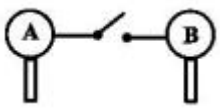
مدت زمان آزمون: --

نام و نام خانوادگی:

نام آزمون: **الکتریسیته ساکن - متوسط و دشوار**

مرکز مشاوره تحصیلی
راه روشن

۱) دو کره رسانای مشابه A و B دارای بارهای الکتریکی $q_A = ۸\,\mu C$ و $q_B = ۱/۶\,\mu C$ هستند. دو کره را با یک سیم به هم متصل می‌کنیم. پس از رسیدن به تعادل ... الکترون از کره ... به ... منتقل می‌شود. ($e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}\ C$ و باری روی سیم باقی نمی‌ماند.)



۱) ۲×۱۰^{۱۳}، A به B

۲) ۲×۱۰^{۱۳}، B به A

۳) ۴×۱۰^{۱۳}، A به B

۴) ۴×۱۰^{۱۳}، B به A

پاسخ: گزینه ۲

ابتدا بار نهایی دو کره رسانای مشابه را پس از تماس، محاسبه می‌کنیم.

$$q'_A = q'_B = \frac{q_A + q_B}{۲} \Rightarrow q'_A = q'_B = \frac{۸ + ۱/۶}{۲} = ۴/۸\,\mu C$$

برای محاسبه تعداد الکترون‌های جابه‌جا شده:

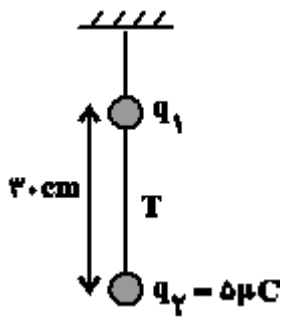
$$|\Delta q_A| = |ne| \Rightarrow |q'_A - q_A| = ne$$

$$|۴/۸ - ۸| \times ۱۰^{-۶} = n \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}$$

$$\Rightarrow n = \frac{۳/۲ \times ۱۰^{-۶}}{۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}} = ۲ \times ۱۰^{۱۳} \quad \text{الکترون}$$

چون بار مثبت اولیه کره A بزرگ‌تر از کره B است، بنابراین برای رسیدن به تعادل الکتریکی باید الکترون از کره B به کره A منتقل شود.

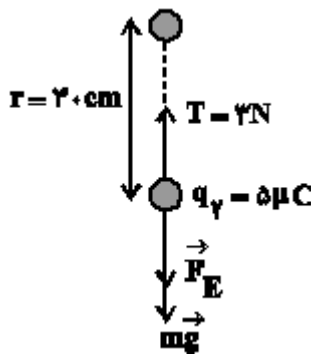
(۲) مطابق شکل زیر، دو گلوله کوچک باردار با بارهای هم‌نام که جرم هر کدام ۲۰۰g است با نخی به هم متصل بوده و در حال تعادل قرار دارند. اگر در این حالت نیروی کشش نخ بین دو گلوله (T) برابر ۳N باشد، اندازه بار q_1 چند میکروکولن است؟ ($g = ۱۰ \frac{N}{kg}$ ، $k = ۹ \times ۱۰^{۹} \frac{N.m^۲}{C^۲}$ و از جرم نخ بین دو گلوله صرف‌نظر نمایید.)



۱) ۱
۲) ۲
۳) ۴
۴) ۵

پاسخ: گزینه ۲

مطابق شکل زیر، بر گلوله پایینی نیروهای وزن و دافعه الکتریکی رو به پایین و نیروی کشش نخ رو به بالا وارد می‌شود. چون گلوله‌ها در حال تعادل‌اند، برایند نیروهای وارد بر هر یک برابر با صفر است. بنابراین ابتدا با استفاده از شرط تعادل گلوله پایینی، اندازه نیروی الکتریکی بین دو گلوله را می‌یابیم:



$$T = F_E + mg \xrightarrow[T=۳\,N]{m=۲۰۰\,g=۰/۲\,kg} ۳ = F_E + ۰/۲ \times ۱۰ \Rightarrow F_E = ۱N$$

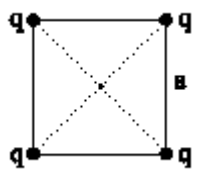
اکنون، با استفاده از قانون کولن، اندازه بار q_1 را حساب می‌کنیم:

$$F_E = \frac{k|q_1||q_2|}{r^۲} \xrightarrow[r=۳۰cm=۳\times۱۰^{-۱}\,m]{|q_2| = ۵\times۱۰^{-۶}\,C}$$

$$۱ = \frac{۹\times۱۰^{۹}\times|q_1|\times۵\times۱۰^{-۶}}{۹\times۱۰^{-۲}} \Rightarrow |q_1| = ۲\times۱۰^{-۶}\,C$$

$$\Rightarrow |q_1| = ۲\mu C$$

(۳) مطابق شکل زیر، چهار بار مشابه در چهار رأس مربعی به ضلع a ثابت شده‌اند. اگر یکی از بارها را به مرکز مربع منتقل کنیم اندازه برایند نیروهای وارد بر آن از طرف سه بار دیگر چند برابر خواهد شد؟ ($\sqrt{۲} \simeq ۱/۴$)



۱) $\frac{۱۰}{۳۸}$ ۲) $\frac{۱۰}{۲۸}$

۳) $\frac{۲۰}{۱۹}$ ۴) $\frac{۲۰}{۱۴}$

پاسخ: گزینه ۳

گزینه «۳»

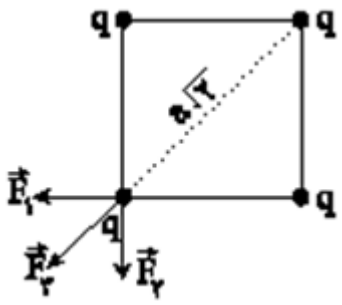
می‌دانیم طبق قانون کولن دو بار مشابه همدیگر را دفع می‌کنند و اندازه نیروی دافعه از رابطه $\frac{k|q_۱||q_۲|}{r^۲}$ به‌دست می‌آید. در حالت اول داریم:

$$|\vec{F_۱}| = |\vec{F_۲}| = \frac{kq^۲}{a^۲} \Rightarrow |\vec{F_۱} + \vec{F_۲}| = \frac{kq^۲}{a^۲} \times \sqrt{۲}, F_۳ = \frac{kq^۲}{(a\sqrt{۲})^۲}$$

$$(\vec{F_T})_۱ = \vec{F_۱} + \vec{F_۲} + \vec{F_۳} = \frac{kq^۲}{a^۲}\sqrt{۲} + \frac{kq^۲}{۲a^۲}$$

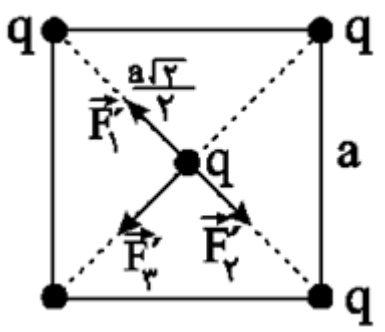
(حالت اول) $(I) = ۱/۹\frac{kq^۲}{a^۲} = (\frac{۲\sqrt{۲}+۱}{۲})\frac{kq^۲}{a^۲} =$

در حالت دوم:



$$|\vec{F'_۱}| = |\vec{F'_۲}| = |\vec{F'_۳}| = \frac{kq^۲}{(\frac{a\sqrt{۲}}{۲})^۲} = \frac{۲kq^۲}{a^۲} \quad (II)$$

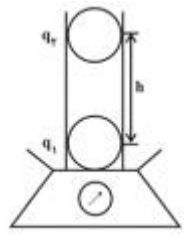
نیروهای $\vec{F'_۱}$ و $\vec{F'_۲}$همدیگر را خنثی می‌کنند.



