنج عدد بیشتری را نمایش می‌دهد.

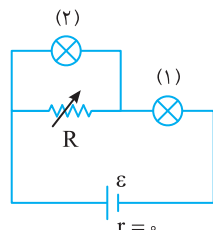


مقاومت R' اتصال کوتاه شده و در مدار قرار ندارد و هرگونه تغییر در آن، در مدار تغییری ایجاد نمی‌کند. ولتسنج متوالی بسته شده و جریان مدار صفر است، در این حالت ولتسنج نیروی محرکه باتری ε را نشان می‌دهد که در آن تغییری حاصل نمی‌شود.

با کاهش مقاومت R_p ، مقاومت معادل کاهش و جریان کل افزایش می‌یابد. اما چون مقاومت درونی باتری $r = 0$ است، اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌ها تغییر نمی‌کند.

$$P = \frac{V^2}{R} \quad \text{طبق رابطه} \quad P = \frac{V^2}{R} \quad \text{و ثابت می‌ماند. اما توان تلف شده در } R_p, \quad \text{بنابراین توان تلف شده در } R_1 \text{ تغییر نکرده } (P_1 = \frac{V^2}{R_1} = \frac{\varepsilon^2}{R_1})$$

افزایش می‌یابد.



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

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

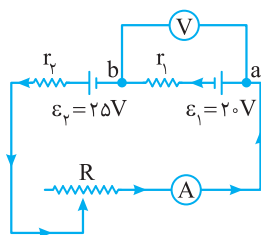
ولتاژ دو سر لامپ (۱) افزایش یافته ($\uparrow V_1 = \uparrow I R_1$) و نور لامپ (۱) زیاد می‌شود.

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

با کاهش اختلاف پتانسیل دو سر لامپ، نور لامپ کاهش می‌یابد.

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

↑
افزایش



ابتدا به مدار نگاه کرده و با مدار حرف بزنید مثلاً بپرسید جریان کدام سو است تا جواب بگیرید. چون ε_2 برابر $25V$ و ε_1 برابر $20V$ است، پس جهت جریان در جهت جریان خروجی از باتری (۲) به صورت 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 رابطه جریان داریم:

$$I = \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{R + r_1 + r_2} \xrightarrow{\text{R کاهش یافته}} \text{I افزایش می‌یابد}$$

در نتیجه با افزایش جریان، آمپرسنج عدد بزرگ‌تری را نشان می‌دهد.

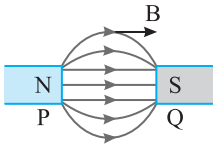
اکنون به مدار نگاه می‌کنیم و می‌بینیم که ولت‌سنج، اختلاف پتانسیل دو سر ε_1 را نمایش می‌دهد، حال از قانون ولتاژ استفاده می‌کنیم:

$$V_a - \varepsilon_1 - Ir_1 = V_b \Rightarrow V_a - V_b = \varepsilon_1 + Ir_1 \Rightarrow \uparrow V_1 = \varepsilon_1 + \uparrow Ir_1$$

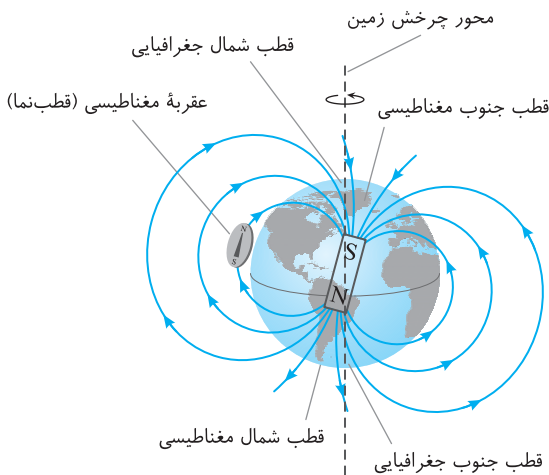
بنابراین ولت‌سنج عدد بزرگ‌تری را نشان می‌دهد.

