۱) زبار ذخیره شده در خازن تختی به ظرفیت $۶\mu F$ برابر $۱۸\mu C$ است. اگر پتانسیل الکتریکی صفحه منفی این خازن $۶V$ باشد، پتانسیل الکتریکی صفحه مثبت آن چند ولت است؟

۱) ۳ ۲) ۹ ۳) ۱۲ ۴) ۶

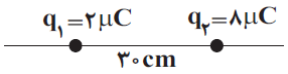
۲) یک میله شیشه‌ای خنثی را با پارچه‌ای ابریشمی و خنثی مالش می‌دهیم. اگر پس از مالش $۸nC$ بار الکتریکی در میله شیشه‌ای ایجاد شود، نوع بار الکتریکی پارچه ابریشمی و تعداد الکترون‌های منتقل شده از میله به پارچه مطابق کدام گزینه است؟ ($e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}\ C$ و در سری الکتریسیته ساکنی، ابریشم پایین‌تر از شیشه قرار دارد.)

۱) منفی، $\frac{۸}{۱۰^{۱۰}\times}$ ۲) منفی، $\frac{۵}{۱۰^{۱۰}\times}$ ۳) مثبت، $\frac{۸}{۱۰^{۱۰}\times}$ ۴) مثبت، $\frac{۵}{۱۰^{۱۰}\times}$

۳) اگر بار الکتریکی نقطه‌ای $q = -۴\mu C$ از نقطه A با پتانسیل الکتریکی $V_A = ۲۰V$ به نقطه B با پتانسیل الکتریکی $V_B = -۲۰V$ منتقل شود، انرژی پتانسیل الکتریکی آن چند میلی‌ژول تغییر می‌کند؟

۱) ۰/۶۴ ۲) -۰/۱۶
۳) ۰/۱۶ ۴) -۰/۶۴

۴) مطابق شکل دو بار نقطه‌ای $q_۱$ و $q_۲$ در فاصله ۳۰ سانتی‌متری از یکدیگر ثابت شده‌اند. بار نقطه‌ای $q_۳$را در چند سانتی‌متری بار $q_۲$ روی خط واصل دو بار ثابت کنیم تا اندازه نیروی خالص وارد بر آن، دو برابر نیرویی باشد که بار $q_۱$ به آن وارد می‌کند و هم‌جهت با آن باشد؟



۱) ۱۰ ۲) ۲۰
۳) ۳۰ ۴) ۶۰

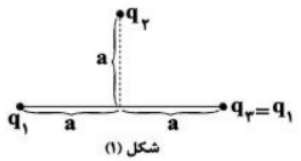
۵) هنگامی‌که دو جسم A و B را به یکدیگر نزدیک می‌کنیم، یکدیگر را دفع می‌کنند و هنگامی‌که دو جسم B و C را به یکدیگر نزدیک می‌کنیم، یکدیگر را جذب می‌کنند. کدام‌یک از گزینه‌های زیر الزاماً نمی‌تواند درست باشد؟

۱) A و C یکدیگر را جذب می‌کنند. ۲) A و B باردار هستند.
۳) B و C باردار و همنام هستند. ۴) A و B دارای بار همنام هستند.

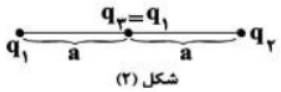
۶) اختلاف پتانسیل الکتریکی دو صفحه یک خازن را از $۶V$ به $۹V$ افزایش می‌دهیم. اگر با این کار $۹\mu C$ بر بار الکتریکی ذخیره شده در خازن اضافه شود، ظرفیت خازن چند میکروفاراد است؟

۱) ۲ ۲) ۶ ۳) ۹ ۴) ۱۲

۷) بارهای نقطه‌ای $q_۱$، $q_۲$ و $q_۳$ در آرایش‌هایی مطابق شکل‌های (۱) و (۲) قرار گرفته‌اند. اگر برایند نیروهای وارد بر بار $q_۲$ در شکل (۱) را $F_۱$ و برایند نیروهای وارد بر بار $q_۲$ در شکل (۲) را $F_۲$ بنامیم، حاصل $\frac{F_۲}{F_۱}$ کدام است؟



شکل (۱)



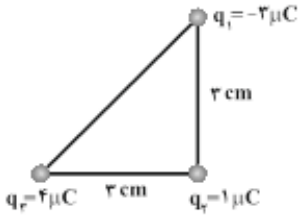
شکل (۲)

۱) صفر
۲) $\frac{۵\sqrt{۲}}{۴}$
۳) $\frac{\sqrt{۳}}{۳}$
۴) $\frac{۵\sqrt{۲}}{۸}$

۸) خازن تختی در اختیار داریم که فاصله بین صفحات آن ۲ میلی‌متر بوده و فضای بین صفحات آن از یک دی‌الکتریک با ثابت ۵ پر شده است. اگر این خازن را از باتری جدا کنیم و پس از جدا کردن، فاصله بین صفحات را به ۰/۵ میلی‌متر برسانیم و سپس دی‌الکتریک بین صفحات آن را خارج کنیم، انرژی الکتریکی ذخیره شده در خازن چند درصد و چگونه تغییر می‌کند؟

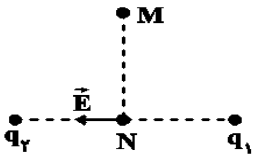
۱) ۲۵ درصد افزایش می‌یابد.
۲) ۳۵ درصد کاهش می‌یابد.
۳) ۲۰ درصد افزایش می‌یابد.
۴) ۲۰ درصد کاهش می‌یابد.

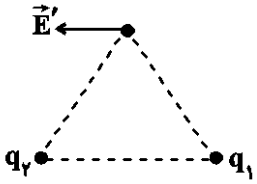
۹) مطابق شکل زیر، سه ذره باردار در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه متساوی‌الساقینی ثابت شده‌اند. نیروی الکتریکی خالص وارد بر ذره q_2 چند نیوتون است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$

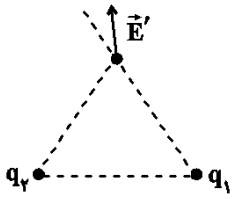


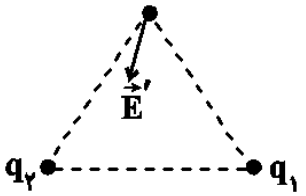
۱) ۱۰
۲) ۱۵
۳) ۵۰
۴) ۷۰

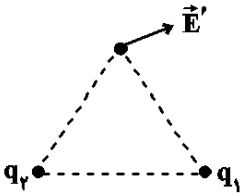
۱۰) اگر نقطه N مطابق شکل در وسط فاصله بین بارهای q_1 و q_2 قرار داشته باشد، بردار میدان الکتریکی در آن نقطه $\vec{E}$ خواهد شد. میدان الکتریکی خالص در نقطه M مطابق کدام گزینه نمی‌تواند باشد؟



۱)


۲)


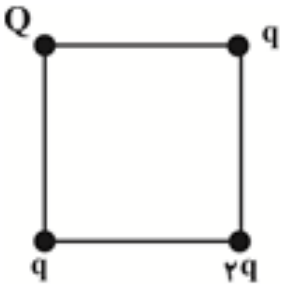
۳)


۴)


۱۱) کدام‌یک از گزینه‌های زیر می‌تواند اندازه میدان الکتریکی یک بار نقطه‌ای در فاصله ۶ سانتی‌متری از آن بر حسب نیوتون بر کولن باشد؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19}\ C$ و $k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$)

۱) 10^{-7}
۲) 2×10^{-7}
۳) 4×10^{-7}
۴) 6×10^{-7}

۱۲) مطابق شکل زیر، چهار بار الکتریکی نقطه‌ای همنام در چهار رأس مربعی واقع شده‌اند. اگر اندازه نیروی وارد به بار $2q$ از طرف هر یک از سه بار دیگر برابر F باشد، بزرگی برایند نیروهای وارد بر بار Q چند F است؟

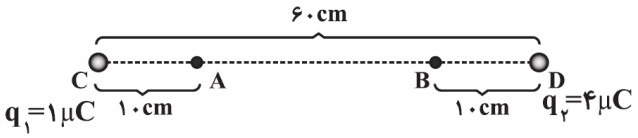


۱) $2\sqrt{2}$
۲) $1+\sqrt{2}$
۳) $2+\sqrt{2}$
۴) $3\sqrt{2}$

(۱۳) بین دو صفحه رسانا با بارهای هم‌اندازه و ناهم‌نام، میدان الکتریکی یکنواختی برقرار است. یک الکترون (e) و یک پروتون (p)را از کنار صفحات هم‌علامتشان رها می‌کنیم تا از حال سکون شروع به حرکت کنند. کدام عبارت درباره انرژی جنبشی این دو ذره وقتی به صفحه روبه‌روی خود می‌رسند، درست است؟ (از اثر نیروی گرانش و نیروهای اتلافی صرف‌نظر شود.)

۱) $K_p = K_e$
۲) $K_p < K_e$
۳) $K_p > K_e$
۴) بستگی به فاصلهٔ بین دو صفحهٔ رسانا دارد.

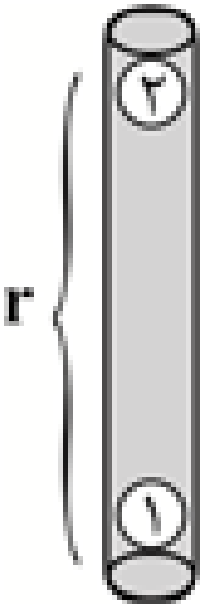
(۱۴) مطابق شکل زیر دو بار الکتریکی نقطه‌ای q_1 و q_2 در نقاط C و D ثابت شده‌اند. اگر از نقطه A تا نقطه B حرکت کنیم، بزرگی میدان الکتریکی چگونه تغییر می‌کند؟



۱) پیوسته کاهش می‌یابد.
۲) پیوسته افزایش می‌یابد.
۳) ابتدا کاهش، سپس افزایش می‌یابد.
۴) ابتدا افزایش، سپس کاهش می‌یابد.

(۱۵) مطابق شکل زیر دو گلوله کوچک و مشابه با بارهای همنام داخل یک استوانه عایق در فاصله r از یکدیگر هستند. اگر جرم و بار الکتریکی گلوله اول را ۲۵ درصد کاهش و جرم و بار الکتریکی گلوله دوم را ۲۰ درصد افزایش دهیم. فاصله بین دو گلوله در انتها چند برابر خواهد شد؟

۱) $\frac{\sqrt{۳}}{۲}$
۲) $\frac{۲\sqrt{۳}}{۳}$
۳) $\frac{۲\sqrt{۳}}{۵}$
۴) $\frac{۵\sqrt{۳}}{۶}$



(۱۶) ذره‌ای به جرم $۲g$ و بار الکتریکی $۲\mu C$ را در یک میدان الکتریکی خارجی یکنواخت به بزرگی $۴ \times ۱۰^{۴} \frac{N}{C}$ رها می‌کنیم. شتاب حاصل از نیروی الکتریکی وارد بر این ذره چند متر بر مجذور ثانیه است؟

۱) ۴۰
۲) ۴
۳) ۸
۴) ۸۰

(۱۷) چه تعداد از عبارت‌های زیر صحیح است؟

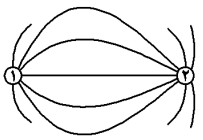
آ) توزیع بار الکتریکی در اجسام رسانا را می‌توان با آزمایش فاراده توجیه کرد.

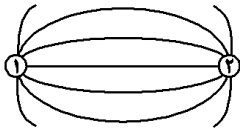
ب) در الکتریسیته ساکن بار طوری روی سطح خارجی رسانا توزیع می‌شود که میدان الکتریکی ناشی از آن اثر میدان الکتریکی خارج را درون رسانا خنثی کند.

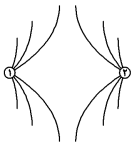
پ) تراکم بار در نقاط تیزتر سطح یک جسم رسانای باردار بیش‌تر است.

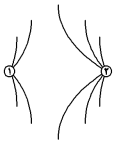
۱) صفر ۲) ۱ ۳) ۲ ۴) ۳

(۱۸) دو کره رسانای کوچک و مشابه را که دارای بارهای ناهم‌نام q_1 و q_2 هستند، با هم تماس داده و در فاصله معینی از هم قرار می‌دهیم. خطوط میدان الکتریکی بین دو کره مطابق با کدام گزینه می‌تواند باشد؟ $(|q_1| \neq |q_2|)$

۱)


۲)


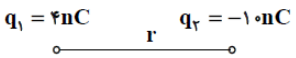
۳)


۴)


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

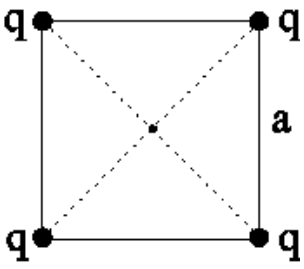
۱) 36×10^6 ۲) 18×10^6 ۳) 9×10^6 ۴) $4/5 \times 10^6$

(۲۰) مطابق شکل زیر دو ذره باردار q_1 و q_2 در فاصله r از یکدیگر قرار دارند و بزرگی میدان خالص ناشی از دو بار در وسط خط واصل آن‌ها برابر با $\vec{E}$ است. اگر ۶۰ درصد از بار q_2 را به q_1 منتقل کنیم، بزرگی میدان خالص در همان نقطه E' خواهد شد. حاصل $\frac{E'}{E}$ کدام است؟



۱) $\frac{1}{7}$ ۲) $-\frac{1}{7}$
۳) $\frac{3}{7}$ ۴) $-\frac{3}{7}$

(۲۱) مطابق شکل زیر، چهار بار مشابه در چهار رأس مربعی به ضلع a ثابت شده‌اند. اگر یکی از بارها را به مرکز مربع منتقل کنیم، اندازه برایند نیروهای وارد بر آن از طرف سه بار دیگر چند برابر خواهد شد؟ $(\sqrt{2} \simeq 1/4)$

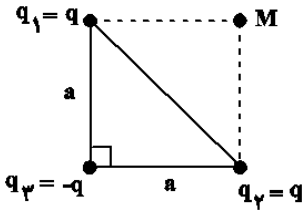


۱) $\frac{5}{19}$ ۲) $\frac{5}{14}$
۳) $\frac{20}{19}$ ۴) $\frac{10}{7}$

(۲۲) خازنی به اختلاف پتانسیل ۱۲ ولت متصل شده است. اگر پس از پرشدن خازن، بدون آنکه از مولد جدا شود، دی‌الکتریک با ثابت $\kappa = 3$ بین صفحات خازن قرار دهیم، انرژی ذخیره شده درآن $2/4mJ$ تغییر کند، ظرفیت خازن پس از قراردادن دی‌الکتریک چند میکروفاراد خواهد شد؟

۱) $\frac{5}{3}$ ۲) $\frac{50}{3}$ ۳) ۵ ۴) ۵۰

(۲۳) سه بار نقطه‌ای هم‌اندازه در سه رأس یک مثلث قائم‌الزاویه متساوی‌الساقین قرار دارد. اندازه میدان الکتریکی خالص در نقطه M چند برابر اندازه میدان ناشی از بار q_1 در نقطه M است؟



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

(۲۴) خازنی را که فاصله بین صفحات آن از هوا پرشده است، به اختلاف پتانسیل ثابتی متصل می‌کنیم. در کدام‌یک از حالت‌های زیر با فرض ثابت ماندن بقیه شرایط، میدان الکتریکی بین صفحات خازن دو برابر می‌شود؟

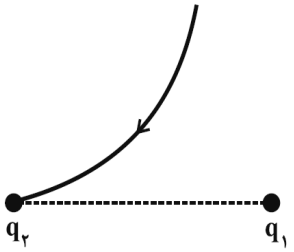
الف) فاصله بین صفحات خازن را نصف کنیم.

ب) فاصله بین صفحات خازن را از دی‌الکتریک با ثابت ۲ به‌طور کامل پر کنیم.

ج) ابعاد صفحات خازن را دو برابر کنیم.

۱) الف ۲) ب ۳) ج ۴) الف و ج

(۲۵) در شکل زیر، طرحی از یکی از خط‌های میدان الکتریکی برایند حاصل از دو بار الکتریکی نقطه‌ای q_1 و q_2 نشان داده شده است. کدام‌یک از گزینه‌های زیر در مورد این دو بار درست بیان شده است؟

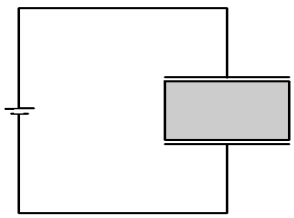


۱) هر دو بار منفی و $|\frac{q_1}{q_2}| > 1$ است.
۲) هر دو بار مثبت و $|\frac{q_1}{q_2}| < 1$ است.
۳) هر دو بار منفی و $|\frac{q_1}{q_2}| < 1$ است.
۴) هر دو بار مثبت و $|\frac{q_1}{q_2}| > 1$ است.

(۲۶) دو کره مشابه و کوچک با بارهای الکتریکی $q_1 > 0$ و q_2 در فاصله‌ای ثابت بر یک‌دیگر نیروی جاذبه‌ای به بزرگی F وارد می‌کنند. دو کره را به هم تماس می‌دهیم و بار هر یک از کره‌ها $-1\mu C$ می‌شود. اگر کره‌ها را به همان فاصله قبلی برگردانیم، نیروی دافعه‌ای به بزرگی $\frac{F}{8}$ بر هم وارد می‌کنند. در این صورت q_2 چند میکروکولن است؟

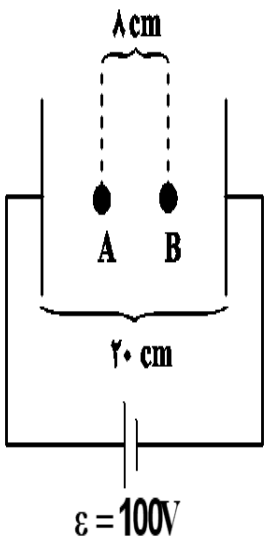
۱) -۲ ۲) -۴ ۳) -۸ ۴) -۱

(۲۷) در شکل زیر جهت میدان الکتریکی حاصل از اثر قطبیده شدن مولکول‌های دی‌الکتریکی بین صفحات خازن در کدام جهت است؟



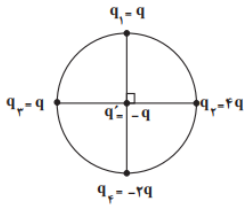
۱) ↑
۲) ↓
۳) →
۴) ←

۲۸) در شکل زیر، صفحات خازنی تخت به اختلاف پتانسیل $۱۰۰V$ وصل هستند. با انتقال بار الکتریکی $q=-۴\mu C$ از نقطه A تا B، کدام گزینه اتفاق می‌افتد؟



۱) انرژی پتانسیل الکتریکی آن $۰/۲mJ$ افزایش می‌یابد.
۲) انرژی پتانسیل الکتریکی آن $۰/۱۲mJ$ افزایش می‌یابد.
۳) پتانسیل الکتریکی نقاط میدان $۲۰V$ کاهش می‌یابد.
۴) پتانسیل الکتریکی نقاط میدان $۴۰V$ کاهش می‌یابد.

۲۹) مطابق شکل زیر چهار بار الکتریکی نقطه‌ای $q_۱=q_۳=q$ و $q_۲=۴q$ و $q_۴=-۲q$ روی محیط دایره‌ای قرار دارند. بار $q'=-q$ روی مرکز دایره قرار گرفته و اندازه نیرویی که از طرف بار $q_۱$ بر آن وارد می‌شود برابر با $۱N$ است. اندازه برایند نیروهای وارد بر بار q' چند نیوتون است؟

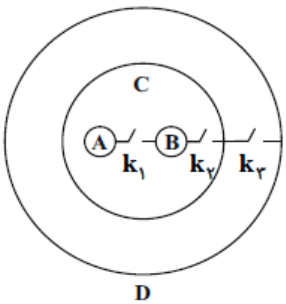


۱) ۳
۲) $۳\sqrt{۲}$
۳) $\sqrt{۳۴}$
۴) صفر

۳۰) بار الکتریکی جسمی $q_۱$ است. اگر این جسم به تعداد ۱۲×۱۰^{۱۲} الکترون از دست بدهد. اندازه بار الکتریکی آن پنج برابر شده و علامت بار آن نیز تغییر می‌کند. $q_۱$ چند میکروکولن بوده است؟ $(e=۱/۶\times ۱۰^{-۱۹}C)$

۱) ۰/۱۶
۲) ۰/۳۲
۳) -۰/۳۲
۴) -۰/۱۶

۳۱) مطابق شکل زیر، دو کره رسانا و مشابه دارای بارهای الکتریکی $q_A=-۳\mu C$ و $q_B=۵\mu C$ درون پوسته‌های رسانای C و D قرار دارند. کلید $k_۱$ را بسته و باز کرده، سپس کلید $k_۲$ را بسته و باز می‌کنیم و در نهایت کلید $k_۳$ را بسته و باز می‌کنیم. به‌ترتیب از راست به چپ بار کره A و پوسته خارجی C چند میکروکولن می‌شود؟

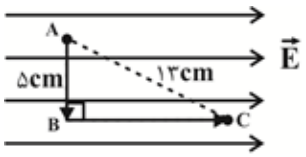


۱) ۱ ، ۱
۲) صفر ، ۱
۳) ۱ ، صفر
۴) صفر ، صفر

۳۲) خازن تختی را پس از پُرشدن از باتری جدا می‌کنیم، سپس فاصله بین صفحات آن‌را ۲۵ درصد کم کرده و بین صفحات را با دی‌الکتریکی با ثابت ۱/۵ به‌طور کامل پُر می‌کنیم. کدام گزینه درست است؟

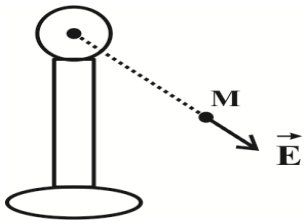
۱) انرژی ذخیره شده در خازن ۵۰ درصد افزایش می‌یابد.
۲) بزرگی میدان الکتریکی بین صفحات خازن $\frac{۲}{۳}$ برابر می‌شود.
۳) بار ذخیره شده در خازن ۲ برابر می‌شود.
۴) ظرفیت خازن ۵۰ درصد افزایش می‌یابد.

