

الکتروسیسته ساکن

$$q_{\text{هسته}} = +ne \xrightarrow[n=6]{e=1/6 \times 10^{-19} \text{ C}} q_{\text{هسته}} = +6 \times 1/6 \times 10^{-19}$$

$$\rightarrow q_{\text{هسته}} = +9/6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

اتم کربن خنثی ۶ الکترون دارد، اما کربن دوبار یونیده، دو الکترون از دست می‌دهد، در نتیجه، تعداد الکترون های آن $n = 6 - 2 = 4$ می‌باشد. بنابراین بار منفی اتم برابر است با:

$$q_{\text{منفی اتم}} = -ne \xrightarrow[n=4]{e=1/6 \times 10^{-19} \text{ C}}$$

$$q_{\text{منفی اتم}} = -6/4 \times 10^{-19} \text{ C} \rightarrow q_{\text{منفی اتم}} = -4 \times 1/6 \times 10^{-19}$$

و بار اتم کربن برابر است با:

$$q_{\text{اتم}} = q_{\text{هسته}} + q_{\text{منفی اتم}} = 9/6 \times 10^{-19} - 6/4 \times 10^{-19}$$

$$\rightarrow q_{\text{اتم}} = 3/2 \times 10^{-19} \text{ C}$$

توجه: اگر فقط بار الکتريکی اتم کربن دوبار یونیده (C^{++}) مورد نظر می‌بود، بدون محاسبه‌ی بار الکتريکی منفی اتم، در رابطه $q = +ne$ به جای n عدد ۲ قرار می‌دادیم.

۶. (آ) هم‌نام (ب) اندازه‌ی بارها - مستقیم

(پ) نیروی الکتريکی - دافعه - جاذبه

(ت) هم‌نام - ناهم‌نام (ث) هم‌اندازه

(ج) چهار برابر (چ) دو برابر

(ح) ندارد (خ) برابر

(د) مربع فاصله‌ی (ذ) خلاف جهت یکدیگر

۷. با استفاده از قانون کولن می‌توان نوشت:

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} \rightarrow \frac{|q_1| = 2 \times 10^{-6} \text{ C}, |q_2| = 5 \times 10^{-6} \text{ C}, r = 3 \text{ cm} = 3 \times 10^{-1} \text{ m}}$$

$$F = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6} \times 5 \times 10^{-6}}{9 \times 10^{-2}} \Rightarrow F = 1 \text{ N}$$

۸. با استفاده از قانون کولن، اندازه‌ی q_1 و q_2 را به دست می‌آوریم:

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} \rightarrow q_2 = 5 \mu\text{C}, r = 3 \times 10^{-2} \text{ m}, F = 50 \text{ N}$$

$$50 = \frac{9 \times 10^9 \times q_1 \times 5 \mu\text{C}}{9 \times 10^{-4}} \Rightarrow q_1^2 = 10^{-12} \Rightarrow q_1 = 10^{-6} \text{ C}$$

$$\Rightarrow q_1 = 1 \mu\text{C}, q_2 = 5 \mu\text{C} = 5 \mu\text{C}$$

۹. بعد از تماس دو گوی به یکدیگر، بار آن‌ها هم‌اندازه و هم علامت

می‌شود و اندازه‌ی بار هر گوی برابر میانگین بارهایی است که گوی‌ها قبل از تماس به هم داشته‌اند. بنابراین بار هر گوی بعد از تماس برابر است با:

$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{q_1 = -10 \text{ nC}}{q_2 = 4 \text{ nC}}$$

$$q'_1 = q'_2 = \frac{-10 + 4}{2} = -3 \text{ nC}$$

۱. (آ) بار الکتريکی (ب) خنثی

(پ) مثبت (ت) جذب

(ث) کولن (ج) مثبت - منفی

(چ) منفی (ح) ثابت

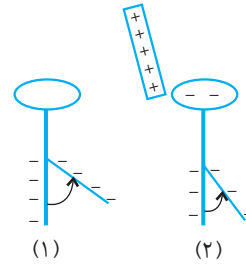
(خ) نمی‌شود

۲. بار الکتريکی جسم مثبت است. زیرا با نزدیک شدن جسم به کلاهک

الکتروسکوپ، تعدادی از بارهای منفی ورقه‌ها تحت تأثیر میدان

الکتريکی بار جسم به سمت کلاهک می‌آیند و باعث می‌شود نیروی

دافعه‌ی بین بارهای ورقه‌ها کم‌تر شده و ورقه‌ها به هم نزدیک شوند.



۳. (آ) به همان اندازه که میله‌ی شیشه‌ای الکترون از دست می‌دهد،

پارچه‌ی ابریشمی الکترون دریافت می‌کند. بنابراین، بار الکتريکی

ایجاد شده در پارچه‌ی ابریشمی $q = -11/2 \text{ nC}$ می‌شود.

(ب) با استفاده از رابطه‌ی $q = ne$ ، تعداد الکترون‌ها را به دست می‌آوریم.

$$n = \frac{q}{e} = \frac{q = 11/2 \times 10^{-9} \text{ C}}{e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}} \rightarrow n = \frac{11/2 \times 10^{-9}}{1/6 \times 10^{-19}}$$

$$\rightarrow n = 7 \times 10^{10}$$

۴. (آ) با استفاده از رابطه‌ی $q = ne$ می‌توان نوشت:

$$n = \frac{q}{e} = \frac{q = 6/4 \times 10^{-9} \text{ C}}{e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}} \rightarrow n = \frac{6/4 \times 10^{-9}}{1/6 \times 10^{-19}}$$

$$\Rightarrow n = 4 \times 10^{10}$$

(ب) چون $Z = 50$ است و اتم خنثی می‌باشد تعداد پروتون‌ها و الکترون‌ها با هم برابر و هر یک ۵۰ تا می‌باشد.

$$\Rightarrow q = +ze = +50 \times 1/6 \times 10^{-19} = +8 \times 10^{-18} \text{ C}$$

$$\text{بار منفی اتم} \Rightarrow q = -ne = -50 \times 1/6 \times 10^{-19}$$

$$= -8 \times 10^{-18} \text{ C}$$

بار الکتريکی اتم قلع برابر مجموع بار هسته و بار منفی اتم است. یعنی:

$$q_{\text{اتم}} = +8 \times 10^{-18} - 8 \times 10^{-18} = 0$$

۵. هسته‌ی اتم کربن ۶ پروتون دارد. بنابراین بار الکتريکی هسته برابر

است با:

$$F_{13} = k \frac{|q_1||q_3|}{r_{13}^2} \quad q_1=2 \times 10^{-6} \text{ C}, q_3=4 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$F_{13} = 9 \times 10^9 \times \frac{2/5 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{36 \times 10^{-4}} = 25 \text{ N}$$

$$\Rightarrow \vec{F}_{13} = 25 \vec{i} \text{ (N)}$$

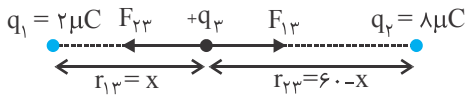
$$F_{23} = k \frac{|q_2||q_3|}{r_{23}^2} \quad q_2=10^{-6} \text{ C}, q_3=4 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$F_{23} = 9 \times 10^9 \times \frac{10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{4 \times 10^{-4}} = 90 \text{ N}$$

$$\Rightarrow \vec{F}_{23} = -90 \vec{i} \text{ (N)}$$

$$\vec{F}_T = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} = 25 \vec{i} - 90 \vec{i} \Rightarrow \vec{F}_T = -65 \vec{i} \text{ (N)}$$

چون دو بار الکتریکی هم علامت‌اند، باید بار q_3 را بین دو بار و نزدیک به باری که اندازه‌ی آن کوچک‌تر است قرار دهیم تا برابری نیروهای وارد بر آن صفر شود. بنابراین با توجه به شکل زیر و مساوی بودن اندازه‌ی نیروها می‌توان نوشت:



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

$$\Rightarrow \frac{q_1}{r_{13}^2} = \frac{q_2}{r_{23}^2}$$

$$\frac{q_1 = 2 \mu\text{C}, q_2 = 8 \mu\text{C}}{r_{13} = x, r_{23} = 60 - x} \Rightarrow \frac{2}{x^2} = \frac{8}{(60 - x)^2}$$

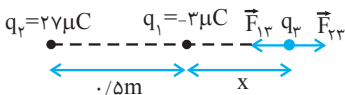
$$\Rightarrow \frac{1}{x^2} = \frac{4}{(60 - x)^2}$$

$$\xrightarrow{\text{جنر می‌گیریم}} \frac{1}{x} = \frac{2}{60 - x} \Rightarrow 2x = 60 - x \Rightarrow 3x = 60$$

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

دقت کنید، اندازه و علامت بار q_3 در تعادل آن تأثیری ندارد.

چون دو بار الکتریکی ناهم‌نام‌اند، بار q_3 را باید خارج از فاصله‌ی بین دو بار و روی امتداد خط واصل آن‌ها و نزدیک به باری که اندازه‌ی آن کم‌تر است، قرار دهیم. با فرض این‌که $q_3 > 0$ باشد، نیروهای وارد بر q_3 را رسم نموده و اندازه‌ی آن‌ها را مساوی هم قرار می‌دهیم.



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

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

آ) نیروی الکتریکی بین دو گوی بعد از تماس برابر است با:

$$F = k \frac{|q'_1||q'_2|}{r^2} \quad |q'_1|=|q'_2|=3 \times 10^{-9} \text{ C}$$

$$F = \frac{9 \times 10^9 \times 3 \times 10^{-9} \times 3 \times 10^{-9}}{9 \times 10^{-2}} \Rightarrow F = 9 \times 10^{-7} \text{ N}$$

ب) رانشی، زیرا بعد از تماس، بار دو گوی هم‌علامت‌اند.

۱۰. می‌دانیم، هرگاه دو کره‌ی رسانای مشابه را با هم تماس دهیم، بعد از تماس بار آن‌ها هم نوع و اندازه‌ی بار هر کدام برابر نصف مجموع بارهایی است که قبل از تماس داشته‌اند. بنابراین ابتدا بار هر کدام از کره‌ها را بعد از تماس به‌دست می‌آوریم و سپس از رابطه‌ی مقایسه‌ای قانون کولن استفاده می‌کنیم:

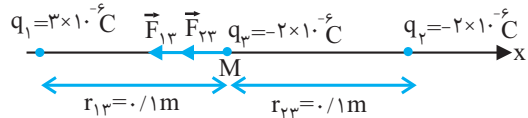
$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2} \quad q_1 = q, q_2 = \Delta q \Rightarrow q'_1 = q'_2 = \frac{q + \Delta q}{2}$$

$$\Rightarrow q'_1 = q'_2 = 3q$$

$$\frac{F'}{F} = \frac{|q'_1||q'_2|}{|q_1||q_2|} \times \left(\frac{r}{r'}\right)^2 \quad r' = r, q_1 = q, q_2 = \Delta q$$

$$\frac{F'}{F} = \frac{3q}{q} \times \frac{3q}{\Delta q} \times 1 \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{9}{5}$$

۱۱. ابتدا اندازه و جهت نیروهایی که از طرف بارهای q_1 و q_2 بر بار q_3 وارد می‌شود را تعیین می‌کنیم و سپس با توجه به جهت نیروها، بردار برابری را برحسب بردار یکه به‌دست می‌آوریم.



$$F_{13} = k \frac{|q_1||q_3|}{r_{13}^2} \quad |q_1|=3 \times 10^{-6} \text{ C}, |q_3|=2 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$F_{13} = \frac{9 \times 10^9 \times 3 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{10^{-2}} = 5/4 \text{ N}$$

$$\Rightarrow \vec{F}_{13} = -5/4 \vec{i}$$

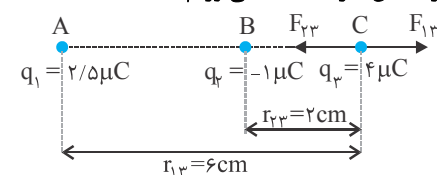
$$F_{23} = k \frac{|q_2||q_3|}{r_{23}^2} \quad |q_2|=2 \times 10^{-6} \text{ C}, |q_3|=2 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$F_{23} = \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{10^{-2}} = 3/6 \text{ N}$$

$$\Rightarrow \vec{F}_{23} = -3/6 \vec{i}$$

$$\vec{F}_T = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} = -5/4 \vec{i} - 3/6 \vec{i} \Rightarrow \vec{F}_T = -9 \vec{i} \text{ (N)}$$

۱۲. ابتدا اندازه و جهت هر یک از نیروهای وارد بر بار q_3 را که از طرف دو بار q_1 و q_2 وارد می‌شود، تعیین می‌کنیم و سپس با توجه به جهت نیروها، برابری آن‌ها را به‌دست می‌آوریم.



$$F_{\psi 1} = k \frac{|q_{\psi}||q_1|}{r_{\psi 1}^2} = \frac{|q_{\psi}|=2 \times 10^{-6} \text{ C}, |q_1|=2 \times 10^{-6} \text{ C}}{r_{\psi 1}=3 \text{ m}}$$

$$F_{\psi 1} = \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{9} = 6 \times 10^{-3} \text{ N}$$

$$\Rightarrow \vec{F}_{\psi 1} = 6 \times 10^{-3} \vec{j}$$

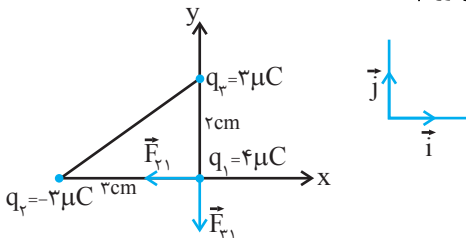
$$F_{\psi 1} = k \frac{|q_{\psi}||q_1|}{r_{\psi 1}^2} = \frac{|q_{\psi}|=4 \times 10^{-6} \text{ C}, |q_1|=2 \times 10^{-6} \text{ C}}{r_{\psi 1}=3 \text{ m}}$$

$$F_{\psi 1} = 9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6} = 8 \times 10^{-3} \text{ N}$$

$$\Rightarrow \vec{F}_{\psi 1} = -8 \times 10^{-3} \vec{i}$$

$$\vec{F}_T = \vec{F}_{\psi 1} + \vec{F}_{\psi 1} \Rightarrow \vec{F}_T = -8 \times 10^{-3} \vec{i} + 6 \times 10^{-3} \vec{j}$$

۱۷. باتوجه به شکل زیر و قانون کولن نیروی الکتریکی وارد بر بار q_1 را به دست می آوریم.



$$F_{\psi 1} = k \frac{|q_{\psi}||q_1|}{r_{\psi 1}^2} = \frac{|q_{\psi}|=3 \times 10^{-6} \text{ C}, |q_1|=4 \times 10^{-6} \text{ C}}{r_{\psi 1}=3 \times 10^{-2} \text{ m}}$$

$$F_{\psi 1} = \frac{9 \times 10^9 \times 3 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{9 \times 10^{-4}} = 120 \text{ N}$$

$$\Rightarrow \vec{F}_{\psi 1} = -120 \vec{i} \text{ (N)}$$

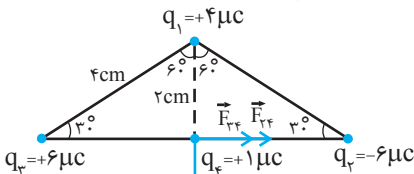
$$F_{\psi 1} = k \frac{|q_{\psi}||q_1|}{r_{\psi 1}^2} = \frac{|q_{\psi}|=3 \times 10^{-6} \text{ C}, |q_1|=4 \times 10^{-6} \text{ C}}{r_{\psi 1}=2 \times 10^{-2} \text{ m}}$$

$$F_{\psi 1} = \frac{9 \times 10^9 \times 3 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{4 \times 10^{-4}} = 270 \text{ N}$$

$$\Rightarrow \vec{F}_{\psi 1} = -270 \vec{j} \text{ (N)}$$

$$\vec{F}_T = \vec{F}_{\psi 1} + \vec{F}_{\psi 1} \Rightarrow \vec{F}_T = -120 \vec{i} - 270 \vec{j} \text{ (N)}$$

