۱- آسان

آ) به علم مطالعهٔ بارهای ساکن، الکتریسیتهٔ ساکن یا الکتروستاتیک می‌گویند.

ب) مجموع جبری همهٔ بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی ثابت است. یعنی بار می‌تواند از جسمی به جسم دیگر منتقل شود، ولی هرگز امکان تولید یا نابودی یک بار خالص وجود ندارد.

پ) بار الکتریکی اجسام همواره مضرب درستی از بار بنیادی **e** است.

۲- آسان

روش‌های باردار کردن اجسام عبارتنداز: ۱- مالش ۲- تماس ۳- القا

روش مالش بیشتر برای اجسام نارسانا کاربرد دارد. روش تماس بیشتر برای اجسام رسانا کاربرد دارد.

روش القا فقط برای اجسام رسانا کاربرد دارد.

۳- آسان

آ) نادرست ب) درست

پ) درست ت) نادرست

۴- آسان

آ) پایستگی بار ب) با روش تماس یا القا

پ) هم‌نام ت) ناهمنام

ث) مالش ج) القا و تماس

چ) همنام ح) بیشتر

۵- آسان

بر اثر مالش، روکش پلاستیکی و لبه‌های ظرف، دارای بارهای ناهمنام شده و یکدیگر را جذب می‌کنند.

۶- آسان

آ) الکتروسکوپ برای این منظور باید خنثی باشد (ورقه‌ها روی یکدیگر). اگر با نزدیک کردن جسم به کلاهک الکتروسکوپ ورقه‌ها از هم دور شدند، جسم دارای بار الکتریکی است و در غیر این‌صورت جسم خنثی است.

ب) جسم را در دست گرفته و به کلاهک الکتروسکوپ باردار تماس می‌دهیم. اگر ورقه‌ها روی هم افتادند، جسم رسانا است و اگر ورقه‌ها تغییری نکردند و یا بسیار کم به هم نزدیک شدند، جسم نارسانا است.

پ) الکتروسکوپ برای این منظور باید دارای بار الکتریکی با نوع مشخص باشد. هرگاه جسم دارای بار الکتریکی را به آرامی به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک کنیم (بدون تماس)، دو حالت داریم:

۱- بار جسم با بار الکتروسکوپ هم نوع است. در این صورت ورقه‌های الکتروسکوپ از هم دورتر می‌شوند.

۲- بار جسم با بار الکتروسکوپ مخالف هم هستند. در این صورت، ورقه‌ها ابتدا به هم نزدیک و سپس از هم دور می‌شوند. توجه کنید که در این حالت نزدیک شدن ورقه‌ها در ابتدا حتماً اتفاق می‌افتد ولی بسته شدن و دوباره از هم دور شدن ورقه‌ها بستگی به مقدار بار جسم باردار و فاصلهٔ آن تا کلاهک الکتروسکوپ دارد.

۷- آسان

جدولی است که به کمک آن می‌توان به دست آوردن یا از دست دادن الکترون اجسام هنگام مالش با هم را معلوم کرد.

در این جدول مواد نزدیک به انتهای منفی سری، الکترون‌خواهی بیشتری دارند. یعنی اگر دو ماده در این جدول به هم مالش داده شوند، الکترون‌ها از مادهٔ نزدیک به انتهای مثبت سری به مادهٔ نزدیک به انتهای منفی سری منتقل می‌شود.

۸- آسان

چون جسم باردار **A**؛ جسم **B** را می‌راند. جسم **B** حتماًدارای بار الکتریکی است که هم نام با بار جسم **A** است. یعنی بار جسم **B** منفی است.

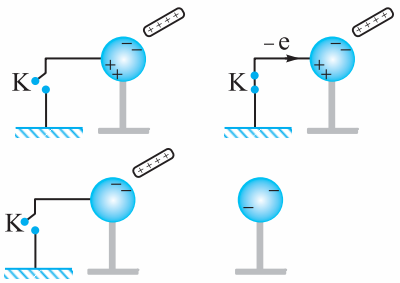
جسم **A**، جسم **C** را می‌رباید. جسم **C** دو حالت دارد:

۱- جسم **C** دارای بار ناهمنام با جسم **A** است یعنی جسم **C** دارای بارمثبت است.

۲- جسم **C** می‌تواند خنثی باشد. و در اثر القا جذب جسم باردار **A** شود.

۹- آسان

مطابق شکل‌های زیر با بسته شدن کلید، الکترون‌ها از زمین به کره منتقل شده و در نهایت کره دارای بار منفی می‌شود.



۱۰- آسان

$$q = ne \Rightarrow ۱\times۱۰^{-۹} = n\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹} \Rightarrow n = ۶/۲۵\times۱۰^{۹}$$

۱۱- آسان

$$q_{\text{هسته}} = +ne = ۹۲\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹} = ۱/۴۷۲\times۱۰^{-۱۷}\ C$$

$$q_{\text{الکترون‌ها}} = -ne = -۹۲\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹} = -۱/۴۷۲\times۱۰^{-۱۷} C$$

$$q_{\text{اتم خنثی}} = ۰$$

۱۲- آسان

آ) $+۱۲/۸\ nC$

ب) $q = ne \Rightarrow ۱۲/۸\times۱۰^{-۹} = n\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹} \Rightarrow n = ۸\times۱۰^{۱۰}$

۱۳- آسان

آ) $q_{\text{هسته}} = +ne \xrightarrow{n=۶} q_{\text{هسته}} = ۶\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹} = ۹/۶\times۱۰^{-۱۹} C$

بار الکتریکی اتم کربن $= ۰$

ب) $q = +ne \xrightarrow{n=۱} q = ۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\ C$

۱۴- متوسط

$$\Delta q = -۲۲\times۱۰^{-۶} - ۲\times۱۰^{-۶} = -۲۴\times۱۰^{-۶}\ C$$

$$\Delta q = -ne \Rightarrow -۲۴\times۱۰^{-۶} = -n\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹} \Rightarrow n = ۱/۵\times۱۰^{۱۴}$$

۱۵- دشوار

وقتی از جسمی **n** الکترون گرفته شود. تغییر بار الکتریکی آن (Δq) , $+ne$ است.

$$\Delta q = +ne \rightarrow \Delta q = ۱۰^{۱۳}\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹} = ۱/۶\times۱۰^{-۶} C = ۱/۶\ \mu C$$

چون بار اولیه جسم مثبت بوده و از آن الکترون گرفته‌ایم، نوع بار جسم عوض نمی‌شود. بنابراین:

$$q_۲ = +۳\ q_۱$$

$$\Delta q = q_۲ - q_۱ \Rightarrow ۱/۶ = ۳q_۱ - q_۱ \Rightarrow ۲q_۱ = ۱/۶ \Rightarrow q_۱ = ۰/۸\ \mu C$$

۱۶- متوسط

آ) وقتی دو کرهٔ رسانای هم اندازه را با هم تماس می‌دهیم، مجموع بار دو کره به صورت مساوی بین آن‌ها تقسیم می‌شود.

$$q'_۱ = q'_۲ = \frac{q_۱ + q_۲}{۲} \rightarrow q'_۱ = q'_۲ = \frac{۱۲ + (-۴)}{۲} = ۴\ \mu C$$

ب) ابتدا باید تغییر بار الکتریکی یکی از کره‌ها را حساب کنیم. (فرقی ندارد کدام یک را بررسی کنیم.)

$$\Delta q_۱ = ۴ - ۱۲ = -۸\ \mu C$$

یا

$$\Delta q_۲ = ۴ - (-۴) = ۸\ \mu C$$

محاسبات بالا نشان می‌دهد که اندازهٔ تغییر بار هر کدام از کره‌ها $۸\ \mu C$ است:

پس:

$$۸\times۱۰^{-۶} = ۱/۶\times۱۰^{-۱۹} n \Rightarrow n = \frac{۸\times۱۰^{-۶}}{۱/۶\times۱۰^{-۱۹}} = ۵\times۱۰^{۱۳}$$

توجه: تغییر بار کرهٔ (۱) منفی و تغییر بار کرهٔ (۲) مثبت است. به این معنی که الکترون‌ها از کرهٔ (۲) به کرهٔ (۱) رفته‌اند.

۱۷- متوسط

بار خالص دستگاه (کل **q**) برابر جمع جبری بار هر سه جسم است.

$$q_{\text{کل}} = q_A + q_B + q_C = (-۲۴) + (+۱۰) + (+۸) = -۶\ \mu C$$

اگر بخواهیم، بار هر سه جسم با هم برابر باشد، باید:

$$q'_A = q'_B = q'_C = \frac{-۶}{۳} = -۲\ \mu C$$

اکنون تغییر بار هر یک از اجسام را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta q_A = q'_A - q_A = -۲ - (-۲۴) = ۲۲\ \mu C$$

$$\Delta q_B = q'_B - q_B = -۲ - (+۱۰) = -۱۲\ \mu C$$

$$\Delta q_C = q'_C - q_C = -۲ - (+۸) = -۱۰\ \mu C$$

توجه کنید که مجموع تغییر بار اجسام صفر است.

۱- گزینه «۴» آسان

گزینه‌های ۱، ۲ و ۳ طبق متن کتاب درسی درست هستند. با توجه به بیان اصل پایستگی بار و اصل کوانتیده بودن بار که در زیر آورده می‌شود. گزینهٔ ۴ نادرست است.

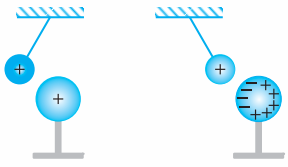
۱- اصل پایستگی بار: مجموع جبری همهٔ بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی ثابت است. یعنی بار می‌تواند از جسمی به جسم دیگر منتقل شود، ولی هرگز امکان تولید یا نابودی یک بار خالص وجود ندارد.

۲- اصل کوانتیده بودن بار: بار الکتریکی اجسام همواره مضرب درستی از بار بنیادی **e** است.

۲- گزینه «۳» آسان

با توجه به سری الکتریسیته مالشی، میلهٔ شیشه‌ای دارای بار مثبت و پارچه ابریشمی دارای بار منفی می‌شود. همچنین میلهٔ پلاستیکی دارای بار منفی و پارچهٔ پشمی دارای بار مثبت می‌شود. بنابراین گزینهٔ ۳ درست است.

۳- گزینه «۱» آسان



(شکل ۲) (شکل ۱)

مطابق شکل (۱) بر اثر القا، سمتی از کره که به گلوله نزدیک‌تر است دارای بار منفی و سمت مقابل دارای بار مثبت می‌شود. چون نیروی جاذبه بین بار منفی کره با بار مثبت گلوله بیشتر از نیروی دافعه بین بار مثبت کره و بار مثبت گلوله است، گلوله به طرف کره جذب می‌شود.

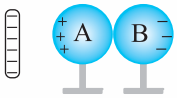
در هنگام تماس، چون کره در ابتدا خنثی بوده، هنگام تماس با گلوله دارای بار مثبت، بارش مثبت خواهد شد و از کره دفع می‌شود.

۴- گزینه «۴» متوسط

اجسام باردار می‌توانند اجسام با بار مخالف و اجسام بدون بار (خنثی) را بربایند، درصورتی که اجسام با بار همنام تنها یکدیگر را می‌رانند، بنابراین **B** و **C** حتماً باردار بوده و بار همنام دارند، ولی **A** ممکن است بی‌بار باشد.

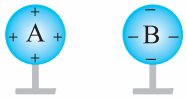
۵- گزینه «۴» متوسط

تیغهٔ پلاستیکی در اثر مالش با پارچهٔ پشمی دارای بار منفی می‌شود (جدول تریبوالکتریک). با نزدیک شدن تیغه به کرهٔ **A**، تعدادی الکترون از آن به کرهٔ **B** می‌رود. (مطابق شکل ۱)



(شکل ۱)

حال اگر در حضور تیغهٔ پلاستیکی، دو کره از هم جدا شوند و سپس تیغهٔ پلاستیکی را دور کنیم، مطابق شکل (۲) کرهٔ **A** دارای بار مثبت و کرهٔ **B** دارای بار منفی می‌شود.



(شکل ۲)

۶- گزینه «۲» متوسط

اگر میلهٔ بارداری را به کلاهک الکتروسکوپ که دارای بار الکتریکی است نزدیک کنیم، اگر ورقه‌های الکتروسکوپ فقط از هم دور شوند در این صورت بار میله و بار الکتروسکوپ همنام‌اند. اگر ورقه‌ها به هم نزدیک شوند و یا مثل این سوال پس از نزدیک شدن از هم دور شوند، در این حالت بار میله و الکتروسکوپ ناهمنام‌اند.

۷- گزینه «۳» متوسط

اگر میله پلاستیکی با پارچه پشمی مالش داده شود، تعدادی الکترون از پارچه به میله منتقل می‌گردد و میله پس از مالش، دارای بار منفی می‌شود. حال اگر این میله را به الکتروسکوپی بی‌بار تماس دهیم، بار منفی به کلاهک الکتروسکوپ و از آنجا به ورقه‌ها منتقل شده و هم کلاهک و هم ورقه‌ها دارای بار منفی می‌شوند.

۸- گزینه «۴» متوسط

سه حالت برای بار جسم رسانا وجود دارد:

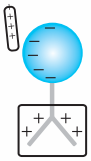
۱- اگر بار جسم و الکتروسکوپ ناهمنام باشند، با نزدیک شدن به کلاهک، بار الکتروسکوپ از ورقه‌ها به سمت کلاهک جابه‌جا شده و ورقه‌ها به هم نزدیک می‌شوند.

۲- اگر بار جسم و الکتروسکوپ همنام باشند، با نزدیک کردن جسم به کلاهک، بار الکتروسکوپ به سمت ورقه‌ها رانده شده و ورقه‌ها از هم دور می‌شوند.

۳- اگر جسم رسانا بدون بار باشد، به دلیل خاصیت القای الکتریکی، با نزدیک کردن جسم به کلاهک، بار از ورقه‌ها به سمت کلاهک جذب شده و ورقه‌ها به هم نزدیک می‌شوند.

۹- گزینه «۴» آسان

وقتی میله‌ای با بار مثبت را به کلاهک الکتروسکوپی بدون بار نزدیک می‌کنیم، بارهای منفی از ورقه‌ها به سمت کلاهک می‌روند (در اثر القای الکتریکی)، بنابراین بار کلاهک منفی می‌شود و بار ورقه‌ها مثبت.


کلاهک

اگر در این حالت کلاهک الکتروسکوپ را لمس کنیم، الکترون‌ها از دست ما به سمت ورقه‌ها حرکت می‌کنند و بار الکتریکی ورقه‌ها خنثی می‌گردد (میله بارهای منفی کلاهک را در نزدیکی خود نگه می‌دارد).

۱۰- گزینه «۲» آسان

درون هسته پروتون و نوترون داریم. نوترون بار الکتریکی ندارد. بار الکتریکی هر پروتون هم $+e$ است پس تعداد پروتون‌های هستهٔ این اتم، $n=\frac{Q}{e}$ است.

در اتم خنثی تعداد الکترون‌هایی که دور هسته قرار دارند با تعداد پروتون‌ها برابر است پس تعداد الکترون‌های این اتم نیز $n=\frac{Q}{e}$ است.

۱۱- گزینه «۳» آسان

بار هر جسم باید مضرب درستی (صحیحی) از بار پایه (e) باشد که فقط گزینهٔ ۳ این ویژگی را دارد.

$$n=\frac{|q|}{e}=\frac{۸\times۱۰^{-۱۹}}{۱/۶\times۱۰^{-۱۹}}=۵$$

رد گزینه ۱: $\frac{۲\times۱۰^{-۱۹}}{۱/۶\times۱۰^{-۱۹}}=۱/۲۵$

رد گزینه ۲: $\frac{۴\times۱۰^{-۱۹}}{۱/۶\times۱۰^{-۱۹}}=۲/۵$

۱۲- گزینه «۴» آسان

$$q=n\cdot e \Rightarrow n=\frac{q}{e} \Rightarrow n=\frac{۱۰^{-۶}}{۱/۶\times۱۰^{-۱۹}}=۶/۲۵\times۱۰^{۱۲}$$

۱۳- گزینه «۱» دشوار

هستهٔ اتم ${}^{۱۸}_{۸}X$، ۸ پروتون در هسته دارد و بار الکتریکی آن $+۸e$ است. اتم یک بار یونیدهٔ ${}^{۱۲}_{۶}C^{+}$، یک الکترون نسبت به اتم خنثی کم‌تر دارد و چون در حالت خنثی ۶ الکترون دارد، بنابراین این یون ۵ الکترون دارد که اندازهٔ بار الکتریکی الکترون‌هایش $۵e$ است. پس:

$$\frac{\text{بار هسته } {}^{۱۸}_{۸}X}{\text{اندازه بار الکترون های } {}^{۱۲}_{۶}C^{+}}=\frac{۸e}{۵e}=\frac{۸}{۵}$$

۱۴- گزینه «۲» دشوار

یون ${}^{۳۵}_{۱۷}Cl^{-}$، یک الکترون اضافی دارد و بار الکتریکی آن $-e$ است. چون عدد اتمی آن ۱۷ است پس تعداد ۱۷ پروتون در هسته دارد و بار الکتریکی هستهٔ آن $+۱۷e$ است.

$$\frac{\text{بار یون}}{\text{بار هسته}}=\frac{-e}{+۱۷e}=-\frac{۱}{۱۷}$$

۱۵- گزینه «۲» متوسط

طول میله $=L=۵\,cm=۵۰\,mm$

$$n=۵۰\times۱۰^{۱۰}=۵\times۱۰^{۱۱}$$

$$q=-ne \Rightarrow q=-۵\times۱۰^{۱۱}\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹}$$

$$=-۸\times۱۰^{-۸}\,C=-۸۰\times۱۰^{-۹}\,C=-۸۰\,nC$$

۱۶- گزینه «۳» دشوار

مرحله اول، بار الکتریکی هر یک از کره‌ها را پس از بستن کلید مورد محاسبه قرار می‌دهیم، چون کره‌ها مشابه بوده‌اند:

$$q'_A=q'_B=\frac{q_A+q_B}{۲}=\frac{۲۰+۱۲}{۲}=۱۶\,\mu C$$

حال مقدار بار شارش یافته بین دو کره را محاسبه می‌کنیم و سپس تعداد الکترون‌ها را به دست می‌آوریم.

$$\Delta q'=q'_B-q_B=۱۶-۱۲=۴\,\mu C$$

$$n=\frac{q}{e}=\frac{۴\times۱۰^{-۶}}{۱/۶\times۱۰^{-۱۹}}=۲/۵\times۱۰^{۱۳}$$

کره **B** از $+۱۲\,\mu C$ به $+۱۶\,\mu C$ رسیده است، بنابراین بار آن $+۴\,\mu C$ افزایش پیدا کرده است؛ یعنی $۴\,\mu C$ بار منفی از آن کم شده است، پس الکترون‌ها از کره **B** به کره **A** رفته‌اند.

۱۷- گزینه «۲» آسان

جسم خنثی دارای تعداد الکترون (بار منفی) و تعداد پروتون (بار مثبت) هم‌اندازه است و آن باری که بین دو جسم مبادله می‌شود الکترون است. به بیانی اگر جسم خنثی الکترون دریافت کند، بارش منفی و اگر الکترون از دست بدهد، بارش مثبت خواهد بود.

$$n=\frac{|q|}{e}=\frac{۴/۸\times۱۰^{-۶}}{۱/۶\times۱۰^{-۱۹}}=۳\times۱۰^{۱۳}$$

۱۸- گزینه «۱» متوسط

اگر به جسمی **n** الکترون داده شود، تغییر بار آن (Δq), $-ne$ خواهد بود.

$$\Delta q=-ne \Rightarrow q_۲-q_۱=-۵\times۱۰^{۱۳}\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹}$$

$$\Rightarrow q_۲-q_۱=-۸\times۱۰^{-۶}C \Rightarrow q_۲-q_۱=-۸\,\mu C$$

$$q_۲-(+۱۲)=-۸ \Rightarrow q_۲=-۸+۱۲ \Rightarrow q_۲=۴\,\mu C$$

۱۹- گزینه «۳» دشوار

با گرفتن الکترون، به اندازه Δq به بار مثبت جسم افزوده می‌گردد، بنابراین:

$$q_۲ = ۶\,q_۱$$

$$\Delta q = ne \Rightarrow q_۲ - q_۱ = ne \Rightarrow ۶\,q_۱ - q_۱ = ne \Rightarrow ۵\,q_۱ = ne$$

$$\Rightarrow ۵\,q_۱ = ۶\times ۱۰^{۱۲}\times ۱/۶\times ۱۰^{-۱۹} \Rightarrow q_۱ = ۱/۹۲\times ۱۰^{-۷}$$

$$\Rightarrow q_۱ = ۰/۱۹۲\,\mu C$$

۲۰- گزینه «۱» دشوار

اگر به جسمی با بار مثبت، الکترون بدهیم، اندازهٔ بار آن کم می‌شود. اگر الکترون دادن به جسم ادامه پیدا کند می‌تواند جسم را خنثی و سپس دارای بار منفی کند که در این حالت می‌تواند اندازهٔ بار منفی آن بیشتر از اندازهٔ بار مثبت اولیه نیز باشد. در این سوال هم چون به جسم با بار مثبت الکترون داده شده و اندازهٔ بار آن بیشتر از اندازهٔ بار اولیه است حتماً نوع بار جسم عوض شده پس $q_۲ = -۲\,q_۱$ است. اگر به جسمی **n** الکترون داده شود، تغییر بار آن (Δq)، برابر $-ne$ است. پس: $\Delta q = -ne$ است.

$$\Delta q = -ne \Rightarrow q_۲ - q_۱ = -۳\times ۱۰^{۱۳}\times ۱/۶\times ۱۰^{-۱۹}$$

$$\Rightarrow q_۲ - q_۱ = -۴/۸\times ۱۰^{-۶}\ C$$

$$\Rightarrow q_۲ - q_۱ = -۴/۸\,\mu C \xrightarrow{q_۲ = -۲q_۱} -۲\,q_۱ - q_۱ = -۴/۸$$

$$\Rightarrow -۳q_۱ = -۴/۸ \Rightarrow q_۱ = ۱/۶\,\mu C$$

۱- آسان

قانون کولن بیان می‌دارد:

اندازهٔ نیروی الکتریکی (الکتروستاتیکی) بین دو بار نقطه‌ای که در راستای خط واصل آن‌ها اثر می‌کند، با حاصل ضرب بزرگی آن‌ها متناسب است و با مربع فاصلهٔ بین آن‌ها نسبت وارون دارد:

$$F = k\frac{|q_۱||q_۲|}{r^۲}$$

۲- آسان

آ) دافعه ـ جاذبه ب) وارون ـ مستقیم

پ) $\frac{N\cdot m^۲}{C^۲} - \frac{C^۲}{N\cdot m^۲}$

۳- آسان

آ) نادرست ب) درست

پ) نادرست ت) نادرست

۴- آسان

آ) هم اندازه با ب) بیشتری

پ) خلاف جهت

۵- آسان

$$F = k\frac{|q_۱||q_۲|}{r^۲} \Rightarrow ۱۸ = \frac{۹\times ۱۰^۹\times ۴\times ۱۰^{-۶}\times ۵\times ۱۰^{-۶}}{r^۲}$$

$$\Rightarrow r^۲ = ۱۰^{-۲} \Rightarrow r = ۰/۱\,m = ۱۰\,cm$$

توجه: در رابطهٔ زیر، اگر اندازهٔ بارهای الکتریکی برحسب میکروکولن و فاصلهٔ دو بار برحسب سانتی‌متر وارد شود، بزرگی نیروی بین دو بار برحسب نیوتون محاسبه می‌شود:

$$F = ۹۰\frac{|q_۱||q_۲|}{r^۲}$$

حل سوال با این رابطه:

$$۱۸ = \frac{۹۰\times ۴\times ۵}{r^۲} \Rightarrow r^۲ = ۱۰۰ \Rightarrow r = ۱۰\,cm$$

۶- متوسط

چون گوی بالایی معلق مانده است. نیروی خالص وارد بر آن صفر است.

$$F = mg \Rightarrow \frac{k|q_۱||q_۲|}{r^۲} = mg$$

$$\frac{۹\times ۱۰^۹\times q^۲}{(۰/۰۱)^۲} = ۲/۵\times ۱۰^{-۳}\times ۱۰ \Rightarrow q^۲ = \frac{۲۵\times ۱۰^{-۷}}{۹\times ۱۰^۹} \Rightarrow q = \frac{۵}{۳}\times ۱۰^{-۸}\,C$$

۷- متوسط

بار کره‌ها پس از تماس با هم $q'_۱$ و $q'_۲$ است.

$$q'_۱ = q'_۲ = \frac{۴ + (-۶)}{۲} = -۱\,nC$$

چون بار کره‌ها همنام است، این نیرو، رانشی است.

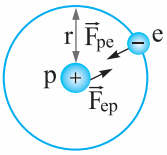
$$F = k\frac{|q'_۱||q'_۲|}{r^۲} \Rightarrow F = \frac{۹\times ۱۰^۹\times ۱۰^{-۹}\times ۱۰^{-۹}}{(۰/۳)^۲} \Rightarrow F = ۱۰^{-۷}\,N$$

۸- آسان

مطابق شکل، دو نیِ پلاستیکی را از نزدیکی یک انتهای آن‌ها خم کنید و پس از مالش دادن با پارچه‌ای پشمی نزدیک یکدیگر قرار دهید. اگر نی‌ها به خوبی باردار شده باشند، نیروی دافعهٔ آن‌ها را می‌توانید به وضوح بر روی انگشتان خود حس کنید.

۹- متوسط

آ)



$$F = k\frac{|q_1||q_2|}{r^2} = k\frac{|q_p||q_e|}{r^2}$$
$$= 9\times10^9 \times \frac{(1/6\times10^{-19})^2}{(5\times10^{-11})^2} \simeq 9/2\times10^{-8}\ N$$

ب)

$$F = k\frac{|q_p||q_p|}{r^2} = 9\times10^9 \times \frac{(1/6\times10^{-19})^2}{(2\times10^{-15})^2} = 57/6\ N$$

پ) بزرگی نیروی محاسبه شده در قسمت «ب» که دافعه است به مراتب بیشتر از بزرگی نیروی محاسبه شده در قسمت «آ» است. بنابراین، هسته اتم باید فرو بپاشد. از اینجا نتیجه می‌گیریم که باید نیروی دیگری وجود داشته باشد که مانع فروپاشی هسته شود. به این نیرو، نیروی هسته‌ای گفته می‌شود.

۱۰- متوسط

چون قبل و بعد از تماس، فاصلهٔ کره‌ها یکسان است، بزرگی نیرو فقط متناسب با ضرب اندازهٔ بار کره‌ها است، نیروی بین کره‌ها قبل از تماس را با $\mathbf{F}$ و بعد از تماس را با F' نمایش می‌دهیم.

شکل ۱:

$$F \propto |2|\times|8| \Rightarrow F \propto 16$$

$$q_1' = q_2' = \frac{8+2}{2} = 5\mu C \Rightarrow F' \propto 5\times5 \Rightarrow F' = 25 \Rightarrow F' > F$$

شکل ۲:

$$F \propto |-2|\times|8| \Rightarrow F \propto 16$$

$$q_1' = q_2' = \frac{8+(-2)}{2} = 3\mu C \Rightarrow F' \propto 3\times3 \Rightarrow F' \propto 9 \Rightarrow F' < F$$

۱- توجه: زمانی که در این سوال بار کره‌ها ناهمنام و غیر هم اندازه باشد، ممکن است $F' > F$ هم بشود. مثلاً اگر

$$q_1 = -1\mu C,\ q_2 = 11\mu C \Rightarrow F \propto |-1|\times|11| \Rightarrow F \propto 11$$

$$q_1 = q_2' = \frac{-1+11}{2} = 5\mu C \Rightarrow F' \propto 5\times5 \Rightarrow F' \propto 25 \Rightarrow F' > F$$

۱۱- دشوار

$$360 = 9\times10^9 \times \frac{q_1\times q_2}{10^{-4}} \Rightarrow q_1q_2 = 4\times10^{-12}$$

$$q_1' = \frac{1}{2}q_1,\ q_2' = q_2 + \frac{1}{2}q_1$$

$$F' = 1/5\,F = \frac{3}{2}\times360 = 540\ N$$

$$540 = \frac{9\times10^9 \times \frac{1}{2}q_1 \times (q_2 + \frac{1}{2}q_1)}{10^{-4}}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}q_1(q_2 + \frac{1}{2}q_1) = 6\times10^{-12}$$

$$\Rightarrow q_1q_2 + \frac{1}{2}q_1^2 = 12\times10^{-12}$$

$$\xrightarrow{q_1q_2 = 4\times10^{-12}} 4\times10^{-12} + \frac{1}{2}q_1^2 = 12\times10^{-12} \Rightarrow q_1 = 4\times10^{-6}\ C$$

$$\xrightarrow{q_1q_2 = 4\times10^{-12}} q_2 = \frac{4\times10^{-12}}{4\times10^{-6}} = 1\times10^{-6}\ C$$

$$\Rightarrow q_1 = 4\mu C,\ q_2 = 1\mu C$$

۱۲- آسان

توجه: اگر دو بار الکتریکی q_1 , q_2 که به فاصله $\mathbf{r}$ از یکدیگر قرار دارند بر هم نیروی $\mathbf{F}$ وارد کنند، و دو بار q_1' , q_2' که به فاصله r' از یکدیگر قرار دارند بر هم نیروی F' وارد کنند، خواهیم داشت:

$$\frac{F'}{F} = |\frac{q_1'}{q_1}|\times|\frac{q_2'}{q_2}|\times(\frac{r}{r'})^2$$

$$q_1' = q_2' = \frac{15+5}{2} = 10\mu C,\ r' = r$$

$$\frac{F'}{F} = |\frac{10}{5}|\times|\frac{10}{15}|\times(\frac{r}{r'})^2 \Rightarrow \frac{F'}{F} = 2\times\frac{2}{3} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{4}{3}$$

۱۳- متوسط

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

$$\Rightarrow \frac{r}{r'} = \sqrt{2} \Rightarrow r' = \frac{\sqrt{2}}{2}r$$

۱۴- آسان

اگر تعدادی بار نقطه‌ای داشته باشیم، نیروی الکتریکی وارد بر هر ذرّه، برایند نیروهایی است که هر یک از ذره‌های دیگر در غیاب سایر ذره‌ها، بر آن ذره وارد می‌کند.

۱۵- آسان

توجه: چون اندازهٔ بارها با هم برابر و فاصلهٔ دو بار دیگر از بار میانی برابر است. اندازهٔ نیرویی که هر یک از بارهای سمت راست و سمت چپ به بار میانی وارد می‌کنند با هم برابر است.

آ) با توجه به شکل، نیروی خالص وارد بر بار میانی به سمت چپ است.

(۱) $-q$ (۲) $F_{۳۲}$ $F_{۱۲}$ $+q$ (۳) $+q$

ب) چون $F_{۱۲}=F_{۳۲}$ است، مطابق شکل، نیروی خالص وارد بر بار میانی صفر است.

