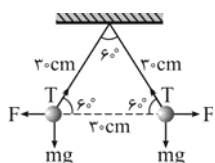


## پاسخ تشریحی پرسش‌های کلیدی فصل اول



۱۹ الف) مثلث تشکیل شده،

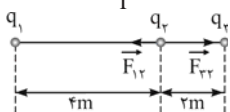
متساوی الاضلاع است. به کمک تجزیه‌ی

نیروی کشش نخ می‌توان نوشت:

$$T \sin 60^\circ = mg \Rightarrow T \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 10\sqrt{3} \times 10^{-3} \times 10 \Rightarrow T = 0.12 \text{ N}$$

$$T \cos 60^\circ = F \Rightarrow 0.12 \times \frac{1}{2} = F \Rightarrow F = 0.06 \text{ N}$$

ب)  $F = k \frac{|q_1|^2}{r^2} \Rightarrow 0.1 = 9 \times 10^9 \times \frac{|q|^2}{9 \times 10^{-2}} \Rightarrow |q| = 10^{-6} \text{ C} = 1 \mu\text{C}$



۲۲ با توجه به شکل روبه‌رو می‌نویسیم:

$$\begin{cases} F_{12} = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-12}}{16} = 2.25 \times 10^{-3} \text{ N} \\ F_{22} = k \frac{|q_2| |q_2|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-12}}{4} = 9 \times 10^{-3} \text{ N} \end{cases}$$

این دو نیرو در خلاف جهت یکدیگرند، بنابراین می‌توان نوشت:

$$\vec{F}_T = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{22} \Rightarrow F_T = F_{22} - F_{12} = 9 \times 10^{-3} - 2.25 \times 10^{-3} \Rightarrow F_T = 6.75 \times 10^{-3} \text{ N}$$

۲۴ الف) بار  $q_3$  در خارج از پاره‌خط واصل بین بارهای  $q_1$  و  $q_2$  در حال

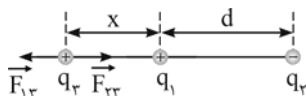
تعادل است. پس بارهای  $q_1$  و  $q_2$  ناهم‌نام‌اند در نتیجه بار  $q_3$  منفی است.

ب) بار  $q_3$  باید نزدیک به بار کوچک‌تر از نظر مقدار باشد:  $|q_2| < |q_1|$

۲۷ بار  $q_3$  باید خارج از پاره‌خط واصل بین دو بار  $q_1$  و  $q_2$  قرار گیرد تا

بتواند در حال تعادل باشد. نوع بار  $q_3$  اهمیتی ندارد و ما آن را مثبت فرض

می‌کنیم:



$$F_{23} = F_{13} \Rightarrow k \frac{|q_2| |q_3|}{(d+x)^2} = k \frac{|q_1| |q_3|}{x^2}$$

$$\Rightarrow \frac{9|q_1|}{(d+x)^2} = \frac{|q_1|}{x^2} \Rightarrow \frac{9}{(d+x)^2} = \frac{1}{x^2} \Rightarrow 3x = d+x \Rightarrow x = \frac{d}{2}$$

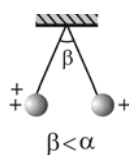
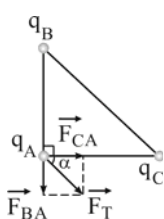
$$F_{BA} = k \frac{|q_A| |q_B|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{12 \times 10^{-12}}{36 \times 10^{-4}} = 30 \text{ N}$$

$$\Rightarrow \vec{F}_{BA} = -30 \hat{j}$$

$$F_{CA} = F_{BA} = 30 \text{ N} \Rightarrow \vec{F}_{TA} = 30 \hat{i} - 30 \hat{j}$$

$$F_T = \sqrt{30^2 + 30^2} = 30\sqrt{2} \text{ N}$$

$$\tan \alpha = \frac{F_y}{F_x} = \frac{-30}{30} = -1 \Rightarrow \alpha = -45^\circ$$



۴ الف) کره‌ی رسانا قسمتی از بار الکتریکی یکی از

آونگ‌ها را می‌گیرد. بنابراین بار الکتریکی آن آونگ

نسبت به شکل (۱) کم‌تر می‌شود. در نتیجه دافعه‌ی

الکتریکی بین دو آونگ کاهش یافته و زاویه‌ی بین دو

آونگ نیز کم می‌شود.

ب) اندازه نیروی الکتریکی بین دو آونگ با حاصل ضرب اندازه‌ی بار الکتریکی

آن‌ها نسبت مستقیم دارد.

