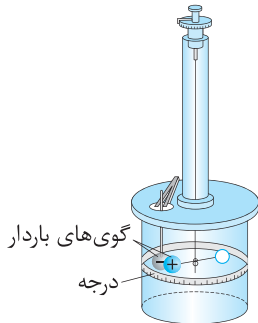


فصل ۱

قسمت دوم

قانون کولن



اجسام باردار به یکدیگر نیروی جاذبه و دافعه وارد می‌کنند که به آن نیروی الکتریکی می‌گویند. دانشمند فرانسوی، شارل آگوستین کولن با استفاده از یک ترازوی پیچشی، عوامل مؤثر بر نیروی بین دو جسم باردار کوچک را مشخص کرد.

کولن با استفاده از ترازوی پیچشی مقابل عوامل را بررسی کرد. در دو سر میله‌ای نارسانا بار مثبت و یک قرص قرار داد و توسط سیم نازک آویزان کرد. یک گوی با بار منفی و هم‌اندازه با بار مثبت داخل استوانه برد و با توجه به مقدار چرخش میله نارسانا، نیروی وارد بر بار مثبت را تعیین کرد. نتیجه آزمایش کولن به صورت قانون بیان شد.

اگر دو بار q_1 و q_2 در فاصله r از یکدیگر قرار گیرند، مطابق شکل‌های زیر به یکدیگر نیرو وارد می‌کنند:



(آ) نیروی الکتریکی بین دو بار الکتریکی هم‌نام، رانشی است. (ب) نیروی الکتریکی بین دو بار الکتریکی ناهم‌نام، ربایشی است.

F_{12} نیرویی است که بار q_1 به بار q_2 وارد می‌کند و F_{21} نیرویی است که بار q_2 به بار q_1 وارد می‌کند. در مورد جهت این نیروها به نکات زیر توجه کنید: (۱) این دو نیرو همیشه خلاف جهت هم هستند.

(۲) راستای این دو نیرو در راستای خطی است که دو ذره را به هم متصل می‌کند.

(۳) اندازه این دو نیرو همیشه با هم برابر است و از رابطه قانون کولن به صورت زیر به دست می‌آید.

تعریف قانون کولن: اندازه نیروی الکتریکی (الکتروستاتیکی) بین دو بار نقطه‌ای^۱ که در راستای خط واصل آن‌ها اثر می‌کند، با حاصل ضرب بزرگی بارها متناسب است و با مربع فاصله آن‌ها نسبت وارون دارد.

$$\left. \begin{array}{l} F_{12} = F_{21} = F \\ \vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \end{array} \right\} \Rightarrow F \propto \frac{|q_1| \times |q_2|}{r^2} \Rightarrow \mathbf{F = k \frac{|q_1| \times |q_2|}{r^2}}$$

قانون سوم نیوتون

q_1 و q_2 : بار دو ذره بر حسب کولن (C)، r : فاصله بین دو ذره بر حسب متر (m)

k : ثابت کولن بر حسب $\frac{N.m^2}{C^2}$ ($k = 1/89 \times 10^9 = 9 \times 10^9$)

ضریب k را بر حسب ضریب ثابت دیگری به نام ϵ_0 (ضریب گذردهی الکتریکی خلأ) بیان می‌کنند.

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}, \epsilon_0 = 1/89 \times 10^{-12} \frac{C^2}{N.m^2}$$

مثال

دو ذره $q_1 = +3\mu C$ و $q_2 = -6\mu C$ در فاصله 30cm از یکدیگر ثابت شده‌اند.

(آ) اندازه نیرویی که ذره q_1 به q_2 وارد می‌کند، بزرگ‌تر است یا اندازه نیرویی که q_2 به q_1 وارد می‌کند؟

(ب) نیرویی که این دو ذره به یکدیگر وارد می‌کنند را محاسبه کنید.

پاسخ: (آ) طبق قانون سوم نیوتون، نیرویی که دو ذره به یکدیگر وارد می‌کنند با هم برابر است: $F_{12} = F_{21}$

(ب) از قانون کولن استفاده می‌کنیم:

$$F = k \frac{q_1 \times |q_2|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-6} \times 6 \times 10^{-6}}{(30)^2 \times 10^{-4}} = 1/8 N$$

۱. برای اجسام باردار به شرطی می‌توانیم از رابطه کولن استفاده کنیم که ابعاد جسم در مقایسه با فاصله بین بارها ناچیز باشد.

تست

دو بار نقطه‌ای q و $5q$ در فاصله r از یکدیگر ثابت شده‌اند. اگر بزرگی نیرویی که بار q به بار $5q$ وارد می‌کند برابر F باشد، بزرگی نیرویی که بار $5q$ به بار q وارد می‌کند چند F است؟

- (۱) F (۲) $3F$ (۳) $5F$ (۴) $6F$

پاسخ: طبق قانون سوم نیوتون، نیرویی که دو ذره باردار به هم وارد می‌کنند هم‌اندازه هستند، بنابراین گزینه (۱) درست است.

تست

دو ذره باردار q_1 و q_2 در محل خود ثابت شده‌اند. اگر \vec{F}_{21} در جهت شمال شرق باشد، \vec{F}_{12} در کدام جهت است؟

- (۱) شمال شرق (۲) جنوب غرب (۳) شمال غرب (۴) جنوب شرق

پاسخ: طبق قانون سوم نیوتون جهت نیروها خلاف یکدیگر است، بنابراین اگر یکی از نیروها در جهت شمال شرق باشد، نیروی دیگر در جهت جنوب غرب است. بنابراین گزینه (۲) درست است.

تست

دو ذره باردار در محل خود ثابت شده‌اند. اگر $\vec{F}_{12} = 6\vec{i} - 7\vec{j}$ باشد، \vec{F}_{21} کدام است؟

- (۱) $6\vec{i} - 7\vec{j}$ (۲) $-6\vec{i} + 7\vec{j}$ (۳) $-6\vec{i} - 7\vec{j}$ (۴) $6\vec{i} + 7\vec{j}$

پاسخ: طبق قانون سوم نیوتون نیروها خلاف جهت هستند.

گزینه (۲) درست است. $\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12} = -(6\vec{i} - 7\vec{j}) = -6\vec{i} + 7\vec{j}$

نکته: طبق رابطه قانون کولن اگر فاصله بین دو بار الکتریکی n برابر شود، نیرو $\frac{1}{n^2}$ برابر می‌شود و اگر یکی از بارها n برابر شود، نیرو نیز n برابر می‌شود.

مثال

در هر یک از حالت‌های زیر؛ نیروی بین دو ذره باردار چند برابر می‌شود؟

- (آ) فاصله بارها دو برابر شود. (ب) فاصله بارها نصف شود.
(پ) فقط اندازه یکی از بارها دو برابر شود. (ت) اندازه هر یک از بارها دو برابر شود.

پاسخ: (آ) طبق قانون کولن، نیرو با مربع فاصله رابطه عکس دارد. بنابراین؛

اگر فاصله دو بار دو برابر شود، نیرو $\frac{1}{4}$ برابر می‌شود یا: $F \propto \frac{1}{r^2} \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \xrightarrow{r_2=2r_1} \frac{F_2}{F_1} = \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}$

(ب) اگر فاصله نصف شود، نیرو ۴ برابر می‌شود یا: $F \propto \frac{1}{r^2} \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \xrightarrow{r_2=\frac{1}{2}r_1} \frac{F_2}{F_1} = \left(\frac{1}{\frac{1}{2}}\right)^2 = 4$

(پ) $F \propto |q_1| |q_2| \xrightarrow{\text{اندازه } q_1 \text{ دو برابر، اندازه } q_2 \text{ ثابت}} F \propto |q_1| \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \frac{2|q_1|}{|q_1|} = 2$

(ت) $F \propto |q_1| |q_2| \xrightarrow{\text{اندازه } q_1 \text{ و } q_2 \text{ دو برابر شده‌اند}} \frac{F_2}{F_1} = \frac{2|q_1| \times 2|q_2|}{|q_1| |q_2|} = 4$

توجه: رابطه قانون کولن برای نیروی بین دو ذره باردار است. محاسبه نیروی الکتریکی بین دو جسم باردار بزرگ نیاز به ریاضیات پیشرفته‌تری دارد. در مسائل و تست‌ها فرض بر این است که می‌توانید دو جسم را مانند دو ذره در نظر بگیرید.

تست

دو بار الکتریکی نقطه‌ای در فاصله معین بر هم نیرو وارد می‌کنند. اگر اندازه یکی از بارها دو برابر شود، فاصله بین دو بار را چند برابر کنیم تا نیروی الکتریکی بین آن‌ها تغییر نکند؟

- (۱) $\sqrt{2}$ برابر (۲) $\frac{1}{4}$ برابر (۳) ۲ برابر (۴) $\frac{\sqrt{2}}{4}$ برابر

پاسخ:

گزینه (۱) درست است. $\Rightarrow \frac{r'}{r} = \sqrt{2} \Rightarrow \frac{r'}{r^2} = \frac{2}{r^2} \Rightarrow \frac{1}{r^2} = \frac{2}{r'^2} \Rightarrow \frac{r'}{r} = \sqrt{2}$

$$\begin{cases} F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} \\ F' = k \frac{2|q_1| |q_2|}{r'^2} \end{cases}, F = F' \Rightarrow k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} = k \frac{2|q_1| |q_2|}{r'^2} \Rightarrow \frac{1}{r^2} = \frac{2}{r'^2} \Rightarrow \frac{r'}{r} = \sqrt{2}$$

مشال

دو بار هم‌اندازه q روی دو کره فلزی مشابه در فاصله معینی از یکدیگر قرار دارند. اگر نیمی از بار یکی را برداشته و به دیگری اضافه کنیم، نیروی الکتریکی بین دو بار در همان فاصله، در هر یک از حالات زیر چند برابر می‌شود؟

(آ) بارها هم‌نام باشند. (ب) بارها ناهم‌نام باشند.

پاسخ: (آ) اگر بارها هم‌نام باشند، بار ذره اول به $\frac{1}{4}q$ و بار ذره دوم به $\frac{3}{4}q$ می‌رسد.

$$\frac{F'}{F} = \frac{k \frac{|\frac{1}{4}q| |\frac{3}{4}q|}{r^2}}{k \frac{|q| |q|}{r^2}} = \frac{3}{4}$$

(ب) اگر بارها ناهم‌نام باشند و نیمی از بار اول را برداریم، آن‌گاه بار آن به $\frac{1}{4}q$ می‌رسد و اگر این نصف بار را به بار دوم اضافه کنیم، با توجه به ناهم‌نام بودن بارها، نصف بار دوم خنثی می‌شود و بار دوم نیز از نظر مقدار به $\frac{1}{4}q$ می‌رسد.

$$q_1 = \frac{1}{4}q, q_2' = -\frac{1}{4}q \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{k \frac{|\frac{q}{4}| |\frac{q}{4}|}{r^2}}{k \frac{|q|^2}{r^2}} = \frac{1}{4}$$

تست

دو کره فلزی یکسان که روی دو پایه عایق قرار دارند، دارای بار الکتریکی $q_1 = +12\mu C$ و $q_2 = -2\mu C$ می‌باشند. اگر این دو کره را با هم تماس داده و سپس از هم جدا کنیم و در همان فاصله قبل قرار دهیم، نیروی بین آن‌ها چند برابر می‌شود؟

گزینه‌ها: (۱) ۲۵ (۲) $\frac{25}{24}$ (۳) $\frac{1}{25}$ (۴) $\frac{24}{25}$

پاسخ: با توجه به یکسان بودن کره‌ها، بار جدید کره‌ها به صورت مقابل به دست می‌آید:

$$q_1' = q_2' = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{12 + (-2)}{2} = +5\mu C$$

گزینه (۲) درست است. $\Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{|q_1'| \times |q_2'|}{|q_1| \times |q_2|} \times \left(\frac{r}{r'}\right)^2 = \frac{5 \times 5}{12 \times 2} \times 1 = \frac{25}{24}$

نکته STP

اگر مجموع بار دو کره هم‌نام و هم‌اندازه ثابت باشد، نیروی دافعه بین دو کره هنگامی بیشینه است که اندازه بار کره‌ها یکسان باشند.

تست

دو کره هم‌اندازه، بارهای $q_1 = -10nC$ و $q_2 = -12nC$ دارند. تقریباً چند درصد از بار کره دوم را به کره اول منتقل کنیم تا نیروی بین آن‌ها بیشینه شود؟

گزینه‌ها: (۱) $\frac{8}{33}$ (۲) ۱۰ (۳) $\frac{12}{3}$ (۴) $\frac{91}{67}$

پاسخ: برای این‌که نیروی بین کره‌ها بیشینه شود، باید بار کره‌ها هم‌اندازه و برابر $-11nC$ شود.

$$q' = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{-10 + (-12)}{2} = -11nC$$

بنابراین باید $-1nC$ بار از کره دوم به کره اول منتقل شود که به صورت درصد باید محاسبه گردد.

گزینه (۱) درست است. $\Rightarrow \left(\frac{-1}{-12}\right) \times 100 = \frac{100}{12} = \frac{25}{3} \approx \frac{8}{33}$

نکته یک کولن بار الکتریکی ساکن، مقدار بار بسیار زیادی می‌باشد. در مثال زیر این موضوع را درک خواهید کرد.

مشال

دو کره رسانای بزرگ در فاصله یک متری از هم قرار دارند و به هر کدام از آن‌ها بار $+1C$ داده‌ایم. برای این‌که کره بالایی در همان فاصله یک متری باقی بماند، چند انسان 100 کیلوگرمی باید روی کره بالایی

بایستند؟ از وزن کره‌ها صرف‌نظر کنید. $(g = 10 \frac{N}{kg}, k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})$

پاسخ: باید وزن انسان‌ها، نیروی F را خنثی کند، بنابراین:

$$F = mg \times N \Rightarrow k \frac{q_1 q_2}{r^2} = mg \times N \Rightarrow 9 \times 10^9 \times \frac{1 \times 1}{1^2} = 1000 \times N \Rightarrow N = 9 \times 10^6$$

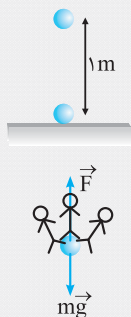
۹ میلیون نفر!!!

توجه امکان قراردادن بار یک کولن روی یک کره وجود ندارد.

نکته STP اگر بارها بر حسب μC و فاصله بر حسب سانتی‌متر باشد، می‌توان تمام توان‌ها را با هم ساده کرد و رابطه را به صورت زیر با همان

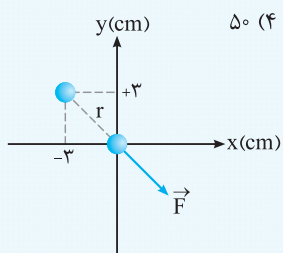
یکای μC و cm قرار داد:

$$\frac{N}{F} = 90 \frac{\mu C}{cm^2} \frac{\mu C}{cm^2}$$



تست

دو بار الکتریکی هم اندازه $+2\mu\text{C}$ یکی در مبدأ مختصات و دیگری در مکان $(-3\text{cm}, +3\text{cm})$ قرار دارند. نیروی وارد بر ذره‌ای که در مبدأ مختصات قرار دارد، چند نیوتون است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N}\cdot\text{m}^2}{\text{C}^2})$



پاسخ: فاصله بین دو ذره را از رابطه فیثاغورس به دست می‌آوریم:

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{3^2 + 3^2} = 3\sqrt{2} \text{ cm}$$

طبق نکته STP، محاسبات را انجام می‌دهیم:

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 2}{(3\sqrt{2})^2} = \frac{9 \times 4}{18} = 2 \text{ N} \Rightarrow \text{گزینه (1) درست است.}$$

نیروی هسته‌ای

نیروی بین پروتون‌های هسته از نوع دافعه است، بنابراین هسته باید متلاشی شود ولی چنین چیزی رخ نمی‌دهد بنابراین نتیجه می‌گیریم باید نیرویی قوی وجود داشته باشد که مانع از متلاشی شدن هسته شود و به آن نیروی هسته‌ای می‌گویند.

مثال

در هسته اتم هلیوم فاصله تقریبی دو پروتون $2/4 \times 10^{-15} \text{ m}$ است. نیروی بین این دو پروتون چند نیوتون است؟

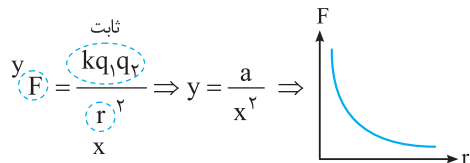
$$(e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}, k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N}\cdot\text{m}^2}{\text{C}^2})$$

$$F = k \frac{|q| |q|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(1/6 \times 10^{-19})^2}{(2/4 \times 10^{-15})^2} = 40 \text{ N}$$

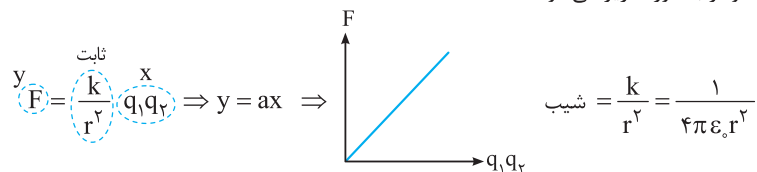
پاسخ: بار پروتون هم‌اندازه با بار الکترون است:

نمودارهای مربوطه به قانون کولن ویژه تراز برترها

در این قسمت نمودار نیرو بر حسب فاصله بارها و نیرو بر حسب حاصل ضرب دو بار را رسم می‌کنیم. در رسم نمودارها از رابطه کولن کمک می‌گیریم:
 (آ) اگر مقدار بارها ثابت باشند و فقط فاصله بارها تغییر کند، نمودار نیرو بر حسب فاصله مطابق شکل زیر می‌شود:

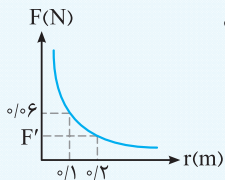


(ب) اگر فاصله بین دو بار ثابت باشد و اندازه بارها تغییر کند، نمودار به صورت زیر می‌شود:



تست

نمودار نیروی بین دو ذره باردار بر حسب فاصله بین آن‌ها به صورت مقابل است. مقدار F' چند نیوتون است؟



۰/۰۱۵ (۲)

۰/۰۱ (۱)

۰/۰۴۵ (۴)

۰/۰۳ (۳)

پاسخ: طبق نمودار، فاصله از 0.1 m به 0.2 m رسیده است، یعنی فاصله دو برابر شده است، بنابراین نیرو $\frac{1}{4}$ برابر می‌شود.

$$F' = \frac{1}{4} \times 0.06 = 0.015 \Rightarrow \text{گزینه (۲) درست است.}$$

ترکیب مسائل نیرو با حرکت شناسی

با رابطه $F = ma$ آشنا شده‌اید؛ در این رابطه، نیروی F ممکن است نیروی الکتریکی باشد. بنابراین اگر نیرو از جنس الکتریکی باشد، باز هم می‌توانید از فرمول نیوتون استفاده کرده و شتاب حرکت ذره را به دست آورید.

مثال

دو جسم کوچک رسانا و باردار با جرم یکسان $2g$ حامل بارهای $+10\mu C$ هستند و در فاصله $3cm$ از یکدیگر نگه داشته شده‌اند؛ اگر در این حالت رها شوند، شتاب ناشی از نیروی الکتریکی، بلافاصله پس از رها شدن چند m/s^2 می‌شود؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})$

پاسخ: ابتدا نیروی بین دو جسم را محاسبه می‌کنیم:

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{10 \times 10^{-6} \times 10 \times 10^{-6}}{900 \times 10^{-4}} = 10 N$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{10}{2 \times 10^{-3}} = 5 \times 10^3 m/s^2$$

حال از رابطه نیوتون استفاده می‌کنیم تا شتاب را به دست آوریم:

تست

دو جسم باردار با بارهای $q_1 = 4q_2$ و جرم‌های $m_1 = 4m_2$ در فاصله کمی از یکدیگر نگه داشته شده‌اند. اگر تنها نیروی وارد بر این دو جسم نیروی الکتریکی آن‌ها به یکدیگر باشد، شتاب جسم دوم چند برابر شتاب جسم اول می‌شود؟

۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴)

پاسخ: نیروی الکتریکی که دو جسم به یکدیگر وارد می‌کنند، هم‌اندازه است، بنابراین رابطه $q_1 = 4q_2$ نکته انحرافی تست است.

