

پاسخ پرسش‌های چهارگزینه‌ای کنکور ۱۴۰۰

برابر اختلاف دو نیرو است:

$$|\vec{F}_r| = |\vec{F}_{r1} - \vec{F}_{r2}| \Rightarrow |\vec{F}_r| = \frac{(144 - 9) \times 10^{-12} \text{ k}}{r^2} = \frac{135 \times 10^{-12} \text{ k}}{r^2}$$

خلاف جهت هم

۳ نیروی خالص وارد بر بار q_1 را حساب می‌کنیم:

$$q_3 = -36 \mu\text{C} \quad q_2 = 4 \mu\text{C} \quad q_1 = -9 \mu\text{C}$$

$r \quad 2r \quad F_{r1} \quad F_{r2}$

$$|\vec{F}_{r1}| = |\vec{F}_{r2}| = \frac{9 \times 10^{-12} \text{ k}}{r^2}$$

$$F_{r1} = k \frac{|q_1||q_2|}{(3r)^2} \Rightarrow F_{r1} = k \times \frac{9 \times 36 \times 10^{-12}}{9r^2} \Rightarrow F_{r1} = \frac{36 \times 10^{-12} \text{ k}}{r^2}$$

دو بردار F_{r1} و F_{r2} خلاف جهت هم‌اند بنابراین:

$$|\vec{F}_r| = |\vec{F}_{r1} - \vec{F}_{r2}| \Rightarrow F_r = \frac{27 \times 10^{-12} \text{ k}}{r^2}$$

خلاف جهت هم

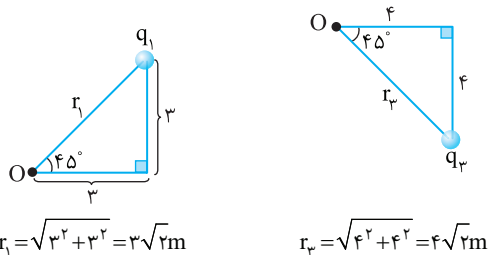
$$\frac{F_r}{F_1} = \frac{\frac{135 \times 10^{-12} \text{ k}}{r^2}}{\frac{27 \times 10^{-12} \text{ k}}{r^2}} = 5$$

۴ حال نسبت خواسته شده را به‌دست می‌آوریم:

خط فکری

با سؤال طولانی و وقت‌گیری سروکار داریم. بار q_1 و q_3 و مکان آن‌ها مشخص است، ابتدا بزرگی میدان این دو بار در مبدأ مختصات را حساب می‌کنیم و با داشتن میدان خالص در نقطه O می‌توان بزرگی میدان بار q_2 در مرکز و مقدار بار آن را حساب کرد.

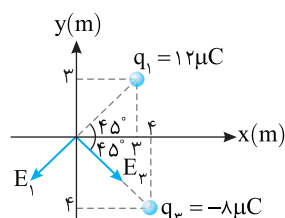
۱ فاصله دو بار q_1 و q_3 را تا نقطه O به کمک فیثاغورس حساب می‌کنیم.



میانبر البته با توجه به زاویه 45° مثلث قائم‌الزاویه مشخص است که وتر $\sqrt{2}$ برابر ساق‌ها است.

۲ بار q_1 مثبت و میدان در راستای خط واصل بار و نقطه O بوده و از بار q_3 خارج می‌شود. بار q_3 منفی بوده و میدان در راستای خط واصل بار و نقطه O بوده و به بار q_3 وارد می‌شود. حال بزرگی میدان‌ها را حساب می‌کنیم:

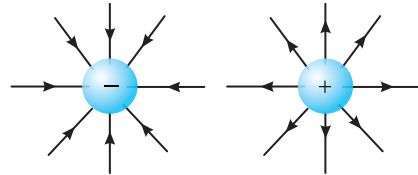
$$E_1 = k \frac{q_1}{r_1^2} \Rightarrow E_1 = \frac{9 \times 10^9 \times 12 \times 10^{-6}}{18} = 6 \times 10^3 \text{ N/C}$$



$$E_r = k \frac{q_3}{r_3^2} \Rightarrow E_r = \frac{9 \times 10^9 \times 8 \times 10^{-6}}{32} = \frac{9}{4} \times 10^3 \text{ N/C}$$

۱ نکته

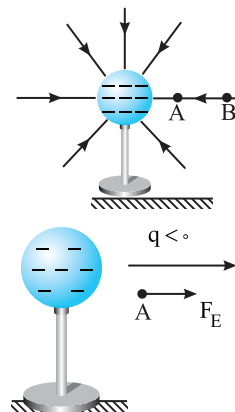
خطوط میدان به بار منفی وارد و از بار مثبت خارج می‌شود:



۲ با جابه‌جایی بار در جهت خطوط میدان پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد و بالعکس.

۱ خطوط میدان اطراف کره فلزی دارای بار

منفی را رسم می‌کنیم:



ذره از A تا B خلاف جهت خطوط میدان در حال حرکت بوده و پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد: $V_B > V_A$

۲ بار منفی از گوی منفی در حال دور شدن

است، نیروی الکتریکی وارد بر ذره و جهت جابه‌جایی ذره در یک جهت است پس کار میدان الکتریکی مثبت است، اما تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی قرینه کار میدان الکتریکی بوده و منفی است.

البته می‌توانستیم بگوییم که ذره با بار منفی از گوی منفی دور شده که یک حرکت خودبه‌خودی بوده پس انرژی پتانسیل کاهش می‌یابد و ΔU منفی است.

$$\Delta U_{BA} < 0 \Rightarrow U_B - U_A < 0 \Rightarrow U_B < U_A$$

۲ خط فکری

در حل این سؤال ابتدا باید از فرض مسئله یعنی صفر بودن نیروهای وارد بر بارها استفاده کنیم و رابطه‌ای بین فاصله بارها به‌دست آوریم و در گام بعدی جای بارهای q_1 و q_3 را جابه‌جا کرد و نیروی خالص وارد بر بار q_2 و q_1 را برحسب رابطه‌ای که برای فاصله‌ها به‌دست آوردیم محاسبه کنیم.

۱ با توجه به شکل زیر باید یک رابطه بین x و r به‌دست آوریم، از این‌رو مطابق فرض مسئله نیروی خالص وارد بر q_2 را صفر گرفته‌ایم، در این صورت نیروهایی که دو بار q_1 و q_3 به بار q_2 وارد می‌کنند باید هم‌اندازه و خلاف جهت هم باشند:

$$F_{12} = F_{32} \Rightarrow k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} = k \frac{|q_3||q_2|}{x^2} \Rightarrow \frac{9}{r^2} = \frac{36}{x^2} \Rightarrow \frac{x^2}{r^2} = 4 \Rightarrow x = 2r$$

$q_1 = -9 \mu\text{C} \quad q_2 = 4 \mu\text{C} \quad q_3 = -36 \mu\text{C}$

$r \quad x \quad F_{12} \quad F_{32}$

برایند نیروهای وارد بر q_2 را صفر می‌گیریم.

۲ جای بارهای q_1 و q_3 را عوض کرده و نیروی خالص وارد بر بار q_2 را حساب می‌کنیم:

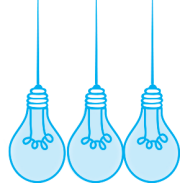
$$q_3 = -36 \mu\text{C} \quad q_2 = 4 \mu\text{C} \quad q_1 = -9 \mu\text{C}$$

$r \quad F_{r2} \quad F_{12} \quad 2r$

$$F_{12} = k \frac{|q_1||q_2|}{(2r)^2} \Rightarrow F_{12} = k \times \frac{9 \times 4 \times 10^{-12}}{4r^2} = \frac{9 \times 10^{-12} \text{ k}}{r^2}$$

$$F_{r2} = k \frac{|q_3||q_2|}{(r)^2} \Rightarrow F_{r2} = k \times \frac{36 \times 4 \times 10^{-12}}{r^2} = \frac{144 \times 10^{-12} \text{ k}}{r^2}$$

دو بردار F_{12} و F_{r2} خلاف جهت هم‌اند بنابراین بزرگی نیروی خالص وارد بر q_2



خط فکری

ظرفیت خازن به شکل هندسی خازن بستگی داشته و با توجه

به رابطه $C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d}$ با تغییر فاصله دو صفحه (d) ظرفیت خازن تغییر می کند.

هر فاراد برابر 10^{12} پیکوفاراد است.

ظرفیت خازن را در حالت اول به دست می آوریم:

$$C_1 = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d_1} \Rightarrow C_1 = 4 \times 8 / 85 \times 10^{-12} \times \frac{2 \times 10^{-4}}{5 \times 10^{-3}} = 14 / 16 \times 10^{-13} \text{ F}$$

$$\xrightarrow{1 \text{ F} = 10^{12} \text{ pF}} C_1 = 14 / 16 \times 10^{-1} \text{ pF} = 1 / 416 \text{ pF}$$

فاصله بین صفحات ۳mm کاهش یافته:

ظرفیت خازن را در حالت دوم به دست می آوریم:

$$C_2 = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d_2} \Rightarrow C_2 = 4 \times 8 / 85 \times 10^{-12} \times \frac{2 \times 10^{-4}}{2 \times 10^{-3}} = 35 / 4 \times 10^{-13} \text{ F}$$

$$\xrightarrow{1 \text{ F} = 10^{12} \text{ pF}} C_2 = 35 / 4 \times 10^{-1} \text{ pF} = 3 / 4 \text{ pF}$$

حال اختلاف ظرفیت خازن را در دو حالت به دست می آوریم:

$$\Delta C = C_2 - C_1 \Rightarrow \Delta C = 3 / 4 - 1 / 416 = 2 / 124 \text{ pF}$$

خط فکری

بارهای q_1 و q_2 محاسبه می شود. برآیند نیروهای وارد بر بار q_2 ، فاصله بار q_2 از q_1 و q_2 به دست می آوریم. به این منظور مراحل زیر را انجام می دهیم.

دو بار ناهمنام هستند، بنابراین بار q_2 باید در خارج خط وصل دو بار و نزدیک بار کوچک تر قرار گیرد. برای آنکه نیروی وارد بر q_2 صفر شود باید دو نیروی F_{12} و F_{23} هم اندازه باشند.

$$\begin{array}{c} x \\ \leftarrow q_2 \quad \leftarrow F_{23} \quad \leftarrow q_1 = 2 \mu\text{C} \\ \leftarrow F_{12} \quad \leftarrow q_2 = -5 \mu\text{C} \end{array}$$

$$F_{12} = F_{23} = k \frac{|q_1||q_2|}{x^2} = k \frac{|q_1||q_2|}{(30+x)^2} \Rightarrow \frac{20}{x^2} = \frac{20}{(30+x)^2}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{x^2} = \frac{1}{(30+x)^2} \Rightarrow 2x = 30+x \Rightarrow x = 30 \text{ cm}$$

نیروی که بارهای q_1 و q_2 بر هم وارد می کنند برابر است با:

$$F_{12} = k \frac{|q_1||q_2|}{r_{12}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{5 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{9 \times 10^{-2}} \Rightarrow F_{12} = 10 \text{ N}$$

این نیرو جاذبه است و بر q_2 به سمت راست وارد می شود.