(۱) $-q$ $F_{۱۲}$ (۲) $+q$ $F_{۳۲}$ (۳) $-q$

۱۶- متوسط

آ)

$$\vec{F}_{۲۳}\leftarrow(+)_{q_۳}\rightarrow\vec{F}_{۱۳}$$

$$F_{۱۳}=\frac{۹\times۱۰^{۹}\times۲/۵\times۱۰^{-۶}\times۴\times۱۰^{-۶}}{۶^{۲}}=۲/۵\times۱۰^{-۳}\ N$$

$$\Rightarrow \vec{F}_{۱۳}=۲/۵\times۱۰^{-۳}\,\vec{i}$$

$$F_{۲۳}=\frac{۹\times۱۰^{۹}\times۱\times۱۰^{-۶}\times۴\times۱۰^{-۶}}{۲^{۲}}=۹\times۱۰^{-۳}\ N$$

$$\Rightarrow \vec{F}_{۲۳}=-۹\times۱۰^{-۳}\,\vec{i}$$

$$\vec{F}_T=(۲/۵\times۱۰^{-۳}-۹\times۱۰^{-۳})\vec{i}=-۶/۵\times۱۰^{-۳}\,\vec{i}$$

$$\Rightarrow F_T=۶/۵\times۱۰^{-۳}\ N$$

ب)

$$\vec{F}_{۱۲}\leftarrow(-)_{q_۲}\rightarrow\vec{F}_{۳۲}$$

$$F_{۱۲}=\frac{۹\times۱۰^{۹}\times۲/۵\times۱۰^{-۶}\times۱\times۱۰^{-۶}}{۴^{۲}}=\frac{۴۵}{۳۲}\times۱۰^{-۳}\ N$$

$$\Rightarrow \vec{F}_{۱۲}=-\frac{۴۵}{۳۲}\times۱۰^{-۳}\,\vec{i}$$

$$F_{۳۲}=\frac{۹\times۱۰^{۹}\times۴\times۱۰^{-۶}\times۱\times۱۰^{-۶}}{۲^{۲}}=۹\times۱۰^{-۳}\ N$$

$$\Rightarrow \vec{F}_{۳۲}=۹\times۱۰^{-۳}\,\vec{i}$$

$$\vec{F}_T=(۹\times۱۰^{-۳}-\frac{۴۵}{۳۲}\times۱۰^{-۳})\vec{i}=\frac{۲۴۳}{۳۲}\times۱۰^{-۳}\,\vec{i}\simeq۷/۶\times۱۰^{-۳}\,\vec{i}$$

$$\Rightarrow F_T=۷/۶\times۱۰^{-۳}\ N$$

۱۷- متوسط

چون $q_۱=q_۳$ است و فاصلهٔ آن‌ها از بار $q_۲$ با هم برابر است، بنابراین $F_{۱۲}=F_{۳۲}$ با توجه به جهت نیروهای وارد بر بار $q_۲$، نیروی خالص وارد بر آن صفر است.

$$\vec{F}_{۱۲}\leftarrow(q_۲)\rightarrow\vec{F}_{۳۲}$$

در شکل زیر نیروهای وارد بر بار $q_۳$ را نمایش داده‌ایم.

$$\vec{F}_{۲۳}\leftarrow(q_۳)\rightarrow\vec{F}_{۱۳}$$

$$F_{۱۳}=\frac{۹\times۱۰^{۹}\times۴\times۱۰^{-۹}\times۴\times۱۰^{-۹}}{(۰/۱۶)^{۲}}=\frac{۹}{۱۶}\times۱۰^{-۵}\ N$$

$$\Rightarrow \vec{F}_{۱۳}=\frac{۹}{۱۶}\times۱۰^{-۵}\,\vec{i}$$

$$F_{۲۳}=\frac{۹\times۱۰^{۹}\times۵\times۱۰^{-۹}\times۴\times۱۰^{-۹}}{(۰/۰۸)^{۲}}=\frac{۴۵}{۱۶}\times۱۰^{-۵}\ N$$

$$\Rightarrow \vec{F}_{۲۳}=-\frac{۴۵}{۱۶}\times۱۰^{-۵}\,\vec{i}$$

$$\vec{F}_T=(\frac{۹}{۱۶}\times۱۰^{-۵}-\frac{۴۵}{۱۶}\times۱۰^{-۵})\vec{i}\Rightarrow\vec{F}_T=-۲/۲۵\times۱۰^{-۵}\,\vec{i}$$

$$\Rightarrow F_T=۲/۲۵\times۱۰^{-۵}\ N$$

۱۸- متوسط

توجه: برای دو بار نقطه‌ای همنام که در فاصله $\mathbf{r}$ از هم قرار دارند، نقطه‌ای روی خط واصل دو بار، بین دو بار و نزدیک بار کوچک‌تر وجود دارد که برایند نیروی الکتریکی وارد بر هر باری که در آن نقطه قرار بگیرد، صفر است.

$$q_۲=۳۲\mu C \quad \overset{x}{\longleftrightarrow} \quad q_۳ \quad \overset{۶۰-x}{\longleftrightarrow} \quad q_۱=۲\mu C$$

$$F_{۱۳}=F_{۲۳}\Rightarrow\frac{k\cancel{|q_۳|}\,|q_۲|}{x^{۲}}=\frac{k\cancel{|q_۳|}\,|q_۱|}{(۶۰-x)^{۲}}$$

$$\Rightarrow\frac{۳۲}{x^{۲}}=\frac{۲}{(۶۰-x)^{۲}}\Rightarrow\frac{۱۶}{x^{۲}}=\frac{۱}{(۶۰-x)^{۲}}\xrightarrow{\sqrt{\ }}\frac{۴}{x}=\frac{۱}{۶۰-x}$$

$$۴(۶۰-x)=x\Rightarrow۲۴۰-۴x=x\Rightarrow۵x=۲۴۰\Rightarrow x=۴۸\ cm$$

۱۹- متوسط

توجه: برای دو بار نقطه‌ای ناهمنام با اندازه نامساوی که در فاصلهٔ $\mathbf{r}$ از هم قرار دارند، نقطه‌ای روی امتداد خط واصل دو بار، خارج دو بار، نزدیک بار کوچک‌تر وجود دارد که برایند نیروی الکتریکی وارد بر هر باری که در آن نقطه قرار بگیرد، صفر است.

$$\overset{x}{\longleftrightarrow}$$

$$(+)_{q_۲} \quad \overset{۳۰cm}{\longleftrightarrow} \quad (-)_{q_۱} \quad \overset{x-۳۰}{\longleftrightarrow} \quad q_۳$$

$$F_{۱۳}=F_{۲۳}\Rightarrow\frac{k\cancel{|q_۳|}\,|q_۱|}{(x-۳۰)^{۲}}=\frac{k\cancel{|q_۳|}\,|q_۲|}{x^{۲}}$$

$$\Rightarrow\frac{\cancel{۱}\,q}{(x-۳۰)^{۲}}=\frac{\cancel{۴}\,q}{x^{۲}}\xrightarrow{\sqrt{\ }}\frac{۱}{x-۳۰}=\frac{۲}{x}\Rightarrow۲(x-۳۰)=x$$

$$\Rightarrow\ ۲x-۶۰=x\Rightarrow x=۶۰\ cm$$

۲۰- دشوار

بارهای q_1 و q_2 همنام هستند و بار q_3 برای این که در حالت تعادل باشد، باید بین این دو بار و نزدیک بار کوچک‌تر q_2 باشد. اکنون $\mathbf{x}$ را محاسبه می‌کنیم:

$$F_{13}=F_{23}\Rightarrow \frac{\cancel{9}}{(30-x)^2}=\frac{\cancel{1}}{x^2}$$

$$\xrightarrow{\sqrt{\ }} \frac{3}{30-x}=\frac{1}{x}\Rightarrow 3x=30-x$$

$$\Rightarrow 4x=30\Rightarrow x=7/5\ \text{cm}$$

اگر نوع و اندازهٔ بار q_3 به گونه‌ای باشد که یکی از بارهای q_1 یا q_2 در تعادل باشند، آنگاه هر سه بار در حال تعادل هستند. به این منظور شرط تعادل بار q_1 را بررسی می‌کنیم. چون بار q_1 خارج فاصلهٔ بین q_2 و q_3 است، باید بار q_3 و q_2 ناهمنام باشند. چون q_2 مثبت است پس بار q_3 باید منفی باشد.

$$F_{12}=F_{32}\Rightarrow \frac{18}{30^2}=\frac{|q_3|}{x^2}\xrightarrow{x=7/5\ \text{cm}}$$

$$|q_3|=\frac{18\times \cancel{7/5}^{\,1}\times \cancel{7/5}^{\,1}}{\cancel{30}^{\,4}\times \cancel{30}^{\,4}}=\frac{18}{16}$$

$$\Rightarrow |q_3|=\frac{9}{8}\mu C\xrightarrow{q_3<0} q_3=-\frac{9}{8}\mu C$$

۲۱- دشوار

اگر نیروی وارد بر بار $\mathbf{q}$ از طرف بار q_1 را با $\vec{F}_1$ و از طرف بار q_2 را با $\vec{F}_2$ نشان دهیم:

$$\left.\begin{array}{l}\text{حالت اول}: \vec{F}_1+\vec{F}_2=\vec{F}\\ \text{حالت دوم}: \vec{F}_1=-\vec{F}\Rightarrow \vec{F}=-\vec{F}_1\end{array}\right\}\vec{F}_1+\vec{F}_2=-\vec{F}_1\Rightarrow \vec{F}_2=-2\vec{F}_1$$

رابطهٔ فوق نشان می‌دهد $\vec{F}_2$ و $\vec{F}_1$ خلاف جهت هم هستند، چون $\mathbf{q}$ بین دو بار q_1 و q_2 قرار دارد، بنابراین q_1 و q_2 باید همنام باشند.

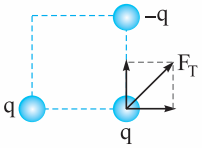
اگر اندازهٔ بردارهای $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$ را به ترتیب با F_1 و F_2 نشان دهیم:

$$\vec{F}_2=-2\vec{F}_1\Rightarrow F_2=2F_1\Rightarrow \frac{\cancel{k}|q_2||\cancel{q}|}{9r^2}=2\frac{\cancel{k}|q_1||\cancel{q}|}{r^2}$$

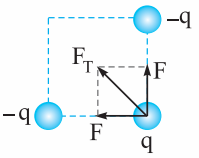
$$\Rightarrow \frac{|q_2|}{9}=2|q_1|\Rightarrow \frac{|q_2|}{|q_1|}=18\xrightarrow{q_2,\,q_1\ \text{همنام}} \frac{q_2}{q_1}=18$$

۲۲- آسان

آ) با توجه به اندازهٔ بارهای الکتریکی و فاصلهٔ بارهای دیگر تا بار سمت راست پایینی، بزرگی نیروی وارد بر این بار از طرف دو بار دیگر یکسان و برابر $\mathbf{F}$ است بنابراین F_T دقیقاً روی نیمساز زاویهٔ بین این دو نیرو می‌افتد.

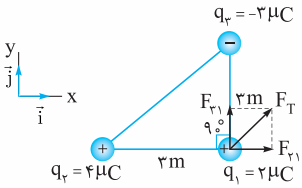


ب) با توجه به اندازهٔ بارهای الکتریکی و فاصلهٔ بارهای دیگر تا بار سمت راست پایینی، بزرگی نیروی وارد بر این بار از طرف دو بار دیگر یکسان و برابر $\mathbf{F}$ است. بنابراین F_T دقیقاً روی نیمساز زاویهٔ بین این دو نیرو می‌افتد.



۲۳- متوسط

آ)



$$F_{21}=\frac{9\times10^9\times4\times10^{-6}\times2\times10^{-6}}{3^2}=8\times10^{-3}\ \text{N}$$

$$\Rightarrow \vec{F}_{21}=8\times10^{-3}\,\vec{i}$$

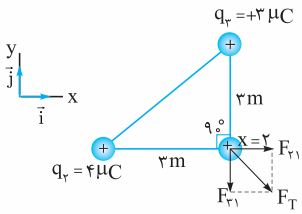
$$F_{31}=\frac{9\times10^9\times3\times10^{-6}\times2\times10^{-6}}{3^2}=6\times10^{-3}\ \text{N}$$

$$\Rightarrow \vec{F}_{31}=6\times10^{-3}\,\vec{j}$$

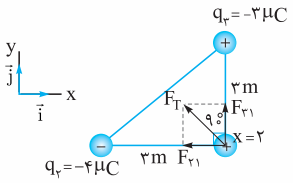
$$\vec{F}_T=8\times10^{-3}\,\vec{i}+6\times10^{-3}\,\vec{j}$$

$$\Rightarrow F_T=\sqrt{(8\times10^{-3})^2+(6\times10^{-3})^2}=10^{-2}\ \text{N}$$

ب)

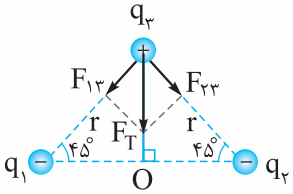


پ)



ت) خیر

۲۴- متوسط



$r = \sqrt{۳^۲ + ۳^۲} = ۳\sqrt{۲}\ cm$

$F_{۱۳} = F_{۲۳} = \frac{۹\times۱۰^۹ \times ۴\times۱۰^{-۶} \times ۴\times۱۰^{-۶}}{(۳\sqrt{۲}\times۱۰^{-۲})^۲} = \frac{۹\times۱۶\times۱۰^{-۳}}{۹\times۲\times۱۰^{-۴}} = ۸۰\ N$

چون $F_{۱۳}$ و $F_{۲۳}$ برهم عمود هستند.

$F_T = \sqrt{۸۰^۲ + ۸۰^۲} = ۸۰\sqrt{۲}\ N$

توجه: برایند دو بردار هم اندازه، در راستای نیمساز زاویهٔ بین دو بردار است.

۱- گزینه «۱» آسان

$F = \frac{k|q_۱||q_۲|}{r^۲} \Rightarrow F\cdot r^۲ = k|q_۱||q_۲| \Rightarrow k = \frac{F\cdot r^۲}{|q_۱||q_۲|}$

$K_{\text{یکای}} = \frac{N\cdot m^۲}{C^۲}$

تذکر: وارون یکای k، یکای $\varepsilon_۰$ در SI است، یعنی:

$\varepsilon_{۰\ \text{یکای}} = \frac{C^۲}{N\cdot m^۲}$

۲- گزینه «۴» آسان

توجه: در رابطه زیر، اگر اندازهٔ بارهای الکتریکی برحسب میکروکولن و فاصلهٔ دو بار بر حسب سانتی‌متر وارد شود، بزرگی نیروی بین دو بار بر حسب نیوتون محاسبه می شود:

$F = ۹۰\frac{|q_۱||q_۲|}{r^۲}$

نیروی الکتریکی بین دو بار ناهمنام جاذبه است.

$F = ۹۰\frac{|q_۱||q_۲|}{r^۲} \Rightarrow F = \frac{۹۰\times۴\times۲}{۳۶} = ۲۰\ N$

۳- گزینه «۴» متوسط

شرط آن که گلوله **B** در حالت تعادل باشد، صفر بودن برایند نیروهای وارد بر آن است. به گلوله **B** یک نیروی دافعه از طرف گلوله **A** وارد می‌شود و یک نیروی جاذبه گرانشی زمین رو به پایین وارد می‌گردد که اندازهٔ این دو نیرو باید با هم مساوی باشد تا یکدیگر را خنثی کنند:

$F = W_{\text{وزن}}$ نیروی کولنی

$\frac{k|q_A||q_B|}{\underbrace{r^۲}_{\text{فاصله بین ۲ گلوله B , A}}} = mg \Rightarrow \frac{۹\times۱۰^۹ \times ۰/۱\times۱۰^{-۶} \times ۰/۱\times۱۰^{-۶}}{r^۲}$

$= ۳/۶\times۱۰^{-۳} \times ۱۰ \Rightarrow r^۲ = ۲۵\times۱۰^{-۴} \Rightarrow r = ۵\times۱۰^{-۲} = ۵\ cm$

۴- گزینه «۲» متوسط

توجه: اگر دو بار الکتریکی $q_۱$ و $q_۲$ که به فاصله **r** از یکدیگر قرار دارند بر هم نیروی **F** وارد کنند و دو بار $q'_۱$, $q'_۲$ که به فاصله r' از یکدیگر قرار دارند بر هم نیروی F' وارد کنند، خواهیم داشت:

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

$\frac{F'}{F} = (\frac{r}{r'})^۲ \Rightarrow \frac{F'}{۱۲} = (\frac{۱۵}{۱۰})^۲ \Rightarrow \frac{F'}{۱۲} = (\frac{۳}{۲})^۲ \Rightarrow F' = ۲۷\ N$

۵- گزینه «۳» متوسط

$\frac{۲۵}{۱۰۰} q_۱ = \frac{۱}{۴} \times ۸۰ = ۲۰\ \mu C \quad , \quad q'_۱ = ۸۰ - ۲۰ = ۶۰\ \mu C$

$q'_۲ = -۵۰ + ۲۰ = -۳۰\ \mu C \quad , \quad r' = r$

$\frac{F'}{F} = |\frac{q'_۲}{q_۲}| \times |\frac{q'_۱}{q_۱}| \times \underbrace{(\frac{r}{r'})^۲}_{۱} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{۳۰}{۵۰} \times \frac{۶۰}{۸۰} \Rightarrow F' = \frac{۹}{۲۰} F$

$\frac{F' - F}{F} \times ۱۰۰ = -۵۵٪$

۶- گزینه «۲» متوسط

هنگامی که مقداری از یک بار به بار دیگر منتقل میشود. طبق قانون پایستگی بار، جمع بارها مقدار ثابتی است و طبق قانون کولن، بزرگی نیروی بین دو بار با ضرب اندازهٔ آن‌ها متناسب است. در چنین شرایطی اگر بخواهیم، بزرگی نیروی الکتریکی بیشینه شود باید دو بار، هم اندازه باشند. یعنی بار ثانویهٔ بارهای الکتریکی باید میانگین بارهای اولیه باشد:

$q'_۱ = q'_۲ = \frac{q_۱ + q_۲}{۲} = \frac{q_۱ + ۲q_۱}{۲} = \frac{۳}{۲} q_۱$

حال درصد تغییر بار $q_۲$ را محاسبه می‌کنیم:

$\frac{q'_۲ - q_۲}{q_۲} \times ۱۰۰ = \frac{\frac{۳}{۲}q_۱ - ۲q_۱}{۲q_۱} \times ۱۰۰ = -۲۵٪$

پس باید ۲۵ درصد از بار $q_۲$ را به بار $q_۱$ منتقل کنیم.

۷- گزینه «۳» متوسط

نیرویی که دو بار بر یکدیگر وارد می‌کنند براساس قانون سوم نیوتون با یکدیگر هم‌اندازه‌اند. $|F_۱| = |F_۲|$

$$m_۱a_۱ = m_۲a_۲ \Rightarrow \frac{a_۱}{a_۲} = \frac{m_۲}{m_۱} = \frac{۲m}{m} = ۲$$

۸- گزینه «۲» دشوار

$q_۱ = q\ ,\ q'_۱ = q - x\ ,\ q_۲ = q\ ,\ q'_۲ = q + x\ ,$

$$r' = r + ۰/۲۵\, r = ۱/۲۵\, r = \frac{۵}{۴} r\ ,\ F' = ۰/۴۸\, F$$

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

$$\Rightarrow \frac{۴۸}{۱۰۰} = \frac{(q+x)}{q} \times \frac{(q-x)}{q} \times (\frac{r}{\frac{۵}{۴} r})^۲$$

$$\frac{۴۸}{۱۰۰} = \frac{q^۲ - x^۲}{q^۲} \times \frac{۱۶}{۲۵} \Rightarrow \frac{۳}{۴} = \frac{q^۲ - x^۲}{q^۲}$$

$$\Rightarrow ۳q^۲ = ۴q^۲ - ۴x^۲ \Rightarrow ۴x^۲ = q^۲ \Rightarrow x = \frac{q}{۲}$$

چون $x = \frac{q}{۲}$ شده است باید ۵۰ درصد از بار یکی از کره‌ها را به دیگری منتقل کرد.

۹- گزینه «۲» متوسط

اندازهٔ بارها تغییر نکرده است.

$$r' = r + ۰/۲\, r \Rightarrow r' = ۱/۲\, r = \frac{۶}{۵} r$$

$$\frac{F'}{F} = (\frac{r}{r'})^۲ \Rightarrow \frac{F'}{F} = (\frac{r}{\frac{۶}{۵} r})^۲ \Rightarrow F' = \frac{۲۵}{۳۶} F$$

$$\frac{F' - F}{F} \times ۱۰۰ = \frac{-۱۱}{۳۶} \times ۱۰۰ \simeq -۳۰٪$$

۱۰- گزینه «۴» متوسط

اگر بار الکتریکی الکترون‌های منتقل شده از **A** به **B** را با **Q** نمایش دهیم:

$$q'_B = q - Q \xrightarrow{q'_B = -۲q} -۲q = q - Q \Rightarrow Q = ۳q$$

$$q'_A = q + Q \xrightarrow{Q = ۳q} q'_A = q + ۳q = ۴q$$

$$\frac{F'}{F} = |\frac{q'_A}{q_A}| \times |\frac{q'_B}{q_B}| \times (\frac{r}{r'})^۲ \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{۴q}{q} \times \frac{۲q}{q} = ۸$$

۱۱- گزینه «۲» دشوار

چون نیرو جاذبه بوده پس بارها ناهمنام هستند. فرض کنیم $q_۱ > ۰\ ,\ q_۲ < ۰$ است و $q_۱ > |q_۲|$

$$F = ۹۰ \frac{|q_۱||q_۲|}{r^۲} \Rightarrow ۴ = \frac{۹۰ \times q_۱ \times |q_۲|}{۳۰^۲} \Rightarrow q_۱ \times |q_۲| = ۴۰$$

توجه کنید تنها گزینه‌ای که ضرب بارها برحسب میکروکولن ۴۰ می‌شود گزینه ۲ است. پس پاسخ گزینه ۲ است.

اما ادامه حل برای به دست آوردن $q_۱\ ,\ q_۲$ چون کره‌های رسانا هم اندازه هستند پس:

$$\frac{q_۱ - |q_۲|}{۲} = ۳ \Rightarrow q_۱ - |q_۲| = ۶$$

حال با توجه به دو معادله‌ای که به دست آوردیم داریم:

$$q_۱|q_۲| = ۴۰ \Rightarrow |q_۲| = \frac{۴۰}{q_۱} \xrightarrow{q_۱ - |q_۲| = ۶} q_۱ - ۶ = \frac{۴۰}{q_۱} \Rightarrow q_۱ - \frac{۴۰}{q_۱} = ۶$$

$$\Rightarrow q_۱^۲ - ۶q_۱ - ۴۰ = ۰$$

$$(q_۱ - ۱۰)(q_۱ + ۴) = ۰ \Rightarrow q_۱ = ۱۰\,\mu C \text{ یا } q_۱ = -۴\,\mu C$$

چون فرض کردیم $q_۱ > ۰$ است با $q_۱ = ۱۰\,\mu C$ و رابطهٔ $q_۱|q_۲| = ۴۰$ داریم:

$$۱۰ \times |q_۲| = ۴۰ \Rightarrow |q_۲| = ۴ \xrightarrow{q_۲ < ۰} q_۲ = -۴\,\mu C$$

پس اندازهٔ یکی از بارها ۱۰ میکروکولن و دیگری ۴ میکروکولن است. یکی منفی و دیگری مثبت.

۱۲- گزینه «۲» دشوار

$$F = ۹۰ \times \frac{q_۱ \times |q_۲|}{r^۲} \Rightarrow ۰/۹ = ۹۰ \times \frac{q_۱ \times |q_۲|}{۶۰^۲} \Rightarrow q_۱ \times |q_۲| = ۳۶$$

چون $q_۲$ منفی است و $|q_۲| > q_۱$ است پس از تماس داریم:

$$|q'_۱| = |q'_۲| = \frac{|q_۲| - q_۱}{۲}$$

$$F' = ۹۰ \times \frac{|q'_۱||q'_۲|}{r^۲} \Rightarrow ۱/۶ = ۹۰ \times \frac{(\frac{|q_۲| - q_۱}{۲})^۲}{۶۰^۲}$$

$$\Rightarrow (|q_۲| - q_۱)^۲ = ۱۶ \times ۱۶$$

$$\Rightarrow |q_۲| - q_۱ = ۱۶ \xrightarrow{q_۱ \times |q_۲| = ۳۶ \Rightarrow |q_۲| = \frac{۳۶}{q_۱}}$$

$$\frac{۳۶}{q_۱} - q_۱ = ۱۶ \Rightarrow q_۱^۲ + ۱۶q_۱ - ۳۶ = ۰$$

$$(q_۱ + ۱۸)(q_۱ - ۲) = ۰ \Rightarrow q_۱ = -۱۸\,\mu C \text{ غ ق ق}\ ,\ q_۱ = ۲\,\mu C \text{ ق ق}$$

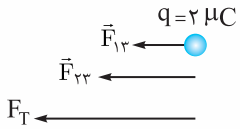
۱۳- گزینه «۳» آسان

$F=\frac{۹۰\times|q_۱||q_۲|}{r^۲}$ ($q_۱$ و $q_۲$ برحسب μC و r برحسب cm)

$F_{۱۳}=\frac{۹۰\times۴\times۲}{۳۶}=۲۰\,N$

$F_{۲۳}=\frac{۹۰\times۴\times۲}{۹}=۸۰\,N$

$F_T=F_{۱۳}+F_{۲۳}=۲۰+۸۰=۱۰۰\,N$



۱۴- گزینه «۲» آسان

چون برایند نیروهای وارد شده بر بار $q_۳$ صفر است و بار $q_۳$ در خارج از دوبار $q_۱$ و $q_۲$ و نزدیک بار $q_۲$ قرار گرفته است باید $|q_۱|>|q_۲|$، $q_۱$ و $q_۲$ ناهمنام باشند.

۱۵- گزینه «۲» آسان

اگر دو بار ناهمنام با اندازه‌های نامساوی باشند، نقطه‌ای در امتداد خط واصل دو بار و خارج از فاصلهٔ دو بار و نزدیک به بار کوچک‌تر می‌توان یافت که هر بار سومی با هر علامت و اندازه در آن نقطه قرار گیرد، به حال تعادل باشد. براین اساس علامت بار q_C مهم نیست، بارهای q_A و q_B ناهمنامند و اندازهٔ بار q_B از بار q_A کوچک‌تر است.

۱۶- گزینه «۴» دشوار

چون دربارهٔ نسبت‌های $q_۱$ و $q_۲$ اطلاع داریم، شرط تعادل را برای $q_۳$ می‌نویسیم:

$F_{۲۳}=F_{۱۳}\Rightarrow\frac{|q_۲|}{x^۲}=\frac{|q_۱|}{(x+r)^۲}\Rightarrow\frac{q_۲}{x^۲}=\frac{\frac{۹}{۴}q_۲}{(x+r)^۲}$

$\xrightarrow{\text{جذر}}\frac{۳}{۲}x=x+r\Rightarrow\frac{x}{r}=۲$

حذف گزینه‌های (۱) و (۲)

توجه: بار $q_۱$ هم در تعادل است و خارج فاصلهٔ $q_۲$ و $q_۳$ است پس باید $q_۲$ و $q_۳$ ناهمنام باشند و $\frac{q_۳}{q_۲}<۰$ است یعنی گزینهٔ ۴ درست است.

اگر بخواهیم نسبت $\frac{q_۳}{q_۲}$ را محاسبه کنیم با توجه به نکتهٔ قبل که $q_۳$ و $q_۲$ باید ناهمنام باشند؛ شرط تعادل را برای $q_۱$ می‌نویسیم.

$F_{۳۱}=F_{۲۱}\Rightarrow\frac{|q_۳|}{(x+r)^۲}=\frac{|q_۲|}{r^۲}\xrightarrow{x=۲r}\frac{|q_۳|}{(۳r)^۲}=\frac{|q_۲|}{r^۲}$

$\Rightarrow\frac{|q_۳|}{|q_۲|}=۹\xrightarrow{q_۲,q_۳\text{ ناهمنام}}\frac{q_۳}{q_۲}=-۹$

۱۷- گزینه «۴» دشوار

ابتدا شرط تعادل بار $q_۲$ را می‌نویسیم:

$F_{۳۲}=F_{۱۲}\Rightarrow\frac{|q_۳|}{r_{۳۲}^۲}=\frac{|q_۱|}{r_{۱۲}^۲}\Rightarrow\frac{\cancel{۴}}{r_{۳۲}^۲}=\frac{\cancel{۱}}{r_{۱۲}^۲}$

$\xrightarrow{\text{جذر}}\frac{۲}{r_{۳۲}}=\frac{۱}{r_{۱۲}}\Rightarrow r_{۳۲}=۲r_{۱۲}$

با توجه به شکل:

$r_{۱۲}+r_{۳۲}=۳۰\,cm\xrightarrow{r_{۳۲}=۲r_{۱۲}}r_{۱۲}=۱۰\,cm\,,\,r_{۳۲}=۲۰\,cm$

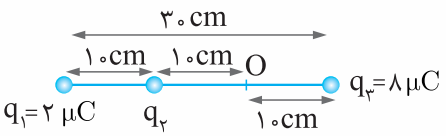
بار $q_۳$ خارج فاصلهٔ بارهای $q_۲$ و $q_۱$ است، بنابراین $q_۲$ و $q_۱$ ناهمنام هستند. چون $q_۱>۰$ است پس $q_۲<۰$ است. حال با نوشتن شرط تعادل برای بار $q_۳$ ، $q_۲$ را محاسبه می‌کنیم:

$F_{۱۳}=F_{۲۳}\Rightarrow\frac{۲}{r_{۱۳}^۲}=\frac{|q_۲|}{r_{۲۳}^۲}$

$\xrightarrow{r_{۱۳}=۳۰\,cm\,,\,r_{۲۳}=r_{۳۲}=۲۰\,cm}\frac{۲}{۳۰^۲}=\frac{|q_۲|}{۲۰^۲}$

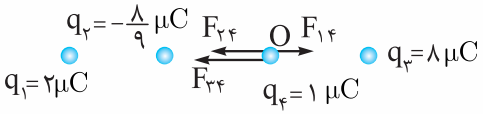
$\Rightarrow|q_۲|=\frac{۸}{۹}\mu C\xrightarrow{q_۲<۰}q_۲=-\frac{۸}{۹}\mu C$

وضعیت و فاصلهٔ بارها از هم، مطابق شکل زیر خواهد بود



$q_۲=-\frac{۸}{۹}\mu C\ ,\ q_۴=۱\mu C$

نیروهای وارد بر $q_۴$ مطابق شکل زیر است:



$F_{۱۴}=\frac{۹۰\times۲\times۱}{۲۰^۲}=\frac{۹}{۲۰}\,N=۰/۴۵\,N$

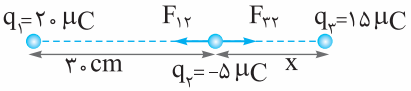
$F_{۲۴}=\frac{۹۰\times\frac{۸}{۹}\times۱}{۱۰^۲}=۰/۸\,N$

$F_{۳۴}=\frac{۹۰\times۸\times۱}{۱۰^۲}=۷/۲\,N$

$F_T=۷/۲+۰/۸-۰/۴۵=۷/۵۵\,N$

۱۸- گزینه «۲» متوسط

بار $q_۳$ باید خارج فاصلهٔ دو بار و نزدیک بار کوچک‌تر باشد. (مطابق شکل)



شرط برقراری تعادل بار $q_۳$ را می‌نویسیم.

$$F_{۱۳}=F_{۲۳}\Rightarrow\frac{|q_۱|}{(۳۰+x)^۲}=\frac{|q_۲|}{x^۲}\Rightarrow\frac{\overset{۴}{\cancel{۲۰}}}{(۳۰+x)^۲}=\frac{\overset{۱}{\cancel{۵}}}{x^۲}$$

$$\xrightarrow{\text{جذر}}\frac{۲}{۳۰+x}=\frac{۱}{x}\Rightarrow ۲x=۳۰+x\Rightarrow x=۳۰\,cm$$

اکنون نیروی خالص وارد بر بار $q_۲$ را محاسبه می‌کنیم:

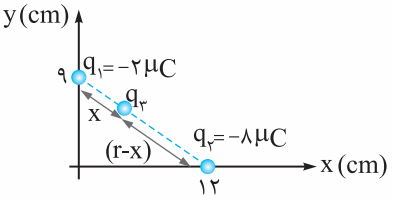
$$F_{۱۲}=\frac{۹۰\times۲۰\times۵}{۳۰^۲}=۱۰\,N\ ,\ F_{۳۲}=\frac{۹۰\times۱۵\times۵}{۳۰^۲}=۷/۵\,N$$

با توجه به جهت $F_{۱۲}$ و $F_{۳۲}$ داریم:

$$F_T=۱۰-۷/۵=۲/۵\,N$$

۱۹- گزینه «۳» متوسط

بار الکتریکی $q_۳$ باید روی خط واصل دو بار، بین دو بار و نزدیک بار کوچک‌تر قرار گیرد (مطابق شکل). فاصلهٔ بین بارهای $q_۱$ و $q_۲$ را با $\mathbf{r}$ نمایش می‌دهیم:



$$r=\sqrt{۹^۲+۱۲^۲}=۱۵\,cm$$

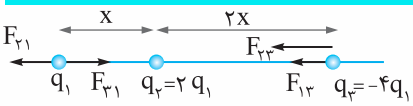
شرط تعادل بار $q_۳$ را می‌نویسیم:

$$F_{۱۳}=F_{۲۳}\Rightarrow\frac{|q_۱|}{x^۲}=\frac{|q_۲|}{(r-x)^۲}\Rightarrow\frac{\overset{۱}{\cancel{۱}}}{x^۲}=\frac{\overset{۴}{\cancel{۸}}}{(۱۵-x)^۲}$$

$$\xrightarrow{\text{جذر}}\frac{۱}{x}=\frac{۲}{۱۵-x}\Rightarrow ۲x=۱۵-x\Rightarrow x=۵\,cm$$

توجه: نیروی بین بارهای الکتریکی در راستای خط واصل آن‌ها است.

۲۰- گزینه «۳» دشوار



$$F_{۲۱}=\frac{kq_۱\times۲q_۱}{x^۲}=\frac{۲kq_۱^۲}{x^۲}\ ,\ F_{۳۱}=\frac{kq_۱\times۴q_۱}{(۳x)^۲}=\frac{۴}{۹}\frac{kq_۱^۲}{x^۲}$$

$$\Rightarrow F_T=\frac{۲kq_۱^۲}{x^۲}-\frac{۴}{۹}\frac{kq_۱^۲}{x^۲}=\frac{۱۴}{۹}\frac{kq_۱^۲}{x^۲}$$

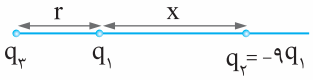
$$F_{۱۳}=F_{۳۱}=\frac{۴}{۹}\frac{kq_۱^۲}{x^۲}\ ,\ F_{۲۳}=\frac{k\times۲q_۱\times۴q_۱}{(۲x)^۲}=۲\frac{kq_۱^۲}{x^۲}$$

$$\Rightarrow F'_T=\frac{۴}{۹}\frac{kq_۱^۲}{x^۲}+۲\frac{kq_۱^۲}{x^۲}=\frac{۲۲}{۹}\frac{kq_۱^۲}{x^۲}$$

$$\frac{F_T}{F'_T}=\frac{\frac{۱۴}{۹}\frac{kq_۱^۲}{x^۲}}{\frac{۲۲}{۹}\frac{kq_۱^۲}{x^۲}}=\frac{۷}{۱۱}$$

۲۱- گزینه «۴» دشوار

چون بارهای $q_۱$ و $q_۲$ ناهمنام هستند، برای این که بار $q_۳$ در تعادل باشد (نیروی الکتریکی خالص وارد بر آن صفر شود) باید خارج فاصلهٔ بارهای $q_۱$ و $q_۲$ و نزدیک بار کوچک‌تر $q_۱$ باشد (مطابق شکل).



شرط تعادل برای $q_۳$ را می‌نویسیم:

$$F_{۱۳}=F_{۲۳}\ \Rightarrow\ \frac{|q_۱|}{r^۲}=\frac{|q_۲|}{(r+x)^۲}\Rightarrow\frac{\cancel{q_۱}}{r^۲}=\frac{۹\cancel{q_۱}}{(r+x)^۲}$$

$$\xrightarrow{\text{جذر}}\frac{۱}{r}=\frac{۳}{r+x}\Rightarrow ۳r=r+x\Rightarrow r=\frac{x}{۲}$$

حذف گزینه‌های ۱ و ۳

اگر بخواهیم بار $q_۱$ هم در تعادل باشد، چون بار $q_۱$ بین بارهای $q_۳$ و $q_۲$ است باید $q_۲$ و $q_۳$ همنام باشند یعنی $q_۳<۰$ بنابراین گزینهٔ ۴ درست است.

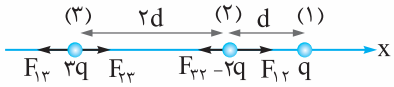
اگر بخواهیم $q_۳$ را محاسبه کنیم، شرط تعادل $q_۱$ را می‌نویسیم:

$$F_{۳۱}=F_{۲۱}\Rightarrow\frac{|q_۳|}{r^۲}=\frac{|q_۲|}{x^۲}\ \Rightarrow\ \frac{|q_۳|}{\frac{x^۲}{۴}}=\frac{۹q_۱}{x^۲}$$

$$\Rightarrow|q_۳|=\frac{۹}{۴}q_۱\xrightarrow{q_۳<۰}q_۳=-\frac{۹}{۴}q_۱$$

توجه: اگر شرط تعادل را برای $q_۲$ نیز می‌نوشتیم، به همین نتیجه می‌رسیدیم. فقط چون $q_۲$ خارج فاصلهٔ $q_۱$ و $q_۳$ است، باید $q_۱$ و $q_۳$ ناهمنام باشند که چون $q_۱>۰$ است باز هم $q_۳<۰$ می‌شد.

۲۲- گزینه «۳» دشوار



$$F_{۱۳}=\frac{kq\times۳q}{۹d^۲}=\frac{۱}{۳}\frac{kq^۲}{d^۲}\ ,\ F_{۲۳}=\frac{k\times۳q\times۲q}{۴d^۲}=\frac{۳}{۲}\frac{kq^۲}{d^۲}$$

$$\Rightarrow F=\frac{۳}{۲}\frac{kq^۲}{d^۲}-\frac{۱}{۳}\frac{kq^۲}{d^۲}=\frac{۷}{۶}\frac{kq^۲}{d^۲}$$

چون $F_{۲۳}>F_{۱۳}$ است، برایند نیروهای وارد بر بار $۳q$ به سمت راست است.

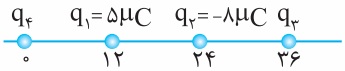
$$F_{۱۲}=\frac{k\times q\times۲q}{d^۲}=۲\frac{kq^۲}{d^۲}\ ,\ F_{۳۲}=F_{۲۳}=\frac{۳}{۲}\frac{kq^۲}{d^۲}$$

$$\Rightarrow F'=۲\frac{kq^۲}{d^۲}-\frac{۳}{۲}\frac{kq^۲}{d^۲}=\frac{۱}{۲}\frac{kq^۲}{d^۲}$$

چون $F_{۱۲}>F_{۳۲}$ است، برایند نیروهای وارد بر بار $-۲q$ به سمت راست است.

$$\frac{F'}{F}=\frac{\frac{۱}{۲}\frac{kq^۲}{d^۲}}{\frac{۷}{۶}\frac{kq^۲}{d^۲}}=\frac{۳}{۷}\xrightarrow{F\,,\,F'\text{ هم جهت}}\vec{F}'=\frac{۳}{۷}\vec{F}$$

۲۳- گزینه «۲» متوسط



فرض کنیم $q_۴ > ۰$ است، نیروهای وارد بر آن از طرف بارهای $q_۱$ و $q_۲$ مطابق شکل است.

$$\vec{F}_{۱۴} \longleftrightarrow \vec{F}_{۲۴}$$

$$F_{۱۴} = \frac{k \times ۵ \times q_۴}{(۱۲)^۲} = \frac{۵}{۱۴۴} kq_۴ \;,\; F_{۲۴} = \frac{k \times ۸ \times q_۴}{(۲۴)^۲} = \frac{۱}{۷۲} kq_۴$$

با توجه به جهت و اندازهٔ نیروهای $F_{۱۴}$ و $F_{۲۴}$، برآیند آن ها به سمت چپ و اندازهٔ برآیند آن‌ها ($\mathbf{F}$) برابر است با:

$$F = F_{۱۴} - F_{۲۴} \Rightarrow F = \frac{۵}{۱۴۴} kq_۴ - \frac{۱}{۷۲} kq_۴ \Rightarrow F = \frac{۳}{۱۴۴} kq_۴$$

اگر نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار $q_۴$ بخواهد صفر باشد، باید بار $q_۳$ منفی باشد تا نیروی $F_{۳۴}$ به سمت راست باشد، همچنین باید $F_{۳۴} = F$ باشد:

$$F_{۳۴} = F \Rightarrow \frac{k\,|q_۳|\,q_۴}{۳۶^۲} = \frac{۳}{۱۴۴} kq_۴ \Rightarrow \frac{|q_۳|}{۳۶ \times ۳۶} = \frac{۳}{۷۲ \times ۲}$$

$$|q_۳| = ۲۷\mu C \xrightarrow{q_۳ < ۰} q_۳ = -۲۷\mu C$$

توجه کنید اگر در ابتدا فرض می‌کردیم بار $q_۴ < ۰$ است نیز جواب فرقی نمی‌کرد. امتحان کنید!

