۲۵- میله‌ای با بار الکتریکی مثبت را به آرامی به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک می‌کنیم. ورقه‌های الکتروسکوپ ابتدا بسته و سپس از هم باز می‌شوند. بار الکتریکی الکتروسکوپ در ابتدا از چه نوع بوده است؟

۱) مثبت ۲) منفی ۳) خنثی یا مثبت ۴) منفی یا خنثی

۲۶- اگر الکتروسکوپی با بار منفی باردار شده باشد و کرهٔ فلزی خنثی‌ای را به آرامی به کلاهک آن نزدیک کنیم، انحراف ورقه‌ها چگونه خواهد بود؟

۱) به آرامی کم می‌شود. ۲) به آرامی زیاد می‌شود. ۳) ثابت می‌ماند. ۴) ورقه‌ها نوسان می‌کنند.

۲۷- اگر به کلاهک الکتروسکوپ که دارای بار الکتریکی مثبت است، یک میلهٔ رسانا با بار منفی را نزدیک کنیم و ثابت نگه داریم، مشاهده می‌کنیم ..... (میلهٔ رسانا به کلاهک الکتروسکوپ برخورد نمی‌کند.) قلم‌چی

۱) فاصلهٔ دو صفحهٔ الکتروسکوپ کم می‌شود. ۲) فاصلهٔ دو صفحهٔ الکتروسکوپ ابتدا کم شده و سپس افزایش می‌یابد.
۳) دو صفحهٔ الکتروسکوپ به هم می‌چسبد. ۴) هر سه گزینه ممکن است.

۲۸- جدول مقابل قسمتی از جدول الکتریسیته مالشی است. اگر میله‌ای از جنس A را با یکی از پارچه‌های جدول مالش داده و به آرامی به الکتروسکوپ نزدیک کنیم، ورقه‌های الکتروسکوپ به هم نزدیک می‌شوند و اگر میله‌ای از جنس B را با یکی از پارچه‌های جدول مالش دهیم و به الکتروسکوپ نزدیک کنیم، ورقه‌های الکتروسکوپ از هم دور می‌شوند. پارچه‌هایی که میله‌های A و B را با آن مالش داده‌ایم، به ترتیب از راست به چپ کدام است؟ آزمون مدارس برتر

انتهای مثبت سری
پارچهٔ ابریشمی
A
B
پارچهٔ کتان
انتهای منفی سری

۱) پارچهٔ کتان - پارچهٔ ابریشمی ۲) پارچهٔ کتان - پارچهٔ کتان
۳) پارچهٔ ابریشمی - پارچهٔ ابریشمی ۴) پارچهٔ ابریشمی - پارچهٔ کتان

بخش اول (قسمت دوم): قانون کولن

نیرویی که دو جسم باردار به هم وارد می‌کنند از قانونی به نام **قانون کولن** پیروی می‌کند که به‌صورت زیر بیان می‌شود.

تعریف **قانون کولن: نیروی الکتریکی (الکتروستاتیکی) بین دو بار نقطه‌ای با حاصل‌ضرب اندازهٔ آن‌ها متناسب و با مجذور فاصلهٔ آن‌ها نسبت وارون دارد.**

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

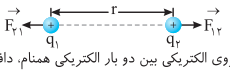
q_1 و q_2: اندازهٔ بارها (C)
r: فاصلهٔ بین بارها (m)
k: ثابت کولن ($k = 9/0\times10^9\ N.m^2/C^2$)

- در این رابطه فقط **اندازهٔ بار** را جایگذاری می‌کنیم و علامت بار تأثیری در رابطه ندارد.
- جهت نیرو با توجه به ناهمنام یا همنام بودن بارها و جاذبه و دافعه بودن نیروی بین بارها تعیین می‌شود.
- ثابت کولن را می‌توان برحسب ثابت دیگری به‌نام ضریب گذردهی الکتریکی خلأ (ε_0) نوشت: $\varepsilon_0 = 8/85\times10^{-12}\ C^2/N.m^2$ ، $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$

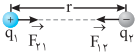
راستی نیروی الکتریکی کمیتی برداری‌ست و با قانون کولن اندازه بردار نیرو بدست میاد.

- نیروی بین دو بار همواره در راستای خط مستقیم بین دو بار است. به شکل‌های زیر دقت کنید.

راستی بنا به قانون سوم نیوتون اندازهٔ نیرویی که بار q_1 بر بار q_2 وارد می‌کند، (F_{12}) برابر با اندازهٔ نیرویی که بار q_2 بر بار q_1 وارد می‌کند (F_{21}). البته $\vec{F}_{12}$ و $\vec{F}_{21}$ در خلاف جهت هم هستن.



الف- نیروی الکتریکی بین دو بار الکتریکی همنام، دافعه است.



ب- نیروی الکتریکی بین دو بار الکتریکی ناهمنام، جاذبه است.

حال برای این‌که بزرگی بار یک کولنی رو درک کنید به مثال عددی زیر دقت کنید.

مثال: با نیرویی که دو بار الکتریکی یک کولنی در فاصلهٔ یک کیلومتری از یکدیگر بر هم وارد می‌کنند، حداکثر وزنهٔ چند کیلوگرمی را می‌توان از زمین بلند کرد؟ ($g = 10\ N/kg$) با توجه به قانون کولن:

$$F = k\frac{|q_1||q_2|}{r^2} \Rightarrow F_E = 9\times10^9\times\frac{1\times1}{(10^3)^2} = 9000\ N$$

با این نیرو می‌توان وزنه‌ای به جرم $900\ kg$ ($W = mg \Rightarrow m = \frac{9000}{10} = 900\ kg$) را از زمین بلند کرد.

بنابراین می‌توان **نتیجه گرفت** بار یک کولنی، بار بسیار بزرگی است که می‌تواند از فاصلهٔ ۱۰۰۰ متری بر بار یک کولنی دیگر نیرویی به این بزرگی وارد کند.

راستی به‌قانون کولن توجه کردید که اگر یکی از بارها رو دو برابر کنید، نیروی بین دو بار دو برابر می‌شه و اگه فاصلهٔ بین بارها رو دو برابر کنید، نیروی بین دو بار $\frac{۱}{۴}$ برابر میشه یعنی نیروی الکتریکی با بار هر ذره نسبت مستقیم و با مجذور فاصلهٔ دو ذرهٔ باردار، نسبت وارون داره.

تست ۹ دو بار الکتریکی همنام به فاصلهٔ d از یکدیگر قرار دارند و با نیروی F یکدیگر را می‌رانند. این دو بار را چه اندازه و در چه جهتی جابه‌جا کنیم تا نیروی رانش بین دو بار $\frac{F}{۳}$ شود؟

۱) $d\sqrt{۳}$، از هم دور کنیم. ۲) $d\sqrt{۳}$، به هم نزدیک کنیم. ۳) $d(\sqrt{۳}-۱)$، از هم دور کنیم. ۴) $d(\sqrt{۳}-۱)$، به هم نزدیک کنیم.

پاسخ با توجه به قانون کولن در دو حالت رابطهٔ کولن را نوشته بر هم تقسیم می‌کنیم:

$$\begin{cases} F = k\frac{|q|\times|q|}{d^۲} \\ F' = k\frac{|q|\times|q|}{d'^۲} \end{cases} \Rightarrow \frac{F'}{F} = (\frac{d}{d'})^۲ \Rightarrow \frac{۱}{۳} = (\frac{d}{d'})^۲ \Rightarrow d' = \sqrt{۳}d$$

فاصلهٔ جدید بین دو بار $\sqrt{۳}d$ است.

برای به‌دست آوردن جهت و اندازهٔ حرکت فاصلهٔ جدید و قدیم را از یکدیگر کم می‌کنیم.

چون $(\sqrt{۳}-۱)$ مقداری مثبت است پس باید دو بار را از هم دور کنیم. $d'-d = \sqrt{۳}d-d = (\sqrt{۳}-۱)d$

گزینه ۳ ✓

نکته در بعضی از تست‌ها از شما در مورد شتاب پرسش می‌شود که باید از قانون دوم نیوتون $F = ma$ کمک بگیرید.

تست ۱۰ دو ذرهٔ A و B به‌ترتیب دارای جرم m_A و $m_B = ۳m_A$ و بار q_A و $q_B = \frac{۱}{۲}q_A$ در نزدیکی هم قرار دارند. اگر بر هر ذره تنها نیروی الکتروستاتیکی ذرهٔ دیگر وارد شود و تحت تأثیر این نیرو هر ذره شتاب بگیرد، شتاب ذرهٔ A چند برابر شتاب ذرهٔ B است؟

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

پاسخ بنا به قانون سوم نیوتون نیروی الکتروستاتیکی که ذرهٔ A بر ذرهٔ B وارد می‌کند با نیروی الکتروستاتیکی که ذرهٔ B بر ذرهٔ A وارد می‌کند، برابر و در خلاف جهت هم هستند. از این‌رو:

$$|F_A| = |F_B| \Rightarrow m_A|a_A| = m_B|a_B| \Rightarrow |\frac{a_A}{a_B}| = \frac{m_B}{m_A} = ۳$$

گزینه ۳ ✓

تست‌های مشابه: تست‌های ۲۹ تا ۳۹

تست ۱۱ دو بار الکتریکی نقطه‌ای یکسان در فاصلهٔ ثابتی از هم قرار دارند و به یکدیگر نیروی F وارد می‌کنند. اگر ۲۵ درصد از بار الکتریکی یکی را کم کرده و همان مقدار بر بار دیگری اضافه کنیم، نیرویی که به هم وارد می‌کنند، چند F می‌شود؟ تجربی - ۸۸

۱) ۱ ۲) ۴ ۳) $\frac{۱۵}{۱۶}$ ۴) $\frac{۱۶}{۱۵}$

پاسخ هنگامی که ۲۵٪ از بار یکی را کم می‌کنیم یعنی $\frac{۲۵}{۱۰۰} = \frac{۱}{۴}$ از بار q کم کرده‌ایم و قرار است همین مقدار را به دیگری اضافه کنیم، در این صورت بار جدید هر یک خواهد شد:

$$q'_۱ = q - \frac{۱}{۴}q \Rightarrow q'_۱ = \frac{۳}{۴}q \quad , \quad q'_۲ = q + \frac{۱}{۴}q \Rightarrow q'_۲ = \frac{۵}{۴}q$$

اکنون نیروی دو بار را در حالت اول و دوم به‌دست آورده و بر هم تقسیم می‌کنیم تا متوجه شویم نیرو چند برابر شده است.

$$\frac{F'}{F} = \frac{k\frac{(\frac{۳}{۴}q)(\frac{۵}{۴}q)}{r^۲}}{k\frac{(q)(q)}{r^۲}} = \frac{۱۵}{۱۶}$$

گزینه ۳ ✓

تست‌های مشابه: تست‌های ۴۰ تا ۴۸

تست ۱۲ دو کرهٔ فلزی مشابه دارای بارهای الکتریکی $q_1=+5\mu C$ و $q_2=+15\mu C$ در فاصلهٔ r، نیروی F بر یکدیگر وارد می‌کنند. اگر این دو کره را در یک لحظه با یکدیگر تماس دهیم، به‌طوری که فقط بین دو کره مبادلهٔ بار صورت گیرد و مجدداً به همان فاصلهٔ قبلی برگردانیم، نیروی دافعهٔ بین دو کره چگونه تغییر می‌کند؟ تجربی - ۹۱

۱) ۲۵ درصد افزایش می‌یابد. ۲) ۲۵ درصد کاهش می‌یابد. ۳) تقریباً ۳۳ درصد کاهش می‌یابد. ۴) تقریباً ۳۳ درصد افزایش می‌یابد.

پاسخ دو کره، فلزی و رسانا و مشابه هم هستند و وقتی به هم تماس داده شوند، بار الکتریکی به‌طور مساوی بین آن دو تقسیم می‌شود و بار هر یک برابر است با: $q'_1=q'_2=\frac{q_1+q_2}{2}=\frac{15+5}{2}=10\mu C$، نیرو را پیش از تماس و بعد از تماس دو کره می‌نویسیم و بر هم تقسیم می‌کنیم.

$$\begin{cases} F=\frac{kq_1q_2}{r^2}=\frac{k\times5\times15}{r^2}=\frac{75k}{r^2} \\ F'=\frac{kq'_1q'_2}{r^2}=\frac{k\times10\times10}{r^2}=\frac{100k}{r^2} \end{cases} \Rightarrow \frac{F'}{F}=\frac{\frac{100k}{r^2}}{\frac{75k}{r^2}}=\frac{4}{3}\simeq1/33\Rightarrow F'=1/33F \xrightarrow{\Delta F=F'-F} \Delta F=1/33F-F=0/33F$$

پس نیرو تقریباً ۰/۳۳ یا ۳۳ درصد افزایش می‌یابد.

گزینه ۴ ✓

تذکر دقت کنید فلزات دارای الکترون آزاد هستند که به راحتی جابه‌جا می‌شوند. وقتی کره‌های فلزی مشابه را به هم تماس می‌دهیم، کره‌ها با هم بار مبادله می‌کنند تا بار آن‌ها برابر شود و بنا به اصل پایستگی خواهیم داشت: $q'_1=q'_2=\frac{q_1+q_2}{2}$

تست ۱۳ دو کرهٔ کوچک مشابه رسانا، با بار مثبت q_1 و q_2 $(q_1\neq q_2)$ در فاصلهٔ r بر هم نیروی F را وارد می‌کنند. چنانچه دو کره را با هم تماس داده و مجدداً در فاصلهٔ r قرار دهیم، نیروی بین آن دو چه تغییری خواهد کرد؟

۱) تغییر نمی‌کند. ۲) افزایش می‌یابد. ۳) کاهش می‌یابد. ۴) هر سه حالت ممکن است.