شتاب با جرم رابطه عکس دارد:

گزینه (۳) درست است. $\Rightarrow a = \frac{F}{m} \rightarrow \frac{a_2}{a_1} = \frac{m_1}{m_2} = \frac{m_1}{4m_1} = \frac{1}{4}$

تست

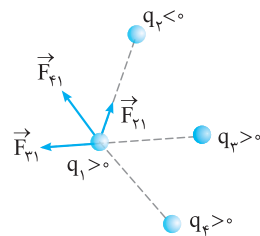
دو ذره باردار هم‌نام و کوچک را در فاصله معینی از یکدیگر رها می‌کنیم. اگر تنها نیروی وارد به آن‌ها، نیروی الکتریکی باشد، شتاب آن‌ها چگونه تغییر می‌کند؟

- ۱) به طور پیوسته کاهش می‌یابد.
- ۲) ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد.
- ۳) ابتدا کاهش و سپس شتاب صفر می‌شود.
- ۴) ابتدا کاهش و سپس ثابت می‌شود.

پاسخ: نیروی بین دو ذره هم‌نام دافعه است، بنابراین با گذشت زمان فاصله بین ذره‌ها افزایش و اندازه نیروی الکتریکی کاهش می‌یابد. طبق رابطه $a = \frac{F}{m}$ ، با کاهش F ، اندازه شتاب نیز کاهش می‌یابد. بنابراین گزینه (۱) درست است.

توجه: اگر دو ذره ناهم‌نام بودند، با گذشت زمان فاصله بین دو ذره کاهش و اندازه نیرو افزایش می‌یافت و شتاب به طور پیوسته افزایش می‌یافت.

برایند نیروهای الکتریکی



آزمایش نشان می‌دهد اگر تعدادی ذره در یک فضا قرار داشته باشند، نیروی الکتریکی وارد بر هر ذره، برایند نیروهایی است که هر یک از ذره‌ها به تنهایی بر آن ذره وارد می‌کنند. به عنوان مثال، اگر چند ذره مطابق شکل قرار داشته باشند، نیروهای وارد بر بار q_1 را مطابق شکل رسم کرده و سپس برایندگیری می‌کنیم:

$$\vec{F}_T = \vec{F}_{11} + \vec{F}_{12} + \vec{F}_{13}$$

(موضوع بیان شده را اصل برهم‌نهی نیروهای الکتریکی می‌گویند.)

مراحل استفاده از برایندگیری

- ۱) مطابق شکل قبل نیروهای وارد بر ذره مورد نظر را طوری رسم کنید که ابتدای هر کدام از نیروها، روی ذره مورد نظر باشد.
- ۲) اندازه هر یک از نیروها را با استفاده از رابطه کولن محاسبه کنید.
- ۳) بردار نیروی خالص (نیروی برایند) را رسم کنید. با توجه به جهت نیروها، اندازه بردار برایند را به دست آورید.

انواع سؤال‌های برایندگیری: سؤال‌های مربوط به برایندگیری به سه دسته کلی تقسیم می‌شوند:

- ۱) ذره‌ها روی یک خط باشند. (۲) ذره‌ها در صفحه باشند به طوری که روی یک خط نباشند. (۳) ذره‌ها به صورت سه‌بعدی نسبت به هم قرار داشته باشند.
- در کتاب درسی حالت (۱) و حالت (۲) فقط برای نیروهای عمود بر هم بررسی شده است.

حالت اول: ذره‌ها روی یک خط باشند

در این حالت راستای نیروی بین ذره‌ها، هم‌راستا با خطی است که ذره‌ها روی آن قرار دارند. بنابراین نیروهای وارد بر هر ذره با هم هم‌جهت یا خلاف جهت هستند یعنی در هنگام برابندگیری به ترتیب نیروها با هم جمع یا از هم کم می‌شوند.

توجه اگر نیروها در راستای محور x باشند، می‌توان آن‌ها را بر حسب بردار یکد \hat{i} و اگر نیروها در راستای محور y باشند، می‌توان آن‌ها را بر حسب بردار یکد \hat{j} نوشت.

مثال

سه ذره $q_1 = +2/5 \mu\text{C}$ ، $q_2 = -1/0 \mu\text{C}$ و $q_3 = +4 \mu\text{C}$ مطابق شکل در محل خود ثابت شده‌اند.



(آ) نیروی وارد بر بار q_3 چند نیوتون و در کدام جهت است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2})$

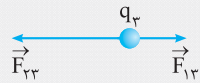
(ب) اگر علامت q_3 منفی شود، اندازه و جهت نیروی وارد بر q_3 چه تغییری می‌کند؟

پاسخ: (آ) نیروی وارد بر q_3 برابر است با برابند نیروهای وارد بر q_3 از طرف q_1 و q_2 در غیاب بار دیگر. بنابراین باید F_{13} (نیرویی که بار q_1 به q_3 وارد می‌کند) و F_{23} را جداگانه محاسبه کنیم:

$$F_{13} = k \frac{q_1 q_3}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2/5 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{(6)^2 \times 10^{-4}} = \frac{9 \times 10^{-2}}{36 \times 10^{-4}} = \frac{1}{4} \times 10^2 = 25 \text{ N}$$

$$F_{23} = k \frac{q_2 \times |q_3|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^{-6}}{(2)^2 \times 10^{-4}} = \frac{9 \times 4 \times 10^{-3}}{4 \times 10^{-4}} = 90 \text{ N}$$

با توجه به علامت بارها، جهت نیروهای F_{13} و F_{23} را تعیین می‌کنیم:



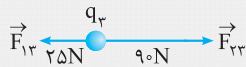
$$\vec{F}_T = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23}$$

با توجه به این‌که دو نیرو در خلاف جهت هم هستند، باید آن‌ها را از هم کم کنیم:

$$F_T = F_{23} - F_{13} = 90 - 25 = 65 \text{ N}$$

$F_{23} > F_{13}$ است، بنابراین \vec{F}_T هم‌جهت با \vec{F}_{23} و به سمت چپ خواهد شد.

(ب) اگر علامت q_3 تغییر کند، اندازه نیروهای وارد بر q_3 تغییر نمی‌کند ولی جهت آن‌ها تغییر می‌کند و بنابراین جهت نیروی برابند نیز بر عکس می‌شود.



$$F_T = F_{23} - F_{13} = 90 - 25 = 65 \text{ N}$$

\vec{F}_T به سمت راست می‌شود.

مثال

مثال قبل را بر حسب بردارهای یگه بنویسید.

$$\vec{F}_{13} = +25 \hat{i}, \vec{F}_{23} = -90 \hat{i}$$

پاسخ: (آ) \vec{F}_{13} به سمت راست و \vec{F}_{23} به سمت چپ است.

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

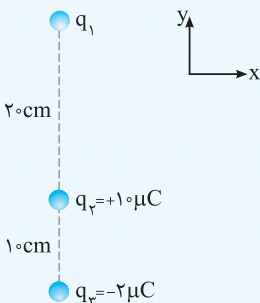
حال نیروی برابند را محاسبه می‌کنیم:

یعنی اندازه نیرو 65 N و به سمت خلاف جهت محور x است.

$$\vec{F}_T = -65 \hat{i} \Rightarrow \vec{F}_{T'} = +65 \hat{i}$$

(ب) جهت نیروی برابند بر عکس قسمت (آ) می‌شود:

تست



مطابق شکل سه ذره باردار در محل خود روی محور y ها ثابت شده‌اند. بار q_1 چند میکروکولن باشد تا برابند نیروهای وارد بر بار q_3 برابر \vec{j} در SI باشد؟

$$(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2})$$

$$-60 (2)$$

$$+60 (1)$$

$$-120 (4)$$

$$+120 (3)$$

پاسخ: نیرویی که بار q_2 به q_3 وارد می‌کند، جاذبه و رو به بالا است:

$$F_{23} = k \frac{|q_2||q_3|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{10 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{(10)^2 \times 10^{-4}} = 18 \text{ N} \Rightarrow \vec{F}_{23} = +18 \vec{j}$$

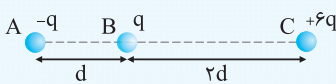
برای این‌که نیروی برآیند 6 N و به سمت پایین شود باید F_{13} برابر 24 N و به سمت پایین باشد. به همین علت q_1 باید با q_3 هم‌نام باشد. می‌توان این نتیجه را به صورت برداری نیز به دست آورد:

$$\vec{F}_T = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} \Rightarrow -6 \vec{j} = \vec{F}_{13} + 18 \vec{j} \Rightarrow \vec{F}_{13} = -24 \vec{j}$$

$$F_{13} = k \frac{|q_1||q_3|}{r^2} \Rightarrow 24 = 9 \times 10^9 \times \frac{|q_1| \times 2 \times 10^{-6}}{(30)^2 \times 10^{-4}} \Rightarrow |q_1| = 12 \times 10^{-5} \text{ C} = 120 \mu\text{C} \xrightarrow{q_1 < 0} q_1 = -120 \mu\text{C} \Rightarrow \text{گزینه (۴) درست است.}$$

تست

بارهای مشابه q در فاصله d به یکدیگر نیرویی به بزرگی F وارد می‌کنند. در شکل زیر بزرگی برآیند نیروهای وارد بر بار q کدام است؟



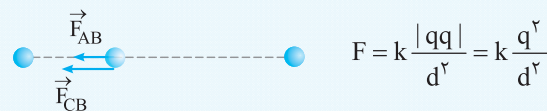
$2F$ (۲)

$\frac{5}{2} F$ (۴)

$\frac{1}{2} F$ (۱)

$\frac{3}{2} F$ (۳)

پاسخ: ابتدا با توجه به علامت بارها، جهت نیروها را رسم می‌کنیم.



طبق متن سؤال نیروی F به صورت مقابل می‌باشد:

طبق شکل F_{AB} و F_{CB} را محاسبه می‌کنیم و بر حسب F به دست می‌آوریم:

$$F_{AB} = k \frac{|q||-q|}{d^2} = k \frac{q^2}{d^2} = F, \quad F_{CB} = k \frac{6q \times q}{4d^2} = \frac{6}{4} k \frac{q^2}{d^2} = \frac{3}{2} F$$

با توجه به هم‌جهت بودن نیروها، نیروی برآیند را محاسبه می‌کنیم:

$$F_T = F_{AB} + F_{CB} = F + \frac{3}{2} F = \frac{5}{2} F \Rightarrow \text{گزینه (۴) درست است.}$$

نیروی صفر و بار در حال تعادل: اگر دو ذره باردار q_1 و q_2 در محل خود ثابت شده باشند، می‌توان بار q_3 را در محلی قرار داد که برآیند نیروهای وارد بر q_3 از طرف q_1 و q_2 صفر شود و یا اصطلاحاً بار q_3 در حالت تعادل قرار گیرد. برای تعیین محل q_3 به نکات زیر توجه کنید.

(۱) q_3 حتماً روی خطی که بارهای q_1 و q_2 را به یکدیگر متصل می‌کند، قرار می‌گیرد؛ زیرا اگر روی خط نباشند، نیروهای وارد بر q_3 ، با هم زاویه‌ای می‌سازند که برآیند آن‌ها صفر نمی‌شود.

(۲) مقدار و علامت q_3 اهمیتی ندارد.

(۳) اگر q_1 و q_2 هم‌نام باشند، q_3 بین دو بار قرار می‌گیرد و اگر ناهم‌نام باشند، q_3 خارج از فاصله دو بار قرار می‌گیرد.

(۴) q_3 همیشه نزدیک‌تر به باری است که اندازه کوچک‌تری دارد.

مشال

دو بار q_1 و q_2 در فاصله 30 cm از یکدیگر ثابت شده‌اند. در هر یک از حالت‌های زیر بار q_3 را دقیقاً در چه محلی قرار دهیم تا

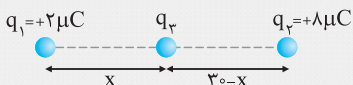
(مشابه (ریاضی- شهزاد) ۹۰)

بار q_3 در حالت تعادل قرار گیرد؟ (برآیند نیروهای وارد بر q_3 صفر باشد).

(ب) $q_2 = -8 \mu\text{C}, q_1 = +2 \mu\text{C}$

(آ) $q_2 = +8 \mu\text{C}, q_1 = +2 \mu\text{C}$

پاسخ: (آ) بارها هم‌نام هستند، بنابراین بار سوم بین دو بار قرار داده می‌شود. چون اگر در خارج دو بار قرار گیرد، دو نیروی \vec{F}_{13} و \vec{F}_{23} هم‌جهت می‌شوند و برآیند آن‌ها نمی‌تواند صفر باشد.



برای در تعادل ماندن بار q_3 ، باید نیروهای وارد بر آن از طرف q_1 و q_2 در خلاف جهت هم و هم‌اندازه باشند.

$$F_{13} = F_{23} \Rightarrow k \frac{q_1 q_3}{x^2} = k \frac{q_2 q_3}{(30-x)^2} \Rightarrow \frac{q_1}{x^2} = \frac{q_2}{(30-x)^2} \Rightarrow \frac{2}{x^2} = \frac{8}{(30-x)^2}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{x^2} = \frac{4}{(30-x)^2} \xrightarrow{\text{جذر}} \frac{1}{x} = \frac{2}{30-x} \Rightarrow 30-x = 2x \Rightarrow x = 10 \text{ cm}$$

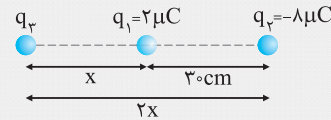
ب) بارها نامهم‌نام هستند. بنابراین محل بار سوم خارج فاصله دو بار و به بار کوچک‌تر نزدیک‌تر است. چون $q_1 = 2\mu\text{C}$ ، $q_2 = -8\mu\text{C}$ و $q_3 = -8\mu\text{C}$ اگر در فاصله بین دو بار قرار گیرد، \vec{F}_{13} و \vec{F}_{23} هم‌جهت بوده و برآیند آن‌ها نمی‌تواند صفر باشد.

$$F_{13} = F_{23} \Rightarrow k \frac{|q_1||q_3|}{x^2} = k \frac{|q_2||q_3|}{(30+x)^2} \Rightarrow \frac{|q_1|}{x^2} = \frac{|q_2|}{(30+x)^2}$$

$$\Rightarrow \frac{2}{x^2} = \frac{8}{(30+x)^2} \Rightarrow \frac{1}{x^2} = \frac{4}{(30+x)^2} \Rightarrow \frac{1}{x} = \frac{2}{30+x} \Rightarrow 2x = 30+x \Rightarrow x = 30\text{cm}$$

روش STP: با توجه به رابطه $\frac{|q_1|}{r_1^2} = \frac{|q_2|}{r_2^2}$ نتیجه می‌گیریم $\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{|q_1|}{|q_2|}}$

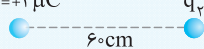
یعنی در قسمت (آ)، نسبت بارها ۲ به ۸ یا ۱ به ۴ است. بنابراین نسبت فاصله‌ها ۱ به ۲ است. یعنی ۳۰cm را به نسبت ۱ به ۲ تقسیم می‌کنیم، یعنی ۱۰cm و ۲۰cm.



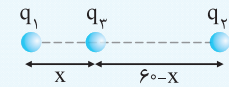
در قسمت (ب) نیز می‌توان شکل مقابل را با همین نسبت در نظر گرفت و با توجه به این شکل می‌توان نوشت: $2x - x = 30 \Rightarrow x = 30\text{cm}$

تست

دو بار q_1 و q_2 در محل خود ثابت شده‌اند. بار q_3 را در چه فاصله‌ای از بار q_1 قرار دهیم تا بار q_3 در حالت تعادل قرار گیرد؟

$q_1 = +3\mu\text{C}$	$q_2 = +27\mu\text{C}$	۲۰ (۲)	۱۵ (۱)
		۴۵ (۴)	۳۰ (۳)

پاسخ: روش اول: نسبت بارها ۳ به ۲۷ یا ۱ به ۹ است. بنابراین نسبت فاصله‌ها ۱ به ۳، یعنی ۱۵ به ۴۵ سانتی‌متر است. پس فاصله از q_1 برابر ۱۵cm است.



$$F_{13} = F_{23} \Rightarrow k \frac{q_1 q_3}{x^2} = k \frac{q_2 q_3}{(60-x)^2}$$

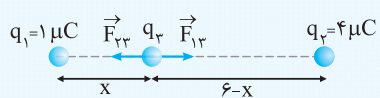
$$\Rightarrow \frac{3}{x^2} = \frac{27}{(60-x)^2} \Rightarrow \frac{1}{x^2} = \frac{9}{(60-x)^2} \xrightarrow{\text{جذر}} \frac{1}{x} = \frac{3}{60-x} \Rightarrow 3x = 60-x \Rightarrow 4x = 60 \Rightarrow x = 15\text{cm}$$

بنابراین گزینه (۱) درست است.

تست

سه بار الکترواستاتیکی $q_1 = 1\mu\text{C}$ ، $q_2 = 4\mu\text{C}$ و q_3 روی یک خط قرار دارند. مقدار q_3 و مکان آن را طوری تعیین کنید تا هر سه بار به حال تعادل و سکون بمانند. (فاصله q_1 تا q_2 برابر ۶cm است.)

- ۱) $1\mu\text{C}$ و ۲cm از بار q_1
- ۲) $4\mu\text{C}$ و ۲cm از بار q_1
- ۳) $9\mu\text{C}$ و ۲cm از بار q_2
- ۴) $9\mu\text{C}$ و ۲cm از بار q_2



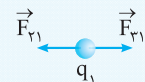
پاسخ: با توجه به هم‌نام بودن q_1 و q_2 ، باید q_3 را بین دو بار و نزدیک به بار q_1 قرار دهیم. ابتدا مکان q_3 که فاصله آن تا بار q_1 را x در نظر گرفته‌ایم، به دست می‌آوریم. برای متعادل ماندن q_3 باید F_{13} با F_{23} هم‌اندازه و خلاف جهت باشند.

$$F_{13} = F_{23} \Rightarrow \frac{k \times 1 \times |q_3|}{x^2} = \frac{k \times 4 \times |q_3|}{(6-x)^2} \Rightarrow 4x^2 = (6-x)^2 \xrightarrow{\text{جذر}} 2x = 6-x \Rightarrow x = 2\text{cm}$$

بنابراین فاصله q_3 تا q_1 باید ۲ سانتی‌متر باشد. اکنون برای تعیین اندازه آن برای بار دیگری مثل q_1 مسئله را دنبال می‌کنیم. برای تعادل q_1 باید F_{21}

$$F_{21} = F_{11} \Rightarrow \frac{k|q_2||q_1|}{2^2} = \frac{k \times 4 \times 1}{6^2} \Rightarrow |q_2| = \frac{4}{9}\mu\text{C}$$

و F_{21} برابر و در خلاف جهت هم باشند. با توجه به جهت نیروی F_{21} باید بار q_2 منفی باشد تا نیروی وارد از آن بر q_1 رابشی باشد. پس $q_2 = -\frac{4}{9}\mu\text{C}$ و فاصله آن تا بار q_1 ، ۲cm است.