۳۳) مطابق شکل زیر، ذره بارداری با بار $+۵\mu C$ در میدان الکتریکی یکنواختی به بزرگی $E = ۱۰^{۵}\frac{N}{C}$، از نقطه A تا نقطه B و سپس تا نقطه C جابه‌جا می‌شود. انرژی پتانسیل الکتریکی این ذره در این جابه‌جایی چگونه تغییر می‌کند؟



۱) ۰/۰۵ ژول کاهش می‌یابد.
۲) ۰/۰۵ ژول افزایش می‌یابد.
۳) ۰/۰۷ ژول افزایش می‌یابد.
۴) ۰/۰۶ ژول کاهش می‌یابد.

۳۴) در شکل زیر، بردار میدان الکتریکی حاصل از یک کره باردار کوچک در نقطه M نشان داده شده است. اگر فاصله نقطه M تا مرکز کره باردار برابر $۴m$ و بزرگی این میدان الکتریکی $\vec{E}$ برابر با $۹ \times ۱۰^{۳}\frac{N}{C}$ باشد، بار الکتریکی کره باردار برحسب μC کدام است؟ (ابعاد کره رسانا در برابر فاصله نقطه M تا آن ناچیز است و فرض کنید تمام بار کره در مرکز آن قرار دارد، $k = ۹ \times ۱۰^{۹}\frac{N.m^{۲}}{C^{۲}}$)



۱) ۱۶
۲) ۴
۳) -۱۶
۴) -۴

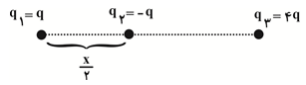
۳۵) درون یک میدان الکتریکی یکنواخت، بار الکتریکی $q = +۵\mu C$ از نقطه A با پتانسیل الکتریکی $۲۴V$ تا نقطه B جابه‌جا می‌شود. اگر کار نیروی الکتریکی در این جابه‌جایی $۲۰\mu J$ باشد، پتانسیل الکتریکی نقطه B چند ولت است؟

۱) ۴
۲) ۲۸
۳) ۱۸
۴) ۲۰

۳۶) دو بار الکتریکی نقطه‌ای $q_۱ = ۱۰\mu C$ و $q_۲$، در فاصله ۱۰ سانتی‌متری از یکدیگر، با نیرویی الکتریکی به بزرگی $۱۸N$ یکدیگر را می‌رانند. اگر $۴\mu C$ از بار $q_۱$ برداشته و به بار $q_۲$ اضافه کنیم و فاصله بین بارها را به $۳۰cm$ برسانیم، اندازه نیروی الکتریکی بین آن‌ها به $۳/۶N$ می‌رسد. $q_۲$ چند میکروکولن است؟

۱) ۶
۲) ۲
۳) ۵
۴) ۴

۳۷) سه بار الکتریکی نقطه‌ای مطابق شکل زیر، بر روی یک خط راست قرار دارند. اگر برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار $q_۱$ از طرف دو بار دیگر برابر صفر باشد با عوض کردن مکان دو بار $q_۲$ و $q_۳$، برایند نیروی وارد بر بار $q_۱$ در این حالت چند F خواهد شد؟ $(F = k\frac{q^{۲}}{x^{۲}})$



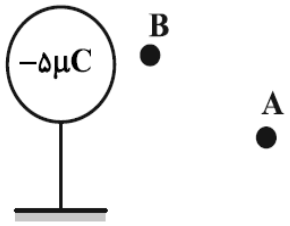
۱) ۱۵
۲) ۱۷
۳) صفر
۴) ۱

۳۸) خازنی به ظرفیت C را به مولدی با ولتاژ ۱۰۷ متصل کرده و پس از پُر شدن، از آن جدا می‌کنیم. اگر با انتقال مقداری بار منفی از صفحه مثبت به صفحه منفی، بار خازن ۲۰ درصد تغییر کند، انرژی پتانسیل الکتریکی ذخیره شده در آن ۱۱۰ میکروژول افزایش می‌یابد. ظرفیت خازن چند میکروفاراد است؟

۱) ۷/۲
۲) ۳/۶
۳) ۲/۵
۴) ۵

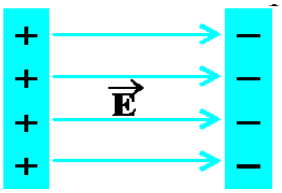
۳۹) اگر انرژی پتانسیل الکتریکی بار الکتریکی $q=-۲\mu C$ در جابه‌جایی بین دو نقطه A و B به اندازه ۱۲ میکروژول تغییر کند، یعنی پتانسیل الکتریکی نقطه . . . . به اندازه . . . . ولت بیشتر از نقطه . . . . . است.

۱) A ۱۲ B
۲) B ۱۲ A
۳) B ۶ A
۴) A ۶ B



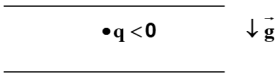
۴۰) مطابق شکل زیر، دو صفحه رسانا با بارهای هم‌اندازه و ناهم‌نام در فاصله $۵cm$ از یک‌دیگر قرار گرفته‌اند و میدان الکتریکی یکنواخت $\vec{E}$ به بزرگی $۱۰\frac{kN}{C}$ بین دو صفحه ایجاد شده است. اگر پروتونی را از کنار صفحه با بار مثبت رها کنیم. تندی آن هنگامی‌که به صفحه با بار منفی می‌رسد، چند متر بر ثانیه است؟(بار پروتون، $e_p=۱/۶\times ۱۰^{-۱۹}\,C$ و جرم پروتون، $m_P=۲\times ۱۰^{-۲۷}kg$ است.)

۱) ۲×۱۰^{۵}
۲) $۴\sqrt{۲}\times ۱۰^{۵}$
۳) ۴×۱۰^{۵}
۴) $۲\sqrt{۲}\times ۱۰^{۵}$



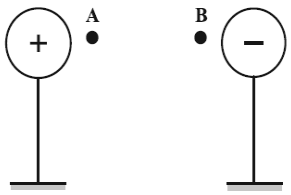
۴۱) بین دو صفحه افقی یک خازن تخت باردار که از مولد جدا است، ذره‌ای با بار $q<۰$ معلق مانده است. در صورتی که فاصله دو صفحه را کم کنیم، این ذره باردار .....

۱) بالا می‌رود.
۲) ثابت می‌ماند.
۳) پایین می‌رود.
۴) بین دو صفحه نوسان می‌کند.



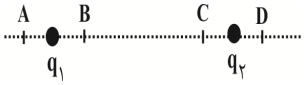
۴۲) در شکل زیر، اگر از نقطه A تا B حرکت کنیم، میدان الکتریکی و پتانسیل الکتریکی چه تغییری می‌کند؟ (اندازه بار و شعاع هر دو کره یکسان است.)

۱) اندازهٔ میدان الکتریکی ابتدا کاهش سپس افزایش یافته و پتانسیل الکتریکی پیوسته کاهش می‌یابد.
۲) اندازهٔ میدان الکتریکی پیوسته افزایش و پتانسیل الکتریکی پیوسته کاهش می‌یابد.
۳) اندازهٔ میدان الکتریکی پیوسته کاهش و پتانسیل الکتریکی پیوسته افزایش می‌یابد.
۴) اندازهٔ میدان الکتریکی ابتدا افزایش، سپس کاهش یافته و پتانسیل پیوسته افزایش می‌یابد.

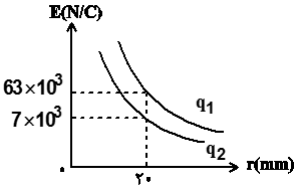


۴۳) در شکل زیر، دو بار الکتریکی نقطه‌ای $q_۱$ و $q_۲$ در جای خود ثابت شده‌اند. کدام مورد درست است؟

۱) اگر بارهای $q_۱$ و $q_۲$ هم‌نام باشند، الزاماً $E_C\neq ۰$ و $E_B\neq ۰$
۲) اگر بارهای $q_۱$ و $q_۲$ ناهم‌نام باشند، الزاماً $E_D\neq ۰$ و $E_A\neq ۰$
۳) به‌ازای نوع و اندازه‌های مختلف برای $q_۱$ و $q_۲$، همواره نقطه‌ای وجود دارد که در آن میدان الکتریکی خالص برابر صفر است.
۴) اگر $E_D=۰$ آن‌گاه $q_۱q_۲<۰$ و $|q_۱|>|q_۲|$

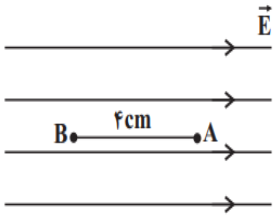


۴۴) نمودار اندازهٔ میدان الکتریکی دو بار الکتریکی نقطه‌ای همنام q_1 و q_2 برحسب فاصله از آنها مطابق شکل زیر است. اگر دو بار را در فاصلهٔ ۱۲cm از یکدیگر قرار دهیم، بار نقطه‌ای q_3 را در چه فاصله‌ای بر حسب سانتی‌متر از بار q_1 قرار دهیم تا برایند نیروهای وارد بر آن صفر شود؟



۱) ۹
۲) ۲
۳) ۱۲
۴) ۵

۴۵) مطابق شکل زیر باراالکتریکی نقطه‌ای $q = -4\mu C$ با جرم ۰/۰۲ گرم در میدان الکتریکی یکنواختی به بزرگ $10^5 \frac{V}{m}$ در نقطه A رها شده و به نقطه B می‌رسد. تندی آن در نقطه B چند متر بر ثانیه است؟ (نیروی موثر بر بار فقط نیروی الکتریکی است.)



۱) ۴۰
۲) ۸۰
۳) $4\sqrt{2}$
۴) $10\sqrt{10}$

۴۶) دو کره رسانای کوچک و مشابه به‌ترتیب دارای بارهای مثبت q_1 و q_2، $(q_1 > q_2)$ می‌باشند که در فاصله d از هم قرار دارند و اندازه نیرویی الکتریکی که به هم وارد می‌کنند، برابر با F است. دو کره رسانا را به هم تماس داده و فاصله آن‌ها را ۲۰ درصد کاهش می‌دهیم. در این حالت، نیروی الکتریکی بین کره‌ها برابر با $F' = \frac{25}{12}F$ می‌شود. نسبت $\frac{q_1}{q_2}$ برابر با کدام است؟ (فاصله بین کره‌ها d بسیار بیشتر از شعاع دو کره است)

۱) ۲
۲) ۹
۳) ۳
۴) ۴

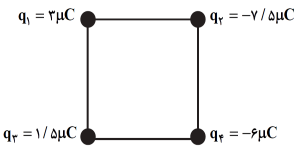
۴۷) ظرفیت خازنی $12\mu F$ و بار الکتریکی ذخیره شده در آن Q است. اگر به اندازه ۱۰ درصد از بار ذخیره شده در خازن، بار الکتریکی منفی از صفحه مثبت جدا کرده و به صفحه منفی منتقل کنیم، انرژی ذخیره شده در آن ۵/۳۱ ژول افزایش می‌یابد. Q چند میلی‌کولن بوده است؟

۱) ۰/۰۶
۲) ۶
۳) ۶۰
۴) ۶۰۰

۴۸) اگر از هر مولکول در یک قطره آب تعداد یک الکترون را جدا کنیم، چند کولن بار الکتریکی به‌دست می‌آوریم؟ (جرم یک مولکول آب $3/2 \times 10^{-26} kg$ و $e = 1/6 \times 10^{-19} C$ و هر قطره شامل ۴ گرم از مولکول‌های آب است.)

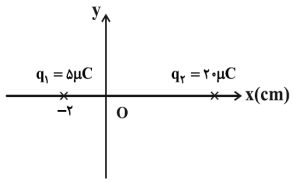
۱) -10^4
۲) -2×10^4
۳) -10^5
۴) -2×10^5

۴۹) مطابق شکل زیر، چهار بار الکتریکی نقطه‌ای در چهار رأس مربعی به ضلع $6cm$ ثابت شده‌اند. اگر بار الکتریکی $q = +1\mu C$ در مرکز مربع قرار گیرد، اندازه برایند نیروهای الکتریکی وارد بر آن از طرف چهار بار دیگر چند نیوتون و بردار آن در کدام جهت است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$



۱) $\rightarrow$, $15\sqrt{2}$
۲) $\uparrow$, $45\sqrt{2}$
۳) $\uparrow$, $15\sqrt{2}$
۴) $\rightarrow$, $45\sqrt{2}$

۵۰) بارهای نقطه‌ای q_1 و q_2 روی محور xها مطابق شکل قرار دارند. در مبدا مختصات چه باری برحسب میکروکولن قرار دهیم تا هر سه بار در حال تعادل قرار گیرند؟

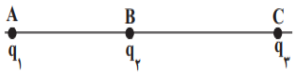


۱) $-\frac{۸}{۹}$
۲) $\frac{۸}{۹}$
۳) $-\frac{۲۰}{۹}$
۴) $\frac{۲۰}{۹}$

۵۱) خازن شارژ شده‌ای را از مولد جدا می‌کنیم و فضای بین دو صفحه آن‌را با دی‌الکتریکی با ثابت ۲ به‌طور کامل پُر می‌کنیم. ظرفیت، اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو صفحه خازن و بزرگی میدان الکتریکی بین صفحات خازن، به‌ترتیب از راست به چپ چند برابر می‌شوند؟

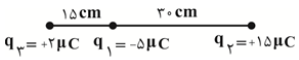
۱) $\frac{۱}{۲}$ ، $\frac{۱}{۲}$، ۲
۲) $\frac{۱}{۲}$، ۲، $\frac{۱}{۲}$
۳) ۲، $\frac{۱}{۲}$، $\frac{۱}{۲}$
۴) ۲، $\frac{۱}{۲}$، ۲

۵۲) مطابق شکل زیر، سه بار الکتریکی نقطه‌ای در حال تعادل هستند. اگر در نقطه B به‌جای بار q_2 بار $q' = -q_2$ قرار دهیم، آنگاه الزاماً:



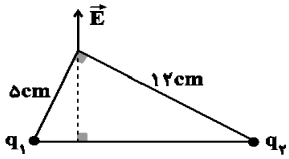
۱) بار q' در حال تعادل است.
۲) بار q_1 در حال تعادل است.
۳) بار q_3 در حال تعادل است.
۴) هر سه در حال تعادل باقی می‌مانند.

۵۳) در شکل زیر، هر سه بار الکتریکی نقطه‌ای در جای خود بر روی یک خط ثابت شده‌اند. چند الکترون از بار q_2 جدا کنیم تا بار q_3 در حالت تعادل باشد؟



۱) $\frac{۸}{۱۵} \times ۱۰^{۱۴}$
۲) $\frac{۱۵}{۸} \times ۱۰^{۱۳}$
۳) $\frac{۸}{۱۵} \times ۱۰^{۱۲}$
۴) $\frac{۱۵}{۸} \times ۱۰^{۱۴}$

۵۴) دو ذره باردار مطابق شکل زیر، در دو رأس یک مثلث قرار دارند. اگر میدان الکتریکی خالص ناشی از این دو ذره در رأس دیگر مطابق شکل باشد، $\frac{q_1}{q_2}$ کدام است؟

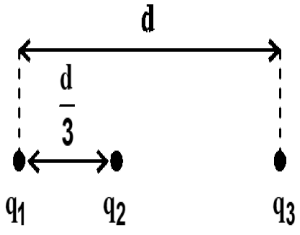


۱) $\frac{۲۵}{۱۴۴}$
۲) $\frac{۵}{۱۲}$
۳) $\frac{۱۲}{۵}$
۴) $\frac{۱۴۴}{۲۵}$

۵۵) تعداد ۵×۱۰^{۱۴} الکترون به جسمی که اندازه بار آن برابر با q است، می‌دهیم. در این حالت اندازه بار الکتریکی جسم $\frac{۱}{۴}$ مقدار اولیه و نوع بار آن مخالف بار اولیه‌اش می‌شود. اندازه بار q چند میکروکولن است؟ $(e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}\ C)$

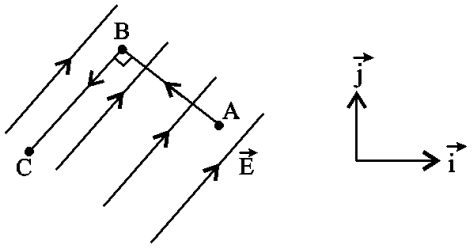
۱) ۶۴
۲) ۳۲
۳) ۱۶
۴) ۴۸

۵۶) در شکل زیر، برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار الکتریکی نقطه‌ای q_3 برابر با $\vec{F}$ است. اگر بار q_1 را سه برابر کنیم، نیروی برایند وارد بر بار q_3 برابر با $-\vec{F}$ می‌شود. نسبت $\frac{q_1}{q_2}$ کدام است؟



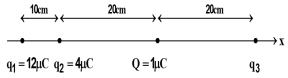
۱) $-\frac{۹}{۸}$
۲) $\frac{۹}{۴}$
۳) $\frac{۹}{۸}$
۴) $-\frac{۹}{۴}$

۵۷) مطابق شکل زیر، بار الکتریکی نقطه‌ای $q = ۲۵\mu C$ در میدان الکتریکی یکنواخت $\vec{E} = (\vec{i} + \sqrt{۳}\vec{j}) \times ۱۰^{۴}\ \frac{N}{C}$ از نقطه A تا نقطه C جابه‌جا می‌شود. تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار طی این جابه‌جایی چند ژول است؟ $(\overline{AB} = ۴۰cm$ و $\overline{BC} = ۵۰cm)$



۱) -۰/۲۵
۲) ۰/۲۵
۳) -۰/۵
۴) ۰/۵

۵۸) در شکل زیر اگر بردار برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار الکتریکی نقطه‌ای Q از طرف سه بار الکتریکی نقطه‌ای $q_۱$، $q_۲$ و $q_۳$ در SI به‌صورت $\vec{F}_T = ۳\vec{i}$ باشد، بار $q_۳$ چند میکروکولن است؟ $(k = ۹ \times ۱۰^{۹}\ \frac{N.m^۲}{C^۲})$



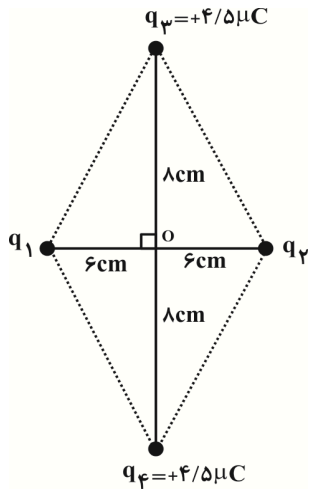
۱) ۴
۲) -۴
۳) -۸
۴) ۸

۵۹) خازن تختی را پس از شارژ شدن از باتری جدا می‌کنیم و سپس از صفحه منفی خازن، مقداری بار مثبت را جدا کرده و به صفحه مثبت آن انتقال می‌دهیم. چه تعداد از کمیت‌های زیر برای این خازن افزایش می‌یابد؟

* بار ذخیره شده آن
* اختلاف پتانسیل دو صفحه
* میدان الکتریکی درون
* انرژی ذخیره شده

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۶۰) تعداد چهار بار نقطه‌ای مطابق شکل زیر، در جای خود ثابت شده‌اند. میدان الکتریکی برایند حاصل از این چهار بار در نقطه O برابر $۴۰ \times ۱۰^{۶}\ \frac{N}{C}$ و به‌طرف چپ است. بار $q_۱ = ۲\mu C$ را چند سانتی‌متر و در چه جهتی جابه‌جا کنیم تا میدان برایند حاصل از بارها در نقطه O صفر شود؟ ($k = ۹ \times ۱۰^{۹}\ \frac{N.m^۲}{C^۲}$ و $q_۲ > ۰$)



۱) ۲، به طرف راست
۲) ۲، به طرف چپ
۳) ۴، به طرف راست
۴) ۴، به طرف چپ

۶۱) میدان الکتریکی حاصل از بار الکتریکی نقطه‌ای q در نقطه A که در فاصله ۳۰ سانتی‌متری آن قرار دارد، برابر با $۱۰^{۵}\frac{N}{C}$ است. اگر بار نقطه‌ای q' در نقطه A قرار گیرد، نیرویی برابر با $۰/۰۲N$ از طرف میدان به آن وارد می‌شود. اندازه بارهای q و q' به ترتیب از راست به چپ، چند میکروکولن است؟ ($k = ۹ \times ۱۰^{۹}\frac{N.m^{۲}}{C^{۲}}$)

۱) ۰/۲،۱ ۲) ۰/۲،۱۰ ۳) ۰/۵،۱ ۴) ۰/۵،۱۰

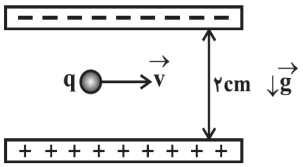
۶۲) دو بار الکتریکی نقطه‌ای $q_۱ = ۴\mu C$ و $q_۲ = -۹\mu C$ در فاصله L از یکدیگر بر روی محور x ثابت شده‌اند و نیرویی به بزرگی $۳/۶N$ به یکدیگر وارد می‌کنند. میدان الکتریکی برایند در چه فاصله‌ای برحسب سانتی‌متر از بار الکتریکی $q_۲$ صفر می‌شود؟ ($k = ۹ \times ۱۰^{۹}\frac{N.m^{۲}}{C^{۲}}$)