۱۸. ابتدا با استفاده از قانون کولن اندازه و جهت هر یک از نیروهای که به بار q_4 وارد می شود را تعیین می کنیم و سپس باتوجه به جهت نیروها، برایندها را حساب می کنیم. دقت کنید. ابتدا باید فاصله هر کدام از بارها از بار q_4 را به دست آوریم.



$$\sin 60 = \frac{r_{\psi 4}}{r_{13}} \Rightarrow \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{r_{\psi 4}}{4} \Rightarrow$$

$$r_{\psi 4} = 2\sqrt{3} \text{ cm} \Rightarrow r_{\psi 4} = r_{\psi 4} = 2\sqrt{3} \text{ cm}$$

$$\frac{r_{13}=x, r_{23}=0.5+x}{|q_1|=2 \mu\text{C}, |q_2|=2 \mu\text{C}} \rightarrow \frac{2}{x^2} = \frac{27}{(0.5+x)^2} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{x^2} = \frac{9}{(0.5+x)^2} \xrightarrow{\text{جذر می گیریم}} \frac{1}{x} = \frac{3}{0.5+x}$$

$$\Rightarrow 3x = 0.5+x \Rightarrow 2x = 0.5 \Rightarrow x = 0.25 \text{ m}$$

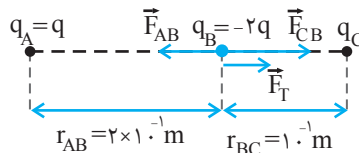
۱۵. ابتدا با استفاده از قانون کولن و اندازه‌ی نیروی بین دو بار الکتریکی q_A و q_B ، اندازه‌ی بار q را به دست می آوریم.

$$F_{AB} = k \frac{|q_A||q_B|}{r_{AB}^2} = \frac{F_{AB}=4/5 \times 10^{-3} \text{ N}}{r_{AB}=20 \text{ cm}=2 \times 10^{-1} \text{ m}}$$

$$4/5 \times 10^{-3} = \frac{9 \times 10^9 \times q \times 2q}{4 \times 10^{-2}} |q|^2 = 10^{-14}$$

$$\Rightarrow |q| = 10^{-7} \text{ C}$$

اکنون اندازه‌ی نیرویی که بار q_C بر بار q_B وارد می کند را با توجه به اندازه و جهت برایندها و جهت و اندازه‌ی نیروی \vec{F}_{AB} به دست می آوریم. دقت کنید، چون جهت برایندها به طرف راست و جهت نیروی \vec{F}_{AB} به طرف چپ است، باید جهت نیروی \vec{F}_{CB} به طرف راست باشد. بنابراین بار q_C باید مثبت باشد که بار منفی q_B را جذب کند و جهت نیرویش به طرف راست شود.



$$F_T = F_{CB} - F_{AB} = \frac{F_T=67/5 \times 10^{-3} \text{ N}}{F_{AB}=4/5 \times 10^{-3} \text{ N}}$$

$$67/5 \times 10^{-3} = F_{CB} - 4/5 \times 10^{-3} \text{ N}$$

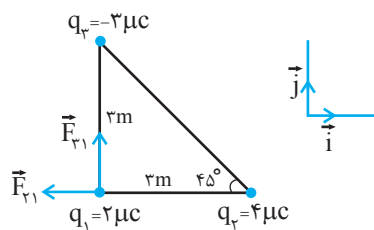
$$\Rightarrow F_{CB} = 72 \times 10^{-3} \text{ N}$$

$$F_{CB} = k \frac{|q_C||q_B|}{r_{BC}^2} = \frac{|q_B|=2q=2 \times 10^{-7} \text{ C}}{r_{BC}=10^{-1} \text{ m}, F=72 \times 10^{-3} \text{ N}}$$

$$72 \times 10^{-3} = \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-7} \times |q_C|}{10^{-2}}$$

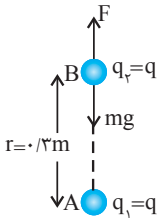
$$\Rightarrow |q_C| = 4 \times 10^{-7} \text{ C}$$

۱۶. باتوجه به شکل زیر و قانون کولن نیروی الکتریکی وارد بر ذره‌ی واقع بر رأس قائمه را به دست می آوریم.



$$F_{13} \perp F_{23} \Rightarrow F_T = 90\sqrt{2} \text{ N}$$

چون \vec{F}_{13} و \vec{F}_{23} هم‌اندازه‌اند، برآیند آن‌ها نیم‌ساز زاویه‌ی بین دو نیرو است. در نتیجه \vec{F}_T در راستای محور X و در خلاف جهت آن می‌باشد، بنابراین $\vec{F}_T = -90\sqrt{2} \vec{i}$ می‌باشد.

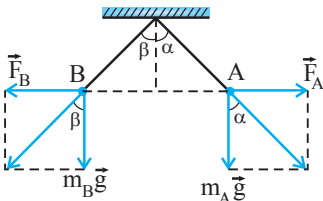


$$F = mg = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \Rightarrow k \frac{q_1 q_2}{r^2} = mg$$

$$\begin{aligned} \frac{q_1 = q_2 = q}{r = 0.3 \text{ m}, m = 0.1 \text{ kg}} &\rightarrow \frac{9 \times 10^9 \times q^2}{(0.3)^2} = 0.1 \times 10 \Rightarrow 9 \times 10^9 q^2 = 9 \times 10^{-3} \\ \Rightarrow q^2 = 10^{-12} &\Rightarrow q = 10^{-6} \text{ C} \Rightarrow q = 1 \mu\text{C} \end{aligned}$$

۲۰. پاسخ گزینه‌ی (۱)؛ بنا به رابطه‌ی $F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$ و طبق

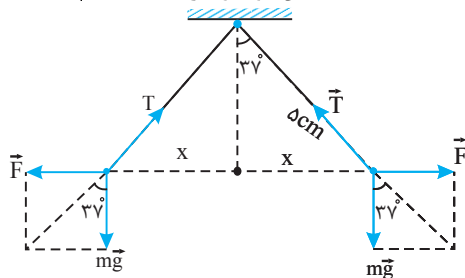
قانون سوم نیوتون $F_{AB} = F_{BA}$ است. هم‌چنین با توجه به شکل زیر، چون جرم گلوله‌ها و طول نخ‌ها با هم برابر است، $\alpha = \beta$ است. زیرا:



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

$$\tan \alpha = \tan \beta \Rightarrow \alpha = \beta$$

۲۱. مطابق شکل، نیروهای وارد بر هر گلوله را رسم می‌کنیم و سپس به صورت زیر بار هر یک از دو گلوله‌ی آونگ را به دست می‌آوریم. دقت کنید، در ابتدا باید فاصله‌ی بین دو گلوله را حساب کنیم:



$$\sin 37^\circ = \frac{x}{L} \quad L = 5 \text{ cm}, \sin 37^\circ = 0.6 \rightarrow 0.6 = \frac{x}{5} \Rightarrow$$

$$\sin 30^\circ = \frac{r_{14}}{r_{13}} \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{r_{14}}{4} \Rightarrow r_{14} = 2 \text{ cm}$$

$$\begin{cases} r_{24} = r_{34} = 2\sqrt{3} \text{ cm} \\ |q_1| = |q_2| = 6 \mu\text{C} \end{cases}$$

$$\Rightarrow F_{24} = F_{34} = k \frac{|q_2||q_4|}{r_{24}^2}$$

$$= \frac{9 \times 10^9 \times 6 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^{-6}}{(2\sqrt{3} \times 10^{-2})^2}$$

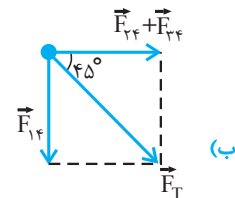
$$\Rightarrow F_{24} = F_{34} = \frac{9 \times 6 \times 10^{-3}}{12 \times 10^{-4}} = 45 \text{ N} \Rightarrow \begin{cases} \vec{F}_{24} = 45 \vec{i} \\ \vec{F}_{34} = 45 \vec{i} \end{cases}$$

$$F_{14} = k \frac{|q_1||q_4|}{r_{14}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^{-6}}{4 \times 10^{-4}}$$

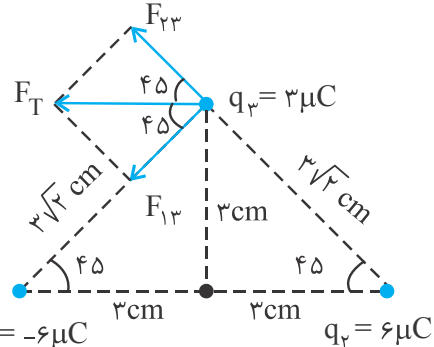
$$= 90 \text{ N} \Rightarrow \vec{F}_{14} = -90 \vec{j}$$

$$\vec{F}_T = \vec{F}_{14} + \vec{F}_{24} + \vec{F}_{34} = -90 \vec{j} + 45 \vec{i} + 45 \vec{i}$$

$$\Rightarrow \vec{F}_T = 90 \vec{i} - 90 \vec{j}$$



۱۹. ابتدا با استفاده از قانون کولن، اندازه و جهت هر یک از نیروهایی که به بار q_3 وارد می‌شود را تعیین می‌کنیم و سپس با توجه به جهت نیروها، برآیند آن‌ها را به صورت زیر به دست می‌آوریم:



$$\begin{cases} q_1 = -6 \mu\text{C} \\ q_2 = 6 \mu\text{C} \\ q_3 = 3 \mu\text{C} \end{cases} \begin{cases} r_{13} = r_{23} = 3\sqrt{2} \times 10^{-2} \text{ m} \\ |q_1| = |q_2| = 6 \times 10^{-6} \text{ C} \end{cases}$$

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

$$\frac{q_1 = 6 \times 10^{-6} \text{ C}, q_2 = 3 \times 10^{-6} \text{ C}}{r_{23} = 3\sqrt{2} \times 10^{-2} \text{ m}}$$

$$F_{13} = F_{23} = \frac{9 \times 10^9 \times 6 \times 10^{-6} \times 3 \times 10^{-6}}{18 \times 10^{-4}}$$

$$\Rightarrow F_{13} = F_{23} = 90 \text{ N}$$

۲۷. ابتدا بار الکتریکی هسته اتم روی را به دست می‌آوریم و سپس با استفاده از رابطه‌ی $E = k \frac{|q|}{r^2}$ ، اندازه‌ی میدان الکتریکی را حساب می‌کنیم. دقت کنید، عدد اتمی نشان‌دهنده‌ی تعداد پروتون‌هاست.

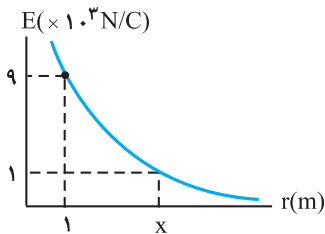
$$q = Ze = 30 \times 1.6 \times 10^{-19} = 4.8 \times 10^{-18} \text{ C}$$

$$E = k \frac{|q|}{r^2} \quad |q| = 4.8 \times 10^{-18} \text{ C} \quad r = 1.0 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$E = \frac{9 \times 10^9 \times 4.8 \times 10^{-18}}{10^{-20}} \text{ N/C}$$

$$\rightarrow E = 4.32 \times 10^{12} \text{ N/C}$$

۲۸. (آ) با توجه به شکل داریم:



$$\begin{cases} r_1 = 1 \text{ m} \rightarrow E_1 = 9 \times 10^3 \text{ N/C} \\ r_2 = x \rightarrow E_2 = 1 \times 10^3 \text{ N/C} \end{cases}$$

از طرف دیگر با استفاده از رابطه‌ی $E = k \frac{|q|}{r^2}$ و با توجه به

این که q ثابت است، می‌توان نوشت:

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{r_1^2}{r_2^2} \rightarrow \frac{1 \times 10^3}{9 \times 10^3} = \frac{1}{x^2} \rightarrow \frac{1}{9} = \frac{1}{x^2} \rightarrow x = 3 \text{ m}$$

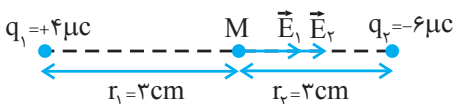
(ب) با توجه به نمودار، به ازای $r = 1 \text{ m}$ میدان الکتریکی برابر

$$E = 9 \times 10^3 \text{ N/C} \text{ است. بنابراین می‌توان نوشت:}$$

$$E = k \frac{|q|}{r^2} \rightarrow 9 \times 10^3 = \frac{9 \times 10^9 \times |q|}{1}$$

$$\rightarrow |q| = 1 \times 10^{-6} \text{ C} \rightarrow |q| = 1 \mu\text{C}$$

۲۹. ابتدا اندازه و جهت میدان الکتریکی هر یک از بارها را در نقطه‌ی وسط خط واصل دو بار تعیین می‌کنیم و سپس با توجه به میدان‌ها، برابریشان را به دست می‌آوریم.



$$x = 3 \text{ cm}, r = x + x = 3 + 3 = 6 \text{ cm}$$

$$\tan 37^\circ = \frac{F}{mg} \rightarrow \frac{\sin 37^\circ}{\cos 37^\circ} = \frac{F}{mg} \quad m = 30 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

$$\frac{0.6}{0.8} = \frac{F}{30 \times 10^{-3} \times 10} \Rightarrow F = \frac{18}{8} \times 10^{-1} \Rightarrow F = \frac{9}{40} \text{ N}$$

$$F = k \frac{q^2}{r^2} \quad r = 6 \times 10^{-2} \text{ m} \Rightarrow \frac{9}{40} = 9 \times 10^9 \times \frac{q^2}{36 \times 10^{-4}}$$

$$q^2 = \frac{36 \times 10^{-4}}{4 \times 10^{10}} \Rightarrow q = \frac{6 \times 10^{-2}}{2 \times 10^5} \Rightarrow q = 3 \times 10^{-7} \text{ C}$$

$$\Rightarrow q = 0.3 \mu\text{C}$$

۲۳. (آ) مربع فاصله (ب) بار مثبت

(پ) هم جهت (ت) کاهش

(ث) میدان الکتریکی در آن نقطه

(ج) $\frac{N}{C}$ میدان الکتریکی

۲۴. زیرا کلاهک مولد وان دوگراف بار منفی بزرگی دارد که یون‌های مثبت درون شعله‌ی شمع نزدیک‌تر را به سمت خود می‌کشد، در حالی که شمع دورتر تحت تأثیر میدان الکتریکی ضعیفی قرار می‌گیرد.

