

۱ دانشمندی به نام به کمک وسیله‌ی مقابل، قانونی بیان کرد که طبق این قانون



۱ شارل آگوستین کولن - اندازه‌ی نیروی الکتریکی بین دو بار نقطه‌ای که در راستای خط واصل آن‌ها اثر می‌کند، با مربع فاصله‌ی بین آن‌ها متناسب و با حاصل‌ضرب بزرگی بار آن‌ها نسبت وارون دارد.

۲ شارل آگوستین کولن - اندازه‌ی نیروی الکتریکی بین دو بار نقطه‌ای که در راستای خط واصل آن‌ها اثر می‌کند، با مربع فاصله‌ی بین آن‌ها نسبت وارون و با حاصل‌ضرب بزرگی بار آن‌ها متناسب است.

۳ رابرت آندرو میلیکان - اندازه‌ی نیروی الکتریکی بین دو بار نقطه‌ای که در راستای خط واصل آن‌ها اثر می‌کند، با مربع فاصله‌ی بین آن‌ها متناسب و با حاصل‌ضرب بزرگی بار آن‌ها نسبت وارون دارد.

۴ رابرت آندرو میلیکان - اندازه‌ی نیروی الکتریکی بین دو بار نقطه‌ای که در راستای خط واصل آن‌ها اثر می‌کند، با مربع فاصله‌ی بین آن‌ها نسبت وارون و با حاصل‌ضرب بزرگی بار آن‌ها متناسب است.

۲ دو ذره باردار $q_1 = 3\mu C$ و $q_2 = -4\mu C$ در فاصله ۶ سانتی‌متری از یکدیگر قرار دارند. اندازه و نوع نیروی الکتریکی که این دو ذره بر یکدیگر وارد می‌کنند کدام است؟

۱ 30 N و دافعه ۲ 30 N و جاذبه ۳ 60 N و جاذبه ۴ 60 N و دافعه

۳ دو ذره باردار q_1 و q_2 در فاصله ۲ از یکدیگر قرار دارند. کدام گزینه صحیح است؟

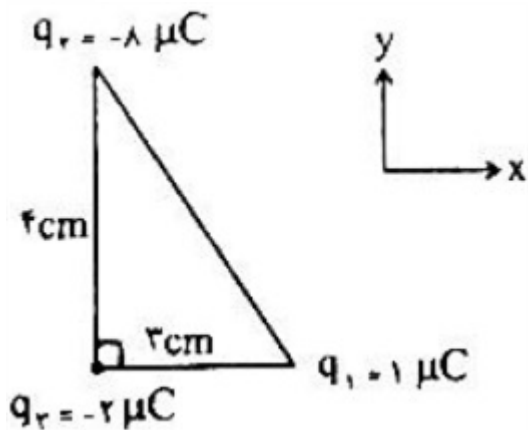
۱ اگر اندازه یکی از بارها ۲۰ درصد افزایش و فاصله بین دو بار ۱۰ درصد کاهش یابد، اندازه نیروی الکتریکی بین دو ذره ۳۰ درصد افزایش می‌یابد.

۲ اگر اندازه یکی از بارها ۲۰ درصد افزایش و فاصله بین دو بار ۲۰ درصد افزایش یابد، اندازه نیروی الکتریکی بین دو ذره تغییری نخواهد کرد.

۳ اگر اندازه یکی از بارها ۲۰ درصد افزایش و فاصله بین دو بار ۲۰ درصد افزایش یابد، اندازه نیروی الکتریکی بین دو ذره ۲۰ درصد کاهش می‌یابد.

۴ اگر اندازه یکی از بارها ۴۴ درصد افزایش و فاصله بین دو بار ۲۰ درصد افزایش یابد، اندازه نیروی الکتریکی بین دو ذره تغییری نخواهد کرد.

۴ در شکل مقابل، نیروی وارد بر بار q_2 کدام است؟



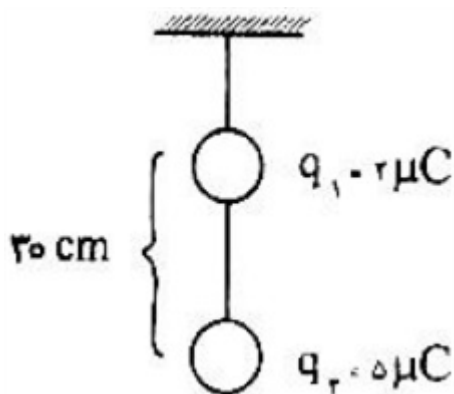
- ۱ $20\vec{i} - 90\vec{j}$ ۲ $20\vec{i} + 90\vec{j}$ ۳ $10\vec{i} - 90\vec{j}$ ۴ $-20\vec{i} - 45\vec{j}$

۵ اگر اندازه هر یک از دو باری که به هم نیرو وارد می‌کنند ۴۰ درصد کاهش یافته و فاصله بین آن‌ها ۲۰ درصد افزایش یابد، نیرویی که به هم وارد می‌کنند چند درصد و چگونه تغییر می‌کند؟

- ۱ ۷۵٪ - افزایش ۲ ۲۵٪ - کاهش ۳ ۷۵٪ - کاهش ۴ ۲۵٪ - افزایش

۶ مطابق شکل مقابل، دو گلوله کوچک باردار با بارهای همنام که جرم هر کدام $400g$ است با نخ به هم متصل بوده و در حال تعادل قرار دارند. نیروی کشش نخ بین دو گلوله T برابر چند نیوتن است؟ (از جرم نخ صرف‌نظر شود)

$$g = 10 \frac{N}{kg} \text{ و } K = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$$



۱۸ ۴

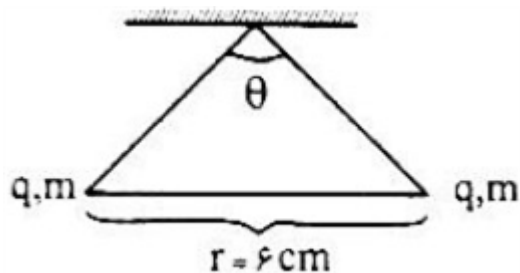
۴ ۳

۱۴ ۲

۱۰ ۱

۷

مطابق شکل مقابل، دو آونگ الکتریکی مشابه با بار الکتریکی $3 \mu C$ و جرم‌های برابر 30 گرم در حال تعادل قرار دارند. زاویه بین دو نخ θ چند درجه است؟ ($g = 10 \frac{N}{kg}$ و $\sin 53^\circ = 4/5$ و $\sin 37^\circ = 3/5$)



۷۴ (۴)

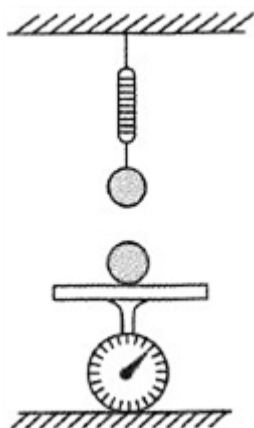
۵۳ (۳)

۴۵ (۲)

۳۷ (۱)

۸

در شکل مقابل گوی‌های بالا و پائین به ترتیب دارای بارهای $q_1 = -2 \mu C$ و $q_2 = -4 \mu C$ هستند. اگر فاصله دو گوی $r = 12$ cm و جرم هر کدام از گوی‌ها $m = 2$ kg باشد، اعدادی که نیروسنج بالا و پائین نشان می‌دهند به ترتیب چند نیوتن است؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$)



۲۵، ۲۵ (۴)

۱۵، ۱۵ (۳)

۱۵، ۲۵ (۲)

۲۵، ۱۵ (۱)

۹

دو بار الکتریکی نقطه‌ای q_1 و q_2 در فاصله d از یکدیگر قرار دارند. اگر اندازه هر یک از بارها 50 درصد افزایش و فاصله بین دو بار 50 درصد کاهش یابد، اندازه نیروی الکتریکی که دو بار به یکدیگر وارد می‌کنند، چند برابر می‌شود؟

۸ (۴)

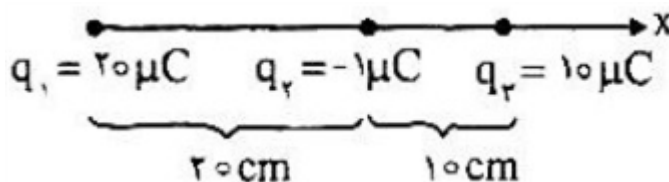
۹ (۳)

۲۷ (۲)

$\frac{9}{4}$ (۱)

۱۰

در شکل زیر، نیروی برآیند وارد بر بار q_3 کدام گزینه است؟



$29 \vec{i}$ (۴)

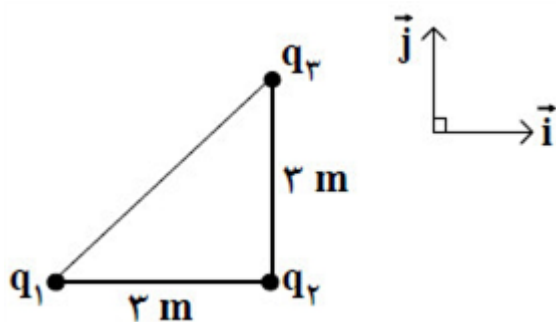
$11 \vec{i}$ (۳)

$20 \vec{i}$ (۲)

$9 \vec{i}$ (۱)

۱۱) سه ذره باردار مطابق شکل مقابل، در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه‌ای ثابت شده‌اند. اگر نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار

q_2 در SI، $\vec{F}_T = 8 \times 10^{-3} \vec{i} + 6 \times 10^{-3} \vec{j}$ باشد، $\frac{q_2}{q_1}$ کدام است؟ $\left(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \right)$



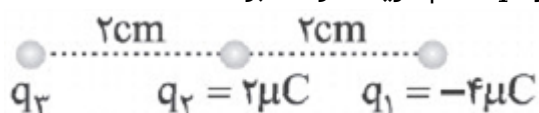
۴) $\frac{3}{4}$

۳) $\frac{3}{2}$

۲) $-\frac{3}{4}$

۱) $-\frac{3}{2}$

۱۲) مطابق شکل، سه ذره باردار الکتریکی در جای خود ثابت‌اند و بردار نیروی خالص وارد بر بار q_2 از طرف دو بار دیگر $\vec{F}$ است. اگر جای بار q_1 و q_2 با یکدیگر عوض شود، بردار خالص وارد بر بار q_2 کدام گزینه خواهد بود؟



۴) $-\frac{7}{6} \vec{F}$

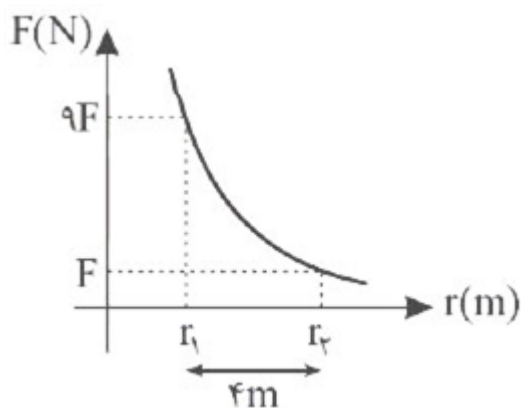
۳) $\frac{7}{6} \vec{F}$

۲) $-\frac{7}{2} \vec{F}$

۱) $\frac{7}{2} \vec{F}$

۱۳) شکل مقابل، نمودار نیروی الکتریکی بین دو ذره باردار را بر حسب فاصله بین آن‌ها نشان می‌دهد. مقدار r_1 کدام است؟

$(r_2 - r_1 = 4m)$



۴) ۸

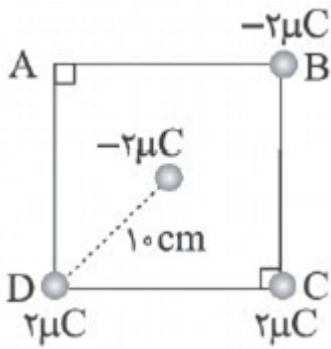
۳) ۶

۲) ۴

۱) ۲

۱۴) چهار ذره باردار مطابق شکل مقابل قرار دارند. بزرگی نیروی کولنی وارد بر بار در مرکز مربع، چند نیوتون است؟

$$\left(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \right)$$



۷/۲√۵ (۴)

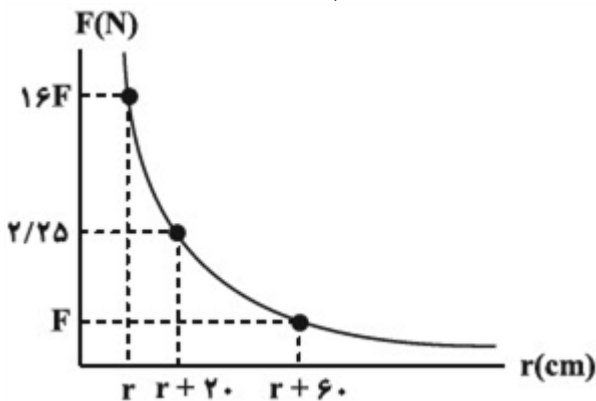
۳/۶√۵ (۳)

۷/۲ (۲)

۳/۶ (۱)

۱۵) نمودار بزرگی نیروی الکتریکی که دو بار الکتریکی نقطه‌ای q_1 و q_2 به هم وارد می‌کنند، بر حسب فاصله بین دو بار مطابق شکل مقابل است. اندازه بار q_2 ، چند میکروکولن است؟

$$\left(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \right)$$



۴ (۴)

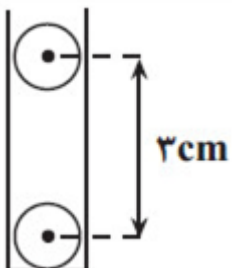
۳ (۳)

۱ (۲)

۲ (۱)

۱۶) دو کره مشابه و فلزی دارای بار الکتریکی $q_1 = 6 \text{ nC}$ و $q_2 = -2 \text{ nC}$ هستند. این دو کره را به هم تماس می‌دهیم و سپس مطابق شکل آنها را درون یک لوله استوانه‌ای نارسا قرار می‌دهیم، به گونه‌ای که کره بالایی به حالت معلق بماند. جرم هریک از کره‌ها چند میلی‌گرم است؟

$$\left(g = 10 \frac{N}{kg}, k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \right)$$
 و از نیروی اصطکاک بین لوله و کره‌ها صرف‌نظر شود.



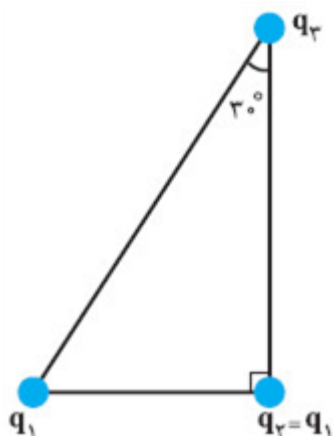
۲ (۴)

۱۲ (۳)

۸ (۲)

۴ (۱)

- ۱۷ سه ذره باردار در سه رأس یک مثلث قائم‌الزاویه قرار دارند. بزرگی نیروی الکتریکی که بار q_1 بر q_2 وارد می‌کند، F_1 و بزرگی نیروی الکتریکی که q_2 بر 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؟



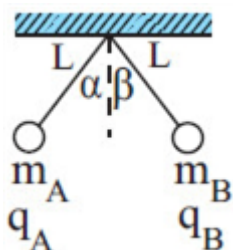
$\frac{3}{2}$ (۴)

$\frac{4}{3}$ (۳)

۱ (۲)

$\frac{3}{4}$ (۱)

- ۱۸ گلوله‌های باردار A و B در شکل مقابل در حال تعادل قرار دارند. اگر $m_A = m_B$ و $|q_A| > |q_B|$ باشد، کدام گزینه درست است؟



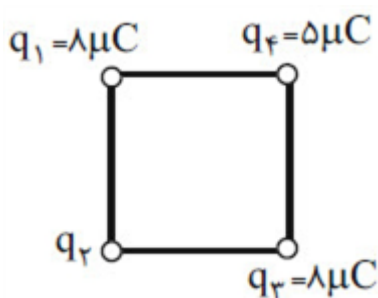
۴ نمی‌توان اظهارنظر کرد.

$\alpha = \beta$ (۳)

$\alpha < \beta$ (۲)

$\alpha > \beta$ (۱)

- ۱۹ در شکل مقابل، چهار بار الکتریکی نقطه‌ای در چهار رأس مربعی به ضلع 30 cm ثابت شده‌اند. اگر بار q_4 در حال تعادل باشد، بار q_2 بر حسب میکروکولن کدام است؟ $\left(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}\right)$



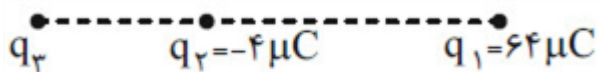
$-16\sqrt{2}$ (۲)

-۱۶ (۴)

$16\sqrt{2}$ (۱)

۱۶ (۳)

۲۰ مطابق شکل مقابل، دو ذره باردار q_1 و q_2 در فاصله ۲ از یکدیگر قرار دارند و نیروی خالص الکتریکی وارد بر بار q_3 که روی امتداد خط واصل دو بار قرار دارد، صفر است. اگر بار q_2 را در راستای خط واصل بارهای الکتریکی و به اندازه 18 cm و $(r > 18\text{ cm})$ به طرف راست جابه‌جا کنیم، بار الکتریکی q_3 را چند سانتی‌متر و در چه جهتی باید جابه‌جا کنیم تا نیروی خالص الکتریکی وارد بر بار q_3 مجدداً صفر شود؟



۴ ۲۴، راست

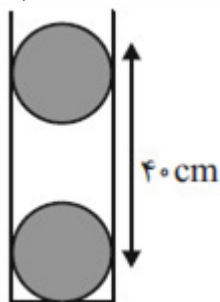
۳ ۲۴، چپ

۲ ۶، راست

۱ ۶، چپ

۲۱ مطابق شکل مقابل، دو گلوله کوچک و مشابه با جرم‌های 10 g که هر کدام دارای بار الکتریکی -4 μC می‌باشند، درون یک استوانه با بدنه نارسا و بدون اصطکاک در تعادل قرار دارند. اندازه نیرویی که کف استوانه به گلوله پایین وارد می‌کند، چند نیوتون می‌باشد؟

$$\left(g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}, k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \right)$$



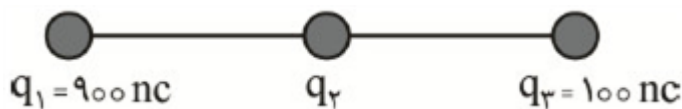
۲ ۰ / ۴

۱ ۰ / ۱

۴ ۰ / ۸

۳ ۱

۲۲ در شکل زیر، نیروی خالص الکتریکی وارد بر هر یک از بارهای الکتریکی نقطه‌ای صفر است. نسبت $\frac{q_2}{q_1}$ کدام است؟



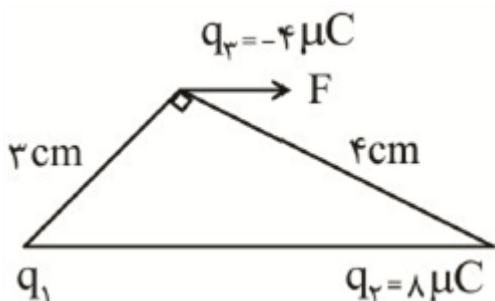
۴ $-\frac{1}{16}$

۳ -۱۶

۲ $\frac{1}{16}$

۱ ۱۶

۲۳ مطابق شکل مقابل، سه بار نقطه‌ای در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه‌ای ثابت شده‌اند. اگر برآیند نیروهایی که بارهای q_1 و q_2 بر بار q_3 وارد می‌کنند موازی با قاعده مثلث باشد، بار q_1 چند میکروکولن است؟



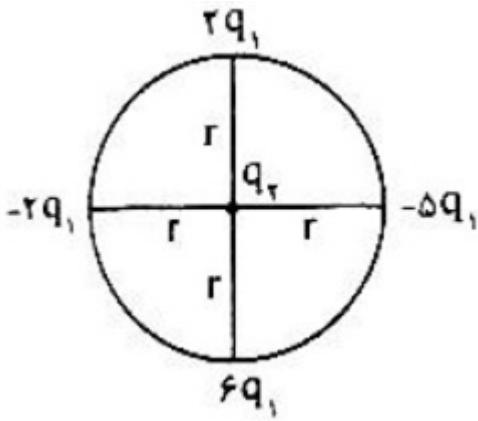
۴ -۲

۳ $-\frac{27}{8}$

۲ ۲

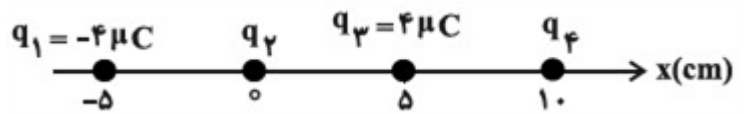
۱ $\frac{27}{8}$

۲۴ دو بار q_1 و q_2 در فاصله r به هم نیروی دافعه F وارد می‌کنند. نیروی وارد بر بار q_2 در شکل مقابل کدام است؟



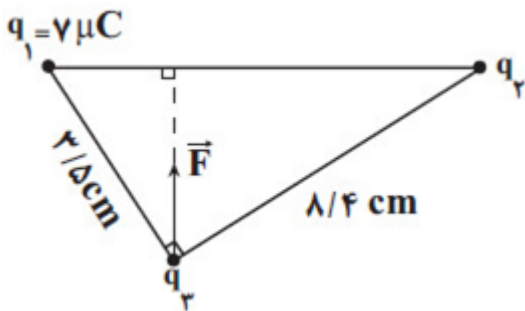
- ۱ $5F$ ۲ $3\sqrt{2}F$ ۳ $4\sqrt{2}F$ ۴ $7F$

۲۵ در شکل زیر، بار الکتریکی q_4 چند میکروکولن باشد تا بار الکتریکی q_2 در حالت تعادل قرار بگیرد؟



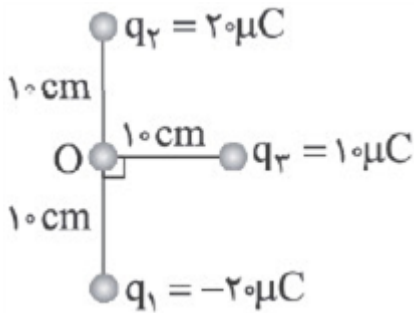
- ۱ -16 ۲ 16 ۳ 32 ۴ -32

۲۶ مطابق شکل مقابل، سه بار الکتریکی q_1 و q_2 و q_3 در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه‌ای ثابت شده‌اند. اگر نیروی خالصی که بارهای q_1 و q_2 بر بار q_3 وارد می‌کنند برابر $\vec{F}$ باشد، q_2 چند میکروکولن است؟



- ۱ $8/4$ ۲ $12/4$
۳ $16/8$ ۴ 14

۲۷ در شکل مقابل، اندازه و نوع باری که در نقطه O می‌توان قرار داد، تا بار q_3 در تعادل قرار گیرد مطابق کدام گزینه است؟



۱ هر مقدار باری که در نقطه O قرار گیرد، q_3 تعادل نخواهد داشت.

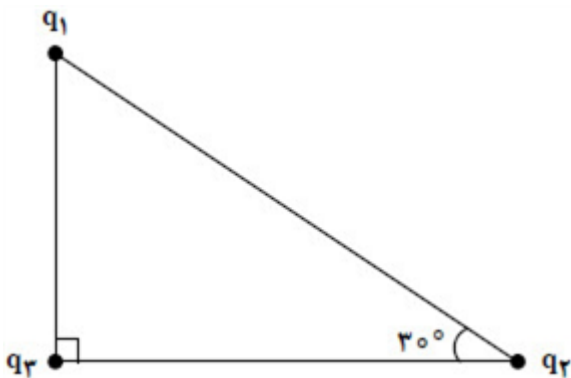
۲ $-20 \mu C$

۳ $-10 \mu C$

۴ $10 \mu C$

۲۸ در شکل مقابل، بزرگی نیروی الکتریکی که q_1 به q_3 وارد می‌کند، ۲۵ درصد از بزرگی نیروی الکتریکی که q_2 به q_3 وارد

می‌کند، کمتر است. $\left| \frac{q_1}{q_2} \right|$ کدام است؟



۴ $\frac{1}{4}$

۳ $\frac{1}{3}$

۲ ۴

۱ ۳

۲۹ دو بار الکتریکی q_1 و q_2 را در مکان‌های $(4 \text{ cm}, -2 \text{ cm})$ و $(-2 \text{ cm}, -2 \text{ cm})$ ثابت نگه داشته‌ایم و در هیچ

فضایی در اطراف این دو بار، میدان خالص الکتریکی صفر نمی‌شود. اگر بار $|q_3| = 3 \mu C$ را در مکان $(1 \text{ cm}, 1 \text{ cm})$ قرار دهیم. نیروی الکتریکی خالص $30 N$ بر آن وارد می‌شود، اندازه بار q_1 چند میکروکولن است؟

$$\left(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \right)$$

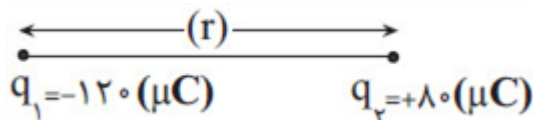
۴ $4\sqrt{2}$

۳ $2\sqrt{2}$

۲ $\sqrt{2}$

۱ $\frac{\sqrt{2}}{2}$

۳۰ مطابق شکل زیر، اگر با ثابت بودن فاصله، ۵۰ درصد از بار q_1 را به بار q_2 منتقل کنیم، نیروی جاذبه بین دو بار چند



درصد و چگونه تغییر می‌کند؟

۴ $87/5$ ، کاهش

۳ $87/5$ ، افزایش

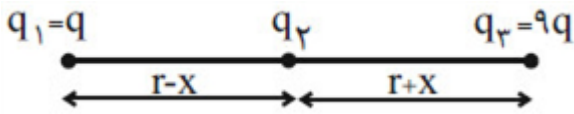
۲ $12/5$ ، کاهش

۱ $12/5$ ، افزایش

۳۱ دو کره هم‌اندازه رسانی را که در فاصله r از هم قرار دارند و دارای بارهای $-4\mu C$ و $+8\mu C$ هستند، به یکدیگر تماس داده و فاصله بین دو بار را ۵۰٪ کاهش می‌دهیم. نیروی بین دو بار، درصد می‌یابد.

