پاسخنامه تشریحی

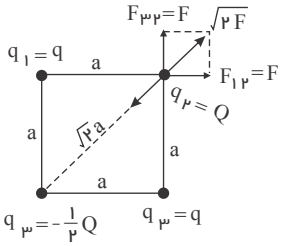
۱ - گزینه ۴ بار الکتریکی یک جسم همواره مضرب صحیحی از بار پایه (e) است و اندازه‌ی آن از رابطه‌ی $q=\pm ne$ به دست می‌آید. و داریم:

$$q=ne\rightarrow ۱\times ۱۰^{-۶}=n\times ۱/۶\times ۱۰^{-۱۹}\rightarrow n=\frac{۱۰^{-۶}}{۱/۶\times ۱۰^{-۱۹}}=۶/۲۵\times ۱۰^{۱۲}$$

بنابراین باید تعداد $۶/۲۵\times ۱۰^{۱۲}$ الکترون از سکه خنثی خارج شود تا بار الکتریکی آن $+۱\mu C$ شود.

۲ - گزینه ۲

اگر فرض کنیم $Q>۰$ آنگاه:



$$q_۲=Q>۰$$
$$q_۳=-\frac{۱}{۲}Q<۰$$

و برای خنثی‌شدن نیروهای الکتریکی وارد بر بار $q_۲$ می‌بایستی:

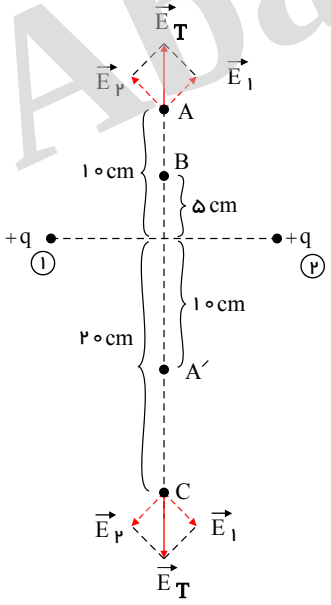
$$q_۳>۰, q_۱>۰\Rightarrow q>۰$$

$$\begin{cases}\vec{F_{۳۲}}+\vec{F_{۱۲}}+\vec{F_{۳۲}}=\vec{۰}\\ |\vec{F_{۱۲}}|=|\vec{F_{۳۲}}|=F\end{cases}\Rightarrow \vec{F_{۳۲}}=-(\vec{F_{۱۲}}+\vec{F_{۳۲}})\rightarrow |\vec{F_{۳۲}}|=|-(\vec{F_{۱۲}}+\vec{F_{۳۲}})|\rightarrow \frac{k|q_۳|q_۲}{(\sqrt{۲}a)^۲}=\sqrt{۲}F=\sqrt{۲}(\frac{kqq_۲}{a^۲})$$

$$\rightarrow \frac{k\frac{Q}{۲}Q}{۲a^۲}=\frac{\sqrt{۲}(kqQ)}{a^۲}\rightarrow \frac{Q}{۴}=\sqrt{۲}q\rightarrow \frac{Q}{q}=۴\sqrt{۲}$$

۳ - گزینه ۴

روش اوّل: مطابق شکل، میدان الکتریکی برآیند روی عمود منصف خط واصل دو بار و بالای خط واصل دو بار به سمت بالا می‌باشد و میدان الکتریکی روی عمود منصف خط واصل دو بار و در پایین خط واصل دو بار به سمت پایین می‌باشد. در حرکت بار منفی از نقطه‌ی A تا نقطه‌ی B، در خلاف جهت خطوط میدان حرکت می‌کنیم و لذا انرژی پتانسیل الکتریکی بار منفی کاهش می‌یابد (حرکت خودبه‌خودی) پس $U_A>U_B$. نقطه‌ی A و A' که به فاصله یکسانی از وسط خط واصل دوبار و در دو طرف آن قرار دارند هم پتانسیل می‌باشند (در واقع میدان دو نقطه ی A و A' به یک مقدار است ولی جهت آن ها فرق میکند).

