۱ دو گوی رسانا، کوچک و یکسان به بارهای $q_1 = ۴٫۰nC$ و $q_۲ = -۶٫۰nC$ را با هم تماس می‌دهیم و سپس تا فاصلهٔ $r = ۳۰cm$ از هم دور می‌کنیم. نیروی برهم‌کنش الکتریکی بین دو گوی را محاسبه کنید. این نیرو رانشی است یا ربایشی؟

پاسخ: ابتدا بار هر یک از دو گوی را پس از تماس دادن، می‌یابیم. سپس نیروی الکتریکی بین آنها را محاسبه می‌کنیم.

$$q = \frac{q_1 + q_۲}{۲} = \frac{۴ \times ۱۰^{-۹} + (-۶ \times ۱۰^{-۹})}{۲}$$

$$q = -۱ \times ۱۰^{-۹} C = -۱nC$$

$$F = k\frac{q_1 q_۲}{r^۲} \Rightarrow F = ۹ \times ۱۰^{۹} \frac{(۱ \times ۱۰^{-۹}) \times (۱ \times ۱۰^{-۹})}{(۰٫۳)^۲} = ۱۰^{-۷} N$$

چون هر دو بار منفی هستند، نیرو رانشی است.

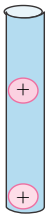
۲ عبارت صحیح را از داخل پرانتز انتخاب کنید و در پاسخ‌نامه بنویسید:

پاسخ:

الف اگر فاصلهٔ بین دو ذرهٔ باردار را نصف کنیم، در این حالت نیرویی که به یکدیگر وارد می‌کنند $(\frac{۱}{۴} - ۴)$ برابر می‌شود.

پاسخ: ۴

۳ در شکل روبه‌رو، دو گوی مشابه به جرم $۲٫۵g$ و بار یکسان مثبت q در فاصلهٔ $۱٫۰ cm$ از هم قرار دارند، به‌طوری که گوی بالایی به‌حالت معلق مانده است.



الف) اندازهٔ بار q را به دست آورید.

ب) تعداد الکترون‌های کنده‌شده از هر گوی چقدر است؟

پاسخ: اگر گوی بالایی به‌صورت معلق مانده باشد، پس حتماً نیروی وزن آن با نیروی الکتریکی روبه‌بالا برابر بوده و خنثی شده است:

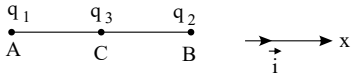
$$\left.\begin{array}{l} \text{وزن } W = mg \\ F = k\frac{q_1 q_۲}{r^۲} \end{array}\right\} \Rightarrow mg = k\frac{q_1 q_۲}{r^۲} \Rightarrow (۲٫۵ \times ۱۰^{-۳})(۱۰) = ۹ \times ۱۰^{۹} \frac{q^۲}{(۰٫۰۱)^۲}$$

$$\Rightarrow q^۲ = \frac{(۲٫۵ \times ۱۰^{-۲})(۰٫۰۱)^۲}{۹ \times ۱۰^{۹}} = \frac{۲۵}{۹} \times ۱۰^{-۱۶} \Rightarrow q = \frac{۵}{۳} \times ۱۰^{-۸}\ C$$

ب) تعداد الکترون‌های کنده‌شده از هریک از گوی‌ها:

$$q = ne \quad \Rightarrow \frac{۵}{۳} \times ۱۰^{-۸} = n \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} \Rightarrow n = ۱/۴۲ \times ۱۰^{۱۱}$$

۴ مطابق شکل، سه ذرهٔ باردار $q_۱$ ، $q_۲$ و $q_۳$ در نقطه‌های A، B و C ثابت شده‌اند. نیروی الکتریکی وارد بر بار $q_۲$ را برحسب بردار یکّهٔ دستگاه مختصات نشان‌داده‌شده در شکل بنویسید



$$k = ۹ \times ۱۰^{۹} \frac{N \cdot m^۲}{C^۲} \quad , \quad q_۱ = q_۲ = ۲\mu C \quad , \quad q_۳ = -۴\mu C \quad AC = CB = ۳۰cm$$

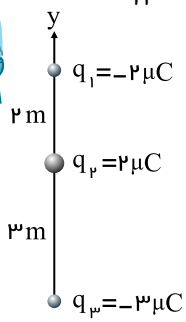
پاسخ: بار الکتریکی $q_۱$، نیرویی در جهت محور به بار $q_۲$ وارد می‌کند (دافعه یا رانشی)، از طرفی بار $q_۳$، نیرویی در خلاف جهت محور به بار $q_۲$ وارد می‌کند (جاذبه یا ربایشی)

$$F_{۱۲} = k\frac{|q_۱||q_۲|}{r_{۱۲}^۲} \Rightarrow F_{۱۲} = ۹ \times ۱۰^{۹} \frac{۲ \times ۲ \times ۱۰^{-۱۲}}{۳۶ \times ۱۰^{-۲}} \Rightarrow F_{۱۲} = ۰/۱N$$

$$F_{۳۲} = ۹ \times ۱۰^{۹} \frac{۲ \times ۴ \times ۱۰^{-۱۲}}{۹ \times ۱۰^{-۲}} \Rightarrow F_{۳۲} = ۰/۸N$$

$$\vec{F}_T = \vec{F}_{۱۲} + \vec{F}_{۳۲} \quad \vec{F}_T = ۰/۱\vec{i} - ۰/۸\vec{i} \quad \vec{F}_T = -۰/۷\vec{i}$$

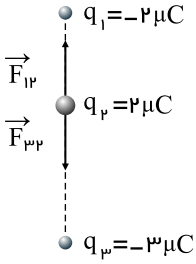
۵ سه ذرهٔ باردار روی محور yها مطابق شکل روبه‌رو قرار دارند.



