درس‌نامه + پرسش‌های چهارگزینه‌ای + پاسخ‌های کاملاً تشریحی

فیزیک ۲ ریاضی

(یازدهم) ویراست سوم

رضا خالو، امیرعلی میری

نشر الگو

۲۴۷ پرسش ۴ گزینه‌ای در درس‌نامه‌ها

۱۴۸۶ پرسش ۴ گزینه‌ای در پایان درس‌نامه‌ها

۱۱ آزمون فصل به فصل و جامع

ویراست سوم

پیشگفتار

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 مجموعهٔ 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 پایهٔ 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 علاوه‌بر 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 مراجعه به سایت الگو دریافت کنید. همچنین برای اینکه متوجه شوید که تست، شامل یک تست مشابه در پاسخ است، علامت ⊕ در کنار شمارهٔ 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 مراجعه به سایت الگو دریافت کنید. (پاسخنامهٔ 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، شمارهٔ 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 صمیمانهٔ کارکنان نشر الگو سپاسگزاری کنیم، در واحد ویرایش خانم زهره نوری و همچنین خانم فاطمه کزازی و آقای روزبه عسگری که ویرایش این کتاب بی‌یاری ایشان امکان‌پذیر نبود، از خانم ویدا محسنی برای صفحه‌آرایی کتاب، همچنین از سرکار خانم ستین مختار مسئول واحد ویراستاری و حروفچینی قدردانی می‌کنیم.

رضا خالو

امیرعلی میری

فهرست

فصل اول: الکتریسیتهٔ ساکن

بخش اول (قسمت اول): بار الکتریکی ۲
پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش اول (قسمت اول) ۹
بخش اول (قسمت دوم): قانون کولن ۱۳
پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش اول (قسمت دوم) ۲۱
بخش دوم: میدان الکتریکی ۳۸
پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش دوم ۴۷
بخش سوم (قسمت اول): انرژی پتانسیل الکتریکی - پتانسیل الکتریکی ۶۳
پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش سوم (قسمت اول) ۶۹
بخش سوم (قسمت دوم): میدان الکتریکی در داخل رساناها ۷۹
پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش سوم (قسمت دوم) ۸۳
بخش چهارم: خازن ۹۱
پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش چهارم ۹۷
آزمون ۱ ..... ۱۰۶
آزمون ۲ ..... سایت نشر الگو

فصل دوم: جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم

بخش اول: جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم ۱۱۰
پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش اول ۱۲۱
بخش دوم (قسمت اول): نیروی محرکهٔ الکتریکی و مدارها ۱۳۲
پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش دوم (قسمت اول) ۱۳۹
بخش دوم (قسمت دوم): توان در مدارهای الکتریکی ۱۴۵
پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش دوم (قسمت دوم) ۱۵۱
بخش سوم (قسمت اول): ترکیب مقاومت‌ها ۱۵۹
پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش سوم (قسمت اول) ۱۷۰
بخش سوم (قسمت دوم): بررسی ولت‌سنج و آمپرسنج در مدار ۱۹۰
پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش سوم (قسمت دوم) ۱۹۲
بخش چهارم (قسمت اول): توان الکتریکی در مدار ۱۹۹
پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش چهارم (قسمت اول) ۲۰۵
بخش چهارم (قسمت دوم): بررسی اثر تغییر مقاومت مدار بر جریان و ولتاژ ۲۱۶
پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش چهارم (قسمت دوم) ۲۱۷
آزمون ۱ ..... ۲۲۴
آزمون ۲ ..... سایت نشر الگو

فصل سوم: مغناطیس

بخش اول (قسمت اول): مفاهیم اولیه مغناطیس ۲۲۸
پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش اول (قسمت اول) ۲۳۱
بخش اول (قسمت دوم): نیروی مغناطیسی وارد بر بار متحرک در میدان مغناطیسی ۲۳۴
پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش اول (قسمت دوم) ۲۴۰
بخش اول (قسمت سوم): نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان ۲۴۶
پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش اول (قسمت سوم) ۲۴۹
بخش دوم (قسمت اول): میدان مغناطیسی سیم راست حامل جریان ۲۵۶
پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش دوم (قسمت اول) ۲۶۱

بخش دوم (قسمت دوم): میدان مغناطیسی حلقهٔ دایره‌ای و سیملولهٔ حامل جریان ۲۶۸
پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش دوم (قسمت دوم) ... ۲۷۴
بخش دوم (قسمت سوم): ویژگی‌های مغناطیسی مواد .. ۲۸۱
پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش دوم (قسمت سوم) .. ۲۸۲
آزمون ۱ ..... ۲۸۵
آزمون ۲ ..... سایت نشر الگو

فصل چهارم: القای الکترومغناطیسی و جریان متناوب

بخش اول (قسمت اول): پدیدهٔ القای الکترومغناطیسی ... ۲۸۸
پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش اول (قسمت اول) ... ۲۹۱
بخش اول (قسمت دوم): قانون القای الکترومغناطیسی فاراده .. ۲۹۴
پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش اول (قسمت دوم) ... ۳۰۱
بخش اول (قسمت سوم): نمودارها ۳۱۰
پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش اول (قسمت سوم) ... ۳۱۳
بخش دوم (قسمت اول): القاگرها ۳۱۹
پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش دوم (قسمت اول) ... ۳۲۳
بخش دوم (قسمت دوم): جریان متناوب ۳۲۸
پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش دوم (قسمت دوم) ... ۳۳۳
آزمون ۱ ..... ۳۴۱
آزمون ۲ ..... سایت نشر الگو

آزمون‌های جامع

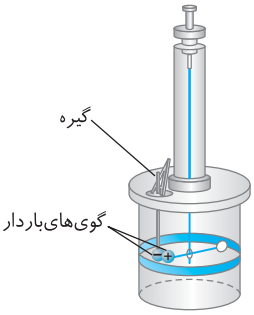
آزمون جامع ۱ ..... ۳۴۴
آزمون جامع ۲ ..... ۳۴۷
آزمون جامع ۳ ..... ۳۵۰
پاسخ تشریحی آزمون‌های جامع ..... سایت نشر الگو

فصل پنجم: پاسخ‌های تشریحی

پاسخ فصل اول ۳۵۴
پاسخ آزمون ۱ ..... ۴۲۷
پاسخ فصل دوم ۴۳۰
پاسخ آزمون ۱ ..... ۵۱۹
پاسخ فصل سوم ۵۲۳
پاسخ آزمون ۱ ..... ۵۵۳
پاسخ فصل چهارم ۵۵۵
پاسخ آزمون ۱ ..... ۵۸۳
پاسخنامهٔ کلیدی ۵۸۴

بخش اول (قسمت دوم): قانون کولن

بعد از شناسایی رفتار الکتریکی اجسام باردار، پرسشی که مطرح شد این بود که نیروی الکتریکی بین دو بار به چه عواملی بستگی دارد؟ شارل آگوستین کولن دانشمند فرانسوی اولین کسی بود که با استفاده از یک ترازوی پیچشی موفق شد که به این پرسش پاسخ دهد.