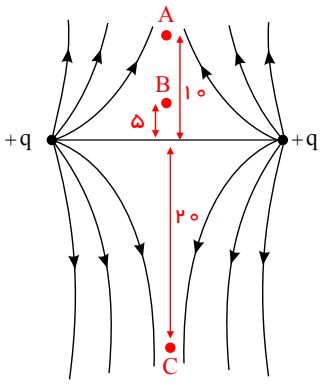


یعنی $U_A=U_{A'}$ با حرکت از نقطه‌ی A' تا نقطه‌ی C بار منفی در جهت خطوط میدان حرکت می‌کند و لذا انرژی پتانسیل الکتریکی بار افزایش می‌یابد.

AbadgaranEdu.ir

$(U_A < U_C)$

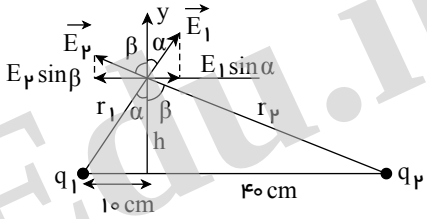
روش دوم: اگر خطوط میدان اطراف دو ذرهٔ باردار مثبت و هم‌اندازه را رسم کنیم مطابق شکل زیر خواهد شد:



با حرکت از A تا B چون حرکت خودبه‌خودی است انرژی پتانسیل کاهش یافته و $U_B < U_A$ می‌شود. از طرفی در نقطهٔ O چون میدان صفر است انرژی پتانسیل هم صفر است. و طبق رابطهٔ با حرکت از نقطهٔ O به C چون بار منفی هم‌جهت میدان حرکت کرده حرکت اجباری بوده و پتانسیل زیاد می‌شود. بنابراین می توان نتیجه گرفت:

$U_B < U_A < U_C$

۴ – گزینه ۴ باتوجه به شکل از آنجایی که بردار میدان برایند در راستای محور y است (سوال گفته میدان برآیند عمود بر خط واصل است یعنی قائم است). بنابراین برایند میدان‌های الکتریکی در راستای محور x برابر صفر است، در نتیجه داریم:



$$E_1 \sin\alpha = E_2 \sin\beta \xrightarrow{\sin=\frac{\text{مقابل}}{\text{وتر}}} \frac{kq_1}{r_1^2} \times \frac{10}{r_1} = \frac{kq_2}{r_2^2} \times \frac{40}{r_2}$$

$$\xrightarrow{q_2=2q_1} \frac{q_1}{r_1^3} = \frac{2q_1}{r_2^3} \times 4 \rightarrow \frac{r_2}{r_1} = 2 \rightarrow r_2 = 2r_1$$

$$\text{رابطه ی فیثاغورث} \begin{cases} h^2 + 10^2 = r_1^2 \\ h^2 + 40^2 = r_2^2 \end{cases} \rightarrow r_1^2 - 10^2 = r_2^2 - 40^2 \rightarrow r_2^2 - r_1^2 = 1500$$

$$\xrightarrow{r_2=2r_1} 3r_1^2 = 1500 \Rightarrow r_1 = 10\sqrt{5}\,cm$$

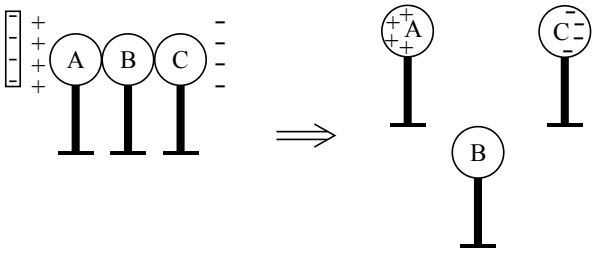
۵ – گزینه ۲ با دادن الکترون به ذره‌ای که بارش مثبت است، مقداری بار مثبت آن خنثی می‌شود. بنابراین اگر بار اولیه را q_1 فرض کنیم، مقدار بار ثانویه بار (الکترون‌ها) – $q_2 = q_1$ خواهد بود. پس:

$$\begin{cases} q_2 = q_1 - (\text{بار الکترون ها}) \\ \text{بار الکترون ها} = ne = 2 \times 10^{12} \times 1{,}6 \times 10^{-19} = 3{,}2 \times 10^{-7} C \end{cases}$$

از طرفی سؤال گفته کاهش بار برابر ۱۶ درصد است یعنی $3{,}2 \times 10^{-7} C$ برابر ۱۶ درصد بار اولیه است. پس:

$$\frac{16}{100} q_1 = 3{,}2 \times 10^{-7} \Rightarrow q_1 = 2 \times 10^{-6} C = 2\mu C$$

۶ – گزینه ۳ با نزدیک کردن میلهٔ منفی به کره‌ها، بار الکتریکی به‌صورت شکل زیر القا می‌شود که با حذف کرهٔ B در حضور میله، خواهیم داشت.