۸ دو بار الکتریکی غیرهم‌نام‌اند، بنابراین یک‌دیگر را می‌ربایند:

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} \Rightarrow F = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6} \times 16 \times 10^{-6}}{(0.1)^2} = 57.6 \text{ N}$$

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} \Rightarrow 50 = 9 \times 10^9 \times \frac{q_1 \times 5q_1}{(3 \times 10^{-2})^2} \Rightarrow 10 = 10^{13} \times q_1^2$$

$$\Rightarrow q_1^2 = 10^{-12} \Rightarrow q_1 = 10^{-6} \text{ C} = 1 \mu\text{C}, q_2 = 5 \mu\text{C}$$

$$\text{الف) } F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} \Rightarrow F = 9 \times 10^9 \times \frac{1/6 \times 10^{-19} \times 1/6 \times 10^{-19}}{(4 \times 10^{-15})^2}$$

$$\Rightarrow F = 1/44 \times 10^{-29} \times 10^{30} \text{ N} = 1/44 \text{ N}$$

$$\text{ب) } F_G = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \Rightarrow F_G = 6.67 \times 10^{-11} \times \frac{1/6 \times 10^{-27} \times 1/6 \times 10^{-27}}{(4 \times 10^{-15})^2}$$

$$\Rightarrow F_G \approx 1/06 \times 10^{-65} \times 10^{30} \text{ N} \Rightarrow F_G = 1/06 \times 10^{-35} \text{ N}$$

پ) اندازه‌ی نیروی دافعه‌ی الکتریکی بین دو پروتون در این هسته بسیار

بزرگ‌تر از اندازه‌ی نیروی جاذبه‌ی گرانشی بین آن دو است.

به نظر شما چرا هسته متلاشی نمی‌شود؟! پاسخ این پرسش را در فصل آخر

فیزیک سال چهارم می‌بینید.

۱۴ با توجه به قانون کولن می‌توان نوشت:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{k \frac{2q_1 \times 2q_2}{(\frac{r}{2})^2}}{k \frac{q_1 q_2}{r^2}} = 16$$

۱۶ الف) نیروی الکتریکی بین دو بار ناهم‌نام، رپایشی است:

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{6 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{(0.3)^2} = 1/2 \text{ N}$$

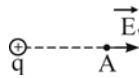
ب) وقتی دو کره‌ی کوچک رسانای مشابه را با سیمی به هم وصل می‌کنیم،

هم‌بار می‌شوند. نیروی الکتریکی بین دو کره در این حالت رانشی است:

$$q = \frac{q_1 + q_2}{2} \Rightarrow q = \frac{(+6) + (-2)}{2} = +2 \mu\text{C}$$

$$F' = k \frac{|q|^2}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-12}}{(0.3)^2} = 0.4 \text{ N}$$

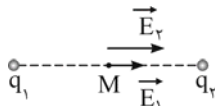
۴۸ الف وب) بردار میدان الکتریکی بار مثبت، به سوی خارج بار است:



$$E_1 = k \frac{|q|}{r_1^2} \Rightarrow 4 \times 10^5 = 9 \times 10^9 \times \frac{10^{-6}}{r_1^2} \Rightarrow r_1^2 = \frac{9}{400} \Rightarrow r_1 = \frac{3}{20} \text{ m}$$

$$\frac{E_r}{E_1} = \left(\frac{r_1}{r_r}\right)^2 \Rightarrow \frac{1}{2} = \left(\frac{r_1}{r_r}\right)^2 \Rightarrow r_r = \sqrt{2} r_1$$

$$\Rightarrow r_r = \frac{3\sqrt{2}}{20} \text{ m} = 15\sqrt{2} \text{ cm}$$



$$\begin{cases} E_1 = k \frac{|q_1|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6}}{9 \times 10^{-4}} = 2 \times 10^9 \text{ N/C} \\ E_r = k \frac{|q_r|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-6}}{9 \times 10^{-4}} = 3 \times 10^9 \text{ N/C} \end{cases}$$

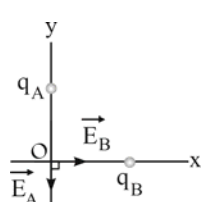
دو بردار هم‌جهت‌اند، بنابراین بزرگی برابند آن‌ها برابر است با:

$$E_{TM} = E_1 + E_r \Rightarrow E_{TM} = 2 \times 10^9 + 3 \times 10^9 = 5 \times 10^9 \text{ N/C}$$

۵۵ نقطه‌ی کور میدان الکتریکی بارهای هم‌نام  $q_1$  و  $q_2$  روی پاره‌خط

واصل بین دو بار و به بار کوچک‌تر ( $q_1$ )، نزدیک‌تر است:

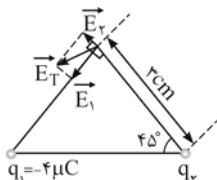
$$\begin{aligned} & \text{Diagram: } q_1 \text{ and } q_2 \text{ are separated by distance } d. \text{ A point is at distance } d-16 \text{ from } q_1 \text{ and } 16 \text{ cm from } q_2. \\ & E_1 = E_r \Rightarrow k \frac{2}{(d-16)^2} = k \frac{32}{16^2} \\ & \Rightarrow d-16 = 4 \Rightarrow d = 20 \text{ cm} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{الف) } E_A = E_B &= k \frac{|q|}{r^2} \\ &= 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6}}{16 \times 10^{-4}} = 2/25 \times 10^9 \text{ N/C} \\ \text{ب) } \vec{E}_O &= (2/25 \vec{i} - 2/25 \vec{j}) \times 10^9 \end{aligned}$$

$$\Rightarrow E_O = \sqrt{(2/25 \times 10^9)^2 + (2/25 \times 10^9)^2} = 2/25 \sqrt{2} \times 10^9 \text{ N/C}$$

۶۳ الف) شکل نشان می‌دهد که بار  $q_r$  مثبت است.



