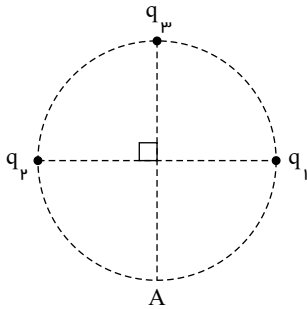




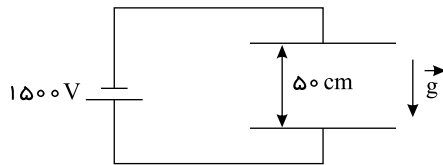
علیرضا ایدل خانی

۱- در شکل زیر، میدان الکتریکی خالص در نقطه A برابر صفر است.  $\frac{q_2}{q_1}$  چقدر است؟



- ① ۲
- ②  $2\sqrt{2}$
- ③ ۴
- ④  $4\sqrt{2}$

۲- در شکل زیر و در میدان الکتریکی یکنواخت بین دو صفحه، ذره‌ای به جرم  $6g$  و بار الکتریکی  $30\mu C$  - از مجاورت صفحه پایینی به طرف بالا پرتاب می‌شود. ذره پس از طی مسافت  $20cm$ ، جهت حرکتش عوض می‌شود. تندی اولیه ذره چند متر بر ثانیه بوده است؟



$g = 10 \frac{N}{kg}$  و از نیروهای اتلاfi صرف نظر کنید)

- ① ۱۰
- ②  $2\sqrt{10}$
- ③  $\sqrt{10}$
- ④ ۴۰

۳- دو گوی رسانای کوچک و یکسان دارای بار الکتریکی  $q_1 > 0$  و  $|q_2| > q_1$  هستند و در فاصله معینی از هم قرار دارند و نیروی الکتریکی  $F$  را به هم وارد می‌کنند. اگر دو گوی را با هم تماس دهیم و در همان فاصله قرار دهیم، نیروی الکتریکی که به هم وارد می‌کنند، ۲۰ درصد کاهش می‌یابد.  $\frac{|q_2|}{q_1}$  کدام است؟

- ① ۲
- ② ۴
- ③ ۵
- ④ ۱۰

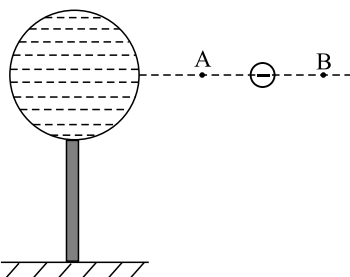
۴- ظرفیت خازنی ۵ میکروفاراد و بار الکتریکی آن  $q$  است. اگر  $3mC$  بار الکتریکی را از صفحه منفی جدا کرده و به صفحه مثبت منتقل کنیم، انرژی ذخیره شده در خازن به اندازه  $4.5J$  افزایش می‌یابد.  $q$  چند میلی کولن است؟

- ① ۳
- ② ۶
- ③ ۹
- ④ ۱۲

۵- میله‌ای رسانا را به الکتروسکوپ با بار منفی نزدیک می‌کنیم، ورقه‌های الکتروسکوپ بهم نزدیک می‌شود، نوع بار میله چیست؟

- ① مثبت یا خنثی
- ② فقط منفی
- ③ فقط مثبت
- ④ منفی یا خنثی

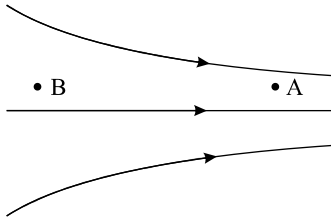
۶- در شکل زیر، کره فلزی با بار الکتریکی منفی روی پایه نارسنایی قرار دارد و ذره‌ای با بار منفی را از نقطه A تا نقطه B جابه‌جا می‌کنیم. در این آزمایش، پتانسیل الکتریکی نقطه B در مقایسه با پتانسیل الکتریکی نقطه A چگونه است و در این جابه‌جایی، انرژی پتانسیل الکتریکی ذره باردار چگونه تغییر می‌کند؟



- ① بیشتر - کاهش
- ② بیشتر - افزایش
- ③ کمتر - کاهش
- ④ کمتر - افزایش



۷- در شکل زیر، خطوط میدان الکتریکی رسم شده است. کدام گزینه رابطه درستی در ارتباط با میدان الکتریکی و پتانسیل الکتریکی در نقاط  $A$  و  $B$  نشان می‌دهد؟



