

پاسخنامه
فیزیک
فصل ۱
یازدهم



1- گزینه ۱

(غلامرضا مویی)

الف) نادرست: با توجه به جدول، میله شیشه‌ای دارای بار خالص مثبت و پارچه پشمی دارای بار منفی است. از طرفی چون میله شیشه‌ای الکترون از دست می‌دهد و پارچه پشمی الکترون دریافت می‌کند، جرم میله شیشه‌ای کاهش و پارچه پشمی افزایش می‌یابد.

ب) نادرست: بار خالص یک جسم نمی‌تواند از بار پایه $(e = 1/6 \times 10^{-19} C)$ کوچک‌تر باشد. $(q < e)$

پ) درست.

ت) نادرست: چون پارچه پشمی از میله شیشه‌ای الکترون می‌گیرد بار آن منفی است. (الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۳ و ۳)

2- گزینه ۱

(مصطفی کبابی)

در حالت اول که بار دو گوی ناهم‌نام است یکدیگر را جذب می‌کنند.

پس از تماس دو گوی بار آن‌ها یکسان می‌شود.

$$q'_A = q'_B = \frac{q_A + q_B}{2} \quad q_A = -2q \quad q_B = 4q \rightarrow q'_A = q'_B = q$$

اکنون با توجه به قانون کولن بزرگی نیروی الکتریکی را در دو حالت با یکدیگر

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{d^2} \rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{|q'_A||q'_B|}{|q_A||q_B|} = \frac{q^2}{8q^2} = \frac{1}{8}$$

مقایسه می‌کنیم:

در این حالت چون بار گوی‌ها یکسان است، بنابراین دو گوی یکدیگر را دفع می‌کنند.

$$\vec{F}' = -\frac{1}{8}\vec{F}$$

بنابراین:

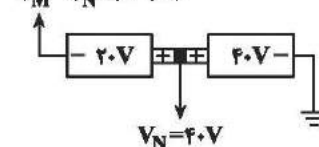
(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۵ و ۵)

3- گزینه ۴

(بهادر کلهریان)

می‌دانیم هر نقطه از جسمی به زمین متصل شود پتانسیل الکتریکی آن برابر صفر می‌شود. بنابراین با توجه به شکل داریم:

$$V_M = V_N - 20 = 20 V$$



(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه ۲۳)

4- گزینه ۳

(امیر قادری)

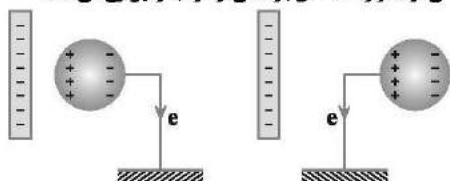
ظرف رسانایی با درپوش فلزی را در نظر بگیرید که روی پایه نارسنایی قرار دارد و روی درپوش آن دسته‌ای عایق نصب شده است. ابتدا ظرف بدون بار و یک گوی فلزی را که از نخ عایقی آویزان است، باردار و سپس وارد ظرف می‌کنیم (شکل (ج)). اکنون گوی را با کف ظرف تماس می‌دهیم و سپس درپوش فلزی را می‌پندیم (شکل (ب)). آن‌گاه درپوش فلزی را با دسته عایقش برمی‌داریم (شکل (د)) و گوی فلزی را از ظرف خارج نموده و آن را به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک می‌کنیم. مشاهده می‌شود عقربه الکتروسکوپ تکان نمی‌خورد (شکل (الف)). این نشان می‌دهد گوی فلزی بار ندارد و تمام بار آن به ظرف رسانا منتقل شده است، در این حالت اگر ظرف را به الکتروسکوپ نزدیک کنیم، مشاهده می‌شود ورق‌های الکتروسکوپ تکان می‌خورند. از این آزمایش نتیجه می‌گیریم که بار اضافی داده شده به یک رسانا روی سطح خارجی آن توزیع می‌شود.

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲۵ و ۲۶)

5- گزینه ۲

(غلامرضا مویی)

با توجه به اینکه شرایط برای هر دو کره یکسان است، مکان نقطه اتصال کره به زمین مهم نیست و برای هر دو کره یک اتفاق می‌افتد، به دلیل دافعه بین بار منفی میله و بارهای منفی آزاد در رسانا انتقال بار منفی از کره به زمین رخ می‌دهد.



دقت کنید بارهای مثبت تحت تأثیر نیروی جاذبه بارهای منفی میله‌های باردار قرار دارند. (الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲ و ۳)

6- گزینه ۴

(مبهم رشتیان)

وقتی ذره منفی از پایانه منفی به سمت پایانه مثبت حرکت می‌کند، دافعه بارهای منفی و جاذبه بارهای مثبت سبب افزایش انرژی جنبشی ذره و کاهش انرژی پتانسیل الکتریکی آن می‌شود. بنابراین، داریم:

$$W_t = \Delta K$$

$$\frac{W_t}{q} = \frac{-\Delta U}{q} \rightarrow -\Delta U = \Delta K \Rightarrow \Delta U = -\Delta K = -8 \times 10^{-7} J$$

اکنون طبق رابطه اختلاف پتانسیل، برای اختلاف پتانسیل دو پایانه می‌توان نوشت:

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \quad \frac{\Delta U = -8 \times 10^{-7} J}{q = -4 \times 10^{-6} C} \rightarrow V(+) - V(-) = \frac{-8 \times 10^{-7}}{-4 \times 10^{-6}} = 200$$

$$\frac{V(+)}{1} = 200 \rightarrow V(-) = -180 V$$

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲۰ و ۲۳)

7- گزینه ۲

(مبهم رشتیان)

در شکل زیر نیروهای وارد بر ذره رسم شده است. برای یافتن انرژی جنبشی ثانویه ذره از قضیه کار و انرژی جنبشی استفاده می‌کنیم. دقت کنید چون بار مثبت است $F_E > mg$ در جهت میدان بر آن اثر می‌کند، از طرف دیگر چون $F_E > mg$ است، ذره باردار در جهت \vec{F}_E حرکت خواهد کرد.

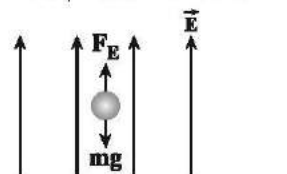
$$F_t = F_E - mg = E|q| - mg$$

$$= (3 \times 10^3 \times 4 \times 10^{-6}) - (2 \times 10^{-3} \times 10) = 10 \times 10^{-3} = 0.01 N$$

$$W_t = F_t \times d = 10^{-1} \times 2 \times 10^{-1} = 2 \times 10^{-2} J$$

$$W_t = \Delta K = K_f - K_i \Rightarrow 2 \times 10^{-2} = K_f - 0$$

$$\Rightarrow K_f = 2 \times 10^{-2} J = 20 mJ$$



(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۱۰ و ۱۱)

8- گزینه ۳»

(علی ملک‌نواز)

چون کار میدان الکتریکی در این جابه‌جایی منفی است ($W_E < 0$) پس چنین حرکتی به عامل خارجی (ما) نیاز داشته و $W > 0$ است و در نتیجه تغییرات انرژی پتانسیل نیز مثبت است ($\Delta U > 0$) (حذف گزینه‌های ۱ و ۴)
۲ حالت می‌تواند وجود داشته باشد:

$$\Delta U > 0 \rightarrow \begin{cases} q > 0, \Delta V > 0 \\ q < 0, \Delta V < 0 \end{cases} \quad \text{حذف گزینه ۲»}$$

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲۳۰ تا ۲۳۳)

(مرتبی، همان زاره)

$$E_{T1} = E_1 + E_2$$

$$E = k \frac{|q|}{r^2} \rightarrow E_{T1} = \frac{k}{(\frac{d}{2})^2} (\lambda_0 + \lambda_0) = \frac{4k}{d^2} \times 130 \text{ (s)}$$

$$q_1 = 80 \mu C \quad q_2 = -50 \mu C$$

$$q'_1 = q_1 - 0.25 q_1 = 80 - 20 = 60 \mu C$$

$$q'_2 = q_2 + 0.25 q_1 = -50 + 20 = -30 \mu C$$

$$q'_1 = 60 \mu C \quad q'_2 = -30 \mu C$$

$$E_{T2} = E'_1 + E'_2 \rightarrow \frac{k}{(\frac{d}{2})^2} (60 + 30) = \frac{4k}{d^2} \times 90 \text{ (**)}$$

$$(**, **) \Rightarrow \frac{E_{T2}}{E_{T1}} = \frac{90}{130} = \frac{9}{13}$$

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۱۶۵ تا ۱۶۸)

10- گزینه ۳»

(امیر حسین برادران)

با توجه به جهت نیروی الکتریکی برآیند وارد بر بار q ، جهت نیروهای وارد بر آن را از طرف سه بار دیگر مشخص می‌کنیم.

با توجه به این که نیروی برآیند موازی ضلع بالایی مثلث است، داریم:

$$F' = F'' \Rightarrow F'' = 2Fq_1q_2 \Rightarrow F' = 2Fq_1q_2$$

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{a^2} \rightarrow \frac{|q'_1||q'_2|}{a^2} = \frac{|q_1||q_2|}{a^2}$$

$$\Rightarrow |q'_1| = 2|q_1| \Rightarrow q' = 2q$$

با توجه به این که نیروی بین بارهای q و q'' را نشی است، پس q' و q هم‌نام‌اند.

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۱۰۵ تا ۱۰۸)

11- گزینه ۴»

(امیر حسین برادران)

با استفاده از رابطه میدان الکتریکی E_1 را می‌یابیم:

$$E = k \frac{q}{r^2} \rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 = \left(\frac{r_1}{r_1 + 12}\right)^2$$

$$E_1 = 100 \frac{N}{C}, E_2 = 25 \frac{N}{C} \rightarrow \sqrt{\frac{25}{100}} = \frac{r_1}{r_1 + 12} \rightarrow \frac{1}{4} = \frac{r_1}{r_1 + 12}$$

$$\Rightarrow 3r_1 = 12 \Rightarrow r_1 = 4 \text{ cm}$$

اکنون بار $|q|$ را پیدا می‌کنیم:

$$E = k \frac{|q|}{r^2} \quad k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$$

$$10^5 = 9 \times 10^9 \times \frac{|q|}{16 \times 10^{-4}} \Rightarrow |q| = \frac{16}{9} \times 10^{-8} C$$

در نهایت با استفاده از شرط تعادل داریم:

$$F_E = mg \Rightarrow E|q| = mg \Rightarrow E = \frac{mg}{|q|} = \frac{m \times 10^{-6} \text{ kg}}{g \times 10^{-8} \text{ kg}} \times \frac{16}{9} \times 10^{-8} C$$

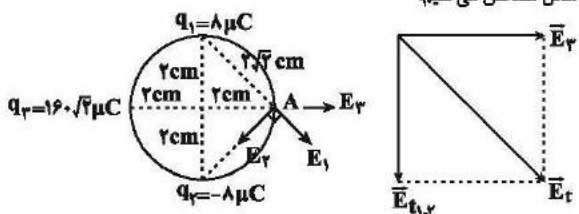
$$E = \frac{4 \times 10^{-6} \times 10}{\frac{16}{9} \times 10^{-8}} = 2250 \frac{N}{C}$$

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۱۱۲ تا ۱۱۴)

12- گزینه ۳»

(مهدی براتی)

ابتدا با توجه به خارج شدن بردار میدان الکتریکی از بار الکتریکی مثبت و وارد شدن آن به بار الکتریکی منفی، جهت میدان‌های الکتریکی ناشی از هر بار الکتریکی را روی شکل مشخص می‌کنیم:



حال بزرگی میدان‌های الکتریکی را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{|q_1|}{r_1} = \frac{|q_2|}{r_2} \rightarrow |\vec{E}_1| = |\vec{E}_2| = k \frac{q_1}{r_1^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{8 \times 10^{-6}}{(2\sqrt{2} \times 10^{-2})^2} = 9 \times 10^5 \frac{N}{C}$$

$$|\vec{E}_t(1,2)| = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = 9\sqrt{2} \times 10^5 \frac{N}{C} \downarrow$$

$$|\vec{E}_3| = k \frac{q_3}{r_3^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{16\sqrt{2} \times 10^{-6}}{(2 \times 10^{-2})^2} = 9\sqrt{2} \times 10^5 \frac{N}{C} \rightarrow$$

$$|\vec{E}_t| = \sqrt{E_{t(1,2)}^2 + E_3^2} = 18 \times 10^5 \frac{N}{C} = 18 \times 10^5 \frac{kN}{C} \searrow$$

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۱۶۵ تا ۱۶۸)

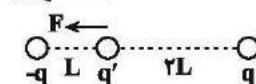
13- گزینه ۴»

(مهدی براتی)

چون اندازه هریک از بارهای q_1 تا q_4 و فاصله آن‌ها تا مرکز مربع یکسان است، اندازه میدان الکتریکی هریک از این بارها در مرکز مربع یکسان و برابر با نصف اندازه

$$\text{میدان الکتریکی بار } q_5 \text{ است. } (|\vec{E}_1| = |\vec{E}_2| = |\vec{E}_3| = |\vec{E}_4| = \frac{|\vec{E}_5|}{2})$$

$$2F \leftarrow$$

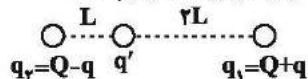


اگر بزرگی نیرویی که بار q به بار q' وارد می‌کند را F در نظر بگیریم، بزرگی نیروی بار $-q$ به بار q' برابر $2F$ خواهد بود، زیرا فاصله بار $-q$ تا بار q' نصف فاصله بار q و q' است و می‌دانیم نیرو با مربع فاصله عکس دارد.

$$F = \frac{kqq'}{r^2} \rightarrow \begin{cases} \text{دافعه} \rightarrow F \text{ به } q' \text{ به } q \\ \text{جاذبه} \rightarrow 2F \text{ به } -q \text{ به } q' \end{cases}$$

$$F_T = F + 2F = 3F$$

اگر بار اضافه شده به هر دو بار q و q' را Q فرض کنیم، برآیند نیروهای وارد بر q' در حالت جدید $F_T = 3F$ خواهد بود (۲۰ درصد کاهش می‌یابد). نیروهای دو بار جدید q_1 و q_2 را F_1 و F_2 در نظر گرفته و دو حالت خواهیم داشت:



$$q_1 = Q - q, \quad q_2 = Q + q$$

$$F_T = F_1 - F_2 \Rightarrow 3\left(\frac{kq_1q_2}{r^2}\right) = \frac{k(Q-q)q'}{r^2} - \frac{k(Q+q)q'}{r^2}$$

$$\Rightarrow 3q = Q + q - 2Q + 2q \Rightarrow 3Q = q \Rightarrow Q = \frac{q}{3}$$

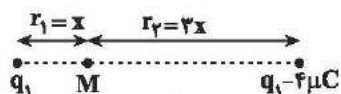
دقت کنید به ازای $Q = 3q$ جهت نیروی برآیند عوض می‌شود (به عنوان تمرین نیروی برآیند وارد بر بار q' را در حالتی که جهت نیروی برآیند عکس می‌شود به دست آورید).

(الکتروسیست ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۱۰۵ تا ۱۰۶)

16 - گزینه ۳

(سید ابوالفضل باقری)

چون میدان الکتریکی در نقطه M صفر است، بنابراین دو بار q_1 و q_2 همانند هستند.



$$E_1 = E_2 \Rightarrow \frac{kq_1}{r_1^2} = \frac{kq_2}{r_2^2} \Rightarrow \frac{q_1}{x^2} = \frac{q_2}{(2x)^2}$$

$$\Rightarrow \frac{q_1}{x^2} = \frac{q_2}{4x^2} \Rightarrow 4q_1 = q_2$$

$$\Rightarrow 4q_1 = -q_2 \Rightarrow q_1 = -\frac{1}{4}q_2$$

(الکتروسیست ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۱۰۵ تا ۱۰۶)

17 - گزینه ۳

(اسماعیل احمدی)

چنانچه کره در یک میدان الکتریکی خارجی قرار گیرد، درون کره میدان الکتریکی برابر صفر خواهد بود. بنابراین آونگ در راستای قائم باقی می‌ماند.

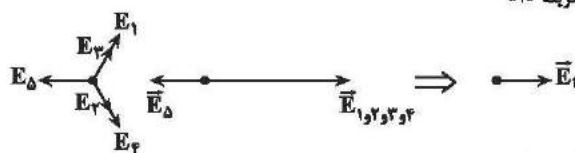
(الکتروسیست ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲۵ تا ۲۷)

18 - گزینه ۱

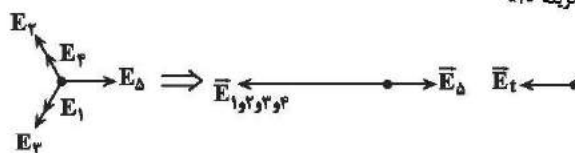
(امیرحسین پیرادران)

با فرض آنکه $q < 0$ باشد، با نوشتن رابطه کار و انرژی بین نقاط M و N و

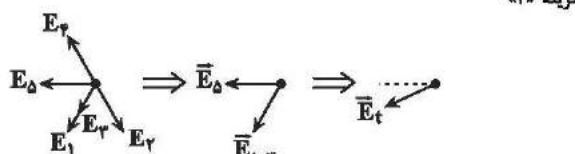
گزینه ۱



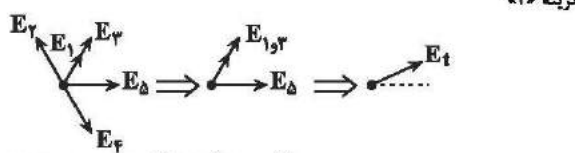
گزینه ۲



گزینه ۳



گزینه ۴



(الکتروسیست ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۱۰۵ تا ۱۰۶)

14 - گزینه ۲

(مهدی برایانی)

با توجه به اینکه دو بار الکتریکی q_1 و q_2 همانند هستند، نقطه A بین آنها و نزدیکتر به باری که اندازه آن کوچکتر است (q_2) قرار دارد:

چون $E_A = 0$ است، بزرگی میدان‌های الکتریکی ناشی از دو بار الکتریکی در نقطه A با هم برابر و در خلاف جهت هم می‌باشد. بنابراین:

$$|E_1| = |E_2| \Rightarrow k \frac{q_1}{r_1^2} = k \frac{q_2}{r_2^2} \Rightarrow \frac{q_1}{x^2} = \frac{q_2}{(18-x)^2}$$

$$\Rightarrow \frac{x^2}{(18-x)^2} = \frac{q_2}{q_1} = \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{x}{18-x} = \frac{1}{2} \Rightarrow 2x = 18-x \Rightarrow x = 12 \text{ cm}$$

در نتیجه باید میدان الکتریکی ناشی از بار q_2 در فاصله ۱۲ سانتی‌متری از آن را به دست آوریم که با توجه به مثبت بودن بار الکتریکی، میدان از آن خارج شده و در نقطه موردنظر به سمت چپ و خلاف جهت محور x ها ($-\hat{i}$) است:

$$|E_2| = k \frac{|q_2|}{r_2^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{24 \times 10^{-6}}{(12 \times 10^{-2})^2} = 1.5 \times 10^7 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$\Rightarrow \vec{E} = -1.5 \times 10^7 \hat{i}$$

(الکتروسیست ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۱۰۵ تا ۱۰۶)

15 - گزینه ۱

(ارش مروی)

بار q' را مثبت فرض می‌کنیم (تأثیری در نتیجه ندارد).

همچنین نقاط P و N داریم:

$$\begin{array}{c} \xrightarrow{\quad} \\ \overline{M^*} \quad \overline{N^*} \quad \overline{P^*} \\ \xrightarrow{\quad} \end{array}$$

$$W_t = \Delta K \xrightarrow{W_t = -\Delta U} \begin{cases} q(V_N - V_M) = \frac{1}{2}m(v_N^2 - v_M^2) \\ q(V_P - V_N) = \frac{1}{2}m(v_P^2 - v_N^2) \end{cases}$$

$$\frac{v_N = \frac{v_M}{2}}{v_P = 0} \rightarrow \frac{V_N - V_M}{V_P - V_N} = \frac{(\frac{v_M}{2})^2 - v_M^2}{0 - (\frac{v_M}{2})^2} = \frac{-\frac{3}{4}v_M^2}{-\frac{v_M^2}{4}} = 3$$

$$\Rightarrow \frac{V_M - V_N}{V_P - V_N} = -3$$

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲۰ و ۲۳)

19- گزینه ۱

(موردی برای)

با توجه به جهت و تراکم خطوط میدان می‌توان نتیجه گرفت:
با توجه به این‌که خطوط میدانی الکتریکی از بار مثبت خارج و به بار منفی وارد می‌شود و تراکم خطوط میدان نشان‌دهنده اندازه بار است، داریم:

$$\begin{cases} q_1 > 0 \\ q_2 < 0 \\ |q_2| > |q_1| \end{cases}$$

بنابراین چون بارها ناهم‌نام‌اند، میدان الکتریکی در خارج از فاصله دو بار و نزدیک به بار با اندازه کوچک‌تر برابر صفر می‌شود.

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۱۳ و ۱۸)

20- گزینه ۲

(امیر حسین برادران)

با توجه به این‌که دو صفحه به اختلاف پتانسیل ثابتی متصل هستند پس از جابه‌جایی دو صفحه اختلاف پتانسیل صفحات تغییر نمی‌کند. با توجه به رابطه اختلاف پتانسیل دو نقطه در میدان الکتریکی یکنواخت داریم:

$$\frac{E_1 = \frac{V}{d_1}, d_1 = 12 \text{ mm}}{d_{BA} = 8 \text{ mm}, V = 360 \text{ V}} \rightarrow |V_{BA}| = \frac{360}{12} \times 8 = 240 \text{ V}$$

چون جهت میدان الکتریکی از نقطه A به سمت نقطه B است، بنابراین: $V_B < V_A$
 $V_{BA} = -240 \text{ V}$ (۱)

اکنون اختلاف پتانسیل نقاط A و B را در حالت جدید محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{|V_{BA}| = E_2 d_{BA}}{E_2 = \frac{V}{d_2}, d_2 = 12 + 3 = 15 \text{ mm}} \rightarrow |V_{BA}| = \frac{360}{15} \times 8 = 192 \text{ V}$$

با افزایش فاصله صفحات جهت میدان الکتریکی تغییری نمی‌کند، بنابراین:

$$V_{BA} = -192 \text{ V} \quad (2)$$

$$(1) \text{ و } (2) \Rightarrow V_{BA} - V_{AB} = -192 - (-240) = 48 \text{ V}$$

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲۲ و ۲۳)

21- گزینه ۱

(سید علی میر صالحی)

برای پاسخ دادن به این سؤال گزینه‌ها را بررسی می‌کنیم:

گزینه ۱: با کاهش مساحت صفحات خازن، طبق رابطه $C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d}$ ، ظرفیت

خازن نیز کاهش می‌یابد، در نتیجه چون V ثابت است، بنابه رابطه $U = \frac{1}{2} CV^2$ ، انرژی خازن نیز کاهش خواهد یافت.

گزینه‌های ۲ و ۳: بنا به رابطه $C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d}$ ، با کاهش فاصله بین صفحات خازن و یا قرار دادن دی‌الکتریک بین صفحات، ظرفیت خازن افزایش می‌یابد.

در نتیجه، چون V ثابت است، طبق رابطه $U = \frac{1}{2} CV^2$ ، انرژی خازن نیز افزایش خواهد یافت.

گزینه ۴: با جدا کردن خازن از مولد، بار الکتریکی آن ثابت می‌ماند، در نتیجه طبق

رابطه $U = \frac{Q^2}{2C}$ ، چون Q و C ثابت‌اند، انرژی خازن نیز ثابت خواهد ماند.

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲۸ و ۲۳)

22- گزینه ۴

(موردی برای)

ظرفیت خازن به اختلاف پتانسیل و بار الکتریکی آن وابسته نیست. بنابراین فقط تغییر قطر صفحات آن را در نظر می‌گیریم:

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \xrightarrow{\text{ثابت } d, \kappa} \frac{C_2}{C_1} = \frac{A_2}{A_1} \xrightarrow{A = \pi \frac{d^2}{4}} \frac{C_2}{C_1} = \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 = \left(\frac{1}{2}\right)^2$$

$$\Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}$$

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۳۰ و ۳۱)

23- گزینه ۳

(زهره آقامردی)

با توجه به رابطه ظرفیت خازن و اینکه ظرفیت خازن ثابت است، داریم:

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta V} \xrightarrow{\Delta Q = 22 \mu\text{C}} 25 = \frac{22}{\Delta V} \Rightarrow V_1 = \frac{22}{25} = 0.88 \text{ V}$$

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۳۹ و ۳۲)

24- گزینه ۱

(غلامرضا مهدی)

در حالت اول که خازن به مولد وصل است، ولتاژ خازن ثابت است. با توجه به این‌که در این حالت A و k هر دو ثابت‌اند، می‌توان نوشت:

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{d_1}{d_2} \xrightarrow{d_2 = 2d_1} \frac{C_2}{C_1} = \frac{d_1}{2d_1}$$

$$U = \frac{1}{2} CV^2 \rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \frac{C_2}{C_1} \times \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 \xrightarrow{V_1 = V_2} \frac{U_2}{U_1} = \frac{1}{2}$$

در حالت دوم که خازن از مولد جداست بار آن ثابت می‌ماند. با توجه به این‌که در این حالت A و d ثابت‌اند، داریم:

$$U = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} \Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \frac{C_1}{C_2} = \frac{k_1}{k_2} \xrightarrow{k_1 = k_2 = 1} \frac{C_1}{C_2} = \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow U_2 = \frac{1}{2} U_1 = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} U_1\right) \Rightarrow U_2 = \frac{1}{4} U_1$$

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲۸ و ۳۳)

25 - گزینه «۲»

(معمولی کالی)

چون مشخصات ساختمانی خازن معلوم است، ابتدا ظرفیت خازن را می‌یابیم:

$$A = \pi r^2 \quad r = 2 \text{ cm} = 2 \times 10^{-2} \text{ m} \rightarrow \pi = 3$$

$$A = 3 \times 4 \times 10^{-4} = 12 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad \kappa = 2.5, d = 5 \text{ mm} = 5 \times 10^{-3} \text{ m} \rightarrow \epsilon_0 = 9 \times 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}}$$

$$C = 2.5 \times 9 \times 10^{-12} \times \frac{12 \times 10^{-4}}{5 \times 10^{-3}} \Rightarrow C = 54 \times 10^{-12} \text{ F}$$

اکنون به صورت زیر اختلاف پتانسیل بین دو صفحه خازن را حساب می‌کنیم:

$$U = \frac{1}{2} CV^2 \quad U = 0.27 \mu\text{J} = 27 \times 10^{-8} \text{ J} \rightarrow C = 54 \times 10^{-12} \text{ F}$$

$$27 \times 10^{-8} = \frac{1}{2} \times 54 \times 10^{-12} \times V^2 \Rightarrow V^2 = 10^4 \Rightarrow V = 100 \text{ V}$$

(الکتریسته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲۸ و ۳۳)

26 - گزینه «۳»

(امیر حسین برادران)

ابتدا با توجه به رابطه خازن، میدان الکتریکی را بر حسب بار و مشخصات ساختمانی خازن، به دست می‌آوریم:

$$q = CV \quad C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d}, V = Ed \rightarrow q = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \times Ed \Rightarrow E = \frac{q}{\kappa \epsilon_0 A}$$

از طرف دیگر وقتی بار مثبت از صفحه مثبت به صفحه منفی منتقل می‌شود، بار خازن، کاهش می‌یابد. در این حالت داریم:

$$q' = q - \frac{25}{100} q = \frac{75}{100} q \quad E = \frac{q}{\kappa \epsilon_0 A} \rightarrow \frac{E'}{E} = \frac{q'}{q} = \frac{75}{100}$$

$$\frac{E - E' = 125 \frac{\text{kN}}{\text{C}}}{E} \rightarrow \begin{cases} E = 500 \frac{\text{kN}}{\text{C}} \\ E' = 375 \frac{\text{kN}}{\text{C}} \end{cases}$$

اکنون انرژی ذخیره شده در خازن را به دست می‌آوریم:

$$U = \frac{1}{2} CV^2 \quad V = Ed \rightarrow U = \frac{1}{2} \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \times E^2 d^2 \Rightarrow U = \frac{1}{2} \epsilon_0 A d E^2$$

$$\epsilon_0 = 9 \times 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}}, d = 5 \text{ mm} = 5 \times 10^{-3} \text{ m} \rightarrow A = 80 \text{ cm}^2 = 8 \times 10^{-2} \text{ m}^2, E = 500 \frac{\text{kN}}{\text{C}}$$

$$U = \frac{1}{2} \times 9 \times 10^{-12} \times 8 \times 10^{-2} \times 500^2 \times 5 \times 10^{-3} \times 10^6$$

$$\Rightarrow U = 450 \times 10^{-15} \times 10^{-3} \times 10^6 \times 10^6 = 450 \times 10^{-8} \text{ J}$$

$$\Rightarrow U = 4.5 \times 10^{-6} \text{ J} = 4.5 \mu\text{J}$$

(الکتریسته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲۸ و ۳۳)

27 - گزینه «۴»

(سراسری هاج از کشور تهران - ۹۹)

با استفاده از رابطه $U = \frac{1}{2} CV^2$ و با توجه به این که $V_2 = V_1 + 1$ و

$$U_2 = U_1 + 5 \times 10^{-6} \text{ J}$$

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

$$U_2 - U_1 = 5 \times 10^{-6} \text{ J} \rightarrow$$

$$\frac{1}{2} CV_2^2 - \frac{1}{2} CV_1^2 = 5 \times 10^{-6}$$

$$\frac{1}{2} C(V_2^2 - V_1^2) = 5 \times 10^{-6} \quad C = 2 \mu\text{F} = 2 \times 10^{-6} \text{ F} \rightarrow$$

$$\frac{1}{2} \times 2 \times 10^{-6} \times (V_2 - V_1)(V_2 + V_1) = 5 \times 10^{-6}$$

$$\frac{V_2 - V_1 = 1 \text{ V}}{V_2 + V_1 = 5 \text{ V}} \rightarrow V_2 = V_1 + 1 \rightarrow V_1 + 1 + V_1 = 5$$

$$\Rightarrow 2V_1 = 4 \Rightarrow V_1 = 2 \text{ V}$$

(الکتریسته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۱۸ و ۳۳)

28 - گزینه «۳»

(سراسری هاج از کشور رازی - ۹۸)

ابتدا ظرفیت خازن در حالت اول را با استفاده از رابطه زیر می‌یابیم. دقت کنید، چون بین صفحات خازن هوا وجود دارد $\kappa = 1$ است.

$$\kappa = 1, \epsilon_0 = 9 \times 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N.m}^2}, d = 5 \text{ mm} = 5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$A = 40 \text{ cm}^2 = 40 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow C = \frac{1 \times 9 \times 10^{-12} \times 40 \times 10^{-4}}{5 \times 10^{-3}}$$

$$\Rightarrow C = 7.2 \times 10^{-12} \text{ F} \quad 10^{-12} \text{ F} = 1 \text{ pF} \rightarrow C = 7.2 \text{ pF}$$

اکنون ظرفیت خازن در حالتی که فاصله بین صفحات آن ۴ mm کاهش می‌یابد را حساب می‌کنیم:

$$d' = 5 - 4 = 1 \text{ mm} \quad C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad \frac{A}{\kappa} = \text{ثابت} \rightarrow \frac{C'}{C} = \frac{d}{d'} \Rightarrow \frac{C'}{7.2} = \frac{5}{1} \Rightarrow C' = 36 \text{ pF}$$

بنابراین، افزایش ظرفیت خازن برابر است با:

$$\Delta C = C' - C = 36 - 7.2 \Rightarrow \Delta C = 28.8 \text{ pF}$$

(الکتریسته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۳۰ و ۳۲)

29 - گزینه «۲»

(سراسری تهران - ۹۹)

به بررسی تک تک موارد می‌پردازیم.

الف) طبق رابطه $E = \frac{V}{d}$ ، چون اختلاف پتانسیل دو سر خازن ثابت می‌ماند (خازن

به باتری وصل است پس اختلاف پتانسیل دو سر آن ثابت می‌ماند) با دو برابر شدن فاصله بین صفحات خازن، میدان بین صفحات آن نصف می‌شود. (درست)

(ب) چون خازن به باتری متصل است، اختلاف پتانسیل دو سر آن ثابت است. (نادرست)

(پ) طبق رابطه $C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d}$ ، چون ظرفیت خازن با فاصله بین صفحات رابطه عکس دارد لذا با دو برابر شدن فاصله بین صفحات، ظرفیت آن نصف می‌شود. (نادرست)

(ت) طبق رابطه $Q = CV$ ، چون ظرفیت خازن نصف می‌شود و اختلاف پتانسیل ثابت می‌ماند، لذا بار ذخیره شده روی صفحات خازن نیز نصف خواهد شد. (درست)

بنابراین فقط دو مورد (الف) و (ت) صحیح است. (الکتريسته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲۸ و ۳۳)

$$\Rightarrow \Delta U = \frac{1}{2C} (Q_2^2 - Q_1^2) = \frac{Q_2 - Q_1 + 3(mC)}{C = 5 \mu F = 5 \times 10^{-6} F}$$

$$\Delta U = \frac{1}{2 \times 5 \times 10^{-6}} ((Q_1 + 3)^2 - Q_1^2) \times 10^{-6}$$

$$= \frac{1}{10^{-5}} \times 3 \times (2Q_1 + 3) \times 10^{-6}$$

$$\xrightarrow{\Delta U = 4/5 J} 6Q_1 + 9 = 45 \Rightarrow 6Q_1 = 36 \Rightarrow Q_1 = 6 mC$$

(الکتريسته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲۸ و ۳۳)

32 - گزینه «۳»

(سررسای ترمی - ۷۳)

در اینجا با معلوم بودن زمان عبور الکترون‌ها (t) و جریان الکتریکی عبوری (I) و بار الکتریکی هر الکترون (e)، تعداد الکترون‌های عبوری (n) را می‌یابیم.

قبل از هر چیزی می‌دانیم که تعداد الکترون‌های عبوری را با استفاده از بار الکتریکی q می‌توان یافت به گونه‌ای که داریم:

$$q = ne$$

از طرفی برای تعیین بار q با استفاده از تعریف جریان داریم:

$$q = It$$

در نهایت داریم:

$$q = It \xrightarrow{q = ne} ne = It \xrightarrow{I = 1 A, t = 1 s} \xrightarrow{e = 1/6 \times 10^{-19} C} n = 1/6 \times 10^{-19}$$

$$n \times 1/6 \times 10^{-19} = 1 \times 1 \Rightarrow n = \frac{1}{1/6} \times 10^{19}$$

(جریان الکتریکی و مدارهای پیرامون مستقیم) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۳۰ و ۳۲)

33 - گزینه «۳»

(کتاب آبی جامع فیزیک دوازدهم ترمی)

فرض می‌کنیم بار کره‌های A و B در حالت اول به ترتیب q_A و q_B باشد، در این صورت تغییر بار کره‌ها برابر با مقدار باری است که در اثر جریان الکتریکی انتقال می‌یابد. بنابراین داریم:

$$|\Delta q| = It$$

$$\Rightarrow \Delta q = 30 \times 10^{-3} \times 0.2 \times 10^{-3} = 6 \times 10^{-6} C = 6 \mu C$$

$$\Delta q_A = |q'_A| - |q_A| = -6 \mu C \xrightarrow{|q'_A| = |q_A| - \frac{75}{100} |q_A| = \frac{1}{4} |q_A|}$$

$$\frac{1}{4} |q_A| - |q_A| = -6 \mu C \Rightarrow -\frac{3}{4} |q_A| = -6$$

$$\Rightarrow |q_A| = 8 \mu C$$

(جریان الکتریکی و مدارهای پیرامون مستقیم) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۳۰ و ۳۲)

30 - گزینه «۴»

(سررسای هرج از کشر ریاضی - ۹۳)

وقتی خازن به باتری وصل باشد، اختلاف پتانسیل آن ثابت می‌ماند. در این حالت اگر

فاصله بین دو صفحه n برابر شود، بنابه رابطه $C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d}$ ، چون A و k ثابت

است، ظرفیت آن $\frac{1}{n}$ برابر خواهد شد. بنابراین طبق رابطه $U = \frac{1}{2} CV^2$ ، چون

V ثابت و ظرفیت $\frac{1}{n}$ برابر شده است، انرژی خازن نیز $\frac{1}{n}$ برابر می‌شود.

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \xrightarrow{A, \kappa = \text{ثابت}} \frac{C'}{C} = \frac{d}{d'} = \frac{d}{nd} \rightarrow \frac{C'}{C} = \frac{1}{n}$$

$$\frac{C'}{C} = \frac{1}{n}$$

$$U = \frac{1}{2} CV^2 \xrightarrow{V = \text{ثابت}} \frac{U'}{U} = \frac{C'}{C} \xrightarrow{\frac{C'}{C} = \frac{1}{n}} \frac{U'}{U} = \frac{1}{n}$$

$$\Rightarrow U' = \frac{1}{n} U$$

با جدا کردن خازن از مولد، بار الکتریکی آن ثابت می‌ماند، اما چون با n برابر کردن فاصله بین دو صفحه خازن ظرفیت آن، $\frac{1}{n}$ برابر می‌شود. لذا طبق رابطه

$$U = \frac{Q^2}{2C}$$

می‌توان نوشت:

$$U = \frac{Q^2}{2C} \xrightarrow{Q = \text{ثابت}} \frac{U''}{U} = \frac{C}{C'} \xrightarrow{\frac{C}{C'} = n} \frac{U''}{U} = n$$

$$\Rightarrow U'' = nU$$

بنابراین نسبت $\frac{U''}{U'}$ برابر است با:

$$\frac{U''}{U'} = \frac{nU}{\frac{1}{n}U} \Rightarrow \frac{U''}{U'} = n^2$$

(الکتريسته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۳۰ و ۳۳)

31 - گزینه «۴»

(سررسای ریاضی - ۱۳۰)

با جدا کردن $3mC$ بار از صفحه منفی و اضافه کردن آن به صفحه مثبت بار خازن افزایش می‌یابد. اگر بار اولیه خازن را q در نظر بگیریم، تغییر انرژی خازن برابر

$$U = \frac{Q^2}{2C}$$

است با:

$$\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{Q_2^2}{2C} - \frac{Q_1^2}{2C}$$

34 - گزینه «ا»

(عبارت اصفه‌ای)

ابتدا باید مشخص کنیم که با گرفتن $1/5 \times 10^{13}$ الکترون از کره بار آن چه اندازه و چگونه تغییر کرده است.

$$\Delta q = -ne = -1/5 \times 10^{13} \times 1.6 \times 10^{-19}$$

$$\Delta q = -2/4 \times 10^{-6} C = -2/4 \mu C$$

چون با جدا کردن الکترون‌ها از کره $2/4 \mu C$ بار منفی از دست می‌دهد، بار آن به اندازه $+2/4 \mu C$ افزایش می‌یابد. اگر بار اولیه کره q فرض شود، در این حالت خواهیم داشت:

$$q' = -2q - 2/4 \mu C \Rightarrow q + 2/4 \mu C = -2q$$

$$\Rightarrow -4q = 2/4 \mu C \Rightarrow q = -0.6 \mu C$$

یعنی بار اولیه کره $-0.6 \mu C$ بوده است. اگر این کره به زمین متصل شود به زمین الکترون می‌دهد، در این حالت تعداد الکترون‌هایی که به زمین می‌دهد برابر است با:

$$n = \frac{q}{e} = \frac{6 \times 10^{-7}}{1.6 \times 10^{-19}} = 3.75 \times 10^{12}$$

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۳۵۲ تا ۳۵۳)

35 - گزینه «ب»

(شعرا امیری درازی)

در مالش کره A با کره G، با توجه به جدول سری الکتریسته مالشی، الکترون‌ها از کره A به کره G منتقل می‌شوند، در نتیجه کره A بار مثبت و کره G بار منفی می‌یابند. در این حالت، بار کره A و کره G همانندمانند. در اثر تماس کره A با کره C، بار کره A با کره C تقسیم شده و اندازه بار کره A کاهش می‌یابد.

چون بار الکتریکی کره A و G ناهمبام هستند کره C در امتداد خط واصل کره‌های A و G و خارج از فاصله آن‌ها و نزدیک به کره A که بار الکتریکی آن کم‌تر است به تعادل می‌رسد.

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۷۳ و ۷۴)

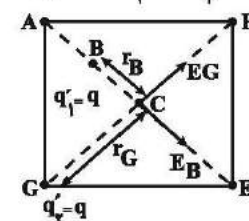
36 - گزینه «ب»

(سید مهرشاد موسوی)

بارهایی که فاصله یکسانی تا نقطه C دارند را به نقطه مقابل خود برده و قرینه می‌کنیم و با بار آن نقطه جمع می‌کنیم. در این حالت به جای محاسبه دو میدان الکتریکی، کافی است میدان الکتریکی مجموع دو بار الکتریکی را به‌دست آورد. در این شکل بار نقطه D را به نقطه B می‌بریم که در حالت جدید بار نقطه B برابر $q' = 2q - q = q$ می‌شود و بار نقطه F را به نقطه G برده و قرینه آن را با بار نقطه G جمع می‌کنیم. در این حالت بار نقطه G برابر $q' = 2q - q = q$ خواهد شد. بنابراین، اکنون با محاسبه \vec{E}_G و \vec{E}_B میدان الکتریکی برآیند در نقطه C به دست می‌آید. در ابتدا فاصله نقطه B و G از نقطه C را می‌یابیم.

$$r_B = BC = \frac{1}{\sqrt{2}} AC = \frac{1}{\sqrt{2}} \times \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{a^2 + a^2} \Rightarrow r_B = \frac{a\sqrt{2}}{2}$$

$$r_G = GC = \frac{1}{\sqrt{2}} GF = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{a^2 + a^2} \Rightarrow r_G = \frac{a\sqrt{2}}{2}$$



$$E_G = \frac{kq}{r_G^2} = \frac{kq}{\left(\frac{a\sqrt{2}}{2}\right)^2} = \frac{2kq}{a^2}$$

$$E_B = \frac{kq}{r_B^2} = \frac{kq}{\left(\frac{a\sqrt{2}}{2}\right)^2} = \frac{2kq}{a^2}$$

$$E_{\text{برآیند}} = \sqrt{E_G^2 + E_B^2} \Rightarrow E_{\text{برآیند}} = \sqrt{\left(\frac{2kq}{a^2}\right)^2 + \left(\frac{2kq}{a^2}\right)^2} = \sqrt{8} \frac{kq}{a^2}$$

$$\Rightarrow E_{\text{برآیند}} = \sqrt{8} \frac{kq}{a^2}$$

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۱۶ تا ۱۷)

37 - گزینه «د»

(معمربلی راست‌پیمان)

چون بارهای q و $2q$ هم‌علامت هستند نیروهایی که به بار Q وارد می‌کنند در خلاف جهت یکدیگر است. از طرف دیگر، چون برآیند نیروهای وارد بر q در خلاف جهت برآیند نیروهای وارد بر بار Q است، الزاماً علامت بار Q مخالف بارهای دیگر است.

$$F = k \frac{|2q||Q|}{d^2} - k \frac{|q||Q|}{d^2} \Rightarrow F = k \frac{|q||Q|}{d^2}$$

در حالت دوم:

$$\begin{aligned} \frac{2}{3} F &= k \frac{|2q||q|}{\frac{2}{3}d^2} - k \frac{|Q||q|}{d^2} \\ \Rightarrow \frac{2}{3} k \frac{|q||Q|}{d^2} &= k \frac{|2q||q|}{\frac{2}{3}d^2} - k \frac{|Q||q|}{d^2} \\ \Rightarrow \frac{2}{3} |Q| &= \frac{1}{3} |q| - |Q| \Rightarrow \frac{5}{3} |Q| = \frac{1}{3} |q| \Rightarrow \frac{|Q|}{|q|} = \frac{1}{5} \end{aligned}$$

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۹۵ تا ۹۶)

38 - گزینه «د»

(علی ایرانشاهی)

با استفاده از قضیه کار و انرژی جنبشی تبدی ذره در نقطه B را به‌دست می‌آوریم:

$$\begin{aligned} W_{AB} &= \Delta K \Rightarrow 5 \times 10^{-3} = K_B - K_A \\ \frac{K_A}{K_B} &= \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{K_A}{5 \times 10^{-3}} = \frac{1}{2} \Rightarrow K_A = 2.5 \times 10^{-3} \\ K_B &= \frac{1}{2} m v_B^2 \\ \Rightarrow v_B &= \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow v_B = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{m}{s} \end{aligned}$$

اکنون با حرکت از نقطه A تا نقطه C داریم:

$$\begin{aligned} \begin{cases} \Delta U = q\Delta V \\ \Delta U = -\Delta K \end{cases} \Rightarrow \Delta K = -q\Delta V_{CA} \Rightarrow \frac{1}{2} m (v_C^2 - v_A^2) &= -q(V_C - V_A) \\ V_C &= 6000V, V_A = 2000V \\ m &= 25 \times 10^{-3} \text{ kg} \\ \frac{1}{2} \times 25 \times 10^{-3} \times (v_C^2 - 0) &= 5 \times 10^{-6} (6000 - 2000) \\ \Rightarrow 25(v_C^2 - 0) &= 4 \Rightarrow v_C^2 = \frac{4}{25} \\ \Rightarrow v_C &= \frac{2}{5} = 0.4 \frac{m}{s} \end{aligned}$$

بنابراین:

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۱۳۵ تا ۱۳۶)

39 - گزینه «ب»

(عبادالله امینی نسب)

با جدا کردن خازن از مولد، بار الکتریکی خازن ثابت می‌ماند. با وارد کردن دی‌الکتریک بین صفحات آن ظرفیتش افزایش می‌یابد؛ بنابراین داریم:

$$C = k \frac{\epsilon_0 A}{d} \Rightarrow C \propto k \Rightarrow \frac{C'}{C} = \frac{k'}{k} = \frac{\lambda}{1} = \lambda$$

چون بار خازن ثابت است، از رابطه زیر تغییر انرژی آن را بررسی می‌کنیم:

$$U = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} \xrightarrow{q'=q} \frac{U'}{U} = \frac{C}{C'} = \frac{C}{\lambda C} \Rightarrow \frac{U'}{U} = \frac{1}{\lambda}$$

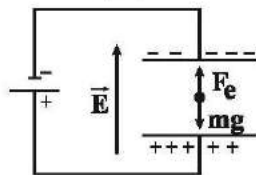
(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۳۰ تا ۳۳)

40- گزینه «۲»

(سیر مورخار موسوی)

چون ذره بین دو صفحه معلق است، برابری نیروهای وارد بر آن صفر است. با توجه به شکل نیروی الکتریکی F_e رو به بالا و نیروی وزن رو به پایین بر ذره وارد می‌شود. بنابراین با محاسبه E ولتاژ V را می‌یابیم:

$$F_e = mg \Rightarrow \frac{qE}{1} = mg \Rightarrow E \times 5 \times 10^{-6} = 0.4 \times 10^{-3} \times 10 \Rightarrow E = \frac{0.4 \times 10^{-3} \times 10}{5 \times 10^{-6}} = 8 \times 10^2 \frac{N}{C}$$



اکنون اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو صفحه موازی را پیدا می‌کنیم:

$$\Delta V = Ed \Rightarrow d = mm = 4 \times 10^{-2} m \Rightarrow \Delta V = 8 \times 10^2 \times 4 \times 10^{-2} = 32 V$$

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه ۲۲)

41- گزینه «۱»

(سیر علی میرنوری)

با توجه به جدول سری الکتریسیته مالشی، در این مالش، شیشه الکترون از دست می‌دهد و بار مثبت پیدا می‌کند و تعداد این الکترون‌ها به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$n = \frac{q}{e} = \frac{1.6 \times 10^{-12} C}{1.6 \times 10^{-19} C} \Rightarrow n = \frac{1 \times 10^{-12}}{1.6 \times 10^{-19}} \Rightarrow n = 6.25 \times 10^6$$

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲۲ و ۲۳)

42- گزینه «۳»

(امیرموسوی برادران)

با توجه به قاعده پایستگی بار، چون کره‌ها مشابه‌اند، بار هر یک از کره‌ها پس از تماس با یکدیگر برابر است:

$$q'_B = q'_C = \frac{q_B + q_C}{2} = \frac{8 \mu C + (-6 \mu C)}{2} \Rightarrow q'_B = q'_C = 1 \mu C$$

$$q''_B = q'_A = \frac{q'_B + q_A}{2} = \frac{1 \mu C + 9 \mu C}{2} \Rightarrow q''_B = q'_A = 5 \mu C$$

اکنون مطابق قانون کولن برای نیروهای وارد بر کره B را در دو حالت به دست می‌آوریم:

حالت اول:

$$F_B = F_{AB} + F_{CB}$$

$$F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2} \Rightarrow F_B = \frac{k}{r^2} (|q_A \times |q_B| + |q_B \times |q_C|)$$

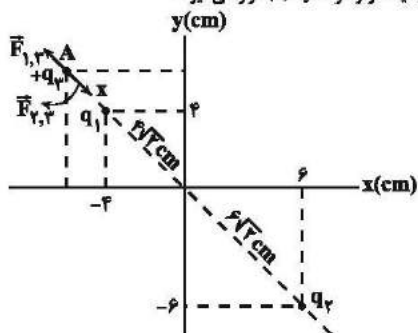
حالت دوم:

(حالت دوم)

43- گزینه «۲»

(زهره آقامحمدی)

چون دو بار q_1 و q_2 ناهمنام‌اند، در نقطه‌ای روی خط واصل دو بار و خارج از فاصله آن‌ها و نزدیک به باری که اندازه آن کوچکتر است، یعنی بار q_1 ، نقطه‌ای می‌توان یافت که هر بار سومی در آن‌جا قرار گیرد، نیروی خالص وارد بر آن صفر شود. با توجه به شکل، دو بار q_1 و q_2 روی نیمساز ناحیه ۲ و ۴ قرار دارند بنابراین نقطه مورد نظر هم روی این نیمساز و در ناحیه (۲) قرار می‌گیرد.



با توجه به شکل، اگر فاصله نقطه مورد نظر از بار کوچکتر q_1 را با x و فاصله بارهای q_1 و q_2 از هم را با r نشان دهیم، داریم:

$$F_{13} = F_{23} \Rightarrow k \frac{|q_1 q_3|}{r_{13}^2} = k \frac{|q_2 q_3|}{r_{23}^2}$$

$$\frac{r_{13} = x, |q_1| = 3 \mu C}{r_{23} = r + x, |q_2| = 12 \mu C} \Rightarrow \frac{x}{(r+x)^2} = \frac{4}{x^2}$$

$$\frac{1}{x} = \frac{4}{r+x} \Rightarrow rx = r + x \Rightarrow x = \frac{r}{3} = 1.0 \sqrt{2} cm$$

$$x = 5\sqrt{2} cm$$

می‌بینیم فاصله نقطه مورد نظر (A) از بار q_1 برابر $5\sqrt{2} cm$ و از مبدأ مختصات برابر $OA = 5\sqrt{2} + 4\sqrt{2} = 9\sqrt{2} cm$ است. بنابراین، چون OA وتر مثلث قائم‌الزاویه متساوی‌الساقین است، باید طول هر یک از ساق‌های آن برابر $9 cm$ باشد. در این حالت چون نقطه A در ناحیه منفی محور x و مثبت محور y است، لذا مختصات آن برابر $(-9 cm, 9 cm)$ خواهد بود.

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۵ و ۶)

44- گزینه «۴»

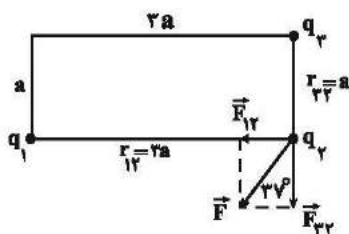
(میا م دشتیان)

برای حالت اول داریم:

$$\vec{E}_1 + \vec{E}_2 = \vec{E} \quad (1)$$

برای حالت دوم که بار q_2 حذف می‌شود، میدان خالص، صرفاً ناشی از بار q_1 خواهد بود و داریم:

$$\vec{E}_1 = -\frac{1}{r^2} \vec{E} \quad (2) \Rightarrow -\frac{1}{r^2} \vec{E} + \vec{E}_2 = \vec{E} \Rightarrow \vec{E}_2 = \frac{3}{r^2} \vec{E}$$



به کمک رابطه مثلثاتی و رابطه مقایسه‌ای برای نیروهای F_{1P} و F_{2P} نسبت $\frac{q_2}{q_1}$ را

می‌یابیم:

$$\tan \gamma = \frac{F_{1P}}{F_{2P}} = \frac{|q_1||q_2|}{|q_2||q_1|} \times \left(\frac{r_{2P}}{r_{1P}}\right)^2$$

$$\tan \gamma = \frac{r}{\frac{r}{2}} \Rightarrow \frac{r}{\frac{r}{2}} = \frac{|q_1|}{|q_2|} \times \left(\frac{a}{2a}\right)^2 \Rightarrow \frac{r}{\frac{r}{2}} = \frac{|q_1|}{|q_2|} \times \frac{1}{4}$$

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

(الکتریسته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۱۰ و ۱۱)

47 - گزینه ۳

(عبارت‌ها همین‌نسب)

چون پروتون با بار مثبت به طرف صفحه ناهم‌نام حرکت کرده است، لذا انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد. بنابراین داریم:

$$\Delta U = -W_E \xrightarrow{\Delta U < 0} W_E > 0$$

از طرف دیگر، بنا به قضیه کار و انرژی داریم:

$$W_T = \Delta K \xrightarrow{W_T = W_E} W_E = \Delta K$$

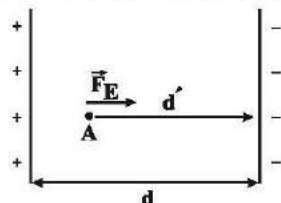
$$\xrightarrow{\frac{W_E = Fd' \cos \theta}{F = qE}} qEd' \cos \theta = \left(\frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2\right)$$

$$\theta = 0^\circ, E = 2 \times 10^3 \frac{N}{C}, v_f = 2 \times 10^6 \frac{m}{s}, v_i = 0$$

$$q = 1.6 \times 10^{-19} C, m = 1.6 \times 10^{-27} kg$$

$$\Rightarrow 1.6 \times 10^{-19} \times 2 \times 10^3 \times d' \times 1 = \frac{1}{2} \times 1.6 \times 10^{-27} \times 4 \times 10^{12}$$

$$\Rightarrow 1.6 \times 10^{-16} d' = 1.6 \times 10^{-17} \Rightarrow d' = 10^{-1} m = 0.1 m = 10 cm$$



d' همان فاصله نقطه A از صفحه منفی است. برای محاسبه فاصله نقطه A تا صفحه مثبت ابتدا فاصله بین دو صفحه را می‌یابیم.

چون میدان الکتریکی یکنواخت و ثابت است، داریم:

$$\Delta V = E \times d \xrightarrow{\Delta V = 220V} 220 = 2 \times 10^3 d \Rightarrow d = 0.11 m = 11 cm$$

فاصله نقطه A از صفحه مثبت $d - d' = 11 - 10 = 1 cm$

(الکتریسته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲۲ و ۲۵)

چون با حذف بار q_2 ، جهت میدان الکتریکی برعکس شده است، دو بار الکتریکی هم‌نام هستند. بنابراین می‌توان نوشت:



$$E = k \frac{|q|}{r^2} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \frac{|q_2|}{|q_1|} \times \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \Rightarrow \frac{E}{\frac{E}{2}} = \frac{|q_2|}{|q_1|} \times \left(\frac{\frac{d}{2}}{\frac{d}{2}}\right)^2 \Rightarrow |q_2| = |q_1|$$

بنابراین، اگر $q_2 = q_1 = q$ باشد، برای حالت دوم داریم:

$$q'_1 = q - \frac{1}{2}q = \frac{q}{2}$$

$$q'_2 = q + \frac{1}{2}q = \frac{3}{2}q$$

$$r'_1 = r'_2 \Rightarrow E \propto q \Rightarrow \frac{E'_2}{E'_1} = \frac{q'_2}{q'_1} = \frac{\frac{3}{2}q}{\frac{q}{2}} \Rightarrow \frac{E'_2}{E'_1} = 3$$

(الکتریسته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۱۰ و ۱۱)

45 - گزینه ۱

(انسان مطای)

ابتدا مقدار بار الکتریکی جدید ذره را به دست می‌آوریم. از آنجایی که از ذره الکترون می‌گیریم $\Delta q > 0$ است، لذا داریم:

$$\Delta q = +ne = 6/25 \times 10^{12} \times 1/6 \times 10^{-19} = 10^{-6} C = 1 \mu C$$

$$q_2 = q_1 + \Delta q = 2 + 1 = 3 \mu C$$

اکنون فاصله جدید ذره را باردار از نقطه P را می‌یابیم.

چون فاصله بار از نقطه P را ۲۵ درصد افزایش داده‌ایم، داریم:

$$r_2 = r_1 + \frac{25}{100} r_1 = \frac{5}{4} r_1$$

در نهایت به کمک رابطه مقایسه‌ای، نسبت میدان‌های الکتریکی در دو حالت را می‌یابیم و درصد تغییرات آن را پیدا می‌کنیم:

$$E = k \frac{|q|}{r^2} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \frac{|q_2|}{|q_1|} \times \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$$

$$\xrightarrow{q_1 = 2 \mu C, q_2 = 3 \mu C} \frac{E_2}{E_1} = \frac{3}{2} \times \left(\frac{r_1}{\frac{5}{4} r_1}\right)^2$$

$$\xrightarrow{r_2 = \frac{5}{4} r_1} \frac{E_2}{E_1} = \frac{3}{2} \times \frac{16}{25} = \frac{24}{25} \Rightarrow E_2 = 0.96 E_1$$

$$\Delta E = E_2 - E_1 = 0.96 E_1 - E_1 \Rightarrow \Delta E = -0.04 E_1$$

علامت منفی نشان‌دهنده کاهش است.

$$\Rightarrow \text{درصد تغییرات} = \frac{\Delta E}{E_1} \times 100 = -4\%$$

(الکتریسته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۱۰ و ۱۱)

46 - گزینه ۳

(انسان مطای)

با توجه به جهت نیروی \vec{F} می‌توان دریافت که بار q_1 بار q_2 را جذب و بار q_3

آن را دفع می‌کند. بنابراین باید نسبت $\frac{q_2}{q_1}$ مقداری منفی باشد. یعنی: $\frac{q_2}{q_1} < 0$

است.

48- گزینه «۳»

(معمولاً برادران)

می‌دانیم بر بار الکتریکی مثبت در جهت میدان الکتریکی نیرو وارد می‌شود. چون در این جا جهت میدان الکتریکی رو به پایین است، نیروی الکتریکی F_E نیز رو به پایین خواهد بود. بنابراین چون برآیند نیروی الکتریکی و نیروی وزن در خلاف جهت حرکت ذره و رو به پایین بر آن وارد می‌شود، حرکت ذره کندشونده است، لذا از سرعت آن کم می‌شود. یعنی $v_B < v_A$ است. از طرف دیگر داریم:

$$\begin{cases} F_{E,A} = E_A \times q \\ F_{E,B} = E_B \times q \end{cases} \Rightarrow \frac{F_{E,A}}{F_{E,B}} = \frac{E_A}{E_B} \xrightarrow{E_A < E_B} F_{E,A} < F_{E,B}$$

$$F_{net} = ma \Rightarrow W + F_E = ma \xrightarrow{F_{E,A} < F_{E,B}} a_A < a_B$$

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۱۰ تا ۱۹)

49- گزینه «۳»

(معمولاً برادران)

نیروی وزن وارد بر ذره برابر ۸ میلی‌نیوتون است. با توجه به این که نیروی خالص به سمت پایین و برابر ۲ میلی‌نیوتون است، بنابراین نیروی وارد بر بار از طرف میدان الکتریکی به سمت بالا است. اکنون با استفاده از قانون دوم نیوتون شتاب ذره را به دست می‌آوریم:

$$F_{net} = ma \xrightarrow{m = 8 \times 10^{-7} \text{ kg}} a = \frac{20}{8} = \frac{5}{2} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

اکنون فاصله A تا B را با استفاده از رابطه مکان-زمان در حرکت با شتاب ثابت به دست می‌آوریم:

$$\overline{AB} = \frac{1}{2} a t^2 \xrightarrow{t = 0.4 \text{ s}} \overline{AB} = \frac{1}{2} \times \frac{5}{2} \times 0.16 = 0.4 \text{ m} = 40 \text{ cm}$$

$$F_{net} = mg - F_E \xrightarrow{F_E = E|q| = 12 \times 10^{-6} \text{ C}} \frac{mg}{F_{net}} = \frac{12 \times 10^{-6} \times 9.8}{2 \times 10^{-6} \times 9.8} = 6 \times 10^{-3} = 12 \times 10^{-3} \times E$$

$$\Rightarrow E = 500 \frac{\text{N}}{\text{C}} \xrightarrow{\overline{AB} = 40 \text{ cm} = 0.4 \text{ m}} \Delta V = Ed \Rightarrow V_B - V_A = -500 \times 0.4 = -200 \text{ V}$$

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۱۰ تا ۱۹)

50- گزینه «۱»

(غلامرضا مهری)

مطابق شکل جهت میدان الکتریکی بین دو صفحه از بالا به پایین است و نقاط a و b روی یک صفحه عمود بر خطوط میدان قرار دارند لذا هم پتانسیل هستند. با توجه به این که با حرکت در جهت میدان الکتریکی پتانسیل الکتریکی نقاط میدان کاهش می‌یابد، گزینه‌ها را بررسی می‌کنیم:

$$\Delta U = q \Delta V \xrightarrow{q < 0, \Delta V = 0} \Delta U = 0$$

الف) نادرست است.

$$W_{ac} < 0$$

ب) نادرست است.

$$\Delta V_{bc} = \Delta V_{ac}$$

پ) نادرست است.

$$\Delta U_{ca} < 0$$

ت) درست است.

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲۰ تا ۲۵)

51- گزینه «۳»

(سراسری هرج از کشور تهری - ۹۸)

ابتدا اندازه بارهای الکتریکی را پس از تغییر به دست می‌آوریم. چون ۲۵ درصد از بار q_1 را به بار q_2 انتقال داده‌ایم، داریم:

$$q_1 = +80 \mu\text{C} \Rightarrow q'_1 = 80 - \frac{25}{100} \times 80 = 60 \mu\text{C}$$

$$q_2 = -50 \mu\text{C} \Rightarrow q'_2 = -50 + \frac{25}{100} \times 80 = -30 \mu\text{C}$$

اکنون با استفاده از رابطه مقایسه‌ای قانون کولن چگونگی تغییر نیروی جاذبه بین دو بار را به دست می‌آوریم:

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{|q'_1|}{|q_1|} \times \frac{|q'_2|}{|q_2|} \times \left(\frac{r}{r'}\right)^2 \xrightarrow{r=r'} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{60}{80} \times \frac{30}{50} \Rightarrow F' = 0.45 F$$

$$\Delta F = F' - F \Rightarrow \Delta F = 0.45 F - F \Rightarrow \Delta F = -0.55 F$$

تغییر نیروی بین دو بار برابر است با:

$$\Delta F = F' - F \Rightarrow \Delta F = 0.45 F - F \Rightarrow \Delta F = -0.55 F$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta F}{F} = -55\%$$

بنابراین نیروی جاذبه بین دو بار، ۵۵ درصد کاهش یافته است.

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۱۰ تا ۱۹)

52- گزینه «۲»

(سراسری هرج از کشور ریاضی - ۹۵)

در این مسئله دو بار الکتریکی در فاصله ۲ از هم قرار دارند، می‌خواهیم بیابیم که چند درصد از بار q_2 را به q_1 منتقل کنیم تا در همان فاصله، نیروی بین آن‌ها بیشینه شود. می‌دانیم از لحاظ ریاضی، اگر مجموع دو عدد مقدار ثابتی باشد، وقتی حاصل‌ضربشان بیشینه است که آن دو عدد با هم برابر باشند. بنابراین با توجه به این نکته باید بارهای الکتریکی با هم برابر شود. حال اگر بارهای الکتریکی بعد از تغییر را q'_1 و q'_2 بنامیم، می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} q'_1 = q_1 - x \\ q'_2 = q_2 + x \end{cases} \xrightarrow{q_1 = \frac{q_2}{2}} q'_1 = \frac{q_2}{2} + x$$

با توجه به این که برای بیشینه نیرو $q'_1 = q'_2$ است، می‌توان نوشت:

$$q'_1 = q'_2 \xrightarrow{q'_1 = \frac{q_2}{2} + x} \frac{q_2}{2} + x = q_2 - x \Rightarrow x = \frac{1}{4} q_2 \Rightarrow x = 25\% q_2$$

$$\Rightarrow 2x = \frac{1}{2} q_2 \Rightarrow x = \frac{1}{4} q_2 \Rightarrow x = 25\% q_2$$

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۱۰ تا ۱۹)

53- گزینه «۴»

(سراسری تهری - ۹۷)

در حالت اول که برآیند نیروهای وارد بر هر بار الکتریکی صفر است، از شرط تعادل بار q_2 استفاده می‌کنیم و فاصله بین بارها را به دست می‌آوریم:

$$q_1 = 2 \mu\text{C} \quad \vec{F}_{12} \quad q_2 = ? \quad \vec{F}_{22} \quad O \quad q_3 = 8 \mu\text{C}$$

$$F_{12} = F_{22} \Rightarrow k \frac{|q_1||q_2|}{r_{12}^2} = k \frac{|q_2||q_3|}{r_{23}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{2}{x^2} = \frac{8}{(30-x)^2} \Rightarrow \frac{1}{x^2} = \frac{4}{(30-x)^2}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{x} = \frac{2}{30-x} \Rightarrow x = 10 \text{ cm}$$

اکنون شرط تعادل را برای بار q_3 می‌نویسیم و بار q_2 را حساب می‌کنیم. دقت کنید چون بار q_1 بار q_3 دفع می‌کند، باید بار q_2 آن را جذب نماید تا تعادل داشته باشد. بنابراین بار q_2 منفی است.

با توجه به شکل زیر \vec{F}_{DB} عمود بر \vec{F}_{AC} است، بنابراین برآیند آنها برابر است با:

$$\begin{aligned} F_t &= \sqrt{F_{AC}^2 + F_{DB}^2} \\ F_{AC} &= F_{DB} \\ F_t &= \sqrt{2} F_{AC} \\ F_{AC} &= \frac{F_t}{\sqrt{2}} \\ F_t &= 2\sqrt{2} F \end{aligned}$$

اما $F = F_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_A||q_0|}{r_A^2}$ یا $F = F_A = k \frac{|q_A||q_0|}{r_A^2}$ است. بنابراین با توجه به این که $r_A = 10\sqrt{2} \text{ cm}$ است می‌توان نوشت:

$$\begin{aligned} F_t &= 2\sqrt{2} F \Rightarrow F_t = 2\sqrt{2} \times \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_A||q_0|}{r_A^2} \\ \Rightarrow F_t &= 2\sqrt{2} \times \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-6}}{(10\sqrt{2})^2} \Rightarrow F_t = 18 \times 10^{-6} \text{ N} \end{aligned}$$

با توجه به شکل، جهت نیروی برآیند به سمت چپ است.

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۵۵ و ۵۶)

(سراسری تهرانی - ۹۷)

55 - گزینه «ا»

ابتدا با استفاده از رابطه $E = k \frac{|q|}{r^2}$ بار q را به‌دست می‌آوریم:

$$\begin{aligned} q & \xrightarrow{r=3 \text{ cm}} q' \xrightarrow{r=3 \text{ cm}} A \\ E &= k \frac{|q|}{r^2} \quad E = 1.5 \text{ N/C} \\ 1.5 &= \frac{9 \times 10^9 \times |q|}{(3 \times 10^{-2})^2} \Rightarrow |q| = 10^{-6} \text{ C} \Rightarrow |q| = 1 \mu\text{C} \end{aligned}$$

اکنون با استفاده از رابطه $E = \frac{F}{|q'|}$ اندازه بار q' را حساب می‌کنیم:

$$\begin{aligned} |q'| &= \frac{F}{E} = \frac{F = 0.2 \text{ N} = 2 \times 10^{-1} \text{ N}}{E = 1.5 \text{ N/C}} \\ |q'| &= \frac{2 \times 10^{-1}}{1.5} = 2 \times 10^{-2} \text{ C} = 2 \times 10^{-6} \text{ C} \\ |q'| &= 2 \times 10^{-6} \text{ C} \Rightarrow |q'| = 2 \mu\text{C} \end{aligned}$$

دقت کنید می‌توان از رابطه $F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$ نیز بار q' را به‌دست آورد.

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۵۵ و ۵۶)

(سراسری هرج از کشور ریاضی - ۹۹)

56 - گزینه «ا»

در حالت اول، اگر میدان الکتریکی بارهای q_1 و q_2 را به ترتیب E_1' و E_2' در نظر بگیریم، با فرض این که $q > 0$ باشد با توجه به این که $q_1 = -2q < 0$ و $q_2 = 6q > 0$ است، جهت میدان‌های الکتریکی E_1' و E_2' به‌طرف چپ خواهد بود و برآیند آنها برابر است با:

$$|\vec{E}_2'| < |\vec{E}_1'|$$

$$\begin{aligned} q_1 = 2 \mu\text{C} \quad q_2 = ? \quad O \quad \vec{F}_{22} \quad q_3 = 8 \mu\text{C} \quad \vec{F}_{13} \\ \xleftarrow{10 \text{ cm}} \xleftarrow{10 \text{ cm}} \xleftarrow{10 \text{ cm}} \end{aligned}$$

$$F_{13} = F_{23} \Rightarrow k \frac{|q_1||q_3|}{r_{13}^2} = k \frac{|q_2||q_3|}{r_{23}^2}$$

$$\frac{r_{13} = 30 \text{ cm}}{r_{23} = 20 \text{ cm}} \rightarrow \frac{2}{900} = \frac{|q_2|}{900} \Rightarrow |q_2| = \frac{1}{9} \mu\text{C}$$

$$q_2 < 0 \rightarrow q_2 = -\frac{1}{9} \mu\text{C}$$

با داشتن اندازه بارها، با توجه به شکل زیر، برآیند نیروهای وارد بر بار q_2 را می‌یابیم. دقت کنید چون فاصله‌ها برحسب cm و بارها برحسب μC است از رابطه

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$
 استفاده می‌کنیم:

$$\begin{aligned} q_1 = 2 \mu\text{C} \quad q_2 = -\frac{1}{9} \mu\text{C} \quad q_3 = 8 \mu\text{C} \\ \vec{F}_{12} \quad \vec{F}_{22} \quad \vec{F}_{23} \quad \vec{F}_{32} \quad \vec{F}_{33} \\ \xleftarrow{10 \text{ cm}} \xleftarrow{10 \text{ cm}} O \xleftarrow{10 \text{ cm}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_t &= F_{22} + F_{23} - F_{12} \\ \Rightarrow F_t &= F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_2||q_3|}{r_{23}^2} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_2||q_3|}{r_{23}^2} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_1||q_2|}{r_{12}^2} \end{aligned}$$

$$\frac{r_{12} = 20 \text{ cm}}{r_{23} = 10 \text{ cm}} \rightarrow F_t = \frac{90 \times \frac{1}{9} \times 1}{100} + \frac{90 \times \frac{1}{9} \times 1}{100} - \frac{90 \times 2 \times 1}{400}$$

$$F_t = 0.8 + 0.8 - 0.45 \Rightarrow F_t = 1.15 \text{ N}$$

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۵۵ و ۵۶)

(سراسری ریاضی - ۹۰)

54 - گزینه «ا»

ابتدا نیروهایی را که از طرف هر یک از بارها بر بار q وارد می‌شوند رسم نموده و اندازه هر یک را حساب می‌کنیم. چون فاصله بارها از مرکز مربع یکسان و $q_A = q_B = q_C = q_D = 2 \mu\text{C}$ است باید $F_A = F_B = F_C = F_D = F$ باشد و چون $r_A = r_D$ و $|q_D| = 3|q_A|$ می‌باشد بنابراین می‌توان نوشت:

$$\begin{aligned} q_A = +2 \mu\text{C} \quad q_B = +2 \mu\text{C} \\ q_C = -2 \mu\text{C} \quad q_D = +6 \mu\text{C} \\ \vec{F}_A \quad \vec{F}_B \quad \vec{F}_C \quad \vec{F}_D \\ \vec{F}_{AC} \quad \vec{F}_{BD} \\ 20 \text{ cm} \quad 20 \text{ cm} \quad 20 \text{ cm} \quad 20 \text{ cm} \quad 20 \text{ cm} \quad 20 \text{ cm} \quad 20 \text{ cm} \quad 20 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$F_{DB} = F_D - F_B = 3F - F \Rightarrow F_{DB} = 2F$$

$$F_{AC} = F_A + F_C = F + F \Rightarrow F_{AC} = 2F$$

$$\Rightarrow E_1 = E_2 = 3/6 \times 10^{-9} \frac{N}{C}$$

چون \vec{E}_1 و \vec{E}_2 در سوی مثبت محور X می‌باشند، برحسب بردار یک هستند

$$\vec{E}_1 = \vec{E}_2 = 3/6 \times 10^{-9} \vec{i} \left(\frac{N}{C} \right)$$

اندازه میدان الکتریکی بار q_3 برابر است با:

$$E_3 = k \frac{|q_3|}{r_3^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 6 \times 10^{-9}}{(0.1)^2} = 5.4 \times 10^{-9} \left(\frac{N}{C} \right)$$

$$\vec{E}_3 = \frac{9 \times 10^9 \times 6 \times 10^{-9}}{(0.1)^2} = 5.4 \times 10^{-9} \left(\frac{N}{C} \right)$$

چون \vec{E}_3 در سوی منفی محور Y است، برحسب بردار یک برابر است با:

$$\vec{E}_3 = -5.4 \times 10^{-9} \vec{j} \left(\frac{N}{C} \right)$$

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3$$

بنابراین برآیند میدان‌ها برابر است با:

$$\Rightarrow \vec{E} = 3/6 \times 10^{-9} \vec{i} + 3/6 \times 10^{-9} \vec{i} - 5.4 \times 10^{-9} \vec{j}$$

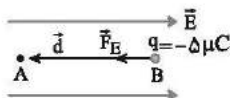
$$\Rightarrow \vec{E} = (7/2 \vec{i} - 5.4 \vec{j}) \times 10^{-9}$$

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۴، صفحه‌های ۱۰ تا ۱۶)

58 - گزینه ۱

(سراسری هرج از کشور ریاضی - ۹۳)

چون ذره با بار منفی در خلاف جهت میدان الکتریکی جابه‌جا می‌شود انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد و به انرژی جنبشی آن افزوده می‌شود. بنابراین با توجه به این که $\Delta U_E = -|q|Ed \cos \theta$ و $\Delta K = -\Delta U_E$ است و همچنین با توجه به شکل زیر می‌توان نوشت:



$$\Delta U_E = -|q|Ed \cos \theta \quad \begin{matrix} \theta = 0^\circ, |q| = 5 \times 10^{-6} C \\ d = 20 \text{ cm} = 0.2 \text{ m}, E = 1.0 \times 10^6 \frac{N}{C} \end{matrix}$$

$$\Delta U_E = -5 \times 10^{-6} \times 1.0 \times 10^6 \times 0.2 \times \cos(0^\circ) = -1 \text{ J}$$

$$\Delta K = -\Delta U_E \Rightarrow \Delta K = 1 \text{ J}$$

$$\Delta K = K_A - K_B$$

$$\frac{1}{2}mv_B^2 \Rightarrow K_B = 0 \Rightarrow 1 \text{ J} = K_A - 0 \Rightarrow K_A = 1 \text{ J}$$

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۴، صفحه‌های ۲۰ تا ۲۵)

59 - گزینه ۳

(سراسری هرج از کشور ریاضی - ۹۵)

برای محاسبه بار q باید از رابطه $\Delta V = \frac{\Delta U}{q}$ استفاده کنیم، اما چون

مجهول است، از رابطه‌های $\Delta U = -\Delta K$ و $\Delta K = \frac{1}{2}m(v^2 - v_1^2)$ به صورت زیر استفاده می‌کنیم.

$$\Delta U = -\Delta K = -\frac{1}{2}m(v^2 - v_1^2) \Rightarrow \Delta U = q(V_2 - V_1)$$

$$q(V_2 - V_1) = -\frac{1}{2}m(v^2 - v_1^2)$$



$$\vec{E}_1 = \vec{E}_1' + \vec{E}_2' \rightarrow \vec{E}_1 = \vec{E}_1' + \vec{E}_2'$$

$$\Rightarrow E_1 = k \frac{|q_1|}{r_1'^2} + k \frac{|q_2|}{r_2'^2}$$

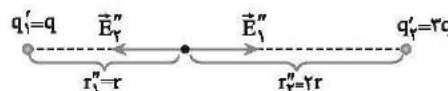
$$\Rightarrow E_1 = k \frac{2q}{r^2} + k \frac{6q}{(2r)^2} \Rightarrow E_1 = \frac{14}{5} \frac{kq}{r^2} \Rightarrow E_1 = \frac{7}{5} \frac{kq}{r^2}$$

در حالت دوم که ۵۰ درصد از بار q_2 به بار q_1 انتقال می‌یابد اندازه بارهای q_1 و q_2 برابر است با:

$$q_2' = q_2 - \frac{50}{100} q_2 = \frac{1}{2} q_2 = \frac{1}{2} \times 6q = 3q$$

$$q_1' = q_1 + \frac{50}{100} q_2 = 2q + \frac{1}{2} \times 6q \Rightarrow q_1' = q$$

در این حالت میدان الکتریکی بارهای q_1' و q_2' را به ترتیب E_1'' و E_2'' در نظر می‌گیریم و با فرض $q > 0$ و با توجه به این که q_1' و q_2' هر دو مثبت‌اند جهت میدان‌های الکتریکی E_1'' و E_2'' به صورت زیر است و برآیند آنها برابر است با:



$$E_2 = E_1'' - E_2'' \Rightarrow E_2 = k \frac{|q_1'|}{r_1''^2} - k \frac{|q_2'|}{r_2''^2}$$

$$\Rightarrow E_2 = k \frac{q}{r^2} - k \frac{3q}{(2r)^2} \Rightarrow E_2 = \frac{1}{4} \frac{kq}{r^2}$$

اکنون با داشتن E_1 و E_2 می‌توان نسبت آنها را پیدا کرد:

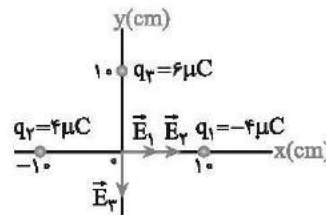
$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{\frac{1}{4} \frac{kq}{r^2}}{\frac{7}{5} \frac{kq}{r^2}} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \frac{5}{28} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \frac{1}{14}$$

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۴، صفحه‌های ۱۰ تا ۱۶)

57 - گزینه ۳

(سراسری هرج از کشور ریاضی - ۹۶)

ابتدا اندازه و جهت میدان الکتریکی هر یک از بارهای الکتریکی را در مبدأ مختصات تعیین می‌کنیم.



$$\begin{cases} r_1 = r_2 = 1 \text{ cm} \\ |q_1| = |q_2| = 4 \mu C \end{cases} \Rightarrow E_1 = E_2 = k \frac{|q_1|}{r_1^2}$$

$$r_3 = 1 \text{ m}, |q_3| = 4 \times 10^{-9} C \Rightarrow E_3 = E_2 = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-9}}{(0.1)^2}$$

$$\begin{aligned} V_1 &= 100V, V_2 = -100V, V_3 = 0 \\ v &= 10^{-8} \frac{m}{s}, m = 9.1 \times 10^{-31} kg = 10^{-27} kg \end{aligned}$$

$$q(-100 - 100) = -\frac{1}{2} \times 10^{-27} \times (100 - 0)$$

$$\Rightarrow -200q = -\frac{1}{2} \times 10^{-27}$$

$$\Rightarrow q = \frac{1}{4} \times 10^{-27} = 25 \times 10^{-29} C \Rightarrow q = 25 \mu C$$

(الکتريسيټ ساگر) (فيزيک ۲، صفحه‌های ۲۰ و ۲۵)

60 - گزینه «۳»

(کتاب، آبی جامع فیزیک تهر)

با قرار دادن بار مثبت در مرکز کره سمت راست، الکترون‌های آزاد (بار منفی) به سمت آن حرکت می‌کنند و بر روی سطح داخلی کره (سطح ۱) توزیع می‌شوند و سطح (۲) که الکترون از دست داده است دارای بار مثبت می‌شود.

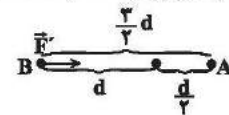
وقتی بار مثبت روی سطح داخلی (۳) قرار می‌دهیم، الکترون‌ها از روی سطح خارجی (۴) به طرف بارهای مثبت سطح داخلی (۳) شارش پیدا نموده و بارهای مثبت این سطح را خنثی می‌کنند. بنابراین سطح داخلی (۳) خنثی و سطح خارجی (۴) که الکترون از دست داده است دارای بار مثبت می‌شود.

(الکتريسيټ ساگر) (فيزيک ۲، صفحه‌های ۲۵ و ۲۷)

61 - گزینه «۲»

(ایم‌سی‌سی‌پیرامون برادران)

با توجه به قانون کولن، نیروی الکتریکی که دو بار به یکدیگر وارد می‌کنند، با مجذور فاصله آن‌ها رابطه عکس دارد. از طرفی چون بار q_B بار q_A را جذب می‌کند، نیروی وارد بر بار q_B از طرف بار q_A به سمت راست است. بنابراین داریم:



$$F = \frac{k|q_A||q_B|}{d^2} \quad d' = \frac{d}{2} \quad \frac{F'}{F} = \frac{4}{1} \Rightarrow F' = 4F$$

(الکتريسيټ ساگر) (فيزيک ۲، صفحه‌های ۵ و ۷)

62 - گزینه «۱»

(اسمان کرم)

می‌دانیم، وقتی دو کره رسانای مشابه را با هم تماس دهیم، بعد از تماس، بار الکتریکی آن‌ها همانندازه و هم‌نام می‌شود و بار الکتریکی هریک برابر نصف مجموع بارهایی است که قبل از تماس داشته‌اند. بنابراین، با بستن کلید K_1 بار الکتریکی کره‌های A و B برابر است با:

$$q'_A = q'_B = \frac{q_A + q_B}{2} = \frac{18 \mu C}{2} \Rightarrow q'_A = q'_B = 9 \mu C$$

در این حالت مقدار بار الکتریکی شارش یافته و تعداد الکترون‌های عبوری از سیم

$$\Delta q = q'_B - q_B = 9 - 0 = 9 \mu C \quad \text{AB برابر است با:}$$

$$\Delta q = n \cdot e \Rightarrow n_1 = \frac{\Delta q_1}{e} = \frac{9 \times 10^{-6}}{e}$$

در ادامه، وقتی کلید K_1 باز و کلید K_2 بسته شود، بار الکتریکی دو کره مشابه B و C برابر است با:

$$q'_B = q'_C = \frac{q_B + q'_B}{2} = \frac{0 + 9 \mu C}{2} \Rightarrow q'_B = q'_C = 4.5 \mu C$$

در این حالت مقدار بار الکتریکی شارش یافته و تعداد الکترون عبوری از سیم BC برابر است با:

$$\Delta q = q'_C - q_C = 4.5 - 0 = 4.5 \mu C \Rightarrow n_2 = \frac{\Delta q}{e} = \frac{4.5 \times 10^{-6}}{e}$$

در نهایت داریم:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\frac{9 \times 10^{-6}}{e}}{\frac{4.5 \times 10^{-6}}{e}} = \frac{9}{4.5} \Rightarrow \frac{n_1}{n_2} = 2$$

(الکتريسيټ ساگر) (فيزيک ۲، صفحه‌های ۲ و ۴)

63 - گزینه «۳»

(مظفری کباب)

بنا به رابطه $\Delta U = q\Delta V$ ، تغییر انرژی پتانسیل بار الکتریکی بین دو نقطه در میدان الکتریکی به اختلاف پتانسیل بین آن دو نقطه و بار q (با قید علامت) بستگی دارد. بنابراین، چون در هر دو حالت ΔV و q یکسان اند، لذا تغییر انرژی پتانسیل بار الکتریکی بین دو نقطه A و B نیز یکسان خواهد بود.

(الکتريسيټ ساگر) (فيزيک ۲، صفحه‌های ۲۰ و ۲۱)

64 - گزینه «۴»

(میشم دشپان)

چون ذره با بار منفی آزادانه به طرف پایانه مثبت باتری جابه‌جا می‌شود، انرژی جنبشی آن افزایش و انرژی پتانسیل آن کاهش می‌یابد. بنابراین ابتدا، رابطه بین ΔK و ΔU را می‌یابیم.

چون تنها نیروی مؤثر وارد بر ذره باردار، نیروی الکتریکی است، انرژی پایسته می‌ماند. لذا با توجه به رابطه $E = K + U$ می‌توان نوشت:

$$E_2 = E_1 \Rightarrow K_2 + U_2 = K_1 + U_1 \Rightarrow K_2 - K_1 = U_1 - U_2$$

$$\Rightarrow K_2 - K_1 = -(U_2 - U_1)$$

$$\Rightarrow \Delta K = -\Delta U \quad \Delta K = 0.8 m J = 8 \times 10^{-4} J \Rightarrow 8 \times 10^{-4} = -\Delta U$$

$$\Rightarrow \Delta U = -8 \times 10^{-4} J$$

اکنون، با داشتن ΔU و q به صورت زیر، $V(-)$ را پیدا می‌کنیم. دقت کنید،

چون ذره از پایانه منفی به طرف پایانه مثبت رفته است،

می‌باشد. در رابطه زیر q را با در نظر گرفتن علامت جایگذاری می‌کنیم:

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow V(+) - V(-) = \frac{\Delta U}{q} \quad q = -4 \times 10^{-6} C \Rightarrow V(+) - V(-) = \frac{-8 \times 10^{-4}}{-4 \times 10^{-6}} \Rightarrow V(-) = -200 V$$

(الکتريسيټ ساگر) (فيزيک ۲، صفحه‌های ۲۰ و ۲۵)

(معدی پراتو)

Diagram showing two point charges, $q_1 = -1 \mu C$ and $q_2 = -2 \mu C$, separated by a distance of 1 m . A point A is located between them at a distance x from q_1 and $(1-x)$ from q_2 . The electric field magnitudes are given by $|\vec{E}_1| = |\vec{E}_2| \Rightarrow k \frac{|q_1|}{r_1^2} = k \frac{|q_2|}{r_2^2} \Rightarrow \frac{\lambda}{x^2} = \frac{2}{(1-x)^2}$. Solving for x yields $x = 1/3 \text{ cm}$.

$$\begin{aligned} |\vec{E}_r| &= k \frac{|q_r|}{r_r^2} = \frac{r_r = r \times 10^{-9} \text{ m}}{|q_r| = r \times 10^{-9} \text{ C}} \rightarrow |\vec{E}| = 9 \times 10^9 \times \frac{r \times 10^{-9}}{(r \times 10^{-9})^2} \\ &= 1/\Delta \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{C}} \rightarrow \vec{E} = -1/\Delta \times 10^9 \hat{i} \left(\frac{\text{N}}{\text{C}} \right) \end{aligned}$$

(الکتریسته ساگرم) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۱۰ تا ۱۶)

(امیر حسین برادران)

$$\frac{V_{AB}}{d_{AB}} = \frac{V_{\text{خازن}}}{d} \quad \frac{d_{AB} = \frac{d}{2}}{V_{AB} = 15V} \rightarrow \frac{15}{\frac{d}{2}} = \frac{V_{\text{خازن}}}{d}$$

$$\Rightarrow V_{\text{خازن}} = 30V \quad \frac{q = CV}{C = 50\mu F} \rightarrow q = 150\mu C$$
$$C = k\epsilon_r \frac{A}{d} \quad d_r = 1/r d_1 \rightarrow \frac{C_r}{C_1} = \frac{d_1}{d_r} = \frac{d_1}{1/r d_1} \Rightarrow \frac{C_r}{C_1} = \frac{\rho}{\rho}$$

$$U = \frac{q_r}{r C} \Rightarrow U_r - U_1 = \frac{q_r}{r} \left(\frac{\rho}{\Delta C_1} - \frac{1}{C_1} \right)$$

$$\Rightarrow \Delta U = \frac{q^2}{1 \cdot C_1} \cdot \frac{q = 15 \times 10^{-9} \text{ C}}{C_1 = 25 \times 10^{-9} \text{ F}} \rightarrow \Delta U = \frac{15^2 \times 10^{-18}}{25 \times 10^{-9}} = 9 \times 10^{-6} \text{ J}$$

(الکتریسیتہ سائیکس) (فیزیک ۲، صفحہ ۲۸ و ۲۹)

(میںم دشتیان)

$$F_e = |q| E = \frac{|q| = r \mu C = r \times 10^{-6} C}{E = r \times 10^{-6} \frac{N}{C}} \rightarrow F_e = r \times 10^{-6} \times r \times 10^{-6}$$

$$W = mg \xrightarrow{m=2 \dots mg=2 \dots \times 1 \cdot 10^{-3} \text{ g} = 2 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$W = r \times 1 \cdot^{-T} \times 1 \cdot = r \times 1 \cdot^{-T} N$$

$$\mathbf{F}_t = \mathbf{F}_p - \mathbf{W} = 12 \times 10^{-3} - 2 \times 10^{-3} \Rightarrow \mathbf{F}_t = 10 \times 10^{-3} = 0,01 \text{ N}$$
$$W_t = K_r - K_1 \frac{v_1 \Rightarrow K_1}{W_t = F_t d \cos(\cdot)} \rightarrow F_t d \cos(\cdot) = K_r -$$

$$\frac{d = \gamma \cdot \text{cm} = \cdot / \gamma \text{m}}{F_t = \cdot / \text{N}} \rightarrow \cdot / \gamma \times \cdot / \gamma \times \gamma = K_\gamma$$

$$\Rightarrow K_r = 0.5 J \xrightarrow{\times 1000} K_r = 500 J$$

(الکتریک سائیکر) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲۰ و ۲۱)

(مضمون از سورہ ۱)

$$\begin{aligned} V_B - V_A &= \frac{\Delta U}{q} \xrightarrow{\Delta U = -\Delta K} V_B - V_A = \frac{-\Delta K}{q} \\ \xrightarrow{\Delta K = K_B - K_A} V_B - V_A &= \frac{-(K_B - K_A)}{q} \end{aligned}$$

$$\frac{q = -9 \times 10^{-9} \text{ C}, V_A = -11 \text{ V}}{K_B = 1/2 \text{ mJ} = 1/2 \times 10^{-3} \text{ J}, K_A =}$$

$$V_B - (-11) = \frac{-(12 \times 10^{-5} - 0)}{-8 \times 10^{-6}} \Rightarrow V_B + 11 = 15 \Rightarrow V_B = 4V$$

(الکتروستاتیک ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲۰ تا ۲۵)

(مفسر، قنبر علیہ)

$$E = k \frac{|q|}{r^2} \Rightarrow r \times 1.9 = \frac{9 \times 10^9 \times 1.6 \times 10^{-9}}{r^2} \Rightarrow r^3 = 1.4 \times 10^{-7} \text{ m}^3$$

$$\Rightarrow r = \sqrt[3]{1.4 \times 10^{-7} \text{ m}^3}$$
$$r = \sqrt{(-y - (-f))^2 + (d - (r))^2} = \sqrt{9 + 9} = \sqrt{18} \text{ cm}$$

(الکتریسٹہ ساگر) (فیزک ۲، صفحہ ۱۱۰، ۱۱۱)

(مرتضى، عثمان؛ زاده)

$$\mathbf{F}_t = \mathbf{F}_{1\gamma} + \mathbf{F}_{\gamma\gamma} \xrightarrow{F=k \frac{|\mathbf{q}_1||\mathbf{q}_\gamma|}{r^\gamma}} \mathbf{F}_t = k \frac{|\mathbf{q}_1||\mathbf{q}_\gamma|}{r_{1\gamma}^\gamma} + k \frac{|\mathbf{q}_\gamma||\mathbf{q}_\gamma|}{r_{\gamma\gamma}^\gamma}$$

$$U_Y = U_1 + 18V/5 \Rightarrow \frac{Q_Y^r}{rC} = \frac{Q_1^r}{rC} + 18V/5$$

$$\Rightarrow \frac{Q_Y^r}{r \times 4} = \frac{(Q_1 - 20)^r}{r \times 4} + 18V/5 \Rightarrow Q_Y = 40 \mu C$$

(الکتریسته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲۸ و ۳۴)

(میشم دشپان)

73- گزینه «۳»

ابتدا اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه A و B را می‌یابیم:

$$\Delta V = V_B - V_A = -120 - (-80) \Rightarrow \Delta V = -40V$$

اکنون تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی ذره در این جابه‌جایی را به‌دست می‌آوریم:
دقت کنید، باید q را با قید علامت در رابطه جایگزین کنیم:

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \quad q = -5 \mu C = -5 \times 10^{-6} C \Rightarrow -40 = \frac{\Delta U}{-5 \times 10^{-6}}$$

$$\Rightarrow \Delta U = 2 \times 10^{-4} J$$

$$1J = 10^7 mJ \Rightarrow \Delta U = 2 \times 10^{-4} \times 10^7 mJ \Rightarrow \Delta U = 2 \times 10^{-1} mJ$$

با توجه به این‌که فقط نیروی الکتریکی بر ذره باردار وارد می‌شود، انرژی مکانیکی آن

$$\Delta K = -\Delta U \Rightarrow \Delta K = -2 \times 10^{-1} mJ$$

پایسته می‌ماند، بنابراین می‌توان نوشت:

چون $\Delta K < 0$ است، انرژی جنبشی ذره کاهش می‌یابد.

(الکتریسته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲۰ و ۲۵)

(سیدعلی میرنوری)

74- گزینه «۴»

با توجه به این‌که صفحه رسانای M به زمین متصل شده، پتانسیل الکتریکی این صفحه صفر است، بنابراین پتانسیل الکتریکی صفحه N برابر $-10V$ خواهد بود.

$$V_M - V_N = 10 \Rightarrow \frac{VM}{MN} = V_N = -10V$$

اکنون با توجه به یکنواخت بودن میدان الکتریکی بین صفحات داریم:

$$E = \frac{\Delta V}{d} \quad E = \text{ثابت} \Rightarrow \frac{V_M - V_N}{MN} = \frac{V_M - V_A}{MA}$$

$$\frac{V_M - V_N = 10V, MN = 10mm}{V_M = 0, MA = 2mm} \Rightarrow \frac{10}{10} = \frac{0 - V_A}{2} \Rightarrow V_A = -2V$$

$$\frac{V_M - V_N}{MN} = \frac{V_M - V_B}{MB} \quad MB = 1mm \Rightarrow \frac{10}{10} = \frac{0 - V_B}{1} \Rightarrow V_B = -1V$$

(الکتریسته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲۰ و ۲۵)

(زهرا آقامهری)

75- گزینه «۲»

چون خازن را از مولد جدا نموده‌ایم، بار الکتریکی آن ثابت می‌ماند از طرف دیگر، بنا

به رابطه $C = \frac{K\epsilon_0 A}{d}$ با قرار دادن دی‌الکتریک بین صفحات خازن، ظرفیت آن

افزایش می‌یابد، بنابراین طبق رابطه $C = \frac{Q}{V}$ ، با افزایش C، اختلاف پتانسیل بین

صفحات خازن کاهش خواهد یافت؛ در نتیجه داریم:

$$V_Y = V_1 - \frac{10}{100} V_1 = V_1 - 0.1 V_1 \Rightarrow V_Y = 0.9 V_1$$

$$C = \frac{Q}{V} \quad Q_1 = Q_2 \Rightarrow \frac{C_Y}{C_1} = \frac{V_1}{V_Y}$$

$$C_1 = 36 \mu F \Rightarrow \frac{C_Y}{36} = \frac{V_1}{0.9 V_1} \Rightarrow C_Y = 40 \mu F$$

چون Q ثابت است، طبق رابطه انرژی خازن داریم:

$$\begin{cases} U_1 = \frac{Q^2}{2C_1} \\ U_Y = \frac{Q^2}{2C_Y} \end{cases} \Rightarrow U_Y - U_1 = \frac{Q^2}{2} \left(\frac{1}{C_Y} - \frac{1}{C_1} \right)$$

$$\Rightarrow F_t = \frac{kq_1 q_2}{r^2} + \frac{k \times 2q_1 q_2}{r^2} \Rightarrow F_t' = \frac{3k \times |q_1| |q_2|}{r^2}$$

حالت دوم: در این حالت $r_{1Y} = r - \frac{2r}{3} = \frac{r}{3}$ و $r_{1Y}' = r - \frac{r}{3} = \frac{2r}{3}$ است.

بنابراین، با توجه به این‌که اندازه و نوع بارها تغییر نکرده است، جهت نیروها نیز تغییر نمی‌کند، لذا داریم:

$$F_t' = F_{1Y} + F_{1Y}' = \frac{k|q_1||q_2|}{(\frac{r}{3})^2} + \frac{k|q_1||q_2|}{(\frac{2r}{3})^2}$$

$$\Rightarrow F_t' = \frac{1kq_1 q_2}{r^2} + \frac{16kq_1 \times 2q_1}{r^2} \Rightarrow F_t' = \frac{41kq_1 q_2}{r^2}$$

$$\frac{F_t'}{F_t} = \frac{\frac{41kq_1 q_2}{r^2}}{\frac{3kq_1 q_2}{r^2}} \Rightarrow \frac{F_t'}{F_t} = \frac{41}{3}$$

در نهایت داریم:

(الکتریسته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۵ و ۱۰)

(مشی کوهان)

71- گزینه «۴»

اگر فاصله بار q_1 از بار q_3 را با r نشان دهیم، داریم:

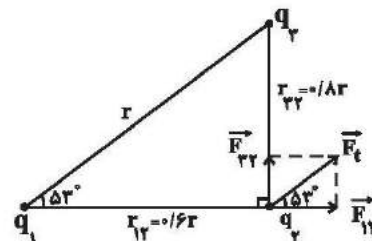
$$\sin 53^\circ = \frac{r_{1Y}}{r} = 0.8 \Rightarrow r_{1Y} = 0.8r \quad \text{و} \quad \cos 53^\circ = \frac{r_{1Y'}}{r} = 0.6$$

$$\Rightarrow r_{1Y'} = 0.6r$$

مطابق شکل زیر، برای آن‌که نیروی خالص الکتریکی وارد بر بار q_3 موازی خط

واصل بارهای q_1 و q_3 باشد، باید بارهای q_1 و q_3 ناهم‌نام باشند. در این حالت

داریم:



$$\tan 53^\circ = \frac{\sin 53^\circ}{\cos 53^\circ} = \frac{F_{1Y}}{F_{1Y'}} = \frac{0.8}{0.6} \Rightarrow \frac{F_{1Y}}{F_{1Y'}} = \frac{4}{3}$$

از طرف دیگر، با توجه به رابطه مقایسه‌ای قانون کولن داریم:

$$\frac{F_{1Y}}{F_{1Y'}} = \frac{|q_2|}{|q_1|} \times \left(\frac{r_{1Y}}{r_{1Y'}} \right)^2 \Rightarrow \frac{4}{3} = \frac{|q_2|}{|q_1|} \times \left(\frac{0.8r}{0.6r} \right)^2$$

$$\Rightarrow \frac{|q_2|}{|q_1|} = \frac{64}{27} \times \frac{q_1}{q_2} \Rightarrow \frac{q_2}{q_1} = -\frac{64}{27}$$

(الکتریسته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۷ و ۱۰)

(فسرو ارغوانی‌فر)

72- گزینه «۳»

ظرفیت خازن تغییری نمی‌کند و چون اختلاف پتانسیل دو سر خازن افزایش یافته

است، بنابراین بار الکتریکی ذخیره شده در آن نیز افزایش می‌یابد. داریم:

$$C = \frac{Q}{V} \Rightarrow \frac{Q_1}{V_1} = \frac{Q_2}{V_2} \Rightarrow \frac{Q_1}{V_1} = \frac{Q_1 + 30}{V_1 + 7/5}$$

$$\Rightarrow Q_1 V_1 + 7/5 Q_1 = Q_1 V_1 + 30 V_1 \Rightarrow \frac{Q_1}{V_1} = 4 \Rightarrow C = 4 \mu F$$

از طرف دیگر داریم:

چون \bar{I} و Δt معلوم اند، در ابتدا بار الکتریکی شارش شده بین دو کره را می یابیم:

(مصطفی کبانی)

78 - گزینه «۳»

چون \bar{I} و Δt معلوم اند، در ابتدا بار الکتریکی شارش شده بین دو کره را می یابیم:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad \bar{I} = 2 \text{ mA} = 2 \times 10^{-3} \text{ A} \quad \Delta t = 0.01 \text{ s} = 10^{-2} \text{ s} \quad \Rightarrow \Delta q = 2 \times 10^{-5} \text{ C} = 20 \mu\text{C}$$

$$\Rightarrow \Delta q = 2 \times 10^{-5} \text{ C} = 20 \mu\text{C}$$

اکنون بار الکتریکی هر کره را پس از تماس با هم می یابیم. چون کره ها مشابه اند، پس از تماس دو کره، بار الکتریکی هر یک از آن ها برابر نصف مجموع بارهایی است که قبل از تماس با هم داشتند. بنابراین داریم:

$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2} \quad q_2 = -12 \mu\text{C} \quad \Rightarrow q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 - 12}{2}$$

چون بار شارش شده بین دو کره برابر $20 \mu\text{C}$ است، برای کره اولی داریم:

$$\Delta q = q'_1 - q_1 \quad \Delta q = 20 \mu\text{C} \quad \Rightarrow 20 = \frac{q_1 - 12}{2} - q_1 \quad \Rightarrow 40 = q_1 - 12 - 2q_1$$

$$\Rightarrow q_1 = -20 \mu\text{C}$$

(پیران الکتریکی و مدارهای پیران مستقیم) (فیزیک ۲، صفحه های ۶۰ و ۶۱)

(مهری آژندسب)

79 - گزینه «۳»

با توجه به جدول سری الکتریسیته مالشی، هنگامی که پارچه آیریشمی را با قطعه آلومینیومی مالش می دهیم، قطعه آلومینیومی دارای بار منفی می شود (رد گزینه ۱ و ۴) و هنگامی که قطعه کاغذی را به یک قطعه چوب مالش می دهیم، قطعه چوب نیز دارای بار منفی می شود.

بنابراین، هنگامی که قطعه آلومینیومی را در کنار قطعه چوبی می گذاریم، به دلیل همنام بودن بارهایشان، یکدیگر را دفع می کنند.

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه های ۳۳ و ۳۴)

$$\frac{Q=4\pi\epsilon_0 C}{C_1=36\mu\text{F}, C_2=40\mu\text{F}} \rightarrow \Delta U = \frac{900}{2} \left(\frac{1}{40} - \frac{1}{36} \right) = 250 \left(-\frac{1}{360} \right) \Rightarrow \Delta U = -1/25 \mu\text{J}$$

علامت منفی نشان می دهد، انرژی خازن کاهش یافته است.

$$\frac{Q=4\pi\epsilon_0 C}{C_1=36\mu\text{F}, C_2=40\mu\text{F}} \rightarrow \Delta U = \frac{900}{2} \left(\frac{1}{40} - \frac{1}{36} \right) = 250 \left(-\frac{1}{360} \right) \Rightarrow \Delta U = -1/25 \mu\text{J}$$

علامت منفی نشان می دهد، انرژی خازن کاهش یافته است.

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه های ۶۸ تا ۶۹)

76 - گزینه «۲»

(مصطفی کبانی)

ابتدا باید مشخص کنیم با وارد کردن دی الکتریک بین صفحه های خازن، ظرفیت آن چند برابر می شود. چون A و d ثابت اند، با استفاده از رابطه زیر داریم:

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad \frac{A_1=A_2}{d_1=d_2} \rightarrow \frac{C_1}{C_2} = \frac{\kappa_1}{\kappa_2} \quad \frac{\kappa_1=1}{\kappa_2=4} \rightarrow \frac{C_1}{C_2} = \frac{1}{4}$$

از طرف دیگر، چون خازن را از مولد جدا نمودیم، بار الکتریکی آن ثابت می ماند.

بنابراین با استفاده از رابطه $U = \frac{Q^2}{2C}$ و با توجه به این که با افزایش ظرفیت خازن، انرژی آن کاهش می یابد، به صورت زیر U_1 را می یابیم:

$$U = \frac{Q^2}{2C} \quad \frac{Q_1=Q_2}{U_1} = \frac{C_1}{C_2} \quad \frac{U_2=U_1-300}{\frac{C_1=1}{C_2=4}} \rightarrow \frac{U_1-300}{U_1} = \frac{1}{4}$$

$$\Rightarrow 4U_1 - 1200 = U_1 \Rightarrow 3U_1 = 1200 \Rightarrow U_1 = 400 \mu\text{J}$$

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه های ۶۸ تا ۶۹)

77 - گزینه «۲»

(شورام احمدی رلانی)

اگر چگالی سیم را با ρ نشان دهیم، برای یک سیم با سطح مقطع A و طول L ، حجم آن برابر $V = AL$ می شود. بنابراین، ابتدا با استفاده از رابطه

$$\rho = \frac{m}{V}, \text{ نسبت } \frac{L_A}{L_B} \text{ را می یابیم:}$$

$$\frac{\rho'_A}{\rho'_B} = \frac{m_A}{m_B} \times \frac{V_B}{V_A} \quad V=AL \rightarrow \frac{\rho'_A}{\rho'_B} = \frac{m_A}{m_B} \times \frac{A_B}{A_A} \times \frac{L_B}{L_A}$$

$$\frac{\rho'_A=1}{\rho'_B=2} \rightarrow \frac{1}{2} = 1 \times \frac{A_B}{A_A} \times \frac{L_B}{L_A} \Rightarrow \frac{L_A}{L_B} = 2 \times \frac{A_B}{A_A}$$

$$\frac{A_B=\pi \frac{D_B^2}{4}}{A_A=\pi \frac{D_A^2}{4}} \rightarrow \frac{L_A}{L_B} = 2 \times \left(\frac{D_B}{D_A} \right)^2$$

$$\frac{D_A=2D_B}{L_B} \rightarrow \frac{L_A}{L_B} = 2 \times \left(\frac{D_B}{2D_B} \right)^2 \Rightarrow \frac{L_A}{L_B} = \frac{2}{4}$$

اکنون می توان با استفاده از رابطه $R = \rho \frac{L}{A}$ ، به صورت زیر، R_A را به دست آورد:

$$\frac{R_A}{R_B} = \frac{\rho_A}{\rho_B} \times \frac{L_A}{L_B} \times \frac{A_B}{A_A}$$

$$\frac{A_B=\pi \frac{D_B^2}{4}}{A_A=\pi \frac{D_A^2}{4}} \rightarrow \frac{R_A}{R_B} = \frac{\rho_A}{\rho_B} \times \frac{L_A}{L_B} \times \left(\frac{D_B}{D_A} \right)^2$$

$$\frac{R_B=220\Omega, D_A=2D_B}{\rho_A=2\rho_B} \rightarrow \frac{R_A}{220} = \frac{2\rho_B}{\rho_B} \times \frac{2}{4} \times \left(\frac{D_B}{2D_B} \right)^2$$

$$\Rightarrow \frac{R_A}{220} = \frac{2}{4} \Rightarrow R_A = 110\Omega$$

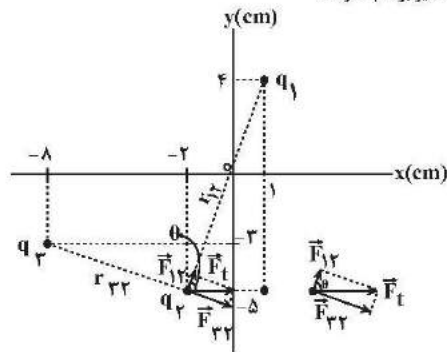
(پیران الکتریکی و مدارهای پیران مستقیم) (فیزیک ۲، صفحه های ۶۵ تا ۶۷)

80- گزینه «۳»

(انرژی پتانسیل برابری)

ابتدا نیروهایی که از طرف بارهای q_1 و q_2 بر بار q_3 وارد می‌شوند را رسم می‌کنیم. چون جهت برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_3 در سوی مثبت محور X است، باید بار q_2 بار q_3 را دفع و بار q_1 آن را جذب کند. بنابراین، شکل را به صورت زیر رسم و با توجه به مختصات هریک از بارها، فاصله بارهای q_1 و q_2 از بار q_3 را پیدا می‌کنیم و در آخر با توجه به روابط مثلثاتی نسبت $\frac{q_2}{q_1}$ را می‌یابیم. دقت کنید، چون یکی از

بارها q_2 را جذب و دیگری آن را دفع می‌کند، نسبت $\frac{q_2}{q_1} < 0$ است. در ضمن چون حاصل ضرب شیب خط‌های r_{13} و r_{23} برابر (-1) می‌باشد این دو خط برهم عموداند. در نتیجه بردارهای \vec{F}_{13} و \vec{F}_{23} که به ترتیب بر روی خط r_{13} و در امتداد خط r_{23} است، نیز بر هم عموداند.



$$r_{13} = \sqrt{3^2 + 4^2} \Rightarrow r_{13} = \sqrt{25} = 5 \text{ cm}$$

$$r_{23} = \sqrt{2^2 + 6^2} \Rightarrow r_{23} = \sqrt{40} = 2\sqrt{10} \text{ cm}$$

$$\Rightarrow \tan \theta = \frac{F_{23}}{F_{13}} = \frac{\tan \theta = \frac{q}{r}}{F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2}} \Rightarrow \tan \theta = \frac{F_{23}}{F_{13}} = \frac{\tan \theta = \frac{q}{r}}{F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2}}$$

$$\frac{q}{r} = \frac{k \frac{|q_1 q_2|}{r^2}}{k \frac{|q_1 q_2|}{r^2}} \Rightarrow \frac{q}{r} = \frac{|q_2|}{|q_1|} \times \left(\frac{r_{13}}{r_{23}} \right)^2$$

$$\frac{q}{r} = \frac{|q_2|}{|q_1|} \times \left(\frac{\sqrt{5}}{\sqrt{10}} \right)^2 \Rightarrow \frac{q}{r} = \frac{|q_2|}{|q_1|} \times \frac{5}{10} \Rightarrow \frac{q}{r} = \frac{|q_2|}{|q_1|} \times \frac{1}{2} = \frac{q}{r}$$

$$\frac{q_2}{q_1} < 0 \Rightarrow \frac{q_2}{q_1} = -\frac{q}{r}$$

(الکترسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۵ و ۱۰)

81- گزینه «۳»

(زهره ۹۲ صفحه‌ای)

چون بار الکتریکی کره بردار، مثبت است، جهت میدان الکتریکی آن به طرف بیرون است (از نقطه A به طرف نقطه B). لذا وقتی بار $q = +2.0 \mu\text{C}$ را از نقطه A به طرف نقطه B جابه‌جا می‌کنیم، چون در جهت میدان الکتریکی جابه‌جا می‌شود (آزادانه حرکت می‌کند) انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد، یعنی $\Delta U = -5 \text{ mJ}$ است. بنابراین با داشتن q ، V_A و ΔU ، به صورت زیر، V_B را می‌یابیم:

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow V_B - V_A = \frac{\Delta U}{q}$$

$$\frac{q = 2.0 \mu\text{C} = 2.0 \times 10^{-6} \text{ C} = 2 \times 10^{-6} \text{ C}}{V_A = 50 \text{ V}, \Delta U = -5 \times 10^{-3} \text{ J}} \Rightarrow V_B - 50 = \frac{-5 \times 10^{-3}}{2 \times 10^{-6}}$$

$$V_B - 50 = -250 \Rightarrow V_B = -200 \text{ V}$$

(الکترسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲۲ و ۲۵)

82- گزینه «۱»

(معمدها همین‌نژادی)

با توجه به اینکه ظرفیت خازن به بار الکتریکی و اختلاف پتانسیل آن بستگی ندارد، ابتدا به صورت زیر، ظرفیت خازن را می‌یابیم:

$$C = \frac{Q}{V} \Rightarrow C = \frac{\Delta Q}{\Delta V} \quad \frac{\Delta Q = \lambda \Delta C}{\Delta V = 200 \text{ V}} \Rightarrow C = \frac{1/8 \times 10^{-9}}{200} = 9 \times 10^{-12} \text{ F}$$

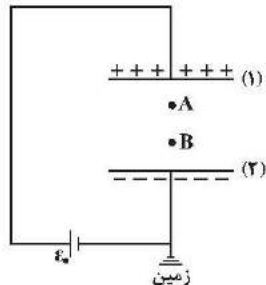
اکنون با توجه به رابطه ظرفیت خازن، مساحت صفحات آن را می‌یابیم:

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad \frac{\kappa = 1, C = 9 \times 10^{-12} \text{ F}}{\epsilon_0 = 9 \times 10^{-12} \text{ F/m}, d = 2 \text{ mm} = 2 \times 10^{-3} \text{ m}} \Rightarrow A = 2 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 2 \text{ cm}^2$$

(الکترسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲۲ و ۲۴)

83- گزینه «۲»

(انرژی پتانسیل برابری)



قبل از بررسی هر یک از موارد مطرح شده در سوال به نکات زیر توجه کنید:

(۱) پس از پر شدن خازن، جریان مدار قطع می‌شود؛ در نتیجه اختلاف پتانسیل بین دو صفحه خازن برابر نیروی محرکه باتری (ϵ) می‌شود. در این حالت صفحه بالایی که به پایانه مثبت متصل است، دارای بار مثبت و صفحه پایینی دارای بار منفی می‌شود، اما چون این صفحه به زمین متصل است، بارهای آن به زمین منتقل و بدون بار خواهد شد.

(۲) چون خازن را از مولد جدا نمی‌کنیم، اختلاف پتانسیل بین دو صفحه آن همواره ثابت و برابر ϵ است. در ضمن $V_1 = \epsilon$ است زیرا:

$$V_1 - V_2 = \epsilon \xrightarrow{V_2 = 0} V_1 = \epsilon$$

(۳) بنا به رابطه $C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d}$ ، با افزایش فاصله بین دو صفحه خازن، ظرفیت آن کاهش می‌یابد ($C' < C$).

(۴) بنا به رابطه $E = \frac{\Delta V}{d}$ ، چون اختلاف پتانسیل بین دو صفحه خازن ثابت و فاصله بین صفحات افزایش می‌یابد، در نتیجه میدان الکتریکی بین صفحات خازن، کاهش خواهد یافت. ($E' < E$)

اکنون مشخص می‌کنیم کدام یک از کمیت‌ها کاهش می‌یابد.

الف) کاهش - بنا به رابطه $E = \frac{\Delta V}{d}$ و با توجه به این که فاصله بین دو نقطه A و B ثابت‌اند، داریم:

$$\Delta V = Ed \Rightarrow \frac{\Delta V'}{\Delta V} = \frac{E'}{E} \times \frac{d'_{AB}}{d_{AB}} \rightarrow \frac{d'_{AB}}{d_{AB}} = \frac{\Delta V}{\Delta V'}$$

$$\frac{V'_A - V'_B}{V_A - V_B} = \frac{E'}{E} \rightarrow E' < E$$

$$\frac{V'_A - V'_B}{V_A - V_B} < 1 \Rightarrow V'_A - V'_B < V_A - V_B$$

بنابراین $(V_A - V_B)$ کاهش می‌یابد.

ب) افزایش - با جابه‌جا کردن صفحه پایینی خازن، فاصله نقطه B از صفحه بالایی خازن ثابت می‌ماند، بنابراین، با توجه به این که پتانسیل الکتریکی صفحه بالایی خازن $V_A = \epsilon$ و میدان الکتریکی بین دو صفحه خازن کاهش یافته است، اختلاف پتانسیل بین نقطه B و صفحه بالایی نیز کاهش خواهد یافت. در این صورت می‌توان نوشت:

$$\Delta V = Ed \Rightarrow V_A - V_B = Ed \xrightarrow{V_A = \epsilon} \epsilon - V_B = Ed$$

$$\Rightarrow V_B = \epsilon - Ed$$

در این رابطه، چون E کاهش و d و ϵ ثابت‌اند، بنابراین با کاهش B، حاصل ضرب Ed نیز کاهش می‌یابد، لذا V_B افزایش خواهد یافت.

پ) کاهش - بنا به رابطه $Q = CV$ ، چون اختلاف پتانسیل بین دو صفحه خازن $(V_A - V_B)$ ثابت و ظرفیت آن کاهش یافته است، لذا بار ذخیره شده در آن نیز کاهش می‌یابد.

ت) ثابت - طبق نکته ۲، پتانسیل الکتریکی صفحه مثبت ثابت و همواره برابر نیروی محرکه مولد $(V_A = \epsilon)$ است.

بنابراین، از بین کمیت‌های داده شده، تعداد دو کمیت کاهش می‌یابد.

(انگلیسی: ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲۲ و ۳۳)

84 - گزینه ۳

(مصطفی کبانی)

می‌دانیم، وقتی دو کره رسانای مشابه را با هم تماس دهیم، و با این که با یک سیم رسانا به هم متصل کنیم، بعد از تماس بار الکتریکی آن‌ها، هم‌علامت و هم‌اندازه می‌شود و بار هر کدام برابر نصف مجموع بارهایی است که قبل از تماس به یکدیگر، داشتند. بنابراین ابتدا بار الکتریکی بعد از تماس هر یک را می‌یابیم:

$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2} \quad \frac{q_1 = -6\mu C}{q_2 = +66\mu C} \rightarrow q'_1 = q'_2 = \frac{-6 + 66}{2}$$

$$\Rightarrow q'_1 = q'_2 = 30\mu C$$

اکنون مقدار بار الکتریکی شارش شده در سیم را به صورت زیر پیدا می‌کنیم. دقت کنید، برای محاسبه بار شارش شده، باید تغییرات بار الکتریکی یکی از کره‌ها را در نظر بگیریم.

$$\Delta q = q'_1 - q_1 = q'_2 - q_2 \quad \frac{q_1 = -6\mu C}{q'_1 = 30\mu C} \rightarrow \Delta q = 30 - (-6)$$

$$\Rightarrow \Delta q = 36\mu C = 36 \times 10^{-6} C$$

در نهایت، با توجه به این که $1A.h = 3600.C$ است، Δq بر حسب A.h برابر است با:

$$\Delta q = 36 \times 10^{-6} C \times \frac{1A.h}{3600.C} \Rightarrow \Delta q = 10^{-8} A.h$$

$$= 10^{-2} \times 10^{-6} A.h \Rightarrow \Delta q = 0.01\mu A.h$$

(میدان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم) (فیزیک ۲، صفحه ۴۰)

85 - گزینه ۱

(امیرحسین برادران)

با فرض آن که $q > 0$ باشد، جهت بردار میدان الکتریکی در دو طرف آن و در مکان‌های $x_1 = -20cm$ و $x_2 = 25cm$ در خلاف جهت یکدیگر و مطابق شکل زیر می‌باشد.

بنابراین با استفاده از رابطه $E = k \frac{|q|}{r^2}$ ، به صورت زیر، اندازه میدان الکتریکی حاصل از بار q را در مکان $x_2 = +25cm$ می‌یابیم:

$$\vec{E}_1 = \vec{E} \quad \vec{E}_2 = -\vec{E}$$

$$r_1 = 20 - 0 = 20cm \quad r_2 = 25 - 0 = 25cm$$

$$E = k \frac{|q|}{r^2} \xrightarrow{\substack{q = \text{ثابت} \\ k = \text{ثابت}}} \frac{E_2}{E_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \left(\frac{20}{25}\right)^2 \Rightarrow$$

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{16}{25} \Rightarrow |E_2| = \frac{16}{25} |E_1| \Rightarrow \vec{E}_2 = -\frac{16}{25} \vec{E}_1 \xrightarrow{\vec{E}_1 = \vec{E}} \vec{E}_2 = -\frac{16}{25} \vec{E}$$

دقت کنید، اگر بار q را منفی فرض می‌کردیم، در جواب سؤال بی‌تأثیر بود. فقط جهت

\vec{E}_2 و \vec{E}_1 برعکس می‌شد.

