مفاهیم بار الکتریکی (روش‌های انتقال، پایستگی و کوانتیده بودن بار الکتریکی)

۱ دو جسم A و B با نیروی الکتریکی همدیگر را جذب می‌کنند. دو جسم C و D نیز یکدیگر را با نیروی الکتریکی جذب می‌کنند. اگر B و D یکدیگر را دفع کنند، در این صورت الزاماً . . .

۱) A و B دارای بار مخالف هستند.

۲) A و C همدیگر را دفع خواهند کرد.

۳) A و C همدیگر را جذب خواهند کرد.

۴) A و D همدیگر را جذب خواهند کرد.

%۸۰
مهر ۱۳۹۸

۲ هر جفت اجسامی که در عبارت‌های زیر آورده شده‌اند، به هم مالش می‌دهیم. به کمک جدول سری الکتریسیتهٔ مالشی (تریبوالکتریک) تعیین کنید نوع بار چند جفت از اجسام به درستی تعیین شده است؟

الف) یک تکه کهربا (مثبت) – پارچهٔ پشمی (منفی)

ب) میلهٔ شیشه‌ای (منفی) – موی انسان (مثبت)

پ) پارچهٔ ابریشمی (مثبت) – میلهٔ پلاستیکی (منفی)

ت) قطعه چوب (منفی) – پارچهٔ کتان (مثبت)

۱) ۱ ۲) ۲

۳) ۳ ۴) ۴

سری الکتریسیتهٔ مالشی
انتهای مثبت سری
موی انسان
شیشه
پشم
ابریشم
چوب
پارچهٔ کتان
کهربا
پلاستیک
انتهای منفی سری

%۸۰
آبان ۱۳۹۸

۳ با توجه به جدول سری الکتریسیتهٔ مالشی زیر، اگر جسم خنثی A را به جسم خنثی C مالش دهیم، اندازهٔ بار جسم C برابر با $۱۷/۶\times۱۰^{-۱۹}C$ خواهد شد. در این صورت کدام گزینه در مورد انتقال الکترون بین دو جسم صحیح است؟ $(e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C)$

۱) تعداد ۱۱ الکترون از A به C منتقل شده است.

۲) تعداد ۱۱ الکترون از C به A منتقل شده است.

۳) تعداد ۹ الکترون از A به C منتقل شده است.

۴) تعداد ۹ الکترون از C به A منتقل شده است.

انتهای مثبت سری
A
B
C
D
انتهای منفی سری

%۸۰
مهر ۱۳۹۸

۴ کدام‌یک از گزینه‌های زیر می‌تواند بیانگر بار الکتریکی یک جسم باشد؟ $(e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C)$

۱) $۸\times۱۰^{-۲۰}C$ ۲) $\frac{۵}{۹}\mu C$

۳) $\sqrt{۳}\mu C$ ۴) $۵/۲nC$

%۷۹
مهر ۱۴۰۰

۵ چهار جسم خنثای A، B، C و D را مطابق جدول سری الکتریسیتهٔ مالشی زیر در نظر بگیرید. جسم A را با جسم C و جسم B را با جسم D مالش می‌دهیم. سپس جسم B را با کلاهک الکتروسکوپ بدون باری تماس می‌دهیم. پس از آن، جسم B را دور کرده و جسم C را به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک می‌کنیم. مشاهده می‌کنیم که ورقه‌ها ابتدا بسته و سپس باز می‌شوند. بار ورقه‌ها به‌ترتیب قبل از بسته شدن و پس از باز شدن کدام است؟

۱) منفی- مثبت

۲) مثبت- مثبت

۳) منفی- منفی

۴) مثبت- منفی

انتهای مثبت سری
A
B
C
D
انتهای منفی سری

%۷۵
آبان ۱۴۰۰

۶) به جسمی رسانا که دارای $9nC$ بار منفی است، 5×10^{10} الکترون می‌دهیم. بار الکتریکی این جسم چند نانوکولن خواهد شد؟ $(e=1/6\times10^{-19}C)$

۱) -1
۲) -8
۳) -17
۴) -18

%۶۸
فروردین ۱۳۹۸

۷) در یک یون سه بار مثبت (X^{3+})، اندازهٔ بار الکتریکی الکترون‌های آن برابر با $8\times10^{-18}C$ می‌باشد. تعداد پروتون‌های این یون کدام است؟ $(e=1/6\times10^{-19}C)$

۱) ۵۰
۲) ۴۷
۳) ۵۳
۴) ۴۵

%۶۰
مهر ۱۳۹۷

۸) اگر به جسم رسانایی $1/5\times10^{14}$ الکترون بدهیم، اندازهٔ بار آن ۷۵ درصد کاهش می‌یابد و علامت بار آن عوض می‌شود. بار نهایی جسم چند میکروکولن است؟ $(e=1/6\times10^{-19}C)$

۱) ۴/۸
۲) ۱۸
۳) -۴/۸
۴) -۱۸

%۵۵
بهمن ۱۴۰۰

۹) بار الکتریکی جسم B، $\frac{2}{3}$ برابر بار الکتریکی جسم A است. اگر $\frac{15}{8}\times10^{13}$ الکترون از جسم B بگیریم و به جسم A منتقل کنیم، بار جسم B، $\frac{3}{2}$ برابر بار الکتریکی جسم A می‌شود. بار الکتریکی اولیهٔ جسم A چند میکروکولن بوده است؟ $(e=1/6\times10^{-19}C)$

۱) ۶
۲) ۴/۵
۳) ۳
۴) ۹

%۵۲
فروردین ۱۴۰۰

۱۰) سه کرهٔ رسانای منزوی باردار دارای بارهای $q_A=+15\mu C$، $q_B=-12\mu C$ و $q_C=+18\mu C$ می‌باشند. پس از جابه‌جایی بار بین این سه کره، بار نهایی آن‌ها به‌صورت $q'_C=2q'_B=\frac{1}{2}q'_A$ خواهد شد. بار کره‌های A، B و C به‌ترتیب از راست به چپ چند میکروکولن تغییر کرده است؟

۱) ۱۲ ، ۳ ، ۶
۲) ۳- ، ۱۲ ، ۱۵-
۳) ۱۲- ، ۳ ، ۶
۴) ۳- ، ۱۵ ، ۱۲-

%۵۲
فروردین ۱۴۰۱

قانون کولن (کاربرد قانون کولن برای دو بار الکتریکی)

۱۱) دو ذره با بارهای الکتریکی $q_1=-2\mu C$ و $q_2=4\mu C$ در فاصلهٔ ۶ سانتی‌متری از یکدیگر ثابت شده‌اند. نوع و بزرگی نیرویی که دو ذره به یکدیگر بر حسب نیوتون وارد می‌کنند، کدام است؟ $(k=9\times10^9\frac{N.m^2}{C^2})$

۱) جاذبه، ۰/۲
۲) دافعه، ۰/۲
۳) جاذبه، ۲۰
۴) دافعه، ۲۰

%۸۵
مهر ۱۳۹۸

۱۲) دو ذره دارای بار الکتریکی $q_1 = +1\mu C$ و $q_2 = -8\mu C$ در فاصلهٔ ۳۰ سانتی‌متری از هم ثابت شده‌اند. بزرگی نیروی الکتریکی که بار q_2 بر بار q_1 وارد می‌کند، چند برابر بزرگی نیروی الکتریکی است که بار q_1 بر بار q_2 وارد می‌کند؟ $(k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$

۱) ۱
۲) $\frac{1}{8}$
۳) ۸
۴) $\frac{4}{5}$

%۷۶
مهر ۱۳۹۷

۱۳) دو بار الکتریکی نقطه‌ای $q_1 = 4\mu C$ و $q_2 = 6\mu C$ در فاصلهٔ ۶ سانتی‌متری از یکدیگر قرار دارند. فاصلهٔ این دو بار را چند سانتی‌متر و چگونه تغییر دهیم تا اندازهٔ نیروی الکتریکی بین دو بار ۱۸۰ نیوتون افزایش یابد؟ $(k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$

۱) ۳، افزایش
۲) ۳، کاهش
۳) ۶، افزایش
۴) ۲، کاهش

%۶۹
آبان ۱۳۹۸

۱۴) دو ذرهٔ باردار که در فاصلهٔ r از یکدیگر قرار دارند، نیرویی الکتریکی به بزرگی ۰/۴۵ نیوتون به یکدیگر وارد می‌کنند. اگر فاصلهٔ این دو ذره را به $\frac{r}{2}$ کاهش دهیم و اندازهٔ بار الکتریکی یکی از این دو ذره را ۲ برابر کنیم، اندازهٔ نیروی الکتریکی بین دو ذره چند نیوتون می‌شود؟

۱) ۳/۶
۲) ۱/۸
۳) ۰/۲۲۵
۴) ۰/۹

%۶۶
آبان ۱۳۹۷

۱۵) دو بار ناهم‌نام و هم‌اندازه در فاصلهٔ r از یکدیگر ثابت شده‌اند. چند برابر بار مثبت را به هر دو بار اضافه کنیم تا با دو برابر کردن فاصلهٔ بین دو بار، اندازهٔ نیروی الکتریکی بین آن‌ها ۲ برابر شود؟

۱) ۳
۲) ۹
۳) $\sqrt{3}$
۴) $\sqrt{2}$

%۵۴
فروردین ۱۴۰۱

۱۶) دو گلولهٔ کوچک فلزی مشابه A و B به‌ترتیب دارای بارهای الکتریکی $q_A = 6\mu C$ و $q_B = -2\mu C$ در فاصلهٔ ۶ سانتی‌متری از هم قرار دارند. اگر گلوله‌ها را به هم تماس داده و سپس در فاصلهٔ ۲ سانتی‌متری از هم قرار دهیم، بزرگی نیروی الکتریکی بین آن‌ها نسبت به حالت اول چگونه تغییر می‌کند؟ $(k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$

۱) ۶۰ نیوتون کاهش می‌یابد.
۲) ۶۰ نیوتون افزایش می‌یابد.
۳) ۹۰ نیوتون افزایش می‌یابد.
۴) ۹۰ نیوتون کاهش می‌یابد.

%۵۴
مهر ۱۳۹۷

۱۷) دو بار الکتریکی نقطه‌ای $Q_1 = 2\mu C$ و $Q_2 = 4\mu C$ در فاصلهٔ ۴۰ سانتی‌متری از هم قرار دارند. اگر فاصلهٔ دو بار و اندازهٔ یکی از بارها ۲۰ درصد کاهش یابد، بزرگی نیروی الکتریکی میان دو بار چگونه تغییر خواهد کرد؟

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

%۴۹
خرداد ۱۳۹۹

۱۸) دو بار الکتریکی نقطه‌ای $q_1 = 2q$ و $q_2 = 5q$، به‌ترتیب با جرم‌های m و $3m$ را روی یک خط راست در فاصلهٔ d از یکدیگر رها می‌کنیم. در این صورت نسبت نیرویی که q_2 به q_1 وارد می‌کند، چند برابر نیرویی است که q_1 به q_2 وارد می‌کند و همچنین نسبت اندازهٔ شتاب بار q_2 به اندازهٔ شتاب بار q_1 کدام است؟ (از نیروی اصطکاک و نیروی وزن صرف‌نظر کنید.)

۱) $\frac{1}{3}$ ، ۵
۲) $\frac{1}{5}$ ، $\frac{1}{3}$
۳) $\frac{1}{3}$ ، ۱
۴) ۵ ، ۱

%۴۹
مهر ۱۴۰۰

۱۹) دو ذرهٔ دارای بار الکتریکی هم‌نام q در فاصلهٔ معینی نسبت به هم قرار دارند. اگر ۴۰ درصد از بار یکی از آن‌ها را برداریم و به دیگری اضافه کنیم و فاصلهٔ بین آن‌ها را $\sqrt{3}$ برابر کنیم، اندازهٔ نیروی الکتریکی بین دو بار چند برابر می‌شود؟

۱) ۲/۲۴
۲) ۰/۲۸
۳) ۱/۱۲
۴) ۰/۱۲

%۴۷
شهریور ۱۳۹۷

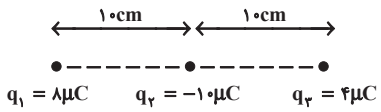
۲۰) دو ذره با بار الکتریکی $q_1 = +6\mu C$ و $q_2 = -8\mu C$ در فاصلهٔ ۳ سانتی‌متری از یکدیگر نیرویی به بزرگی $480N$ بر هم وارد می‌کنند. اگر $+4\mu C$ از بار q_1 برداشته و به بار q_2 اضافه نموده و فاصلهٔ بین آن‌ها را نصف کنیم، نیروی بین آن‌ها چند نیوتون و چگونه تغییر می‌کند؟ $(k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$

۱) ۱۶۰، کاهش می‌یابد.
۲) ۱۶۰، افزایش می‌یابد.
۳) ۲۱۰، کاهش می‌یابد.
۴) ۲۱۰، افزایش می‌یابد.

%۴۴
آبان ۱۳۹۷

قانون کولن (برایند نیروهای الکتریکی)

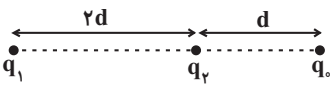
۲۱) در شکل زیر، اگر علامت بار q_3 تغییر کند، اندازهٔ برایند نیروهای وارد بر بار q_2 چند برابر می‌شود؟ $(k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$



۱) ۱
۲) ۲
۳) ۳
۴) ۴

%۷۲
آبان ۱۳۹۸

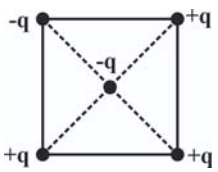
۲۲) در شکل زیر، برایند نیروهای وارد بر بار q_0 از طرف دو بار q_1 و q_2 برابر با صفر است. در این‌صورت، نسبت $\frac{q_1}{q_2}$ کدام است؟



۱) $\frac{9}{4}$
۲) $-\frac{9}{4}$
۳) ۹
۴) −۹

%۷۰
بهمن ۱۳۹۹

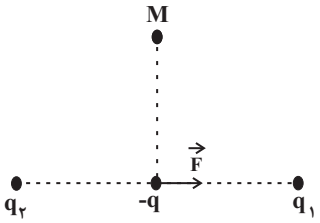
۲۳) ۵ بار الکتریکی نقطه‌ای هم‌اندازه همانند شکل زیر بر روی رئوس و مرکز یک مربع قرار دارند. جهت برایند نیروهای الکتریکی وارد به باری که در مرکز مربع قرار دارد، به کدام سمت است؟

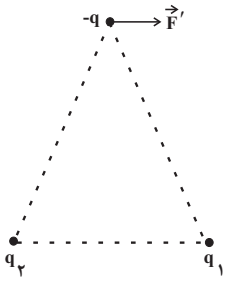


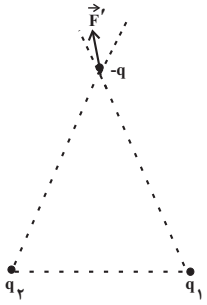
۱) ↖
۲) ↘
۳) ←
۴) →

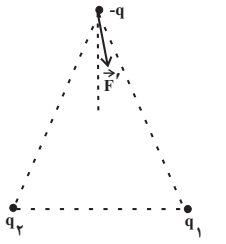
%۶۷
آبان ۱۳۹۷

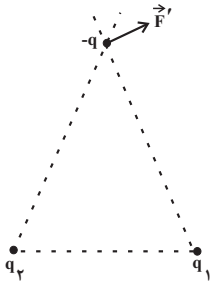
۲۴ اگر بار $q-$ را مطابق شکل زیر، در وسط فاصلهٔ بین بارهای q_1 و q_2 قرار دهیم، نیروی الکتریکی خالص وارد بر آن $\vec{F}$ خواهد شد. اگر بار $q-$ را به نقطهٔ M منتقل کنیم، نیروی الکتریکی خالص وارد بر آن از طرف q_1 و q_2 کدام گزینه نمی‌تواند باشد؟



۱) 

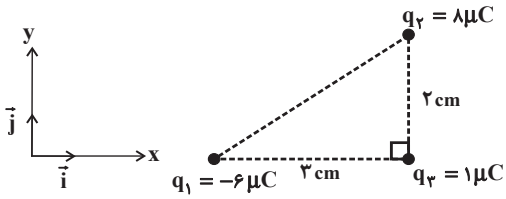
۲) 

۳) 

۴) 

%۶۱
آذر ۱۴۰۰

۲۵ مطابق شکل زیر، سه ذرهٔ باردار در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه‌ای قرار دارند. نیروی خالص وارد بر بار q_3 برحسب بردارهای یکه در SI کدام است؟ $(k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$



۱) $60\vec{i} - 180\vec{j}$

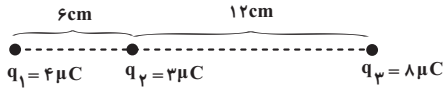
۲) $-60\vec{i} - 180\vec{j}$

۳) $-180\vec{i} - 360\vec{j}$

۴) $-180\vec{i} + 360\vec{j}$

%۵۹
مهر ۱۳۹۸

۲۶ سه بار الکتریکی نقطه‌ای مطابق شکل زیر در یک امتداد قرار گرفته‌اند. اگر بار q_2 را $3cm$ به بار q_3 نزدیک‌تر کنیم، اندازهٔ نیروی وارد بر بار q_2 چند نیوتون تغییر می‌کند؟ $(k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$



۱) $\frac{5}{3}$

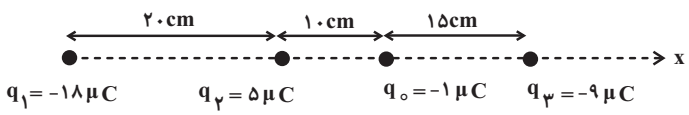
۲) $\frac{85}{3}$

۳) $\frac{135}{3}$

۴) $\frac{40}{3}$

%۵۸
آبان ۱۴۰۰

۲۷ در شکل زیر، برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_0 از طرف دیگر بارها برحسب واحد SI کدام است؟ $(k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$



۱) $2/7\vec{i}$

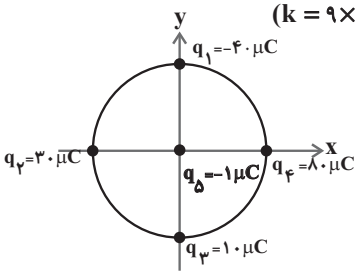
۲) $-2/7\vec{i}$

۳) $6/3\vec{i}$

۴) $-6/3\vec{i}$

%۵۰
مهر ۱۴۰۰

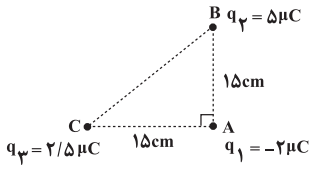
۲۸ مطابق شکل زیر، چهار ذرهٔ باردار بر روی محیط دایره‌ای به شعاع ۲۰cm ثابت شده‌اند. نیروی الکتریکی خالص وارد بر ذرهٔ بارداری که در مرکز دایره قرار گرفته در SI کدام است؟ $(k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$



۱) $-15/75\vec{i}+15/75\vec{j}$
۲) $9\vec{i}-9\vec{j}$
۳) $11/25\vec{i}-11/25\vec{j}$
۴) $-6/75\vec{i}+6/75\vec{j}$

%۶۸
مهر ۱۴۰۰

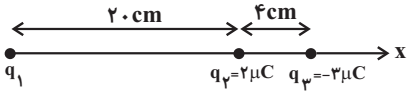
۲۹ سه ذرهٔ باردار مطابق شکل زیر در سه رأس مثلث قائم‌الزاویهٔ ABC ثابت شده‌اند. بزرگی نیروی وارد بر ذره‌ای که در رأس A ثابت شده است، چند نیوتون است؟ $(k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$



۱) ۴
۲) ۲
۳) $2\sqrt{5}$
۴) ۳

%۴۳
مرداد ۱۳۹۸

۳۰ در شکل زیر، نیروی خالص وارد بر بار q_3 صفر است. اگر جای بارهای q_3 و q_2 را عوض کنیم، بردار برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_3 در محل جدید در SI کدام است؟ $(k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$



۱) $14/85\vec{i}$
۲) $-14/85\vec{i}$
۳) $82/35\vec{i}$
۴) $-82/35\vec{i}$

%۳۱
دی ۱۳۹۹

میدان الکتریکی (میدان الکتریکی حاصل از یک ذرهٔ باردار)

۳۱ بزرگی میدان الکتریکی حاصل از بار $q = 4\mu C$ در فاصلهٔ ۲۰cm از آن چند نیوتون بر کولن است؟ $(k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$