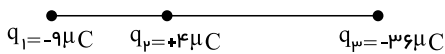
①  $E_A > E_B$  و  $V_A = V_B$

②  $E_A = E_B$  و  $V_A > V_B$

③  $E_A < E_B$  و  $V_A < V_B$

④  $E_A > E_B$  و  $V_A < V_B$

۸- مطابق شکل زیر، نیروی خالص الکتریکی وارد بر هریک از ذره‌های باردار صفر است. اگر جای بار  $q_1$  و  $q_2$  عوض شود، بزرگی نیروی خالص الکتریکی وارد بر بار  $q_3$  چند برابر بزرگی خالص الکتریکی وارد بر بار  $q_1$  می‌شود؟



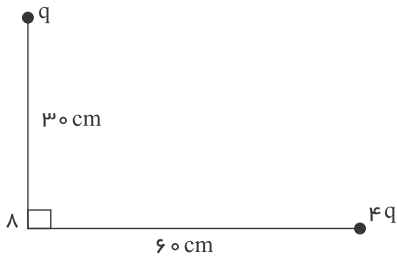
④ ۵

③ ۳

⑤ ۵/۴

① ۲/۳

۹- شکل زیر، دو بار الکتریکی مثبت را نشان می‌دهد. اگر میدان الکتریکی خالص در نقطه  $A$  برابر  $\sqrt{2} \frac{N}{C}$  باشد،  $q$  چند نانوکولن است؟



$(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})$

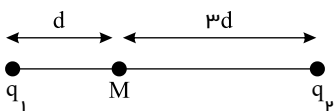
①  $2\sqrt{2}$

②  $5\sqrt{2}$

③ ۱۰

④ ۲۰

۱۰- مطابق شکل زیر میدان الکتریکی برآیند حاصل از دو بار نقطه‌ای  $q_1$  و  $q_2$  در نقطه  $M$  برابر  $\vec{E}$  است. اگر علامت بار  $q_2$  را قرینه و بار  $q_1$  را به اندازه  $2d$  و در راستای خط واصل دو بار از نقطه  $M$  دور کنیم، میدان برآیند در این نقطه برابر  $\frac{\vec{E}}{2}$  می‌شود. حاصل  $\frac{q_1}{q_2}$  کدام است؟



⑤ ۷/۳

① ۳/۷

④ -۱/۶

③ -۲

۱۱- از بین صفحات خازنی که یک دی‌الکتریک میان آن قرار دارد و به باتری متصل است، دی‌الکتریک را برمی‌داریم. به ترتیب از راست به چپ، بزرگی میدان الکتریکی و ولتاژ چگونه تغییر می‌کند؟

④ ثابت - ثابت

③ افزایش - کاهش

② کاهش - کاهش

① ثابت - افزایش

۱۲- کدام یک از عبارات زیر به نادرستی بیان شده است؟

① پدیده فروریزش الکتریکی باعث تشکیل مسیرهای رسانش سرخس‌شکلی در دی‌الکتریک می‌شود.

② یک نورون را نمی‌توان با یک خازن مدل‌سازی کرد.

③ بر روی یک خازن معمولاً ظرفیت آن نوشته می‌شود.

④ در فروریزش الکتریکی، تعدادی از الکترون‌های اتم‌های ماده دی‌الکتریک کنده شده و مسیرهای رسانایی را درون آن ایجاد می‌کند.

۱۳- بار ذخیره شده در یک خازن  $2 \mu C$  است. اگر بار خازن ۵۰ درصد افزایش یابد، انرژی ذخیره شده در آن  $\frac{1}{2} \mu J$  افزایش می‌یابد، ظرفیت این خازن برحسب میکروفاراد کدام است؟ (فروریزش رخ نمی‌دهد).

④ ۲۰

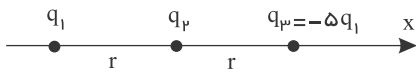
③ ۵

② ۵۰

① ۱۰



۱۴- در شکل زیر سه ذرهٔ باداری روی محور  $x$  قرار دارند و به بار  $q_1$  نیروی الکتریکی خالص  $F$  وارد می‌شود. اگر بار  $q_3$  روی محور  $x$  به اندازه  $\frac{4r}{5}$  به



بار  $q_2$  نزدیک شود، نیروی خالص وارد بر بار  $q_2$  چند برابر  $F$  می‌شود؟

۲۱ (۲)

۲۵ (۱)

$\frac{25}{6}$  (۴)

$\frac{13}{3}$  (۳)

۱۵- دو بار الکتریکی نقطه‌ای  $q_1 = 20 \mu C$  و  $q_2 = -5 \mu C$  در فاصله  $30$  سانتی‌متری از هم ثابت نگه داشته شده‌اند. بار الکتریکی  $q_3 = 15 \mu C$  را در این محیط در نقطه‌ای قرار می‌دهیم که نیروی الکتریکی خالص وارد بر آن صفر باشد. در این حالت، نیروی الکتریکی وارد بر بار  $q_3$  چند نیوتون است؟

