

پاسخنامه تشریحی

۱

الف

بار پشم که 10^9 الکترون از دست داده است، به صورت زیر به دست می آید:

$$q_{\text{پشم}} = +ne \xrightarrow{e=1.6 \times 10^{-19} C} q_{\text{پشم}} = 10^9 \times 1.6 \times 10^{-19} C = 1.6 \times 10^{-10} C = 1.6 pC$$

با توجه به پایستگی بار، بار کهریا برابر منفی بار پشم است؛ پس:

$$q_{\text{کهریا}} = -q_{\text{پشم}} = -1.6 pC$$

ب

اگر به سری الکتروسیته مالشی نگاه کنید، می فهمید که لاستیک الکترون خواهی بیشتری دارد، بنابراین، الکترون جذب می کند و بارش منفی می شود. از طرفی با جدا شدن الکترون از سرب، بار آن مثبت می شود؛ بنابراین، کهریا که بار منفی دارد، سرب را جذب و لاستیک را دفع می کند.

۲ جذب - دفع

۳ گام اول: وقتی دو کره را به هم تماس می دهیم، بار آنها با هم مساوی می شود و مقدار هر یک از آنها به صورت زیر به دست می آید:

$$q_1' = q_2' = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{4 \mu C + (-10 \mu C)}{2} = \frac{-6 \mu C}{2} = -3 \mu C$$

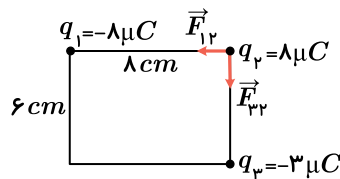
گام دوم: در صورت سؤال گفته ایم که دو کره را در فاصله قبلی قرار می دهیم؛ پس:

$$\frac{F'}{F} = \frac{|q_1'| |q_2'|}{|q_1| |q_2|} \times \left(\frac{r}{r'}\right)^2 \stackrel{r=r'}{=} \frac{|-3 \mu C| |-3 \mu C|}{|4 \mu C| |-10 \mu C|} \times (1)^2 = \frac{1}{20}$$

بنابراین پس از تماس، نیرویی که دو کره به هم وارد می کنند، $\frac{1}{20}$ برابر می شود.

۴

گام اول: جهت نیروهای وارد بر q_2 را مشخص می کنیم:



گام دوم: q_2 را در نظر نمی گیریم و نیروی وارد بر q_2 از طرف q_1 را به دست می آوریم. همان طور که در شکل بالا می بینید، این نیرو خلاف جهت \vec{i} است:

$$\vec{F}_{12} = k \frac{|q_1| |q_2|}{r_{12}^2} = (9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}) \frac{(4 \times 10^{-6} C)(4 \times 10^{-6} C)}{(8 \times 10^{-2} m)^2} = 90 N \Rightarrow \vec{F}_{12} = (-90 N) \vec{i}$$

گام سوم: این دفعه q_1 را کنار می گذاریم و \vec{F}_{23} را تعیین می کنیم، چون این نیرو در خلاف جهت \vec{j} است، داریم:

$$\vec{F}_{23} = k \frac{|q_2| |q_3|}{r_{23}^2} = (9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}) \frac{(4 \times 10^{-6} C)(3 \times 10^{-6} C)}{(8 \times 10^{-2} m)^2} = 60 N \Rightarrow \vec{F}_{23} = (-60 N) \vec{j}$$

گام چهارم: با توجه به گام دوم و سوم، نیروی برابند برابر است با:

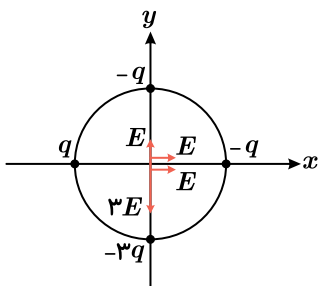
$$\vec{F}_T = (-90 N) \vec{i} + (-60 N) \vec{j}$$

