

فصل دوم: الکتروسیته ساکن

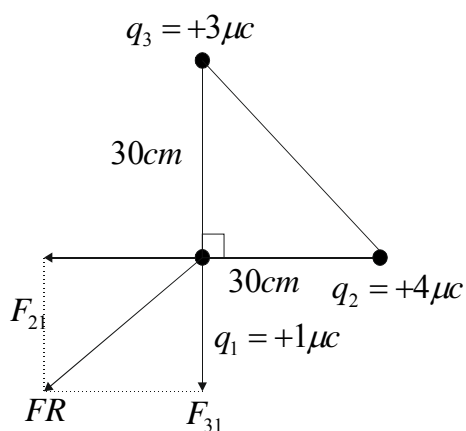
قانون کولن: هر دو بار الکتریکی q_1 و q_2 که در فاصله r از یکدیگر قرار دارند، یکدیگر را جذب یا دفع می‌کنند که نیروی بین آنها از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$F = K \frac{q_1 \times q_2}{r^2} \quad K = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{c^2}$$

مثال: دو بار الکتریکی $q_1 = 4 \mu c$ و $q_2 = 25 \mu c$ در فاصله 3 cm از هم واقع هستند. نیروی بین این دو بار را حساب کنید.

$$F = K \frac{q_1 q_2}{r^2} \Rightarrow \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-6} \times 25 \times 10^{-6}}{9 \times 10^{-4}} = 100 \times 10^{-1} N$$

مثال: در شکل زیر برآیند وارد بر بار q_1 را حساب کنید.

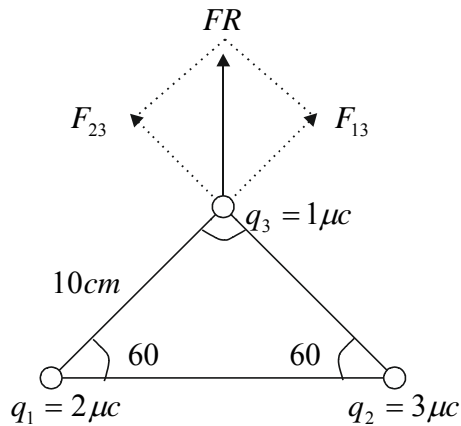


$$F_{2,1} = \frac{k \times q_1 \times q_2}{r^2} \Rightarrow F_{2,1} = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-6} \times 10^{-6}}{9} \Rightarrow F_{2,1} = 0/4 N$$

$$F_{3,1} = \frac{k \times q_1 \times q_2}{r^2} \Rightarrow F_{3,1} = \frac{9 \times 10^9 \times 3 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^{-6}}{9} \Rightarrow F_{3,1} = 0/3 N$$

$$FR = \sqrt{(F_{2,1})^2 + (F_{3,1})^2} \Rightarrow FR = 0/5$$

مثال: سه بار الکتریکی نقطه‌ای مطابق شکل زیر در سه رأس مثلثی واقع است. برآیند نیروی وارد بر q_3 چقدر است؟



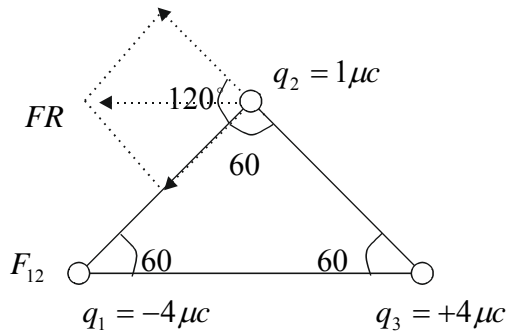
$$FR = \sqrt{(F_{3,1})^2 + (F_{2,3})^2 + 2F_{1,3}F_{2,3} \times \cos 60}$$

$$F_{1,3} = \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{100 \times 10^{-4}} = \frac{9}{50} \times 10 = \frac{9}{5} = 1/8 N$$

$$F_{2,3} = \frac{9 \times 10^9 \times 3 \times 10^{-6} \times 10^{-6}}{0/1} = \frac{27}{100} \times 10 = 2/7 N$$

$$FR = \sqrt{(1/8)^2 + (2/7)^2 + 2 \times (1/8) \times (2/7) \times \frac{1}{2}} = 3/3$$

مثال: مطابق شکل زیر برآیند نیروی وارد بر q_2 را حساب کنید.

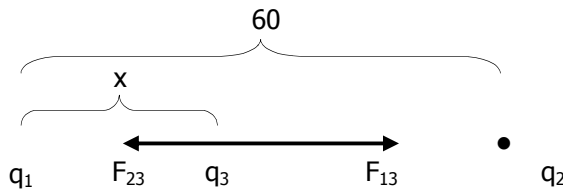


$$FR = \sqrt{(F_{1,2})^2 + (F_{3,2})^2 + 2F_{1,2} \times F_{2,3} \times \cos 120}$$

$$F_{1,3} = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-6} \times 10^{-6}}{0/01} \Rightarrow F_{1,2} = 3/6$$

$$FR = \sqrt{(3/6)^2 + (3/6)^2 + 3/6 \times 3/6 \times \cos 120} = 3/6$$

مثال: دو بار الکتریکی $q_1 = 2 \mu C$ و $q_2 = 8 \mu C$ در فاصله‌ی ۶۰ cm از هم قرار دارند. بار سوم q_3 را کجا قرار دهیم تا هیچ نیرویی بر آن وارد نشود؟ درباره‌ی نوع و اندازه‌ی q_3 چه نظری دارید؟

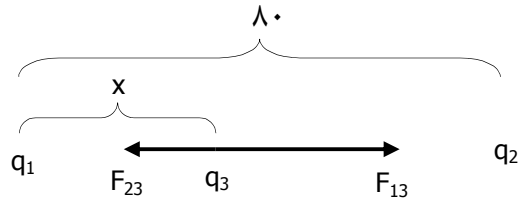


$$|F_{23}| = |F_{13}| \Rightarrow \sum F = 0$$

$$\frac{Kq_2q_3}{(60-x)^2} = \frac{Kq_1q_3}{x^2} \quad \frac{8}{(60-x)^2} = \frac{2}{x^2} \quad \frac{4}{(60-x)^2} = \frac{1}{x^2} \quad \Rightarrow \frac{2}{60-x} = \frac{1}{x}$$

$$60 - x = 2x \quad 3x = 60 \quad x = 20 \text{ cm}$$

مثال: دو بار $q_1 = 3 \mu C$ و $q_2 = 27 \mu C$ در فاصله‌ی ۸۰ cm از یکدیگر قرار دارند. بار سوم q_3 را کجا قرار دهیم تا هیچ نیرویی بر آن وارد نشود؟



$$|F_{13}| = |F_{23}| \Rightarrow \sum F = 0$$

$$\frac{Kq_1q_3}{x^2} = \frac{Kq_2q_3}{(80-x)^2} \quad \frac{3}{x^2} = \frac{27}{(80-x)^2} \quad \frac{1}{x} = \frac{3}{80-x}$$

$$3x = 80 - x$$

$$4x = 80$$

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

مثال: دو بار الکتریکی $q_1 = 5 \mu\text{C}$ و $q_2 = -125 \mu\text{C}$ در فاصله 1 m از هم واقع هستند. q_3 را کجا قرار دهیم تا برآیند نیروهای وارد بر آن صفر شود؟



$$|F_{13}| = |F_{23}| \Rightarrow \sum F = 0$$

$$\frac{Kq_1q_3}{x^2} = \frac{Kq_2q_3}{(1+x)^2} \quad \frac{5}{x^2} = \frac{125}{(1+x)^2} \quad \frac{1}{x} = \frac{5}{1+x}$$

$$5x = 1 + x \quad 4x = 1 \quad x = \frac{1}{4} \text{ m} = 25 \text{ cm}$$

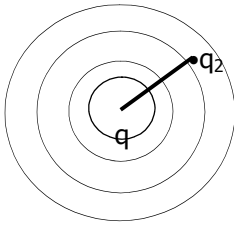
نکات مهم:

هرگاه دو بار الکتریکی q_1 و q_2 هم علامت باشند همیشه بین دو بار و نزدیک بار کوچکتر نقطه‌ای می‌توان یافت که اگر بار سومی آنجا قرار گیرد هیچ نیرویی بر آن وارد نشود.

هرگاه دو بار الکتریکی q_1 و q_2 مختلف‌العلامت باشند، همیشه بیرون از دو بار و نزدیک به بار کوچکتر نقطه‌ای می‌توان یافت که اگر بار سومی در آنجا قرار گیرد، هیچ نیرویی بر آن وارد نشود.

تعریف کیفی میدان الکتریکی: خاصیتی است در فضای محدود در اطراف هر جسم باردار که در این فضا بر هر جسم باردار دیگر، نیرو وارد می‌شود.