۱) 9×10^4
۲) $2/7\times10^5$
۳) 9×10^5
۴) $2/7\times10^6$

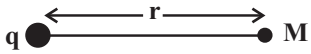
%۶۴
آبان ۱۴۰۰

۳۲ اندازهٔ میدان الکتریکی حاصل از بار الکتریکی نقطه‌ای q در فاصلهٔ r از آن برابر با E است. در کدام فاصله از بار، اندازهٔ میدان نسبت به مقدار اولیه ۱۹ درصد کاهش پیدا می‌کند؟

۱) $\frac{\sqrt{19}}{10}r$
۲) $\frac{10}{\sqrt{19}}r$
۳) $\frac{10}{9}r$
۴) $\frac{9}{10}r$

%۵۴
آبان ۱۳۹۸

۳۳ اگر فاصلهٔ بار نقطه‌ای q از نقطهٔ M به اندازهٔ Δr افزایش یابد، اندازهٔ میدان الکتریکی در آن نقطه ۳۶ درصد کاهش می‌یابد. $\frac{\Delta r}{r}$ کدام است؟



۱) $\frac{4}{5}$
۲) $\frac{1}{3}$
۳) $\frac{1}{4}$
۴) $\frac{1}{8}$

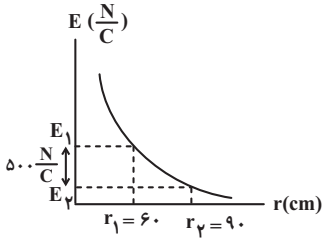
%۵۳
آذر ۱۳۹۹

۳۴ اگر فاصله از یک ذرهٔ باردار در یک راستا ۳۰cm افزایش یابد، اندازهٔ میدان حاصل از آن ۸۴ درصد کاهش می‌یابد. فاصلهٔ اولیه چند سانتی‌متر است؟

۱) ۱۰ ۲) ۲۰ ۳) ۳۰ ۴) ۴۰

%۴۹
آبان ۱۴۰۰

۳۵ نمودار بزرگی میدان الکتریکی ناشی از بار الکتریکی نقطه‌ای q برحسب فاصله از آن مطابق شکل زیر است. اندازهٔ E_1 چند نیوتون بر کولن است؟

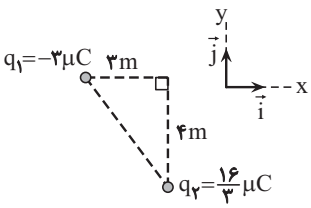


۱) ۴۰۰ ۲) ۹۰۰ ۳) ۱۶۰۰ ۴) ۱۸۰۰

%۴۸
فروردین ۱۴۰۱

میدان الکتریکی (برایند میدان‌های الکتریکی)

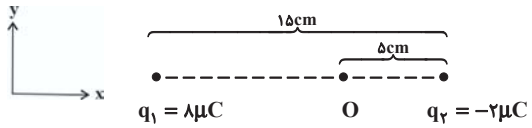
۳۶ در شکل زیر، میدان الکتریکی خالص در رأس قائم مثلث در SI کدام است؟ $(k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$



۱) $\vec{E} = 9000\vec{i} - 12000\vec{j}$
۲) $\vec{E} = -9000\vec{i} + 12000\vec{j}$
۳) $\vec{E} = -3000\vec{i} + 3000\vec{j}$
۴) $\vec{E} = 3000\vec{i} - 3000\vec{j}$

%۶۳
آذر ۱۳۹۷

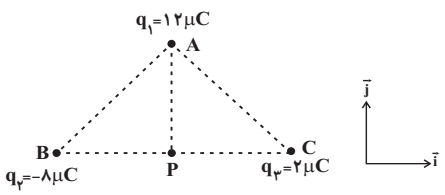
۳۷ در شکل زیر برایند میدان‌های الکتریکی ناشی از دو بار q_1 و q_2 در نقطهٔ O بر حسب نیوتون برکولن کدام است؟ $(k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$



۱) صفر ۲) $1/44\times10^7\vec{i}$ ۳) $7/2\times10^6\vec{i}$ ۴) $-7/2\times10^6\vec{i}$

%۵۵
آبان ۱۳۹۷

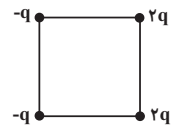
۳۸ مطابق شکل زیر، سه بار الکتریکی نقطه‌ای در سه رأس یک مثلث متساوی‌الاضلاع که طول هر ضلع آن ۶cm است، قرار دارند. بردار میدان الکتریکی برایند ناشی از سه بار در نقطهٔ P، وسط ضلع BC، برحسب بردارهای یکه در SI کدام است؟ $(k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$

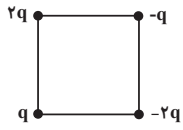


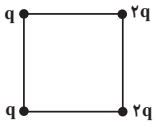
۱) $-14\times10^7\vec{i}$
۲) $(-10\vec{i} - 4\vec{j})\times10^7$
۳) $(-10\vec{i} - 12\vec{j})\times10^7$
۴) $(-6\vec{i} + 4\vec{j})\times10^7$

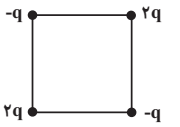
%۵۲
دی ۱۳۹۹

۳۹ اندازهٔ میدان الکتریکی برایند در مرکز کدام‌یک از مربع‌های زیر بیشتر از سایر شکل‌هاست؟ (طول ضلع تمام مربع‌ها یکسان است.)

۱) 

۲) 

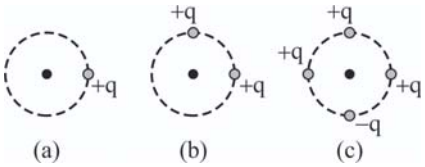
۳) 

۴) 

%۵۰
آبان ۱۴۰۰

۴۰ در شکل‌های زیر، روی محیط دایره، بارهای الکتریکی هم‌اندازهٔ $+q$ یا $-q$ قرار دارند. در کدام گزینه اندازهٔ میدان الکتریکی خالص در مرکز هر دایره از نظر بزرگی به درستی مقایسه شده است؟ (شعاع دایره‌ها برابر است.)

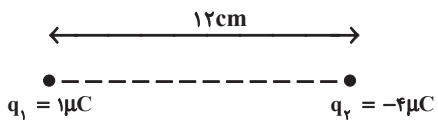
۱) $E_a < E_b < E_c$
۲) $E_a > E_b > E_c$
۳) $E_a < E_c < E_b$
۴) $E_b > E_a > E_c$



%۴۷
آذر ۱۳۹۷

۴۱ مطابق شکل زیر، دو بار الکتریکی نقطه‌ای $q_1 = +1\mu C$ و $q_2 = -4\mu C$ در فاصلهٔ $12cm$ از هم قرار گرفته‌اند. فاصلهٔ نقطه‌ای که برایند میدان‌های الکتریکی حاصل از دو بار q_1 و q_2 در آن صفر می‌باشد از بار q_2 چند سانتی‌متر است؟

۱) ۸
۲) ۱۲
۳) ۱۶
۴) ۲۴



%۴۴
آبان ۱۴۹۷

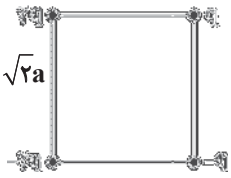
۴۲ هشت بار الکتریکی نقطه‌ای با اندازهٔ یکسان به فاصلهٔ مساوی روی محیط دایره‌ای به شعاع r قرار دارند. اگر فقط یکی از بارها منفی و اندازهٔ میدان ناشی از هر بار در مرکز دایره E باشد، بزرگی میدان الکتریکی برایند ناشی از این بارها در مرکز دایره چند E خواهد بود؟

۱) صفر
۲) $2E$
۳) $4E$
۴) $8E$

%۴۴
شهریور ۱۳۹۸

۴۳ چهار بار الکتریکی نقطه‌ای مطابق شکل زیر در رأس‌های یک مربع به ضلع $\sqrt{2}a$ قرار دارند. بزرگی و جهت میدان الکتریکی برایند در مرکز مربع کدام است؟ $(q > 0)$

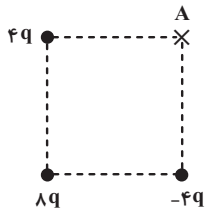
۱) $\frac{3\sqrt{2}}{2}\frac{kq}{a^2}$ و ↓
۲) $3\sqrt{2}\frac{kq}{a^2}$ و ↓
۳) $\frac{2\sqrt{2}kq}{a^2}$ و ↑
۴) $\frac{\sqrt{2}kq}{2a^2}$ و ↑



%۴۳
آبان ۱۳۹۷

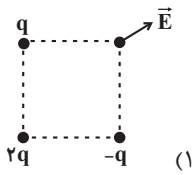
۴۴ در شکل زیر، اندازهٔ میدان الکتریکی خالص حاصل از سه بار الکتریکی نقطه‌ای در مرکز مربع چند برابر اندازهٔ میدان الکتریکی خالص حاصل از سه بار در نقطهٔ A است؟

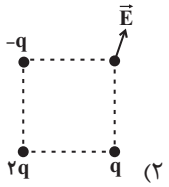
۱) $\frac{4\sqrt{6}}{3}$
۲) $\frac{\sqrt{6}}{8}$
۳) ۲
۴) $\frac{\sqrt{2}}{4}$

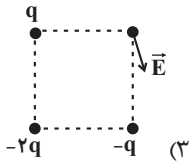


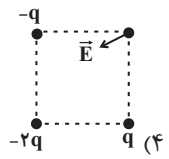
%۴۳
فروردین ۱۴۰۱

۴۵ در کدام‌یک از شکل‌های زیر، بردار میدان برایند در رأس مربع به درستی رسم شده است؟ $(q > 0)$

۱) 

۲) 

۳) 

۴) 

%۳۶
دی ۱۳۹۹

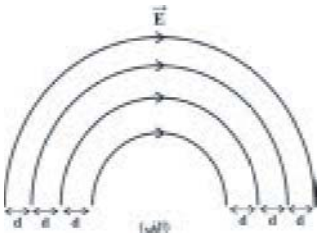
خطوط میدان الکتریکی (ویژگی‌های خطوط میدان الکتریکی)

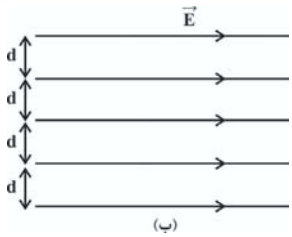
۴۶ در آرایشی از بارها خطوط میدان الکتریکی از بارهای ..... شروع و به بارهای ..... ختم می‌شوند و در هر نقطه از میدان الکتریکی، بردار میدان الکتریکی باید ..... بر خط میدان الکتریکی عبوری از آن نقطه باشد.

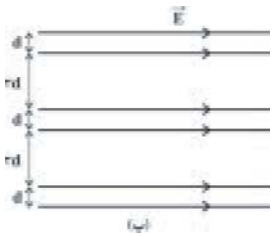
۱) مثبت- منفی- عمود
۲) منفی- مثبت- مماس
۳) مثبت- منفی- مماس
۴) منفی- مثبت- عمود

%۹۱
آذر ۱۳۹۷

۴۷ کدام‌یک از میدان‌های الکتریکی زیر، میدان الکتریکی یکنواخت می‌باشد؟



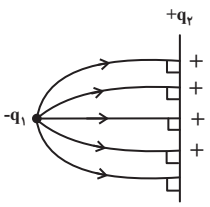


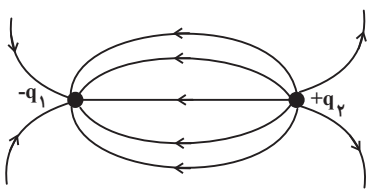


۱) فقط (الف) و (ب)
۲) فقط (ب) و (پ)
۳) (الف) و (ب) و (پ)
۴) فقط (ب)

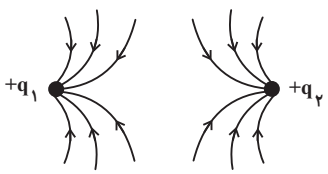
%۷۷
آذر ۱۳۹۷

۴۸ چه تعداد از شکل‌های زیر، خط‌های میدان الکتریکی را در اطراف بارهای الکتریکی q_1 و q_2 به درستی نشان می‌دهند؟

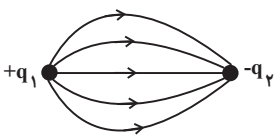
شکل ۱)


شکل ۲)


$|q_1| > q_2$

شکل ۳)


$q_1 = q_2$

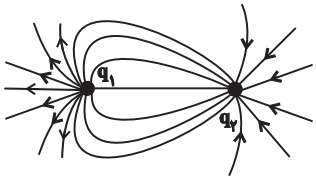
شکل ۴)


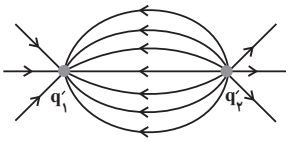
$q_1 < |q_2|$

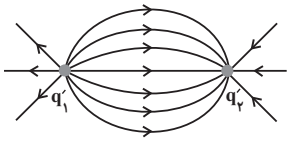
۱) ۱
۲) ۲
۳) ۳
۴) ۴

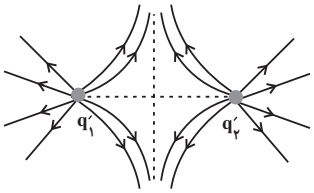
%۷۱
آذر ۱۴۰۰

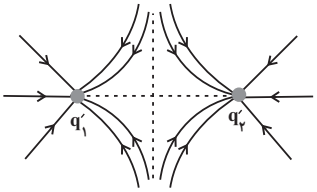
۴۹) شکل زیر خطوط میدان الکتریکی را اطراف دو بار نقطه‌ای نشان می‌دهد. اگر دو بار را با یکدیگر تماس دهیم و به فاصله قبلی برگردانیم، در این‌صورت خطوط میدان اطراف دو بار چگونه خواهد بود؟



۱) 

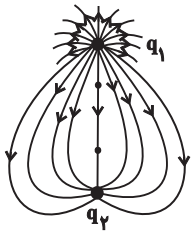
۲) 

۳) 

۴) 

%۶۳
دی ۱۳۹۹

۵۰) در شکل زیر که خطوط میدان الکتریکی را اطراف دو بار الکتریکی نقطه‌ای نشان می‌دهد، کدام گزینه صحیح است؟



۱) $|q_1|>|q_2|$ و $q_2>0$ و $q_1<0$
۲) $|q_1|>|q_2|$ و $q_2<0$ و $q_1>0$
۳) $|q_1|=|q_2|$ و $q_2<0$ و $q_1>0$
۴) $|q_1|<|q_2|$ و $q_2<0$ و $q_1>0$

%۵۸
آبان ۱۴۰۰

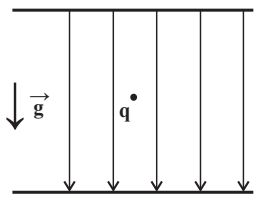
خطوط میدان الکتریکی (نیروی الکتریکی وارد بر بار الکتریکی در یک میدان الکتریکی)

۵۱) ذره‌ای به جرم ۱۲ گرم دارای بار الکتریکی $+۱۲۰\mu C$ در یک میدان الکتریکی خارجی قرار دارد. اگر ذره حالت سکون و تعادل داشته باشد، بزرگی میدان الکتریکی در SI و جهت آن کدام است؟ $(g=۱۰\frac{N}{kg})$

۱) $۱۰^۳$، رو به بالا
۲) $۱۰^۶$، رو به بالا
۳) $۱۰^۳$، رو به پایین
۴) $۱۰^۶$، رو به پایین

%۶۲
آبان ۱۳۹۷

۵۲) مطابق شکل زیر، ذره‌ای با بار الکتریکی q و به جرم ۲mg در یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $E=۲\times۱۰^۳\frac{N}{C}$ به حال تعادل قرار دارد. q بر حسب میکروکولن کدام است؟ $(g=۱۰\frac{N}{kg})$



۱) $۱۰^{-۲}$
۲) $۱۰^۲$
۳) $-۱۰^{-۲}$
۴) $-۱۰^۲$

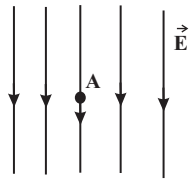
%۵۴
فروردین ۱۳۹۸

۵۳) در یک میدان الکتریکی یکنواخت بر بار $q=-۵\mu C$ نیروی الکتریکی $\vec{F}=-۴/۲\vec{i}+۵/۶\vec{j}$ در SI وارد می‌شود. بزرگی میدان الکتریکی چند نیوتون بر کولن است؟

۱) $۱/۴\sqrt{۷}\times۱۰^۶$
۲) $۱/۴\sqrt{۷}\times۱۰^۷$
۳) $۱/۴\times۱۰^۶$
۴) $۱/۴\times۱۰^۷$

%۵۳
آذر ۱۴۰۰

۵۴) شکل زیر، میدان الکتریکی یکنواختی به بزرگی $۲/۵\times۱۰^{۲}\ \frac{N}{C}$ را نشان می‌دهد. کدام‌یک از ذرات زیر را در نقطهٔ A قرار دهیم تا به حالت تعادل قرار گیرد؟ (q بار ذره، m جرم آن و $g=۱۰\frac{N}{kg}$ است.)



۱) $m=۴۵g \quad , q=-۰/۱۸\mu C$
۲) $m=۴۵g \quad , q=+۰/۱۸\mu C$
۳) $m=۲۰mg \quad , q=-۰/۸\mu C$
۴) $m=۲۰mg \quad , q=+۰/۸\mu C$

%۵۱
آذر ۱۴۰۰

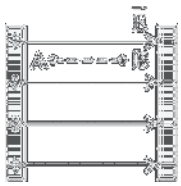
۵۵) بادکنکی کروی به جرم ۶/۴g و بدون بار الکتریکی در یک میدان الکتریکی یکنواخت قائم رو به بالا به بزرگی $۴\times۱۰^{۳}\ \frac{N}{C}$ قرار دارد. تعداد ... الکترون باید به‌صورت یکنواخت ... تا بادکنک به حالت تعادل درون میدان الکتریکی باقی بماند. ($g=۱۰\frac{m}{s^{۲}}$ و $e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C$)

۱) $۱۰^{۲۴}$، از بادکنک جدا شود
۲) $۱۰^{۲۴}$، به بادکنک داده شود
۳) $۱۰^{۱۴}$، از بادکنک جدا شود
۴) $۱۰^{۱۴}$، به بادکنک داده شود

%۴۹
فروردین ۱۳۹۹

انرژی پتانسیل الکتریکی

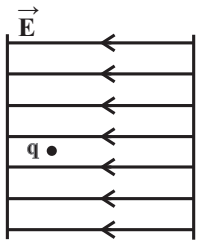
۵۶) در شکل زیر، بار مثبت q از نقطهٔ B تا A جابه‌جا می‌شود، در این جابه‌جایی کار نیروی میدان روی بار ..... و انرژی پتانسیل بار ..... پیدا می‌کند.



۱) مثبت – افزایش
۲) مثبت – کاهش
۳) منفی – افزایش
۴) منفی – کاهش

%۷۴
آذر ۱۳۹۷

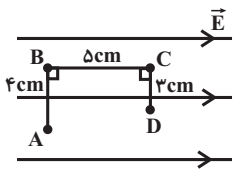
۵۷) مطابق شکل زیر، ذرهٔ باردار q را که دارای بار منفی است در یک میدان الکتریکی یکنواخت رها می‌کنیم. این ذرهٔ باردار به کدام سمت حرکت کرده و در طی این حرکت، انرژی پتانسیل الکتریکی آن چگونه تغییر می‌کند؟ (از نیروی وزن وارد بر ذره صرف‌نظر شود.)



۱) راست- افزایش
۲) راست- کاهش
۳) چپ- افزایش
۴) چپ- کاهش

%۶۳
آبان ۱۳۹۹

۵۸) مطابق شکل زیر، بار الکتریکی نقطه‌ای $q=-۲۰\mu C$ در میدان الکتریکی یکنواختی به بزرگی $۵\times۱۰^{۴}\ \frac{N}{C}$ در مسیر ABCD از نقطهٔ A تا D جابه‌جا می‌شود. انرژی پتانسیل الکتریکی بار طی این جابه‌جایی چند میلی‌ژول و چگونه تغییر می‌کند؟



۱) ۶۰، افزایش می‌یابد.
۲) ۶۰، کاهش می‌یابد.
۳) ۵۰، افزایش می‌یابد.
۴) ۵۰، کاهش می‌یابد.