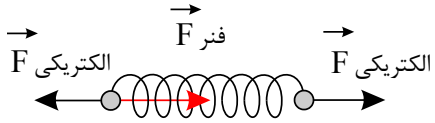


۷ – گزینه ۱

نیروی رانش الکتریکی بین دو ذره باردار، نیروی کشسانی فنر را تأمین می‌کند. بنابراین می توان نوشت: (در واقع چون بارها در حال تعادل هستند نیروی فنر و نیروی الکتریکی یکدیگر را خنثی میکنند. پس مساوی و خلاف جهت هم هستند.)

AbadgaranEdu.ir

$$F_{\text{فنر}}=F_{\text{الکتریکی}} \xrightarrow[F_{\text{الکتریکی}}=k\frac{|q_1||q_2|}{r^2}]{F_{\text{فنر}}=k_{\text{فنر}}\Delta l} k_{\text{فنر}}\Delta l=k\frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$



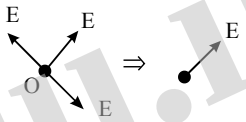
$$\xrightarrow[k=۹\times۱۰^{۹}\frac{N\cdot m^2}{C^2}\ ,\ r=۳\times۱۰^{-۲}m]{k_{\text{فنر}}=۱۰۰\frac{N}{m}\ ,\ q_L=۲\times۱۰^{-۷}C\ ,\ q_2=۵\times۱۰^{-۷}C} ۱۰۰\Delta l=۹\times۰^{۹}\times\frac{۲\times۱۰^{-۷}\times۵\times۱۰^{-۷}}{۹\times۱۰^{-۴}}\Rightarrow ۱۰۰\Delta l=۱$$

$$\Rightarrow \Delta l=۰/۰۱m\Rightarrow \Delta l=۱cm$$

۸ – گزینه ۳ چون مثلث قائم‌الزاویه‌ی متساوی‌الساقین است، بنابراین فاصله‌ی تمامی رأس‌ها تا نقطه‌ی O یکسان است(طول میانه نصف وتر است) در نتیجه بزرگی میدان الکتریکی ناشی از هر یک از بارهای یکسان در فاصله‌ی مساوی از آن‌ها، برابر با E است.

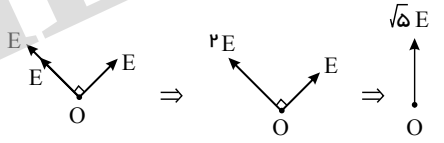
در حالت اول، برایند میدان‌های الکتریکی ناشی از بارهایی که در دو سر وتر قرار دارند، برابر با صفر است و بنابراین میدان الکتریکی در نقطه‌ی O برابر با میدان الکتریکی ناشی از بار در رأس قائم مثلث است.

$$E_T=E$$



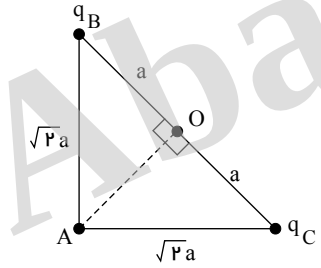
در حالت دوم، چون علامت یکی از بارهایی که در دو سر وتر مثلث واقع‌اند، تغییر می‌کند، بنابراین جهت میدان الکتریکی ناشی از آن نیز در نقطه‌ی O تغییر می‌کند و در این حالت با توجه به شکل می‌توان نوشت:

$$E'_T=\sqrt{E^2+۴E^2}\Rightarrow E'_T=\sqrt{۵}E$$

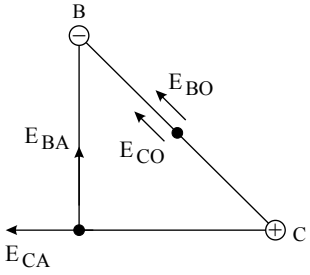


۹ – گزینه ۲

اگر طول وتر مثلث قائم‌الزاویه را $۲a$ فرض کنیم، مطابق شکل روبه‌رو فاصلهٔ نقطهٔ O از بارهای q_B و q_C برابر a و فاصلهٔ نقطهٔ A از بارهای q_B و q_C برابر $\sqrt{۲}a$ می‌شود.