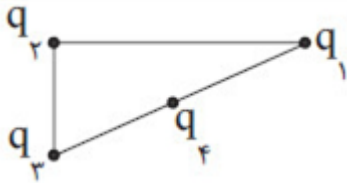
- ۱ - ۱۰۰ افزایش ۲ - ۵۰ کاهش ۳ - ۵۰ افزایش ۴ - ۲۵ افزایش

۳۲ در شکل زیر، اگر نیروی الکتریکی حاصل وارد بر بار q_2 برابر با صفر باشد، نسبت $\frac{x}{r}$ کدام است؟



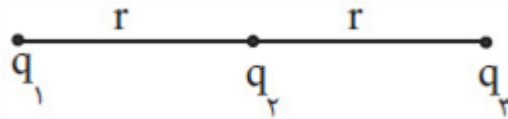
- ۱ $\frac{1}{2}$ ۲ $\frac{1}{4}$ ۳ ۲ ۴ ۴

۳۳ در شکل مقابل، اگر برایندهای نیروهای وارد بر بار q_1 برابر با ۳ نیوتون و به سمت راست باشد، کدام گزینه درست است؟



- ۱ $q_1 q_2 < 0, q_3 q_4 > 0$ ۲ $q_1 q_2 < 0, q_3 q_4 < 0$
۳ $q_1 q_2 > 0, q_3 q_4 > 0$ ۴ $q_1 q_2 > 0, q_3 q_4 < 0$

۳۴ در شکل زیر هر سه بار الکتریکی نقطه‌ای روی یک خط ثابت شده‌اند. اگر برایندهای نیروهای وارد بر بار q_3 صفر باشد،

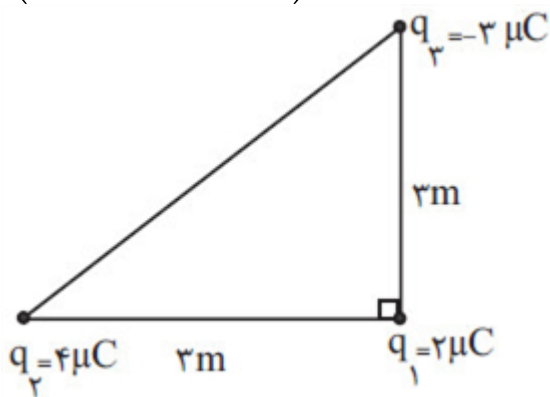


نسبت $\frac{q_1}{q_2}$ کدام است؟

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

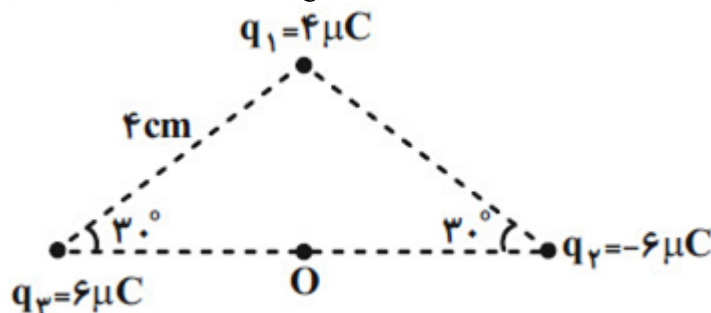
۳۵ سه ذره باردار مطابق شکل مقابل، در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه‌ای ثابت شده‌اند. اندازه نیروی الکتریکی وارد بر q_2 از طرف بار q_3 ، چند برابر اندازه نیروی خالص وارد بر بار q_1 است؟

$$\left(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \right)$$



- ۱ $\frac{5}{3}$ ۲ $\frac{3}{5}$ ۳ $\frac{6}{5}$ ۴ $\frac{5}{6}$

سه بار نقطه‌ای مطابق شکل می‌باشند. اگر بار $q_1 = 1 \mu C$ را در نقطه O وسط q_2 و q_3 قرار دهیم، اندازه نیروی وارد بر آن چند نیوتون خواهد بود؟ $\left(k = 9 \times 10^9 \frac{N.m}{C^2}\right)$



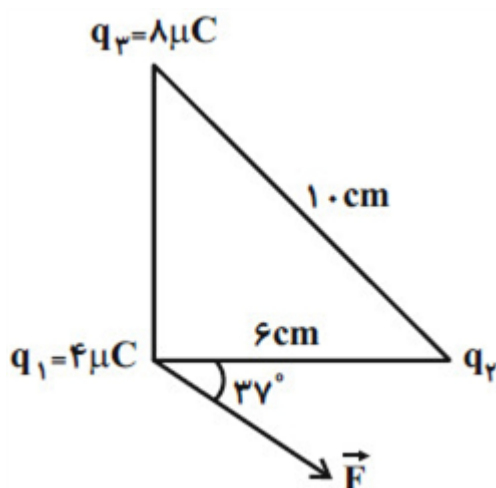
۹۰ $\sqrt{2}$ (۴)

۴۵ $\sqrt{3}$ (۳)

۹۰ (۲)

۴۵ (۱)

مطابق شکل مقابل، سه بار الکتریکی نقطه‌ای بر روی رئوس یک مثلث قائم‌الزاویه قرار گرفته‌اند. اگر برابند نیروهای وارد بر بار q_1 از طرف دو بار دیگر برابر با F باشد، مقدار آن چند نیوتون و بار q_2 چند میکروکولن است؟ $\left(k = 9 \times 10^9 \frac{N.m}{C^2}, \sin 37^\circ = 0.6\right)$



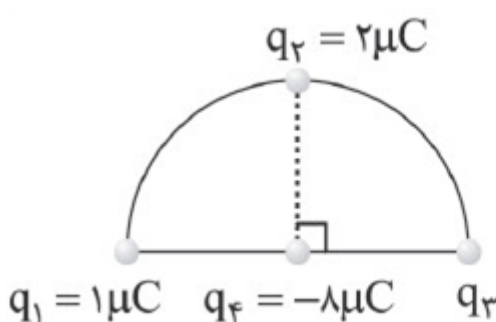
-۴، ۴۵ $\sqrt{2}$ (۴)

-۶، ۶۰ (۳)

-۴، ۷۵ (۲)

-۶، ۷۵ (۱)

در شکل زیر سه بار نقطه‌ای روی محیط یک نیم‌دایره قرار دارند به طوری که فاصله بار q_2 از بارهای q_1 و q_3 یکسان است. اگر بردار نیروی خالص وارد بر بار q_2 که در مرکز نیم‌دایره است در SI به صورت $\vec{F} = 36 \vec{i} + 360 \vec{j}$ باشد، بار q_3 چند میکروکولن است؟ $\left(k = 9 \times 10^9 \frac{N.m}{C^2}\right)$



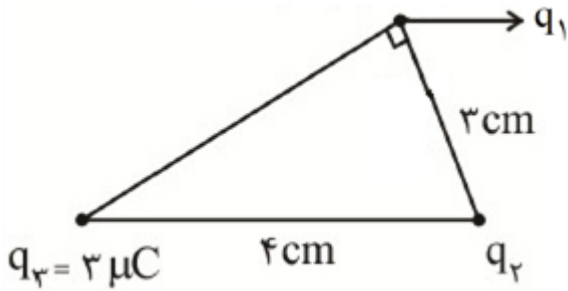
۶/۵ (۴)

۴/۸ (۳)

۱/۲ (۲)

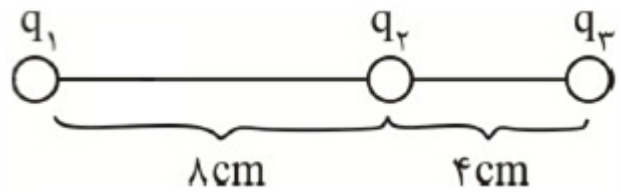
۰/۶ (۱)

سه بار نقطه‌ای مطابق شکل در جای خود ثابت شده‌اند. نیروی F برآیند نیروهایی است که بارهای q_2 و q_3 بر بار q_1 وارد می‌کنند و موازی با قاعده مثلث است. نوع و اندازه بار q_2 کدام است؟



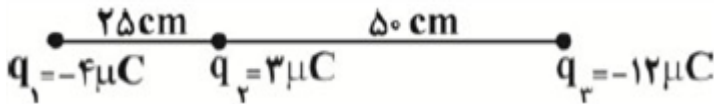
- (۱) $\frac{125}{9}$ (۲) $-\frac{125}{9}$ (۳) ۹ (۴) -۹

در شکل زیر، اگر برآیند نیروهای وارد بر هر یک از بارهای نقطه‌ای صفر باشد، $\frac{q_3}{q_2}$ کدام است؟



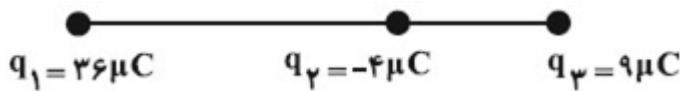
- (۱) $-\frac{9}{4}$ (۲) $\frac{6}{5}$ (۳) $-\frac{6}{5}$ (۴) $\frac{9}{4}$

مطابق شکل زیر، سه بار الکتریکی نقطه‌ای روی یک خط راست قرار دارند. چند الکترون به بار q_3 اضافه کنیم تا برآیند نیروهای وارد بر بار q_2 از سوی دو بار الکتریکی q_1 و q_3 صفر شود؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19} C$)



- (۱) $2/5 \times 10^{13}$ (۲) 4×10^{-6} (۳) $2/5 \times 10^{19}$ (۴) $1/25 \times 10^{20}$

مطابق شکل زیر، نیروی خالص الکتریکی وارد بر هریک از بارها صفر است. اگر جای بار q_2 و q_3 عوض شود، بزرگی نیروی خالص الکتریکی وارد بر بار q_2 چند برابر بزرگی نیروی خالص الکتریکی وارد بر بار q_1 است؟



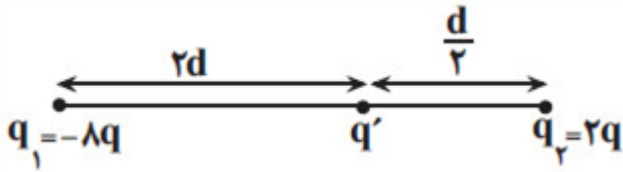
- (۱) $\frac{9}{8}$ (۲) $\frac{8}{9}$ (۳) $\frac{5}{4}$ (۴) $\frac{4}{5}$

دو گوی که بار هر کدام q است، در فاصله ۲ از هم قرار دارند. چند درصد از بار یکی از گوی‌ها را به گوی دیگر منتقل کنیم تا در همان فاصله نیروی بین گوی‌ها ۴ درصد کاهش یابد؟

- (۱) ۲ (۲) ۲۰ (۳) ۴ (۴) ۴۰

۴۴ در شکل زیر، برآیند نیروهای وارد بر بار نقطه‌ای q' از طرف بارهای q_1 و q_2 برابر F است. اگر $\frac{1}{4}$ از بار q_1 را برداشته و

به بار q_2 اضافه کنیم، برآیند نیروهای وارد بر بار q' چند برابر F می‌شود؟



۰ / ۲۵ (۴)

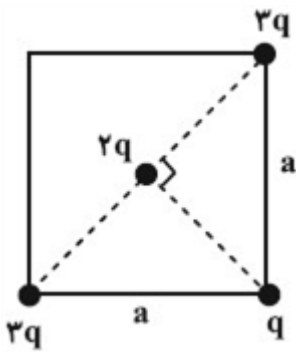
۰ / ۲ (۳)

۰ / ۱۵ (۲)

۰ / ۱ (۱)

۴۵ در شکل مقابل، اندازه برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q تقریباً چند برابر اندازه برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بار

$2q$ می‌باشد؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$ ، طول هر ضلع مربع a است و $\sqrt{2} \simeq 1/4$)



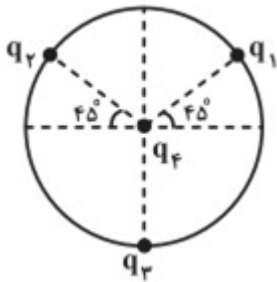
۱ / ۶۴ (۲)

۲ / ۰۵ (۱)

۱ / ۵۵ (۴)

۱ (۳)

۴۶ در شکل زیر، بارها در جای خود ثابت شده‌اند و $q_1 = q_2 = -4\mu C$ است. مقدار q_3 چند میکروکولن باشد تا نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_4 صفر گردد؟



$-4\sqrt{2}$ (۴)

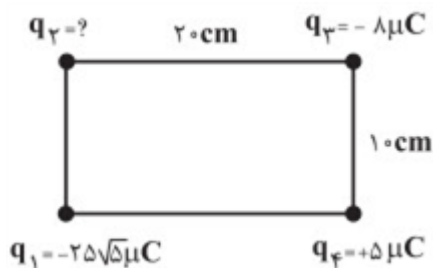
$4\sqrt{2}$ (۳)

$-\sqrt{2}$ (۲)

$\sqrt{2}$ (۱)

۴۷ مطابق شکل زیر، چهار ذره‌ی باردار q_1, q_2, q_3 و q_4 در چهار گوشه‌ی مستطیل واقع شده‌اند. اگر برابندی نیروهای وارد بر بار q_3 از طرف سه بار q_1, q_2 و q_4 صفر باشد، q_2 چند میکروکولن است؟

$$\left(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \right)$$



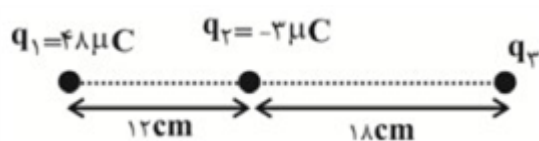
۴۰ (۴)

۴۰ (۳)

۱۰ (۲)

۱۰ (۱)

۴۸ مطابق شکل زیر، سه بار الکتریکی نقطه‌ای بر روی یک خط راست قرار دارند. بار الکتریکی q_3 را چند سانتی‌متر و به کدام سمت جابه‌جا کنیم تا برابندی نیروهای الکتریکی وارد بر آن صفر شود؟



۴، چپ (۴)

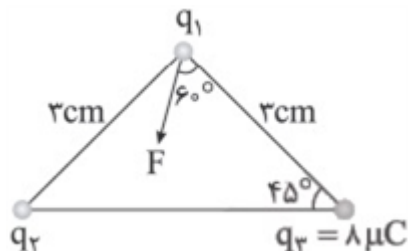
۴، راست (۳)

۱۴، راست (۲)

۱۴، چپ (۱)

۴۹ در شکل مقابل، بردار نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_1 از طرف دو بار دیگر نشان داده شده است. بار q_2 چند

میکروکولن است؟ $\left(\sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}, k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \right)$



$-4\sqrt{3}$ (۴)

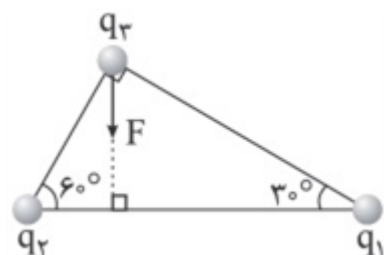
$4\sqrt{3}$ (۳)

$8\sqrt{3}$ (۲)

$-8\sqrt{3}$ (۱)

۵۰ در شکل مقابل برابندی نیروهای وارد بر بار q_2 از طرف دو بار q_1 و q_3 برابر با $\vec{F}$ است. حاصل $\frac{q_1}{q_2}$ کدام است؟

$$\left(\sin 30^\circ = \frac{1}{2} \right)$$



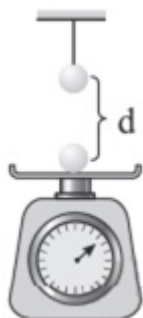
$\frac{1}{2}$ (۴)

۲ (۳)

$\frac{\sqrt{3}}{3}$ (۲)

$\sqrt{3}$ (۱)

۵۱ دو گوی به جرم‌های 4mg و بارهای الکتریکی $+8\text{nC}$ و -8nC در فاصله‌ی d از هم قرار دارند. d چند سانتی‌متر باشد تا عددی که ترازوی فنری نمایش می‌دهد، صفر شود؟ ($g = 10 \frac{m}{s^2}$)



۶ (۴)

۶۰ (۳)

۱۲ (۲)

۱۲۰ (۱)

۵۲ کدام گزینه نشان‌دهنده‌ی یکای ضریب گذردهی الکتریکی خلاء در SI است؟

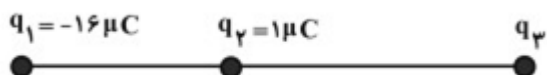
$\frac{N}{C^2 \cdot m^2}$ (۴)

$\frac{N}{C \cdot m}$ (۳)

$\frac{C^2}{N \cdot m^2}$ (۲)

$\frac{m^2}{C^2 \cdot N}$ (۱)

۵۳ در شکل زیر هر سه بار الکتریکی در حال تعادل هستند. بار q_3 چند میکروکولن است؟



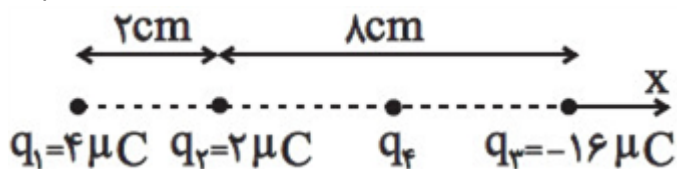
$-\frac{16}{9}$ (۴)

$\frac{16}{9}$ (۳)

$-\frac{4}{3}$ (۲)

$\frac{4}{3}$ (۱)

۵۴ در شکل زیر، برآیند نیروهای وارد بر بار q_2 از طرف بارهای دیگر صفر است. اگر فقط علامت بار q_3 تغییر کند، در حالت جدید برآیند نیروهای وارد بر بار q_2 برحسب نیوتون کدام خواهد بود؟



$+180 \vec{i}$ (۴)

$+90 \vec{i}$ (۳)

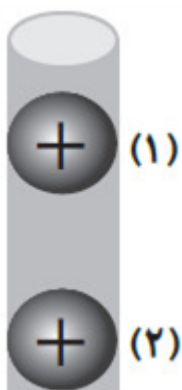
$-180 \vec{i}$ (۲)

$-90 \vec{i}$ (۱)

۵۵

از هر کدام از دو گوی مشابه و خنثی که دارای جرم‌های برابر هستند، تعداد ۶۲۵×۱۰^۸ الکترون جدا می‌کنیم. جرم گلوله‌ها چند گرم باشد تا در حالت تعادل و مطابق شکل مقابل، مرکز گوی ۱ در فاصله ۱ cm از گوی ۲ به حالت تعادل قرار گیرد؟ (از اصطکاک و جرم الکترون‌ها صرف‌نظر شود، $g = ۱۰ \frac{N}{kg}$ ، $e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} C$ و

$$(k = ۹ \times ۱۰^۹ \frac{N \cdot m^2}{C^2})$$



۳ (۴)

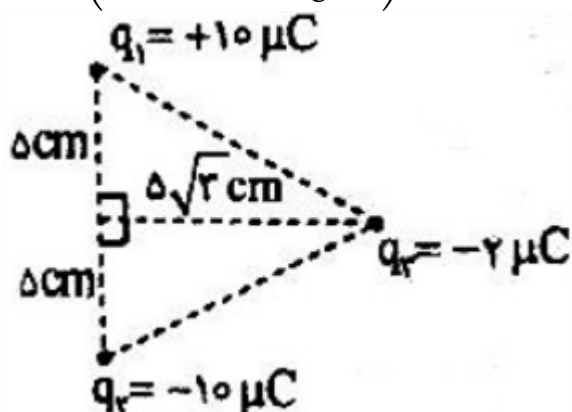
۱/۴۴ (۳)

۲/۵ (۲)

۰/۹ (۱)

۵۶

با توجه به شکل، نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_3 برحسب نیوتن کدام است؟ $(K = ۹ \times ۱۰^۹ \frac{N \cdot m^2}{C^2})$



$-۹\sqrt{۳} \vec{j}$ (۴)

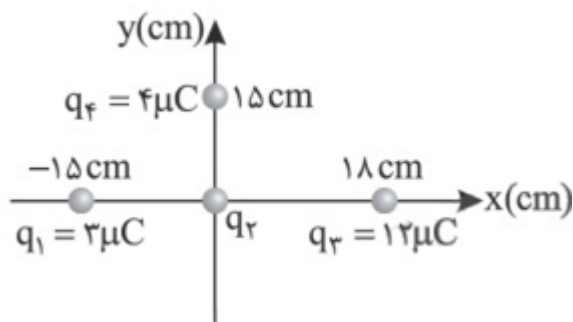
$۹\sqrt{۳} \vec{j}$ (۳)

$-۱۸\sqrt{۳} \vec{j}$ (۲)

$۱۸\sqrt{۳} \vec{j}$ (۱)

۵۷

در شکل مقابل، بارهای q_1 ، q_2 و q_3 به ترتیب در مکان‌های $x = -۱۵ \text{ cm}$ ، $y = ۱۵ \text{ cm}$ و $x = ۱۸ \text{ cm}$ قرار دارند. بار q_3 را چند سانتی‌متر و در چه جهتی جابه‌جا کنیم تا نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_2 از طرف سه ذره‌ی دیگر کم‌ترین مقدار خود را داشته باشد؟



۳ سانتی‌متر به سمت چپ (۲)

۶ سانتی‌متر به سمت چپ (۱)

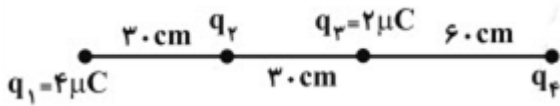
۱۲ سانتی‌متر به سمت راست (۴)

۶ سانتی‌متر به سمت راست (۳)

۵۸ دو پروتون در چه فاصله‌ای به یکدیگر نیروی $16 \times 10^{-13} N$ وارد می‌کنند؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19}$)

- ۱۶ nm (۱) ۱۲ nm (۲) ۲۴ nm (۳) ۱۸ nm (۴)

۵۹ در شکل زیر، اگر نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_2 صفر باشد، بار q_4 چند میکروکولن است؟



- ۸ (۱) -۸ (۲) ۱۸ (۳) -۱۸ (۴)

۶۰ مطابق شکل اگر برابند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_3 برابر با $\vec{F}$ و نیرویی که بار q_3 به q_2 وارد می‌کند برابر با $3\vec{F}$ باشد، حاصل $\frac{q_2}{q_1}$ در کدام گزینه آمده است؟

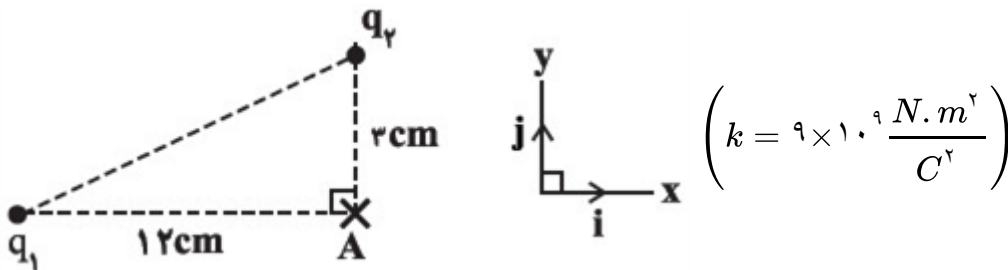


- ۳ (۱) -۳ (۲) $\frac{2}{3}$ (۳) $-\frac{2}{3}$ (۴)

۶۱ مطابق شکل مقابل، دو ذره باردار در رأس‌های یک مثلث قائم‌الزاویه قرار دارند و میدان برابند در رأس قائمه مثلث

$$\vec{E} = \frac{9}{8} \times 10^9 \vec{i} \left(\frac{N}{C} \right) + 6 + 10^9 \vec{j} \left(\frac{N}{C} \right)$$

برقراری تعادل، آن‌ها را جدا نموده و به سر جایشان برگردانیم، میدان برابند در نقطه A در SI کدام خواهد بود؟



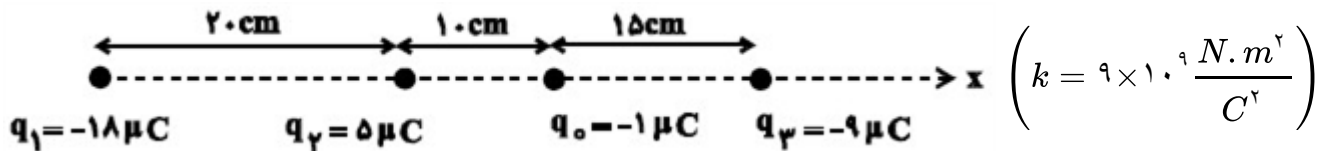
$$\frac{3}{8} \times 10^9 \vec{i} - 6 \times 10^9 \vec{j} \quad (۲)$$

$$\frac{3}{8} \times 10^9 \vec{i} + 6 \times 10^9 \vec{j} \quad (۱)$$

$$\frac{1}{8} \times 10^9 \vec{i} - 3 \times 10^9 \vec{j} \quad (۴)$$

$$\frac{1}{8} \times 10^9 \vec{i} + 3 \times 10^9 \vec{j} \quad (۳)$$

۶۲ در شکل زیر، برابند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_4 از طرف دیگر بارها برحسب واحد SI کدام است؟



$$-6/3 \vec{i} \quad (۴)$$

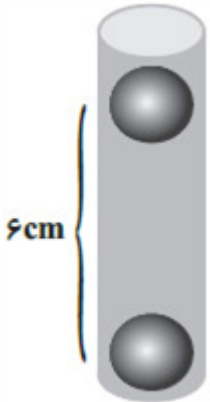
$$6/3 \vec{i} \quad (۳)$$

$$-2/7 \vec{i} \quad (۲)$$

$$2/7 \vec{i} \quad (۱)$$

۶۳ در شکل مقابل، دو گوی کوچک و مشابه هر کدام به جرم $g/5$ و بار یکسان q ، در فاصله 6 cm از هم به حالت تعادل قرار دارند. تعداد الکترون کنده شده از هر گوی نسبت به حالت خنثی چقدر است؟

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



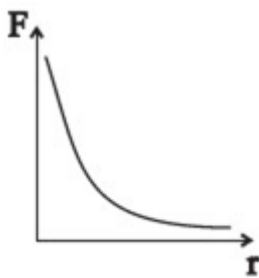
۱ $6/25 \times 10^{13}$ (۴)

۲ $6/25 \times 10^{12}$ (۳)

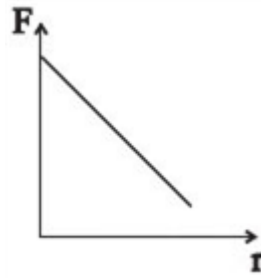
۳ $6/25 \times 10^{11}$ (۲)

۴ $6/25 \times 10^{10}$ (۱)

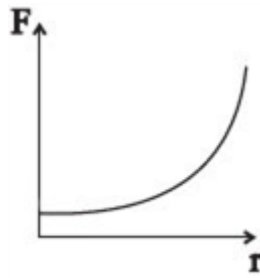
۶۴ نمودار نیروی الکتریکی بر حسب فاصله بین دو ذره باردار مطابق با کدام است؟



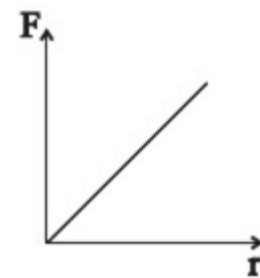
(۴)



(۳)



(۲)



(۱)

۶۵ چهار بار الکتریکی داده شده با اختلاف مکانی به اندازه $\frac{\pi}{4}$ نسبت به یکدیگر در چهار نقطه از دایره‌ای به شعاع 3 cm قرار دارند. اگر بار $2\mu C$ در مرکز دایره قرار گیرد، برآیند نیروهای وارد بر آن چند نیوتن است؟

$$\left(k = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \right) (q_1 = 2\mu C, q_2 = -3\mu C, q_3 = 4\mu C, q_4 = 1\mu C)$$

۱ $80\sqrt{5}$ (۴)

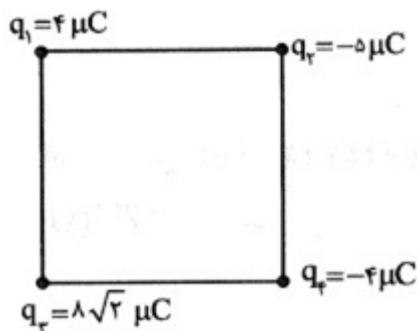
۲ $80\sqrt{3}$ (۳)

۳ $40\sqrt{5}$ (۲)

۴ $40\sqrt{3}$ (۱)

۶۶ چهار ذره باردار مطابق شکل زیر، در رأس‌های یک مربع به ضلع 30 cm قرار دارند. اگر بار q_3 را حذف کنیم، اندازه نیروی خالص وارد بر q_4 چند نیوتن تغییر می‌کند؟

$$\left(\sqrt{2} \approx 1/4, K = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \right)$$