$(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})$

۵ (۴)

۳ (۳)

۲٫۵ (۲)

۱٫۵ (۱)

۱۶- مطابق شکل زیر، بارهای الکتریکی مثبت و هم اندازه  $q$  در جای خود ثابت شده‌اند و به یکدیگر نیروی الکتریکی به بزرگی  $F$  وارد می‌کنند. اگر تعدادی الکترون از جسم  $A$  به جسم  $B$  منتقل کنیم تا بار جسم  $B$  برابر  $-2q$  شود، در این صورت بزرگی نیرویی که دو ذره به هم وارد می‌کنند، چند برابر  $F$  می‌شود؟



۸ (۴)

۶ (۳)

۴ (۲)

۲ (۱)

۱۷- در یک میدان الکتریکی یکنواخت، ذرهٔ باداری را در نقطه‌ای به پتانسیل الکتریکی  $V_1 = 30 V$  از حال سکون رها می‌کنیم. اگر ذره فقط تحت تأثیر میدان الکتریکی به نقطه‌ای به پتانسیل الکتریکی  $V_2 = 80 V$  برسد و انرژی جنبشی آن  $2$  میلی‌ژول افزایش یابد، بار الکتریکی ذره چند میکروکولن است؟

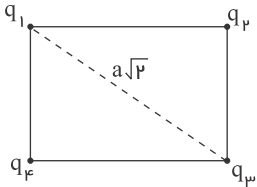
-۸۰ (۴)

-۴۰ (۳)

۴۰ (۲)

۸۰ (۱)

۱۸- در شکل زیر، چهار ذره باردار در رأس‌های یک مربع قرار دارند. اگر نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار  $q_3$  باشد، کدام رابطه درست است؟



$q_4 = q_2 = -\frac{\sqrt{2}}{4} q_1$  (۲)

$q_4 = q_2 = -2\sqrt{2} q_1$  (۱)

$q_4 = q_2 = \frac{\sqrt{2}}{4} q_1$  (۴)

$q_4 = q_2 = 2\sqrt{2} q_1$  (۳)

۱۹- اگر اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر خازنی  $10$  درصد کاهش یابد، بار الکتریکی و انرژی ذخیره شده در آن هر کدام چند درصد (به ترتیب از راست به چپ) کاهش می‌یابند؟

۱۹ و ۱۰ (۴)

۱۰ و ۱۰ (۳)

۱۹ و ۱۹ (۲)

۱۰ و ۱۹ (۱)

۲۰- خازن شارژ شده‌ای را از مولد جدا می‌کنیم و در حالتی که بار الکتریکی آن ثابت می‌ماند. عایقی که بین صفحات خازن را پر کرده، خارج می‌کنیم. اگر ثابت دی‌الکتریک عایق  $k = 2$  باشد، ظرفیت، اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو صفحهٔ خازن و انرژی آن به ترتیب چند برابر می‌شوند؟

$\frac{1}{4}, 1, 2$  (۴)

۲, ۲, ۲ (۳)

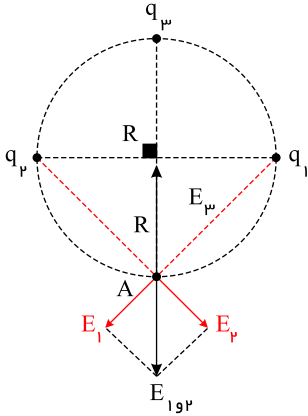
$\frac{1}{4}, \frac{1}{4}, 2$  (۲)

۲, ۲,  $\frac{1}{4}$  (۱)



## پاسخنامه تشریحی

۱ - گزینه ۲



برای اینکه میدان برآیند در نقطه A صفر شود می‌بایستی میدان برآیند بارهای  $q_1$  و  $q_2$  با میدان حاصل از بار  $q_3$  در نقطه A خنثی شود. این امر، مستلزم این است که  $E_{1,2}$  هم امتداد  $E_3$  و خلاف جهت آن باشد و برای اینکه این اتفاق بیفتد می‌بایستی  $E_2 = E_1$  باشد، در نتیجه باید  $q_2 = q_1$ . آنچه مهم است این می‌باشد که باید  $q_1$  و  $q_2$  هم علامت و مخالف علامت بار  $q_3$  باشد.