%۶۰
آبان ۱۳۹۹

فصل ۱: الکتریسیتهٔ ساکن

۱ گزینهٔ «۴»

اولاً وقتی دو جسم یکدیگر را دفع می‌کنند، حتماً هر دو دارای بار هستند و بار آن‌ها هم‌نام است. پس جسم‌های B و D هر دو باردار بوده و بار آن‌ها هم‌نام است.

ثانیاً برای این‌که دو جسم یکدیگر را جذب کنند، کافی است یکی از آن‌ها باردار باشد. بنابراین جسم‌های A و C هم می‌توانند خنثی باشند و هم می‌توانند بار مخالف جسم‌های B و D داشته باشند.

با توجه به توضیحات بالا، به بررسی گزینه‌ها می‌پردازیم:

گزینهٔ «۱»: نادرست است؛ زیرا جسم A می‌تواند خنثی باشد و در این حالت، الزاماً جسم‌های A و B دارای بار مخالف نیستند.

گزینه‌های «۲» و «۳»: نادرست هستند؛ زیرا جسم‌های A و C هم می‌توانند خنثی باشند و هم می‌توانند بار مخالف جسم‌های B و D داشته باشند. بنابراین اگر A و C هر دو باردار باشند، همدیگر را دفع، اگر یکی باردار باشد، همدیگر را جذب و اگر هر دو خنثی باشند، به یکدیگر نیرویی وارد نمی‌کنند.

گزینهٔ «۴»: درست است؛ زیرا D که حتماً باردار است، A را که یا خنثی است یا بار مخالف D دارد، الزاماً جذب می‌کند.

۳۷٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که علاوه بر حالت‌های مرسوم جاذبه و دافعه که در کتاب درسی بررسی شده، مفهوم القای بار الکتریکی را به خوبی یاد گرفته و از آن برای تعیین نیروی بین یک جسم خنثی و یک جسم باردار استفاده کرده‌اند. البته ۲۰ درصد از دانش‌آموزان در دام گزینهٔ «۱» و ۱۸ درصد در دام گزینهٔ «۲» افتاده‌اند که اشکال کارشان، در نظر نگرفتن این نکته است که بین یک جسم خنثی و یک جسم باردار، نیروی جاذبه برقرار است.

۲ گزینهٔ «۲»

در سری الکتریسیتهٔ مالشی (تریبوالکتریک)، مواد پایین‌تر الکترون‌خواهی بیشتری دارند؛ یعنی اگر دو ماده در این جدول در تماس با یکدیگر قرار گیرند، الکترون‌ها از مادهٔ بالاتر جدول به ماده‌ای که پایین‌تر قرار دارد، منتقل شده و مادهٔ بالاتر دارای بار مثبت و مادهٔ پایین‌تر دارای بار منفی می‌شود.

با توجه به توضیحات بالا، داریم:

الف) نادرست است؛ چون در جدول پشم بالاتر از کهربا قرار دارد و در اثر مالش، پارچهٔ پشمی دارای بار مثبت و یک تکه کهربا دارای بار منفی می‌شود.

ب) درست است؛ چون در جدول موی انسان بالاتر از شیشه قرار دارد و در اثر مالش، موی انسان دارای بار مثبت و میلهٔ شیشه‌ای دارای بار منفی می‌شود.

پ) درست است؛ چون در جدول ابریشم بالاتر از پلاستیک قرار دارد و در اثر مالش، پارچهٔ ابریشمی دارای بار مثبت و میلهٔ پلاستیکی دارای بار منفی می‌شود.

ت) نادرست است؛ چون در جدول چوب بالاتر از پارچهٔ کتان قرار دارد و در اثر مالش، قطعه چوب دارای بار مثبت و پارچهٔ کتان دارای بار منفی می‌شود.

۶۶٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که مفهوم سری الکتریسیتهٔ مالشی (تریبوالکتریک) را که در کتاب درسی معرفی شده و در متن کتاب هم توضیح و هم مثال دارد، به خوبی یاد گرفته‌اند.

۳ گزینهٔ «۱»

اولاً می‌دانیم که در سری الکتریسیتهٔ مالشی (تریبوالکتریک)، مواد پایین‌تر الکترون‌خواهی بیشتری دارند؛ پس چون در جدول A بالاتر از C قرار دارد، در اثر مالش، الکترون‌ها از A به C منتقل می‌شوند. [رد گزینه‌های «۲» و «۴»].

ثانیاً با استفاده از رابطهٔ اصل کوانتیده بودن بار الکتریکی، داریم:

$$|q_C| = ۱۷/۶\times۱۰^{-۱۹}C \xrightarrow{q_C<۰} q_C = -۱۷/۶\times۱۰^{-۱۹}C$$

$$q_C = -ne \xrightarrow[e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C]{q_C=-۱۷/۶\times۱۰^{-۱۹}C} -۱۷/۶\times۱۰^{-۱۹}$$

$$= -n\times(۱/۶\times۱۰^{-۱۹}) \Rightarrow n = \frac{-۱۷/۶\times۱۰^{-۱۹}}{-۱/۶\times۱۰^{-۱۹}} = ۱۱$$

پس تعداد ۱۱ الکترون از A به C منتقل شده است.

۶۶٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که هم مفهوم سری الکتریسیتهٔ مالشی (تریبوالکتریک) و نحوهٔ انتقال الکترون بین مواد آن را به خوبی یاد گرفته‌اند و هم محاسبهٔ سادهٔ رابطهٔ $q = \pm ne$ را به درستی انجام داده‌اند.

۴ گزینهٔ «۴»

طبق اصل کوانتیده بودن بار الکتریکی، بار الکتریکی مشاهده شدهٔ جسم، همواره مضرب صحیحی از بار بنیادی (e) است. حال به بررسی هر یک از گزینه‌ها می‌پردازیم:

گزینهٔ «۱»: نادرست

$$q_۱ = n_۱e \xrightarrow[e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C]{q_۱=۸\times۱۰^{-۲۰}C} ۸\times۱۰^{-۲۰} = n_۱\times(۱/۶\times۱۰^{-۱۹})$$

$$\Rightarrow n_۱ = \frac{۸\times۱۰^{-۲۰}}{۱/۶\times۱۰^{-۱۹}} = ۰/۵$$

گزینهٔ «۲»: نادرست

$$q_۲ = n_۲e \xrightarrow[e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C]{q_۲=\frac{۵}{۹}\mu C=\frac{۵}{۹}\times۱۰^{-۶}C} \frac{۵}{۹}\times۱۰^{-۶} = n_۲\times(۱/۶\times۱۰^{-۱۹})$$

$$\Rightarrow n_۲ = \frac{\frac{۵}{۹}\times۱۰^{-۶}}{۱/۶\times۱۰^{-۱۹}} = \frac{\frac{۵}{۹}}{\frac{۸}{۵}}\times۱۰^{۱۳} = \frac{۲۵}{۷۲}\times۱۰^{۱۳}$$

$$= ۳/۴۷\overline{۲}\times۱۰^{۱۲}$$

گزینهٔ «۳»: نادرست

$$q_۳ = n_۳e \xrightarrow[e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C]{q_۳=\sqrt{۳}\mu C=\sqrt{۳}\times۱۰^{-۶}C} \sqrt{۳}\times۱۰^{-۶} = n_۳\times(۱/۶\times۱۰^{-۱۹})$$

$$\Rightarrow n_۳=\frac{\sqrt{۳}\times۱۰^{-۶}}{۱/۶\times۱۰^{-۱۹}}=\frac{\sqrt{۳}}{\frac{۸}{۵}}\times۱۰^{۱۳}=\frac{۵\sqrt{۳}}{۸}\times۱۰^{۱۳}$$

گزینهٔ «۴»: درست

$$q_۴=n_۴e\xrightarrow[e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C]{q_۴=۵/۲nC=۵/۲\times۱۰^{-۹}C}۵/۲\times۱۰^{-۹}=n_۴\times(۱/۶\times۱۰^{-۱۹})$$

$$\Rightarrow n_۴=\frac{۵/۲\times۱۰^{-۹}}{۱/۶\times۱۰^{-۱۹}}=۳/۲۵\times۱۰^{۱۰}$$

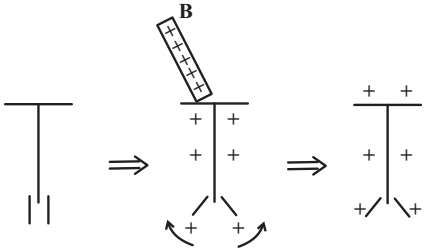
همان‌گونه که ملاحظه می‌کنید، فقط n به دست آمده در گزینهٔ «۴»، صحیح بوده و این بار می‌تواند بار الکتریکی یک جسم باشد.

۴۳٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که به جملهٔ متن کتاب درسی (در تجربه‌هایی مانند مالش اجسام به یکدیگر، اگر جسم خنثی الکترون به دست آورد یا از دست بدهد، همواره بار الکتریکی مشاهده شدهٔ جسم، مضرب درستی از بار بنیادی e است.) توجه کرده و مفهوم آن را در مسأله به درستی به کار برده‌اند. البته ۲۸ درصد از دانش‌آموزان در دام گزینهٔ «۱» افتاده‌اند، چرا که بدون توجه به توان $۱۰^{-۲۰}$ در این گزینه و صرفاً با مشاهدهٔ قابل تقسیم بودن ۸ به ۱/۶، این گزینه را انتخاب کرده‌اند.

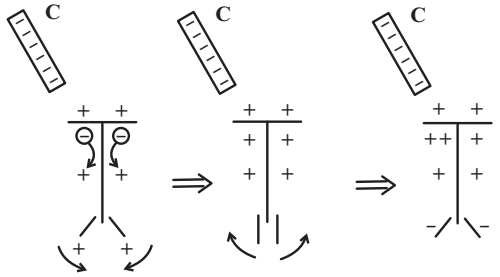
۵ گزینهٔ «۴»

اولاً چون در سری الکتریسیتهٔ مالشی، A بالاتر از C قرار دارد، در اثر مالش، A دارای بار مثبت و C دارای بار منفی می‌شود. به‌طور مشابه، چون B نیز بالاتر از D قرار دارد، در اثر مالش، B دارای بار مثبت و D دارای بار منفی می‌شود.

ثانیاً در ابتدا که جسم B را با کلاهک الکتروسکوپ بدون بار تماس می‌دهیم، بخشی از بارهای جسم B که دارای بار مثبت است، به الکتروسکوپ منتقل و الکتروسکوپ هم دارای بار مثبت می‌شود. دقت شود که جسم B باید رسانا باشد که در تماس با الکتروسکوپ آن را باردار کند.



ثالثاً با دور کردن جسم B و نزدیک کردن جسم C به الکتروسکوپ، این بار الکتروسکوپ به روش القاء باردار می‌شود. یعنی با نزدیک کردن جسم C که بار منفی دارد، بارهای منفی الکتروسکوپ خود را از جسم C که هم‌نام آن‌هاست، دور کرده و از کلاهک به ورقه‌ها می‌روند. این جابه‌جایی بارهای منفی به سمت ورقه‌ها، ابتدا بار مثبت اولیهٔ آن‌ها را خنثی نموده و ورقه‌ها را می‌بندند. سپس، تجمع بیشتر بارهای منفی روی ورقه‌ها، به باز شدن دوبارهٔ آن‌ها منجر می‌شود.



با توجه به توضیحات بالا، بار ورقه‌ها قبل از بسته شدن، مثبت و پس از باز شدن، منفی است.

۵۲٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که هم سری الکتریسیتهٔ مالشی را به خوبی یاد گرفته‌اند و هم با یادآوری درست مطالبی که در سال هشتم دربارهٔ الکتروسکوپ خوانده‌اند، باردار کردن آن به روش‌های تماس و القاء را درست به کار برده‌اند.

۶ گزینهٔ «۳»

با استفاده از رابطهٔ اصل کوانتیده بودن بار الکتریکی، داریم:

$$\Delta q=\pm ne\xrightarrow{\text{دریافت الکترون}}\Delta q=-ne\Rightarrow q_۲-q_۱=-ne$$

$$\Rightarrow q_۲=q_۱-ne\xrightarrow[n=۵\times۱۰^{۱۰}\ ,\ e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C]{q_۱=-۹nC=-۹\times۱۰^{-۹}C}$$

$$q_۲=-۹\times۱۰^{-۹}-(۵\times۱۰^{۱۰}\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹})$$

$$\Rightarrow q_۲=-۹\times۱۰^{-۹}-۸\times۱۰^{-۹}\Rightarrow q_۲=-۱۷\times۱۰^{-۹}C$$

$$\xrightarrow{\text{تبدیل C به nC}}q_۲=-۱۷nC$$

۵۳٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که با حل مثال‌ها و تمرین‌های کتاب درسی دربارهٔ رابطهٔ اصل کوانتیده بودن بار، به این مبحث تسلط پیدا کرده‌اند.

۷ گزینهٔ «۳»

ابتدا تعداد الکترون‌های یون را محاسبه می‌کنیم:

$$|q_e|=۸\times۱۰^{-۱۸}C\xrightarrow{q_e<۰}q_e=-۸\times۱۰^{-۱۸}C$$

$$q_e=-ne\xrightarrow[e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C]{q_e=-۸\times۱۰^{-۱۸}C}-۸\times۱۰^{-۱۸}=-n\times(۱/۶\times۱۰^{-۱۹})$$

$$\Rightarrow n=\frac{-۸\times۱۰^{-۱۸}}{-۱/۶\times۱۰^{-۱۹}}=۵۰$$

یعنی یون سه بار مثبت $(X^{۳+})$ دارای ۵۰ الکترون است. از آنجایی که این یون، ۳ الکترون خود را از دست داده، تعداد الکترون‌های آن در حالت اتمی برابر با $۵۰+۳=۵۳$ است که این عدد، همان تعداد پروتون‌های آن است.

۴۴٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که به تیپ سؤالات بارهای اتم‌ها و یون‌ها که در تمرین‌های وسط و پایان فصل کتاب درسی بر آن‌ها تأکید شده، توجه کرده‌اند.

۸ گزینهٔ «۳»

ابتدا رابطهٔ بین بارهای اولیه و نهایی را به دست می‌آوریم:

$$|q_۲| = |q_۱| - \frac{۷۵}{۱۰۰}|q_۱| = \frac{۲۵}{۱۰۰}|q_۱| = \frac{|q_۱|}{۴}$$

$$\xrightarrow[q_۱ \text{ و } q_۲ \text{ مختلف‌العلامت}]{\text{علامت بار عوض شده}} q_۲ = -\frac{q_۱}{۴} \Rightarrow q_۱ = -۴q_۲$$

حالا با استفاده از رابطهٔ اصل کوانتیده بودن بار الکتریکی، داریم:

$$\Delta q = \pm ne \xrightarrow{\text{دریافت الکترون}} \Delta q = -ne \Rightarrow q_۲ - q_۱ = -ne$$

$$\xrightarrow[n=۱/۵\times۱۰^{۱۴},\ e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C]{q_۱=-۴q_۲}$$

$$q_۲ - (-۴q_۲) = -۱/۵\times۱۰^{۱۴}\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹} \Rightarrow ۵q_۲ = -۲/۴\times۱۰^{-۵}$$

$$\Rightarrow q_۲ = -\frac{۲/۴}{۵}\times۱۰^{-۵} = -۰/۴۸\times۱۰^{-۵} \Rightarrow q_۲ = -۴/۸\times۱۰^{-۶}C$$

$$\xrightarrow[\times۱۰^{۶}]{\mu C \text{ به } C \text{ تبدیل}} q_۲ = -۴/۸\mu C$$

۴۰٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که علاوه بر تسلط بر کاربرد رابطهٔ $\Delta q = \pm ne$، مفاهیم درصد تغییرات را مورد توجه قرار داده‌اند.

۹ گزینهٔ «۴»

در حالت اول، بار الکتریکی جسم B، $\frac{۲}{۳}$ برابر بار الکتریکی جسم A است؛ یعنی:

$$q_B = \frac{۲}{۳}q_A \qquad (۱)$$

در حالت دوم، اندازهٔ بار الکتریکی جابه‌جا شده بین دو جسم برابر است با:

$$|\Delta q| = ne \xrightarrow[e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C]{n=\frac{۱۵}{۸}\times۱۰^{۱۳}} |\Delta q| = \frac{۱۵}{۸}\times۱۰^{۱۳}\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹}$$

$$\Rightarrow |\Delta q| = ۳\times۱۰^{-۶}C = ۳\mu C$$

چون الکترون‌ها از جسم B گرفته شده و به جسم A منتقل می‌شود، بار الکتریکی آن‌ها در حالت جدید برابر است با:

$$q'_A = q_A - |\Delta q| = q_A - ۳(\mu C) \qquad (۲)$$

$$q'_B = q_B + |\Delta q| = q_B + ۳(\mu C) \qquad (۳)$$

پس از انتقال الکترون، بار الکتریکی جسم B، $\frac{۳}{۲}$ برابر بار الکتریکی جسم A می‌شود، یعنی:

$$q'_B = \frac{۳}{۲}q'_A \xrightarrow{(۲)\ ,\ (۱)} q_B + ۳ = \frac{۳}{۲}(q_A - ۳)$$

$$\Rightarrow q_B + ۳ = \frac{۳}{۲}q_A - \frac{۹}{۲} \xrightarrow{(۱)} \frac{۲}{۳}q_A + ۳ = \frac{۳}{۲}q_A - \frac{۹}{۲}$$

$$\Rightarrow \frac{۳}{۲}q_A - \frac{۲}{۳}q_A = ۳ + \frac{۹}{۲} \Rightarrow \frac{۵}{۶}q_A = \frac{۱۵}{۲} \Rightarrow q_A = ۹\mu C$$

۴۲٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که علاوه بر تسلط بر کاربرد رابطهٔ $|\Delta q| = ne$، تغییر بارها نسبت به حالت اولیه را درست محاسبه و در روابط قرار داده‌اند.

۱۰ گزینهٔ «۴»

طبق اصل پایستگی بار الکتریکی، 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. اگر در این سؤال، مجموعهٔ سه کره را یک دستگاه منزوی در نظر بگیریم، داریم:

$$q'_A + q'_B + q'_C = q_A + q_B + q_C$$

$$\xrightarrow{q_A=+۱۵\mu C\ ,\ q_B=-۱۲\mu C\ ,\ q_C=+۱۸\mu C}$$

$$q'_A + q'_B + q'_C = (+۱۵) + (-۱۲) + (+۱۸)$$

$$\Rightarrow q'_A + q'_B + q'_C = +۲۱ \xrightarrow[q'_C=\frac{۱}{۲}q'_A]{۲q'_B=\frac{۱}{۲}q'_A \Rightarrow q'_B=\frac{۱}{۴}q'_A}$$

$$q'_A + \frac{۱}{۴}q'_A + \frac{۱}{۲}q'_A = +۲۱ \Rightarrow \frac{۷}{۴}q'_A = +۲۱ \Rightarrow q'_A = +۱۲\mu C$$

$$q'_B = \frac{۱}{۴}q'_A = \frac{۱}{۴}\times۱۲ = +۳\mu C$$

$$q'_C = \frac{۱}{۲}q'_A = \frac{۱}{۲}\times۱۲ = +۶\mu C$$

خواستهٔ سؤال محاسبهٔ تغییر بار کره‌هاست، لذا می‌توان نوشت:

$$\Delta q_A = q'_A - q_A = (+۱۲) - (+۱۵) = -۳\mu C$$

$$\Delta q_B = q'_B - q_B = (+۳) - (-۱۲) = ۱۵\mu C$$

$$\Delta q_C = q'_C - q_C = (+۶) - (+۱۸) = -۱۲\mu C$$

۴۱٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که به مفهوم پایستگی بار الکتریکی در یک دستگاه منزوی که در متن کتاب درسی تعریف شده، توجه کرده و به درستی در مسأله آن را به کار برده‌اند.

۱۱ گزینهٔ «۳»

اولاً می‌دانیم که نیرویی که دو ذرهٔ ناهم‌نام بر یکدیگر وارد می‌کنند، از نوع جاذبه است. [رد گزینه‌های «۲» و «۴»]

ثانیاً با استفاده از رابطهٔ قانون کولن، داریم:

$$F = k\frac{|q_۱||q_۲|}{r^۲} \xrightarrow[k=۹\times۱۰^{۹}\frac{N.m^۲}{C^۲},\ r=۶cm=۶\times۱۰^{-۲}m]{q_۱=-۲\mu C=-۲\times۱۰^{-۶}C\ ,\ q_۲=+۴\mu C=+۴\times۱۰^{-۶}C}$$

$$F = ۹\times۱۰^{۹}\times\frac{۲\times۱۰^{-۶}\times۴\times۱۰^{-۶}}{(۶\times۱۰^{-۲})^۲} = ۲۰N$$

۷۳٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که سؤال یک جای‌گذاری ساده از اعداد در رابطهٔ قانون کولن و مشابه تمرین پایان فصل کتاب درسی از این مبحث است.