پاسخ کره‌ها رسانا هستند و بار به راحتی در آن‌ها جابه‌جا می‌شود. وقتی دو کره را به هم تماس می‌دهیم چون دو کره مشابه و رسانا هستند، بار آن‌ها با هم برابر شده و بار هر یک برابر است با: $q'_1=q'_2=\frac{q_1+q_2}{2}$

در حالت اول نیروی بین دو کره برابر است با: $F=k\frac{q_1q_2}{r^2}$

در حالت دوم نیروی بین دو کره خواهد شد: $F'=k\frac{q'_1q'_2}{r^2}\Rightarrow F'=k\frac{(\frac{q_1+q_2}{2})^2}{r^2}$

اکنون برای مقایسه F' و F باید بررسی شود که $(\frac{q_1+q_2}{2})^2$ بزرگ‌تر است یا q_1q_2، برای این منظور با یک مثال عددی ساده مسأله را حل می‌کنیم.

دو عدد دلخواه مثال بزنید، مثلاً $q_1=4$ و $q_2=8$، در این صورت داریم: $q_1q_2=8\times4=32$، $(\frac{q_1+q_2}{2})^2=(\frac{8+4}{2})^2=36$. دقت کردید $36>32$ است بنابراین هر دو عدد دلخواه غیرمساوی دیگری را هم که مثال بزنید خواهید دید که $(\frac{q_1+q_2}{2})^2>q_1q_2$، بنابراین $F'>F$ است.

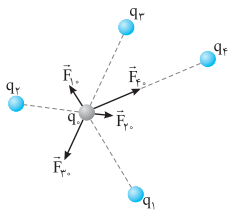
گزینه ۳ ✓

تست‌های مشابه: تست‌های ۴۹ تا ۵۱

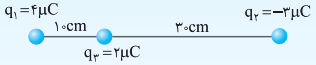
برایند نیروهای الکتروستاتیکی

- هرگاه چند ذره باردار بر یک ذره باردار نیرو وارد کنند، نیروی الکتریکی وارد بر هر ذره برایند نیروهایی است که هر یک از ذره‌های دیگر جداگانه بر آن ذره وارد می‌کند. (اصل برهم‌نهی نیروهای الکتروستاتیکی)

راستی متوجه شدید اصل برهم‌نهی چی میگه؟ میگه اگه چند بار به یک بار نیرو وارد کنن، نیروی هر بار رو حساب می‌کنیم بعد بین همهٔ نیروها برایند می‌گیریم تا نیروی خالص بدست بیاد.

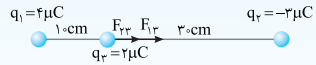


تست ۱۴ در شکل روبه‌رو سه بار نقطه‌ای نشان داده شده است. نیروی خالص وارد بر بار $q_۳$ از طرف دو بار دیگر چند نیوتون است؟



۱) ۶/۶ ۲) ۷/۸ ۳) ۴/۲ ۴) ۵/۷

پاسخ نیروهای وارد بر بار $q_۳$ را رسم می‌کنیم. این دو نیرو که با توجه به علامت بارها مشخص می‌شود هم‌جهت با هم بوده پس:



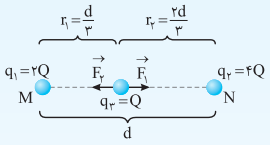
$$F_۳=F_{۱۳}+F_{۲۳}=۹\times۱۰^۹\times\frac{۲\times۱۰^{-۶}\times۴\times۱۰^{-۶}}{۱۰^{-۲}}+۹\times۱۰^۹\times\frac{۳\times۱۰^{-۶}\times۲\times۱۰^{-۶}}{۹\times۱۰^{-۲}}\Rightarrow F_۳=۷/۲+۰/۶=۷/۸N$$

گزینه ۲ ✓

تست ۱۵ نیروی الکتریکی بین دو بار همنام $۲Q$ و $۴Q$ که روی پاره‌خط MN به فاصلهٔ d از هم قرار دارند، برابر F است. اگر بار سوم Q را در فاصلهٔ $\frac{d}{۳}$ از M (محل بار $۲Q$) و بین دو بار قرار دهیم، نیروی خالص وارد بر آن چقدر و در کدام جهت است؟

۱) $\frac{۹}{۸}F$ و به طرف N ۲) $۹F$ و به طرف N ۳) $\frac{۹}{۸}F$ و به طرف M ۴) $۹F$ و به طرف M

پاسخ اگر برای بار الکتریکی $q_۳=Q$ نیروهای وارد از طرف $q_۱=۲Q$ و $q_۲=۴Q$ را مطابق شکل روبه‌رو نمایش دهیم، خواهیم داشت:



نیروی بین دو بار $q_۱(۲Q)$ و $q_۲(۴Q)$

$$F=\frac{۸kQ^۲}{d^۲}\Rightarrow\frac{kQ^۲}{d^۲}=\frac{F}{۸}$$

$$F_۱=\frac{kq_۱q_۳}{r_۱^۲}=\frac{k\times۲Q\times Q}{(\frac{d}{۳})^۲}=۱۸\frac{kQ^۲}{d^۲}\xrightarrow{\frac{KQ^۲}{d^۲}=\frac{F}{۸}}F_۱=\frac{۱۸}{۸}F=\frac{۹}{۴}F$$

$$F_۲=\frac{kq_۲q_۳}{r_۲^۲}=\frac{k\times۴Q\times Q}{(\frac{۲d}{۳})^۲}=۹\frac{kQ^۲}{d^۲}\xrightarrow{\frac{KQ^۲}{d^۲}=\frac{F}{۸}}F_۲=\frac{۹}{۸}F$$

چون این دو نیرو هم‌راستا و در خلاف جهت یکدیگرند، بنابراین اندازهٔ برایند نیروهای وارد بر بار $q_۳=Q$ برابر خواهد شد با:

$$F_{q_۳}=F_۱-F_۲=\frac{۹}{۴}F-\frac{۹}{۸}F=\frac{۹}{۸}F$$

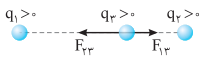
جهت این نیرو هم‌جهت با نیروی بزرگ‌تر یعنی $\vec{F}_۱$ و به طرف نقطهٔ N خواهد بود.

گزینه ۱ ✓

تست‌های مشابه: تست‌های ۵۳ تا ۷۰

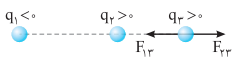
نکته اگر دو بار $q_۱$ و $q_۲$

۱) همنام باشند، نیروی وارد بر بار سوم $(q_۳)$ بین دو بار و نزدیک به باری که مقدار کمتری دارد، صفر می‌شود $(|q_۱|>|q_۲|)$



$$F_{۲۳}-F_{۱۳}=۰\Rightarrow F_{۲۳}=F_{۱۳}$$

۲) ناهمنام باشند، نیروی وارد بر بار سوم $(q_۳)$ خارج از خط وصل کنندهٔ دو بار و نزدیک به باری که مقدار کمتری دارد، صفر می‌شود $(|q_۱|>|q_۲|)$

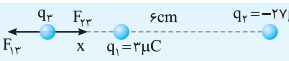


$$F_{۲۳}-F_{۱۳}=۰\Rightarrow F_{۲۳}=F_{۱۳}$$

تست ۱۶ دو بار $q_۱=۳\mu C$ و $q_۲=-۲۷\mu C$ در فاصلهٔ $۶cm$ از هم قرار دارند. بار $q_۳$ را در فاصلهٔ چند سانتی‌متری از بار $q_۲$ قرار دهیم تا نیروی خالص وارد بر آن صفر شود؟

۱) ۳ ۲) ۶ ۳) ۹ ۴) ۱۲

پاسخ دو بار q_1 و q_2 ناهمنام‌اند پس بار q_3 باید خارج از دو بار و نزدیک به بار با کوچک‌تر کمتر ($|q_2|>|q_1|$) قرار گیرد. اگر بار q_3 را مثبت درنظر بگیریم:



$$F_{13}=F_{23}\Rightarrow k\frac{|q_1||q_3|}{x^2\times10^{-4}}=k\frac{|q_2||q_3|}{(6+x)^2\times10^{-4}}\xrightarrow[\text{و } k \text{ ساده}]{}\frac{3\times10^{-6}}{x^2\times10^{-4}}=\frac{27\times10^{-6}}{(6+x)^2\times10^{-4}}\Rightarrow\frac{(6+x)^2}{x^2}=\frac{27\times10^{-6}}{3\times10^{-6}}$$

$$\Rightarrow\frac{(6+x)^2}{x^2}=9\xrightarrow[\text{از دو طرف تساوی}]{\text{گرفتن}}\frac{(6+x)}{x}=3\Rightarrow3x=6+x\Rightarrow2x=6\Rightarrow x=3cm$$

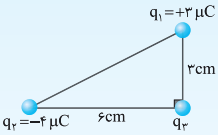
بنابراین فاصلهٔ q_2 تا q_3، $6+3=9cm$ است. **گزینه ۳**

راستی *توجه شدید که نوع بار q_3 در این مسئله تأثیری ندارد و q_3 از دو طرف تساوی نیروها حذف می‌شد.*

تست‌های مشابه: تست‌های ۶۱ تا ۶۶

اکنون می‌خواهیم نیروی بین بارهایی را بررسی کنیم که روی یک خط راست قرار ندارند. به همین دلیل محاسبه مقداری طولانی‌تر شده و شما باید با حوصله نیروهای وارد بر بار موردنظر را رسم کرده و مقدار هر نیرو را به کمک قانون کولن حساب کنید و دست آخر نیروی خالص را به کمک روابط ریاضی به‌دست آورید. بنابراین حل این مسائل را با دقت دنبال کنید تا روش سادهٔ حل آن‌ها را فرا بگیرید.

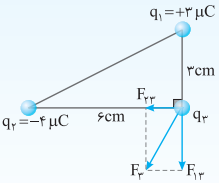
تست ۱۷ در شکل روبه‌رو نیروی خالص وارد بر بار $q_3=+2\mu C$ از طرف دو بار الکتریکی q_1 و q_2 چند نیوتون است؟



۱) ۸۰ ۲) ۱۰۰

۳) $20\sqrt{10}$ ۴) $20\sqrt{5}$

پاسخ بار q_1 با بار q_3 همنام بوده و آن را دفع می‌کند، بار q_2 و بار q_3 ناهمنام بوده و یکدیگر را می‌ربایند، نیروها را رسم می‌کنیم و اندازهٔ آن‌ها را حساب می‌کنیم.



$$F_{13}=k\frac{|q_1||q_3|}{r^2}=9\times10^9\times\frac{3\times10^{-6}\times2\times10^{-6}}{9\times10^{-4}}=60N$$

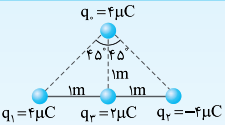
$$F_{23}=k\frac{|q_2||q_3|}{r^2}=9\times10^9\times\frac{4\times10^{-6}\times2\times10^{-6}}{36\times10^{-4}}=20N$$

حالا به کمک رابطهٔ فیثاغورس نیروی خالص وارد بر q_3 را به‌دست می‌آوریم:

$$F_3=\sqrt{(F_{13})^2+(F_{23})^2}\Rightarrow F_3=\sqrt{60^2+20^2}=\sqrt{4000}\Rightarrow F_3=20\sqrt{10}\,N$$

گزینه ۳

تست ۱۸ نیروی خالص وارد بر بار q_0 در شکل روبه‌رو چند نیوتون است؟



۱) صفر ۲) $7/2\sqrt{2}\times10^{-2}$

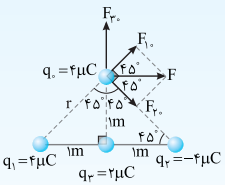
۳) $7/2\times\sqrt{3}\times10^{-2}$ ۴) $7/2(\sqrt{2}-1)\times10^{-2}$

پاسخ ابتدا به کمک رابطهٔ فیثاغورس فاصلهٔ q_1 تا q_0 و q_2 تا q_0 را به‌دست می‌آوریم. دقت کنید که فاصلهٔ q_0 تا q_3 نیز $1\,m$ است.

$$r=\sqrt{1^2+1^2}=\sqrt{2}m$$

$$F=k\frac{|q_1||q_2|}{r^2}\Rightarrow F_{10}=9\times10^9\times\frac{4\times10^{-6}\times4\times10^{-6}}{(\sqrt{2})^2}\Rightarrow F_{10}=72\times10^{-3}N$$

نیرویی که بار q_2 بر q_0 وارد می‌کند نیز همین مقدار است. $F_{20}=F_{10}=72\times10^{-3}N$



برایند دو نیروی F_{10} و F_{20} را F می‌نامیم که با توجه به تقارن روی محور افقی قرار می‌گیرد و با توجه به شکل اندازهٔ آن را از رابطهٔ فیثاغورس به‌دست می‌آوریم.

$$F=\sqrt{F_{20}^2+F_{10}^2}=\sqrt{(72\times10^{-3})^2+(72\times10^{-3})^2}\Rightarrow F=72\sqrt{2}\times10^{-3}N$$

حال نیرویی که بار q_3 بر بار q_0 وارد می‌کند (F_{30}) را به‌دست می‌آوریم.

$$F_{30}=9\times10^9\times\frac{2\times10^{-6}\times4\times10^{-6}}{1}=72\times10^{-3}N$$

با توجه به شکل نیروهای F و F_{30} بر هم عمودند از این‌رو نیروی برایند (نیروی خالص) وارد بر q_0 خواهد شد:

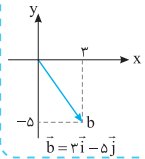
$$F_{T_0}=\sqrt{F_{30}^2+F^2}=\sqrt{(72\times10^{-3})^2+(72\sqrt{2}\times10^{-3})^2}\Rightarrow F_{T_0}=7/2\sqrt{3}\times10^{-2}N$$

گزینه ۳

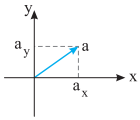
تست‌های مشابه: تست‌های ۶۷ تا ۷۲

یادآوری ریاضی

در ریاضی فراگرفته‌ایم که می‌توان یک بردار را مطابق شکل‌های روبه‌رو برحسب بردارهای یکه $\vec{i}$ و $\vec{j}$ بنویسیم.