ضمناً دیگر برای تعادل بار q_2 لازم نیست روابط را بنویسیم. چون اگر به روابط بالا نگاه کنیم، داریم:

$$F_{13} = F_{23} = F_{22} = F_{21} = F_{12} \Rightarrow F_{22} = F_{12} \Rightarrow q_2 \text{ تعادل بار } q_2$$

توجه کنید وقتی جای اعداد زیروند (اندیس) را عوض می‌کنیم، به علت کنش و واکنش در قانون سوم نیوتون، نیروها برابر می‌شوند. بنابراین گزینه (۲) درست است.

حالت دوم: کنج قائم (نیروهای عمود بر هم)

اگر نیروها بر هم عمود باشند، با استفاده از رابطه فیثاغورس می‌توانید اندازه نیروی برابند را محاسبه کنید.

یادآوری نمایش بردارها بر حسب بردارهای یکه \vec{i} و \vec{j}

یکی از روش‌های نمایش بردارها استفاده از بردارهای یکه \vec{i} و \vec{j} است. اندازه بردارهای \vec{i} و \vec{j} برابر ۱ واحد است. بردار \vec{i} در جهت محور X ها و بردار \vec{j} در جهت محور Y ها است. به عنوان مثال؛ اگر برداری با اندازه ۲۰ واحد به سمت مثبت محور X ها باشد، می‌توانیم آن را به صورت $20\vec{i}$ نمایش دهیم. اگر برداری با اندازه ۲۰ واحد به سمت منفی محور Y ها باشد، می‌توانیم آن را به صورت $-20\vec{j}$ نمایش می‌دهیم.

مثال مطابق شکل سه ذره باردار در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه ثابت شده‌اند.

آ) برایند نیروهای وارد بر q_1 را، بر حسب بردارهای یکه بنویسید.

ب) اندازه برایند را به دست آورده و جهت نیروی برایند را روی شکل نشان دهید. ($k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$)

پاسخ: (آ) با توجه به علامت بارها، جهت نیروهای وارد بر q_1 را نمایش می‌دهیم و سپس اندازه آن‌ها را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases} F_{r1} = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6} \times 5 \times 10^{-6}}{(3)^2 \times 10^{-4}} = 10^2 N \\ \vec{F}_{r1} = +100\vec{i} \end{cases}$$

$$\begin{cases} F_{r1} = k \frac{|q_1| |q_3|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{(3)^2 \times 10^{-4}} = 80 N \\ \vec{F}_{r1} = -80\vec{j} \end{cases}$$

$$\vec{F}_T = \vec{F}_{r1} + \vec{F}_{r1} = +100\vec{i} - 80\vec{j}$$

ب) بردارهای \vec{i} و \vec{j} بر هم عمود هستند. بنابراین از رابطه فیثاغورس استفاده می‌کنیم:

$$F_T = \sqrt{F_{r1}^2 + F_{r1}^2} = \sqrt{100^2 + 80^2} = \sqrt{10000 + 6400} = \sqrt{16400} = \sqrt{400(25 + 16)} = 20\sqrt{41} N$$

توجه اگر علامت هر یک از بارها تغییر کند، اندازه نیروهای F_{r1} و F_{r1} تغییر نمی‌کند ولی جهت آن تغییر می‌کند و با توجه به عمود بودن این دو نیرو اندازه نیروی برایند تغییر نمی‌کند ولی جهت آن تغییر می‌کند.

تست مطابق شکل روبه‌رو، ۴ ذره باردار در فواصل مساوی بر روی محیط دایره‌ای به شعاع ۳cm قرار گرفته‌اند. اگر بار $q_5 = 2\mu C$ را در مرکز دایره قرار دهیم، اندازه برایند نیروهای وارد شده به آن چند نیوتون است؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$)

(آزمون‌های گاج)

(۱) $40\sqrt{3}$

(۲) $80\sqrt{5}$

(۳) $80\sqrt{3}$

(۴) $40\sqrt{5}$

پاسخ: روش اول: راه‌حل کلی این‌گونه است که ۴ نیروی وارد بر q_5 را جداگانه و با استفاده از قانون کولن محاسبه کرده و سپس برایندگیری نماییم.

روش دوم: با توجه به این‌که اندازه q_4 از بقیه کوچک‌تر است، ابتدا نیرویی که بار q_4 به بار q_5 وارد می‌کند را پیدا کرده و سپس با توجه به یکسان بودن فاصله‌ها و نسبت اندازه بارها بقیه نیروها را به دست می‌آوریم:

$$F_{f5} = k \frac{q_4 q_5}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{1 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{9 \times 10^{-4}} = 20 N$$

$$q_1 = 2q_4 \Rightarrow F_{15} = 2F_{f5}$$

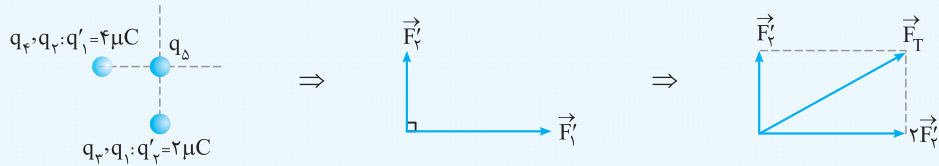
$$|q_2| = 3q_4 \Rightarrow F_{25} = 3F_{f5}$$

$$q_3 = 4q_4 \Rightarrow F_{35} = 4F_{f5}$$

$$F_T = \sqrt{(2F_{f5})^2 + (4F_{f5})^2} = \sqrt{4F_{f5}^2 + 16F_{f5}^2} = \sqrt{20} F_{f5}$$

$$\Rightarrow F_T = \sqrt{20} \times 20 = 40\sqrt{5} N \Rightarrow \text{گزینه (۴) درست است.}$$

روش سوم: با توجه به جذب و دفع q_Δ توسط بارها و یکسان بودن فاصله‌ها، به جای چهار بار الکتریکی، مطابق شکل از دو بار الکتریکی استفاده می‌کنیم:

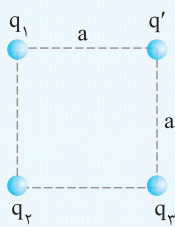


گزینه (۴) درست است. $F'_1 = k \frac{q'_1 \times q_\Delta}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{9 \times 10^{-4}} = 40 \text{ N} \Rightarrow F_T = \sqrt{5} F'_1 = 40\sqrt{5} \text{ N}$

تست

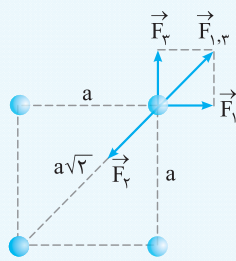
مطابق شکل چهار ذره باردار در چهار رأس مربعی ثابت شده‌اند. $q_1 = q_3 = +8 \text{ nC}$ است.

بار q_2 چند نانوکولن باشد تا بار q' در حال تعادل باشد؟



- (۱) $+16\sqrt{2}$
- (۲) $-16\sqrt{2}$
- (۳) $+16$
- (۴) -16

پاسخ: علامت و مقدار بار در حال تعادل اهمیتی ندارد. برای رسم شکل فرض می‌کنیم علامت q' مثبت است. برای تعادل بار q' باید برابری سه نیروی رسم‌شده، صفر شود.

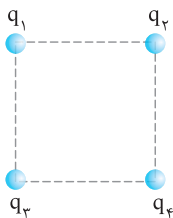


$$F_1 = F_3 \Rightarrow F_{1,3} = \sqrt{F_1^2 + F_3^2} = \sqrt{2} F_1$$

$$\text{در حال تعادل } q' \Rightarrow F_2 = F_{1,3} \Rightarrow k \frac{|q_2| |q'|}{(a\sqrt{2})^2} = \sqrt{2} \times k \frac{|q_1| |q'|}{a^2}$$

$$\Rightarrow \frac{|q_2|}{2a^2} = \sqrt{2} \frac{|q_1|}{a^2} \Rightarrow |q_2| = 2\sqrt{2} |q_1| \Rightarrow |q_2| = 16\sqrt{2} \text{ nC}$$

علامت q_2 باید مخالف علامت q_1 و q_3 باشد. یعنی $q_2 = -16\sqrt{2} \text{ nC}$ است. بنابراین گزینه (۲) درست است.



نکته STP: هرگاه در چهار رأس یک مربع، بارهای الکتریکی وجود داشته باشد و یکی از بارها، مثلاً q_4

در شکل مقابل در تعادل باشد، آن‌گاه:

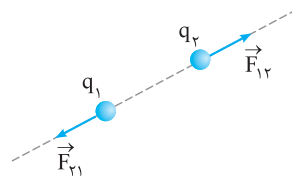
(۱) اندازه و نوع باری که در تعادل است (یعنی q_4) اهمیتی ندارد.

(۲) بارهای رأس‌های کناری با q_4 باید هم‌اندازه و هم‌نام باشند، یعنی $q_2 = q_3 = q_4$ باشد.

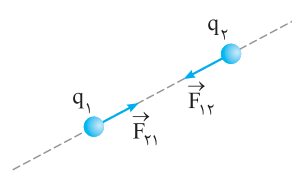
(۳) بار رأس مقابل با بار q_4 باید نسبت به دو بار دیگر ناهم‌نام بوده و اندازه آن $2\sqrt{2}$ برابر آن‌ها باشد؛ یعنی $q_1 = -2\sqrt{2} q_4$ باشد.

توجه: طبق اصل کواشیدیه بودن بار الکتریکی، مقدار بار یک جسم نمی‌تواند به صورت رادیکالی باشد ولی از نظر تئوری مقدار رادیکالی را می‌پذیریم.

نکته: نیروی بین دو بار الکتریکی در راستای خط واصل بین دو بار است و جهت آن به علامت بارها بستگی دارد.



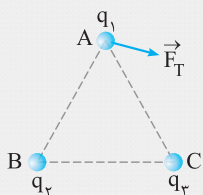
بارهای هم‌نام



بارهای ناهم‌نام

در تجزیه نیروی برابند، از نکته قبل استفاده می‌کنیم.

مسئله



سه ذره باردار در سه رأس مثلث متساوی‌الاضلاعی قرار گرفته‌اند. اگر برابند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_1 مطابق شکل باشد، علامت و اندازه بارهای q_2 و q_3 را با هم مقایسه کنید.

پاسخ: نیرویی که q_2 به q_1 وارد می‌کند، در راستای ضلع BA و نیرویی که q_3 به q_1 وارد می‌کند، در راستای ضلع CA است. بنابراین

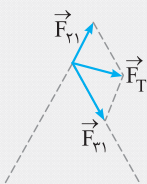
نیروی F_T را تجزیه می‌کنیم تا F_{T1} و F_{T2} مشخص شوند.

از انتهای F_T به موازات ضلع AB و AC رسم کنید.

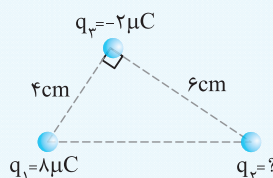
طبق جهت F_{T1} و F_{T2} نتیجه می‌گیریم: q_1 با q_2 و q_3 هم‌نام است و q_1 با q_2 و q_3 ناهم‌نام است. بنابراین q_2 و q_3 نیز ناهم‌نام هستند. طبق شکل، $|F_{T1}| > |F_{T2}|$ است:

$$|F_{T1}| > |F_{T2}| \Rightarrow k \frac{|q_2||q_1|}{r^2} > k \frac{|q_3||q_1|}{r^2} \Rightarrow |q_2| > |q_3|$$

توجه: اندازه q_1 با q_2 و q_3 قابل مقایسه نیست.



تست



مطابق شکل سه ذره باردار در سه رأس مثلثی ثابت شده‌اند. اگر نیروی وارد بر بار q_3

برابر $90\sqrt{2} \text{ N}$ باشد، اندازه بار q_2 کدام است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N}\cdot\text{m}^2}{\text{C}^2})$

۱۸ (۲)

۱۲ (۱)

۲۶ (۴)

۲۴ (۳)

پاسخ: ابتدا نیروی بین q_1 و q_3 را به دست می‌آوریم:

$$F_{13} = k \frac{|q_1||q_3|}{r^2} \Rightarrow F_{13} = 9 \times 10^9 \times \frac{8 \times 2 \times 10^{-12}}{6^2 \times 10^{-4}} = 90 \text{ N}$$

با توجه به قائم بودن نیروهایی که به بار q_3 وارد می‌شود، باید از فیثاغورس استفاده کنیم:

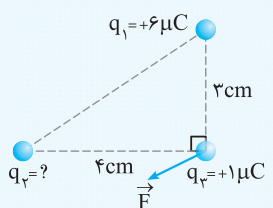
$$F_T = \sqrt{F_{13}^2 + F_{23}^2} \Rightarrow 90\sqrt{2} = \sqrt{90^2 + F_{23}^2} \Rightarrow F_{23} = 90 \text{ N}$$

$$F_{23} = k \frac{|q_2||q_3|}{r^2} \Rightarrow 90 = 9 \times 10^9 \times \frac{|q_2| \times 2 \times 10^{-6}}{6^2 \times 10^{-4}}$$

$$\Rightarrow 90 = \frac{1}{3} \times |q_2| \times 10^9 \Rightarrow |q_2| = 18 \times 10^{-6} \text{ C} = 18 \mu\text{C} \Rightarrow \text{گزینه (۲) درست است.}$$

توجه: مثبت یا منفی بودن بار q_2 تاثیری بر اندازه نیروی برابند ندارد، بنابراین علامت q_2 را نمی‌توان تعیین کرد.

تست



مطابق شکل سه ذره باردار در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه‌ای ثابت شده‌اند. بار q_2 کدام باشد تا نیروی

برابند وارد بر بار q_3 موازی وتر شود؟

$+\frac{128}{9} \mu\text{C}$ (۲)

$-\frac{128}{9} \mu\text{C}$ (۱)

$+8 \mu\text{C}$ (۴)

$-8 \mu\text{C}$ (۳)

پاسخ: با توجه به جهت نیروی برابند F ، می‌توان نتیجه گرفت که بار q_2 باید بار q_3 را جذب کند. طبق شکل

مقابل و با توجه به زاویه α در مثلث بزرگ و مثلث کوچک می‌توان نوشت:

$$\left. \begin{aligned} \tan \alpha &= \frac{AC}{BC} \\ \tan \alpha &= \frac{F_{13}}{F_{23}} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{AC}{BC} = \frac{F_{13}}{F_{23}} \Rightarrow \frac{AC}{BC} = \frac{k \frac{|q_1||q_3|}{AC^2}}{k \frac{|q_2||q_3|}{BC^2}} \Rightarrow \frac{AC}{BC} = \frac{|q_1|}{|q_2|} \times \frac{BC^2}{AC^2}$$

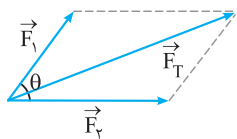
$$\Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{6}{|q_2|} \times \frac{4^2}{3^2} \Rightarrow \frac{6}{|q_2|} = \frac{3 \times 3^2}{4 \times 4^2} \Rightarrow \frac{6}{|q_2|} = \frac{27}{64} \Rightarrow |q_2| = \frac{128}{9} \Rightarrow q_2 = -\frac{128}{9} \mu\text{C} \Rightarrow \text{گزینه (۱) درست است.}$$

برایند نیروهای الکتریکی در حالت کلی ویژه تراز برترها

اگر نیروها هم راستا نباشند، یا نیروها با یکدیگر زاویه 90° نسازند و یا در یک صفحه نباشند و شکل به صورت سه بعدی و فضایی باشد، می توانید از نکات ریاضی زیر استفاده کنید:

در تستها اگر از روش زیر استفاده کنید، سریع تر و راحت تر به جواب می رسید.

اگر دو بردار \vec{F}_1 و \vec{F}_2 با یکدیگر زاویه θ بسازند، رسم و محاسبه برایند به صورت زیر است:



$$\begin{cases} \vec{F}_T = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \\ F_T = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \theta} \end{cases}$$

حالت های خاص

اگر دو بردار هم جهت $\Rightarrow \theta = 0^\circ \Rightarrow F_T = F_1 + F_2$

اگر دو بردار عمود بر هم $\Rightarrow \theta = 90^\circ \Rightarrow F_T = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$

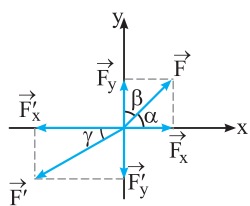
اگر دو بردار خلاف جهت $\Rightarrow \theta = 180^\circ \Rightarrow F_T = |F_2 - F_1|$

$$F_1 = F_2 \Rightarrow F_T = 2F_1 \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \Rightarrow \begin{cases} \theta = 60^\circ \Rightarrow F_T = \sqrt{3}F_1 \\ \theta = 90^\circ \Rightarrow F_T = \sqrt{2}F_1 \\ \theta = 120^\circ \Rightarrow F_T = F_1 = F_2 \end{cases}$$

اگر دو بردار هم اندازه باشند، برایند از روابط مقابل هم، قابل محاسبه است:

هم چنین اگر بخواهید از روش تجزیه و بردارهای یکه \vec{i} و \vec{j} استفاده کنید باید به صورت زیر عمل کنید:

اگر بردار F با محورهای مختصات زاویه های α و β بسازد، می توان این بردار را به صورت زیر تجزیه کرده و برحسب بردارهای یکه نوشت:



$$\sin \beta = \cos \alpha = \frac{F_x}{F} \Rightarrow F_x = F \cos \alpha = F \sin \beta$$

$$\sin \alpha = \cos \beta = \frac{F_y}{F} \Rightarrow F_y = F \cos \beta = F \sin \alpha$$

$$\begin{cases} \vec{F} = F_x \vec{i} + F_y \vec{j} \\ F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}, \tan \alpha = \frac{F_y}{F_x} \end{cases}$$

بردار F' با محور x زاویه γ ساخته است:

$$\cos \gamma = \frac{F'_x}{F'} \Rightarrow F'_x = F' \cos \gamma$$

$$\sin \gamma = \frac{F'_y}{F'} \Rightarrow F'_y = F' \sin \gamma$$

$$\begin{cases} \vec{F}' = -F'_x \vec{i} - F'_y \vec{j} \\ F' = \sqrt{F'^2_x + F'^2_y}, \tan \gamma = \left| \frac{F'_y}{F'_x} \right| \end{cases}$$

مطابق شکل سه ذره باردار $q_1 = +2\mu\text{C}$ و $q_2 = -q_3 = +10\mu\text{C}$ در محل های نشان

داده شده، ثابت شده اند. برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_3 چند نیوتون است؟

- | | |
|---------|-----------|
| ۷۲ (۱) | ۸۶/۴ (۲) |
| ۱۴۴ (۳) | ۱۷۲/۸ (۴) |

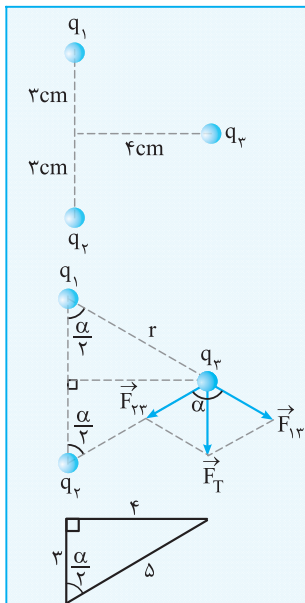
پاسخ: روش اول: ابتدا نیروهای وارد بر q_3 را رسم کرده و اندازه آن ها را محاسبه می کنیم:

$$F_{13} = F_{23} = k \frac{|q_1||q_3|}{r^2} \xrightarrow{r = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5\text{cm}} F = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6} \times 10 \times 10^{-6}}{25 \times 10^{-4}}$$

$$\Rightarrow F = \frac{18}{25} \times 10^2 = \frac{36}{5} = 72\text{N} \quad \text{یا} \quad F = 90 \times \frac{2 \times 10^{-6}}{25} = 72\text{N}$$

با توجه به مثلث های قائم الزاویه در شکل:

$$F_T = 2F \cos \frac{\alpha}{2} \xrightarrow{\cos \frac{\alpha}{2} = \frac{3}{5}} F_T = 2 \times 72 \times \frac{3}{5} = \frac{432}{5} = 86.4\text{N}$$



تست

روش دوم: \vec{F}_{13} و \vec{F}_{23} را به مؤلفه‌های قائم و افقی تجزیه می‌کنیم:

$$\begin{cases} F_{13,x} = F_{13} \cos \beta = 72 \times \frac{4}{5} \\ F_{13,y} = F_{13} \sin \beta = 72 \times \frac{3}{5} \end{cases} \Rightarrow \vec{F}_{13} = +72 \times \frac{4}{5} \vec{i} - 72 \times \frac{3}{5} \vec{j}$$

با توجه به هم‌اندازه بودن F_{23} و F_{13} می‌توان نوشت:

$$\vec{F}_{23} = -72 \times \frac{4}{5} \vec{i} - 72 \times \frac{3}{5} \vec{j}$$

$$\vec{F}_T = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} = 0 \vec{i} - 2(72 \times \frac{3}{5}) \vec{j} = -\frac{432}{5} \vec{j} \Rightarrow |\vec{F}_T| = \frac{432}{5} = 86.4 \text{ N}$$

بنابراین گزینه (۲) درست است.