تعریف کمی میدان الکتریکی: نیروی وارد بر واحد بار الکتریکی در هر نقطه را شدت میدان (بزرگی میدان - کمی میدان) می‌گویند.



$$\vec{E}_{N/C} = \frac{F}{q} = \frac{Kq}{r^2} \text{ رابطه کلی:}$$

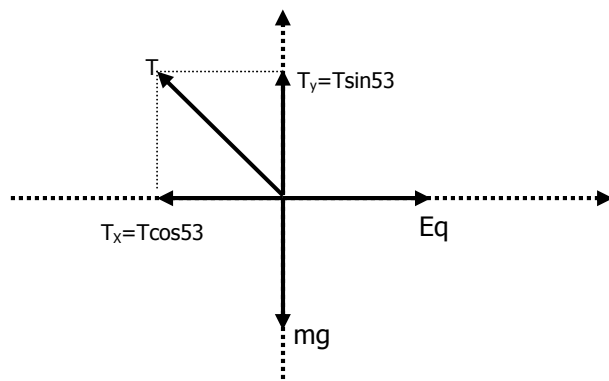
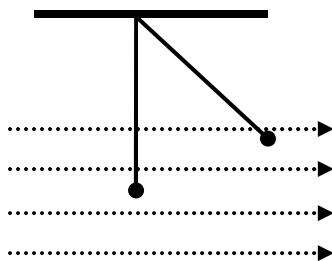
مثال: بار الکتریکی $q = 5 \mu\text{C}$ را در نظر بگیرید. بزرگی میدان را در فاصله 3 cm از این بار را تعیین کنید.

$$\vec{E} = \frac{Kq}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 5 \times 10^{-6}}{\left(\frac{3}{100}\right)^2} = \frac{9 \times 5 \times 10^3}{9 \times 10^{-4}} = 5 \times 10^7 \text{ N/C}$$

مثال: در نقطه‌ای از فضا بزرگی میدان الکتریکی $4 \times 10^5 \text{ N/C}$ است. اگر در این نقطه بار $3 \mu\text{C}$ قرار دهیم، چه نیرویی بر آن وارد می‌شود؟

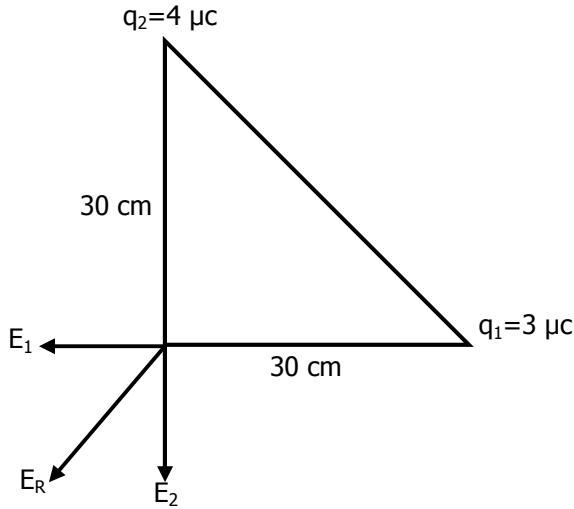
$$E = \frac{F}{q} \quad F = Eq = 4 \times 10^5 \times 3 \times 10^{-6} = 1.2 \text{ N}$$

مثال: یک ذره باردار به جرم m و بار $q = 20 \mu\text{C}$ توسط نخ سبک از سقف آویزان است. اگر میدان الکتریکی یکنواخت و موازی و افقی به بزرگی $5 \times 10^5 \text{ N/C}$ مطابق شکل بر آن اثر کند و آن را منحرف کند به طوری که نخ با امتداد قائم زاویه 37° درجه بسازد. جرم این ذره باردار را بدست آورید.



$$\frac{F = T \cos 53}{mg = T \sin 53} \Rightarrow \frac{mg}{Eq} = \tan 53 \quad \frac{m \times 10}{5 \times 10^5 \times 20 \times 10^{-6}} = \frac{8}{6} \quad m = \frac{4}{3} \text{ Kg}$$

مثال: مطابق شکل زیر دو بار الکتریکی در دو رأس از یک مثلث قرار دارند. میدان الکتریکی را در رأس سوم حساب کنید.

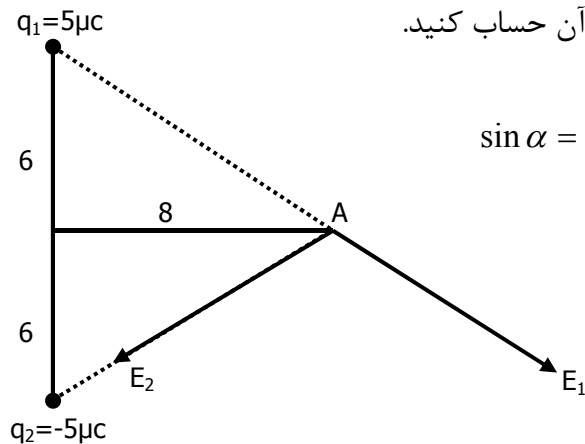


$$E_1 = \frac{Kq_1}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 3 \times 10^{-6}}{\left(\frac{3}{10}\right)^2} = 3 \times 10^5 \text{ N/C}$$

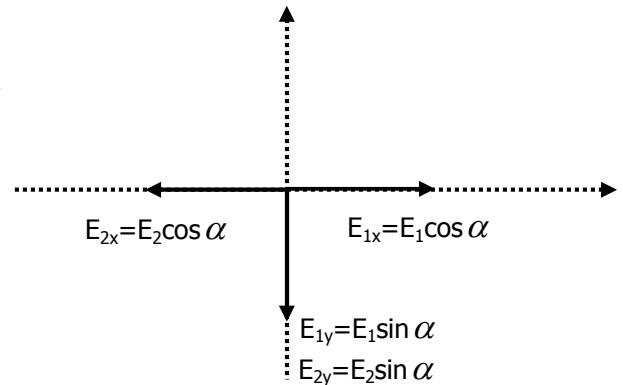
$$E_2 = \frac{Kq_2}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-6}}{\left(\frac{3}{10}\right)^2} = 4 \times 10^5 \text{ N/C}$$

$$E_R = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{(3 \times 10^5)^2 + (4 \times 10^5)^2} = 5 \times 10^5 \text{ N/C}$$

مثال (دو قطبی): دو بار الکتریکی $q_1 = 5 \mu\text{C}$ و $q_2 = -5 \mu\text{C}$ در فاصله‌ی ۱۲ cm از یکدیگر قرار دارند. میدان الکتریکی برآیند را روی عمود منصف و در فاصله‌ی ۸ cm از آن حساب کنید.



$$\sin \alpha = \frac{6}{10}$$



$$\vec{R} = R_x = \vec{E}_{1x} + \vec{E}_{2x} = 0$$

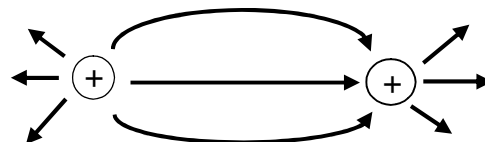
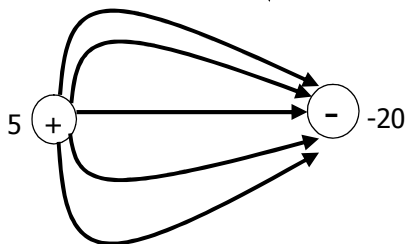
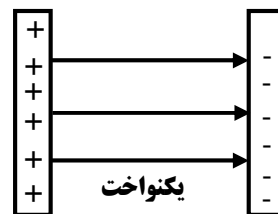
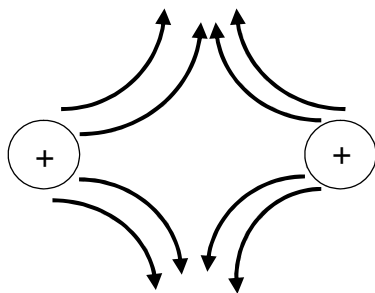
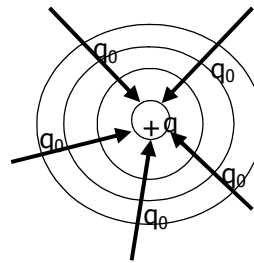
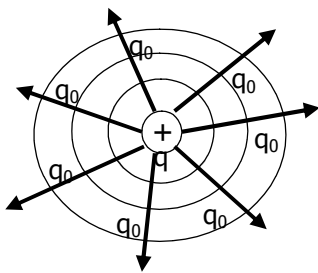
$$\vec{R} = R_y = \vec{E}_{1y} + \vec{E}_{2y} = E_1 \sin \alpha + E_2 \sin \alpha$$

$$\vec{R} = R_y = 2E \sin \alpha = 2 \times \frac{Kq_1}{r^2} \times \frac{6}{10} = \frac{2 \times 9 \times 10^9 \times 5 \times 10^{-6}}{\left(\frac{1}{10}\right)^2} \times \frac{6}{10} = 54 \times 10^5 \text{ N/C}$$

معرفی بار آزمون: بنابر این فرضیه واحد بار مثبت الکتریکی، بار آزمون نامیده می‌شود. این بار فرضی است و به

صورت زیر نمایش داده می‌شود: $q_0 = +1c$

نکته: میدان الکتریکی را به کمک فرضیه‌ی بار آزمون تحلیل می‌کنیم، به این منظور چندین مرتبه بار q_0 را در فضای میدان قرار می‌دهیم. نیرویی که بر بار آزمون در هر نقطه‌ای وارد می‌شود، جهت میدان الکتریکی را مشخص می‌کند.



تعریف میدان الکتریکی یکنواخت: هرگاه اندازه و جهت میدان الکتریکی در یک ناحیه از فضا ثابت بماند، میدان الکتریکی یکنواخت نامیده می‌شود.

ویژگی‌های خطوط میدان الکتریکی:

۱. خطوط میدان همیشه از بارهای مثبت خارج می‌شود و به بارهای منفی وارد می‌شود.
۲. مماس بر خطوط میدان در هر نقطه جهت نیروی F وارد بر بار q را در آن نقطه نشان می‌دهد.
۳. جهت خطوط نشانگر جهت میدان الکتریکی است.
۴. تراکم خطوط بیانگر شدت میدان است.
۵. خطوط میدان الکتریکی هیچگاه یکدیگر را قطع نمی‌کنند.

