

گزینه ۳

۱

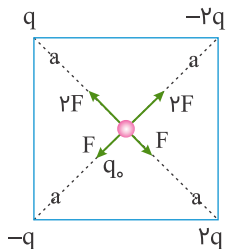
$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \xrightarrow{\Delta U = -\Delta k} Ed = \frac{-\Delta K}{q} \Rightarrow d = \frac{-\Delta K}{Eq}$$

$$d = \frac{-\frac{1}{2} \times 10^{-27} \times (0^2 - (1.6 \times 10^{-6})^2)}{1.6 \times 10^{-19} \times 1/6 \times 10^{-19}} = 0.06 \text{ m} = 6 \text{ cm}$$

گزینه ۴

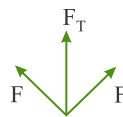
۲

فرض می‌کنیم بار q_0 مثبت باشد و $F = \frac{kqq_0}{a^2}$



F برایند دو نیروی عمود بر هم $\sqrt{F^2 + F^2} = \sqrt{2F^2} = F\sqrt{2}$

قطر مربع $\sqrt{2^2 + 2^2} = \sqrt{8} = 2\sqrt{2} \text{ cm}$



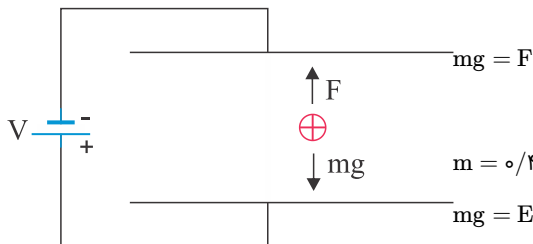
a نصف قطر مربع است و برابر $\sqrt{2} \text{ cm}$ است.

$$F = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^{-6}}{(\sqrt{2} \times 10^{-2})^2} = \frac{9 \times 2}{2} \times 10 = 90 \text{ (N)} \Rightarrow F_T = 90\sqrt{2}$$

گزینه ۲

۳

چون ذره بین دو صفحه معلق است؛ پس برایند نیروهای وارد بر آن صفر است:



در میدان الکتریکی یکنواخت $F = Eq$ ؛ پس: $mg = Eq$ ، لذا:

$$m = 0.4g = 0.4 \times 10^{-3} \text{ kg} = 4 \times 10^{-4} \text{ kg}$$

$$mg = Eq \Rightarrow 4 \times 10^{-4} \times 10 = E \times 5 \times 10^{-6} \Rightarrow E = \frac{4 \times 10^{-3}}{5 \times 10^{-6}} = 8 \times 10^2 \text{ N/C}$$

میدان الکتریکی بین دو صفحه رسانای موازی که در فاصله d از یکدیگر قرار دارند و به اختلاف پتانسیل V وصل هستند، از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$d = 4 \text{ mm} = 4 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$V = Ed \Rightarrow V = (8 \times 10^2) \times (4 \times 10^{-3}) = 3.2 \text{ V}$$

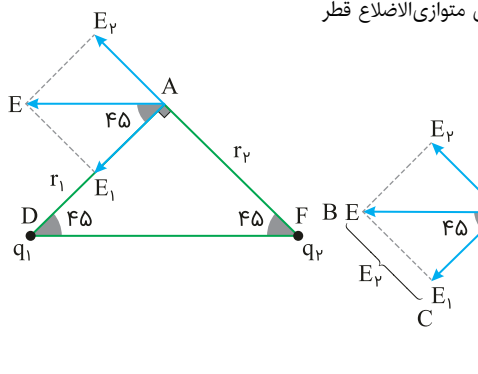
گزینه ۴

۴

خطوط میدان الکتریکی از بار مثبت خارج شده و به بار منفی وارد می‌شوند؛ پس q_1 بار مثبت و q_2 بار منفی است. چون تعداد خطوط میدان منتهی به بار q_1 بیشتر است، پس اندازه این بار بزرگتر است.

باتوجه به شکل میدان حاصل از q_1 و q_2 باید به صورت زیر باشند تا برآیند بتواند در جهت نشان داده شده قرار گیرد. پس $q_1 < 0$ و $q_2 > 0$ می باشد. در رأس A برآیند با E_1 زاویه 45° درجه ساخته است و از آنجا که E_1 و E_2 بر هم عمود هستند، پس برآیند طبق روش متوازی الاضلاع قطر مستطیل است.