۱) ۹۰ ۲) ۶۰ ۳) ۱۲ ۴) ۳۰

۶۳) دو ذره با بارهای الکتریکی $q_۱$ و $q_۲$ در فاصله $۳۰cm$ از یکدیگر ثابت شده‌اند و بر هم نیروی الکتریکی F وارد می‌کنند. چند درصد از فاصله بین دو بار کم کنیم تا اندازه نیروی بین دو ذره باردار ۱۶ برابر شود؟

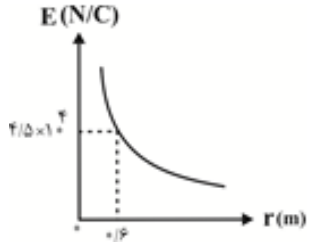
۱) ۲۵ ۲) ۵۰ ۳) ۷۵ ۴) ۶۰

۶۴) مطابق شکل زیر، یک ذره با بار $+۵\mu C$ و جرم $۰/۴g$ با سرعت ثابت و افقی از بین دو صفحه رسانای موازی باردار با بارهای هم‌اندازه و ناهم‌نام که فاصله آن‌ها از هم $۲cm$ است، عبور می‌کند. اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو صفحه چند ولت است؟ ($g = ۱۰\frac{N}{kg}$)



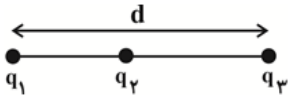
۱) ۳۲
۲) ۱۶
۳) ۸
۴) ۴

۶۵) نمودار تغییرات اندازه میدان الکتریکی حاصل از بار الکتریکی نقطه‌ای q برحسب فاصله از آن به‌صورت زیر است. بار نقطه‌ای $q' = ۱\mu C$ را در چه فاصله‌ای برحسب سانتی‌متر از بار q قرار دهیم تا اندازه نیروی الکتریکی که این دو ذره باردار بر هم وارد می‌کنند، برابر با ۲ نیوتون باشد؟



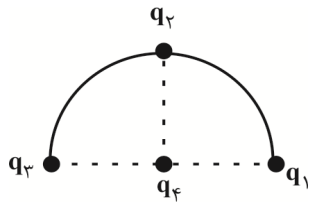
۱) ۷۲ ۲) ۱۸
۳) ۸۱ ۴) ۹

۶۶) مطابق شکل زیر، دو بار الکتریکی نقطه‌ای $q_۱$ و $q_۳$ در فاصله d از هم قرار گرفته‌اند و بار $q_۲$ که روی خط واصل این دو بار واقع شده، به بار $q_۱$ نزدیک‌تر است. اگر برایند نیروهای الکتریکی وارد بر هر سه بار صفر باشد، کدام گزینه در مورد مقایسه اندازه بارها درست است؟



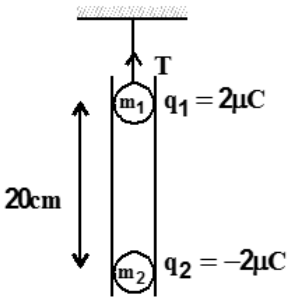
۱) $|q_۳| > |q_۲| > |q_۱|$
۲) $|q_۳| > |q_۱| > |q_۲|$
۳) $|q_۲| > |q_۳| > |q_۱|$
۴) $|q_۲| > |q_۱| > |q_۳|$

۶۷) در شکل زیر بارهای $q_1 = q_3 = 5\mu C$ و q_2 بر روی محیط یک نیم دایره به شعاع $30\,cm$ قرار گرفته‌اند و بار q_4 در مرکز آن ثابت شده است. اگر بار q_2 در حال تعادل باشد، بار q_4 برحسب μC کدام است؟



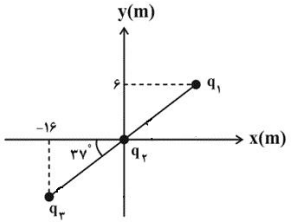
۱) ۱۰
۲) -۱۰
۳) $2/5\sqrt{2}$
۴) $-2/5\sqrt{2}$

۶۸) مطابق شکل دو گلوله باردار q_1 و q_2 درون لوله عایقی قرار دارند و مجموعه در حال تعادل است. اگر اندازهٔ کشش نخ برابر با $T = 1N$ باشد، حاصل $\frac{m_2}{m_1}$ کدام است؟ (از نیروی اصطکاک صرف‌نظر شود و $g = 10\frac{N}{kg}, k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$)



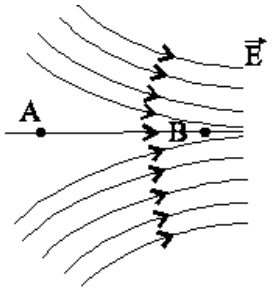
۱) $\frac{1}{9}$
۲) ۱
۳) $\frac{9}{19}$
۴) ۹

۶۹) مطابق شکل زیر، سه بار الکتریکی نقطه‌ای بر روی خط مستقیمی در مکان خود ثابت نگه داشته شده‌اند. اندازه نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_2، چند برابر اندازه نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_3 است؟ ($q_1 = 30\mu C$، $q_2 = -20\mu C$، $q_3 = -10\mu C$، $k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$ و $\tan 37^\circ = \frac{3}{4}$)



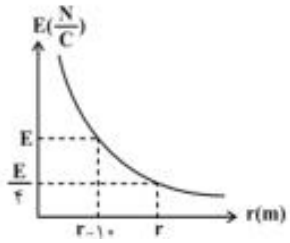
۱) ۲۱
۲) ۲۹
۳) ۳۱
۴) ۳۹

۷۰) مطابق شکل زیر، ذره‌ای با بار منفی را از نقطه A تا نقطه B جابه‌جا می‌کنیم. در کدام گزینه مقایسه بین اندازه میدان الکتریکی (E)، انرژی پتانسیل الکتریکی ذره (U) و پتانسیل الکتریکی (V) بین دو نقطه A و B به‌درستی انجام گرفته است؟



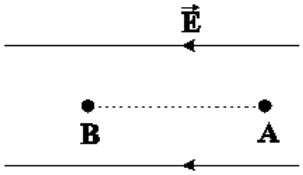
۱) $E_A > E_B\ ,\ U_A > U_B\ ,\ V_A < V_B$
۲) $E_A < E_B\ ,\ U_A < U_B\ ,\ V_A > V_B$
۳) $E_A > E_B\ ,\ U_A < U_B\ ,\ V_A > V_B$
۴) $E_A < E_B\ ,\ U_A > U_B\ ,\ V_A < V_B$

(۷۱) نمودار اندازه میدان الکتریکی ناشی از بار نقطه‌ای $q = ۴\mu C$ بر حسب فاصله از آن، مطابق شکل زیر است. اختلاف پتانسیل بین دو صفحه خازن تختی که فاصله بین صفحه‌هایش $۲cm$ و اندازه میدان الکتریکی یکنواخت بین صفحات آن برابر با اندازه میدان الکتریکی ناشی از بار نقطه‌ای q در فاصله r است، چند ولت است؟ $(k = ۹ \times ۱۰^{۹} \frac{N.m^۲}{C^۲})$



۱) ۷.۲
۲) ۵.۴
۳) ۳.۶
۴) ۱.۸

(۷۲) در شکل زیر، بزرگی میدان الکتریکی یکنواخت $\vec{E}$ برابر $۱۰^{۴} \frac{N}{C}$ و فاصله بین دو نقطه A و B برابر با $۲cm$ است. اگر یک الکترون را با تندی $۸ \times ۱۰^{۶} \frac{m}{s}$ از نقطه A به‌طرف نقطه B پرتاب کنیم، تندی الکترون در لحظه رسیدن به نقطه B چند متر بر ثانیه است؟ (جرم الکترون برابر با $۱۰^{-۲۷} g$ و بار الکتریکی آن $-۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} C$ است.) (از وزن بار صرف‌نظر کنید.)

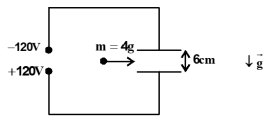


۱) $۸\sqrt{۲} \times ۱۰^{۶}$
۲) $۴\sqrt{۲} \times ۱۰^{۶}$
۳) صفر
۴) $۸\sqrt{۲} \times ۱۰^{۴}$

(۷۳) در یک میدان الکتریکی یکنواخت، ذره‌ای با بار الکتریکی $q = -۳/۲nC$ از نقطه A با پتانسیل الکتریکی $۶V$ رها می‌شود. اگر تا رسیدن این ذره به نقطه B، انرژی جنبشی آن $۲/۵۶ \times ۱۰^{-۲} \mu J$ افزایش یابد، پتانسیل الکتریکی نقطه B چند ولت است؟ (فقط نیروی الکتریکی به ذره وارد می‌شود.)

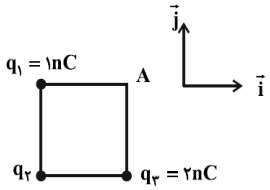
۱) ۸
۲) -۲
۳) ۱۴
۴) صفر

(۷۴) در شکل زیر اگر ذره به جرم $۴g$ و بار q که در حال عبور از بین دو صفحه رسانا است، به سمت صفحه بالایی منحرف شود، بار آن چند میکروکولن می‌باشد؟ $(g = ۱۰ \frac{N}{kg})$



۱) $۰ < q < ۱۰\mu C$
۲) $q > ۱۰\mu C$
۳) $q < ۰$
۴) اظهارنظر قطعی ممکن نیست.

(۷۵) سه بار الکتریکی، مطابق شکل در سه رأس یک مربع به ضلع $۱۰cm$ قرار دارند. اگر میدان الکتریکی خالص حاصل از این سه بار الکتریکی در رأس A برابر با $۹۰۰[(۱ - \sqrt{۲})\vec{i} + (۲ - \sqrt{۲})\vec{j}]\frac{N}{C}$ باشد، بار $q_۲$ چند نانوکولن است؟ $(k = ۹ \times ۱۰^{۹} \frac{N.m^۲}{C^۲})$

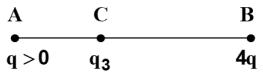


۱) -۸
۲) -۴
۳) ۸
۴) ۴

۷۶) خازن تختی به ظرفیت $۲۰\mu F$ را با ولتاژ $۱۰۰V$ شارژ می‌کنیم و سپس آن‌را از باتری جدا نموده و دی‌الکتریک بین صفحات خازن را که ثابت آن برابر $\kappa = ۴$ است، از فضای بین صفحات خارج می‌کنیم. برای خارج کردن دی‌الکتریک حداقل باید چند میلی‌ژول کار انجام شود؟

۱) ۱۰۰
۲) ۲۰۰
۳) ۳۰۰
۴) ۴۰۰

۷۷) مطابق شکل زیر، سه بار الکتریکی نقطه‌ای در نقاط A، B و C به گونه‌ای قرار دارند که برایند نیروهای الکتریکی وارد بر هر یک از بارها صفر است. اگر بار q را حذف کنیم، اندازه میدان الکتریکی در نقطه B حاصل از بار $q_۳$ چند برابر اندازه میدان الکتریکی حاصل از بار $۴q$ در نقطه C می‌شود؟

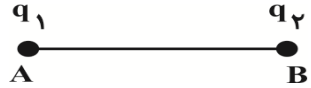


۱) $\frac{۱}{۹}$
۲) ۹
۳) $\frac{۴}{۹}$
۴) $\frac{۹}{۴}$

۷۸) مطابق شکل، ذره‌ای با بار الکتریکی $-۵\mu C$ و جرم $۰/۱g$ درون میدان الکتریکی یکنواختی از نقطه A با پتانسیل الکتریکی $۱۰۰V$ و از حال سکون رها می‌شود. اگر ذره با تندی $۲\frac{m}{s}$ از نقطه B بگذرد، پتانسیل الکتریکی نقطه B چند ولت است؟ (از نیروی وزن و اتلاف انرژی صرف‌نظر شود.)

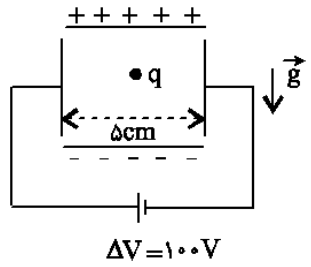
۱) ۶۰
۲) ۱۴۰
۳) ۲۰
۴) ۱۸۰

۷۹) میدان الکتریکی برایند حاصل از دو بار نقطه‌ای $q_۱$ و $q_۲$ در نقطه O که روی خط واصل دو بار و خارج از فاصله بین دوبار بوده، صفر است. اگر $\left|\frac{q_۱}{q_۲}\right| = \frac{۱}{۴}$ باشد، نسبت فاصله AO به AB برابر . . . و این دو بار . . . هستند. ($k = ۹ \times ۱۰^۹ \frac{N.m^۲}{C^۲}$)



۱) ۱، هم‌نام
۲) ۱، ناهم‌نام
۳) $\frac{۱}{۲}$، هم‌نام
۴) $\frac{۱}{۲}$، ناهم‌نام

۸۰) مطابق شکل زیر، ذره بارداری به جرم $۲۰۰mg$ و بار $-۵۰۰nC$ در میان چهار صفحه رسانا قرار گرفته است و بزرگی میدان الکتریکی یکنواخت قائم، $۴ \times ۱۰^۳ \frac{N}{C}$ می‌باشد. اگر بارهای صفحه‌های افقی را با یکدیگر جابه‌جا کنیم، اندازه نیروی خالص وارد بر ذره باردار نسبت به حالت اولیه، چند برابر می‌شود؟ $(g = ۱۰\frac{N}{kg})$

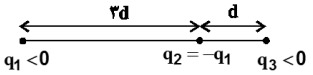


۱) ۳
۲) $\sqrt{۱۰}$
۳) ۴
۴) $\sqrt{۱۷}$

۸۱) بارهای الکتریکی نقطه‌ای $q_۱$ و $q_۲$ در فاصله d از یکدیگر قرار دارند و بردار نیروی الکتریکی که بار $q_۱$ به بار $q_۲$ وارد می‌کند، در SI به‌صورت $\vec{F}_{۱۲} = ۴/۸\vec{i} - ۱/۶\vec{j}$ است. اگر هر یک از بارها به اندازه $\frac{d}{۱۰}$ در راستای خط انتقال بارها به دیگری نزدیک شود، بردار نیروی الکتریکی وارد بر بار $q_۱$ در SI مطابق با کدام گزینه است؟

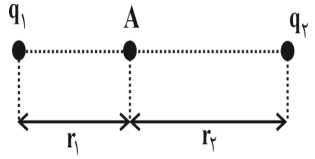
۱) $\begin{matrix} -۴ \\ /۸\vec{i} \\ +۱ \\ /۶\vec{j} \end{matrix}$
۲) $\begin{matrix} ۷ \\ /۵\vec{i} \\ -۲ \\ /۵\vec{j} \end{matrix}$
۳) $\begin{matrix} -۷ \\ /۵\vec{i} \\ +۲ \\ /۵\vec{j} \end{matrix}$
۴) $\begin{matrix} -۶ \\ /۴\vec{i} \\ -۲ \\ /۵\vec{j} \end{matrix}$

۸۲) سه بار الکتریکی نقطه‌ای مطابق شکل زیر بر روی یک خط راست ثابت شده‌اند. اگر برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_1 از طرف دو بار دیگر هم‌اندازه و در خلاف جهت با برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_3 از طرف بارهای q_1 و q_2 باشد، نسبت $\frac{q_1}{q_3}$ کدام است؟



۱) $\frac{۹}{۱۶}$ ۲) ۹ ۳) $\frac{۶۳}{۸}$ ۴) $\frac{۲۷۹}{۱۶}$

۸۳) در شکل زیر، میدان الکتریکی حاصل از دو گلوله رسانا با بارهای $q_1 = ۱\mu C$ و $q_2 = ۹\mu C$ در نقطه A برابر با صفر است. اگر دو گلوله را با هم تماس داده و دوباره در جای اول خود قرار دهیم، اندازه میدان الکتریکی خالص در نقطه A برابر با کدام گزینه می‌تواند باشد؟ (k ثابت کولن است.)



۱) $\frac{۴۰k}{۹r_2^2}$ ۲) $\frac{۴۰k}{۳۰r_2^2}$ ۳) $\frac{۴۰k}{r_2^2}$ ۴) $\frac{۴۰k}{r_1^2}$

۸۴) چه تعداد از عبارت‌های زیر درست است؟

الف) میدان الکتریکی در هر نقطه از فضا متناسب با اندازه بار الکتریکی واقع در آن نقطه است.

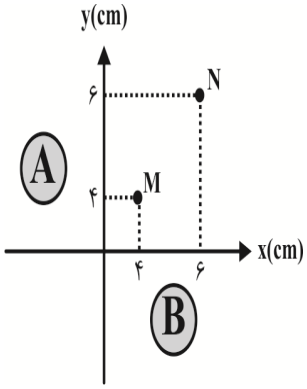
ب) میدان الکتریکی کمیتی برداری است و یکای آن در SI برابر با $\frac{N}{C}$ است.

پ) اندازه میدان الکتریکی حاصل از بار الکتریکی نقطه‌ای در هر نقطه با فاصله آن نقطه از بار نسبت وارون دارد.

ت) جهت میدان الکتریکی در هر نقطه، هم جهت با نیروی الکتریکی وارد بر بار نقطه‌ای مثبت در آن نقطه است.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۸۵) مطابق شکل اگر ذره باردار q را در نقطه M در فضای بین دو کره باردار A و B قرار دهیم، از طرف دو کره باردار نیروی الکتریکی برایند $\vec{F} = (۲N)\vec{i} + (۴N)\vec{j}$ به آن وارد می‌شود. اگر بار q' را در نقطه N قرار دهیم، نیروی الکتریکی برایند بر بار q در همان نقطه M برابر $\vec{F'} = (-۳N)\vec{i} + (-۱N)\vec{j}$ می‌شود. بردار نیروی حاصل از بار نقطه‌ای q' به بار q در SI کدام است؟

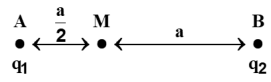


۱) $-۵\vec{i} + ۵\vec{j}$ ۲) $۵\vec{i} + ۵\vec{j}$ ۳) $-۵\vec{i} - ۵\vec{j}$ ۴) $۵\vec{i} - ۵\vec{j}$

۸۶) ظرفیت خازنی تخت $۱۵\mu F$ و اختلاف پتانسیل دو سر آن $۵V$ است. چند میکروکولن بار از صفحه مثبت خازن به صفحه منفی خازن منتقل کنیم تا انرژی ذخیره شده در آن ۱۲۰ میکروژول کاهش یابد؟

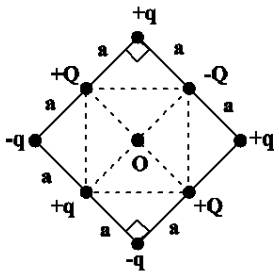
۱) ۳۰ ۲) ۴۰ ۳) ۵۰ ۴) ۶۰

۸۷) مطابق شکل زیر، دو بار الکتریکی نقطه‌ای q_1 و q_2 در نقاط A و B قرار دارند و میدان الکتریکی خالص در نقطه M برابر با $\vec{E}$ است. اگر بار q_1 خنثی شود، میدان الکتریکی خالص در نقطه M برابر با $+\frac{\vec{E}}{۲}$ می‌شود. حاصل $\frac{q_1}{q_2}$ کدام است؟



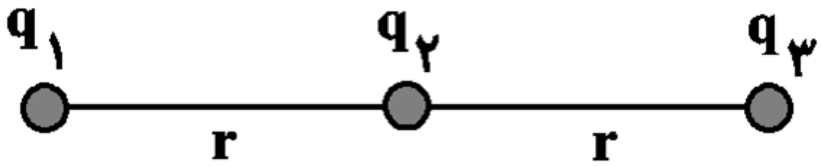
۱) $\frac{۱}{۴}$ ۲) $-\frac{۱}{۴}$ ۳) ۲ ۴) -۲

۸۸) چینش چند بار الکتریکی نقطه‌ای به‌صورت زیر است. اگر میدان الکتریکی برایند در نقطه O (مرکز مشترک مربع‌ها) صفر باشد، حاصل $\left|\frac{Q}{q}\right|$ کدام است؟



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

۸۹) در شکل زیر بار الکتریکی نقطه‌ای $q_۳$ در حال تعادل قرار دارد. اگر ۵۰ درصد از بار $q_۱$ را به بار $q_۲$ منتقل کنیم، اندازه نیروی خالص وارد بر بار $q_۳$ چند برابر اندازه نیروی بین دو بار $q_۲$ و $q_۳$ خواهد شد؟



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

۹۰) دو بار الکتریکی نقطه‌ای $q_۱$ و $q_۳$ در فاصله ۳ سانتیمتری به یکدیگر نیرویی دافعه به بزرگی ۹۰ نیوتون وارد می‌کنند. بارهای $q_۲$ و $q_۳$ نیز در فاصله $۶cm$ به هم نیرویی جاذبه به بزرگی $۱۵N$ وارد می‌کنند. اگر دو بار $q_۱$ و $q_۲$ را به هم تماس دهیم و سپس جدا کنیم، بار هر کدام $+۰/۵\mu C$ می‌شود. حاصل $q_۱ + q_۳ - q_۲$ برحسب میکروکولن برابر کدام گزینه است؟ $(k = ۹ \times ۱۰^{۹} \frac{N.m^{۲}}{C^{۲}})$

۱) ۸
۲) ۴
۳) ۷
۴) ۱

سوال ۱ | گزینه درست: ۲

گزینهٔ «۲»

$$C = \frac{Q}{V} \Rightarrow V = \frac{Q}{C} = \frac{۱۸}{۶} = ۳V$$
$$\Delta V = V = ۳ \Rightarrow V_{+} - V_{-} = ۳$$
$$\Rightarrow V_{+} - ۶ = ۳ \Rightarrow V_{+} = ۹V$$

سوال ۲ | گزینه درست: ۲

گزینهٔ «۲»

چون در سری الکتریسیتهٔ مالشی، ابربشم پایین‌تر از شیشه قرار دارد، بار الکتریکی پارچه ابریشمی منفی است.

$$q = ne \Rightarrow ۸ \times ۱۰^{-۹} = n \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}$$
$$\Rightarrow n = \frac{۸ \times ۱۰^{-۹}}{۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}} = ۵ \times ۱۰^{۱۰}$$

سوال ۳ گزینه درست: ۳

گزینه «۳»

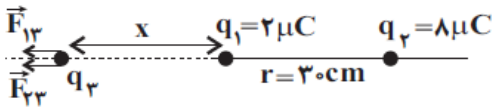
با توجه به رابطه $\Delta V = \frac{\Delta U}{q}$، داریم:

$$V_B - V_A = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow -۲۰ - ۲۰ = \frac{\Delta U}{-۴ \times ۱۰^{-۶}}$$
$$\Rightarrow \Delta U = ۰/۱۶ \times ۱۰^{-۳} J = ۰/۱۶ mJ$$

سوال ۴ گزینه درست: ۴

گزینه‌ی «۴»

با توجه به این‌که اندازه نیروی خالص ۲ برابر نیروی $F_{۱۳}$ است، می‌توان نتیجه گرفت که نیروهایی که $q_۱$ و $q_۲$ به $q_۳$ وارد می‌کنند، هم‌اندازه و هم‌جهت هستند. برای این‌که به بار $q_۳$ دو نیروی هم‌اندازه و هم‌جهت وارد شود، باید $q_۳$ خارج از فاصله دو بار و نزدیک به بار کوچک‌تر باشد. با فرض این‌که $q_۳$ مثبت است، نیروها همانند شکل خواهد بود. البته اگر $q_۳$ منفی باشد، فقط جهت نیروها عکس می‌شود.



$$\vec{F} = ۲\vec{F}_{۱۳} = \vec{F}_{۱۳} + \vec{F}_{۲۳}$$
$$\Rightarrow \vec{F}_{۱۳} = \vec{F}_{۲۳}$$

اگر فاصله از بار $q_۱$ را x بنامیم در این حالت خواهیم داشت:

$$\vec{F}_{۱۳} = \vec{F}_{۲۳} \Rightarrow \frac{k|q_۱||q_۳|}{x^۲} = \frac{k|q_۲||q_۳|}{(r+x)^۲}$$
$$\Rightarrow \frac{۲}{x^۲} = \frac{۸}{(r+x)^۲}$$

از طرفین رابطه جذر می‌گیریم:

$$\frac{۱}{x} = \frac{۲}{r+x} \Rightarrow ۲x = r + x \Rightarrow x = r$$

یعنی فاصله نقطه موردنظر از بار $q_۱$ برابر $۳۰cm$ و از بار $q_۲$، $۶۰cm$ خواهد بود.