(حالت دوم) $(\vec{F_T})_۲ = \vec{F'_۱} + \vec{F'_۲} + \vec{F'_۳} = \frac{۲kq^۲}{a^۲}$

$$I, II \Rightarrow \frac{(\vec{F_T})_۲}{(\vec{F_T})_۱} = \frac{\frac{۲kq^۲}{a^۲}}{۱/۹\frac{kq^۲}{a^۲}} = \frac{۲}{۱/۹} = \frac{۲۰}{۱۹}$$

۴) یک لوله شیشه‌ای قائم به جرم ۱۰۰ گرم و دو گلوله کوچک و یکسان به جرم‌های ۱۰g و بارهای ۲μC مطابق شکل زیر، بر روی یک نیروسنج قرار دارند. مشاهده می‌شود که دو گلوله در فاصله h در حالت تعادل‌اند. به ترتیب از راست به چپ، فاصله h چند متر و عدد نیروسنج چند نیوتون است؟ (از اصطکاک و آثار الکتریکی شیشه صرف‌نظر کنید، $k = ۹\times ۱۰^{۹}\ \frac{N.m^{۲}}{C^{۲}}$ و $g = ۱۰\frac{N}{kg}$)



۱) ۰/۶ ، ۱/۱

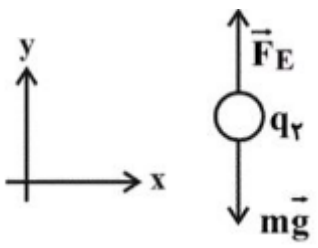
۲) ۰/۰۶، ۱/۱

۳) ۰/۶ ، ۱/۲

۴) ۰/۰۶ ، ۱/۲

پاسخ: گزینه ۳

چون دو گلوله یکدیگر را دفع کرده‌اند، پس هم‌نام هستند و چون ذره بالایی در تعادل است، پس وزن آن برابر با نیروی الکتریکی بین دو ذره است.



$$F_E = m_۲ g \xrightarrow{m_۱=m_۲=m}$$

$$\frac{k|q_۱||q_۲|}{h^{۲}} = mg \xrightarrow{|q_۱|=|q_۲|=q} h = q\sqrt{\frac{k}{mg}}$$

$$\Rightarrow h = ۲\times ۱۰^{-۶} \times \sqrt{\frac{۹\times ۱۰^{۹}}{۱۰\times ۱۰^{-۳}\times ۱۰}} = ۰/۶m$$

ضمناً نیروسنج، مجموع وزن لوله و دو گلوله را نشان می‌دهد:

$$\text{عدد نیروسنج} = (۲mg) + (Mg) = \left(۲\times ۱۰\times ۱۰^{-۳}\times ۱۰\right) + \left(۱۰۰\times ۱۰^{-۳}\times ۱۰\right)$$

$$\text{عدد نیروسنج} = ۰/۲ + ۱ = ۱/۲N$$

⑤ دو کره فلزی یکسان با بارهای $q_1 = 2\,\mu C$ و q_2 داریم که در فاصله r از هم قرار دارند. کره اول را به کره دوم اتصال می‌دهیم. در این لحظه کره اول 5×10^{12} الکترون از دست می‌دهد. سپس دو کره را به فاصله قبلی برمی‌گردانیم. بزرگی نیروی الکتریکی بین دو کره چند برابر می‌شود؟ $(e = 1/6 \times 10^{-19}\ C)$

۱) $\frac{45}{9}$ ۲) $\frac{49}{45}$ ۳) $\frac{9}{25}$ ۴) $\frac{45}{49}$

پاسخ: گزینه ۲

گزینه «۲»

$$q = ne = 5 \times 10^{12} \times 1/6 \times 10^{-19} = 8 \times 10^{-7}\ C = 0/8\,\mu C$$

q_1 الکترون از دست می‌دهد بنابراین بار آن $2/8\,\mu C$ می‌شود و چون دو کره به هم متصل شده‌اند بار q_2 پس از اتصال $2/8\,\mu C$ می‌شود اما قبل از اتصال $3/6\,\mu C$ بوده است، زیرا:

$$\frac{q_1+q_2}{2} = q' \Rightarrow \frac{2+q_2}{2} = 2/8 \Rightarrow q_2 = 3/6\,\mu C$$

$$\frac{F_{12}\text{ پس از اتصال}}{F_{12}\text{ حالت اول}} = \frac{k\frac{|q'_1 q'_2|}{r^2}}{k\frac{|q_1 q_2|}{r^2}} = \frac{2/8 \times 2/8}{3/6 \times 2} = \frac{7 \times 1/4}{9} = \frac{49}{45}$$

⑥ دو بار الکتریکی مشابه $q = +2\mu C$ در فاصله r از یکدیگر به هم نیروی الکتریکی‌ای به اندازه F وارد می‌کنند. به یکی از بارها x میکروکولن و به دیگری 2x میکروکولن بار اضافه می‌کنیم تا در همان فاصله، اندازه نیروی الکتریکی بین آن‌ها 3F شود. x کدام است؟

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) -۴ ۴) ۱یا -۴

پاسخ: گزینه ۴

طبق رابطه قانون کولن داریم:

$$F = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2} \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \frac{|q'_1|}{|q_1|} \times \frac{|q'_2|}{|q_2|} \times \left(\frac{r}{r'}\right)^2$$

$$\xrightarrow[|q_1|=|q_2|=2\mu C, r=r']{|q'_1|=(2+x)\mu C, |q'_2|=(2+2x)\mu C}$$

$$3 = \frac{(x+2)(2x+2)}{4} \times 1 \Rightarrow 2x^2 + 6x + 4 = 12$$

$$\Rightarrow x^2 + 3x - 4 = 0 \Rightarrow (x+4)(x-1) = 0 \Rightarrow \begin{cases} x = 1\mu C \\ x = -4\mu C \end{cases}$$