(انگلیسی: ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۱۱ و ۱۲)

86 - گزینه ۲

(امیرحسین برادران)

چون کره توپر A در میدان الکتریکی قائم \vec{E}_A در حال تعادل قرار دارد، برآیند نیروهای وارد بر آن صفر است. با توجه به این که بر کره A نیروهای الکتریکی \vec{F}_A و $m_A \vec{g}$ وارد می‌شود، این دو نیرو، هم‌اندازه و در سوی مخالف هم‌اند. بنابراین با فرض $q_A > 0$ جهت \vec{E}_A به طرف بالاست و می‌توان نوشت:

$$\vec{F}_A = m_A \vec{g} \quad \vec{F}_A = q_A E_A \rightarrow q_A E_A = m_A g$$

$$F_A = m_A g \xrightarrow{F_A = q_A E_A} q_A E_A = m_A g$$

برای کره B، ابتدا رابطه بین جرم کره‌های A و B را می‌یابیم. بنا به رابطه $m = \rho V$ و با توجه به اینکه $\rho_A = \rho_B$ ، $R_B = 2R_A$ و $V = \frac{4}{3}\pi R^3$ است، می‌توان نوشت:

$$V = \frac{4}{3}\pi R^3 \Rightarrow \frac{V_A}{V_B} = \left(\frac{R_A}{R_B}\right)^3 \xrightarrow{R_B = 2R_A} \frac{V_A}{V_B} = \left(\frac{R_A}{2R_A}\right)^3 \Rightarrow \frac{V_A}{V_B} = \frac{1}{8}$$

$$m = \rho V \xrightarrow{\rho_A = \rho_B} \frac{m_A}{m_B} = \frac{V_A}{V_B} \Rightarrow \frac{m_A}{m_B} = \frac{1}{8}$$

از طرف دیگر، چون $q_B < 0$ و جهت \vec{E}_B مخالف جهت \vec{E}_A است، با توجه به شکل زیر، نیروی \vec{F}_B به سمت بالا بر بار q_B وارد می‌شود. در این حالت رابطه بین \vec{F}_B و W_B را بر حسب $m_A g$ می‌یابیم، و جهت حرکت و شتاب کره B را حساب می‌کنیم:

$$\vec{F}_B = m_B \vec{g} \quad \vec{W}_B = m_B \vec{g}$$

89- گزینه «۳»

(ابوالفضل قالیچی)

ابتدا فاصله بین محل بار (نقطه A) تا نقطه B (-۳cm, -۶cm) را بدست

می آوریم:

$$r^2 = (x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2$$

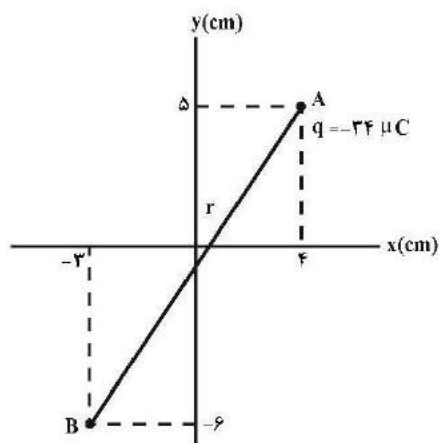
$$\frac{x_B = -3\text{cm}, x_A = 3\text{cm}}{y_B = -6\text{cm}, y_A = 5\text{cm}}$$

$$r^2 = (-3 - 3)^2 + (-6 - 5)^2 = 7^2 + 11^2 \Rightarrow r^2 = 49 + 121 \Rightarrow r^2 = 170\text{cm}^2$$

اکنون اندازه میدان الکتریکی را می یابیم:

$$E = k \frac{|q|}{r^2} \quad k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2} \quad |q| = 3 \times 10^{-6} \text{C}, r^2 = 170\text{cm}^2 = 17 \times 10^{-2} \text{m}^2$$

$$E = 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-6}}{17 \times 10^{-2}} = 1.58 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$



(الکترسیف ساکن) (فیزیک ۲، صفحه ۱۱)

90- گزینه «۴»

(مصدر کبری)

با توجه به رابطه تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار الکتریکی داریم:

$$\Delta U = q\Delta V \quad \Delta V = V_2 - V_1, V_2 = -600\text{V} \quad V_1 = -200\text{V}, q = -5\mu\text{C} = -5 \times 10^{-6} \text{C}$$

$$\Delta U = -5 \times 10^{-6} (-600 - (-200)) = 2 \times 10^{-3} \text{J} = 2 \text{mJ}$$

بنابراین، انرژی پتانسیل الکتریکی بار الکتریکی ۲ میلی ژول افزایش می یابد.

(الکترسیف ساکن) (فیزیک ۲، صفحه ۲۰ تا ۲۳)

$$\vec{F}_B = |q_B| \vec{E}_B \quad \frac{|q_B| = 4q_A}{|E_B| = 4E_A} \Rightarrow |F_B| = 4q_A \times 4E_A$$

$$\frac{q_A \times E_A = m_A g}{|F_B| = 16 m_A g}$$

$$W_B = m_B g \quad \frac{m_B = 4m_A}{W_B = 4m_A g}$$

چون $F_B > W_B$ است، کره B به سمت بالا حرکت می کند و شتاب آن برابر است با:

$$F_B - W_B = m_B a_B \Rightarrow 16 m_A g - 4 m_A g = 4 m_A a_B$$

$$\Rightarrow 4 m_A g = 4 m_A a_B \Rightarrow a_B = g$$

می بینیم، کره B با شتاب g به سمت بالا حرکت می کند. دقت کنید، اگر بار q_A را

منفی هم در نظر می گرفتیم، باز هم به همین جواب می رسیدیم. در این حالت تنها جهت

\vec{E}_A رو به پایین و جهت \vec{E}_B رو به بالا می شد.

(الکترسیف ساکن) (فیزیک ۲، صفحه ۱۰ و ۱۱)

87- گزینه «۴»

(مطلبی کبانی)

وقتی خازن را پر نموده و از مولد جدا نماییم، بار الکتریکی آن ثابت می ماند. از طرف دیگر،

با نصف شدن فاصله بین صفحات خازن، بنا به رابطه $C = \epsilon_0 \frac{A}{d}$ ، چون A ثابت است،

ظرفیت خازن دو برابر می شود. یا دو برابر شدن ظرفیت خازن، چون Q ثابت است (خازن

از مولد جدا شده است)، بنا به رابطه $C = \frac{Q}{V}$ ، اختلاف پتانسیل بین صفحاتی خازن

نصف خواهد شد. بنابراین برای بررسی میدان الکتریکی بین دو صفحه خازن، طبق رابطه

$$E = \frac{\Delta V}{d}$$

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{d_1}{d_2} \quad \frac{d_2 = \frac{1}{2} d_1}{\frac{C_2}{C_1} = \frac{d_1}{\frac{1}{2} d_1}} \Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = 2$$

$$C = \frac{Q}{V} \quad Q = \text{ثابت} \Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = 2 \Rightarrow V_2 = \frac{1}{2} V_1$$

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{\Delta V_2}{\Delta V_1} \times \frac{d_1}{d_2} \quad \frac{\Delta V_2 = \frac{1}{2} \Delta V_1}{\frac{E_2}{E_1} = \frac{\frac{1}{2} \Delta V_1}{\Delta V_1} \times \frac{d_1}{\frac{1}{2} d_1}}$$

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

(الکترسیف ساکن) (فیزیک ۲، صفحه ۲۳ و ۲۴ تا ۲۷)

88- گزینه «۳»

(امیرمهر برادران)

ابتدا رابطه بین بار ذخیره شده در خازن و میدان الکتریکی بین صفحات را بدست

$$Q = CV \quad \frac{V = Ed}{Q = CE d}$$

$$\Rightarrow \Delta Q = \Delta E \times C \times d$$

با جابه جا کردن $6\mu\text{C}$ بار از صفحه مثبت به صفحه منفی خازن بار خازن برابر با

$$(Q - 6)\mu\text{C}$$

$$\Delta Q = -6\mu\text{C} = -6 \times 10^{-6} \text{C} \quad \frac{\Delta Q = \Delta E \times C \times d, \Delta E = -240 \frac{\text{N}}{\text{C}}}{d = 0.2 \text{mm} = 2 \times 10^{-4} \text{m}}$$

$$-6 \times 10^{-6} = -240 \times C \times 2 \times 10^{-4} \Rightarrow C = \frac{10^{-2}}{12} \text{F} = \frac{250}{3} \mu\text{F}$$

(الکترسیف ساکن) (فیزیک ۲، صفحه ۲۹ تا ۳۲)

91- گزینه «۳»

(عبدالرضا امینی نسب)

ابتدا باید معلوم کنیم ظرفیت خازن چند برابر می‌شود. بنابراین با توجه به رابطه

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

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \xrightarrow[\substack{\text{ثابت } \kappa = 1 \\ A_2 = \frac{1}{2} A_1}]{\substack{d = \text{ثابت} \\ A_1 = \text{ثابت}}} \frac{C_2}{C_1} = \frac{A_2}{A_1} = \frac{1}{2}$$

اکنون، با توجه به رابطه $q = CV$ می‌توان نوشت:

$$q = CV \Rightarrow \frac{q_2}{q_1} = \frac{C_2}{C_1} \times \frac{V_2}{V_1} \quad V_2 = V_1 - \frac{20}{100} V_1 = 0.8 V_1$$

$$\frac{q_2}{q_1} = \frac{1}{2} \times 0.8 = 0.4$$

$$\Rightarrow q_2 = 0.4 q_1$$

در نهایت درصد تغییرات بار الکتریکی برابر است با:

$$\frac{\Delta q}{q_1} \times 100 = \frac{0.4 q_1 - q_1}{q_1} \times 100 = -60\%$$

(الکتریسته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۷۸ تا ۸۲)

92- گزینه «۴»

(عباس انصاری)

از آنجایی که گوی B توسط میله رانده می‌شود بنابراین بار گوی B هم‌نام با بار میله است. یعنی گوی B قطعاً بار منفی دارد.

با توجه به اینکه گوی A توسط میله جذب می‌شود، می‌توان نتیجه گرفت که گوی A یا باری ناهم‌نام با بار میله دارد، یعنی بار مثبت دارد و یا اینکه خنثی است. توجه داشته باشید که اگر میله به گوی رسانای سبک خنثی نزدیک شود، در اثر تفکیک بار روی گوی رسانا و پدیده القای الکتریکی بین آنها جاذبه ایجاد می‌شود.

(الکتریسته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲ تا ۳)

93- گزینه «۲»

(مسعود ابراهیمی قدر)

وقتی به یک جسم، الکترون می‌دهیم، در واقع به آن جسم بار منفی داده‌ایم. چون در نهایت، نوع بار جسم عوض شده است، بنابراین در ابتدا بار جسم مثبت بوده است و بار نهایی آن $-1/5 q$ می‌شود.

$$q - ne \Rightarrow -1/5 q - q = -ne$$

$$q - ne = -1/5 q \xrightarrow[n=2 \times 10^{14}]{e=1.6 \times 10^{-19} C}$$

$$q - 2 \times 10^{14} \times 1.6 \times 10^{-19} = -1/5 q \Rightarrow 2/5 q = 3.2 \times 10^{-5}$$

$$\Rightarrow q = \frac{3/2 \times 10^{-5}}{2/5} C$$

$$\Rightarrow q = 12/8 \times 10^{-5} C = 1.5 \times 10^{-4} C$$

(الکتریسته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲ تا ۵)

94- گزینه «۳»

(امیرحسین برادران)

نوع بار	گلوله
مثبت	شیشه‌ای
مثبت	سرب
منفی	آلومینیومی
منفی	نقره‌ای

در سری الکتریسته مالشی (تربو الکتریک) هر چه به سمت انتهای منفی سری می‌رویم الکترون‌خواهی افزایش می‌یابد. بنابراین با مالش گلوله‌ها با پارچه‌های ابریشمی و کتان‌ی بار هر کدام از گلوله‌ها مطابق جدول روبه‌رو می‌شود.

در حالتی که نیروهای الکتریکی وارد بر گوی آلومینیومی با یکدیگر هم‌جهت و به‌سمت راست باشند، برآیند نیروی وارد بر گوی آلومینیومی بیشینه است. با توجه به نوع بارها و اندازه یکسان آن‌ها در یکی از دو حالت زیر نیروی وارد بر گوی آلومینیومی بیشینه و به‌سمت راست است.



(الکتریسته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۳ تا ۹)

95- گزینه «۲»

(سیدعلی میری)

ابتدا برآیند نیروهای وارد بر بار q_2 را مساوی صفر قرار می‌دهیم و رابطه بین x و y را می‌یابیم؛ بنابراین با استفاده از قانون کولن داریم:

$$\vec{F}_{12} = \vec{F}_{32} \quad \vec{F}_{12} = \frac{k \times 4 \times q_2}{x^2} \quad \vec{F}_{32} = \frac{k \times 16 \times q_2}{y^2}$$

$$|\vec{F}_{12}| = |\vec{F}_{32}| \Rightarrow \frac{1}{x^2} = \frac{4}{y^2} \Rightarrow \frac{1}{x} = \frac{2}{y} \Rightarrow y = 2x$$

اکنون برآیند نیروهای وارد بر q_1 را مساوی صفر قرار می‌دهیم:

$$|\vec{F}_{21}| = |\vec{F}_{31}| \Rightarrow \frac{k \times |q_2| \times 4}{x^2} = \frac{k \times 16 \times 4}{(x+y)^2} \Rightarrow y = 2x$$

$$\frac{|q_2|}{x^2} = \frac{16}{(x+2x)^2} \Rightarrow |q_2| = \frac{16}{9} C$$

چون برآیند نیروهای وارد بر بار q_1 صفر می‌باشد، و این بار خارج از فاصله بین دو بار q_2 و q_3 قرار گرفته است، الزاماً باید بارهای q_2 و q_3 ناهم‌نام باشند، بنابراین چون $q_3 > 0$ است، لذا باید $q_2 < 0$ باشد.

$$q_2 = -\frac{16}{9} C$$

(الکتریسته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۵ تا ۲)

96 - گزینه «۳»

(لمبرسون برادران)

نیروی که دو بار در حالت اول و در فاصله r به یکدیگر وارد می‌کنند برابر است با:

$$F = k \frac{qq'}{r^2} \quad (I)$$

اکنون نیروی بین دو بار را در حالت دوم و در همان فاصله قبلی به دست می‌آوریم:

$$F' = \frac{k(q-xq)(q'+xq)}{r^2} \xrightarrow{x=r/2} F' = \frac{k(q(q'+r/2q))}{r^2} \quad (II)$$

$$(I, II) \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{q(q'+r/2q)}{qq'} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{q(q'+r/2q)}{q'}$$

$$\frac{F'=F}{F} = \frac{q(q'+r/2q)}{q'} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{q(q'+r/2q)}{q'}$$

$$\Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{q(q'+r/2q)}{q'} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{q(q'+r/2q)}{q'} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{q(q'+r/2q)}{q'}$$

(آکترسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۵ و ۶)

97 - گزینه «۱»

(فسرو ارغوانی‌فر)

نیرویی که به ذره باردار منفی در میدان یکنواخت وارد می‌شود، در خلاف جهت میدان الکتریکی (به طرف چپ) است. این نیرو در مسیرهای \overline{AB} و \overline{CD} بر جابه‌جایی عمود است و در این دو مسیر کاری از طرف میدان انجام نمی‌شود. بنابراین کار مؤثر وارد بر ذره برابر است با:

$$W_{کل} = F.d \cos \theta \quad Eq(\overline{BC} \cdot \overline{DE}) \cos \theta$$

$$\Rightarrow W_{کل} = 5 \cdot 10^{-8} \cdot (10^{-2} \cdot 10^{-2}) \cdot \cos 0 = 5 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$

چون کار نیروی میدان الکتریکی منفی است، بنابراین انرژی پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد.

(آکترسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲۰ و ۲۱)

98 - گزینه «۴»

(پورا علاقه‌مند)

ابتدا نیروی بین بارهای q_1 و q_2 را می‌یابیم. با توجه به شکل، فاصله بین بارهای q_1 و q_2 برابر $\sqrt{2}r$ است. بنابراین داریم:

$$F_{12} = k \frac{|q_1||q_2|}{r_{12}^2} = \frac{kq_1q_2}{(\sqrt{2}r)^2} = \frac{kq_1q_2}{2r^2} \quad F = \frac{kq^2}{r^2} \Rightarrow F = 2F_{12}$$

اکنون نیروهای وارد بر بار q_3 را رسم و برآیند آن‌ها را حساب می‌کنیم:

$$F_{13} = \frac{k|q_1||q_3|}{(r_{13})^2} = \frac{kq(rq)}{r^2} = \frac{rkq^2}{r^2} \Rightarrow F_{13} = \frac{rkq^2}{r^2}$$

$$F_{23} = \frac{k|q_2||q_3|}{(r_{23})^2} = \frac{kq(rq)}{r^2} = \frac{rkq^2}{r^2} \Rightarrow F_{23} = \frac{rkq^2}{r^2}$$

$$F_{T3} = \sqrt{(F_{13})^2 + (F_{23})^2} = \sqrt{(\frac{rkq^2}{r^2})^2 + (\frac{rkq^2}{r^2})^2} = \sqrt{2} \frac{rkq^2}{r^2}$$

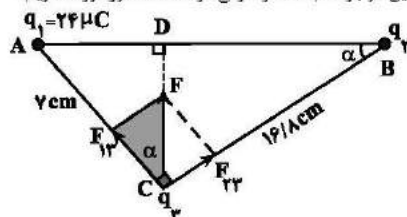
$$F_{T3} = \frac{rkq^2}{r^2}$$

(آکترسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۵ و ۶)

99 - گزینه «۴»

(فسرو ارغوانی‌فر)

مطابق شکل زیر نیروی F را به دو مؤلفه در امتدادهایی که بارهای q_1 و q_2 به بار q_3 نیرو وارد می‌کنند، تجزیه می‌کنیم. چون بارهای q_1 و q_2 بار q_3 را جذب کرده‌اند، لذا این دو بار، هم‌نامند. از طرفی در مثلث هاشور خورده داریم:



$$\tan \alpha = \frac{F_{23}}{F_{13}} \quad (1)$$

$$\tan \alpha = \frac{y}{16/\lambda} \quad (2)$$

و در مثلث ABC داریم:

بنابراین، داریم:

$$\frac{(1), (2)}{\tan \alpha} \Rightarrow \frac{F_{23}}{F_{13}} = \frac{y}{16/\lambda} \quad F_{23} \Rightarrow \frac{y}{16/\lambda} = F_{13}$$

$$\Rightarrow \frac{k|q_2||q_3|}{(16/\lambda)^2} = \frac{y}{16/\lambda} \quad \frac{k|q_1||q_3|}{y^2}$$

$$\frac{k|q_2||q_3|}{(16/\lambda)^2} = \frac{y}{16/\lambda} \quad \frac{k|q_1||q_3|}{y^2} \Rightarrow \frac{k|q_2||q_3|}{(16/\lambda)^2} = \frac{y}{16/\lambda} \quad \frac{k|q_1||q_3|}{y^2}$$

(آکترسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۵ و ۶)

100 - گزینه «۳»

(فسرو ارغوانی‌فر)

طبق رابطه $E = \frac{k|q|}{r^2}$ ، میدان الکتریکی بار q با مربع فاصله از بار نسبت عکس دارد. بنابراین داریم:

$$E = \frac{k|q|}{r^2} \quad q \text{ ثابت} \Rightarrow \frac{E_1}{E_2} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \quad \frac{27 \times 10^9}{16 \times 10^9} = \left(\frac{r_1}{5}\right)^2$$

$$\Rightarrow 16 = \left(\frac{r_1}{5}\right)^2 \quad \text{جذر می‌گیریم} \Rightarrow \frac{r_1}{5} = 4$$

$$\Rightarrow r_1 = 20 \text{ cm}$$

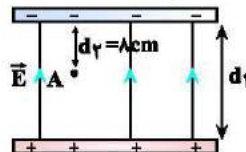
$$E = \frac{k|q|}{r^2} \Rightarrow 27 \times 10^9 = \frac{q \times 10^9}{(5 \times 10^{-2})^2} \Rightarrow |q| = 7 \times 10^{-6} \text{ C} = 7 \mu \text{ C}$$

(آکترسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۱۲ و ۱۳)

101 - گزینه «۲»

(عبارت اصغری)

با توجه به اینکه صفحه پایینی به پایانه مثبت باتری متصل است، لذا پتانسیل آن بیشتر از صفحه بالایی است. همچنین چون صفحه پایینی به زمین متصل است، پتانسیل آن برابر صفر می‌باشد، بنابراین پتانسیل صفحه بالایی برابر $-400V$ خواهد بود. از طرفی با جابه‌جایی در راستای یک میدان الکتریکی یکنواخت، پتانسیل الکتریکی تغییر می‌کند که رابطه آن به صورت $\Delta V = Ed$ است. بنابراین می‌توان نوشت:



$$\begin{cases} V_+ - V_- = Ed_1 \\ V_A - V_- = Ed_y \end{cases} \Rightarrow \frac{V_+ - V_-}{V_A - V_-} = \frac{d_1}{d_y}$$

$$\frac{V_+ - V_- = -400V}{d_1 = 20cm, d_y = 1cm} \Rightarrow \frac{0 - (-400)}{V_A - (-400)} = \frac{20}{1}$$

$$\Rightarrow 160 = V_A \quad 400 - V_A = 240V$$

(انگلیسی ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲۳۳ و ۲۳۵)

102 - گزینه «۴»

(معمولاً منشأ)

چون خازن از مولد جدا می‌باشد، بار الکتریکی آن ثابت می‌باشد. بنابراین با استفاده از رابطه $E = \frac{Q}{\kappa \epsilon_0 A}$ و با توجه به این که با خارج کردن دی‌الکتریک از بین صفحات خازن، هوا جایگزین آن می‌شود که ثابت دی‌الکتریک آن $\kappa' = 1$ می‌باشد، به صورت زیر، ثابت دی‌الکتریک شیشه را می‌یابیم:

$$E = \frac{Q}{\kappa \epsilon_0 A} \xrightarrow{Q=\text{ثابت}} \frac{E'}{E} = \frac{\kappa}{\kappa'} \xrightarrow{E' = 1 \times 10^5 \frac{N}{C}, \kappa' = 1} \frac{E = 2 \times 10^5 \frac{N}{C}}{E' = 1 \times 10^5 \frac{N}{C}} = 2$$

$$\frac{1 \times 10^5}{2 \times 10^5} = \frac{\kappa}{2} \Rightarrow \kappa = \frac{1 \times 10^5}{2 \times 10^5} = 0.5$$

دقت کنید، رابطه $E = \frac{Q}{\kappa \epsilon_0 A}$ از ترکیب رابطه‌های $E = \frac{\Delta V}{d}$ و $Q = CV$ به دست می‌آید.

(انگلیسی ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲۳۳ و ۲۳۵)

103 - گزینه «۲»

(سبب شقی)

در این سوال با توجه به رابطه‌های مربوط به انرژی و ظرفیت خازن به بررسی گزینه‌ها می‌پردازیم:

گزینه «۱»: درست است. با توجه به رابطه $U = \frac{1}{2} CV^2$ داریم:

$$C = \frac{2U}{V^2} \Rightarrow [C] = \frac{J}{V^2}$$

گزینه «۲»: نادرست است. با توجه به رابطه $U = \frac{Q^2}{2C}$ داریم:

$$C = \frac{Q^2}{2U} \Rightarrow [C] = \frac{C^2}{J}$$

گزینه «۳»: درست است. با توجه به رابطه $U = \frac{Q^2}{2C}$ داریم:

$$C = \frac{Q^2}{2U} \Rightarrow [C] = \frac{C^2}{J} \xrightarrow{[J] = N.M} [C] = \frac{C^2}{N.M}$$

گزینه «۴»: درست است. با توجه به رابطه $C = \frac{Q}{V}$ داریم:

$$C = \frac{Q}{V} \Rightarrow [C] = \frac{C}{V}$$

(انگلیسی ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲۳۳ و ۲۳۵)

104 - گزینه «۲»

(سبب شقی)

چون خازن را پس از پر شدن از باتری جدا نموده‌ایم، با هر تغییری در ظرفیت آن، بار خازن ثابت می‌ماند. بنابراین، طبق رابطه $U = \frac{Q^2}{2C}$ ، برای آن که انرژی خازن افزایش یابد، باید ظرفیت آن کاهش پیدا کند.

از طرف دیگر، چون مساحت صفحات خازن ثابت است، بنا به رابطه $C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d}$ ،

باید از دی‌الکتریکی استفاده کنیم که نسبت $\frac{\kappa}{d}$ آن کمتر باشد. به همین منظور به بررسی هریک از گزینه‌ها می‌پردازیم. دقت کنید باید یکای d برای تمام گزینه‌ها یکسان باشد.

گزینه «۱»:

$$\frac{\kappa=2}{d=10mm=10 \times 10^{-3}m} \rightarrow \frac{\kappa}{d} = \frac{2}{10 \times 10^{-3}} = 200 \frac{1}{m}$$

گزینه «۲»:

$$\frac{\kappa=2/5}{d=15mm=15 \times 10^{-3}m} \rightarrow \frac{\kappa}{d} = \frac{2/5}{15 \times 10^{-3}} = \frac{500}{3} \frac{1}{m}$$

گزینه «۳»:

$$\frac{\kappa=6}{d=0.5mm=0.5 \times 10^{-3}m} \rightarrow \frac{\kappa}{d} = \frac{6}{0.5 \times 10^{-3}} = 12000 \frac{1}{m}$$

گزینه «۴»:

$$\frac{\kappa=1/5}{d=300\mu m=300 \times 10^{-6}m} \rightarrow \frac{\kappa}{d} = \frac{1/5}{300 \times 10^{-6}} = 5000 \frac{1}{m}$$

می‌بینیم، نسبت $\frac{\kappa}{d}$ در گزینه «۲» از بقیه گزینه‌ها کمتر است.

(انگلیسی ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲۳۳ و ۲۳۵)

105 - گزینه «۱»

(رضا امامی)

ابتدا ظرفیت هر نورون را می‌یابیم:

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad A = 100\mu m^2 = 100 \times 10^{-12} m^2$$

$$\kappa = 6, d = 10nm = 10 \times 10^{-9} m$$

$$C = 6 \times 9 \times 10^{-12} \times \frac{100 \times 10^{-12}}{10 \times 10^{-9}} \Rightarrow C = 54 \times 10^{-14} F$$

اکنون بار الکتریکی ذخیره شده در هر نورون را پیدا می‌کنیم:

$$Q = CV \quad V = 20mV = 20 \times 10^{-3} V$$

$$C = 54 \times 10^{-14} F$$

$$Q = 54 \times 10^{-14} \times 20 \times 10^{-3}$$

$$Q = 108 \times 10^{-15} C$$

در آخر، با استفاده از رابطه $q = ne$ ، تعداد یون‌های هر صفحه را می‌یابیم:

$$n = \frac{q}{e} \quad q = 108 \times 10^{-15} C \quad e = 1.6 \times 10^{-19} C$$

$$\Rightarrow n = \frac{108 \times 10^{-15}}{1.6 \times 10^{-19}} = 67.5 \times 10^4$$

بنابراین تعداد کل یون‌ها برابر است با:

$$N = 2n = 135 \times 10^4$$

(انگلیسی ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲۳۳ و ۲۳۵)

106 - گزینه ۴»

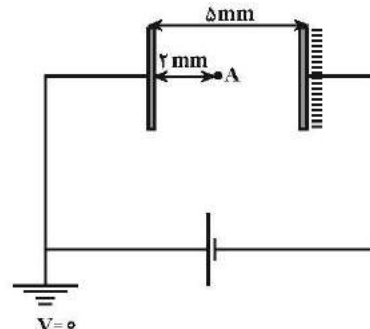
(امپدانس فانتزی)

ابتدا ظرفیت خازن را محاسبه می‌کنیم:

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad \kappa=1, A=25 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \rightarrow C = \frac{1 \times 9 \times 10^{-12} \times 25 \times 10^{-4}}{5 \times 10^{-3}} = 45 \times 10^{-13} \text{ F}$$

اکنون با استفاده از رابطه انرژی ذخیره شده در خازن، اختلاف پتانسیل بین صفحات آن را می‌یابیم:

$$U = \frac{1}{2} C V^2 \quad U = 36 \text{ pJ} = 36 \times 10^{-12} \text{ J} \rightarrow 36 \times 10^{-12} = \frac{1}{2} \times 45 \times 10^{-13} \times V^2 \Rightarrow V = 4 \text{ V}$$



در آخر با استفاده از رابطه $E = \frac{\Delta V}{d}$ و با توجه به ثابت بودن E ، به‌صورت زیر V_A را پیدا می‌کنیم. دقت کنید، چون صفحه مثبت خازن به زمین متصل است، پتانسیل آن صفر می‌باشد.

$$E = \frac{\Delta V}{d} = \frac{\Delta V'}{d'} \quad \Delta V = 4 \text{ V}, d' = 2 \text{ mm} \rightarrow \frac{4}{5} = \frac{\Delta V'}{2} \Rightarrow \Delta V' = 1/6 \text{ V}$$

$$\Delta V' = V_{\text{مثبت}} - V_A \Rightarrow 1/6 = 0 - V_A \Rightarrow V_A = -1/6 \text{ V}$$

(الکترسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲۸ و ۳۳)

107 - گزینه ۳»

(مصطفی کاتانی)

می‌دانیم در جدول سری الکترسیته مالشی مواد نزدیک‌تر به انتهای منفی سری، الکترون‌خواهی بیشتری دارند؛ یعنی اگر دو ماده در این جدول را به یکدیگر مالش دهیم، الکترون‌ها از ماده بالاتر جدول (انتهای مثبت) به ماده‌ای که پایین‌تر انتهای منفی قرار دارد، منتقل می‌شود. در این جا، جسم F که در قسمت پایین‌تر جدول قرار دارد، بار منفی می‌گیرد. از طرف دیگر، چون جسم F جسم C را دفع کرده است، جسم C نیز بار منفی دارد. بنابراین، جسم C که الکترون اضافی دریافت کرده است، باید با جسم‌های بالاتر از خود در جدول، مالش داده شده باشد. یعنی جسم C با جسم A یا B مالش داده شده است.

(الکترسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲۲ و ۲۳)

108 - گزینه ۴»

(مهرالرضا امینی نسب)

چون بار اولیه جسم منفی بوده است و به این جسم الکترون داده‌ایم، بار منفی آن افزایش می‌یابد. در نتیجه، بار نهایی جسم منفی خواهد بود. بنابراین می‌توان نوشت:

$$\Delta q = -ne \quad n = 5 \times 10^{13} \rightarrow \Delta q = -5 \times 10^{13} \times 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$\Rightarrow \Delta q = -8 \times 10^{-6} \text{ C} = -8 \mu\text{C}$$

$$\Delta q = q_2 - q_1 \quad q_2 = 2 q_1 \rightarrow -8 = 2 q_1 - q_1$$

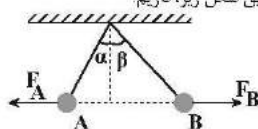
$$\Rightarrow -8 = 2 q_1 \Rightarrow q_1 = -4 \mu\text{C}$$

(الکترسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه ۳)

109 - گزینه ۴»

(رژا امامی)

طبق قانون سوم نیوتون، اندازه نیرویی که گوی B بر گوی A وارد می‌کند، همان‌اندازه یا نیرویی است که گوی A بر گوی B وارد خواهد کرد. بنابراین، $F_B = F_A$ است. از طرف دیگر، مطابق شکل زیر، داریم:



$$\begin{cases} \tan \beta = \frac{F_B}{m_B g} \\ \tan \alpha = \frac{F_A}{m_A g} \end{cases} \Rightarrow \frac{\tan \beta}{\tan \alpha} = \frac{F_B}{F_A} \quad F_A = F_B \rightarrow \frac{\tan \beta}{\tan \alpha} = \frac{m_A}{m_B}$$

$$\frac{m_A > m_B}{\tan \alpha} \Rightarrow \frac{\tan \beta}{\tan \alpha} > 1 \Rightarrow \frac{\tan \beta}{\tan \alpha} > 1 \Rightarrow \beta > \alpha$$

می‌بینیم، با توجه به برابر بودن نیروی الکتریکی وارد بر گوی‌ها، جسمی که جرم آن کم‌تر باشد، انحراف نخ متصل به آن از راستای قائم، بیش‌تر خواهد بود.

(الکترسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۵ و ۶)

110 - گزینه ۲»

(میرم شیخ‌محمود)

ابتدا از تعادل بار q_1 استفاده می‌کنیم و نسبت فاصله بین بارهای q_1 و q_2 و q_3 را پیدا می‌کنیم:

دقت کنید، چون هر سه بار در حال تعادل‌اند، باید بارهای q_1 و q_3 هم‌علامت و بار q_2 مخالف آن‌ها باشد. بنابراین اگر بار q_3 را منفی در نظر بگیریم بار الکتریکی q_1 و q_2 به ترتیب منفی و مثبت خواهد بود.

$$\begin{aligned} & \vec{F}_{13} = \vec{F}_{12} \Rightarrow k \frac{|q_1||q_3|}{r_{13}^2} = k \frac{|q_1||q_2|}{r_{12}^2} \\ & \frac{r_{12} = x, r_{13} = x+d}{|q_3| = 9q_2} \rightarrow \frac{q_2}{x^2} = \frac{9q_2}{(x+d)^2} \Rightarrow \frac{1}{x^2} = \frac{9}{(x+d)^2} \\ & \Rightarrow \frac{1}{x} = \frac{3}{x+d} \Rightarrow 3x = x+d \Rightarrow 2x = d \Rightarrow x = \frac{1}{2}d \end{aligned}$$

اکنون برای محاسبه نسبت $\frac{q_1}{q_2}$ ، از تعادل بار q_3 استفاده می‌کنیم:

$$\vec{F}_{13} = \vec{F}_{23} \Rightarrow k \frac{|q_1||q_3|}{r_{13}^2} = k \frac{|q_2||q_3|}{r_{23}^2}$$

$$\frac{r_{13} = x+d = \frac{1}{2}d + d = \frac{3}{2}d}{r_{23} = d} \rightarrow \frac{|q_1|}{\frac{9}{4}d^2} = \frac{|q_2|}{d^2} \Rightarrow \frac{|q_1|}{|q_2|} = \frac{9}{4}$$

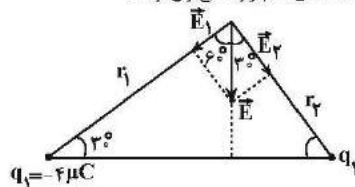
$$\frac{q_1 < 0}{q_2 > 0} \rightarrow \frac{q_1}{q_2} = -\frac{9}{4}$$

(الکترسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۷ و ۸)

111- گزینه «۳»

(عبرالرفعا لمینا نسب)

مطابق شکل زیر، باید جهت میدان الکتریکی بارهای q_1 و q_2 به سمت بارها باشد، تا برآیند آن‌ها برابر \vec{E} شود. بنابراین، لازم است هر دو بار q_1 و q_2 منفی باشند. از طرف دیگر، برای مثلث‌های قائم‌الزاویه می‌توان نوشت:



$$\begin{aligned} \tan 30^\circ &= \frac{r_2}{r_1} \Rightarrow \frac{E_1}{E_2} = \frac{r_2}{r_1} \Rightarrow \frac{k \frac{|q_1|}{r_1^2}}{k \frac{|q_2|}{r_2^2}} = \frac{r_2}{r_1} \\ \tan 30^\circ &= \frac{E_1}{E_2} \Rightarrow \frac{E_1}{E_2} = \frac{r_2}{r_1} \Rightarrow \frac{|q_1|}{|q_2|} \times \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 = \frac{r_2}{r_1} \\ \Rightarrow \frac{|q_1|}{|q_2|} \times \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 &= \frac{r_2}{r_1} \Rightarrow \frac{|q_1|}{|q_2|} \times \frac{r_2}{r_1} = 1 \\ \frac{r_2}{r_1} &= \tan 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{3} \Rightarrow \frac{r_2}{r_1} = \frac{\sqrt{3}}{3} \\ \frac{r_2}{r_1} &= \frac{\sqrt{3}}{3} \Rightarrow \frac{r_2}{r_1} = \frac{\sqrt{3}}{3} \Rightarrow \frac{r_2}{r_1} = \frac{\sqrt{3}}{3} \\ \Rightarrow \frac{|q_1|}{|q_2|} &= \frac{r_2}{r_1} = \frac{\sqrt{3}}{3} \Rightarrow |q_1| = \frac{\sqrt{3}}{3} |q_2| \\ \Rightarrow |q_1| &= \frac{\sqrt{3}}{3} \times 6 \mu C = 2\sqrt{3} \mu C \end{aligned}$$

(الکترسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۱۰ و ۱۱)

112- گزینه «۳»

(عبرالرفعا لمینا نسب)

با توجه به نمودار، داریم:

$$\begin{aligned} r_1 &= 5 \text{ cm} \Rightarrow E_1 = 36 \times 10^6 \frac{N}{C} \\ r_2 &= r \Rightarrow E_2 = 4 \times 10^6 \frac{N}{C} \end{aligned}$$

از طرف دیگر، بنا به رابطه $E = k \frac{|q|}{r^2}$ می‌توان نوشت:

$$\begin{aligned} E &= k \frac{|q|}{r^2} \Rightarrow \frac{E_1}{E_2} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \Rightarrow \frac{36 \times 10^6}{4 \times 10^6} = \left(\frac{5}{r}\right)^2 \\ \Rightarrow \frac{1}{9} &= \left(\frac{5}{r}\right)^2 \Rightarrow \frac{1}{9} = \frac{25}{r^2} \Rightarrow r = 15 \text{ cm} \end{aligned}$$

برای محاسبه نیروی وارد بر بار $9 \mu C$ ، ابتدا اندازه میدان الکتریکی در فاصله 30 سانتی‌متری از بار q را پیدا می‌کنیم و سپس از رابطه $F = |q|E$ ، اندازه نیرو را می‌یابیم:

$$\begin{aligned} \frac{E_2}{E_1} &= \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \Rightarrow \frac{E_2}{36 \times 10^6} = \left(\frac{5}{30}\right)^2 \\ \Rightarrow \frac{E_2}{36 \times 10^6} &= \frac{1}{36} \Rightarrow E_2 = 1 \times 10^6 \frac{N}{C} \end{aligned}$$

اندازه نیروی وارد بر بار الکتریکی $q = 9 \mu C$ برابر است با:

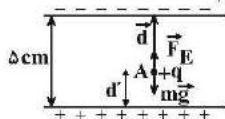
$$F = |q|E_2 = 9 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^6 \Rightarrow F = 9 \text{ N}$$

(الکترسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه ۱۲)

113- گزینه «۲»

(عبرالرفعا لمینا نسب)

مطابق شکل زیر، نیروی وزن خره رو به پایین و نیروی الکتریکی رو به بالا بر خره وارد می‌شود. طبق قضیه کار و انرژی جنبشی مجموع کار این دو نیرو برابر تغییر انرژی جنبشی است. بنابراین داریم:



$$\begin{aligned} W_t &= \Delta K \Rightarrow W_{mg} + W_E = K_f - K_i \\ W_{mg} &= mgd \cos 180^\circ, K_i = 0 \\ W_E &= Fd \cos 0^\circ, K_f = \frac{1}{2}mv^2 \\ F &= |q|E, \cos 0^\circ = 1 \\ \cos 180^\circ &= -1 \\ m &= 10^{-4} \text{ kg}, g = 10 \text{ m/s}^2, v = \sqrt{\frac{2m}{q}} \\ |q| &= 10^{-10} \text{ C}, E = \frac{1}{\sqrt{2}} \times \frac{5 \text{ N}}{\text{C}} \\ &= -10^{-11} \times 10 \times d + 10^{-10} \times \frac{1}{\sqrt{2}} \times \frac{5}{\text{C}} \times d \\ &\Rightarrow 8 \times 10^{-12} = 2 \times 10^{-11} d \Rightarrow d = 4 \times 10^{-2} \text{ m} = 4 \text{ cm} \end{aligned}$$

بنابراین، فاصله نقطه A از صفحه پایینی برابر $d' = 5 - 4 = 1 \text{ cm}$ است.

(الکترسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲۰ و ۲۱)

114- گزینه «۴»

(سیاوش قاضی)

بزرگی میدان الکتریکی بار q در هر نقطه از رابطه $E = K \frac{|q|}{r^2}$ محاسبه می‌شود. بنابراین چون بار q ثابت مانده و فقط فاصله نقطه مورد نظر از بار q تغییر کرده است، برای مقایسه میدان الکتریکی به‌صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$\begin{aligned} \frac{E_2}{E_1} &= \frac{|q_2|}{|q_1|} \times \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \Rightarrow \frac{16}{36} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \\ \frac{r_1}{r_2} &= \sqrt{\frac{16}{36}} = \frac{4}{6} = \frac{2}{3} \\ \frac{r_1}{r_2} &= \frac{2}{3} \Rightarrow \frac{r_1}{r_2} = \frac{2}{3} \Rightarrow r_1 = \frac{2}{3} r_2 \\ \frac{r_1}{r_2} &= \frac{2}{3} \Rightarrow r_1 = \frac{2}{3} r_2 \Rightarrow r_1 = \frac{2}{3} r_2 \end{aligned}$$

$$\Delta r = 45 - 30 = 15 \text{ cm}$$

(الکترسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۱۱ و ۱۲)

115- گزینه «۱»

(پوریا علاقه‌مند)

ابتدا بار نهایی کره B را می‌یابیم. چون کره B و کره خنثی مشابهند، بار الکتریکی هر کدام از آنها برابر میانگین بارهایی است که دو کره قبل از تماس با یکدیگر داشتند. بنابراین داریم:

$$q_B' = \frac{q_B + q_{\text{خنثی}}}{2} = \frac{q_B + 0}{2} = \frac{q_B}{2} = \frac{44 \mu C}{2} = 22 \mu C$$

چون بار کره‌های A و B' هم‌نام هستند میدان الکتریکی بین دو بار و نزدیک بار کوچکتر صفر می‌شود. بنابراین داریم:

$$\begin{aligned} E_A &= E_{B'} \Rightarrow \frac{kq_A}{x^2} = \frac{kq_{B'}}{(20-x)^2} \\ \frac{q_A}{x^2} &= \frac{q_{B'}}{(20-x)^2} \Rightarrow \frac{22}{x^2} = \frac{22}{(20-x)^2} \\ \frac{22}{x^2} &= \frac{22}{(20-x)^2} \Rightarrow x = 20 - x \end{aligned}$$

$$= \frac{q_A \times |q_A| \times |q_B|}{r_{AB}^2}$$

$$\frac{|q_A| = \mu C, |q_B| = 2\mu C}{r_{AB} = 10 \text{ cm}, m_B = 6 \times 10^{-6} \text{ kg}} \rightarrow F_{CB} = 0.06 \times 10 = \frac{90 \times 1 \times 2}{100}$$

$$\Rightarrow F_{CB} = 1/2 \text{ N}$$

نکته: با توجه به این که بار الکتریکی B در تعادل است و برآیند نیروی وزن و نیروی F_{AB} رو به بالاست در نتیجه F_{CB} باید رو به پایین به جسم وارد شود.

دقت کنید، در صورتی می توان از رابطه $F = \frac{q_A |q| |q'|}{r^2}$ استفاده کرد که یکای بارها بر حسب μC و یکای r بر حسب سانتی متر باشد.

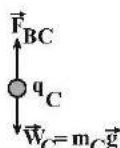
اکنون از تعادل بار q_C استفاده می کنیم، چون بر این بار \vec{W}_C و \vec{F}_{BC} وارد می شود، می توان نوشت:

$$W_C = F_{BC} \rightarrow W_C = m_C g \rightarrow m_C g = F_{BC}$$

$$\frac{F_{BC} = F_{CB} = 1/2 \text{ N}}{g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}} \rightarrow m_C \times 10 = 1/2$$

$$\Rightarrow m_C = 0.012 \text{ kg} \Rightarrow m_C = 12 \text{ g}$$

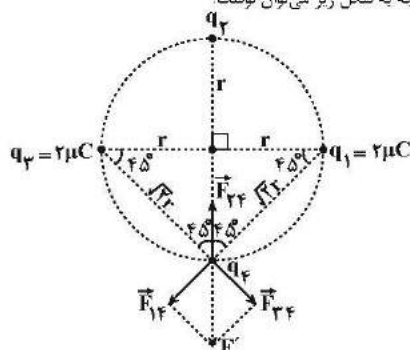
(الکترسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه های ۷ و ۸)



120- گزینه «۴»

(مريم شيخ محمد)

در صورتی برآیند نیروهای وارد بر بار q_F صفر می شود که برآیند نیروهایی که از طرف بارهای q_1 و q_2 بر بار q_F وارد می شوند (F')، هم اندازه و در سوی مخالف نیرویی باشد که بار q_F بر بار q_2 وارد می کند. بنابراین، اگر بار q_F را مثبت فرض کنیم، با توجه به علامت بارهای q_1 و q_2 ، باید علامت بار q_F منفی باشد. در این صورت، با توجه به شکل زیر می توان نوشت:



$$r_{1F} = r_{2F} = \sqrt{r^2 + r^2} \Rightarrow r_{1F} = r_{2F} = \sqrt{2}r$$

$$\begin{cases} r_{1F} = r_{2F} \Rightarrow F_{1F} = F_{2F} = k \frac{|q_1| |q_F|}{r_{1F}^2} \\ q_1 = q_2 \end{cases}$$

$$\frac{r_{1F} = \sqrt{2}r}{|q_1| = 2\mu C} \rightarrow F_{1F} = F_{2F} = k \times \frac{2 \times |q_F|}{2r^2}$$

برآیند نیروهای \vec{F}_{1F} و \vec{F}_{2F} برابر است با:

$$F' = \sqrt{F_{1F}^2 + F_{2F}^2} \rightarrow F_{1F} = F_{2F} \rightarrow F' = \sqrt{F_{1F}^2 + F_{1F}^2} \Rightarrow F' = \sqrt{2} F_{1F}$$

چون بار q_F در حال تعادل است، $F' = F_{2F}$ است. بنابراین داریم:

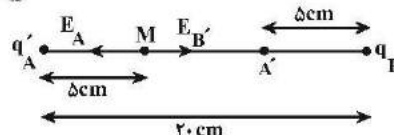
$$F_{2F} = F' \Rightarrow F_{2F} = \sqrt{2} F_{1F} \Rightarrow k \frac{|q_2| |q_F|}{r_{2F}^2} = \sqrt{2} \times k \times \frac{2 \times |q_F|}{2r^2}$$

$$\frac{r_{2F} = 2r}{|q_2| = 2\mu C} \rightarrow \frac{|q_2|}{2r^2} = \frac{\sqrt{2}}{r^2}$$

$$\Rightarrow |q_2| = 4\sqrt{2} \mu C \rightarrow q_2 = -4\sqrt{2} \mu C$$

(الکترسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه های ۷ و ۸)

$$\frac{1}{x} = \frac{2}{20-x} \Rightarrow 20-x = 2x \Rightarrow 3x = 20 \Rightarrow x = 6.67 \text{ cm}$$



$$MA' = 20 - 10 = 10 \text{ cm}$$

بنابراین فاصله نقطه ای که میدان الکتریکی صفر می شود، (نقطه M) تا نقطه A' برابر 10 cm است.

(الکترسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه های ۱۱ و ۱۲)

116- گزینه «۲»

(پوريا علاءمير)

ابتدا با استفاده از رابطه زیر، ΔU را می یابیم و سپس W_E را پیدا می کنیم:

$$\Delta V = V_B - V_A = 100 - (-100) = 200 \text{ V}$$

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \rightarrow \frac{q = 4 \mu C = 4 \times 10^{-6} \text{ C}}{\Delta V = 200 \text{ V}} \rightarrow 200 = \frac{\Delta U}{4 \times 10^{-6}}$$

$$\Rightarrow \Delta U = 8 \times 10^{-4} \text{ J}$$

$$W_E = -\Delta U = -8 \times 10^{-4} \text{ J}$$

(الکترسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه های ۲۰ و ۲۳)

117- گزینه «۳»

(پوريا علاءمير)

به بررسی هر یک از عبارتها می پردازیم:

(الف) درست است. چون دو جسم A و B یکدیگر را دفع می کنند، الزاماً بار آنها هم نام است.

(ب) درست است. چون جسم A، جسم B را دفع می کند و جسم B نیز جسم C را دفع می کند، الزاماً جسمهای A، B و C هم نام اند. از طرف دیگر، چون جسم C، جسم D را جذب می کند، الزاماً جسم A که بار آن هم نام با بار جسم C است، باید جسم D را جذب نماید.

(پ) درست است. اگر جسم B بدون بار می بود، نمی توانست توسط جسم A دفع شود. دقت کنید، اگر جسم رسانا و بدون بار باشد، می تواند توسط جسم باردار و از طریق القای الکتریکی جذب شود.

(ت) نادرست است. چون جسم D توسط جسم C جذب می شود و بار جسمهای B و C هم نام اند، الزاماً جسم B، جسم D را جذب خواهد کرد.

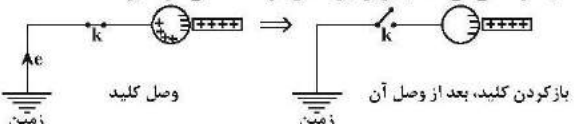
(الکترسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه ۵)

118- گزینه «۴»

(رضا لاهوتی)

می دانیم، پروتون ها هیچ وقت جابه جا نمی شوند، مگر این که هسته اتم شکافته شود. بنابراین، گزینه های «۱» و «۳» حذف می شوند.

از طرف دیگر، چون بار میله باردار مثبت می باشد، الکترون های آزاد کره رسانا به سمت نزدیک میله باردار مثبت جابه جا می شوند، و در سمت چپ کره A بارهای مثبت باقی می مانند. در نتیجه، الکترون ها از زمین به سمت کره A منتقل می شوند و این بارهای مثبت را خنثی می کنند. بنابراین، بار خالص کره A منفی خواهد بود.



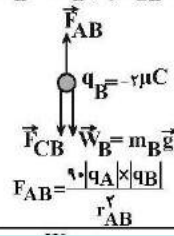
(الکترسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه ۱۲)

119- گزینه «۴»

(امیرحسین بزازیان)

برای محاسبه جرم گوی C باید نیرویی را که از طرف بار q_B بر بار q_C وارد می شود، بدست آوریم. به همین منظور از تعادل گوی B استفاده می کنیم.

چون بر گوی B نیروهای \vec{F}_{AB} ، \vec{F}_{CB} و $\vec{W}_B = m_B \vec{g}$ وارد می شود می توان نوشت:



$$F_{CB} + W_B = F_{AB} \rightarrow F_{CB} + m_B g = \frac{q_A q_B}{r_{AB}^2}$$

ابتدا با استفاده از قانون کولن r را بر حسب F می‌یابیم:

$$E_1 = k \frac{|q_1||q_2|}{r_1^2} \quad r_1 = r, E_1 = F \rightarrow F = \frac{k \times 1 \times 4 \times 10^{-6}}{r^2}$$

$$\Rightarrow r^2 = \frac{4 \times 10^{-6} k}{F}$$

اکنون میدان الکتریکی حاصل از بار $q_2 = 16 \mu C$ را در فاصله $r_2 = 2r$ می‌یابیم:

$$E = k \frac{|q_2|}{r_2^2} \quad |q_2| = 16 \times 10^{-6} C \rightarrow E = k \times \frac{16 \times 10^{-6}}{4r^2}$$

$$r^2 = \frac{4 \times 10^{-6} k}{F} \rightarrow E = k \times \frac{16 \times 10^{-6}}{4 \times \frac{4 \times 10^{-6} k}{F}}$$

$$\Rightarrow E = \frac{k \times 16 \times 10^{-6} \times F}{16 \times 10^{-6} \times k} = F \Rightarrow F' = E|q_1| \quad q_1 = 1C \rightarrow F' = F$$

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۷ و ۸)

122- گزینه «۳»

(عبارة رشد آسانی نسبی)

در حالت اول، برابری میدان‌های الکتریکی حاصل از بارهای q_1 و q_2 در نقطه A برابر است با:

$$\vec{E}_1 + \vec{E}_2 = \vec{E} \quad (1)$$

در حالت دوم، با ۴ برابر شدن اندازه بار q_1 ، چون فاصله آن تا نقطه A ثابت است، اندازه میدان الکتریکی آن نیز ۴ برابر خواهد شد یعنی $\vec{E}'_1 = 4\vec{E}_1$ می‌شود. همچنین، وقتی بار q_2 را به اندازه d به سمت راست جابه‌جا کنیم، فاصله آن تا نقطه A برابر $2d$ می‌شود. در این حالت داریم:

$$E = k \frac{|q|}{r^2} \quad |q_2| = \text{ثابت} \rightarrow \frac{E'_2}{E_2} = \left(\frac{r_2}{r'_2}\right)^2$$

$$\frac{r_2 = 2d}{r'_2 = 2d} \rightarrow \frac{E'_2}{E_2} = \left(\frac{2d}{2d}\right)^2 \Rightarrow \frac{E'_2}{E_2} = 1 \Rightarrow E'_2 = E_2 \Rightarrow \vec{E}'_2 = \vec{E}_2$$

با توجه به این که در حالت دوم، میدان الکتریکی در نقطه A ، بدون تغییر جهت ۶ برابر حالت اول شده است، داریم:

$$\vec{E}'_1 + \vec{E}'_2 = 6\vec{E} \Rightarrow 4\vec{E}_1 + \vec{E}_2 = 6\vec{E} \Rightarrow 3\vec{E}_1 + 2\vec{E}_2 = 5\vec{E} \quad (2)$$

$$\vec{E}_1 + \vec{E}_2 = \vec{E} \Rightarrow \begin{cases} \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = \vec{E} \\ 3\vec{E}_1 + 2\vec{E}_2 = 5\vec{E} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = \vec{E} \\ 2\vec{E}_1 + \vec{E}_2 = 4\vec{E} \end{cases}$$

$$\Rightarrow 3\vec{E}_1 = 5\vec{E} \Rightarrow \vec{E}_1 = \frac{5}{3}\vec{E}$$

از جمع دو رابطه فوق داریم:

$$\frac{5}{3}\vec{E} + \vec{E}_2 = \vec{E} \Rightarrow \vec{E}_2 = -\frac{2}{3}\vec{E}$$

در آخر داریم:

$$E = k \frac{|q|}{r^2} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \frac{|q_2|}{|q_1|} \times \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \quad r_1 = d \quad r_2 = 2d \rightarrow \frac{1}{25} \frac{E}{E} = \frac{|q_2|}{|q_1|} \times \left(\frac{d}{2d}\right)^2$$

$$\Rightarrow \frac{1}{25} = \frac{|q_2|}{|q_1|} \times \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{|q_2|}{|q_1|} = \frac{4}{25}$$

با توجه به این که جهت بردارهای \vec{E}_1 و \vec{E}_2 مخالف یکدیگرند، لزماً دوبرابر q_1 و q_2 هم‌نامند. بنابراین داریم:

$$\frac{q_2}{q_1} = \frac{4}{25}$$

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۵ تا ۶)

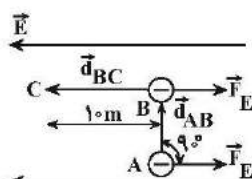
123- گزینه «۲»

(عبارة موتانی)

فقط عبارت‌های «ب» و «ت» درست می‌باشند.
الف) نادرست. میدان الکتریکی خالص فقط درون رساناها صفر است.
ب) نادرست. پتانسیل الکتریکی روی همه نقاط سطوح رسانا یکسان است.
ت) نادرست.

124- گزینه «۴»

(چرا علف‌خوار)



ابتدا نیروی وارد بر بار الکتریکی را می‌یابیم. چون میدان الکتریکی یکنواخت است، نیروی وارد بر بار در تمام نقاط میدان یکسان و از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$F = |q|E \quad |q| = 5.0 \mu C = 5.0 \times 10^{-6} C \rightarrow F = 5.0 \times 10^{-6} \times 6 \times 10^5 = 3.0 N$$

$$E = 6 \times 10^5 \frac{N}{C}$$

برای محاسبه تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی از رابطه $\Delta U = -|q|Ed \cos \theta$ استفاده می‌کنیم. در این رابطه، θ زاویه بین \vec{d} و \vec{E} است. دقت کنید چون در مسیر AB ، \vec{d} و \vec{E} برهم عمودند، $\Delta U_{AB} = 0$ است. برای مسیر BC داریم:

$$\Delta U_{BC} = -|q|Ed_{BC} \cos \theta_{BC} \quad \theta_{BC} = 180^\circ, d_{BC} = 1.0 m$$

$$E = 6 \times 10^5 \frac{N}{C}, |q| = 5.0 \times 10^{-6} C$$

$$\Delta U_{BC} = -5.0 \times 10^{-6} \times 6 \times 10^5 \times 1.0 \times \cos 180^\circ$$

$$\Delta U_{BC} = 3.0 J$$

$$\Delta U_{ABC} = \Delta U_{AB} + \Delta U_{BC} = 0 + 3.0 \Rightarrow \Delta U_{ABC} = 3.0 J$$

توجه: به‌طور کلی، در میدان الکتریکی یکنواخت، برای محاسبه W_E و ΔU ، فقط جابه‌جایی در راستای میدان الکتریکی را در نظر می‌گیریم. در جابه‌جایی‌هایی که راستای بردار جابه‌جایی عمود بر خط‌های میدان الکتریکی است، همواره W_E و ΔU برابر صفر است.

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۸ و ۹)

125- گزینه «۳»

(عبارة رشد آسانی نسبی)

بار الکتریکی q از نقطه A تا نقطه B در خلاف جهت محور y و از نقطه B تا نقطه C عمود بر خطوط میدان جابه‌جا شده است. بنابراین انرژی پتانسیل الکتریکی بار از نقطه B تا C ثابت است. بنابراین تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار q از A تا C برابر با تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار از A تا B است. از A تا B بار در خلاف جهت محور y جابه‌جا شده است و انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش یافته است. بنابراین چون $q < 0$ است، پس بار در جهت میدان جابه‌جا شده است و میدان الکتریکی در خلاف جهت محور y است.

مطلق رابطه تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی و کار نیروی میدان الکتریکی داریم:

$$\Delta U = -W_{\text{میدان}} \Rightarrow |\Delta U| = |W_{\text{میدان}}|$$

$$\Delta U = 18 mJ = 18 \times 10^{-3} J \rightarrow 18 \times 10^{-3} = E|q|d$$

$$\frac{|q| = 4 \mu C = 4 \times 10^{-6} C}{d = AB = 15 cm = 15 \times 10^{-2} m} \rightarrow 18 \times 10^{-3} = E \times 4 \times 10^{-6} \times 15 \times 10^{-2}$$

$$\Rightarrow E = 3 \times 10^5 \frac{N}{C}$$

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲۰ و ۲۱)

126- گزینه «۳»

(عبارة رشد آسانی نسبی)

میدان الکتریکی \vec{E} ناشی از جسم باردار که بر بار q نیروی \vec{F} وارد می‌کند، مطابق رابطه زیر تعریف می‌شود.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad \vec{F} = (6\vec{i} - 8\vec{j}) \times 10^{-4} (N) \rightarrow \vec{E} = \frac{6.0\vec{i} - 8.0\vec{j}}{-2}$$

$$\Rightarrow \vec{E} = -3.0\vec{i} + 4.0\vec{j} \left(\frac{N}{C}\right)$$

(الکتریسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۱۰ و ۱۱)

با توجه به نمودار داده شده به ازای $Q_A = Q_B = Q$ ، انرژی ذخیره شده در خازن‌ها برابر $U_A = \epsilon U_1$ و $U_B = U_1$ است. بنابراین، با داشتن U و Q با

استفاده از رابطه $U = \frac{Q^2}{2C}$ ، نسبت $\frac{C_B}{C_A}$ را می‌یابیم:

$$U = \frac{Q^2}{2C} \xrightarrow{Q_A=Q_B} \frac{U_B}{U_A} = \frac{C_A}{C_B} \xrightarrow{U_A=\epsilon U_1, U_B=U_1}$$

$$\frac{U_1}{\epsilon U_1} = \frac{C_A}{C_B} \Rightarrow \frac{C_B}{C_A} = \epsilon$$

اکنون با استفاده از رابطه $C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d}$ و با توجه به این که $\kappa = 1$ است، به صورت

زیر $\frac{d_A}{d_B}$ را می‌یابیم. دقت کنید، چون ابعاد خازن A دو برابر ابعاد خازن B است، مساحت آن ۴ برابر مساحت خازن B خواهد بود.

$$A = a^2 \Rightarrow \frac{A_A}{A_B} = \left(\frac{a_A}{a_B}\right)^2 \xrightarrow{a_A=2a_B} \frac{A_A}{A_B} = \left(\frac{2a_B}{a_B}\right)^2$$

$$\Rightarrow A_A = 4A_B$$

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \xrightarrow{\kappa=1} \frac{C_B}{C_A} = \frac{A_B}{A_A} \times \frac{d_A}{d_B}$$

$$\Rightarrow \epsilon = \frac{A_B}{4A_B} \times \frac{d_A}{d_B} \Rightarrow \frac{d_A}{d_B} = 4$$

(الکترسیته ساکن) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۲۸ و ۳۱)

وقتی خازن را از باتری جدا می‌کنیم بار الکتریکی آن ثابت می‌ماند. از طرف دیگر، بنا به

رابطه $C = \epsilon_0 \frac{A}{d}$ ، چون A و ϵ_0 ثابت‌اند، با دو برابر کردن فاصله بین صفحات

خازن ظرفیت آن نصف می‌شود. بنابراین، می‌توان گفت:

(آ) نادرست است. بنا به رابطه $C = \frac{Q}{V}$ ، چون Q ثابت است، با نصف شدن ظرفیت

خازن، اختلاف پتانسیل بین صفحات آن، دو برابر می‌شود.

(ب) نادرست است. بنا به رابطه $U = \frac{Q^2}{2C}$ ، چون Q ثابت است، با نصف شدن

ظرفیت خازن، انرژی ذخیره شده در آن دو برابر می‌شود.

(پ) درست است. بنا به رابطه $E = \frac{Q}{\kappa \epsilon_0 A}$ ، چون Q ، κ و ϵ_0 ثابت‌اند، E

نیز ثابت می‌ماند.

(ت) درست است. چون خازن از باتری جدا شده است، Q ثابت می‌ماند.

(الکترسیته ساکن) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۲۸ و ۳۳)

ابتدا ظرفیت خازن را با استفاده از اطلاعات روی نمودار $Q-V$ پیدا می‌کنیم. با

توجه به نمودار، به ازای $V = 1kV = 10^3 V$ ، بار الکتریکی خازن

$Q = \Delta m C = 5 \times 10^{-2} C$ است. بنابراین، داریم:

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{5 \times 10^{-2}}{10^3} \Rightarrow C = 5 \times 10^{-5} F$$

با توجه به این که $3mC$ بار الکتریکی از صفحه مثبت خازن جدا کرده و به صفحه منفی آن انتقال دادیم، بار صفحه منفی کاهش و در نتیجه بار صفحه مثبت نیز کاهش می‌یابد و باعث کاهش بار ذخیره شده در خازن می‌شود. بنابراین، با کاهش بار الکتریکی

خازن و ثابت ماندن ظرفیت آن، بنا به رابطه $U = \frac{Q^2}{2C}$ ، انرژی خازن نیز کاهش

می‌یابد. در این حالت می‌توان نوشت:

$$U_2 = U_1 - \frac{Q^2}{2C} \Rightarrow U_2 - U_1 = -\frac{Q^2}{2C}$$

ابتدا با استفاده از تعادل ذره باردار q ، اندازه میدان الکتریکی بین دو صفحه را به دست

می‌آوریم. چون نیروی وزن رو به پایین بر ذره باردار وارد می‌شود، باید نیروی الکتریکی

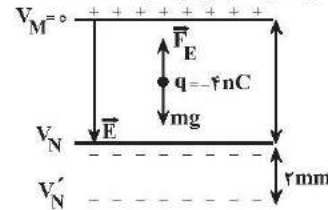
رو به بالا باشد. از طرف دیگر، چون بار ذره، منفی است، نیروی الکتریکی در خلاف

جهت میدان الکتریکی بر آن اثر می‌کند. بنابراین، با توجه به این که نیروی \vec{F}_E رو به

بالا است باید جهت میدان الکتریکی به طرف پایین باشد. این بدان معناست که، صفحه

بالایی خازن بار مثبت و صفحه پایینی آن بار منفی دارد. در ضمن، چون صفحه بالایی

به زمین متصل است، پتانسیل الکتریکی آن صفر است.



$$F_E = mg \xrightarrow{F_E = |q|E} |q|E = mg \xrightarrow{m = \frac{0.1 \times 10^{-3} \text{ kg}}{1000}, q = -enC = -6 \times 10^{-9} C} E = \frac{mg}{|q|} = \frac{0.1 \times 10^{-3} \times 10}{6 \times 10^{-9}} = \frac{1}{6} \times 10^6 \text{ V/m}$$

$$4 \times 10^{-9} \times E = 0.1 \times 10^{-3} \times 10 \Rightarrow E = 2.5 \times 10^6 \text{ V/m}$$

اکنون به صورت زیر تغییر پتانسیل الکتریکی صفحه پایینی خازن را حساب می‌کنیم.

دقت کنید، چون با جابه‌جا کردن صفحه پایینی خازن بار آن تغییر نمی‌کند، بنا به

رابطه $E = \frac{Q}{\epsilon_0 A}$ ، میدان الکتریکی بین دو صفحه خازن ثابت می‌ماند.

$$\begin{cases} V_M - V_N = Ed \\ V_M - V'_N = Ed' \end{cases} \Rightarrow V_M - V_N - (V_M - V'_N) = Ed - Ed'$$

$$\Rightarrow V'_N - V_N = E(d - d') \xrightarrow{d = 4 \times 10^{-2} \text{ m}, d' = 6 \times 10^{-2} \text{ m}} V'_N - V_N = 2.5 \times 10^6 \times (4 - 6) \times 10^{-2} = -5 \times 10^4 \text{ V}$$

$$V'_N - V_N = 2 \times 10^3 \times (4 \times 10^{-2} - 6 \times 10^{-2}) = 2 \times 10^3 \times (-2 \times 10^{-2}) = -40 \text{ V}$$

$$\Rightarrow V'_N - V_N = -4V$$

بنابراین، پتانسیل الکتریکی صفحه پایینی $4V$ کاهش می‌یابد.

(الکترسیته ساکن) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۲۸ و ۲۹)

www.mapedu.ir

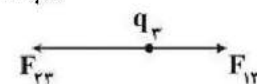
13-5 گزینۀ «۳»

(طبیعه آمیزی)

با توجه به قانون کولن داریم:

$$F = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2} \Rightarrow \frac{|q_2q_3|}{L^2} = \frac{|q_1q_3|}{\frac{1}{4}L^2} = \frac{|q_1q_3|}{\frac{1}{4}L^2}$$

$$\frac{|q_2q_3|}{L^2} = \frac{1}{4} \frac{|q_1q_3|}{L^2} \Rightarrow |q_2| = \frac{q_1}{4} = \frac{4\mu C}{4} = \mu C$$



با توجه به جهت نیروهای وارد بر بار q_3 ، بار q_2 منفی است. پس داریم:

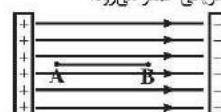
$$q_2 = -\mu C$$

(الکتروسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۵ تا ۱۰)

13-6 گزینۀ «۲»

(سالار طالبی)

اثر بار الکتریکی مثبت را در میدان الکتریکی رها کنیم به صورت خود به خود، شروع به حرکت در جهت میدان می‌کند؛ بنابراین انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد و به سمت نقاط با پتانسیل الکتریکی کمتر می‌رود.



$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow V_B - (-18) = \frac{-18 \times 10^{-6}}{5 \times 10^{-6}} \Rightarrow V_B = -54V$$

(الکتروسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۲۰ تا ۲۵)

13-7 گزینۀ «۱»

(میشم برتانی)

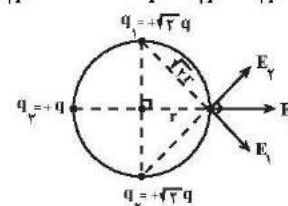
ابتدا میدان الکتریکی خالص حاصل از سه بار را در نقطه A به دست می‌آوریم:

(E_T)

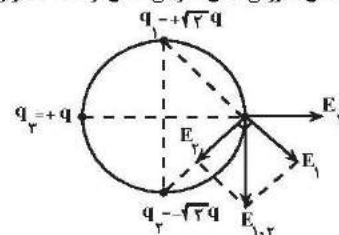
$$|E_1| = |E_2| = \frac{k(\sqrt{2}q)}{(r\sqrt{2})^2} = \frac{\sqrt{2}kq}{r^2}$$

$$E_2 \text{ و } E_1 \text{ براینند میدان‌های } \sqrt{2}E_1 = \left(\frac{\sqrt{2}kq}{r^2}\right)\sqrt{2} = \frac{kq}{r^2}$$

$$E_3 = \frac{kq}{(r)^2} = \frac{kq}{r^2} \Rightarrow (E_T)_1 = \frac{kq}{r^2} + \frac{kq}{r^2} = \frac{2kq}{r^2}$$



اگر بار q_2 قرینه گردد آن‌گاه بزرگی میدان الکتریکی خالص در نقطه A برابر است با



$$|E_1| = |E_2| = \frac{\sqrt{2}kq}{r^2}, E_3 = \frac{kq}{r^2}$$

$$E_2 \text{ و } E_1 \text{ براینند میدان‌های } \sqrt{2}E_1 = \left(\frac{\sqrt{2}kq}{r^2}\right)\sqrt{2} = \frac{kq}{r^2}$$

$$(E_T)_2 = \sqrt{E_{1,2}^2 + E_3^2} = \frac{\sqrt{17}kq}{r^2}$$

$$\frac{(E_T)_2}{(E_T)_1} = \frac{\frac{\sqrt{17}}{r^2}}{\frac{2}{r^2}} = \frac{\sqrt{17}}{2}$$

13-8 گزینۀ «۳»

(کلام باطن)

ابتدا انرژی ذخیره شده در خازن را محاسبه می‌کنیم:

$$U_1 = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 10^{-6} \times 100^2 = 5 \times 10^{-2} J$$

سپس با توجه به ساختمان خازن ظرفیت نهایی آن را بدست می‌آوریم:

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{d_1}{d_2} \Rightarrow \frac{C_2}{10} = \frac{1}{1+0.2} \quad C_2 = \frac{25}{3} \mu F$$

چون خازن از مولد جدا شده است بار آن ثابت می‌ماند و داریم:

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{C_1}{C_2} \quad \frac{U_2}{5 \times 10^{-2}} = \frac{10}{\frac{25}{3}} \Rightarrow U_2 = 10^{-2} J$$

$$U_2 = 6 \times 10^{-2} J \quad U_2 - U_1 = 1 \times 10^{-2} = 10^{-2} J$$

(الکتروسیته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه‌های ۳۳ تا ۳۵)

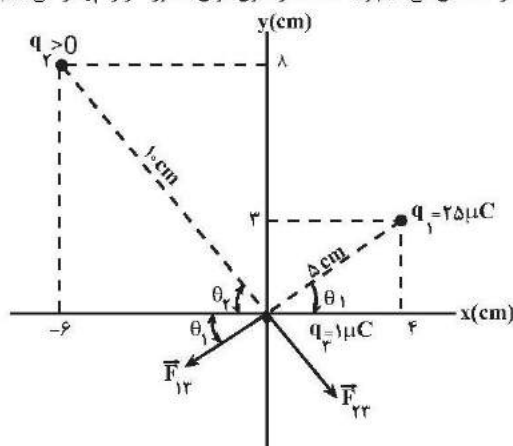
13-9 گزینۀ «۲»

(امیر قاری)

ابتدا مکان بارها را در دستگاه مختصات $y-x$ مشخص می‌کنیم و سپس فاصله

هر یک از بارهای q_1 و q_2 از بار q_3 را تعیین نموده و جهت نیروهای وارد بر بار

q_3 را مشخص می‌کنیم و با استفاده از قانون کولن به صورت زیر q_3 را می‌یابیم:



$$r_{13} = \sqrt{r^2 + 4^2} = 5 \text{ cm} = 5 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$r_{23} = \sqrt{(-6)^2 + 3^2} = 6.7 \text{ cm} = 6.7 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\sin \theta_2 = \frac{3}{6.7} \Rightarrow \theta_2 = 27^\circ$$

$$\sin \theta_1 = \frac{4}{5} \Rightarrow \theta_1 = 53^\circ$$

$$F_{13} = k \frac{|q_1||q_3|}{r_{13}^2} \Rightarrow F_{13} = \frac{9 \times 10^9 \times 25 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^{-6}}{25 \times 10^{-4}}$$

$$\Rightarrow F_{13} = 9 \text{ N}$$

با داشتن F_1 و F_2 ، با استفاده از رابطه فیثاغورس F_{13} را می‌یابیم:

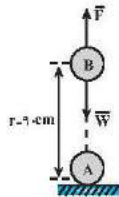
$$F_1^2 = F_{13}^2 + F_{23}^2 \Rightarrow 150 \text{ N} \Rightarrow 150^2 = 90^2 + F_{23}^2$$

142- گزینه «۲»

(مصطفی کبانی)

چون بار گلوله‌ها هم‌نام است، یکدیگر را می‌رانند. بنابراین، نیروی الکتریکی رو به بالا و نیروی وزن رو به پایین بر گلوله B وارد می‌شود. برای محاسبه شتاب گلوله، ابتدا نیروهای وارد بر گلوله را محاسبه و جهت آن‌ها را رسم می‌کنیم. دقت کنید، چون I برحسب سانتی‌متر و q_B و q_A برحسب میکروکولن‌اند، از رابطه

$$F = \frac{q_0 |q_A| |q_B|}{r^2} \text{ استفاده می‌کنیم و به تبدیل یکان نیاز نداریم؛}$$



$$F = \frac{q_0 |q_A| |q_B|}{r^2} \quad |q_A| = |q_B| = 3 \mu C \quad r = 9 \text{ cm}$$

$$F = \frac{9 \times 10^9 \times 3 \times 3}{9 \times 9 \times 10^{-2}} = 0.1 \text{ N}$$

$$W = mg = \frac{m \cdot \Delta g = 0.01 \text{ kg}}{g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}} \Rightarrow W = 0.1 \times 10 = 0.1 \text{ N}$$

چون $W > F$ است، جسم در جهت \vec{W} ، یعنی رو به پایین شتاب می‌گیرد و جهت شتاب آن به طرف پایین است و انرازه آن با استفاده از قانون دوم نیوتون برابر است با:

$$F_{\text{net}} = ma \Rightarrow W - F = ma \Rightarrow \frac{m \cdot \Delta g = 0.01 \text{ kg}}{F = 0.1 \text{ N}, W = 0.1 \text{ N}} \rightarrow$$

$$0.1 - 0.1 = 0.01 \times a$$

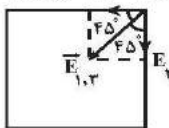
$$\Rightarrow 0 = 0.01a \Rightarrow a = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

(الکترونه ساکن، فیزیک ۲، صفحه‌های ۵ و ۶)

143- گزینه «۱»

(امیرحسین برادران)

با توجه به شکل بردار میدان برآیند در راستای قطر مربع است. از آن‌جا که بردار میدان الکتریکی ناشی از بار q_2 در رأس چهارم مربع در راستای قطر مربع است، بنابراین برآیند بردارهای \vec{E}_1 و \vec{E}_2 نیز باید در راستای قطر مربع باشد. با توجه به زاویه $\vec{E}_{1,2}$ با بردارهای \vec{E}_1 و \vec{E}_2 نتیجه می‌گیریم $E_1 = E_2$ و $q_1 = q_2$



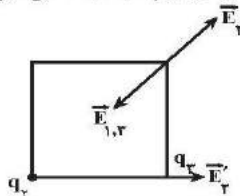
$$E_1 = K \frac{|q_1|}{r^2}, K = 9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \quad E_{1,2} = \sqrt{2} E_1 \quad r = \sqrt{2} a = 0.04 \text{ m}, |q_1| = 4 \mu C = 4 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$E_{1,2} = \sqrt{2} \times 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6}}{9 \times 10^{-2}} \times \frac{\sqrt{2}}{2} = 5 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

اکنون E_2 را بدست می‌آوریم:

$$E_t = E_{1,2} - E_2 \Rightarrow E_t = 5 \times 10^6 - 2 \times 10^6 = 3 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

با توجه به انرازه $E_{1,2}$ و E_t جهت بردار \vec{E}_2 به سمت خارج مربع است.



$$\Rightarrow F_{22} = (5 \times 30)^2 - (3 \times 30)^2 \Rightarrow F_{22} = 30^2 \times 16$$

$$\Rightarrow F_{22} = 30 \times 4 = 120 \text{ N}$$

در آخر، با داشتن F_{22} به‌صورت زیر q_2 را پیدا می‌کنیم:

$$F_{22} = K \frac{|q_2| |q_2|}{r_{22}^2} \Rightarrow 120 = \frac{9 \times 10^9 \times |q_2| \times |q_2| \times 10^{-2}}{10^{-2}}$$

$$\Rightarrow |q_2| = \frac{12 \times 10^{-1}}{9 \times 10^3} = \frac{4}{3} \times 10^{-4} \text{ C} = 10^{-6} \mu C$$

$$|q_2| = \frac{4}{3} \times 10^{-4} \times 10^6 \mu C = \frac{400}{3} \mu C$$

(الکترونه ساکن، فیزیک ۲، صفحه‌های ۵ و ۶)

140- گزینه «۳»

(امیرحسین برادران)

ابتدا با استفاده از قضیه کار و انرژی جنبشی بزرگی میدان الکتریکی را بدست می‌آوریم:

$$\Delta K = W_t \quad W_t = F_E \times d, K_f = \frac{1}{2} m v_f^2 \quad \Delta K = K_f - K_i, K_i = 0, F_E = E |q| \rightarrow \frac{1}{2} m v_f^2 = E |q| d$$

$$\Rightarrow E = \frac{m v_f^2}{2 |q| d}$$

$$v_f = 50 \frac{\text{m}}{\text{s}}, m = 0.01 \text{ kg} = 10^{-2} \text{ kg} \quad q = 4 \mu C, d = 2 \text{ cm} = 0.02 \text{ m} \rightarrow E = \frac{0.01 \times 50^2 \times 10^{-2}}{2 \times 4 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-2}}$$

$$= \frac{12500 \text{ N}}{16 \text{ C}}$$

اختلاف پتانسیل الکتریکی دو نقطه که در فاصله d' از یکدیگر در راستای خطوط میدان قرار دارند برابر است با:

$$\Delta V = E d' \quad d' = 8 \text{ cm} = 0.08 \text{ m} \rightarrow \Delta V = \frac{12500}{16} \times \frac{8}{10} = 625 \text{ V}$$

(الکترونه ساکن، فیزیک ۲، صفحه‌های ۲۰ و ۲۳)

141- گزینه «۱»

(امیرحسین برادران)

با توجه به رابطه انرژی ذخیره شده در خازن و ظرفیت خازن داریم:

$$U = \frac{1}{2} C V^2 \Rightarrow \frac{C = K \epsilon_0 \frac{A}{d}}{U = \frac{1}{2} K \epsilon_0 \frac{A}{d} V^2 (*)}$$

چون انرژی ذخیره شده در خازن در دو حالت یکسان است. پس خواهیم داشت:

$$U_1 = U_2 \xrightarrow{(*)} \frac{A_1}{d_1} V_1^2 = \frac{A_2}{d_2} V_2^2 \Rightarrow \frac{V_2^2}{V_1^2} = \frac{d_2}{d_1} \times \frac{A_1}{A_2}$$

$$\frac{A_2}{A_1} = 1/5^2, d_2 = 2/36 d_1 \rightarrow \frac{V_2^2}{V_1^2} = 0.36 \times \frac{1}{1/5^2}$$

$$\Rightarrow \frac{V_2^2}{V_1^2} = \frac{36}{15 \times 15} = \frac{4}{25} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{2}{5} \Rightarrow \text{درصد تغییرات}$$

$$= \frac{(\frac{2}{5} - 1) V_1}{V_1} \times 100 = -60\% \text{ درصد}$$

(الکترونه ساکن، فیزیک ۲، صفحه‌های ۲۸ و ۳۴)

اکنون بزرگی میدان ناشی از بار q_2 را در محل بار q_1 به دست می آوریم:

$$\frac{E'_r}{E_r} = \left(\frac{r\sqrt{\epsilon}}{r}\right)^2 \Rightarrow E'_r = \epsilon E_r \xrightarrow{E_r = 2 \times 10^6 \frac{N}{C}} E'_r = 2 \times 10^6 \frac{N}{C}$$

پس نیرویی که دو بار q_1 و q_2 به یکدیگر وارد می کنند برابر است با:

$$F_{r2} = E'_r |q_2| = \frac{|q_2| \epsilon \times 10^6 \times 2 \times 10^6}{C} \xrightarrow{E'_r = 2 \times 10^6 \frac{N}{C}} F_{r2} = 2 / 4 N$$

(الکتریسته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه های ۱۰ و ۱۱)

144- گزینه «ف»

(مرتضی رحمان زاده)

با استفاده از رابطه $C = \frac{q}{V}$ و با توجه به این که q و C تغییر کرده اند، می توان نوشت:

$$\begin{aligned} q_2 &= q_1 + \frac{20}{100} q_1 = \frac{6}{5} q_1 \\ C_2 &= C_1 - \frac{25}{100} C_1 = \frac{3}{4} C_1 \\ C &= \frac{q}{V} \Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{q_2}{q_1} \times \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow \frac{\frac{3}{4} C_1}{C_1} = \frac{\frac{6}{5} q_1}{q_1} \times \frac{V_1}{V_2} \\ \Rightarrow \frac{3}{4} &= \frac{6}{5} \times \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow V_2 = \frac{4}{5} V_1 \Rightarrow \Delta V = \frac{1}{5} V_1 - V_1 = -\frac{4}{5} V_1 \\ \text{چون } \Delta V > 0 \text{ است، اختلاف پتانسیل دو سر خازن افزایش یافته است.} \end{aligned}$$

(الکتریسته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه های ۲۸ و ۳۲)

145- گزینه «۲»

(امیر حسین برادران)

پس از تماس کره ها با یکدیگر بار آن ها با یکدیگر برابر می شود، مطابق اصل پایستگی بار الکتریکی داریم:

$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2}$$

اکنون مطابق قانون کولن نیروی الکتریکی را در دو حالت با هم مقایسه می کنیم:

$$\begin{aligned} F &= k \frac{q_1 q_2}{r^2} \xrightarrow{r_2 = \frac{r_1}{2}} \frac{F_2}{F_1} = \frac{(q_1 + q_2)^2}{4 r_1^2} = \frac{q_1 q_2}{4 r_1^2} \\ \frac{F_2}{F_1} &= \epsilon = \frac{(q_1 + q_2)^2}{q_1 q_2} \Rightarrow q_1^2 + q_2^2 - 2 q_1 q_2 = 0 \\ \Rightarrow q_1 &= 2 q_2 \pm \sqrt{4 q_2^2 - q_1^2} \xrightarrow{q_1 > q_2} q_1 = q_2 (2 + \sqrt{3}) \\ \Rightarrow \frac{q_1}{q_2} &= 2 + \sqrt{3} \end{aligned}$$

(الکتریسته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه های ۵ و ۱۰)

146- گزینه «ف»

(امیر قاضی)

ابتدا، مطابق شکل زیر، مکان بارهای الکتریکی q_1 و q_2 را در صفحه مختصات xy تعیین کرده و با رسم میدان الکتریکی هر یک از بارها، میدان الکتریکی برآیند را نیز رسم می کنیم و زاویه بردار میدان الکتریکی برآیند یا محور x را محاسبه می کنیم:

$$\tan \theta = \frac{E_1}{E_2} = \frac{k \frac{|q_1|}{r_1^2}}{k \frac{|q_2|}{r_2^2}} \xrightarrow{r_1 = r_2} \tan \theta = \frac{|q_1|}{|q_2|} \xrightarrow{|q_1| = 4 \mu C, |q_2| = 2 \mu C} \tan \theta = 2$$

$$\tan \theta = \frac{2}{1} \xrightarrow{\sin 53^\circ = 4/5, \cos 53^\circ = 3/5} \frac{\sin \theta}{\cos \theta} = \frac{4}{3} \xrightarrow{\theta = 53^\circ}$$

اکنون، اگر بردار \vec{E} را 53° درجه ساعتگرد بچرخانیم، زاویه بردار \vec{E} با محور x برابر $37^\circ = 53^\circ - 16^\circ = \theta'$ خواهد شد. در این حالت، بار q_1' را به صورت زیر می یابیم:

$$\begin{aligned} \tan \theta' &= \frac{E'_1}{E_2} = \frac{k \frac{|q'_1|}{r_1'^2}}{k \frac{|q_2|}{r_2^2}} \xrightarrow{r_1' = r_2} \tan \theta' = \frac{|q'_1|}{|q_2|} \xrightarrow{\theta' = 37^\circ, |q_2| = 2 \mu C} |q'_1| = 2/3 \mu C \\ \tan 37^\circ &= \frac{|q'_1|}{2} \xrightarrow{\tan 37^\circ = 3/4} |q'_1| = 2/3 \mu C \\ q_1 \text{ درصد تغییر بار} &= \frac{|\Delta q|}{q_1} \times 100 = \frac{|2/3 - 4|}{4} \times 100 = 43/75\% \end{aligned}$$

(الکتریسته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه های ۱۰ و ۱۵)

147- گزینه «۱»

(امیر حسین برادران)

ابتدا بار ذخیره شده در خازن را در حالت اول به دست می آوریم:

$$q_1 = C_1 V_1 \xrightarrow{V_1 = 15 \mu F, V_1 = 8V} q_1 = 1/5 \times 8 = 1/2 \mu C$$

با انتقال الکترون از صفحه مثبت به صفحه منفی بار خازن افزایش می یابد:

$$\begin{aligned} q_2 &= q_1 + ne \xrightarrow{n = 5 \times 10^{12}, e = 1.6 \times 10^{-19} C} q_2 = 10^{-6} (1/2 + 8) \\ &= 20 \times 10^{-6} C = 20 \mu C \end{aligned}$$

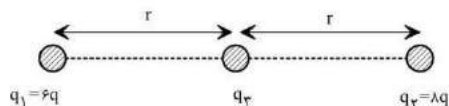
اکنون با توجه به رابطه انرژی ذخیره شده در خازن داریم:

$$\begin{aligned} U &= \frac{q^2}{2C} \Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \left(\frac{q_2}{q_1}\right)^2 \times \frac{C_1}{C_2} \xrightarrow{U_2 = 1/2 \mu J, q_2 = 20 \mu C, C_1 = 12 \mu F, C_2 = 4 \mu F} 1 = \left(\frac{q_1}{20}\right)^2 \times \frac{12}{4} \\ \Rightarrow \frac{q_1}{20} &= \frac{2}{\sqrt{3}} \end{aligned}$$

(الکتریسته ساکن) (فیزیک ۲، صفحه های ۲۸ و ۳۵)



1- در شکل مقابل سه بار الکتریکی روی یک خط قرار دارند و برآیند نیروهای وارد بر q_2 برابر F است. اگر بار q_3 را به اندازه r به سمت بالا ببریم، برآیند نیروهای وارد بر آن چند برابر F خواهد بود؟



(1) $\frac{5}{2}$
(2) $\frac{2}{5}$
(3) $\frac{3}{5}$
(4) $\frac{5}{3}$

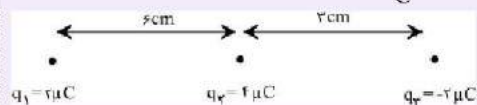
پاسخ: گزینه ۱

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	این تست	درستنامه	مثال	بخش اگر...	درجه	میزان
درجه ۱۰	۲	۹	۶	سوال	یازدهم	الکتریسته ساکن	دارای...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	سه	سخت

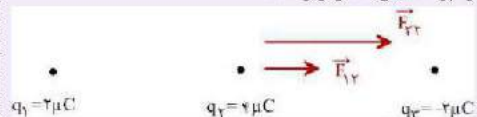
مثال:

$$(k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$$

مطابق شکل، ۳ بار الکتریکی روی یک خط قرار دارند. نیروی الکتریکی برآیند وارد بر q_2 چند نیوتون است؟



ابتدا دقت کنید که q_1 ، q_2 را دفع می‌کند و q_3 ، بار q_2 را جذب می‌کند، بنابراین جهت نیروهای وارد بر q_2 مطابق شکل زیر است.



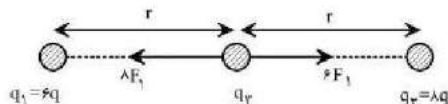
در ادامه این نیروها را محاسبه می‌کنیم.

$$F_{12} = k \frac{|q_1 q_2|}{r_{12}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{(6 \times 10^{-2})^2} = 20 N$$

$$F_{23} = k \frac{|q_2 q_3|}{r_{23}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{(3 \times 10^{-2})^2} = 80 N$$

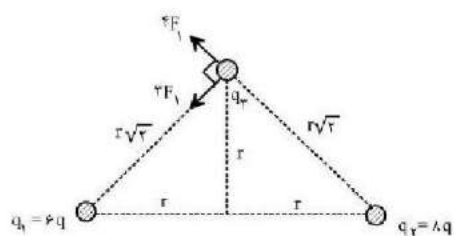
در ادامه با توجه به این که دو نیرو هم جهت هستند، برآیند آن‌ها برابر مجموع اندازه آن‌هاست و نیروی کل برابر $100 N$ می‌باشد.

برای حل این سؤال، برآیند نیروهای وارد بر q_3 را قبل و بعد از جابه‌جایی آن محاسبه می‌کنیم. برای سادگی در حل سؤال، نیرویی که بار q در فاصله r به q_2 وارد می‌کند را F_1 می‌نامیم. بنابراین نیرویی که بار $q_1 = 6q$ وارد می‌کند برابر $6F_1$ می‌شود و نیرویی که بار $q_2 = 8q$ به q_3 وارد می‌کند برابر $8F_1$ می‌شود. با توجه به شکل زیر می‌توان نوشت:



$$F_{\text{کل}} = 8F_1 - 6F_1 = 2F_1$$

وقتی بار q_3 به اندازه r بالا می‌رود، مطابق شکل زیر، فاصله آن تا بارهای q_1 و q_2 به $r\sqrt{2}$ می‌رسد، بنابراین نیرویی که q_1 به q_3 وارد می‌کند نصف می‌شود (چرا؟). پس بار q_1 نیروی $2F_1$ وارد می‌کند و بار q_2 نیروی $4F_1$ را وارد خواهد کرد. در ادامه مطابق شکل زیر و با کمک رابطه فیثاغورس داریم:



$$F'_{12} = \sqrt{(2F_1)^2 + (4F_1)^2} = \Delta F_1$$

بنابراین نسبت نیرو در دو حالت برابر است یا:

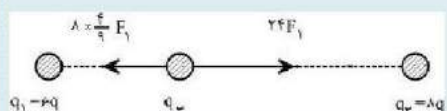
$$\frac{F'_{12}}{F_{12}} = \frac{\Delta F_1}{2F_1} = \frac{\Delta}{2}$$

اگر...

اگر q_3 به اندازه $\frac{r}{4}$ به سمت چپ جابه‌جا شود، نیروی خالص وارد بر آن چند برابر می‌شود؟

در این صورت فاصله q_1 تا q_3 نصف می‌شود، بنابراین نیرویی که q_1 به q_3 وارد می‌کند ۴ برابر می‌شود. همچنین فاصله q_2 تا q_3 ، q_3 برابر می‌شود، پس

نیرویی که q_2 به q_3 وارد می‌کند $\frac{4}{9}$ برابر می‌شود. بنابراین می‌توان با توجه به شکل مقابل نوشت:



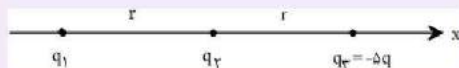
$$F'_{12} = 24F_1 - 8 \times \frac{4}{9}F_1 = 24F_1 - \frac{32}{9}F_1 = \frac{184}{9}F_1 \Rightarrow$$

$$\frac{F'_{12}}{F_{12}} = \frac{\frac{184}{9}F_1}{2F_1} = \frac{92}{9}$$

این سؤال بر اساس یکی از تست‌های کنکور خارج از کشور رشته ریاضی سال ۱۴۰۰ طرح شده است که در ادامه آن را بررسی می‌کنیم.

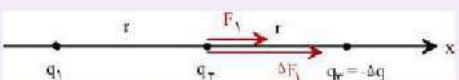
تست کنکور خارج از کشور ریاضی ۱۴۰۰

در شکل زیر سه ذره باردار روی محور X قرار دارند و به بار q_2 نیروی خالص F وارد می‌شود. اگر بار q_2 روی محور X به اندازه $\frac{4r}{5}$ به q_2 نزدیک شود، نیروی خالص وارد بر q_2 چند برابر F می‌شود؟



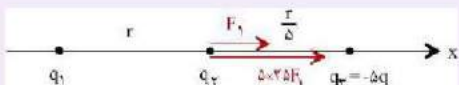
$$\begin{matrix} 25 & 21 & 13 & 25 \\ (1) & (2) & (3) & (4) \end{matrix}$$

راه‌حل: فرض می‌کنیم q_1 در فاصله ۲ به q_2 نیروی F_1 را وارد کند. بنابراین q_3 به q_2 نیرویی به اندازه ΔF_1 وارد می‌کند، زیرا اندازه q_3 ، ۵ برابر q_1 است. مطابق شکل زیر داریم:



$$F_{12} = F_1 + \Delta F_1 = 6F_1$$

حال فرض می‌کنیم q_3 به اندازه $\frac{4r}{5}$ به q_2 نزدیک شود تا به فاصله $\frac{r}{5}$ از q_2 برسد. چون فاصله $\frac{1}{5}$ برابر شده است نیرویی که q_3 به q_2 وارد می‌کند ۲۵ برابر می‌شود، پس با توجه به شکل زیر داریم:



در صورتی که برای ثبت‌نام در آزمون مآر به راهنمایی نیاز دارید، عدد ۲۰ را به سامانه ۰۰۵۵۸۵۸۵ ارسال کنید.

$$F'_{\text{کل}} = F_1 + 125F_1 = 126F_1 \Rightarrow \frac{F'_{\text{کل}}}{F_{\text{کل}}} = \frac{126F_1}{6F_1} = 21$$

گروه آموزشی ماز

2- دو بار الکتریکی نقطه‌ای در فاصله r از هم قرار دارند. اگر فاصله دو بار را 20cm افزایش دهیم، نیروی الکتریکی بین آن‌ها 200N می‌شود و اگر فاصله بین بارها را نسبت به وضعیت اولیه، 20cm کاهش دهیم، نیروی الکتریکی بین آن‌ها به 392N می‌رسد. r چند متر است؟

۱/۴ (۴)

۱۴۰ (۳)

۱/۲ (۲)

۱۲۰ (۱)

پاسخ: گزینه ۲

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	این تست	درسنامه	مثال	بخش اگر...	درجه	میزان
درجه از ۱۰	۵	۵	۷	سوال	پازدهم	قانون کولن	دارای...	✓	✓	✓	سه	ساده

درسنامه

قانون کولن:

اندازه نیروی الکتریکی بین دو ذره باردار q_1 و q_2 که در فاصله r از یکدیگر قرار دارند، با حاصل ضرب اندازه ذره دو ذره نسبت مستقیم و با مجذور فاصله بین دو ذره رابطه وارون دارد. به عبارتی داریم:

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} \quad (C) \quad \leftarrow \text{نیروی الکتریکی وارد بر هر بار (N)}$$

فاصله بین دو ذره (m)

توجه: در این رابطه k ، ثابت کولن است که برابر است با:

$$k = 8.99 \times 10^9 = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}$$

نکته: بار الکتریکی الکترون برابر $-1.6 \times 10^{-19}\text{C}$ و پروتون $1.6 \times 10^{-19}\text{C}$ است.

نیروی الکتریکی میان دو ذره باردار از رابطه $F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2}$ به دست می‌آید.

اگر فقط فاصله بین دو بار تغییر کند، برای مقایسه این دو حالت می‌توان نوشت:

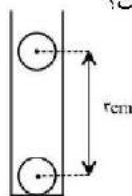
$$\frac{F_2}{F_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$$

$$\frac{392}{200} = \left(\frac{r+0.2}{r-0.2}\right)^2 \Rightarrow \frac{49}{25} = \left(\frac{r+0.2}{r-0.2}\right)^2 \Rightarrow \frac{7}{5} = \frac{r+0.2}{r-0.2} \Rightarrow r = 1/2\text{m}$$

طبق کادر بالا، می‌توان نوشت:

www.biomaze.ir

3- دو کره مشابه و فلزی دارای بارهای الکتریکی $q_1 = 6\text{nC}$ و $q_2 = -2\text{nC}$ هستند. این دو کره را به هم تماس می‌دهیم و سپس مطابق شکل آن‌ها را درون یک لوله استوانه‌ای نارسا قرار می‌دهیم. به گونه‌ای که کره بالایی به حالت معلق بماند. جرم هر یک از کره‌ها چند میلی‌گرم است؟



$$(g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}, k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2})$$

۴ (۱)

۸ (۲)

۱۲ (۳)

۲ (۴)

پاسخ: گزینه ۱

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	این تست	درسنامه	مثال	بخش اگر...	درجه	میزان
درجه از ۱۰	۳	۷	۸	سوال	پازدهم	الکتریسته ساکن	دارای...	✓	✓	✓	سه	متوسط

درسنامه

(۱) هنگامی که دو کره فلزی مشابه را به هم تماس می‌دهیم، بار الکتریکی بین آن‌ها به گونه‌ای تقسیم می‌شود که بار نهایی دو کره با هم برابر باشد. بنابراین بار هر یک از کره‌ها پس از تماس برابر میانگین بار اولیه آن‌ها خواهد بود.

$$q_{\text{نهایی}} = \frac{q_1 + q_2}{2}$$

(۲) نتیجه فوق برای تعداد بیشتری کره فلزی مشابه هم قابل تعمیم است. به طور کلی اگر n کره یکسان که دارای بارهای q_1, q_2, \dots, q_n هستند را همگی را به هم تماس دهیم، بار نهایی همه آنها برابر است با:

$$q_{\text{نهایی}} = \frac{q_1 + q_2 + \dots + q_n}{n}$$

مثال:

دو کره فلزی و مشابه به ترتیب دارای بارهای الکتریکی $q_1 = 4 \mu\text{C}$ و $q_2 = 12 \mu\text{C}$ هستند. اگر این دو کره را به هم تماس دهیم، چند الکترون به طور خالص بین آنها جابه‌جا خواهد شد؟ ($e = 1.6 \times 10^{-19} \text{C}$) ابتدا بار نهایی هر یک از کره‌ها را بدست می‌آوریم:

$$q = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{4 + 12}{2} = 8 \mu\text{C}$$

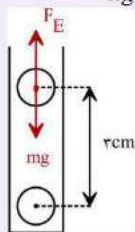
بنابراین کره (۲)، $4 \mu\text{C}$ بار از دست داده و کره (۱) این بار را گرفته است. در ادامه تعداد الکترون‌ها را محاسبه می‌کنیم:

$$q = ne \Rightarrow 4 \times 10^{-6} = n \times 1.6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = 2.5 \times 10^{13}$$

(۳) هنگامی که به یک جسم نیروهای الکتریکی و وزن وارد می‌شود، برای آن که جسم در تعادل قرار گیرد، باید وزن آن هم‌اندازه نیروی الکتریکی باشد و جهت نیروها عکس یکدیگر باشند. به مثال زیر توجه کنید:

مثال:

$$(g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}, k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2})$$



$$F_E = mg \Rightarrow k \frac{|q_1 q_2|}{r^2} = mg$$

$$\Rightarrow 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 2 \times 10^{-18}}{(3 \times 10^{-2})^2} = m \times 10 \Rightarrow m = 4 \times 10^{-6} \text{kg} \Rightarrow 4 \text{mgr}$$

راه‌حل: کافی است نیروی وزن هم‌اندازه نیروی الکتریکی باشد.

این سؤال را در گام‌های زیر حل می‌کنیم:

گام اول: محاسبه بار کره‌ها پس از تماس

$$q = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{6 + (-2)}{2} = 2 \text{nC}$$

گام دوم: برابر قرار دادن نیروی وزن و نیروی الکتریکی

این قسمت دقیقاً مانند مثال ارائه شده در درسنامه است و همان‌طور که در مثال دیدیم، جرم بارها برابر ۴ میلی‌گرم می‌باشد.

این تست بر اساس تمرین ۶ در انتهای فصل اول کتاب درسی فیزیک یازدهم رشته تجربی طرح شده است.

اگر...

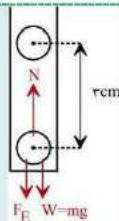
اگر نیروی عمودی تکیه‌گاهی که به کره پایین وارد می‌شود را می‌خواستیم پاسخ چه بود؟

راه‌حل: مطابق شکل سه نیرو به کره پایینی وارد می‌شود. با نوشتن شرط تعادل داریم:

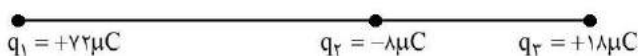
$$\text{شرط تعادل: } N = F_E + mg$$

$$\begin{aligned} F_E &= 4 \times 10^{-5} \text{N} \\ m &= 4 \text{mgr} \end{aligned} \rightarrow N = 4 \times 10^{-5} + 4 \times 10^{-6} \times 10$$

$$\Rightarrow N = 8 \times 10^{-5} \text{N}$$



4- مطابق شکل زیر، نیروی خالص الکتریکی وارد بر هر یک از ذره‌های باردار صفر است. اگر جای بار q_1 و q_3 عوض شود، بزرگی نیروی خالص الکتریکی وارد بر بار q_2 چند برابر بزرگی نیروی خالص الکتریکی وارد بر بار q_1 می‌شود؟



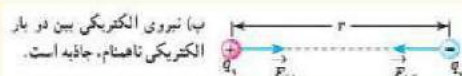
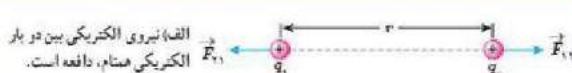
- ۱) ۵
۲) $\frac{1}{5}$
۳) $\frac{5}{4}$
۴) $\frac{4}{5}$
۵) ۵

پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	این تست دارای...	درسنامه	مثال	بخش اگر...	درجه سختی	میزان سختی
درجه ۱۰	۷	۸	۷	سوال	یازدهم	قانون کولن	دارای...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	سختی	سخت

درسنامه

مطابق شکل‌های زیر اگر دو بار q_1 و q_2 در فاصله r از یکدیگر قرار داشته باشند، به یکدیگر نیرو وارد می‌کنند:

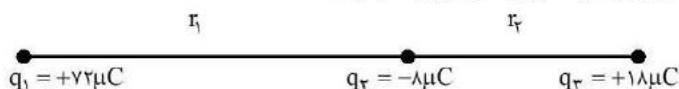


فرض کنید می‌خواهیم میدان الکتریکی در یک نقطه، صفر شود؛ پس باید بزرگی میدان‌های الکتریکی در آن نقطه باهم برابر باشند و همچنین مخالف هم. طبق

رابطه $E = k \frac{|q|}{r^2}$ می‌توان نتیجه گرفت مثلاً اگر یکی از بارها ۴ برابر دیگری باشد، باید فاصله آن ۲ برابر دیگری باشد تا میدان‌های این دو با هم برابر شود.



نیروی وارد بر هر یک از بارها صفر است؛ برای مثال اگر نیروهای وارد بر بار q_2 را صفر در نظر بگیریم، خواهیم داشت:



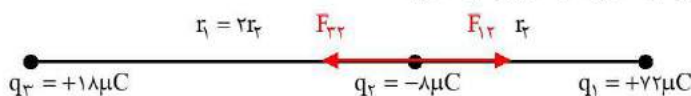
$$\frac{q_1}{r_1^2} = \frac{q_3}{r_2^2} \Rightarrow \frac{72}{r_1^2} = \frac{18}{r_2^2} \Rightarrow r_1 = 2r_2$$

جای دو بار q_1 و q_3 را عوض می‌کنیم.

(برای سهولت در محاسبات، به جای r_1 عدد ۲ و به جای r_2 عدد ۱ را در نظر می‌گیریم، همچنین از ثابت k در رابطه $F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$ استفاده نمی‌کنیم؛

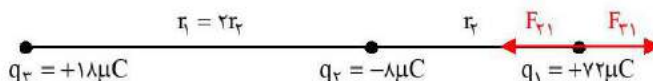
چون سوال مقایسه‌ای است و در انتها حذف خواهد شد.)

به بار q_2 دو نیرو وارد می‌شود: یکی از طرف بار q_1 و یکی از طرف بار q_3



$$\begin{cases} F_{12} = \frac{72 \times 8}{2^2} = 576 \\ F_{32} = \frac{18 \times 8}{1^2} = 144 \end{cases} \Rightarrow F_{\text{net}} = 576 - 144 = 432$$

به بار q_1 نیز دو نیرو وارد می‌شود؛ یکی از طرف بار q_2 و یکی از طرف بار q_3

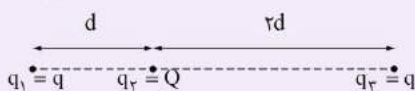


$$\begin{cases} F_{r1} = \frac{72 \times 18}{1^2} = 576 \\ F_{r1} = \frac{18 \times 72}{3^2} = 144 \end{cases} \Rightarrow R = 576 - 144 = 432$$

$$\frac{F_r}{F_1} = \frac{540}{432} = \frac{5}{4}$$

مثال:

سوال: سه بار نقطه‌ای، مطابق شکل ثابت شده‌اند. اگر برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_3 هم‌اندازه برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_1 باشد، کدام است $\frac{Q}{q}$ ؟



(Q و q هم‌علامت هستند)

- (۱) $\frac{1}{9}$ (۲) $\frac{2}{9}$ (۳) $\frac{1}{4}$ (۴) $\frac{1}{2}$

پاسخ: گزینه ۲

از آنجایی که دو بار با علامت یکسان در دو طرف بار q_2 قرار دارد، برای محاسبه نیروی برآیند وارد بر آن، نیروها را از هم کم می‌کنیم. اندازه نیروی وارد بر بار q_2 برابر است با:

$$F_r = k \frac{q_1 q_2}{d^2} - k \frac{q_2 q_3}{(2d)^2} = k \frac{qQ}{d^2} - k \frac{qQ}{4d^2} = \frac{3}{4} k \frac{qQ}{d^2}$$

برای پیدا کردن نیروی برآیند وارد بر بار q_1 باید دو نیروی وارد شده از طرف دو بار دیگر را جمع کنیم. اندازه نیروی وارد بر بار q_1 نیز برابر است با:

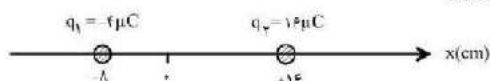
$$F_r = k \frac{q_1 q_2}{(2d)^2} + k \frac{q_2 q_3}{(2d)^2} = k \frac{q^2}{4d^2} + k \frac{Qq}{4d^2}$$

اندازه نیروی وارد بر بار q_2 برابر اندازه نیروی وارد بر بار q_1 است. بنابراین می‌توان نوشت:

$$\frac{3}{4} k \frac{qQ}{d^2} = k \frac{q^2}{4d^2} + k \frac{Qq}{4d^2} \Rightarrow \frac{1}{2} k \frac{qQ}{d^2} = k \frac{q^2}{4d^2} \Rightarrow \frac{Q}{q} = \frac{2}{9}$$

گروه آموزشی ماز

5- مطابق شکل دو بار الکتریکی روی محور x ثابت شده‌اند. چه تعداد از عبارتهای زیر صحیح است؟



الف) میدان الکتریکی خالص در مکان $x = 0$ برابر صفر است.

ب) میدان الکتریکی که بار q_1 در محل بار q_2 ایجاد می‌کند بزرگ‌تر از میدانی است که بار q_2 در محل q_1 ایجاد می‌کند.

ج) در مکان $x = -32 \text{ cm}$ ، میدان الکتریکی حاصل از ۲ بار هم‌اندازه است.

- (۱) ۳ (۲) ۲ (۳) ۱ (۴) صفر

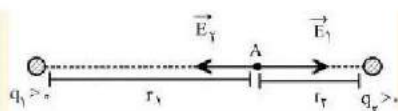
پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	این تست	درسنامه	مثال	بخش اگر...	درجه	میزان
درجه از ۱۰	۵	۵	۸	سوال	پازدهم	الکتریسته ساکن	دارای...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	سهجثی	متوسط

درسنامه

فرض کنید دو بار معلوم q_1 و q_2 در نزدیکی یکدیگر قرار دارند. می‌خواهیم ببینیم در چه فاصله‌ای از آن‌ها، میدان الکتریکی برآیند صفر می‌شود. برای این منظور دو حالت را بررسی می‌کنیم:

(۱) بارهای q_1 و q_2 همنام باشند: ($|q_1| < |q_2|$)

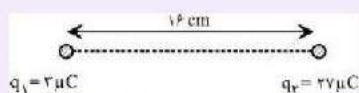


در این حالت نقطه‌ای که میدان کل در آن صفر می‌شود (نقطه A) باید بین دو بار و نزدیک بار کوچک‌تر باشد تا میدان الکتریکی کل در آن صفر شود. در شکل بالا برای سادگی فرض کرده‌ایم همه بارها مثبت باشند.

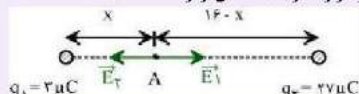
$$E_A = 0 \Rightarrow E_1 = E_2 \Rightarrow k \frac{|q_1|}{r_1^2} = k \frac{|q_2|}{r_2^2} \Rightarrow \frac{|q_1|}{r_1^2} = \frac{|q_2|}{r_2^2}$$

مثال:

در شکل مقابل، در چه فاصله‌ای از q_1 میدان الکتریکی کل صفر می‌شود؟



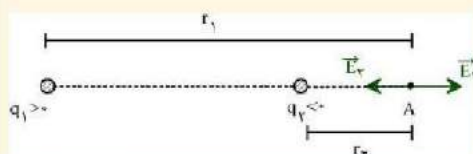
چون بارهای q_1 و q_2 هم‌علامت هستند، نقطه‌ای که میدان صفر می‌شود باید در فاصله بین دو بار و نزدیک بار کوچک‌تر قرار گیرد. به شکل زیر دقت کنید.



$$\frac{q_1}{x^2} = \frac{q_2}{(16-x)^2} \Rightarrow \frac{3}{x^2} = \frac{27}{(16-x)^2} \Rightarrow \frac{1}{x} = \frac{3}{16-x} \Rightarrow 3x = 16-x \Rightarrow x = 4 \text{ cm}$$

بنابراین در فاصله 4 cm از q_1 ، میدان الکتریکی کل صفر می‌شود.

(۲) بارهای q_1 و q_2 ناهم‌نام باشند: ($|q_2| < |q_1|$)

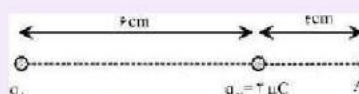


در این حالت نقطه‌ای که میدان کل در آن صفر می‌شود (نقطه A) باید خارج از فاصله دو بار و نزدیک به بار کوچک‌تر باشد. در ادامه کافی است که E_1 و E_2 هم‌اندازه باشند.

$$E_A = 0 \Rightarrow E_1 = E_2 \Rightarrow k \frac{|q_1|}{r_1^2} = k \frac{|q_2|}{r_2^2} \Rightarrow \frac{|q_1|}{r_1^2} = \frac{|q_2|}{r_2^2}$$

مثال:

در شکل مقابل میدان الکتریکی در نقطه A صفر است. q_1 چند میکروکولن است؟

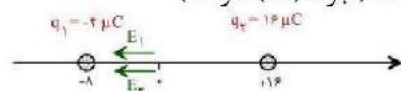


چون میدان در A صفر است، میدانی که بار q_1 در A ایجاد می‌کند، باید هم‌اندازه میدانی باشد که q_2 ایجاد می‌کند. همچنین دقت کنید که چون A در خارج از فاصله دو بار قرار دارد، بار q_1 مخالف q_2 است، پس بار q_1 منفی خواهد بود. در ادامه می‌توان نوشت:

$$\frac{|q_1|}{r_1^2} = \frac{|q_2|}{r_2^2} \Rightarrow \frac{|q_1|}{14^2} = \frac{4}{4^2} \Rightarrow |q_1| = 14 \mu\text{C} \xrightarrow{q_1 \text{ منفی است}} q_1 = -14 \mu\text{C}$$

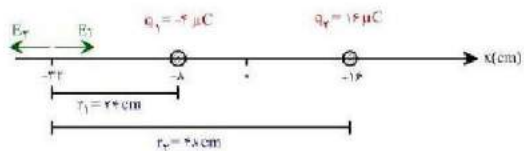
برای پاسخ دادن به این سؤال، هر یک از گزینه‌ها را جداگانه بررسی می‌کنیم.

بررسی (الف): میدان الکتریکی بارها در $x = 0$ هم‌جهت است، بنابراین میدان کل در $x = 0$ نمی‌تواند صفر باشد. (عبارت (الف) نادرست)



بررسی (ب): چون اندازه q_2 بزرگ‌تر از q_1 است، میدانی هم که در فاصله یکسان ایجاد می‌کند بزرگ‌تر است. (عبارت (ب) نادرست)

بررسی (ج): نسبت میدان بارها را در $x = -32 \text{ cm}$ محاسبه می‌کنیم.



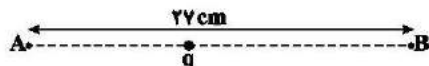
$$E = k \frac{|q|}{r^2} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \frac{|q_2|}{|q_1|} \times \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \frac{16}{4} \times \left(\frac{24}{48}\right)^2 = 1$$

بنابراین میدان‌ها در $x = -32 \text{ cm}$ هم‌اندازه هستند. (عبارت چ) درست)

بنابراین در عبارت‌های داده شده فقط یک عبارت صحیح است.

گروه آموزشی ماز

6- در شکل زیر، بزرگی میدان الکتریکی ناشی از بار الکتریکی نقطه‌ای q در نقاط A و B به ترتیب $\frac{15 \times 10^5 \text{ N}}{\text{C}}$ و $\frac{96 \times 10^5 \text{ N}}{\text{C}}$ است. اندازه بار q چند میکروکولن است؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}$)



(۲) ۱۲
(۴) ۲۴

(۱) ۱۸
(۳) ۳۶

پاسخ: گزینه ۴

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	این تست	درسنامه	مثال	بخش اگر...	درجه	میزان
درجه از ۱۰	۷	۷	۸	سوال	یازدهم	قانون کولن	دارای...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	سطحی	سخت

درسنامه

$$\frac{E_A}{E_B} = \left(\frac{r_B}{r_A}\right)^2$$

با توجه به رابطه $E = k \frac{|q|}{r^2}$ می‌توان رابطه مقابل را نوشت:

$$\frac{E_A}{E_B} = \left(\frac{r_B}{r_A}\right)^2$$

با توجه به رابطه $E = k \frac{|q|}{r^2}$ می‌توان رابطه مقابل را نوشت:

$$\frac{15 \times 10^5}{96 \times 10^5} = \left(\frac{r_B}{r_A}\right)^2 \Rightarrow \frac{15}{96} = \left(\frac{r_B}{r_A}\right)^2 \Rightarrow \frac{5}{32} = \left(\frac{r_B}{r_A}\right)^2 \Rightarrow \frac{5}{4} = \frac{r_B}{r_A} \Rightarrow r_A = \frac{4}{5} r_B$$

بنابراین می‌توان نوشت:

$$r_A + r_B = 27$$

از طرفی می‌دانیم که مجموع این دو فاصله برابر با ۲۷ سانتی‌متر است.

$$\begin{cases} r_A = \frac{4}{5} r_B \\ r_A + r_B = 27 \end{cases} \Rightarrow r_A = 12, r_B = 15$$

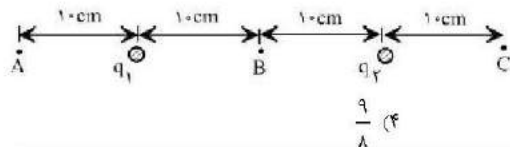
بنابراین خواهیم داشت:

حالا با استفاده از یکی از نقاط A یا B می‌توانیم بار q را محاسبه کنیم.

$$E_A = k \frac{|q|}{r_A^2} \Rightarrow 15 \times 10^5 = 9 \times 10^9 \times \frac{|q|}{(12 \times 10^{-2})^2} \Rightarrow |q| = 24 \times 10^{-6} \text{ C} = 24 \mu\text{C}$$

www.biomaze.ir

7- در شکل مقابل دو بار الکتریکی در نزدیکی هم قرار دارند. اگر میدان الکتریکی در نقطه A صفر باشد، اندازه میدان الکتریکی در B چند برابر اندازه میدان در C است؟



(۴) $\frac{9}{8}$

(۳) $\frac{8}{9}$

(۲) $\frac{3}{4}$

(۱) $\frac{4}{3}$

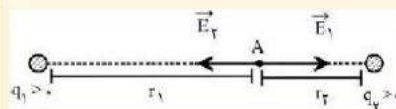
پاسخ: گزینه ۴

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	این تست	درسنامه	مثال	بخش اگر...	درجه	میزان
درجه از ۱۰	۲	۹	۷	سوال	یازدهم	الکتریسیته ساکن	دارای...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	سطحی	سخت

درسنامه

فرض کنید دو بار معلوم q_1 و q_2 در نزدیکی یکدیگر قرار دارند. می‌خواهیم ببینیم در چه فاصله‌ای از آن‌ها، میدان الکتریکی برابر صفر می‌شود. برای این منظور دو حالت را بررسی می‌کنیم:

(۱) بارهای q_1 و q_2 همنام باشند:

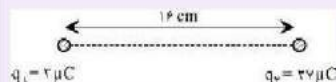


در این حالت نقطه‌ای که میدان کل در آن صفر می‌شود (نقطه A) باید بین دو بار و نزدیک بار کوچک‌تر باشد تا میدان الکتریکی کل در آن صفر شود. در شکل بالا برای سادگی فرض کرده‌ایم همه بارها مثبت باشند.

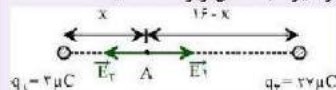
$$E_A = 0 \Rightarrow E_1 = E_2 \Rightarrow k \frac{|q_1|}{r_1^2} = k \frac{|q_2|}{r_2^2} \Rightarrow \frac{|q_1|}{r_1^2} = \frac{|q_2|}{r_2^2}$$

مثال:

در شکل مقابل، در چه فاصله‌ای از q_1 میدان الکتریکی کل صفر می‌شود؟



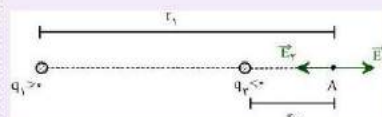
چون بارهای q_1 و q_2 هم‌علامت هستند، نقطه‌ای که میدان صفر می‌شود باید در فاصله بین دو بار و نزدیک بار کوچک‌تر قرار گیرد. به شکل زیر دقت کنید.



$$\frac{q_1}{x^2} = \frac{q_2}{(16-x)^2} \Rightarrow \frac{2}{x^2} = \frac{37}{(16-x)^2} \xrightarrow{\text{جذر}} \frac{1}{x} = \frac{\sqrt{37}}{16-x} \Rightarrow 3x = 16-x \Rightarrow x = 4 \text{ cm}$$

بنابراین در فاصله ۴ cm از q_1 ، میدان الکتریکی کل صفر می‌شود.