۲۵. (آ) ۱- چون q_0 و F معلوم‌اند، می‌توان نوشت:

$$E = \frac{F}{q_0} \quad F = 9 \times 10^{-4} \text{ N} \quad q_0 = 3 \times 10^{-9} \text{ C} \Rightarrow E = \frac{9 \times 10^{-4}}{3 \times 10^{-9}} \Rightarrow E = 3 \times 10^5 \text{ N/C}$$

۲- چون E و q را داریم، می‌توان نوشت:

$$F = E q_0 \quad E = 3 \times 10^5 \text{ N/C} \quad q_0 = 9 \times 10^{-6} \text{ C} \Rightarrow F = 3 \times 10^5 \times 9 \times 10^{-6}$$

$$\Rightarrow F = 2.7 \text{ N}$$

(ب) با استفاده از رابطه‌ی $E = k \frac{|q|}{r^2}$ داریم:

$$E = k \frac{|q|}{r^2} \quad E = 9 \times 10^3 \text{ N/C} \quad |q| = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \Rightarrow 9 \times 10^3$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{1.6 \times 10^{-19}}{r^2}$$

$$\Rightarrow r^2 = 16 \times 10^{-14} \Rightarrow r = 4 \times 10^{-7} \text{ m}$$

۲۶. (آ) چون E و q معلوم‌اند، از رابطه‌ی $E = \frac{F}{q}$ بزرگی نیرو را حساب

می‌کنیم:

$$F = |q| E \quad E = 4500 \text{ N/C}, q = 2 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$F = 4500 \times 2 \times 10^{-6} \Rightarrow F = 9 \times 10^{-3} \text{ N}$$

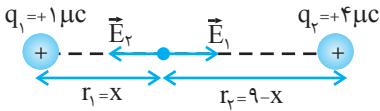
$$E = \frac{F}{q} \quad q = 2 \times 10^{-6} \text{ C}, F = 5 \times 10^{-2} \text{ N} \Rightarrow E = \frac{5 \times 10^{-2}}{2 \times 10^{-6}} \text{ (ب)}$$

$$E = 2.5 \times 10^4 \text{ N/C}$$

$$\vec{E}_A = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = 27 \times 10^5 \vec{i} - 300 \times 10^5 \vec{i}$$

$$\vec{E}_A \Rightarrow \vec{E}_A = -273 \times 10^5 \vec{i}$$

۳۲. چون دو بار هم علامت‌اند، در نقطه‌ای بین دو بار الکتریکی و روی خط واصل آن‌ها و نزدیک باری که اندازه‌ی آن کم‌تر است، برابری میدان‌های الکتریکی حاصل از دو بار صفر می‌شود. بنابراین داریم:

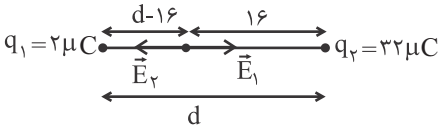


$$E_1 = E_2 \Rightarrow k \frac{|q_1|}{r_1^2} = k \frac{|q_2|}{r_2^2}$$

$$\frac{|q_1| = 1 \mu C, q_2 = 4 \mu C}{r_1 = x, r_2 = 9 - x}$$

$$\frac{1}{x^2} = \frac{4}{(9-x)^2} \Rightarrow 3x = 9 \Rightarrow x = 3 \text{ cm}$$

۳۳. چون دو بار الکتریکی هم علامت‌اند، نقطه‌ی مورد نظر الزاماً بین دو بار و روی خط واصل آن‌ها قرار دارد. مطابق شکل فاصله‌ی دو بار را d می‌گیریم و میدان هر بار را در نقطه‌ی مورد نظر به دست آورده و آن‌ها را مساوی هم قرار می‌دهیم.



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

$$\frac{r_1 = d - 16, r_2 = 16}{q_1 = 2 \mu C, q_2 = 32 \mu C} \Rightarrow \frac{2}{(d-16)^2} = \frac{32}{16^2}$$

$$\frac{1}{d-16} = \frac{4}{16} \Rightarrow d = 20 \text{ cm}$$

۳۴. چون در حالت دوم برابری میدان‌ها بدون آن که تغییر جهت دهند بزرگ‌تر شده است، لذا بارها مختلف علامت‌اند. بنابراین در حالت اول میدان الکتریکی هر یک از بارها را حساب می‌کنیم و سپس برابری آن‌ها را که برابر E است به دست می‌آوریم:

$$E = E_1 + E_2 \Rightarrow E = k \frac{|q_1|}{r_1^2} + k \frac{|q_2|}{r_2^2} \quad r_1 = r_2 = OA$$

$$E = k \frac{|q_1|}{(OA)^2} + k \frac{|q_2|}{(OA)^2}$$

$$\Rightarrow E = \frac{k}{(OA)^2} (q_1 + q_2) \quad (1)$$

در حالت دوم، وقتی بار q_1 را به نقطه‌ی C انتقال دهیم، چون فاصله‌ی O از q_1 نسبت به حالت اول نصف می‌شود، میدان

$$E_1 = k \frac{|q_1|}{r_1^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-6}}{9 \times 10^{-4}} = 4 \times 10^7 \frac{N}{C}$$

$$\Rightarrow \vec{E}_1 = 4 \times 10^7 \vec{i}$$

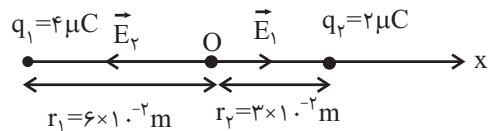
$$E_2 = k \frac{|q_2|}{r_2^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 6 \times 10^{-6}}{9 \times 10^{-4}} = 6 \times 10^7 \frac{N}{C}$$

$$\Rightarrow \vec{E}_2 = 6 \times 10^7 \frac{N}{C}$$

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = 4 \times 10^7 \vec{i} + 6 \times 10^7 \vec{i} = 10 \times 10^7 \vec{i}$$

$$\Rightarrow \vec{E} = 10^8 \vec{i}$$

۳۰. ابتدا اندازه و جهت میدان الکتریکی هر یک از بارها را در نقطه‌ی O تعیین می‌کنیم و سپس باتوجه به جهت دستگاه مختصات انتخاب شده و جهت میدان‌ها، هر یک از میدان‌ها را برحسب بردار یکه نوشته و برابری آن‌ها را به دست می‌آوریم.



$$E_1 = k \frac{q_1}{r_1^2} \rightarrow E_1 = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6}}{(6 \times 10^{-2})^2} \rightarrow \vec{E}_1 = 10^7 \vec{i}$$

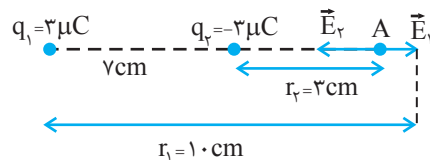
$$E_2 = k \frac{q_2}{r_2^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6}}{(3 \times 10^{-2})^2} \rightarrow \vec{E}_2 = -2 \times 10^7 \vec{i}$$

$$\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = 10^7 \vec{i} - 2 \times 10^7 \vec{i} = -10^7 \vec{i}$$

ب) با توجه به رابطه‌ی $\vec{F} = q\vec{E}$ نیروی وارد بر ذره‌ی باردار را حساب می‌کنیم.

$$\vec{F}_O = q\vec{E}_T = -5 \times 10^{-6} \times (-10^7) \vec{i} = 50 \vec{i}$$

۳۱. ابتدا اندازه و جهت میدان الکتریکی هر یک از بارها را در نقطه‌ی A تعیین می‌کنیم و سپس باتوجه به جهت میدان‌ها، برابری آن‌ها را به دست می‌آوریم.



$$\vec{E}_1 = k \frac{|q_1|}{r_1^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-6}}{100 \times 10^{-4}} = 27 \times 10^5 \frac{N}{C}$$

$$\Rightarrow \vec{E}_1 = 27 \times 10^5 \vec{i}$$

$$\vec{E}_2 = k \frac{|q_2|}{r_2^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-6}}{9 \times 10^{-4}} = 300 \times 10^5 \frac{N}{C}$$

$$\Rightarrow \vec{E}_2 = -300 \times 10^5 \vec{i}$$

$$\Rightarrow \vec{E}_1 = -4 \times 10^5 \vec{i}$$

$$E_2 = k \frac{|q_2|}{r_2^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-6}}{9 \times 10^{-2}} = 3 \times 10^5 \frac{N}{C}$$

$$\Rightarrow \vec{E}_2 = -3 \times 10^5 \vec{j}$$

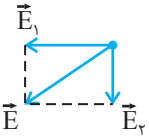
$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \Rightarrow \vec{E} = -4 \times 10^5 \vec{i} - 3 \times 10^5 \vec{j}$$

بزرگی برایند میدان‌های الکتریکی برابر است با:

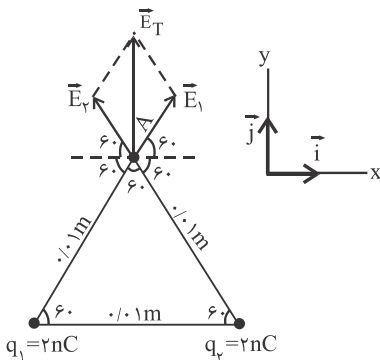
$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} = \sqrt{16 \times 10^{10} + 9 \times 10^{10}} = \sqrt{25 \times 10^{10}}$$

$$\Rightarrow E = 5 \times 10^5 \frac{N}{C}$$

(ب) جهت برایند میدان‌های الکتریکی به صورت زیر است:



۳۷ ابتدا اندازه و جهت میدان الکتریکی هر یک از بارها را در نقطه‌ی A تعیین و سپس بزرگی برایند آن‌ها را حساب می‌کنیم و در آخر با توجه به جهت دستگاه مختصات انتخاب شده برایند آن‌ها را برحسب بردارهای یک‌ه‌ی \vec{i}, \vec{j} می‌نویسیم.



دقت کنید، چون $q_1 = q_2$ و $r_1 = r_2$ است، بنابراین $E_1 = E_2$ می‌شود.

$$E_2 = E_1 = k \frac{q_1}{r_1^2} \quad q_1 = q_2 = 2 \times 10^{-9} C$$

$$E_1 = E_2 = \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-9}}{(0.1)^2} = 18 \times 10^4 \frac{N}{C}$$

$$E_A = 2E_1 \cos \frac{60^\circ}{2} \Rightarrow E_A = 2 \times 18 \times 10^4 \times \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow$$

$$E_A = 18\sqrt{3} \times 10^4 \frac{N}{C}$$

چون \vec{E}_1 و \vec{E}_2 هم‌اندازه‌اند، برایند آن‌ها نیم‌ساز زاویه‌ی بین دو بردار میدان الکتریکی است. بنابراین \vec{E}_A در سوی مثبت محور y واقع است و برحسب بردار یک‌ه‌ی برابر است با:

$$\vec{E}_A = 18\sqrt{3} \times 10^4 \vec{j}$$

الکتریکی حاصل از آن ۴ برابر می‌شود. بنابراین در حالت دوم میدان کل در نقطه‌ی O برابر است با:

$$\vec{E}' = \vec{E}'_1 + \vec{E}_2 \xrightarrow{E'_1 = 4E_1} \vec{E}' = 4E_1 + E_2 \rightarrow$$

$$\vec{E}' = 4 \left(\frac{kq_1}{(OA)^2} \right) + \frac{kq_2}{(OA)^2} \xrightarrow{E' = 1/6 E}$$

$$1/6 E = \frac{k}{(OA)^2} (4|q_1| + |q_2|) \quad (2)$$

از رابطه‌ی (۱) و (۲) داریم:

$$(1), (2) \Rightarrow 1/6 \left[\frac{k}{(OA)^2} (|q_1| + |q_2|) \right]$$

$$= \frac{k}{(OA)^2} (4|q_1| + |q_2|)$$

$$\Rightarrow 1/6 |q_1| + 1/6 |q_2| = 4|q_1| + |q_2|$$

$$\Rightarrow 0/6 |q_2| = 2/6 |q_1|$$

$$\Rightarrow \frac{|q_2|}{|q_1|} = \frac{2/6}{0/6} \Rightarrow \frac{|q_2|}{|q_1|} \Rightarrow \frac{q_2}{q_1} = -4$$

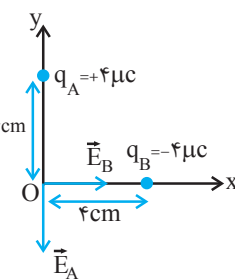
۳۵ (آ) با استفاده از رابطه‌ی

$$E = k \frac{|q|}{r^2}$$

الکتریکی هر یک از بارها را در نقطه‌ی O به دست می‌آوریم.

$$\begin{cases} |q_A| = |q_B| = 4 \times 10^{-6} C \\ r_A = r_B = 4 \times 10^{-2} m \end{cases}$$

$$\Rightarrow E_A = E_B = k \frac{|q|}{r^2}$$



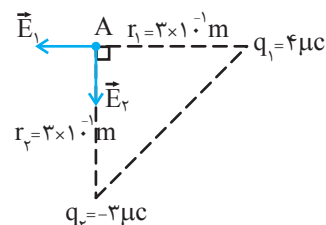
$$= 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6}}{16 \times 10^{-4}} \Rightarrow E_A = E_B = 2/25 \times 10^9 \frac{N}{C}$$

(ب) میدان الکتریکی برایند در نقطه‌ی O برابر است با:

$$\vec{E} = \vec{E}_B + \vec{E}_A \Rightarrow \vec{E} = 2/25 \times 10^9 \vec{i} - 2/25 \times 10^9 \vec{j}$$

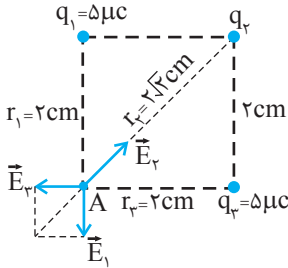
۳۶ (آ) ابتدا اندازه و جهت میدان الکتریکی هر یک از بارها را در نقطه‌ی

A تعیین و سپس با توجه به جهت دستگاه مختصات انتخاب شده و جهت میدان‌ها، هر یک از میدان‌ها را برحسب بردار یک‌ه‌ی نوشته و برایند آن‌ها را به دست می‌آوریم.



$$E_1 = k \frac{|q_1|}{r_1^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6}}{9 \times 10^{-2}} = 4 \times 10^5 \frac{N}{C}$$

۴۰. برای این‌که برآیند میدان‌های الکتریکی در نقطه‌ی A صفر شود، باید برآیند میدان‌های الکتریکی حاصل از بارهای q_1 و q_3 هم‌اندازه و در سوی مخالف میدان الکتریکی بار q_2 باشد. با توجه به شکل، باید علامت بار q_2 منفی باشد.



$$\begin{cases} q_1 = q_3 = 5 \times 10^{-6} \text{ C} \\ r_1 = r_3 = 2 \times 10^{-2} \text{ cm} \end{cases} \Rightarrow E_1 = E_3$$

برایند E_1 و E_3 برابر است با:

$$E' = \sqrt{E_1^2 + E_3^2} \xrightarrow{E_1 = E_3} E' = E_1 \sqrt{2}$$

شرط صفر شدن میدان الکتریکی در نقطه‌ی A آن است که $E' = E_2$ باشد. بنابراین داریم:

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

$$\Rightarrow \frac{|q_2|}{(2\sqrt{2} \times 10^{-2})^2} = \frac{5 \times 10^{-6}}{4 \times 10^{-4}} \times \sqrt{2}$$

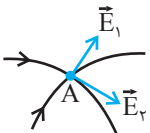
$$\Rightarrow |q_2| = 10\sqrt{2} \times 10^{-6} \text{ C} \Rightarrow q_2 = -10\sqrt{2} \mu\text{C}$$

۴۱. (آ) قوی‌تر
(پ) نمی‌کنند
(ث) مماس
(ج) مثبت-منفی
(خ) میدان الکتریکی
- (ب) دور
(ت) منفی
(ج) غیرهم‌نام
(ح) یکنواخت

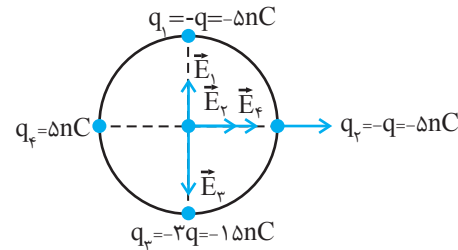
۴۲. (آ) چون طول بردار \vec{E}_A کوچک‌تر از طول بردار \vec{E}_B است، میدان الکتریکی در نقطه‌ی A کوچک‌تر از میدان الکتریکی در نقطه‌ی B است. از طرف دیگر می‌دانیم، در هر ناحیه که میدان قوی‌تر باشد، خط‌های میدان به یک‌دیگر نزدیک‌تر و فشرده‌ترند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت، تراکم خط‌های میدان الکتریکی در نقطه‌ی A کم‌تر از تراکم خط‌های میدان در نقطه‌ی B است.

(ب) افزایش می‌یابد.

(پ) زیرا اگر خط‌های میدان الکتریکی در نقطه‌ای یک‌دیگر را قطع کنند، در آن نقطه دو خط مماس بر خط‌های میدان رسم می‌شود و این به منزله‌ی آن است که در آن نقطه دو میدان الکتریکی وجود دارد. در صورتی که می‌دانیم در هر نقطه از فضا فقط یک خط میدان می‌گذرد.