(۷) فاصلهٔ بین دو صفحهٔ رسانای خازن تختی برابر با ۲mm و ظرفیت آن ۵μF است. اگر بار ذخیره شده در این خازن ۲۰μC باشد، اندازهٔ میدان الکتریکی در فضای بین دو صفحه و به دور از لبه‌های آن چند $\frac{V}{m}$ است؟

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

پاسخ: گزینه ۲

گزینهٔ «۲»

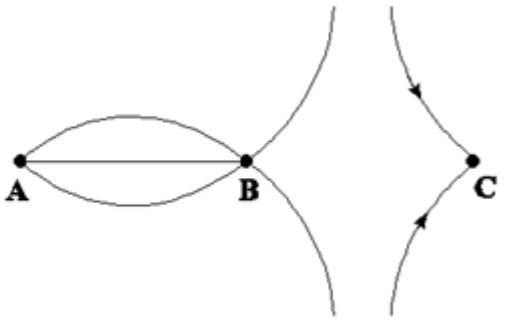
اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو صفحهٔ خازن برابر است با:

$$V = \frac{Q}{C} = \frac{۲۰}{۵} = ۴V$$

بنابراین بزرگی میدان الکتریکی یکنواخت بین صفحه‌های خازن برابر است با:

$$E = \frac{V}{d} = \frac{۴}{۲\times۱۰^{-۳}} = ۲\times۱۰^{۳}\frac{V}{m}$$

⑧ سه گوی خنثی A ، B و C به‌ترتیب از جنس سرب، آلومینیم و برنج است. اگر گوی A را با ماده x گوی B را با ماده y و گوی C را با ماده z مالش دهیم، و سه گوی را در سه نقطه ثابت کنیم، خطوط میدان الکتریکی مطابق شکل زیر است، با توجه به سری الکتریسیته مالشی x ، y و z به‌ترتیب از راست به چپ کدام ماده‌ها می‌توانند باشند؟



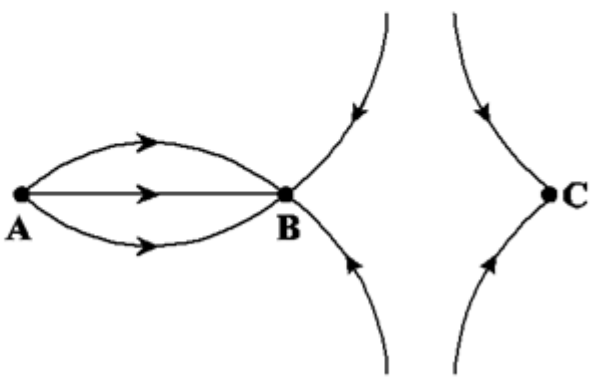
انتهای سری مثبت
موی انسان
شیشه
نایلون
پشم
سرب
ابریشم
آلومینیم
کاغذ
پارچهٔ کتان
برنج
لاستیک
تفلون
انتهای سری منفی

۱) ابریشم، کاغذ، تفلون
۲) کاغذ، نایلون، پشم
۳) تفلون، ابریشم، لاستیک
۴) پشم، ابریشم، تفلون

پاسخ: گزینه ۲

با توجه به این‌که جهت خطوط میدان الکتریکی به‌سمت گوی C است، پس بار گوی C منفی است، هم‌چنین بار گوی B نیز منفی می‌شود و بار گوی A مثبت خواهد شد. بنابراین گوی A از جنس سرب باید با ماده‌ای پایین‌تر از آن که در سری الکتریسیته مالشی قرار دارد، مالش داده شود و گوی B و C با ماده‌ای که بالاتر از آن‌ها در سری الکتریسیته مالشی قرار دارد، مالش داده شود.

انتهای سری مثبت
موی انسان
شیشه
نایلون
پشم
سرب
ابریشم
آلومینیم
کاغذ
پارچهٔ کتان
برنج
لاستیک
تفلون
انتهای سری منفی

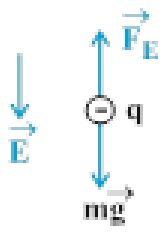


⑨ ذره‌ای به جرم ۱۰ گرم و بار الکتریکی ۵- میکروکولن در یک میدان الکتریکی یکنواخت بدون تکیه‌گاه در حالت سکون قرار دارد. اگر $g = ۱۰ \frac{m}{s^۲}$ باشد، میدان الکتریکی چند نیوتون بر کولن و جهت آن به کدام سمت است؟

۱) ۲×۱۰^{۴} ، بالا
۲) ۲×۱۰^{۴} ، پایین
۳) ۵×۱۰^{۵} ، بالا
۴) ۵×۱۰^{۵} ، پایین

پاسخ: گزینه ۲

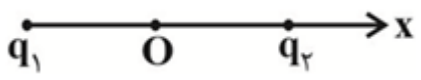
شرط تعادل ذره آن است که نیروی الکتریکی وارد بر ذره و نیروی وزن آن هم‌اندازه و در خلاف جهت یکدیگر باشند. از طرفی چون بار ذره منفی است پس قطعاً میدان به سمت پایین است زیرا نیروی وارد بر ذره با بار منفی همواره در خلاف جهت میدان است.



شرط تعادل: $|F_E| = mg \Rightarrow |q|E = mg$

$$\Rightarrow E = \frac{mg}{|q|} \Rightarrow E = \frac{۱۰ \times ۱۰^{-۳} \times ۱۰}{۵ \times ۱۰^{-۶}} = ۲ \times ۱۰^{۴} \frac{N}{C}$$

⑩ مطابق شکل زیر، برایند میدان‌های الکتریکی حاصل از دو بار الکتریکی نقطه‌ای $q_۱$ و $q_۲$ در مبدأ مختصات که به یک فاصله از آن قرار دارند $\vec{E}$ است. با کاهش ۷۵ درصدی فاصله بار $q_۱$ از مبدا، برایند میدان‌ها در همان نقطه $۴\vec{E}$ می‌شود. حاصل $\frac{q_۲}{q_۱}$ کدام است؟



۱) -۲/۲۵
۲) ۳
۳) ۴
۴) -۴

پاسخ: گزینه ۴

در حالت اول داریم: (۱) $\vec{E_۱} + \vec{E_۲} = \vec{E}$

با کاهش ۷۵% فاصله بار $q_۱$ از مبدأ، فاصله آن از مبدا $\frac{۱}{۴}r$ می‌شود و میدان حاصل از بار $q_۱$ در مبدا ($E \propto \frac{۱}{r^۲}$) ۱۶ برابر می‌شود.