سوال ۵ گزینه درست: ۳

گزینهٔ «۳»

هنگامی‌که دو جسم یکدیگر را دفع می‌کنند، قطعاً باردار و دارای بار همنام هستند اما هنگامی‌که دو جسم یکدیگر را جذب می‌کنند، یک جسم باردار و جسم دیگر می‌تواند خنثی یا دارای بار ناهمنام باشد. بنابراین A و B الزاماً باردار و دارای بارهای همنام هستند و C ممکن است خنثی یا دارای بار ناهمنام با A و B باشند.

سوال ۶ گزینه درست: ۱

گزینهٔ «۱»

چون ظرفیت خازن ثابت است، داریم:

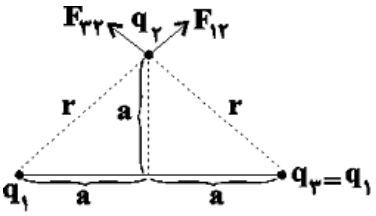
$$Q = CV \Rightarrow \Delta Q = C\Delta V$$

$$\Rightarrow ۹ \times ۱۰^{-۶} = C \times (۹ - ۶) \Rightarrow C = ۳ \times ۱۰^{-۶} F = ۳\mu F$$

سوال ۷ گزینه درست: ۲

گزینهٔ «۲»

با فرض آن‌که بارها هم‌نام هستند، در شکل (۱) می‌توان نوشت:



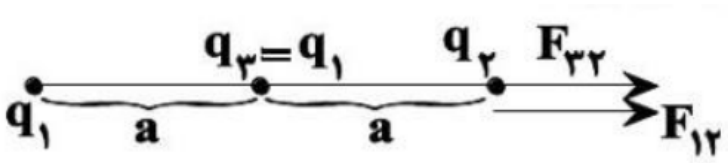
$$r = \sqrt{a^۲ + a^۲} = a\sqrt{۲}$$

$$F_{۱۲} = F_{۲۳} = \frac{k(q_۱)(q_۲)}{(a\sqrt{۲})^۲} = \frac{kq_۱ q_۲}{۲a^۲}$$

و چون دو نیرو بر هم عمود هستند:

$$F_{t_{(۱)}} = \sqrt{F_{۱۲}^۲ + F_{۳۲}^۲} = \sqrt{۲}\frac{kq_۱ q_۲}{۲a^۲} = \frac{kq_۱ q_۲}{\sqrt{۲}a^۲}$$

در شکل (۲) به‌صورت مشابه می‌توان نوشت:



$$F_{۱۲} = \frac{kq_۱ q_۲}{(۲a)^۲} = \frac{kq_۱ q_۲}{۴a^۲}$$
$$F_{۳۲} = \frac{kq_۱ q_۲}{a^۲} \Rightarrow F_{t_{(۲)}}$$

$$= F_{۱۲} + F_{۳۲} = \frac{۵kq_۱ q_۲}{۴a^۲}$$

$$\Rightarrow \frac{F_{t(۲)}}{F_{t(۱)}} = \frac{\frac{۵kq_۱ q_۲}{۴a^۲}}{\frac{kq_۱ q_۲}{\sqrt{۲}a^۲}} = \frac{۵\sqrt{۲}}{۴}$$

سوال ۸ گزینه درست: ۱

گزینه‌ی «۱»

چون خازن را از باتری جدا کرده‌ایم بار روی صفحات آن ثابت می‌ماند و هم‌چنین می‌توان نوشت:

$$C = \kappa\varepsilon_0 \frac{A}{d} \xrightarrow{A \text{ ثابت}} \frac{C_2}{C_1} = \frac{\kappa_2}{\kappa_1} \times \frac{d_1}{d_2} = \frac{1}{5} \times \frac{2}{0/5} = \frac{4}{5}$$

$$U = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C} \xrightarrow{q \text{ ثابت}} U \propto \frac{1}{C} \Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \frac{C_1}{C_2} = \frac{5}{4} \Rightarrow U_2 = \frac{5}{4}U_1$$

$$\Rightarrow \text{درصد تغییر انرژی ذخیره شده در خازن} = \frac{\Delta U}{U_1} \times 100 = \frac{\frac{1}{4}U_1}{U_1} \times 100 = 25\ \%$$

سوال ۹ گزینه درست: ۳

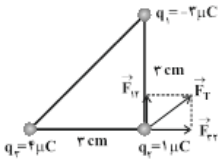
گزینه «۳»

نیروی الکتریکی بین بارهای q_1 و q_2 جاذبه و نیروی الکتریکی بین بارهای q_2 و q_3 دافعه است، بنابراین می‌توان نوشت:

$$F_{12} = k\frac{|q_1||q_2|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{3\times10^{-6}\times1\times10^{-6}}{9\times10^{-4}} = 30N$$

$$F_{32} = k\frac{|q_3||q_2|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4\times10^{-6}\times10^{-6}}{9\times10^{-4}} = 40N$$

$$F_T = \sqrt{F_{12}^2 + F_{32}^2} = \sqrt{30^2 + 40^2} = 50N$$



سوال ۱۰ گزینه درست: ۴

گزینه «۴»

بررسی گزینه‌ها:

گزینه «۱»: اگر بار q_1 را مثبت و بار q_2 را منفی در نظر بگیریم و اندازه q_1 و q_2 برابر باشد، صحیح است.

گزینه «۲»: اگر بار q_1 و q_2 را مثبت در نظر بگیریم در این حالت باید اندازهٔ بار q_1 از q_2 بزرگتر باشد تا $\vec{E}$ به سمت q_2 باشد، که در این‌صورت $\vec{E'}$ مشابه گزینه «۲» خواهد شد.

گزینه «۳»: اگر بار q_1 و q_2 هر دو منفی باشند، در صورتی میدان $\vec{E}$ به سمت بار q_2 خواهد بود که اندازه بار q_2 از اندازهٔ بار q_1 بزرگتر باشد. در این‌صورت میدان $\vec{E'}$ مشابه گزینه «۳» خواهد شد.

گزینه «۴»: اگر بارهای q_1 منفی و q_2 مثبت باشند، در این‌صورت $\vec{E}$ به‌طرف q_1 خواهد شد. که با فرض سؤال در تناقض است.

سوال ۱۱ گزینه درست: ۳

گزینهٔ «۳»

محدودیتی که وجود دارد این است که بار q باید مضرب صحیحی از e باشد.

$$E = \frac{k|q|}{r^۲} \xrightarrow{|q|=ne} E = \frac{kne}{r^۲}$$

$$\Rightarrow n = \frac{Er^۲}{ke} = \frac{E\times(۳۶\times۱۰^{-۴})}{۹\times۱۰^{۹}\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹}}$$
$$\Rightarrow n = \frac{۱}{۴}\times۱۰^{۷}E$$

در بین گزینه‌ها، فقط به ازای $E = ۴\times۱۰^{-۷}\frac{N}{C}$ ، مقدار n عدد صحیح می‌شود.

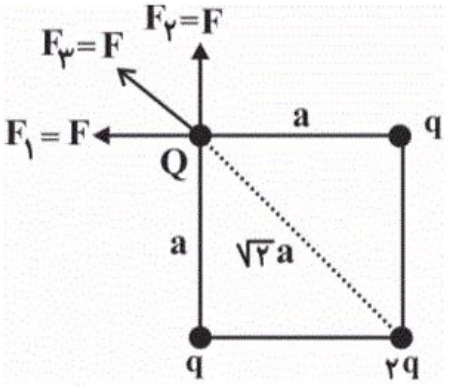
سوال ۱۲ گزینه درست: ۳

گزینهٔ «۲»

با توجه به‌صورت سؤال، نیروی وارد از طرف هر بارq به$۲q$ برابر باF است و نیروی وارد بر بار$۲q$ از طرفQ نیز برابرF است. پس داریم:

$$k\frac{|q|\,|۲q|}{a^۲} = k\frac{|Q|\,|۲q|}{۲a^۲} \Rightarrow Q = ۲q$$

با توجه به تقارن شکل حالا به بار Q نیز از طرف بارهای دیگر نیرویF وارد می‌شود و داریم: $F_t = F\sqrt{۲} + F = F(۱+\sqrt{۲})$



سوال ۱۳ گزینه درست: ۱

گزینهٔ «۱»

اندازهٔ اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو صفحه ثابت و برابر با $|\Delta V|$ است. تغییر پتانسیل الکتریکی پروتون منفی خواهد بود، زیرا در جهت خطوط میدان حرکت می‌کند (در جهت خطوط میدان به آن نیرو وارد می‌شود.) و به سمت نقاط با پتانسیل الکتریکی کمتر می‌رود. همچنین تغییر پتانسیل الکتریکی الکترون، مثبت خواهد بود، زیرا در خلاف جهت خطوط میدان حرکت می‌کند (در خلاف جهت خطوط میدان به آن نیرو وارد می‌شود) و به سمت نقاط با پتانسیل الکتریکی بیشتر می‌رود. طبق رابطهٔ $\Delta V = \frac{\Delta U}{q}$ خواهیم داشت:

$$\Delta U = q\Delta V$$
$$\Rightarrow \begin{cases} \Delta U_p = e(-\Delta V) = -e\Delta V \\ \Delta U_e = -e(\Delta V) = -e\Delta V \end{cases}$$

بنابراین تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی برای هر دو ذره برابر خواهد بود. از طرفی طبق قانون پایستگی انرژی خواهیم داشت:

$$\Delta K = -\Delta U \Rightarrow \Delta K = e\Delta V$$

چون ΔU برای هر دو ذره یکسان است، در نتیجه ΔK یا همان تغییرات انرژی جنبشی برای هر دو ذره برابر خواهد بود. انرژی جنبشی هر دو ذره در ابتدا برابر است، بنابراین انرژی جنبشی هر دو ذره وقتی به صفحهٔ مقابل خود نیز می‌رسند، برابر خواهد بود.

سوال ۱۴ گزینه درست: ۳

گزینهٔ «۳»

در ابتدا نقطه‌ای که در آن‌جا میدان الکتریکی برایند حاصل از بارها صفر می‌شود را می‌یابیم. شرط صفر شدن میدان برایند این است که $E_۱ = E_۲$ باشد، یعنی داریم:

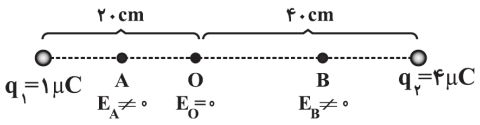
$$E_۱ = E_۲ \Rightarrow \frac{k|q_۱|}{r_۱^۲} = \frac{k|q_۲|}{r_۲^۲}$$

$$\xrightarrow[|q_۲|=۴\mu C]{|q_۱|=۱\mu C} \frac{۱}{r_۱^۲} = \frac{۴}{r_۲^۲} \Rightarrow \frac{۱}{r_۱} = \frac{۲}{r_۲}$$

$$\Rightarrow r_۲ = ۲r_۱$$

$$\xrightarrow{r_۲+r_۱=۶۰cm} \begin{cases} r_۱ = ۲۰cm \\ r_۲ = ۴۰cm \end{cases}$$

حال با توجه به شکل داریم:



پس بزرگی میدان از نقطهٔ A تا نقطهٔ O کاهش، سپس از نقطهٔ O تا نقطهٔ B افزایش می‌یابد.

سوال ۱۵ گزینه درست: ۱

گزینهٔ «۲»

برایند نیروهای الکتریکی وارد بر گلوله دوم برابر صفر است. پس نیروی الکتریکی بین دو گلوله باید با وزن گلوله دوم برابر باشد.

$$F = m_۲ g \Rightarrow \frac{k q_۱ q_۲}{r^۲} = m_۲ g \Rightarrow \frac{q'_۱}{q_۱}$$
$$\times \frac{q'_۲}{q_۲} \times \left(\frac{r}{r'}\right)^۲ = \frac{m'_۲}{m_۲}$$
$$\Rightarrow \frac{۷۵}{۱۰۰} \times \frac{۱۲۰}{۱۰۰} \times \left(\frac{r}{r'}\right)^۲ = \frac{۱۲۰}{۱۰۰}$$
$$\Rightarrow \frac{r}{r'} = \frac{۲\sqrt{۳}}{۳}$$

سوال ۱۶ گزینه درست: ۱

گزینهٔ «۱»

با توجه به رابطه نیروی الکتریکی وارد بر یک ذره باردار داریم:

$$F_E = E|q| = ۲ \times ۱۰^{-۶} \times ۴ \times ۱۰^{۴}$$
$$= ۸ \times ۱۰^{-۲} N$$

$$a = \frac{F_E}{m} = \frac{۸ \times ۱۰^{-۲}}{۲ \times ۱۰^{-۳}} = ۴۰ \frac{m}{s^۲}$$

سوال ۱۷ گزینه درست: ۴

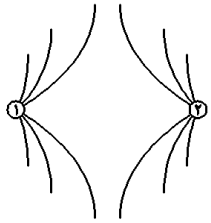
گزینهٔ «۴»

بر طبق متن کتاب درسی هر سه مورد صحیح است.

سوال ۱۸ گزینه درست: ۳

گزینهٔ «۳»

چون دو کرهٔ رسانای مشابه دارای بارهای اولیهٔ غیر هم اندازه و ناهم‌نام هستند، بعد از تماس و جدا کردن، هر دو کره دارای بارهای هم‌نام و هم‌اندازه خواهند شد. بنابراین خطوط میدان بین دو کره در حالت نهایی می‌تواند مطابق شکل زیر باشد:



سوال ۱۹ گزینه درست: ۳

گزینهٔ «۳»

مطابق رابطه میدان الکتریکی و نیروی وارد بر بار q داریم:

$$\vec{E}=\frac{\vec{F}}{q}\Rightarrow\vec{E}=\frac{۱}{۲\times۱۰^{-۶}}(۱۰/۸\vec{i}-۱۴/۴\vec{j})$$

$$\vec{E}=۱۰^{۶}(۵/۴\vec{i}-۷/۲\vec{j})\Rightarrow|\vec{E}|=۱۰^{۶}\sqrt{۵/۴^{۲}+۷/۲^{۲}}$$

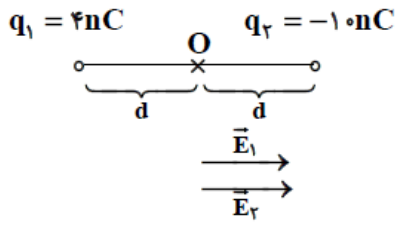
$$=۱۰^{۶}\sqrt{(۱۸\times۰/۳)^{۲}+(۱۸\times۰/۴)^{۲}}$$

$$=۱۸\times۱۰^{۶}\times۰/۵$$

$$\Rightarrow|\vec{E}|=۹\times۱۰^{۶}\frac{N}{C}$$

سوال ۲۰ | گزینه درست: ۱

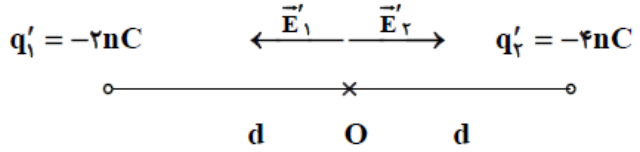
گزینهٔ «۱»



فاصله نقطهٔ O تا هرکدام از بارها را d در نظر می‌گیریم. چون خط‌های میدان الکتریکی از بار مثبت خارج و به بار منفی وارد می‌شوند، پس جهت‌های $\vec{E}_1$ و $\vec{E}_2$ مطابق شکل خواهد شد.

$$\begin{aligned}\vec{E}_1 &= k\frac{|q_1|}{d^2}\vec{i} = k\frac{4}{d^2}\vec{i}\\ \vec{E}_2 &= k\frac{|q_2|}{d^2}\vec{i} = k\frac{10}{d^2}\vec{i}\end{aligned} \Rightarrow \vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = 14\frac{k}{d^2}\vec{i}$$

اگر ۶۰ درصد از بار q_2 که برابر با $-6nC$ است را به بار q_1 منتقل کنیم، $q'_1 = -2nC$ و $q'_2 = -4nC$ خواهد شد و جهت میدان‌های $\vec{E}'_1$ و $\vec{E}'_2$ مطابق شکل زیر خواهد شد.



$$\begin{aligned}\vec{E}'_1 &= k\frac{|q'_1|}{d^2}\vec{i} = k\frac{2}{d^2}(-\vec{i})\\ \vec{E}'_2 &= k\frac{|q'_2|}{d^2}\vec{i} = k\frac{4}{d^2}(\vec{i})\end{aligned}$$
$$\Rightarrow \vec{E}' = \vec{E}'_1 + \vec{E}'_2 = 2\frac{k}{d^2}\vec{i}$$

بنابراین:

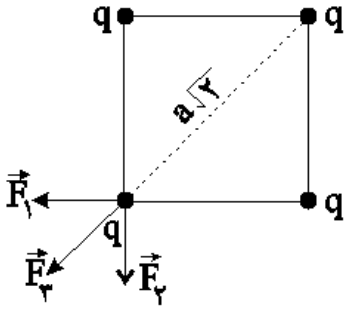
$$\frac{E'}{E} = \frac{2\frac{k}{d^2}}{14\frac{k}{d^2}} = \frac{2}{14} = \frac{1}{7}$$

چون $\vec{E}'$ و $\vec{E}$ هر دو هم جهت‌اند، پس $\vec{E}' = \frac{1}{7}\vec{E}$ است.