نیروی الکتریکی بین دو بار
- با **حاصل‌ضرب دو بار** نسبت **مستقیم** دارد.
- با **مربع فاصلهٔ** دوبار نسبت **وارون** دارد.

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

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

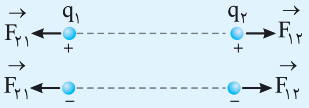
q_1 و q_2: بار دو جسم بر حسب کولن
r: فاصلهٔ دو بار بر حسب متر (m)
k: ثابت کولن $\simeq 9/0\times10^9\ N.m^2/C^2$

- 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 ربایشی و رانشی 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 برداریه و با قانون کولن اندازه بردار نیرو به‌دست میاد.

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

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



ب) نیروی الکتریکی بین دو بار الکتریکی ناهمنام جاذبه است.

F_{12} نیرویی است که بار الکتریکی q_1 بر بار الکتریکی q_2 وارد می‌کند و F_{21} نیرویی است که بار الکتریکی q_2 بر بار الکتریکی q_1 وارد می‌کند.

یادآوری

قانون سوم نیوتون: هرگاه جسم A بر جسم B نیروی F را وارد کند جسم B بر جسم A نیرویی هم‌اندازهٔ F و در خلاف جهت آن وارد می‌کند.

با توجه به یادآوری بالا نیرویی که بار q_1 بر q_2 وارد می‌کند هم‌اندازه و در خلاف جهت نیرویی است که q_2 بر q_1 وارد می‌کند. $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$

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.

تست ۱۱

در اتم هلیوم فاصلهٔ الکترون از پروتونی $1/4\times10^{-10}\,m$ و فاصلهٔ دو پروتون در هستهٔ آن برابر $2\times10^{-15}\,m$ می‌باشد. نیرویی که پروتون‌ها به هم وارد می‌کنند چند برابر نیرویی است که الکترون به پروتون وارد می‌کند؟ $(e=1/6\times10^{-19}\,C)$ از کتاب درسی

۱) $1/6\times10^{9}$ ۲) $3/2\times10^{9}$ ۳) $4/9\times10^{9}$ ۴) باید بار الکترون و پروتون داده شود.

پاسخ اندازهٔ بار الکترون و بار پروتون با هم یکسان و برابر با $e=1/6\times10^{-19}\,C$ است و با توجه به قانون کولن و فاصله‌های داده شده نیروی الکتریکی خواسته شده را حساب می‌کنیم:

$$F_1=k\frac{|q|\times|q|}{r^2}=\frac{k|q|^2}{(1/4\times10^{-10})^2}=\frac{ke^2}{(1/4\times10^{-10})^2}$$ نیروی بین الکترون و پروتون

$$F_2=k\frac{|q|\times|q|}{r^2}=\frac{k|q|^2}{(2\times10^{-15})^2}=\frac{ke^2}{(2\times10^{-15})^2}$$ نیروی بین پروتون‌ها

$$\frac{F_2}{F_1}=\frac{\frac{k|e|^2}{(2\times10^{-15})^2}}{\frac{k|e|^2}{(1/4\times10^{-10})^2}}=\frac{(1/4\times10^{-10})^2}{(2\times10^{-15})^2}=\frac{1/96\times10^{-20}}{4\times10^{-30}}=0/49\times10^{10}=4/9\times10^{+9}$$

گزینهٔ ۳

حالا برو تست‌های **۳۱** تا **۴۱** رو بزن.

نکته در قانون کولن $F=k\frac{|q_1||q_2|}{r^2}$، نیروی الکتریکی که دو ذرهٔ باردار بر هم وارد می‌کند:

الف) با بار هر یک از ذره‌ها رابطهٔ مستقیم دارد. به طور مثال با دو برابر شدن یکی از بارها نیروی الکتریکی دو برابر می‌شود.

ب) با فاصلهٔ بین دو بار رابطهٔ عکس و توان دو دارد به طور مثال با دو برابر شدن فاصلهٔ دو بار، نیروی الکتریکی $\frac{1}{4}$ برابر می‌شود.

$$\frac{F'}{F}=\frac{k\frac{|q'_1||q'_2|}{r'^2}}{\frac{k|q_1||q_2|}{r^2}}=|\frac{q'_1}{q_1}|\times|\frac{q'_2}{q_2}|\times\frac{r^2}{r'^2}$$

تست ۱۲

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 $\frac{F}{3}$ 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 رابطهٔ کولن را نوشته بر هم تقسیم می‌کنیم:

$$\begin{cases}F=k\frac{|q|\times|q|}{d^2}\\F'=k\frac{|q|\times|q|}{d'^2}\end{cases}\Rightarrow\frac{F'}{F}=(\frac{d}{d'})^2\Rightarrow\frac{1}{3}=(\frac{d}{d'})^2\Rightarrow d'=\sqrt{3}d$$ فاصلهٔ جدید بین دو بار $\sqrt{3}d$ است.

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

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

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

گزینهٔ ۳

نکته در بعضی از تست‌ها از شما در مورد شتاب پرسش می‌شود. در این سؤال‌ها باید ابتدا با توجه به قانون کولن نیروی الکتریکی را حساب کنید و سپس به کمک قانون دوم نیوتون $(F=ma)$ شتاب را به‌دست آورید.

تست ۱۳

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:

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

گزینهٔ ۳

حالا برو تست‌های ۴۲ تا ۴۸ رو بزن.

تست ۱۴

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 هنگامی‌که ٪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.

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

گزینهٔ ۳

حالا برو تست‌های ۴۹ تا ۵۴ رو بزن.