(۲) $\vec{E'_۱} + \vec{E'_۲} = ۴\vec{E} \Rightarrow ۱۶\vec{E_۱} + \vec{E_۲} = ۴\vec{E}$

$$\xrightarrow{(۲),(۱)} \begin{cases} ۱۶\vec{E_۱} + \vec{E_۲} = ۴\vec{E} \\ \vec{E_۱} + \vec{E_۲} = \vec{E} \end{cases} \Rightarrow \begin{matrix} \vec{E_۱} = ۰/۲\vec{E} \\ \vec{E_۲} = ۰/۸\vec{E} \end{matrix}$$

چون میدان‌ها در نقطه O در یک جهت می‌باشند، پس بارها ناهم‌نام هستند. با مقایسه میدان حاصل از دو بار در حالت اول داریم:

$$E = k\frac{|q|}{r^۲} \Rightarrow \frac{E_۲}{E_۱} = \left|\frac{q_۲}{q_۱}\right| \times \left(\frac{r_۱}{r_۲}\right)^۲ \Rightarrow ۴ = \left(-\frac{q_۲}{q_۱}\right) \times ۱ \Rightarrow \frac{q_۲}{q_۱} = -۴$$

⑪ در یک میدان الکتریکی یکنواخت، انرژی پتانسیل الکتریکی بار $q = ۲۰\mu C$ در نقطه A برابر با -۶×۱۰^{-۴} J و در نقطه B برابر ۴×۱۰^{-۴} J است. $(V_A - V_B)$ چند ولت است؟

۱) ۲۰
۲) ۵۰
۳) -۵۰
۴) -۲۰

پاسخ: گزینه ۳

گزینهٔ «۳»

طبق رابطه زیر داریم:

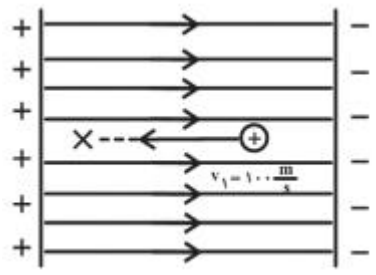
$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow V_A - V_B = \frac{U_A - U_B}{q}$$

$$\Rightarrow V_A - V_B = \frac{-۶\times۱۰^{-۴} - ۴\times۱۰^{-۴}}{۲۰\times۱۰^{-۶}} = \frac{-۱۰\times۱۰^{-۴}}{۲۰\times۱۰^{-۶}}$$

$$\Rightarrow V_A - V_B = -۵۰\ V$$

---

⑫ مطابق شکل زیر، پروتونی با تندی اولیهٔ $۱۰۰\frac{m}{s}$ در راستای افقی و برخلاف جهت خط‌های میدان الکتریکی یکنواختی به بزرگی $E = ۴\frac{N}{C}$ پرتاب می‌شود. این ذره پس از طی چند میلی‌متر متوقف می‌شود؟ ($m_P = ۱/۶\times۱۰^{-۲۷} kg$ ، $q_P = ۱/۶\times۱۰^{-۱۹} C$ و از وزن و اصطکاک صرف‌نظر کنید.)



۱) $۱/۲۵\times۱۰^{۲}$
۲) ۱/۲۵
۳) $۱/۲۵\times۱۰$
۴) $۱/۲۵\times۱۰^{-۲}$

پاسخ: گزینه ۴

چون تنها نیروی وارد شده به ذره (صرف‌نظر از وزن و اصطکاک)، نیروی ناشی از میدان الکتریکی است، طبق قضیهٔ کار و انرژی جنبشی می‌توان نوشت:

$$W_t = K_۲ - K_۱$$

$$\Rightarrow W_E = \frac{۱}{۲}m(v_۲^۲ - v_۱^۲)$$

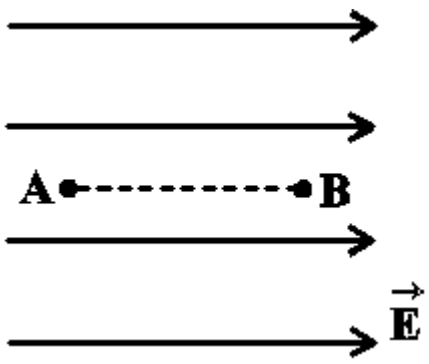
$$\Rightarrow E\,|q|\,d\cos\theta = \frac{۱}{۲}m(v_۲^۲ - v_۱^۲)$$

$$\Rightarrow ۴\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\times d\times\cos۱۸۰^\circ = \frac{۱}{۲}\times۱/۶\times۱۰^{-۲۷}(۰ - ۱۰۰^۲)$$

$$\Rightarrow -۴\times۱۰^{-۱۹}\,d = -۰/۵\times۱۰^{-۲۳} \Rightarrow d = \frac{۰/۵\times۱۰^{-۲۳}}{۴\times۱۰^{-۱۹}} = \frac{۱}{۸}\times۱۰^{-۴}\ m$$

$$\Rightarrow d = ۱/۲۵\times۱۰^{-۵}\ m = ۱/۲۵\times۱۰^{-۲}\ mm$$

(۱۳) مطابق شکل زیر در میدان الکتریکی یکنواخت $\vec{E}$، بار الکتریکی نقطه‌ای به جرم ۱۰g و بار الکتریکی ۲mC+ را از نقطه A با پتانسیل الکتریکی ۱۰ ولت و با تندی $۲\frac{m}{s}$ در جهت خط‌های میدان پرتاب می‌کنیم تا با تندی v_B به نقطه B با پتانسیل ۲۰V- برسد. تندی v_B چند متر بر ثانیه است؟ (از اتلاف انرژی و نیروی وزن صرف‌نظر می‌کنیم.)



۱) ۴
۲) $۲\sqrt{۲}$
۳) $\sqrt{۲}$
۴) $۴\sqrt{۲}$

پاسخ: گزینه ۱

ابتدا تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی را حساب می‌کنیم:

$$\Delta V = V_B - V_A = -۲۰ - ۱۰ = -۳۰V$$

$$\Delta U = \Delta V \times q = -۳۰ \times ۲ \times ۱۰^{-۳} = -۶ \times ۱۰^{-۲}\ J$$

طبق اصل پایستگی انرژی مکانیکی $\Delta U + \Delta K = ۰$ است، بنابراین $\Delta K = -\Delta U = ۶ \times ۱۰^{-۲}\ J$ است.

$$\Delta K = \frac{۱}{۲}m(v_B^۲ - v_A^۲) \Rightarrow ۶ \times ۱۰^{-۲} = \frac{۱}{۲} \times ۱۰^{-۲}(v_B^۲ - v_A^۲)$$

$$\Rightarrow ۱۲ = v_B^۲ - ۴ \Rightarrow v_B^۲ = ۱۶ \Rightarrow v_B = ۴\frac{m}{s}$$

(۱۴) در یک میدان الکتریکی، پتانسیل الکتریکی نقاط A و B به‌ترتیب برابر با $۴/۵ \times ۱۰^{۳}V$ و $۲/۷ \times ۱۰^{۳}V$ می‌باشند. برای انتقال بار $q = ۲/۵\mu C$ از نقطه‌ی B به نقطه‌ی A، چند میلی‌ژول کار توسط میدان انجام می‌گیرد؟