سوال ۲۱ گزینه درست: ۳

گزینهٔ «۳»

می‌دانیم طبق قانون کولن دو بار مشابه همدیگر را دفع می‌کنند و اندازهٔ نیروی دافعه از رابطهٔ $F=\frac{k|q_1||q_2|}{r^2}$ به‌دست می‌آید. در حالت اول داریم:



$$|\vec{F}_1|=|\vec{F}_2|=\frac{kq^2}{a^2}\Rightarrow|\vec{F}_1+\vec{F}_2|=\frac{kq^2}{a^2}\times\sqrt{2},F_3=\frac{kq^2}{(a\sqrt{2})^2}$$

$$(\vec{F}_T)_1=\vec{F}_1+\vec{F}_2+\vec{F}_3=\frac{kq^2}{a^2}\sqrt{2}+\frac{kq^2}{2a^2}$$

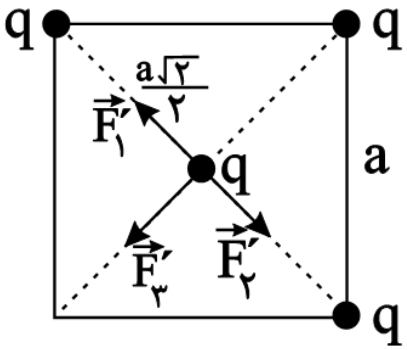
$$\Rightarrow(\vec{F}_T)_1=(\frac{2\sqrt{2}+1}{2})\frac{kq^2}{a^2}=1/9\frac{kq^2}{a^2}(I)$$

در حالت دوم:

$$|\vec{F}'_1|=|\vec{F}'_2|=|\vec{F}'_3|=\frac{kq^2}{(\frac{a\sqrt{2}}{2})^2}=\frac{2kq^2}{a^2}(II)$$

نیروهای $\vec{F}'_1$ و $\vec{F}'_2$ همدیگر را خنثی می‌کنند.

$$(\vec{F}_T)_2=\vec{F}'_1+\vec{F}'_2+\vec{F}'_3=\frac{2kq^2}{a^2}(II)$$



$$I,II\Rightarrow\frac{(\vec{F}_T)_2}{(\vec{F}_T)_1}=\frac{\frac{2kq^2}{a^2}}{1/9\frac{kq^2}{a^2}}=\frac{2}{1/9}=\frac{20}{19}$$

سوال ۲۲ گزینه درست: ۴

گزینهٔ «۴»

چون خازن به مولد متصل است پس اختلاف پتانسیل دو سر آن ثابت می‌ماند.

ولی با توجه به رابطه $C=\kappa\varepsilon_{\circ}\frac{A}{d}$ ظرفیت خازن پس از قرار دادن دی‌الکتریک κ برابر خواهد شد. $C_{۲}=kC_{۱}$

در نتیجه با توجه به رابطهٔ انرژی خازن داریم:

$$U=\frac{۱}{۲}CV^{۲}\xrightarrow{V\text{ثابت}}\Delta U$$
$$=\frac{۱}{۲}(C_{۲}-C_{۱})V^{۲}$$
$$=\frac{۱}{۲}(\kappa-۱)C_{۱}V^{۲}$$

$$\xrightarrow[v=۱۲v]{k=۳}۲۴۰۰=\frac{۱}{۲}\times۲\times C_{۱}\times۱۲^{۲}$$
$$\Rightarrow C_{۱}=\frac{۲۴۰۰}{۱۲\times۱۲}=\frac{۵۰}{۳}\mu F$$

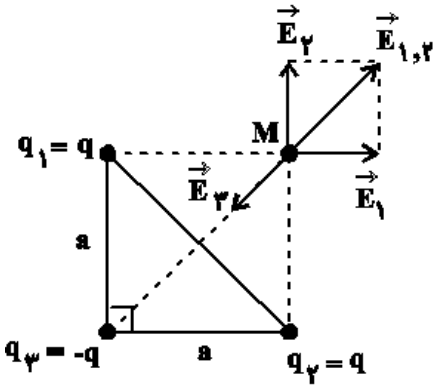
$$\Delta U=۲/۴mJ=۲۴۰۰\mu J$$

$$\Rightarrow C_{۲}=\kappa C_{۱}=۳\times\frac{۵۰}{۳}=۵۰\mu F$$

سوال ۲۳ گزینه درست: ۲

گزینهٔ «۲»

با استفاده از رابطهٔ بزرگی میدان الکتریکی ناشی از یک ذرهٔ باردار و با توجه به این‌که اندازهٔ بارهای $q_{۱}$ و $q_{۲}$ و همچنین فاصلهٔ آن‌ها تا نقطهٔ M یکسان است، می‌توان نوشت:



$$E_{۱}=E_{۲}=k\frac{|q|}{a^{۲}}$$

$$E_{۱,۲}=k\frac{|q|}{a^{۲}}\sqrt{۲}$$

$$E_{۳}=k\frac{|q|}{۲a^{۲}}$$

از طرفی چون علامت بار $q_{۳}$ منفی است، بنابراین با توجه به جهت میدان‌های $\vec{E}_{۱,۲}$ و $\vec{E}_{۳}$ داریم:

$$E_{M}=E_{۱,۲}-E_{۳}=\frac{k|q|}{a^{۲}}\sqrt{۲}$$
$$-k\frac{|q|}{۲a^{۲}}=k\frac{|q|}{a^{۲}}(\sqrt{۲}-\frac{۱}{۲})$$

$$\Rightarrow E_{M}=(\frac{۲\sqrt{۲}-۱}{۲})k\frac{|q|}{a^{۲}}$$

سوال ۲۴ گزینه درست: ۱

گزینه «۱»

هنگامی که خازن به اختلاف پتانسیل ثابتی متصل است، میدان الکتریکی بین صفحات تنها با فاصله میان صفحات خازن رابطه عکس دارد.

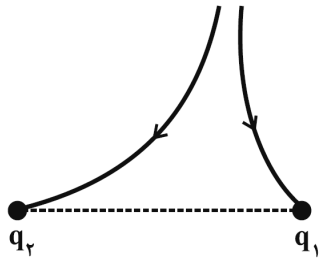
$$V = Ed \Rightarrow E = \frac{V}{d} \xrightarrow{d_۲ = \frac{d_۱}{۲}} E_۲ = ۲E_۱$$

سوال ۲۵ گزینه درست: ۳

گزینه «۳»

با توجه به شکل زیر، چون خط‌های میدان الکتریکی هر یک از بارها به‌طرف بار الکتریکی است، لذا هر دو بار منفی‌اند. از طرف دیگر، چون خطوط میدان الکتریکی بار $q_۲$، خطوط میدان بار $q_۱$ را رانده است، بنابراین $|q_۱| < |q_۲|$ است، در نتیجه $|\frac{q_۱}{q_۲}| < ۱$ می‌باشد.

دقت کنید، خط‌های میدان الکتریکی هرگز یکدیگر را قطع نمی‌کنند.



سوال ۲۶ گزینه درست: ۲

گزینه «۲»

فاصلهٔ بین دو کره در هر دو حالت ثابت است و هم‌چنین در حالت دوم بار هر یک از کره‌ها $-۱\mu C$ است، ضمناً در حالت اول چون نیرو به صورت جاذبه است پس بار $q_۲$ منفی است.

$$\frac{F'}{F} = \frac{|q'_۱ \times q'_۲|}{|q_۱ \times q_۲|} \Rightarrow \frac{۱}{۸} = \frac{|(-۱) \times (-۱)|}{q_۱ \times |q_۲|}$$
$$\Rightarrow q_۱ \times |q_۲| = ۸ \quad (*)$$

از طرفی در هر دو حالت مجموع بار کره‌ها به علت پایستگی بار، با هم برابر است:

$$q_۱ + q_۲ = q'_۱ + q'_۲ = -۱ + (-۱)$$
$$= -۲ \quad (**)$$

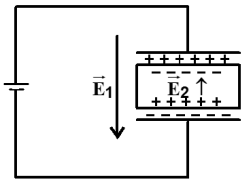
با حل هم‌زمان دو معادلهٔ * و ** داریم:

$$\xrightarrow{(*),(**)} \begin{cases} q_۱ = +۲\mu C \\ q_۲ = -۴\mu C \end{cases}$$

سوال ۲۷ گزینه درست: ۱

گزینهٔ «۱»

با قرار دادن یک دی‌الکتریک در میدان الکتریکی بین صفحه‌های خازن به بارهای مثبت و منفی دی‌الکتریک نیرو وارد شده و اتم‌های واقع در دی‌الکتریک دو قطبی می‌شوند. به طوری که در نهایت در مجاورت صفحه‌های خازن روی سطوح دی‌الکتریک بارهای غیرهمنام با بار صفحه‌های خازن ایجاد می‌شود و جهت میدان در دی‌الکتریک مطابق شکل خواهد بود.



سوال ۲۸ گزینه درست: ۴

گزینهٔ «۴»

ابتدا تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی و تغییرات پتانسیل الکتریکی نقاط میدان را در انتقال از A تا B محاسبه می‌کنیم. داریم:

$$E = \frac{|\Delta V|}{d} = \frac{۱۰۰}{۰/۲} = ۵۰۰ \frac{V}{m}$$

$$\Delta U = -|q|Ed\cos\theta = -۴ \times ۱۰^{-۶} \times ۵۰۰ \times ۸ \times ۱۰^{-۲} \times (-۱)$$
$$\Rightarrow \Delta U = ۰/۱۶ \times ۱۰^{-۳} J$$

انرژی پتانسیل الکتریکی ذره به اندازهٔ $۰/۱۶ mJ$ افزایش می‌یابد.

از آنجا که بین دو صفحهٔ موازی، میدان الکتریکی یکنواخت است. داریم:

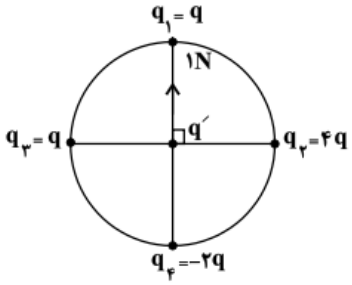
$$\frac{|\Delta V_۱|}{d_۱} = \frac{|\Delta V_۲|}{d_۲} \Rightarrow \frac{۱۰۰}{۲۰} = \frac{|\Delta V_۲|}{۸}$$
$$\Rightarrow |\Delta V_۲| = ۴۰V$$

پتانسیل الکتریکی نقاط میدان به اندازهٔ $۴۰V$ کاهش می‌یابد. $(V_A > V_B)$

سوال ۲۹ گزینه درست: ۲

گزینهٔ «۲»

نیروی بین بار $q_۱$ و q' در شکل نشان داده شده است.

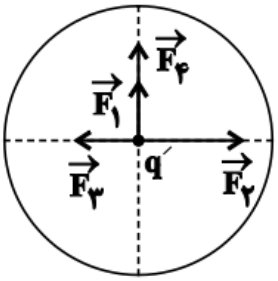


$$F_۱ = k\frac{|q||q'|}{R^۲} = ۱N$$

که در آن R شعاع دایره است.

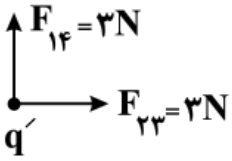
نیروهای وارد بر q' از طرف بارهای دیگر را محاسبه می‌کنیم.

$$F_۲ = ۴F_۱ = ۴N$$
$$F_۳ = F_۱ = ۱N$$
$$F_۴ = ۲F_۱ = ۲N$$



برایند نیروهای $\vec{F}_۲$ و $\vec{F}_۳$ برابر $F_{۲۳} = ۴ - ۱ = ۳N$ و برایند نیروهای $\vec{F}_۱$ و $\vec{F}_۴$ برابر $F_{۱۴} = ۳N$ خواهد شد.

از رابطهٔ فیثاغورس برایند کل محاسبه می‌شود.



$$F_t = ۳\sqrt{۲}\,N$$

سوال ۳۰ گزینه درست: ۳

گزینهٔ «۱»

وقتی جسمی الکترون از دست می‌دهد، بار الکتریکی آن مثبت‌تر می‌شود؛ بنابراین داریم:

$$\Delta q = +ne \Rightarrow q_۲ - q_۱ = +ne \xrightarrow[n=۱۲\times۱۰^{۱۳}]{q_۲=-۵q_۱} q_۲ = q_۱ + ne$$
$$-۵q_۱ = q_۱ + ۱۲ \times ۱۰^{۱۳} \times (۱۶ \times ۱۰^{-۲۰}) \Rightarrow ۶q_۱ = -۱۲ \times ۱۶ \times ۱۰^{-۸}$$
$$\Rightarrow q_۱ = -۳۲ \times ۱۰^{-۸} C \Rightarrow q_۱ = -۰/۳۲\mu C$$

سوال ۳۱ گزینه درست: ۳

گزینهٔ «۳»

با بسته و باز کردن کلید $k_۱$، بار کره‌های A و B برابر می‌شوند.

$$q'_A = q'_B = \frac{q_A + q_B}{۲} = \frac{-۳+۵}{۲} = ۱\mu C$$

با بسته و باز کردن کلید $k_۲$، تمام بار کرهٔ B به پوسته خارجی C منتقل شده و با بسته و باز کردن کلید $k_۳$ این بار به پوستهٔ خارجی D منتقل می‌گردد. پس: $q_A = ۱\mu C$, $q_C = ۰$, $q_D = ۱\mu C$

سوال ۳۲ گزینه درست: ۲

گزینهٔ «۲»

با توجه به رابطهٔ ظرفیت خازن داریم:

$$C = \kappa\varepsilon_۰ \frac{A}{d} \Rightarrow \frac{C_۲}{C_۱} = \frac{\kappa_۲}{\kappa_۱} \times \frac{d_۱}{d_۲} \xrightarrow[\kappa_۱=۱\,,\,\kappa_۲=۱/۵]{d_۲=\frac{۳}{۴}d_۱} \frac{C_۲}{C_۱} = ۱/۵ \times \frac{d_۱}{\frac{۳}{۴}d_۱} = ۲$$

یعنی ظرفیت خازن دو برابر شده یا ۱۰۰ درصد افزایش می‌یابد.(نادرستی گزینهٔ (۴))

چون خازن از باتری جدا شده است، پس Q ثابت است .(نادرستی گزینهٔ (۳)). برای انرژی ذخیره شده داریم:

$$U = \frac{۱}{۲}\frac{Q^۲}{C} \Rightarrow \frac{U_۲}{U_۱} = \frac{C_۱}{C_۲} \Rightarrow \frac{U_۲}{U_۱} = \frac{۱}{۲}$$

یعنی انرژی ذخیره شده در خازن ۵۰ درصد کاهش می‌یابد. .(نادرستی گزینهٔ (۱)).

برای میدان الکتریکی بین صفحات خازن داریم:

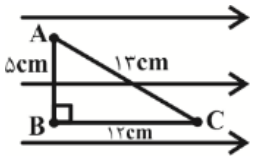
$$C = \kappa\varepsilon_۰ \frac{A}{d} \Rightarrow \frac{Q}{V} = \kappa\varepsilon_۰ \frac{A}{d} \Rightarrow \frac{V}{d} = \frac{Q}{\kappa\varepsilon_۰ A} \Rightarrow E = \frac{Q}{\kappa\varepsilon_۰ A}$$
$$\Rightarrow \frac{E_۲}{E_۱} = \frac{\kappa_۱}{\kappa_۲} = \frac{۱}{۱/۵} \Rightarrow \frac{E_۲}{E_۱} = \frac{۲}{۳}$$

سوال ۳۳ گزینه درست: ۴

گزینهٔ «۴»

در مسیر AB چون عمود برخط‌های میدان الکتریکی حرکت کرده‌ایم، انرژی پتانسیل الکتریکی آن تغییری نمی‌کند. در مسیر BC در حرکت به سمت پتانسیل‌های کمتر، انرژی پتانسیل الکتریکی ذره (با بار مثبت) کاهش می‌یابد. بنابراین داریم:

$$\Delta U_E = -E|q|d = -۱۰^{۵} \times ۵ \times ۱۰^{-۶} \times ۱۲ \times ۱۰^{-۲} = -۰/۰۶\,J$$



سوال ۳۴ گزینه درست: ۱

گزینهٔ «۱»

با توجه به جهت میدان در نقطه M که در حال خروج از کره می‌باشد، بار کره مثبت است. طبق رابطه میدان الکتریکی حاصل از بار نقطه‌ای، داریم:

$$E = \frac{k|q|}{r^{۲}}$$

$$\Rightarrow ۹ \times ۱۰^{۳} = ۹ \times ۱۰^{۹} \frac{|q|}{۴^{۲}} \Rightarrow |q| = ۱۶ \times ۱۰^{-۶} C$$

$$\Rightarrow q = +۱۶\,\mu C$$

سوال ۳۵ گزینه درست: ۳

گزینهٔ «۴»

با توجه به این که $q > ۰$ و کار نیروی الکتریکی نیز مثبت است، می‌توان نتیجه گرفت که نیروی الکتریکی و جابه‌جایی هم‌راستا هستند و بار الکتریکی q در جهت خط‌های میدان الکتریکی حرکت کرده و انرژی پتانسیل الکتریکی آن $۲ \times ۱۰^{-۵} J$ کاهش یافته است. بنابراین می‌توان نوشت:

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow V_B - ۲۴ = \frac{-۲ \times ۱۰^{-۵}}{۵ \times ۱۰^{-۶}}$$

$$\Rightarrow V_B - ۲۴ = -۴ \Rightarrow V_B = ۲۰V$$

سوال ۳۶ گزینه درست: ۲

گزینه «۲»

$$q_۱ = ۱۰\mu C\ ,\ r = ۱۰cm\ ,\ F = ۱۸N$$
$$q'_۱ = ۱۰ - ۴ = ۶\mu C\ ,\ q'_۲ = q_۲ + ۴(\mu C)\ ,$$
$$r' = ۳۰cm\ ,\ F' = ۳/۶N$$

با استفاده از فرم مقایسه‌ای قانون کولن، به‌صورت زیر، بار $q_۲$ را می‌یابیم. داریم:

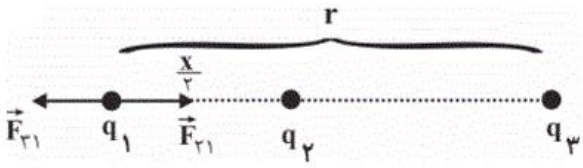
$$F = k\frac{|q_۱||q_۲|}{r^۲} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{|q'_۱|}{|q_۱|} \times \frac{|q'_۲|}{|q_۲|} \times (\frac{r}{r'})^۲$$

$$\Rightarrow \frac{۳/۶}{۱۸} = \frac{۶}{۱۰} \times \frac{q_۲+۴}{q_۲} \times (\frac{۱۰}{۳۰})^۲$$

$$\Rightarrow ۳ = \frac{q_۲ + ۴}{q_۲} \Rightarrow ۳q_۲ = q_۲ + ۴$$
$$\Rightarrow ۲q_۲ = ۴ \Rightarrow q_۲ = ۲\mu C$$

سوال ۳۷ گزینه درست: ۱

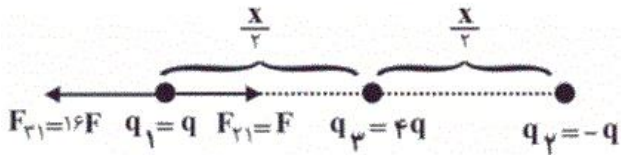
گزینهٔ «۱»



اگر نیروی برایند وارد بر بار $q_۱$ صفر باشد، پس تأثیر $q_۲$ و $q_۳$ در محل $q_۱$ باید از لحاظ اندازه برابر باشد و داریم: $k\frac{|q_۲||q_۱|}{(\frac{r}{۲})^۲} = k\frac{|q_۳||q_۱|}{r^۲}$

$$\frac{۱}{\frac{r}{۲}} = \frac{۲}{r} \Rightarrow r = ۲ \times (\frac{x}{۲}) = x$$

با توجه به شکل اگر جای $q_۲$ و $q_۳$ را عوض کنیم:



$$\left.\begin{aligned} |\vec{F}_{۳۱}| &= k\frac{۴qq}{(\frac{x}{۲})^۲} = ۱۶F \\ |\vec{F}_{۲۱}| &= k\frac{qq}{x^۲} = F \end{aligned}\right\} \Rightarrow \vec{F}_T$$
$$= ۱۶F - F = ۱۵F$$

سوال ۳۸ گزینه درست: ۴

گزینهٔ «۴»

ساختمان خازن تغییری نکرده است، پس ظرفیت خازن ثابت است. در این صورت داریم:

$$U=\frac{۱}{۲}\frac{Q^۲}{C}\xrightarrow{C=\text{ثابت}}\frac{U_۲}{U_۱}=\left(\frac{Q_۲}{Q_۱}\right)^۲\xrightarrow{Q_۲=\frac{۶}{۵}Q_۱}\frac{U_۲}{U_۱}=\frac{۳۶}{۲۵}\,(*)$$

از طرفی داریم:

$$U_۲-U_۱=۱۱۰\xrightarrow{(*)}\begin{cases}U_۲=۳۶۰\mu J\\U_۱=۲۵۰\mu J\end{cases}$$

حال چون خازن در ابتدا به مولد ۱۰ ولتی متصل است، داریم:

$$U_۱=\frac{۱}{۲}CV_۱^۲\Rightarrow ۲۵۰=\frac{۱}{۲}\times C\times(۱۰)^۲\Rightarrow C=۵\mu F$$

سوال ۳۹ گزینه درست: ۳

گزینهٔ «۳»

اندازهٔ اختلاف پتانسیل دو نقطهٔ A و B برابر است با:

$$\Delta V=\left|\frac{\Delta U}{q}\right|=\left|\frac{۱۲\times۱۰^{-۶}}{۲\times۱۰^{-۶}}\right|=۶V$$

و چون میدان الکتریکی اطراف کرهٔ باردار با بار منفی، به سوی کره است، پس پتانسیل الکتریکی نقطهٔ A از B بیشتر است.