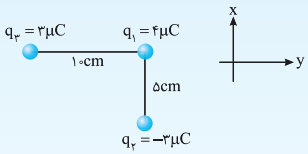


$\vec{b} = ۳\vec{i} - ۵\vec{j}$



$\vec{a} = a_x\vec{i} + a_y\vec{j}$

تست ۱۹ در شکل روبه‌رو بردار نیروی وارد بر بار q_1 برحسب $\vec{i}$ و $\vec{j}$ کدام است؟



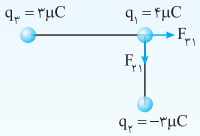
۱) $۱۰/۸\vec{i} - ۴۳/۲\vec{j}$

۲) $-۲۱/۶\vec{i} - ۴۳/۲\vec{j}$

۳) $-۱۰/۸\vec{i} - ۴۳/۲\vec{j}$

۴) $۲/۱۶\vec{i} - ۴۳/۲\vec{j}$

پاسخ نیروهای وارد بر بار q_1 را به‌دست می‌آوریم. بار منفی q_2 بار q_1 را می‌رباید و بار مثبت q_3 بار q_1 را می‌راند.



$$F_{۲۱} = k\frac{|q_۲||q_۱|}{r^۲} = ۹\times۱۰^۹ \times \frac{۳\times۱۰^{-۶}\times۴\times۱۰^{-۶}}{(۵\times۱۰^{-۲})^۲} \Rightarrow F_{۲۱} = ۴۳/۲N$$

$$F_{۳۱} = k\frac{|q_۳||q_۱|}{r^۲} = ۹\times۱۰^۹ \times \frac{۳\times۱۰^{-۶}\times۴\times۱۰^{-۶}}{۱۰^{-۲}} \Rightarrow F_{۳۱} = ۱۰/۸N$$

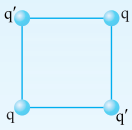
نیروی $\vec{F}_{۲۱}$ در جهت منفی محور yها و نیروی $\vec{F}_{۳۱}$ در جهت مثبت محور xها است، از این‌رو نیروی وارد بر q_1 خواهد شد: $\vec{F} = +۱۰/۸\vec{i} - ۴۳/۲\vec{j}$

گزینه ۱ ✓

تست‌های مشابه: تست‌های ۱۷ تا ۲۰

نکته در تست زیر برایند سه نیروی وارد بر یک بار صفر شده است. وقتی برایند سه نیرو صفر می‌شود که برایند دو نیرو از آن‌ها با نیروی سوم هم‌اندازه و در خلاف جهت آن باشد.

تست ۲۰ بارهای q و q' در رأس‌های مربعی مطابق شکل مقابل قرار دارند. اگر برایند نیروهای وارد بر بار q' صفر باشد، $\frac{q'}{q}$ کدام است؟



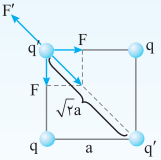
۱) $-\sqrt{۲}$

۲) $-۲\sqrt{۲}$

۳) $\sqrt{۲}$

۴) $۲\sqrt{۲}$

پاسخ نیروهایی که دو بار q' بر هم وارد می‌کنند، رانشی است. بنابراین بارهای q باید با بارهای q' ناهمنام بوده و بر آن‌ها نیروی ربایشی وارد کنند تا برایند نیروهای وارد بر q' صفر شود. اگر طول ضلع مربع را a بگیریم، طول قطر آن (فاصلهٔ بین بارهای q' و q) $\sqrt{۲}a$ خواهد بود. باید برایند دو نیروی ربایشی F با نیروی رانشی F' برابر باشد:



$$F'^۲ = F^۲ + F^۲ \Rightarrow F'^۲ = ۲F^۲ \Rightarrow F' = \sqrt{۲}F \Rightarrow k\frac{q'q'}{(\sqrt{۲}a)^۲} = \sqrt{۲}(k\frac{qq'}{a^۲}) \Rightarrow |\frac{q'}{q}| = ۲\sqrt{۲}$$

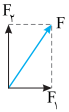
اما همان‌گونه که بیان شد، q و q' ناهمنام بوده، از این‌رو:

$$\frac{q'}{q} = -۲\sqrt{۲}$$

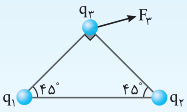
گزینه ۲ ✓

تست‌های مشابه: تست‌های ۲۱ تا ۲۴

راستی دقت کردید که اگه برایند دو بردار رو رسم کنید، بردار برایند به بردار بزرگ‌تر نزدیک‌تره (به شکل روبه‌رو نگاه کنید) با توجه به این نکته به حل تست‌های زیر دقت کنید. $(F_2 > F_1)$



تست ۲۱ در شکل روبه‌رو جهت نیروی خالصی که بارهای q_1 و q_2 بر بار q_3 وارد می‌کنند نشان داده شده است. کدام گزینه درست است؟



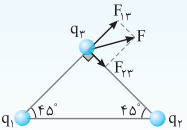
۱) q_1 و q_3 همنام، $|q_1| < |q_2|$

۲) q_2 و q_3 ناهمنام، $|q_1| > |q_2|$

۳) q_1 و q_3 ناهمنام، $|q_1| > |q_2|$

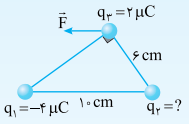
۴) q_2 و q_1 ناهمنام، $|q_1| < |q_2|$

پاسخ نیروی بین دو بار در امتداد خط مستقیم واصل دو بار است، یعنی نیرویی که q_1 بر q_3 وارد می‌کند در امتداد ضلع AC و نیرویی که q_2 بر q_3 وارد می‌کند در امتداد BC است. نیروی F را در امتداد خط مستقیم بین بارها تجزیه می‌کنیم. قطعاً نیرویی که بار q_1 بر بار q_3 وارد می‌کند بیشتر است زیرا نیروی خالص F به سمت نیروی بین q_1 و q_3 متمایل شده است. از این‌رو باید $|q_2| > |q_1|$ باشد و بارهای q_1 و q_3 همدیگر را برانند و بارهای q_2 و q_3 یکدیگر را بربایند پس q_1 و q_3 همنام و q_2 و q_3 ناهمنام‌اند.



گزینه ۲ ✓

تست ۲۲ سه بار نقطه‌ای مطابق شکل در جای خود ثابت شده‌اند. برایند نیروهایی که بارهای q_1 و q_2 بر بار q_3 وارد می‌کنند $(\vec{F})$ موازی با قاعدهٔ مثلث است. بار q_2 چند میکروکولن است؟ خارج ریاضی - ۸۸



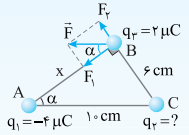
۱) ۳

۲) ۴

۳) $\frac{۹}{۴}$

۴) $\frac{۲۷}{۱۶}$

پاسخ ابتدا فاصلهٔ بار q_1 تا q_2 را به‌دست می‌آوریم: $۱۰^۲ = x^۲ + ۶^۲ \Rightarrow x = ۸\ cm$



بار q_1، بار q_3 را می‌رباید و نیروی F_1 را مطابق شکل بر q_3 وارد می‌کند. در این صورت برای آن که نیروی برایند وارد بر q_3 موازی قاعدهٔ مثلث باشد، باید بار q_2 مثبت بوده و بار q_3 را براند. با توجه به شکل، زاویهٔ بین بردار F و بردار F_1 برابر α است و با توجه به شکل در مثلث ABC، $\tan\alpha = \frac{۶}{۸} = \frac{۳}{۴}$ است.

از طرفی: $\tan\alpha = \frac{F_2}{F_1} \Rightarrow \frac{۳}{۴} = \frac{k\frac{q_2 \times q_3}{۶^۲}}{k\frac{q_1 \times q_3}{۸^۲}} \Rightarrow \frac{۳}{۴} = \frac{۶۴}{۳۶} \times \frac{q_2}{۴} \Rightarrow q_2 = \frac{۲۷}{۱۶}\ \mu C$

گزینه ۴ ✓

تست‌های مشابه: تست‌های ۱۵ تا ۹۰

نکته گاهی اوقات علاوه‌بر نیروی الکتریکی بین دو بار، نیروهای دیگری بر بارها وارد می‌شود مانند نیروی وزن که برای به‌دست آوردن نیروی خالص:

۱) اگر دو نیرو هم‌جهت باشند با هم جمع می‌شوند.

۲) اگر خلاف جهت باشند از هم کم می‌شوند.

۳) اگر عمود بر هم باشند از رابطهٔ فیثاغورس استفاده می‌شود.

تست ۲۳ در شکل روبه‌رو، دو گوی مشابه به جرم $۰/۹\ g$ دارای بار یکسان مثبت q در فاصلهٔ $۱\ cm$ هم قرار دارند، به‌طوری‌که گوی بالایی به حالت معلق مانده است. بار q چند میکروکولن است؟

۱) $۱۰^{-۲}$

۲) $۱۰^{-۸}$

۳) $۱۰^{-۶}$

۴) $۱۰^{-۱}$

پاسخ نیروهای وارد بر گوی بالایی را رسم می‌کنیم. به این گوی دو نیروی وزن توسط کره زمین و نیروی دافعهٔ الکتریکی توسط گوی پایینی وارد می‌شود. باید این دو نیرو با هم برابر باشد تا گوی بالایی به حالت معلق بماند.

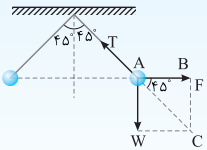
$$W = F_E \Rightarrow mg = k\frac{|q||q|}{r^۲} \Rightarrow ۰/۹\times۱۰^{-۳}\times۱۰ = ۹\times۱۰^۹ \times \frac{q^۲}{۱۰^{-۴}} \Rightarrow q^۲ = \frac{۱۰^{-۷}}{۱۰^۹} = ۱۰^{-۱۶} \Rightarrow q = ۱۰^{-۸}C = ۱۰^{-۲}\mu C$$

گزینه ۱ ✓

تست ۲۴ دو کرهٔ کوچک با بار الکتریکی یکسان q از دو ریسمان هم‌طول آویخته شده و در اثر رانش الکتریکی دو بار، هر ریسمان با راستای قائم زاویهٔ 45° می‌سازد. نیروی الکتریکی بین دو بار چند برابر وزن هر ذره است؟*

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

پاسخ شکل مسأله را رسم می‌کنیم و نیروهای وارد بر هر ذره را مشخص می‌کنیم.



۱- دو بار همنام یکدیگر را با نیروی الکتریکی F می‌رانند.

۲- بر هر ذره نیروی وزن W رو به پایین وارد می‌شود.

۳- نیرویی که ریسمان بر کره وارد می‌کند و آن را با حرف T نشان داده‌ایم. این نیرو در امتداد ریسمان است. با توجه به شکل و فرض مسأله نیروی T باید در امتداد نیروی برایند $\vec{W}+\vec{F}$ باشد تا بتواند آن را خنثی کرده و نیروی خالص صفر شود و کره در تعادل بماند.

با توجه به شکل در مثلث ABC می‌توان نوشت: $\tan 45^\circ = \frac{BC}{AB} \Rightarrow \tan 45^\circ = \frac{W}{F} \Rightarrow \frac{W}{F} = 1$

گزینه ۱ ✓

تست‌های مشابه: تست‌های ۹۱ تا ۹۵

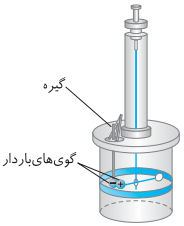
بخش اول (قسمت دوم)
پرسش‌های چهارگزینه‌ای

قانون کولن

۲۹- یکای ثابت کولن (k) و ضریب گذردهی خلأ (ε_0) در SI به ترتیب از راست به چپ کدام است؟ کنکور دهه‌های گذشته +

۱) $N.m^2, C^2/N.m^2$ ۲) $N.m^2/C^2, C^2/N.m^2$ ۳) $C^2/N.m^2, N.m^2/C^2$ ۴) $C^2/m^2, N.m^2/C^2$

۳۰- شکل روبه‌رو مربوط به آزمایشی برای به‌دست آوردن ..... است که با استفاده از ..... حساب می‌شود. از کتاب درسی



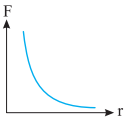
۱) نیروی الکتریکی - میزان چرخش گیره

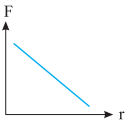
۲) نیروی الکتریکی - مدرج کردن استوانه و اندازه‌گیری فاصلهٔ زاویه‌ای بین دو گوی

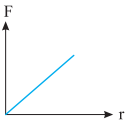
۳) مقدار بار الکتریکی - میزان چرخش گیره

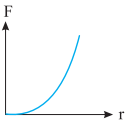
۴) مقدار بار الکتریکی - مدرج کردن استوانه و اندازه‌گیری فاصلهٔ زاویه‌ای بین دو گوی

۳۱- کدام یک از نمودارهای زیر تغییرات نیروی الکتروستاتیکی کولنی بین دو بار الکتریکی را برحسب فاصلهٔ آن‌ها درست نشان می‌دهد؟

۱) 

۲) 

۳) 

۴) 

حال به تست‌های محاسباتی از قانون کولن رسیدیم.