نیروی که بار q_3 بر q_2 وارد می کند نیز جاذبه بوده و به سمت چپ است و

مقدار آن برابر است با:

$$F_{23} = k \frac{|q_2||q_3|}{r_{23}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{5 \times 10^{-6} \times 5 \times 10^{-6}}{9 \times 10^{-2}} = 7 / 5 \text{ N}$$

نیروی خالص وارد بر q_2 خواهد شد:

$$F_2 = F_{12} - F_{23} = 10 - 7 / 5 = 2 / 5 \text{ N}$$

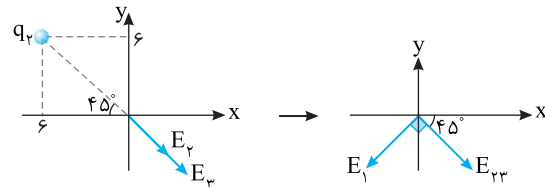
$$\begin{array}{c} 30 \text{ cm} \quad F_{23} \quad F_{12} \quad 30 \text{ cm} \quad q_1 = 2 \mu\text{C} \\ \leftarrow q_2 = 5 \mu\text{C} \quad \leftarrow q_2 = -5 \mu\text{C} \end{array}$$

بار q_2 نیز مثبت است و میدان در نقطه O در راستای خط وصل بین بار q_2 و O است از بار q_2 خارج می شود، بنابراین میدان های E_2 و E_3 هم جهت اند و برآیند آن ها مطابق شکل با میدان E_1 عمود است.

$$E_T = \sqrt{E_1^2 + E_{23}^2} \Rightarrow E_T^2 = E_1^2 + E_{23}^2$$

$$\Rightarrow 7 / 5 \times 7 / 5 \times 10^6 = 6 \times 6 \times 10^6 + E_{23}^2$$

$$E_{23}^2 = (7 / 5 \times 7 / 5 - 6 \times 6) \times 10^6 = 20 / 25 \times 10^6 \Rightarrow E_{23} = 4 / 5 \times 10^3 \text{ N/C}$$



البته با توجه به اعداد فیثاغورس ۳، ۴ و ۵ که به ۵/۴ و ۶/۵ تبدیل شده بودند می توانستیم سریع تر به E_{23} برسیم.

$$E_{23} = E_2 + E_3 \Rightarrow 4 / 5 \times 10^3 = E_2 + \frac{9}{4} \times 10^3$$

$$\Rightarrow E_2 = 2 / 25 \times 10^3$$

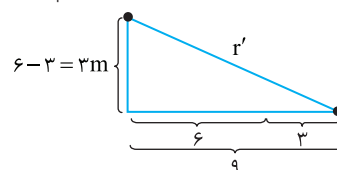
حال با توجه به E_2 ، q_2 را به دست می آوریم. ابتدا فاصله q_2 تا نقطه O را با توجه به فیثاغورس حساب می کنیم:

$$r_2 = \sqrt{6^2 + 6^2} \Rightarrow r_2 = 6\sqrt{2}$$

$$E_2 = k \frac{q_2}{r_2^2} \Rightarrow 2 / 25 \times 10^3 = \frac{9 \times 10^9 \times q_2}{72}$$

$$\Rightarrow q_2 = 18 \times 10^{-6} \text{ C}$$

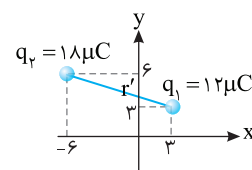
حال فاصله بین بار q_1 و q_2 را با توجه به فیثاغورس حساب کرده و سپس به کمک قانون کولن اندازه این نیرو را حساب می کنیم.



$$r' = \sqrt{(9)^2 + (3)^2} \Rightarrow r' = \sqrt{81 + 9} = \sqrt{90} \text{ m}$$

$$F_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r'^2} \Rightarrow F_{12} = 9 \times 10^9 \times \frac{12 \times 18 \times 10^{-6}}{90}$$

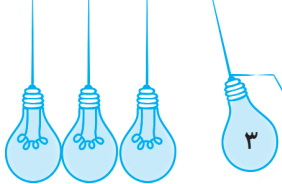
$$\Rightarrow F_{12} = 12 \times 18 \times 10^{-4} = 2 / 16 \times 10^{-2} \text{ N}$$



فاصله دو نقطه به مختصات (x_1, y_1) و (x_2, y_2) را می توان به کمک رابطه زیر به دست آورد:

$$r' = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} = \frac{(r, \theta)}{(-6, 3)}$$

$$r' = \sqrt{(-6 - 3)^2 + (3 - 3)^2} = \sqrt{81 + 9} = \sqrt{90} \text{ m}$$



نشرالگو

نیروی بین دو بار در حالت اول برابر است با:

$$F = k \frac{q_1 |q_2|}{r^2}$$

نیروی بین دو بار در حالت دوم برابر است با:

$$F' = k \frac{(|q_2| - q_1)^2}{r^2}$$

با توجه به فرض مسئله:

$$F' = \frac{\lambda}{100} F \Rightarrow k \frac{(|q_2| - q_1)^2}{r^2} = \frac{\lambda}{100} k \frac{q_1 |q_2|}{r^2}$$

$$\Rightarrow \frac{(|q_2| - q_1)^2}{4} = \frac{\lambda}{100} q_1 |q_2|$$

$$|q_2|^2 + q_1^2 - 2q_1 |q_2| = 3/2 q_1 |q_2| \Rightarrow |q_2|^2 + q_1^2 - 5/2 q_1 |q_2| = 0$$

$$\xrightarrow[\text{تقسیم می کنیم}]{\text{دو طرف را بر } q_1^2} \left(\frac{|q_2|}{q_1}\right)^2 + 1 - 5/2 \frac{|q_2|}{q_1} = 0$$

به جای $\frac{|q_2|}{q_1}$ که خواسته سؤال است x قرار می‌دهیم:

$$x^2 + 1 - 5/2 x = 0 \Rightarrow (x - 5/2)(x - 1/2) = 0 \Rightarrow x = 5/2 \text{ یا } 1/2$$

چون مقدار q_2 بزرگ‌تر از q_1 است پس $5/2$ غلط است.

خط فکری

به طور کلی جدا کردن بار q از صفحه منفی خازن و انتقال آن به صفحه مثبت موجب افزایش بار خازن به اندازه q می‌شود. بنابراین با جدا کردن $3mC$ بار مثبت از صفحه منفی، بار آن صفحه منفی‌تر و بار صفحه مثبت خازن، مثبت‌تر شده، یعنی بار روی صفحات خازن خواهد شد:

$$q' = q + 3$$

در رابطه $U = \frac{q^2}{2C}$ اگر یکای q بر حسب میلی کولن باشد و یکای ظرفیت خازن میکروفاراد، انرژی بر حسب ژول به دست می‌آید، به طور مثال اگر بار $2mC$ و ظرفیت خازن $1\mu F$ باشد، خواهیم داشت:

$$U = \frac{q^2}{2C} = \frac{(2 \times 10^{-3})^2}{2 \times 10^{-6}} = \frac{4 \times 10^{-6}}{2 \times 10^{-6}} = 2J$$

$$U = \frac{q^2}{2C} = \frac{(2)^2}{2 \times 1} = 2J \text{ بدون تبدیل یکا}$$

با توجه به نکته بالا پس در این سؤال نیازی به تبدیل یکا نیست. در سؤال گفته شده انرژی $4/5J$ افزایش یافته است:

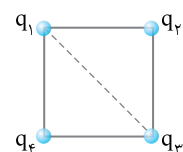
با تغییر بار خازن ظرفیت خازن ثابت می‌ماند:

$$U' = U + 4/5 \xrightarrow{U = \frac{q^2}{2C}} \frac{q'^2}{2C} = \frac{q^2}{2C} + 4/5 \Rightarrow \frac{(q+3)^2}{2 \times 5} = \frac{q^2}{2 \times 5} + 4/5$$

$$\xrightarrow[\text{ضرب می کنیم}]{\text{دو طرف را در } 10} (q+3)^2 = q^2 + 4 \Rightarrow q^2 + 6q + 9 = q^2 + 4 \Rightarrow 6q = -5 \Rightarrow q = -5/6 \mu C$$

خط فکری

به بار q_3 از طرف سه بار q_1 و q_2 به ترتیب نیروهای الکتریکی F_{13} و F_{23} وارد می‌شود که نیروهای وارد از طرف بارهای q_1 و q_2 بر بار q_3 برهم عمودند و نیروی وارد از طرف q_1 (F_{13}) در راستای قطر قرار دارد. برای اینکه برابند نیروهای وارد بر q_3 صفر شود باید برابند دو نیروی عمود برهم F_{23} و F_{43} هم‌اندازه و خلاف جهت نیرویی باشد که q_1 به q_3 (F_{13}) وارد می‌کند، در واقع شکل نیروها باید یکی از حالت‌های زیر باشد:

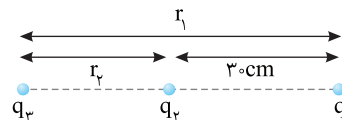


می‌توانیم اگر فاصله بار q_1 و q_2 از بار q_3 را به ترتیب r_1 و r_2 فرض کنیم

و برابند نیروهای وارد بر q_3 صفر شود، نسبت دو بار با نسبت فاصله‌ها رابطه مستقیم و مجذوری خواهد داشت:

$$\frac{|q_1|}{|q_2|} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \Rightarrow \frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{|q_1|}{|q_2|}} = \sqrt{\frac{1}{4}} = \frac{1}{2} \Rightarrow r_1 = \frac{1}{2} r_2$$

$$r_1 = 6 \text{ cm}, r_2 = 3 \text{ cm}$$

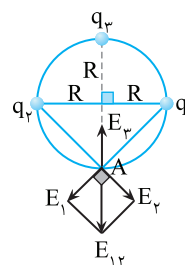


۲ ۶ B

اگر شعاع دایره را R فرض کنیم، فاصله q_3 تا A برابر $\sqrt{2}R$ و فاصله q_1 و q_2

$$R_{1A} = R_{2A} = \sqrt{R^2 + R^2} = \sqrt{2}R$$

تا A برابر خواهد شد با:



برای آنکه میدان الکتریکی در نقطه A صفر شود، باید میدان این بارها به گونه‌ای

باشند که برابند آن‌ها صفر شود. در این صورت باید q_1 و q_2 هم‌اندازه باشند تا میدان برابند آن‌ها در امتداد میدان E_3 قرار گیرد. از طرفی برابند E_1 و E_2 باید هم‌اندازه و در خلاف جهت آن باشد. پس q_1 و q_2 همنام و با q_3 ناهمنام هستند. اگر q_1 و q_2 را مثبت بگیریم، q_3 منفی است و میدان‌ها به صورت شکل بالا خواهند بود.

$$E_1 = E_2 = k \frac{|q_1|}{(\sqrt{2}R)^2} \Rightarrow E_1 = E_2 = \frac{k|q_1|}{2R^2}$$

$$E_3 = k \frac{|q_3|}{(2R)^2} \Rightarrow E_3 = \frac{k|q_3|}{4R^2}$$

برابند E_1 و E_2 خواهد شد:

$$E_{12} = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{2}E_1 \Rightarrow E_{12} = \sqrt{2} \frac{k|q_1|}{2R^2}$$

سرانجام خواهیم داشت:

$$E_3 = E_{12} \Rightarrow \frac{k|q_3|}{4R^2} = \sqrt{2} \frac{k|q_1|}{2R^2} \Rightarrow \frac{|q_3|}{4} = \sqrt{2} \frac{|q_1|}{2} \Rightarrow |q_3| = 2\sqrt{2}|q_1|$$

می‌توانیم

سه رأس آن بارهای q_1 ، q_2 و q_3 قرار دارد، شرط آنکه میدان خالص در نقطه A صفر شود این است که:

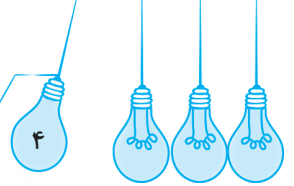
$$q_1 = q_3, q_2 = -2\sqrt{2}q_1$$

در این سؤال نیز شکل به همین صورت است.