(۲) بارهای q_1 و q_2 ناهمنام باشند:



در این حالت نقطه‌ای که میدان کل در آن صفر می‌شود (نقطه A) باید خارج از فاصله دو بار و نزدیک به بار کوچک‌تر باشد. در ادامه کافی است که E_1 و E_2 هم‌اندازه باشند.

$$E_A = 0 \Rightarrow E_1 = E_2 \Rightarrow k \frac{q_1}{r_1^2} = k \frac{q_2}{r_2^2} \Rightarrow \frac{q_1}{r_1^2} = \frac{q_2}{r_2^2}$$

مثال:

در شکل مقابل میدان الکتریکی در نقطه A صفر است. q_1 چند میکروکولن است؟

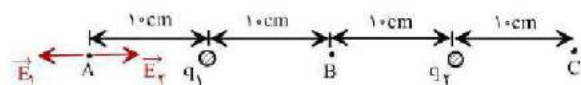


چون میدان در A صفر است، میدانی که بار q_1 در A ایجاد می‌کند، باید هم‌اندازه میدانی باشد که q_2 ایجاد می‌کند. همچنین دقت کنید که چون A در خارج از فاصله دو بار قرار دارد، بار q_1 مخالف q_2 است، پس بار q_1 منفی خواهد بود. در ادامه می‌توان نوشت:

$$\frac{|q_1|}{(6+r)^2} = \frac{|q_2|}{r^2} \Rightarrow \frac{|q_1|}{10^2} = \frac{2}{4^2} \Rightarrow |q_1| = 12.5 \mu\text{C} \xrightarrow{q_1 \text{ منفی است}} q_1 = -12.5 \mu\text{C}$$

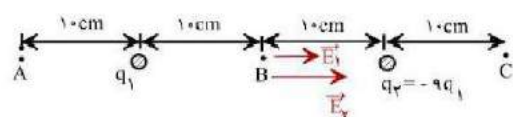
برای حل این سؤال گام‌های زیر را طی می‌کنیم.

گام اول: میدان در A صفر است، میدانی که بار q_1 در A ایجاد می‌کند، باید هم‌اندازه میدانی باشد که q_2 ایجاد می‌کند. همچنین دقت کنید که چون A در خارج از فاصله دو بار قرار دارد، بار q_1 مخالف q_2 است، پس بار q_1 منفی خواهد بود. در ادامه می‌توان نوشت:



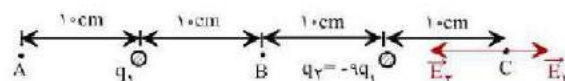
$$E_A = 0 \Rightarrow E_1 = E_2 \Rightarrow k \frac{q_1}{r_1^2} = k \frac{|q_2|}{r_2^2} \Rightarrow \frac{q_1}{10^2} = \frac{|q_2|}{30^2} \Rightarrow |q_2| = 9q_1 \xrightarrow{q_1 > 0, q_2 < 0} q_2 = -9q_1$$

گام دوم: میدان کل در B برابر است با:



$$\begin{cases} E_1 = k \frac{|q_1|}{r_1^2} = k \frac{q_1}{10^2} \\ E_2 = k \frac{|q_2|}{r_2^2} = k \frac{9q_1}{10^2} \end{cases} \Rightarrow E_B = E_1 + E_2 = k \frac{10q_1}{10^2} = \frac{kq_1}{10}$$

گام سوم: میدان کل در C برابر است با:



$$\begin{cases} E_1 = k \frac{|q_1|}{r_1^2} = k \frac{q_1}{30^2} \\ E_2 = k \frac{|q_2|}{r_2^2} = k \frac{9q_1}{10^2} \end{cases} \Rightarrow E_C = E_2 - E_1 = k \frac{80q_1}{30^2} = \frac{8kq_1}{90}$$

گام چهارم: محاسبه نسبت میدان‌ها

$$\frac{E_B}{E_C} = \frac{\frac{kq_1}{10}}{\frac{8kq_1}{90}} = \frac{9}{8}$$

گروه آموزشی ماز

8- در یک میدان الکتریکی یکنواخت، ذره باردار $q = +1 \text{ mC}$ به جرم 10 mg ، از نقطه A به پتانسیل الکتریکی $+100$ ولت از حال سکون به حرکت درمی‌آید و با سرعت 100 متر بر ثانیه به نقطه B می‌رسد. اگر در این مسیر، نیروی مؤثر بر ذره فقط حاصل از میدان الکتریکی باشد، پتانسیل الکتریکی نقطه B چند ولت است؟

۱۵۰ (۴)

۵۰ (۳)

۱۵۰ (۲)

۵۰ (۱)

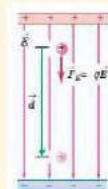
پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شماره	پایه	مبحث	این تست	درسنامه	مثال	بخش اگر...	درجه	میزان
درجه از ۱۰	۷	۶	۶	سوال	یازدهم	انرژی پتانسیل الکتریکی	دارای...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	مختصی	متوسط

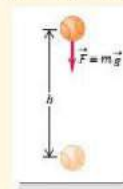
درسنامه

انرژی پتانسیل الکتریکی:

مطابق شکل (الف) جسمی به جرم m از ارتفاع h رها می‌شود، جسم در اثر میدان گرانشی زمین رو به پایین حرکت کرده و با افزایش انرژی جنبشی جسم، انرژی پتانسیل گرانشی کاهش می‌یابد.



(ب)



(الف)

حال اگر در تشابه با میدان الکتریکی، مطابق شکل (ب) یک بار q را در میدان یکنواخت E رها می‌کنیم، جابه‌جایی این بار در جهت میدان الکتریکی است و با افزایش انرژی جنبشی ذره باردار، انرژی پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد. (توجه کنید که اگر میدان الکتریکی افقی بود، باز هم همین اتفاق رخ می‌داد.)

تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی

در میدان الکتریکی بر بارهای الکتریکی، نیروی الکتریکی وارد می‌شود. تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی یک ذره باردار در میدان الکتریکی \vec{E} در یک جابه‌جایی معین (d) برابر منفی کار انجام شده توسط نیروی الکتریکی در همان جابه‌جایی است: به عبارتی داریم:

$$\Delta U_E = -W_E$$

از طرفی می‌دانیم که وقتی یک ذره در یک میدان یکنواخت \vec{E} ، یک جابه‌جایی معین (\vec{d}) طی می‌کند، کار انجام شده توسط نیروی الکتریکی ثابت \vec{F}_E در طی جابه‌جایی \vec{d} از رابطه روبه‌رو بدست می‌آید:

$$W_E = F_E d \cos \theta \xrightarrow{F_E = |q| E} W_E = |q| E d \cos \theta$$

حال رابطه $\Delta U_E = -W_E$ به صورت زیر درمی‌آید:

$$\Delta U_E = -W_E = -|q| E d \cos \theta$$

نکته: در این رابطه q بار الکتریکی است بر حسب کولن E شدت میدان الکتریکی است بر حسب نیوتون بر کولن $(\frac{N}{C})$ ، d اندازه جابه‌جایی ذره در میدان

الکتریکی است بر حسب (m) و θ زاویه بین نیروی \vec{F}_E و جابه‌جایی \vec{d} است.

توجه: بررسی حالت‌های خاص حرکت در یک ذره باردار در میدان الکتریکی یکنواخت: (به جدول زیر خوب توجه کنید).

نوع بار:	توضیحات	ΔU_E	W_E
$+q$	اگر در جهت خطوط میدان الکتریکی حرکت کند.	$\Delta U_E < 0$	$W_E > 0$
$+q$	اگر در خلاف جهت خطوط میدان الکتریکی حرکت کند	$\Delta U_E > 0$	$W_E < 0$
$-q$	اگر بار در جهت خطوط میدان الکتریکی حرکت کند.	$\Delta U_E > 0$	$W_E < 0$
$-q$	اگر بار در خلاف جهت میدان الکتریکی حرکت کند.	$\Delta U_E < 0$	$W_E > 0$
مثبت یا منفی	اگر بار عمود بر خطوط میدان الکتریکی حرکت کند.	$\Delta U_E = 0$	$W_E = 0$

نکته خیلی مهم: طبق قانون پایستگی انرژی، اگر تنها نیروی وارد بر ذره، نیروی الکتریکی باشد، آنگاه داریم:

$$\Delta U_E = -\Delta k = -W_E \xrightarrow{W_E = |q| E d \cos \theta} |q| E d \cos \theta = \Delta k = \frac{1}{2} m (V_f^2 - V_i^2)$$

توجه: Δk تغییرات انرژی جنبشی ذره باردار است که به سرعت اولیه V_i و سرعت نهایی V_f بر حسب $(\frac{m}{s})$ و جرم (m) ذره بر حسب (kg) وابسته است.

اختلاف پتانسیل الکتریکی

به نسبت تغییر انرژی پتانسیل یک ذره به بار آن ذره در جابه‌جایی میان آن دو نقطه را اختلاف پتانسیل الکتریکی می‌گویند. که از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} \xrightarrow{\Delta U_E = -\Delta k = -W_E} \Delta V = \frac{-\Delta k}{q} \quad \text{یا} \quad \Delta V = \frac{-W_E}{q}$$

مثال:

برای تسلط بیشتر، به مثال زیر توجه کنید:

سوال: ذره‌ای به جرم $2 \mu g$ و بار $30 nC$ را از نقطه‌ای با پتانسیل $V_1 = 0$ با تندی $10 \frac{m}{s}$ پرتاب می‌کنیم. اگر بر اثر نیروی الکتریکی، این ذره با تندی $40 \frac{m}{s}$ به نقطه‌ای با پتانسیل الکتریکی V_2 برسد، V_2 چند ولت است؟

$$\begin{array}{cccc} 50 & (2) & -50 & (3) \\ 5 \times 10^{-4} & (4) & -5 \times 10^{-4} & \end{array}$$

پاسخ: گزینه ۲

$$\Delta K = -\Delta U \Rightarrow \frac{1}{2} m (v_f^2 - v_i^2) = -q(V_f - V_i)$$

تغییرات انرژی جنبشی ذره برابر منفی تغییرات انرژی پتانسیل ذره است:

$$\frac{1}{2} \times 2 \times 10^{-6} (40^2 - 10^2) = -30 \times 10^{-9} (V_f - 0) \Rightarrow V_f = -50 v$$

بنابراین می‌توان نوشت:

$$W_T = \Delta K$$

طبق قضیه کار - انرژی جنبشی، کار کل انجام شده روی یک جسم برابر با تغییرات انرژی جنبشی است:

$$W_E = K_f - K_i$$

طبق گفته سوال می‌توان نوشت:

$$W_E = -\Delta U_E = -q(\Delta V)$$

از طرفی، می‌دانیم کار میدان الکتریکی برابر با منفی تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی است:

بنابراین می‌توان نوشت:

$$-q(\Delta V) = K_f \Rightarrow -1 \times 10^{-3} \times (V_B - 100) = \frac{1}{2} \times 10 \times 10^{-6} \times 100^2$$

$$\Rightarrow V_B = +50 v$$

$$g = 10^{-3} \text{ kg}$$

$$mg = 10^{-6} \text{ kg}$$

$$\mu g = 10^{-9} \text{ kg}$$

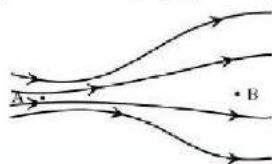
$$ng = 10^{-12} \text{ kg}$$

در کنکورهای سال‌های اخیر هدف طراحان کنکور به چالش کشیدن عادت‌های حل سوال دانش‌آموزان بوده

یعنی چی؟ مثلاً اکثر دانش‌آموزان عادت کرده اند هر جا μ دیدند سریع در 10^{-6} ضرب کنند، در حالی که برای میکروگرم این جمله صادق نیست و نباید از واحد گرم در حل سوالات فیزیک استفاده کرد.

گروه آموزشی ماز

9- شکل مقابل خطوط میدان الکتریکی را در ناحیه‌ای از فضا نشان می‌دهد. شدت میدان در نقطه A از شدت میدان در نقطه B است و اگر یک بار منفی در نقطه A قرار گیرد، جهت نیروی الکتریکی وارد بر آن به سمت خواهد بود.



(1) بیشتر - چپ

(2) بیشتر - راست

(3) کمتر - راست

(4) کمتر - چپ

پاسخ: گزینه 1

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	این تست	درسنامه	مثال	بخش اگر...	درجه	میزان
درجه از 10	5	1	6	سوال	پازدهم	الکتریسیته ساکن	دارای...				مسطبی	آسان

برای پاسخ دادن به این سؤال به نکات زیر توجه کنید.

(1) شدت میدان الکتریکی متناسب با تراکم خطوط میدان است، بنابراین چون خطوط میدان در A متراکم‌تر از B هستند، شدت میدان در A بیشتر از B است.

(2) به بار مثبت در جهت خطوط میدان الکتریکی و به بار منفی در خلاف جهت خطوط نیرو وارد می‌شود، بنابراین با توجه به آن که میدان در A به سمت راست است، به بار منفی نیرویی به سمت چپ وارد می‌شود.

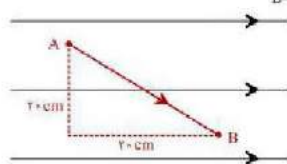
اگر...

اگر از A تا B حرکت کنیم، پتانسیل الکتریکی چگونه تغییر می‌کند؟

پاسخ: با حرکت در جهت خطوط میدان الکتریکی، پتانسیل کاهش می‌یابد، پس با حرکت از A تا B، پتانسیل الکتریکی کم می‌شود.

گروه آموزشی ماز

10- مطابق شکل درون یک میدان الکتریکی یکنواخت با شدت $E = 5000 \frac{N}{C}$ ، بار $q = +4 \mu C$ را از A تا B جابه‌جا می‌کنیم. در این جابه‌جایی، انرژی پتانسیل الکتریکی بار چند ژول و چگونه تغییر می‌کند؟



(1) 0.04 ژول افزایش

(2) $0.04\sqrt{2}$ ژول کاهش

(3) $0.04\sqrt{2}$ ژول افزایش

(4) 0.04 ژول کاهش

پاسخ: گزینه 4

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	این تست	درسنامه	مثال	بخش اگر...	درجه	میزان
درجه از 10	3	7	5	سوال	پازدهم	الکتریسیته ساکن	دارای...				مسطبی	متوسط

پاسخنامه

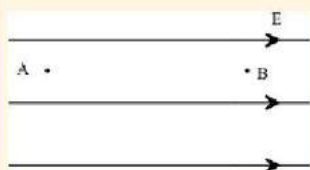
(1) هنگامی که بار q از اختلاف پتانسیل ΔV عبور می‌کند، انرژی پتانسیل الکتریکی آن تغییر می‌کند. تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی یعنی ΔU_E به صورت زیر بدست می‌آید:

$$\Delta U_E = q\Delta V$$

(2) مطابق رابطه بالا، بار مثبت با حرکت به سمت پتانسیل‌های بیشتر، انرژی پتانسیل الکتریکی آن زیاد می‌شود و انرژی پتانسیل الکتریکی بار منفی با حرکت به سمت پتانسیل‌های کمتر بیشتر می‌شود.

۳) اگر یک بار الکتریکی در جهت خودبه‌خودی حرکت کند، انرژی پتانسیل الکتریکی آن حتماً کم می‌شود. جهت حرکت خودبه‌خودی بار مثبت در جهت خطوط میدان الکتریکی است، در حالی که جهت خودبه‌خودی حرکت بار منفی در خلاف جهت میدان الکتریکی است.

۴) با حرکت در جهت خطوط میدان الکتریکی، پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد.



$$V_B < V_A$$

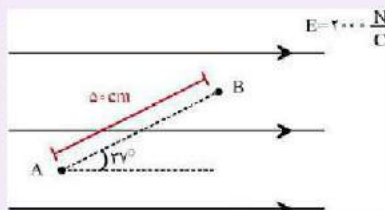
۵) تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی برابر قرینه کار نیروی الکتریکی است و می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} W = Fd \cos \alpha \\ \Delta U = -W \end{cases} \Rightarrow \Delta U_E = -Fd \cos \alpha \xrightarrow{F=Eq} \Delta U_E = -Eqd \cos \alpha \Rightarrow |\Delta U| = |Eqd \cos \alpha|$$

از رابطه فوق برای محاسبه تغییرات انرژی پتانسیل در یک میدان الکتریکی استفاده می‌کنیم. دقت کنید در حالتی که عمود بر خطوط میدان حرکت کنیم ($\cos \alpha = 0$)، پتانسیل الکتریکی و انرژی پتانسیل ثابت می‌مانند.

مثال:

در شکل مقابل، بار الکتریکی $q = 5 \mu\text{C}$ درون میدان الکتریکی یکنواخت با شدت $E = 2000 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ از A به B می‌رود. انرژی پتانسیل الکتریکی آن چند ژول و چگونه تغییر می‌کند؟ ($\cos 37^\circ = 0.8$)



ابتدا دقت کنید که بار مثبت در جهت میدان یعنی در جهت خودبه‌خودی حرکت کرده است و در نتیجه انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش یافته است. در ادامه مقدار کاهش انرژی را محاسبه می‌کنیم:

$$|\Delta U| = |Eqd \cos \alpha| = |2000 \times 5 \times 10^{-6} \times 0.8| \Rightarrow |\Delta U_E| = 8 \times 10^{-3} \text{ J}$$

بنابراین انرژی پتانسیل بار به اندازه $8 \times 10^{-3} \text{ J}$ کاهش یافته است.

۶) با تقسیم رابطه $\Delta U = -Eqd \cos \alpha$ بر q می‌توانیم تغییرات پتانسیل یعنی ΔV را محاسبه کنیم.

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} = \frac{-Eqd \cos \alpha}{q} = -Ed \cos \alpha \Rightarrow \Delta V = -Ed \cos \alpha$$

برای محاسبه تغییرات پتانسیل و انرژی پتانسیل، حرکت عمود بر میدان الکتریکی اهمیتی ندارد و حرکت موازی با میدان مهم است. با توجه به این که بار $q = +5 \mu\text{C}$ به اندازه 4 cm در جهت میدان جابه‌جا شده است، می‌توان نوشت:

$$\Delta U = -Eqd = -5000 \times 5 \times 10^{-6} \times 0.04 = -1.0 \times 10^{-3} \text{ J}$$

بنابراین انرژی پتانسیل بار به اندازه $1.0 \times 10^{-3} \text{ J}$ کاهش یافته است.

۱۱- یک خازن تخت از صفحه‌هایی با مساحت 200 cm^2 ساخته شده است که در فاصله 0.9 mm از هم قرار گرفته‌اند و فاصله بین صفحه‌ها با دی‌الکتریکی با ضریب ۵ پر شده است. اختلاف پتانسیل دو سر این خازن با تخلیه الکتریکی ۳۰ درصد کاهش می‌یابد. اگر پس از تخلیه الکتریکی، انرژی

این خازن $10/2$ میلی‌ژول کاهش یافته باشد، ولتاژ اولیه خازن چند ولت بوده است؟ ($\epsilon_0 = 9 \times 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}}$)

۱۵۰۰ (۴)

۲۰۰۰ (۳)

۱۰۰۰ (۲)

۵۰۰ (۱)

پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	این تست	درسنامه	مثال	بخش اگر...	درجه	میزان
درجه از ۱۰	۲	۹	۵	سوال	پازدهم	الکتریسیته ساکن	دارای...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	سهگن	سخت

در این قسمت قصد داریم که روابط مهم مربوط به خازن را به همراه چند مثال با هم مرور کنیم.

(۱) رابطه بین بار الکتریکی و اختلاف پتانسیل خازن به صورت زیر است:

$$q = CV$$

بار الکتریکی با یکای کولن : q

ظرفیت خازن با یکای فاراد : C

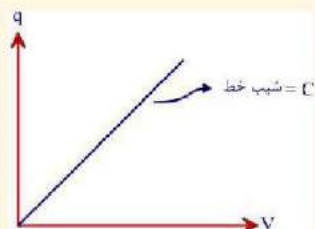
اختلاف پتانسیل دو سر خازن با یکای ولت : V

مثال: 

خازنی با ظرفیت $20 \mu F$ توسط یک باتری با اختلاف پتانسیل $30V$ شارژ شده است. بار الکتریکی ذخیره شده در خازن چند کولن است؟

$$q = CV \Rightarrow q = 20 \times 10^{-6} \times 30 = 6 \times 10^{-4} C$$

(۲) مطابق رابطه $q = CV$ ، نمودار تغییرات بار یک خازن بر حسب ولتاژ آن به صورت یک خط با شیب ثابت خواهد بود.



(۳) ظرفیت یک خازن به ویژگی‌های ساختمانی آن وابسته است و به ولتاژ و بار آن ربط ندارد. ظرفیت یک خازن تحت مطابق رابطه زیر به دست می‌آید:

$$C = k\epsilon \frac{A}{d}$$

C : ظرفیت خازن با یکای فاراد

ϵ : گذردهی الکتریکی خلأ با یکای $\frac{فاراد}{متر}$

k : ضریب دی‌الکتریک بدون یکا

A : مساحت صفحه‌های خازن با یکای متر مربع

d : فاصله صفحه‌های خازن با یکای متر

(۴) میدان الکتریکی بین صفحه‌های خازن از روابط زیر بدست می‌آید:

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

اگر ولتاژ را داشته باشیم


$$E = \frac{q}{k\epsilon A}$$

اگر بار را داشته باشیم

(۵) انرژی ذخیره شده در خازن از روابط زیر بدست می‌آید:

$$\begin{aligned} U &= \frac{1}{2} CV^2 \\ U &= \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} \\ U &= \frac{1}{2} qV \end{aligned}$$

انرژی خازن

مثال: 

یک خازن تخت از صفحه‌هایی با مساحت $10^{-3} m^2$ ساخته شده است که در فاصله $0.5 mm$ از هم قرار گرفته‌اند و بین صفحه‌ها خلأ است. اگر این خازن را به اختلاف پتانسیل $20V$ متصل کنیم تا شارژ شود، به سوالات زیر پاسخ دهید.

(الف) ظرفیت خازن چند نانو فاراد است؟ ($\epsilon_0 = 9 \times 10^{-12} \frac{F}{m}$)

$$C = k\epsilon \frac{A}{d} = 1 \times 9 \times 10^{-12} \times \frac{10^{-3}}{0.5 \times 10^{-3}} = 18 \times 10^{-12} F = 0.018 nF$$

(ب) شدت میدان الکتریکی بین صفحه‌های خازن چند واحد SI است؟

$$E = \frac{V}{d} = \frac{20}{0.5 \times 10^{-3}} = 40000 \frac{V}{m}$$

(ج) بار ذخیره شده در خازن چند نانو کولن است؟

$$q = CV \Rightarrow q = 0.018 \times 20 = 0.36 nC$$

(د) انرژی ذخیره شده در خازن چند نانوژول است؟

$$U = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times 0.18 \times 20^2 = 36 \text{ nJ}$$

برای حل این سؤال گام‌های زیر را طی می‌کنیم.
گام اول: محاسبه ظرفیت خازن

$$C = k\epsilon \frac{A}{d} = 8.85 \times 10^{-12} \times \frac{200 \times 10^{-4}}{0.9 \times 10^{-3}} = 1.9 \text{ nF}$$

گام دوم: مقایسه انرژی خازن قبل و بعد از تخلیه الکتریکی

$$V_T = V_1 - \frac{3}{10} V_1 = 0.7 V_1$$

$$\begin{cases} U_1 = \frac{1}{2} CV_1^2 \\ U_T = \frac{1}{2} CV_T^2 = \frac{1}{2} C \times (0.7 V_1)^2 = 0.245 \times \frac{1}{2} CV_1^2 \end{cases} \Rightarrow U_1 - U_T = \frac{1}{2} CV_1^2 - 0.245 \times \frac{1}{2} CV_1^2 \Rightarrow U_1 - U_T = 0.1275 \times \frac{1}{2} CV_1^2$$

$$\frac{U_1 - U_T = 0.1275 \times \frac{1}{2} CV_1^2}{C = 1.9 \text{ nF}} \Rightarrow 0.1275 \times \frac{1}{2} \times 1.9 \times 10^{-9} \times V_1^2 = 1.0 \times 10^{-3} \Rightarrow V_1^2 = 4 \times 10^6 \Rightarrow V_1 = 2000 \text{ V}$$

اگر میدان الکتریکی درون خازن را قبل از تخلیه می‌خواستیم، پاسخ چه بود؟
پاسخ: با دانستن ولتاژ خازن، به دست آوردن میدان الکتریکی کار ساده‌ای است.

$$E = \frac{V}{d} = \frac{2000}{0.9 \times 10^{-3}} = \frac{2}{9} \times 10^6 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

گروه آموزشی ماز

12 - فاصله بین صفحه‌های یک خازن تخت با دی الکتریکی با ضریب k پر شده است. اگر در شرایطی که این خازن به یک باتری متصل است، دی الکتریک را از بین صفحه‌ها خارج کنیم، چه تعداد از عبارت‌های زیر صحیح است؟

(الف) ظرفیت خازن k برابر می‌شود.

(ب) انرژی ذخیره شده در خازن k برابر می‌شود.

(ج) شدت میدان الکتریکی بین صفحه‌های خازن ثابت می‌ماند.

(د) بار الکتریکی ذخیره شده در خازن ثابت می‌ماند.

(۴) صفر

(۳) ۱

(۲) ۲

(۱) ۳

پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	این تست دارای...	درسامه	مثال	بخش اگر...	درجه	میزان
درجه ۱۰	۴	۷	۱۰	سوال	پانزدهم	الکتریسیته ساکن	دارای...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	سختی	متوسط

در این قسمت می‌خواهیم سؤالاتی را بررسی کنیم که در آن‌ها ویژگی‌های خازن مثل فاصله صفحه‌ها، ضریب دی الکتریک و ... تغییر می‌کنند. این تغییرات ممکن است هنگامی که خازن به باتری متصل است رخ دهند و یا ممکن است هنگامی که خازن از باتری جدا شده است رخ دهند که در ادامه هر دو حالت را با یک مثال بررسی می‌کنیم.

(۱) خازن به باتری وصل باشد:

در این حالت ولتاژ خازن همواره ثابت است و با کمک این موضوع می‌توانیم تغییرات سایر کمیت‌ها را بدست آوریم.
به مثال زیر توجه کنید.

مثال:

یک خازن تخت به یک باتری وصل شده است تا شارژ شود. اگر در حالی که خازن به باتری متصل است، فاصله صفحه‌ها را ۲ برابر کنیم، به سؤالات زیر پاسخ دهید؟

(الف) ولتاژ خازن چگونه تغییر می‌کند؟

چون خازن به باتری وصل است، ولتاژ ثابت می‌ماند.

(ب) ظرفیت خازن چگونه تغییر می‌کند؟

$$C = k\epsilon \frac{A}{d} \Rightarrow \frac{1}{2} \text{ برابر می‌شود.}$$

ج) بار الکتریکی خازن چگونه تغییر می‌کند؟

$$q = \overset{\frac{1}{\text{برابر}}}{\underset{\text{ثابت}}{C}} V \Rightarrow \text{بار خازن } \frac{1}{\text{برابر}} \text{ می‌شود.}$$

د) میدان الکتریکی درون خازن چگونه تغییر می‌کند؟

$$E = \frac{\overset{\text{ثابت}}{V}}{\underset{\frac{1}{\text{برابر}}}{d}} \Rightarrow \text{میدان الکتریکی } \frac{1}{\text{برابر}} \text{ می‌شود.}$$

ه) انرژی خازن چگونه تغییر می‌کند؟

$$U = \frac{1}{\text{برابر}} \overset{\frac{1}{\text{برابر}}}{\underset{\text{ثابت}}{C}} V^2 \Rightarrow \text{انرژی } \frac{1}{\text{برابر}} \text{ می‌شود.}$$

۲) خازن از باتری جدا باشد:

در این حالت چون خازن به جایی وصل نیست، بار الکتریکی آن ثابت می‌ماند و با کمک این موضوع می‌توانیم سایر کمیت‌ها را بررسی کنیم.

مثال:

یک خازن تخت به یک باتری وصل شده است تا شارژ شود. اگر خازن را از باتری جدا کنیم و سپس فاصله صفحات را ۲ برابر کنیم، به سؤالات زیر پاسخ دهید؟

الف) بار خازن چگونه تغییر می‌کند؟

چون خازن از باتری جدا شده است، بار آن ثابت می‌ماند.

ب) ظرفیت خازن چگونه تغییر می‌کند؟

$$C = k\epsilon \frac{A}{\underset{\frac{1}{\text{برابر}}}{d}} \Rightarrow \text{ظرفیت } \frac{1}{\text{برابر}} \text{ می‌شود.}$$

ج) اختلاف پتانسیل خازن چگونه تغییر می‌کند؟

$$\overset{\frac{1}{\text{برابر}}}{q} = \underset{\text{ثابت}}{C} V \Rightarrow \text{ولتاژ خازن } ۲ \text{ برابر می‌شود.}$$

د) میدان الکتریکی درون خازن چگونه تغییر می‌کند؟

$$E = \frac{q}{k\epsilon A} \xrightarrow{q, A, k \text{ ثابت}} \text{میدان الکتریکی ثابت می‌ماند.}$$

می‌توانستیم با رابطه $E = \frac{V}{d}$ هم به این قسمت پاسخ دهیم

ه) انرژی خازن چگونه تغییر می‌کند؟

$$U = \frac{1}{\text{برابر}} \overset{\text{ثابت}}{\underset{\frac{1}{\text{برابر}}}{C}} \overset{\frac{1}{\text{برابر}}}{q} V \Rightarrow \text{انرژی } ۲ \text{ برابر می‌شود.}$$

برای حل این سؤال، تغییرات هر یک از کمیت‌ها را جداگانه بررسی می‌کنیم.

۱) ولتاژ: چون خازن به باتری وصل است، ولتاژ ثابت می‌ماند.

۲) ظرفیت خازن: مطابق رابطه $C = k\epsilon \frac{A}{d}$ ، با خارج کردن دی الکتریک با ضریب k ، ظرفیت خازن $\frac{1}{k}$ برابر می‌شود.

۳) بار الکتریکی:

$$q = \overset{\frac{1}{\text{برابر}}}{\underset{\text{ثابت}}{C}} V \Rightarrow \text{بار خازن } \frac{1}{k} \text{ برابر می‌شود.}$$

۴) انرژی خازن:

$$U = \frac{1}{\text{برابر}} \overset{\frac{1}{\text{برابر}}}{\underset{\text{ثابت}}{C}} \overset{\frac{1}{\text{برابر}}}{q} V \Rightarrow \text{انرژی خازن } \frac{1}{k} \text{ برابر می‌شود.}$$

۵) شدت میدان الکتریکی:

$$E = \frac{V}{d} \Rightarrow \text{میدان الکتریکی ثابت می ماند.}$$

مطابق توضیحات بالا، فقط عبارت (ج) صحیح است.

این سؤال بر اساس تمرین ۲۴ در انتهای فصل ۱ کتاب درسی فیزیک یازدهم رشته تجربی طرح شده است.

گروه آموزشی ماز

۱۳ - خازنی که بین صفحه‌های آن هوا وجود دارد را به یک باتری ۵ ولتی متصل می‌کنیم. اگر فاصله‌ی دو صفحه را دو برابر نموده و بین صفحه‌های خازن یک عایق به ضریب دی الکتریک ۴ قرار داده و ولتاژ دو سر باتری را ۲۰ درصد کاهش دهیم، انرژی خازن چند درصد تغییر می‌کند؟

۵۶٪

۵/۶٪

۲۸٪

۲/۸٪

پاسخ: گزینه ۲

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شماره	پایه	مبحث	این تست	درنامه	مثال	بخش اگر...	درجه	میزان
درجه ۱۰	۷	۷	۸	سوال	پاردهم	انرژی خازن	دارای...	✓	✓	✓	صفحتی	صفحت

عوامل موثر بر ظرفیت خازن

ظرفیت خازن با صفحه‌های تخت موازی به عامل‌های زیر بستگی دارد.

با فاصله دو صفحه از یکدیگر نسبت عکس دارد. (d)

$$C \propto \frac{1}{d}$$

$$C \propto A$$

با مساحت بخشی از دو صفحه که در مقابل هم قرار دارند (A) نسبت مستقیم دارد.

ظرفیت خازن به جنس عایق یا دی الکتریکی که بین دو صفحه خازن قرار می‌گیرد بستگی دارد. در نتیجه می‌توان ظرفیت خازن تخت را به کمک رابطه مقابل تعیین نمود.

$$C = k\epsilon \frac{A}{d}$$

ε: ثابت گذر دهی خلا می‌باشد و مقدار آن $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{N.m}^2$ است.

k: ثابت دی الکتریک که به جنس عایق بین صفحه‌ها بستگی دارد. اگر بین دو صفحه هوا باشد، $k = 1$ است.

پتانسیل فرو ریزش

مقدار بیشینه اختلاف پتانسیلی است که دی الکتریک می‌تواند بدون فرو ریزش تحمل کند.

قدرت دی الکتریک

مقدار بیشینه میدان الکتریکی است که دی الکتریک می‌تواند بدون فرو ریزش تحمل کند.

توجه: خازن‌ها معمولاً با مقدار ظرفیت آن‌ها و اختلاف پتانسیل بیشینه‌ای که می‌توانند تحمل کنند مشخص می‌شوند.

مقدار k برای سایر دی الکتریک‌ها بزرگتر از یک می‌باشد. ثابت دی الکتریک برای برخی مواد در جدول زیر آمده است.

برخی از ویژگی‌های دی الکتریک‌ها در دمای ۲۰°C

دی الکتریک جامد	ثابت دی الکتریک	قدرت دی الکتریک kV / mm	دی الکتریک مایع	ثابت دی الکتریک	قدرت دی الکتریک kV / mm	دی الکتریک گازی	ثابت دی الکتریک	قدرت دی الکتریک
شیشه پیرکس	۱۰-۶	۱۴	اکل	۲۵	۶۵	کربن دی اکسید	۱/۰۰۰۹۷	۶۰
میکا	۵/۶-۱/۶	۱۵۰	روغن	۲-۲/۲	۶۵	هوا	۱/۰۰۰۶۰	۳
کاغذ	۳/۵	۱۶	آب	۸۳-۸۰	۶۵	هیدروژن	۱/۰۰۰۲۶	۳
پارافین	۲/۲-۱/۵	۱۰						
تفلون	۲/۱	۶۰						

نکته: برای محاسبه ظرفیت خازن در حالتی که شرایط آن تغییر کند، می‌توان از رابطه زیر استفاده نمود.

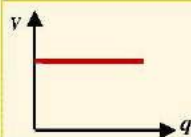
$$\frac{C'}{C} = \frac{K'}{K} \cdot \frac{A'}{A} \cdot \frac{d}{d'}$$

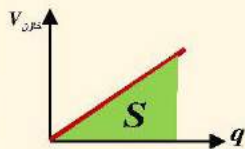
نکته: هنگامی که دو صفحه‌ی یک خازن به دو قطب یک مولد جریان مستقیم وصل باشد، اختلاف پتانسیل دو صفحه‌ی آن همان اختلاف پتانسیل دو قطب مولد بوده و هنگامی که یک خازن پُر شده را از مولد جدا می‌کنیم، بار الکتریکی آن ثابت می‌ماند.

نکته: اگر یک خازن که بین صفحه‌های آن چیزی وجود ندارد را توسط مولدی باردار نموده و سپس از مولد جدا نماییم، با تغییر فاصله‌ی بین صفحه‌های خازن، بزرگی میدان الکتریکی بین صفحه‌های خازن تغییر نمی‌کند.

انرژی ذخیره شده در خازن

هنگامی که یک خازن را با یک مولد (باتری) پُر می‌کنیم، مولد برای پُر کردن خازن انرژی مصرف می‌کند و این انرژی مصرف شده برای انتقال بار بر روی صفحه‌های خازن، در بارهای صفحه‌های خازن و هم چنین در میدان الکتریکی بین صفحات ذخیره می‌شود. اختلاف پتانسیل دو صفحه‌ی خازن از لحظه‌ی شروع تا پُر شدن به طور خطی افزایش می‌یابد خواهیم داشت.





نمودار اختلاف پتانسیل دو پایانه ی باتری بر حسب بار منتقل شده، مشابه نمودار مقابل است.
نمودار اختلاف پتانسیل دو صفحه ی خازن بر حسب بار ذخیره شده در خازن، مشابه نمودار مقابل است.
سطح زیر نمودار (یعنی S)، برابر با انرژی ذخیره شده در خازن است.

$$(\bar{V} = \frac{+V}{2} = \frac{V}{2}) \quad \bar{V} = \frac{U}{q} \Rightarrow \frac{1}{2}V = \frac{U}{q} \Rightarrow \frac{1}{2}qV$$

انرژی ذخیره شده در خازن از روابط زیر نیز تعیین می‌شود.

$$U = \frac{1}{2}CV^2 \quad \text{و} \quad U = \frac{1}{2}qV \quad \text{و} \quad U = \frac{q^2}{2C}$$

توجه: یکی از یکاهای انرژی الکتریکی، کیلووات ساعت است که 3.6×10^6 ژول است.

مثال:

یک خازن 3600 پیکو فارادی با اختلاف پتانسیل 300 ولت پر شده است. انرژی ذخیره شده در آن چقدر است؟

پاسخ:

$$U = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2} \times 3600 \times 10^{-12} \times (300)^2 = 162 \times 10^{-6} \text{ J} = 162 \mu\text{J}$$

مثال:

صفحات خازن پر شده ای را از مولد جدا کرده و بدون آن که به هم متصل شوند، آن‌ها را به هم نزدیک می‌کنیم. اختلاف پتانسیل دو صفحه و انرژی به ترتیب چه تغییری می‌کنند؟

(۱) کم، کم (۲) زیاد، زیاد (۳) زیاد، کم (۴) کم، زیاد

پاسخ:

گزینه (۱) درست است.

از آن جایی که، خازن پر شده از مولد جدا شده است بار الکتریکی آن ثابت است.

هنگامی که فاصله ی دو صفحه را کاهش می‌دهیم، ظرفیت خازن، افزایش می‌یابد. حال با توجه به رابطه ی $q = C.V \Rightarrow V = \frac{q}{C}$ می‌توان دید که با ثابت بودن q و افزایش C (مخرج کسر)، حاصل کسر (که همان V است)، کاهش می‌یابد.

هم‌چنین با توجه به رابطه ی $U = \frac{q^2}{2C}$ ، با ثابت بودن q و افزایش C (مخرج کسر)، حاصل کسر (که همان U است)، کاهش می‌یابد.

$$\frac{C'}{C} = \frac{k'}{k} \times \frac{d}{d'} = \frac{4}{1} \times \frac{1}{2} = 2$$

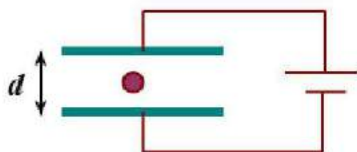
انرژی خازن از رابطه ی زیر تعیین می‌شود. بنابراین خواهیم داشت:

$$U = \frac{1}{2}CV^2 \Rightarrow \frac{U'}{U} = \frac{C'}{C} \times \left(\frac{V'}{V}\right)^2 \Rightarrow \frac{U'}{U} = 2 \times \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{2}{2} = 1 \Rightarrow \frac{U'}{U} = 1/28 \times 100 \rightarrow \frac{U'}{U} = 128\% \Rightarrow$$

پس U' نسبت به U ، 28 درصد افزایش یافت است.

گروه آموزشی ماز

14- در شکل مقابل، ذره‌ای به جرم m و بار الکتریکی q در فضای بین دو صفحه ی یک خازن به حال تعادل است. (شتاب گرانش را 10 m/s^2 در نظر بگیرید.)



اگر فاصله ی دو صفحه ی خازن را 20 درصد کاهش دهیم.....

- (۱) ذره با شتاب 5 m/s^2 به سمت بالا حرکت خواهد کرد.
- (۲) ذره با شتاب $2/5 \text{ m/s}^2$ به سمت بالا حرکت خواهد کرد.
- (۳) ذره با شتاب 5 m/s^2 به سمت پایین حرکت خواهد کرد.
- (۴) ذره با شتاب $2/5 \text{ m/s}^2$ به سمت پایین حرکت خواهد کرد.

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	این تست دارای...	در برنامه	مثال	بغش اگر...	درجه	میزان
درجه از ۱۰	۸	۷	۷	سوال	پاردهم	خازن	دارای...	۳	۳	۳	سهگتی	سهگتی

بر این ذره، دو نیرو اثر می‌کند. یکی وزن و دیگری از طرف میدان الکتریکی بین صفحه‌های خازن.

چون این ذره در حال تعادل است، نیرویی که از طرف میدان خازن، بر این ذره وارد می‌شود هم اندازه با وزن و رو به بالا خواهد بود.

$$F_E = mg \Rightarrow qE = mg$$

با توجه به اینکه اختلاف پتانسیل دو صفحه‌ی خازن ثابت است، بنابراین میدان الکتریکی خازن $(E = \frac{V}{d})$ ، با فاصله‌ی دو صفحه (d) رابطه‌ی معکوس دارد.

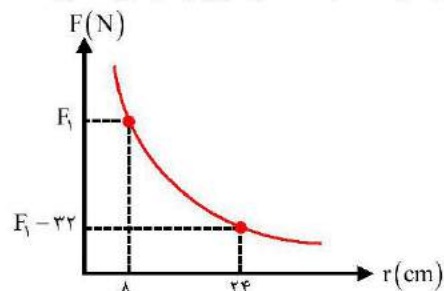
$$E = \frac{V}{d} \Rightarrow \frac{E'}{E} = \frac{d}{d'} = \frac{d}{0.75d} \Rightarrow \frac{E'}{E} = \frac{d}{0.75d} = 1/0.75 \Rightarrow E' = 1/0.75 E$$

$$F_E = qE \Rightarrow \frac{F_E'}{F_E} = \frac{E'}{E} = 1/0.75 \Rightarrow F_E' = 1/0.75 F_E = 1/0.75 mg$$

چون $F_E' > mg$ است، ذره رو به بالا به حرکت در می‌آید. حال طبق قانون دوم نیوتون، می‌توانیم بنویسیم:

$$F_E' - mg = ma \Rightarrow 1/0.75 mg - mg = ma \Rightarrow a = 0.75g = 0.75 \times 10 \Rightarrow a = 7.5 \text{ m/s}^2$$

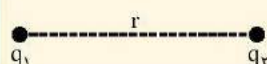
15- نمودار تغییرات نیروی الکتریکی بین دو بار هم‌اندازه برحسب فاصله آن‌ها مطابق شکل است. این دو بار را در فاصله چند سانتی‌متری از هم قرار دهیم تا نیروی الکتریکی بین آن‌ها برابر 144 N شود؟



- ۴ ۱
- ۸ ۲
- ۱۲ ۳
- ۱۶ ۴

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب	درجه	میزان
درجه از ۱۰	۲	۸	۸	سوال	پاردهم	الکتریسیته ساکن	و ترکیب	۳	۳	سهگتی	متوسط

(۱) مطابق قانون کولن، اگر بارهای q_1 و q_2 در فاصله r از هم قرار بگیرند، نیروی الکتریکی که به هم وارد می‌کنند برابر است با:

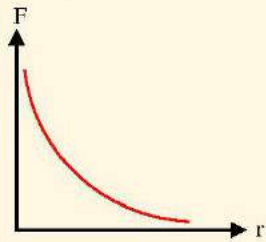


$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2}$$

(۲) ثابت کولن است که یکای آن $\frac{N \cdot m^2}{C^2}$ و مقدار تقریبی آن 9×10^9 است.

(۳) برای مقایسه نیروی الکتریکی بین بارها می‌توان نوشت:

$$F \propto \frac{q_1 q_2}{r^2} \Rightarrow \frac{F}{F'} = \left| \frac{q_1' q_2'}{q_1 q_2} \right| \times \left(\frac{r}{r'} \right)^2$$



(۴) نمودار تغییرات نیروی الکتریکی بر حسب فاصله دو بار مطابق شکل به صورت نزولی خواهد بود.

مثال:

دو بار نقطه‌ای $q_1 = 10 \mu C$ و $q_2 = 20 \mu C$ را در چه فاصله‌ای از هم قرار دهیم تا با نیروی ۵ نیوتون یکدیگر را دفع کنند؟

$$\left(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \right)$$

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} \Rightarrow 5 = 9 \times 10^9 \times \frac{20 \times 10 \times 10^{-12}}{r^2}$$

$$\Rightarrow 5 = \frac{1800}{r^2} \Rightarrow r^2 = 36 \Rightarrow r = 6 \text{ m}$$

مثال:

دو بار الکتریکی در فاصله ۱۰ cm به هم نیروی F را وارد می‌کنند. چند سانتی‌متر فاصله بارها را افزایش دهیم تا نیروی بین آن‌ها $\frac{F}{4}$ شود؟

$$F \propto \frac{q_1 q_2}{r^2} \xrightarrow{\text{بارها ثابت}} \frac{F}{F'} = \left(\frac{r}{r'} \right)^2 \Rightarrow \frac{1}{4} = \left(\frac{10}{r'} \right)^2$$

$$\Rightarrow r' = 20 \text{ cm} \Rightarrow \text{فاصله بارها باید ۱۰ cm افزایش یابد.}$$

(۵) در سؤالاتی که چند بار الکتریکی وجود دارند و نیروی وارد بر یکی از آن‌ها را می‌خواهیم، گام‌های زیر را طی می‌کنیم.

گام اول: بردار نیروی الکتریکی که هریک از بارها وارد می‌کنند را رسم می‌کنیم.

گام دوم: نیروهای الکتریکی را جداگانه محاسبه می‌کنیم.

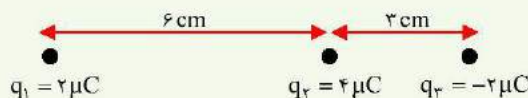
گام سوم: بردارهای به‌دست آمده را به صورت برداری جمع می‌کنیم.

اگر بردارها هم‌جهت باشند، اندازه آن‌ها جمع می‌شود، اگر خلاف جهت هم باشند، اندازه آن‌ها از هم کم می‌شود و اگر عمود برهم باشند با کمک رابطه فیثاغورس برآیند آن‌ها محاسبه می‌شود.

در ادامه با حل یک مثال مطالب فوق را مرور می‌کنیم.

مثال:

مطابق شکل، ۳ بار الکتریکی روی یک خط قرار دارند. نیروی الکتریکی برآیند وارد بر q_2 چند نیوتون است؟

$$\left(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \right)$$


ابتدا دقت کنید که q_1 ، q_2 را دفع می‌کند و q_3 ، q_2 را جذب می‌کند، بنابراین جهت نیروهای وارد بر q_2 مطابق شکل زیر است.



در ادامه این دو نیرو را محاسبه می‌کنیم.

در صورتی که برای ثبت نام در آزمون ماز به راهنمایی نیاز دارید، عدد ۲۰ را به سامانه ۰۲۰۰۰۸۵۸۵ ارسال کنید.

$$F_{1r} = k \frac{q_1 q_r}{r_{1r}^2} = 9 \times 10^{-9} \times \frac{2 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{(6 \times 10^{-2})^2} = 20 \text{ N}$$

$$F_{rr} = k \frac{q_r q_r}{r_{rr}^2} = 9 \times 10^{-9} \times \frac{2 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{(3 \times 10^{-2})^2} = 80 \text{ N}$$

در ادامه باتوجه به این که دو نیرو هم جهت هستند، برابند آنها برابر مجموع اندازه آنهاست و نیروی کل برابر 100 N می باشد.

این سؤال را در گام های زیر حل می کنیم.

گام اول: مقایسه نیروی الکتریکی در فاصله های 8 cm و 24 cm :

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} \xrightarrow{q_1, q_2 \text{ ثابت}} \frac{F'}{F} = \left(\frac{r}{r'} \right)^2$$

$$\Rightarrow \frac{F_1}{F_1 - 32} = \left(\frac{24}{8} \right)^2 \Rightarrow \frac{F_1}{F_1 - 32} = 9$$

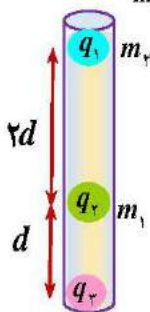
$$\Rightarrow F_1 = 9F_1 - 288 \Rightarrow F_1 = 36 \text{ N}$$

گام دوم: اگر فرض کنیم، نیروی الکتریکی در فاصله r' برابر $F' = 144 \text{ N}$ شود، با مقایسه با نیروی الکتریکی در فاصله $r = 8 \text{ cm}$ داریم:

$$\frac{F'}{F} = \left(\frac{r}{r'} \right)^2 \Rightarrow \frac{144}{36} = \left(\frac{8}{r'} \right)^2 \Rightarrow 4 = \left(\frac{8}{r'} \right)^2 \Rightarrow r' = 4 \text{ cm}$$

گروه آموزشی ماز

16- در شکل مقابل، سه گوی با بارهای همنام q_1 و $q_2 = 2q_1$ و $q_3 = 2q_1$ درون لوله ای عایقی در حال تعادل هستند. نسبت $\frac{m_1}{m_2}$ کدام است؟



(دیواره لوله، فاقد اصطکاک است).

- (1) $\frac{7}{5}$
(2) $\frac{9}{11}$
(3) $\frac{5}{6}$
(4) $\frac{33}{5}$

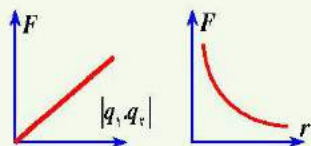
پاسخ: گزینه 4

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان سختی
درجه 3	10	9	8	سوال	یازدهم	الکتریسیته ساکن	و ترکیب	☑	☑	سختی	سخت

نکته: اگر q_1 و q_2 هر دو بر حسب میکروکولن و فاصله بین آنها r بر حسب سانتی متر باشد، بدون هیچ گونه تبدیل یکایی،

به کمک رابطه $F = \frac{90 |q_1| |q_2|}{r^2}$ می توان به راحتی F را محاسبه کرد.

نکته: نمودار بزرگی نیروی الکتریکی بارهای نقطه ای بر حسب حاصل ضرب مقدار دو بار و همچنین بر حسب فاصله ی دو بار به صورت شکل های رو به رو است:



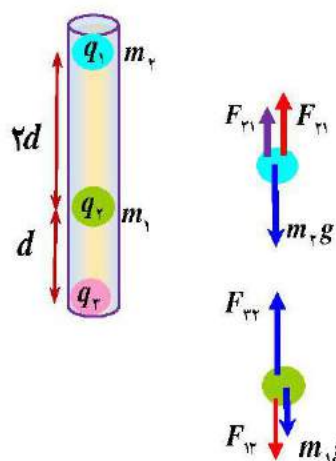
دو بار الکتریکی نقطه ای $q_1 = +4 \mu\text{C}$ و $q_2 = -6 \mu\text{C}$ در فاصله 3 cm از هم چه نیروی الکتریکی به هم وارد می کنند؟

پاسخ:

$$F = \frac{90 |q_1| |q_2|}{r^2} = \frac{90 \times 4 \times 6}{9} = 240 \text{ N}$$

چون دو بار ناهم نام اند، نیروی الکتریکی بین دو بار از نوع جاذبه است.

☀ یک نکته ی دیگر: اگر جسمی ساکن باشد و یا با سرعت ثابت در حرکت باشد، برابند نیروهای وارد بر آن صفر است.



ابتدا تعادل جرم بالایی را بررسی می‌کنیم. سه نیرو بر آن اثر می‌کند. یکی وزن (رو به پایین)، دو نیروی دیگر از طرف بارهای دیگر چون جسم در حال تعادل است، خواهیم داشت:

$$F_{r1} + F_{r2} = m_1 g \Rightarrow k \frac{q_1 q_1}{(2d)^2} + k \frac{q_1 q_1}{(2d)^2} = m_1 g \xrightarrow{q_1 = 2q_1, q_1 = 2q_1} \Rightarrow k \frac{q_1^2}{2d^2} + k \frac{q_1^2}{2d^2} = m_1 g \Rightarrow \frac{2}{2} k \frac{q_1^2}{d^2} = m_1 g \quad (1)$$

حال تعادل جرم میانی را بررسی می‌کنیم. سه نیرو بر آن اثر می‌کند. یکی وزن (رو به پایین)، دو نیروی دیگر از طرف بارهای دیگر

(توجه: چون بارهای الکتریکی همتام هستند همگی آنها از نوع رانشی یا دافعه هستند) چون جسم در حال تعادل است، خواهیم داشت:

$$F_{r2} = F_{r1} + m_2 g \Rightarrow k \frac{q_1 q_1}{d^2} = k \frac{q_1 q_1}{(2d)^2} + m_2 g \Rightarrow k \frac{q_1^2}{d^2} = k \frac{q_1^2}{2d^2} + m_2 g$$

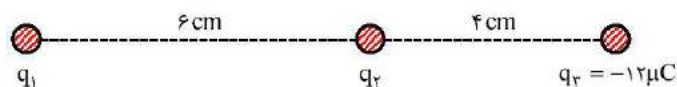
$$\frac{11}{2} k \frac{q_1^2}{d^2} = m_2 g \quad (2)$$

با تقسیم طرفین رابطه‌ی (۲) بر (۱) داریم:

$$\frac{\frac{11}{2} k \frac{q_1^2}{d^2}}{\frac{2}{2} k \frac{q_1^2}{d^2}} = \frac{m_2 g}{m_1 g} \Rightarrow \frac{m_2}{m_1} = \frac{22}{5}$$

گروه آموزشی ماز

17 - در شکل مقابل نیروی الکتریکی خالص وارد بر هر سه بار الکتریکی برابر صفر است. اندازه بار q_2 برابر میکروکولن و علامت آن است.



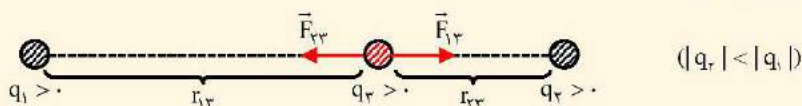
- (۱) ۴/۳۲، مثبت
(۲) ۴/۳۲، منفی
(۳) ۴/۱۶، مثبت
(۴) ۴/۱۶، منفی

پاسخ: گزینه ۱

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شداسه	پایه	معمت	پیش نیاز	پیش نیاز لازم نیست	مفاهیم قابل ترکیب	درجه	میزان
درجه اثر ۱۰	۱	۵	۷	سوال	پانزدهم	الکتریسیته ساکن	و ترکیب		۱۵	سه‌گانه	ساده

فرض کنید دو بار معلوم q_1 و q_2 در نزدیکی یکدیگر قرار دارند. می‌خواهیم ببینیم بار مجهول q_3 را کجا قرار دهیم تا نیروی خالص وارد بر آن صفر شود. برای این منظور دو حالت را بررسی می‌کنیم:

(۱) بارهای q_1 و q_2 همتام باشند:



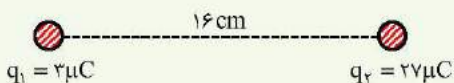
در این حالت بار q_3 باید در فاصله بین دو بار و نزدیک بار کوچک‌تر قرار گیرد تا برابری نیروهای وارد بر آن صفر شود. در شکل بالا برای سادگی فرض کرده‌ایم همه بارها مثبت باشند.

$$F_{r1} = F_{r2} \Rightarrow k \frac{|q_1| |q_3|}{r_{13}^2} = k \frac{|q_2| |q_3|}{r_{23}^2} \Rightarrow \frac{|q_1|}{r_{13}^2} = \frac{|q_2|}{r_{23}^2}$$

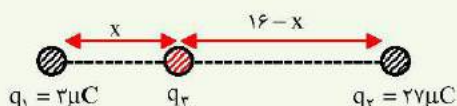
نکته: دقت کنید اندازه و علامت بار q_3 هیچ اهمیتی در جواب سؤال ندارد.

مثال:

در شکل مقابل، بار q_3 را در چه فاصله‌ای از q_1 قرار دهیم تا نیروی خالص وارد بر q_3 صفر شود؟



چون بارهای q_1 و q_2 هم‌علامت هستند، بار q_3 باید در فاصله بین دو بار و نزدیک بار کوچک‌تر قرار گیرد. به شکل زیر دقت کنید.

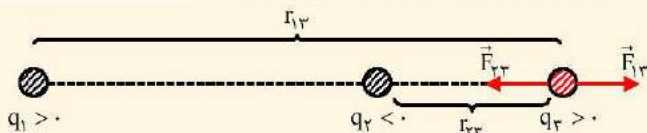


$$\Rightarrow \frac{|q_1|}{x^2} = \frac{|q_2|}{(16-x)^2} \Rightarrow \frac{3}{x^2} = \frac{27}{(16-x)^2}$$

$$\xrightarrow{\text{جذر}} \frac{1}{x} = \frac{3}{16-x} \Rightarrow 3x = 16-x \Rightarrow x = 4 \text{ cm}$$

بنابراین بار q_3 باید در فاصله 4 cm از بار q_1 قرار گیرد.

(۲) بارهای q_1 و q_2 ناهم‌نام باشند:



$$(|q_2| < |q_1|)$$

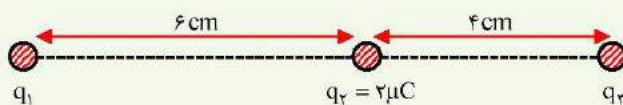
در این حالت بار q_3 باید خارج از فاصله بین دو بار و نزدیک بار کوچک‌تر قرار گیرد تا براینده نیروهای وارد بر آن بتواند صفر شود. در ادامه کافی است که F_{13} و F_{23} هم‌اندازه باشند.

$$\text{در تعادل } q_3: F_{13} = F_{23} \Rightarrow k \frac{|q_1 q_3|}{r_{13}^2} = k \frac{|q_2 q_3|}{r_{23}^2} \Rightarrow \frac{|q_1|}{r_{13}^2} = \frac{|q_2|}{r_{23}^2}$$

مانند حالت قبل، بار q_3 هیچ اهمیتی در جواب سؤال ندارد.

مثال:

در شکل مقابل بار q_3 در تعادل است. q_1 چند میکروکولن است؟



چون q_3 در تعادل است، نیرویی که q_1 به q_3 وارد می‌کند باید هم‌اندازه نیرویی باشد که q_2 به q_3 وارد می‌کند. همچنین دقت کنید که چون q_3 در خارج از فاصله دو بار قرار دارد، بار q_1 مخالف q_2 است، پس بار q_1 منفی خواهد بود. در ادامه می‌توان نوشت:

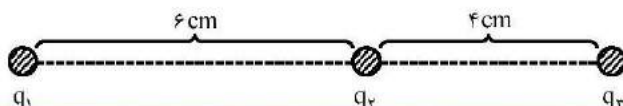
$$\Rightarrow \frac{|q_1|}{6^2} = \frac{2}{4^2} \Rightarrow |q_1| = 12/5 \mu\text{C}$$

$$\xrightarrow{q_1 \text{ منفی است}} q_1 = -12/5 \mu\text{C}$$

در این سؤال اندازه یک بار داده شده و اندازه دو بار دیگر مجهول است. ابتدا به خواسته سؤال دقت می‌کنیم که تنها اندازه بار q_2 را از ما می‌خواهد، پس نیازی به محاسبه بار q_1 نداریم. بنابراین باید تنها نیروی وارد بر بار q_1 را محاسبه کنیم؛ زیرا می‌دانیم نیروی خالص وارد بر بار q_1 صفر است و برای محاسبه نیروی خالص وارد بر هر باری که صفر باشد اندازه خود بار تأثیر و اهمیتی ندارد.

$$\Rightarrow \frac{|q_2|}{6^2} = \frac{12}{4^2} \Rightarrow |q_2| = \frac{36 \times 12}{100} = 4/32 \mu\text{C}$$

پس بارها q_1 و q_2 از ناحیه بین دو بار q_2 و q_3 در تعادل است پس باید q_1 و q_2 ناهم‌علامت باشند: $q_2 = +4/32 \mu\text{C}$



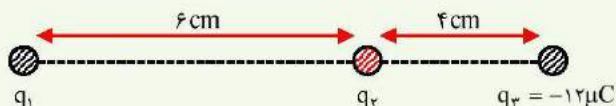
در صورتی که برای ثبت نام در آزمون ماز به راهنمایی نیاز دارید، عدد ۲۰ را به سامانه ۰۸۵۸۵۰۰۰ ارسال کنید.

اگر...

اگر اندازه بار q_1 را می‌خواستیم، پاسخ چه بود؟

پاسخ:

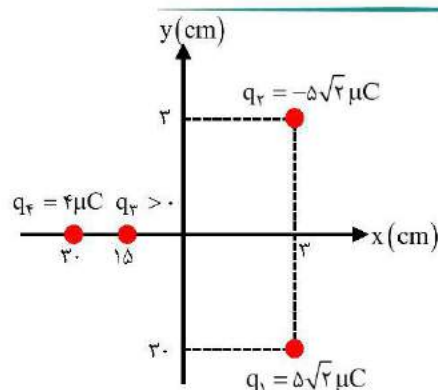
در این حالت کافی است شرط تعادل بار q_2 را بنویسیم. بچه‌ها بار q_2 در ناحیه بین دو بار q_1 و q_3 در تعادل است. پس باید q_1 و q_3 هم‌علامت باشند



$$\frac{|q_1|}{6^2} = \frac{12}{4^2} \Rightarrow |q_1| = 27 \mu C$$

دقت کنید که بار q_1 منفی است، بنابراین $q_1 = -27 \mu C$ می‌باشد.

گروه آموزشی ماز



18- در شکل مقابل میدان الکتریکی بر آیند در مبدأ مختصات برابر $\frac{N}{C} \times 10^6 \times 1/2$ است.

اندازه نیروی الکتریکی که q_3 به q_4 وارد می‌کند، چند نیوتون است؟ $\left(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \right)$

- ۱/۲ (۱)
۲ (۲)
۰/۸ (۳)
۳/۲ (۴)

پاسخ: گزینه ۴

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم نیست	مفاهیم قابل ترکیب	درجه	میزان
درجه ۱۰	۱	۱۰	۶	سوال	یازدهم	الکتریسیته ساکن	و ترکیب			سهگونی	سخت

(۱) برای محاسبه میدان الکتریکی حاصل از بار q در فاصله r از آن از رابطه زیر استفاده می‌کنیم:

$$E_A = k \frac{|q|}{r^2}$$

(۲) جهت میدان حاصل از بار مثبت به صورت شعاعی خارج شونده و جهت میدان حاصل از بار منفی به صورت شعاعی داخل شونده است. به شکل‌های زیر دقت کنید.

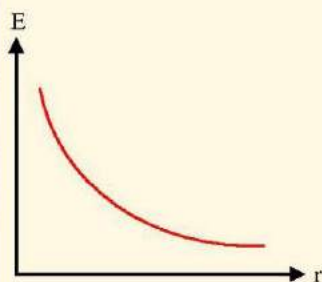


مثال: میدان الکتریکی در چه فاصله‌ای از بار $q = 4 \mu C$ برابر 10^5 واحد SI است؟ $\left(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \right)$

$$E = k \frac{|q|}{r^2} \Rightarrow 10^5 = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6}}{r^2}$$

$$\Rightarrow r^2 = 36 \times 10^{-2} \Rightarrow r = 0.6 m = 60 cm$$

(۳) نمودار تغییرات شدت میدان بر حسب فاصله از بار مطابق شکل زیر است. همان طور که واضح است با افزایش فاصله از بار، شدت میدان کاهش می‌یابد.



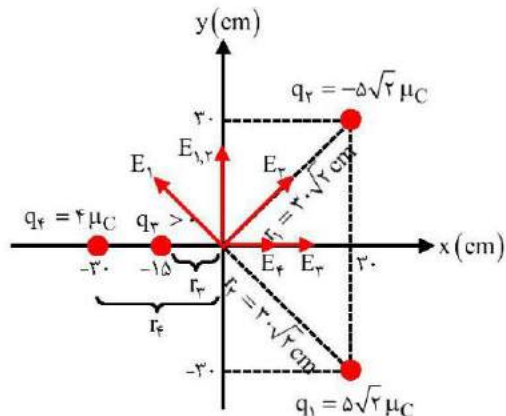
(۴) برای مقایسه دو میدان الکتریکی باهم می‌توان نوشت:

$$E = k \frac{|q|}{r^2} \Rightarrow \frac{E_r}{E_l} = \left| \frac{q_r}{q_l} \right| \times \left(\frac{r_l}{r_r} \right)^2$$

این سؤال را در گام‌های زیر حل می‌کنیم.

گام اول: ابتدا میدان حاصل از بارهای q_1 و q_2 را در مبدأ مختصات به دست آورده و برآیند آن دو را حساب می‌کنیم.

دقت کنید فاصله q_1 و q_2 تا مبدأ مختصات برابر با $3\sqrt{2}$ cm می‌باشد.



$$E_l = \frac{k|q_l|}{r^2} = \frac{9 \times 10^{-9} \times 5\sqrt{2} \times 10^{-6}}{(3\sqrt{2} \times 10^{-2})^2} = \frac{5\sqrt{2}}{2} \times 10^5 \frac{N}{C}$$

$$E_r = \frac{k|q_r|}{r^2} = \frac{9 \times 10^{-9} \times 5\sqrt{2} \times 10^{-6}}{(3\sqrt{2} \times 10^{-2})^2} = \frac{5\sqrt{2}}{2} \times 10^5 \frac{N}{C}$$

$$E_r \text{ و } E_l \text{ برآیند: } E_{l,r} = \sqrt{\left(\frac{5\sqrt{2}}{2} \times 10^5\right)^2 + \left(\frac{5\sqrt{2}}{2} \times 10^5\right)^2} = 5 \times 10^5 \frac{N}{C}$$

گام دوم: می‌دانیم برآیند E_l ، E_r ، $E_{l,r}$ و $E_{r,l}$ در مبدأ مختصات $\frac{1}{2} \times 10^6 \frac{N}{C}$ می‌باشد و باتوجه به رابطه فیثاغورس و برآیند E_l و E_r می‌توانیم برآیند E_r و E_l را به دست آوریم.

$$E_{l,r} = \sqrt{\left(5 \times 10^5\right)^2 + E_{r,l}^2} \xrightarrow{\text{توجه به اعداد فیثاغورس } 12 \text{ و } 13} E_{r,l} = \frac{1}{2} \times 10^6$$

$$E_r = \frac{k|q_r|}{(r_r)^2} = \frac{9 \times 10^{-9} \times 4 \times 10^{-6}}{(2 \times 10^{-2})^2} = 4 \times 10^5 \frac{N}{C}$$

بنابراین E_r را از رابطه زیر به دست می‌آوریم.

$$E_r = 1/2 \times 10^6 - 4 \times 10^5 = 8 \times 10^4 \frac{N}{C}$$

$$8 \times 10^5 = \frac{k |q_r|}{(r_r)^2} = \frac{9 \times 10^9 \times q_r}{(15 \times 10^{-2})^2} \Rightarrow q_r = 2 \times 10^{-6} C = 2 \mu C$$

گام سوم: محاسبه نیروی بین بارهای q_2 و q_3

$$F_{r23} = k \frac{|q_2| |q_3|}{r_{23}^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{(15 \times 10^{-2})^2} = \frac{80}{25} = 3/2 N$$

اگر...

اگر نیرویی که بار q_3 به q_1 وارد می‌کرد را می‌خواستیم، پاسخ چه بود؟
پاسخ:

فاصله بارهای q_1 و q_2 برابر است با:

$$r = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2} = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5\sqrt{2} \text{ cm}$$

بنابراین نیروی الکتریکی برابر است با:

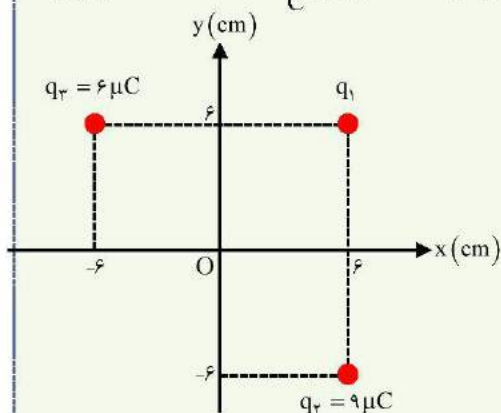
$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 5\sqrt{2} \times 10^{-6}}{(5\sqrt{2} \times 10^{-2})^2} = \frac{4\sqrt{2}}{13} N$$

این سؤال براساس یکی از تست‌های کنکور تجربی خارج از کشور سال ۱۴۰۰ طرح شده است که در ادامه آن را بررسی می‌کنیم.

(تست کنکور خارج از کشور رشته تجربی سال ۱۴۰۰)

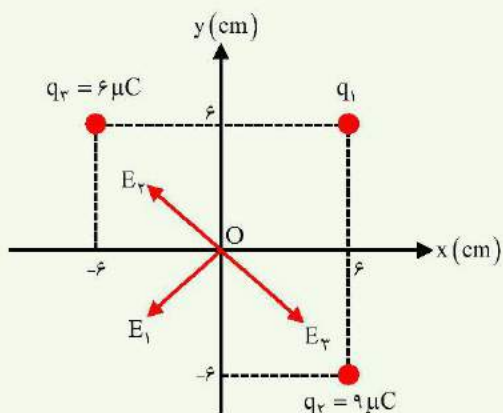
مطابق شکل سه بار نقطه‌ای در صفحه xy قرار دارند و بزرگی میدان الکتریکی خالص در نقطه O (مرکز مختصات) برابر $6/25 \times 10^6 \frac{N}{C}$ است. $|q_1|$ چند میکروکولن است؟

$$\left(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \right)$$



پاسخ:

ابتدا دقت کنید فاصله همه بارها تا مرکز مختصات برابر $6\sqrt{2} \text{ cm}$ است. در ادامه میدان حاصل از بارهای q_2 و q_3 را به دست می‌آوریم. به شکل زیر که جهت بردارهای میدان را نشان می‌دهد توجه کنید.



فرض کرده‌ایم q_1 مثبت باشد ←

$$E_r = k \frac{|q_r|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{9 \times 10^{-6}}{(6\sqrt{2} \times 10^{-2})^2} = \frac{9}{8} \times 10^7 \frac{N}{C}$$

$$E_r = k \frac{|q_r|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{6 \times 10^{-6}}{(6\sqrt{2} \times 10^{-2})^2} = \frac{6}{8} \times 10^7 \frac{N}{C}$$

بنابراین برایند \vec{E}_r و \vec{E}_r برابر است با:

$$\vec{E}_r \text{ و } \vec{E}_r \text{ برایند: } E_{r,r} = E_r - E_r = \frac{9}{8} \times 10^7 - \frac{6}{8} \times 10^7$$

$$\Rightarrow E_{r,r} = \frac{3}{8} \times 10^7 = 3/75 \times 10^6 \frac{N}{C}$$

میدان کل در مرکز مختصات با استفاده از رابطه فیثاغورس به دست می آید.

$$E_{\text{کل}} = \sqrt{E_1^2 + E_{r,r}^2} \Rightarrow 6/25 \times 10^6 = \sqrt{E_1^2 + (3/75 \times 10^6)^2}$$

توجه به اعداد فیثاغورس ۳/۷۵، ۵ و ۶/۲۵

$$\rightarrow E_1 = 5 \times 10^6 \frac{N}{C}$$

در ادامه با داشتن E_1 می توانیم q_1 را محاسبه کنیم.

$$E_1 = k \frac{|q_1|}{r^2} \Rightarrow 5 \times 10^6 = 9 \times 10^9 \times \frac{q_1}{(6\sqrt{2} \times 10^{-2})^2} \Rightarrow |q_1| = 4 \times 10^{-6} C = 4 \mu C$$

گروه آموزشی ماز

19- در آزمایش قطره -روغن میلیکان، یک قطره روغن به جرم 0.2 نانوگرم درون میدان الکتریکی یکنواخت $E = 1/25 \times 10^6 \frac{N}{C}$ که جهت آن به سمت

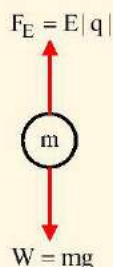
بالاست در تعادل قرار دارد. تعداد الکترون های این قطره از پروتون هایش است. ($e = 1/6 \times 10^{-19} C$ ، $g = 10 \frac{N}{kg}$)

۱) ۱۰ تا کم تر ۲) ۱۰ تا بیش تر ۳) ۱۰۰ تا کم تر ۴) ۱۰۰ تا بیش تر

پاسخ: گزینه ۱

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شفافه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۱ تا ۵	۴	۷	۸	سوال	یازدهم	الکتریسیته ساکن	و ترکیب				

در این درسنامه می خواهیم تعادل جسم بارداری را که تحت تأثیر نیروی الکتریکی و وزن قرار دارد بررسی کنیم. شکل زیر نیروهای وارد بر جسم را نشان می دهد.



باتوجه به این که جسم در تعادل قرار دارد، نیروی وزن و نیروی الکتریکی هم اندازه هستند و می توان نوشت:

$$F_E = W \Rightarrow E|q| = mg$$

در مورد جهت میدان و علامت بار به موارد زیر دقت کنید:

الف) اگر بار مثبت باشد ($q > 0$)، نیروی الکتریکی هم جهت با میدان الکتریکی است، بنابراین میدان الکتریکی به سمت بالا خواهد بود.

ب) اگر بار منفی باشد ($q < 0$)، نیروی الکتریکی و میدان در خلاف جهت هم هستند، بنابراین میدان الکتریکی به سمت پایین خواهد بود.



مثال:

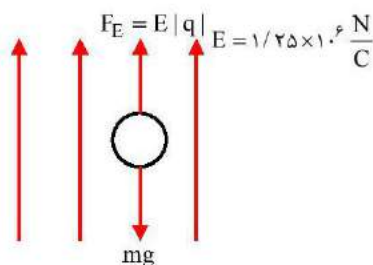
یک ذرهٔ باردار به جرم $m = 4 \text{ gr}$ دارای بار الکتریکی $q = 4 \mu\text{C}$ است. این ذره را از ارتفاعی رها می‌کنیم. برای آن‌که این ذره معلق بماند و سقوط نکند، باید

میدان الکتریکی در جهت و با شدت واحد SI در اطراف ذره ایجاد کنیم. $\left(g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}\right)$

ابتدا دقت کنید که چون بار ذره مثبت است، میدان به سمت بالا خواهد بود. برای محاسبهٔ اندازهٔ میدان می‌توان نوشت:

$$mg = E|q| \Rightarrow 4 \times 10^{-3} \times 10 = 4 \times 10^{-6} \times E \Rightarrow E = 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

از آن جایی که جهت میدان در صورت سؤال به سمت بالا گفته شده و می‌دانیم نیروی وزن وارد شده بر قطره روغن به سمت پایین می‌باشد، بنابراین برای در تعادل بودن قطره باید جهت نیرویی که از سمت میدان بر ذره وارد می‌شود به سمت بالا باشد. پس بار قطره باید مثبت باشد و در نتیجه تعداد پروتون‌ها از الکترون‌ها بیش‌تر است و گزینه‌های (۲) و (۴) رد می‌شوند.



تعادل: $F_E = mg$

$$mg = 0.2 \times 10^{-12} \times 10 = 2 \times 10^{-12} \text{ N}$$

$$F_E = E|q| \Rightarrow 1/25 \times 10^6 \times q = 2 \times 10^{-12} \Rightarrow q = 16 \times 10^{-19} \text{ C}$$

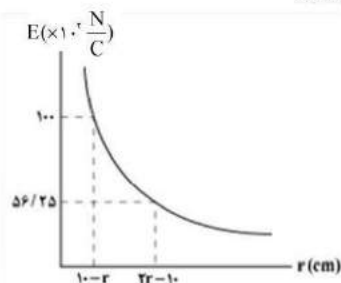
$$q = ne \Rightarrow 1/6 \times 10^{-19} \times n = 16 \times 10^{-19} \Rightarrow n = 10$$

الکترون‌ها ۱۰ تا از پروتون‌ها کم‌تر هستند.

این سؤال براساس تمرین ۷-۱ در فصل اول کتاب درسی فیزیک یازدهم رشتهٔ تجربی طرح شده است.

گروه آموزشی ماز

20- نمودار تغییرات میدان الکتریکی ناشی از بار Q برحسب فاصله از آن مطابق شکل زیر است. r چند سانتی‌متر است؟



(۱) ۳

(۲) ۴

(۳) ۷

(۴) ۸

پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب یا	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۱۰	۸	۵	۸	سوال	یازدهم	میدان الکتریکی	و ترکیب	☒	☒	سختی	متوسط

میدان الکتریکی

به خاصیتی که در فضای پیرامون یک بار الکتریکی ایجاد می‌شود اصطلاحاً میدان الکتریکی می‌گویند. کمیتی برداری است و یکای آن در SI نیوتن بر کولن است. برای محاسبهٔ اندازهٔ میدان الکتریکی در فاصلهٔ r از بار الکتریکی q داریم:

$$E = \frac{k|q|}{r^2}$$

خطوط میدان الکتریکی

برای مجسم کردن میدان الکتریکی در فضای اطراف اجسام باردار از خط‌های جهت‌داری موسوم به خطوط میدان الکتریکی استفاده می‌کنیم که دارای ویژگی‌های زیر است:

۱. هیچ‌گاه یکدیگر را قطع نمی‌کنند.
۲. جهت آن‌ها اطراف بار مثبت به سمت خارج و اطراف بار منفی به سمت داخل است.
۳. مماس بر این خطوط در هر نقطه، جهت میدان در آن نقطه را نشان می‌دهد.
۴. تراکم این خطوط معرف بزرگی میدان الکتریکی است.

رابطه مقایسه‌ای:

$$E = \frac{k|q|}{r^2} \Rightarrow \frac{E_r}{E_1} = \frac{|q_r|}{|q_1|} \cdot \left(\frac{r_1}{r_r}\right)^2 \xrightarrow{\text{در } q \text{ ثابت باشد}} \frac{E_r}{E_1} = \left(\frac{r_1}{r_r}\right)^2$$

برای مقایسه اندازه میدان الکتریکی حاصل از یک بار، در فاصله‌های مختلف می‌توان نوشت:

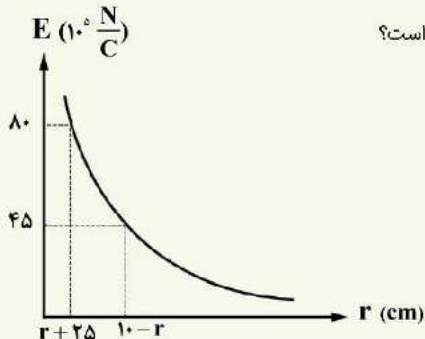
$$\frac{E_r}{E_1} = \left(\frac{r_1}{r_r}\right)^2$$

بنابراین با توجه به نمودار می‌توان نوشت:

$$\frac{56/25}{100} = \left(\frac{10-r}{2r-10}\right)^2 \Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{10-r}{2r-10} \Rightarrow r=7$$

به مثال زیر نیز توجه کنید:

سوال: نمودار تغییرات میدان الکتریکی ناشی از بار Q بر حسب فاصله از آن مطابق شکل زیر است. ۲ چند است؟



- ۱) ۱۰
- ۲) -۱۰
- ۳) ۵
- ۴) -۵

پاسخ: گزینه ۲

برای مقایسه اندازه میدان الکتریکی حاصل از یک بار، در فاصله‌های مختلف می‌توان نوشت:

$$\frac{E_r}{E_1} = \left(\frac{r_1}{r_r}\right)^2$$

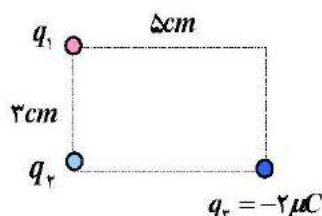
بنابراین با توجه به نمودار می‌توان نوشت:

$$\frac{45}{80} = \left(\frac{r+25}{10-r}\right)^2 \Rightarrow \frac{9}{16} = \left(\frac{r+25}{10-r}\right)^2 \Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{r+25}{10-r} \Rightarrow r = -10$$

گروه آموزشی ماز

21- مطابق شکل سه بار الکتریکی نقطه‌ای در ۳ رأس مستطیل قرار دارند. اگر برآیند میدان الکتریکی این سه بار، در رأس چهارم مستطیل صفر باشد،

نسبت $\frac{q_3}{q_1}$ کدام است؟



- ۱) $\frac{27}{125}$
- ۲) $\frac{3}{5}$
- ۳) $-\frac{3}{5}$
- ۴) $-\frac{27}{125}$

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شماره	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان سختی
درجه ۱۰	۱۰	۹	۸	سوال	پاردهم	الکتریسیته ساکن					

میدان الکتریکی

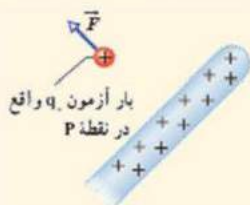
خاصیتی است که به فضای اطراف یک جسم باردار نسبت داده می‌شود. توسط این خاصیت، بر هر جسم باردار دیگر، که در این فضا قرار گیرد، نیروی الکتریکی وارد می‌شود. میدان الکتریکی کمیتی برداری است.

میدان الکتریکی: میدان الکتریکی در هر نقطه، عبارت است از نیروی الکتریکی که در آن نقطه بر یکای بار آزمون مثبت الکتریکی وارد می‌شود.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

میدان الکتریکی را با علامت \vec{E} نشان می‌دهند.

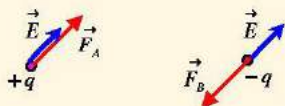
یکای میدان الکتریکی نیوتن بر کولن $(\frac{N}{C})$ است.



تذکر: بزرگی میدان الکتریکی به مقدار q بستگی ندارد. اما در عمل بار آزمون باید تا حد امکان کوچک باشد. زیرا وجود بار آزمون می‌تواند بارهای الکتریکی موجود در فضا را تحت تأثیر قرار داده و محل آنها را تغییر دهد و این تغییر وضعیت می‌تواند باعث تغییر میدان الکتریکی اولیه گردد. تذکر: بر حسب تعریف، جهت میدان الکتریکی در هر نقطه از فضا، جهت نیروی وارد بر بار آزمون مثبت در آن نقطه است.

نتیجه: اگر یک بار الکتریکی مثبت، در یک میدان الکتریکی قرار گیرد، نیرویی که میدان الکتریکی بر بار مثبت وارد می‌کند در جهت میدان است و اگر یک بار الکتریکی منفی، در یک میدان الکتریکی قرار گیرد، نیرویی که میدان الکتریکی بر بار منفی وارد می‌کند در خلاف جهت میدان است.

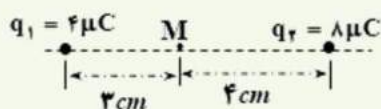
برای مثال اگر در شکل روبه‌رو، بر ذره A با بار مثبت، نیروی الکتریکی \vec{F}_A در جهت نشان داده شده وارد شود، میدان الکتریکی، در مکانی که این ذره قرار دارد در جهت نیروی \vec{F}_A است و اگر بر ذره B با بار منفی، نیروی \vec{F}_B وارد شود، جهت میدان الکتریکی، در مکانی که ذره B قرار گرفته است در خلاف جهت \vec{F}_B است.



میدان الکتریکی مجموعه‌ای از بارهای نقطه‌ای

برای محاسبه میدان الکتریکی حاصل از چند بار الکتریکی نقطه ای در یک نقطه، نخست باید میدان الکتریکی مربوط به هر یک از بارها را در آن نقطه محاسبه نمود، سپس برابند برداری آنها را تعیین نمود.

در شکل مقابل میدان الکتریکی برابند را در نقطه M تعیین کنید.



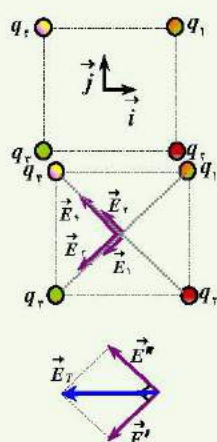
پاسخ: در نقطه M دو میدان الکتریکی مربوط به بارهای q_1 و q_2 وجود دارد. ابتدا میدان این بارها را در این دو نقطه مشخص کرده و سپس برابند آنها را بدست می‌آوریم.



$$E_{2M} = k \frac{|q_2|}{r_2^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{8 \times 10^{-6}}{(4 \times 10^{-2})^2} = 4.5 \times 10^7 \frac{N}{C}$$

$$E_{1M} = k \frac{|q_1|}{r_1^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6}}{(3 \times 10^{-2})^2} = 4 \times 10^7 \frac{N}{C}$$

$$\Rightarrow E_M = E_{rM} - E_{lM} \Rightarrow E_M = 5 \times 10^{-6} \frac{N}{C}$$



در شکل مقابل، چهار بار الکتریکی نقطه ای در راس های یک مربع به ضلع $6\sqrt{2}$ cm قرار دارند. میدان الکتریکی برایند در مرکز مربع را بر حسب بردارهای یکه تعیین نموده و بزرگی آن را محاسبه کنید. ($q_3 = q_4 = -4\mu C$, $q_1 = q_2 = +2\mu C$)

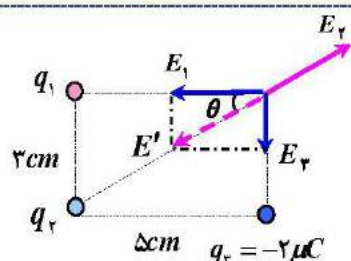
پاسخ:

$$E_1 = E_2 = k \frac{|q_1|}{r_1^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(2 \times 10^{-6})}{(6 \times 10^{-2})^2} = 5 \times 10^7 \text{ N/C}$$

$$E_3 = E_4 = k \frac{|q_3|}{r_3^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(4 \times 10^{-6})}{(6 \times 10^{-2})^2} = 10^8 \text{ N/C}$$

$$E' = E_3 = E_4 = 10^8 \text{ N/C}$$

$$\vec{E}_T = \sqrt{2} E' (-\vec{i}) = -1/\sqrt{2} \times 10^8 \vec{i} \text{ N/C} \Rightarrow E_T = 1/\sqrt{2} \times 10^8 \text{ N/C}$$



با توجه به شکل مقابل، با توجه به جهت میدان الکتریکی E_2 ، باید جهت میدان الکتریکی دو بار دیگر در جهت های نشان داده شده باشد تا میدان الکتریکی برایند در رأس چهارم مستطیل صفر شود. در نتیجه بار q_1 منفی خواهد بود. از طرفی بزرگی برایند دو میدان الکتریکی بارهای q_1 و q_2 (یعنی E') باید برابر باشد، با توجه به این توضیح ها و هم چنین شکل مقابل، خواهیم داشت:

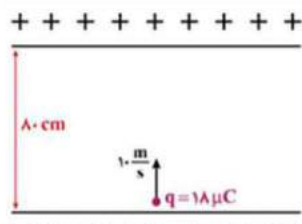
$$\tan \theta = \frac{E_2}{E_1} \Rightarrow \frac{r}{\delta} = \frac{k \times |q_2|}{k \times |q_1|} \Rightarrow \frac{r}{\delta} = \frac{r_2}{r_1} \cdot \frac{|q_2|}{|q_1|} \Rightarrow \frac{q_2}{q_1} = \frac{r_2}{r_1} \cdot \frac{r}{\delta} = \frac{27}{125}$$

گروه آموزشی ماز

22- مطابق شکل زیر، بین دو صفحه رسانا که به صورت موازی و افقی با سطح زمین قرار دارند، اختلاف پتانسیل $8000V$ برقرار کرده ایم. از مجاورت صفحه

منفی ذره ای به جرم 2 گرم و بار $q = 18\mu C$ را با سرعت اولیه $10 \frac{m}{s}$ به صورت قائم به طرف بالا پرتاب می کنیم. بعد از گذشت چند ثانیه جهت حرکت

ذره تغییر می کند؟ ($g = 10 \frac{N}{kg}$)



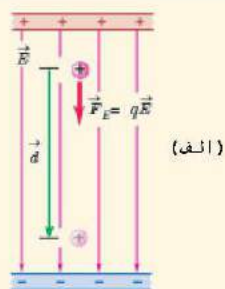
- ۱) 0.1
- ۲) 0.1
- ۳) 0.2
- ۴) 0.2

پاسخ: گزینه ۲

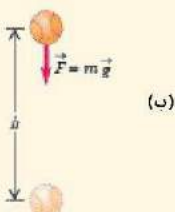
مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم نیست	مفاهیم قابل درک نیست	درجه	میزان
درجه از ۱۰	۸	۸	۸	سوال	پاردهم	میدان الکتریکی	و ترکیب	25	فصل ۱ و ۲ دوازدهم	سهگنی	سهگنی

انرژی پتانسیل الکتریکی:

مطابق شکل (الف) جسمی به جرم از ارتفاع h رها می شود، جسم در اثر میدان گرانشی زمین رو به پایین حرکت کرده و با افزایش انرژی جنبشی جسم، انرژی پتانسیل گرانشی کاهش می یابد.



(الف)



(ب)

حال اگر در تشابه با میدان الکتریکی، مطابق شکل (ب) یک بار $+q$ را در میدان یکنواخت E رها می‌کنیم. جابه‌جایی این بار در جهت میدان الکتریکی است و با افزایش انرژی جنبشی ذره باردار، انرژی پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد. (توجه کنید که اگر میدان الکتریکی افقی بود، باز هم همین اتفاق رخ می‌داد.) تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی: در میدان الکتریکی بر بارهای الکتریکی، نیروی الکتریکی وارد می‌شود. تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی ذره باردار در میدان الکتریکی E در یک جابه‌جایی معین (d) برابر منفی کار انجام شده توسط نیروی الکتریکی در همان جابه‌جایی است: به عبارتی داریم:

$$\Delta U_E = -W_E$$

از طرفی می‌دانیم که وقتی یک ذره در یک میدان یکنواخت E ، یک جابه‌جایی معین (d) طی می‌کند، کار انجام شده توسط نیروی الکتریکی ثابت F_E در طی جابه‌جایی d از رابطه روبه‌رو بدست می‌آید:

$$W_E = F_E d \cos \theta \xrightarrow{F_E = |q| E} W_E = |q| E d \cos \theta$$

حال رابطه $\Delta U_E = -W_E$ به صورت زیر درمی‌آید:

$$\Delta U_E = -W_E = -|q| E d \cos \theta$$

نکته: در این رابطه q ، بار الکتریکی است بر حسب کولن (C)، E میدان الکتریکی است بر حسب نیوتون $(\frac{N}{C})$ ، d جابه‌جایی ذره در میدان الکتریکی است بر حسب (m) و θ زاویه بین نیروی F_E و جابه‌جایی d است.

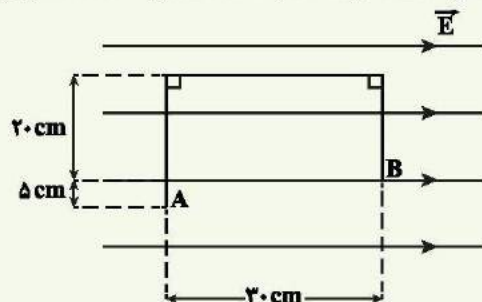
توجه: بررسی حالت‌های خاص حرکت در یک ذره باردار در میدان الکتریکی یکنواخت: (به جدول زیر خوب توجه کنید.)

نوع بار:	توضیحات	ΔU_E	W_E
$+q$	اگر در جهت خطوط میدان الکتریکی حرکت کند.	$\Delta U_E < 0$	$W_E > 0$
$+q$	اگر در خلاف جهت خطوط میدان الکتریکی حرکت کند.	$\Delta U_E > 0$	$W_E < 0$
$-q$	اگر در جهت خطوط میدان الکتریکی حرکت کند.	$\Delta U_E > 0$	$W_E < 0$
$-q$	اگر در خلاف جهت خطوط میدان الکتریکی حرکت کند.	$\Delta U_E < 0$	$W_E > 0$
مثبت یا منفی	اگر عمود بر خطوط میدان الکتریکی حرکت کند.	$\Delta U_E = 0$	$W_E = 0$

نکته خیلی مهم: طبق قانون پایستگی انرژی، اگر تنها نیروی وارد بر ذره، نیروی الکتریکی باشد، آنگاه داریم:

$$\Delta U_E = -\Delta k = -W_E \xrightarrow{W_E = |q| E d \cos \theta} |q| E d \cos \theta = \Delta k = \frac{1}{2} m (V_f^2 - V_i^2)$$

در شکل زیر، در میدان الکتریکی یکنواخت $E = 10^5 \frac{N}{C}$ ، بار نقطه‌ای $q = -5 \mu C$ از طریق مسیر نشان داده شده از نقطه A به نقطه B منتقل شده است. در این انتقال، انرژی پتانسیل الکتریکی این ذره باردار چند ژول تغییر می‌کند؟ (کنکور ۹۹)



- (۱) $+0/15$
- (۲) $-0/15$
- (۳) $+0/10$
- (۴) $-0/10$

پاسخ: گزینه ۱

$$w = E|q|d \cos \theta = 1.5 \times 10^{-6} \times \frac{3}{10} \times (-1) = -0.45 \text{ J}$$

$$\Delta U = -w_E = +0.45 \text{ J}$$

منظور از تغییر جهت ذره یعنی زمانی که سرعت ذره صفر می‌شود.

میدان الکتریکی بین دو صفحه رسانای باردار از رابطه $E = \frac{V}{d}$ به دست می‌آید؛ بنابراین:

$$E = \frac{1000}{0.1} = 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

با توجه به قضیه کار و انرژی جنبشی می‌توان نوشت:

$$W_T = \Delta K \Rightarrow W_{mg} + W_E = \Delta K$$

ΔK عددی منفی خواهد بود؛ چون سرعت کاهش یافته است. W_{mg} نیز عددی منفی است؛ چون حرکت ذره به سمت بالا است. همچنین W_E نیز عددی منفی است؛ چون بار مثبت در خلاف جهت میدان حرکت می‌کند.

$$mgd + E|q|d \cos \theta = \frac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2)$$

$$-2 \times 10^{-3} \times 10 \times d - 10^4 \times 18 \times 10^{-6} \times d = \frac{1}{2} \times 2 \times 10^{-3} \times (-10^2) \Rightarrow 2 \times 10^{-2} d = \frac{1}{10} \Rightarrow d = 0.5 \text{ m}$$

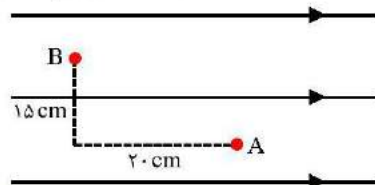
این همان اندازه جابه‌جایی بار تا لحظه توقف است.

با توجه به اینکه حرکت شتاب‌دار بوده است، می‌توان برای به دست آوردن زمان از رابطه مقابل استفاده کرد:

$$\Delta x = \frac{V_i + V_f}{2} \times t \Rightarrow 0.5 = \frac{10 + 0}{2} \times t \Rightarrow t = 0.1 \text{ s}$$

گروه آموزشی ماز

23- در شکل مقابل، شدت میدان الکتریکی یکنواخت برابر $4000 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ است. اگر بار الکتریکی $q = 20 \text{ nC}$ را از نقطه A تا B جابه‌جا کنیم، انرژی پتانسیل الکتریکی آن چند میکروژول و چگونه تغییر می‌کند؟



- (۱) کاهش
- (۲) افزایش
- (۳) کاهش
- (۴) افزایش

پاسخ: گزینه ۲

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش‌نیاز	پیش‌نیاز لازم نیست	مفاهیم قابل ترکیب	درجه	میدان
درجه از ۱۰	۳	۵	۷	سوال	پانزدهم	الکتریسیته ساکن	ترکیب و ترکیب	کار و انرژی	کار و انرژی	سه	ساده

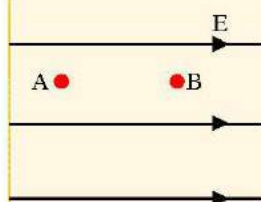
(۱) هنگامی که بار q از اختلاف پتانسیل ΔV عبور می‌کند، انرژی پتانسیل الکتریکی آن تغییر می‌کند. تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی یعنی ΔU_E به صورت زیر به دست می‌آید.

$$\Delta U_E = q \Delta V$$

(۲) مطابق رابطه بالا، بار مثبت با حرکت به سمت پتانسیل‌های بیش‌تر، انرژی پتانسیل الکتریکی آن زیاد می‌شود و انرژی پتانسیل الکتریکی بار منفی با حرکت به سمت پتانسیل‌های کم‌تر بیش‌تر می‌شود.

(۳) اگر یک بار الکتریکی در جهت خود به خودی حرکت کند، انرژی پتانسیل الکتریکی آن حتماً کم می‌شود. جهت حرکت خود به خودی بار مثبت در جهت خطوط میدان الکتریکی است، در حالی که جهت خود به خودی حرکت بار منفی در خلاف جهت میدان الکتریکی است.

(۴) با حرکت در جهت خطوط میدان الکتریکی، پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد.



$$V_B < V_A$$

(۵) تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی برابر قرینه کار نیروی الکتریکی است و می‌توان نوشت:

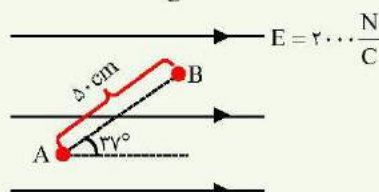
$$\begin{cases} W = Fd \cos \alpha \\ \Delta U = -W \end{cases} \Rightarrow \Delta U = -Fd \cos \alpha$$

$$\xrightarrow{F=E|q|} \Delta U = -E|q|d \cos \alpha$$

$$\Rightarrow |\Delta U| = |Eqd \cos \alpha|$$

از رابطه فوق برای محاسبه تغییرات انرژی پتانسیل در یک میدان الکتریکی استفاده می‌کنیم. دقت کنید در حالتی که عمود بر خطوط میدان حرکت کنیم ($\cos \alpha = 0$)، پتانسیل الکتریکی و انرژی پتانسیل ثابت می‌مانند.

مثال: در شکل زیر بار الکتریکی $q = 5 \mu\text{C}$ درون میدان الکتریکی یکنواخت با شدت $E = 2000 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ از A به B می‌رود. انرژی پتانسیل الکتریکی آن چند ژول و چگونه تغییر می‌کند؟ ($\cos 37^\circ = 0.8$)



ابتدا دقت کنید که بار مثبت در جهت میدان یعنی در جهت خود به خودی حرکت کرده است و در نتیجه انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش یافته است. در ادامه مقدار کاهش انرژی را محاسبه می‌کنیم.

$$|\Delta U| = |Eqd \cos \alpha| = |2000 \times 5 \times 10^{-6} \times 0.05 \times 0.8|$$

$$\Rightarrow |\Delta U| = 4 \times 10^{-3} \text{ J}$$

بنابراین انرژی پتانسیل الکتریکی بار به اندازه $4 \times 10^{-3} \text{ J}$ کاهش یافته است.

(۶) با تقسیم رابطه $\Delta U_E = -Eqd \cos \alpha$ بر q می‌توانیم تغییرات پتانسیل یعنی ΔV را محاسبه کنیم.

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} = \frac{-Eqd \cos \alpha}{q} = -Ed \cos \alpha$$

$$\Rightarrow \Delta V = -Ed \cos \alpha$$

(۷) در مسائلی که اتلاف انرژی و نیرویی جز نیروی الکتریکی وجود ندارد، تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی و انرژی جنبشی قرینه هم هستند، بنابراین برای محاسبه تغییرات انرژی جنبشی کافی است تغییرات انرژی پتانسیل را محاسبه کنیم و سپس آن را قرینه کنیم.

$$\Delta U + \Delta K = 0 \Rightarrow \Delta K = -\Delta U$$

در ابتدا توجه کنیم که بار مثبت بوده و از نقطه A به B یعنی در خلاف جهت تمایل خود و به سمت پتانسیل بیش‌تر حرکت می‌کند، پس انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد و گزینه‌های ۱ و ۳ حذف می‌شوند.

ثانیاً دقت کنیم که حرکت عمودی در میدان الکتریکی تأثیری در اختلاف انرژی پتانسیل و پتانسیل الکتریکی آن ندارد. بنابراین کافی است فقط جابه‌جایی افقی را در نظر بگیریم.

$$\Delta U = Eqd \Rightarrow \Delta U = 4 \times 10^{-3} \times 20 \times 10^{-9} \times 20 \times 10^{-2} = 16 \times 10^{-6} \text{ J} = 16 \mu\text{J}$$

این سؤال براساس تمرین ۱۵ در انتهای فصل اول کتاب درسی فیزیک یازدهم رشته تجربی طرح شده است.

گروه آموزشی ماز

24- ذره‌ای به جرم $6 \mu\text{g}$ و بار 10 nC را از نقطه‌ای با پتانسیل $V_1 = 150 \text{ V}$ با تندی $20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ پرتاب می‌کنیم. اگر بر اثر نیروی الکتریکی، این ذره با تندی

$30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ به نقطه‌ای با پتانسیل الکتریکی V_2 برسد، V_2 چند ولت است؟

(۴) -۱۰۰

(۳) -۱۵۰

(۲) ۳۰۰

(۱) صفر

پاسخ: گزینه ۱

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شعاعی	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم نیست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه از ۱۰	۸	۶	۸	سوال	یازدهم	پتانسیل الکتریکی	و ترکیب	۵	فصل ۳ دهم	است	متوسط

اختلاف پتانسیل الکتریکی: به نسبت تغییر انرژی پتانسیل یک ذره به بار آن ذره در جابه‌جایی میان آن دو نقطه را اختلاف پتانسیل الکتریکی می‌گویند. که از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} \xrightarrow[\text{تنها نیروی مؤثر، نیروی الکتریکی است.}]{\text{چون } \Delta U_E = -\Delta k = -W_E} \Delta V = \frac{-\Delta k}{q} \quad \text{یا} \quad \Delta V = \frac{-W_E}{q}$$

تغییرات انرژی جنبشی ذره برابر منفی تغییرات انرژی پتانسیل ذره است:

$$\Delta K = -\Delta U \Rightarrow \frac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2) = -q(V_f - V_i)$$

بنابراین می‌توان نوشت:

$$\frac{1}{2} \times 6 \times 10^{-9} (3.0^2 - 2.0^2) = -1.0 \times 10^{-9} (V_f - 15.0) \Rightarrow V_f = 0$$

اشتباه متداول دانش‌آموزان

حواستون به تبدیل واحدهای مربوط به گرم باشه!!!

$$g = 10^{-3} \text{ kg}$$

$$mg = 10^{-6} \text{ kg}$$

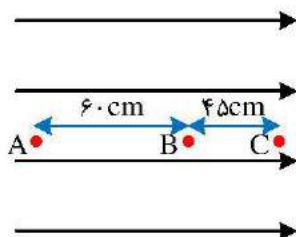
$$\mu g = 10^{-9} \text{ kg}$$

$$ng = 10^{-12} \text{ kg}$$

در کنکورهای سال‌های اخیر (به ویژه کنکور ۹۹ و ۱۴۰۰) هدف طراحان کنکور به چالش کشیدن عادت‌های حل سوال دانش‌آموزان بوده یعنی چی؟ مثلاً اکثر دانش‌آموزان عادت کرده اند هر جا μ دیدند سریع در 10^{-6} ضرب کنند، در حالی که برای میکروگرم این جمله صادق نیست.

گروه آموزشی ماز

25 - یک ذره آلفا با تندی $1.5 \frac{m}{s}$ از نقطه A در جهت خطوط میدان الکتریکی یکنواخت پرتاب می‌شود و با تندی $2 \times 10^5 \frac{m}{s}$ از نقطه B عبور می‌کند. تندی حرکت این ذره در نقطه C به چند متر بر ثانیه می‌رسد؟ (بار الکتریکی و جرم ذره آلفا به ترتیب $3/2 \times 10^{-19} C$ و $6/4 \times 10^{-27} kg$ فرض شود).



- ۱ $2/5 \times 10^5$
 ۲ 3×10^5
 ۳ $3/5 \times 10^5$
 ۴ 4×10^5

پاسخ: گزینه ۱

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شماره	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب	درجه	میزان
درجه از ۱۰	۴	۳	۷	سؤال	پاردهم	الکتریسیته ساکن	ترکیب و نیاز	کار و انرژی	□	سهگنی	متوسط

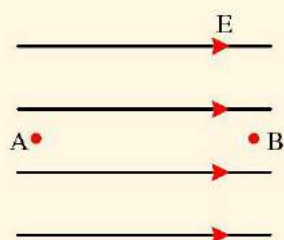
۱- هنگامی که بار q از اختلاف پتانسیل ΔV عبور می‌کند، انرژی پتانسیل الکتریکی آن تغییر می‌کند. تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی یعنی ΔU به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\Delta U = q\Delta V$$

۲- مطابق رابطه بالا، بار مثبت با حرکت به سمت پتانسیل‌های بیشتر، انرژی پتانسیل الکتریکی آن زیاد می‌شود و انرژی پتانسیل الکتریکی بار منفی با حرکت به سمت پتانسیل‌های کمتر بیش‌تر می‌شود.

۳- اگر یک بار الکتریکی در جهت خود به خودی حرکت کند، انرژی پتانسیل الکتریکی آن حتماً کم می‌شود. جهت حرکت خود به خودی بار مثبت در جهت خطوط میدان الکتریکی است، در حالی که جهت خود به خودی حرکت بار منفی در خلاف جهت میدان الکتریکی است.

۴- با حرکت در جهت خطوط میدان الکتریکی، پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد.



$$V_B < V_A$$

۵- تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی برابر قرینه کار نیروی الکتریکی است و می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} W = Fd \cos \alpha \\ \Delta U = -W \end{cases} \Rightarrow \Delta U = -Fd \cos \alpha$$

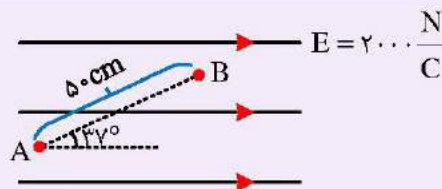
$$\xrightarrow{F=Eq} \Delta U = -Eqd \cos \alpha$$

$$\Rightarrow |\Delta U| = |Eqd \cos \alpha|$$

از رابطه فوق برای محاسبه تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی در یک میدان الکتریکی استفاده می‌کنیم. دقت کنید در حالتی که عمود بر خطوط میدان حرکت کنیم ($\cos \alpha = 0$)، پتانسیل الکتریکی و انرژی پتانسیل الکتریکی ثابت می‌مانند.

مثال ۱۵

در شکل زیر بار الکتریکی $q = 5 \mu C$ درون میدان الکتریکی یکنواخت با شدت $2000 \frac{N}{C}$ از A به B می‌رود. انرژی پتانسیل الکتریکی آن چند ژول و چگونه تغییر می‌کند؟ ($\cos 37^\circ = 0.8$)



پاسخ: ابتدا دقت کنید که بار مثبت در جهت میدان یعنی در جهت خود به خودی حرکت کرده است و در نتیجه انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش یافته است.

$$|\Delta U| = |Eqd \cos \alpha| = |2000 \times 5 \times 10^{-6} \times 0.75|$$

در ادامه مقدار کاهش انرژی را محاسبه می‌کنیم.

$$\Rightarrow |\Delta U| = 4 \times 10^{-3} \text{ J} \Rightarrow \Delta u = -4 \times 10^{-3} \text{ J}$$

بنابراین انرژی پتانسیل الکتریکی بار به اندازه $4 \times 10^{-3} \text{ J}$ کاهش یافته است.

۶- با تقسیم رابطه $\Delta U = -Eqd \cos \alpha$ بر q می‌توانیم تغییرات پتانسیل یعنی ΔV را محاسبه کنیم.

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} = \frac{-Eqd \cos \alpha}{q} = -Ed \cos \alpha$$

$$\Rightarrow |\Delta V| = |Ed \cos \alpha|$$

۷- در مسائلی که اختلاف انرژی و نیرویی جز نیروی پتانسیل الکتریکی و انرژی جنبشی قرینه هم هستند، بنابراین برای محاسبه تغییرات انرژی جنبشی کافی است تغییرات انرژی پتانسیل را محاسبه کنیم و سپس آن را قرینه کنیم.

$$\Delta U + \Delta K = 0 \Rightarrow \Delta K = -\Delta U$$

با نوشتن قضیه کار و انرژی جنبشی بین نقاط A و B و نیز بین نقاط B و C داریم:

$$K_B - K_A = W_E \Rightarrow \frac{1}{2}m(v_B^2 - v_A^2) = Eqd_{AB} \quad (1)$$

$$K_C - K_B = W_E \Rightarrow \frac{1}{2}m(v_C^2 - v_B^2) = Eqd_{BC} \quad (2)$$

حال رابطه (۲) را به رابطه (۱) تقسیم می‌کنیم.

$$\frac{v_C^2 - v_B^2}{v_B^2 - v_A^2} = \frac{d_{BC}}{d_{AB}} \Rightarrow \frac{v_C^2 - 4 \times 10^4}{4 \times 10^4 - 10^4} = \frac{45}{60} = \frac{3}{4} \Rightarrow v_C^2 - 4 \times 10^4 = \frac{3}{4} \times 10^4 \Rightarrow v_C^2 = \frac{7}{4} \times 10^4 \Rightarrow v_C = 2.5 \times 10^3 \text{ m/s}$$

گروه آموزشی ماز

26- فاصله صفحه‌های خازن تخت (۱)، برابر فاصله صفحه‌های خازن تخت (۲) است و این دو خازن به گونه‌ای شارژ شده‌اند که انرژی ذخیره شده در آن‌ها برابر باشد. اگر در این حالت شدت میدان الکتریکی بین صفحه‌های هریک از خازن‌ها نیز برابر باشد، چه تعداد از گزاره‌های زیر الزاماً صحیح است؟

الف) بار ذخیره شده در خازن (۲)، n برابر خازن (۱) است.

ب) ظرفیت خازن (۲)، n^2 برابر ظرفیت خازن (۱) است.

ج) مساحت صفحه‌های خازن (۲)، n برابر خازن (۱) است.

۳ (۴)

۲ (۳)

۱ (۲)

۰ (صفر)

پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهوم	محاسباتی	آمروشی	شداسه	پاوه	مصنث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب	درجه سختی	عیران سخت
درجه از ۱۰	۸	۶	۱۰	سؤال	پاردهم	الکتروستاتیک ساکن	و ترکیب	□	□	□	□

در این قسمت قصد داریم که روابط مهم مربوط به خازن را به همراه چند مثال باهم مرور کنیم.

۱- رابطه بین بار الکتریکی و اختلاف پتانسیل خازن به صورت زیر است:

$$q = CV$$

بار الکتریکی با یکای کولن: q

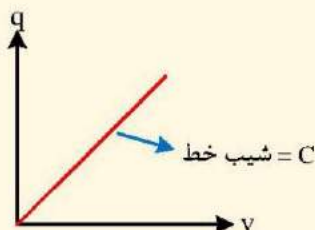
ظرفیت خازن با یکای فاراد: C

اختلاف پتانسیل دو سر خازن با یکای ولت: V

مثال ۱۶

خازنی با ظرفیت $20 \mu F$ توسط یک باتری با اختلاف پتانسیل $30 V$ شارژ شده است. بار الکتریکی ذخیره شده در خازن چند کولن است؟
 $q = CV \Rightarrow q = 20 \times 10^{-6} \times 30 = 6 \times 10^{-4} C$

۲- مطابق رابطه $q = CV$ ، نمودار تغییرات بار یک خازن بر حسب ولتاژ آن به صورت یک خط با شیب ثابت خواهد بود.



۳- ظرفیت یک خازن به ویژگی‌های ساختمانی آن وابسته است و به ولتاژ و بار آن ربط ندارد. ظرفیت یک خازن تحت مطابق رابطه زیر به دست می‌آید:

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

ظرفیت خازن با یکای فاراد: C

گذردهی الکتریکی خلأ با یکای ϵ_0 : $\frac{\text{فاراد}}{\text{متر}}$

ضریب دی‌الکتریک بدون یکا: k

مساحت مؤثر صفحه‌های خازن با یکای متر مربع: A

فاصله صفحه‌های خازن با یکای متر: d

۴- میدان الکتریکی بین صفحه‌های خازن با روابط زیر به دست می‌آید:

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

اگر ولتاژ را داشته باشیم

$$E = \frac{q}{k\epsilon_0 A}$$

اگر بار را داشته باشیم

۵- انرژی ذخیره شده در خازن از روابط زیر به دست می‌آید:

$$\begin{aligned} U &= \frac{1}{2} CV^2 \\ U &= \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} \\ U &= \frac{1}{2} qV \end{aligned}$$

انرژی خازن

مثال ۱۷

یک خازن تخت از صفحه‌هایی با مساحت $10^{-3} m^2$ ساخته شده است که در فاصله $0.5 mm$ از هم قرار گرفته‌اند و بین صفحه‌ها خلأ است. اگر این خازن را به اختلاف پتانسیل $20 V$ متصل کنیم تا شارژ شود، به سوالات زیر پاسخ دهید.

(الف) ظرفیت خازن چند نانو فاراد است؟ $\left(\epsilon_0 = 9 \times 10^{-12} \frac{F}{m} \right)$

$$C = k\epsilon_0 \frac{A}{d} = 1 \times 9 \times 10^{-12} \times \frac{10^{-3}}{0.5 \times 10^{-3}} = 18 \times 10^{-12} F = 0.18 nF$$

(ب) شدت میدان الکتریکی بین صفحه‌های خازن چند واحد SI است؟

$$E = \frac{V}{d} = \frac{20}{.05 \times 10^{-3}} = 40000 \frac{V}{m}$$

ج) بار ذخیره شده در خازن چند نانو کولن است؟

$$q = CV \Rightarrow q = 0.018 \times 20 = 0.36 nC$$

د) انرژی ذخیره شده در خازن چند نانोजول است؟

$$U = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times 0.018 \times 20^2 = 3.6 nJ$$

میدان الکتریکی خازن‌ها برابر است، بنابراین داریم:

$$E_1 = E_2 \Rightarrow \frac{V_1}{d_1} = \frac{V_2}{d_2} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{d_1}{d_2} = n$$

انرژی خازن‌ها برابر است، بنابراین داریم:

$$U_1 = U_2 \Rightarrow \frac{1}{2} q_1 V_1 = \frac{1}{2} q_2 V_2 \Rightarrow \frac{q_2}{q_1} = \frac{V_1}{V_2} = n$$

در ادامه برای مقایسه ظرفیت دو خازن می‌توان نوشت:

$$C = \frac{q}{V} \Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{q_2}{q_1} \times \frac{V_1}{V_2} = n \times n = n^2$$

و در نهایت برای مقایسه مساحت صفحه‌های دو خازن به صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$C = k\epsilon \frac{A}{d} \Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{k_2}{k_1} \times \frac{A_2}{A_1} \times \frac{d_1}{d_2}$$

چون نسبت ضریب دی‌الکتریک خازن‌ها را نمی‌دانیم، نمی‌توانیم مساحت صفحه‌های آن‌ها را مقایسه کنیم. مطابق محاسبات بالا، عبارت‌های (الف) و (ب) الزاماً درست است.

اگر...

اگر می‌خواستیم رابطه‌ای بین انرژی و میدان الکتریکی خازن پیدا کنیم، شما چه راهی پیشنهاد می‌کردید؟
پاسخ: برای مرتبط کردن E و U می‌توان به صورت زیر عمل کرد:

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

$$U = \frac{1}{2} CV^2 \xrightarrow{V=Ed} U = \frac{1}{2} C(Ed)^2$$

$$\xrightarrow{C=k\epsilon \frac{A}{d}} U = \frac{1}{2} k\epsilon \frac{A}{d} E^2 d^2$$

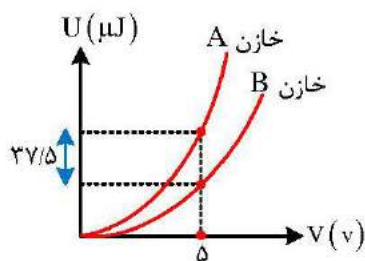
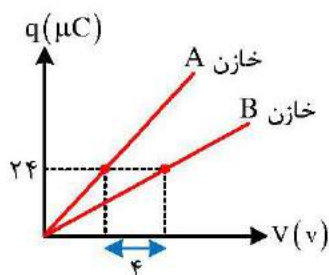
$$\Rightarrow \boxed{U = \frac{1}{2} k\epsilon E^2 Ad}$$

در رابطه بالا، Ad برابر حجم بین صفحه‌های خازن است.

www.biomaze.ir

27- نمودار تغییرات بار الکتریکی و انرژی ذخیره شده برحسب اختلاف پتانسیل دو سر دو خازن تخت داده شده است. ظرفیت خازن A چند میکرو فاراد است؟

- ۳ (۱)
- ۶ (۲)
- ۱۲ (۳)
- ۱/۵ (۴)



پاسخ: گزینه ۲

موضوع	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب	درجه سختی	میزان
درجه ۱۰	۴	۱۰	۹	سؤال	یازدهم	نمودارهای شارژ		۵	۵	سختی	متوسط

در درسنامه تست قبل خازن رو کامل بررسی کردیم و در این تست به بررسی کامل و به تست فوق العاده از نمودارهای خازن رو حل خواهیم کرد...

مطابق نمودار داده شده هنگامی که بار الکتریکی هر دو خازن برابر $24\mu C$ است، اختلاف ولتاژ آن‌ها برابر $4V$ است، پس داریم:

رابطه (۱):

$$\begin{cases} V = \frac{q}{C} \\ V_B - V_A = 4V \end{cases} \Rightarrow \frac{24\mu C}{C_B} - \frac{24\mu C}{C_A} = 4 \Rightarrow \frac{1}{C_B} - \frac{1}{C_A} = \frac{1}{6}$$

همچنین هنگامی که ولتاژ دو خازن برابر $5V$ است، اختلاف انرژی آن‌ها برابر $37/5\mu J$ است و می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} U = \frac{1}{2} CV^2 \\ U_A - U_B = 37/5\mu J \end{cases} \Rightarrow \frac{1}{2} C_A V_A^2 - \frac{1}{2} C_B V_B^2 = 37/5$$

$$\xrightarrow{V_A = V_B = 5V} \frac{1}{2} C_A \times 5^2 - \frac{1}{2} C_B \times 5^2 = 37/5$$

رابطه (۲):

$$\Rightarrow C_A - C_B = 3$$

در نهایت کافی است دستگاه معادلات مربوط به رابطه‌های (۱) و (۲) را حل کنیم.

$$C_A - C_B = 3 \Rightarrow C_B = C_A - 3$$

$$\frac{1}{C_B} - \frac{1}{C_A} = \frac{1}{6} \xrightarrow{C_B = C_A - 3} \frac{1}{C_A - 3} - \frac{1}{C_A} = \frac{1}{6}$$

$$\Rightarrow \frac{3}{(C_A - 3)C_A} = \frac{1}{6} \Rightarrow C_A(C_A - 3) = 18 \Rightarrow C_A = 6\mu F$$

www.biomaze.ir

28- مساحت یک ابر باران‌زا که در ارتفاع یک کیلومتری از سطح زمین قرار دارد، 2×10^6 مترمربع و اختلاف پتانسیل میان ابر و زمین 2 مگا ولت است. اگر

تخلیه الکتریکی این ابر در مدت $3/0$ ثانیه توسط یک رعدوبرق به‌طور کامل انجام شود، توان این رعدوبرق چند وات است؟ $\left(\epsilon_0 = 9 \times 10^{-12} \frac{F}{m} \right)$

۱/ 2×10^5 (۴)

۲/ 2×10^8 (۳)

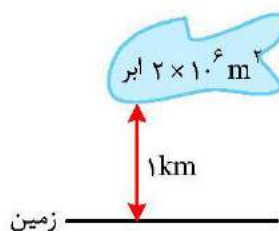
۳/ 6×10^4 (۲)

۴/ 6×10^7 (۱)

پاسخ: گزینه ۴

موضوع	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب	درجه سختی	میزان
درجه ۱۰	۵	۷	۸	سؤال	یازدهم	الکتریسیته ساکن		۵	۵	سختی	متوسط

مطابق شکل مقابل می‌توان ابر و زمین را مشابه صفحات یک خازن در نظر گرفت.