۲۴- گزینه «۲» متوسط

چون $q_۱$ و $q_۳$ ناهمنام هستند و بار $q_۲$ بین $q_۱$ و $q_۳$ است بدون توجه به نوع بار $q_۲$، نیروهای $F_{۱۲}$ و $F_{۳۲}$ هم جهت هستند.

حالت اول: $F = k\frac{|q_۱||q_۲|}{r^۲} + k\frac{۵|q_۱||q_۲|}{r^۲} = ۶\,k\frac{|q_۱||q_۲|}{r^۲}$

حالت دوم: $F' = k\frac{|q_۱||q_۲|}{r^۲} + k\frac{۵|q_۱||q_۲|}{(\frac{r}{۵})^۲} = ۱۲۶\,k\frac{|q_۱||q_۲|}{r^۲}$

$$\frac{F'}{F} = \frac{۱۲۶}{۶} = ۲۱$$

توجه کنید که اگر بار $q_۳$، به فاصلهٔ $\frac{۴r}{۵}$ به بار $q_۲$ نزدیک شود، فاصله‌اش تا آن برابر $\frac{r}{۵}$ می‌شود.

۲۵- گزینه «۳» متوسط

برای برقراری شرط سوال

اگر $q_۳ > ۰$ باشد، باید نیروهای وارد بر آن مطابق شکل زیر باشد و $q_۲ < ۰$ است.

$$F_{۲۳} = ۲F_{۱۳} \qquad F_{۱۳}$$

اگر $q_۳ < ۰$ باشد، باید نیروهای وارد بر آن مطابق شکل زیر باشد و $q_۲ < ۰$ است.

$$F_{۱۳} \qquad F_{۲۳} = ۲F_{۱۳}$$

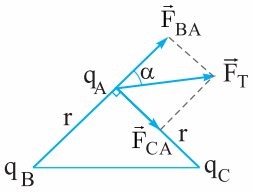
در هر دو صورت $F_{۲۳} = ۲F_{۱۳}$ است و $q_۲ < ۰$ است.

$$F_{۲۳} = ۲F_{۱۳} \Rightarrow \frac{k\,|q_۲||q_۳|}{L^۲} = ۲\frac{k\,|q_۱||q_۳|}{(۲L)^۲}$$

$$\Rightarrow |q_۲| = \frac{|q_۱|}{۲} = ۲\mu C \xrightarrow{q_۲ < ۰} q_۲ = -۲\mu C$$

۲۶- گزینه «۱» دشوار

نیروهای وارد بر بار q_A از طرف q_B و q_C و برآیند آن‌ها مطابق شکل است.

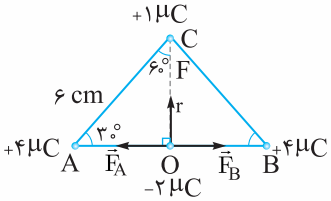


$$F_{BA} = k\frac{|q_A||q_B|}{r^۲} = \frac{kq \times \sqrt{۳}\,q}{r^۲} = \sqrt{۳}\,\frac{kq^۲}{r^۲}$$

$$F_{CA} = k\frac{|q_A||q_C|}{r^۲} = \frac{kq \times q}{r^۲} = \frac{kq^۲}{r^۲}$$

$$\tan\alpha = \frac{F_{CA}}{F_{BA}} = \frac{\frac{kq^۲}{r^۲}}{\sqrt{۳}\frac{kq^۲}{r^۲}} = \frac{۱}{\sqrt{۳}} = \frac{\sqrt{۳}}{۳} \Rightarrow \alpha = ۳۰^\circ$$

۲۷- گزینه «۳» متوسط

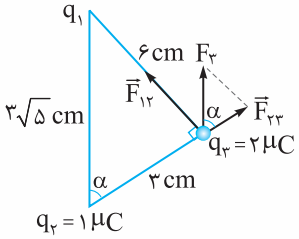


دو بردار F_A و F_B هم اندازه در یک راستا و مخالف جهت یکدیگرند. بنابراین یکدیگر را خنثی می‌کنند. بنابراین نیروی وارد بر بار $-۲\mu C$ تنها، نیروی وارد از طرف بار $+۱\mu C$ است که آن را با $\mathbf{F}$ نمایش می‌دهیم $(F_T = F)$. از طرفی ضلع روبه‌روی زاویهٔ ۳۰° در یک مثلث قائم‌الزاویه برابر نصف وتر است؛ یعنی $CO = ۳\ cm$.

در مثلث قائم‌الزاویه $\overset{\Delta}{AOC}$ $\sin ۳۰ = \frac{r}{\text{وتر}} \Rightarrow \frac{۱}{۲} = \frac{r}{۶} \Rightarrow r = ۳\ cm$

$$F = \frac{۹۰|q||q'|}{r^۲} = \frac{۹۰ \times ۱ \times ۲}{۳^۲} = ۲۰\ N$$

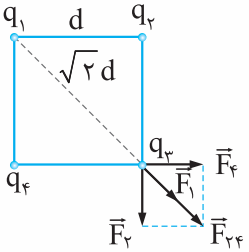
۲۸- گزینه «۴» دشوار

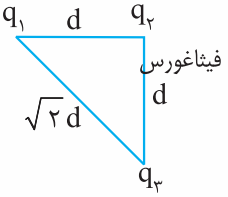


$$F_{۲۳} = k\frac{|q_۳||q_۲|}{r_{۲۳}^۲} = ۹ \times ۱۰^۹ \times \frac{۲ \times ۱۰^{-۶} \times ۱ \times ۱۰^{-۶}}{۳^۲ \times ۱۰^{-۴}} \Rightarrow F_{۲۳} = ۲۰\ N$$

$$\left.\begin{aligned} \cos\alpha &= \frac{\text{مجاور}}{\text{وتر}} = \frac{F_{۲۳}}{F_۳} \\ \cos\alpha &= \frac{۳}{۳\sqrt{۵}} = \frac{۱}{\sqrt{۵}} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{۱}{\sqrt{۵}} = \frac{۲۰}{F_۳} \Rightarrow F_۳ = ۲۰\sqrt{۵}\ N$$

۲۹- گزینه «۴» دشوار





$$F_۱=\frac{kqq}{(\sqrt{۲}\,d)^۲}=\frac{kq^۲}{۲d^۲}$$

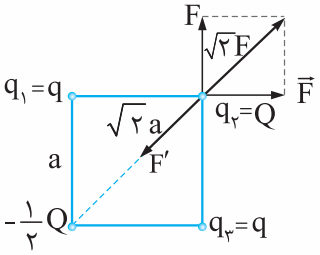
$$F_۲=F_۴=\frac{kqq}{d^۲}=\frac{kq^۲}{d^۲}$$

$$F_{۲۴}=\sqrt{F_۲^۲+F_۴^۲}=\sqrt{۲}\,F_۲=\sqrt{۲}\,\frac{kq^۲}{d^۲}$$

$$F_T=F_۱+F_{۲۴}\Rightarrow F_T=\frac{kq^۲}{۲d^۲}+\sqrt{۲}\,\frac{kq^۲}{d^۲}=\frac{kq^۲}{۲d^۲}(۱+۲\sqrt{۲})$$

۳۰- گزینه «۲» متوسط

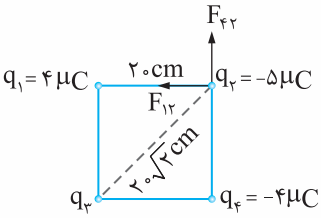
نیروهای وارد بر بار $q_۲$ را رسم می‌کنیم. با توجه به این که بارهای $q_۱$ و $q_۳$ هم‌اندازه بوده و فاصله آن‌ها تا بار $q_۲$ با هم برابر است، نیروی وارده از طرف این بارها به بار $q_۲$ برابر بوده که آن را با $\mathbf{F}$ نمایش می‌دهیم. بنابراین نیروی وارد از طرف بار $q_۴$ به بار $q_۲$ که آن را با F' نشان می‌دهیم. باید برایند نیروهای وارد از طرف بارهای $q_۱$ و $q_۳$ به بار $q_۲$ $(\sqrt{۲}\,F)$ را خنثی کند، لذا جهت F' می‌بایست در خلاف جهت $\sqrt{۲}\,F$ باشد.



$$F'=\sqrt{۲}\,F\Rightarrow\frac{k\left|-\frac{۱}{۲}Q\right||Q|}{\underbrace{(\sqrt{۲}\,a)^۲}_{\text{فاصله } q_۴ \text{ تا } q_۲}}=\sqrt{۲}\,\frac{kqQ}{a^۲}$$

$$\Rightarrow\frac{|Q|}{q}=۴\sqrt{۲}\xrightarrow{q\text{ ، }Q\text{ همنام}}\frac{Q}{q}=۴\sqrt{۲}$$

۳۱- گزینه «۴» دشوار



$$F_{۱۲}=F_{۴۲}=\frac{۹\times۱۰^۹\times۴\times۱۰^{-۶}\times۵\times۱۰^{-۶}}{(۰/۲)^۲}=۴/۵\ \text{N}$$

$$\vec{F}_{۱۲}=-۴/۵\,\vec{i}\ \text{ و }\ \vec{F}_{۴۲}=۴/۵\,\vec{j}$$

$$\vec{F}_T=\vec{F}_{۱۲}+\vec{F}_{۴۲}\Rightarrow -۹\,\vec{i}=-۴/۵\,\vec{i}+۴/۵\,\vec{j}+\vec{F}_{۳۲}$$

$$\Rightarrow\ \vec{F}_{۳۲}=-۴/۵\,\vec{i}-۴/۵\,\vec{j}$$

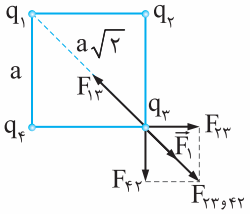
$$\Rightarrow F_{۳۲}=\sqrt{(۴/۵)^۲+(۴/۵)^۲}=۴/۵\sqrt{۲}\ \text{N}$$

طبق $\vec{F}_{۳۲}$ محاسبه شده، نیروی $q_۳$ بر $q_۲$ جاذبه است پس $q_۳$ باید مثبت باشد.

$$F_{۳۲}=\frac{۹\times۱۰^۹\times|q_۳|\times۵\times۱۰^{-۶}}{(۰/۲\sqrt{۲})^۲}\Rightarrow ۴/۵\sqrt{۲}=\frac{۴۵\times۱۰^۳\times|q_۳|}{۸\times۱۰^{-۲}}$$

$$\Rightarrow|q_۳|=۸\sqrt{۲}\times۱۰^{-۶}\ \text{C}\Rightarrow q_۳=۸\sqrt{۲}\ \mu\text{C}$$

۳۲- گزینه «۲» دشوار



اگر طول هر ضلع مربع **a** باشد. طول قطر آن $a\sqrt{۲}$ است. نیروهای وارد بر $q_۳$ می‌تواند مطابق شکل باشد، طبق این شکل باید $F_{۲۳}=F_{۴۳}$ باشد. چون فاصلهٔ بارهای $q_۲$ و $q_۴$ از بار $q_۳$ برابر است، باید $q_۲=q_۴$ باشد.

چون $F_{۲۳}$ و $F_{۴۳}$ هم‌اندازه و عمود برهم هستند، بزرگی برایند آن‌ها $\sqrt{۲}$ برابر هر یک از آن‌ها است.

$$F_{۲۳}=F_{۴۳}=\frac{K|q_۲||q_۳|}{a^۲}$$

$$\Rightarrow F_{۲۳،۴۲}=\sqrt{۲}\,\frac{K|q_۲||q_۳|}{a^۲}$$

چون نیروی خالص وارد بر بار $q_۳$ صفر است. باید $F_{۱۳}=F_{۲۳،۳۴}$ باشد. با توجه به جهت نیروها، باید $q_۲$ و $q_۴$ همنام و بار $q_۱$ با $q_۲$ و $q_۴$ ناهمنام باشد.

$$F_{۱۳}=F_{۲۳،۴۲}\Rightarrow\frac{K|q_۱||q_۳|}{(a\sqrt{۲})^۲}=\sqrt{۲}\,\frac{K|q_۲||q_۳|}{a^۲}$$

$$\frac{|q_۱|}{۲}=\sqrt{۲}\,|q_۲|\Rightarrow|q_۲|=\frac{\sqrt{۲}}{۴}|q_۱|\xrightarrow[q_۱،q_۲]{\text{ناهمنام}}q_۲=-\frac{\sqrt{۲}}{۴}q_۱$$

۱- آسان

آ) هربار الکتریکی در اطراف خود خاصیتی ایجاد می‌کند که به واسطه آن به بارهای الکتریکی اطراف خود نیرو وارد می‌کند. به این خاصیت میدان الکتریکی می‌گویند.

ب) نیروی وارد بر واحد بار مثبت است.

پ) میدان الکتریکی ناشی از چند بار الکتریکی در نقطه‌ای از فضا، برابر جمع برداری میدان‌هایی است که هر بار در نبود سایر بارها در آن نقطه از فضا ایجاد می‌کند.

۲- آسان

آ) برداری

ب) $\frac{N}{C}$

پ) مثبت

ت) توسط میدان الکتریکی

ث) غیرهمنام

ج) به سمت خارج بار

۳- آسان

آ) درست

ب) نادرست

پ)نادرست

ت)نادرست

ث) نادرست

۴- متوسط

همان طور که مشاهده می‌شود، شعله شمع نزدیک‌تر به سمت کلاهک کشیده شده است. در حالی که شعلهٔ شمع دورتر تغییر چندانی نکرده است. زیرا شمع دورتر در فاصلهٔ دوری از کلاهک قرار گرفته است و تحت تاثیر میدان الکتریکی ضعیف‌تری قرار می‌گیرد، یعنی با افزایش فاصله از بار الکتریکی، بزرگی میدان الکتریکی کاهش می‌یابد.

۵- آسان

آ) $E=\frac{F}{q}\Rightarrow E=\frac{۶\times۱۰^{-۵}}{۳\times۱۰^{-۸}}=۲۰۰۰\frac{N}{C}$

ب) $E=\frac{F}{q}\Rightarrow F=۲۰۰۰\times۱۲\times۱۰^{-۸}=۲۴\times۱۰^{-۵}\ N$

۶- متوسط

توجه: در رابطهٔ $\vec{F}=\frac{\vec{E}}{q}$ و q همیشه با علامت خود استفاده می‌شود.

آ) $\vec{E}=\frac{\vec{F}}{q}\Rightarrow \vec{E}=\frac{-۴۰۰\vec{i}}{-۵}+\frac{۳۰۰\vec{j}}{-۵}\Rightarrow \vec{E}=۸\vec{i}-۶\vec{j}$

ب) $E=\sqrt{۸^۲+۶^۲}=۱۰\frac{N}{C}$

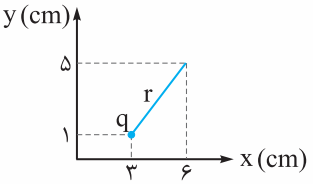
۷- متوسط

آ) $F=\frac{K|q_۱||q_۲|}{r^۲}$

$\Rightarrow F=\frac{۹\times۱۰^۹\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹}}{(۴\times۱۰^{-۱۵})^۲}=۱۴/۴\ N$

ب) $E=K\frac{|q|}{r^۲}\Rightarrow E=\frac{۹\times۱۰^۹\times۲۶\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹}}{(۱\times۱۰^{-۱۰})^۲}=۳/۷۴۴\times۱۰^{۱۲}\frac{N}{C}$

۸- متوسط



$E=K\frac{|q|}{r^۲}$ و $r=|AB|=\sqrt{(x_B-x_A)^۲+(y_B-y_A)^۲}$

$=\sqrt{(۶-۳)^۲+(۵-۱)^۲}=\sqrt{۳^۲+۴^۲}=۵\ cm$

$E=\frac{۹\times۱۰^۹\times۱۰\times۱۰^{-۹}}{(۵\times۱۰^{-۲})^۲}=\frac{۹\times۱۰}{۲۵\times۱۰^{-۴}}=۳۶\times۱۰^۳\frac{N}{C}$

۹- آسان

توجه: برای مقایسهٔ بزرگی میدان‌های الکتریکی داریم:

$\frac{E_۲}{E_۱}=\frac{|q_۲|}{|q_۱|}\times(\frac{r_۱}{r_۲})^۲$

$\frac{E_۲}{E_۱}=\frac{|q_۲|}{|q_۱|}\times(\frac{r_۱}{r_۲})^۲\Rightarrow\frac{E_۲}{E}=\frac{|۳q|}{|q|}\times(\frac{r}{۲r})^۲\Rightarrow E_۲=\frac{۳}{۴}E$

۱۰- متوسط

$\frac{E_۱}{E_۲}=(\frac{r_۲}{r_۱})^۲\Rightarrow\frac{۲۵۰}{۱۶۰}=(\frac{r+۱۰}{r})^۲\Rightarrow\frac{۲۵}{۱۶}=(\frac{r+۱۰}{r})^۲$

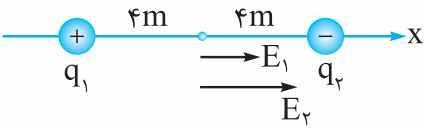
$\Rightarrow\frac{۵}{۴}=\frac{r+۱۰}{r}\Rightarrow ۵r=۴r+۴۰\Rightarrow r=۴۰\ cm$

۱۱- متوسط

آ) $E_1 = \frac{۹\times۱۰^۹\times۴\times۱۰^{-۶}}{۴^۲} = \frac{۹}{۴}\times۱۰^۳ \frac{N}{C}$

$E_۲ = \frac{۹\times۱۰^۹\times۶\times۱۰^{-۶}}{۴^۲} = \frac{۲۷}{۸}\times۱۰^۳ \frac{N}{C}$

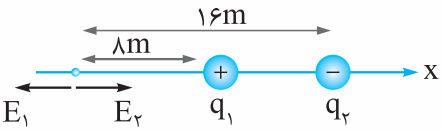
$E_T = \frac{۹}{۴}\times۱۰^۳ + \frac{۲۷}{۸}\times۱۰^۳ = \frac{۴۵}{۸}\times۱۰^۳ \frac{N}{C}$



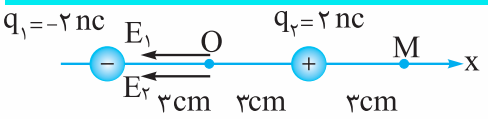
ب) $E_1 = \frac{۹\times۱۰^۹\times۴\times۱۰^{-۶}}{۸^۲} = \frac{۹}{۱۶}\times۱۰^۳ \frac{N}{C}$

$E_۲ = \frac{۹\times۱۰^۹\times۶\times۱۰^{-۶}}{۱۶^۲} = \frac{۲۷}{۱۲۸}\times۱۰^۳ \frac{N}{C}$

$E_T = \frac{۹}{۱۶}\times۱۰^۳ - \frac{۲۷}{۱۲۸}\times۱۰^۳ = \frac{۴۵}{۱۲۸} \frac{N}{C}$

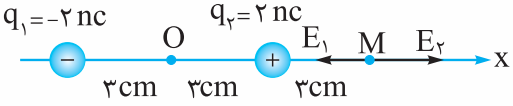


۱۲- متوسط



$E_1 = E_۲ = \frac{۹\times۱۰^۹\times۲\times۱۰^{-۹}}{(۳\times۱۰^{-۲})^۲} = ۲\times۱۰^۴ \frac{N}{C}$

$E_O = ۲\times۱۰^۴ + ۲\times۱۰^۴ = ۴\times۱۰^۴ \frac{N}{C}$



$E_۲ = \frac{۹\times۱۰^۹\times۲\times۱۰^{-۹}}{(۳\times۱۰^{-۲})^۲} = ۲\times۱۰^۴ \frac{N}{C}$

$E_۱ = \frac{۹\times۱۰^۹\times۲\times۱۰^{-۹}}{(۹\times۱۰^{-۲})^۲} = \frac{۲}{۹}\times۱۰^۴ \frac{N}{C}$

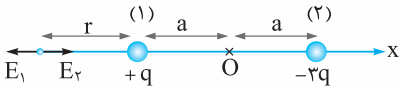
$E_M = ۲\times۱۰^۴ - \frac{۲}{۹}\times۱۰^۴ = \frac{۱۶}{۹}\times۱۰^۴ \frac{N}{C}$

۱۳- متوسط

توجه: ۱- برای دوبار نقطه‌ای همنام که در فاصلهٔ **r** از هم قرار دارند، نقطه‌ای روی خط واصل دوبار، بین دوبار و نزدیک بار کوچک‌تر وجود دارد که میدان الکتریکی خالص در آن صفر است.

۲- برای دوبار نقطه‌ای ناهمنام و غیر هم‌اندازه که در فاصله **r** از هم قرار دارند. نقطه‌ای روی امتداد خط واصل دوبار، خارج دو بار و نزدیک بار کوچک‌تر وجود دارد که میدان الکتریکی خالص در آن صفر است.

آ) با توجه به موارد بالا چون دو بار ناهمنام و غیر هم‌اندازه هستند، در نقطه‌ای خارج فاصلهٔ دو بار نزدیک بار کوچک‌تر **(+q)** میدان الکتریکی برایند صفر است.

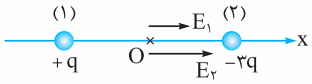


$E_1 = E_۲ \Rightarrow \frac{K|q|}{r^۲} = \frac{K|-۳q|}{(r+۲a)^۲}$

$\Rightarrow \frac{۱}{r^۲} = \frac{۳}{(r+۲a)^۲} \xrightarrow{\text{جذر}} r+۲a = \sqrt{۳}r$

$\Rightarrow (\sqrt{۳}-۱)r = ۲a \Rightarrow r = \frac{۲a}{\sqrt{۳}-۱} = (\sqrt{۳}+۱)a$

ب)

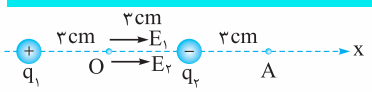


$E_1 = \frac{K|q|}{a^۲}$, $E_۲ = \frac{K|-۳q|}{a^۲} = \frac{۳K|q|}{a^۲}$

$E_O = E_1 + E_۲ = \frac{۴K|q|}{a^۲}$

جهت میدان الکتریکی برایند در سوی مثبت محور **x**ها است.

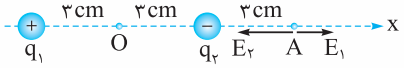
۱۴- متوسط



آ) $E_1 = E_۲ = \frac{۹\times۱۰^۹\times۱\times۱۰^{-۹}}{(۳\times۱۰^{-۲})^۲} = ۱۰^۴ \frac{N}{C}$

$E_O = ۱۰^۴ \vec{i} + ۱۰^۴ \vec{i} = ۲\times۱۰^۴ \frac{N}{C}\vec{i}$

جهت میدان الکتریکی برایند در نقطه **O** در سوی مثبت محور **x**ها و بزرگی آن $۲\times۱۰^۴ \frac{N}{C}$ است.



$E_1 = \frac{۹\times۱۰^۹\times۱\times۱۰^{-۹}}{(۹\times۱۰^{-۲})^۲} = \frac{۱}{۹}\times۱۰^۴ \frac{N}{C}$,

$E_۲ = \frac{۹\times۱۰^۹\times۱\times۱۰^{-۹}}{(۳\times۱۰^{-۲})^۲} = ۱۰^۴ \frac{N}{C}$

$\vec{E}_A = \frac{۱}{۹}\times۱۰^۴\vec{i} - ۱۰^۴\vec{i} = -\frac{۸}{۹}\times۱۰^۴ \frac{N}{C}\vec{i}$

جهت میدان الکتریکی برایند در نقطه **A** در سوی محور منفی **x**ها است و بزرگی $\frac{۸}{۹}\times۱۰^۴ \frac{N}{C}$ است.

ب) چون بارها هم‌اندازه و ناهمنام هستند به غیر از بی‌نهایت نقطه دیگری وجود ندارد که میدان الکتریکی خالص در آن صفر باشد.

۱۵- دشوار

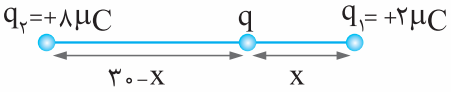
چون نقطه **c** خارج فاصله بین دوبار است، دوبار ناهمنام هستند.

$$E_۱ = E_۲ \Rightarrow \frac{|q_۱|}{(۶۰+۲۰)^۲} = \frac{|q_۲|}{۲۰^۲} \Rightarrow \frac{|q_۲|}{|q_۱|} = (\frac{۲۰}{۸۰})^۲$$

$$\Rightarrow \frac{|q_۲|}{|q_۱|} = \frac{۱}{۱۶} \xrightarrow{\text{بارها ناهمنام}} \frac{q_۲}{q_۱} = -\frac{۱}{۱۶}$$

۱۶- دشوار

چون بارهای $q_۱$ و $q_۲$ همنام هستند، بار **q** باید بین دو بار $q_۱$ و $q_۲$ و نزدیک بار کوچکتر $q_۱$ قرار گیرد.



$$E_۱ = E_۲ \Rightarrow \frac{۲}{x^۲} = \frac{۸}{(۳۰-x)^۲} \Rightarrow x = ۱۰\,cm$$

شرط اینکه میدان الکتریکی خالص در محل یکی از بارهای $q_۱$ یا $q_۲$ صفر باشد را می‌نویسیم. (فرقی ندارد برای کدام یک از بارهای $q_۱$ یا $q_۲$ باشد.) مثلاً چون می‌خواهیم میدان الکتریکی خالص در محل بار $q_۱$ صفر شود و این نقطه خارج فاصلهٔ بارهای q و $q_۲$ است پس باید q و $q_۲$ ناهمنام باشند، چون $q_۲$ مثبت است پس **q** باید منفی باشد.

$$E_۲ = E \Rightarrow \frac{۸}{۳۰^۲} = \frac{|q|}{x^۲} \xrightarrow{x=۱۰cm} \frac{۸}{۳۰^۲} = \frac{|q|}{۱۰^۲}$$

$$\Rightarrow |q| = \frac{۸\times۱۰^۲}{۳۰^۲} = \frac{۸}{۹} \xrightarrow{q<۰} q = -\frac{۸}{۹}\mu C$$

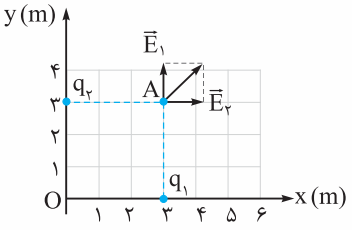
۱۷- دشوار

$$\left.\begin{array}{l}\text{حالت اول}: \vec{E} = \vec{E}_۱ + \vec{E}_۲ \\ \text{حالت دوم}: \frac{\vec{E}}{۲} = \vec{E}_۲\end{array}\right\} \vec{E}_۱ + \vec{E}_۲ = ۲\vec{E}_۲ \Rightarrow \vec{E}_۱ = \vec{E}_۲$$

$\vec{E}_۱ = \vec{E}_۲$ نشان می‌دهد، میدان الکتریکی بارهای $q_۱$ و $q_۲$ در نقطهٔ **M** هم‌اندازه و هم‌جهت هستند چون نقطهٔ **M** بین دو بار است، باید بارهای $q_۱$ و $q_۲$ ناهمنام باشند تا میدان الکتریکی آن‌ها در نقطهٔ **M** هم‌جهت باشد. از طرفی:

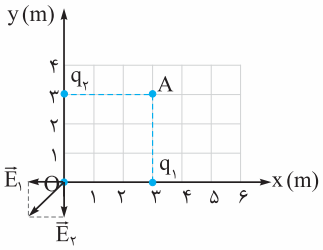
$$E_۱ = E_۲ \Rightarrow \frac{|q_۱|}{۲۰^۲} = \frac{|q_۲|}{۱۰^۲} \Rightarrow \frac{|q_۱|}{|q_۲|} = ۴ \xrightarrow[q_۲, q_۱]{\text{ناهمنام}} \frac{q_۱}{q_۲} = -۴$$

۱۸- متوسط



$$E_۱ = E_۲ = \frac{۹\times۱۰^۹\times۵\times۱۰^{-۶}}{۳^۲} = ۵۰۰۰\,\frac{N}{C}$$

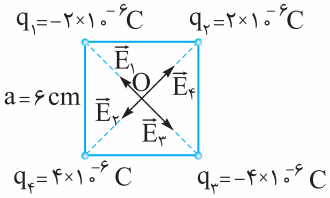
$$\vec{E}_A = ۵۰۰۰\,\vec{i} + ۵۰۰۰\,\vec{j}$$



$$E_۱ = E_۲ = ۵۰۰۰\,\frac{N}{C}$$

$$\vec{E}_o = -۵۰۰۰\,\vec{i} - ۵۰۰۰\,\vec{j}$$

۱۹- متوسط



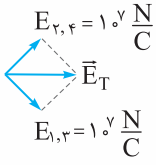
ابتدا قطر مربع را محاسبه می‌کنیم $r = \sqrt{۶^۲ + ۶^۲} = ۶\sqrt{۲}\ cm$ قطرهای مربع، یکدیگر را نصف می‌کنند. بنابراین فاصلهٔ هر یک از بارها تا مرکز مربع $\frac{r}{۲}$ است و $\frac{r}{۲} = ۳\sqrt{۲}\ cm$. حال اندازهٔ میدان الکتریکی هر یک از بارها را در مرکز مربع محاسبه می‌کنیم:

$$E_۲ = E_۱ = \frac{۹\times۱۰^۹\times۲\times۱۰^{-۶}}{(۳\sqrt{۲}\times۱۰^{-۲})^۲} = ۱۰^۷\,\frac{N}{C} \quad \text{و}$$

$$E_۳ = E_۴ = \frac{۹\times۱۰^۹\times۴\times۱۰^{-۶}}{(۳\sqrt{۲}\times۱۰^{-۲})^۲} = ۲\times۱۰^۷\,\frac{N}{C}$$

باتوجه به جهت میدان‌ها داریم:

$$E_T = \sqrt{(۱۰^۷)^۲ + (۱۰^۷)^۲} = \sqrt{۲}\times۱۰^۷\,\frac{N}{C}$$

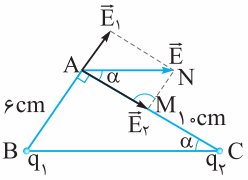


۲۰- متوسط

از تقارن شکل واضح است که همهٔ میدان‌های حاصل از بارهای روی دو مربع همدیگر را دو به دو خنثی می‌کند، به جز دو باری که در وسط دو ضلع سمت چپ و راست مربع بزرگ قرار دارند. در این صورت، میدان الکتریکی در نقطهٔ **P** برایند میدان‌های حاصل از میدان این دو بار می‌شود. چون بار سمت چپ بزرگ‌تر است، جهت میدان برایند به سوی آن است. بنابراین، خواهیم داشت:

$$\vec{E}_P = k\frac{2q}{d^2}(-\vec{i}) + k\frac{q}{d^2}(\vec{i}) \Rightarrow \vec{E}_P = \frac{kq}{d^2}(-\vec{i})$$

۲۱- دشوار



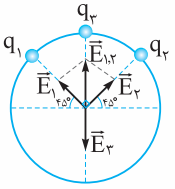
بردار $\vec{E}$ برایند بردارهای میدان الکتریکی بارهای q_1 و q_2 در رأس قائمه است که مطابق شکل هستند. بنابراین $q_1 > 0$ و $q_2 < 0$ است، یعنی q_1 و q_2 ناهمنام هستند.

چون $\vec{E}$ موازی ضلع **BC** است: $\angle BCA = \angle NAM = \alpha$

$$\left.\begin{array}{l} \overset{\triangle}{ABC}: \tan\alpha = \frac{۶}{۱۰} \\ \overset{\triangle}{AMN}: \tan\alpha = \frac{E_1}{E_2} \end{array}\right\} \frac{E_1}{E_2} = \frac{۶}{۱۰} \Rightarrow \frac{\frac{K|q_1|}{۶^2}}{\frac{K|q_2|}{۱۰^2}} = \frac{۶}{۱۰}$$

$$\Rightarrow \frac{|q_1|}{|q_2|} \times \frac{۱۰۰}{۳۶} = \frac{۶}{۱۰} \Rightarrow \frac{|q_1|}{|q_2|} = \frac{۲۷}{۱۲۵} \xrightarrow[q_1, q_2]{\text{ناهمنام}} \frac{q_1}{q_2} = -\frac{۲۷}{۱۲۵}$$

۲۲- دشوار



اگر شعاع دایره را **r** فرض کنیم:

$$E_1 = E_2 = \frac{K|-2|}{r^2}$$

جهت E_1 و E_2 مطابق شکل است.

توجه: برایند دو بردار هم‌اندازه در راستای نیمساز زاویهٔ بین دو بردار است. چون E_1 و E_2، هم‌اندازه و عمود برهم هستند. برایند آن‌ها $(\vec{E}_{1,2})$ در جهت نشان داده شده در شکل است

$$E_{1,2} = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{2}\frac{k \times 2}{r^2}$$

اگر بخواهیم میدان الکتریکی خالص در مرکز دایره صفر باشد باید جهت میدان الکتریکی بار q_3 $(\vec{E}_3)$ مطابق شکل باشد، یعنی q_3 مثبت است و:

$$E_3 = E_{1,2} \Rightarrow \frac{k|q_3|}{r^2} = 2\sqrt{2}\frac{k}{r^2} \Rightarrow |q_3| = 2\sqrt{2}\,\mu C \xrightarrow{q_3 > 0} q_3 = 2\sqrt{2}\,\mu C$$

۱- گزینه «۳» آسان

طبق رابطهٔ $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$، میدان الکتریکی کمیتی برداری است که یکای آن نیوتون بر کولن است.