۳۲- نیرویی که دو بار الکتریکی $q_1 = 1\mu C$ و $q_2 = -4\mu C$ در فاصلهٔ r بر هم وارد می‌کنند $40\,N$ است. r چند سانتی‌متر است؟ $(k = 9\times10^9\, N.m^2/C^2)$

۱) ۱/۵ ۲) ۳ ۳) ۶ ۴) ۹

۳۳- دو بار الکتریکی نقطه‌ای q_1 و $q_2 = 5q_1$ در فاصلهٔ ۳ متری از هم قرار دارند و نیروی دافعهٔ $0/02\,N$ را به یکدیگر وارد می‌کنند. q_1 چند میکروکولن است؟ $(k = 9\times10^9\, N.m^2/C^2)$ خارج تجربی - ۹۱

۱) ۱۰ ۲) ۵ ۳) ۴ ۴) ۲

* این نوع مسأله‌ها ترکیبی از الکتریسیتهٔ ساکن و تعادل نیروها است که یادگیری آن به شما توصیه می‌شود زیرا در آزمون کنکور سراسری مسائل ترکیبی مباحث مختلف مورد پرسش قرار می‌گیرد.

۳۴- فاصلهٔ بین دو پروتون تقریباً چند سانتی‌متر باشد تا اندازهٔ نیروی دافعهٔ الکتریکی وارد بر هر پروتون با وزن آن در سطح زمین مساوی باشد؟ ($e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C$ ، $g=۱۰N/kg$ ، جرم پروتون برابر با $۱/۶\times۱۰^{-۲۷}kg$ و $k=۹\times۱۰^{۹}N.m^{۲}/C^{۲}$ است.) قلم‌چی

۱) ۰/۱۲ ۲) ۱۲ ۳) ۱۳/۵ ۴) ۱۳۵

۳۵- بارهای q و $Q=۲q$ در فاصلهٔ معینی از هم قرار دارند. اگر اندازهٔ نیرویی که بار q بر بار Q وارد می‌کند، F باشد، اندازهٔ نیرویی که Q بر q وارد می‌کند چند F است؟ کنکور دهه‌های گذشته

۱) $\sqrt{۲}$ ۲) ۱ ۳) ۲ ۴) ۴

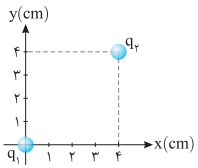
۳۶- دو ذرهٔ A و B با جرم‌های m_A و $m_B=۲m_A$ و بار q_A و q_B در نزدیکی هم قرار دارند. اگر بر هر ذره تنها نیروی الکتروستاتیکی ذرهٔ دیگر وارد شود و تحت تأثیر این نیرو هر ذره شتاب بگیرد، شتاب ذرهٔ A چند برابر شتاب ذرهٔ B است؟ آزمون مدارس برتر

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

۳۷- بار الکتریکی $q_۱$ بر بار الکتریکی نقطه‌ای $۲q_۱$ نیروی الکتریکی به بزرگی $۲۰N$ در جهت شمال شرقی وارد می‌کند. در این صورت بار $۲q_۱$ بر بار $q_۱$ چه نیرویی در چه جهتی وارد می‌کند؟ قلم‌چی

۱) $۲۰N$ در جهت شمال شرقی ۲) $۴۰N$ در جهت شمال شرقی ۳) $۲۰N$ در جهت جنوب غربی ۴) $۴۰N$ در جهت جنوب غربی

۳۸- بارهای الکتریکی نقطه‌ای $q_۱=۸\mu C$ و $q_۲=-۴\mu C$ مطابق شکل در دستگاه مختصات قرار گرفته‌اند. اندازهٔ نیروی الکتریکی وارد بر بار $q_۲$ از طرف بار $q_۱$ چند نیوتون است؟ ($k=۹\times۱۰^{۹}N.m^{۲}/C^{۲}$) قلم‌چی



۱) ۹ ۲) ۹۰ ۳) ۰/۹ ۴) ۰/۰۹

۳۹- نیروی الکتروستاتیکی بین دو ذرهٔ باردار در SI به‌صورت $\vec{F}=(۶)\vec{i}-(۲\sqrt{۷})\vec{j}$ است. چنان‌چه $q_۱=۰/۴\mu C$ و $q_۲=۲\mu C$ باشد، فاصلهٔ بین دو بار چند سانتی‌متر است؟ ($k=۹\times۱۰^{۹}N.m^{۲}/C^{۲}$)

۱) ۳ ۲) ۹ ۳) ۰/۳ ۴) ۰/۹

در تست‌های زیر به مقایسهٔ نیروی کولنی در دو حالت می‌پردازیم.

۴۰- دو بار نقطه‌ای $q_۱$ و $q_۲$ در فاصلهٔ ۴۰ سانتی‌متری به یکدیگر نیروی ۵۴ نیوتونی وارد می‌کنند. آن‌ها را چند سانتی‌متر دیگر از هم دور کنیم تا بر یکدیگر نیروی 6 نیوتون وارد کنند؟

۱) ۸۰ ۲) ۴۰ ۳) ۲۰ ۴) ۱۲۰

۴۱- اگر اندازهٔ بارهای هر یک از دو بار الکتریکی را ۳ برابر کنیم و فاصلهٔ بین آن‌ها را نیز ۳ برابر کنیم، نیروی الکتریکی بین آن‌ها چند برابر می‌شود؟ ریاضی - ۹۸

۱) $\frac{۱}{۳}$ ۲) ۱ ۳) ۳ ۴) ۹

۴۲- نیروی دافعهٔ بین دو بار الکتریکی نقطه‌ای مشابه در فاصلهٔ r از هم برابر با $۰/۰۲N$ است. اگر به یکی از بارها $۲\mu C$ اضافه کنیم، این نیروی دافعه در همین فاصله برابر $۰/۰۳N$ می‌شود. اندازهٔ اولیهٔ هر یک از این بارهای الکتریکی چند میکروکولن بوده است؟ خارج تجربی - ۸۵

۱) ۲ ۲) ۴ ۳) ۶ ۴) ۸

۴۳- دو بار الکتریکی نقطه‌ای $q_۱=۲\mu C$ و $q_۲=-۲\mu C$ به فاصلهٔ r از یکدیگر قرار دارند. اگر نصف یکی از بارها را برداریم و به دیگری اضافه کنیم و دو بار را به فاصلهٔ $\frac{r}{۲}$ از هم قرار دهیم، اندازهٔ نیرویی که دو بار بر یکدیگر وارد می‌کنند، در مقایسه با حالت قبل چند برابر می‌شود؟ خارج تجربی - ۸۷

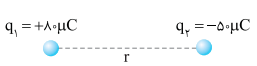
۱) ۱ ۲) ۳ ۳) $\frac{۱}{۴}$ ۴) $\frac{۱}{۱۶}$

در این تست‌ها تغییرات درصدی بیان شده است.

۴۴- دو بار نقطه‌ای در فاصلهٔ d از یکدیگر بر هم نیروی الکتریکی وارد می‌کنند. اگر بخواهیم با ثابت ماندن اندازهٔ دو بار، اندازهٔ نیروی الکتریکی بین دو بار الکتریکی به اندازهٔ ۶۹٪ افزایش یابد، فاصلهٔ دو بار را باید چند برابر فاصلهٔ d و چگونه تغییر دهیم؟

۱) $\frac{۳}{۱۳}$ ، افزایش ۲) ۰/۳، افزایش ۳) $\frac{۳}{۱۳}$ ، کاهش ۴) ۰/۳، کاهش

۴۵- مطابق شکل روبه‌رو، دو بار الکتریکی در فاصلهٔ r، نیروی جاذبهٔ F بر یکدیگر وارد می‌کنند. اگر با ثابت بودن فاصله‌ها ۲۵ درصد از بار q_1 را به q_2 انتقال دهیم، نیروی جاذبهٔ بین دو بار چند درصد و چگونه تغییر می‌کند؟ خارج تجربی - ۹۸



۱) ۲۵، کاهش ۲) ۲۵، افزایش ۳) ۵۵، کاهش ۴) ۵۵، افزایش

۴۶- دو بار الکتریکی همنام $q_1 = 8\mu C$ و q_2 در فاصلهٔ r، بر هم نیروی F وارد می‌کنند. اگر ۲۵ درصد از بار q_1 را برداشته و به q_2 اضافه کنیم، بدون تغییر فاصلهٔ بارها، نیروی متقابل بین آن‌ها ۵۰ درصد افزایش می‌یابد. مقدار اولیهٔ q_2 چند میکروکولن است؟ ریاضی - ۸۹

۱) ۲ ۲) ۱ ۳) ۳ ۴) ۴

۴۷- دو بار نقطه‌ای $+4\circ\mu C$ و $-6\circ\mu C$ در فاصلهٔ $1\circ cm$ از یکدیگر قرار دارند. اگر ۲۵ درصد اندازهٔ هر کدام از بارها را از آن‌ها کاسته شود، نیروی الکتریکی بین آن‌ها چند درصد کاهش می‌یابد؟ آزمون مدارس برتر

۱) ۴۳/۷۵ ۲) ۵۶/۲۵ ۳) ۶۲/۵ ۴) ۷۱/۴

۴۸- دو بار الکتریکی نقطه‌ای q_1 و $q_2 = 2q_1$ در فاصلهٔ r از هم قرار دارند و به هم نیروی دافعه وارد می‌کنند. چند درصد از بار q_2 را به q_1 منتقل کنیم تا در همان فاصله نیروی دافعهٔ بین بارهای الکتریکی بیشینه شود؟ ریاضی - ۹۵

۱) ۱۵ ۲) ۲۵ ۳) ۴۰ ۴) ۵۰

در تست‌های زیر، به‌دلیل تماس دو ذرهٔ باردار با هم، نیروی کولنی تغییر می‌کند.

۴۹- دو کرهٔ رسانای کوچک و مشابه که دارای بارهای الکتریکی $0/2\mu C$ و $-6/2\mu C$ هستند، در فاصلهٔ d از یکدیگر به هم نیروی الکتریکی به بزرگی $2/48\ N$ وارد می‌کنند. دو کره را به هم تماس می‌دهیم و سپس در فاصلهٔ $3d$ از یکدیگر قرار می‌دهیم. هنگام تماس چه تعداد الکترون از یک کره به کرهٔ دیگر منتقل شده است و بزرگی نیروی الکتریکی که دو کره در حالت جدید به هم وارد می‌کنند، چند نیوتون است؟ $(e = 1/6\times10^{-19}\,C)$

۱) $3,2\times10^{19}$ ۲) $2,2\times10^{19}$ ۳) $3,2\times10^{13}$ ۴) $2,2\times10^{13}$

۵۰- دو گلولهٔ فلزی کوچک و مشابه که دارای بار الکتریکی می‌باشند، از فاصلهٔ ۳۰ سانتی‌متری، نیروی جاذبهٔ ۴ نیوتون بر یکدیگر وارد می‌کنند. اگر این دو گلوله را به هم تماس دهیم، بار الکتریکی هر کدام $+3\mu C$ خواهد شد. بار اولیهٔ گلوله‌ها بر حسب میکروکولن کدام است؟ $(k = 9\times10^9\,N.m^2/C^2)$ ریاضی - ۹۴

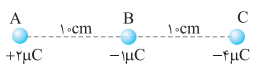
۱) ۱۲ و ۶− ۲) ۱۰ و ۴− ۳) ۹ و ۳− ۴) ۸ و ۲−

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

۱) $F > F'$ ۲) $F < F'$
۳) $F = F'$ ۴) بسته به شرایط، هر سه حالت ممکن است.

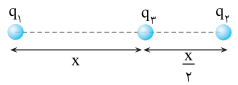
برایند نیروی الکتریکی چند بار واقع بر یک خط

۵۲- مطابق شکل سه ذرهٔ باردار بر روی یک خط قرار دارند. کدام گزینه جهت و اندازهٔ نیروی خالص وارد بر ذرهٔ C (برحسب نیوتون) را به‌درستی نشان می‌دهد؟ $(k = 9\times10^9\,N.m^2/C^2)$ از کتاب درسی



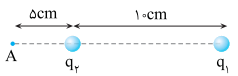
۱) ۳/۶ ، → ۲) ۳/۶ ، ←
۳) ۱/۸ ، → ۴) ۱/۸ ، ←

۵۳- مطابق شکل سه ذرهٔ باردار $q_1 = 2\mu C$ و $q_2 = -4\mu C$ و $q_3 = 1\mu C$ روی خط راست و در فاصلهٔ ثابت از هم قرار گرفته‌اند. اگر برایند نیروهای وارد بر بار q_3، 45N باشد، x چند سانتی‌متر است؟ $(k = 9\times10^9\,N.m^2/C^2)$



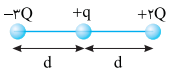
۱) ۳ ۲) ۶
۳) ۹ ۴) ۱۲

۵۴- مطابق شکل دو ذرهٔ باردار $q_1 = 0/1\mu C$ و $q_2 = -0/1\mu C$ در فاصلهٔ $1\circ cm$ از یکدیگر ثابت شده‌اند. بار چند میکروکولنی را در نقطهٔ A قرار دهیم تا نیروی خالص وارد بر آن $1/6\times10^{-2}$ نیوتون شود؟



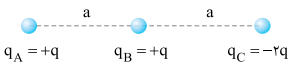
۱) ۰/۰۵− ۲) ۰/۰۵
۳) ۰/۰۱ ۴) گزینه‌های (۱) و (۲) می‌توانند درست باشند.