تست ۱۵

دو کرهٔ فلزی مشابه دارای بارهای الکتریکی $q_۱ = -۳\mu C$ و $q_۲ = +۱۵\mu C$ 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؟

۱) ۲۰ درصد افزایش می‌یابد. ۲) ۲۰ 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: $q'_۱ = q'_۲ = \frac{q_۱ + q_۲}{۲} = \frac{-۳ + ۱۵}{۲} = ۶\mu C$، نیرو را پیش از تماس و بعد از تماس دو کره می‌نویسیم و بر هم تقسیم می‌کنیم.

$$F = \frac{kq_۱q_۲}{r^۲} = \frac{k \times ۳ \times ۱۵}{r^۲} = \frac{۴۵k}{r^۲}, \quad F' = \frac{kq'_۱q'_۲}{r^۲} = \frac{k \times ۶ \times ۶}{r^۲} = \frac{۳۶k}{r^۲} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{\frac{۳۶k}{r^۲}}{\frac{۴۵k}{r^۲}} = \frac{۴}{۵} \simeq ۰/۸ \Rightarrow F' = ۰/۸F \xrightarrow{\Delta F = F' - F}$$

$$\Delta F = ۰/۸F - F \Rightarrow \Delta F = -۰/۲F \Rightarrow \frac{\Delta F}{F} = -۲۰٪$$

دقت کردید که در رابطه $\frac{q_۱ + q_۲}{۲}$ علامت بارها مهم است.

گزینهٔ ۲

تست ۱۶

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:

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

در حالت دوم نیروی بین دو کره خواهد شد:

$$F' = k\frac{q'_1 q'_2}{r^2} \Rightarrow F' = k\frac{(\frac{q_1+q_2}{2})^2}{r^2}$$

اکنون برای مقایسه F' و F باید بررسی شود که $(\frac{q_1+q_2}{2})^2$ بزرگ‌تر است یا $q_1 q_2$، 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: $q_1 q_2 = 8 \times 4 = 32$ ، $(\frac{q_1+q_2}{2})^2 = (\frac{8+4}{2})^2 = 36$. دقت کردید $36 > 32$ است بنابراین هر دو عدد دلخواه غیرمساوی دیگری را هم که مثال بزنید خواهید دید که $(\frac{q_1+q_2}{2})^2 > q_1 q_2$، بنابراین $F' > F$ است.

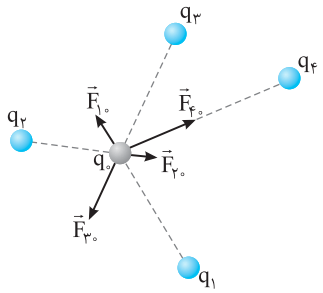
گزینهٔ ۲

حالا برو تست‌های ۵۵ تا ۵۹ رو بزن.

برایند نیروهای الکتروستاتیکی

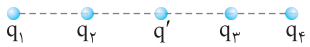
– هرگاه چند ذره باردار بر یک ذره باردار نیرو وارد کنند، نیروی الکتریکی وارد بر هر ذره برایند نیروهایی است که هر یک از ذره‌های دیگر جداگانه بر آن ذره وارد می‌کند. (اصل برهم‌نهی نیروهای الکتروستاتیکی)

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



نیروی بین بارهای در یک امتداد

اگر چند بار در یک امتداد قرار داشته باشند و نیروی الکتریکی خالص وارد بر یکی از آن‌ها به طور مثال، نیروی الکتریکی وارد بر q' خواسته شود:

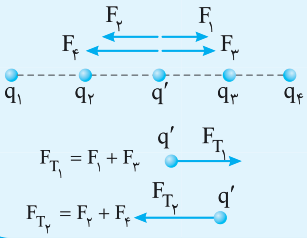


۱ ابتدا جهت نیروهای وارد بر بار q' را با توجه به همنام یا ناهمنام بودن بارها مشخص می‌کنیم.

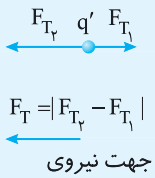
۲ در گام بعد اندازهٔ هر یک از نیروها را به کمک قانون کولن حساب می‌کنیم.

۳ نیروی خالص را به کمک برایند بردارها حساب می‌کنیم.

الف) در نیروهای وارد بر یک بار نیروهای هم‌جهت را با یکدیگر جمع می‌کنیم. نیروی خالص در جهت هر یک از این نیروها قرار می‌گیرد.

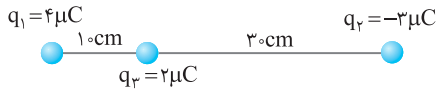


ب) برای به‌دست آوردن نیروی خالص وارد بر یک بار، برایند نیروهای خالصی که در قسمت (الف) به‌دست آورده بودیم را حساب می‌کنیم. این نیروهای خالص در خلاف جهت هم قرار دارند، بنابراین از یکدیگر کم می‌شوند و نیروی خالص وارد بر یک بار الکتریکی در جهت نیروی بزرگ‌تر قرار می‌گیرد:



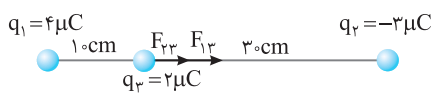
تست ۱۷

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؟ $(k = 9\times10^9\ N.m^2/C^2)$



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:



$$F_3 = F_{23} + F_{13} = 9\times10^9 \times \frac{2\times10^{-6}\times4\times10^{-6}}{10^{-2}} + 9\times10^9 \times \frac{3\times10^{-6}\times2\times10^{-6}}{9\times10^{-2}} \Rightarrow F_3 = 7/2 + 0/6 = 7/8\,N$$

گزینهٔ ۲

تست ۱۸

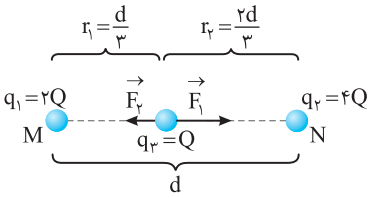
نیروی الکتریکی بین دو بار همنام $2Q$ و $4Q$ که روی پاره‌خط MN به فاصلهٔ d از هم قرار دارند، برابر F است. اگر بار سوم Q را در فاصلهٔ $\frac{d}{3}$ از M (محل بار $2Q$) و بین دو بار قرار دهیم، نیروی خالص وارد بر آن چقدر و در کدام جهت است؟

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 ابتدا نیروی F بین دو بار $q_1=2Q$ و $q_2=4Q$ را حساب می‌کنیم.

$$F=k\frac{|q_1||q_2|}{r^2}\Rightarrow F=k\frac{(2Q)(4Q)}{r^2}\Rightarrow F=8\frac{kQ^2}{r^2}\Rightarrow k\frac{Q^2}{r^2}=\frac{F}{8}$$

بار سوم یعنی Q را q_3 می‌نامیم $q_3=Q$ و نیرویی که بار q_1 و q_2 بر q_3 وارد می‌کنند را بر حسب F به‌دست می‌آوریم.