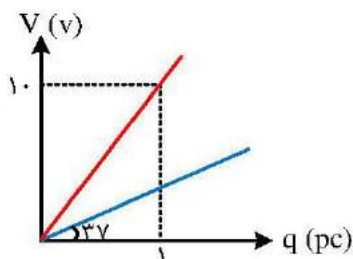
$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{d} \Rightarrow C = \frac{1 \times 9 \times 10^{-12} \times 2 \times 10^6}{10^3} = 18 \times 10^{-9} F$$

$$U = \frac{1}{2} CV^2 \Rightarrow U = \frac{1}{2} \times 18 \times 10^{-9} \times (2 \times 10^6)^2$$

$$\Rightarrow u = 36000 \text{ J}$$

$$P = \frac{u}{t} = \frac{36000}{0.3} = 120000 \text{ W}$$

29 - شکل زیر نمودار اختلاف پتانسیل بر حسب بار ذخیره شده را برای دو خازن نشان می‌دهد که مشخصات ساختمانی آن‌ها در جدول ذکر شده است. κ' چقدر است؟ ($\sin 37^\circ = 0.6$)



خازن	ثابت دی‌الکتریک	مساحت صفحات	فاصله صفحات از هم
۱	$\kappa = 1$	1 cm^2	4 mm
۲	$\kappa' = ?$	0.8 cm^2	$2/7 \text{ mm}$

$$\frac{45}{16} \text{ (C)}$$

$$\frac{1}{20} \text{ (C)}$$

$$5 \text{ (C)}$$

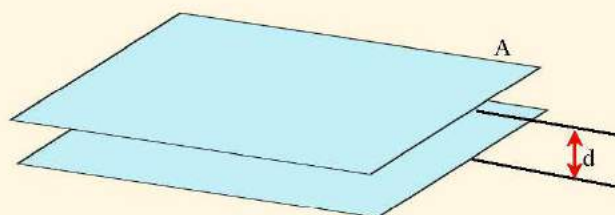
$$\frac{9}{320} \text{ (C)}$$

پاسخ: گزینه ۲

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب	درجه	مهران
درجه ۱۰	۷	۹	۸	سوال	یازدهم	الکتریسیته ساکن	و ترکیب			سه	سخت

خازن

وسیله‌ای است که می‌تواند بار الکتریکی و انرژی الکتریکی را در خود ذخیره کند و هر زمان که لازم باشد، آن را در مدار تخلیه کند. خازن تخت: از دو صفحه رسانای موازی که به فاصله d از هم قرار گرفته‌اند، تشکیل می‌شود. (مطابق شکل)



ظرفیت خازن: به نسبت بار ذخیره شده در صفحات خازن به اختلاف پتانسیل بین صفحات خازن، ظرفیت خازن می‌گویند. به عبارتی دیگر نسبت $\frac{q}{V}$ همواره مقداری ثابت است که به این نسبت، ظرفیت خازن می‌گویند و آن را با C نمایش می‌دهند. بنابراین داریم:

$$C = \frac{q}{V}$$

بار الکتریکی (C) \rightarrow اختلاف پتانسیل (V) \leftarrow ظرفیت خازن (F)

نکته

یکای ظرفیت خازن در SI، فاراد (F) است اما یکای مهم دیگری نیز دارد که برابر است با: $|F| = \frac{C}{V}$

(تست کنکور)

اگر خازنی به ظرفیت $50 \mu\text{F}$ به اختلاف پتانسیل 20 V بسته شود، چند کولن بار الکتریکی در آن ذخیره می‌شود؟

$$250 \text{ (C)}$$

$$1025 \text{ (C)}$$

$$10^3 \text{ (C)}$$

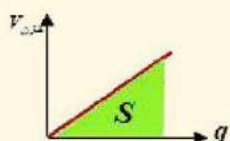
$$10^{-3} \text{ (C)}$$

پاسخ: گزینه ۱

با کمک رابطه $C = \frac{q}{V}$ داریم:

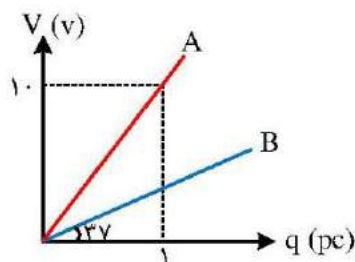
$$q = CV = (5.0 \times 10^{-6}) \times (2.0) = 1.0 \times 10^{-5} \text{ C}$$

هنگامیکه یک خازن را با یک مولد (باتری) پُر می‌کنیم، مولد برای پر کردن خازن انرژی مصرف می‌کند و این انرژی مصرف‌شده برای انتقال بار بر روی صفحه‌های خازن، در فضای بین صفحات ذخیره می‌شود. اختلاف پتانسیل دو صفحه خازن از لحظه‌ی شروع تا پر شدن به طور خطی افزایش می‌یابد و خواهیم داشت: نمودار اختلاف پتانسیل دو پایانه‌ی باتری بر حسب بار منتقل شده، مشابه نمودار مقابل است.



نمودار اختلاف پتانسیل دو صفحه‌ی خازن بر حسب بار ذخیره شده در خازن، مشابه نمودار مقابل است.

ابتدا با توجه به نمودار ظرفیت خازن‌ها را به دست می‌آوریم.



$$\tan \alpha = \frac{1}{C} = \text{شیب نمودار اختلاف پتانسیل بر حسب بار}$$

$$C_A = \frac{q}{V} = \frac{1 \text{ pC}}{1.0 \text{ V}} = 1 \text{ pF}$$

$$C_B = \frac{q}{V} = \frac{2 \text{ pC}}{1.0 \text{ V}} = 2 \text{ pF}$$

حال با توجه به جدول چون حداقل K' یک می‌باشد متوجه می‌شویم نسبت $\frac{KA}{d}$ برای خازن ۲ بزرگتر است.

$$\text{خازن (۱)} \quad \frac{KA}{d} = \frac{1 \times 1}{9}$$

$$\text{خازن (۲)} \quad \frac{KA}{d} = \frac{K' \times 0.8}{2/9}$$

پس ظرفیت خازن (۲) بزرگتر است یعنی:

$$C_2 = \frac{4}{3} \text{ pC}$$

$$C_1 = 1 \text{ pC}$$

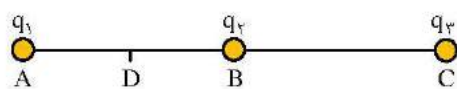
$$C = \frac{\kappa \epsilon_0 A}{d} \Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{\kappa_2}{\kappa_1} \times \frac{A_2}{A_1} \times \frac{d_1}{d_2}$$

$$\Rightarrow \frac{4}{3} = \frac{\kappa'}{1} \times \frac{0.8}{1} \times \frac{9}{2/9}$$

$$\Rightarrow \frac{40}{3} = \frac{8\kappa'}{3} \Rightarrow \boxed{\kappa' = 5}$$

* می‌دانیم که k عددی بزرگتر از یک است پس از همان ابتدا می‌توانستیم گزینه‌های (۱) و (۳) را حذف کنیم.

30- در شکل زیر، برآیند نیروهای وارد بر هریک از سه بار صفر است و $q_3 = 9q_1$ می‌باشد. اگر q_1 را به نقطه D انتقال دهیم و $AD = DB$ باشد، به ترتیب q_2 و q_3 را چند برابر کنیم تا برآیند نیروهای وارد بر هریک از سه بار حاصل نیز صفر شود؟



$$\begin{aligned} 2 & \cdot \frac{64}{49} \\ 4 & \cdot \frac{64}{49} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2 & \cdot \frac{36}{25} \\ 4 & \cdot \frac{36}{25} \end{aligned}$$

پاسخ: گزینه ۴

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شفافه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان سختی
درجه از ۱۰	۷	۸	۸	سوال	یازدهم	قانون کولن	و ترکیب	۲	۲	۲	۲

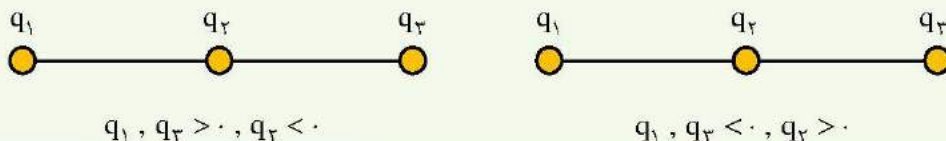
قانون کولن: اندازه نیروی الکتریکی که دو بار نقطه‌ای ساکن بر هم وارد می‌کند با حاصلضرب اندازه دو بار رابطه مستقیم و با مربع فاصله دو بار از یکدیگر رابطه عکس دارد:

$$F_{12} = F_{21} = \frac{kq_1q_2}{r^2}$$

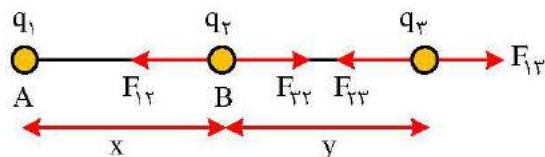
نکته ۱: هرگاه جسمی در حال تعادل باشد مطابق قانون دوم نیوتون برآیند نیروهای وارد بر آن صفر است. به عنوان مثال با فرض اینکه گلوله نشان داده شده در شکل زیر، در حال تعادل باشد، داریم:

$$F_{\text{net}} = 0 \Rightarrow F_1 + F_2 = F_p$$

نکته ۲: شرط لازم برای آنکه برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر هریک از سه باری که در یک راستا قرار گرفته‌اند، صفر باشد، آن است که علامت بار وسط با علامت دو بار دیگر مخالف باشد:



گام اول: باتوجه به نکته ۲ بیان شده در درسنامه، فرض می‌کنیم بارهای q_1 و q_3 مثبت و q_2 منفی است و سپس روابط لازم برای صفر بودن برآیند نیروهای وارد بر دو بار q_2 و q_3 را می‌نویسیم:



$$\text{در حال تعادل } q_2: F_{12} = F_{23} \Rightarrow \frac{kq_1q_2}{x^2} = \frac{kq_2q_3}{y^2} \Rightarrow \frac{q_1}{x^2} = \frac{q_3}{y^2} \Rightarrow \frac{y^2}{x^2} = \frac{q_3}{q_1} = 9$$

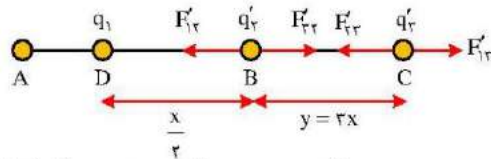
$$\Rightarrow \frac{y}{x} = 3 \Rightarrow y = 3x$$

$$\text{در حال تعادل } q_3: F_{23} = F_{13} \Rightarrow \frac{k|q_2|q_3}{y^2} = \frac{kq_1q_3}{(x+y)^2} \Rightarrow \frac{|q_2|}{y^2} = \frac{q_1}{(x+y)^2}$$

$$\Rightarrow \frac{|q_2|}{q_1} = \frac{y^2}{(x+y)^2} = \frac{(3x)^2}{(x+3x)^2} = \frac{9x^2}{16x^2} = \frac{9}{16}$$

$$16|q_2| = 9q_1 \xrightarrow{(q_2 = -9q_1)} q_2 = -16q_2 = 9q_1 \quad (I)$$

گام دوم: با انتقال بار q_1 به نقطه D، فاصله بار q_1 تا q_2 به $\frac{x}{r}$ کاهش می‌یابد و با فرض اینکه بارهای q_2 و q_3 به ترتیب به q'_2 و q'_3 تغییر کرده باشد، داریم:



$$q'_2 : F'_{12} = F'_{22} \Rightarrow \frac{kq_1 q'_2}{\left(\frac{x}{r}\right)^2} = \frac{kq'_2 q'_2}{(rx)^2} \Rightarrow \frac{q_1}{\frac{x}{r}} = \frac{q'_2}{qx^2} \Rightarrow q_1 = \frac{q'_2}{q}$$

$$\Rightarrow q'_2 = 36q_1 \xrightarrow{(I)} q'_2 = 4q_3 \Rightarrow \frac{q'_2}{q_3} = 4$$

$$q'_3 : F'_{13} = F'_{23} \Rightarrow \frac{kq_1 q'_3}{\left(\frac{x}{r} + rx\right)^2} = \frac{k|q'_2| q'_3}{(rx)^2}$$

$$\frac{q_1}{\left(\frac{r}{x}\right)^2} = \frac{|q'_2|}{(rx)^2} \Rightarrow \frac{q_1}{\frac{r^2}{x^2}} = \frac{|q'_2|}{q^2 x^2} \Rightarrow \frac{|q'_2|}{q_1} = \frac{36}{49}$$

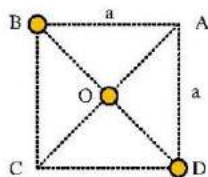
$$|q'_2| = \frac{36}{49} q_1 = \frac{4}{49} \times (9q_1) \xrightarrow{(I)} q'_2 = \frac{4}{49} \times (16q_2)$$

$$q'_2 = \frac{64}{49} q_2 \Rightarrow \frac{q'_2}{q_2} = \frac{64}{49}$$

گروه آموزشی ماز

31- مطابق شکل زیر، در رأس‌های B و D از مربع ABCD بار q و در مرکز آن بار q' قرار دارد و میدان الکتریکی برآیند در رأس A برابر صفر است.

اگر q' را به رأس C انتقال دهیم، میدان الکتریکی برآیند در رأس A چند E می‌شود؟ ($E = \frac{kq}{a^2}$ که در آن a طول ضلع مربع است).



$$\frac{\sqrt{2}}{4} \quad (2)$$

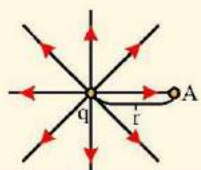
$$\frac{5\sqrt{2}}{4} \quad (4)$$

$$1 \quad (1)$$

$$\frac{3\sqrt{2}}{4} \quad (3)$$

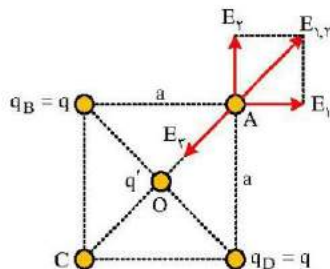
مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۱۰	۶	۸	۷	سوال	پاردهم	میدان الکتریکی	و ترکیب	۵	۵	سهانی	متوسط

میدان الکتریکی: یک ذره با بار q در اطراف خود میدان الکتریکی ایجاد می‌کند که به واسطه آن بر ذرات باردار اطراف خود نیرو وارد می‌کند. بزرگی میدان الکتریکی حاصل از این بار در فاصله r برابر است با:



$$E_A = \frac{kq}{r^2}$$

گام اول: با فرض اینکه بار q مثبت باشد، مطابق شکل زیر بار q' باید منفی باشد تا میدان الکتریکی در رأس A برابر صفر شود. اکنون با توجه به روابط زیر مقدار بار q' برابر است با:



$$AB = AD = a, \quad q_B = q_D = q \Rightarrow E_A = E_r = \frac{kq}{a^2} = E$$

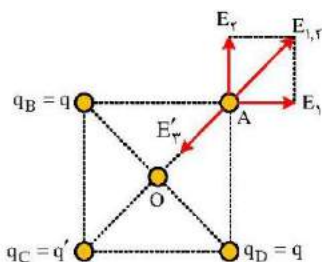
$$E_{A,r} = \sqrt{E_A^2 + E_r^2} = \sqrt{E^2 + E^2} = \sqrt{2}E = \sqrt{2} \frac{kq}{a^2}$$

$$OA = \frac{1}{2}AC = \frac{1}{2}d_{\text{قطر}} = \frac{1}{2}\sqrt{a^2 + a^2} = \frac{\sqrt{2}}{2}a \Rightarrow E_r = \frac{k|q'|}{\left(\frac{\sqrt{2}}{2}a\right)^2} = \frac{2k|q'|}{a^2}$$

$$E_r = E_{A,r} \Rightarrow \frac{2k|q'|}{a^2} = \sqrt{2} \frac{kq}{a^2} \Rightarrow 2|q'| = \sqrt{2}q \Rightarrow q' = \frac{\sqrt{2}}{2}q$$

گام دوم: با انتقال بار q' به رأس C مربع داریم:

$$AC = d_{\text{قطر}} = \sqrt{a^2 + a^2} = \sqrt{2}a$$



$$E'_r = \frac{k|q'|}{d^2} = \frac{k\left(\frac{\sqrt{2}}{2}q\right)}{\left(\sqrt{2}a\right)^2} = \frac{\sqrt{2}}{2} \frac{kq}{a^2}$$

$$E'_r = \frac{\sqrt{2}}{2} \frac{kq}{a^2}$$

در نتیجه برآیند میدان الکتریکی در رأس A برابر است با:

$$E_A = E_{A,r} - E'_r = \sqrt{2} \frac{kq}{a^2} - \frac{\sqrt{2}}{2} \frac{kq}{a^2} = \left(\sqrt{2} - \frac{\sqrt{2}}{2}\right) \frac{kq}{a^2} = \frac{\sqrt{2}}{2} \frac{kq}{a^2} = \frac{\sqrt{2}}{2} E$$

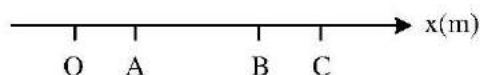
32- در شکل زیر، نقاط A، B و C روی محور x قرار دارند و $\vec{AB} = 3\vec{BC}$ می‌باشد. اگر میدان الکتریکی موجود در محیط در SI به صورت $\vec{E} = -4\hat{i} + 3\hat{j}$ و اختلاف پتانسیل بین نقاط A و C برابر 100 V باشد، نسبت به پتانسیل نقطه B چگونه است؟

(1) 50 ولت بیش‌تر است.

(2) 50 ولت کم‌تر است.

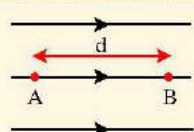
(3) 75 ولت بیش‌تر است.

(4) 75 ولت کم‌تر است.



پاسخ: گزینه 4

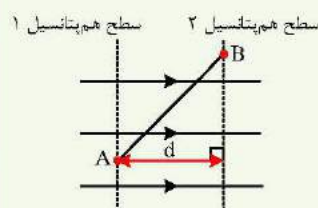
مشخصه	مفهومی	معماری	آموزشی	شماره	پایه	مبحث	پیش‌نیاز	پیش‌نیاز لازم نیست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه از 10	7	7	8	سوال	یازدهم	میدان الکتریکی یکنواخت	و ترکیب		23	سطحی	سخت



در میدان الکتریکی یکنواخت \vec{E} ، اختلاف پتانسیل بین دو نقطه A و B که در امتداد خطوط میدان قرار دارند، برابر است با:

$$|\Delta V| = Ed \Rightarrow E = \frac{|\Delta V|}{d} = \frac{V_A - V_B}{d}$$

نکته 1: اگر A و B در راستای خطوط میدان قرار نداشته باشند کافی است تا در آن نقاط سطوحی را عمود بر خطوط میدان الکتریکی رسم کنیم و سپس فاصله بین این سطوح را به دست آوریم. به این سطوح اصطلاحاً سطوح هم‌پتانسیل گفته می‌شود:



$$E = \frac{|\Delta V|}{d} = \frac{V_A - V_B}{d}$$

نکته 2: هرگاه در جهت میدان الکتریکی حرکت کنیم، پتانسیل الکتریکی کاهش و چنانچه در خلاف جهت میدان الکتریکی حرکت کنیم، پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد.

مطابق نکته 1 در برنامه: نقاط A و B و C از نقطه نظر مؤلفه عمودی میدان الکتریکی $(\vec{E}_y = 3\hat{j})$ ، همگی بر روی یک سطح هم‌پتانسیل قرار دارند و در نتیجه همگی دارای پتانسیل یکسان بوده و اختلاف پتانسیلی بین آن‌ها وجود ندارد. اما از نقطه نظر مؤلفه افقی میدان الکتریکی، نقاط A و B و C در راستای خطوط میدان قرار دارند و بنابراین بین آن‌ها اختلاف پتانسیل وجود دارد. از طرفی چون مؤلفه افقی میدان الکتریکی $(\vec{E}_x = -4\hat{i})$ در خلاف جهت محور x است بنابراین $V_C > V_B > V_A$ می‌باشد و داریم:



$$V_C - V_A = 100 \Rightarrow E_x \cdot \overline{AC} = 100 \Rightarrow 4 \times \overline{AC} = 100 \Rightarrow \overline{AC} = 25\text{ m}$$

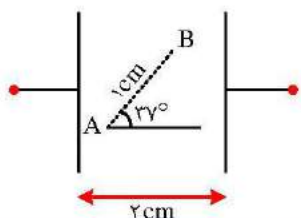
$$\overline{AC} = \overline{AB} + \overline{BC} \xrightarrow{(\overline{AB} = 3\overline{BC})} \overline{AC} = \overline{AB} + \frac{\overline{AB}}{3} \Rightarrow \overline{AC} = \frac{4}{3}\overline{AB}$$

$$\overline{AB} = \frac{3}{4}\overline{AC} = \frac{3}{4} \times 25 = \frac{75}{4}\text{ m}$$

$$V_B - V_A = E_x \cdot \overline{AB} = 4 \times \frac{75}{4} = 75\text{ V}$$

پتانسیل نقطه A به مقدار 75 V کم‌تر از پتانسیل نقطه B است.

33 - شکل زیر، خازن تخت کاملاً شارژ شده‌ای را نشان می‌دهد که بار ذخیره شده در هریک از صفحات آن $54 \mu\text{C}$ است. اگر اختلاف پتانسیل بین دو نقطه A و B به مقدار 18 V کم‌تر از اختلاف پتانسیل بین دو صفحه خازن باشد، مساحت هریک از صفحات خازن چند سانتی‌متر مربع است؟



$$\left(\sin 37^\circ = 0.6 \text{ و } \epsilon_0 = 9 \times 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}} \right)$$

۱۰ (۱)

۲۰ (۲)

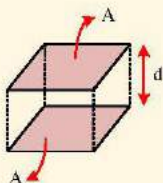
۳۰ (۳)

۴۰ (۴)

پاسخ: گزینه ۴

مشخصه	مفهومی	معماری	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش‌نیاز و ترکیب	پیش‌نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۱۰	۵	۷	۷	سوال	پارادوکس	خازن	و ترکیب	۵	۵	متوسط	متوسط

اگر اختلاف پتانسیل دو صفحه یک خازن یعنی V را تغییر دهیم، به همان نسبت بار الکتریکی ذخیره شده در صفحات آن یعنی Q تغییر می‌کند. به‌طوری‌که نسبت $\frac{Q}{V}$ همواره مقدار ثابتی است که به آن ظرفیت خازن می‌گویند:



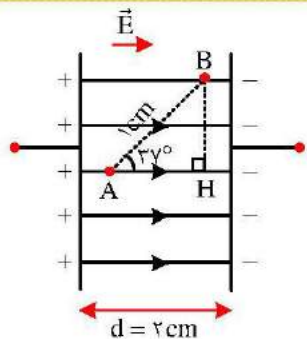
$$C = \frac{Q}{V}$$

ظرفیت یک خازن به ساختمانی فیزیکی خازن بستگی دارد و از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

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

که در آن k ثابت دی‌الکتریک، A مساحت سطح مشترک بین صفحات خازن و d فاصله صفحات از یکدیگر است.

با فرض اینکه V اختلاف پتانسیل بین دو صفحه خازن و E میدان الکتریکی بین صفحات آن باشد، داریم:



$$V - V_{AB} = 18 \xrightarrow{(V_{AB} = V_{AH})} V - V_{AH} = 18$$

$$Ed - E \cdot AH = 18$$

$$Ed - E \cdot (AB \cos 37^\circ) = 18 \Rightarrow E = \frac{18}{d - AB \cos 37^\circ}$$

$$E = \frac{18}{0.2 - 0.1 \times 0.8} = \frac{18}{0.2 - 0.08} = \frac{18}{0.12} = 150 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

$$V = Ed = 150 \times 0.2 = 30 \text{ V}$$

$$Q = CV \Rightarrow 54 \times 10^{-6} = C \times 30$$

$$C = 1.8 \times 10^{-6} \text{ F}$$

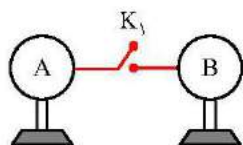
$$C = k\epsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow 1.8 \times 10^{-6} = 1 \times 9 \times 10^{-12} \times \frac{A}{0.2}$$

$$\Rightarrow A = 0.2 \times 0.2 \times 0.2 = 0.04 \text{ m}^2$$

$$\Rightarrow A = 0.04 \times 10^4 \text{ cm}^2 = 400 \text{ cm}^2$$

در پایان با استفاده از رابطه ظرفیت خازن، خواسته تست را به‌دست می‌آوریم:

34- در شکل زیر، دو کره هم‌اندازه و باردار روی پایه‌های عایقی قرار دارند. با بستن کلید K ، طول می‌کشد تا تعادل الکتریکی برقرار گردد و در این مدت جریان متوسط 1mA از کره A به کره B برقرار می‌گردد. اگر پس از برقراری تعادل، بار کره A ، 25% درصد کاهش یافته باشد، به ترتیب بار اولیه کره‌های A و B چند میکروکولن است؟

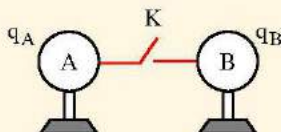


- (1) ۱۰، ۲
(2) ۲، ۱۰
(3) ۸، ۴
(4) ۴، ۸

پاسخ: گزینه ۴

مستفصله	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناختی	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۱۰	۶	۶	۷	۷	یازدهم	جریان الکتریکی	و ترکیب	۱۵	۱۵	۱۵	متوسط

هرگاه دو یا چند کره هم‌اندازه فلزی باردار را به یکدیگر تماس دهیم، پس از برقراری تعادل، بار الکتریکی کره‌ها با یکدیگر مساوی و برابر میانگین بار اولیه کره‌ها می‌شود. به عنوان مثال برای دو کره A و B شکل زیر، پس از بسته و باز شدن کلید K ، داریم:



$$q'_A = q'_B = \frac{q_A + q_B}{2}$$

جریان الکتریکی: هرگاه بار خالص Δq در مدت Δt از یک مقطع رسانا شارش کند، در این صورت جریان الکتریکی متوسط برابر است با:

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

گام اول: در مدت 2ms جریان متوسط 1mA بین کره‌ها برقرار می‌گردد، پس:

$$\bar{I} = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow 1 \times 10^{-3} = \frac{\Delta q}{2 \times 10^{-3}} \Rightarrow \Delta q = 2 \times 10^{-6} \text{C} = 2\mu\text{C}$$

چون جهت جریان از کره A به کره B است، بنابراین:

$$\Delta q_A < 0 \Rightarrow \Delta q_A = -\Delta q = -2\mu\text{C}$$

$$\Delta q_B > 0 \Rightarrow \Delta q_B = \Delta q = 2\mu\text{C}$$

پس از برقراری تعادل بار کره A ، 25% درصد کاهش یافته است، بنابراین:

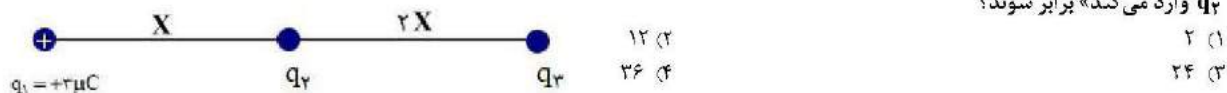
$$\frac{\Delta q_A}{q_A} = -0.25 = -\frac{1}{4} \Rightarrow \Delta q_A = -\frac{1}{4} q_A \Rightarrow -2 = -\frac{1}{4} q_A \Rightarrow q_A = 8\mu\text{C}$$

$$\Delta q_A = q'_A - q_A \Rightarrow -2 = q'_A - 8 \Rightarrow q'_A = 6\mu\text{C}$$

گام دوم: پس از بستن کلید و برقراری تعادل، بار کره‌ها با یکدیگر مساوی و برابر میانگین بار اولیه کره‌ها می‌شود، بنابراین:

$$q'_A = q'_B = \frac{q_A + q_B}{2} \Rightarrow 6 = \frac{8 + q_B}{2} \Rightarrow q_B = 12 - 8 = 4\mu\text{C}$$

35 - در شکل زیر اندازه بار q_3 چند میکروکولن باشد تا سه نیروی «نیروی خالص وارد بر بار q_3 » و «نیروی خالص وارد بر بار q_1 » و «نیروی که بار q_1 به بار q_2 وارد می‌کند» برابر شوند؟



پاسخ: گزینه ۴

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آمورشی	شادانه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان سختی
درجه ۱۰	۹	۷	۵	سوال	پاردهم	الکتروستاتیک ساکن					

مثال: در شکل زیر، سه بار نقطه‌ای قرار دارند. برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_3 هم اندازه نیروی الکتریکی است که بار q_1 بر q_3 وارد می‌کند. q_2 چند میکروکولن است؟ (سراسری تجربی ۹۸)



پاسخ: گزینه ۳

می‌دانیم بر q_3 دو نیرو وارد می‌شود چون در سوال از کلمه «هم‌اندازه» استفاده شده پس دو حالت امکان پذیر است:

امکان ندارد: $\vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} = \vec{F}_{13} \rightarrow \vec{F}_{23} = 0$ حالت اول

حالت دوم: $\vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} = -\vec{F}_{13} \rightarrow \vec{F}_{23} = -2\vec{F}_{13}$

یعنی باید اندازه \vec{F}_{23} دو برابر اندازه \vec{F}_{13} و خلاف جهت آن باشد.

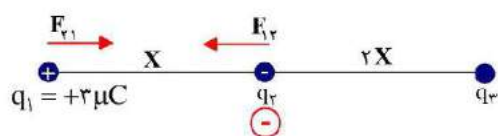
$$F_{23} = 2F_{13} \rightarrow \frac{k \times |q_2| \times |q_3|}{L^2} = 2 \times \frac{k \times 4 \times |q_3|}{(2L)^2} \rightarrow |q_2| = 8 \mu C$$

چون \vec{F}_{23} خلاف جهت \vec{F}_{13} است پس علامت بار q_2 و q_1 مخالف هم است:

$$q_1 = +4 \mu C \rightarrow q_2 = -8 \mu C$$

فرض کنید q_2 منفی است پس:

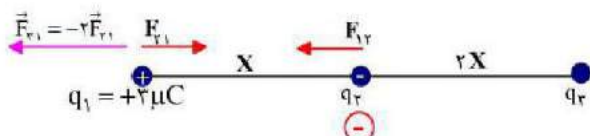
نیروی که q_2 به q_1 وارد می‌کند جاذبه و به سمت راست است.



دو نیرو بر q_1 وارد می‌شود یکی \vec{F}_{12} و دیگری \vec{F}_{13} می‌خواهیم نیروی خالص وارد بر q_1 با \vec{F}_{12} برابر شود.

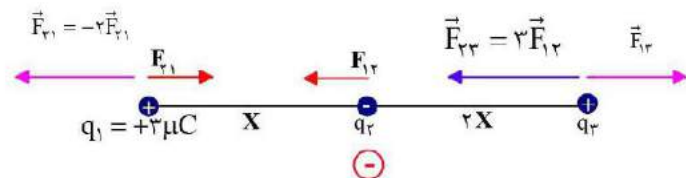
$$\vec{F}_{12} + \vec{F}_{13} = \vec{F}_{12} \rightarrow \vec{F}_{13} = 0 \rightarrow \vec{F}_{12} + \vec{F}_{13} = -\vec{F}_{12} \rightarrow \vec{F}_{13} = -2\vec{F}_{12}$$

پس F_{13} باید دو برابر F_{12} و خلاف جهت آن باشد.



چون \vec{F}_{13} به سمت خارج است پس q_3 مثبت است.

دو نیرو بر q_3 وارد می‌شود که آنها را رسم می‌کنیم.



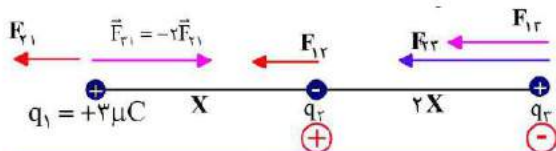
برای اینکه نیروی خالص وارد بر q_3 برابر با F_{12} شود باید نوشت:

$$\vec{F}_{12} + \vec{F}_{13} = \vec{F}_{12} - \vec{F}_{12} = -2\vec{F}_{12} \rightarrow \vec{F}_{12} - 2\vec{F}_{12} = \vec{F}_{12}$$

$$\rightarrow \boxed{\vec{F}_{12} = 2\vec{F}_{12}} \rightarrow \frac{\cancel{k} q_1 q_2}{r_{12}^2} = 2 \times \frac{\cancel{k} q_1 q_2}{r_{12}^2}$$

$$\rightarrow \frac{q_2}{(2x)^2} = 2 \times \frac{q_2}{x^2} \rightarrow \boxed{q_2 = 36 \mu C}$$

شما با فرض اینکه علامت بار q_2 مثبت است مسئله را حل کنید. متوجه خواهید شد که در این حالت امکان ندارد نیروی خالص وارد بر q_2 با \vec{F}_{12} برابر شود. شکل این حالت بصورت زیر است.



نکته: دقت کنید که وقتی گفته می‌شود دو بردار برابرند، هم اندازه و هم جهت دو بردار باید باهم برابر باشد. در تست‌هایی که گفته می‌شود دو نیرو هم‌اندازه هستند فقط اندازه عددی آنها را برابر قرار می‌دهیم و کاری به علامت بارها نداریم.

گروه آموزشی ماز

36- دو کره فلزی خیلی کوچک و مشابه دارای بار الکتریکی $q_1 > 0$ و $q_2 > |q_1|$ هستند و در فاصله ۳ سانتی‌متری هم قرار دارند و بر هم نیروی الکتریکی ۲۱۰ نیوتن وارد می‌کنند. اگر توسط یک سیم رسانا این دو کره را به هم متصل کنیم، بعد از تعادل نیروی الکتریکی بین آنها ۱۷۰ نیوتن کاهش می‌یابد.

حاصل عبارت $q_1 + q_2$ چند میکروکولن است؟ ($k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2 / \text{C}^2$)

۴) ۸+

۳) ۲۲+

۲) ۸-

۱) ۲۲-

پاسخ: گزینه ۴

مشخصه	مفهوم	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیشن‌دهنده	پیشن‌دهنده	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه از ۱ تا ۵	۷	۵	۷	سوال	یازدهم	الکتریسیته ساکن	و ترکیب	پیش‌نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	سه‌تایی	متوسط

درسنامه:

یکاهای قانون کولن در SI:

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

$$m \leftarrow r \quad c \leftarrow q_2$$

$$c \leftarrow q_1$$

$$\frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \leftarrow K$$

$$N \leftarrow F$$

$mc \xrightarrow{\times 10^{-3}} c$	$\mu c \xrightarrow{\times 10^{-6}} c$
$nc \xrightarrow{\times 10^{-9}} c$	$pc \xrightarrow{\times 10^{-12}} c$
$mm \xrightarrow{\times 10^{-3}} m$	$cm \xrightarrow{\times 10^{-2}} m$

فقط و فقط در حالتی که بارها برحسب میکروکولن و فاصله برحسب سانتی‌متر باشد می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$F = \frac{90 |q_1| |q_2|}{r^2}$$

$$cm \leftarrow r$$

$$\mu C \leftarrow q_2$$

$$\mu C \leftarrow q_1$$

$$N \leftarrow F$$

تماس دو کره رسانای مشابه (هم‌اندازه) باهم:

اگر دو کره رسانای مشابه را با هم تماس دهیم چه اتفاقی رخ می‌دهد؟

در ابتدا چون بار دو کره متفاوت است پس پتانسیل دو کره متفاوت است.

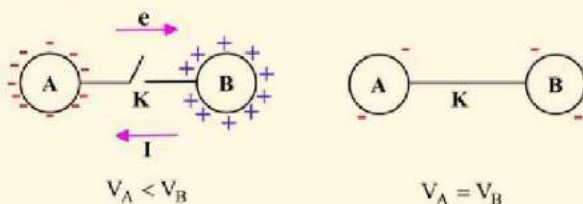
کره مثبت‌تر پتانسیل بیشتر دارد.

به دلیل وجود اختلاف پتانسیل بین دو کره با وصل کلید جریان در سیم رابط از پتانسیل بیشتر به پتانسیل کمتر برقرار می‌شود. (جهت شارش الکترون‌ها از

پتانسیل کمتر به پتانسیل بیشتر است.)

شارش جریان تا زمانی ادامه دارد که دو کره را هم پتانسیل کند. پس بعد از تعادل، پتانسیل دو کره برابر می‌شود.

بعد از تماس بار کل دو کره به نسبت مساوی بین دو کره پخش خواهد شد، یعنی بعد از اتصال بار دو کره هم اندازه و هم نوع می‌شود، و از رابطه زیر به دست می‌آید:



$$q'_A = q'_B = \frac{q_A + q_B}{2}$$

مقدار بار شارش شده در سیم رابط برابر اختلاف بار هر یک از کره‌ها قبل و بعد از اتصال می‌باشد:

$$|\Delta q_B| = |q'_B - q_B| \rightarrow \text{بار کره B قبل از اتصال}$$

بار کره B بعد از اتصال

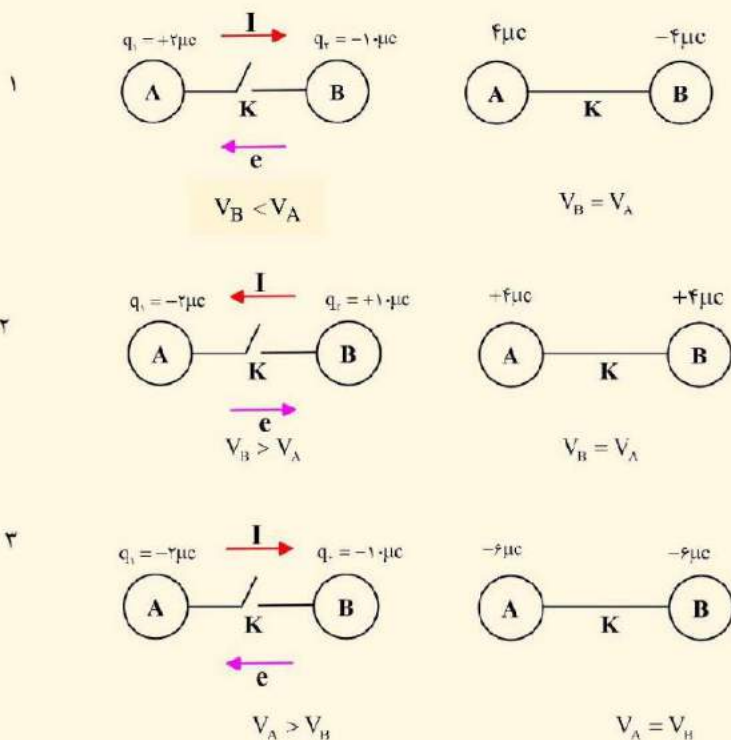
$$|\Delta q_A| = |q'_A - q_A| \rightarrow \text{بار کره A قبل از اتصال}$$

بار کره A بعد از اتصال

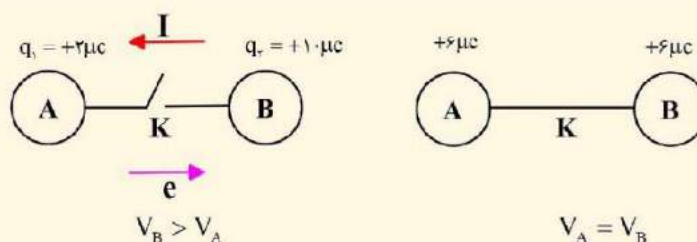
$$q_A + q_B = q'_A + q'_B$$

مجموع بار دو کره قبل و بعد از تماس ثابت می‌ماند:

مثال از حالت‌های مختلف اتصال دو کره



۴



نکته:

وقتی مجموع دو عدد مثبت و حقیقی مقدار ثابتی است، ضرب آن‌ها زمانی بیشینه است که دو عدد برابر باشند:

$$x + y = a \quad x = y = \frac{a}{2} \rightarrow (x \times y)_{\max}$$

وقتی دو کره مشابه با بارهای ناهم اندازه و همنام را به هم اتصال دهیم، بعد از تماس نیروی الکتریکی بین دو کره به حداکثر حالت ممکن خواهد رسید. اگر دو کره با بارهای ناهمنام را به هم اتصال دهیم بعد از اتصال نیروی الکتریکی بین دو کره ممکن است افزایش یا کاهش یابد و یا ثابت بماند.

طبق نکته قبل چون نیروی الکتریکی کاهش یافته است پس بار دو کره ناهمنام می‌باشد و چون بار q_1 مثبت است پس q_2 منفی است. از طرفی چون اندازه q_2 بزرگتر است پس بعد از اتصال با هر دو کره منفی خواهد بود. حالت اول:

$$F = \frac{90 |q_1| |q_2|}{r^2} \rightarrow 210 = \frac{90 |q_1| |q_2|}{3^2} \rightarrow |q_1| |q_2| = 21$$

در حالت دوم نیرو 170 نیوتن کاهش یافته پس $F_2 = 40 \text{ N}$

$$F_2 = \frac{90 |q'_1| |q'_2|}{r^2} \rightarrow 40 = \frac{90 |q'_1| |q'_2|}{3^2} \rightarrow q'_1 q'_2 = 4 \mu\text{C}$$

می‌دانیم بعد از اتصال بار دو کره منفی و هم‌اندازه خواهد شد پس:

$$q'_1 = q'_2 = -2 \mu\text{C}$$

$$\rightarrow q'_1 + q'_2 = -4 \mu\text{C} \xrightarrow{\text{پایستگی بار الکتریکی}} q_1 + q_2 = -4 \mu\text{C}$$

حال باید این دستگاه را حل کنیم.

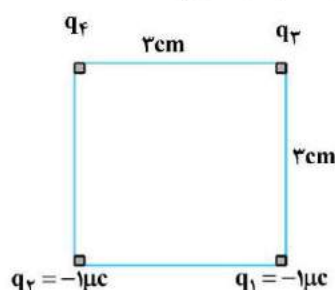
$$\begin{cases} |q_1| |q_2| = 21 \\ q_1 + q_2 = -4 \mu\text{C} \end{cases} \rightarrow$$

باید دو عدد پیدا کنید که ضرب آنها 21 و جمع آنها -4 و عدد بزرگتر منفی و عدد کوچکتر مثبت باشند:

$$\begin{cases} q_2 = -7 \mu\text{C} \\ q_1 = +3 \mu\text{C} \end{cases} \Rightarrow \Delta q_1 + q_2 = 5 \times 3 - 7 = 8 \mu\text{C}$$

گروه آموزشی ماز

37 - در شکل مقابل بار q_1 در حال تعادل است نیروی خالص وارد بر بار q_4 چند نیوتن است؟ ($\sqrt{2} = 1/4, k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$)



۲۶ (۲)

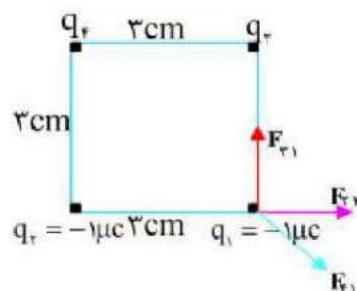
۴۰ (۴)

۵۴ (۱)

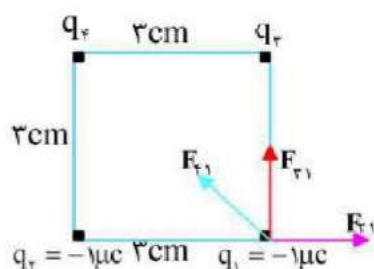
صفر (۳)

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم نیست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه از ۱۰	۸	۱۰	۵	سوال	هزاره‌م	الکتریسیته ساکن		*	*	متوسط	

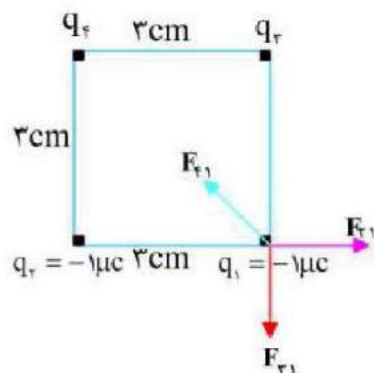
سه نیرو بر q_1 وارد می‌شود (F_{F1}, F_{F1}, F_{F1}) که فقط جهت F_{F1} مشخص است. حالت‌های مختلف را در شکل زیر رسم کرده‌ایم:



حالت ۲



حالت ۳



فقط در حالت ۳ امکان دارد نیروی خالص صفر شود. (یعنی F_{F1} می‌تواند برآیند F_{F1} و F_{F1} را خنثی کند).

مشکل بعدی حل این سوال این است که بار q_f را نداریم.

در این سوال شکل مربع است و چون نیروی الکتریکی همیشه در راستای خط واصل قرار دارد پس روی قطر مربع قرار می‌گیرد. یعنی F_{F1} نیمساز است پس طبق نکته قبل باید F_{F1} و F_{F1} هم‌اندازه باشند تا برآیند آنها وسط آنها قرار بگیرد.

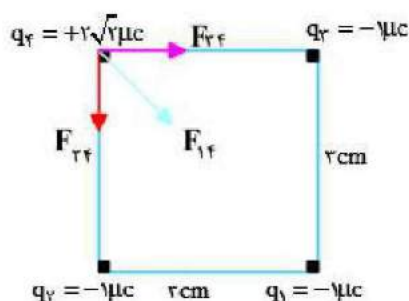
$$F_{F1} = F_{F1} \rightarrow q_r = q_r = -1 \mu C$$

از طرفی چون F_{F1} و F_{F1} برهم عمود بوده و هم‌اندازه هستند داریم:

$$F_{F1} = \sqrt{2} F_{F1} \rightarrow \frac{k q_f q_1}{r_{F1}^2} = \sqrt{2} \times \frac{k q_r q_1}{r_{F1}^2}$$

$$\rightarrow \frac{q_f}{(r\sqrt{2})^2} = \sqrt{2} \times \frac{1}{r^2} \rightarrow q_f = +2\sqrt{2} \mu C$$

حال نیروهای وارد بر q_4 را رسم می‌کنیم.



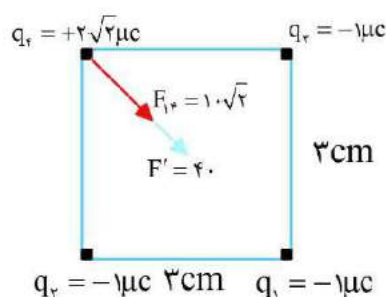
$$F_{24} = \frac{q_1 q_2 q_4}{r_{14}^2} = \frac{9 \times 2\sqrt{2} \times 1}{3^2} = 2\sqrt{2}$$

$$F_{24} = F_{34} = 2\sqrt{2}$$

$$F_{14} = \frac{9 \cdot q_1 q_4}{r_{14}^2} = \frac{9 \times 1 \times 2\sqrt{2}}{(3\sqrt{2})^2} = 1\sqrt{2}$$

ابتدا برآیند F_{24} و F_{34} را بدست می‌آوریم.

$$F' = \sqrt{2} F_{24} \rightarrow F' = \sqrt{2} \times 2\sqrt{2} = 4$$



چون F_{14} و F' هم جهت هستند پس:

$$F_T = F' + F_{14} = 4 + 1\sqrt{2} \cdot \sqrt{2} = 5$$

$$F_T = 4 + 1 \times 1 = 5 \rightarrow F_T = 5$$

گروه آموزشی ماز

38 - سه ذره باردار $q_1 = -5 \mu C$ و $q_2 = -2 \mu C$ و q_3 در صفحه xy به ترتیب در مختصات $A(0,0)$ و $B(9cm, 12cm)$ و $C(x,y)$ قرار دارند. اگر سه بار در حال تعادل باشند، q_3 برحسب میکروکولن و $3y-x$ برحسب سانتی‌متر به ترتیب کدام است؟

$$9, \frac{20}{9} \quad (4)$$

$$5, \frac{20}{9} \quad (3)$$

$$5, \frac{20}{3} \quad (2)$$

$$9, \frac{20}{3} \quad (1)$$

پاسخ: گزینه 4

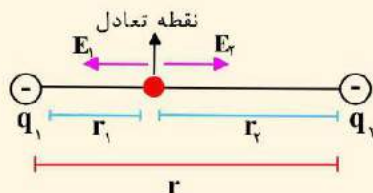
مشغله	مفهومی	معماری	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل درک و ترکیب با	درجه	میزان
درجه 10	6	5	8	سوال	یازدهم	الکتریسته ساکن	و ترکیب	x	x	سهگنی	متوسط

درسنامه

نقطه تعادل بر روی خط واصل دو بار الکتریکی:

اگر دو بار هم‌نام باشند بین دو بار و اگر ناهم‌نام باشند خارج دو بار و در هر دو حالت نزدیک به بار کوچکتر، نقطه‌ای به نام نقطه تعادل وجود دارد که هر باری در این نقطه قرار گیرد در حالت تعادل است.

$$|q_2| > |q_1|$$



$$E_1 = E_2 \rightarrow \frac{k|q_1|}{r_1^2} = \frac{k|q_2|}{r_2^2} \rightarrow \frac{|q_1|}{r_1^2} = \frac{|q_2|}{r_2^2} \rightarrow \frac{|q_1|}{|q_2|} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$$

r_1 = فاصله نقطه تعادل تا بار q_1

r_2 = فاصله نقطه تعادل تا بار q_2

- در نقطه تعادل میدان خالص صفر است پس هر باری در این نقطه قرار گیرد برآیند نیروهای وارد بر این بار صفر خواهد شد.

- اندازه و علامت یک بار تاثیری در تعادل خودش ندارد (چون از معادله خط می‌خورد). ولی در تعادل بقیه بارها موثر است.

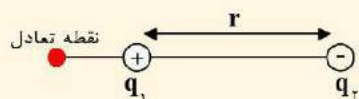
- این نقطه تعادل که بحث شده همیشه در راستای خط واصل دو بار است.

حالت‌های مختلف نقطه تعادل حاصل از دو بار:

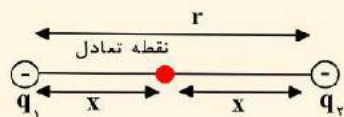
$$|q_2| > |q_1|$$



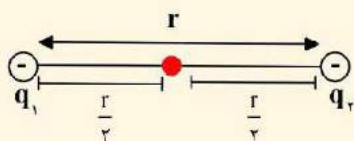
$$|q_2| > |q_1|$$



$$|q_2| = |q_1|$$



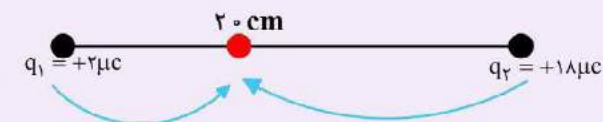
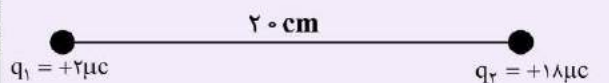
$$|q_2| \neq |q_1|$$



روش تستی پیدا کردن نقطه تعادل به همراه مثال
مثال:

در شکل زیر میدان خالص در چند سانتی متری بار q_1 صفر است؟

پاسخ: ابتدا مکان نقطه تعادل را مشخص کنید.

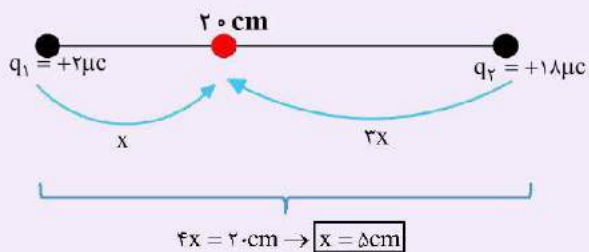


در نقطه تعادل دو میدان وجود دارد (E_1 و E_2)

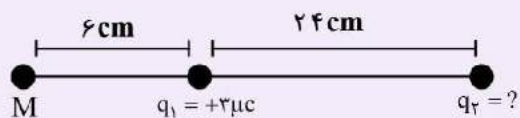
چون بار q_2 ۹ برابر بار q_1 است. $(\frac{q_2}{q_1} = \frac{18}{2} = 9)$

پس باید فاصله آن تا نقطه تعادل ۳ برابر باشد تا میدان‌ها هم‌اندازه شوند.

اندازه q_2 ، ۹ برابر q_1 ← فاصله r_2 ، ۳ برابر r_1



مثال: در شکل زیر q_2 چقدر باشد تا میدان خالص در نقطه M صفر شود؟

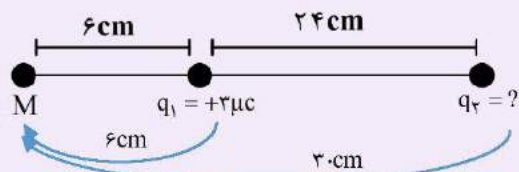


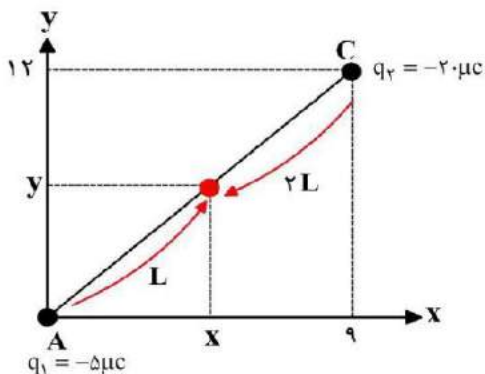
پاسخ: چون نقطه تعادل خارج دو بار است پس q_2 منفی است. در نقطه M دو میدان وجود دارد (E_1 و E_2)

چون r_1 ۵ برابر r_2 است $(\frac{r_2}{r_1} = \frac{30}{6} = 5)$ پس q_2 باید ۲۵ برابر q_1 باشد تا میدان‌ها هم‌اندازه شوند.

$$\rightarrow |q_2| = 25q_1 \rightarrow |q_2| = 25 \times 3 = 75$$

$$q_2 = -75 \mu C$$





ابتدا در دستگاه مختصات xOy شکل را رسم کرده و تعادل بار q_3 را بررسی می‌کنیم:

ابتدا با قضیه فیثاغورس فاصله AC را بدست می‌آوریم.

$$AC = \sqrt{9^2 + 12^2} = 3\sqrt{3^2 + 4^2} = 3 \times 5 = 15 \text{ cm}$$

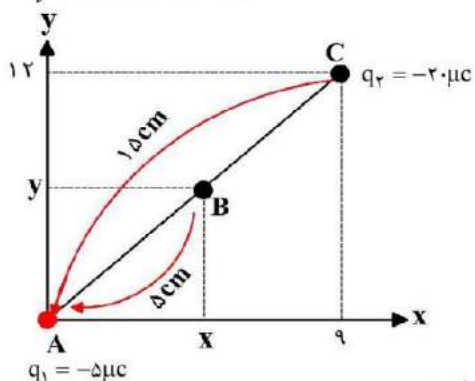
همانطور که در شکل ترسیم کرده‌ایم دو نیرو بر q_3 وارد می‌شود (F_{13} و F_{23}) چون q_2 برابر 4، q_1 است پس فاصله آن باید 2 برابر باشد.

$$L + 2L = 15 \rightarrow L = 5 \text{ cm} \rightarrow \begin{cases} AB = 5 \text{ cm} \\ BC = 10 \text{ cm} \end{cases}$$

از همین جا می‌توان با تشابه مثلث‌ها x و y را بدست آورد:

$$\frac{5}{15} = \frac{x}{9} = \frac{y}{12} \rightarrow \begin{cases} x = 3 \text{ cm} \\ y = 4 \text{ cm} \end{cases}$$

$$3y - x = 3 \times 4 - 3 = 9 \text{ cm}$$



حال تعادل q_1 را بررسی می‌کنیم. به شکل دقت کنید.

چون فاصله q_3 تا نقطه تعادل $\frac{1}{3}$ برابر فاصله q_2 تا نقطه تعادل است پس بار q_3 باید $\frac{1}{9}$ برابر q_2 باشد.

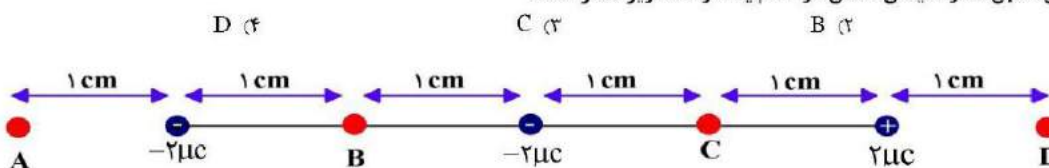
$$q_3 = \frac{1}{9} q_2 \rightarrow q_3 = \frac{1}{9} \times 20 = \frac{20}{9} \mu\text{C}$$

چون نقطه تعادل خارج دو بار است پس q_2 و q_3 ناهمنام هستند یعنی q_3 مثبت است.

$$q_3 = +\frac{20}{9} \mu\text{C}$$

گروه آموزشی ماز

39 - در شکل مقابل اندازه میدان خالص در کدام یک از نقاط زیر کمتر است؟



مشخصه	مفهومی	معماری	آفرشی	شناسه	پایه	میث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه از ۱۰	۱۰	۱	۷	سوال	پاردهم	الکتریسته ساکن		۵	۵	سطحی	سطح

درسنامه

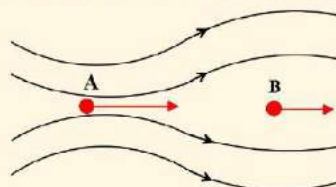
رسم خطوط میدان الکتریکی

برای مجسم کردن میدان الکتریکی در فضای اطراف اجسام باردار از خطهای جهت داری موسوم به خطوط میدان الکتریکی استفاده می‌کنیم.

۱- در هر نقطه، بردار میدان الکتریکی باید مماس بر خط میدان الکتریکی عبوری از آن نقطه و در همان جهت باشد.



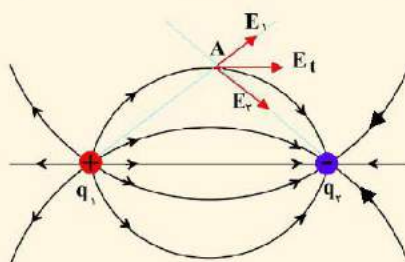
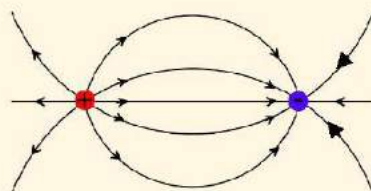
۲- میزان تراکم خطوط میدان در هر ناحیه از فضا نشان‌دهندهٔ اندازهٔ میدان در آن ناحیه است؛ هر جا خطوط میدان متراکم‌تر باشد، اندازه میدان بیشتر است.



- اطراف نقطهٔ A خطوط میدان متراکم‌تر از اطراف نقطهٔ B است، بنابراین بزرگی میدان در نقطهٔ A بیشتر از نقطهٔ B است.

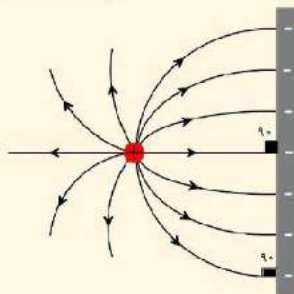
۳- در آرایشی از بارها خطوط میدان الکتریکی برآیند، از بارهای مثبت شروع و به بارهای منفی ختم می‌شوند.

- خطوط میدان یک دو قطبی الکتریکی:



۴- خطوط میدان برآیند هرگز یکدیگر را قطع نمی‌کنند یعنی از هر نقطهٔ فضا فقط یک خط میدان الکتریکی می‌گذرد.

خطوط میدان الکتریکی هرگز یکدیگر را قطع نمی‌کنند.	معادل با	در هر نقطه فقط و فقط یک میدان وجود دارد و آن هم میدان خالص است.
--	----------	---

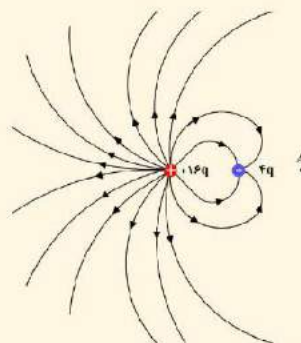


۵- خطوط میدان بر سطوح رسانا عمود است.

۶- نسبت بارها برابر با نسبت تعداد خطوطی است که از هر ذره خارج یا به آن وارد می‌شوند.

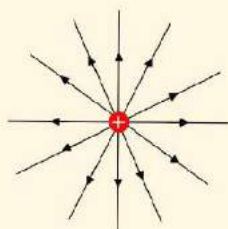
$$q \propto N \rightarrow \frac{|q_2|}{|q_1|} = \frac{N_2}{N_1}$$

$$\frac{|q_2|}{|q_1|} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{16}{4} \rightarrow |q_2| = 4|q_1|$$

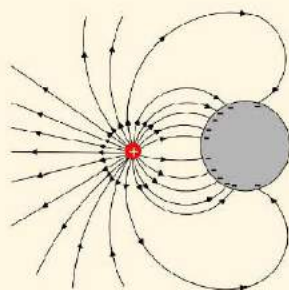
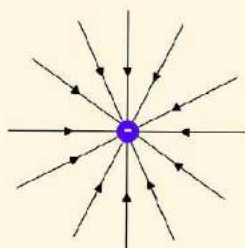


- خطوط میدان الکتریکی دو بار ناهمنام و ناهم‌اندازه:

نقطه تعادل دو بار ناهمنام: خارج دو بار و نزدیک به بار کوچکتر (نقطه A)
- خطوط میدان الکتریکی حاصل از یک ذره باردار مثبت ساکن و منزوی به صورت شعاعی خارج شونده هستند.

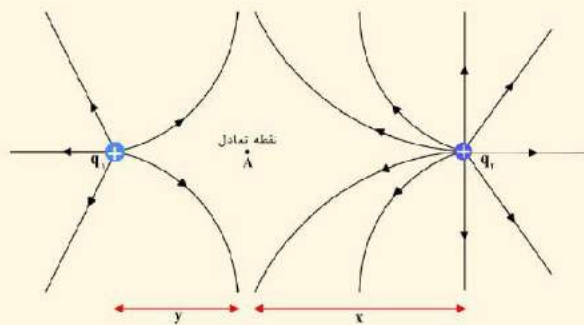


- خطوط میدان الکتریکی حاصل از یک ذره باردار منفی ساکن و منزوی به صورت شعاعی وارد شونده هستند.



خطوط میدان الکتریکی یک ذره و یک کره رسانای باردار:

خطوط میدان الکتریکی دو بار همنام و ناهم اندازه:



۱- نقطه تعادل دو بار همنام: بین دو بار و نزدیک به بار کوچکتر (از لحاظ اندازه)

نقطه تعادل به q_1 نزدیکتر است پس $|q_1| < |q_2|$

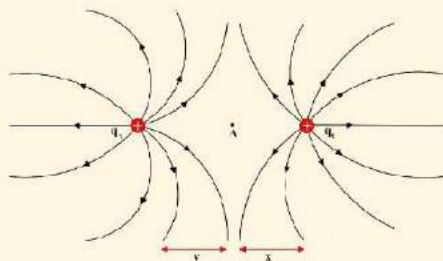
۲- خطوط میدان بار بزرگتر فضای بیشتری اشغال می‌کنند.

$$x > y \rightarrow |q_2| > |q_1|$$

$$\frac{|q_2|}{|q_1|} = \frac{9}{5} \rightarrow q_2 = -9/5 q_1$$

۳- از بار بزرگتر تعداد خطهای بیشتری خارج می‌شود.

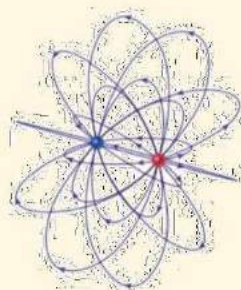
- خطوط میدان الکتریکی دو بار هم‌نام و هم‌اندازه:



۱- نقطه تعادل دقیقاً وسط دو بار است. پس: $q_1 = q_2$

۲- خطوط هر دو بار فضای یکسانی را اشغال کرده‌اند. $x = y \rightarrow q_1 = q_2$

۳- تعداد خطوط خارج شده از هر دو بار یکسان است. $N_2 = N_1 = 9 \rightarrow q_2 = q_1$
نمایش سه بعدی خطوط میدان برای یک دو قطبی الکتریکی:



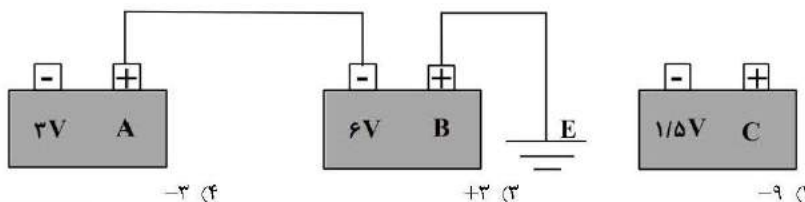
- تجسم واقعی خطوط میدان در فضاست و بنابراین طرحی سه‌بعدی دارد.

شاید تعدادی از شما اقدام به محاسبه میدان خالص در ۴ نقطه مورد نظر کرده‌اید. این روش خیلی زمان‌بر و دشوار است. به نکته‌ای که در مورد نقطه تعادل گفتیم دقت کنید.

طبق این نکته همواره بین دو بار هم‌نام و خارج دو بار ناهم‌نام ناهم‌اندازه همواره کمترین میدان را خواهیم داشت یعنی در این تست در نقطه B کمترین میدان وجود دارد.

گروه آموزشی ماز

40 - اگر بار $q = -4\mu\text{C}$ را از پایانه منفی مولد A به پایانه منفی مولد C ببریم انرژی پتانسیل الکتریکی بار ۱۸ میکروژول کاهش می‌یابد. پتانسیل پایانه مثبت مولد C چند ولت است؟



۳- (۴)

۳+ (۳)

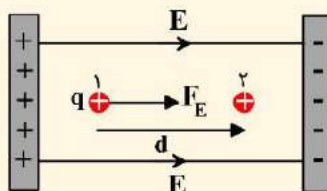
۹- (۲)

۹+ (۱)

پاسخ: گزینه ۴

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبعت	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان سختی
درجه از ۱۰	۸	۵	۷	سوال	پازدهم	الکتریسیته ساکن					

نسبت تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی به بار ذره را، اختلاف پتانسیل الکتریکی دو نقطه می‌گوییم که ذره میان آنها جابه‌جا شده است.



$$\underbrace{V_2 - V_1}_{\Delta V} = \frac{\Delta u_E}{q}$$

$$\Delta K = W_E = -\Delta U_E$$

اگر ذره فقط تحت تأثیر نیروی میدان باشد.

$\Delta u \leftarrow J$ تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار جابه‌جا شده

$\Delta V \leftarrow$ اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه

$q \leftarrow$ بار الکتریکی جابه‌جا شده

- نسبت تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی به بار (یعنی اختلاف پتانسیل الکتریکی) مستقل از نوع و اندازه بار الکتریکی است.

- عامل شارش بار در مدار را اختلاف پتانسیل الکتریکی گویند. (دقیقا مشابه اختلاف ارتفاع)

مثال: اگر بار $q = -4 \mu C$ از نقطه A با پتانسیل $V_A = -90.0 V$ به نقطه B با پتانسیل $V_B = +60.0 V$ برود، کار میدان الکتریکی روی این بار در این جابه‌جایی چند میلی‌ژول است؟

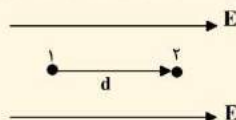
پاسخ: گزینه ۲

$$V_B - V_A = \frac{\Delta u}{q} \rightarrow (+60.0) - (-90.0) = \frac{\Delta u}{-4.0 \times 10^{-6}}$$

$$\rightarrow \Delta u = 150.0 \times (-4.0 \times 10^{-6}) = -0.6 J = -60 mJ$$

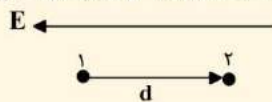
$$W_E = -\Delta u_E \rightarrow W_E = +60 mJ$$

۱- اگر در جهت میدان الکتریکی یا مدار حرکت کنیم، پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد و این ربطی به بار جابه‌جا شده ندارد.



$$V_2 < V_1 \rightarrow \Delta V < 0$$

۲- اگر خلاف جهت میدان الکتریکی حرکت کنیم، پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد و این ربطی به بار جابه‌جا شده ندارد.



$$V_2 > V_1 \rightarrow \Delta V > 0$$

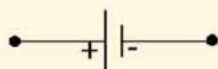
۳- اگر عمود بر خطوط میدان حرکت کنیم پتانسیل الکتریکی تغییر نمی‌کند.



$$V_2 = V_1 \rightarrow \Delta V = 0$$

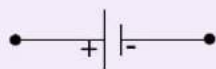
هر باتری دو پایانه دارد که یکی با مثبت و دیگری با منفی نشان داده می‌شود.

- بنا به قرارداد اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر باتری برابر با پتانسیل پایانه مثبت منهای پتانسیل پایانه منفی است.



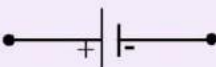
$$\Delta V = V_+ - V_-$$

مثال: وقتی می‌گوییم باتری خودرو ۱۲ ولت است یعنی پتانسیل پایانه مثبت به اندازه ۱۲ ولت از پتانسیل منفی آن بیشتر است. برای این باتری ۱۲ ولتی در حالت‌های زیر پتانسیل مجهول را بدست آورید.



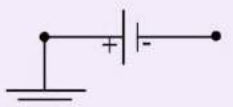
$$V_+ = -3V \quad V_- = ?$$

$$V_- = -15V \quad \text{پاسخ:}$$



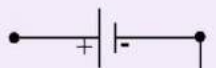
$$V_- = -5V \quad V_+ = ?$$

$$V_+ = +7V \quad \text{پاسخ:}$$



$$V_- = ?$$

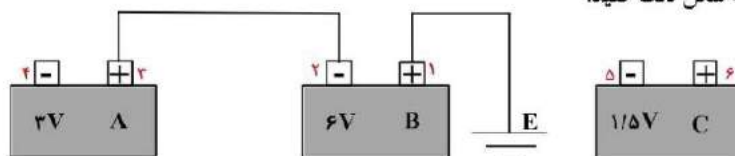
$$V_- = -12V \quad \text{پاسخ:}$$



$$V_+ = ?$$

$$V_+ = +12V \quad \text{پاسخ:}$$

قطب‌های باتری را شماره گذاری می‌کنیم، به شکل دقت کنید.



نقطه ۱ چون به زمین وصل شده است پس پتانسیل آن صفر است $V_1 = 0$. باتری B، ۶ ولتی است پس پتانسیل صفحه منفی آن ۶ ولت کمتر از پتانسیل

$$V_2 = 0 - 6 = -6 \quad \text{صفحه مثبت است پس:}$$

نقطه ۳ با سیم به نقطه ۲ وصل است پس پتانسیل یکسانی دارند.

$$V_3 = V_2 \rightarrow V_3 = -6$$

باتری A، ۳ ولتی است پس پتانسیل صفحه منفی آن ۳ ولت کمتر از صفحه مثبت است.

$$V_4 = (-6) - (3) = -9V$$

طبق صورت سوال بار $q = -4\mu C$ را از نقطه ۴ به نقطه ۵ برده‌ایم پس:

$$V_5 - V_4 = \frac{\Delta u}{q} \rightarrow V_5 - (-9) = \frac{-18\mu J}{-4\mu J}$$

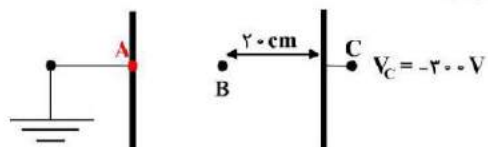
$$\rightarrow V_5 + 9 = 4/5 \rightarrow V_5 = -4/5V$$

باتری C، ۱/۵ ولتی است پس پتانسیل صفحه مثبت آن ۱/۵V بیشتر از صفحه منفی آن است.

$$V_6 = (-4/5) + (1/5) = -3V$$

گروه آموزشی ماز

41- در شکل مقابل ذره‌ای به جرم 0.1 گرم و بار -2 میکروکولن با تندی 2 متر بر ثانیه از نقطه A سمت B پرتاب می‌شود. اگر این ذره حداکثر تا نقطه B برود، فاصله دو صفحه خازن از هم چند سانتی‌متر است؟ (از نیروی وزن ذره اغماض کنید).



$$40 \quad (2)$$

$$10 \quad (4)$$

$$30 \quad (1)$$

$$60 \quad (3)$$

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه ۱۰	۵	۷	۸	سوال	پاردهم	الکتروستاتیک ساکن	و ترکیب	۱	۱	سطحی	سخت

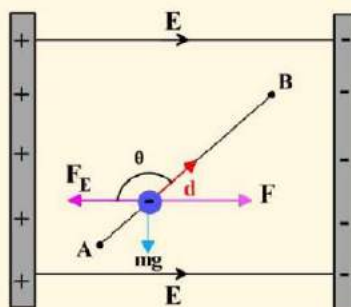
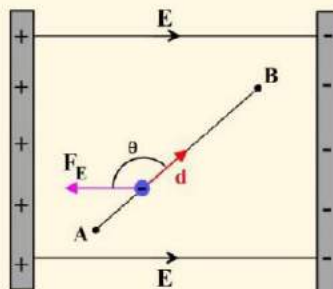
درسنامه

انرژی پتانسیل الکتریکی

«کار نیروی الکتریکی وارد بر یک ذره باردار در میدان الکتریکی یکنواخت E در یک جابجایی مشخص برابر با منفی تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی در همان جابجایی است»

$$\Delta U_E = -W_E \rightarrow \Delta U_E = -W_E = -|q|Ed \cos \theta$$

زاویه بین نیروی میدان و جابجایی



$$W_E + W_{mg} + W_{\text{خارجی}} = K_f - K_i = \frac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2)$$

$$W_{mg} = -mg\Delta h \quad \text{کار نیروی وزن}$$

$$W_F = Fd \cos \alpha \quad \text{کار نیروی خارجی}$$

- اگر هیچ نیروی خارجی بر ذره باردار وارد نشود:

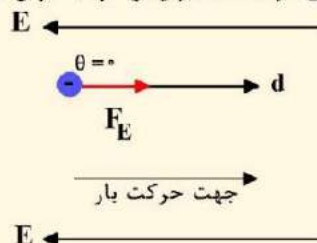
$$W_{\text{خارجی}} = 0$$

- در حرکت افقی و سوالاتی که از کار نیروی گرانش صرف نظر می شود داریم:

$$W_{mg} = 0$$

بررسی علامت و تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی

الف) شارش خود به خودی: اگر ذره باردار به میل خود در جهت نیروی الکتریکی حرکت کند، شارش آن خود به خودی است.



۱- حرکت بار منفی خلاف جهت میدان الکتریکی

۲- حرکت بار مثبت در جهت میدان الکتریکی

۳- نزدیک شدن بارهای ناهمنام به یکدیگر

۴- دور شدن بارهای همنام از یکدیگر

$$\Delta U_E = -|q|Ed$$

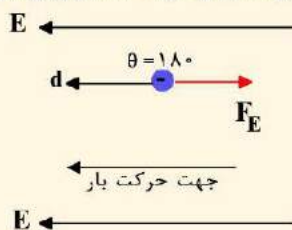
$$\Delta K = W_E = -\Delta U_E \longrightarrow \Delta U_E < 0 \quad \Delta K > 0 \quad W_E > 0$$

- انرژی پتانسیل کاهش می‌یابد.

- کار نیروی الکتریکی مثبت است.

- انرژی جنبشی و تندی افزایش می‌یابد.

(ب) شارش غیر خود به خودی: اگر ذره باردار برخلاف میل خود خلاف جهت نیروی الکتریکی حرکت کند شارش آن غیر خودبه‌خودی است.



۱- حرکت بار منفی در جهت میدان الکتریکی

۲- حرکت بار مثبت در خلاف جهت میدان الکتریکی

۳- دور شدن بارهای ناهمنام

۴- نزدیک شدن بارهای همنام

- انرژی پتانسیل افزایش می‌یابد.

$$\Delta U_E = +|q|Ed$$

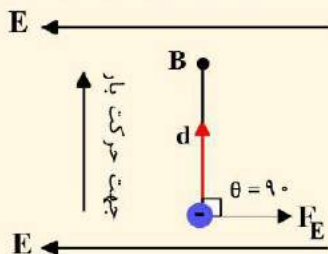
$$\Delta K = W_E = -\Delta U_E \longrightarrow \Delta U_E > 0 \quad \Delta K < 0 \quad W_E < 0$$

- کار نیروی الکتریکی منفی است.

- انرژی جنبشی و تندی کاهش می‌یابد.

(ج) شارش بی اثر: اگر ذره باردار عمود بر خطوط میدان الکتریکی حرکت کند شارش آن بی‌اثر است.

در این حالت چون جابجایی بر نیروی الکتریکی عمود است کاری انجام نمی‌شود به همین دلیل تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار صفر خواهد شد.



$$\Delta U_E = -|q|Ed \cos 90^\circ \xrightarrow{\cos 90^\circ = 0} \Delta U_E = 0$$

$$\Delta U_E = 0$$

- انرژی پتانسیل ثابت می‌ماند.

$$\Delta K = W_E = -\Delta U_E \longrightarrow \Delta U_E = 0 \quad \Delta K = 0 \quad W_E = 0$$

- کار نیروی الکتریکی صفر است.

- انرژی جنبشی و تندی ثابت می‌ماند.

محاسبه میدان یکنواخت

اختلاف پتانسیل

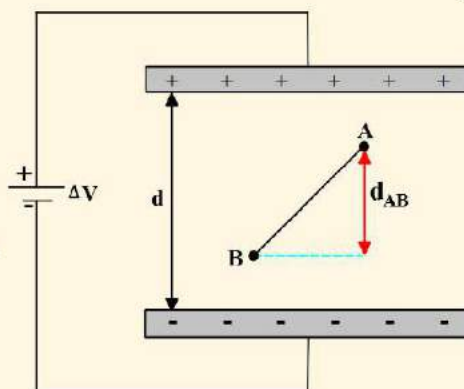
اختلاف پتانسیل دو نقطه A و B دو سر خازن

$$E = \frac{|\Delta V|}{d} = \frac{|\Delta V_{AB}|}{d_{AB}} \longrightarrow |\Delta V| = Ed$$

فاصله دو سر خازن

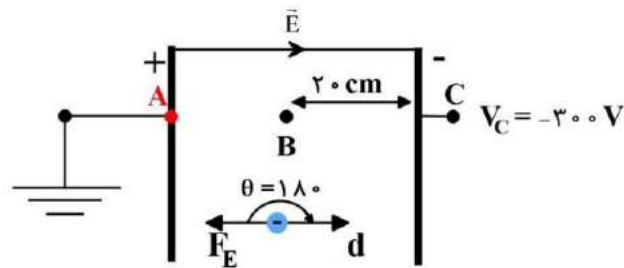
فاصله دو نقطه A و B از هم

از هم



برای محاسبه این فاصله می‌توان دو صفحه خازن را از نقاط A و B رسم کرد و طول خطی که بر این دو صفحه عمود است را بدست آورد.

نقطه A به زمین وصل است پس پتانسیل آن صفر است. $V_A = 0$



$$E = \frac{V}{d} \rightarrow E = \frac{0 - (-300)}{AB + 0.02} \rightarrow E = \frac{300}{AB + 0.02}$$

ذره باردار حداکثر تا نقطه B جلو رفته است پس: $v_b = 0$

$$\Delta K = \frac{1}{2} m (v_b^2 - v_a^2)$$

$$\Delta K = \frac{1}{2} \times (0.01 \times 10^{-3}) (0^2 - 2^2)$$

$$\Delta K = -2 \times 10^{-4} \text{ J}$$

$$W_E + W_{mg} + W_{\text{خارجی}} = \Delta K \xrightarrow{W_{\text{خارجی}} = 0} W_E = \Delta K$$

$$\rightarrow W_E = -2 \times 10^{-4} \text{ J}$$

چون $V_C < V_A$ است پس جهت خطوط میدان به سمت راست بوده و شارش غیر خودبخودی است و علامت Δu مثبت است.

$$\Delta u = +E |q| d \xrightarrow{W_E = -\Delta u} W_E = -E |q| d$$

$$\rightarrow \cancel{E} \times \cancel{q} = \cancel{E} \times \cancel{q} \times AB$$

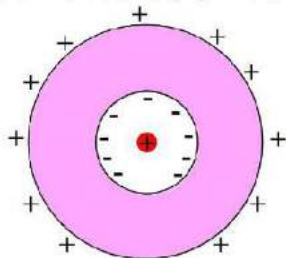
$$\frac{E = \frac{300}{AB + 0.02}}{1} = \frac{300}{AB + 0.02} \times 10^{-3} AB$$

$$\rightarrow 1 = \frac{3AB}{AB + 0.02} \rightarrow AB = 0.01 \text{ m} = 1 \text{ cm}$$

$$\rightarrow \text{فاصله دو صفحه} = 1 + 2 = 3 \text{ cm}$$

گروه آموزشی ماز

42- در شکل زیر ذره با بار $+q$ بدون هیچ اتصالی درون یک پوسته کروی رسانای تو خالی قرار دارد و بار سطح خارجی و داخلی کره به ترتیب $+12\mu\text{C}$ و $-12\mu\text{C}$ می باشد. اگر به روش تماس تعداد $7/5 \times 10^{13}$ الکترون به این کره بدهیم بعد از تعادل بار سطح خارجی و داخلی کره به ترتیب چند میکروکولن خواهد شد؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19} \text{C}$)



- (۲) -12 ، صفر
(۴) $+12$ ، -18

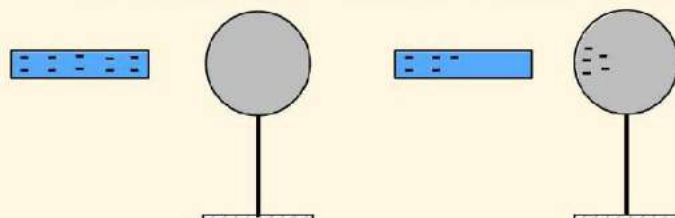
- (۱) صفر ، -12
(۳) -6 ، -12

پاسخ: گزینه ۱

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب یا	درجه سختی	میزان متوسط
درجه آزمون	۸	۵	۵	سوال	پانزدهم	الکتریسیته ساکن	پیش نیاز و ترکیب	۵	۵	سختی	متوسط

اجسام نارسانا

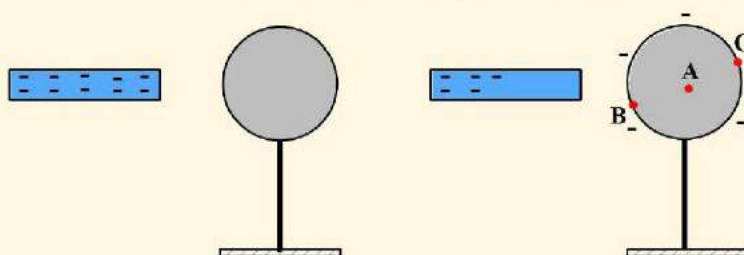
اجسام نارسانا الکترون آزاد ندارند، و همین باعث می شود عایق الکتریسیته و گرما باشند.
- اگر به یک نارسانا بار خالص بدهیم، بار داده شده در نقطه تماس باقی می ماند و بقیه سطح نارسانا باردار نخواهد شد.



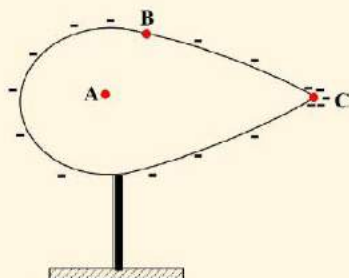
اجسام رسانا

اجسام رسانا الکترون آزاد دارند، و همین باعث می شود هادی الکتریسیته و گرما باشند.
- اگر به یک رسانا بار خالص بدهیم:

- ۱- بار داده شده به جسم رسانا در کل سطح خارجی رسانا پخش می شود.
- ۲- داخل رسانا بار خالص وجود ندارد. (میدان الکتریکی هم نداریم).
- ۳- بعد از تعادل، پتانسیل تمامی نقاط سطح رسانا برابر خواهد شد. (سطح رسانا هم پتانسیل است).



۴- تراکم بار (چگالی سطحی) در نقاط نوک تیز بیشتر خواهد شد.



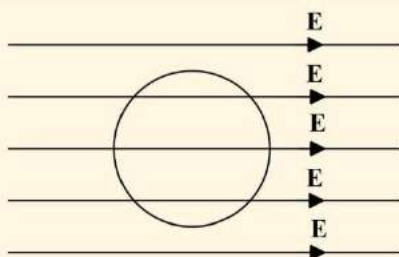
$$q_A = 0$$

$$\sigma_C > \sigma_B$$

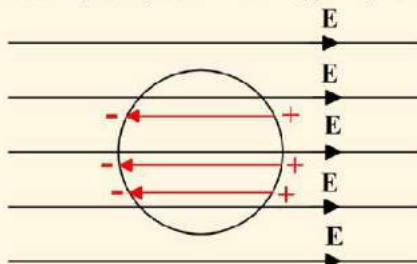
$$V_A = V_B = V_C$$

$$E_A = 0, E_B < E_C$$

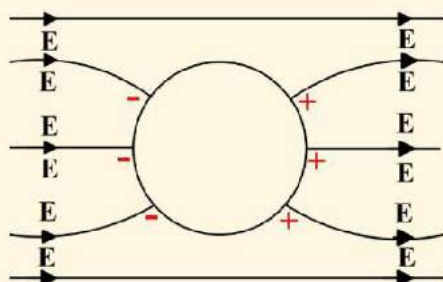
رسانای خنثی در میدان الکتریکی



در اثر نیروی الکتریکی الکترون‌های رسانا خلاف جهت میدان حرکت کرده و اثر القا در رسانا مشاهده می‌شود. میدان القایی به وجود آمده درون رسانا میدان خارجی را خنثی می‌کند.



میدان خالص درون رسانا صفر شده است.
خطوط میدان بر سطوح رسانا عمود شده‌اند.

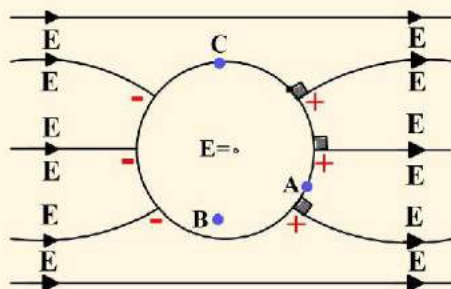


الکترون‌های آزاد طوری در سطح جسم پخش می‌شوند تا اثر میدان خارجی درون رسانا از بین برود و میدان خالص درون رسانا صفر شود. همه نقاط رسانا پتانسیل یکسانی دارند. (رسانا در تعادل الکترواستاتیکی است).

سطح جسم رسانا یک سطح همپتانسیل است.

میدان روی سطح رسانا عمود بر این سطح است.

چون میدان داخل رسانا صفر است کار نیروی الکتریکی در هر جابجایی دلخواه در درون رسانا صفر می‌شود. و چون میدان بر سطح رسانا عمود است، کار نیروی الکتریکی در هر گونه جابه‌جایی در سطح رسانا، صفر است.



$$V_C = V_B = V_A$$

آزمایش فاراده

۱- ظرف رسانای بدون باری با درپوش فلزی را در نظر بگیرید که روی سطح نارسنایی قرار دارد.

۲- یک گوی فلزی باردار را بدون تماس با ظرف وارد ظرف می‌کنیم.

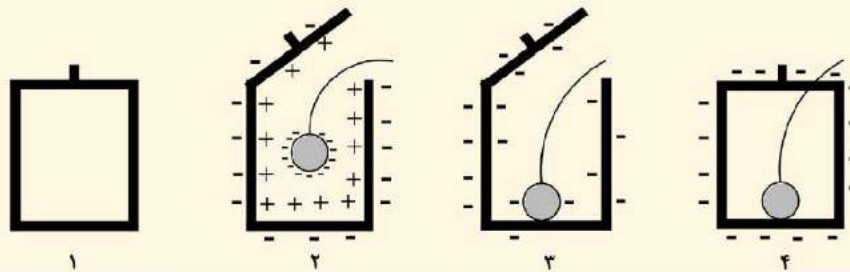
- در ظرف القای بار صورت گرفته و بار ناهمنام با کره در نزدیکترین فاصله (سطح داخلی ظرف) و بار همنام با آن در دورترین فاصله ممکن (سطح خارجی ظرف) قرار می‌گیرند.

۳- گوی فلزی را با کف ظرف تماس می‌دهیم.

- بار گلوله بین ظرف و گلوله تقسیم می‌شود (چون ظرف سطح بسته نیست و گلوله جزئی از سطح خارجی محسوب می‌شود).

۴- درپوش فلزی ظرف را می‌بندیم.

- با بستن درپوش فلزی چون گلوله جزئی از سطح داخلی ظرف محسوب می‌شود تمام بار گلوله و سطح آن به سطح خارجی ظرف منتقل می‌شود و بار گلوله صفر خواهد شد.



در حالت اول در اثر القا بار سطح داخلی منفی و بار سطح خارجی مثبت شده است ولی در مجموع بار کره خنثی است. وقتی به کره $1.3 \times 10^{-12} \text{ C}$ الکترون بدهیم.

$$q = -ne \rightarrow q = -1.3 \times 10^{-12} \times 1.6 \times 10^{-19}$$

$$\rightarrow q = -1.2 \times 10^{-19} \text{ C} \rightarrow q = -1.2 \mu\text{C}$$

بار خالص داده شده به سطح خارجی کره می‌رود و داخل کره باری قرار نمی‌گیرد پس:

$$q = -1.2 \mu\text{C} \text{ بار سطح داخلی}$$

$$q = (+1.2 \mu\text{C}) + (-1.2 \mu\text{C}) = 0 \text{ بار سطح خارجی}$$

گروه آموزشی ماز

43- اختلاف پتانسیل دو سر یک خازن تخت را از V_1 به V_2 می‌رسانیم و بار ذخیره شده در خازن $10 \mu\text{C}$ افزایش می‌یابد. اگر مجموع V_1 و V_2 برابر ۸ ولت باشد ($V_1 + V_2 = 8 \text{ V}$)، انرژی ذخیره شده در خازن چند میکروژول تغییر کرده است؟

(۴) داده‌های مسأله کافی نیست.

(۳) ۳۲۰

(۲) ۸۰

(۱) ۴۰

پاسخ: گزینه ۱

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شداسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه ۱۰	۷	۵	۹	سوال	یازدهم	لکتریسته ساکن	و ترکیب			سهگنی	سطح

در تست‌هایی که می‌خواهیم تغییرات یک کمیت را بدست آوریم ابتدا فرمول مناسب را نوشته سپس از دو طرف فرمول Δ بگیریم فقط دقت کنید که:

۱- وقتی از اعداد ثابت Δ گرفته می‌شود جواب صفر خواهد شد یعنی نیازی به نوشتن اعداد ثابت نیست.

۲- ضرایب ثابت را می‌توان از Δ خارج کرد و پشت آن نوشت.

مثال ۱- اگر اختلاف پتانسیل دو سر یک خازن را تغییر دهیم تغییرات بار خازن چگونه محاسبه می‌شود؟

$$q = cv \rightarrow \Delta(q) = \Delta(cv) \xrightarrow{\text{ثابت}} \Delta q = c \Delta v$$

مثال ۲- اگر فقط مساحت صفحات خازن را تغییر دهیم:

$$C = \frac{K\epsilon_0 A}{d} \xrightarrow{\text{ثابت } K \text{ و } \epsilon_0} \Delta C = \frac{K\epsilon_0}{d} \Delta A$$

مثال ۳- اگر فقط فاصله بین صفحات خازن را تغییر دهیم:

$$C = K\epsilon_0 \frac{A}{d} \xrightarrow{\text{ثابت } K \text{ و } \epsilon_0} \Delta C = K\epsilon_0 A \times \Delta\left(\frac{1}{d}\right)$$

$$\rightarrow \Delta C = K\epsilon_0 A \left(\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2} \right)$$

مثال ۴- اگر با ثابت نگه داشتن ظرفیت خازن، بار ذخیره شده در خازن را تغییر دهیم:

$$u = \frac{q^2}{2c} \xrightarrow{c \text{ ثابت}} \Delta u = \frac{1}{2c} \Delta q^2$$

$$\rightarrow \Delta u = \frac{1}{2c} (q_2^2 - q_1^2)$$

$$c = \frac{q^2}{2v} \xrightarrow{q \text{ ثابت}} c = \frac{\Delta q}{\Delta v}$$

$$u = \frac{1}{2} c v^2 \xrightarrow{c \text{ ثابت}} \Delta u = \frac{1}{2} c \Delta v^2$$

$$\rightarrow \Delta u = \frac{1}{2} c (v_2^2 - v_1^2) \xrightarrow{c = \frac{\Delta q}{\Delta v}}$$

$$\Delta u = \frac{1}{2} \frac{\Delta q}{\Delta v} (v_2^2 - v_1^2)$$

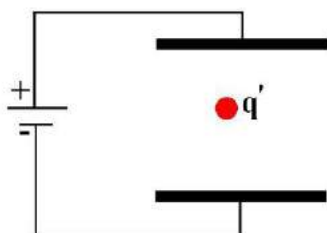
$$\rightarrow \Delta u = \frac{1}{2} \frac{\Delta q}{v_2 - v_1} \times (v_2 - v_1)(v_2 + v_1)$$

$$\rightarrow \Delta u = \frac{1}{2} \Delta q \times (v_2 + v_1)$$

$$\rightarrow \Delta u = \frac{1}{2} \times 10 \times 8 \rightarrow \boxed{\Delta u = 40 \mu J}$$

گروه آموزشی ماز

44- در شکل مقابل بار q' در فضای بین صفحات یک خازن، ساکن و در حال تعادل قرار دارد. اگر فاصله صفحات خازن را ۸ برابر کنیم چه اتفاقی رخ می‌دهد؟



- ۱) بار q' به سمت بالا حرکت می‌کند.
- ۲) بار q' به سمت پایین حرکت می‌کند.
- ۳) انرژی ذخیره شده در خازن ۱۲/۵ درصد کاهش می‌یابد.
- ۴) انرژی ذخیره شده در خازن ۱۲/۵ درصد افزایش می‌یابد.

پاسخ: گزینه ۲

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه از ۱۰	۶	۵	۷	سوال	پاردهم	الکترواستاتیک ساکن	و ترکیب	۱	۷	سهگونی	متوسط

درسنامه

نکته

اگر در حالتی که یک خازن به مولد وصل است در ساختمان آن تغییر ایجاد کنیم اختلاف پتانسیل دو سر خازن ثابت می‌ماند. می‌دانیم که اختلاف پتانسیل دو سر خازن با نیروی محرکه باتری برابر است و چون نیروی محرکه باتری را هرگز نمی‌توانیم تغییر دهیم پس تا زمانی که خازن به باتری وصل است اختلاف پتانسیل دو سر آن تغییر نمی‌کند.

ثابت $V = \varepsilon$
باتری خازن

$$\left\{ \begin{array}{l} V = \text{ثابت} \\ u \propto q \propto c \end{array} \right. \rightarrow \frac{u_2}{u_1} = \frac{q_2}{q_1} = \frac{c_2}{c_1}$$



مثال- در شکل زیر فاصله صفحات خازن را افزایش داده‌ایم:

اختلاف پتانسیل دو سر خازن که برابر با نیروی محرکه باتری است ثابت می ماند و ظرفیت خازن کاهش می یابد.

$$\downarrow C = \frac{K\epsilon_0 A}{d \uparrow}$$

$$\downarrow q = \downarrow C \times V$$

بار ذخیره شده در خازن کاهش می یابد.

$$\downarrow u = \frac{1}{2} \downarrow CV^2$$

انرژی ذخیره شده در خازن کاهش می یابد.

$$\downarrow E = \frac{V}{d \uparrow}$$

میدان الکتریکی خازن کاهش می یابد.

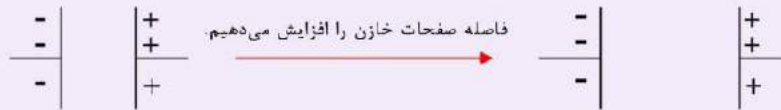
نکته

اگر در ساختمان خازنی که از مولد جدا شده است تغییر ایجاد کنیم بار ذخیره شده در خازن ثابت می ماند.

در این حالت بار ذخیره شده در خازن ثابت می ماند و بقیه عوامل با نسبت زیر تغییر می کنند.

$$\left\{ \begin{array}{l} q = \text{ثابت} \\ u \propto V \propto \frac{1}{C} \end{array} \right. \rightarrow \frac{u_2}{u_1} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{C_1}{C_2}$$

مثال - در شکل زیر فاصله صفحات خازن را افزایش داده ایم؛ اگر یک خازن پس از مدتی از باتری جدا شود و سپس فاصله صفحات خازن را افزایش دهیم، خواهیم داشت:



$$\downarrow C = \frac{K\epsilon_0 A}{d \uparrow}$$

بار ذخیره شده در خازن ثابت می ماند و ظرفیت خازن کاهش می یابد.

$$\uparrow V = \frac{q}{C \downarrow}$$

اختلاف پتانسیل دو سر خازن افزایش می یابد.

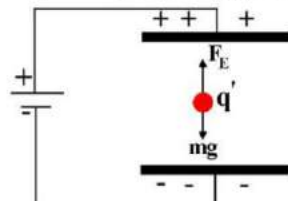
$$\uparrow u = \frac{q^2}{2C \downarrow}$$

انرژی ذخیره شده در خازن افزایش می یابد.

$$E = \frac{q}{K\epsilon_0 A} \quad \begin{array}{l} \text{ثابت} \\ \text{ثابت} \end{array}$$

میدان درون صفحات خازن ثابت باقی می ماند.

می دانیم که نیروی mg بر بار q' وارد شده و آن را به سمت پایین می کشد پس برای اینکه این بار در حال تعادل باشد باید نیروی الکتریکی به سمت بالا به آن وارد شود.



$$F_E = mg \quad \text{شرط تعادل}$$

چون خازن به باتری وصل است پس هر تغییری در خازن ایجاد شود V ثابت می ماند:

$$\frac{1}{\lambda} \leftarrow C = \frac{K\epsilon_0 A}{d} \rightarrow \text{برابر } \lambda$$

$$\frac{1}{\lambda} \leftarrow q = C \times V \rightarrow \text{ثابت}$$

$$\downarrow \frac{1}{\lambda}$$

$$\frac{1}{\lambda} \leftarrow u = \frac{1}{2} CV^2 \rightarrow \text{ثابت}$$

$$\downarrow \frac{1}{\lambda}$$

$$\rightarrow u_2 = \frac{1}{\lambda} u_1$$

$$\text{درصد تغییرات انرژی} = \frac{\Delta u}{u_1} \times 100 = \frac{\frac{1}{\lambda} u_1 - u_1}{u_1} \times 100 = -87.5\%$$

پس انرژی خازن ۸۷/۵ درصد کاهش می‌یابد.

$$E = \frac{V}{d} \leftarrow \frac{1}{\lambda} \text{ برابر}$$

چون میدان کاهش یافته نیروی الکتریکی کاهش می‌یابد.

$$\downarrow F_E = \downarrow E|q|$$

پس در حالت دوم $mg > F_E$ شده و بار q' به سمت پایین حرکت می‌کند.

45- جسم‌های A، B، C و D مفروض‌اند. دو جسم را به دلخواه انتخاب کرده و به یکدیگر مالش داده و سپس دو جسم باقی‌مانده را نیز به یکدیگر مالش می‌دهیم. هر یک از جسم‌های مالش داده شده را به سه جسم دیگر نزدیک می‌کنیم. در این صورت باتوجه به جدول سری الکتریسیته مالشی زیر، کدام یک از جسم‌ها همواره یکدیگر را جذب می‌کنند؟

الف) (D,A)

ب) (C,B)

ج) (C,A)

د) (D,B)

۱) فقط الف

۲) الف و ب

۳) الف و ج

۴) ب و د

A
B
C
D

انتهای منفی سری

پاسخ: گزینه ۲

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب	درجه	هوزان
درجه ۱ تا ۳	۱۰	۲	۱۰	سوال	یازدهم	روش‌های باردار کردن اجسام	روش‌های باردار کردن اجسام	۲	۲	سطحی	۱۰۰

یکی از روش‌های باردار کردن اجسام که معمولاً برای اجسام نارسانا به کار می‌رود، روش مالش است. در مورد این روش خوب است نکات زیر را بدانیم:

(۱) هنگامی که دو جسم از طریق مالش باردار می‌شوند، بار یکی از آن‌ها منفی و بار دیگری مثبت خواهد شد، بنابراین علامت بارها مخالف هم خواهد بود.

(۲) چون در روش مالش تعداد الکترون‌هایی که یک جسم از دست می‌دهد با تعداد الکترون‌هایی که جسم دیگر به دست می‌آورد برابر است، اندازه بار دو جسم با هم برابر خواهد بود. به عبارت دیگر اگر بار یک جسم $+q$ باشد، بار دیگری $-q$ خواهد بود.

(۳) چون در روش مالش علامت بار اجسام مخالف هم است، نیروی الکتریکی بین این دو جسم از نوع رپایشی خواهد بود.

(۴) هنگامی که دو جسم را به هم مالش می‌دهیم تا باردار شوند، جسمی که الکترون خواهد تر است (در سری الکتریسیته مالشی در قسمت پایین‌تری قرار دارد)، الکترون می‌گیرد و بار آن منفی می‌شود. همچنین جسمی که کمتر الکترون خواهد تر است (در سری الکتریسیته مالشی در قسمت بالاتری قرار دارد)، الکترون از دست می‌دهد و علامت بار آن مثبت خواهد بود.

تملی حالت‌های ممکن را که جسم‌ها در دسته‌های دوتایی انتخاب می‌شوند، در نظر می‌گیریم. سپس باتوجه به جدول سری الکتریسیته مالشی داده شده، بار جسم‌ها را پس از مالش به یکدیگر مشخص می‌کنیم و در ادامه تعیین می‌کنیم که کدام یک از جسم‌ها یکدیگر را جذب می‌کنند.

حالت اول: (A,B)، (C,D)

در این حالت پس از مالش جسم A و B به یکدیگر جسم A مثبت و جسم B منفی می‌شود و به عبارتی (A^+, B^-) و به همین ترتیب پس از مالش جسم C و D به یکدیگر جسم C مثبت و جسم D منفی می‌شود و به عبارتی (C^+, D^-) . در این صورت باتوجه به علامت بار هر یک از جسم‌ها، جسم‌هایی که یکدیگر را جذب می‌کنند، عبارتند از (A^+, B^-) ، (A^+, D^-) ، (B^-, C^+) و (C^+, D^-) .

حالت دوم: (A,C)، (B,D)

پس از مالش: (A^+, C^-) ، (B^+, D^-)

جسم‌هایی که یکدیگر را جذب می‌کنند: (A^+, C^-) ، (A^+, D^-) ، (B^+, C^-) ، (B^+, D^-)

حالت سوم: (B, C) ، (A, D)

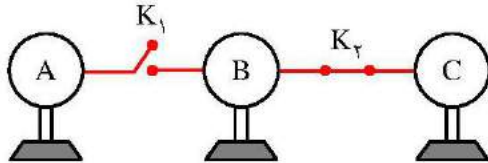
پس از مالش: (B^+, C^-) ، (A^+, D^-)

جسم‌هایی که یکدیگر را جذب می‌کنند: (B^+, D^-) و (B^+, C^-) ، (A^+, C^-) ، (A^+, D^-)

از مقایسه نتایج حاصل از تمامی حالت‌ها، ملاحظه می‌کنیم که جسم‌های (A, D) و (B, C) همواره یکدیگر را جذب می‌کنند.

گروه آموزشی ماز

46 - در شکل زیر، کره‌های فلزی، هم‌اندازه و باردار می‌باشند. اگر در ابتدا کلید K_1 را ببندیم و سپس کلید K_2 را باز کنیم؛ بار کره B ، نصف می‌شود. اگر در ابتدا کلید K_2 را باز و سپس کلید K_1 را ببندیم بار کره B چند برابر می‌شود؟



$$\frac{1}{2} \quad (2)$$

$$\frac{1}{4} \quad (4)$$

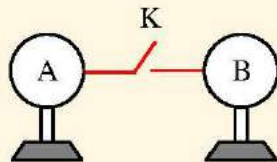
$$\frac{1}{4} \quad (1)$$

$$\frac{1}{2} \quad (3)$$

پاسخ: گزینه ۱

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب	درجه	میزانی
درجه از ۱۰	۷	۸	۹	سوال	پانزدهم	روش‌های باردار کردن اجسام	و ترکیب	۵	۵	سهگنی	سهگنی

هرگاه دو یا چند کره هم‌اندازه فلزی باردار را به یکدیگر تماس دهیم، پس از برقراری تعادل، بار الکتریکی کره‌ها با یکدیگر مساوی و برابر میانگین بار اولیه کره‌ها می‌شود. به عنوان مثال برای دو کره A و B شکل زیر پس از بسته و باز شدن کلید، داریم:



$$q'_A = q'_B = \frac{q_A + q_B}{2}$$

نتیجه فوق برای تعداد بیشتری کره فلزی مشابه هم قابل تعمیم است. به طور کلی اگر n کره یکسان که دارای بارهای $q_1, q_2, q_3, \dots, q_n$ هستند را همگی را به هم تماس دهیم، بار نهایی همه آن‌ها برابر است با:

$$q_{\text{نهایی}} = \frac{q_1 + q_2 + \dots + q_n}{n}$$

مثال:

دو کره فلزی و مشابه به ترتیب دارای بارهای الکتریکی $q_1 = 4 \mu C$ و $q_2 = 12 \mu C$ هستند. اگر این دو کره را به هم تماس دهیم، چند الکترون به طور خالص بین آن‌ها جابه‌جا خواهد شد؟ $(e = 1.6 \times 10^{-19} C)$

ابتدا بار نهایی هر یک از کره‌ها را بدست می‌آوریم:

$$q = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{4 + 12}{2} = 8 \mu C$$

بنابراین کره (۲)، $4 \mu C$ بار از دست داده و کره (۱) این بار را گرفته است. در ادامه تعداد الکترون‌ها را محاسبه می‌کنیم:

$$q = ne \Rightarrow 4 \times 10^{-6} = n \times 1.6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = 2.5 \times 10^{13}$$

گام اول: در ابتدا کلید K_2 بسته است، چون کره‌های B و C هم‌اندازه‌اند، پس:

$$q_B = q_C = q$$

در این وضعیت کلید K_1 را می‌بندیم. بنابراین مطابق با اصل پایستگی بار الکتریکی، داریم:

$$q'_A = q'_B = q'_C = \frac{q_A + q_B + q_C}{3} = \frac{q_A + q + q}{3} = \frac{q_A + 2q}{3} \quad (I)$$

سپس کلید K_2 را باز می‌کنیم، چون در این حالت بار کره‌های A و B هم‌اندازه‌اند، انتقال باری بین آن‌ها رخ نمی‌دهد، در نتیجه بار کره B همان q'_B باقی می‌ماند که طبق صورت تست این مقدار نصف بار اولیه آن است، پس:

$$q'_B = \frac{1}{2} q_B \Rightarrow q'_B = \frac{1}{2} q \xrightarrow{(I)} \frac{q_A + 2q}{3} = \frac{1}{2} q$$

$$\Rightarrow 2q_A + 4q = 3q \Rightarrow 2q_A = -q \Rightarrow q_A = \frac{-1}{2}q \quad (II)$$

گام دوم: اگر در ابتدا کلید K_2 را باز کنیم و سپس کلید K_1 را ببندیم، بار کره B از مقدار $q_B = q$ به مقدار q_B'' می‌رسد، پس:

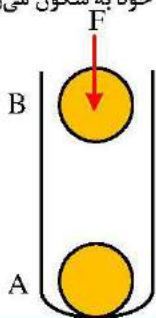
$$q_A'' = q_B'' = \frac{q_A + q_B}{2} \xrightarrow{(II)} q_B'' = \frac{\frac{-1}{2}q + q}{2} = \frac{\frac{1}{2}q}{2} = \frac{q}{4}$$

و در پایان محاسبه خواسته تست:

$$\frac{q_B''}{q_B} = \frac{\frac{q}{4}}{q} = \frac{1}{4}$$

گروه آموزشی ماز

47- در شکل زیر، گلوله‌های مشابه و کوچک A و B با بار یکسان q درون یک استوانه بدون اصطکاک، در حال تعادل قرار دارند و نیروی F ، λ برابر وزن یکی از گلوله‌هاست. اگر نیروی F را حذف کنیم، گلوله A پس از برقراری تعادل در فاصله 10 سانتی‌متری مکان قبلی خود به سکون می‌رسد. فاصله اولیه گلوله‌ها از یکدیگر چند سانتی‌متر است؟



- (۱) ۵
(۲) ۱۰
(۳) ۱۵
(۴) ۲۰

پاسخ: گزینه ۱

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شداسه	پایه	مبحث	پیش‌نیاز	پیش‌نیاز لازم نیست	مفاهیم قابل ترکیب	درجه	میزان
درجه ۱۰	۸	۸	۸	سوال	پاردهم	قانون کولن	پیش‌نیاز و ترکیب	☒	☒	سه‌گنی	متوسط

قانون کولن: اندازه نیروی الکتریکی که دو بار نقطه‌ای ساکن برهم وارد می‌کنند با حاصل‌ضرب اندازه دو بار رابطه مستقیم و با مربع فاصله دو بار از یکدیگر رابطه عکس دارد:

$$\vec{F}_1 \leftarrow \bullet \xrightarrow{\vec{F}_2} \bullet$$

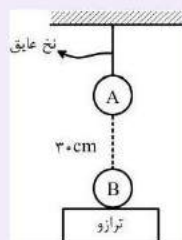
$q_1 \quad r \quad q_2$

$$F_2 = F_1 = F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$

یادآوری: هرگاه جسمی در حال تعادل باشد مطابق قانون دوم نیوتون برآیند نیروهای وارد بر آن صفر است. به عنوان مثال به گلوله نشان داده شده در شکل زیر نیروهای F_1 ، F_2 و F_3 وارد می‌شود، اگر این جسم در حال تعادل باشد، داریم:

$$F_{net} = 0 \Rightarrow F_1 + F_2 + F_3 = 0$$

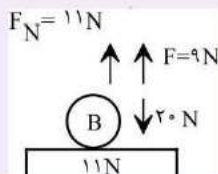
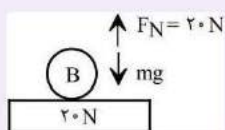
در شکل زیر ترازو ۲۰ نیوتون را نشان داده و کره‌ها بدون بار هستند. اگر به کره A ، $10 \mu C$ بار بدهیم و کره B را نیز باردار کنیم، ترازو روی عدد ۱۱ نیوتون قرار می‌گیرد.



در این صورت اندازه بار کره B چند میکروکولن است؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$)

- (۱) ۹
(۲) ۱۱
(۳) ۲
(۴) ۲۰

برای حل این سؤال برآیند نیروهای وارد بر کره B را رسم می‌کنیم و مرحله به مرحله پیش می‌رویم.

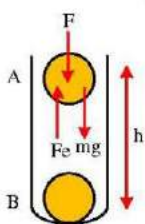


نیروی الکتریکی بین ۲ کره $9N =$

$$\Rightarrow 9 = \frac{9 \times 10^9 |q_B|}{(3 \times 10^{-2})^2} \Rightarrow |q_B| = 9 \mu C$$

بنابراین گزینه ۱ صحیح است.

گام اول: بار گلوله‌ها یکسان است ($q_A = q_B = q$). بنابراین بر یکدیگر نیروی دافعه الکتریکی وارد می‌کنند؛ باتوجه به شکل زیر، داریم:



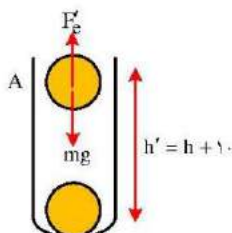
$$F_e = \frac{Kq^2}{h^2}$$

چون گلوله A در حالت تعادل است، در نتیجه:

$$F + mg = F_e \Rightarrow 4mg + mg = \frac{Kq^2}{h^2}$$

$$\Rightarrow \frac{Kq^2}{h^2} = 5mg \quad (I)$$

گام دوم: پس از حذف نیروی رو به پایین F، نیروی الکتریکی بر نیروی وزن غلبه کرده و باعث رانده شدن گلوله به سمت بالا می‌شود، چون در این حالت گلوله A، در فاصله ۱۰ سانتی متری از موقعیت قبلی خود به تعادل می‌رسد مطابق شکل زیر، داریم:



$$F_e = mg \Rightarrow \frac{Kq^2}{(h+10)^2} = mg \quad (II)$$

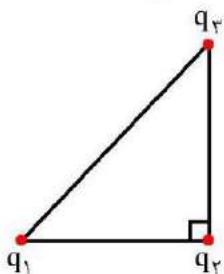
از تقسیم رابطه (I) بر (II) داریم:

$$\frac{\frac{Kq^2}{h^2}}{\frac{Kq^2}{(h+10)^2}} = \frac{5mg}{mg} \Rightarrow \left(\frac{h+10}{h}\right)^2 = 5$$

$$\Rightarrow \frac{h+10}{h} = \pm \sqrt{5} \quad \begin{cases} h+10 = \sqrt{5}h \Rightarrow \sqrt{5}h = 10 \Rightarrow h = 5\text{ cm} \\ h+10 = -\sqrt{5}h \Rightarrow \sqrt{5}h = -10 \Rightarrow h = -2/\sqrt{5} \quad (\text{غ.ق.ق.}) \end{cases}$$

www.biomaze.ir

48- مطابق شکل زیر، سه ذره باردار در سه رأس یک مثلث قائم‌الزاویه قرار دارند. بزرگی نیروی الکتریکی که q_1 بر q_2 وارد می‌کند F و بزرگی نیروی الکتریکی که q_2 به q_3 وارد می‌کند، $2F$ است. در صورتی که $q_1 = 2q_2 = 2q_3$ باشد، بزرگی نیرویی که q_1 به q_3 وارد می‌کند، چند F است؟



$$\frac{4}{5} \quad (2)$$

$$\frac{4}{5} \quad (4)$$

$$\frac{2}{5} \quad (1)$$

$$\frac{2}{5} \quad (3)$$

پاسخ: گزینه ۲

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب	درجه سختی	میزان سختی
درجه ۴	۱۰	۱۰	۱۰	سوال	فازدهم	قانون کولن	و ترکیب	۵	۵	سخت	سخت

قانون کولن: اندازه نیروی الکتریکی بین دو ذره باردار q_1 و q_2 که در فاصله r از یکدیگر قرار دارند، با حاصل ضرب اندازه بار دو ذره نسبت مستقیم و با مجذور فاصله بین دو ذره نسبت وارون دارد. به عبارتی داریم:

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

بار الکتریکی (C) \leftarrow نیروی الکتریکی وارد بر هر بار (N)

فاصله بین دو ذره (m) \rightarrow

توجه: در این رابطه k ، ثابت کولن است که برابر است با:

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \approx 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$$

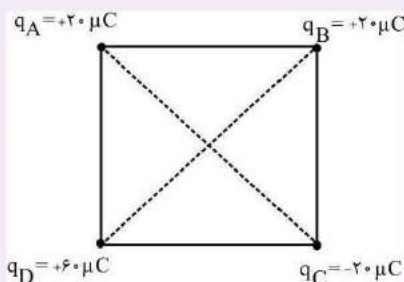
نکته: ضریب k را بر حسب ضریب ثابت دیگری به نام ϵ_0 (ضریب گذردهی الکتریکی خلأ) بیان می کنند که برابر است با:

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \quad \text{و} \quad \epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} \approx 8.85 \times 10^{-12} \frac{C^2}{N.m^2}$$

نکته: هر یک میکروکولن (μC) معادل 10^{-6} کولن (C) است.