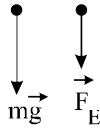
اینکه کدام مثبت و کدام منفی باشد مهم نیست. پس می‌توان به فرض  $q_1 = q_2 > 0$  و  $q_3 < 0$  را در نظر گرفت:

$$\begin{cases} r_1 = r_2 = \sqrt{2}R \text{ (شعاع دایره)} \\ r_3 = 2R \end{cases}$$

$$E_{r,1} = E_{r,2} \Rightarrow \sqrt{2}E_1 = E_2 \Rightarrow \sqrt{2} \left( \frac{kq_1}{(\sqrt{2}R)^2} \right) = \frac{k|q_2|}{(2R)^2} \Rightarrow \frac{\sqrt{2}}{2} q_1 = \frac{|q_2|}{4} \Rightarrow \left| \frac{q_2}{q_1} \right| = 2\sqrt{2}$$

۲ - گزینه ۳

نیروهای وارد بر ذره مطابق شکل هستند:



کار تک‌تک این نیروها را محاسبه می‌کنیم:

$$W_{mg} = mgd \cos \theta \xrightarrow{\theta=180^\circ, g=10 \frac{N}{kg}}$$

$$W_{mg} = 6 \times 10^{-3} \times 10 \times 2 \times 10^{-1} \times (-1) = -12 \times 10^{-3} J$$

$$W_E = |q|Ed \cos \theta \xrightarrow{d=2 \times 10^{-1} m, q=30 \times 10^{-6} C, \theta=180^\circ} W_E = 30 \times 10^{-6} \times 3000 \times 2 \times 10^{-1} \times (-1) = -18 \times 10^{-3} J$$

در نهایت با استفاده از قضیه کار - انرژی جنبشی، تندی اولیه را به دست می‌آوریم (توجه کنید زمانی که ذره تغییر جهت می‌دهد، سرعتش صفر است):

$$W_t = W_{mg} + W_E = \Delta K \Rightarrow -12 \times 10^{-3} - 18 \times 10^{-3} = \frac{1}{2} \times 6 \times 10^{-3} \times (0 - v^2) \Rightarrow v^2 = 10 \Rightarrow v = \sqrt{10} \frac{m}{s}$$

۳ - گزینه ۳ گام اول: در ابتدای کار  $q_1 > 0$  و  $q_2 > 0$  وقتی دو گوی را با هم تماس می‌دهیم، در همان فاصله نیرویی که به هم وارد می‌کنند، کاهش یافته. اگر دو بار هم علامت بوده باشد پس

از تماس بار هر یک از آنها  $q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2}$  می‌شود و در این صورت نیرویی که به هم وارد می‌کنند افزایش می‌یابد. پس درمی‌یابیم که دو بار از ابتدا بارهای مختلف‌العلامت دارند.

گام دوم:

$$\text{قبل از تماس} \begin{cases} F_{12} = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \\ |q_2| > q_1 > 0, q_1 > 0, q_2 < 0 \end{cases}$$



$$\begin{cases} F'_{12} = k \frac{|q'_1| |q'_2|}{r^2} = k \frac{(|q_2| - q_1)^2}{4r^2} = \frac{10}{100} F_{12} \\ q'_1 = q'_2 = \frac{|q_2| - q_1}{2} \\ q'_1 = q'_2 < 0 \end{cases}$$

بعد از تماس

$$\Rightarrow \frac{(|q_2| - q_1)^2}{4} = \frac{1}{5} (|q_1| \times |q_2|)$$

$q_1$  و  $q_2$  بارهای اولیه دو کره هستند. بهترین کار در این مرحله، امتحان کردن گزینه‌ها می‌باشد که نتیجه این می‌باشد:

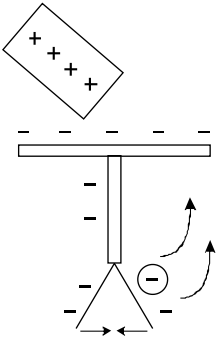
$$\frac{|q_2|}{q_1} = 5$$

۴ - گزینه ۲ گام اول: برای سادگی انرژی را هم برحسب  $mJ$  می‌نویسیم، ظرفیت خازن را هم برحسب میلی فاراد. هنگامی که از صفحه منفی، بار مثبت  $(+3mC)$  را جدا کرده و به صفحه مثبت می‌بریم، صفحه منفی، منفی‌تر و صفحه مثبت، مثبت‌تر می‌شود. پس بار خازن زیاد می‌شود، یعنی می‌توان نوشت:  $Q' = Q + 3mC$ .  $Q'$  بار اولیه و  $Q$  بار ثانویه خازن است. گام دوم:

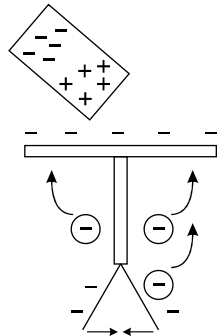
$$\Delta U = \frac{1}{2} \frac{Q'^2}{C} - \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} = \frac{Q'^2 - Q^2}{2C} \Rightarrow 4500 mJ = \frac{(Q + 3)^2 - Q^2}{2 \times 5 \times 10^{-3} mF} \Rightarrow 45 = Q^2 + 9 + 6Q - Q^2 = 6Q + 9 \Rightarrow 6Q = 36 \Rightarrow Q = 6mC$$

۵ - گزینه ۱ بار میله می‌تواند مثبت یا خنثی باشد:

اگر بار میله مثبت باشد و به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک کنیم، مقداری از بارهای منفی روی ورقه‌های الکتروسکوپ به سمت کلاهک می‌روند و بنابراین تراکم بار روی ورقه‌ها کاهش یافته و بهم نزدیک می‌شوند.

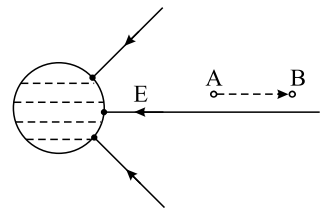


اگر میله‌ی رسانا خنثی باشد، هنگامی که به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک کنیم بارهای میله تفکیک شده و بارهای مثبت نزدیک کلاهک قرار می‌گیرند و باز هم مقداری بارهای منفی از ورقه‌ها به سمت کلاهک رفته و ورقه‌های الکتروسکوپ به هم نزدیک می‌شوند.



۶ - گزینه ۱ نکته (۱): هرچه در جهت خطوط میدان الکتریکی پیش برویم پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد و در خلاف جهت خطوط میدان الکتریکی پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد. به عبارت ساده‌تر، هرچه به بارهای منفی نزدیک‌تر نشویم (یا از بارهای مثبت دورتر شویم) پتانسیل الکتریکی کمتر می‌شود و برعکس. نکته (۲): اگر بار منفی در خلاف جهت خطوط میدان الکتریکی حرکت کند، انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد.

$$[V_B > V_A] \text{ و } \left[ \begin{array}{c} \leftarrow E \\ \text{حرکت} \\ q < 0 \rightarrow U \downarrow \end{array} \right]$$



۷ - گزینه ۴ در مورد میدان الکتریکی  $E$ : می‌دانیم هر چه قدر تراکم و فشردگی خطوط میدان افزایش یابد، بزرگی میدان الکتریکی بیشتر است و در این شکل مشخص است که بزرگی میدان الکتریکی در نقطه  $A$  بزرگ‌تر از نقطه  $B$  است:  $E_A > E_B$

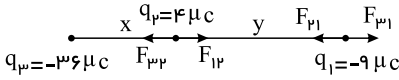
در مورد پتانسیل الکتریکی  $V$ : می‌دانیم هر چه قدر در جهت خطوط میدان حرکت کنیم، پتانسیل کمتر می‌شود، بنابراین با حرکت از نقطه  $B$  تا  $A$  پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد:  $V_A < V_B$



۸ - گزینه ۴ گام اول: از این که نیروی خالص وارد بر هر سه بار صفر است، رابطه بین فواصل بارهای  $q_1$  و  $q_2$  با  $q_3$  و  $q_4$  را می‌یابیم.

$$q_1 = -9 \mu C \quad q_2 = 4 \mu C \quad q_3 = -36 \mu C \Rightarrow F_{32} = F_{12} \Rightarrow \frac{k|q_1||q_2|}{r_{12}^2} = \frac{k|q_3||q_2|}{r_{32}^2} \Rightarrow \frac{9}{x^2} = \frac{36}{y^2} \xrightarrow{\text{جذر}} \frac{3}{x} = \frac{6}{y} \Rightarrow y = 2x$$

گام دوم: حال جای  $q_3$  و  $q_1$  را عوض می‌کنیم:



$$\left\{ \begin{array}{l} |q_2| > |q_1| \\ r_{22} < r_{12} \end{array} \Rightarrow F_{22} > F_{12} \Rightarrow (F_{net})_{q_2} = F_{22} - F_{12} \Rightarrow (F_{net})_{q_2} = \frac{k|q_2||q_2|}{x^2} - \frac{k|q_1||q_2|}{(2x)^2} = \frac{k}{x^2} [36 \times 4 - \frac{9 \times 4}{4}] = 135 \frac{k}{x^2} \quad (1)$$