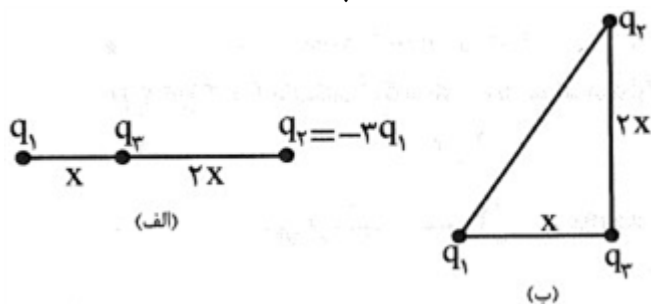
۱ $1/8$ (۴)

۲ $0/8$ (۳)

۳ $1/4$ (۲)

۴ $1/2$ (۱)

۶۷ دو بار الکتریکی q_1 و q_2 را در دو وضعیت مطابق شکل‌های (الف) و (ب) در مجاورت بار q_3 قرار می‌دهیم. اگر نیروی خالص وارد بر q_3 در شکل (الف) برابر 14 N باشد، نیروی خالص وارد بر q_3 در شکل (ب) چند نیوتن است؟



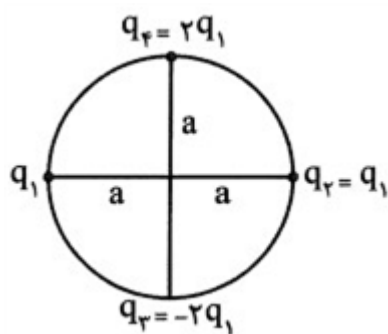
۱۲ (۴)

۱۰ (۳)

۷ (۲)

۵ (۱)

۶۸ در شکل زیر اگر نیروی الکتریکی بین دو بار q_1 و q_2 برابر 10 N باشد، نیروی الکتریکی خالص وارد بر q_4 چند نیوتن است؟ ($\sqrt{2} \approx 1/4$)



۲۲ (۴)

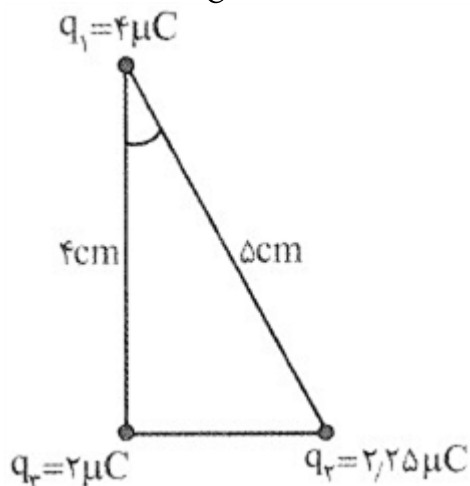
۱۸ (۳)

۱۶ (۲)

۱۲ (۱)

۶۹ در شکل مقابل نیروی خالص وارد بر q_3 چند نیوتن است؟

$$(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}, \sqrt{2} \approx 1/4)$$



۷۲ (۴)

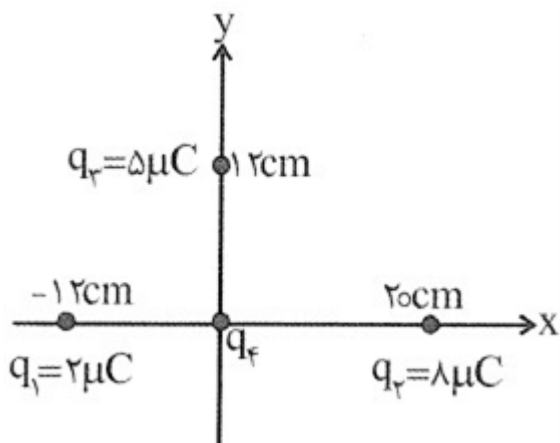
۶۳ (۳)

۵۴ (۲)

۴۵ (۱)

۷۰

در شکل مقابل بار q_2 را چند سانتی‌متر در جهت مناسب جابه‌جا کنیم تا نیروی خالص وارد بر بار q_2 واقع در مبدأ مختصات کمترین مقدار ممکن شود؟



۸ cm (۴)

۶ cm (۳)

۴ cm (۲)

۲ cm (۱)

۷۱

دو بار نقطه‌ای با اندازه یکسان از فاصله 10 cm بر هم نیروی جاذبه وارد می‌کنند. اگر ۲۵٪ یکی از بارها را به دیگری منتقل کرده و فاصله بین آن‌ها از 20 cm افزایش دهیم، نیروی الکتریکی بین آن‌ها چند برابر می‌شود؟

$\frac{5}{48}$ (۴)

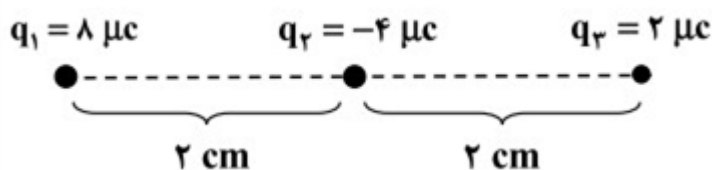
$\frac{15}{16}$ (۳)

$\frac{1}{16}$ (۲)

$\frac{5}{16}$ (۱)

۷۲

در شکل زیر، نیروی خالص وارد بر بار q_1 نسبت به نیروی خالص وارد بر بار q_2 چگونه است؟



۳ برابر و هم‌جهت با آن (۲)

۷ برابر و هم‌جهت با آن (۱)

۳ برابر و در خلاف جهت آن (۴)

۷ برابر و در خلاف جهت آن (۳)

۷۳

در شکل زیر بار $q' = +1\text{ C}$ را در چه نقطه‌ای قرار دهیم تا به حال تعادل بماند؟



M (۴)

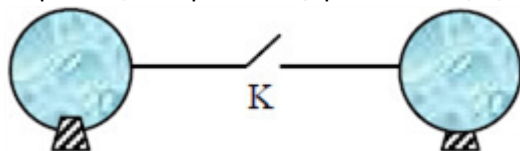
C (۳)

N (۲)

D (۱)

۷۴

دو کره فلزی کوچک و هم‌اندازه که روی پایه عایق قرار دارند، دارای بار الکتریکی اند و اندازه نیروی جاذبه بین آن‌ها در فاصله d برابر F است. اگر با بستن کلید، دو کره را توسط سیم رابط به هم تماس دهیم، اندازه نیروی الکتریکی بین دو



کره چگونه تغییر می‌کند؟

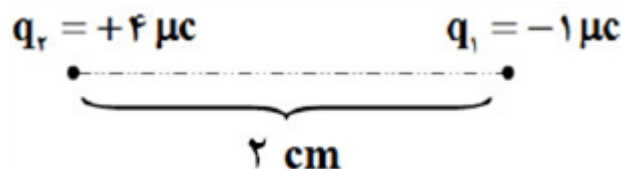
الزاماً افزایش می‌یابد. (۱)

کاهش یافته یا ممکن است ثابت بماند. (۲)

افزایش یافته یا ممکن است ثابت بماند. (۳)

بستگی به شرایط ممکن است افزایش یا کاهش یافته و یا حتی ثابت بماند. (۴)

۷۵ دو بار $-1\mu C$ و $+4\mu C$ در فاصله 2 cm یکدیگر ثابت شده‌اند. بار $+8\mu C$ را در محلی معین قرار می‌دهیم که نیروی خالص وارد بر آن صفر می‌شود. در این شرایط، نیروی خالص وارد بر بار q_1 چند نیوتن خواهد بود؟



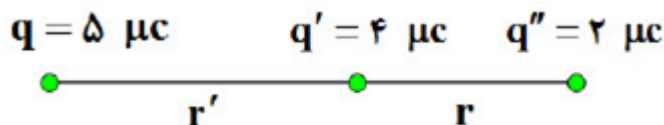
۳۶۰ (۴)

۲۷۰ (۳)

۱۸۰ (۲)

۹۰ (۱)

۷۶ اگر در شکل زیر، نیروی بین q و q' ، 8 برابر نیروی بین q و q'' باشد، r' چند برابر r است؟



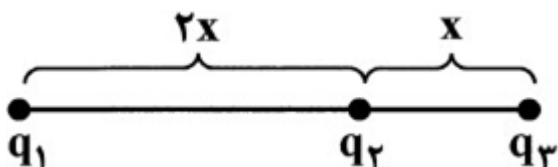
۱ (۴)

۴ (۳)

۲ (۲)

$\frac{1}{2}$ (۱)

۷۷ سه بار نقطه‌ای مطابق شکل روبه‌رو ثابت شده‌اند و نیروی خالص الکتریکی وارد بر هر یک از آن‌ها صفر است. $\frac{q_3}{q_2}$ چه قدر است؟



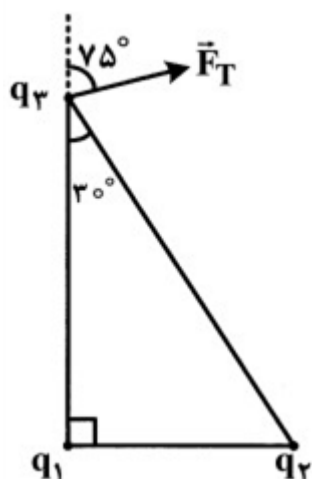
$-\frac{9}{4}$ (۴)

$\frac{9}{4}$ (۳)

$-\frac{1}{9}$ (۲)

$\frac{1}{9}$ (۱)

۷۸ در شکل زیر، نیروی خالص وارد بر بار q_3 رسم شده است، $\frac{q_2}{q_1}$ کدام است؟



$\frac{2}{3}$ (۴)

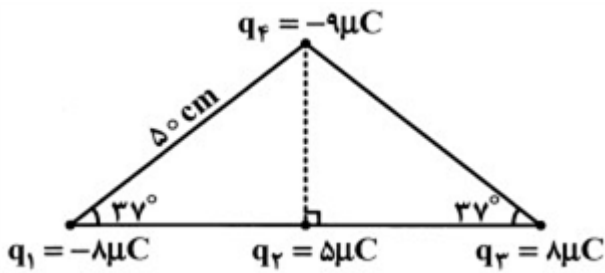
$-\frac{2}{3}$ (۳)

$\frac{4}{3}$ (۲)

$-\frac{4}{3}$ (۱)

۷۹ در شکل روبه‌رو چهار بار نقطه‌ای در سه رأس مثلث و وسط قاعده آن ثابت شده‌اند. نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_2 چند نیوتون است؟

$$\left(\sin 37^\circ = 0.6 \text{ و } k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \right)$$



۴ $9\sqrt{2}$

۳ $4/5\sqrt{2}$

۲ ۹

۱ ۴/۵

۸۰ دو بار الکتریکی q_1 و q_2 در فاصله r از هم قرار دارند و نیروی F را به هم وارد می‌کنند. فاصله این دو بار را چه اندازه افزایش دهیم تا نیروی $\frac{1}{4}F$ را به هم وارد کنند؟

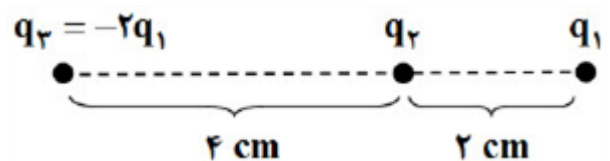
۴ $\frac{r}{4}$

۳ $\frac{r}{2}$

۲ $2r$

۱ r

۸۱ در شکل زیر، اگر محل دو بار q_1 و q_3 را جابه‌جا کنیم، اندازه نیروی خالص وارده از طرف این دو بار بر بار q_2 چند برابر می‌شود؟ (بارهای q_1 و q_2 را همنام فرض کنید.)



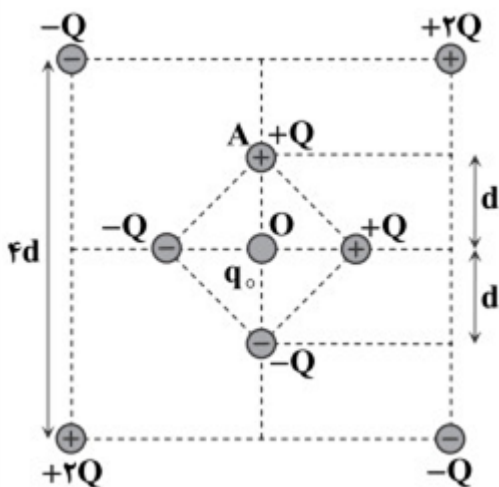
۴ $2/25$

۳ ۳

۲ $1/5$

۱ $1/25$

۸۲ مطابق شکل، ۸ ذره باردار در رئوس دو مربع هم‌مرکز قرار دارند و ذره‌ی باردار q در نقطه‌ی O ، مرکز مشترک هر دو مربع، قرار گرفته است. اگر اندازه‌ی نیرویی که بار $+Q$ واقع در نقطه‌ی A به بار q وارد می‌کند برابر F باشد، اندازه‌ی برابری نیروهای وارد بر q چند برابر F است؟



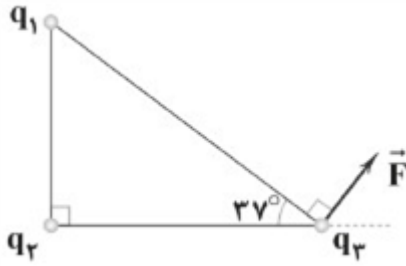
۴ ۴

۳ $2\sqrt{2}$

۲ ۲

۱ $\sqrt{2}$

۸۳ در شکل زیر، سه بار نقطه‌ای q_1 و q_2 و 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؟ $(\sin 53^\circ = 0.4, \sin 37^\circ = 0.6)$



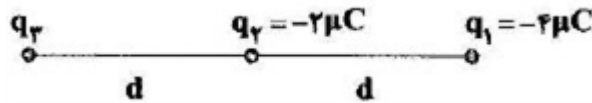
$\frac{4}{5}$ (۴)

$\frac{5}{4}$ (۳)

$\frac{3}{4}$ (۲)

$\frac{4}{3}$ (۱)

۸۴ در شکل زیر، اگر اندازه‌ی بار q_1 چهار برابر شود، اندازه‌ی برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_3 نسبت به حالت اولیه چند برابر می‌شود؟



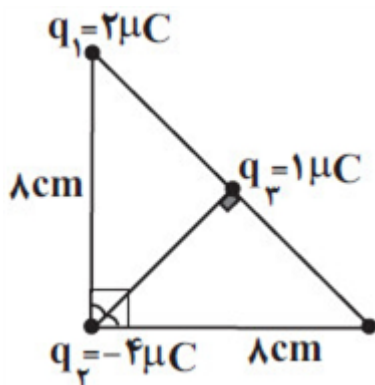
۴ (۴)

۲ (۳)

$2\sqrt{2}$ (۲)

$\sqrt{2}$ (۱)

۸۵ مطابق شکل مقابل، سه بار نقطه‌ای q_1 و q_2 و q_3 در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه‌ای قرار دارند. برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_3 از طرف بارهای q_1 و q_2 ، چند نیوتون است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2})$



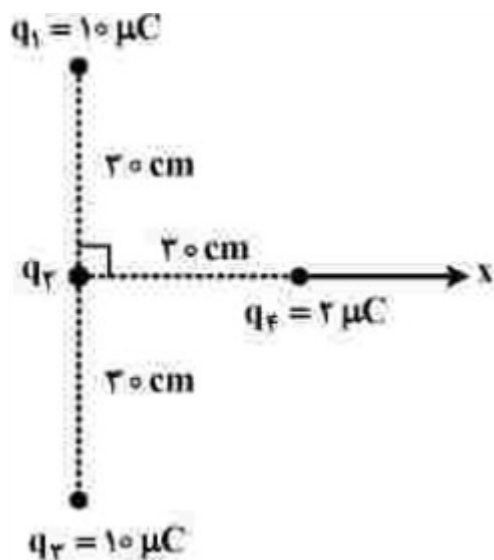
$\frac{\sqrt{5}}{32} \times 10^5$ (۴)

$\frac{90}{16}$ (۳)

$\frac{90}{16} \sqrt{5}$ (۲)

$\frac{\sqrt{15}}{16} \times 10^5$ (۱)

۸۶) چهار ذره باردار، مطابق شکل قرار دارند. اگر نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_4 برابر $\vec{i} \left[(\sqrt{2} - 2)N \right]$ باشد، q_2 چند میکروکولن است؟
 $\left(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \right)$



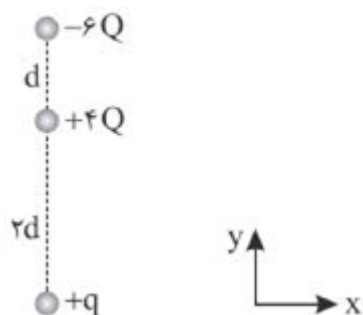
۱۰ (۴)

۵ (۳)

-۵ (۲)

-۱۰ (۱)

۸۷) اندازه نیروی کولنی بین دو بار $+Q$ و $+q$ در فاصله d برابر با F است. در شکل داده شده بردار نیروی خالص وارد بر بار $+q$ از طرف دو بار دیگر کدام است؟



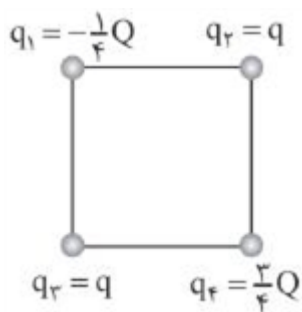
$-\frac{1}{3}F \vec{j}$ (۴)

$\frac{1}{3}F \vec{j}$ (۳)

$-\frac{2}{3}F \vec{j}$ (۲)

$\frac{2}{3}F \vec{j}$ (۱)

۸۸) در شکل زیر چهار ذره باردار در رأس‌های یک مربع قرار دارند. اگر نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_4 صفر باشد، $\frac{Q}{q}$ کدام است؟



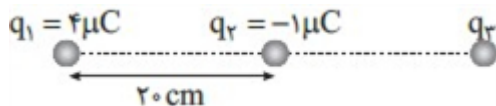
$-2\sqrt{2}$ (۴)

$2\sqrt{2}$ (۳)

$-8\sqrt{2}$ (۲)

$8\sqrt{2}$ (۱)

۸۹ در شکل مقابل نیروی الکتریکی خالص وارد بر هر یک از بارهای نقطه‌ای صفر است. اگر جای q_2 و q_3 را با هم عوض کنیم، اندازه‌ی نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_1 از طرف دو بار دیگر چند نیوتون خواهد شد؟



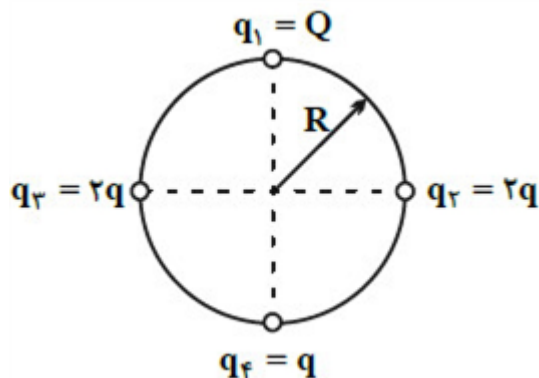
۱۷
۴ (۴)

۲۷
۸ (۳)

۷۵
۸ (۲)

۱۵۳
۴۰ (۱)

۹۰ 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_4 در حال تعادل باشد، نسبت $\frac{Q}{q}$ کدام است؟



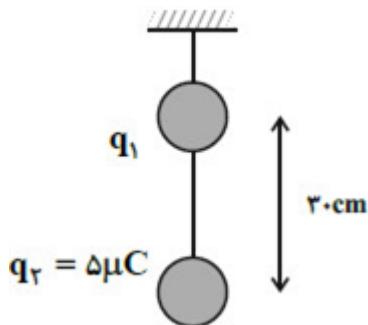
$-\sqrt[4]{2}$ (۴)

$\sqrt[4]{2}$ (۳)

$-\sqrt[8]{2}$ (۲)

$\sqrt[8]{2}$ (۱)

۹۱ مطابق شکل مقابل، دو گلولهٔ کوچک باردار با بارهای هم‌نام که جرم هر کدام $200g$ است، با نخ‌ی سبک به هم متصل و در حال تعادل‌اند. اگر در این حالت اندازهٔ نیروی کشش نخ بین دو گلوله برابر با $3N$ باشد، اندازهٔ بار q_1 چند میکروکولن است؟ $\left(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}, g = 10 \frac{N}{kg}\right)$



۵ (۴)

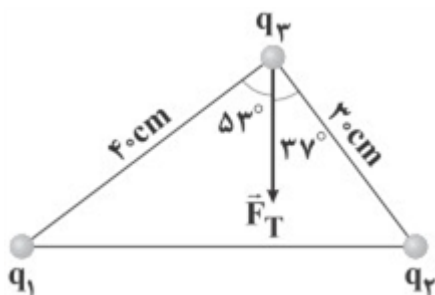
۴ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

۹۲

مطابق شکل زیر، سه بار الکتریکی نقطه‌ای q_1 ، q_2 و q_3 بر روی سه رأس یک مثلث قائم‌الزاویه ثابت شده‌اند. اگر $\vec{F}_T$ برابند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_3 از طرف بارهای q_1 و q_2 باشد، $\frac{q_1}{q_2}$ برابر کدام گزینه است؟
($\sin 53^\circ = 0.8$, $\cos 53^\circ = 0.6$)



$\frac{4}{5}$ (۴)

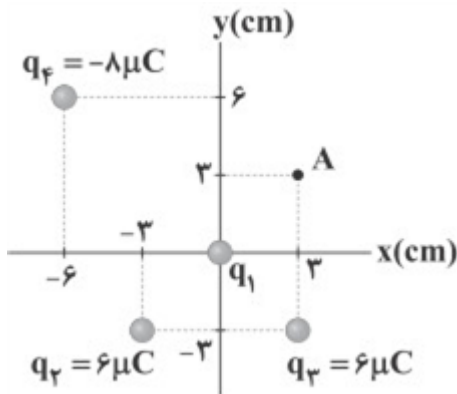
$\frac{5}{4}$ (۳)

$\frac{4}{3}$ (۲)

$\frac{3}{4}$ (۱)

۹۳

مطابق شکل، چهار بار الکتریکی نقطه‌ای در صفحه‌ی xy قرار دارند و به بار q_1 از طرف سه بار دیگر، نیروی الکتریکی خالصی به بزرگی 6 N وارد می‌شود. اندازه‌ی میدان الکتریکی که بار q_1 در نقطه‌ی A ایجاد می‌کند، چند واحد SI است؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$)



3×10^6 (۴)

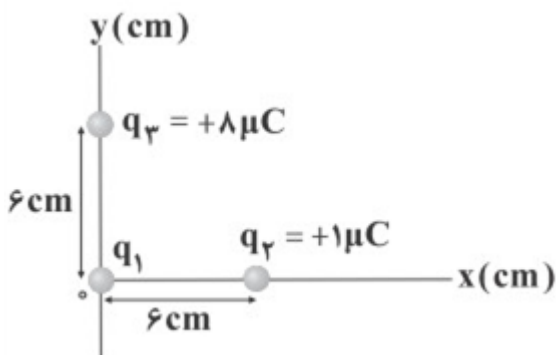
3×10^5 (۳)

6×10^6 (۲)

6×10^5 (۱)

۹۴

در شکل زیر، بار الکتریکی نقطه‌ای $q_2 = -2 \mu\text{C}$ را در چه نقطه‌ای قرار دهیم تا بردار برابند نیروهای الکتریکی وارد بر بار الکتریکی q_1 از طرف دو بار دیگر برابر با $10 \vec{i}$ برحسب نیوتون شود؟



$y = 6 \text{ cm}$ (۴)

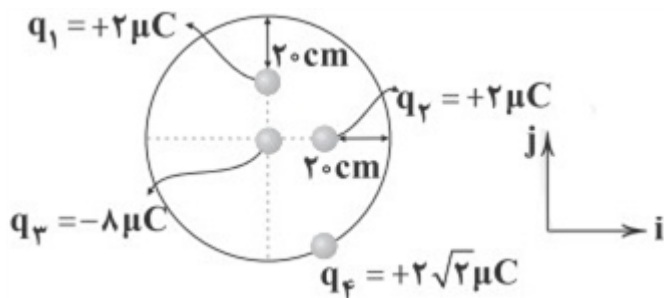
$y = 3 \text{ cm}$ (۳)

$x = 6 \text{ cm}$ (۲)

$x = 3 \text{ cm}$ (۱)

مطابق شکل زیر، سه بار الکتریکی نقطه‌ای q_1 ، q_2 و q_3 ثابت شده‌اند و بار الکتریکی نقطه‌ای q_4 روی محیط دایره‌ای به شعاع 40 cm در حال گردش به دور بار q_3 می‌باشد. بردار نیروی الکتریکی برآیند بیشینه‌ی وارد بر ذره‌ی q_4 برحسب نیوتون در کدام گزینه به درستی آمده است؟

(بار q_3 در مرکز دایره است و $k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$)



$$\frac{4}{5} \vec{i} + \frac{4}{5} \vec{j} \quad \text{۴}$$

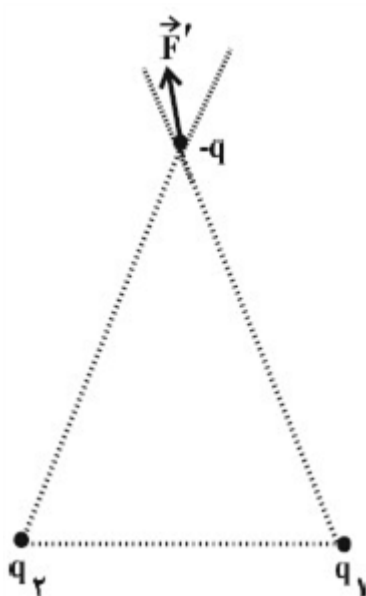
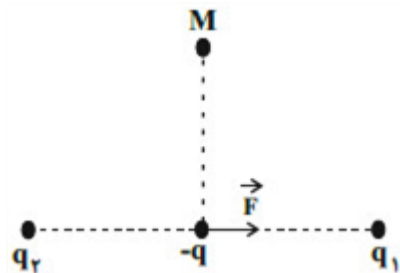
$$\frac{3}{6} \vec{i} - \frac{4}{2} \vec{j} \quad \text{۳}$$

$$\frac{4}{5} \vec{i} - \frac{4}{5} \vec{j} \quad \text{۲}$$

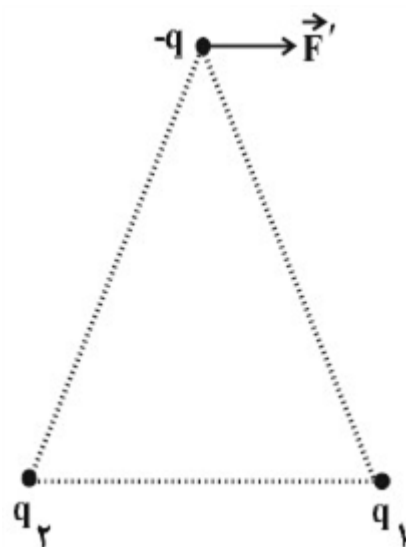
$$\frac{4}{2} \vec{i} + \frac{3}{6} \vec{j} \quad \text{۱}$$

اگر بار $-q$ را مطابق شکل مقابل، در وسط فاصله‌ی بین بارهای q_1 و q_2 قرار دهیم، نیروی الکتریکی خالص وارد بر آن $\vec{F}$ خواهد شد. اگر بار $-q$ را به نقطه‌ی M منتقل کنیم، نیروی الکتریکی خالص وارد بر آن از طرف q_1 و q_2 کدام