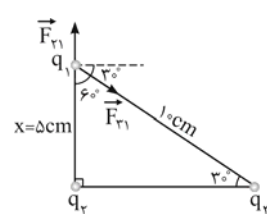
$$\text{ب) } E_1 = k \frac{|q_1|}{r^2} \Rightarrow E_1 = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6}}{9 \times 10^{-4}} = 4 \times 10^9 \text{ N/C}$$

$$E_T = \sqrt{E_1^2 + E_r^2} \Rightarrow 5 \times 10^9 = \sqrt{(4 \times 10^9)^2 + E_r^2}$$

$$\Rightarrow E_r = 3 \times 10^9 \text{ N/C}$$

$$E_r = k \frac{q_r}{r^2} \Rightarrow 3 \times 10^9 = 9 \times 10^9 \times \frac{q_r}{9 \times 10^{-4}} \Rightarrow q_r = +3 \mu\text{C}$$

۳۴ ضلع مقابل به زاویه‌ی  $30^\circ$  در مثلث قائم‌الزاویه، نصف وتر است:



$$\sin 30^\circ = \frac{x}{10} \Rightarrow x = 5 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{الف) } F_{r1} &= k \frac{|q_1| |q_r|}{r^2} \\ &= 9 \times 10^9 \times \frac{10 \times 40 \times 10^{-12}}{10^{-2}} = 360 \text{ N} \end{aligned}$$

از تجزیه‌ی نیروی  $F_{r1}$  استفاده می‌کنیم:

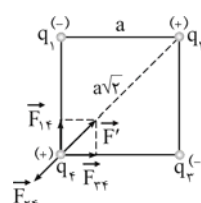
$$\begin{aligned} \vec{F}_{r1} &= +(F_{r1} \cos 30^\circ) \vec{i} - (F_{r1} \sin 30^\circ) \vec{j} \\ &= +(360 \times \frac{\sqrt{3}}{2}) \vec{i} - (360 \times \frac{1}{2}) \vec{j} \Rightarrow \vec{F}_{r1} = 180\sqrt{3} \vec{i} - 180 \vec{j} \end{aligned}$$

$$\text{ب) } F_{r1} = k \frac{|q_1| |q_r|}{x^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{10 \times 20 \times 10^{-12}}{25 \times 10^{-4}} = 720 \text{ N}$$

$$\Rightarrow \vec{F}_{r1} = +720 \vec{j}$$

$$\vec{F}_T = \vec{F}_{r1} + \vec{F}_{r1} \Rightarrow \vec{F}_T = 180\sqrt{3} \vec{i} + 540 \vec{j}$$

$$\text{پ) } \tan \alpha = \frac{F_y}{F_x} = \frac{540}{180\sqrt{3}} = \frac{3}{\sqrt{3}} \times \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3}} = \sqrt{3} \Rightarrow \alpha = 60^\circ$$



۳۹ بار  $q_f$  در حال تعادل است، بنابراین

اندازه و نوع آن اهمیتی ندارد. پس فرض

می‌کنیم که بار  $q_f$  مثبت است. شکل نشان

می‌دهد که بار  $q_f$  باید مثبت باشد تا برابند

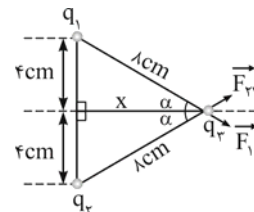
نیروهای وارد بر  $q_f$  صفر شود:

$$F' = \sqrt{F_{1f}^2 + F_{2f}^2} = \sqrt{2} F_{1f}$$

$$F' = F_{rf} \Rightarrow \sqrt{2} F_{1f} = F_{rf} \Rightarrow \sqrt{2} k \frac{|q_1| |q_f|}{a^2} = k \frac{|q_r| |q_f|}{(a\sqrt{2})^2}$$

$$\Rightarrow |q_r| = 2\sqrt{2} |q_1| \Rightarrow q_r = +10\sqrt{2} \mu\text{C}$$