پس از تماس دو گوی با هم، نیروی الکتریکی بین آن‌ها کاهش یافته است،

بنابراین باید بارهای دو گوی ناهمنام بوده باشد تا پس از تماس، بار تک‌تک آن‌ها برابر

$$q'_1 = q'_2 = \frac{|q_2| - q_1}{2} \text{ شود.}$$



میانبر هر گاه بخواهیم برابری نیروهای وارد بر یک رأس مربع صفر شود باید دو بار مجاور آن رأس هم اندازه و همنام باشند و بار روی رأس روبه‌روی آن $-2\sqrt{2}q$ برابر بار رأس‌های مجاور باشد.

۴ ۱۰ B

خط فکری هر دو بار مثبت هستند و وقتی از بار $q_A = q$ تعدادی الکترون گرفته شود بار q_A مثبت‌تر می‌شود ($q'_A > q_A$) و وقتی این الکترون‌ها به بار B داده می‌شود بار مثبت آن کاهش می‌یابد. اما با توجه به صورت مسئله تعداد الکترون‌ها آن قدر زیاد بوده که بار الکتریکی B منفی شده و $q'_B = -2q$ می‌شود. البته با توجه به پایستگی بار، مجموع بارهای A و B قبل از انتقال الکترون و بعد از آن تغییر نمی‌کند.

$$q_A + q_B = q'_A + q'_B$$

با توجه به پایستگی بار الکتریکی، مقدار بار A را برحسب q به دست می‌آوریم.

$$q_A + q_B = q'_A + q'_B \xrightarrow{q_A = q_B = q, q'_B = -2q} 2q = q'_A - 2q \Rightarrow q'_A = 4q$$

نیروی کولنی که دو ذره در دو حالت به هم وارد می‌کنند را حساب می‌کنیم:

$$\begin{aligned} & q_A = q \quad r \quad q_B = q \\ & F_1 = k \frac{|q_A||q_B|}{r^2} \xrightarrow{|q_A|=|q_B|=q} F_1 = k \frac{q^2}{r^2} \\ & q'_A = +4q \quad r \quad q'_B = -2q \\ & F_2 = k \frac{q'_A q'_B}{r^2} \xrightarrow{\frac{|q'_A|}{|q'_B|} = \frac{4q}{2q} = 2} F_2 = k \frac{8q^2}{r^2} \end{aligned}$$

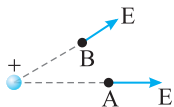
نسبت دو نیرو خواسته شده:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{k \frac{8q^2}{r^2}}{k \frac{q^2}{r^2}} \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = 8$$

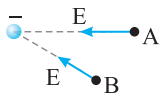
۳ ۱۱ B

خط فکری ابتدا با توجه به اینکه بار q_3 و q_4 داده شده میدان آن‌ها در مبدأ مختصات را حساب می‌کنیم. این دو بردار در یک راستا قرار داشته و برابری آن‌ها را به دست می‌آوریم و در گام بعدی با توجه به میدان خالص حاصل از سه ذره و میدان برابری دو بار q_3 و q_4 ، میدان حاصل از بار q_1 در نقطه O را به دست آورده و در گام آخر با توجه به رابطه $E_1 = k \frac{q_1}{r^2}$ مقدار بار q_1 را حساب می‌کنیم.

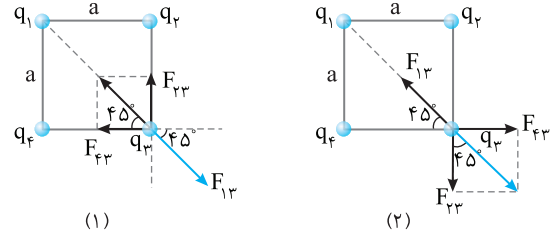
نکته اگر ذره‌ای دارای بار مثبت باشد، میدان حاصل از آن بار در یک نقطه، به سوی خارج بار است یعنی:



اگر ذره‌ای دارای بار منفی باشد، میدان حاصل از آن بار در یک نقطه، به سوی آن بار است. یعنی:



۱ میدان حاصل از بار q_3 و q_4 را حساب می‌کنیم.



دقت کنید که برابری F_{23} و F_{43} دقیقاً خلاف جهت با F_{13} است و چون F_{13} در راستای قطر مربع است، یعنی با محور افقی و قائم زاویه 45° می‌سازد پس باید نیروهای F_{23} و F_{43} هم اندازه باشند تا برابری آن‌ها دقیقاً وسط این دو بردار عمود برهم قرار گیرد یعنی در امتداد قطر مربع بوده و با محور افقی و قائم زاویه 45° بسازد. از طرفی هر دو بار q_2 و q_4 بار q_3 را با هم جذب می‌کنند (شکل (۱)) و با دفع می‌کنند (شکل (۲)) بنابراین باید q_2 و q_4 هم نام باشند.

$$F_{23} = F_{43} \Rightarrow k \frac{|q_2||q_3|}{a^2} = k \frac{|q_4||q_3|}{a^2} \Rightarrow |q_2| = |q_4| \Rightarrow q_2 = q_4$$

با توجه به شکل (۱) اگر نیروهای F_{23} و F_{43} ریباشی باشند، نیروی F_{13} رانشی است و در شکل (۲) برعکس شده پس نوع نیروی F_{13} با دو نیروی دیگر متفاوت است و علامت بار q_1 با q_2 و q_4 مختلف است بنابراین گزینه‌های (۳) و (۴) نادرست‌اند. همچنین با توجه به خط فکری باید برابری F_{23} و F_{43} برابر F_{13} باشد:

$$\begin{aligned} & \begin{cases} F_{23} = k \frac{|q_2||q_3|}{a^2} \\ F_{43} = k \frac{|q_4||q_3|}{a^2} \end{cases} \\ & \xrightarrow{\text{دو بردار برهم عمودند}} \\ & \xrightarrow{q_2 = q_4} \\ & F = \sqrt{F_{23}^2 + F_{43}^2} \end{aligned}$$

نکته برابری دو بردار هم اندازه و عمود برهم برابر R است با:

$$R_T = \sqrt{R^2 + R^2} = R\sqrt{2}$$

در این سؤال نیز F_{23} و F_{43} با هم برابرند چون q_2 و q_4 با هم برابر شده‌اند پس:

$$F = k \frac{|q_2||q_3|}{a^2} \sqrt{2}$$

این نیرو باید با F_{13} برابر باشد:

$$\begin{aligned} & r = \sqrt{a^2 + a^2} = a\sqrt{2} \quad \text{فیثاغورس} \\ & \text{قانون کولن: } F_{13} = k \frac{|q_1||q_3|}{(a\sqrt{2})^2} \\ & \Rightarrow F_{13} = k \frac{|q_1||q_3|}{2a^2} \end{aligned}$$

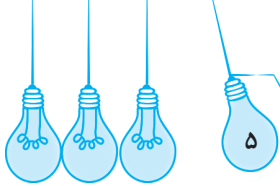
$$F = F_{13} \Rightarrow k \frac{|q_2||q_3|}{a^2} \sqrt{2} = k \frac{|q_1||q_3|}{2a^2}$$

$$\Rightarrow 2\sqrt{2}|q_2| = |q_1| \Rightarrow |q_2| = \frac{1}{2\sqrt{2}}|q_1|$$

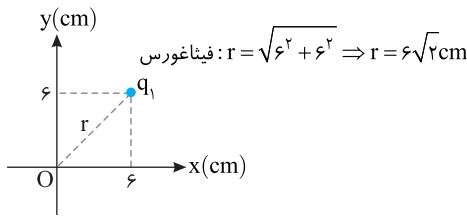
مخرج کسر را گویا می‌کنیم:

$$|q_2| = \frac{1}{2\sqrt{2}} \times \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}} |q_1| \Rightarrow |q_2| = \frac{\sqrt{2}}{4} |q_1|$$

بنابراین گزینه (۲) درست است.



حال با توجه به E_1 مقدار q_1 را به دست می آوریم:



$$E = k \frac{|q_1|}{r^2} \Rightarrow \Delta \times 10^6 = 9 \times 10^9 \times \frac{|q_1|}{72 \times 10^{-4}} \Rightarrow 4 \times 10^6 = 10^{12} \times |q_1| \Rightarrow |q_1| = 4 \times 10^{-6} C = 4 \mu C$$

۴ ۱۲ B

نکته: در یک خازن با تغییر ولتاژ یا بار ذخیره شده در صفحات خازن، ظرفیت خازن تغییر نکرده و ثابت می ماند.

۱ ولتاژ (اختلاف پتانسیل) خازن ۱۰ درصد کاهش یافته است:

$$V_2 = V_1 - \frac{1}{10} V_1 \Rightarrow V_2 = \frac{9}{10} V_1$$

۲ ظرفیت خازن ثابت است، بنابراین با توجه به رابطه انرژی ذخیره شده در خازن داریم:

$$U_2 = \frac{1}{2} C (\frac{9}{10} V_1)^2 \Rightarrow U_2 = \frac{81}{100} U_1 \Rightarrow \Delta U = -\frac{19}{100} U_1$$

انرژی ذخیره شده ۱۹٪ کاهش می یابد.

۳ ظرفیت خازن ثابت است، بنابراین با توجه به تعریف ظرفیت خازن می توانیم بنویسیم:

$$\begin{cases} C_2 = \frac{Q_2}{V_2} \\ C_1 = \frac{Q_1}{V_1} \end{cases} \xrightarrow{C_1 = C_2} \frac{Q_2}{V_2} = \frac{Q_1}{V_1} \Rightarrow Q_2 = \frac{9}{10} Q_1$$

بنابراین بار الکتریکی نیز مانند ولتاژ ۹/۱۰ مقدار اولیه شده یعنی ۱۰٪ کاهش یافته است.

$$\frac{\Delta Q}{Q_1} \times 100 = \text{درصد تغییرات برابر است با:}$$

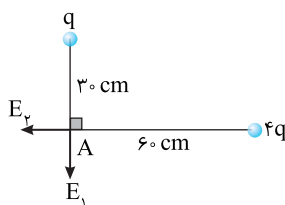
$$\frac{\Delta Q}{Q_1} \times 100 = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_1} \times 100 = \frac{\frac{9}{10} Q_1 - Q_1}{Q_1} \times 100 = -10\%$$

$$\text{درصد تغییرات} = \frac{-10\%}{100} \times 100 = -10\%$$

کاهش

میانبر: اگر تنها ولتاژ یا بار تغییر کند و ظرفیت خازن ثابت باشد، درصد تغییرات ولتاژ و بار یکسان خواهد بود.

۳ ۱۳ B



مسئله ساده ای است. کافی است میدان هر بار را در نقطه A توسط رابطه $E = kq/r^2$ پیدا کنیم. چون دو میدان بر هم عمودند به کمک رابطه فیثاغورس برآیند آنها به دست آورده برابر $100\sqrt{2} N/C$ قرار

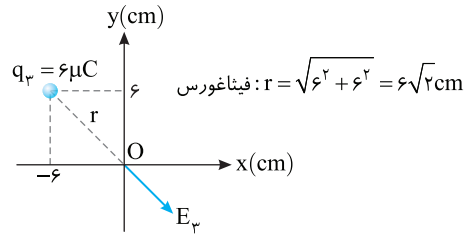
دهیم.