مثال:

در چهار رأس یک مربع به ضلع ۲۰ سانتی متر، مطابق شکل بارهای نقطه‌ای قرار داده‌ایم. اگر بار $q_A = +2.0 \mu C$ را در مرکز مربع قرار دهیم، نیروی وارد بر آن چند نیوتون و در کدام جهت خواهد بود؟ (تست کنکور)



- (۱) $18\sqrt{2}$ ، به سمت چپ
 - (۲) $18\sqrt{2}$ ، به سمت بالا
 - (۳) $27\sqrt{2}$ ، به سمت بالا
 - (۴) $27\sqrt{2}$ ، به سمت چپ
- پاسخ: گزینه ۱

با توجه به اینکه فاصله هر چهار بار تا وسط مربع به یک اندازه است، نیروی الکتریکی هر بار به بار وسط با اندازه آن بارها رابطه مستقیم دارد.

$$\text{فاصله هر بار تا وسط مربع} = \frac{a\sqrt{2}}{2} = \frac{20\sqrt{2}}{2} = 10\sqrt{2} \text{ cm}$$

$$F_C = F_A = F_B = k \frac{|q_B| |q|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2.0 \times 10^{-6} \times 1.0 \times 10^{-6}}{(10\sqrt{2} \times 10^{-2})^2} = 9.0 \text{ N}$$

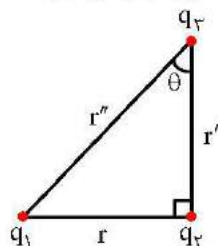
از طرفی داریم:

$$F_D = 2F_B \Rightarrow F_D = 27.0 \text{ N}$$

حال با توجه به جهت نیروها در شکل اول، متوجه می شویم که دو نیروی 18.0 N می ماند که بر هم عمودند، بنابراین نیروی خالص وارد بر بار مرکزی به صورت زیر محاسبه می شود:

$$F_T = \sqrt{(18.0)^2 + (18.0)^2} = 18.0\sqrt{2} \text{ N}$$

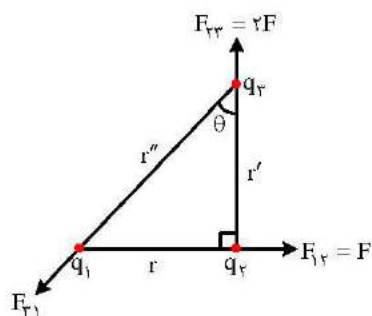
گام اول: با فرض اینکه فاصله بار q_1 از q_2 برابر r و زاویه رویه روی آن θ باشد، مقادیر r' و r'' را که برای محاسبه نیروی بارها بر یکدیگر مورد نیاز است، محاسبه می کنیم:



$$\tan \theta = \frac{r}{r'} \Rightarrow r' = \frac{r}{\tan \theta} \quad (I)$$

$$\sin \theta = \frac{r}{r''} \Rightarrow r'' = \frac{r}{\sin \theta} \quad (II)$$

گام دوم: بزرگی نیرویی که بار q_1 به q_2 وارد می کند F و بزرگی نیرویی که q_2 به q_3 وارد می کند $2F$ است، در نتیجه باتوجه به شکل زیر، داریم:



$$F_{12} = \frac{Kq_1q_2}{r'^2} \Rightarrow F = \frac{Kq_1q_2}{r'^2} \quad (III)$$

$$F_{21} = \frac{Kq_2q_1}{r'^2} \Rightarrow rF = \frac{Kq_2q_1}{r'^2} \quad (IV)$$

از تقسیم رابطه (III) بر (IV) داریم:

$$\frac{1}{r} = \frac{q_1}{q_2} \times \frac{r'^2}{r^2} \xrightarrow{(I)} \frac{1}{r} = \frac{q_1}{q_2} \times \frac{1}{\tan^2 \theta} \quad (q_1 = r q_2 = r q_r) \rightarrow \frac{1}{r} = r \times \frac{1}{\tan^2 \theta}$$

$$\Rightarrow \tan^2 \theta = r^2$$

گام سوم: در پایان نیرویی که از طرف بار q_2 بر q_1 وارد می‌شود، محاسبه می‌کنیم و سپس آن را با نیروی $F_{12} = F$ مقایسه می‌کنیم:

$$F_{12} = \frac{Kq_1q_2}{r'^2} \xrightarrow{(II)} F_{12} = \frac{Kq_1q_2}{r^2} \sin^2 \theta$$

$$(III): F = \frac{Kq_1q_2}{r^2}$$

$$\frac{F_{12}}{F} = \frac{q_2}{q_1} \times \sin^2 \theta = \frac{q_2}{q_1} \times \frac{\tan^2 \theta}{1 + \tan^2 \theta} = \frac{q_2}{q_1} \times \frac{r^2}{1 + r^2} \quad (q_1 = r q_2 = r q_r) \rightarrow$$

$$\frac{F_{12}}{F} = \frac{r}{1 + r^2} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{F_{12}}{F} = \frac{1}{2}$$

گروه آموزشی ماز

49- دو بار الکتریکی هم‌نام q_1 و q_2 در فاصله ثابتی از هم قرار دارند و به یکدیگر نیروی F وارد می‌کنند. اگر ۲۵ درصد از بار q_1 را جدا کرده و به q_2 اضافه کنیم یا چنانچه ۵۰ درصد از بار q_2 را جدا کرده و به q_1 اضافه کنیم نیرویی که دو بار به یکدیگر وارد می‌کنند F' می‌شود. کدام است؟ (فاصله میان دو بار ثابت است.)

$$\frac{1}{8} \quad (4)$$

$$\frac{1}{6} \quad (3)$$

$$\frac{1}{4} \quad (2)$$

$$\frac{1}{2} \quad (1)$$

پاسخ: گزینه ۴

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شماره	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب	درجه سختی	میزان سختی
درجه ۱ = ۱۰	۸	۱	۱	سوال	پارادوکس	قانون کولن	و ترکیب	۱۰	۱۰	سختی	سختی

هرگاه دو بار الکتریکی q_1 و q_2 در فاصله r از یکدیگر قرار داشته باشند و به هم نیروی F وارد کنند با جدا کردن بار Q از q_1 و اضافه کردن آن به بار q_2 نیرویی که دو بار به یکدیگر وارد می‌کنند به صورت زیر تغییر می‌کند:

\Rightarrow

$$F = \frac{Kq_1'q_2'}{r^2} = \frac{K(q_1 - Q)(q_2 + Q)}{r^2}$$

$$F = \frac{Kq_1q_2}{r^2}$$

حالت‌های مختلف داده شده در تست را بررسی می‌کنیم:

حالت اول: بار q_1 و q_2 در فاصله r از یکدیگر قرار دارند و به یکدیگر نیروی F وارد می‌کنند:

$$F = \frac{Kq_1q_2}{r^2} \quad (I)$$

حالت دوم: ۲۵ درصد از بار q_1 را جدا کرده و به q_2 اضافه می‌کنیم، در این حالت نیرویی که دو بار از فاصله r بر یکدیگر وارد می‌کنند، برابر F' است. پس:

$$q_1' = q_1 - \frac{25}{100} q_1 = q_1 - \frac{q_1}{4} = \frac{3q_1}{4}$$

$$q_2' = q_2 + \frac{25}{100} q_1 = q_2 + \frac{1}{4} q_1$$

$$F' = \frac{K q_1' q_2'}{r^2} = \frac{K \times \frac{3q_1}{4} \times \left(q_2 + \frac{1}{4} q_1 \right)}{r^2} \quad (II)$$

حالت سوم: ۵۰ درصد از بار q_2 را جدا کرده و به q_1 اضافه می‌کنیم؛ در این حالت نیز نیرویی که دو بار از فاصله r بر یکدیگر وارد می‌کنند برابر F' است. در نتیجه:

$$q_1'' = q_1 + \frac{50}{100} q_2 = q_1 + \frac{q_2}{2}$$

$$q_2'' = q_2 - \frac{50}{100} q_2 = q_2 - \frac{q_2}{2} = \frac{q_2}{2}$$

$$F' = \frac{K q_1'' q_2''}{r^2} = \frac{K \left(q_1 + \frac{q_2}{2} \right) \times \frac{q_2}{2}}{r^2} \quad (III)$$

از مقایسه دو رابطه (II) و (III) داریم:

$$\frac{3q_1}{4} \left(q_2 + \frac{q_1}{4} \right) = \left(q_1 + \frac{q_2}{2} \right) \frac{q_2}{2} \Rightarrow \frac{3q_1}{16} (4q_2 + q_1) = \frac{q_2}{4} (2q_1 + q_2)$$

$$3q_1(4q_2 + q_1) = 4q_2(2q_1 + q_2) \Rightarrow 3q_1^2 + 12q_1q_2 = 8q_1q_2 + 4q_2^2$$

$$3q_1^2 + 4q_1q_2 - 4q_2^2 = 0 \Rightarrow q_1 = \frac{-4q_2 \pm \sqrt{16q_2^2 + 48q_1^2}}{6} = \frac{-2q_2 \pm 2q_2}{3}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} q_1 = \frac{2q_2}{3} \Rightarrow \frac{q_1}{q_2} = \frac{2}{3} \\ q_1 = -2q_2 \quad (\text{غ.ق.ق}) \end{cases}$$

در پایان از تقسیم رابطه (II) بر رابطه (I) داریم:

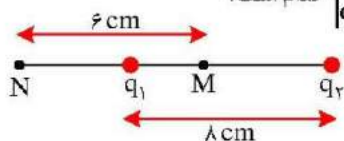
$$\frac{F'}{F} = \frac{\frac{3q_1}{4} \left(q_2 + \frac{q_1}{4} \right)}{q_1 q_2} = \frac{3 \left(\frac{q_2}{q_2} + \frac{q_1}{4q_2} \right)}{4} = \frac{3}{4} \left(1 + \frac{1}{4} \times \frac{2}{3} \right)$$

$$= \frac{3}{4} \left(1 + \frac{1}{6} \right) = \frac{3}{4} \times \frac{7}{6} = \frac{7}{8}$$

www.biomaze.ir

50- مطابق شکل زیر، دو بار نقطه‌ای q_1 و q_2 به فاصله 8 cm از یکدیگر قرار دارند. اگر بارها هم‌نام باشند، برآیند میدان الکتریکی حاصل از آن‌ها در نقطه

M و چنانچه بارها غیر هم‌نام باشند، برآیند میدان الکتریکی حاصل از آن‌ها در نقطه N برابر صفر است. $\frac{|q_1|}{|q_2|}$ کدام است؟

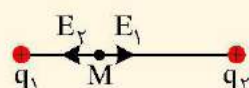


۱/۶ (۲)
۱/۳ (۴)

۱/۹ (۱)
۲/۹ (۳)

مشخصه	مفهومی	معنایاتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب	درجه سختی	میزان متوسط
درجه اول	۸	۶	۸	سوال	یازدهم	میدان الکتریکی	و ترکیب	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

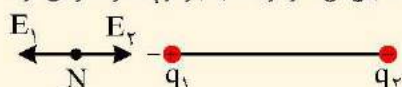
برآیند میدان‌های الکتریکی حاصل از دو بار هم‌نام در نقطه‌ای واقع بر خط گذرنده از دو بار و در حد فاصل آن‌ها و نزدیک به بار کوچک‌تر صفر می‌شود.



$$E_1 = E_2 \Rightarrow E_M = 0$$

$$q_1 < q_2$$

برآیند میدان‌های الکتریکی حاصل از دو بار غیر هم‌نام در نقطه‌ای واقع بر خط گذرنده از دو بار و در خارج فاصله بین آن‌ها و نزدیک به بار کوچک‌تر صفر می‌شود.



$$E_1 = E_2 \Rightarrow E_N = 0$$

$$|q_1| < |q_2|$$

حالت اول: q_1 و q_2 هم‌نام‌اند و میدان الکتریکی برآیند حاصل از دو بار در نقطه M برابر صفر می‌شود:

با فرض اینکه نقطه M در فاصله x از بار q_1 قرار داشته باشد، داریم:

$$E_M = 0 \Rightarrow E_1 = E_2 \Rightarrow \frac{K|q_1|}{x^2} = \frac{K|q_2|}{(\lambda - x)^2}$$

$$\frac{|q_1|}{|q_2|} = \frac{x^2}{(\lambda - x)^2} \quad (I)$$

حالت دوم: q_1 و q_2 غیر هم‌نام‌اند و میدان الکتریکی برآیند در نقطه N برابر صفر می‌شود:

$$E_N = 0 \Rightarrow E_1 = E_2 \Rightarrow \frac{K|q_1|}{(x - \epsilon)^2} = \frac{K|q_2|}{(14 - x)^2}$$

$$\Rightarrow \frac{|q_1|}{|q_2|} = \frac{(x - \epsilon)^2}{(14 - x)^2} \quad (II)$$

از مقایسه دو رابطه (I) و (II) داریم:

$$\frac{x^2}{(\lambda - x)^2} = \frac{(x - \epsilon)^2}{(14 - x)^2} \Rightarrow \frac{x}{\lambda - x} = \frac{x - \epsilon}{14 - x}$$

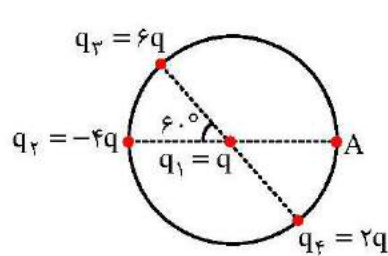
$$\Rightarrow 14x - x^2 = 4\lambda - 6x - \lambda x + x^2 \Rightarrow 2x^2 - 2\lambda x + 4\lambda = 0$$

$$x^2 - 14x + 24 = 0 \Rightarrow x = 2 \quad \checkmark \text{ و } x = 12 \quad \times$$

در پایان با قرار دادن $x = 2$ در رابطه (I) نسبت $\frac{q_1}{q_2}$ را به دست می‌آوریم:

$$\frac{|q_1|}{|q_2|} = \frac{x^2}{(\lambda - x)^2} \xrightarrow{(x=2)} \frac{|q_1|}{|q_2|} = \frac{2^2}{(4-2)^2} = \frac{4}{2^2} = \frac{1}{1}$$

51- در شکل زیر، بار q_1 در مرکز یک دایره به شعاع R و بارهای q_2 ، q_3 و q_4 بر روی محیط آن قرار گرفته‌اند. اگر اندازه میدان الکتریکی حاصل از بار q_1 در نقطه A برابر E باشد، اندازه میدان الکتریکی برآیند حاصل از بارهای q_2 ، q_3 و q_4 در نقطه A کدام است؟



(۲) $3E$

(۴) $4E$

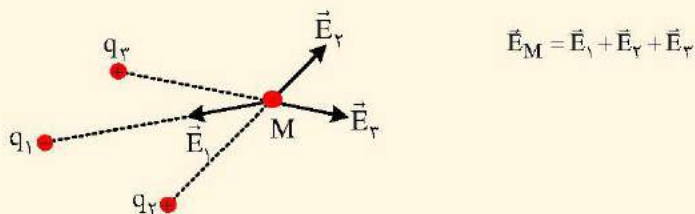
(۱) $2\sqrt{3}E$

(۳) $2\sqrt{3}E$

پاسخ: گزینه ۱

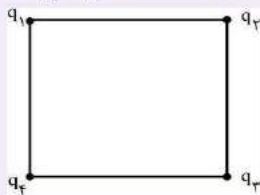
مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناختی	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم نیست	مفاهیم قابل ترکیب	درجه	میزان
درجه ۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	سوال	پاردهم	میدان الکتریکی	و ترکیب				سختی

میدان الکتریکی حاصل از چند بار الکتریکی در یک نقطه برابر است با جمع برداری میدان‌های الکتریکی حاصل از آن بارها در نقطه موردنظر:



مثال:

در شکل زیر چهار ذره باردار در رأس‌های یک مربع قرار دارند. اگر نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_3 برابر صفر باشد، کدام رابطه درست است؟ (تجربی خارج از کشور ۱۴۰۰)



(۲) $q_4 = q_2 = -\frac{\sqrt{2}}{4} q_1$

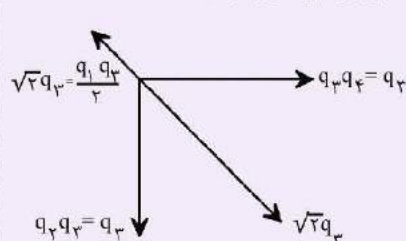
(۱) $q_4 = q_2 = -2\sqrt{2} q_1$

(۴) $q_4 = q_2 = \frac{\sqrt{2}}{4} q_1$

(۳) $q_4 = q_2 = 2\sqrt{2} q_1$

پاسخ: گزینه ۲

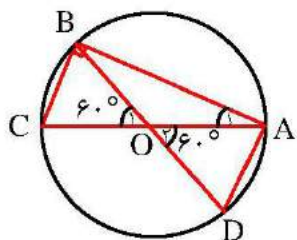
با نگاهی به گزینه‌ها متوجه می‌شویم که q_2 با q_4 برابر است پس اندازه آن‌ها را ۱ در نظر گرفته و به برابری در رأس q_3 می‌پردازیم.



خب q_1 ، $-2\sqrt{2}$ برابر q_2 و q_4 است پس q_2 و q_4 ، $-\frac{\sqrt{2}}{4}$ برابر q_1 هستند.

میانبر: قطعاً علامت q_1 با q_2 و q_4 متفاوت است پس گزینه‌های ۳ و ۴ به کنار می‌روند و قطعاً اندازه q_1 از q_2 و q_4 بزرگ‌تر است پس گزینه (۱) هم کنار می‌رود و فقط گزینه (۲) می‌ماند.

گام اول: فاصله هر یک از بارها از نقطه A را مشخص می‌کنیم؛ باتوجه به شکل زیر، داریم:



$\triangle OBC: \begin{cases} OB = OC = R \\ \hat{O}_1 = 60^\circ \end{cases} \Rightarrow OB = OC = BC = R$

$\triangle OAD: \begin{cases} OA = OD = R \\ \hat{O}_2 = 60^\circ \end{cases} \Rightarrow OA = OD = AD = R$

در مثلث ABC ، زاویه محاطی B روبه‌روی کمان 180° قرار دارد. بنابراین اندازه آن برابر است با:

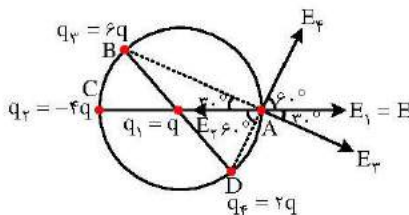
$\hat{ABC}: \hat{B}_1 = \frac{180}{2} = 90^\circ$

$$AC^2 = AB^2 + BC^2 \Rightarrow (\sqrt{3}R)^2 = AB^2 + R^2 \Rightarrow AB^2 = 3R^2 - R^2 = 2R^2$$

$$\Rightarrow AB = \sqrt{2}R$$

$$\sin \hat{A}_1 = \frac{BC}{AC} = \frac{R}{\sqrt{3}R} = \frac{1}{\sqrt{3}} \Rightarrow \hat{A}_1 = 30^\circ$$

گام دوم: جهت و اندازه میدان‌های الکتریکی حاصل از بارهای q_1 تا q_4 را در نقطه A مشخص می‌کنیم؛ با فرض اینکه $q > 0$ باشد، داریم



$$E_1 = \frac{Kq_1}{R^2} = \frac{Kq}{R^2} \quad (E_1 = E) \rightarrow E = \frac{Kq}{R^2}$$

$$E_2 = \frac{K|q_2|}{(\sqrt{3}R)^2} = \frac{K(q)}{3R^2} = \frac{Kq}{R^2} \Rightarrow E_2 = E$$

$$E_3 = \frac{Kq_3}{(\sqrt{3}R)^2} = \frac{K(q)}{3R^2} = \frac{2Kq}{R^2} \Rightarrow E_3 = 2E$$

$$E_4 = \frac{Kq_4}{R^2} = \frac{K(2q)}{R^2} = \frac{2Kq}{R^2} \Rightarrow E_4 = 2E$$

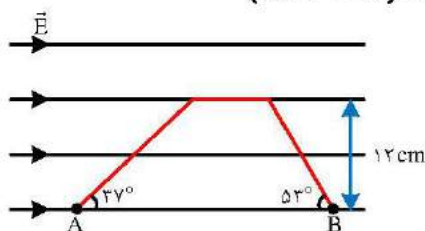
گام سوم: باتوجه به مرحله قبل، اندازه‌های E_1 و E_2 برابر و در خلاف جهت یکدیگرند. بنابراین اثر یکدیگر را خنثی می‌کنند و میدان‌های E_3 و E_4 با یکدیگر برابر ($E_3 = E_4 = 2E$) و زاویه بین آن 90° است. ($\theta = 60^\circ + 30^\circ = 90^\circ$)

پس:

$$E_t = \sqrt{E_3^2 + E_4^2} = \sqrt{(2E)^2 + (2E)^2} = \sqrt{4E^2 + 4E^2} = \sqrt{8E^2} = 2\sqrt{2}E$$

گروه آموزشی ماز

52- در شکل زیر، در میدان الکتریکی یکنواخت $E = 5 \times 10^5 \frac{N}{C}$ بار نقطه‌ای $q = 2 \mu C$ از طریق مسیر نشان داده شده از نقطه A به نقطه B منتقل شده است. اگر طول مسیر 50 cm باشد، در این انتقال، انرژی پتانسیل ذره باردار چند ژول تغییر می‌کند؟ ($\sin 37^\circ = 0.6$)



$$-0.4 \text{ J}$$

$$0.4 \text{ J}$$

$$-0.4 \text{ J}$$

$$0.4 \text{ J}$$

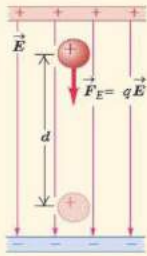
پاسخ: گزینه ۱

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شانه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب	درجه	میزان
درجه ۱۰	۸	۹	۸	سوال	پاردهم	انرژی پتانسیل الکتریکی	ترکیب	☑	☑	سختی	متوسط

انرژی پتانسیل الکتریکی

در شکل مقابل، دو بار الکتریکی $+q_1$ و $+q_2$ در فاصله ای از هم قرار دارند، اگر بار $+q_1$ را ثابت نگه داشتیم و بار $+q_2$ را رها سازیم، در اثر نیروی الکتریکی که میدان مربوط به بار $+q_1$ بر $+q_2$ وارد می‌کند، بار $+q_2$ شتاب گرفته و سرعتش افزایش می‌یابد و در نتیجه انرژی جنبشی بار $+q_2$ افزایش می‌یابد. به نظر شما این انرژی جنبشی از کجا آمده است؟ با توجه به قانون پایستگی انرژی، به طور قطع و یقین می‌توان گفت که این انرژی جنبشی خود به خود به وجود نیامده است. حتما این انرژی به شکل دیگری در مجموعه‌ی این دو بار، ذخیره بوده است، به این انرژی ذخیره شده، انرژی پتانسیل الکتریکی می‌گوییم. در شکل مقابل، دو بار الکتریکی $-q_1$ و $-q_2$ را در نظر بگیرید که در فاصله‌ای از هم قرار دارند.

اگر $-q_1$ را ثابت نگه داشته و بار $-q_2$ را به طرف $-q_1$ پرتاب کنیم، در اثر نیروی دافعه‌ی الکتریکی که میدان مربوط به بار $-q_1$ دارد می‌کند، سرعت بار $-q_2$ کاهش یافته و ممکن است که در فاصله‌ی نزدیک‌تری نسبت به $-q_1$ متوقف شود و بنابراین انرژی جنبشی آن کاهش یافته است. انرژی جنبشی کاهش یافته به صورت انرژی پتانسیل الکتریکی در مجموعه دو بار ذخیره شده است.



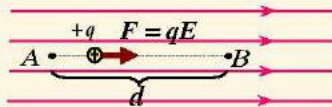
در شکل مقابل، میدان الکتریکی یکنواختی را در نظر بگیرید که در فضای بین دو صفحه باردار برقرار شده است. اگر بار الکتریکی $+q$ را از مجاورت صفحه‌ی مثبت رها کنیم، به طرف صفحه‌ی منفی شروع به حرکت نموده و تندی و انرژی جنبشی آن افزایش می‌یابد. در این جا میدان الکتریکی بین دو صفحه، نیرویی در جهت میدان، بر این ذره وارد نموده و کار انجام شده، باعث تغییر انرژی جنبشی جسم شده است، اما می‌دانیم که انرژی پتانسیل الکتریکی کاهش یافته است.

می‌توان ثابت کرد که کار نیروی الکتریکی وارد بر یک ذره‌ی باردار در میدان الکتریکی \vec{E} در یک جابه‌جایی مشخص، برابر با منفی تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی در همان جابه‌جایی است.

$$W_E = -\Delta U_E$$

تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی یک ذره‌ی باردار در میدان الکتریکی یکنواخت:

فرض کنید ذره‌ی باردار $+q$ در یک میدان الکتریکی یکنواخت \vec{E} ، تحت اثر میدان الکتریکی، جابه‌جایی \vec{d} را انجام می‌دهد. طبق تعریف کار یک نیرو، خواهیم داشت:

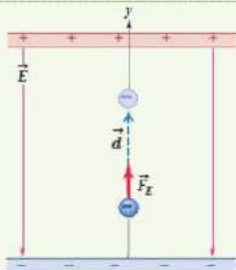


$$W_E = F \cdot d \cdot \cos \theta = |q|E \cdot d \cdot \cos \theta$$

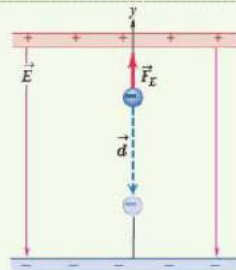
$$\Delta U_E = -W_E = -|q|E \cdot d \cdot \cos \theta$$

θ زاویه‌ی بین نیروی الکتریکی \vec{F}_E و جابه‌جایی \vec{d} است.

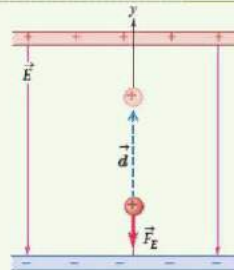
نکته: به سادگی می‌توان دریافت، اگر بار الکتریکی مثبت، در جهت میدان الکتریکی جابه‌جا شود انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش یافته و اگر بار الکتریکی منفی، در جهت میدان الکتریکی جابه‌جا شود انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد.
نکته: اگر یک بار الکتریکی را در یک میدان الکتریکی رها سازیم، همواره به سمتی می‌رود که انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد و اگر برای جابه‌جایی آن مجبور باشیم به زور این کار را انجام دهیم، انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد.
در شکل‌های زیر چند حالت مربوط به جابه‌جایی بارهای مختلف و تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی نشان داده شده است.



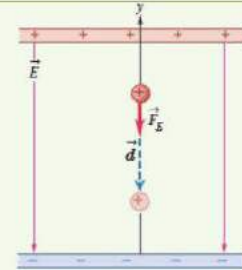
(الف) بار مثبت در جهت الکتریکی \vec{E} حرکت می‌کند: میدان الکتریکی کار مثبت W_E را روی بار انجام می‌دهد. انرژی پتانسیل الکتریکی U_E کاهش می‌یابد.



(ب) بار مثبت در خلاف جهت میدان الکتریکی \vec{E} حرکت می‌کند: میدان الکتریکی کار منفی W_E را روی بار انجام می‌دهد. انرژی پتانسیل الکتریکی U_E افزایش می‌یابد.



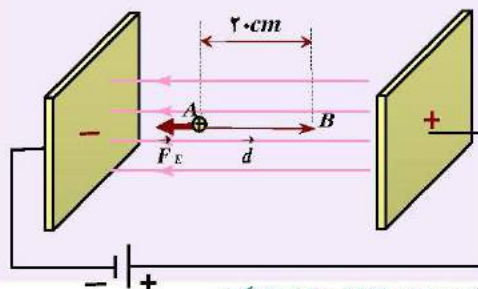
(ب) بار مثبت در خلاف جهت میدان الکتریکی \vec{E} حرکت می‌کند: میدان الکتریکی کار منفی W_E را روی بار انجام می‌دهد. انرژی پتانسیل الکتریکی U_E افزایش می‌یابد.



(الف) بار مثبت در جهت الکتریکی \vec{E} حرکت می‌کند: میدان الکتریکی کار مثبت W_E را روی بار انجام می‌دهد. انرژی پتانسیل الکتریکی U_E کاهش می‌یابد.

مثال

در شکل روبه‌رو، در یک میدان الکتریکی یکنواخت $E = 2 \times 10^5 \text{ N/C}$ ، ذره‌ای به جرم 2×10^{-6} میلی‌گرم و بار الکتریکی $5 \mu\text{C}$ میکروکولن، از نقطه‌ی A با سرعت اولیه‌ی V_0 پرتاب و در نقطه‌ی B متوقف می‌شود.



الف- تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی این ذره چند ژول بوده است؟
ب- تندی پرتاب اولیه ذره را حساب کنید (وزن جسم ناچیز است).

پاسخ:

در صورتی که برای ثبت نام در آزمون ماز به راهنمایی نیاز دارید، عدد ۲۰ را به سامانه ۰۲۰۰۸۵۸۵ ارسال کنید.

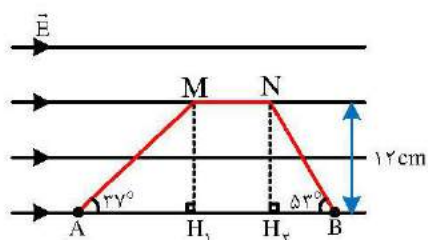
الف:

$$\Delta U_E = -|q|E \cdot d \cdot \cos \theta = -(\Delta \times 10^{-6} \text{ C})(2 \times 10^5 \text{ N/C})(0.7 \text{ m}) \cdot \cos 18.0^\circ = -0.7 \text{ J}$$

ب- طبق قضیه‌ی کار و انرژی جنبشی داریم:

$$W_E = \Delta K \Rightarrow -\Delta U = \frac{1}{2} m (-V_0^2) \Rightarrow 0.7 \text{ J} = \frac{1}{2} \times (0.02 \times 10^{-3} \text{ kg}) \times V_0^2 \Rightarrow V_0 = 11.42 \times 10^3 \text{ m/s}$$

مطابق شکل زیر، بار q در مسیر AMNB در میدان الکتریکی E حرکت می‌کند. بنابراین جابه‌جایی آن در راستای خطوط میدان الکتریکی برابر AB است:



$$\overline{AB} = \overline{AH_1} + \overline{H_1H_2} + \overline{H_2B} = \frac{h}{\tan 37^\circ} + \overline{MN} + \frac{h}{\tan 53^\circ} = \frac{12}{\frac{3}{4}} + \overline{MN} + \frac{12}{\frac{4}{3}}$$

$$\Rightarrow \overline{AB} = 16 + \overline{MN} + 9 = 25 + \overline{MN} \quad (I)$$

طول مسیر AMNB برابر 50 cm است، پس:

$$\overline{AMNB} = \overline{AM} + \overline{MN} + \overline{NB} = \frac{h}{\sin 37^\circ} + \overline{MN} + \frac{h}{\sin 53^\circ}$$

$$\Rightarrow 50 = \frac{12}{0.6} + \overline{MN} + \frac{12}{0.8} \Rightarrow 50 = 20 + \overline{MN} + 15 \Rightarrow \overline{MN} = 15 \text{ cm}$$

$$(I): \overline{AB} = 25 + \overline{MN} = 25 + 15 = 40 \text{ cm}$$

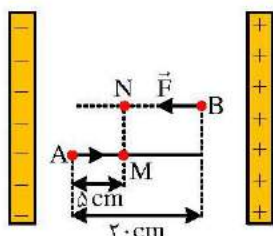
اکنون می‌توان کار انجام گرفته از طرف میدان E را بر روی بار $q = 2 \mu\text{C}$ در جابه‌جایی از A به B محاسبه کرد:

$$W_E = qEd = qE \cdot \overline{AB} = (2 \times 10^{-6}) \times (5 \times 10^5) \times 0.4 = 0.4 \text{ J}$$

$$\Delta U_E = -W_E = -0.4 \text{ J}$$

www.biomaze.ir

53 - مطابق شکل در یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $2 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ یک ذره با بار الکتریکی $q_1 = +1 \mu\text{C}$ و انرژی جنبشی 0.4 J از نقطه A به سمت راست شلیک می‌شود و ذره دیگری با بار الکتریکی $q_2 = -4 \mu\text{C}$ از نقطه B به وسیله نیروی F از حالت سکون به حرکت درمی‌آید. اگر انرژی جنبشی ذره‌ها به هنگام عبور از نقاط M و N با یکدیگر برابر شوند، نیروی F چند نیوتون است؟



- (1) 2
(2) 5
(3) 8
(4) 10

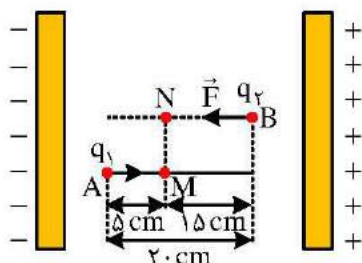
پاسخ: گزینه 4

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب	درجه سختی	میزان
درجه 10	1	8	6	سوال	پانزدهم	انرژی پتانسیل الکتریکی	ترکیب	☑	☑	☒	متوسط

حتماً درسنامه کامل تست قبل رو کامل بخونید، فقط باهم قضیه کار و انرژی جنبشی رو از دهم مرور کنیم...
قضیه کار و انرژی جنبشی: کار برآیند نیروهای وارد بر جسم برابر است با تغییرات انرژی جنبشی جسم.

$$W_t = \Delta K \Rightarrow W_E + W_F + \dots = \Delta K = K_f - K_i$$

بر ذره با بار الکتریکی $q_1 = +1 \mu\text{C}$ که از نقطه A شلیک می‌شود فقط نیروی الکتریکی و بر ذره با بار الکتریکی $q_2 = -4 \mu\text{C}$ که از نقطه B از حال سکون به حرکت درمی‌آید دو نیروی \vec{F} و نیروی الکتریکی وارد می‌شود. اکنون با نوشتن قضیه کار - انرژی جنبشی برای دو ذره از لحظه شروع حرکت تا لحظه‌ای که انرژی جنبشی آن‌ها با یکدیگر برابر می‌شوند، داریم:



$$(q_1 \text{ بار}): W_t = \Delta K \Rightarrow W_E = \Delta K \Rightarrow -q_1 \times E \times \overline{AM} = K_f - K_i$$

$$-(1 \times 10^{-6}) \times (2 \times 10^6) \times 0.05 = K_f - 0 \Rightarrow -0.1 = K_f \Rightarrow K_f = -0.1 \text{ J}$$

$$(q_2 \text{ بار}): W_t = \Delta K' \Rightarrow W_E + W_F = K'_f - K'_i \xrightarrow{(K'_f = K'_i = 0.1 \text{ J})}$$

$$-|q_2| \times E \times \overline{BN} + F \times \overline{BN} = K'_f - 0$$

$$\Rightarrow -(4 \times 10^{-6}) \times (2 \times 10^6) \times 0.05 + F \times 0.1 = 0.1 \Rightarrow -0.4 + 0.1F = 0.1 \Rightarrow F = 5 \text{ N}$$

$$\Rightarrow F = \frac{1/5}{0.1/5} = 10 \text{ N}$$

گروه آموزشی ماز

54 - در شکل زیر، کمان AB محیط ربع دایره‌ای به مرکز C و شعاع $5\sqrt{2} \text{ cm}$ است. اگر اندازه میدان الکتریکی یکنواخت برابر $\frac{2000}{C} \text{ N/C}$ و پتانسیل الکتریکی

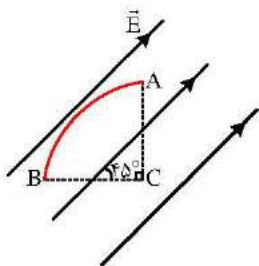
نقطه A، 100 V باشد، به ترتیب پتانسیل نقاط B و C چند ولت است؟

(۱) ۳۰۰، ۲۰۰

(۲) ۲۵۰، ۵۰

(۳) ۲۰، ۴۰

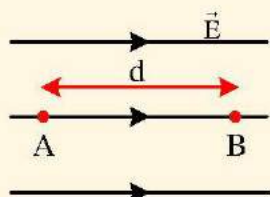
(۴) ۲۰، ۴۰



پاسخ: گزینه ۲

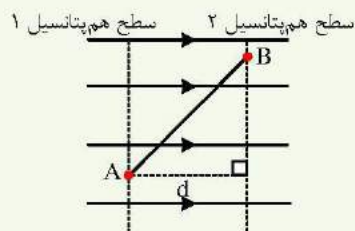
مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب	درجه سختی	میزان سختی
درجه ۱۰	۱۰۰	۱	۶۰	سوال	یازدهم	اختلاف پتانسیل الکتریکی	و ترکیب	۵	۵	سختی	سختی

در میدان الکتریکی یکنواخت \vec{E} ، اختلاف پتانسیل بین دو نقطه A و B که در امتداد خط میدان قرار دارند، برابر است:



$$|\Delta V| = Ed \Rightarrow E = \frac{|\Delta V|}{d} = \frac{V_A - V_B}{d}$$

نکته: اگر A و B در راستای خطوط میدان قرار نداشته باشند کافی است تا در آن نقاط سطوحی را عمود بر خطوط میدان الکتریکی رسم کنیم و سپس فاصله بین این سطوح را به دست آوریم. به این سطوح اصطلاحاً سطوح هم‌پتانسیل گفته می‌شود:



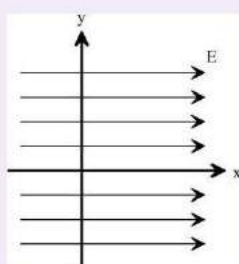
$$E = \frac{|\Delta V|}{d} = \frac{V_A - V_B}{d}$$

نکته: هرگاه در جهت میدان الکتریکی حرکت کنیم، پتانسیل الکتریکی کاهش و چنانچه در خلاف جهت میدان الکتریکی حرکت کنیم پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد.

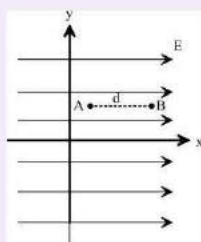
مثال:

مطابق شکل زیر، در ناحیه‌ای از فضا، میدان الکتریکی یکنواختی به بزرگی $150 \frac{N}{C}$ در جهت محور xها وجود دارد. با فرض اینکه $A \left(\begin{smallmatrix} 10 \text{ cm} \\ 60 \text{ cm} \end{smallmatrix} \right)$ و $B \left(\begin{smallmatrix} 40 \text{ cm} \\ 60 \text{ cm} \end{smallmatrix} \right)$

باید چند ژول انرژی مصرف شود تا $6/25 \times 10^{-10}$ الکترون از نقطه A تا B جابه‌جا شود؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19} C$)



- (1) $7/5 \times 10^{-7}$
- (2) $-4/5 \times 10^{-7}$
- (3) $4/5 \times 10^{-7}$
- (4) $-7/5 \times 10^{-7}$



در میدان الکتریکی یکنواخت، داریم: $|\Delta V| = Ed$

همچنین چون جابه‌جایی در جهت خطوط میدان الکتریکی می‌باشد، پس پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد و برعکس.

$$\Delta V = -Ed = -150 \times (40 - 10) \times 10^{-2} = -45V$$

حال به کمک رابطه $q = -ne$ ، بار الکتریکی که از A تا B جابه‌جا می‌شود را محاسبه می‌کنیم:

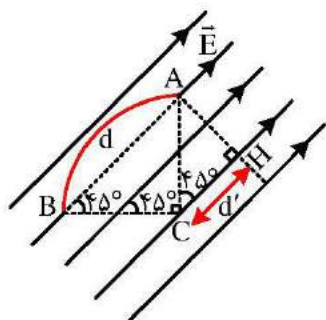
$$q = -6/25 \times 10^{-10} \times 1/6 \times 10^{-19} = -10^{-8} C$$

در نهایت انرژی مصرفی برای جابه‌جایی این بار از A تا B برابر است با:

$$W_{\text{خارجی}} = \Delta U = \Delta V \times q = -45 \times (-10^{-8}) = +4/5 \times 10^{-7} J$$

بنابراین گزینه ۳ صحیح است.

گام اول: با کمی دقت در شکل متوجه می‌شویم که نقاط A و B در امتداد خطوط میدان قرار دارند چرا که زاویه \hat{B} در مثلث قائم‌الزاویه ABC برابر 45° است و در نتیجه AB با خطوط میدان موازی است:



$$\triangle ABC: (\hat{C} = 90^\circ \text{ و } AC = BC = R) \Rightarrow \hat{B} = 45^\circ$$

$$d = \overline{AB} = \sqrt{R^2 + R^2} = \sqrt{2} R = \sqrt{2} \times 5\sqrt{2} \\ \Rightarrow d = 5 \times 2 = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}$$

از طرفی پتانسیل نقطه B بیش‌تر از پتانسیل نقطه A است، بنابراین:

$$V_B - V_A = Ed \Rightarrow V_B - 100 = 2000 \times 0.1 \Rightarrow V_B - 100 = 200 \Rightarrow V_B = 300V$$

گام دوم: نقاط A و C در امتداد خطوط میدان قرار ندارند بنابراین مطابق با نکته ۲ در ستاره عمل می‌کنیم:

$$\triangle ACH: \cos \hat{C} = \frac{\overline{CH}}{\overline{AC}} \Rightarrow \cos 45^\circ = \frac{d'}{R} \Rightarrow d' = R \cos 45^\circ = \Delta \sqrt{2} \times \frac{\sqrt{2}}{2} = \Delta \text{ cm}$$

پتانسیل نقطه C بیش‌تر از پتانسیل نقطه A است، در نتیجه:

$$V_C - V_A = Ed' \Rightarrow V_C - 100 = 2000 \times 0.5 \Rightarrow V_C - 100 = 100 \Rightarrow V_C = 200 \text{ V}$$

www.biomaze.ir

55- اگر اختلاف پتانسیل دو سر خازنی را ۲۰ درصد افزایش دهیم بر بار الکتریکی ذخیره شده در خازن ۳ μC افزوده می‌شود. اگر اختلاف پتانسیل دو سر این خازن را ۲۰ درصد کاهش دهیم، بار الکتریکی ذخیره شده در آن چند میکروکولن می‌شود؟

۱۸ (۴)

۱۲ (۳)

۱۰ (۲)

۸ (۱)

پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شماره سوال	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب	درجه سختی	میزان متوسط
درجه از ۱۰۰	۷	۷	۸	سوال	پاردهم	شارژ خازن		۵۰	۵۰	سه	متوسط

اگر اختلاف پتانسیل دو صفحه یک خازن یعنی V را تغییر دهیم به همان نسبت بار الکتریکی ذخیره شده در صفحات آن یعنی Q تغییر می‌کند. به طوری که نسبت $\frac{Q}{V}$ همواره مقدار ثابتی است که به آن ظرفیت خازن می‌گویند:

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

مثال

خازنی با ظرفیت ۲۰ μF توسط یک باتری با اختلاف پتانسیل ۳۰ V شارژ شده است. بار الکتریکی ذخیره شده در خازن چند کولن است؟

$$q = CV \Rightarrow q = 20 \times 10^{-6} \times 30 = 6 \times 10^{-4} \text{ C}$$

گام اول: با افزایش ۲۰ درصدی اختلاف پتانسیل دو سر خازن، بر بار الکتریکی آن ۳ μC افزوده می‌شود، پس:

$$V_2 = V_1 + \frac{20}{100} V_1 = 1.2 V_1$$

$$q_2 = q_1 + 3$$

$$q_2 = CV_2 \Rightarrow q_1 + 3 = C \times 1.2 V_1 = 1.2 (CV_1) = 1.2 q_1$$

$$1.2 q_1 - q_1 = 3 \Rightarrow 0.2 q_1 = 3 \Rightarrow q_1 = \frac{3}{0.2} = 15 \mu\text{C}$$

گام دوم: با کاهش ۲۰ درصد اختلاف پتانسیل دو سر خازن، داریم:

$$V_2' = V_1 - \frac{20}{100} V_1 = 0.8 V_1$$

$$q_2' = CV_2' = C \times 0.8 V_1 = 0.8 (CV_1) = 0.8 q_1 = 0.8 \times 15 = 12 \mu\text{C}$$

گروه آموزشی ماز

56- خازن تختی که صفحه‌های آن به موازات صفحه xy و ابعاد صفحه‌های آن ۵۰ cm × ۵۰ cm است به یک باتری پسته شده و میدان الکتریکی بین صفحه‌های آن E است در حالی که خازن متصل به باتری است. فاصله بین صفحه‌ها را ۲۵ درصد کاهش می‌دهیم. سپس خازن را از باتری جدا می‌کنیم و صفحه بالایی خازن را ۱۰ cm در جهت مثبت محور x و صفحه پایینی آن را ۱۰ cm در جهت مثبت محور y جابه‌جا کنیم، میدان الکتریکی بین صفحات خازن چند E می‌شود؟

۳ (۴)

۲۵ (۳)

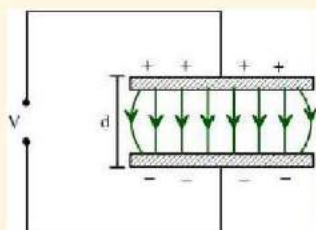
۲ (۲)

۱۷ (۱)

پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شماره سوال	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب	درجه سختی	میزان متوسط
درجه از ۱۰۰	۸	۸	۹	سوال	پاردهم	میدان الکتریکی خازن		۵۰	۵۰	سه	متوسط

اگر دو صفحه بزرگ فلزی را با بارهای $+q$ و $-q$ باردار کنیم و در مقابل هم در فاصله d قرار دهیم، میدان الکتریکی یکنواختی بین آنها ایجاد می‌شود که شدت آن از رابطه زیر بدست می‌آید:
البته میدان در لبه‌ها، غیریکنواخت است که به اثر لبه‌ای مشهور است ولی می‌توان از این اثر، صرف‌نظر کرد.



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

(۲) مطابق رابطه $E = \frac{V}{d}$ ، یکای میدان الکتریکی علاوه بر $\frac{نیوتون}{کولن}$ که در گذشته خواندیم، می‌تواند $\frac{ولت}{متر}$ هم باشد.

مثال

دو صفحه بزرگ را به اختلاف پتانسیل $۲۰V$ وصل می‌کنیم و آنها را در فاصله $۵cm$ از هم قرار می‌دهیم. شدت میدان الکتریکی بین دو صفحه چند واحد SI است؟
پاسخ: مطابق رابطه $E = \frac{V}{d}$ داریم:

$$E = \frac{V}{d} = \frac{۲۰}{۵ \times ۱۰^{-۲}} = ۴۰۰ \frac{V}{m}$$

نکته ۱: اگر V ثابت باشد، باتوجه به رابطه بالا فقط تغییر فاصله صفحات خازن می‌تواند میدان الکتریکی بین صفحات خازن را تغییر دهد:

$$V \text{ ثابت} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \frac{d_1}{d_2}$$

نکته ۲: اگر Q ثابت باشد، باتوجه به رابطه زیر میدان الکتریکی بین صفحات خازن را می‌توان با تغییر k و A تغییر داد:

$$E = \frac{V}{d} = \frac{Q}{Cd} = \frac{Q}{k\epsilon_0 A}$$

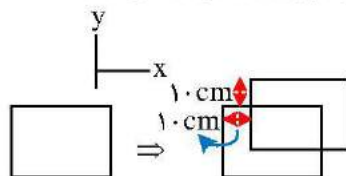
$$Q \text{ ثابت} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \frac{k_1}{k_2} \times \frac{A_1}{A_2}$$

گام اول: در حالی که خازن به باتری وصل است فاصله بین صفحات را ۲۵% درصد کاهش می‌دهیم، در این صورت میدان الکتریکی به صورت زیر تغییر می‌کند:

$$d_2 = d_1 - \frac{۲۵}{۱۰۰} d_1 = d_1 - \frac{d_1}{۴} = \frac{۳}{۴} d_1$$

$$E = \frac{V}{d} \xrightarrow{V=\text{ثابت}} \frac{E_2}{E_1} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{d_1}{\frac{۳}{۴} d_1} = \frac{۴}{۳} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \frac{۴}{۳} \quad (I)$$

گام دوم: پس از آنکه خازن را از باتری جدا کردیم، صفحات آن به صورت زیر جابه‌جا می‌شود. در نتیجه مساحت مشترک بین صفحات تغییر می‌کند:



$$A_1 = ۵۰ \times ۵۰ = ۲۵۰۰ \text{ cm}^2$$

$$A_2 = (۵۰ - ۱۰) \times (۵۰ - ۱۰) = ۴۰ \times ۴۰ = ۱۶۰۰ \text{ cm}^2$$

بار خازن پس از جدا شدن از باتری ثابت می‌ماند بنابراین باتوجه به نکته ۲ درسته داریم:

$$E = \frac{Q}{k\epsilon_0 A} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \frac{A_1}{A_2} = \frac{۲۵۰۰}{۱۶۰۰} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \frac{۲۵}{۱۶} \quad (II)$$

از ضرب طرفین دو رابطه (I) و (II) در یکدیگر، داریم:

$$\frac{E_r}{E_1} \times \frac{E_r}{E_r} = \frac{4}{3} \times \frac{25}{16} \Rightarrow \frac{E_r}{E_1} = \frac{25}{12} \xrightarrow{(E_1 - E)} \frac{E_r}{E} = \frac{25}{12}$$

$$E_r = \frac{25}{12} E$$

57- خازن تختی را که فاصله صفحاتی آن از یکدیگر 4mm و بین صفحاتی آن هوا است را با اختلاف پتانسیل ثابت 24V پر کرده و سپس آن را از مولد جدا می‌کنیم. اگر فضای بین صفحاتی خازن را با دی‌الکتریک که ثابت آن 3 است پر کنیم، میدان الکتریکی حاصل از دوقطبی‌های درون عایق چند کیلوولت بر متر است؟

۸ (۴)

۶ (۳)

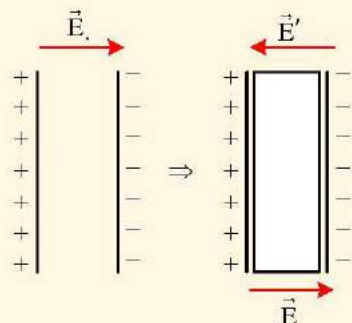
۴ (۲)

۲ (۱)

پاسخ: گزینه ۲

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شداسه	پایه	مبحث	پیش‌نیاز	پیش‌نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب	درجه سختی	میزان متوسط
درجه از ۱ تا ۵	۸	۷	۸	سوال	یازدهم	میدان الکتریکی خازن	و ترکیب	۵	۵	۵	متوسط

خازن تختی را در نظر می‌گیریم که بین صفحاتی آن هوا است. این خازن را به باتری وصل می‌کنیم و پس از شارژ از باتری جدا می‌کنیم. اگر بین صفحات این خازن دی‌الکتریک قرار دهیم، میدان بین صفحات خازن باعث می‌شود تا دوقطبی‌های درون دی‌الکتریک هم‌ردیف و هم‌جهت شوند که میدان الکتریکی حاصل از این دوقطبی‌ها \vec{E}' است که در خلاف جهت میدان اولیه بین صفحات خازن است:



$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}' \Rightarrow E = E_1 - E'$$

در ابتدا میدان الکتریکی بین صفحات خازن را که بین صفحاتی آن هوا است، محاسبه می‌کنیم:

$$E_1 = \frac{V}{d} = \frac{24}{4 \times 10^{-3}} = 6000 \frac{V}{m}$$

پس از جدا کردن خازن از مولد، بار صفحات خازن ثابت باقی می‌ماند، در نتیجه:

$$E = \frac{V}{d} = \frac{Q}{Cd} = \frac{Q}{k\epsilon_0 A} \xrightarrow{\text{ثابت}} \frac{E}{E_1} = \frac{k_1}{k} = \frac{1}{3} \Rightarrow E = \frac{E_1}{3}$$

با فرض اینکه میدان الکتریکی حاصل از دوقطبی‌های درون دی‌الکتریک E' باشد، داریم:

$$E = E_1 - E' \Rightarrow E' = E_1 - E = E_1 - \frac{E_1}{3} = \frac{2}{3} E_1 = \frac{2}{3} \times 6000 = 4000 \frac{V}{m} = 4 \frac{kV}{m}$$

58 - سه جسم A، B و C را دوبه دو به یکدیگر نزدیک می‌کنیم. A و B یکدیگر را دفع کرده ولی B و C یکدیگر را جذب می‌کنند کدام یک از گزینه‌های زیر می‌تواند صحیح باشد؟

- (۱) B بدون بار است.
(۲) A و C یکدیگر را دفع می‌کنند.
(۳) B باردار و C بدون بار است.
(۴) B و C بار هم‌نام دارند.

پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه از ۱۰	۴	۳	۱	سوال	یازدهم	نیروی بین دو جسم رسانا	پیش نیاز و ترکیب	۵	۵	سه	متوسط

نکته:

اگر دو ذره یکدیگر را دفع کنند قطعاً هر دو ذره باردار بوده و بار آن‌ها هم‌نام است.
ولی اگر دو ذره یکدیگر را جذب کنند دو حالت زیر ممکن است وجود داشته باشد:
(۱) دو ذره باردار و بار ناهم‌نام دارند.
(۲) یکی از ذرات باردار و دیگری خنثی باشد.

پایه تشریحی:

بار A و B هم‌نام است \Rightarrow A: باردار و B: باردار
A و B یکدیگر را دفع کرده‌اند

\Rightarrow B و C یکدیگر را جذب کرده‌اند و از قسمت قبل
C می‌تواند خنثی باشد (حالت ۲)
C می‌تواند باردار باشد و بار آن با B ناهم‌نام باشد (حالت ۱)

نتیجه گرفتیم B باردار است.

در هر دو حالت A، C را جذب خواهد کرد.

گروه آموزشی ماز

59 - وقتی به جسم باردار 5×10^{14} الکترون داده می‌شود اندازه بار جسم سه برابر شده و علامت بار آن عوض می‌شود. بار اولیه جسم چند میکروکولن بوده است؟ ($e = 1.6 \times 10^{-19} \text{C}$)

- (۱) ۲۰ - (۲) ۴۰ - (۳) ۳۰ (۴) ۴۰

پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه از ۱۰	۴	۴	۱	سوال	یازدهم	بار الکتریکی	پیش نیاز و ترکیب	۵	۵	سه	متوسط

نکته:

اگر به جسمی که دارای بار q_1 است n الکترون داده شود بار ثانویه آن $q_2 = q_1 - ne$ و اگر از آن n الکترون گرفته شود بار ثانویه $q_2 = q_1 + ne$ خواهد شد که در آن $(C) e = 1/6 \times 10^{-19}$ بار پایه می باشد.

پاسخ تشریحی:

$$q_2 = q_1 - (5 \times 10^{14}) \times (1/6 \times 10^{-19} C) \rightarrow q_2 = q_1 - 8 \times 10^{-5} C$$

$$\rightarrow q_2 = q_1 - 80 \mu C$$

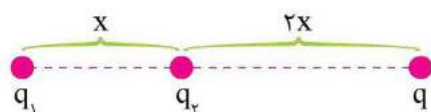
$$|q_2| = |3q_1| \xrightarrow{\text{چون نوع بار جسم نیز عوض شده است}} q_2 = -3q_1$$

$$\rightarrow q_1 - 80 \mu C = -3q_1 \rightarrow 4q_1 = 80 \mu C \rightarrow q_1 = 20 \mu C$$

گروه آموزشی ماز

60- در شکل زیر برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بار الکتریکی نقطه‌ای q برابر \vec{F} است. اگر بار q_1 را پنج برابر کنیم نیروی برآیند وارد بر q برابر با

$3F$ می شود. نسبت $\frac{q_2}{q_1}$ کدام است؟

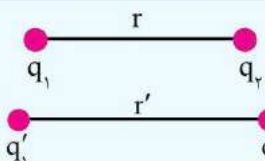


$$\begin{aligned} \frac{1}{9} & \quad (2) \\ -\frac{1}{9} & \quad (4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} -\frac{1}{9} & \quad (1) \\ \frac{1}{9} & \quad (3) \end{aligned}$$

پاسخ: گزینه ۱

موضوع	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه از ۱۰	۴	۶	۷	سوال	یازدهم	نیروی الکتریکی					



$$\begin{aligned} F_{12} = F_{21} = F \\ F'_{12} = F'_{21} = F' \end{aligned} \quad \frac{F'}{F} = \left| \frac{q_1' \cdot q_2'}{q_1 \cdot q_2} \right| \times \left(\frac{r}{r'} \right)^2$$

نکته: فرمول مقایسه‌ای قانون کولن

پاسخ تشریحی:

اگر فرض کنیم در حالت اول بار q_1 نیروی \vec{F}_1 و بار q_2 نیروی \vec{F}_2 بر q وارد می کنند خواهیم داشت:

$$\begin{cases} \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{F} \\ \vec{F}_1 = -\vec{F} \\ \vec{F}_2 = \vec{F} \end{cases}$$

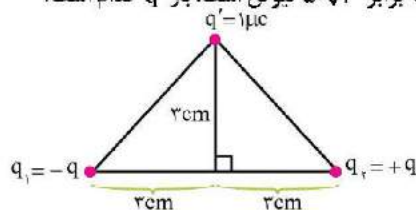
طبق نتایج فوق جهت نیروهایی که q_1 و q_2 بر q وارد می کنند خلاف یکدیگرند پس q_1 و q_2 ناهم نام می باشند یعنی $\frac{q_2}{q_1} < 0$ است. از طرفی داریم:

$$\frac{F_2}{F_1} = \left| \frac{q_2}{q_1} \right| \times \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2 \rightarrow 2 = \left| \frac{q_2}{q_1} \right| \times \left(\frac{3x}{2x} \right)^2$$

$$\rightarrow \left| \frac{q_2}{q_1} \right| = \frac{8}{9} \rightarrow \frac{q_2}{q_1} = -\frac{8}{9}$$

گروه آموزشی ماز

61- در شکل زیر برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بار نقطه‌ای q' از طرف دو بار الکتریکی نقطه‌ای q_1 و q_2 برابر $50\sqrt{2}$ نیوتن است. بار q کدام است؟



- (۱) $5 \mu C$
- (۲) $10 \mu C$
- (۳) $15 \mu C$
- (۴) $20 \mu C$

مشخصه	معمومی	معمولاتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۱۰	۵	۴	۶	سوال	یازدهم	نیروی الکتریکی		۵	۵	سختی	متوسط

نکته:

اگر بارهای q_1 و q_2 بر حسب میکروکولن در فاصله r بر حسب سانتی متر از یکدیگر قرار گرفته باشند، نیروی کولنی بین آن‌ها از رابطه زیر به دست می‌آید:

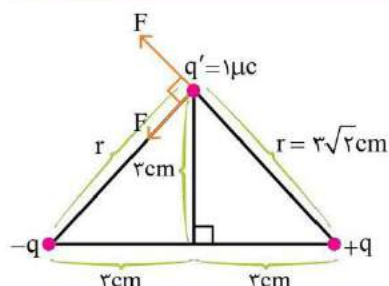
$$F = 9 \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$$

نکته ۲:

اگر دو نیروی هم‌اندازه F بر هم عمود باشند اندازه برآیند آن‌ها برابر خواهد بود با:

$$F_T = \sqrt{2}F$$

پاسخ تشریحی:



$$F_T = F\sqrt{2}$$

$$\rightarrow F\sqrt{2} = 5 \cdot \sqrt{2} \rightarrow F = 5 \cdot (N)$$

$$F = 9 \cdot \frac{q \times 1}{(\sqrt{2})^2}$$

$$\rightarrow 5 = 9q \rightarrow q = 10 \mu C$$

گروه آموزشی ماز

62 - در شکل زیر دو گلوله کوچک عایق دارای بارهای الکتریکی $q_1 = -1 \mu C$ و $q_2 = 8 \mu C$ در فاصله 4 cm از یکدیگر در حال تعادل قرار دارند. اگر

$m_1 = 50 \text{ g}$ و $m_2 = 5 \text{ kg}$ باشد به ترتیب از راست به چپ نیروی کشش نخ و عددی که ترازو نشان می‌دهد هر کدام چند نیوتن است؟ ($g = 10 \frac{N}{kg}$)



(۱) ۴۰ و ۹۵

(۲) ۴۰ و ۵

(۳) ۵۰ و ۹۵

(۴) ۵۰ و ۵



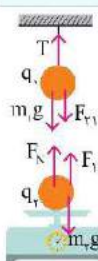
ترازو

مشخصه	معمومی	معمولاتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان سخت
درجه ۱۰	۶	۶	۸	سوال	یازدهم	نیروی الکتریکی		۵	۵	سختی	سخت

نکته:

هرگاه برآیند نیروهای وارد بر جسمی صفر باشد آن جسم در حال تعادل است.

پاسخ تشریحی:



$$F_{12} = F_{21} = 9 \cdot \frac{(-1)(8)}{(4)^2} = 45 (N)$$

$$T = m_1 g + F_{21} = (0.05) \times (10) + 45 \rightarrow T = 50 (N)$$

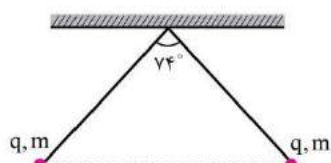
$$F_N + F_{12} = m_2 g \rightarrow F_N + 45 = (5) \times (10) \rightarrow F_N = 5 (N)$$

عددی که ترازو نشان می‌دهد. $F_N = 5 (N)$

گروه آموزشی ماز

- 63 - مطابق شکل زیر دو آونگ الکتریکی مشابه با بار الکتریکی q و جرم‌های برابر m در حال تعادل قرار دارند اگر طول آونگ‌ها ۵ سانتی‌متر و بار هر گلوله 300 nC باشد، m چند گرم است؟ ($\sin 37^\circ = 0.6$, $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$)

- (۱) ۱۰
(۲) ۲۰
(۳) ۳۰
(۴) ۴۰



پاسخ: گزینه ۳

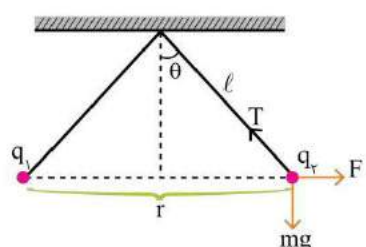
مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیشن نیاز و ترکیب	پیشن نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان سختی
درجه از ۱ تا ۴	۶	۷	۸	سوال	یازدهم	نیروی الکتریکی					

نکته:

اگر دو آونگ الکتریکی با جرم‌های برابر و بارهای q_1 و q_2 مطابق شکل مقابل در حال تعادل باشند داریم:

$$\begin{cases} T \sin \theta = F \\ T \cos \theta = mg \end{cases} \xrightarrow{F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2}} \tan \theta = \frac{F}{mg}$$

پاسخ آموزشی:



$$\theta = 37^\circ \quad r = 2l \sin \theta = 2 \times 5 \times 0.6 \rightarrow r = 6 \text{ cm}$$

$$q_1 = q_2 = 300 \text{ nC} = 0.3 \mu\text{C}$$

$$F = 9 \times 10^9 \times \frac{0.3 \times 10^{-6} \times 0.3 \times 10^{-6}}{(0.06)^2} = \frac{81}{36} = \frac{9}{4} \text{ (N)}$$

$$\tan 37^\circ = \frac{F}{mg}$$

$$\rightarrow \frac{0.6}{0.8} = \frac{\frac{9}{4}}{10 \cdot m} \rightarrow \frac{3}{4} = \frac{9}{40 \cdot m}$$

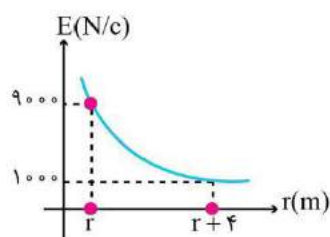
$$\rightarrow 30 \cdot m = 9 \rightarrow m = 0.3 \text{ kg} \rightarrow m = 30 \text{ g}$$

گروه آموزشی ماز

- 64 - نمودار میدان الکتریکی حاصل از بار نقطه‌ای q بر حسب فاصله از آن به صورت زیر داده شده است. r بر حسب متر و بار q بر حسب میکروکولن

$$(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}) \text{ به ترتیب از راست به چپ عبارتند از:}$$

- (۱) ۲ و ۴
(۲) ۴ و ۴
(۳) ۸ و ۴
(۴) ۱۶ و ۸



پاسخ: گزینه ۱

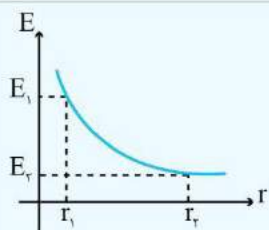
مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیشن نیاز و ترکیب	پیشن نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان سختی
درجه از ۱ تا ۴	۶	۶	۶	سوال	یازدهم	میدان الکتریکی					



نکته:

طبق رابطه $E = k \frac{|q|}{r^2}$ برای میدان الکتریکی حاصل از بار نقطه‌ای q در فاصله r از آن نمودار E بر حسب r تابع هموگرافیک به صورت روبرو می‌باشد:

$$\frac{E_r}{E_1} = \left(\frac{r_1}{r}\right)^2$$



پایه تشریحی:

$$\frac{E_r}{E_1} = \left(\frac{r_1}{r}\right)^2 \rightarrow \frac{1}{9 \dots} = \left(\frac{r}{r+4}\right)^2 \rightarrow \frac{1}{9} = \left(\frac{r}{r+4}\right)^2$$

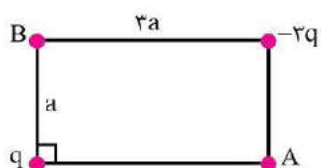
$$\sqrt{\frac{1}{9}} \rightarrow \frac{1}{3} = \frac{r}{r+4} \rightarrow 3r = r+4 \rightarrow 2r = 4 \rightarrow r = 2 \text{ m}$$

$$E_1 = k \frac{|q|}{r^2} \rightarrow 9 \dots = 9 \times 10^9 \times \frac{|q|}{4}$$

$$\rightarrow \frac{|q|}{4} = 10^{-9} \rightarrow |q| = 4 \times 10^{-9} \text{ C} \rightarrow q = 4 \mu\text{C}$$

گروه آموزشی ماز

65- در شکل زیر اندازه میدان الکتریکی برآیند ناشی از بارهای نقطه‌ای q و $-3q$ در نقطه B چند برابر نقطه A است؟



$$\frac{3}{\sqrt{13}} \quad (1)$$

$$\frac{\sqrt{13}}{3} \quad (2)$$

$$9 \quad (3)$$

$$1 \quad (4)$$

پاسخ: گزینه ۱

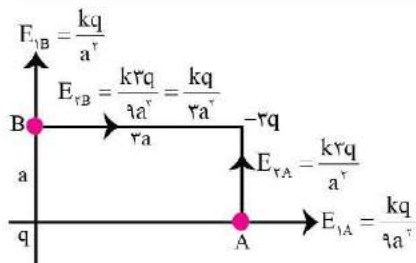
مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شادانه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم نیست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۱۰	۶	۷	۶	سوال	یازدهم	میدان الکتریکی					

اصل برهم نهی میدان‌های الکتریکی:

اگر چند بار الکتریکی ذره‌ای داشته باشیم، میدان الکتریکی ناشی از این بارها در یک نقطه، مجموع برداری میدان الکتریکی هر یک از بارها در این نقطه است.

$$\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots$$

پایه تشریحی:



$$E_{1B} = \frac{kq}{a^2}$$

$$E_{2A} = \frac{k3q}{a^2}$$

$$E_{2B} = \frac{k3q}{9a^2} = \frac{kq}{3a^2}$$

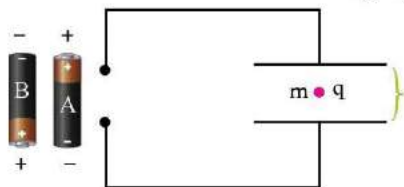
$$E_{1A} = \frac{kq}{9a^2}$$

$$\frac{E_{tB}}{E_{tA}} = \frac{\sqrt{\left(\frac{kq}{a^2}\right)^2 + \left(\frac{kq}{9a^2}\right)^2}}{\sqrt{\left(\frac{kq}{9a^2}\right)^2 + \left(\frac{k3q}{a^2}\right)^2}} = \frac{\sqrt{1 + \frac{1}{9}}}{\sqrt{\frac{1}{9} + 9}}$$

$$\rightarrow \frac{E_{tB}}{E_{tA}} = \frac{\sqrt{10}}{\sqrt{82}} = \frac{3}{\sqrt{13}}$$

66 - قطره روغنی به جرم 10^{-15} kg که ۲۰ الکترون از دست داده است در فضای بین دو صفحه رسانا که در فاصله 1 mm از یکدیگر واقعند به حالت تعادل

قرار دارد. کدام باتری و با چه اختلاف پتانسیلی در مدار قرار گرفته است؟ $(e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}, g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}})$



(۱) ۲۵(V) ، A

(۲) ۱۰۰(V) ، A

(۳) ۲۵(V) ، B

(۴) ۱۰۰(V) ، B

پاسخ: گزینه ۳

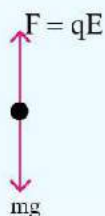


مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه ۳	۱	۱	۷	سوال	پاردهم	میدان الکتریکی	و ترکیب	۵	۵	سه	متوسط

نکته:

هرگاه ذره بارداری به جرم m و بار q در میدان الکتریکی یکنواخت قائم E ، معلق قرار گیرد باید نیروهای $\vec{F} = q\vec{E}$ و $m\vec{g}$ یکدیگر را خنثی کنند پس داریم:

$$|q|E = mg$$

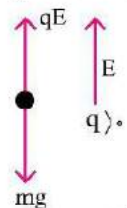


از طرفی جهت \vec{F} باید رو به بالا باشد.

پاسخ آموزشی:

$$q = ne = 20 \times 1.6 \times 10^{-19} = 3.2 \times 10^{-18} \text{ (C)}$$

چون ذره الکترون از دست داده است پس بار آن مثبت می باشد.



$$qE = mg \rightarrow q \frac{V}{d} = mg \rightarrow V = \frac{mgd}{q}$$

$$\rightarrow V = \frac{10^{-15} \times 10 \times 1 \times 10^{-3}}{3.2 \times 10^{-18}} \rightarrow V = 25 \text{ (V)}$$

از آنجا که جهت E رو به بالا می باشد پس باید صفحه پائینی بار + و صفحه بالایی بار - داشته باشد پس باید باتری B در مدار قرار داشته باشد.

گروه آموزشی ماز

67 - در شکل زیر اگر بارهای Q و q هم نام باشند میدان برآیند آن ها در نقطه A و اگر ناهم نام باشند در نقطه B صفر می شود. فاصله AB چند سانتی متر

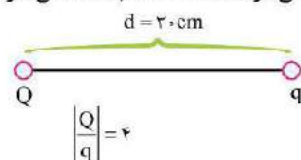
است؟

(۱) ۱۶

(۲) ۵۰

(۳) ۲۰

(۴) ۴۰



پاسخ: گزینه ۴



مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه ۳	۱	۱	۸	سوال	پاردهم	میدان الکتریکی	و ترکیب	۵	۵	سه	متوسط

نکته:

فرض کنید دو بار الکتریکی q_1 و q_2 در فضا وجود دارند، برای تعیین نقطه ای که میدان الکتریکی برآیند حاصل از دو بار در آنجا صفر باشد از رابطه زیر کمک می گیریم:

$$x = \frac{d}{\sqrt{\frac{q_1}{q_2}} + 1}$$

فاصله دو بار d

هم نام

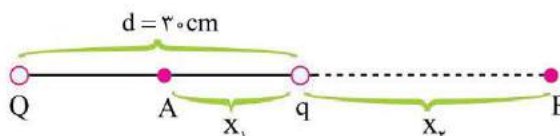
ناهم نام

اگر بارها هم نام باشند نقطه مورد نظر بین دو بار و اگر ناهم نام باشند خارج دو بار و نزدیک به باری است که قدرمطلق آن کوچکتر است.

$$x_1 = \frac{d}{\sqrt{\frac{Q}{q}} + 1} = \frac{3 \cdot \text{cm}}{2 + 1} = 1 \cdot \text{cm}$$

$$x_2 = \frac{d}{\sqrt{\frac{Q}{q}} - 1} = \frac{3 \cdot \text{cm}}{2 - 1} = 3 \cdot \text{cm}$$

$$AB = x_1 + x_2 = 1 \cdot \text{cm} + 3 \cdot \text{cm} \rightarrow AB = 4 \cdot \text{cm}$$



گروه آموزشی ماز

68- بار الکتریکی $q = -2 \text{ mC}$ از نقطه‌ای با پتانسیل $V_1 = -10 \text{ (V)}$ به نقطه‌ای با پتانسیل $V_2 = 40 \text{ (V)}$ جابجا می‌شود. کار میدان الکتریکی روی ذره در این جابجایی چند میلی‌ژول است؟

۱۰۰ (۴)

۸۰ (۳)

۴۰ (۲)

۲۰ (۱)

پاسخ: گزینه ۴

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شداسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۱۰	۵	۵	۱	سوال	پاردهم	کار میدان الکتریکی	پیش نیاز و ترکیب	۵	۵	سه	متوسط

نکته:

هرگاه بار الکتریکی q بین دو نقطه با اختلاف پتانسیل‌های V_1 و V_2 جابجا شود داریم:

$$\Delta U_E = q\Delta V = -W_E$$

$$\Delta U_E = q\Delta V = q(V_2 - V_1)$$

$$\rightarrow \Delta U_E = -2 \times 10^{-3} \times (40 - 10) = -0.01 \text{ J}$$

$$\Delta U_E = -W_E \rightarrow -0.01 \text{ J} = -W_E \rightarrow W_E = 0.01 \text{ J} \rightarrow W_E = 10 \cdot \text{mJ}$$

گروه آموزشی ماز

69- هرگاه بار الکتریکی مثبت در جهت خطوط میدان الکتریکی جابه‌جا شود، پتانسیل الکتریکی و انرژی پتانسیل الکتریکی به ترتیب از راست به چپ چگونه تغییر می‌کند؟

(۲) افزایش - کاهش

(۱) افزایش - افزایش

(۴) کاهش - کاهش

(۳) کاهش - افزایش

پاسخ: گزینه ۴

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شداسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۱۰	۶	۲	۲	سوال	پاردهم	پتانسیل الکتریکی	پیش نیاز و ترکیب	۵	۵	سه	متوسط

نکته ۱:

هرگاه در جهت خطوط میدان الکتریکی حرکت کنیم پتانسیل الکتریکی کاهش و هرگاه خلاف جهت خطوط میدان حرکت کنیم پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد.

نکته ۲:

طبق رابطه $\Delta U = q\Delta V$ و نکته ۱:

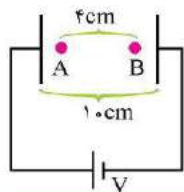
$U \downarrow \rightarrow$ حرکت بار + در جهت خطوط میدان
 $U \uparrow \rightarrow$ حرکت بار + خلاف جهت خطوط میدان

$U \uparrow \rightarrow$ حرکت بار منفی در جهت خطوط میدان
 $U \downarrow \rightarrow$ حرکت بار منفی خلاف جهت خطوط میدان

طبق نکات اشاره شده گزینه ۴ صحیح است.

گروه آموزشی ماز

70- در شکل زیر، صفحات خازنی تخت به اختلاف پتانسیل V وصل هستند، با انتقال بار الکتریکی $5\mu C$ از نقطه B به A ، انرژی پتانسیل الکتریکی آن 0.2 میلی ژول کاهش می یابد، V چند ولت است؟



- ۱) ۶۰
۲) ۸۰
۳) ۱۰۰
۴) ۲۰۰

پاسخ: گزینه ۳

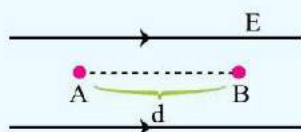
مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۱۰	۱	۷	۶	سوال	یازدهم	انرژی پتانسیل الکتریکی	و ترکیب	۱۲	۱۲	سختی	متوسط

نکته ۱:

اگر بار q بین دو نقطه با اختلاف پتانسیل ΔV جابجا شود انرژی پتانسیل الکتریکی آن به اندازه ΔU تغییر می کند و داریم: $\Delta U = q\Delta V$

نکته ۲:

در میدان الکتریکی یکنواخت به شکل زیر داریم:



$$V_A - V_B = E \cdot d$$

پاسخ تشریحی:

$$\Delta U = q\Delta V \rightarrow -0.2 \times 10^{-3} = (-5 \times 10^{-6}) \times (V_A - V_B)$$

$$\rightarrow V_A - V_B = 40 (V)$$

$$V = V_+ - V_- = E \cdot d \quad (1)$$

$$V_A - V_B = E \cdot d_{AB} \quad (2)$$

$$\frac{(1)}{(2)} \rightarrow \frac{V}{V_A - V_B} = \frac{d}{d_{AB}} \rightarrow \frac{V}{40} = \frac{1 \text{ cm}}{4 \text{ cm}} \rightarrow V = 100 (V)$$

گروه آموزشی ماز

71- ذره ای به جرم 2 گرم که دارای بار الکتریکی $4\mu C$ است در میدان الکتریکی یکنواختی به بزرگی $8 \times 10^2 \frac{N}{C}$ که جهت آن قائم و رو به پایین است

از حال سکون رها می شود. انرژی جنبشی ذره پس از طی مسافت $5(m)$ چند میلی ژول خواهد شد؟ ($g = 10 \frac{N}{kg}$)

- ۱) ۵۰
۲) ۷۰
۳) ۱۵۰
۴) ۱۷۰

پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان سخت
درجه ۱۰	۷	۷	۸	سوال	یازدهم	انرژی جنبشی و کار میدان الکتریکی	و ترکیب	۱۲	فصل ۳۰	سختی	سخت

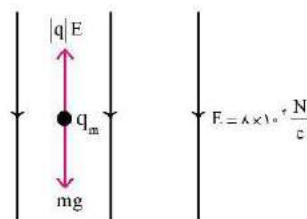
نکته:

اگر ذره بارداری در میدان الکتریکی E بین دو نقطه جابجا شود برای محاسبه تغییرات انرژی جنبشی ذره داریم:

$$W_T = \Delta K \rightarrow W_{\text{وزن}} + W_E = \Delta K$$

$$W_{\text{وزن}} + F_E \cdot d \cdot \cos \theta = \Delta K$$

پاسخ تشریحی:



به ذره دو نیروی mg و $F_E = |q|E$ در دو جهت مختلف وارد می شود و داریم:

$$mg = 2 \times 10^{-3} \times 10 = 0.02 (N)$$

$$F_E = |q|E = 4 \times 10^{-6} \times 8 \times 10^2 = 0.032 (N)$$

چون $F_E > mg$ است پس ذره به سمت بالا حرکت می‌کند، حال داریم:

$$W_T = \Delta K = K_f - K_i \rightarrow |q|Ed - (mg)d = K_f$$

$$\rightarrow (0.32) \times 0.5 - (0.2) \times 0.5 = K_f$$

$$\rightarrow K_f = 0.15 \text{ J} = 150 \text{ mJ}$$

گروه آموزشی ماز

72 - ظرفیت خازن تختی $10 \mu\text{F}$ و اختلاف پتانسیل دو سر آن ۶ ولت است، چند میکروکولن بار از صفحه مثبت خازن به صفحه منفی خازن منتقل کنیم تا انرژی ذخیره شده در آن ۱۰۰ میکروژول کاهش یابد؟

۴۰ (۴)

۳۰ (۳)

۲۰ (۲)

۱۰ (۱)

پاسخ: گزینه ۲

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه از ۳۰	۱	۱	۷	سوال	یازدهم	خازن	و ترکیب	۱۵	۱۵	اسانی	متوسط

نکته:

اگر خازنی به ظرفیت C به اختلاف پتانسیل V وصل شود پس از شارژ کامل بار q در آن ذخیره می‌شود و داریم:

$$q = CV \quad U = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{q^2}{2C}$$

که در این روابط U انرژی ذخیره شده در خازن است. هنگامی که گفته می‌شود بار ذخیره شده در خازن q است یعنی روی یک صفحه آن، بار $+q$ و روی صفحه دیگر بار $-q$ قرار دارد.

پایان تشریحی

$$U_1 = \frac{1}{2} CV^2 \rightarrow U_1 = \frac{1}{2} \times 10 \times (6)^2 \rightarrow U_1 = 180 \mu\text{J}$$

$$q_1 = CV \rightarrow q_1 = 10 \times 6 \rightarrow q_1 = 60 \mu\text{C}$$

$$U_f = U_1 - 100 \mu\text{J} = 180 - 100 \rightarrow U_f = 80 \mu\text{J}$$

$$U_f = \frac{q_f^2}{2C} \rightarrow 80 = \frac{q_f^2}{20} \rightarrow q_f^2 = 1600 \rightarrow q_f = 40 \mu\text{C}$$

$$\Delta q = q_f - q_1 = 40 \mu\text{C} - 60 \mu\text{C} = -20 \mu\text{C}$$

پس باید $20 \mu\text{C}$ بار از صفحه مثبت به صفحه منفی خازن منتقل شود.

گروه آموزشی ماز

73 - هنگامی که اختلاف پتانسیل بین دو صفحه یک خازن که بین صفحات آن هوا است ۵۰ ولت افزایش دهیم، اندازه بار روی هر صفحه خازن $3/6$ نانو کولن اضافه می‌شود، اگر مساحت هر یک از صفحات خازن ۱۶ سانتی‌متر مربع باشد، فاصله بین صفحات خازن چند میلی‌متر است؟ $(\epsilon_0 = 9 \times 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}})$

۴ (۴)

۲ (۳)

۰/۴ (۲)

۰/۲ (۱)

پاسخ: گزینه ۱

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه از ۳۰	۴	۵	۶	سوال	یازدهم	خازن	و ترکیب	۱۵	۱۵	اسانی	متوسط

نکته:

ظرفیت خازن از رابطه $C = \frac{q}{V}$ به دست می‌آید، اگر اختلاف پتانسیل بین دو صفحه خازن به اندازه ΔV و بار ذخیره شده در خازن به اندازه Δq تغییر کند داریم:

$$C = \frac{\Delta q}{\Delta V}$$

نکته:

ظرفیت خازن از رابطه $C = k\epsilon_0 \frac{A}{d}$ محاسبه می‌شود که در آن k ثابت دی‌الکتریک بین صفحات خازن است، اگر بین صفحات هوا باشد $k=1$ بوده و داریم:

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

$$C = \frac{\Delta q}{\Delta V} \rightarrow C = \frac{3/6 \times 10^{-9}}{50} \rightarrow C = 7/2 \times 10^{-11} F$$

$$C = \epsilon \cdot \frac{A}{d} \rightarrow 7/2 \times 10^{-11} = 9 \times 10^{-12} \times \frac{16 \times 10^{-4}}{d}$$

$$\rightarrow d = 2 \times 10^{-4} (m) \rightarrow d = 0.2 (mm)$$

گروه آموزشی ماز

74- خازن شارژ شده‌ای که فاصله بین صفحات آن 0.2 میلی‌متر است را از باتری جدا می‌کنیم. اگر $6 \mu C$ بار از صفحه مثبت خازن به صفحه منفی آن منتقل کنیم، میدان الکتریکی بین صفحات خازن $(\frac{V}{m})$ ۱۲۰ تغییر می‌کند. ظرفیت خازن چند میکروفاراد است؟

(۱) ۲۵ (۲) ۵۰ (۳) ۱۰۰ (۴) ۲۵۰

پاسخ: گزینه ۴

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۱۰	۶	۷	۷	سوال	یازدهم	میدان الکتریکی خازن					

نکته:

میدان الکتریکی بین صفحات خازن از رابطی زیر محاسبه می‌شود:

$$\left. \begin{array}{l} E = \frac{V}{d} \\ V = \frac{q}{C} \end{array} \right\} \rightarrow E = \frac{q}{Cd} \rightarrow E = \frac{q}{Cd}$$

$$E = \frac{V}{d} = \frac{q}{Cd} = \frac{q}{Cd} \rightarrow \Delta E = \frac{\Delta q}{Cd} \rightarrow C = \frac{\Delta q}{(\Delta E) \cdot d}$$

$$\rightarrow C = \frac{-6 \times 10^{-6}}{(-120) \times (0.2 \times 10^{-3})} = \frac{600 \times 10^{-6}}{24}$$

$$\rightarrow C = 250 \times 10^{-6} F \rightarrow C = 250 \mu F$$

گروه آموزشی ماز

75- در یک دستگاه دفیبریلاتور، ظرفیت خازن $40 \mu F$ و با ولتاژ $3000 V$ پر شده است. اگر تخلیه بار خازن در بدن بیمار $2 ms$ طول بکشد، توان متوسط تخلیه بار در بدن بیمار چند کیلووات است؟

(۱) ۹ (۲) ۹۰ (۳) ۱۸ (۴) ۱۸۰

پاسخ: گزینه ۲

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۱۰	۴	۵	۷	سوال	یازدهم	توان خازن		توان	فصل ۳ دهم		

نکته:

خازنی به ظرفیت C با ولتاژ V پر شده و انرژی $U = \frac{1}{2} CV^2$ در آن ذخیره شده است، اگر تخلیه بار خازن در بدن بیمار t ثانیه طول بکشد (دستگاه دفیبریلاتور) توان متوسط تخلیه بار از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$P = \frac{U}{t} \rightarrow P = \frac{\frac{1}{2} CV^2}{t}$$

$$\bar{P} = \frac{U}{t} \rightarrow P = \frac{\frac{1}{2} CV^2}{t}$$

$$\rightarrow \bar{P} = \frac{\frac{1}{2} \times 4 \times 10^{-6} \times (3 \times 10^3)^2}{2 \times 10^{-3}}$$

$$\rightarrow \bar{P} = \frac{180}{2 \times 10^{-3}} = 90 \times 10^3 (W) \rightarrow P = 90 (kW)$$

گروه آموزشی ماز

76- ظرفیت خازنی ۲ میکروفاراد است، اگر ۴ میلی کولن بار از صفحه منفی خازن به صفحه مثبت انتقال داده شود، انرژی ذخیره شده در خازن ۱۶ ژول افزایش می یابد. بار اولیه خازن چند میلی کولن است؟

۱) ۴ ۲) ۶ ۳) ۸ ۴) ۱۰

پاسخ: گزینه ۲

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شداسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه ۱۰	۱	۸	۷	سوال	پاردهم	خازن	پیش نیاز و ترکیب	۱۵	۱۵	استثنای	متوسط

نکته:

طبق رابطه $U = \frac{q^2}{2C}$ برای انرژی ذخیره شده در خازن اگر q بر حسب میلی کولن (mC) و C بر حسب میکروفاراد (μF) باشد U بر حسب ژول خواهد بود.

$$U_2 = U_1 + 16 \rightarrow \frac{(q_1 + 4)^2}{2 \times 2} = \frac{q_1^2}{2 \times 2} + 16$$

$$\rightarrow (q_1 + 4)^2 = q_1^2 + 64 \rightarrow q_1^2 + 8q_1 + 16 = q_1^2 + 64$$

$$\rightarrow 8q_1 = 48 \rightarrow q_1 = 6 \text{ mC}$$

گروه آموزشی ماز

77- الکتروسکوپی با بار منفی در اختیار داریم، میله ای را به کلاهک آن نزدیک کرده مشاهده می کنیم که ورقه های الکتروسکوپ به هم نزدیک می شوند نوع بار میله چیست؟

۱) منفی یا مثبت ۲) مثبت یا خنثی
۳) منفی ۴) منفی یا خنثی

پاسخ: گزینه ۲

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شداسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه ۱۰	۵	۱	۶	سوال	پاردهم	الکتروسکوپ	پیش نیاز و ترکیب	۱۵	۱۵	استثنای	متوسط

نکته ۱:

اگر در اثر نزدیک کردن جسمی به کلاهک الکتروسکوپ باردار صفحات به هم نزدیک شوند دو حالت زیر را داریم:
۱) بار جسم، مخالف بار الکتروسکوپ بوده و مقدار کمی است.
۲) بار جسم، خنثی است.

نکته ۲:

اگر در اثر نزدیک کردن جسمی به کلاهک الکتروسکوپ صفحات بازتر شوند:
بار جسم، هم نام بار الکتروسکوپ است.

نکته ۳:

اگر در اثر نزدیک کردن جسمی به کلاهک الکتروسکوپ صفحات ابتدا به هم نزدیک و سپس از هم دور شوند:
بار جسم، مخالف بار الکتروسکوپ بوده و مقدار بزرگی است.

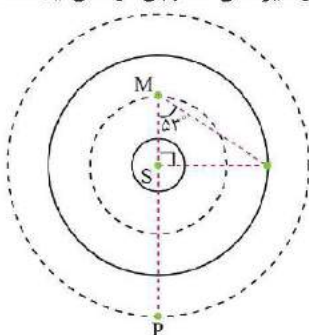
میله رسانا



اگر میلۀ بار مثبت داشته باشد، مقداری از بار منفی ورقه‌ها را به سمت خود می‌کشد و بار ورقه‌ها کم شده و به هم نزدیک می‌شوند. اگر میلۀ رسانا خنثی باشد ابتدا توسط بار الکتروسکوپ در میلۀ دوقطبی مثبت و منفی به شکل روبرو ایجاد می‌شود؛ سپس چون بارهای مثبت میلۀ رسانا به الکتروسکوپ نزدیک‌تر هستند نیروی جاذبه بیشتری نسبت به نیروی دافعه ایجاد می‌کنند و باز هم مقداری از بار ورقه‌ها را به سمت بالا می‌کشند و ورقه‌ها به هم نزدیک‌تر می‌شوند.

گروه آموزشی ماز

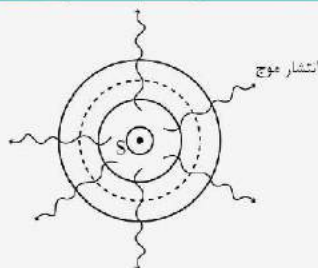
78- شکل زیر، چشمه نوسانی S و امواج دایره‌ای تشکیل شده بر سطح آب را در یک لحظه نشان می‌دهد. اگر بسامد چشمه 25 Hz و فاصله نقطه P از چشمه S برابر 60 cm باشد، تندی انتشار موج بر سطح آب چند متر بر ثانیه است؟ (دایره‌های توپر، قله‌ها و دایره‌های خط‌چین دره‌های ایجاد شده در سطح آب هستند و $\sin 53^\circ = 0.8$ است).



- ۱) ۳
- ۲) ۴
- ۳) ۶
- ۴) ۸

پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش‌نیاز و ترکیب	پیش‌نیاز لازم تست	مفهوم قابل ترکیب با	درجه، سختی	میزان
درجه ۱۰	۱	۱	۷	سؤال	دوازدهم	چشمه موج	و ترکیب	۱	۱	سه	متوسط

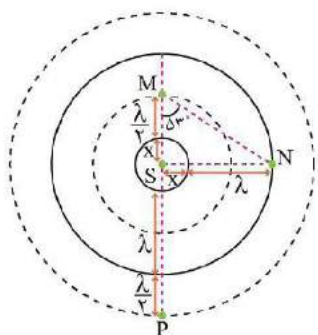


چشمه موج

- هرگاه یک جسم کروی کوچک بر سطح آب به صورت یک حرکت هماهنگ ساده بالا و پایین برود، موج‌هایی عرضی در تمام جهات بر سطح آب انتشار می‌یابد. در این حالت اگر قله‌ها یا دره‌ها را در ذهن خود به یکدیگر متصل کنیم، همان دایره‌های پیش‌رونده‌ای خواهد شد که بر سطح آب قابل مشاهده است (شکل مقابل):

نکته:

فاصله یک قله از دره مجاورش برابر نصف طول موج و فاصله دو قله یا دو دره متوالی برابر طول موج است.



گام اول: با فرض اینکه فاصله چشمه از اولین قله نشان داده شده در شکل برابر x باشد و از طرفی با توجه به نکته بیان شده در درسامه، داریم:

$$\triangle MNS: \tan \Delta \gamma^0 = \frac{NS}{MS} \rightarrow$$

$$\frac{4}{3} = \frac{\lambda + x}{\frac{\lambda}{2} + x} \rightarrow 2\lambda + 4x = 3\lambda + 3x \rightarrow x = \lambda \quad (I)$$

گام دوم: فاصله نقطه P از چشمه S برابر 6 cm است؛ بنابراین با توجه به شکل بالا، داریم:

$$\overline{PS} = 6 \text{ cm} \rightarrow x + \lambda + \frac{\lambda}{2} = 6 \rightarrow \lambda + \lambda + \frac{\lambda}{2} = 6 \rightarrow \frac{5\lambda}{2} = 6 \rightarrow$$

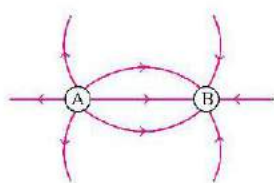
$$\lambda = 24 \text{ cm} \xrightarrow{(\lambda = \frac{v}{f})} \frac{v}{f} = 24 \rightarrow \frac{v}{25} = 24 \rightarrow v = 24 \times 25 = 600 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

گروه آموزشی ماز

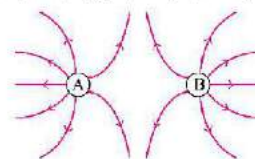
79- دو جسم کوچک و عایق A و B را به هم مالش می‌دهیم تا باردار شوند و سپس آن‌ها را در نزدیکی هم قرار می‌دهیم. خطوط میدان الکتریکی در اطراف دو جسم در کدام گزینه به درستی رسم شده است؟

انتهای مثبت سری
B
A
انتهای منفی سری

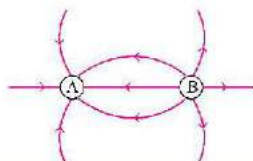
سری الکتریسته مالشی



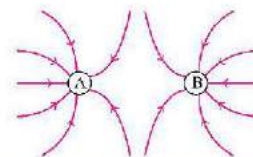
۱



۲



۳



۴

پاسخ: گزینه ۴

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش‌نیاز	پیش‌نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه از ۱۰	۴	۲	۶	سؤال	پاردهم	سری الکتریسته	و ترکیب	☑	☑	سه	سختی

سری الکتریسته

یکی از روش‌های باردار کردن اجسام که معمولاً برای اجسام نارسانا به کار می‌رود، روش مالش است. در مورد این روش خوب است نکات زیر را بدانیم:

(۱) هنگامی که دو جسم از طریق مالش باردار می‌شوند، بار یکی از آن‌ها منفی و بار دیگری مثبت خواهد شد. بنابراین علامت بارها مخالف هم خواهد بود.

(۲) چون در روش مالش تعداد الکترون‌هایی که یک جسم از دست می‌دهد با تعداد الکترون‌هایی که جسم دیگر بدست می‌آورد برابر است، اندازه بار دو جسم با هم برابر خواهد بود. به عبارت دیگر اگر بار یک جسم $+q$ باشد، بار دیگری $-q$ خواهد بود.

(۳) چون در روش مالش علامت بار اجسام مخالف هم است، نیروی الکتریکی بین این دو جسم پس از مالش از نوع ربایشی خواهد بود.

(۴) هنگامی که دو جسم را به هم مالش می‌دهیم تا باردار شوند، جسمی که الکترون‌خواه‌تر است (در سری الکتریسته مالشی در قسمت پایین‌تری قرار دارد)، الکترون می‌گیرد و بار آن منفی می‌شود. همچنین جسمی که کمتر الکترون‌خواه است (در سری الکتریسته مالشی در قسمت بالاتری قرار دارد)، الکترون از دست می‌دهد و علامت بار آن مثبت خواهد بود.

انتهای مثبت سری
شیشه
ابریشم
لاستیک
تفلون
انتهای منفی سری

سری الکتریسته مالشی

مثال:

مطابق جدول روبرو که بخشی از سری الکتریسته مالشی را نشان می‌دهد، به سؤالات زیر پاسخ دهید.

(الف) اگر یک میله شیشه‌ای را به یک پارچه ابریشمی مالش دهیم چه اتفاقی می‌افتد؟
با مالش شیشه به ابریشم، شیشه الکترون از دست می‌دهد و دارای بار مثبت می‌شود و ابریشم الکترون می‌گیرد و دارای بار منفی خواهد بود.
دقت کنید که اندازه بار دو جسم با هم برابر است و علامت بار آن‌ها مخالف هم می‌باشد.

ب) یک میله شیشه‌ای را با پارچه ابریشمی و یک قطعه تفلون را با یک لاستیک مالش می‌دهیم تا باردار شوند. اگر شیشه و لاستیک را در نزدیکی هم قرار دهیم، نیروی الکتریکی بین آن‌ها از چه نوعی خواهد بود؟

در مالش شیشه با ابریشم، شیشه دارای بار مثبت می‌شود، زیرا در قسمت بالاتری از جدول قرار دارد. در مالش تفلون و لاستیک هم لاستیک دارای بار مثبت می‌شود، بنابراین بار لاستیک و شیشه هم‌علامت است و در نتیجه نیروی بین آن‌ها از نوع رانشی خواهد بود.

۵) برای مجسم کردن میدان الکتریکی در فضای اطراف اجسام باردار از خطوط میدان الکتریکی استفاده می‌کنیم. این خطوط ویژگی‌های زیر را دارا می‌باشند:

الف) از بار مثبت خارج می‌شوند و به بار منفی وارد می‌شوند.

ب) میدان الکتریکی در هر نقطه هم‌جهت با خط مماس بر خطوط میدان الکتریکی در آن نقطه است.

ج) هرچه تراکم خطوط میدان الکتریکی بیشتر باشد، شدت میدان الکتریکی بیشتر است.

د) خطوط میدان الکتریکی یکدیگر را قطع نمی‌کنند و از هر نقطه یک و فقط یک خط میدان عبور می‌کند.

۶) خطوط میدان الکتریکی در اطراف یک ذره باردار مطابق شکل‌های زیر است که آن‌ها را به خاطر بسپارید.

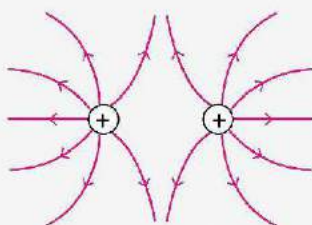


خطوط میدان اطراف بار مثبت متزوی

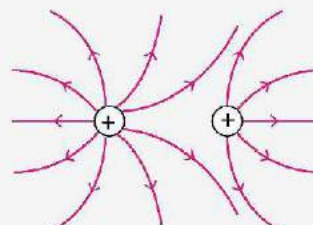


خطوط میدان اطراف بار مثبت متزوی

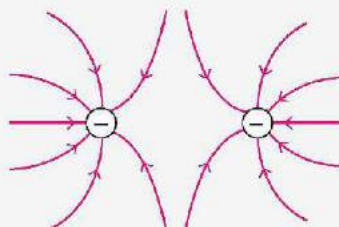
۷) خطوط میدان الکتریکی در اطراف دو ذره باردار مطابق شکل‌های زیر است که آن‌ها را به خاطر بسپارید.



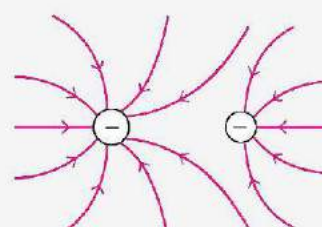
خطوط میدان دو بار مثبت هم اندازه



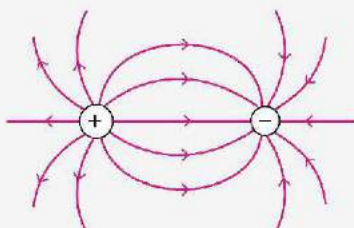
خطوط میدان دو بار مثبت غیر هم اندازه



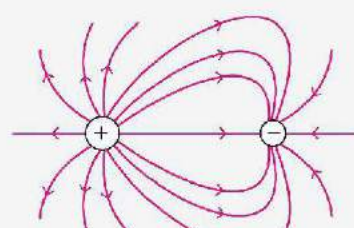
خطوط میدان دو بار منفی هم اندازه



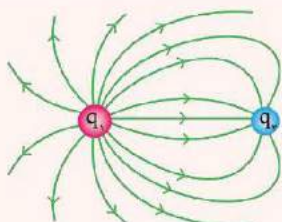
خطوط میدان دو بار منفی غیر هم اندازه



خطوط میدان بارهای مثبت و منفی هم اندازه



خطوط میدان بارهای مثبت و منفی غیر هم اندازه



مثال:

در شکل مقابل خطوط میدان الکتریکی در اطراف دو کره کوچک باردار نشان داده شده است. کدام یک از نتیجه‌گیری‌ها صحیح است؟

الف) علامت بار q_1 منفی است.

ب) علامت بارها یکسان است.

ج) اندازه بار q_1 بزرگتر از اندازه بار q_2 است.

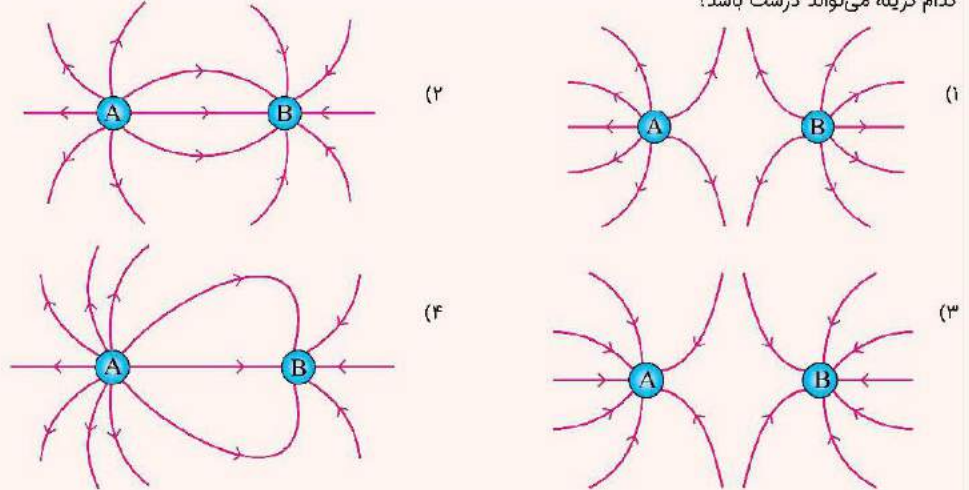
د) میدان الکتریکی در نزدیکی q_2 قوی‌تر است.

برای پاسخ دادن به این سؤال به نکات زیر توجه کنید:

- (۱) خطوط میدان از q_1 خارج شده‌اند و به q_2 وارد می‌شوند، بنابراین q_1 مثبت و q_2 منفی است.
 - (۲) تراکم خطوط در نزدیکی q_1 بیشتر از q_2 است، بنابراین اندازه q_1 بزرگ‌تر از اندازه q_2 است.
- با توجه به این نکات، عبارت‌های (الف) و (ج) صحیح هستند.

مثال:

جسم‌های کوچک A و B را به هم مالش می‌دهیم تا باردار شوند و سپس آن‌ها را در نزدیکی هم قرار می‌دهیم. خطوط میدان الکتریکی در اطراف این دو بار، در کدام گزینه می‌تواند درست باشد؟



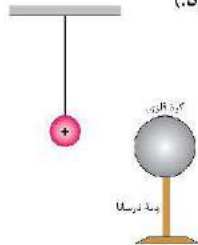
با مالش دو جسم به هم، بار الکتریکی آن‌ها هم‌اندازه و ناهم‌نام خواهد شد، بنابراین گزینه ۲ صحیح است.

پاسخ تشریحی:

با توجه به سری الکتریسیته مالشی، پس از مالش A به B، بار B مثبت و بار A منفی خواهد شد، بنابراین خطوط میدان از B خارج و به A وارد می‌شوند و گزینه (۴) صحیح است.

گروه آموزشی ماز

80- یک کره فلزی بدون بار الکتریکی را که روی پایه نارسنایی قرار دارد، به آونگ الکتریکی بارداری نزدیک می‌کنیم. آونگ به سمت منحرف می‌شود و هرچه بار گلوله آونگ بزرگ‌تر باشد، میزان انحراف آن خواهد شد. (بین کره و آونگ تماس ایجاد نمی‌شود).



- (۱) راست - بیشتر
- (۲) راست - کمتر
- (۳) چپ - بیشتر
- (۴) چپ - کمتر

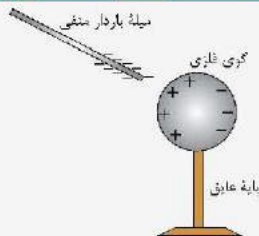
پاسخ: گزینه ۱

موضوع	مفهوم	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش‌نیاز	پیش‌نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب یا	درجه	موزن
درجه ۱۰	۴	۴	۷	سؤال	پاردهم	القای بار الکتریکی	و ترکیب			متوسط	متوسط

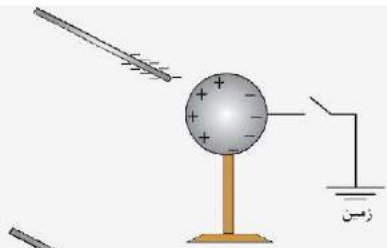
القای بار الکتریکی

در مورد القای الکتریکی به نکات زیر توجه کنید.

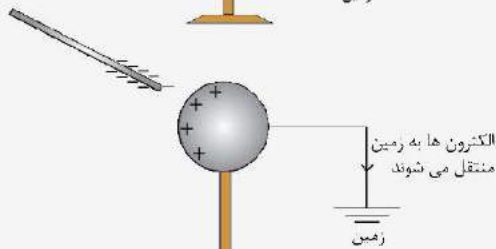
- (۱) هنگامی که یک میله باردار را به یک کره رسانای منزوی نزدیک می‌کنیم، بارهای القایی مثبت و منفی در دو طرف جسم رسانا تفکیک می‌شوند.
- بارهای ناهم‌نام با بار میله در سمتی از کره که نزدیک میله است جمع می‌شوند و بارهای هم‌نام با بار میله در سمتی از کره که دور از میله است جمع می‌شود.
- به عنوان مثال در شکل مقابل، بار میله منفی است، به همین دلیل بارهای مثبت کره در سمت چپ و بارهای منفی در سمت راست جمع شده‌اند. نیروی برآیند بین دو جسم از نوع جاذبه است.



۲) با روش القا می‌توان اجسام رسانا را باردار کرد. مثلاً می‌توان از روش زیر استفاده کرد:
مرحله اول: نزدیک کردن میله باردار به کره رسانای خنثی



مرحله دوم: وصل کردن کلید و انتقال بارهای منفی (الکترون‌ها) از کره به زمین



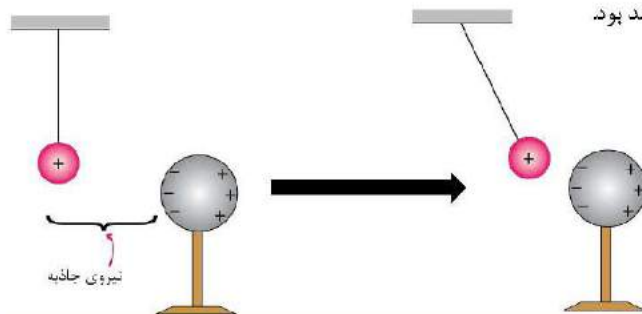
مرحله سوم: باز کردن کلید و دور کردن میله از کره و پخش یکنواخت بار مثبت در سطح خارجی کره



دقت کنید علامت بار میله و کره مخالف یکدیگر است.

پاسخ تشریحی

آونگ الکتریکی بارهای مثبت کره را در سمت راست آن و بارهای منفی را در سمت چپ آن جمع می‌کند و در نتیجه نیروی برآیند بین گلوله آونگ و کره از نوع ربایشی خواهد بود. هنگامی که کره گلوله آونگ را با نیروی الکتریکی جذب می‌کند، آونگ به سمت راست منحرف می‌شود. دقت کنید هرچه بار گلوله آونگ بزرگ‌تر باشد، نیروی الکتریکی بزرگ‌تر شده و انحراف آونگ بیشتر خواهد بود.



اگر...

اگر تأثیر جرم گلوله آونگ بر میزان انحراف آن را می‌خواستیم، پاسخ چه بود؟
هرچه جرم گلوله آونگ بیشتر باشد، به نیروی بیشتری برای منحرف کردن آن نیاز داریم، بنابراین با افزایش جرم گلوله آونگ، میزان انحراف آن کمتر خواهد شد.
این سؤال بر اساس تمرین‌های انتهای فصل اول کتاب درسی فیزیک یازدهم طرح شده است.

گروه آموزشی ماز

81- دو کره فلزی کوچک و مشابه، دارای بارهای الکتریکی $4\mu\text{C}$ و $-8\mu\text{C}$ هستند. اگر این دو کره را به یکدیگر تماس دهیم و سپس در فاصله ۱۲

سانتی‌متری از یکدیگر قرار دهیم، نیروی الکتریکی بین دو کره چگونه می‌شود؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2})$

(۲) $2/5$ ، ربایشی

(۴) 10 ، ربایشی

(۱) $2/5$ ، رانشی

(۳) 10 ، رانشی

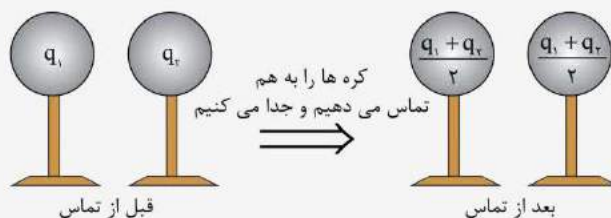
پاسخ: گزینه ۱

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش‌نیاز و ترکیب	پیش‌نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	مهران
درجه ۳	۶	۵	۷	سؤال	یازدهم	نیروی و بار الکتریکی	و ترکیب	۵	۵	متوسط	متوسط

نیروی و بار الکتریکی

(۱) هنگامی که دو کره فلزی مشابه را به هم تماس می‌دهیم، بار الکتریکی بین آن‌ها به گونه‌ای تقسیم می‌شود که بار نهایی دو کره با هم برابر باشد. بنابراین بار هر یک از کره‌ها پس از تماس برابر میانگین بار اولیه آن‌ها خواهد بود.

$$q_{\text{نهایی}} = \frac{q_1 + q_2}{2}$$



(۲) نتیجه فوق برای تعداد بیشتری کره فلزی مشابه هم قابل تعمیم است. به طور کلی اگر n کره یکسان که دارای بارهای q_1, q_2, \dots, q_n هستند را همگی به هم تماس دهیم، بار نهایی همه آن‌ها برابر می‌شود با:

$$q_{\text{نهایی}} = \frac{q_1 + q_2 + \dots + q_n}{n}$$

مثال

دو کره فلزی و مشابه به ترتیب دارای بارهای الکتریکی $q_1 = 4 \mu\text{C}$ و $q_2 = 12 \mu\text{C}$ هستند. اگر این دو کره را به هم تماس دهیم، چند الکترون به طور خالص بین آن‌ها جابه‌جا خواهد شد؟ ($e = 1.6 \times 10^{-19} \text{C}$) ابتدا بار نهایی هر یک از کره‌ها را بدست می‌آوریم.

$$q = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{4 + 12}{2} = 8 \mu\text{C}$$

بنابراین کره (۲)، $4 \mu\text{C}$ بار از دست داده و کره (۱) این بار را گرفته است. در ادامه تعداد الکترون‌ها را محاسبه می‌کنیم.

$$q = ne \rightarrow 4 \times 10^{-6} = n \times 1.6 \times 10^{-19} \rightarrow n = 2.5 \times 10^{13}$$

مثال

سه کره رسانای کوچک و مشابه A، B و C به ترتیب دارای بارهای الکتریکی -20 nC ، 10 nC و -8 nC هستند. ابتدا کره A را به کره C تماس می‌دهیم و جدا می‌کنیم و سپس کره B را به کره C تماس می‌دهیم و جدا می‌کنیم. اگر تعداد الکترون‌های جابه‌جا شده بین کره‌های A و C برابر n_1 و تعداد

الکترون‌های جابه‌جا شده بین کره‌های B و C برابر n_2 باشد، نسبت $\frac{n_2}{n_1}$ کدام است؟

ابتدا کره‌های A و C به هم متصل شده‌اند و بار آن‌ها پس از تماس برابر است با:

$$q'_C = \frac{q_A + q_C}{2} = \frac{-20 - 8}{2} = -14 \text{ nC}$$

بنابراین $\Delta q = 6 \text{ nC}$ بار الکتریکی بین کره‌های A و C جابه‌جا شده است.

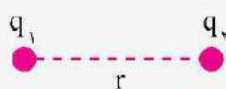
در ادامه کره‌های B و C را به هم وصل می‌کنیم و بار آن‌ها پس از تماس برابر است با:

$$q'_B = \frac{q_B + q'_C}{2} = \frac{10 - 14}{2} = -2 \text{ nC}$$

بنابراین $\Delta q_2 = 12 \text{ nC}$ بار الکتریکی بین دو کره جابه‌جا شده است. در نهایت برای مقایسه تعداد الکترون‌های جابه‌جا شده بین کره‌ها در دو حالت، کافی است بار جابه‌جا شده را مقایسه کنیم.

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\Delta q_2}{\Delta q_1} = \frac{12}{6} = 2$$

(۳) مطابق قانون کولن، اگر بارهای q_1 و q_2 در فاصله r از هم قرار بگیرند، نیروی الکتریکی‌ای که به هم وارد می‌کنند برابر است با:



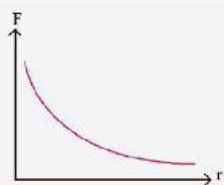
$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$

(۴) ثابت کولن است که یکای آن $\frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$ است.

(۵) برای مقایسه نیروی الکتریکی بین بارها می‌توان نوشت:

$$F \propto \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{|q'_1 q'_2|}{|q_1 q_2|} \times \left(\frac{r}{r'} \right)^2$$

۶) نمودار تغییرات نیروی الکتریکی بر حسب فاصله دو بار مطابق شکل به صورت نزولی خواهد بود.



مثال:

دو بار نقطه‌ای $q_1 = 10 \mu\text{C}$ و $q_2 = 20 \mu\text{C}$ را در چه فاصله‌ای از هم قرار دهیم تا با نیروی 5 نیوتون یکدیگر را دفع کنند؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}$)

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \rightarrow 5 = 9 \times 10^9 \times \frac{20 \times 10 \times 10^{-12}}{r^2}$$

$$\rightarrow 5 = \frac{180}{r^2} \rightarrow r^2 = 36 \rightarrow r = 6 \text{ m}$$

مثال:

دو بار الکتریکی در فاصله 10 cm به هم نیروی F را وارد می‌کنند. چند سانتی‌متر فاصله بارها را افزایش دهیم تا نیروی بین آن‌ها $\frac{F}{4}$ شود؟

$$F \propto \frac{q_1 q_2}{r^2} \xrightarrow{\text{بارها ثابت}} \frac{F'}{F} = \left(\frac{r}{r'}\right)^2 \rightarrow \frac{1}{4} = \left(\frac{r}{r'}\right)^2$$

$\rightarrow r' = 20 \text{ cm} \rightarrow$ فاصله بارها باید 10 cm افزایش یابد.

پاسخ تشریحی:

این سؤال را در گام‌های زیر حل می‌کنیم:
گام اول: محاسبه بار کردها پس از تماس:

$$q = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{4 + (-8)}{2} = -2 \mu\text{C}$$

گام دوم: محاسبه نیروی بین کردها:

$$F = k \frac{q^2}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-12}}{(0.12)^2} = 2.5 \text{ N}$$

این سؤال بر اساس تمرین‌های انتهای فصل اول کتاب درسی فیزیک یازدهم طرح شده است.

تکنیک تستی:

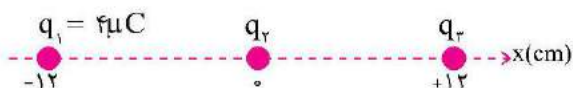
چون فاصله‌ها بر حسب cm و بارهای الکتریکی بر حسب μC است پس می‌توانیم از رابطه $F = 9 \times \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$ استفاده کنیم.

$$F = 9 \times \frac{2 \times 2}{(12)^2} = \frac{9 \times 4}{12 \times 12} = 2.5 \text{ N}$$

گروه آموزشی ماز

82- مطابق شکل، سه بار الکتریکی نقطه‌ای روی محور x قرار دارند و نیروی الکتریکی خالص وارد بر هر سه بار صفر است. اگر بار الکتریکی $q_2 = -18 \mu\text{C}$

را در نقطه $x = 6 \text{ cm}$ قرار دهیم، بردار برآیند نیروی الکتریکی وارد بر q_4 در SI کدام می‌شود؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}$)



- ۱) $2.5 \hat{i}$
- ۲) $-2.5 \hat{i}$
- ۳) $1.2/5 \hat{i}$
- ۴) $-1.2/5 \hat{i}$

پاسخ: گزینه ۱


مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش‌نیاز	پیش‌نیاز لازم نیست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۱۰	۷	۷	۷	سؤال	یازدهم	نیروی الکتریکی	و ترکیب	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

نیروی الکتریکی

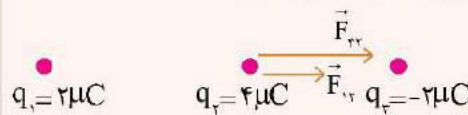
۵) در سؤالاتی که چند بار الکتریکی وجود دارند و نیروی وارد بر یکی از آنها را می‌خواهیم، گام‌های زیر را طی می‌کنیم.
گام اول: بردار نیروی الکتریکی که هر یک از بارها به بار مورد نظر وارد می‌کنند را رسم می‌کنیم.
گام دوم: هر کدام از نیروهای الکتریکی را جداگانه محاسبه می‌کنیم.
گام سوم: بردارهای بدست آمده را به صورت برداری جمع می‌کنیم. اگر بردارها هم‌جهت باشند، اندازه آنها جمع می‌شود، اگر خلاف جهت باشند، اندازه آنها از هم کم می‌شود و اگر عمود بر هم باشند با کمک رابطه فیثاغورس برآیند آنها محاسبه می‌شود.
در ادامه با حل یک مثال مطالب فوق را مرور می‌کنیم.

مثال:

مطابق شکل ۳ بار الکتریکی روی یک خط قرار دارند. نیروی الکتریکی برآیند وارد بر q_2 چند نیوتون است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$



ابتدا دقت کنید که q_1 ، q_2 را دفع می‌کند و q_3 ، q_2 را جذب می‌کند، بنابراین جهت نیروهای وارد بر q_2 مطابق شکل زیر است.



در ادامه این دو نیرو را محاسبه می‌کنیم.

$$F_{12} = k \frac{|q_1 q_2|}{r_{12}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{(6 \times 10^{-2})^2} = 20 \text{ N}$$

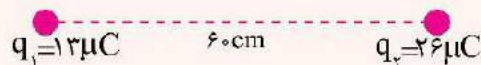
$$F_{32} = k \frac{|q_3 q_2|}{r_{32}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 4}{(3 \times 10^{-2})^2} = 80 \text{ N}$$

در ادامه با توجه به این‌که دو نیرو هم‌جهت هستند، برآیند آنها برابر مجموع اندازه آنهاست و نیروی کل برابر 100 N می‌باشد.

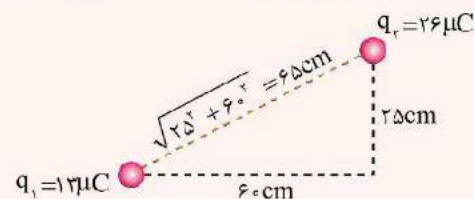
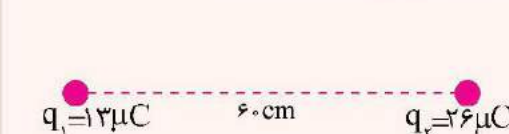
مثال:

مطابق شکل دو بار الکتریکی نقطه‌ای در نزدیکی هم قرار دارند. اگر بار q_2 را 25 cm به سمت بالا جابه‌جا کنیم، بزرگی نیروی الکتریکی که بار q_1 به q_2 وارد

می‌کند، چند نیوتون تغییر می‌کند؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$



شکل‌های زیر نحوه قرارگیری بارها را قبل و بعد از جابه‌جایی بار q_2 نشان می‌دهد. در هر دو حالت نیروی الکتریکی را محاسبه می‌کنیم.



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

$$\rightarrow F = 9 \times 10^9 \times \frac{13 \times 26 \times 10^{-12}}{(0.6)^2} = 8/45 \text{ N}$$

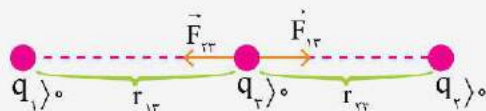
$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$\rightarrow F = 9 \times 10^9 \times \frac{13 \times 26 \times 10^{-12}}{(0.65)^2} = 7/25 \text{ N}$$

بنابراین بزرگی نیروی الکتریکی بین بارهای q_1 و q_2 ، به اندازه $8/45 - 7/25 = 1/25 \text{ N}$ کاهش یافته است.

فرض کنید دو بار معلوم q_1 و q_2 در نزدیکی یکدیگر قرار دارند. می‌خواهیم ببینیم بار مجهول q_3 را کجا قرار دهیم تا نیروی خالص وارد بر آن صفر شود. برای این منظور دو حالت را بررسی می‌کنیم:

(۱) بارهای q_1 و q_2 هم‌نام باشند:



در این حالت بار q_3 باید در فاصله بین دو بار و نزدیک بار کوچک‌تر قرار گیرد تا برآیند نیروهای وارد بر آن صفر شود. در شکل بالا برای سادگی فرض کرده‌ایم همه بارها مثبت باشند.

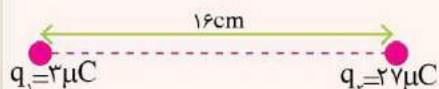
$$F_{13} = F_{23} \rightarrow k \frac{q_1 q_3}{r_{13}^2} = k \frac{q_2 q_3}{r_{23}^2} \rightarrow \frac{q_1}{r_{13}^2} = \frac{q_2}{r_{23}^2}$$

نکته:

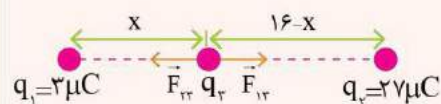
دقت کنید اندازه و علامت بار q_3 هیچ اهمیتی در جواب سؤال ندارد.

مثال:

در شکل مقابل، بار q_3 را در چه فاصله‌ای از q_1 قرار دهیم تا نیروی خالص وارد بر q_3 صفر شود؟



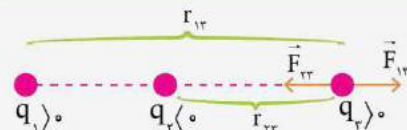
چون بارهای q_1 و q_2 هم‌علامت هستند، بار q_3 باید در فاصله بین دو بار و نزدیک بار کوچک‌تر قرار گیرد. به شکل زیر دقت کنید.



$$\begin{aligned} F_{13} &= F_{23} \rightarrow k \frac{q_1 q_3}{x^2} = k \frac{q_2 q_3}{(16-x)^2} \\ \rightarrow \frac{q_1}{x^2} &= \frac{q_2}{(16-x)^2} \rightarrow \frac{3}{x^2} = \frac{27}{(16-x)^2} \\ \xrightarrow{\text{جذر}} \frac{1}{x} &= \frac{3}{16-x} \rightarrow 3x = 16-x \rightarrow x = 4 \text{ cm} \end{aligned}$$

بنابراین بار q_3 باید در فاصله ۴ cm از بار q_1 قرار گیرد.

(۲) بارهای q_1 و q_2 ناهم‌نام باشند:



در این حالت بار q_3 باید خارج از فاصله بین دو بار قرار گیرد تا برآیند نیروهای وارد بر آن بتواند صفر شود. در ادامه کافی است که F_{13} و F_{23} هم‌اندازه باشند.

$$F_{13} = F_{23} \rightarrow k \frac{q_1 q_3}{r_{13}^2} = k \frac{q_2 q_3}{r_{23}^2} \rightarrow \frac{q_1}{r_{13}^2} = \frac{q_2}{r_{23}^2}$$

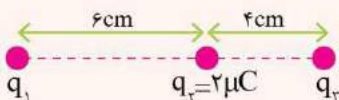
نکته:

مانند حالت قبل، بار q_3 هیچ اهمیتی در جواب سؤال ندارد.

نکته:

دقت کنید که در محاسبه نیروها فقط اندازه بارها را در رابطه قانون کولن قرار می‌دهیم و علامت آن‌ها را در محاسبه در نظر نمی‌گیریم.