پس می توان در مثلث قائم الزاویه ABC از نسبت های مثلثاتی استفاده کرد و با استفاده از $\tan \theta$ در اینجا داریم:



$$\tan 45^\circ = \frac{E_2}{E_1} \Rightarrow 1 = \frac{E_2}{E_1} \Rightarrow 1 = \frac{\frac{k|q_2|}{r_2^2}}{\frac{k|q_1|}{r_1^2}} \Rightarrow 1 = \frac{r_1^2}{r_2^2} \times \frac{|q_2|}{|q_1|}$$

از طرفی از آنجا که مثلث ADF متساوی الساقین است، پس r_1 با r_2 برابر می باشد. در نتیجه داریم:

$$1 = \frac{r_1^2}{r_2^2} \times \frac{|q_2|}{|q_1|} \Rightarrow 1 = \frac{|q_2|}{|q_1|}$$

در نتیجه جواب سؤال برابر است با:

$$\frac{q_2}{q_1} = -1$$

هریک از دو مسیر AB و BC را بررسی می کنیم:

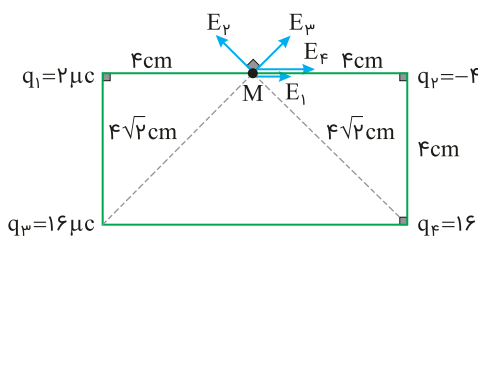
مسیر $A \rightarrow B$: با حرکت در جهت عمود بر خطوط یک میدان الکتریکی، پتانسیل الکتریکی نقاط عبوری و میدان الکتریکی تغییری نمی کند و ثابت است.

مسیر $B \rightarrow C$: با حرکت در جهت خطوط میدان الکتریکی، پتانسیل الکتریکی نقاط عبوری کاهش می یابد. (این موضوع ربطی به علامت بار متحرک ندارد)

از طرفی با حرکت بار منفی در جهت میدان الکتریکی (خلاف جهت حرکت خودبه خودی بار منفی) انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می یابد.

شکل داده شده مستطیل است و مطابق شکل ۴ میدان در نقطه مورد نظر داریم:

حال تک تک میدان ها را به دست می آوریم و سپس برآیند بر حسب $\vec{i}$ و $\vec{j}$ را به دست می آوریم:



$$E_1 = \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-6}}{(4 \times 10^{-2})^2} = 11/25 \times 10^6 \text{ N/C}$$

$$E_2 = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-6}}{(4 \times 10^{-2})^2} = 22/5 \times 10^6 \text{ N/C}$$

$$E_3 = \frac{9 \times 10^9 \times 16\sqrt{2} \times 10^{-6}}{(4\sqrt{2} \times 10^{-2})^2} = 45\sqrt{2} \times 10^6 \text{ N/C}$$

$$E_4 = \frac{9 \times 10^9 \times 16\sqrt{2} \times 10^{-6}}{(4\sqrt{2} \times 10^{-2})^2} = 45\sqrt{2} \times 10^6 \text{ N/C}$$

برآیند E_1 و E_2 در جهت محور x و برابر است با:

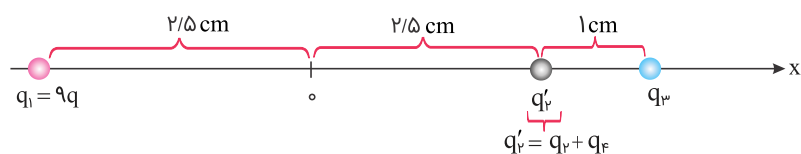
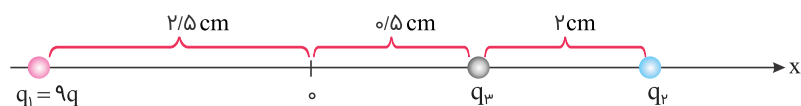
$$|\vec{E}_1 + \vec{E}_2| = 11/25 \times 10^6 + 22/5 \times 10^6 = 33/75 \times 10^6 \text{ N/C}$$

