

درس نامه + پرسش‌های چهارگزینه‌ای + پاسخ‌های کاملاً تشریحی

ویژه رشته ریاضی

# فیزیک ۲

ویراست دوم

رضا خالو، امیرعلی میری



انتشارات  
انگه

### ویراست دوم

بی‌مقدمه شروع کنیم! اندیشیدن را، گوهر وجود آدمی و باعث جاودانگی بشر می‌دانیم. گالیله، نیوتون و اینشتین در پرتو اندیشیدن، به خورشیدهای بی‌غروب تبدیل شده‌اند.


با اعتقاد به این مطلب، در نوشتن این مجموعه تست نیز سعی ما بر این بود که نه با تکرار یک موضوع، که با فراهم آوردن ساختار منطقی بررسی یک موضوع به دانش‌آموز در مسیر یادگیری و اندیشیدن کمک کنیم.

با گذر از سال دهم و ورود به پایه یازدهم و نزدیک شدن به شرایط کنکور به نظر می‌رسد که باید دانش‌آموز تلاش بیشتری به خرج دهد و به یادگیری خود عمق بیشتری ببخشد. از این رو برای آسان‌تر شدن گذر شما از این مرحله کتاب یازدهم را با ویژگی‌های زیر تألیف کرده‌ایم.

۱ هر فصل به چند بخش و قسمت تقسیم شده است.


۲ هر بخش و قسمت شامل درس‌نامه‌ای خلاصه به همراه تست‌های آموزشی است. در درس‌نامه نیز بعد از هر تیپ سؤالی، شماره‌های تست‌های مشابه با آن از بخش تست‌های آموزشی ذکر شده است تا با استفاده از آن‌ها تسلط کامل نسبت به آن تیپ سؤالی پیدا کنید.

۳ تست‌های آموزشی بعد از درس‌نامه از ساده به دشوار چیده شده‌اند، که در این تست‌ها علاوه بر تست‌های تألیفی، تست‌هایی از کنکورهای سال‌های گذشته و آزمون‌های آزمایشی معتبر که متناسب با مطالب جدید کتاب درسی هستند، قرار گرفته است.

۴ در بخش تست‌های آموزشی برای برخی از تست‌ها که لازم دیده‌ایم تست‌های مشابهی در پاسخ گذاشته‌ایم تا اگر شما در این بخش نتوانستید تست موردنظر را حل کنید، بعد از خواندن پاسخ و فهم تست، تست شبیه به آن را خودتان حل کنید. پاسخ کلیدی این تست‌ها در پاسخ همان تست قرار دارد و می‌توانید پاسخ تشریحی آن را با اسکن QR Code ابتدای فصل یا با مراجعه به سایت الگو دریافت کنید. همچنین برای اینکه متوجه شوید که تست، شامل یک تست مشابه در پاسخ است، علامت  در کنار شماره تست قرار گرفته است.

۵ در پاسخ تست‌های مهم، بخشی به نام خط فکری قرار داده شده است، که به نوعی استراتژی حل تست و ایده‌های مهم تست در آن بیان شده است. بهتر است که اگر نتوانستید این تست‌ها را حل کنید ابتدا خط فکری آن را بخوانید، سپس خودتان باقی حل را انجام دهید.

۶ در پاسخ تست‌ها، سطح هر تست را مشخص کرده‌ایم؛ (A) تست‌های ساده، (B) تست‌های متوسط و (C) تست‌های دشوار را مشخص می‌کنند.

۷ برای مرور سریع فصل تست‌هایی را مشخص کرده‌ایم که با علامت  مشخص شده‌اند.

۸ برای هر بخش نیز تست‌های نسبتاً دشوار را که برای تفهیم بهتر مطالب به شما کمک می‌کنند به عنوان تست‌های سطح دوم قرار داده‌ایم. اگر تست‌های بخش آموزشی را حل کردید و دنبال تست‌های سخت‌تر هستید این تست‌ها را حل کنید. (البته بهتر است قبل از حل، از دبیر خود برای حل این بخش مشورت بگیرید.) پاسخ تست‌های این بخش را نیز با اسکن QR Code از ابتدای فصل یا با مراجعه به سایت الگو دریافت کنید. (پاسخنامه کلیدی این تست‌ها نیز در آخر کتاب آمده است.)

۹ در پایان هر فصل آزمون‌هایی تستی آورده‌ایم که می‌توانید با حل آن‌ها ضمن مرور مطالب، توانایی و مهارت خود را بسنجید. در پاسخ برخی از تست‌های آزمون، شماره تست‌های مشابه با آن تست را قرار داده‌ایم تا بعد از تصحیح آزمون، برای تحلیل آن به شما کمک کنند.

۱۰ در آخر کتاب هم سه آزمون جامع از کل مطالب فیزیک پایه یازدهم قرار داده‌ایم.

در پایان لازم است از تلاش صمیمانه کارکنان نشر الگو سپاسگزاری کنیم، در واحد ویرایش خانم‌ها زهره نوری و زهرا امیدوار و همچنین آقای سروش سعیدی که ویرایش این کتاب بی‌یاری ایشان امکان‌پذیر نبود، از خانم‌ها راضیه صالحی، فاطمه احدی و شیما هاشمی برای صفحه‌آرایی کتاب، همچنین از سرکار خانم سکینه مختار مسئول واحد ویراستاری و حروفچینی قدردانی می‌کنیم.

رضا خالو

امیرعلی میری

# فهرست

## ● فصل اول: الکتریسیته ساکن

- بخش اول (قسمت اول): بار الکتریکی ..... ۲
- پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش اول (قسمت اول) ..... ۸
- بخش اول (قسمت دوم): قانون کولن ..... ۱۱
- پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش اول (قسمت دوم) ..... ۱۸
- بخش دوم: میدان الکتریکی ..... ۳۰
- پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش دوم ..... ۳۹
- بخش سوم (قسمت اول): انرژی پتانسیل الکتریکی - پتانسیل الکتریکی ..... ۵۱
- پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش سوم (قسمت اول) ..... ۵۷
- بخش سوم (قسمت دوم): میدان الکتریکی در داخل رساناها ..... ۶۴
- پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش سوم (قسمت دوم) ..... ۶۸
- بخش چهارم: خازن ..... ۷۶
- پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش چهارم ..... ۸۱
- آزمون ۱ ..... ۸۸
- آزمون ۲ ..... QR Code

## ● فصل دوم: جریان الکتریکی و مدارهای

### جریان مستقیم

- بخش اول: جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم ..... ۹۲
- پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش اول ..... ۱۰۱
- بخش دوم (قسمت اول): نیروی محرکه الکتریکی و مدارها ..... ۱۱۰
- پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش دوم (قسمت اول) ..... ۱۱۶

- بخش دوم (قسمت دوم): توان در مدارهای الکتریکی ..... ۱۲۱
- پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش دوم (قسمت دوم) ..... ۱۲۶
- بخش سوم (قسمت اول): ترکیب مقاومت‌ها ..... ۱۳۴
- پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش سوم (قسمت اول) ..... ۱۴۳
- بخش سوم (قسمت دوم): بررسی ولت‌سنج و آمپرسنج در مدار ..... ۱۵۶
- پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش سوم (قسمت دوم) ..... ۱۵۸
- بخش چهارم (قسمت اول): توان الکتریکی در مدار ..... ۱۶۳
- پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش چهارم (قسمت اول) ..... ۱۶۸
- بخش چهارم (قسمت دوم): بررسی اثر تغییر مقاومت مدار بر جریان و ولتاژ ..... ۱۷۴
- پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش چهارم (قسمت دوم) ..... ۱۷۵
- آزمون ۱ ..... ۱۸۱
- آزمون ۲ ..... QR Code

## ● فصل سوم: مغناطیس

- بخش اول (قسمت اول): مفاهیم اولیه مغناطیس ..... ۱۸۶
- پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش اول (قسمت اول) ..... ۱۸۹
- بخش اول (قسمت دوم): نیروی مغناطیسی وارد بر بار متحرک در میدان مغناطیسی ..... ۱۹۲
- پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش اول (قسمت دوم) ..... ۱۹۵
- بخش اول (قسمت سوم): نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان ..... ۱۹۸
- پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش اول (قسمت سوم) ..... ۲۰۱

### ● آزمون‌های جامع

آزمون جامع ۱ ..... ۲۷۸

آزمون جامع ۲ ..... ۲۸۱

آزمون جامع ۳ ..... ۲۸۴

### ● فصل پنجم: پاسخ‌های تشریحی

پاسخ تشریحی پرسش‌های چهارگزینه‌ای سطح دوم QR Code

پاسخ تشریحی آزمون‌ها QR Code

پاسخنامه کلیدی ..... ۴۲۵

سؤالات کنکور ۱۳۹۹ ..... ۴۳۰

پاسخ تشریحی کنکور ۱۳۹۹ ..... ۴۳۶

سؤالات کنکور ۱۴۰۰ ..... ۴۴۲

پاسخنامه کلیدی کنکور ۱۴۰۰ ..... ۴۴۸

سؤالات کنکور ۱۴۰۱ ..... ۴۵۰

پاسخنامه کلیدی کنکور ۱۴۰۱ ..... ۴۵۶

بخش دوم (قسمت اول): میدان مغناطیسی سیم راست حامل

جریان ..... ۲۰۷

پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش دوم (قسمت اول) ... ۲۱۱

بخش دوم (قسمت دوم): میدان مغناطیسی حلقه دایره‌ای و

سیملوله حامل جریان ..... ۲۱۵

پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش دوم (قسمت دوم) ... ۲۲۰

بخش دوم (قسمت سوم): ویژگی‌های مغناطیسی مواد ... ۲۲۶

پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش دوم (قسمت سوم) ... ۲۲۷

آزمون ۱ ..... ۲۳۱

آزمون ۲ QR Code

### ● فصل چهارم: القای الکترومغناطیسی و جریان متناوب

بخش اول (قسمت اول): پدیده القای الکترومغناطیسی ... ۲۳۴

پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش اول (قسمت اول) ... ۲۳۶

بخش اول (قسمت دوم): قانون القای الکترومغناطیسی فاراده ... ۲۳۸

پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش اول (قسمت دوم) ... ۲۴۴

بخش اول (قسمت سوم): نمودارها ..... ۲۵۰

پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش اول (قسمت سوم) ... ۲۵۲

بخش دوم (قسمت اول): القاگرها ..... ۲۵۸

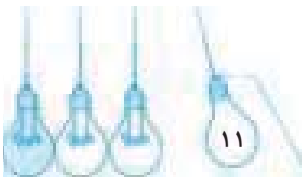
پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش دوم (قسمت اول) ... ۲۶۱

بخش دوم (قسمت دوم): جریان متناوب ..... ۲۶۶

پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش دوم (قسمت دوم) ... ۲۷۰

آزمون ۱ ..... ۲۷۵

آزمون ۲ QR Code



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 کره 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 میله رسانا با بار منفی را نزدیک کنیم و ثابت نگه داریم، مشاهده می‌کنیم ..... (میله رسانا به کلاهک الکتروسکوپ برخورد نمی‌کند).