تست در سه رأس مثلث متساوی‌الاضلاعی بارهای $+q$ ، $+q$ و $-q$ ثابت شده‌اند. برایند نیروهای وارد بر بار $-q$ است؟

گزینه (۴) درست است.

اگر نیروی برایند وارد بر بار $+q$ را F' و نیروی برایند وارد بر بار $-q$ را F'' نام‌گذاری کنیم، خواهیم داشت:

$$\begin{cases} F' = 2F \cos\left(\frac{120^\circ}{2}\right) = 2F \cos 60^\circ = 2F \times \frac{1}{2} = F \\ F'' = 2F \cos\left(\frac{60^\circ}{2}\right) = 2F \cos 30^\circ = 2F \times \frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3}F \end{cases} \Rightarrow \frac{F'}{F''} = \frac{F}{\sqrt{3}F} = \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

حالت سوم: برایند نیروها در فضای سه‌بعدی

در تست‌های سه‌بعدی فقط کافی است شکل دقیقی در ذهن بسازید تا بتوانید از نکات ریاضی برایند‌گیری به راحتی استفاده کنید.

تست مطابق شکل چهار ذره باردار مشابه در چهار رأس مربعی ثابت شده‌اند. نقطه P دقیقاً بالای مرکز مربع قرار دارد و بار q' در این نقطه به طریقی ثابت شده است. اگر اندازه نیرویی که هر ذره باردار به بار q' وارد می‌کند برابر 10^5 N باشد، چند نیوتون است؟ $(\cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} \approx 0.7)$

(مشابه سراسری ریاضی - ۸۸)

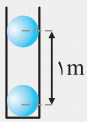
گزینه (۲) درست است.

$$F_T = 4F_y = 4 \times (F \cos 45^\circ) = 4 \times (10^5 \times 0.7) = 2.8 \times 10^5 \text{ N}$$

ترکیب نیروی الکتریکی با نیروهای دیگر

نیروی الکتریکی می‌تواند با سایر نیروها ترکیب شود. در این‌گونه سؤال‌ها کافی است با توجه به متن سؤال رابطه بین نیروها را مشخص کنید. نیروهای الکتریکی مشابه سؤال‌های زیر می‌تواند با نیروی وزن، کشش نخ، نیروی فنر و ... ترکیب شود. در هر حالت کافی است، نیروهای وارد بر جسم را رسم کنید تا به راحتی رابطه بین نیروها با نیروی الکتریکی را مشخص کنید.

مشال



مطابق شکل دو گلوله رسانا و کوچک که بار یکسان دارند، در فاصله ۱m از هم ثابت شده‌اند و در حالت تعادل داخل لوله شیشه‌ای و بدون اصطکاک قرار دارند.
(آ) بار گلوله‌ها را از نظر هم‌نام و ناهم‌نام بودن مشخص کنید.

(ب) اگر جرم هر گلوله ۳۶۰g باشد، اندازه بار هر گلوله چقدر است؟ ($k = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$ و $g = 10 \text{ N/kg}$)



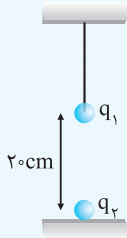
پاسخ: (آ) اگر گلوله در حال تعادل بالایی را در نظر بگیرید، نیروی وزن رو به پایین است، بنابراین نیروی الکتریکی رو به بالا می‌شود؛ یعنی نیروی بین گلوله‌ها دافعه است. بنابراین این گلوله‌ها هم‌نام هستند یعنی هر دو مثبت یا هر دو منفی هستند.

(ب) با توجه به حالت تعادل گلوله بالایی، نتیجه می‌گیریم که اندازه F و mg باید هم‌اندازه باشند:

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

$$\Rightarrow 9 \times 10^9 \times \frac{q^2}{1^2} = 360 \times 10^{-3} \times 10 \Rightarrow q^2 = \frac{36 \times 10^{-1}}{9 \times 10^9} = 4 \times 10^{-10} \Rightarrow |q| = 2 \times 10^{-5} \text{ C} = 20 \mu\text{C}$$

تست



مطابق شکل گلوله بسیار سبکی (جرم ناچیز) توسط نخ نازک و نارسانا از سقف آویزان شده است و این نخ می‌تواند حداکثر نیروی ۴۵N را تحمل کند. اگر $q_1 = +10 \mu\text{C}$ باشد، بیش‌ترین مقدار بار q_2 چقدر می‌تواند باشد تا نخ در آستانه پاره شدن باشد؟

-۲۰ (۲)

-۱۰ (۱)

+۴۰ (۴)

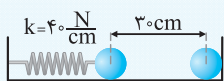
+۲۰ (۳)

پاسخ: بیشینه نیروی الکتریکی می‌تواند ۴۵N و رو به پایین باشد؛ در غیر این صورت نخ پاره می‌شود.

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \Rightarrow 45 = 90 \times \frac{10 \times |q_2|}{20^2} \Rightarrow |q_2| = 20 \mu\text{C}$$

نیروی بین دو گلوله باید جاذبه باشد تا نخ پاره شود، بنابراین $q_2 = -20 \mu\text{C}$ است و گزینه (۲) درست است.

تست



دو گلوله رسانا مطابق شکل، روبه‌روی هم روی سطح نارسانا قرار دارند و به تعادل رسیده‌اند. اگر بار هر گلوله $20 \mu\text{C}$ باشد، فشردگی فنر نارسانا نسبت به حالت آزاد چند سانتی‌متر است؟ ($k = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$)
(ویژه تراز برترها)

۷ (۴)

۵ (۳)

۴ (۲)

۱ (۱)

پاسخ: ابتدا نیروی الکتریکی بین دو گلوله را محاسبه می‌کنیم:

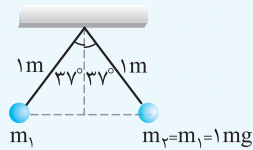
$$F = 90 \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \Rightarrow F = 90 \times \frac{20 \times 20}{30^2} = 40 \text{ N}$$

به گلوله سمت چپ دو نیروی الکتریکی و نیروی فنر وارد می‌شود. با توجه به در تعادل بودن گلوله، نتیجه می‌گیریم این دو نیرو هم‌اندازه هستند.

$$F_{\text{فنر}} = F_{\text{الکتریکی}} \Rightarrow k\Delta x = F \Rightarrow (40)(\Delta x) = 40 \Rightarrow \Delta x = 1 \text{ cm} \Rightarrow \text{گزینه (۱) درست است.}$$

ویژه تراز برترها

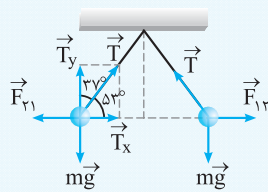
ترکیب نیروی الکتریکی و آونگ: اگر اجسام باردار را توسط دو نخ نارسانا آویزان کنیم، دو آونگ ساخته می‌شود که باز هم کافی است، نیروهای وارد بر اجسام باردار را رسم کنید و رابطه بین نیروها را طبق شکل مشخص کنید.



مطابق شکل دو گلوله رسانی و باردار از نخ‌های نارسانا آویزان شده‌اند و در حالت تعادل قرار دارند. با توجه به شکل، اگر اندازه بار دو گلوله یکسان باشد، مقدار بار چند میکروکولن است؟ ($\sin 37^\circ = 0/6$ ، $g = 10 \text{ N/kg}$ ، $k = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2 / \text{C}^2$)

$$\begin{aligned} & 4 \times 10^{-2} \quad (2) \\ & 3 \times 10^{-2} \quad (1) \\ & 3\sqrt{3} \times 10^{-2} \quad (4) \\ & 2\sqrt{3} \times 10^{-2} \quad (3) \end{aligned}$$

پاسخ: نیروی وارد بر m_1 و m_2 را رسم می‌کنیم:



$$\text{تعادل} \Rightarrow \begin{cases} F_{r1} = T_x \Rightarrow F_{r1} = T \sin 37^\circ \\ mg = T_y \Rightarrow mg = T \cos 37^\circ \end{cases} \Rightarrow \frac{F_{r1}}{mg} = \frac{T \sin 37^\circ}{T \cos 37^\circ} = \tan 37^\circ$$

$$F_{r1} = F_{r2} = F \Rightarrow \frac{F}{mg} = \tan 37^\circ \Rightarrow F = \frac{3}{4} \times 1 \times 10^{-2} \times 10^{-2} \times 10 = F = \frac{3}{4} \times 10^{-5} \text{ N}$$

$$r = 2(1 \times \sin 37^\circ) = 2 \times 0/6 = 1/2 \text{ m}$$

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \Rightarrow \frac{3}{4} \times 10^{-5} = 9 \times 10^9 \times \frac{q^2}{(1/2)^2} \Rightarrow q^2 = \frac{3 \times 1/44}{4 \times 9} \times 10^{-14}$$

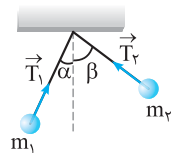
$$\Rightarrow q^2 = \frac{1/44}{4 \times 3} \times 10^{-14} \Rightarrow q = \frac{1/2}{2 \times \sqrt{3}} \times 10^{-7} = \frac{\sqrt{3}}{3} \times 0/6 \times 10^{-7} = 2\sqrt{3} \times 10^{-8} \text{ C} = 2\sqrt{3} \times 10^{-2} \mu\text{C} \Rightarrow \text{گزینه (3) درست است.}$$

نکته: در آونگ اگر F بر mg عمود باشد، می‌توانید از رابطه روبه‌رو استفاده کنید:

$$\tan \alpha = \frac{F}{mg}$$

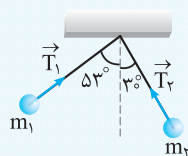
α : زاویه بین نخ و راستای قائم است، mg وزن ذره باردار و F نیروی الکتریکی بین دو ذره باردار است.

نکته STP: اگر جرم آونگ‌ها برابر نباشند، آن‌گاه زاویه‌ای که هر نخ با راستای قائم می‌سازد، برابر نخواهند بود و همیشه رابطه زیر بین کشش نخ‌ها برقرار است:



$$T_l \sin \alpha = T_r \sin \beta$$

آیا می‌توانید رابطه بالا را اثبات کنید؟



مطابق شکل دو ذره باردار از دو نخ نارسانا آویزان شده‌اند و در حالت تعادل قرار دارند.

اگر $T_1 = 10 \text{ N}$ باشد، T_2 چند نیوتون است؟ ($\sin 53^\circ = 0/8$) (مشابه سراسری ریاضی - 95)

$$\begin{aligned} & 10 \quad (2) \\ & 8 \quad (1) \\ & 16 \quad (4) \\ & 12 \quad (3) \end{aligned}$$

پاسخ: طبق نکته STP بالا می‌توان نوشت:

$$T_1 \sin 53^\circ = T_2 \sin 30^\circ \Rightarrow 10 \times 0/8 = T_2 \times \frac{1}{2} \Rightarrow T_2 = 16 \text{ N} \Rightarrow \text{گزینه (4) درست است.}$$

۲۷☆ الکترونی در مسیر دایره‌ای به شعاع ۱ آنگستروم به دور هسته‌ای که 10^+ پروتون دارد، می‌چرخد. نیروی وارد بر الکترون چند نیوتون است؟

(kg) $(\text{بار الکترون } 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}, k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}, 1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m})$

(۱) 3.7×10^{-5} (۲) $2/3 \times 10^{-7}$ (۳) 3×10^{-10} (۴) 2×10^{-18}

۲۸☆ بار الکتریکی ۵ میکروکولنی را در چند سانتی‌متری از یک بار ۴ میکروکولنی قرار دهیم تا بر آن نیروی ۱۸ نیوتون را وارد کند؟

(kg) $(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2})$

(۱) ۱ (۲) ۳/۱۴ (۳) ۹ (۴) ۱۰

۲۹☆ در سیستم بین‌المللی یکاها (SI)، به ترتیب از راست به چپ، یکای ثابت کولن و یکای ضریب گذردهی الکتریکی خلأ کدام است؟

(۱) $\frac{\text{C}^2}{\text{N.m}^2}, \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}$ (۲) $\frac{\text{C}^2}{\text{N.m}^2}, \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}$ (۳) $\frac{\text{m}^2}{\text{C}^2}, \frac{\text{C}^2}{\text{m}^2}$ (۴) $\frac{\text{C}^2}{\text{m}^2}, \frac{\text{m}^2}{\text{C}^2}$

۳۰☆ بارهای الکتریکی $q_1 = 4 \text{ nC}$ و $q_2 = -2 \text{ nC}$ به ترتیب در مختصات $(0, 3 \text{ m})$ و $(3 \text{ m}, 0)$ قرار دارند. نیروی الکتریکی که بار q_1 به بار q_2 وارد می‌کند، در SI کدام است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2})$

(۱) $2 \times 10^{-9} \vec{j}$ (۲) $-2 \times 10^{-9} \vec{j}$ (۳) $-8 \times 10^{-9} \vec{j}$ (۴) $8 \times 10^{-9} \vec{j}$

۳۱☆ دو بار الکتریکی q و $8q$ در فاصله a از هم قرار دارند. اگر ϵ_0 ضریب گذردهی الکتریکی خلأ باشد، کدام گزینه اندازه نیرویی را که این دو ذره به هم وارد می‌کنند، به درستی نشان می‌دهد؟

(۱) $\epsilon_0 \frac{8q^2}{a^2}$ (۲) $\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a^2}$ (۳) $\frac{9q^2}{4\pi\epsilon_0 a^2}$ (۴) $\frac{2q^2}{\pi\epsilon_0 a^2}$

۳۲☆ دو بار الکتریکی نقطه‌ای q_1 و $q_2 = 5q_1$ در فاصله ۳ متری از هم قرار دارند و نیروی دافعه 2 N به یکدیگر وارد می‌کنند. q_1 چند میکروکولن است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2})$

(سراسری تجربی خارج از کشور- ۹۱)

(۱) ۱۰ (۲) ۵ (۳) ۴ (۴) ۲

۳۳☆ دو بار نقطه‌ای q و $2q$ روی یک خط راست قرار دارند. اگر بار $4q$ به بار q نیروی $\vec{F} = 2\vec{i} - 4\vec{j}$ را وارد کند، بار q چه نیرویی را به بار $2q$ وارد می‌کند؟

(۱) $4\vec{i} - 8\vec{j}$ (۲) $2\vec{i} - 4\vec{j}$ (۳) $\vec{i} - 2\vec{j}$ (۴) $-2\vec{i} + 4\vec{j}$

۳۴☆ دو ذره باردار q_1 و q_2 در یک ارتفاع قرار دارند. نیروی الکتریکی بار q_1 به بار q_2 در راستای غرب - شرق و جهت آن به سمت شرق است. نیرویی که بار q_2 به بار q_1 وارد می‌کند، در راستای و جهت آن به سمت است.

(۱) غرب - شرق، شرق (۲) غرب - شرق، غرب (۳) شمال - جنوب، جنوب (۴) شمال - جنوب، شمال

۳۵☆ دو کره رسانای مشابه دارای بارهای ناهم‌نام q و $-q$ به‌گونه‌ای قرار گرفته‌اند که سطح آن‌ها کمی از هم فاصله داشته و مرکز این دو کره به اندازه r از یکدیگر فاصله دارند. بزرگی نیرویی که این دو کره به هم وارد می‌کنند

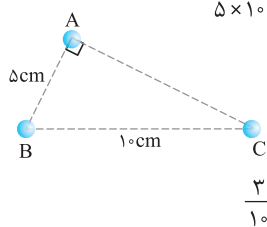
(۱) برابر است با $k \frac{q^2}{r^2}$ (۲) کمتر است از $k \frac{q^2}{r^2}$ (۳) بیشتر است از $k \frac{q^2}{r^2}$ (۴) برابر است با $k \frac{q}{r}$

۳۶☆ دو ذره باردار با بارهای $q_1 = +2 \mu\text{C}$ و $q_2 = +5 \mu\text{C}$ در نقاط $A(-2 \text{ cm}, -2 \text{ cm})$ و $B(7 \text{ cm}, 1 \text{ cm})$ ثابت شده‌اند. اندازه نیرویی که این دو بار الکتریکی به یکدیگر وارد می‌کنند، چند نیوتون است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2})$

(۱) ۵ (۲) ۱۰ (۳) ۱۰^۵ (۴) 5×10^4

۳۷☆ در سه رأس مثلث ABC سه بار نقطه‌ای قرار دارد. اگر اندازه نیروهایی که بارهای A و B بر هم وارد می‌کنند، ۵ نیوتون و اندازه نیروهایی که بارهای B و C بر هم وارد می‌کنند، برابر ۳ نیوتون باشد، نسبت اندازه بارهای A و C $(\frac{|q_A|}{|q_C|})$ کدام است؟

(۱) $\frac{5}{3}$ (۲) $\frac{3}{5}$ (۳) $\frac{5}{12}$ (۴) $\frac{3}{10}$



۳۸★ دو گلوله به جرم‌های m_1 و $m_2 = 2m_1$ به ترتیب دارای بارهای الکتریکی q و $3q$ روی سطح افقی بدون اصطکاک در فاصله نزدیکی از هم رها می‌شوند. در این لحظه، تحت اثر نیروی الکتریکی شتاب گلوله m_2 چند برابر شتاب گلوله m_1 است؟ (آزمون‌های گاه)

۱ (۱) $\frac{1}{4}$ (۲) $\frac{2}{3}$ (۳) $\frac{3}{4}$ (۴) $\frac{3}{2}$

تأثیر تغییر اندازه بارها یا فاصله بارها روی نیروی الکتریکی

۳۹★ اگر اندازه بارهای هر یک از دو بار الکتریکی نقطه‌ای را ۳ برابر کنیم و فاصله بین آن‌ها را نیز ۳ برابر کنیم، نیروی الکتریکی بین آن‌ها چند برابر می‌شود؟ (سراسری ریاضی-۹۸)

۱ (۱) $\frac{1}{3}$ (۲) ۱ (۳) ۳ (۴) ۹

۴۰★ نیروی بین دو بار الکتریکی q_1 و q_2 که به فاصله r از یکدیگر قرار دارند، F است. اگر اندازه یکی از بارها و همچنین فاصله بین دو بار نصف شود، نیروی بین آن‌ها چند برابر می‌شود؟ (سراسری ریاضی فارج از کشور-۸۷)