و برآیند E_3 و E_4 در جهت محور y ها و برابر است با:

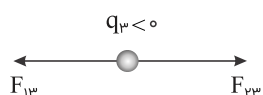
$$|\vec{E}_3 + \vec{E}_4| = \sqrt{(45\sqrt{2} \times 10^6)^2 + (45\sqrt{2} \times 10^6)^2} = 90 \times 10^6$$

در نتیجه برآیند کل برابر است با:

$$\vec{E}_T = 33/75 \times 10^6 \vec{i} + 90 \times 10^6 \vec{j}$$

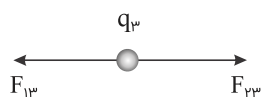


$$(I) \Rightarrow \begin{cases} F_{12} = F_{21} \\ q_2 \cdot q_1 > 0 \xrightarrow{q_1 = 9q > 0} q_2 > 0 \end{cases}$$



$$\frac{k|q_2||q_3|}{r_{23}^2} = \frac{k|q_1||q_2|}{r_{12}^2} \Rightarrow \frac{|q_2|}{r_{23}} = \frac{q_1}{r_{12}}$$

$$\Rightarrow |q_2| = r_{23} q_1 \Rightarrow q_2 = r_{23} q_1 \Rightarrow q'_2 = r_{23} q_1 + q_3$$



$$\Rightarrow \begin{cases} q'_2 < 0 \\ F_{23} = F_{12} \Rightarrow \frac{|q'_2|}{r_{23}} = \frac{|q_1|}{r_{12}} \end{cases}$$

$$\Rightarrow r_{23} q_1 + q_3 = \frac{1}{r_{12}} (9q) = \frac{q}{r_{12}} \Rightarrow q_3 = \frac{q}{r_{12}} - r_{23} q_1$$

$$\Rightarrow q_3 = -\frac{15}{8} q \Rightarrow \frac{q_3}{q_2} = \frac{-\frac{15}{8} q}{r_{23} q_1} = -\frac{15}{16}$$

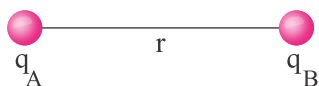
جعبه ابزار: اینکه برآیند نیروهای وارد بر بار q_3 روی خط واصل دو بار نقطه q_1 و q_2 در چه مکانی صفر است.

چالش سؤال: تشخیص اینکه چون پس از اضافه کردن بار q_3 به q_2 ، محل صفر شدن نیروی الکتریکی به خارج فاصله دو بار منتقل شده و همچنان $q_1 > 0$ است. پس باید: $q'_2 = (q_2 + q_3) < 0$ و $|q'_2| < q_1$ شود و مقدار q_3 تأثیر در محاسبات ندارد.

باتوجه به جهت خطوط میدان رسم شده در شکل زیر، خطوط میدان برای بار D به سمت داخل بار است؛ بنابراین بار D منفی است. بار C مخالف بار D یعنی مثبت است. بار B همانم با بار C و مثبت است. بار A مخالف B یعنی منفی است.



گام اول: ذره با بار $10 \mu C$ به دو قسمت A و B تقسیم شده است و در فاصله r از یکدیگر قرار گرفته‌اند، بنابراین:



$$q_A + q_B = 10 \mu C \quad (I)$$

گام دوم: باتوجه به میدان الکتریکی داده شده هر یک از دو ذره در محل ذره دیگر، داریم:

$$(E_{AB} = \frac{kq_A}{r^2}, E_{BA} = \frac{kq_B}{r^2}) \Rightarrow \frac{E_{AB}}{E_{BA}} = \frac{q_A}{q_B} \Rightarrow \frac{F_{\dots}}{F_{\dots}} = \frac{q_A}{q_B}$$

$$\Rightarrow q_B = \frac{1}{3} q_A \quad (II)$$

حالا می‌توان با استفاده از دو رابطه (I) و (II)، q_A و q_B را به دست آورد:

$$q_A = 6 \mu C, \quad q_B = 4 \mu C$$

گام سوم: با استفاده از رابطه میدان الکتریکی ذره A در محل ذره B، فاصله دو ذره را به دست می‌آوریم:

$$E_{AB} = \frac{kq_A}{r^2} \Rightarrow F_{\dots} = \frac{9 \times 10^9 \times 6 \times 10^{-6}}{r^2} \Rightarrow r^2 = \frac{36 \times 10^3}{6 \times 10^6} = 9$$

$$\Rightarrow r = 3 \text{ m}$$

راه حل دوم:

میدان هر یک از بارها را در محل بار دوم حساب می‌کنیم:

$$\left. \begin{aligned} E_A &= \frac{kq_A}{r^2} \\ E_B &= \frac{kq_B}{r^2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow E_A + E_B = k \frac{(q_A + q_B)}{r^2}$$

$$\Rightarrow F_{\dots} + F_{\dots} = 9 \times 10^9 \times \frac{10 \times 10^{-6}}{r^2} \Rightarrow r^2 = 9 \times 10^9 \times \frac{10^{-6}}{10^6} = 9 \Rightarrow r = 3 \text{ m}$$

در حالت اول اگر میدان ناشی از بار $+q$ را E_1 و دیگری را E_2 و فاصله دو بار را $2r$ فرض کنیم، داریم:

$$E = E_1 + E_2 = k \frac{q}{r^2} + k \frac{q}{r^2} = 2k \frac{q}{r^2} \quad (\text{به سمت راست})$$

بعد از اعمال تغییرات داریم:

$$E' = k \frac{2q}{r^2} - k \frac{q}{r^2} = k \frac{q}{r^2} = \frac{E}{2} \quad (\text{به سمت راست})$$

و اگر بار $-q$ دو برابر شود:

$$E' = k \frac{2q}{r^2} - k \frac{q}{r^2} = k \frac{q}{r^2} = \frac{E}{2} \quad (\text{به سمت راست})$$

یعنی علامت بردار میدان برآیند عوض نمی‌شود.

از رابطه‌های $C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d}$ و $C = \frac{Q}{V}$ داریم:

$$\kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} = \frac{Q}{V} \Rightarrow \kappa \epsilon_0 = \frac{Q}{A} \times \frac{d}{V} \xrightarrow{E=\frac{V}{d}} \kappa \epsilon_0 = \frac{Q}{A} \times \frac{1}{E} \Rightarrow E = \frac{Q}{\kappa \epsilon_0 A}$$

حالا اندازه میدان بین صفحه‌ها را به دست می‌آوریم:

$$\left. \begin{array}{l} Q = 0/18 \times 10^{-9} \\ A = 1 \text{ cm}^2 = 10^{-4} \text{ m}^2 \\ \kappa = 10 \end{array} \right\} \Rightarrow E = \frac{0/18 \times 10^{-9}}{10 \times 9 \times 10^{-12} \times 1 \times 10^{-4}} = 2 \times 10^4 \text{ V/m} = 20 \text{ kV/m}$$

در باردار کردن به روش مالشی یکی از جسم‌ها بار $+q$ و دیگری $-q$ به خود می‌گیرد. پس اختلاف آن‌ها برابر است با:

$$q - (-q) = 2q$$

حالا q را به دست می‌آوریم:

$$q = ne \Rightarrow q = 20 \times 10^{18} \times 1/6 \times 10^{-19} = 3/2$$

پس پاسخ سؤال برابر است با:

$$2q = 2 \times 3/2 = 6/2 \text{ C}$$

چون این خازن به مولد متصل است، پس اختلاف پتانسیل دو سر آن ثابت خواهد ماند و با خارج کردن دی الکتریک از بین صفحات خازن، ظرفیت خازن و بار خازن به صورت زیر به دست می‌آیند:

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \xrightarrow[k_2=1, k_1=2]{\text{ثابت } A, d} \frac{C_2}{C_1} = \frac{\kappa_2}{\kappa_1} = \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow C_2 = \frac{1}{2} C_1 \xrightarrow{C_1=4 \times 10^{-2} \mu\text{F}} C_2 = \frac{1}{2} (4 \times 10^{-2}) \Rightarrow C_2 = 2 \times 10^{-2} \mu\text{F}$$

$$q_2 = \underset{\substack{\uparrow \\ \text{ظرفیت برحسب میکروفاراد}}}{C_2} V = (2 \times 10^{-2}) \times 200 = 4 \mu\text{C}$$