۳۸. (آ) ابتدا اندازه و جهت میدان الکتریکی هر یک از بارها را در مرکز دایره تعیین و سپس با توجه به جهت دستگاه مختصات انتخاب شده و جهت میدان‌ها، هریک از میدان‌ها را برحسب بردار یک‌ه نوشته بردار برایند آن‌ها را به دست می‌آوریم.



$$\begin{cases} |q_1| = |q_2| = |q_3| = |q_4| = 5 \times 10^{-9} \text{ C} \\ r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = 1 \text{ m} \end{cases}$$

$$\Rightarrow E_1 = E_2 = E_3 = E_4 = k \frac{|q|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{5 \times 10^{-9}}{1} = 45 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$\Rightarrow \vec{E}_1 = 45 \vec{j}, \vec{E}_2 = \vec{E}_4 = 45 \vec{i}$$

$$E_3 = k \frac{q_3}{r_3^2} = \frac{q_3 = 15 \times 10^{-9} \text{ C}}{r_3 = 1 \text{ m}}$$

$$E_3 = 9 \times 10^9 \times \frac{15 \times 10^{-9}}{1} = 135 \frac{\text{N}}{\text{C}} \Rightarrow \vec{E}_3 = -135 \vec{j}$$

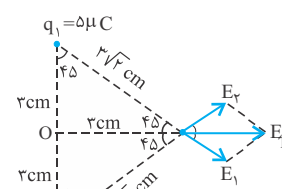
$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \vec{E}_4 = 45 \vec{j} + 45 \vec{i} - 135 \vec{j} + 45 \vec{i}$$

$$\Rightarrow \vec{E} = 90 \vec{i} - 90 \vec{j}$$

(ب) بزرگی میدان الکتریکی برایند برابر است با:

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} = \sqrt{90^2 + 90^2} \Rightarrow E = 90\sqrt{2} \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

۳۹. ابتدا اندازه و جهت میدان الکتریکی هر یک از بارها را در نقطه‌ی A به دست می‌آوریم و سپس با توجه به جهت آن‌ها، برآیندشان را حساب می‌کنیم:



$$\begin{cases} q_1 = q_2 = 5 \mu\text{C} \\ r_1 = r_2 = 3\sqrt{2} \times 10^{-2} \text{ m} \\ q_3 = q_2 = 5 \times 10^{-6} \text{ C} \end{cases} \Rightarrow E_1 = E_2$$

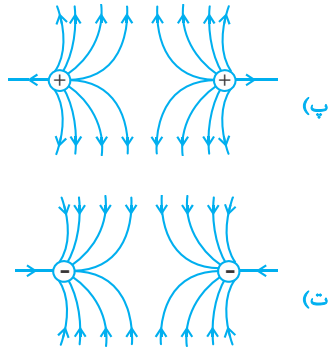
$$= k \frac{q_1}{r_1^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 5 \times 10^{-6}}{(3\sqrt{2} \times 10^{-2})^2}$$

$$\Rightarrow E_1 = E_2 = 2/5 \times 10^7 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

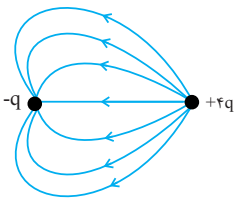
$$\Rightarrow E_1 = E_2, E_T = 2E_1 \cos 90^\circ$$

$$\Rightarrow E_T = 2 \times 2/5 \times 10^7 \times \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\Rightarrow E_T = 2/5\sqrt{2} \times 10^7 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

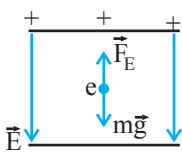


ث) باید خطهای میدان طوری رسم شود که تراکم آنها در نزدیکی بار $+4q$ بیشتر باشد.

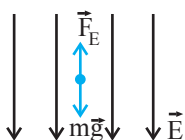


ناهم نام - بزرگتر .۴۸

۴۹. قائم روبه پایین - چون الکترون معلق است، نیروی الکتریکی در خلاف جهت نیروی وزن و رو به بالا به آن وارد شده و آن را خنثی نموده است.



بنابراین با توجه به این که بر الکترون (بار منفی) در خلاف جهت میدان الکتریکی نیرو وارد می شود، باید جهت میدان قائم رو به پایین باشد تا نیروی الکتریکی رو به بالا بر الکترون وارد شود.



۵۰. چون ذره ی باردار در حال تعادل است، باید نیروی الکتریکی هم اندازه و در خلاف جهت نیروی وزن ذره بر آن وارد شود.

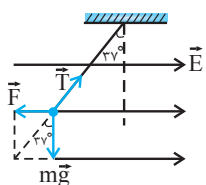
باتوجه به این که نیروی الکتریکی در خلاف جهت میدان الکتریکی بر ذره ی باردار وارد شده است، باید نوع بار، منفی باشد.

$$F = mg \xrightarrow{F=q|E|} |q| |E| = mg \xrightarrow{E=5 \times 10^4 \frac{N}{C}} m=2 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$|q| \times 5 \times 10^4 = 2 \times 10^{-3} \times 10 \Rightarrow |q| = 4 \times 10^{-7} \text{ C}$$

$$\Rightarrow q = -4 \times 10^{-7} \text{ C}$$

۵۱. آ) چون بار الکتریکی در خلاف جهت میدان الکتریکی منحرف شده است، نوع بار گلوله منفی است.



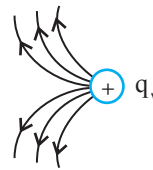
ب) برای محاسبه ی اندازه ی بار گلوله، نیروهای وارد بر آن را رسم و با توجه به شکل به صورت زیر، اندازه ی بار گلوله را به دست می آوریم.

۴۳. آ) مثبت - زیرا خطهای میدان الکتریکی از بار q_1 خارج می شوند. ب) اندازه ی دو بار یکسان است. زیرا تراکم خطهای میدان الکتریکی در اطراف بارها یکسان است.

پ) نقطه ی A، زیرا تراکم خطهای میدان الکتریکی در نقطه ی A بیشتر است.

دقت کنید، $\vec{E}_B = 0$ است. زیرا هیچ خط میدانی از نقطه ی B عبور نمی کند.

۴۴. آ) بار q_1 مثبت است. زیرا بارها یکدیگر را دفع کرده اند.

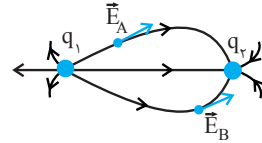


ب) اندازه ی بار q_2 بزرگتر از اندازه ی بار q_1 است.

۴۵. آ) $|q_1| > |q_2|$ ، زیرا تراکم خطهای میدان الکتریکی در نزدیکی بار q_1 بیشتر است.

ب) بار q_1 مثبت (خطهای میدان از آن خارج می شود) و بار q_2 منفی (خطهای میدان به سمت بار است) می باشد.

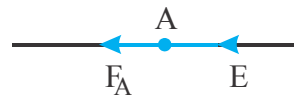
پ) باید بردار میدان الکتریکی در نقطه های A و B مماس بر خط میدان آن نقطه باشد.



۴۶. آ) q_1 مثبت (چون خطهای میدان الکتریکی از آن خارج می شوند) و q_2 منفی است.

ب) اندازه ی بارها با هم برابر است. زیرا تراکم خطهای میدان الکتریکی اطراف هر دو بار الکتریکی یکسان است.

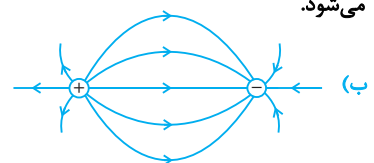
پ) در هر نقطه، جهت نیروی وارد بر بار مثبت در جهت میدانی است که از آن نقطه می گذرد.



ت) در شکل (ب) زیرا میدان قوی تر است و طبق رابطه ی $F = Eq$ نیروی وارد بر پروتون بیشتر شده و باعث می شود شتاب حرکت در نتیجه سرعت آن بیشتر شود.

۴۷. آ) ۱) در هر ناحیه که میدان قوی تر باشد، خطهای میدان به یکدیگر نزدیک تر و فشرده ترند.

۲) خطهای میدان الکتریکی از بار مثبت خارج و به بار منفی وارد می شود.



پتانسیل الکتریکی در مجموعه‌ی دو بار ذخیره شده و موجب افزایش انرژی پتانسیل الکتریکی آن‌ها می‌شود.

(پ) انرژی جنبشی بار الکتریکی افزایش و انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد.

(آ) $E_A > E_B$ - زیرا تراکم خط‌های میدان الکتریکی در نقطه‌ی A بیش‌تر از نقطه‌ی B است.

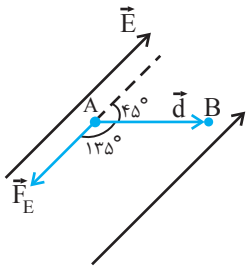
(ب) افزایش می‌یابد - زیرا بار منفی در جهت میدان الکتریکی جابه‌جا شده است.

(آ) ابتدا نیروی وارد بر بار را به دست می‌آوریم.

$$F_E = |q| E \frac{E = 3 \times 10^5 \frac{N}{C}}{|q| = 2 \times 10^{-6} C}$$

$$F_E = 2 \times 10^{-6} \times 3 \times 10^5 = 0.6 N$$

اکنون با استفاده از رابطه‌ی $W_E = F_E d \cos \theta$ کار میدان الکتریکی را حساب می‌کنیم. دقت کنید، چون نیروی الکتریکی در خلاف جهت میدان الکتریکی بر بار وارد می‌شود بنابراین زاویه‌ی بین نیرو و جابه‌جایی $\theta = 135^\circ$ است و $\cos 135^\circ = -\cos 45^\circ$ می‌باشد.



$$W_E = F_E d \cos \theta \frac{F_E = 0.6 N}{d = 10\sqrt{2} \times 10^{-2} m}$$

$$W_E = 0.6 \times 10\sqrt{2} \times 10^{-2} \times \cos 135^\circ \frac{\cos 135^\circ = -\frac{\sqrt{2}}{2}}{2}$$

$$W_E = 6\sqrt{2} \times 10^{-2} \times \left(-\frac{\sqrt{2}}{2}\right) \Rightarrow W_E = -0.06 J$$

(ب) چون کار میدان الکتریکی برابر منفی تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی است. می‌توان نوشت:

$$W_E = -\Delta U_E \Rightarrow -0.06 = -\Delta U_E \Rightarrow \Delta U_E = 0.06 J$$

دقت کنید، با استفاده از رابطه‌ی $\Delta U_E = -|q| E d \cos \theta$ نیز می‌توان ΔU_E را به دست آورد.

(آ) در مسیر CD که بار +q در جهت میدان الکتریکی حرکت می‌کند، انرژی پتانسیل آن کاهش می‌یابد و در مسیر DA که در خلاف جهت میدان حرکت می‌کند انرژی پتانسیل آن افزایش می‌یابد.

(ب) $\vec{E}_A = \vec{E}_D$ ، چون میدان الکتریکی یکنواخت است، اندازه و جهت آن در همه‌ی نقطه‌ها با هم برابر است.

(پ) با استفاده از رابطه‌ی $\Delta U_E = -|q| E d \cos \theta$ اندازه‌ی بار الکتریکی را حساب می‌کنیم. دقت کنید، چون بار +q در جهت میدان الکتریکی جابه‌جا شده و انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش یافته است، نوع بار مثبت است.

$$= \frac{|q| E}{mg} \frac{E = 5 \times 10^4 \frac{N}{C}}{m = 2 \times 10^{-3} kg}$$

$$\frac{0.6}{0.8} = \frac{|q| \times 5 \times 10^4}{2 \times 10^{-3} \times 10} \Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{|q| \times 5 \times 10^4}{2 \times 10^{-1}}$$

$$\Rightarrow |q| = 3 \times 10^{-6} \Rightarrow q = -3 \mu C$$

(۵۲) چون ذره‌ی باردار به طرف پایین شتاب می‌گیرد، طبق قانون دوم نیوتون، برآیند نیروهای وارد بر آن روبه پایین و اندازه‌ی آن برابر است با:

$$\sum F = ma \frac{m = 2 \times 10^{-3} kg, a = 2 \frac{m}{s^2}}{\sum F = 2 \times 10^{-3} \times 2} \Rightarrow \sum F = 4 \times 10^{-3} N$$

از طرف دیگر چون $mg = 2 \times 10^{-3} > \sum F$ است، لذا جهت نیروی الکتریکی $F = Eq$ باید در خلاف جهت mg و در نتیجه در

خلاف جهت میدان الکتریکی باشد تا بتواند شتاب $2 \frac{m}{s^2}$ روبه پایین به ذره‌ی باردار بدهد. بنابراین، چون نیروی الکتریکی در خلاف جهت میدان الکتریکی بر ذره وارد شده است، نوع بار ذره منفی است. دقت کنید اگر F و mg هم جهت باشند $a > 10 \frac{m}{s^2}$ می‌شود.

$$\sum F = mg - F \xrightarrow{F = Eq} \sum F = mg - E |q|$$

$$\sum F = mg - E |q| \frac{E = 5 \times 10^4 \frac{N}{C}, m = 2 \times 10^{-3} kg}{\sum F = 4 \times 10^{-3} N}$$

$$4 \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-3} \times 10 - 5 \times 10^4 |q| \Rightarrow$$

$$5 \times 10^4 |q| = 16 \times 10^{-3} \Rightarrow |q| = 3/2 \times 10^{-7} C$$

$$\Rightarrow q = -3/2 \times 10^{-7} C$$

(۵۳) (آ) کاهش

(ب) افزایش

(ت) افزایش - کاهش

(۵۴) (آ) نادرست (چون تراکم خط‌های میدان در نقطه‌ی A بیش‌تر است)

(ب) نادرست ($E_A > E_B \xrightarrow{F = Eq} F_A > F_B$)
(پ) درست (در جهت میدان الکتریکی، انرژی پتانسیل الکتریکی بار منفی افزایش می‌یابد.)

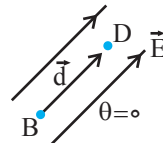
(ت) درست (جهت نیروی وارد بر بار منفی در یک میدان الکتریکی، در خلاف جهت میدان است.)

(۵۵) (آ) گزینه‌ی «۱» افزایش می‌یابد - اگر بار مثبت در خلاف جهت میدان الکتریکی جابه‌جا شود، انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد.

(ب) می‌دانیم دو بار الکتریکی هم‌نام یک‌دیگر را دفع می‌کنند. برای این‌که این دو بار را به هم نزدیک کنیم باید کار انجام دهیم تا بر نیروی دافعه غلبه کنیم. بنابراین کار انجام شده به صورت انرژی

$$\Delta U_E = -|q| E d \cos \theta \xrightarrow{E = \frac{\Delta U}{q d}, \theta = 0} \frac{\Delta U = -6/4 J, d = 2m}{E = 8 \times 10^5 \frac{N}{C}, \theta = 0}$$

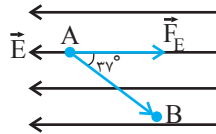
$$\begin{aligned} -6/4 &= -|q| \times 8 \times 10^5 \times 2 \times \cos(0) \\ \cos(0) &= 1 \rightarrow |q| = 4 \times 10^{-6} C \\ \Rightarrow q &= +4 \mu C \end{aligned}$$



۵۹. (آ) چون نوع بار الکتریکی منفی و انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش یافته است، بار در خلاف جهت میدان الکتریکی جابه‌جا شده است.

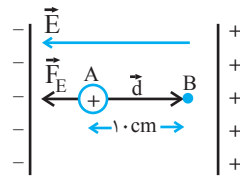
بنابراین جهت میدان الکتریکی از راست به چپ است.