۱ (۱) ۲ (۲) $\frac{1}{2}$ (۳) $\frac{3}{4}$ (۴) $\frac{3}{2}$

۴۱★ بار الکتریکی ۸ میکروکولنی از فاصله r بر بار ۲ میکروکولنی نیروی F را وارد می‌کند. بار ۲ میکروکولنی در چه فاصله‌ای بر بار ۸ میکروکولنی نیرویی با اندازه $2F$ وارد می‌کند؟ (سراسری تجربی-۸۵)

۱ (۱) $2r$ (۲) $\sqrt{2}r$ (۳) $\frac{1}{2}r$ (۴) $\frac{\sqrt{2}}{2}r$

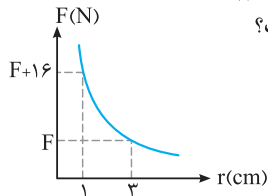
۴۲★ نیروی دافعه بین دو بار الکتریکی نقطه‌ای مشابه در فاصله r از هم برابر با $2N$ ٪ است. اگر به یکی از بارها $2\mu C$ اضافه کنیم، این نیروی دافعه در همین فاصله برابر $3N$ ٪ می‌شود. اندازه اولیه هر یک از این بارهای الکتریکی چند میکروکولن بوده است؟ (سراسری تجربی فارج از کشور-۸۵)

۱ (۱) ۲ (۲) ۴ (۳) ۶ (۴) ۸

۴۳★ دو بار الکتریکی در فاصله r به یکدیگر نیروی الکتریکی F وارد می‌کنند. در چه فاصله‌ای از هم نیروی الکتریکی بین این دو بار ۴۴ درصد افزایش می‌یابد؟

۱ (۱) $\frac{5}{6}r$ (۲) $\frac{6}{5}r$ (۳) $\frac{36}{25}r$ (۴) $\frac{25}{36}r$

۴۴★ نمودار نیروی الکتریکی بین دو ذره باردار بر حسب فاصله آن‌ها مطابق شکل مقابل است. F چند نیوتون است؟



۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴)

۴۵★ دو بار الکتریکی نقطه‌ای در فاصله معینی، به یکدیگر نیروی الکتریکی F وارد می‌کنند. اگر اندازه یکی از دو بار نصف شده و فاصله بین آن‌ها ۷۵ درصد کاهش یابد، نیروی الکتریکی بین دو بار به F' می‌رسد. نسبت $\frac{F'}{F}$ کدام است؟ (آزمون‌های گاه)

۱ (۱) ۸ (۲) ۴ (۳) $\frac{1}{4}$ (۴) $\frac{1}{8}$

۴۶★ دو بار نقطه‌ای هم‌اندازه و هم‌نام q در فاصله r از هم قرار داشته و بر هم نیروی دافعه F وارد می‌کنند. ۱۹٪ از بار یکی را کم می‌کنیم. برای این‌که نیروی دافعه بین آن‌ها همان F بماند، فاصله میان دو بار را چند درصد و چگونه باید تغییر دهیم؟

۱ (۱) ۱۰ درصد کاهش (۲) ۱۰ درصد افزایش (۳) ۱۹ درصد کاهش (۴) ۱۹ درصد افزایش

انتقال بار بین دو ذره باردار و اثر آن روی نیروی بین آن‌ها

۴۷★ مطابق شکل زیر، دو بار الکتریکی در فاصله r ، نیروی جاذبه F بر یکدیگر وارد می‌کنند. اگر با ثابت بودن فاصله، ۲۵ درصد از بار q_1 را به q_2 انتقال دهیم، نیروی جاذبه بین دو بار چند درصد و چگونه تغییر می‌کند؟ (سراسری تجربی فارج از کشور-۹۸)

$q_1 = +8\mu C$ $q_2 = -5\mu C$



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

۴۸★ دو بار الکتریکی هم‌نام $q_1 = 8\mu C$ و q_2 ، در فاصله r ، نیروی F را بر هم وارد می‌کنند. اگر ۲۵ درصد از بار q_1 را برداشته و به q_2 اضافه کنیم، بدون تغییر فاصله بارها، نیروی متقابل بین آن‌ها ۵۰ درصد افزایش می‌یابد. مقدار اولیه q_2 چند میکروکولن است؟ (سراسری ریاضی-۸۹)

۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴)

۴۹. دو بار الکتریکی نقطه‌ای برابر در فاصله ثابتی از هم قرار دارند و به یکدیگر نیروی F وارد می‌کنند. اگر ۲۵ درصد از بار الکتریکی یکی را کم کرده و همان مقدار بر بار دیگر اضافه کنیم، نیرویی که به هم وارد می‌کنند، چند F می‌شود؟ (سراسری تجربی-۸۸)

- ۱ (۱) ۴ (۲) ۱۵ (۳) ۱۶ (۴) ۱۶

۵۰. دو ذره با بارهای الکتریکی $+q$ و $-q$ در فاصله معینی به یکدیگر نیروی الکتریکی به بزرگی F وارد می‌کنند. اگر ۲۵ درصد یکی از بارها را برداشته و به دیگری اضافه کنیم، دو بار جدید در همان فاصله قبل به هم نیروی الکتریکی به بزرگی F' را وارد می‌نمایند. نسبت $\frac{F'}{F}$ کدام است؟ (آزمون‌های گاج)

- ۱ (۱) $\frac{15}{16}$ (۲) $\frac{9}{16}$ (۳) $\frac{3}{4}$ (۴) $\frac{5}{4}$

۵۱. دو بار الکتریکی نقطه‌ای $q_1 = 2\mu C$ و $q_2 = -2\mu C$ به فاصله r از یکدیگر قرار دارند. اگر نصف یکی از بارها را برداریم و به دیگری اضافه کنیم و دو بار را به فاصله $\frac{r}{4}$ از هم قرار دهیم، اندازه نیرویی که دو بار به یکدیگر وارد می‌کنند، در مقایسه با حالت قبل چند برابر می‌شود؟ (سراسری تجربی فارغ از کشور-۸۷)

- ۱ (۱) $\frac{1}{4}$ (۲) ۳ (۳) $\frac{1}{16}$ (۴) ۱۶

۵۲. دو بار الکتریکی نقطه‌ای q_1 و $q_2 = 2q_1$ در فاصله r از هم قرار دارند و به هم نیروی دافعه وارد می‌کنند. چند درصد از بار q_2 را به q_1 منتقل کنیم تا در همان فاصله، نیروی دافعه بین بارهای الکتریکی بیشینه شود؟ (سراسری ریاضی فارغ از کشور - ۹۵)

- ۱ (۱) ۲۵ (۲) ۴۰ (۳) ۵۰ (۴) ۵۰

نیروی بین دو کره رسانا قبل و بعد از اتصال

۵۳. دو کره رسانای کوچک و هم‌اندازه دارای بارهای الکتریکی $-9\mu C$ و $+1\mu C$ بوده و در فاصله r بر هم نیروی F وارد می‌کنند. دو کره را با هم تماس داده و این بار آن‌ها را در فاصله $2r$ از هم قرار می‌دهیم. نیروی الکتریکی بین دو کره چند برابر F خواهد شد؟

- ۱ (۱) $\frac{2}{3}$ (۲) $\frac{4}{9}$ (۳) $\frac{16}{9}$ (۴) $\frac{25}{36}$

۵۴. دو گلوله فلزی کوچک و مشابه که دارای بار الکتریکی می‌باشند، از فاصله 30 سانتی‌متری، نیروی جاذبه 4 نیوتون بر یکدیگر وارد می‌کنند. اگر این دو گلوله را به هم تماس دهیم، بار الکتریکی هر کدام $+3\mu C$ خواهد شد. بار اولیه گلوله‌ها بر حسب میکروکولن کدام است؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$) (سراسری ریاضی-۹۴)

- ۱ (۱) $-6, 12$ (۲) $10, -4$ (۳) $9, -3$ (۴) $8, -2$

۵۵. دو کره فلزی مشابه دارای بارهای الکتریکی $q_1 = +5\mu C$ و $q_2 = +15\mu C$ در فاصله r ، نیروی F بر یکدیگر وارد می‌کنند. اگر این دو کره را در یک لحظه با یکدیگر تماس دهیم به طوری که فقط بین دو کره مبادله بار صورت گیرد و مجدداً به همان فاصله قبلی برگردانیم، نیروی دافعه بین دو کره چگونه تغییر می‌کند؟ (سراسری تجربی-۹۱)

- ۱ (۱) ۲۵ درصد افزایش می‌یابد. (۲) ۲۵ درصد کاهش می‌یابد.
۳ (۳) تقریباً ۳۳ درصد کاهش می‌یابد. (۴) تقریباً ۳۳ درصد افزایش می‌یابد.

۵۶. دو کره فلزی که روی پایه‌های عایقی قرار دارند، دارای بار الکتریکی هستند. اندازه نیروی الکتریکی بین این دو کره با فاصله d برابر F است. اگر آن دو را به هم تماس داده و دوباره در همان فاصله قرار دهیم، اندازه نیرو، F' می‌شود. کدام رابطه بین F و F' برقرار است؟ (kg)

- ۱ (۱) $F > F'$ (۲) $F < F'$ (۳) $F = F'$ (۴) بسته به شرایط، هر کدام ممکن است درست باشد.

۵۷. اندازه بار دو کره رسانای هم‌اندازه یکسان نیست و یکدیگر را از فاصله r می‌رانند. دو کره را به هم تماس داده و سپس به همان فاصله r می‌بریم. نیروی الکتریکی بین دو کره نسبت به حالت اول چگونه می‌شود؟

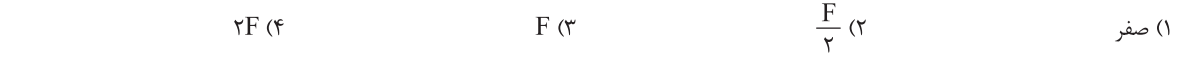
- ۱ (۱) تغییر نمی‌کند. (۲) افزایش می‌یابد. (۳) کاهش می‌یابد. (۴) بسته به شرایط هر سه ممکن است.

۵۸. دو کره رسانای هم‌اندازه A و B به ترتیب با بارهای الکتریکی Q و $\frac{3}{4}Q$ داریم که در فاصله نسبتاً دوری از هم قرار دارند. کره رسانای خنثای C را که هم‌اندازه کره A می‌باشد، با آن تماس می‌دهیم. سپس کره C را با کره B تماس می‌دهیم و در نهایت کره C را به فاصله بسیار دوری از دو کره A و B منتقل می‌کنیم. اندازه نیروی الکتریکی بین دو کره A و B در همان فاصله اولیه پس از تماس کره C چند برابر قبل از تماس با کره C است؟ (آزمون‌های گاج)

- ۱ (۱) $\frac{5}{16}$ (۲) $\frac{8}{16}$ (۳) ۱ (۴) $\frac{24}{16}$

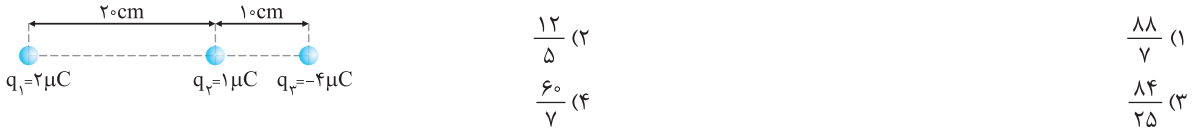
برایند نیروهای الکتریکی هم راستا

۵۹ ☆ اندازه نیروی الکتریکی بین دو بار Q و q در فاصله d برابر F است. در شکل روبه‌رو، اندازه برایند نیروهای وارد از طرف دو بار $+Q$ و $-Q$ بر بار $+q$ برابر است با (kg)



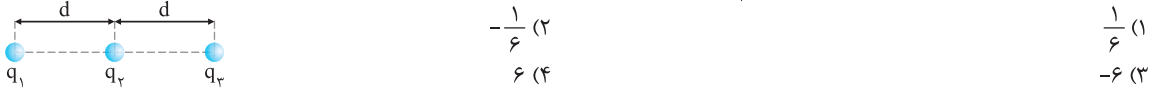
- (۱) صفر (۲) $\frac{F}{2}$ (۳) F (۴) $2F$

۶۰ ☆ در شکل مقابل، اندازه برایند نیروهای وارد بر بار q_3 چند برابر اندازه نیروی خالص وارد بر بار q_1 است؟



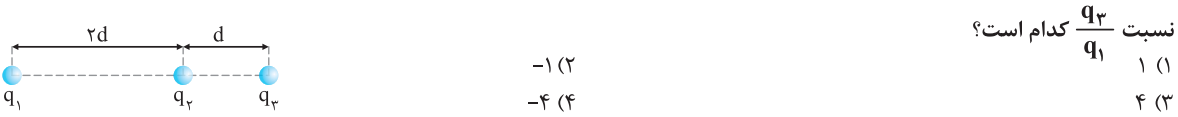
- (۱) $\frac{11}{7}$ (۲) $\frac{12}{5}$ (۳) $\frac{14}{25}$ (۴) $\frac{60}{7}$

۶۱ ☆ در شکل، سه بار نقطه‌ای روی سه نقطه ثابت شده‌اند. اگر بار q_3 ، بار q_2 را با نیروی الکتریکی F براند، بزرگی برایند نیروهای وارد بر بار q_1 برابر $\frac{F}{2}$ و به سمت چپ شکل می‌شود. نسبت $\frac{q_1}{q_2}$ کدام است؟ (آزمون‌های گاج)



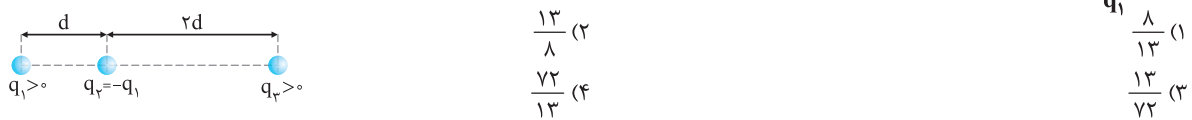
- (۱) $\frac{1}{6}$ (۲) $-\frac{1}{6}$ (۳) -6 (۴) 6

۶۲ ☆ در شکل زیر، برایند نیروهای وارد بر بار q_2 برابر 30N است. اگر q_3 را خنثی کنیم، نیروی وارد بر بار q_2 ، 10N در جهت عکس می‌شود.



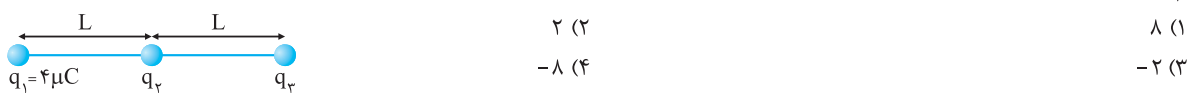
- نسبت $\frac{q_2}{q_1}$ کدام است؟
(۱) ۱ (۲) -۱ (۳) ۴ (۴) -۴

۶۳ ☆ سه بار نقطه‌ای مطابق شکل زیر ثابت شده‌اند. اگر برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_1 هم‌اندازه برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_2 باشد، $\frac{q_2}{q_1}$ کدام است؟ (سراسری تجربی فازج از کشور- ۹۵)



- (۱) $\frac{8}{13}$ (۲) $\frac{13}{8}$ (۳) $\frac{13}{72}$ (۴) $\frac{72}{13}$

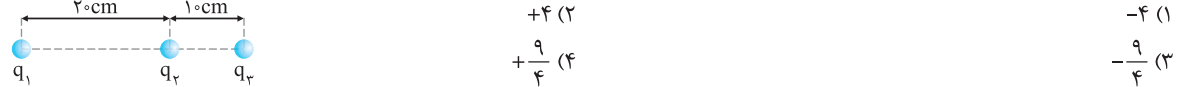
۶۴ ☆ در شکل زیر، سه بار نقطه‌ای قرار دارند. برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_3 هم‌اندازه نیروی الکتریکی است که بار q_1 بر q_3 وارد می‌کند. q_2 چند میکروکولن است؟ (سراسری تجربی- ۹۸)



- (۱) ۸ (۲) ۲ (۳) -۲ (۴) -۸

نیروی صفر و بار در حال تعادل

۶۵ ☆ در شکل روبه‌رو، برایند نیروهای الکتریکی وارد بر هر یک از بارهای نقطه‌ای برابر صفر است. $\frac{q_2}{q_1}$ کدام است؟ (سراسری تجربی- ۹۳)

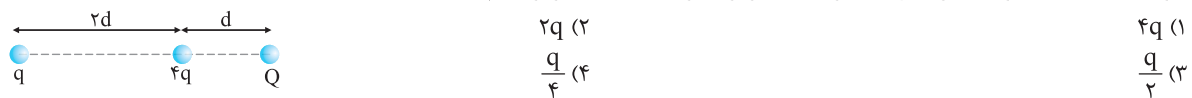


- (۱) -۴ (۲) +۴ (۳) $-\frac{9}{4}$ (۴) $+\frac{9}{4}$

۶۶ دو بار الکتریکی $-q$ و $+4q$ در دو نقطه A و B به فاصله $AB = 30\text{cm}$ از هم قرار دارند. بار q' را در چه فاصله‌ای بر حسب سانتی‌متر از بار Q قرار دهیم تا به حالت تعادل قرار گیرد؟ (kg)

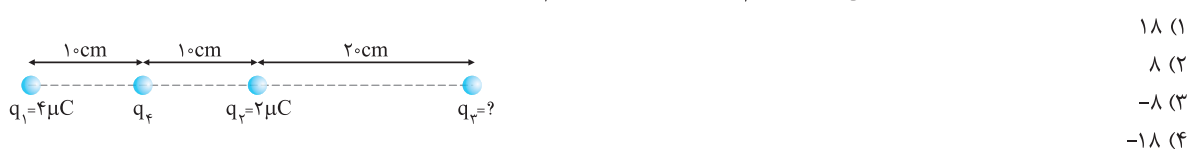
- (۱) ۱۵ (۲) ۳۰ (۳) ۴۵ (۴) ۶۰

۶۷ ☆ اگر در شکل روبه‌رو برایند نیروهای وارد بر بار $4q$ برابر صفر باشد، بار Q برابر کدام است؟



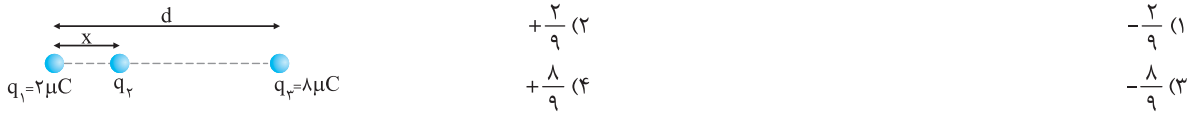
- (۱) $4q$ (۲) $2q$ (۳) $\frac{q}{2}$ (۴) $\frac{q}{4}$

۶۸ ☆ در شکل مقابل برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_4 برابر صفر است. بار q_3 چند میکروکولن است؟ (سراسری ریاضی- ۹۱)

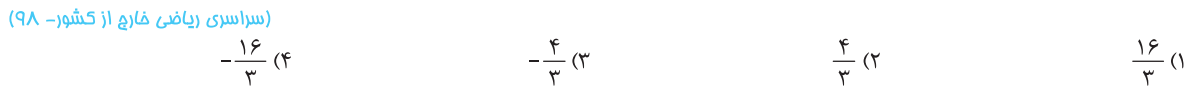


- (۱) ۱۸ (۲) ۸ (۳) -۸ (۴) -۱۸

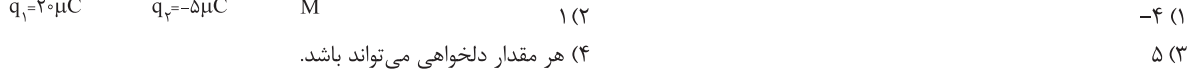
☆ ۶۹. سه بار نقطه‌ای مطابق شکل قرار دارند. برایند نیروهای الکتروستاتیکی وارد بر هر یک از بارها صفر است. بار q_3 چند میکروکولن است؟ (سراسری تجربی فارغ از کشور - ۸۹)



☆ ۷۰. سه ذره باردار $q_1 = 12 \mu C$, $q_2 = 3 \mu C$ و q_3 در صفحه $x-y$ به ترتیب در مختصات $(x_1 = 4 \text{ cm}, y_1 = 3 \text{ cm})$ ، $(x_2 = -8 \text{ cm}, y_2 = 12 \text{ cm})$ و (x_3, y_3) قرار دارند؛ اگر برایند نیروهای الکتریکی وارد بر هر ذره صفر باشد، چند میکروکولن است؟ (سراسری ریاضی فارغ از کشور - ۹۸)



☆ ۷۱. در شکل روبه‌رو در نقطه M ، بار الکتریکی نقطه‌ای چند میکروکولنی قرار دهیم تا برایند نیروهای وارد بر آن از طرف بارهای دیگر صفر شود؟

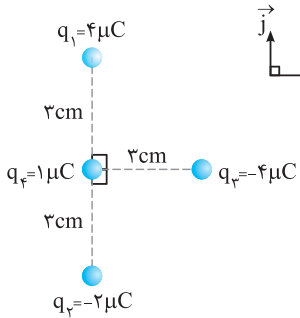


☆ ۷۲. دو بار الکتریکی هم‌نام و هم‌اندازه در فاصله L از هم قرار دارند. در فاصله بین دو بار و در راستای خط واصل، بار سومی را از فاصله $\frac{L}{4}$ یکی از بارها تا فاصله $\frac{L}{4}$ بار دیگر جابه‌جا می‌کنیم. نیروی وارد بر این بار (آزمون‌های گاج)

- (۱) کاهش می‌یابد.
- (۲) ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد.
- (۳) ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد.
- (۴) افزایش می‌یابد.