۵۵- اندازهٔ نیروی کولنی بین دو بار $+Q$ و $+q$ در فاصلهٔ d برابر با F است. در شکل داده شده اندازهٔ برایند نیروها از طرف دو بار $+2Q$ و $-3Q$ بر بار $+q$ چند برابر F است؟



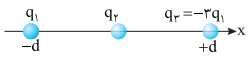
۱) ۶ ۲) ۱
۳) ۵ ۴) ۲

۵۶- مطابق شکل روبه‌رو سه ذرهٔ باردار روی یک خط قرار دارند. برایند نیروهای وارد بر بار q_B برابر $\vec{F}$ است. اگر بار ذرهٔ C به جای $-2q$، $+2q$ بود، نیروی خالص وارد بر q_B برابر کدام گزینه می‌شد؟ از کتاب درسی



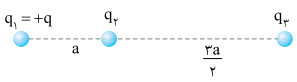
۱) $\frac{1}{3}\vec{F}$ ۲) $-\frac{1}{3}\vec{F}$ ۳) $\frac{1}{2}\vec{F}$ ۴) $-\frac{1}{2}\vec{F}$

۵۷- مطابق شکل سه بار نقطه‌ای روی محور x قرار دارند. در این حالت اندازهٔ نیروی خالص وارد بر q_2 برابر F است. اگر بار q_2 را به اندازهٔ $\frac{d}{2}$ روی محور x به بار q_1 نزدیک کنیم، نیروی خالص وارد بر بار q_2 چند برابر F خواهد شد؟



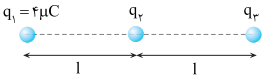
۱) $\frac{3}{4}$ ۲) $\frac{4}{3}$ ۳) $\frac{3}{2}$ ۴) $\frac{2}{3}$

۵۸- در شکل مقابل برایند نیروهای وارد بر بار q_2 به اندازهٔ F و به سمت راست است. اگر اندازهٔ نیرویی که q_2 به q_1 وارد می‌کند $\frac{F}{2}$ و به سمت چپ باشد، کدام گزینه در مورد نیروی وارد بر q_3 از سوی بار q_2 درست است؟



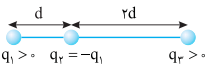
۱) F به سمت راست ۲) $\frac{F}{2}$ به سمت راست ۳) $\frac{F}{2}$ به سمت چپ ۴) F به سمت چپ

۵۹- در شکل روبه‌رو سه بار نقطه‌ای قرار دارند. برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_3 هم‌اندازهٔ نیروی الکتریکی است که بار q_1 بر q_3 وارد می‌کند. q_2 چند میکروکولن است؟ تجربی - ۹۸



۱) ۸ ۲) ۲
۳) −۲ ۴) −۸

۶۰- سه بار نقطه‌ای مطابق شکل روبه‌رو ثابت شده‌اند. اگر برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_1 هم‌اندازهٔ برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_2 باشد، q_2/q_1 کدام است؟ خارج تجربی - ۹۵



۱) $\frac{8}{13}$ ۲) $\frac{13}{8}$ ۳) $\frac{13}{72}$ ۴) $\frac{72}{13}$

در تست‌های زیر به بررسی حالتی می‌پردازیم که برایند نیروهای وارد بر یک یا چند ذره روی خط راست برابر صفر می‌شود.

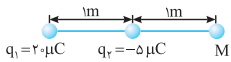
۶۱- در نقاط A، B و C به‌ترتیب بارهای الکتریکی q_A، q_B و q_C مطابق شکل قرار دارند. اگر برایند نیروهای وارد بر بار q_C صفر شود، الزاماً بارهای ..... و ..... ناهمنام‌اند و مقدار بار q_B ..... از مقدار بار q_A است. کنکور دهه‌های گذشته

۱) $q_B - q_A$ - بزرگ‌تر ۲) $q_B - q_A$ - کوچک‌تر
۳) $q_C - q_A$ - بزرگ‌تر ۴) $q_C - q_A$ - کوچک‌تر

۶۲- دو بار الکتریکی $q_1 = +q$ و $q_2 = +4q$ در دو نقطهٔ A و B به فاصلهٔ $AB = 30\ cm$ قرار دارند. بار سوم $+q'$ را بین دو بار در چه فاصله‌ای از بار q_2 قرار دهیم تا به حال تعادل قرار گیرد؟

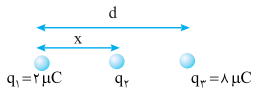
۱) ۱۰ cm ۲) ۱۵ cm ۳) ۲۰ cm ۴) ۲۵ cm

۶۳- در شکل روبه‌رو، در نقطهٔ M بار الکتریکی نقطه‌ای چند میکروکولنی قرار دهیم تا برایند نیروهای وارد بر آن از طرف بارهای دیگر صفر باشد؟



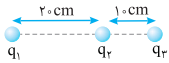
۱) -4 ۲) ۱
۳) ۵ ۴) هر مقدار دلخواه می‌تواند باشد.

۶۴- سه بار نقطه‌ای مطابق شکل قرار دارند. برایند نیروهای الکتروستاتیکی وارد بر هر یک از بارها صفر است. بار q_2 چند میکروکولن است؟ خارج تجربی - ۸۹



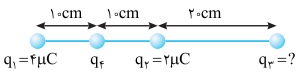
۱) $-\frac{2}{9}$ ۲) $+\frac{2}{9}$
۳) $-\frac{8}{9}$ ۴) $+\frac{8}{9}$

۶۵- در شکل روبه‌رو، برایند نیروهای الکتریکی وارد بر هریک از بارهای نقطه‌ای برابر صفر است. q_3/q_2 کدام است؟ تجربی - ۹۳



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

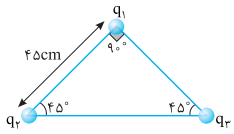
۶۶- در شکل مقابل، برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_4 برابر صفر است. بار q_3 چند میکروکولن است؟ ریاضی - ۹۱



۱) ۱۸ ۲) ۸
۳) -8 ۴) -18

برایند نیروهای الکتریکی حاصل از چند بار واقع بر یک صفحه

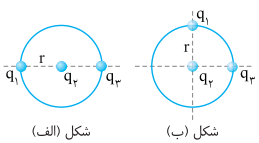
۶۷- سه بار نقطه‌ای $q_1=q_2=q_3=+90\mu C$ در سه رأس مثلث شکل مقابل قرار دارند.



نیروی وارد بر بار q_1 چند نیوتون است؟ $(k=9\times10^9 N.m^2/C^2)$ از کتاب درسی

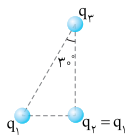
۱) $360\sqrt{2}$ ۲) $90\sqrt{2}$
۳) $36\sqrt{2}$ ۴) $9\sqrt{2}$

۶۸- در شکل‌های روبه‌رو بار q_1 و q_2 مثبت و بار q_3 منفی است. نیرویی که بار q_1 بر بار q_2 در فاصلهٔ r وارد می‌کند $8N$ و نیرویی که بار q_3 بر بار q_2 وارد می‌کند $6N$ است. اندازهٔ نیروی خالص وارد بر بار q_2 در شکل (الف) چند برابر نیروی خالص وارد بر بار q_2 در شکل (ب) است؟



۱) ۰/۲ ۲) ۵
۳) ۱/۴ ۴) $\frac{5}{7}$

۶۹- سه ذرهٔ باردار در سه رأس یک مثلث قائم‌الزاویه قرار دارند. بزرگی نیروی الکتریکی که بار q_1 بر بار q_2 وارد می‌کند F_1 و بزرگی نیروی الکتریکی که q_2 به q_3 وارد می‌کند F_2 است. در صورتی‌که $F_1=F_2$ باشد، بزرگی نیرویی که q_1 به q_3 وارد می‌کند چند برابر F_1 است؟ خارج ریاضی - ۹۸



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

۲۷ B **۴** بار الکتریکی الکتروسکوپ مثبت است و ورقه‌های الکتروسکوپ از هم دورند (منحرف شده‌اند). اگر بار منفی به کلاهک نزدیک کنیم مقداری بار مثبت از ورقه‌ها به دلیل جاذبهٔ بار منفی به کلاهک می‌روند و انحراف ورقه‌ها کم می‌شود. البته این در حالتی است که بار منفی کمتر از بار مثبت الکتروسکوپ باشد. اگر بار منفی میله اندکی از بار مثبت الکتروسکوپ بیشتر باشد، می‌تواند در یک فاصلهٔ معین تمام بارهای مثبت ورقه‌ها را به سوی کلاهک بکشد و ورقه‌ها بدون بار شده و به هم بچسبند و اگر بار منفی میله از بار مثبت الکتروسکوپ بسیار بیشتر باشد. با نزدیک کردن آرام میله به کلاهک، بارهای مثبت ورقه به سمت کلاهک رفته، انحراف ورقه‌ها کم می‌شود و با نزدیک‌تر کردن میله، ورقه‌ها چسبیده و وقتی میله به کلاهک خیلی نزدیک شود ورقه‌ها این بار دارای بار منفی شده و یکدیگر را می‌رانند که ممکن است انحراف ورقه‌ها از حالت اول نیز بیشتر شود.

۲۸ B **۴** **خط فکری:** وقتی الکتروسکوپ دارای بار مثبت است :

- اگر جسم با بار مثبت را به آرامی به آن نزدیک کنیم ⇐ ورقه‌های الکتروسکوپ از هم دور می‌شوند.
- اگر جسم با بار منفی را به آرامی به آن نزدیک کنیم ⇐ ورقه‌های الکتروسکوپ به هم نزدیک می‌شوند.

با نزدیک کردن میلهٔ A، ورقه‌ها به هم نزدیک شده‌اند، پس میلهٔ A باید دارای بار منفی شده باشد یعنی در اثر مالش با پارچه از پارچه الکترون بگیرد و در جدول الکتریسیته مالشی نسبت به پارچه به انتهای منفی نزدیک‌تر باشد پس میلهٔ A با پارچهٔ ابریشمی مالش داده شده است.

با نزدیک کردن میلهٔ B، ورقه‌ها از هم دور شده‌اند، پس میلهٔ B در اثر مالش با پارچه دارای بار مثبت شده و در واقع نسبت به پارچه در جدول الکتریسیته مالشی به انتهای مثبت نزدیک‌تر است پس میلهٔ B با پارچهٔ کتان مالش داده شده است.

۲۹ A **۳** ابتدا با توجه به قانون کولن فرمول را بر اساس k مرتب می‌کنیم.

$$F=k\frac{q_1q_2}{r^2}\Rightarrow Fr^2=kq_1q_2\Rightarrow k=\frac{Fr^2}{q_1q_2}$$

یکای نیرو در SI، نیوتون و یکای طول (r) متر و یکای بار الکتریکی کولن است. اکنون یکای آن‌ها را در رابطه‌ای که به دست آورده‌ایم، قرار می‌دهیم. یکای $k=N.m^2/C^2$

ثابت کولن را می‌توان بر حسب یک ضریب ثابت دیگر به نام ضریب گذردهی الکتریکی خلأ (ε_0) نیز نوشت:

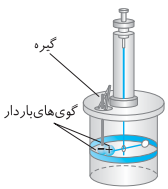
$$k=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\Rightarrow\varepsilon_0=\frac{1}{4\pi k}$$

4π عدد ثابت و بدون یکا است. یکای k را که به دست آورده‌ایم در رابطهٔ قبلی جای‌گذاری می‌کنیم.

$$\varepsilon_0=\frac{1}{N.m^2/C^2}\Rightarrow\text{یکای }\varepsilon_0=C^2/N.m^2$$

در واقع یکای k و ε_0، وارون یکدیگرند.

۳۰ A **۲** در ترازوی پیچشی کولن، در یک سر یک میلهٔ نارسانای سبک افقی یک گوی باردار مثبت کوچک و در سر دیگر آن یک قرص قرار دارد، درحالی که میلهٔ نارسانا از وسط توسط یک رشته سیم کشسان و نازک آویخته شده است. یک گوی مشابه با بار منفی از حفره‌ای به داخل استوانهٔ شیشه‌ای برده می‌شود. گوی با بار منفی گوی با بار مثبت را می‌رباید و سبب چرخش میله می‌شود. با اندازه‌گیری زاویه پیچش میله نیروی بین دو بار را می‌توان اندازه‌گیری کرد و کولن توانست با این روش نیروی الکتریکی بین دو بار و عوامل مؤثر بر آن را به‌دست آورد.



۳۱ A **۱** فرض کنید که بار نقطه‌ای q_1 و q_2 در فاصلهٔ d بر هم نیروی F را وارد می‌کنند. نیروی بین دوبار را برای فاصله‌های $2d$، $3d$، $4d$ و ... به‌دست می‌آوریم سپس با نقطه‌یابی نمودار F را برحسب d رسم می‌کنیم.

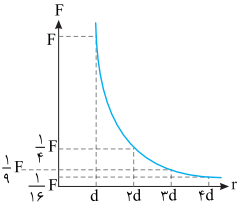
$$F=\frac{kq_1q_2}{d^2},\ r=2d\Rightarrow F'=\frac{kq_1q_2}{4d^2}\Rightarrow F'=\frac{1}{4}F$$

$$r=3d\Rightarrow F''=\frac{kq_1q_2}{9d^2}\Rightarrow F''=\frac{1}{9}F$$

$$r=4d\Rightarrow F'''=\frac{kq_1q_2}{16d^2}\Rightarrow F'''=\frac{1}{16}F$$

بنابراین گزینهٔ (۱) درست است.

البته می‌توان گفت که گزینه‌های (۲) و (۳) مربوط به تابع خطی $(y=ax+b)$ است پس نمی‌تواند جواب باشد و باید نمودار منحنی باشد البته منحنی که با افزایش d باید F کم شود، بنابراین گزینه (۴) نادرست و گزینهٔ (۱) درست است.