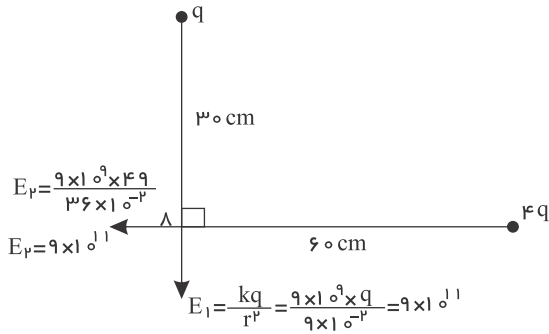
$$\left\{ \begin{array}{l} |q_2| = 9q_1 \\ r_{21} = 2x, r_{31} = 2x \Rightarrow r_{21} = 1.5r_{31} \end{array} \Rightarrow F_{21} > F_{31} \rightarrow (F_{net})_{q_1} = F_{21} - F_{31} \Rightarrow (F_{net})_{q_1} = \frac{k|q_2||q_1|}{9x^2} - \frac{k|q_3||q_1|}{4x^2}$$

$$= \frac{k}{x^2} [\frac{9 \times 36}{9} - \frac{4 \times 9}{4}] = 27 \frac{k}{x^2} \quad (2)$$

$$(1), (2) \Rightarrow \frac{(F_{net})_{q_2}}{(F_{net})_{q_1}} = \frac{135}{27} = 5$$

۹ - گزینه ۳

با توجه به رابطه مربوط به تعیین میدان الکتریکی در اطراف بارهای نقطه‌ای داریم:



$$E_1 = \frac{kq}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times q}{9 \times 10^{-2}} = q \times 10^{11}$$

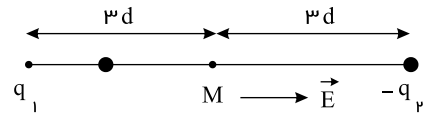
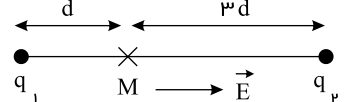
$$E_n^2 = E_1^2 + E_2^2 \rightarrow (1000 \sqrt{2})^2 = (q \times 10^{11})^2 + (q \times 10^{11})^2 = 2(q \times 10^{11})^2 \rightarrow 1000 \sqrt{2} = \sqrt{2} \times q \times 10^{11} \rightarrow q = 10^{-4} C \rightarrow q = 10 nC$$

۱۰ - گزینه ۱ فرض می‌کنیم هر دو بار مثبت باشند:

$$E_1 - E_2 = E \Rightarrow \frac{kq_1}{d^2} - \frac{kq_2}{(3d)^2} = E \Rightarrow E = \frac{k}{d^2} (q_1 - \frac{q_2}{9}) \quad (1)$$

$$E_1 + E_2 = \frac{E}{2} \Rightarrow \frac{kq_1}{(3d)^2} + \frac{kq_2}{(3d)^2} = \frac{E}{2}$$

$$\xrightarrow{(1)} \frac{k}{d^2} (q_1 + q_2) = \frac{1}{2} \frac{k}{d^2} (q_1 - \frac{q_2}{9}) \Rightarrow \frac{q_1 + q_2}{1} = \frac{q_1 - q_2}{2} \Rightarrow 2q_1 + 2q_2 = q_1 - q_2 \Rightarrow q_1 = -3q_2 \Rightarrow \frac{q_1}{q_2} = -\frac{3}{1}$$



۱۱ - گزینه ۴ چون خازن به باتری متصل است، پس ولتاژ دو سر آن ثابت است. طبق رابطه  $E = \frac{V}{d}$ ، بزرگی میدان الکتریکی بین صفحات ثابت است.

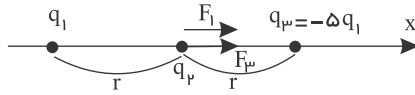
۱۲ - گزینه ۲ یک یاخته عصبی یا نورون را می‌توان با یک خازن مدل سازی کرد، به طوری که غشای سلول به عنوان دی‌الکتریک است.

۱۳ - گزینه ۳ در اینجا چون از ظرفیت، بار و انرژی اسم برده‌ایم، باید رابطه این سه پارامتر را در تعیین انرژی بنویسیم.

$$Q_2 = 2 + \frac{50}{100} \times 2 = 2 + 1 = 3 \mu C$$

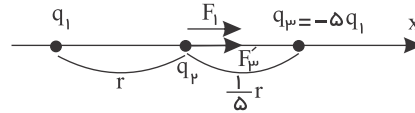
$$U = \frac{Q^2}{2C} \rightarrow U_2 = U_1 + \frac{1}{2} \rightarrow \frac{Q_2^2}{2C} = \frac{Q_1^2}{2C} + \frac{1}{2} \rightarrow \frac{9}{2C} = \frac{4}{2C} + \frac{1}{2} \rightarrow \frac{5}{2C} = \frac{1}{2} \rightarrow C = 5 \mu F$$