برایند نیروهای وارد بر بار $q_۲$ را (در SI) برحسب بردارهای یکه محاسبه کنید.

$$k = ۹ \times ۱۰^{۹} \frac{N \cdot m^۲}{C^۲}$$

پاسخ: نیروی وارد از طرف بار $q_۱$ به بار $q_۲$، جاذبه و روبه‌بالا است $(+\vec{j})$ و نیرویی که بار $q_۳$ به بار $q_۲$ وارد می‌کند نیز جاذبه و رو به پایین است $(-\vec{j})$

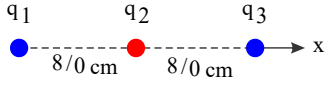


$$F_{۱۲} = k\frac{q_۱ \times q_۲}{r^۲} \rightarrow F_{۱۲} = ۹ \times ۱۰^{۹} \times \frac{۲ \times ۲ \times ۱۰^{-۱۲}}{۴} = ۹ \times ۱۰^{-۳}N$$

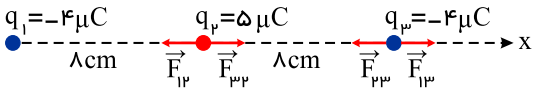
$$F_{۳۲} = k\frac{q_۳ \times q_۲}{r^۲} \rightarrow F_{۳۲} = ۹ \times ۱۰^{۹} \times \frac{۳ \times ۲ \times ۱۰^{-۱۲}}{۹} = ۶ \times ۱۰^{-۳}N$$

$$\overrightarrow{F_T} = (F_{۱۲} - F_{۳۲})\vec{j} \rightarrow \overrightarrow{F_T} = ۳ \times ۱۰^{-۳}\vec{j}$$

۶ بارهای الکتریکی نقطه‌ای $q_۱ = -۴/۰nC$، $q_۲ = +۵/۰nC$ و $q_۳ = -۴/۰nC$ مطابق شکل، در جای خود ثابت شده‌اند. نیروی خالص الکتریکی وارد بر هر یک از بارهای $q_۲$ و $q_۳$ را محاسبه کنید.



پاسخ:



نیروهای $F_{۱۲}$ و $F_{۳۲}$ با هم برابر و در خلاف جهت هستند (بارهای $q_۱$ و $q_۳$ هم‌اندازه و فاصلهٔ آنها نیز از بار $q_۲$ یکسان است بنابراین $F_{۱۲} = F_{۳۲}$ می‌باشد). بنابراین نیروی خالص واردشده بر $q_۲$ صفر است. برای بار $q_۳$ داریم:

$$F_{۱۳} = k\frac{q_۱ q_۳}{r^۲} = ۹ \times ۱۰^۹ \times \frac{(۴ \times ۱۰^{-۹})(۴ \times ۱۰^{-۹})}{(۰/۱۶)^۲} = \frac{۹}{۱۶} \times ۱۰^{-۵} N$$

$$\Rightarrow \vec{F}_{۱۳} = (\frac{۹}{۱۶} \times ۱۰^{-۵} N)\ \vec{i}$$

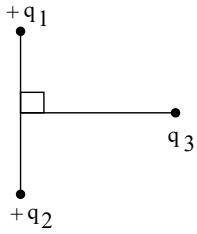
$$F_{۲۳} = k\frac{q_۲ q_۳}{r^۲} = ۹ \times ۱۰^۹ \frac{(۵ \times ۱۰^{-۹})(۴ \times ۱۰^{-۹})}{(۸ \times ۱۰^{-۲})^۲} = \frac{۴۵}{۱۶} \times ۱۰^{-۵}\ \ N$$

$$\vec{F}_{۲۳} = (-\frac{۴۵}{۱۶} \times ۱۰^{-۵} N)\vec{i}$$

در نهایت : $\vec{F}_{۳} = \frac{۹}{۱۶} \times ۱۰^{-۵}\ \ \vec{i} - \frac{۴۵}{۱۶} \times ۱۰^{-۵}\ \ \vec{i} \Rightarrow \vec{F}_{۳} = (-\frac{۹}{۴} \times ۱۰^{-۵} N)\ \vec{i}$

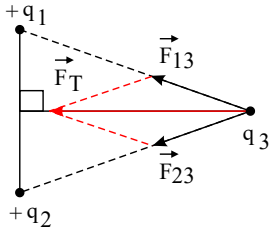
۷ الف) قانون کولن را بنویسید.