۲- گزینه «۴» آسان

$$E = \frac{k|q|}{r^2} = \frac{۹\times۱۰^۹ \times ۲۰\times۱۰^{-۶}}{۱} = ۱/۸\times۱۰^۵\ \frac{N}{C}$$

۳- گزینه «۱» آسان

$$E = \frac{F}{|q|} = \frac{۰/۰۲}{۲۰\times۱۰^{-۶}} = \frac{۲\times۱۰^{-۲}}{۲\times۱۰^{-۵}} = ۱۰^۳\ \frac{N}{C}$$

۴- گزینه «۳» متوسط

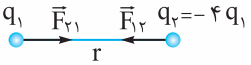
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \Rightarrow \vec{E} = \frac{۱۰/۸}{۲\times۱۰^{-۶}}\vec{i} - \frac{۱۴/۴}{۲\times۱۰^{-۶}}\vec{j}$$

$$\Rightarrow \vec{E} = ۵/۴\times۱۰^۶\,\vec{i} - ۷/۲\times۱۰^۶\,\vec{j}$$

$$E = \sqrt{(۵/۴\times۱۰^۶)^2 + (۷/۲\times۱۰^۶)^2} = ۱۰^۶\sqrt{۰/۹^2(۶^2+۸^2)}$$

$$= ۰/۹\times۱۰^۶\sqrt{۱۰۰} = ۹\times۱۰^۶\ \frac{N}{C}$$

۵- گزینه «۲» متوسط



نیروی بین بارها، مطابق شکل $\vec{F}_{12}$ و $\vec{F}_{21}$ است که $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$

$$\vec{E}_1 = \frac{\vec{F}_{12}}{q_2} = \frac{\vec{F}_{12}}{-۴q_1} \Rightarrow \vec{E}_1 = \frac{۱}{۴}\vec{E}_2 \Rightarrow \vec{E}_2 = ۴\vec{E}_1$$

$$\vec{E}_2 = \frac{\vec{F}_{21}}{q_1} = \frac{-\vec{F}_{12}}{q_1}$$

۶- گزینه «۱» آسان

$$E = \frac{K|q|}{r^2} \Rightarrow ۱۰^۵ = \frac{۹\times۱۰^۹ \times |q|}{(۰/۳)^2}$$

$$\Rightarrow |q| = \frac{۹\times۱۰^{-۲}\times۱۰^۵}{۹\times۱۰^۹} = ۱۰^{-۶}C = ۱\mu C$$

$$F = E|q'| \Rightarrow ۰/۰۲ = ۱۰^۵|q'| \Rightarrow |q'| = ۲\times۱۰^{-۷}C = ۰/۲\mu C$$

۷- گزینه «۲» متوسط

$$\frac{E_۲}{E_۱}=|\frac{q_۲}{q_۱}|\times(\frac{r_۱}{r_۲})^۲ \Rightarrow \frac{\frac{۳}{۲}E}{E}=|\frac{q_۲}{q_۱}|\times(\frac{۲۰}{۳۰})^۲ \Rightarrow \frac{۳}{۲}=|\frac{q_۲}{q_۱}|\times\frac{۴}{۹}$$

$$\Rightarrow|\frac{q_۲}{q_۱}|=\frac{\frac{۳}{۲}}{\frac{۴}{۹}}=\frac{۲۷}{۸}\Rightarrow|\frac{q_۱}{q_۲}|=\frac{۸}{۲۷}$$

۸- گزینه «۳» آسان

$$\frac{E_۲}{E_۱}=(\frac{r_۱}{r_۲})^۲ \Rightarrow \frac{E_B}{E_C}=(\frac{r_C}{r_B})^۲$$

$$\frac{E_B}{E_C}=(\frac{AB+BC}{AB})^۲$$

$$\xrightarrow{AB=\frac{۳}{۲}BC} \frac{E_B}{E_C}=(\frac{\frac{۳}{۲}BC+BC}{\frac{۳}{۲}BC})^۲=(\frac{\frac{۵}{۲}BC}{\frac{۳}{۲}BC})^۲=\frac{۲۵}{۹}$$

۹- گزینه «۲» متوسط

$$r_۱=۲۰cm, E_۱=E, r_۲=?$$

$$E_۲=E-\frac{۷۵}{۱۰۰}E=\frac{۲۵}{۱۰۰}E=\frac{۱}{۴}E$$

$$\frac{E_۲}{E_۱}=(\frac{r_۱}{r_۲})^۲ \Rightarrow \frac{\frac{۱}{۴}E}{E}=(\frac{۲۰}{r_۲})^۲ \Rightarrow \frac{۱}{۲}=\frac{۲۰}{r_۲} \Rightarrow r_۲=۴۰cm$$

$$\Delta r=r_۲-r_۱=۴۰-۲۰=۲۰cm$$

۱۰- گزینه «۳» متوسط

بزرگی میدان الکتریکی در فاصلهٔ ۰/۸ متری از بار **q** را با $E_۱$ و در فاصلهٔ ۹۰ سانتی‌متری از آن با $E_۲$ نمایش می‌دهیم

$$\frac{E_۲}{E_۱}=(\frac{r_۱}{r_۲})^۲ \Rightarrow \frac{E_۲}{۲/۲۵\times۱۰^۵}=(\frac{۸۰}{۹۰})^۲$$

$$\xrightarrow{۲/۲۵=\frac{۹}{۴}} E_۲=\frac{۹}{۴}\times۱۰^۵\times\frac{۶۴}{۸۱}=\frac{۱۶\times۱۰^۵}{۹}\frac{N}{C}$$

$$F=E_۲|q'|\Rightarrow F=\frac{۱۶\times۱۰^۵}{۹}\times۹\times۱۰^{-۶}=۱/۶\,N$$

۱۱- گزینه «۳» متوسط

گام اول: اندازه میدان الکتریکی حاصل از بار الکتریکی در فاصله $r_۱=۳۰cm$ از آن را $E_۱$ و در فاصله $r_۲=۱۰cm$ از آن را $E_۲$ در نظر می‌گیریم. بنابراین $E_۱=E_۲-۱/۶\times۱۰^۴$ است. حالا می‌نویسیم:

$$E=k\frac{|q|}{r^۲}\Rightarrow\frac{E_۲}{E_۱}=(\frac{r_۱}{r_۲})^۲\Rightarrow\frac{E_۲}{E_۲-۱/۶\times۱۰^۴}=(\frac{۳۰}{۱۰})^۲$$

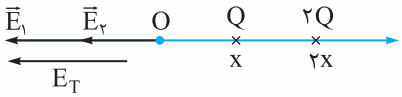
$$\Rightarrow\frac{E_۲}{E_۲-۱/۶\times۱۰^۴}=۹\Rightarrow E_۲=۹E_۲-۱۴/۴\times۱۰^۴$$

$$E_۲=۱/۸\times۱۰^۴\frac{N}{C}$$

گام دوم: حالا به سراغ محاسبه اندازه میدان الکتریکی حاصل از بار الکتریکی در فاصله $r_۳=۱m=۱۰۰cm$ از آن می‌رویم:

$$\frac{E_۳}{E_۲}=(\frac{r_۲}{r_۳})^۲\Rightarrow\frac{E_۳}{۱/۸\times۱۰^۴}=(\frac{۱۰}{۱۰۰})^۲\Rightarrow E_۳=۱/۸\times۱۰^۲=۱۸۰\frac{N}{C}$$

۱۲- گزینه «۴» آسان

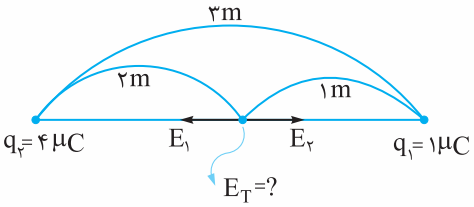


$$E=\frac{k|q|}{r^۲}$$

$$E_۱=\frac{KQ}{x^۲}, E_۲=\frac{k\times۲Q}{۴x^۲}=\frac{kQ}{۲x^۲}$$

$$E_T=E_۱+E_۲=\frac{kQ}{x^۲}+\frac{kQ}{۲x^۲}=\frac{۳kQ}{۲x^۲}$$

۱۳- گزینه «۱» آسان



چون هر دو بار مثبت‌اند میدان الکتریکی آن‌ها روی خط واصل دوبار و بین دوبار، بردارهایی در جهت مخالف یکدیگرند.

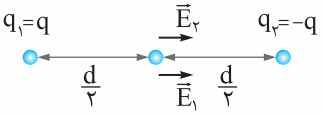
$$E=\frac{k|q|}{r^۲}$$

$$E_۱=\frac{K\times۱\times۱۰^{-۶}}{۱^۲}=۱۰^{-۶}K\frac{N}{C}$$

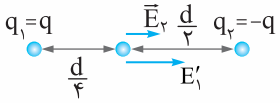
$$E_۲=\frac{K\times۴\times۱۰^{-۶}}{۲^۲}=۱۰^{-۶}K\frac{N}{C}$$

چون دو بار هم‌اندازه و خلاف جهت یکدیگرند، نتیجه می‌گیریم $E_T=۰$ است.

۱۴- گزینه «۳» متوسط



$$E_۱=E_۲=\frac{kq}{(\frac{d}{۲})^۲}=\frac{۴kq}{d^۲} \quad و \quad E=E_۱+E_۲=\frac{۸kq}{d^۲}$$



$$E'_۱=\frac{kq}{(d/۴)^۲}=\frac{۱۶kq}{d^۲} \quad و \quad E_۲=\frac{۴kq}{d^۲} \quad و \quad E'=E'_۱+E_۲=\frac{۲۰kq}{d^۲}$$

$$\frac{E'}{E}=\frac{۲۰\frac{kq}{d^۲}}{۸\frac{kq}{d^۲}}=۲/۵$$

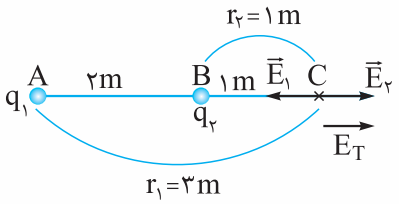
۱۵- گزینه «۳» آسان

$r_۱ = ۳\,m$ و $q_۱ = -۵\times ۱۰^{-۶}\,C$

$r_۲ = ۱\,m$ و $q_۲ = +۵\times ۱۰^{-۶}\,C$

$$E_۱ = \frac{k|q_۱|}{r_۱^۲} = \frac{۹\times ۱۰^۹ \times ۵\times ۱۰^{-۶}}{۹} = ۵\times ۱۰^۳\,\frac{N}{C}$$

$$E_۲ = \frac{k|q_۲|}{r_۲^۲} = \frac{۹\times ۱۰^۹ \times ۵\times ۱۰^{-۶}}{۱} = ۴۵\times ۱۰^۳\,\frac{N}{C}$$



$$E_T = E_۲ - E_۱ = ۴۵\times ۱۰^۳ - ۵\times ۱۰^۳ = ۴۰\times ۱۰^۳ = ۴\times ۱۰^۴\,\frac{N}{C}$$

۱۶- گزینه «۲» آسان

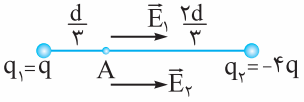
در حالت نخست $\vec{E}_T = \vec{E}_۱ + \vec{E}_۲$ و $|\vec{E}_T| = ۱۰۰۰\frac{N}{C}$ از طرفی میدان الکتریکی با اندازهٔ بار نسبت مستقیم دارد و با دو برابر شدن بار، میدان الکتریکی در همان فاصلهٔ قبلی نیز دو برابر می‌شود.

$$\vec{E'} = \vec{E'}_۱ + \vec{E'}_۲ = ۲\vec{E}_۱ + ۲\vec{E}_۲$$

$$\vec{E'}_T = ۲(\vec{E}_۱ + \vec{E}_۲) \Rightarrow |E'_T| = ۲|\vec{E}_۱ + \vec{E}_۲|$$

$$\Rightarrow E'_T = ۲\times ۱۰۰۰ = ۲۰۰۰\frac{N}{C}$$

۱۷- گزینه «۱» متوسط



$$E_۲ = \frac{k|q_۲|}{(۲d/۳)^۲} = \frac{۹kq}{d^۲}\ \text{و}\ E_۱ = \frac{k|q_۱|}{(d/۳)^۲} = \frac{۹kq}{d^۲}$$

به سمت راست $E = E_۱ + E_۲ = \frac{۱۸kq}{d^۲}$

با حذف بار $q_۱ = q$ تنها میدان الکتریکی بار $q_۲ = -۴q$ باقی می‌ماند که به سمت چپ و بزرگی $\frac{۹kq}{d^۲}$ است. بنابراین میدان الکتریکی در نقطه **A** برابر $\frac{\vec{E}}{۲}$ خواهد شد.

۱۸- گزینه «۴» دشوار

$$\left.\begin{array}{l}\text{حالت اول}: \vec{E}_۱ = \vec{E}_A + \vec{E}_B \\ \text{حالت دوم}: -\vec{E}_۱ = \vec{E}_A \Rightarrow \vec{E}_۱ = -\vec{E}_A\end{array}\right\}$$

$$\Rightarrow \vec{E}_A + \vec{E}_B = -\vec{E}_A \Rightarrow \vec{E}_B = -۲\vec{E}_A$$

چون نقطهٔ **M** بین دوبار است و $\vec{E}_B$ و $\vec{E}_A$ خلاف جهت هم هستند پس باید q_A و q_B همنام باشند.

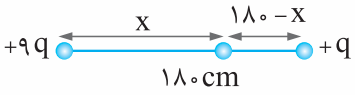
از طرفی $E_B = ۲E_A$ یعنی:

$$\frac{K|q_B|}{r^۲} = ۲\frac{K|q_A|}{r^۲} \Rightarrow |q_B| = ۲|q_A|$$

$$\xrightarrow{\text{بارها همنام}} q_B = ۲q_A$$

۱۹- گزینه «۱» متوسط

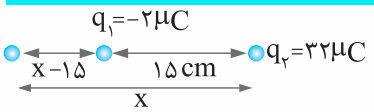
توجه کنید در این سوال خواسته شده اندازهٔ دو میدان بارهای **q** و $۹q$ باهم برابر باشد. دو نقطه وجود دارد. یکی بین دوبار که در این حالت بزرگی میدان الکتریکی خالص صفر است و دیگری خارج فاصلهٔ دوبار و نزدیک بار کوچک‌تر که در این حالت بزرگی میدان الکتریکی خالص صفر نیست. چون در صورت سوال ذکر شده نقطه بین دو بار باشد. این نقطه را بررسی می‌کنیم:



$$\frac{۹q}{x^۲} = \frac{q}{(۱۸۰-x)^۲} \xrightarrow{\text{جذر}} \frac{۳}{x} = \frac{۱}{۱۸۰-x}$$

$$\Rightarrow ۳\times ۱۸۰ - ۳x = x \Rightarrow x = ۱۳۵\,cm$$

۲۰- گزینه «۴» متوسط



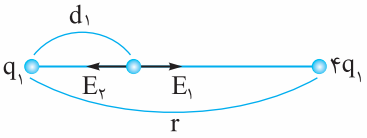
چون دو بار ناهمنام هستند، روی خط واصل دوبار، خارج دو بار نزدیک بار کوچک‌تر بزرگی میدان الکتریکی خالص (برایند) صفر می‌شود.

$$E_۱ = E_۲ \Rightarrow \frac{|q_۱|}{(x-۱۵)^۲} = \frac{|q_۲|}{x^۲} \Rightarrow \frac{۱}{(x-۱۵)^۲} = \frac{۱۶}{x^۲}$$

$$\xrightarrow{\text{جذر}} \frac{۱}{x-۱۵} = \frac{۴}{x} \Rightarrow ۴x - ۶۰ = x \Rightarrow x = ۲۰\,cm$$

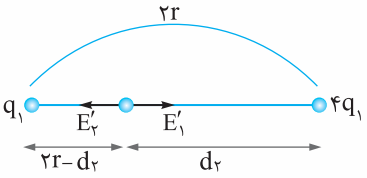
۲۱- گزینه «۴» دشوار

برای دو بار هم نام، در نقطه ای بین دو بار نزدیک بار کوچک‌تر میدان الکتریکی خالص صفر است.



$$E_۱ = E_۲ \Rightarrow \frac{kq_۱}{d_۱^۲} = k\frac{۴q_۱}{(r-d_۱)^۲} \Rightarrow d_۱ = \frac{r}{۳}$$

حال اگر فاصلهٔ بین دو بار را دو برابر کنیم:



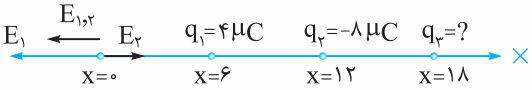
$$E'_۱ = E'_۲ \Rightarrow \frac{kq_۱}{(۲r-d_۲)^۲} = k\frac{۴q_۱}{d_۲^۲} \Rightarrow \frac{۱}{۲r-d_۲} = \frac{۲}{d_۲}$$

$$\Rightarrow ۴r - ۲d_۲ = d_۲ \Rightarrow d_۲ = \frac{۴}{۳}r$$

$$\frac{d_۲}{d_۱} = \frac{\frac{۴r}{۳}}{\frac{r}{۳}} = ۴$$

۲۲- گزینه «۲» دشوار

میدان بار $q_۱$ در $x = ۰$ به سمت چپ و میدان بار $q_۲$ در $x = ۰$ به سمت راست می‌باشد.



$$\begin{cases} E_۱ = k\frac{q_۱}{r_۱^۲} = k\times\frac{۴}{۳۶} = \frac{k}{۹} \\ E_۲ = k\frac{q_۲}{r_۲^۲} = k\times\frac{۸}{۱۲^۲} = \frac{k}{۱۸} \end{cases}$$

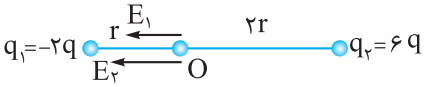
$$\Rightarrow E_۱ > E_۲ \Rightarrow E_{۱,۲} = E_۱ - E_۲ = \frac{k}{۱۸}$$

برای آن‌که میدان در نقطهٔ $x = ۰$، صفر باشد باید بار $q_۳$ نیز منفی بوده و میدان آن را به سمت راست و مقدار آن برابر $\frac{k}{۱۸}$ باشد.

$$E_۳ = k\frac{q_۳}{r_۳^۲} \Rightarrow \frac{k}{۱۸} = \frac{k|q_۳|}{۱۸\times۱۸} \Rightarrow |q_۳| = ۱۸ \Rightarrow q_۳ = -۱۸\mu C$$

$E_{۱۲} \longleftrightarrow E_{q_۳}$

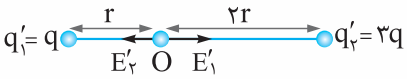
۲۳- گزینه «۱» دشوار



بزرگی میدان الکتریکی خالص در حالت اول $(E_۱)$ را با $\mathbf{E}$ نمایش می‌دهیم و $E_۱$ و $E_۲$ بزرگی میدان الکتریکی بارهای $q_۱$ و $q_۲$ باشد.

$$E = E_۱ + E_۲ \Rightarrow E = \frac{K|q_۱|}{r^۲} + \frac{K|q_۲|}{(۲r)^۲}$$

$$\Rightarrow E = \frac{۲Kq}{r^۲} + \frac{۶Kq}{۴r^۲} = \frac{۷}{۲}K\frac{q}{r^۲}$$



$$q'_۲ = ۶q - ۰/۵(۶q) = ۳q$$

$$q'_۱ = -۲q + ۰/۵(۶q) = q$$

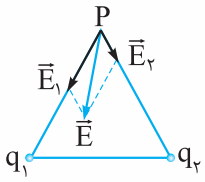
بزرگی میدان الکتریکی خالص در حالت دوم $(E_۲)$ را با E' نمایش می‌دهیم و $E'_۱$ و $E'_۲$ بزرگی میدان الکتریکی بارهای $q'_۱$ و $q'_۲$ باشد.

$$E' = E'_۱ - E'_۲ \Rightarrow E' = \frac{K|q'_۱|}{r^۲} - \frac{K|q'_۲|}{(۲r)^۲}$$

$$\Rightarrow E' = \frac{Kq}{r^۲} - \frac{۳Kq}{۴r^۲} = \frac{۱}{۴}\frac{Kq}{r^۲}$$

$$\frac{E'}{E} = \frac{\frac{۱}{۴}\frac{kq}{r^۲}}{\frac{۷}{۲}\frac{kq}{r^۲}} = \frac{۱}{۱۴}$$

۲۴- گزینه «۲» متوسط

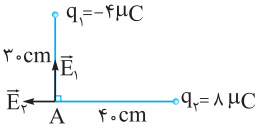


بردار $\vec{E}$ را در دو راستای خط واصل نقطهٔ $\mathbf{P}$ و محل بارها تجزیه می‌کنیم تا مولفه $\vec{E}_۱$ و $\vec{E}_۲$ به دست آیند. چون جهت هر دوی آن‌ها به طرف بارها است، نتیجه می‌گیریم هر دو بار منفی‌اند.

۲۵- گزینه «۴» دشوار

در نقطه $\mathbf{H}$ میدان الکتریکی برآیند برابر صفر است و در فاصله خیلی دور میدان به صفر میل می‌کند و در این فاصله این دو، میدان دارای مقداری است. بنابراین اندازه میدان برایند ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد.

۲۶- گزینه «۴» متوسط



میدان الکتریکی خالص در **A** باید به صورت $\vec{E}=-E_2\vec{i}+E_1\vec{j}$ باشد. حذف گزینه‌های ۱ و ۳

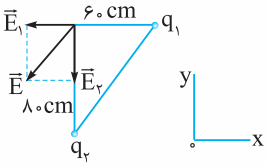
$$E_1=\frac{9\times10^9\times4\times10^{-6}}{(0/3)^2}=\frac{9\times4\times10^3}{9\times10^{-2}}=4\times10^5\ \frac{N}{C}$$

بنابراین گزینهٔ ۴ درست است. می‌توانیم E_2 را هم حساب کنیم.

$$E_2=\frac{9\times10^9\times8\times10^{-6}}{(0/4)^2}=\frac{9\times8\times10^3}{16\times10^{-2}}=4/5\times10^5\ \frac{N}{C}$$

که باز هم تأکید دارد گزینهٔ ۴ درست است.

۲۷- گزینه «۴» آسان



بردار $\vec{E}$ و میدان‌های E_1 و E_2 مطابق شکل هستند پس q_1 مثبت و q_2 منفی است. حذف گزینه‌های ۱ و ۳

$$E_1=\frac{9\times10^9\times|q_1|}{(0/6)^2}\Rightarrow2\times10^5\times36\times10^{-2}=9\times10^9|q_1|$$

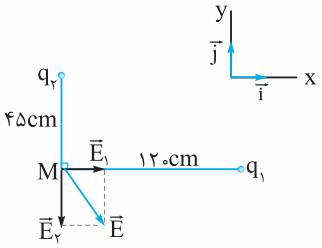
$$\Rightarrow|q_1|=8\times10^{-6}\ C\xrightarrow{q_1>0}q_1=8\mu C$$

از همین پاسخ هم میتوان گزینه ۴ را به عنوان گزینهٔ درست انتخاب کرد.

$$E_2=\frac{9\times10^9\times|q_2|}{(0/8)^2}\Rightarrow1/8\times10^5\times64\times10^{-2}=9\times10^9|q_2|$$

$$\Rightarrow|q_2|=\frac{18\times64\times10^2}{9\times10^9}=128\times10^{-7}\ C\xrightarrow{q_2<0}q_2=-12/8\mu C$$

۲۸- گزینه «۲» متوسط



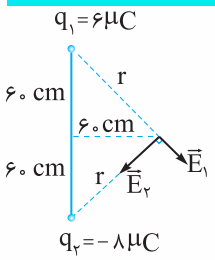
$$\vec{E}=4/5\times10^5\vec{i}-8\times10^5\vec{j}$$

بردار $\vec{E}$ و میدان‌های E_1 و E_2 مطابق شکل هستند پس q_1 منفی و q_2 مثبت است و نسبت $\frac{q_1}{q_2}$ منفی است پس گزینه‌های ۳ و ۴ حذف می‌شوند.

$$\frac{E_1}{E_2}=\frac{\frac{K|q_1|}{r_1^2}}{\frac{K|q_2|}{r_2^2}}\Rightarrow\frac{4/5\times10^5}{8\times10^5}=|\frac{q_1}{q_2}|\times\frac{r_2^2}{r_1^2}$$

$$\Rightarrow\frac{4/5}{8}=|\frac{q_1}{q_2}|\times\frac{45^2}{120^2}\Rightarrow|\frac{q_1}{q_2}|=4\xrightarrow{q_2>0,\,q_1<0}\frac{q_1}{q_2}=-4$$

۲۹- گزینه «۲» دشوار



$$r=60\sqrt{2}\ cm$$

$$E_1=\frac{9\times10^9\times6\times10^{-6}}{(60\sqrt{2}\times10^{-2})}=\frac{9\times6\times10^3}{36\times2\times10^{-2}}=\frac{3}{4}\times10^5\ \frac{N}{C}$$

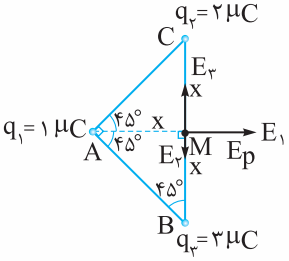
$$E_2=\frac{9\times10^9\times8\times10^{-6}}{(60\sqrt{2}\times10^{-2})^2}=\frac{9\times8\times10^3}{36\times2\times10^{-2}}=10^5\ \frac{N}{C}$$

$$E=\sqrt{E_1^2+E_2^2}=10^5\sqrt{1^2+0/75^2}$$

$$=10^5\sqrt{0/25^2(4^2+3^2)}=5\times0/25\times10^5$$

$$E=1/25\times10^5\ \frac{N}{C}$$

۳۰- گزینهٔ «۱» دشوار



توجه: در مثلث متساوی الساقین $\overset{\Delta}{ABC}$، میانهٔ **AM** ارتفاع و نیمساز نیز هست و میانهٔ وارد بر وتر در این مثلث، نصف وتر است.

$$r_1=r_2=r_3=x$$

$$E_{2,3}=\frac{K|q_3|}{x^2}-\frac{K|q_2|}{x^2}=\frac{K(3-2)}{x^2}=\frac{K}{x^2}$$

$$E_1=K\frac{|q_1|}{x^2}=\frac{K}{x^2}$$

E_1 و $E_{2,3}$ برهم عمودند پس:

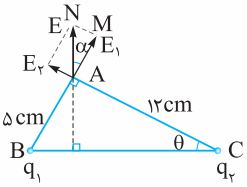
$$E=\sqrt{2}\frac{K}{x^2}$$

پس از حذف بار q_2، بزرگی میدان برایند در نقطهٔ **M**، حاصل بزرگی بردارهای عمود برهم E_1 و E_2 است.

$$E'=\sqrt{(\frac{K|q_1|}{x^2})^2+(\frac{K|q_3|}{x^2})^2}=\sqrt{\frac{K^2}{x^4}(1^2+3^2)}=\frac{K}{x^2}\sqrt{10}$$

$$\frac{E'}{E}=\frac{\frac{K}{x^2}\sqrt{10}}{\frac{K}{x^2}\times\sqrt{2}}=\sqrt{5}$$

۳۱- گزینهٔ «۲» دشوار



میدان $\mathbf{E}$ برایند میدان‌های E_1 و E_2 است باتوجه به جهت E_1 و E_2، q_1 و q_2 هر دو مثبت هستند. با توجه به شکل در مثلث های $\overset{\triangle}{ABC}$ و $\overset{\triangle}{AMN}$ داریم:

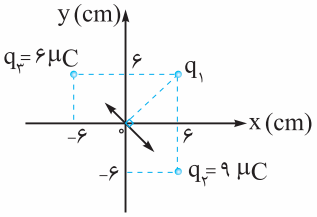
$$B\hat{C}A = N\hat{A}M \Rightarrow \theta = \alpha$$

$$\tan\theta = \frac{AB}{AC} = \frac{۵}{۱۲} \quad \text{و} \quad \tan\alpha = \frac{MN}{AM} = \frac{E_2}{E_1} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \frac{۵}{۱۲} \Rightarrow \frac{\frac{K|q_2|}{۱۲^2}}{\frac{K|q_1|}{۵^2}} = \frac{۵}{۱۲}$$

$$\frac{|q_2|\times ۵^2}{|q_1|\times ۱۲^2} = \frac{۵}{۱۲} \Rightarrow \frac{|q_2|}{|q_1|} = \frac{۱۲}{۵}$$

$$\xrightarrow{q_2>۰,\, q_1>۰} \frac{q_2}{q_1} = \frac{۱۲}{۵} \Rightarrow \frac{q_1}{q_2} = \frac{۵}{۱۲}$$

۳۲- گزینهٔ «۳» دشوار



ابتدا میدان الکتریکی برایند حاصل از بارهای q_2 و q_3 را در مبدأ مختصات به دست می‌آوریم.

$$r_2 = r_3 = ۶\sqrt{۲}\ \text{cm}$$

$$E_2 = \frac{۹\times۱۰^۹\times۹\times۱۰^{-۶}}{(۶\sqrt{۲}\times۱۰^{-۲})^2} = \frac{۸۱\times۱۰^۳}{۳۶\times۲\times۱۰^{-۴}} = \frac{۹}{۸}\times۱۰^۷\ \frac{N}{C}$$

$$E_3 = \frac{۹\times۱۰^۹\times۶\times۱۰^{-۶}}{(۶\sqrt{۲}\times۱۰^{-۲})^2} = \frac{۵۴\times۱۰^۳}{۳۶\times۲\times۱۰^{-۴}} = \frac{۳}{۴}\times۱۰^۷\ \frac{N}{C}$$

$$E_{2,3} = (\frac{۹}{۸} - \frac{۳}{۴})\times۱۰^۷ = \frac{۳}{۸}\times۱۰^۷\,N/C = ۳/۷۵\times۱۰^۶\ \frac{N}{C}$$

بزرگی میدان الکتریکی خالص در مبدأ مختصات برایند میدان الکتریکی بار q_1 و $E_{2,3}$ است که برهم عمودند. توجه کنید که نوع بار q_1 تأثیری در حل سوال ندارد.

$$(۶/۲۵\times۱۰^۶)^2 = (۳/۷۵\times۱۰^۶)^2 + E_1^2$$

$$\Rightarrow E_1 = \sqrt{(۱۲۵\times۱۰^۶)^2(۰/۰۵^2 - ۰/۰۳^2)}$$

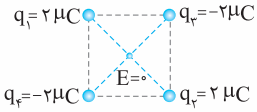
$$= ۱۲۵\times۱۰^۶\sqrt{(۱۰^{-۲})^2(۵^2-۳^2)} = ۱۲۵\times۱۰^۴\times۴$$

$$E_1 = ۵\times۱۰^۶\ \frac{N}{C}$$

$$E_1 = \frac{K|q_1|}{r_1^2} \xrightarrow{r_1 = ۶\sqrt{۲}\ \text{cm}} ۵\times۱۰^۶ = \frac{۹\times۱۰^۹|q_1|}{(۶\sqrt{۲}\times۱۰^{-۲})^2}$$

$$\Rightarrow |q_1| = \frac{۵\times۱۰^۶\times۳۶\times۲\times۱۰^{-۴}}{۹\times۱۰^۹} = ۴۰\times۱۰^{-۷} = ۴\times۱۰^{-۶}\,C = ۴\mu C$$

۳۳- گزینهٔ «۲» دشوار



میدان الکتریکی خالص دو بار الکتریکی همنام و هم‌اندازه در وسط خط واصل دوبار صفر است. بنابریان بارها باید مطابق شکل در رأس‌های مربع قرار گرفته باشند. نیروی الکتریکی وارد بر یکی از بارها را به دلخواه محاسبه می کنیم. مثلا نیروی خالص وارد بر بار q_3 را محاسبه می‌کنیم و برای سرعت بیشتر در محاسبه چون فاصله‌ها برحسب سانتی‌متر و بارها برحسب میکرو کولن هستند از فرمول ۹۰ استفاده می‌کنیم.

$$F_{13} = F_{23} = \frac{۹۰\times۲\times۲}{۳۰^2} = ۰/۴\ \text{N}$$

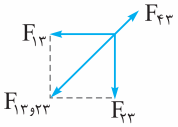
$$r_{43} = \sqrt{۳۰^2 + ۳۰^2} = ۳۰\sqrt{۲}\ \text{cm}$$

$$F_{43} = \frac{۹۰\times۲\times۲}{(۳۰\sqrt{۲})^2} = ۰/۲\ \text{N}$$

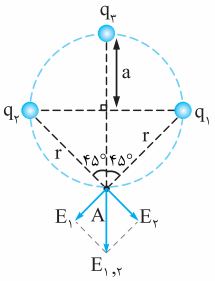
نیروهای وارد بر q_3 مطابق شکل زیر است:

$$F_{13,23} = \sqrt{۰/۴^2 + ۰/۴^2} = ۰/۴\sqrt{۲} \xrightarrow{\sqrt{۲}=۱/۴} F_{13,23} = ۰/۵۶\ \text{N}$$

$$F_T = F_{13,23} - F_{43} = ۰/۵۶ - ۰/۲ = ۰/۳۶\ \text{N}$$



۳۴- گزینهٔ «۲» دشوار



با توجه به اینکه میدان الکتریکی خالص در نقطه $\mathbf{A}$ برابر صفر است. باید دو بار q_1 و q_2 با یکدیگر همنام و هم‌اندازه و هر دو با بار q_3 ناهمنام باشند. فرض می کنیم q_1 و q_2 مثبت و q_3 منفی باشد. حالا میدان الکتریکی هر یک از بارهای q_1 و q_2 را رسم میکنیم. مطابق شکل مشاهده می کنید که زاویه بین این دو میدان ۹۰° است؛ و برایند آن‌ها رو به پایین و در راستای نیمساز زاویهٔ بین E_1 و E_2 است. پس $q_1 = q_2$ و داریم:

$$E_1 = \frac{k|q_1|}{r^2} \xrightarrow{r = a\sqrt{۲}} E_1 = \frac{k|q_1|}{(a\sqrt{۲})^2} = \frac{k|q_1|}{۲a^2}$$

$$E_2 = E_1 = \frac{k|q_1|}{۲a^2} \qquad E_{1,2} = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{۲}\frac{k|q_1|}{۲a^2}$$

چون برایند میدان خالص در نقطه $\mathbf{A}$ صفر است. میدان الکتریکی حاصل از بار q_3 باید هم اندازه با $E_{1,2}$ و رو به بالا باشد؛ بنابراین داریم:

$$E_3 = \frac{k|q_3|}{(۲a)^2} = \frac{k|q_3|}{۴a^2} \xrightarrow{E_3 = E_{1,2}} \frac{k|q_3|}{۴a^2} = \frac{k|q_1|}{۲a^2}\times\sqrt{۲} \Rightarrow \frac{|q_3|}{|q_1|} = ۲\sqrt{۲}$$

توجه:اگر q_1 و q_2 را منفی و q_3 را مثبت فرض می‌کردیم، باز هم به همین جواب می‌رسیدیم.

۱- آسان

آ) بزرگی میدان الکتریکی
ب) طرف خارج بار
پ) سمت بار
ت) قطع نمی‌کنند
ث) مماس

۲- متوسط

قاعده‌های رسم خطوط میدان الکتریکی عبارت‌انداز:

۱)در هر نقطه، بردار میدان الکتریکی باید مماس بر خط میدان الکتریکی عبوری از آن نقطه و در همان جهت باشد.

۲) میزان تراکم خطوط میدان در هر ناحیه از فضا نشان‌دهندهٔ اندازهٔ میدان آن ناحیه است.

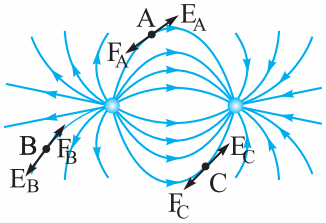
۳) در آرایشی از بارها، خطوط میدان الکتریکی از بارهای مثبت شروع و به بارهای منفی ختم می‌شوند.

۴) خطوط میدان برایند هرگز یکدیگر را قطع نمی‌کنند یعنی از هر نقطهٔ فضا فقط یک خط میدان الکتریکی می‌گذرد.

۳- آسان

در هر نقطهٔ فضا، یک میدان الکتریکی یکتا وجود دارد که همان میدان الکتریکی خالص (برایند) است و چون میدان الکتریکی در آن نقطه از فضا یکتا است، بنابراین میدان الکتریکی برایند دیگری در آنجا وجود ندارد که تقاطع ایجاد کند.

۴- آسان



ابتدا در هر نقطه بردار میدان الکتریکی را که مماس بر خط میدان الکتریکی و هم‌جهت با آن است را رسم می‌کنیم. چون بار منفی است، نیروی وارد بر آن از طرف میدان الکتریکی خلاف جهت میدان است. (توجه، بردارهای رسم شده کیفی هستند.)