- (۱) فاصله دو صفحه الکتروسکوپ کم می‌شود. (۲) فاصله دو صفحه الکتروسکوپ ابتدا کم شده و سپس افزایش می‌یابد. (۳) دو صفحه الکتروسکوپ به هم می‌چسبند. (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؟



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

- (۱) پارچه کتان - پارچه ابریشمی (۲) پارچه کتان - پارچه ابریشمی (۳) پارچه ابریشمی - پارچه کتان (۴) پارچه ابریشمی - پارچه کتان

### بخش اول (قسمت دوم): قانون کولن

نیروی که دو جسم باردار به هم وارد می‌کنند از قانونی به نام قانون کولن پیروی می‌کند که به صورت زیر بیان می‌شود.

**تعریف** قانون کولن: نیروی الکتریکی (الکتروستاتیکی) بین دو بار نقطه‌ای با حاصل ضرب اندازه آن‌ها متناسب و با مجذور فاصله آن‌ها نسبت وارون دارد.

$q_1$  و  $q_2$  بار دو جسم بر حسب کولن

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

فاصله دو بار بر حسب متر (m)  $r^2$

$k = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2 / \text{C}^2$  ثابت کولن

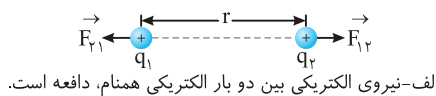
در این رابطه فقط اندازه بار را جایگذاری می‌کنیم و علامت بار تأثیری در رابطه ندارد.

جهت نیرو با توجه به ناهمنام یا همنام بودن بارها و جاذبه و دافعه بودن نیروی بین بارها تعیین می‌شود.

ثابت کولن را می‌توان بر حسب ثابت دیگری به نام ضریب گذردهی الکتریکی خلا ( $\epsilon_0$ ) نوشت:  $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{N.m}^2$ ,  $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$

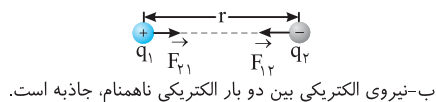
*راستی نیروی الکتریکی کمیتی برداریم و با قانون کولن اندازه بردار نیرو بدست می‌آید.*

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



*راستی با به قانون سوم نیوتون اندازه نیرویی که بر  $q_1$  بر اثر  $q_2$  وارد می‌کند،  $(F_{12})$  برابر با*

*اندازه نیرویی که بر  $q_2$  بر اثر  $q_1$  وارد می‌کند  $(F_{21})$ ، البته  $\vec{F}_{12}$  و  $\vec{F}_{21}$  در خلاف جهت هم هستند.*



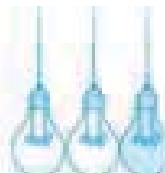
حال برای این که بزرگی بار یک کولنی رو درک کنید به مثال عددی زیر دقت کنید.

**مثال:** با نیرویی که دو بار الکتریکی یک کولنی در فاصله یک کیلومتری از یکدیگر بر هم وارد می‌کنند، حداکثر وزنه چند کیلوگرمی را می‌توان از زمین

بلند کرد؟ ( $g = 10 \text{ N/kg}$ ) با توجه به قانون کولن:

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

با این نیرو می‌توان وزنه‌ای به جرم  $900 \text{ kg}$  ( $9000 \text{ N} = 900 \text{ kg} \times 10$ ) را از زمین بلند کرد.



بنابراین می‌توان نتیجه گرفت بار یک کولنی، بار بسیار بزرگی است که می‌تواند از فاصله  $1000$  متری بر بار یک کولنی دیگر نیرویی به این بزرگی وارد کند. **راستی** به قانون کولن توجه کنید که اگر بارها را برابر کنید، نیروی بین دو بار برابر می‌شود و اگر فاصله بین بارها را دو برابر کنید، نیروی بین دو بار  $\frac{1}{4}$  برابر می‌شود یعنی نیروی الکتریکی با هر ذره نسبت مستقیم و با مجذور فاصله دو ذره برعکس، نسبت وارون دارد.

**تست ۹** دو بار الکتریکی همنام به فاصله  $d$  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  $\frac{F}{3}$  شود؟

(۱)  $d\sqrt{3}$ ، از هم دور کنیم. (۲)  $d\sqrt{3}$ ، به هم نزدیک کنیم. (۳)  $d(\sqrt{3}-1)$ ، از هم دور کنیم. (۴)  $d(\sqrt{3}-1)$ ، به هم نزدیک کنیم.

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

$$\begin{cases} F = k \frac{|q| \times |q|}{d^2} \\ F' = k \frac{|q| \times |q|}{d'^2} \end{cases} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \left(\frac{d}{d'}\right)^2 \Rightarrow \frac{1}{3} = \left(\frac{d}{d'}\right)^2 \Rightarrow d' = \sqrt{3}d$$

فاصله جدید بین دو بار  $\sqrt{3}d$  است.

برای به دست آوردن جهت و اندازه حرکت فاصله جدید و قدیم را از یکدیگر کم می‌کنیم.

$$d' - d = \sqrt{3}d - d = (\sqrt{3} - 1)d$$

چون  $(\sqrt{3} - 1)$  مقداری مثبت است پس باید دو بار را از هم دور کنیم.

**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 ذره  $A$  و  $B$  به ترتیب دارای جرم  $m_A$  و  $m_B = 3m_A$  و بار  $q_A$  و  $q_B = \frac{1}{4}q_A$  در نزدیکی هم قرار دارند. اگر بر هر ذره تنها نیروی

الکترواستاتیکی ذره دیگر وارد شود و تحت تأثیر این نیرو هر ذره شتاب بگیرد، شتاب ذره  $A$  چند برابر شتاب ذره  $B$  است؟

(۱)  $\frac{2}{3}$  (۲)  $\frac{1}{3}$  (۳)  $3$  (۴)  $\frac{1}{6}$

**پاسخ** بنا به قانون سوم نیوتون نیروی الکترواستاتیکی که ذره  $A$  بر ذره  $B$  وارد می‌کند با نیروی الکترواستاتیکی که ذره  $B$  بر ذره  $A$  وارد می‌کند،

$$|F_A| = |F_B| \Rightarrow m_A |a_A| = m_B |a_B| \Rightarrow \frac{a_A}{a_B} = \frac{m_B}{m_A} = 3$$

برابر و در خلاف جهت هم هستند. از این رو:

**گزینه ۳**

### تست‌های مشابه: تست‌های ۲۹ تا ۳۹

**تست ۱۱** دو بار الکتریکی نقطه‌ای یکسان در فاصله ثابتی از هم قرار دارند و به یکدیگر نیروی  $F$  وارد می‌کنند. اگر ۲۵ درصد از بار الکتریکی یکی را

**تجربی - ۸۸**

کم کرده و همان مقدار بر بار دیگری اضافه کنیم، نیرویی که به هم وارد می‌کنند، چند  $F$  می‌شود؟

(۱)  $1$  (۲)  $4$  (۳)  $\frac{15}{16}$  (۴)  $\frac{16}{15}$

**پاسخ** هنگامی که ۲۵٪ از بار یکی را کم می‌کنیم یعنی  $\frac{25}{100} = \frac{1}{4}$  از بار  $q$  کم کرده‌ایم و قرار است همین مقدار را به دیگری اضافه کنیم، در این صورت

$$q'_1 = q - \frac{1}{4}q \Rightarrow q'_1 = \frac{3}{4}q, \quad q'_2 = q + \frac{1}{4}q \Rightarrow q'_2 = \frac{5}{4}q$$

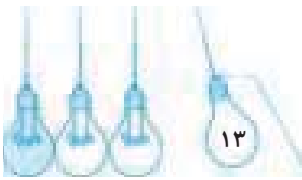
بار جدید هر یک خواهد شد:

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

$$\frac{F'}{F} = \frac{k \frac{(\frac{3}{4}q)(\frac{5}{4}q)}{r^2}}{k \frac{(q)(q)}{r^2}} = \frac{15}{16}$$

**گزینه ۳**

### تست‌های مشابه: تست‌های ۴۰ تا ۴۸



## نشرالگو

**تست ۱۲** دو کره فلزی مشابه دارای بارهای الکتریکی  $q_1 = +5\mu\text{C}$  و  $q_2 = +15\mu\text{C}$  در فاصله  $r$  نیروی  $F$  بر یکدیگر وارد می‌کنند. اگر این دو کره را در یک لحظه با یکدیگر تماس دهیم، به طوری که فقط بین دو کره مبادله بار صورت گیرد و مجدداً به همان فاصله قبلی برگردانیم، نیروی دافعه 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 به طور مساوی بین آن دو تقسیم می‌شود و بار هر یک برابر است با:  $q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{15 + 5}{2} = 10\mu\text{C}$ ، نیرو را پیش از تماس و بعد از تماس دو کره می‌نویسیم و بر هم تقسیم می‌کنیم.

$$\begin{cases} F = \frac{kq_1q_2}{r^2} = \frac{k \times 5 \times 15}{r^2} = \frac{75k}{r^2} \\ F' = \frac{kq'_1q'_2}{r^2} = \frac{k \times 10 \times 10}{r^2} = \frac{100k}{r^2} \end{cases} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{r^2}{75k} = \frac{4}{3} \approx 1/33 \Rightarrow F' = 1/33F \xrightarrow{\Delta F = F' - F} \Delta F = 1/33F - F = -32/33F$$

گزینه ۴

پس نیرو تقریباً  $33/100$  یا ۳۳ درصد افزایش می‌یابد.

**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

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

بار مبادله می‌کنند تا بار آن‌ها برابر شود و بنا به اصل پایستگی خواهیم داشت:

**تست ۱۳** دو کره کوچک مشابه رسانا، با بار مثبت  $q_1$  و  $q_2$  ( $q_1 \neq q_2$ ) در فاصله  $r$  بر هم نیروی  $F$  را وارد می‌کنند. چنانچه دو کره را با هم تماس داده و مجدداً در فاصله  $r$  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:

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

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

در حالت اول نیروی بین دو کره برابر است با:

$$F' = k \frac{q'_1q'_2}{r^2} \Rightarrow F' = k \frac{(q_1 + q_2)^2}{4r^2}$$

در حالت دوم نیروی بین دو کره خواهد شد:

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.

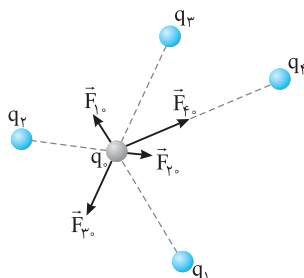
دو عدد دلخواه مثال بنزید، مثلاً  $q_1 = 4$  و  $q_2 = 8$ ، در این صورت داریم:  $q_1q_2 = 8 \times 4 = 32$ ،  $(\frac{q_1 + q_2}{2})^2 = (\frac{4 + 8}{2})^2 = 36$ . دقت کردید

$36 > 32$  است بنابراین هر دو عدد دلخواه غیرمساوی دیگری را هم که مثال بنزید 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

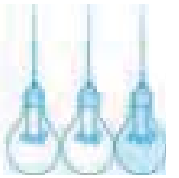
### برایند نیروهای الکتروستاتیکی



- 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 چه می‌بند؟ می‌بند که چند بار به یک بار نیرو وارد کنند. نیروی هر بار رو حساب می‌کنیم بعد بین همه نیروها برایند می‌گیریم تا نیروی خالص بدست بیار.