نیرویی که بار q_1 بر q_3 وارد می‌کند:

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

نیرویی که بار q_2 بر q_3 وارد می‌کند:

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

مطابق شکل این دو نیرو هم‌راستا و در خلاف جهت یکدیگرند، بنابراین اندازهٔ نیروی خالص وارد بر بار $q_3=Q$ بر حسب F را می‌توان به شکل زیر به‌دست آورد:

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

جهت این نیرو هم‌جهت با نیروی بزرگ‌تر یعنی $\vec{F}_1$ و به طرف نقطهٔ N خواهد بود.

گزینهٔ ۱

حالا برو تست‌های ۶۰ تا ۷۵ رو بزن.

نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار الکتریکی صفر شود.

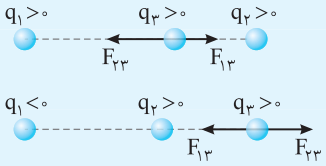
نکته اگر دو بار q_1 و q_2 داشته باشیم و سؤال از ما بخواهد بار q_3 را در نقطه‌ای قرار دهیم تا نیروی خالص وارد بر آن صفر شود دو حالت وجود دارد:

۱ بارهای الکتریکی همنام باشند، نیروی خالص 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 بارهای الکتریکی ناهمنام باشند، نیروی خالص وارد بر بار سوم (q_3) خارج از خط وصل کنندهٔ دو بار و نزدیک به باری که مقدار کمتری دارد، صفر می‌شود $(|q_1|>|q_2|)$

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

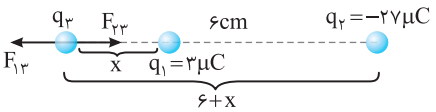


تست ۱۹

دو بار $q_1=3\mu C$ و $q_2=-27\mu C$ در فاصلهٔ $6cm$ از هم قرار دارند. بار q_3 را در فاصلهٔ 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 ناهمنام‌اند پس بار q_3 باید خارج از دو بار و نزدیک به بار با اندازهٔ کمتر یعنی بار q_1 قرار گیرد. $(|q_2|>|q_1|)$ در این صورت فاصلهٔ بار q_1 تا q_3 برابر x و فاصلهٔ بار q_2 تا q_3 برابر $6+x$ سانتی‌متر است. اگر بار q_3 را مثبت درنظر بگیریم:



$$F_{13}=F_{23}\Rightarrow k\frac{|q_1||q_3|}{x^2\times 10^{-4}}=k\frac{|q_2||q_3|}{(6+x)^2\times 10^{-4}}\xrightarrow[\text{ساده می‌کنیم}]{k\text{ و }|q_3|\text{ را از دو طرف}}\frac{3\times 10^{-6}}{x^2\times 10^{-4}}=\frac{27\times 10^{-6}}{(6+x)^2\times 10^{-4}}\Rightarrow\frac{(6+x)^2}{x^2}=\frac{27\times 10^{-6}}{3\times 10^{-6}}$$

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

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

گزینهٔ ۳

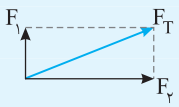
راستی متوجه شدید که نوع بار q_3 در این مسئله تأثیری نداره و q_3 از دو طرف تساوی نیروها حذف می‌شه.

حالا برو تست‌های ۷۶ تا ۹۰ رو بزن.

برایند نیروهای الکتریکی حاصل از چند بار واقع بر یک صفحه

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.

نکته اگر دو نیرو بر هم عمود باشند



$F_T = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$

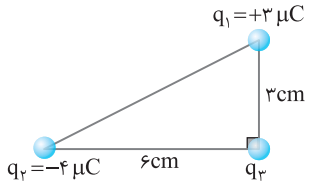
الف) اندازهٔ برایند این دو نیرو برابر است با:

ب) بردار نیروی خالص بین دو نیرو قرار می‌گیرد و به نیروی بزرگ‌تر، نزدیک‌تر است.

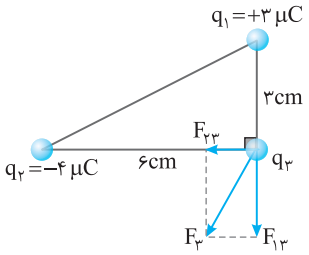
تست ۲۰

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؟ $(k = 9\times10^9\ N.m^2/C^2)$

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.



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

$$F_{23} = k\frac{|q_2||q_3|}{r^3} = 9\times10^9 \times \frac{4\times10^{-6}\times2\times10^{-6}}{36\times10^{-4}} = 20N$$

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

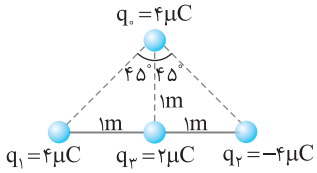
$$F_3 = \sqrt{(F_{13})^2 + (F_{23})^2} \Rightarrow F_3 = \sqrt{60^2 + 20^2} = \sqrt{4000} \Rightarrow F_3 = 20\sqrt{10}\ N$$

گزینهٔ ۳

تست ۲۱

نیروی خالص وارد بر بار q_0 در شکل روبه‌رو چند نیوتون است؟ $(k = 9\times10^9\ N.m^2/C^2)$

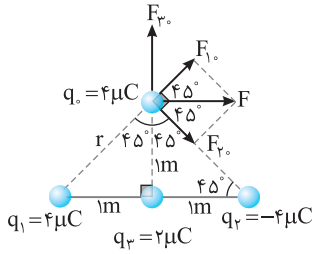
۱) صفر
۲) $7/2\sqrt{2}\times10^{-2}$
۳) $7/2\times\sqrt{3}\times10^{-2}$
۴) $7/2(\sqrt{2}-1)\times10^{-2}$



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 ۱ m است.

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

نیرویی که بار q_1 بر q_0 (F_{10}) وارد می‌کند خواهد شد:



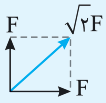
$$F = k\frac{|q_1||q_0|}{r^2} \Rightarrow F_{10} = 9\times10^9 \times \frac{4\times10^{-6}\times4\times10^{-6}}{(\sqrt{2})^2} \Rightarrow F_{10} = 72\times10^{-3}\ N$$

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.