۱ میدان بار q در محل A برابر است با:

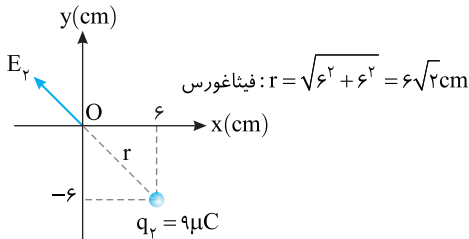
$$E = k \frac{q}{r^2} = E_1 = 9 \times 10^9 \times \frac{q}{(3 \times 10^{-2})^2} \Rightarrow E_1 = 10^{11} q$$

۲ میدان بار 4q را در محل A حساب می کنیم:

$$E = k \frac{q}{r^2} \Rightarrow E_2 = 9 \times 10^9 \times \frac{4q}{(6 \times 10^{-2})^2} \Rightarrow E_2 = 10^{11} q$$



$$E_3 = k \frac{q_3}{r^2} \Rightarrow E_3 = 9 \times 10^9 \times \frac{6 \times 10^{-6}}{72 \times 10^{-4}} = \frac{6}{8} \times 10^9 N/C$$



$$E_4 = k \frac{q_4}{r^2} \Rightarrow E_4 = 9 \times 10^9 \times \frac{9 \times 10^{-6}}{72 \times 10^{-4}} = \frac{9}{8} \times 10^9 N/C$$

نکته: برای دو بردار میدان الکتریکی داریم:

۱ اگر دو بردار هم جهت باشند:

$$E_T = E_1 + E_2$$

$$\vec{E}_1 \rightarrow \vec{E}_2 \rightarrow \vec{E}_T$$

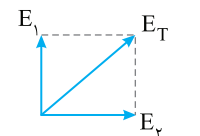
$$\vec{E}_1 \rightarrow \vec{E}_2 \rightarrow \vec{E}_T$$

$$\vec{E}_1 \leftarrow \vec{E}_2 \leftarrow \vec{E}_T$$

$$\vec{E}_1 \leftarrow \vec{E}_2 \leftarrow \vec{E}_T$$

۲ اگر دو بردار خلاف جهت باشند:

$$E_T = |E_1 - E_2|$$



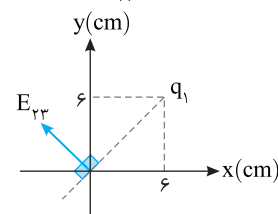
۳ اگر دو بردار برهم عمود باشند:

$$E_T = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$$

۲ دو میدان E_1 و E_2 خلاف جهت هم اند و E_2 بزرگتر از E_1 است. بنابراین

میدان برآیند این دو بردار برابر $E_{23} = |E_2 - E_1|$ است و جهت آن به سمت E_2 است:

$$E_{23} = \frac{9}{8} \times 10^9 - \frac{6}{8} \times 10^9 \Rightarrow E_{23} = \frac{3}{8} \times 10^9 N/C$$



۳ بار q_1 چه منفی و چه مثبت باشد E_1 با E_{23} عمود است پس نیروی خالص

در مبدأ مختصات حاصل از برآیند دو بردار میدان عمود برهم E_1 و E_{23} است:

$$E_T = \sqrt{E_1^2 + E_{23}^2} \Rightarrow E_T^2 = E_1^2 + E_{23}^2$$

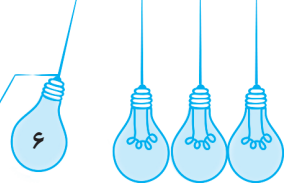
$$\Rightarrow (6/25 \times 10^9)^2 = E_1^2 + (\frac{3}{8} \times 10^9)^2$$

$$E_1^2 = (6/25 \times 10^9)^2 - (\frac{3}{8} \times 10^9)^2 \Rightarrow E_1^2 = (10^9)^2 ((\frac{625}{100})^2 - (\frac{9}{64})^2)$$

$$\Rightarrow E_1^2 = (10^9)^2 ((\frac{25}{4})^2 - (\frac{15}{4})^2)$$

$$E_1^2 = (10^9)^2 (\frac{625 - 225}{16}) \Rightarrow E_1^2 = (10^9)^2 (25)$$

$$\Rightarrow E_1 = 5 \times 10^9 N/C$$

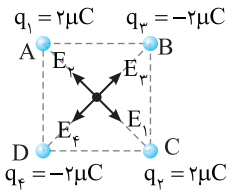


۳. میدان خالص خواهد شد:

$$E_t^2 = E_1^2 + E_2^2 \Rightarrow (100\sqrt{2})^2 = (10^{11}q)^2 + (10^{11}q)^2$$

$$2 \times 10^6 = 2 \times (10^{22} \times q^2) \Rightarrow q^2 = 10^{-16} \Rightarrow q = 10^{-8} C = 10 nC$$

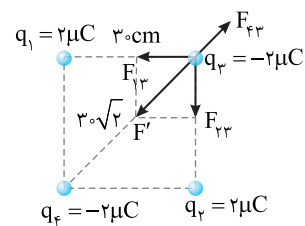
۱۶. B



۱. در مرکز مربع میدان الکتریکی خالص صفر شده است. برای آنکه این اتفاق بیفتد، باید بارهای الکتریکی به شکل مقابل قرار داشته باشند تا میدان الکتریکی دو بار روبه‌روی هم در مرکز مربع یکدیگر را خنثی کنند.

۲. اندازه قطر مربع را حساب می‌کنیم.

$$AC = BD = \sqrt{30^2 + 30^2} = 30\sqrt{2} \text{ cm}$$



۳. نیرویی که بارهای q_1 و q_2 بر بار q_3 وارد می‌کنند، یکسان بوده و برابر است با:

$$F_{13} = F_{23} = k \frac{|q_1||q_3|}{r^2} \Rightarrow F_{13} = F_{23} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{(30 \times 10^{-2})^2}$$

$$F_{13} = F_{23} = 0.4 \text{ N}$$

۴. نیرویی که بار q_4 بر بار q_3 وارد می‌کند، خواهد شد:

$$F_{43} = k \frac{|q_4||q_3|}{r_{43}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{(30\sqrt{2} \times 10^{-2})^2} \Rightarrow F_{43} = 0.2 \text{ N}$$

۵. بیاوریم دو نیروی F_{13} و F_{43} را حساب می‌کنیم.

$$F' = \sqrt{(0.4)^2 + (0.2)^2} \Rightarrow F' = 0.4\sqrt{2} \xrightarrow{\sqrt{2}=1.4} \rightarrow$$

$$F' = 0.4 \times 1.4 \Rightarrow F' = 0.56$$

۶. بیاوریم دو نیروی هم‌اندازه همواره در امتداد قطر مربع قرار می‌گیرد، از این‌رو نیروی خالص

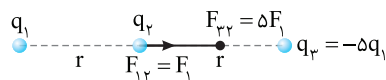
وارد بر بار q_3 خواهد شد:

$$F_t = F' - F_{43} \Rightarrow F_t = 0.56 - 0.2 \Rightarrow F_t = 0.36 \text{ N}$$

اگر شما نیروی وارد بر هر بار را حساب کنید به همین جواب می‌رسید.

۱۵. B

برای حل این مسئله نیرویی که بار q_1 بر q_2 وارد می‌کند را برابر F_1 در نظر می‌گیریم. در این صورت نیروی وارد بر q_2 توسط $q_3 = 5q_1$ برابر F_1 می‌شود.



($F_3 = 5F_1$) زیرا فاصله q_3 و q_1 تا q_2 برابر است اما بار q_3 ، 5 برابر q_1 است. با توجه به فرض مسئله نیروی خالص وارد بر q_2 برابر F است یعنی می‌توان نوشت:

$$F = F_1 + 5F_1 \Rightarrow F = 6F_1 \quad (I)$$

نیروی بین دو بار الکتریکی با توجه به قانون کولن ($F = kq_1q_2/r^2$) با فاصله دو بار نسبت وارون دارد، یعنی وقتی فاصله q_3 تا q_2 کم شده و برابر $\frac{4r}{5}$ می‌شود، نیروی آن 25 ($F_3' = 25F_3$) برابر می‌شود. در این حالت نیروی خالص وارد بر q_2 خواهد شد:

$$F' = F_1 + 25F_3 \xrightarrow{F_3 = 5F_1} F' = F_1 + 125F_1 = 126F_1 \quad (II)$$

با توجه به رابطه I و II خواهیم داشت:

$$\frac{F'}{F} = \frac{126F_1}{6F_1} = 21$$

۱۶. B

به صورت مسئله دقت کنید. با حرکت بار الکتریکی از پتانسیل $V_1 = 30 \text{ V}$ به پتانسیل $V_2 = 80 \text{ V}$ ، انرژی جنبشی ذره باردار 2 mJ افزایش یافته است. یعنی انرژی پتانسیل الکتریکی آن 2 mJ کاهش یافته است که این انرژی به انرژی جنبشی ذره تبدیل شده است. با توجه به تعریف اختلاف پتانسیل بین دو نقطه خواهیم داشت:

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \xrightarrow{\Delta U = -2 \times 10^{-3} \text{ J}} \Delta V = \frac{-2 \times 10^{-3}}{q}$$

$$q = \frac{-2 \times 10^{-3}}{\Delta V} \Rightarrow q = \frac{-2 \times 10^{-3}}{50} \Rightarrow q = -4 \mu\text{C}$$

۱۷. B

در حل این مسائل ابتدا شما باید دقت کنید که خازن پس از شارژ از باتری جدا شده یا نه؟ اگر جدا شده باشد بار روی صفحات خازن ثابت است (ثابت q) و اگر همچنان به باتری متصل باشد ولتاژ دو سر خازن ثابت است (ثابت V)

۱. با خروج عایق از بین صفحات خازن، ظرفیت خازن کاهش می‌یابد.

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

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

۲. با توجه به تعریف ظرفیت خازن خواهیم داشت:

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

۳. از رابطه انرژی خازن $U = \frac{Q^2}{2C}$ استفاده می‌کنیم.

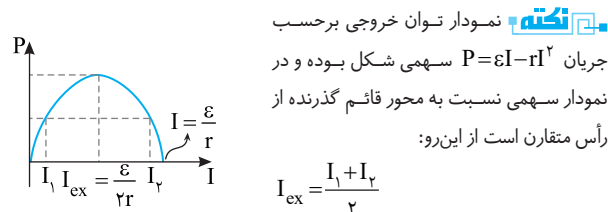
$$\begin{cases} U = \frac{Q^2}{2C} \\ U' = \frac{Q'^2}{2C'} \end{cases} \Rightarrow \frac{U}{U'} = \frac{C}{C'} \Rightarrow \frac{U}{U'} = \frac{C}{\frac{1}{2} C} = 2$$

بنابراین گزینه (۱) درست است.

۱۸. B

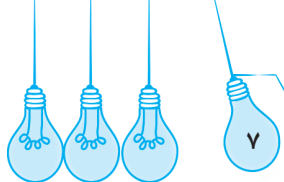
نکته: در پدیده ابررسانایی مقاومت ویژه در دمای خاصی به صورت ناگهانی به صفر افت می‌کند و در دماهای پایین‌تر همچنان صفر می‌ماند. چون این پدیده به صورت ناگهانی رخ می‌دهد عبارت «شیب ثابت» در این گزینه یعنی تغییر تدریجی مقاومت بنابراین گزینه (۱) نادرست است. در این پدیده مقاومت ویژه ناگهان افت می‌کند و نه افزایش و گزینه (۲) نادرست است. با کم شدن دما پس از پدیده ابررسانایی همچنان مقاومت صفر است و دوباره افزایش نمی‌یابد و گزینه (۳) نادرست است. با توجه به نکته بیان شده گزینه (۴) درست است.