**تست ۱۴** در شکل روبه‌رو سه بار نقطه‌ای نشان داده شده است. نیروی خالص وارد بر بار  $q_3$  از طرف دو بار دیگر چند نیوتون است؟

$q_1 = 4\mu\text{C}$        $q_2 = -3\mu\text{C}$        $q_3 = 2\mu\text{C}$   
 ۱۰cm      ۳۰cm  
 $F_{13}$        $F_{23}$

(۱) ۶/۶      (۲) ۷/۸  
 (۳) ۴/۲      (۴) ۵/۷

**پاسخ** نیروهای وارد بر بار  $q_3$  را رسم می‌کنیم. این دو نیرو که با توجه به علامت بارها مشخص می‌شود هم‌جهت با هم بوده پس:

**گزینه ۲** ✓

$$F_3 = F_{13} + F_{23} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{10^{-2}} + 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{9 \times 10^{-2}} \Rightarrow F_3 = 7/2 + 0/6 = 7/8 \text{ N}$$

**تست ۱۵** نیروی الکتریکی بین دو بار هم‌نام  $2Q$  و  $4Q$  که روی پاره‌خط MN به فاصله  $d$  از هم قرار دارند. برابر  $F$  است. اگر بار سوم  $Q$  را در فاصله  $\frac{d}{3}$  از  $M$  (محل بار  $2Q$ ) و بین دو بار قرار دهیم، نیروی خالص وارد بر آن چقدر و در کدام جهت است؟

(۱)  $\frac{9}{8}F$  و به طرف N      (۲)  $9F$  و به طرف N      (۳)  $\frac{9}{8}F$  و به طرف M      (۴)  $9F$  و به طرف M

**پاسخ** اگر برای بار الکتریکی  $q_3 = Q$  نیروهای وارد از طرف  $q_1 = 2Q$  و  $q_2 = 4Q$  را مطابق شکل روبه‌رو نمایش دهیم، خواهیم داشت:

نیروی بین دو بار  $(2Q)q_1$  و  $(4Q)q_2$

$$F = \frac{kQq_2}{d^2} \Rightarrow \frac{kQ^2}{d^2} = \frac{F}{8}$$

$$F_1 = \frac{kq_1q_3}{r_1^2} = \frac{k \times 2Q \times Q}{(\frac{d}{3})^2} = 18 \frac{kQ^2}{d^2} \xrightarrow{\frac{kQ^2}{d^2} = \frac{F}{8}} F_1 = \frac{18}{8} F = \frac{9}{4} F$$

$$F_2 = \frac{kq_2q_3}{r_2^2} = \frac{k \times 4Q \times Q}{(\frac{2d}{3})^2} = 9 \frac{kQ^2}{d^2} \xrightarrow{\frac{kQ^2}{d^2} = \frac{F}{8}} F_2 = \frac{9}{8} F$$

چون این دو نیرو هم‌راستا و در خلاف جهت یکدیگرند، بنابراین اندازه برابریند برایند نیروهای وارد بر بار  $q_3 = Q$  برابر خواهد شد با:

$$F_{q_3} = F_1 - F_2 = \frac{9}{4} F - \frac{9}{8} F = \frac{9}{8} F$$

**گزینه ۱** ✓ جهت این نیرو هم‌جهت با نیروی بزرگ‌تر یعنی  $F_1$  و به طرف نقطه N خواهد بود.

**تست‌های مشابه: تست‌های ۵۲ تا ۶۰**

**نکته** اگر دو بار  $q_1$  و  $q_2$

۱ هم‌نام باشند، نیروی وارد بر بار سوم ( $q_3$ ) بین دو بار و نزدیک به باری که مقدار کمتری دارد، صفر می‌شود ( $|q_1| > |q_2|$ )

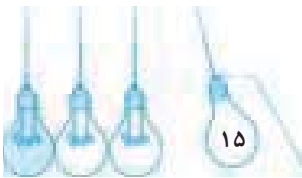
$$F_{23} - F_{13} = 0 \Rightarrow F_{23} = F_{13}$$

۲ ناهم‌نام باشند، نیروی وارد بر بار سوم ( $q_3$ ) خارج از خط وصل‌کننده دو بار و نزدیک به باری که مقدار کمتری دارد، صفر می‌شود ( $|q_1| > |q_2|$ )

$$F_{23} - F_{13} = 0 \Rightarrow F_{23} = F_{13}$$

**تست ۱۶** دو بار  $q_1 = 3\mu\text{C}$  و  $q_2 = -27\mu\text{C}$  در فاصله  $6\text{cm}$  از هم قرار دارند. بار  $q_3$  را در فاصله چند سانتی‌متری از بار  $q_2$  قرار دهیم تا نیروی خالص وارد بر آن صفر شود؟

(۱) ۳      (۲) ۶      (۳) ۹      (۴) ۱۲



**پاسخ** دو بار  $q_1$  و  $q_2$  ناهمنام اند 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 در نظر بگیریم:

$$F_{13} = F_{23} \Rightarrow k \frac{|q_1||q_3|}{x^2 \times 10^{-4}} = k \frac{|q_2||q_3|}{(6+x)^2 \times 10^{-4}}$$

ساده می کنیم

$$\frac{3 \times 10^{-6}}{x^2 \times 10^{-4}} = \frac{27 \times 10^{-6}}{(6+x)^2 \times 10^{-4}} \Rightarrow \frac{(6+x)^2}{x^2} = \frac{27 \times 10^{-6}}{3 \times 10^{-6}} = 9$$

از دو طرف جذر می گیریم

$$\frac{(6+x)}{x} = 3 \Rightarrow 3x = 6+x \Rightarrow 2x = 6 \Rightarrow x = 3 \text{ cm}$$

**گزینه ۳**

بنابراین فاصله  $q_2$  تا  $q_3$   $6+3=9 \text{ cm}$  است.

**راستی متوجه شدید که نوع بار  $q_3$  در این مسئله تاثیری ندارد و  $q_3$  از دو طرف توی نیروها حذف می شه.**

**تست های مشابه: تست های ۶۱ تا ۶۶**

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

**تست ۱۷** در شکل روبه رو نیروی خالص وارد بر بار  $q_3 = +2 \mu\text{C}$  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 می کند. بار  $q_2$  و بار  $q_3$  ناهمنام بوده و یکدیگر را می ربایند. نیروها را رسم می کنیم و اندازه آنها را حساب می کنیم.

$$F_{13} = k \frac{|q_1||q_3|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{9 \times 10^{-4}} = 60 \text{ N}$$

$$F_{23} = k \frac{|q_2||q_3|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{36 \times 10^{-4}} = 20 \text{ N}$$

حالا به کمک رابطه فیثاغورس نیروی خالص وارد بر  $q_3$  را به دست می آوریم:

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

**گزینه ۳**

**تست ۱۸** نیروی خالص وارد بر بار  $q_3$  در شکل روبه رو چند نیوتون است؟

۱) صفر  
۲)  $7/2\sqrt{2} \times 10^{-2}$   
۳)  $7/2 \times \sqrt{3} \times 10^{-2}$   
۴)  $7/2(\sqrt{2}-1) \times 10^{-2}$

**پاسخ** ابتدا به کمک رابطه فیثاغورس فاصله  $q_1$  تا  $q_2$  و  $q_1$  تا  $q_3$  را به دست می آوریم. دقت کنید که فاصله  $q_2$  تا  $q_3$  نیز ۱ m است.

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

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \Rightarrow F_{12} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{(\sqrt{2})^2} \Rightarrow F_{12} = 72 \times 10^{-3} \text{ N}$$

$$F_{13} = F_{12} = 72 \times 10^{-3} \text{ N}$$

نیرویی که بر  $q_3$  وارد می کند نیز همین مقدار است.

برایند دو نیروی  $F_{12}$  و  $F_{13}$  را  $F_{10}$  می نامیم که با توجه به تقارن روی محور افقی قرار می گیرد و با توجه به شکل اندازه آن را از رابطه فیثاغورس به دست می آوریم.

$$F = \sqrt{F_{12}^2 + F_{13}^2} = \sqrt{(72 \times 10^{-3})^2 + (72 \times 10^{-3})^2} \Rightarrow F = 72\sqrt{2} \times 10^{-3} \text{ N}$$

$$F_{30} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{1} = 72 \times 10^{-3} \text{ N}$$

حال نیرویی که بر  $q_3$  وارد می کند ( $F_{30}$ ) را به دست می آوریم.

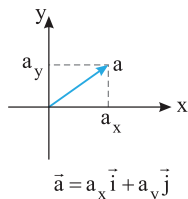
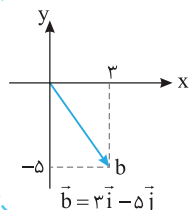
با توجه به شکل نیروهای  $F$  و  $F_{30}$  بر هم عمودند از این رو نیروی برابند (نیروی خالص) وارد بر  $q_3$  خواهد شد:

$$F_T = \sqrt{F_{30}^2 + F^2} = \sqrt{(72 \times 10^{-3})^2 + (72\sqrt{2} \times 10^{-3})^2} \Rightarrow F_T = 7/2\sqrt{3} \times 10^{-2} \text{ N}$$

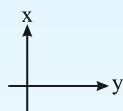
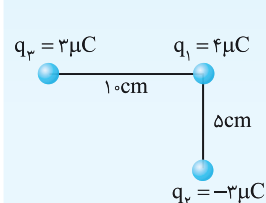
**گزینه ۳**

**تست های مشابه: تست های ۶۷ تا ۷۶**

یادآوری ریاضی



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



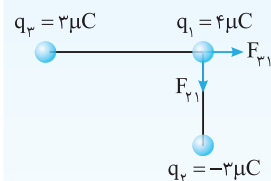
تست ۱۹ در شکل روبه‌رو بردار نیروی وارد بر بار  $q_1$  برحسب  $\vec{i}$  و  $\vec{j}$  کدام است؟

(۱)  $10/8\vec{i} - 43/2\vec{j}$

(۲)  $-21/6\vec{i} - 43/2\vec{j}$

(۳)  $-10/8\vec{i} - 43/2\vec{j}$

(۴)  $2/16\vec{i} - 43/2\vec{j}$



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

$$F_{21} = k \frac{|q_2||q_1|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{(5 \times 10^{-2})^2} \Rightarrow F_{21} = 43/2 \text{ N}$$

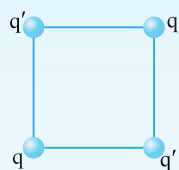
$$F_{31} = k \frac{|q_3||q_1|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{10^{-2}} \Rightarrow F_{31} = 10/8 \text{ N}$$

نیروی  $\vec{F}_{21}$  در جهت منفی محور  $y$ ‌ها و نیروی  $\vec{F}_{31}$  در جهت مثبت محور  $x$ ‌ها است. از این‌رو نیروی وارد بر  $q_1$  خواهد شد:  $\vec{F} = +10/8\vec{i} - 43/2\vec{j}$

گزینه ۱ ✓

تست‌های مشابه: تست‌های ۱۱ تا ۱۰

تکته در تست زیر براینده سه نیروی وارد بر یک بار صفر شده است. وقتی براینده سه نیرو صفر می‌شود که براینده 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 براینده نیروهای وارد بر بار  $q'$  صفر باشد، کدام است  $\frac{q'}{q}$ ؟

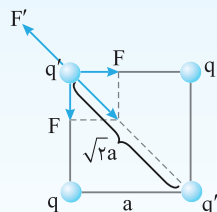
صفر باشد،  $\frac{q'}{q}$  کدام است؟

(۲)  $-2\sqrt{2}$

(۱)  $-\sqrt{2}$

(۴)  $2\sqrt{2}$

(۳)  $\sqrt{2}$



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 براینده نیروهای وارد بر  $q'$  صفر شود. اگر طول ضلع مربع را  $a$  بگیریم، طول قطر آن (فاصله بین بارهای  $q'$  و  $q$ ) خواهد بود  $\sqrt{2}a$ . باید براینده دو نیروی ربایشی  $F$  با نیروی رانشی  $F'$  برابر باشد:

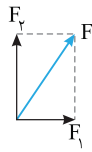
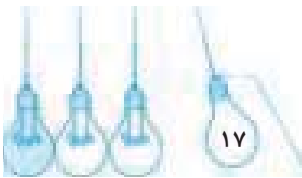
$$F'^2 = F^2 + F^2 \Rightarrow F'^2 = 2F^2 \Rightarrow F' = \sqrt{2}F \Rightarrow k \frac{q'q'}{(\sqrt{2}a)^2} = \sqrt{2} \left( k \frac{qq'}{a^2} \right) \Rightarrow \left| \frac{q'}{q} \right| = 2\sqrt{2}$$

$$\frac{q'}{q} = -2\sqrt{2}$$

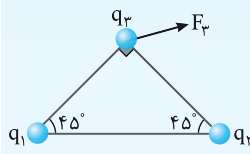
اما همان‌گونه که بیان شد،  $q$  و  $q'$  ناهمنام بوده، از این‌رو:

گزینه ۲ ✓

تست‌های مشابه: تست‌های ۱۱ تا ۱۴



راستی دقت کردید که آنگه براین دو بردار رو رسم کنید. بردار براینده به بردار بزرگتر نزدیک تره (به شکل روبه رو نگاه کنید) با توجه به این نکته به حل تست‌هاک زیر دقت کنید. ( $F_p > F_1$ )



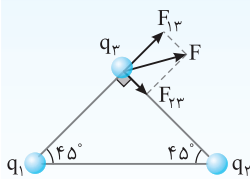
**تست ۲۱** در شکل روبه‌رو جهت نیروی خالصی که بارهای  $q_1$  و  $q_2$  بر بار  $q_3$  وارد می‌کنند نشان داده شده است. کدام گزینه درست است؟

(۲)  $q_3$  و  $q_2$  ناهمنام،  $|q_1| > |q_2|$

(۱)  $q_3$  و  $q_1$  همنام،  $|q_1| < |q_2|$

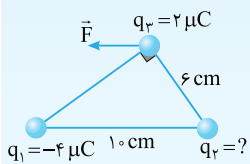
(۴)  $q_1$  و  $q_2$  ناهمنام،  $|q_1| < |q_2|$

(۳)  $q_3$  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 این رو باید  $|q_1| > |q_2|$  باشد و بارهای  $q_1$  و  $q_3$  همدیگر را برانند و بارهای  $q_2$  و  $q_3$  یکدیگر را براینند پس  $q_3$  و  $q_1$  همنام و  $q_3$  و  $q_2$  ناهمنام‌اند.

گزینه ۲



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

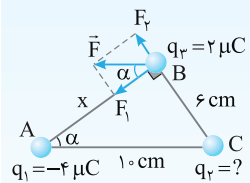
خارج ریاضی - ۸۸

(۲) ۴

(۱) ۳

(۴)  $\frac{27}{16}$

(۳)  $\frac{9}{4}$



**پاسخ** ابتدا فاصله بار  $q_1$  تا  $q_3$  را به دست می‌آوریم:

بار  $q_1$ ، بار  $q_3$  را می‌ریاید و نیروی  $F_1$  را مطابق شکل بر  $q_3$  وارد می‌کند. در این صورت برای آن که نیروی براینده وارد بر  $q_3$  موازی قاعده مثلث باشد، باید بار  $q_2$  مثبت بوده و بار  $q_3$  را برانند. با توجه به شکل، زاویه بین بردار F و بردار  $F_1$  برابر  $\alpha$  است و با توجه به شکل در مثلث ABC،  $\tan \alpha = \frac{6}{8} = \frac{3}{4}$  است.

$$10^2 = x^2 + 6^2 \Rightarrow x = 8 \text{ cm}$$

$$\tan \alpha = \frac{F_2}{F_1} \Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{k \frac{q_2 \times q_3}{\epsilon^2}}{k \frac{q_1 \times q_3}{8^2}} \Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{64}{36} \times \frac{q_2}{4} \Rightarrow q_2 = \frac{27}{16} \mu\text{C}$$

از طرفی:

گزینه ۴

**تست‌های مشابه: تست‌های ۱۱۵ تا ۹۰**

**نکته** گاهی اوقات علاوه بر نیروی الکتریکی بین دو بار، نیروهای دیگری بر بارها وارد می‌شود مانند نیروی وزن که برای به دست آوردن نیروی خالص:

- ۱ اگر دو نیرو هم جهت باشند با هم جمع می‌شوند.
- ۲ اگر خلاف جهت باشند از هم کم می‌شوند.
- ۳ اگر عمود بر هم باشند از رابطه فیثاغورس استفاده می‌شود.



**تست ۲۳** در شکل روبه‌رو، دو گوی مشابه به جرم  $9g$  دارای بار یکسان مثبت q در فاصله  $1 \text{ cm}$  هم قرار دارند. به طوری که گوی بالایی به حالت معلق مانده است. بار q چند میکروکولن است؟

(۴)  $10^{-1}$

(۳)  $10^{-6}$

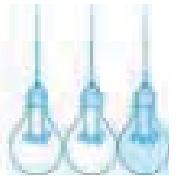
(۲)  $10^{-8}$

(۱)  $10^{-2}$

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

$$W = F_E \Rightarrow mg = k \frac{|q||q|}{r^2} \Rightarrow 0.09 \times 10^{-3} \times 10 = 9 \times 10^9 \times \frac{q^2}{10^{-4}} \Rightarrow q^2 = \frac{10^{-7}}{10^9} = 10^{-16} \Rightarrow q = 10^{-8} \text{ C} = 10^{-2} \mu\text{C}$$

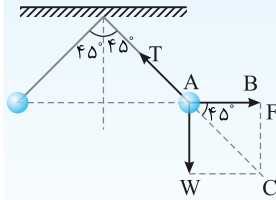
گزینه ۱



**تست ۲۴** دو کره کوچک با بار الکتریکی یکسان  $q$  از دو ریسمان هم طول آویخته شده و در اثر رانش الکتریکی دو بار، هر ریسمان با راستای قائم زاویه

$45^\circ$  می‌سازد. نیروی الکتریکی بین دو بار چند برابر وزن هر ذره است؟\*

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



**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  $\vec{W} + \vec{F}$  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:  $\tan 45^\circ = \frac{BC}{AB} \Rightarrow \tan 45^\circ = \frac{W}{F} \Rightarrow \frac{W}{F} = 1$

کزینه ۱ ✓

### تست‌های مشابه: تست‌های ۹۱ تا ۹۵

#### بخش اول (قسمت دوم)

#### پرسش‌های چهارگزینه‌ای

#### قانون کولن

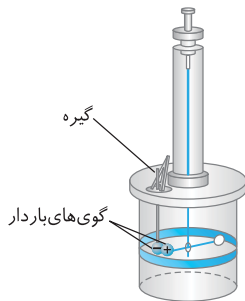
کنکور دهه‌های گذشته +

۲۹- یکای ثابت کولن ( $k$ ) و ضریب گذردهی خلأ ( $\epsilon_0$ ) در SI به ترتیب از راست به چپ کدام است؟

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

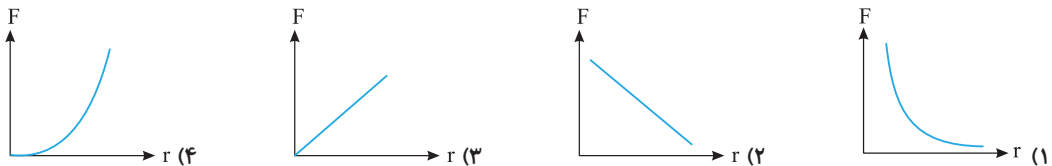
(۲) نیروی الکتریکی - مدرج کردن استوانه و اندازه‌گیری فاصله زاویه‌ای بین دو گوی

(۳) مقدار بار الکتریکی - میزان چرخش گیره

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

۳۱- کدام یک از نمودارهای زیر تغییرات نیروی الکتروستاتیکی کولنی بین دو بار الکتریکی را برحسب فاصله

آن‌ها درست نشان می‌دهد؟



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 فاصله  $r$  برهم وارد می‌کنند  $40 N$  است.  $r$  چند سانتی‌متر است؟ ( $k = 9 \times 10^9 N.m^2/C^2$ )

- (۱)  $1/5$  (۲)  $3$  (۳)  $6$  (۴)  $9$

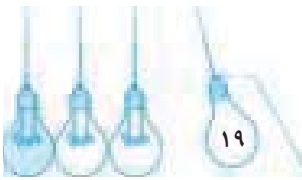
۳۳- دو بار الکتریکی نقطه‌ای  $q_1$  و  $q_2 = 5q_1$  در فاصله  $3$  متری از هم قرار دارند و نیروی دافعه  $0.2 N$  را به یکدیگر وارد می‌کنند.  $q_1$  چند

خارج تجربی - ۹۱

میکروکولن است؟ ( $k = 9 \times 10^9 N.m^2/C^2$ )

- (۱)  $10$  (۲)  $5$  (۳)  $4$  (۴)  $2$

\* این نوع مسأله‌ها ترکیبی از الکتروسیتة 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- فاصله بین دو پروتون تقریباً چند سانتی‌متر باشد تا اندازه نیروی دافعه الکتریکی وارد بر هر پروتون با وزن آن در سطح زمین مساوی باشد؟  
 (C)  $e = 1.6 \times 10^{-19}$  ،  $g = 10$  N/kg ، جرم پروتون برابر با  $1.67 \times 10^{-27}$  kg و  $k = 9 \times 10^9$  N.m<sup>2</sup>/C<sup>2</sup> است.)