سوال ۴۰ گزینه درست: ۴

گزینهٔ «۴»

چون پروتون از صفحهٔ مثبت به سمت صفحهٔ منفی حرکت می‌کند، پس انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد.

$$\Delta U_E=-E|q|d\cos\theta=-۱۰\times۱۰^{۳}\times۵\times۱۰^{-۲}\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹}$$

$$\Rightarrow\Delta U_E=-۸\times۱۰^{-۱۷}\,J$$

طبق اصل پایستگی انرژی مکانیکی: $\Delta K=-\Delta U_E=-(-۸\times۱۰^{-۱۷})$

$$\Rightarrow\Delta K=+۸\times۱۰^{-۱۷}\,J$$

$$\Delta K=K_۲-K_۱\xrightarrow[K_۱=۰]{v_۱=۰}\Delta K=K_۲=\frac{۱}{۲}mv^۲$$

$$\Rightarrow ۸\times۱۰^{-۱۷}=\frac{۱}{۲}\times۲\times۱۰^{-۲۷}v^۲$$

$$\Rightarrow v^۲=۸\times۱۰^{۱۰}$$

$$\Rightarrow v=\sqrt{۸\times۱۰^{۱۰}}=۲\sqrt{۲}\times۱۰^{۵}\frac{m}{s}$$

سوال ۴۱ گزینه درست: ۲

گزینهٔ «۲»

توجه داشته باشید که در حالت اول، نیروی وزن ذره با نیروی الکتریکی وارد بر آن خنثی می‌شود و ذره در حال تعادل است. چون خازن از مولد جدا شده است، بار آن ثابت می‌ماند و داریم:

$$Q = CV = \frac{\varepsilon_\circ A}{d} V \Rightarrow V = \frac{Qd}{\varepsilon_\circ A}$$

بزرگی میدان الکتریکی بین صفحات خازن نیز برابر است با:

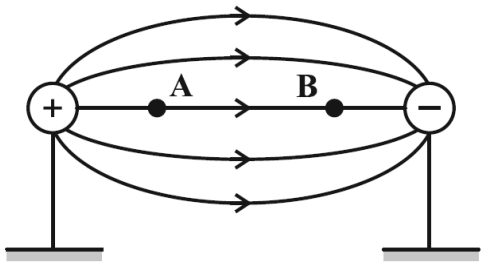
$$E = \frac{V}{d} = \frac{Qd}{\varepsilon_\circ Ad} = \frac{Q}{\varepsilon_\circ A} = \text{ثابت}$$

توجه کنید که در حالتی که خازن از مولد جدا است، بزرگی میدان الکتریکی بین صفحه‌ها ثابت می‌ماند و در نتیجه نیروی الکتریکی وارد بر ذره ثابت می‌ماند و در این صورت نیروی متوازن به ذره وارد می‌شود و ذره ساکن می‌ماند.

سوال ۴۲ گزینه درست: ۱

گزینهٔ «۱»

با حرکت از A به سمت نقطهٔ B، فاصلهٔ خطوط میدان الکتریکی ابتدا زیاد شده و سپس فاصلهٔ خطوط کم می‌شود. یعنی اندازه میدان ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد. از طرفی چون در جهت میدان حرکت می‌کنیم، پتانسیل الکتریکی همواره کاهش می‌یابد.



سوال ۴۳ گزینه درست: ۴

گزینهٔ «۴»

گزینه «۱»: اگر $q_1 q_2 > 0$ در ناحیه بین دو بار، میدان در نقطه‌ای می‌تواند صفر باشد و ممکن است $E_C = 0$ یا $E_B = 0$ شود.

گزینه «۲»: بسته به اندازه بارها ممکن است $E_A = 0$ و یا $E_D = 0$ باشد.

گزینه «۳»: اگر بارها ناهم‌نام و هم‌اندازه باشند در هیچ نقطه‌ای در اطراف آن‌ها میدان صفر نیست.

گزینه «۴»: برای دو بار ناهم‌نام، میدان در بیرون از فاصله دو بار و نزدیک بار با اندازه کوچکتر می‌تواند صفر باشد.

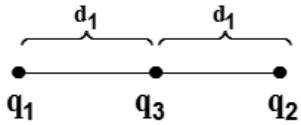
سوال ۴۴ گزینه درست: ۱

گزینهٔ «۱»

با استفاده از نمودار داریم:

$$E=\frac{k|q|}{r^2} \Rightarrow \frac{E_1}{E_2}=\left|\frac{q_1}{q_2}\right|=۹$$

چون دو بار هم‌نام هستند، بار سوم باید بین دو بار و نزدیک به بار با اندازهٔ کوچکتر قرار بگیرد تا برایند نیروهای وارد بر آن صفر شود.



$\frac{|q_1|}{d_1^2}=\frac{|q_2|}{d_2^2} \Rightarrow \frac{d_1}{d_2}=۳$ ⇒ برایند نیروهای وارد بر q_3 صفر است

$$\xrightarrow{d_1+d_2=۱۲cm} d_1=۹cm\,,\ d_2=۳cm$$

سوال ۴۵ گزینه درست: ۱

گزینهٔ «۱»

فاصلهٔ طی شده از نقطهٔ A تا نقطهٔ B برابر با cm۴ است، بنابراین با توجه به رابطهٔ $E=\frac{|\Delta V|}{d}$ می‌توان نوشت.

$$E=\frac{|\Delta V|}{d} \Rightarrow ۱۰^{۵}=\frac{|\Delta V|}{۴\times ۱۰^{-۲}}$$
$$\Rightarrow |\Delta V|=۴\times ۱۰^{۳}V$$

چون در خلاف جهت خط‌های میدان جابه‌جا می‌شویم، $V_B>V_A$ است و بنابراین $\Delta V=۴\times ۱۰^{۳}V$ خواهد بود.

$$\Delta V=\frac{\Delta U}{q} \Rightarrow ۴\times ۱۰^{۳}=\frac{\Delta U}{-۴\times ۱۰^{-۶}}$$
$$\Rightarrow \Delta U=-۱۶\times ۱۰^{-۳}J$$

طبق اصل پایستگی انرژی، انرژی پتانسیل آن ۱۶×۱۰^{-۳} ژول کاهش می‌یابد و به انرژی جنبشی آن افزوده می‌شود.

$$\Delta K=-\Delta U=۱۶\times ۱۰^{-۳}J \rightarrow ۱۶\times ۱۰^{-۳}=\frac{۱}{۲}\times ۰/۰۲\times ۱۰^{-۳}(v^2-۰^2)$$

$$\Rightarrow v^2=۱۶۰۰ \Rightarrow v=۴۰\frac{m}{s}$$

سوال ۴۶ گزینه درست: ۳

گزینهٔ «۱»

پس از تماس دو کره رسانا، بار کره‌ها برابر است با:

$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_1+q_2}{2}$$

با توجه به رابطه قانون کولن $F = \frac{k|q_1||q_2|}{d^2}$، داریم:

$$\frac{F'}{F} = \frac{|q'_1|}{|q_1|} \times \frac{|q'_2|}{|q_2|} \times (\frac{d}{d'})^2$$

$$\xrightarrow[d'=0/8d]{\frac{F'}{F}=\frac{25}{12}}$$

$$\frac{25}{12} = \frac{(\frac{q_1+q_2}{2})^2}{q_1 \times q_2} \times (\frac{d}{0/8d})^2 \Rightarrow \frac{25}{12}$$

$$= \frac{(q_1+q_2)^2}{4q_1 q_2} \times \frac{25}{16}$$

$$\Rightarrow \frac{4}{3} = \frac{(q_1+q_2)^2}{4q_1 q_2}$$

$$16q_1 q_2 = (q_1^2 + q_2^2 + 2q_1 q_2) \times 3$$

$$\Rightarrow 3q_1^2 + 3q_2^2 - 10q_1 q_2 = 0$$

$$\xrightarrow{\div q_2^2} 3\frac{q_1^2}{q_2^2} + 3\frac{q_2^2}{q_2^2} - 10\frac{q_1 q_2}{q_2^2} = 0$$

$$\Rightarrow 3(\frac{q_1}{q_2})^2 + 3 - 10(\frac{q_1}{q_2}) = 0$$

$$\xrightarrow{\frac{q_1}{q_2}=x} 3x^2 - 10x + 3 = 0$$

$$\Rightarrow \begin{cases} x = 3 \\ x = \frac{1}{3} \end{cases}$$

سوال ۴۷ گزینه درست: ۳

گزینهٔ «۳»

طبق رابطهٔ انرژی ذخیره شده در خازن داریم:

$$U = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$$

پس از آن که به اندازهٔ ۱۰ درصد بار ذخیره شده در خازن، بار الکتریکی منفی از صفحهٔ مثبت جدا کرده و به صفحهٔ منفی منتقل کنیم، مقدار Q نیز ۱۰ درصد افزایش خواهد یافت؛ یعنی:

$$Q_2 = 1/1Q_1 \Rightarrow U_2 = \frac{1}{2}\frac{(1/1Q)^2}{C}$$

$$= \frac{1}{2}\left(\frac{1/21Q^2}{C}\right)$$

$$\Rightarrow \Delta U = U_2 - U_1 = \frac{21}{100} \times \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$$

$$= 31/5J$$

$$\Rightarrow \frac{21}{100} \times \frac{1}{2} \times \frac{Q^2}{12 \times 10^{-6}} = 31/5J$$

$$\Rightarrow Q^2 = 36 \times 10^{-4} \Rightarrow Q = 6 \times 10^{-2}C$$

$$\Rightarrow Q = 60 \times 10^{-3}C = 60mC$$

سوال ۴۸ گزینه درست: ۲

گزینهٔ «۲»

تعداد الکترون‌ها از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$n = \frac{\text{جرم یک قطره}}{\text{جرم یک مولکول آب}} = \frac{۴\times۱۰^{-۳}kg}{۳/۲\times۱۰^{-۲۶}kg} = \frac{۴}{۳/۲}\times۱۰^{۲۳}$$

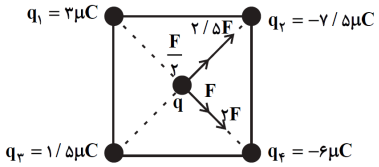
$$|q| = ne = \frac{۴}{۳/۲}\times۱۰^{۲۳} \times (۱/۶\times۱۰^{-۱۹}) = ۲\times۱۰^{۴}C$$

$$\Rightarrow q = -۲\times۱۰^{۴}C$$

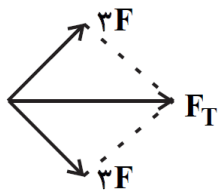
سوال ۴۹ گزینه درست: ۴

گزینهٔ «۴»

اگر اندازهٔ نیرویی را که بار الکتریکی $q_۱$ به بار الکتریکی q وارد می‌کند، برابر با F در نظر بگیریم، آنگاه نیروهای الکتریکی که بارهای الکتریکی $q_۲$، $q_۳$ و $q_۴$ به بار الکتریکی q وارد می‌کنند، به‌ترتیب برابر با $\frac{۵}{۴}F$، $\frac{F}{۴}$ و $۲F$ خواهد بود.



$$F = \frac{k|q_۱||q|}{r^۲} = \frac{۹\times۱۰^{۹}\times۳\times۱۰^{-۶}\times۱\times۱۰^{-۶}}{(۳\sqrt{۲}\times۱۰^{-۲})^۲} = ۱۵N$$



$$F_T = ۳\sqrt{۲}F = ۳\sqrt{۲}\times۱۵ = ۴۵\sqrt{۲}N$$

سوال ۵۰ گزینه درست: ۳

گزینهٔ «۳»

برای اینکه بار سوم در مبدأ مختصات در حال تعادل قرار گیرد، باید برایند میدان‌های حاصل از q_1 و q_2 در مبدأ برابر صفر باشد:

$$E_1 = E_2 \Rightarrow \frac{|q_1|}{x_1^2} = \frac{|q_2|}{x_2^2} \Rightarrow \frac{5}{4} = \frac{20}{x_2^2}$$
$$\Rightarrow x_2 = 4cm$$

حال فرض می‌کنیم با قرار دادن بار q_3 در مبدأ، بار q_1 به حال تعادل درآید. پس داریم:

$$E'_2 = E'_3 \Rightarrow \frac{|q_2|}{(4+2)^2} = \frac{|q_3|}{2^2}$$
$$\Rightarrow \frac{20}{36} = \frac{|q_3|}{4} \Rightarrow |q_3| = \frac{20}{9}\mu C$$

چون وقتی دو بار غیر هم‌علامت باشند، نقطه‌ای که میدان برایند صفر است خارج از فاصلهٔ دو بار است، پس بار q_3 منفی است.

$$q_3 = -\frac{20}{9}\mu C$$

سوال ۵۱ گزینه درست: ۳

گزینهٔ «۳»

ابتدا ظرفیت خازن را محاسبه می‌کنیم:

$$C = \kappa \frac{\varepsilon_0 A}{d}$$

$$\Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{\kappa_2}{\kappa_1} = \frac{2}{1} = 2 \Rightarrow C_2 = 2C_1$$

از طرفی طبق رابطهٔ $Q = C.V$ داریم: (Q ثابت است.)

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{C_1}{C_2} = \frac{1}{2} \Rightarrow V_2 = \frac{1}{2}V_1$$

در نهایت طبق رابطهٔ $E = \frac{V}{d}$ داریم:

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{2} \Rightarrow E_2 = \frac{1}{2}E_1$$

سوال ۵۲ گزینه درست: ۱

گزینهٔ «۱»

هنگامی‌که هر سه بار در حال تعادل هستند، الزاماً بارهای q_1 و q_3 هم‌نام و بار q_2 ناهمنام با آنهاست. 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.

سوال ۵۳ گزینه درست: ۴

گزینهٔ «۴»

برای آن‌که بار q_3 در حالت تعادل قرار داشته باشد، باید برایند نیروهای وارد بر آن صفر باشد. بار q_2 را در حالت جدید در نظر می‌گیریم:

$$\vec{F}_{13} = \vec{F}'_{23} \Rightarrow \frac{|q'_2|}{|q_1|} = (\frac{45}{15})^2$$

$$\Rightarrow \frac{q'_2}{5} = 9 \Rightarrow q'_2 = 45\mu C$$

$$\Delta q = q'_2 - q_2 = 45 - 15 = 30\mu C$$

در نهایت داریم:

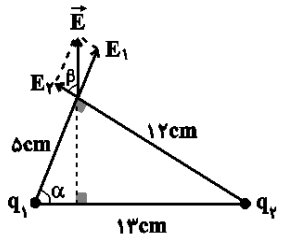
الکترون $n = \frac{|\Delta q|}{e} = \frac{30\times10^{-6}}{1/6\times10^{-19}} = \frac{30}{16}\times10^{14}$

$= \frac{15}{8}\times10^{14}$

سوال ۵۴ گزینه درست: ۲

گزینهٔ «۲»

از رابطهٔ تانژانت در مثلث، ارتباط بین میدان‌های الکتریکی $\vec{E}_1$ و $\vec{E}_2$ را مشخص می‌کنیم:



$$\tan\alpha = \frac{12}{5}\ ,\ \tan\beta = \frac{E_1}{E_2}$$

$$E_1 = \frac{k|q_1|}{5^2}\ ,\ E_2 = \frac{k|q_2|}{12^2}$$

$$\tan\beta = \tan\alpha \Rightarrow \frac{E_1}{E_2} = \frac{12}{5}$$

$$\Rightarrow \frac{\frac{k|q_1|}{5^2}}{\frac{k|q_2|}{12^2}} = \frac{12}{5}$$

$$\xrightarrow[q_2>0]{q_1>0} \frac{q_1}{q_2}\times\left(\frac{12}{5}\right)^2 = \frac{12}{5} \Rightarrow \frac{q_1}{q_2}$$

$$= \frac{5}{12}$$

سوال ۵۵ گزینه درست: ۱

گزینهٔ «۱»

وقتی به جسمی n تا الکترون بدهیم، بار الکتریکی آن به اندازه $\Delta q = -ne$ تغییر می‌کند.

در این حالت داریم:

$$\Delta q = q_۲ - q_۱ \Rightarrow q_۲ = \Delta q + q_۱ \quad (I)$$

از طرف دیگر، چون اندازه بار الکتریکی $\frac{۱}{۴}$ مقدار اولیه و نوع بار آن مخالف بار اولیه‌اش است، می‌توان نوشت:

$$q_۲ = -\frac{۱}{۴}q_۱ \xrightarrow{(I)} q_۱ - ne = -\frac{۱}{۴}q_۱$$
$$\Rightarrow \frac{۵}{۴}q_۱ = ne \xrightarrow[e=۱/۶\times ۱۰^{-۱۹}C]{n=۵\times ۱۰^{۱۴}} \frac{۵}{۴}q_۱$$
$$= ۵ \times ۱۰^{۱۴} \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}$$
$$\Rightarrow q_۱ = ۶/۴ \times ۱۰^{-۵}C$$
$$\Rightarrow q_۱ = ۶۴ \times ۱۰^{-۶}C$$
$$\xrightarrow{۱۰^{-۶}C=۱\mu C} q_۱ = ۶۴\mu C$$

سوال ۵۶ گزینه درست: ۱

گزینهٔ «۱»

چون با افزایش اندازهٔ بار $q_۱$، جهت نیروی برایند وارد بر $q_۳$ عکس شده، پس نیروهای وارد بر بار $q_۳$ از طرف $q_۱$ و $q_۲$ هم‌جهت نیستند و در نتیجه دو بار هم علامت نیستند و چون با سه برابر کردن $q_۱$ جهت برایند نیرو عوض شده، پس اندازهٔ نیروی ناشی از $q_۲$ به $q_۳$ بیشتر از اندازهٔ نیروی وارد از $q_۱$ به $q_۳$ است:

$$\vec{F} = \vec{F}_{۱۳} + \vec{F}_{۲۳} \quad (۱)$$
$$-\vec{F} = ۳\vec{F}_{۱۳} + \vec{F}_{۲۳} \quad (۲)$$

با حل هم‌زمان معادله‌های (۱) و (۲) داریم: $\vec{F}_{۱۳} = -\vec{F}$, $\vec{F}_{۲۳} = ۲\vec{F}$

بنابراین با استفاده از قانون کولن می‌توان نوشت:

$$F = k\frac{|q||q'|}{r^۲} \Rightarrow \frac{F_{۱۳}}{F_{۲۳}} = \frac{|q_۱||q_۳|}{|q_۲||q_۳|} \times \left(\frac{r_{۲۳}}{r_{۱۳}}\right)^۲$$

$$\Rightarrow \frac{F}{۲F} = \frac{|q_۱|}{|q_۲|} \times \left(\frac{\frac{۲d}{۳}}{d}\right)^۲ \Rightarrow \frac{|q_۱|}{|q_۲|} = \frac{۹}{۸} \Rightarrow \frac{q_۱}{q_۲} = -\frac{۹}{۸}$$

سوال ۵۷ گزینه درست: ۲

گزینهٔ «۲»

ابتدا اندازهٔ میدان الکتریکی را محاسبه می‌کنیم. داریم:

$$|E| = \sqrt{E_x^{۲} + E_y^{۲}} = \sqrt{(۱^{۲} + \sqrt{۳}^{۲})} \times ۱۰^{۴} \Rightarrow E = ۲ \times ۱۰^{۴} \frac{N}{C}$$

چون جابه‌جایی AB عمود بر خط‌های میدان الکتریکی است، بنابراین کار میدان الکتریکی روی بار در این جابه‌جایی برابر با صفر است و در نتیجه انرژی پتانسیل الکتریکی بار طی این جابه‌جایی تغییری نمی‌کند. برای جابه‌جایی در مسیر BC داریم:

$$\Delta U = -E|q|d\cos\theta = -۲ \times ۱۰^{۴} \times ۲۵ \times ۱۰^{-۶} \times ۰/۵ \times \cos ۱۸۰^{\circ}$$

$$\Rightarrow \Delta U = ۰/۲۵J$$

سوال ۵۸ گزینه درست: ۲

گزینهٔ «۲»

ابتدا تعیین می‌کنیم بارهای $q_۱$ و $q_۲$ چند نیوتون نیرو بر بار Q وارد می‌کنند.

$$F_۱ = \frac{k|q_۱||Q|}{d_۱^{۲}} = \frac{۹ \times ۱۰^{۹} \times ۱۲ \times ۱۰^{-۶} \times ۱۰^{-۶}}{(۳۰ \times ۱۰^{-۲})^{۲}} = ۱/۲\ N$$

$$\Rightarrow \vec{F}_۱ = ۱/۲\vec{i}$$

$$F_۲ = \frac{k|q_۲||Q|}{d_۲^{۲}} = \frac{۹ \times ۱۰^{۹} \times ۴ \times ۱۰^{-۶} \times ۱۰^{-۶}}{(۲۰ \times ۱۰^{-۲})^{۲}} = ۰/۹N$$

$$\Rightarrow \vec{F}_۲ = ۰/۹\vec{i}$$

از طرفی داریم:

با توجه به نتیجهٔ به‌دست آمده، بار $q_۳$ الزاماً منفی است.

$$\vec{F}_۱ + \vec{F}_۲ + \vec{F}_۳ = ۳\vec{i} \Rightarrow ۱/۲\vec{i} + ۰/۹\vec{i} + \vec{F}_۳ = ۳\vec{i} \Rightarrow \vec{F}_۳ = ۰/۹\vec{i}$$

$$F_۳ = \frac{k|q_۳||Q|}{d_۳^{۲}} \Rightarrow ۰/۹ = \frac{۹ \times ۱۰^{۹}|q_۳| \times ۱۰^{-۶}}{(۲۰ \times ۱۰^{-۲})^{۲}}$$

$$\Rightarrow |q_۳| = ۴\mu C \Rightarrow q_۳ = -۴\mu C$$

سوال ۵۹ گزینه درست: ۴

گزینهٔ «۴»

با انتقال بار مثبت از صفحهٔ منفی به صفحهٔ مثبت، بار ذخیره شدهٔ خازن افزایش می‌یابد، زیرا بار صفحهٔ منفی، منفی‌تر و بار صفحهٔ مثبت، مثبت‌تر شده است. همچنین خواهیم داشت:

$$\uparrow Q = \overset{\text{ثابت}}{\overset{\uparrow}{C}}\ V\uparrow$$

$$\uparrow E = \frac{V\uparrow}{\underset{\text{ثابت}}{\underset{\downarrow}{d}}}$$

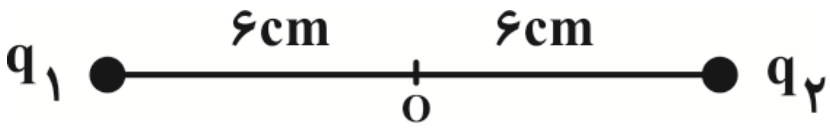
$$\uparrow U = \frac{Q^{۲}\uparrow}{\underset{\text{ثابت}}{\underset{\downarrow}{C}}}$$

پس هر ۴ پارامتر افزایش می‌یابد.