سوال: چرا خطوط میدان یکدیگر را قطع نمی‌کنند؟ از برهان خلف استفاده می‌کنیم. فرض کنید خطوط میدان یکدیگر را قطع کنند. در این حالت در محل تقاطع آن یکبار q قرار می‌دهیم، در این حالت باید بر بار q در این نقطه یک نیروی F وارد شود که دارای دو جهت باشد که این خلاف عقل است و جهت هر نیرو منحصر به فرد است

تذکر: نیروی کلونی بین دو بار q_1 و q_2 طبق قانون سوم نیوتن نیروهای عمل و عکس‌العمل‌اند یعنی با هم مساوی و در خلاف جهت هم هستند. یعنی:

$$F_{12} = F_{21}$$

فرمول اصلی میدان الکتریکی:

$$\frac{E}{1} = \frac{F_{(N)}}{q_{(C)}} \Rightarrow \vec{F} = E q_0$$

مثال: یک بار $q_0 = 1c$ است. در میدان الکتریکی ($E = 5 \cdot 10^5 \text{ N/C}$) قرار دارد:

الف) چه نیروی بر آن وارد می‌شود؟

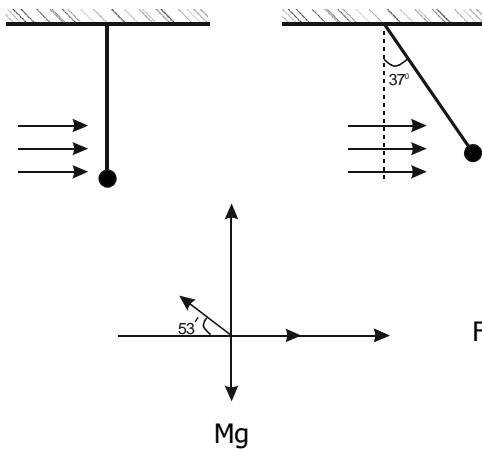
$$\vec{F} = \vec{E} \times q_0$$

$$F = 5 \times 10^5 \times 1 \Rightarrow F = 5 \times 10^5 N$$

(ب) اگر بجای q_0 بار الکتریکی $4 \mu C$ قرار گیرد چه نیروی بر آن وارد می‌شود؟

$$\vec{F} = \vec{E} \times q_0 = 5 \times 10^5 (4 \times 10^{-6}) = 20 \times 10^{-1} = 2 N$$

مثال: مطابق شکل زیر نخ سبکی را به یک بار الکتریکی $4 \mu C$ متصل می‌کنیم و از سقف آزمایشگاه آویزان می‌کنیم و آن را در یک میدان الکتریکی ($E = 5 \cdot 10^5 N/C$) قرار می‌دهیم. در این حالت نخ با راستای قائم زاویه 37° درجه می‌سازد، جرم این گلوله را حساب کنید.



$$\sin 37^\circ = 0.6$$

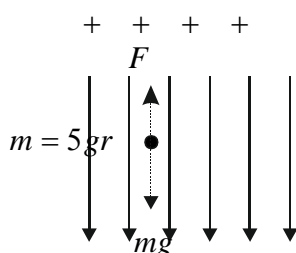
$$\cos 37^\circ = 0.8$$

$$\sum F = 0 \text{ شرط سکون}$$

$$\begin{cases} Eq - T \cos 53 = 0 \\ T \sin 53 - mg = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{T \sin 53}{T \cos 53} = \frac{mg}{Eq} \\ \tan 53^\circ = \frac{mg}{Eq} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{0.8}{0.6} = \frac{m \times 10}{(5 \times 10^5 \times 4 \times 10^{-6})} \Rightarrow 8 = 30m \Rightarrow \frac{8}{30} \Rightarrow m = \frac{4}{15} = 3\sqrt{2} kg$$

مثال: در ناحیه‌ای از فضا خطوط میدان یکنواخت، قائم و به سمت پایین است ($E = 4 \cdot 10^4 N/C$) ذره بارداری به



جرم $5g$ در این میدان معلق است، اندازه و نوع بار آنرا حساب کنید.

$$E = 4 \cdot 10^4 N/C$$

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

$$q = \frac{5 \times 10^{-2}}{4 \times 10^{-4}} = 1/25 \times 10^{-6} \Rightarrow q = -1/25 \mu\text{c}$$

نکته: خطوط میدان الکتریکی در واقع مسیری است که بار مثبت آزمون در آن حرکت کرده است (بر آن نیرو وارد شده است).

(۱) همه بارهای مثبت در یک میدان الکتریکی در جهت میدان کشیده می شود.

(۲) همه ی بارهای منفی در خلاف جهت میدان کشیده می شود.

تعریف میدان الکتریکی یکنواخت: هرگاه اندازه و جهت خطوط در یک قسمت از فضا ثابت بماند میدان الکتریکی یکنواخت نامیده می شود.

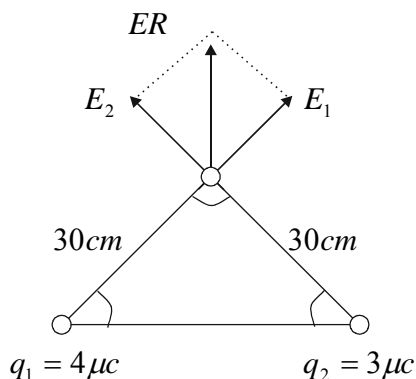
مثال: یک بار الکتریکی $q = 4 \mu\text{C}$ (مولد) در نظر بگیرید، بزرگی میدان الکتریکی در فاصله ۳ cm آن حساب کنید.

$$E = \frac{F}{q_0}$$

$$E = \frac{k \times q_1 \times q_0}{r^2(q_0)} \Rightarrow E = K \frac{q_1}{r^2}$$

$$E = \frac{9 \times 10^{-9} \times 4 \times 10^{-6}}{\left(\frac{3}{100}\right)^2 9 \times 10^{-4}} \Rightarrow E = \frac{4 \times 10^3}{10^{-4}} \Rightarrow E = 4 \times 10^7 \text{ N/C}$$

مثال: در شکل زیر بزرگی میدان برآیند را در نقطه A حساب کنید.

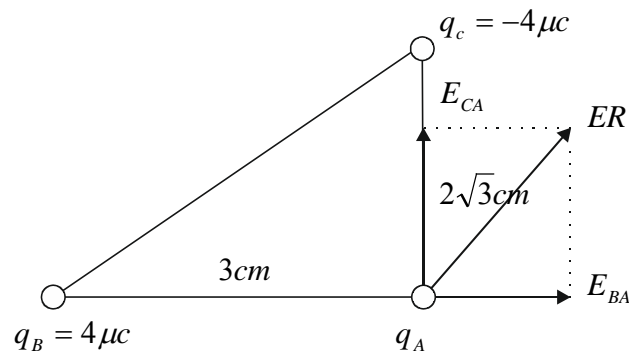


$$E_1 = \frac{kq_1}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-6}}{\left(\frac{3}{10}\right)^2} = 4 \times 10^5$$

$$E_2 = \frac{Kq_2}{r^2} = 3 \times 10^5$$

$$\Rightarrow ER = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} \Rightarrow ER = \sqrt{(4 \times 10^5)^2 + (3 \times 10^5)^2} \Rightarrow ER = \sqrt{25} = 5$$

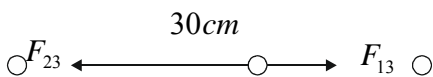
مثال: در شکل زیر بزرگی میدان در رأس A را حساب کنید.



$$E_{AB} = \frac{kq_1}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-6}}{\left(\frac{3}{10}\right)^2} = 4 \times 10^5$$

$$E_{AC} = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-6}}{\left(\frac{2\sqrt{3}}{100}\right)^2} = 3 \times 10^7$$

مثال: مطابق شکل زیر $q_1 = 5 \mu C$ و $q_2 = 6 \mu C$ است. اگر بار $q_0 = +1 \mu C$ در وسط این دو بار قرار بگیرد چه نیرویی بر آن وارد می‌شود، درباره اندازه و نوع q_0 چه نظری دارید؟



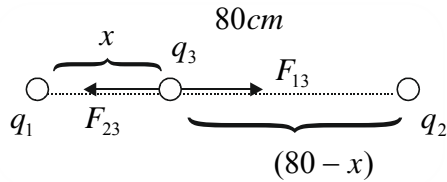
$$q_1 = 5 \mu C \quad q_0 = +1 \mu C \quad q_2 = 6 \mu C$$

$$F_{1,3} = \frac{kq_1 \times q_3}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 5 \times 10^{-6} \times 1}{\left(\frac{3}{10}\right)^2} = 5 \times 10^5 N$$

$$F_{2,3} = \frac{9 \times 10^9 \times 6 \times 10^{-6} \times 1}{\left(\frac{3}{10}\right)^2} = 6 \times 10^5 N \Rightarrow F_R = 6 \times 10^5 - 5 \times 10^5 = 1 \times 10^5 N$$

مثال: دو بار الکتریکی ($q_1 = 4\mu\text{C}$) و ($q_2 = 36\mu\text{C}$) در فاصله (80cm) قرار دارند بار سوم (q_3) را کجا قرار دهیم تا برآیند نیروهای وارد بر آن صفر باشد؟

$$\sum F = 0 \text{ فرض مسئله}$$



$$F_{1,3} = F_{2,3}$$

$$\frac{kq_1q_3}{x^2} = \frac{K \times q_2 \times q_3}{(80-x)^2} = \frac{4\mu\text{C}}{x^2} = \frac{36\mu\text{C}}{(80-x)^2} \Rightarrow \frac{1}{x^2} = \frac{9}{(80-x)^2}$$

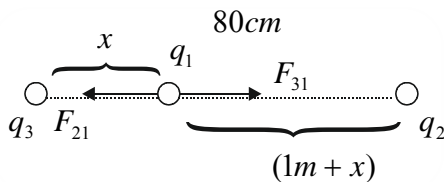
$$\frac{1}{x} = \frac{3}{80-x} \Rightarrow 3x = 80 - x \Rightarrow \sum x = 80 \Rightarrow x = 20$$

نکته کنکوری: هرگاه دو بار q_1 و q_2 هم علامت باشند همیشه بین دو بار و نزدیک بار کوچکتر نقطه ای می توان یافت که نیروی برآیند (میدان برآیند) در آنجا صفر باشد.