۱) ۴/۵ ۲) ۲/۵ ۳) -۴/۵ ۴) -۲/۵

پاسخ: گزینه ۳

با توجه به رابطه‌ی تغییرات پتانسیل الکتریکی و تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی بار q داریم:

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q}$$

$$\Delta U = \Delta V \,.\, q \xrightarrow{B \to A} \Delta U = (V_A - V_B).\, q$$

$$\Rightarrow \Delta U = (۴/۵ \times ۱۰^{۳} - ۲/۷ \times ۱۰^{۳}) \times ۲/۵ \times ۱۰^{-۶}$$

$$\Rightarrow \Delta U = ۴/۵ \times ۱۰^{-۳}\ J \Rightarrow W = -\Delta U = -۴/۵ \times ۱۰^{-۳}\ J = -۴/۵mJ$$

⑮ یک ذره به جرم $8\times10^{-27}kg$ و بار الکتریکی $1/6\times10^{-13}\mu C$، در یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $10^{3}\frac{N}{C}$ از حال سکون رها می‌شود. اگر تنها نیروی وارد بر ذره، از طرف این میدان باشد، تندی این ذره پس از چند سانتی‌متر جابه‌جایی به $10^{5}\frac{m}{s}$ خواهد رسید؟

۱) ۲/۵ ۲) ۲۵
۳) ۵ ۴) ۵۰

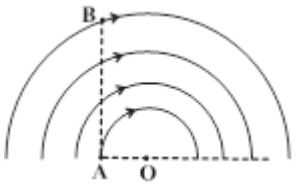
پاسخ: گزینه ۲

گزینه «۲»

با توجه به قضیه کار - انرژی جنبشی، داریم:

$$W_E=\Delta K\Rightarrow W_E=K_2-K_1\xrightarrow{K_1=0}W_E=K_2$$
$$\xrightarrow{W_E=|q|Ed}|q|Ed=\frac{1}{2}mv_2^2$$
$$\xrightarrow[m=8\times10^{-27}kg]{|q|=1/6\times10^{-13}\mu C\ ,E=10^3\frac{N}{C}}$$
$$1/6\times10^{-19}\times10^{3}d=\frac{1}{2}\times8\times10^{-27}\times(10^5)^2$$
$$\Rightarrow 1/6\times10^{-16}\,d=4\times10^{-17}$$
$$\Rightarrow d=\frac{4\times10^{-17}}{1/6\times10^{-16}}=\frac{1}{4}m=25cm$$

(۱۶) مطابق شکل زیر، خطوط میدان الکتریکی در صفحه‌ی قائم به‌صورت نیم‌دایره‌هایی با مرکز O رسم شده‌اند. اگر بار $q < 0$ را مطابق شکل از نقطه‌ی A تا B جابه‌جا کنیم، کدام گزینه در مورد پتانسیل الکتریکی نقاط A و B و انرژی پتانسیل الکتریکی بار q در این دو نقطه صحیح است؟



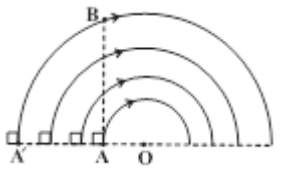
۱) $U_A > U_B$ و $V_A > V_B$

۲) $U_A < U_B$ و $V_A < V_B$

۳) $U_A = U_B$ و $V_A = V_B$

۴) $U_A < U_B$ و $V_A > V_B$

پاسخ: گزینه ۴



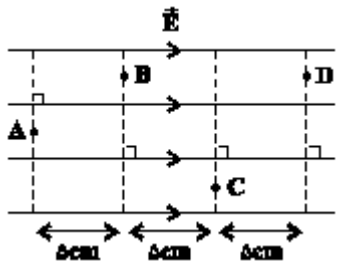
می‌دانیم اگر در راستای عمود بر خطوط میدان جابه‌جا شویم پتانسیل الکتریکی تغییر نمی‌کند یعنی $V_A = V'_A$ است.

از طرفی اگر در جهت خطوط میدان جابه‌جا شویم پتانسیل الکتریکی نقاط کاهش می‌یابد، بنابراین در این شکل $V_B < V_{A'} = V_A$ است. با توجه به رابطه‌ی تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار داریم:

$$\Delta U = q\Delta V \xrightarrow[q<0]{\Delta V = V_B - V_A < 0} \Delta U > 0 \Rightarrow U_B - U_A > 0$$

$$\Rightarrow U_B > U_A$$

(۱۷) در شکل مقابل و در میدان الکتریکی یکنواختی به بزرگی $2 \times 10^3 \frac{N}{C}$، بار $4\mu C$ از نقاط A، B، C و D عبور می‌کند. اگر اختلاف پتانسیل الکتریکی نقاط B و D برابر با ۲۰۰ ولت باشد، اختلاف پتانسیل نقاط A و D چند برابر اختلاف پتانسیل نقاط A و C است؟



۱) ۱

۲) ۲

۳) ۱/۵

۴) ۳

پاسخ: گزینه ۳

چون میدان یکنواخت است، اختلاف پتانسیل در فواصل یکسان با هم برابر است و داریم:

$$\Delta V_{AB} = \Delta V_{BC} = \Delta V_{CD}$$

$$\frac{\Delta V_{AD}}{\Delta V_{AC}} = \frac{3}{2}$$

(۱۸) بین دو صفحه رسانا و موازی که به فاصله $1/2\times10^{-2}\,m$ از هم قرار دارند، اختلاف پتانسیل $2/5\times10^{4}\,V$ برقرار شده است. اندازه نیروی الکتریکی وارد بر بار الکتریکی نقطه‌ای $12\mu C$ که بین این دو صفحه قرار دارد، چند نیوتون است؟

۱) ۲۵ ۲) ۶۰ ۳) ۶ ۴) ۲/۵

پاسخ: گزینه ۱

با توجه به فاصله بین صفحات رسانای موازی و اختلاف پتانسیل بین آن‌ها می‌توان اندازه میدان الکتریکی یکنواخت بین آن‌ها را یافت. داریم:

$$E = \frac{|\Delta V|}{d} \qquad (۱)$$

از طرفی با استفاده از رابطه نیروی الکتریکی وارد بر بار q در میدان الکتریکی یکنواخت داریم:

$$E = \frac{F}{|q|} \qquad (۲)$$

با توجه به دو رابطه (۱) و (۲) داریم:

$$\xrightarrow{(۱)\ ,\ (۲)} \frac{F}{|q|} = \frac{|\Delta V|}{d} \Rightarrow F = \frac{|\Delta V|}{d}\times|q|$$

$$\Rightarrow F = \frac{2/5\times10^{4}\times12\times10^{-6}}{1/2\times10^{-2}} \Rightarrow F = 25\,N$$