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

نکته اگر دو بردار عمود بر هم دارای اندازهٔ یکسان باشند، اندازهٔ برایند این دو نیرو $\sqrt{2}$ برابر اندازهٔ هر یک از این نیروهاست.



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

$$F_{30} = k\frac{|q_3||q_0|}{r^2} \Rightarrow F_{30} = 9\times10^9 \times \frac{2\times10^{-6}\times4\times10^{-6}}{1} = 72\times10^{-3}\ N$$

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

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

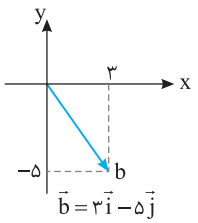
گزینهٔ ۳

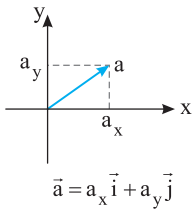
حالا برو تست‌های ۹۱ تا ۱۰۴ رو بزن.

نیروی خالص برحسب بردارهای یکه

یادآوری ریاضی

مطابق شکل روبه‌رو اگر برداری را بتوانیم به مؤلفه‌هایی در راستای محور افقی (x) و در راستای محور قائم (y) تجزیه کنیم، می‌توانیم بردار را به کمک بردارهای یکهٔ $\vec{i}$ و $\vec{j}$ نمایش دهیم.



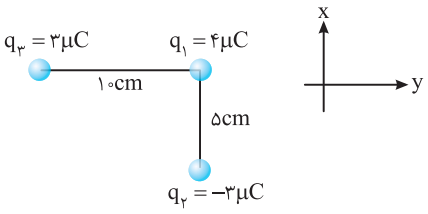


الف) مؤلفهٔ در راستای محور x را با بردار یکه $\vec{i}$ نشان می‌دهیم.

ب) مؤلفه در راستای محور y را با بردار یکه $\vec{j}$ نشان می‌دهیم.

تست ۲۲

در شکل روبه‌رو بردار نیروی وارد بر بار $q_۱$ برحسب $\vec{i}$ و $\vec{j}$ کدام است؟



$(k=۹\times۱۰^۹ N.m^۲/C^۲)$

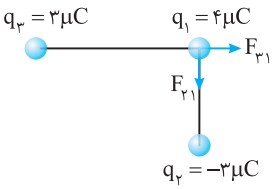
۱) $۱۰/۸\vec{i}-۴۳/۲\vec{j}$

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 $q_۱$ را به‌دست می‌آوریم. بار منفی $q_۲$ بار $q_۱$ را می‌رباید و بار مثبت $q_۳$ بار $q_۱$ 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 $q_۱$ خواهد شد: $\vec{F}=+۱۰/۸\vec{i}-۴۳/۲\vec{j}$

گزینهٔ ۱

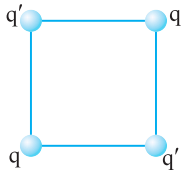
حالا برو تست‌های ۱۰۵ تا ۱۰۹ رو بزن.

نکته وقتی برایند سه نیرو صفر می‌شود که برایند دو نیرو از آن‌ها با نیروی سوم هم‌اندازه و در خلاف جهت آن باشد.

نکتهٔ قبل در مورد نیروهای الکتریکی صادق است یعنی اگر بر یک بار الکتریکی توسط سه بار الکتریکی دیگر نیرو وارد شود و نیروی خالص صفر باشد، برایند هر دو نیروی الکتریکی، هم‌اندازه و در خلاف جهت نیروی سوم است.

تست ۲۳

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؟



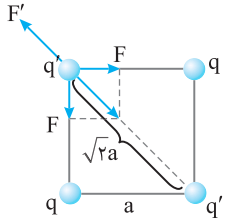
۱) $-\sqrt{۲}$

۲) $-۲\sqrt{۲}$

۳) $\sqrt{۲}$

۴) $۲\sqrt{۲}$

پاسخ بارهای q' در دو سر قطر مربع همنام هستند و 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:

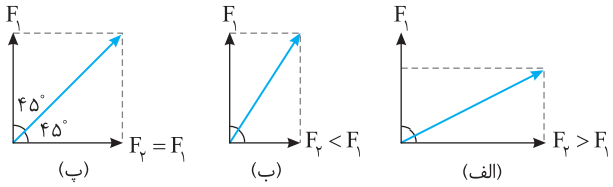
$$\frac{q'}{q}=-۲\sqrt{۲}$$

گزینهٔ ۲

حالا برو تست‌های ۱۱۰ تا ۱۱۶ رو بزن.

بررسی جهت برایند دو بردار عمود بر هم

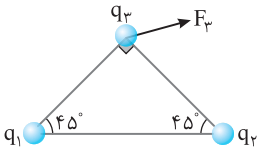
با توجه به سه شکل دیده می‌شود که نیروی خالص (برایند) به نیروی بزرگ‌تر نزدیک‌تر است. (الف و ب) اگر بردارها (نیروها) هم‌اندازه باشند زاویهٔ نیروی برایند با هر دو نیرو ۴۵° می‌شود. (پ)



تجزیهٔ نیروی خالص

تست ۲۴

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، $|q_1|>|q_2|$

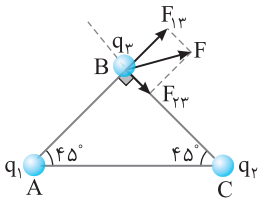
۳) q_1 و q_3 ناهمنام، $|q_1|>|q_2|$

۴) q_2 و q_1 ناهمنام، $|q_1|<|q_2|$

پاسخ در حل این مسائل به ترتیب زیر عمل می‌کنیم.

۱ ابتدا اضلاع AB و BC را امتداد می‌دهیم.

۲ نیروی F را بر امتداد این اضلاع تجزیه می‌کنیم. در این صورت نیرویی که q_1 و q_2 بر q_3 وارد می‌کنند مشخص می‌شود.



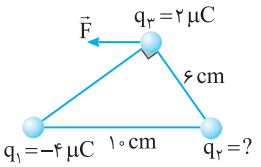
۳ q_1، q_3 را می‌رانند پس این دو همنام هستند، q_2 با نیروی F_{23} بار q_3 را می‌رباید، بنابراین q_2 و q_3 ناهمنام هستند.

۴ فاصله بارهای q_1 و q_2 تا q_3 یکسان است و چون $F_{13}>F_{23}$ است در نتیجه $|q_1|>|q_2|$ است.