نکته: هرگاه دو بار الکتریکی q_1 و q_2 غیر هم نام باشند همیشه بیرون از دو بار و نزدیک به بار کوچکتر نقطه ای می توان یافت که نیروی برآیند (میدان برآیند) در آنجا صفر خواهد بود.

مثال: دو بار الکتریکی ($q_1 = -5\mu\text{C}$) و ($q_2 = 125\mu\text{C}$) باشد در فاصله ۱ متری قرار دارند ، بار q_3 را کجا قرار

دهیم تا هیچ نیرویی به آن وارد نشود .



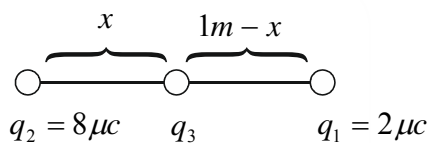
$$\sum F = 0 \Rightarrow F_{13} = F_{23} \Rightarrow K \frac{q_1 \times q_3}{r^2} = K \frac{q_2 \times q_3}{r^2}$$

$$\Rightarrow \frac{5}{x^2} = \frac{125}{(1+x)^2} \Rightarrow \frac{1}{x^2} = \frac{25}{(1+x)^2} \Rightarrow \frac{1}{x} = \frac{5}{1+x} \Rightarrow 5x = 1+x \Rightarrow 5x - x = 1$$

$$4x = 1 \Rightarrow x = \frac{1}{4}$$

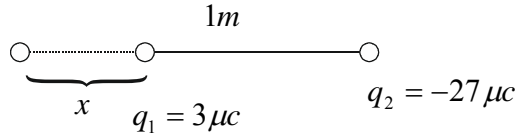
مثال: دو بار الکتریکی $q_1 = 2\mu\text{C}$ و $q_2 = 8\mu\text{C}$ در فاصله 60cm قرار دارند بزرگی میدان الکتریکی برآیند کجا

صفر می شود؟



$$\begin{aligned} \Sigma F = 0 \Rightarrow F_{13} = F_{23} \Rightarrow K \frac{q_1}{r^2} &= K \frac{q_2}{r^2} \\ \Rightarrow \frac{2}{x^2} = \frac{8}{(60-x)^2} \Rightarrow \frac{1}{x^2} &= \frac{4}{(60-x)^2} \Rightarrow \frac{1}{x} = \frac{2}{60-x} \Rightarrow 2x = 60-x \Rightarrow 3x = 60 \Rightarrow 4x = 20 \end{aligned}$$

مثال: دو بار الکتریکی $q_1 = 3 \mu\text{C}$ و $q_2 = -27 \mu\text{C}$ و در فاصله 60 cm قرار دارند، بزرگی میدان برآیند کجا صفر می شود؟



$$\begin{aligned} \Sigma F = 0 \Rightarrow F_{13} = F_{23} \Rightarrow K \frac{q_1 \times q_3}{r^2} &= K \frac{q_2 \times q_3}{x \frac{60+x}{q_1 = 3 \mu\text{C}} \quad q_2 = -27 \mu\text{C}} \\ \frac{3}{x^2} = \frac{27}{60-x^2} \Rightarrow \frac{1}{x^2} &= \frac{9}{(60+x)^2} \Rightarrow \frac{1}{x} = \frac{3}{60+x} \Rightarrow 3x = 60+x \Rightarrow 2x = 60 \Rightarrow x = 30 \end{aligned}$$

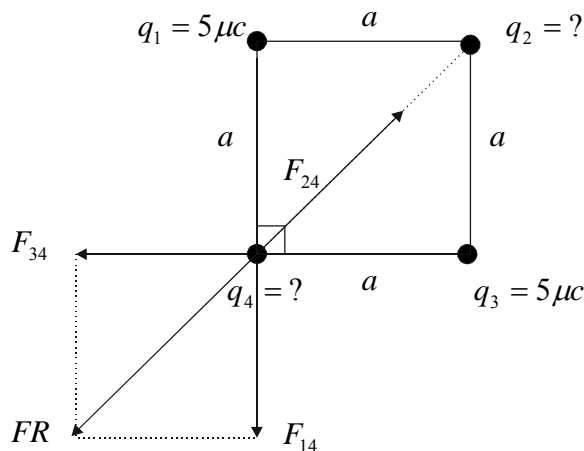
روش کنکوری :

$$F_{13} = F_{23}$$

$$E_{13} = E_{2,3} \Rightarrow K \frac{q_1 q_3}{x^2} = K \frac{q_2 q_3}{(d \pm x)}$$

$$\Rightarrow \frac{\sqrt{q_1}}{x} = \frac{\sqrt{q_2}}{(d \pm x)} \Rightarrow \sqrt{\frac{q_2}{q_1}} = \frac{d \pm x}{x}$$

مثال: مطابق شکل زیر ۴ بار نقطه ای در چهار رأس از یک مربع قرار دارند q_1 را چنان تعیین کنید که q_4 در تعادل بماند؟



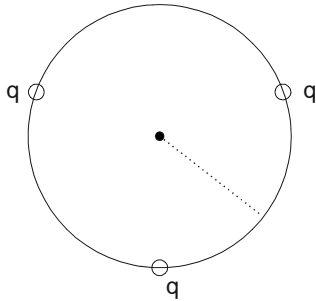
$$F_{24} = FR$$

$$\Rightarrow K \frac{q_2 q_4}{(a\sqrt{2})^2} = \sqrt{\left(\frac{F}{4}\right)^2 + (F_{34})^2}$$

$$\Rightarrow K \frac{q_2 q_4}{a^2 \times 2} = \sqrt{\left(K \frac{q_1 q_4}{a^2}\right)^2 + K \frac{q_3 q_4}{a^2}}$$

$$\Rightarrow \frac{q_2}{2} = \sqrt{q_1^2 + q_3^2} \Rightarrow q_2 = 2\sqrt{q_1^2 + q_3^2}$$

تست: مطابق شکل ۳ بار نقطه ای و مشابه در فاصله های یکسان روی محیط دایره ای به شعاع r واقع اند بزرگی میدان برآیند در مرکز دایره حساب کنید.



الف) $K \frac{q}{r^2}$

ج) $\sqrt{3}K \frac{q}{r^2}$

ب) $3K \frac{q}{r^2}$

د) 0

نکته کنکوری: اگر n بار مشابه q در فاصله مساوی باشد به این شرط که :

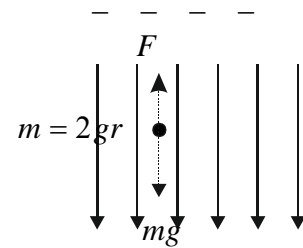
$$\alpha = \frac{360}{n} \text{ باشد. میدان برآیند در مرکز صفر می گردد.}$$

مثال: در یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی 5×10^4 که جهت آن قائم و رو به پایین است، ذره ای باردار به جرم $2g$ معلق و در حالت سکون است. اگر $g = 10 \text{ N/C}$ است. اندازه و نوع بار الکتریکی را حساب کنید.

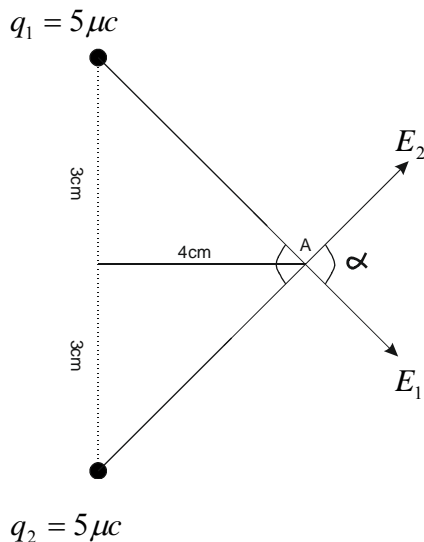
$$\sum F = 0$$

$$Eq = mg$$

$$q = \frac{2 \times 10^{-3} \times 10}{5 \times 10^{-4}} = q = -0.4 \times 10^6$$



مثال: دو بار الکتریکی نقطه ای هم نام $q_1 = 5 \mu\text{C}$ به فاصله 6 cm از یکدیگر قرار دارند. جهت و اندازه ی میدان الکتریکی را در نقطه A واقع بر عمود منصف خط و اصل دو بار، در فاصله ی 4 cm از نقطه O را مشخص کنید.



$$ER = 2E \cos \frac{\alpha}{2} \Rightarrow 2K \frac{q}{r^2} \cos\left(\frac{4}{5}\right)$$

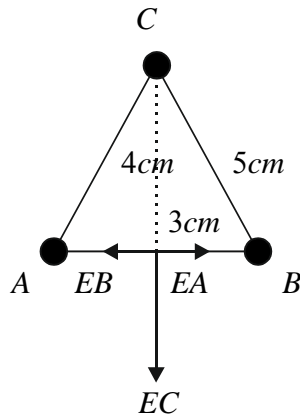
$$\frac{2 \times 9 \times 10^9 \times 5 \times 10^{-6}}{25 \times 10^{-4}} \times \frac{4}{5}$$

$$\frac{72}{25} \times 10^{+7} = 2.88 \times 10^{+7}$$

مثال: مطابق شکل زیر سه بار نقطه ای مساوی در سه راس یک مثلث واقع اند. بزرگی میدان را در وسط ضلع AB

$$q = 4\mu\text{C}$$

حساب کنید .



$$\vec{EB} + \vec{EA} = 0$$

$$\vec{ER} = (\vec{EB} + \vec{EA}) + \vec{EC}$$

$$ER = EC = K \frac{q}{r^2} \Rightarrow \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-6}}{16 \times 10^{-4}} =$$

$$ER = 2/25 \times 10^{+7} \text{ N/C}$$

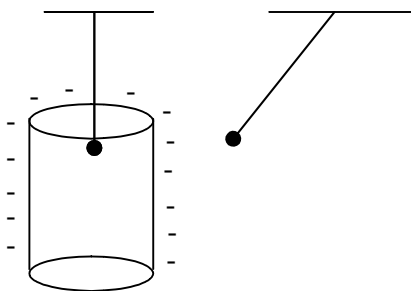
توزیع بار الکتریکی:

الف) روی سطح نارسانا: اگر روی جسم عایق یا نارسانایی مقداری بار اضافی قرار دهیم در همان محل باقی می ماند، زیرا بارهای الکتریکی نمی توانند روی جسم عایق آزادانه حرکت کنند، پس در همان جا می مانند.