۴۰ با توجه به شکل زیر، می‌توان نوشت:



$$F_{1r} = F_{rr} = 9 \times 10^9 \times \frac{20 \times 10^{-12}}{64 \times 10^{-4}} = \frac{45}{16} \times 10^{-5} \text{ N}$$

$$1^2 = 4^2 + x^2 \Rightarrow x^2 = 48 \text{ cm}^2 \Rightarrow x = 4\sqrt{3} \text{ cm}$$

$$\vec{F}_{Tr} = +(r F_{1r} \cos \alpha) \vec{i} \Rightarrow F_{Tr} = 2 \times \frac{45}{16} \times 10^{-5} \times \frac{4\sqrt{3}}{8}$$

$$\Rightarrow F_{Tr} = \frac{45\sqrt{3}}{16} \times 10^{-5} \text{ N}$$

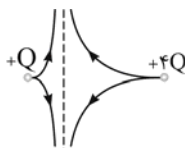
۴۴ جهت نیروی الکتریکی وارد بر بار مثبت در

جهت میدان الکتریکی است، پس جهت میدان

الکتریکی نیز به طرف شرق می‌باشد:

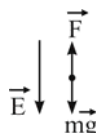
$$F = qE \Rightarrow 5 \times 10^{-2} = 2 \times 10^{-9} \times E \Rightarrow E = 2/5 \times 10^7 \text{ N/C}$$

۸۷ با توجه به اندازه‌ی بارها و نوع آن‌ها شکل زیر قابل رسم است.



۸۹ ذره‌ی باردار، معلق و در حال سکون است. پس برابری نیروهای وارد

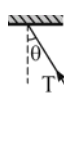
بر آن صفر می‌باشد. از طرف دیگر می‌دانیم که نیروی الکتریکی وارد بر بار منفی، در خلاف جهت  $\vec{E}$  است:



$$F = mg \Rightarrow |q| E = mg$$

$$\Rightarrow |q| \times 5 \times 10^5 = 2 \times 10^{-3} \times 10 \Rightarrow q = -0.4 \mu C$$

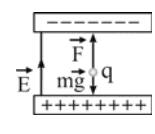
۹۱ الف و ب) با تجزیه‌ی نیروی کشش نخ می‌توان نوشت:



$$\begin{cases} T \sin \theta = E|q| \\ T \cos \theta = mg \end{cases} \xrightarrow{\text{بر هم تقسیم می‌کنیم}} \frac{E|q|}{mg} = \tan \theta$$

$$\Rightarrow |q| = \frac{mg}{E} \times \tan \theta$$

۹۵ ابتدا شتاب حرکت غبار را به‌سوی صفحه‌ی منفی پیدا می‌کنیم:



$$F - mg = ma \Rightarrow qE - mg = ma$$

$$\Rightarrow 10^{-15} \times 1/2 \times 10^5 - 10^{-11} \times 10 = 10^{-11} \times a$$

$$\Rightarrow a = \frac{1/2 \times 10^{-10} - 10^{-10}}{10^{-11}} = 2 \text{ m/s}^2$$

برای محاسبه‌ی مدت زمان حرکت غبار می‌توان نوشت:

$$\Delta x = \frac{1}{2} a t^2 + V_0 t \Rightarrow 4 \times 10^{-2} = \frac{1}{2} \times 2 \times t^2 + 0 \Rightarrow t = 0.2 \text{ s}$$

۹۸ اگر بار الکتریکی مثبت در میدان الکتریکی یکنواخت رها شود، به دلیل

نیروی الکتریکی وارد بر آن در جهت خطای میدان حرکت می‌کند و در نتیجه انرژی پتانسیل الکتریکی‌اش کاهش یافته و انرژی جنبشی آن زیاد می‌شود.

۱۰۱ الف) بار منفی در خلاف جهت خطای میدان الکتریکی جابه‌جا

شده است، پس انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد.

ب)  $W_E = -\Delta U_E \xrightarrow{\Delta U_E < 0} W_E > 0$

پ) تراکم خطای میدان نشان می‌دهد که:

$$E_A > E_B \Rightarrow |q| \times E_A > |q| \times E_B \Rightarrow F_A > F_B$$

$$W_E = |q| E d \cos \theta = 200 \times 10^{-6} \times 5000 \times 2 \times \cos 0^\circ = +2 \text{ J}$$

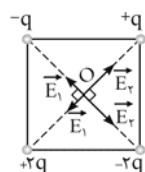
$$\Delta U_E = -W_E \Rightarrow \Delta U_E = -2 \text{ J}$$

الف)  $F = |q| E \Rightarrow F = 50 \times 10^{-9} \times 8 \times 10^5 = 400 \times 10^{-4} = 0.4 \text{ N}$

ب)  $W_E = |q| E d \cos \theta \Rightarrow W_E = 50 \times 10^{-9} \times 8 \times 10^5 \times 2 \times \cos 150^\circ$

$$\Rightarrow W_E = 8 \times 10^{-2} \times \left( \frac{-\sqrt{3}}{2} \right) = -4\sqrt{3} \times 10^{-2} \text{ J}$$