پتانسیل ثابت و برابر با ۲۰۰ ولت است

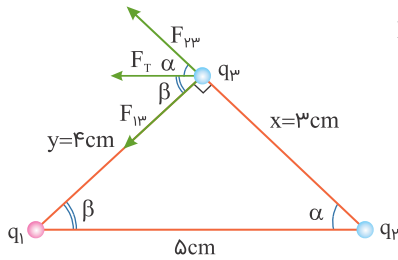
در شکل "الف" بیشترین تراکم خطوط میدان وجود دارد پس داریم:

$$E_{\text{الف}} > E_{\text{ب}} > E_{\text{ج}}$$

حال با توجه به این که تنها نیروی الکتریکی وجود دارد طبق رابطه $\Delta K = -\Delta U = E|q|d \cos \alpha$ بیشترین ΔK برای آرایش "الف" است و طبق قضیه کار و انرژی ($\Delta K = \frac{1}{2} m(v_2^2 - v_1^2)$)، سرعت الکترون در آرایش "الف" بیشتر خواهد بود. دقت شود سرعت اولیه صفر است.

$$\vec{F}_{13} = k \frac{q_1 q_3}{y^2}, \quad \vec{F}_{23} = k \frac{q_2 q_3}{x^2}$$

برآیند نیروهای $\vec{F}_{23}$ و $\vec{F}_{13}$ موازی افق فرض شده است. بنابراین مؤلفه‌های عمودی این نیروها یعنی $F_{23} \sin \alpha$ و $F_{13} \sin \beta$ با یکدیگر برابر و برآیندشان برابر صفر است.



$$F_{23} \sin \alpha = F_{13} \sin \beta \Rightarrow \frac{q_2 \times ۶}{(۳)^2} \times \frac{۴}{\Delta} = \frac{۲ \times ۶}{(۴)^2} \times \frac{۳}{\Delta} \Rightarrow \frac{۴q_2}{9} = \frac{۶}{16}$$

$$\Rightarrow q_2 = \frac{9 \times ۶}{۴ \times 16} = \frac{27}{32} \mu C$$

از طرفی q_2, q_3 را دفع کرده پس منفی است.

ابتدا بار ذخیره شده در خازن را حساب می‌کنیم:

$$q = CV = ۲ \times 10^{-9} \times 54 = 108 \times 10^{-9}$$

چون خازن را از باتری جدا می‌کنیم، بار آن ثابت می‌ماند بنابراین طبق رابطه میدانی الکتریکی در خازن می‌توان نوشت:

$$E = \frac{q}{\kappa \epsilon_0 A} \xrightarrow{\kappa=۲} ۲ \times 10^5 = \frac{108 \times 10^{-9}}{۲ \times 9 \times 10^{-12} \times A} \Rightarrow A = ۳ \times 10^{-2} = \pi r^2$$

$$r^2 = 10^{-2} \text{ m} \Rightarrow r = 0.1 \text{ m} = 10 \text{ cm} \Rightarrow \text{قطر } d = ۲0 \text{ cm}$$

توجه: رابطه میدانی الکتریکی در خازن به این ترتیب بدست می‌آید:

$$q = CV \xrightarrow{V=Ed, C=\kappa \epsilon_0 \frac{A}{d}} q = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \times Ed \Rightarrow q = \kappa \epsilon_0 AE \Rightarrow E = \frac{q}{\kappa \epsilon_0 A}$$

$$V_{\max} = Ed_{\max} \Rightarrow V_{\max} = ۲0 \times \frac{10^3}{10^{-3}} \times ۲ \times 10^{-1} \times 10^{-3} = 4000 \text{ V}$$

چون فاصله دو صفحه برحسب میلی‌متر داده شده بود، می‌توانستیم آن را به متر تبدیل نکرده و قدرت دی‌الکتریک را هم برحسب ولت بر میلی‌متر بگذاریم.

$$C = \frac{q}{V} \Rightarrow q = CV = 5 \times 10^{-6} \times 220 = 1100 \times 10^{-6} = 1/1 \times 10^{-3} \text{ C} = 1/1 \text{ mC}$$