اندازه F_T هم از رابطه روبه رو به دست می آید:

$$F_T = \sqrt{90^2 + 60^2} = \sqrt{11700} N$$

۵

جهت میدان حاصل از هر یک از بارها در مرکز به صورت روبه رو می شود. اندازه میدان حاصل از بار q یا $-q$ هم به صورت زیر می شود:



$$-q \text{ و } q \text{ از } E = k \frac{q}{r^2} = (9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}) (\frac{5 \times 10^{-9} C}{(1m)^2}) = 45 N/C$$

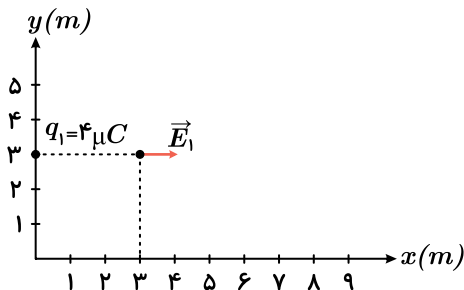
اندازه میدان حاصل از $-3q$ هم برابر $3E$ می شود.

حالا با توجه به شکل داریم:

$$\vec{E}_T = \vec{E}_i + \vec{E}_i + \vec{E}_j - 3\vec{E}_j = 2\vec{E}_i - 2\vec{E}_j = (2 \times 45 N/C) \vec{i} - (2 \times 45 N/C) \vec{j} \Rightarrow \vec{E}_T (90 N/C) \vec{i} - (90 N/C) \vec{j} \Rightarrow E = \sqrt{90^2 + 90^2} = 90\sqrt{2} N/C$$

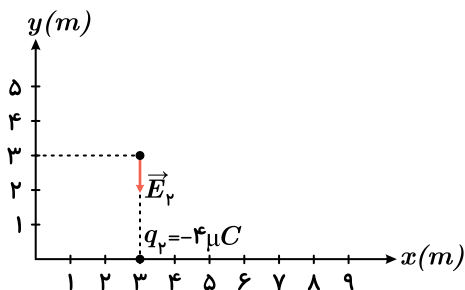
۶

گام اول: نقطه $\left[\begin{smallmatrix} 3 \\ 3 \end{smallmatrix} \right]$ را مشخص می کنیم و بدون در نظر گرفتن بار q_1 ، میدان حاصل از بار q_1 را به دست می آوریم:



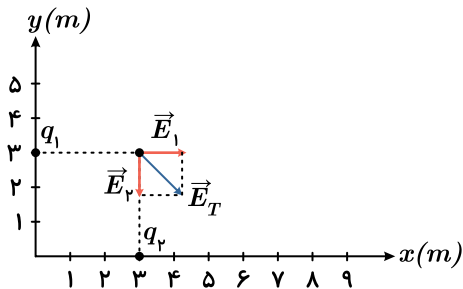
$$E_1 = k \frac{|q_1|}{r_1^2} = (9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}) (\frac{4 \times 10^{-6} C}{(3m)^2}) = 4 \times 10^3 N/C \Rightarrow \vec{E}_1 = (4 \times 10^3 N/C) \vec{i}$$

گام دوم: حالا بدون در نظر گرفتن بار q_1 ، میدان حاصل از بار q_2 را به دست می آوریم:



$$E_2 = k \frac{|q_2|}{r_2^2} = (9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}) (\frac{4 \times 10^{-6} C}{(3m)^2}) = 4 \times 10^3 N/C \Rightarrow \vec{E}_2 = (-4 \times 10^3 N/C) \vec{j}$$

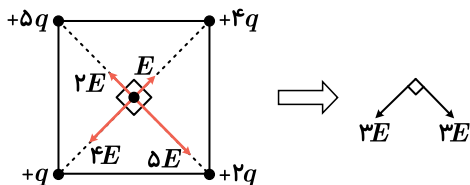
گام سوم: با به دست آوردن \vec{E}_1 و \vec{E}_2 کار را تمام می کنیم:



$$\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = (4 \times 10^3 N/C) \vec{i} + (-4 \times 10^3 N/C) \vec{j} \Rightarrow E_T = \sqrt{(4 \times 10^3)^2 + (-4 \times 10^3)^2} = 4\sqrt{2} \times 10^3 N/C$$

۷

با توجه به شکل می بینیم که میدان حاصل روی هر کدام از قطرها برابر با $3E$ است.



