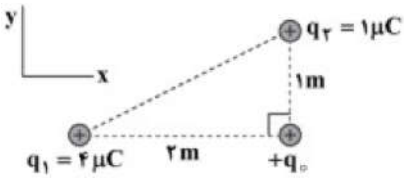
نام دبیر : مهندس مهدی باباخانی

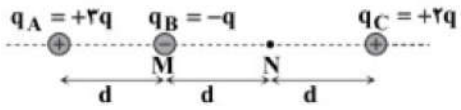
عنوان آزمون : هومورک۲ ساکن

۱ اگر در شکل مقابل، برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار نقطه‌ای $+q_0$، از طرف بارهای q_1 و q_2، برابر $\vec{F} = (۸ \times ۱۰^{-۳}\ N)\vec{i} + b\vec{j}$ باشد، b کدام است؟



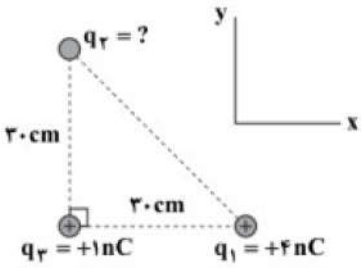
۱) $۴ \times ۱۰^{-۳}\ N$ ۲) $-۴ \times ۱۰^{-۳}\ N$ ۳) $۸ \times ۱۰^{-۳}\ N$ ۴) $-۸ \times ۱۰^{-۳}\ N$

۲ مطابق شکل، سه گوی مشابه کوچک در یک راستا قرار دارند. اگر گوی B را از نقطه‌ی M به نقطه‌ی N ببریم، اندازه‌ی برایند نیروهای الکتریکی وارد بر آن چند برابر می‌شود؟



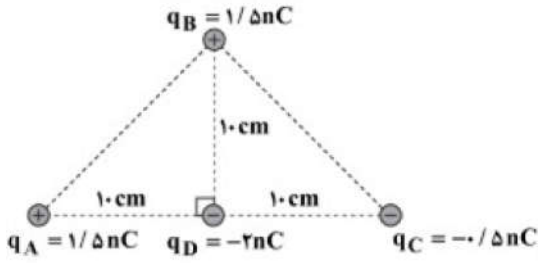
۱) $\frac{۱}{۲}$ ۲) $\frac{۲}{۳}$ ۳) $\frac{۳}{۲}$ ۴) ۲

۳ مطابق شکل، سه بار الکتریکی نقطه‌ای در سه رأس یک مثلث قائم‌الزاویه متساوی‌الساقین ثابت شده‌اند. اگر برآیند نیروهای وارد بر بار $q_3 = +۱nC$، به‌صورت $\vec{F} = (-۳۴ \times ۱۰^{-۷}\ N)\vec{i} + (۵ \times ۱۰^{-۷}\ N)\vec{j}$ باشد، q_2 کدام است؟ $\left(k = ۹ \times ۱۰^{۹}\ \frac{N.m^۲}{C^۲}\right)$



۱) $+۵\ \text{nC}$ ۲) $-۵\ \text{nC}$ ۳) $+۲\ \text{nC}$ ۴) $-۲\ \text{nC}$

۴) چهار بار الکتریکی نقطه‌ای مطابق شکل، در نزدیکی یکدیگر قرار دارند. اندازه‌ی برایند نیروهای وارد بر بار q_D کدام است؟ $\left(k = ۹ \times ۱۰^{۹}\ \frac{N.m^{۲}}{C^{۲}}\right)$

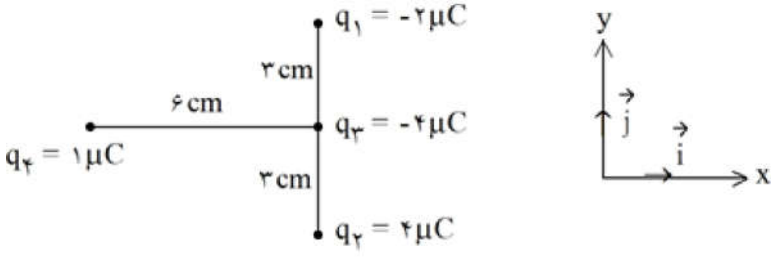


۱) $۰/۹ \times ۱۰^{-۶}\ N$ ۲) $۴/۵ \times ۱۰^{-۶}\ N$ ۳) $۶/۳ \times ۱۰^{-۶}\ N$ ۴) $۸/۱ \times ۱۰^{-۶}\ N$

۵) دو ذره‌ی باردار که در فاصله‌ی d از هم قرار دارند، بر یکدیگر نیرویی با بزرگی $۰/۰۶N$ وارد می‌کنند. اگر بار یکی از ذرات را نصف کنیم و فاصله‌ی دو بار را به $\frac{d}{۳}$ کاهش دهیم، اندازه‌ی نیرویی که دو ذره‌ی باردار بر هم وارد می‌کنند، چند نیوتن می‌شود؟

۱) ۰/۲۷ ۲) ۰/۰۹ ۳) ۰/۰۳ ۴) ۰/۰۱

۶) در شکل زیر، بردار برایند نیروی خالص وارد بر بار $q_۳$ در SI کدام است؟ $\left(k = ۹ \times ۱۰^{۹}\ \frac{N.m^{۲}}{C^{۲}}\right)$

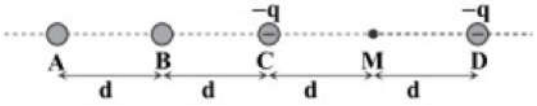


۱) $-۱۰\vec{i} - ۲۴۰\vec{j}$ ۲) $-۱۰\vec{i} - ۸۰\vec{j}$ ۳) $-۱۰\vec{i} + ۲۴۰\vec{j}$ ۴) $-۱۰\vec{i} + ۸۰\vec{j}$

۷) دو بار الکتریکی نقطه‌ای هم‌نام $q_۱$ و $q_۲$ در فاصلهٔ d از یکدیگر قرار دارند و با نیروی الکتریکی F یکدیگر را دفع می‌کنند. اگر این دو بار را به اندازهٔ x به یکدیگر نزدیک کنیم، اندازهٔ نیروی دافعهٔ بین آن‌ها $\frac{۵}{۴}F$ افزایش می‌یابد. حاصل $\frac{x}{d}$ کدام است؟

۱) $\frac{۱}{۲}$ ۲) $\frac{۱}{۳}$ ۳) $\frac{۱}{۴}$ ۴) $\frac{۱}{۹}$

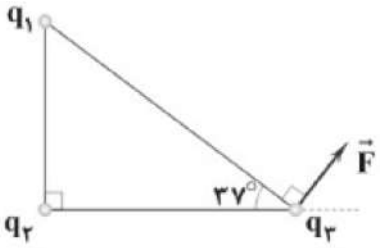
۸) مطابق شکل، چهار گوی باردار کوچک در اختیار داریم. اگر بار ذره‌ای $+q$ را در نقطه‌ی M قرار دهیم، برآیند نیروهای وارد بر آن صفر می‌شود. کدام‌یک از گزینه‌های زیر درست است؟



۱) بار گوی‌های A و B ناهم‌نام هستند و $|q_A| > |q_B|$ ۲) بار گوی‌های A و B ناهم‌نام هستند و $|q_A| < |q_B|$

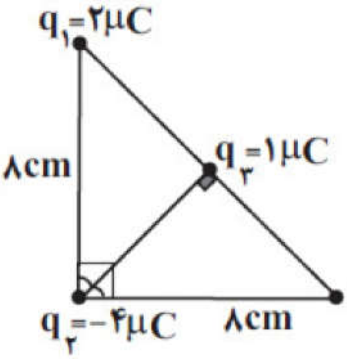
۳) بار گوی‌های A و B هم‌نام هستند و $|q_A| < |q_B|$ ۴) بار گوی‌های A و B هم‌نام هستند و $|q_A| > |q_B|$

۹) در شکل زیر، سه بار نقطه‌ای $q_۱$ و $q_۲$ و $q_۳$ روی رأس‌های مثلث قائم‌الزاویه‌ای ثابت شده‌اند و برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار $q_۳$، بردار $\overrightarrow{F}$ است. نسبت $\frac{F_{۲۳}}{F_{۱۳}}$ کدام است؟ $(\sin ۵۳^\circ = ۰/۸, \sin ۳۷^\circ = ۰/۶)$



۱) $\frac{۴}{۳}$ ۲) $\frac{۳}{۴}$ ۳) $\frac{۵}{۴}$ ۴) $\frac{۴}{۵}$

۱۰) مطابق شکل مقابل، سه بار نقطه‌ای $q_۱$ و $q_۲$ و $q_۳$ در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه‌ای قرار دارند. برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بار $q_۳$ از طرف بارهای $q_۱$ و $q_۲$، چند نیوتون است؟ $\left(k = ۹\times ۱۰^۹ \frac{\mathrm{Nm}^۲}{C^۲}\right)$

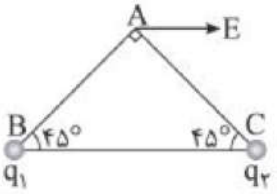


۱) $\frac{\sqrt{۱۵}}{۱۶}\times ۱۰^۵$ ۲) $\frac{۹۰}{۱۶}\sqrt{۵}$ ۳) $\frac{۹۰}{۱۶}$ ۴) $\frac{\sqrt{۵}}{۳۲}\times ۱۰^۵$

۱۱) فاصلهٔ بین دو بار الکتریکی نقطه‌ای مثبت برابر $r_۱$ است و به هم نیروی دافعهٔ $F_۱$ وارد می‌کنند. اگر فاصله، ۲۰ درصد کاهش یابد و هریک از بارهای الکتریکی نیز ۲۰ درصد افزایش یابد، نیرویی که به هم وارد می‌کنند، چند $F_۱$ می‌شود؟

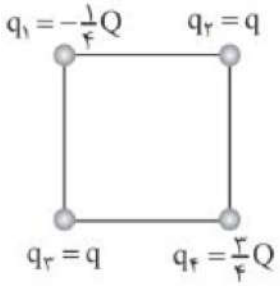
۱) $\frac{۱۶}{۹}$ ۲) $\frac{۹}{۴}$ ۳) $\frac{۳}{۲}$ ۴) $\frac{۴}{۳}$

۱۲) در شکل زیر دو بار الکتریکی نقطه‌ای در رئوس B و C مثلث ABC قرار دارند و میدان الکتریکی خالص در نقطهٔ A موازی ضلع BC است. نسبت $\frac{q_۱}{q_۲}$ کدام است؟



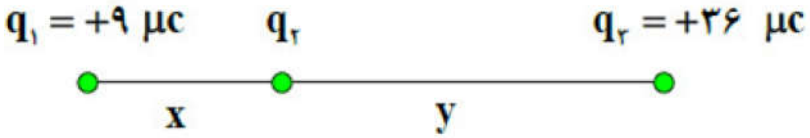
۱) $-\sqrt{۲}$ ۲) $+\sqrt{۲}$ ۳) -۱ ۴) +۱

۱۳ در شکل زیر چهار ذرهٔ باردار در رأس‌های یک مربع قرار دارند. اگر نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار $q_۴$، صفر باشد، $\frac{Q}{q}$ کدام است؟



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

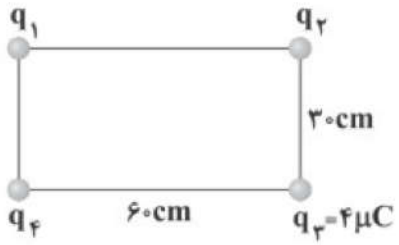
۱۴ در شکل زیر، برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر هر سه بار صفر است. بار $q_۲$ چند میکروکولن است؟



۱) -۴ ۲) +۴ ۳) -۱۲ ۴) +۱۲

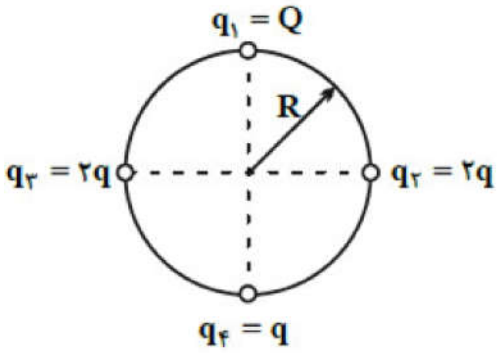
۱۵ چهار ذره‌ی باردار در رأس‌های مستطیل نشان داده‌شده قرا ردارند و نیروی خالص وارد بر بار $q_۲$ از طرف سایر بارها برابر با صفر است. اندازه‌ی نیرویی که بار $q_۱$ بر بار $q_۴$ وارد می‌کند، چند نیوتون است؟

$(k = ۹\times۱۰^{۹}\ \frac{N.m^۲}{C^۲})$



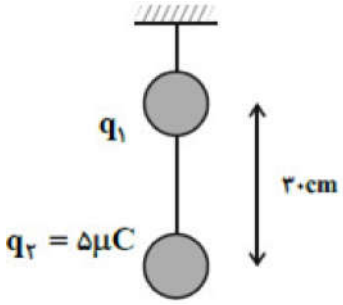
۱) $۶۴\sqrt{۵}$ ۲) ۶۴ ۳) $۳۲\sqrt{۵}$ ۴) ۳۲

۱۶ مطابق شکل مقابل چهار ذرهٔ باردار روی محیط دایره‌ای به شعاع R و روی دو قطر عمود بر هم آن ثابت شده‌اند. اگر بار $q_۴$ در حال تعادل باشد، نسبت $\frac{Q}{q}$ کدام است؟



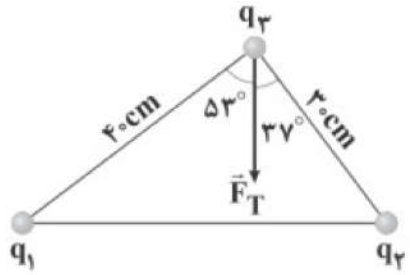
۱) $۸\sqrt{۲}$ ۲) $-۸\sqrt{۲}$ ۳) $۴\sqrt{۲}$ ۴) $-۴\sqrt{۲}$

۱۷ مطابق شکل مقابل، دو گلولهٔ کوچک باردار با بارهای هم‌نام که جرم هر کدام $۲۰۰g$ است، با نخی سبک به هم متصل و در حال تعادل‌اند. اگر در این حالت اندازهٔ نیروی کشش نخ بین دو گلوله برابر با $۳N$ باشد، اندازهٔ بار $q_۱$ چند میکروکولن است؟ $\left(k = ۹\times۱۰^{۹}\ \frac{N.m^{۲}}{C^{۲}}, g = ۱۰\frac{N}{kg}\right)$



۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۴ ۴) ۵

۱۸ مطابق شکل زیر، سه بار الکتریکی نقطه‌ای $q_۱$، $q_۲$ و $q_۳$ بر روی سه رأس یک مثلث قائم‌الزاویه ثابت شده‌اند. اگر $\overrightarrow{F}_T$ برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار $q_۳$ از طرف بارهای $q_۱$ و $q_۲$ باشد، $\frac{q_۱}{q_۲}$ برابر کدام گزینه است؟ $(\text{Sin}\,۵۳^\circ = ۰/۸, \text{Cos}\,۵۳^\circ = ۰/۶)$

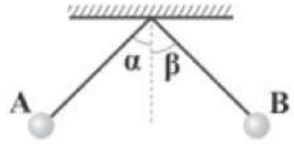


۱) $\frac{۳}{۴}$ ۲) $\frac{۴}{۳}$ ۳) $\frac{۵}{۴}$ ۴) $\frac{۴}{۵}$

۱۹ دو کره‌ی مشابه فلزی که دارای بارهای الکتریکی $q_۱ = +۲۰\mu C$ و $q_۲ = -۱۰۰\mu C$ هستند و در فاصله‌ی r از یک‌دیگر قرار دارند، نیروی جاذبه‌ای به بزرگی F را به یک‌دیگر وارد می‌کنند. اگر این دو کره را با هم تماس داده و سپس فاصله‌ی بین دو کره را به ۴ برابر فاصله‌ی قبلی برسانیم، بزرگی نیروی بین دو کره چند درصد و چگونه تغییر می‌کند؟

۱) ۵ - کاهش ۲) ۹۵ - کاهش ۳) ۹۵ - افزایش ۴) ۵ - افزایش

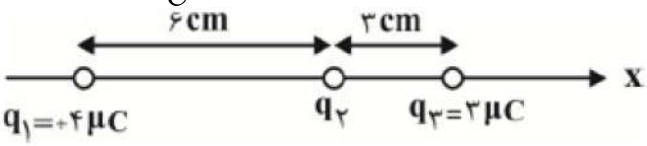
۲۰ مطابق شکل زیر، دو آونگ الکتریکی هم‌طول با بارهای همنام q_A و q_B در مجاورت یک‌دیگر قرار گرفته‌اند. اگر $|q_B| > |q_A|$ و $m_B < m_A$ باشد، کدام گزینه در مورد زاویه‌ی انحراف دو آونگ از راستای قائم درست است؟



۱) $\alpha > \beta$ ۲) $\alpha < \beta$

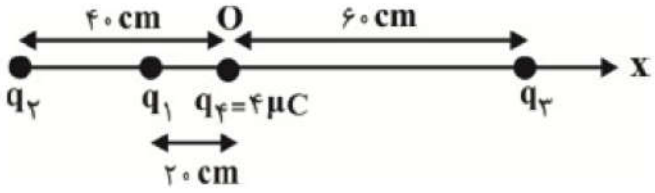
۳) $\alpha = \beta$ ۴) بسته به شرایط، هر سه گزینه می‌توانند درست باشند.

۲۱) مطابق شکل مقابل، اگر برایند نیروهای وارد بر بار نقطه‌ای $q_۲$، چهار برابر برایند نیروهای وارد بر بار نقطه‌ای $q_۳$ از طرف بارهای دیگر باشد، $q_۲$ چند میکروکولن است؟ ($k = ۹\times۱۰^{۹}\ \frac{N.m^۲}{C^۲}$ و جهت برایند نیروهای وارد بر $q_۳$ به سمت چپ است.)



۱) $\frac{۸}{۱۵}$ ۲) $-\frac{۸}{۱۵}$ ۳) $\frac{۱۵}{۸}$ ۴) $-\frac{۱۵}{۸}$

۲۲) مطابق شکل مقابل، فاصله‌ی دو بار الکتریکی نقطه‌ای $q_۱ = -۲\mu C$ و $q_۲ = ۱۶\mu C$ از نقطه‌ی O به‌ترتیب $۲۰\ cm$ و $۴۰\ cm$ است. بار نقطه‌ای $q_۳$ در فاصله‌ی ۶۰ سانتی‌متر نقطه ی O چند میکروکولن باشد تا بار نقطه‌ای $q_۴$ در حال تعادل است؟ $\left(k = ۹\times۱۰^{۹}\ \frac{N.m^۲}{C^۲}\right)$



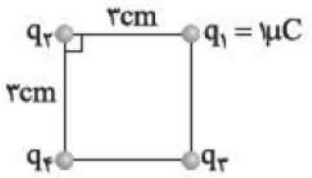
۱) -۹ ۲) ۹ ۳) -۱۸ ۴) ۱۸

۲۳) دو بار الکتریکی نقطه‌ای و مشابه q، در فاصله‌ی ۳۰ سانتی‌متری از هم قرار دارند و یک‌دیگر را با نیرویی به اندازه‌ی $۰/۱N$ دفع می‌کنند. اگر به تعداد $۱/۲۵\times۱۰^{۱۳}$ الکترون از یکی از بارها برداشته و به دیگری منتقل کنیم، به‌ترتیب اندازه‌ی نیروی بین آن‌ها چند نیوتون و از چه نوعی خواهد بود؟

$\left(k = ۹\times۱۰^{۹}\ \frac{N.m^۲}{C^۲}, e = ۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C\right)$

۱) ۰/۱، جاذبه ۲) ۰/۳، دافعه ۳) ۰/۱، دافعه ۴) ۰/۳، جاذبه

۲۴) در شکل زیر برآیند نیروهای وارد بر بار $q_۱$ از طرف دو بار $q_۲$ و $q_۳$ در SI به صورت $\vec{F} = ۱۰\vec{i} + ۱۰\vec{j}$ است. بار $q_۴$ چند میکروکولن باشد تا برآیند نیروهای وارد بر بار $q_۱$ صفر شود؟ $\left(K = ۹\times۱۰^{۹}\ \frac{N.m^۲}{C^۲}\right)$



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

۲۵) میدان الکتریکی یکنواخت $\vec{E} = ۶۰\vec{i} - ۸۰\vec{j}$ در دستگاه SI در صفحه‌ی xOy موجود است. بار الکتریکی نقطه‌ای $q_۱ = -۱۰۰\mu C$ در مکان $A\begin{vmatrix} ۴m \\ ۸m \end{vmatrix}$ ثابت نگه داشته شده است. می‌خواهیم بار الکتریکی نقطه‌ای $q_۲ (q_۲ > ۰)$ را در مکان $B\begin{vmatrix} x_B \\ y_B \end{vmatrix}$ قرار دهیم. به طوری‌که اگر بار $q_۱$ رها شود، همچنان به حالت سکون باقی بماند. مختصات نقطه‌ی B کدام گزینه می‌تواند باشد؟ (از وزن ذرات صرف‌نظر کنید.)

۱) $B\begin{vmatrix} ۰ \\ ۱۰m \end{vmatrix}$ ۲) $B\begin{vmatrix} ۰ \\ ۶m \end{vmatrix}$ ۳) $B\begin{vmatrix} ۱۰m \\ ۰ \end{vmatrix}$ ۴) $B\begin{vmatrix} ۶m \\ ۰ \end{vmatrix}$

۲۶) سه بار الکتریکی نقطه‌ای $q_۲ = +۲۰\mu C, q_۱ = -۳۰\ \mu C$ و $q_۳$ بر روی یک خط قرار دارند، به طوری‌که برایند نیروهای الکتریکی وارد بر هر یک از بارهای $q_۱$ و $q_۲$ از طرف دو بار دیگر صفر است. در این صورت برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار $q_۳$ از طرف بارهای $q_۱$ و $q_۲$ چگونه است؟

۱) مخالف صفر است.
۲) صفر است.
۳) فقط بستگی به مقدار و علامت بار $q_۳$ دارد.
۴) بستگی به مکان، مقدار و علامت بار $q_۳$ دارد.

۲۷) دو بار الکتریکی نقطه‌ای $+q$ و $-q$ در فاصله‌ی r از هم قرار دارند و نیروی الکتریکی به بزرگی F را به هم وارد می‌کنند. اگر ۲۵ درصد از یکی از بارها را برداشته و به دیگری بدهیم و آن‌ها را در فاصله‌ی $\frac{۳}{۴}r$ از هم قرار دهیم. بزرگی نیروی الکتریکی بین بارها F' می‌شود. نسبت $\frac{F'}{F}$ کدام است؟

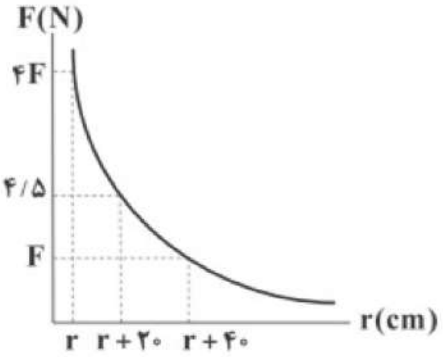
۱) ۱
۲) $\frac{۹}{۱۶}$
۳) $\frac{۳}{۴}$
۴) $\frac{۸۱}{۲۵۶}$

۲۸) یکای ثابت کولن (k) بر حسب یکاهای اصلی در SI کدام است؟

۱) $\frac{kg.m^۳}{A^۲}$
۲) $\frac{kg.m^۳}{A^۲.s^۴}$
۳) $\frac{kg.m^۳}{A.s^۳}$
۴) $\frac{kg.m^۲}{A^۲.s}$

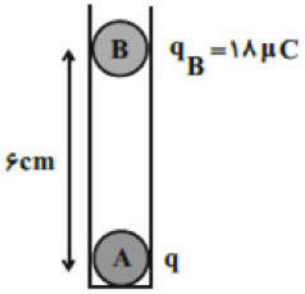
۲۹) نمودار بزرگی نیروی الکتریکی که دو بار الکتریکی نقطه‌ای q و $۵q$ بر هم وارد می‌کنند، برحسب فاصله‌ی بینشان مطابق شکل زیر است. اندازه‌ی بار q چند میکروکولن است؟

$\left(k = ۹\times۱۰^۹\ \frac{N.m^۲}{C^۲}\right)$



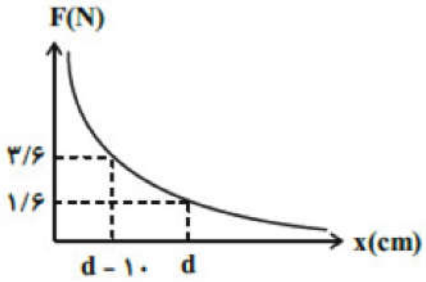
۱) ۳
۲) ۶
۳) ۹
۴) ۱۲

۳۰ در شکل مقابل، دو گلوله‌ی فلزی کوچک باردار A و B در حال تعادل قرار دارند. اگر بار گلوله‌ی B را $۱۰\mu C$ کاهش دهیم، برای این‌که مجموعه در حالت جدید به تعادل برسد، فاصله‌ی بین مراکز گلوله‌ها چند سانتی‌متر کاهش می‌یابد؟ (از اصطکاک بین گلوله‌ها و ظرف استوانه‌ای صرف‌نظر شود.)



۱) ۰/۵ ۲) ۱ ۳) ۲ ۴) ۳

۳۱ در شکل مقابل، اندازه‌ی نیرویی که دو بار الکتریکی نقطه‌ای $q_۱$ و $q_۲$ بر یک‌دیگر وارد می‌کنند، برحسب فاصله‌ی بین دو بار رسم شده است. با توجه به اطلاعات روی نمودار، نیرویی که دو بار در فاصله‌ی $(d + ۱۰)$ سانتی‌متر به هم وارد می‌کنند، چند نیوتون است؟



۱) ۱ ۲) ۱/۲ ۳) ۰/۸ ۴) ۰/۹

۳۲ دو کره‌ی رسانای کوچک و مشابه به‌ترتیب دارای بارهای مثبت $q_۱$ و $q_۲$، $(q_۱ > q_۲)$ می‌باشند که در فاصله‌ی d از هم قرار دارند و اندازه‌ی نیروی الکتریکی که به هم وارد می‌کنند، برابر با F است. دو کره‌ی رسانا را به هم تماس داده و فاصله‌ی آن‌ها را ۲۰ درصد کاهش می‌دهیم. در این حالت، نیروی الکتریکی بین کره‌ها برابر با $F' = \frac{۲۵}{۱۲}F$ می‌شود. نسبت $\frac{q_۱}{q_۲}$ برابر با کدام گزینه می‌تواند باشد؟ (فاصله‌ی بین کره‌ها d بسیار بیش‌تر از شعاع دو کره است.)

۱) ۲ ۲) ۹ ۳) ۳ ۴) ۴

۳۳ دو بار الکتریکی نقطه‌ای $q_۱$ و $q_۲ = ۵q_۱$ در فاصله‌ی r از یک‌دیگر قرار دارند و به یک‌دیگر نیروی دافعه‌ی F را وارد می‌کنند. چند درصد از بار $q_۲$ را به بار $q_۱$ منتقل کنیم تا در همان فاصله، نیروی که به یک‌دیگر وارد می‌کنند، بیشینه شود؟ (زمانی نیروی الکتریکی بین دو بار هم‌نام بیشینه است که اندازه‌ی آن‌ها با هم برابر باشد.)

۱) ۶۰ ۲) ۲۵ ۳) ۵۰ ۴) ۴۰

۳۴) دو بار الکتریکی نقطه‌ای $+۲q$ و $+۸q$ به فاصله‌ی L از هم قرار دارند. بار سوم طوری روی خط واصل قرار گرفته است که خودش و بار $+۲q$ در حال تعادل است. بار سوم و محل قرارگیری آن در کدام گزینه به درستی آمده است؟

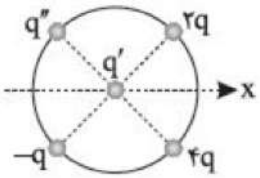
۱) $\frac{-۸q}{۳}$ - خارج از فاصله‌ی بین دو بار و به فاصله‌ی $\frac{L}{۳}$ از بار کوچک‌تر

۲) $\frac{q}{۳}$ - خارج از فاصله‌ی بین دو بار و به فاصله‌ی $\frac{۴L}{۳}$ از بار کوچک‌تر

۳) $\frac{-۸q}{۹}$ - بین دو بار و به فاصله‌ی $\frac{L}{۳}$ از بار کوچک‌تر

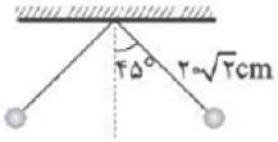
۴) $\frac{q}{۳}$ - بین دو بار و به فاصله‌ی $\frac{۳L}{۴}$ از بار کوچک‌تر

۳۵) در شکل زیر بار q' در مرکز دایره قرار دارد و چهار بار با فاصله‌های یکسان روی محیط دایره ثابت شده‌اند. نسبت $\frac{q''}{q}$ کدام باشد تا نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q' خلاف جهت محور x قرار گیرد؟



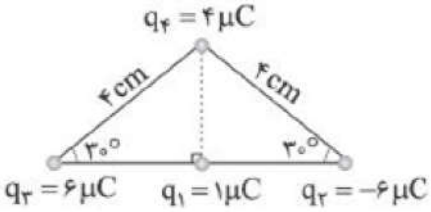
۱) ۱ ۲) ۲ ۳) $\frac{۱}{۲}$ ۴) -۲

۳۶) دو کرهٔ کوچک و مشابه با جرم یکسان ۱۰g و بار الکتریکی برابر از دو ریسمان سبک آویزان و مطابق شکل در تعادل هستند. بار هر کره چند میکروکولن است؟ $\left(g = ۱۰\frac{N}{kg}, K = ۹\times ۱۰^{۹}\frac{N.m^{۲}}{C^{۲}}\right)$



۱) $\frac{۴}{۳}$ ۲) ۴ ۳) ۳ ۴) $\frac{۲}{۳}$

۳۷) چهار بار نقطه‌ای مطابق شکل ثابت شده‌اند. برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر $q_۱$ با محور افقی چه زاویه‌ای می‌سازد؟ $(\sin ۳۷^\circ = ۰/۶)$

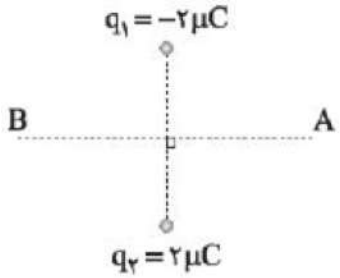


۱) ۳۷ درجه ۲) ۴۵ درجه ۳) ۵۳ درجه ۴) ۳۰ درجه

۳۸ دو بار الکتریکی نقطه‌ای q_1 و $q_2 = 5q_1$ در فاصلهٔ 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؟

۱) ۱۵ ۲) ۲۵ ۳) ۴۰ ۴) ۵۰

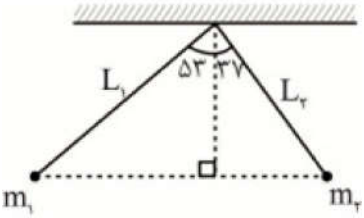
۳۹ بار الکتریکی q روی عمودمنصف خط وصل‌کنندهٔ دو بار q_1 و q_2 از نقطهٔ بسیار دور A تا نقطهٔ بسیار دور B حرکت می‌کند. اندازهٔ نیروی الکتریکی وارد بر بار q از A تا B چگونه تغییر می‌کند؟



۱) پیوسته افزایش می‌یابد. ۲) پیوسته کاهش می‌یابد.

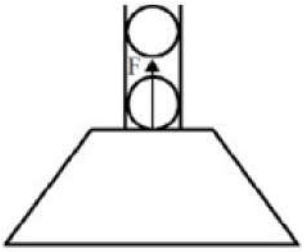
۳) ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد. ۴) ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد.

۴۰ در شکل زیر، دو آونگ الکتریکی باردار با بارهای الکتریکی q_1 و $q_2 = 2q_1$ و جرم‌های m_1 و m_2 توسط دو نخ با طول‌های متفاوت از یک نقطه آویزان شده‌اند و به حال تعادل قرار دارند. نسبت $\frac{m_2}{m_1}$ کدام است؟



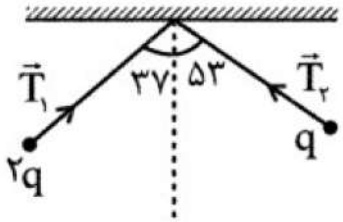
۱) ۱ ۲) ۴ ۳) $\frac{9}{16}$ ۴) $\frac{16}{9}$

۴۱ مطابق شکل زیر دو گلوله‌ی کوچک مشابه با بارهای $q = 5\mu C$ به فاصله $30\ cm$ از یک‌دیگر در یک لوله‌ی شیشه‌ای قائم با بدنه نارسانا و جرم $5\times10^{-2}\ kg$ در حال تعادل قرار دارند. چنان‌چه این مجموعه بر روی یک ترازو قرار گیرند، نیروی F چند نیوتون باشد، تا عدد نشان داده شده توسط ترازو صفر شود؟ ($g = 10\frac{N}{kg}$ و از اصطکاک صرف‌نظر شود.)



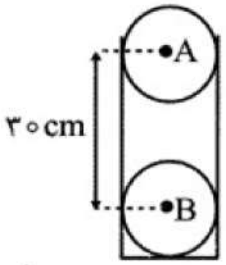
۱) ۲/۵ ۲) ۳ ۳) ۴/۵ ۴) ۵/۵

۴۲ در شکل روبه‌رو، دو آونگ الکتریکی باردار و هم طول، در حال تعادل قرار دارند. کشش نخ $T_۱$ چند برابر کشش نخ $T_۲$ است؟



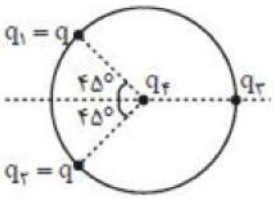
۱) $\frac{۳}{۴}$ ۲) $\frac{۴}{۳}$ ۳) $\frac{۱}{۲}$ ۴) ۲

۴۳ مطابق شکل دو گلوله‌ی کوچک و مشابه A و B با جرم‌های ۱۰ گرم و بار الکتریکی مثبت q در فاصله‌ی ۳۰ سانتی‌متری از هم قرار دارند. اگر گلوله‌ی A را رها کنیم با شتاب $۳۰\ \frac{m}{s^۲}$ به طرف بالا حرکت می‌کند در این حالت بار هر گلوله چند میکروکولن می‌باشد؟ $(g = ۱۰\ \frac{m}{s^۲})$



۱) ۰/۱ ۲) ۱ ۳) ۰/۲ ۴) ۲

۴۴ مطابق شکل سه بار نقطه‌ای روی محیط دایره‌ای به شعاع r ثابت نگه داشته شده‌اند و بار چهارم $q_۴$ در مرکز دایره قرار دارد. اگر برآیند نیروهای وارد بر $q_۴$ صفر شود، نسبت $\frac{q_۳}{q_۲}$ برابر کدام گزینه است؟

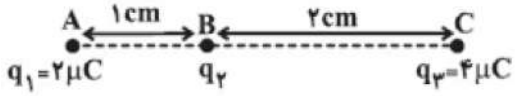


۱) $\sqrt{۳}$ ۲) $\frac{\sqrt{۳}}{۳}$ ۳) $\sqrt{۲}$ ۴) $\frac{\sqrt{۲}}{۲}$

۴۵ دو بار الکتریکی در فاصلهٔ d از یک‌دیگر بر هم نیروی الکتریکی وارد می‌کنند. اگر بخواهیم با ثابت ماندن مقدار بارها اندازهٔ نیروی الکتریکی بین دو بار الکتریکی به اندازهٔ ۱۹% کم شود، فاصلهٔ دو بار چگونه تغییر کرده است؟

۱) به اندازهٔ $\frac{d}{۹}$ کاهش یافته است.
۲) به اندازهٔ $\frac{d}{۱۰}$ کاهش یافته است.
۳) به اندازهٔ $\frac{d}{۹}$ افزایش یافته است.
۴) به اندازهٔ $\frac{d}{۱۰}$ افزایش یافته است.

۴۶ سه بار الکتریکی نقطه‌ای $q_۱$، $q_۲$ و $q_۳$ به‌ترتیب در نقاط A، B و C مطابق شکل زیر، روی یک خط قرار دارند. اگر بارهای $q_۱$ و $q_۲$ در جای خود ثابت مانده و بار $q_۳$ را طوری جابه‌جا کنیم که پاره‌خط BC، ۹۰ درجه دوران کند، اندازه‌ی نیروی الکتریکی برآیند وارد بر بار $q_۲$ از طرف دو بار دیگر چند برابر حالت اول می‌شود؟ (طول پاره‌خط BC ثابت است.)



۱) ۱ ۲) $\sqrt{۵}$ ۳) ۳ ۴) $\frac{۱}{۳}$

۴۷ تعداد ۲۰ الکترون را به دو قسمت $q_۱$ و $q_۲$ تقسیم کرده‌ایم و در فاصله‌ی r از هم قرار داده‌ایم. به طوری‌که نیروی کولنی بین آن‌ها بیش‌ترین مقدار خود را دارد. در این شرایط اگر ۲۰ درصد از بار $q_۱$ را برداشته و به بار $q_۲$ اضافه کنیم و در همان فاصله‌ی r قرار دهیم، اندازه‌ی نیروی کولنی بین آن‌ها چند درصد کاهش می‌یابد؟

۱) ۸ ۲) ۴ ۳) ۹۶ ۴) ۹۲

۴۸ فاصلهٔ بار الکتریکی نقطه‌ای $q_۳$ از دو بار الکتریکی نقطه‌ای $q_۱$ و $q_۲$ برابر با d و نیروی وارد بر هر یک از این بارها از طرف بار $q_۳$ در SI به‌صورت $\vec{F}_{۳۱} = ۳\vec{i} + ۴\vec{j}$ و $\vec{F}_{۳۲} = -۶\vec{i} - ۸\vec{j}$ می‌باشد. حاصل $\frac{q_۲}{q_۱}$ کدام است؟ (دو بار $q_۱$ و $q_۲$ در یک مکان قرار ندارند.)

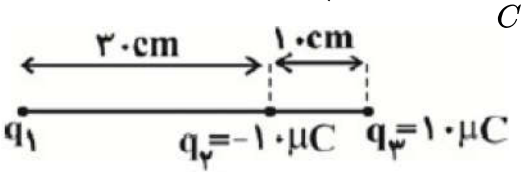
۱) ۲ ۲) -۲ ۳) $\frac{۱}{۲}$ ۴) $-\frac{۱}{۲}$

۴۹ دو گلوله‌ی رسانای مشابه، دارای بارهای هم‌نام و نامساوی $q_۱$ و $q_۲$ هستند. دو گلوله را با هم تماس داده و دوباره در همان فاصله‌ی قبلی قرار دهیم. نیرویی که دو گلوله بر هم وارد می‌کنند:

۱) کم‌تر می‌شود. ۲) بیش‌تر می‌شود.

۳) تغییر نمی‌کند. ۴) بستگی به اندازه‌ی بارهای $q_۱$ و $q_۲$ دارد.

۵۰ در شکل زیر، نیروی خالص وارد بر بار $q_۳$ صفر است. اگر جای بارهای $q_۳$ و $q_۲$ را عوض کنیم، اندازهٔ برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار $q_۲$ چند نیوتون و در چه جهتی خواهد بود؟ ($k = ۹\times۱۰^{۹}\ \frac{N.m^۲}{C^۲}$)



۱) ۱۸۰، چپ ۲) ۱۸۰، راست ۳) ۱۳۵، چپ ۴) ۱۳۵، راست

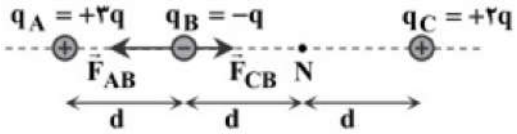
۱ گزینه ۴ پاسخ صحیح است. مؤلفه‌ی افقی نیروی $\vec{F}$، نیرویی است که $q_۱$ به $q_۰$ وارد می‌کند و مؤلفه‌ی عمودی نیروی $\vec{F}$، نیرویی است که بار $q_۲$ بر $q_۰$ وارد می‌کند، بنابراین خواهیم داشت:

$$\left.\begin{aligned} F_{۱۰} &= ۸\times ۱۰^{-۳} = K\times\frac{|q_۱\times q_۰|}{r^۲} \\ F_{۲۰} &= |b| = k\times\frac{|q_۲\times q_۰|}{r^۲}\end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{۸\times ۱۰^{-۳}}{|b|} = \left|\frac{q_۱}{q_۲}\right|\times\frac{۱}{۴} = ۴\times\frac{۱}{۴} = ۱ \Rightarrow |b| = ۸\times ۱۰^{-۳}N$$

با توجه به اینکه نیروی بین $q_۲$ و $q_۰$ دافعه است، مؤلفه‌ی عمودی $\vec{F}$ در جهت $-\vec{j}$ خواهد بود، لذا $b = -۸\times ۱۰^{-۳}\ N$ است.

۲ گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

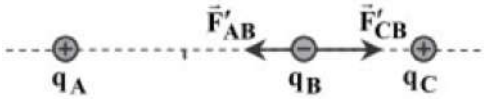
الف) وقتی q_B در M است:



$$F = k\frac{|q_۱||q_۲|}{r^۲} \Rightarrow F_{AB} = k\frac{۳q^۲}{d^۲} \text{ و } F_C = k\frac{۲q^۲}{۴d^۲}$$

$$\Rightarrow F_T = F_{AB} - F_{CB} = k\frac{q^۲}{d^{۲\left(۳-\frac{۱}{۲}\right)}} = \frac{۵}{۲}k\frac{q^۲}{d^۲}$$

ب) وقتی q_B در N است:



$$F'_{AB} = k\frac{۳q^۲}{۴d^۲}$$

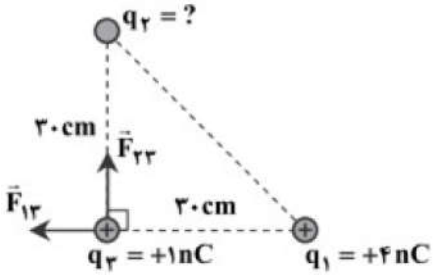
$$F'_{CB} = k\frac{۲q^۲}{d^۲} \Rightarrow F'_{CB} - F'_{AB} = k\frac{q^۲}{d^{۲\left(۲-\frac{۳}{۲}\right)}} = \frac{۵}{۴}k\frac{q^۲}{d^۲}$$

$$\Rightarrow \frac{F'_T}{F_T} = \frac{\frac{۵}{۴}}{\frac{۵}{۲}} = \frac{۱}{۲}$$

۳ گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

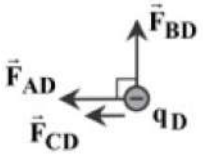
در $\vec{F} = (-۴\times ۱۰^{-۷}\ N)\vec{i} + (۵\times ۱۰^{-۷}\ N)\vec{j}$، مؤلفه‌ی $\vec{j}$ (عمودی) همان نیروی $\vec{F}_{۲۳}$ است.

$$F_{۲۳} = k\frac{|q_۲||q_۳|}{r^۲_{۲۳}} \Rightarrow ۵\times ۱۰^{-۷} = \frac{۹\times ۱۰^{۹}\times ۱\times ۱۰^{-۹}\times|q_۲|}{۹۰۰\times ۱۰^{-۴}} \Rightarrow |q_۲| = ۵nC$$



مطابق شکل، نیروی بین $q_۲$ و $q_۳$ جاذبه است، پس علامت بار $q_۲$ باید منفی باشد، در نتیجه $q_۲ = -۵nC$.

۴ گزینه ۲ پاسخ صحیح است.



$$F = k\frac{|q_۱||q_۲|}{r^۲}$$

$$\left.\begin{aligned} F_{AD} &= ۹\times۱۰^{۹}\times\frac{۳\times۱۰^{-۱۸}}{۱۰^{-۲}} = ۲۷\times۱۰^{-۷}\ N \\ F_{CD} &= ۹\times۱۰^{۹}\times\frac{۱\times۱۰^{-۱۸}}{۱۰^{-۲}} = ۹\times۱۰^{-۷}\ N \end{aligned}\right\} \Rightarrow F_{XD} = ۳۶\times۱۰^{-۷}\ N$$

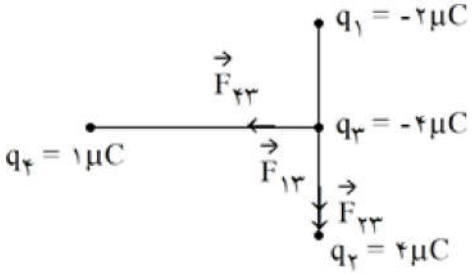
$$F_{YD} = F_{BD} = ۹\times۱۰^{۹}\times\frac{۳\times۱۰^{-۱۸}}{۱۰^{-۲}} = ۲۷\times۱۰^{-۷}\ N$$

$$F_{TD} = \sqrt{(F^{۲}_{XD}) + F^{۲}_{YD}} = ۴۵\times۱۰^{-۷} = ۴/۵\times۱۰^{-۶}\ N$$

۵ گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

$$F = k\frac{|q_۱||q_۲|}{r^۲} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{|q'_۱|}{|q_۱|}\cdot\frac{|q'_۲|}{q_۲}\cdot\left(\frac{r}{r'}\right)^{۲} \Rightarrow \frac{F'}{۰/۰۶} = \frac{۱}{۲}\times۱\times\left(\frac{d}{\frac{d}{۳}}\right) \Rightarrow F' = ۰/۲۷N$$

۶ گزینه ۱ پاسخ صحیح است. ابتدا نیرویی که سه بار بر بار $q_۳$ وارد می‌کنند را به دست آورده و با توجه به جهت نیروها برآیند آن‌ها را به دست میآوریم:



$$F_{۱۳} = k\frac{|q_۱||q_۳|}{r^{۲}_{۱۳}} = ۹\times۱۰^{۹}\times\frac{۲\times۱۰^{-۶}\times۴\times۱۰^{-۶}}{۹\times۱۰^{-۴}} = ۸۰N \Rightarrow \vec{F}_{۱۳} = -۸۰\vec{j}$$

$$F_{۲۳} = k\frac{|q_۲||q_۳|}{r^{۲}_{۲۳}} = ۹\times۱۰^{۹}\times\frac{۴\times۱۰^{-۶}\times۴\times۱۰^{-۶}}{۹\times۱۰^{-۴}} = ۱۶۰N \Rightarrow \vec{F}_{۲۳} = -۱۶۰\vec{j}$$

$$F_{۴۳} = k\frac{|q_۴||q_۳|}{r^{۲}_{۴۳}} = ۹\times۱۰^{۹}\times\frac{۱\times۱۰^{-۶}\times۴\times۱۰^{-۶}}{۳۶\times۱۰^{-۴}} = ۱۰N \Rightarrow \vec{F}_{۴۳} = -۱۰\vec{i}$$

$$\vec{F}_{T} = \vec{F}_{۱۳} + \vec{F}_{۲۳} + \vec{F}_{۴۳} = -۸۰\vec{j} - ۱۶۰\vec{j} - ۱۰\vec{i} = -۱۰\vec{i} - ۲۴۰\vec{j}$$

۷ گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

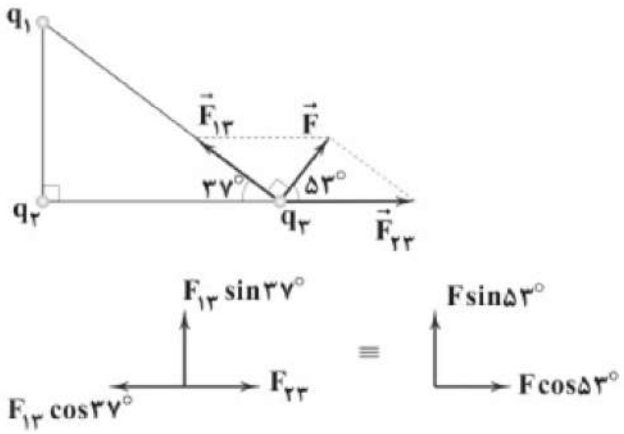
$$\begin{cases} q_۱ \\ q_۲ \\ r=d \\ F \end{cases} \begin{cases} q'_۱ = q_۱ \\ q'_۲ = q_۲ \\ r' = d-x \\ F' = F + \frac{۵}{۴}F = \frac{۹}{۴}F \end{cases}$$

$$\frac{F'}{F} = \frac{|q'_۱||q'_۲|}{|q_۱||q_۲|} \times \left(\frac{r}{r'}\right)^۲ \Rightarrow \frac{\frac{۹}{۴}F}{F} = \left(\frac{d}{d-x}\right)^۲ \Rightarrow \frac{۹}{۴} = \left(\frac{d}{d-x}\right)^۲$$

$$\Rightarrow \frac{۳}{۲} = \frac{d}{d-x} \Rightarrow ۳d - ۳x = ۲d \Rightarrow d = ۳x \Rightarrow \frac{x}{d} = \frac{۱}{۳}$$

۸ گزینه ۱ پاسخ صحیح است. برایند نیروهایی که گوی های C و D به بار ذره‌ای $+q$ وارد می‌کنند، صفر است. لذا برایند نیروهای حاصل از گوی‌های A و B به بار ذره‌ای $+q$ نیز لازم است صفر شود. از طرفی، نقطه‌ی M بیرون از فاصله‌ی میان گوی‌های A و B قرار دارد، پس بارهای A و B ناهم‌نام هستند و چون نقطه‌ی M به گوی B نزدیک‌تر است، باید $|q_A| > |q_B|$ باشد.

۹ گزینه ۳ پاسخ صحیح است. با توجه به جهت $\vec{F}$، نیروهای $\vec{F}_{۱۳}$ و $\vec{F}_{۲۳}$ مطابق شکل زیر به بار $q_۳$ وارد می‌شوند. به کمک تجزیه‌ی نیروها و برایند $\vec{F}$ می‌توان نوشت:



$$\Rightarrow \begin{cases} F_{۱۳}\,\text{Sin}۳۷^\circ = F\,\text{Sin}۵۳^\circ \Rightarrow F_{۱۳} = \frac{۴}{۳}F \\ F_{۲۳} - F_{۱۳}\,\text{Cos}۳۷^\circ = F\,\text{Cos}۵۳^\circ \Rightarrow F_{۲۳} - \frac{۴}{۳}F \times \frac{۴}{۵} = \frac{۳}{۵}F \end{cases} \Rightarrow F_{۲۳} = \frac{۵}{۳}F$$

با توجه به محاسبات اخیر، نسبت موردنظر پرسش برابر است با:

$$\frac{F_{۲۳}}{F_{۱۳}} = \frac{\frac{۵}{۳}F}{\frac{۴}{۳}F} = \frac{۵}{۴}$$

۱۰ گزینه ۲ پاسخ صحیح است. ابتدا وتر مثلث و سپس فاصلهٔ بار $q_۲$ تا $q_۳$ را می‌یابیم. چون مثلث قائم‌الزاویه متساوی‌الساقین است، طول وتر آن برابر $۸\sqrt{۲}\,\text{cm}$ می‌باشد و فاصلهٔ بار $q_۱$ از بار $q_۳$ نصف این مقدار است. بنابراین داریم:

$$\text{وتر مثلث} = \sqrt{۸^۲ + ۸^۲} = ۸\sqrt{۲}\,\text{cm}$$

$$r_{۱۳} = \frac{۸\sqrt{۲}}{۲} = ۴\sqrt{۲}\,\text{cm}$$

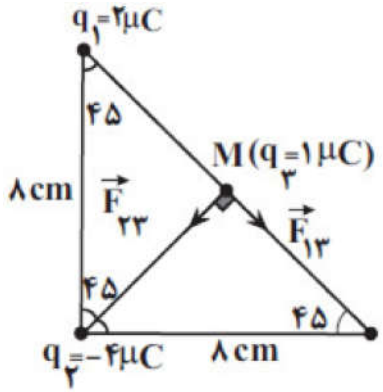
$$r_{۱۲}^۲ = r_{۱۳}^۲ + r_{۲۳}^۲ \Rightarrow ۶۴ = ۳۲ + r_{۲۳}^۲ \Rightarrow r_{۲۳}^۲ = ۳۲ \Rightarrow r_{۲۳} = ۴\sqrt{۲}\,\text{cm}$$

با داشتن فاصلهٔ بارهای $q_۱$ و $q_۲$ از بار $q_۳$، نیروهای وارد بر بار $q_۳$ را رسم می‌کنیم و اندازهٔ هریک را با استفاده از قانون کولن می‌یابیم و سپس برایند آن‌ها را پیدا می‌کنیم:

$$F_{۱۳} = k\frac{|q_۱||q_۳|}{r_{۱۳}^۲} = ۹\times۱۰^۹ \times \frac{۲\times۱۰^{-۶}\times۱\times۱۰^{-۶}}{۱۶\times۲\times۱۰^{-۴}} \Rightarrow F_{۱۳} = \frac{۹۰}{۱۶}N$$

$$F_{۲۳} = k\frac{|q_۲||q_۳|}{r_{۲۳}^۲} = ۹\times۱۰^۹ \times \frac{۴\times۱۰^{-۶}\times۱\times۱۰^{-۶}}{۱۶\times۲\times۱۰^{-۴}} \Rightarrow F_{۲۳} = \frac{۹۰}{۸}N$$

در آخر برایند نیروها برابر است با:



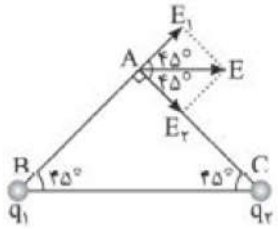
$$F_t = \sqrt{F_{۱۳}^۲ + F_{۲۳}^۲} \Rightarrow F_t = \sqrt{\left(\frac{۹۰}{۱۶}\right)^۲ + \left(\frac{۹۰}{۸}\right)^۲}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{۹۰}{۱۶}\right)^۲ (۱^۲ + ۲^۲)} \Rightarrow F_t = \frac{۹۰}{۱۶}\sqrt{۵}N$$

۱۱ گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

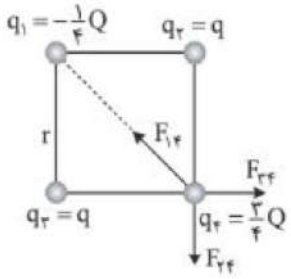
۱۲ گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

میدان الکتریکی را در امتداد AB و AC تجزیه می‌کنیم. زاویهٔ بین $E_۱$ و E، ۴۵° بوده یعنی $E_۲ = E_۱$، بنابراین بارهای $q_۱$ و $q_۲$ هم‌اندازه هستند، اما بار $q_۱$ مثبت و بار $q_۲$ منفی است، از این‌رو $\frac{q_۱}{q_۲} = -۱$ است.



۱۳ گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

با توجه به صفر بودن نیروی خالص وارد بر $q_۴$، نیروهای وارد بر آن را رسم می‌کنیم. دقت شود برای صفر شدن برآیند نیروهای وارد بر $q_۴$ باید $q_۱$ و $q_۴$ ناهمنام و $q_۲$ و $q_۴$ همنام باشند (یا برعکس)، پس نسبت $\frac{Q}{q}$ مثبت است.



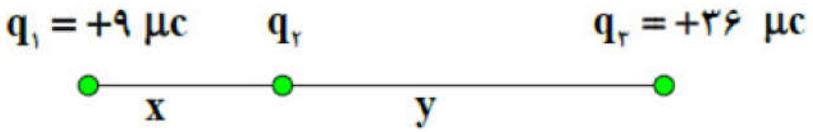
$$\left.\begin{aligned} F_{۲۴}=K\frac{|q_۱q_۴|}{r^۲}=\frac{K\times q\times\frac{۳}{۴}Q}{r^۲}=\frac{۳}{۴}K\frac{qQ}{r^۲}\\ F_{۳۴}=K\frac{|q_۲q_۴|}{r^۲}=\frac{K\times q\times\frac{۳}{۴}Q}{r^۲}=\frac{۳}{۴}K\frac{qQ}{r^۲}\end{aligned}\right\}\Rightarrow F_۴=\frac{۳\sqrt{۲}}{۴}K\frac{qQ}{r^۲}$$

$$F_{۱۴}=K\frac{|q_۱q_۴|}{۲r^۲}=\frac{K\times\frac{۱}{۴}Q\times\frac{۳}{۴}Q}{۲r^۲}=\frac{۳}{۳۲}K\frac{Q^۲}{r^۲}$$

برآیند نیروهای وارد بر بار $q_۴$ صفر است $\Rightarrow F_۴=F_{۱۴}$

$$\Rightarrow\frac{۳\sqrt{۲}}{۴}K\frac{qQ}{r^۲}=\frac{۳}{۳۲}K\frac{Q^۲}{r^۲}\Rightarrow\frac{Q}{q}=\sqrt[۸]{۲}$$

۱۴ گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

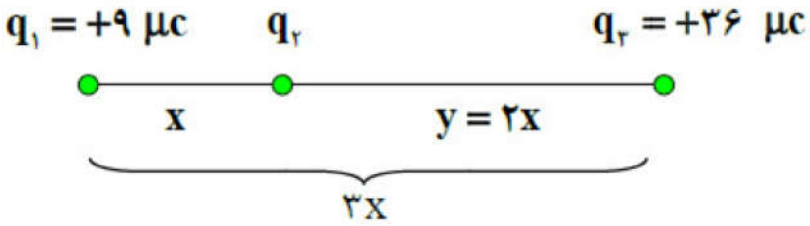


لازمهٔ صفر بودن F خالص وارد بر q_2 آن است که میدان حاصل از q_1 و q_3 در محل آن هم‌اندازه و خلاف جهت باشد:

$$E = K\frac{q}{r^2} \Rightarrow ?^2 = 4 \Rightarrow ? = 2 \Rightarrow y = 2x$$

(۴ برابر، ↑، ↓، $(?)^2$، ۱ برابر ←)

برای تعیین مقدار q_2 کافی است صفر شدن میدان برآیند در محل یکی از دو بار دیگر مثلاً q_1 را بررسی کنیم:

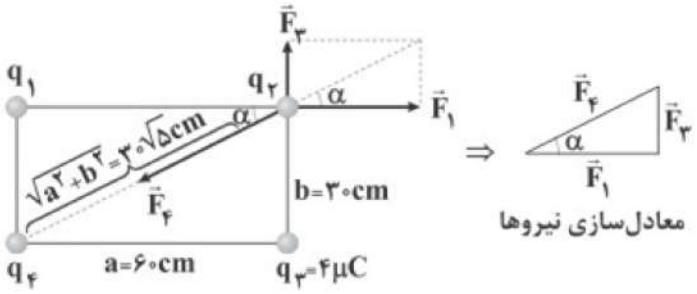


$$E = K\frac{q}{r^2} \Rightarrow ? = 9 \Rightarrow q_3 = 9|q_2| = 36 \Rightarrow |q_2| = 4\mu C$$

(؟، ↑، ↓، $(3)^2$، ۱ برابر ←)

برای آنکه میدان q_2 و q_3 در محل q_1 خلاف جهت باشند، باید q_2 منفی باشد.

۱۵ گزینه ۱ پاسخ صحیح است. شکل زیر نیروهای وارد بر بار $q_۲$ را با فرض آن‌که بار $q_۲$ مثبت است، نشان می‌دهد. با توجه به این‌که نیروی خالص وارد بر بار $q_۲$ صفر است، بار $q_۱$ باید مثبت باشد و بار $q_۴$ باید منفی باشد.



$$\begin{cases} \tan\alpha = \dfrac{\text{ضلع مقابل}}{\text{ضلع مجاور}} = \dfrac{b}{a} \\ \tan\alpha = \dfrac{\text{ضلع مقابل}}{\text{ضلع مجاور}} = \dfrac{F_۳}{F_۱} = \dfrac{|q_۳|}{|q_۱|} \times \left(\dfrac{a}{b}\right)^۲ \end{cases} \Rightarrow \frac{|q_۳|}{|q_۱|} \times \left(\frac{a}{b}\right)^۲ = \frac{b}{a}$$

$$\Rightarrow \frac{|q_۳|}{|q_۱|} = \left(\frac{b}{a}\right)^۳ \Rightarrow \frac{۴}{|q_۱|} \Rightarrow \left(\frac{۱}{۲}\right)^۳ \Rightarrow |q_۱| = ۳۲\mu C \xrightarrow{q_۱>۰} q_۱ = +۳۲\mu C$$

$$\begin{cases} \text{Sin}\,\alpha = \dfrac{\text{ضلع مقابل}}{\text{وتر}} = \dfrac{b}{\sqrt{a^۲+b^۲}} \\ \text{Sin}\,\alpha = \dfrac{\text{ضلع مقابل}}{\text{وتر}} = \dfrac{F_۳}{F_۴} = \dfrac{|q_۳|}{|q_۴|} \times \left(\dfrac{a^۲+b^۲}{b^۲}\right) \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{|q_۳|}{|q_۴|} \times \frac{a^۲+b^۲}{b^۲} = \frac{b}{\sqrt{a^۲+b^۲}}$$

$$\Rightarrow \frac{|q_۳|}{|q_۴|} = \left(\frac{b}{\sqrt{a^۲+b^۲}}\right)^۳ \Rightarrow \frac{۴}{|q_۴|} = \left(\frac{۳۰}{۳۰}\sqrt{۵}\right)^۳$$

$$\Rightarrow \frac{۴}{|q_۴|} = \left(\frac{۱}{\sqrt{۵}}\right)^۳ \Rightarrow |q_۴| = ۲۰\sqrt{۵}\mu C \xrightarrow{q_۴<۰} q_۴ = -۲۰\sqrt{۵}\mu C$$

حال که بارهای $q_۱$ و $q_۴$ را داریم، می‌توانیم اندازه‌ی نیروی الکتریکی که این دو بار به یک‌دیگر وارد می‌کنند را محاسبه کنیم:

$$F = k\frac{|q_۱||q_۴|}{r^۲} = ۹\times۱۰^۹ \times \frac{۳۲\times۲۰\sqrt{۵}\times۱۰^{-۱۲}}{(۰/۳)^۲} = ۶۴\sqrt{۵}N$$

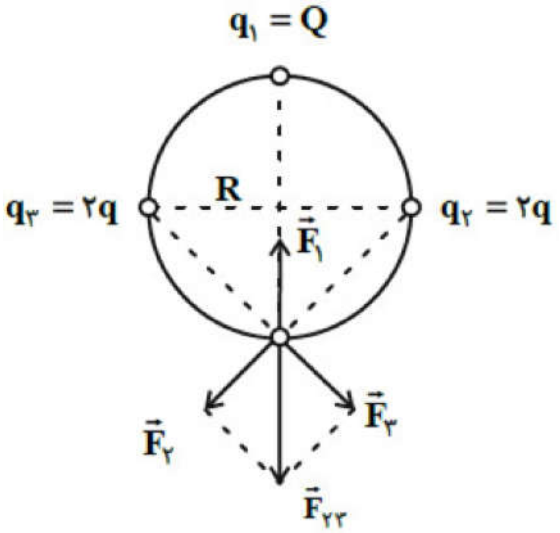
۱۶ گزینه ۴ پاسخ صحیح است. با توجه به شکل زیر، اندازهٔ نیروهای $F_۲$ و $F_۳$ را محاسبه می‌کنیم.

$$F_۲ = F_۳ = k\frac{|q|\,|۲q|}{۲R^۲} = k\frac{q^۲}{R^۲}$$

$$F_{۲۳} = \sqrt{۲}F_۲ = \sqrt{۲}k\frac{q^۲}{R^۲}$$

برای اینکه بار $q_۴$ در حال تعادل باشد، اولاً باید علامت بار Q مخالف علامت بار qa باشد و ثانیاً $F_۱ = F_{۲۳}$ برقرار باشد.

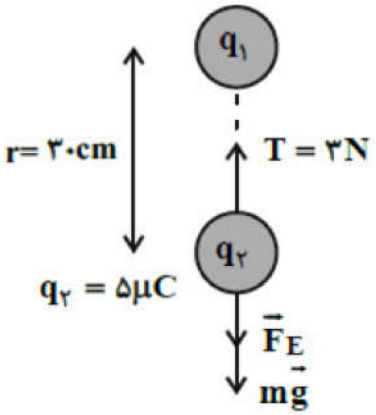
$$F_۱ = F_{۲۳} \Rightarrow k\frac{|q|\,|Q|}{۴R^۲} = \sqrt{۲}k\frac{|q|^۲}{R^۲} \Rightarrow |Q| = ۴\sqrt{۲}q \Rightarrow \frac{Q}{q} = -۴\sqrt{۲}$$



۱۷ گزینه ۲ پاسخ صحیح است. مطابق شکل زیر، بر گلولهٔ دوم، نیروهای وزن و دافعهٔ الکتریکی رو به پایین و نیروی کشش نخ رو به بالا وارد می‌شود. چون گلوله‌ها در حال تعادل‌اند، برایند نیروهای وارد بر هریک برابر با صفر است. بنابراین ابتدا با استفاده از شرط تعادل گلولهٔ دوم، اندازهٔ نیروی الکتریکی بین دو بار را می‌یابیم:

$$T = F_E + \text{mg} \xrightarrow[T=۳N]{m=۲۰۰g=۰/۲\,\text{kg}} ۳ = F_E + ۰/۲\times ۱۰ \Rightarrow F_E = ۱N$$

اکنون، با استفاده از قانون کولن، اندازهٔ بار $q_۱$ را حساب می‌کنیم:

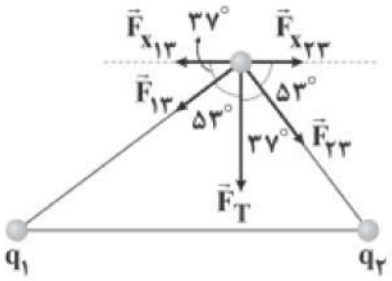


$$F_E = \frac{k|q_۱||q_۲|}{r^۲} \xrightarrow[r=۳۰\,\text{cm}=۳\times ۱۰^{-۱}\,m]{|q_۲|=۵\times ۱۰^{-۶}\,C}$$

$$۱ = \frac{۹\times ۱۰^۹ \times |q_۱| \times ۵\times ۱۰^{-۶}}{۹\times ۱۰^{-۲}} \Rightarrow |q_۱| = ۲\times ۱۰^{-۶}\,C$$

$$\Rightarrow |q_۱| = ۲\mu\text{C}$$

۱۸ گزینه ۲ پاسخ صحیح است. با توجه به بردار نیروی الکتریکی برایند باید بارهای $q_۱$ و $q_۲$ هم‌علامت و بار $q_۳$ مختلف‌العلامت با بارهای $q_۱$ و $q_۲$ باشد. فرض می‌کنیم بارهای $q_۱$ و $q_۲$ مثبت و بار $q_۳$ منفی است. نیروهای وارد بر بار $q_۳$ را رسم می‌کنیم.



با تجزیه‌ی بردارهای نیروهای $\vec{F}_{۲۳}$ و $\vec{F}_{۱۳}$ متوجه می‌شویم که $F_{x_{۲۳}}$ با $F_{x_{۱۳}}$ برابر است، بنابراین:

$$F_{x_{۲۳}} = F_{x_{۱۳}} \Rightarrow F_{۲۳}\,\text{Cos}\,۵۳^\circ = F_{۱۳}\,\text{Cos}\,۳۷^\circ$$

$$\Rightarrow k\frac{|q_۲||q_۳|}{r^۲_{۲۳}} \times \text{Cos}\,۵۳^\circ = k\frac{|q_۱||q_۳|}{r^۲_{۱۳}} \times \text{Cos}\,۳۷^\circ$$

$$\Rightarrow \frac{|q_۲|}{(۳۰)^۲} \times ۰/۶ = \frac{|q_۱|}{(۴۰)^۲} \times ۰/۸ \Rightarrow \frac{|q_۲|}{۳۰\times۳۰} \times ۶ = \frac{|q_۱|}{۴۰\times۴۰} \times ۱۰۰$$

$$\Rightarrow \frac{|q_۲|}{۱۵۰} = \frac{|q_۱|}{۲۰۰} \Rightarrow \frac{|q_۱|}{|q_۲|} = \frac{۲۰۰}{۱۵۰} = \frac{۴}{۳} \Rightarrow \frac{q_۱}{q_۲} = \frac{۴}{۳}$$

۱۹ گزینه ۲ پاسخ صحیح است. با استفاده از قانون کولن داریم:

$$\frac{F'}{F} = \left|\frac{q'_۱}{q_۱}\right| \times \left|\frac{q'_۲}{q_۲}\right| \times \left(\frac{r}{r'}\right)^۲$$

بار کره‌ها پس از تماس برابر میانگین بار آن‌ها قبل از تماس است، بنابراین:

$$q'_۱ = q'_۲ = \frac{q_۱ + q_۲}{۲} = \frac{۲۰ + (-۱۰۰)}{۲} = \frac{-۸۰}{۲} = -۴۰\mu\text{C}$$

بنابراین:

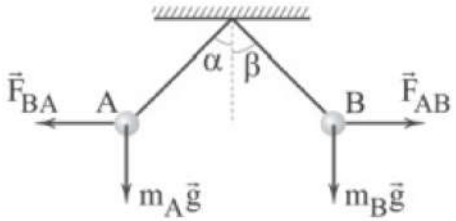
$$\frac{F'}{F} = \frac{۴۰}{۲۰} \times \frac{۴۰}{۱۰۰} = \left(\frac{r}{۴r}\right)^۲ = ۲ \times \frac{۲}{۵} \times \frac{۱}{۱۶} = \frac{۱}{۲۰}$$

بنابراین درصد تغییرات نیرو برابر است با:

$$\frac{F' - F}{F} \times ۱۰۰ = \frac{\frac{۱}{۲۰}F - F}{F} \times ۱۰۰ = \frac{۱۹}{۲۰} \times ۱۰۰ = \% - ۹۵$$

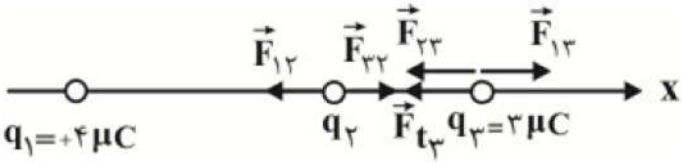
بنابراین بزرگی نیروی بین دو بار ۹۵ درصد کاهش می‌یابد.

۲۰ گزینه ۲ پاسخ صحیح است. ابتدا نیروهای واردشده بر دو آونگ را به صورت زیر رسم می‌کنیم:



با توجه به قانون سوم نیوتون $F_{AB} = F_{BA}$ است، اما چون اندازه‌ی نیروی وزن واردشده به آونگ A بیشتر از آونگ B است، زاویه‌ی انحراف این آونگ نسبت به راستای قائم، کم‌تر است، بنابراین $\alpha < \beta$ است.

۲۱ گزینه ۲ پاسخ صحیح است.



ابتدا برایند نیروهای وارد بر بار q_3 را به دست میآوریم:

$$F_{13} = \frac{k|q_1||q_3|}{r^2} \Rightarrow F_{13} = 90 \times \frac{3\times 4}{81} = \frac{40}{3} N$$

$$F_{23} = \frac{k|q_2||q_3|}{r^2} \Rightarrow F_{23} = 90 \times \frac{3\times |q_2|}{9} = 30|q_2|$$

چون برایند نیروهای وارد بر بار q_3 به سمت چپ است پس $\vec{F}_{23}$ هم باید به سمت چپ باشد. $(q_2 < 0)$

$$F_{t3} = F_{23} - F_{13} = 30|q_2| - \frac{40}{3}$$

حال نیروی وارد بر q_2 را به دست میآوریم.

$$F_{32} = F_{23} = 30|q_2|$$

$$F_{12} = 90 \times \frac{4\times |q_2|}{6^2} = 10|q_2| \Rightarrow F_{t2} = F_{32} - F_{12} = 20|q_2|$$

طبق گفته‌ی سؤال:

$$\Rightarrow \frac{F_{t3}}{F_{t2}} = \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{30|q_2| - \frac{40}{3}}{20|q_2|} = \frac{1}{4} \Rightarrow 120|q_2| - \frac{160}{3} = 20|q_2| \Rightarrow 100|q_2| = \frac{160}{3}$$

$$\Rightarrow |q_2| = \frac{16}{30}\mu C \Rightarrow q_2 = \frac{-8}{15}\mu C$$

۲۲ گزینه ۴ پاسخ صحیح است. باید نیرویی که از طرف بارهای $q_۱$ و $q_۲$ بر بار $q_۴$ وارد می‌شود، توسط نیرویی که از طرف بار $q_۳$ بر بار $q_۴$ اعمال می‌شود، خنثی شود.

$$F_{۱۴}=\frac{k|q_۱||q_۴|}{d_{۱}^{۲}}\Rightarrow F_{۱۴}=\frac{۹\times۱۰^{۹}\times۲\times۱۰^{-۶}\times۴\times۱۰^{-۶}}{(۲۰\times۱۰^{-۲})^{۲}}\Rightarrow F_{۱۴}=\frac{۹\times۲\times۴\times۱۰^{-۳}}{۴\times۱۰^{-۲}}=۱/۸N$$

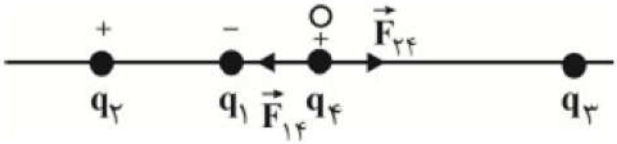
$$\Rightarrow \vec{F}_{۱۴}=-۱/۸\vec{i}$$

$$F_{۲۴}=\frac{k|q_۲||q_۴|}{d_{۲}^{۲}}\Rightarrow F_{۲۴}=\frac{۹\times۱۰^{۹}\times۱۶\times۱۰^{-۶}\times۴\times۱۰^{-۶}}{(۴۰\times۱۰^{-۲})^{۲}}\Rightarrow F_{۲۴}=\frac{۹\times۱۶\times۴\times۱۰^{-۳}}{۱۶\times۱۰^{-۲}}=۳/۶N$$

$$\Rightarrow \vec{F}_{۲۴}=۳/۶\vec{i}$$

$$\vec{F}_{۳۴}+\vec{F}_{۲۴}+\vec{F}_{۱۴}=۰\Rightarrow \vec{F}_{۳۴}-۱/۸\vec{i}=۰\Rightarrow F_{۳۴}=۱/۸N\Rightarrow \frac{k|q_۳||q_۴|}{d_{۳۴}^{۲}}=۱/۸$$

$$\frac{۹\times۱۰^{۹}\times|q_۳|\times۴\times۱۰^{-۶}}{(۶۰\times۱۰^{-۲})^{۲}}=\frac{۹\times۴\times۱۰^{+۳}|q_۳|}{۳۶\times۱۰^{-۲}}=۱/۸\Rightarrow|q_۳|=۱۸\times۱۰^{-۶}C=۱۸\mu C$$



با توجه به این‌که $F_{۲۴}>F_{۱۴}$ می‌توان گفت برای برقراری تعادل $\vec{F}_{۳۴}$ هم‌جهت $\vec{F}_{۱۴}$ خواهد شد و بار $q_۴$ را دفع می‌کند پس بار $q_۳$ مثبت است.

۲۳ گزینه ۴ پاسخ صحیح است. ابتدا طبق رابطه‌ی کولن، اندازه‌ی بار q را محاسبه می‌کنیم و فرض می‌کنیم q مثبت باشد:

$$F=k\frac{|q|^{۲}}{r^{۲}}\Rightarrow ۰/۱=۹\times۱۰^{۹}\times\frac{|q|^{۲}}{(۰/۳)^{۲}}\Rightarrow|q|=۱\mu C$$

$$\Delta q=ne=۱/۲۵\times۱۰^{۱۳}\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹}=۲\times۱۰^{-۶}C=۲\mu C$$

بعد از تبادل این مقدار بار، بار هر کره تغییر می‌کند.

$$\begin{cases}q_۱'=q-\Delta q=۱-۲=-۱\mu C\\ q_۲'=q+\Delta q=۱+۲=۳\mu C\end{cases}$$

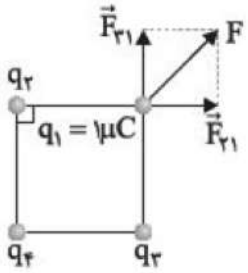
$$F'=\frac{k|q_۱'||q_۲'|}{r^{۲}}\Rightarrow F'=۹\times۱۰^{۹}\times\frac{۱\times۱۰^{-۶}\times۳\times۱۰^{-۶}}{(۰/۳)^{۲}}=۰/۳N$$

در حالت دوم چون بارها ناهم‌نام می‌شوند، نیرو از نوع جاذبه خواهد بود.

دقت کنید اگر ابتدا فرض می‌کردیم علامت بارها منفی بود نیز باز به همین نتیجه می‌رسیدیم.

۲۴ گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

بزرگی نیروی خالص و جهت آن از طرف دو بار $q_۲$ و $q_۳$ به صورت زیر است:

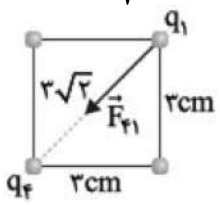


$$\overrightarrow{F} = \sqrt{۱۰^{۲} + ۱۰^{۲}} = ۱۰\sqrt{۲}N$$

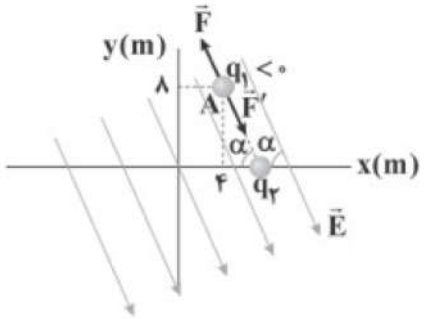
پس نیروی $q_۴$ باید نیروی $۱۰\sqrt{۲}N$ خلاف جهت F بر $q_۱$ وارد کند، بنابراین بار $q_۴$ بار $q_۱$ را جذب کرده و بار آن منفی است:

$$\overrightarrow{F}_{۴۱} = K\frac{|q_۴||q_۱|}{r^{۲}} \Rightarrow ۱۰\sqrt{۲} = ۹\times۱۰^{۹}\frac{|q_۴|\times۱۰^{-۶}}{(۱۸\times۱۰^{-۴})}$$

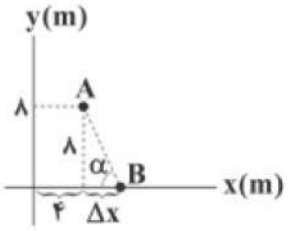
$$|q_۴| = ۲۰\sqrt{۲}\times۱۰^{-۷} \Rightarrow q_۴ = -۲\sqrt{۲\mu C}$$



۲۵ گزینه ۳ پاسخ صحیح است. ابتدا با یک رسم ساده، وضعیت میدان و بار را مشخص می‌کنیم:

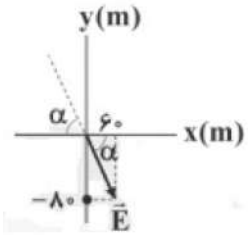


از طرف میدان $\vec{E}$ نیرویی به بار $q_1 < 0$ وارد شده است. بدیهی است اگر بخواهیم بار q_1 به حالت سکون قرار گیرد، باید نیروی $\vec{F}'$ در خلاف جهت نیروی $\vec{F}$ و البته هم‌اندازه با آن به بار q_1 وارد شود. این نیرو بایستی از طرف بار q_2 وارد شده باشد (با توجه به گزینه‌های فرض می‌کنیم نقطه‌ی B روی محور x قرار دارد.) بنابراین:



$$\tan\alpha = \frac{۸}{\Delta x} \quad (I)$$

از طرفی tan زاویه‌ی α برابر است با:



$$\tan\alpha = \frac{۴}{۳} \quad (\text{II})$$

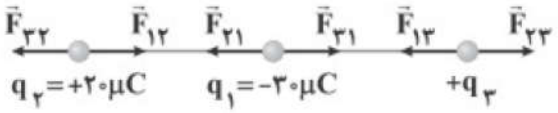
پس از روابط (I) و (II) داریم:

$$\tan\alpha = \frac{۴}{۳} = \frac{۸}{\Delta x} \Rightarrow \Delta x = ۶\text{m}$$

پس مختصات نقطه‌ی B برابر است با:

$$B\begin{vmatrix} ۱۰\text{m} \\ ۰ \end{vmatrix}$$

۲۶ گزینه ۲ پاسخ صحیح است. با توجه به صفر بودن برایند نیروهای الکتریکی وارد بر هر یک از بارهای q_1 و q_2 از طرف دو بار دیگر، مطابق شکل زیر داریم:



بار q_2 در حال تعادل است: $\vec{F}_{32} = -\vec{F}_{12} \Rightarrow |F_{32}| = |F_{12}|$

بار q_1 در حال تعادل است: $\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{31} \Rightarrow |F_{21}| = |F_{31}|$

از طرفی طبق قانون کولن داریم:

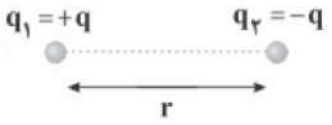
$$\vec{F}_{13} = -\vec{F}_{31} \Rightarrow |F_{13}| = |F_{31}|$$
$$\vec{F}_{23} = -\vec{F}_{32} \Rightarrow |F_{23}| = |F_{32}|$$
$$\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12} \Rightarrow |F_{21}| = |F_{12}|$$

بنابراین از روابط بالا نتیجه می‌گیریم که: $|F_{23}| = |F_{13}|$

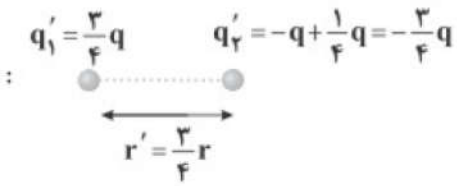
بنابراین برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_3 از طرف دو بار دیگر نیز صفر است.

۲۷ گزینه ۱ پاسخ صحیح است. برای مقایسه‌ی دو حالت می‌توان نوشت:

حالت اول:



حالت دوم:



بنابراین با استفاده از قانون کولن داریم:

$$\frac{F'}{F} = \frac{|q'_1|}{|q_1|} \times \frac{|q'_2|}{|q_2|} \times \left(\frac{r}{r'}\right)^2 = \frac{3}{4} \times \frac{3}{4} \times \left(\frac{r}{\frac{3}{4}r}\right)^2 = 1$$

۲۸ گزینه ۲ پاسخ صحیح است. با توجه به رابطه‌ی $F = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2}$، یکای ثابت کولن برابر $\frac{N.m^2}{C^2}$ است. حال باید یکاهای فرعی نیوتون و کولن را بر حسب یکای اصلی بیان کنیم:

$$F = ma \Rightarrow \text{نیوتون} \equiv \text{kg}.\frac{m}{s^2}$$
$$q = It \Rightarrow \text{کولن} \equiv \text{kg}.\frac{m}{s^2}$$

بنابراین:

$$(k)\ \text{یکای ثابت کولن} \equiv \frac{\left(\text{kg}.\frac{m}{s^2}\right).m^2}{(A.s)^2} = \frac{\text{kg}.m^3}{A^2.s^4}$$

۲۹ گزینه ۲ پاسخ صحیح است. ابتدا بین دو حالت F و $4F$ از فرمول نسبتی قانون کولن استفاده می‌کنیم:

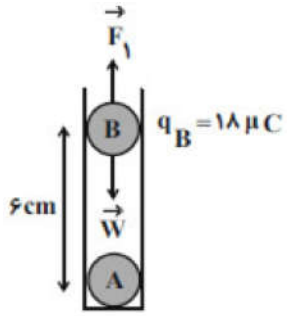
$$\frac{F'}{F}=\left(\frac{r}{r'}\right)^{2}\Rightarrow\frac{4F}{F}=\left(\frac{r+40}{r}\right)^{2}\Rightarrow 2=\frac{r+40}{r}\Rightarrow r=40\,\text{cm}$$

با توجه به نمودار سؤال، می‌بینیم که در حالتی که فاصله‌ی دو بار الکتریکی $r+20=60\,\text{cm}$ می‌باشد، بزرگی نیروی الکتریکی که دو بار به هم وارد می‌کنند، برابر با $4/5$ نیوتون است، بنابراین با استفاده از قانون کولن داریم:

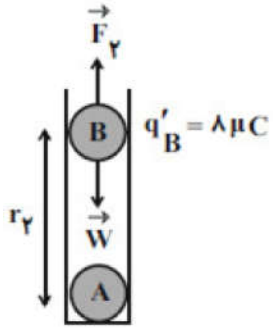
$$F=k\frac{|q_1||q_2|}{r^2}\Rightarrow 4/5=9\times10^{9}\times\frac{q\times5q}{(60\times10^{-2})^{2}}$$

$$\Rightarrow 4/5=\frac{45\times10^{9}q^{2}}{36\times10^{-2}}\Rightarrow q^{2}=36\times10^{-12}\Rightarrow q=6\times10^{-6}\,C=6\mu\text{C}$$

۳۰ گزینه ۳ پاسخ صحیح است. در حالت اول و دوم شرط تعادل گلوله‌ی B را می‌نویسیم:



$$F_1=W\ (1)$$



$$F_2=W\ (2)$$

$$\xrightarrow{1,2}F_1=F_2\Rightarrow\frac{k|q_A||q_B|}{r_1^{2}}=\frac{k|q_A||q_B'|}{r_2^{2}}\Rightarrow\frac{|q_B|}{r_1^{2}}=\frac{|q_B'|}{r_2^{2}}$$

$$\xrightarrow[|q_B'|=8\mu\text{C}]{|q_B|=18\mu\text{C},\ r_1=6\ \text{cm}}\frac{18}{(6)^{2}}=\frac{8}{r_2^{2}}\Rightarrow r_2^{2}=16\Rightarrow r_2=4\ \text{cm}$$

پس فاصله‌ی بین دو بار $\Delta r=r_2-r_1=4-6=-2\ \text{cm}$ تغییر می‌یابد.

۳۱ گزینه ۴ پاسخ صحیح است. با توجه به رابطه‌ی $F=\frac{k|q_۱||q_۲|}{d^۲}$ و اطلاعات روی نمودار، داریم:

$$\frac{F_۲}{F_۱}=\left(\frac{d_۱}{d_۲}\right)^۲ \Rightarrow \frac{۳/۶}{۱/۶}=\left(\frac{d}{d-۱۰}\right)^۲ \Rightarrow \frac{۹}{۴}=\left(\frac{d}{d-۱۰}\right)^۲$$

از طرفین جذر می‌گیریم:

$$\frac{۳}{۲}=\frac{d}{d-۱۰} \Rightarrow ۳d-۳۰=۲d \Rightarrow d=۳۰\ \text{cm}$$

پس:

$$d+۱۰=۴۰\ \text{cm}$$

$$\frac{F_۳}{F_۱}=\left(\frac{d_۱}{d_۳}\right)^۲ \Rightarrow \frac{F_۳}{۱/۶}=\left(\frac{۳۰}{۴۰}\right)^۲ \Rightarrow \frac{F_۳}{۱/۶}=\frac{۹}{۱۶} \Rightarrow F_۳=\frac{۹\times ۱/۶}{۱۶}=۰/۹N$$

۳۲ گزینه ۳ پاسخ صحیح است. پس از تماس دو کره‌ی رسانا، بار کره‌ها برابر است با:

$$q_۱'=q_۲'=\frac{q_۱+q_۲}{۲}$$

با توجه به رابطه‌ی قانون کولن $F=\frac{k|q_۱||q_۲|}{d^۲}$، داریم:

$$\frac{F'}{F}=\frac{|q_۱'|}{|q_۱|}\times\frac{|q_۲'|}{|q_۲|}\times\left(\frac{d}{d'}\right)^۲ \xrightarrow[d'=۰/۸d]{\frac{F'}{F}=\frac{۲۵}{۱۲}} \frac{۲۵}{۱۲}=\frac{\left(\frac{q_۱+q_۲}{۲}\right)^۲}{q_۱\times q_۲}\times\left(\frac{d}{۰/۸d}\right)^۲$$

$$\Rightarrow \frac{۲۵}{۱۲}=\frac{(q_۱+q_۲)^۲}{۴q_۱q_۲}\times\frac{۲۵}{۱۶} \Rightarrow \frac{۴}{۳}=\frac{(q_۱+q_۲)^۲}{۴q_۱q_۲}$$

$$۱۶q_۱q_۲=\left(q_۱^۲+q_۲^۲+۲q_۱q_۲\right)\times ۳ \Rightarrow ۳q_۱^۲+۳q_۲^۲-۱۰q_۱q_۲=۰$$

$$\xrightarrow{\div q_۲^۲} ۳\frac{q_۱^۲}{q_۲^۲}+۳\frac{q_۲^۲}{q_۲^۲}-۱۰\frac{q_۱q_۲}{q_۲^۲}=۰ \Rightarrow ۳\left(\frac{q_۱}{q_۲}\right)^۲+۳-۱۰\left(\frac{q_۱}{q_۲}\right)=۰$$

$$\xrightarrow{\frac{q_۱}{q_۲}=x} ۳x^۲-۱۰x+۳=۰ \Rightarrow \begin{cases} x=۳ \\ x=\frac{۱}{۳} \end{cases}$$

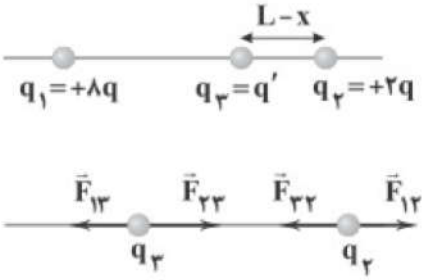
۳۳ گزینه ۴ پاسخ صحیح است. با توجه به این‌که دو بار الکتریکی هم‌نام هستند، پس نیرویی که به یک‌دیگر وارد می‌کنند هنگامی بیشینه می‌شود که اندازه‌ی دو بار الکتریکی برابر باشد. بنابراین می‌توان نوشت:

$$q_۱'=q_۲'=\frac{q_۱+q_۲}{۲}=\frac{q_۱+۵q_۱}{۲}=۳q_۱$$

پس باید $(۵q_۱-۳q_۱)=۲q_۱$ از بار $q_۲$ به بار $q_۱$ منتقل شود، یعنی:

$$\text{درصد انتقال بار}=\frac{\Delta q}{q_۲}\times ۱۰۰=\frac{۲q_۱}{۵q_۱}\times ۱۰۰=۴۰\%$$

۳۴ گزینه ۳ پاسخ صحیح است. چون بار $+۸q$، بار $+۲q$ را دفع می‌کند، برای آن‌که در حال تعادل باشد، باید بار سوم q' نیروی $+۸q$ را خنثی کند از طرفی برای آن‌که بار q' در حال تعادل بماند، باید نیروهایی که بار $+۲q$ و $+۸q$ به آن وارد می‌کنند، صفر شود. بنابراین باید در q' منفی بوده و بین دو بار $+۲q$ و $+۸q$ قرار گیرد، بنابراین نیروی وارد بر آن مطابق شکل زیر است:



شرط تعادل بار q' : $F_{۲۳}=F_{۱۳}\Rightarrow k\frac{|۲q||q'|}{x^۲}=k\frac{|۸q||q'|}{(L-x)^۲}$

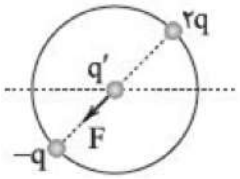
$$\Rightarrow\left(\frac{L-x}{x}\right)^۲=۴\Rightarrow\frac{L-x}{x}=۲\Rightarrow L-x=۲x\Rightarrow x=\frac{L}{۳}$$

شرط تعادل بار $+۲q'$: $F_{۳۲}=F_{۱۲}\Rightarrow k\frac{|۲q||q'|}{x^۲}=k\frac{|۲q||۸q|}{L^۲}$

$$\Rightarrow|q'|=\frac{۸x^۲}{L^۲}|q|=\frac{۸\left(\frac{L}{۳}\right)^۲}{L^۲}q\Rightarrow q'=-\frac{۸q}{۹}$$

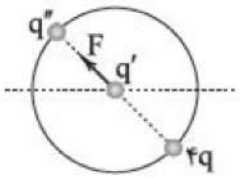
۳۵ گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

بار $۲q$ بار q' را دفع و بار $-q$ این بار را جذب می‌کند:



$$F_۱=k\frac{۲qq'}{r^۲}\quad F_۲=k\frac{qq'}{r^۲}\Rightarrow F=۳k\frac{qq'}{r^۲}$$

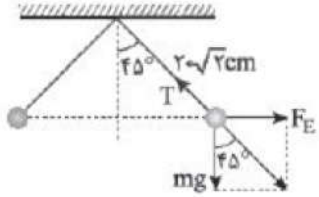
برای آن‌که نیروی خالص خلاف جهت محور x قرار گیرد باید نیروها از طرف بار $۴q$ و q'' نیز برابر F و در جهت نشان داده شده باشد:



$$F'_۱=k\frac{۴qq'}{r^۲}\quad F'_۲=k\frac{q''q'}{r^۲}$$

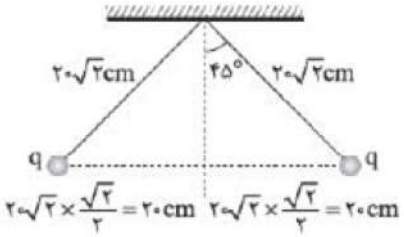
چون باید برآیند $F'_۱$ و $F'_۲$ برابر $۳k\frac{qq'}{r^۲}$ شود پس باید $F'_۲$ خلاف جهت $F'_۱$ باشد و اندازهٔ آن برابر $k\frac{qq'}{r^۲}$ باشد، بنابراین بار q'' برابر $+q$ است.

۳۶ گزینه ۱ پاسخ صحیح است. نیروهای وارد بر هر کره مطابق شکل زیر است:



$$\text{tg}\,۴۵^\circ = \frac{F_E}{\text{mg}} \Rightarrow F_E = \text{mg} \Rightarrow F_E = ۱۰\times۱۰^{-۳}\times۱۰ = ۰/۱\text{N}$$

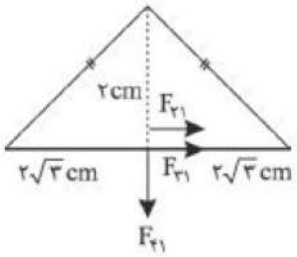
نیروی الکتریکی از رابطهٔ $F = K\frac{q_۱ q_۲}{r^۲}$ به‌دست می‌آید:



$$۰/۱ = ۹\times۱۰^{۹}\times\frac{q^۲}{۱۶\times۱۰^{-۲}} \Rightarrow ۱۰^{-۱} = \frac{۹}{۱۶}\times۱۰^{۱۱}q^۲$$

$$q^۲ = \frac{۱۶}{۹}\times۱۰^{-۱۲} \Rightarrow q = \frac{۴}{۳}\times۱۰^{-۶}\,C = \frac{۴}{۳}\mu\text{C}$$

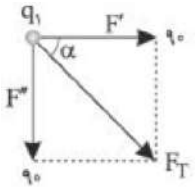
۳۷ گزینه ۲ پاسخ صحیح است.



$$\left|F_{۲۱}\right| = \left|F_{۳۱}\right| = ۹\times۱۰^{۹}\times\frac{۶\times۱۰^{-۱۲}}{۱۲\times۱۰^{-۴}} = ۴۵N$$

$$F_{۴۱} = ۹\times۱۰^{۹}\times\frac{۴\times۱۰^{-۱۲}}{۴\times۱۰^{-۴}} = ۹۰\text{N}$$

F' و F'' هم‌اندازه هستند، پس F_T بین این دو بردار و در جهت نیمساز آن‌ها قرار می‌گیرد، پس $\alpha = ۴۵^\circ$ است.



$$\overrightarrow{F}_T = ۹۰\,\overrightarrow{i} - ۹۰\,\overrightarrow{j} \Rightarrow |F_T| = ۹\sqrt{۲}$$

$$\text{tg}\,\alpha = \frac{۹۰}{۹۰} = ۱ \Rightarrow \alpha = ۴۵^\circ$$

۳۸ گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

$$\text{حالت اول}\begin{cases} q_۱ \\ q_۲ = ۵q_۱ \end{cases},\ \text{حالت دوم}\begin{cases} q_۱' = q_۱ + x + ۵q_۱ \\ q_۲' = ۵q_۱ - x\times ۵q_۱ \end{cases}$$

$$\frac{F_۲}{F_۱} = \frac{k\frac{q_۱'q_۲'}{r^۲}}{k\frac{q_۱q_۲}{r^۲}} \Rightarrow \frac{F_۲}{F_۱} = \frac{(q_۱ + x\times ۵q_۱)(۵q_۱ - x\times ۵q_۱)}{q_۱\times ۵q_۱}$$

$$\Rightarrow \frac{F_۲}{F_۱} = \frac{q_۱(۱ + ۵x)۵q_۱(۱ - x)}{۵q_۱^۲} = ۱ - x + ۵x - ۵x^۲ = -۵x^۲ + ۴x + ۱$$

$$x = \frac{-b}{۲a} = \frac{-۴}{-۱۰} = \frac{۴}{۱۰} = \%۴۰$$

با توجه به درجه دوم بودن معادله بیشینه مقدار برابر رأس سهمی بوده و:

روش دوم:

$$q_T = \frac{q_۱ + q_۲}{۲} = \frac{q_۱ + ۵q_۱}{۲} = ۳q_۱$$

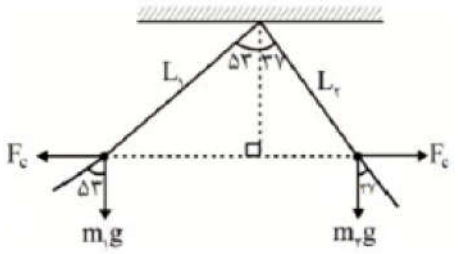
بار $q_۲$ باید از $۵q_۱$ به $۳q_۱$ برسد:

$$\text{درصد تغییرات} = \frac{\Delta q_۲}{q_۲}\times ۱۰۰ = \frac{-۲q_۱}{۵q_۱}\times ۱۰۰ = -\%۴۰$$

۳۹ گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

در نقطهٔ وسط دو بار $q_۱$ و $q_۲$، میدان الکتریکی و نیروی الکتریکی، بیش‌ترین مقدار ممکن است زیرا میدان‌های حاصل از دو بار $q_۱$ و $q_۲$ و نیروهای وارد بر بار q در این نقطه هم‌جهت می‌شوند، پس اندازهٔ نیروی الکتریکی از A تا وسط دو بار افزایش می‌یابد و سپس از وسط دو بار تا نقطهٔ B کاهش می‌یابد.

۴۰ گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

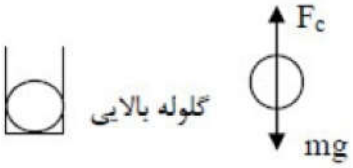


$$Fc = Fc \qquad \text{tg}\,۳۷ = \frac{F_c}{m_۲g} \qquad \text{tg}\,۵۳ = \frac{F_c}{m_۱g}$$

$$\frac{\text{tg}\,۳۷}{\text{tg}\,۵۳} = \frac{\frac{F_c}{m_۲g}}{\frac{F_c}{m_۱g}} \Rightarrow \frac{\frac{۳}{۴}}{\frac{۴}{۳}} = \frac{m_۱}{m_۲} = \frac{۹}{۱۶}$$

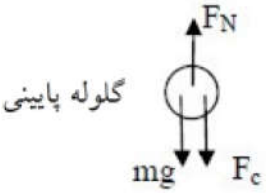
$$\frac{m_۲}{m_۱} = \frac{۱۶}{۹}$$

۴۱ گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

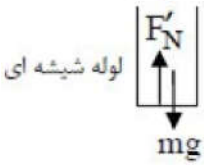


$$F_c = mg$$

$$\frac{۹\,۱۰^{۹} \times ۵ \times ۱۰^{-۶} \times ۵ \times ۱۰^{-۶}}{۹۰۰ \times ۱۰^{-۴}} = ۲/۵ \quad mg = ۲/۵$$



$$F_N = F_c + mg = ۵N$$



$$F'_N = ۵ \times ۱۰^{-۲} \times ۱۰ = ۰/۵N$$

$$F = F_N + F'_N = ۵ + ۰/۵ = ۵/۵N$$

۴۲ گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

$$T_۱ \sin ۳۷ = T_۲ \sin ۵۳ \Rightarrow T_۱ \times ۰/۸ \Rightarrow \frac{T_۱}{T_۲} = \frac{۸}{۶} = \frac{۴}{۳}$$

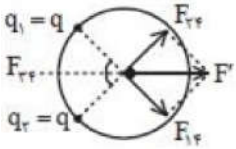
۴۳ گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

$$F - mg = ma \Rightarrow F - ۱۰ \times ۱۰^{-۳} \times ۱۰ = ۱۰ \times ۱۰^{-۳} \times ۳۰$$

$$F - ۰/۱ = ۰/۳ \Rightarrow F = ۰/۴N$$

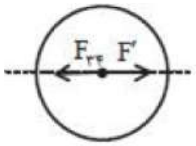
$$F = \frac{k|q||q'|}{r^۲} \Rightarrow ۰/۴ = \frac{q \times ۱۰^{۹} \times q^۲ \times ۱۰^{-۱۲}}{۳۰ \times ۳۰ \times ۱۰^{-۴}} \Rightarrow q^۲ = ۴ \Rightarrow q = ۲\mu c$$

۴۴ گزینه ۳ پاسخ صحیح است. بار $q_۴$ را مثبت فرض می‌کنیم و نیروهای وارده از طرف $q_۱$ و $q_۲$ را رسم کرده و اندازهٔ آن‌ها را محاسبه می‌کنیم، چون نیروهای $F_{۱۴}$ و $F_{۲۴}$ هم‌اندازه هستند، پس برآیند آن‌ها (با توجه به تقارن) روی محور xها می‌افتد.



$$F_{۲۴} = F' \Rightarrow k\frac{|q_۳||q_۴|}{r^۲} = k\frac{|q||q_۴|}{r^۲}\sqrt{۲} \Rightarrow \frac{q_۳}{q_۲} = \sqrt{۲}$$

حال نیروی حاصل از $q_۳$ باید هم‌اندازه با F' و در خلاف جهت آن باشد یعنی باید بار q هم مثبت باشد و داریم:



$$F_{۲۴} = F' \Rightarrow \cancel{k}\frac{|q_۳|\cancel{|q_۴|}}{\cancel{r^۲}} = \cancel{k}\frac{|q|\cancel{|q_۴|}}{\cancel{r^۲}}\sqrt{۲} \Rightarrow \frac{q_۳}{q_۲} = \sqrt{۲}$$

۴۵ گزینه ۳ پاسخ صحیح است. نیروی الکتریکی اولیه برابر است با: $F = k\frac{q_۱ q_۲}{d^۲}$. اگر اندازهٔ نیرو ۱۹% کاهش یابد، نیروی الکتریکی بین دو بار برابر خواهد شد با:

$$F' = F - ۱۹\%F = ۸۱\%F$$

$$F' = \cancel{k}\frac{\cancel{q_۱ q_۲}}{d'^۲} = ۸۱\% \times \cancel{k}\frac{\cancel{q_۱ q_۲}}{d^۲} \Rightarrow d'^۲ = \frac{۱۰۰}{۸۱}d^۲ \Rightarrow d' = \frac{۱۰}{۹}d$$

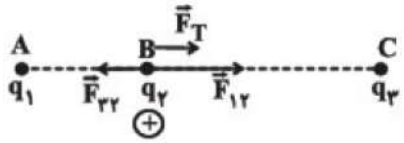
بنابراین $\left(\Delta d = d' - d = \frac{d}{۹}\right)$ فاصله افزایش می‌یابد.

۴۶ گزینه ۲ پاسخ صحیح است. فرض می‌کنیم بار $q_۲$ مثبت باشد و نیروی برآیند وارد بر بار $q_۲$ را در دو حالت به دست میآوریم.

$$F_{۱۲} = k\frac{|q_۱||q_۲|}{r_{۱۲}^۲} = k\frac{۲\times۱۰^{-۶}\times|q_۲|}{(۱۰^{-۲})^۲} = ۲\times۱۰^{-۲}k|q_۲| \quad (N)$$

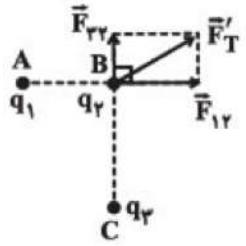
$$F_{۳۲} = \frac{k|q_۳||q_۲|}{r_{۳۲}^۲} = k\frac{۴\times۱۰^{-۶}\times|q_۲|}{(۲\times۱۰^{-۲})^۲} = ۱۰^{-۲}k|q_۲| \quad (N)$$

حالت اول:



$$F_T = F_{۱۲} - F_{۳۲} = ۱۰^{-۲}k|q_۲| \quad (N) \quad (۱)$$

حالت دوم:



$$F'_T = \sqrt{F_{۱۲}^۲ + F_{۳۲}^۲} = \sqrt{(۲\times۱۰^{-۲}k|q_۲|)^۲ + (۱۰^{-۲}k|q_۲|)^۲}$$

$$\Rightarrow F'_T = \sqrt{۵}\times۱۰^{-۲}k|q_۲| \quad (N) \quad (۲)$$

$$\xrightarrow{(۲)<(۱)} \frac{F'_T}{F_T} = \sqrt{۵}$$

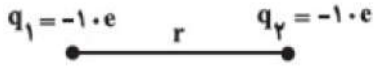
۴۷ گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

$$q_۱ + q_۲ = -۲۰e \Rightarrow q_۱ = -۲۰e - q_۲$$

$$F = \frac{k|q_۱||q_۲|}{r^۲} = \frac{k|-۲۰e - q_۲||q_۲|}{r^۲} \xrightarrow{q_۱ , q_۲ < ۰} F = \frac{k(۲۰e + q_۲)(-q_۲)}{r^۲}$$

$$\Rightarrow \mathrm{Fr}^۲ = -۲۰\mathrm{ekq}_۲ - \mathrm{kq}_۲^۲$$

معادله‌ی به دست آمده، معادله‌ی یک سهمی $(y = \mathrm{ax}^۲ + \mathrm{bx} + c)$ است که بیشینه یا کمینه‌ی آن در نقطه‌ی $x = \frac{-b}{۲a}$ اتفاق می‌افتد و در این‌جا چون $a < ۰$ است، بیشینه داریم که طول نقطه‌ی آن برابر است با:



$$q_۲ = \frac{۲۰\,\mathrm{ek}}{-۲k} = -۱۰e \Rightarrow q_۱ = q_۲ = -۱۰e$$

۲۰ درصد بار $q_۱$ برابر است با:

$$\frac{۲۰}{۱۰۰} \times |q_۱| = \frac{۲۰}{۱۰۰} \times ۱۰e = ۲e$$

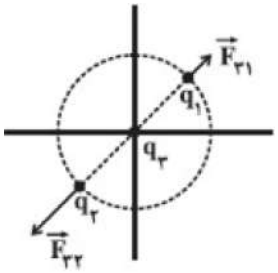
بنابراین خواهیم داشت:

$$\frac{F'}{F} = \frac{|q_۱'||q_۲'|}{|q_۱||q_۲|} \xrightarrow[|q_۲'| = ۱۰e - ۲e = ۸e , |q_۱'| = ۱۲w]{|q_۱| = |q_۲| = ۱۰e} \frac{F'}{F} = \frac{(۸e)(۱۲e)}{(۱۰e)(۱۰e)} = ۰/۹۶$$

$$\text{درصد تغییرات نیروی الکتریکی} = \left(\frac{F'}{F} - ۱\right) \times ۱۰۰ = (۰/۹۶ - ۱) \times ۱۰۰ = -۴\%$$

۴۸ گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

$\vec{F}_{۳۱}$ و $\vec{F}_{۳۲}$ را رسم کنیم، محل بارهای $q_۱$ و $q_۲$ مطابق شکل به‌دست میآید. با توجه به این که نیروهای وارد بر بارهای $q_۱$ و $q_۲$ از طرف بار $q_۳$ به‌صورت دافعه است، بنابراین بارهای $q_۱$ ، $q_۲$ و $q_۳$ هم‌نام هستند. ابتدا اندازهٔ نیروهای $\vec{F}_{۳۱}$ و $\vec{F}_{۳۲}$ را محاسبه کرده و سپس از رابطهٔ قانون کولن استفاده می‌کنیم. داریم:



$$\vec{F}_{۳۱} = ۳\vec{i} + ۴\vec{j} \Rightarrow F_{۳۱} = \sqrt{۳^۲ + ۴^۲} \Rightarrow F_{۳۱} = ۵N$$

$$\vec{F}_{۳۲} = -۶\vec{i} - ۸\vec{j} \Rightarrow F_{۳۲} = \sqrt{(-۶)^۲ + (-۸)^۲} \Rightarrow F_{۳۲} = ۱۰N$$

$$F = k\frac{|q||q'|}{r^۲} \Rightarrow \frac{F_{۳۲}}{F_{۳۱}} = \frac{|q_۲|}{|q_۱|} \Rightarrow \frac{۱۰}{۵} = \left|\frac{q_۲}{q_۱}\right| \xrightarrow{q_۱ \text{ و } q_۲ \text{ هم نام هستند}} \frac{q_۲}{q_۱} = ۲$$

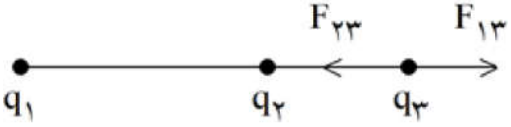
۴۹ گزینه‌ی ۲ پاسخ صحیح است. با توجه به هم‌علامت بودن دو بار می‌توان گفت که مجموع دو بار $q_۱$ و $q_۲$ ثابت می‌ماند. مقداری ثابت $= q_T = q_۱ + q_۲$

وقتی دو گلوله را با هم تماس می‌دهیم، چون دو گلوله مشابهند، نیمی از q_T به گلوله‌ی (۱) و نیمی دیگر به گلوله‌ی (۲) می‌رسد. با توجه به رابطه‌ی کولن ($F = \frac{kq_۱q_۲}{r^۲}$) تغییر نیرو متناسب با تغییرات $q_۱q_۲$ است. هم‌چنین می‌دانیم وقتی مجموع دو مقدار ثابت است، ضرب آن‌ها وقتی ماکزیمم می‌شود که دو مقدار برابر باشند. پس چون با اتصال گلوله‌ها به هم بار دو گلوله با یک‌دیگر برابر شده است، ضرب آن‌ها بیش‌ترین مقدار ممکن است و نیرو افزایش یافته است.

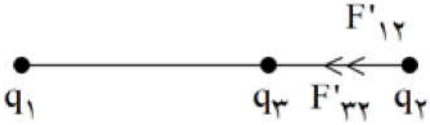
۵۰ گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

در حالت اول چون نیروی خالص وارد بر بار $q_۳$ صفر است و علامت $q_۱$ مثبت است، داریم:

حالت اول:



حالت دوم:



به دلیل یکسان بودن اندازه $q_۲$ و $q_۳$ داریم: $F'_{۱۲} = F_{۱۳}$ و هم‌چنین به دلیل قانون عمل و عکس‌العمل داریم: $F'_{۳۲} = F_{۲۳}$ و از طرفی به دلیل صفر بودن برایند نیروهای وارد بر $q_۳$ در حالت اول داریم: $F_{۱۳} = F_{۲۳}$.

$$\Rightarrow F'_T = F'_{۱۲} + F'_{۳۲} = F_{۱۳} + F_{۲۳} = ۲F_{۲۳}$$

$$F_{۲۳} = ۹\times۱۰^{۹}\frac{۱۰\times۱۰^{-۶}\times۱۰\times۱۰^{-۶}}{(۱۰\times۱۰^{-۲})^{۲}} = ۹۰N \Rightarrow F'_T = ۲\times۹۰N = ۱۸۰N$$ به سمت چپ

۱	۱	۲	۳	**۴**
۲	**۱**	۲	۳	۴
۳	۱	**۲**	۳	۴
۴	۱	**۲**	۳	۴
۵	**۱**	۲	۳	۴
۶	**۱**	۲	۳	۴
۷	۱	**۲**	۳	۴
۸	**۱**	۲	۳	۴
۹	۱	۲	**۳**	۴
۱۰	۱	**۲**	۳	۴
۱۱	۱	**۲**	۳	۴
۱۲	۱	۲	**۳**	۴
۱۳	**۱**	۲	۳	۴
۱۴	**۱**	۲	۳	۴
۱۵	**۱**	۲	۳	۴
۱۶	۱	۲	۳	**۴**
۱۷	۱	**۲**	۳	۴
۱۸	۱	**۲**	۳	۴
۱۹	۱	**۲**	۳	۴
۲۰	۱	**۲**	۳	۴
۲۱	۱	**۲**	۳	۴
۲۲	۱	۲	۳	**۴**
۲۳	۱	۲	۳	**۴**
۲۴	۱	۲	۳	**۴**
۲۵	۱	۲	**۳**	۴
۲۶	۱	**۲**	۳	۴
۲۷	**۱**	۲	۳	۴
۲۸	۱	**۲**	۳	۴
۲۹	۱	**۲**	۳	۴
۳۰	۱	۲	**۳**	۴
۳۱	۱	۲	۳	**۴**
۳۲	۱	۲	**۳**	۴

۳۳	۱	۲	۳	**۴**
۳۴	۱	۲	**۳**	۴
۳۵	**۱**	۲	۳	۴
۳۶	**۱**	۲	۳	۴
۳۷	۱	**۲**	۳	۴
۳۸	۱	۲	**۳**	۴
۳۹	۱	۲	۳	**۴**
۴۰	۱	۲	۳	**۴**
۴۱	۱	۲	۳	**۴**
۴۲	۱	**۲**	۳	۴
۴۳	۱	۲	۳	**۴**
۴۴	۱	۲	**۳**	۴
۴۵	۱	۲	**۳**	۴
۴۶	۱	**۲**	۳	۴
۴۷	۱	**۲**	۳	۴
۴۸	**۱**	۲	۳	۴
۴۹	۱	**۲**	۳	۴
۵۰	**۱**	۲	۳	۴