$$\uparrow V_1 = \varepsilon_1 + \uparrow Ir_1$$

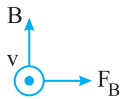
البته می‌توانستیم بگوییم چون جریان از قطب مثبت وارد ε_1 می‌شود، باتری ε_1 شبیه یک مصرف‌کننده است و ولتاژ دو سر آن خواهد شد:



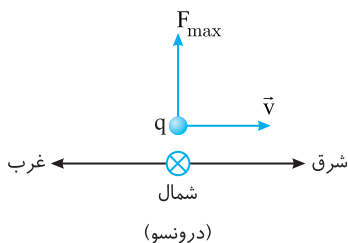
۱ ۲ ۱ A بردار میدان مغناطیسی بر خط‌های میدان مماس بوده و سوی میدان هم‌سو با سوی خطوط است. بنابراین مطابق شکل باید مکان P قطب N و مکان Q قطب S باشد.



۲ ۲ ۱ A زمین یک آهنربای بزرگ است که قطب S آن در شمال جغرافیایی و قطب N آن در جنوب جغرافیایی قرار دارد اما این قطب‌ها بر هم منطبق نبوده و قطب جنوب مغناطیسی تقریباً ۱۸۰۰ کیلومتری قطب شمال جغرافیایی است. یعنی عقربه مغناطیسی قطب‌نما قطب شمال جغرافیایی را به درستی نمایش نمی‌دهد.



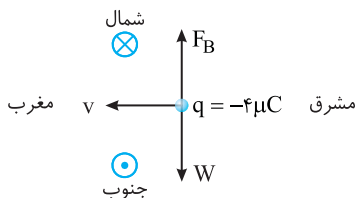
۳ ۳ ۱ A ذره به سمت شما در حرکت است. می‌توان فرض کرد که ذره از صفحه کاغذی که الان نگاه می‌کنید بیرون می‌آید و به سمت شما در حرکت است پس جهت سرعت ذره برونسو است. الکترون دارای بار منفی است. پس چهار انگشت دست چپ را که جهت سرعت بوده به سوی خودتان قرار دهید به گونه‌ای که انگشت شست که جهت نیروی وارد بر باریکه الکترون را نشان می‌دهد به سوی دست راست شما (یعنی جهت انحراف باریکه) قرار گیرد. در این حالت کف دست چپ شما به سمت بالا قرار دارد که نشان می‌دهد میدان مغناطیسی از پایین به بالا است.



۴ ۴ ۱ A با توجه به قاعده دست راست ابتدا انگشت شست را در جهت نیرو و به بالا قرار می‌دهیم و چهار انگشت دیگر را در سوی شرق می‌گیریم در این صورت مطابق شکل میدان مغناطیسی درونسو یعنی در جهت شمال می‌باشد. وقتی نیرویی بیشینه است که بردار سرعت بر بردار میدان عمود باشد $(\theta = 90^\circ)$:

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

۵ ۵ ۱ A 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 ۶ ۱ B نیرویی که از طرف میدان بر ذره وارد می‌شود، باید نیروی وزن را خنثی کند یعنی باید مطابق شکل رو به بالا باشد. در این صورت بنا به قاعده دست راست و برای بار منفی باید میدان مغناطیسی رو به شمال باشد.

$$F_T = 0 \Rightarrow F_B = W \Rightarrow qvB = mg \Rightarrow 4 \times 10^{-6} \times 200 \times B = 2 \times 10^{-4}$$

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

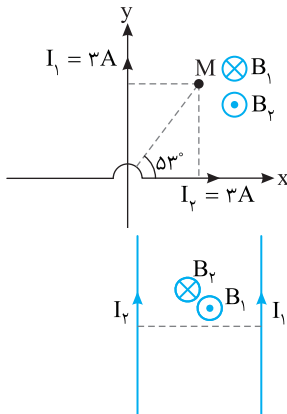
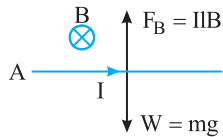
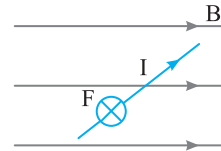
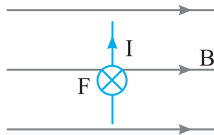
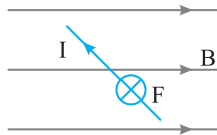
بنابراین میدان ۰/۲۵T و رو به شمال است.