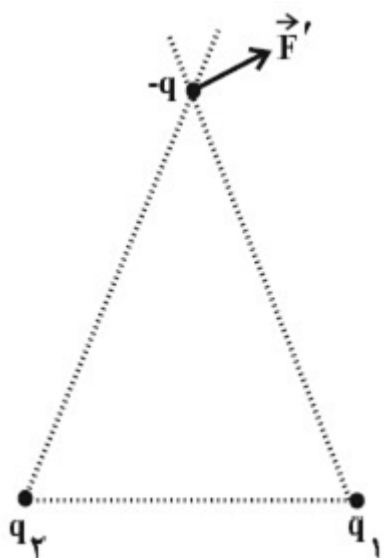
گزینه نمی‌تواند باشد؟



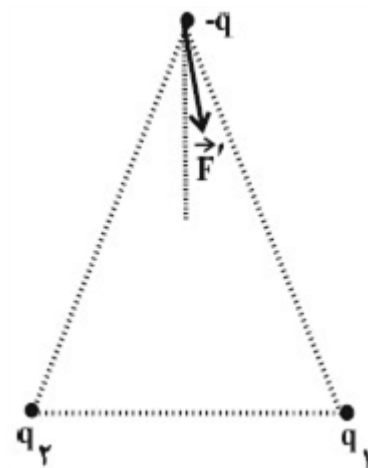
۲



۱

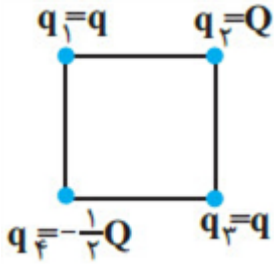


۴



۳

۹۷) چهار ذره‌ی باردار در رأس‌های یک مربع قرار دارند. برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر ذره‌ی باردار q_2 از طرف سه بار دیگر صفر است. نسبت $\frac{Q}{q}$ کدام است؟



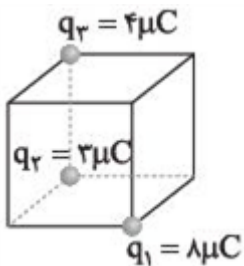
۲) $+4\sqrt{2}$

۱) $+2\sqrt{2}$

۴) $-4\sqrt{2}$

۳) $-2\sqrt{2}$

۹۸) سه بار الکتریکی q_1 ، q_2 و q_3 مطابق شکل در سه راس مکعبی به ضلع ۶ cm قرار گرفته‌اند. برآیند نیروهای وارد بر بار q_2 در SI کدام است؟ $\left(K = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}\right)$



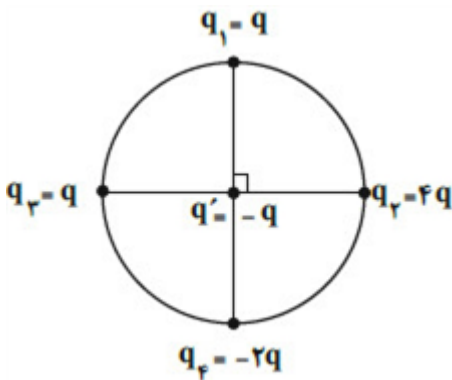
۴) ۳۰

۳) $30\sqrt{3}$

۲) $30\sqrt{5}$

۱) $30\sqrt{2}$

۹۹) مطابق شکل مقابل چهار بار الکتریکی نقطه‌ای $q_1 = q_3 = q$ و $q_2 = 4q$ و $q_4 = -2q$ روی محیط دایره‌ای قرار دارند. بار $q' = -q$ روی مرکز دایره قرار گرفته و اندازه‌ی نیرویی که از طرف بار q_1 بر آن وارد می‌شود برابر با ۱ N است. اندازه‌ی برآیند نیروهای وارد بر بار q' چند نیوتون است؟



۲) $3\sqrt{2}$

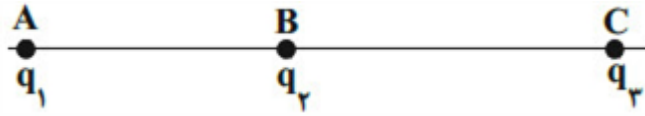
۱) ۳

۴) صفر

۳) $\sqrt{34}$

۱۰۰

مطابق شکل زیر، سه بار الکتریکی نقطه‌ای در حال تعادل هستند. اگر در نقطه‌ی B به جای بار q_2 بار $q'_2 = -q_2$ قرار



دهیم، آن‌گاه الزاماً:

۱) بار q'_2 در حال تعادل است.

۲) بار q_1 در حال تعادل است.

۳) بار q_3 در حال تعادل است.

۴) هر سه در حال تعادل باقی می‌مانند.

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. این شکل مربوط به ترازوی پیچشی کولن است که شارل آگوستین کولن برای نخستین بار با انجام آزمایش‌های ساده و هوشمندانه توانست عامل‌های مؤثر بر نیروی الکتریکی بین دو ذره‌ی باردار را که اصطلاحاً بار نقطه‌ای خوانده می‌شوند، شناسایی کند. نتیجه‌ی آزمایش‌های این دانشمند قانون کولن خوانده می‌شود و طبق این قانون اندازه‌ی نیروی الکتریکی بین دو بار نقطه‌ای که در راستای خط واصل آن‌ها اثر می‌کند، با مربع فاصله‌ی بین آن‌ها نسبت وارون دارد و با حاصل‌ضرب بزرگی بار آن‌ها متناسب است.

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. چون ذرات ناهمنام هستند، نیروی بین آن‌ها جاذبه است و همچنین داریم:

$$F = 90 \cdot \frac{|q_1 q_2|}{r^2} \Rightarrow F = 90 \times \frac{3 \times 4}{(36)} \Rightarrow F = 30 (N)$$

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. تنها گزینه ۴ درست است.

با بررسی گزینه ۴ در قانون کولن داریم:

$$\begin{cases} r' = 1/2 r \\ q_1' = 1/4 q_1 \\ q_2' = q_2 \end{cases}$$

$$\frac{F'}{F} = \frac{|q_1' q_2'|}{|q_1 q_2|} \cdot \left(\frac{r}{r'} \right)^2 \Rightarrow \frac{F'}{F} = 1/4 \times \frac{1}{1/4} = 1$$

سایر گزینه‌ها از قانون کولن پیروی نمی‌کنند.

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. بار q_1 ، q_3 را جذب می‌کند. پس $\vec{F}_{13}$ در جهت محور x است و بار q_2 ، q_3 را دفع می‌کند. پس $\vec{F}_{23}$ خلاف جهت محور y است و داریم:

$$\begin{cases} F_{13} = 90 \cdot \frac{|q_1 q_3|}{r_{13}^2} \\ F_{23} = 90 \cdot \frac{|q_2 q_3|}{r_{23}^2} \end{cases}$$

$$F_{13} = 90 \times \frac{1 \times 2}{(2)^2} = 20 (N)$$

$$F_{23} = 90 \times \frac{2 \times 8}{(4)^2} = 90 (N)$$

$$\vec{F} = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} = F_{13} \vec{i} - F_{23} \vec{j} \Rightarrow \vec{F} = 20 \vec{i} - 90 \vec{j}$$

گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

$$F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{|q_1' q_2'|}{|q_1 q_2|} \times \left(\frac{r}{r'} \right)^2 \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{60}{100} \times \frac{60}{100} \times \left(\frac{r}{1/100 r} \right)^2$$

$$\Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{36}{100} \times \frac{100}{144} = \frac{36}{144} = \frac{1}{4} \Rightarrow F' = \frac{1}{4} F$$

پس نیروی بین دو بار ۷۵٪ کاهش می‌یابد.

۶

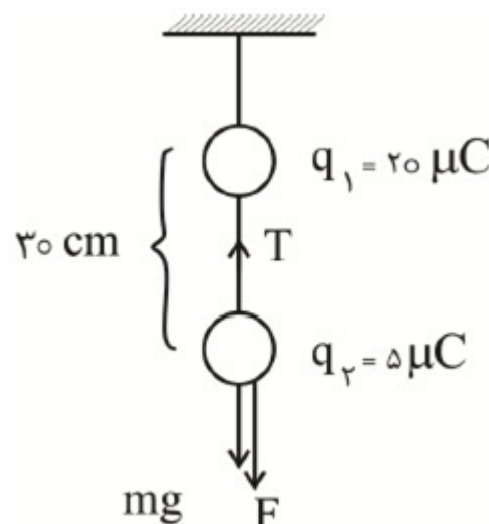
گزینه ۲ پاسخ صحیح است. نیروهای وارد بر ذره باردار q_2 عبارتند از: ۱- نیروی کشش نخ T ۲- نیروی وزن mg ۳- نیروی

دافعه الکتریکی F

زیرا q_2 در حال تعادل است. پس:

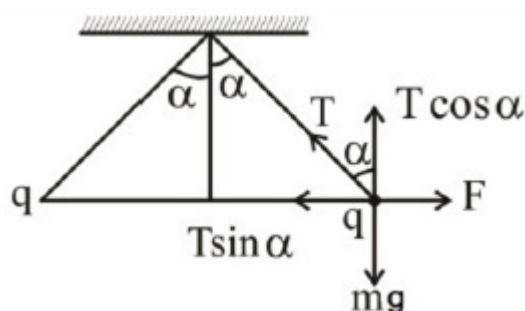
$$T = F + mg \Rightarrow T = 90 \times \frac{20 \times 5}{(30)^2} + (0.4) \times 10$$

$$\Rightarrow T = 10 + 4 = 14(N)$$



گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

۷



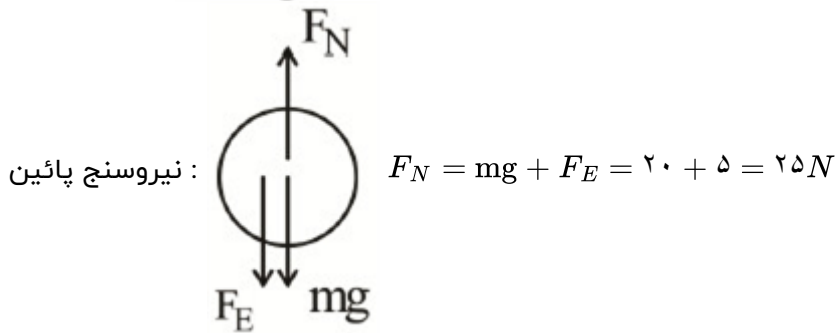
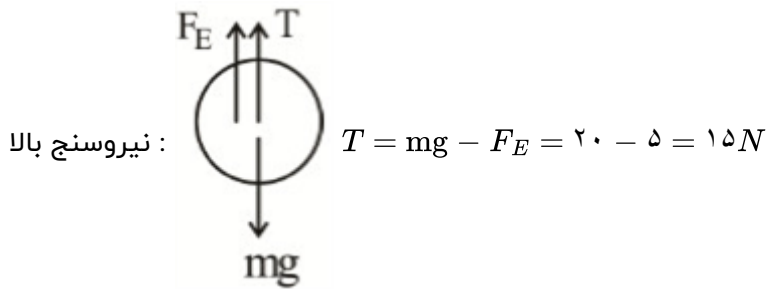
$$\left. \begin{array}{l} T \sin \alpha = F \\ T \cos \alpha = mg \end{array} \right\} \Rightarrow \tan \alpha = \frac{F}{mg}$$

$$\Rightarrow \tan \alpha = \frac{90 \times \frac{0.7 \times 0.7}{36}}{0.4 \times 10} = \frac{17}{36} = \frac{3}{4}$$

$$\Rightarrow \tan \alpha = \frac{0.7}{0.8} \Rightarrow \sin \alpha = 0.7 \Rightarrow \alpha = 37^\circ \quad \theta = 2\alpha \Rightarrow \theta = 74^\circ$$

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. ۸

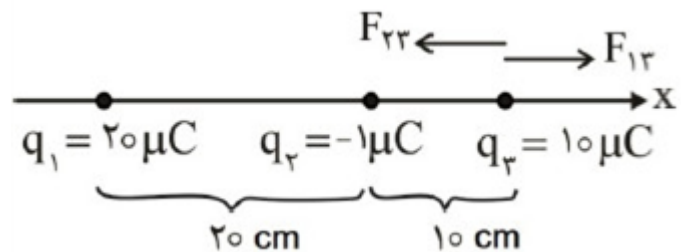
$$F_E = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 (2 \times 10^{-6})(4 \times 10^{-6})}{(12 \times 10^{-2})^2} = 5N$$



گزینه ۳ پاسخ صحیح است. مطابق قانون کولن داریم: ۹

$$F \propto \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \xrightarrow[|q_1'|=\frac{r}{r'}|q_1|, |q_2'|=\frac{r}{r'}|q_2|, r'=\frac{r}{r}]}{F'} = \frac{\frac{r}{r'} \times \frac{r}{r'}}{\left(\frac{1}{r'}\right)^2} = 9$$

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. ۱۰



$$\vec{F}_{12} = \left(90 \times \frac{20 \times 10}{(20)^2} \right) \vec{i} = 20 \vec{i}$$

$$\vec{F}_{23} = \left(90 \times \frac{1 \times 10}{(10)^2} \right) (-\vec{i}) = -9 \vec{i}$$

$$\vec{F}_{tr} = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{23} = 20 \vec{i} - 9 \vec{i} = 11 \vec{i}$$

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. فرض $q_2 = 1 \mu C$ ۱۱

$$F_{12} = 8 \times 10^{-2} = 90 \times \frac{|q_1|}{9 \times 10^4} \Rightarrow q_1 = +8 \mu C$$

$$F_{23} = 6 \times 10^{-2} \Rightarrow q_2 = -6 \mu C$$

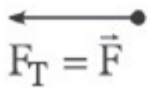
$$\frac{q_2}{q_1} = -\frac{3}{4}$$

۱۲

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. ابتدا در حالت اول نیروی وارد بر q_2 را به دست می‌آوریم (q_2 را مثبت فرض می‌کنیم). دقت کنید چون می‌خواهیم نسبت بگیریم نیازی نیست واحدها در SI باشد.

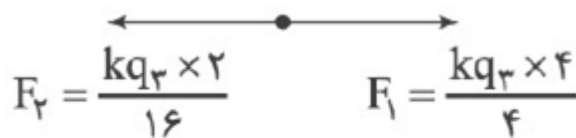


$$F_2 = \frac{kq_2 \times 2}{4} \quad F_1 = \frac{kq_2 \times 4}{16}$$



$$F_T = \vec{F}$$

$$\Rightarrow F_T = \frac{kq_2 \times 2}{4} - \frac{kq_2 \times 4}{16} \Rightarrow F_T = \frac{kq_2}{2} - \frac{kq_2}{4} = \frac{kq_2}{4}$$



$$F_2 = \frac{kq_2 \times 2}{16} \quad F_1 = \frac{kq_2 \times 4}{4}$$

حالت دوم:



$$F'_T$$

$$F'_T = \frac{kq_2 \times 4}{4} - \frac{kq_2 \times 2}{16} \Rightarrow F'_T = kq_2 - \frac{kq_2}{8} = \frac{7kq_2}{8}$$

$$\left| \frac{F'_T}{F_T} \right| = \frac{\frac{7}{8}}{\frac{1}{4}} = \frac{7}{2}$$

دقت کنید نیروی برآیند در حالت اول به سمت چپ و در حالت دوم به سمت راست است، پس:

$$\vec{F}'_T = -\frac{7}{2} \vec{F}_T$$

۱۳

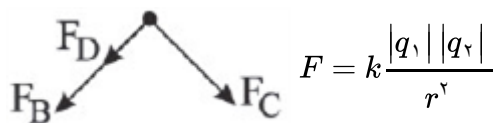
گزینه ۱ پاسخ صحیح است. طبق رابطه کولن:

$$\frac{F_2}{F_1} = \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2 \Rightarrow \frac{1}{9} = \left(\frac{r_1}{r_1 + 4} \right)^2$$

$$\frac{1}{3} = \frac{r_1}{r_1 + 4} \Rightarrow 3r_1 = 4 \Rightarrow r_1 = \frac{4}{3}m$$

۱۴

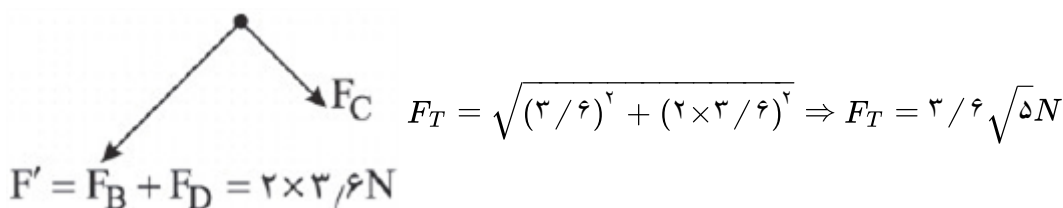
گزینه ۳ پاسخ صحیح است.



$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2}$$

$$F_B = F_C = F_D = \frac{9 \times 10^{-9} \times 4 \times 10^{-12}}{10^{-2}} = 3/6 N$$

$$F_B = F_C = F_D = 3/6 N$$



$$F_T = \sqrt{(3/6)^2 + (2 \times 3/6)^2} \Rightarrow F_T = 3/6 \sqrt{5} N$$

$$F' = F_B + F_D = 2 \times 3/6 N$$

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. با مقایسه دو نیروی F و F' داریم:

$$\frac{F'}{F} = \frac{\frac{k \times |q| \times |5q|}{r^2}}{\frac{k \times |2q| \times |5q|}{(r+6)^2}} \Rightarrow F' = \left(\frac{r+6}{r} \right)^2 \Rightarrow r = 20 \text{ cm}$$

حال کافی است قانون کولن را برای $F = 2/25 N$ بنویسیم:

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} \Rightarrow 2/25 = \frac{9 \times 10^9 \times |2q| \times |5q|}{0.16} \Rightarrow 0.36 = 9 \times 10^9 \times q^2 \Rightarrow q^2 = 4 \times 10^{-12}$$

$$\Rightarrow |q| = 2 \times 10^{-6} \text{ C} = 2 \mu\text{C} \Rightarrow |2q| = 4 \mu\text{C}$$

پس اندازه بار $2q$ برابر با $4 \mu\text{C}$ بوده است.

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. گام اول: محاسبه بار کره‌ها پس از تماس

$$q = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{6 + (-2)}{2} = 2 \text{ nC}$$

گام دوم: برابر قرار دادن نیروی وزن و نیروی الکتریکی

$$F_e = mg \Rightarrow \frac{kq_1 q_2}{r^2} = mg \Rightarrow \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-9} \times 2 \times 10^{-9}}{3 \times 3 \times 10^{-4}} = m \times 10 \Rightarrow m = 4 \text{ mg}$$

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. اگر طول وتر مثلث قائم‌الزاویه را d فرض کنیم، طبق مثلثات فاصله بین دو بار q_1 و q_2 برابر

با $\frac{d}{2}$ و فاصله بین دو بار q_2 و q_3 برابر با $\frac{\sqrt{3}}{2}d$ است. با استفاده از قانون کولن، داریم:

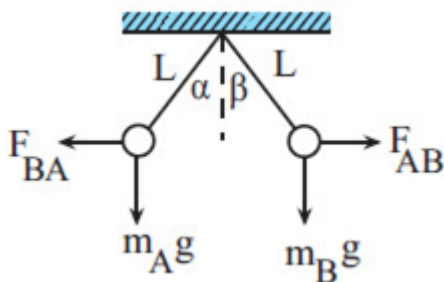
$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} \Rightarrow \frac{F_1}{F_2} = \frac{|q_1| |q_2|}{|q_2| |q_3|} \times \left(\frac{\frac{d}{2} \sqrt{3}}{\frac{d}{2}} \right)^2 \Rightarrow 1 = \frac{q_1}{q_3} \times 3 \Rightarrow q_3 = 3q_1$$

بنابراین:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{|q_1| |q_3|}{|q_1| |q_2|} \times \left(\frac{\frac{d}{2}}{d} \right)^2 \xrightarrow[q_2=3q_1]{q_1=q_2} \frac{F_2}{F_1} = \frac{3q_1}{q_1} \times \frac{1}{9} \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \frac{3}{9}$$

دقت کنید در حل این سؤال، بارهای q_1 ، q_2 و q_3 مثبت فرض شده‌اند که علامت آن‌ها تأثیری در نتیجه نهایی ندارد.

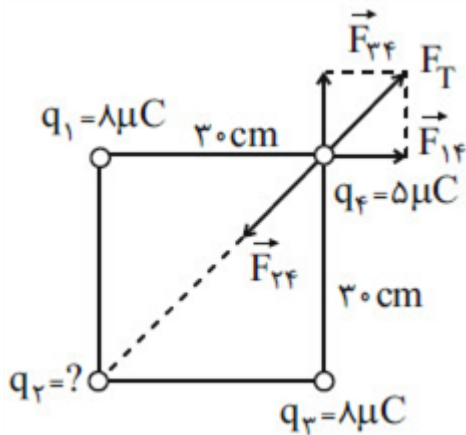
گزینه ۳ پاسخ صحیح است. نیروهای وارد بر جسم را رسم می‌کنیم.



$$m_A g = m_B g, \quad \left| \vec{F}_{AB} \right| = \left| \vec{F}_{BA} \right| = BA \Rightarrow \alpha = \beta$$

در واقع چون نیروهای وارد بر دو جسم مشابه هستند، زاویه‌های آلفا و بتا با هم برابرند.

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. q_1 و q_3 با q_4 هم‌نام بوده و آن را دفع می‌کنند و چون $|q_1| = |q_3|$ و فاصله هر دو با q_4 یکسان است، پس داریم: $F_{14} = F_{34}$ و برآیند آن‌ها (F_T) در راستای خط واصل q_2 و q_4 قرار دارد و چون q_4 در تعادل است، پس باید q_2 را جذب کرده و F_T ، F_{24} را خنثی کند. لذا نوع بار q_2 ، منفی است.



$$F_{14} = F_{34} = k \frac{|q_1||q_4|}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (4 \times 10^{-6}) \times (5 \times 10^{-6})}{(30 \times 10^{-2})^2}$$

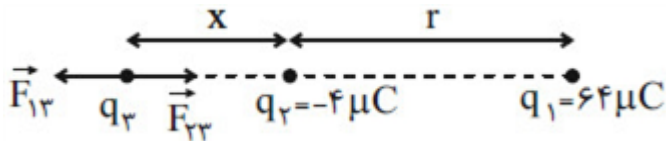
$$\Rightarrow F_{14} = F_{34} = 4 \text{ N}$$

$$F_T = \sqrt{F_{14}^2 + F_{34}^2} = \sqrt{4^2 + 4^2} = \sqrt{32} = 4\sqrt{2} \text{ N}$$

$$F_T = F_{24} \Rightarrow 4\sqrt{2} = k \frac{|q_2||q_4|}{r^2} \Rightarrow 4\sqrt{2} = \frac{9 \times 10^9 \times |q_2| \times (5 \times 10^{-6})}{(30\sqrt{2} \times 10^{-2})^2}$$

$$\Rightarrow |q_2| = 16\sqrt{2} \mu\text{C} \xrightarrow{q_2 < 0} q_2 = -16\sqrt{2} \mu\text{C}$$

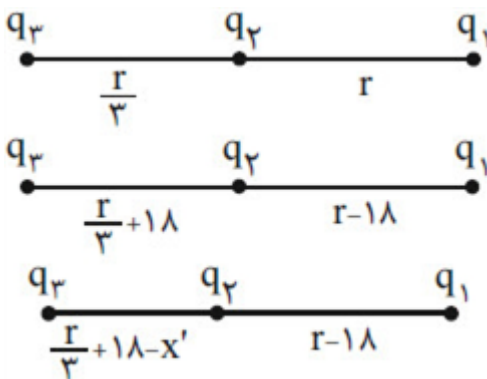
گزینه ۴ پاسخ صحیح است. مطابق با شکل زیر، برای اینکه نیروی خالص الکتریکی وارد بر بار q_3 صفر شود، باید دو نیروی $\vec{F}_{13}$ و $\vec{F}_{23}$ هم‌اندازه و خلاف جهت هم باشند. بنابراین با فرض اینکه بار q_3 مثبت است، داریم:



$$F_{13} = F_{23} \Rightarrow k \frac{|q_1||q_3|}{r_{13}^2} = k \frac{|q_2||q_3|}{r_{23}^2} \Rightarrow \frac{|q_1|}{r_{13}^2} = \frac{|q_2|}{r_{23}^2} \Rightarrow \frac{64}{(r+x)^2} = \frac{4}{x^2} \rightarrow \text{جذر}$$

$$\frac{4}{r+x} = \frac{1}{x} \Rightarrow x = \frac{r}{3}$$

مراحل جابه‌جایی بارها و تغییر متغیر فاصله نسبی آن‌ها به صورت زیر است:



$$F'_{13} = F'_{23} \Rightarrow k \frac{|q_1||q_3|}{r'^2_{13}} = k \frac{|q_2||q_3|}{r'^2_{23}} \Rightarrow \frac{|q_1|}{r'^2_{13}} = \frac{|q_2|}{r'^2_{23}}$$

$$\frac{64}{\left(\frac{r}{3}-x'\right)^2} = \frac{4}{\left(\frac{r}{3}+1\lambda-x'\right)^2} \Rightarrow x' = 24 \text{ cm}$$

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. اندازه نیروی الکتریکی بین دو گلوله مشابه برابر است با:

$$F_E = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{(0.4)^2} = 0.9 N$$

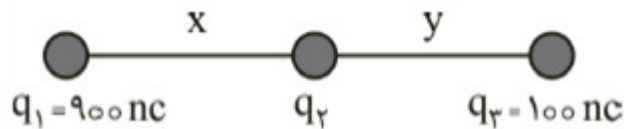
این نیرو از نوع دافعه می‌باشد.