(ب) با استفاده از رابطه $\Delta U_E = -|q| E d \cos \theta$ اندازه‌ی میدان الکتریکی را حساب می‌کنیم. در این رابطه θ زاویه‌ی بین \vec{F}_E و \vec{d} است.



$$\begin{aligned} \Delta U &= -|q| E d \cos \theta \xrightarrow{\Delta U = -2.0 \times 10^{-6} J, |q| = 4 \times 10^{-6} C, d = 0.25 m, \theta = 37^\circ} \\ -2.0 \times 10^{-6} &= -4 \times 10^{-6} \times E \times 0.25 \times \cos 37^\circ \\ \cos 37^\circ &= 0.8 \rightarrow 2.0 = 0.8 E \Rightarrow E = 2.5 \frac{N}{C} \end{aligned}$$

۶۰. (آ) چون E ، $|q|$ ، d و θ معلوم‌اند، به صورت زیر ΔU_E را به دست می‌آوریم.



$$\Delta U_E = -|q| E d \cos \theta \xrightarrow{|q| = 1/6 \times 10^{-19} C, E = 2 \times 10^3 \frac{N}{C}, d = 0.1 m, \theta = 180^\circ}$$

$$\Delta U_E = -1/6 \times 10^{-19} \times 2 \times 10^3 \times 0.1 \times (-1)$$

$$\Rightarrow \Delta U_E = 3/2 \times 10^{-17} J$$

(ب) چون $W_E = \Delta K = -\Delta U_E$ است، می‌توان نوشت:

$$\Delta K = \frac{1}{2} m v_B^2 - \frac{1}{2} m v_A^2 \Rightarrow \Delta K = -\Delta U_E$$

$$\frac{1}{2} m v_B^2 - \frac{1}{2} m v_A^2 = -\Delta U_E \xrightarrow{m = 1/67 \times 10^{-27} kg, v_B = 0, \Delta U_E = 3/2 \times 10^{-17} J}$$

$$0 - \frac{1}{2} \times 1/67 \times 10^{-27} \times v_A^2 = -3/2 \times 10^{-17}$$

$$\Rightarrow v_A^2 = \frac{6/4 \times 10^{-17}}{1/67 \times 10^{-27}} \Rightarrow v_A^2 = 3/83 \times 10^{10}$$

$$\Rightarrow v_A = 1/95 \times 10^5 \frac{m}{s}$$

۶۱. (آ) - اختلاف پتانسیل

۲- اختلاف پتانسیل الکتریکی

۳- مستقل از

(ب) ۱- افزایش

$$W = F d \cos \theta \xrightarrow{\theta = 0 \Rightarrow \cos \theta = 1} W > 0 \text{ مثبت}$$

۲- بیش‌تر (در جهت میدان الکتریکی پتانسیل الکتریکی کاهش

می‌یابد.)

۶۲. (آ) خیر - q_1 مثبت است زیرا خط‌های میدان الکتریکی از بار q_1

خارج می‌شوند.

(ب) بلی - زیرا تراکم خط‌های میدان الکتریکی در اطراف بار q_1

بیش‌تر است.

(پ) بلی - زیرا در جهت میدان الکتریکی، پتانسیل الکتریکی کاهش

می‌یابد.

(ت) خیر - زیرا تراکم خط‌های میدان الکتریکی در نقطه‌های A و B

با هم برابر نیست.

۶۳. (آ) اگر فرض کنیم بار $+q$ در میدان الکتریکی یکنواخت از نقطه‌ی

A در جهت میدان الکتریکی تا نقطه‌ی B جابه‌جا شود، انرژی

پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد ($\Delta U < 0$). بنابراین با

استفاده از رابطه‌ی $\Delta V = \frac{\Delta U}{q}$ می‌توان نوشت:

$$\vec{E} \xrightarrow{A \bullet \quad \bullet B}$$

$$V_B - V_A = \frac{\Delta U}{+q} \xrightarrow{q > 0, \Delta U < 0}$$

$$V_B - V_A = \frac{\Delta U}{+q} < 0 \Rightarrow V_B < V_A$$

(ب) اگر بار $+q$ در خلاف جهت میدان الکتریکی از نقطه‌ی B تا

نقطه‌ی A جابه‌جا شود، انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد

($\Delta U > 0$). بنابراین:

$$V_A - V_B = \frac{\Delta U}{+q} \xrightarrow{\Delta U > 0, q > 0} V_A - V_B = \frac{\Delta U}{+q} > 0$$

$$\Rightarrow V_A > V_B$$

بدیهی است در قسمت (آ) و (ب) اگر بار $(-q)$ را هم جابه‌جا

می‌کردیم به همین نتیجه می‌رسیدیم.

(پ) وقتی عمود بر خط‌های میدان الکتریکی

حرکت کنیم، نیروی الکتریکی بر جابه‌جایی

عمود است؛ در نتیجه طبق رابطه‌ی

$W = F d \cos \theta$ ، کار $W = 0$ می‌شود.

$$V_B - V_A = \frac{\Delta U}{+q} \xrightarrow{W_E = -\Delta U = 0} \text{ در این حالت داریم:}$$

$$V_B - V_A = \frac{0}{+q} = 0 \Rightarrow V_B = V_A$$

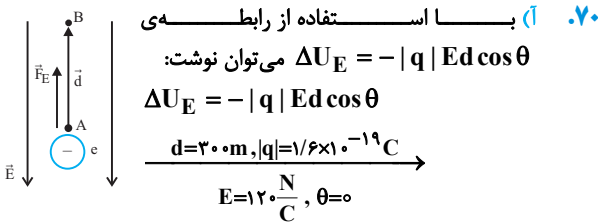
۶۴. (آ) نقطه‌ی A - زیرا تراکم خط‌های میدان الکتریکی در نقطه‌ی A

بیش‌تر است.

(ب) افزایش

(پ) با حرکت در جهت میدان الکتریکی، پتانسیل نقاط کاهش

می‌یابند. بنابراین $V_B < V_A$



$$\Delta U_E = -1/6 \times 10^{-19} \times 120 \times 300 \times 1 \Rightarrow$$

$$\Delta U_E = -5/76 \times 10^{-15} \text{ J}$$

ب) با استفاده از رابطه‌ی $\Delta V = \frac{\Delta U}{q}$ اختلاف پتانسیل را حساب می‌کنیم. در این رابطه مقدار q را با علامت وارد رابطه می‌کنیم.

$$\Delta V = \frac{-5/76 \times 10^{-15}}{-1/6 \times 10^{-19}}$$

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow \frac{-5/76 \times 10^{-15} \text{ J}}{-1/6 \times 10^{-19} \text{ C}}$$

$$\Rightarrow \Delta V = 3/6 \times 10^4 \text{ V} \Rightarrow \Delta V = 36 \text{ kV}$$

۷۱. آ) چون q و V_1 و V_2 معلوم‌اند، با استفاده از رابطه‌ی

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

مقدار ΔU را حساب می‌کنیم. دقت کنید در رابطه‌ی فوق باید علامت q را وارد کنیم.

$$V_2 - V_1 = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow V_2 = 10 \text{ V}, V_1 = -40 \text{ V}, q = -12 \mu\text{C}$$

$$10 + 40 = \frac{\Delta U}{-12} \Rightarrow \Delta U = -600 \mu\text{J}$$

چون $\Delta U < 0$ است، انرژی پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد.

ب) با توجه به پایستگی انرژی مکانیکی همواره $\Delta K = -\Delta U$ است، بنابراین انرژی پتانسیل الکتریکی به انرژی جنبشی تبدیل می‌شود.

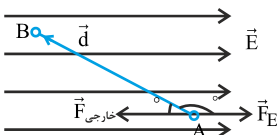
پ) با استفاده از رابطه‌ی $\Delta V = \frac{\Delta U}{q}$ داریم:

$$V_B - V_A = \frac{U_B - U_A}{q} = \frac{5 \times 10^{-5} - (-4 \times 10^{-5})}{3 \times 10^{-6}}$$

$$\rightarrow V_B - V_A = 30 \text{ V}$$

۷۲. آ) ابتدا نیروی وارد بر بار را به دست می‌آوریم و سپس با استفاده از

رابطه‌ی $W_E = F_E d \cos \theta$ ، کار میدان الکتریکی را به حساب می‌کنیم.



$$F_E = |q|E$$

$E = 8 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}$
 $|q| = 5 \times 10^{-6} \text{ C}$

$$F_E = 5 \times 10^{-6} \times 8 \times 10^5 = 4 \text{ N}$$

ت) منفی زیرا: $W_E = F_E d \cos \theta \xrightarrow{\theta=180^\circ} W_E = -F_E d$
 $\rightarrow W_E < 0$

۶۵. آ) در جهت میدان الکتریکی، پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد.

ب) اگر بار منفی در جهت میدان الکتریکی جابه‌جا شود، انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد.

پ) BC- زیرا:

$$W = -\Delta U = -q(V_C - V_B) \xrightarrow{V_C=V_B} W = 0$$

مسیر	پتانسیل الکتریکی (V)	انرژی پتانسیل الکتریکی (U)	میدان الکتریکی (E)
A → B	ثابت	ثابت	ثابت
B → C	کاهش	افزایش	ثابت

۶۷. آ) نوع بار ذره مثبت است. چون بار مثبت وقتی در خلاف جهت

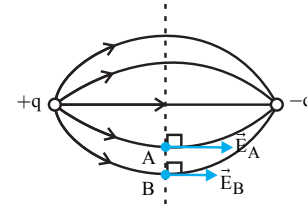
میدان الکتریکی حرکت کند، انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد.

ب) صفر است. زیرا نیروی الکتریکی بر جابه‌جایی عمود است، بنابراین طبق رابطه‌ی $W = Fd \cos \theta$ کار میدان الکتریکی صفر می‌شود.

پ) $V_A > V_D$ ، در جهت میدان الکتریکی پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد.

۶۸. مطابق شکل زیر، بردار میدان الکتریکی روی همه‌ی نقطه‌های عمود

منصف پاره خطی که دو بار را به هم وصل می‌کند موازی این پاره خط و عمود بر جابه‌جایی AB است. بنابراین وقتی بار الکتریکی از نقطه‌ی A تا B روی عمود منصف جابه‌جا شود، چون عمود بر خط‌های میدان حرکت می‌کند، $\theta = 90^\circ$ است، لذا طبق رابطه‌ی $W_E = F_E d \cos \theta$ ، کار میدان الکتریکی صفر می‌شود.



۶۹. آ) می‌توان نوشت:

$$\Delta V = V_+ - V_- \xrightarrow{\Delta V = +12 \text{ V}, V_- = -4 \text{ V}} 12 = V_+ - (-4)$$

$$\Rightarrow V_+ = 8 \text{ V}$$

ب) با استفاده از رابطه‌ی $\Delta V = \frac{\Delta U}{q}$ ، تغییر انرژی پتانسیل بار

الکتریکی را به دست می‌آوریم. دقت کنید، چون بار از پایانه‌ی مثبت تا پایانه‌ی منفی جابه‌جا شده است، داریم:

$$\Delta V = V_- - V_+ = -12 \text{ V}$$

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \xrightarrow{\Delta V = -12 \text{ V}, q = -2 \mu\text{C}} -12 = \frac{\Delta U}{-2} \Rightarrow \Delta U = 24 \mu\text{J}$$

انرژی پتانسیل الکتریکی افزایش یافته است.

۷۵. آ) چون d و ΔV معلوم‌اند، با استفاده از رابطه‌ی $E = \frac{\Delta V}{d}$

اندازه‌ی میدان الکتریکی را حساب می‌کنیم.

$$E = \frac{\Delta V}{d} \xrightarrow{\Delta V=20V, d=0.2m} E = \frac{20}{0.2} = \frac{V}{m}$$

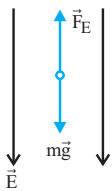
$$\Rightarrow E = 1000 \frac{N}{C}$$

ب) چون ΔV و q معلوم‌اند، از رابطه‌ی $\Delta U = \frac{\Delta V}{q}$ مقدار ΔU

را حساب می‌کنیم.

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \xrightarrow{\Delta V=20V, q=4\mu C} 20 = \frac{\Delta U}{4} \Rightarrow \Delta U = 80\mu J$$

۷۶. ابتدا میدان الکتریکی یکنواخت بین دو صفحه را حساب می‌کنیم.



$$E = \frac{\Delta V}{d} \xrightarrow{\Delta V=500V, d=0.1m}$$

$$E = \frac{500}{0.1} = 5 \times 10^3 \frac{V}{m}$$

چون ذره‌ی باردار در میدان الکتریکی معلق است، برآیند نیروهای وارد بر آن صفر است. بنابراین می‌توان نوشت:

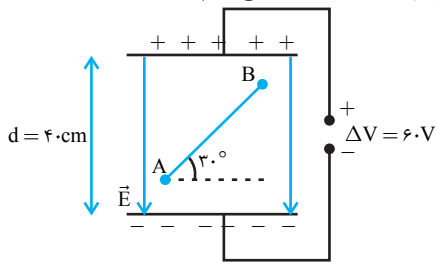
$$F_E = mg \xrightarrow{F_E=qE} |q|E = mg \xrightarrow{|q|=4 \times 10^{-6} C, E=5 \times 10^3 \frac{V}{m}}$$

$$4 \times 10^{-6} \times 5 \times 10^3 = m \times 10$$

$$\Rightarrow m = 2 \times 10^{-3} \text{ kg} \Rightarrow m = 2 \text{ g}$$

چون نیروی الکتریکی وارد بر بار الکتریکی در خلاف جهت میدان الکتریکی به آن وارد شده است، نوع بار، منفی می‌باشد.

۷۷. آ) ابتدا اندازه‌ی میدان الکتریکی یکنواخت بین دو صفحه را به دست می‌آوریم و سپس ΔV را حساب می‌کنیم.



$$E = \frac{\Delta V}{d} \xrightarrow{\Delta V=60V, d=0.04m} E = \frac{60}{0.04} = 1500 \frac{V}{m}$$

$$\Delta V_{AB} = Ed_{AB} \xrightarrow{d_{AB}=\frac{1}{2}AB=\frac{4}{2}=2cm}$$

$$\Delta V_{AB} = 1500 \times 0.02 = 30V$$

ب) داریم:

$$V_B - V_A = \frac{\Delta U_E}{q} \Rightarrow 30 = \frac{\Delta U_E}{+8} \Rightarrow \Delta U_E = 240\mu J$$

پ) چون میدان الکتریکی یکنواخت است داریم:

$$F = |q|E = 8 \times 10^{-6} \times 1500 \Rightarrow F = 1/2 \times 10^{-3} N$$

$$W_E = F_E d \cos 143^\circ \xrightarrow{F_E=4N, d=0.6m, \cos 143^\circ = -\cos 37^\circ = -0.8}$$

$$W_E = 4 \times 0.6 \times (-0.8) \Rightarrow W_E = -1/92 J$$

ب) چون بار الکتریکی با تندی ثابت جابه‌جا می‌شود، کار نیروی خارجی قرینه‌ی کار نیروی میدان الکتریکی است.

$$W' = -W_E = -(-1/92) = 1/92 J$$

پ) کار نیروی میدان الکتریکی برابر منفی تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی است.

$$W_E = -\Delta U_E \xrightarrow{W_E=-1/92J} -1/92 = -\Delta U_E$$

$$\Rightarrow \Delta U_E = 1/92 J$$

ت) اختلاف پتانسیل الکتریکی $V_A - V_B$ برابر است با:

$$V_B - V_A = \frac{\Delta U}{q} \xrightarrow{\Delta U_E=1/92J, q=5 \times 10^{-6} C}$$

$$V_B - V_A = \frac{1/92}{5 \times 10^{-6}} = 2/84 \times 10^5 V = 284 \times 10^3 V$$

$$\Rightarrow V_B - V_A = 284 kV$$

$$\Rightarrow V_A - V_B = -284 kV$$

۷۳. ابتدا با استفاده از رابطه‌ی $\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q}$

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

به دست می‌آوریم.

$$V_B - V_A = \frac{\Delta U_E}{q} \xrightarrow{V_A=10V, V_B=-20V, q=2 \times 10^{-3} C}$$

$$-20 - 10 = \frac{\Delta U_E}{2 \times 10^{-3}} \Rightarrow \Delta U_E = -6 \times 10^{-2} J$$

اکنون طبق قضیه‌ی کار - انرژی می‌توان نوشت:

$$W_E = \Delta K \xrightarrow{W_E=-\Delta U_E} \Delta K = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$$

$$-\Delta U_E = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$$

$$\xrightarrow{m=1 \times 10^{-3} \text{ kg}, v_A=2 \frac{m}{s}}$$

$$\Delta U_E = -6 \times 10^{-2} J, V_A = 2 \frac{m}{s}$$

$$6 \times 10^{-2} = \frac{1}{2} \times 10^{-3} \times v_B^2 - \frac{1}{2} \times 10^{-3} \times 4$$

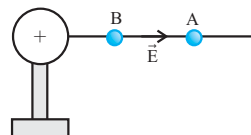
$$6 = \frac{v_B^2}{2} - 2 \Rightarrow v_B^2 = 16 \Rightarrow v_B = 4 \frac{m}{s}$$

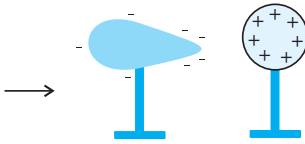
۷۴. آ) مثبت - زیرا طبق رابطه‌ی $W = Fd \cos \theta$ نیروی میدان

الکتریکی و جابه‌جایی هم‌سو است.