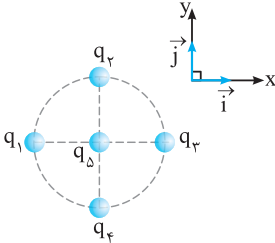
برایند نیروهای عمود بر هم

☆ ۷۳. در شکل مقابل، بردار نیروی خالص وارد بر بار q_4 در SI کدام است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})$



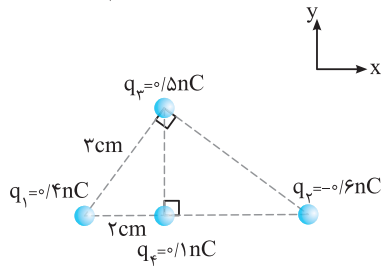
- (۱) $\vec{F} = 4\vec{i} - 6\vec{j}$
- (۲) $\vec{F} = 4\vec{i} + 6\vec{j}$
- (۳) $\vec{F} = 4\vec{i} - 2\vec{j}$
- (۴) $\vec{F} = 4\vec{i} + 2\vec{j}$

☆ ۷۴. در شکل روبه‌رو، چهار بار نقطه‌ای $q_1 = q_2 = -q_3 = -q_4 = +q$ روی محیط دایره‌ای قرار گرفته‌اند و بار $q_5 = +q$ در مرکز دایره قرار دارد. اگر بزرگی نیروی الکتریکی که بار q_1 به بار q_5 وارد می‌کند، یک نیوتون باشد، بردار برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_5 بر حسب نیوتون کدام است؟ (آزمون‌های گاج)



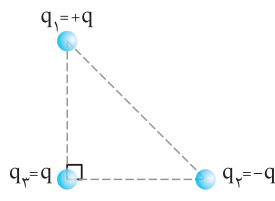
- (۱) $2\vec{i} - 2\vec{j}$
- (۲) $2\sqrt{2}\vec{i} - 2\sqrt{2}\vec{j}$
- (۳) $-2\vec{i} + 2\vec{j}$
- (۴) $-2\sqrt{2}\vec{i} + 2\sqrt{2}\vec{j}$

☆ ۷۵. نیروی خالص وارد بر بار q_4 از طرف بارهای دیگر کدام است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})$

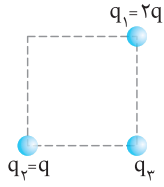


- (۱) $10^{-7}(15\vec{i} + 9\vec{j})$
- (۲) $10^{-7}(15\vec{i} - 9\vec{j})$
- (۳) $10^{-7}(3\vec{i} - 9\vec{j})$
- (۴) $10^{-7}(3\vec{i} + 9\vec{j})$

☆ ۷۶. مطابق شکل سه ذره در سه رأس یک مثلث متساوی‌الساقین قرار دارند و اندازه نیروی خالص وارد بر ذره q_3 برابر F_T است. اگر بار q_1 قرینه شود، اندازه نیروی خالص وارد بر بار q_3 کدام خواهد شد؟ (برگرفته از کتاب درسی)

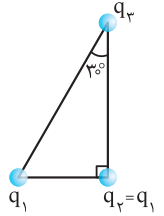


- (۱) F_T
- (۲) $2F_T$
- (۳) $\sqrt{2}F_T$
- (۴) صفر



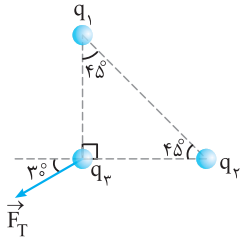
۷۷☆ در شکل مقابل، سه ذره باردار در گوشه‌های یک مربع قرار دارند. اگر q_2 به q_3 نیروی F وارد کند، اندازه نیروی کل وارد بر q_3 چند برابر F است؟ (برگرفته از کتاب درسی)

- (۱) $3F$
- (۲) $\sqrt{3}F$
- (۳) $\sqrt{2}F$
- (۴) $\sqrt{5}F$



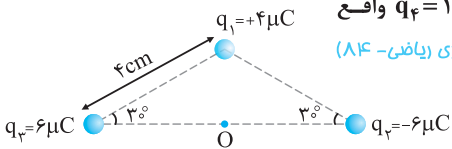
۷۸☆ سه ذره باردار در سه رأس یک مثلث قائم‌الزاویه قرار دارند. بزرگی نیروی الکترواستاتیکی که بار q_1 بر q_2 وارد می‌کند، F_1 و بزرگی نیروی الکترواستاتیکی که q_2 به q_3 وارد می‌کند، F_2 است. در صورتی که $F_1 = F_2$ باشد، بزرگی نیرویی که q_1 به q_3 وارد می‌کند، چند برابر F_1 است؟ (سراسری ریاضی فارغ از کشور - ۹۸)

- (۱) $\frac{3}{4}$
- (۲) ۱
- (۳) $\frac{4}{3}$
- (۴) $\frac{3}{2}$



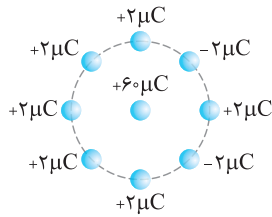
۷۹☆ در شکل مقابل، نیروی کل وارد بر بار q_3 از طرف دو بار q_1 و q_2 نشان داده شده است. با توجه به آن، q_1 و q_2 و $|q_2|$ از $|q_1|$ است. است.

- (۱) هم‌نام، بزرگ‌تر
- (۲) هم‌نام، کوچک‌تر
- (۳) ناهم‌نام، بزرگ‌تر
- (۴) ناهم‌نام، کوچک‌تر



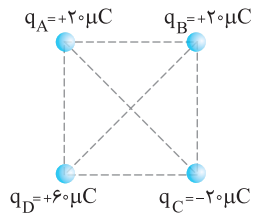
۸۰☆ سه بار نقطه‌ای مطابق شکل در سه رأس یک مثلث ثابت شده‌اند. نیروی وارد بر بار $q_3 = 1 \mu C$ واقع در نقطه O ، در وسط خط واصل دو بار q_2 و q_3 چند نیوتون است؟ (سراسری ریاضی - ۸۴)

- (۱) ۴۵
- (۲) ۹۰
- (۳) $45\sqrt{3}$
- (۴) $90\sqrt{2}$



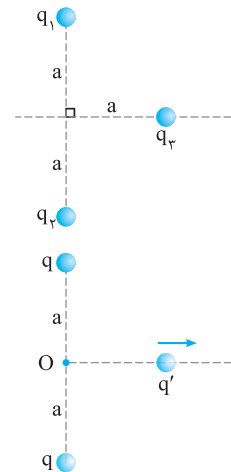
۸۱☆ در شکل مقابل، بارهای نقطه‌ای به طور متقارن روی محیط دایره‌ای به شعاع 3 cm قرار دارند. برآیند نیروهای وارد بر بار قرار گرفته در مرکز دایره چند نیوتون است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2})$ (آزمون‌های گاه)

- (۱) ۴۸
- (۲) $24\sqrt{2}$
- (۳) ۹۶
- (۴) $12\sqrt{2}$



۸۲ در چهار رأس یک مربع به ضلع 20 سانتی‌متر، مطابق شکل بارهای نقطه‌ای قرار داده‌ایم. اگر یک بار $-10 \mu C$ را در مرکز مربع قرار دهیم، نیروی وارد بر آن چند نیوتون و در کدام جهت خواهد بود؟ (kg)

- (۱) $180\sqrt{2}$ ، به سمت چپ
- (۲) $180\sqrt{2}$ ، به سمت بالا
- (۳) $270\sqrt{2}$ ، به سمت بالا
- (۴) $270\sqrt{2}$ ، به سمت چپ



۸۳ در شکل مقابل، نیروی خالص وارد بر بار q_3 از طرف دو بار دیگر کدام است؟ $(q_1 = q_2 = q_3 = q)$

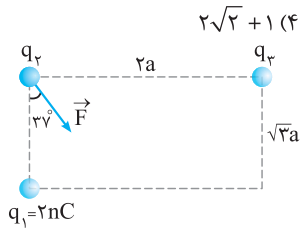
- (۱) $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{a^2}$
- (۲) $\frac{1}{8\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{a^2}$
- (۳) $\frac{\sqrt{2}}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{a^2}$
- (۴) $\frac{\sqrt{2}}{8\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{a^2}$

۸۴☆ مطابق شکل، بار q' را روی عمودمنصف خط واصل بین دو بار از نقطه O تا بی‌نهایت جابه‌جا می‌کنیم. نیروی خالص وارد بر بار q' در این جابه‌جایی چگونه تغییر می‌کند؟

- (۱) افزایش می‌یابد.
- (۲) کاهش می‌یابد.
- (۳) ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد.
- (۴) ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد.

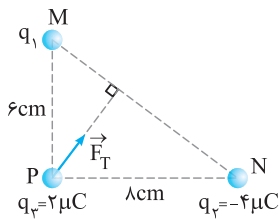
۸۵☆ چهار بار الکتریکی مثبت و هم‌اندازه q در رأس‌های یک مربع به ضلع d قرار دارند. اندازه نیرویی که از طرف بارهای دیگر بر یکی از آن‌ها وارد می‌شود، چند $\frac{kq^2}{2d^2}$ است؟ ($k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ و اندازه‌ها در SI است.)

(سراسری ریاضی خارج از کشور- ۸۵)



۱ (۱) $\sqrt{2}$ (۲) $\sqrt{2} + 1$ (۳) $2\sqrt{2} + 1$ (۴)

۸۶☆ مطابق شکل سه بار نقطه‌ای روی سه رأس یک مستطیل قرار گرفته‌اند. اگر نیروی خالص وارد بر بار q_3 از طرف دو بار دیگر \vec{F} باشد، q_3 چند نانوکولن است؟ ($\tan 37^\circ = \frac{3}{4}$)



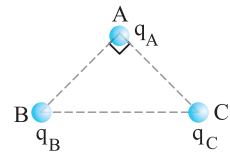
۲ (۱) $1/5$ (۳) -2 (۲) $-1/5$ (۴)

۸۷☆ سه بار الکتریکی روی رأس‌های مثلث قائم‌الزاویه MNP ثابت شده‌اند. اگر راستای نیروی خالص وارد بر بار q_3 مطابق شکل بر ضلع MN عمود باشد، q_1 چند میکروکولن است؟

۲ (۱) -2 (۲) 3 (۳) -3 (۴)

۸۸☆ در شکل روبه‌رو، مثلث نشان داده شده متساوی‌الساقین و قائم‌الزاویه است و بارهای q_A ، q_B و q_C به ترتیب q ، $\sqrt{3}q$ و $-q$ است. زاویه‌ای که برابند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_A با امتداد پاره خط AB می‌سازد، چند درجه است؟

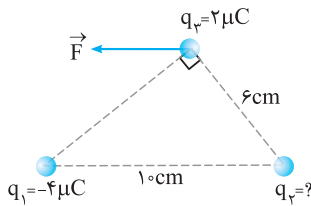
(سراسری تجربی- ۸۷)



۳۰ (۱) 53 (۳) 45 (۲) 60 (۴)

۸۹☆ سه بار نقطه‌ای مطابق شکل در جای خود ثابت شده‌اند. برابند نیروهایی که بارهای q_1 و q_2 بر بار q_3 وارد می‌کنند (\vec{F})، موازی با قاعده مثلث است. بار q_3 چند میکروکولن است؟

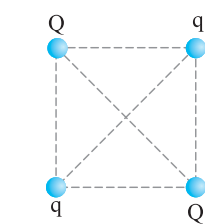
(سراسری ریاضی خارج از کشور- ۸۸)



۳ (۱) $\frac{9}{4}$ (۳) 4 (۲) $\frac{27}{16}$ (۴)

۹۰☆ بارهای الکتریکی q و Q مطابق شکل در ۴ رأس مربع قرار دارند. اگر برابند نیروهای وارد بر بار Q صفر باشد، نسبت $\frac{Q}{q}$ کدام است؟

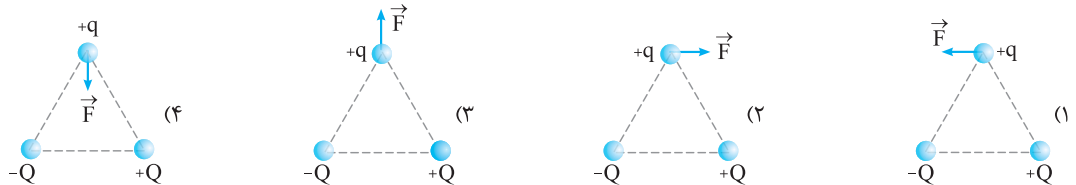
(kg)



۲ (۱) $2\sqrt{2}$ $-\sqrt{2}$ (۳) $\sqrt{2}$ (۲) $-2\sqrt{2}$ (۴)

۹۱☆ سه بار نقطه‌ای $+Q$ ، $-Q$ و $+q$ در سه رأس یک مثلث متساوی‌الاضلاع واقع‌اند. کدام یک از شکل‌های زیر جهت نیروی وارد بر بار $+q$ را درست نشان می‌دهد؟

(kg)

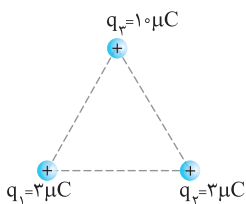


برابند نیروهای الکتریکی در حالت کلی

ویژه تراز برترها

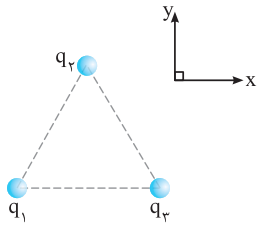
۹۲☆ سه بار الکتریکی نقطه‌ای مطابق شکل در ۳ رأس مثلث متساوی‌الاضلاعی به ضلع 30cm قرار دارند. برابند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_3 چند نیوتون است؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}$)

(سراسری تجربی خارج از کشور- ۹۲)



۳ (۱) $3\sqrt{3}$ $10\sqrt{3}$ (۳) 3 (۲) 10 (۴)

۹۳. روی رئوس مثلث متساوی‌الاضلاعی به ضلع ۶cm سه بار نقطه‌ای $q_1 = q_2 = -q_3 = 2\mu\text{C}$ قرار داده‌ایم. برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_2 بر حسب بردارهای یک‌دیگر در SI کدام است؟



$$\left(\cos 60^\circ = \frac{1}{2}, \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}, k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2} \right)$$

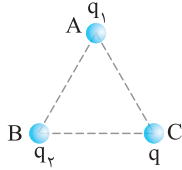
$$1 \cdot \vec{i} \quad (2)$$

$$2 \cdot \vec{i} \quad (1)$$

$$2 \cdot \vec{i} - 2\sqrt{3} \cdot \vec{j} \quad (4)$$

$$2 \cdot \vec{i} + 2\sqrt{3} \cdot \vec{j} \quad (3)$$

۹۴. سه بار الکتریکی نقطه‌ای و مثبت q_1, q_2, q_3 در سه رأس مثلث متساوی‌الاضلاع ABC قرار دارند. اگر نیروی وارد از طرف q_2 بر q_1 برابر ۵ نیوتون و $q_1 = \frac{3}{5}q_2$ باشد، برآیند نیروهای وارد بر q_1 چند نیوتون خواهد بود؟



$$7 \quad (2)$$

$$8 \quad (1)$$

$$4 \quad (4)$$

$$6 \quad (3)$$

۹۵. سه بار الکتریکی $+q, +q, -q$ در سه رأس مثلث متساوی‌الاضلاعی قرار دارند. اندازه برآیند نیروهای وارد بر بار $-q$ چند برابر اندازه برآیند نیروهای وارد بر هر یک از بارهای $+q$ می‌باشد؟

$$\frac{1}{2} \quad (4)$$

$$2 \quad (3)$$

$$1 \quad (2)$$

$$\sqrt{3} \quad (1)$$

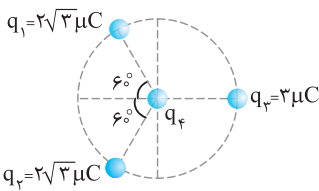
۹۶. روی محیط دایره‌ای به شعاع ۲cm، سه بار نقطه‌ای $q = 4\mu\text{C}$ در فاصله‌های مساوی از هم قرار می‌دهیم، نیروی خالص وارد بر هر یک از بارها چند نیوتون است؟ $\left(\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}, k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2} \right)$

$$120\sqrt{3} \quad (4)$$

$$360\sqrt{3} \quad (3)$$

$$120 \quad (2)$$

$$360 \quad (1)$$



۹۷. مطابق شکل، سه بار نقطه‌ای روی محیط دایره‌ای به شعاع ۱۰cm، ثابت نگه داشته شده‌اند و بار چهارم (q_4) در مرکز دایره قرار دارد. اگر برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_3 برابر ۸/۱ نیوتون باشد، بار مثبت q_4 چند میکروکولن است؟ (بارهای الکتریکی مثبت و $k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}$ است.)

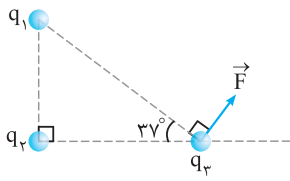
$$(سراسری ریاضی-۹۰) \quad 2 \quad (2)$$

$$1 \quad (1)$$

$$10 \quad (4)$$

$$20 \quad (3)$$

۹۸. در شکل مقابل، سه بار الکتریکی نقطه‌ای q_1, q_2, q_3 روی رأس‌های مثلث قائم‌الزاویه‌ای ثابت شده‌اند و برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_3 بردار \vec{F} است. نسبت $\frac{F_{23}}{F_{13}}$ کدام است؟ $(\sin 53^\circ = 0.8)$



$$\frac{4}{3} \quad (3)$$

$$\frac{5}{4} \quad (2)$$

$$\frac{3}{4} \quad (1)$$

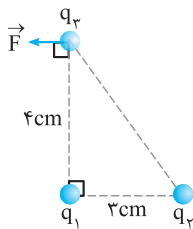
۹۹. سه ذره باردار در سه رأس یک مثلث قائم‌الزاویه ثابت شده‌اند. اگر برآیند نیروهای وارد بر q_3 مطابق شکل باشد، $\frac{q_1}{q_2}$ کدام است؟

$$-\frac{4}{5} \quad (2)$$

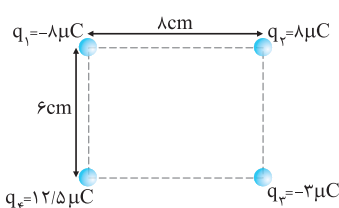
$$\frac{4}{5} \quad (1)$$

$$-\frac{64}{125} \quad (4)$$

$$\frac{64}{125} \quad (3)$$



۱۰۰. چهار بار الکتریکی در رأس‌های مستطیلی مطابق شکل قرار دارند. نیروی وارد بر بار q_2 چند نیوتون است؟ $\left(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2} \right)$

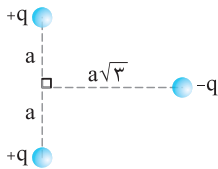


$$60 \quad (2)$$

$$30 \quad (1)$$

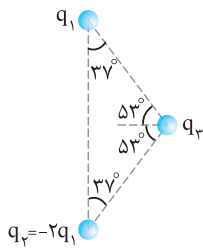
$$9\sqrt{10} \quad (4)$$

$$6\sqrt{10} \quad (3)$$



۱.۰۱★ در شکل روبه‌رو، بزرگی برابند نیروهای الکتریکی وارد بر بار $-q$ کدام است؟ (آزمون‌های گاج)

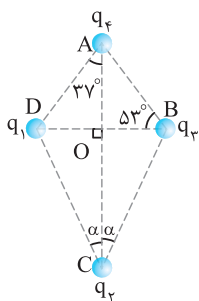
$$\begin{aligned} (1) \quad & \frac{kq^2}{2a^2} \\ (2) \quad & \frac{kq^2}{4a^2} \\ (3) \quad & \frac{\sqrt{3}}{4} \frac{kq^2}{a^2} \\ (4) \quad & \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{kq^2}{a^2} \end{aligned}$$



۱.۰۲ در شکل مقابل، بار نقطه‌ای $q_1 > 0$ به بار نقطه‌ای $q_3 > 0$ نیروی الکتریکی به بزرگی 10N را وارد می‌کند. بردار برابند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_3 در SI کدام است؟

(آزمون‌های گاج) $(\cos 53^\circ = 0.6, \sin 53^\circ = 0.8)$

$$\begin{aligned} (1) \quad & -6\vec{i} - 24\vec{j} \\ (2) \quad & -6\vec{i} + 18\vec{j} \\ (3) \quad & 6\vec{i} - 24\vec{j} \\ (4) \quad & 6\vec{i} + 18\vec{j} \end{aligned}$$

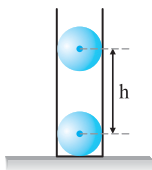


۱.۰۳★ چهار ذرهٔ باردار مطابق شکل در یک صفحه قرار دارند. اگر نیروی الکتریکی وارد بر q_4 از طرف بارهای دیگر برابر صفر باشد، زاویهٔ α کدام است؟ (سراسری تجربی-۸۹)

$(\sin 37^\circ = 0.6, AO = 4\text{cm}, q_4 = 64\text{nC}, q_1 = q_3 = -10\text{nC})$

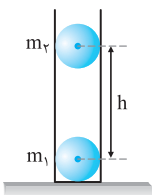
$$\begin{aligned} (1) \quad & 37^\circ \\ (2) \quad & 53^\circ \\ (3) \quad & \tan^{-1}(2) \\ (4) \quad & \tan^{-1}\left(\frac{1}{2}\right) \end{aligned}$$

ترکیب نیروی الکتریکی با نیروهای دیگر



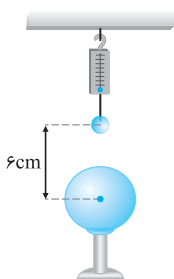
۱.۰۴★ در لوله‌ای شیشه‌ای و قائم دو گلولهٔ کوچک و همسان به جرم‌های 20g و با بارهای الکتریکی $4\mu\text{C}$ مطابق شکل قرار دارند. هنگامی که مجموعه به تعادل برسد، فاصلهٔ قائم h بر حسب متر را به دست آورید؟ (از اصطکاک و آثار الکتریکی شیشه صرف نظر کنید. $k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N}\cdot\text{m}^2}{\text{C}^2}, g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$) (آزمون‌های گاج)

$$\begin{aligned} (1) \quad & 0.2\sqrt{2} \\ (2) \quad & 0.2\sqrt{3} \\ (3) \quad & 0.16\sqrt{2} \\ (4) \quad & 0.16\sqrt{3} \end{aligned}$$



۱.۰۵ در یک لولهٔ شیشه‌ای قائم، دو گلولهٔ کوچک با بارهای هم‌نام و جرم‌های $m_2 > m_1$ مطابق شکل قرار دارند و به علت نیروی دافعهٔ الکتریکی مجموعه در تعادل است. اگر جای این دو گلوله را بدون این‌که بار آن‌ها تغییر کند، عوض کنیم، در حالت تعادل فاصلهٔ آن‌ها از هم h' می‌شود. کدام گزینه درست است؟ (از اثر الکتریکی شیشه و اصطکاک سطح داخلی شیشه صرف نظر کنید.)

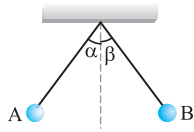
$$\begin{aligned} (1) \quad & h' = h \\ (2) \quad & h' > h \\ (3) \quad & h' < h \\ (4) \quad & \text{با توجه به نسبت بار دو کره هر سه ممکن است.} \end{aligned}$$



۱.۰۶★ مطابق شکل، کرهٔ باردار کوچکی به جرم 300g توسط یک نخ نارسانا و نیروسنج آویزان است. درست در زیر این کره، کرهٔ دیگری قرار دارد. روی هر کره بار $q = 1\mu\text{C}$ به طور یکنواخت پخش می‌کنیم. پس از این کار فاصلهٔ آن‌ها مطابق شکل خواهد شد. در این لحظه نیروسنج چه عددی را بر حسب نیوتون نشان می‌دهد؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N}\cdot\text{m}^2}{\text{C}^2}, g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}})$

$$\begin{aligned} (1) \quad & 0.5 \\ (2) \quad & 2.5 \\ (3) \quad & 3 \\ (4) \quad & 5.5 \end{aligned}$$

ترکیب نیروی الکتریکی و آونگ ویژه تراز برترها

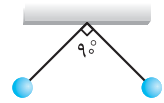


۱۰۷. در شکل روبه‌رو گلوله‌های باردار از دو نخ با طول‌های متفاوت به‌گونه‌ای آویزان هستند که گلوله‌ها در یک راستای افقی قرار گرفته و زاویه انحراف آن‌ها از راستای قائم برابر α و β بوده و اندازه نیروی الکتریکی وارد بر آن‌ها F_A و F_B است. اگر $q_A > q_B$ و $m_A < m_B$ باشد، کدام رابطه زیر درست است؟

- (۱) $\alpha = \beta, F_A = F_B$
 (۲) $\alpha > \beta, F_A = F_B$
 (۳) $\alpha > \beta, F_A > F_B$
 (۴) $\alpha = \beta, F_A < F_B$

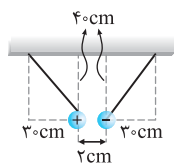
۱۰۸. دو گلوله کوچک هم‌جرم دارای بار $q_1 = q$ و دیگری دارای بار $q_2 = 2q$ را به انتهای دو نخ با طول‌های مساوی بسته و انتهای دیگر نخ‌ها را از یک نقطه می‌آویزیم. زاویه انحراف دو گلوله از وضعیت تعادل که آن‌ها را به ترتیب α و β می‌گیریم، چه رابطه‌ای دارند؟

- (kg)
 (۱) $\alpha = \beta$
 (۲) $\beta = 2\alpha$
 (۳) $\tan \beta = 2 \tan \alpha$
 (۴) $2\alpha > \beta > \alpha$



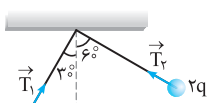
۱۰۹. مطابق شکل مقابل، دو آونگ الکتریکی مشابه با بارهای الکتریکی $q = +200 \text{ nC}$ و جرم‌های برابر 10 g در حال تعادل قرار دارند. طول هر یک از آونگ‌ها چند سانتی‌متر است؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$, $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$) (آزمون‌های گاج)

- (۱) ۳
 (۲) $3\sqrt{2}$
 (۳) $2\sqrt{2}$
 (۴) $\frac{\sqrt{2}}{3}$



۱۱۰. مطابق شکل، دو کره کوچک فلزی یکسان که دارای بار غیر هم‌علامت هستند، توسط دو نخ خشک و بی‌وزن آویزانند و در فاصله 2 cm از یکدیگر به حالت تعادل درمی‌آیند. اگر اندازه بار هر دو کره $2 \mu\text{C}$ باشد و این بار به‌صورت متمرکز در مرکز هندسی آن دو فرض شود، وزن هر کره چند نیوتون است؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$, $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$) (آزمون‌های گاج)

- (۱) ۱۵
 (۲) ۱۵۰
 (۳) ۱۲۰
 (۴) ۱۲

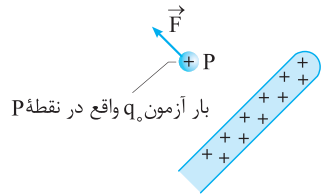


۱۱۱. در شکل روبه‌رو، دو آونگ الکتریکی باردار و هم‌طول، در حالت تعادل قرار دارند. کشش نخ T_1 چند برابر کشش نخ T_2 است؟ (سراسری ریاضی-۹۵)

- (۱) $\frac{1}{2}$
 (۲) $\frac{\sqrt{3}}{3}$
 (۳) $\sqrt{3}$
 (۴) ۲

قسمت سوم: میدان الکتریکی

بزرگی و جهت میدان الکتریکی



۱۱۲. در شکل مقابل، بار آزمون $q = 2 \times 10^{-8} \text{ C}$ و $F = 4 \times 10^{-5} \text{ N}$ است. اندازه میدان الکتریکی در نقطه P، نیوتون بر کولن و این میدان \vec{F} است. (برگرفته از کتاب درسی)

- (۱) 2×10^3 ، هم‌جهت
 (۲) 2×10^2 ، خلاف جهت
 (۳) 5×10^{-4} ، هم‌جهت
 (۴) 5×10^{-4} ، خلاف جهت

۱۱۳. میدان الکتریکی چه نوع کمیتی است و یکای آن در SI کدام می‌باشد؟

- (۱) نرده‌ای، نیوتون بر کولن
 (۲) برداری، نیوتون بر آمپر
 (۳) برداری، نیوتون بر کولن
 (۴) نرده‌ای، نیوتون بر آمپر

۱۱۴. بار الکتریکی $+0.4 \mu\text{C}$ در یک میدان الکتریکی یکنواخت $2 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ قرار دارد. نیرویی که از طرف این میدان بر بار الکتریکی وارد می‌شود، چند نیوتون است؟

- (۱) 4×10^{-2}
 (۲) 8×10^{-4}
 (۳) 8×10^{-2}
 (۴) 4×10^{-4}

۱۱۵. در یک میدان الکتریکی یکنواخت، به بار الکتریکی $q = 2 \mu\text{C}$ نیروی الکتریکی $\vec{F} = 10/8 \text{ N} \vec{i} - 14/4 \text{ N} \vec{j}$ وارد می‌شود. بزرگی میدان الکتریکی چند نیوتون بر کولن است؟ (سراسری تجربی-۹۸)

- (۱) 36×10^6
 (۲) 18×10^6
 (۳) 9×10^6
 (۴) $4/5 \times 10^6$

۱۱۶. در یک نقطه از فضا بر بار $5 \times 10^5 \mu\text{C}$ نیروی $\vec{F} = -400 \vec{i} + 300 \vec{j}$ بر حسب نیوتون وارد می‌شود. اندازه میدان الکتریکی در این نقطه بر حسب $\frac{\text{N}}{\text{C}}$ کدام است؟

- (۱) ۲۰۰۰
 (۲) ۲۰۰۰۰
 (۳) ۱۰۰۰
 (۴) ۱۰۰۰۰

۲۴ (۴) (۳) (۲) (۱)

هنگامی که دو کره به هم تماس داده می‌شوند بار هر کدام به صورت زیر به دست می‌آید:

$$q = \frac{q_A + q_B}{2} = \frac{-4 + 6}{2} = 1 \text{ nC}$$

به عبارت دیگر بار کره B از ۶ nC به ۱ nC کاهش پیدا کرده است. با یک استدلال ساده می‌توان نتیجه گرفت که الکترون‌ها از کره A به کره B رفته و باعث خنثی شدن ۵ nC از بار B شدند. به عبارت دیگر مقدار بار جابه‌جا شده بین دو کره برابر ۵ nC است.

$$q = ne \Rightarrow 5 \times 10^{-9} = n \times 1.6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = 3.125 \times 10^{10}$$

۲۵ (۴) (۳) (۲) (۱)

طبق اصل پایستگی بار الکتریکی، مقدار بار مجموعه قبل و بعد از تماس با هم برابر است. از طرفی چون کره‌ها مشابه هستند، بار آن‌ها بعد از تماس یکسان است. به عبارت دیگر بعد از تماس بار همه کره‌ها $-2 \mu\text{C}$ است. بنابراین می‌توان نوشت:

$$-2 + 8 - 14 + 2 + q_5 = 5 \times (-2)$$

$$\Rightarrow -6 + q_5 = -10 \Rightarrow q_5 = -4 \mu\text{C}$$

۲۶ (۴) (۳) (۲) (۱)

بعد از تماس، بار الکتریکی کره‌ها به نسبت شعاع‌های آن‌ها توزیع خواهد شد:

$$\frac{q_1}{r_1} = \frac{q_2}{r_2} \Rightarrow \frac{q_1}{2} = \frac{q_2}{6} \Rightarrow q_2 = 3q_1$$

از طرفی بار الکتریکی کره‌ها قبل از تماس با هم، با بار الکتریکی آن‌ها بعد از تماس برابر است.

$$q_1 + q_2 = 16 + (-4) \Rightarrow q_1 + q_2 = 12 \mu\text{C}$$

$$\frac{q_2}{3} = q_1 \Rightarrow 4q_1 = 12 \Rightarrow q_1 = 3 \mu\text{C}$$

روش STP: بار کل مجموعه $12 \mu\text{C}$ است، چون نسبت شعاع کره‌ها، ۳ به ۱ است، کل بار را بر ۴ تقسیم می‌کنیم و به نسبت ۳ به ۱ بین کره‌ها پخش می‌کنیم. به همین دلیل بار کره کوچک‌تر $3 \mu\text{C}$ و کره بزرگ‌تر $9 \mu\text{C}$ می‌شود.

۲۷ (۴) (۳) (۲) (۱)

از قانون کولن استفاده می‌کنیم:

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

$$= 9 \times 1/6 \times 1/6 \times \frac{10^{-28}}{10^{-20}} = 23/04 \times 10^{-8} = 2/3 \times 10^{-7} \text{ N}$$

۲۸ (۴) (۳) (۲) (۱)

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} \Rightarrow 18 = \frac{9 \times 10^9 \times 5 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{r^2}$$

$$\Rightarrow r^2 = \frac{18 \times 10^{-2}}{18} \Rightarrow r = 10^{-1} \text{ m} = 10 \text{ cm}$$

۲۹ (۴) (۳) (۲) (۱)

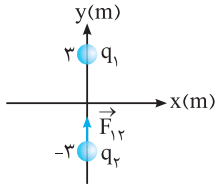
ابتدا بر اساس قانون کولن و این‌که یکای نیرو، نیوتون، یکای فاصله، متر و یکای بار، کولن است، می‌توانیم یکای ثابت کولن را به دست آوریم.

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} \Rightarrow N \equiv k \frac{C^2}{m^2} \Rightarrow k \equiv \frac{N \cdot m^2}{C^2}$$

از طرفی، $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ است. چون 4π عدد و بدون یکا است، بنابراین

یکای ϵ_0 در SI، عکس یکای ثابت کولن است.

۳۰ (۴) (۳) (۲) (۱)



فاصله دو بار الکتریکی ۶ متر است. بنابراین نیروی الکتریکی بین این دو بار به صورت زیر به دست می‌آید:

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} \Rightarrow F = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-9} \times 4 \times 10^{-9}}{36} = 2 \times 10^{-9} \text{ N}$$

با توجه به این‌که نیروی بین این دو بار جاذبه است، مطابق شکل نیروی وارد بر q_2 در جهت مثبت محور y ها است.

$$\vec{F}_{12} = 2 \times 10^{-9} \hat{j}$$

۳۱ (۴) (۳) (۲) (۱)

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} \xrightarrow{k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}} F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q \times 8q}{a^2} = \frac{2q^2}{\pi\epsilon_0 a^2}$$

۳۲ (۴) (۳) (۲) (۱)

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} \Rightarrow 0.02 = 9 \times 10^9 \times \frac{|q_1| \times |5q_1|}{3^2} \Rightarrow 0.02 = 10^9 \times 5q_1^2$$

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

۳۳ (۴) (۳) (۲) (۱)

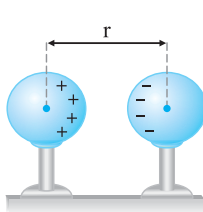
طبق قانون سوم نیوتون، نیرویی که دو ذره به یکدیگر وارد می‌کنند، هم‌اندازه، هم‌راستا و در خلاف جهت یکدیگر است. بنابراین:

$$\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12} = -(2\hat{i} - 4\hat{j}) = -2\hat{i} + 4\hat{j}$$

۳۴ (۴) (۳) (۲) (۱)

طبق قانون سوم نیوتون، نیروهایی که دو جسم به یکدیگر وارد می‌کنند، هم‌راستا و در خلاف جهت هم است. بنابراین بار q_2 نیز در همان راستای غرب - شرق به بار q_1 نیرو وارد می‌کند و جهت آن در خلاف نیروی بار q_1 به q_2 یعنی در جهت غرب است.

۳۵ (۴) (۳) (۲) (۱)



همان‌طور که در شکل می‌بینید، هنگامی که این دو کره در نزدیکی هم قرار می‌گیرند، به علت پدیده القای بار، فاصله مرکز مؤثر بارهای مثبت و منفی در دو کره، کوچک‌تر از r است. بنابراین نیروی الکتریکی بین این دو کره قوی‌تر از زمانی است که بارها را در مرکز دو کره فرض کنیم.

توجه در اغلب مسئله‌هایی که بار الکتریکی کره رسانا را در مرکز آن در نظر می‌گیریم، فاصله کره‌ها از هم بسیار بزرگ‌تر از شعاع کره‌ها است. در این صورت اثر القا بسیار ناچیز و قابل چشم‌پوشی است.

۳۶ (۴) (۳) (۲) (۱)

ابتدا فاصله بین دو نقطه را محاسبه می‌کنیم:

$$r = \sqrt{(y_2 - y_1)^2 + (x_2 - x_1)^2} = \sqrt{(1+2)^2 + (7+2)^2} = \sqrt{9+81} = \sqrt{90} \text{ cm}$$

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6} \times 5 \times 10^{-6}}{90 \times 10^{-4}} = 10 \text{ N}$$

۸. بار الکتریکی جسمی -64 nC است. این جسم چه تعداد الکترون اضافی گرفته است؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

۹. عدد اتمی آهن ۲۶ و بار الکتریکی الکترون $1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$ است.

(برگرفته از کتاب درسی)

(ا) بار الکتریکی هسته آهن چقدر است؟

(ب) اتم آهن چه مقدار بار الکتریکی منفی دارد؟

(پ) بار الکتریکی اتم آهن چقدر است؟

(ت) بار الکتریکی اتم دو بار یونیده (Fe^{+2}) چقدر است؟

۱۰. بار الکتریکی هسته اتم کربن (^{12}C) چند پیکوکولن است؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

قسمت دوم: قانون کولن

۱۱. از داخل پرانتز کلمه مناسب را انتخاب کنید و یا جای خالی را با کلمه مناسب پر کنید.

(ا) اگر فقط اندازه یکی از بارهای الکتریکی دو برابر شود، اندازه نیروی الکتریکی بین دو بار (نصف، دو برابر) می شود. (تمرین- شهریور ۹۵)

(ب) بزرگی نیروی الکتریکی بین دو ذره باردار با مربع فاصله دو ذره از هم نسبت (مستقیم، وارون) دارد. (ریاضی- شهریور ۹۴ و شهریور ۸۸)

(پ) نیرویی که دو جسم بر هم وارد می کنند، نیروی الکتریکی نام دارد. (تمرین- فراداد ۸۹)

(ت) نیروی الکتریکی میان دو بار الکتریکی رانشی است. (تمرین- فراداد ۸۷)

(ث) با نصف شدن فاصله میان دو بار الکتریکی نقطه ای، نیروی الکتریکی بین آن ها ($\frac{1}{4}$ ، چهار) برابر می شود. (ریاضی- دی ۸۸ و تمرین- فراداد ۸۸)

۱۲. دو ذره با بارهای $q_1 = 2 \mu\text{C}$ و $q_2 = 5 \mu\text{C}$ در فاصله ۳۰ سانتی متری از یکدیگر ثابت شده اند، نیروی الکتریکی که دو ذره به یکدیگر وارد می کنند، چند نیوتون است؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}$) (تمرین- شهریور ۸۹)

۱۳. دو ذره با بارهای $q_1 = 5 \mu\text{C}$ و $q_2 = 5 \mu\text{C}$ در فاصله ۳ سانتی متر از یکدیگر ثابت شده اند. اندازه نیرویی که دو ذره به یکدیگر وارد می کنند، 50 N است. اندازه q_1 و q_2 را حساب کنید. ($k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}$) (تمرین- دی ۸۹)

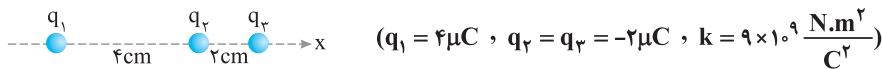
۱۴. دو بار نقطه ای بر هم نیروی \vec{F} وارد می کنند. اگر فاصله بارها دو برابر شود و اندازه یکی از بارها را دو برابر کنیم و علامت این بار را نیز تغییر دهیم، نیرویی که بر هم وارد می کنند، چند \vec{F} می شود؟

۱۵. دو کره فلزی کوچک و هم اندازه دارای بارهای الکتریکی $q_1 = -10 \mu\text{C}$ و $q_2 = 4 \mu\text{C}$ در فاصله معینی از یکدیگر قرار دارند. دو کره را با هم تماس داده و در همان فاصله اولیه قرار می دهیم.

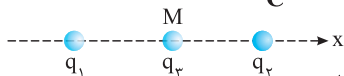
(ا) بار جدید هر کره چقدر است؟ (ب) چه تعداد الکترون بین کره ها مبادله شده است؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

(پ) اندازه نیروی الکتریکی بین دو کره چند برابر حالت اول شده است؟

۱۶. در شکل روبه رو بزرگی نیروی الکتریکی وارد بر ذره باردار q_3 چند نیوتون است؟ (تمرین- دی ۹۲ و ۸۷)



۱۷. مطابق شکل، دو ذره با بارهای $q_1 = 3 \times 10^{-6} \text{ C}$ و $q_2 = -2 \times 10^{-6} \text{ C}$ در فاصله 4 m از یکدیگر ثابت شده اند. نیروی الکتریکی بر این دو ذره وارد می شود. $q_3 = -2 \times 10^{-6} \text{ C}$ را که در نقطه M ، وسط خط واصل دو ذره قرار گرفته است، بر حسب بردار یکه \vec{i} بنویسید. ($k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}$) (تمرین- فراداد ۹۶)



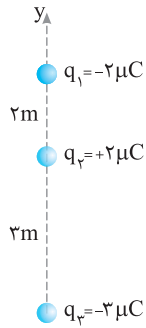
۱۸. دو کره به جرم های $m_1 = m$ و $m_2 = 2m$ و بارهای $q_1 = q$ و $q_2 = 2q$ در فاصله r از یکدیگر قرار دارند. (ا) نیروی الکتریکی را که این دو کره به یکدیگر وارد می کنند، با هم مقایسه کنید.

(ب) شتاب ناشی از نیروی الکتریکی دو کره را با هم مقایسه کنید.

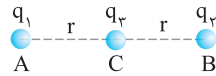
۱۹. مطابق شکل، سه ذره باردار q_1 ، q_2 و q_3 در نقطه های A ، B و C ثابت شده اند. نیروی الکتریکی وارد بر بار q_2 را بر حسب بردار یکه دستگاه مختصات نشان داده شده در شکل بنویسید.



$(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}, q_1 = q_2 = 2 \mu\text{C}, q_3 = -4 \mu\text{C}, AC = CB = 3 \text{ cm})$



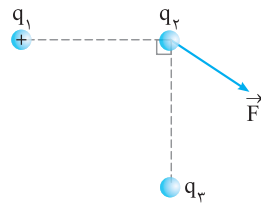
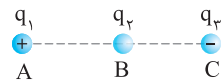
۲۰. سه ذره باردار روی محور y ها مطابق شکل روبه‌رو قرار دارند. برآیند نیروهای وارد بر بار q_2 را در SI بر حسب بردارهای یک‌محاسبه کنید. $(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})$
(ریاضی- دی ۹۴)



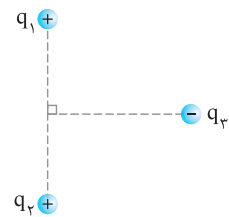
۲۱. مطابق شکل سه ذره باردار در نقاط A ، B و C ثابت شده‌اند و برآیند نیروهای وارد بر q_2 برابر \vec{F} است. اگر بار q_1 را خنثی کنیم، نیروی وارد بر q_2 برابر $-\frac{\vec{F}}{4}$ می‌شود. نسبت $\frac{q_2}{q_1}$ با در نظر گرفتن علامت آن‌ها چقدر است؟
(ویژه تراز برترها)

۲۲. دو بار $q_1 = 16 \mu C$ و $q_2 = 9 \mu C$ در فاصله 28 cm از یکدیگر ثابت شده‌اند. بار q_3 را در چه نقطه‌ای قرار دهیم تا اندازه نیروی وارد بر q_3 از طرف دو بار q_1 و q_2 هم‌اندازه باشند؟

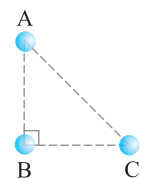
۲۳. دو بار نقطه‌ای q_1 و q_2 مطابق شکل در نقطه‌های A و B ثابت شده‌اند و q_3 در نقطه C ، در راستای AB ، در حال تعادل است. (ریاضی- شهریور ۹۰)
(آ) نوع بار q_3 مثبت است یا منفی؟
(ب) مقادیر $|q_1|$ و $|q_2|$ را مقایسه کنید.



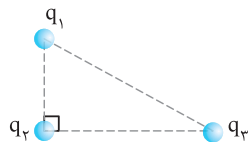
۲۴. در شکل روبه‌رو \vec{F} برآیند نیروهای وارد بر q_2 است. نوع بار q_2 و q_3 را مشخص کنید. (ریاضی- دی ۹۱)



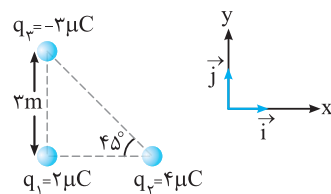
۲۵. مطابق شکل روبه‌رو، بار نقطه‌ای q_3 روی عمود منصف خط واصل دو ذره باردار مساوی q_1 و q_2 قرار دارد. نیروی الکترواستاتیکی برآیند وارد بر q_3 را رسم کنید. (ریاضی- فرورد ۹۰)



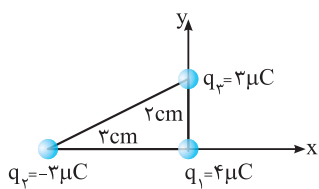
۲۶. سه ذره باردار مطابق شکل روبه‌رو در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه‌ای ثابت شده‌اند. بزرگی نیروی الکترواستاتیکی وارد بر q_B را محاسبه کنید. $(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})$
(تیمی- دی ۹۱)
 $(AB = BC = 2 \text{ cm}, q_A = q_B = q_C = 2 \mu C)$



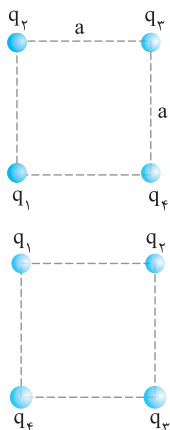
۲۷. مطابق شکل سه ذره باردار در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه ثابت شده‌اند و برآیند نیروهای الکترواستاتیکی وارد بر بار q_2 برابر 20 N است. در هر یک از حالت‌های زیر اندازه نیروی وارد بر بار q_2 را تعیین کنید.
(آ) علامت q_2 تغییر کند.
(ب) علامت q_1 و q_3 تغییر کند.



۲۸. سه ذره باردار مطابق شکل روبه‌رو در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه‌ای ثابت شده‌اند، نیروی الکترواستاتیکی وارد بر ذره واقع در رأس قائمه، بر حسب بردارهای \hat{i} و \hat{j} چند نیوتون است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})$
(ریاضی- فرورد ۹۶)

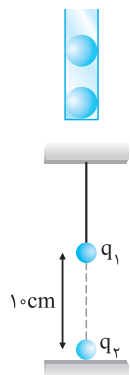


۲۹. مطابق شکل، سه بار الکتریکی نقطه‌ای در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه‌ای قرار دارند. برآیند نیروهای وارد بر بار q_1 را بر حسب بردارهای یک‌گانه \vec{i} و \vec{j} دستگاه مختصات نشان داده‌شده در شکل بنویسید. ($k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$) (تورجی- فرداد ۹۵)



۳۰. چهار بار مشابه در رأس‌های یک مربع به ضلع a واقع شده‌اند. نیروی وارد بر هر یک از بارها را بر حسب q ، a و k محاسبه کنید.

۳۱. سه ذرهٔ باردار q_1 ، q_2 و q_3 مطابق شکل در سه رأس مربعی ثابت شده‌اند. اگر $q_1 = q_3 = 5 \mu C$ باشد، نوع و اندازهٔ بار q_2 را طوری تعیین کنید که بار q_4 در حال تعادل باشد.



۳۲. مانند شکل، دو گلوله با بارهای هم‌نام و مساوی، هر کدام به جرم 10 گرم را در یک لولهٔ شیشه‌ای قائم با بدنهٔ نارسانا و بدون اصطکاک رها می‌کنیم. در حالت تعادل، گلوله‌ها در فاصلهٔ 40 سانتی‌متری از هم قرار دارند. بار الکتریکی هر گلوله را محاسبه کنید. ($g = 10 \frac{N}{kg}$ ، $k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$) (ریاضی- فرداد ۸۷ و کتاب درسی)

۳۳. گلوله‌ای به جرم 20 گرم و بار $q_1 = 1 \mu C$ را از یک نخ نارسانا آویزان کرده‌ایم و بار $q_2 = -10 \mu C$ را زیر بار q_1 قرار می‌دهیم. کشش نخ چند نیوتون می‌شود؟ ($g = 10 \frac{N}{kg}$ ، $k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$)

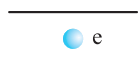
قسمت سوم: میدان الکتریکی

۳۴. جاهای خالی را با عبارت مناسب پر کنید.

- (آ) میدان الکتریکی کمیتی (برداری، نرده‌ای) است.
- (ب) یکای میدان الکتریکی در SI ($\frac{C}{J}$ ، $\frac{N}{C}$) است.
- (پ) نیرویی که میدان به بار منفی وارد می‌کند، (هم‌جهت، خلاف جهت) با میدان است.
- (ت) جهت میدان در هر نقطه، هم‌جهت با نیروی وارد بر بار (منفی، مثبت) در آن نقطه است.
- (ث) اگر فاصله از بار الکتریکی سه برابر شود، میدان الکتریکی ($\frac{1}{9}$ ، $\frac{1}{3}$) برابر می‌شود.
- (ج) خطوط میدان الکتریکی (می‌توانند، نمی‌توانند) یکدیگر را قطع کنند.

۳۵. درستی یا نادرستی هر یک از عبارات را مشخص کنید.

- (آ) اندازهٔ میدان حاصل از بار ذره‌ای با فاصله از بار، رابطهٔ مستقیم دارد. (ب) خطوط میدان همیشه به طرف خارج بار هستند.
- (پ) اگر خطوط میدان موازی باشند، میدان یکنواخت است. (ت) میدان در هر نقطه، برداری مماس بر خط میدان عبوری از آن نقطه است.
- (ث) اگر اندازهٔ بار الکتریکی ۲ برابر شود، میدان الکتریکی آن نیز ۲ برابر می‌شود.



۳۶. مطابق شکل، الکترونی به جرم m بین دو صفحهٔ رسانای افقی باردار با یک میدان الکتریکی یکنواخت، معلق و به حال سکون قرار دارد. جهت میدان الکتریکی بین دو صفحه (تورجی- فرداد ۹۶)

(۱) قائم رو به بالا است. (۲) قائم رو به پایین است. (۳) افقی به سمت راست است.



الکتروسیته ساکن

پاسخ فصل ۱

۴۱۳

۸

$$q = -ne \Rightarrow n = \frac{|-q|}{e} = \frac{64 \times 10^{-9}}{1.6 \times 10^{-19}} = 40 \times 10^{10} = 4 \times 10^{11}$$

۹

(آ) عدد اتمی آهن ۲۶ است، یعنی در هسته اتم آهن ۲۶ پروتون و اطراف آن ۲۶ الکترون وجود دارد.

$$q_{\text{هسته}} = +ne = 26 \times 1.6 \times 10^{-19} = 4.16 \times 10^{-18} \text{ C}$$

$$q_{\text{الکترون‌ها}} = -ne = -26 \times 1.6 \times 10^{-19} = -4.16 \times 10^{-18} \text{ C} \quad (\text{ب})$$

(پ) بار الکترونیکی اتم آهن صفر است. زیرا تعداد الکترون‌ها و پروتون‌ها آن برابر است.

(ث) اتم Fe^{+2} نسبت به اتم خنثی دو الکترون کم‌تر دارد، بنابراین بار آن معادل بار دو پروتون است:

$$q = +ne = +2 \times 1.6 \times 10^{-19} = +3.2 \times 10^{-19} \text{ C}$$

۱۰

تعداد پروتون‌های هسته اتم کربن $Z = 6$ است. بنابراین:

$$q = +ne = +6 \times 1.6 \times 10^{-19} = 9.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$\Rightarrow q = 9.6 \times 10^{-19} \text{ C} \times \left(\frac{1 \text{ pC}}{10^{-12} \text{ C}} \right) = 9.6 \times 10^{-7} \text{ pC}$$

۱۱

(آ) دو برابر (ب) وارون (پ) باردار (ث) هم‌نام (ج) چهار

۱۲

از قانون کولن استفاده می‌کنیم:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6} \times 5 \times 10^{-6}}{30^2 \times 10^{-4}} = \frac{9 \times 10^2}{900} = 1 \text{ N}$$

۱۳

مقادیر بیان‌شده در مسئله را در قانون کولن وارد می‌کنیم:

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} \Rightarrow 50 = 9 \times 10^9 \times \frac{|q_1| \times |5q_1|}{3^2 \times 10^{-4}} \Rightarrow 50 = 5q_1^2 \times 10^{12}$$

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

۱۴

$$\begin{cases} q'_1 = -2q_1 \\ q'_2 = q_2 \\ r' = 2r \end{cases} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{|q'_1| \times |q'_2|}{|q_1| \times |q_2|} \times \left(\frac{r}{r'} \right)^2$$

$$\Rightarrow \frac{F'}{F} = 2 \times 1 \times \left(\frac{1}{2} \right)^2 = \frac{1}{2}$$

اندازه نیرو نصف شده است و با توجه به تغییر علامت یکی از بارها، نوع نیرو از نظر ربابشی و رانشی بودن تغییر می‌کند. یعنی جهت F عوض می‌شود. بنابراین:

$$\vec{F}' = -\frac{1}{2} \vec{F}$$

۱

(آ) دفع (ب) هم‌نام (پ) کاهش (ت) مثبت (ث) هم‌نام (ج) پایستگی

۲

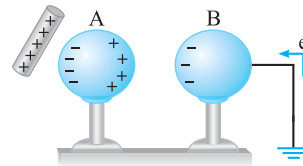
در سری تریبولکترونیک، مواد پایین‌تر الکترون‌خواهی بیش‌تری دارند. بنابراین در اثر مالش ماده‌های B و C، C الکترون گرفته و B الکترون از دست می‌دهد. بنابراین C دارای بار منفی و B دارای بار مثبت می‌شود.

۳

(آ) جاذبه (ب) جاذبه (پ) جاذبه

توضیح: بارهای ناهم‌نام یکدیگر را جذب می‌کنند. همین‌طور اجسام باردار می‌توانند جسم خنثی را به علت القای بار الکترونیکی جذب کنند.

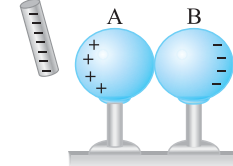
۴



مطابق شکل هنگامی که میله نزدیک دو کره است، بارهای مثبت و منفی در دو سمت کره A القا می‌شوند.

به علت نزدیک‌تر بودن بارهای مثبت A، کره B از زمین الکترون اضافی می‌گیرد. حال وقتی کلید قطع شده و سپس میله را دور کنیم، بارهای منفی اضافی در B باقی مانده و B دارای بار منفی می‌شود. ولی بارهای مثبت و منفی A با هم برابرند و A خنثی است.

۵



ابتدا مطابق شکل دو کره را به هم تماس داده و میله پلاستیکی را که از قبل با مالش با پارچه پشمی دارای بار منفی شده بود، به یکی از کره‌ها (A) نزدیک می‌کنیم.

سپس کره B را از A جدا کرده و میله را دور می‌کنیم. به این ترتیب کره A دارای بار $+q$ و کره B دارای بار $-q$ است. حال کره رسانای سوم (C) را به کره B تماس می‌دهیم. بار $-q$ به نسبت مساوی بین آن‌ها تقسیم می‌شود و هر کدام دارای بار $-\frac{q}{2}$ خواهند شد.

۶

در هر دو شکل، اندازه بار القا شده در A و B به علت پایستگی بار الکترونیکی برابر است.

۷

(آ) اگر جسم باردار را به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک کنیم و برگه‌های الکتروسکوپ از هم دورتر شوند، بار آن جسم نیز مانند الکتروسکوپ مثبت است. ولی اگر لحظه‌ای برگه‌های الکتروسکوپ به هم نزدیک شوند، بار جسم مخالف بار الکتروسکوپ و منفی است.

(ب) اگر جسم نارسانا را به کلاهک الکتروسکوپ باردار نزدیک کرده و با آن تماس دهیم، تغییر محسوسی در برگه‌های الکتروسکوپ به وجود نمی‌آید. ولی اگر جسم رسانا باشد، برگه‌های الکتروسکوپ به هم نزدیک شده و بر اثر تماس جسم رسانا با الکتروسکوپ بار الکتروسکوپ تخلیه می‌شود و برگه‌ها تقریباً روی هم می‌افتند.