بنابراین:

$$E_T = \sqrt{(3E)^2 + (3E)^2} = 3\sqrt{2} E$$

۸

چون قطره روغن در میدان الکتریکی معلق است و نیروی وزن همواره رو به پایین اثر می‌کند؛ بنابراین، نیروی الکتریکی باید مطابق شکل روبه‌رو، رو به بالا بر قطره روغن اثر کند. چون \vec{F}_E سوی نیروی الکتریکی رو به بالا و سوی میدان الکتریکی رو به پایین است. نتیجه می‌گیریم که بار قطره روغن باید منفی باشد؛ یعنی، قطره روغن الکترون به دست آورده باشد. حالا به دنبال تعداد الکترون‌هایی هستیم که این قطره به دست آورده است. از شرط تعادل نیروها داریم:

$$F_E = W \Rightarrow |q|E = mg$$



و در نتیجه:

$$|q| = \frac{mg}{E} = \frac{(1.6 \times 10^{-19} \text{ kg})(9.81 \text{ N/kg})}{2 \times 10^5 \text{ N/C}} = 8 \times 10^{-19} \text{ C} \Rightarrow q = -8 \times 10^{-19}$$

از طرفی می‌دانیم $q = -ne$ است:

$$n = \frac{-8 \times 10^{-19} \text{ C}}{-1.6 \times 10^{-19} \text{ C}} = 5$$

بنابراین قطره روغن ۵ الکترون به دست آورده است.

۹

الف

به بار منفی در خلاف جهت میدان نیرو وارد می‌شود؛ بنابراین زاویه بین جابه‌جایی و نیرو برابر $\theta = 180^\circ$ است:

$$\Delta U = -|q|Ed \cos \theta = -1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 2 \times 10^3 \text{ N/C} \times (10 \times 10^{-2}) \times (-1) \Rightarrow \Delta U = 3.2 \times 10^{-17} \text{ J}$$

ب

در فیزیک دهم خواندید که اگر نیروهای اتلافی نداشته باشیم، $\Delta U = -\Delta K$ است. در نقطه B سرعت صفر شده است؛ پس انرژی جنبشی نقطه B صفر است.

$$\Delta U = -(K_B - K_A) \Rightarrow 3.2 \times 10^{-17} \text{ J} = -(0 - K_A) = \frac{1}{2} m_e v_A^2 \Rightarrow 3.2 \times 10^{-17} \text{ J} = \frac{1}{2} \times (9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}) \times v^2 \Rightarrow v^2 = \frac{2 \times 3.2 \times 10^{-17} \text{ J}}{9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}} \\ \Rightarrow v^2 \simeq 7.0 \times 10^{12} = 7.0 \times 10^{12} \Rightarrow v \simeq 8.4 \times 10^6 \text{ m/s}$$

۱۰ ابتدا اختلاف پتانسیل را به دست می‌آوریم بار در جهت میدان جابه‌جا شده است؛ پس پتانسیل کاهش پیدا کرده و $\Delta V < 0$ است.

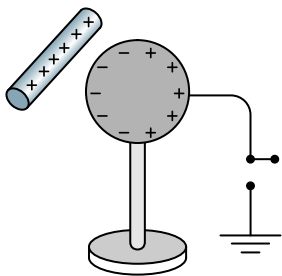
$$|\Delta V| = Ed = 200 \text{ N/C} \times 1 \text{ m} = 200 \text{ V} \Rightarrow \Delta V = -200 \text{ V}$$

حالا با استفاده از قضیه کار و انرژی، به راحتی می‌توانیم کاری که روی ذره انجام می‌دهیم را به دست آوریم:

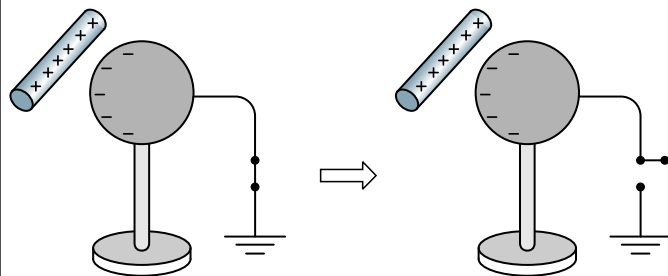
$$\Delta K = W_E + W_{L_0} \Rightarrow 10 \text{ mJ} = W_{L_0} - q\Delta V \Rightarrow 10 \times 10^{-3} \text{ J} = W_{L_0} - (-10 \times 10^{-6} \text{ C})(-200 \text{ V}) \\ = W_{L_0} - 2 \times 10^{-3} \text{ J} \Rightarrow 10 \times 10^{-3} \text{ J} = W_{L_0} - 2 \times 10^{-3} \text{ J} \Rightarrow W_{L_0} = 10 \times 10^{-3} \text{ J} + 2 \times 10^{-3} \text{ J} \Rightarrow W_{L_0} = 12 \times 10^{-3} \text{ J}$$

۱۱

گام اول: با توجه به سری الکتریسیته مالشی، با مالش میله شیشه‌ای به پارچه ابریشمی، میله بار مثبت و پارچه بار منفی می‌گیرد.
گام دوم: با نزدیک کردن میله بار مثبت به کره مطابق شکل روبه‌رو، الکترون‌های آزاد سطح کره به سمت میله کشیده می‌شوند.



گام سوم: با بستن کلید، الکترون‌های آزاد از زمین وارد کره می‌شوند و بارهای مثبت تجمع یافته در طرف راست کره را خنثی می‌کنند. با این اتفاق بار خالص کره منفی می‌شود و با باز کردن کلید، بار کره منفی می‌ماند.



۱۲ از قضیه کار و انرژی جنبشی استفاده می‌کنیم:

$$W = \Delta K \Rightarrow Eqd_{AB} = \frac{1}{2} mv^2$$

$$\Rightarrow 2 \times 10^3 \times 1.6 \times 10^{-19} \times d_{AB} = \frac{1}{2} \times 1.6 \times 10^{-27} \times (2 \times 10^5)^2$$

$$\Rightarrow d_{AB} = 0.1 m = 10 cm$$

$$\Delta V_{\text{جک}} = Ed_{\text{جک}} \Rightarrow d_{\text{جک}} = \frac{300}{2 \times 10^3} = 0.15 = 15 cm$$

پس فاصله نقطه A از صفحه منفی برابر 15 cm است.

۱۳ راه حل اول: بین این دو صفحه میدان الکتریکی یکنواخت تشکیل می شود که جهت میدان در جهت کاهش پتانسیل الکتریکی است. بین این دو صفحه از صفحه مثبت تا صفحه منفی، پتانسیل از ۶۰ ولت تا صفر کاهش می یابد. حال اگر اختلاف پتانسیل بین دو صفحه را به فاصله دو صفحه تقسیم کنیم داریم: $\frac{60}{12 cm} = 5 \frac{V}{cm}$ یعنی در هر سانتی متر پتانسیل به اندازه ۵V کاهش می یابد، پس به ازای ۴ سانتی متر، پتانسیل ۲۰ ولت کاهش می یابد. بنابراین پتانسیل نقطه A برابر $40 - 20 = 20 V$ خواهد شد.

راه حل دوم: اندازه میدان الکتریکی یکنواخت بین دو صفحه برابر است با:

$$E = \frac{V}{d} = \frac{60}{12 \times 10^{-2}} = 500 \frac{N}{C}$$

با در نظر گرفتن فاصله نقطه A تا صفحه منفی، پتانسیل نقطه A برابر است با:

$$V_A = Ed \Rightarrow V_A = 500 \times (4 \times 10^{-2}) = 20 V$$

۱۴ می دانیم رابطه تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی بار برابر با منفی کار میدان الکتریکی مطابق رابطه زیر است:

$$\Delta U = -W \quad (1)$$

مطابق رابطه تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی و اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه داریم:

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \quad (2)$$

$$\xrightarrow{(1),(2)} \Delta V = \frac{-W}{q} \Rightarrow \begin{cases} \Delta V = \frac{-W_1}{2 \times 10^{-6}} \\ \Delta V = \frac{-W_2}{(-4) \times 10^{-6}} \end{cases} \Rightarrow \frac{-W_1}{2 \times 10^{-6}} = \frac{-W_2}{(-4) \times 10^{-6}}$$

$$\rightarrow W_2 = -2W_1$$

از طرفی طبق گفته سوال $W_1 = W_2 + 0.6 mJ$ ، بنابراین:

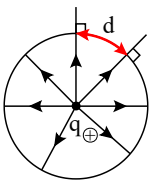
$$W_1 = -2W_1 + 0.6 mJ \rightarrow 3W_1 = 0.6 mJ \rightarrow W_1 = 0.2 mJ, \quad W_2 = -0.4 mJ$$

حال کافیست W_1 یا W_2 را در رابطه $\Delta V = \frac{W}{q}$ قرار دهیم:

$$\Delta V = \frac{-W_2}{q_2} = \frac{0.4 \times 10^{-3}}{-4 \times 10^{-6}} \Rightarrow \Delta V = -100 V$$

۱۵ می دانیم خطوط میدان اطراف یک بار به صورت شعاعی رسم می شود. حال اگر بار را روی محیط دایره حرکت دهیم، فاصله تا مرکز (بار q^+) ثابت می ماند؛ پس میدان و نیروی الکتریکی $F = Eq$ هم ثابت می مانند.

از طرفی طبق رابطه $\Delta U = Fd \cos \theta$ ، چون همواره مسیر حرکت روی دایره بر خطوط میدان (شعاع) عمود است، پس $\Delta U = 0$



۱۶

در حرکت غیر خودبه خودی، ΔU مثبت است.

$$W_E = \Delta K \xrightarrow{W_E = -\Delta U} -300 \times 10^{-6} = \frac{1}{2} \times (10^{-2} \times 10^{-3})((V_0 - 6)^2 - V_0^2)$$

$$-60 = \cancel{V_0^2} - 12V_0 + 36 - \cancel{V_0^2} \Rightarrow 12V_0 = 96 \Rightarrow V_0 = 8 \frac{m}{s}$$

۱۷ الف) جهت خطوط از A به B

$$\Delta U = q\Delta V \rightarrow \Delta U = -20 \times 10^{-6} \times (-20 - 30) = 10^{-3} J \quad \text{ب)}$$

۱۸ ابتدا جرم دو گلوله کوچک را با ترازو اندازه گیری می کنیم. سپس آنها را جداگانه توسط پارچه پشمی مالش می دهیم، تا به یک اندازه باردار شوند. حال، مطابق شکل، دو گوی را درون استوانه شیشه ای قرار می دهیم تا گوی بالایی به حالت معلق قرار گیرد. با خط کش فاصله بین دو گوی را اندازه گیری می کنیم. اعداد حاصل را در رابطه تعادل $\frac{kq^2}{r^2} = mg$ قرار داده و q را محاسبه می کنیم.



۱۹ چون شیشه در اثر مالش با ابریشم، بار مثبت پیدا می کند و با الکتروسکوپ همانام می شود؛ در نتیجه بر اثر دافعه بین بارهای همانام، انحراف ورقه های الکتروسکوپ بیشتر می شود.

۲۰ الف)

$$U = \frac{q^2}{2C} \quad \text{کاهش } U : \xrightarrow{\text{افزایش } C} \quad \xrightarrow{\text{افزایش } \kappa} \quad \text{ثابت } q : \Rightarrow \text{خازن جدا از باتری}$$

$$C = \frac{\kappa \varepsilon \cdot A}{d}$$

ب)

$$U = \frac{q^2}{2C} \quad \text{افزایش } U : \xrightarrow{\text{کاهش } C} \quad \xrightarrow{\text{کاهش } A} \quad \text{ثابت } q : \Rightarrow \text{خازن جدا از باتری}$$

$$C = \frac{\kappa \varepsilon \cdot A}{d}$$