ب) افزایش می‌یابد. زیرا تندی ذره روبه افزایش است.

پ) بیش‌تر - زیرا بار منفی در خلاف جهت میدان الکتریکی ناشی از کره‌ی باردار حرکت کرده است.





۸۳. صفر می‌شود

۸۴. صفر

۸۵. آ چون تمام بار الکتریکی داده شده به یک جسم رسانا در سطح

خارجی آن توزیع می‌شود، بنابراین با بستن کلیدهای k_1 و k_2 هر سه کره یک جسم رسانا محسوب شده، لذا کره‌های B و C قسمت داخلی این جسم‌اند و هیچ باری بر روی آن‌ها قرار نمی‌گیرد و تمام بارها که برابر $q_T = -2Q + 3Q + 5Q = 6Q$ است، بر روی سطح خارجی کره A توزیع خواهد شد.

ب) زیرا بار الکتریکی داده شده به اتومبیل روی سطح خارجی (بدنه اتومبیل) توزیع می‌شود.



۸۶. آ

ب) چگونگی توزیع بار الکتریکی در جسم رسانا

۸۷. آ) نادرست ب) نادرست

ب) متقارن

۸۸. آ) در مکان‌های برجسته و نوک تیز جسم رسانا، چگالی سطحی بار از

سایر مکان‌های دیگر جسم بیشتر است، یا فاصله‌ی بارهای داده شده به جسم، در مکان‌های نوک تیز کمتر از فاصله‌ی آن‌ها در مکان‌های پهن است.

ب) خارجی - قسمت‌های نوک تیز

پ) تیزی نوک میله سبب می‌شود که تخلیه الکتریکی بین ابر و نوک تیز میله به صورت تدریجی رخ دهد و بارها از طریق کابل به عمق زمین منتقل شود.

۸۹. آ) آونگ‌ها منحرف می‌شوند، اما انحراف آونگ (۱) بیش‌تر از آونگ (۲)

و انحراف آونگ (۲) بیش‌تر از آونگ (۳) است.

زیرا چگالی سطحی بار در نقاط تیز سطح جسم رسانای باردار از نقاط دیگر آن بیش‌تر است، در نتیجه میدان الکتریکی قوی‌تر است و نیروی بیش‌تری بر آونگ وارد می‌شود.

۹۰. آ) میدان الکتریکی در داخل جسم رسانا صفر است.

ب) B، در نقاط تیز سطح جسم رسانای باردار، چگالی سطحی بار بیش‌تر است.

۹۱. آ) ظرفیت

ب) فرو ریزش الکتریکی

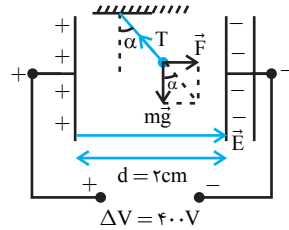
پ) ۱- ظرفیت تغییر نمی‌کند. ظرفیت خازن به بار الکتریکی ذخیره شده در آن بستگی ندارد.

۲- ظرفیت تغییر نمی‌کند. ظرفیت خازن به اختلاف پتانسیل الکتریکی بین صفحات آن بستگی ندارد.

۷۸. ابتدا اندازه‌ی میدان الکتریکی بین دو صفحه را به دست می‌آوریم:

$$E = \frac{\Delta V}{d} = \frac{\Delta V = 400 \text{ V}}{d = 0.02 \text{ m}} \Rightarrow E = \frac{400}{0.02} = 2 \times 10^4 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

اکنون با توجه به شکل می‌توان نوشت:



$$\tan \alpha = \frac{F}{mg} \quad F = q|E| \Rightarrow \tan \alpha = \frac{|q|E}{mg}$$

$$m = 2 \times 10^{-3} \text{ kg}, E = 2 \times 10^4 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

$$|q| = 1 \times 10^{-6} \text{ C}$$

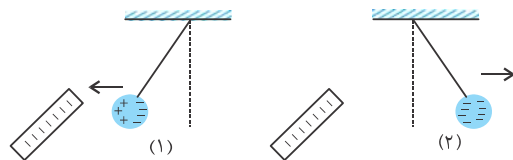
$$\tan \alpha = \frac{1 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^4}{2 \times 10^{-3} \times 10} = \frac{2 \times 10^{-2}}{2 \times 10^{-2}} = 1 \Rightarrow \alpha = 45^\circ$$

۷۹. آ) خارجی ب) خارجی

ب) صفر

۸۰. مطابق شکل، وقتی میله‌ی با بار منفی را به گلوله‌ی رسانای بدون بار

نزدیک می‌کنیم، در گلوله بارهای منفی طرف دورتر و بارهای مثبت نزدیک به میله قرار می‌گیرند و باعث می‌شود گلوله جذب میله گردد، در اثر تماس، مقداری از بارهای منفی میله به گلوله انتقال می‌یابد. در این حالت چون بار میله و گلوله همنام می‌شود، از هم دور خواهند شد. بنابراین می‌توان گفت، ابتدا گلوله به میله نزدیک و سپس از آن دور می‌شود.



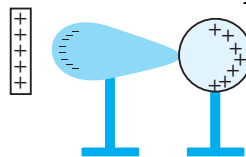
۸۱. آ) گلوله بدون بار می‌شود. زیرا تمام بار الکتریکی بر روی سطح

خارجی جعبه‌ی رسانا توزیع می‌شود و گلوله‌ی فلزی بخشی از جعبه به حساب می‌آید.

ب) از این آزمایش نتیجه می‌گیریم که، بار اضافی داده شده به یک جسم رسانای منزوی، بر روی سطح خارجی آن توزیع می‌شود.

۸۲. مطابق شکل، به علت نیروی ربایشی، الکترون‌های آزاد به طرف میله

که بار مثبت دارد حرکت می‌کنند، بنابراین بارهای منفی در سمت چپ و بارهای مثبت در سمت راست شکل قرار می‌گیرند. پس از جدا کردن دو جسم و دور کردن میله، در کره بارهای مثبت و در جسم دوکی شکل بارهای منفی توزیع می‌شوند.



دی الکتریک (k) ظرفیت خازن نیز افزایش خواهد یافت.
 (پ) کاهش می‌یابد. زیرا:

$$k \uparrow \xrightarrow{C = k\epsilon_0 \frac{A}{d}} C \uparrow \xrightarrow{V = \frac{q}{C}} V \downarrow$$

q = ثابت

(ت) طبق رابطه $E = \frac{\Delta V}{d}$ ، چون d ثابت و ΔV کم می‌شود،

میدان الکتریکی بین دو صفحه‌ی خازن نیز کاهش می‌یابد.

وقتی خازن به باتری متصل باشد، اختلاف پتانسیل میان صفحه‌های آن ثابت می‌ماند. بنابراین با توجه به این نکته، به بررسی گزینه‌ها می‌پردازیم.

(آ) درست. طبق رابطه $E = \frac{\Delta V}{d}$ ، چون ΔV ثابت و d

نصف شده است، بنابراین E که با d نسبت عکس دارد، دو برابر خواهد شد.

(ب) نادرست. چون خازن از مولد جدا نمی‌شود، اختلاف پتانسیل آن ثابت است.

(پ) نادرست. طبق رابطه $C = k\epsilon_0 \frac{A}{d}$ ، چون $C \propto \frac{1}{d}$ است،

وقتی فاصله‌ی بین دو صفحه‌ی خازن نصف شود، ظرفیت آن، دو برابر خواهد شد.

(ت) نادرست. طبق رابطه $Q = CV$ ، چون V ثابت و C دو برابر شده است، بار الکتریکی نیز دو برابر خواهد شد.

چون فاصله‌ی صفحه‌های خازن همان ضخامت دی الکتریک می‌باشد، با توجه به رابطه $C = \frac{k\epsilon_0 A}{d}$ ، ظرفیت خازن زمانی

بیشترین مقدار را دارد که نسبت $\frac{k}{d}$ بیشترین مقدار را داشته

باشد، که این حالت برای دی الکتریک A رخ می‌دهد.

$$\frac{k_A}{d_A} = \frac{2}{0.4} = 5 \quad \frac{k_B}{d_B} = \frac{3}{0.8} = 3.75$$

$$\frac{k_C}{d_C} = \frac{4}{1} = 4 \quad \frac{k_D}{d_D} = \frac{5}{1.2} = 4.17$$

(آ) چون q و V معلوم‌اند، می‌توان نوشت:

$$C = \frac{q}{V} \xrightarrow{q=54\mu C, V=18V} C = \frac{54}{18} \Rightarrow C = 3\mu F$$

(ب) چون ظرفیت خازن ثابت است، داریم:

$$V' = \frac{q'}{C} \xrightarrow{q'=42\mu C, C=3\mu F} V' = \frac{42}{3} \Rightarrow V' = 14V$$

(آ) با استفاده از رابطه $C = k\epsilon_0 \frac{A}{d}$ ظرفیت خازن را به دست

$$C = k\epsilon_0 \frac{A}{d} \xrightarrow{A=0.2m^2, K=1, d=2 \times 10^{-2}m} \text{ می‌آوریم.}$$

$$C = 10 \times 8.85 \times 10^{-12} \times \frac{0.2}{2 \times 10^{-2}}$$

$$\Rightarrow C = 8.85 \times 10^{-11} F$$

۹۲. (آ) دو برابر - ظرفیت

(ب) اختلاف پتانسیل

(ت) وارون

۹۳. (آ) ۳ (با جدا کردن خازن از مولد، بار الکتریکی خازن ثابت می‌ماند).

$$(ب) ۱ \quad d' = \frac{1}{2}d \xrightarrow{C \propto \frac{1}{d}} C' = 2C \xrightarrow{V \propto \frac{1}{C}} V' = \frac{1}{2}V$$

$$(پ) ۲ \quad d' = \frac{1}{2}d \xrightarrow{C \propto \frac{1}{d}} C' = 2C$$

۹۴. (آ) ظرفیت خازن با ۱- جنس دی الکتریک (ثابت دی الکتریک)

رابطه‌ی مستقیم ۲- مساحت مشترک صفحه‌ها رابطه‌ی مستقیم ۳- فاصله‌ی بین دو صفحه رابطه‌ی وارون دارد.

(ب) خیر، ظرفیت خازن به عوامل ساختمانی آن بستگی دارد.

(پ) (۱) با توجه به رابطه $C = \frac{k\epsilon_0 A}{d}$ با افزایش d ظرفیت خازن

کاهش می‌یابد.

(۲) کاهش یا افزایش ولتاژ اثری در ظرفیت خازن ندارد.

(۳) با توجه به رابطه $C = \frac{k\epsilon_0 A}{d}$ برداشتن دی الکتریک موجب

کاهش k و در نتیجه کاهش ظرفیت خازن می‌شود.

۹۵. چون خازن از مولد جدا است، بار الکتریکی آن ثابت است. بنابراین، با

وارد کردن دی الکتریک بین صفحه‌های خازن، طبق رابطه‌ی

$C = k\epsilon_0 \frac{A}{d}$ ، ظرفیت خازن افزایش می‌یابد و طبق رابطه‌ی

$C = \frac{q}{V}$ ، چون q ثابت و C افزایش یافته است، اختلاف پتانسیل

دو سر خازن کاهش می‌یابد و ولت‌سنج عدد کوچک‌تری نشان می‌دهد.

۹۶. (آ) گزینه‌ی «۲»: ۱- ظرفیت خازن به بار الکتریکی بستگی ندارد.

۲- طبق رابطه $C = k\epsilon_0 \frac{A}{d}$ ، برداشتن عایق موجب کاهش

ظرفیت خازن می‌شود.

۳- ظرفیت خازن به اختلاف پتانسیل دو سر آن بستگی ندارد.

۴- طبق رابطه $C = k\epsilon_0 \frac{A}{d}$ ، کاهش فاصله‌ی بین دو صفحه‌ی

خازن، باعث افزایش ظرفیت آن می‌شود.

۹۷. (آ) تغییر ظرفیت خازن با تغییر فاصله‌ی بین صفحه‌های آن

(ب) اگر اختلاف پتانسیل دو صفحه‌ی خازن بسیار بالا باشد، بار الکتریکی از حد معینی بیش‌تر می‌شود و میدان الکتریکی قوی که

بین دو صفحه‌ی خازن ایجاد می‌شود، باعث می‌شود تا دی الکتریک

به طور موقت رسانا شده و با ایجاد جرقه بین دو صفحه، خازن تخلیه

گردد. این پدیده را فروریزش می‌گویند.

۹۸. (آ) بار الکتریکی ثابت می‌ماند. وقتی خازن را پر نموده و از مولد جدا

کنیم و سپس عوامل مؤثر در ظرفیت خازن را تغییر دهیم، ظرفیت

خازن تغییر می‌کند اما بار الکتریکی آن ثابت می‌ماند.

(ب) افزایش می‌یابد. طبق رابطه $C = k\epsilon_0 \frac{A}{d}$ ، با افزایش ثابت

۱۰۸. آ) ظرفیت خازن ۴ برابر می‌شود. زیرا:

$$\frac{C'}{C} = \frac{K'}{K} \times \frac{A'}{A} \times \frac{d}{d'} \xrightarrow{d'=d, k=1} \frac{C'}{C} = \frac{2}{1} \times 1 \times \frac{d}{\frac{1}{2}d} \Rightarrow C' = 4C$$

ب) اختلاف پتانسیل بین دو صفحه‌ی خازن $\frac{1}{4}$ برابر می‌شود. چون خازن از مولد جدا شده است بار الکتریکی آن ثابت می‌ماند، بنابراین داریم:

$$V = \frac{q}{C} \xrightarrow{q=} \frac{V'}{C'} = \frac{C}{C'} \xrightarrow{C'=4C} \frac{V'}{V} = \frac{C}{4C} \Rightarrow V' = \frac{1}{4}V$$

پ) انرژی ذخیره شده در خازن $\frac{1}{4}$ برابر می‌شود. زیرا:

$$U = \frac{1}{2}qV \xrightarrow{q= \text{ثابت}} \frac{U'}{U} = \frac{V'}{V} \xrightarrow{V'=\frac{1}{4}V} \frac{U'}{U} = \frac{1}{4}$$

$$\frac{U'}{U} = \frac{1}{4} \Rightarrow U' = \frac{1}{4}U$$

۱۰۹. کلید که باز شود، خازن از مولد جدا می‌گردد، بنابراین بار الکتریکی آن ثابت می‌ماند.

$$k \uparrow \xrightarrow{C=k\epsilon_0 \frac{A}{d}} C \uparrow \xrightarrow{V=\frac{q}{C}} \frac{V}{C} \xrightarrow{q= \text{ثابت}} V \downarrow$$

$$V \downarrow \xrightarrow{U=\frac{1}{2}qV} U \downarrow \xrightarrow{q= \text{ثابت}}$$

ظرفیت	بار الکتریکی	اختلاف پتانسیل	انرژی ذخیره شده
افزایش	ثابت	کاهش	کاهش

۱۱۰. آ) وقتی خازن به باتری متصل باشد، اختلاف پتانسیل آن ثابت می‌ماند.

$$d \uparrow \xrightarrow{C=k\epsilon_0 \frac{A}{d}} C \downarrow \xrightarrow{q=CV} q \downarrow \xrightarrow{V= \text{ثابت}}$$

$$K \uparrow \xrightarrow{C=k\epsilon_0 \frac{A}{d}} C \uparrow \xrightarrow{q=CV} q \uparrow \xrightarrow{V= \text{ثابت}} \quad \text{ب)}$$

خازن	ولتاژ	بار	ظرفیت
آ	ثابت		کاهش
ب		افزایش	

ب) با داشتن C و V می‌توان نوشت:

$$q = CV \xrightarrow{V=10V} q = 8 / 85 \times 10^{-10} \times 10 \Rightarrow$$

$$q = 8 / 85 \times 10^{-9} C$$

پ) ۱. افزایش مساحت هر یک از صفحات خازن

۲. کاهش فاصله‌ی بین دو صفحه

۱۰۳. با استفاده از رابطه‌ی $C = k\epsilon_0 \frac{A}{d}$ می‌توان نوشت:

$$C = k\epsilon_0 \frac{A}{d} \xrightarrow{C=8/85 \times 10^{-10} F, K=8} \frac{C}{A} = \frac{8/85 \times 10^{-10}}{20 \times 10^{-4} m^2} = 2 \times 10^{-2} m^{-2}$$

$$8 / 85 \times 10^{-10} = 8 \times 8 / 85 \times 10^{-12} \times \frac{2 \times 10^{-2}}{d} \Rightarrow$$

$$d = 10^{-3} m = 1 mm$$

۱۰۴. آ) با استفاده از رابطه‌ی ظرفیت خازن داریم:

$$C = \frac{k\epsilon_0 A}{d} = \frac{1 \times 9 \times 10^{-12} \times 4 \times 10^{-4}}{2 \times 10^{-3}} = 1 / 8 \times 10^{-12} \Rightarrow$$

$$C = 1 / 8 \times 10^{-12} F$$

$$V = Ed = 500 \times 2 \times 10^{-3} \rightarrow V = 1 V \quad \text{ب)}$$

۱۰۵. ظرفیت خازن را در هر دو حالت حساب می‌کنیم و سپس تغییر آن

را به دست می‌آوریم. $C_1 = k\epsilon_0 \frac{A}{d_1}$ حالت اول

$$= 3 / 5 \times 9 \times 10^{-12} \times \frac{100 \times 10^{-6}}{3 / 5 \times 10^{-3}} = 9 \times 10^{-13} F = 0.9 pF$$

$$C_2 = k\epsilon_0 \frac{A}{d_2} = 3 / 5 \times 9 \times 10^{-12} \times \frac{100 \times 10^{-6}}{0.5 \times 10^{-3}}$$

$$= 63 \times 10^{-13} F = 6.3 pF$$

بنابراین ظرفیت خازن به اندازه‌ی $\Delta C = C_2 - C_1 = 5.4 pF$ افزایش می‌یابد.