ب) روی سطح رسانا: اگر مقداری بار الکتریکی اضافی را روی یک جسم رسانا قرار دهیم، پخش می شود و چون بارها یکدیگر را دفع می کنند، از یکدیگر فاصله می گیرند. پس در بیشترین فاصله از یکدیگر یعنی روی سطح خارجی جسم قرار می گیرند. بنابراین در داخل جسم رسانا هیچ باری باقی نمی ماند.

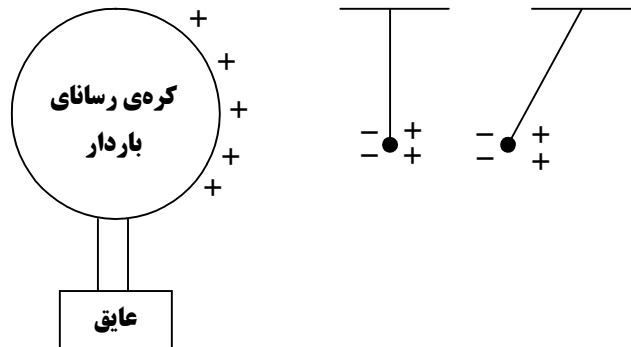
آزمایش: یک استوانه فلزی و باردار در نظر می گیریم و دو آونگ مطابق شکل یکی به داخل آن و دیگری در بیرون

از آن آویزان کنید. چه چیزی مشاهده می کنید؟



آونگی مه در داخل است منحرف نمی شود زیرا در داخل جسم رسانا باری وجود ندارد. ولی آونگی که در خارج است تحت تاثیر بارهای خارجی جسم رسانا قرار می گیرد و منحرف می شود.

آزمایش: کره ی رسانای بارداری را در نظر بگیرید. یک آونگ الکتریکی بدون بار به آن نزدیک می کنیم. در مورد وضعیت آونگ چه پیش بینی می کنید؟



ابتدا بار کره ی رسانا را مثبت و آونگ را بدون بار فرض می کنیم، در این صورت ابتدا به روش القایی در آونگ، بارهای مثبت و منفی القا می شوند. سپس بار مثبت کره، بار منفی القا شده را به سمت خود می کشد. بنابراین آونگ جذب می شود. ولی اگر با کره برخوردی داشته باشد، بار مثبت می گیرد و از کره دور خواهد شد.

چگالی سطحی بار: به مقدار باری که در واحد سطح جسم وجود دارد، چگالی سطحی بار الکتریکی گفته می شود و از

$$\sigma = \frac{q}{A} \quad \text{رابطه ی زیر بدست می آید:}$$

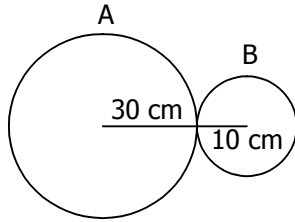
مثال: یک کره ی رسانا به شعاع ۱۰ cm با بار الکتریکی $120 \mu\text{C}$ داریم. با فرض $\pi = 3$ ، چگالی سطحی بار را روی این

کره حساب کنید؟

$$\sigma = \frac{q}{A} = \frac{120 \times 10^{-6}}{4\pi r^2} = \frac{120 \times 10^{-6}}{4 \times 3 \times \left(\frac{1}{10}\right)^2} = \frac{10^{-5}}{\frac{1}{100}} = 10^{-3} \text{ C/m}^2$$

(ب) فرض کنید این کره را به کره ی بدون بار رسانایی به شعاع ۳۰ cm تماس می دهیم و پس از تعادل الکتریکی از هم

جدا می کنیم. حال چگالی سطحی هر کره چقدر است؟



نکته: در کره‌های الکترواستاتیک نسبت بار هر کره برابر نسبت شعاع

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{r_1}{r_2} \quad \text{است:}$$

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{30}{10} = 3 \Rightarrow q_1 = 90c \quad q_2 = 30c$$

$$\sigma_1 = \frac{q_1}{A_1} = \frac{90 \times 10^{-6}}{4 \times 3 \times \left(\frac{3}{10}\right)^2} = \frac{10^{-5}}{\frac{12}{100}} = \frac{1}{12} \times 10^{-3} \text{ c/m}^2$$

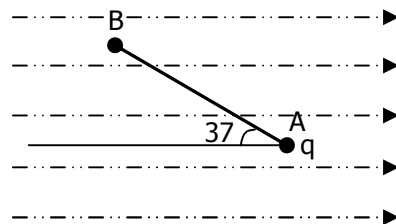
انرژی پتانسیل: چنانچه قبلاً یاد گرفتیم، اگر یک بار مثبت q_0 را در یک میدان الکتریکی E رها شود، در جهت میدان حرکت می‌کند ولی اگر بخواهیم این بار را در خلاف جهت میدان حرکت دهیم باید به آن نیرویی برخلاف جهت میدان وارد کنیم و انرژی مصرف کنیم و کاری انجام دهیم. کاری که انجام می‌دهیم تا بار q را از نقطه‌ی A تا B جابه‌جا کنیم به صورت انرژی پتانسیل در نقطه‌ی B ذخیره می‌شود که به آن انرژی پتانسیل الکتریکی گفته می‌شود. با توجه به قانون بقای انرژی که می‌گوید انرژی نه بوجود می‌آید و نه از بین می‌رود بلکه از صورتی به صورت دیگر تبدیل می‌شود، خواهیم داشت:

$$W = \Delta U$$

در سال دوم دبیرستان داشتیم: $W = Fd \cos \alpha$ ولی در سال سوم داریم: $W = Eqd \cos \alpha$

مثال: بار الکتریکی $q = 2\mu\text{c}$ مطابق شکل در نقطه‌ی A قرار دارد. میدان الکتریکی یکنواخت $5 \times 10^5 \text{ N/c}$ در

این ناحیه برقرار است.



الف) چه نیرویی بر این بار در این میدان وارد می‌شود؟

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

ب) اگر این بار را مطابق شکل از نقطه‌ی A تا نقطه‌ی B جابه‌جا کنیم، چقدر باید کار انجام دهیم؟

$$W = Eqd \cos 37 = 1 \times \frac{1}{8} \times \frac{8}{10} = 0.64 J$$

ج) انرژی پتانسیل این بار در این مسیر چقدر و چگونه تغییر کرده است؟ انرژی افزایش یافته

$$\Delta U = W = 0.64 J$$

چند جمله‌ی طلایی:

۱- هرگاه بار مثبتی در میدان رها شود، در جهت میدان سرعت می‌گیرد و انرژی جنبشی آن افزوده می‌شود پس انرژی پتانسیل آن کاسته خواهد شد.

۲- هرگاه بار مثبتی در میدان رها شود، ضمن حرکت در جهت میدان، انرژی پتانسیل آن کاهش و انرژی جنبشی آن افزایش می‌یابد.

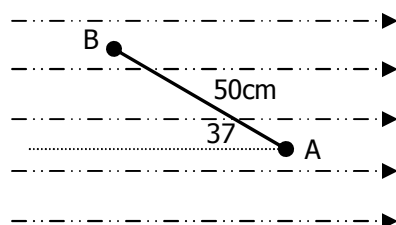
۳- اگر بار مثبتی را در خلاف جهت میدان حرکت دهیم، انرژی پتانسیل آن افزایش و انرژی جنبشی آن کاهش می‌یابد.

تعریف کیفی اختلاف پتانسیل الکتریکی: عاملی است که سبب شارش بارهای الکتریکی می‌شود. بارهای الکتریکی همیشه از جایی که پتانسیل الکتریکی بیشتری دارد به جایی که پتانسیل الکتریکی کمتری دارد، شارش می‌کند.

تعریف کمی اختلاف پتانسیل الکتریکی: مقدار کاری که لازم است تا بار الکتریکی q را از نقطه‌ی A به B جابه‌جا کنیم، به صورت اختلاف پتانسیل بین دو نقطه در نظر گرفته می‌شود و از رابطه‌ی زیر حساب می‌شود که واحد آن ولت یا

$$\Delta V = \frac{W}{q} \quad \text{همان } \frac{J}{C} \text{ می‌باشد.}$$

مثال: مطابق شکل زیر بار الکتریکی $q = 2 \mu C$ در یک میدان الکتریکی یکنواخت قرار دارد.