۷ ۷ ۱ A بیشینه نیروی مغناطیسی برای حالتی است که سیم بر خطوط میدان عمود شود یعنی سیم از وضعیت اولیه خود 45° ساعتگرد بچرخد.

$$F_1 = IIB \sin 45^\circ \Rightarrow F_1 = \frac{\sqrt{2}}{2} IIB$$

$$F_2 = IIB \sin 90^\circ \Rightarrow F_2 = IIB$$

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



۳۸ (B) برای آن که ریسمان‌ها کشیدگی پیدا نکنند، باید نیروی وزن سیم با نیرویی که میدان مغناطیسی بر سیم وارد می‌کند،

خنثی شود، بنابراین نیروی مغناطیسی باید رو به بالا و هم‌اندازه با نیروی وزن باشد:

$$F_B = W \Rightarrow IIB = mg \Rightarrow 2 \times 10^{-2} \times 5 \times B = 0.4 \times 10^{-2} \Rightarrow B = 0.8 \text{ T}$$

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

۲۹ (B) با توجه به شکل فاصله نقطه M از سیم I_1 بیشتر از فاصله نقطه M از سیم I_2 است. بنابراین میدان مغناطیسی

سیم I_1 از میدان مغناطیسی سیم I_2 کوچک‌تر است. با توجه به قاعده دست راست میدان مغناطیسی سیم I_1 درون‌سو

و میدان مغناطیسی سیم I_2 برون‌سو است. بنابراین میدان مغناطیسی برآیند درون‌سو خواهد بود.

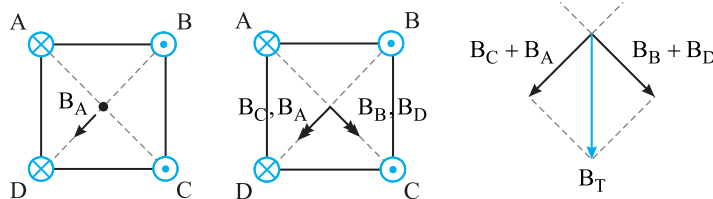
۴۱۰ (A) جریان‌ها هم‌سو بوده و میدان مغناطیسی حاصل از آن‌ها بین دو سیم خلاف جهت هم بوده و در نقطه‌ای بین دو سیم

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.

۲۱۱ (B) با استفاده از قاعده دست راست، میدان حاصل از هر سیم را در مرکز مربع بیابید. سپس به شکل‌های زیر نگاه کنید تا نحوه آوردن میدان مغناطیسی خالص برای شما

مشخص شود. (اندازه هر چهار میدان با هم برابر است.)



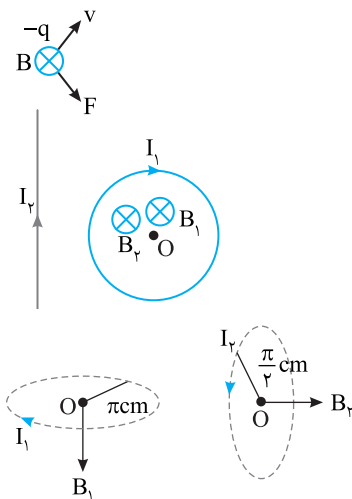
۲۱۲ (A) ابتدا جهت میدان مغناطیسی برآیند (خالص) ناشی از دو سیم I_1 و I_2 را بین دو سیم در مسیر بار q به کمک

قاعده دست راست مشخص کنید. حق با شماست میدان هر دو سیم درون‌سو است و میدان خالص نیز درون‌سو است اکنون به

کمک قاعده دست چپ برای بار منفی جهت نیروی وارد بر بار q را به دست می‌آوریم.