۱۰۶. با استفاده از رابطه‌ی $Q = CV$ می‌توان ظرفیت خازن

را به صورت زیر به دست آورد. دقت کنید، ظرفیت خازن ثابت است.

$$\begin{cases} V_1 = 18V \\ Q_1 \end{cases} \quad \begin{cases} V_2 = 30V \\ Q_2 = Q_1 + 12 \end{cases}$$

$$Q_2 = Q_1 + 12 \xrightarrow{Q=CV} CV_2 = CV_1 + 12 \xrightarrow{V_1=18V, V_2=30V}$$

$$C \times 30 = C \times 18 + 12 \rightarrow 30C - 18C = 12$$

$$\rightarrow 12C = 12 \rightarrow C = 1 \mu C$$

۱۰۷. آ) ظرفیت افزایش می‌یابد. $(d \downarrow \xrightarrow{C=k\epsilon_0 \frac{A}{d}} C \uparrow)$

ب) ثابت می‌ماند. چون خازن به باتری متصل است.

پ) افزایش می‌یابد. $(C \uparrow \xrightarrow{q=CV} q \uparrow) \xrightarrow{V= \text{ثابت}}$

ت) انرژی خازن افزایش می‌یابد.

$$(C \uparrow \xrightarrow{U=\frac{1}{2}CV^2} U \uparrow) \xrightarrow{V= \text{ثابت}}$$

ب) با استفاده از رابطه $P = \frac{U}{t}$ ، توان خروجی فلاش را به دست می‌آوریم:

$$P = \frac{U}{t} \quad t = 1/6 \text{ ms} = 16 \times 10^{-6} \text{ s} \quad U = 64 \text{ J} \Rightarrow P = \frac{64}{16 \times 10^{-6}} \Rightarrow P = 4 \times 10^6 \text{ W} \Rightarrow P = 4 \text{ MW}$$

$$P = 4 \times 10^6 \text{ W} \Rightarrow P = 40 \times 10^5 \text{ W} \quad 10^3 \text{ W} = 1 \text{ kW} \Rightarrow P = 40 \text{ kW}$$

۱۱۸. آ) چون C و U معلوم‌اند، با استفاده از رابطه $U = \frac{q^2}{2C}$ بار ذخیره شده در خازن دستگاه را به دست می‌آوریم:

$$U = \frac{q^2}{2C} \quad U = 198 \text{ J} \quad C = 11 \times 10^{-6} \text{ F} \Rightarrow 198 = \frac{q^2}{2 \times 11 \times 10^{-6}} \Rightarrow q = 66 \times 10^{-3} \text{ C}$$

ب) توان پالس جریان برابر است با:

$$P = \frac{U}{t} \quad U = 198 \text{ J} \quad t = 1/8 \times 10^{-3} \text{ s} \Rightarrow P = \frac{198}{1/8 \times 10^{-3}} = 110 \times 10^3 \text{ W} \Rightarrow P = 110 \text{ kW}$$

۱۱۹. چون انرژی خازن افزایش یافته است، لذا بار آن نیز افزایش یافته است. یعنی $q' = q + 1$ است. بنابراین با استفاده از رابطه

$$U = \frac{q^2}{2C} \quad \text{می‌توان نوشت:}$$

$$\Delta U = U' - U \Rightarrow \Delta U = \frac{q'^2}{2C} - \frac{q^2}{2C}$$

$$\rightarrow \Delta U = \frac{1}{2C} (q'^2 - q^2)$$

$$\rightarrow \Delta U = \frac{1}{2C} (q' + q)(q' - q) \quad \frac{\Delta U = 4 \times 10^{-6} \text{ J}}{q' = q + 1 \times 10^{-6} \text{ C}, C = 2 \times 10^{-6} \text{ F}}$$

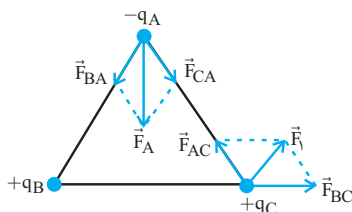
$$4 \times 10^{-6} = \frac{1}{2 \times 2 \times 10^{-6}} (q + 1 \times 10^{-6} + q)(q + 1 \times 10^{-6} - q)$$

$$\rightarrow 16 \times 10^{-12} = (2q + 10^{-6}) \times 10^{-6} \rightarrow 16 \times 10^{-6} = 2q + 10^{-6}$$

$$= 2q + 10^{-6} \rightarrow 15 \times 10^{-6} = 2q$$

$$\rightarrow q = 7.5 \times 10^{-6} \text{ C} \rightarrow q = 7.5 \mu\text{C}$$

۱۲۰. بردار q_B را مثبت فرض کنیم، باید q_B مثبت و q_A منفی باشد تا برآیند نیروهای وارد بر بار q_C مطابق نیروی \vec{F}_1 شود. اکنون با توجه به علامت بارها، برآیند نیروی وارد بر بار q_A را مشخص می‌کنیم. دقت کنید، اگر q_C را منفی هم فرض می‌کردیم به همین نتیجه می‌رسیدیم.



۱۱۱. آ) پتانسیل الکتریکی صفحه‌ی B بیش‌تر است. چون به پایانه‌ی مثبت مولد وصل است.

ب) انرژی ذخیره‌شده در خازن افزایش می‌یابد، زیرا با جابه‌جایی بار مثبت در خلاف جهت میدان الکتریکی کار مثبت نیروی خارجی به صورت انرژی پتانسیل الکتریکی در خازن ذخیره می‌شود.

۱۱۲. آ) منفی ب) برابر با پ) کم‌تر از

۱۱۳. وقتی فاصله‌ی بین دو صفحه خازن را دو برابر کنیم، طبق رابطه‌ی $C = k\epsilon_0 \frac{A}{d}$

رابطه‌ی $U = \frac{Q^2}{2C}$ ، چون q ثابت و C نصف شده است، انرژی ذخیره شده در خازن دو برابر خواهد شد، در نتیجه، وقتی دو صفحه‌ی آن را به هم وصل می‌کنیم جرقه‌ی حاصل بزرگ‌تر از حالت قبل می‌شود.

۱۱۴. چون خازن به مولد متصل است، اختلاف پتانسیل بین دو صفحه‌ی آن ثابت است. بنابراین داریم:

$$C = k\epsilon_0 \frac{A}{d} \quad U = \frac{1}{2} CV^2 \quad V = \text{ثابت} \quad k \downarrow \rightarrow C \downarrow \rightarrow U \downarrow$$

۱۱۵. آ) چون C و q معلوم‌اند، می‌توان نوشت:

$$U = \frac{q^2}{2C} \quad q = 40 \mu\text{C} \quad C = 4 \mu\text{F} \rightarrow U = \frac{1600}{2 \times 4} = 200 \mu\text{J}$$

ب) چون $U = 150 \mu\text{J}$ از انرژی خازن مصرف می‌شود $U = 200 - 150 = 50 \mu\text{J}$ آن باقی می‌ماند. بنابراین داریم:

$$U = \frac{q'^2}{2C} \Rightarrow 50 = \frac{q'^2}{2 \times 4} \Rightarrow q'^2 = 400 \Rightarrow q' = 20 \mu\text{C}$$

۱۱۶. ابتدا ظرفیت خازن را به دست می‌آوریم و سپس انرژی آن را حساب می‌کنیم.

$$A = \pi R^2 \quad R = 2 \times 10^{-2} \text{ m} \rightarrow A = 3.14 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 3.14 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$C = k\epsilon_0 \frac{A}{d} = \frac{k=25, d=5 \times 10^{-3} \text{ m}}{A=3.14 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$C = 25 \times 9 \times 10^{-12} \times \frac{3.14 \times 10^{-4}}{5 \times 10^{-3}} \Rightarrow C = 54 \times 10^{-12} \text{ F}$$

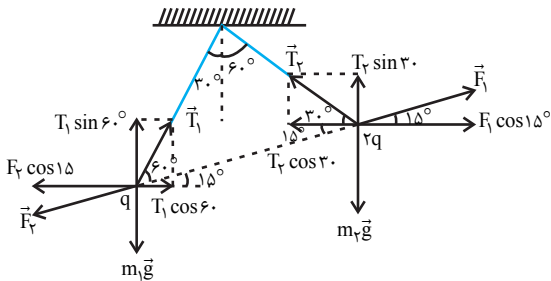
$$U = \frac{1}{2} CV^2 \quad V = 10^2 \text{ V} \rightarrow U = \frac{1}{2} \times 54 \times 10^{-12} \times 10^4$$

$$\Rightarrow U = 27 \times 10^{-8} \text{ J}$$

۱۱۷. آ) چون V و C معلوم‌اند، انرژی ذخیره شده در خازن به صورت زیر به دست می‌آید.

$$U = \frac{1}{2} CV^2 \quad C = 800 \mu\text{F} \quad V = 400 \text{ V} \Rightarrow U = \frac{1}{2} \times 800 \times 400^2 \Rightarrow U = 64 \times 10^6 \mu\text{J} \xrightarrow{1 \mu = 10^{-6}} U = 64 \times 10^6 \times 10^{-6} \text{ J} \Rightarrow U = 64 \text{ J}$$

۱۲۳ ابتدا نیروهای وارد بر هر گلوله را رسم و سپس با توجه به شکل رسم شده، نسبت $\frac{T_1}{T_2}$ را حساب می‌کنیم. دقت کنید، نیروی الکتریکی بین دو آونگ باردار با هم برابر است.



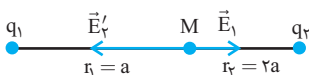
$$\begin{aligned} T_1 \cos 60^\circ &= F_2 \cos 15^\circ \\ T_2 \cos 30^\circ &= F_1 \cos 15^\circ \end{aligned} \quad \vec{F}_1 = \vec{F}_2$$

$$T_1 \times \frac{1}{2} = T_2 \times \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \sqrt{3}$$

۱۲۴ چون با عوض شدن علامت بار q_2 اندازه‌ی میدان کاهش می‌یابد، الزاماً در حالت دوم بارها هم علامت‌اند. بنابراین برای حالت اول که بارها ناهم‌نام‌اند، می‌توان نوشت:



$$\vec{E}_1 + \vec{E}_2 = \vec{E} \quad \text{چون هم‌راستا اند} \rightarrow E_1 + E_2 = E \quad (1)$$



$$E_2 - E_1 = \frac{1}{9} E \quad (2)$$

چون اندازه و فاصله بارها از نقطه‌ی M ثابت‌اند، در حالت دوم $E_2' = E_2$ است.

$$(1), (2) \Rightarrow E_2 - E_1 = \frac{1}{9} (E_2 + E_1) \Rightarrow$$

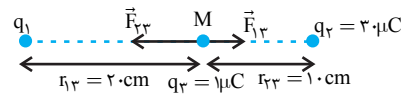
$$9E_2 - 9E_1 = E_2 + E_1 \Rightarrow 8E_2 = 10E_1 \xrightarrow{E=k\frac{|q|}{r^2}}$$

$$8 \times k \frac{|q_2|}{r_2^2} = 10 \times k \frac{|q_1|}{r_1^2} \quad \frac{r_2 = 2a}{r_1 = 5a} \rightarrow \frac{8|q_2|}{4a^2} =$$

$$\frac{10|q_1|}{25a^2} \Rightarrow \frac{2|q_2|}{1} = \frac{2|q_1|}{5} \Rightarrow \frac{|q_1|}{|q_2|} = 5$$

۱۲۵ ابتدا اندازه و جهت میدان الکتریکی هر یک از بارهای الکتریکی را در رأس قائمه مثلث تعیین می‌کنیم و سپس برآیند میدان‌های الکتریکی بارهای q را برابر میدان الکتریکی بار Q قرار می‌دهیم. دقت کنید، باید علامت بار Q مخالف علامت بارهای q باشد. با فرض $Q < 0, q > 0$ داریم.

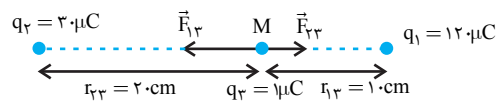
۱۲۱ چون بار q_3 بین دو بار واقع شده و در حال تعادل است، دو بار هم‌علامت‌اند. بنابراین، ابتدا با استفاده از شرط تعادل بار q_3 ، اندازه بار q_1 را به دست می‌آوریم.