قلم‌چی

- ۱) ۱۲/۰ (۲) ۱۲ (۲) ۱۳/۵ (۳) ۱۳۵ (۴)

۳۵- بارهای  $q$  و  $Q = 2q$  در فاصله معینی از هم قرار دارند. اگر اندازه نیروی که بار  $q$  بر بار  $Q$  وارد می‌کند،  $F$  باشد، اندازه نیروی که  $Q$  بر  $q$  وارد می‌کند چند  $F$  است؟

کنکور دهه‌های گذشته

- ۱)  $\sqrt{2}$  (۲) ۱ (۲) ۲ (۳) ۴ (۴)

۳۶- دو ذره  $A$  و  $B$  با جرم‌های  $m_A$  و  $m_B = 2m_A$  و بار  $q_A$  و  $q_B$  در نزدیکی هم قرار دارند. اگر بر هر ذره تنها نیروی الکتروستاتیکی ذره دیگر وارد شود و تحت تأثیر این نیرو هر ذره شتاب بگیرد، شتاب ذره  $A$  چند برابر شتاب ذره  $B$  است؟

آزمون مدارس برتر

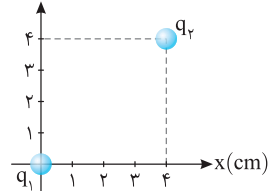
- ۱)  $\frac{1}{2}$  (۲) ۳ (۲)  $\frac{1}{3}$  (۳) ۲ (۴)

۳۷- بار الکتریکی  $q_1$  بر بار الکتریکی نقطه‌ای  $2q_1$  نیروی الکتریکی به بزرگی  $20$  N در جهت شمال شرقی وارد می‌کند. در این صورت بار  $2q_1$  بر بار  $q_1$  چه نیرویی در چه جهتی وارد می‌کند؟

قلم‌چی

۱)  $20$  N در جهت شمال شرقی (۲)  $40$  N در جهت شمال شرقی (۳)  $20$  N در جهت جنوب غربی (۴)  $40$  N در جهت جنوب غربی

ریاضی



بارهای الکتریکی نقطه‌ای  $q_1 = 8 \mu C$  و  $q_2 = -4 \mu C$  مطابق شکل در دستگاه مختصات قرار گرفته‌اند. اندازه نیروی الکتریکی وارد بر بار  $q_2$  از طرف بار  $q_1$  چند نیوتون است؟

قلم‌چی

- ۱) ۹ (۲) ۹۰ (۳)  $0.9$  (۴)  $0.09$

۳۹- نیروی الکتروستاتیکی بین دو ذره باردار در SI به صورت  $\vec{F} = (6)\vec{i} - (2\sqrt{7})\vec{j}$  است. چنانچه  $q_1 = 0.4 \mu C$  و  $q_2 = 2 \mu C$  باشد، فاصله بین دو بار چند سانتی‌متر است؟ ( $k = 9 \times 10^9$  N.m<sup>2</sup>/C<sup>2</sup>)

- ۱) ۳ (۲) ۹ (۳)  $0.3$  (۴)  $0.9$

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

۴۰- دو بار نقطه‌ای  $q_1$  و  $q_2$  در فاصله  $40$  سانتی‌متری به یکدیگر نیروی  $54$  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 اندازه بارهای هر یک از دو بار الکتریکی را  $3$  برابر کنیم و فاصله بین آن‌ها را نیز  $3$  برابر کنیم، نیروی الکتریکی بین آن‌ها چند برابر می‌شود؟

ریاضی - ۹۸

- ۱)  $\frac{1}{3}$  (۲) ۱ (۳) ۳ (۴) ۹

۴۲- نیروی دافعه بین دو بار الکتریکی نقطه‌ای مشابه در فاصله  $r$  از هم برابر با  $2$  N است. اگر به یکی از بارها  $2 \mu C$  اضافه کنیم، این نیروی دافعه در همین فاصله برابر  $3$  N می‌شود. اندازه اولیه 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  $q_1 = 2 \mu C$  و  $q_2 = -2 \mu C$  به فاصله  $r$  از یکدیگر قرار دارند. اگر نصف یکی از بارها را برداریم و به دیگری اضافه کنیم و دو بار را به فاصله  $\frac{r}{2}$  از هم قرار دهیم، اندازه نیروی که دو بار بر یکدیگر وارد می‌کنند، در مقایسه با حالت قبل چند برابر می‌شود؟

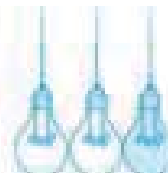
خارج تجربی - ۸۷

- ۱) ۱ (۲) ۳ (۳)  $\frac{1}{4}$  (۴)  $\frac{1}{16}$

در این تست‌ها تغییرات درصدی بیان شده است.

۴۴- دو بار نقطه‌ای در فاصله  $d$  از یکدیگر بر هم نیروی الکتریکی وارد می‌کنند. اگر بخواهیم با ثابت ماندن اندازه دو بار، اندازه نیروی الکتریکی بین دو بار الکتریکی به اندازه  $69\%$  افزایش یابد، فاصله دو بار را باید چند برابر فاصله  $d$  و چگونه تغییر دهیم؟

- ۱)  $\frac{3}{13}$  ، افزایش (۲)  $0.3$  ، افزایش (۳)  $\frac{3}{13}$  ، کاهش (۴)  $0.3$  ، کاهش



۴۵ مطابق شکل روبه‌رو، دو بار الکتریکی در فاصله  $r$ ، نیروی جاذبه  $F$  بر یکدیگر وارد می‌کنند. اگر با ثابت بودن فاصله‌ها ۲۵ درصد از بار  $q_1$  را به  $q_2$  انتقال دهیم، نیروی جاذبه 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 فاصله  $r$ ، بر هم نیروی  $F$  وارد می‌کنند. اگر ۲۵ درصد از بار  $q_1$  را برداشته و به  $q_2$  اضافه کنیم، بدون تغییر فاصله بارها، نیروی متقابل بین آن‌ها ۵۰ درصد افزایش می‌یابد. مقدار اولیه  $q_2$  چند میکروکولن است؟

ریاضی - ۸۹

(۱) ۲ (۲) ۱ (۳) ۳ (۴) ۴

۴۷ دو بار نقطه‌ای  $+40 \mu C$  و  $-60 \mu C$  در فاصله  $10 \text{ cm}$  از یکدیگر قرار دارند. اگر ۲۵ درصد اندازه هر کدام از بارها از آن‌ها کاسته شود، نیروی الکتریکی بین آن‌ها چند درصد کاهش می‌یابد؟

آزمون مدارس برتر

(۱)  $43/75$  (۲)  $56/25$  (۳)  $62/5$  (۴)  $71/4$

۴۸ دو بار الکتریکی نقطه‌ای  $q_1$  و  $q_2 = 2q_1$  در فاصله  $r$  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 دافعه بین بارهای الکتریکی بیشینه شود؟

ریاضی - ۹۵

(۱) ۱۵ (۲) ۲۵ (۳) ۴۰ (۴) ۵۰

در تست‌های زیر، به دلیل تماس دو ذره باردار با هم، نیروی کولنی تغییر می‌کند.

۴۹ دو کره رسانای کوچک و مشابه که دارای بارهای الکتریکی  $2 \mu C$  و  $-6 \mu C$  هستند، در فاصله  $d$  از یکدیگر به هم نیروی الکتریکی به بزرگی  $2/48 \text{ N}$  وارد می‌کنند. دو کره را به هم تماس می‌دهیم و سپس در فاصله  $3d$  از یکدیگر قرار می‌دهیم، هنگام تماس چه تعداد الکترون از یک کره به کره دیگر منتقل شده است و بزرگی نیروی الکتریکی که دو کره در حالت جدید به هم وارد می‌کنند، چند نیوتون است؟ ( $e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$ )

(۱)  $3, 2 \times 10^{-19}$  (۲)  $2, 2 \times 10^{-19}$  (۳)  $3, 2 \times 10^{-13}$  (۴)  $2, 2 \times 10^{-13}$

۵۰ دو گلوله فلزی کوچک و مشابه که دارای بار الکتریکی می‌باشند، از فاصله  $30$  سانتی‌متری، نیروی جاذبه  $4$  نیوتون بر یکدیگر وارد می‌کنند. اگر این دو گلوله را به هم تماس دهیم، بار الکتریکی هر کدام  $+3 \mu C$  خواهد شد. بار اولیه گلوله‌ها بر حسب میکروکولن کدام است؟

ریاضی - ۹۴

(۱)  $12$  و  $-6$  (۲)  $10$  و  $-4$  (۳)  $9$  و  $-3$  (۴)  $8$  و  $-2$

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

کنکور دهه‌های گذشته

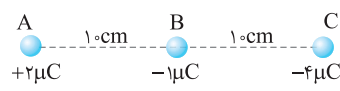
(۱)  $F > F'$  (۲)  $F < F'$  (۳)  $F = F'$  (۴) بسته به شرایط، هر سه حالت ممکن است.

برایند نیروی الکتریکی چند بار واقع بر یک خط

۵۲ مطابق شکل سه ذره باردار بر روی یک خط قرار دارند. کدام گزینه جهت و اندازه نیروی خالص وارد بر ذره  $C$  (برحسب نیوتون) را به درستی نشان می‌دهد؟ ( $k = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$ )

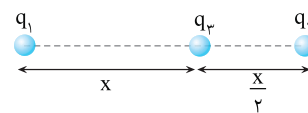
از کتاب درسی

(۱)  $3/6$ ،  $\rightarrow$  (۲)  $3/6$ ،  $\leftarrow$  (۳)  $1/8$ ،  $\rightarrow$  (۴)  $1/8$ ،  $\leftarrow$



۵۳ مطابق شکل سه ذره باردار  $q_1 = 2 \mu C$  و  $q_2 = -4 \mu C$  و  $q_3 = 1 \mu C$  روی خط راست و در فاصله ثابت از هم قرار گرفته‌اند. اگر برایند نیروهای وارد بر بار  $q_3$  باشد،  $45 \text{ N}$  باشد،  $x$  چند سانتی‌متر است؟ ( $k = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$ )

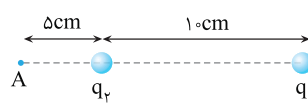
(۱) ۳ (۲) ۶ (۳) ۹ (۴) ۱۲

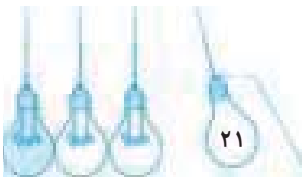


۵۴ مطابق شکل دو ذره باردار  $q_1 = 1 \mu C$  و  $q_2 = -1 \mu C$  در فاصله  $10 \text{ cm}$  از یکدیگر ثابت شده‌اند. بار چند میکروکولنی را در نقطه  $A$  قرار دهیم تا نیروی خالص وارد بر آن  $2 \times 10^{-2} / 6$  نیوتون شود؟

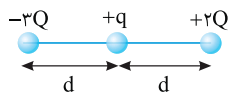
(۱)  $-0.5$  (۲)  $0.5$  (۳)  $0.1$  (۴)  $0.1$

(۱) و (۲) می‌توانند درست باشند.

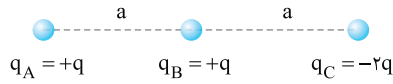




## نشرالگو

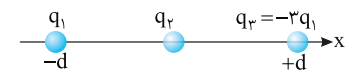


- ۵۵ اندازه نیروی کولنی بین دو بار  $+Q$  و  $+q$  در فاصله  $d$  برابر  $F$  است. در شکل داده شده اندازه نیروها از طرف دو بار  $+2Q$  و  $-3Q$  بر بار  $+q$  چند برابر  $F$  است؟
- (۱) ۶  
(۲) ۱  
(۳) ۵  
(۴) ۲



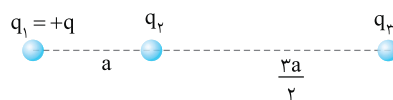
- ۵۶ مطابق شکل روبه‌رو سه ذره باردار روی یک خط قرار دارند. برابری نیروهای وارد بر بار  $q_B$  برابر  $\vec{F}$  است. اگر بار ذره  $C$  به جای  $-2q$ ،  $+2q$  بود، نیروی خالص وارد بر  $q_B$  برابر کدام گزینه می‌شد؟

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



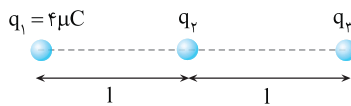
- ۵۷ مطابق شکل سه بار نقطه‌ای روی محور  $X$  قرار دارند. در این حالت اندازه نیروی خالص وارد بر بار  $q_2$  برابر  $F$  است. اگر بار  $q_2$  را به اندازه  $\frac{d}{2}$  روی محور  $X$  به بار  $q_1$  نزدیک کنیم، نیروی خالص وارد بر بار  $q_2$  چند برابر  $F$  خواهد شد؟

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



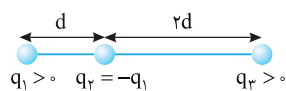
- ۵۸ در شکل مقابل برابری نیروهای وارد بر بار  $q_2$  به اندازه  $F$  و به سمت راست است. اگر اندازه نیرویی که  $q_2$  به  $q_1$  وارد می‌کند  $\frac{F}{2}$  و به سمت چپ باشد، کدام گزینه در مورد نیروی وارد بر  $q_3$  از سوی بار  $q_2$  درست است؟

(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. برابری نیروهای الکتریکی وارد بر بار  $q_3$  هم‌اندازه نیروی الکتریکی است که بار  $q_1$  بر  $q_3$  وارد می‌کند.  $q_2$  چند میکروکولن است؟

(۱) ۸      (۲) ۲      (۳) -۲      (۴) -۸



- ۶۰ سه بار نقطه‌ای مطابق شکل روبه‌رو ثابت شده‌اند. اگر برابری نیروهای الکتریکی وارد بر بار  $q_1$  هم‌اندازه برابری نیروهای الکتریکی وارد بر بار  $q_2$  باشد،  $q_3 / q_1$  کدام است؟

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

خارج تجریمی - ۹۵

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



- ۶۱ در نقاط  $A$ ،  $B$  و  $C$  به ترتیب بارهای الکتریکی  $q_A$ ،  $q_B$  و  $q_C$  مطابق شکل قرار دارند. اگر برابری نیروهای وارد بر بار  $q_C$  صفر شود، الزاماً بارهای ..... و ..... ناهمنامند و مقدار بار  $q_B$  از مقدار بار  $q_A$  است.