ابتدا برآیند نیروهای وارد بر بار q_3 را به صورت پارامتری به دست آورده و برابر γ قرار می‌دهیم.

$$|F_{13}| = \frac{k|q||q|}{\epsilon d^2} = \frac{k|q|^2}{\epsilon d^2}$$

$$|F_{23}| = \frac{k|\gamma q||q|}{d^2} = \frac{\gamma k|q|^2}{d^2}$$

$$|F_T| = |F_{23}| + |F_{13}| = \frac{\gamma k|q|^2}{d^2} + \frac{k|q|^2}{\epsilon d^2} = \frac{\gamma}{\epsilon} \frac{k|q|^2}{d^2} = \gamma \text{ N}$$

$$\Rightarrow \frac{k|q|^2}{d^2} = \epsilon \text{ N} \quad (\text{معادله ۱})$$

حالا برآیند نیروهای وارد بر q_2 را به دست می‌آوریم:

$$\left. \begin{aligned} |F_{12}| &= \frac{k|q||\gamma q|}{d^2} = \frac{\gamma k|q|^2}{d^2} \\ |F_{32}| &= \frac{k|q||\gamma q|}{d^2} = \frac{\gamma k|q|^2}{d^2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow |F_T| = \frac{\epsilon k|q|^2}{d^2}$$

$$|F_T| = \epsilon \times \epsilon = 16 \text{ N} \Rightarrow \text{باتوجه به معادله ۱}$$

باتوجه به جهت F_{12} و F_{32} برآیند به سمت مثبت محور x است در نتیجه:

$$\vec{F}_T = 16\vec{i}$$

وقتی رسانا را داخل خازن قرار می‌دهیم، درواقع فاصله بین صفحات را کاهش داده‌ایم ($d_2 = \frac{1}{\gamma} d_1$):

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{\kappa_2}{\kappa_1} \times \frac{d_1}{d_2} \Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \epsilon \times \frac{1}{\frac{1}{\gamma}} = \epsilon \times \gamma = \lambda$$

ابتدا اختلاف پتانسیل الکتریکی بین نقطه M و صفحه بالایی را به دست می‌آوریم. طبق رابطه $|\Delta V| = Ed$ ، اختلاف پتانسیل بین دو نقطه با فاصله آن‌ها متناسب است.

$$\frac{\Delta V_{M \text{ و صفحه بالا}}}{\Delta V_{\text{بین دو صفحه}}} = \frac{d_{M \text{ و صفحه بالا}}}{d_{\text{بین دو صفحه}}} \Rightarrow \frac{\Delta V_{M \text{ و صفحه بالا}}}{20 - (-10)} = \frac{20}{30}$$

$$\Rightarrow \Delta V_{M \text{ و صفحه بالا}} = 20 \text{ V}$$

تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار در جابه‌جایی از نقطه M تا صفحه بالایی را به دست می‌آوریم:

$$\Delta U = q\Delta V \Rightarrow \Delta U = (-40 \times 10^{-6})(+20) = -8 \times 10^{-5} \text{ J}$$

کار نیروی میدان قرینه تغییرات انرژی الکتریکی بار است: پس:

$$W_E = -\Delta U_E = -(-8 \times 10^{-5}) = +8 \times 10^{-5} \text{ J}$$

طبق قضیه کار و انرژی جنبشی، تندی بار هنگام رسیدن به صفحه بالایی برابر است با:

$$W_E + W_{mg} = K_2 - K_1 \Rightarrow 8 \times 10^{-5} + (-mgd) = K_2 - 0$$

$$\Rightarrow 8 \times 10^{-5} - 2 \times 10^{-5} \times 10 \times \frac{20}{100} = \frac{1}{2} \times 2 \times 10^{-5} \times v^2$$

$$\Rightarrow v^2 = 8 \Rightarrow v = 2 \text{ m/s}$$

در ابتدا که جمع برداری دو میدان الکتریکی $\vec{E}_A$ و $\vec{E}_B$ برابر با $\vec{E}$ است، می توان نوشت:

$$\vec{E} = \vec{E}_A + \vec{E}_B$$

وقتی بار q_A خنثی می شود میدان الکتریکی در این نقطه فقط برابر با $\vec{E}_B$ است، یعنی:

$$-\frac{\vec{E}}{3} = \vec{E}_B$$

با حل دو معادله فوق داریم:

$$\vec{E}_B = -\frac{\vec{E}}{3}, \quad \vec{E}_A = +\frac{2}{3}\vec{E}$$

توجه کنید که چون $E_A > 0$ و $E_B < 0$ است (البته باید توجه داشت که نقطه M بین دو بار است) پس دو بردار $\vec{E}_A$ و $\vec{E}_B$ در خلاف جهت یکدیگر هستند یعنی q_A و q_B همنام اند.