ب) مطابق شکل روبه‌رو بار نقطه‌ای $q_۳$ روی عمودمنصف خط واصل دو بار مساوی $q_۱$ و $q_۲$ قرار دارد. نیروی الکتریکی خالص وارد بر $q_۳$ را رسم کنید.

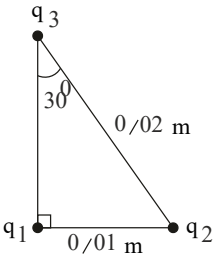


پاسخ: الف) نیروی الکتریکی ربایشی یا رانشی بین دو ذرهٔ باردار $q_۱$ و $q_۲$ که در فاصلهٔ r از یکدیگر قرار دارند با حاصل‌ضرب بار دو ذره نسبت مستقیم و با مجذور فاصلهٔ آنها از هم نسبت وارون دارد.

ب)



۸ بزرگی و جهت نیروی الکتریکی وارد بر ذرهٔ باردار $q_۱$ را تعیین کنید:



$$q_۱ = ۱\mu C \qquad q_۲ = -۴\mu C \qquad q_۳ = ۴\mu C$$

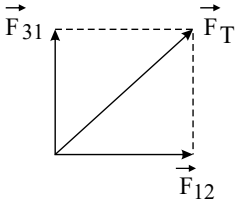
$$\cos ۳۰ = \frac{\sqrt{۳}}{۲} \qquad \cos ۶۰ = ۰/۵ \qquad k = ۹ \times ۱۰^۹ \frac{N \cdot m^۲}{C^۲}$$

پاسخ: به بار الکتریکی $q_۱$، دو نیروی عمود بر هم، یکی از طرف بار $q_۲$ (که این نیرو رانشی است) و دیگری از طرف بار $q_۳$ (که این نیرو ربایشی است) وارد می‌شود.

$$F_{۳۱} = k\frac{q_۱ q_۳}{r_{۱۳}^۲} \Rightarrow F_{۳۱} = ۹ \times ۱۰^۹ \frac{۱ \times ۴ \times ۱۰^{-۱۲}}{۳ \times ۱۰^{-۴}} \Rightarrow F_{۳۱} = ۱۲۰ N$$

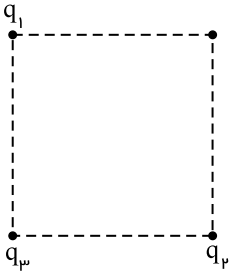
$$r_{۳۱} = ۰/۰۱\sqrt{۳}$$

$$F_{۱۲} = ۹ \times ۱۰^{۹}\frac{۱ \times ۴ \times ۱۰^{-۱۲}}{۱ \times ۱۰^{-۴}} \Rightarrow F_{۱۲} = ۳۶۰N$$

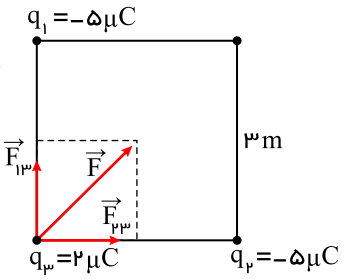


$$F_T = \sqrt{۱۲۰^{۲} + ۳۶۰^{۲}} = ۱۲۰\sqrt{۱۰}$$

۹ سه ذرهٔ باردار $q_۱$، $q_۲$ و $q_۳$ مطابق شکل در سه رأس مربعی به ضلع $۳m$ ثابت شده‌اند. اگر $q_۱ = q_۲ = -۵\mu C$ و $q_۳ = +۲\mu C$ باشد، نیروی خالص الکتریکی وارد بر بار $q_۳$ را برحسب بردارهای یکهٔ $\vec{i}$ و $\vec{j}$ تعیین کنید. $(k = ۹ \times ۱۰^{۹}\frac{N \cdot m^{۲}}{C^{۲}})$



پاسخ: به بار $q_۳$ دو نیرو، یکی در راستای محور x و دیگری در راستای محور y وارد می‌شود.



$$F_{۱۳} = k\frac{q_۱ q_۳}{r^{۲}} = ۹ \times ۱۰^{۹}\frac{(۵ \times ۱۰^{-۶})(۲ \times ۱۰^{-۶})}{۳^{۲}} \Rightarrow F_{۱۳} = ۱۰^{-۲}N$$

این نیرو در جهت محور y است، پس:

$$F_{۱۳} = (۱۰^{-۲}\vec{j}) \quad N$$

$$F_{۲۳} = k\frac{q_۲ q_۳}{r^{۲}} = ۹ \times ۱۰^{۹}\frac{(۵ \times ۱۰^{-۶})(۲ \times ۱۰^{-۶})}{۳^{۲}} = ۱۰^{-۲}N$$

این نیرو در جهت محور xها است، پس:

$$\vec{F}_{۲۳} = (۱۰^{-۲}\vec{i})N$$

در نتیجه نیروی خالص واردشده بر $q_۳$ برابر است با:

$$\vec{F} = ۱۰^{-۲}\vec{i} + ۱۰^{-۲}\vec{j}$$

برای محاسبهٔ اندازهٔ این نیرو می‌توان از رابطهٔ فیثاغورس استفاده کرد:

$$F = \sqrt{(۱۰^{-۲})^{۲} + (۱۰^{-۲})^{۲}} = \sqrt{۲} \times ۱۰^{-۲} \quad N$$

۱۰ اگر اندازهٔ بارهای هر یک از دو بار الکتریکی نقطه‌ای را ۳ برابر کنیم و فاصلهٔ بین آنها را نیز ۳ برابر کنیم، نیروی الکتریکی بین آنها چند برابر می‌شود؟