۵- آسان

درون یک ظرف شیشه‌ای یا پلاستیکی یا عمق کم، مقداری پارافین مایع یا روغن کرچک به عمق حدود ۰/۵ cm می‌ریزیم و داخل آن دو الکترود نقطه‌ای قرار می‌دهیم. الکترودها را با سیم به پایانه های مثبت و منفی یک مولد ولتاژ بالا، مانند مولد وان‌دوگراف وصل می‌کنیم. روی سطح پارفین، مقدار کمی بذر چمن یا خاکشیر می‌پاشیم. مولد را روشن می‌کنیم. سمت‌گیری دانه‌ها در فضای بین دو الکترود، طرحی از خطوط میدان الکتریکی را نشان می‌دهد.

۶- آسان

چون خطوط میدان از بار q_1 خارج شده است، بار q_1 مثبت است. چون خطوط میدان به بار q_2 وارد شده است، بار q_2 منفی است. چون تراکم خطوط و تعداد خطوط مربوط به بار q_1 بیشتر است پس $|q_2| < q_1$

۷- متوسط

شکل آ: نادرست، چون برای هر دو بار مثبت و منفی، خطوط میدان را رو به بیرون گرفته است. درحالی که می‌دانیم برای بارمنفی باید خطوط میدان رو به داخل باشد.

شکل ب: نادرست، چون خطوط میدان، در نقاط غیرواقع بر خط واصل دوبار، جهت میدان برایند را به درستی نشان نمی‌دهند.

شکل پ: نادرست، چون خطوط از بار منفی آغاز و به بار مثبت ختم شده‌اند، که درست نیست.

شکل ت: کاملا درست است.

۸- متوسط

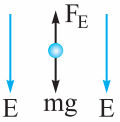
آ) وقتی در ناحیه‌ای از فضا، میدان الکتریکی ثابت باشد، یعنی جهت و اندازهٔ آن تغییر نکند، می‌گوییم در آن ناحیه، میدان الکتریکی یکنواخت است.

ب) خط‌های میدان الکتریکی یکنواخت، مستقیم، موازی و هم‌فاصله‌اند.

۹- آسان

خطوط میدان الکتریکی مستقیم، موازی و هم‌فاصله هستند، بنابراین میدان الکتریکی یکنواخت است. در میدان الکتریکی، بزرگی نیروی وارد بر بار الکتریکی از رابطهٔ $F = E|q|$ محاسبه می‌شود. چون $\mathbf{q}$ و $\mathbf{E}$ ثابت هستند، پس $F_A = F_B$

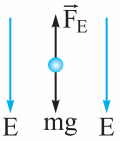
۱۰- متوسط



چون F_E و $\mathbf{E}$ خلاف جهت هم هستند. بار ذره منفی است. چون ذره معلق است:

$$F_E = mg \Rightarrow E|q| = mg \Rightarrow |q| = \frac{۲\times۱۰^{-۳}\times۱۰}{۵\times۱۰^{۵}} = ۰/۴\times۱۰^{-۷}\ C = ۴\times۱۰^{-۸}\ C$$

۱۱- دشوار



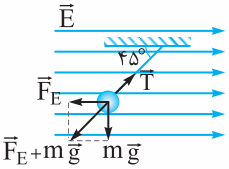
نیروهای وارد بر قطرهٔ روغن مطابق شکل است. چون F_E و $\mathbf{E}$ خلاف جهت هم هستند، پس بار آن منفی است و الکترون جذب کرده است. چون قطرهٔ روغن معلق است.

$$F_E = mg \Rightarrow E|q| = mg \Rightarrow |q| = \frac{۸\times۱۰^{-۱۵}\times۱۰}{۱\times۱۰^{۵}} = ۸\times۱۰^{-۱۹}\ C$$

$$q = ne \Rightarrow ۸\times۱۰^{-۱۹} = n\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹} \Rightarrow n = ۵$$

پس قطره روغن ۵ الکترون جذب کرده است.

۱۲- دشوار



$\vec{T}$ نیروی کشش نخ آونگ است و نیروهای وارد بر جرم آونگ مطابق شکل است. چون $\vec{F}_E$ و $\vec{E}$ خلاف جهت هم هستند باید بار ذره منفی باشد.

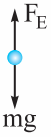
چون آونگ درحال تعادل است، باید $\vec{F}_E + \overrightarrow{mg} + \vec{T} = ۰$ باشد.

بنابراین باید $\vec{F}_E + \overrightarrow{mg}$ در خلاف جهت $\vec{T}$ باشد که در راستای نیمساز زاویهٔ بین $\vec{F}_E$ و $\overrightarrow{mg}$ است پس $F_E = mg$ است.

$$F_E = mg \Rightarrow E|q| = mg \Rightarrow ۱۰^{۳}|q| = ۱۰\times۱۰^{-۳}\times۱۰$$

$$\Rightarrow |q| = \frac{۱۰^{-۱}}{۱۰^{۳}} = ۱۰^{-۴}\ C \xrightarrow{q<۰} q = -۱۰^{-۴}\ C$$

۱۳- دشوار

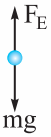


چون شتاب رو به پایین ذره از شتاب رو به پایین جاذبهٔ گرانشی کمتر است، باید نیروی الکتریکی مطابق شکل رو به بالا باشد. چون نیروی وارد بر بار مثبت هم جهت میدان الکتریکی است، پس باید میدان الکتریکی رو به بالا باشد.

$$F_{net} = ma \Rightarrow mg - F_E = ma \Rightarrow ۲۰\times۱۰^{-۳}\times۱۰ - E\times۲\times۱۰^{-۶}$$

$$= ۲۰\times۱۰^{-۳}\times۵ \Rightarrow E = ۵\times۱۰^{۴}\ \frac{N}{C}$$

۱۴- دشوار



آ) نیروهای وارد برجسم، مطابق شکل باید باشد. چون بار جسم مثبت است، باید نیروی الکتریکی (F_E) و میدان الکتریکی هم‌جهت باشند. پس باید جهت میدان رو به بالا باشد.

چون ذره معلق است:

$$F_E = mg \Rightarrow E|q| = mg$$

$$\Rightarrow E = \frac{۳\times۱۰^{-۳}\times۱۰}{۶\times۱۰^{-۶}} = ۰/۵\times۱۰^{۴} = ۵\times۱۰^{۳}\ \frac{N}{C}$$

ب) با نصف شدن بار ذره، نیروی الکتریکی کم شده و ذره به سمت پایین شتاب می‌گیرد. با استفاده از قانون دوم نیوتون داریم:

$$F_{net} = ma \Rightarrow mg - F_E = ma$$

$$\Rightarrow ۳\times۱۰^{-۳}\times۱۰ - ۵\times۱۰^{۳}\times۳\times۱۰^{-۶} = ۳\times۱۰^{-۳}a \Rightarrow a = ۵\ \frac{m}{s^{۲}}$$

۱- گزینه «۲» متوسط

گزینهٔ ۲ نادرست است زیرا: در هر نقطه، بردار میدان الکتریکی باید مماس برخط میدان الکتریکی عبوری از آن نقطه و در همان جهت باشد.

۲- گزینه «۲» آسان

چون خطوط میدان الکتریکی از هر دوبار خارج شده‌اند، هر دو مثبت هستند.

۳- گزینه «۲» متوسط

چون خطوط میدان برای بارهای q_1 و q_2 به سمت بیرون است، پس هر دو بار مثبت است و از طرفی چون تراکم خطوط میدان q_1 در مقایسه با تراکم خطوط میدان بار q_2، کمتر و انحنای خطوط میدان بار q_1 در مقایسه با انحنای خطوط میدان بار q_2 بیشتر است، لذا اندازه بار الکتریکی q_2 از q_1 بیشتر است.

۴- گزینه «۳» متوسط

خطوط میدان از بار **B** خارج و به بار **A** وارد شده‌اند، پس بار **A** منفی و بار **B** مثبت است.

۵- گزینه «۳» دشوار

با حرکت از طرف بار q_1 به طرف بار q_2 و روی خط واصل دوبار، چون ابتدا تراکم خطوط میدان الکتریکی کم می‌شود و سپس زیاد می‌شود. بزرگی میدان الکتریکی ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد.

۶- گزینه «۴» متوسط

تراکم خطوط در نقطه **B** بیشترین و در نقطهٔ **C** کم‌ترین مقدار را دارد. پس اندازه میدان الکتریکی در نقطهٔ **B** از سایر نقاط بزرگ‌تر است و در نقطهٔ **C** از سایر نقاط کوچک‌تر است و داریم:

$E_B > E_A > E_C$ باتوجه به رابطهٔ $F = |q|E$ داریم: $F_B > F_A > F_C$

۷- گزینه «۱» آسان

در فاصلهٔ بین دو صفحه میدان الکتریکی یکنواخت ایجاد می‌شود که در تمامی نقاط باهم برابراند.

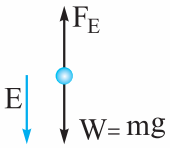
۸- گزینه «۳» آسان

نیروی الکتریکی وارد بر بار مثبت در جهت میدان و نیروی وارد بر بار منفی در خلاف جهت میدان است.

۹- گزینه «۳» آسان

$$F = |q|E \Rightarrow F = ۰/۴\times۱۰^{-۶}\times۲\times۱۰^{۵} = ۸\times۱۰^{-۲}\,N$$

۱۰- گزینه «۲» دشوار



هر گاه یک ذره جرم‌دار در فضا معلق باشد، برایند نیروهای وارد بر آن صفر است.

$$F_E = W \Rightarrow E|q| = m\cdot g \Rightarrow |q| = \frac{mg}{E}$$

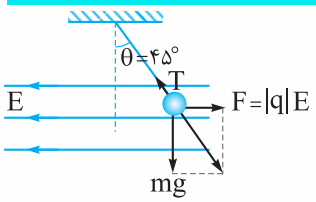
$$|q| = \frac{۲\times۱۰^{-۶}\times۱۰}{۱۰^{۴}} = ۲\times۱۰^{-۹}\,C$$

چون F_E و **E** خلاف جهت هم هستند، بار **q**، منفی است. $(q<۰)$

۱۱- گزینه «۲» متوسط

$$F = mg \Rightarrow |q|E = mg \Rightarrow |q| = \frac{۱\times۱۰^{-۳}\times۱۰}{۵۰۰} = ۲\times۱۰^{-۵}\,C$$

۱۲- گزینه «۳» دشوار



چون نیروی وارد بر آونگ خلاف جهت میدان الکتریکی است، پس بار آن منفی است. چون آونگ در حال تعادل است، باید برآیند $\vec{F}$ و $m\vec{g}$ درخلاف جهت $\vec{T}$ (نیروی کشش نخ) و هم‌اندازه با آن باشد. در این شرایط برایند $\vec{F}$ و $m\vec{g}$ در راستای نیمساز زاویهٔ بینشان می‌شود پس $F = mg$ است.

$$F = mg \Rightarrow |q|E = mg \Rightarrow |q|\times۱۰۰۰ = ۲۰۰\times۱۰^{-۳}\times۱۰$$

$$\Rightarrow |q| = ۲\times۱۰^{-۳}\,C \xrightarrow{q<۰} q = -۲mc$$

۱- آسان

آ) انرژی پتانسیل الکتریکی، انرژی پتانسیلی است که به نیروی الکتریکی بین دو ذرهٔ باردار وابسته است.

ب) نسبت تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی به بار ذره را اختلاف پتانسیل الکتریکی دو نقطه‌ای می‌گوییم که ذره میان آن‌ها جابه‌جا شده است.

۲- متوسط

آ) مثبت ـ منفی

ب) زیاد می‌شود ـ کم می‌شود

پ) کم

ت) ممکن است کم یا زیاد شود.

ث)ثابت می‌ماند.

ج) کم

چ) کم

۳- متوسط

جدول زیر را با کلمات، افزایش، کاهش و ثابت تکمیل کنید.

جهت حرکت	پتانسیل الکتریکی	انرژی پتانسیل الکتریکی	
هم جهت خطوط میدان الکتریکی	کاهش	بار مثبت	کاهش
		بار منفی	افزایش
خلاف جهت خطوط میدان الکتریکی	افزایش	بار مثبت	افزایش
		بار منفی	کاهش
عمود بر خطوط میدان الکتریکی	ثابت	بار مثبت	ثابت
		بار منفی	ثابت

۴- آسان

آ) منفی

ب) مثبت

پ) افزایش

ت) کمتر

۵- دشوار

$$W_E = -\Delta U_E \Rightarrow \Delta U_E = -F_E d\cos\theta = -|q|Ed\cos\theta$$

آ) $\Delta U_E = -|q|Ed\cos\theta$

$$\Rightarrow \Delta U_E = -۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\times۲\times۱۰^{۳}\times۰/۱\times\cos۱۸۰$$

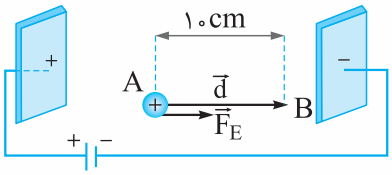
$$\Rightarrow \Delta U_E = +۳/۲\times۱۰^{-۱۷}\ J$$

ب) $W_E = -\Delta U_E = -۳/۲\times۱۰^{-۱۷}\ J$

$$W_t = K_B - K_A \Rightarrow W_E = ۰ - \frac{۱}{۲}mv_A^۲$$

$$\Rightarrow -۳/۲\times۱۰^{-۱۷} = -\frac{۱}{۲}\times۱/۶\times۱۰^{-۲۷}\times v_A^۲ \Rightarrow v_A = ۲\times۱۰^{۵}\frac{m}{s}$$

۶- دشوار



$$W_E = F_E d\cos\theta = |q|Ed\cos\theta = ۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\times۲\times۱۰^{۳}\times۱۰^{-۲}$$

$$\Rightarrow W_E = -۳/۲\times۱۰^{-۱۷}\ J$$

$$W_t = K_B - K_A \Rightarrow W_E = \frac{۱}{۲}mv_B^۲ - ۰$$

$$\Rightarrow ۳/۲\times۱۰^{-۱۷} = \frac{۱}{۲}\times۱/۶\times۱۰^{-۲۷}\times v_B^۲ \Rightarrow v_B = ۲\times۱۰^{۵}\frac{m}{s}$$

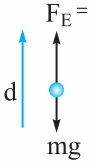
۷- دشوار

در شکل «آ»، در پیرامون همهٔ نقاط مسیر **A** تا **B**، خطوط میدان متراکم‌تر از دو شکل دیگر است و بنابراین میدان الکتریکی قوی‌تر و نیروی وارد به پروتون در این حالت بیشتر از بقیهٔ حالت‌ها است و با توجه به این که $\vec{a} = \vec{F}/m$ است، شتاب پروتون نیز بیشتر می‌شود. بنابراین، سرعت نهایی پروتون نیز در جابه‌جایی یکسان بیشتر می شود.

۸- دشوار

$$W_t = K_B - K_A \Rightarrow W_E + W_{mg} = K_B - ۰$$

$$F_E = |q|E \Rightarrow |q|Ed\cos۰^\circ + mgd\cos۱۸۰^\circ = K_B$$



$$\Rightarrow ۲۰\times۱۰^{-۳}\times۱۰\times۲\times\cos۰ + ۱۰\times۱۰^{-۳}\times۱۰\times۲\times\cos۱۸۰ = K_B$$

$$K_B = ۰/۴ - ۰/۲ = ۰/۲\ J$$

۹- متوسط

آ) نیرو از رابطهٔ $F_E = |q|E$ به دست می‌آید. بنابراین چون میدان، یکنواخت است نیروی الکتریکی وارد بر بار **q** در تمام نقاط مسیر برابر است با

$$F_E = (۵۰\times۱۰^{-۶}\ C)(۸\times۱۰^{۵}\ N/C) = ۴۰\ N$$

ب) کار نیروی الکتریکی از رابطهٔ $W_E = |q|Ed\cos\theta$ به دست می‌آید. بنابراین در مسیر **AB** که $\theta = ۹۰^\circ$ است، $W_{EAB} = ۰$ می‌شود، ولی در مسیر **BC** جابه‌جایی در خلاف جهت نیروی الکتریکی و $\theta = ۱۸۰^\circ$ است، داریم:

$$W_{EBC} = -F_E d = -۴۰\times۰/۴ = -۱۶J$$

کار نیروی الکتریکی در مسیر **ABC** برابر با حاصل جمع کار نیروی الکتریکی در مسیرهای **AB** و **BC** است، و بنابراین برابر همان $-۱۶\ J$ می‌شود.

پ) می‌دانیم $\Delta U_E = -W_E$ است و بنابراین $\Delta U_E = ۱۶\ J$ می‌شود.

۱۰- متوسط

آ) $\Delta U_E = -|q|Ed\cos۰$

$$\Rightarrow \Delta U_E = -۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\times۱۵۰\times۵۰۰\times۱ = -۱/۲\times۱۰^{-۱۴}\ J$$

ب) $\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} \Rightarrow \Delta V = \frac{-۱/۲\times۱۰^{-۱۴}}{-۱/۶\times۱۰^{-۱۹}} = ۷۵۰۰۰\ V$

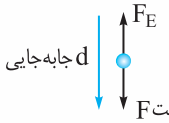
۱۱- آسان

آ) $V_+ - V_- = ۱۲ \xrightarrow{V_+ = ۰} V_- = -۱۲\ V$

ب) $V_+ - V_- = \frac{\Delta U_E}{q} \Rightarrow ۱۲ = \frac{\Delta U}{-۵۰} \Rightarrow \Delta U = -۶۰۰\ J$

۱۲- متوسط

آ) نیروهای وارد بر بار $+q$ و جهت جابه‌جایی مطابق شکل است.



چون زاویهٔ بین $F_{دست}$ و جابه‌جایی (d)، صفر است، کار نیروی دست مثبت است.

ب) روش اول: چون بار $+q$، خلاف جهت میدان الکتریکی حرکت کرده است، به نقطه‌ای با پتانسیل بیشتر رفته است.

روش ۲:

$$W_t = K_۲ - K_۱ \xrightarrow{K_۱ = K_۲ = ۰} W_{دست} + W_E = ۰$$

$$\Rightarrow W_E = -W_{دست} \xrightarrow{W_{دست} > ۰} \Delta U = -W_E \Rightarrow \Delta U_E > ۰$$

$$V_۲ - V_۱ = \frac{\Delta U_E}{q} \xrightarrow{\Delta U > ۰,\ q > ۰} V_۲ - V_۱ > ۰ \Rightarrow V_۲ > V_۱$$

۱۳- متوسط

با استفاده از رابطهٔ $|\Delta V| = Ed$، میدان الکتریکی را محاسبه می‌کنیم:

$$E = \frac{|\Delta V|}{d} = \frac{۱۰۰\ V}{۲\times۱۰^{-۲}\ m} = ۵\times۱۰^{۳}\ \frac{V}{m}$$

با حرکت در سوی خطوط میدان، از پتانسیل الکتریکی بیشتر به سمت پتانسیل الکتریکی کم‌تر می رویم.

خطوط میدان از بارهای مثبت آغاز و به بارهای منفی ختم می‌شود. بنابراین، صفحهٔ باردار مثبت در پتانسیل بالاتری نسبت به صفحهٔ باردار منفی قرار دارد.

۱۴- آسان

$$|\Delta V| = Ed \Rightarrow E = \frac{|\Delta V|}{d} \Rightarrow E = \frac{۲/۴\times۱۰^{۴}}{۱/۲\times۱۰^{-۲}} = ۲\times۱۰^{۶}\ \frac{V}{m}$$

۱۵- آسان

$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} \Rightarrow -۱۰ - (-۴۰) = \frac{\Delta U_E}{-۲\times۱۰^{-۶}} \Rightarrow \Delta U_E = -۶۰\times۱۰^{-۶}\ J$$

انرژی پتانسیل الکتریکی بار q، ۶۰×۱۰^{-۶} ژول کاهش می‌یابد.

۱۶- متوسط

ظرف رسانایی با درپوش فلزی را در نظر بگیرید که روی پایهٔ نارسانایی قرار دارد و روی درپوش آن دسته‌ای عایق نصب شده است. ابتدا ظرف بدون بار است. یک گوی فلزی را که از نخ عایقی آویزان است، باردار و سپس وارد ظرف می‌کنیم (شکل ـ آ). اکنون گوی را با کف ظرف تماس می‌دهیم و سپس درپوش فلزی را می‌بندیم (شکل ـ ب). آن‌گاه درپوش فلزی را با دستهٔ عایقش برمی‌داریم (شکل ـ پ).

پس از خارج کردن گوی فلزی از ظرف، آن را به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک می‌کنیم. مشاهده می‌شود عقربهٔ الکتروسکوپ تکان نمی‌خورد (شکل ـ ت). همچنین اگر ظرف را به الکتروسکوپ نزدیک کنیم، مشاهده می‌شود که عقربه‌های الکتروسکوپ از هم فاصله می‌گیرند.

از این آزمایش نتیجه می‌گیریم که بار اضافی داده شده به یک رسانا روی سطح خارجی آن توزیع می‌شود.

(آ) (ب) (پ) (ت)

۱۷- متوسط

پس از مدت زمان کوتاهی از دادن بار به رسانا (کم‌تر از $۱۰^{-۹}\ s$)، بار در سطح خارجی رسانا توزیع می شود و نحوهٔ توزیع بار در رسانا به گونه‌ای است که میدان الکتریکی در داخل رسانا صفر شود. به عبارت دیگر در شرایط الکتروستاتیکی، میدان الکتریکی در داخل رسانا نمی‌تواند صفر نباشد؛ زیرا اگر این میدان صفر نباشد، بر الکترون‌های آزاد داخل رسانا نیروی الکتریکی (طبق رابطهٔ $\vec{F}=q\vec{E}$) وارد می‌کند و سبب ایجاد جریان الکتریکی در داخل رسانا می‌شود که این بدین معناست که بارها در تعادل الکتروستاتیکی قرار ندارند.

۱۸- متوسط

وقتی یک رسانای خنثی را در یک میدان الکتریکی خارجی قرار می‌دهیم، الکترون‌های آزاد تحت تأثیر میدان الکتریکی خارجی، (طوری روی سطح خارجی توزیع می‌شوند (القا می شوند) که میدان الکتریکی ناشی از آن‌ها اثر میدان خارجی را درون رسانا خنثی کند و بدین ترتیب میدان الکتریکی خالص درون رسانا صفر می‌شود.

۱۹- متوسط

چون میدان الکتریکی درون رسانایی که در شرایط تعادل الکتروستاتیکی است برابر با صفر است، نیروی الکتریکی وارد بر هر ذرهٔ باردار در داخل رسانا نیز صفر می‌شود. بنابراین، کار نیروی الکتریکی در هر جابه‌جایی دلخواهی در داخل رسانا صفر می‌شود. درنتیجه همهٔ نقاط رسانا پتانسیل یکسانی دارند. به عبارت دیگر:

$$F_E=۰\Rightarrow \Delta U_E=-W_E=۰$$

و درنتیجه:

$$\Delta V=\frac{\Delta U_E}{q}=۰\Rightarrow V_۲-V_۱=۰\Rightarrow V_۲=V_۱$$

۲۰- متوسط

یک جسم رسانای دوکی شکل را روی پایهٔ عایق قرار دهید و آن را با تماس با کلاهک مولد وان‌دوگراف باردار کنید. گلوله‌ای فلزی را که به دسته‌ای عایق متصل است با بخش پهن دوک تماس داده و سپس گلوله را به سر الکتروسکوپ تماس دهید. همین آزمایش را پس از خنثی کردن الکتروسکوپ و گوی فلزی با تماس با دستتان، با نوک تیز دوک انجام دهید. خواهید دید، انحراف صفحه‌های الکتروسکوپ با نوک تیز دوک بیشتر از انحراف صفحه‌ها با بخش پهن آن است. آزمایش‌هایی از این دست نشان می‌دهد تراکم بار در نقاط تیز سطح جسم رسانای باردار از نقاط دیگر آن بیشتر است.

۲۱- آسان

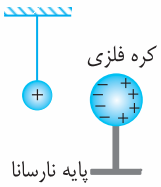
بدنه فلزی اتومبیل یا هواپیما مانند قفس فاراده عمل می‌کند و چون میدان الکتریکی داخل آن صفر می‌شود، شخص را از خطر آذرخش در امان نگه می‌دارد.

۲۲- آسان

میلهٔ برق‌گیر باید از بالاترین نقطهٔ ساختمان بالاتر باشد، در این صورت اگر به هر دلیلی آذرخش بخواهد به ساختمان برخورد کند، برق‌گیر، مسیری برای هدایت آن به سمت زمین فراهم کرده و ساختمان را از خطر آذرخش حفظ می‌کند.

۲۳- متوسط

وقتی یک رسانای خنثی در میدان الکتریکی خارجی قرار گیرد، بارهای الکتریکی روی سطح رسانا به گونه‌ای القا می شوند که میدان الکتریکی خالص درون رسانا صفر شود. بنابراین، با نزدیک کردن کره به آونگ باردار، روی کره بارهای مثبت و منفی مشابه شکل زیر القا می‌شود، به طوری که سطح نزدیک به آن دارای بار منفی و سطح دور از آن، دارای بار مثبت می‌گردد. چون بارهای منفی به آونگ نزدیک‌ترند، پس نیروی جاذبهٔ وارد به آونگ بیشتر از نیروی دافعهٔ وارد بر آن می‌شود و کره آونگ را جذب می‌کند. اگر فاصلهٔ کره از آونگ کم باشد، آونگ با کره تماس پیدا می‌کند. اکنون اگر گلولهٔ آونگ هم رسانا باشد، کره و آونگ یک جسم رسانا را تشکیل می‌دهند که باید کل بار روی سطح آن‌ها پخش شود و آونگ و کره هر دو دارای بار مثبت می شوند و بنابراین آونگ از کره دفع می‌گردد.



۲۴- آسان

این پدیده بر اثر القا صورت می‌گیرد. براده‌های ریز آلومینیومی بدون بار مثل یک رسانای خنثی هستند که در میدان الکتریکی حاصل از صفحهٔ پلاستیکی باردار قرار گرفته‌اند. بسته به این که بار صفحهٔ پلاستیکی، مثبت یا منفی باشد، در سطح مقابل آن در براده‌ها، بار منفی یا مثبت القا می‌شودکه سبب جذب براده‌ها به صفحهٔ پلاستیکی می‌شود.

۲۵- آسان

$$\sigma=\frac{q}{A}\Rightarrow q=\sigma\times A\Rightarrow q=۲\times۱۰^{-۶}\times(۱\times۱\times۱۰^{-۶})=۲\times۱۰^{-۱۲}\ C$$

۲۶- متوسط

یک مکعب، ۶ وجه با مساحت‌های برابر دارد.

$$A = ۴۰\times۴۰\times۶\ cm^۲$$

$$\sigma = \frac{q}{A} \Rightarrow \sigma = \frac{۲\times۱۰^{-۹}}{۹۶\times۱۰^{۲}} = \frac{۱}{۴۸}\times۱۰^{-۱۱}\ \frac{C}{cm^۲}$$

۲۷- متوسط

$$q_۱' = q_۲' = \frac{۲۹+(-۲)}{۲} = \frac{۲۷}{۲}\ \mu C$$

$$\sigma = \frac{q}{A} \Rightarrow \sigma = \frac{\frac{۲۷}{۲}}{۴\times\pi\times۳^۲} = \frac{۲۷}{۴\times۳\times۹\times۲} = \frac{۱}{۸}\ \frac{\mu C}{cm^۲}$$

۲۸- دشوار

$$q_A = q_B\ ,\ r_A = ۲\ r_B$$

$$\frac{\sigma_A}{\sigma_B} = \frac{q_A}{q_B}\times\left(\frac{r_B}{r_A}\right)^۲ = \frac{۱}{۱}\times\left(\frac{r_B}{۲\ r_B}\right)^۲ = \frac{۱}{۴}$$

۲۹- دشوار

$$\sigma = \frac{q}{A} \Rightarrow q = A\times\sigma \Rightarrow ۴\ \pi r^۲\times\sigma = ۴\times۳\times(۰/۵)^۲\times۳۲۰\times۱۰^{-۶}$$

$$= ۴\times۳\times۰/۲۵\times۳۲۰\times۱۰^{-۶} = ۹۶۰\times۱۰^{-۶}\ C$$

با اتصال این کره به کره مشابه خنثی، بار بین آن‌ها تقسیم می‌شود و نصف این بار به کره دیگر داده می‌شود، بنابراین $\frac{q}{۲} = ۴۸۰\times۱۰^{-۶}$ بار به سمت کره دوم حرکت می‌کند که تعداد الکترون این بار برابر است با:

$$q = ne \Rightarrow ۴۸۰\times۱۰^{-۶} = n\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹}$$

$$\Rightarrow n = \frac{۴۸۰\times۱۰^{-۶}}{۱/۶\times۱۰^{-۱۹}} = ۳\times۱۰^{۱۵}$$

علوی فرهیخته

سؤالات تستی پاسخنامه

بخش ۷، ۸ و ۹

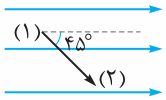
۱- گزینه «۱» متوسط

روش اول: اگر بار مثبت، خودش در میدان الکتریکی یکنواخت از حال سکون رها شود و تنها نیروی وارد بر آن نیروی الکتریکی باشد، در جهت خط میدان الکتریکی حرکت کرده و انرژی پتانسیل الکتریکی‌اش، کاهش می‌یابد پس برای افزایش انرژی پتانسیل الکتریکی‌اش باید خلاف جهت میدان الکتریکی حرکت داده شود.

روش ۲: با حرکت در خلاف جهت میدان الکتریکی، پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد.

$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} \Rightarrow \Delta U_E = \Delta V\times q \xrightarrow{\Delta V>۰\ ,\ q>۰} \Delta U_E > ۰$$

توجه: در رابطه با گزینهٔ ۴: اگر جهت حرکت با جهت خط میدان الکتریکی زاویهٔ کم‌تر از ۹۰° بسازد، مثل این حالت که ۴۵° است، عملاً در جهت میدان الکتریکی حرکت می‌کنیم و پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد. برای بار مثبت با حرکت در جهت کاهش پتانسیل الکتریکی، انرژی پتانسیل الکتریکی هم کم می‌شود.



$$V_۲ - V_۱ < ۰$$

$$\Delta U_E = \Delta V\times q \xrightarrow{\Delta V<۰\ ,\ q>۰} \Delta U_E < ۰$$

۲- گزینه «۱» آسان

روش اول: اگر بار منفی، خودش در میدان الکتریکی از حال سکون رها شود و تنها نیروی وارد بر آن نیروی الکتریکی باشد، در خلاف جهت خط میدان الکتریکی حرکت کرده و انرژی پتانسیل الکتریکی‌اش کاهش می‌یابد، پس اگر هم جهت با خط میدان الکتریکی حرکت کند، انرژی پتانسیل الکتریکی‌اش افزایش می‌یابد.

روش دوم: با حرکت در جهت میدان الکترکی، پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد.

$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} \Rightarrow \Delta U_E = \Delta V\times q \xrightarrow{\Delta V<۰\ ,\ q<۰} \Delta U_E > ۰$$

۳- گزینه «۳» — **آسان**

اگر بار مثبت هم جهت میدان الکترکی حرکت کند، انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد یعنی $\Delta U_E < 0$، چون $W_E = -\Delta U_E$ (W_E، کار میدان الکتریکی) است. پس $W_E > 0$ است.

۴- گزینه «۱» — **آسان**

کار نیروی الکتریکی در یک جابه‌جایی معین بین دو نقطه، به مسیر حرکت بین دو نقطه بستگی ندارد.

۵- گزینه «۲» — **متوسط**

تراکم خطوط میدان در **A** بیشتر است، پس اندازه میدان در **A** بیشتر از **B** است و طبق رابطه $F = qE$ در نقطهٔ **A**، نیروی بیشتری به پروتون وارد می‌شود.

اگر از **A** به سمت **B** برویم، در جهت خطوط میدان الکتریکی حرکت کرده‌ایم، پس پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد ($V_B - V_A < 0$)

$$V_B - V_A = \frac{U_B - U_A}{q}$$

$$\xrightarrow{V_B - V_A < 0,\ q > 0} U_B - U_A < 0 \Rightarrow U_B < U_A$$

۶- گزینه «۴» — **متوسط**

میدان الکتریکی فضای بین دو صفحه، یکنواخت است و بزرگی میدان در تمامی نقاط آن یکسان است، بنابراین نیروی وارد بر بار در هر دو نقطهٔ **A** و **B** برابر است.

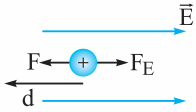
$$F = |q|E \Rightarrow F_A = F_B$$

جهت خط‌های میدان از بالا به پایین است و هرگاه در جهت خط‌های میدان پیش رویم از پتانسیل بیشتر به پتانسیل کم‌تر خواهیم رفت.

$$V_B - V_A = \frac{U_B - U_A}{q}$$

$$\xrightarrow{V_B - V_A < 0,\ q < 0} U_B - U_A > 0 \Rightarrow U_B > U_A$$

۷- گزینه «۳» — **متوسط**



نیروی F_E از طرف میدان الکتریکی به بار وارد می‌شود ونیروی **F** از طرف ما تا بتوانیم بار مثبت را در خلاف جهت میدان الکتریکی حرکت دهیم و چون سرعت ثابت است $F_E = F$ است. اگر کار میدان الکتریکی را با W_E نمایش دهیم:

$$W_E = F_E d\cos 180^\circ \xrightarrow{F_E = Eq} W_E = -Eqd$$

$$\xrightarrow{\Delta U_E = -W_E} \Delta U_E = Eqd$$

یعنی انرژی پتانسیل الکتریکی بار **q** به اندازهٔ Eqd افزایش یافته است.

۸- گزینه «۱» — **دشوار**

اگر الکترون از حال سکون رها شود و تنها نیروی وارد بر آن نیروی الکتریکی باشد. در خلاف جهت میدان الکتریکی و هم جهت با نیروی الکتریکی شروع به حرکت می‌کند ($\theta = 0$)

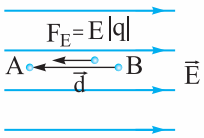
$$W_{FE} = F_E d\cos\theta = |q|Ed\cos^\circ = eEd$$

$$W_t = K_2 - K_1 \Rightarrow W_E = K_2 - 0$$

$$\Rightarrow eEd = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow E = \frac{mv^2}{2ed}$$

۹- گزینه «۱» — **متوسط**

با استفاده از قضیهٔ کار و انرژی جنبشی داریم:

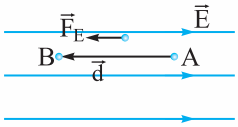


$$W_t = K_A - K_B \Rightarrow F_E d\cos 0 = K_A - 0 \Rightarrow K_A = E|q|d$$

$$K_A = 10^5 \times 5 \times 10^{-6} \times 0/2 = 0/1\,J$$

۱۰- گزینه «۲» — **دشوار**

چون ذره دارای بار منفی است، نیروی وارد بر آن خلاف جهت میدان الکتریکی است (مطابق شکل)



$$W_E = F_E d\cos 0 \Rightarrow W_E > 0$$

تا اینجا متوجه می‌شویم بین گزینهٔ (۱) و (۲)، گزینهٔ (۲) درست است.

۳) نادرست است، چون:

$$W_t = k_B - k_A \Rightarrow W_E = k_B - K_A \xrightarrow{W_E > 0} k_B > k_A$$

۴) طبق بررسی که برای گزینه (۳) انجام دادیم، ممکن است انرژی جنبشی ذره افزایش یابد ولی اگر با تندی ثابت حرکت کند آنگاه $\Delta K = 0$ و $K_B = K_A$ می‌شود پس الزاماً گزینهٔ (۴) درست نیست.