۱۲ گزینهٔ «۱»

اگر نیرویی که بار $q_۲$ بر بار $q_۱$ وارد می‌کند $(\vec{F}_{۲۱})$، نیروی کنش (عمل) باشد، نیرویی که بار $q_۱$ بر بار $q_۲$ وارد می‌کند $(\vec{F}_{۱۲})$، نیروی واکنش (عکس‌العمل) خواهد بود که طبق قانون سوم نیوتون، این نیروها، هم‌اندازه، هم‌راستا و در خلاف جهت همدیگرند؛ یعنی:

$$\vec{F}_{۲۱}=-\vec{F}_{۱۲}\Rightarrow F_{۲۱}=F_{۱۲}\Rightarrow \frac{F_{۲۱}}{F_{۱۲}}=۱$$

۶۳٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که موضوع برقراری قانون سوم نیوتون در مورد نیروهای متقابل دو بار، بلافاصله پس از بیان رابطهٔ قانون کولن، در کتاب درسی مورد تأکید قرار گرفته است.

۱۳ گزینهٔ «۲»

ابتدا با استفاده از رابطهٔ قانون کولن، بزرگی نیروی الکتریکی بین دو بار در حالت اول را به دست می‌آوریم:

$$F=k\frac{|q_۱||q_۲|}{r^۲}\xrightarrow[k=۹\times۱۰^۹\frac{N.m^۲}{C^۲},\ r=۶cm=۶\times۱۰^{-۲}m]{q_۱=+۴\mu C=+۴\times۱۰^{-۶}C,\ q_۲=+۶\mu C=+۶\times۱۰^{-۶}C}$$

$$F=۹\times۱۰^۹\times\frac{۴\times۱۰^{-۶}\times۶\times۱۰^{-۶}}{(۶\times۱۰^{-۲})^۲}=۶۰N$$

در حالت دوم، نیروی بین دو بار، ۱۸۰N افزایش می‌یابد و به $F'=۶۰+۱۸۰=۲۴۰N$ می‌رسد. در این حالت، برای محاسبهٔ فاصلهٔ بین دو بار، داریم:

$$F'=k\frac{|q'_۱||q'_۲|}{r'^۲}\xrightarrow[k=۹\times۱۰^۹\frac{N.m^۲}{C^۲},\ F'=۲۴۰N]{q'_۱=q_۱=+۴\times۱۰^{-۶}C,\ q'_۲=q_۲=+۶\times۱۰^{-۶}C}$$

$$۲۴۰=۹\times۱۰^۹\times\frac{۴\times۱۰^{-۶}\times۶\times۱۰^{-۶}}{r'^۲}\Rightarrow r'^۲=۹\times۱۰^{-۴}$$

$$\xrightarrow{\text{جذر}}r'=۳\times۱۰^{-۲}m=۳cm$$

بنابراین فاصلهٔ بین دو بار $r'-r=۳-۶=-۳cm$ تغییر کرده، یعنی ۳cm کاهش پیدا کرده است.

توجه کنید که می‌توانستیم گام دوم سؤال را به صورت زیر و با استفاده از فرم مقایسه‌ای رابطهٔ قانون کولن نیز بنویسیم:

$$F=k\frac{|q_۱||q_۲|}{r^۲}\xrightarrow{k,\ |q_۱|,\ |q_۲|\ \text{ثابت}}\frac{F'}{F}=(\frac{r}{r'})^۲$$

$$\xrightarrow[r=۶cm]{F=۶۰N,\ F'=۲۴۰N}\frac{۲۴۰}{۶۰}=(\frac{۶}{r'})^۲\Rightarrow ۴=(\frac{۶}{r'})^۲$$

$$\xrightarrow{\text{جذر}}۲=\frac{۶}{r'}\Rightarrow r'=\frac{۶}{۲}=۳cm$$

۵۳٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که سؤال مشابه تمرین‌ها و مثال‌های کتاب، البته به صورت دو حالتی است.

۱۴ گزینهٔ «۱»

اگر از فرم مقایسه‌ای رابطهٔ قانون کولن استفاده کنیم، داریم: (فرض می‌کنیم که فقط اندازهٔ بار $q_۱$، ۲ برابر شده است.)

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

$$\xrightarrow[|q'_۱|=۲|q_۱|\ ,\ |q'_۲|=|q_۲|]{F=۰/۴۵N\ ,\ r'=\frac{r}{۲}}\frac{F'}{۰/۴۵}=\frac{۲|q_۱|}{|q_۱|}\times\frac{|q_۲|}{|q_۲|}\times(\frac{r}{\frac{r}{۲}})^۲$$

$$\Rightarrow\frac{F'}{۰/۴۵}=۲\times۱\times۲^۲\Rightarrow\frac{F'}{۰/۴۵}=۸\Rightarrow F'=۸\times۰/۴۵=۳/۶N$$

۴۹٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که مشابه اکثر روابطی که در درس فیزیک می‌آموزیم، فرم مقایسه‌ای رابطهٔ قانون کولن را نیز یاد گرفته و آن را به درستی به کار برده‌اند.

۱۵ گزینهٔ «۱»

در حالت اول که دو بار ناهم‌نام و هم‌اندازه هستند، آن‌ها را $q_۱=+q$ و $q_۲=-q$ در نظر می‌گیریم. در حالت دوم، n برابر بار مثبت یعنی nq را به هر دو بار اضافه می‌کنیم و داریم:

$$q'_۱=q_۱+nq=q+nq=(n+۱)q$$

$$q'_۲=q_۲+nq=-q+nq=(n-۱)q$$

حالا با استفاده از فرم مقایسه‌ای رابطهٔ قانون کولن، داریم:

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

$$\xrightarrow[q'_۱=(n+۱)q\ ,\ q'_۲=(n-۱)q\ ,\ r'=۲r]{q_۱=+q\ ,\ q_۲=-q\ ,\ F'=۲F}$$

$$\frac{۲F}{F}=\frac{(n+۱)q}{q}\times\frac{(n-۱)q}{q}\times(\frac{r}{۲r})^۲$$

$$\Rightarrow ۲=(n+۱)\times(n-۱)\times\frac{۱}{۴}\Rightarrow(n+۱)\times(n-۱)=۸$$

$$\Rightarrow n^۲-۱=۸\Rightarrow n^۲=۹\xrightarrow{\text{جذر}}n=۳$$

یعنی در حالت جدید، ۳ برابر بار مثبت به هر دو بار اضافه شده است.

۴۱٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که ضمن تشخیص صحیح مقادیر اولیه و ثانویهٔ بارها، فرم مقایسه‌ای رابطهٔ قانون کولن را به درستی به کار برده‌اند.

۱۶ گزینهٔ «۲»

در حالت اول با استفاده از رابطهٔ قانون کولن داریم:

$$F=k\frac{|q_A||q_B|}{r^۲}\xrightarrow[k=۹\times۱۰^۹\frac{N.m^۲}{C^۲},\ r=۶cm=۶\times۱۰^{-۲}m]{q_A=+۶\mu C=۶\times۱۰^{-۶}C\ ,\ q_B=-۲\mu C=-۲\times۱۰^{-۶}C}$$

$$F=۹\times۱۰^{۹}\times\frac{۶\times۱۰^{-۶}\times۲\times۱۰^{-۶}}{(۶\times۱۰^{-۲})^{۲}}=۳۰N$$

در حالت دوم، یعنی پس از تماس گلوله‌ها با هم، چون گلوله‌ها مشابه‌اند، بار الکتریکی یکسانی خواهند داشت. طبق اصل پایستگی بار الکتریکی، مجموع جبری همهٔ بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی ثابت است. اگر مجموعهٔ دو گلوله را یک دستگاه منزوی در نظر بگیریم، داریم:

$$q'_A+q'_B=q_A+q_B\xrightarrow{q'_A=q'_B}q'_A+q'_A=q_A+q_B$$

$$\Rightarrow q'_A=q'_B=\frac{q_A+q_B}{۲}\xrightarrow[q_B=-۲\mu C]{q_A=+۶\mu C}$$

$$q'_A=q'_B=\frac{(+۶)+(-۲)}{۲}=+۲\mu C$$

دوباره از رابطهٔ قانون کولن استفاده می‌کنیم:

$$F'=k\frac{|q'_A||q'_B|}{r'^{۲}}\xrightarrow[k=۹\times۱۰^{۹}\frac{N.m^{۲}}{C^{۲}}\ ,\ r'=۲cm=۲\times۱۰^{-۲}m]{q'_A=q'_B=+۲\mu C=+۲\times۱۰^{-۶}C}$$

$$F'=۹\times۱۰^{۹}\times\frac{۲\times۱۰^{-۶}\times۲\times۱۰^{-۶}}{(۲\times۱۰^{-۲})^{۲}}=۹۰N$$

بنابراین نیروی بین گلوله‌ها $F'-F=۹۰-۳۰=۶۰N$ تغییر کرده، یعنی ۶۰N افزایش پیدا کرده است. توجه کنید که می‌توانستیم گام دوم سؤال را به صورت زیر و با استفاده از فرم مقایسه‌ای رابطهٔ قانون کولن نیز بنویسیم:

$$F=k\frac{|q_A||q_B|}{r^{۲}}\xrightarrow{\text{ثابت } k}\frac{F'}{F}=\frac{|q'_A|}{|q_A|}\times\frac{|q'_B|}{|q_B|}\times(\frac{r}{r'})^{۲}$$

$$\xrightarrow[r=۶cm\ ,\ r'=۲cm\ ,\ F=۳۰N]{q_A=+۶\mu C\ ,\ q_B=-۲\mu C\ ,\ q'_A=q'_B=+۲\mu C}$$

$$\frac{F'}{۳۰}=\frac{۲}{۶}\times\frac{۲}{۲}\times(\frac{۶}{۲})^{۲}\Rightarrow\frac{F'}{۳۰}=\frac{۱}{۳}\times۱\times۳^{۲}\Rightarrow\frac{F'}{۳۰}=۳$$

$$\Rightarrow F'=۳\times۳۰=۹۰N$$

۴۲٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که ضمن استفاده درست از رابطهٔ قانون کولن و فرم مقایسه‌ای آن، اصل پایستگی بار الکتریکی را در مسأله به کار برده‌اند و این‌که به خواستهٔ سؤال که تغییرات نیرو است نه نیروی ثانویه توجه کرده‌اند.

۱۷ گزینهٔ «۴»

با استفاده از فرم مقایسه‌ای رابطهٔ قانون کولن، داریم: (فرض می‌کنیم که فقط اندازهٔ بار $q_۱$، ۲۰ درصد کاهش یافته است.)

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

$$\xrightarrow[r'=r-\frac{۲۰}{۱۰۰}r=\frac{۸۰}{۱۰۰}r=۰/۸r\ ,\ |q'_۲|=|q_۲|]{|q'_۱|=|q_۱|-\frac{۲۰}{۱۰۰}|q_۱|=\frac{۸۰}{۱۰۰}|q_۱|=۰/۸|q_۱|}$$

$$\frac{F'}{F}=\frac{۰/۸|q_۱|}{|q_۱|}\times\frac{|q_۲|}{|q_۲|}\times(\frac{r}{۰/۸r})^{۲}$$

$$\Rightarrow\frac{F'}{F}=۰/۸\times۱\times\frac{۱}{۰/۸^{۲}}\Rightarrow\frac{F'}{F}=\frac{۱}{۰/۸}=\frac{۱}{\frac{۸}{۱۰}}=\frac{۱۰}{۸}=\frac{۵}{۴}$$

چون در سؤال، تغییرات بزرگی نیروی الکتریکی برحسب درصد خواسته شده، داریم:

$$\text{درصد تغییرات } F=(\frac{F'}{F}-۱)\times۱۰۰=(\frac{۵}{۴}-۱)\times۱۰۰=\frac{۱}{۴}\times۱۰۰=۲۵\ ٪$$

یعنی بزرگی نیروی الکتریکی میان دو بار ۲۵ درصد افزایش می‌یابد.

۳۸٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که علاوه بر استفادهٔ درست از فرم مقایسه‌ای رابطهٔ قانون کولن، درصد تغییرات کمیت خواسته شده را درست محاسبه کرده‌اند.

۱۸ گزینهٔ «۳»

اولاً نیرویی که $q_۲$ به $q_۱$ وارد می‌کند $(\vec{F}_{۲۱})$ و نیرویی که $q_۱$ به $q_۲$ وارد می‌کند $(\vec{F}_{۱۲})$، کنش و واکنش هستند که طبق قانون سوم نیوتون، این نیروها، هم‌اندازه، هم‌راستا و در خلاف جهت همدیگرند؛ یعنی:

$$\vec{F}_{۲۱}=-\vec{F}_{۱۲}\Rightarrow F_{۲۱}=F_{۱۲}\Rightarrow\frac{F_{۲۱}}{F_{۱۲}}=۱$$

[رد گزینه‌های «۱» و «۲»]

ثانیاً اگر قانون دوم نیوتون را به صورت مقایسه‌ای به کار ببریم، می‌توان نوشت:

$$F=ma\Rightarrow\frac{F_{۱۲}}{F_{۲۱}}=\frac{m_۲}{m_۱}\times\frac{a_۲}{a_۱}\xrightarrow[m_۱=m\ ,\ m_۲=۳m]{\frac{F_{۱۲}}{F_{۲۱}}=۱}$$

$$۱=\frac{۳m}{m}\times\frac{a_۲}{a_۱}\Rightarrow\frac{a_۲}{a_۱}=\frac{۱}{۳}$$

۴۰٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که ضمن توجه به کاربرد قانون سوم نیوتون که در متن کتاب درسی به آن اشاره شده، از قانون دوم نیوتون که در سال نهم یاد گرفته‌اند، به صورت مسأله‌ای استفاده نموده‌اند.

۱۹ گزینهٔ «۲»

با استفاده از فرم مقایسه‌ای رابطهٔ قانون کولن، داریم:

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

$$\xrightarrow[q'_۱=q-\frac{۴۰}{۱۰۰}q=\frac{۶۰}{۱۰۰}q=۰/۶q\ ,\ q'_۲=q+\frac{۴۰}{۱۰۰}q=\frac{۱۴۰}{۱۰۰}q=۱/۴q]{q_۱=q_۲=q\ ,\ r'=\sqrt{۳}r}$$

$$\frac{F'}{F}=\frac{۰/۶q}{q}\times\frac{۱/۴q}{q}\times(\frac{r}{\sqrt{۳}r})^{۲}\Rightarrow\frac{F'}{F}=۰/۶\times۱/۴\times\frac{۱}{۳}=۰/۲۸$$

۴۰٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که ضمن محاسبهٔ درست مقادیر ثانویهٔ بارها، فرم مقایسه‌ای رابطهٔ قانون کولن را به درستی به کار برده‌اند.

۲۰ گزینهٔ «۱»

اگر $+۴\mu C$ از بار $q_۱$ برداشته و به بار $q_۲$ اضافه کنیم، داریم:

$$q'_۱ = q_۱ - ۴ = +۶ - ۴ = +۲\mu C$$

$$q'_۲ = q_۲ + ۴ = -۸ + ۴ = -۴\mu C$$

اگر اطلاعات سؤال را در فرم مقایسه‌ای رابطهٔ قانون کولن قرار دهیم، داریم:

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

$$\xrightarrow{\substack{q_۱=+۶\mu C\,,\,q_۲=-۸\mu C\,,\,F=۴۸۰N \\ q'_۱=+۲\mu C\,,\,q'_۲=-۴\mu C\,,\,r'=\frac{r}{۲}}}$$

$$\frac{F'}{۴۸۰} = \frac{۲}{۶}\times\frac{۴}{۸}\times(\frac{r}{\frac{r}{۲}})^۲ \Rightarrow \frac{F'}{۴۸۰} = \frac{۱}{۳}\times\frac{۱}{۲}\times۴$$

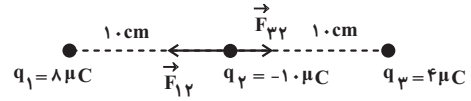
$$\Rightarrow \frac{F'}{۴۸۰} = \frac{۲}{۳} \Rightarrow F = \frac{۲}{۳}\times۴۸۰ = ۳۲۰N$$

بنابراین نیروی بین دو بار $F' - F = ۳۲۰ - ۴۸۰ = -۱۶۰N$ تغییر کرده، یعنی $۱۶۰N$ کاهش پیدا کرده است. توجه داشته باشید که سؤال می‌توانست عدد $۴۸۰N$ را در صورت سؤال ندهد که در این صورت، با در اختیار داشتن همهٔ مقادیر لازم (k، $q_۱$، $q_۲$ و r) خودتان می‌توانستید آن را با رابطهٔ قانون کولن محاسبه کنید. (برای تمرین بیشتر، لطفاً خودتان این کار را بکنید.)

۳۶٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چراکه این‌گونه سؤال‌ها ماهیت ریاضی قوی‌تری دارند بنابراین دانش‌آموزان با تمرین بیشتر به راحتی می‌توانند پاسخ دهند.

۲۱ گزینهٔ «۳»

در حالت اول، جهت نیروهای وارد بر بار $q_۲$ از طرف ۲ بار دیگر را تعیین کرده و بزرگی آن‌ها را محاسبه می‌کنیم:



$$F_{۱۲} = k\frac{|q_۱||q_۲|}{r_{۱۲}^۲} \xrightarrow[k=۹\times۱۰^۹\frac{N.m^۲}{C^۲}\,,\,r_{۱۲}=۱۰cm=۰/۱m]{q_۱=۸\mu C=۸\times۱۰^{-۶}C\,,\,q_۲=-۱۰\mu C=-۱۰\times۱۰^{-۶}C}$$

$$F_{۱۲} = ۹\times۱۰^۹\times\frac{۸\times۱۰^{-۶}\times۱۰\times۱۰^{-۶}}{۰/۱^۲} = ۷۲N$$

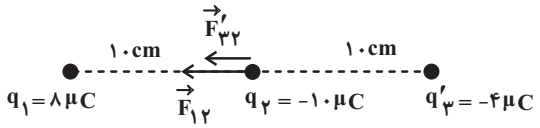
$$F_{۳۲} = k\frac{|q_۳||q_۲|}{r_{۳۲}^۲} \xrightarrow[k=۹\times۱۰^۹\frac{N.m^۲}{C^۲}\,,\,r_{۳۲}=۱۰cm=۰/۱m]{q_۳=۴\mu C=۴\times۱۰^{-۶}C\,,\,q_۲=-۱۰\mu C=-۱۰\times۱۰^{-۶}C}$$

$$F_{۳۲} = ۹\times۱۰^۹\times\frac{۴\times۱۰^{-۶}\times۱۰\times۱۰^{-۶}}{۰/۱^۲} = ۳۶N$$

چون طبق شکل، نیروهای $\vec{F}_{۱۲}$ و $\vec{F}_{۳۲}$ در خلاف جهت یکدیگرند، برایند آن‌ها در جهت نیروی بزرگ‌تر یعنی $\vec{F}_{۱۲}$ بوده (سمت چپ) و اندازهٔ آن برابر است با:

$$F_T = F_{۱۲} - F_{۳۲} = ۷۲ - ۳۶ = ۳۶N$$

در حالت دوم و با تغییر علامت بار $q_۳$، جهت نیروی $\vec{F}_{۳۲}$ (بدون تغییر بزرگی آن) عوض شده و در ضمن بزرگی و جهت $\vec{F}_{۱۲}$ نیز تغییری نمی‌کند. داریم:



$$F'_{۳۲} = F_{۳۲} = ۳۶N$$

طبق شکل، نیروهای $\vec{F}_{۱۲}$ و $\vec{F}'_{۳۲}$ هم‌جهت هستند، لذا برایند آن‌ها به سمت چپ بوده و اندازهٔ آن برابر است با:

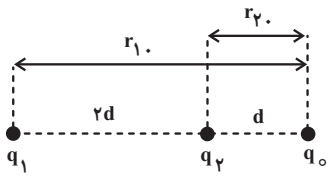
$$F'_T = F_{۱۲} + F'_{۳۲} = ۷۲ + ۳۶ = ۱۰۸N$$

بنابراین خواستهٔ مسأله یعنی نسبت برایند نیروها در حالت دوم به حالت اول برابر است با:

$$\frac{F'_T}{F_T} = \frac{۱۰۸}{۳۶} = ۳$$

۵۳٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که مشابه این سؤال (البته به صورت کیفی) در پرسش‌های داخل فصل کتاب درسی مطرح گردیده و دانش‌آموزانی که به آن پرسش توجه کرده‌اند، این سؤال را نیز که فرم عددی شدهٔ آن است، به درستی پاسخ داده‌اند.