مثال:



در شکل مقابل بار q_3 در تعادل است. q_1 چند میکروکولن است؟

پاسخ: چون q_3 در تعادل است، نیرویی که q_1 به q_3 وارد می‌کند باید هم‌اندازهٔ نیرویی باشد که q_2 به q_3 وارد می‌کند. همچنین دقت کنید که چون q_3 در خارج از فاصلهٔ دو بار قرار دارد، علامت بار q_1 مخالف q_2 است، پس بار q_1 منفی خواهد بود. در ادامه می‌توان نوشت:

$$F_{13} = F_{23} \rightarrow k \frac{|q_1 q_3|}{r_{13}^2} = k \frac{|q_2 q_3|}{r_{23}^2}$$

$$\rightarrow \frac{|q_1|}{1.2^2} = \frac{2}{4^2} \rightarrow |q_1| = 12 / \mu\text{C}$$

$$\xrightarrow{q_1 \text{ منفی است}} q_1 = -12 / \mu\text{C}$$

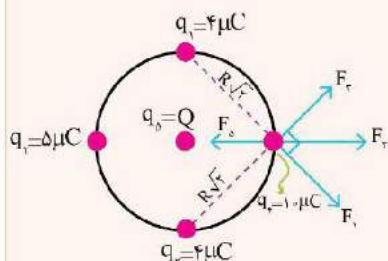
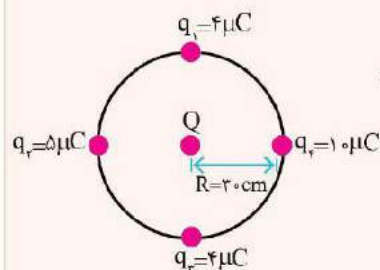
در نهایت با حل یک مثال، تعادل بارها در مسائل دو بعدی را هم می‌بینیم.



مثال:

در شکل مقابل، چهار بار الکتریکی با فاصله‌های برابر روی محیط یک دایره قرار دارند و بار Q در مرکز دایره قرار دارد. اگر نیروی خالص وارد بر بار q_2 برابر صفر باشد، اندازهٔ نیروی خالص وارد بر بار Q چند نیوتون است؟

$$(\sqrt{2} \approx 1/4, k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2})$$



پاسخ: شکل زیر نیروهای وارد بر بار q_2 را نشان می‌دهد.

برایند F_1 و F_3 به سمت راست خواهد بود، بنابراین برای آن‌که نیروی خالص وارد بر q_2 صفر شود، باید مجموع F_2 و F_4 برابرند و F_2 هم‌اندازه با F_4 باشد.

$$F_1 = F_3 = k \frac{|q_1 q_3|}{(R\sqrt{2})^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 1 \times 10^{-12}}{(0.3\sqrt{2})^2} = 2 \text{ N}$$

$$\rightarrow F_{1,3} = F_1 \sqrt{2} = 2\sqrt{2} \text{ N} \approx 2.8 \text{ N}$$

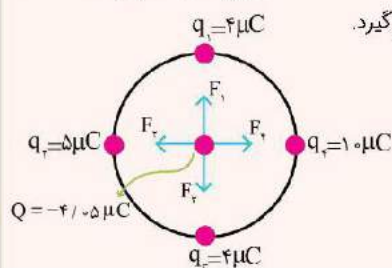
$$F_2 = k \frac{|q_2 q_4|}{(2R)^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{5 \times 1 \times 10^{-12}}{(0.6)^2} = 1.25 \text{ N}$$

$$F_d = k \frac{|q_d q_4|}{R^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{|Q| \times 1 \times 10^{-12}}{(0.3)^2} = |Q|$$

$$q_2 \text{ تعادل بار } F_d = F_2 + F_{1,3} \rightarrow |Q| = 1.25 + 2.8 = 4.05 \mu\text{C}$$

$$\xrightarrow{Q \text{ منفی}} Q = -4.05 \mu\text{C}$$

دقت کنید که علامت بار Q باید منفی باشد تا جهت نیروی آن به سمت چپ شود و بار q_2 بتواند در تعادل قرار گیرد. در ادامه با داشتن بار Q ، می‌توانیم نیروی الکتریکی خالص وارد بر آن را محاسبه کنیم.



نیروهای F_1 و F_2 هم‌اندازه و در خلاف جهت هم هستند (چرا؟)، بنابراین اثر هم را خنثی می‌کنند و فقط کافی است F_3 و F_4 را محاسبه کنیم.

$$F_1 = k \frac{|q_1 q_2|}{R^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{5 \times 4 / 0.5 \times 10^{-12}}{(0.3)^2} = 2 / 0.25 \text{ N}$$

$$F_2 = k \frac{|q_2 q_3|}{R^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{10 \times 4 / 0.5 \times 10^{-12}}{(0.3)^2} = 4 / 0.5 \text{ N}$$

$$\rightarrow F_{\text{کل}} = F_3 - F_2 = 4 / 0.5 - 2 / 0.25 = 2 / 0.25 \text{ N}$$

پاسخ: ۸ نیوتن

ابتدا توجه کنید برای آن‌که q_2 در تعادل باشد، باید بار q_3 هم‌اندازه و هم‌علامت با q_1 باشد (چرا؟)، بنابراین $q_3 = 4 \mu\text{C}$ است. در ادامه با توجه به تعادل بار q_1 داریم:

$$F_{11} = F_{12} \rightarrow k \frac{|q_1 q_1|}{r_{11}^2} = k \frac{|q_1 q_2|}{r_{12}^2}$$

$$\rightarrow \frac{|q_1|}{12^2} = \frac{4}{24^2} \rightarrow |q_1| = 1 \mu\text{C}$$

$$\xrightarrow{\text{منفی } q_1} q_1 = -1 \mu\text{C}$$

پس q_1 ، q_2 را دفع می‌کند، پس باید q_1 ، q_2 را جذب کند. یعنی $q_2 < 0$ است:

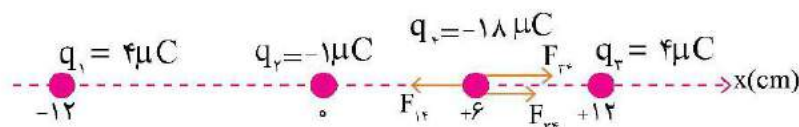
در ادامه باید بررسی کنیم که اگر بار $q_4 = -18 \mu\text{C}$ را در مکان $x = 6 \text{ cm}$ قرار دهیم، نیروی الکتریکی خالص وارد بر آن چند نیوتن می‌شود؟

$$F_{14} = k \frac{|q_1 q_4|}{r_{14}^2} = 9 \times \frac{1 \times 18}{6^2} = 4.5 \text{ N}$$

$$F_{24} = k \frac{|q_2 q_4|}{r_{24}^2} = 9 \times \frac{4 \times 18}{6^2} = 18 \text{ N}$$

$$F_{34} = k \frac{|q_3 q_4|}{r_{34}^2} = 9 \times \frac{4 \times 18}{18^2} = 2 \text{ N}$$

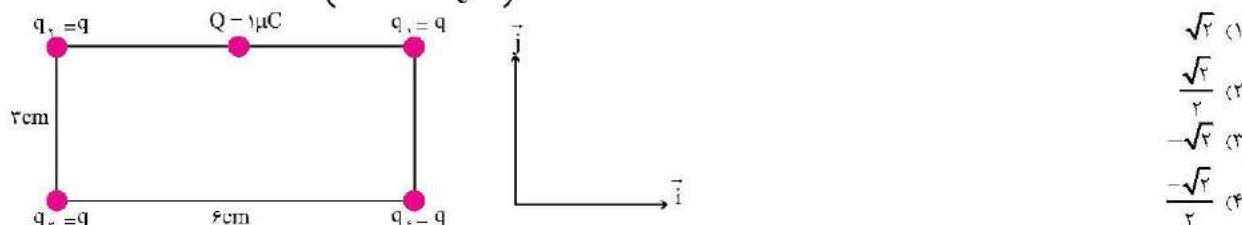
$$\rightarrow F_{\text{کل}} = F_{14} + F_{24} - F_{34} = 20.5 \text{ N} \rightarrow \vec{F}_{\text{کل}} = 20.5 \vec{i} \text{ (N)}$$



گروه آموزشی ماز

83- مطابق شکل، چهار بار الکتریکی مشابه در رأس‌های یک مستطیل قرار دارند و بار $Q = 1 \mu\text{C}$ در وسط طول مستطیل قرار گرفته است. اگر بردار نیروی

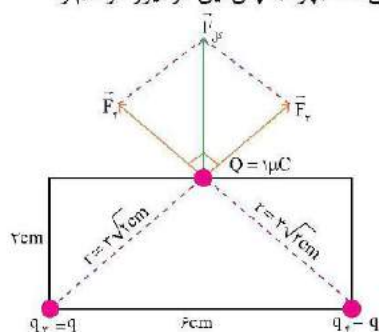
الکتریکی خالص وارد بر بار Q در SI برابر $\vec{F} = 10 \vec{j}$ باشد، q چند میکروکولن است؟ $\left(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2} \right)$



پاسخ: گزینه ۱

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شفافه	پایه	مبعت	پیش‌نیاز و درک عمیق	پیش‌نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۱۰	۸	۷	۷	سوال	پانزدهم	نیروی الکتریکی					

ابتدا دقت کنید که نیرویی که q_1 به Q وارد می‌کند هم‌اندازه و در خلاف جهت نیرویی است که q_2 به Q وارد می‌کند (چرا؟). پس این دو نیرو اثر هم را خنثی می‌کنند و فقط نیروی بارهای q_3 و q_4 دارای اهمیت است. با توجه به توضیحات فوق می‌توان نوشت:



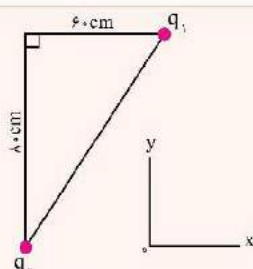
$$F_3 = F_4 = q \cdot \frac{Q}{r^2} \rightarrow F_{\text{کل}} = F_3 \sqrt{2} = \frac{q \cdot Q \sqrt{2}}{r^2}$$

$$\rightarrow 10 = \frac{q \cdot 1 \times \sqrt{2}}{(r\sqrt{2})^2}$$

$$\rightarrow r = q\sqrt{2} \Rightarrow q = \frac{r}{\sqrt{2}} \times \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = \sqrt{2} \mu\text{C}$$

این سؤال بر اساس یکی از تست‌های کنکور ریاضی سال ۱۴۰۱ طرح شده است که در ادامه آن را با هم بررسی می‌کنیم.

تست کنکور ریاضی ۱۴۰۱



در شکل مقابل، بردار میدان الکتریکی در رأس قائمه مثلث در SI به صورت $\vec{E} = -2 \times 10^5 \vec{i} - 1/8 \times 10^5 \vec{j}$ است.

بارهای الکتریکی q_1 و q_2 به ترتیب چند میکروکولن هستند؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2})$

- (۱) $-4/8$ و -6 (۲) $4/8$ و -6
(۳) $-12/8$ و -8 (۴) $+8$ و $-12/8$

پاسخ: گزینه ۴. میدان حاصل از بار q_1 در جهت $-\vec{i}$ و میدان حاصل از بار q_2 در جهت $-\vec{j}$ است، پس q_1 مثبت و q_2 منفی است. برای محاسبه اندازه بارها داریم:

$$E_1 = k \frac{|q_1|}{r_1^2} \rightarrow 2 \times 10^5 = 9 \times 10^9 \times \frac{|q_1|}{(0/6)^2}$$

$$\rightarrow |q_1| = 8 \times 10^{-6} \text{ C} = 8 \mu\text{C} \xrightarrow{q_1 > 0} q_1 = 8 \mu\text{C}$$

$$E_2 = k \frac{|q_2|}{r_2^2} \rightarrow 1/8 \times 10^5 = 9 \times 10^9 \times \frac{|q_2|}{(0/8)^2}$$

$$\rightarrow |q_2| = 12/8 \times 10^{-6} \text{ C} = 12/8 \mu\text{C}$$

$$\xrightarrow{q_2 < 0} q_2 = -12/8 \mu\text{C}$$

گروه آموزشی ماز

84- ذره‌ای با بار الکتریکی $q = -20 \text{ nC}$ و جرم ۴ میلی‌گرم درون میدان الکتریکی یکنواخت $\vec{E} = 10^3 \vec{i}$ (برحسب SI)، بدون سرعت اولیه رها می‌شود. بردار شتاب ناشی از نیروی الکتریکی وارد بر این ذره در SI کدام است؟

- (۱) $0.005 \vec{i}$ (۲) $5 \vec{i}$
(۳) $-0.005 \vec{i}$ (۴) $-5 \vec{i}$

پاسخ: گزینه ۴

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش‌نیاز و ترکیب	پیش‌نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه از ۱۰	۷	۷	۶	سؤال	یازدهم	میدان الکتریکی				متوسط	

میدان الکتریکی

(۱) میدان الکتریکی خاصیتی در اطراف ذرات باردار است که برابر نیروی وارد بر واحد بار الکتریکی است.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

(۲) در رابطه فوق، یکای F ، q و E به ترتیب نیوتون، کولن و $\frac{\text{نیوتون}}{\text{کولن}}$ است. در ادامه این فصل خواهیم دید که علاوه بر $\frac{\text{نیوتون}}{\text{کولن}}$ یکای $\frac{\text{ولت}}{\text{متر}}$ هم یکای میدان الکتریکی است.

(۳) اگر یک ذره باردار درون میدان الکتریکی قرار گیرد، به آن نیرو وارد می‌شود که این نیرو برابر است با:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \rightarrow \vec{F} = q\vec{E}$$

مطابق رابطه فوق نکات زیر قابل استنباط است:

الف) با ضرب اندازه بار الکتریکی در اندازه میدان الکتریکی، اندازه نیروی وارد بر بار به دست می‌آید.

ب) اگر $q > 0$ باشد، \vec{E} و \vec{F} هم جهت هستند، بنابراین به بار مثبت در جهت میدان الکتریکی، نیرو وارد می‌شود.

ج) اگر $q < 0$ باشد، \vec{E} و \vec{F} در خلاف جهت هم هستند، بنابراین به بار منفی در خلاف جهت میدان الکتریکی، نیرو وارد می‌شود.

مثال:

بار الکتریکی $q = -2.0 \mu\text{C}$ درون میدان الکتریکی یکنواخت $\vec{E} = 1.0^5 \vec{i}$ بر حسب واحدهای SI قرار گرفته است. بردار نیروی وارد بر این بار در SI کدام است؟

$$\vec{F} = q\vec{E} = -2.0 \times 10^{-6} \times 1.0^5 \vec{i} = -2 \vec{i} \text{ (N)}$$

بنابراین به این بار نیروی ۲ نیوتونی در خلاف جهت محور x وارد می‌شود. دقت کنید اگر بار مثبت بود، نیرو در جهت محور x به بار وارد می‌شد.

پاسخ تشریحی:

این سؤال را در گام‌های زیر حل می‌کنیم:

گام اول: محاسبه نیروی وارد بر ذره:

$$\vec{F} = q\vec{E} \rightarrow \vec{F} = -2.0 \times 10^{-6} \times 1.0^5 \vec{i}$$

$$\rightarrow \vec{F} = 2.0 \times 10^{-6} (-\vec{i}) \text{ (N)}$$

گام دوم: محاسبه شتاب ذره:

$$\vec{F} = m\vec{a} \rightarrow 2.0 \times 10^{-6} (-\vec{i}) = 4 \times 10^{-9} \vec{a}$$

$$\rightarrow \vec{a} = -5 \vec{i} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)$$

اگر...

اگر می‌پرسیدیم پس از ۲۰ ثانیه، تندی حرکت ذره به چند متر بر ثانیه می‌رسد، پاسخ چه بود؟ با توجه به تعریف شتاب، آهنگ تغییر سرعت برابر شتاب است، پس می‌توان نوشت:

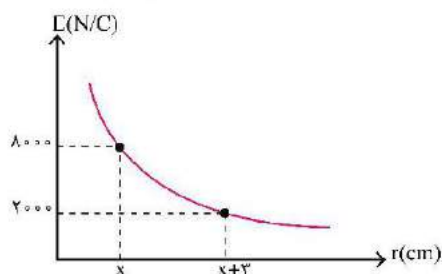
$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t} \rightarrow -5 \vec{i} = \frac{\vec{V}_f - \vec{V}_i}{20}$$

$$\rightarrow \vec{V}_f = -1.0 \vec{i} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$

تندی حرکت برابر با اندازه بردار سرعت است، پس داریم:

$$\text{تندی: } |\vec{V}_f| = 1.0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

85- نمودار تغییرات اندازه میدان الکتریکی بر حسب فاصله از یک کره کوچک باردار مطابق شکل است. کدام یک از عبارات‌های زیر صحیح است؟



$$(e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}, k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2})$$

الف) اختلاف تعداد پروتون‌ها و الکترون‌های این کره 5×10^9 است.

ب) میدان الکتریکی در فاصله ۱۲ سانتی‌متری از مرکز کره برابر $1000 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ است.

ج) اگر بار الکتریکی $q = 0.5 \text{ nC}$ را در فاصله ۶ سانتی‌متری از مرکز کره قرار دهیم،

نیروی الکتریکی 10^{-6} N به آن وارد می‌شود.

(۲) فقط (ب)

(۱) فقط (الف)

(۴) (ب) و (ج)

(۳) (الف) و (ج)

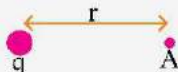
پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شماره	پایه	مبحث	پیش‌نیاز	پیش‌نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه ۳	۸	۸	۷	سوال	پاردهم	میدان الکتریکی	و ترکیب			سهگتی	متوسط

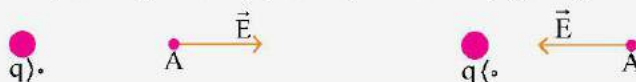
میدان الکتریکی

(۱) برای محاسبه میدان الکتریکی حاصل از بار در فاصله از آن از رابطه زیر استفاده می‌کنیم:

$$E_A = k \frac{|q|}{r^2}$$



(۲) جهت میدان حاصل از بار مثبت به صورت خارج‌شونده و جهت میدان حاصل از بار منفی به صورت داخل‌شونده است. به شکل‌های زیر دقت کنید.



مثال

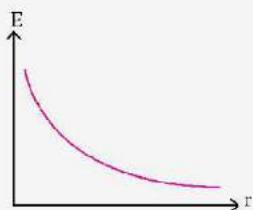
میدان الکتریکی در چه فاصله‌ای از بار $q = 4 \mu\text{C}$ برابر 10^5 واحد است؟

$$E = k \frac{q}{r^2} \rightarrow 10^5 = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6}}{r^2}$$

$$\rightarrow r^2 = 36 \times 10^{-2} \rightarrow r = 0.6 \text{ m} = 60 \text{ cm}$$

(۳) نمودار تغییرات شدت میدان الکتریکی بر حسب فاصله از بار مولد میدان الکتریکی مطابق شکل زیر است. همان‌طور که واضح است با افزایش فاصله از بار، شدت میدان کاهش می‌یابد.

برای مقایسه میدان‌های الکتریکی به صورت زیر عمل می‌کنیم.



$$E = k \frac{|q|}{r^2} \rightarrow \frac{E_1}{E_2} = \frac{|q_1|}{|q_2|} \times \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2$$

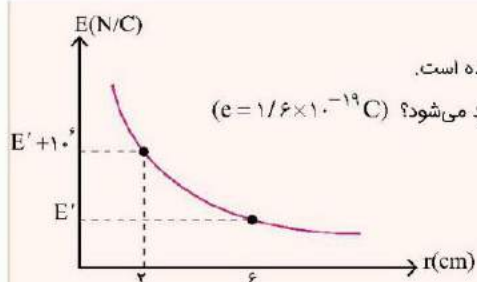
مثال

شدت میدان الکتریکی در فاصله ۶ cm از بار برابر $2 \times 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ است. در چه فاصله‌ای از این بار، شدت میدان برابر $5 \times 10^3 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ می‌شود؟

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{|q_1|}{|q_2|} \times \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2$$

$$\rightarrow \frac{5 \times 10^3}{2 \times 10^4} = 1 \times \left(\frac{r_2}{6}\right)^2$$

$$\rightarrow \left(\frac{r_2}{6}\right)^2 = \frac{1}{4} \rightarrow \frac{r_2}{6} = \frac{1}{2} \rightarrow r_2 = 3 \text{ cm}$$



نمودار تغییرات بزرگی میدان الکتریکی حاصل از یک بار نقطه‌ای بر حسب فاصله از آن به صورت داده شده است.

اگر یک الکترون در فاصله ۴ سانتی‌متری از این بار قرار گیرد، چند نانونیوتون نیروی الکتریکی به آن وارد می‌شود؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

با مقایسه میدان الکتریکی در فاصله‌های $r_1 = 2 \text{ cm}$ و $r_2 = 6 \text{ cm}$ داریم:

$$E = k \frac{|q|}{r^2} \rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$$

$$\rightarrow \frac{E'}{E' + 1.5} = \left(\frac{2}{6}\right)^2$$

$$\rightarrow \frac{E'}{E' + 1.5} = \frac{1}{9} \rightarrow E' = 1/25 \times 1.5 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

بنابراین میدان الکتریکی در فاصله $r_2 = 6 \text{ cm}$ برابر است با:

$$\frac{E_2}{E_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \rightarrow \frac{E_2}{1/25 \times 1.5} = \left(\frac{2}{6}\right)^2$$

$$\rightarrow E_2 = \frac{9}{4} \times 1/25 \times 1.5 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

بنابراین نیروی الکتریکی وارد بر الکترون برابر است با:

$$F = |q|E = 1/6 \times 10^{-19} \times \frac{9}{4} \times 1/25 \times 1.5$$

$$\rightarrow F = 4/5 \times 10^{-14} \text{ N} = 4/5 \times 10^{-5} \text{ nN}$$

پاسخ تشریحی:

برای مقایسه میدان الکتریکی در فاصله‌های $r_1 = x$ و $r_2 = x + 3 \text{ cm}$ می‌توان نوشت:

$$E = k \frac{|q|}{r^2} \xrightarrow{\text{ثابت } q} \frac{E_2}{E_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$$

$$\rightarrow \frac{2000}{8000} = \left(\frac{x}{x+3}\right)^2$$

$$\rightarrow \frac{1}{4} = \left(\frac{x}{x+3}\right)^2 \xrightarrow{\text{جذر}} \frac{1}{2} = \frac{x}{x+3} \rightarrow x = 3 \text{ cm}$$

در ادامه با دانستن مقدار x می‌توانیم درستی هر یک از عبارات را بررسی کنیم.

بررسی (الف):

میدان در فاصله $x = 3 \text{ cm}$ برابر $\frac{8000}{\text{C}}$ است، بنابراین داریم:

$$E = k \frac{|q|}{r^2} \rightarrow 8000 = 9 \times 10^9 \times \frac{|q|}{(0.03)^2} \rightarrow |q| = 8 \times 10^{-10} \text{ C}$$

$$|q| = ne \rightarrow 8 \times 10^{-10} = n \times 1/6 \times 10^{-19} \rightarrow n = 5 \times 10^9$$

بنابراین عبارت (الف) صحیح است.

بررسی (ب):

میدان در فاصله $r_1 = 3 \text{ cm}$ برابر $\frac{8000}{\text{C}}$ است، پس در فاصله $r_2 = 12 \text{ cm}$ ، با توجه به این‌که فاصله ۴ برابر شده است، میدان $\frac{1}{16}$ برابر شده و به

$\frac{1}{16} \times 8000 = 500 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ می‌رسد. بنابراین عبارت (ب) نادرست است.

بررسی (ج):

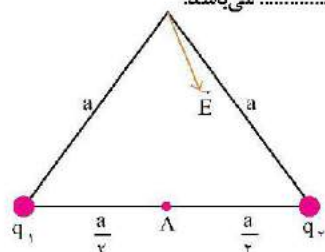
در فاصله ۶ سانتی‌متری از کره، بزرگی میدان الکتریکی برابر $2000 \frac{N}{C}$ است، پس نیروی وارد بر بار $q = 0.5 nC$ برابر است با:

$$|F| = |q||E| \rightarrow |F| = 0.5 \times 10^{-9} \times 2000 = 10^{-6} N$$

پس عبارت (ج) صحیح است.

گروه آموزشی ماز

86- مطابق شکل دو بار الکتریکی نقطه‌ای روی دو رأس یک مثلث متساوی‌الاضلاع قرار دارند و بردار میدان الکتریکی برآیند در رأس سوم رسم شده است. علامت بار q_1 است و جهت میدان الکتریکی برآیند ناشی از این دو بار در نقطه A به سمت می‌باشد.

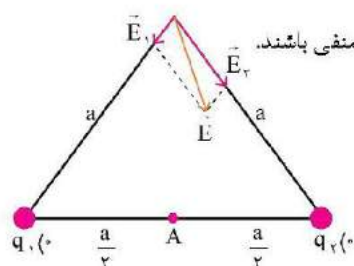


- (۱) مثبت، راست
- (۲) مثبت، چپ
- (۳) منفی، راست
- (۴) منفی، چپ

پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش‌نیاز و ترکیب	پیش‌نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۳ از ۳	۷	۵	۷	سؤال	پاردهم	میدان الکتریکی	و ترکیب	☑	☑	سهگنی	متوسط

پاسخ تشریحی:

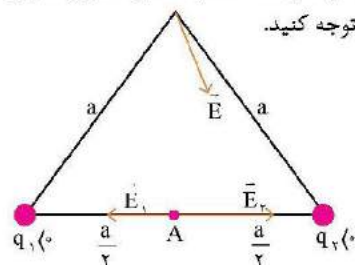


$$E_2 > E_1 \rightarrow |q_2| > |q_1|$$

مطابق شکل مقابل، برای آن که میدان الکتریکی کل در جهت نشان داده شده باشد، کافی است بارهای q_1 و q_2 منفی باشند. دقت کنید که اندازه q_2 بزرگ‌تر از q_1 است تا میدان خالص به سمت q_2 متمایل شود.

چون فاصله دو بار تا نقطه A برابر است و با توجه به این که اندازه q_2 بزرگ‌تر از q_1 است پس میدان الکتریکی که q_2 در نقطه A ایجاد می‌کند بزرگ‌تر از میدان الکتریکی q_1 در نقطه A است، بنابراین میدان کل در نقطه A به سمت راست خواهد بود. به شکل مقابل توجه کنید.

جهت میدان خالص در نقطه A به سمت راست است →



گروه آموزشی ماز

87- در شکل مقابل، بار الکتریکی مثبت q در نقطه B رها می‌شود تا تحت تأثیر نیروی الکتریکی از B به A برود. در این جابه‌جایی، چه تعداد از کمیت‌های زیر منفی هستند؟ (فقط نیروی الکتریکی بر ذره وارد می‌شود).



الف) تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی بار q

ب) کار نیروی الکتریکی

ج) تغییرات پتانسیل الکتریکی

۲ (۴)

۲ (۳)

۱ (۲)

صفر (۱)

پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش‌نیاز و ترکیب	پیش‌نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۳ از ۳	۷	۶	۷	سؤال	پاردهم	پتانسیل الکتریکی	و ترکیب	☑	☑	سهگنی	متوسط

پتانسیل الکتریکی

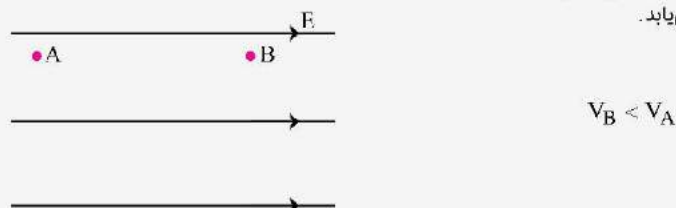
۱) هنگامی که بار q از اختلاف پتانسیل ΔV عبور می‌کند، انرژی پتانسیل الکتریکی آن تغییر می‌کند. تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی یعنی ΔU به صورت زیر بدست می‌آید.

$$\Delta U = q \Delta V$$

۲) مطابق رابطه بالا، بار مثبت با حرکت به سمت پتانسیل‌های بیشتر، انرژی پتانسیل الکتریکی آن زیاد می‌شود و انرژی پتانسیل الکتریکی بار منفی با حرکت به سمت پتانسیل‌های کمتر، بیشتر می‌شود.

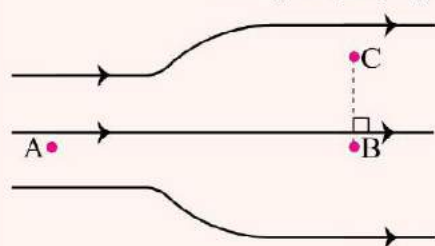
۳) اگر یک بار الکتریکی در جهت خودبه‌خودی حرکت کند، انرژی پتانسیل الکتریکی آن حتماً کم می‌شود. جهت حرکت خودبه‌خودی بار مثبت در جهت خطوط میدان الکتریکی است؛ در حالی که جهت خودبه‌خودی حرکت بار منفی در خلاف جهت میدان الکتریکی است.

۴) با حرکت در جهت خطوط میدان الکتریکی، پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد.



مثال

شکل مقابل خطوط میدان الکتریکی را در ناحیه‌ای از صفحه نشان می‌دهد. چه تعداد از عبارات زیر در مورد این شکل صحیح است؟



الف) بزرگی میدان الکتریکی در نقطه A بیشتر از نقطه B است.

ب) پتانسیل الکتریکی نقاط B و C برابر است.

ج) با حرکت یک بار منفی از A تا B، انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد.

د) تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی یک بار الکتریکی در حرکت از A تا B، برابر با تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی آن در حرکت از A تا C است.

پاسخ: هر یک از عبارات را جداگانه بررسی می‌کنیم.

بررسی (الف): تراکم خطوط میدان در نزدیکی نقطه A بیشتر از B است، پس بزرگی میدان الکتریکی در A بیشتر از B است.

بررسی (ب): نقاط B و C در یک سطح عمود بر خطوط میدان قرار دارند، پس پتانسیل الکتریکی آن‌ها برابر است.

بررسی (ج): با حرکت بار منفی از A تا B، این بار در خلاف جهت خودبه‌خودی حرکت کرده است و در نتیجه انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد.

بررسی (د): چون پتانسیل الکتریکی نقاط B و C برابر است، تغییرات پتانسیل و انرژی پتانسیل با جابه‌جایی از A تا B با جابه‌جایی از A تا C یکسان است.

مطابق توضیحات فوق، هر چهار عبارت صحیح هستند.

۵) تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی برابر قرینه کار نیروی الکتریکی است و می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} W = Fd \cos \alpha \\ \Delta U = -W \end{cases} \rightarrow \Delta U = -Fd \cos \alpha$$

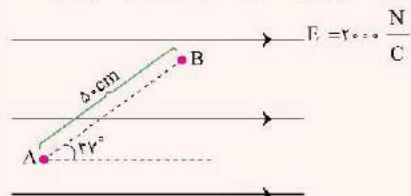
$$F = E|q| \rightarrow \Delta U = -E|q|d \cos \alpha$$

$$\rightarrow |\Delta U| = |Eqd \cos \alpha|$$

از رابطه فوق برای محاسبه تغییرات انرژی پتانسیل در یک میدان الکتریکی استفاده می‌کنیم. دقت کنید در حالتی که عمود بر خطوط میدان حرکت کنیم ($\cos \alpha = 0$)، پتانسیل الکتریکی و انرژی پتانسیل ثابت می‌ماند.

مثال

در شکل مقابل بار الکتریکی در $q = 5 \mu\text{C}$ درون میدان الکتریکی یکنواخت با شدت $2000 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ از A به B می‌رود. انرژی پتانسیل الکتریکی آن چند ژول و چگونه تغییر می‌کند؟ ($\cos 37^\circ = 0.8$)



ابتدا دقت کنید که بار مثبت در جهت میدان یعنی در جهت خودبه‌خودی حرکت کرده است و در نتیجه انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش یافته است.

در ادامه مقدار کاهش انرژی را محاسبه می‌کنیم.

$$|\Delta U| = |Eqd \cos \alpha| = |2000 \times 5 \times 10^{-6} \times 0.5 \times 10^{-2}|$$

$$\rightarrow |\Delta U| = 4 \times 10^{-3} \text{ J}$$

بنابراین انرژی پتانسیل الکتریکی بار به اندازه $4 \times 10^{-3} \text{ J}$ کاهش یافته است.

۶) با تقسیم رابطه $\Delta U = -E|q|d \cos \alpha$ بر q می‌توانیم تغییرات پتانسیل یعنی ΔV را محاسبه کنیم.

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} = \frac{-E|q|d \cos \alpha}{q} = -Ed \cos \alpha$$

$$\rightarrow \Delta V = -Ed \cos \alpha$$

در رابطه مقابل، α زاویه بین E و d می‌باشد.



مثال:

بار الکتریکی $q = -20 \text{ nC}$ از نقطه A تا B جابه‌جا می‌شود. اگر انرژی پتانسیل الکتریکی در این جابه‌جایی به اندازه $4 \mu\text{J}$ کاهش یابد، کار نیروی الکتریکی در این جابه‌جایی برابر میکروژول است و پتانسیل الکتریکی نقطه A به اندازه ولت از نقطه B است. کار نیروی الکتریکی قرینه تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی است، بنابراین می‌توان نوشت:

$$W_E = -\Delta U = -(-4) = +4 \mu\text{J}$$

برای محاسبه اختلاف پتانسیل نقاط A و B داریم:

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \rightarrow V_B - V_A = \frac{U_B - U_A}{q}$$

$$\rightarrow V_B - V_A = \frac{-4 \mu\text{J}}{-20 \text{ nC}} = \frac{4 \times 10^{-6}}{20 \times 10^{-9}} = 200 \text{ V}$$

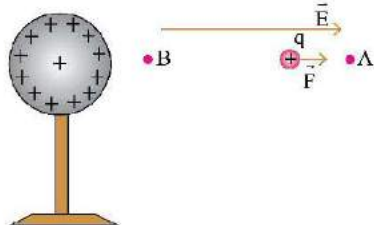
بنابراین پتانسیل الکتریکی نقطه A به اندازه 200 V کمتر از B خواهد بود.

۷) در مسائلی که ائتلاف انرژی و نیرویی جز نیروی الکتریکی روی ذره کار انجام نمی‌دهد، تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی و انرژی جنبشی قرینه هم هستند، بنابراین برای محاسبه تغییرات انرژی جنبشی کافی است تغییرات انرژی پتانسیل را محاسبه کنیم و سپس آن را قرینه کنیم.

$$\Delta U + \Delta K = 0 \rightarrow \Delta K = -\Delta U$$

پایان تشریحی:

خطوط میدان الکتریکی از بار مثبت خارج می‌شوند، پس میدان الکتریکی حاصل از کره در محل بار q به سمت راست است و در نتیجه نیروی الکتریکی به سمت راست به بار مثبت q وارد می‌شود. در ادامه به بررسی علامت کمیت‌های مورد نظر می‌پردازیم.



کار نیروی الکتریکی: با جابه‌جایی بار q از B تا A، بار هم‌جهت با نیروی الکتریکی حرکت کرده است و در نتیجه کار نیروی الکتریکی مثبت است. تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی: طبق رابطه $\Delta U = -W_E$ و با توجه به این‌که کار نیروی الکتریکی مثبت است، $\Delta U < 0$ بوده و در نتیجه تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی مقداری منفی است. تغییرات پتانسیل الکتریکی: با حرکت در جهت خطوط میدان، پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد، بنابراین در جابه‌جایی از B تا A، تغییرات پتانسیل الکتریکی مقداری منفی است.

اگر...

اگر به جای آن‌که بار الکتریکی q را رها کنیم تا از B به A برود، شخصی به تندی ثابت آن را از B به A می‌برد، علامت کار انجام شده توسط شخص چه بود؟ با توجه به آن‌که تندی حرکت ثابت است، طبق قضیه کار و انرژی جنبشی، کار کل انجام شده روی ذره صفر است و می‌توان نوشت:

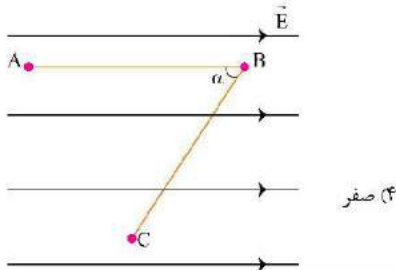
$$W_{\text{کل}} = 0 \rightarrow W_E + W_{\text{شخص}} = 0 \rightarrow W_{\text{شخص}} = -W_E$$

از توضیحات ارائه شده در حل سؤال می‌دانیم که $W_E > 0$ است، پس $W_{\text{شخص}} < 0$ خواهد بود.

این سؤال بر اساس تمرینات انتهای فصل اول کتاب درسی فیزیک یازدهم طرح شده است.

گروه آموزشی ماز

- 88- در میدان الکتریکی یکنواخت $E = 10^5 \frac{N}{C}$ ، ذره‌ای با بار الکتریکی $q = -5 \mu C$ مسیر ABC را از A تا C با تندی ثابت طی کرده است. چه تعداد از عبارت‌های زیر صحیح است؟ ($\sin \alpha = 0.8$ ، $AB = BC = 50 \text{ cm}$)
- (الف) انرژی پتانسیل الکتریکی ذره در این مسیر، 0.1 J افزایش یافته است.
- (ب) بزرگی اختلاف پتانسیل نقاط A و B برابر 50 kv است.
- (ج) کار کل انجام شده روی این ذره در این مسیر صفر است.



(۴) صفر

(۳) ۱

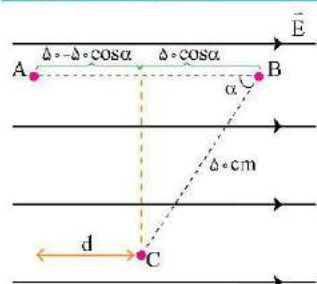
(۲) ۲

(۱) ۳

پاسخ: گزینه ۱

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش‌نیاز و ترکیب	پیش‌نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۱۰	۷	۷	۷	سؤال	یازدهم	پتانسیل الکتریکی	و ترکیب	۸	۸	سه	متوسط

پایه دهم



بررسی (الف): مطابق شکل می‌توانیم جابه‌جایی افقی از نقطه A تا C را محاسبه کنیم.

$$d = 50 - 50 \cdot \cos \alpha = 50 - 50 \cdot 0.8 = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}$$

$$|\Delta U| = |Eqd| = 10^5 \times 5 \times 10^{-6} \times 0.1 = 0.1 \text{ J}$$

چون بار منفی در جهت میدان حرکت کرده، انرژی پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد و عبارت (الف) صحیح است.

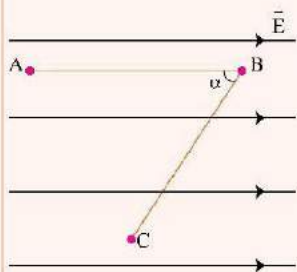
بررسی (ب): اختلاف پتانسیل نقاط A و B برابر است با:

$$V_A - V_B = E \times \overline{AB} = 10^5 \times 0.5 = 5 \times 10^4 \text{ v} = 50 \text{ kv}$$

پس عبارت (ب) هم صحیح است.

بررسی (ج): با توجه به این‌که تندی ذره ثابت است، طبق قضیه کار و انرژی جنبشی، کار کل انجام شده روی ذره صفر است و عبارت (ج) هم صحیح می‌باشد. این سؤال بر اساس یکی از تست‌های کنکور ریاضی سال ۱۴۰۱ طرح شده است که در ادامه آن را با هم بررسی می‌کنیم.

تست کنکور ریاضی ۱۴۰۱



در میدان الکتریکی یکنواخت $E = 10^5 \frac{N}{C}$ ، ذره‌ای با بار الکتریکی $q = -5 \mu C$ مسیر ABC را از A تا C طی کرده است.

انرژی پتانسیل الکتریکی ذره در این مسیر، چگونه تغییر کرده است؟ ($\sin \alpha = 0.8$ ، $AB = BC = 50 \text{ cm}$)

(۳) 0.1 J ، کاهش

(۴) 0.4 J ، کاهش

(۱) 0.1 J ، افزایش

(۳) 0.4 J ، افزایش

پاسخ: همان‌طور که در بررسی عبارت (الف) در حل سؤال اصلی دیدیم، انرژی پتانسیل الکتریکی ذره 0.1 J افزایش می‌یابد و گزینه (۱) صحیح است.



شرکت تعاونی خدمات آموزشی کارکنان
سازمان سنجش آموزش کشور

۱. گزینه ۱ درست است.

بر اساس رابطه $E = \frac{K|q|}{r^2}$ و با توجه به شکل داریم:

$$r = 3\sqrt{2}\text{cm} = 0.03\sqrt{2}\text{m}$$

$$E_1 = E_2 = \frac{kq}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 q}{(0.03\sqrt{2})^2} = \frac{10^{13} q}{2}$$

چون \vec{E}_1 و \vec{E}_2 در نقطه M، هم‌اندازه و بر هم عمود هستند، اندازه میدان الکتریکی خالص در این نقطه $\sqrt{2}$ برابر اندازه هر یک از آنها است.

$$E_T = E_1\sqrt{2} \Rightarrow 4\sqrt{2} \times 10^6 = \frac{10^{13} q}{2} \sqrt{2} \Rightarrow q = 8 \times 10^{-7} \text{C} = 0.8 \mu\text{C}$$

۲. گزینه ۲ درست است.

برای اینکه نیروی الکتریکی خالص وارد بر q_3 صفر شود، لازم است که q_1 و q_2 ناهم‌نام باشند و چون نیروی الکتریکی خالص وارد بر q_3 برابر صفر است باید q_1 و q_2 هم‌نام باشند و افزون بر این به علت این که $r_{13} > r_{23}$ می‌باشد، لازم است $|q_1| > |q_2|$ باشد، لذا گزینه ۲ پاسخ درست است.

۳. گزینه ۳ درست است.

اگر ضلع مربع را a فرض کنیم، طبق رابطه $F = \frac{k|q||q'|}{r^2}$ ، خواهیم داشت:

$$F_{14} = \frac{2kq^2}{(a\sqrt{2})^2} \Rightarrow F = \frac{kq^2}{a^2}$$

$$F_{24} = F_{34} = \frac{2kq^2}{a^2} = 2F$$

بزرگی برابند دو نیروی هم‌اندازه و عمود بر هم \vec{F}_{24} و \vec{F}_{34} برابر با $2\sqrt{2}F$ خواهد شد که این نیروی برابند بر \vec{F}_{14} عمود است، پس اندازه نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_4 برابر است با:

$$F_T = \sqrt{(2\sqrt{2}F)^2 + F^2} = \sqrt{9F^2} = 3F$$

۴. گزینه ۲ درست است.

بر اثر مالش میله شیشه‌ای با پارچه پشمی، تعدادی الکترون از شیشه به پارچه پشمی انتقال می‌یابد و تعداد الکترون‌های انتقال یافته از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$q = 3.2 \text{fC} = 3.2 \times 10^{-15} \text{C}$$

$$n = \frac{q}{e} = \frac{3.2 \times 10^{-15}}{1.6 \times 10^{-19}} = 2 \times 10^4$$

۵. گزینه ۱ درست است.

اگر بار q_2 را به q_2' برسانیم و نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_3 برابر صفر شود، خواهیم داشت:

$$F_{13} = F_{23}' \Rightarrow \frac{q_1'}{|q_1|} = \left(\frac{50+25}{25}\right)^2 \Rightarrow \frac{q_1'}{5} = (3)^2 \Rightarrow q_1' = 45 \mu\text{C}$$

$$|\Delta q| = (77 - 45) \mu\text{C} = 32 \mu\text{C} = 3.2 \times 10^{-5} \text{C}$$

$$n = \frac{|\Delta q|}{e} = \frac{3.2 \times 10^{-5}}{1.6 \times 10^{-19}} = 2 \times 10^{14}$$

۶. گزینه ۱ درست است.

چون ولتاژ ثابت است، با توجه به رابطه $U = \frac{1}{2} CV^2$ ، داریم:

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{C_2}{C_1} \Rightarrow \frac{1/2 U_1}{U_1} = \frac{C_2}{C_1} \Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{1}{5}$$

طبق رابطه $C_0 = \epsilon_0 \frac{A}{d}$ ، خواهیم داشت:

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{d_1}{d_2} \Rightarrow \frac{1}{5} = \frac{3}{d_2} \Rightarrow d_2 = 3/5 \text{ mm} \Rightarrow \Delta d = d_2 - d_1 = (3/5 - 3) \text{ mm} = -0.6 \text{ mm}$$

علامت منفی برای Δd ، مفهوم کاهش دارد.

۷. گزینه ۲ درست است.

چون میدان روبه پایین است و نیرو الکتریکی باید روبه بالا باشد تا با وزن قطره روغن خنثی گردد، نتیجه می‌شود که q باید منفی باشد پس داریم:

$$mg = F \Rightarrow \rho V g = E |q| \Rightarrow \rho \left(\frac{4}{3} \pi r^3 \right) g = E |q|$$

$$\Rightarrow |q| = \left(\frac{800 \times 4 \times 10^{-18} \times 10}{10^5} \right) C = 3.2 \times 10^{-19} C \Rightarrow q = -3.2 \times 10^{-19} C$$

$$n = \frac{q}{-e} = \frac{-3.2 \times 10^{-19}}{-1.6 \times 10^{-19}} = 2$$

۸. گزینه ۱ درست است.

طبق رابطه $F = \frac{k |q| |q'|}{r^2}$ و با توجه به این که $q_1 = q_2 = q$ می‌باشد، خواهیم داشت:

$$\frac{F'}{F} = \frac{q'_1 \times q'_2}{q_1 \times q_2} \times \left(\frac{r}{r'} \right)^2 \Rightarrow 1 = \frac{1/5 q \times 0.5 q}{q \times q} \times \left(\frac{r}{r'} \right)^2 \Rightarrow \frac{r'}{r} = \frac{\sqrt{5}}{2} = 0.85$$

فاصله باید ۱۵ درصد کاهش یابد. $\Delta r = r' - r = (0.85 - 1)r = -0.15r = -1.5r \Rightarrow$

۹. گزینه ۴ درست است.

با قرار دادن دی‌الکتریک بین صفحات خازن، طبق رابطه $C = k \epsilon_0 \frac{A}{d}$ ، ظرفیت خازن افزایش می‌یابد و اثر دیگر حضور دی‌الکتریک در خازن، افزایش حداکثر ولتاژ قابل تحمل خازن است.

۱۰. گزینه ۱ درست است.

$$\begin{aligned}
 F_{r1} = F_{\varphi1} &= \frac{k \times 50 \times 10^{-12}}{a^2} & F_1 = F' - F_{r1} &= \frac{k \times 10^{-12}}{a^2} \left(50\sqrt{2} - \frac{25}{2} \right) \\
 F' = \sqrt{2} F_{r1} &= \frac{50\sqrt{2} \times 10^{-12} k}{a^2} & F_{12} = F_{r2} &= \frac{k \times 50 \times 10^{-12}}{a^2} \\
 F_{r1} &= \frac{k \times 25 \times 10^{-12}}{2a^2} & F'' = \sqrt{2} F_{12} &= \frac{50\sqrt{2} \times 10^{-12} \times k}{a^2} \\
 F_{\varphi2} &= \frac{k \times 100 \times 10^{-12}}{2a^2} \\
 F_2 = F_{\varphi2} - F'' &= \frac{k \times 10^{-12}}{a^2} (50 - 50\sqrt{2}) \\
 \frac{F_1}{F_2} &= \frac{50\sqrt{2} - \frac{25}{2}}{50\sqrt{2} - 50} = \frac{57/5}{20} = \frac{23}{8}
 \end{aligned}$$

۱۱. گزینه ۲ درست است.

$$\begin{aligned}
 E &= \frac{v}{d} = \frac{40}{0.04} = 1000 \frac{v}{m} \\
 F = mg \Rightarrow E|q| &= mg \Rightarrow |q| = \frac{2 \times 10^{-3} \times 10}{1000} = 20 \mu C
 \end{aligned}$$

۱۲. گزینه ۲ درست است.

چون خازن از باتری جدا شده، پس بار روی صفحات آن ثابت می ماند چون ظرفیت با فاصله صفحات رابطه عکس دارد، پس ظرفیت نصف می شود. طبق رابطه $C = \frac{q}{V}$ ولتاژ دو سر خازن دو برابر می شود با توجه به رابطه $E = \frac{V}{d}$ چون d و دو برابر می شوند $E \leftarrow$ ثابت می ماند و با توجه به رابطه $U = \frac{1}{2} qV$ چون ولتاژ دو برابر شده پس انرژی خازن نیز دو برابر می شود. پس فقط گزینه ۲ درست است.

۱۳. گزینه ۴ درست است.

طبق رابطه $F = k \frac{|q||q|}{r^2}$ ، خواهیم داشت:

$$\begin{aligned}
 \frac{F'}{F} &= \frac{|q'_1| \cdot |q'_2|}{|q_1| \cdot |q_2|} \times \left(\frac{r}{r'} \right)^2 \xrightarrow{F'=F} 1 = \frac{6q_1 \times 5q_1}{q_1 \times 10q_1} \times \left(\frac{r}{r'} \right)^2 \Rightarrow \frac{r'}{r} = \sqrt{3} = 1.7 \Rightarrow r' = 1.7r \\
 \Delta r &= r' - r = 0.7r = 70r
 \end{aligned}$$

پس فاصله بین دو بار باید ۷۰ درصد افزایش یابد.

۱۴. گزینه ۴ درست است.

چون میدان خالص در راس قائمه، زاویه مساوی با راستای میدان ناشی از بار هر یک از دو ذره می‌سازد، نتیجه می‌شود که اندازه میدان الکتریکی دو ذره یکسان است و با توجه به جهت میدان از بار هر یک از دو ذره، نتیجه می‌شود که بار q_1 مثبت و بار q_2 منفی است. لذا طبق رابطه $E = \frac{k|q|}{r^2}$ ، خواهیم داشت:

$$E_1 = E_2$$

$$\frac{|q_1|}{4} = \frac{|q_2|}{16} \Rightarrow \frac{|q_2|}{|q_1|} = 4 \Rightarrow \frac{q_2}{q_1} = -4$$

۱۵. گزینه ۳ درست است.

زیرا خواهیم داشت:

$$U = \frac{1}{2} CV^2 \Rightarrow 10^{-6} = \frac{1}{2} C \times (500)^2 \Rightarrow C = 8 \times 10^{-12} \text{ F}$$

$$C = \frac{k\epsilon_0 A}{d} \Rightarrow 8 \times 10^{-12} = \frac{9 \times 10^9 \times A \times 10^{-12}}{2 \times 10^{-3}} \Rightarrow A = 5 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 5 \text{ cm}^2$$

۱۶. گزینه ۳ درست است.

در مسیر AB، میدان الکتریکی خالص بر جابه‌جایی عمود است، در نتیجه کار نیروی میدان خالص برابر صفر است. لذا طبق رابطه $\Delta U = -W_E$ ، انرژی پتانسیل بار q' ، ثابت می‌ماند.

۱۷. گزینه ۳ درست است.

تا زمانی که خازن به باتری متصل است اختلاف پتانسیل دو سر آن ثابت است. از طرفی بنابر رابطه محاسبه ظرفیت خازن $(C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d})$ داریم:

$$\frac{C'}{C} = \frac{\kappa'}{\kappa} \times \frac{d}{d'} = \frac{3}{2}$$

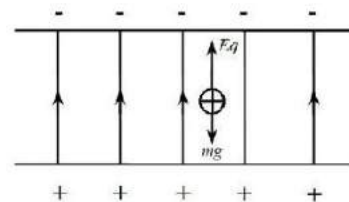
۱۸. گزینه ۱ درست است.

$$\Delta U = W = Eqd \cos 37^\circ = 2 \times 10^4 \times 5 \times 10^{-6} \times 0.8 = 0.08 \text{ J}$$

۱۹. گزینه ۱ درست است.

$$F = ma \Rightarrow Eq - mg = ma \Rightarrow E = \frac{mg + ma}{q} = \frac{m(g + a)}{q}$$

$$E = \frac{1 \times 10^{-2} (10 + 20)}{2 \times 10^{-6}} = 1.5 \times 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$



۲۰. گزینه ۲ درست است.

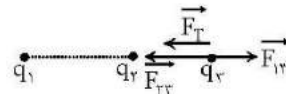
خطوط میدان از هر دو بار خارج شده‌اند، بنابراین علامت بارها مثبت است. از طرفی تراکم خطوط اطراف بار q_1 بیشتر است یعنی مقدار بار q_1 از q_2 بزرگتر است.

۲۱. گزینه ۱ درست است.

نیروی که بر q_3 وارد می‌شود، برآیند دو نیرویی است که از طرف q_1 و q_2 بر آن وارد می‌شوند. برای محاسبه این نیرو، نیرویی را که هر یک از بارهای q_1 و q_2 در غیاب دیگری بر q_3 وارد می‌کند، محاسبه می‌کنیم.

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad \text{و} \quad F_{13} = 9 \times 10^9 \times \frac{2/5 \times 4 \times 10^{-12}}{36 \times 10^{-4}} = 25 \text{ N}$$

$$F_{23} = 9 \times 10^9 \times \frac{1 \times 4 \times 10^{-12}}{4 \times 10^{-4}} = 90 \text{ N}$$



$$\vec{F}_T = \vec{F}_{23} + \vec{F}_{13} \Rightarrow F_T = F_{23} - F_{13} \Rightarrow F_T = 65 \text{ N}$$

۲۲. گزینه ۴ درست است.

به کمک رابطه $\vec{F} = m\vec{a}$ می‌توانیم بردار شتاب را به دست آوریم. نیرویی که بار q_1 به بار q_2 وارد می‌کند، بنا به قانون سوم نیوتون، $-\vec{F}$ است:

$$\vec{a}_2 = \frac{-\vec{F}}{m_2} \rightarrow \vec{a}_2 = \frac{(1/\hat{i} - 1/2\hat{j}) \times 10^{-3}}{0.3 \times 10^{-3}} = \hat{i} - 2\hat{j}$$

۲۳. گزینه ۲ درست است.

هر کیلووات ساعت معادل با $3.6 \times 10^6 \text{ J}$ است. انرژی ذخیره شده در خازن، نصف انرژی است که باتری برای پر کردن آن صرف می‌کند:

$$U = \frac{Q^2}{2C} \rightarrow 0.05 \times 3.6 \times 10^6 = \frac{Q^2}{2 \times 400 \times 10^{-12}} \rightarrow Q^2 = 144 \times 10^{-6} \rightarrow Q = 12 \text{ mC}$$

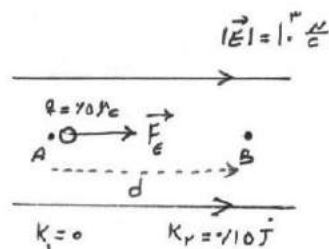
۲۴. گزینه ۴ درست است.

$$F_1 + F_2 = F_3$$

$$\frac{kq_1q_2}{r_1^2} + \frac{kq_2q_3}{r_2^2} = \frac{kq_1q_3}{r_3^2}$$

$$\frac{2}{100} + \frac{q_3}{900} = \frac{4}{100} \rightarrow q_3 = 18 \mu\text{C}$$

۲۵. گزینه ۱ درست است.



$$\Delta k = k_2 - k_1 = 0/15 \text{ J}$$

$$\begin{cases} \Delta k = W_E \\ W_E = |q| E d \cos \theta \end{cases} \quad \theta = 0$$

$$\Rightarrow 0/15 = (0/5 \times 10^{-3}) \times 10^3 \times d \times \cos(0)$$

$$\rightarrow d = \frac{0/15}{0/5} = 0/3 \text{ m} \quad d = 30 \text{ cm}$$

۲۶. گزینه ۴ درست است.

$$\frac{F_{r,1}}{F_{r,2}} = \frac{k \frac{q_1 q_2}{(4)^2}}{k \frac{q_1 q_2}{(3)^2}} = \frac{q_2}{q_1} \times \frac{9}{16}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{q_2}{q_1} = \frac{4}{5} \rightarrow \frac{F_{r,1}}{F_{r,2}} = \frac{4}{5} \times \frac{9}{16} = \frac{9}{20} \end{array} \right.$$

۲۷. گزینه ۱ درست است.

بین دو صفحه میدان یکنواخت داریم.

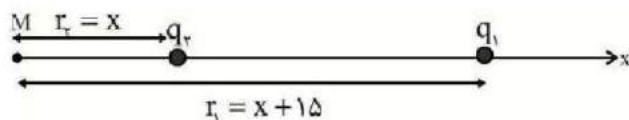
$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} \rightarrow \Delta V = \frac{-9 \times 10^{-4}}{45 \times 10^{-6}} = -\frac{900}{45}$$

ولت $\Delta V = -20$

ولت $|\Delta V| = 20$

۲۸. گزینه ۲ درست است.

در نقطه M باید $\vec{E}_1 + \vec{E}_2 = 0$ باشد. پس با توجه به علامت بارهای q_1 و q_2 ، نقطه M باید خارج از بارها و به بار کوچکتر (q_2) نزدیکتر باشد. پس نقطه مورد نظر سمت چپ بار q_2 و به فاصله X از آن خواهد بود:



$$E_2 = E_1 \rightarrow \frac{|q_2|}{r_2^2} = \frac{|q_1|}{r_1^2} \rightarrow \frac{0/3}{x^2} = \frac{4/8}{(x+15)^2} \rightarrow \frac{x+15}{x} = 4 \rightarrow 3x = 15 \rightarrow x = 5 \text{ cm}$$

$$x_M = 3 - 5 = -2 \text{ cm}$$

۲۹. گزینه ۳ درست است.

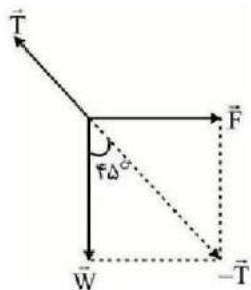
نیروی وارد بر یک بار الکتریکی در یک میدان الکتریکی یکنواخت به کمک $\Delta V = Ed$ ، $\vec{F} = q\vec{E}$ و $|q| = ne$ به صورت زیر است:

$$F = ne \frac{\Delta V}{d} \rightarrow 48 \times 10^{-3} = n \times 1/6 \times 10^{-19} \times \frac{6 \times 10^3}{0/3} \rightarrow n = 1/5 \times 10^{13}$$

با توجه به هم جهت بودن \vec{E} و \vec{F} ، علامت $q > 0$ است. پس تعداد الکترون‌های آن از پروتون‌های آن کمتر است.

۳۰. گزینه ۱ درست است.

مطابق شکل آونگ تحت تأثیر سه نیرو در حال تعادل است:



$$\tan 45^\circ = \frac{F}{W} \rightarrow F = W \rightarrow \frac{kq^2}{r^2} = mg \rightarrow$$

$$r^2 = \frac{9 \times 10^{-9} \times 4 \times 10^{-18}}{40 \times 10^{-3} \times 10} \rightarrow r^2 = 0.09 \rightarrow r = 0.3 \text{ m}$$

۳۱. گزینه ۴ درست است.

باتوجه به $C = \frac{Q}{V}$ و $U = \frac{1}{2} CV^2$ داریم:

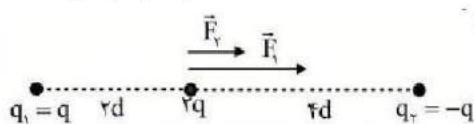
$$\left. \begin{aligned} C_A &= \frac{Q_A}{V_A} = \frac{160}{10} = 16 \text{ nF} \\ C_B &= \frac{Q_B}{V_B} = \frac{180}{20} = 9 \text{ nF} \end{aligned} \right\} \rightarrow \frac{U_A}{U_B} = \frac{C_A}{C_B} \times \left(\frac{V_A}{V_B} \right)^2 \rightarrow \frac{U_A}{U_B} = \frac{16}{9} \times \left(\frac{60}{30} \right)^2 = \frac{64}{9}$$

۳۲. گزینه ۲ درست است.

به کمک رابطه قانون کولن، داریم:

$$\frac{F'}{F} = \left| \frac{q_1'}{q_1} \right| \times \left| \frac{q_2'}{q_2} \right| \times \left(\frac{r}{r'} \right)^2 \rightarrow 1 = \frac{3}{1} \times \frac{1}{6} \times \left(\frac{1}{r'} \right)^2 \rightarrow \left(\frac{r'}{1} \right)^2 = \frac{1}{6} \rightarrow \frac{r'}{1} = \frac{1}{\sqrt{6}} \rightarrow r' = 2 \text{ cm}$$

پس باید فاصله میان دو بار را $\sqrt{6} \text{ m}$:



۳۳. گزینه ۲ درست است.

مطابق شکل از طرف دو بار $+q$ و $-q$ به بار $2q$ نیرو وارد می‌شود:

$$\left\{ \begin{aligned} F_1 &= k \frac{|q||2q|}{4d^2} = \frac{1}{2} k \frac{q^2}{d^2} \\ F_2 &= k \frac{|q||2q|}{16d^2} = \frac{1}{8} k \frac{q^2}{d^2} \end{aligned} \right. \rightarrow F_T = F_1 + F_2 = \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{8} \right) k \frac{q^2}{d^2}$$

با توجه به اطلاعات سؤال که بزرگی نیروی الکتریکی میان دو بار q در فاصله d از یکدیگر را برابر با F در نظر گرفته است:

$$F_T = \frac{5}{8} F$$

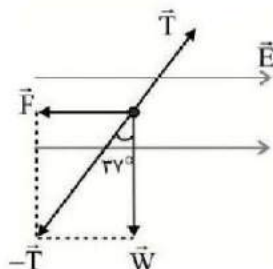
۳۴. گزینه ۲ درست است.

با حرکت در جهت خطوط میدان الکتریکی، از پتانسیل الکتریکی نقاط کاسته می‌شود، این یعنی $V_B < V_A$ است و در نتیجه $V_B = -450 \text{ V}$.

$$\Delta U = q\Delta V \rightarrow \Delta U = -40 \times 10^{-6} (-450 + 300) = +6 \text{ mJ}$$

۳۵. گزینه ۳ درست است.

نیروهای وارد بر یک آونگ در حال تعادل به صورت مقابل است:



$$\sin 37^\circ = \frac{F}{T} = \frac{|q|E}{T} = \frac{|q|\Delta V}{d}$$

$$0.6 = \frac{|q| \times 240}{12 \times 10^{-2} \times 2} \rightarrow |q| = 0.6 \text{ mC}$$

با توجه به در خلاف جهت هم بودن \vec{E} و \vec{F} ، $q = -0.6 \text{ mC}$ است.

۳۶. گزینه ۱ درست است.

با توجه به رابطه ظرفیت خازن تخت $(C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d})$ ، داریم:

$$\frac{C_A}{C_B} = \frac{\kappa_A}{\kappa_B} \times \frac{d_B}{d_A} = \frac{3}{2}$$

اکنون با توجه به $V = \frac{1}{C}Q$ و $U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$ ، $C_A > C_B$ ، داریم:

$$\frac{xQ_1}{Q_1} = \frac{C_A}{C_B} \rightarrow x = \frac{3}{2}$$

$$\frac{U_1}{yU_1} = \frac{C_A}{C_B} \rightarrow y = \frac{2}{3}$$

۳۷. گزینه ۳ درست است.

به کمک رابطه قانون کولن داریم:

$$F = k \frac{|q_A q_B|}{r^2} \rightarrow 40 \times 10^{-6} = \frac{9 \times 10^9 \times 8 \times 10^{-9} \times |q_B|}{36 \times 10^{-2}} \rightarrow |q_B| = 0.2 \mu\text{C}$$

با توجه به جاذبه بودن نوع نیروی میان دو ذره باردار، بار $q_B < 0$ است. پس این بار دارای تعداد الکترون بیشتری نسبت به پروتون است:

$$|q_B| = ne \rightarrow 0.2 \times 10^{-6} = n \times 1.6 \times 10^{-19} \rightarrow n = 1.25 \times 10^{12}$$

۳۸. گزینه ۴ درست است.

با توجه به پرتاب بار $q > 0$ در خلاف جهت میدان الکتریکی، انرژی جنبشی آن کاهش می‌یابد:

$$\Delta U = q\Delta V = -\Delta K \rightarrow \Delta V = \frac{12 \times 10^{-3}}{40 \times 10^{-6}} = 300 \text{ V}$$

در میدان الکتریکی یکنواخت $\Delta V \propto d$ است:

$$\frac{\Delta V_r}{\Delta V_1} = \frac{d_r}{d_1} \rightarrow \frac{300}{240} = \frac{d_r}{24} \rightarrow d_r = 20 \text{ cm}$$

پس در فاصله ۴ سانتی‌متری از صفحه B، انرژی جنبشی ذره به صفر می‌رسد.

۳۹. گزینه ۲ درست است.

کاری که باتری برای باردار کردن خازن صرف می‌کند برابر با $W = QV$ است که معادل با $W = \frac{Q^2}{C}$ است:

$$W = \frac{24 \times 24 \times 10^{-6}}{4 \times 10^{-9}} = 144 \times 10^{-3} \text{ J}$$

هر کیلوولت ساعت معادل با $3.6 \times 10^6 \text{ J}$ است:

$$W = \frac{144}{3.6} \times 10^{-3} = 4 \times 10^{-2} \text{ kWh}$$

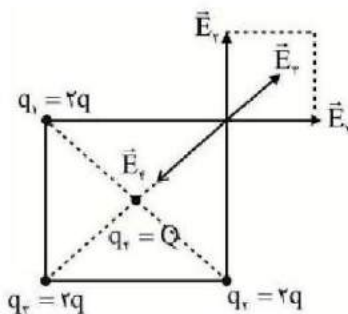
۴۰. گزینه ۲ درست است.

می‌توان نشان داد که نیروی میان دو ذره باردار همانم که مجموعشان مقدار ثابتی است در یک فاصله هنگامی بیشینه می‌شود که با یکدیگر هم اندازه باشند:

$$q_1' = q_2' = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{-16 + 0}{2} = -8 \text{ nC}$$

$$F = k \frac{|q_1' q_2'|}{r^2} \rightarrow F = 9 \times 10^9 \frac{8 \times 10^{-9} \times 8 \times 10^{-9}}{36 \times 10^{-4}} = 16 \times 10^{-5} \text{ N} = 0.16 \text{ mN}$$

۴۱. گزینه ۳ درست است.



با توجه به شکل، سه میدان \vec{E}_1 ، \vec{E}_2 و \vec{E}_3 به صورت مقابل هستند. برای آن که $\vec{E}_T = 0$ شود باید بزرگی میدان بار Q در رأس چهارم با بزرگی برابند سه بار q_1 و q_2 و q_3 یکسان باشد:

$$\left. \begin{aligned} E_1 = E_2 = k \frac{2|q|}{a^2} \rightarrow E_{1,2} &= 2\sqrt{2} k \frac{|q|}{a^2} \\ E_3 &= k \frac{2|q|}{(\sqrt{2}a)^2} = k \frac{|q|}{a^2} \end{aligned} \right\} \rightarrow E_{1,2,3} = (2\sqrt{2} + 1) \frac{k|q|}{a^2}$$

$$E_4 = E_{1,2,3} \rightarrow k \frac{|Q|}{(\frac{\sqrt{2}}{2}a)^2} = (2\sqrt{2} + 1) \frac{k|q|}{a^2} \rightarrow |Q| = (\sqrt{2} + \frac{1}{2})|q|$$

۴۲. گزینه ۱ درست است.

نیروی وارد بر بار q از طرف میدان به صورت مقابل است:

$$F = |q|E = |q|\frac{V}{d} \rightarrow 4 \times 10^{-4} = 200 \times 10^{-9} \frac{V}{0.1} \rightarrow V = 200V$$

$$U = \frac{1}{2} CV^2 \rightarrow U = \frac{1}{2} \times 6 \times 10^{-9} \times 4 \times 10^4 = 12 \times 10^{-5} J = 120 \mu J$$

۴۳. گزینه ۱ درست است.

برایند دو نیروی وزن و کولن که بر گوی بالای وارد می‌شوند، صفر است:

$$F = W \rightarrow k \frac{|q_1 q_2|}{r^2} = mg \rightarrow 9 \times 10^9 \frac{4 \times 10^{-9} \times 1/6 \times 10^{-9}}{12 \times 12 \times 10^{-4}} = m \times 10 \rightarrow m = 0.4 \times 10^{-6} kg = 0.4 mg$$

۴۴. گزینه ۴ درست است.

به کمک رابطه $E = k \frac{|q|}{r^2}$ و با توجه به یکسان بودن r در نمودار برای دو بار، $\frac{|q_A|}{|q_B|} = 4$ است. با توجه به ناهمنام بودن دو بار، نقطه مورد نظر روی خط واصل دو بار، خارج از دو بار و به بار کوچکتر نزدیکتر است:

$$E_A = E_B \rightarrow \frac{|q_A|}{r_A^2} = \frac{|q_B|}{r_B^2} \rightarrow \left(\frac{r}{r-24}\right)^2 = 4 \rightarrow \frac{r}{r-24} = 2 \rightarrow r = 48 cm$$

۴۵. گزینه ۳ درست است.

انرژی ذخیره شده در خازن از $U = \frac{1}{2} QV$ به دست می‌آید:

$$U = \frac{1}{2} QV \rightarrow 0.6 \times 10^{-3} = \frac{1}{2} \times 40 \times 10^{-6} V \rightarrow V = 30V$$

پس اختلاف پتانسیل میان دو صفحه خازن $30V$ است. میدان الکتریکی میان صفحه‌های خازن تخت یکنواخت است. در میدان الکتریکی یکنواخت، $|\Delta V| \approx d$ است:

$$\frac{\Delta V'}{\Delta V} = \frac{d'}{d} \rightarrow \frac{10}{30} = \frac{2 cm}{d} \rightarrow d = 6 cm$$

۴۶. گزینه ۲ درست است.

$$\begin{cases} q = ne \\ q = 5/2 \times 10^{-9} C \rightarrow n = \frac{q}{e} = \frac{5/2 \times 10^{-9}}{1/6 \times 10^{-19}} = 3/25 \times 10^{10} \\ e = 1/6 \times 10^{-19} C \end{cases}$$

نکته: بار الکترون منفی است اما در سؤال تعداد الکترون‌های منتقل شده، خواسته شده است و لذا علامت بار در نظر گرفته نمی‌شود و مقدار بار متصل شده و بار الکترون را مثبت فرض می‌کنیم که در جواب تأثیری ندارد.

$$n = \frac{q}{e} = \frac{-5/2 \times 10^{-9}}{-1/6 \times 10^{-19}} = 3/25 \times 10^{10} \text{ در حالت فرض با علامت منفی}$$

۴۷. گزینه ۴ درست است.

$$F = \frac{kq_1 q_2}{r^2} \rightarrow r^2 = \frac{kq_1 q_2}{F}$$

$$r^2 = \frac{9 \times 10^9 \times 5 \times 10^{-6} \times 8 \times 10^{-6}}{4} = \frac{360 \times 10^{-3}}{4}$$

$$r^2 = 90 \times 10^{-3} = 9 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$r = \sqrt{9 \times 10^{-2}} = 3 \times 10^{-1} = 0.3 \text{ m} = 30 \text{ cm}$$

۴۸. گزینه ۲ درست است.

$$\begin{cases} q = -150 \text{ C} \\ \Delta U_E = -2400 \text{ J} \quad \text{چون کاهش یافته، منفی است.} \\ \Delta V = ? \end{cases}$$

$$\rightarrow \Delta V = \frac{\Delta U_E}{q}$$

$$\Delta V = \frac{-2400}{-150} = 16 \text{ V}$$

۴۹. گزینه ۳ درست است.

$$\begin{cases} E = 4.8 \times 10^5 \frac{\text{V}}{\text{m}} & d = \frac{|\Delta V|}{E} \\ \Delta V = 1.44 \times 10^4 \text{ V} & \rightarrow d = \frac{1.44 \times 10^4}{4.8 \times 10^5} = 0.3 \times 10^{-1} \text{ m} \\ d = ? & d = 0.3 \times 10^{-1} \times (10^3) = 30 \text{ mm} \end{cases}$$

۵۰. گزینه ۲ درست است.

$$\begin{cases} t = 2 \text{ ms} = 2 \times 10^{-3} \text{ s} \\ C = 800 \mu\text{F} = 800 \times 10^{-6} \text{ F} \\ V = 200 \text{ V} \end{cases}$$

اول انرژی ذخیره شده در خازن فلاتش:

$$U = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times 800 \times 10^{-6} \times (200)^2$$

$$U = 400 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^4 = 1600 \times 10^{-2} = 16 \text{ J}$$

$$P = \frac{U}{t} = \frac{16}{2 \times 10^{-3}} = 8 \times 10^3 = 8000 \text{ W} = 8 \text{ kW}$$

۵۱. گزینه ۳ درست است.

$$\begin{cases} E = K \frac{q}{r^2} \\ r = 4 \times 10^{-11} \text{ m} \\ q = 9.6 \times 10^{-19} \text{ C} \end{cases} \rightarrow \begin{aligned} E &= 9 \times 10^9 \frac{9.6 \times 10^{-19}}{(4 \times 10^{-11})^2} \\ E &= \frac{86.4 \times 10^{-10}}{16 \times 10^{-22}} = 5.4 \times 10^{12} \frac{\text{N}}{\text{C}} \\ E &= 5.4 \times 10^{12} \frac{\text{N}}{\text{C}} \end{aligned}$$

۵۲. گزینه ۱ درست است.

اول نیروی وارد به ذره:

$$F = Eq$$

$$F = 4 \times 10^3 \frac{\text{N}}{\text{C}} \times 2.5 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$F = 10 \times 10^{-3} \text{ N}$$

حال شتاب وارد به ذره از قانون دوم نیوتن:

$$F = ma \rightarrow a = \frac{F}{m} = \frac{10 \times 10^{-3} \text{ N}}{5 \times 10^{-4} \text{ kg}} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\frac{\text{N}}{\text{kg}} \equiv \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

همارز

نکته: واحدهای شتاب

۵۳. گزینه ۲ درست است.

چون ذره معلق مانده است، پس بزرگی نیروی وارد بر ذره برابر وزن ذره است:

$$F = mg$$

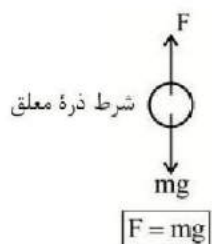
$$F = 0.5 \times 10^{-3} \times 10 = 5 \times 10^{-3} \text{ N}$$

اما بزرگی میدان با رابطه:

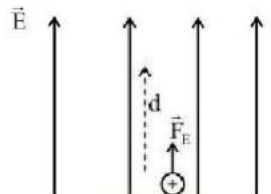
$$F = |q| E \rightarrow E = \frac{F}{|q|} = \frac{5 \times 10^{-3}}{10 \times 10^{-9}} = 0.5 \times 10^6$$

$$E = 5 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

مطابق شکل، ذره معلق جهت میدان الکتریکی به دلیل منفی بودن بار توزیع شده خلاف جهت نیروی F و رو به پایین است. ($\downarrow E$)



۵۴. گزینه ۴ درست است.

$$\begin{cases} E = 150 \frac{N}{C} \\ d = 400 \text{ m} \\ q = +5 \times 10^{-9} \text{ C} \\ \theta = 0 \end{cases} \quad \begin{aligned} \Delta U_E &= -W_E \\ \Delta U_E &= -|q|Ed \cos \theta \\ \Delta U_E &= -(5 \times 10^{-9}) \times 150 \times 1 \\ \Delta U_E &= -750 \times 10^{-9} = -7.5 \times 10^{-7} \text{ J} \end{aligned}$$


۵۵. گزینه ۳ درست است.

$$\begin{cases} q_A = 2 \times 10^{15} \times (1.6 \times 10^{-19} \text{ C}) = 3.2 \times 10^{-4} \text{ C} \\ q_B = 3 \times 10^{15} \times (-1.6 \times 10^{-19} \text{ C}) = -4.8 \times 10^{-4} \text{ C} \\ r = 3 \text{ mm} = 3 \times 10^{-3} \text{ m} \end{cases}$$

$$F = K \frac{|q_A||q_B|}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{3.2 \times 10^{-4} \times 4.8 \times 10^{-4}}{(3 \times 10^{-3})^2}$$

$$F = \frac{9 \times 10^9 \times 15.36 \times 10^{-8}}{9 \times 10^{-6}} = 153.6 \times 10^7 = 1.536 \times 10^9 \text{ N}$$

نوع نیرو، جاذبه‌ای (رپایشی) است.

۵۶. گزینه ۲ درست است.

بخش ۱-۷ انرژی پتانسیل الکتریکی در کتاب فیزیک ۲ مطالعه شود.

۵۷. گزینه ۱ درست است.

$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} \rightarrow q = \frac{\Delta U_E}{\Delta V}$$

$$q = \frac{-140 \times 10^{-3}}{9} = -140 \times 10^{-3} \text{ C}$$

$$q = -1.4 \times 10^{-1} \text{ C} = -1.4 \times 10^5 \mu\text{C}$$

$$|q| = 1.4 \times 10^5 \mu\text{C}$$

۵۸. گزینه ۴ درست است.

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

$$C = \frac{2U}{v^2} = \frac{2 \times 40}{(50)^2} = \frac{80}{2500} = \frac{80}{25 \times 10^2}$$

$$C = 3.2 \times 10^{-2} \text{ F} = 32 \text{ mF}$$

۵۹. گزینه ۲ درست است.

$$F = ma = 5 \times 10^{-6} \text{ kg} \times 50 = 25 \times 10^{-5} \text{ N}$$

$$F = qE \rightarrow q = \frac{F}{E} = \frac{25 \times 10^{-5}}{5 \times 10^{-2}} = 5 \times 10^{-3} \text{ C}$$

۶۰. گزینه ۴ درست است.

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad \text{ظرفیت یک خازن مسطح}$$

$$A = \frac{Cd}{\epsilon_0} = \frac{70.4 \times 10^{-6} \times 0.5 \times 10^{-3}}{8.8 \times 10^{-12}} = \frac{352 \times 10^{-9}}{8.8 \times 10^{-12}} = 4 \times 10^4$$

$$a = \sqrt{A} = \sqrt{4 \times 10^4} = 200 \text{ m}$$

۶۱. گزینه ۲ درست است.

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

$$C = \frac{U}{\frac{1}{2} V^2} \rightarrow C = \frac{71/8}{\frac{1}{2} \times (330)^2}$$

$$C = \frac{71/8}{54450} = \frac{71/8}{5.445 \times 10^4}$$

$$C = 13.186 \times 10^{-6} = 13.2 \times 10^{-6} = 1320 \times 10^{-9} \text{ F} = 1320 \mu\text{F}$$

۶۲. گزینه ۳ درست است.

$$E = \frac{|\Delta V|}{d}$$

$$E = \frac{1100}{27.5 \times 10^{-3}} = 40 \times 10^3 \frac{\text{V}}{\text{m}} = 40 \frac{\text{KV}}{\text{m}}$$

۶۳- گزینه ۳ درست است.

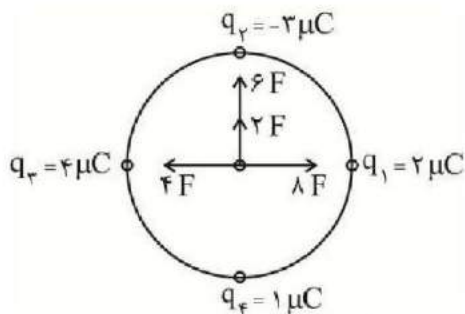
$$F \leftarrow q \oplus \quad \oplus \xrightarrow{2q} F$$

$$F = F \Rightarrow F = k \frac{q_1 q_2}{d^2}$$

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

$$F' = 2k \frac{q^2}{4d^2} = \frac{1}{16} \left(\frac{2kq^2}{d^2} \right) = \frac{q^2}{8d^2}$$

۶۴- گزینه ۲ درست است.

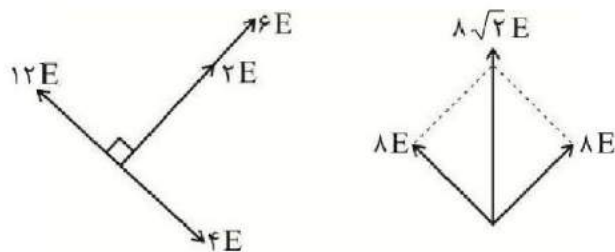


$$\text{برآیند} = \sqrt{\left(\frac{k}{R^2}\right)^2 (1^2 + 4^2)} = \frac{k}{R^2} \sqrt{17}$$

$$\text{برآیند} = \frac{9 \times 10^9}{(3 \times 10^{-2})^2} \times 4\sqrt{5} \times (10^{-6})^2 = 4\sqrt{5} \times 10^1$$

$$\text{برآیند} = 40\sqrt{5} \text{ N}$$

۶۵- گزینه ۳ درست است.



$$E = \frac{k}{d^2} \times 8\sqrt{2}$$

$$E = \sqrt{2} \times 8 \times \frac{9 \times 10^9 \times 10^{-6}}{10^{-2} (10\sqrt{2})^2} = \frac{72\sqrt{2}}{2} \times 10^5$$

$$E = 36\sqrt{2} \times 10^5 = 3.6\sqrt{2} \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

۶۶- گزینه ۴ درست است.

$$\text{مساحت سطح کره} = 4\pi R^2 = \frac{4 \times \pi D^2}{4} = \pi D^2$$

$$\text{چگالی سطحی} = \frac{Q}{A} \Rightarrow Q = 30 \times 10^{-6} \times \pi \times 4^2$$

$$Q = 480 \times \pi \times 10^{-6} = 4.8\pi \times 10^{-4}$$

۶۷- گزینه ۱ درست است.

$$C_1 = k_1 \epsilon_0 \frac{A_1}{d_1}$$

$$C_2 = k_1 \epsilon_0 \frac{A_1}{2d_1} = \frac{1}{2} k_1 \epsilon_0 \frac{A_1}{d_1}$$

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{\frac{1}{2}}{1} = \frac{1}{2}$$

$$C_r = \frac{C_1}{r}$$

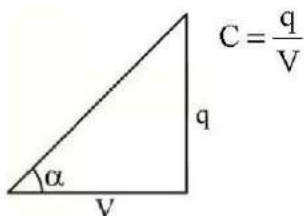
$$q = CV \Rightarrow q_1 = C_1 V$$

$$q_r = \frac{C_1}{r} V$$

ظرفیت نصف می شود پتانسیل ثابت است.

بار هم نصف می شود.

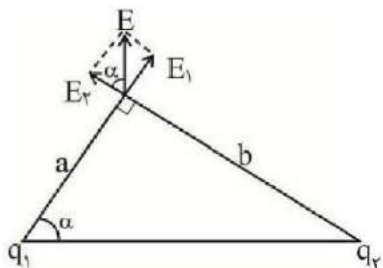
۶۸. گزینه ۳ درست است.



$$\tan \alpha = \frac{q}{V}$$

$$\frac{q}{4} > \frac{q}{8}$$

۶۹. گزینه ۱ درست است.



$$E_r = \frac{k |q_r|}{b^r}, E_1 = \frac{k |q_1|}{a^r}$$

$$\frac{E_r}{E_1} = \left| \frac{q_r}{q_1} \right| \times \frac{a^r}{b^r}$$

$$\tan \alpha = \frac{E_1}{E_r} = \frac{b}{a} \Rightarrow \frac{a}{b} = \left| \frac{q_r}{q_1} \right| \times \frac{a^r}{b^r}$$

$$\left| \frac{q_r}{q_1} \right| = \frac{b}{a} \rightarrow q_1, q_r > 0 \quad \text{با توجه به شکل}$$

$$\frac{q_r}{q_1} = \frac{12}{4} = 3$$

۷۰- گزینه ۳ درست است.

$$V_B - V_A = \frac{U_B - U_A}{q} = \frac{-|q|Ed \cos \theta}{q} = -Ed \cos 180^\circ = 10^4 \times 0.12 = 1200V$$

$$V_C - V_B = -Ed \cos 90^\circ = 0$$

$$V_C - V_A = 1200V$$

۷۱- گزینه ۲ درست است.

$$U_C = \frac{1}{r} CV^r = \frac{1}{r} \times 80 \times 10^{-6} \times 50^r$$

$$U_C = 0.1J$$

$$P = \frac{U_C}{\Delta t} = \frac{0.1}{0.001} = 100W$$

۷۲. گزینه ۲ درست است.

مقدار نیرو $\frac{F}{r}$ می‌شود، پس باید فاصله \sqrt{r} برابر شود. نیرو با توان ۲ فاصله، رابطه عکس دارد. $F = K \frac{q_1 q_2}{L^r}$

۷۳. گزینه ۲ درست است.

$$F = K \frac{q_1 q_2}{r^r}$$

بار هر گوی پس از تماس: $\frac{q_2 - 2}{2}$

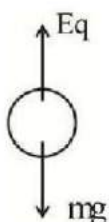
$$\begin{cases} 100 = K \frac{2 \times q_2}{r^r} \\ 100 = K \frac{\left(\frac{q_2 - 2}{2}\right)^2}{r^r} \end{cases} \rightarrow \frac{100}{100} = \frac{2q_2}{\left(\frac{q_2 - 2}{2}\right)^2} \rightarrow q_2 = 10 \mu C$$

۷۴. گزینه ۳ درست است.

ظرفیت خازن $C = K\epsilon_0 \frac{A}{d}$ محاسبه می‌شود.

$$C_2 = K_2 \epsilon_0 \frac{A_2}{d_2} = \epsilon k_2 \epsilon_0 \frac{r}{d_1} = \epsilon k_2 \epsilon_0 \frac{r A_1}{2 d_1} = 9 C_1$$

۷۵. گزینه ۴ درست است.



$$mg = Eq \rightarrow m = \frac{Eq}{g} = \frac{4 \times 10^{-3} \times 3 \times 10^{-6}}{10} = 1.2 \times 10^{-9} \text{ kg} = 1.2 \text{ g}$$

۷۶-گزینه ۴ درست است.

$$d = \frac{x}{\sqrt{\frac{q_2}{q_1} + 1}} = \frac{30}{2} = 15 \text{ cm}$$

$$d' = \frac{x}{\sqrt{\frac{q_2}{q_1} - 1}} = \frac{30}{1} = 30 \text{ cm}$$

$$\Delta d = 30 - 15 = 15 \text{ cm}$$



تست و پاسخ 1

این جدول به شما می‌گوید که کدام جسم الکترون می‌گیرد و کدام الکترون می‌دهد.

انتهای مثبت سری
A
B
C
D
انتهای منفی سری

با توجه به سری الکتریسته مالشی روبه‌رو، در اثر مالش دو جسم A و C با یکدیگر، 5×10^{13} الکترون و در اثر مالش دو جسم B و D با یکدیگر، 15×10^{13} الکترون بین آن‌ها مبادله می‌شود. اگر دو جسم B و C را با هم تماس دهیم، مجموع بار الکتریکی خالص آن‌ها چند میکروکولن خواهد شد؟ (جسم‌های B و C رسانا و A و D نارسانا هستند و $e = 1/6 \times 10^{-19}$)

- (۱) +۱۶
(۲) -۱۶
(۳) +۳۲
(۴) -۳۲

پاسخ: گزینه ۱

مشاوره اگر این تست را در آزمون جواب ندادید یا غلط زدید، بدانید و آگاه باشید که شما از زبان کاران هستید، بعضی‌ها تمام وقتشان را برای مباحث سخت و وقت‌گیر می‌گذارند و از موضوع‌های آسان و اصطلاحاً درمداور، غافل می‌شوند. فراموش نکنید که حدود ۲۰ درصد سوالات کنکور از موضوعات آسان طرح می‌شوند.

خوبت حل کنی بهتره به کمک سری الکتریسته مالشی، علامت بار الکتریکی جسم‌های B و C را تعیین کنید. سپس با استفاده از رابطه $q = \pm ne$ ، اندازه بار هر یک از آن‌ها (قبل از تماس) را به دست بیاورید و در نهایت از اصل پایستگی بار کمک گرفته و به جواب برسید.

رشته تجربی

انتهای مثبت سری
موی انسان
شیشه
نایلون
پشم
موی گربه
شرب
ابریشم
آلومینیم
پوست انسان
کاغذ
چوب
پارچه کتان
کهریا
برنج، قره
پلاستیک، پلی اتیلن
لاستیک
تفلون
انتهای منفی سری

درس نامه ۱۱ (۱) سری الکتریسته مالشی (تریبوالکتریک): هنگام مالش دو جسم با یکدیگر، تعدادی الکترون از یک جسم به جسم دیگر منتقل می‌شود. این که کدام جسم الکترون از دست می‌دهد و کدام جسم الکترون دریافت می‌کند را به کمک جدولی به نام سری الکتریسته مالشی (تریبوالکتریک) می‌توان تعیین کرد. جدول روبه‌رو را ببینید.

اگر دو ماده در این جدول را به هم مالش دهیم، ماده‌ای که به انتهای منفی سری نزدیک‌تر است، الکترون دریافت می‌کند و ماده دیگر (که به انتهای مثبت سری نزدیک‌تر است)، الکترون از دست می‌دهد. برای مثال در مالش موی انسان و پلاستیک، پلاستیک دارای بار خالص منفی و موی انسان دارای بار خالص مثبت می‌شود.

(۲) اصل پایستگی بار الکتریکی: مجموع جبری همه بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی ثابت است. به عبارت دیگر بار می‌تواند از جسمی به جسم دیگر منتقل شود، ولی بار خالص تولید یا نابود نمی‌شود. برای مثال زمانی که دو جسم را به هم مالش می‌دهیم، جمع جبری بارهای خالص دو جسم قبل از تماس با جمع جبری بارهای خالص دو جسم بعد از تماس برابر است؛ البته به شرطی که مبادله بار فقط بین همین دو جسم انجام شود (به این می‌گویند شرط منزوی بودن دستگاه).

(۳) اصل کوانتیده‌بودن بار الکتریکی: همواره بار الکتریکی مشاهده‌شده در جسم مضرب صحیحی از بار الکتریکی پایه (e) است؛ یعنی:

$$q = \pm ne, \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

پاسخ تشریحی گام اول: در سری الکتریسته مالشی داده‌شده در صورت تست، جسم A نسبت به جسم C به انتهای مثبت سری نزدیک‌تر است؛ بنابراین با مالش این دو جسم به یکدیگر، بار جسم A مثبت و بار جسم C منفی می‌شود. با توجه به این موضوع، جسم C، 5×10^{13} الکترون دریافت می‌کند و بار آن برابر می‌شود با:

$$q_C = -n_1 e = -5 \times 10^{13} \times 1/6 \times 10^{-19} = -8 \times 10^{-6} \text{ C} \Rightarrow q_C = -8 \mu\text{C}$$

گام دوم: هم چنین جسم D نسبت به جسم B به انتهای منفی سری نزدیکتر است؛ بنابراین با مالش این دو جسم به یکدیگر، بار جسم D منفی و بار جسم B مثبت می شود. با توجه به این موضوع جسم B، 15×10^{13} الکترون از دست می دهد و بار آن به صورت زیر به دست می آید:

$$q_B = n_p e = 15 \times 10^{13} \times 1.6 \times 10^{-19} = 24 \times 10^{-6} \text{ C} \Rightarrow q_B = 24 \mu\text{C}$$

گام سوم: طبق اصل پایستگی بار الکتریکی، مجموع بار جسم های B و C بعد از تماس، با مجموع بار آنها قبل از تماس برابر است؛ یعنی:

$$q'_T = q_T \Rightarrow q'_B + q'_C = q_B + q_C \Rightarrow \frac{q_B = 24 \mu\text{C}}{q_C = -8 \mu\text{C}} \rightarrow q'_B + q'_C = 24 + (-8) = +16 \mu\text{C}$$

تست و پاسخ 2

تغییر نمی کند.

دو ذره (۱) و (۲) با بارهای الکتریکی $q_1 = 2 \mu\text{C}$ و $q_2 = -4 \mu\text{C}$ در فاصله ثابتی از هم قرار دارند. چند الکترون از ذره (۲) به دیگری منتقل کنیم تا اندازه نیروی الکتریکی ای که دو ذره به هم وارد می کنند، ۶ برابر شود؟

$$(e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C})$$

$$1/25 \times 10^{13} \quad (۱)$$

$$5 \times 10^{13} \quad (۳)$$

همان قدر بار الکتریکی را که از ذره (۲) می گیریم به ذره (۱) منتقل می کنیم.

$$2/5 \times 10^{13} \quad (۲)$$

$$6/25 \times 10^{13} \quad (۴)$$

پاسخ: گزینه ۴

مشاوره دلیل سختی بسیاری از تست های فیزیک، مفاهیم و محاسبات ریاضی آنها است. اگر در این مدل تست ها ضعف دارید، باید پایه ریاضی تان را تقویت کنید. مثلاً برای حل این تست باید معادلات قدر مطلق را بلد باشید.

خودت حل کنی بهتره فرض کنید X میکروکولن بار از ذره (۲) به ذره (۱) منتقل شود. بار الکتریکی ذره ها در وضعیت دوم را بر حسب X

نوشته و سپس به کمک شکل نسبتی رابطه $F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2}$ ، X را به دست آورید؛ در نهایت به کمک رابطه $q = ne$ تعداد الکترون های منتقل شده به راحتی محاسبه می شود.

درس نامه اگر بارهای q_1 و q_2 در فاصله r از یکدیگر قرار داشته باشند، اندازه نیروی الکتریکی ای که به یکدیگر وارد می کنند، طبق قانون کولن از رابطه زیر به دست می آید:

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} \quad \left(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2} \right)$$

اندازه بار q_1 بر حسب کولن (C) اندازه بار q_2 بر حسب کولن (C)

فاصله بین دو بار بر حسب متر (m)

ثابت کولن

(۲) شکل نسبتی قانون کولن به صورت روبه رو است:

(۳) درس نامه (۳) در تست ۵۱ را بخوانید.

نکته اگر مقدار معینی بار از ذره (۱) بگیریم و به ذره (۲) بدهیم، بین تغییرات بار آنها رابطه روبه رو برقرار است:

$$\Delta q_2 = -\Delta q_1$$

پاسخ تشریحی گام اول: با گرفتن الکترون از ذره (۲) و انتقال آن به ذره (۱)، در واقع مقداری بار منفی از ذره (۲) به ذره (۱) منتقل می کنیم.

فرض کنید اندازه این بار منفی برابر X میکروکولن باشد؛ بنابراین بار ثانویه هر یک از ذرات به صورت زیر به دست می آید:

$$\Delta q_1 = q'_1 - q_1 \Rightarrow -x = q'_1 - q_1 \xrightarrow{q_1 = 2 \mu\text{C}} -x = q'_1 - 2 \Rightarrow q'_1 = 2 - x \quad (\mu\text{C})$$

$$\Delta q_2 = q'_2 - q_2 \Rightarrow x = q'_2 - q_2 \xrightarrow{q_2 = -4 \mu\text{C}} x = q'_2 - (-4) \Rightarrow q'_2 = -4 + x \quad (\mu\text{C})$$

گام دوم: اندازه نیروی الکتریکی بین دو ذره در حالت دوم (پس از انتقال بار)، ۶ برابر حالت اول است. به کمک رابطه قانون کولن به صورت نسبتی، داریم:

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} \xrightarrow{r: \text{ثابت}} \frac{F'}{F} = \frac{|q'_1| |q'_2|}{|q_1| |q_2|} \xrightarrow{F' = 6F} \frac{6F}{F} = \frac{|2-x| |-4+x|}{2 \times 4} \Rightarrow |2-x| |-4+x| = 48 \quad (\mu\text{C})^2$$

برای حل معادله قدر مطلق صفحه قبل، برای x سه حالت مختلف داریم (حالت اول: $x > 4$ ، حالت دوم: $2 < x < 4$ و حالت سوم: $x < 2$):

$$(x > 4) \text{ حالت اول: } \begin{cases} |2-x| = -(2-x) = x-2 \\ |-4+x| = (-4+x) = x-4 \end{cases} \Rightarrow (x-2)(x-4) = 48$$

$$\Rightarrow x^2 - 6x + 8 - 48 = 0 \Rightarrow x^2 - 6x - 40 = 0 \Rightarrow (x-10)(x+4) = 0 \Rightarrow \begin{cases} x = 10 & \text{قق} \\ x = -4 & \text{غقق} \end{cases}$$

حواستون باشه چون x را اندازه بار منفی منتقل شده از ذره (۲) به ذره (۱) در نظر گرفتیم، حتماً باید مثبت باشد؛ بنابراین جواب $x = -4$ غیر قابل قبول است.

توجه معادله، برای حالت دوم جواب ندارد و برای حالت سوم همین جواب‌های 10 و -4 به دست می‌آید. (امتحان کردنش به عهده خودتون)

گام سوم: x همان Δq است؛ بنابراین تعداد الکترون‌هایی که از ذره (۲) به ذره (۱) منتقل می‌شود برابر است با:

$$\Delta q = ne \xrightarrow[e=1/6 \times 10^{-19} \text{ C}]{\Delta q = 10 \mu\text{C} = 10 \times 10^{-6} \text{ C}} 10 \times 10^{-6} = n \times 1/6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = \frac{10 \times 10^{-6}}{1/6 \times 10^{-19}} = 6/25 \times 10^{13}$$

دام تستی جواب $x = -4$ مربوط به وضعیتی است که $4 \mu\text{C}$ بار منفی، از ذره (۱) به ذره (۲) (برعکس وضعیت مورد بررسی) منتقل شود در این وضعیت هم، اندازه نیروی بین دو ذره، ۶ برابر وضعیت اولیه خواهد شد. تعداد الکترون‌هایی که در این وضعیت از ذره (۱) به ذره (۲) منتقل می‌شوند

به صورت روبه‌رو به دست می‌آید: $\Delta q = ne \xrightarrow[e=1/6 \times 10^{-19} \text{ C}]{\Delta q = 4 \mu\text{C} = 4 \times 10^{-6} \text{ C}} 4 \times 10^{-6} = n \times 1/6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = \frac{4 \times 10^{-6}}{1/6 \times 10^{-19}} = 2/5 \times 10^{13}$

اگر به این موضوع توجه نمی‌کردید در دام (۲) می‌افتادید.

تکنیک از بار $q_2 = -4 \mu\text{C}$ الکترون گرفتیم و به بار $q_1 = 2 \mu\text{C}$ دادیم، ولی نیروی وارد بر دو ذره بیشتر (یعنی ۶ برابر) شده است. پس باید قدر مطلق حاصل ضرب بارها بزرگتر از ۸ بشود ($|q_1 q_2| > 8$). این فقط در حالتی ممکن است که مقدار بار منفی که از q_2 برمی‌داریم آن قدر زیاد باشد که q_2 مثبت و q_1 منفی شود. بنابراین $|q_2| > x$ و $x > q_1$ است. با این توضیح دیگر وارد بازی‌های قدر مطلق نمی‌شویم و داریم:

$$q'_1 = x - q_1 = x - 2 \quad \text{و} \quad q'_2 = x - |q_2| = x - 4$$

$$\frac{F'}{F} = \frac{q'_1 q'_2}{q_1 |q_2|} \Rightarrow 6 = \frac{(x-4)(x-2)}{2 \times 4} \Rightarrow x^2 - 6x - 40 = 0$$

ادامه حل مانند روش معمولی است.

تست و پاسخ 3

دو بار الکتریکی نقطه‌ای $q_1 = 2 \mu\text{C}$ و $q_2 = 3 \mu\text{C}$ در فاصله ثابتی از هم قرار دارند. اگر نیرویی که بار q_1 به بار q_2 وارد می‌کند، در SI به

صورت $\vec{F} = 12\vec{i} - 18\vec{j}$ باشد، میدان الکتریکی حاصل از بار q_2 در محل بار q_1 در SI کدام است؟

$$(1) \vec{E} = (4 \times 10^6)\vec{i} - (6 \times 10^6)\vec{j} \quad (2) \vec{E} = (9 \times 10^6)\vec{i} - (6 \times 10^6)\vec{j}$$

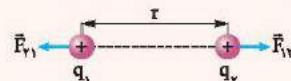
$$(3) \vec{E} = (6 \times 10^6)\vec{i} + (-4 \times 10^6)\vec{j} \quad (4) \vec{E} = (9 \times 10^6)\vec{i} + (-6 \times 10^6)\vec{j}$$

پاسخ: گزینه ۴

خونت حل کنی بهتره تست، نیرویی را که بار q_1 به بار q_2 وارد می‌کند داده است، پس به راحتی می‌توانید نیرویی را که بار q_2 به بار q_1 وارد می‌کند به دست آورید. در نتیجه هم نیروی وارد بر بار q_1 و هم مقدار بار q_1 را دارید، چه کاری ساده‌تر از جای‌گذاری این مقادیر در رابطه $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ و به دست آوردن \vec{E} در محل بار q_1 ؟! فقط حواستان به علامت‌ها باشد، چون در فرم برداری کمیت‌ها، علامت‌ها مهم‌اند.

درس نامه (۱) نیروی الکتریکی‌ای که دو بار همنام یا ناهمنام به یکدیگر وارد می‌کنند، کنش و واکنش‌اند؛ بنابراین طبق قانون سوم نیوتون، این نیروها هم‌اندازه، هم‌راستا و در خلاف جهت یکدیگرند:

$$\begin{cases} F_{12} = F_{21} \\ \vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \end{cases}$$



(ب) نیروی الکتریکی بین دو بار الکتریکی ناهمنام، جاذبه است.

(الف) نیروی الکتریکی بین دو بار الکتریکی همنام، دافعه است.

(۲) اگر میدان الکتریکی برآیند (حاصل از بارهای دیگر) در محل بار q برابر \vec{E} باشد، نیروی الکتریکی برآیند وارد بر بار q از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\vec{F} = \vec{E}q \Rightarrow \vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

دقت کنید که در رابطه بالا، بار q با علامتش جای‌گذاری می‌شود.

$$\vec{E}_2 = 12\vec{i} - 18\vec{j}$$

پاسخ تشریحی گام اول: نیرویی که بار q_1 به بار q_2 وارد می‌کند را داریم:

طبق قانون سوم نیوتون نیرویی که بار q_2 به بار q_1 وارد می‌کند یعنی \vec{F}_{21} ، هم‌اندازه و در خلاف جهت \vec{F}_{12} است؛ بنابراین:

$$\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12} = -12\vec{i} + 18\vec{j}$$

گام دوم: مقدار بار q_1 و نیرویی که بار q_2 به بار q_1 وارد می‌کند (\vec{F}_{21}) را داریم؛ بنابراین میدان حاصل از بار q_2 در محل بار q_1 به صورت زیر

$$\vec{E}_2 = \frac{\vec{F}_{21}}{q_1} = \frac{-12\vec{i} + 18\vec{j}}{2 \times 10^{-6}} = (-6 \times 10^6)\vec{i} + (9 \times 10^6)\vec{j}$$

به دست می‌آید:

دام تستی در استفاده از رابطه $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ باید حواستان به دو چیز باشد:

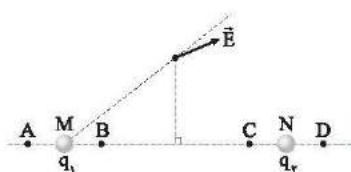
(۱) بار q را حتماً با علامتش جای‌گذاری کنید. (۲) اگر میدان در یک نقطه مانند A را خواستید، بار q ‌ای که در آن نقطه قرار دارد در رابطه جای‌گذاری کنید.

در این تست چون میدان الکتریکی در محل q_1 خواسته شد، در رابطه $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ ، به جای q_1 را قرار دادیم. اگر به اشتباه q_2 را جای‌گذاری

$$\vec{E}_2 = \frac{\vec{F}_{21}}{q_2} = \frac{-12\vec{i} + 18\vec{j}}{3 \times 10^{-6}} = (-4 \times 10^6)\vec{i} + (6 \times 10^6)\vec{j} \quad \times$$

کنید در دام (۳) می‌افتید:

تست و پاسخ 4



مطابق شکل روبه‌رو دو ذرهٔ باردار با بار q_1 و q_2 در نقطه‌های M و N قرار دارند. اگر \vec{E} بردار میدان الکتریکی حاصل از این دو بار در نقطه‌ای روی عمودمنصف پاره‌خط MN باشد، میدان الکتریکی خالص در کدام نقطه می‌تواند برابر صفر باشد؟ **فاصلهٔ بارها تا این نقطه برابر است.**

B (۲)

A (۱)

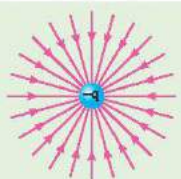
D (۴)

C (۳)

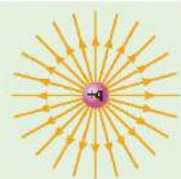
پاسخ: گزینه (۴)

مشاوره این تست هم به جز مفاهیم فیزیک، دانش ریاضی شما را می‌سنجد. در این تست باید رسم برآیند دو بردار یا تجزیهٔ یک بردار را بلد باشید.

خوبت حل‌کنی بهتره بردار \vec{E} را که در شکل داده شده تجزیه کرده و مؤلفه‌های آن یعنی \vec{E}_1 و \vec{E}_2 را رسم کنید؛ سپس با توجه به جهت بردارهای \vec{E}_1 و \vec{E}_2 ، علامت بارهای q_1 و q_2 را تعیین کرده و با مقایسهٔ اندازهٔ بردارهای \vec{E}_1 و \vec{E}_2 ، تشخیص بدهید که بار q_1 بزرگ‌تر است یا بار q_2 . حالا همهٔ اطلاعات برای پاسخ‌دادن به تست را در اختیار دارید. بقیه‌اش با خودتان!

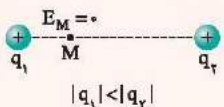


(ب) خطوط میدان الکتریکی ذره باردار $+q$ به سمت آن است.

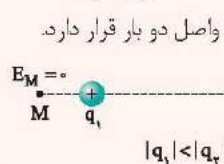


(الف) خطوط میدان الکتریکی ذره باردار $+q$ در جهت دور شدن از آن است.

درس نامه بارهای q_1 و q_2 در فاصله معینی از یکدیگر قرار دارند. برای تعیین نقطه‌ای که بزرگی میدان الکتریکی خالص در آنجا صفر باشد، دو حالت کلی داریم.

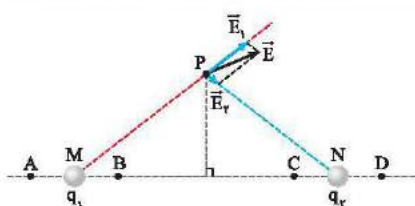


حالت اول: اگر دو بار همنام باشند، این نقطه روی خط وصل دو بار، بین دو بار و نزدیک به بار با اندازه کمتر قرار دارد.



حالت دوم: اگر دو بار ناهمنام باشند، این نقطه روی خط وصل دو بار، خارج از فاصله بین دو بار و نزدیک به بار با اندازه کمتر قرار دارد.

تذکر در این حالت، اگر دو بار هم‌اندازه باشند، در هیچ نقطه‌ای میدان الکتریکی خالص صفر نمی‌شود.



پاسخ تشریحی گام اول: مطابق شکل روبه‌رو، بردار \vec{E} را روی خط وصل (یا امتداد

خط وصل) هر یک از بارها تا نقطه P تجزیه می‌کنیم تا مؤلفه‌های \vec{E}_1 و \vec{E}_2 تعیین شوند.

گام دوم: جهت بردار \vec{E}_1 به سمت دور شدن از بار q_1 و جهت بردار \vec{E}_2 به سمت بار q_2 است؛ بنابراین بار q_1 مثبت و بار q_2 منفی است.

گام سوم: با توجه به شکل، طول بردار \vec{E}_1 بزرگ‌تر از طول بردار \vec{E}_2 و در نتیجه اندازه \vec{E}_1

بزرگ‌تر از اندازه \vec{E}_2 است. از طرفی، می‌دانیم که نقطه P روی عمود منصف خط وصل دو بار قرار دارد، پس فاصله هر یک از بارها تا نقطه P با هم برابر است. طبق رابطه $E = k \frac{|q|}{r^2}$ و با توجه به بزرگ‌بودن اندازه بردار \vec{E}_1 و برابری فاصله‌ها، می‌توان نتیجه گرفت که اندازه بار q_1 بزرگ‌تر از اندازه بار q_2 است.

تکنیک اگر بردار \vec{E} افقی بود، می‌گفتیم $E_1 = E_2$ است؛ ولی این‌جا \vec{E} از حالت افقی به طرف \vec{E}_1 خم شده، پس می‌توانیم بگوییم $E_1 > E_2$ است.

گام چهارم: در گام دوم دیدیم که دو بار ناهمنام هستند؛ بنابراین میدان الکتریکی خالص، در نقطه‌ای روی خط وصل دو بار و خارج از فاصله بین آن‌ها می‌تواند صفر باشد (رد ۲) و (۳). همچنین این نقطه باید به بار با اندازه کوچک‌تر (یعنی q_2) نزدیک‌تر باشد (رد ۱).

تست و پاسخ 5

دو ذره با بار $q_1 = 2q_2$ در فاصله معینی از هم قرار دارند. بار نقطه‌ای q را در مکانی قرار می‌دهیم که نیروی الکتریکی خالص وارد بر آن صفر باشد. در این حالت، اگر میدان الکتریکی حاصل از بار q در محل بارهای q_1 و q_2 به ترتیب \vec{E}_1 و \vec{E}_2 باشد، کدام درست است؟

$$\vec{E}_2 = -2\vec{E}_1 \quad (۴)$$

$$\vec{E}_2 = 2\vec{E}_1 \quad (۳)$$

$$\vec{E}_1 = -2\vec{E}_2 \quad (۲)$$

$$\vec{E}_1 = 2\vec{E}_2 \quad (۱)$$

پاسخ: گزینه ۲

خوبت حل کنی بهتره ابتدا تعیین کنید برای این‌که نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q برابر صفر شود، این بار باید در چه مکانی قرار بگیرد (بین دو بار q_1 و q_2 یا خارج از فاصله بین آن‌ها)؛ سپس می‌توانید بفهمید که \vec{E}_1 و \vec{E}_2 هم‌جهت‌اند یا در خلاف جهت یکدیگر. در نهایت با برابر قرار دادن اندازه نیرویی که هر یک از بارهای q_1 و q_2 به بار q وارد می‌کنند به جواب تست می‌رسید.

درسنامه ۱۱ درسنامه (۱) در تست ۵۲ و درسنامه (۲) در تست ۵۳ را بخوانید.

(۲) بزرگی میدان الکتریکی بار q در فاصله r از آن از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$E = k \frac{|q|}{r^2} \quad \left(k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2} \right)$$

↑
اندازه بار بر حسب کولن (C)
↓
فاصله از بار بر حسب متر (m)

← بزرگی میدان الکتریکی بر حسب نیوتون بر کولن (N/C)
ثابت کولن

(۳) اگر بزرگی میدان الکتریکی بار q در فاصله r_1 از آن برابر E_1 و در فاصله r_2 از آن برابر E_2 باشد، رابطه روبه‌رو برقرار است:

$$\frac{E_2}{E_1} = \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2$$

(۴) اندازه نیروی الکتریکی وارد بر بار q از رابطه روبه‌رو به دست می‌آید:

$$F = E |q|$$

پاسخ تشریحی **گام اول:** بارهای q_1 و $q_2 = 2q_1$ هم‌نام‌اند؛ بنابراین برای این که نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q برابر صفر شود، این بار

باید روی خط وصل دو بار q_1 و q_2 و بین آن‌ها و نزدیک به بار با اندازه کمتر (یعنی q_1) قرار بگیرد. (شکل زیر)

گام دوم: با فرض این که بار q مثبت است، بردارهای \vec{E}_1 و \vec{E}_2 را رسم می‌کنیم. همان‌طور که در شکل روبه‌رو می‌بینید بردارهای \vec{E}_1 و \vec{E}_2 در خلاف جهت یکدیگرند (رد ۱ و ۳).

گام سوم: روش اول: اندازه نیرویی که بار q به بار q_1 وارد می‌کند، برابر $E_1 |q_1|$ است طبق قانون سوم نیوتون، اندازه نیرویی که بار q_1 به بار q وارد می‌کند هم برابر با $E_1 |q_1|$ است:

$$F_{1,q} = E_1 |q_1|$$

هم‌چنین اندازه نیرویی که بار q به بار q_2 وارد می‌کند، برابر $E_2 |q_2|$ است؛ طبق قانون سوم نیوتون، اندازه نیرویی که بار q_2 به بار q وارد می‌کند هم برابر با $E_2 |q_2|$ است:

$$F_{2,q} = E_2 |q_2| \xrightarrow{|q_2|=2|q_1|} F_{2,q} = 2E_2 |q_1|$$

نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q برابر صفر است؛ بنابراین $F_{1,q}$ و $F_{2,q}$ هم‌اندازه‌اند:

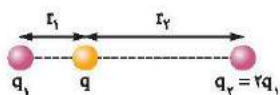
روش دوم: نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q برابر صفر است؛ بنابراین:

$$F_{1,q} = F_{2,q} \Rightarrow E_1 |q_1| = 2E_2 |q_1| \Rightarrow E_1 = 2E_2 \xrightarrow{\vec{E}_1 \text{ و } \vec{E}_2 \text{ در خلاف جهت یکدیگرند}} \vec{E}_1 = -2\vec{E}_2$$

حالا به کمک شکل نسبتی رابطه $E = k \frac{|q|}{r^2}$ می‌توان نوشت:

$$F_{1,q} = F_{2,q} \Rightarrow k \frac{|q_1|}{r_1^2} = k \frac{|q_2|}{r_2^2} \xrightarrow{|q_2|=2|q_1|} \frac{|q_1|}{r_1^2} = \frac{2|q_1|}{r_2^2} \Rightarrow \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2 = \frac{1}{2}$$

حالا به کمک شکل نسبتی رابطه $E = k \frac{|q|}{r^2}$ می‌توان نوشت:

$$E = k \frac{|q|}{r^2} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2 \xrightarrow{\left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2 = \frac{1}{2}} \frac{E_2}{E_1} = \frac{1}{2} \Rightarrow E_1 = 2E_2 \xrightarrow{\vec{E}_1 \text{ و } \vec{E}_2 \text{ در خلاف جهت یکدیگرند}} \vec{E}_1 = -2\vec{E}_2$$


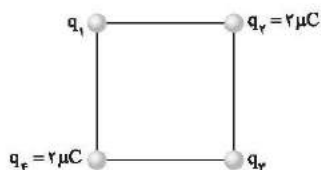
تذکر ما با فرض این که بار q مثبت است، تست را حل کردیم. اگر از ابتدا فرض می‌کردیم که بار q منفی است، فقط جهت بردارهای \vec{E}_1 و \vec{E}_2 برعکس می‌شد و باز هم به همین جوابی که به دست آوردیم، می‌رسیدیم.

تکنیک بعد از این که تشخیص دادیم بار q بین دو بار و نزدیک به بار q_1 قرار دارد می‌توان فهمید که:

(۱) فاصله بار q تا بار q_1 کمتر از فاصله آن تا بار q_2 است و طبق رابطه $E = k \frac{|q|}{r^2}$ ، اندازه \vec{E}_1 باید بزرگ‌تر از اندازه \vec{E}_2 باشد (رد ۳ و ۴).

(۲) بارهای q_1 و q_2 در دو طرف بار q قرار دارند؛ بنابراین میدان‌های \vec{E}_1 و \vec{E}_2 الزاماً در خلاف جهت یکدیگرند (رد ۱).

تست و پاسخ 6



برایند نیروهای که q_1 و q_3 به q_4 وارد می‌کنند، هم‌اندازه و در خلاف جهت نیرویی است که q_2 به q_4 وارد کرده است.

در شکل روبه‌رو، چهار ذره باردار در رأس‌های یک مربع به ضلع ۱ cm قرار دارند. اگر نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_4 برابر صفر باشد، اندازه نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_3

چند نیوتون است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$

۱۵۷/۵ (۲)

صفر (۴)

۲۰۲/۵ (۱)

۲۲۵ (۳)

پاسخ: گزینه ۲

مشاوره بررسی اندازه نیروی الکتریکی در آرایش مربعی بارها، همیشه جز مباحث مورد علاقه طراحان تست‌کنکور بوده است. برای حل این تست باید در برابندگیری نیروهای عمودبر هم و استفاده از تکنیک‌های رابطه فیثاغورس مهارت داشته باشید.

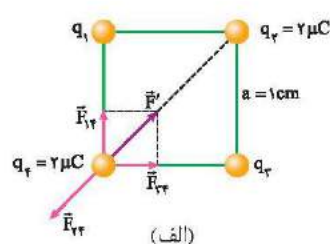
خودت حل کنی بهتره ابتدا بردار نیروی الکتریکی‌ای که بار q_4 به بار q_3 وارد می‌کند و سپس با توجه به این که نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_4 برابر صفر است، بردار نیروهای الکتریکی‌ای که بارهای q_1 و q_2 به بار q_4 وارد می‌کنند را رسم کنید. تا این‌جا می‌توانید علامت بارهای q_1 و q_2 را مشخص کنید. در ادامه، برایند این نیروها را برابر صفر قرار دهید تا اندازه بارهای q_1 و q_2 هم به دست بیاید. حالا همه چیز مهیاست تا نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_3 را محاسبه کنید.

درس‌نامه در تست ۵۲ را بخوانید.

نکته در اغلب تست‌های مربوط به محاسبه نیروی الکتریکی وارد بر بارها برحسب میکروکولن (μC) و فاصله بین بارها برحسب سانتی‌متر (cm) داده می‌شود. برای راحتی و انجام سریع‌تر محاسبات، می‌توانید بدون تبدیل یکا، مقادیر داده شده را در رابطه زیر (تکنیک محاسباتی ۹۰) قرار داده و اندازه نیرو را برحسب نیوتون به دست آورید:

$$F = q \cdot \frac{k |q_1| |q_2|}{r^2} \quad \leftarrow \text{برحسب نیوتون (N)}$$

↑ ↑
برحسب میکروکولن (μC)
↓
برحسب سانتی‌متر (cm)



پاسخ تشریحی گام اول، مطابق شکل (الف) ابتدا بردار نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_4 را

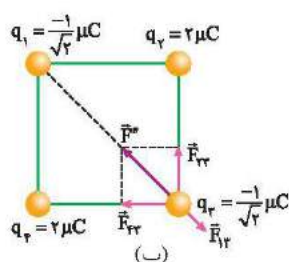
رسم می‌کنیم. چون برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_4 برابر صفر است، پس برایند دو نیروی \vec{F}_{14} و \vec{F}_{24} یعنی \vec{F}' باید هم‌اندازه و در خلاف جهت \vec{F}_{34} باشد. چون \vec{F}_{14} بر روی امتداد قطر مربع قرار می‌گیرد، پس F' هم روی قطر مربع است و در نتیجه \vec{F}_{14} و \vec{F}_{24} هم‌اندازه‌اند؛ بنابراین:

$$F_{14} = F_{24} \Rightarrow k \frac{|q_1| |q_4|}{r_{14}^2} = k \frac{|q_2| |q_4|}{r_{24}^2} \Rightarrow |q_1| = |q_2|$$

هم‌چنین با توجه به شکل بالا، \vec{F}_{14} و \vec{F}_{24} از نوع جاذبه‌اند؛ پس بارهای q_1 و q_2 با بار q_4 ناهم‌نام‌اند؛ یعنی:

گام دوم، ابتدا اندازه نیروهای \vec{F}_{14} و \vec{F}_{24} را به دست می‌آوریم و سپس آن‌ها را برابر قرار می‌دهیم:

$$\begin{aligned} F' &= \sqrt{F_{14}^2 + F_{24}^2} \quad F_{14} = F_{24} \rightarrow F' = F_{14} \sqrt{2} = \frac{k |q_1| |q_4|}{r_{14}^2} \sqrt{2} \quad r_{14} = 1 \text{ cm} \rightarrow F' = \frac{k |q_1| |q_4|}{(1)^2} \sqrt{2} \\ F_{24} &= \frac{k |q_2| |q_4|}{r_{24}^2} \quad (r_{24} = \sqrt{2} \text{ cm}) \rightarrow F_{24} = \frac{k |q_2| |q_4|}{(\sqrt{2})^2} = \frac{k |q_2| |q_4|}{2} \\ F_{14} = F_{24} &\rightarrow \frac{k |q_1| |q_4|}{1} = \frac{k |q_2| |q_4|}{2} \sqrt{2} \Rightarrow |q_1| = \frac{|q_2|}{2\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \mu C \quad \frac{|q_1| = |q_2|}{q_1, q_2 < 0} \rightarrow q_1 = q_2 = -\frac{1}{\sqrt{2}} \mu C \end{aligned}$$



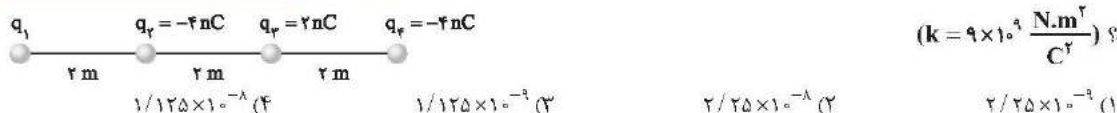
گام سوم، حالا مطابق شکل (ب)، نیروهای الکتریکی وارد بر q_3 را رسم کرده و برابند آن‌ها را حساب می‌کنیم:

$$\left\{ \begin{aligned} F_{13} &= \frac{k|q_1||q_3|}{r_{13}^2} \xrightarrow{\text{تکنیک محاسباتی}} F_{13} = 9 \cdot \frac{|q_1||q_3|}{r_{13}^2} \xrightarrow{|q_1|=|q_3|=\frac{1}{\sqrt{2}}\mu\text{C}, r_{13}=\sqrt{2}\text{cm}} F_{13} = \frac{9 \times \frac{1}{\sqrt{2}} \times \frac{1}{\sqrt{2}}}{(\sqrt{2})^2} = \frac{9 \times \frac{1}{2}}{2} = 22/5 \text{ N} \\ F'' &= \sqrt{F_{13}^2 + F_{23}^2} \xrightarrow{F_{13}=F_{23}} F'' = F_{13}\sqrt{2} = \frac{k|q_1||q_3|}{(r_{13})^2} \sqrt{2} \xrightarrow{|q_1|=2\mu\text{C}, |q_3|=\frac{1}{\sqrt{2}}\mu\text{C}, k=9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{cm}^2/\mu\text{C}^2, r_{13}=1\text{cm}} F'' = \frac{9 \times 2 \times \frac{1}{\sqrt{2}}}{(1)^2} \sqrt{2} = 18 \times \text{N} \\ F_{T(3)} &= F'' - F_{13} = 18 - 22/5 = 157/5 \text{ N} \end{aligned} \right.$$

7 تست و پاسخ

یعنی به جز جواب درستی که در گزینه‌ها است، ممکن است جواب‌های دیگری هم داشته باشد

چهار بار الکتریکی نقطه‌ای مطابق شکل زیر ثابت شده‌اند. اگر اندازه نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_4 برابر 10^{-9} N باشد، اندازه نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_3 چند نیوتون می‌تواند باشد؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N}\cdot\text{m}^2}{\text{C}^2}$)



پاسخ: گزینه ۴

مشاوره بررسی اندازه نیروی الکتریکی (یا اندازه میدان الکتریکی) در آرایشی از بارها که در یک راستا قرار دارند، همیشه پای ثابت نیست‌های کنکور است. در جبهه سختی این تست‌ها از آسان تا خیلی سخت متغیر است. این‌جا شما با یک تست وقت‌گیر طرف هستید. چون اول این که این تست چند مرحله‌ای است (برایند نیروهای وارد بر یک بار را داده و برایند نیروهای یک بار دیگر را خواسته) و دوم این که از واژه «می‌تواند» مشخص است که تست بیش از یک جواب دارد.