سوال ۶۰ گزینه درست: ۳

گزینهٔ «۳»

بارهای q_3 و q_4 هم اندازه و فاصله آن‌ها تا نقطه O یکی است و چون دو بار هم‌نام هستند، میدان برایند حاصل از آن‌ها در نقطه O صفر می‌شود زیرا هم اندازه و جهت آن‌ها مخالف یکدیگر است. بنابراین می‌توانیم این دو بار را نادیده گرفته و شکل را به‌صورت زیر در نظر بگیریم:



ابتدا باید اندازه بار q_2 را به دست آوریم:

$$E_1 = k\frac{|q_1|}{r_1^2} = ۹\times ۱۰^{۹} \times \frac{۲\times ۱۰^{-۶}}{(۶\times ۱۰^{-۲})^۲}$$
$$= \frac{۹\times ۲\times ۱۰^{۳}}{۳۶\times ۱۰^{-۴}} = ۰/۵ \times ۱۰^{۷}$$
$$\Rightarrow E_1 = ۵ \times ۱۰^{۶}\frac{N}{C}$$
$$E_{کل} = E_2 - E_1 \Rightarrow ۴۰ \times ۱۰^{۶}$$
$$= E_2 - E_1 \Rightarrow E_2 = ۴۵ \times ۱۰^{۶}\frac{N}{C}$$
$$E_2 = k\frac{|q_2|}{r_2^2} \Rightarrow ۴۵ \times ۱۰^{۶} = ۹$$
$$\times ۱۰^{۹} \times \frac{q_2}{(۶\times ۱۰^{-۲})^۲}$$
$$\Rightarrow q_2 = ۱۸ \times ۱۰^{-۶}C = ۱۸\mu C$$

برای آن‌که میدان در نقطه O صفر شود باید بار q_1 که اندازه آن کوچک‌تر است به نقطه O نزدیک‌تر شود تا اندازه میدان حاصل از آن با میدان حاصل از بار q_2 برابر شود. برای به دست آوردن فاصله بار q_1 از نقطه O شرط تعادل را می‌نویسیم:

$$E'_1 = E_2 \Rightarrow k\frac{|q_1|}{r'^2_1} = k\frac{|q_2|}{r_2^2}$$
$$\Rightarrow \frac{۲}{r'^2_1} = \frac{۱۸}{۶^۲}$$
$$\Rightarrow r'_1 = ۲\,cm$$

جابه‌جایی بار q_1 برابر است با:

$$۶ - ۲ = ۴\,cm$$

و این جابه‌جایی باید به‌طرف مرکز یعنی به‌طرف راست باشد.

سوال ۶۱ گزینه درست: ۱

گزینهٔ «۱»

میدان حاصل از یک بار نقطه‌ای در فاصله r از آن برابر است با:

$$E=\frac{k|q|}{r^{۲}} \xrightarrow[k=۹\times۱۰^{۹}\frac{N.m^{۲}}{C^{۲}},\ E=۱۰^{۵}\frac{N}{C}]{r=۳۰\,cm=۰/۳\,m} ۱۰^{۵}$$

$$=\frac{۹\times۱۰^{۹}\times|q|}{۰/۰۹}$$

$$|q|=۱۰^{-۶}C=۱\mu C$$

نیروی وارد بر بار q' در میدان الکتریکی به بزرگی E برابر است با:

$$F_E=E|q'| \xrightarrow[E=۱۰^{۵}\frac{N}{C}]{F_E=۰/۰۲N} ۰/۰۲$$

$$=۱۰^{۵}|q'| \Rightarrow |q'|=\frac{۰/۰۲}{۱۰^{۵}}$$

$$=۲\times۱۰^{-۷}C=۰/۲\mu C$$

سوال ۶۲ گزینه درست: ۱

گزینه«۱»

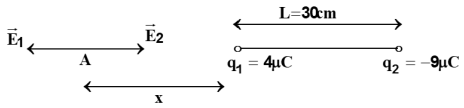
ابتدا با استفاده از قانون کولن، فاصلهٔ دو بار الکتریکی از یکدیگر (L) را به‌دست می‌آوریم:

$$F=\frac{k|q_۱||q_۲|}{L^{۲}} \Rightarrow ۳/۶$$

$$=\frac{۹\times۱۰^{۹}\times۴\times۱۰^{-۶}\times۹\times۱۰^{-۶}}{L^{۲}}$$

$$\Rightarrow L=۰/۳m=۳۰cm$$

میدان الکتریکی خالص حاصل از دو بار الکتریکی $q_۱$ و $q_۲$ در نزدیکی بار با اندازهٔ کوچک‌تر (نقطهٔ A) صفر می‌شود، بنابراین داریم:



$$E_۱=E_۲ \Rightarrow \frac{|q_۱|}{x^{۲}}=\frac{|q_۲|}{(x+۳۰)^{۲}} \Rightarrow \frac{۴}{x^{۲}}$$

$$=\frac{۹}{(x+۳۰)^{۲}}$$

$$\Rightarrow ۲x+۶۰=۳x \Rightarrow x=۶۰cm$$

$$\Rightarrow L+x=۳۰+۶۰=۹۰cm$$

سوال ۶۳ گزینه درست: ۳

گزینهٔ «۳»

در حالت اول فاصلهٔ بین دو بار $r_1 = ۳۰cm$ و اندازهٔ نیروی بین آن‌ها $F_1 = F$ و در حالت دوم فاصلهٔ بین دو بار r_2 و اندازهٔ نیروی بین دو بار $F_2 = ۱۶F$ است. با استفاده از قانون کولن، داریم:

$$F = k\frac{|q_1||q_2|}{r^2} \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \frac{|q'_1|}{|q_1|} \times \frac{|q'_2|}{|q_2|} \times \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$$

$$\xrightarrow[|q'_2|=|q_2|]{|q'_1|=|q_1|\,,\, r_1=۳۰\,cm} \frac{۱۶F}{F} = ۱ \times ۱\left(\frac{۳۰}{r_2}\right)^2$$

$$\Rightarrow ۱۶ = \left(\frac{۳۰}{r_2}\right)^2 \Rightarrow ۴ = \frac{۳۰}{r_2} \Rightarrow r_2 = ۷/۵\,cm$$

بنابراین تغییر فاصلهٔ بین دو بار برابر است با:

$$\Delta r = r_2 - r_1 = ۷/۵ - ۳۰ \Rightarrow \Delta r = -۲۲/۵\,cm$$

و درصد تغییر فاصله برابر است با:

درصد تغییر فاصله $= \frac{\Delta r}{r_1} \times ۱۰۰ = \frac{-۲۲/۵}{۳۰} \times ۱۰۰$

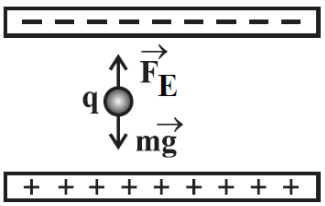
⇒تغییر فاصله =-%۷۵

علامت منفی به معنی کاهش فاصله است.

سوال ۶۴ گزینه درست: ۲

گزینهٔ «۲»

چون بار با سرعت ثابت حرکت می‌کند پس برایند نیروهای وارد بر آن صفر است. بر بار دو نیروی وزن ونیروی میدان الکتریکی اثر می‌کنند. داریم:



$$F = mg \Rightarrow E|q| = mg \xrightarrow[q>۰]{E=\frac{V}{d}} \frac{V}{d}q = mg$$

$$\xrightarrow[m=۴\times۱۰^{-۴}kg\,,\; g=۱۰\frac{N}{kg}]{q=۵\times۱۰^{-۶}C\,,\; d=۲\times۱۰^{-۲}m} \frac{V}{۲\times۱۰^{-۲}} \times ۵ \times ۱۰^{-۶} = ۴ \times ۱۰^{-۴} \times ۱۰$$

$$\Rightarrow V = ۱۶V$$

سوال ۶۵ گزینه درست: ۴

گزینهٔ «۴»

طبق رابطه میدان الکتریکی حاصل از یک ذره باردار داریم:

$$E = K\frac{|q|}{r^۲} \Rightarrow K|q| = Er^۲$$
$$\Rightarrow K|q| = ۴/۵ \times ۱۰^{۴} \times (۶ \times ۱۰^{-۱})^{۲}$$

$$K|q| = ۱۶۲ \times ۱۰^{۲}\ \frac{N.m^۲}{C}$$

سپس به کمک قانون کولن، فاصله بین دو بار را به‌دست می‌آوریم:

$$F = k\frac{|q|\times|q'|}{r'^۲} \Rightarrow r'^۲ = \frac{k|q|\times|q'|}{F}$$
$$= \frac{۱۶۲\times۱۰^{۲}\times۱۰^{-۶}}{۲}$$

$$\Rightarrow r' = ۹ \times ۱۰^{-۲} m = ۹cm$$

سوال ۶۶ گزینه درست: ۲

گزینهٔ «۲»

چون بار $q_۲$ روی خط واصل و بین دو بار $q_۱$ و $q_۳$ و نزدیک به بار $q_۱$ در حالت تعادل قرار دارد، بنابراین بارهای $q_۱$ و $q_۳$ هم‌نام هستند و $|q_۳| > |q_۱|$ است.

از طرف دیگر چون بار $q_۱$ خارج از فاصله بین دو بار $q_۲$ و $q_۳$ و در امتداد خط واصل آن‌ها و نزدیک به بار $q_۲$ در حالت تعادل قرار گرفته است، پس علامت بارهای $q_۲$ و $q_۳$ مخالف یکدیگر و $|q_۳| > |q_۲|$ است.

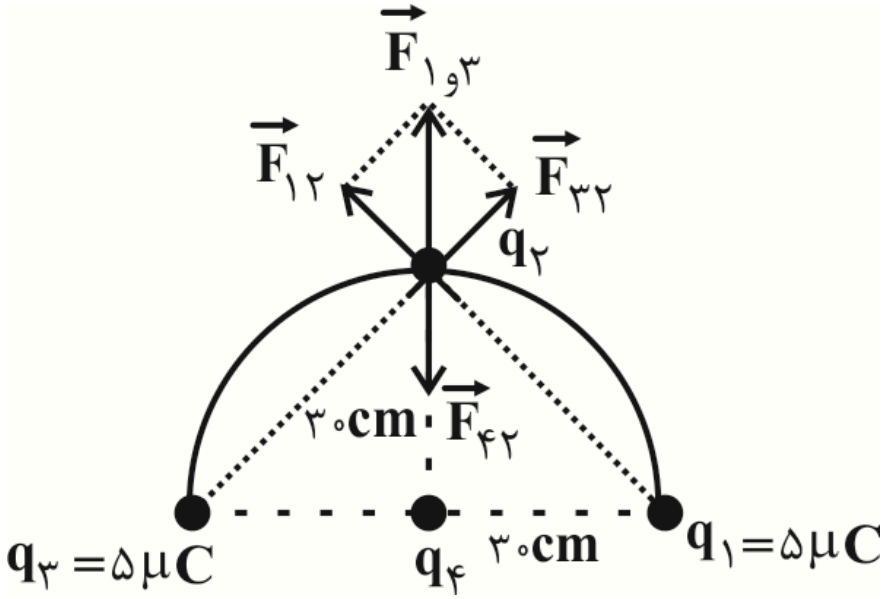
در نهایت چون بار $q_۳$ خارج از فاصله بین دو بار $q_۱$ و $q_۲$ و در امتداد خط واصل آن‌ها و نزدیک به بار $q_۲$ در حالت تعادل قرار گرفته است، پس علامت بارهای $q_۱$ و $q_۲$ مخالف یکدیگر و $|q_۱| > |q_۲|$ است.

بنابراین: $|q_۳| > |q_۱| > |q_۲|$

سوال ۶۷ گزینه درست: ۴

گزینهٔ «۴»

با فرض مثبت بودن بار $q_۲$، ابتدا نیروهای الکتریکی وارد بر بار $q_۲$ را رسم می‌کنیم. مطابق شکل زیر، برای آن‌که بار $q_۲$ در حال تعادل باشد برایند نیروهای حاصل از بار $q_۱$ و $q_۳$ باید نیروی حاصل از بار $q_۴$ را خنثی کند، در نتیجه باید نیروی $\vec{F}_{۴۲}$ به سمت پایین و بار $q_۴$ منفی باشد.



$$F_{۱۲} = F_{۳۲} = \frac{k|q_۱||q_۲|}{r^۲}$$

برایند دو نیروی $\vec{F}_{۱۲}$ و $\vec{F}_{۳۲}$ برابر است با:

$$F_{۱,۳} = \sqrt{۲}F_{۱۲} \Rightarrow F_{۱,۳} = \sqrt{۲} \times \frac{k|q_۱||q_۲|}{r^۲}$$

برای این‌که بار $q_۲$ در حال تعادل باشد:

$$F_{۱,۳} = F_{۴۲}$$

$$\Rightarrow \sqrt{۲}(k\frac{|q_۱||q_۲|}{r^۲}) = \frac{k|q_۴||q_۲|}{r'^۲}$$

$$\xrightarrow[r=۳۰\sqrt{۴}\,cm]{q_۱=۵\mu C} \frac{۵\sqrt{۲}}{۹۰۰ \times ۲} = \frac{|q_۴|}{۹۰۰}$$

$$\Rightarrow |q_۴| = ۲/۵\sqrt{۲}\,\mu C$$

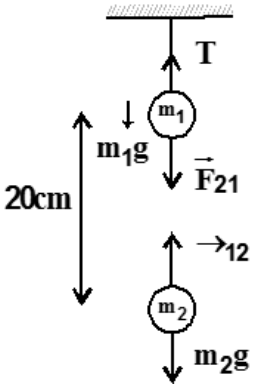
با توجه به منفی بودن بار $q_۴$ داریم:

$$q_۴ = -۲/۵\sqrt{۲}\,\mu C$$

سوال ۶۸ گزینه درست: ۴

گزینهٔ «۴»

دو بار ناهم‌نام هستند و نیروی بین آن‌ها جاذبه است:



$$F_{۱۲} = F_{۲۱} = \frac{k|q_۱||q_۲|}{r^۲}$$
$$= \frac{۹\times۱۰^{۹}\times۲\times۱۰^{-۶}\times۲\times۱۰^{-۶}}{(۲\times۱۰^{-۱})^{۲}}$$

$$= \frac{۹\times۱۰^{-۳}}{۱۰^{-۲}} = ۰/۹N$$

برای تعادل بار بالایی داریم:

$$T = F_{۲۱} + m_۱ g$$

$$\Rightarrow ۱ = ۰/۹ + m_۱ \times ۱۰ \Rightarrow m_۱ = \frac{۱}{۱۰۰} kg = ۱۰g$$

برای تعادل بار پایینی داریم:

$$F_{۱۲} = m_۲ g$$

$$\Rightarrow ۰/۹ = m_۲ \times ۱۰ \Rightarrow m_۲ = \frac{۹}{۱۰۰} kg$$
$$= ۹۰g$$

بنابراین:

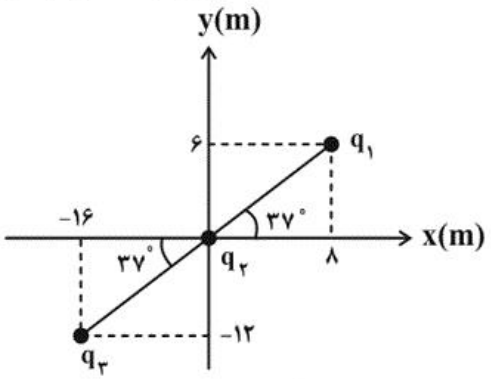
$$\frac{m_۲}{m_۱} = \frac{۹۰}{۱۰} = ۹$$

سوال ۶۹ گزینه درست: ۱

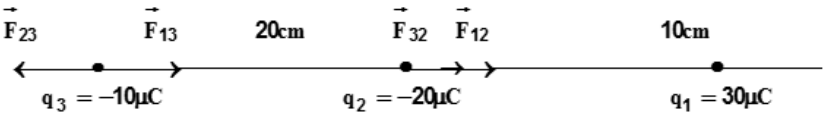
گزینهٔ «۴»

ابتدا با توجه به اینکه $\tan ۳۷^\circ = \frac{۳}{۴}$ است، مختصات بارهای $q_۱$ و $q_۳$ و سپس فاصلهٔ بارها از یکدیگر را به‌دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} r_{۱۲} = \sqrt{۶^۲ + ۸^۲} = ۱۰cm \\ r_{۲۳} = \sqrt{۱۲^{\ ۲} + ۱۶^{\ ۲}} = ۲۰cm \end{cases}$$



اکنون شکل ساده‌تری را رسم می‌کنیم:



حال با توجه به قانون کولن، اندازهٔ نیرویی را که بارهای االکتریکی به یکدیگر وارد می‌کنند، می‌یابیم: $F = k\frac{|q||q'|}{r^۲}$

$$F_{۱۳} = \frac{۹۰\times۳۰\times۱۰}{(۳۰)^۲} = ۳۰N$$
$$F_{۱۲} = \frac{۹۰\times۳۰\times۲۰}{(۱۰)^{\ ۲}} = ۵۴۰N$$
$$F_{۲۳} = F_{۳۲} = \frac{۹۰\times۲۰\times۱۰}{(۲۰)^۲} = ۴۵N$$

$$\begin{cases} F_{q_۲ WWW} = ۴۵ + ۵۴۰ = ۵۸۵N \\ F_{q_۲ WWW} = ۴۵ - ۳۰ = ۱۵N \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{۵۸۵}{۱۵} = ۳۹$$

سوال ۷۰ گزینه درست: ۲

گزینهٔ «۲»

هر چه تراکم خط‌های میدان الکتریکی در ناحیه‌ای از فضا بیشتر باشد، میدان قوی‌تر است، پس: $E_A < E_B$

اگر بار منفی در جهت خط‌های میدان جابه‌جا شود، انرژی پتانسیل آن افزایش می‌یابد، پس: $U_A < U_B$

همواره با حرکت در جهت خط‌های میدان، پتانسیل الکتریکی نقاط میدان کاهش می‌یابد. بنابراین: $V_A > V_B$

سوال ۷۱ گزینه درست: ۴

گزینهٔ «۴»

ابتدا باید اندازهٔ میدان الکتریکی را در فاصلهٔ r از آن بیابیم. داریم:

$$E = k\frac{|q|}{r^۲} \Rightarrow \frac{E_۲}{E_۱} = \left(\frac{r_۱}{r_۲}\right)^۲ \Rightarrow \frac{E}{\frac{E}{۴}} = \left(\frac{r}{r-۱۰}\right)^۲ \Rightarrow r = ۲۰m$$

اندازهٔ میدان در فاصلهٔ r برابر با $\frac{E}{۴}$ است، پس داریم:

$$\frac{E}{۴} = k\frac{|q|}{r^۲} \xrightarrow[r=۲۰m, q=۴\times ۱۰^{-۶}C]{k=۹\times ۱۰^{۹}\frac{N.m^۲}{C^۲}} \frac{E}{۴} = \frac{۹\times ۱۰^{۹}\times ۴\times ۱۰^{-۶}}{۴۰۰} \Rightarrow \frac{E}{۴} = ۹۰\frac{N}{C}$$

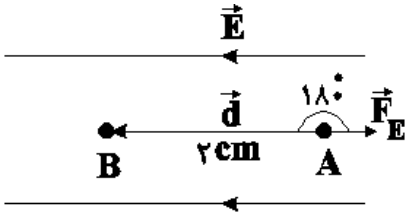
حال برای خازن داریم:

$$|\Delta V| = Ed \Rightarrow |\Delta V| = ۹۰ \times \frac{۲}{۱۰۰} = ۱/۸V$$

سوال ۷۲ گزینه درست: ۳

گزینهٔ «۳»

چون الکترون بار منفی دارد، به آن در خلاف جهت میدان الکتریکی نیرو وارد می‌شود، زاویهٔ بین نیروی الکتریکی وارد بر الکترون و جابه‌جایی آن ۱۸۰ درجه است. بنابراین با استفاده از تعریف کار و این‌که $\Delta U = -W_E$ است، ΔU را محاسبه می‌کنیم:



$$\Delta U = -W_E \xrightarrow{W_E = Fd\cos 180^\circ = -|q|Ed}$$

$$\Delta U = |q|Ed \xrightarrow[d=2\,cm=2\times10^{-2}m]{|q|=1/6\times10^{-19}\,C\,,\,E=10^{4}\frac{N}{C}}$$

$$\Delta U = 1/6 \times 10^{-19} \times 10^{4} \times 2 \times 10^{-2} \Rightarrow \Delta U = 32 \times 10^{-18}\,J$$

با توجه به پایستگی انرژی، $\Delta K = -\Delta U$ است. در این حالت داریم:

$$\Delta K = -\Delta U \xrightarrow{\Delta K = \frac{1}{2}m(v_B^2 - v_A^2)}$$

$$\frac{1}{2}m(v_B^2 - v_A^2) = -\Delta U \xrightarrow[v_A = 8\times10^{6}\frac{m}{s}]{m=10^{-27}g=10^{-30}kg}$$

$$\frac{1}{2} \times 10^{-30} \times (v_B^2 - 64 \times 10^{12}) = -32 \times 10^{-18}$$

$$\Rightarrow v_B^2 - 64 \times 10^{12} = -64 \times 10^{12}$$
$$\Rightarrow v_B^2 = 0 \Rightarrow v_B = 0$$