۱۱۳ (A) با توجه به قاعده دست راست جهت میدان‌های B_1 و B_2 ناشی از جریان‌های I_1 و I_2 در نقطه O درون‌سو

بوده و هم‌جهت‌اند، پس دو میدان با هم جمع می‌شود، بنابراین میدان مغناطیسی برآیند (خالص) درون‌سو است.



۴۱۴ (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:

$$B_1 = \frac{\mu_0}{2} \times \frac{NI}{R} \Rightarrow B_1 = 2\pi \times 10^{-7} \times \frac{2}{\pi \times 10^{-2}} = 4 \times 10^{-5} \text{ T}$$

$$B_2 = 2\pi \times 10^{-7} \times \frac{3}{\frac{\pi}{2} \times 10^{-2}} = 12 \times 10^{-5} \text{ T}$$

در این صورت بردار میدان خالص خواهد شد:

$$\vec{B} = 12 \times 10^{-5} \vec{i} - 4 \times 10^{-5} \vec{j} = (12\vec{i} - 4\vec{j}) \times 10^{-5}$$

۴۱۵ (A) میدان مغناطیسی در مرکز حلقه در امتداد محور عمود بر حلقه بوده و باریکه الکترون در راستای خط میدان در حرکت است و بر آن نیرویی وارد نشده و از مسیر خود منحرف

نمی‌شود.



هر تسلا برابر 10^4 گاوس است، با توجه به رابطه میدان مغناطیسی برای سیملوله داریم: (۳۱۶) A

$$B = \mu_0 \frac{N}{l} I \Rightarrow B = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{200}{0.2} \times 5 = 20\pi \times 10^{-4} \text{ T} \Rightarrow B = 20\pi \text{ G}$$

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

با استفاده از توان مصرفی مقاومت $R = 2 \Omega$ ، جریان مدار را حساب می‌کنیم. (۲۱۷) A

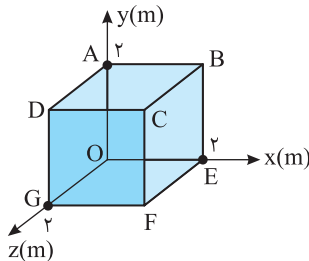
سیملوله و مقاومت به‌طور متوالی بسته شده‌اند و از سیملوله نیز جریان 2 A می‌گذرد. حال با استفاده از رابطه $B = \mu_0 \frac{N}{l} I$ میدان درون سیملوله را حساب

$$B = \mu_0 \frac{N}{l} I \Rightarrow B = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{300}{1} \times 2 = 240\pi \times 10^{-7} = 2/4\pi \times 10^{-5} \text{ T}$$

می‌کنیم:

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. (۱۱۸) A

فصل ۴: پاسخ تشریحی تست‌های در پاسخ



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

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

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

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

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

بنابراین حلقه $30^\circ = 90^\circ - 60^\circ$ چرخیده است.

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.

خط‌نکته: π رادیان، برابر 180° درجه است، پس $\frac{\pi}{2}$ رادیان، 90° ، $\frac{3\pi}{2}$ رادیان، 270° و 2π رادیان، 360° است.

$$t_1 = \frac{1}{200} s \Rightarrow \Phi_1 = 4 \times 10^{-3} \cos 10^\circ \pi \times \frac{1}{200} \Rightarrow \Phi_1 = 4 \times 10^{-3} \cos \frac{\pi}{2} \Rightarrow \Phi_1 = 0$$

$$t_2 = \frac{1}{100} s \Rightarrow \Phi_2 = 4 \times 10^{-3} \cos 10^\circ \pi \times \frac{1}{100} \Rightarrow \Phi_2 = 4 \times 10^{-3} \cos \pi \Rightarrow \Phi_2 = 4 \times 10^{-3} \cos 180^\circ = -4 \times 10^{-3} Wb$$