(۱۹) اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه مقدار ثابت $400V$ است. با صرف $0/02J$ انرژی، حداکثر چند کولن بار الکتریکی را می‌توان از یک نقطه به نقطه دیگر منتقل کرد؟

۱) ۰/۵ ۲) 2×10^{4} ۳) 5×10^{-5} ۴) ۰/۲

پاسخ: گزینه ۳

$$\Delta V = \frac{W_{\text{خارجی}}}{q} \Rightarrow 400 = \frac{2\times10^{-2}}{q} \Rightarrow q = \frac{2\times10^{-2}}{400}$$

$$= \frac{1}{2}\times10^{-4} = 0/5\times10^{-4}\,C = 5\times10^{-5}\,C$$

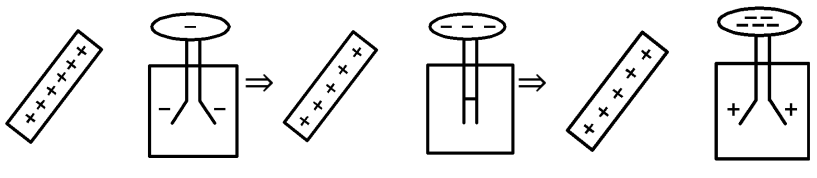
(۲۰) بار الکتریکی یک الکتروسکوپ منفی می‌باشد. اگر میله رسانایی را به آرامی به کلاهک این الکتروسکوپ نزدیک کنیم، ورقه‌های الکتروسکوپ ابتدا بسته و سپس از هم دور می‌شوند. بار الکتریکی میله رسانا چه بوده است؟

۱) مثبت ۲) منفی
۳) خنثی یا مثبت ۴) خنثی یا منفی

پاسخ: گزینه ۳

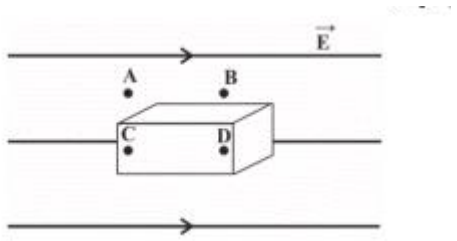
گزینه «۳»

هنگامی که میله بارداری را به یک الکتروسکوپ باردار غیرهم‌علامت با بار میله نزدیک کنیم، به علت نیروی جاذبه بین میله باردار و بار روی کلاهک الکتروسکوپ، مقداری از بار ورقه‌های نازک به کلاهک منتقل می‌شود، در نتیجه ورقه‌ها ابتدا بسته می‌شوند. حال مقداری بار هم‌نام با میله روی ورقه‌ها القا می‌شوند و مشاهده می‌شود که ورقه‌ها از هم دور می‌شوند.



با نزدیک شدن میله رسانای خنثی به کلاهک منفی، در سمتی از میله که به کلاهک نزدیک است، بار مثبتی القاء می‌شود که می‌تواند مشابه میله با بار مثبت، موجب بسته و سپس باز شدن ورقه‌های الکتروسکوپ گردد.

(۲۱) مطابق شکل زیر، یک جسم رسانای بدون بار درون میدان الکتریکی یکنواختی قرار دارد. کدام گزینه در مورد مقایسه انرژی پتانسیل الکتریکی ذره‌ای با بار الکتریکی منفی در نقاط C،B،A وD درست است؟ (نقاط C و D در داخل جسم رسانا قرار دارند.)



۱) $U_C < U_D , U_A < U_B$

۲) $U_C = U_D , U_A < U_B$

۳) $U_C > U_D , U_A > U_B$

۴) $U_C = U_D , U_A > U_B$

پاسخ: گزینه ۲

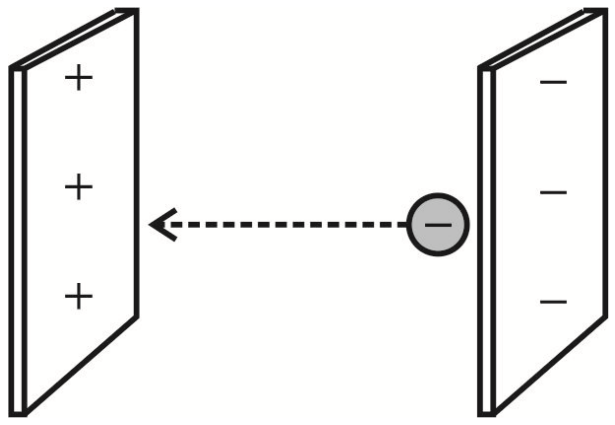
پتانسیل الکتریکی در تمام نقاط رسانا یکسان است. بنابراین اختلاف پتانسیل بین دو نقطه C و D برابر صفر است و با توجه به رابطه $\Delta U = q\Delta V$،اختلاف انرژی پتانسیل الکتریکی در این دو نقطه برابر صفر است.

$$\Delta U_{CD} = ۰ \Rightarrow U_D - U_C = ۰ \Rightarrow U_C = U_D$$

از طرفی، نیروی وارد بر ذره‌ای با بار منفی در خلاف جهت جابه‌جایی آن از A تا B است $(\theta = ۱۸۰^\circ)$ و با توجه به رابطه $\Delta U_{AB} = -|q|Ed\underbrace{\cos(\theta)}_{<۰} > ۰$ انرژی پتانسیل الکتریکی ذره افزایش یافته است.

$$\Delta U_{AB} > ۰ \Rightarrow U_B - U_A > ۰ \Rightarrow U_B > U_A$$

(۲۲) مطابق شکل، الکترونی از مجاورت صفحه با بار منفی خازنی رها می‌شود و با تندی $۱۰^{۶}\frac{m}{s}$ به صفحه مقابل آن می‌رسد. اگر ظرفیت خازن $۱۶\mu F$ باشد، بار الکتریکی ذخیره شده در این خازن چند میکروکولن است؟ (بار و جرم الکترون به‌ترتیب $۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\ C$ و $۹/۱\times۱۰^{-۳۱}\ kg$ در نظر گرفته شود و از نیروی وزن وارد بر الکترون صرف‌نظر شود.)