۳۲ A **۲** اندازهٔ نیرویی که این دو بار بر هم وارد می‌کنند ۴۰N است. با توجه به قانون کولن می‌توان اندازهٔ نیروی الکتریکی را بررسی کرد:

$$F=k\frac{|q_1||q_2|}{r^2}\Rightarrow 40=9\times10^9\times\frac{1\times10^{-6}\times4\times10^{-6}}{r^2}\Rightarrow r^2=\frac{9\times10^9\times4\times10^{-12}}{40}$$

$$\Rightarrow r^2=9\times10^{-4}\Rightarrow r=3\times10^{-2}m=3cm$$

۳۳ A **۴** با توجه به قانون کولن $(F=k\frac{q_1q_2}{r^2})$ خواهیم داشت:

$$0/02=9\times10^9\times\frac{(q_1)(5q_1)}{3^2}\Rightarrow q_1^2=4\times10^{-12}\Rightarrow q_1=2\times10^{-6}C\Rightarrow q_1=2\mu C$$

۳۴ A **۲** **خط فکری:** ابتدا وزن هر پروتون را به‌دست آورده و در گام بعد، با توجه به صورت تست اندازهٔ آن را برابر نیروی کولنی (یعنی $k\frac{q_1q_2}{r^2}$) قرار می‌دهیم. وزن هر پروتون برابر است با:

$$W=mg\Rightarrow W=1/6\times10^{-27}\times10=1/6\times10^{-26}N$$

نیروی الکتریکی و نیروی وزن با هم برابرند:

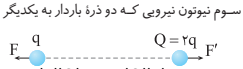
$$F_e=W\Rightarrow k\frac{q_1q_2}{r^2}=1/6\times10^{-26}\xrightarrow[k=9\times10^9N.m^2/C^2]{\text{بار هر پروتون }1/6\times10^{-19}C}$$

$$9\times10^9\times\frac{1/6\times1/6\times10^{-38}}{r^2}=1/6\times10^{-26}$$

$$r^2=\frac{9\times10^9\times1/6\times1/6\times10^{-38}}{1/6\times10^{-26}}=9\times1/6\times10^{-3}\Rightarrow r^2=9\times16\times10^{-4}$$

$$\Rightarrow r=3^2\times4^2\times(10^{-2})^2\Rightarrow r=3\times4\times10^{-2}m=0/12m=12cm$$

۳۵ A **۲** **خط فکری:** بنا بر قانون سوم نیوتون نیرویی که دو ذرهٔ باردار به یکدیگر وارد می‌کنند، با هم برابر است.



$$F=k\frac{|q||Q|}{r^2},\ F'=k\frac{|Q||q|}{r^2}\Rightarrow F=F'$$

۳۶ A **۴** **خط فکری:** هر وقت در سؤالی نیرو و شتاب گفته شده بود حواستان به قانون دوم نیوتون $(F=ma)$ باشد.

اندازهٔ نیروی الکتریکی که دو ذرهٔ A و B بر هم وارد می‌کنند یکسان و برابر $F=k\frac{q_Aq_B}{r^2}$ است. این نیرو به هر دو ذره وارد می‌شود، با توجه به قانون دوم نیوتون شتاب هر ذره را حساب می‌کنیم:

$$\begin{cases}F=m_Aa_A\\F=m_Ba_B\end{cases}\Rightarrow m_Aa_A=m_Ba_B\Rightarrow\frac{a_A}{a_B}=\frac{m_B}{m_A}\Rightarrow\frac{a_A}{a_B}=\frac{2m_A}{m_A}=2$$

۳۷ A **۳** بار q_1 بر بار $2q_1$ نیروی ۲۰N وارد می‌کند، بنا به قانون سوم نیوتون بار $2q_1$ نیز بر بار q_1 همان نیروی ۲۰N را در خلاف جهت وارد می‌کند، بنابراین بردار نیروی q_1 بر $2q_1$ را رسم می‌کنیم سپس یک بردار در خلاف جهت آن می‌کشیم. با توجه به شکل نیرویی که $2q_1$ بر q_1 وارد می‌کند در جهت جنوب غربی است.

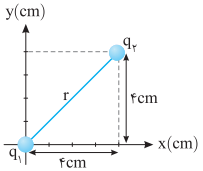
نتیجه‌گیری کلی: نیرویی که دو ذرهٔ q_1 و q_2 بر هم وارد می‌کنند هم‌اندازه و خلاف جهت هم‌اند، یعنی اگر نیرویی که q_1 بر q_2 وارد می‌کند به سمت راست باشد، نیرویی که q_2 بر q_1 وارد می‌کند به سمت چپ است.

A ۳۸ ۲ **خط فکری:** برای به‌دست آوردن نیروی بین دو ذره باردار باید بار هر دو ذره و فاصلهٔ بین آن‌ها را داشته باشیم. بار هر دو ذره را داریم و در شکل داده شده فاصلهٔ دو بار q_1 و q_2 وتر مثلث قائم‌الزاویه متساوی‌الساقینی به ساق‌های $4cm$ بوده که به کمک رابطهٔ فیثاغورس r را به‌دست می‌آوریم.

$$r=\sqrt{4^2+4^2}=4\sqrt{2}\,cm$$

با توجه به قانون کولن، F خواهد شد:

$$F=k\frac{q_1q_2}{r^2}\Rightarrow F=9\times10^9\times\frac{8\times10^{-6}\times4\times10^{-6}}{32\times10^{-4}}=9N$$



A ۳۹ ۱ **خط فکری:** در این مسئله باید از قانون کولن $F=k\frac{|q_1||q_2|}{r^2}$ استفاده کنیم اما اندازهٔ نیروی F را در اختیار نداریم بلکه بردار آن برحسب $\vec{i}$ و $\vec{j}$ داده شده است از این‌رو، ابتدا باید مقدار F را به‌دست آوریم:

یادآوری ریاضی: $\vec{F}=F_x\vec{i}+F_y\vec{j}\Rightarrow F=\sqrt{F_x^2+F_y^2}$

اکنون به حل مسئله می‌پردازیم:

$$\vec{F}=6\vec{i}+2\sqrt{7}\vec{j}\Rightarrow|\vec{F}|=\sqrt{(6)^2+(2\sqrt{7})^2}=\sqrt{(36+28)}=\sqrt{(64)}=8N$$

حال با استفاده از قانون کولن و داشتن اندازهٔ نیرو و بارها، فاصلهٔ دو بار را حساب می‌کنیم:

$$|\vec{F}|=k\frac{q_1q_2}{r^2}\Rightarrow8=9\times10^9\times\frac{64\times10^{-6}\times72\times10^{-6}}{r^2}\Rightarrow r^2=9\times10^{-4}$$

$$\Rightarrow r=3\times10^{-2}m\Rightarrow r=3cm$$

A ۴۰ ۱ **راه‌حل اول:** قانون کولن را در دو حالت نوشته و بر هم تقسیم می‌کنیم:

$$F=\frac{kq_1q_2}{r^2},\ F'=\frac{kq_1q_2}{r'^2}\Rightarrow\frac{F'}{F}=\left(\frac{r}{r'}\right)^2\Rightarrow\frac{6}{54}=\left(\frac{6/4}{r'}\right)^2$$

$$\Rightarrow\frac{1}{3}=\frac{6/4}{r'}\Rightarrow r'=1/2m\ ,\quad \Delta r=120-40=80cm$$

راه‌حل دوم: خط فکری: نیروی کولنی با فاصله رابطهٔ عکس و مجذوری دارد یعنی اگر فاصله دو برابر شود نیرو $\frac{1}{4}$ برابر خواهد شد. با توجه به سؤال، نیرو از $54N$ به $6N$ رسیده یعنی نیرو $\frac{1}{9}$ برابر شده، پس فاصلهٔ دو بار از هم سه برابر شده است.

$$r_2=3r_1\xrightarrow{r_1=40cm}r_2=120cm$$

در این صورت ذره‌ها را باید $r_2-r_1=120-40=80cm$ از هم دور کنیم.

تست ۸ بار الکتریکی $8\mu C$ از فاصلهٔ r بر بار $2\mu C$ نیروی F را وارد می‌کند. بار $2\mu C$ در چه فاصله‌ای بر بار $8\mu C$ نیرویی با اندازهٔ $2F$ وارد می‌کند؟ تجربی - ۸۵

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

گزینهٔ ۴ ✓

A ۴۱ ۲ **خط فکری:** در این تست‌ها باید با توجه به قانون کولن، نیروی الکتریکی را در دو حالت به‌دست آورده و با تقسیم آن‌ها نسبت خواسته شده را به‌دست آوریم. بارهای اولیه را q_1 و q_2 و فاصلهٔ دو بار را r می‌گیریم. در این صورت نیرویی که دو بار در حالت اول به هم وارد می‌کنند برابر است با: $F=k\frac{q_1q_2}{r^2}$

در حالت دوم اندازهٔ هر بار سه برابر شده پس $q_1'=3q_1$ و $q_2'=3q_2$ و فاصلهٔ دو بار سه برابر شده بنابراین $r'=3r$ است. نیرو در حالت دوم خواهد شد:

$$F'=k\frac{|q_1'||q_2'|}{(r')^2}\Rightarrow F'=k\frac{(3q_1)(3q_2)}{(3r)^2}\Rightarrow F'=k\frac{q_1q_2}{r^2}\Rightarrow F'=F$$

تست ۹ دو ذرهٔ باردار مشابه با بار الکتریکی یکسان در فاصلهٔ a از یکدیگر قرار دارند. در چه تعداد از تغییرات طرح شده، نیروی الکتریکی دو بار بر یکدیگر $\frac{1}{9}$ برابر می‌شود؟

الف) یکی از بارها را دو برابر و بار دیگر را نصف، سپس فاصلهٔ دو ذره را سه برابر کنیم. / ب) فقط یکی از بارها را به $\frac{1}{4}$ مقدار اولیهٔ آن رسانده و فاصلهٔ دو ذره را $\frac{3}{2}$ برابر کنیم. / پ) بار هر ذره را $\frac{1}{3}$ و فاصلهٔ آن‌ها را سه برابر کنیم.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) صفر

گزینهٔ ۲ ✓

A ۴۲ ۲ نیروی بین دو بار الکتریکی را در حالت اول و حالت دوم به‌دست آورده و بر هم تقسیم می‌کنیم:

حالت اول: $F=k\frac{q_1q_2}{r^2}\xrightarrow{q_1=q_2}0/02=k\frac{q^2}{r^2}$

حالت دوم: $F'=k\frac{q_1'q_2'}{r'^2}\xrightarrow[r'=r]{q_1'=q,\,q_2'=q+2}0/03=k\frac{q(q+2)}{r^2}$

$$\frac{F'}{F}=\frac{k\frac{q(q+2)}{r^2}}{k\frac{q^2}{r^2}}\Rightarrow\frac{0/03}{0/02}=\frac{q^2+2q}{q^2}\Rightarrow\frac{3}{2}=\frac{q^2+2q}{q^2}\Rightarrow3q^2=2q^2+4q$$

$$\Rightarrow q=4\mu C$$

A ۴۳ ۱ نیروی بین دو بار در حالت اول برابر است با:

$$F=k\frac{|q_1||q_2|}{r^2}\Rightarrow F=k\times\frac{2\times2}{r^2}=k\frac{4}{r^2}$$

در حالت دوم، نصف بار یکی از کره‌ها را به دیگری منتقل کرده‌ایم، در این صورت اگر نصف بار $q_1=2\mu C$ یعنی $1\mu C$ را به $q_2=-2\mu C$ اضافه کنیم، خواهیم داشت:

$$q_1'=2-1=1\mu C\ ,\quad q_2'=-2+(1)=-1\mu C\ ,\quad r'=\frac{r}{2}\Rightarrow F'=k\times\frac{1\times1}{\frac{r^2}{4}}=k\frac{4}{r^2}$$

در این صورت $F'=F$ می‌شود و خواهیم داشت: $\frac{F'}{F}=1$

A ۴۴ ۳ نیروی بین دو بار ٪۶۹ افزایش یافته در این صورت:

$$F'=F+0/69F=1/69F\Rightarrow\frac{kq_1q_2}{d'^2}=1/69\times k\frac{q_1q_2}{d^2}\Rightarrow d'=\frac{1}{1/3}d$$

تغییرات فاصله $(d'-d)$ خواسته شده است از این‌رو خواهیم داشت:

$$\Delta d=d'-d=\frac{1}{1/3}d-d=-\frac{0/3}{1/3}d=\frac{-3}{13}d$$

توجه کنید که علامت منفی در تغییرات به معنی کاهش کمیت بوده و اگر تغییرات مثبت به‌دست آید یعنی کمیت افزایش یافته است.

B ۴۵ ۳ **خط فکری ۱:** ۲۵ درصد از بار q_1 یعنی $\frac{25}{100}q_1$ یا $\frac{1}{4}q_1$ را به بار q_2 منتقل کرده‌ایم، بنابراین ابتدا بارهای جدید هر یک را حساب می‌کنیم:

$$q_1'=q_1-\frac{1}{4}q_1=8-\frac{1}{4}\times8=6\mu C\ ,\ q_2'=q_2+\frac{1}{4}q_1=-5+\frac{1}{4}\times8=-3\mu C$$

نیرو را در دو حالت به‌دست می‌آوریم و بر هم تقسیم می‌کنیم.