۱۹. B



در صورت سؤال بیان شده که در جریان‌های $3A$ و $5A$ ، توان خروجی یکسان است:

$$I_{ex} = \frac{3+5}{2} = 4A$$



$$R_{1234} = \frac{2}{3}R + \frac{2}{3}R \Rightarrow R_D = \frac{4}{3}R$$

دو مقاومت R_D و R_{1234} موازی اند، بنابراین مقاومت معادل مدار برابر است با:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{3}{4R} + \frac{3}{4R} \Rightarrow R_{eq} = \frac{2}{3}R$$

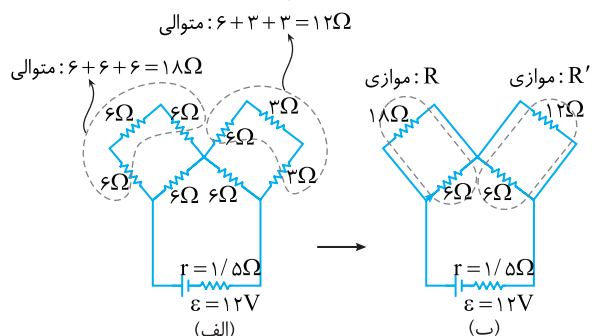
خط فکری

در سؤالاتی که مقدار تمام مقاومت‌ها و نیرو محرکه داده شده است،

ابتدا مقاومت معادل را حساب کرده و در گام بعدی جریان کل $I = \frac{\mathcal{E}}{R_{eq} + r}$ را حساب

می‌کنیم و در گام آخر جریان شاخه خواسته شده را با تقسیم جریان به‌دستی می‌آوریم.

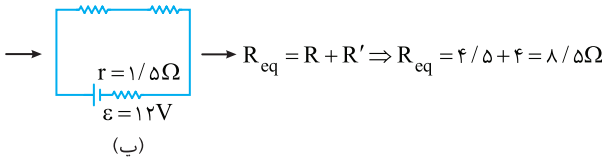
۱ ابتدا مقاومت معادل را حساب می‌کنیم:



مقاومت‌های R و R' متوالی‌اند:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{18} + \frac{1}{18} = \frac{2}{18} \Rightarrow R = 9/2 \Omega, \quad \frac{1}{R'} = \frac{1}{12} + \frac{1}{12} = \frac{2}{12} \Rightarrow R' = 6 \Omega$$

$$R = 4.5 \Omega, \quad R' = 6 \Omega$$

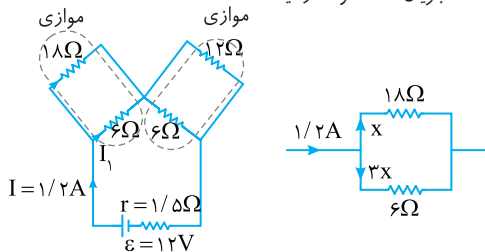


$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_{eq} + r} \Rightarrow I = \frac{12}{10.7 + 0.2} = 1/2 A$$

۲ جریان مدار را حساب می‌کنیم:

با توجه به مدار شکل (ب) جریان I_1 خواسته شده را حساب می‌کنیم. دقت کنید در مقاومت‌های موازی جریان به نسبت عکس مقدار مقاومت‌ها تقسیم می‌شود یعنی جریان $I = 1/2 A$ بین دو مقاومت 6Ω و 18Ω به نسبت عکس مقاومت‌ها تقسیم می‌شود و اگر به مقاومت 18Ω جریان x برسد به مقاومت 6Ω که مقدار آن $1/3$ ، مقاومت

18Ω است، جریان $3x$ خواهد رسید.

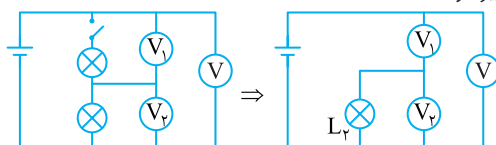


$$x + 3x = 1/2 \Rightarrow x = 1/8 A, \quad I_1 = 3x \Rightarrow I_1 = 3/8 A$$

خط فکری

هنگامی که کلید K_1 باز می‌شود، شاخه دارای کلید K_1 حذف شده و شکل مدار به

صورت زیر خواهد شد:



۱ نکته: بیشینه توان خروجی زمانی است که مقاومت داخلی و خارجی با هم برابر باشند، بنابراین:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r} \xrightarrow{R=r} I_{ex} = \frac{\mathcal{E}}{2r}$$

با توجه به جریان I_{ex} و نکته بالا، مقاومت داخلی را حساب می‌کنیم:

$$I_{ex} = \frac{\mathcal{E}}{2r} \Rightarrow 4 = \frac{\mathcal{E}}{2r} \Rightarrow \mathcal{E} = 8r$$

هنگامی که ولت سنج عدد صفر را نشان دهد یعنی اختلاف پتانسیل دو سر باتری صفر شده است:

$$V = \mathcal{E} - rI \xrightarrow{V=0} I = \frac{\mathcal{E}}{r} \xrightarrow{\mathcal{E}=8r} I = 8A$$

آمپرسنج $I = 8A$ را نشان می‌دهد.

۲ میانبر: همواره به ازای جریان $I = \frac{\mathcal{E}}{r}$ اختلاف پتانسیل دو سر باتری صفر می‌شود. جریان $I_{ex} = 4A$ بوده و دو برابر این جریان یعنی $8A$ جریانی است که

اختلاف پتانسیل صفر می‌شود.

خط فکری

مسئله را باید با دو نکته زیر حل کنیم:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

۱ در مقاومت‌های موازی، توان با مقاومت نسبت وارون دارد.

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

۲ در مقاومت‌های متوالی، توان با مقاومت نسبت مستقیم دارد.

باید از مقاومت $R_p = R$ شروع کنیم و توان این مقاومت را فرض کنیم و براساس

آن توان تک‌تک شاخه‌ها را بررسی کنیم.

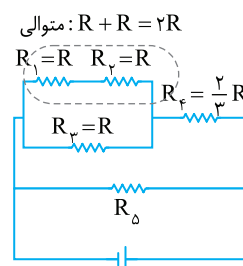
مدار را به شکل ساده‌تری رسم می‌کنیم.

۱ توان مقاومت R_p ، R_3 است مقاومت

$R_{12} = 2R$ با R_3 موازی بنابراین توان

مصرفی در شاخه R_1 و R_2 نصف P

است. $\left(\frac{P}{2}\right)$



۲ مجموع توان مصرفی در کل مقاومت R_1 ، R_2 و R_3 برابر است با:

$$P + \frac{P}{2} = 3 \frac{P}{2}$$

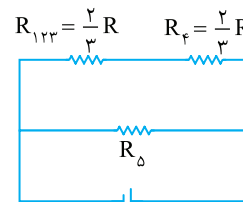
۳ مقاومت معادل R_1 ، R_2 و R_3 را حساب می‌کنیم:

$$\frac{1}{R_{123}} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{R} \Rightarrow R_{123} = \frac{2R}{3}$$

۴ مقاومت R_{123} با مقاومت R_4

متوالی است و دو مقاومت برابرند بنابراین

توان R_4 نیز $\frac{3P}{2}$ است.



۵ کل توان R_1 ، R_2 ، R_3 و R_4

$$\frac{3P}{2} + \frac{3P}{2} = 3P$$

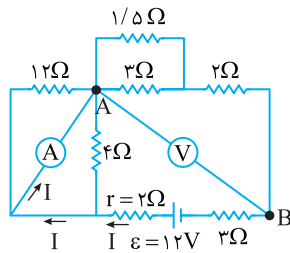
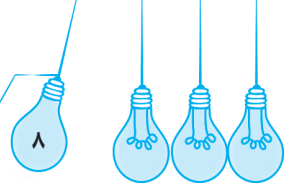
برابر است با:

۶ جالب شد با توجه به فرض مسئله توان مقاومت R_p ، $\frac{1}{3}$ توان مقاومت R_D

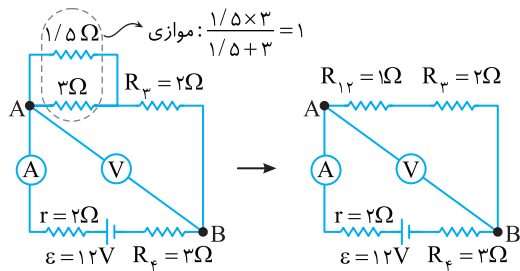
$$P_p = \frac{1}{3} P_D \Rightarrow P_D = 3P_p \xrightarrow{P_p=P} P_D = 3P$$

است یعنی

کل توان شاخه شامل R_{1234} با توان شاخه شامل R_D که با آن موازی است برابر شده است یعنی مقاومت R_D برابر مقاومت معادل R_{1234} است.



۱. آمپرسنج با مقاومت‌های 12Ω و 4Ω موازی بسته شده و باعث اتصال کوتاه این دو مقاومت می‌شود و این دو مقاومت از مدار حذف شده و مدار به شکل ساده زیر در می‌آید. در این حالت آمپرسنج جریان کل مدار را نشان می‌دهد.



۲. مقاومت معادل مدار خواهد شد:

۳. جریان مدار را حساب می‌کنیم:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow I = \frac{12}{6 + 2} \Rightarrow I = 1.5A$$

بنابراین آمپرسنج $1.5A$ را نشان می‌دهد.

۴. ولتسنج بین دو نقطه AB بسته شده و اختلاف پتانسیل بین دو نقطه A و B را نشان می‌دهد، بنابراین ابتدا مقاومت معادل بین A و B را حساب می‌کنیم:

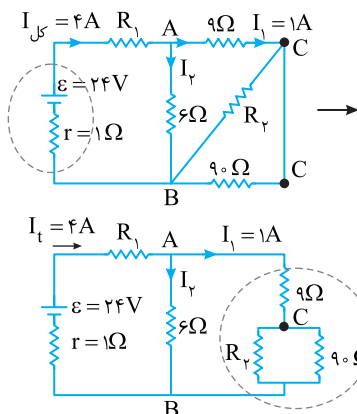
$$R_{AB} = R_1 + R_2 = 1 + 2 = 3\Omega$$

عددی که ولتسنج نشان می‌دهد خواهد شد:

$$V_{AB} = IR_{AB} \Rightarrow V_{AB} = 1.5 \times 3 = 4.5V$$

۲۶ B

خط فکری: شکل مدار را ساده‌تر رسم کنید تا بتوانید تقسیم جریان در هر شاخه را راحت‌تر درک کنید. مقاومت R_2 و 90Ω موازی و با مقاومت 9Ω متوالی هستند و مجموعه آن‌ها با مقاومت 6Ω موازی است.

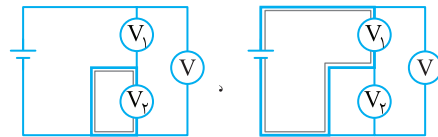


۱. جریان کل مدار $4A$ وقتی به نقطه A می‌رسد، به دو شاخه $I_1 = 1A$ و I_2 تقسیم می‌شود بنابراین جریان I_2 خواهد شد:

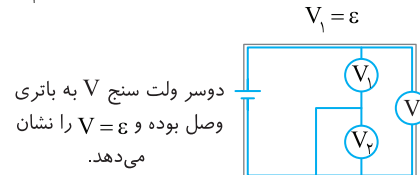
$$I_t = I_1 + I_2 \Rightarrow 4 = 1 + I_2 \Rightarrow I_2 = 3A$$

با توجه به شکل لامپ L_1 با ولتسنج V_1 متوالی شده و جریانی از آن عبور نمی‌کند و در واقع این لامپ نیز روشن نبوده و اختلاف پتانسیلی ایجاد نمی‌کند و مانند سیم عمل خواهد کرد.