۲۲ گزینهٔ «۴»



برای آن‌که برایند نیروهای وارد بر بار $q_۰$ از طرف دو بار $q_۱$ و $q_۲$ برابر با صفر شود، باید نیروهای وارد از طرف $q_۱$ و $q_۲$ بر آن، هم‌اندازه ولی در خلاف جهت هم باشند. $q_۰$ چه مثبت باشد و چه منفی، این اتفاق هنگامی رخ می‌دهد که یکی از بارهای $q_۱$ و $q_۲$، مثبت و دیگری منفی باشد. پس علامت $\frac{q_۱}{q_۲}$ حتماً منفی است. [رد گزینه‌های «۱» و «۳»] حالا با مساوی قرار دادن بزرگی نیروهای $F_{۱۰}$ و $F_{۲۰}$، داریم:

$$F_{۱۰} = F_{۲۰} \Rightarrow k\frac{|q_۱||q_۰|}{r_{۱۰}^۲} = k\frac{|q_۲||q_۰|}{r_{۲۰}^۲}$$

$$\xrightarrow{\text{ساده کردن } k \text{ و } |q_۰| \text{ از طرفین}} \frac{|q_۱|}{r_{۱۰}^۲} = \frac{|q_۲|}{r_{۲۰}^۲}$$

$$\Rightarrow \frac{|q_۱|}{|q_۲|} = (\frac{r_{۱۰}}{r_{۲۰}})^۲ \xrightarrow[r_{۲۰}=d]{r_{۱۰}=۲d+d=۳d}$$

$$|\frac{q_۱}{q_۲}| = (\frac{۳d}{d})^۲ = ۳^۲ = ۹ \xrightarrow{\frac{q_۱}{q_۲}<۰} \frac{q_۱}{q_۲} = -۹$$

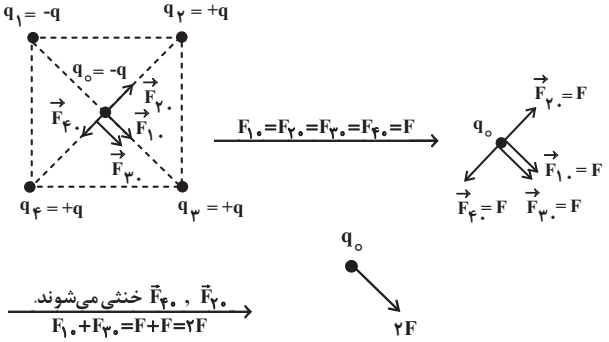
۴۸٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که این سؤال مکمل مثال‌های کتاب درسی دربارهٔ برایندگیری نیروها در چیدمان خطی بارها است و افرادی که بر آن مثال‌ها مسلط بوده‌اند، این سؤال را درست جواب داده‌اند.

۲۳ گزینهٔ «۲»

چون اندازهٔ بارهای واقع در رئوس مربع و فاصلهٔ آن‌ها تا مرکز مربع با هم برابر است، اندازهٔ نیروهای الکتریکی آن‌ها نیز با هم برابر خواهد بود.

$$F_{1} = F_{2} = F_{3} = F_{4} = F$$

اگر جهت چهار نیروی وارد بر بار واقع در مرکز مربع (q_0) را مطابق شکل زیر تعیین کنیم، داریم:



$\vec{F}_{40}$ و $\vec{F}_{20}$ خنثی می‌شوند.

$$F_{10}+F_{30}=F+F=2F$$

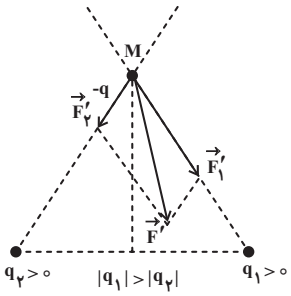
۵۳٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که مشابه آن در پرسش‌های داخل فصل کتاب درسی مطرح شده است.

۲۴ گزینهٔ «۲»

برای تعیین علامت بارهای q_1 و q_2، باید چهار حالت را بررسی کنیم:

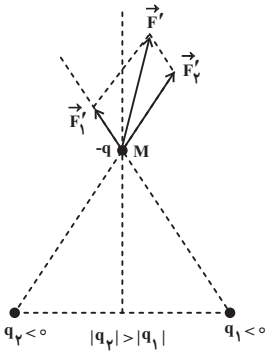
حالت ۱: $q_1 > 0$ و $q_2 > 0$

در این حالت، نیروی وارد از طرف q_1 به $-q$، به سمت راست و نیروی وارد از طرف q_2 به $-q$، به سمت چپ است که برای آن برایند به سمت راست باشد، باید $|q_1| > |q_2|$ باشد. با انتقال بار $-q$ به نقطهٔ M، شکل برایند نیروها به صورت زیر شده و گزینهٔ «۳» رد می‌شود.



حالت ۲: $q_1 < 0$ و $q_2 < 0$

در این حالت، نیروی وارد از طرف q_1 به $-q$، به سمت چپ و نیروی وارد از طرف q_2 به $-q$، به سمت راست است که برای آن که برایند به سمت راست باشد، باید $|q_1| > |q_2|$ باشد. با انتقال بار $-q$ به نقطهٔ M، شکل برایند نیروها به صورت زیر می‌شود که البته در هیچ یک از گزینه‌ها آورده نشده است.

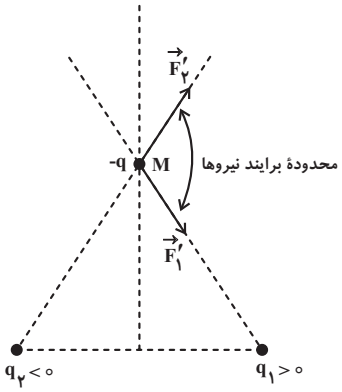


حالت ۳: $q_1 < 0$ و $q_2 > 0$

در این حالت، هم نیروی وارد از طرف q_1 به $-q$ و هم نیروی وارد از طرف q_2 به $-q$ به سمت چپ است که در این شرایط، برایند هیچ‌گاه به سمت راست نمی‌شود. لذا حالت $q_1 < 0$ و $q_2 > 0$ امکان‌پذیر نخواهد بود.

حالت ۴: $q_1 > 0$ و $q_2 < 0$

در این حالت، هم نیروی وارد از طرف q_1 به $-q$ و هم نیروی وارد از طرف q_2 به $-q$ به سمت راست است، بدین ترتیب برایند همواره به سمت راست می‌شود. با انتقال بار $-q$ به نقطهٔ M، برایند نیروها در محدودهٔ نشان داده شده در شکل زیر خواهد بود و بدین ترتیب گزینه‌های «۱» و «۴» رد می‌شوند.

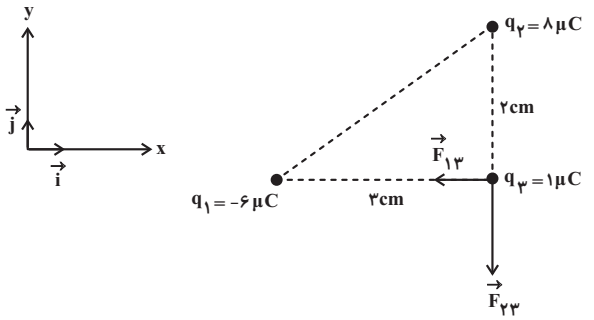


با توجه به توضیحات بالا، فقط شکل گزینهٔ «۲» امکان‌پذیر نیست.

۳۹٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که این سؤال مکمل پرسش کتاب درسی با موضوع تعیین جهت نیروی وارد بر بارها در چیدمان‌های غیرخطی است.

۲۵ گزینهٔ «۲»

نیروی بین بارهای ناهم‌نام q_1 و q_3 جاذبه است، پس نیروی وارد بر q_3 از طرف q_1، در جهت $-\vec{i}$ است. به‌طور مشابه، نیروی بین بارهای هم‌نام q_2 و q_3 دافعه است، پس نیروی وارد بر q_3 از طرف q_2، در جهت $-\vec{j}$ است. بدین ترتیب، گزینه‌های «۱» و «۴» رد می‌شوند.



حالا بزرگی نیروهای $\vec{F}_{13}$ و $\vec{F}_{23}$ را به دست آورده و نیروی خالص وارد بر بار q_3 را برحسب بردارهای یکه می‌نویسیم:

$$F_{13} = k\frac{|q_1||q_3|}{r_{13}^2} \xrightarrow[k=9\times10^9\frac{N.m^2}{C^2},\ r_{13}=3cm=3\times10^{-2}m]{q_1=-6\mu C=-6\times10^{-6}C,\ q_3=1\mu C=10^{-6}C}$$

$$F_{13} = 9\times10^9\times\frac{6\times10^{-6}\times10^{-6}}{(3\times10^{-2})^2} = 60N$$

$$F_{۲۳}=k\frac{|q_۲||q_۳|}{r_{۲۳}^۲}\xrightarrow[k=۹\times۱۰^۹\frac{N.m^۲}{C^۲},\ r_{۲۳}=۲cm=۲\times۱۰^{-۲}m]{q_۲=۸\mu C=۸\times۱۰^{-۶}C,\ q_۳=۱\mu C=۱۰^{-۶}C}$$

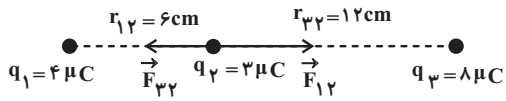
$$F_{۲۳}=۹\times۱۰^۹\times\frac{۸\times۱۰^{-۶}\times۱۰^{-۶}}{(۲\times۱۰^{-۲})^۲}=۱۸۰N$$

$$\vec{F}_{T,۳}=-F_{۱۳}\,\vec{i}-F_{۲۳}\,\vec{j}\Rightarrow\vec{F}_{T,۳}=-۶۰\,\vec{i}-۱۸۰\,\vec{j}\,(N)$$

۴۶٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که سؤال عیناً مشابه مثال متن کتاب درسی بوده و تنها اعداد آن تغییر کرده است.

۲۶ گزینهٔ «۱»

در حالت اول، داریم:



$$F_{۱۲}=k\frac{|q_۱||q_۲|}{r_{۱۲}^۲}\xrightarrow[k=۹\times۱۰^۹\frac{N.m^۲}{C^۲},\ r_{۱۲}=۶cm=۶\times۱۰^{-۲}m]{q_۱=۴\mu C=۴\times۱۰^{-۶}C,\ q_۲=۳\mu C=۳\times۱۰^{-۶}C}$$

$$F_{۱۲}=۹\times۱۰^۹\times\frac{۴\times۱۰^{-۶}\times۳\times۱۰^{-۶}}{(۶\times۱۰^{-۲})^۲}=۳۰N$$

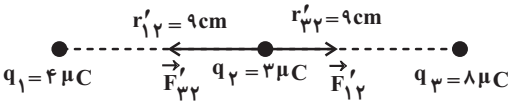
$$F_{۳۲}=k\frac{|q_۳||q_۲|}{r_{۳۲}^۲}\xrightarrow[k=۹\times۱۰^۹\frac{N.m^۲}{C^۲},\ r_{۳۲}=۱۲cm=۱۲\times۱۰^{-۲}m]{q_۳=۸\mu C=۸\times۱۰^{-۶}C,\ q_۲=۳\mu C=۳\times۱۰^{-۶}C}$$

$$F_{۳۲}=۹\times۱۰^۹\times\frac{۸\times۱۰^{-۶}\times۳\times۱۰^{-۶}}{(۱۲\times۱۰^{-۲})^۲}=۱۵N$$

بدین ترتیب، اندازهٔ برایند نیروهای وارد بر بار $q_۲$ برابر است با:

$$F_{T,۲}=F_{۱۲}-F_{۳۲}=۳۰-۱۵=۱۵N$$

در حالت دوم و پس از جابه‌جا کردن بار $q_۲$ به اندازهٔ $۳cm$ به سمت بار $q_۳$ داریم:



$$F'_{۱۲}=k\frac{|q_۱||q_۲|}{r'^۲_{۱۲}}\xrightarrow[k=۹\times۱۰^۹\frac{N.m^۲}{C^۲},\ r'_{۱۲}=۹cm=۹\times۱۰^{-۲}m]{q_۱=۴\mu C=۴\times۱۰^{-۶}C,\ q_۲=۳\mu C=۳\times۱۰^{-۶}C}$$

$$F'_{۱۲}=۹\times۱۰^۹\times\frac{۴\times۱۰^{-۶}\times۳\times۱۰^{-۶}}{(۹\times۱۰^{-۲})^۲}=\frac{۴۰}{۳}N$$

$$F'_{۳۲}=k\frac{|q_۳||q_۲|}{r'^۲_{۳۲}}\xrightarrow[k=۹\times۱۰^۹\frac{N.m^۲}{C^۲},\ r'_{۳۲}=۹cm=۹\times۱۰^{-۲}m]{q_۳=۸\mu C=۸\times۱۰^{-۶}C,\ q_۲=۳\mu C=۳\times۱۰^{-۶}C}$$

$$F'_{۳۲}=۹\times۱۰^۹\times\frac{۸\times۱۰^{-۶}\times۳\times۱۰^{-۶}}{(۹\times۱۰^{-۲})^۲}=\frac{۸۰}{۳}N$$

بدین ترتیب، اندازهٔ برایند نیروهای وارد بر بار $q_۲$ برابر است با:

$$F'_{T,۲}=F'_{۳۲}-F'_{۱۲}=\frac{۸۰}{۳}-\frac{۴۰}{۳}=\frac{۴۰}{۳}N$$

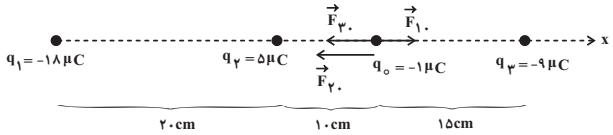
بنابراین خواستهٔ مسأله یعنی تغییر نیروی وارد بر بار $q_۲$ برابر است با:

$$F'_{T,۲}-F_{T,۲}=\frac{۴۰}{۳}-۱۵=-\frac{۵}{۳}N\Rightarrow|F'_{T,۲}-F_{T,۲}|=\frac{۵}{۳}N$$

۴۲٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که این سؤال که موضوعش محاسبهٔ نیروی الکتریکی برایند در یک مجموعه بار خطی است، مشابه مثال داخل فصل و تمرین پایان فصل کتاب درسی می‌باشد و تنها تفاوت آن‌ها، دو حالتی بودن سؤال ما است.

۲۷ گزینهٔ «۴»

مطابق شکل زیر، ابتدا جهت نیروهای الکتریکی وارد بر بار $q_۰$ از طرف دیگر بارها را تعیین می‌کنیم. سپس بزرگی هر یک از نیروها و بردار متناظر آن‌ها را محاسبه کرده و در نهایت بردار برایند نیروها را به دست می‌آوریم:



$$F_{۱۰}=k\frac{|q_۱||q_۰|}{r_{۱۰}^۲}\xrightarrow[k=۹\times۱۰^۹\frac{N.m^۲}{C^۲},\ r_{۱۰}=۲۰+۱۰=۳۰cm=۰/۳m]{q_۱=-۱۸\mu C=-۱۸\times۱۰^{-۶}C,\ q_۰=-۱\mu C=-۱۰^{-۶}C}$$

$$F_{۱۰}=۹\times۱۰^۹\times\frac{۱۸\times۱۰^{-۶}\times۱۰^{-۶}}{(۰/۳)^۲}=۱/۸N\xrightarrow{\vec{F}_{۱۰}\text{ در جهت محور x}}$$

$$\vec{F}_{۱۰}=+۱/۸\,\vec{i}\,(N)$$

$$F_{۲۰}=k\frac{|q_۲||q_۰|}{r_{۲۰}^۲}\xrightarrow[k=۹\times۱۰^۹\frac{N.m^۲}{C^۲},\ r_{۲۰}=۱۰cm=۰/۱m]{q_۲=۵\mu C=۵\times۱۰^{-۶}C,\ q_۰=-۱\mu C=-۱۰^{-۶}C}$$

$$F_{۲۰}=۹\times۱۰^۹\times\frac{۵\times۱۰^{-۶}\times۱۰^{-۶}}{(۰/۱)^۲}=۴/۵N\xrightarrow{\vec{F}_{۲۰}\text{ در خلاف جهت محور x}}$$

$$\vec{F}_{۲۰}=-۴/۵\,\vec{i}\,(N)$$

$$F_{۳۰}=k\frac{|q_۳||q_۰|}{r_{۳۰}^۲}\xrightarrow[k=۹\times۱۰^۹\frac{N.m^۲}{C^۲},\ r_{۳۰}=۱۵cm=۰/۱۵m]{q_۳=-۹\mu C=-۹\times۱۰^{-۶}C,\ q_۰=-۱\mu C=-۱۰^{-۶}C}$$

$$F_{۳۰}=۹\times۱۰^۹\times\frac{۹\times۱۰^{-۶}\times۱۰^{-۶}}{(۰/۱۵)^۲}=۳/۶N\xrightarrow{\vec{F}_{۳۰}\text{ در خلاف جهت محور x}}$$

$$\vec{F}_{۳۰}=-۳/۶\,\vec{i}\,(N)$$

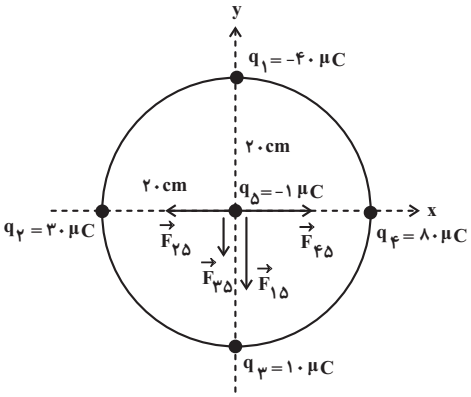
$$\vec{F}_{T,۰}=\vec{F}_{۱۰}+\vec{F}_{۲۰}+\vec{F}_{۳۰}\Rightarrow\vec{F}_{T,۰}=+۱/۸\,\vec{i}-۴/۵\,\vec{i}-۳/۶\,\vec{i}$$

$$\Rightarrow\vec{F}_{T,۰}=-۶/۳\,\vec{i}\,(N)$$

۳۶٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که به مثال داخل فصل و تمرین پایان فصل با موضوع تعیین نیروی وارد بر یک بار، در چیدمان خطی بارها، توجه کرده‌اند.