پ)  $\Delta U_E = -W_E \Rightarrow \Delta U_E = +4\sqrt{3} \times 10^{-2} \text{ J}$



۶۷ اگر طول هر ضلع مربع ۳ cm باشد، طول

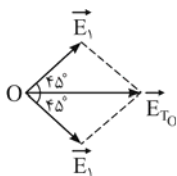
قطر مربع  $3\sqrt{2}$  cm است. پس فاصله‌ی هر بار تا

مرکز مربع  $\frac{3\sqrt{2}}{2}$  cm می‌باشد:

$$E_1 = k \frac{|q_1|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{10^{-6}}{\left( \frac{3\sqrt{2}}{2} \times 10^{-2} \right)^2} = 2 \times 10^7 \text{ N/C}$$

$$E_2 = k \frac{|q_2|}{r^2} = 2E_1 \Rightarrow E_2 = 4 \times 10^7 \text{ N/C}$$

با توجه به شکل رسم شده می‌توان نوشت:



$$\vec{E}_{TO} = +(2E_1 \cos 45^\circ) \vec{i}$$

$$= +\left( 2 \times 2 \times 10^7 \times \frac{\sqrt{2}}{2} \right) \vec{i}$$

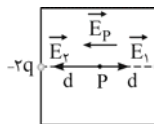
$$\Rightarrow E_{TO} = 2\sqrt{2} \times 10^7 \vec{i}$$

۶۸ برخلاف پیچیدگی ظاهری، پرسش ساده‌ای است! در هر دو مربع

تمام بارهای مشابه و مقابل هم، میدان‌ها الکتریکی یکسان و در خلاف

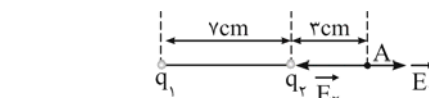
جهت یکدیگر (در نقطه‌ی P) پدید می‌آورند که دو به دو با هم خنثی

می‌شوند به‌جز دو بار شکل روبه‌رو، پس می‌توان نوشت:



$$\vec{E}_P = \vec{E}_2 + \vec{E}_1 \Rightarrow E_P = E_2 - E_1 = \frac{kq}{d^2}$$

۷۳ ب) برابری میدان‌های الکتریکی در نقطه‌ای روی «محور دو قطبی»



خواسته شده است:

$$E_A = E_2 - E_1 = k \left( \frac{|q_2|}{r_2^2} - \frac{|q_1|}{r_1^2} \right)$$

$$\Rightarrow E_A = 9 \times 10^9 \left( \frac{3 \times 10^{-6}}{9 \times 10^{-4}} - \frac{3 \times 10^{-6}}{10^{-2}} \right) = 9 \times 10^9 \left( \frac{1}{300} - \frac{3}{10^4} \right)$$

$$\Rightarrow E_A = 300 \times 10^5 - 27 \times 10^5 = 273 \times 10^5 \text{ N/C}$$

۷۶ برای نقطه‌ی M می‌توان نوشت:

$$r^2 = r_1^2 + r_2^2 \Rightarrow r = 5 \text{ cm}$$

$$E_1 = E_2 = k \frac{|q|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{125 \times 10^{-6}}{25 \times 10^{-4}} = 45 \times 10^7 \text{ N/C}$$

$$\vec{E}_M = -(2E_1 \sin \alpha) \vec{j} = \left( -90 \times 10^7 \times \frac{3}{5} \right) \vec{j}$$

$$\Rightarrow \vec{E}_M = -54 \times 10^7 \vec{j}$$

برای نقطه‌ی N مشابه پرسش ۷۳ عمل می‌کنیم:

$$\vec{E}_N = +1102/1 \times 10^7 \vec{j}$$

۸۳ الف) خطای میدان از بار  $q_1$  خارج می‌شود، بنابراین علامت بار  $q_1$

مثبت است.

ب) خطای میدان به‌طور متقارن قرار گرفته‌اند:

پ) جهت نیروی الکتریکی وارد بر بار مثبت، در جهت میدان در آن نقطه و

به طرف چپ شکل است.

ب) نیرویی که ما به این بار وارد می‌کنیم در جهت  $\vec{d}$  است تا بتوانیم آن را از A تا B جابه‌جا کنیم. پس علامت کار نیروی ما در این جابه‌جایی مثبت است. ب) بار مثبت در خلاف جهت میدان الکتریکی جابه‌جا می‌شود، بنابراین انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد. از طرف دیگر می‌توان نوشت:

$$\Delta U_E = -W_E \xrightarrow{W_E < 0} \Delta U_E > 0$$

ت) در خلاف جهت خط‌های میدان، پتانسیل نقاط افزایش می‌یابد:

$$V_B > V_A$$

$$\Delta K = W_{\text{خارجی}} + W_E \xrightarrow{\text{ثابت = سرعت}} 0 = W_{\text{خارجی}} + W_E$$