در دو حالت نیروی وارد بر بار  $q_p$  را می‌یابیم. حالت اول:



$$F_p = F_1 + F_3 = \frac{kq_1 q_p}{r^2} + \frac{k(\delta q_1) q_p}{r^2} = \frac{kq_1 q_p}{r^2}$$

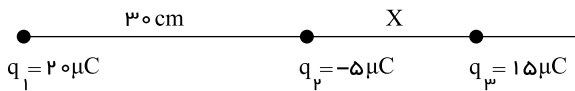
در حالت دوم:



$$F'_p = F_1 + F'_3 = \frac{kq_1 q_p}{r^2} + \frac{k(\delta q_1) q_p}{(\frac{1}{10}r)^2} = 126 \frac{kq_1 q_p}{r^2}$$

$$\rightarrow \frac{F'_p}{F_p} = \frac{126 \frac{kq_1 q_p}{r^2}}{\frac{kq_1 q_p}{r^2}} \rightarrow \frac{F'_p}{F_p} = 126$$

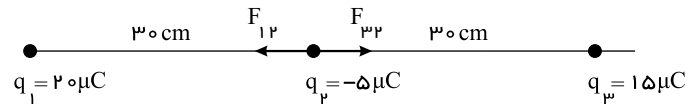
گام اول: چون دو بار  $q_1$  و  $q_3$  مختلف‌العلامتند، بار سوم به جهت اینکه برآیند نیروهای وارد بر آن از طرف بارهای  $q_1$  و  $q_3$  صفر شود باید خارج فاصلهٔ دو بار، روی خط واصل دو بار و نزدیکتر به باری باشد که از نظر مقدار کوچکتر باشد (یعنی بار  $q_3$ ). اگر فاصله بار  $q_p$  تا  $q_1$  را با  $x$  نشان دهیم، ابتدا  $x$  را می‌یابیم:



$$F_{1p} = F_{3p} \Rightarrow \frac{k|q_1||q_p|}{r_{1p}^2} = \frac{k|q_3||q_p|}{r_{3p}^2} \Rightarrow \frac{20}{(30+x)^2} = \frac{5}{x^2} \Rightarrow \frac{2}{30+x} = \frac{1}{x} \Rightarrow x = 30 \text{ cm}$$

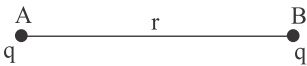
گام دوم: اکنون برآیند نیروهای وارد بر  $q_p$  را می‌یابیم. می‌دانیم اگر  $q_1$  و  $q_3$  بر حسب  $\mu C$  و  $r$  بر حسب  $cm$  باشد می‌توان نوشت:  $F = 90 \frac{|q_1||q_p|}{r^2}$

$$\begin{cases} F_{1p} = \frac{k|q_1||q_p|}{r_{1p}^2} = 90 \left( \frac{20 \times 5}{30^2} \right) = 10 \text{ N} \\ F_{3p} = \frac{k|q_3||q_p|}{r_{3p}^2} = 90 \left( \frac{5 \times 15}{30^2} \right) = 7.5 \text{ N} \end{cases} \Rightarrow F_{net} = 10 - 7.5 = 2.5 \text{ N}$$



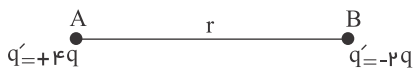
برای اینکه بار  $q$  به بار  $2q$  تبدیل شود، باید  $3q$  به آن اضافه کرده باشیم ( $q' = q + (-3q) = -2q$ ) و چون این  $3q$  را از بار  $q$  گرفته‌ایم، بار جدید آن  $4q$  خواهد شد ( $q'' = q - (-3q) = 4q$ )

پس در وضعیت جدید داریم:  
حالت اول: دامنه



$$F_1 = \frac{kq^2}{r^2}$$

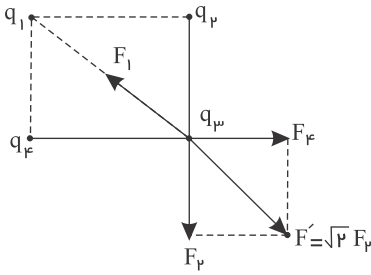
حالت دوم: جاذبه



$$F_2 = \frac{k(4q)(2q)}{r^2} \rightarrow F_2 = 8 \frac{kq^2}{r^2} \rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \frac{8 \frac{kq^2}{r^2}}{\frac{kq^2}{r^2}} \rightarrow \frac{F_2}{F_1} = 8$$