۲۸ گزینهٔ «۳»

مطابق شکل زیر، ابتدا جهت نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_5 از طرف دیگر بارها را تعیین می‌کنیم. سپس بزرگی هر یک از نیروها و بردار متناظر آن‌ها را محاسبه کرده و در نهایت بردار برایند نیروها را به دست می‌آوریم:



$$F_{15}=k\frac{|q_1||q_5|}{r_{15}^2}\xrightarrow[k=9\times10^9\frac{N.m^2}{C^2},\ r_{15}=20cm=0/2m]{q_1=-40\mu C=-40\times10^{-6}C,\ q_5=-1\mu C=-10^{-6}C}$$

$$F_{15}=9\times10^9\times\frac{40\times10^{-6}\times10^{-6}}{(0/2)^2}=9N\xrightarrow{\vec{F}_{15}\text{ در خلاف جهت محور y}}$$

$$\vec{F}_{15}=-9\vec{j}\ (N)$$

$$F_{25}=k\frac{|q_2||q_5|}{r_{25}^2}\xrightarrow[k=9\times10^9\frac{N.m^2}{C^2},\ r_{25}=20cm=0/2m]{q_2=30\mu C=30\times10^{-6}C,\ q_5=-1\mu C=-10^{-6}C}$$

$$F_{25}=9\times10^9\times\frac{30\times10^{-6}\times10^{-6}}{(0/2)^2}=6/75N\xrightarrow{\vec{F}_{25}\text{ در خلاف جهت محور x}}$$

$$\vec{F}_{25}=-6/75\vec{i}\ (N)$$

$$F_{35}=k\frac{|q_3||q_5|}{r_{35}^2}\xrightarrow[k=9\times10^9\frac{N.m^2}{C^2},\ r_{35}=20cm=0/2m]{q_3=10\mu C=10\times10^{-6}C,\ q_5=-1\mu C=-10^{-6}C}$$

$$F_{35}=9\times10^9\times\frac{10\times10^{-6}\times10^{-6}}{(0/2)^2}=2/25N\xrightarrow{\vec{F}_{35}\text{ در خلاف جهت محور y}}$$

$$\vec{F}_{35}=-2/25\vec{j}\ (N)$$

$$F_{45}=k\frac{|q_4||q_5|}{r_{45}^2}\xrightarrow[k=9\times10^9\frac{N.m^2}{C^2},\ r_{45}=20cm=0/2m]{q_4=80\mu C=80\times10^{-6}C,\ q_5=-1\mu C=-10^{-6}C}$$

$$F_{45}=9\times10^9\times\frac{80\times10^{-6}\times10^{-6}}{(0/2)^2}=18N\xrightarrow{\vec{F}_{45}\text{ در جهت محور x}}$$

$$\vec{F}_{45}=+18\vec{i}\ (N)$$

$$\vec{F}_{T,5}=\vec{F}_{15}+\vec{F}_{25}+\vec{F}_{35}+\vec{F}_{45}$$

$$\Rightarrow\vec{F}_{T,5}=-9\vec{j}-6/75\vec{i}-2/25\vec{j}+18\vec{i}$$

$$\Rightarrow\vec{F}_{T,5}=11/25\vec{i}-11/25\vec{j}\ (N)$$

حجم محاسبات بالا، احتمالاً زیاد به نظرتان می‌رسد؛ برای کاهش حجم محاسبات، بعد از این‌که F_{15} را حساب کردید، چون q_5 و r ثابت است، می‌توانید به صورت زیر F ها را به کمک فرم مقایسه‌ای رابطهٔ قانون کولن محاسبه نمایید:

$$\frac{F_{15}}{F_{25}}=\frac{|q_1|}{|q_2|}\Rightarrow\frac{9}{F_{25}}=\frac{40}{30}\Rightarrow F_{25}=\frac{9\times30}{40}=6/75N$$

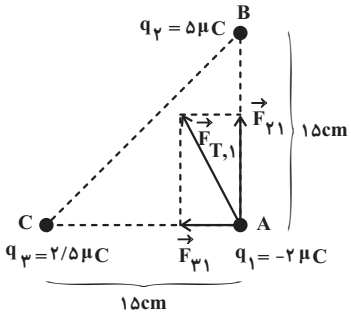
$$\frac{F_{15}}{F_{35}}=\frac{|q_1|}{|q_3|}\Rightarrow\frac{9}{F_{35}}=\frac{40}{10}\Rightarrow F_{35}=\frac{9\times10}{40}=2/25N$$

$$\frac{F_{15}}{F_{45}}=\frac{|q_1|}{|q_5|}\Rightarrow\frac{9}{F_{45}}=\frac{40}{80}\Rightarrow F_{45}=\frac{9\times80}{40}=18N$$

۳۷٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که به مثال داخل فصل و تمرین پایان فصل با موضوع تعیین نیروی وارد بر یک بار، در چیدمان غیرخطی بارها، توجه کرده‌اند.

۲۹ گزینهٔ «۳»

مطابق شکل زیر، ابتدا جهت نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_1 از طرف دیگر بارها را تعیین می‌کنیم. سپس بزرگی هر یک از نیروها را محاسبه کرده و در نهایت بزرگی برایند نیروها را به دست می‌آوریم:



$$F_{21}=k\frac{|q_2||q_1|}{r_{21}^2}\xrightarrow[k=9\times10^9\frac{N.m^2}{C^2},\ r_{21}=15cm=0/15m]{q_1=-2\mu C=-2\times10^{-6}C,\ q_2=5\mu C=5\times10^{-6}C}$$

$$F_{21}=9\times10^9\times\frac{2\times10^{-6}\times5\times10^{-6}}{(0/15)^2}=4N$$

F_{31} را نیز می‌توان مثل F_{21} با جای‌گذاری اعداد در رابطهٔ قانون کولن به دست آورد. اما از آنجایی که q_1 و r ثابت است، از فرم مقایسه‌ای رابطهٔ قانون کولن به صورت زیر استفاده می‌کنیم:

$$\frac{F_{21}}{F_{31}}=\frac{|q_2|}{|q_3|}\Rightarrow\frac{4}{F_{31}}=\frac{5}{2/5}\Rightarrow F_{31}=\frac{4\times2/5}{5}=2N$$

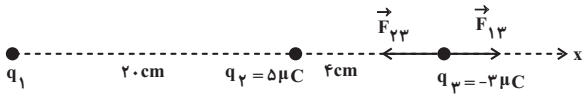
$$F_{T,1}=\sqrt{F_{21}^2+F_{31}^2}\Rightarrow F_{T,1}=\sqrt{4^2+2^2}=\sqrt{16+4}=\sqrt{20}=2\sqrt{5}N$$

۳۸٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که به مثال داخل فصل و تمرین پایان فصل با موضوع تعیین نیروی وارد بر یک بار، در چیدمان غیرخطی بارها، توجه کرده‌اند.

۳۰ گزینهٔ «۳»

با یک سؤال دو بخشی مواجه هستیم. در بخش اول، از صفر بودن نیروی خالص وارد بر بار q_3 استفاده کرده و q_1 را به دست می‌آوریم. طبق شکل زیر، چون بار q_2، بار q_3 را جذب می‌کند، برای صفر شدن نیروی خالص وارد بر بار q_3، بار q_1 باید بار q_3 را دفع کند. پس q_1 و q_3 هم‌نامند و داریم:

$q_1<0$



با مساوی قرار دادن بزرگی $\vec{F}_{۱۳}$ و $\vec{F}_{۲۳}$ می‌توان نوشت:

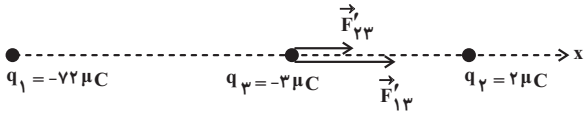
$$F_{۱۳}=F_{۲۳}\Rightarrow k\frac{|q_۱||q_۳|}{r_{۱۳}^۲}=k\frac{|q_۲||q_۳|}{r_{۲۳}^۲}$$

$$\xrightarrow{\text{ساده کردن } k \text{ و } |q_۳| \text{ از طرفین}}\frac{|q_۱|}{r_{۱۳}^۲}=\frac{|q_۲|}{r_{۲۳}^۲}$$

$$\xrightarrow[r_{۱۳}=۲۰+۴=۲۴cm\ ,\ r_{۲۳}=۴cm]{q_۲=۲\mu C}\frac{|q_۱|}{۲۴^۲}=\frac{۲}{۴^۲}$$

$$\Rightarrow|q_۱|=۲\times(\frac{۲۴}{۴})^۲=۲\times۶^۲=۷۲\mu C\xrightarrow{q_۱<۰}q_۱=-۷۲\mu C$$

در بخش دوم یعنی پس از عوض کردن جای بارهای $q_۲$ و $q_۳$، شکل زیر را رسم کرده و بردار برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار $q_۳$ را به دست می‌آوریم:



$$F'_{۱۳}=k\frac{|q_۱||q_۳|}{r'^۲_{۱۳}}\xrightarrow[k=۹\times۱۰^۹\frac{N.m^۲}{C^۲}\ ,\ r'_{۱۳}=۲۰cm=۰/۲m]{q_۱=-۷۲\mu C=-۷۲\times۱۰^{-۶}C\ ,\ q_۳=-۳\mu C=-۳\times۱۰^{-۶}C}$$

$$F'_{۱۳}=۹\times۱۰^۹\times\frac{۷۲\times۱۰^{-۶}\times۳\times۱۰^{-۶}}{(۰/۲)^۲}=۴۸/۶N\xrightarrow{\vec{F}'_{۱۳}\text{ در جهت محور x}}$$

$$\vec{F}'_{۱۳}=+۴۸/۶\vec{i}\ (N)$$

$$F'_{۲۳}=k\frac{|q_۲||q_۳|}{r'^۲_{۲۳}}\xrightarrow[k=۹\times۱۰^۹\frac{N.m^۲}{C^۲}\ ,\ r'_{۲۳}=۴cm=۴\times۱۰^{-۲}m]{q_۲=۲\mu C=۲\times۱۰^{-۶}C\ ,\ q_۳=-۳\mu C=-۳\times۱۰^{-۶}C}$$

$$F'_{۲۳}=۹\times۱۰^۹\times\frac{۲\times۱۰^{-۶}\times۳\times۱۰^{-۶}}{(۴\times۱۰^{-۲})^۲}=۳۳/۷۵N\xrightarrow{\vec{F}'_{۲۳}\text{ در جهت محور x}}$$

$$\vec{F}'_{۲۳}=+۳۳/۷۵\vec{i}\ (N)$$

$$\vec{F}'_{T,۳}=\vec{F}'_{۱۳}+\vec{F}'_{۲۳}\Rightarrow\vec{F}'_{T,۳}=+۴۸/۶\vec{i}+۳۳/۷۵\vec{i}$$

$$\vec{F}'_{T,۳}=۸۲/۳۵\vec{i}\ (N)$$

۱۷٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که علاوه بر تسلط بر مثال‌ها و تمرین‌های کتاب درسی دربارهٔ موضوع برایند نیروها در چیدمان خطی، تیپ معروف صفر بودن نیروی خالص وارد بر یک بار در چیدمان خطی را به خوبی یاد گرفته‌اند.

۳۱ گزینهٔ «۳»

با استفاده از رابطهٔ محاسبهٔ بزرگی میدان الکتریکی حاصل از یک ذرهٔ باردار، داریم:

$$E=k\frac{|q|}{r^۲}\xrightarrow[k=۹\times۱۰^۹\frac{N.m^۲}{C^۲}\ ,\ r=۲۰cm=۰/۲m]{q=۴\mu C=۴\times۱۰^{-۶}C}E=۹\times۱۰^۹\times\frac{۴\times۱۰^{-۶}}{۰/۲^۲}$$

$$=۹\times۱۰^۵\frac{N}{C}$$

۵۶٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که یک سؤال عددگذاری ساده بوده که در مثال داخل فصل کتاب درسی نیز مطرح شده است.

۳۲ گزینهٔ «۳»

اگر رابطهٔ محاسبهٔ بزرگی میدان الکتریکی حاصل از یک ذرهٔ باردار را به فرم مقایسه‌ای به کار ببریم، داریم:

$$E=k\frac{|q|}{r^۲}\xrightarrow{\text{ثابت } q\ ,\ k}\frac{E'}{E}=(\frac{r}{r'})^۲$$

$$\xrightarrow{E'=E-\frac{۱۹}{۱۰۰}E=\frac{۸۱}{۱۰۰}E}\frac{\frac{۸۱}{۱۰۰}E}{E}=(\frac{r}{r'})^۲\Rightarrow(\frac{r}{r'})^۲=\frac{۸۱}{۱۰۰}$$

$$\xrightarrow{\text{جذر}}\frac{r}{r'}=\frac{۹}{۱۰}\Rightarrow r'=\frac{۱۰}{۹}r$$

۳۹٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که به فرم مقایسه‌ای رابطهٔ محاسبهٔ میدان که از تیپ‌های رایج و پرتکرار است، توجه کرده‌اند.

۳۳ گزینهٔ «۳»

اگر رابطهٔ محاسبهٔ بزرگی میدان الکتریکی حاصل از یک ذرهٔ باردار را به فرم مقایسه‌ای به کار ببریم، داریم:

$$E=k\frac{|q|}{r^۲}\xrightarrow{\text{ثابت } q\ ,\ k}\frac{E'}{E}=(\frac{r}{r'})^۲$$

$$\xrightarrow{E'=E-\frac{۳۶}{۱۰۰}=\frac{۶۴}{۱۰۰}E}\frac{\frac{۶۴}{۱۰۰}E}{E}=(\frac{r}{r'})^۲\Rightarrow(\frac{r}{r'})^۲=\frac{۶۴}{۱۰۰}$$

$$\xrightarrow{\text{جذر}}\frac{r}{r'}=\frac{۸}{۱۰}=\frac{۴}{۵}\Rightarrow r'=\frac{۵}{۴}r$$

خواستهٔ مسأله یعنی نسبت $\frac{\Delta r}{r}$ برابر است با:

$$\frac{\Delta r}{r}=\frac{r'-r}{r}=\frac{\frac{۵}{۴}r-r}{r}=\frac{\frac{۱}{۴}r}{r}=\frac{۱}{۴}$$

۴۲٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که به فرم مقایسه‌ای رابطهٔ محاسبهٔ میدان که از تیپ‌های رایج و پرتکرار است، توجه کرده‌اند.

۳۴ گزینهٔ «۲»

اگر رابطهٔ محاسبهٔ بزرگی میدان الکتریکی حاصل از یک ذرهٔ باردار را به فرم مقایسه‌ای به کار ببریم، داریم:

$$E=k\frac{|q|}{r^۲}\xrightarrow{\text{ثابت } q\ ,\ k}\frac{E'}{E}=(\frac{r}{r'})^۲$$

$$\xrightarrow[r'=r+۳۰(cm)]{E'=E-\frac{۸۴}{۱۰۰}E=\frac{۱۶}{۱۰۰}E}\frac{\frac{۱۶}{۱۰۰}E}{E}=(\frac{r}{r+۳۰})^۲\Rightarrow(\frac{r}{r+۳})^۲=\frac{۱۶}{۱۰۰}$$

$$\xrightarrow{\text{جذر}} \frac{r}{r+30}=\frac{4}{10} \Rightarrow 10r=4r+120 \Rightarrow 6r=120 \Rightarrow r=20cm$$

۴۰٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که به فرم مقایسه‌ای رابطهٔ محاسبهٔ میدان که از تیپ‌های رایج و پرتکرار است، توجه کرده‌اند.

۳۵ گزینهٔ «۲»

اطلاعات روی نمودار را در فرم مقایسه‌ای رابطهٔ محاسبهٔ بزرگی میدان الکتریکی حاصل از یک ذرهٔ باردار قرار می‌دهیم، داریم:

$$E=\frac{|q|}{r^2} \xrightarrow{\text{ثابت } q,k} \frac{E_2}{E_1}=(\frac{r_1}{r_2})^2 \xrightarrow[r_1=60cm,\ r_2=90cm]{E_2=E_1-500(\frac{N}{C})}$$

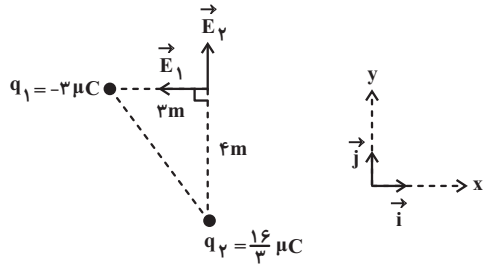
$$\frac{E_1-500}{E_1}=(\frac{60}{90})^2 \Rightarrow \frac{E_1-500}{E_1}=(\frac{2}{3})^2 \Rightarrow$$

$$\frac{E_1-500}{E_1}=\frac{4}{9} \Rightarrow 9E_1-4500=4E_1 \Rightarrow 5E_1=4500 \Rightarrow E_1=900\frac{N}{C}$$

۳۹٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که به نمودار تغییرات میدان الکتریکی برحسب فاصله از بار که در مثال کتاب درسی دربارهٔ آن صحبت شده، توجه کرده‌اند.

۳۶ گزینهٔ «۳»

مطابق شکل زیر، جهت میدان‌های الکتریکی ناشی از بارهای q_1 و q_2 در رأس قائم مثلث را تعیین کرده و پس از محاسبهٔ بزرگی هر یک، میدان‌ها را به صورت برداری نوشته و جمع برداری می‌کنیم. داریم:



$$E_1=k\frac{|q_1|}{r_1^2} \xrightarrow[k=9\times10^9\frac{N.m^2}{C^2},\ r_1=3m]{q_1=-3\mu C=-3\times10^{-6}C}$$

$$E_1=9\times10^9\times\frac{3\times10^{-6}}{3^2}=3000\frac{N}{C} \xrightarrow{\vec{E}_1 \text{ در خلاف جهت محور } x}$$

$$\vec{E}_1=-3000\vec{i}(\frac{N}{C})$$

$$E_2=k\frac{|q_2|}{r_2^2} \xrightarrow[k=9\times10^9\frac{N.m^2}{C^2},\ r_2=4m]{q_2=\frac{16}{3}\mu C=\frac{16}{3}\times10^{-6}C}$$

$$E_2=9\times10^9\times\frac{\frac{16}{3}\times10^{-6}}{4^2}=3000\frac{N}{C} \xrightarrow{\vec{E}_2 \text{ در جهت محور } y}$$

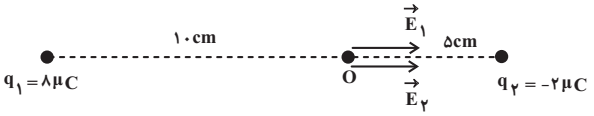
$$\vec{E}_2=+3000\vec{j}(\frac{N}{C})$$

$$\vec{E}_T=\vec{E}_1+\vec{E}_2 \Rightarrow \vec{E}_T=-3000\vec{i}+3000\vec{j}(\frac{N}{C})$$

۴۵٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که به مثال‌های داخل فصل و تمرین‌های پایان فصل کتاب درسی که موضوع آن‌ها محاسبهٔ میدان الکتریکی برایند در چیدمان‌های غیرخطی است، توجه کرده‌اند.

۳۷ گزینهٔ «۲»

مطابق شکل زیر، جهت میدان‌های الکتریکی ناشی از بارهای q_1 و q_2 در نقطهٔ O را تعیین کرده و پس از محاسبهٔ بزرگی هر یک، میدان‌ها را به صورت برداری نوشته و جمع برداری می‌کنیم. داریم:



$$E_1=k\frac{|q_1|}{r_1^2} \xrightarrow[k=9\times10^9\frac{N.m^2}{C^2},\ r_1=10cm=0/1m]{q_1=8\mu C=8\times10^{-6}C}$$

$$E_1=9\times10^9\times\frac{8\times10^{-6}}{0/1^2}=7/2\times10^6\frac{N}{C} \xrightarrow{\vec{E}_1 \text{ در جهت محور } x}$$

$$\vec{E}_1=+7/2\times10^6\vec{i}(\frac{N}{C})$$

$$E_2=k\frac{|q_2|}{r_2^2} \xrightarrow[k=9\times10^9\frac{N.m^2}{C^2},\ r_2=5cm=5\times10^{-2}m]{q_2=-2\mu C=-2\times10^{-6}C}$$

$$E_2=9\times10^9\times\frac{2\times10^{-6}}{(5\times10^{-2})^2}=7/2\times10^6\frac{N}{C} \xrightarrow{\vec{E}_2 \text{ در جهت محور } x}$$

$$\vec{E}_2=+7/2\times10^6\vec{i}(\frac{N}{C})$$

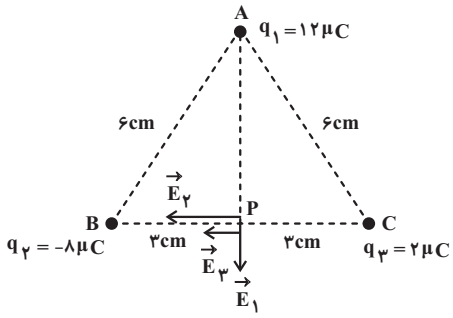
$$\vec{E}_O=\vec{E}_1+\vec{E}_2 \Rightarrow \vec{E}_O=+7/2\times10^6\vec{i}+7/2\times10^6\vec{i}=14/4\times10^6\vec{i}$$

$$\vec{E}_O=1/44\times10^7\vec{i}(\frac{N}{C})$$

۳۸٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که به مثال‌های داخل فصل و تمرین‌های پایان فصل کتاب درسی که موضوع آن‌ها محاسبهٔ میدان الکتریکی برایند در چیدمان‌های خطی است، توجه کرده‌اند.