باتوجه به شکل روبه‌رو میدان‌های الکتریکی ناشی از بارهای q_B و q_A در نقطهٔ O هم‌سو هستند و در نقطهٔ A بر هم عمود می‌باشند. اندازهٔ بارهای q_B و q_C را که یکسان هستند، q فرض می‌کنیم و داریم:



$$E_{BO}=E_{CO}=k\frac{q}{a^2}\ \Rightarrow\ E_O=E_{BO}+E_{CO}=۲k\frac{q}{a^2}$$

AbadgaranEdu.ir

$$E_{BA}=E_{CA}=k\frac{q}{(\sqrt{۲}a)^{۲}}=k\frac{q}{۲a^{۲}}\Rightarrow E_A=\sqrt{E_{BA}^{۲}+E_{CA}^{۲}}=\sqrt{۲}(k\frac{q}{۲a^{۲}})\frac{\sqrt{۲}}{۲}k\frac{q}{a^{۲}}$$

$$\Rightarrow\frac{E_O}{E_A}=\frac{۲}{(\frac{\sqrt{۲}}{۲})}=\frac{۴}{\sqrt{۲}}=۲\sqrt{۲}$$

پس پاسخ گزینهٔ ۲ است.

۱۰ – گزینه ۳ $۳۲nC$ بار منفی از یک جسم به جسم دیگر منتقل شده بنابراین بار جسمی که $۳۲nC$ بار منفی از دست داده $+۳۲nC$ و بار جسمی که $۳۲nC$ بار منفی گرفته، $-۳۲nC$ شده است:

$$q=ne\rightarrow ۳۲\times ۱۰^{-۹}=n\times ۱/۶\times ۱۰^{-۱۹}\rightarrow n=۲\times ۱۰^{۱۱}$$

۱۱ – گزینه ۳

ابتدا طبق رابطهٔ قانون کولن نیروی بین دو بار را حساب می‌کنیم:

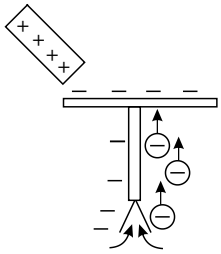
$$F=\frac{kq_۱q_۲}{r^{۲}}=\frac{۹\times ۱۰^{۹}\times q\times ۴q}{r^{۲}}=۳۶\times ۱۰^{+۹}\ \frac{q^{۲}}{r^{۲}}=۳۶\times ۱۰^{۹}(\frac{q}{r})^{۲}$$

از طرفی در صورت سؤال گفته شده $\frac{q}{r}=۱۰^{-۶}$ **بنابراین با جایگذاری در رابطهٔ بالا داریم:**

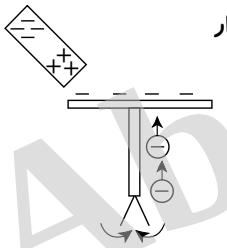
$$F=۳۶\times ۱۰^{۹}\times(۱۰^{-۶})^{۲}=۳۶\times ۱۰^{+۹}\times ۱۰^{-۱۲}=۳۶\times ۱۰^{-۳}N$$

۱۲ – گزینه ۲ نوع بار میله می‌تواند مثبت یا خنثی باشد زیرا:

– اگر بار میله مثبت باشد، با نزدیک کردن آن به کلاهک الکتروسکوپ قسمتی از بارهای منفی روی ورقه‌ها به طرف کلاهک مهاجرت می‌کنند. در نتیجه تراکم بار روی ورقه‌ها کاهش یافته، ورقه‌ها به هم نزدیک می‌شوند.



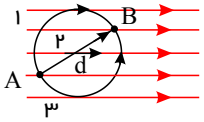
– اگر میله خنثی باشد با نزدیک کردن به کلاهک الکتروسکوپ بارهای میله تفکیک شده و بارهای مثبت میله در مجاور کلاهک قرار می‌گیرند که در نتیجه باز هم باعث می‌شود تا مقداری از بار ورقه‌ها به سمت کلاهک مهاجرت کنند پس در این حالت نیز بار ورقه‌ها کاسته شده و ورقه‌ها به هم نزدیک می‌شوند.