گزینهٔ ۲

تست ۲۵

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

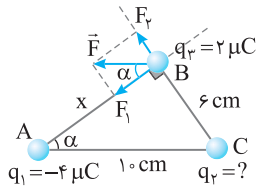
۲) ۴

۳) $\frac{۹}{۴}$

۴) $\frac{۲۷}{۱۶}$

پاسخ ۱ ابتدا فاصلهٔ بار q_1 تا q_3 را به کمک فیثاغورس به‌دست می‌آوریم:

$$۱۰^۲ = x^۲ + ۶^۲ \Rightarrow x = ۸\ \text{cm}$$



۲ اضلاع AB و BC را امتداد داده و نیروی F را مطابق شکل بر این اضلاع تجزیه می‌کنیم.

۳ بار q_1 با نیروی F_1 بار q_3 را می‌رباید و بار q_2 بار q_3 را با نیروی F_2 می‌راند.

۴ در مثلث ABC، $\tan\alpha$ را حساب می‌کنیم.

۵ زاویهٔ بین نیروی F و ضلع AB به دلیل موازی - مورب برابر α است. $\tan\alpha$ را این بار بر حسب F_1 و F_2 می‌نویسیم و از قانون کولن F_1 و F_2 را جای‌گذاری می‌کنیم:

$$\tan\alpha = \frac{F_۲}{F_۱} \Rightarrow \frac{۳}{۴} = \frac{\frac{k|q_۲||q_۳|}{۶^۲}}{\frac{k|q_۱||q_۳|}{۸^۲}} \Rightarrow \frac{۳}{۴} = \frac{۶۴}{۳۶} \times \frac{|q_۲|}{۴} \Rightarrow |q_۲| = \frac{۲۷}{۱۶}$$

گزینهٔ ۴

حالا برو تست‌های ۱۱۷ تا ۱۲۲ رو بزن.

نیروی الکتریکی همراه با نیروهای دیگر

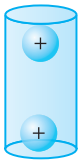
نکته گاهی اوقات علاوه‌بر نیروی الکتریکی بین دو بار، نیروهای دیگری بر بارها وارد می‌شود مانند نیروی وزن که برای به‌دست آوردن نیروی خالص:

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

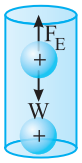
تست ۲۶

در شکل روبه‌رو، دو گوی مشابه به جرم $0/9\,g$ دارای بار یکسان مثبت q در فاصلهٔ $1\,cm$ هم قرار دارند، به‌طوری‌که گوی بالایی به حالت معلق مانده است. بار q چند میکروکولن است؟ $(k=9\times10^9\,N.m^2/C^2)$

۱) 10^{-2} ۲) 10^{-8} ۳) 10^{-6} ۴) 10^{-1}



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.



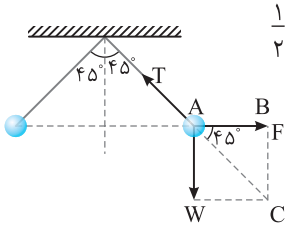
$$W=F_E\Rightarrow mg=k\frac{|q||q|}{r^2}\Rightarrow 0/9\times10^{-3}\times10=9\times10^9\times\frac{q^2}{10^{-4}}\Rightarrow q^2=\frac{10^{-7}}{10^9}=10^{-16}\Rightarrow q=10^{-8}\,C=10^{-2}\,\mu C$$

گزینهٔ ۱

تست ۲۷

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 مسئله 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:

$$\tan45^\circ=\frac{BC}{AB}\Rightarrow\tan45^\circ=\frac{W}{F}\Rightarrow\frac{W}{F}=1$$

گزینهٔ ۱

حالا برو تست‌های ۱۲۶ تا ۱۳۳ رو بزن.

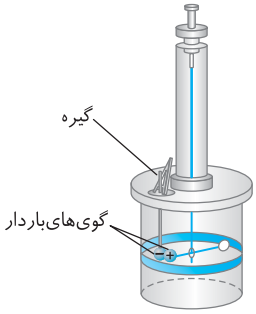
بخش اول (قسمت دوم): قانون کولن

قانون کولن

۳۱- 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) $C^2/m^2, N.m^2/C^2$

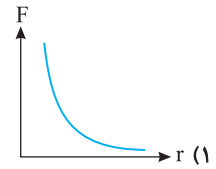
۳۲- شکل روبه‌رو مربوط به آزمایشی برای به‌دست آوردن ..... است که با استفاده از ..... حساب می‌شود. از کتاب درسی

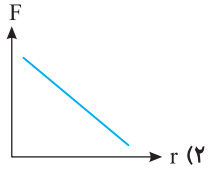


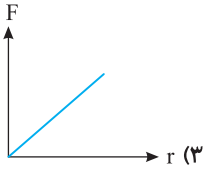
۱) نیروی الکتریکی - میزان چرخش گیره
۲) نیروی الکتریکی - مدرج کردن استوانه و اندازه‌گیری فاصلهٔ زاویه‌ای بین دو گوی
۳) مقدار بار الکتریکی - میزان چرخش گیره
۴) مقدار بار الکتریکی - مدرج کردن استوانه و اندازه‌گیری فاصلهٔ زاویه‌ای بین دو گوی

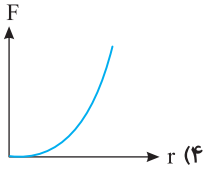
* این نوع مسأله‌ها ترکیبی از الکتریسیتهٔ ساکن و تعادل نیروها است که یادگیری آن به شما توصیه می‌شود زیرا در آزمون کنکور سراسری مسائل ترکیبی مباحث مختلف مورد پرسش قرار می‌گیرد.

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

۱) 

۲) 

۳) 

۴) 

حال به تست‌های محاسباتی از قانون کولن رسیدیم.

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

۱) ۱/۵ ۲) ۳ ۳) ۶ ۴) ۹ از کتاب درسی

۳۵- نیرویی که دو بار الکتریکی q_1 و $q_2=+3\mu C$ در فاصلهٔ $3m$ بر هم وارد می‌کنند ۳۰ میلی‌نیوتون و ربایشی است. بار q_1 در SI کدام است؟ $(k=9\times10^9 N.m/C^2)$

۱) $+5\times10^{-6}$ ۲) -5×10^{-6} ۳) $+10^{-5}$ ۴) -10^{-5}

۳۶- دو بار الکتریکی نقطه‌ای q_1 و $q_2=5q_1$ در فاصلهٔ ۳ متری از هم قرار دارند و نیروی دافعهٔ $0/02N$ 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

۳۷- 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؟ ($e=1/6\times10^{-19}C$، $g=10N/kg$، جرم پروتون برابر با $1/6\times10^{-27}kg$ و $k=9\times10^9 N.m^2/C^2$ است.)