۱۱- گزینه «۱» — **متوسط**

جهت خطوط میدان الکتریکی ناشی از کره با بار منفی، به سمت کره است و ما می‌دانیم هر چه قدر در جهت خطوط میدان جرکت کنیم، پتانسیل الکتریکی نقاط کاهش می‌یابد. بنابراین پتانسیل الکتریکی در نقطه **B** بیشتر از پتانسیل الکتریکی در نقطه **A** است ($V_B - V_A > 0$)

$$\Delta U_E = \frac{\Delta V_{AB}}{q} = \frac{V_B - V_A}{q} \xrightarrow[\text{مخرج کسر منفی است.}]{\text{صورت کسر مثبت است.}} \Delta U_{AB} < 0$$

۱۲- گزینه «۱» متوسط

در میدان الکتریکی یکنواخت وقتی به اندازهٔ **d**، در راستای میدان الکتریکی و در جهت میدان الکتریکی حرکت کنیم، پتانسیل الکتریکی به اندازهٔ Ed کاهش می‌یابد.

$$V_B - V_A = -Ed \Rightarrow V_B - V_A = -۱۰^۵ \times ۰/۳ = -۳\times ۱۰^۴ \ V$$

$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} \Rightarrow \Delta U_E = q \times \Delta V$$

$$= -۵\times ۱۰^{-۶}(-۳)۱۰^۴ = ۱۵\times ۱۰^{-۲} = ۰/۱۵ \ J$$

توجه: در رابطهٔ $\Delta V = \frac{\Delta U}{q}$، **q** با علامت خود استفاده می‌شود. درضمن اندازه‌های دیگر در شکل برای محاسبات نیاز نیست. چون اگر عمود بر خطوط میدان الکتریکی حرکت کنیم، پتانسیل الکتریکی و انرژی پتانسیل الکتریکی ثابت می‌ماند.

۱۳- گزینه «۴» آسان

طبق تعریف میدان الکتریکی براساس رابطهٔ $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$، یکای میدان الکتریکی نیوتون بر کولن است. طبق رابطهٔ $E = \frac{|\Delta V|}{d}$ در میدان الکتریکی یکنواخت می‌توان نوشت، $E = \frac{|\Delta V|}{q}$ که در آن یکای $|\Delta V|$، ولت و یکای **d**، متر است، بنابراین یکای **E**، ولت بر متر می‌شود. پس نیوتون بر کولن معادل ولت بر متر است.

۱۴- گزینه «۱» آسان

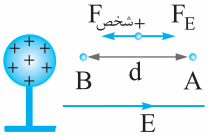
تراکم خط‌های میدان معرف بزرگی آن است، پس $E_A > E_B$. وقتی در جهت خط‌های میدان پیش رویم، از پتانسیل بیشتر به پتانسیل کم‌تر رفته‌ایم؛ یعنی:

$$V_B > V_A$$

۱۵- گزینه «۲» متوسط

در شکل، یکی از خطوط میدان الکتریکی کره، نیروی الکتریکی (F_E) و نیروی شخص ($F_{شخص}$) رسم شده است.

با توجه به جهت بردار جابه‌جایی **(d)**



$$W_{F_E} = W' > ۰$$

$$W_{F_{شخص}} = W < ۰$$

با حرکت در جهت خط میدان الکتریکی پتانسیل الکتریکی کم می‌شود، پس $V_A - V_B = \Delta V < ۰$

۱۶- گزینه «۲» متوسط

میدان الکتریکی بین دو صفحهٔ موازی که تحت اختلاف پتانسیل هستند، یکنواخت است، پس:

$$|\Delta V| = Ed \Rightarrow ۵۰۰ = E\times ۲\times ۱۰^{-۲} \Rightarrow E = ۲۵۰۰۰ \frac{N}{C}$$

ذرهٔ α، هستهٔ هلیوم است که شامل دو پروتون و دو نوترون است. نوترون خنثی است، پس بار الکتریکی ذرهٔ آلفا، $+۲e$ (**e** بار پروتون) است.

$$F_E = E|q| \Rightarrow F_E = ۲\times ۱/۶\times ۱۰^{-۱۹}\times ۲۵۰۰۰ = ۸\times ۱۰^{-۱۵} \ N$$

۱۷- گزینه «۴» دشوار

$$W_T = K_۲ - K_۱ = \frac{۱}{۲} m(V^۲ - V_۰^۲)$$

$$= \frac{۱}{۲}\times ۲\times ۱۰^{-۴}\times (۳^۲ - ۰^۲) = ۹\times ۱۰^{-۴} \ J$$

$$W_{mg} = -mgh = -۲\times ۱۰^{-۴}\times ۱۰\times ۵\times ۱۰^{-۲} = -۱۰^{-۴} \ J$$

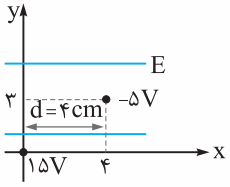
$$W_T = W_{mg} + W_E \Rightarrow W_E = ۹\times ۱۰^{-۴} + ۱۰^{-۴} = ۱۰^{-۳} \ J$$

$$\xrightarrow{W_E = -\Delta U} \Delta U_E = -۱۰^{-۳} \ J$$

$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} = \frac{-۱۰^{-۳}}{-۲\times ۱۰^{-۶}} = \frac{۱۰^۳}{۲} = ۵\times ۱۰^۲ \ V$$

۱۸- گزینه «۳» دشوار

وضعیت خطوط میدان الکتریکی یکنواخت و نقاط مطابق شکل است. در میدان الکتریکی یکنواخت، اختلاف پتانسیل بین دو نقطه فقط به بزرگی میدان الکتریکی و فاصلهٔ دو نقطه در راستای خط میدان **(d)** بستگی دارد.



$$|\Delta V| = Ed \Rightarrow |۱۵ - (-۵)| = E\times ۴\times ۱۰^{-۲} \Rightarrow E = \frac{۲۰}{۴\times ۱۰^{-۲}} = ۵۰۰ \frac{N}{C}$$

چون پتانسیل نقطهٔ موردنظر از پتانسیل در مبدأ مختصات کم‌تر است، پس جهت میدان الکتریکی باید در جهت محور **x**ها باشد چون اگر در جهت خط میدان الکتریکی حرکت کنیم، پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد.

۱۹- گزینه «۳» آسان

$$|\Delta U_E| = |q|.|\Delta V| = ۰/۸\times ۱۰^{-۶}\times ۵۰۰ = ۴\times ۱۰^{-۴} \ J$$

۲۰- گزینه «۱» متوسط

$$W_E = ۵\times ۱۰^{-۵} \ J \xrightarrow{\Delta U_E = -W_E} \Delta U_E = -۵\times ۱۰^{-۵} \ J$$

$$V_B - V_A = \frac{\Delta U_E}{q} \Rightarrow V_B - V_A = \frac{-۵\times ۱۰^{-۵}}{۲\times ۱۰^{-۶}} = -۲۵ \ V$$

۲۱- گزینه «۴» متوسط

$$\Delta V = V_B - V_A = \frac{\Delta U_E}{q} \Rightarrow V_B - ۱۲۰ = \frac{-۵\times۱۰^{-۳}}{-۵۰\times۱۰^{-۶}}$$
$$\Rightarrow V_B - ۱۲۰ = ۱۰۰ \Rightarrow V_B = ۲۲۰\,V$$

دقت کنید که حرکت بار منفی در خلاف جهت میدان خودبه‌خودی بوده و ΔU منفی است.

۲۲- گزینه «۲» آسان

$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} \xrightarrow{\Delta U_E = -W_E} V_B - ۶ = \frac{-۲۰}{-۵} = ۴ \Rightarrow V_B = ۱۰V$$

۲۳- گزینه «۲» متوسط

افزایش انرژی جنبشی به معنای کاهش انرژی پتانسیل است؛ یعنی $\Delta U_E = -۶/۴\times۱۰^{-۱۹}$ ژول.

$$\Delta K = -\Delta U_E$$
$$V_B - V_A = \frac{\Delta U_E}{q} = \frac{-۶/۴\times۱۰^{-۱۹}}{-۱/۶\times۱۰^{-۱۹}} = +۴V$$

۲۴- گزینه «۱» آسان

$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} = \frac{-\Delta K}{q} = \frac{-۸\times۱۰^{-۳}}{-۴\times۱۰^{-۶}} = ۲\times۱۰^{۳}\ V = ۲\,kV$$

۲۵- گزینه «۳» دشوار

اگر تنها نیروی موثر وارد بر ذره فقط نیروی الکتریکی باشد، تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی ذره هم اندازه و قرینه تغییرات انرژی جنبشی آن ذره می‌باشد.

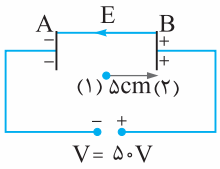
$$\Delta U_E = -\Delta K$$
$$\Delta K = \frac{۱}{۲}m(V_۲^۲ - V_۱^۲) = \frac{۱}{۲}\times۰/۱\times۱۰^{-۳}\times(۱۰^۲ - ۰)$$
$$= ۵\times۱۰^{-۳}\ J \Rightarrow \Delta U_E = -۵\times۱۰^{-۳}\ J$$
$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} \Rightarrow -۱۰۰ - ۱۰۰ = \frac{-۵\times۱۰^{-۳}}{q}$$
$$\Rightarrow q = \frac{-۵\times۱۰^{-۳}}{-۲۰۰} = ۲۵\times۱۰^{-۶}\ C = ۲۵\mu C$$

۲۶- گزینه «۴» دشوار

چون میدان الکتریکی بین دو صفحهٔ موازی یکنواخت است پس $|\Delta V| = Ed$ است.

$$|\Delta V| = Ed \Rightarrow ۵۰ = E\times۰/۱ \Rightarrow E = ۵۰۰\frac{V}{m}$$

جهت خطوط میدان الکتریکی از صفحهٔ مثبت به صفحهٔ منفی است که در شکل به سمت چپ است.



$$V_۲ - V_۱ = +Ed \Rightarrow V_۲ - V_۱ = ۵۰۰\times۵\times۱۰^{-۲} = ۲۵\ V$$
$$V_۲ - V_۱ = \frac{\Delta U_E}{q} \Rightarrow ۲۵ = \frac{\Delta U_E}{۲\times۱۰^{-۶}} \Rightarrow \Delta U_E = ۵\times۱۰^{-۵}\ J$$

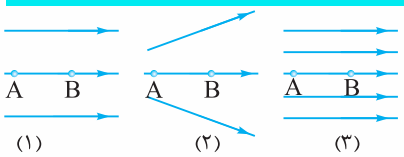
برای این که بار، به صفحهٔ مثبت برخورد نکند، باید هنگام رسیدن به صفحه، سرعتش صفر شود.

$$W_t = K_۲ - K_۱ \Rightarrow W_E = ۰ - K_۱ \xrightarrow{W_E = -\Delta U_E} -۵\times۱۰^{-۵}$$
$$= -\frac{۱}{۲}\times۱\times۱۰^{-۶}\times v_۱^۲ \Rightarrow v_۱^۲ = ۱۰^{+۲} \Rightarrow v_۱ = ۱۰\frac{m}{s}$$

۲۷- گزینه «۳» متوسط

$$W_t = \Delta K \Rightarrow W_E = +۲\ mJ \xrightarrow{\Delta U_E = -W_E} \Delta U_E = -۲\ mJ$$
$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} \Rightarrow ۸۰ - ۳۰ = \frac{-۲\times۱۰^{-۳}}{q}$$
$$\Rightarrow q = \frac{-۲\times۱۰^{-۳}}{۵۰} = -۴۰\times۱۰^{-۶}\ C = -۴۰\mu C$$

۲۸- گزینه «۱» دشوار



در شکل (۳) در مسیر **BA**، تراکم خطوط از شکل (۱) و (۲) بیشتر است و در شکل (۲) از شکل (۱) بیشتر است. پس نیروی وارد بر الکترون در شکل (۳) از شکل (۲) بیشتر و در شکل (۲) از شکل (۱) بیشتر است. بنابراین شتاب الکترون در شکل‌ها به صورت $a_۳ > a_۲ > a_۱$ و در نهایت چون **BA** در هر سه شکل یکسان است، تندی الکترون در شکل‌ها در نقطهٔ **A** به صورت $v_۳ > v_۲ > v_۱$ است. پس:

$$\Delta K_۳ > \Delta K_۲ > \Delta K_۱ \Rightarrow W_{E_۳} > W_{E_۲} > W_{E_۱} > ۰$$
$$\xrightarrow{W_E = -\Delta U_E} \Delta U_{E_۳} < \Delta U_{E_۲} < \Delta U_{E_۱} < ۰$$
$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} \xrightarrow{\Delta U_E < ۰,\ q < ۰} \Delta V_۳ > \Delta V_۲ > \Delta V_۱ > ۰$$

۲۹- گزینه «۲» آسان

هنگامی که گلولهٔ فلزی با درون استوانهٔ فلزی تماس داده می شود، این دو تبدیل به یک جسم رسانا می‌شوند که بار در سطح بیرونی استوانه توزیع می‌شود.

۳۰- گزینه «۱» آسان

وقتی یک کره رسانا را داخل میدان الکتریکی قرار می‌دهیم، در شرایط تعادل الکترواستاتیکی، القا بار در کره رسانا، به گونه‌ای است که میدان الکتریکی حاصل از آن‌ها، میدان الکتریکی خارجی را خنثی می‌کند و میدان الکتریکی داخل رسانا، صفر می‌شود.

۳۱- گزینه «۱» آسان

چون میدان الکتریکی درون کره صفر شده است، کره رسانا است. چون میدان الکتریکی دورن کره صفر است، پس پتانسیل الکتریکی درون آن ثابت است.

۳۲- گزینه «۲» متوسط

$$\sigma = \frac{q}{A} = \frac{n \cdot e}{4\pi r^2} \Rightarrow n = \frac{4\pi r^2 \sigma}{e}$$

$$n = \frac{4 \times 3 \times 10^{-2} \times 160 \times 10^{-6}}{1/6 \times 10^{-19}} = 1/2 \times 10^{14}$$

۳۳- گزینه «۱» متوسط

$$\sigma_1 = \sigma_2 \Rightarrow \frac{q_1}{q_2} = (\frac{r_1}{r_2})^2 = \frac{2}{9} \Rightarrow \frac{r_1}{r_2} = \frac{\sqrt{2}}{3}$$

۳۴- گزینه «۴» دشوار

$$V_2 = 27\, V_1 \Rightarrow \frac{4}{3}\pi R_2^3 = 27(\frac{4}{3}\pi R_1^3) \Rightarrow R_2 = 3\, R_1 \Rightarrow A_2 = 9\, A_1$$

$$\frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \frac{q_2}{q_1} \times \frac{A_1}{A_2} = \frac{27\, q_1}{q_1} \times \frac{A_1}{9\, A_1} = 3 \Rightarrow \sigma_2 = 3\, \sigma_1$$

۳۵- گزینه «۴» دشوار

بار الکتریکی بر روی سطح کرهٔ فلزی به طور یکنواخت توزیع می‌شود. با توجه به چگالی سطحی بار الکتریکی داریم:

$$\sigma = \frac{q}{A} \Rightarrow \frac{q_{کل}}{A_{کل}} = \frac{q}{1\,cm^2} \Rightarrow \frac{157}{4\pi r^2} = \frac{q}{1}$$

$$\xrightarrow{r=5\,cm} q = \frac{157000\,pC \times cm^2}{4 \times 3/14 (5\,cm)^2} \Rightarrow q = \frac{157000\,pC}{314} = 500\,pC$$

۳۶- گزینه «۳» دشوار

بار هر کره بعد از اتصال $q' = \frac{q_A + q_B}{2} = \frac{20 - 4}{2} = 8\,\mu C$

$$\sigma = \frac{q}{4\pi R^2} \Rightarrow \begin{cases} \sigma_{1A} = \frac{20 \times 10^{-6}}{4\pi \times 25 \times 10^{-4}} \\ \sigma_{2A} = \frac{8 \times 10^{-6}}{4\pi \times 25 \times 10^{-4}} \end{cases} \Rightarrow \sigma_{1A} - \sigma_{2A}$$

$$= \frac{12 \times 10^{-6}}{\pi \times 10^{-2}} = 4 \times 10^{-4}\,\frac{C}{m^2} = 400\,\frac{\mu C}{m^2}$$

۳۷- گزینه «۴» متوسط

$$\sigma = \frac{Q}{A} \Rightarrow \frac{\sigma_A}{\sigma_B} = \frac{Q_A}{Q_B} \times \frac{A_B}{A_A} = \frac{Q_A}{Q_B} \times (\frac{r_B}{r_A})^2$$

$$= \frac{1}{0/5} \times (\frac{1}{2})^2 = 2 \times \frac{1}{4} = \frac{1}{2}$$

۱- آسان

آ) خازن وسیله‌ای الکتریکی است که می‌تواند بار و انرژی الکتریکی را در خود ذخیره کند.

ب) نسبت بار ذخیره شده در خازن، به اختلاف پتانسیل دو سر خازن است.

پ) اگر اختلاف پتانسیل دو صفحهٔ خازن را به اندازهٔ کافی زیاد کنیم، تعدادی از الکترون‌های اتم‌های مادهٔ دی‌الکتریک، توسط میدان الکتریکی ایجاد شده بین دو صفحه، کنده شده و مسیرهای رسانا درون دی‌الکتریک ایجاد می‌شود که سبب تخلیهٔ خازن می‌شود. به این پدیده فروریزش الکتریکی مادهٔ دی‌الکتریک می‌گویند.

۲- آسان

آ) زیاد	ب) ثابت می‌ماند
پ) وارون فاصله	ت) ندارد
ث) کولن برولت	ج) زیاد
چ) بیشتر از یک	ح) یکا ندارد

۳- آسان

آ) درست	ب) درست
پ) نادرست	ت) درست

۴- آسان

دی‌الکتریک‌ها بر دو نوع‌اند:

۱- قطبی مانند آب، NH_3 و HCl

۲- غیر قطبی مانند متان و بنزن

۵- آسان

الف) $C=\frac{Q}{V} \Rightarrow C=\frac{۲۴}{۱۲}=۲\mu F$

توجه: در رابطهٔ $C=\frac{Q}{V}$، اگر **V** بر حسب ولت باشد و بار برحسب میلی‌کولن، میکروکولن و ... استفاده شود، ظرفیت خازن هم به ترتیب میلی‌فاراد، میکروفاراد و ... به دست می‌آید و برعکس.

با تغییر اختلاف پتانسیل، ظرفیت خازن تغییر نمی‌کند.

ب) $C=\frac{Q}{V} \Rightarrow ۲=\frac{Q}{۳۶} \Rightarrow Q=۷۲\,\mu C$

۶- آسان

چون ظرفیت خازن به بار و اختلاف پتانسیل دو سر خازن بستگی ندارد، داریم:

$$\begin{matrix} Q_۱=CV_۱ \\ Q_۲=CV_۲ \end{matrix} \Rightarrow Q_۲-Q_۱=C(V_۲-V_۱) \Rightarrow \Delta Q=C\times\Delta V$$

$$\Rightarrow \Delta Q=۱۲\times۲۰=۲۴۰\,\mu C$$

۷- آسان

$$\Delta Q=C\Delta V \Rightarrow ۱۵=C\times(۴۰-۲۸) \Rightarrow C=\frac{۱۵}{۱۲}\mu F \Rightarrow ۱/۲۵\,\mu F$$

۸- آسان

ظرفیت خازن با تغییر بار و یا اختلاف پتانسیل آن، تغییر نمی‌کند. پس:

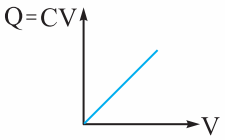
آ) ظرفیت خازن ثابت

ب) ظرفیت خازن ثابت می‌ماند.

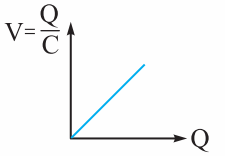
۹- متوسط

توجه:

✓ نمودار خازن بر حسب ولتاژ (اختلاف پتانسیل) دو سر خازن، برای خازنی با ظرفیت **C**، مطابق شکل، خط راستی است که از مبدأ می‌گذرد و شیب آن برابر ظرفیت خازن است.



✓ نمودار اختلاف پتانسیل دو سر خازن بر حسب بار خازن، مطابق شکل، خط راستی است که از مبدأ می‌گذرد و شیب آن برابر وارون ظرفیت خازن است.



آ) $C=\frac{Q}{V} \Rightarrow C=\frac{۵۰۰}{۵}=۱۰۰\mu F$

شیب خط یا $=\frac{۵۰۰-۰}{۵-۰}=۱۰۰ \Rightarrow C=۱۰۰\mu F$

ب) $Q=CV \Rightarrow Q=۱۰۰\times۲۰=۲۰۰۰\mu C=۲mC$

۱۰- دشوار

آ) درست؛ میدان الکتریکی بین صفحات خازن تخت، میدان الکتریکی یکنواخت است و داریم $|\Delta V|=Ed$ که در آن $|\Delta V|$، اختلاف پتانسیل دو صفحه و **d** فاصلهٔ دو صفحه است. وقتی خازن به مولد وصل است، $|\Delta V|$ ثابت است. پس:

$$E_۲d_۲=E_۱d_۱ \Rightarrow \frac{E_۲}{E_۱}=\frac{d_۱}{d_۲} \xrightarrow{d_۲=۲d_۱} E_۲=\frac{۱}{۲}E_۱$$

ب) نادرست؛ اختلاف پتانسیل میان صفحه‌ها، تا زمانی که خازن به مولد وصل است، برابر اختلاف پتانسیل دو سر مولد است و ثابت می‌ماند.

پ) نادرست؛ رابطهٔ ظرفیت خازن با ساختمان هندسی آن و دی‌الکتریک بین صفحات آن به صورت $C=\kappa\varepsilon_۰\frac{A}{d}$ است. در این حالت چون فقط فاصلهٔ صفحات دو برابر شده داریم:

$$\frac{C_۲}{C_۱}=\frac{d_۱}{d_۲} \xrightarrow{d_۲=۲d_۱} C_۲=\frac{۱}{۲}C_۱$$

ت) نادرست؛ با ثابت ماندن اختلاف پتانسیل و نصف شدن ظرفیت خازن، طبق رابطهٔ $Q=CV$:

$$\frac{Q_۲}{Q_۱}=\frac{C_۲}{C_۱} \xrightarrow{C_۲=\frac{۱}{۲}C_۱} Q_۲=\frac{۱}{۲}Q_۱$$

۱۱- متوسط

$$|\Delta V|=Ed \Rightarrow |\Delta V|=۴\times۱۰^{۳}\times۲\times۱۰^{-۳}=۸V \Rightarrow V=۸V$$

$$Q=CV \Rightarrow Q=۶\times۸=۴۸\mu C$$

۱۲- متوسط

خازن باردار (شارژ شده) و از مولد جدا، بار الکتریکی‌اش ثابت است. با ورود دی‌الکتریک بین صفحات خازن، ظرفیت خازن افزایش می‌یابد. طبق رابطهٔ $C=\frac{Q}{V} \Rightarrow V=\frac{Q}{C}$، با افزایش ظرفیت خازن (C) و ثابت بودن بار الکتریکی (Q)، اختلاف پتانسیل صفحه‌ها (V) کاهش می‌یابد.

۱۳- متوسط

ثابت دی‌الکتریک هوا، برابر یک است. $(\kappa=۱)$

$$C=\kappa\varepsilon_۰\frac{A}{d} \Rightarrow ۱=۱\times۹\times۱۰^{-۱۲}\times\frac{A}{۱۰^{-۳}} \Rightarrow A=\frac{۱}{۹}\times۱۰^{۹}\simeq۱۰^{۸}m^{۲}$$

اگر فرض کنیم، صفحات خازن یک مربع است. برای این‌که مساحت آن $۱۰^{۸}m^{۲}$ شود، باید طول هر ضلع آن $۱۰^{۴}m$ یا ۱۰km باشد. که نشان می‌دهد، یک فاراد، ظرفیت خازن بسیار بزرگی است که عملاً ساخت آن غیر ممکن یا بسیار دشوار است.

۱۴- متوسط

$$C=\kappa\varepsilon_{\circ}\frac{A}{d}\Rightarrow C_{۲}-C_{۱}=\kappa\varepsilon_{\circ}A(\frac{۱}{d_{۲}}-\frac{۱}{d_{۱}})$$

$$\Rightarrow \Delta C=۳/۵\times۱۰^{-۱۱}\times۹/۵\times۱۰^{-۵}(\frac{۱}{۰/۱۵\times۱۰^{-۳}}-\frac{۱}{۵\times۱۰^{-۳}})$$

$$\Delta C=۳۳/۲۵\times۱۰^{-۱۳}(\frac{۱}{۰/۱۵}-\frac{۱}{۵})=۳۳/۲۵\times۱۰^{-۱۳}(\frac{۱۰۰}{۱۵}-\frac{۱}{۵})$$

$$=۳۳/۲۵\times۱۰^{-۱۳}(\frac{۱۰۰-۳}{۱۵})$$

$$\Delta C\simeq ۲۱۵\times۱۰^{-۱۳}F=۲۱/۵pF$$

۱۵- متوسط

$$C=\kappa\varepsilon_{\circ}\frac{A}{d}\Rightarrow C=۵\times۹\times۱۰^{-۱۲}\times\frac{۱}{۰/۳\times۱۰^{-۳}}$$

$$\Rightarrow C=۱۵\times۱۰^{-۸}F=۱۵۰nF$$

۱۶- دشوار

آ) $C=\kappa\varepsilon_{\circ}\frac{A}{d}\Rightarrow C=۳\times۹\times۱۰^{-۱۲}\times\frac{۱\times۱۰^{-۱۰}}{۱۰\times۱۰^{-۹}}$

$$\Rightarrow C=۲۷\times۱۰^{-۱۴}F=۰/۲۷pF$$

ب) $C=\frac{Q}{V}\Rightarrow Q=C\times V=۲۷\times۱۰^{-۱۴}\times۸۵\times۱۰^{-۳}=۲۲۹۵\times۱۰^{-۱۷}C$

$$Q=ne\Rightarrow n=\frac{۲۲۹۵\times۱۰^{-۱۷}}{۱/۶\times۱۰^{-۱۹}}=۱۴۳۴/۳۷۵\times۱۰^{۲}\simeq۱/۴\times۱۰^{۵}$$

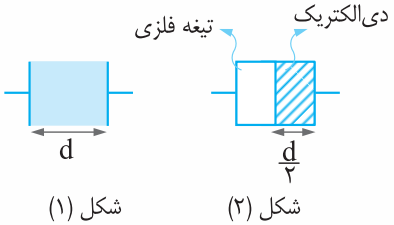
۱۷- دشوار

توجه: نسبت ظرفیت خازن در دو وضعیت از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$\frac{C_{۲}}{C_{۱}}=\frac{\kappa_{۲}}{\kappa_{۱}}\times\frac{A_{۲}}{A_{۱}}\times\frac{d_{۱}}{d_{۲}}$$

ورود تیغهٔ فلزی مطابق شکل (۲) عملاً فاصلهٔ بین صفحه‌های خازن را کم می‌کند.

$$\frac{C_{۲}}{C_{۱}}=\frac{\kappa_{۲}}{\kappa_{۱}}\times\frac{d_{۱}}{d_{۲}}\xrightarrow{\kappa_{۲}=۴,\kappa_{۱}=۱,d_{۲}=\frac{۱}{۲}d_{۱}}\frac{C_{۲}}{C_{۱}}=۴\times۲=۸$$



شکل (۱) شکل (۲)

۱۸- دشوار

میدان الکتریکی خازن تخت

با توجه به رابطه‌های زیر، برای خازن‌های تخت داریم:

$$\left.\begin{array}{l}C=\kappa\varepsilon_{\circ}\frac{A}{d}\\ C=\frac{Q}{V}\xrightarrow{V=Ed}C=\frac{Q}{Ed}\end{array}\right\}\Rightarrow\frac{Q}{Ed}=\kappa\varepsilon_{\circ}\frac{A}{d}\Rightarrow E=\frac{Q}{A\varepsilon_{\circ}\kappa}$$

نتیجهٔ ۱: طبق تعریف چگالی سطحی بار $(\sigma=\frac{Q}{A})$، داریم:

$$E=\frac{Q}{A\varepsilon_{\circ}\kappa}\xrightarrow{\sigma=\frac{Q}{A}}E=\frac{\sigma}{\varepsilon_{\circ}\kappa}$$

نتیجهٔ ۲: خازن، شارژ شده و از مولد جدا باشد، $(Q=\text{ثابت})$:

آ) با تغییر فاصلهٔ صفحات خازنی که یک دی‌الکتریک قابل انعطاف فضای بین صفحات را پُر کرده است، در صورتی که مساحت صفحات، تغییر نکند، میدان الکتریکی خازن ثابت می‌ماند.

ب) اگر دی‌الکتریک اولیه $(\kappa_{۱})$ را از خازن خارج و دی‌الکتریک دیگری $(\kappa_{۲})$ را وارد خازن کنیم، که فضای بین صفحات خازن را پُر کند، داریم:

$$\left.\begin{array}{l}E_{۱}=\frac{Q}{A\varepsilon_{\circ}\kappa_{۱}}\\ E_{۲}=\frac{Q}{A\varepsilon_{\circ}\kappa_{۲}}\end{array}\right\}\Rightarrow\frac{E_{۲}}{E_{۱}}=\frac{\kappa_{۱}}{\kappa_{۲}}$$

توجه: اگر خازن به مولد متصل باشد، در صورتی که فاصلهٔ صفحات آن و ولتاژ دو سر آن ثابت باشد، طبق رابطهٔ $E=\frac{v}{d}$، پس از ورود دی‌الکتریک بین صفحات خازن، $\mathbf{E}$ ثابت می‌ماند و تغییری نمی‌کند.

$$E=\frac{\sigma}{\varepsilon_{\circ}\kappa}\Rightarrow E=\frac{۹\times۱۰^{-۵}}{۹\times۱۰^{-۱۲}\times۴}=۰/۲۵\times۱۰^{۷}\frac{N}{C}=۲/۵\times۱۰^{۶}\frac{N}{C}$$

۱۹- دشوار

آ) در حالی که خازن به مولد وصل است، طبق رابطهٔ $V=Ed$ چون $\mathbf{V}$ و $\mathbf{d}$ تغییر کرده است، با ورود دی‌الکتریک میدان الکتریکی تغییری نمی‌کند. $E_{۲}=E_{۱}$

ب) اگر خازن شارژ شده از مولد جدا باشد، طبق توضیحات در پاسخ سوال قبل:

$$\frac{E_{۲}}{E_{۱}}=\frac{\kappa_{۱}}{\kappa_{۲}}\Rightarrow\frac{E_{۲}}{E_{۱}}=\frac{۲}{۴}\Rightarrow E_{۲}=\frac{۱}{۲}E_{۱}$$

۲۰- متوسط

چون خازن به مولد متصل است، در هر دو حالت ولتاژ آن ثابت و برابر ۱۰۰ ولت است.

$$Q_{۱}=C_{۱}V\Rightarrow Q_{۱}=۶\times۱۰^{-۲}\times۱۰۰=۶\mu C$$

$$\frac{C_{۲}}{C_{۱}}=\frac{d_{۱}}{d_{۲}}\Rightarrow\frac{C_{۲}}{C_{۱}}=\frac{d_{۱}}{\frac{۱}{۳}d_{۱}}\Rightarrow C_{۲}=۳C_{۱}\Rightarrow C_{۲}=۱۸\times۱۰^{-۲}\mu F$$

$$Q_{۲}=C_{۲}V\Rightarrow Q_{۲}=۱۸\times۱۰^{-۲}\times۱۰۰=۱۸\mu C$$

$$\Delta Q=۱۸-۶=۱۲\mu C$$

۲۱- متوسط

خازن شارژ شده و از مولد جدا، بارش ثابت است $(Q_1 = Q_2)$ و ثابت دی‌الکتریک هوا برابر یک است:

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{\kappa_2}{\kappa_1} \Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{5}{1} \Rightarrow C_2 = 5C_1$$

$$Q_1 = Q_2 \Rightarrow C_1V_1 = C_2V_2 \Rightarrow C_1 \times 15 = 5C_1 \times V_2 \Rightarrow V_2 = 3V$$

۲۲- متوسط

آ) $C = \frac{Q}{V} = \frac{20}{20} = 1\mu F$

ب) در این قسمت از هر یک از سه رابطهٔ $U = \frac{1}{2}QV$ ، $U = \frac{1}{2}CV^2$ و $U = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$ می‌توان استفاده کرد. مثلاً:

$$U = \frac{1}{2}QV = \frac{1}{2} \times 20 \times 20 = 200\mu J$$

توجه: در رابطه‌های $U = \frac{1}{2}CV^2$ و $U = \frac{1}{2}QV$ ، اگر **V** بر حسب ولت باشد و **Q** یا **C** به ترتیب بر حسب میکروکولن و میکروفاراد و یا .... آن‌گاه انرژی بر حسب میکروژول و یا ... خواهد بود.

و در رابطهٔ $U = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$ اگر **Q** بر حسب میکروکولن و **C** بر حسب میکروفاراد باشد، **U** بر حسب میکروژول خواهد بود و به همین ترتیب برای یکاهای دیگر.

۲۳- متوسط

آ) $U = \frac{1}{2}CV^2 \Rightarrow U = \frac{1}{2} \times 600 \times 300^2 = 27 \times 10^6 \mu J = 27J$

ب) $P = \frac{U}{\Delta t} \Rightarrow P = \frac{27}{10^{-3}} = 27000W$

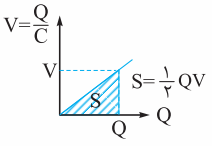
۲۴- متوسط

روش اول:

$$C = \frac{Q}{V} \Rightarrow C = \frac{20}{10} = 2\mu F$$

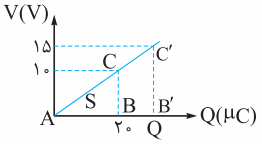
$$U = \frac{1}{2}CV^2 \Rightarrow U = \frac{1}{2} \times 2 \times 15^2 = 225\mu J = 2/25 \times 10^{-4} J$$

روش دوم: در نمودار $V - Q$ ، مطابق شکل، مساحت قسمت مشخص شده که مساحت یک مثلث است، برابر با انرژی ذخیره شده در خازن است.



با توجه به تشابه مثلث‌های $\overset{\Delta}{AB'C'}$ و $\overset{\Delta}{ABC}$ داریم:

$$\frac{15}{10} = \frac{Q}{20} \Rightarrow Q = 30\mu C$$



حال مساحت مثلث $\overset{\Delta}{AB'C'}$ را محاسبه می‌کنیم.

$$S' = \frac{1}{2} \times 30 \times 15 = 225 \Rightarrow U = 225\mu J = 2/25 \times 10^{-4} J$$

۲۵- متوسط

آ) $U = \frac{1}{2}CV^2 \Rightarrow U = \frac{1}{2} \times 11 \times (6000)^2 = 198 \times 10^6 \mu J = 198J$

توجه کنید که اگر **V** بر حسب ولت و **C** بر حسب میکروفاراد وارد شود، **U** بر حسب، میکروژول به دست می‌آید.