از طرفی باتوجه به رابطه میدان الکتریکی داریم:

$$E = k \frac{|q|}{r^2} \Rightarrow \left| \frac{E_A}{E_B} \right| = \left| \frac{q_A}{q_B} \right| \times \left(\frac{r_B}{r_A} \right)^2 \Rightarrow \frac{\frac{2}{3}E}{\frac{1}{3}E} = \left| \frac{q_A}{q_B} \right| \times \left(\frac{r_0}{r_0} \right)^2 \Rightarrow \left| \frac{q_A}{q_B} \right| = 1$$

باتوجه به توضیح بالا داریم:

$$\frac{q_A}{q_B} = +1$$

دقت کنید که میدان ناشی از بارهای هم اندازه که در فاصله یکسانی از نقطه P قرار دارند و با نقطه P روی یک خط قرار می گیرند باهم خنثی می شوند؛ پس تنها بارهای $-q$ و $-2q$ میدان هایی نابرابر تولید خواهند کرد. اگر میدان ناشی از بار q را با E_1 نشان دهیم، میدان برآیند در نقطه P برابر است با:

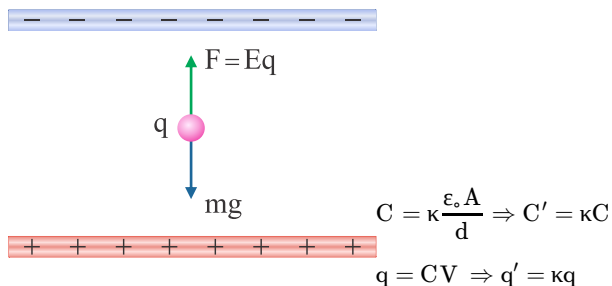
$$2E_1 \leftarrow \bullet \rightarrow E_1 \quad |E_t = 2E_1 - E_1 = E_1 = k \frac{q}{d^2} \Rightarrow 10^9 = 9 \times 10^9 \times \frac{q}{(0.03)^2} \Rightarrow |q| = 10^{-6} C \Rightarrow |q| = 1 \mu C$$

$$E = \frac{V}{d} = \frac{q}{C} \xrightarrow{\text{ثابت } d, q} E \propto \frac{1}{C}$$

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow E \propto \frac{1}{\kappa} \Rightarrow E = \frac{E_0}{\kappa} \Rightarrow E = \frac{2}{5} E_0$$

$$\Delta E = E - E_0 = \frac{2}{5} E_0 - E_0 = -\frac{3}{5} E_0 \Rightarrow \Delta E = -60\% E_0$$

چون علامت ΔE منفی است، پس کاهش داشته است.



وقتی فضای بین صفحات خازن با هوا پر می‌شود، ضریب دی‌الکتریک محیط افزایش می‌یابد. این افزایش ضریب دی‌الکتریک باعث کاهش میدان الکتریکی بین صفحات خازن می‌شود، زیرا میدان الکتریکی E در یک خازن با ضریب دی‌الکتریک κ به صورت زیر تغییر می‌کند: $E = \frac{E_0}{\kappa}$ که در آن E_0 میدان الکتریکی اولیه در خلأ است و κ ضریب دی‌الکتریک محیط جدید (هوا) است. با کاهش میدان الکتریکی، نیروی الکتریکی وارد بر بار q نیز کاهش می‌یابد. اگر بار q در حالت تعادل تحت تأثیر نیروی الکتریکی و نیروی گرانشی قرار داشته باشد، کاهش نیروی الکتریکی ممکن است باعث شود که تعادل بار q به هم بخورد. به طور خاص، اگر نیروی الکتریکی کاهش یابد و نیروی دیگری مانند گرانش همچنان به همان اندازه باقی بماند، بار q به سمت نیروی غالب (مثلاً به سمت پایین در صورت غالب بودن نیروی گرانشی) حرکت کند. بنابراین، بار q ممکن است از حالت تعادل خارج شود و به سمت صفحه‌ای که نیروی کمتری بر آن وارد می‌شود، حرکت کند.