۱) ۰/۱۲ ۲) ۱۲ ۳) ۱۳/۵ ۴) ۱۳۵

۳۸- دو ذرهٔ 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 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

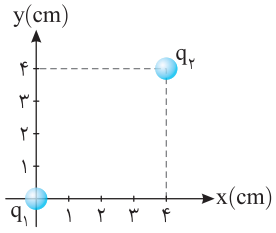
۱) $\frac{1}{2}$ ۲) ۳ ۳) $\frac{1}{3}$ ۴) ۲

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

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

حال دو تست با محورهای x و y ببینیم.

۴۰- بارهای الکتریکی نقطه‌ای $q_1=8\mu C$ و $q_2=-4\mu C$ مطابق شکل در دستگاه مختصات قرار گرفته‌اند. اندازهٔ نیروی الکتریکی وارد بر بار q_2 از طرف بار q_1 چند نیوتون است؟ $(k=9\times10^9 N.m^2/C^2)$



۱) ۹ ۲) ۹۰ ۳) ۰/۹ ۴) ۰/۰۹

۴۱- نیروی الکتروستاتیکی بین دو ذرهٔ باردار در SI به‌صورت $\vec{F}=(6)\vec{i}+(2\sqrt{7})\vec{j}$ است. چنان‌چه $q_1=0/4\mu C$ و $q_2=2\mu C$ باشد، فاصلهٔ بین دو بار چند سانتی‌متر است؟ $(k=9\times10^9 N.m^2/C^2)$

۱) ۳ ۲) ۹ ۳) ۰/۳ ۴) ۰/۹

مقایسهٔ نیروی کولنی بین دو بار الکتریکی

۴۲- بارهای q و $Q=2q$ 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) $\sqrt{2}$ ۲) ۱ ۳) ۲ ۴) ۴

۴۳- 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

۴۴- 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 ۶ نیوتون وارد کنند؟

۱) ۸۰ ۲) ۴۰ ۳) ۲۰ ۴) ۱۲۰

۴۵- مطابق شکل مقابل، بارهای الکتریکی مثبت و هم‌اندازهٔ q در جای خود ثابت شده‌اند و به یکدیگر نیروی الکتریکی به بزرگی F وارد می‌کنند. اگر تعدادی الکترون از جسم A به جسم B منتقل کنیم تا بار جسم B برابر $-۲q$ شود، در این صورت بزرگی نیرویی که دو ذره به هم وارد می‌کنند، چند برابر F می‌شود؟ خارج تجربی - ۱۴۰۰

۱) ۲ ۲) ۴ ۳) ۶ ۴) ۸

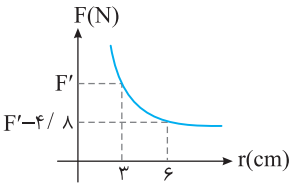
۴۶- نیروی دافعهٔ بین دو بار الکتریکی نقطه‌ای مشابه در فاصلهٔ r از هم برابر با $۰/۰۲\ N$ است. اگر به یکی از بارها $۲\mu C$ اضافه کنیم، این نیروی دافعه در همین فاصله برابر $۰/۰۳\ N$ می‌شود. اندازهٔ اولیهٔ هر یک از این بارهای الکتریکی چند میکروکولن بوده است؟ کنکور دهه‌های گذشته

۱) ۲ ۲) ۴ ۳) ۶ ۴) ۸

۴۷- 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) $\frac{۱}{۱۶}$

۴۸- دو بار الکتریکی مشابه q در نزدیکی هم قرار دارند و نمودار نیروی الکتریکی بین دو بار نقطه‌ای بر حسب فاصلهٔ بین آن‌ها به صورت مقابل است. q چند میکروکولن است؟ $\left(k = ۹\times ۱۰^۹\ \frac{N.m^۲}{C^۲}\right)$ کنکور دهه‌های گذشته



۱) ۰/۴ ۲) $۸\sqrt{۲}$
۳) $۴\sqrt{۲}$ ۴) ۰/۸

در این تست‌ها تغییرات درصدی بیان شده است.

۴۹- دو بار الکتریکی همنام $q_۱ = ۸\mu C$ و $q_۲$ در فاصلهٔ r، بر هم نیروی F وارد می‌کنند. اگر ۲۵ درصد از بار $q_۱$ را برداشته و به $q_۲$ اضافه کنیم، بدون تغییر فاصلهٔ بارها، نیروی متقابل بین آن‌ها ۵۰ درصد افزایش می‌یابد. مقدار اولیهٔ $q_۲$ چند میکروکولن است؟ ریاضی - ۸۹

۱) ۲ ۲) ۱ ۳) ۳ ۴) ۴

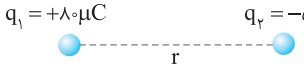
۵۰- دو بار نقطه‌ای در فاصلهٔ d از یکدیگر بر هم نیروی الکتریکی وارد می‌کنند. اگر بخواهیم با ثابت ماندن اندازهٔ دو بار، اندازهٔ نیروی الکتریکی بین دو بار الکتریکی به اندازهٔ ۶۹٪ افزایش یابد، فاصلهٔ دو بار را باید چند برابر فاصلهٔ d و چگونه تغییر دهیم؟

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

۵۱- اگر فاصلهٔ بین دو بار الکتریکی نقطه‌ای را ۲۰ درصد افزایش دهیم، نیروی الکتریکی بین آن‌ها، تقریباً چند درصد کاهش می‌یابد؟ ریاضی - ۱۴۰۱

۱) ۴۰ ۲) ۳۰ ۳) ۲۵ ۴) ۱۵

۵۲- 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 $q_۱$ را به $q_۲$ انتقال دهیم، نیروی جاذبهٔ بین دو بار چند درصد و چگونه تغییر می‌کند؟ خارج تجربی - ۹۸



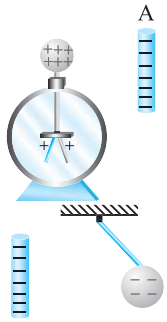
۱) ۲۵، کاهش ۲) ۲۵، افزایش ۳) ۵۵، کاهش ۴) ۵۵، افزایش

۵۳- دو بار نقطه‌ای $+۴۰\ \mu C$ و $-۶۰\ \mu C$ در فاصلهٔ $۱۰\ cm$ از یکدیگر قرار دارند. اگر ۲۵ درصد اندازهٔ هر کدام از بارها 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

B ۲۸ **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.