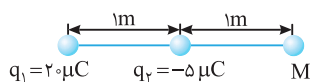
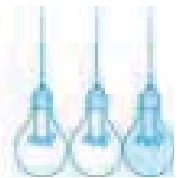
کنکور دهه‌های گذشته

(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 نقطه  $A$  و  $B$  به فاصله  $AB = 30 \text{ cm}$  قرار دارند. بار سوم  $q'$  را بین دو بار در چه فاصله‌ای از بار  $q_2$  قرار دهیم تا به حال تعادل قرار گیرد؟

(۱)  $10 \text{ cm}$       (۲)  $15 \text{ cm}$       (۳)  $20 \text{ cm}$       (۴)  $25 \text{ cm}$

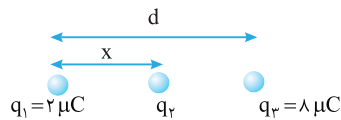




۶۳- در شکل روبه‌رو، در نقطه M بار الکتریکی نقطه‌ای چند میکروکولنی قرار دهیم تا برابری نیروهای وارد بر آن از طرف بارهای دیگر صفر باشد؟

۱ (۲) -۴ (۱)

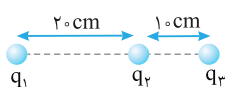
۵ (۳) هر مقدار دلخواه می‌تواند باشد. (۴)



۶۴- سه بار نقطه‌ای مطابق شکل قرار دارند. برابری نیروهای الکتروستاتیکی وارد بر هر یک از بارها صفر است. بار q2 چند میکروکولن است؟

+ 2/9 (۲) - 2/9 (۱)

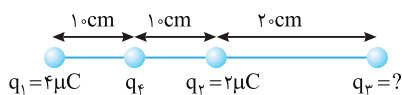
+ 1/9 (۴) - 1/9 (۳)



۶۵- در شکل روبه‌رو، برابری نیروهای الکتریکی وارد بر هر یک از بارهای نقطه‌ای برابر صفر است. q3/q2 کدام است؟

+ 4 (۲) - 4 (۱)

+ 9/4 (۴) - 9/4 (۳)

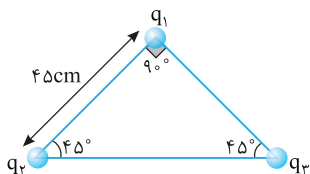


۶۶- در شکل مقابل، برابری نیروهای الکتریکی وارد بر بار q4 برابر صفر است. بار q3 چند میکروکولن است؟

8 (۲) 18 (۱)

-18 (۴) -8 (۳)

برابری نیروهای الکتریکی حاصل از چند بار واقع بر یک صفحه

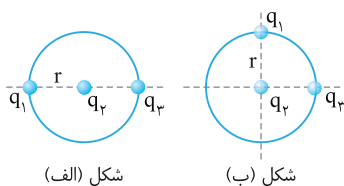


۶۷- سه بار نقطه‌ای q1 = q2 = q3 = 9.0 microC در سه رأس مثلث شکل مقابل قرار دارند.

نیروی وارد بر بار q1 چند نیوتون است؟ (k = 9 x 10^9 N.m^2 / C^2) از کتاب درسی

9.0\*sqrt(2) (۲) 3.6\*sqrt(2) (۱)

9\*sqrt(2) (۴) 3.6\*sqrt(2) (۳)



۶۸- در شکل‌های روبه‌رو بار q1 و q2 مثبت و بار q3 منفی است. نیرویی که بار q1 بر بار q2

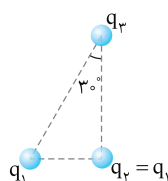
در فاصله r وارد می‌کند 8N و نیرویی که بار q3 بر بار q2 وارد می‌کند 6N است.

اندازه نیروی خالص وارد بر بار q2 در شکل (الف) چند برابر نیروی خالص وارد بر بار q2

در شکل (ب) است؟

5 (۲) 0/2 (۱)

5/4 (۴) 1/4 (۳)



۶۹- سه ذره باردار در سه رأس یک مثلث قائم‌الزاویه قرار دارند. بزرگی نیروی الکتریکی که بار q1

بر بار q2 وارد می‌کند F1 و بزرگی نیروی الکتریکی که بار q2 به بار q3 وارد می‌کند F2 است.

در صورتی که F1 = F2 باشد، بزرگی نیرویی که بار q1 به بار q3 وارد می‌کند چند برابر F1 است؟

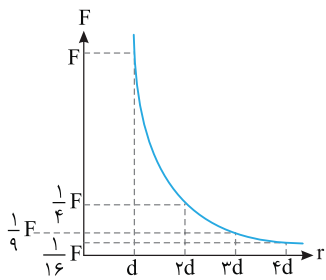
خارج ریاضی - ۹۸

1 (۲) 3/4 (۱)

3/2 (۴) 4/3 (۳)



## نشرالگو



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 گزینه (۱) درست است.

**۲۲** **A** اندازه نیرویی که این دو بار بر هم وارد می‌کنند  $F=0.4\text{N}$  است. با توجه به قانون کولن می‌توان اندازه نیروی الکتریکی را بررسی کرد:

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \Rightarrow 0.4 = 9 \times 10^9 \times \frac{1 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{r^2} \Rightarrow r^2 = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-12}}{0.4} = 9 \times 10^{-2} \Rightarrow r = 3 \times 10^{-1} \text{m} = 3 \text{cm}$$

**۲۳** **A** با توجه به قانون کولن  $(F = k \frac{q_1 q_2}{r^2})$  خواهیم داشت:

$$0.2 = 9 \times 10^9 \times \frac{(q_1)(5q_1)}{r^2} \Rightarrow q_1^2 = 4 \times 10^{-12} \Rightarrow q_1 = 2 \times 10^{-6} \text{C} \Rightarrow q_1 = 2 \mu\text{C}$$

**۲۴** **A** خط فکری: ابتدا وزن هر پروتون را به دست آورده و در گام بعد، با توجه به صورت تست اندازه آن را برابر نیروی کولنی (یعنی  $k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ ) قرار می‌دهیم. وزن هر

$$W = mg \Rightarrow W = 1/6 \times 10^{-27} \times 10 = 1/6 \times 10^{-26} \text{N}$$

نیروی الکتریکی و نیروی وزن با هم برابرند:

$$F_e = W \Rightarrow k \frac{q_1 q_2}{r^2} = 1/6 \times 10^{-26} \Rightarrow \frac{9 \times 10^9 \times 1 \times 10^{-19} \times C}{k} = 1/6 \times 10^{-26} \Rightarrow C = 1/6 \times 10^{-26} \times \frac{6 \times 10^9}{9 \times 10^9} = 1/6 \times 10^{-26} \times \frac{1}{1} = 1/6 \times 10^{-26}$$

$$9 \times 10^9 \times \frac{1/6 \times 10^{-26}}{r^2} = 1/6 \times 10^{-26} \Rightarrow r^2 = \frac{9 \times 10^9 \times 1/6 \times 10^{-26}}{1/6 \times 10^{-26}} = 9 \times 10^9 \Rightarrow r = 3 \times 10^4 \text{m} = 3 \times 10^4 \text{cm}$$

$$r^2 = \frac{9 \times 10^9 \times 1/6 \times 10^{-26}}{1/6 \times 10^{-26}} = 9 \times 10^9 \Rightarrow r = 3 \times 10^4 \text{m} = 3 \times 10^4 \text{cm}$$

$$\Rightarrow r = 3^2 \times 4^2 \times (10^{-2})^2 \Rightarrow r = 3 \times 4 \times 10^{-2} \text{m} = 0.12 \text{m} = 12 \text{cm}$$

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

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

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

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

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

**۲۷** **A** بار  $q_1$  بر بار  $2q_1$  نیروی  $2.0\text{N}$  وارد می‌کند. بنا به قانون سوم نیوتون بار  $2q_1$  نیز بر بار  $q_1$  همان نیروی  $2.0\text{N}$  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.

نتیجه گیری کلی: نیرویی که دو ذره  $q_1$  و  $q_2$  بر هم وارد می‌کنند هم اندازه 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.



**۲۷** **B** 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 جاذبه 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 فاصله 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** 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 میله  $A$ ، ورقه‌ها به هم نزدیک شده‌اند، پس میله  $A$  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 میله  $A$  با پارچه ابریشمی مالش داده شده است. با نزدیک کردن میله  $B$ ، ورقه‌ها از هم دور شده‌اند، پس میله  $B$  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 میله  $B$  با پارچه کتان مالش داده شده است.

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

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

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.  $k$  یکای  $\text{N.m}^2/\text{C}^2$  ثابت کولن را می‌توان بر حسب یک ضریب ثابت دیگر به نام ضریب گذردهی الکتریکی  $\epsilon_0$  نیز نوشت:

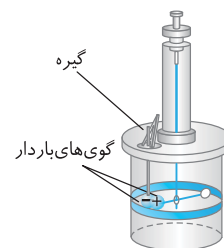
$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \Rightarrow \epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k}$$

$4\pi$  عدد ثابت و بدون یکا است، یکای  $k$  را که به دست آورده‌ایم در رابطه قبلی جای گذاری می‌کنیم.  $\epsilon_0$  یکای  $\frac{1}{\text{N.m}^2/\text{C}^2} = \text{C}^2/\text{N.m}^2$

در واقع یکای  $k$  و  $\epsilon_0$ ، وارون یکدیگرند.

**۳۰** **A** در ترازوی پیچشی کولن، در یک سر یک میله نارسانای سبک افقی یک

گوی باردار مثبت کوچک و در سر دیگر آن یک قرص قرار دارد، درحالی که میله نارسانا از وسط توسط یک رشته سیم کشسان و نازک آویخته شده است. یک گوی مشابه با بار منفی از حفره‌ای به داخل استوانه 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 به دست آورد.