۱۳ – گزینه ۳

نکته: تغییر انرژی پتانسیل مستقل از نوع مسیر است و فقط به بردار جابه‌جایی ربط دارد. یعنی در تمام حالات زیر داریم:

$$\Delta U_{AB}=-Ed|q|\cos\theta$$



پس ابتدا با استفاده از محیط نیم دایره فاصله‌ی AB را بدست می‌آوریم:

محیط نیم‌دایره: $\frac{۱}{۲}(۲\pi r)=۶\pi\Rightarrow r=۶m$

$$AB=۲r=۲\times ۶=۱۲m$$

$$\Delta U=-Edq\cos\theta=-Edq\cos ۰^{\circ}=-۲\times ۱۰^{-۶}\times ۱۰۰۰\times ۱۲\Rightarrow\Delta U=-۲۴\times ۱۰^{-۳}J$$

علامت منفی نشان دهنده ی این است که انرژی پتانسیل الکتریکی کاهش یافته است، دقت کنید اگر بار الکتریکی مثبت در جهت خط های میدان جابه‌جا

AbadgaranEdu.ir

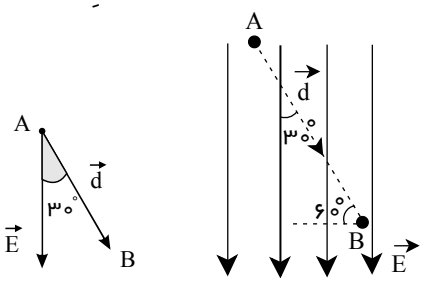
شود، انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد.

۱۴ – گزینه ۳ با توجه به این که بار منفی در جهت خط‌های میدان الکتریکی حرکت کرده است (حرکت اجباری) می‌توان نتیجه گرفت که انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش یافته است (ردِ گزینه های ۲ و ۴). برای محاسبهٔ اندازه‌ی آن داریم:

$$\Delta U = -E\,|q|\,d\cos\alpha$$

$$\Delta U = -۱۰^{۳} \times (-۲ \times ۱۰^{-۶}) \times ۰/۰۲ \times \cos ۳۰^{\circ}$$

$$\Delta U = ۲۰\sqrt{۳} \times ۱۰^{-۶} J = ۲۰\sqrt{۳}\mu J$$

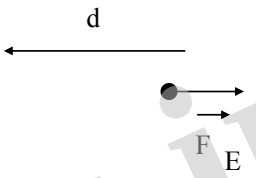


۱۵ – گزینه ۱ از آن‌جایی که پروتون پرتاب می‌شود، تنها نیروی مؤثر وارد بر آن در مسیر حرکت، نیرویی است که از سوی میدان الکتریکی یکنواخت بر آن وارد می‌شود. قضیهٔ کار ـ انرژی را از نقطهٔ A تا توقف می‌نویسیم:

$$W_t = \Delta K \rightarrow W_E = ۰ - \frac{۱}{۲}mV^{۲} \rightarrow |q|\,Ed\cos\theta = -\frac{۱}{۲}mV^{۲}$$

$$\rightarrow ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} \times ۲۰۰۰ \times d \times \cancel{\cos ۱۸۰^{\circ}}^{-۱} = -\frac{۱}{۲} \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۲۷} \times (۱۰^{۵})^{۲}$$

$$\rightarrow d = ۰/۰۲۵m = ۲۵mm$$



۱۶ – گزینه ۱

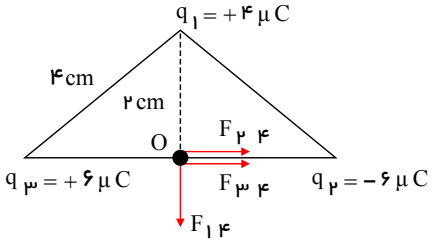
$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow ۷۰ - ۹۰ = \frac{۱/۲ - ۰/۹}{q} \Rightarrow q = -\frac{۰/۳}{۲۰} = -۱۵ \times ۱۰^{-۳} mC = -۱۵\mu C$$

۱۷ – گزینه ۴ ابتدا نیروی $F_{۳۴}$ و $F_{۲۴}$ که مساوی و هم جهت هستند را حساب کرده و برآیند می گیریم.