$q_1=+8\mu C$ ——— $q_2=-5\mu C$ (فاصلهٔ r)

$q_1'=6\mu C$ ——— $q_2'=-3\mu C$ (فاصلهٔ r)

$$F_1=k\frac{|q_1||q_2|}{r^2}\ ,\quad F_2=k\frac{|q_1'||q_2'|}{r^2}\Rightarrow\frac{F_2}{F_1}=\frac{k\frac{|q_1'||q_2'|}{r^2}}{k\frac{|q_1||q_2|}{r^2}}=\frac{|q_1'||q_2'|}{|q_1||q_2|}=\frac{60\times30}{80\times50}=\frac{9}{20}\Rightarrow F_2=\frac{9}{20}F_1$$

خط فکری ۲: درصد تغییرات نیرو برابر $\frac{\Delta F}{F_1}\times ۱۰۰$ است که اگر حاصل آن مثبت باشد یعنی نیرو به اندازهٔ a درصد افزایش یافته و اگر حاصل آن منفی باشد یعنی نیرو به اندازهٔ a درصد کاهش یافته است:

$$\frac{\Delta F}{F_1}\times ۱۰۰=\frac{F_۲-F_1}{F_1}\times ۱۰۰=\frac{\frac{۹}{۲۰}F_1-F_1}{F_1}\times ۱۰۰=-\frac{۱۱}{۲۰}\times ۱۰۰=-۵۵٪$$

$\Rightarrow$ نیرو ۵۵ درصد کاهش یافته است

A ۴۶ ۱ با توجه به سؤال $\frac{۲۵}{۱۰۰}=\frac{۱}{۴}$ بار q_1 را برداشته و به بار $q_۲$ اضافه کرده‌ایم، بنابراین:

$$q'_1=q_1-\frac{۲۵}{۱۰۰}q_1=۸-\frac{۱}{۴}\times ۸=۶\mu C\,,\ q'_۲=q_۲+\frac{۱}{۴}q_1=q_۲+\frac{۱}{۴}\times ۸\Rightarrow q'_۲=q_۲+۲$$

نیروی بین دو بار ۵۰ درصد افزایش یافته پس: $F'=F+۵۰٪F=\frac{۳}{۲}F$

حال نیرویی الکتریکی را در دو حالت با توجه به قانون کولن $(\frac{kq_1q_۲}{r^۲})$ به دست آورده و برهم تقسیم می‌کنیم تا ثابت کولن (k) و فاصلهٔ دو بار که در دو حالت یکسان می‌ماند، با هم ساده شوند.

$$F=k\frac{q_1q_۲}{r^۲}\Rightarrow F=k\frac{(۸)q_۲}{r^۲}\,,\ F'=k\frac{q'_1q'_۲}{r^۲}\Rightarrow F'=k\frac{(۶)(q_۲+۲)}{r^۲}$$

$$\Rightarrow\frac{F}{F'}=\frac{F}{\frac{۳}{۲}F}=\frac{۸q_۲}{۶(q_۲+۲)}\Rightarrow\frac{۲}{۳}=\frac{۴}{۳}(\frac{q_۲}{q_۲+۲})\Rightarrow ۲q_۲=q_۲+۲\Rightarrow q_۲=۲\mu C$$

تست ۱۰ دو بار q در فاصلهٔ r، یکدیگر را با نیروی F دفع می‌کنند. چند درصد از بار یکی را برداشته و به دیگری بیفزاییم تا در همان فاصلهٔ r یکدیگر را با نیروی $۰/۸۴F$ دفع کنند؟ آزمون مدارس برتر

۱) ۱۶ ۲) ۳۶ ۳) ۴۰ ۴) ۶۰ گزینهٔ ۳ ✓

B ۴۷ ۱ ۲۵ درصد از اندازهٔ بار هر دو ذره کاهش یافته است یعنی اندازهٔ هر دو بار به اندازهٔ $\frac{۲۵}{۱۰۰}=\frac{۱}{۴}$ بارشان کاهش می‌یابد. دقت کنید برای بار $q_۲=-۶۰\mu C$ اندازهٔ بار $۶۰\mu C$ بوده که اگر $\frac{۱}{۴}$ از آن کاسته شود، اندازهٔ بار $۴۵\mu C$ خواهد شد:

$$|q'_۲|=|q_۲|-\frac{۲۵}{۱۰۰}|q_۲|=۳۰\mu C\ ,\ |q'_1|=|q_1|-\frac{۲۵}{۱۰۰}|q_1|=+۴۵\mu C$$

بنابراین چون بار q_1 مثبت است بار q'_1 برابر $+۳۰\mu C$ شده و چون بار $q_۲$ منفی بوده بار $q'_۲$ نیز $-۴۵\mu C$ است. فاصلهٔ دو ذره تغییر نکرده پس با داشتن بار اولیهٔ آن‌ها، نیروی الکتریکی اولیه و با داشتن بار ثانویهٔ آن‌ها، نیروی الکتریکی ثانویه را حساب کرده تا بتوانیم تغییرات نیروی الکتریکی را به‌دست آوریم:

$$F=k\frac{|q_1||q_۲|}{r^۲}\Rightarrow F=k\times\frac{۴۰\times۶۰\times۱۰^{-۱۲}}{r^۲}$$

$$F'=k\frac{|q'_1||q'_۲|}{r^۲}\Rightarrow F'=k\times\frac{۳۰\times۴۵\times۱۰^{-۱۲}}{r^۲}$$

درصد تغییرات برابر است با:

$$\frac{\Delta F}{F}\times ۱۰۰=\text{درصد تغییرات نیروی الکتریکی}$$

$$\Rightarrow\frac{F'-F}{F}\times ۱۰۰=\frac{k\times۱۰^{-۱۲}(۱۳۵۰-۲۴۰۰)}{k\times\frac{۲۴۰۰\times۱۰^{-۱۲}}{r^۲}}=-۴۳/۷۵٪$$

A ۴۸ ۲ **خط فکری:** می‌توان اثبات کرد، حاصل‌ضرب دو عدد که مجموع ثابتی دارند وقتی بیشینه است که دو عدد برابر باشند. در اینجا هم بار بین دو ذره منتقل می‌شود پس مجموع بار دو ذره ثابت می‌ماند (پایستگی بار) و برای اینکه نیرویی که دو ذره به‌هم وارد می‌کنند $(k\frac{q_1q_۲}{r^۲})$ بیشینه شود باید $q_1q_۲$ بیشینه شود.

برای آن که نیرو بیشینه شود باید $q'_1=q'_۲=\frac{q_1+q_۲}{۲}$ باشد:

$$q'_1=q'_۲=\frac{q_1+۲q_1}{۲}=\frac{۳}{۲}q_1$$

حال درصد تغییرات بار $q_۲$ را حساب می‌کنیم:

$$\frac{\Delta q_۲}{q_۲}\times ۱۰۰=\frac{q'_۲-q_۲}{q_۲}\times ۱۰۰=\frac{-\frac{۱}{۲}q_1}{۲q_1}\times ۱۰۰=-۲۵٪$$

A ۴۹ ۴ بنا به اصل پایستگی بار الکتریکی خواهیم داشت:

$$q'_1+q'_۲=q_1+q_۲\Rightarrow q'_1+q'_۲=(۰/۲)+(-۶/۲)=-۶\mu C$$

بارهای q'_1 و $q'_۲$ با هم برابرند زیرا دو کره رسانا و مشابه هستند.

$$۲q'_۲=-۶\mu C\Rightarrow q'_1=-۳\mu C$$

در این صورت مقدار بار جابه‌جا شده برابر است با:

$$|\Delta q_۲|=|q_۲|-|q'_۲|=|-۶/۲|-|-۳|=۳/۲\mu C$$

اکنون تعداد الکترون‌های جابه‌جا شده را به‌دست می‌آوریم:

$$q=ne\Rightarrow ۳/۲\times۱۰^{-۶}=n\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\Rightarrow n=۲\times۱۰^{۱۳}$$ الکترون

نسبت نیروها در دو حالت خواهد شد:

$$\frac{F'}{F}=\frac{k\frac{|q'_1||q'_۲|}{r'^۲}}{k\frac{|q_1||q_۲|}{r^۲}}\Rightarrow\frac{F'}{F}=|\frac{q'_1}{q_1}|\times|\frac{q'_۲}{q_۲}|\times\frac{r^۲}{r'^۲}\xrightarrow[r=d]{r'=۲d}$$

$$\frac{F'}{۲/۴۸}=(\frac{۳}{۰/۲})(\frac{۳}{۶/۲})(\frac{d}{۳d})^۲\Rightarrow F'=۲N$$

تست ۱۱ دو کرهٔ کوچک فلزی یکسان که دارای بار الکتریکی $۲q$ و $-۳q$ می‌باشند از فاصلهٔ d بر هم نیروی F_1 را وارد می‌کنند. دو کره را با هم تماس داده، سپس در همان فاصله قرار می‌دهیم. در این حالت دو کره بر هم نیروی $F_۲$ وارد می‌کنند. $|\frac{F_۲}{F_1}|$ برابر کدام است؟

۱) $\frac{۱}{۱۲}$ ۲) $\frac{۱}{۶}$ ۳) $\frac{۱}{۲۴}$ ۴) $\frac{۱}{۳}$ گزینهٔ ۳ ✓

A ۵۰ ۲ **راه‌حل اول:** نیروی اولیهٔ بین دو گلوله ربایشی است. در نتیجه بار آن‌ها در ابتدا ناهمنام است. پس از تماس آن دو با هم بار هر دو برابر می‌شود:

$$q'_1=q'_۲=\frac{q_1+q_۲}{۲}=+۳\mu C\Rightarrow q_1+q_۲=+۶\mu C=۶\times۱۰^{-۶}C$$

از طرفی با توجه به فرض مسأله و قانون کولن خواهیم داشت:

$$F=k\frac{q_1q_۲}{r^۲}\Rightarrow -۴=۹\times۱۰^۹\frac{q_1q_۲}{۹\times۱۰^{-۲}}\Rightarrow q_1q_۲=-۴\times۱۰^{-۱۱}=-۴۰\times۱۰^{-۱۲}C^۲$$

با توجه به خاصیت معادلهٔ درجهٔ دوم می‌توان q_1 و $q_۲$ را ریشه‌های یک معادلهٔ درجهٔ دوم دانست که حاصل‌ضرب دو ریشه -۴۰×۱۰^{-۱۲} و حاصل‌جمع آن‌ها $+۶\times۱۰^{-۶}$ شده است و معادله را نوشت:

$$q^۲-۶\times۱۰^{-۶}q-۴۰\times۱۰^{-۱۲}=۰\Rightarrow q=\frac{+۳\times۱۰^{-۶}\pm\sqrt{۹\times۱۰^{-۱۲}+۴۰\times۱۰^{-۱۲}}}{۱}$$

$$\Rightarrow q=۳\times۱۰^{-۶}\pm۷\times۱۰^{-۶}\Rightarrow\begin{cases}q_1=۱۰\times۱۰^{-۶}=+۱۰\mu C\\ q_۲=-۴\times۱۰^{-۶}=-۴\mu C\end{cases}$$

راه‌حل دوم: در این روش با توجه به اینکه در فرض مسأله نیروی جاذبه ۴N است،

داریم: $F=k\frac{q_1q_2}{r^2}\Rightarrow -4=9\times10^9\times\frac{q_1q_2}{9\times10^{-2}}\Rightarrow q_1q_2=-4\times10^{-12}C^2$

اکنون از گزینه‌ها کمک می‌گیریم، تنها گزینه‌ای که حاصل‌ضرب اعداد آن $-4\times10^{-12}C^2$ می‌شود، گزینهٔ (۲) است.

A ۵۱ ۴ دربارهٔ اندازهٔ دو کرهٔ فلزی و نوع بار دو کره در صورت مسأله، اطلاعاتی داده نشده است. از این‌رو نمی‌توان در مورد رابطهٔ نیروی F و F' اظهار نظر قطعی کرد و گزینهٔ (۴) پاسخ درست است.

A ۵۲ ۴ خط فکری: نیرو کمیتی برداری است که هم جهت دارد و هم اندازه:

۱- اندازهٔ نیروهای وارد بر هر ذره به‌وسیلهٔ قانون کولن $k\frac{|q_1||q_2|}{r^2}$ به‌دست می‌آید.

۲- اگر نیروهای وارد بر یک ذره:

الف) هم‌جهت باشند $F_T=F_1+F_2$ و بردار برایند در جهت نیروهای F_1 و F_2 است.

ب) خلاف جهت باشند $F_T=|F_1-F_2|$ و بردار برایند در جهت نیروی بزرگ‌تر است.

بارهای A و C ناهمنام‌اند پس نیروی بین آن‌ها ربایشی است.

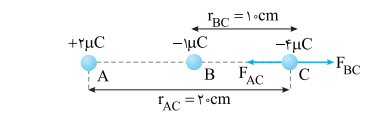
بارهای B و C همنام‌اند پس نیروی بین آن‌ها رانشی است.

حال با استفاده از قانون کولن، اندازهٔ نیروی F_{AC} و F_{BC} را به‌دست می‌آوریم:

$$|\vec{F}_{BC}|=k\frac{|q_B||q_C|}{r_{BC}^2}=9\times10^9\times\frac{1\times10^{-6}\times4\times10^{-6}}{100\times10^{-4}}=3/6N$$

$$|\vec{F}_{AC}|=k\frac{|q_A||q_C|}{r_{AC}^2}=9\times10^9\times\frac{2\times10^{-6}\times4\times10^{-6}}{400\times10^{-4}}=1/8N$$

این دو نیرو خلاف جهت هم‌اند و اندازهٔ برایند آن‌ها برابر $|\vec{F}_T|=|\vec{F}_{BC}-\vec{F}_{AC}|=3/6-1/8=1/8N$ و جهت آن در جهت بردار نیروی بزرگ‌تر $(\vec{F}_{BC})$ است.