۱) $۱/۶\times۱۰^{-۱۵}$

۲) $۴\sqrt{۹۱}$

۳) ۹۱

۴) ۴۵/۵

پاسخ: گزینه ۴

ابتدا از طریق روابط زیر، ولتاژ دو سر خازن را به‌دست می‌آوریم.

$$W_t = \Delta K = K_۲ - K_۱ = \frac{۱}{۲}mv_۲^۲ - \frac{۱}{۲}mv_۱^۲$$

$$= \frac{۱}{۲}\times ۹/۱\times۱۰^{-۳۱}\times(۱۰^{۶})^۲ - ۰ = \frac{۹۱}{۲}\times۱۰^{-۲۰}\ (J)$$

$$W_t = W_E = -\Delta U$$

$$\Rightarrow \Delta U = -\Delta K \Rightarrow \Delta U = -\frac{۹۱}{۲}\times۱۰^{-۲۰}\ (J)$$

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow \Delta V = \frac{-\frac{۹۱}{۲}\times۱۰^{-۲۰}}{-۱/۶\times۱۰^{-۱۹}} = \frac{۹۱}{۳۲}(V)$$

حال با استفاده از رابطه زیر، بار الکتریکی ذخیره شده در خازن (Q) به دست می‌آید.

$$Q = CV \Rightarrow Q = ۱۶\times\frac{۹۱}{۳۲} = \frac{۹۱}{۲} = ۴۵/۵\mu C$$

(۲۳) اگر اختلاف پتانسیل بین صفحات خازنی به ظرفیت $۵\,\mu F$ را به $۲۸\,V$ برسانیم، بر بار الکتریکی ذخیره شده در آن $۴۰\,\mu C$ افزوده می‌شود. بار اولیه خازن چند μC بوده است؟

۱) ۶۰ ۲) ۱۰۰ ۳) ۱۴۰ ۴) ۱۸۰

پاسخ: گزینه ۲

با داشتن C و ΔQ، به صورت زیر $V_۱$ را می‌یابیم. دقت کنید، برای محاسبه $Q_۱$ به $V_۱$ نیاز داریم.

$$\Delta V = V_۲ - V_۱ \xrightarrow{V=\frac{Q}{C}} \Delta V = \frac{Q_۲}{C} - \frac{Q_۱}{C} = \frac{\Delta Q}{C}$$

$$\xrightarrow[C=۵\,\mu F\ ,\ V_۲=۲۸\,V]{\Delta Q=۴۰\,\mu C} ۲۸ - V_۱ = \frac{۴۰}{۵} \Rightarrow V_۱ = ۲۰\,V$$

با داشتن C و $V_۱$، بار الکتریکی $Q_۱$ به صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$Q_۱ = CV_۱ = ۵ \times ۲۰ \Rightarrow Q_۱ = ۱۰۰\,\mu C$$

(۲۴) دو صفحه خازن تختی که دارای بار الکتریکی ۱۳ میلی‌کولن است را به هم وصل می‌کنیم. در نتیجه جرقه‌ای زده می‌شود و انرژی در مدت ۰/۱ میلی‌ثانیه با توان ۱۶۹ کیلووات آزاد می‌شود. ظرفیت این خازن چند میکروفاراد بوده است؟

۱) ۱۳ ۲) ۵ ۳) ۱/۳ ۴) ۰/۵

پاسخ: گزینه ۲

با توجه به تعریف توان و انرژی ذخیره شده در خازن داریم:

$$\begin{cases} U = \frac{۱}{۲}\frac{q^۲}{C} \\ U = P.t \end{cases} \Rightarrow \frac{۱}{۲}\frac{q^۲}{C} = P.t \Rightarrow C = \frac{۱}{۲}\frac{q^۲}{Pt}$$

$$\Rightarrow C = \frac{۱}{۲} \times \frac{(۱۳\times۱۰^{-۳})^{۲}}{۱۶۹\times۱۰^{۳}\times۰/۱\times۱۰^{-۳}} = ۵ \times ۱۰^{-۶}\,F = ۵\mu F$$

(۲۵) اگر بار $q = +۲nC$ را میان صفحات خازنی تخت قرار دهیم، نیرویی به بزرگی ۲۰N از طرف میدان الکتریکی یکنواخت بین صفحات خازن به آن وارد می‌شود. اگر مساحت هر یک از صفحات این خازن ۲ سانتی‌متر مربع باشد، چند میکروکولن بار روی صفحات آن ذخیره شده است؟ ($\varepsilon_۰ = ۹\times۱۰^{-۱۲}\ \frac{C^۲}{N.m^۲}$ و $\kappa = ۱$)

۱) ۱۸ ۲) ۹ ۳) ۲ ۴) اطلاعات مسأله کافی نیست.

پاسخ: گزینه ۱

اندازه نیروی وارد بر بار از رابطه $F = E|q|$ به‌دست می‌آید که در این رابطه، E بزرگی میدان یکنواخت بین صفحات خازن تخت می‌باشد:

$$F = E|q| \xrightarrow[|q|=۲nC=۲\times۱۰^{-۹}C]{F=۲۰N} ۲۰ = E\times۲\times۱۰^{-۹} \Rightarrow E = ۱۰^{۱۰}\ \frac{N}{C}$$

بار ذخیره شده روی صفحات خازن یعنی Q، از رابطه $Q=CV$ به‌دست می‌آید:

$$\begin{cases} Q = CV \\ V = Ed \end{cases} \xrightarrow{\text{میدان یکنواخت}} Q = (Ed)\,C$$

$$\xrightarrow{C=\frac{\kappa\varepsilon_۰ A}{d}} Q = (Ed)\left(\frac{\kappa\varepsilon_۰ A}{d}\right)$$

$$Q = (۱۰^{۱۰})\times(۱\times۹\times۱۰^{-۱۲}\times۲\times۱۰^{-۴}) = ۱۸\times۱۰^{-۶}\,C = ۱۸\mu C$$

(۲۶) دو صفحه فلزی مربعی شکل خازن تختی، به ضلع ۱۶cm به موازات هم در فاصله ۲mm از یک‌دیگر قرار دارند. فضای بین دو صفحه از پارافین با ضریب دی‌الکتریک ۲/۵ پر شده است. ظرفیت خازن حاصل تقریباً چند میکروفاراد است؟ ($\varepsilon_۰ \simeq ۹\times۱۰^{-۱۲}\ \frac{C^۲}{N.m^۲}$)

۱) ۲/۸۸ ۲) $۲/۸۸\times۱۰^{-۴}$ ۳) ۵/۷۶ ۴) $۵/۷۶\times۱۰^{-۴}$

پاسخ: گزینه ۲

با استفاده از رابطه ظرفیت یک خازن تخت داریم:

$$C = \kappa\varepsilon_۰\frac{A}{d} \Rightarrow C \simeq ۲/۵\times۹\times۱۰^{-۱۲}\times\frac{۱۶\times۱۶\times۱۰^{-۴}}{۲\times۱۰^{-۳}} \Rightarrow C \simeq ۲/۸۸\times۱۰^{-۴}\,\mu F$$

(۲۷) خازن تختی را که بین صفحات آن هوا است، با اختلاف پتانسیل ۷ پُر کرده و از مولد جدا می‌کنیم. اگر فاصله بین صفحات خازن را۲ برابر و فضای بین صفحات را با دی‌الکتریکی با ثابت۳ به‌طور کامل پُر کنیم، انرژی ذخیره شده در خازن چند برابر می‌شود؟