الف) چه نیرویی بر این بار الکتریکی در این میدان وارد می‌شود؟

$$F = Eq = 5 \times 10^5 \times 2 \times 10^{-6} = 1 N$$

ب) چه مقدار باید کار انجام دهیم تا بار q را A تا B جابه‌جا کنیم؟

$$W = Fd \cos 37 = 1 \times \frac{50}{10} \times \frac{8}{10} = 0.4 \text{ J}$$

ج) انرژی پتانسیل این بار از A تا B چگونه و چقدر تغییر می‌کند؟ افزایش انرژی پتانسیل در این جابه‌جایی

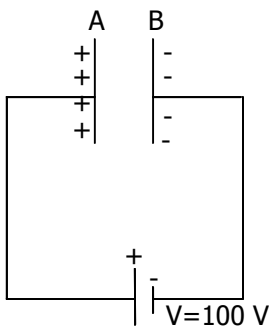
$$\Delta U_{AB} = W_{AB} = +0.4$$

د) اختلاف پتانسیل الکتریکی برای دو نقطه‌ی A و B چقدر است؟

$$\Delta V_{AB} = \frac{W_{AB}}{q} = \frac{0.4}{2 \times 10^{-6}} = 2 \times 10^5 \text{ V}$$

مثال: مطابق شکل زیر دو صفحه‌ی رسانای A و B را به دو سر یک باتری وصل می‌کنیم. اگر بخواهیم بار $5 \mu\text{C}$ را در

صفحه‌ی B جدا کنیم و به صفحه‌ی A ببریم، چند ژول کار باید انجام دهیم؟



$$\Delta V = \frac{W_{AB}}{q} \Rightarrow W_{AB} = \Delta V q = 100 \times 5 \times 10^{-6} = 5 \times 10^{-4} \text{ J}$$

ب) اگر فاصله‌ی دو صفحه را 10 cm بگیریم، بزرگی میدان الکتریکی

بین دو نقطه را حساب کنید؟

$$W = Eqd \cos \alpha \Rightarrow 5 \times 10^{-4} = E \times 5 \times 10^{-6} \times \frac{1}{10} \Rightarrow E = \frac{10^{-4}}{10^{-7}} = 10^3 = 1000 \text{ N/C}$$

مثال: ثابت کنید در یک میدان الکتریکی $\Delta V = Ed$.

$$W = Fd \cos \alpha \Rightarrow W = Eqd \cos \alpha \Rightarrow \Delta V \times q = Eqd \Rightarrow \Delta V = Ed$$

تست کنکور: کدام گزینه برای واحد میدان الکتریکی صحیح است؟

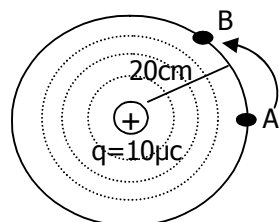
۴) هیچکدام

۳) ۱ و ۲ هر دو صحیح هستند *

۲) $\frac{V}{m}$

۱) $\frac{N}{C}$

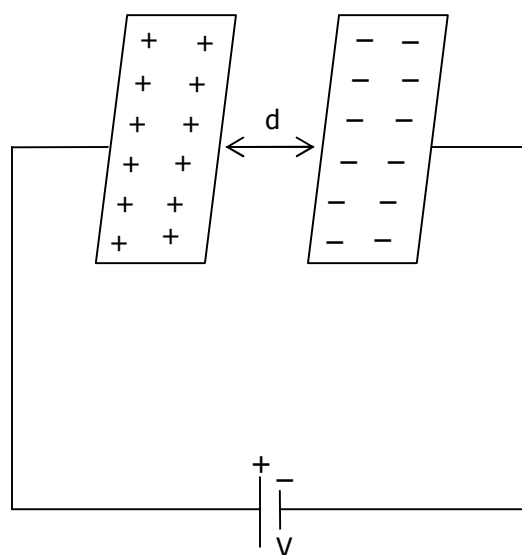
مثال: مطابق شکل زیر بار q' را در یک میدان الکتریکی از نقطه‌ی A تا B جابه‌جا می‌کنیم. اختلاف پتانسیل بین این دو نقطه را بدست آورد.



$$\Delta V_{AB} = \frac{W}{q'_{AB}} = \frac{Eqd \cos 90^\circ}{q'_{AB}} = 0$$

نکته کنکوری: در حرکت دایره‌ای به دور یک بار مولد هیچ کاری انجام نمی‌شود. بنابراین سطوح هم پتانسیل خواهیم داشت (دوایر متحدالمرکز).

خازن: دو صفحه‌ی رسانا و موازی که در فاصله‌ی d از یکدیگر قرار دارند را در نظر بگیرید و دو سر آن را به یک مولد وصل کنید. بار مثبت در یک صفحه و بار منفی در صفحه‌ی دیگر جمع می‌شود. به این ترکیب خازن گفته می‌شود.



تعریف ظرفیت خازن C: مقدار بار الکتریکی که به ازای اختلاف پتانسیل مشخص در روی هر صفحه‌ی خازن ذخیره می‌شود، ظرفیت خازن گفته می‌شود. واحد آن C/V یا فاراد می‌باشد و از رابطه‌ی زیر حساب می‌شود:

$$C = \frac{q}{V} = \frac{\Delta q}{\Delta V} = \frac{dq}{dV}$$

مثال: روی خازنی عدد $12V$ نوشته شده است و ظرفیت آن $4 \mu F$ است. بار این خازن چقدر خواهد بود؟

$$C = \frac{q}{V} \Rightarrow q = CV = 4 \times 12 = 48 \mu F$$

مثال: خازنی را به برق $220V$ وصل کرده‌ایم و بار ذخیره شده روی آن $660 \mu c$ است. ظرفیت خازن را بدست

$$C = \frac{q}{V} = \frac{660}{220} = 3 \mu F \quad \text{آورید؟}$$

مثال: اگر خازنی را با باتری $12V$ شارژ کنیم، بار الکتریکی $20 \mu c$ روی آن ذخیره می‌شود. ولی اگر همین خازن را با ولتاژ $20V$ شارژ کنیم، بار الکتریکی روی آن $36 \mu c$ خواهد شد. ظرفیت این خازن را بدست آورید.

$$C = \frac{\Delta q}{\Delta V} = \frac{36 - 20}{20 - 12} = \frac{16}{8} = 2 \mu F$$

نکته: هر خازنی حداکثر ولتاژ معینی را می‌تواند تحمل کند. بنابراین حداکثر بار معینی را نیز می‌تواند روی هر صفحه ذخیره کند. بدیهی است که اگر ولتاژ اعمال شده به خازن کمتر از ولتاژ اسمی باشد، بار ذخیره شده در خازن نیز کمتر از حد معین خواهد بود.

نکته: اگر اختلاف پتانسیلی که به دو سر خازن اعمال می‌شود، بیش از حد مجاز آن باشد و بار بیش از حد ذخیره شود، بدیهی است که خازن داغ می‌کند و یا می‌سوزد و دی‌الکتریک آن خراب می‌شود که حتی گاهی می‌تواند همراه با صدا باشد که به آن فروشکست خازن می‌گویند.

نکته: ظرفیت خازن همیشه یک عدد ثابتی است و با تغییر پارامترهای q یا V ، ظرفیت C تغییر نخواهد کرد.

مثال: خازن $C_1 = 6 \mu F$ را با ولتاژ $50V$ پر می‌کنیم.

$$q = CV = 6 \times 50 = 300 \mu c$$

الف) بار الکتریکی ذخیره شده در آن چقدر است؟

ب) این خازن را از مولدش جدا می‌کنیم و دو سر آن را به دو سر خازن خالی $C_2 = 4 \mu F$ متصل می‌کنیم. پس از وضع تعادل بار الکتریکی و اختلاف پتانسیل هر خازن چقدر است؟

$$q_T = 300 \mu c \Rightarrow C_T = 10 \mu F \Rightarrow V_T = \frac{q_T}{C_T} = \frac{300}{10} = 30V$$

$$\Rightarrow V'_1 = V'_2 = 30V \Rightarrow q'_1 = CV'_1 = 6 \times 30 = 180 \mu c$$

$$\Rightarrow q'_2 = CV'_2 = 4 \times 30 = 120 \mu c$$

مثال: خازن $C_1 = 6 \mu F$ را با پتانسیل $50V$ و خازن $C_2 = 4 \mu F$ را با پتانسیل $25V$ پر می‌کنیم.

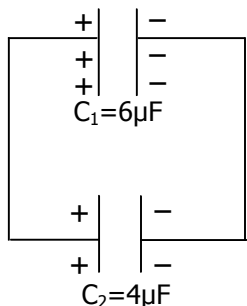
$$q_1 = CV_1 = 6 \times 50 = 300 \mu c$$

$$q_2 = CV_2 = 4 \times 25 = 100 \mu c$$

الف) بار ذخیره شده در هر خازن چقدر است؟

ب) اگر هر دو خازن را از مولدهایشان جدا کرده و صفحه‌های هم‌نام آنها را به هم وصل کنیم، پس از وضع تعادل بار و

پتانسیل هر خازن را حساب کنید.



$$q_T = 300 + 100 = 400 \mu c \quad C_T = 6 + 4 = 10 \mu F$$

$$V_T = \frac{400}{10} = 40V \Rightarrow V'_1 = V'_2 = 40V$$

$$q'_1 = CV'_1 = 6 \times 40 = 240 \mu c$$

$$q'_2 = CV'_2 = 4 \times 40 = 160 \mu c$$

ج) فرض کنید صفحه‌های غیر هم‌نام خازن‌ها را به هم وصل می‌کردیم. بار و پتانسیل هر خازن را در این حالت بدست

آورید.

$$q_T = 300 - 100 = 200 \mu c \quad C_T = 6 + 4 = 10 \mu F$$

$$V_T = \frac{200}{10} = 20V \Rightarrow V'_1 = V'_2 = 20V$$

$$q'_1 = CV'_1 = 6 \times 20 = 120 \mu c$$

$$q'_2 = CV'_2 = 4 \times 20 = 80 \mu c$$

نکات طلایی خازن‌ها

۱- هر کجا q دیدید، منظور بار یک صفحه‌ی خازن است.