ب) $P = \frac{U}{\Delta t} \Rightarrow P = \frac{198}{2 \times 10^{-3}} = 99 \times 10^3 W$

۲۶- دشوار

آ) درست

$$V = \text{ثابت}, C = \kappa\varepsilon_0 \frac{A}{d} \xrightarrow{\text{کاهش } d} C \text{ افزایش}, U = \frac{1}{2}CV^2 \xrightarrow{\text{افزایش } C} U \text{ افزایش}$$

ب) نادرست

$$V = \text{ثابت}, C = \kappa\varepsilon_0 \frac{A}{d} \xrightarrow{\text{کاهش } \kappa} C \text{ کاهش}, U = \frac{1}{2}CV^2 \xrightarrow{\text{کاهش } C} U \text{ کاهش}$$

پ) نادرست

$$Q = \text{ثابت}, C = \kappa\varepsilon_0 \frac{A}{d} \xrightarrow{\text{افزایش } \kappa} C \text{ افزایش}, U = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C} \xrightarrow{\text{افزایش } C} U \text{ کاهش}$$

ت) درست

$$Q = \text{ثابت}, C = \kappa\varepsilon_0 \frac{A}{d} \xrightarrow{\text{افزایش } d} C \text{ کاهش}, U = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C} \xrightarrow{\text{کاهش } C} U \text{ افزایش}$$

۲۷- دشوار

با افزایش فاصلهٔ صفحات خازن (d) طبق رابطهٔ $C = k\varepsilon_0 \frac{A}{d}$ ، ظرفیت خازن (C) کاهش می‌یابد. چون در هر دو حالت مقدار بار (Q) یکسان بوده است، طبق رابطهٔ $U = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$ با کاهش ظرفیت خازن (C) در این حالت، انرژی خازن (U)، افزایش می‌یابد. پس جرقه حاصل در حالت دوم، بزرگتر است.

۲۸- دشوار

اگر بار مثبت از صفحهٔ منفی به صفحهٔ مثبت منتقل شود، بار خازن افزایش می‌یابد، زیرا با برداشتن بار مثبت از صفحهٔ منفی، بار صفحهٔ منفی، منفی‌تر شده و با اضافه کردن بار مثبت به صفحهٔ‌مثبت، بار مثبت صفحهٔ مثبت، مثبت‌تر می‌شود.

$$Q_2 = Q_1 + 3 \times 10^{-3} \quad (*)$$

$$U = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C} \Rightarrow U_2 - U_1 = \frac{1}{2C}(Q_2^2 - Q_1^2)$$

$$\xrightarrow{(*)} +8 = \frac{1}{2 \times 12 \times 10^{-6}}((Q_1 + 3 \times 10^{-3})^2 - Q_1^2)$$

$$192 \times 10^{-6} = Q_1^2 + 9 \times 10^{-6} + 6 \times 10^{-3}Q_1 - Q_1^2$$

$$\Rightarrow Q_1 = \frac{183 \times 10^{-6}}{6 \times 10^{-3}} = 30/5 \times 10^{-3} C = 30/5 mC$$

۱- گزینهٔ «۴» آسان

طبق رابطهٔ ظرفیت خازن $C=\frac{Q}{V}$، Q بار الکتریکی بر حسب کولن و V، ولتاژ دو سر خازن بر حسب ولت است، بنابراین، یکای ظرفیت خازن (C)، کولن بر ولت است که به آن فاراد می‌گویند.

۲- گزینهٔ «۲» آسان

روش اول: طبق نمودار، به ازای بارالکتریکی یکسان داریم:

$$Q_A=Q_B \xrightarrow{Q=CV} C_AV_A=C_BV_B \Rightarrow C_A\times 8=C_B\times 4$$
$$\Rightarrow \frac{C_A}{C_B}=\frac{4}{8}=\frac{1}{2}$$

روش دوم: در نمودار $Q-V$، شیب خط متناسب با ظرفیت خازن است.

$$\frac{C_A}{C_B}=\frac{A\text{شیب}}{B\text{شیب}}=\frac{\frac{Q}{8-0}}{\frac{Q}{4-0}}=\frac{4}{8}=\frac{1}{2}$$

۳- گزینهٔ «۲» متوسط

چون ظرفیت خازن به ویژگی‌های ساختمانی آن و ثابت دی‌الکتریک بین صفحه‌های آن بستگی دارد،گزینه‌های ۱ و ۳ نادرست هستند. رابطهٔ ظرفیت خازن بر حسب ویژگی‌های ساختمانی و ثابت دی‌الکتریک (κ) به صورت $C=\kappa\varepsilon_0\frac{A}{d}$ است که در آن A، مساحت صفحه‌های خازن و d فاصلهٔ بین صفحه‌های خازن است. κ برای هوا برابر ۱ و برای دیگر دی‌الکتریک‌ها بیشتر از یک است. طبق گزینهٔ ۴ با کاهش فاصلهٔ بین دو صفحه (d) باید ظرفیت خازن افزایش یابد. پس این گزینه نیز درست نیست.

ولی اگر دی‌الکتریک بین صفحه‌های خازن برداشته شود، κ کم شده و ظرفیت خازن کاهش می‌یابد.

۴- گزینهٔ «۲» آسان

$$\kappa_1=2,\kappa_2=1,d_2=\frac{1}{2}d_1,A_1=A_2$$

$$\frac{C_2}{C_1}=\frac{\kappa_2}{\kappa_1}\times\frac{A_2}{A_1}\times\frac{d_1}{d_2}=\frac{1}{2}\times\frac{1}{1}\times\frac{1}{\frac{1}{2}}=1$$

۵- گزینهٔ «۱» آسان

$$\frac{C_2}{C_1}=\frac{\kappa_2}{\kappa_1}=\frac{1}{2}\Rightarrow C_2=\frac{C_1}{2}=2\times10^{-2}\mu F$$

$$q=C_2V=2\times10^{-2}\times200=4\mu C$$

۶- گزینهٔ «۳» آسان

خازن شارژ شده (پر شده) و از مولد جدا، بار الکتریکی‌اش ثابت می‌ماند. طبق رابطهٔ $C=\kappa\varepsilon_0\frac{A}{d}$، با افزایش d، ظرفیت خازن (C) کاهش می‌یابد. طبق رابطهٔ $C=\frac{Q}{V}$ با ثابت ماندن Q و کاهش C (ظرفیت خازن) باید V (اختلاف پتانسیل دو صفحهٔ خازن) زیاد شود.

۷- گزینهٔ «۱» متوسط

تا زمانی که خازن به مولد متصل است، ولتاژ دو سر خازن ثابت و برابر V است.

طبق رابطهٔ $C=\kappa\varepsilon_0\frac{A}{d}$، با افزایش d، ظرفیت خازن (C) کاهش می‌یابد.

طبق رابطهٔ $C=\frac{Q}{V}$، با ثابت ماندن V و کاهش C، Q (بار خازن) باید کم شود.

طبق رابطهٔ $V=Ed$، با ثابت ماندن V و افزایش d، E (بزرگی میدان الکتریکی بین صفحات خازن) کاهش می‌یابد. رد گزینه‌های ۳ و ۴

۸- گزینه «۳» متوسط

برای محاسبه میدان در یک خازن از رابطهٔ $E=\frac{V}{d}$ استفاده می‌نماییم، چون خازن به مولد متصل است، بنابراین $V=\text{ثابت}$ است، حال اگر فاصله (d) را تغییر دهیم، بزرگی میدان با d رابطهٔ عکس دارد. بنابراین با افزایش و کاهش d، بزرگی میدان به ترتیب کاهش و افزایش می‌یابد، لذا گزینه ۳ درست می‌باشد.

۹- گزینه «۲» آسان

ظرفیت اولیه خازن را C در نظر گرفته و ظرفیت خازن در حالت دوم با توجه به آن که $C\propto\frac{1}{d}$ را $\frac{C}{2}$ می‌گیریم، خواهیم داشت:

$$Q_2-Q_1=-4\mu C\Rightarrow Q_1-Q_2=4\mu C$$

$$\xrightarrow[Q_2=\frac{CV}{2}]{Q_1=CV} CV-\frac{CV}{2}=4\mu C\Rightarrow\frac{CV}{2}=4$$

از طرفی: $V=10V\Rightarrow\frac{CV}{2}=4\Rightarrow\frac{C}{2}\times10=4$

$$\Rightarrow C\times10=8\Rightarrow C=0/8\mu F$$

۱۰- گزینه «۱» **متوسط**

برای خازن تخت داریم $C=\frac{k\varepsilon_{\circ}A}{d}$ و چون صفحات فلزی یکسان هستند، پس مساحت سطح آن‌ها برابر است. یعنی $\varepsilon_{\circ}A$ ثابت است. لذا هر چه نسبت $\frac{k}{d}$ بیشتر باشد، ظرفیت خازن بیشتر خواهد بود.

میکا: $\frac{k}{d}=\frac{۷}{۳}$

شیشه: $\frac{k}{d}=\frac{۵}{۲}$

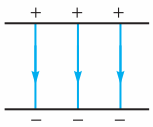
پارافین: $\frac{k}{d}=۲$

پلاستیک: $\frac{k}{d}=\frac{۳۰}{۲}=۱۵$

۱۱- گزینهٔ «۲» **دشوار**

مطابق شکل، خطوط میدان الکتریکی بین دو صفحه خازن رو به پایین است و چون میدان الکتریکی بین دو صفحه خازن یکنواخت است، داریم:

$|\Delta V|=Ed$



در حالت اول، ابتدا $E_{۱}$ را محاسبه می‌کنیم و بعد در خلاف جهت خط میدان از **A** به **P** می‌رویم.

$۲۰=E_{۱}\times ۵\times ۱۰^{-۳}\Rightarrow E_{۱}=۴۰۰۰\frac{V}{m},$

$V_P-V_A=+E_{۱}\times ۲\times ۱۰^{-۳}\Rightarrow V_P=۸+V_A$

در حالت دوم هم ابتدا $E_{۲}$ را محاسبه می‌کنیم و بعد در خلاف جهت خط میدان از **A** به **P** می‌رویم:

$۲۰=E_{۲}\times ۱۰\times ۱۰^{-۳}\Rightarrow E_{۲}=۲۰۰۰\frac{V}{m},$

$V'_P-V_A=+E_{۲}\times ۲\times ۱۰^{-۳}\Rightarrow V'_P=۴+V_A$

بنابراین:

$V'_P-V_P=(۴+V_A)-(۸+V_A)=-۴V$

یعنی ۴ ولت کاهش.

۱۲- گزینه «۲» **دشوار**

$E=\frac{V}{d}=\frac{\frac{q}{C}}{d}=\frac{q}{C\cdot d}=\frac{q}{\frac{\varepsilon_{\circ}A}{d}\cdot d}\Rightarrow E=\frac{q}{\varepsilon_{\circ}A}$

۱۳- گزینه «۳» **دشوار**

$q=C\cdot V=\frac{\varepsilon_{\circ}A}{d}\cdot V$

$\sigma=\frac{q}{A}=\frac{\frac{\varepsilon_{\circ}AV}{d}}{A}==\frac{\varepsilon_{\circ}\cdot V}{d}=\varepsilon_{\circ}\frac{v}{d}\xrightarrow{E=\frac{V}{d}}\sigma=\varepsilon_{\circ}E$

۱۴- گزینه «۲» **متوسط**

هنگامی که خازن به باتری متصل می‌ماند، اختلاف پتانسیل ثابت و با توجه به روابط $Q=CV$ و $U=\frac{CV^{۲}}{۲}$، بار و انرژی با ظرفیت رابطه مستقیم دارند و میدان الکتریکی $E=\frac{V}{d}$ با فاصله بین صفحات رابطه عکس دارد.

با توجه به رابطه ظرفیت خازن $C=\frac{k\varepsilon_{\circ}A}{d}$ با دو برابر کردن فاصله بین صفحات، ظرفیت و بار روی صفحات و انرژی خازن نصف و میدان الکتریکی نیز نصف می‌شود.

۱۵- گزینهٔ «۱» **دشوار**

$\begin{cases}C_{۱}=\frac{\kappa\varepsilon_{\circ}A}{d_{۱}}=۱/۶\times ۸/۸۵\times ۱۰^{-۱۳}\\ C_{۲}=\frac{\kappa\varepsilon_{\circ}A}{d_{۲}}=۴\times ۸/۸۵\times ۱۰^{-۱۳}\end{cases}$

$\Rightarrow C_{۲}-C_{۱}=(۴-۱/۶)\times ۸/۸۵\times ۱۰^{-۱۳}=۲/۴\times ۸/۸۵\times ۱۰^{-۱۳}$

$=۲/۱۲۴\times ۱۰^{-۱۲}F=۲/۱۲۴pF$

۱۶- گزینه «۳» **آسان**

$U=\frac{۱}{۲}CV^{۲}\Rightarrow C=\frac{۲U}{V^{۲}}\Rightarrow C=\frac{۲\times ۱/۸}{(۲۰۰)^{۲}}=۹\times ۱۰^{-۵}F$

$\Rightarrow C=۹\times ۱۰^{-۵}\times ۱۰^{۶}\mu F=۹۰\mu F$

۱۷- گزینه «۴» **متوسط**

$V_{۲}=V_{۱}-\frac{۸۰}{۱۰۰}V_{۱}=\frac{۲۰}{۱۰۰}V_{۱}=۰/۲V_{۱}$

$U=\frac{۱}{۲}CV^{۲}\Rightarrow \frac{U_{۲}}{U_{۱}}=(\frac{V_{۲}}{V_{۱}})^{۲}=(\frac{۰/۲V_{۱}}{V_{۱}})^{۲}=۰/۰۴$

$\Rightarrow U_{۲}=۰/۰۴U_{۱}$

$\Delta U=U_{۲}-U_{۱}=۰/۰۴U_{۱}-U_{۱}=-۰/۹۶U_{۱}=-\frac{۹۶}{۱۰۰}U_{۱}$

۱۸- گزینه «۴» دشوار

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

$$\frac{C'}{C}=\frac{d}{d'}=\frac{d}{nd}=\frac{1}{n}\Rightarrow C'=\frac{1}{n}C$$

$$U'=\frac{1}{2}C'V^2=\frac{1}{2}\times\frac{1}{n}CV^2=\frac{1}{n}U$$

$$C''=\frac{1}{n}C\Rightarrow U''=\frac{Q^2}{2\times\frac{1}{n}C}=n\cdot\frac{Q^2}{2C}=n\cdot U$$

$$\frac{U''}{U'}=\frac{n\cdot U}{\frac{1}{n}U}=n^2$$

۱۹- گزینهٔ «۳» دشوار

هرگاه خازن از مولد جدا شده باشد، بار الکتریکی صفحات ثابت است، لذا:

$\frac{1}{2}C=\kappa\varepsilon_0\cdot\frac{A}{d}$ برابر می‌شود.

$\downarrow$ ۲برابر شدن

$$\begin{cases}\frac{1}{2}C=\frac{Q}{V}\rightarrow\text{ثابت}\\ \rightarrow\text{۲برابر}\\ E=\frac{V}{d}\rightarrow\text{۲برابر}\end{cases}\Leftarrow\text{ثابت است}$$

$U=\frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}\begin{matrix}\rightarrow\text{ثابت}\\ \rightarrow\frac{1}{2}\text{برابر}\end{matrix}\Leftarrow$ ۲ برابر می‌شود.

۲۰- گزینه «۲» آسان

$$U=\frac{1}{2}CV^2\Rightarrow U=\frac{1}{2}\times5\times10^2=250\mu J$$

۲۱- گزینه «۳» متوسط

$$U=\frac{1}{2}CV^2\Rightarrow U\propto V^2\Rightarrow\frac{U_2}{U_1}=(\frac{V_2}{V_1})^2\Rightarrow\frac{U_2}{U_1}=(\frac{15}{20})^2=\frac{9}{16}$$

۲۲- گزینه «۱» متوسط

$$\left.\begin{aligned}U=\frac{Q^2}{2C}\Rightarrow\Delta U=\frac{Q_2^2-Q_1^2}{2C}\\ Q_2=\frac{125}{100}Q_1=\frac{5}{4}Q_1\end{aligned}\right\}\Rightarrow 90=\frac{\frac{25}{16}Q_2^2-Q_1^2}{2\times5}$$

$$900=\frac{9}{16}Q_1^2\Rightarrow Q_1^2=1600\Rightarrow Q_1=40\mu C$$

$$V_1=\frac{Q_1}{C}\Rightarrow V_1=\frac{40}{5}=8V$$

۲۳- گزینه «۲» متوسط

$$\frac{C_2}{C_1}=\frac{\kappa_2}{\kappa_1}\Rightarrow C_2=\kappa_2C_1=\kappa_2\times5\mu F$$

$$U_2=\frac{1}{2}C_2V^2\Rightarrow 2\times10^{-3}=\frac{1}{2}\times\kappa_2\times5\times10^{-6}\times20^2\Rightarrow\kappa_2=2$$

۲۴- گزینه «۳» متوسط

ظرفیت خازن ثابت است.

$$U=\frac{1}{2}CV^2\Rightarrow\frac{U_2}{U_1}=(\frac{V_2}{V_1})^2\Rightarrow\frac{U_2}{U_1}=(\frac{3}{4})^2\Rightarrow\frac{U_2}{U_1}=\frac{9}{16}$$

$$\frac{U_2-U_1}{U_1}=\frac{(\frac{9}{16}-1)U_1}{U_1}=-\frac{7}{16}$$

باید $\frac{7}{16}$ انرژی اولیه کاهش پیدا کند.

۲۵- گزینهٔ «۱» دشوار

ظرفیت خازن ثابت می‌ماند.

$$V_2=1/5V_1$$

$$Q=CV\Rightarrow Q_2-Q_1=C(V_2-V_1)\Rightarrow20=C\times(1/5V_1-V_1)$$

$$\Rightarrow20=C\times0/5V_1\Rightarrow CV_1=40$$

$$U=\frac{1}{2}CV^2\Rightarrow U_2-U_1=\frac{1}{2}C(V_2^2-V_1^2)$$

$$\Rightarrow200=\frac{1}{2}C((1/5V_1)^2-V_1^2)\Rightarrow400=\frac{5}{4}CV_1^2$$

$$400=\frac{5}{4}V_1(CV_1)\xrightarrow{CV_1=40}400=\frac{5}{4}V_1\times40\Rightarrow V_1=8V$$

$$CV_1=40\Rightarrow C=\frac{40}{8}=5\mu F$$

۲۶- گزینهٔ «۴» متوسط

$$U_2-U_1=5\times10^{-6}J=5\mu J$$

$$U=\frac{1}{2}CV^2\Rightarrow U_2-U_1=\frac{1}{2}C(V_2^2-V_1^2)$$

$$\Rightarrow5=\frac{1}{2}\times2((V_1+1)^2-V_1^2)$$

$$5=V_1^2+1+2V_1-V_1^2\Rightarrow V_1=2V$$

۲۷- گزینهٔ «۴» دشوار

ظرفیت خازن ثابت می‌ماند.

$$V_2=1/2V_1$$

$$Q=CV\Rightarrow Q_2-Q_1=C(V_2-V_1)\Rightarrow50=25(1/2V_1-V_1)$$

$$\Rightarrow2=0/2V_1\Rightarrow V_1=10V$$

$$V_2=1/2V_1=1/2\times10=12V$$

$$U_2=\frac{1}{2}CV_2^2\Rightarrow U_2=\frac{1}{2}\times25\times12^2=1800\mu J=1/8mJ$$

۲۸- گزینهٔ «۳» آسان

$$U=\frac{1}{2}CV^2\Rightarrow\frac{U_1}{U_2}=\frac{C_1}{C_2}\times(\frac{V_1}{V_2})^2\Rightarrow0/2=\frac{C_1}{C_2}\times(\frac{200}{400})^2$$

$$\Rightarrow0/2=\frac{C_1}{C_2}\times\frac{1}{4}\Rightarrow\frac{C_1}{C_2}=\frac{8}{10}\Rightarrow\frac{C_2}{C_1}=\frac{10}{8}=\frac{5}{4}$$

۲۹- گزینه «۲» دشوار

با جدا کردن بار مثبت از صفحه منفی و انتقال آن به صفحه مثبت، بار خازن افزایش می‌یابد.

$$Q_1 = Q$$

$$Q_2 = Q + 3\times10^{-3}C$$

$$\Delta U = \frac{1}{2}\frac{Q_2^2}{C} - \frac{1}{2}\frac{Q_1^2}{C} \Rightarrow 4/5 = \frac{1}{2C}((Q+3\times10^{-3})^2 - Q^2)$$

$$= 10^5(Q^2 + 9\times10^{-6} + 6\times10^{-3}Q - Q^2)$$

$$\Rightarrow 3/6 = 600Q \Rightarrow Q = 6\times10^{-3}C = 6mC$$

۳۰- گزینهٔ «۱» دشوار

با انتقال بار مثبت، از صفحهٔ منفی به صفحهٔ مثبت، بار خازن افزایش می‌یابد.

حالت اول: $(Q_1 = Q$ بار خازن$)$

حالت دوم: $(Q_2 = Q + 3$ بار خازن$)$

$$\Delta U = 900 = U_2 - U_1 \xrightarrow{U=\frac{Q^2}{2C}} 900 = \frac{1}{2C}(Q_2^2 - Q_1^2)$$

$$\xrightarrow{C=15\mu F=15\times10^{-3}mF} 900 = \frac{1}{2\times15\times10^{-3}}((Q+3)^2 - Q^2)$$

$$\Rightarrow 900 = \frac{1}{30\times10^{-3}}(\cancel{Q^2} + 9 + 6Q - \cancel{Q^2}) \Rightarrow Q = 3\ mC$$

$$U = \frac{Q^2}{2C} = \frac{3^2}{2\times15\times10^{-3}} = 300mJ$$

۱- آسان

آ) با روش تماس یا القا

ب) صفر

پ) $\frac{N}{C}$

ت) مماس

۲- متوسط

آ) نادرست

ب)درست

پ)نادرست

ت)درست

۳- آسان

برای این منظور باید الکتروسکوپ خنثی باشد، بنابراین ابتدا ورقه‌های آن بسته است. جسم را به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک می‌کنیم (بدون تماس). اگر ورقه‌ها از هم دور شدند، جسم دارای بار الکتریکی است و اگر بسته ماندند جسم دارای بار الکتریکی نیست و خنثی است.

۴- متوسط

آ) $q_2 > 0$ ، $q_1 < 0$

ب) چون تراکم خطوط میدان الکتریکی اطراف بار q_1 بیشتر است. $|q_1| > q_2$

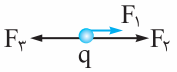
پ) $V_B > V_A$

۵- متوسط

$$F_1 = \frac{9\times10^9\times30\times10^{-6}\times10^{-6}}{(0/3)^2} = 3N\ ,$$

$$F_2 = \frac{9\times10^9\times40\times10^{-6}\times10^{-6}}{(0/2)^2} = 9N$$

$$F_3 = \frac{9\times10^9\times10\times10^{-6}\times10^{-6}}{(0/1)^2} = 9N$$



$F_T = 3 + 9 - 9 = 3N$ به سمت راست

۶- دشوار

آ) مولفهٔ $\vec{i}$ میدان الکتریکی در رأس قائم مثلث حاصل از بار q_2 است. چون این مولفه به سمت بار q_2 است، بار q_2 منفی است.

$$18\times10^7 = \frac{9\times10^9|q_2|}{(6\times10^{-2})^2} \Rightarrow |q_2| = 72\times10^{-6}C = 72\mu C$$

ب) مؤلفهٔ $\vec{j}$ ناشی از بار q_1 است.

$$9\times10^7 = \frac{9\times10^9|q_1|}{x^2} \xrightarrow{q_1=16\mu C} 10^7\times x^2 = 10^9\times16\times10^{-6}$$

$$\Rightarrow x^2 = 16\times10^{-4} \Rightarrow x = 0/04m = 4cm$$

۷- متوسط

الف) $|\Delta V| = Ed \Rightarrow E = \frac{20}{0/1} = 200\frac{V}{m}$

ب) چون $V_A > V_B$ است، میدان الکتریکی به سمت راست است.

$$V_B - V_A = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow -20 = \frac{\Delta U}{-10\times10^{-6}} \Rightarrow \Delta U = +2\times10^{-4}$$

$\Delta U > 0$، پس انرژی پتانسیل الکتریکی بار، افزایش یافته است.

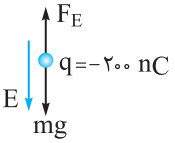
۸- آسان

$$q' = q'_۱ = q'_۲ = \frac{۲۹ + (-۲)}{۲} = ۱۳/۵\mu C$$

$$\sigma' = \sigma'_۱ = \sigma'_۲ = \frac{q'}{۴\pi r^۲} \Rightarrow \sigma' = \frac{۱۳/۵}{۴ \times ۳ \times ۳^۲} = \frac{۱}{۸}\frac{\mu C}{cm^۲}$$

۹- متوسط

چون نیروی وارد بر بار منفی از طرف میدان الکتریکی، خلاف جهت میدان الکتریکی است، باید جهت میدان الکتریکی به سمت پایین باشد.



چون بادکنک معلق مانده است:

$$F_E = mg \Rightarrow E|q| = mg \Rightarrow E = \frac{۱۰ \times ۱۰^{-۳} \times ۱۰}{۲۰۰ \times ۱۰^{-۹}} \Rightarrow E = ۵ \times ۱۰^۵ \frac{N}{C}$$

۱۰- متوسط

میدان الکتریکی بین صفحه های خازن تخت، یکنواخت است:

$$|\Delta V| = V = Ed \Rightarrow V = ۲ \times ۱۰^۳ \times ۲ \times ۱۰^{-۳} = ۴V$$

$$Q = CV \Rightarrow Q = ۱۵ \times ۴ = ۶\mu C$$

۱۱- متوسط

الف) $C = \kappa\varepsilon_۰ \frac{A}{d} \Rightarrow C = ۵ \times ۹ \times ۱۰^{-۱۲} \times \frac{۲۰ \times ۱۰^{-۴}}{۳ \times ۱۰^{-۳}}$

$$\Rightarrow C = ۳۰ \times ۱۰^{-۱۲} F = ۳۰pF$$

ب) $U = \frac{۱}{۲}CV^۲ \Rightarrow U = \frac{۱}{۲} \times ۳۰ \times ۱۰^{-۱۲} \times (۱۰۰)^۲ = ۱۵ \times ۱۰^{-۸} J$

۱۲- متوسط

آ) $C = \kappa\varepsilon_۰ \frac{A}{d} \xrightarrow{\kappa=\text{افزایش}} C = \text{افزایش}$

ب) $Q = CV \xrightarrow{V=\text{ثابت}, C=\text{افزایش}} Q = \text{افزایش}$

پ) $U = \frac{۱}{۲}CV^۲ \xrightarrow{V=\text{ثابت}, C=\text{افزایش}} U = \text{افزایش}$

ت) $V = Ed \xrightarrow{V=\text{ثابت}, d=\text{ثابت}} E = \text{ثابت}$

۱۳- متوسط

$$U = \frac{۱}{۲}CV^۲ \Rightarrow U = \frac{۱}{۲} \times ۱۰ \times ۱۲^۲ = ۷۲۰nJ$$

$$P = \frac{U}{\Delta t} = \frac{۷۲۰ \times ۱۰^{-۹}}{۲ \times ۱۰^{-۳}} = ۳۶۰ \times ۱۰^{-۶} W = ۳/۶ \times ۱۰^{-۴} W$$

۱- آسان

آ) نادرست — ب) درست

پ) نادرست — ت) درست

۲- آسان

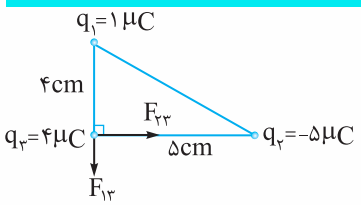
آ) کاهش — ب) نصف

پ) کم — ت) فرو ریزش الکتریکی

۳- متوسط

در این حالت الکتروسکوپ باید دارای بار الکتریکی باشد، پس ورقه‌های الکتروسکوپ از هم دور هستند. اگر جسم را در دست بگیریم و به کلاهک الکتروسکوپ تماس دهیم و ورقه‌های الکتروسکوپ بسته شوند، جسم رسانا است و اگر ورقه‌ها تغییری نکردند یا کمی به هم نزدیک شدند، جسم نارسانا است.

۴- متوسط



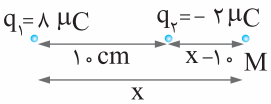
$$F_{۱۳} = \frac{۹ \times ۱۰^۹ \times ۴ \times ۱۰^{-۶} \times ۱ \times ۱۰^{-۶}}{(۴ \times ۱۰^{-۲})^۲} = ۲۲/۵N ,$$

$$F_{۲۳} = \frac{۹ \times ۱۰^۹ \times ۵ \times ۱۰^{-۶} \times ۴ \times ۱۰^{-۶}}{(۵ \times ۱۰^{-۲})^۲} = ۷۲N$$

$$\vec{F}_T = ۷۲\vec{i} - ۲۲/۵\vec{j}$$

۵- دشوار

چون بارها، ناهمنام هستند، باید نقطه موردنظر خارج فاصلهٔ دو بار و نزدیک بار کوچک‌تر باشد. مثل نقطهٔ **M** .



$$E_۱ = E_۲ \Rightarrow \frac{|q_۱|}{x^۲} = \frac{|q_۲|}{(x-۱۰)^۲}$$

$$\frac{۸}{x^۲} = \frac{۲}{(x-۱۰)^۲} \Rightarrow \frac{۴}{x^۲} = \frac{۱}{(x-۱۰)^۲} \xrightarrow{\text{جذر}} \frac{۲}{x} = \frac{۱}{x-۱۰}$$

$$\Rightarrow ۲x - ۲۰ = x \Rightarrow x = ۲۰ cm$$

۶- آسان

آ) q_1 مثبت q_2 منفی

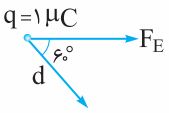
ب) چون تراکم خطوط میدان الکتریکی بار q_1 بیشتر از q_2 است،

$|q_1| > |q_2|$

۷- متوسط

وقتی یک رسانای خنثی را در یک میدان الکتریکی خارجی قرار می‌دهیم، بار طوری روی سطح خارجی توزیع می‌شود (القا می‌شود) که میدان الکتریکی ناشی از آن اثر میدان خارجی را درون رسانا خنثی کند و بدین ترتیب میدان الکتریکی خالص درون رسانا صفر می‌شود.

۸- متوسط



آ) $W_E = F_E d\cos 60 = |q|Ed\cos 60$

$W_E = 1\times10^{-6}\times5\times10^{4}\times0/2\times\frac{1}{2} = 5\times10^{-3}\,J$

ب) $\Delta U_E = -W_E = -5\times10^{-3}\,J$

پ) $\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} \Rightarrow \Delta V = \frac{-5\times10^{-3}}{1\times10^{-6}} = -5\times10^{3}\,V$

۹- دشوار

به بار منفی نیروی الکتریکی ازطرف میدان الکتریکی خلاف جهت میدان الکتریکی وارد می‌شود و چون ذره از حال سکون رها شده، پس در خلاف جهت میدان الکتریکی حرکت خواهد کرد، بنابراین زاویهٔ بین F_E و $\mathbf{d}$ صفر است.

$$W_t = K_2 - K_1 \xrightarrow{K_1=0} W_E = K_2 \Rightarrow F_E d\cos0 = \frac{1}{2}mv_2^2$$

$$\xrightarrow{F_E=|q|E} 10\times10^{-3}\times10^{3}\times0/2 = \frac{1}{2}\times10\times10^{-3}v_2^2$$

$$\Rightarrow 2 = 5\times10^{-3}v_2^2 = 400 \Rightarrow v_2 = 20\frac{m}{s}$$

۱۰- متوسط

آ) هم‌پتانسیل هستند.

ب) القای بار الکتریکی

پ) عکس مجذور

ت) $\frac{C}{m^2}$

۱۱- متوسط

آ) ثابت ـ خازن شارژ شده و از مولد جدا، بار الکتریکی‌اش ثابت می‌ماند.

ب) افزایش

$$C = K\varepsilon_0\frac{A}{d} \xrightarrow{K=\text{کاهش}} C = \text{کاهش}$$

$$Q = CV \xrightarrow{Q=\text{ثابت}, C=\text{کاهش}} V = \text{افزایش}$$

پ) کاهش

$$C = K\varepsilon_0\frac{A}{d} \xrightarrow{K=\text{کاهش}} C = \text{کاهش}$$

ت) افزایش

$$U = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C} \xrightarrow{C=\text{کاهش}} U = \text{افزایش}$$

۱۲- دشوار

آ)

$$C = K\varepsilon_0\frac{A}{d} \Rightarrow 0/3\times10^{-9} = \frac{3\times9\times10^{-12}\times200\times10^{-4}}{d}$$

$$\Rightarrow d = 18\times10^{-4}\,m = 1/8\,mm$$

ب)

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{K_2}{K_1} \Rightarrow \frac{C_2}{0/3} = \frac{1}{3} \Rightarrow C_2 = 0/1\,nF$$

$$Q = \text{ثابت} \rightarrow C_1V_1 = C_2V_2 \Rightarrow 0/3\times100 = 0/1\times V_2 \Rightarrow V_2 = 300\,V$$

۱۳- متوسط

آ)

$$U = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C} \Rightarrow U = \frac{1}{2}\times\frac{(200\times10^{-9})^2}{10\times10^{-9}}$$

$$\Rightarrow U = \frac{1}{2}\times\frac{4\times10^{-14}}{10^{-8}} = 2\times10^{-6}\,J \Rightarrow U = 2\mu J$$

ب)

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{K_2}{K_1} \Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{4}{1} \Rightarrow C_2 = 4C_1$$

$$U = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C} \xrightarrow{Q=\text{ثابت}} \frac{U_2}{U_1} = \frac{C_1}{C_2} \Rightarrow \frac{U_2}{2} = \frac{1}{4} \Rightarrow U_2 = 0/5\mu J$$

$$\Delta U = U_2 - U_1 \Rightarrow \Delta U = 0/5 - 2 = -1/5\mu J$$

انرژی خازن $1/5\mu J$ کاهش می‌یابد.

۱۴- متوسط

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{K_2}{K_1} \Rightarrow \frac{C_2}{20} = \frac{4}{1} \Rightarrow C_2 = 80\mu F$$

$$U = \frac{1}{2}CV^2 \Rightarrow U = \frac{1}{2}\times80\times100^2 = 400\times10^{4}\mu J = 0/4\,J$$

۱- گزینه «۳» - آسان

روش مالش برای باردار کردن اجسام نارسانا است و تبادل بار بین دو جسم فقط تبادل الکترون است و پروتون‌ها در هستهٔ اتم همچنان باقی می‌مانند.