$$\Rightarrow W_{\text{خارجی}} = -W_E, \Delta U_E = -W_E$$

$$\Rightarrow W_{\text{خارجی}} = \Delta U_E \Rightarrow W_{\text{خارجی}} = q\Delta V \Rightarrow 5 \times 10^{-3}$$

$$= (-20 \times 10^{-6}) \times (200 - V_A)$$

$$\Rightarrow 200 - V_A = \frac{5 \times 10^{-3}}{-2 \times 10^{-5}} \Rightarrow V_A = 450 \text{ V}$$

$$\text{ب) } V_1 = V_2 = 0 \Rightarrow \Delta K = 0 = W_{\text{خارجی}} + W_E$$

$$\Rightarrow W_{\text{خارجی}} = -W_E = -|q|Ed \cos \theta$$

$$\Rightarrow W_{\text{خارجی}} = -20 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^5 \times 4 \times \cos 60^\circ \Rightarrow W_{\text{خارجی}} = -16 \text{ J}$$

$$\text{پ) } \Delta U_E = W_{\text{خارجی}} = -16 \text{ J}$$

۱۴۵) خیر، بار الکتریکی در سطح خارجی ظرف A توزیع می‌شود. توجه کنید که مولد واندوگراف، مولد بار الکتریکی ساکن است که به ظرف A بار الکتریکی می‌دهد.

۱۴۶) شکل ۲، چون بار الکتریکی اضافی یک رسانای منزوی روی سطح خارجی آن توزیع می‌شود.

۱۴۸) میدان الکتریکی یک رسانای باردار در همه‌جا عمود بر سطح خارجی این رسانا است. اگر الکترونی را روی سطح خارجی این رسانا از نقطه‌ی A تا B جابه‌جا کنیم، کار نیروی الکتریکی وارد بر این الکترون صفر است:

$$W_E = F_E d \cos 90^\circ \xrightarrow{\cos 90^\circ = 0} W_E = \text{صفر}$$

با توجه به رابطه‌ی زیر می‌توان نوشت:

$$\Delta U_E = q\Delta V \Rightarrow -W_E = q(V_B - V_A) \xrightarrow{W_E = \text{صفر}} V_B = V_A$$

می‌توان اثبات کرد که  $V_A = V_B = V_C$  است.



۱۵۰) در اثر القای بار الکتریکی، در شکل روبه‌رو می‌بینید که بار الکتریکی سطح داخلی کره -q و بار سطح خارجی آن +2q است.

۱۵۶)  $V_A = V_B$  و  $\sigma_A > \sigma_B$ ، زیرا تجمع بار در نقاط نوک‌تیز جسم رسانا بیشتر از سایر نقاط است.

۱۰۹) کاهش انرژی پتانسیل الکتریکی ذره، سبب افزایش انرژی جنبشی آن می‌شود:

$$\Delta K = -\Delta U_E \Rightarrow \frac{1}{2} m (V_2^2 - V_1^2) = |q| E d \cos \theta$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} \times 2 \times 10^{-13} \times (V_2^2 - 0) = 10^{-15} \times 10^6 \times 4 \times \cos 0^\circ$$

$$\Rightarrow V_2^2 = \frac{4 \times 10^{-9}}{10^{-13}} = 4 \times 10^4 \Rightarrow V_2 = 200 \text{ m/s}$$

۱۱۳) تراکم خط‌های میدان الکتریکی، نشان‌دهنده‌ی شدت یا ضعف میدان است. از طرف دیگر می‌دانیم که در جهت خط‌های میدان، پتانسیل الکتریکی نقاط کاهش می‌یابد:

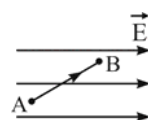
$$E_A > E_B, V_B > V_A$$

$$V_+ - V_- = +12 \text{ V} \Rightarrow V_+ - (-4) = +12 \Rightarrow V_+ = +8 \text{ V}$$

$$\Delta U = q(V_2 - V_1) \Rightarrow \Delta U = (-12 \times 10^{-6}) \times (10 - (-40))$$

$$\Rightarrow \Delta U = -600 \times 10^{-6} = -6 \times 10^{-4} \text{ J}$$

ب) انرژی پتانسیل الکتریکی بار کاهش یافته و در نتیجه انرژی جنبشی آن افزایش می‌یابد.