سوال ۷۳ گزینه درست: ۳

گزینهٔ «۳»

چون نیروهای اتلافی نداریم، انرژی مکانیکی ذره ثابت است و داریم:

$$\Delta U = -\Delta K \Rightarrow \Delta U = -2/56 \times 10^{-8} J$$

از طرفی می‌توان نوشت:

$$V_B - V_A = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow V_B - 6 = \frac{-2/56\times10^{-8}}{-3/2\times10^{-9}} \Rightarrow V_B = 14V$$

سوال ۷۴ گزینه درست: ۲

گزینهٔ «۲»

چون ذره به سمت صفحهٔ دارای بار منفی منحرف شده است، بنابراین بار آن حتماً باید مثبت باشد. از طرفی اندازهٔ نیروی الکتریکی وارد بر آن باید بزرگ‌تر از اندازهٔ نیروی وزن ذره باشد، در نتیجه داریم:

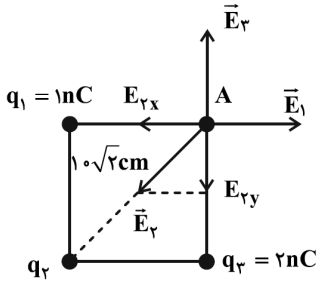
$$F_E > W \Rightarrow Eq > mg \Rightarrow \frac{|\Delta V|}{d} q > mg \Rightarrow q > \frac{mgd}{|\Delta V|}$$

$$\Rightarrow q > \frac{۴\times۱۰^{-۳}\times۱۰\times۶\times۱۰^{-۲}}{۲۴۰} = ۱۰^{-۵} C$$
$$\Rightarrow q > ۱۰\mu C$$

سوال ۷۵ گزینه درست: ۲

گزینهٔ «۲»

ابتدا میدان‌های الکتریکی حاصل از دو بار $q_۱$ و $q_۳$ را در رأس A محاسبه می‌کنیم.



$$E = k\frac{|q|}{r^۲} \Rightarrow E_۱ = ۹\times۱۰^{۹} \times \frac{۱\times۱۰^{-۹}}{۱۰^{-۲}} = ۹۰۰\frac{N}{C}$$

$$E_۳ = ۹\times۱۰^{۹} \times \frac{۲\times۱۰^{-۹}}{۱۰^{-۲}} = ۱۸۰۰\frac{N}{C}$$

با توجه به اینکه میدان الکتریکی از بار مثبت خارج می‌شود، پس جهت میدان‌های الکتریکی $\vec{E}_۱$ و $\vec{E}_۳$ به‌ترتیب در جهت $\vec{i}$ و $\vec{j}$ خواهد شد. پس با توجه به جهت میدان خالص خواهیم داشت:

$$\vec{E}_t = \vec{E}_۱ + \vec{E}_۲ + \vec{E}_۳ \Rightarrow ۹۰۰[(۱-\sqrt{۲})\vec{i} + (۲-\sqrt{۲})\vec{j}] = ۹۰۰\vec{i} + \vec{E}_۲ + ۱۸۰۰\vec{j}$$

$$\Rightarrow \vec{E}_۲ = ۹۰۰\sqrt{۲}(-\vec{i} - \vec{j})\frac{N}{C}$$
$$\Rightarrow E_۲ = ۹۰۰\sqrt{۲}(\sqrt{۱^۲ + ۱^۲})$$

$$\Rightarrow E_۲ = ۱۸۰۰\frac{N}{C}$$

در نتیجه داریم:

$$E_۲ = \frac{k|q_۲|}{r_{۲}^{۲}} \Rightarrow ۱۸۰۰ = ۹\times۱۰^{۹} \times \frac{|q_۲|\times۱۰^{-۹}}{۲\times۱۰^{-۲}}$$

$$\Rightarrow |q_۲| = ۴nC \Rightarrow q_۲ = -۴nC$$

سوال ۷۶ گزینه درست: ۳

گزینهٔ «۳»

ابتدا انرژی اولیهٔ خازن را محاسبه می‌کنیم:

$$U_۱ = \frac{۱}{۲}CV^{۲} = \frac{۱}{۲} \times ۲۰ \times ۱۰^{-۶} \times ۱۰^{۴} = ۱۰^{-۱} J = ۱۰۰\, mJ$$

با خارج‌کردن دی‌الکتریک، بار خازن ثابت مانده ولی ظرفیت آن طبق رابطهٔ $C = \kappa\varepsilon_۰ \frac{A}{d}$، $\frac{۱}{۴}$ برابر می‌شود. بر اساس رابطهٔ $U = \frac{۱}{۲}\frac{Q^{۲}}{C}$ انرژی ذخیره شده در خازن ۴ برابر می‌شود.

$$U_۲ = ۴U_۱ = ۴۰۰\, mJ$$

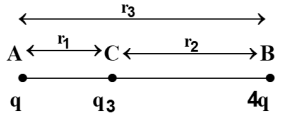
این تغییرات انرژی، ناشی از کار انجام شده است. بنابراین حداقل باید $۳۰۰mJ$ کار انجام شود.

$$W = U_۲ - U_۱ = ۴۰۰ - ۱۰۰ = ۳۰۰\ mJ$$

سوال ۷۷ گزینه درست: ۱

گزینهٔ «۱»

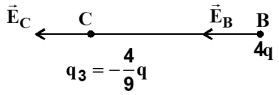
ابتدا اندازهٔ بار $q_۳$ را محاسبه می‌کنیم. می‌دانیم که اگر قرار است در اینجا هر سه بار در حال تعادل باشند، باید بار $q_۳$ داری علامت منفی باشد. از طرفی داریم:



$$\begin{cases} F_A = ۰ \Rightarrow \frac{|q_۳|}{r_۱^{۲}} = \frac{۴q}{r_۳^{۲}} \\ F_B = ۰ \Rightarrow \frac{|q_۳|}{r_۲^{۲}} = \frac{q}{r_۳^{۲}} \\ r_۱ + r_۲ = r_۳ \end{cases}$$

$$\Rightarrow |q_۳| = \frac{q \times ۴q}{(\sqrt{q}+\sqrt{۴q})^{۲}} = \frac{۴}{۹}q \xrightarrow{q_۳ < ۰} q_۳ = -\frac{۴}{۹}q$$

حال اگر بار q حذف شود، میدان الکتریکی در نقطهٔ B را بار $q_۳$ و میدان الکتریکی در نقطهٔ C را بار $۴q$ می‌سازد، یعنی:



$$\begin{cases} E_B = \frac{k\left(\frac{۴}{۹}q\right)}{r_۲^{۲}} \\ E_C = \frac{k\,(۴q)}{r_۲^{۲}} \end{cases} \Rightarrow \frac{E_B}{E_C} = \frac{۱}{۹}$$

سوال ۷۸ گزینه درست: ۲

گزینهٔ «۲»

چون علامت بار الکتریکی ذره منفی است، ذره در خلاف جهت خط‌های میدان الکتریکی حرکت کرده، بنابراین انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش و انرژی جنبشی آن افزایش می‌یابد. چون اتلاف انرژی نداریم می‌توان نوشت:

$$\Delta U = -\Delta K = -(K_B - K_A) = -\frac{۱}{۲}m(v_B^۲ - v_A^۲)$$

$$\Rightarrow \Delta U = -\frac{۱}{۲} \times ۰/۱ \times ۱۰^{-۳} \times (۲^۲ - ۰) = -۲ \times ۱۰^{-۴} J$$

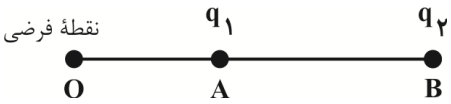
برای انرژی پتانسیل الکتریکی ذره می‌توان نوشت:

$$V_B - V_A = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow V_B - ۱۰۰ = \frac{-۲\times۱۰^{-۴}}{-۵\times۱۰^{-۶}} \Rightarrow V_B = ۱۴۰V$$

سوال ۷۹ گزینه درست: ۲

گزینهٔ «۲»

میدان الکتریکی برایند حاصل از دو بار ناهم‌نام در جایی خارج از فاصله بین دو بار و نزدیک به بار با بزرگی کمتر، صفر می‌شود. بنابراین چون نقطه O خارج از فاصله بین دو بار است، بنابراین دو بار نقطه‌ای $q_۱$ و $q_۲$ ناهم‌نام هستند.



برای آن‌که برایند میدان‌ها صفر شود باید شرط تعادل برقرار باشد:

$$E_۱ = E_۲ \Rightarrow k\frac{|q_۱|}{(r_{AO})^۲} = k\frac{|q_۲|}{(r_{BO})^۲}$$

$$\Rightarrow \frac{|q_۱|}{|q_۲|} = \frac{(r_{AO})^۲}{(r_{BO})^۲}$$

$$\Rightarrow \frac{۱}{۴} = \frac{(r_{AO})^۲}{(r_{BO})^۲} \xrightarrow{\text{جذر}} \frac{r_{AO}}{r_{BO}} = \frac{۱}{۲}$$

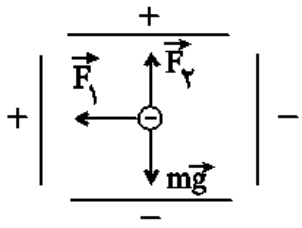
$$\Rightarrow r_{AO} = \frac{۱}{۲}r_{BO}$$

$$\Rightarrow AO = AB \Rightarrow \frac{AO}{AB} = ۱$$

سوال ۸۰ گزینه درست: ۴

گزینهٔ «۴»

ابتدا نیروهای وارد بر ذره را در حالت اولیه رسم می‌کنیم.



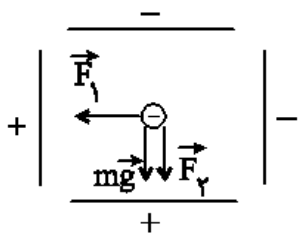
$$mg = (۲۰۰ \times ۱۰^{-۶})(۱۰) = ۲ \times ۱۰^{-۳} N$$

$$F_۲ = E_۲|q| = (۴ \times ۱۰^{۳})(۵۰۰ \times ۱۰^{-۹}) = ۲ \times ۱۰^{-۳} N$$

$$F_۱ = E_۱|q| = (\frac{|\Delta V|}{d})q = (\frac{۱۰۰}{۰/۰۵})(۵۰۰ \times ۱۰^{-۹}) = ۱۰^{-۳} N$$

در نتیجه نیروهای $m\vec{g}$ و $\vec{F}_۲$ یکدیگر را خنثی می‌کند و $F_{\text{خالص}} = ۱۰^{-۳} N$ است.

در حالت دوم خواهیم داشت:



محاسبات قبلاً انجام شده است.

$$\left.\begin{array}{l} F_۱ = ۱۰^{-۳} N \\ F_۲ + mg = (۲ \times ۱۰^{-۳}) \\ + (۲ \times ۱۰^{-۳}) = ۴ \times ۱۰^{-۳} N \end{array}\right\}$$

$$\Rightarrow |F_{\text{خالص}}| = \sqrt{(F_۱)^۲ + (F_۲ + mg)^۲} = \sqrt{۱۷} \times ۱۰^{-۳} N$$

در نتیجه اندازهٔ نیروی خالص $\sqrt{۱۷}$ برابر شده است.

سوال ۸۱ گزینه درست: ۳

گزینهٔ «۳»

در ابتدا فاصلهٔ دو بار از یکدیگر d و با نزدیک شدن بارها به هم فاصلهٔ آن‌ها $d' = d - \left(\frac{d}{۱۰} + \frac{d}{۱۰}\right) = \frac{۴d}{۵}$ خواهد شد، با توجه قانون کولن داریم:

$$F = k\frac{|q_۱||q_۲|}{r^۲} \Rightarrow \frac{F'_{۱۲}}{F_{۱۲}} = \left(\frac{d}{d'}\right)^۲$$
$$= \left(\frac{d}{\frac{۴d}{۵}}\right)^۲ \Rightarrow \frac{F'_{۱۲}}{F_{۱۲}} = \frac{۲۵}{۱۶}$$

$$\Rightarrow \vec{F'}_{۱۲} = \frac{۲۵}{۱۶}\vec{F}_{۱۲} = \frac{۲۵}{۱۶}(۴/۸\vec{i} - ۱/۶\vec{j})$$

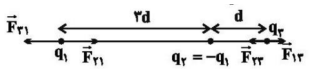
با توجه به قانون سوم نیوتون، اندازهٔ نیروی وارد بر بار $q_۱$ از طرف بار $q_۲$ برابر است با:

$$\vec{F'}_{۲۱} = -\vec{F'}_{۱۲} = -\frac{۲۵}{۱۶}(۴/۸\vec{i} - ۱/۶\vec{j}) = -۷/۵\vec{i} + ۲/۵\vec{J}$$

سوال ۸۲ گزینه درست: ۲

گزینهٔ «۲»

با رسم نیروهای الکتریکی وارد بر بارهای $q_۱$ و $q_۳$ و با استفاده از رابطهٔ قانون کولن $(F = \frac{k|q_۱||q_۲|}{r^۲})$ داریم:



$$F_{۲۱} = \frac{k|-q_۱||q_۱|}{(۳d)^۲} = \frac{kq_۱^۲}{۹d^۲}$$

$$F_{۱۳} = F_{۳۱} = \frac{k|q_۲||q_۱|}{(۴d)^۲} = \frac{kq_۱q_۳}{۱۶d^۲}$$

$$F_{۲۳} = \frac{k|-q_۱||q_۳|}{d^۲} = \frac{kq_۱q_۳}{d^۲}$$

با توجه به این‌که $F_{۲۳} > F_{۱۳}$ است، پس جهت نیروی برایند وارد بر بار $q_۳$ به سمت چپ خواهد بود، بنابراین طبق صورت سؤال جهت نیروی برایند وارد بر بار $q_۱$ به سمت راست است و در نتیجه $F_{۲۱} > F_{۳۱}$است. بنابراین داریم:

$$F_{۲۱} - F_{۳۱} = F_{۲۳} - F_{۱۳}$$
$$\xrightarrow{F_{۳۱}=F_{۱۳}} F_{۲۱} = F_{۲۳}$$

$$\Rightarrow \frac{kq_۱^۲}{۹d^۲} = \frac{kq_۱q_۳}{d^۲} \Rightarrow \frac{q_۱}{q_۳} = ۹$$

سوال ۸۳ گزینه درست: ۳

گزینهٔ «۳»

ابتدا اندازه میدان حاصل از دو بار را در نقطه A با هم برابر قرار می‌دهیم:

$$E_۱ = E_۲ \Rightarrow \frac{k|q_۱|}{r_۱^۲} = \frac{k|q_۲|}{r_۲^۲} \Rightarrow (\frac{r_۲}{r_۱})^۲ = \frac{۹}{۱} \Rightarrow \frac{r_۲}{r_۱} = ۳ \Rightarrow r_۲ = ۳r_۱$$

در حالت دوم بار هر دو گلوله با هم برابر می‌شود و داریم:

$$q'_۱ = q'_۲ = \frac{۱+۹}{۲} = ۵\,\mu C$$
$$E_t = E'_۱ - E'_۲ = \frac{۵k}{r_۱^۲} - \frac{۵k}{۹r_۱^۲} = \frac{۴۰k}{۹r_۱^۲} = \frac{۴۰k}{r_۲^۲}$$

سوال ۸۴ گزینه درست: ۲

گزینهٔ «۲»

الف) طبق رابطه $E = k\frac{|q|}{r^۲}$، میدان الکتریکی در هر نقطه متناسب با اندازه بار الکتریکی‌ای است که میدان الکتریکی را ایجاد می‌کند. (نادرست)

ب) طبق رابطه $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_۰}$، میدان الکتریکی کمیتی برداری است و یکای آن $\frac{N}{C}$ است. (درست)

پ) طبق رابطه $E = k\frac{|q|}{r^۲}$، اندازه میدان الکتریکی در هر نقطه با مربع فاصله آن نقطه از بار نسبت وارون دارد. (نادرست)

ت) طبق رابطه $\vec{E} = (\frac{۱}{q_۰})\vec{F}$، جهت میدان الکتریکی در هر نقطه در جهت نیروی وارد بر بار نقطه‌ای مثبت واقع در آن نقطه است. (درست)

بنابراین، از چهار عبارت داده شده، دو عبارت (ب) و (ت) درست‌اند.

سوال ۸۵ گزینه درست: ۳

گزینهٔ «۳»

نیرو در حالت دوم پس از اضافه شدن بار q' از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\vec{F}_{\text{حاصل از کره ها}} + q' \vec{F}_{\text{حاصل از}} = \vec{F}'$$
$$\Rightarrow (۲\vec{i} + ۴\vec{j}) + q' \vec{F}_{\text{حاصل از}}$$
$$= (-۳\vec{i} - \vec{j})$$
$$\Rightarrow q' \vec{F}_{\text{حاصل از}} = -۵\vec{i} - ۵\vec{j}$$

سوال ۸۶ گزینه درست: ۱

گزینهٔ «۱»

بار اولیهٔ ذخیره شده در خازن برابر است با:

$$Q_۱ = CV = ۱۵ \times ۱۰^{-۶} \times ۵ \\ = ۷۵\mu C$$

اگر بار جابه‌جا شده را با q نشان دهیم: چون انرژی خازن کاهش یافته است، پس $Q_۲ = Q_۱ - q$ خواهد شد.

$$U = \frac{Q^۲}{۲C} \Rightarrow \Delta U = \frac{۱}{۲C}(Q_۲^۲ - Q_۱^۲)$$

$$\Rightarrow -۱۲۰ = \frac{۱}{۳۰}((۷۵ - q)^۲ - ۷۵^۲)$$
$$\Rightarrow q^۲ - ۱۵۰q + ۳۶۰۰ = ۰$$

$$\Rightarrow |q| = ۳۰\mu C \ , \ |q| = ۱۲۰\mu C$$

سوال ۸۷ گزینه درست: ۲

گزینهٔ «۲»

در حالت اول میدان الکتریکی خالص در نقطهٔ M ناشی از بارهای $q_۱$ و $q_۲$ است. داریم:

$$\vec{E}_۱ + \vec{E}_۲ = \vec{E} \quad (۱)$$

پس از حذف بار $q_۱$، فقط میدان $q_۲$ را داریم:

$$\vec{E}_۲ = \frac{\vec{E}}{۲} \quad (۲)$$

از معادله‌های (۱) و (۲) می‌توان نتیجه گرفت:

$$\xrightarrow{(۲),(۱)} \vec{E}_۱ = \frac{\vec{E}}{۲}$$

بنابراین:

$$\vec{E}_۱ = \vec{E}_۲ \Rightarrow E_۱ = E_۲$$
$$\xrightarrow{E_۱ = \frac{k|q_۱|}{(\frac{a}{۴})^۲} = \frac{۴k|q_۱|}{a^۲}} \\ \xrightarrow{E_۲ = \frac{k|q_۲|}{a^۲}}$$

$$\frac{۴k|q_۱|}{a^۲} = \frac{k|q_۲|}{a^۲} \Rightarrow ۴|q_۱| = |q_۲|$$
$$\Rightarrow \left|\frac{q_۱}{q_۲}\right| = \frac{۱}{۴}$$

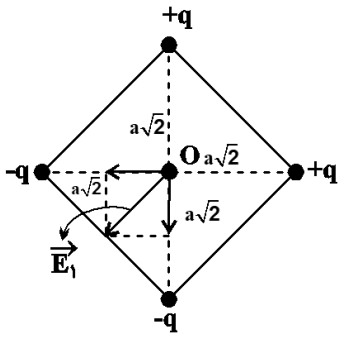
با توجه به این‌که جهت میدان‌های الکتریکی بارهای $q_۱$ و $q_۲$ در نقطه‌ای بین دو بار هم‌جهت است، بنابراین بارها ناهم‌نام هستند. $\frac{q_۱}{q_۲} = -\frac{۱}{۴}$

سوال ۸۸ گزینه درست: ۱

گزینهٔ «۱»

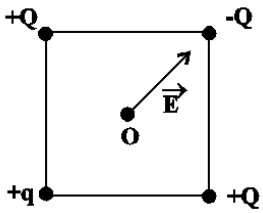
ابتدا میدان الکتریکی برایند بارهای موجود در گوشه‌های مربع بزرگ‌تر را محاسبه می‌کنیم، مطابق شکل علامت هرکدام از بارهای موجود در رئوس مربع بزرگ‌تر، مخالف علامت بار مقابلش است، بنابراین میدان الکتریکی برایند در این مربع برابر است با: $E' = \frac{k|q|}{(a\sqrt{۲})^۲} = \frac{k|q|}{۲a^۲}$

$$E_۱ = ۲\sqrt{۲}E' = \frac{۲\sqrt{۲}k|q|}{(a\sqrt{۲})^۲} = \sqrt{۲}\frac{k|q|}{a^۲}$$



حال برای چهار بار موجود در رئوس مربع کوچک نیز می‌توانیم بنویسیم:

$$E_۲ = \frac{k(|Q|+|q|)}{a^۲}$$



از آن جا که میدان الکتریکی برایند در نقطه O صفر است، پس باید $\vec{E}_۱$ و $\vec{E}_۲$ یک‌دیگر را خنثی کنند. بنابراین:

$$E_۱ = E_۲ \Rightarrow \sqrt{۲}\frac{k|q|}{a^۲} = \frac{k(|Q|+|q|)}{a^۲}$$

$$\Rightarrow \sqrt{۲}\,|q| = |Q| + |q| \Rightarrow \left|\frac{Q}{q}\right| = \sqrt{۲} - ۱$$