۲- گزینه «۱» آسان

برای مقایسه نیروی کولن در دو حالت متفاوت:

$$\frac{F'}{F}=|\frac{q_1'}{q_1}|\times|\frac{q_2'}{q_2}|\times(\frac{r}{r'})^2 \Rightarrow \frac{F'}{F}=\frac{3q_1\times 3q_2}{q_1q_2}\times(\frac{r}{3r})^2=1$$

۳- گزینه «۱» متوسط

$$q_1'=q_1-\frac{1}{2}q_1=2-1=+1\mu C$$

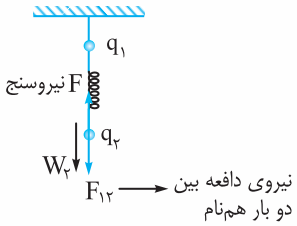
$$q_2'=q_2+\frac{1}{2}q_1=-2+1=-1\mu C$$

$$r'=\frac{r}{2}$$

$$\frac{F'}{F}=\frac{|q_1'|\times|q_2'|}{|q_1|\times|q_2|}\times(\frac{r}{r'})^2=\frac{1\times 1}{2\times 2}\times(\frac{r}{\frac{r}{2}})^2=1$$

۴- گزینه «۲» دشوار

با توجه به شکل زیر، هر دو بار در حالت تعادل قرار دارند، لذا نیروی خالص (برایند) وارد بر هر یک صفر است. نیروهای وارد بر بار q_2 مطابق شکل است. چون بار q_2 در حال تعادل است، نیروی خالص وارد بر آن صفر است.



q_2 وارد بر $F_T=0$

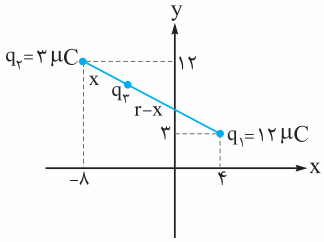
$$\Rightarrow F_{\text{نیروسنج}}=W_2+F_{12}=m_2g+K\frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$

$$\Rightarrow 3=m_2\times 10+\frac{9\times 10^9\times 2\times 10^{-6}\times 6\times 10^{-6}}{(0/3)^2}$$

$$\Rightarrow m_2=0/18kg=180g \xrightarrow{m_1=m_2} m_1=180g$$

۵- گزینه «۳» دشوار

اگر برایند نیروهای وارد بر هر سه ذره صفر باشد، سه ذره روی یک خط راست هستند. چون بارهای q_1 و q_2 همنام هستند باید بار q_3 روی خط واصل q_1 و q_2 و بین آن‌ها و نزدیک بار کوچک‌تر q_2 باشد (مطابق شکل)



فاصلهٔ بین بارهای q_1 و q_2 را با $\mathbf{r}$ نمایش می‌دهیم:

$$r=\sqrt{(-8-4)^2+(12-3)^2}=\sqrt{12^2+9^2}=\sqrt{3^2(4^2+3^2)}=3\times 5=15cm$$

حال فاصلهٔ بین q_3 و q_2 را محاسبه می‌کنیم (x):

$$F_{23}=F_{13}\Rightarrow \frac{\cancel{1}}{x^2}=\frac{\cancel{4}}{(15-x)^2} \xrightarrow{\text{جذر}} 2x=15-x\Rightarrow x=5cm$$

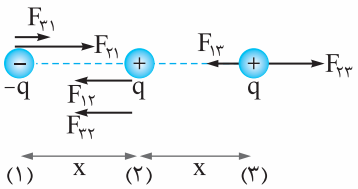
چون بارهای q_1 و q_2 نیز در تعادل هستند. یکی از آن‌ها مثلاً q_2 را در نظر می‌گیریم و شرط تعادل را می‌نویسیم:

$$F_{32}=F_{12}\Rightarrow \frac{|q_3|}{x^2}=\frac{12}{r^2}\Rightarrow \frac{|q_3|}{5^2}=\frac{12}{15^2}\Rightarrow |q_3|=\frac{4}{3}\mu C$$

چون بار q_2 خارج فاصلهٔ بارهای q_1 و q_3 در حال تعادل است، باید q_1 و q_3 ناهمنام باشند. پس q_3 منفی است و $q_3=-\frac{4}{3}\mu C$

۶- گزینه «۴» متوسط

به بار مثبت میانی و بار منفی در سمت چپ شکل نیروهای هم‌جهت وارد می‌شود. ولی چون بار $-q$ در فاصلهٔ دورتری از بار مثبت سمت راست است عملاً بیشترین نیرو به بار مثبت میانی وارد می‌شود. به بار مثبت سمت راست چون نیروهای خلاف جهت وارد می‌شود، کمترین نیرو به این بار وارد می‌شود.

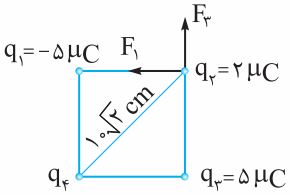


$$F_{max}=F_{12}+F_{32} \xrightarrow{F_{12}=F_{32}} F_{max}=2\frac{kq^2}{x^2}$$

$$F_{min}=F_{23}-F_{13}\Rightarrow F_{min}=\frac{kq^2}{x^2}-\frac{kq^2}{(2x)^2}=\frac{3}{4}k\frac{q^2}{x^2}$$

$$\frac{F_{max}}{F_{min}}=\frac{2}{\frac{3}{4}}=\frac{8}{3}$$

۷- گزینه «۴» دشوار



$$F_1=\frac{90\times|q_1q_2|}{r^2}=\frac{90\times 5\times 2}{100}=9N\Rightarrow \vec{F_1}=-9\vec{i}$$

$$F_3=F_1=9N\Rightarrow \vec{F_3}=9\vec{j}$$

$$\vec{F_4}+\vec{F_1}+\vec{F_3}=18\vec{i}$$

$$\vec{F_4}+-9\vec{i}+9\vec{j}=-18\vec{i}\Rightarrow \vec{F_4}=-9\vec{i}-9\vec{j}\Rightarrow q_4<0$$

$$F_4=9\sqrt{2}N\Rightarrow 9\sqrt{2}=\frac{90\times|q_4|\times 2}{200}\Rightarrow |q_4|=10\sqrt{2}\mu C\Rightarrow q_4=-10\sqrt{2}\mu C$$

۸- گزینهٔ «۲» متوسط

$$E=\frac{k|q|}{r^2}\Rightarrow ۱۸\times۱۰^۷=\frac{۹\times۱۰^۹\times|q|}{(۵\times۱۰^{-۲})^۲}$$

$$\Rightarrow|q|=\frac{۱۸\times۱۰^۷\times۲۵\times۱۰^{-۴}}{۹\times۱۰^۹}=۵۰\times۱۰^{-۶}C=۵۰\mu C$$

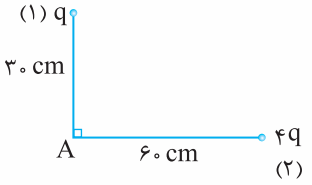
$$\frac{E_۲}{E_۱}=(\frac{r_۱}{r_۲})^۲\Rightarrow\frac{۱۸\times۱۰^۷}{۱/۱۲۵\times۱۰^۷}=(\frac{r_۱}{۵})^۲\Rightarrow ۱۶=(\frac{r_۱}{۵})^۲\Rightarrow r_۱=۲۰cm$$

۹- گزینهٔ «۳» متوسط

$$\frac{E_۲}{E_۱}=\frac{۴q}{q}\times(\frac{۳۰}{۶۰})^۲=۱\Rightarrow E_۱=E_۲$$

$$E_T=\sqrt{E_۱^۲+E_۲^۲}=\sqrt{۲}E_۱$$

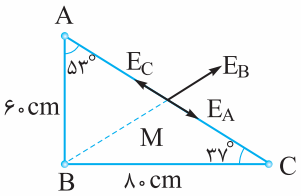
$$۱۰۰۰\sqrt{۲}=\sqrt{۲}\frac{۹\times۱۰^۹|q|}{(۳۰\times۱۰^{-۲})^۲}\Rightarrow|q|=۱۰^{-۸}C=۱۰nC$$



۱۰- گزینهٔ «۱» دشوار

در وسط ضلع **AC**، میدان الکتریکی برایند حاصل از بارهای رأس‌های **C** و **A** صفر است چون این دو بار هم‌اندازه و هم‌علامت هستند. بنابراین میدان الکتریکی در این نقطه فقط حاصل از بار رأس **B** است.

$$AC=\sqrt{۸^۲+۶^۲}=۱۰۰cm\Rightarrow AM=MC=۵۰cm$$



Δ BMC با استفاده از قضیه کسینوس‌ها در مثلث داریم:

$$BM=\sqrt{۵۰^۲+۸۰^۲-۲\times۵۰\times۸۰\cos۳۷^\circ}=۵۰cm$$

یا با توجه به این قضیه که میانهٔ وارد بر وتر، در مثلث قائم‌الزاویه نصف وتر است باید $BM=۵۰cm$ باشد.

$$E_B=K\frac{|q|}{(BM)^۲}\xrightarrow{q>۰}۹\times۱۰^۴=۹\times۱۰^۹\times\frac{q}{(۰/۵)^۲}$$

$$\Rightarrow q=۲/۵\times۱۰^{-۶}C=۲/۵\mu C$$

۱۱- گزینهٔ «۳» آسان

۱) هر چه تراکم خطوط میدان در یک ناحیه بیشتر باشد، اندازه میدان الکتریکی در آن ناحیه بزرگ‌تر است. چون با حرکت از نقطه **A** تا **B**، تراکم خطوط میدان کاهش می‌یابد، بنابراین اندازه میدان الکتریکی کاهش می‌یابد.

۲) با توجه به این‌که اندازهٔ نیروی وارد بر یک بار از رابطهٔ $F=E\times q$ به دست می‌آید، با کاهش بزرگی میدان، نیروی الکتریکی وارد بر بار نیز کاهش خواهد یافت.

با حرکت از **A** تا **B** خلاف جهت میدان الکتریکی حرکت می‌کنیم، پس پتانسیل الکتریکی زیاد می‌شود.

$$\Delta V=\frac{\Delta U}{q}\xrightarrow{\Delta V>۰,q>۰}\Delta U>۰$$

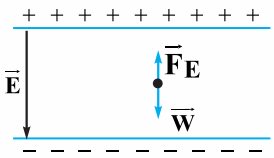
بنابراین انرژی پتانسیل الکتریکی بار مثبت آزمون زیاد می‌شود.

۱۲- گزینه «۲» متوسط

ذرهٔ آلفا (α) هستهٔ هلیم و شامل دو پروتون و دو نوترون است، از طرفی بار الکتریکی الکترون و پروتون هم‌اندازه‌اند (الکترون دارای بار منفی و پروتون دارای بار مثبت است)؛ یعنی $|q_\alpha|=۲|q_p|=۲|q_e|$ و چون $F=q\cdot E$ است، بنابراین نیروی وارد بر ذرهٔ α دو برابر نیروهایی است که بر الکترون و پروتون وارد می‌شود. جرم ذرهٔ α چهار برابر جرم پروتون و هم‌چنین جرم پروتون تقریباً ۱۸۳۶ برابر جرم الکترون است که براساس رابطهٔ $a=\frac{F}{m}$ نتیجه می‌شود که شتاب الکترون خیلی بیشتر از دو ذرهٔ دیگر است، زیرا شتاب با جرم رابطهٔ عکس دارد.

۱۳- گزینه «۳» متوسط

با توجه به شکل، نیروی وارده بر ذره باردار در خلاف جهت میدان الکتریکی است. بنابراین بار ذره، منفی است.



$$|\overrightarrow{F_E}|=|\overrightarrow{W}|\Rightarrow|q|E=mg\Rightarrow|q|\times۱۰^۴=۵\times۱۰^{-۳}\times۱۰$$

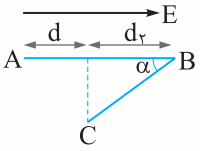
$$\Rightarrow q=۵\times۱۰^{-۶}C$$

۱۴- گزینهٔ «۱» دشوار

$\sin\alpha = ۰/۸ \Rightarrow \cos\alpha = ۰/۶$

$d_۲ = BC \times \cos\alpha = ۰/۵ \times ۰/۶ = ۰/۳\,m$

$d = AB - d_۲ = ۰/۵ - ۰/۳ = ۰/۲\,m$ هم‌جهت خط میدان



$\Delta V = -Ed \Rightarrow \Delta V = -۱۰^۵ \times ۰/۲ = -۲۰۰۰۰\,V$

$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow \Delta U = -۲۰۰۰۰ \times (-۵ \times ۱۰^{-۶}) = +۰/۱\,J$

بنابراین انرژی پتانسیل الکتریکی بار **q**، ۰/۱J افزایش یافته است.

۱۵- گزینهٔ «۱» متوسط

$W_t = \Delta K \Rightarrow W_E = \frac{۱}{۲} \times ۴ \times ۱۰^{-۹}(۲۰^۲ - ۱۰^۲)$

$W_E = ۲ \times ۱۰^{-۹} \times ۳۰۰ = ۶ \times ۱۰^{-۷}\,J$

$\xrightarrow{\Delta U = -WE} \Delta U = -۶ \times ۱۰^{-۷}\,J$

$V_B - V_A = \frac{\Delta U}{q} = \frac{-۶ \times ۱۰^{-۷}}{۵ \times ۱۰^{-۹}} = -۱۲۰\,V$

۱۶- گزینهٔ «۴» آسان

$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow V_B - V_A = \frac{+۲ \times ۱۰^{-۳}}{-۲۰ \times ۱۰^{-۹}} = -۱۰^۵\,V$

چون پتانسیل الکتریکی کم شده است ($\Delta V < ۰$) پس در جهت خط میدان الکتریکی حرکت کرده‌ایم.

۱۷- گزینهٔ «۱» آسان

بار الکتریکی در سطح خارجی یک رسانا پخش می شود. با بسته شدن کلید K، جسم A و B یک جسم رسانا می‌شود. بنابراین جمع جبری بار در سطح خارجی آن پخش می‌شود.

۱۸- گزینهٔ «۴» متوسط

ظرفیت خازن ثابت می‌ماند.

$V_۲ = ۰/۹ V_۱$

$C = \frac{Q}{V} \xrightarrow{C=\text{ثابت}} \frac{Q_۲}{V_۲} = \frac{Q_۱}{V_۱} \Rightarrow \frac{Q_۲}{Q_۱} = \frac{V_۲}{V_۱}$

$\Rightarrow Q_۲ = ۰/۹ Q_۱ \Rightarrow \frac{\Delta Q}{Q_۱} \times ۱۰۰ = -۱۰٪$

$U = \frac{۱}{۲} CV^۲ \xrightarrow{C=\text{ثابت}} \frac{U_۲}{U_۱} = (\frac{V_۲}{V_۱})^۲ \Rightarrow \frac{U_۲}{U_۱} = (۰/۹)^۲$

$\Rightarrow U_۲ = ۰/۸۱ U_۱ \Rightarrow \frac{\Delta U}{U_۱} \times ۱۰۰ = -۱۹٪$

۱۹- گزینهٔ «۱» متوسط

$\frac{C_۲}{C_۱} = \frac{K_۲}{K_۱} \Rightarrow \frac{C_۲}{C_۱} = \frac{۱}{۲}$

با همین محاسبه می‌توان گزینهٔ ۱ را به عنوان گزینهٔ درست انتخاب کرد. ولی موارد دیگر را هم برای دیدن روش حل انجام می‌دهیم.

$Q = CV \xrightarrow{Q=\text{ثابت}} C_۲V_۲ = C_۱V_۱ \Rightarrow \frac{V_۲}{V_۱} = \frac{C_۱}{C_۲}$

$\xrightarrow{C_۲ = \frac{۱}{۲}C_۱} V_۲ = ۲V_۱$

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

۲۰- گزینهٔ «۴» متوسط

در خازن پر شده و جدا شده از مولد، بار الکتریکی خازن ثابت می‌ماند.

$q_۱ = q_۲$

$d_۲ = d_۱ - \frac{۱۰}{۱۰۰}d_۱ \Rightarrow d_۲ = \frac{۹}{۱۰}d_۱$

$c = \frac{k\varepsilon_۰ A}{d} \Rightarrow \frac{C_۲}{C_۱} = \frac{k_۲}{k_۱} \times \frac{d_۱}{d_۲} = ۴ \times \frac{۱۰}{۹} = \frac{۴۰}{۹}$

$q = CV \Rightarrow \frac{V_۲}{V_۱} = \frac{C_۱}{C_۲} = \frac{۹}{۴۰}$

۱- گزینهٔ «۴»

چون دو کره مشابه هستند، از فرمول زیر استفاده می‌کنیم:

$q'_۱ = q'_۲ = \frac{q_۱ + q_۲}{۲} = \frac{۵ + ۱۵}{۲} = ۱۰\mu C$

$\frac{F'}{F} = \frac{|q'_۱| \times |q'_۲|}{|q_۱| \times |q_۲|} = \frac{۱۰ \times ۱۰}{۵ \times ۱۵} = \frac{۱۰۰}{۷۵} = \frac{۴}{۳} \Rightarrow F' = \frac{۴}{۳}F$

فرمول درصد تغییرات $(\frac{\Delta x}{x_۱} \times ۱۰۰) \Rightarrow (\frac{F' - F}{F}) \times ۱۰۰$

$\Rightarrow (\frac{\frac{۴}{۳}F - F}{F}) \times ۱۰۰ = \frac{۱}{۳} \times ۱۰۰ \simeq ٪۳۳$

۲- گزینه «۳»

چون نیروی بین دو بار پس از تماس با یکدیگر کاهش یافته، پس علامت دو بار مخالف یکدیگر است:

$$\text{قبل از تماس}: \begin{cases} q_1 > 0 \\ |q_2| > q_1 \end{cases}$$

$$\text{بعد از تماس}: \left\{ |q_1'| = |q_2'| = \frac{|q_2| - q_1}{2} \right.$$

$$F = \frac{k|qq'|}{r^2} \Rightarrow \frac{F'}{F} = (\frac{r}{r'})^2 \times \frac{|q_2' q_1'|}{|q_2 q_1|} \Rightarrow 0/8 = 1 \times \frac{|q_2' q_1'|}{|q_2 q_1|}$$

$$\Rightarrow \frac{8}{10} = \frac{(\frac{|q_2| - q_1}{2})^2}{q_1 |q_2|} \Rightarrow (|q_2| - q_1)^2 = \frac{16}{5} q_1 |q_2|$$

فرض می‌کنیم $|q_2| = nq_1$ باشد $(n > 1)$. بنابراین داریم:

$$(n-1)^2 q_1^2 = \frac{16}{5} \times nq_1^2 \Rightarrow (n-1)^2 = \frac{16}{5} n$$

$$\Rightarrow n^2 - 5/2n + 1 = 0 \Rightarrow \begin{cases} n = 0/2 & \text{غ ق ق} \\ n = 5 & \text{ق ق} \end{cases}$$

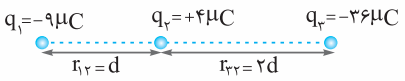
۳- گزینه «۴»

در حالت اول داریم:

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

$$F_{12} = F_{32} \Rightarrow \frac{k|q_1||q_2|}{r_{12}^2} = \frac{k|q_3||q_2|}{r_{23}^2} \Rightarrow \frac{|q_3|}{|q_1|} = (\frac{r_{32}}{r_{12}})^2$$

$$\Rightarrow \frac{36}{9} = (\frac{r_{32}}{r_{12}})^2 \Rightarrow \frac{r_{32}}{r_{12}} = 2$$



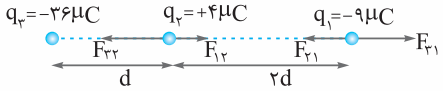
حالا اگر جای بارهای q_3 و q_1 را عوض کنیم، داریم:

$$F_2 = F_{32} - F_{12} = \frac{k|q_3||q_2|}{d^2} - \frac{k|q_1||q_2|}{(2d)^2}$$

$$= \frac{k}{d^2}(\frac{36 \times 4}{1} - \frac{9 \times 4}{4}) = 135 \frac{k}{d^2}$$

$$F_1 = F_{31} - F_{21} = \frac{k|q_3||q_1|}{(3d)^2} - \frac{k|q_2||q_1|}{(2d)^2}$$

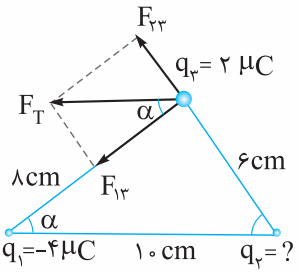
$$= \frac{k}{d^2}(\frac{36 \times 9}{9} - \frac{4 \times 9}{4}) = 27 \frac{k}{d^2}$$



$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{135 \frac{k}{d^2}}{27 \frac{k}{d^2}} = 5$$

۴- گزینه «۴»

با توجه به جهت نیروی برآیند، q_2 و q_3 همنام و نیروی بین آن‌ها دافعه است.



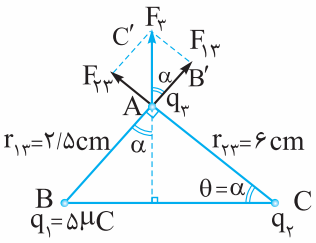
$$\tan\alpha = \frac{6}{8} = \frac{F_{23}}{F_{13}} \Rightarrow F_{23} = \frac{3}{4} F_{13} \Rightarrow k\frac{q_2 q_3}{(r_{23})^2} = \frac{3}{4} k\frac{q_1 q_3}{(r_{13})^2}$$

$$\Rightarrow \frac{q_2}{6^2} = \frac{3}{4} \times \frac{4}{8^2} \Rightarrow q_2 = \frac{3 \times 36}{64} = \frac{27}{16} \mu C$$

۵- گزینهٔ «۳»

نیروهای وارد بر بار q_3 از طرف بارهای q_2 و q_1 باید مطابق شکل باشند. q_1 و q_2 و q_3 هر سه مثبت هستند.

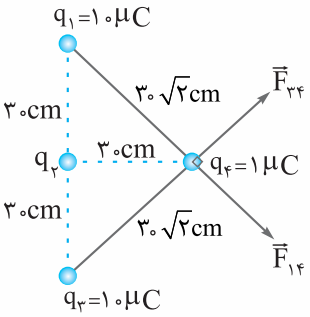
$$\left.\begin{array}{l} \Delta ABC : \tan\theta = \frac{2/5}{6} \\ \Delta AB'C' : \tan\alpha = \frac{F_{23}}{F_{13}} \end{array}\right\} \xrightarrow{\theta=\alpha} \frac{F_{23}}{F_{13}} = \frac{2/5}{6}$$



$$\frac{\frac{k|q_2||q_3|}{r_{23}^2}}{\frac{k|q_1||q_3|}{r_{13}^2}} = \frac{2/5}{6} \Rightarrow (\frac{q_2}{5})(\frac{2/5}{6})^2 = \frac{2/5}{6} \Rightarrow \frac{q_2}{5} \times \frac{2/5}{6} = 1$$

$$\Rightarrow q_2 = \frac{30}{2/5} = 12 \mu C$$

۶- گزینه «۱»

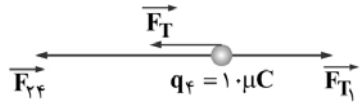


$$|\vec{F_{34}}|=|\vec{F_{14}}|=(kq_1q_4/r^2)$$

$$\Rightarrow |\vec{F_{34}}|=|\vec{F_{14}}|=\frac{9\times10^9\times10\times2\times10^{-12}}{(30\sqrt{2})^2\times10^{-4}}=1(N)$$

$$\vec{F_{T_1}}=\vec{F_{34}}+\vec{F_{14}}$$

$$|\vec{F_{T_1}}|=\sqrt{2}\,|\vec{F_{34}}|=\sqrt{2}\ \Rightarrow\ \vec{F_{T_1}}=\sqrt{2}\,\vec{i}$$



$$\begin{cases}\vec{F_T}=\vec{F_{T_1}}+\vec{F_{24}}\\ \vec{F_T}=[\sqrt{2}-2]\vec{i}\end{cases}\Rightarrow \vec{F_{24}}=-2\vec{i}$$

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که $q_2<0$ است. و اندازه آن از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$F_{24}=\frac{k|q_2q_4|}{(30)^2\times10^{-4}}\Rightarrow\frac{9\times10^9\times|q_2|\times2\times10^{-6}}{(30)^2\times10^{-4}}=2$$

$$\Rightarrow|q_2|=10\times10^{-6}C=10\mu C\Rightarrow q_2=-10\mu C$$

۷- گزینه «۱»

سمت راست را سوی مثبت در نظر می‌گیریم چون جهت E_T مشخص نیست یک بار با علامت مثبت و یک بار با علامت منفی حل می‌کنیم.

$$E=K\frac{|q|}{r^2},E_T=E_1+E_2+E_3$$

$$\pm100=\frac{9\times10^9\times10^{-9}}{10^{-4}}\left(\frac{8}{900}+\frac{q_2}{400}-\frac{2}{100}\right)$$

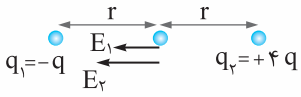
$$\Rightarrow\pm1=9\left(\frac{8}{9}+\frac{q_2}{4}-2\right)\Rightarrow\pm1=8+\frac{9}{4}q_2-18\Rightarrow\begin{cases}q_2=\frac{44}{9}nc\\ q_2=+4nc\end{cases}$$

۸- گزینه «۲»

میدان الکتریکی بارهای q_1 و q_2 را به ترتیب با E_1 و E_2 و میدان الکتریکی خالص را در حالت اول با E_T نمایش می‌دهیم.

$$E_1=\frac{k|q_1|}{r^2},E_2=\frac{k|q_2|}{r^2}\xrightarrow{|q_2|=4|q_1|}E_2=4E_1$$

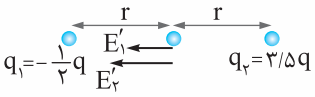
$$E_T=E_1+E_2=5E_1=\frac{5kq}{r^2}$$



اگر نصف بار q_1 را از روی آن برداریم $q_1'=-\frac{1}{2}q$ می‌شود و اگر همین مقدار را به q_2 اضافه کنیم $q_2'=3/5q$ می‌شود. میدان الکتریکی بارهای q_1' و q_2' را به ترتیب با E_1' و E_2' و میدان الکتریکی خالص را در حالت دوم با E_T' نمایش می‌دهیم.

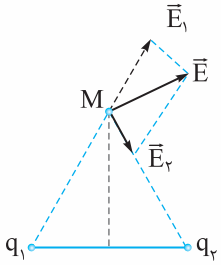
$$E_1'=\frac{k|q_1'|}{r^2},E_2'=\frac{k|q_2'|}{r^2}\xrightarrow{|q_2'|=7|q_1'|}E_2'=7E_1'$$

$$E_T'=E_1'+E_2'=8E_1'=\frac{8k(\frac{1}{2}q)}{r^2}=\frac{4kq}{r^2}$$



$$\frac{E_T}{E_T'}=\frac{5\frac{kq}{r^2}}{4\frac{kq}{r^2}}=\frac{5}{4}$$

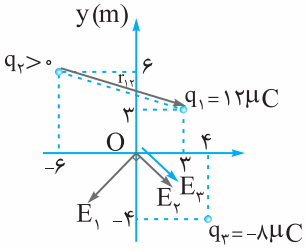
۹- گزینه «۳»



بردار $\vec{E}$ را به دو مؤلفه در دو راستای خط واصل نقطهٔ **M** و محل بارها تجزیه می‌کنیم. فاصلهٔ نقطهٔ **M** از دو بار برابر است و چون $E_1>E_2$ است، بنابراین $q_1>q_2$ است. از طرفی جهت $\vec{E}_1$ و $\vec{E}_2$ مشخص می‌کند که بار q_1 مثبت و بار q_2 منفی است؛ یعنی کسر $\frac{q_2}{q_1}$ منفی است و کوچک‌تر از یک است.

۱۰- گزینه «۱»

با توجه به این‌که خطوط میدان الکتریکی از بار مثبت خارج و به منفی وارد می‌شوند. بردار میدان الکتریکی ناشی از بارها را در مبدأ مختصات رسم می‌کنیم:



$$E_1=\frac{9\times10^9\times12\times10^{-6}}{(3\sqrt{2})^2}\Rightarrow E_1=6\times10^3\,\frac{N}{C}$$

$$E_T=\sqrt{E_1^2+(E_2+E_3)^2}$$

$$\Rightarrow (7/5\times10^3)^2=(6\times10^3)^2+(E_2+E_3)^2\Rightarrow E_2+E_3=4/5\times10^3\,\frac{N}{C}$$

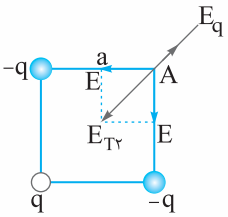
$$\frac{k|q_2|}{r_2^2}+\frac{k|q_3|}{r_3^2}=4/5\times10^3$$

$$\Rightarrow \frac{9\times10^9\times q_2\times10^{-6}}{6^2+6^2}+\frac{9\times10^9\times8\times10^{-6}}{4^2+4^2}=4/5\times10^3$$

$$\Rightarrow \frac{9q_2}{2(36)}+\frac{72}{2(16)}=4/5\Rightarrow \frac{q_2}{36}+\frac{1}{2}=1\Rightarrow \frac{q_2}{36}=\frac{1}{2}\Rightarrow q_2=18\mu C$$

$$F_{12}=\frac{k|q_1||q_2|}{r_{12}^2}=\frac{9\times10^9\times12\times10^{-6}\times18\times10^{-6}}{9^2+3^2}=2/16\times10^{-2}N$$

۱۱- گزینه «۲»



$$E=\frac{kq}{a^2},E_q=\frac{kq}{2a^2}\Rightarrow E_q=\frac{1}{2}E$$

بر اساس محاسبات بالا، میدان الکتریکی برآیند در حضور بار **q** به صورت زیر است:

$$E_{T_1}=(\sqrt{2}E-E_q)=(\sqrt{2}-\frac{1}{2})E$$

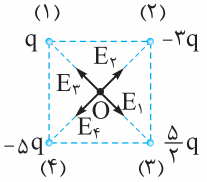
حالا اگر بار **q** را حذف کنیم، میدان الکتریکی برآیند به اندازه $E_q=\frac{1}{2}E$ افزایش پیدا خواهد کرد. بنابراین خواهیم داشت:

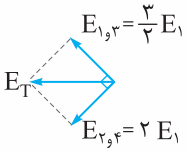
$$E_{T2}=(\sqrt{2}E)\Rightarrow E_{T2}-E_{T1}=\frac{1}{2}E=(\frac{1}{2})\frac{9\times10^9\times20\times10^{-9}}{(30)^2\times10^{-4}}=1000(\frac{N}{C})$$

۱۲- گزینه «۳»

جهت میدان الکتریکی حاصل از هر یک از بارها در مرکز مربع مطابق شکل است. چون فاصلهٔ بارها تا مرکز مربع یکسان است، بزرگی میدان الکتریکی متناسب با اندازهٔ بار است. اگر اندازهٔ میدان الکتریکی بار (۱) را در مرکز مربع E_1 بگیریم، داریم:

$$E_2=3E_1,E_3=\frac{5}{2}E_1,E_4=5E_1$$



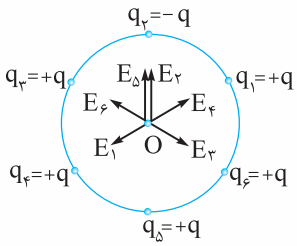


$$E_T=\sqrt{(\frac{3}{2}E_1)^2+(2E_1)^2}=\frac{5}{2}E_1$$

$$\xrightarrow[r=\frac{a\sqrt{2}}{2}]{E_1=k\frac{q}{r^2}}\ E_T=\frac{5}{2}\times\frac{kq}{(\frac{a\sqrt{2}}{2})^2}=\frac{5kq}{a^2}$$

۱۳- گزینه «۳»

میدان الکتریکی هر یک از بارهای الکتریکی نقطه‌ای را مطابق شکل در نقطه **O** برحسب $E=\frac{kq}{R^2}$ تعیین کرده و سپس برآیندشان را برحسب **E** حساب می‌کنیم.



$$r_1=r_2=r_3=r_4=r_5=r_6=R$$

$$|q_1|=|q_2|=|q_3|=|q_4|=|q_5|=|q_6|=q$$

$$\Rightarrow E_1=E_2=E_3=E_4=E_5=E_6=\frac{kq}{R^2}=E$$

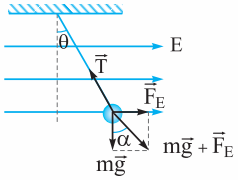
میدان‌های حاصل از بارهای q_1، q_3، q_4 و q_6 یکدیگر را خنثی می‌کنند و تنها میدان حاصل از دو بار q_5 و q_2 هم‌جهت می‌باشد.

$$\vec{E}_T=\vec{E}_2+\vec{E}_5=E+E=2E$$

۱۴- گزینه «۴»

نیروی کشش نخ متصل به گلوله را با $\vec{T}$ نمایش داده‌ایم. چون گلوله در حال تعادل است، باید $m\vec{g}+\vec{F}_E$ در خلاف جهت $\vec{T}$ باشد، لذا:

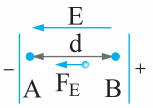
$$\alpha=\theta\ \Rightarrow\ \tan\alpha=\frac{F_E}{mg}\xrightarrow{F_E=E|q|}\tan\theta=\frac{E|q|}{mg}$$



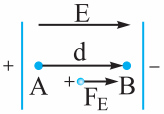
۱۵- گزینهٔ «۱»

در حالت اول:

$$W_t = K_B - K_A \Rightarrow W_E = -K_A$$



در حالت دوم: تنها جهت نیروی الکتریکی عوض می‌شود و مطابق شکل داریم:



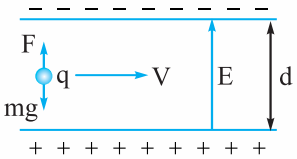
$$W_t = K_B - K_A \Rightarrow W'_E = K_B - K_A$$

$$\xrightarrow[W_E=-K_A]{W'_E=-W_E} K_A = K_B - K_A \Rightarrow K_B = 2K_A$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}mv_B^2 = 2(\frac{1}{2}mv_A^2) \Rightarrow v_B = \sqrt{2}v_A = 2\sqrt{2}\times 10^4 \, m/s$$

۱۶- گزینهٔ «۱»

هنگامی‌که یک ذره با سرعت ثابت و افقی بین دو صفحه حرکت می‌کند، برایند نیروهای وارد بر آن (زمین و میدان الکتریکی) صفر می‌باشد.

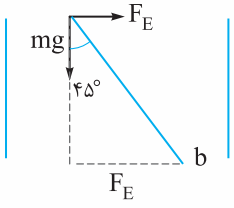


$$\sum F = 0 \Rightarrow F = mg \Rightarrow |q|E = mg \Rightarrow 1\times 10^{-6}\times E$$
$$= 0/4\times 10^{-3}\times 10 \Rightarrow E = \frac{4\times 10^{-3}}{10^{-6}} = 4000 \frac{N}{C}$$

$$\Rightarrow |\Delta V| = E\times d \Rightarrow |\Delta V| = 4000\times 10^{-2} = 40V$$

۱۷- گزینهٔ «۴»

با توجه به شکل و با توجه به مسیر حرکت گلوله از **a** به **b** می‌توانیم نیروی وارد بر گلوله را به‌صورت زیر ترسیم نماییم:



$$\tan 45^\circ = \frac{F_E}{W} \Rightarrow 1 = \frac{E|q|}{W} \Rightarrow W = E|q|$$

$$\xrightarrow{V=Ed} W = \frac{V}{d}|q| \Rightarrow |q| = \frac{Wd}{V}$$

۱۸- گزینهٔ «۲»

$$\sigma_1 = \sigma_2 \Rightarrow \frac{Q_1}{Q_2} = (\frac{r_1}{r_2})^2 = \frac{4}{36} = \frac{1}{9} \Rightarrow Q_2 = 9Q_1$$

$$Q_1 + Q_2 = 30 \Rightarrow Q_1 + 9Q_1 = 30 \Rightarrow Q_1 = 3\mu C, Q_2 = 27\mu C$$

۱۹- گزینهٔ «۱»

$$U = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C} \Rightarrow 4\times 10^{-6} = \frac{1}{2}\frac{(4\times 10^{-9})^2}{C} \Rightarrow C = 2\times 10^{-12} F$$
$$C = k\varepsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow 2\times 10^{-12} = 2\times \frac{8.8\times 10^{-12}}{2} \times \frac{A}{4.4\times 10^{-3}}$$

$$\Rightarrow A = \frac{2\times 10^{-12}}{4\times 10^{-9}} = 0/5\times 10^{-3} m^2 = 5cm^2$$

۲۰- گزینهٔ «۲»

$$U = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C} \xrightarrow{C=\text{ثابت}} \frac{U_2}{U_1} = (\frac{Q_2}{Q_1})^2$$

$$\xrightarrow[Q_2=\frac{5}{4}Q_1]{U_2=U_1+4/5\mu J} \frac{U_1 + 4/5\mu J}{U_1} = (\frac{5}{4})^2 = \frac{25}{16}$$

$$\Rightarrow U_1 = 8\mu J, U_2 = 12/5\mu J$$

$$U = \frac{1}{2}CV^2 \Rightarrow \begin{cases} 8 = \frac{1}{2}\times 25\times V_1^2 \Rightarrow V_1 = \frac{4}{5}V \\ 12/5 = \frac{1}{2}\times 25\times V_2^2 \Rightarrow V_2 = 1V \end{cases}$$

$$\Rightarrow \Delta V = V_2 - V_1 = 1 - \frac{4}{5} \Rightarrow \Delta V = 0/2V$$