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

$$\frac{q_1}{400} = \frac{30}{100} \Rightarrow q_1 = 120 \mu C$$

اکنون برآیند نیروهای وارد بر بار q_3 را به دست می‌آوریم:



$$F_{13} = \frac{|q_1| |q_3|}{r_{13}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{120 \times 10^{-6} \times 10 \times 10^{-6}}{10^{-2}} =$$

$$108 N \Rightarrow \vec{F}_{13} = -108 \hat{i} (N)$$

$$F_{23} = \frac{|q_2| |q_3|}{r_{23}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{30 \times 10^{-6} \times 10 \times 10^{-6}}{4 \times 10^{-2}} =$$

$$675 N \Rightarrow \vec{F}_{23} = 675 \hat{i} (N)$$

$$\vec{F}_T = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} = -108 \hat{i} + 675 \hat{i} \Rightarrow$$

$$\vec{F}_T = 567 \hat{i} (N) \Rightarrow |\vec{F}_T| = 567 N$$

۱۲۲ (آ) با توجه به شکل زیر، باید

$q_1 > 0$ و $q_2 < 0$ باشد تا

برآیندنیروها مطابق نیروی \vec{F}

شود. در ضمن چون نیروی \vec{F}

راستای محور لایها واقع شده است،

باید $F_1 = F_2$ باشد. در این حالت

می‌توان نوشت:

$$F = 2F_1 \cos \frac{\alpha}{2} \quad \frac{F = 54 N}{\cos \alpha = \frac{3}{5}} \Rightarrow 54 = 2F_1 \times \frac{3}{5} \Rightarrow$$

$$F_1 = 45 N, F_2 = 45 N$$

$$F_1 = K \frac{|q_1| |q|}{r_1^2} \quad \frac{F_1 = 45 N, r_1 = 5 \times 10^{-2} Cm}{|q| = 5 \times 10^{-6} C}$$

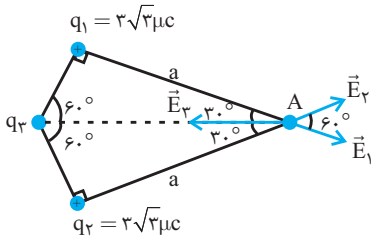
$$45 = 9 \times 10^9 \times \frac{|q_1| \times 5 \times 10^{-6}}{25 \times 10^{-4}}$$

$$|q_1| = 2/5 \times 10^{-6} C \Rightarrow |q_1| = 2/5 \mu C$$

$$|q_1| = |q_2| = 2/5 \mu C \Rightarrow q_1 = -q_2 = 2/5 \mu C$$

q_3 هم اندازه و در سوی مخالف میدان الکتریکی بار q_3 باشد. بنابراین با توجه به علامت مثبت بارهای q_1 و q_2 ، باید علامت بار q_3 منفی باشد. اگر فاصله ی بارهای q_1 و q_2 از نقطه ی A را a فرض کنیم. فاصله ی بار q_3 از نقطه ی A برابر است با:

$$\sin 60^\circ = \frac{r_1}{r_3} \Rightarrow \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{a}{r_3} \Rightarrow r_3 = \frac{2a}{\sqrt{3}}$$



چون $r_1 = r_2$ و $|q_1| = |q_2|$ است، داریم:

$$E_1 = E_2 = k \frac{|q_1|}{r_1^2}$$

برایند E_2 و E_1 برابر است با:

$$E' = 2E_1 \cos 60^\circ = 2E_1 \times \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow E' = \sqrt{3}E_1$$

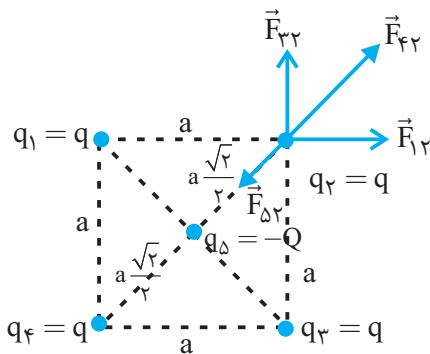
شرط صفر شدن میدان الکتریکی در نقطه ی A آن است که:

$$E_3 = E' \Rightarrow E_3 = \sqrt{3}E_1 \Rightarrow k \frac{|q_3|}{r_3^2} = \sqrt{3} \times k \frac{|q_1|}{r_1^2}$$

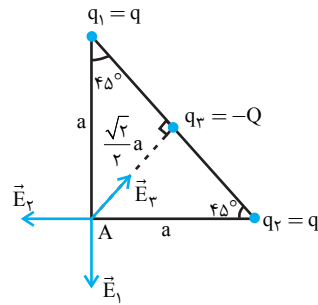
$$\frac{|q_3|}{(\frac{2a}{\sqrt{3}})^2} = \sqrt{3} \times \frac{3\sqrt{3}}{a^2} \Rightarrow \frac{|q_3|}{\frac{4}{3}a^2} = \frac{9}{a^2} \Rightarrow |q_3| = 12 \mu C$$

$$\Rightarrow q_3 = -12 \mu C$$

چون تمام بارهای الکتریکی در حال تعادل اند، باید برایندهای نیروهای وارد بر هر کدام از آنها صفر باشد و این حالت در صورتی امکان پذیر است که علامت بارهایی که در چهار رأس مربع قرار دارند، مخالف علامت باری باشد که در مرکز مربع است. با فرض این که علامت Q منفی باشد می توان نوشت:



$$\begin{cases} r_{12} = r_{32} = a \\ q_1 = q_3 = q \end{cases} \Rightarrow F_{12} = F_{32} = K \frac{q^2}{a^2}$$



$$\begin{cases} r_1 = r_2 = a \\ q_1 = q_2 = q \end{cases} \Rightarrow E_1 = E_2 = K \frac{|q|}{a^2}$$

$$E_3 = 2K \frac{|Q|}{a^2}$$

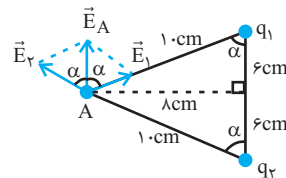
باید برایند E_1 و E_2 که آن را با E' نشان می دهیم مساوی E_3 باشد.

$$E' = 2E_1 \cos 45^\circ \Rightarrow E' = \sqrt{2}E_1$$

$$E' = E_3 \Rightarrow \sqrt{2}E_1 = E_3 \Rightarrow \sqrt{2}K \frac{|q|}{a^2} = 2K \frac{|Q|}{a^2}$$

$$\Rightarrow |Q| = \frac{\sqrt{2}}{2}|q| \Rightarrow Q = -\frac{\sqrt{2}}{2}q$$

چون بردار میدان الکتریکی در سوی مثبت محور y است، با توجه به شکل باید $q_1 < 0$ و $q_2 > 0$ و اندازه ی این دو بار الکتریکی با هم برابر باشند. از طرف دیگر، چون $|q_1| = |q_2|$ است، باید $E_1 = E_2$ باشد. در این حالت داریم:



$$E_A = 2E_1 \cos \frac{\alpha}{2} \quad \frac{E_A = 5/4 \times 10^{-4} \text{ N}}{C} \rightarrow \cos \alpha = \frac{6}{10}$$

$$5/4 \times 10^{-4} = 2E_1 \times \frac{6}{10} \Rightarrow E_1 = 4/5 \times 10^{-4} \frac{N}{C}$$

$$E_1 = K \frac{|q_1|}{r_1^2} \quad r_1 = 10^{-1} \text{ m} \rightarrow$$

$$4/5 \times 10^{-4} = 9 \times 10^9 \times \frac{|q_1|}{10^{-2}}$$

$$\Rightarrow |q_1| = 5 \times 10^{-8} \text{ C} \quad q_1 < 0 \rightarrow$$

$$q_1 = -5 \times 10^{-8} \text{ C} \Rightarrow q_2 = -q_1 \Rightarrow q_2 = 5 \times 10^{-8} \text{ C}$$

چون در نقطه ی A برایند میدان های الکتریکی حاصل از سه بار الکتریکی صفر است باید برایند میدان های الکتریکی بارهای q_1 و

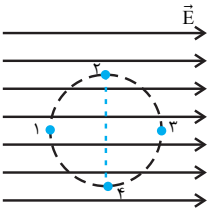
$$E_1 = E_2 = E_3 = E_4 = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6}}{10^{-2}} = 36 \times 10^5 \frac{N}{C}$$

$$E_T = E_{1y} + E_{2y} + E_{3y} + E_{4y} = 4E_{1y} \xrightarrow{E_{1y} = E_1 \sin \alpha}$$

$$E_T = 4E_1 \sin \alpha \xrightarrow{\sin \alpha = \frac{\lambda}{E_1 = 36 \times 10^5 \frac{N}{C}}} E_T = 4 \times 36 \times 10^5 \times \frac{\lambda}{10}$$

$$\Rightarrow E_T = 1/152 \times 10^7 \frac{N}{C}$$

۱۳۰. چون در جهت میدان الکتریکی پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد، بنابراین پتانسیل الکتریکی نقطه‌ی (۱) بیشینه و نقطه‌ی (۳) کمینه است.

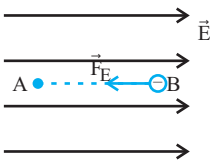


$$V_1 > V_2 = V_3 > V_4$$

دقت کنید، چون نقطه‌ی (۲) و (۴) بر روی خطی واقع‌اند که بر خط‌های میدان الکتریکی عموداند، این دو نقطه هم پتانسیل‌اند. همچنین، چون با حرکت بار منفی در جهت میدان الکتریکی انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد، بنابراین، انرژی پتانسیل بار (-q) در نقطه‌ی (۳) بیشینه و در نقطه‌ی (۱) کمینه است.

$$U_1 < U_2 = U_3 < U_4$$

۱۳۱. ابتدا تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی آن را به‌دست می‌آوریم.



$$\Delta U_E = -|q|Ed \cos \theta \xrightarrow{\theta=0, d=0/2m}$$

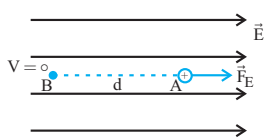
$$E = 1.5 \frac{V}{m}, |q| = 5 \times 10^{-6} C$$

$$\Delta U_E = -5 \times 10^{-6} \times 1.5 \times 0/2 \times 1 = -0/1 J$$

طبق قضیه‌ی کار-انرژی جنبشی می‌توان نوشت:

$$W_E = \Delta K \xrightarrow{W_E = -\Delta U_E} -\Delta U_E = K_A - K_B$$

$$\xrightarrow{\frac{V_B=0 \Rightarrow K_B=0}{\Delta U_E = -0/1 J}} -(-0/1) = K_A - 0 \Rightarrow K_A = 0/1 J$$



$$W_E = \Delta K \xrightarrow{W_E = -\Delta U_E}$$

۱۳۲. با توجه به شکل زیر و با استفاده از قضیه کار-انرژی جنبشی می‌توان نوشت:

$$F_{\Delta 2} = K \frac{|Q||q|}{(a \frac{\sqrt{2}}{2})^2} \Rightarrow F_{\Delta 2} = 2K \frac{|Q||q|}{a^2}$$

$$F_{\Delta 2} = K \frac{q^2}{(a \frac{\sqrt{2}}{2})^2} \Rightarrow F_{\Delta 2} = \frac{1}{2} K \frac{q^2}{a^2}$$

برایند \vec{F}_{12} و \vec{F}_{21} برابر است با:

$$F' = 2F_{12} \cos 90^\circ \Rightarrow F' = F_{12} \sqrt{2} \Rightarrow F' = \sqrt{2} K \frac{q^2}{a^2}$$

برایند F' و $F_{\Delta 2}$ برابر است با:

$$F'' = F' + F_{\Delta 2} = \sqrt{2} K \frac{q^2}{a^2} + \frac{1}{2} K \frac{q^2}{a^2}$$

$$\Rightarrow F'' = (\sqrt{2} + \frac{1}{2}) K \frac{q^2}{a^2}$$

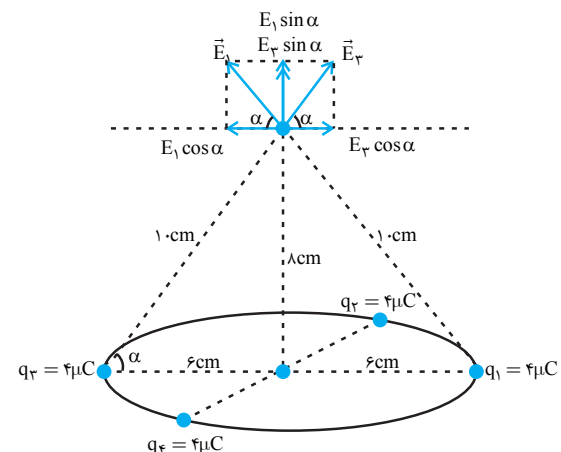
شرط تعادل بار q_2 آن است که:

$$F_{\Delta 2} = F'' \Rightarrow 2K \frac{Qq}{a^2} = (\sqrt{2} + \frac{1}{2}) K \frac{q^2}{a^2}$$

$$\Rightarrow \frac{|Q|}{|q|} = \frac{\sqrt{2} + \frac{1}{2}}{2} \xrightarrow{Q < 0} \frac{Q}{q}$$

$$= -\left(\frac{\sqrt{2} + \frac{1}{2}}{2}\right) = -\frac{2\sqrt{2} + 1}{4}$$

۱۲۹. با توجه به شکل زیر، مؤلفه‌های افقی میدان‌های الکتریکی E_1 و E_2 با هم و E_3 و E_4 نیز با هم خنثی می‌شوند. بنابراین، برایند میدان‌های الکتریکی در نقطه‌ی A برابر مجموع مؤلفه‌های قائم هر یک از میدان‌ها می‌باشد. دقت کنید، در شکل زیر میدان‌های E_1 و E_3 رسم شده است. میدان‌های E_2 و E_4 را در شکل نشان نداده‌ایم.



$$E_1 = E_2 = E_3 = E_4 = k \frac{|q|}{r^2} \xrightarrow{r=10^{-1} m, q=1 \times 10^{-6} C}$$

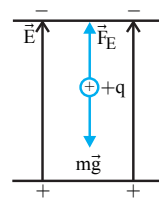
یادداشت:

$$-\Delta U_E = \Delta K \rightarrow \frac{\Delta K = \frac{1}{2}m(V^2 - V_0^2)}{\Delta U_E = -|q|Ed \cos \theta}$$

$$|q| Ed \cos \theta = \frac{1}{2}m(V^2 - V_0^2) \xrightarrow{V=0, \theta=-180^\circ}$$

$$|q| Ed \cos 180^\circ = 0 - \frac{1}{2}mV_0^2 \Rightarrow$$

$$-|q| Ed = -\frac{1}{2}mV_0^2 \Rightarrow d = \frac{mV_0^2}{2|q|E}$$



۱۳۳. چون ذره با تندی ثابت سقوط می کند، باید نیروی الکتریکی، با نیروی وزن جسم برابر و در جهت مخالف آن، یعنی روبه بالا باشد. بنابراین، جهت میدان الکتریکی رو به بالا است. دقت کنید، برابر مثبت در جهت میدان نیرو وارد می شود.

$$mg = F_E \xrightarrow{F_E = |q|E} mg = |q|E \xrightarrow{E = \frac{\Delta V}{d}}$$

$$mg = |q| \times \frac{\Delta V}{d} \xrightarrow{q = 2 \times 10^{-6} C, \Delta V = 24 V}$$

$$d = 2 \times 10^{-2} m$$

$$m \times 10 = 2 \times 10^{-6} \times \frac{24}{2 \times 10^{-2}} \Rightarrow m = 24 \times 10^{-5} kg$$

۱۳۴. بر غبار دو نیروی وزن روبه پایین و نیروی الکتریکی $F = E|q|$ رو به بالا وارد می شود. بنابراین ابتدا با استفاده از قانون دوم نیوتون شتاب حرکت غبار را به دست می آوریم و سپس با استفاده از رابطه $\Delta x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t$ ، زمان حرکت آن را حساب می کنیم.

$$a = \frac{\Sigma F}{m} \Rightarrow a = \frac{F - mg}{m} \xrightarrow{F = E|q|} a = \frac{E|q| - mg}{m}$$

$$a = \frac{E|q| - mg}{m} \xrightarrow{m = 10^{-11} kg, E = 1/2 \times 10^5 \frac{N}{C}, q = 10^{-15} C}$$

$$a = \frac{E|q|}{m} - g = \frac{1/2 \times 10^5 \times 10^{-15}}{10^{-11}} - 10$$

$$a = 12 - 10 \Rightarrow a = 2 \frac{m}{s^2}$$

$$\Delta x = \frac{1}{2}at^2 + V_0t \xrightarrow{V_0=0, \Delta x=5-1=4 cm = 4 \times 10^{-2} m}$$

$$4 \times 10^{-2} = \frac{1}{2} \times 2 \times t^2 + 0 \Rightarrow t = 2 \times 10^{-1} s \Rightarrow t = 0.2 s$$

۱۳۵. اگر شعاع هر صفحه دو برابر شود، طبق رابطه $A = \pi r^2$ مساحت هر صفحه ۴ برابر می شود. بنابراین طبق رابطه

$$C = K\epsilon_0 \frac{A}{d} \text{ داریم:}$$

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{K_2}{K_1} \times \frac{A_2}{A_1} \times \frac{d_1}{d_2} \xrightarrow{K_1=K_2, A_2=4A_1, d_2=2d_1}$$

$$\frac{C_2}{C_1} = 1 \times \frac{4A_1}{A_1} \times \frac{d_1}{2d_1} \Rightarrow C_2 = 2C_1$$