دو سر ولتسنج V_2 به هم وصل شده و صفر را نشان می‌دهند، اما ولتسنج‌های V_1 و V_3 به دو سر باتری وصل بوده و نیرو محرکه را نشان می‌دهند. شکل اتصال این سه ولتسنج را کشیده‌ایم:



دو سر ولتسنج V_1 به باتری وصل دو سر ولتسنج V_2 با سیم به هم وصل بوده و چون مدار جریانی ندارد. $V_2 = 0$ بوده و $V_1 = \varepsilon$



دو سر ولتسنج V_3 به باتری وصل بوده و $V_3 = \varepsilon$ را نشان می‌دهد.

۲۳ B

در مقاومت‌های موازی جریان به نسبت وارون مقاومت‌ها تقسیم می‌شود. اگر جریان مقاومت $R_2 = 12\Omega$ را x در نظر بگیریم، جریان مقاومت $R_1 = 6\Omega$ برابر $2x$ می‌شود و جریان مدار خواهد شد:

$$I = x + 2x = 3x$$

با توجه به فرض مسئله توان مصرفی در مقاومت R_2 ، 6 برابر توان مصرفی در مقاومت R_1 است، بنابراین:

$$P_2 = 6P_1 \xrightarrow{P=RI^2} R_2(3x)^2 = 6 \times 12(x)^2$$

$$\Rightarrow 9R_2 = 6 \times 12 \Rightarrow R_2 = 8\Omega$$

۲۴ B

حالت اول: وقتی مقاومت متغیر صفر است. سبب اتصال کوتاه باتری شده و اختلاف پتانسیل دو سر باتری صفر می‌شود:

$$I = \frac{\varepsilon}{r + 0} = \frac{\varepsilon}{r} \Rightarrow V = \varepsilon - Ir = 0$$

حالت دوم: وقتی مقاومت متغیر 18Ω می‌شود، این مقاومت با مقاومت 6Ω موازی بوده و مقاومت معادل مدار خواهد شد:

$$R_{eq} = \frac{6 \times 18}{6 + 18} \Rightarrow R_{eq} = 4.5\Omega$$

جریان مدار خواهد شد:

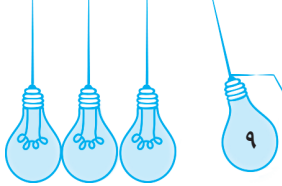
$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow I = \frac{12}{4.5 + 1.5} \Rightarrow I = 2A$$

ولتاژ دو سر باتری برابر است با:

$$V = \varepsilon - Ir \Rightarrow V = 12 - 2 \times 1.5 \Rightarrow V = 9V$$

۲۵ B

خط فکری: آمپرسنج آرمانی دارای مقاومت ناچیز است و ولتسنج آرمانی دارای مقاومت بسیار بزرگی است. ابتدا باید شما به نحوه بسته شدن آمپرسنج و ولتسنج در مدار دقت کنید. سپس مقاومت معادل و جریان مدار را حساب کنید.



۴ مقاومت معادل مدار در حالت اول را به کمک جریان به دست می آوریم:

$$I_1 = \frac{\varepsilon}{R_{eq_1} + r} \Rightarrow \frac{12}{R_{eq_1} + 4} \Rightarrow R_{eq_1} = 20\Omega$$

۵ با توجه به شکل زیر مقاومت معادل خواهد شد:

$$R_{eq_1} = 4 + \frac{6R_1}{6+R_1} + 12 \xrightarrow{R_{eq_1}=20\Omega} 20 = 16 + \frac{6R_1}{6+R_1} \Rightarrow 4 = \frac{6R_1}{6+R_1}$$

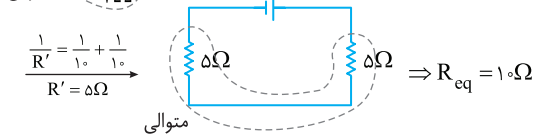
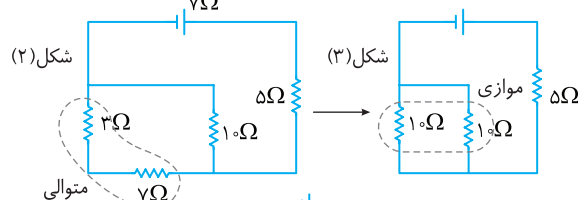
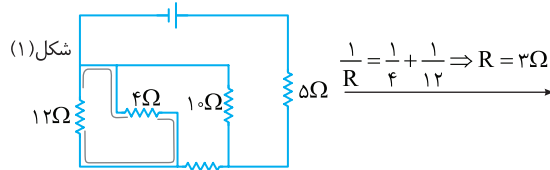
$$1 = \frac{1}{\Delta R_1} \Rightarrow 6 + R_1 = 1/\Delta R_1 \Rightarrow 0/\Delta R_1 = 6 \Rightarrow R_1 = 12\Omega$$

خوب خسته نباشید. این تست جز تست هایی است که باید آخر کار به سراغ آن بروید.

۲۸ خط فکری

در سوالاتی که مقدار تمام مقاومت ها، مقاومت درونی و نیرو محرکه داده شده، ابتدا مقاومت معادل را حساب کرده در گام بعدی جریان مدار را حساب می کنیم ($I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r}$) و در گام آخر با تقسیم جریان، جریان شاخه خواسته شده را به دست می آوریم.

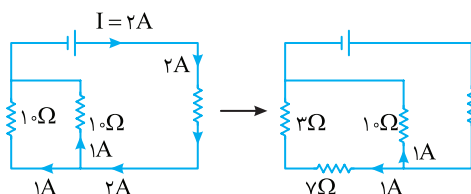
۱ دوسر مقاومت های 4Ω و 12Ω به هم بسته شده و این دو مقاومت باهم موازی اند:



۲ جریان مدار را حساب می کنیم:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \xrightarrow{R_{eq}=3\Omega, \varepsilon=20V} I = \frac{20}{10} = 2A$$

۳ دوباره به سراغ چگونگی به هم بستن مقاومت ها می رویم. مقاومت 4Ω و 12Ω باهم موازی بوده و معادل آن ها با مقاومت 7Ω متوالی است و معادل هر سه مقاومت 12Ω و 4Ω با مقاومت 10Ω موازی است. تقسیم جریان را از شکل (۳) آغاز می کنیم:



پس به مقاومت 3Ω که معادل دو مقاومت موازی 12Ω و 4Ω است جریان $1A$ می رسد.

۲ مقاومت 6Ω با مقاومت R' موازی است و اختلاف پتانسیل دو سر آن ها برابر V_{AB}

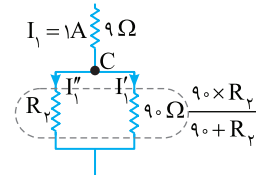
است. بنابراین می توان نوشت: $I_1 \times 6 = I_1 \times R' \Rightarrow 3 \times 6 = 1 \times R' \Rightarrow R' = 18\Omega$

به مقاومت R' نگاه کنید. در آن یک مقاومت 9Ω با مقاومت معادل 9Ω و 9Ω

متوالی است:

$$R' = 9 + \frac{9 \times 9}{9 + 9} \Rightarrow 18 = 9 + \frac{9 \times 9}{9 + 9}$$

$$9 = \frac{9 \times 9}{9 + 9} \Rightarrow 1 = \frac{1 \times 9}{9 + 9} \Rightarrow 9 + 9 = 1 \times 9 \Rightarrow R_1 = 10\Omega$$



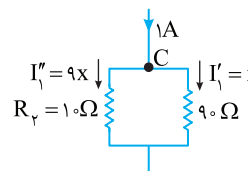
جریان I_1 در نقطه C به دو جریان I_1' و I_1'' تقسیم می شود. در مقاومت های موازی

جریان به نسبت وارون مقاومت ها تقسیم می شود.

یعنی اگر جریان مقاومت 9Ω را با حرف x

نمایش دهیم جریان مقاومت 10Ω برابر

$9x$ می شود در این صورت:



$$1A = x + 9x \Rightarrow I_1' = x = 0/1A, I_1'' = 1 - 0/1 = 0/9A$$

یادآوری: پتانسیل در یک مقاومت از رابطه های زیر به دست می آید:

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

از رابطه $P = RI^2$ توان مصرفی را حساب می کنیم:

$$P_1 = R_1 I_1'^2 \Rightarrow P_1 = 10 \times (0/9)^2 \Rightarrow P_1 = 8/1W$$

۲۷ خط فکری

اختلاف پتانسیل دو سر باتری برابر است با $V = \varepsilon - Ir$ با بستن کلید

ولتاژ دو سر باتری $0/4\%$ کاهش می یابد یعنی $V_1 = 0/6V_1$ است. از طرفی با بستن کلید

سه مقاومت 6Ω و R_1 و 12Ω اتصال کوتاه شده و از مدار حذف می شود و تنها مقاومت

4Ω در مدار باقی می ماند. اکنون با توجه

به این نکات شما می توانید در چند مرحله

مسئله را حل کنید.

۱ جریان مدار در حالت اول و دوم را

به ترتیب I_1 و I_2 می نامیم بنابراین:

$$V_1 = 0/6V_1 \xrightarrow{V = \varepsilon - Ir} \varepsilon - I_1 r = 0/6(\varepsilon - I_1 r)$$

$$12 - 4I_1 = 0/6(12 - 4I_1) \Rightarrow 12 - 4I_1 = 2 - 2/3I_1$$

$$\xrightarrow{\text{دو طرف را به 4 تقسیم می کنیم}} 3 - I_1 = 1/8 - 0/6I_1$$

$$\Rightarrow I_1 = 0/6I_1 = 1/2 (I)$$

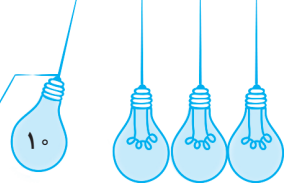
۲ در حالتی که کلید را می بندیم جریان مدار را حساب می کنیم. در این حالت در اثر

اتصال کوتاه، تنها مقاومت مدار 4Ω است.

$$I_2 = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow I_2 = \frac{12}{4 + 4} \Rightarrow I_2 = 1/2A$$

۳ I_2 را در رابطه (I) جای گذاری می کنیم تا I_1 را به دست بیاوریم.

$$1/5 - 0/6I_1 = 1/2 \Rightarrow 0/3 = 0/6I_1 \Rightarrow I_1 = 0/5A$$



۳۰ B

در صورت مسئله بیان شده که با بستن کلید K، اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت 6Ω دو برابر شده است، یعنی با توجه به قانون اهم ($V=IR$) باید جریان مدار دو برابر شده باشد. بنابراین $I'=2I$ بنابرین جریان مدار در دو حالت را باید حساب کنیم. البته ابتدا مقاومت معادل را به دست می‌آوریم.