حال با توجه به قانون القای الکترومغناطیسی فاراده، نیروی محرکه القایی متوسط را حساب می‌کنیم:

$$|\bar{\varepsilon}| = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \xrightarrow{N=1} |\bar{\varepsilon}| = -6 \times \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{t_2 - t_1} \Rightarrow |\bar{\varepsilon}| = \frac{-6 \times (-4 \times 10^{-3} - 0)}{\frac{1}{100} - \frac{1}{200}} \Rightarrow |\bar{\varepsilon}| = 4.8 V$$

از ترکیب قانون القای الکترومغناطیسی فاراده و قانون اهم خواهیم داشت:

$$\begin{cases} |\bar{\varepsilon}| = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \\ I = \frac{|\bar{\varepsilon}|}{R} \end{cases} \Rightarrow I = N \frac{\Delta \Phi}{R \Delta t} \Rightarrow I \Delta t = \frac{N}{R} |\Delta \Phi| \xrightarrow{\Delta q = I \Delta t} \Delta q = \frac{N}{R} |\Delta \Phi| \Rightarrow \text{شار} = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{N}{R} \frac{|\Delta \Phi|}{\Delta t}$$

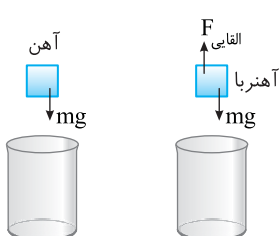
آهنگ تغییر میدان مغناطیسی یعنی $\frac{\Delta B}{\Delta t}$ ، از این‌رو بنا بر قانون القای الکترومغناطیسی فاراده می‌توان نوشت:

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

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

ابتدا نیروی محرکه القایی را به کمک قانون اهم به دست می‌آوریم سپس مقدار به دست آمده را در رابطه بالا قرار می‌دهیم:

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



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 پدیده القارخ نمی‌دهد، با شتاب g سقوط می‌کند و بنابراین سرعت آهنربا

نسبت به آهن کمتر است.



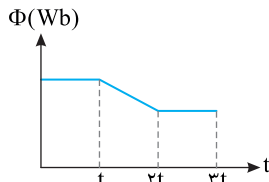
۳۸ (A) در صورت مسأله بیان شده که میله با سرعت ثابت به سمت راست کشیده شده است و پرسیده شده که جهت نیروی وارد بر سیم از طرف شخصی که آن را حرکت می‌دهد در کدام جهت است که واضح است این نیرو به سمت راست می‌باشد!

۴۹ (B) ابتدا نیروی محرکه القایی را به دست می‌آوریم:
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 برعکس باشد. طبق قانون دست راست جهت جریان در جهت (۲) می‌باشد.

۲۱۰ (A) ابتدا نیروی محرکه القایی را به دست می‌آوریم:

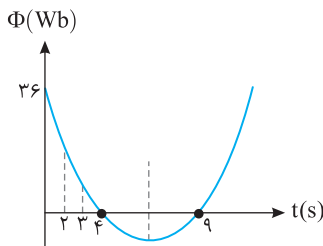
$$I = \frac{\varepsilon}{R} \Rightarrow \frac{0}{5} = \frac{\varepsilon}{2} \Rightarrow \varepsilon = 0.1 \text{ V}$$

$$\varepsilon = vBI \Rightarrow 0.1 = v \times 0.1 \times 0.25 \Rightarrow v = 4 \text{ m/s}$$



۳۱۱ (A) در بازه ۰ تا t و t تا ۲t، شار ثابت است و نیروی محرکه القایی صفر است. در بازه ۲t تا ۳t شار به طور خطی کاهش می‌یابد، پس شیب خط شار - زمان ثابت و منفی است، بنابراین نیروی محرکه القایی متوسط مثبت است و گزینه (۳) درست است.