۱۲۱) اگر بار مثبت در جهت خط‌های میدان الکتریکی حرکت کند، انرژی پتانسیل الکتریکی اش کاهش می‌یابد. در جهت خط‌های میدان نیز پتانسیل

الکتریکی نقاط کم می‌شود، پس می‌توان نوشت:

$$V_A - V_B = -Ed \cos \alpha = -E \times d \times \cos 18^\circ = +Ed$$

۱۲۵)  $\alpha$ ، زاویه‌ی بین  $\vec{E}$  و بردار جابه‌جایی است. وقتی می‌گوییم  $V_A - V_B$  یعنی از B به A حرکت کرده‌ایم و بردار جابه‌جایی ( $\vec{d}$ ) از B به سمت A است.

$$\text{ب) } V_A - V_C = -Ed \cos \alpha = -E \times d \times \cos 90^\circ = \text{صفر}$$

$$\text{الف) } E = \frac{\Delta V}{d} \Rightarrow E = \frac{20}{2 \times 10^{-2}} = 1000 \text{ N/C یا V/m}$$

$$\text{ب) } \Delta U_E = q\Delta V \Rightarrow \Delta U_E = q \times (V_+ - V_-)$$

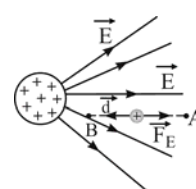
$$\Rightarrow \Delta U_E = (+4 \times 10^{-6}) \times (+20) \Rightarrow \Delta U_E = +8 \times 10^{-5} \text{ J}$$

۱۳۳) الف) نیروی  $\vec{F}$  دست در جهت جابه‌جایی بار مثبت ( $\vec{d}$ ) است:

$$W_F = Fd \cos \alpha \Rightarrow W_F = Fd \cos 0^\circ = +Fd > 0$$

ب) بار الکتریکی در خلاف جهت خط‌های میدان الکتریکی حرکت می‌کند، بنابراین به نقاطی با پتانسیل بیش‌تر حرکت می‌کند.

۱۳۴) الف) شکل زیر نشان می‌دهد که کار نیروی الکتریکی در این جابه‌جایی منفی است. زیرا  $\vec{F}_E$  در خلاف جهت  $\vec{d}$  می‌باشد:



$$W_E = |q| E d \cos \theta$$

$$\Rightarrow W_E = |q| E d \cos 180^\circ$$

$$\cos 180^\circ = -1 \Rightarrow W_E = -|q| E d < 0$$

بزرگی میدان الکتریکی بین دو صفحه‌ی خازن باردار را یک بار با دی الکتریک هوا ( $\kappa = 1$ ) و بار دیگر با دی الکتریک  $\kappa = 5$  به دست می آوریم:

$$E_0 = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{9 \times 10^{-8}}{9 \times 10^{-12}} = 10000 \text{ N/C}$$

$$E = \frac{\sigma}{\kappa \epsilon_0} = \frac{9 \times 10^{-8}}{5 \times 9 \times 10^{-12}} = 2000 \text{ N/C}$$

بنابراین بزرگی بردار میدان الکتریکی حاصل از هم ردیف شدن مولکول‌های قطبی دی الکتریک برابر است با:

$$E' = E_0 - E \Rightarrow E' = 10000 - 2000 = 8000 \text{ N/C}$$

۲۰۰

$$U = \frac{1}{2} CV^2 \Rightarrow 450 = \frac{1}{2} \times 4 \times V^2 \Rightarrow V = 15 \text{ V}$$

$$U = \frac{q^2}{2C} \Rightarrow 450 = \frac{q^2}{2 \times 4} \Rightarrow q = 60 \mu\text{C}$$

$$\text{ب) } \text{آهنگ تخلیه‌ی بار} = \frac{q}{\Delta t} = \frac{60 \times 10^{-6}}{30 \times 10^{-3}} = 2 \times 10^{-3} \text{ C/s یا A}$$

$$\text{آهنگ تخلیه‌ی انرژی} = \frac{U}{\Delta t} = \frac{450 \times 10^{-6}}{30 \times 10^{-3}} = 15 \times 10^{-3} \text{ J/s یا W}$$

۲۰۲

$$U_{\text{باتری}} = qV \Rightarrow 24 = 12 \times V \Rightarrow V = 2 \text{ V}$$

$$q = CV \Rightarrow 12 = C \times 2 \Rightarrow C = 6 \mu\text{F}$$

۲۰۶ الف و ب)

$$\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{1}{2} (2 - 10) \times (200)^2 = -160000 \mu\text{J} = -0.16 \text{ J}$$

انرژی خازن کاهش یافته پس خازن به باتری انرژی می‌دهد.

$$\text{۲۰۷ الف) } V_B > V_A \text{ ب) اگر پس از جدا کردن خازن از باتری، بار}$$

مثبت  $q'$  را از صفحه‌ی منفی خازن جدا کنیم و به صفحه‌ی مثبت آن منتقل کنیم، با ثابت ماندن ظرفیت خازن و طبق رابطه‌ی  $U = \frac{q^2}{2C}$  با زیاد شدن  $q$  روی صفحات، انرژی ذخیره شده در خازن افزایش می‌یابد.

دقت کنید در این حالت بار و ولتاژ خازن هر دو تغییر می‌کند.