خوبت حل کنی بهتره ابتدا نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_4 از طرف بارهای q_2 و q_3 را رسم کرده و اندازه آن‌ها را به دست آورید. سپس با استفاده از اندازه نیروی خالص وارد بر بار q_4 که در صورت تست داده شده، اندازه نیروی وارد بر بار q_4 از طرف بار q_1 را محاسبه کرده و به کمک آن می‌توانید علامت و اندازه بار q_1 را مشخص کنید. حالا همه چیز برای محاسبه نیروی خالص وارد بر بار q_3 مهیا است.

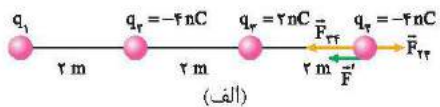
درس نامه درس نامه‌های (۱) و (۲) در تست ۵۲ را بخوانید.

پاسخ تشریحی گام اول، مطابق شکل (الف) بردار نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_4 از طرف بارهای q_2 و q_3 را رسم کرده و اندازه هر یک از آن‌ها را به کمک قانون کولن به دست می‌آوریم:

$$\begin{aligned} F_{24} &= k \frac{|q_2||q_4|}{(r_{24})^2} \xrightarrow{|q_2|=4\text{nC}=4 \times 10^{-9}\text{C}, |q_4|=4\text{nC}=4 \times 10^{-9}\text{C}, k=9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2, r_{24}=4\text{m}} F_{24} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-9} \times 4 \times 10^{-9}}{4^2} = 9 \times 10^{-9} \text{ N} \\ F_{34} &= k \frac{|q_3||q_4|}{(r_{34})^2} \xrightarrow{|q_3|=2\text{nC}=2 \times 10^{-9}\text{C}, |q_4|=4\text{nC}=4 \times 10^{-9}\text{C}, k=9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2, r_{34}=2\text{m}} F_{34} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-9} \times 4 \times 10^{-9}}{2^2} = 18 \times 10^{-9} \text{ N} \end{aligned}$$

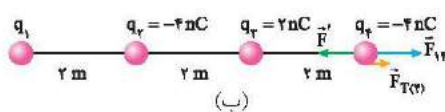
تکنیک $|q_2|$ نصف $|q_1|$ و فاصله r_{23} نصف فاصله r_{13} است. پس با توجه به تناسب $F \propto \frac{|q|}{r^2}$ می‌توانیم بگوییم، $F_{23} = \frac{1}{4} \times (2) = \frac{1}{2}$ ، $F_{23} = 1.8 \times 10^{-9} \text{ N}$ است؛ یعنی: $F_{23} = 2 \times 9 \times 10^{-9} = 1.8 \times 10^{-9} \text{ N}$

دو نیروی \vec{F}_{23} و \vec{F}_{33} در خلاف جهت یکدیگرند؛ بنابراین برآیند آن‌ها به صورت زیر به دست می‌آید:



$$F' = F_{23} - F_{33} = 1.8 \times 10^{-9} - 9 \times 10^{-9} = 9 \times 10^{-9} \text{ N}$$

گام دوم: در صورت تست جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_4 مشخص نیست؛ بنابراین دو حالت داریم:

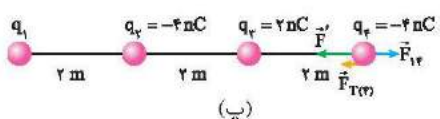


حالت اول: جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_4 به طرف راست باشد. در این حالت مطابق شکل (ب)، جهت نیرویی که بار q_1 به بار q_4 وارد می‌کند هم باید به طرف راست باشد همان‌طور که در شکل (ب) می‌بینید، بار q_1 بار q_4 را دفع می‌کند؛ بنابراین بارهای q_1 و q_4 همنامند و بار q_1 منفی است. حالا ابتدا اندازه نیروی \vec{F}_{14} و

سپس اندازه بار q_1 را به دست می‌آوریم: $F_{T(4)} = F_{14} - F' \Rightarrow 10^{-9} = F_{14} - 9 \times 10^{-9} \Rightarrow F_{14} = 10^{-9} + 9 \times 10^{-9} = 10 \times 10^{-9} \text{ N}$

$$F_{14} = k \frac{|q_1| |q_4|}{r_{14}^2} \Rightarrow \frac{F_{14} = 10 \times 10^{-9} \text{ N}, |q_4| = 4 \times 10^{-9} \text{ C}}{k = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2, r_{14} = 6 \text{ m}} \rightarrow 10 \times 10^{-9} = 9 \times 10^9 \times \frac{|q_1| \times 4 \times 10^{-9}}{6^2}$$

$$|q_1| = 10 \times 10^{-9} \text{ C} = 10 \text{ nC} \xrightarrow{q_1 < 0} q_1 = -10 \text{ nC}$$



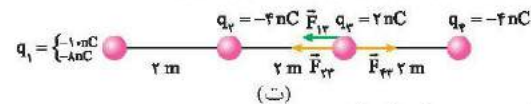
حالت دوم: جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_4 به طرف چپ باشد. با توجه به این‌که F' بزرگتر از $F_{T(4)}$ است در این حالت هم \vec{F}_{14} باید به طرف راست باشد و در نتیجه باز هم علامت بار q_1 منفی است (پ). مانند حالت اول ابتدا اندازه نیروی \vec{F}_{14} و سپس اندازه بار q_1 را به دست می‌آوریم:

$$F_{T(4)} = F' - F_{14} \Rightarrow 10^{-9} = 9 \times 10^{-9} - F_{14} \Rightarrow F_{14} = 9 \times 10^{-9} - 10^{-9} = 8 \times 10^{-9} \text{ N}$$

$$F_{14} = k \frac{|q_1| |q_4|}{r_{14}^2} \Rightarrow \frac{F_{14} = 8 \times 10^{-9} \text{ N}, |q_4| = 4 \times 10^{-9} \text{ C}}{k = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2, r_{14} = 6 \text{ m}} \rightarrow 8 \times 10^{-9} = 9 \times 10^9 \times \frac{|q_1| \times 4 \times 10^{-9}}{6^2}$$

$$|q_1| = 8 \times 10^{-9} \text{ C} = 8 \text{ nC} \xrightarrow{q_1 < 0} q_1 = -8 \text{ nC}$$

گام سوم: حالا مطابق شکل (ت)، نیروهای الکتریکی وارد بر q_3 را رسم کرده و برآیند آن‌ها را برای دو حالت می‌نویسیم:



$$\begin{cases} |q_2| = |q_4| \Rightarrow F_{23} = F_{43} \Rightarrow \text{برآیند این دو نیرو برابر صفر است.} \\ r_{23} = r_{43} \end{cases}$$

$$(q_1 = -10 \text{ nC}) \text{ حالت اول: } F_{T(3)} = F_{13} = k \frac{|q_1| |q_3|}{r_{13}^2} = \frac{|q_1| = 10 \times 10^{-9} \text{ C}, |q_3| = 2 \times 10^{-9} \text{ C}}{k = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2, r_{13} = 4 \text{ m}} \rightarrow F_{T(3)} = 9 \times 10^9 \times \frac{10 \times 10^{-9} \times 2 \times 10^{-9}}{4^2} = 1.125 \times 10^{-8} \text{ N}$$

$$(q_1 = -8 \text{ nC}) \text{ حالت دوم: } F_{T(3)} = F_{13} = k \frac{|q_1| |q_3|}{r_{13}^2} = \frac{|q_1| = 8 \times 10^{-9} \text{ C}, |q_3| = 2 \times 10^{-9} \text{ C}}{k = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2, r_{13} = 4 \text{ m}} \rightarrow F_{T(3)} = 9 \times 10^9 \times \frac{8 \times 10^{-9} \times 2 \times 10^{-9}}{4^2} = 9 \times 10^{-9} \text{ N}$$

$F_{T(3)}$ برای حالت اول، در گزینه‌ها است.

8 تست و پاسخ

در شکل روبه‌رو بار الکتریکی q در مبدأ مختصات صفحه xy قرار دارد و بردار میدان الکتریکی ناشی از آن در نقطه A به صورت

$$\vec{E} = (50\sqrt{2} \text{ N/C})\vec{i} + (50\sqrt{2} \text{ N/C})\vec{j}$$

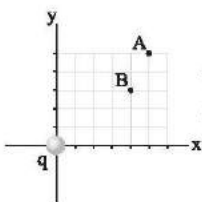
است. بردار میدان الکتریکی حاصل از بار q در نقطه B در کدام SI است؟

$$80\vec{i} + 60\vec{j} \quad (2)$$

$$60\vec{i} + 80\vec{j} \quad (1)$$

$$160\vec{i} + 120\vec{j} \quad (4)$$

$$120\vec{i} + 160\vec{j} \quad (3)$$



خوبت حل کنی بهتره ابتدا نسبت $(\frac{r_A}{r_B})^2$ را به کمک شکل به دست آورده و اندازه \vec{E}_A که در صورت تست داده شده را محاسبه کنید؛ سپس با اطلاعاتی که دارید می‌توانید اندازه \vec{E}_B را محاسبه کنید. در نهایت با توجه به نسبت مؤلفه‌های x و y مربوط به \vec{r}_B ، مؤلفه‌های x و y مربوط به \vec{E}_B قابل محاسبه است.

درس نامه درس‌نامه‌های (۲) و (۳) در تست ۵۵ را بخوانید.

پاسخ تشریحی گام اول: مطابق شکل زیر، هر خانه روی محور x و y را برابر یک واحد در نظر گرفته و نسبت $(\frac{r_A}{r_B})^2$ را به دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} r_A^2 = x_A^2 + y_A^2 = 5^2 + 5^2 = 50 \\ r_B^2 = x_B^2 + y_B^2 = 4^2 + 3^2 = 25 \end{cases} \Rightarrow (\frac{r_A}{r_B})^2 = \frac{50}{25} = 2$$

گام دوم: حالا ابتدا اندازه \vec{E}_A و سپس به کمک شکل نسبتی رابطه $E = k \frac{|q|}{r^2}$ ، اندازه \vec{E}_B را به دست می‌آوریم:

$$E_A = \sqrt{E_{x(A)}^2 + E_{y(A)}^2} = \sqrt{(\Delta \cdot \sqrt{2})^2 + (\Delta \cdot \sqrt{2})^2} = \Delta \cdot \sqrt{2} \times \sqrt{2} = 100 \text{ N/C}$$

$$E = k \frac{|q|}{r^2} \Rightarrow \frac{E_B}{E_A} = (\frac{r_A}{r_B})^2 \Rightarrow \frac{E_B}{100} = 2 \Rightarrow E_B = 200 \text{ N/C}$$

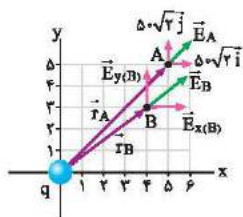
پس ۱ و ۲ نمی‌توانند درست باشند.

گام سوم: می‌دانیم \vec{E}_B در جهت \vec{r}_B است؛ با توجه به این که $\frac{r_{x(B)}}{r_{y(B)}} = \frac{4}{3}$ در نتیجه $\frac{E_{x(B)}}{E_{y(B)}} = \frac{4}{3}$ است؛ بنابراین:

$$E_B = \sqrt{E_{x(B)}^2 + E_{y(B)}^2} = \sqrt{(\frac{4}{3} E_{y(B)})^2 + E_{y(B)}^2} = \sqrt{\frac{16}{9} E_{y(B)}^2 + E_{y(B)}^2} = \sqrt{\frac{25}{9} E_{y(B)}^2} = \frac{5}{3} E_{y(B)}$$

$$\Rightarrow 200 = \frac{5}{3} E_{y(B)} \Rightarrow E_{y(B)} = \frac{3}{5} \times 200 = 120 \text{ N/C}, E_{x(B)} = \frac{4}{3} E_{y(B)} = \frac{4}{3} \times 120 = 160 \text{ N/C}$$

بردار میدان الکتریکی در نقطه B به صورت زیر است:



$$\vec{E}_B = E_{x(B)} \vec{i} + E_{y(B)} \vec{j} = (160 \text{ N/C}) \vec{i} + (120 \text{ N/C}) \vec{j}$$

حواستون باشه در گام سوم، نتیجه‌گیری $\frac{E_{x(B)}}{E_{y(B)}} = \frac{r_{x(B)}}{r_{y(B)}} = \frac{4}{3}$ ، براساس موازی بودن بردارهای \vec{E}_B و \vec{r}_B گرفته شده و هیچ ربطی به تناسب $E \propto \frac{1}{r^2}$ ندارد.

تکنیک فاصله نقطه B تا بار q ، هم در راستای محور x و هم در راستای محور y از فاصله نقطه A تا بار q کم‌تر است؛ بنابراین با توجه به این که $E \propto \frac{1}{r^2}$ ، مؤلفه‌های x و y \vec{E}_B باید به ترتیب بزرگ‌تر از مؤلفه‌های x و y \vec{E}_A باشند:

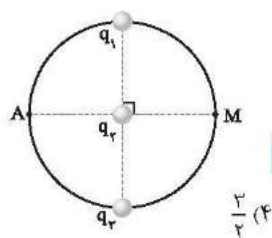
$$\begin{cases} E_{x(A)} = \Delta \cdot \sqrt{2} \text{ N/C} \xrightarrow{\sqrt{2}=1/4} E_{x(A)} \approx 70 \text{ N/C} \Rightarrow E_{x(B)} > 70 \text{ N/C} \\ E_{y(A)} = \Delta \cdot \sqrt{2} \text{ N/C} \xrightarrow{\sqrt{2}=1/4} E_{y(A)} \approx 70 \text{ N/C} \Rightarrow E_{y(B)} > 70 \text{ N/C} \end{cases}$$

تا این جا ۱ و ۲ کنار می‌روند. از طرفی \vec{E}_B در جهت \vec{r}_B است و با توجه به این که مؤلفه x بردار \vec{r}_B بزرگ‌تر از مؤلفه y آن است؛ بنابراین مؤلفه x بردار \vec{E}_B هم باید بزرگ‌تر از مؤلفه y آن باشد:

$$E_{x(B)} > E_{y(B)}$$

با توجه به این موضوع ۳ نادرست و ۴ درست است.

تست و پاسخ 9



در شکل روبه‌رو میدان الکتریکی خالص در نقطه M ، برابر صفر و بردار اندازه میدان الکتریکی ناشی از بار q_2 در نقطه M برابر \vec{E} است. اگر بار q_1 از مرکز دایره به نقطه A منتقل شود، اندازه میدان الکتریکی برآیند در نقطه M چند E می‌شود؟

$$\frac{2}{3} E$$

$$\frac{5}{4} E$$

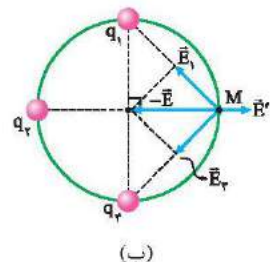
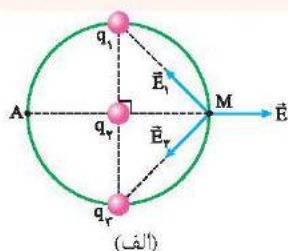
$$\frac{3}{4} E$$

$$\frac{1}{4} E$$

پاسخ: گزینه ۲

خوبت حل کنی بهتره به کمک صفر بودن میدان الکتریکی خالص در نقطه M در حالت اول، رابطه‌ای بین \vec{E}_1 ، \vec{E}_2 و \vec{E} بنویسید. در حالت دوم فاصله بار q_2 تا نقطه M تغییر می‌کند. در این حالت، میدان ناشی از q_2 در نقطه M را برحسب \vec{E} به دست آورید. به کمک دو رابطه به دست آمده می‌توانید میدان الکتریکی خالص در نقطه M در حالت دوم را برحسب \vec{E} به دست آورید.

درس نامه در سه نامه‌های (۲) و (۳) در تست ۵۵ را بخوانید.



پاسخ تشریحی گام اول: مطابق شکل (الف) بردار میدان ناشی از بار q_2 (با فرض مثبت بودن بار q_2) در نقطه M برابر \vec{E} است. با توجه به صفر بودن میدان الکتریکی خالص در نقطه M در حالت اول، بردار میدان‌های ناشی از بارهای q_1 و q_3 به صورت \vec{E}_1 و \vec{E}_3 خواهد بود. داریم:

$$\vec{E}_{T(M)} = 0 \Rightarrow \vec{E}_1 + \vec{E}_3 + \vec{E} = 0 \Rightarrow \vec{E}_1 + \vec{E}_3 = -\vec{E}$$

گام دوم: حالا بار q_2 را از مرکز دایره به نقطه A منتقل می‌کنیم. بردارهای \vec{E}_1 و \vec{E}_3 که تغییر نمی‌کنند ولی چون فاصله بار q_2 تا نقطه M ، ۲ برابر شده است، طبق رابطه $E = k \frac{|q|}{r^2}$ ، اندازه

میدان حاصل از این بار، $\frac{1}{4}$ برابر می‌شود؛ بنابراین با توجه به شکل (ب) داریم:

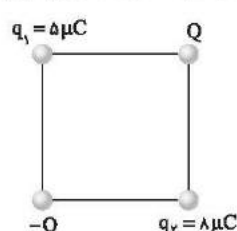
$$\vec{E}'_{T(M)} = \vec{E}_1 + \vec{E}_3 + \vec{E}' \xrightarrow{\vec{E}_1 + \vec{E}_3 = -\vec{E}, \vec{E}' = \frac{1}{4}\vec{E}} \vec{E}'_{T(M)} = -\vec{E} + \frac{1}{4}\vec{E} = -\frac{3}{4}\vec{E}$$

$$E'_{T(M)} = \frac{3}{4}E$$

تذکره در گام اول فرض کردیم که $q_2 > 0$ است. اگر با فرض $q_2 < 0$ تست را حل می‌کردیم فقط جهت \vec{E}' تغییر می‌کرد و بزرگی آن همین مقدار $\frac{3}{4}E$ به دست می‌آمد.

تست و پاسخ 10

مطابق شکل روبه‌رو، چهار بار نقطه‌ای روی چهار رأس مربعی به ضلع 30 cm قرار دارند. اگر بزرگی میدان الکتریکی خالص در مرکز مربع



10^6 N/C باشد، اندازه نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_1 چند نیوتون است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2})$

$$\sqrt{6}$$

$$2\sqrt{6}$$

$$2$$

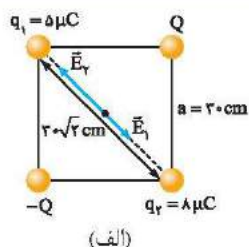
$$4$$

پاسخ: گزینه ۱

مشاوره این هم یک مدل دیگر از تست آر ایش مربعی بارها است. همان‌طور که قبلاً هم گفتیم، آر ایش مربعی بارهای الکتریکی و بررسی اندازه میدان الکتریکی در آن، یکی از موضوعاتی است که طراحان تست کنکور همیشه به آن علاقه نشان می‌دهند.

خوبت حل کنی بهتره ابتدا اندازه میدان‌های الکتریکی ناشی از بارهای q_1 و q_2 را در مرکز مربع به دست آورید سپس به کمک اندازه میدان الکتریکی خالص در مرکز مربع که در صورت تست داده شده، اندازه میدان الکتریکی ناشی از هر کدام از بارهای Q و $-Q$ را به دست آورید. حالا می‌توانید اندازه بارهای Q و $-Q$ را نیز محاسبه کنید. در نهایت همه چیز برای محاسبه اندازه نیروی خالص وارد بر بار q_1 را در اختیار دارید.

درس نامه در درس نامه (۱) در تست ۵۲، درس نامه (۲) در تست ۵۵ و نکته بیان شده در تست ۵۶ را بخوانید.



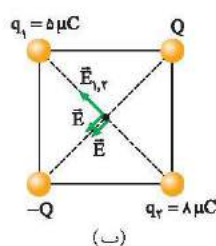
پاسخ تشریحی گام اول: ابتدا اندازه میدان الکتریکی ناشی از بارهای q_1 و q_2 در مرکز مربع و سپس برای آن‌ها را به دست می‌آوریم (شکل الف).

$$E_1 = k \frac{|q_1|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{5 \times 10^{-6}}{(15\sqrt{2} \times 10^{-2})^2} = \frac{45 \times 10^3}{225 \times 2 \times 10^{-4}} \text{ N/C}$$

$$E_2 = k \frac{|q_2|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{8 \times 10^{-6}}{(15\sqrt{2} \times 10^{-2})^2} = \frac{72 \times 10^3}{225 \times 2 \times 10^{-4}} \text{ N/C}$$

$$\vec{E}_1 \text{ و } \vec{E}_2 \text{ در خلاف جهت یکدیگرند} \Rightarrow E_{1,2} = E_2 - E_1 = \frac{72 \times 10^3}{225 \times 2 \times 10^{-4}} - \frac{45 \times 10^3}{225 \times 2 \times 10^{-4}} = \frac{27 \times 10^3}{225 \times 2 \times 10^{-4}}$$

$$\Rightarrow E_{1,2} = \frac{3}{5} \times 10^6 = \frac{3}{5} \times 10^6 \text{ N/C}$$



گام دوم: اگر اندازه میدان الکتریکی ناشی از بار Q در مرکز مربع را E در نظر بگیریم، برآورد میدان ناشی از بارهای Q و $-Q$ (با فرض $Q > 0$) به صورت شکل (ب) خواهد بود؛ بنابراین می‌توان نوشت:

$$E_T^2 = (E_{1,2})^2 + (E)^2 \Rightarrow (10^6)^2 = \left(\frac{3}{5} \times 10^6\right)^2 + (E)^2$$

$$(E)^2 = \left(1 - \frac{9}{25}\right) \times (10^6)^2 = \frac{16}{25} \times (10^6)^2 \xrightarrow{\text{از طرفین جذر می‌گیریم}} E = \frac{4}{5} \times 10^6 \Rightarrow E = \frac{4}{5} \times 10^6 \text{ N/C}$$

حالا اندازه بار Q را به دست می‌آوریم:

$$E = k \frac{|Q|}{r^2} \Rightarrow \frac{4}{5} \times 10^6 = 9 \times 10^9 \times \frac{|Q|}{(15\sqrt{2} \times 10^{-2})^2} \Rightarrow |Q| = \frac{\frac{4}{5} \times 10^6 \times 225 \times 2 \times 10^{-4}}{9 \times 10^9}$$

$$= 2 \times 10^{-6} \text{ C} \Rightarrow |Q| = 2 \mu\text{C}$$

گام سوم: حالا مطابق شکل (پ)، نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_1 از طرف بارهای دیگر را رسم کرده و اندازه هر یک از آن‌ها را به دست می‌آوریم:

$$F = k \frac{|Q||q_1|}{r^2} \xrightarrow{\text{تکنیک محاسباتی ۹۰}} F = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 5}{(30)^2} = 1 \text{ N}$$

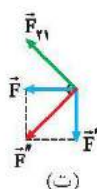
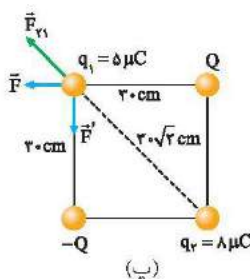
$$\Rightarrow F' = F = 1 \text{ N} \text{ اندازه بارهای } Q \text{ و } -Q \text{ و فاصله آن‌ها تا بار } q_1 \text{ برابر است.}$$

$$F_{r1} = k \frac{|q_2||q_1|}{r^2} \xrightarrow{\text{تکنیک محاسباتی ۹۰}} F_{r1} = 9 \times 10^9 \times \frac{8 \times 5}{(30\sqrt{2})^2} = 2 \text{ N}$$

گام چهارم: مطابق شکل (ت)، برایند نیروهای \vec{F} و \vec{F}' (یعنی \vec{F}'') بر نیروی \vec{F}_{r1} عمود است؛ بنابراین اندازه نیروی خالص وارد بر q_1 به صورت زیر به دست می‌آید:

$$F'' = \sqrt{F^2 + F'^2} \xrightarrow{F=F'=1 \text{ N}} F'' = \sqrt{2} \text{ N}$$

$$F_{T(q_1)} = \sqrt{F''^2 + F_{r1}^2} = \sqrt{(\sqrt{2})^2 + 2^2} = \sqrt{6} \text{ N}$$



تست و پاسخ 11

اگر بار الکتریکی 50 mC را از پایانه مثبت یک باتری 12 V ولتی به پایانه منفی آن منتقل کنیم، انرژی پتانسیل الکتریکی آن چند میلی‌ژول و چگونه تغییر می‌کند؟

- (۱) 600 ، افزایش می‌یابد. (۲) 600 ، کاهش می‌یابد. (۳) 60 ، افزایش می‌یابد. (۴) 60 ، کاهش می‌یابد.

پاسخ: گزینه ۱

مشاوره تست‌هایی که مربوط به جابه‌جایی بار بین دو نقطه و محاسبه ΔU یا ΔV به کمک رابطه $\Delta U = q\Delta V$ است، ظاهر ساده‌ای دارد اما به دفعات در کنکور تکرار شده است. نکته مهم در حل این تست‌ها، تشخیص درست علامت مثبت و منفی است.

خوبت حل کنی بهتره برای حل تست به رابطه $\Delta U = q\Delta V$ نیاز دارید. فقط باید دقت کنید که در این رابطه علامت q و ΔV به درستی جای گذاری شوند.

درس‌نامه اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\Delta U_E = q\Delta V \rightarrow (J) \quad \Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} \rightarrow (C)$$

تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بر حسب ژول (J) ← اختلاف پتانسیل الکتریکی بر حسب ولت (V)
بار الکتریکی بر حسب کولن (C) →

توجه داشته باشید که در رابطه بالا، بار q با علامتش جای گذاری می‌شود.

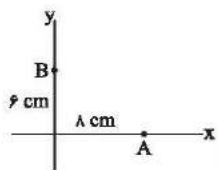
پاسخ تشریحی پتانسیل پایانه مثبت باتری را 12 V و پتانسیل پایانه منفی آن را صفر در نظر می‌گیریم؛ بنابراین:

$$\Delta U_E = q\Delta V = q(V_- - V_+) = -50 \times 10^{-3} \times (0 - 12) = +0.6 \text{ J} \Rightarrow \Delta U_E = +600 \text{ mJ}$$

علامت مثبت جواب بیانگر آن است که در این انتقال، انرژی پتانسیل الکتریکی بار افزایش می‌یابد.

تکنیک چون ΔU_E بر حسب میلی‌ژول خواسته شده، می‌توانستیم تبدیل یکا انجام نداده و در رابطه بالا، q را بر حسب میلی‌کولن جای‌گذاری کنیم تا ΔU_E بر حسب میلی‌ژول به دست آید.

تست و پاسخ 12



در صفحه مختصات شکل روبه‌رو، میدان الکتریکی یکنواخت $\vec{E} = (-2/5 \times 10^4 \text{ N/C})\hat{j}$ وجود دارد. اگر پتانسیل الکتریکی نقاط A و B به ترتیب V_A و V_B باشد، $V_A - V_B$ بر حسب ولت کدام است؟

- (۱) 2500 (۲) -2500 (۳) 1500 (۴) -1500

پاسخ: گزینه ۴

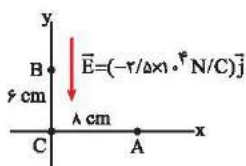
خوبت حل کنی بهتره ابتدا توجه داشته باشید که پتانسیل الکتریکی در راستای عمود بر خطوط میدان تغییر نمی‌کند. سپس از رابطه $|\Delta V| = Ed$ استفاده کنید تا به جواب تست برسید. تشخیص منفی یا مثبت بودن جواب به عهده خودتان.

درس‌نامه اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه در میدان الکتریکی یکنواخت E از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\Delta V = \pm E d$$

اندازه میدان الکتریکی بر حسب نیوتون بر کولن (N/C) ← اختلاف پتانسیل الکتریکی بر حسب ولت (V)
فاصله دو نقطه در راستای میدان بر حسب متر (m) ← حرکت در جهت میدان
حرکت در خلاف جهت میدان

نکته در راستای عمود بر خط‌های میدان الکتریکی، پتانسیل الکتریکی تغییر نمی‌کند.

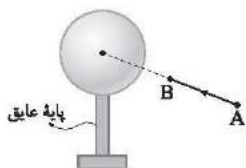


$$\Delta V = -Ed = -(2/5 \times 10^{-6}) \times 6 \times 10^{-2} = -1500 \text{ V}$$

حرکت در جهت میدان
(کاهش پتانسیل الکتریکی)

پاسخ تشریحی مطابق شکل روبه‌رو، میدان الکتریکی در خلاف جهت محور y است. با توجه به این که پتانسیل الکتریکی در راستای عمود بر میدان الکتریکی ثابت می‌ماند، پتانسیل الکتریکی تمام نقاط روی محور x (از جمله نقاط A و C) با هم برابر است؛ بنابراین به جای محاسبه $V_A - V_B$ می‌توانیم $V_C - V_B$ را محاسبه کنیم. با حرکت از نقطه B تا C ، در جهت میدان الکتریکی جابه‌جا می‌شویم؛ بنابراین اختلاف پتانسیل الکتریکی بین این دو نقطه به صورت روبه‌رو به دست می‌آید:

حواستون باشه در رابطه $\Delta V = \pm Ed$ ، E اندازه میدان الکتریکی است و علامت منفی یا مثبت مربوط به جهت آن نباید در رابطه وارد شود.



تست و پاسخ 13 مطابق شکل یک کره باردار، روی یک پایه عایق قرار دارد. بار $q = -4 \mu\text{C}$ را از نقطه A تا نقطه B جابه‌جا می‌کنیم. اگر کاری که میدان حاصل از بار کره در این جابه‌جایی انجام می‌دهد، برابر -0.2 mJ باشد، علامت بار کره کدام و $V_A - V_B$ چند ولت است؟

(۲) منفی، -50

(۱) مثبت، -50

(۴) منفی، $+50$

(۳) مثبت، $+50$

پاسخ: گزینه ۴

مشاوره موضوع انرژی پتانسیل الکتریکی و پتانسیل الکتریکی سوژه جذاب برای طراحان سؤال‌های کنکور است. این تست‌ها را باید با تمرکز و دقت پاسخ دهید، چون در آن‌ها کاهش‌ها و افزایش‌ها و علامت‌ها خیلی مهم‌اند.

خوبت حل کنی بهتره ابتدا به کمک رابطه $W_E = -\Delta U_E$ ، تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار q را در جابه‌جایی از نقطه A تا B به دست آورید. سپس به کمک رابطه $\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q}$ ، اختلاف پتانسیل الکتریکی بین این دو نقطه محاسبه می‌شود. در نهایت از روی علامت ΔV می‌توانید علامت بار کره را تعیین کنید.

درس‌نامه ۱۱ کار نیروی الکتریکی وارد بر یک ذره باردار در میدان الکتریکی در یک جابه‌جایی مشخص برابر با منفی تغییر پتانسیل الکتریکی در همان جابه‌جایی است؛ یعنی: $W_E = -\Delta U_E$

۲ درس‌نامه تست ۶۱ را بخوانید.

پاسخ تشریحی **گام اول:** در جابه‌جایی بار q از نقطه A تا B ، کاری که میدان حاصل از بار کره، روی بار انجام می‌دهد برابر با منفی تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار q است؛ بنابراین:

$$W_E = -\Delta U_E \Rightarrow -0.2 = -\Delta U_E \Rightarrow \Delta U_E = 0.2 \text{ mJ} = 0.2 \times 10^{-3} \text{ J}$$

گام دوم: بار الکتریکی q از نقطه A تا B جابه‌جا شده است؛ بنابراین:

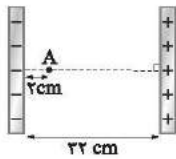
$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} \Rightarrow V_B - V_A = \frac{0.2 \times 10^{-3}}{-4 \times 10^{-6}} = -50 \text{ V}$$

$$V_A - V_B = 50 \text{ V}$$

تست: $V_A - V_B$ را می‌خواهد:

گام سوم: در جابه‌جایی از A تا B پتانسیل الکتریکی کاهش یافته است ($V_B - V_A = -50 \text{ V}$). از طرفی می‌دانیم پتانسیل الکتریکی وقتی کاهش می‌یابد که در جهت خطوط میدان حرکت کنیم؛ بنابراین خطوط میدان حاصل از بار کره به طرف کره بوده و این یعنی بار کره منفی است.

تست و پاسخ 14



انرژی جنبشی اولیه را می‌توانیم محاسبه کنیم.

یعنی فقط نیروی الکتریکی به ذره وارد می‌شود.

در شکل روبه‌رو، اختلاف پتانسیل دو صفحه موازی با بارهای هم‌اندازه و نامناب، برابر 160 V است. ذره‌ای با بار الکتریکی 4 mC و جرم 2 g را از نقطه A با تندی 20 m/s به سمت راست پرتاب می‌کنیم. با چشم‌پوشی از نیروی وزن و مقاومت هوا، کدام اتفاق رخ می‌دهد؟

- (۱) ذره با تندی $10\sqrt{2}\text{ m/s}$ به صفحه مثبت برخورد می‌کند.
- (۲) ذره با تندی $10\sqrt{10}\text{ m/s}$ به صفحه مثبت برخورد می‌کند.
- (۳) ذره در فاصله 10 cm از صفحه مثبت متوقف شده و باز می‌گردد.
- (۴) ذره در فاصله 12 cm از صفحه مثبت متوقف شده و باز می‌گردد.

پاسخ: گزینه ۲

مشاوره برای حل بعضی از تست‌های مبحث پتانسیل الکتریکی باید از مفاهیم فصل‌های دیگر فیزیک مثل کار و انرژی کمک بگیرید: پس لطفاً به مفاهیم مشترک فصل‌ها بیشتر توجه کنید.

خودت حل کنی بهتره ابتدا اندازه میدان الکتریکی بین دو صفحه را به کمک رابطه $E = \frac{\Delta V}{d}$ به دست آورده، سپس به کمک رابطه $\Delta U_E = -\Delta K$ ، فاصله‌ای که ذره تا متوقف شدن می‌پیماید را محاسبه کنید. با توجه به جواب به دست آمده می‌توانید به تست پاسخ دهید.

درس‌نامه (۱) درس‌نامه تست ۶۲ را بخوانید.

(۲) اگر بر ذره باردار فقط نیروی الکتریکی وارد شود، طبق اصل پایستگی انرژی مکانیکی، تغییرات انرژی مکانیکی آن صفر است و در نتیجه داریم:

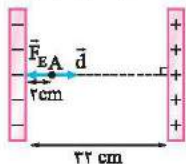
$$\Delta E = 0 \rightarrow \Delta E = \Delta K + \Delta U \rightarrow \Delta U = -\Delta K$$

یعنی تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی یک ذره باردار که فقط تحت تأثیر میدان الکتریکی است برابر منفی تغییرات انرژی جنبشی آن است.

پاسخ تشریحی گام اول، اندازه میدان الکتریکی یکنواخت بین صفحه‌ها را به دست می‌آوریم:

$$E = \frac{\Delta V}{d} = \frac{160}{32 \times 10^{-2}} = 500\text{ N/C}$$

گام دوم: به ذره فقط نیروی الکتریکی وارد می‌شود؛ بنابراین تغییر انرژی مکانیکی آن برابر صفر است. به کمک رابطه زیر محاسبه می‌کنیم که ذره پس از طی چه مسافتی متوقف می‌شود (تندی‌اش به صفر می‌رسد):

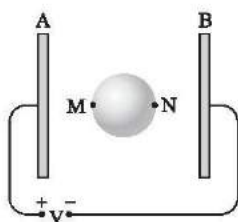


$$\Delta U_E = -\Delta K \Rightarrow -|q|Ed \cos \theta = -(-K_1) \xrightarrow[\cos 180^\circ = -1]{\theta = 180^\circ} \Rightarrow |q|Ed = K_1 \Rightarrow 4 \times 10^{-3} \times 500 \times d = \frac{1}{2} \times 2 \times 10^{-3} \times (20)^2 \Rightarrow d = \frac{400}{2000} = \frac{1}{5}\text{ m} \Rightarrow d = 20\text{ cm}$$

بنابراین ذره پس از طی مسافت 20 cm از نقطه A، متوقف شده و برمی‌گردد؛ یعنی در فاصله $32 - 20 = 12\text{ cm}$ از صفحه مثبت.

توجه اگر d بیشتر از $32 - 20 = 12\text{ cm}$ به دست می‌آمد، ذره به صفحه مثبت برخورد می‌کرد.

تست و پاسخ 15



(۴) پ و ت

(۳) الف و پ

(۲) ب و ت

(۱) الف و ب

مطابق شکل، یک کره فلزی توپر بین دو صفحه فلزی قرار دارد. کدام یک از عبارات زیر درباره این شکل

درست است؟ (نقطه‌های M و N روی سطح کره فلزی قرار دارند.)

(الف) پتانسیل الکتریکی نقطه M برابر پتانسیل الکتریکی نقطه N است.

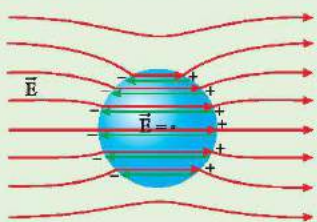
(ب) میدان الکتریکی در تمام فضای بین دو صفحه یکنواخت است.

(پ) میدان الکتریکی خالص در داخل کره فلزی صفر است.

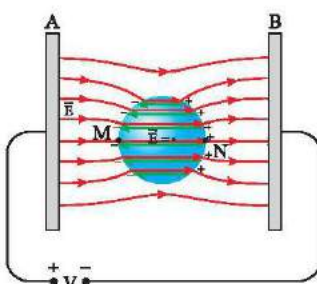
(ت) بار الکتریکی القاشده روی کره در اطراف نقطه N، منفی است.

پاسخ: گزینه ۳

مشاوره در کنکور سراسری در درس فیزیک معمولاً یک یا دو تست چند عبارتی می‌دهند. شما برای پاسخ‌گویی به این تست‌ها باید مفاهیم را خوب فهمیده باشید.



شکل نامه اگر یک جسم رسانای خنثی در میدان الکتریکی خارجی قرار بگیرد:
(۱) میدان الکتریکی باعث جداسدن بارهای مثبت و منفی در دو وجه رسانا شده به طوری که میدان حاصل از این بارها، میدان خارجی در داخل رسانا را خنثی می‌کند و میدان الکتریکی خالص در داخل رسانا برابر صفر می‌شود.
(۲) همه نقاط داخل و روی سطح رسانا پتانسیل یکسانی دارند.



پاسخ تشریحی خطوط میدان الکتریکی بین دو صفحه به صورت شکل روبه‌رو است. در این شکل:
(۱) خطوط میدان الکتریکی از صفحه A (با پتانسیل الکتریکی بیشتر) خارج و به صفحه B (با پتانسیل الکتریکی کمتر) وارد می‌شوند. با توجه به این که این خطوط مستقیم و با هم موازی نیستند، به علت وجود جسم رسانا، میدان الکتریکی بین صفحات یکنواخت نیست. (نادرستی (ب))
(۲) میدان الکتریکی باعث جدا شدن بارهای مثبت و منفی در دو طرف کره می‌شود به طوری که در داخل کره، میدان حاصل از این بارها (خطوط سبزرنگ)، میدان الکتریکی اصلی (خطوط قرمز رنگ) را خنثی کرده و میدان الکتریکی خالص درون کره برابر صفر می‌شود. (درستی (پ))
همان‌طور که می‌بینید بار القاشده روی کره در اطراف نقطه M منفی و در اطراف نقطه N مثبت است. (نادرستی (ت))

(۳) چون میدان الکتریکی خالص درون رسانا صفر است، تمام نقاط داخل و روی سطح رسانا پتانسیل یکسانی دارند (درستی (الف)) و به همین دلیل میدان الکتریکی مؤلفه‌ای روی سطح رسانا ندارد و خطوط میدان در تمام نقاط بر سطح رسانا عمودند.

تست و پاسخ 16

اختلافشان را باید حساب کنیم.

پتانسیل الکتریکی دو صفحه خازنی برابر $3V$ و $9V$ و بار الکتریکی ذخیره شده در این دو صفحه به

یعنی بار خازن $24 \mu C$ است.

ترتیب $24 \mu C$ و $+24 \mu C$ است. ظرفیت خازن چند میکرو فاراد است؟

۸ (۴)

۶ (۳)

۴ (۲)

۲ (۱)

پاسخ: گزینه ۱

خوبت حل کنی بهتره Q را که دارید، V را هم به دست آورید و با یک جای‌گذاری ساده در رابطه $C = \frac{Q}{V}$ به جواب برسید.

درس نامه ظرفیت خازن از رابطه زیر به دست می‌آید:

بار خازن برحسب کولن (C) $\rightarrow C = \frac{Q}{V}$ ← ظرفیت خازن برحسب کولن بر ولت ($\frac{C}{V}$) یا فاراد (F)
اختلاف پتانسیل بین صفحات خازن برحسب ولت (V) $\rightarrow C = \frac{Q}{V}$

پاسخ تشریحی گام اول: بار الکتریکی خازن برابر $Q = 24 \mu C$ و اختلاف پتانسیل بین صفحات آن برابر است با:

$$V = \Delta V = V_+ - V_- = 9 - (-3) = 12V$$

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{24}{12} = 2 \mu F$$

گام دوم: حالا ظرفیت خازن را به دست می‌آوریم:

توجه در رابطه ظرفیت خازن، چون C را برحسب میکرو فاراد می‌خواستیم، Q را برحسب میکرو کولن در رابطه جای‌گذاری کردیم.

تست و پاسخ 17

مساحت هر یک از صفحه‌های یک خازن تخت $1/2 \text{ cm}^2$ است و خازن از ماده‌ی الکتریک انعطاف‌پذیری به ثابت $\kappa = 2$ پر شده است. اگر فاصله بین صفحه‌های خازن از 6 mm به 4 mm برسد، ظرفیت خازن چند پیکوفاراد و چگونه تغییر می‌کند؟ ($\epsilon_0 = 8/85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$)

- (۱) $0/177$ ، افزایش می‌یابد. (۲) $0/177$ ، کاهش می‌یابد.
(۳) $1/77$ ، افزایش می‌یابد. (۴) $1/77$ ، کاهش می‌یابد.

با تغییر فاصله صفحات خازن، ظرفیت آن تغییر می‌کند.

پاسخ: گزینه ۱

مشاوره این تست از روی یکی از مثال‌های کتاب درسی طراحی شده و البته مشابه این تست در کنکورهای ۹۸ و ۱۴۰۰ هم آمده است. مثال‌ها، تمرین‌ها و ... کتاب درسی را خوب بخوانید و یاد بگیرید. همان‌طور که در دو، سه سال اخیر دیدید و در دو، سه سال آینده هم خواهید دید، در کنکور از تمرین‌های کتاب درسی حتماً سوال‌های زیادی می‌آید.

خوبت حل کنی بهتره به کمک رابطه $C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d}$ می‌توانید ظرفیت خازن در دو حالت و تغییر آن را محاسبه کنید.

درس‌نامه رابطه ظرفیت خازن برحسب کمیت‌های ساختاری آن به صورت زیر است:

$$\begin{array}{ccc} \text{مساحت هر صفحه خازن برحسب مترمربع (m}^2\text{)} & \xrightarrow{C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d}} & \text{ظرفیت خازن برحسب فاراد (F)} \\ \text{فاصله بین صفحات خازن برحسب متر (m)} & \xrightarrow{\quad} & \text{ثابت دی‌الکتریک} \end{array}$$

ضریب گذردهی الکتریکی خلأ \downarrow $(\epsilon_0 = 8/85 \times 10^{-12} \text{ F/m})$

نکته ثابت دی‌الکتریک خلأ برابر ۱، ثابت دی‌الکتریک هوا تقریباً برابر ۱ ($1/0006$) و ثابت دی‌الکتریک بقیه مواد بیشتر از ۱ است.

پاسخ تشریحی تغییر ظرفیت خازن به صورت روبه‌رو به دست می‌آید:

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow C_2 - C_1 = \kappa \epsilon_0 A \left(\frac{1}{d_2} - \frac{1}{d_1} \right)$$

$$\Rightarrow \Delta C = 2 \times (8/85 \times 10^{-12}) \times 1/2 \times 10^{-3} \times \left(\frac{1}{4 \times 10^{-3}} - \frac{1}{6 \times 10^{-3}} \right) = 21/24 \times 10^{-13} \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{6} \right) = 21/24 \times 10^{-13} \left(\frac{3-2}{12} \right)$$

$$\Rightarrow \Delta C = 1/77 \times 10^{-13} \text{ F} = 0/177 \text{ pF}$$

علامت مثبت ΔC بیانگر آن است که ظرفیت خازن افزایش یافته است.

تست و پاسخ 18

ظرفیت یک خازن تخت $8 \mu\text{F}$ است. $4 \mu\text{C}$ بار از صفحه منفی خازن به صفحه مثبت آن منتقل می‌شود. در این تغییر، انرژی ذخیره‌شده در خازن ۲۴ تغییر می‌کند. بار اولیه خازن چند میکروکولن بوده است؟ (خازن از باتری جدا است).

- (۱) ۲۳ (۲) ۲۵ (۳) ۴۶ (۴) ۵۰

پاسخ: گزینه ۴

مشاوره یک تست بسیار مهم که از روی یکی از تمرین‌های کتاب درسی طراحی شده و تست‌های مشابه آن به دفعات در کنکور سراسری آمده است. مخصوصاً در چند سال اخیر! شما باید یاد بگیرید که برای محاسبه کمیت‌هایی که چند فرمول دارند (مثل انرژی پتانسیل الکتریکی ذخیره‌شده در خازن) در هر تست، کدام فرمول مناسب‌تر است.

خوبت حل کنی بهتره بار اولیه خازن را Q در نظر بگیرید و بار ثانویه آن را برحسب Q به دست آورید. سپس به کمک رابطه $U = \frac{Q^2}{2C}$ و با توجه به تغییر انرژی ذخیره‌شده در خازن که در صورت تست داده شده، Q را به دست آورید.

درس نامه انرژی پتانسیل الکتریکی ذخیره شده در خازن از رابطه زیر به دست می آید:

$$U = \frac{Q^2}{2C} \rightarrow (C) \text{ بار خازن بر حسب کولن} \leftarrow \text{انرژی پتانسیل ذخیره شده در خازن بر حسب ژول (J)}$$

$$U = \frac{Q^2}{2C} \rightarrow (F) \text{ ظرفیت خازن بر حسب فاراد}$$

پاسخ تشریحی گام اول، بار اولیه خازن را Q در نظر می گیریم. اگر $4 \mu C$ بار از صفحه منفی خازن جدا کرده و به صفحه مثبت منتقل کنیم، بار صفحه مثبت و در نتیجه بار خازن برابر با $(Q - 4)$ میکروکولن می شود. طبق رابطه $U = \frac{Q^2}{2C}$ و با توجه به ثابت بودن ظرفیت خازن، با کاهش بار خازن (Q) ، انرژی ذخیره شده در آن (U) هم کاهش می یابد؛ بنابراین:

$$U_2 - U_1 = -24 \mu J \Rightarrow \frac{Q_2^2}{2C} - \frac{Q_1^2}{2C} = -24 \Rightarrow \frac{(Q-4)^2}{2 \times 8} - \frac{Q^2}{2 \times 8} = -24$$

$$\Rightarrow (Q-4)^2 - Q^2 = -16 \times 24 \xrightarrow{\text{اتحاد مزدوج}} [(Q-4) - Q][(Q-4) + Q] = -16 \times 24$$

$$\Rightarrow (-4)(2Q-4) = -16 \times 24 \Rightarrow 2Q-4 = 4 \times 24 \Rightarrow 2Q = 100 \Rightarrow Q = 50 \mu C$$

توجه در رابطه $U = \frac{Q^2}{2C}$ ، چون Q را بر حسب میکروکولن در نظر گرفتیم، U را بر حسب میکروژول و C را بر حسب میکروفاراد جای گذاری کردیم.

تست و پاسخ 19

با توجه به این که V و C را داده است، فرمول مناسب برای محاسبه انرژی ذخیره شده در خازن را تشخیص می دهیم.

مدار یک فلاش عکاسی، انرژی را با اختلاف پتانسیل $200 V$ در یک خازن با ظرفیت $8 mF$ ذخیره می کند.

اگر همه این انرژی در مدت $0.2 s$ آزاد شود، توان متوسط خروجی فلاش چند کیلووات است؟

(۲) 1600

(۱) $1/6$

(۴) 800

(۳) 0.8

پاسخ: گزینه ۳

مشاوره بعضی مفاهیم فیزیک با هم ارتباط نزدیک دارند مثل انرژی و توان. کمیت های وابسته به هم را از قبل شناسایی کنید تا در حل تست ها راحت تر باشید.

خوبت حل کنی بهتره ابتدا انرژی پتانسیل الکتریکی ذخیره شده در خازن را به کمک رابطه $U = \frac{1}{2} CV^2$ به دست بیاورید. سپس توان متوسط خروجی را به کمک رابطه $\bar{P} = \frac{U}{t}$ محاسبه کنید.

درس نامه ۱) انرژی خازن را از رابطه زیر می توان محاسبه کرد:

$$U = \frac{1}{2} CV^2 \quad \leftarrow \text{ظرفیت خازن بر حسب فاراد (F)}$$

$$\quad \quad \quad \uparrow$$

$$\quad \quad \quad \text{انرژی پتانسیل ذخیره شده}$$

$$U = \frac{1}{2} CV^2 \quad \leftarrow \text{اختلاف پتانسیل بین صفحات خازن بر حسب ولت (V)}$$

$$\quad \quad \quad \downarrow$$

$$\quad \quad \quad \text{در خازن بر حسب ژول (J)}$$

۲) توان متوسط تخلیه انرژی خازن از رابطه زیر به دست می آید:

$$\bar{P} = \frac{U}{t} \rightarrow \text{انرژی ذخیره شده در خازن بر حسب ژول (J)}$$

$$\quad \quad \quad \leftarrow \text{توان متوسط بر حسب وات (W)}$$

$$\quad \quad \quad \downarrow$$

$$\quad \quad \quad \text{زمان بر حسب ثانیه (s)}$$

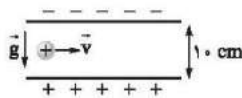
پاسخ تشریحی گام اول، انرژی پتانسیل الکتریکی ذخیره شده در خازن را به دست می آوریم:

$$U = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times 8 \times 10^{-3} \times (200)^2 = 16 J$$

$$\bar{P} = \frac{U}{t} = \frac{16}{0.2} = 80 W \Rightarrow \bar{P} = 0.08 kW$$

گام دوم، حالا توان متوسط خروجی فلاش را به دست می آوریم:

تست و پاسخ 20



بار الکتریکی ذخیره شده روی صفحه های خازنی برابر $10^{-3} \mu C$ است. اگر مطابق شکل روبه رو، ذره ای به جرم $4g$ و بار $8 \mu C$ به موازات دو صفحه افقی این خازن پرتاب شود، بدون انحراف به حرکت خود ادامه می دهد.

ظرفیت این خازن چند میکرو فاراد است؟ ($g = 10 \frac{N}{kg}$)

نیروهای الکتریکی و وزن وارد بر ذره هم اندازه و در خلاف جهت یکدیگرند.

۵ (۴)

۲/۵ (۳)

۲ (۲)

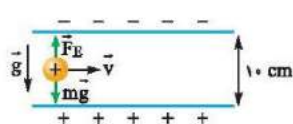
۰/۵ (۱)

پاسخ: گزینه ۲

خوبت حل کنی بهتره ابتدا با برابر قرار دادن اندازه نیروی الکتریکی و نیروی وزن ذره، اندازه میدان الکتریکی بین صفحات خازن (E) را به

دست آورید. سپس به کمک رابطه $E = \frac{\Delta V}{d}$ ، اختلاف پتانسیل بین صفحات خازن و به کمک رابطه $C = \frac{Q}{V}$ ظرفیت خازن را محاسبه کنید.

درس نامه در درس نامه (۲) در تست ۵۳ و درس نامه تست های ۶۲ و ۶۶ را بخوانید.



پاسخ تشریحی **گام اول:** مطابق شکل روبه رو، به ذره دو نیروی الکتریکی و وزن وارد می شود. از

آن جایی که ذره بدون انحراف به حرکت خود ادامه دهد، این دو نیرو که در خلاف جهت هم هستند باید

هم اندازه باشند؛ بنابراین:

$$F_E = mg \Rightarrow E |q| = mg \Rightarrow E \times 8 \times 10^{-6} = 4 \times 10^{-3} \times 10$$

$$\Rightarrow E = \frac{4 \times 10^{-2}}{8 \times 10^{-6}} = 5000 \text{ N/C}$$

گام دوم: حالا با داشتن E و d می توانیم اختلاف پتانسیل بین صفحات خازن را به دست آوریم: $V = 500 \text{ V}$

گام سوم: در نهایت با داشتن Q و V ، به دست آوردن C کاری ندارد.

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{10^{-3}}{500} = 2 \mu F$$

توجه در رابطه $C = \frac{Q}{V}$ ، Q بر حسب میکرو کولن جای گذاری شده تا C بر حسب میکرو فاراد به دست آید.

تست و پاسخ 21

اختلاف پتانسیل کاهش یافته و ظرفیت خازن تغییر نمی‌کند پس بار الکتریکی ذخیره شده کاهش می‌یابد.

اگر اختلاف پتانسیل بین دو صفحه یک خازن از 47 V به 32 V برسد، در هر صفحه $7/5 \times 10^{13}$ الکترون افزوده یا کاسته می‌شود. ظرفیت خازن چند فاراد است؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19}\text{ C}$)

$$1/2 \times 10^{-6} \text{ (F)}$$

$$8 \times 10^{-7} \text{ (F)}$$

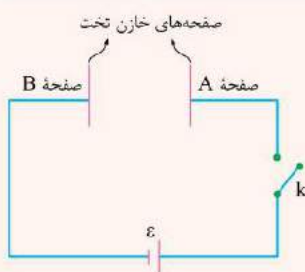
$$1/2 \text{ (F)}$$

$$0/8 \text{ (F)}$$

پاسخ: گزینه ۳

مشاوره در حل سؤالات خازن، زمانی که با تغییر پارامترها مواجه هستیم، اولین قدم این است که تشخیص دهیم ظرفیت خازن تغییر می‌کند یا خیر؟ توجه کنید ظرفیت خازن فقط به ساختمان خازن وابسته است.

خوبت حل کنی بهتره در یک خازن (با ظرفیت ثابت)، با کاهش اختلاف پتانسیل دو سر خازن، بار ذخیره شده در آن نیز کاهش می‌یابد. به کمک رابطه $\Delta q = \Delta n \times e$ ، تغییر بار ذخیره شده در خازن را به دست آورده و با استفاده از رابطه $C = \frac{\Delta q}{\Delta V}$ ، ظرفیت خازن را محاسبه کنید.



درس‌نامه شکل مقابل یک خازن خالی را نمایش می‌دهد که در یک مدار الکتریکی قرار دارد. با بسته شدن کلید k ، به دلیل اختلاف پتانسیل الکتریکی، الکترون‌های درون سیم به سمت پتانسیل بیشتر حرکت می‌کنند. بنابراین الکترون‌ها از پایانه منفی به سمت صفحه B حرکت می‌کنند و بار صفحه B منفی می‌شود و در سمت دیگر الکترون‌ها از صفحه A به سمت پایانه مثبت باتری (پتانسیل بیشتر) حرکت می‌کنند و صفحه A مثبت می‌شود. جابه‌جایی بار بین صفحات و پایانه‌های باتری تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که پتانسیل الکتریکی صفحات خازن با پتانسیل باتری برابر شود، در این حالت خازن پر می‌شود.

پس از پر شدن خازن، یکی از صفحات (صفحه A) دارای بار مثبت و صفحه دیگر (صفحه B) دارای بار منفی می‌شود که اندازه بار هر دو صفحه با هم برابر است، اما یکی مثبت و دیگری منفی است. در این حالت بار ذخیره شده در خازن را q می‌نامیم. ظرفیت خازن: اگر اختلاف پتانسیل (V) دو سر خازن را تغییر دهیم، بار الکتریکی ذخیره شده در خازن (q) طوری تغییر می‌کند که نسبت $\frac{q}{V}$ ثابت باقی بماند که به این نسبت ظرفیت خازن گفته می‌شود.

$$C = \frac{q}{V} = \frac{\Delta q}{\Delta V} \leftarrow \text{ظرفیت خازن}$$

پاسخ تشریحی ظرفیت خازن (C) فقط به ساختمان خازن وابسته است که در این سؤال تغییر نکرده است، چون اختلاف پتانسیل دو سر خازن کاهش می‌یابد، بار ذخیره شده در آن هم کم می‌شود ($\Delta n < 0$). بنابراین داریم:

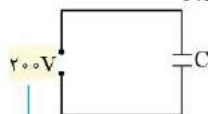
$$C = \frac{q}{V} = \frac{\Delta q}{\Delta V} = \frac{\Delta n \times e}{V_2 - V_1} = \frac{-7/5 \times 10^{13} \times 1/6 \times 10^{-19}}{32 - 47} = \frac{7/5 \times 1/6 \times 10^{-6}}{15} = 8 \times 10^{-7} \text{ F}$$

ثابت

$$\Delta q = +10/8 \text{ nC}$$

تست و پاسخ 22

در مدار شکل زیر، فاصله بین صفحات خازن 4 mm ، مساحت هر یک از صفحات آن 80 cm^2 و بین صفحات آن هواست. برای این که بار الکتریکی ذخیره شده در خازن $10/8\text{ nC}$ افزایش یابد، فاصله بین صفحات خازن باید چند میلی‌متر و چگونه تغییر کند؟ ($\epsilon_0 = 9 \times 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N.m}^2}$)



تغییر فاصله باعث تغییر ظرفیت خازن می‌شود.

اختلاف پتانسیل دو سر خازن ثابت و برابر تراز افقی 200 V است.

۱) کاهش یابد.

۲) افزایش یابد.

۳) کاهش یابد.

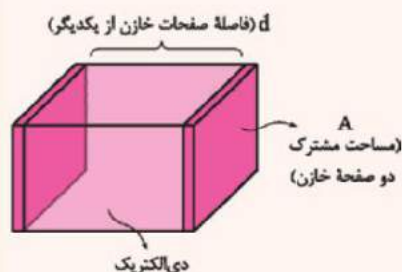
۴) افزایش یابد.

پاسخ: گزینه ۳

مشاوره تغییر ظرفیت خازن از مباحث مهمی است که هم در کتاب درسی و هم در کنکورهای سراسری ۳۲ سال اخیر به آن پرداخته شده است. این مبحث را خوب یاد بگیرید و در حل تست‌های آن مهارت کافی را کسب کنید.

خوب حل کنی بهتره ابتدا ظرفیت خازن را در حالت اول طبق رابطه $C = \kappa \frac{\epsilon_0 A}{d}$ و سپس بار ذخیره شده در خازن را در این حالت به دست آورید. در حالت دوم بار ذخیره شده نسبت به حالت اول $10/8 \text{ nC}$ افزایش یافته، پس از به دست آوردن بار ذخیره شده در حالت دوم و استفاده از رابطه مقایسه‌ای $\frac{q_2}{q_1} = \frac{C_2}{C_1} \times \frac{V_2}{V_1}$ ، ظرفیت خازن در حالت دوم و فاصله بین صفحات خازن در حالت جدید به دست می‌آید.

درس‌نامه ۱) ظرفیت خازن (C) به اختلاف پتانسیل دو سر خازن (V) و بار الکتریکی ذخیره شده در آن (q) بستگی ندارد. ظرفیت خازن به ساختمان آن وابسته است.



عوامل مؤثر بر ظرفیت خازن تخت:

- ۱) با فاصله بین دو صفحه (d)، رابطه وارون دارد.
- ۲) با مساحت مشترک دو صفحه (A)، رابطه مستقیم دارد.
- ۳) با ثابت دی الکتریک (κ) که وابسته به جنس عایق بین دو صفحه است، رابطه مستقیم دارد.

ظرفیت خازن از رابطه زیر به دست می‌آید:

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

مساحت مشترک دو صفحه خازن (m^2) ضریب گذردهی الکتریکی خلا ظرفیت خازن (F)

فاصله بین دو صفحه (m) ثابت دی الکتریک

ثابت دی الکتریک برای هوا برابر یک است ($K_{\text{هوا}} = 1$).

۲) درس‌نامه تست ۹۶ را بخوانید.

پاسخ تشریحی گام اول: ظرفیت خازن را قبل از تغییر فاصله به دست می‌آوریم:

$$C_1 = \kappa \frac{\epsilon_0 A}{d_1} = 1 \times \frac{9 \times 10^{-12} \times 80 \times 10^{-4}}{4 \times 10^{-3}} = 18 \times 10^{-12} \text{ F}$$

گام دوم: بار ذخیره شده در خازن را در حالت اول به دست می‌آوریم: $q_1 = C_1 V = 18 \times 10^{-12} \times 200 = 3.6 \times 10^{-9} \text{ C} = 3.6 \text{ nC}$

گام سوم: در حالت دوم یعنی بعد از تغییر فاصله صفحات خازن، بار ذخیره شده در خازن $10/8 \text{ nC}$ افزایش می‌یابد، بنابراین داریم:

$$q_2 = q_1 + 10/8 \text{ nC} = 3.6 + 10/8 = 14/4 \text{ nC}$$

گام چهارم: نسبت بار ذخیره شده در حالت‌های دوم و اول را می‌نویسیم:

$$\frac{q_2}{q_1} = \frac{C_2}{C_1} \times \frac{V_2}{V_1} \Rightarrow \frac{q_2}{q_1} = \frac{C_2}{C_1} \quad \text{فقط فاصله تغییر کرده است.} \quad \frac{q_2}{q_1} = \frac{d_1}{d_2} \Rightarrow \frac{14/4}{3.6} = \frac{4}{d_2} \Rightarrow d_2 = 1 \text{ mm}$$

$$d_2 - d_1 = 1 - 4 = -3 \text{ mm}$$

بنابراین، فاصله بین صفحات خازن ۳ mm کاهش می‌یابد.

خازن مسطحی با دی الکتریک هوا به یک باتری بسته شده است و اندازه میدان الکتریکی بین صفحات آن برابر E است. در همین حالت، فاصله بین صفحات خازن را ۲ برابر می‌کنیم، سپس خازن را از باتری جدا کرده و فاصله بین صفحات را به مقدار اولیه می‌رسانیم. اندازه میدان الکتریکی بین صفحات خازن در این حالت چند برابر E است؟

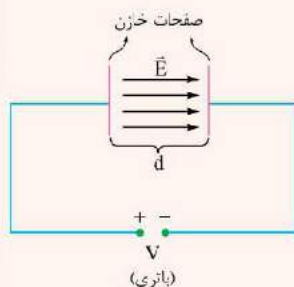
- (۱) ۲
(۲) ۱
(۳) $\frac{1}{2}$
(۴) $\frac{1}{4}$

پاسخ: گزینه ۳

مشاوره برای محاسبه میدان الکتریکی بین صفحات خازن دو رابطه $E = \frac{V}{d}$ و $E = \frac{q}{\kappa \epsilon_0 A}$ قابل استفاده است و با توجه به شرایط سؤال از یکی از آن‌ها استفاده می‌کنیم. مثلاً اگر می‌خواهیم میدان الکتریکی صفحات خازن را در حالتی مقایسه کنیم که صفحات خازن از هم جدا شده و بار ذخیره شده در خازن ثابت است، رابطه $E = \frac{q}{\kappa \epsilon_0 A}$ کاربردی است.

خوب حل کنی بهتره به کمک رابطه $E = \frac{V}{d}$ ، نسبت میدان الکتریکی در حالت اول و دوم را محاسبه کنید. سپس نسبت میدان الکتریکی در حالت سوم به حالت دوم را به کمک رابطه $E = \frac{q}{\kappa \epsilon_0 A}$ به دست آورید. این که چرا از دو رابطه متفاوت برای مقایسه میدان استفاده شده است، سفرهای خود را بسوزانید.

درس نامه می‌دانیم در فضای بین دو صفحه موازی با بارهای هم‌اندازه و ناهم‌نام، میدان الکتریکی یکنواخت ایجاد می‌شود. همین اتفاق را بین صفحات خازن مشاهده می‌کنیم.



شکل مقابل یک خازن را در یک مدار نشان می‌دهد، برای محاسبه میدان الکتریکی بین دو صفحه خازن داریم:

$$E = \frac{V}{d} \rightarrow (V) \text{ اختلاف پتانسیل بین دو صفحه خازن} \rightarrow (m) \text{ فاصله صفحات خازن}$$

از طرفی می‌دانیم $V = \frac{q}{C}$ ، بنابراین داریم:

$$E = \frac{q}{Cd} = \frac{q}{C d} \xrightarrow{C = \kappa \frac{\epsilon_0 A}{d}} E = \frac{q}{\kappa \epsilon_0 A}$$

نکته تا زمانی که خازن به یک باتری متصل است، اختلاف پتانسیل دو سر خازن ثابت و برابر با اختلاف پتانسیل دو سر باتری خواهد بود.

نکته زمانی که خازن پر شده‌ای را از باتری جدا می‌کنیم، دیگر امکان انتقال بار الکتریکی بین صفحات خازن و باتری وجود ندارد و بار ذخیره شده در خازن ثابت می‌ماند.

پاسخ تشریحی گام اول: در مرحله اول، خازن به باتری وصل است و اختلاف پتانسیل دو سر خازن ثابت است، به همین دلیل برای مقایسه

$$\frac{E_r}{E_1} = \frac{V_r}{V_1} \times \frac{d_1}{d_r} \xrightarrow{E_1=E, d_r=2d_1} \frac{E_r}{E} = \frac{d_1}{2d_1} \Rightarrow E_r = \frac{E}{2}$$

گام دوم: در مرحله دوم، خازن را از باتری جدا می‌کنیم؛ بنابراین بار ذخیره شده در خازن ثابت می‌ماند، به همین دلیل برای مقایسه میدان

$$\frac{E_r}{E_1} = \frac{q_r}{q_1} \times \frac{\kappa_r}{\kappa_1} \times \frac{A_r}{A_1} \Rightarrow \frac{E_r}{E_1} = 1 \Rightarrow E_r = E_1 = \frac{E}{2}$$

تست و پاسخ 24

برای راه اندازی یک دستگاه الکتریکی باید انرژی الکتریکی با آهنگ متوسط 10 kW توسط یک خازن در آن تخلیه شود. اگر ولتاژ متصل به دستگاه 200 V و مدت زمان تخلیه انرژی 5 ms باشد، باید از خازنی با ظرفیت چند میلی فاراد استفاده شود؟

$$\frac{U}{t} = 10 \text{ kW}$$

۱۲۵ (۴)

۰/۱۲۵ (۳)

۲۵۰ (۲)

۰/۲۵ (۱)

پاسخ: گزینه ۱

مشاوره لطفاً به یکای کمیت‌ها احترام بگذارید و مراقب باشید طراح در نهایت از شما چه چیزی خواسته است و حتماً دور آن خط بکشید، در این سوال خواسته طراح ظرفیت خازن بر حسب میلی فاراد است.

خوبت حل کنی بهتره ابتدا انرژی ذخیره شده در خازن را به کمک رابطه $\bar{P} = \frac{U}{\Delta t}$ به دست آورید و در نهایت برای محاسبه ظرفیت خازن از رابطه $U = \frac{1}{2} CV^2$ استفاده کنید.

درس نامه ۱۰۰ (۱) انرژی خازن

زمانی که یک خازن خالی به باتری وصل می‌شود، به سبب اختلاف پتانسیل بین پایانه‌های باتری و صفحات خازن، باتری بر روی بار q کار انجام می‌دهد تا صفحات خازن پر شود؛ بنابراین انرژی باتری کم می‌شود و به صورت انرژی پتانسیل الکتریکی در میدان الکتریکی فضای بین صفحه‌های خازن ذخیره می‌شود. انرژی ذخیره شده در خازن از طریق روابط زیر به دست می‌آید:

$$U = \frac{1}{2} qV \quad (\text{I})$$

$$U = \frac{1}{2} CV^2 \quad (\text{II})$$

$$U = \frac{q^2}{2C} \quad (\text{III})$$

توجه در رابطه (I)، می‌تواند انرژی ذخیره شده بر حسب (μJ)، بار الکتریکی ذخیره شده بر حسب (μC) و اختلاف پتانسیل دو سر خازن بر حسب (V) باشد.

در رابطه (II)، می‌توانیم انرژی ذخیره شده را بر حسب (μJ)، ظرفیت خازن را بر حسب (μF) و اختلاف پتانسیل را بر حسب (V) قرار دهیم. در رابطه (III)، می‌توانیم بار الکتریکی ذخیره شده را بر حسب (μC) و ظرفیت خازن را بر حسب (μF) قرار دهیم و در نهایت انرژی ذخیره شده بر حسب (μJ) به دست می‌آید.

(۲) توان الکتریکی خازن

$$\bar{P} = \frac{U}{\Delta t}$$

اگر انرژی خازن (U) در مدت Δt تخلیه شود، توان متوسط خروجی خازن از رابطه روبه‌رو را به دست آورید:

پاسخ تشریحی گام اول: طبق رابطه $\bar{P} = \frac{U}{\Delta t}$ ، انرژی ذخیره شده در خازن را به دست می‌آوریم: $10 \times 10^3 = \frac{U}{0.005} \Rightarrow U = 50 \text{ J}$

گام دوم: ظرفیت خازن به راحتی به دست می‌آید: $U = \frac{1}{2} CV^2 \Rightarrow 50 = \frac{1}{2} C \times (200)^2 \Rightarrow C = \frac{100}{(200)^2} = 0.0025 \text{ F} = 2.5 \text{ mF}$

تست و پاسخ 25

اختلاف پتانسیل ثابت است.

خازنی که فضای بین صفحات آن هوا است، به باتری متصل و انرژی ذخیره شده در آن U است. اگر بدون جدا کردن آن از باتری، فضای بین صفحات خازن را با عایقی با ثابت دی‌الکتریک κ به طور کامل پر کنیم، انرژی الکتریکی ذخیره شده در خازن U' می‌شود و اگر خازن را ابتدا از باتری جدا کرده و سپس فضای بین صفحاتش را با ماده‌ای با ثابت دی‌الکتریک κ به طور کامل پر کنیم، انرژی ذخیره شده در آن U'' می‌شود.

حاصل $\frac{U''}{U'}$ کدام است؟

بار ذخیره شده در خازن ثابت است.

κ^2 (۴)

$\frac{1}{\kappa^2}$ (۳)

κ (۲)

$\frac{1}{\kappa}$ (۱)

پاسخ: گزینه ۳

مشاوره در سؤال‌های چند قسمتی، ابتدا تمام تمرکز ذهنی خود را درگیر کل سؤال نکنید. ابتدا سؤال را به بخش‌های مختلف تقسیم کنید و هر قسمت را جداگانه تحلیل کنید.

خودت حل کنی بهتره در حالت اول به کمک رابطه $U = \frac{1}{4} CV^2$ نسبت U به U' را بیابید، سپس به کمک رابطه $U = \frac{q^2}{2C}$ ، نسبت U'' به U را بیابید و در نهایت نسبت $\frac{U''}{U'}$ را به دست آورید.

درس نامه درس نامه (۱) تست ۹۹ و نکات درس نامه تست ۹۸ را بخوانید.

پاسخ تشریحی گام اول: در حالت اول، خازن به باتری وصل است؛ پس اختلاف پتانسیل دو سر خازن ثابت است، بنابراین برای مقایسه انرژی

$$\frac{U'}{U} = \frac{C'}{C} \times \left(\frac{V'}{V}\right)^2 \Rightarrow \frac{U'}{U} = \frac{C'}{C} = \frac{\kappa}{1} \Rightarrow U' = \kappa U$$

ذخیره شده در خازن از رابطه $U = \frac{1}{4} CV^2$ استفاده می‌کنیم:

گام دوم: در حالت دوم، خازن را از باتری جدا می‌کنیم؛ پس بار ذخیره شده در خازن ثابت می‌ماند، بنابراین برای مقایسه انرژی ذخیره شده در

$$\frac{U''}{U} = \left(\frac{q''}{q}\right)^2 \times \left(\frac{C}{C''}\right) \Rightarrow \frac{U''}{U} = \frac{1}{\kappa} \Rightarrow U'' = \frac{U}{\kappa}$$

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

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

گام سوم: نسبت U'' به U' به راحتی به دست می‌آید و داریم:

سری الکتریسته مالشی

انتهای مثبت سری

موی انسان

شیشه

نایلون

پوست انسان

برنج، نقره

تفلون

انتهای منفی سری



تست و پاسخ 26

دانش آموزی یک میله فلزی از جنس برنج را با یک دستکش عایق نسبتاً ضخیم، در دست گرفته و به موهای خود مالش می‌دهد، سپس آن را به الکتروسکوپ نشان داده شده در شکل روبه‌رو نزدیک می‌کند. در این صورت:

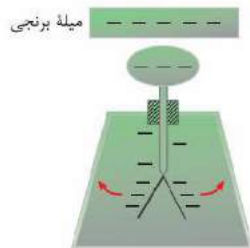
- (۱) میله برنجی دارای بار مثبت می‌شود و ورقه‌های الکتروسکوپ ابتدا بسته و سپس دوباره باز می‌شوند.
- (۲) میله برنجی دارای بار منفی می‌شود و ورقه‌های الکتروسکوپ باز تر می‌شوند.
- (۳) جسم رسانا از طریق مالش باردار نمی‌شود و وضعیت ورقه‌ها تغییر محسوسی ندارد.
- (۴) میله برنجی دارای بار منفی می‌شود و ورقه‌های الکتروسکوپ ابتدا بسته شده و مجدداً باز می‌شوند.

پاسخ: گزینه ۲

مشاوره بهتر است، قبل از پاسخ دادن به این‌گونه سؤال‌ها، ابتدا با مفهوم بار الکتریکی و روش‌های انتقال آن آشنا شوید.

خودت حل کنی بهتره با توجه به ویژگی‌های اجسامی که در اثر مالش باردار می‌شوند و نیز سری الکتریسته مالشی (تریبوالکتریک) می‌توانید به این سؤال پاسخ دهید.

حواستون باشه در انتقال بار الکتریکی، این الکترون‌ها (بارهای منفی) هستند که جابه‌جا می‌شوند، نه پروتون‌ها (بارهای مثبت)!



پاسخ تشریحی **گام اول:** با توجه به سری الکتریسیته مالشی (تریبالکتریک) که بخشی از آن در صورت سؤال آمده است، میله برنجی که در بخش پایین‌تری نسبت به موی انسان قرار دارد در اثر مالش، بار منفی پیدا می‌کند؛ پس ۱ و ۳ نادرست هستند. نکته (۱) نیز دلیل دیگری برای نادرست بودن ۳ است. **گام دوم:** با توجه به نکته (۲)، این الکتروسکوپ چون بار منفی دارد، در صورتی ورقه‌های آن می‌توانند بسته و مجدداً باز شوند که بار میله برنجی مثبت باشد؛ پس ۴ نیز نادرست است. **گام سوم:** میله برنجی با بار منفی‌ای که دارد، الکترون‌های بیشتری را به سمت ورقه‌های الکتروسکوپ هدایت می‌کند و در نتیجه رانش الکتریکی بین ورقه‌ها بیشتر شده و از هم بازتر می‌شوند.

تست و پاسخ 27

قانون کولن

اصل کوانتیده‌بودن بار الکتریکی

دو کرهٔ رسانای کوچک با بارهای الکتریکی $q_1 = +8 \mu\text{C}$ و $q_2 = +4 \mu\text{C}$ به فاصلهٔ 1 m از یکدیگر قرار دارند. چه تعداد الکترون از کره با بار q_2 برداریم و به دیگری منتقل کنیم تا در همان فاصلهٔ قبلی، بزرگی نیروی رانشی

آن‌ها بر هم به اندازهٔ 0.108 N کم شود؟ ($e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ و $k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}$)

۱/۲۵ × ۱۰^{۱۳} (۴)

۷/۵ × ۱۰^{۱۳} (۳)

۳/۷۵ × ۱۰^{۱۳} (۲)

۲/۵ × ۱۰^{۱۳} (۱)

پاسخ: گزینه ۲

مشاوره رابطهٔ قانون کولن یکی از اساسی‌ترین فرمول‌های فیزیک ۲ است و به ندرت می‌توان یک آزمون را در کنکورهای سراسری سال‌های اخیر پیدا کرد که رد پای قانون کولن در آن نباشد. اما این تست، خیلی خاص است و نکته‌های جذابی در پاسخ آن هست که حتماً از دستش ندهید.

خودت حل کنی بهتره با استفاده از قانون کولن، اندازهٔ نیروی الکتریکی بین دو کره را در حالت‌های اول و دوم به دست آورید، سپس با استفاده از بار انتقال یافته، تعداد الکترون‌ها را محاسبه کنید.

پاسخ تشریحی **گام اول:** اندازهٔ نیروی الکتریکی بین دو کرهٔ رسانا را در حالت اول پیدا می‌کنیم:

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{8 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{1^2} = 0.288 \text{ N}$$

توجه دو کرهٔ رسانا در حدی کوچک فرض می‌شوند که می‌توان آن‌ها را ذره‌ای یا نقطه‌ای در نظر گرفت.

گام دوم: با معلوم بودن مقدار کاهش نیرو، در حالت دوم نیروی بین دو کره رسانا (F') را به دست می آوریم:

$$F' = F - 0.18 = 0.288 - 0.18 = 0.18 \text{ N}$$

گام سوم: با توجه به نکته های ۳ و ۴ درس نامه، باید از یکی از کره ها آن قدر الکترون گرفته شود و به کره دیگر منتقل شود تا اختلاف اندازه این دو بار بیشتر شده و نیروی الکتریکی بین آن ها کاهش یابد. اگر بار انتقال یافته q باشد، داریم:

$$F' = k \frac{(q_1 - q)(q_2 + q)}{r^2} \Rightarrow 0.18 = 9 \times 10^9 \times \frac{(\lambda - q) \times 10^{-6} \times (\epsilon + q) \times 10^{-6}}{1^2}$$

$$180 = 9(\lambda - q)(\epsilon + q) \Rightarrow q^2 - 4q - 12 = 0 \Rightarrow \begin{cases} q = -2 \mu\text{C} \\ q = +6 \mu\text{C} \end{cases}$$

یعنی یا باید از کره با بار q_1 ، به اندازه $2 \mu\text{C}$ بگیریم و به q_2 بدهیم یا این که از کره با بار q_2 به اندازه $6 \mu\text{C}$ برداریم و به بار q_1 منتقل کنیم.

تذکره چون بار الکترون منفی است؛ پس بار انتقال یافته بین دو کره باید منفی باشد.

$$n_1 = \frac{-q}{e} = \frac{2 \times 10^{-6}}{1.6 \times 10^{-19}} \Rightarrow n = 1.25 \times 10^{13} \rightarrow \text{تا } 1.25 \times 10^{13} \text{ الکترون از کره با بار } q_1 \text{ به دیگری منتقل می کنیم}$$

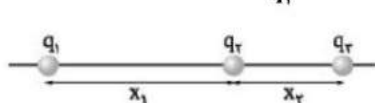
$$n_2 = \frac{-q}{e} = \frac{6 \times 10^{-6}}{1.6 \times 10^{-19}} \Rightarrow n_2 = 3.75 \times 10^{13} \rightarrow \text{تا } 3.75 \times 10^{13} \text{ الکترون از کره با بار } q_2 \text{ به دیگری منتقل می کنیم}$$

در صورت سؤال تعداد الکترونی که باید از کره با بار q_2 به دیگری منتقل شود خواسته؛ پس ۲ را انتخاب می کنیم.

تست و پاسخ 28

قانون کولن

در شکل زیر، نیروی الکتریکی خالص وارد بر هر بار الکتریکی صفر است. اگر نسبت $\frac{q_1}{q_3}$ برابر ۴ باشد، نسبت $\frac{q_2}{q_3}$ کدام است؟



$$\frac{9}{4} \quad (2)$$

$$9 \quad (4)$$

$$-\frac{9}{4} \quad (1)$$

$$-9 \quad (3)$$

پاسخ: گزینه ۱

مشاوره این تیپ سؤال از قانون کولن، در کنکورهای مختلف به دفعات تکرار شده است. نمونه های آن کنکور تیرماه ۱۴۰۱ رشته تجربی و کنکور ۱۴۰۰ در هر دو رشته ریاضی و تجربی است.

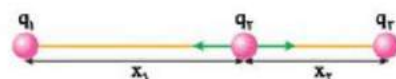
خودت حل کنی بهتره ابتدا با استفاده از تعادل بار q_2 ، رابطه بین x_1 و x_2 را به دست آورید، سپس با استفاده از تعادل بار q_1 ، رابطه بین q_2 و q_3 را حساب کنید.

درس نامه اگر دو بار ذره ای q_A و q_B به فاصله معینی از یکدیگر قرار گیرند و بخواهیم نقطه ای را روی خط واصل دو بار یا امتداد آن تعیین کنیم به گونه ای که بار سوم q_C در آن جا به حال تعادل بماند (نیروی خالص وارد بر آن صفر شود)، در صورتی که q_A و q_B هم علامت باشند نقطه مورد نظر، بین آن دو و اگر غیرهم علامت باشند، خارج از فاصله بین آن دو قرار می گیرد و در هر دو حالت، به باری نزدیکتر است که اندازه آن کوچکتر است.

در واقع باید از طرف بارهای q_A و q_B دو نیروی هم اندازه، اما در جهت مخالف بر بار q_C وارد شود.

نکته ۱ درس نامه تست ۹۷ را نیز بخوانید.

پاسخ تشریحی گام اول، با استفاده از نسبت $\frac{q_1}{q_3}$ ، رابطه بین x_1 و x_2 را پیدا می کنیم:



با توجه به متن سؤال، q_1 و q_2 هم‌علامت هستند. البته این موضوع با توجه به این‌که بار q_2 بین دو بار q_1 و q_3 در حال تعادل است نیز معلوم می‌شود:

$$F_{12} = F_{23} \Rightarrow k \frac{|q_1| |q_2|}{x_1^2} = k \frac{|q_2| |q_3|}{x_2^2} \Rightarrow \frac{|q_1|}{|q_2|} = \frac{x_1^2}{x_2^2} \Rightarrow 4 = \left(\frac{x_1}{x_2}\right)^2 \Rightarrow x_1 = 2x_2$$



گام دوم: برای تعیین نسبت بین q_2 و q_3 ، کافی است اندازه دو نیروی وارد بر بار q_2 یعنی F_{21} و F_{23} را مساوی قرار دهیم:

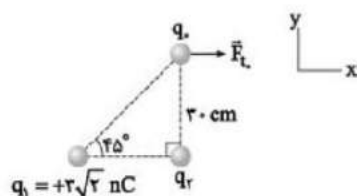
$$F_{21} = F_{23} \Rightarrow k \frac{|q_2| |q_1|}{(2x_2)^2} = k \frac{|q_2| |q_3|}{(x_2)^2} \Rightarrow \frac{|q_1|}{4x_2^2} = \frac{|q_3|}{x_2^2} \Rightarrow \frac{|q_1|}{|q_3|} = \frac{4}{1}$$

حواستون باشه q_2 و q_3 غیرهم‌علامت هستند؛ زیرا بار q_1 خارج از فاصله بین آن دو در حال تعادل است، یعنی $\frac{q_2}{q_3} = -\frac{4}{1}$. اگر به این نکته توجه نکنید ممکنه به اشتباه ۲ را انتخاب کنید.

تکنیک با توجه به هم‌علامت بودن q_1 و q_2 ، نیروی \vec{F}_{12} به طرف راست است؛ پس \vec{F}_{23} باید به سمت چپ باشد تا بار q_2 در تعادل بماند. در نتیجه q_2 و q_3 غیرهم‌علامت هستند و از ابتدا ۲ و ۳ حذف می‌شوند.

تست و پاسخ 29

در شکل زیر، اگر نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار $q_2 = (+2 \mu\text{N})\hat{i}$ باشد، q_2 چند نانوکولن است؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}$)



قانون کولن

۱/۵ (۱)

۳ (۲)

۱/۵ (۳)

۳ (۴)

پاسخ: گزینه ۱

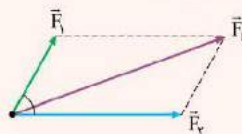
مشاوره بهتر است قبل از حل تست‌های مربوط به قانون کولن، مطالب مربوط به نیروی خالص (برایند)، بردارهای یک‌ه و مفاهیم اولیه مثلثات را مرور کنید. اگر روی این مفاهیم مسلط باشید، راحت‌تر و با سرعت بیشتری تست‌های مربوط به قانون کولن را حل خواهید کرد.

خودت حل کنی بهتره ابتدا جهت نیروهای وارد بر بار q_2 را مشخص کنید، سپس با استفاده از قانون کولن، اندازه بار q_1 را محاسبه کنید. در انتها با به دست آوردن F_{23} بار q_2 را به دست آورید.

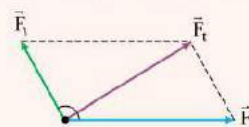
درس نامه ..

نکته ۱ قاعده متوازی‌الاضلاع در تعیین نیروی خالص (برایند نیروها):

فرض کنید دو نیروی \vec{F}_1 و \vec{F}_2 در راستاهای مختلف بر یک ذره اثر می‌کنند. اگر از انتهای هر نیرو، خطی موازی و مساوی با نیروی دیگر رسم کنیم تا یک متوازی‌الاضلاع تشکیل شود، نیروی خالص \vec{F}_t از ذره رو به خارج و در راستای قطر متوازی‌الاضلاع است.



یا



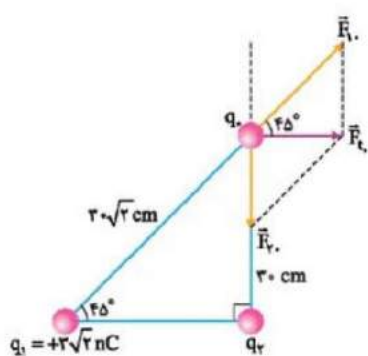
توجه این نکته که در مورد نیروها مطرح شد، در مورد هر کمیت برداری دیگر مانند میدان الکتریکی، میدان مغناطیسی و ... نیز به کار می‌رود.

نکته ۲ مطلب تجزیه یک بردار، به دو مؤلفه عمود برهم در درس ریاضی را مرور کنید.

● نکته ۱ درس‌نامه تست ۹۷ را نیز بخوانید.

پاسخ تشریحی گام اول: با استفاده از یک رابطه ریاضی ساده، فاصله q_1 تا q_0 به دست می آید:

$$\sin 45^\circ = \frac{r_0}{r_1} \Rightarrow r_1 = \frac{r_0}{\sin 45^\circ} = \frac{3}{\frac{\sqrt{2}}{2}} = 3\sqrt{2} \text{ cm}$$



گام دوم: با توجه به شکل و نکته ۱، نیروهای \vec{F}_1 و \vec{F}_2 باید در جهت‌های نشان داده شده باشند تا نیروی خالص (برایند) آن‌ها که \vec{F}_0 است، به طرف راست قرار گیرد.

بنابراین q_1 و q_0 باید هم‌نام باشند تا نیروی بین آن‌ها رانشی باشد؛ یعنی $q_1 > 0$ است. از طرفی q_2 و q_0 باید غیرهم‌نام باشند تا نیروی بین آن‌ها ربایشی باشد؛ یعنی $q_2 < 0$ است. به این ترتیب ۳ و ۴ حذف می‌شوند.

گام سوم: با توجه به شکل، نیروی \vec{F}_0 در راستای افقی هیچ مؤلفه‌ای ندارد؛ پس نیروی \vec{F}_1 ناشی از مؤلفه افقی نیروی \vec{F}_2 است.

$$F_1 = F_2 \cos 45^\circ$$

$$F_1 = k \frac{|q_1| |q_0|}{r_1^2} \cos 45^\circ$$

با استفاده از نکته ۱ در درس‌نامه تست ۹۷ (قانون کولن) می‌توان نوشت:

$$\Rightarrow 2 \times 10^{-6} = 9 \times 10^9 \times \frac{3\sqrt{2} \times 10^{-9} \times q_0}{(3\sqrt{2} \times 10^{-2})^2} \times \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow 2 \times 10^{-6} = \frac{9 \times 3 \times q_0}{9 \times 2 \times 10^{-2}} \Rightarrow q_0 = \frac{4}{3} \times 10^{-8} \text{ C} \Rightarrow q_0 = \frac{40}{3} \text{ nC}$$

گام چهارم: نیروی \vec{F}_2 با مؤلفه قائم نیروی \vec{F}_1 خنثی می‌شود.

$$\left. \begin{aligned} F_2 &= F_1 \sin 45^\circ \\ F_1 &= F_2 \cos 45^\circ \end{aligned} \right\} \Rightarrow F_1 = F_2 = 2 \times 10^{-6} \text{ N}$$

$$F_2 = k \frac{|q_2| |q_0|}{r_2^2}$$

با استفاده از قانون کولن داریم:

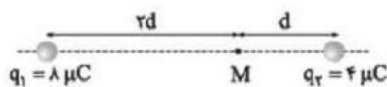
$$\Rightarrow 2 \times 10^{-6} = 9 \times 10^9 \times \frac{|q_2| \times \frac{40}{3} \times 10^{-9}}{(3 \times 10^{-2})^2} \Rightarrow 2 \times 10^{-6} = \frac{9 \times |q_2| \times \frac{40}{3}}{9 \times 10^{-2}} \Rightarrow |q_2| = \frac{2 \times 10^{-8}}{\frac{40}{3}} = 1/5 \times 10^{-9} \text{ C}$$

$$\Rightarrow q_2 = -1/5 \text{ nC}$$

حواستون باشه اگر قدم‌مطلق را برای q_2 نگذاریم، ممکن است در پایان حل فراموش کنیم که بار q_2 باید منفی باشد و به اشتباه ۳ را انتخاب کنیم.

تست و پاسخ 30

در شکل زیر، بزرگی میدان الکتریکی حاصل از دو بار نقطه‌ای q_1 و q_2 در نقطه M برابر E است. اگر بار $q_1 = -16 \mu\text{C}$ را به بار q_2 اضافه کنیم، بزرگی میدان الکتریکی خالص در نقطه M چند E می‌شود؟



۲ (۲)

۱ (۱)

۴ (۴)

۳ (۳)

پاسخ: گزینه ۳

مشاوره رابطه میدان الکتریکی ناشی از ذره باردار، از فرمول‌های پُر کاربرد فیزیک ۲ است. در کنکور به احتمال خیلی زیاد با آن روبه‌رو خواهید شد.

خودت حل کنی بهتره جهت میدان‌های الکتریکی ناشی از بارهای الکتریکی q_1 و q_2 را در نقطه M مشخص کرده و نسبت اندازه آن‌ها را تعیین کنید، سپس میدان الکتریکی برابند در نقطه M را در دو حالت به دست آورده و نسبت آن‌ها را تعیین کنید.

درس نامه

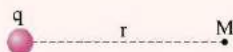
$$E = k \frac{|q|}{r^2}$$

نکات ۱ بزرگی میدان الکتریکی حاصل از ذره باردار q در فاصله r از آن، با رابطه مقابل به دست می‌آید:

$E =$ بزرگی یا اندازه میدان الکتریکی (N/C)

$$k = \text{ثابت کولن} = \left(\frac{N \cdot m^2}{C^2} \right) = 9 \times 10^9$$

$q =$ بار الکتریکی ذره (C)



$r =$ فاصله بار q تا نقطه‌ای مانند M که میدان الکتریکی را در آن نقطه می‌خواهیم. (m)

۲ جهت میدان الکتریکی در نقطه دلخواه M از بار مثبت رو به خارج و به سوی بار منفی است.



۳ برای مقایسه اندازه دو میدان الکتریکی مختلف می‌توان نوشت:

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{k \frac{|q_2|}{r_2^2}}{k \frac{|q_1|}{r_1^2}} = \frac{|q_2|}{|q_1|} \times \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2$$

۴ براساس اصل برهم‌نهی میدان‌های الکتریکی، اگر چند میدان الکتریکی در یک نقطه وجود داشته باشند، برای به دست آوردن میدان الکتریکی خالص باید آن‌ها را جمع برداری کنیم.

پاسخ تشریحی گام اول: با توجه به نکته ۲، میدان‌های الکتریکی \vec{E}_1 و \vec{E}_2 ناشی از بارهای الکتریکی q_1 و q_2 را در نقطه M رسم می‌کنیم:



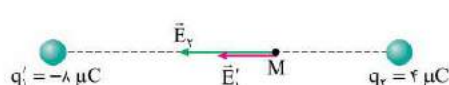
گام دوم: با استفاده از نکته ۳، نسبت اندازه این دو میدان الکتریکی را به دست می‌آوریم:

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{|q_2|}{|q_1|} \times \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2 = \frac{8}{4} \times \left(\frac{2d}{d} \right)^2 = 2 \times 4 = 8 \Rightarrow E_2 = 8E_1$$

گام سوم: با توجه به نکته ۴، اندازه میدان الکتریکی خالص در نقطه M به دست می‌آید:

$$q'_1 = 8 + (-16) = -8 \mu C$$

گام چهارم: اگر بار $16 \mu C$ را به بار q_1 اضافه کنیم:



میدان الکتریکی \vec{E}_2 نسبت به حالت اول هیچ تغییری ندارد. میدان الکتریکی \vec{E}'_1 نیز با میدان الکتریکی \vec{E}_1 هم‌اندازه است، ولی جهت آن برعکس می‌شود.

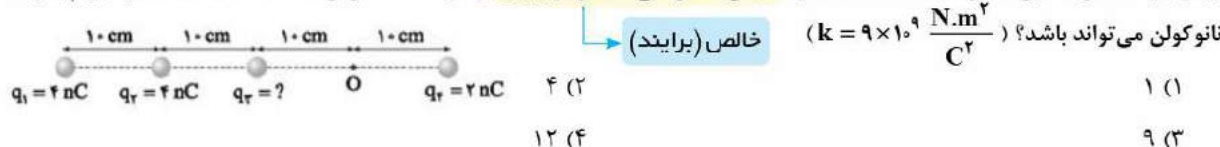
گام پنجم: اندازه میدان الکتریکی خالص در نقطه M را در حالت دوم محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{E'}{E_1} = \frac{8E_1}{E_1} = 8$$

حواستون باشه برای تعیین اندازه و جهت میدان الکتریکی در یک نقطه، لزومی ندارد که در آن نقطه بار الکتریکی وجود داشته باشد.

تست و پاسخ 31

چهار بار نقطه‌ای مطابق شکل ثابت شده‌اند. اندازه میدان الکتریکی حاصل از چهار بار در نقطه O برابر $400 N/C$ است. اندازه بار q_3 چند



خالص (برایند)

$$(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})$$

۱ (۱)

۹ (۳)

۱۲ (۴)

پاسخ: گزینه ۱

خودت حل کنی بهتره میدان‌های الکتریکی ناشی از بارهای q_1, q_2, q_3 را در نقطه O به دست آورید، سپس با داشتن میدان الکتریکی برابند، میدان الکتریکی حاصل از بار q_3 و اندازه بار q_3 به دست می‌آیند.

درس نامه

نکته‌های ۱، ۲ و ۴ از درس‌نامه تست ۱۰۰ مطالعه شوند.

پاسخ تشریحی گام اول: اندازه و جهت هر یک از میدان‌های الکتریکی حاصل از بارهای مثبت q_1, q_2, q_3 را در نقطه O مشخص می‌کنیم. در هر سه مورد میدان الکتریکی حاصل رو به خارج از بار مورد نظر است.

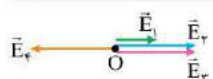
$$E_1 = k \frac{|q_1|}{r_1^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-9}}{(0.2)^2} = 900 \text{ N/C} \Rightarrow \vec{E}_1 = 900 \vec{i}$$

$$E_2 = k \frac{|q_2|}{r_2^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-9}}{(0.2)^2} = 900 \text{ N/C} \Rightarrow \vec{E}_2 = 900 \vec{i}$$

$$E_3 = k \frac{|q_3|}{r_3^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-9}}{(0.1)^2} = 1800 \text{ N/C} \Rightarrow \vec{E}_3 = -1800 \vec{i}$$

گام دوم: اندازه و جهت میدان الکتریکی \vec{E}_T را تعیین می‌کنیم:

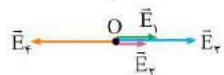
توجه این سؤال می‌تواند دو جواب داشته باشد.



الف) میدان الکتریکی خالص به طرف راست باشد:

$$\vec{E}_T = 900 \vec{i} \Rightarrow 900 \vec{i} = 900 \vec{i} + 900 \vec{i} + \vec{E}_3 \Rightarrow \vec{E}_3 = 900 \vec{i}$$

$$E_3 = k \frac{|q_3|}{r_3^2} \Rightarrow 900 = 9 \times 10^9 \times \frac{|q_3|}{(0.1)^2} \Rightarrow |q_3| = 10^{-9} \text{ C} = 1 \text{ nC}$$



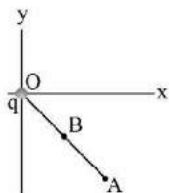
ب) میدان الکتریکی خالص به طرف چپ باشد:

$$\vec{E}_T = -900 \vec{i} \Rightarrow -900 \vec{i} = 900 \vec{i} + 900 \vec{i} + \vec{E}_3 \Rightarrow \vec{E}_3 = -1800 \vec{i}$$

در این حالت $|q_3| = \frac{1}{9} \text{ nC}$ به دست می‌آید که در گزینه‌ها وجود ندارد.

تست و پاسخ 32

بردار میدان حاصل از بار الکتریکی q در نقطه A به صورت $\vec{E}_A = (2 \times 10^5 \text{ N/C})\vec{i} + (-1/5 \times 10^5 \text{ N/C})\vec{j}$ است. اگر بار $5 \mu\text{C}$ را در نقطه B (وسط پاره خط OA) قرار دهیم، نیروی وارد بر این بار بر حسب بردارهای یک‌گانه کدام است؟



نیروی ناشی از میدان الکتریکی

(۱) $(-8 \text{ N})\vec{i} + (6 \text{ N})\vec{j}$

(۲) $(4 \text{ N})\vec{i} + (-3 \text{ N})\vec{j}$

(۳) $(8 \text{ N})\vec{i} + (-6 \text{ N})\vec{j}$

(۴) $(-4 \text{ N})\vec{i} + (3 \text{ N})\vec{j}$

پاسخ: گزینه ۴

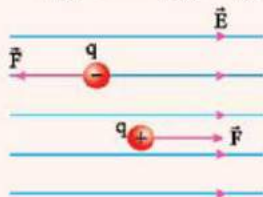
مشاوره همان‌طور که می‌بینید، بردارهای یک‌گانه نقش پر رنگی در این تست دارند؛ پس بهتر است با ماهیت و کاربرد آن‌ها به خوبی آشنا باشید. میدان الکتریکی حاصل از بار نقطه‌ای با بردارهای یک‌گانه، در کنکور تیرماه ۱۴۰۱ رشته ریاضی نیز مطرح شده بود.

خودت حل کنی بهتره رابطه بین اندازه میدان الکتریکی حاصل از بار q در نقاط A و B را مشخص کنید، سپس \vec{E}_B را محاسبه کنید و از روی آن \vec{F}_B را به دست آورید.

تکنیک میدان‌های الکتریکی \vec{E}_A و \vec{E}_B هم‌سو هستند. علاوه بر این، بار قرار گرفته در نقطه B منفی است؛ بنابراین نیروی وارد بر آن در خلاف جهت \vec{E}_A است، یعنی پاسخ به صورت $(-\vec{i} + 0\vec{j})$ است. پس می‌توان از ابتدا (۲) و (۳) را حذف کرد.

درس نامه

نکات (۱) اگر بار ذره‌ای q در میدان الکتریکی \vec{E} قرار گیرد، نیروی الکتریکی \vec{F} بر آن وارد می‌شود که از رابطه زیر به دست می‌آید:



$$\vec{F} = q\vec{E}$$

$E =$ اندازه میدان الکتریکی (N/C)

$q =$ بار الکتریکی ذره (C)

$F =$ اندازه نیرو (N)

اگر $q > 0$ باشد، \vec{F} و \vec{E} هم‌جهت هستند.

اگر $q < 0$ باشد، \vec{F} و \vec{E} در خلاف جهت هم هستند.

$$(F_x \vec{i} + F_y \vec{j}) = q(E_x \vec{i} + E_y \vec{j})$$

(۲) بردارهای نیرو و میدان الکتریکی را می‌توان برحسب بردارهای یگه نوشت:

نکته ۳ درس‌نامه تست ۱۰۰ را بخوانید.

پاسخ تشریحی گام اول: ابتدا اندازه میدان الکتریکی حاصل از بار q را در نقطه B به دست می‌آوریم.

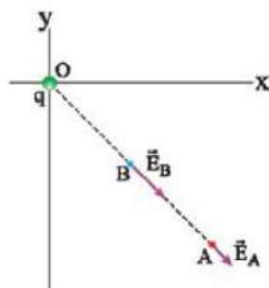
نقطه B در وسط پاره‌خط OA قرار دارد؛ پس:

$$r_B = \frac{1}{2} r_A$$

چون اندازه میدان الکتریکی با مربع فاصله از بار نسبت وارون دارد؛ پس:

$$\frac{E_B}{E_A} = \left(\frac{r_A}{r_B}\right)^2 = \left(\frac{r_A}{\frac{1}{2}r_A}\right)^2 = 4 \Rightarrow E_B = 4E_A$$

گام دوم: چون نقطه B روی پاره‌خط OA قرار دارد، جهت میدان الکتریکی حاصل از بار q در نقاط A و B یکسان است.



$$\vec{E}_B = 4\vec{E}_A = 4[(2 \times 10^5 \text{ N/C})\vec{i} - (1 \times 10^5 \text{ N/C})\vec{j}]$$

$$\vec{E}_B = (8 \times 10^5 \text{ N/C})\vec{i} - (4 \times 10^5 \text{ N/C})\vec{j}$$

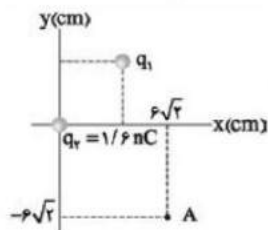
گام سوم: نیروی وارد بر بار $q' = -5 \mu\text{C}$ را در نقطه B به دست می‌آوریم:

$$\vec{F}_B = q'\vec{E}_B = -5 \times 10^{-6} \text{ C} [(8 \times 10^5 \text{ N/C})\vec{i} - (4 \times 10^5 \text{ N/C})\vec{j}] \Rightarrow \vec{F}_B = (-4 \text{ N})\vec{i} + (2 \text{ N})\vec{j}$$

حواستون باشه علامت بار q' در اینجا تأثیر دارد و باعث می‌شود \vec{F}_B و \vec{E}_B در خلاف جهت هم باشند.

تست و پاسخ 33

در شکل زیر، بار q_2 به بار q_1 نیروی الکتریکی $\vec{F}_{21} = (0/6\sqrt{2} \mu N)\vec{i} + (0/6\sqrt{2} \mu N)\vec{j}$ را وارد می‌کند. اگر بار q_2 را از مبدأ مختصات به نقطه A منتقل کنیم، بزرگی میدان الکتریکی در مبدأ مختصات چند نیوتون بر کولن خواهد شد؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$)



میدان الکتریکی خالص
(برایند)

۱۵۰۰ (۱)

۱۲۵۰ (۲)

۱۰۰۰ (۳)

۷۵۰ (۴)

پاسخ: گزینه ۲

خودت حل کنی بهتره اندازه میدان الکتریکی بار q_1 را در مبدأ مختصات به دست آورید، سپس بار q_2 را در محل جدید خود قرار داده و اندازه میدان الکتریکی حاصل از آن را نیز در مبدأ مختصات پیدا کنید. اکنون میدان الکتریکی خالص (برایند) حاصل از این دو میدان الکتریکی عمود بر هم را محاسبه کنید.

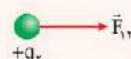
درس نامه

نکات ۱ بنا بر قانون سوم نیوتون، نیروهایی که دو ذره باردار q_1 و q_2 به یکدیگر وارد می‌کنند، هم‌اندازه، هم‌راستا و در خلاف جهت همدیگرند.

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \quad F_{12} = F_{21}$$

F_{12} = اندازه نیرویی که ذره اول به ذره دوم وارد می‌کند.

F_{21} = اندازه نیرویی که ذره دوم به ذره اول وارد می‌کند.



۲ اگر دو میدان الکتریکی \vec{E}_1 و \vec{E}_2 در یک نقطه بر هم عمود باشند، بزرگی میدان الکتریکی خالص آن‌ها در این نقطه از رابطه $E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$ به دست می‌آید.

نکته‌های ۱، ۲ و ۴ از درس‌نامه تست ۱۰۰ و درس‌نامه تست ۱۰۲ را نیز بخوانید.

پاسخ تشریحی گام اول: F_{21} را به دست می‌آوریم:

$$F_{21} = F_{12} = \sqrt{(F_{12x})^2 + (F_{12y})^2} = \sqrt{(0/6\sqrt{2})^2 + (0/6\sqrt{2})^2} = 1/2 \mu N = 1/2 \times 10^{-6} N$$

تکنیک ۱ بزرگی برایند دو بردار هم‌اندازه و عمود بر هم، $\sqrt{2}$ برابر اندازه هر کدام است. مثلاً:

$$\sqrt{F^2 + F^2} = F\sqrt{2}$$

گام دوم: اندازه میدان الکتریکی بار q_1 را در مبدأ مختصات (محل اولیه بار q_2) به دست می‌آوریم:

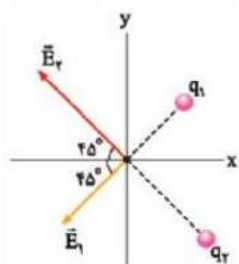
$$E_1 = \frac{F_{12}}{q_2} = \frac{1/2 \times 10^{-6}}{1/6 \times 10^{-9}} = 750 N/C$$

گام سوم: فاصله مبدأ مختصات تا نقطه A را به دست می‌آوریم:

$$OA = r_2 = \sqrt{(6\sqrt{2})^2 + (6\sqrt{2})^2} = 12 \text{ cm}$$

گام چهارم: اکنون بار q_2 را در نقطه A قرار داده و اندازه میدان الکتریکی حاصل از آن را در نقطه O محاسبه می‌کنیم:

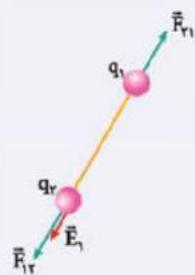
$$E_2 = k \frac{|q_2|}{r_2^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{1/6 \times 10^{-9}}{(12 \times 10^{-2})^2} = \frac{9 \times 1/6}{144 \times 10^{-4}} = 1000 N/C$$



جهت میدان‌های الکتریکی \vec{E}_1 و \vec{E}_2 در حالت دوم در شکل مقابل نشان داده شده است.

$$E_t = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{750^2 + 1000^2} = 1250 \text{ N/C}$$

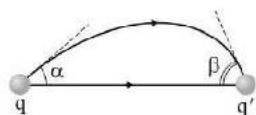
تکنیک (۲) با استفاده از اعداد فیثاغورسی در مثلث قائم‌الزاویه طلایی، می‌توان به راحتی E را به دست آورد: $\sqrt{(rk)^2 + (rk)^2} = \Delta k$



حواستون باشه با توجه به جهت \vec{E}_1 در حالت اول، باید بار q_1 هم علامت بار q_2 یعنی مثبت باشد، اما مثبت یا منفی بودن بار q_1 تأثیری در پاسخ این سؤال ندارد، چون در هر صورت \vec{E}_1 و \vec{E}_2 با همین اندازه‌ها و عمود بر هم قرار می‌گیرند.

تست و پاسخ 34

دو خط میدان الکتریکی حاصل از دو بار q و q' که در فاصله r از یکدیگر قرار دارند، مطابق شکل زیر است. اگر $\beta > \alpha$ باشد، کدام مقایسه بین اندازه و نوع بارهای q و q' درست است؟



$$(۲) |q| > |q'|, q > 0, q' < 0$$

$$(۴) |q| < |q'|, q > 0, q' < 0$$

توجه به ویژگی‌های خطوط میدان الکتریکی

$$(۱) |q| > |q'|, q < 0, q' > 0$$

$$(۳) |q| < |q'|, q < 0, q' > 0$$

پاسخ: گزینه (۲)

مشاوره این‌گونه تست‌ها چون محاسبات عددی ندارند، زمان‌بر نیستند. پس با کمی دقت حتی می‌توانید چند ثانیه‌ای هم، وقت ذخیره کنید.

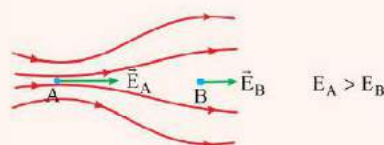
خودت حل کنی بهتره با توجه به ویژگی‌های خطوط میدان الکتریکی، ابتدا علامت بارها را تعیین کنید، سپس بزرگی آن‌ها را مقایسه کنید.

درس‌نامه برای مجسم کردن میدان الکتریکی در فضای اطراف اجسام باردار، از خط‌های جهت‌داری موسوم به خطوط میدان الکتریکی استفاده می‌کنیم.

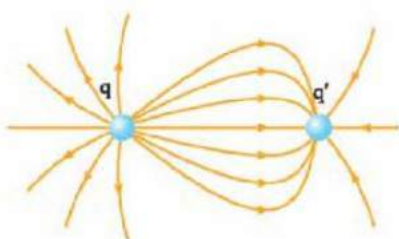
نکات (۱) این خط‌ها از بارهای مثبت شروع و به بارهای منفی ختم می‌شوند.

(۲) هر جا خطوط میدان متراکم‌تر باشند، بزرگی میدان بیشتر است.

(۳) در هر نقطه، بردار میدان الکتریکی، مماس بر خط میدان الکتریکی عبوری از آن نقطه و در همان جهت است.



پاسخ تشریحی گام اول: با توجه به نکته ۱، چون خط میدان الکتریکی از بار q به طرف بار q' است؛ پس $q > 0$ و $q' < 0$ است.



گام دوم: مماس‌های رسم‌شده، با خط واصل دو بار زاویه‌های α و β را تشکیل داده است، به طوری که $\alpha < \beta$ است؛ پس تراکم خط‌های میدان در اطراف بار q بیشتر از q' است و این موضوع نشان می‌دهد که اندازه میدان الکتریکی در اطراف بار q بیشتر است و بار q مقدار بزرگ‌تری دارد.

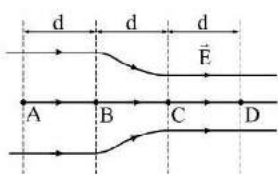
$$|q| > |q'|$$

35 تست و پاسخ

ویژگی تراکم خطوط میدان الکتریکی

توجه به جهت نیروهای وارد بر بار منفی

شکل زیر، آرایش خط‌های یک میدان الکتریکی را نشان می‌دهد. از نقطه D یک الکترون از حال سکون رها می‌شود و توسط میدان الکتریکی، تا نقطه A شتاب می‌گیرد. کدام رابطه درباره تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی الکترون در این جابه‌جایی درست است؟



$$|\Delta U_{CD}| > |\Delta U_{BC}| > |\Delta U_{AB}| \quad (1)$$

$$|\Delta U_{AB}| > |\Delta U_{BC}| > |\Delta U_{CD}| \quad (2)$$

$$|\Delta U_{AB}| = |\Delta U_{CD}| > |\Delta U_{BC}| \quad (3)$$

$$|\Delta U_{AB}| = |\Delta U_{BC}| = |\Delta U_{CD}| \quad (4)$$

پاسخ: گزینه ۱

مشاوره این تست برگرفته از پرسش‌های آخر فصل ۱ کتاب درسی فیزیک ۲ است و مشابه آن در کنکور تیرماه ۱۴۰۱ رشته تجربی مطرح شده است.

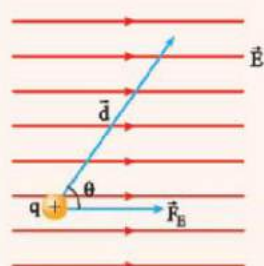
خودت حل کنی بهتره با توجه به تراکم خطوط میدان، در هر مرحله، نیروی وارد بر الکترون و تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی آن‌ها را با هم مقایسه کنید.

درس‌نامه... تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی

اگر نیروی الکتریکی \vec{F}_E از طرف میدان الکتریکی \vec{E} بر ذره‌ای با بار الکتریکی q اثر کند، تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی آن، در جابه‌جایی \vec{d} از رابطه مقابل به دست می‌آید:

$$\Delta U_E = -W_E = -F_E d \cos \theta$$

$$\Delta U_E = -|q| E d \cos \theta$$



$$\Delta U_E = \text{تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی (J)}$$

$$W_E = \text{کار میدان الکتریکی (J)}$$

$$|q| = \text{اندازه بار الکتریکی (C)}$$

$$E = \text{بزرگی میدان الکتریکی (N/C)}$$

$$d = \text{اندازه جابه‌جایی ذره باردار (m)}$$

$$\theta = \text{زاویه بین نیروی } \vec{F}_E \text{ و } \vec{d}$$

● به نکته ۱ درس‌نامه تست ۱۰۲ و نکته ۲ درس‌نامه تست ۱۰۴ نیز توجه کنید.

پاسخ تشریحی **گام اول:** با توجه به نکته ۱ درس‌نامه تست ۱۰۲، چون بار الکترون منفی است، نیروی وارد بر این الکترون از D تا A در



خلاف جهت میدان الکتریکی یعنی به طرف چپ است.

پس زاویه θ در کل مسیر ثابت و برابر صفر است. ($\cos \theta = 1$)

گام دوم: اندازه بار الکترون در کل مسیر ثابت است. همچنین جابه‌جایی‌های هر مرحله نیز یکسان هستند، اما اندازه میدان الکتریکی در این سه مرحله یکسان نیست. هر چه از سمت چپ به راست می‌رویم، خطوط میدان الکتریکی متراکم‌تر شده و میدان الکتریکی قوی‌تر می‌شود؛ پس هر مرحله‌ای که میدان الکتریکی بزرگ‌تری داشته باشد، تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی آن بیشتر است؛ یعنی:

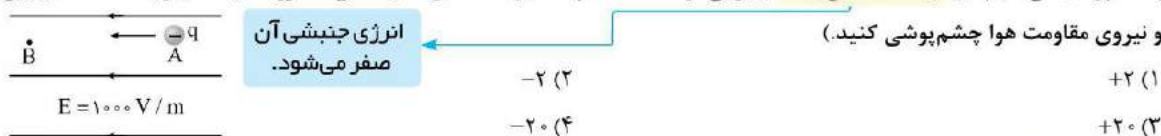
$$E_{CD} > E_{BC} > E_{AB} \Rightarrow |\Delta U_{CD}| > |\Delta U_{BC}| > |\Delta U_{AB}|$$

حواستون باشه (۱) تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی در هر سه مرحله منفی است.

(۲) هرگاه یک بار الکتریکی در یک میدان الکتریکی از حال سکون رها شود تا توسط میدان الکتریکی شتاب بگیرد، انرژی پتانسیل آن کاهش می‌یابد. $\Delta U_E < 0$

تست و پاسخ 36

مطابق شکل، ذره‌ای به جرم 1 g و بار الکتریکی $25/6\text{ mC}$ را با تندی 500 m/s در جهت نشان داده شده از نقطه A در میدان الکتریکی یکنواخت پرتاب می‌کنیم؛ بار در نقطه B می‌ایستد و برمی‌گردد. اختلاف پتانسیل نقطه‌های A و B ($V_A - V_B$) چند کیلوولت است؟ (از وزن ذره و نیروی مقاومت هوا چشم‌پوشی کنید).



پاسخ: گزینه ۳

مشاوره این تست برگرفته از یک مثال حل‌شده در فصل ۱ کتاب درسی فیزیک ۲ است.

خودت حل کنی بهتره قضیه کار-انرژی جنبشی را برای این ذره باردار بنویسید، سپس با به دست آوردن تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی، اختلاف پتانسیل الکتریکی به دست می‌آید.

درس‌نامه

نکات (۱) وقتی علاوه بر نیروی ناشی از میدان الکتریکی (\vec{F}_E)، نیروی دیگری مانند \vec{F} نیز به عنوان یک نیروی خارجی (مانند وزن یا نیروی دست ما) روی بار الکتریکی q کار انجام دهد، با توجه به قضیه کار-انرژی جنبشی می‌توان نوشت:

$$\Delta K = W_F + W_E$$

$$\Delta K = K_2 - K_1 = \text{تغییر انرژی جنبشی بار } (J)$$

$$K_1 - \text{انرژی جنبشی ذره در حالت اول } (J)$$

$$K_2 - \text{انرژی جنبشی ذره در حالت دوم } (J)$$

$$W_E = \text{کار میدان الکتریکی } (J)$$

$$W_F = \text{کار نیروی خارجی } (J)$$

$$F = \text{بزرگی نیروی خارجی } (N)$$

$$K = \frac{1}{2}mv^2$$

$$v = \text{تندی ذره } (m/s)$$

$$m = \text{جرم ذره } (kg)$$

(۲) با حرکت در جهت میدان الکتریکی، پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد و با حرکت در خلاف جهت میدان الکتریکی، پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد. این موضوع مستقل از نوع و اندازه بار جابه‌جا شده بین دو نقطه است، اما تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی براساس رابطه $\Delta U_E = q\Delta V$ به نوع و اندازه بار جابه‌جا شده بستگی دارد.

$$\Delta V = \text{اختلاف پتانسیل الکتریکی } (V)$$

● به درس‌نامه تست ۱۰۵ نیز توجه کنید.