۱۷ - گزینه ۳ می‌دانیم در اینجا، با توجه به پایداری انرژی، اگر انرژی جنبشی ۲ میلی‌ژول افزایش یابد، انرژی پتانسیل الکتریکی‌اش ۲ میلی‌ژول کاهش می‌یابد. بنابراین داریم:

$$\Delta U = q\Delta V \rightarrow -2 \times 10^{-3} = q(80 - 30) \rightarrow q = -4 \times 10^{-5} \text{ C} \rightarrow q = -40 \mu\text{C}$$



بدیهی است، نیرویی که از طرف  $q_1$  به  $q_2$  وارد می‌شود، در امتداد قطر مربع است، پس اگر این نیرو خنثی شود، باید برایند دو نیرویی که  $q_2$  و  $q_1$  به  $q_2$  وارد می‌کنند نیز در امتداد همین قطر (روی نیمساز زوایای  $F_1$  و  $F_2$  قرار گیرد) پس الزاماً نیروهای  $F_1$  و  $F_2$  هم‌اندازه‌اند که با توجه به یکسان بودن فاصله این بارها از بار  $q_2$ ، الزاماً  $q_1$  و  $q_2$  مساوی‌اند.

حال داریم: (با فرض  $q_2 = q_1 = +$ )

$$F_1 = F_2 = \sqrt{2} F_2 \rightarrow \frac{k|q_1||q_2|}{(a\sqrt{2})^2} = \sqrt{2} \frac{|q_2|q_2}{a^2} \rightarrow |q_1| = 2\sqrt{2}q_2$$

و با توجه به جهت نیروها ( $F_1$  و  $F_2$ ) قرینه‌اند):

$$q_1 = -2\sqrt{2}q_2 \rightarrow \begin{cases} q_1 = -2\sqrt{2}q_2 \rightarrow q_2 = -\frac{q_1}{2\sqrt{2}} = -\frac{\sqrt{2}}{4}q_1 \\ q_1 = -2\sqrt{2}q_2 \rightarrow q_2 = -\frac{q_1}{2\sqrt{2}} = -\frac{\sqrt{2}}{4}q_1 \end{cases} \rightarrow q_2 = q_1 = -\frac{\sqrt{2}}{4}q_1$$

۱۹ - گزینه ۴ با تغییر اختلاف پتانسیل دو سر خازن، ظرفیت آن تغییر نمی‌کند، بنابراین داریم:

$$q = CV \xrightarrow{C \text{ ثابت}} \frac{q_2}{q_1} = \frac{V_2}{V_1} \rightarrow \frac{\Delta q}{q_1} = \frac{\Delta V}{V_1} \rightarrow \frac{\Delta V}{V_1} = -10\% \frac{\Delta q}{q_1} = -10\%$$

یعنی بار الکتریکی نیز ۱۰ درصد کاهش می‌یابد.

$$U = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} \xrightarrow{C \text{ ثابت}} \frac{U_2}{U_1} = \left(\frac{q_2}{q_1}\right)^2 \xrightarrow{q_2 = 0.9q_1} \frac{U_2}{U_1} = (0.9)^2 \rightarrow \frac{U_2}{U_1} = 0.81 \rightarrow \frac{\Delta U}{U_1} \times 100 = -19\%$$

یعنی انرژی خازن ۱۹ درصد کاهش می‌یابد.

۲۰ - گزینه ۱ با خروجی دی‌الکتریک از بین صفحات خازن، ظرفیت آن  $\frac{1}{k}$  برابر می‌شود یعنی:

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{k_2}{k_1} \xrightarrow{k_1=2, k_2=1} \frac{C_2}{C_1} = \frac{1}{2}$$

از طرفی چون بار خازن ثابت مانده:

$$C = \frac{q}{V} \xrightarrow{q \text{ ثابت}} \frac{V_2}{V_1} = \frac{C_1}{C_2} = 2$$

و برای تعیین چگونگی تغییر انرژی:

$$U = \frac{1}{2} qV \xrightarrow{q \text{ ثابت}} \frac{U_2}{U_1} = \frac{V_2}{V_1} = 2$$



## پاسخنامه کلیدی

۱ - ۲

۴ - ۲

۷ - ۴

۱۰ - ۱

۱۳ - ۳

۱۶ - ۴

۱۹ - ۴

۲ - ۳

۵ - ۱

۸ - ۴

۱۱ - ۴

۱۴ - ۲

۱۷ - ۳

۲۰ - ۱

۳ - ۳

۶ - ۱

۹ - ۳

۱۲ - ۲

۱۵ - ۲

۱۸ - ۲