کلید باز:
مقاومت 12Ω و R_1 موازی بوده و معادل آن‌ها با مقاومت 6Ω و 4Ω متوالی است.

$$R_{eq} = 6 + \frac{12 \times R_1}{12 + R_1} + 4$$

$$R_{eq} = 10 + \frac{12R_1}{12 + R_1} = \frac{120 + 10R_1 + 12R_1}{12 + R_1} \Rightarrow R_{eq} = \frac{120 + 22R_1}{12 + R_1}$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow I = \frac{4/5}{\frac{120 + 22R_1}{12 + R_1} + 2}$$

جریان مدار خواهد شد:

کلید بسته:
با اتصال کلید K تمام مقاومت‌های شاخه سمت راست اتصال کوتاه شده و تنها مقاومت مدار همان مقاومت 6Ω خواهد بود.
جریان مدار خواهد شد:

$$I' = \frac{\varepsilon}{R'_{eq} + r} \Rightarrow I' = \frac{4/5}{6 + 2} \Rightarrow I' = \frac{4/5}{8}$$

با توجه به فرض مسئله $I'=2I$ خواهیم داشت:

$$\frac{4/5}{8} = 2 \times \frac{4/5}{\frac{120 + 22R_1}{12 + R_1} + 2} \Rightarrow \frac{1}{8} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{\frac{120 + 22R_1}{12 + R_1} + 2} \Rightarrow \frac{1}{8} = \frac{1}{2} \times \frac{12 + R_1}{120 + 22R_1 + 24 + 2R_1} \Rightarrow \frac{1}{8} = \frac{1}{2} \times \frac{12 + R_1}{144 + 24R_1}$$

$$12 + R_1 = 8(72 + 12R_1) \Rightarrow 12 + R_1 = 576 + 96R_1 \Rightarrow 95R_1 = -564 \Rightarrow R_1 = 6\Omega$$

۳۱ B

خط فکری
با توجه به سؤال جرم ذره ناچیز بوده و در واقع از نیروی وزن وارد بر جسم صرف نظر شده است. ابتدا اندازه و جهت نیروی الکتریکی و نیروی مغناطیسی که از طرف میدان الکتریکی و مغناطیسی به ذره وارد می‌شود را به دست می‌آوریم و اگر این دو نیرو هم جهت باشند نیروی خالص مجموع آن‌ها و اگر این نیرو خلاف جهت هم باشند نیروی خالص تفاضل آن‌ها و اگر برهم عمودند، نیروی خالص از فیثاغورس به دست می‌آید.

یادآوری اندازه نیروی مغناطیسی و نیروی الکتریکی از طرف میدان‌های مغناطیسی و الکتریکی از رابطه‌های زیر به دست می‌آید:

نیروی الکتریکی	نیروی مغناطیسی
$F_E = E q $	$F = q vB \sin \alpha$
	زاویه بین میدان مغناطیسی و جهت حرکت ذره

۱ نیروی مغناطیسی: ذره عمود بر خطوط میدان مغناطیسی در حال حرکت است بنابرین $\alpha = 90^\circ$ است:

$$F_B = qvB \Rightarrow F_B = 2 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^4 \times 2 \times 10^{-2}$$

$$\Rightarrow F_B = 8 \times 10^{-4} \text{ N} = 0.8 \times 10^{-3} \text{ N}$$

نکته در مقاومت‌های موازی جریان به نسبت عکس مقدار مقاومت‌ها تقسیم می‌شود.

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

جریان عبوری از مقاومت 4Ω خواهد شد:

$$I_{4\Omega} = 3x \Rightarrow I_{4\Omega} = 3 \times \frac{1}{4} = \frac{3}{4} \text{ A}$$

۲۹ B

آمپرسنج، جریان کل مدار را نشان می‌دهد و ولتاژ دو سر کل مدار ثابت و برابر ε است. به سراغ قانون اهم $I = \frac{V}{R} = \frac{\varepsilon}{R}$ می‌رویم. جریان مدار با مقاومت مدار رابطه وارون دارد

یعنی $\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_{2eq}}{R_{1eq}}$ بنابرین باید مقاومت معادل در دو حالت را به دست بیاوریم.

متوالی: $3R + R = 4R$

متوالی: $R + 3R = 4R$

موازی: $4R$

$$R_{eq} = \frac{4R}{2} = 2R$$

حالت دوم: کلید بسته:

موازی: $\frac{R \times 3R}{R + 3R} = \frac{3}{4} R$

$$R_{eq} = \frac{3}{4} R + \frac{3}{4} R = \frac{3}{2} R$$

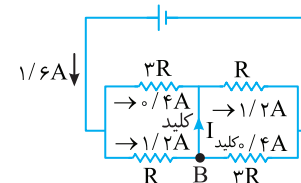
اکنون می‌توان I_2 را حساب کرد.

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{2R}{\frac{3}{2}R} \Rightarrow \frac{I_2}{1/2} = \frac{2}{3/2} \Rightarrow I_2 = \frac{4}{3} \times \frac{1}{2} = \frac{2}{3} \text{ A}$$

در مقاومت‌های موازی جریان به نسبت وارون مقاومت‌ها تقسیم می‌شود، یعنی اگر جریان مقاومت $3R$ برابر I باشد، جریان مقاومت R $2I$ است، بنابرین در انشعاب A خواهیم داشت:

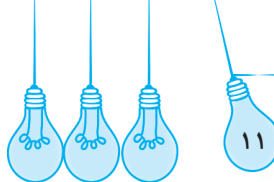
$$I' + I'' = I_2 \Rightarrow 2I + I = I_2 \Rightarrow 4I = 2/3 \Rightarrow I = 1/6 \text{ A}$$

$$I = 0/4 \text{ A}, I' = 0/4 \text{ A}, I'' = 1/2 \text{ A}$$



اکنون با نوشتن قاعده انشعاب برای نقطه B مسیر کلید I را حساب می‌کنیم.

$$1/2 = I_{\text{کلید}} + 0/4 \Rightarrow I_{\text{کلید}} = 0/8 \text{ A}$$



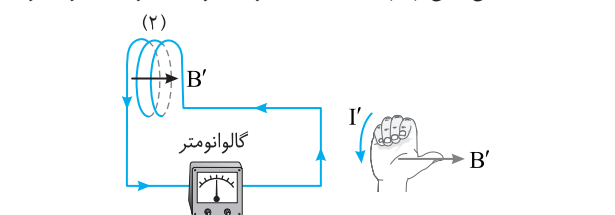
با توجه به قاعده دست راست میدان مغناطیسی سیم I_1 در نقطه A درون سیم است، بنابراین میدان مغناطیسی سیم I_2 باید برون سیم باشد یعنی I_1 با I_2 هم جهت است. **جمع بندی:** اگر جریان دو سیم همسو باشد، میدان در نقطه‌ای بین دو سیم و نزدیک به سیم با جریان کوچک‌تر صفر خواهد شد. اگر جریان دو سیم ناهمسو باشد، میدان در نقطه‌ای خارج دو سیم و نزدیک به سیم با جریان کوچک‌تر صفر خواهد شد.

۱ ۳۵ B خط فکری

برای آنکه نیروی خالص وارد بر بار بیشینه شود باید نیروهایی که میدان الکتریکی و میدان مغناطیسی بر بار وارد می‌کنند هم جهت باشند. میدان الکتریکی مطابق شکل برون سیم است و بر بار مثبت در میدان الکتریکی نیرویی در جهت میدان وارد می‌شود، یعنی نیروی F_E نیز برون سیم است. نیروی مغناطیسی F_B باید با F_E هم جهت باشند. میدان مغناطیسی به سمت چپ بوده و نیروی مغناطیسی وارد بر بار برون سیم است، از این رو با توجه به قاعده دست راست سرعت ذره را به دست می‌آوریم. اگر شست دست راست را در جهت نیرو به صورت برون سیم روی کاغذ قرار دهیم به گونه‌ای که کف دست سمت چپ یعنی میدان مغناطیسی را نشان دهد، چهار انگشت دست راست به سمت بالا (A) جهت حرکت را نشان می‌دهد.

جریان مدار سمت چپ از پایانه مثبت باتری به سمت پایانه منفی باتری است و میدان مغناطیسی سیموله (۱) به سمت چپ است. در لحظه وصل کلید و افزایش شار، میدان مغناطیسی القایی (B') در سیموله سمت راست باید طبق قانون لنز در خلاف جهت میدان B باشد تا با افزایش شار مخالفت کند، در این صورت جریان القایی در سوی (۲) خواهد بود.

با کاهش مقاومت رثوستا، جریان مدار افزایش می‌یابد و مجدداً جریان القایی به گونه‌ای است که میدان مغناطیسی القایی (B') به سمت راست بوده و جریان در سوی (۲) خواهد بود.



۲ ۳۷ B

ضریب القاوری سیموله به ساختمان سیموله بستگی دارد و از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$L = \mu_0 \frac{N^2 A}{l} \Rightarrow \frac{L_A}{L_B} = \left(\frac{N_A}{N_B} \right)^2 \times \frac{A_A}{A_B} \times \frac{l_B}{l_A}$$

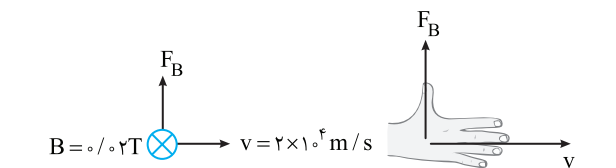
$$\frac{A_A = A_B, l_A = 2l_B}{N_A = 2N_B} \rightarrow \frac{L_A}{L_B} = (2)^2 \times 1 \times \left(\frac{1}{2} \right) \Rightarrow \frac{L_A}{L_B} = 2$$

ضریب القاوری سیموله A دو برابر سیموله B بوده و جریان عبوری از آنها یکسان است. از این رو انرژی ذخیره شده در سیموله A، $(U = \frac{1}{2} LI^2)$ دو برابر B می‌شود و میدان مغناطیسی آن دو $(B = \mu_0 \frac{N}{l} I)$ با هم برابر است.

۱ ۳۸ B خط فکری

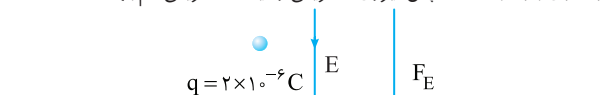
به کمک نیروی مغناطیسی وارد بر بار $(F = qvB \sin \alpha)$ نیروی مغناطیسی وارد بر پروتون را حساب کنید سپس به کمک قانون دوم نیوتون $(F = ma)$ شتاب پروتون را به دست بیاورید.

جهت نیروی مغناطیسی با توجه به قاعده دست راست مشخص می‌شود. چهار انگشت دست راست را در جهت حرکت ذره به سمت راست گرفته به طوری که خم شدن انگشت‌ها جهت میدان مغناطیسی (درون سیم) را نشان دهد، حال جهت شست (روبه بالا) جهت نیروی مغناطیسی می‌شود:



نیروی الکتریکی: $F_E = Eq \Rightarrow F_E = 5 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6} = 10^{-3} \text{ N}$

ذره دارای بار مثبت است پس نیروی الکتریکی و میدان الکتریکی هم جهت‌اند.

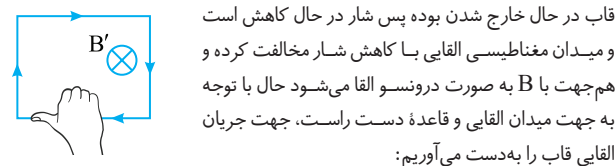


دو نیرو خلاف جهت هم‌اند، بنابراین نیروی خالص وارد بر ذره برابر است با:

$$F_T = F_E - F_B \Rightarrow F_T = 10^{-3} - 0.8 \times 10^{-3} = 0.2 \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-4} \text{ N}$$

۲ ۳۲ B خط فکری

مقدار نیرو محرکه القایی را با توجه به قانون القای فاراده $\mathcal{E} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ به دست می‌آوریم که مدت زمان ۱ms و تغییر شار 0.2 Wb در حال کاهش داده شده است. جهت جریان القایی هم با توجه به قانون لنز به دست می‌آید. جهت جریان باید به گونه‌ای باشد که با کاهش شار که حاصل از خروج قاب از میدان است مخالفت کند.