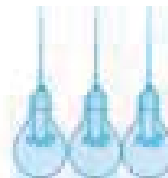
**۳۱** **A** فرض کنید که بار نقطه‌ای  $q_1$  و  $q_2$  در فاصله  $d$  بر هم نیروی  $F$  را وارد می‌کنند. نیروی بین دو بار را برای فاصله‌های  $2d$ ،  $3d$ ،  $4d$ ، ... به دست می‌آوریم سپس با نقطه‌یابی نمودار  $F$  را بر حسب  $d$  رسم می‌کنیم.

$$F = \frac{kq_1 q_2}{d^2}, r = 2d \Rightarrow F' = \frac{kq_1 q_2}{(2d)^2} \Rightarrow F' = \frac{1}{4} F$$

$$r = 3d \Rightarrow F'' = \frac{kq_1 q_2}{(3d)^2} \Rightarrow F'' = \frac{1}{9} F$$

$$r = 4d \Rightarrow F''' = \frac{kq_1 q_2}{(4d)^2} \Rightarrow F''' = \frac{1}{16} F$$

بنابراین گزینه (۱) درست است.



**تست ۹** دو ذره باردار مشابه با بار الکتریکی یکسان در فاصله  $a$  از یکدیگر قرار دارند. در چه تعداد از تغییرات مطرح 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 فاصله دو ذره را سه برابر کنیم. / (ب) فقط یکی از بارها را به  $\frac{1}{4}$  مقدار اولیه آن رسانده و فاصله دو ذره را  $\frac{3}{4}$  برابر کنیم. / (پ) بار هر ذره را  $\frac{1}{3}$  و فاصله آن‌ها را سه برابر کنیم.

۱ (۱)	۲ (۲)
۳ (۳)	۴ (۴) صفر

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

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad q_1 = q_2 \rightarrow \frac{1}{9} = k \frac{q^2}{r^2}$$

$$F' = k \frac{q_1' q_2'}{r'^2} \quad q_1' = q_2' = q+2 \rightarrow \frac{1}{3} = k \frac{q(q+2)}{r'^2}$$

$$\frac{F'}{F} = \frac{k \frac{q(q+2)}{r'^2}}{k \frac{q^2}{r^2}} \rightarrow \frac{1}{3} = \frac{q+2}{q} \Rightarrow \frac{1}{3} = \frac{q+2}{q} \Rightarrow \frac{1}{3} = 1 + \frac{2}{q} \Rightarrow \frac{1}{3} - 1 = \frac{2}{q} \Rightarrow -\frac{2}{3} = \frac{2}{q} \Rightarrow q = -3$$

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

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

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

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  $q_1 = 1 \mu C$  را به  $q_2 = -2 \mu C$  اضافه کنیم، خواهیم داشت:

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

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

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

$$F' = F + 0.69F = 1.69F \Rightarrow \frac{kq_1 q_2}{d'^2} = 1.69 \times \frac{kq_1 q_2}{d^2} \Rightarrow d' = \frac{1}{1.3} d$$

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

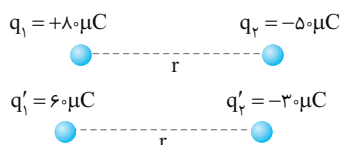
$$\Delta d = d' - d = \frac{1}{1.3} d - d = -\frac{0.3}{1.3} d = -\frac{3}{13} d$$

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

**۴۵** **B** **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:

$$q_1' = q_1 - \frac{1}{4} q_1 = \frac{3}{4} q_1 = \frac{3}{4} \times 80 = 60 \mu C, \quad q_2' = q_2 + \frac{1}{4} q_1 = -50 + \frac{1}{4} \times 80 = -30 \mu C$$

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



$$F_1 = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} \Rightarrow \frac{F_1}{F_2} = \frac{k \frac{|q_1'| |q_2'|}{r^2}}{k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2}} = \frac{|q_1'| |q_2'|}{|q_1| |q_2|} = \frac{60 \times 30}{80 \times 50} = \frac{9}{20} \Rightarrow F_2 = \frac{9}{20} F_1$$

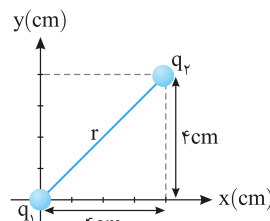
$$F_2 = k \frac{|q_1'| |q_2'|}{r^2} \Rightarrow F_2 = k \frac{(3q_1)(3q_2)}{(3r)^2} \Rightarrow F_2 = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \Rightarrow F_2 = F$$

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

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

با توجه به قانون کولن،  $F$  خواهد شد:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \Rightarrow F = 9 \times 10^9 \times \frac{1 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{(4\sqrt{2})^2} = 9 \text{ N}$$



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

با **آدآوری 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:

$$\vec{F} = 6\vec{i} + 2\sqrt{3}\vec{j} \Rightarrow |\vec{F}| = \sqrt{6^2 + (2\sqrt{3})^2} = \sqrt{36 + 12} = \sqrt{48} = 4\sqrt{3} \text{ N}$$

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

$$|\vec{F}| = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \Rightarrow 4\sqrt{3} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{r^2} \Rightarrow r^2 = 9 \times 10^{-4}$$

$$\Rightarrow r = 3 \times 10^{-2} \text{ m} \Rightarrow r = 3 \text{ cm}$$

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

$$F = \frac{kq_1 q_2}{r^2}, \quad F' = \frac{kq_1 q_2}{r'^2} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \left(\frac{r}{r'}\right)^2 \Rightarrow \frac{6}{54} = \left(\frac{r}{r'}\right)^2$$

$$\Rightarrow \frac{1}{9} = \frac{r^2}{r'^2} \Rightarrow r' = \frac{1}{3} r, \quad \Delta r = 120 - 40 = 80 \text{ cm}$$

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

$$r_1 = 3r_2 \quad r_1 = 40 \text{ cm} \rightarrow r_2 = 120 \text{ cm}$$

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

**تست ۸** بار الکتریکی  $8 \mu C$  از فاصله  $r$  بر بار  $2 \mu C$  نیروی  $F$  را وارد می‌کند. بار  $2 \mu C$  در چه فاصله‌ای بر بار  $8 \mu C$  نیرویی با اندازه  $2F$  وارد می‌کند؟ **تجربی - ۸۰**

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

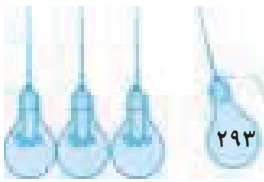
**۴۱** **A** **خط فکری:** در این تست‌ها باید با توجه به قانون کولن، نیروی الکتریکی را در دو حالت به دست آورده و با تقسیم آن‌ها نسبت خواسته شده را به دست آوریم. بارهای اولیه را  $q_1$  و  $q_2$  و فاصله دو بار را  $r$  می‌گیریم. در این صورت نیرویی که دو بار

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

در حالت اول به هم وارد می‌کنند برابر است با:

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

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



## نشرالگو

**خط فکری ۲:** می‌توان اثبات کرد، حاصل ضرب 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 به هم وارد می‌کنند  $(k \frac{q_1 q_2}{r^2})$  بیشینه شود باید  $q_1 q_2$  بیشینه شود.

برای آن که نیرو بیشینه شود باید  $q_1' = q_2' = \frac{q_1 + q_2}{2}$  باشد:

$$q_1' = q_2' = \frac{q_1 + 2q_1}{2} = \frac{3}{2} q_1$$

حال درصد تغییرات بار  $q_2$  را حساب می‌کنیم:

$$\frac{\Delta q_2}{q_2} \times 100 = \frac{q_2' - q_2}{q_2} \times 100 = \frac{-\frac{1}{2} q_1}{2q_1} \times 100 = -25\%$$

**۴۹** بنا به اصل پایستگی بار الکتریکی خواهیم داشت:

$$q_1' + q_2' = q_1 + q_2 \Rightarrow q_1' + q_2' = (0/2) + (-6/2) = -6 \mu C$$

بارهای  $q_1'$  و  $q_2'$  با هم برابرند زیرا دو کره رسانا و مشابه هستند.

$$2q_1' = -6 \mu C \Rightarrow q_1' = -3 \mu C$$

در این صورت مقدار بار جابه‌جا شده برابر است با:

$$|\Delta q_2| = |q_2| - |q_2'| = |-6/2| - |-3| = 3/2 \mu C$$

اکنون تعداد الکترون‌های جابه‌جا شده را به دست می‌آوریم:

$$q = ne \Rightarrow 3/2 \times 10^{-6} = n \times 1.6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = 2 \times 10^{13}$$

نسبت نیروها در دو حالت خواهد شد:

$$\frac{F'}{F} = \frac{k \frac{|q_1'| |q_2'|}{r'^2}}{k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2}} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \left| \frac{q_1'}{q_1} \right| \times \left| \frac{q_2'}{q_2} \right| \times \frac{r^2}{r'^2} \xrightarrow{r'=rd} \frac{F'}{F} = \left( \frac{3}{2} \right) \left( \frac{3}{2} \right) \left( \frac{d}{2d} \right)^2 \Rightarrow F' = 2N$$

**تست ۱۱:** دو کره کوچک فلزی یکسان که دارای بار الکتریکی  $2q$  و  $-3q$  می‌باشند از فاصله  $d$  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  $F_2$  وارد می‌کنند.  $\frac{F_2}{F_1}$  برابر کدام است؟

$$\frac{1}{12} \quad (1) \quad \frac{1}{6} \quad (2)$$

$$\frac{1}{24} \quad (3) \quad \frac{1}{3} \quad (4)$$

**راه‌حل اول:** نیروی اولیه بین دو گلوله ریاضی است. در نتیجه بار آن‌ها در ابتدا ناهمنام است. پس از تماس آن دو با هم بار هر دو برابر می‌شود:

$$q_1' = q_2' = \frac{q_1 + q_2}{2} = +2 \mu C \Rightarrow q_1 + q_2 = +6 \mu C = 6 \times 10^{-6} C$$

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

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \Rightarrow -4 = 9 \times 10^9 \frac{q_1 q_2}{9 \times 10^{-2}} \Rightarrow q_1 q_2 = -4 \times 10^{-11} = -4 \times 10^{-12} C^2$$

با توجه به خاصیت معادله درجه دوم می‌توان  $q_1$  و  $q_2$  را ریشه‌های یک معادله درجه دوم دانست که حاصل ضرب دو ریشه  $-4 \times 10^{-12}$  و حاصل جمع آن‌ها  $+6 \times 10^{-6}$  شده است و معادله را نوشت:

$$q^2 - 6 \times 10^{-6} q - 4 \times 10^{-12} = 0 \Rightarrow q = \frac{+3 \times 10^{-6} \pm \sqrt{9 \times 10^{-12} + 4 \times 10^{-12}}}{1}$$

$$\Rightarrow q = 3 \times 10^{-6} \pm 7 \times 10^{-6} \Rightarrow \begin{cases} q_1 = 10 \times 10^{-6} = +10 \mu C \\ q_2 = -4 \times 10^{-6} = -4 \mu C \end{cases}$$

**خط فکری ۲:** درصد تغییرات نیرو برابر  $\frac{\Delta F}{F} \times 100$  است که اگر حاصل آن مثبت باشد

یعنی نیرو به اندازه  $a$  درصد افزایش یافته و اگر حاصل آن منفی باشد یعنی نیرو به اندازه  $a$  درصد کاهش یافته است:

$$\frac{\Delta F}{F} \times 100 = \frac{F_2 - F_1}{F_1} \times 100 = \frac{\frac{9}{2} F_1 - F_1}{F_1} \times 100 = -\frac{1}{2} \times 100 = -50\%$$

نیرو ۵۵ درصد کاهش یافته است  $\Rightarrow$

**۴۶** با توجه به سؤال  $\frac{25}{100} = \frac{1}{4}$  بار  $q_1$  را برداشته و به بار  $q_2$  اضافه کرده‌ایم، بنابراین:

$$q_1' = q_1 - \frac{25}{100} q_1 = 8 - \frac{1}{4} \times 8 = 6 \mu C, q_2' = q_2 + \frac{1}{4} q_1 = q_2 + \frac{1}{4} \times 8 \Rightarrow q_2' = q_2 + 2$$

$$F' = F + 50\% F = \frac{3}{2} F \quad \text{نیروی بین دو بار ۵۰ درصد افزایش یافته پس:}$$

حال نیروی الکتریکی را در دو حالت با توجه به قانون کولن  $(k \frac{q_1 q_2}{r^2})$  به دست آورده و برهم تقسیم می‌کنیم تا ثابت کولن  $(k)$  و فاصله دو بار که در دو حالت یکسان می‌ماند، با هم ساده شوند.