پاسخ تشریحی در اینجا با صرف نظر کردن از نیروی وزن، فقط نیروی الکتریکی کار انجام می‌دهد.

$$\Delta K = W_F + W_E \Rightarrow K_B - K_A = -\Delta U_E$$

در نقطه B چون ذره می ایستد؛ پس انرژی جنبشی ندارد، یعنی $K_B = 0$.

$$\frac{1}{2}mv_A^2 = q\Delta V \Rightarrow \frac{1}{2} \times 1 \times 10^{-3} \times (500)^2 = -6/25 \times 10^{-3} \Delta V \Rightarrow 25 \times 10^4 = -12/5 \Delta V$$

$$\Rightarrow V_B - V_A = \frac{25 \times 10^4}{12/5} = -20 \times 10^3 V = -20 kV$$

$$V_A - V_B = +20 kV$$

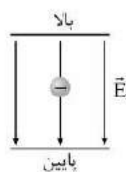
حواستون باشه (۱) تندی ذره در نقطه A را با پتانسیل الکتریکی نقطه A اشتباه نگیرید، چون هر دو ظاهراً مشابه هم نوشته می شوند.

(۲) علامت بار q در رابطه $\Delta U_E = q\Delta V$ دخالت دارد.

تکنیک با توجه به نکته ۲ تست ۸۳ می توان نوشت $V_A > V_B$ ؛ در نتیجه $V_A - V_B > 0$ بوده و از همان ابتدا می توان ۲ و ۴ را حذف کرد.

تست و پاسخ 37

در شکل زیر، ذره بارداری به جرم ۱ g را در میدان الکتریکی یکنواختی از حال سکون رها می کنیم. اگر بار ذره $1 \mu C$ - و بزرگی میدان



الکتریکی $2000 V/m$ باشد؛ تندی این ذره پس از ۱ m جابه جایی به چند متر بر ثانیه خواهد رسید؟ ($g = 10 m/s^2$)

۴ (۲)

$2\sqrt{6}$ (۴)

۲ (۱)

$\sqrt{6}$ (۳)

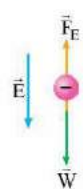
انرژی جنبشی اولیه آن صفر است.

از رابطه انرژی جنبشی در حالت دوم

پاسخ: گزینه ۲

خودت حل کنی بهتره نیروهای وارد بر ذره را رسم کنید. سپس قضیه کار - انرژی جنبشی را بنویسید و تندی پایانی را به دست آورید.

درس نامه به درس نامه های تست های ۱۰۲ و ۱۰۵ و همچنین درس نامه تست ۱۰۶ مراجعه کنید.



پاسخ تشریحی گام اول؛ ابتدا نیروهای وارد بر ذره را رسم می کنیم. با توجه به درس نامه تست ۱۰۲، چون بار ذره منفی

است، نیروی \vec{F}_E در خلاف جهت میدان الکتریکی، یعنی رو به بالا بر آن اثر می کند. نیروی وزن \vec{W} هم که رو به پایین است.

حالا باید ببینیم حرکت این ذره پس از رها شدن به کدام سو است؟ (بالا یا پایین)

$$\left. \begin{aligned} F_E &= |q|E = 10^{-6} \times 2000 = 2 \times 10^{-3} N \\ W &= mg = 1 \times 10^{-3} \times 10 = 10 \times 10^{-3} N \end{aligned} \right\} \Rightarrow W > F_E$$

پس ذره رو به پایین حرکت می کند.

$$\Delta K = W_F + W_E$$

گام دوم؛ با توجه به درس نامه تست ۱۰۶ می توان نوشت:

در این جا نیروی خارجی F همان وزن جسم است.

چون ذره از حال سکون به حرکت درآمده؛ پس $K_1 = 0$ است.



$$d = 1 m$$

$$K_2 - K_1 = W_{mg} + W_E$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 = mgd \cos 0^\circ + F_E d \cos 180^\circ \Rightarrow \frac{1}{2} \times 10^{-3} \times v^2 = 10 \times 10^{-3} \times 1 + 2 \times 10^{-3} \times 1 \times (-1)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}v^2 = 10 - 2 \Rightarrow v^2 = 16 \Rightarrow v = 4 m/s$$

حواستون باشه اگر علامت کار میدان الکتریکی را به اشتباه مثبت در نظر می‌گرفتیم، **۴** به دست می‌آمد. اگر علاوه بر آن، کار وزن را نیز در نظر نمی‌گرفتیم، **۱** به دست می‌آمد.

تست و پاسخ 38

اگر ولتاژ دو سر خازنی ۲۰ درصد افزایش و بار الکتریکی روی صفحه‌های آن ۲۰ درصد کاهش یابد، انرژی پتانسیل الکتریکی ذخیره‌شده در آن چگونه تغییر می‌کند؟

- (۱) ۴ درصد کاهش می‌یابد. (۲) ۲۰ درصد کاهش می‌یابد. (۳) ۲۰ درصد افزایش می‌یابد. (۴) تغییر نمی‌کند.

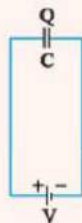
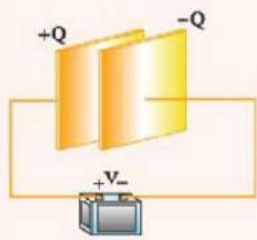
اختلاف پتانسیل

پاسخ: گزینه ۱

مشاوره موضوع انرژی ذخیره‌شده در خازن، پای ثابت سوال‌های کنکور رشته ریاضی در سه سال اخیر بوده است.

خوبت حل کنی بهتره مقادیر ولتاژ و بار الکتریکی خازن در حالت دوم را برحسب اندازه‌های اولیه آن‌ها بنویسید، سپس نسبت انرژی خازن در دو حالت را به دست آورید تا از روی آن، درصد تغییرات انرژی خازن مشخص شود.

درس نامه



نکات ۱) انرژی ذخیره‌شده در یک خازن از رابطه $U = \frac{1}{2} QV$ به دست می‌آید:

U = انرژی ذخیره‌شده در خازن (J)

Q = بار الکتریکی ذخیره‌شده در خازن (C)

V = اختلاف پتانسیل دو سر خازن (V)

۲) هرگاه بخواهیم درصد تغییرات کمیتی مانند انرژی (U) را به دست آوریم، می‌توان نوشت:

$$\text{درصد تغییرات انرژی} = \frac{\Delta U}{U_1} \times 100$$

$$\Delta U = U_2 - U_1$$

$$U_1 = \text{انرژی در حالت اول}$$

$$U_2 = \text{انرژی در حالت دوم}$$

پاسخ تشریحی اگر ولتاژ خازن از V_1 به V_2 و بار الکتریکی روی صفحه‌های آن از Q_1 به Q_2 برسد:

$$V_2 = V_1 + 0.2V_1 = 1.2V_1$$

$$Q_2 = Q_1 - 0.2Q_1 = 0.8Q_1$$

انرژی خازن از U_1 به U_2 می‌رسد.

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{\frac{1}{2} Q_2 V_2}{\frac{1}{2} Q_1 V_1} = \frac{0.8Q_1}{Q_1} \times \frac{1.2V_1}{V_1} = 0.96 \Rightarrow U_2 = 0.96U_1$$

$$\frac{\Delta U}{U_1} \times 100 = \frac{0.96U_1 - U_1}{U_1} \times 100 = -4\%$$

علامت منفی بیانگر کاهش انرژی ذخیره‌شده در خازن است.

تکنیک هرگاه کمیتی x درصد افزایش و سپس x درصد کاهش یابد، قطعاً اندازه آن نسبت به مقدار اولیه کاهش می‌یابد. این کمیت می‌تواند QV و در نتیجه انرژی U باشد. با این تکنیک می‌توانیم از همان ابتدا، **۳** و **۴** را حذف کنیم.

تست و پاسخ 39

خازنی را با یک باتری ۸ ولتی شارژ و سپس آن را از باتری جدا می‌کنیم؛ اگر $1/2 \mu C$ بار الکتریکی از صفحه منفی جدا و به صفحه مثبت منتقل کنیم، با این کار، انرژی ذخیره شده در خازن ۴۴ درصد افزایش می‌یابد، ظرفیت خازن چند میکرو فاراد است؟

بار الکتریکی ثابت

۲ (۴)

۱/۵ (۳)

۰/۷۵ (۲)

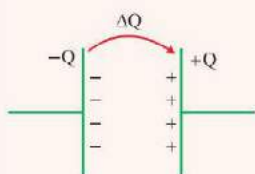
۰/۵ (۱)

پاسخ: گزینه ۲

مشاوره این تست برگرفته از آخرین تمرین کتاب درسی فیزیک ۲ رشته ریاضی در فصل ۱ است و مشابه آن در کنکور ۱۴۰۰ رشته ریاضی آمده است.

خودت حل کنی بهتره بار الکتریکی و انرژی الکتریکی ذخیره شده در حالت دوم را برحسب مقادیر حالت اول بنویسید، سپس با نوشتن نسبت انرژی خازن در دو حالت، بار الکتریکی اولیه و در نتیجه ظرفیت خازن به دست می‌آیند.

درس نامه



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

نکات ۱ در یک خازن که از باتری جدا شده است وقتی از صفحه دارای بار منفی، بار ΔQ را جدا می‌کنیم، یعنی بار منفی آن صفحه بیشتر می‌شود. هم‌چنین وقتی این بار مثبت به صفحه مثبت داده می‌شود، یعنی بار صفحه مثبت نیز به همین اندازه ΔQ بیشتر می‌شود و در کل می‌گوییم بار خازن به اندازه ΔQ افزایش یافته است.

۲ با این انتقال بار، ظرفیت خازن هیچ تغییری نمی‌کند، ولی اختلاف پتانسیل دو سر آن تغییر می‌کند.

۳ نسبت بار ذخیره شده در خازن، به اختلاف پتانسیل بین دو صفحه آن را ظرفیت خازن می‌گوییم.

$$C = \text{ظرفیت خازن (F)}$$

$$Q = \text{بار الکتریکی ذخیره شده در خازن (C)}$$

$$V = \text{اختلاف پتانسیل دو سر خازن (V)}$$

$$\text{۴} \quad \text{انرژی ذخیره شده در خازن (U) از رابطه } U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} \text{ نیز به دست می‌آید.}$$

$$C = \text{ظرفیت خازن (F)}$$

$$Q = \text{بار الکتریکی ذخیره شده در خازن (C)}$$

$$Q_2 = Q_1 + \Delta Q$$

پاسخ تشریحی گام اول، با توجه به نکته ۱ می‌توان نوشت:

$$Q_2 = Q_1 + 1/2$$

$$Q_1 = \text{بار خازن قبل از انتقال } \Delta Q \quad Q_2 = \text{بار خازن بعد از انتقال } \Delta Q$$

$$U_2 = U_1 + 0/44 U_1 \Rightarrow U_2 = 1/44 U_1$$

هم‌چنین انرژی خازن از U_1 به U_2 می‌رسد.

گام دوم، با توجه به رابطه انرژی خازن، می‌توان نسبت انرژی خازن در دو حالت را نوشت: $(C_1 - C_2)$

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{\frac{Q_2^2}{2C_2}}{\frac{Q_1^2}{2C_1}} = \left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^2 \Rightarrow \frac{1/44 U_1}{U_1} = \left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^2$$

$$\xrightarrow{\text{جذر می‌گیریم}} 1/2 = \frac{Q_2}{Q_1} \Rightarrow 1/2 = \frac{Q_1 + 1/2}{Q_1} \Rightarrow Q_1 = 6 \mu C$$

$$C = \frac{Q_1}{V_1} = \frac{6}{8} = 0/75 \mu F$$

گام سوم، ظرفیت خازن را براساس شرایط اولیه خازن به دست می‌آوریم:

حواستون باشه در صورت نیاز با توجه به ثابت بودن ظرفیت خازن، از رابطه $C = \frac{Q_2}{V_2}$ اختلاف پتانسیل دو سر خازن در حالت دوم به دست می‌آید.

مساحت هر یک از صفحات یک خازن تخت 5 cm^2 و ظرفیت آن 8 nF است. فضای بین دو صفحه خازن از عایقی با ثابت دی الکتریک 10 پر شده است. اگر بزرگی میدان الکتریکی بین دو صفحه از $2 \times 10^6 \text{ V/m}$ بیشتر شود، پدیده فروریزش رخ می دهد. بیشینه باری که می تواند

یعنی میدان الکتریکی داده شده، بیشینه مقدار مجاز برای این خازن است.

۱/۸ (۴)

۱/۲ (۳)

۰/۹ (۲)

۰/۶ (۱)

در این خازن ذخیره شود، چند میکروکولن است؟ $(\epsilon_0 = 9 \times 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N.m}^2})$

پاسخ: گزینه ۲

مشاوره چنین تست هایی روابط خازن را با رابطه میدان الکتریکی یکنواخت درگیر می کنند و حلقه رابط بین این دو مبحث، اختلاف پتانسیل یا فاصله بین دو صفحه است.

خوبت حل کنی بهتره ابتدا فاصله میان دو صفحه خازن و سپس اختلاف پتانسیل بین دو صفحه را به دست آورید. اکنون با معلوم بودن ظرفیت و اختلاف پتانسیل خازن، بار الکتریکی آن به راحتی محاسبه می شود.

درس نامه ..

نکات ۱) ظرفیت یک خازن تخت از رابطه $C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d}$ به دست می آید.

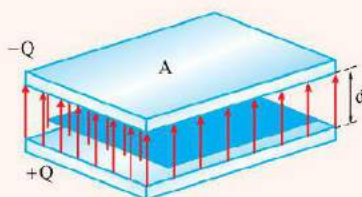
C = ظرفیت خازن (F)

κ = ثابت دی الکتریک

$\epsilon_0 = 9 \times 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}}$ = ضریب گذر دهی الکتریکی خلأ

A = مساحت صفحه ها (m^2)

d = فاصله بین صفحه ها (m)



بنابراین ظرفیت خازن تخت با ضریب دی الکتریک و مساحت صفحه ها نسبت مستقیم، ولی با فاصله دو صفحه از یکدیگر نسبت وارون دارد.

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{\kappa_2}{\kappa_1} \times \frac{A_2}{A_1} \times \frac{d_1}{d_2}$$

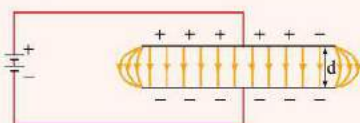
۲) بیشینه ولتاژ قابل تحمل برای هر خازن مقدار معینی دارد. اگر اختلاف پتانسیل دو صفحه خازن از این مقدار بیشینه بالاتر رود، میدان الکتریکی ایجاد شده باعث رساناشدن دی الکتریک شده و خازن تخلیه می شود. این پدیده را فروریزش الکتریکی می گوئیم. در حالتی که اختلاف پتانسیل دو سر خازن بیشینه می شود، بار الکتریکی آن نیز بیشینه می شود.

۳) بین دو صفحه یک خازن تخت، میدان الکتریکی یکنواخت وجود دارد که اندازه آن از رابطه زیر به دست می آید:

$E = \frac{V}{d}$ = اندازه میدان الکتریکی یکنواخت ($\frac{\text{V}}{\text{m}}$)

V = اختلاف پتانسیل (ولتاژ) میان دو صفحه خازن (V)

d = فاصله بین دو صفحه خازن (m)



نکته ۳ درس نامه تست ۱۰۹ را نیز بخوانید.

پاسخ تشریحی گام اول: با استفاده از رابطه ظرفیت خازن تخت، فاصله میان دو صفحه را حساب می کنیم:

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow d = \frac{\kappa \epsilon_0 A}{C} = \frac{10 \times 9 \times 10^{-12} \times 5 \times 10^{-4}}{8 \times 10^{-9}} = \frac{45}{8} \times 10^{-6} \text{ m}$$

گام دوم: اکنون بیشینه اختلاف پتانسیل میان دو صفحه خازن را به دست می آوریم:

$$E = \frac{V}{d} \Rightarrow V_{\max} = E_{\max} d = 2 \times 10^6 \times \frac{45}{8} \times 10^{-6} = \frac{900}{8} \text{ V}$$

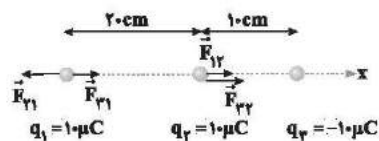
گام سوم: در پایان، بیشینه بار الکتریکی ذخیره شده در خازن به دست می آید:

$$Q_{\max} = CV_{\max} = 8 \times 10^{-9} \times \frac{900}{8} = 9 \times 10^{-7} \text{ C} = 0.9 \mu\text{C}$$

حواستون باشه در مرز شروع فروریزش الکتریکی، اختلاف پتانسیل، بار الکتریکی و میدان الکتریکی بین صفحه های خازن هر سه بیشینه هستند.

آزمون‌های سراسر
کاج

4 با توجه به شکل زیر، اندازهٔ براینده نیروهای وارد بر هر یک از بارهای q_1 و q_3 را به دست می‌آوریم:



$$\begin{cases} F_{12} = \frac{9 \times 10^9 \times 10 \times 10 \times 10^{-12}}{(3 \times 10^{-1})^2} = 10 \text{ N (به سمت راست)} \\ F_{21} = \frac{9 \times 10^9 \times 10 \times 10 \times 10^{-12}}{(3 \times 10^{-1})^2} = \frac{9}{4} \text{ N (به سمت چپ)} \end{cases}$$

$$\Rightarrow F_{T1} = \frac{9}{4} - 10 = -\frac{31}{4} \text{ N (به سمت چپ)}$$

$$\Rightarrow \vec{F}_{T1} = -\frac{31}{4} \vec{i} \text{ (N)}$$

$$\begin{cases} F_{12} = F_{21} = \frac{9}{4} \text{ N (به سمت راست)} \\ F_{23} = \frac{9 \times 10^9 \times 10 \times 10 \times 10^{-12}}{(10^{-1})^2} = 90 \text{ N (به سمت راست)} \end{cases}$$

$$\Rightarrow F_{T2} = \frac{9}{4} + 90 = \frac{369}{4} \text{ N (به سمت راست)}$$

$$\Rightarrow \vec{F}_{T2} = \frac{369}{4} \vec{i} \text{ (N)}$$

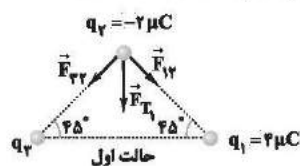
$$\frac{\vec{F}_{T1}}{\vec{F}_{T2}} = \frac{-\frac{31}{4}}{\frac{369}{4}} = -\frac{1}{9}$$

بنابراین داریم:

5 فرض می‌کنیم بار q_3 مثبت است و براینده نیروهای وارد بر q_1 در

هر دو حالت نشان داده شده است. با توجه به این‌که با قرینه شدن بار q_3 ، نیروی خالص وارد بر بار q_1 ، ۹۰ درجه پادساعتگرد چرخیده است، لزوماً \vec{F}_{T1} بر روی نیمساز

زاویهٔ بین \vec{F}_{12} و \vec{F}_{23} قرار داشته و بارهای q_1 و q_3 هم‌اندازه هستند (چرا؟)



1 با توجه به این‌که جسم A به انتهای مثبت سری نزدیک‌تر است، پس از مالش جسم A به جسم B، بار جسم A مثبت و بار جسم B منفی خواهد شد.

بررسی گزینه‌ها:

(۱) با توجه به این‌که با نزدیک کردن جسم A به کلاهک الکتروسکوپ، ورقه‌ها بازتر شده‌اند، بار الکتروسکوپ با بار جسم A همنام بوده است و در نتیجه بار الکتروسکوپ هم مثبت بوده است. (✓)

(۲) پس از مالش، بار جسم A مثبت و بار جسم B منفی می‌شود. (✓)

(۳) چون بار جسم‌های A و B ناهمنام است، این دو جسم یکدیگر را با نیروی الکتریکی جذب می‌کنند. (✓)

(۴) بار جسم A مثبت است، بنابراین تعداد الکترون‌های آن کم‌تر از تعداد پروتون‌هایش است. (✗)

2 با توجه به رابطه $F = \frac{k |q_1| |q_2|}{r^2}$ ، یکای ثابت کولن

برابر $\frac{N \cdot m^2}{C^2}$ است. حال باید یکاهای فرعی نیوتون و کولن را بر حسب یکای

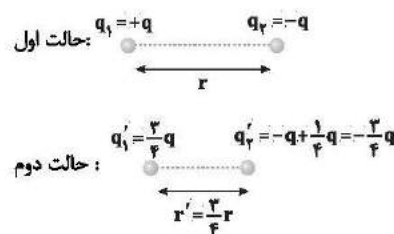
$$F = ma \Rightarrow \text{نیوتون} = \text{kg} \cdot \frac{m}{s^2}$$

$$q = It \Rightarrow \text{کولن} = A \cdot s$$

بنابراین:

$$\text{یکای ثابت کولن (k)} = \frac{(\text{kg} \cdot \frac{m}{s^2}) \cdot m^2}{(A \cdot s)^2} = \frac{\text{kg} \cdot m^3}{A^2 \cdot s^4}$$

3 برای مقایسهٔ دو حالت می‌توان نوشت:



بنابراین با استفاده از قانون کولن داریم:

$$\frac{F'}{F} = \frac{|q_1'|}{|q_1|} \times \frac{|q_2'|}{|q_2|} \times \left(\frac{r}{r'}\right)^2 = \frac{1}{4} \times \frac{3}{4} \times \left(\frac{r}{r/4}\right)^2 = 1$$

بنابراین طبق قانون دوم نیوتون داریم:

$$F_{\text{net}} = ma \Rightarrow F'_E - mg = ma$$

$$\Rightarrow 0.8mg - mg = ma \Rightarrow a = -0.2g$$

بنابراین شتاب ذره به سمت پایین است و بردار آن در SI به صورت $\vec{a} = -0.2g \hat{j}$ خواهد بود.

دقت کنید: $mg > F'_E$ بوده و بردار شتاب به سمت پایین است.

8 ۲ با توجه به این که در جهت میدان الکتریکی جابه‌جا شده‌ایم،

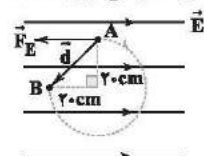
پتانسیل الکتریکی نقطه A از نقطه B کم‌تر است و می‌توان نوشت:

$$\begin{aligned} \vec{E} & \rightarrow \Delta U_e = q\Delta V = q(V_B - V_A) \\ \vec{E} & \rightarrow \frac{q_e < 0}{V_B < V_A} \Rightarrow \Delta U_e > 0 \end{aligned}$$

برای پروتون و نوترون نیز داریم:

$$\begin{aligned} \text{پروتون: } \begin{cases} q_p > 0 \\ \Delta V < 0 \end{cases} & \Rightarrow \Delta U_p < 0 \\ \text{نوترون: } \begin{cases} q_n = 0 \\ \Delta V < 0 \end{cases} & \Rightarrow \Delta U_n = 0 \end{aligned}$$

9 ۱ در جابه‌جایی از A تا B، نیروی الکتریکی و جابه‌جایی به صورت نشان داده‌شده در شکل زیر هستند و کار میدان الکتریکی برابر است با:



$$F_E = E|q| = 2/5 \times 10^3 \times 2 \times 10^{-6} = 8 \times 10^{-3} \text{ N}$$

$$d = 20\sqrt{2} \text{ cm} = 20\sqrt{2} \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$W_E = F_E d \cos 45^\circ = 8 \times 10^{-3} \times 20\sqrt{2} \times 10^{-2} \times \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\Rightarrow W_E = 10^{-3} \text{ J} = 10^3 \mu\text{J}$$

10 ۳ اگر q را مثبت در نظر بگیریم، Q باید لزوماً منفی باشد تا

میدان الکتریکی برآیند در نقطه A صفر شود. در ادامه با بررسی صفر شدن میدان الکتریکی در نقطه A، به سادگی می‌توان فهمید که $|Q| < |q|$ است و در مجموع گزینه (۳) صحیح است.

$$\begin{aligned} E_1 &= \frac{k|q|}{(\sqrt{2}R)^2} \\ E_2 &= \frac{k|q|}{(2R)^2} \\ E_3 &= \frac{k|q|}{(\sqrt{2}R)^2} \end{aligned}$$

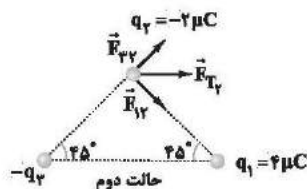
$$E_T = 0 \Rightarrow E_F = \left[\sqrt{2}E_1 \right] + E_2 = \left(\frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{1}{2} \right) \frac{k|q|}{R^2}$$

برآیند E_1 و E_3

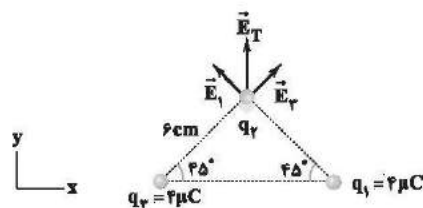
$$\begin{aligned} \frac{E_F}{R^2} &= \frac{k|Q|}{R^2} \Rightarrow \frac{k|Q|}{R^2} = \left(\frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{1}{2} \right) \frac{k|q|}{R^2} \Rightarrow \frac{|Q|}{|q|} = \frac{\sqrt{2} + 1}{2} \\ \frac{\sqrt{2} + 1}{2} &= 0.95 \Rightarrow \frac{|Q|}{|q|} = 0.95 \end{aligned}$$

علامت Q قرینه علامت q است

$$\Rightarrow -1 < \frac{Q}{q} < 0$$



در ادامه میدان الکتریکی ناشی از بارهای q_1 و q_2 در محل بار q_3 در حالت اول برابر است با:



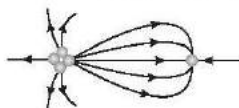
$$E = \frac{k|q|}{r^2} \Rightarrow E_1 = E_2 = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-6}}{(6 \times 10^{-2})^2} = 10^7 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

بنابراین می‌توان نوشت:

$$|E_T| = E\sqrt{2} = \sqrt{2} \times 10^7 \frac{\text{N}}{\text{C}} \Rightarrow \vec{E}_T = \sqrt{2} \times 10^7 \hat{j} \left(\frac{\text{N}}{\text{C}} \right)$$

6 ۴ بار ذره آلفا مثبت و بار الکترون، منفی است، بنابراین خطوط

میدان باید از آلفا خارج و به الکترون وارد شوند (گزینه‌های (۱) و (۲) نادرست هستند). از طرفی بار الکترون برابر $-e$ و بار ذره آلفا برابر $+2e$ است، بنابراین اندازه بار ذره آلفا بزرگ‌تر است و باید تراکم خطوط میدان الکتریکی در نزدیکی ذره آلفا بیشتر از نزدیکی الکترون باشد، پس گزینه (۴) صحیح است.



7 ۴ قبل از کاهش شدت میدان، ذره باردار در تعادل است، بنابراین

نیروی الکتریکی و وزن ذره هم‌اندازه هستند و می‌توان نوشت:

$$\begin{aligned} \vec{F}_E & \uparrow \\ q & \bullet \\ \vec{W} = m\vec{g} & \downarrow \end{aligned} \quad \begin{aligned} & R_E = mg \quad (*) \\ & \text{ذره در تعادل} \end{aligned}$$

با کاهش ۲۰ درصدی شدت میدان، نیروی الکتریکی وارد بر ذره باردار نیز ۲۰ درصد کاهش می‌یابد (چرا؟)، بنابراین داریم:

$$\begin{aligned} \vec{F}'_E & \uparrow \\ q & \bullet \\ \vec{W} = m\vec{g} & \downarrow \end{aligned} \quad \begin{aligned} F'_E &= F_E - \frac{20}{100} F_E = 0.8 F_E \\ (*) & \rightarrow F'_E = 0.8 mg \end{aligned}$$

گام اول: فرض می‌کنیم بار اولیه خازن برابر q میلی‌کولن باشد. با انتقال 6 mC بار از صفحه منفی به صفحه مثبت، بار خازن به $q+6$ میلی‌کولن می‌رسد، بنابراین می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} U_1 = \frac{1}{2} \frac{q_1^2}{C} = \frac{1}{2} \frac{q^2}{8} \\ U_2 = \frac{1}{2} \frac{q_2^2}{C} = \frac{1}{2} \frac{(q+6)^2}{8} \end{cases} \Rightarrow U_2 - U_1 = \frac{1}{16} ((q+6)^2 - q^2)$$

$$\frac{U_2 - U_1 = 15/75\text{ J}}{\Rightarrow 15/75 = \frac{1}{16} (q^2 + 12q + 36 - q^2)} \Rightarrow 12q + 36 = \frac{15}{75} \times 16 \Rightarrow 12q = 216 \Rightarrow q = 18\text{ mC}$$

گام دوم: محاسبه ولتاژ خازن:

$$q = CV \Rightarrow 18 \times 10^{-3} = 8 \times 10^{-6} V \Rightarrow V = 2250\text{ V}$$

گام سوم: محاسبه بزرگی میدان الکتریکی بین صفحه‌های خازن:

$$E = \frac{V}{d} = \frac{2250}{5 \times 10^{-3}} = 4/5 \times 10^5 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

دقت کنید: در محاسبه انرژی خازن، اگر بار الکتریکی برحسب میلی‌کولن و ظرفیت خازن برحسب میکروفاراد مورد استفاده قرار گیرند، انرژی خازن برحسب ژول به دست می‌آید.

15 با توجه به این‌که بار جسم مثبت است، تعداد الکترون‌های آن

کم‌تر از تعداد پروتون‌هایش است. برای محاسبه تفاوت تعداد آن‌ها می‌توان نوشت:

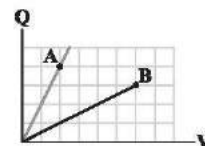
$$q = ne \Rightarrow 4 \times 10^{-6} = n \times 1/6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = \frac{4 \times 10^{-6}}{1/6 \times 10^{-19}} = 2/5 \times 10^{12}$$

16 شکل زیر، نیروهای وارد بر بار q_3 را نشان می‌دهد.

دقت کنید: با توجه به تقارن شکل، بارهای q_4 و q_5 یکسان هستند.

11 ظرفیت یک خازن تخت از رابطه $C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d}$ به دست می‌آید و به ویژگی‌های ساختاری آن بستگی دارد، بنابراین ظرفیت خازن از ولتاژ باتری مستقل بوده و گزینه (۴) پاسخ این سؤال است.

12 با توجه به نمودار زیر، نسبت شیب نمودارهای A و B برابر نسبت ظرفیت خازن‌ها است، بنابراین می‌توان نوشت:



$$\frac{C_A}{C_B} = \frac{\frac{Q}{V}}{\frac{Q}{V}} = \frac{\frac{Q}{V}}{\frac{1}{4} \frac{Q}{V}} = 4$$

در ادامه با توجه به این‌که انرژی خازن‌ها برابر است، برای مقایسه بار الکتریکی آن‌ها می‌توان نوشت:

$$U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} \Rightarrow \frac{U_A}{U_B} = \left(\frac{Q_A}{Q_B} \right)^2 \times \frac{C_B}{C_A} \Rightarrow 1 = \left(\frac{Q_A}{Q_B} \right)^2 \times \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{Q_A}{Q_B} = 2$$

13 این سؤال را در گام‌های زیر حل می‌کنیم:

گام اول: بررسی تغییرات ظرفیت خازن:

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \xrightarrow{\text{ثابت } A} \frac{C_2}{C_1} = \frac{\kappa_2}{\kappa_1} \times \frac{d_1}{d_2}$$

$$\frac{\kappa_2 = \frac{1}{4} \kappa_1}{d_2 = \frac{1}{4} d_1} \rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{1}{4} \times 4 = 1$$

گام دوم: چون خازن به باتری وصل است، ولتاژ دو سر آن ثابت است، بنابراین برای بررسی تغییرات بار الکتریکی ذخیره‌شده در خازن می‌توان نوشت:

$$q = \overset{\substack{\uparrow \\ \text{برابر } \frac{1}{4}}}{C} \overset{\substack{\uparrow \\ \text{ثابت}}}{V} \Rightarrow \frac{1}{4} \text{ برابر می‌شود. } q$$

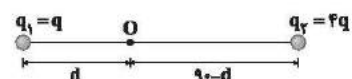
گام سوم: برای بررسی تغییرات انرژی ذخیره‌شده در خازن می‌توان نوشت:

$$U = \frac{1}{2} \overset{\substack{\uparrow \\ \text{برابر } \frac{1}{4}}}{C} \overset{\substack{\uparrow \\ \text{ثابت}}}{V} \Rightarrow \frac{1}{4} \text{ برابر می‌شود. } U$$

$$E = k \frac{|q|}{r^2} \Rightarrow \frac{E_y}{E_1} = \frac{|q_y|}{|q_1|} \times \left(\frac{r_1}{r_y}\right)^2$$

$$\Rightarrow \frac{1/6 E}{E} = \frac{|q_y|}{|q_1|} \times \left(\frac{3/5}{3/5}\right)^2 \Rightarrow \frac{|q_y|}{|q_1|} = 4 \quad (*)$$

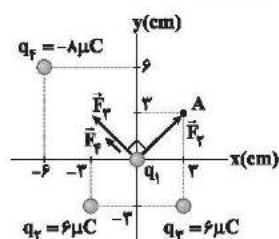
در ادامه اگر بار q_1 را برابر q فرض کنیم، بار q_y برابر $4q$ می باشد و برای مشخص کردن محل میدان الکتریکی صفر، داریم:



$$\frac{k|q_1|}{d^2} = \frac{k|q_y|}{(90-d)^2} \Rightarrow \left(\frac{90-d}{d}\right)^2 = \frac{|q_y|}{|q_1|} \quad (*) \Rightarrow \left(\frac{90-d}{d}\right)^2 = 4$$

$$\Rightarrow \frac{90-d}{d} = 2 \Rightarrow d = 30 \text{ cm}$$

19 شکل زیر، نیروهای وارد بر بار q_1 را با فرض آن که مثبت است، نشان می دهد. با توجه به این شکل می توان نوشت:



$$F_y = k \frac{|q_1||q_y|}{r_{1y}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{6 \times 10^{-6} |q_1|}{(3\sqrt{2} \times 10^{-2})^2} = 3 \times 10^5 |q_1|$$

$$F_y = F_y = 3 \times 10^5 |q_1|$$

$$F_f = k \frac{|q_1||q_f|}{r_{1f}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{8 \times 10^{-6} |q_1|}{(6\sqrt{2} \times 10^{-2})^2} = 10^5 |q_1|$$

بنابراین برایند نیروهای وارد بر بار q_1 برابر است با:

$$\vec{F}_y = 3 \times 10^5 |q_1| \quad \vec{F}_f = 10^5 |q_1| \quad \Rightarrow \quad \vec{F}_{1,2} = 4 \times 10^5 |q_1|$$

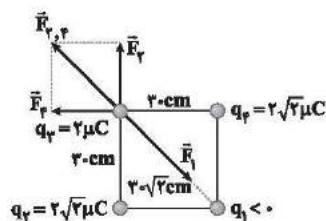
$$F_{1,2} = 10^5 |q_1| \sqrt{3^2 + 1^2} = 5 \times 10^5 |q_1|$$

مطابق متن سؤال، بزرگی نیروی خالص وارد بر بار q_1 برابر 60 N است، بنابراین داریم:

$$5 \times 10^5 |q_1| = 60 \Rightarrow |q_1| = 1/2 \times 10^{-6} \text{ C}$$

بنابراین بزرگی میدان الکتریکی که بار q_1 در نقطه A ایجاد می کند برابر است با:

$$E = k \frac{|q_1|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{1/2 \times 10^{-6}}{(3\sqrt{2} \times 10^{-2})^2} = 6 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$



$$F_y = F_f = k \frac{|q_y||q_y|}{r_{yy}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2\sqrt{2} \times 2 \times 10^{-6}}{(0/3)^2} = 0/4\sqrt{2} \text{ N}$$

$$F_{y,f} = F_y \sqrt{2} = 0/8 \text{ N}$$

بنابراین:

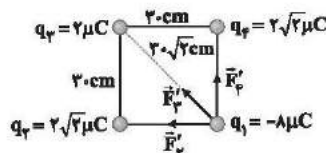
برای آن که بار q_y در تعادل باشد $\vec{F}_{y,f}$ باید هم اندازه \vec{F}_1 باشد، بنابراین داریم:

$$F_1 = F_{y,f} \Rightarrow F_1 = 0/8 \text{ N} \Rightarrow k \frac{|q_1||q_y|}{r_{1y}^2} = 0/8$$

$$\Rightarrow 9 \times 10^9 \times \frac{|q_1| \times 2 \times 10^{-6}}{(0/3\sqrt{2})^2} = 0/8$$

$$\Rightarrow 10^5 |q_1| = 0/8 \Rightarrow |q_1| = 8 \times 10^{-6} \text{ C} = 8 \mu\text{C} \Rightarrow q_1 = -8 \mu\text{C}$$

در ادامه با داشتن بار q_1 ، می توانیم برایند نیروهای وارد بر آن را محاسبه کنیم. با توجه به شکل زیر که نیروهای وارد بر بار q_1 را نشان می دهد، می توان نوشت:



$$F'_y = F'_f = k \frac{|q_y||q_1|}{r_{1y}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2\sqrt{2} \times 8 \times 10^{-6}}{(0/3)^2} = 1/6\sqrt{2} \text{ N}$$

$$F'_y = k \frac{|q_y||q_1|}{r_{1y}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 8 \times 10^{-6}}{(0/3\sqrt{2})^2} = 0/8 \text{ N}$$

$$F'_{y,f} = F'_y \sqrt{2} = 1/6\sqrt{2} \times \sqrt{2} = 3/2 \text{ N}$$

بنابراین:

$$F'_{کل} = F'_{y,f} + F'_y = 3/2 + 0/8 = 4 \text{ N}$$

پس داریم:

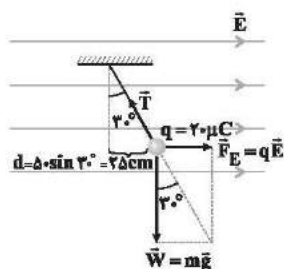
17 برای پاسخ دادن به این سؤال، به نکات زیر توجه کنید:

۱- اگر بار کره ها همنام باشد، با تماس کره ها به یکدیگر، حاصل ضرب اندازه بارها بیشینه می شود، بنابراین اگر فاصله ثابت بماند، نیروی الکتریکی بین کره ها ثابت می ماند یا افزایش می یابد. (در صورتی که در ابتدا بار کره ها برابر باشد، نیرو ثابت می ماند.)

۲- اگر بار کره ها ناهمنام باشد، پس از تماس کره ها ممکن است اندازه بارها کاهش یا افزایش یابد، بنابراین نمی توانیم در مورد حاصل ضرب اندازه بارها و نیروی الکتریکی اظهار نظر کنیم.

با توجه به دو نکته فوق، چون بار کره ها همنام بوده است، $F' \geq F$ می باشد.

24 1 مطابق شکل زیر، فاصله افقی ابتدا و انتهای نخ برابر ۲۵cm است، بنابراین می‌توان نوشت:



$$\Delta V = Ed \Rightarrow 250 = E \times 0.25 \Rightarrow E = 1000 \frac{N}{C}$$

$$\tan \theta = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{ضلع مجاور}} = \frac{|q|E}{mg} \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{20 \times 10^{-6} \times 1000}{m \times 10}$$

$$\Rightarrow m = 2\sqrt{3} \times 10^{-7} \text{ kg} = 2\sqrt{3} \text{ g}$$

25 ۴ این سؤال را در گام‌های زیر حل می‌کنیم:

گام اول: محاسبه اندازه میدان الکتریکی:

$$\vec{E} = 10^3 (\frac{4}{5}\vec{i} + \frac{3}{5}\vec{j}) \Rightarrow E = 10^3 \sqrt{(\frac{4}{5})^2 + (\frac{3}{5})^2} = 7/5 \times 10^3 \frac{N}{C}$$

گام دوم: محاسبه اندازه نیروی الکتریکی:

$$F = |q|E = 6 \times 10^{-6} \times 7/5 \times 10^3 = 4/5 \times 10^{-2} \text{ N}$$

گام سوم: محاسبه اندازه شتاب حرکت با استفاده از قانون دوم نیوتون:

$$F = ma \Rightarrow 4/5 \times 10^{-2} = 4 \times 10^{-3} a \Rightarrow a = \frac{45}{4} \frac{m}{s^2}$$

گام چهارم: محاسبه زمان موردنیاز برای رسیدن تندی ذره به $180 \frac{m}{s}$:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow \frac{45}{4} = \frac{180}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = 16 \text{ s}$$

26 ۲ ابتدا ظرفیت خازن را به دست می‌آوریم:

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad \kappa = 1, A = 4 \text{ cm}^2 = 4 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\epsilon_0 = 9 \times 10^{-12} \frac{F}{m}, d = 0.7 \text{ mm} = 7 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$C = 1 \times 9 \times 10^{-12} \times \frac{4 \times 10^{-4}}{7 \times 10^{-4}} = 1/2 \times 10^{-11} \text{ F}$$

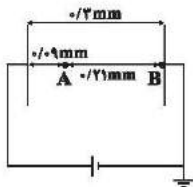
اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر خازن برابر است با:

$$C = \frac{Q}{V} \Rightarrow V = \frac{Q}{C} = \frac{40 \times 10^{-12}}{1/2 \times 10^{-11}} = \frac{10}{3} \text{ V}$$

اندازه میدان الکتریکی بین صفحات خازن برابر است با:

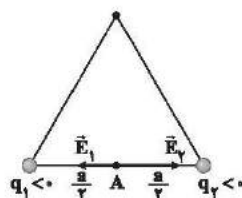
$$E = \frac{V}{d} = \frac{10}{3 \times 10^{-4}} = \frac{10^5}{3} \frac{N}{C}$$

با توجه به این که صفحه منفی به زمین متصل است، پتانسیل آن برابر با صفر است و داریم:



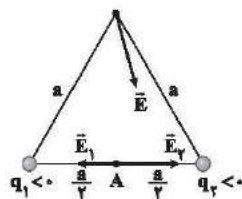
$$V_A - V_B = Ed \Rightarrow V_A - 0 = \frac{10^5}{3} \times \underbrace{7 \times 10^{-5}}_{\text{فاصله نقطه A}} \Rightarrow V_A = \frac{7}{3} \text{ V}$$

20 ۳ مطابق شکل زیر، برای آنکه میدان الکتریکی کل در جهت نشان داده‌شده باشد، کافی است بارهای q_1 و q_2 منفی باشند. **دقت کنید:** اندازه q_2 بزرگ‌تر از اندازه q_1 است، زیرا میدان خالص به سمت q_2 متمایل است.



$$E_2 > E_1 \Rightarrow |q_2| > |q_1|$$

با توجه به این که اندازه q_2 بزرگ‌تر از اندازه q_1 است، میدان الکتریکی که بار q_2 در نقطه A ایجاد می‌کند، بزرگ‌تر از میدان الکتریکی بار q_1 در نقطه A است، بنابراین جهت میدان کل در نقطه A به سمت راست خواهد بود. به شکل زیر توجه کنید.



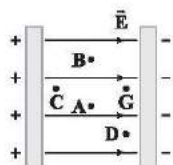
21 ۴ محاسبه بزرگی میدان الکتریکی بین دو صفحه:

$$E = \frac{V}{d} = \frac{500}{2 \times 10^{-2}} = 2/5 \times 10^4 \frac{N}{C}$$

اندازه نیروی الکتریکی وارد بر الکترون برابر است با:

$$F = E|q| = 2/5 \times 10^4 \times 1/6 \times 10^{-19} = 4 \times 10^{-15} \text{ N}$$

22 ۳ برای آنکه انرژی پتانسیل الکتریکی الکترون افزایش پیدا کند، الکترون باید در خلاف جهت خودبه‌خودی حرکت کند، بنابراین الکترون که دارای بار منفی است باید در جهت میدان حرکت کرده و به سمت صفحه منفی برود. مطابق این توضیحات، اگر الکترون از نقطه A به نقاط G و D برود، انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد.



23 ۲ برای پاسخ دادن به این سؤال، به صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$\Delta U_E = q_1(V_B - V_A) \Rightarrow \begin{cases} \Delta U_E = +80 \text{ J} \\ q_1 = +2 \mu \text{ C} \end{cases}$$

$$\Rightarrow (V_B - V_A) = \frac{80}{2 \times 10^{-6}} = 4 \times 10^7 \text{ V}$$

حال برای بار q_2 داریم:

$$\Delta U_E = q_2(V_B - V_A) = (-4 \times 10^{-6}) \times (4 \times 10^7) = -160 \text{ J}$$

بنابراین با انتقال بار q_2 از نقطه A تا نقطه B، ۱۶۰ ژول انرژی آزاد می‌شود.

27 ۳ در جابه‌جایی بار الکتریکی q از نقطه A تا نقطه B داریم:

$$|\Delta U_E| = |q| E [d] \rightarrow B \text{ تا } A \text{ فاصله افقی}$$

$$\Rightarrow 180 \times 10^{-6} = |q| \times 3 \times 10^3 \times 0.2 \Rightarrow |q| = 0.3 \times 10^{-6} \text{ C} = 0.3 \mu\text{C}$$

با توجه به این‌که هنگام جابه‌جایی بار q در جهت خطوط میدان الکتریکی، انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش یافته، پس $q > 0$ است و داریم:

$$q = 0.3 \mu\text{C}$$

28 ۳ تغییرات ظرفیت، انرژی و میدان الکتریکی را جداگانه بررسی می‌کنیم.

بررسی ظرفیت خازن: با تغییر ولتاژ و بار خازن، ظرفیت آن تغییر نمی‌کند، زیرا ظرفیت خازن به ویژگی‌های ساختمانی آن وابسته است، بنابراین عبارت «الف» نادرست است.

بررسی انرژی خازن: مطابق رابطه $U = \frac{1}{2} CV^2$ داریم:

$$V_2 = V_1 - \frac{60}{100} V_1 = \frac{40}{100} V_1 = 0.4 V_1$$

$$U = \frac{1}{2} CV^2 \Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 \Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = (0.4)^2 = 0.16$$

بنابراین انرژی خازن ۸۴ درصد کاهش یافته و به ۱۶ درصد مقدار اولیه رسیده است و در نتیجه عبارت «ب» صحیح است.

بررسی بزرگی میدان الکتریکی بین صفحات خازن: با توجه به رابطه $E = \frac{V}{d}$ داریم:

$$E = \frac{V}{d} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \frac{V_2}{V_1} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \frac{0.4 V_1}{V_1} = 0.4$$

بنابراین بزرگی میدان الکتریکی بین صفحات خازن، ۶۰ درصد کاهش یافته است و به ۴۰ درصد مقدار اولیه رسیده است و در نتیجه عبارت «ج» صحیح است.

29 ۴ پس از اتصال کلید K ، بار کره‌ها یکسان شده و برابر با میانگین بار اولیه آن‌هاست.

$$q'_A = q'_B = \frac{q_A + q_B}{2} = \frac{-14 + 6}{2} = -4 \mu\text{C}$$

سپس تغییرات بار الکتریکی را به دست می‌آوریم:

$$\Delta q_A = q'_A - q_A = -4 - (-14) = 10 \mu\text{C}$$

یا

$$|\Delta q_B| = |q'_B - q_B| = |-4 - (+6)| = 10 \mu\text{C}$$

پس $10 \mu\text{C}$ بار بین کره‌ها جابه‌جا شده است و طبق رابطه جریان الکتریکی متوسط خواهیم داشت:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{10 \times 10^{-6}}{5 \times 10^{-4}} = 2 \times 10^{-2} \text{ A}$$

30 ۳ به صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$\Delta q = I \Delta t = 2 \times 10^{-2} \times 5 = 12 \times 10^{-2} \text{ C}$$

هر الکترون بار $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ دارد، بنابراین تعداد الکترون‌ها برابر است با:

$$n = \frac{\Delta q}{e} = \frac{12 \times 10^{-2} \text{ C}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ C}} = 7.5 \times 10^{16}$$

31 ۴ با مقایسه میدان الکتریکی در دو نقطه مشخص شده داریم:

$$E = k \frac{q}{r^2} \xrightarrow{\text{ثابت: } q} \frac{E_1}{E_2} = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2$$

$$\Rightarrow \frac{2 \times 10^4}{1/8 \times 10^5} = \left(\frac{x}{x+6}\right)^2 \Rightarrow \left(\frac{x}{x+6}\right)^2 = \frac{1}{4}$$

$$\Rightarrow \frac{x}{x+6} = \frac{1}{2} \Rightarrow x = 6 \text{ cm}$$

میدان در فاصله ۳ سانتی‌متری از این بار برابر $\frac{1}{8} \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ است، بنابراین در

فاصله ۱۸ سانتی‌متری از بار که فاصله ۶ برابر شده است، میدان $\frac{1}{36}$ برابر

$$E = \frac{1}{36} \times 1/8 \times 10^5 = 5000 \frac{\text{N}}{\text{C}} \quad \text{می‌شود (چرا؟) و داریم:}$$

32 ۲ نیروی وارد بر الکترون، ثابت و در خلاف جهت میدان به سمت بالا است و گزینه (۲) صحیح است.

33 ۳ گام اول: بار q_3 در فاصله بین بارهای q_1 و q_2 در تعادل قرار دارد، بنابراین بارهای q_1 و q_2 هم‌علامت می‌باشند. همچنین بار q_1 در خارج از فاصله دو بار q_1 و q_2 در تعادل قرار دارد، بنابراین علامت بارهای q_1 و q_2 مخالف هم است. با توجه به این‌که بار q_3 مثبت است، نتیجه می‌گیریم علامت بار q_1 مثبت و علامت بار q_2 منفی می‌باشد.

گام دوم: شکل زیر نیروهای وارد بر بارهای q_1 و q_2 را نشان می‌دهد. با توجه به این‌که نیروی خالص وارد بر بارها برابر صفر است، می‌توان نوشت:

$$\begin{array}{ccccccc} & 6\text{cm} & & 6\text{cm} & & 6\text{cm} & \\ \leftarrow & & \leftarrow & & \leftarrow & & \\ R_{11} & q_1 > 0 & F_{11} & F_{12} & q_2 < 0 & F_{22} & A & q_3 = 36 \mu\text{C} \end{array}$$

$$\text{در تعادل } q_1 \Rightarrow F_{11} = F_{12} \Rightarrow k \frac{q_1 q_3}{r_{13}^2} = k \frac{q_1 |q_2|}{r_{12}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{q_3}{r_{13}^2} = \frac{|q_2|}{r_{12}^2} \Rightarrow \frac{36}{18^2} = \frac{|q_2|}{6^2}$$

$$\Rightarrow |q_2| = 4 \mu\text{C} \xrightarrow{\text{منفی } q_2} q_2 = -4 \mu\text{C}$$

$$\text{در تعادل } q_2 \Rightarrow F_{22} = F_{12} \Rightarrow k \frac{|q_2| q_3}{r_{23}^2} = k \frac{q_1 |q_2|}{r_{12}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{q_3}{r_{23}^2} = \frac{q_1}{r_{12}^2} \Rightarrow \frac{36}{12^2} = \frac{q_1}{6^2} \Rightarrow q_1 = 9 \mu\text{C}$$

36 تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی ذره در این جلیه جایی برابر است با:

$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q}$$

$$\Rightarrow \Delta U_E = q \Delta V = 4 \times 10^{-6} \times (20 - 10) = 4 \times 10^{-5} \text{ J} = 0.04 \text{ mJ}$$

با توجه به پایداری انرژی، تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی برابر قرینه تغییرات انرژی جنبشی است و می توان نوشت:

$$\Delta U_E = -\Delta K \Rightarrow \Delta U_E = -(K_f - K_i)$$

$$\Rightarrow -0.04 = K_f - 0.04 \Rightarrow K_f = 0.36 \text{ mJ}$$

در نهایت با استفاده از رابطه انرژی جنبشی داریم:

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow 0.36 \times 10^{-3} = \frac{1}{2} \times 8 \times 10^{-3} \times v^2$$

$$\Rightarrow v^2 = \frac{2 \times 0.36}{8} = 0.09 \Rightarrow v = 0.3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

37 کسر x از بار q_1 را برمی داریم و به بار q_2 اضافه می کنیم، بنابراین:

$$\begin{cases} F' = F - 0.76F = 0.24F \\ q'_1 = q_1 - xq_1 = q_1(1-x) \\ q'_2 = q_2 + xq_1 = q_2(1+x) \\ r' = 2r \end{cases} \Rightarrow \text{حالت دوم}$$

$$\frac{F'}{F} = \frac{|q'_1|}{|q_1|} \times \frac{|q'_2|}{|q_2|} \times \left(\frac{r}{r'}\right)^2 \Rightarrow \text{بنابراین با استفاده از قانون کولن داریم:}$$

$$\Rightarrow \frac{0.24F}{F} = \frac{q_1(1-x)}{q_1} \times \frac{q_2(1+x)}{q_2} \times \left(\frac{r}{2r}\right)^2$$

$$\Rightarrow \frac{24}{100} = (1-x)(1+x) \times \frac{1}{4} \Rightarrow 1-x^2 = \frac{24}{25} \Rightarrow x^2 = \frac{1}{25} \Rightarrow x = \frac{1}{5}$$

بنابراین $\frac{1}{5}$ از بار q_1 یا به عبارت دیگر 20٪ از آن را باید برداریم و به بار q_2 بدهیم.

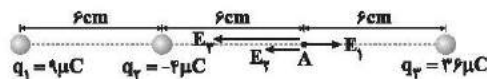
38 در حالت اول، جهت میدان الکتریکی رو به پایین است و اندازه آن را E در نظر می گیریم. نیروی وزن همواره به سمت پایین است، بنابراین با توجه به این که ذره در حال تعادل است، پس نیروی الکتریکی باید به سمت بالا باشد، بنابراین بار ذره منفی است.

$$F_E = mg \Rightarrow E|q| = mg \quad (*)$$

در ادامه ذره به نخ آونگ متصل می شود و درون میدان الکتریکی افقی و رو به غرب با اندازه E قرار می گیرد. با توجه به این که ذره دارای بار منفی است، پس نیروی الکتریکی وارد بر آن به سمت شرق است، در نتیجه ذره به سمت شرق منحرف می شود.

$$\tan \alpha = \frac{F_E}{mg} = \frac{E|q|}{mg} \xrightarrow{(*)} \tan \alpha = 1 \Rightarrow \alpha = 45^\circ$$

گام سوم: حال که اندازه بارها را می دانیم، به راحتی می توانیم میدان الکتریکی را در نقطه A محاسبه کنیم.



$$E_1 = k \frac{q_1}{r_1^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{9 \times 10^{-6}}{(12 \times 10^{-2})^2} = \frac{9}{16} \times 10^7 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$E_2 = k \frac{|q_2|}{r_2^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6}}{(6 \times 10^{-2})^2} = 10^7 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$E_3 = k \frac{q_3}{r_3^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{36 \times 10^{-6}}{(6 \times 10^{-2})^2} = 9 \times 10^7 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$\Rightarrow E_{\text{کل}} = E_2 + E_3 - E_1 = 9 \times 10^7 + 10^7 - \frac{9}{16} \times 10^7 = \frac{151}{16} \times 10^7 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

34 فرض می کنیم فاصله بین صفحه ها در حالت فشرده d میلی متر باشد، بنابراین در حالت غیرفشرده این فاصله برابر 3+d میلی متر است و می توان نوشت:

$$\text{حالت فشرده: } C_1 = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d_1} = 4 \times 9 \times 10^{-12} \times \frac{10^{-4}}{d \times 10^{-3}} = \frac{36 \times 10^{-13}}{d}$$

$$\text{حالت غیرفشرده: } C_2 = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d_2} = 4 \times 9 \times 10^{-12} \times \frac{10^{-4}}{(d+3) \times 10^{-3}}$$

$$\Rightarrow C_2 = \frac{36 \times 10^{-13}}{d+3}$$

با توجه به متن سؤال، اختلاف C_1 و C_2 برابر ΔpF است، بنابراین می توان نوشت:

$$C_1 - C_2 = 5 \times 10^{-12} \Rightarrow \frac{36 \times 10^{-13}}{d} - \frac{36 \times 10^{-13}}{d+3} = 5 \times 10^{-12}$$

$$\Rightarrow \frac{36}{d} - \frac{36}{d+3} = 50 \Rightarrow d = 0.6 \text{ mm}$$

در نهایت ظرفیت خازن در حالت فشرده برابر است با:

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} = 4 \times 9 \times 10^{-12} \times \frac{10^{-4}}{0.6 \times 10^{-3}} = 6 \times 10^{-12} \text{ F} = 6 \text{ pF}$$

35 گام اول: اختلاف پتانسیل صفحه های این خازن برابر است با:

$$\begin{cases} |\Delta V| = Ed \\ E = 50 \frac{\text{kV}}{\text{mm}} \times \frac{10^3 \text{ V}}{1 \text{ kV}} = 50 \times 10^3 \frac{\text{V}}{\text{mm}} \\ d = 2 \text{ cm} = 20 \text{ mm} \end{cases}$$

$$\Rightarrow |\Delta V| = 50 \times 10^3 \times 20 = 10^6 \text{ V}$$

گام دوم: ظرفیت این خازن برابر است با:

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} = 20 \times 9 \times 10^{-12} \times \frac{10 \times 10^{-4}}{2 \times 10^{-2}} = 9 \times 10^{-12} \text{ F}$$

گام سوم: بنابراین تفاوت تعداد الکترون ها و پروتون ها در هر صفحه خازن برابر است با:

$$\begin{cases} C = \frac{Q}{V} \Rightarrow n = \frac{CV}{e} \Rightarrow n = \frac{9 \times 10^{-12} \times 10^6}{1.6 \times 10^{-19}} = \frac{9}{16} \times 10^{14} \\ Q = ne \end{cases}$$

$$Q = CV = 2/88 \times 10^{-9} \times 50 = 1.24 \times 10^{-9} \text{ C}$$

گام سوم: محاسبه تفاوت تعداد الکترون‌ها و پروتون‌های هر صفحه:

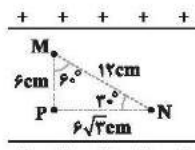
$$Q = ne \Rightarrow 1.24 \times 10^{-9} = n \times 1.6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = 7.75 \times 10^{11}$$

گام اول: محاسبه میدان الکتریکی:



$$F_E = mg \Rightarrow |q|E = mg \Rightarrow 4 \times 10^{-6} E = 2 \times 10^{-6} \times 10 \Rightarrow E = 50 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

گام دوم: محاسبه اختلاف پتانسیل الکتریکی:



$$V_{MN} = E \times (MN) \times \cos 60^\circ = 50 \times \frac{12}{100} \times \frac{1}{2} = 3 \text{ V}$$

با توجه به نمودار داده شده داریم:

$$\begin{cases} E_A = 2\sqrt{2}E_1 \Rightarrow 2\sqrt{2}E_1 = k \frac{|q_A|}{a^2} \\ E_B = E_1 \Rightarrow E_1 = k \frac{|q_B|}{a^2} \end{cases}$$

برای محاسبه برابری میدان‌های الکتریکی حاصل از سه بار در نقطه C، فرض

می‌کنیم بار q_A مثبت و بار q_B منفی باشد. در این صورت داریم:

$$\begin{aligned} k \frac{|q_A|}{r_{AC}^2} &= \frac{2\sqrt{2}}{2} E_1 \\ k \frac{|q_A|}{r_{AC}^2} &= \frac{2\sqrt{2}}{2} E_1 \\ k \frac{|q_B|}{r_{BC}^2} &= \frac{1}{2} E_1 \\ E_{\text{کل}} &= \frac{2\sqrt{2}}{2} E_1 \times \sqrt{2} - \frac{1}{2} E_1 = \frac{1}{2} E_1 \end{aligned}$$

برایند میدان‌های حاصل از دو بار q_A

(۱) تراکم خطوط میدان در نزدیکی نقطه A بیشتر از تراکم خطوط میدان در نزدیکی نقطه B است، بنابراین بزرگی میدان الکتریکی در نقطه A بیشتر از نقطه B خواهد بود. (✓)

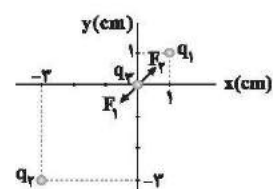
(۲) خطوط میدان از بار q_1 خارج شده و به بار q_2 وارد می‌شوند، بنابراین q_1 مثبت و q_2 منفی می‌باشند. (✓)

(۳) q_2 منفی است و نمی‌تواند پروتون باشد. (✗)

(۴) تراکم خطوط میدان در نزدیکی بار q_1 بیشتر از تراکم خطوط میدان در نزدیکی بار q_2 است، بنابراین اندازه بار q_1 بزرگ‌تر از اندازه بار q_2 است. (✓)

40 ۲

برای آن‌که بار q_3 در تعادل باشد، باید نیروهایی که q_1 و q_2 به آن وارد می‌کنند، هم‌اندازه و در خلاف جهت هم باشند، بنابراین q_1 و q_2 هم‌علامت هستند و داریم:



$$\begin{aligned} F_1 &= F_2 \Rightarrow k \times \frac{|q_1||q_3|}{r_1^2} = k \times \frac{|q_2||q_3|}{r_2^2} \\ \Rightarrow \frac{|q_1|}{(\sqrt{3^2+1^2})^2} &= \frac{|q_2|}{(\sqrt{3^2+3^2})^2} \\ \Rightarrow \frac{|q_1|}{8} &= \frac{|q_2|}{18} \Rightarrow \frac{|q_1|}{|q_2|} = \frac{4}{9} \Rightarrow \frac{q_1}{q_2} = \frac{2}{3} \end{aligned}$$

41 ۲

با در نظر گرفتن جهت مثبت حرکت به

سمت بالا، اندازه نیروی میدان الکتریکی وارد بر بار q را

به‌دست می‌آوریم:

$$\begin{aligned} F_{\text{net}} &= ma \Rightarrow \frac{F_{\text{net}} = F_E - mg}{F_E - mg} = ma \\ \Rightarrow F_E &= m(g+a) = 4 \times 10^{-3} \times (10+40) = 0.16 \text{ N} \end{aligned}$$

از طرفی می‌دانیم:

$$\begin{aligned} F_E &= E|q| \Rightarrow \frac{F_E = 0.16 \text{ N}}{|q| = 3.6 \text{ nC}} \Rightarrow 2 \times 10^{-9} = E \times 3.6 \times 10^{-9} \\ \Rightarrow E &= \frac{1}{18} \times 10^8 \frac{\text{N}}{\text{C}} \end{aligned}$$

ظرفیت خازن تخت برابر است با:

$$\begin{aligned} Q &= CV \xrightarrow{C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d}, V = Ed} Q = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \times Ed \xrightarrow{\kappa=1} Q = \epsilon_0 AE \\ \Rightarrow Q &= 9 \times 10^{-12} \times 3 \times 10^{-4} \times \frac{1}{18} \times 10^8 = 1.5 \times 10^{-9} \text{ C} = 1.5 \text{ nC} \end{aligned}$$

گام اول: محاسبه خازن:

42 ۲

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} = 8 \times 9 \times 10^{-12} \times \frac{200 \times 10^{-4}}{0.5 \times 10^{-3}} = 2.88 \times 10^{-9} \text{ F}$$

$$\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \Rightarrow E = \vec{E}_1 + \frac{E}{\sqrt{3}} \Rightarrow \vec{E}_1 = \frac{\sqrt{3}}{2} E$$

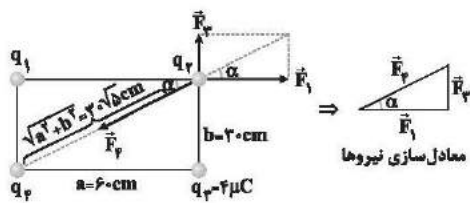
پس اندازه میدان الکتریکی حاصل از بار q_1 نیز $\frac{\sqrt{3}}{2} E$ و در همان جهت است و بار q_1 مثبت است، چون بار مثبت آزمون واقع در M را دفع کرده است.

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

$$\Rightarrow \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{|q_2|}{|q_1|} \times \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{|q_2|}{|q_1|} = \frac{4}{\sqrt{3}} \xrightarrow{\text{بارها نااهم نام هستند}} \frac{q_2}{q_1} = -\frac{4}{\sqrt{3}}$$

دقت کنید: اگر جهت E را در شکل اصلی برعکس می‌گرفتیم، q_1 منفی و q_2 مثبت می‌شد، ولی در هر حال، $\frac{q_2}{q_1}$ در این سؤال مقداری منفی است.

49 شکل زیر نیروهای وارد بر بار q_2 را با فرض آن‌که بار q_2 مثبت است، نشان می‌دهد. با توجه به این‌که نیروی خالص وارد بر بار q_2 صفر است، بار q_1 باید مثبت باشد و بار q_3 باید منفی باشد.



$$\begin{cases} \tan \alpha = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{ضلع مجاور}} = \frac{b}{a} \\ \tan \alpha = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{ضلع مجاور}} = \frac{F_2}{F_1} = \frac{|q_3|}{|q_1|} \times \left(\frac{a}{b}\right)^2 \end{cases} \Rightarrow \frac{|q_3|}{|q_1|} \times \left(\frac{a}{b}\right)^2 = \frac{b}{a}$$

$$\Rightarrow \frac{|q_3|}{|q_1|} = \left(\frac{b}{a}\right)^2 \Rightarrow \frac{4}{|q_1|} = \left(\frac{1}{3}\right)^2 \Rightarrow |q_1| = 36 \mu\text{C}$$

$$q_1 > 0 \rightarrow q_1 = +36 \mu\text{C}$$

$$\begin{cases} \sin \alpha = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{وتر}} = \frac{b}{\sqrt{a^2+b^2}} \\ \sin \alpha = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{وتر}} = \frac{F_2}{F_1} = \frac{|q_3|}{|q_1|} \times \frac{a^2+b^2}{b^2} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{|q_3|}{|q_1|} \times \frac{a^2+b^2}{b^2} = \frac{b}{\sqrt{a^2+b^2}}$$

$$\Rightarrow \frac{|q_3|}{|q_1|} = \left(\frac{b}{\sqrt{a^2+b^2}}\right)^2 \Rightarrow \frac{4}{|q_1|} = \left(\frac{2}{\sqrt{40}}\right)^2$$

$$\Rightarrow \frac{4}{|q_1|} = \left(\frac{1}{\sqrt{10}}\right)^2 \Rightarrow |q_1| = 40 \mu\text{C}$$

$$q_1 < 0 \rightarrow q_1 = -40 \mu\text{C}$$

حال که بارهای q_1 و q_2 را داریم، می‌توانیم اندازه نیروی الکتریکی که این دو بار به یکدیگر وارد می‌کنند را محاسبه کنیم.

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{36 \times 20 \times \sqrt{10} \times 10^{-12}}{(0.3)^2} = 64 \sqrt{10} \text{ N}$$

45 تغییرات هریک از کمیت‌های مربوط به خازن را بررسی می‌کنیم.
بار الکتریکی خازن: چون خازن از باتری جدا شده است، بار الکتریکی آن ثابت می‌ماند.
ظرفیت خازن:

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow \text{ظرفیت، } \kappa \text{ برابر می‌شود.} \Rightarrow \frac{A}{d} \Rightarrow \frac{1}{\kappa}$$

اختلاف پتانسیل صفحه‌های خازن:

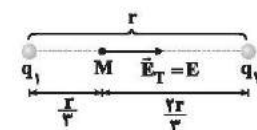
2 برابر ثابت
ولتاژ خازن، نصف می‌شود. $\Rightarrow \frac{Q}{C} = V$
میدان الکتریکی بین صفحه‌ها:

$$E = \frac{V}{d} \Rightarrow \text{میدان الکتریکی، ثابت می‌ماند.} \Rightarrow \frac{V}{d} \Rightarrow \frac{1}{\kappa}$$

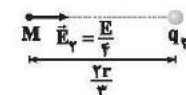
46 برای پاسخ دادن به این سؤال، به نکات زیر توجه کنید:
(۱) اگر دو جسم یکدیگر را با نیروی الکتریکی دفع کنند، الزاماً باردار هستند و علامت بار آن‌ها یکسان است، بنابراین بار میله A مانند گلوله مثبت است و الکترون از دست داده است.
(۲) اگر دو جسم یکدیگر را با نیروی الکتریکی جذب کنند، دو حالت ممکن است رخ داده باشد:
الف) هر دو جسم باردار باشند و علامت بارها مخالف هم باشد در این صورت علامت بار میله B منفی است و الکترون به دست آورده است.
ب) یک جسم باردار و دیگری خنثی باشد که در این صورت میله B خنثی است.

47 با توجه به شکل زیر، بار ذره مثبت است.
غرب \leftarrow شرق \rightarrow
 $\vec{E}_P = 40 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ \vec{E}_M
 $r = 2 \text{ cm}$ $r = 2 \text{ cm}$
 $E = k \frac{|q|}{r^2} \Rightarrow \frac{E_M}{E_P} = \left(\frac{r_P}{r_M}\right)^2 \Rightarrow \frac{E_M}{40} = \left(\frac{2}{2}\right)^2 \Rightarrow E_M = 40 \frac{\text{N}}{\text{C}}$
میدان الکتریکی حاصل از آن در نقطه M برابر $40 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ و به سمت شرق است.

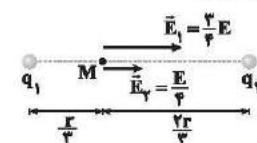
48 برای تحلیل این سؤال، به صورت زیر عمل می‌کنیم:
حالت اول (در حضور دو بار الکتریکی):



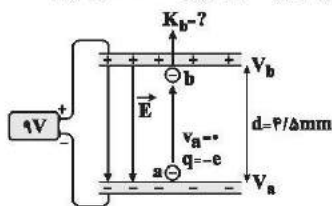
حالت دوم (بار q_1 حذف می‌شود):



در این حالت $\frac{E}{2}$ همان میدان بار q_2 می‌باشد و اگر در نقطه M بار مثبت آزمون را قرار دهیم، بار q_2 منفی است. از طرفی داریم:



50 ۴ با توجه به شکل زیر، از پایداری انرژی استفاده می‌کنیم:



$$K_a + U_a = K_b + U_b$$

با توجه به این که $K_a = 0$ است داریم:

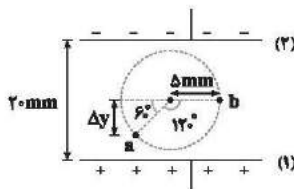
$$K_b = U_a - U_b = -e(V_a - V_b)$$

$$\Rightarrow K_b = +e(V_b - V_a) = 1/6 \times 10^{-19} \times 9$$

$$\Rightarrow K_b = 1/44 \times 10^{-18} \text{ J} = 1/44 \times 10^{-19} \text{ μJ}$$

51 ۱ با توجه به بزرگ‌تر بودن ϵ_1 از ϵ_2 ، بار صفحه پایین، از نوع

مثبت است و داریم:



$$\Delta y_{a,b} = r \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} r$$

$$\Delta V = Ed \Rightarrow \left| \frac{\Delta V_{a,b}}{\Delta V_{1,2}} \right| = \left| \frac{\Delta y_{a,b}}{d_{1,2}} \right| \Rightarrow \left| \frac{\Delta V_{a,b}}{V_0} \right| = \frac{\Delta \sqrt{3}}{2}$$

$$\Rightarrow |\Delta V_{a,b}| = 1/2 \sqrt{3} V$$

$$\Rightarrow V_a - V_b = +1/2 \sqrt{3} V$$

52 ۲ خازن پس از شارژ شدن از باتری جدا شده است. بنابراین

دارای بار الکتریکی ثابتی می‌باشد پس داریم:

$$E = \frac{V}{d} \xrightarrow{V = \frac{Q}{C}} E = \frac{Q}{Cd} = \frac{Q}{\kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \times d} \Rightarrow E = \frac{Q}{\kappa \epsilon_0 A} \xrightarrow{\text{مقدار ثابت}} \xrightarrow{\text{ثابت ثابت}}$$

$$\Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \frac{\kappa_1}{\kappa_2} = \frac{1}{5} \Rightarrow E_2 = \frac{1}{5} E_1 = \frac{20}{100} E_1$$

بنابراین بزرگی میدان الکتریکی بین صفحات خازن ۸۰ درصد کاهش می‌یابد.

53 ۱ با افزایش ظرفیت خازن، بار ذخیره‌شده در آن تغییر نکرده

است، بنابراین اختلاف پتانسیل الکتریکی بین صفحات آن کاهش یافته است.

$$\text{حالت (۱): } \begin{cases} C_1 = C \\ V_1 = V \\ Q_1 = C_1 V_1 \end{cases} \quad \text{حالت (۲): } \begin{cases} C_2 = C + 2\mu F \\ V_2 = V - 1 \\ Q_2 = C_2 V_2 \end{cases}$$

$$Q_2 = (C + 2)(V - 1)$$

$$\Rightarrow Q_2 = CV - C + 2V - 2 \quad \frac{Q_2 = Q_1}{Q_1 = CV} \Rightarrow Q_2 = Q_1 - C + 2V - 2$$

$$\Rightarrow C = 2(V - 1) \xrightarrow{C = \frac{12}{V}} \frac{12}{V} = 2(V - 1)$$

$$\Rightarrow V^2 - V - 6 = 0$$

$$\Rightarrow (V + 2)(V - 3) = 0 \Rightarrow \begin{cases} V = -2 \text{ (×)} \\ V = 3V \xrightarrow{C = \frac{12}{V}} C = \frac{12}{3} = 4 \mu F \end{cases}$$

$$\frac{C_2 = C + 2 = 4 + 2 = 6 \mu F}{V_2 = V - 1 = 3 - 1 = 2V} \Rightarrow U_2 = \frac{1}{2} C_2 V_2^2 = \frac{1}{2} \times 6 \times 2^2 = 12 \mu J$$

54 ۲ ابتدا مقدار بار منفی که جسم به دلیل گرفتن 5×10^{12}

الکترون به دست می‌آورد را محاسبه می‌کنیم:

$$q = -ne = -5 \times 10^{12} \times 1/6 \times 10^{-19} = -8 \times 10^{-6} \text{ C} = -8 \mu C$$

وقتی این کره با بار اولیه $8 \mu C$ ، بار منفی را می‌گیرد، بار آن منفی می‌شود و

اندازه بار منفی آن $\frac{2}{3}$ اندازه بار اولیه‌اش می‌شود، بنابراین:

$$q - 8 = -\frac{2}{3} q \Rightarrow \frac{5}{3} q = 8 \Rightarrow q = 4/8 \mu C$$

بنابراین بار نهایی کره برابر است با: $-\frac{2}{3} \times 4/8 = -3/2 \mu C$ بار نهایی کره

بار نهایی این کره با اتصال این کره به کره‌رسانای مشابه با بار $19/2 \mu C$ برابر می‌شود با:

$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{-3/2 + 19/2}{2} = 8 \mu C$$

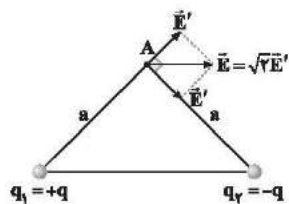
مقدار باری که از یک کره به دیگری منتقل می‌شود، برابر است با:

$$|q_2 - q'_2| = 19/2 - 8 = 11/2 \mu C$$

در واقع $11/2 \mu C$ بار منفی از کره با بار $-3/2 \mu C$ به کره با بار $19/2 \mu C$ منتقل شده است.

55 ۴ اگر میدان الکتریکی هر یک از بارها در نقطه A را E' بنامیم،

آن‌گاه:



$$\begin{cases} |q_1| = |q_2| \\ r_1 = r_2 = a \end{cases} \Rightarrow E_1 = E_2 = E' = \frac{k|q|}{a^2}$$

پس اندازه برایند میدان‌ها در نقطه A برابر است با:

$$E = \sqrt{2} E'$$

58 میدان الکتریکی خالص در نقطه A، برابند میدان الکتریکی حاصل از بار q_1 و میدان الکتریکی حاصل از بار q_2 در نقطه A است. در نتیجه:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \quad (I)$$

پس از حذف بار q_1 ، میدان \vec{E}_1 حذف و \vec{E} به $\frac{\vec{E}}{2}$ تبدیل می‌شود. پس داریم:

$$\frac{\vec{E}}{2} = \vec{E}_2 \xrightarrow{(I)} \vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \Rightarrow \vec{E}_1 = \frac{1}{2} \vec{E} \quad (II)$$

از طرفی $E_1 = \frac{1}{4} \vec{E}$ و $E_2 = \frac{1}{4} \vec{E}$ پس هر دو هم‌جهت با \vec{E} هستند. چون بردارهای میدان در وسط فاصله بین دو بار، هم‌جهت هستند، بنابراین نتیجه می‌گیریم که بارها نامنابم هستند (چون یکی جاذبه و یکی دافعه است).

$$\vec{E}_1 = 2\vec{E}_2 \Rightarrow \frac{k|q_1|}{(\frac{d}{2})^2} = \frac{2k|q_2|}{(\frac{2d}{3})^2} \Rightarrow \frac{|q_1|}{\frac{d^2}{4}} = \frac{2|q_2|}{\frac{4d^2}{9}} \Rightarrow \frac{|q_1|}{|q_2|} = \frac{2}{9} \times \frac{4}{4} = \frac{2}{9}$$

بارها نامنابم هستند

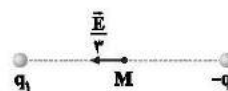
59 با توجه به این که در سری تریبولکتریک، A بالاتر از B و C بالاتر از M قرار دارد، بار جسم‌های X و Y پس از مالش، مثبت است و برای آن‌که نیروی الکتریکی خالص وارد بر جسم Z به سمت راست باشد، علامت بار این جسم هم باید مثبت باشد. برای آن‌که جسم Z که از جنس P است، دارای بار مثبت شود، باید آن را با ماده‌ای مالش دهیم که در سری تریبولکتریک پایین‌تر از P باشد که با توجه به سری داده‌شده، تنها R پایین‌تر از P قرار دارد.



60 در ابتدا یک شکل ساده از سؤال رسم می‌کنیم و با فرض این‌که میدان برابند در حالت اول، به سمت راست باشد، داریم:



میدان برابند در حالت دوم برابر است با:



بنابراین:

$$\begin{cases} E = E_1 + E_2 & (I) \\ -\frac{E}{2} = E_1 - E_2 & (II) \end{cases} \xrightarrow{\text{جمع (I) و (II)}} 2E_1 = \frac{2E}{2} \Rightarrow E_1 = \frac{E}{2}$$

$$E_2 = \frac{2E}{2} = E$$

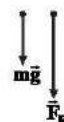
در نتیجه داریم:

$$\Rightarrow \frac{k|q_2|}{r^2} = \frac{2k|q_1|}{r^2} \Rightarrow |q_2| = 2|q_1| \Rightarrow \frac{|q_1|}{|q_2|} = \frac{1}{2}$$

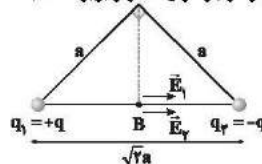
چون اندازه میدان برابند پس از قرینه کردن یکی از بارها کاهش یافته، پس میدان بارها در ابتدا هم‌جهت بوده و در نتیجه علامت بارها مخالف هم است.

$$\frac{q_1}{q_2} = -\frac{1}{2}$$

61 نیروهای وارد بر ذره مطابق شکل زیر هستند.



حال بزرگی برابند میدان‌های الکتریکی حاصل از دو بار در وسط وتر برابر است با:



$$\begin{cases} |q_1| = |q_2| \Rightarrow E_1 = E_2 = \frac{k|q|}{(\frac{\sqrt{2}}{2}a)^2} = \frac{2k|q|}{a^2} = 2E' \\ r_1 = r_2 = \frac{\sqrt{2}}{2}a \end{cases}$$

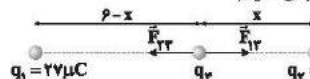
$$E_B = E_1 + E_2 = 2E' + 2E' = 4E'$$

بنابراین:

$$\frac{E_B}{E_A} = \frac{4E'}{\frac{2E'}{\sqrt{2}}} = \frac{4}{\sqrt{2}} \times \frac{\sqrt{2}}{2} = 2\sqrt{2}$$

بنابراین نسبت خواسته‌شده برابر است با: $2\sqrt{2}$

56 اگر دو بار همنام داشته باشیم، باید بار سوم را داخل فاصله دو بار و نزدیک به بار کوچک‌تر قرار دهیم تا برابند نیروهای الکتریکی وارد بر بار سوم از طرف دو بار دیگر، صفر شود. پس داریم:

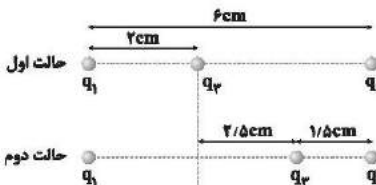


$$F_{13} = F_{23} \Rightarrow \frac{k|q_1||q_3|}{r_{13}^2} = \frac{k|q_2||q_3|}{r_{23}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{27}{(6-x)^2} = \frac{3}{x^2} \Rightarrow \frac{9}{(6-x)^2} = \frac{1}{x^2} \xrightarrow{\text{جذر}} \frac{3}{6-x} = \frac{1}{x}$$

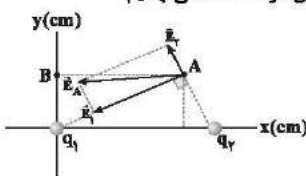
$$\Rightarrow 3x = 6 - x \Rightarrow 4x = 6 \Rightarrow x = 1.5 \text{ cm}$$

بنابراین:



بار q_3 را باید $2/5 \text{ cm}$ به سمت بار q_2 حرکت دهیم.

57 با توجه به جهت میدان در نقطه A می‌فهمیم:

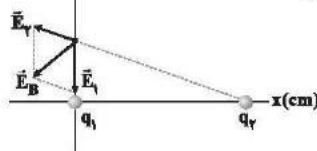


چون فاصله بار q_1 تا نقطه A بیشتر از فاصله بار q_2 تا نقطه A است، ولی $E_1 > E_2$ ، بنابراین، $|q_1| > |q_2|$ و از طرفی با توجه به جهت میدان در نقطه A می‌فهمیم:

فاصله نقطه B تا بار q_1 کمتر از فاصله نقطه B تا بار q_2 است و از طرفی داریم:

$$\begin{cases} |q_1| > |q_2| \\ q_1 < 0, q_2 > 0 \end{cases}$$

بنابراین میدان الکتریکی حاصل از دو بار q_1 و q_2 در نقطه B می‌تواند به شکل مقابل باشد:



همان‌طور که می‌بینید، هر دو مؤلفه بردار \vec{E}_B منفی هستند.

کار تک تک نیروها را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{aligned} W_{mg} &= mgd \cos \theta \quad \theta = 18^\circ, g = 10 \frac{m}{s^2} \\ &= 6 \times 10^{-2} \times 10 \times 2 \times 10^{-1} \times (-1) = -12 \times 10^{-2} J \\ W_E &= |q| Ed \cos \theta \quad d = 2 \times 10^{-1} m, q = -2 \times 10^{-6} C, \theta = 18^\circ \\ &= \frac{d}{E} \frac{|\Delta V|}{d} = \frac{1500}{2 \times 10^{-1}} = 3000 \frac{N}{C} \\ \Rightarrow W_E &= 30 \times 10^{-6} \times 3000 \times 2 \times 10^{-1} \times (-1) = -18 \times 10^{-2} J \end{aligned}$$

در نهایت با استفاده از قضیه کار و انرژی جنبشی، تبدی اولیه را به دست می‌آوریم.
توجه کنید: زمانی که ذره تغییر جهت می‌دهد، سرعتش صفر است.

$$\begin{aligned} W_t &= W_{mg} + W_E = \Delta K \\ \Rightarrow -12 \times 10^{-2} - 18 \times 10^{-2} &= \frac{1}{2} \times 6 \times 10^{-2} \times (0 - v^2) \\ \Rightarrow v^2 &= 10 \Rightarrow v = \sqrt{10} \frac{m}{s} \end{aligned}$$

62 در حالت تعادل باید نیروهای وارد بر گلوله متوازن باشند.
بنابراین داریم:

$$\begin{aligned} \tan \theta &= \frac{\text{مقابل}}{\text{مجاور}} = \frac{E|q|}{mg} \\ \Rightarrow E &= \frac{mg \tan \theta}{|q|} \end{aligned}$$

تغییرات بزرگی میدان الکتریکی برابر است با:

$$\begin{aligned} \Delta E &= E_f - E_i = \frac{mg \tan \theta_f}{|q|} - \frac{mg \tan \theta_i}{|q|} \\ \Rightarrow \Delta E &= \frac{mg}{|q|} (\tan 53^\circ - \tan 45^\circ) = \frac{mg}{|q|} \left(\frac{4}{3} - 1 \right) \Rightarrow \Delta E = \frac{1}{3} \frac{mg}{|q|} \\ \frac{\Delta E}{E_i} \times 100 &= \frac{\frac{1}{3} \frac{mg}{|q|}}{\frac{mg}{|q|}} = \frac{1}{3} \times 100 = 33\% \end{aligned}$$

بنابراین:

63 می‌دانیم اگر بارها همنام باشند، محل صفر شدن میدان برایند بین فاصله دو بار و نزدیک به بار کوچک‌تر است و اگر بارها ناهمنام باشند، این محل خارج از فاصله دو بار و نزدیک به بار کوچک‌تر است. چون این سؤال حداکثر تغییر محل صفر شدن میدان را خواسته، بنابراین فرض می‌کنیم بارها ناهمنام هستند تا محل صفر شدن بار خارج از فاصله دو بار باشد و با عوض شدن جای بارها، محل این نقطه جابه‌جایی زیادی داشته باشد.

$$\begin{aligned} E_1 &= E_2 \Rightarrow \frac{k|q_1|}{(6+x)^2} = \frac{k|q_2|}{x^2} \\ |q_1| &= 9|q_2| \Rightarrow \frac{9}{(6+x)^2} = \frac{1}{x^2} \quad \text{چون} \quad \frac{3}{6+x} = \frac{1}{x} \Rightarrow x = 3 \text{ cm} \end{aligned}$$

حال اگر محل بارها را عوض کنیم، محل نقطه O، 30 cm به آن طرف دیگر منتقل می‌شود که داریم:

حالت اول:

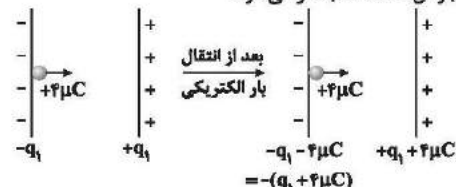
حالت دوم:

$$\Rightarrow \text{جابه‌جایی محل صفر شدن میدان} = 30 + 60 + 30 = 120 \text{ cm}$$

۶۴ با توجه به یکنواخت بودن میدان الکتریکی بین صفحات خازن داریم:

$$\begin{aligned} U &= \frac{1}{2} CV^2 \quad C = \frac{\kappa \epsilon_0 A}{d} \quad V = Ed \\ &\quad \text{حجم فضای بین صفحه‌ها} \\ U &= \frac{1}{2} \left(\frac{\kappa \epsilon_0 A}{d} \right) \times (Ed)^2 = \frac{1}{2} \kappa \epsilon_0 E^2 (Ad) \\ \Rightarrow U &= \frac{1}{2} \times 1 \times 9 \times 10^{-12} \times (2 \times 10^5)^2 \times (2 \times 10^{-6}) = 36 \times 10^{-8} J = 0.36 \mu J \end{aligned}$$

۶۵ هنگامی که از صفحه با بار منفی مقداری بار مثبت جدا شود، مقدار بار این صفحه منفی‌تر می‌شود و وقتی این بار مثبت به صفحه مثبت اضافه می‌شود نیز بار آن صفحه مثبت‌تر می‌شود.



با جابه‌جایی بار بین صفحه‌ها، انرژی خازن 2 μJ زیاد می‌شود، بنابراین می‌توان نوشت:

$$\begin{aligned} \begin{cases} U_f = U_i + W \\ U = \frac{q^2}{2C} \end{cases} &\Rightarrow \frac{(q_1 + 4)^2}{2 \times 12} = \frac{q_1^2}{2 \times 12} + 2 \\ \Rightarrow \frac{q_1^2 + 16 + 8q_1 - q_1^2}{2 \times 12} &= 2 \Rightarrow 16 + 8q_1 = 48 \Rightarrow 8q_1 = 32 \\ \Rightarrow q_1 &= 4 \mu C \end{aligned}$$

۶۶ ابتدا ظرفیت خازن را به دست می‌آوریم:

$$C = \frac{\kappa \epsilon_0 A}{d} = \frac{2 \times 9 \times 10^{-12} \times 1 \times 10^{-4}}{3 \times 10^{-3}} = 6 \times 10^{-13} F$$

به کمک اندازه میدان الکتریکی بین دو صفحه خازن، اختلاف پتانسیل دو سر خازن را به دست می‌آوریم:

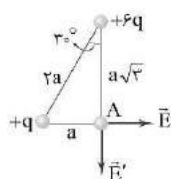
$$E = \frac{V}{d} \Rightarrow 200 \times 10^3 = \frac{V}{3 \times 10^{-3}} \Rightarrow V = 600 V$$

با توجه به این که اندازه بیشترین میدان الکتریکی ذخیره‌شده در خازن می‌تواند $200 \times 10^3 \frac{N}{C}$ باشد، بنابراین بیشترین اختلاف پتانسیل که می‌توان به دو سر خازن اعمال کرد تا دچار فروریزش نشود برابر 600 V است و بیشترین انرژی ذخیره‌شده در خازن به صورت زیر بدست می‌آید:

$$U = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times (6 \times 10^{-13}) \times (600)^2 = 108 \times 10^{-9} J = 108 nJ$$

۷۰ ۳ ابتدا بردار میدان الکتریکی ناشی از هریک از بارها را در نقطه

A رسم می‌کنیم:



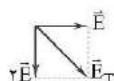
با استفاده از رابطه بزرگی میدان الکتریکی حاصل از یک ذره

باردار ($E = \frac{k|q|}{r^2}$) داریم:

$$\frac{E'}{E} = \frac{\frac{k|q|}{r^2} \times (\frac{r}{r'})^2}{\frac{k|q|}{r^2}} \Rightarrow \frac{E'}{E} = \frac{6q}{q} \times (\frac{a}{a\sqrt{3}})^2 \Rightarrow \frac{E'}{E} = 6 \times \frac{1}{3} = 2$$

$$\Rightarrow E' = 2E$$

بزرگی برابند میدان‌های الکتریکی برابر است با:



$$E_T = \sqrt{E'^2 + (rE)^2} \Rightarrow E_T = E\sqrt{5}$$

تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی بار q برابر است با:

$$\Delta U_E = -E|q|d\cos\theta = -E|q|d\cos 30^\circ$$

$$\Rightarrow \Delta U_E = -2 \times 10^{-2} \times 12 \times 10^{-6} \times 3 \times 10^{-2} \times \frac{\sqrt{3}}{2} = -360\sqrt{3} \mu\text{J}$$

در جابه‌جایی بار مثبت در جهت خطوط میدان الکتریکی، انرژی پتانسیل

الکتریکی بار کاهش می‌یابد.

۷۲ ۴ ابتدا ظرفیت خازن را حساب می‌کنیم:

$$C = \kappa\epsilon_0 \frac{A}{d} = 4 \times 9 \times 10^{-12} \times \frac{2 \times 10^{-4} \times 10^{-4}}{4 \times 10^{-3}} = 18 \times 10^{-11} \text{ F}$$

حال با توجه به رابطه بین ظرفیت خازن و بار الکتریکی ذخیره‌شده در آن

می‌توان نوشت:

$$C = \frac{Q}{V} \Rightarrow 18 \times 10^{-11} = \frac{Q}{10^{-2}} \Rightarrow Q = 18 \times 10^{-8} \text{ C} \Rightarrow Q = 0.18 \mu\text{C}$$

۶۷ ۱ تغییرات انرژی جنبشی ذره برابر است با:

$$\Delta K = \frac{1}{2}m(v_B^2 - v_A^2) = \frac{1}{2} \times 2 \times 10^{-6} \times (4^2 - 2^2) = -384 \times 10^{-6} \text{ J} (*)$$

با استفاده از قضیه کار و انرژی جنبشی، تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی ذره را به دست می‌آوریم:

$$W_E = \Delta K \xrightarrow{W_E = -\Delta U_E} -\Delta U_E = \Delta K$$

$$\xrightarrow{(*)} -\Delta U_E = -384 \times 10^{-6} \Rightarrow \Delta U_E = 384 \times 10^{-6} \text{ J}$$

حال اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه را به دست می‌آوریم:

$$V_B - V_A = \Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} = \frac{384 \times 10^{-6}}{-2 \times 10^{-6}} = -192 \text{ V}$$

$$\Rightarrow V_A - V_B = 192 \text{ V}$$

۶۸ ۳ نیروهای وارد بر ذره مطابق شکل زیر است.



کار هر کدام از نیروها بر روی ذره برابر است با:

$$W_{mg} = mgd\cos\theta = 6 \times 10^{-2} \times 10 \times 2 \times 10^{-1} \times (-1) = -12 \times 10^{-3} \text{ J}$$

$$W_E = |q|Ed\cos\theta = 30 \times 10^{-6} \times (\frac{1500}{5 \times 10^{-1}}) \times 2 \times 10^{-1} \times (-1)$$

$$\Rightarrow W_E = -18 \times 10^{-3} \text{ J}$$

در نهایت با استفاده از قضیه کار و انرژی جنبشی، تندی اولیه ذره را به دست می‌آوریم: (توجه کنید زمانی که ذره تغییر جهت می‌دهد، سرعتش صفر است.)

$$W_f = W_{mg} + W_E = \Delta K$$

$$\Rightarrow -12 \times 10^{-3} - 18 \times 10^{-3} = \frac{1}{2} \times 6 \times 10^{-3} \times (0 - v^2)$$

$$\Rightarrow v^2 = 10 \Rightarrow v = \sqrt{10} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

۶۹ ۱ خازن از باتری جداست، بنابراین q ثابت است، در نتیجه داریم:

$$E = \frac{V}{d} = \frac{q}{Cd} = \frac{q}{\kappa\epsilon_0 \frac{A}{d} \times d} = \frac{q}{\kappa\epsilon_0 A}$$

از رابطه بالا مشخص می‌شود که اندازه میدان الکتریکی در این حالت به فاصله

d وابسته نیست و برابر مقدار ثابت $\frac{q}{\kappa\epsilon_0 A}$ است.

۷۳ اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو صفحهٔ این خازن برابر است با:

$$U = \frac{1}{2} CV^2 \Rightarrow 240 \times 10^{-6} = \frac{1}{2} \times 12 \times 10^{-9} \times V^2$$

$$\Rightarrow V^2 = 4 \times 10^4 \Rightarrow V = 200 \text{ V}$$

با توجه به رابطهٔ محاسبهٔ اختلاف پتانسیل الکتریکی در میدان الکتریکی یکنواخت داریم:

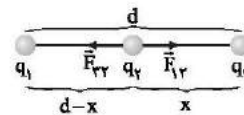
$$V = Ed \Rightarrow E = \frac{200}{2 \times 10^{-3}} = 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

اکنون برای محاسبهٔ اندازهٔ نیروی وارد بر ذرهٔ باردار از طرف میدان می‌توان نوشت:

$$E = \frac{F}{|q|} \Rightarrow 10^5 = \frac{F}{4 \times 10^{-6}} \Rightarrow F = 0.4 \text{ N}$$

۷۴ اگر نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q صفر باشد، داریم:

$$|F_{12}| = |F_{21}|$$



$$F_{12} = F_{21} \Rightarrow \frac{F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2}}{r^2} = \frac{k |q_1||q_2|}{(d-x)^2} = \frac{k |q_2||q_2|}{x^2}$$

$$\frac{q_2 = +4 \mu\text{C}}{q_1 = +9 \mu\text{C}} \rightarrow \frac{9}{(d-x)^2} = \frac{4}{x^2} \Rightarrow x = \frac{2d}{5} \quad (*)$$

بنابراین نسبت خواسته‌شده برابر است با:

$$\frac{x}{d-x} \xrightarrow{(*)} \frac{\frac{2d}{5}}{\frac{3d}{5}} = \frac{2}{3}$$

۷۵ اندازهٔ میدان الکتریکی برابر است با:

$$\vec{F} = 20\vec{i} - 40\vec{j} \Rightarrow F = \sqrt{(20)^2 + (-40)^2} = 20\sqrt{5} \text{ N}$$

$$E = \frac{F}{|q|} \Rightarrow E = \frac{20\sqrt{5}}{5\sqrt{5} \times 10^{-6}} = 4 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

با توجه به رابطهٔ محاسبهٔ اختلاف پتانسیل الکتریکی برحسب اندازهٔ میدان الکتریکی می‌توان نوشت:

$$|\Delta V| = Ed \Rightarrow |\Delta V| = 4 \times 10^6 \times 10 \times 10^{-2} = 4 \times 10^5 \text{ V} = 400 \text{ kV}$$

۷۶ با توجه به رابطهٔ محاسبهٔ اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو

نقطه در یک میدان الکتریکی می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} |\Delta V| = Ed \\ |\Delta V_{AB}| = Ed_{AB} \end{cases} \Rightarrow \frac{|\Delta V|}{|\Delta V_{AB}|} = \frac{d}{d_{AB}} \Rightarrow \frac{30}{|\Delta V_{AB}|} = \frac{12}{4}$$

$$\Rightarrow |\Delta V_{AB}| = 10 \text{ V}$$

اکنون با توجه به رابطهٔ محاسبهٔ اختلاف پتانسیل الکتریکی برحسب تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی ذرهٔ باردار داریم:

$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} \Rightarrow -10 = \frac{\Delta U_E}{+10^{-4}} \Rightarrow \Delta U_E = -100 \mu\text{J} = -10^{-4} \text{ J}$$

بنابراین انرژی پتانسیل الکتریکی ذرهٔ باردار 10^{-4} J کاهش می‌یابد.

دقت کنید: نقطهٔ B به صفحهٔ منفی نزدیک‌تر است، بنابراین پتانسیل الکتریکی آن از نقطهٔ A کم‌تر است.

۷۷ چون اندازهٔ بارها و فاصلهٔ آن‌ها از نقطهٔ A برابر است، اندازهٔ میدان‌ها نیز یکسان است و می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} E_T = 2E_1 \\ E_1 = k \frac{|q|}{r^2} \end{cases}$$

در حالت دوم با استفاده از رابطهٔ $E_1 = k \frac{|q|}{r^2}$ می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} E_q = k \frac{|q|}{qd^2} = \frac{4}{9} E_1 \\ E_{-q} = k \frac{|q|}{d^2} = 4 E_1 \end{cases}$$

$$\Rightarrow E'_T = \frac{4}{9} E_1 + 4 E_1 = \frac{40}{9} E_1$$

$$\frac{E'_T}{E_T} = \frac{\frac{40}{9} E_1}{2 E_1} = \frac{20}{9}$$

بنابراین نسبت خواسته‌شده برابر است با:

۷۸ نیروهای الکتریکی و وزن روی ذره کار انجام می‌دهند. با استفاده از قضیهٔ کار و انرژی جنبشی می‌توان نوشت:

$$\Delta K = W_t \Rightarrow W_{mg} + W_E = K_f - K_i \Rightarrow mgd - |q|Ed = -\frac{1}{2}mv_f^2$$

$$\Rightarrow 0.02 \times 10 \times d - 6 \times 10^{-7} \times 5 \times 10^5 \times d = -\frac{1}{2} \times 0.02 \times 1^2$$

$$\Rightarrow d = \frac{0.01}{(0.3 - 0.3)} = 0.1 \text{ m} = 10 \text{ cm}$$

دقت کنید: با توجه به جهت حرکت ذره، کار نیروی وزن، مثبت و کار نیروی الکتریکی، منفی است.

اگر بزرگی نیروی بین دو بار ۵۰ درصد افزایش یابد، داریم:

$$\frac{F'}{F} = \frac{r}{r'} \Rightarrow \frac{|q_1'| \times |q_2'|}{\lambda |q_1|} = \frac{r}{r'} \Rightarrow \frac{6|q_1 + 2|}{\lambda |q_1|} = \frac{r}{r'}$$

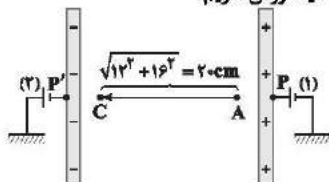
$$\Rightarrow |q_1 + 2| = \frac{r}{r'} |q_1| \Rightarrow \begin{cases} q_1 + 2 = 2q_1 \Rightarrow q_1 = 2 \mu C \\ q_1 + 2 = -2q_1 \Rightarrow q_1 = -\frac{2}{3} \mu C \end{cases}$$

اگر نیروی بین دو بار ۵۰ درصد کاهش یابد، داریم:

$$\frac{F'}{F} = \frac{1}{r} \Rightarrow \frac{|q_1'| \times |q_2'|}{\lambda |q_1|} = \frac{1}{r} \Rightarrow \frac{6|q_1 + 2|}{\lambda |q_1|} = \frac{1}{r} \Rightarrow 3|q_1 + 2| = 2|q_1|$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 3q_1 + 6 = 2q_1 \Rightarrow q_1 = -6 \mu C \\ 3q_1 + 6 = -2q_1 \Rightarrow q_1 = -\frac{6}{5} \mu C \end{cases}$$

با استفاده از رابطه فیثاغورس داریم:



$$\Delta V_{AC} = \frac{\Delta U_E}{q} \quad \Delta K = 0 \Rightarrow \Delta U_E = 12 \mu J \Rightarrow \Delta V_{AC} = \frac{12}{-2} = -6 V$$

$$V_A - V_C = 6 V$$

$$(1) \text{ مولد: } V_+ - V_- = 10 \xrightarrow{V_- = 0} V_+ = 10 V$$

$$V_P = V_+ \Rightarrow V_P = 10 V$$

$$(2) \text{ مولد: } V_+ - V_- = 5 \xrightarrow{V_+ = 0} V_- = -5 V$$

$$V_{P'} = V_- \Rightarrow V_{P'} = -5 V$$

با توجه به اینکه میدان الکتریکی، یکنواخت است، داریم:

$$E = \frac{|\Delta V|}{d} \Rightarrow \frac{V_A - V_C}{d_{AC}} = \frac{V_P - V_{P'}}{d}$$

فاصله صفحات

$$\Rightarrow \frac{6}{20} = \frac{10 - (-5)}{d} \Rightarrow 6d = 20 \times 15 = 300 \Rightarrow d = 50 \text{ cm}$$

با قرار دادن دی الکتریک به ثابت κ ، ظرفیت خازن κ برابر

می شود ($C_p = \kappa C_1$) و چون خازن شارژ شده را از باتری جدا کرده ایم. پس

بار الکتریکی خازن ثابت می ماند و طبق رابطه $U = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C}$ ، انرژی خازن کاهش

$$q = C_1 V_1 = 60 \times 10^{-6} \times 20 = 12 \times 10^{-4} \text{ C} \quad \text{می یابد و داریم:}$$

$$U_1 - U_2 = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C_1} - \frac{1}{2} \frac{q^2}{C_2} = \frac{q^2}{2} \left(\frac{1}{C_1} - \frac{1}{\kappa C_1} \right) = \frac{q^2}{2 C_1} \left(1 - \frac{1}{\kappa} \right)$$

$$\Rightarrow 8 \times 10^{-3} = \frac{(12 \times 10^{-4})^2}{2 \times 60 \times 10^{-6}} \times \left(1 - \frac{1}{\kappa} \right)$$

$$\Rightarrow 8 \times 10^{-3} = 12 \times 10^{-3} \times \left(1 - \frac{1}{\kappa} \right)$$

$$\Rightarrow 1 - \frac{1}{\kappa} = \frac{2}{3} \Rightarrow \frac{1}{\kappa} = 1 - \frac{2}{3} = \frac{1}{3} \Rightarrow \kappa = 3$$

می دانیم که استقامت (قدرت) دی الکتریک به بیشینه میدان

الکتریکی است که دی الکتریک می تواند بدون فروریزش تحمل کند. بین پتانسیل فروریزش (V_b) و استقامت دی الکتریک (E_b) رابطه زیر برقرار است:

$$V_b = E_b \times d \Rightarrow d = \frac{V_b}{E_b}$$

(d = فاصله بین صفحه های خازن)

از سوی دیگر می دانیم که در حالت کلی در یک میدان الکتریکی یکنواخت نیز

$$\text{رابطه } d = \frac{V}{E} \text{ برقرار است، پس داریم:}$$

$$\frac{V_b}{E_b} = \frac{V}{E} \Rightarrow \frac{4 \times 10^3}{E_b} = \frac{20}{0.4 \times \left(\frac{1000 V}{10^{-3} m} \right)}$$

$$\Rightarrow E_b = \frac{0.4 \times 10^3 \times 4}{20} = 8 \times 10^3 \frac{V}{m}$$

حالت اول: در حالت اول، فرض می کنیم بردار میدان الکتریکی

حاصل از بارهای q_1 و q_2 در نقطه M به ترتیب \vec{E}_1 و \vec{E}_2 باشد، بنابراین میدان برآیند برابر $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$ خواهد بود.

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \Rightarrow \vec{E} = \vec{E} \quad (1)$$

حالت دوم: در حالت دوم، فرض می کنیم پس از جابه جایی و تغییر اندازه بارها، میدان حاصل از بار $-q_1$ در نقطه M برابر \vec{E}'_1 و میدان حاصل از بار $2q_2$ در نقطه M برابر \vec{E}'_2 باشد.

$$\vec{E} = \vec{E}'_1 + \vec{E}'_2 \Rightarrow \vec{E} = 2\vec{E} \quad (2)$$

چون بار q_1 به سمت راست نقطه M رفته و نیز علامتش قریبه شده است، پس جهت میدانش تغییر نمی کند. برای مقایسه شدت میدان در نقطه M داریم:

$$\frac{E'_1}{E_1} = \frac{|q'_1|}{|q_1|} \times \left(\frac{r}{r'} \right)^2 = 1 \times 2^2 = 4 \Rightarrow E'_1 = 4E_1 \quad (3)$$

چون بار q_2 به سمت چپ نقطه M رفته و علامتش هم ثابت است، پس جهت میدان در خلاف جهت اولیه خواهد بود. برای مقایسه شدت میدان در نقطه M داریم:

$$\frac{E'_2}{E_2} = \frac{|q'_2|}{|q_2|} \times \left(\frac{r}{r'} \right)^2 = 2 \times \frac{1}{9} = \frac{2}{9} \Rightarrow E'_2 = -\frac{2}{9}E_2 \quad (4)$$

با توجه به روابط (۱) تا (۴) داریم:

$$4E_1 - \frac{2}{9}E_2 = 2(E_1 + E_2) \Rightarrow 2E_1 = \frac{20}{9}E_2 \Rightarrow \frac{E_1}{E_2} = \frac{10}{9}$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{10}{9} \Rightarrow \frac{10}{9} = \frac{|q_1|}{|q_2|} \times \left(\frac{r}{r'} \right)^2$$

$$\Rightarrow \frac{|q_1|}{|q_2|} \times \frac{1}{9} = \frac{10}{9} \Rightarrow \frac{|q_1|}{|q_2|} = 10 \Rightarrow \frac{q_1}{q_2} = -\frac{10}{9}$$

۲۵ درصد از بار q_1 برداشته ایم، پس بار نهایی آن ها برابر است با:

$$q'_1 = q_1 - \frac{25}{100} q_1 = \frac{75}{100} q_1 = \frac{3}{4} q_1 = \frac{3}{4} \times 8 = 6 \mu C$$

$$q'_2 = q_2 + \frac{25}{100} q_1 = q_2 + 2 \mu C$$

چون فاصله بین بارها ثابت است، پس برای مقایسه بزرگی نیروی الکتریکی بین دو بار در حالت دوم و حالت اول داریم:

$$\frac{F'}{F} = \frac{|q'_1| \times |q'_2|}{|q_1| \times |q_2|}$$

با شارژ کردن خازن با ولتاژ $V = 50 \text{ V}$ ، بار الکتریکی ذخیره شده در آن برابر می شود با:

$$q = CV \Rightarrow q = 1/44 \times 50 = 72 \text{ nC}$$

برای آن که انرژی خازن ۴۴٪ افزایش یابد، می توان نوشت:

$$U = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} \Rightarrow \frac{U'}{U} = \left(\frac{q'}{q}\right)^2 \Rightarrow \frac{144}{100} = \left(\frac{q'}{72}\right)^2 \Rightarrow q' = 144 \text{ nC}$$

بنابراین باید به اندازه $q' - q = 144 - 72 = 72 \text{ nC}$ بار از صفحه منفی به صفحه مثبت انتقال دهیم.

۸۷ ۲ فرض کنیم پتانسیل الکتریکی صفحه A برابر صفر و پتانسیل الکتریکی صفحه B برابر 60 V باشد. میدان الکتریکی بین صفحات رسانای موازی، یکنواخت است، بنابراین داریم:

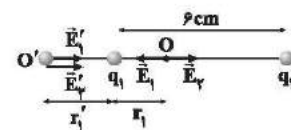
$$\text{حالت اول: } \frac{V_B - V_A}{15} = \frac{V_P - V_A}{10} \xrightarrow{V_A = 0} \frac{60}{15} = \frac{V_P}{10} \Rightarrow V_P = 40 \text{ V}$$

در حالت دوم، صفحه B را 3 mm به سمت بالا جابه جا کرده ایم و برای ثابت ماندن پتانسیل الکتریکی نقطه P باید صفحه A را به اندازه d به سمت پایین جابه جا کنیم:

$$\begin{aligned} \text{حالت دوم: } \frac{V_B - V_A}{3 + 15 + d} &= \frac{V_P - V_A}{10 + d} \Rightarrow \frac{60}{18 + d} = \frac{V_P}{10 + d} \\ \xrightarrow{V_P = 40 \text{ V}} \frac{60}{18 + d} &= \frac{40}{10 + d} \\ \Rightarrow 30 + 3d &= 40 + 2d \Rightarrow d = 10 \text{ mm} \end{aligned}$$

۸۸ ۴ در مسیر A تا B و نیز در مسیر B تا C، جابه جایی در جهت میدان بوده و پتانسیل الکتریکی کاهش می یابد اما در مسیر CD، جابه جایی در خلاف جهت میدان بوده و پتانسیل الکتریکی افزایش می یابد.

۸۴ ۳ در بین دو بار و در نقطه O و در خارج از فاصله دو بار و در نقطه O' اندازه میدان الکتریکی هر دو بار یکسان است و داریم:



$$\text{برای نقطه O داریم: } E_1 = E_2 \Rightarrow \frac{|q_1|}{r_1^2} = \frac{|q_2|}{(p - r_1)^2}$$

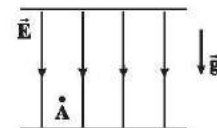
$$\Rightarrow \frac{|q_1|}{|q_2|} = \left(\frac{r_1}{p - r_1}\right)^2 \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{r_1}{p - r_1} \Rightarrow r_1 = 2 \text{ cm}$$

$$\text{برای نقطه O' داریم: } E'_1 = E'_2 \Rightarrow \frac{|q_1|}{r_1'^2} = \frac{|q_2|}{(p + r_1')^2}$$

$$\Rightarrow \frac{|q_1|}{|q_2|} = \left(\frac{r_1'}{p + r_1'}\right)^2 \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{r_1'}{p + r_1'} \Rightarrow r_1' = 6 \text{ cm}$$

بنابراین فاصله دو نقطه O و O' از یکدیگر برابر 8 cm است.

۸۵ ۳ به ذره دو نیرو وارد می شود، یکی نیروی وزن و دیگری نیروی ناشی از میدان الکتریکی. از آن جا که بار ذره مثبت است، بنابراین نیروی وارد بر ذره از طرف میدان به سمت پایین خواهد کرد. با نوشتن قانون دوم نیوتون و در نظر گرفتن جهت مثبت حرکت ذره به سمت بالا داریم:



$$F_{\text{net},y} = ma \Rightarrow -mg - E|q| = ma$$

$$a = -g - \frac{E|q|}{m} \Rightarrow a = -10 - \frac{2000 \times 2 \times 10^{-6}}{0.1 \times 10^{-3}} = -50 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\Rightarrow a = -10 - 40 = -50 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

سرعت اولیه ذره برابر $v_0 = 50 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ است. با توجه به آن که شتاب

برابر $a = -50 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ است، یک ثانیه پس از پرتاب، ذره به نقطه اوج خود

(بیشترین ارتفاع خود از نقطه پرتاب) می رسد و جهت حرکت آن عوض می شود.

در ادامه در یک ثانیه بعد، دوباره به محل پرتاب باز می گردد.

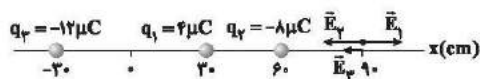
بنابراین مدت زمانی که از لحظه پرتاب طول می کشد تا ذره دوباره به محل اولیه بازگردد، برابر ۲ ثانیه است.

۸۶ ۲ ابتدا ظرفیت خازن را محاسبه می کنیم:

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow C = 8 \times 9 \times 10^{-12} \times \frac{400 \times 10^{-4}}{2 \times 10^{-3}} = 1/44 \times 10^{-9} \text{ F}$$

$$\Rightarrow C = 1/44 \text{ nF}$$

۹۱ ۳ میدان الکتریکی را در مکان $x_p = 9.0 \text{ cm}$ به دست می آوریم:



$$\begin{cases} E_1 = k \frac{|q_1|}{r_1^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6}}{(0.6)^2} = 1.5 \frac{\text{N}}{\text{C}} \\ E_2 = k \frac{|q_2|}{r_2^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{8 \times 10^{-6}}{(0.3)^2} = 8 \times 1.5 \frac{\text{N}}{\text{C}} \\ E_3 = k \frac{|q_3|}{r_3^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{12 \times 10^{-6}}{(1.2)^2} = 0.75 \times 1.5 \frac{\text{N}}{\text{C}} \end{cases}$$

$$\Rightarrow E_{\text{نتیجه}} = E_2 + E_3 - E_1 = 7.75 \times 1.5 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

۹۲ ۱ در مدت ۸۵، جابه جایی ذره برابر است با:

$$d = v \Delta t = 3 \times 8 = 24 \text{ m}$$

ذره با بار منفی در جهت خطوط میدان (خلاف جهت خودبه خودی) حرکت کرده است. بنابراین انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش یافته است و می توان نوشت:

$$\Delta U_E = -E |q| d \cos \theta = -4000 \times 20 \times 10^{-6} \times 24 \times (-1) = 1.92 \text{ J}$$

انرژی پتانسیل الکتریکی 1.92 J افزایش یافته است.

۹۳ ۳ ابتدا به کمک بیشینه میدان الکتریکی قابل تحمل دی الکتریک و

فاصله بین صفحات، پتانسیل فروریزش (پتانسیل بیشینه مجاز) را حساب می کنیم:

$$V_{\text{max}} = E_{\text{max}} d = 0.2 \times 10^6 \times 0.2 \times 10^{-2} = 40 \text{ V}$$

$$Q_{\text{max}} = C V_{\text{max}} = 2 \times 40 = 80 \mu\text{C}$$

$$U_{\text{max}} = \frac{1}{2} C V_{\text{max}}^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 1600 = 1600 \mu\text{J}$$

بنابراین بیشینه انرژی خازن به درستی بیان نشده است.

۸۹ ۴ با توجه به اینکه تعدادی الکترون به بار q_p اضافه شده است،

مقدار بار نهایی آن را نمی دانیم و فرض می کنیم بار نهایی آن q_p' باشد. دقت کنید که q_p' باید حتماً منفی باشد تا بارها بتوانند در تعادل باشند. با شرط تعادل برای بار q_1 و q_p' داریم:

$$q_1 \text{ تعادل: } F_{12} = F_{23} \Rightarrow k \frac{|q_1| |q_p'|}{r_{12}^2} = k \frac{|q_2| |q_p'|}{r_{23}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{36}{2^2} = \frac{9}{d^2} \xrightarrow{\text{چندر}} \frac{6}{2} = \frac{3}{d} \Rightarrow d = 1 \text{ cm}$$

$$q_1 \text{ تعادل: } F_{12} = F_{13} \Rightarrow k \frac{|q_1| |q_p'|}{r_{12}^2} = k \frac{|q_1| |q_3|}{r_{13}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{|q_p'|}{2^2} = \frac{9}{(2+d)^2} \xrightarrow{d=1 \text{ cm}} \frac{|q_p'|}{4} = \frac{9}{9} \Rightarrow |q_p'| = 4 \mu\text{C}$$

$$\Rightarrow |q_p'| = 4 \mu\text{C} \xrightarrow{q_p' < 0} q_p' = -4 \mu\text{C}$$

بنابراین بار q_p را باید از $12 \mu\text{C}$ به $-4 \mu\text{C}$ برسانیم، یعنی باید تعدادی الکترون با بار $-16 \mu\text{C}$ به آن اضافه کنیم.

$$q = -ne \Rightarrow -16 \times 10^{-6} = -n \times 1.6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = 10^{14}$$

$$m_{\text{جرم الکترون ها}} = n \times (\text{جرم یک الکترون}) = 10^{14} \times 9 \times 10^{-31} = 9 \times 10^{-17} \text{ kg}$$

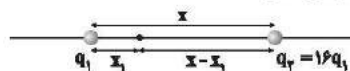
$$\Rightarrow m_{\text{جرم}} = 9 \times 10^{-17} \text{ g}$$

۹۰ ۴ اگر دو ذره باردار با بارهای مختلف روی محوری در فاصله x از

هم قرار داشته باشند، روی خط واصل دو بار، هم در نقطه ای بین دو بار و نزدیک بار کوچک تر و هم در نقطه ای خارج ناحیه بین دو بار و نزدیک بار کوچک تر، بزرگی میدان های الکتریکی ناشی از دو بار هم اندازه می شوند.

البته حواستان باشد که اگر دو بار هم اندازه باشند فقط در یک نقطه روی خط واصل آن ها میدان آن ها هم اندازه خواهد شد و آن نقطه وسط فاصله بین دو بار است.

حالت اول: بین دو بار و نزدیک بار کوچک تر:

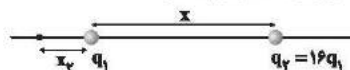


$$E_1 = E_2 \Rightarrow \frac{k |q_1|}{x_1^2} = \frac{16k |q_1|}{(x - x_1)^2} \Rightarrow 4x_1 = x - x_1 \Rightarrow x_1 = \frac{1}{5}x$$

در نقطه ای به فاصله $\frac{1}{5}x$ سمت راست بار q_1 یا به عبارت دیگر، به

فاصله $\frac{4}{5}x$ سمت چپ بار q_2 ، میدان ها هم اندازه هستند.

حالت دوم: خارج فاصله بین دو بار و نزدیک بار کوچک تر:



$$E_1 = E_2 \Rightarrow \frac{k |q_1|}{x_2^2} = \frac{16k |q_1|}{(x + x_2)^2} \Rightarrow 4x_2 = x + x_2 \Rightarrow x_2 = \frac{1}{3}x$$

در نقطه ای به فاصله $\frac{1}{3}x$ سمت چپ بار q_1 ، میدان ها هم اندازه هستند.

ابتدا بزرگی نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_3 را بررسی می‌کنیم:

$$F_3 = |F_{13} - F_{23}| = \left| \frac{kq_1q_3}{r_1^2} - \frac{kq_2q_3}{(r_1 + r_2)^2} \right| = \frac{kq_1q_3}{r_1^2} \left| 1 - \frac{r_2}{(1 + \frac{r_2}{r_1})^2} \right|$$

سپس بزرگی نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_1 را بررسی می‌کنیم:

$$F_1 = F_{12} + F_{13} = \frac{kq_1q_2}{r_1^2} + \frac{kq_1q_3}{r_1^2} = \frac{kq_1q_3}{r_1^2} \left(1 + \frac{1}{\frac{r_2}{r_1}} \right)$$

با توجه به اطلاعات داده‌شده در سؤال داریم:

$$F_3 = \frac{56}{425} F_1 \xrightarrow{\frac{r_2}{r_1} = x} \left| 1 - \frac{r_2}{(1+x)^2} \right| = \frac{56}{425} x \left(1 + \frac{1}{x} \right)$$

با چک کردن گزینه‌ها، $x = \frac{r_2}{r_1}$ حاصل می‌شود.