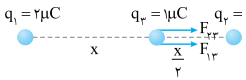


تست ۱۲ در همین تست، اندازه نیروی خالص وارد بر ذرهٔ B چند نیوتون است؟

۱) ۱/۸ ← ۲) ۰/۱۸

۳) ۰/۵۴ ← ۴) ۰/۵۴ ← گزینهٔ ۳ ✓

A ۵۳ ۲ با توجه به نوع بارها جهت نیرویی که ذره‌های q_1 و q_2 بر بار q_3 وارد می‌کنند مطابق شکل در یک جهت هستند و برایند نیروهای وارد بر q_3 برابر جمع دو نیروی $\vec{F}_{23}$ و $\vec{F}_{13}$ است:



$$F_{23}+F_{13}=45N\xrightarrow{F=k\frac{|q||q'|}{r^2}}k\frac{|q_2||q_3|}{(\frac{x}{2})^2}+k\frac{|q_1||q_3|}{x^2}=45$$

$$9\times10^9\times\frac{4\times10^{-6}\times1\times10^{-6}}{\frac{x^2}{4}}+9\times10^9\times\frac{2\times10^{-6}\times1\times10^{-6}}{x^2}=45$$

$$\xrightarrow[\text{از }9\times10^9\text{ و }10^{-12}\text{ فاکتور می‌گیریم}]{\text{در سمت چپ معادله}}9\times10^9\times10^{-12}(\frac{16}{x^2}+\frac{2}{x^2})=45$$

$$9\times10^{-3}(\frac{18}{x^2})=45\xrightarrow{\text{طرفین وسطین}}9\times10^{-3}\times18=45x^2$$

$$\Rightarrow3/6\times10^{-3}=x^2\Rightarrow36\times10^{-4}=x^2\Rightarrow x=\sqrt{36\times10^{-4}}=6\times10^{-2}m=6cm$$

B ۵۴ ۴ خط فکری: در این سؤال برخلاف سؤال‌های قبل که یک مجهول داشتیم با دو مجهول سروکار داریم. ۱- علامت باری که در نقطهٔ A قرار گرفته و ۲- اندازهٔ این بار. بنابراین برای حل سؤال دو حالت در نظر می‌گیریم:

۱) بار q_1 مثبت باشد: بار q_1 و q همنام‌اند پس F_1 نیروی دافعه و بار q_2 و q ناهمنام‌اند پس F_2 نیروی جاذبه است:

$$F_1=k\frac{|q_1||q|}{r_1^2}\Rightarrow F_1=9\times10^9\times\frac{0/1\times10^{-6}\times q}{225\times10^{-4}}\Rightarrow F_1=\frac{9\times10^6q}{225}=\frac{q\times10^6}{25}$$

$$F_2=k\frac{|q_2||q|}{r_2^2}\Rightarrow F_2=9\times10^9\times\frac{0/1\times10^{-6}\times q}{25\times10^{-4}}\Rightarrow F_2=\frac{9\times10^6q}{25}$$

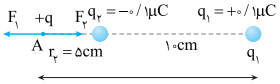
نیروهای F_1 و F_2 خلاف جهت هم‌اند پس نیروی خالص وارد بر q حاصل تفاضل این دو نیرو است:

$$|\vec{F}_T|=|\vec{F}_2-\vec{F}_1|\Rightarrow1/6\times10^{-2}=\frac{9\times10^6q}{25}-\frac{q\times10^{+6}}{25}$$

$$1/6\times10^{-2}=\frac{q\times10^6}{25}(9-1)\Rightarrow1/6\times10^{-2}=\frac{q\times10^6}{25}\times8$$

$$\xrightarrow[\text{q را در یک طرف معادله تنها نگه می‌داریم}]{\text{با طرفین وسطین کردن}}q=\frac{1/6\times10^{-2}\times25}{8\times10^6}$$

$$=5\times10^{-8}C=0/05\mu C$$

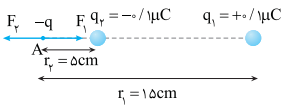


۲) بار q منفی باشد: با توجه به تغییر بار q، جهت نیروهای F_1 و F_2 تغییر می‌کند امّا اندازهٔ این نیروها تغییر نخواهد کرد. دقت کنید که چون بار q منفی است پس در قانون کولن $|q|$ را قرار می‌دهیم:

$$F_1=k\frac{q_1|q|}{r^2}=\frac{|q|\times10^6}{25},F_2=k\frac{|q_2||q|}{r_2^2}=\frac{|q|\times9\times10^6}{25}\Rightarrow|\vec{F}_T|=|\vec{F}_2-\vec{F}_1|$$

$$\Rightarrow1/6\times10^{-2}=\frac{9\times10^6\times|q|}{25}-\frac{10^6\times|q|}{25}\Rightarrow|q|=5\times10^{-8}C=0/05\mu C$$

چون فرض کردیم q منفی است بنابراین $q=-0/05\mu C$.

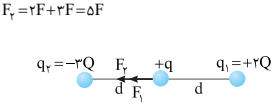


A ۵۵ ۳ خط فکری: با توجه به قانون کولن، نیروی الکتریکی بین دو ذرهٔ باردار با بار هر ذره رابطه مستقیم دارد. پس اگر بار یکی از ذره‌ها دو برابر شود نیروی الکتریکی بین آن‌ها نیز دو برابر خواهد شد.

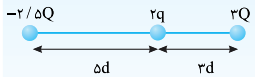
در فاصلهٔ d نیرویی که بار $+Q$ بر بار $+q$ وارد می‌کند F است. بنابراین نیرویی که بار $+2Q$ بر بار $+q$ در همان فاصلهٔ d وارد می‌کند $F_1=2F$ و نیرویی که بار $-3Q$ بر بار $+q$ در همان فاصلهٔ d وارد می‌کند، $F_2=3F$ است.

نیروهای F_1 و F_2 هم‌جهت بوده و با هم جمع می‌شوند.

$$F_T=F_1+F_2=2F+3F=5F$$



تست ۱۳ اگر اندازهٔ نیرویی که بار نقطه‌ای Q از فاصلهٔ d بر بار نقطه‌ای q وارد می‌کند برابر F باشد، در شکل روبه‌رو برایند نیروهای وارد بر بار نقطه‌ای ۲q چند برابر F است؟



۱) $\frac{۱۳}{۳}$
۲) $\frac{۵}{۸}$
۳) $\frac{۸}{۳}$
۴) $\frac{۱۳}{۱۵}$

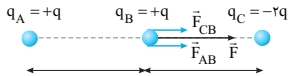
گزینهٔ ۴ ✓

B ۵۶ ۲ **خط فکری:** هرگاه مسئله در دو حالت مختلف به ما اطلاعات بدهد، در هر حالت مسئله را حل می‌کنیم و سپس با هم مقایسه می‌کنیم.

حالت اول: بارهای A و B مثبت‌اند و یکدیگر را دفع می‌کنند و بارهای B و C ناهمنام‌اند و یکدیگر را جذب می‌کنند. بنابراین نیروهای F_{AB} و F_{CB} هم‌جهت با یکدیگرند و $F=F_{AB}+F_{CB}$ است.

$$F=F_{AB}+F_{CB}\Rightarrow F=k\frac{|q_A||q_B|}{a^۲}+k\frac{|q_B||q_C|}{a^۲}$$
$$=k\frac{q^۲}{a^۲}+k\frac{۲q^۲}{a^۲}=۳k\frac{q^۲}{a^۲}$$

اندازهٔ $\vec{F}$: برایند برابر است
جهت $\vec{F}$: برایند نیز به سمت راست است



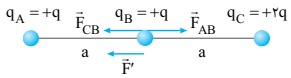
حالت دوم: بارهای A و B همنام‌اند و یکدیگر را دفع می‌کنند، همچنین بارهای C و B نیز در حالت دوم همنام‌اند و یکدیگر را دفع می‌کنند بنابراین F'_{AB} و F'_{CB} خلاف جهت هم‌اند و برایند نیروهای وارد بر بار B در حالت دوم برابر است با:

$$F'=|F'_{CB}-F'_{AB}|\Rightarrow F'=k\frac{۲q^۲}{a^۲}-k\frac{q^۲}{a^۲}=k\frac{q^۲}{a^۲}$$

اندازهٔ $\vec{F}'$: چون اندازهٔ نیروی F'_{CB} بزرگ‌تر است برایند
جهت $\vec{F}'$: نیروها در جهت $\vec{F}'_{CB}$ و به سمت چپ خواهد بود

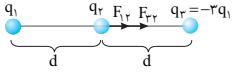
همان‌طور که به‌دست آوردیم اندازه $\vec{F}'$، $\frac{۱}{۳}$ اندازهٔ $\vec{F}$ و خلاف جهت آن است از این‌رو:

$$\vec{F}'=-\frac{۱}{۳}\vec{F}$$



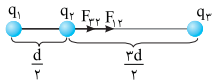
A ۵۷ ۲ اگر ذرهٔ $q_۱$ را مثبت در نظر بگیریم، ذرهٔ $q_۳$ منفی خواهد شد و نیروی خالص وارد بر ذرهٔ $q_۲$ در حالت اول به‌صورت زیر است:

$$F_{۳۲}=k\frac{q_۲q_۳}{r^۲}=\frac{۳kq_۲q_۱}{d^۲},F_{۱۲}=k\frac{q_۱q_۲}{r^۲}=\frac{kq_۱q_۱}{d^۲}$$
$$\Rightarrow\vec{F}_T=\vec{F}_{۳۲}+\vec{F}_{۱۲}=\frac{۳kq_۱q_۲}{d^۲}+\frac{kq_۱q_۲}{d^۲}=\frac{۴kq_۱q_۲}{d^۲}\Rightarrow F=\frac{۴kq_۱q_۲}{d^۲}$$

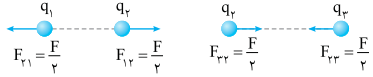


حال اگر $q_۲$ را به اندازهٔ $\frac{d}{۲}$ به بار $q_۱$ نزدیک کنیم داریم:

$$F_{۱۲}=\frac{kq_۱q_۲}{(r')^۲}=\frac{kq_۱q_۲}{(\frac{d}{۲})^۲}=۴k\frac{q_۱q_۲}{d^۲},F_{۳۲}=\frac{kq_۱q_۳}{(r'')^۲}=\frac{۳kq_۱q_۲}{(\frac{۳}{۲}d)^۲}=\frac{۴}{۳}k\frac{q_۱q_۲}{d^۲}$$
$$\Rightarrow\vec{F}'_T=\vec{F}_{۳۲}+\vec{F}_{۱۲}=\frac{۴kq_۱q_۲}{d^۲}+\frac{۴}{۳}k\frac{q_۱q_۲}{d^۲}=\frac{۱۶}{۳}\frac{kq_۱q_۲}{d^۲}$$
$$\Rightarrow F'_T=\frac{۱۶}{۳}k\frac{q_۱q_۲}{d^۲}=\frac{۴}{۳}\times\underbrace{(۴k\frac{q_۱q_۲}{d^۲})}_{F}=\frac{۴}{۳}F$$



B ۵۸ ۳ نیرویی که $q_۲$ به $q_۱$ وارد کرده $\frac{F}{۲}$ و به سمت چپ است یعنی بار $q_۲$ بار $q_۱$ را می‌راند، بنابراین $q_۲$ و $q_۱$ همنام و هر دو مثبت‌اند، بنابراین $q_۱$ نیز بر بار $q_۲$ نیروی رانش $\frac{F}{۲}$ را به سمت راست وارد می‌کند. (دلیل این موضوع هم قانون سوم نیوتون است.) بار $q_۳$ نیز باید نیروی $\frac{F}{۲}$ به سمت راست را بر بار $q_۲$ وارد کند تا برایند نیروهای وارد بر $q_۲$، F و به سمت راست شود. بنابه قانون سوم نیوتون بار $q_۲$ به بار $q_۳$ همان نیروی $\frac{F}{۲}$ را به سمت چپ وارد می‌کند.



تست ۱۴ در تست بیان شده کدام گزینه در مورد بار $q_۳$ درست است؟

۱) $q_۳=\frac{۹}{۴}q$
۲) $q_۳=-\frac{۹}{۴}q$
۳) $q_۳=\frac{۴}{۹}q$
۴) $q_۳=-\frac{۴}{۹}q$

گزینهٔ ۲ ✓

B ۵۹ ۳ بر بار $q_۳$ دو نیروی $F_{۱۳}$ و $F_{۲۳}$ به ترتیب از طرف دو بار $q_۱$ و $q_۲$ وارد می‌شود. این دو نیرو اگر هم‌جهت باشند برایند آن‌ها از جمع دو بردار به‌دست می‌آید $(F_۳=F_{۱۳}+F_{۲۳})$ یعنی نیروی خالص وارد بر بار $q_۳$ از هر یک از دو نیروی $F_{۱۳}$ و $F_{۲۳}$ بزرگ‌تر است. در حالی که در صورت مسئله بیان شده که نیروی برایند وارد بر $q_۳$ با نیرویی که $q_۱$ بر $q_۳$ وارد می‌کند برابر است. $(F_۳=F_{۱۳})$ بنابراین دو نیروی $F_{۱۳}$ و $F_{۲۳}$ هم‌جهت نیستند و در خلاف جهت هم هستند و برایند آن‌ها از تفاضل‌شان به‌دست می‌آید. $F_۳=|F_{۱۳}-F_{۲۳}|$

از طرفی خلاف جهت هم بودن دو نیروی $F_{۱۳}$ و $F_{۲۳}$ بیان می‌کند که یکی از دو بار $q_۱$ و $q_۲$ بار $q_۳$ را دفع می‌کند و دیگری جذب؛ بنابراین بارهای $q_۱$ و $q_۲$ باید ناهمنام باشند، پس $q_۲$ قطعاً دارای بار منفی است. اکنون مقدار بار $q_۲$ را به‌دست می‌آوریم:

$$F_T=|F_{۲۳}-F_{۱۳}|\xrightarrow[\text{فرض مسئله}]{F_T=F_{۱۳}}F_{۱۳}=|F_{۲۳}-F_{۱۳}|$$
$$\Rightarrow\begin{cases}F_{۱۳}=F_{۲۳}-F_{۱۳}\Rightarrow F_{۲۳}=۲F_{۱۳} & (I)\\ -F_{۱۳}=F_{۲۳}-F_{۱۳}\Rightarrow F_{۲۳}=۰ & \text{غیرقابل قبول}\end{cases}$$

از قانون کولن در رابطهٔ (I) جای‌گذاری می‌کنیم:

$$F_{۲۳}=۲F_{۱۳}\Rightarrow k\frac{|q_۲||q_۳|}{r_{۲۳}^۲}=۲k\frac{|q_۱||q_۲|}{r_{۱۳}^۲}\Rightarrow\frac{|q_۲|}{l^۲}=۲\times\frac{۴\times۱۰^{-۶}}{۴l^۲}$$
$$\Rightarrow|q_۲|=۲\times۱۰^{-۶}C\Rightarrow q_۲=-۲\mu C$$