۲۱۲ (C)



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

۱ ریشه‌های معادله $t = 4s$ و $t = 9s$ است که مجموع آن‌ها $s = 13$ و حاصل ضرب آن‌ها $p = 4 \times 9 = 36$ است و معادله $\Phi = t^2 - 13t + 36$ شار زمان خواهد شد:

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

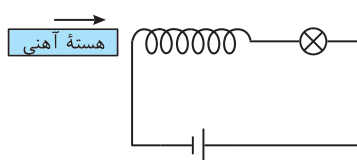
$$t_1 = 2s \Rightarrow \Phi_1 = 4 - 26 + 36 \Rightarrow \Phi_1 = 14 \text{ Wb}$$

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

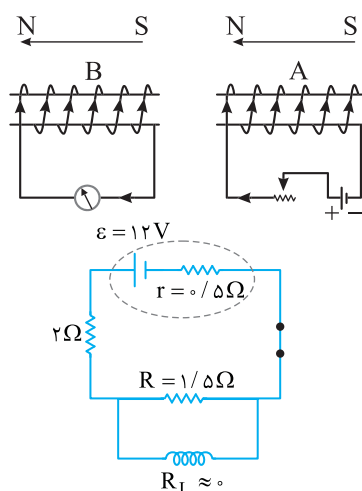
$$\Rightarrow \Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = 6 - 14 = -8 \text{ Wb}$$

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

نیروی محرکه القایی متوسط در ثانیه سوم خواهد شد:



۴۱۳ (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 هسته آهنی در سیملوله قرار می‌گیرد، میدان مغناطیسی درون سیملوله افزایش می‌یابد. بنابراین در بازه زمانی‌ای که هسته آهنی وارد سیملوله می‌شود، میدان مغناطیسی زیاد شده، شار مغناطیسی گذرنده از سیملوله افزایش یافته و در آن نیروی محرکه خود - القاوری به وجود می‌آید که با تغییر شار مخالفت می‌کند. این نیروی محرکه خود - القاوری سبب کاهش جریان مدار و کاهش نور لامپ می‌شود. اما پس از استقرار کامل هسته درون سیملوله، تغییر شار از بین رفته، نیروی محرکه خود - القاوری صفر شده و جریان و نور لامپ به حالت اولیه باز می‌گردد.



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

۳۱۵ (B) در لحظه وصل کلید، به دلیل اثر خود - القاوری در القاگر جریان گذرنده از القاگر ناچیز و تمام جریان مدار از مقاومت

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} \Rightarrow I = \frac{12}{3/5 + 0/5} \Rightarrow I = 3 \text{ A}$$

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:

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} \Rightarrow I = \frac{12}{2 + 0/5} \Rightarrow I = 4/8 \text{ A}$$

از این رو جریان مقاومت R بلافاصله پس از وصل کلید ۳A و سرانجام صفر می‌شود و نمودار گزینه (۳) درست است.

۳۱۶ (A)

خط‌نک: این مسئله ترکیبی از مغناطیس و الکترومغناطیس است یعنی باید ابتدا به کمک میدان مغناطیسی سیملوله، جریان سیملوله را به دست بیاوریم و سپس به کمک رابطه انرژی القاگر، انرژی را حساب کنیم.

$$B = \mu_0 \frac{N}{L} I \Rightarrow 1.8 \times 10^{-4} = 1.2 \times 10^{-7} \times \frac{100}{0.5} I \Rightarrow I = \frac{1.5}{2} A$$

میدان مغناطیسی سیملوله برابر است با:

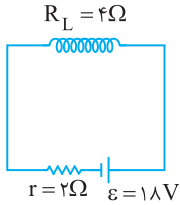
$$U = \frac{1}{2} L I^2 \Rightarrow U = \frac{1}{2} \times 0.4 \left(\frac{1.5}{2} \right)^2 = \frac{1}{2} \times 0.4 \times \frac{2.25}{4} \Rightarrow U = 1/25 J$$

اکنون انرژی را حساب می‌کنیم:

① ۱۷ ② B

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

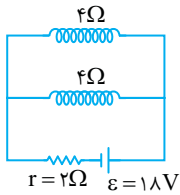
قبل از بستن کلید تنها یک القاگر با مقاومت $R_L = 4\Omega$ در مدار است و جریان در حالت اول خواهد شد:



$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} \Rightarrow I_1 = \frac{1.8}{4+2} \Rightarrow I_1 = 0.3 A$$

$$U = \frac{1}{2} L I^2 \Rightarrow U_1 = \frac{1}{2} L (0.3)^2 = U_1 = \frac{1}{2} L (0.9)$$

انرژی ذخیره شده در القاگر برابر است با:



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

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

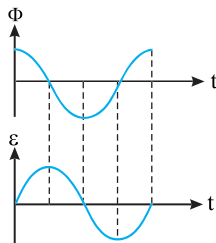
$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq}+r} \Rightarrow I_2 = \frac{1.8}{2+2} \Rightarrow I_2 = \frac{0.9}{2} A$$

اکنون انرژی ذخیره شده در مجموع القاگرها را حساب می‌کنیم. مقاومت القاگرها، یکسان است پس از هر القاگر جریان $\frac{0.9}{2} = \frac{0.45}{1} A$ می‌گذرد. از این‌رو:

$$U_2 = \frac{1}{2} L I_2^2 + \frac{1}{2} L I_2^2 \Rightarrow U_2 = L I_2^2 = L \left(\frac{0.9}{2} \right)^2$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{\frac{1}{2} L (0.9)}{L \left(\frac{0.9}{2} \right)^2} \Rightarrow \frac{U_1}{U_2} = \frac{\frac{0.9}{2}}{\left(\frac{0.9}{2} \right)^2} = \frac{2}{0.9}$$

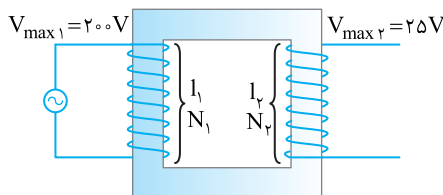
نسبت انرژی ذخیره شده در القاگر قبل از بسته شدن کلید بر حالتی که کلید بسته است برابر است با:



④ ۱۸ ① A معادله شار - زمان در مولد جریان متناوب به صورت $\Phi = BA \cos \frac{2\pi}{T} t$ و معادله نیروی محرکه - زمان آن به

صورت $\varepsilon = \varepsilon_m \sin \frac{2\pi}{T} t$ است و نمودار آن‌ها به شکل روبه‌رو می‌باشد و در لحظه‌ای که Φ بیشینه است، ε صفر و هنگامی که

$\Phi = 0$ است، نیروی محرکه بیشینه است.



$$\frac{N_1}{I_1} = \frac{N_2}{I_2}$$

④ ۱۹ ② B تعداد دور سیم‌پیچ‌ها در واحد طول برابر است با $\frac{N}{l}$ بنابراین:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow \frac{N_1}{N_2} = \frac{200}{25} = 8$$

چون هر دو سیم دور یک حلقه پیچیده می‌شوند، $A_1 = A_2 = A$ ، بنابراین:

$$\frac{L_2}{L_1} = \frac{\frac{\mu_0 N_2^2 A_2}{l_2}}{\frac{\mu_0 N_1^2 A_1}{l_1}} = \frac{\frac{N_2}{l_1} \times N_1}{\frac{N_2}{l_2} \times N_2} = \frac{N_1}{N_2} = 8 \Rightarrow \frac{L_1}{L_2} = \frac{1}{8}$$

* در واقع ضریب القاوری برای یک پیچه دارای هسته آهنی به صورت $L = \frac{K \mu_0 N^2 A}{l}$ است که K را تراوایی نسبی مغناطیسی هسته گویند که در این‌جا چون هسته‌ها

یکسان است در نسبت $\frac{L_2}{L_1}$ تأثیری ندارد.