۱) $\frac{۱}{۳}$ ۲) ۱ ۳) ۳ ۴) ۹

پاسخ: ۱ ۲ ۳ ۴ سه برابر کردن هر یک از بارها، نیروی الکتریکی را ۹ برابر (متناسب با حاصل‌ضرب اندازهٔ بارها) و سه برابر کردن فاصله، نیروی الکتریکی را $\frac{۱}{۹}$ برابر (متناسب با مجذور فاصله) می‌کند، پس در نهایت:

$$\frac{F'}{F}=\frac{q'_۱q'_۲}{q_۱q_۲}\times(\frac{r}{r'})^۲\Rightarrow\frac{F'}{F}=\frac{۳\times۳}{۱\times۱}\times(\frac{۱}{۳})^۲=۱$$

۱۱ اگر فاصلهٔ بین دو بار الکتریکی نقطه‌ای را ۲۰ درصد افزایش دهیم، نیروی الکتریکی بین آنها، تقریباً چند درصد کاهش می‌یابد؟

۱) ۴۰ ۲) ۳۰ ۳) ۲۵ ۴) ۱۵

پاسخ: ۱ ۲ ۳ ۴ می‌دانیم که با توجه به قانون کولن، نیروی الکتریکی‌ای که دو بار الکتریکی به هم وارد می‌کنند با مربع فاصلهٔ آنها از هم، نسبت عکس دارد. به عبارتی داریم:

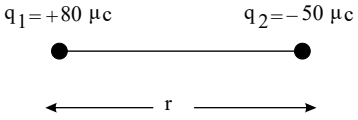
$$F=\frac{k|q_۱q_۲|}{r^۲}\xrightarrow{|q_۱q_۲|:\text{ثابت}}\frac{F_۲}{F_۱}=(\frac{r_۱}{r_۲})^۲\xrightarrow{r_۲=r_۱+۰/۲r_۱=۱/۲r_۱}$$

$$\frac{F_۲}{F_۱}=(\frac{r_۱}{۱/۲r_۱})^۲=\frac{۱}{۱/۴۴}=\frac{۱۰۰}{۱۴۴}\rightarrow\frac{F_۲-F_۱}{F_۱}=\frac{۱۰۰-۱۴۴}{۱۴۴}$$

$$\Rightarrow\frac{\Delta F}{F_۱}\times۱۰۰=-\frac{۴۴}{۱۴۴}\times۱۰۰\simeq-۳۰\ \text{درصد}$$

یعنی نیروی الکتریکی بین آن‌ها تقریباً ۳۰ درصد کاهش می‌یابد.

۱۲ مطابق شکل زیر، دو بار الکتریکی در فاصلهٔ r، نیروی جاذبهٔ F بر یکدیگر وارد می‌کنند. اگر با ثابت بودن فاصله، ۲۵ درصد از بار $q_۱$ را به $q_۲$ انتقال دهیم، نیروی جاذبهٔ بین دو بار، چند درصد و چگونه تغییر می‌کند؟



۱) ۲۵، کاهش ۲) ۲۵، افزایش
۳) ۵۵، کاهش ۴) ۵۵، افزایش

پاسخ: ۱ ۲ ۳ ۴

$$۰/۲۵q_۱=۲۰\mu C\rightarrow\begin{cases}q'_۱=۸۰-۲۰=۶۰\mu C\\q'_۲=(-۵۰)+۲۰=-۳۰\mu C\end{cases}$$

$$\frac{F'}{F}=\frac{q'_۱|q'_۲|}{q_۱|q_۲|}=\frac{۶۰\times۳۰}{۸۰\times۵۰}=\frac{۱۸}{۴۰}=\frac{۹}{۲۰}\rightarrow\frac{\Delta F}{F}=-\frac{۱۱}{۲۰}=-۵۵\%$$

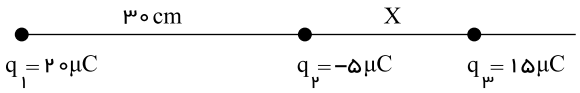
یعنی نیروی جاذبه، ۵۵ درصد کاهش می‌یابد.