$$|E| = \frac{|F|}{|q|} \Rightarrow 2 \times 10^5 = \frac{|F|}{50 \times 10^{-9}} \Rightarrow |F| = 100 \times 10^{-4} = 1 \times 10^{-3}$$

در ابتدا نیرویی که از طرف بار q_A به بار q_B وارد می‌شود را محاسبه می‌کنیم:

$$F = \frac{kq_A q_B}{(r_{AB})^2} = k \frac{q_A q_B}{r d^2}$$

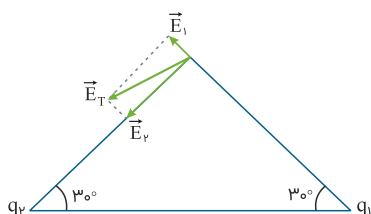
باتوجه به علامت بار q_A و q_B این نیرو به سمت چپ است. حال اگر برآیند نیروهای وارد بر q_B را F' بنامیم، طبق صورت سؤال F' قرینه F است. اگر نیرویی که بار q_C به q_B وارد می‌کند را F'' بنامیم، اندازه F'' باید ۲ برابر F و در سوی مخالف آن باشد تا برآیند آن‌ها برابر با قرینه F شود؛ یعنی q_C نیز باید q_B را دفع کند و بار آن مثبت است.

$$F'' = 2F \Rightarrow k \frac{|q_C| |q_B|}{d^2} = 2k \frac{|q_A| |q_B|}{r d^2} \Rightarrow |q_C| = \frac{1}{r} |q_A|$$

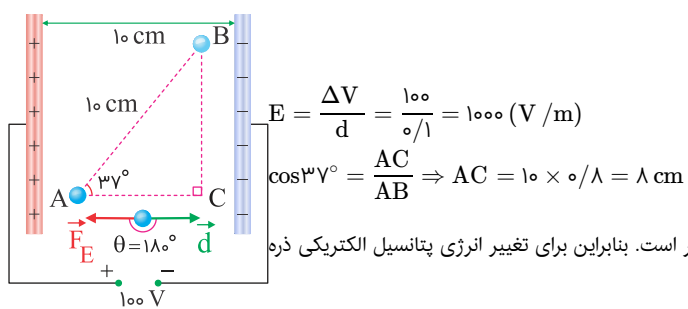
$\xrightarrow{q_A, q_C \text{ هر دو مثبت هستند}} q_C = +\frac{1}{r} q_A$

میدان حاصل از دو بار باید به صورت زیر رسم شود تا برآیند آن‌ها در جهت نشان داده شده باشد.

باتوجه به شکل بار q_2 منفی و بار q_1 مثبت است و چون میدان برآیند به میدان E_2 نزدیک‌تر است، بنابراین میدان E_2 قوی‌تر است و باتوجه به مساوی بودن فاصله‌ها اندازه بار q_2 بیشتر از q_1 خواهد بود.



اندازهٔ میدان الکتریکی یکنواخت بین دو صفحه و طول پاره خط AC را به دست می‌آوریم:



در جابجایی‌های عمود بر خطوط میدان الکتریکی، تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی ذره برابر صفر است. بنابراین برای تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی ذره در مسیر ABC داریم:

$$\Delta U_{AB} = \Delta U_{AC} + \Delta U_{CB} \xrightarrow{\Delta U_{CB}=0} \Delta U_{AB} = \Delta U_{AC} = -|q|Ed \cos \theta$$

$$\xrightarrow{d=AC=8 \text{ cm}} \Delta U_{AB} = -| -1 \times 10^{-6} | \times 1000 \times 8 \times 10^{-2} \times \cos 37^\circ$$

$$\Rightarrow \Delta U_{AB} = 64 \times 10^{-5} \text{ J} \Rightarrow \Delta U_{AB} = 0.64 \text{ mJ}$$