$$F_{۲۴} = F_{۳۴} = \frac{kq_{۳}q_{۴}}{r^{۲}} = \frac{۹ \times ۱۰^{۹} \times ۶ \times ۱۰^{-۶} \times ۱ \times ۱۰^{-۶}}{\left(\sqrt{۱۲} \times ۱۰^{-۲}\right)^{۲}}$$

$$= \frac{۵۴ \times ۱۰^{-۳}}{۱۲ \times ۱۰^{-۴}} = ۴/۵ \times ۱۰^{۱} = ۴۵N$$

$$F_{۲۳} = F_{۳۴} + F_{۲۴} = ۴۵ + ۴۵ = ۹۰N$$



برای محاسبه ی $F_{۱۴}$ ، ابتدا فاصله ی $q_{۱}$ و $q_{۴}$ را حساب می کنیم و داریم :

$$۴^{۲} = ۲^{۲} + r^{۲} \Rightarrow r = \sqrt{۱۲} \Rightarrow F_{۱,۴} = \frac{kq_{۱}q_{۴}}{r^{۲}} = \frac{۹ \times ۱۰^{۹} \times ۴ \times ۱۰^{-۶} \times ۱ \times ۱۰^{-۶}}{\left(۲ \times ۱۰^{-۲}\right)^{۲}} = \frac{۳۶ \times ۱۰^{-۳}}{۴ \times ۱۰^{-۴}} = ۹۰N$$

و در نهایت دو بردار عمود بر هم داریم ($F_{۱۴}$ و برآیند $F_{۲۴}, F_{۳۴}$) که برآیند آن ها برابر است با:

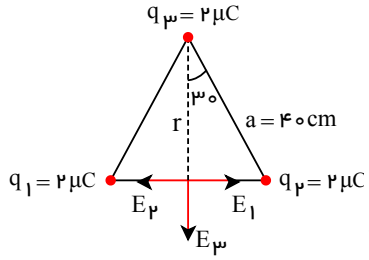
$$F_T = \sqrt{(۹۰)^{۲} + (۹۰)^{۲}} \Rightarrow F_T = ۹۰\sqrt{۲}N$$

۱۸ – گزینه ۲ مطابق شکل میدان های حاصل از دو بار $q_{۱}$ و $q_{۲}$ یکدیگر را خنثی می کنند(چون مساوی هستند و خلاف جهت). پس فقط می ماند میدان حاصل از بار $q_{۳}$.

$$\cos ۳۰^{\circ} = \frac{r}{a} \Rightarrow r = ۴۰ \times \frac{\sqrt{۳}}{۲}$$

$$= ۲۰\sqrt{۳}cm = ۰/۲\sqrt{۳}m$$

$$E_{۳} = \frac{kq_{۳}}{r^{۲}} = \frac{۹ \times ۱۰^{۹} \times ۲ \times ۱۰^{-۶}}{(۰/۲\sqrt{۳})^{۲}} = \frac{۱۸ \times ۱۰^{۳}}{۰/۱۲} = ۱/۵ \times ۱۰^{۵}\frac{N}{C}$$



AbadgaranEdu.ir

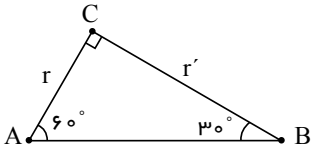
۱۹ – گزینه ۴ میدان های حاصل از بارها در نقطه A هم جهت می باشند پس برای برآیند گیری با هم جمع می شوند.

$$\text{برآیند } E = E_۱ + E_۲ = \frac{kq_۱}{r_۱^۲} + \frac{kq_۲}{r_۲^۲} = \frac{۹\times ۱۰^۹ \times ۱۰ \times ۱۰^{-۶}}{(۰/۶)^۲} + \frac{۹\times ۱۰^۹ \times ۵ \times ۱۰^{-۶}}{(۰/۳)^۲}$$

$$= ۷/۵ \times ۱۰^۵ \Rightarrow E = ۷/۵ \times ۱۰^۵ \frac{N}{C}$$

۲۰ – گزینه ۳ بردن بار از نقطهٔ A به B صرفاً مقدار فاصله را تغییر می‌دهد. از طرفی هم طبق رابطهٔ $E = \frac{kq}{r^۲}$ داریم پس کافی است نسبت فاصله‌ها را پیدا کنیم:

$$\frac{E'}{E} = (\frac{r}{r'})^۲$$



$$\tan ۳۰^\circ = (\frac{\text{مقابل}}{\text{مجاور}})\frac{r}{r'} \Rightarrow \frac{r}{r'} = \frac{\sqrt{۳}}{۳}$$