قاب در حال خارج شدن بوده پس شار در حال کاهش است و میدان مغناطیسی القایی با کاهش شار مخالفت کرده و هم جهت با B به صورت درون سیم القا می‌شود حال با توجه به جهت میدان القایی و قاعده دست راست، جهت جریان القایی قاب را به دست می‌آوریم:

چهار انگشت خم شده دست راست را در جهت میدان القایی درون سیم گرفته در این حالت جهت جریان در جهت شست دست راست قرار دارد و ساعتگرد است.

با استفاده از قانون القای فاراده، نیرو محرکه را به دست می‌آوریم:

$$\mathcal{E} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -1 \times \frac{(-0.2)}{10^{-3}} = 200 \text{ V}$$

۱ ۳۳ A خط فکری

آلفا ذره‌ای با دو پروتون و دو نوترون بوده یعنی دارای بار مثبت ۲e است. با داشتن جرم ذره آلفا و شتاب آن، نیروی مغناطیسی وارد بر آن را به کمک قانون دوم نیوتون حساب می‌کنیم.

$$F = ma \Rightarrow F = 6.68 \times 10^{-27} \times 4 \times 10^5 \text{ N}$$

اکنون به کمک رابطه نیروی مغناطیسی وارد بر بار متحرک در میدان مغناطیسی، بزرگی میدان را به دست می‌آوریم:

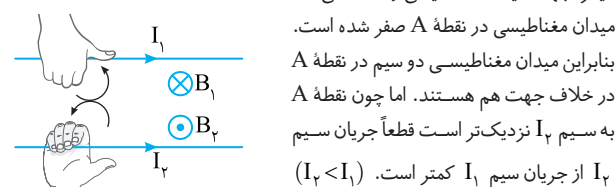
$$F = |q|vB \sin \theta \quad \frac{|q| = 2e = 2 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}}{\theta = 90^\circ}$$

$$6.68 \times 4 \times 10^{-22} = 3 / 2 \times 10^{-19} \times 500 \times B$$

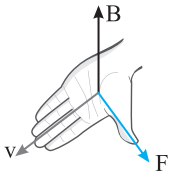
$$\Rightarrow B = 0.167 \times 10^{-3} \text{ T} \Rightarrow B = 1 / 67 \text{ G}$$

۴ ۳۴ B یادآوری

برای تشخیص جهت میدان مغناطیسی اطراف سیم حامل جریان، شست دست راست را در جهت جریان الکتریکی سیم قرار داده، جهت چرخش چهار انگشت دیگر، جهت میدان مغناطیسی را نشان می‌دهد.



میدان مغناطیسی در نقطه A صفر شده است. بنابراین میدان مغناطیسی دو سیم در نقطه A در خلاف جهت هم هستند. اما چون نقطه A به سیم I_2 نزدیک‌تر است قطعاً جریان سیم I_1 از جریان سیم I_2 کمتر است. ($I_1 < I_2$)



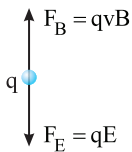
البته مطابق شکل می‌توانید که از دست چپ استفاده کنید.

۱ ۴۱ B

ابتدا دانسته‌های خود را مرور کنیم.

۱ ذره He^{++} دارای بار مثبت است $\alpha = {}^4_2\text{He}^{++}$

۲ بر بار مثبت در جهت میدان الکتریکی نیروی $F_E = qE$ وارد می‌شود، بنابراین نیروی F_E رو به پایین است.

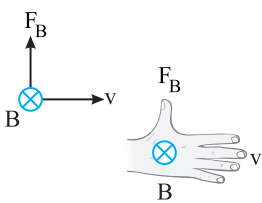


۳ برای آنکه ذره α بدون انحراف از دو میدان بگذرد، باید نیروهایی که از طرف میدان الکتریکی و مغناطیسی بر آن وارد می‌شود، متوازن باشند. یعنی اندازه آن‌ها یکسان و جهت آن‌ها در خلاف جهت هم باشد، بنابراین نیروی میدان مغناطیسی باید بالاسو باشد. اکنون مسئله قابل حل است.

دو نیروی الکتریکی و مغناطیسی را برابر قرار می‌دهیم.

$$F_E = F_B \xrightarrow{F_E = qE, F_B = qvB} qE = qvB \Rightarrow E = vB$$

$$E = 1000 \text{ N/C}, B = 10^{-2} \text{ T} \Rightarrow v = 10^5 \text{ m/s}$$

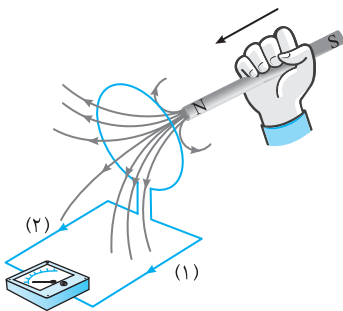


نیروی F_B بالا سو و میدان مغناطیسی درونسو بوده و بنا به قاعده دست راست اگر شما انگشت شست دست راست خود را رو به بالای صفحه به گونه‌ای قرار دهید که کف دست شما به داخل صفحه کاغذ باشد، در این صورت چهار انگشت شما به سمت راست صفحه و در جهت محور X هاست، یعنی سرعت در جهت مثبت محور X ها باید باشد.

۲ ۴۲ B

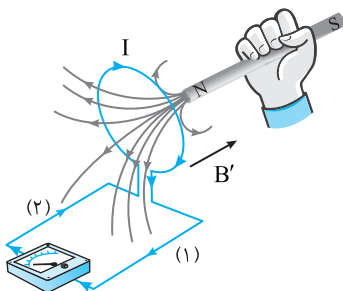
یادآوری قانون لنز:

جهت جریان القایی همواره به گونه‌ای است که با عامل به وجود آورنده‌اش (تغییر شار) مخالفت می‌کند.



با توجه به شکل آهنربا در حال نزدیک شدن به حلقه است. با نزدیک شدن آهنربا به حلقه، شار مغناطیسی گذرنده از حلقه افزایش می‌یابد و این بنا به قانون القای الکترومغناطیسی فاراده باعث ایجاد نیروی محرکه القایی و در نتیجه جریان القایی می‌شود.

این جریان به گونه‌ای است که با نزدیک شدن آهنربا مخالفت می‌کند. یعنی حلقه بر آهنربا نیروی مغناطیسی دافعه وارد می‌کند. برای این منظور باید سمتی از حلقه که به سوی آهنرباست قطب N شود و با توجه به قاعده دست راست جهت جریان در جهت (۱) خواهد شد.



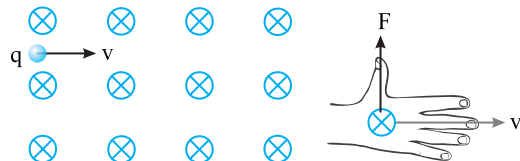
۱ اندازه نیرو و جهت آن را با توجه به قاعده دست راست به دست می‌آوریم:

$$F = qvB \sin \alpha \xrightarrow{\text{زاویه بین راستای حرکت و خطوط میدان } \alpha = 90^\circ} F = qvB$$

$$\xrightarrow{B = 170 \text{ G} = 17 \times 10^{-4} \text{ T}, q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}} F = 1.6 \times 10^{-19} \times 17 \times 10^{-4} \times 170 \times 10^{-4}$$

$$\Rightarrow F = 1.6 \times 17 \times 10^{-19} \text{ N}$$

نکته برای به دست آوردن جهت نیرو، چهار انگشت باز دست راست را در جهت حرکت ذره قرار می‌دهیم به طوری که با خم شدن چهار انگشت، جهت میدان مغناطیسی مشخص شود، در این شرایط انگشت باز شست دست، جهت نیرو را مشخص می‌کند.



بنابراین بردار نیرو و به سمت بالا و در جهت محور Y ها است. $\vec{F} = (1.6 \times 17 \times 10^{-19}) \hat{j}$

۲ حال با توجه به رابطه $\vec{F} = m\vec{a}$ ، بردار شتاب را به دست می‌آوریم:

$$1.6 \times 17 \times 10^{-19} \hat{j} = 1.6 \times 10^{-27} \hat{j} \Rightarrow \vec{a} = 1.6 \times 10^{-10} \hat{j}$$

۳ ۳۹ B

خط‌کشی در گام اول با توجه به قانون القای فاراده نیرو محرکه القایی متوسط را به دست می‌آوریم و در گام بعدی با توجه به قانون لنز جهت جریان القایی را حساب می‌کنیم.

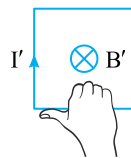
نکته ۱ نیرو محرکه القایی با توجه به قانون القای فاراده از رابطه $\bar{\epsilon} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ به دست می‌آید.

$$\bar{\epsilon} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \xrightarrow{\Phi = BA \cos \theta, N = 1, \Delta t = 1 \text{ ms} = 10^{-3} \text{ s}} \bar{\epsilon} = - \frac{B_2 A \cos \theta - B_1 A \cos \theta}{10^{-3}}$$

$$\xrightarrow{\text{صفحه بر خطوط عمود است} \cos \theta = 1} \bar{\epsilon} = \frac{-(B_2 - B_1)A}{10^{-3}}$$

$$\xrightarrow{\Delta B = -200 \text{ G} = -200 \times 10^{-4} \text{ T}, A = 600 \times 10^{-4} \text{ m}^2} \bar{\epsilon} = \frac{-(-200 \times 10^{-4}) \times (600 \times 10^{-4})}{10^{-3}} = 12 \text{ V}$$

نکته ۲ طبق قانون لنز، جریان القایی در جهتی ایجاد می‌شود که با عامل تغییر شار مخالفت کند.



میدان مغناطیسی در حال کاهش است پس باید میدان القایی در جهت میدان داده شده یعنی درونسو القا شود تا با کاهش میدان مغناطیسی (که عامل تغییر شار است) مخالفت کند. حال با توجه به قاعده دست راست و جهت میدان القایی، جهت جریان القایی را به دست می‌آوریم که مشخص می‌شود این جریان ساعتگرد است.

۴ ۴۰ B

یادآوری یک گaus برابر 10^{-4} تسلا است.

۱ رابطه نیروی مغناطیسی وارد بر بار متحرک در میدان مغناطیسی به صورت زیر است:

$$\vec{B} = 2000 \text{ G}$$

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

$$F = 1.6 \times 10^{-19} \times 5 \times 10^4 \times 2000 \times 10^{-4} \times \sin(15^\circ)$$

$$\xrightarrow{\sin 15^\circ = \sin 30^\circ = \frac{1}{2}} F = 8 \times 10^{-16} \text{ N}$$

۲ برای یافتن جهت نیروی وارد بر الکترون از قاعده دست راست استفاده می‌کنیم. چهار انگشت دست راست را در امتداد v قرار دهید به گونه‌ای که چرخش چهار انگشت روی B قرار گیرد. در این حالت انگشت شست دست راست شما رو به درون صفحه کاغذ است یعنی نیروی درونسوست، اما بار الکترون منفی است بنابراین باید جهت را قرینه کنید یعنی نیروی برونسو است.

۲ جهت یافتن جهت نیروی وارد بر الکترون از قاعده دست راست استفاده می‌کنیم. چهار انگشت دست راست را در امتداد v قرار دهید به گونه‌ای که چرخش چهار انگشت روی B قرار گیرد. در این حالت انگشت شست دست راست شما رو به درون صفحه کاغذ است یعنی نیروی درونسوست، اما بار الکترون منفی است بنابراین باید جهت را قرینه کنید یعنی نیروی برونسو است.