۱) $\frac{۳}{۲}$ ۲) $\frac{۹}{۴}$ ۳) $\frac{۲}{۳}$ ۴) $\frac{۴}{۹}$

پاسخ: گزینه ۳

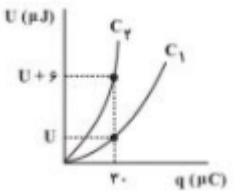
هنگامی‌که خازن را پُر کرده و از مولد جدا کنیم، بار ذخیره شده در خازن ثابت می‌ماند. با تغییر در مشخصات ساختمانی خازن، ظرفیت خازن تغییر کرده و به واسطه آن ولتاژ دو سر خازن و انرژی ذخیره شده در آن تغییر می‌کند.

$$C = \kappa\varepsilon_۰\frac{A}{d} \Rightarrow \frac{C_۲}{C_۱} = \frac{\kappa_۲}{\kappa_۱}\times\frac{A_۲}{A_۱}\times\frac{d_۱}{d_۲}$$

$$\Rightarrow \frac{C_۲}{C_۱} = \frac{۳}{۱}\times\frac{۱}{۱}\times\frac{۱}{۲} \Rightarrow C_۲ = \frac{۳}{۲}C_۱ \Rightarrow \frac{C_۱}{C_۲} = \frac{۲}{۳}$$

$$U = \frac{۱}{۲}\frac{Q^۲}{C} \Rightarrow \frac{U_۲}{U_۱} = \left(\frac{Q_۲}{Q_۱}\right)^۲\times\left(\frac{C_۱}{C_۲}\right) = (۱)^۲\times\frac{۲}{۳} = \frac{۲}{۳} \Rightarrow U_۲ = \frac{۲}{۳}U_۱$$

(۲۸) نمودار انرژی ذخیره شده در یک خازن برحسب بار روی صفحات آن، برای دو خازن مستقل $C_۱$ و $C_۲$ مطابق شکل زیر است. اگر $C_۲ = \frac{۱}{۳}C_۱$ باشد، ظرفیت خازن $C_۱$ چند میکروفاراد است؟



۱) ۳۰۰
۲) ۱۵۰
۳) ۱۲۰
۴) ۱۸۰

پاسخ: گزینه ۲

$$U = \frac{Q^۲}{۲C} \Rightarrow \frac{U_۲}{U_۱} = (\frac{Q_۲}{Q_۱})^۲ \times \frac{C_۱}{C_۲}$$

$$\xrightarrow{Q_۱=Q_۲} \frac{U_۲}{U_۱} = \frac{C_۱}{C_۲} \Rightarrow \frac{U+۶}{U} = \frac{۳C_۲}{C_۲} \Rightarrow ۳U = U + ۶ \Rightarrow U = ۳\,\mu J$$

$$U = \frac{Q^۲}{۲C} \Rightarrow ۳ \times ۱۰^{-۶} = \frac{۹۰۰ \times ۱۰^{-۱۲}}{۲C} \Rightarrow C = ۱۵۰ \times ۱۰^{-۶}\,F \Rightarrow C = ۱۵۰\,\mu F$$

ظرفیت خازن(۱) برابر ۱۵۰ میکروفاراد است.

(۲۹) خازنی به مولدی وصل است. در این حالت دی‌الکتریک با ثابت $\kappa = ۲$ را بیرون کشیده و دی‌الکتریکی با ثابت $\kappa' = ۳$ را قرار می‌دهیم. به‌ترتیب از راست به چپ انرژی الکتریکی و بار ذخیره شده در خازن چند برابر می‌شود؟

۱) $\frac{۳}{۲}$ ، $\frac{۲}{۳}$
۲) $\frac{۳}{۲}$ ، $\frac{۳}{۲}$
۳) $\frac{۲}{۳}$، $\frac{۳}{۲}$
۴) $\frac{۲}{۳}$، $\frac{۲}{۳}$

پاسخ: گزینه ۲

وقتی خازن به مولد وصل است، ولتاژ دو سر آن ثابت می‌ماند.

طبق رابطه ظرفیت خازن داریم:

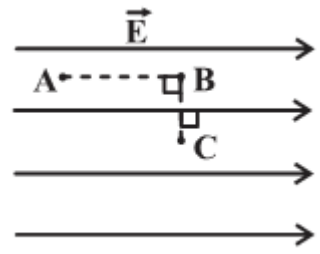
$$(۱) \quad C = \kappa\varepsilon_۰\frac{A}{d} \xrightarrow[d=d']{A=A'} \frac{C'}{C} = \frac{\kappa'}{\kappa} \xrightarrow[\kappa=۲]{\kappa'=۳} \frac{C'}{C} = \frac{۳}{۲}$$

$$Q = CV \xrightarrow{V \text{ ثابت}} \frac{Q'}{Q} = \frac{C'}{C} \xrightarrow{(۱)} \frac{Q'}{Q} = \frac{۳}{۲}$$

حال طبق رابطه انرژی الکتریکی ذخیره شده در خازن داریم:

$$(۲) \quad U = \frac{۱}{۲}CV^۲ \xrightarrow{V=V'} \frac{U'}{U} = \frac{C'}{C} \xrightarrow{(۱)} \frac{U'}{U} = \frac{۳}{۲}$$

(۳۰) ذره‌ای با بار الکتریکی $۴\,\mu C$ در یک میدان الکتریکی یکنواخت به‌بزرگی $E = ۲ \times ۱۰^{۵}\ \frac{N}{C}$، ابتدا از نقطه A به نقطه B و سپس از نقطه B به نقطه C منتقل می‌شود. مقدار کار انجام شده توسط میدان روی بار در انتقال بار از A به C چند ژول است؟
$(\overline{AB} = ۸\,cm\ ,\ \overline{BC} = ۶\,cm)$



۱) ۴۸×۱۰^{-۳}

۲) ۶۴×۱۰^{-۳}

۳) ۸×۱۰^{-۲}

۴) صفر

پاسخ: گزینه ۲

چون بار ذره مثبت است و در جهت میدان جابه‌جا می‌شود، کار میدان روی ذره مثبت است.

کار انجام شده توسط میدان را در دو مسیر حساب نموده و با هم جمع می‌کنیم:

$$W_{AB} = F d \cos\alpha = E|q|d\cos ۰$$

$$\Rightarrow W_{AB} = ۲ \times ۱۰^{۵} \times ۴ \times ۱۰^{-۶} \times ۸ \times ۱۰^{-۲} \times ۱ = ۶۴ \times ۱۰^{-۳}\ J$$

$$W_{BC} = F d \cos\beta = E|q|d\cos ۹۰^{\circ} = ۰$$

$$W_{AC} = W_{AB} + W_{BC} = ۶۴ \times ۱۰^{-۳} + ۰ = ۶۴ \times ۱۰^{-۳}\ J$$