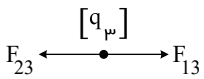
۱۳ دو بار الکتریکی نقطه‌ای $q_1 = ۲۰\mu C$ و $q_۲ = -۵\mu C$ در فاصلهٔ ۳۰ سانتی‌متری از هم ثابت نگه داشته شده‌اند. بار الکتریکی $q_۳ = ۱۵\mu C$ را در این محیط در نقطه‌ای قرار می‌دهیم که نیروی الکتریکی خالص وارد بر آن صفر باشد. در این حالت، نیروی الکتریکی وارد بر بار $q_۲$ چند نیوتون است؟ $(k = ۹ \times ۱۰^۹ \frac{N \cdot m^۲}{C^۲})$

۱) ۱٫۵ ۲) ۲٫۵ ۳) ۳ ۴) ۵

پاسخ: ۴ ۳ **۲** ۱

گام اول: چون دو بار q_1 و $q_۲$ مختلف‌العلامتند، بار سوم به جهت اینکه برآیند نیروهای وارد بر آن از طرف بارهای q_1 و $q_۲$ صفر شود، باید خارج خط واصل دوبار و نزدیک‌تر به باری باشد که از نظر مقدار کوچک‌تر باشد (یعنی بار $q_۲$). اگر فاصله بار $q_۳$ تا $q_۲$ را با x نشان دهیم، ابتدا x را می‌یابیم:

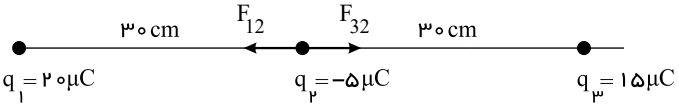




$$F_{۱۳} = F_{۲۳} \Rightarrow \frac{k|q_1||q_۳|}{r_{۱۳}^۲} = \frac{k|q_۲||q_۳|}{r_{۲۳}^۲} \Rightarrow \frac{۲۰}{(۳۰+x)^۲} = \frac{۵}{x^۲} \Rightarrow \frac{۲}{۳۰+x} = \frac{۱}{x}$$

$$\Rightarrow x = ۳۰cm$$

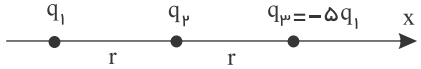
گام دوم: اکنون برایند نیروهای وارد بر $q_۲$ را می‌یابیم. می‌دانیم اگر q_1 و $q_۲$ برحسب μc و r برحسب cm باشد، می‌توان نوشت: $F = ۹۰\frac{|q_1||q_۲|}{r^۲}$



$$\begin{cases} F_{۱۲} = \frac{k|q_1||q_۲|}{r_{۱۲}^۲} = ۹۰(\frac{۲۰ \times ۵}{۳۰^۲}) = ۱۰N \\ F_{۳۲} = \frac{k|q_۲||q_۳|}{r_{۲۳}^۲} = ۹۰(\frac{۵ \times ۱۵}{۳۰^۲}) = ۷٫۵N \end{cases}$$

$$\Rightarrow F_{net} = ۱۰ - ۷٫۵ = ۲٫۵N$$

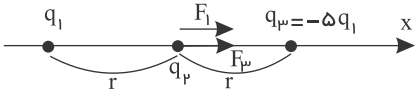
۱۴ در شکل زیر سه ذرهٔ باداری روی محور x قرار دارند و به بار $q_۲$ نیروی الکتریکی خالص F وارد می‌شود. اگر بار $q_۳$ روی محور x به اندازهٔ $\frac{۴r}{۵}$ به بار $q_۲$ نزدیک شود، نیروی خالص وارد بر بار $q_۲$ چند برابر F می‌شود؟



۱) ۲۵ ۲) ۲۱
۳) $\frac{۱۳}{۳}$ ۴) $\frac{۲۵}{۶}$

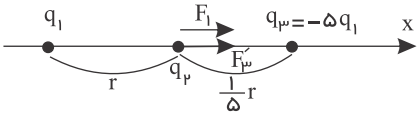
پاسخ: ۴ ۳ **۲** ۱

در دو حالت نیروی وارد بر بار $q_۲$ را می‌یابیم. حالت اول:



$$F_۲ = F_۱ + F_۳ = \frac{kq_۱q_۲}{r^۲} + \frac{k(۵q_۱)q_۲}{r^۲} = ۶\frac{kq_۱q_۲}{r^۲}$$

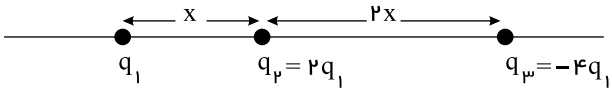
در حالت دوم:



$$F'_۲ = F_۱ + F'_۳ = \frac{kq_۱q_۲}{r^۲} + \frac{k(۵q_۱)q_۲}{(\frac{۱}{۲}r)^۲} = ۱۲۶\frac{kq_۱q_۲}{r^۲}$$

$$\rightarrow \frac{F'_۲}{F_۲} = \frac{۱۲۶\frac{kq_۱q_۲}{r^۲}}{۶\frac{kq_۱q_۲}{r^۲}} \rightarrow \frac{F'_۲}{F_۲} = ۲۱$$

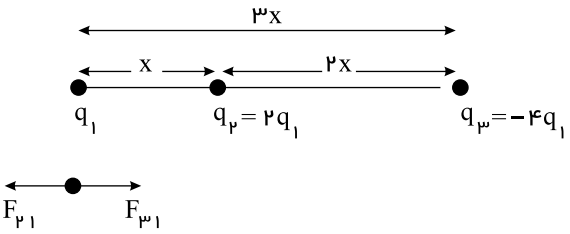
۱۵ سه ذرهٔ باردار مطابق شکل زیر، روی محوری قرار دارند. بزرگی نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار $q_۱$، چند برابر بزرگی نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار $q_۳$ است؟