پس مقدار میدان جدید برابر خواهد شد با:

$$\frac{E'}{۶۰۰۰} = (\frac{\sqrt{۳}}{۳})^۲ \Rightarrow E' = ۲۰۰۰(N/C)$$

دقت کنیم که سؤال اندازهٔ تغییرات را خواسته، پس:

$$|E' - E| = |۲۰۰۰ - ۶۰۰۰| = ۴۰۰۰(N/C)$$

۲۱ – گزینه ۳ نکته: به طور کلی تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی یک بار الکتریکی در جابجایی d در یک میدان الکتریکی از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\Delta U = -E|q|d\cos\alpha$$

چون جابه‌جایی خلافِ جهت میدان بوده $\theta = ۱۸۰^\circ$ و در این تست داریم:

$$\Delta U = -۱۰^۴ \times ۵ \times ۱۰^{-۶} \times ۰/۴ \times \cos ۱۸۰ = ۰/۰۲J$$

۲۲ – گزینه ۱ از فیزیک سال دهم، بخش کار و انرژی طبق قضیهٔ پایستگی انرژی:

$$\Delta U + \Delta K = ۰ \rightarrow \Delta U = -\Delta K$$

یعنی تغییرات انرژی پتانسیل برابر است با منفی تغییرات انرژی جنبشی.

در این تست داریم:

$$\Delta U = -\Delta K = -(K_B - K_A)$$

از طرفی طبق رابطهٔ $\Delta V = \frac{\Delta U}{q}$ می‌توان نوشت:

$$\Delta U = \Delta V q \xrightarrow{q \text{ الکترون}} \Delta U = -e\Delta V$$

همچنین الکترون ابتدا رها شده سپس ساکن بوده $(K_A = ۰)$ بنابراین با جایگذاری $K_B = \frac{۱}{۲}mv^۲$ در رابطهٔ اول داریم:

$$\Delta U = -(K_B - K_A) \rightarrow -e\Delta V = -(\frac{۱}{۹}mv^۲ - ۰) \xrightarrow{\Delta U = Ed} -edE = \frac{۱}{۲}mv^۲ \rightarrow E = \frac{mv^۲}{۲ed}$$

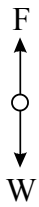
۲۳ – گزینه ۲ به بار در خلاف جهت میدان الکتریکی نیرو وارد شده است. پس بار منفی است. هم‌چنین بار خودبه‌خود شروع به حرکت کرده است و انرژی جنبشی آن از انرژی پتانسیل الکتریکی تأمین شده است و در نتیجه انرژی پتانسیل الکتریکی کاهش یافته است. بنابراین پاسخ گزینهٔ ۲ است.

AbadgaranEdu.ir

۲۴ - گزینه ۲

$$F = E|q| = ۲۰ \times ۱۰^{۳} \times ۳ \times ۱۰^{-۶} = ۶ \times ۱۰^{-۲} N$$

$$W = mg = ۱ \times ۱۰^{-۳} \times ۱۰ = ۱۰^{-۲} N$$



چون $F > W$، پس ذرهٔ باردار مثبت در جهت خط‌های میدان حرکت می‌کند و انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد.

$$\Delta U_E = -Eqd = -۲۰ \times ۱۰^{۳} \times ۳ \times ۱۰^{-۶} \times ۱۰ \times ۱۰^{-۲} = -۶ \times ۱۰^{-۳} J = -۶mJ$$

۲۵ - گزینه ۱ در یک مول اتم هلیم به تعداد عدد آووگادرو اتم هلیم وجود دارد بنابراین برای به دست آوردن تعداد اتم‌های ۵ مول هلیم از رابطهٔ زیر استفاده می‌کنیم:

$$N = nN_a = ۵ \times ۶ \times ۱۰^{۲۳} = ۳ \times ۱۰^{۲۴}$$

هر اتم ${}^{۴}_{۲}He$ در هستهٔ خود دو پروتون و دو نوترون دارد.

بار الکتریکی نوترون‌ها خنثی است. بنابراین مجموع بار هسته‌ها همان مجموع بار پروتون‌ها است.

تعداد پروتون‌های ۵ مول هلیم $= ۲ \times ۳ \times ۱۰^{۲۴} = ۶ \times ۱۰^{۲۴}$

مجموع بار پروتون‌ها $= q = ne = ۶ \times ۱۰^{۲۴} \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} = ۹/۶ \times ۱۰^{۵}\ C$

AbadgaranEdu.ir