۳۸ گزینهٔ «۲»

مطابق شکل زیر، جهت میدان‌های الکتریکی ناشی از بارهای q_1، q_2 و q_3 در نقطهٔ P را تعیین کرده و پس از محاسبهٔ بزرگی هر یک، میدان‌ها را به صورت برداری نوشته و جمع برداری می‌کنیم. داریم:



$$\overset{\Delta}{ABP}: \overline{AP}^2+\overline{BP}^2=\overline{AB}^2 \Rightarrow \overline{AP}^2+3^2=6^2$$

$$\Rightarrow \overline{AP}^2=36-9=27 \Rightarrow \overline{AP}=3\sqrt{3}cm$$

$$E_1=k\frac{|q_1|}{r_1^2} \xrightarrow[k=9\times10^9\frac{N.m^2}{C^2},\ r_1=3\sqrt{3}cm=3\sqrt{3}\times10^{-2}m]{q_1=12\mu C=12\times10^{-6}C}$$

$$E_1=9\times10^9\times\frac{12\times10^{-6}}{(3\sqrt{3}\times10^{-2})^2}=4\times10^7\frac{N}{C}$$

$$\xrightarrow{\vec{E}_1 \text{ در خلاف جهت محور } y} \vec{E}_1=-4\times10^7\,\vec{j}\ (\frac{N}{C})$$

$$E_2=k\frac{|q_2|}{r_2^2} \xrightarrow[k=9\times10^9\frac{N.m^2}{C^2},\ r_2=3cm=3\times10^{-2}m]{q_2=-8\mu C=-8\times10^{-6}C}$$

$$E_2=9\times10^9\times\frac{8\times10^{-6}}{(3\times10^{-2})^2}=8\times10^7\frac{N}{C}$$

$$\xrightarrow{\vec{E}_2 \text{ در خلاف جهت محور } x} \vec{E}_2=-8\times10^7\,\vec{i}\ (\frac{N}{C})$$

اگرچه برای محاسبهٔ $\vec{E}_3$ نیز می‌توان به صورت فوق عمل کرد، ولی چون r آن مشابه r مربوط به q_2 است، می‌توان از رابطهٔ مقایسه‌ای کمک گرفت:

$$\frac{E_3}{E_2}=\frac{|q_3|}{|q_2|} \Rightarrow \frac{E_3}{8\times10^7}=\frac{2}{8} \Rightarrow E_3=2\times10^7\frac{N}{C}$$

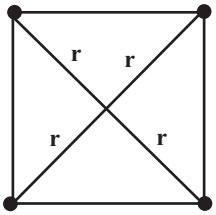
$$\xrightarrow{\vec{E}_3 \text{ در خلاف جهت محور } x} \vec{E}_3=-2\times10^7\,\vec{i}\ (\frac{N}{C})$$

$$\vec{E}_P=\vec{E}_1+\vec{E}_2+\vec{E}_3 \Rightarrow \vec{E}_P=-4\times10^7\,\vec{j}-8\times10^7\,\vec{i}-2\times10^7\,\vec{i}$$

$$\Rightarrow \vec{E}_P=(-10\,\vec{i}-4\,\vec{j})\times10^7\ (\frac{N}{C})$$

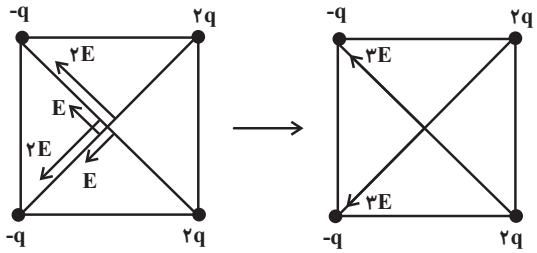
۳۷٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که به مثال‌های داخل فصل و تمرین‌های پایان فصل کتاب درسی که موضوع آن‌ها محاسبهٔ میدان الکتریکی برایند در چیدمان‌های غیرخطی است، توجه کرده‌اند.

۳۹ گزینهٔ «۲»



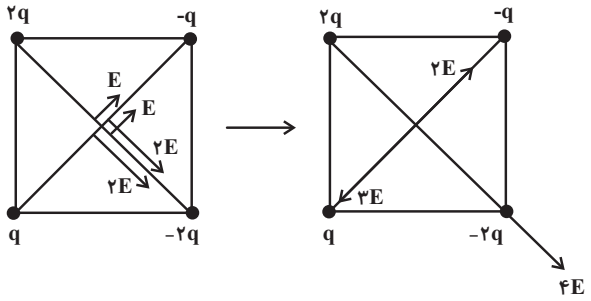
اگر بزرگی میدان الکتریکی ناشی از بار با اندازهٔ $|q|$ در مرکز مربع را E بنامیم $(E=k\frac{|q|}{r^2})$، با توجه به یکسان بودن فاصلهٔ هر چهار رأس مربع تا مرکز آن (r)، چون بزرگی میدان با اندازهٔ بار ایجادکننده‌اش متناسب است، بزرگی میدان الکتریکی ناشی از بار با اندازهٔ $2|q|$ در مرکز مربع $2E$ خواهد بود. $(E'=k\frac{2|q|}{r^2}=2E)$ در هر یک از گزینه‌ها، بردارهای میدان در مرکز مربع را رسم نموده و برایند آن‌ها را محاسبه می‌کنیم:

گزینهٔ «۱»:



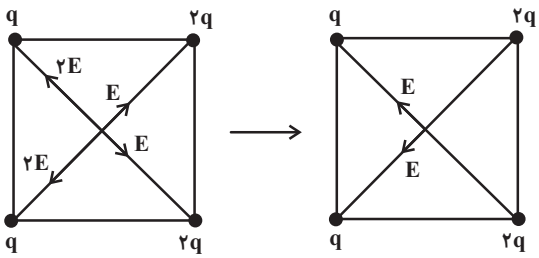
$$E_{T,1}=\sqrt{(3E)^2+(3E)^2}=\sqrt{9E^2+9E^2}=\sqrt{18E^2}=\sqrt{18}E$$

گزینهٔ «۲»:



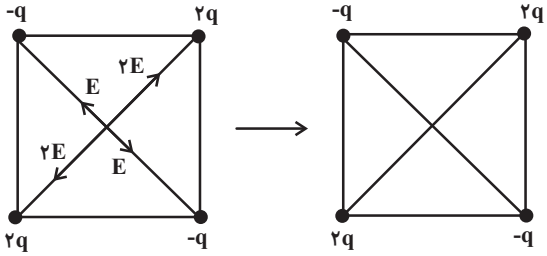
$$E_{T,2}=\sqrt{(2E)^2+(4E)^2}=\sqrt{4E^2+16E^2}=\sqrt{20E^2}=\sqrt{20}E$$

گزینهٔ «۳»:



$$E_{T,3}=\sqrt{E^2+E^2}=\sqrt{2E^2}=\sqrt{2}E$$

گزینهٔ «۴»:



$$E_{T,4}=0$$

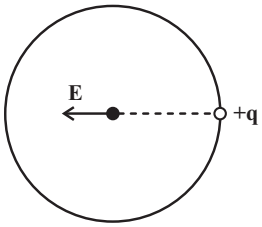
همان‌گونه که ملاحظه می‌کنید، اندازهٔ میدان الکتریکی برایند در مرکز مربع گزینهٔ «۲» بیشتر از سایر شکل‌هاست.

۳۵٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که علاوه بر تسلط بر مسائل چیدمان‌های غیرخطی، به پارامتری‌سازی درست مسأله برای ساده‌سازی حل سؤالات توجه کرده‌اند.

۴۰ گزینهٔ «۱»

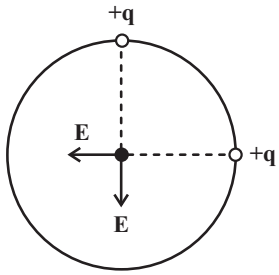
اگر بزرگی میدان الکتریکی ناشی از بار با اندازهٔ $|q|$ در مرکز دایره را E بنامیم، در هر یک از شکل‌ها، بردارهای میدان در مرکز دایره را رسم نموده و برایند آن‌ها را محاسبه می‌کنیم:

شکل (a):



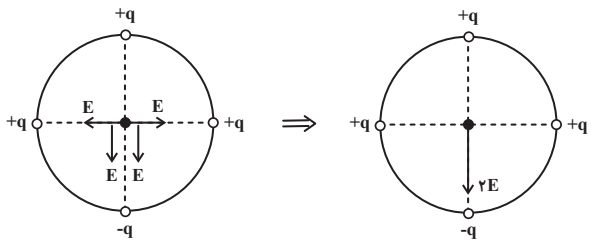
$$E_{T,a} = E$$

شکل (b):



$$E_{T,b} = \sqrt{E^2 + E^2} = \sqrt{2E^2} = \sqrt{2}E$$

شکل (c):



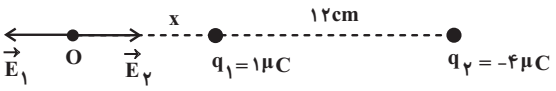
$$E_{T,c} = E + E = 2E$$

همان‌گونه که ملاحظه می‌کنید، $E_a < E_b < E_c$ است.

۳۳٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که باید توجه کرد که چارچوب کتاب درسی فیزیک در بخش بردار محدود به بردارهای عمود بر هم و در راستای هم است. این موضوع باعث ساده شدن برایند برداری و این‌گونه سؤال‌ها شده است.

۴۱ گزینهٔ «۴»

در نقاط واقع در فاصلهٔ بین دو بار، بردارهای میدان ناشی از بارهای q_1 و q_2 هم‌جهت و در نقاط واقع در خارج از فاصلهٔ بین دو بار، بردارهای میدان ناشی از بارهای q_1 و q_2 در خلاف جهت هم هستند؛ لذا نقطه‌ای که برایند میدان در آن صفر است، باید خارج از فاصلهٔ بین دو بار باشد. ضمناً چون E با $|q|$ نسبت مستقیم و با r^2 نسبت وارون دارد، نقطهٔ صفر شدن برایند میدان باید نزدیک‌تر به بار با اندازهٔ کوچک‌تر باشد. مطابق شکل زیر داریم:



$$E_O = 0 \Rightarrow E_1 - E_2 = 0 \Rightarrow E_1 = E_2 \Rightarrow k\frac{|q_1|}{r_1^2} = k\frac{|q_2|}{r_2^2}$$

$$\xrightarrow{\text{ساده کردن } k \text{ از طرفین}} \frac{|q_1|}{r_1^2} = \frac{|q_2|}{r_2^2}$$

$$\xrightarrow[r_1 = x\ ,\ r_2 = x+12(cm)]{q_1 = 1\mu C\ ,\ q_2 = -4\mu C} \frac{1}{x^2} = \frac{4}{(x+12)^2}$$

$$\xrightarrow{\text{جذر}} \frac{1}{x} = \frac{2}{x+12} \Rightarrow 2x = x + 12 \Rightarrow x = 12cm$$

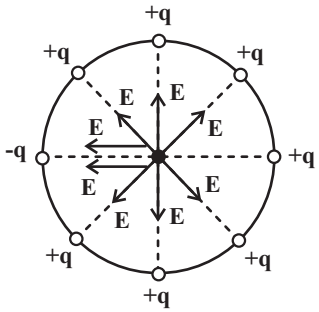
بنابراین فاصلهٔ نقطهٔ O از بار q_2 برابر است با:

$$r_2 = x + 12 \xrightarrow{x=12cm} r_2 = 12 + 12 = 24cm$$

۲۲٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که علاوه بر تسلط بر مسائل چیدمان‌های خطی، بر تیپ رایج و پرتکرار محاسبهٔ محل صفر شدن برایند میدان‌ها که در تمرین‌های پایان فصل کتاب درسی نیز آمده، توجه کرده‌اند.

۴۲ گزینهٔ «۲»

ابتدا شکلی ساده از سؤال را رسم کرده و روی آن، میدان الکتریکی ناشی از هر بار را با در نظر گرفتن جهت آن، رسم می‌کنیم:

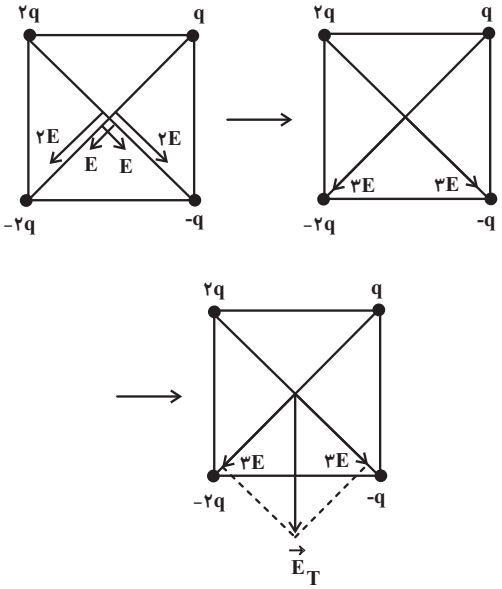


همان‌گونه که می‌بینید، میدان‌های ناشی از بارهای $+q$ ای که روبه‌روی هم هستند، با هم برابر و در خلاف جهت هم می‌باشند، لذا همدیگر را خنثی می‌کنند و فقط میدان‌های ناشی از بارهای $+q$ و $-q$ ای که روبه‌روی هم هستند، باقی می‌ماند و داریم:

$$E_T = E + E = 2E$$

۴۳ گزینهٔ «۲»

می‌دانیم که اندازهٔ قطر مربع، $\sqrt{۲}$ برابر ضلع آن است؛ یعنی $d = \sqrt{۲} \times \sqrt{۲}a = ۲a$. پس فاصلهٔ هر بار از مرکز مربع که برابر با نصف قطر است، برابر است با $r = \frac{d}{۲} = \frac{۲a}{۲} = a$. اگر اندازهٔ میدان الکتریکی ناشی از بار q در فاصلهٔ a از آن را E بنامیم، $E = \frac{kq}{a^۲}$ خواهد بود. به‌طور مشابه، اندازهٔ میدان الکتریکی ناشی از بار $۲q$ در فاصلهٔ a از آن، $۲E$ می‌شود. اگر طبق شکل زیر، جهت میدان‌های چهار بار واقع در رئوس را تعیین و برایندگیری کنیم، داریم:



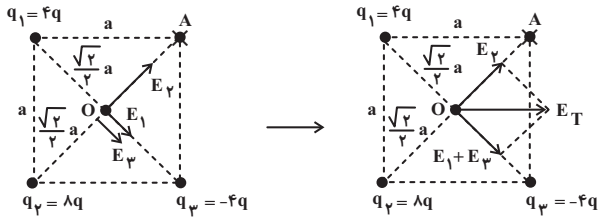
$$E_T = \sqrt{(۳E)^۲ + (۳E)^۲} = \sqrt{۹E^۲ + ۹E^۲} = \sqrt{۱۸E^۲} = \sqrt{۱۸}E = ۳\sqrt{۲}E$$

$$\xrightarrow{E=\frac{kq}{a^۲}} E_T = ۳\sqrt{۲}\frac{kq}{a^۲}$$

ضمناً همان‌گونه که در شکل نیز می‌بینید، جهت میدان الکتریکی برایند ↓ است.

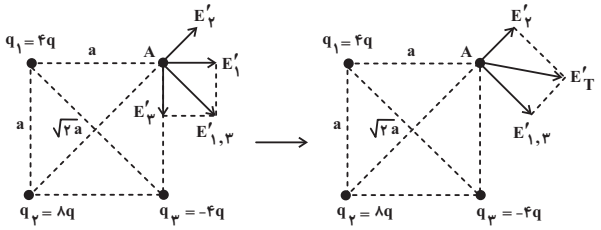
۴۴ گزینهٔ «۱»

الف) محاسبهٔ میدان الکتریکی خالص در مرکز مربع:



$$\left.\begin{aligned} E_۱ &= \frac{k(۴q)}{(\frac{\sqrt{۲}}{۲}a)^۲} = ۸\frac{kq}{a^۲} \\ E_۲ &= \frac{k(۸q)}{(\frac{\sqrt{۲}}{۲}a)^۲} = ۱۶\frac{kq}{a^۲} \\ E_۳ &= \frac{k(۴q)}{(\frac{\sqrt{۲}}{۲}a)^۲} = ۸\frac{kq}{a^۲} \end{aligned}\right\} \xrightarrow{E_۱+E_۳=E_۲} E_T = E_۲\sqrt{۲} = ۱۶\sqrt{۲}\frac{kq}{a^۲}$$

ب) محاسبهٔ میدان الکتریکی خالص در نقطهٔ A:



$$\left.\begin{aligned} E'_۱ &= \frac{k(۴q)}{a^۲} = ۴\frac{kq}{a^۲} \\ E'_۳ &= \frac{k(۴q)}{a^۲} = ۴\frac{kq}{a^۲} \end{aligned}\right\} \xrightarrow{E'_۱ = E'_۳} E'_{۱,۳} = E'_۱\sqrt{۲} = ۴\sqrt{۲}\frac{kq}{a^۲}$$

$$E'_۲ = \frac{k(۸q)}{(\sqrt{۲}a)^۲} = ۴\frac{kq}{a^۲}$$

$$E'_T = \sqrt{E'^۲_۲ + E'^۲_{۱,۳}} = \sqrt{(۴\frac{kq}{a^۲})^۲ + (۴\sqrt{۲}\frac{kq}{a^۲})^۲}$$

$$\Rightarrow E'_T = \frac{kq}{a^۲}\sqrt{۱۶+۳۲} \Rightarrow E'_T = \sqrt{۴۸}\frac{kq}{a^۲} = ۴\sqrt{۳}\frac{kq}{a^۲}$$

بنابراین خواستهٔ مسأله برابر است با:

$$\frac{E_T}{E'_T} = \frac{۱۶\sqrt{۲}\frac{kq}{a^۲}}{۴\sqrt{۳}\frac{kq}{a^۲}} = \frac{۴\sqrt{۲}}{\sqrt{۳}} = \frac{۴\sqrt{۶}}{۳}$$

۳۲٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که علاوه بر تسلط بر مسائل چیدمان‌های غیرخطی، با دقت نظر کافی، به تفاوت‌های ۲ حالت به ویژه تفاوت در فواصل، توجه کرده‌اند.

۴۵ گزینهٔ «۳»

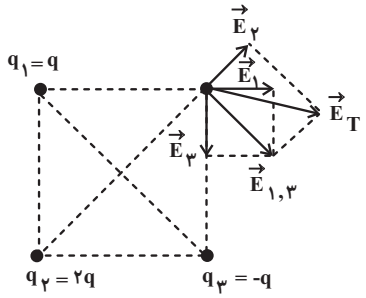
در همهٔ گزینه‌ها، بارهای با اندازهٔ q در رئوس مجاور نقطهٔ مورد نظر $(r = a)$ و بار با اندازهٔ $۲q$ در رأس مقابل نقطهٔ مورد نظر $(r' = \sqrt{۲}a)$ قرار گرفته‌اند؛ پس داریم:

$$E = \frac{kq}{a^۲}$$

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

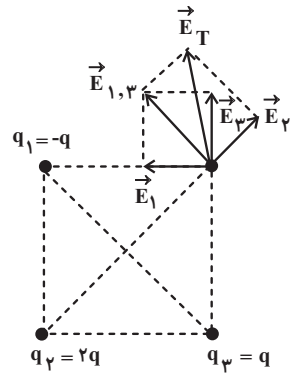
یعنی اندازهٔ میدان الکتریکی ناشی از هر سه بار در نقطهٔ مورد نظر یکسان است. حالا هر چهار گزینه را بررسی می‌کنیم:

گزینهٔ «۱»:



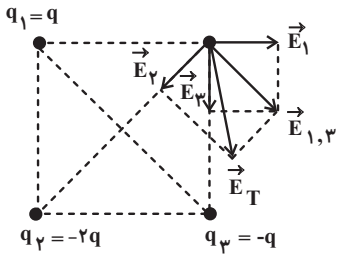
طبق شکل بالا، گزینهٔ «۱» نادرست است.

گزینهٔ «۲»:



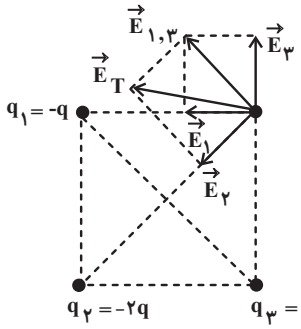
طبق شکل بالا، گزینهٔ «۲» نادرست است.

گزینهٔ «۳»:



طبق شکل بالا، گزینهٔ «۳» درست است.

گزینهٔ «۴»:



طبق شکل بالا، گزینهٔ «۴» نادرست است.

۱۴٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که علاوه بر تسلط بر مسائل چیدمان‌های غیرخطی، به اصول محاسبات کمی و کیفی برداری که مورد تأکید کتاب درسی نیز هست، توجه کرده‌اند.