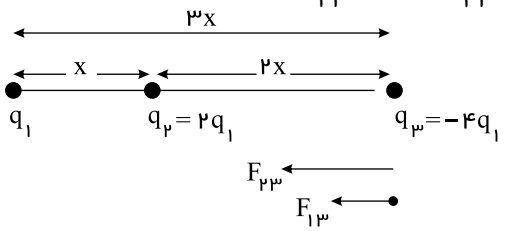
۱) ۴ ۲) ۱ ۳) $\frac{۷}{۱۱}$ ۴) $\frac{۵}{۸}$

پاسخ: ۴ ۳ ۲ ۱

با توجه به شکل، یک بار بزرگی نیروی خالص وارد بر بار $q_۱$ و بار دیگر بزرگی نیروی الکتریکی وارد بر بار $q_۳$ را به‌صورت زیر می‌یابیم.



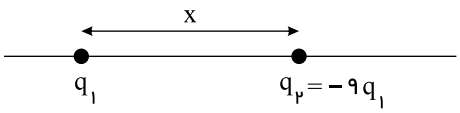
$$F_۱ = F_{۲۱} - F_{۳۱} = \frac{k|q_۲q_۱|}{r^۲_{۲۱}} - \frac{k|q_۳q_۱|}{r^۲_{۳۱}} \rightarrow F_۱ = \frac{k \times ۲q_۱^۲}{x^۲} - \frac{k \times ۴q_۱^۲}{۹x^۲} \rightarrow F_۱ = \frac{۱۴}{۹}(\frac{kq_۱^۲}{x^۲})$$



$$F_۳ = F_{۱۳} + F_{۲۳} = \frac{k|q_۱q_۳|}{r^۲_{۱۳}} + \frac{k|q_۲q_۳|}{r^۲_{۲۳}} \Rightarrow F_۳ = \frac{k \times ۴q_۱^۲}{۹x^۲} + \frac{k \times ۸q_۱^۲}{۴x^۲} \Rightarrow F_۳ = \frac{۲۲}{۹}(\frac{kq_۱^۲}{x^۲})$$

$$\frac{F_۱}{F_۳} = \frac{\frac{۱۴}{۹}}{\frac{۲۲}{۹}} \Rightarrow \frac{F_۱}{F_۳} = \frac{۷}{۱۱}$$

۱۶ مطابق شکل زیر، دو ذرهٔ باردار روی محوری در فاصلهٔ x از هم قرار دارند. بار $q_۳$ چه اندازه باشد و در کدام نقطه روی این محور قرار گیرد تا نیروی الکتریکی خالص وارد بر هر سه ذره صفر باشد؟



۱) $\frac{۹}{۴}q_۱$ و در فاصلهٔ $۲x$ سمت چپ بار $q_۱$

۲) $\frac{۹}{۴}q_۱$ و در فاصلهٔ $\frac{x}{۲}$ سمت چپ بار $q_۱$

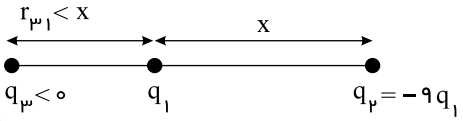
۳) $-\frac{۹}{۴}q_۱$ و در فاصلهٔ $۲x$ سمت چپ بار $q_۱$

۴) $-\frac{۹}{۴}q_۱$ و در فاصلهٔ $\frac{x}{۲}$ سمت چپ بار $q_۱$

پاسخ: ۴ ۳ ۲ ۱ اگر قرار است که هر سه ذره در حال تعادل باشند، باید در یک راستا بوده و یک‌درمیان، علامت بارها قرینه شود، پس چیدمان آن‌ها به‌صورت زیر خواهد بود و بار وسطی باید نزدیک‌تر به بار کوچکتر باشد. تا اینجا با توجه به گزینه‌ها فقط گزینه ۴ صحیح است.

یعنی $\begin{cases} q_۳<۰ \\ r_{۳۱}<x \end{cases}$ فقط در گزینهٔ ۴ دیده می‌شود. $\begin{cases} q_۳=-\frac{۹}{۴}q_۱ \\ r_{۳۱}=\frac{۱}{۲}x \end{cases}$

و اما حل سوال، ابتدا فاصلهٔ $q_۳$ از $q_۱$ را می‌یابیم.



$$F_۳=۰\rightarrow F_{۱۳}=F_{۲۳}\rightarrow \frac{k|q_۱q_۳|}{r_{۱۳}^۲}=\frac{k|q_۲q_۳|}{r_{۲۳}^۲}\rightarrow \frac{|q_۱|}{r_{۱۳}^۲}=\frac{|q_۲|}{r_{۲۳}^۲}\rightarrow \frac{q_۱}{r_{۱۳}^۲}=\frac{۹q_۱}{(x+r_{۱۳})^۲}\rightarrow r_{۱۳}=\frac{۱}{۲}x$$

و برای پیدا کردن $q_۳$، نیروی خالص وارد بر $q_۱$ را صفر درنظر می‌گیریم.