از طرفی چون گلوله‌ها در حال تعادل می‌باشند، بنابراین طبق قانون اول نیوتون، نیروی خالص وارد بر هر گلوله در راستای قائم صفر است. بنابراین:



$$F_N = F_E + mg \Rightarrow F_N = 0.9 + (0.1 \times 10) = 1 N$$

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. شرط اینکه برآیند نیروهای وارد بر هر ۳ بار صفر شود، این است که بار میانی منفی باشد. (با توجه به بررسی خنثی شدن نیروها روی تک تک بارها به این نتیجه می‌رسیم)



گام اول:

$$F_{12} = F_{23} \Rightarrow \frac{k|q_1||q_2|}{x^2} = \frac{k|q_2||q_3|}{y^2} \Rightarrow \frac{9}{x^2} = \frac{1}{y^2} \Rightarrow \frac{3}{x} = \frac{1}{y} \Rightarrow x = 3y$$

گام دوم:

$$F_{13} = F_{23} \Rightarrow \frac{k|q_1||q_2|}{x^2} = \frac{k|q_2||q_3|}{(y+x)^2} \Rightarrow \frac{|q_2|}{9} = \frac{100}{16} \Rightarrow |q_2| = \frac{9 \times 100}{16}$$

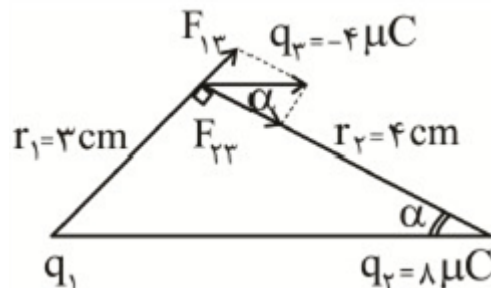
گام سوم:

$$\frac{q_2}{q_1} = \frac{-\frac{9 \times 100}{16}}{900} = -\frac{1}{16}$$

منفی ←
مثبت ←

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. مطابق شکل زیر نیروهای وارد بر بار q_2 را رسم می‌کنیم. نیروی بار q_1 بر q_2 دافعه است؛ پس q_1 منفی است. حال داریم:

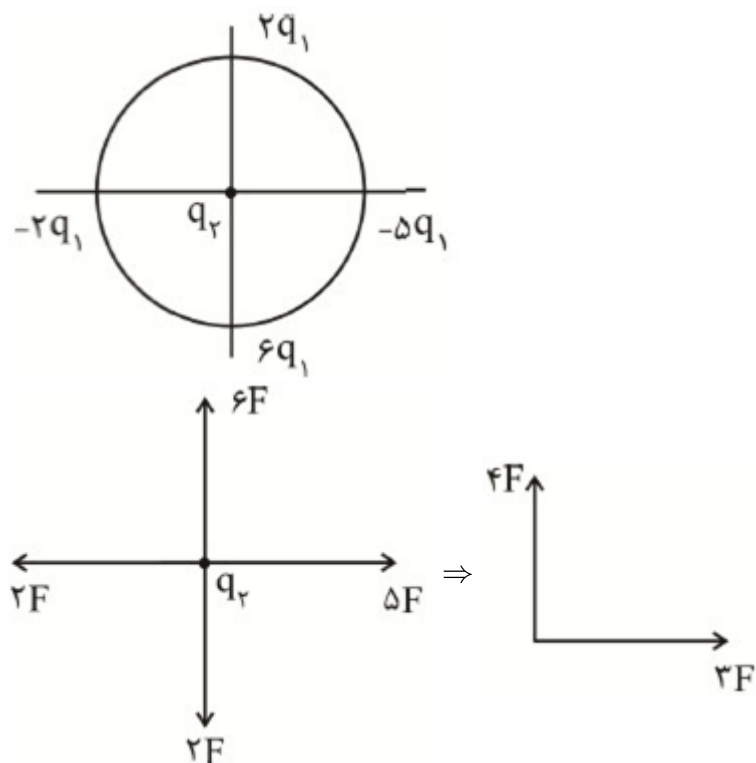
$$\tan \alpha = \frac{3}{4} \Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{F_{12}}{F_{23}} = \frac{\frac{k|q_1||q_2|}{r_{12}^2}}{\frac{k|q_2||q_3|}{r_{23}^2}}$$



$$\Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{\frac{|q_1|}{9 \times 10^{-9}}}{\frac{8}{16 \times 10^{-9}}} \Rightarrow |q_1| = \frac{27}{8} \mu C \Rightarrow q_1 = -\frac{27}{8} \mu C$$

۲۴

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. چون q_1 و q_2 یکدیگر را دفع می‌کنند، پس همنام هستند و از طرفی طبق قانون کولن اندازه نیروی کولنی با حاصل ضرب بارها متناسب است. پس نیروهای وارد بر بار q_2 در شکل داده شده به صورت زیر خواهد بود:

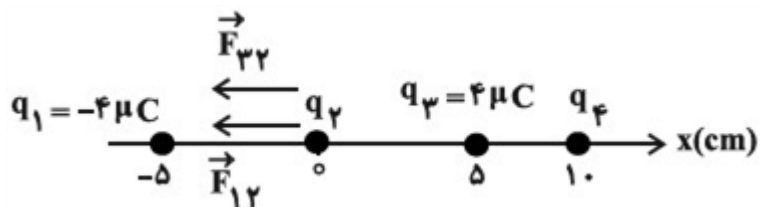


$$F_t = \sqrt{(3F)^2 + (4F)^2} = 5F$$

۲۵

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. فرض کنید q_2 مثبت است. هر دوی نیروهای $\vec{F}_{12}$ و $\vec{F}_{32}$ به سمت چپ بوده، پس $q_4 < 0$ است تا بتواند برآیند این دو نیرو را خنثی کند (گار $q_2 < 0$ باشد هر دو نیرو به سمت راست بوده بازدید باید

$$\vec{F}_{12} + \vec{F}_{32} + \vec{F}_{42} = 0 \quad (q_4 < 0 \text{ باشد})$$

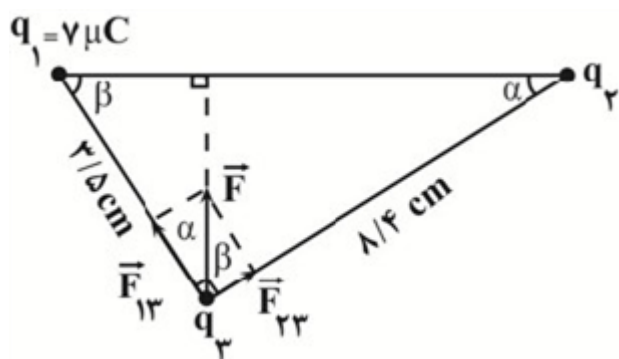


$$k \frac{|q_1 q_2|}{25} + k \frac{|q_3 q_2|}{25} = k \frac{|q_2 q_4|}{100}$$

$$\frac{|q_1|}{25} + \frac{|q_3|}{25} = \frac{|q_4|}{100} \Rightarrow \frac{8}{25} = \frac{|q_4|}{100} \Rightarrow |q_4| = 32 \mu C \xrightarrow{q_4 < 0} q_4 = -32 \mu C$$

۲۶

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. با توجه به شکل زیر و با توجه به اینکه نیروی $\vec{F}$ برآیند دو نیروی $\vec{F}_{۱۳}$ و $\vec{F}_{۲۳}$ است، به صورت زیر $q_۲$ را می‌یابیم:



$$\tan \alpha = \frac{F_{۲۳}}{F_{۱۳}} \Rightarrow \tan \alpha = \frac{k \frac{|q_۲||q_۳|}{r_{۲۳}^۲}}{k \frac{|q_۱||q_۳|}{r_{۱۳}^۲}}$$

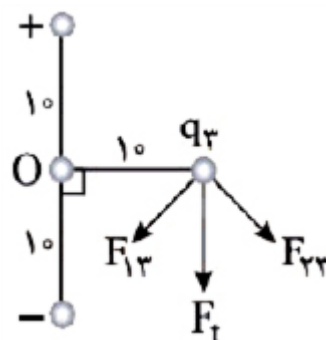
$$\Rightarrow \tan \alpha = \frac{|q_۲|}{|q_۱|} \times \left(\frac{r_{۱۳}}{r_{۲۳}} \right)^۲ \xrightarrow{\tan \alpha = \frac{r_{۱۳}}{r_{۲۳}}} \tan \alpha = \frac{|q_۲|}{|q_۱|} \times (\tan \alpha)^۲ \Rightarrow \frac{|q_۱|}{|q_۲|} = \tan \alpha$$

$$\xrightarrow{\tan \alpha = \frac{r/۵}{4/۵} = \frac{r۵}{۴۵}} \frac{|q_۱|}{|q_۲|} = \frac{۳۵}{۴۵} \Rightarrow |q_۲| = ۱۶/۸ \mu C$$

۲۷

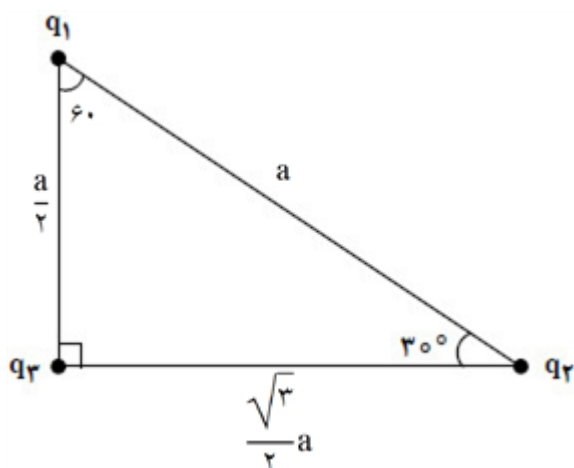
گزینه ۱ پاسخ صحیح است. برآیند نیروهای F_t ، $F_{۱۳}$ و $F_{۲۳}$ می‌باشد.

هر نوع بار و با هر اندازه‌ای در نقطه ۰ قرار دهیم باعث دفع یا جذب $q_۳$ می‌شود و برآیند نیروها در $q_۳$ صفر نمی‌شود و بار $q_۳$ در تعادل نمی‌ماند.



۲۸

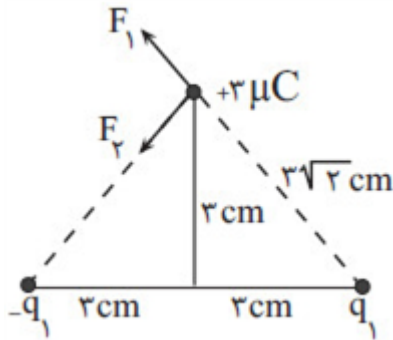
گزینه ۳ پاسخ صحیح است.



$$F_{۱۳} = \frac{۳}{۴} F_{۲۳} \Rightarrow \frac{۴ q_۱}{a^۲} = \frac{۴ q_۲}{۳ a^۲} \Rightarrow \left| \frac{q_۱}{q_۲} \right| = \frac{۱}{۳}$$

۲۹

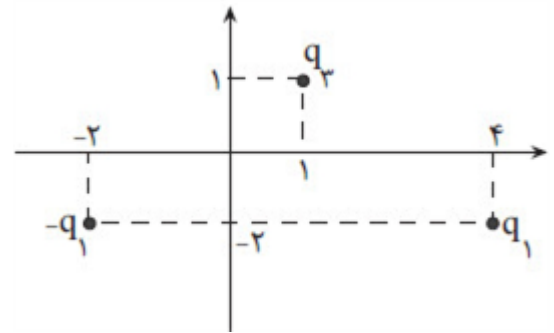
گزینه ۲ پاسخ صحیح است. برای اینکه در هیچ نقطه‌ای از فضای اطراف دو بار q_1 و q_2 ، میدان خالص الکتریکی صفر نشود، باید آن دو بار هم‌اندازه و دارای علامت مختلف (دوقطبی الکتریکی) باشند. پس $q_2 = -q_1$ است. طبق مختصات داده شده، بار q_3 بر روی عمود منصف خط واصل q_1 و q_2 قرار دارد و فاصله آن از این خط، 3 cm است. پس شکل زیر را بررسی می‌کنیم. به دلیل برابر بودن فاصله‌ها تا بار q_3 ، نیروهای F_1 و F_2 هم‌اندازه هستند.



$$F = \frac{k|q_1 q_2|}{r^2} \Rightarrow |F_1| = |F_2| = \frac{9 \times 10^9 q_1 \times 3 \times 10^{-12}}{(3\sqrt{2})^2 \times 10^{-4}} = 15 q_1$$

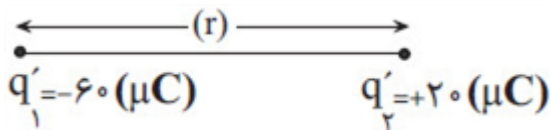
در نتیجه خواهیم داشت:

$$F_t = \sqrt{(15q_1)^2 + (15q_1)^2} = 15q_1 \sqrt{2} = 30 \Rightarrow |q_1| = \sqrt{2} \mu\text{C}$$



۳۰

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. مقدار بارها را بعد از انتقال بازنویسی می‌کنیم:



$$F = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \left| \frac{q_1' \times q_2'}{q_1 \times q_2} \right| = \left| \frac{-60 \times 20}{-120 \times 80} \right| = \frac{1}{8} = 0.125 = 12.5\%$$

$$\Rightarrow \Delta F = F' - F = 0.125F - F = -0.875F \Rightarrow \frac{\Delta F}{F} \times 100 = -87.5\%$$

۳۱

گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

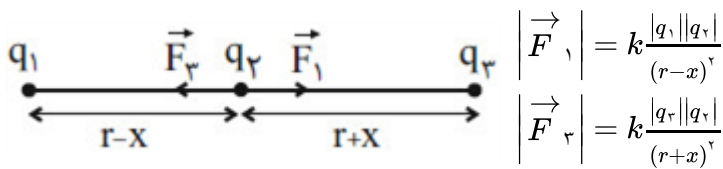
$$q_1' = q_2' = \frac{8 - 4}{2} = 2 \mu\text{C}$$

$$\frac{F'}{F} = \left| \frac{q_1'}{q_1} \times \frac{q_2'}{q_2} \right| \times \left(\frac{r}{r'} \right)^2 \Rightarrow \frac{F'}{F} = \left| \frac{2}{4} \times \frac{2}{8} \right| \times \left(\frac{r}{\frac{1}{2}r} \right)^2 = \frac{1}{2}$$

$$\frac{F' - F}{F} \times 100 = \frac{\frac{1}{2}F - F}{F} \times 100 = \frac{-1}{2} \times 100 = -50\%$$

۳۲

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. با فرض مثبت بودن بار q_2 ، نیروهای وارد بر بار q_2 را به دست می‌آوریم.



چون جهت دو نیروی $\vec{F}_{12}$ و $\vec{F}_{23}$ خلاف جهت یکدیگر است، پس برای اینکه نیروی خالص وارد بر بار q_2 صفر گردد، باید این دو نیرو هم اندازه باشند:

$$|\vec{F}_{12}| = |\vec{F}_{23}| \Rightarrow k \frac{|q_1||q_2|}{(r-x)^2} = k \frac{|q_2||q_3|}{(r+x)^2} \Rightarrow \frac{|q_3|}{|q_1|} = \left(\frac{r+x}{r-x} \right)^2 \Rightarrow r = \frac{r+x}{r-x}$$

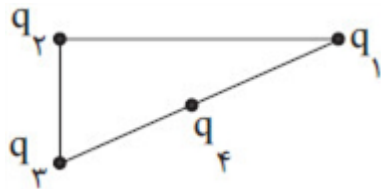
$$\Rightarrow 3r - 3x = r + x \Rightarrow 2r = 4x \Rightarrow \frac{x}{r} = \frac{1}{2}$$

۳۳

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. با توجه به اینکه بردار برآیند به سمت راست است، یعنی مؤلفه عمودی وجود ندارد، پس

نیروی $\vec{F}_{12}$ نیروی $\vec{F}_{31}$ را خنثی کرده است!

این یعنی q_2 و q_3 مختلف‌العلامت هستند، پس: $q_2 q_3 < 0$ همچنین با توجه به اینکه F_{12} به سمت راست است، پس



$q_1 q_2 > 0$ هم‌علامت هستند:

۳۴

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. برای اینکه برآیند نیروهای وارد بر بار q_3 صفر شود، q_1 و q_2 باید مختلف‌العلامت باشند و

اینکه $|\vec{F}_{13}| = |\vec{F}_{23}|$ پس $|q_1| > |q_2|$ است.

(رد گزینه ۱ و ۳) $\frac{q_1}{q_2} < 0 \Rightarrow q_1 q_2 < 0$

$$k \frac{|q_1||q_3|}{(2r)^2} = \frac{k|q_2||q_3|}{r^2} \Rightarrow \frac{k|q_1|}{4r^2} = \frac{k|q_2|}{r^2} \Rightarrow \frac{|q_1|}{4} = \frac{|q_2|}{1} \Rightarrow \frac{|q_1|}{|q_2|} = 4 \Rightarrow \frac{q_1}{q_2} = -4$$

۳۵

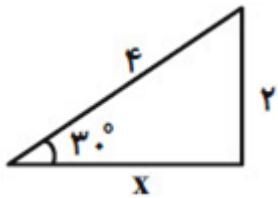
گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

$$F_{23} = \frac{k|q_2||q_3|}{r_{23}^2} = \frac{9 \times 10^{-9} \times 3 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{(3\sqrt{2})^2} = 6 \times 10^{-22} \text{ N}$$

$$\left. \begin{aligned} F_{31} &= \frac{9 \times 10^{-9} \times 3 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{r^2} = 6 \times 10^{-22} \text{ N} \\ F_{12} &= \frac{9 \times 10^{-9} \times 4 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{r^2} = 8 \times 10^{-22} \text{ N} \end{aligned} \right\} \Rightarrow F_1 = 10 \times 10^{-22} \text{ N}$$

$$\frac{F_{23}}{F} = \frac{3}{5}$$

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. می‌دانیم در مثلث قائم‌الزاویه ضلع رو به رو زاویه ۳۰° نصف وتر است:

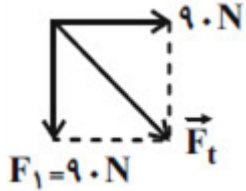


$$x = \sqrt{4^2 - y^2} = \sqrt{12} = 2\sqrt{3} \text{ cm}$$

$$F_{r_2} = k \frac{|q_2||q_3|}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 1 \times 10^{-12}}{(\sqrt{12} \times 10^{-2})^2} = 45 \text{ N}$$

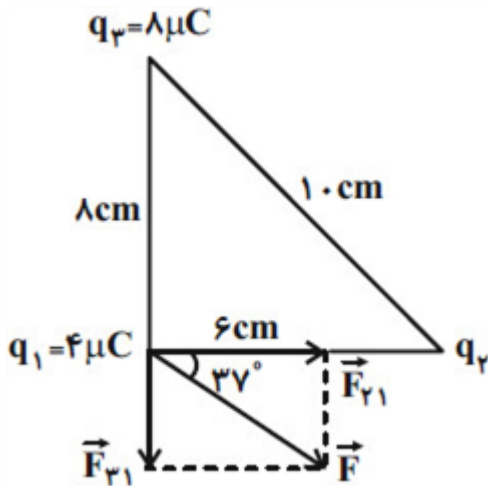
$$F_{r_2} = 45 \text{ N} \Rightarrow F_r + F_r = 90 \text{ N}$$

$$F_{r_1} = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 1 \times 10^{-12}}{2^2 \times 10^{-2}} = 90 \text{ N}$$



$$F_{t_2} = \sqrt{90^2 + 90^2} = 90\sqrt{2} \text{ N}$$

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. طبق رابطه فیثاغورت $r_{31} = 8 \text{ (cm)}$ فاصله q_3 تا q_1 بوده و نیروهای وارد بر q_1 از طرف بارهای q_2 و q_3 در شکل نشان داده شده‌اند:



$$F_{r_1} = 9 \times 10^9 \times \frac{8 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{(8 \times 10^{-2})^2} \Rightarrow F_{r_1} = 45 \text{ N}$$

$$\sin 37^\circ = \frac{F_{r_1}}{F} \Rightarrow 0.6 = \frac{45}{F} \Rightarrow F = 75 \text{ N}$$

$$F^x = F_{r_1}^x + F_{r_2}^x \Rightarrow 75^x = 45^x + F_{r_2}^x \Rightarrow F_{r_2} = 60 \text{ N}$$

$$F_{r_2} = 60 = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6} \times |q|}{(6 \times 10^{-2})^2}$$

$$\Rightarrow |q_2| = 6 \times 10^{-6} \text{ C} = 6 \mu\text{C}$$

$$q_2 = -6 \mu\text{C}$$

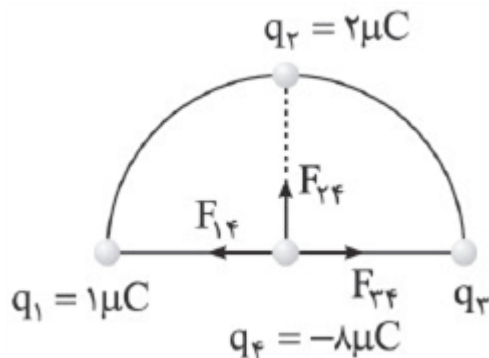
چون بار q_2 ، q_1 را جذب کرده است، پس q_2 منفی است و داریم:

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. ابتدا با توجه به اینکه نیروی خالص بر روی محور y ها، ۳۶۰ N است که مربوط به نیروی بین $q_۲$ و $q_۴$ است، شعاع نیم‌دایره را محاسبه می‌کنیم:

$$F_{۲۴} = \frac{k|q_۲||q_۴|}{r^۲} \Rightarrow ۳۶۰ = ۹ \times ۱۰^۹ \times \frac{۲ \times ۱۰^{-۶} \times ۸ \times ۱۰^{-۶}}{r^۲} \Rightarrow r^۲ = ۴ \times ۱۰^{-۴} \text{ m}^۲ \xrightarrow{\text{جذر}}$$

$$r = ۲ \times ۱۰^{-۲} \text{ m} \Rightarrow r = ۲ \text{ cm}$$

حال چون برابند نیروهای روی محور x ها $(۳۶۰\text{ N}) \vec{i}$ است پس متوجه می‌شویم بار $q_۴$ مثبت است و داریم:



$$F_{۱۴} = \frac{k|q_۱||q_۴|}{r^۲} = \frac{۹ \times ۱۰^۹ \times ۱ \times ۱۰^{-۶} \times ۸ \times ۱۰^{-۶}}{۴ \times ۱۰^{-۴}} = ۱۸۰ \text{ N}$$

با توجه به این‌که نیروی $q_۳$ و $q_۱$ برابر ۱۸۰ N به سمت چپ و نیروی برابند وارد بر بار $q_۴$ در راستای افقی ۳۶ N در جهت مثبت است پس اولاً نیروی $q_۴$ و $q_۳$ باید در جهت راست و بار $q_۴$ باید منفی باشد.

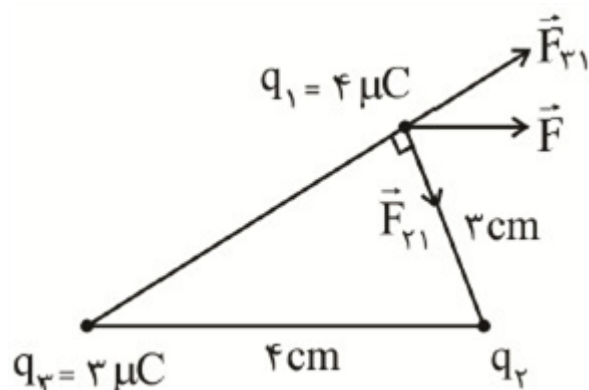
$$F_{\text{net}_x} = ۳۶\vec{i} \Rightarrow ۳۶ = F_{۳۴} - F_{۱۴} \Rightarrow ۳۶ = F_{۳۴} - ۱۸۰ \Rightarrow F_{۳۴} = ۲۱۶\text{ N}$$

حال داریم:

$$F_{۳۴} = \frac{k|q_۳||q_۴|}{r^۲} \Rightarrow ۲۱۶ = \frac{۹ \times ۱۰^۹ \times \cancel{۲} \times ۱۰^{-۶} \times q_۴}{\cancel{۲} \times ۱۰^{-۴}} \Rightarrow ۲۱۶ = ۱۸ \times ۱۰^۷ q_۴$$

$$\Rightarrow q_۴ = ۱۲ \times ۱۰^{-۷} \text{ C} \Rightarrow q_۴ = ۱/۲ \mu\text{C}$$

گزینه ۲ پاسخ صحیح است.



$$\sin \alpha = \frac{F_r}{F} \Rightarrow F_{۱۳} = F \sin \alpha$$

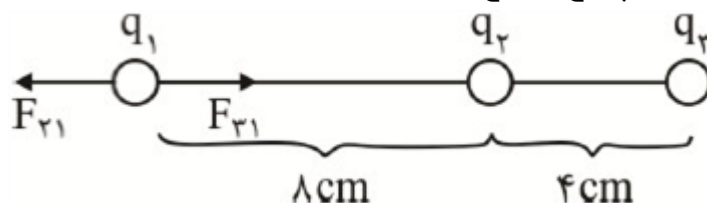
$$F_{۲۱} = F \cos \theta$$

$$\frac{F_{۲۱}}{F_{۱۳}} = \tan \alpha = \frac{۳}{۴}$$

$$\frac{F_{۲۱}}{F_{۱۳}} = \frac{q_۳}{q_۲} \left(\frac{r_{۲۱}}{r_{۱۳}} \right)^۲ \Rightarrow \frac{۳}{۴} = \frac{۳}{q_۲} \left(\frac{۵}{۳} \right)^۲$$

$$۹q_۲ = ۱۲۵ \Rightarrow q_۲ = \frac{۱۲۵}{۹}$$

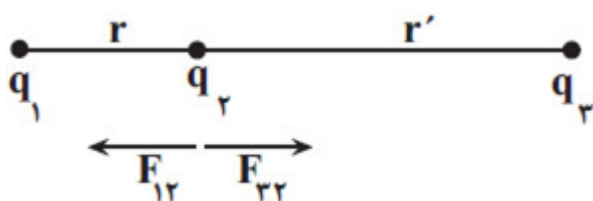
نوع بار با توجه به شکل منفی است. ($q_۲ < ۰$)



ابتدا تعادل را روی q_1 می‌نویسیم. فرض می‌کنیم q_1 مثبت است. پس q_2 مثبت فرض می‌شود، بنابراین باید q_3 منفی باشد.

$$F_{21} = F_{31} \Rightarrow \frac{kq_1q_2}{r_{21}^2} = \frac{kq_2q_1}{r_{31}^2} \Rightarrow \frac{kq_1q_2}{64} = \frac{kq_2q_1}{144} \Rightarrow \frac{q_2}{q_1} = \frac{144}{64} = \frac{9}{4}$$

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. شرط صفر شدن برآیند نیروها روی بار q_2 این است که $|F_{12}| = |F_{32}|$ شود خواسته سؤال، تعداد الکترون‌های اضافه شده به بار q_3 است، پس:



باید ببینیم بار q_3 در حالت جدید (یعنی حالتی که بار q_2 در حال تعادل است) چقدر است تا نسبت به حالت اول ($q_3 = -12 \mu C$) مقایسه کنیم و تعداد الکترون‌های دریافت شده توسط q_3 را محاسبه کنیم.

$$|F_{12}| = |F_{32}| = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2} = \frac{k|q_3||q_2|}{r'^2}$$

$$\frac{|-4|}{(25)^2} = \frac{|q_3'|}{(50)^2} \Rightarrow |q_3'| = 16 \mu C$$

توجه: ما جواب را مثبت به دست می‌آوریم ولی توجه داریم که $q_3' = -16 \mu C$ است. زیرا q_1 و q_2 باید هم‌نام باشند تا مابین دو بار، برآیند نیروها صفر شود. اکنون مقدار بار منتقل شده را محاسبه می‌کنیم:

$$q_3 = -12 \mu C \Rightarrow |\Delta q| = -16 - (-12) = |-4| = 4 \mu C$$

$$q_3' = -16 \mu C$$

$$\Delta q = ne \Rightarrow \frac{\Delta q}{e} = \frac{4 \times 10^{-6}}{1.6 \times 10^{-19}} \Rightarrow n = 2.5 \times 10^{13}$$

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. با توجه به این که بر ایند نیروهای وارد بر هر سه بار صفر است، داریم:

$$q_1 = 36 \mu C, \quad q_2 = -4 \mu C, \quad q_3 = 9 \mu C$$

$$\vec{F}_{12} = \vec{F}_{23} \Rightarrow \frac{kq_1 q_2}{y^2} = \frac{kq_2 q_3}{x^2} \Rightarrow \frac{36}{y^2} = \frac{9}{x^2} \xrightarrow{\text{از طرفین جذر می گیریم}} y = 2x$$

چون سؤال مقایسه‌ای است برای سادگی در محاسبات $x = 1$ و $y = 2$ در نظر می‌گیریم، حال طبق شکل زیر داریم:

$$q_2 = -4 \mu C, \quad q_1 = 36 \mu C, \quad q_3 = 9 \mu C$$

$$\left. \begin{aligned} F_{13} &= \frac{kq_1 q_3}{r^2} \Rightarrow F_{13} = \frac{k \times 36 \times 9}{1^2} \Rightarrow F_{13} = 324k \\ F_{23} &= \frac{kq_2 q_3}{r^2} \Rightarrow F_{23} = \frac{k \times 4 \times 9}{1^2} \Rightarrow F_{23} = 36k \end{aligned} \right\} F_{T_3} = 320k$$

$$\left. \begin{aligned} F_{31} &= \frac{kq_3 q_1}{r^2} \Rightarrow F_{31} = \frac{k \times 9 \times 36}{1^2} \Rightarrow F_{31} = 324k \\ F_{21} &= \frac{kq_2 q_1}{r^2} \Rightarrow F_{21} = \frac{k \times 4 \times 36}{1^2} \Rightarrow F_{21} = 144k \end{aligned} \right\} F_{T_1} = 360k$$

$$\frac{F_{T_3}}{F_{T_1}} = \frac{320k}{360k} \Rightarrow \frac{F_{T_3}}{F_{T_1}} = \frac{8}{9}$$

در آخر خواسته سؤال $\left(\frac{F_{T_3}}{F_{T_1}} \right)$ را به دست می‌آوریم:

$$F = \frac{kqq}{r^2} \quad \text{حالت اول}$$

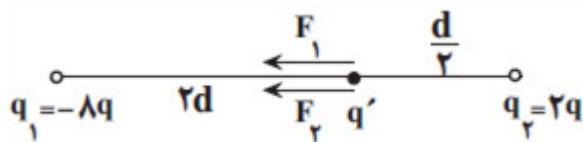
گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

$$\text{حالت دوم: } \frac{96}{100} F = \frac{k \left(q - \frac{x}{100} q \right) \left(q + \frac{x}{100} q \right)}{r^2}$$

معادله پایین را بر معادله بالا تقسیم می‌کنیم.

$$\frac{96}{100} = \frac{q \left(1 - \frac{x}{100} \right) q \left(1 + \frac{x}{100} \right)}{q \cdot q} \Rightarrow \frac{96}{100} = 1 - \frac{x^2}{100^2} \Rightarrow \frac{4}{100} = \frac{x^2}{100^2} \Rightarrow x = 20$$

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. علامت بارهای q_1 و q_2 قرینه می‌باشد و می‌توان بردار نیروهای وارد بر بار q' را رسم



کرد.

$$\left. \begin{aligned} F_1 &= k \frac{4qq'}{d^2} = 4k \frac{qq'}{d^2} \\ F_2 &= k \frac{2qq'}{\frac{d^2}{4}} = 8k \frac{qq'}{d^2} \end{aligned} \right\} F_t = F_1 + F_2 = 12 \frac{kqq'}{d^2}$$

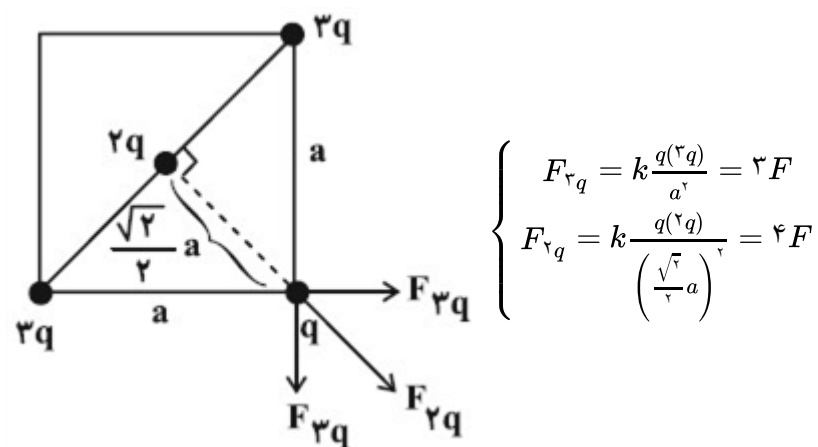
حال، اگر $\frac{1}{4}$ بار q_1 را برداشته و به q_2 اضافه کنیم، بار q_2 صفر می‌شود و بار q_1 ، $-q$ خواهد شد پس می‌توان

$$F'_t = F'_1 = k \frac{qq'}{4d} = \frac{3}{2} \frac{kqq'}{d^2} \quad \text{نوشت:}$$

$$\frac{F'_t}{F_t} = \frac{\frac{3}{2} \frac{kqq'}{d^2}}{12 \frac{kqq'}{d^2}} = \frac{3}{24} = 0.125$$

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. برابند نیروهای وارد بر بارهای q و $\sqrt{2}q$ را به طور جداگانه حساب می‌کنیم. برای ساده‌سازی اگر

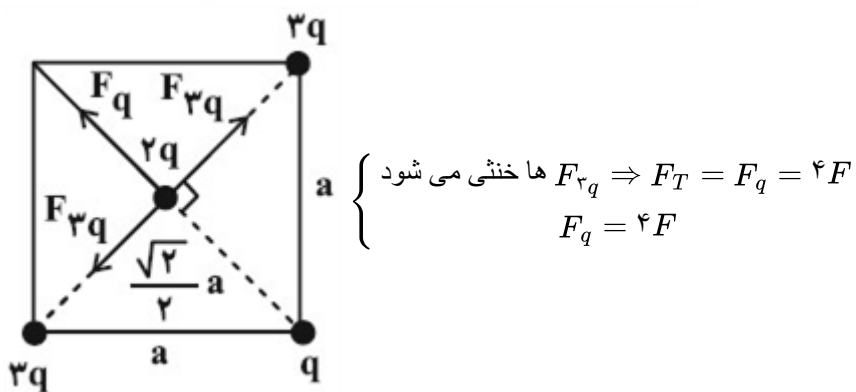
$$F = \frac{kqq}{a^2} \text{ باشد خواهیم داشت:}$$



پس:

نیروی برابند وارد بر q

$$\Rightarrow \begin{matrix} \swarrow \sqrt{2}F \\ \searrow 6F \end{matrix} \Rightarrow F_T = 6F + \sqrt{2} \times \sqrt{2}F \xrightarrow{\sqrt{2} = 1/\sqrt{2}} F_T = 8/\sqrt{2}F$$

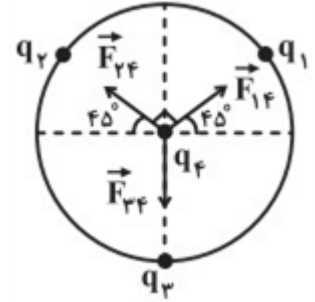


و برای بار $\sqrt{2}q$ داریم:

$$\frac{F_{T_q}}{F_{T_{\sqrt{2}q}}} = \frac{8/\sqrt{2}F}{6F} = 2/0.5$$

سؤال نسبت نیروهای برابند را خواسته است، پس:

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. با فرض مثبت بودن بار q_4 ، برآیند نیروهای $\vec{F}_{14}$ و $\vec{F}_{24}$ باید نیروی $\vec{F}_{34}$ را خنثی نماید. بنابراین با توجه به شکل q_3 نیز باید منفی باشد.



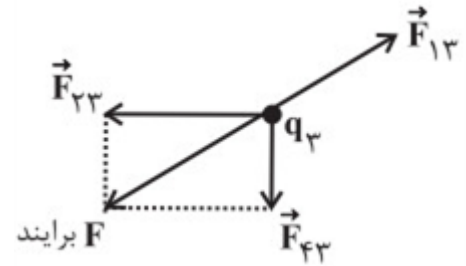
$$F_{24} = F_{14} = k \frac{|q_1| |q_4|}{r^2}$$

$$\vec{F}_{24} \perp \vec{F}_{14} \Rightarrow F_{1t} = F_{14} \sqrt{2} = k \frac{|q_1| |q_4|}{r^2} \times \sqrt{2}$$

$$F_{24} = F_{1t} \Rightarrow k \frac{|q_2| |q_4|}{r^2} = k \frac{|q_1| |q_4|}{r^2} \times \sqrt{2}$$

$$\Rightarrow |q_2| = \sqrt{2} |q_1| \Rightarrow q_2 = -4\sqrt{2} \mu C$$

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. ابتدا نیروهای وارد بر بار q_3 را رسم و محاسبه می‌کنیم:



$$F_{13} = \frac{k |q_1| |q_3|}{r_{13}^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 25 \sqrt{5} \times 10^{-6} \times 8 \times 10^{-6}}{(10 \sqrt{5} \times 10^{-2})^2} = 36 \sqrt{5} N$$

$$F_{43} = \frac{k |q_4| |q_3|}{r_{43}^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 5 \times 10^{-6} \times 8 \times 10^{-6}}{(0.1)^2} = 36 N$$

برآیند دو نیروی عمود بر هم $\vec{F}_{23}$ و $\vec{F}_{43}$ باید نیروی $\vec{F}_{13}$ را خنثی کند.

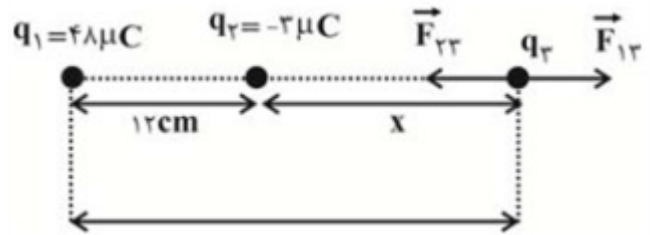
$$\sqrt{(F_{23})^2 + (F_{43})^2} = F_{13} \quad \text{بنابراین:}$$

$$\Rightarrow \sqrt{F_{23}^2 + 36^2} = 36 \sqrt{5} \Rightarrow F_{23}^2 + 36^2 = (36 \sqrt{5})^2 \Rightarrow F_{23}^2 = (72)^2 \Rightarrow F_{23} = 72 N$$

$$\Rightarrow F_{23} = \frac{k |q_2| |q_3|}{r^2} \Rightarrow 72 = \frac{9 \times 10^9 \times |q_2| \times 8 \times 10^{-6}}{(0.2)^2} \Rightarrow |q_2| = 40 \mu C \Rightarrow q_2 = +40 \mu C$$

دقت کنید که برای تعادل داشتن بار q_3 ، بار q_2 الزاماً بایستی مثبت باشد.

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. می‌دانیم اندازه و نوع بار q_3 در تعادل آن بی‌تاثیر است. بنابراین با فرض این‌که بار q_3 مثبت باشد، ابتدا مکانی که براین نیروهای وارد بر آن صفر می‌شود را می‌یابیم. چون بارهای q_1 و q_2 ناهم‌نام‌اند، بار q_3 برای این‌که در حال تعادل باشد، باید خارج خط واصل دو بار و نزدیک به بار با اندازه‌ی کوچکتر q_2 باشد. به همین منظور اندازه‌ی نیروهایی که بارهای q_1 و q_2 بر بار q_3 وارد می‌کنند را مساوی هم قرار می‌دهیم.



$$F_{13} = F_{23} \xrightarrow{F=k\frac{|q_1||q_2|}{r^2}} k\frac{|q_1||q_3|}{r_{13}^2} = k\frac{|q_2||q_3|}{r_{23}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{48}{(12+x)^2} = \frac{3}{x^2} \Rightarrow \frac{16}{(12+x)^2} = \frac{1}{x^2}$$

جنر

$$\Rightarrow \frac{4}{12+x} = \frac{1}{x} \Rightarrow 4x = 12+x \Rightarrow 3x = 12 \Rightarrow x = 4 \text{ cm}$$

بار q_3 که ابتدا در فاصله‌ی ۱۸ سانتی‌متری بار q_2 قرار داشته است، باید در فاصله‌ی ۴ سانتی‌متری آن قرار گیرد تا براین نیروهای وارد بر آن صفر شود. یعنی باید $d = 18 - 4 = 14$ به سمت چپ جابه‌جا شود.

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. ابتدا دقت کنید که این مثلث متساوی‌الساقین می‌باشد و زاویه‌ی ساق آن 45° است، بنابراین زاویه‌ی رأس آن 90° است و اضلاع AB و BC بر هم عمودند. نیروی F را بر دو امتداد AB و BC تجزیه می‌کنیم. با توجه به شکل:

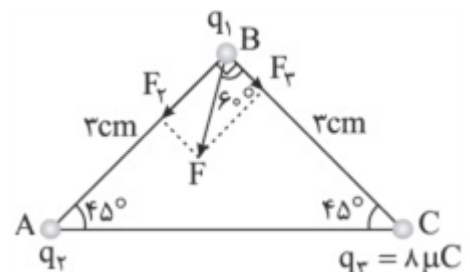
$$\tan 45^\circ = \frac{F_y}{F_x} \Rightarrow \sqrt{3} = \frac{F_y}{F_x} \Rightarrow F_y = \sqrt{3}F_x$$

$$\Rightarrow \frac{k|q_1||q_2|}{r^2} = \sqrt{3} \frac{k|q_1||q_2|}{r^2}$$

$$\Rightarrow \frac{|q_2|}{r^2} = \sqrt{3} \frac{|q_3|}{r^2} \Rightarrow |q_2| = \sqrt{3} \times 8$$

با توجه به جهت نیروی F_x و جهت نیروی F_y این دو نیرو بار q_1 را به سوی خود کشیده‌اند. بار q_3 مثبت ($q_3 = 8 \mu C$) است. بنابراین بار q_2 نیز مثبت است.

$$q_2 = 8\sqrt{3} \mu C$$

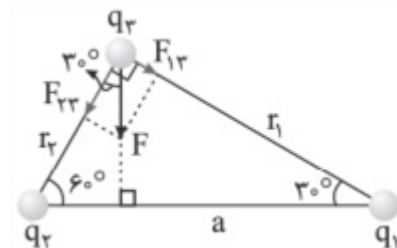


گزینه ۱ پاسخ صحیح است. با توجه به جهت بردار F خواهیم داشت:

$$\tan 30^\circ = \frac{F_{1r}}{F_{2r}} = \frac{q_1}{q_2} \times \left(\frac{r_2}{r_1} \right)^2$$

$$r_1 = a \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} a, r_2 = a \sin 30^\circ = \frac{a}{2}$$

$$\Rightarrow \tan 30^\circ = \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{q_1}{q_2} \times \left(\frac{\frac{a}{2}}{\frac{\sqrt{3}}{2} a} \right)^2 \Rightarrow \frac{q_1}{q_2} = \frac{3}{\sqrt{3}} = \sqrt{3}$$



گزینه ۲ پاسخ صحیح است. برای آنکه ترازو عدد صفر را نشان دهد باید نیروی جاذبه‌ی الکتریکی بین گوی‌ها با نیروی وزن گوی روی ترازو برابر شود.

$$F_E = W \Rightarrow k \frac{q_1 q_2}{r^2} = mg$$

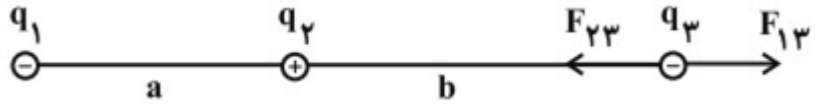
$$\Rightarrow \frac{9 \times 10^9 \times 8 \times 10^{-9} \times 8 \times 10^{-9}}{d^2} = 4 \times 10^{-6} \times 10 \Rightarrow d^2 = 9 \times 16 \times 10^{-4}$$

$$\Rightarrow d = 12 \times 10^{-2} m = 12 \text{ cm}$$

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \Rightarrow \epsilon_0 = \frac{q_1 q_2}{4\pi F r^2} \Rightarrow \epsilon_0 \text{ یکای } = \frac{C^2}{N \cdot m^2}$$

گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

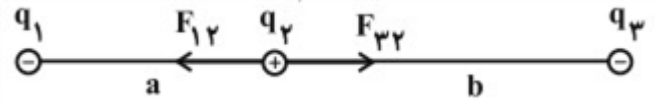
گزینه ۴ پاسخ صحیح است. برای آن که هر سه بار در حال تعادل باشند (برایند نیروهای وارد بر هر یک از بارها برابر صفر باشد) باید q_1 و q_2 و q_3 همنام و q_2 مختلف‌العلامه با آن‌ها باشد. بنابراین بار q_3 باید منفی باشد. قدم اول: با فرض این‌که برایند نیروهای وارد بر q_2 برابر صفر است می‌توان نسبت فاصله‌ها را تعیین کرد.



$$F_{12} = F_{23} \Rightarrow k \frac{|q_1||q_2|}{r_{12}^2} = k \frac{|q_2||q_3|}{r_{23}^2} \Rightarrow \frac{1}{b^2} = \frac{16}{(a+b)^2}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{b} = \frac{4}{a+b} \Rightarrow a+b = 4b \Rightarrow a = 3b$$

قدم دوم: حال با داشتن نسبت فاصله‌ها، با فرض این‌که برایند نیروهای وارد بر بار q_2 برابر صفر است، می‌توان بار q_3 را تعیین کرد.



$$F_{12} = F_{23} \Rightarrow k \frac{|q_1||q_2|}{r_{12}^2} = k \frac{|q_2||q_3|}{r_{23}^2} \Rightarrow \frac{16}{a^2} = \frac{|q_3|}{b^2} \Rightarrow \frac{16}{(3b)^2} = \frac{|q_3|}{b^2}$$

$$|q_3| = \frac{16}{9} \mu C \Rightarrow q_3 = -\frac{16}{9} \mu C$$

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. با قرینه کردن بار q_2 به جای بار $16 \mu C$ یک بار $16 \mu C$ خواهیم داشت که می‌توان آن را به صورت مجموع دو بار $16 \mu C$ و $32 \mu C$ در نظر گفت تا بار $16 \mu C$ آن با بقیه بارها مثل قبل تأثیر همدیگر را روی بار مفعول q_2 خنثی کنند و فقط در نهایت تأثیر بار $32 \mu C$ را باید روی بار q_2 محاسبه کرد که چون به صورت دافعه است به سمت چپ یا $-i$ خواهد بود و اندازه آن نیز به کمک یک بار نوشتن قانون کولن به صورت مقابل به دست خواهد آمد.

$$F = 90 \times \frac{(32)(2)}{(8)^2} = 90 N \Rightarrow \vec{F} = -90 \vec{i}$$

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. برای آنکه گوی بالایی به حالت معلق بماند، باید نیروی وزن توسط نیروی الکتریکی خنثی شود. چون گوی‌ها الکترون از دست داده‌اند، بار هر کدام مثبت می‌باشد. مقدار بار هر گوی برابر است با:

$$q = +ne = 625 \times 10^8 \times 1 / 6 \times 10^{-19} = 10^{-8} C$$

به کمک رابطه قانون کولن، اندازه نیروی الکتریکی بین دو گوی را به دست می‌آوریم:

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \Rightarrow F = 9 \times 10^9 \times \frac{10^{-8} \times 10^{-8}}{(10^{-2})^2} = 9 \times 10^{-2} N$$

طبق شرط تعادل داریم:

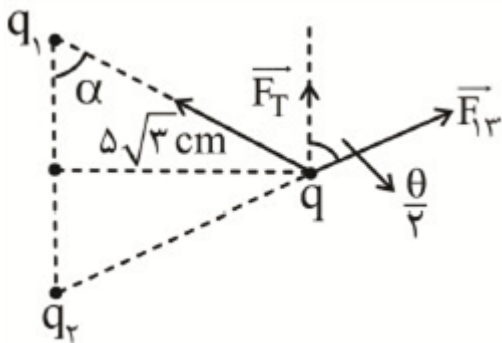


$$F = mg \Rightarrow m = \frac{F}{g} = \frac{9 \times 10^{-2}}{10} \Rightarrow m = 9 \times 10^{-3} \text{ kg} = 9 \text{ g}$$

گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

$$r = \sqrt{\delta^2 + (\delta\sqrt{3})^2} = 1.0 \text{ cm}$$
$$F_{1r} = F_{rr} = k \frac{|q_1||q_r|}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{10^{-18} \times 10^{-18}}{(10^{-10})^2} = 9 \times 10^{-6} \text{ نیوتن می کند.}$$

گام ۳: از رابطه $F = \sqrt{F_{۱۳}^۲ + F_{۲۳}^۲}$ یا $F_T = F \cos \frac{\theta}{۲}$ (در صورت برابری دو بردار می‌توان از این رابطه استفاده کرد). اندازه F_T به دست می‌آید.



$$F_T = \gamma F \cos \frac{\theta}{\gamma}$$

$$F = \gamma \times \gamma \times \frac{\Delta \sqrt{\gamma}}{\gamma} = \gamma \sqrt{\gamma} N$$

$$\vec{F} = \gamma \sqrt{\gamma} \vec{j}$$

گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

Diagram showing three point charges q_1 , q_2 , and q_3 on a horizontal line. $q_1 = +r$, $q_2 = r$, and $q_3 = 12r$. The distance between q_1 and q_2 is $r_1 = 1\Delta$, and the distance between q_2 and q_3 is $r_2 = ?$.

$$F_{1r} = F_{rr} \Rightarrow \frac{k |q_1| |q_1|}{r_1^2} = \frac{k |q_1| |q_1|}{r_{1r}^2}$$

$$\frac{1}{10^2} = \frac{1}{r_{1r}^2} \Rightarrow r_{1r} = 10 \text{ cm}$$

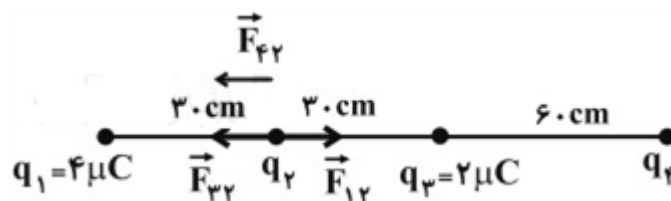
گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

$$F = \frac{K |q_1| |q_2|}{r^2} \Rightarrow r^2 = \frac{K |q_1| |q_2|}{F} \Rightarrow r = \sqrt{\frac{K |q_1| |q_2|}{F}}$$

$$r = \sqrt{\frac{9 \times 10^9 \times (1/6 \times 10^{-19})^2}{16 \times 10^{-12}}} \xrightarrow[\text{جنر می گیریم}]{\text{از اعداد بصورت جداگانه}} r = \frac{3}{4} \times 1/6 \times 10^{-19} \times 10^{11}$$

$$r = \frac{3}{4} \times \cancel{1/6}^{0/4} \times 10^{-18} = 1/2 \times 10^{-18} = 12 \text{ nm}$$

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. بار q_2 را مثبت فرض می‌کنیم:



با توجه به اینکه فاصله‌ی دو بار q_1 و q_2 تا بار q_3 برابر است و بار $|q_1| > |q_3|$ است، بنابراین $F_{12} > F_{32}$ است. برای برقراری تعادل باید $\vec{F}_{23}$ و $\vec{F}_{42}$ هم‌جهت باشند و در نتیجه بار q_4 مثبت خواهد شد.

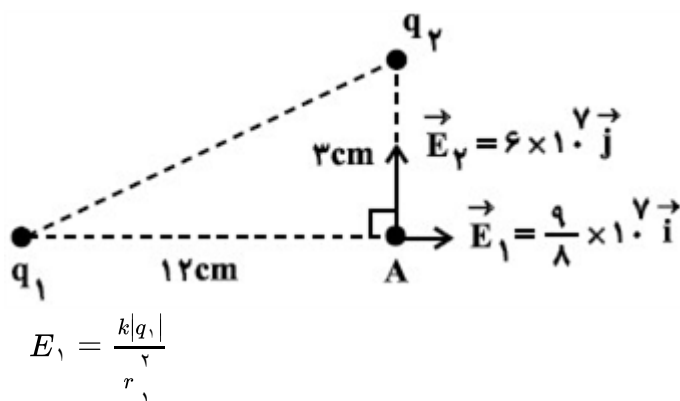
$$\begin{aligned} \vec{F}_{T2} = 0 &\Rightarrow F_{12} = F_{32} + F_{42} \\ \Rightarrow k \frac{|q_1||q_2|}{r_{12}^2} &= k \frac{|q_3||q_2|}{r_{32}^2} + k \frac{|q_4||q_2|}{r_{42}^2} \Rightarrow \frac{4}{900} = \frac{2}{900} + \frac{|q_4|}{8100} \Rightarrow q_4 = 18 \mu C \end{aligned}$$

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. اگر نیرویی که q_2 به q_3 وارد می‌کند برابر با $3\vec{F}$ باشد، در نتیجه طبق قانون سوم نیوتون، نیروی q_2 به q_3 برابر با $3\vec{F}$ خواهد بود.

$$\begin{aligned} \begin{cases} \vec{F}_{12} + \vec{F}_{32} = \vec{F} \\ \vec{F}_{32} = 3\vec{F} \end{cases} &\Rightarrow \vec{F}_{12} = -2\vec{F} \\ \frac{F_{32}}{F_{12}} &= \frac{|q_2||q_3|}{|q_1||q_2|} \times \left(\frac{r_{12}}{r_{32}}\right)^2 \Rightarrow \frac{3}{2} = \frac{|q_3|}{|q_1|} \times \left(\frac{r_{12}}{r_{32}}\right)^2 \\ \frac{|q_3|}{|q_1|} &= \frac{3}{2} \end{aligned}$$

و چون جهت نیرویی که دو بار q_1 و q_2 به q_3 وارد می‌کنند خلاف هم است، علامت بارهای q_1 و q_2 قرینه یکدیگرند.

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. با توجه به جهت میدان برآیند در نقطه A ، در حالت اول بارهای q_1 و q_2 را می‌یابیم:



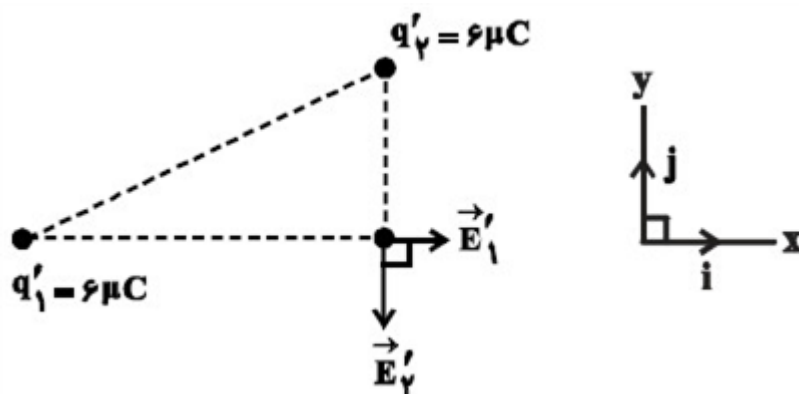
$$\Rightarrow \frac{q_1}{\lambda} \times 10^{-9} = q_1 \times 10^{-9} \times \frac{|q_1|}{(12 \times 10^{-2})^2}$$

$$\Rightarrow |q_1| = 18 \times 10^{-9} C = 18 \mu C \Rightarrow q_1 = 18 \mu C$$

$$E_2 = \frac{k|q_2|}{r_2^2} \Rightarrow 6 \times 10^{-9} = q_2 \times 10^{-9} \times \frac{|q_2|}{(3 \times 10^{-2})^2} \Rightarrow |q_2| = 6 \times 10^{-9} C = 6 \mu C \Rightarrow q_2 = -6 \mu C$$

با تماس دو بار با یکدیگر، اندازهٔ هریک از بارها برابر است با:

$$|q_1| = |q_2| = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{18 + (-6)}{2} = 6 \mu C$$

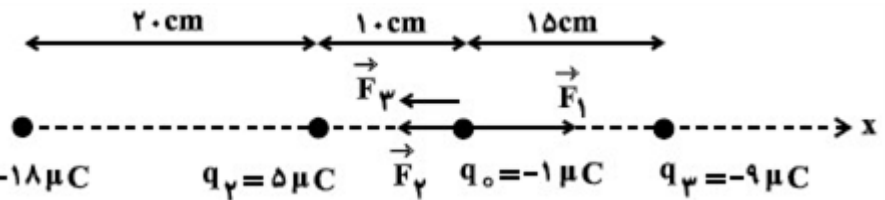


$$E'_1 = \frac{k|q'_1|}{r_1^2} \Rightarrow E'_1 = \frac{q_1 \times 10^{-9} \times 6 \times 10^{-9}}{(12 \times 10^{-2})^2} = \frac{3}{\lambda} \times 10^{-9} \frac{N}{C}$$

$$E'_2 = \frac{k|q'_2|}{r_2^2} \Rightarrow E'_2 = \frac{q_2 \times 10^{-9} \times 6 \times 10^{-9}}{(3 \times 10^{-2})^2} = 6 \times 10^{-9} \frac{N}{C}$$

$$\vec{E}' = \vec{E}'_1 + \vec{E}'_2 = \frac{3}{\lambda} \times 10^{-9} \vec{i} \left(\frac{N}{C} \right) - 6 \times 10^{-9} \vec{j} \left(\frac{N}{C} \right)$$

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. ابتدا جهت نیروهای وارد بر بار q_0 از طرف بارهای دیگر را به دست می‌آوریم:



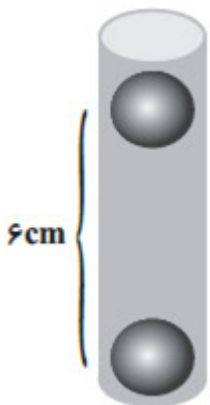
$$F_{T,0} = F_1 - F_2 - F_3 = \frac{k|q_1||q_0|}{r_{1,0}^2} - \frac{k|q_2||q_0|}{r_{2,0}^2} - \frac{k|q_3||q_0|}{r_{3,0}^2}$$

$$\Rightarrow F_{T,0} = k|q_0| \times \left(\frac{|q_1|}{r_{1,0}^2} - \frac{|q_2|}{r_{2,0}^2} - \frac{|q_3|}{r_{3,0}^2} \right)$$

$$\Rightarrow F_{T,0} = 9 \times 10^{-9} \times 10^{-6} \times \left(\frac{18 \times 10^{-6}}{(30 \times 10^{-2})^2} - \frac{5 \times 10^{-6}}{(10 \times 10^{-2})^2} - \frac{9 \times 10^{-6}}{(15 \times 10^{-2})^2} \right)$$

$$\Rightarrow F_{T,0} = -6/3 N \Rightarrow \vec{F}_{T,0} = -6/3 \vec{i} (N)$$

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. چون دو گوی در حالت تعادل قرار دارند، پس می‌توان گفت همدیگر را دفع می‌کنند و نیروی الکتریکی، نیروی وزن را برای گوی بالائی خنثی می‌کند.



$$F_T = 0 \Rightarrow F = mg \Rightarrow k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} = mg \Rightarrow k \frac{q^2}{r^2} = mg$$

$$\frac{9 \times 10^9 \times q^2}{36 \times 10^{-2}} = 25 \times 10^{-3} \Rightarrow q^2 = \frac{25 \times 36}{9} \times 10^{-16}$$

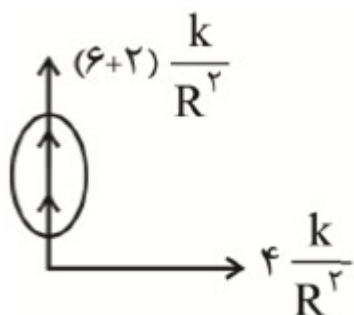
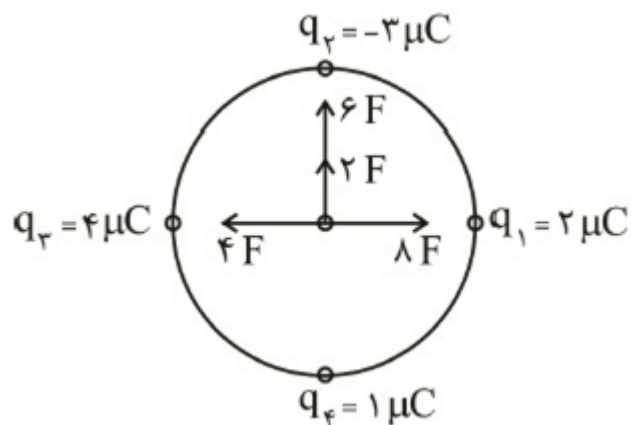
$$\Rightarrow q = \frac{5 \times 6}{3} \times 10^{-8} = 10^{-7} C$$

$$q = ne \Rightarrow 10^{-7} = n \times 1/6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = 6/25 \times 10^{11}$$

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. با استفاده از رابطه نیروی الکتریکی یا همان قانون کولن می‌توان نوشت:

$$\Rightarrow F = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2} \Rightarrow F = \frac{\text{عدد ثابت}}{r^2}$$

با زیاد شدن فاصله، اندازه نیرو کم می‌شود، پس گزینه ۳ یا ۴ می‌تواند صحیح باشد، این نیرو هیچ‌گاه به صفر نمی‌رسد (به صفر نزدیک می‌شود) و با فاصله رابطه خطی ندارد. پس گزینه ۴ صحیح است.



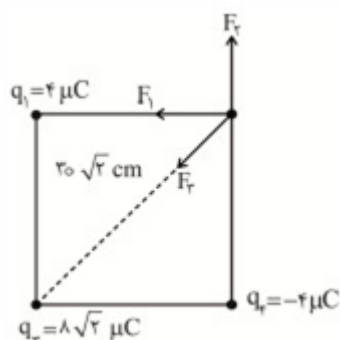
$$\text{برآیند} = \sqrt{\left(\frac{k}{R^2}\right)^2 (8^2 + 4^2)} = \frac{k}{R^2} \sqrt{80}$$

$$\text{برآیند} = \frac{9 \times 10^{-9}}{(3 \times 10^{-2})^2} \times 4 \sqrt{80} \times (10^{-6})^2 = 4 \sqrt{80} \times 10^{-1}$$

$$\text{برآیند} = 40 \sqrt{5} N$$

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. در مسائلی که بارها برحسب μC و فاصله‌ها برحسب cm است، می‌توان قانون کولن را

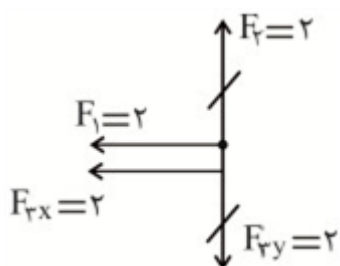
به صورت $F = 90 \frac{q_1 q_2}{r^2}$ نوشت.



$$F_1 = F_2 = 90 \times \frac{4 \times 4}{(30)^2} = 2 N$$

$$F_3 = 90 \times \frac{8 \sqrt{2} \times 4}{(30 \sqrt{2})^2} = 2 \sqrt{2} N$$

نکته مفید در حل مسأله آن است که می‌توانیم نیروی مایل F_3 را با دو نیروی هم‌اندازه ۲ نیوتنی جایگزین کنیم:



$$\Rightarrow \text{خالص اولیه } F = 2 + 2 = 4 N$$

$$F_3 \text{ با حذف: خالص جدید: } F = 2 \sqrt{2} \approx 2.8 N$$

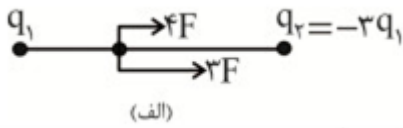
که به معنای $2.8 N$ کاهش نیروی خالص وارد بر q_4 است.

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. ابتدا نیروی وارده از طرف q_2 را بر حسب نیروی وارده از طرف q_1 بیان می‌کنیم:

$$F = K \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \quad \text{برابر ۳} \quad \text{برابر ۴}$$

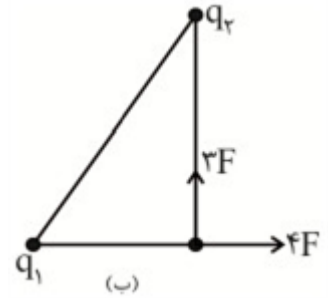
مشترب

$$\Rightarrow \begin{cases} F_1 = 4F \\ F_2 = 3F \end{cases}$$



$$\Rightarrow F_1 = 4F = 16 \Rightarrow \boxed{F = 2N}$$

$$\Rightarrow F_2 = \sqrt{(3F)^2 + (4F)^2} = 5F \Rightarrow F_2 = 5 \times 2 = 10N$$



گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

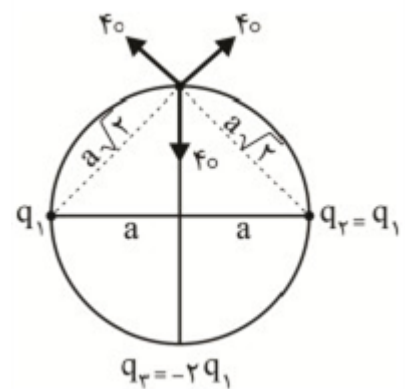
$$r = a\sqrt{2} \text{ فاصله } q_2 \text{ و } q_1 \text{ از } q_4$$

$$F_{12} = k \times \frac{q_1 q_2}{a^2} = 10N$$

$$F_{14} = F_{24} = k \times \frac{q_1 q_2}{a^2} = 40N$$

$$F_{34} = k \times \frac{q_1 q_2}{a^2} = 40N$$

$$F = 40\sqrt{2} - 40 \approx 40 \times 1/4 - 40 = 16N$$



۶۹

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. نیروهای وارد بر q_3 به شکل دافعه بوده و بر هم عموداند. ضمناً توجه کنید که چون بارها

برحسب میکروکولن و فاصله‌ها بر حسب سانتی‌متر است، رابطه قانون کولن به صورت $F = 90 \frac{q_1 q_2}{r^2}$ قابل نوشتن

$$\left. \begin{aligned} F_1 &= 90 \times \frac{4 \times 2}{(4)^2} = 45 N \\ F_2 &= 90 \times \frac{2 \times 2/25}{(2)^2} = 45 N \end{aligned} \right\} \Rightarrow F = 45\sqrt{2} N \text{ خالص است.}$$

$$\sqrt{2} \simeq 1/4 \Rightarrow F_{q_3} = 45 \times 1/4 = 11.25 N$$

۷۰

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. برای تحقق خواسته تست کافی است میدان الکتریکی خالص حاصل از q_1 و q_2 در مبدأ مختصات صفر باشد. لذا باید نسبت بار آنها توان ۲ نسبت فاصله‌های دو بار باشد.

$$E = K \frac{q}{r^2} \Rightarrow r_2 = 2r_1 = 24 \text{ cm}$$

برابر ۴
برابر ۱
برابر (۲)²

این، یعنی باید بار q_2 را ۴ cm در راستای محور x دور کنیم.

۷۱

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. جاذبه بودن نیروی الکتریکی بین دو بار، نشان می‌دهد که دو بار ناهمنام‌اند.

$$\text{حالت اولیه: } q \quad -q \quad r_1 = 10 \text{ cm}$$

$$\text{حالت جدید: } \frac{3}{4}q \quad -\frac{3}{4}q \quad r_2 = 10 + 20 = 30 \text{ cm}$$

$$F = K \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

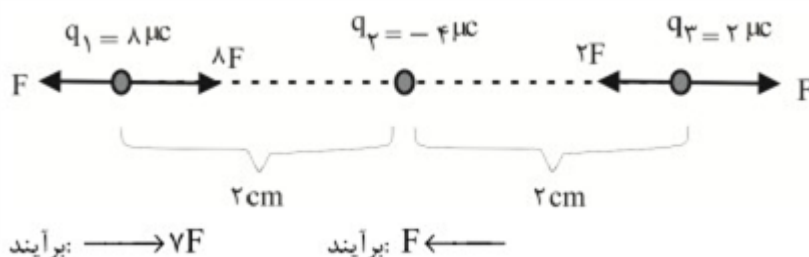
برابر ۳/۴
برابر ۳/۴
برابر ۱/۱۶
ثابت
برابر (۳)²

۷۲

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. نیروی بین دو بار $2 \mu C$ فرضی در فاصله ۲ سانتی‌متری از هم را برابر F فرض کرده و تمامی

نیروها را بر حسب آن می‌نویسیم. توجه کنید که نیروی بین دو بار با حاصل ضرب آنها رابطه‌ی مستقیم و با مجذور

فاصله آنها رابطه عکس دارد:



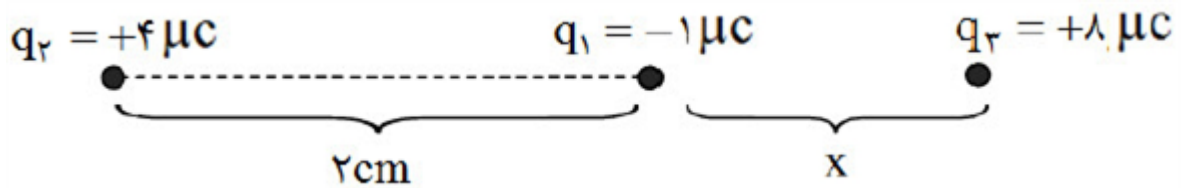
این یعنی نیرو ۷ برابر، ولی در جهت مخالف است.

۷۳

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. چون دو بار همنام هستند، بین دو بار و نزدیک به بار کوچک‌تر باید بار q' را قرار دهیم.

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. بین دو کره نیروی جاذبه برقرار بوده که نشان می‌دهد بار دو کره ناهمنام است. در این شرایط اگر اندازه دو کره در ابتدا خیلی اختلاف داشته باشد، بعد از تماس اندازه نیروی بین آن‌ها می‌تواند افزایش یابد و در سایر موارد کاهش یافته یا در شرایط خاص می‌تواند ثابت بماند.

گزینه ۱ پاسخ صحیح است.



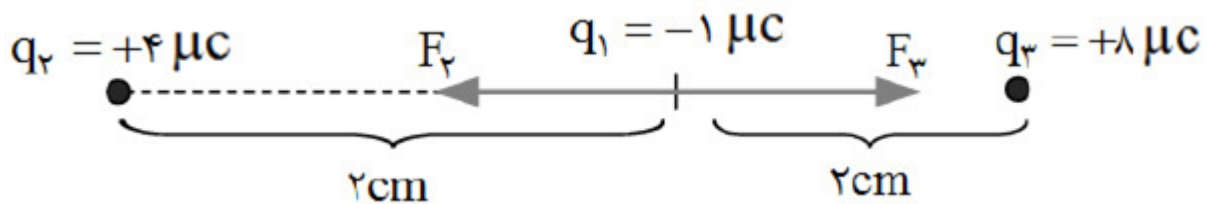
لازمه صفر شدن نیروی وارد بر q_3 آن است که نیروی وارد از طرف q_1 و q_2 به آن یکسان (۱ برابر) باشد:

$$F = K \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \Rightarrow ? = 2 = \frac{2 + x}{x} \Rightarrow x = 2 \text{ cm}$$

$\downarrow$ مشترک
 $\downarrow$ برابر ۴
 $\downarrow$ ثابت
 $\downarrow$ ۲
 $\downarrow$ ۱ برابر
 $\downarrow$ (?)

(صفر شدن نیروی وارد بر یک بار از طرف دو بار همنام در نقطه‌ای بین آن‌ها و برای دو بار ناهمنام در نقطه‌ای خارج فاصله آن‌ها و همواره نزدیک به بار کوچکتر رخ می‌دهد و می‌توان نشان داد: کافی است نسبت بارها توان ۲ نسبت فاصله‌ها باشد.)

در ادامه کافی است نیروهای وارد بر q_1 را محاسبه کنیم:



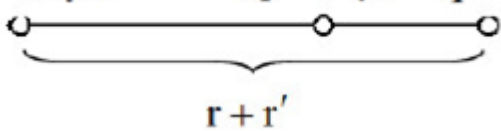
$$F_2 = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-12}}{4 \times 10^{-4}} = 90 \text{ N}$$

(زیرا فاصله آن‌ها یکسان ولی یکی از بارها ۲ برابر است.) $F_3 = 2 \times 90 = 180 \text{ N}$

$\Rightarrow$ نیروها خلاف جهت‌اند $F = 180 - 90 = 90 \text{ N}$

۷۶

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. از روش نسبت بهره می‌گیریم:

$$q = 5 \mu\text{C} \quad q' = 4 \mu\text{C} \quad q'' = 2 \mu\text{C}$$


مشترب ۲ برابر

$$F = K \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \Rightarrow ? = \frac{1}{2} = \frac{r'}{r + r'} \Rightarrow r = r'$$

۸ برابر ثابت ۲ (?)

توجه کنید در روش نسبت اعداد ثابت نقشی ایفا نمی‌کنند.

۷۷

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. با توجه به صفر بودن نیروی خالص الکتریکی وارد بر q_1 داریم:

$$\frac{|q_3|}{|q_2|} = \left(\frac{r_{31}}{r_{21}} \right)^2 = \left(\frac{3x}{2x} \right)^2 = \frac{9}{4}$$

$$\frac{q_3}{q_2} = -\frac{9}{4}$$

q_2 و q_3 باید ناهم‌نام باشند، پس:

۷۸

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. F_T روی نیم‌ساز نیروهای F_{13} و F_{23} قرار دارد پس $F_{23} = F_{13}$ است. همچنین با توجه به

جهت نیروهای F_{23} و F_{13} ، q_2 و q_1 ناهم‌نام‌اند. اگر وتر مثلث را a فرض کنیم، فاصله q_3 و q_1 برابر $\frac{\sqrt{3}}{2}a$ است.

$$F_{23} = F_{13} \Rightarrow \frac{|a_2|}{a^2} = \frac{|q_1|}{\left(\frac{\sqrt{3}}{2}a \right)^2} \Rightarrow \frac{q_2}{q_1} = -\frac{4}{3}$$

۷۹

گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

ابتدا فاصله q_4 تا q_2 را به‌دست می‌آوریم.

$$\sin 37^\circ = \frac{r}{50} \Rightarrow r = 30 \text{ cm}$$

سپس r' فاصله q_1 و q_3 تا q_2 را به‌دست می‌آوریم.

$$\cos 37^\circ = \frac{r'}{50} \Rightarrow r' = 40 \text{ cm}$$

$$F_{12} = F_{22} = \frac{9 \times 10^{-9} \times 8 \times 10^{-12}}{16 \times 10^{-2}} = 2/25 \text{ N} \Rightarrow F' = F_{12} + F_{22} = 2/25 + 2/25 = 4/25 \text{ N}$$

$$F_{22} = \frac{9 \times 10^{-9} \times 9 \times 5 \times 10^{-12}}{9 \times 10^{-2}} = 4/25 \text{ N}$$

$$F_T = \sqrt{(4/25)^2 + (4/25)^2} = 4/25 \sqrt{2} \text{ N}$$

F' (برآیند F_{12} و F_{22}) بر F_{22} عمود است $\Leftarrow$

$$\frac{F'}{F} = \left(\frac{r}{r'}\right)^2 \Rightarrow \frac{1}{4} = \left(\frac{r}{r'}\right)^2 \Rightarrow \frac{r}{r'} = 2 \Rightarrow r' = 2r \Rightarrow \Delta r = 2r - r = r$$

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. نیرویی که بار q_1 به q_2 در فاصله ۲ cm وارد می‌کند را F فرض می‌کنیم. در حالت اولیه، بار q_2 ، ۲ برابر q_1 و فاصله آن ۲ برابر است:

ثابت

↑ ↑

$q_2 \times q_1 \rightarrow$ برابر ۲

$F = K \frac{q_2 \times q_1}{r_2^2} \rightarrow (2)^2 \Rightarrow F_2 = 4/5 F$

$q_2 = -2q_1$

$\frac{1}{4} \leftarrow F$

$\frac{4}{5} F$

q_1

q_2

F

۴ cm

۲ cm

$\Rightarrow F = 4/5 F$ خالص اولیه

در حالت دوم بارهای q_1 و q_2 جابه‌جا می‌شوند. با روش نسبت می‌توان نشان داد نیروی حاصل از بار q_1 در فاصله ۴ cm، $4/5 F$ بوده و نیروی حاصل از بار $2q_1$ در فاصله ۲ cm، $2F$ است و برآیند $2/5 F$ را ایجاد می‌کنند.

q_1

q_2

$q_2 = -2q_1$

$2F$

$4/5 F$

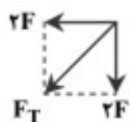
۴ cm

۲ cm

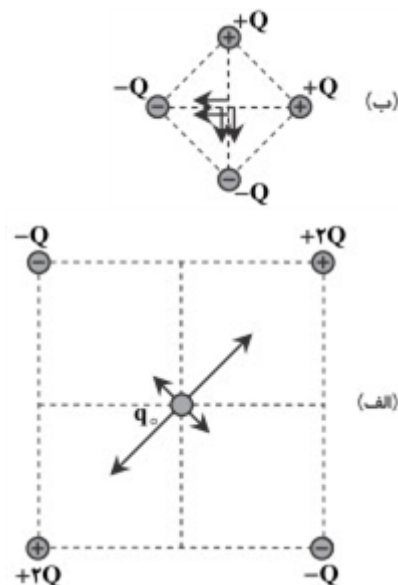
$\Rightarrow F = 2/5 F$ خالص جدید

این مقدار، $1/5$ برابر مقدار اولیه است.

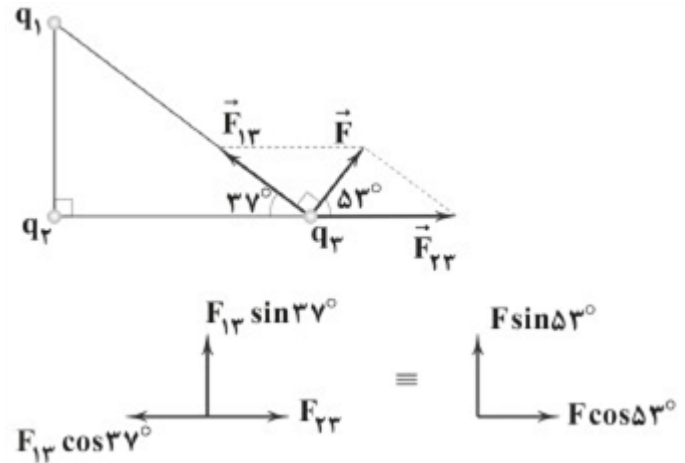
نیروهای وارد بر بار q از طرف بارهایی که در رئوس مربع بزرگ‌تر قرار دارند، مطابق شکل «الف» است و با توجه به تساوی اندازه‌ی نیروهایی که هم‌راستا هستند، برای این چهار نیرو صفر خواهد بود. (معمولاً q نشان‌دهنده‌ی بار مثبت کوچک (بار آزمون) است اما در این سؤال، چنانچه منفی هم فرض شود، در جواب نهایی تفاوتی ایجاد نخواهد کرد.) نیروهای وارد بر بار q از طرف بارهایی که در رئوس مربع کوچک‌تر قرار دارند، مطابق شکل «ب» است. اندازه‌ی هر چهار بار و همچنین فاصله‌ی آن‌ها تا بار q یکسان بوده و در نتیجه، اندازه‌ی همه‌ی نیروها با یکدیگر مساوی و برابر F است، لذا اندازه‌ی برای ایند نیروها برابر است با:



$$F_T = \sqrt{(2F)^2 + (2F)^2} = 2\sqrt{2}F$$



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 برابری $\vec{F}$ می‌توان نوشت:



$$\Rightarrow \begin{cases} F_{۱۳} \sin ۳۷^\circ = F \sin ۵۳^\circ \Rightarrow F_{۱۳} = \frac{۴}{۳} F \\ F_{۲۳} - F_{۱۳} \cos ۳۷^\circ = F \cos ۵۳^\circ \Rightarrow F_{۲۳} - \frac{۴}{۳} F \times \frac{۴}{۵} = \frac{۲}{۵} F \Rightarrow F_{۲۳} = \frac{۵}{۳} F \\ \frac{F_{۲۳}}{F_{۱۳}} = \frac{\frac{۵}{۳} F}{\frac{۴}{۳} F} = \frac{۵}{۴} \end{cases}$$

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

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. اندازه‌ی نیروی الکتریکی که دو بار الکتریکی به هم وارد می‌کنند از رابطه‌ی زیر به دست

$$F = \frac{k |q| |q'|}{r^۲} \quad \text{می‌آید:}$$

بارهای $q_۱$ و $q_۲$ به ترتیب نیروهای $F_{۱۳}$ و $F_{۲۳}$ به بار الکتریکی $q_۳$ وارد می‌کنند و از آنجایی که هر دو بار الکتریکی $q_۱$ و $q_۲$ منفی هستند (هم‌علامت هستند)، بنابراین این دو نیرو همسو می‌باشند، پس داریم:

$$\begin{aligned} F_{۱۳} &= \frac{k |q_۱| |q_۳|}{(۲d)^۲}, F_{۲۳} = \frac{k |q_۲| |q_۳|}{d^۲}, F_۳ = F_{۱۳} + F_{۲۳} \\ F_۳ &= \frac{k |q_۱| |q_۳|}{۴d^۲} + \frac{k |q_۲| |q_۳|}{d^۲} = \frac{k |q_۳|}{d^۲} \left(\frac{|q_۱|}{۴} + |q_۲| \right) \Rightarrow F_۳ = \frac{k |q_۳|}{d^۲} \left(\frac{۴}{۴} + ۲ \right) \times ۱۰^{-۶} \\ \Rightarrow F_۳ &= ۳ \times ۱۰^{-۶} \left(\frac{k |q_۳|}{d^۲} \right) \end{aligned}$$

در حالت ثانویه که اندازه‌ی $q_۱$ چهار برابر می‌شود، نیروی الکتریکی وارد بر $q_۳$ را $F'_۳$ می‌نامیم، بنابراین:

$$\begin{aligned} F'_۳ &= \frac{k |q_۳|}{d^۲} \left(\frac{۴ |q_۱|}{۴} + |q_۲| \right) = \frac{k |q_۳|}{d^۲} (۴ + ۲) \times ۱۰^{-۶} = ۶ \times ۱۰^{-۶} \left(\frac{k |q_۳|}{d^۲} \right) \\ \frac{F'_۳}{F_۳} &= \frac{۶ \times ۱۰^{-۶} \left(\frac{k |q_۳|}{d^۲} \right)}{۳ \times ۱۰^{-۶} \left(\frac{k |q_۳|}{d^۲} \right)} = ۲ \end{aligned}$$

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. ابتدا وتر مثلث و سپس فاصله بار q_2 تا q_3 را می‌یابیم. چون مثلث قائم‌الزاویه

متساوی‌الساقین است، طول وتر آن برابر $8\sqrt{2}$ cm می‌باشد و فاصله بار q_1 از بار q_3 نصف این مقدار است. بنابراین

$$\text{وتر مثلث} = \sqrt{8^2 + 8^2} = 8\sqrt{2} \text{ cm} \quad \text{داریم:}$$

$$r_{13} = \frac{8\sqrt{2}}{2} = 4\sqrt{2} \text{ cm}$$

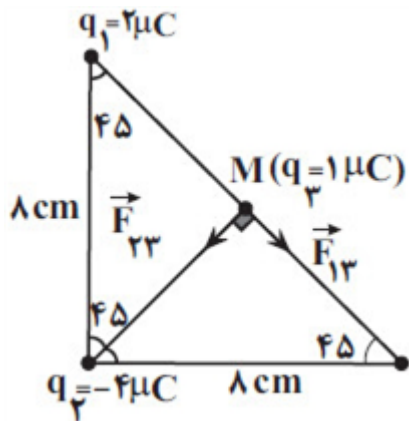
$$r_{12}^2 = r_{13}^2 + r_{23}^2 \Rightarrow 64 = 32 + r_{23}^2 \Rightarrow r_{23}^2 = 32 \Rightarrow r_{23} = 4\sqrt{2} \text{ cm}$$

با داشتن فاصله بارهای q_1 و q_2 از بار q_3 ، نیروهای وارد بر بار q_3 را رسم می‌کنیم و اندازه هریک را با استفاده از قانون کولن می‌یابیم و سپس برآیند آن‌ها را پیدا می‌کنیم:

$$F_{13} = k \frac{|q_1||q_3|}{r_{13}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^{-6}}{16 \times 2 \times 10^{-4}} \Rightarrow F_{13} = \frac{90}{16} N$$

$$F_{23} = k \frac{|q_2||q_3|}{r_{23}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^{-6}}{16 \times 2 \times 10^{-4}} \Rightarrow F_{23} = \frac{90}{8} N$$

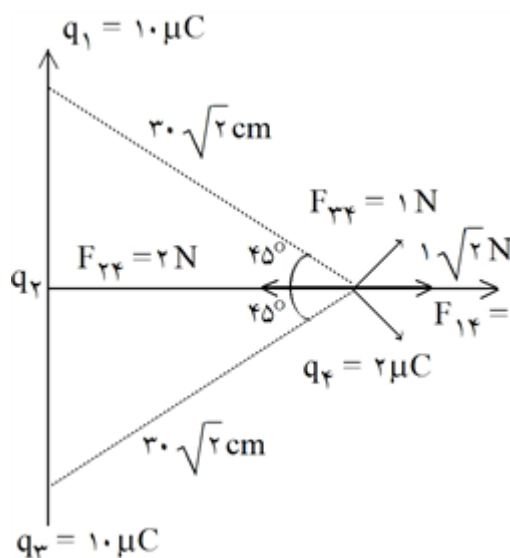
در آخر برآیند نیروها برابر است با:



$$F_t = \sqrt{F_{13}^2 + F_{23}^2} \Rightarrow F_t = \sqrt{\left(\frac{90}{16}\right)^2 + \left(\frac{90}{8}\right)^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{90}{16}\right)^2 (1^2 + 2^2)} \Rightarrow F_t = \frac{90}{16} \sqrt{5} N$$

گزینه ۱ پاسخ صحیح است.



$$F_{12} = F_{23} = \frac{(10)(10)(2)}{900(2)} = 1 N$$

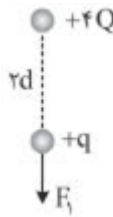
$$F_{23} = 2 N \Rightarrow \cancel{\gamma} = \frac{10|q_2|(\cancel{\gamma})}{900}$$

$$\Rightarrow q_2 = -10 \mu C$$

گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

با توجه به سؤال، مقدار $K \frac{Qq}{d^2}$ برابر F است.

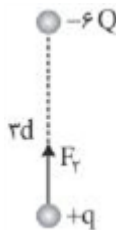
ابتدا اندازه و جهت نیرویی که بار Q به بار q وارد می‌کند را به دست می‌آوریم:



$$\left| \vec{F}_1 \right| = K \frac{4Qq}{d^2} = K \frac{Qq}{d^2} = F$$

$$\vec{F}_1 = (-F) \vec{j}$$

حال اندازه و جهت نیرویی که بار Q به بار q وارد می‌کند را به دست می‌آوریم:



$$\left| \vec{F}_2 \right| = K \frac{6Qq}{d^2} = \frac{6}{4} K \frac{Qq}{d^2} = \frac{3}{2} F$$

$$\vec{F}_2 = \left(+\frac{3}{2} F \right) \vec{j}$$

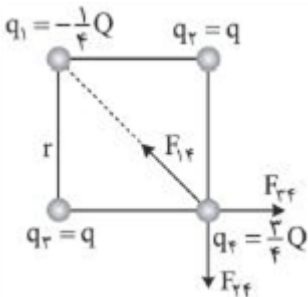
برآیند نیروهای $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$ برابر است:

$$\vec{F}_T = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = (-F) \vec{j} + \left(+\frac{3}{2} F \right) \vec{j} = \left(-\frac{1}{2} F \right) \vec{j}$$

گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

با توجه به صفر بودن نیروی خالص وارد بر q_4 ، نیروهای وارد بر آن را رسم می‌کنیم. دقت شود برای صفر شدن برآیند

نیروهای وارد بر q_4 باید q_1 و q_4 ناهمنام و q_2 و q_4 همنام باشند (یا برعکس)، پس نسبت $\frac{Q}{q}$ مثبت است.



$$\left. \begin{aligned} F_{14} &= K \frac{|q_1 q_4|}{r^2} = \frac{K \times \frac{1}{4} Q \times \frac{1}{4} Q}{r^2} = \frac{1}{16} K \frac{Q^2}{r^2} \\ F_{24} &= K \frac{|q_2 q_4|}{r^2} = \frac{K \times q \times \frac{1}{4} Q}{r^2} = \frac{1}{4} K \frac{qQ}{r^2} \\ F_{34} &= K \frac{|q_3 q_4|}{r^2} = \frac{K \times q \times \frac{1}{4} Q}{r^2} = \frac{1}{4} K \frac{qQ}{r^2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow F_4 = \frac{\sqrt{2}}{4} K \frac{qQ}{r^2}$$

$$F_{14} = K \frac{|q_1 q_4|}{r^2} = \frac{K \times \frac{1}{4} Q \times \frac{1}{4} Q}{r^2} = \frac{1}{16} K \frac{Q^2}{r^2}$$

$\Rightarrow F_4 = F_{14}$ برآیند نیروهای وارد بر بار q_4 صفر است.

$$\Rightarrow \frac{\sqrt{2}}{4} K \frac{qQ}{r^2} = \frac{1}{16} K \frac{Q^2}{r^2} \Rightarrow \frac{Q}{q} = \sqrt{2}$$

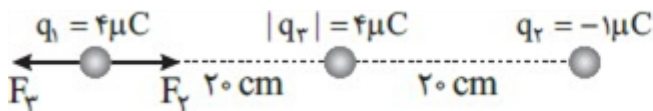
گام اول: بار q_2 را در حال تعادل می‌گیریم و فاصله q_2 تا q_1 را حساب می‌کنیم:

$$\frac{|q_1|}{q_2} = \left(\frac{20 + x}{x} \right)^2 \Rightarrow 2 = \frac{20 + x}{x} \Rightarrow x = 20 \text{ cm}$$

گام دوم: بار q_2 را در حال تعادل می‌گیریم و q_2 را حساب می‌کنیم:

$$\left| \frac{q_1}{q_2} \right| = \left(\frac{20}{20} \right)^2 \Rightarrow |q_2| = |q_1| = 4 \mu\text{C}$$

گام سوم:



$$F_{\text{net}} = F_{23} - F_{21} = 9.0 \times \frac{4 \times 4}{20^2} - 9.0 \times \frac{4 \times 1}{40^2} = \frac{27}{8} \text{ N}$$

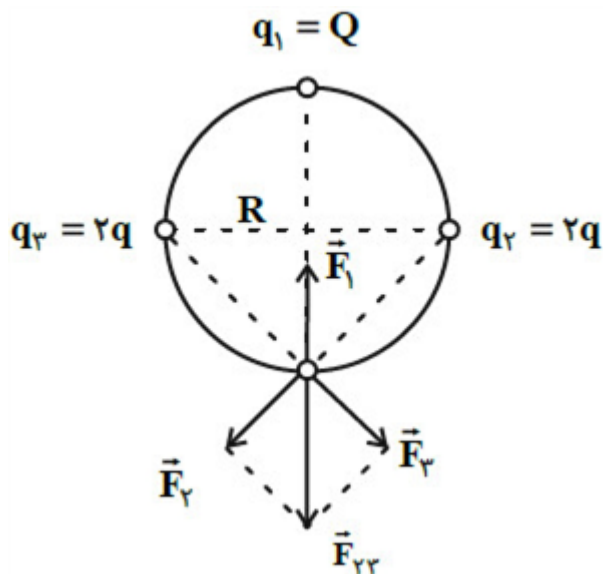
گزینه ۴ پاسخ صحیح است. با توجه به شکل زیر، اندازه نیروهای F_2 و F_3 را محاسبه می‌کنیم.

$$F_2 = F_3 = k \frac{|q| |2q|}{2R^2} = k \frac{q^2}{R^2}$$

$$F_{23} = \sqrt{2} F_2 = \sqrt{2} k \frac{q^2}{R^2}$$

برای اینکه بار q_1 در حال تعادل باشد، اولاً باید علامت بار Q مخالف علامت بار q_1 باشد و ثانیاً $F_1 = F_{23}$ برقرار باشد.

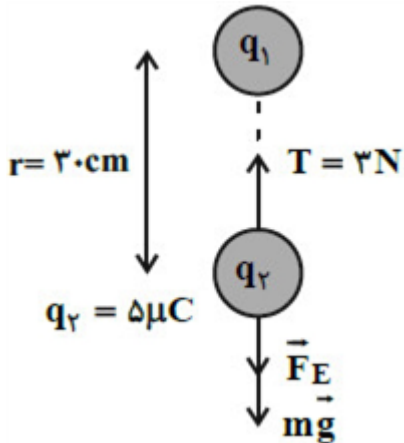
$$F_1 = F_{23} \Rightarrow k \frac{|q| |Q|}{4R^2} = \sqrt{2} k \frac{|q|^2}{R^2} \Rightarrow |Q| = 4\sqrt{2} q \Rightarrow \frac{Q}{q} = -4\sqrt{2}$$



گزینه ۲ پاسخ صحیح است. مطابق شکل زیر، بر گلوله دوم، نیروهای وزن و دافعه 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 گلوله دوم، اندازه نیروی الکتریکی بین دو بار را می‌یابیم:

$$T = F_E + mg \xrightarrow[m=2 \times 10^{-3} \text{ kg}, g=10 \text{ m/s}^2]{T=3 \text{ N}} 3 = F_E + 0/2 \times 10 \Rightarrow F_E = 1 \text{ N}$$

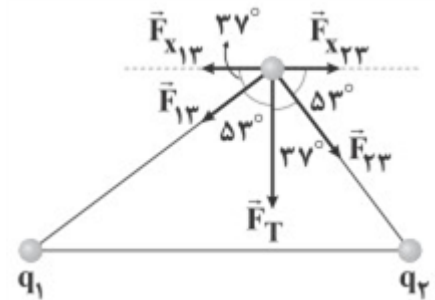
اکنون، با استفاده از قانون کولن، اندازه بار q_1 را حساب می‌کنیم:



$$F_E = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2} \xrightarrow[r=3 \text{ cm} = 3 \times 10^{-2} \text{ m}]{|q_2| = 5 \times 10^{-6} \text{ C}} 1 = \frac{9 \times 10^9 \times |q_1| \times 5 \times 10^{-6}}{9 \times 10^{-2}} \Rightarrow |q_1| = 2 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$\Rightarrow |q_1| = 2 \mu\text{C}$$

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. با توجه به بردار نیروی الکتریکی باید بارهای q_1 و q_2 هم‌علامت و بار q_3 مختلف‌العلامت با بارهای q_1 و q_2 باشد. فرض می‌کنیم بارهای q_1 و q_2 مثبت و بار q_3 منفی است. نیروهای وارد بر بار q_3 را رسم می‌کنیم.



با تجزیه بردارهای نیروهای $\vec{F}_{13}$ و $\vec{F}_{23}$ متوجه می‌شویم که $F_{x_{13}}$ با $F_{x_{23}}$ برابر است، بنابراین:

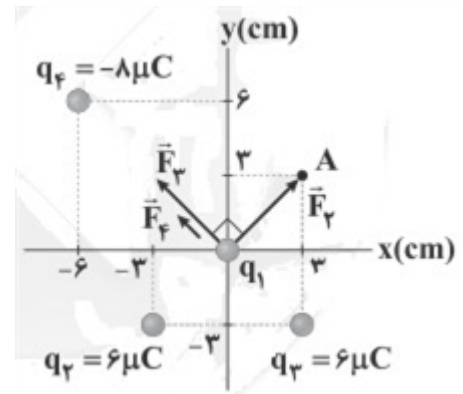
$$F_{x_{23}} = F_{x_{13}} \Rightarrow F_{23} \cos 53^\circ = F_{13} \cos 37^\circ$$

$$\Rightarrow k \frac{|q_2||q_3|}{r_{23}^2} \times \cos 53^\circ = k \frac{|q_1||q_3|}{r_{13}^2} \times \cos 37^\circ$$

$$\Rightarrow \frac{|q_2|}{(30)^2} \times 0/6 = \frac{|q_1|}{(40)^2} \times 0/8 \Rightarrow \frac{|q_2|}{30 \times 30} \times 6 = \frac{|q_1|}{40 \times 40} \times 100$$

$$\Rightarrow \frac{|q_2|}{150} = \frac{|q_1|}{200} \Rightarrow \frac{|q_1|}{|q_2|} = \frac{200}{150} = \frac{4}{3} \Rightarrow \frac{q_1}{q_2} = \frac{4}{3}$$

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. شکل زیر، نیروهای وارد بر بار q_1 را با فرض آن که q_1 مثبت است، نشان می‌دهد با توجه به این شکل می‌توان نوشت:



$$F_2 = k \frac{|q_1| |q_2|}{r_{12}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{6 \times 10^{-6} |q_1|}{(3\sqrt{2} \times 10^{-2})^2} = 3 \times 10^7 |q_1|$$

$$F_3 = F_2 = 3 \times 10^7 |q_1|$$

$$F_4 = k \frac{|q_1| |q_4|}{r_{14}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{8 \times 10^{-6} |q_1|}{(6\sqrt{2} \times 10^{-2})^2} = 10^7 |q_1|$$

بنابراین برابری نیروهای وارد بر بار q_1 است با:

$$\vec{F}_2 = 3 \times 10^7 |q_1| \quad \vec{F}_3 = 3 \times 10^7 |q_1| \quad \vec{F}_{2,3} = 4 \times 10^7 |q_1| \quad \vec{F}_4 = 10^7 |q_1|$$

$$F_{\text{نت}} = 10^7 |q_1| \sqrt{3^2 + 4^2} = 5 \times 10^7 |q_1|$$

مطابق متن سؤال، بزرگی نیروی خالص وارد بر بار q_1 برابر 60 N است، بنابراین داریم:

$$5 \times 10^7 |q_1| = 60 \Rightarrow |q_1| = 1/2 \times 10^{-6} \text{ C}$$

بنابراین بزرگی میدان الکتریکی که بار q_1 در نقطه‌ی A ایجاد می‌کند برابر است با:

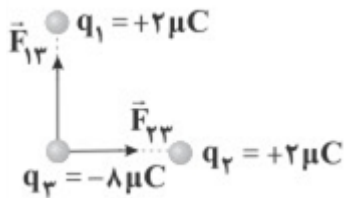
$$E = k \frac{|q_1|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{1/2 \times 10^{-6}}{(3\sqrt{2} \times 10^{-2})^2} = 6 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. با توجه به این که برابری نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_1 ، فاقد مؤلفه‌ی عمودی (j) می‌باشد، بنابراین نیرویی که بار q_4 بر بار q_1 وارد می‌کند باید نیرویی که بار q_3 بر بار q_1 وارد می‌کند را خنثی کند، بنابراین:

$$F_{41} = F_{31} \Rightarrow k \frac{|q_4| |q_1|}{r_{41}^2} = k \frac{|q_3| |q_1|}{r_{31}^2} \Rightarrow \frac{2}{r_{41}^2} = \frac{8}{6^2} \Rightarrow r_{41} = 3 \text{ cm}$$

برای این که $\vec{F}_{41}$ و $\vec{F}_{31}$ یک‌دیگر را خنثی کنند، باید هم‌اندازه، هم‌راستا و در خلاف جهت هم باشند، بنابراین بار q_4 باید روی محور y قرار داشته باشد. از طرفی چون بارهای q_3 و q_4 ناهمنامند، پس نقطه‌ی تعادل خارج از فاصله‌ی بین آن‌ها قرار دارد، بنابراین بار q_4 هم بالای بار q_1 قرار دارد، بنابراین در نقطه‌ی $y = 3 \text{ cm}$ قرار می‌گیرد.

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. ابتدا نیروهای وارد بر بار q_3 را رسم کرده و محاسبه می‌کنیم:



$$F_{23} = F_{13} = k \frac{|q_1||q_3|}{r^2}$$

$$\Rightarrow F_{23} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6} \times 8 \times 10^{-6}}{(20 \times 10^{-2})^2} = 3/6 \text{ N}$$

دقت کنید: اندازه‌ی دو نیرو برابر می‌باشد، زیرا فاصله و اندازه‌ی بارها برابر است.

برایند این دو نیرو روی نیمساز زاویه‌ی بین دو بردار است، زیرا اندازه‌ی نیروها با هم برابر است، پس نیروی وارد از طرف بار q_2 بر بار q_3 نیز باید هم‌جهت برایند این دو نیرو باشد تا نیروی برایند بیشینه به دست بیاید، بنابراین:

$$F_{23} = k \frac{|q_1||q_3|}{r^2}$$

$$\Rightarrow F_{23} = 9 \times 10^9 \times \frac{8 \times 10^{-6} \times 2 \sqrt{2} \times 10^{-6}}{(40 \times 10^{-2})^2} = 0.9 \sqrt{2} \text{ N}$$

نیروهای وارد بر بار q_3 را به صورت بردارهای یکه می‌نویسیم:

$$\begin{cases} \vec{F}_{13} = 3/6 \vec{j} (N) \\ \vec{F}_{23} = 3/6 \vec{i} (N) \\ \vec{F}_{23} = 0.9 \sqrt{2} \times \cos 45^\circ \vec{i} + 0.9 \sqrt{2} \times \sin 45^\circ \vec{j} = 0.9 \vec{i} + 0.9 \vec{j} (N) \\ \vec{F}_T = 3/6 \vec{i} + 3/6 \vec{j} + 0.9 \vec{i} + 0.9 \vec{j} = 4/5 \vec{i} + 4/5 \vec{j} (N) \end{cases}$$

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. در حالت اول که جهت نیروی وارد بر بار q_3 در وسط فاصله‌ی بین دو بار به سمت راست است، حالت‌های زیر برای بارهای q_1 و q_2 ممکن است وجود داشته باشد.

- ۱) $q_1 > 0, q_2 < 0$
- ۲) $q_1 < 0, q_2 < 0, |q_2| > |q_1|$
- ۳) $q_1 > 0, q_2 > 0, |q_1| > |q_2|$

حال به بررسی تک‌تک گزینه‌ها می‌پردازیم:

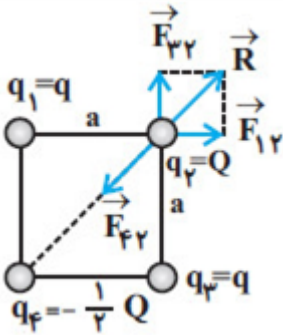
گزینه‌ی ۱: اگر بار q_1 را مثبت و بار q_2 را منفی در نظر بگیریم و اندازه‌ی q_1 و q_2 برابر باشد $\vec{F}$ به صورتی که در این گزینه نمایش داده شده، خواهد بود.

گزینه‌ی ۲: اگر بارهای q_1 و q_2 را منفی در نظر بگیریم، در این حالت باید اندازه‌ی بار q_2 از بار q_1 بزرگ‌تر باشد تا $\vec{F}$ به سمت q_1 قرار گیرد، در این صورت $\vec{F}$ مشابه گزینه‌ی ۲ نخواهد شد.

گزینه‌ی ۳: اگر بارهای q_1 و q_2 هر دو مثبت باشند، در صورتی نیروی $\vec{F}$ به سمت بار q_1 خواهد بود که اندازه‌ی بار q_1 از بار q_2 بزرگ‌تر باشد که در این صورت $\vec{F}$ مشابه گزینه‌ی ۳ خواهد شد.

گزینه‌ی ۴: اگر بار q_2 منفی و بار q_1 مثبت باشند و اندازه‌ی بار q_2 از q_1 بیش‌تر باشد، نیروی $\vec{F}$ می‌تواند مشابه گزینه‌ی ۴ باشد.

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. بارهای $q_۱$ و $q_۴$ مطابق شکل یکدیگر را جذب می‌کنند، بنابراین برای این‌که براینده نیروهای وارد بر بار $q_۲$ صفر شود، حتماً باید بارهای $q_۱$ و $q_۴$ هم‌نام باشند تا براینده نیروهای $\vec{F}_{۱۲}$ و $\vec{F}_{۴۲}$ یعنی همان $\vec{R}$ بتواند اثر $\vec{F}_{۳۲}$ را خنثی کند.



$$F = F_{۱۲} = F_{۳۲} = k \frac{|q||Q|}{a^۲} \Rightarrow R = \sqrt{F_{۱۲}^۲ + F_{۳۲}^۲}$$

$$= \sqrt{F^۲ + F^۲} = \sqrt{۲} F \Rightarrow R = \sqrt{۲} k \frac{|q||Q|}{a^۲}$$

$$F_{۴۲} = k \frac{|Q| \left| \frac{1}{4} Q \right|}{(\sqrt{۲} a)^۲} = \frac{1}{۴} \frac{k|Q||Q|}{a^۲}$$

$R = F_{۴۲}$: شرط صفر شدن براینده نیروهای وارد بر بار $q_۲$

$$\Rightarrow \sqrt{۲} k \frac{|q||Q|}{a^۲} = \frac{1}{۴} k \frac{|Q||Q|}{a^۲} \Rightarrow \sqrt{۲} |q| = \frac{1}{۴} |Q| \Rightarrow \left| \frac{Q}{q} \right| = ۴\sqrt{۲}$$

$$\frac{Q}{q} = ۴\sqrt{۲}$$

چون بارهای q و Q هم‌علامت‌اند:

گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

اندازه نیروهای $F_{۱۲}$ و $F_{۳۲}$ را به‌دست می‌آوریم. فاصله بار $q_۱$ از $q_۲$ برابر $۶\sqrt{۲}$ cm و فاصله بار $q_۳$ از $q_۲$ ، ۶ cm است.

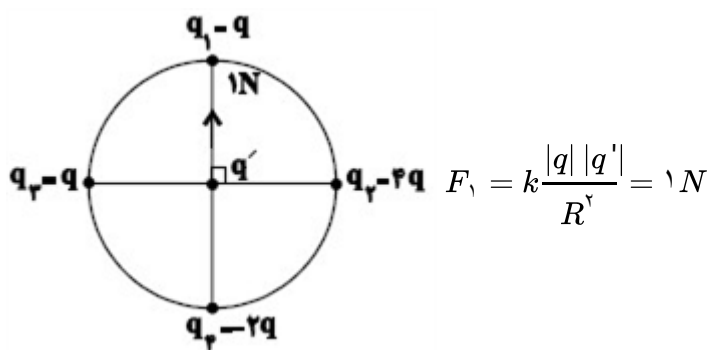
$$F_{۱۲} = \frac{K |q_۱| |q_۲|}{r^۲} = \frac{۹ \times ۱۰^{-۹} \times ۸ \times ۱۰^{-۶} \times ۳ \times ۱۰^{-۶}}{۷۲ \times ۱۰^{-۴}} = \frac{۹۰ \times ۲۴}{۷۲} = ۳۰ \text{ N}$$

$$F_{۳۲} = \frac{K |q_۳| |q_۲|}{r^۲} = \frac{۹ \times ۱۰^{-۹} \times ۳ \times ۱۰^{-۶} \times ۴ \times ۱۰^{-۶}}{۳۶ \times ۱۰^{-۴}} = \frac{۹۰ \times ۱۲}{۳۶} = ۳۰ \text{ N}$$

این دو نیرو بر هم عمودند:

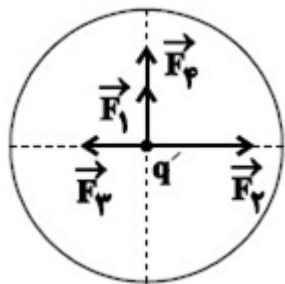
$$F_۲ = \sqrt{F_{۱۲}^۲ + F_{۳۲}^۲} = ۳۰\sqrt{۲} \text{ N}$$

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. نیروی بین بار q_1 و q' در شکل نشان داده شده است.



که در آن R شعاع دایره است.

نیروهای وارد بر q' از طرف بارهای دیگر را محاسبه می‌کنیم.

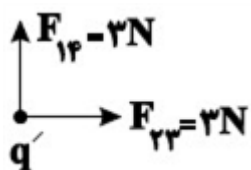


$$F_2 = 4F_1 = 4N$$

$$F_3 = F_4 = 1N$$

$$F_4 = 2F_1 = 2N$$

برایند نیروهای $\vec{F}_2$ و $\vec{F}_3$ برابر $F_{23} = 4 - 1 = 3N$ و برایند نیروهای $\vec{F}_4$ و $\vec{F}_1$ برابر $F_{14} = 3N$ خواهد شد. از رابطه فیثاغورس برایند کل محاسبه می‌شود.



$$F_t = 3\sqrt{2}N$$

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. هنگامی که هر سه بار در حال تعادل هستند، الزاماً بارهای q_1 و q_3 هم‌نام و بار q_2 ناهم‌نام با آن‌ها است. حال اگر علامت بار q_2 قرینه شود، بارهای q_1 و q_3 از تعادل خارج می‌شوند ولی بار q' همچنان در حال تعادل باقی می‌ماند.

1	1	2	3	4
2	1	2	3	4
3	1	2	3	4
4	1	2	3	4
5	1	2	3	4
6	1	2	3	4
7	1	2	3	4
8	1	2	3	4
9	1	2	3	4
10	1	2	3	4
11	1	2	3	4
12	1	2	3	4
13	1	2	3	4
14	1	2	3	4
15	1	2	3	4
16	1	2	3	4
17	1	2	3	4
18	1	2	3	4
19	1	2	3	4
20	1	2	3	4
21	1	2	3	4
22	1	2	3	4
23	1	2	3	4
24	1	2	3	4
25	1	2	3	4
26	1	2	3	4
27	1	2	3	4
28	1	2	3	4
29	1	2	3	4
30	1	2	3	4
31	1	2	3	4
32	1	2	3	4

33	1	2	3	4
34	1	2	3	4
35	1	2	3	4
36	1	2	3	4
37	1	2	3	4
38	1	2	3	4
39	1	2	3	4
40	1	2	3	4
41	1	2	3	4
42	1	2	3	4
43	1	2	3	4
44	1	2	3	4
45	1	2	3	4
46	1	2	3	4
47	1	2	3	4
48	1	2	3	4
49	1	2	3	4
50	1	2	3	4
51	1	2	3	4
52	1	2	3	4
53	1	2	3	4
54	1	2	3	4
55	1	2	3	4
56	1	2	3	4
57	1	2	3	4
58	1	2	3	4
59	1	2	3	4
60	1	2	3	4
61	1	2	3	4
62	1	2	3	4
63	1	2	3	4
64	1	2	3	4

65	1	2	3	4
66	1	2	3	4
67	1	2	3	4
68	1	2	3	4
69	1	2	3	4
70	1	2	3	4
71	1	2	3	4
72	1	2	3	4
73	1	2	3	4
74	1	2	3	4
75	1	2	3	4
76	1	2	3	4
77	1	2	3	4
78	1	2	3	4
79	1	2	3	4
80	1	2	3	4
81	1	2	3	4
82	1	2	3	4
83	1	2	3	4
84	1	2	3	4
85	1	2	3	4
86	1	2	3	4
87	1	2	3	4
88	1	2	3	4
89	1	2	3	4
90	1	2	3	4
91	1	2	3	4
92	1	2	3	4
93	1	2	3	4
94	1	2	3	4
95	1	2	3	4
96	1	2	3	4

97	1	2	3	4
98	1	2	3	4
99	1	2	3	4
100	1	2	3	4