۴۶ گزینهٔ «۳»

در آرایشی از بارها خطوط میدان الکتریکی از بارهای مثبت شروع و به بارهای منفی ختم می‌شوند و در هر نقطه از میدان الکتریکی، بردار میدان الکتریکی باید مماس بر خط میدان الکتریکی عبوری از آن نقطه باشد.

۸۰٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که به قواعد رسم خطوط میدان الکتریکی که در متن کتاب درسی قید شده، توجه کرده‌اند.

۴۷ گزینهٔ «۴»

طبق تعریف، در میدان الکتریکی یکنواخت، خطوط میدان مستقیم، موازی و هم‌فاصله‌اند؛ یعنی بردار میدان در تمام نقاط بین دو صفحه هم‌اندازه و هم‌جهت است. طبق این تعریف، فقط شکل (ب) نشان‌دهندهٔ یک میدان الکتریکی یکنواخت است.

۴۹٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که به تعریف میدان الکتریکی یکنواخت که در متن کتاب درسی آورده شده، توجه کرده‌اند.

۴۸ گزینهٔ «۱»

هر یک از شکل‌ها را بررسی می‌کنیم:

شکل «۱»: نادرست است؛ زیرا جهت خطوط میدان الکتریکی نادرست رسم شده است.

شکل «۲»: نادرست است؛ زیرا تراکم خطوط میدان الکتریکی نادرست رسم شده است. چون $|q_1| > q_2$ است، باید تراکم خطوط میدان در اطراف بار q_1 بیشتر باشد.

شکل «۳» نادرست است؛ زیرا جهت خطوط میدان الکتریکی نادرست رسم شده است.

شکل «۴»: درست است؛ زیرا هم جهت خطوط میدان الکتریکی و هم تراکم خطوط میدان در اطراف بار q_2 که اندازهٔ آن بزرگ‌تر از q_1 است، به درستی نشان داده شده‌اند.

بنابراین فقط ۱ شکل درست رسم شده است.

۴۲٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که به شکل‌های متن و تمرین‌های پایان فصل کتاب درسی، به ویژه شکل‌های غیرمتقارن خطوط میدان با اندازهٔ نابرابر بارها، توجه کرده‌اند.

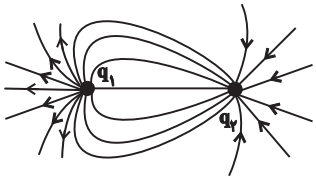
نکته

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

۲) هر چه اندازهٔ یک بار الکتریکی بزرگ‌تر باشد، اندازهٔ میدان و در نتیجه تراکم خطوط میدان الکتریکی در اطراف آن بار بیشتر است.

۴۹ گزینهٔ «۳»

طبق شکل داده شده در صورت سؤال (شکل زیر):



اولاً چون خطوط میدان از بار q_1 شروع و به بار q_2 ختم شده‌اند؛ $q_1 > 0$ و $q_2 < 0$ است.

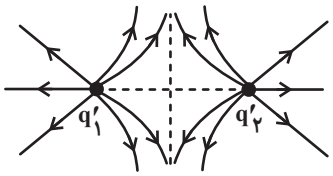
ثانیاً چون تراکم خطوط میدان در اطراف بار q_1 بیشتر از بار q_2 است، پس اندازهٔ آن بزرگ‌تر از اندازهٔ بار q_2 می‌باشد؛ یعنی $|q_2|<|q_1|$.

اگر دو بار را با یکدیگر تماس دهیم، طبق اصل پایستگی بار الکتریکی، بار هر یک از آن‌ها برابر می‌شود با:

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

چون $|q_2|<|q_1|$ و بار q_2 منفی است، حاصل $\frac{q_1+q_2}{2}$ مثبت خواهد بود.

یعنی بعد از تماس، ۲ بار مثبت هم‌اندازه داریم که خطوط میدان الکتریکی در اطراف آن‌ها به صورت زیر خواهد بود:

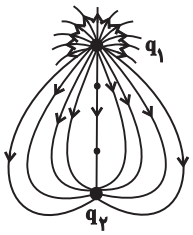


در شکل بالا، چون هر دو بار مثبت‌اند، جهت خطوط میدان به سمت خارج آن‌هاست. در ضمن به دلیل یکسان بودن اندازهٔ بارها، شکل متقارن بوده و تراکم خطوط میدان در اطراف دو بار، یکسان است.

۳۷٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که ضمن توجه به شکل‌ها و تمرین‌هایی با موضوع خطوط میدان غیرمتقارن، به کاربرد اصل پایستگی بار الکتریکی توجه کرده‌اند.

۵۰ گزینهٔ «۲»

طبق شکل داده شده در صورت سؤال (شکل زیر):



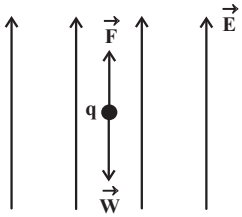
اولاً چون خطوط میدان از بار q_1 شروع و به بار q_2 ختم شده‌اند؛ $q_1>0$ و $q_2<0$ است. [رد گزینهٔ «۱»]

ثانیاً چون تراکم خطوط میدان در اطراف بار q_1 بیشتر از بار q_2 است، پس اندازهٔ آن بزرگ‌تر از اندازهٔ بار q_2 می‌باشد؛ یعنی $|q_2|<|q_1|$. [رد گزینه‌های «۳» و «۴»]

۴۷٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که به شکل‌های متن و تمرین‌های پایان فصل کتاب درسی، به ویژه شکل‌های غیرمتقارن خطوط میدان با اندازهٔ نابرابر بارها، توجه کرده‌اند.

۵۱ گزینهٔ «۱»

طبق شکل زیر، چون جهت نیروی وزن همواره به سمت پایین است، برای برقراری تعادل، جهت نیروی ناشی از میدان الکتریکی $(\vec{F})$ باید به سمت بالا باشد که چون بار ذره مثبت است، بردارهای میدان و نیرو هم‌جهت‌اند و $\vec{E}$ رو به بالاست.



شرط تعادل : $F=W \Rightarrow |q|E=mg$

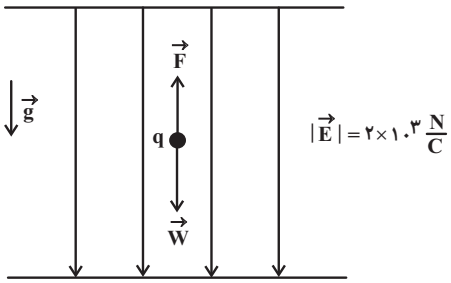
$$|q|E=mg \xrightarrow[m=12g=12\times10^{-3}kg=1/2\times10^{-2}kg\ ,\ g=10\frac{N}{kg}]{q=+120\mu C=120\times10^{-6}C=1/2\times10^{-4}C} \rightarrow$$

$$1/2\times10^{-4}\times E=1/2\times10^{-2}\times10 \Rightarrow E=10^3\frac{N}{C}$$

۴۶٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که به مثال‌ها و تمرین‌های کتاب درسی دربارهٔ تیپ رایج و پرتکرار تعادل بار در میدان الکتریکی، توجه کرده‌اند.

۵۲ گزینهٔ «۳»

طبق شکل زیر، چون جهت نیروی وزن همواره به سمت پایین است، برای برقراری تعادل، جهت نیروی ناشی از میدان الکتریکی $(\vec{F})$ باید به سمت بالا باشد، یعنی بردارهای میدان و نیروی الکتریکی در خلاف جهت هم هستند و $q<0$ است.



شرط تعادل : $F=W$

$$\Rightarrow |q|E=mg \xrightarrow[m=2mg=2\times10^{-3}g=2\times10^{-6}kg\ ,\ g=10\frac{N}{kg}]{E=2\times10^3\frac{N}{C}} \rightarrow$$

$$|q|\times2\times10^3=2\times10^{-6}\times10 \Rightarrow |q|=10^{-8}C=10^{-2}\mu C$$

$$\xrightarrow{q<0} q=-10^{-2}\mu C$$

۵۳ گزینهٔ «۳»

ابتدا اندازهٔ نیروی الکتریکی را به دست می‌آوریم:

$$F=\sqrt{(-4/2)^2+(5/6)^2} \Rightarrow F=\sqrt{(-6\times0/7)^2+(8\times0/7)^2}$$

$$\Rightarrow F=\sqrt{0/7^2(36+64)} \Rightarrow F=\sqrt{0/7^2\times100} \Rightarrow F=\sqrt{49} \Rightarrow F=7N$$

حالا با استفاده از رابطهٔ محاسبهٔ نیروی الکتریکی وارد بر بار الکتریکی در یک میدان الکتریکی، داریم:

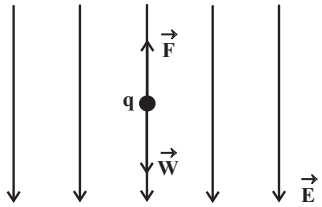
$$F=|q|E \xrightarrow[F=7N]{q=-5\mu C=-5\times10^{-6}C} 7=5\times10^{-6}\times E$$

$$\Rightarrow E=\frac{7}{5\times10^{-6}} \Rightarrow E=1/4\times10^6\frac{N}{C}$$

۴۳٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که سؤال یک محاسبهٔ سادهٔ مستقیم از رابطهٔ اصلی است که البته دانش‌آموزان به جنبه‌های ریاضی‌اش یعنی محاسبهٔ اندازهٔ بردار، توجه کرده‌اند.

۵۴ گزینهٔ «۳»

طبق شکل زیر، چون جهت نیروی وزن همواره به سمت پایین است، برای برقراری تعادل، جهت نیروی ناشی از میدان الکتریکی $(\vec{F})$ باید به سمت بالا باشد، یعنی بردارهای میدان و نیرو در خلاف جهت هم هستند و $q<0$ است. [رد گزینه‌های «۲» و «۴»]



شرط تعادل : $F=W \Rightarrow |q|E=mg \xrightarrow[g=10\frac{N}{kg}]{E=2/5\times10^{2}\frac{N}{C}}$

$$|q|\times2/5\times10^{2}=m\times10\Rightarrow\frac{m}{|q|}=25$$

حالا گزینه‌های باقی‌مانده یعنی «۱» و «۳» را با یکای SI در رابطهٔ فوق قرار می‌دهیم تا درستی آن را بررسی کنیم.

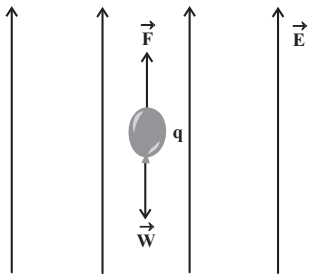
گزینهٔ «۱»: نادرست $\frac{m}{|q|}=\frac{45\times10^{-3}}{0/18\times10^{-6}}=2/5\times10^{5}\neq25$

گزینهٔ «۳»: درست $\frac{m}{|q|}=\frac{20\times10^{-6}}{0/8\times10^{-6}}=25$

۳۷٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که مشابه این سؤال در تمرین‌های کتاب درسی است. آشنایی با تیپ این سؤال توانایی پاسخ‌گویی دانش‌آموزان را افزایش داده است.

۵۵ گزینهٔ «۳»

طبق شکل زیر، چون جهت نیروی وزن همواره به سمت پایین است، برای برقراری تعادل، جهت نیروی ناشی از میدان الکتریکی $(\vec{F})$ باید به سمت بالا باشد، یعنی بردارهای میدان و نیرو هم‌جهت هستند و $q>0$ است. مثبت بودن بار بدین معنی است که باید تعدادی الکترون از بادکنک جدا شود. [رد گزینه‌های «۲» و «۴»]



شرط تعادل : $F=W$

$$\Rightarrow|q|E=mg \xrightarrow[m=6/4g=6/4\times10^{-3}kg\ ,\ g=10\frac{N}{kg}]{E=4\times10^{3}\frac{N}{C}}$$

$$|q|\times4\times10^{3}=6/4\times10^{-3}\times10$$

$$\Rightarrow|q|=16\times10^{-6}C \xrightarrow{q>0} q=+1/6\times10^{-5}C$$

در پایان، برای محاسبهٔ تعداد الکترون‌ها، طبق رابطهٔ اصل کوانتیده بودن بار الکتریکی، داریم:

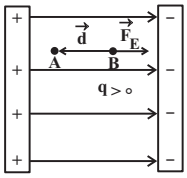
$$q=+ne \xrightarrow[e=1/6\times10^{-19}C]{q=+1/6\times10^{-5}C} +1/6\times10^{-5}=+n\times1/6\times10^{-19}$$

$$\Rightarrow n=10^{14}$$ الکترون

۳۷٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که در این مسائل تعداد و جهت نیروها به سادگی قابل تشخیص است و دانش‌آموزان با تشخیص درست آن باقی مسئله را حل می‌کنند.

۵۶ گزینهٔ «۳»

طبق شکل زیر و با توجه به رابطهٔ $W_E=|q|Ed\cos\theta$، چون θ یعنی زاویهٔ بین نیروی $\vec{F}_E$ و جابه‌جایی $\vec{d}$ برابر با 180° است، $\cos\theta=-1$ شده و در نتیجه $W_E<0$ است؛ یعنی کار نیروی میدان روی بار منفی است.

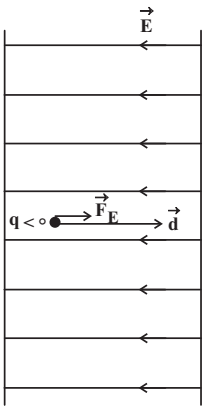


علاوه بر این می‌دانیم که $\Delta U_E=-W_E$ است، لذا چون $W_E<0$ می‌باشد، $\Delta U_E>0$ خواهد بود؛ یعنی انرژی پتانسیل بار افزایش پیدا می‌کند.

۲۸٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که به حالت‌های مختلف تحلیل حرکت بار الکتریکی درون میدان که در پرسش داخل متن کتاب درسی آمده، توجه کرده‌اند.

۵۷ گزینهٔ «۲»

طبق شکل زیر:



اولاً چون نیروی الکتریکی وارد بر بار منفی، در خلاف جهت میدان الکتریکی است، ذرهٔ باردار در همان جهت نیرو یعنی به سمت راست حرکت می‌کند.

ثانیاً با توجه به رابطهٔ $\Delta U_E=-|q|Ed\cos\theta$، چون θ یعنی زاویهٔ بین نیروی $\vec{F}_E$ و جابه‌جایی $\vec{d}$ برابر با صفر است، $\cos\theta=1$ شده و در نتیجه

$\Delta U_E < 0$ است؛ یعنی طی این حرکت، انرژی پتانسیل الکتریکی بار کاهش پیدا می‌کند. می‌توان به این صورت نیز استدلال کرد که چون ذرهٔ باردار به صورت خودبه‌خودی در میدان الکتریکی جابه‌جا شده، لذا انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد.

۳۹٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که به حالت‌های مختلف تحلیل حرکت بار الکتریکی درون میدان که در پرسش داخل متن کتاب درسی آمده، توجه کرده‌اند.

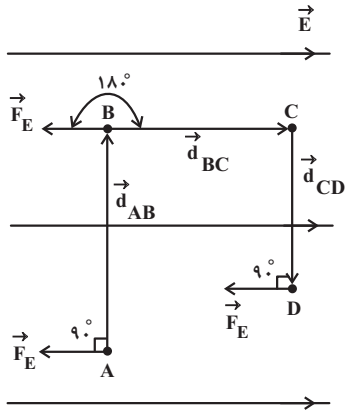
۵۸ گزینهٔ «۳»

تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار در کل مسیر برابر است با مجموع تغییر انرژی‌های پتانسیل در هر یک از قطعات مسیر؛ یعنی:

$$\Delta U_{\text{کل}} = \Delta U_{AB} + \Delta U_{BC} + \Delta U_{CD}$$

$$\Rightarrow \Delta U_{\text{کل}} = -|q|Ed_{AB}\cos\theta_{AB} - |q|Ed_{BC}\cos\theta_{BC} - |q|Ed_{CD}\cos\theta_{CD} \quad (1)$$

چون نیروی الکتریکی وارد بر بار منفی، در خلاف جهت میدان الکتریکی است، طبق شکل زیر، $\theta_{AB}=0$ ، $\theta_{BC}=180^\circ$ و $\theta_{CD}=0$ است و داریم:



$$\xrightarrow[\theta_{AB}=\theta_{CD}=0]{(1)} \Delta U_{\text{کل}} = -|q|Ed_{BC}\cos\theta_{BC}$$

$$\xrightarrow[q=-20\mu C=-20\times10^{-6}C \ , \ E=5\times10^{4}\frac{N}{C} \ , \ d_{BC}=5cm=5\times10^{-2}m]{\theta_{BC}=180^\circ\Rightarrow\cos\theta_{BC}=-1}$$

$$\Delta U_{\text{کل}} = -(20\times10^{-6})\times(5\times10^{4})\times(5\times10^{-2})\times(-1)$$

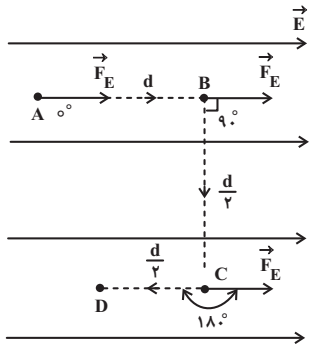
$$\Rightarrow \Delta U_{\text{کل}} = +5\times10^{-2}J \Rightarrow \Delta U_{\text{کل}} = +50mJ$$

علامت مثبت به معنی افزایش انرژی پتانسیل الکتریکی است. البته می‌توانیم به این صورت نیز استدلال کنیم که چون بار منفی در جهت خط‌های میدان الکتریکی (یعنی در خلاف جهت خودبه‌خودی حرکتش) جابه‌جا شده است، انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد.

۴۹٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که به تیپ رایج و پرتکرار حرکت چند مرحله‌ای درون میدان الکتریکی که در تمرین‌های پایان فصل نیز آمده، توجه کرده‌اند.

۵۹ گزینهٔ «۳»

چون نیروی الکتریکی وارد بر بار مثبت، در جهت میدان الکتریکی است، طبق شکل زیر، $\theta_{AB}=0$ ، $\theta_{BC}=90^\circ$ و $\theta_{CD}=180^\circ$ است و داریم:



$$\Delta U_{AB} = -|q|Ed_{AB}\cos\theta_{AB} \xrightarrow[d_{AB}=d \ , \ q>0]{\theta_{AB}=0\Rightarrow\cos\theta_{AB}=1}$$

$$\Delta U_{AB} = -qEd$$

$$\Delta U_{BC} = -|q|Ed_{BC}\cos\theta_{BC} \xrightarrow{\theta_{BC}=90^\circ\Rightarrow\cos\theta_{BC}=0}$$

$$\Delta U_{BC} = 0$$

$$\Delta U_{CD} = -|q|Ed_{CD}\cos\theta_{CD} \xrightarrow[d_{CD}=\frac{d}{2} \ , \ q>0]{\theta_{CD}=180^\circ\Rightarrow\cos\theta_{CD}=-1}$$

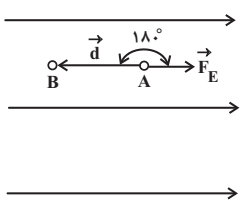
$$\Delta U_{CD} = qE\frac{d}{2}$$

۴۵٪ دانش‌آموزان به این سؤال پاسخ صحیح داده‌اند، چرا که در این سؤال مسیر حرکت ذره یا در راستای میدان است یا عمود بر آن. این موضوع باعث سادگی در تحلیل دانش‌آموزان و استفاده از رابطهٔ مورد نظر شده است.

۶۰ گزینهٔ «۱»

چون نیروی الکتریکی وارد بر بار مثبت، در جهت میدان الکتریکی است، زاویهٔ بین نیروی $\vec{F}_E$ و جابه‌جایی $\vec{d}$ یعنی θ برابر با 180° است.

$$\longrightarrow E = 10^{6}\frac{N}{C}$$



با استفاده از قضیهٔ کار - انرژی جنبشی داریم:

$$W_t = \Delta K \Rightarrow W_E = K_B - K_A$$

$$\Rightarrow |q|Ed\cos\theta = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$$

$$\xrightarrow[m=20mg=20\times10^{-3}g=20\times10^{-5}kg \ , \ v_B=0 \ , \ v_A=100\frac{m}{s}]{q=+2\mu C=2\times10^{-6}C \ , \ E=10^{6}\frac{N}{C} \ , \ \theta=180^\circ\Rightarrow\cos\theta=-1}$$