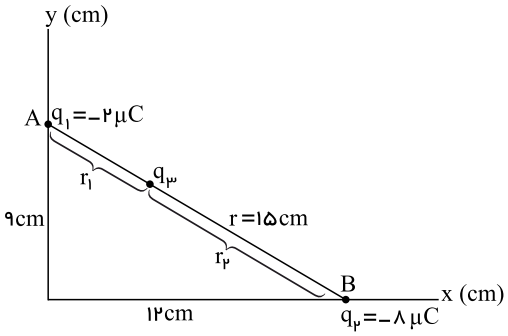
$$F_{۱=۰}\rightarrow F_{۳۱}=F_{۲۱}\rightarrow \frac{k|q_۳q_۱|}{r_{۳۱}^۲}=\frac{k|q_۲q_۱|}{r_{۲۱}^۲}\rightarrow \frac{q_۳}{(\frac{۱}{۲}x)^۲}=\frac{q_۲}{x^۲}\rightarrow \frac{q_۳}{\frac{۱}{۴}x^۲}=\frac{۹q_۱}{x^۲}$$

$$\rightarrow |q_۳|=\frac{۹}{۴}q_۱\xrightarrow{q_۳<۰} q_۳=-\frac{۹}{۴}q$$

۱۷ در صفحهٔ xy بار الکتریکی نقطه‌ای $q_۱=-۲\mu C$ در نقطهٔ A به مختصات $(۰, ۹cm)$ قرار دارد و بار الکتریکی $q_۲=-۸\mu C$ نیز در نقطهٔ B به مختصات $(۱۲cm, ۰)$ ثابت نگه داشته شده است. بار الکتریکی نقطه‌ای $q_۳$ در مکانی در این صفحه قرار دارد که نیروی الکتریکی خالص وارد بر آن صفر است. فاصلهٔ بین $q_۱$ و $q_۳$ چند سانتی‌متر است؟

۱) ۱۰ ۲) ۶ ۳) ۵ ۴) ۳

پاسخ: ۴ ۳ ۲ ۱ می‌دانیم که بار الکتریکی $q_۳$ در امتداد خط واصل بارهای $q_۱$ و $q_۲$، بین آنها و نزدیک‌تر به بار $q_۱$ است. با توجه به شکل داریم:

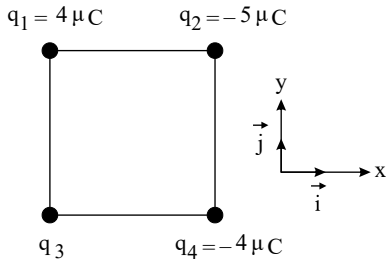


$$r=\sqrt{۹^۲+۱۲^۲}\Rightarrow r=۱۵cm$$

$$F_۳=۰\Rightarrow \frac{q_۱}{r_۱^۲}=\frac{q_۲}{r_۲^۲}\xrightarrow[r_۲=۱۵-x]{r_۱=x}$$

$$\frac{۲}{x}=\frac{۸}{۱۵-x}\Rightarrow x=۵cm$$

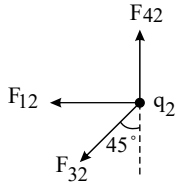
۱۸ چهار ذرهٔ باردار مطابق شکل زیر در رأس‌های یک مربع به ضلع $۲۰cm$ قرار دارند. اگر نیروی الکتریکی خالص وارد بر $q_۲$ در SI به‌صورت $\vec{F}=-۹\vec{i}$ باشد، $q_۳$ چند میکروکولن است؟ $(k=۹\times ۱۰^۹ N\cdot m^۲/C^۲)$



۱) $-۸\sqrt{۲}$
۲) -۴
۳) ۴
۴) $۸\sqrt{۲}$

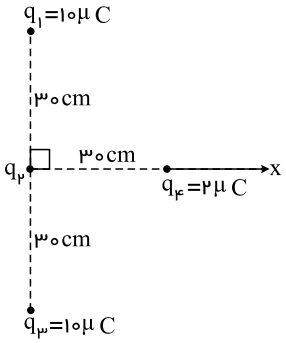
پاسخ: ۴ ۳ ۲ ۱

با توجه به شکل، بار $q_۳$ بار $q_۲$ را جذب کرده، پس علامت آن مثبت است. چون نیروی خالص وارد بر $q_۲$ در راستای محورxها است، مؤلفه‌های قائم نیروها باید یکدیگر را خنثی کنند.



$$F_{۳۲}\cos ۴۵^\circ=F_{۴۲}\Rightarrow \frac{\cancel{k}\ \cancel{q_۲}\ q_۳}{(a\sqrt{۲})^۲}\times\frac{\sqrt{۲}}{۲}=\frac{\cancel{k}\ \cancel{q_۲}\ q_۴}{a^۲}\Rightarrow \frac{q_۳}{۲۰^۲\times ۲}\times\frac{\sqrt{۲}}{۲}=\frac{۴}{۲۰^۲}\Rightarrow q_۳=+۸\sqrt{۲}\ \mu C$$