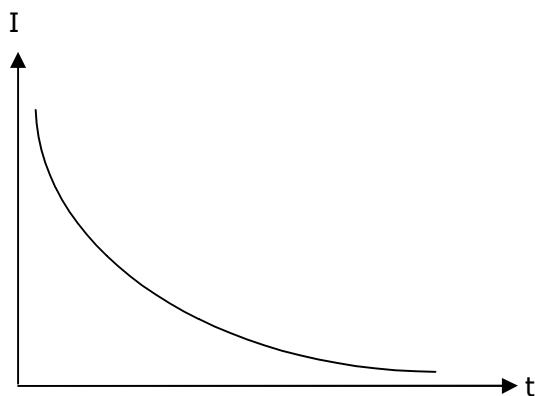
۲- هر کجا که A دیدید، منظور مساحت یک صفحه‌ی خازن است.

۳- بار دو صفحه‌ی خازن با هم برابر است.

۴- خازن بار القایی دارد. بنابراین بار خالص هر خازنی صفر است.

۵- مساحت دو صفحه‌ی خازن با هم برابر است حتی اگر برابر هم نباشند، منظور از A مساحت صفحه‌ی کوچکتر است و مساحت اضافی به درد نمی‌خورد.

۶- نمودار شارژ شدن خازن به شکل زیر است:



۷- سطح زیر نمودار شارژ خازن برابر بار q خازن است.

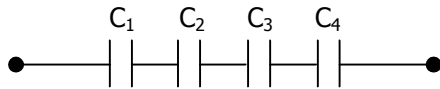
۸- خازن پس از پر شدن سبب قطع مدار خود می‌شود. بنابراین از خازن پر شده می‌توان به جای کلید قطع کننده استفاده کرد.

۹- وقتی خازن پر شود اختلاف پتانسیل دو سر خازن برابر با اختلاف پتانسیل دو سر باتری است.

۱۰- اگر خازنی در حال شارژ باشد، مادامی که خازن به مولدش وصل است، اختلاف پتانسیل V تحت هر شرایطی ثابت می‌ماند.

۱۱- اگر خازنی شارژ شده و از باتری و مولدش جدا شود، تحت هر شرایطی بار q ثابت می‌ماند.

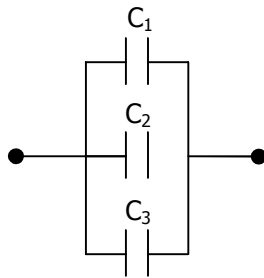
۱۲- اگر چند خازن به طور سری یا متوالی پشت سر هم بسته شوند، بار همه‌ی خازن‌ها با هم برابر است.



$$q_1 = q_2 = q_3 = q_4$$

۱۳- در خازن‌های سری و متوالی نسبت اختلاف پتانسیل‌ها عکس نسبت ظرفیت‌ها است.

$$q_1 = q_2 \Rightarrow C_1 V_1 = C_2 V_2 \Rightarrow \frac{C_1}{C_2} = \frac{V_1}{V_2}$$



۱۴- در خازن‌های موازی اختلاف پتانسیل‌ها برابر هستند.

$$V_1 = V_2 = V_3$$

۱۵- در خازن‌های موازی نسبت بار هر خازن برابر با نسبت ظرفیت‌ها است.

$$\frac{q_1}{C_1} = \frac{q_2}{C_2} \Rightarrow \frac{q_1}{q_2} = \frac{C_1}{C_2}$$

۱۶- اگر چند خازن به طور سری قرار داشته باشند، ظرفیت خازن معادل آنها از رابطه‌ی زیر حساب می‌شود:

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

۱۷- اگر n تا خازن مشابه را سری ببندیم، ظرفیت خازن معادل آنها از رابطه‌ی زیر حساب می‌شود:

$$C_T = \frac{C}{n}$$

۱۸- اگر دو خازن سری باشند، ظرفیت خازن معادل آنها از رابطه‌ی زیر حساب می‌شود:

$$C_T = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

۱۹- اگر چند خازن به طور سری بسته شده باشند، ظرفیت معادل آنها از تک‌تک ظرفیت‌ها کمتر است.

عوامل موثر بر ظرفیت خازن مسطح:

۱- ظرفیت هر خازنی با مساحت هر صفحه‌ی آن متناسب است.

$$C \propto A$$

۲- ظرفیت خازن با فاصله‌ی دو صفحه نسبت عکس دارد.

$$C \propto \frac{1}{d}$$

۳- ظرفیت خازن به دی‌الکتریک بستگی دارد.

$$K$$

در نتیجه ظرفیت خازن از رابطه‌ی زیر نیز بدست می‌آید:

$$C = \frac{KA\epsilon_0}{d}$$

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$$

مثال: خازنی در حال شارژ است. اگر در این حالت دو صفحه‌ی خازن را کمی به هم نزدیک کنیم، کمیت‌ها V و C و q ، چگونه تغییر خواهند کرد؟

(۱) چون هنوز به مولدش متصل است، پس V ثابت است.

(۲) طبق رابطه‌ی $C = \frac{KA\epsilon_0}{d}$ ، با کاهش d ، ظرفیت C افزایش می‌یابد.

(۳) طبق رابطه‌ی $q = CV$ ، با افزایش C و ثابت بودن V ، q افزایش می‌یابد.

مثال: خازنی را شارژ کرده سپس از مولدش جدا می‌کنیم. اگر در این حالت دی‌الکتریک بین دو صفحه‌ی آن را برداریم، C و V و q چگونه تغییر خواهند کرد؟

(۱) چون خازن از مولدش جدا شده، q تحت هر شرایطی ثابت است.

(۲) با توجه به رابطه‌ی $C = \frac{KA\epsilon_0}{d}$ ، با برداشتن دی‌الکتریک K ، C کاهش می‌یابد.

(۳) طبق رابطه‌ی $q = CV$ ، با ثابت بودن q و کاهش C ، V افزایش می‌یابد.

مثال: می‌خواهیم خازنی بسازیم که دی‌الکتریک آن هوا است ($K=1$) و فاصله‌ی دو صفحه‌ی آن 1mm است و ظرفیت آن 1F باشد. مساحت هر صفحه‌ی خازن چقدر است و از این مثال چه نتیجه‌ای می‌توان گرفت؟

$$C = \frac{KA\epsilon_0}{d} \Rightarrow 1 = 8.85 \times 10^{-12} \times 1 \times \frac{A}{1 \times 10^{-3}}$$

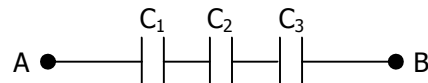
$$A = \frac{1 \times 10^{-3}}{8.85 \times 10^{-12}} = \frac{1}{8.85} \times 10^9 = 0.11 \times 10^9 = 11 \times 10^7$$

با این محاسبه به این نتیجه می‌رسیم که F واحد بسیار بسیار بزرگی است و در عمل از میکروفاراد و یا نانوفاراد استفاده می‌شود.

بستن خازن‌ها به یکدیگر:

الف) سری یا متوالی: میدانیم در مدار سری بارها برابرند ولی پتانسیل‌ها با هم جمع می‌شوند. بنابراین خواهیم

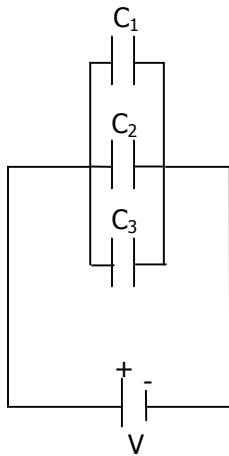
داشت:



$$q_T = q_1 = q_2 = q_3 \quad V_T = V_1 + V_2 + V_3 \quad \frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} = \frac{1}{C_2} = \frac{1}{C_3}$$

ب) موازی: در حالت موازی اختلاف پتانسیل‌ها با هم برابر هستند ولی بارها با هم جمع می‌شوند. بنابراین خواهیم

داشت:



$$V_T = V_1 = V_2 = V_3$$

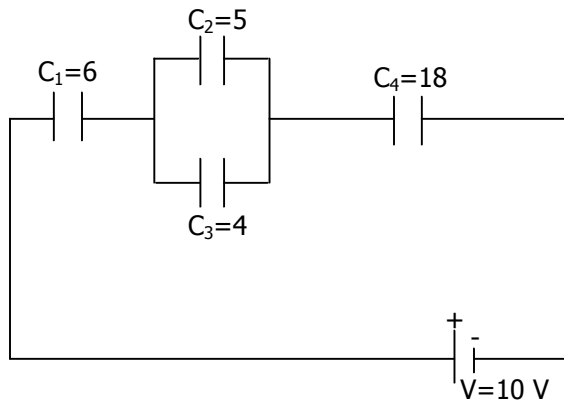
$$q_T = q_1 + q_2 + q_3$$

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3$$

مثال: در مدار شکل زیر مطلوب است:

الف) ظرفیت خازن معادل مدار

ب) بار الکتریکی و اختلاف پتانسیل هر خازن



$$C_{23} = C_2 + C_3 = 5 + 4 = 9 \mu F$$

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_{23}} + \frac{1}{C_4} = \frac{1}{6} + \frac{1}{9} + \frac{1}{18} = \frac{6}{18} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{3} \Rightarrow C_T = 3 \mu F$$

$$q_T = C_T V_T = 3 \times 10 = 30 \mu C \Rightarrow q_T = q_1 = q_{23} = q_4 = 30 \mu C$$

$$V_{23} = \frac{q_{23}}{C_{23}} = \frac{30}{9} = \frac{10}{3} V$$

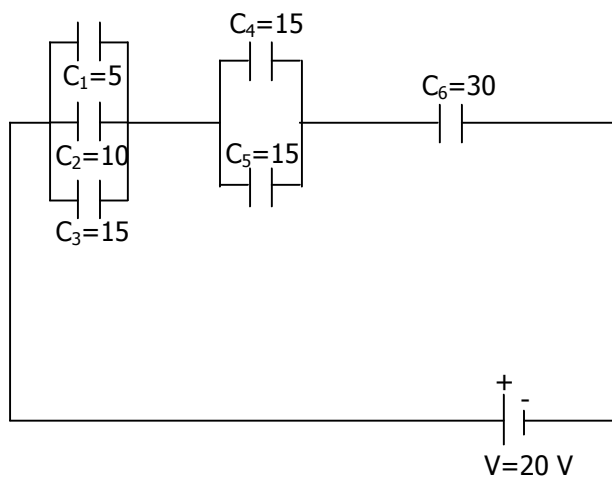
$$q_2 = C_2 V_2 = 5 \times \frac{10}{3} = \frac{50}{3} \mu C \quad q_3 = C_3 V_3 = 4 \times \frac{10}{3} = \frac{40}{3} \mu C$$

$$V_1 = \frac{q_1}{C_1} = \frac{30}{6} = 5V \quad V_4 = \frac{q_4}{C_4} = \frac{30}{18} = \frac{5}{3} V$$

مثال: در مدار شکل زیر مطلوب است:

الف) ظرفیت خازن معادل

ب) بار و اختلاف پتانسیل هر خازن



$$C_{123} = C_1 + C_2 + C_3 = 5 + 10 + 15 = 30 \mu F$$

$$C_{45} = C_4 + C_5 = 15 + 15 = 30 \mu F$$

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_{123}} + \frac{1}{C_{45}} + \frac{1}{C_6} = \frac{1}{30} + \frac{1}{30} + \frac{1}{30} = 10 \mu F$$

$$q_T = C_T V_T = 10 \times 20 = 200 \mu c \Rightarrow q_T = q_{123} = q_{45} = q_6 = 200 \mu c$$

$$V_{45} = \frac{q_{45}}{C_{45}} = \frac{200}{30} = \frac{20}{3} V \Rightarrow V_4 = V_5 = \frac{20}{3} V$$

$$q_4 = C_4 V_4 = 15 \times \frac{20}{3} = \frac{300}{3} = 100 \mu c \quad q_5 = C_5 V_5 = 15 \times \frac{20}{3} = \frac{300}{3} = 100 \mu c$$

$$V_{123} = \frac{q_{123}}{C_{123}} = \frac{200}{30} = \frac{20}{3} V$$

$$q_1 = C_1 V_1 = 5 \times \frac{20}{3} = \frac{100}{3} \mu c$$

$$q_2 = C_2 V_2 = 10 \times \frac{20}{3} = \frac{200}{3} \mu c$$

$$q_3 = C_3 V_3 = 15 \times \frac{20}{3} = \frac{300}{3} = 100 \mu c$$

$$V_6 = \frac{q_6}{C_6} = \frac{200}{30} = \frac{20}{3} V$$

نکته: در هر خازنی در اثر انباشته شدن بار الکتریکی، مقداری انرژی الکتریکی ذخیره می‌شود که می‌توان این مقدار را

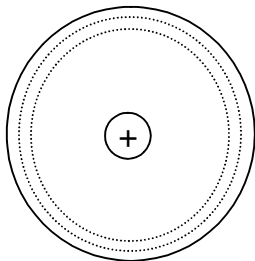
$$U = \frac{1}{2} CV^2 \quad \text{از رابطه‌ی زیر حساب کرد:}$$

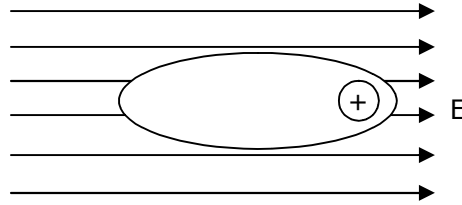
بررسی نقش دی‌الکتریک (بررسی میکروسکوپی دی‌الکتریک):

اتم خنثی‌ای را در نظر بگیرید که بار مثبت آن در هسته و ابر الکترونی به دور آن می‌چرخد.

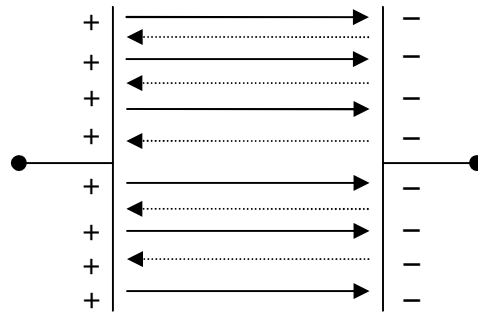
حال این اتم را درون یک میدان الکتریکی فرض کنید. چنانچه می‌دانید بار مثبت هسته

در جهت میدان کشیده می‌شود، بنابراین اتم در میدان الکتریکی قطبیده می‌شود.

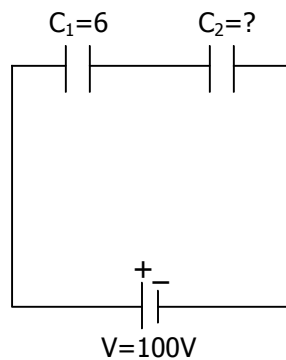




یک خازن فرضی با دو صفحه فلزی را در نظر بگیرید. یک صفحه‌ی آن به قطب مثبت باطری و صفحه‌ی دیگر به قطب منفی یک باطری متصل است. بدیهی است در این حالت یک میدان الکتریکی از صفحه‌ی مثبت به صفحه‌ی منفی برقرار خواهد شد (\vec{E}). حال چنانچه یک دی‌الکتریک بین دو صفحه‌ی خازن قرار دهیم، دی‌الکتریک در این میدان قطبیده می‌شود (یعنی بارهای مثبت آن در جهت میدان کشیده می‌شوند). در این حالت نیز یک میدان الکتریکی (\vec{E}_d) در داخل دی‌الکتریک به وجود می‌آید که در خلاف جهت \vec{E} است، بنابراین اثر آن را تضعیف می‌کند. با کاهش میدان برآیند جاذبه‌ی دو صفحه‌ی خازن کمتر شده، یعنی دیرتر تخلیه می‌شود و بار بیشتری نگه می‌دارد؛ بنابراین ظرفیت خازن افزایش یافته است.



مثال: خازن $C_1 = 6 \mu F$ را به خازن $C_2 = ?$ می‌بندیم. سپس دو سر مجموعه را به ولتاژ $100V$ می‌بندیم. اگر بار ذخیره شده در کل خازن‌ها $240 \mu C$ باشد، خازن C_2 را حساب کنید.

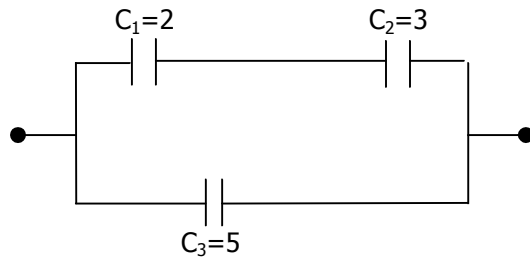


نکته: چون C_T از C_1 کمتر شده، خازن‌ها سری بسته شده‌اند.

$$q_T = C_T V_T \quad 240 = C_T \times 100 \quad C_T = 2.4 \mu F$$

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \quad \frac{1}{2.4} = \frac{1}{6} + \frac{1}{C_2} \quad C_2 = 4 \mu F$$

تست کنکور: در مدار شکل زیر اگر اختلاف پتانسیل خازن C_1 ، $300V$ باشد، اختلاف پتانسیل C_3 ، چند ولت است؟ طبق نکته طلایی ۱۳ حل می‌کنیم.



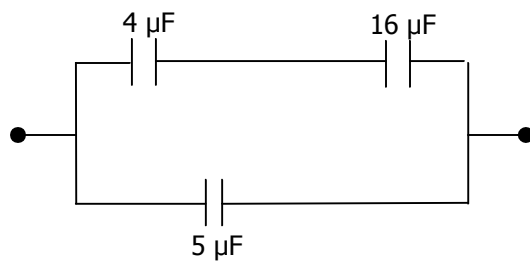
(۱) ۲۰۰

(۲) ۴۰۰

(۳) *۵۰۰

(۴) ۶۰۰

تست کنکور: در شکل مقابل بار ذخیره شده در خازن $5\mu F$ ، $100\mu C$ است. اختلاف پتانسیل دو سر خازن $4\mu F$ چقدر است؟



(۱) ۲۰

(۲) *۱۶

(۳) ۸۰

(۴) ۸

تذکر: اتصال کوتاه چیست؟ اگر دو سر یک خازن یا مقاومت یا هر وسیله‌ی برقی دیگری را با یک سیم بدون مقاومت به یکدیگر وصل کنیم، تمام جریان از این سیم بدون مقاومت عبور می‌کند و این خازن یا قطعه‌ی دیگر از مدار حذف می‌شود (عملاً بی‌استفاده می‌شود)، به این حالت اتصال کوتاه گفته می‌شود.

پایان فصل دوم