۲۱۲

$$\text{الف) } C_{eq} = C_1 + C_2 = 5 \mu\text{F}$$

$$\text{ب) } q_1 = C_1 V_1 = 2 \times 10 = 20 \mu\text{C}, q_2 = C_2 V_2 = 3 \times 10 = 30 \mu\text{C}$$

$$\text{پ) } V_1 = V_2 \xrightarrow{U = \frac{1}{2} CV^2} \frac{U_1}{U_2} = \frac{C_2}{C_1} \Rightarrow \frac{U_1}{U_2} = \frac{3}{2}$$

$$\text{ت) } U = \frac{1}{2} C_{eq} V^2 \Rightarrow U = \frac{1}{2} \times 5 \times 100 = 250 \mu\text{J}$$

۲۱۵

$$\text{الف) } C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 = 2 + 4 + 5 = 11 \mu\text{F}$$

$$\text{ب) } U_1 = \frac{1}{2} C_1 V_1^2 \Rightarrow 100 = \frac{1}{2} \times 2 \times V_1^2 \Rightarrow V_1 = 10 \text{ V} = V_2 = V_3 = V$$

$$V_1 = V \Rightarrow U = \frac{1}{2} C_{eq} V^2 \Rightarrow U = \frac{1}{2} \times 11 \times 100 = 550 \mu\text{J}$$

$$\text{۱۶۰} \quad q = +ne \Rightarrow q = +45 \times 10^9 \times 1.6 \times 10^{-19} = 72 \times 10^{-10} \text{ C}$$

$$\sigma = \frac{q}{A} \Rightarrow \frac{1}{6} \times 10^{-6} = \frac{72 \times 10^{-10}}{4\pi R^2} \Rightarrow \frac{1}{6} \times 10^{-6} = \frac{72 \times 10^{-10}}{12 \times R^2}$$

$$\Rightarrow R^2 = 36 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \Rightarrow R = 6 \times 10^{-3} \text{ m} = 6 \text{ cm}$$

۱۶۵ خازن خالی مانند سیم بدون مقاومت عمل می‌کند. در لحظه‌ی بستن

کلید، جریان  $\frac{E}{R}$  از آمپرسنج عبور می‌کند. به مرور و در مدت زمان بسیار کوتاهی که خازن پر می‌شود، جریان الکتریکی گذرنده از آمپرسنج کاهش می‌یابد و هنگامی که خازن پر شد، آمپرسنج تقریباً عدد صفر را نشان می‌دهد.



۱۶۹ ظرفیت خازن به بار الکتریکی و اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر آن بستگی ندارد و با تغییرات ذکر شده، تغییری نمی‌کند.

۱۷۳

$$E = \frac{V}{d} \Rightarrow 200 = \frac{V}{0.2} \Rightarrow V = 40 \text{ V}$$

$$C = \frac{q}{V} \Rightarrow C = \frac{50}{40} = 1.25 \mu\text{F}$$

۱۷۹ الف) منفی / ب) از B به A / پ) از A به B

۱۸۰ الف) نادرست / ب) نادرست / پ) درست

۱۸۵ الف) کاهش / ب) ثابت / پ) کاهش

۱۸۶

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{A_2}{A_1} \times \frac{d_1}{d_2} \Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{A_1}{A_2} \times \frac{d_1}{2d_1} = \frac{1}{4}$$

۱۸۷

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow 1 = 8.85 \times 10^{-12} \times \frac{A}{10^{-3}} \Rightarrow A \approx 1.129 \times 10^7 \text{ m}^2$$

محاسبه نشان می‌دهد که مساحت هر صفحه بسیار بسیار بزرگ است! پس درمی‌یابیم که  $1 \text{ F}$  واحد خیلی بزرگی است و در عمل برای خازن‌ها چنین اندازه‌ای از ظرفیت تعریف نمی‌شود.

$$\text{۱۸۹} \quad V = E \times d = 140 \times 3 = 420 \text{ kV}$$

۱۹۱ بار الکتریکی خازن پر شده‌ای که از باتری جدا شده، ثابت می‌ماند. اگر

فاصله‌ی بین صفحات آن را کاهش دهیم (طبق رابطه‌ی  $C \propto \frac{1}{d}$ ، ظرفیت خازن افزایش می‌یابد.

$$q = CV = \xrightarrow{\text{افزایش C: ثابت}} V \text{ کاهش می‌یابد}$$

۱۹۲ اختلاف پتانسیل دو سر خازن ثابت است.

$$C \propto \kappa \xrightarrow{\kappa \downarrow} C: \text{کاهش می‌یابد}$$

$$q = CV = \xrightarrow{\text{ثابت V: کاهش C:}} q \text{ کاهش می‌یابد}$$

۱۹۶ بزرگی میدان الکتریکی بین دو صفحه‌ی خازن باردار به کمک چگالی

سطحی بار الکتریکی هر یک از صفحه‌های آن قابل محاسبه است:

$$E = \frac{V}{d} = \frac{q}{Cd} \xrightarrow{C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d}} E = \frac{q}{\kappa \epsilon_0 A} \xrightarrow{\sigma = \frac{q}{A}} E = \frac{\sigma}{\kappa \epsilon_0}$$