A ۲۹ **۲**



یادآوری: هرگاه یک جسم باردار را به آرامی به کلاهک الکتروسکوپ بارداری نزدیک کنیم و ورقه‌های الکتروسکوپ به هم نزدیک شوند، بار جسم و بار الکتروسکوپ ناهمنام هستند. با نزدیک کردن میلهٔ A به الکتروسکوپ ورقه‌ها به هم نزدیک شده‌اند بنابراین میلهٔ A دارای بار منفی است. بنابراین بار الکتریکی میلهٔ A و آونگ B همنام بوده و میلهٔ A، آونگ را رانده و آونگ به سمت راست منحرف می‌شود.

B ۳۰ **۴**

خط فکر: 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.

A ۳۱ **۳** ابتدا با توجه به قانون کولن فرمول r 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:

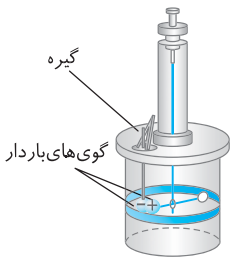
$$k=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\Rightarrow\varepsilon_0=\frac{1}{4\pi k}$$

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

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

در واقع یکای k و ε_0، وارون یکدیگرند.

A ۳۲ **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.



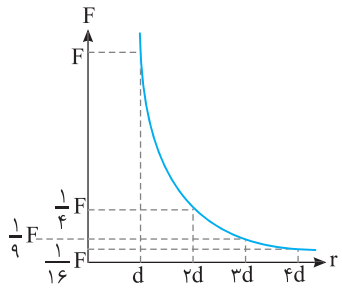
A ۳۳ **۱** فرض کنید که بار نقطه‌ای q_1 و q_2 در فاصلهٔ d بر هم نیروی F را وارد می‌کنند. نیروی بین دوبار را برای فاصله‌های 2d، 3d، 4d و ... به‌دست می‌آوریم سپس با نقطه‌یابی نمودار F را برحسب d رسم می‌کنیم.

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

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

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

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.

A ۳۴ **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:

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

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

A ۳۵ **۴** نیروی بین دو بار الکتریکی ربایشی است، بنابراین دو بار ناهمنام هستند. بار $q_2=+3\mu C$ مثبت بوده پس بار q_1 منفی است.

با توجه به قانون کولن، مقدار q_1 را به‌دست می‌آوریم.

$$F=k\frac{|q_1||q_2|}{r^2}\xrightarrow{F=30\times10^{-3}N}30\times10^{-3}=9\times10^9\times\frac{|q_1||3\times10^{-6}|}{9}$$

$$|q_1|=10^{-5}\xrightarrow{q_1\text{ منفی است}}q_1=-10^{-5}C$$

A ۳۶ **۴** با توجه به قانون کولن $(F=k\frac{q_1q_2}{r^2})$ خواهیم داشت:

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

A ۳۷ **۲**

خط فکر: 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:

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

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

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

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

۳۸ (A) **۴**

خط فکر: 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:

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

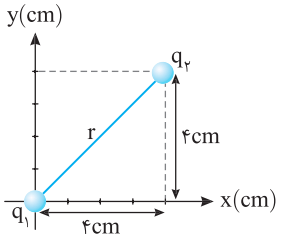
۳۹ (A) **۳**

بار q_1 بر بار $2q_1$ نیروی $20N$ وارد می‌کند، بنا به قانون سوم نیوتون بار $2q_1$ نیز بر بار q_1 همان نیروی $20N$ 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.

۴۰ (A) **۲**

خط فکر: 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:

$$F=k\frac{q_1q_2}{r^2}\Rightarrow F=9\times10^9\times\frac{8\times10^{-6}\times4\times10^{-6}}{32\times10^{-4}}=90N$$

۴۱ (A) **۱**

خط فکر: 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:

$$|\vec{F}|=k\frac{q_1q_2}{r^2}\Rightarrow8=9\times10^9\times\frac{0/4\times10^{-6}\times2\times10^{-6}}{r^2}\Rightarrow r^2=9\times10^{-4}$$

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

۴۲ (A) **۲**

خط فکر: بنا بر قانون سوم نیوتون نیرویی که دو ذرهٔ باردار به یکدیگر وارد می‌کنند، با هم برابر است.

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

۴۳ (A) **۲**

خط فکر: 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 ۸ **دو ذرهٔ باردار مشابه با بار الکتریکی یکسان در فاصلهٔ 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 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

۴۴ (A) **۱**

راه‌حل اول: قانون کولن را در دو حالت نوشته و بر هم تقسیم می‌کنیم:

$$F=\frac{kq_1q_2}{r^2},\ F'=\frac{kq_1q_2}{r'^2}\Rightarrow\frac{F'}{F}=\left(\frac{r}{r'}\right)^2\Rightarrow\frac{6}{54}=\left(\frac{0/4}{r'}\right)^2$$

$$\Rightarrow\frac{1}{3}=\frac{0/4}{r'}\Rightarrow r'=1/2\,m\ ,\quad \Delta r=120-40=80cm$$

راه‌حل دوم:

خط فکر: 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.

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

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

تست ۹ **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 ٤

۴۵ (B) **۴**

خط فکر: هر دو بار مثبت هستند و وقتی از بار $q_A=q$ تعدادی الکترون گرفته شود بار q_A مثبت‌تر می‌شود $(q_A'>q_A)$ و وقتی این الکترون‌ها به بار B داده می‌شود بار مثبت آن کاهش می‌یابد. اما با توجه به صورت مسئله تعداد الکترون‌ها آن قدر زیاد بوده که بار الکتریکی B منفی شده و $q_B'=-2q$ می‌شود. البته با توجه به پایستگی بار، مجموع بارهای A و B قبل از انتقال الکترون و بعد از آن تغییر نمی‌کند. $q_A+q_B=q_A'+q_B'$

با توجه به پایستگی بار الکتریکی، مقدار بار A را برحسب q به دست می‌آوریم.

$$q_A+q_B=q_A'+q_B'\xrightarrow[q_B'=-2q]{q_A=q_B=q}2q=q_A'-2q\Rightarrow q_A'=4q$$

نیروی کولنی که دو ذره در دو حالت به هم وارد می‌کنند را حساب می‌کنیم: