

۱- در شکل مقابل شدت میدان حاصل از دو بار نقطه‌ای q_A و q_B در نقطه M وسط AB برابر E_1 است. اگر بار q_B را خنثی سازیم شدت میدان در نقطه M برابر $-E_1$ می‌شود. در اینصورت q_A و q_B نسبت به هم چگونه‌اند و چه رابطه‌ای دارند؟

(۱) غیر همنام و $q_B = \frac{1}{7}q_A$
 (۲) غیر همنام و $q_B = 7q_A$
 (۳) همنام و $q_B = \frac{1}{7}q_A$
 (۴) همنام و $q_B = 7q_A$

شدت میدان حاصل از چند بار که در یک راستا قرار دارند برابر جمع جبری شدت میدان الکتریکی حاصل از هر بار است. بنابراین در حالت اول داریم:

$$E_1 = \frac{Kq_A}{x^2} + \frac{Kq_B}{x^2}$$

و در حالت دوم:

$$-E_1 = \frac{Kq_A}{x^2}$$

$$\frac{Kq_A}{x^2} + \frac{Kq_B}{x^2} = -\frac{Kq_A}{x^2} \Rightarrow q_A + q_B = -q_A \Rightarrow q_B = -2q_A$$

با توجه به رابطه فوق q_B و q_A هم علامت هستند و گزینه ۲ صحیح است.

۲- دو بار الکتریکی ۷ میکروکولن و ۸ میکروکولن به فاصله ۱۰ سانتی‌متر از یکدیگر قرار دارند. تقریباً در چند سانتی‌متری بار اول و روی خط واصل دو بار شدت میدان الکتریکی صفر است؟

- (۱) ۳۰ (۲) ۲۲ (۳) ۱۰ (۴) ۲

شدت میدان الکتریکی حاصل از دو بار مختلف علامه روی خط واصل خارج از دو بار و در نقطه‌ای که به بار کوچکتر نزدیک است (صرف نظر از علامت بار) می‌تواند صفر باشد.

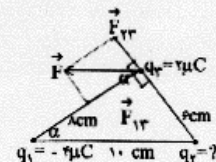
$$E_A = \frac{kq_1}{x^2} = \frac{kq_2}{(x+10)^2} \Rightarrow (x+10)^2 = Ax^2 \Rightarrow (x+10)^2 = 2x^2$$

$$\Rightarrow x^2 - 20x - 100 = 0 \Rightarrow \begin{cases} x \approx 22 \text{ cm} \\ x \approx -2 \text{ cm} \end{cases}$$

گزینه ۲ جواب صحیح است.

۹- سه بار نقطه‌ای مطابق شکل در جای خود ثابت شده‌اند. برآیند نیروهای که بارهای q_1 و q_2 بر بار q_3 وارد می‌کنند (نیروی F) موازی با قاعده مثلث است. بار q_3 چند میکروکولن است؟

(۱) ۳ (۲) ۲ (۳) $\frac{4}{7}$ (۴) $\frac{2\sqrt{3}}{17}$



$$\tan \alpha = \frac{q_2}{q_1} \Rightarrow F_{23} = \frac{q_2}{q_1} F_{13}$$

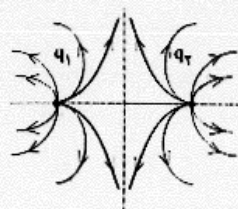
$$K \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} = \frac{q_2}{q_1} K \frac{q_1 q_3}{r_{13}^2}$$

$$\frac{q_2}{r_{12}^2} = \frac{q_3}{r_{13}^2} \Rightarrow q_3 = \frac{r_{13}^2}{r_{12}^2} q_2 = \frac{2^2}{1^2} q_2 = 4q_2$$

گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

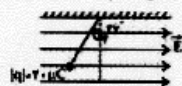
۱۰- وضعیت خطوط میدان الکتریکی برای دو بار الکتریکی مطابق شکل زیر است. در مورد نوع و اندازه بارهای الکتریکی کدام گزینه صحیح است؟

- (۱) دو بار غیرهمنام و هم‌اندازه
 (۲) دو بار غیرهمنام و غیرهم‌اندازه
 (۳) دو بار مثبت و هم‌اندازه
 (۴) دو بار منفی و هم‌اندازه



گزینه ۳ پاسخ صحیح است. دو بار مثبت. جهت میدان به سمت خارج است.

۱۱- مطابق شکل زیر گلوله‌ای باردار به جرم ۱۰g را که از انتهای نخ آویزان است در میدان الکتریکی یکناخت و افقی قرار می‌دهیم تا به حالت تعادل درآید. بزرگی میدان الکتریکی بر حسب N/C و نوع بار گلوله کدام است؟



(۱) $\frac{2}{3} \times 10^3$ منفی (۲) $\frac{2}{3} \times 10^3$ منفی

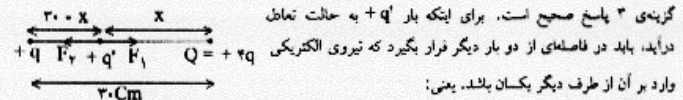
(۳) $\frac{2}{3} \times 10^3$ مثبت (۴) $\frac{2}{3} \times 10^3$ مثبت

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. به گلوله باردار نیروهای وزن، الکتریکی و کشش نخ وارد می‌شود. چون نیروی الکتریکی در خلاف جهت خط‌های میدان به گلوله وارد می‌شود بنابراین بار الکتریکی گلوله منفی است. از طرف دیگر با استفاده از این نکته که گلوله در حالت تعادل قرار دارد بنابراین برآیند نیروهای وارد بر آن برابر با صفر است و داریم:

$$\tan \theta = \frac{F_E}{mg} \Rightarrow \tan \theta = \frac{|q|E}{mg} \Rightarrow E = \frac{mg \tan \theta}{|q|}$$

$$\Rightarrow E = \frac{10 \times 10^{-3} \times 10 \times \frac{2}{3}}{20 \times 10^{-6}} \Rightarrow E = \frac{2}{3} \times 10^3 \frac{N}{C}$$

۵- دو بار الکتریکی $+q$ و $+2q$ در دو نقطه A و B به فاصله $AB = 30 \text{ cm}$ قرار دارند. بار سوم $+q'$ را بین دو بار در چه فاصله‌ای از بار Q قرار دهیم تا به حال تعادل قرار گیرد؟



گزینه ۳ پاسخ صحیح است. برای اینکه بار $+q'$ به حالت تعادل درآید، باید در فاصله‌ای از دو بار دیگر قرار بگیرد که نیروی الکتریکی وارد بر آن از طرف دیگر یکسان باشد. یعنی:

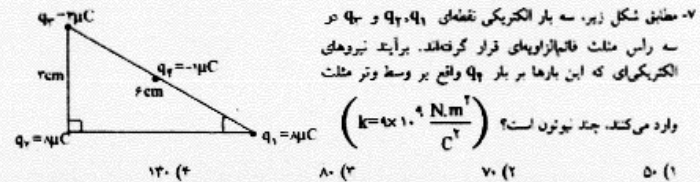
$$F_1 = F_2 \Rightarrow \frac{kq_1q_2}{(r_1 - x)^2} = \frac{kq'(2q)}{x^2} \Rightarrow x^2 = 2(30 - x)^2 \Rightarrow \begin{cases} x = 10 \text{ cm} \\ x = 60 \text{ cm} \end{cases}$$

غیر قابل قبول

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

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

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. بار هر یک از کره‌ها معلوم نیست لذا دو کره ممکن است هم‌پتانسیل باشند یا دارای اختلاف پتانسیل باشند. بنابراین بعد از اتصال ممکن است هیچ باری جبهه‌ها نشود و اندازه نیروی F' همان اندازه نیروی F باشد و یا این که بارها جبهه‌ها شوند و بر اثر این جبهه‌جایی F' کمتر یا بیشتر از F شود.



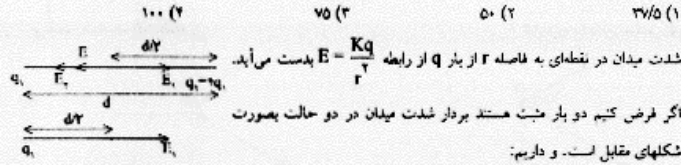
گزینه ۲ پاسخ صحیح است. فاصله‌ی همه بارها از بار q_3 برابر 5 cm است. برای محاسبه نیروی که بار q_1 بر بار q_3 وارد می‌کند می‌توان نوشت:

$$F_1 = \frac{9 \times 10^9 \times 10^{-6} \times 10^{-6}}{(0.05)^2} = 80 \text{ N}$$

بنابراین نیروهایی که بارهای q_1 و q_2 بر بار q_3 وارد می‌کنند (با یک تناسب ساده) برابر با $F_2 = 80 \text{ N}$ و $F_3 = 320 \text{ N}$ در جهت‌های نشان داده شده است. برای محاسبه نیروی بردارها، ابتدا بردار \vec{F}_1 و \vec{F}_2 که در یک راستا هستند را به دست می‌آوریم که برابر $F_{1,2} = 80 - 320 = 240 \text{ N}$ می‌شود. برای به دست آوردن بردار \vec{F}_3 با توجه به این که زاویه‌ی بین دو بردار 120° است، می‌توان نوشت:

$$F_T^2 = F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos 120^\circ \Rightarrow F_T^2 = 80^2 + 240^2 - 2 \times 80 \times 240 \times \frac{1}{2} = 9900 \Rightarrow F_T = 99 \text{ N}$$

۳- دو بار نقطه‌ای همتا که اندازه یکی 4 برابر دیگری است به فاصله d از یکدیگر قرار دارند و برای شدت میدان الکتریکی در وسط دو بار 300 N/C است. اگر بار بزرگتر را خنثی کنیم، اندازه شدت میدان در نقطه مذکور چند N/C خواهد شد؟



شدت میدان در نقطه‌ای به فاصله r از رابطه $E = \frac{Kq}{r^2}$ بدست می‌آید.

اگر فرض کنیم دو بار مثبت هستند بردار شدت میدان در دو حالت بصورت شکلهای مقابل است. و داریم:

$$E = E_2 - E_1 = \frac{Kq_2}{(d/2)^2} - \frac{Kq_1}{(d/2)^2} \Rightarrow E = \frac{16Kq_1 - 4Kq_1}{d^2} = \frac{12Kq_1}{d^2} = 300 \Rightarrow \frac{Kq_1}{d^2} = 25$$

$q_2 = 4q_1$

$$E' = E_2 = \frac{Kq_2}{(d/2)^2} = \frac{16Kq_1}{d^2} = 4 \times 25 = 100 \text{ N/C}$$

بنابراین گزینه ۴ صحیح است.

۴- الکترونی در مسیر دایره‌ای به شعاع 1 انگستروم به دور هسته‌ای که 10 پروتون دارد می‌چرخد. نیروی وارد بر این الکترون چند نیوتن است؟ (بار الکترون 1.6×10^{-19} کولن و ضریب ثابت در قانون کولن $9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$ است.)

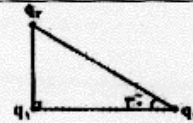
(۱) $2/7 \times 10^{-5}$ (۲) $1/3 \times 10^{-7}$ (۳) 3×10^{-11} (۴) 2×10^{-18}

نیروی وارد بر الکترون در هنگام گردش به دور هسته از رابطه $F = \frac{KZe^2}{r^2}$ بدست می‌آید که Z تعداد پروتونها e بار الکترون و r شعاع مدار الکترون و K ثابت کولن می‌باشد. پس:

$$F = 9 \times 10^9 \times \frac{10 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 1.6 \times 10^{-19}}{1 \times 10^{-20}} = 2/3 \times 10^{-7} \text{ N}$$

بنابراین گزینه ۲ صحیح است.

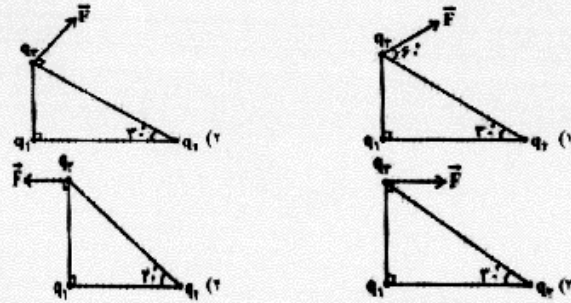
• توجه کنید که رابطه فوق براحتی از قانون کولن بدست می‌آید. کافایت فرض کنیم پروتونها به قدری به هم نزدیک هستند که نیروهایی که هر کدام از آنها بر الکترون وارد می‌کنند در یک راستا با هم هستند و می‌توان آنها را جمع خطی کرد.



۸- در شکل مقابل، بارهای الکتریکی نقطه‌ای q_1 و q_2 منفی است. اگر اندازه‌ی بار q_3

چهار برابر بار q_1 باشد، کدامیک از شکل‌های زیر برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر

بار q_3 را درست نشان می‌دهد؟



گزینه‌ی ۱ پاسخ صحیح است. مطابق شکل زیر، در ابتدا با استفاده از علامت بارها جهت نیروی الکتریکی‌ای را که از طرف بارهای q_1 و q_2 بر بار q_3 وارد می‌شود تعیین می‌کنیم. با توجه به این که در هر مثلث قائم‌الزاویه، ضلع مقابل به زاویه‌ی 30° ، نصف وتر است، بنابراین $F_{13} = \frac{1}{2} F_{23}$ خواهد بود و با توجه به این که اندازه‌ی بار q_3 چهار برابر بار q_1 است، با استفاده از قانون کولن می‌توان نوشت:

$$F_{13} = k \frac{q_1 q_3}{r_{13}^2} = k \frac{q_1 q_3}{\left(\frac{r_{23}}{2}\right)^2} = 4k \frac{q_1 q_3}{r_{23}^2}$$

$$F_{23} = k \frac{q_2 q_3}{r_{23}^2} = 4k \frac{q_2 q_3}{r_{23}^2}$$

$$\Rightarrow F_{13} = F_{23}$$

بنابراین بردار برآیند نیروهای الکتریکی، نیمساز زاویه‌ی بین دو بردار نیرو خواهد بود و با توجه به این که زاویه‌ی بین دو بردار با 120° است، بنابراین گزینه‌ی ۱ صحیح است.
 در صورتی که بار q_1 نیز منفی باشد (سؤال در مورد علامت q_2 صحبتی نکرده)، طبق همین استدلال برآیند با امتداد q_1 و q_2 زاویه‌ی 30° ساخته و به سمت چپ خواهد بود که در گزینه‌ها نیست.