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \Rightarrow F = k \frac{(\lambda) q_2}{r^2}, F' = k \frac{q_1' q_2'}{r^2} \Rightarrow F' = k \frac{(6)(q_2 + 2)}{r^2}$$

$$\Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{F'}{F} = \frac{6(q_2 + 2)}{6(q_2 + 2)} \Rightarrow \frac{3}{2} = \frac{6}{6} \left( \frac{q_2 + 2}{q_2 + 2} \right) \Rightarrow 2q_2 = q_2 + 2 \Rightarrow q_2 = 2 \mu C$$

**تست ۱۰:** دو بار  $q$  در فاصله  $r$ ، یکدیگر را با نیروی  $F$  دفع می‌کنند. چند درصد از بار یکی را برداشته و به دیگری بیفزاییم تا در همان فاصله  $r$  یکدیگر را با نیروی  $84\% F$  دفع کنند؟

۱۶ (۱)	۳۶ (۲)
۴۰ (۳)	۶۰ (۴)

**گزینه ۳**

**۴۷** ۲۵ درصد از اندازه بار هر دو ذره کاهش یافته است یعنی اندازه هر دو بار به اندازه  $\frac{25}{100} = \frac{1}{4}$  بارشان کاهش می‌یابد. دقت کنید برای بار  $q_2 = -6 \mu C$  اندازه بار  $6 \mu C$  بوده که اگر  $\frac{1}{4}$  از آن کاسته شود، اندازه بار  $4.5 \mu C$  خواهد شد:

$$|q_1'| = |q_1| - \frac{25}{100} |q_1| = 30 \mu C, |q_2'| = |q_2| - \frac{25}{100} |q_2| = +4.5 \mu C$$

بنابراین چون بار  $q_1$  مثبت است بار  $q_1'$  برابر  $+30 \mu C$  شده و چون بار  $q_2$  منفی بوده بار  $q_2'$  نیز  $-4.5 \mu C$  است. فاصله دو ذره تغییر نکرده پس با داشتن بار اولیه آن‌ها، نیروی الکتریکی اولیه و با داشتن بار ثانویه آن‌ها، نیروی الکتریکی ثانویه را حساب کرده تا بتوانیم تغییرات نیروی الکتریکی را به دست آوریم:

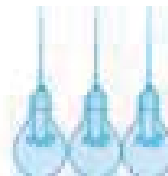
$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} \Rightarrow F = k \times \frac{30 \times 6 \times 10^{-12}}{r^2}$$

$$F' = k \frac{|q_1'| |q_2'|}{r^2} \Rightarrow F' = k \times \frac{30 \times 4.5 \times 10^{-12}}{r^2}$$

درصد تغییرات برابر است با:

$$\frac{\Delta F}{F} \times 100 = \text{درصد تغییرات نیروی الکتریکی}$$

$$\Rightarrow \frac{F' - F}{F} \times 100 = \frac{F'}{F} - 1 = \frac{k \times 10^{-12} (1350 - 2400)}{k \times 2400 \times 10^{-12}} = -43/75\%$$



**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 نقطه A قرار گرفته و ۲- اندازه این بار. بنابراین برای حل سؤال دو حالت در نظر می‌گیریم:

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

$$F_1 = k \frac{|q_1||q|}{r_1^2} \Rightarrow F_1 = 9 \times 10^9 \times \frac{1 \times 10^{-6} \times q}{(2.25 \times 10^{-2})^2} \Rightarrow F_1 = \frac{9 \times 10^6 q}{2.25} = \frac{4 \times 10^6 q}{0.25}$$

$$F_2 = k \frac{|q_2||q|}{r_2^2} \Rightarrow F_2 = 9 \times 10^9 \times \frac{1 \times 10^{-6} \times q}{(2.5 \times 10^{-2})^2} \Rightarrow F_2 = \frac{9 \times 10^6 q}{2.5}$$

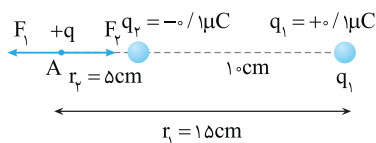
نیروهای  $F_1$  و  $F_2$  خلاف جهت همنامند پس نیروی خالص وارد بر q حاصل تفاضل این دو نیرو است:

$$|\vec{F}_T| = |\vec{F}_2 - \vec{F}_1| \Rightarrow \frac{9 \times 10^6 q}{2.5} - \frac{4 \times 10^6 q}{0.25} = \frac{9 \times 10^6 q}{2.5} - \frac{16 \times 10^6 q}{2.5}$$

$$\frac{1}{6 \times 10^{-2}} = \frac{9 \times 10^6}{2.5} - \frac{16 \times 10^6}{2.5} \Rightarrow \frac{1}{6 \times 10^{-2}} = \frac{9 \times 10^6}{2.5} - \frac{16 \times 10^6}{2.5} \times \lambda$$

$$\frac{1}{6 \times 10^{-2}} = \frac{9 \times 10^6}{2.5} - \frac{16 \times 10^6}{2.5} \times \lambda \Rightarrow \frac{1}{6 \times 10^{-2}} = \frac{9 \times 10^6}{2.5} - \frac{16 \times 10^6}{2.5} \times \lambda$$

$$= 5 \times 10^{-8} C = 0.5 \mu C$$

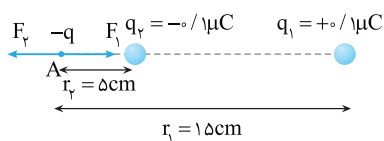


(۲) بار q منفی باشد: با توجه به تغییر بار q، جهت نیروهای  $F_1$  و  $F_2$  تغییر می‌کند اما اندازه این نیروها تغییر نخواهد کرد. دقت کنید که چون بار q منفی است پس در قانون کولن  $|q|$  را قرار می‌دهیم:

$$F_1 = k \frac{q_1|q|}{r_1^2} = \frac{|q| \times 10^6}{2.5}, F_2 = k \frac{q_2|q|}{r_2^2} = \frac{|q| \times 9 \times 10^6}{2.5} \Rightarrow |\vec{F}_T| = |\vec{F}_2 - \vec{F}_1|$$

$$\Rightarrow \frac{1}{6 \times 10^{-2}} = \frac{9 \times 10^6}{2.5} - \frac{10^6}{2.5} \times |q| \Rightarrow |q| = 5 \times 10^{-8} C = 0.5 \mu C$$

چون فرض کردیم q منفی است بنابراین  $q = -0.5 \mu C$

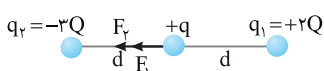


**A ۵۵ ۳ خط فکری:** با توجه به قانون کولن، نیروی الکتریکی بین دو ذره باردار با بار هر ذره رابطه مستقیم دارد، پس اگر باریکی از ذره‌ها دو برابر شود نیروی الکتریکی بین آنها نیز دو برابر خواهد شد.

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

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

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



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

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \Rightarrow -4 = 9 \times 10^9 \times \frac{q_1 q_2}{9 \times 10^{-2}} \Rightarrow q_1 q_2 = -4 \times 10^{-12} C^2$$

اکنون از گزینه‌ها کمک می‌گیریم، تنها گزینه‌ای که حاصل ضرب اعداد آن  $-4 \times 10^{-12} C^2$  می‌شود، گزینه (۲) است.

**A ۵۱ ۴** درباره اندازه ذره کره فلزی و نوع بار دو کره در صورت مسأله، اطلاعاتی داده نشده است. از این رو نمی‌توان در مورد رابطه نیروی  $F$  و  $F'$  اظهار نظر قطعی کرد و گزینه (۴) پاسخ درست است.

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

۱- اندازه نیروهای وارد بر هر ذره به وسیله قانون کولن  $k \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$  به دست می‌آید.

۲- اگر نیروهای وارد بر یک ذره:

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

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

بارهای A و C ناهمنامند پس نیروی بین آنها رانشی است.

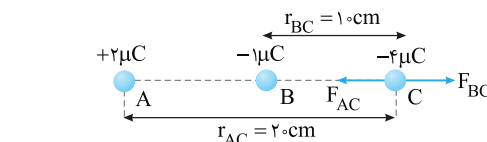
بارهای B و C همنامند پس نیروی بین آنها رانشی است.

حال با استفاده از قانون کولن، اندازه نیروی  $F_{AC}$  و  $F_{BC}$  را به دست می‌آوریم:

$$|\vec{F}_{BC}| = k \frac{|q_B||q_C|}{r_{BC}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{1 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{100 \times 10^{-4}} = 3.6 N$$

$$|\vec{F}_{AC}| = k \frac{|q_A||q_C|}{r_{AC}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{400 \times 10^{-4}} = 1.8 N$$

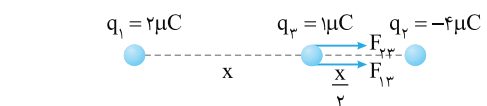
این دو نیرو خلاف جهت همنامند و اندازه برآیند آنها برابر  $|\vec{F}_T| = |\vec{F}_{BC} - \vec{F}_{AC}| = 3.6 - 1.8 = 1.8 N$  و جهت آن در جهت بردار نیروی بزرگ‌تر ( $\vec{F}_{BC}$ ) است.



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

- (۱)  $1/8$  → (۲)  $1/8$  ←  
(۳)  $5/4$  ← (۴)  $5/4$  →

**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 برآیند نیروهای وارد بر  $q_3$  برابر جمع دو نیروی  $\vec{F}_{23}$  و  $\vec{F}_{13}$  است:



$$F_{23} + F_{13} = 4.5 N \Rightarrow k \frac{|q_2||q_3|}{r_{23}^2} + k \frac{|q_1||q_3|}{r_{13}^2} = 4.5$$

$$9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^{-6}}{(x/2)^2} + 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^{-6}}{x^2} = 4.5$$

$$\frac{36 \times 10^3}{x^2} + \frac{18 \times 10^3}{x^2} = 4.5 \Rightarrow \frac{54 \times 10^3}{x^2} = 4.5$$

$$9 \times 10^3 = 4.5 x^2 \Rightarrow x^2 = 2 \times 10^3 \Rightarrow x = \sqrt{2 \times 10^3} = 44.72 m = 4.472 \times 10^1 m = 44.72 m$$

$$\Rightarrow 3/6 \times 10^{-2} = x^2 \Rightarrow 3 \times 10^{-4} = x^2 \Rightarrow x = \sqrt{3 \times 10^{-4}} = 6 \times 10^{-2} m = 6 cm$$