۱۹ چهار ذرهٔ باردار، مطابق شکل قرار دارند. اگر نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار $q_۴$ برابر $\vec{F_T}=[(\sqrt{۲}-۲)N]\vec{i}$ باشد، $q_۲$ چند میکروکولن است؟ $\left(k=۹\times ۱۰^۹\frac{N\cdot m^۲}{C^۲}\right)$



۱) -۱۰
۲) -۵
۳) ۵
۴) ۱۰

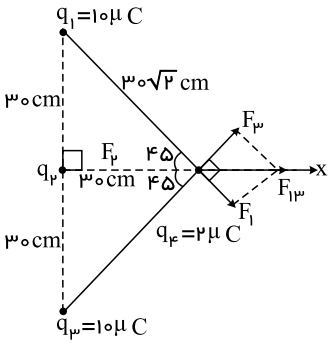
پاسخ: ۴ ۳ ۲ **۱** قانون کولن

قبل از هر چیزی می‌دانیم که در رابطهٔ مربوط به قانون کولن، اگر q برحسب μc و r برحسب cm باشد، پس از تبدیل یکاها در SI می‌توانیم بنویسیم:

$$F = \frac{۹۰ q_۱ q_۲}{r^۲}$$

$$F_۱ = F_۳ = \frac{۹ \times ۱۰ \times ۲}{(۳۰\sqrt{۲})^۲} = ۱N$$

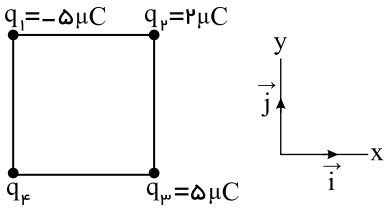
$$F_{۱۳} = \sqrt{F_۱^۲ + F_۳^۲} = \sqrt{۱^۲ + ۱^۲} \Rightarrow F_{۱۳} = \sqrt{۲}N$$



$$F_T = F_{۱۳} - F_۲ \Rightarrow \sqrt{۲} - ۲ = \sqrt{۲} - F_۲$$

$$\Rightarrow F_۲ = ۲N$$

$$F_۲ = \frac{۹۰ \times ۲ \times q_۲}{(۳۰)^۲} \Rightarrow |q_۲| = ۱۰\mu C \Rightarrow q_۲ = -۱۰\mu C$$



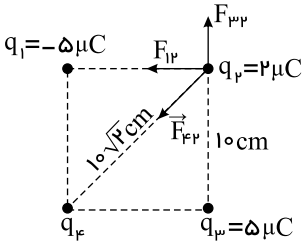
۲۰ چهار ذرهٔ باردار مطابق شکل، در رأس‌های مربعی به ضلع $۱۰cm$ قرار دارند. اگر نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار $q_۲$، $\vec{F} = (-۱۸N)\vec{i}$ باشد، بار $q_۴$ چند میکروکولن است؟ $\left(k = ۹ \times ۱۰^۹ \frac{N \cdot m^۲}{C^۲}\right)$

۱) ۱۰ ۲) -۱۰ ۳) $۱۰\sqrt{۲}$ ۴) $-۱۰\sqrt{۲}$

پاسخ: ۴ ۳ ۲ ۱ قبل از هر چیزی می‌دانیم که در به کارگیری قانون کولن برای تعیین نیروی الکتریکی، اگر یکای بارهای الکتریکی میکروکولن و یکای فاصله سانتی‌متر باشد، بزرگی این نیرو برحسب نیوتون به‌صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$F = ۹۰ \frac{q_۱ q_۲}{r^۲}$$

حال با این مقدمه، در ابتدا نیروهای وارد بر بار $q_۲$ را محاسبه می‌کنیم:



$$F_{۱۲} = F_{۳۲} = \frac{۹۰ \times ۵ \times ۲}{۱۰۰} \Rightarrow F_{۱۲} = F_{۳۲} = ۹N$$

با توجه به جهت نیروها داریم:

$$\vec{F}_{۱۲} = -۹\vec{i}$$

$$\vec{F}_{۳۲} = ۹\vec{j}$$

حال برای تعیین نیروی $\vec{F}_{۴۲}$ داریم:

$$\vec{F}_{۲}=\vec{F}_{۱۲}+\vec{F}_{۳۲}+\vec{F}_{۴۲}\Rightarrow -۱۸\vec{i}=-۹\vec{i}+۹\vec{j}+\vec{F}_{۴۲}\Rightarrow \vec{F}_{۴۲}=-۹\vec{i}-۹\vec{j}\Rightarrow F_{۴۲}=۹\sqrt{۲}N$$

با توجه به جهت نیروی $\vec{F}_{۴۲}$ می‌توان دریافت که بار $q_۴$ منفی است.

$$F_{۴۲}=\frac{۹۰|q_۴|q_۲}{(۱۰\sqrt{۲})^۲}\Rightarrow ۹\sqrt{۲}=\frac{۹۰\times|q_۴|\times ۲}{۲۰۰}\Rightarrow |q_۴|=۱۰\sqrt{۲}\mu C\Rightarrow q_۴=-۱۰\sqrt{۲}\mu C$$