

مقدمه ناشر

معمولاً وقتی حرفی از فیزیک زده می‌شود، اسم چند نفر خاص مثل اینشتین، نیوتون و گالیله به ذهن خیلی از ما آدم‌ها می‌رسد. راستش برای منم تا همین چند سال پیش این‌جوری بود اما با دیدن فیلم **The Prestige** کریستوفر نولان، یک نفر دیگر هم به فهرستم اضافه شد؛ نیکولا تسلا! دانشمند بزرگی که امسال اسمش را در کتاب زیاد خواهید دید؛ چرا که یکای میدان مغناطیسی نامش را از او گرفته است. در مورد این‌که **The Prestige**، فیلم خیلی خوبی است، شکی نیست! (هتماً ببینیدش اگر ندیدنش!) اما چیزی که باعث شد این‌جا در مورد این فیلم صحبت کنم، کارهای عجیبی است که تسلا در این فیلم انجام می‌دهد.

یکی از کارهای عجیب تسلا در این فیلم، روشن‌شدن لامپ‌هایی است که مستقیم به زمین وصل‌اند، در حالی که بدون هیچ سیمی از منبعی که حدود ۴۰ کیلومتر فاصله دارد، انرژی می‌گیرند. این اتفاق اگرچه خیلی غیرعادی است اما می‌تواند واقعی باشد. در واقع ایده تسلا برای انتقال الکتریسیته بدون سیم، کار غیرممکنی نیست اما قطعاً کار خیلی سختی است! جدای این فیلم، حدود ۱۰۰ سال پیش، تسلا برجی در نیویورک می‌سازد تا بتواند پروژه انتقال برق بدون سیم را عملی کند. قرار بر این بود که منبع تأمین برق، نیروگاه آبی آبشار نیاگارا باشد، اما اسپانسر پروژه، حمایتش را از تسلا قطع می‌کند ☹️ و پروژه متوقف می‌شود و جهان به سمت انتقال برق با سیم حرکت می‌کند!

حالا امروز ایده انتقال برق بدون سیم دوباره جذابیت پیدا کرده اما هنوز تحقق پیدا نکرده است، چرا که انتقال برق بدون سیم، کار ترسناک و خطرناکی است! از آن‌جایی که در کتاب فیزیک امسال شما، یعنی فیزیک یازدهم، به صورت مشخص در مورد الکتریسیته و مغناطیس صحبت شده، فکرکردن به این ایده می‌تواند جذاب و شاید هم پول‌ساز (!) باشد. خدا می‌داند، شاید شما اولین کسی باشید که این ایده را محقق می‌کند!


یک کتاب نردبام دیگر هم منتشر کردیم. امیدوارم که از خواندنش لذت ببرید! ممنون از مؤلفان خلاق و خوش‌فکر کتاب، مخصوصاً احمد مصلاهی عزیز که برای تألیف این کتاب، زحمت خیلی زیادی کشید! از میترا حسامی که هنوز در سفر به سر می‌برد ☺️ و همین‌طور ریحانه محمدی‌نژاد که برای چاپ‌شدن کتاب زحمت زیادی کشیدند هم تشکر ویژه داریم. در نهایت مرسی از بچه‌های دوست‌داشتنی واحد تولید که کارها را خوب جلو بردند.

مراقب خودتون باشین!

مقدمه مؤلفان

سلام

کتابی که در دست دارید جزء کتاب‌های «آموزش از راه تست» است. معمولاً این مدل کتاب‌ها خودشان دو مدل‌اند! در بعضی از این کتاب‌ها سعی می‌شود یک مفهوم فیزیکی با استفاده از تکرار زیاد آن مفهوم در قالب تست‌های مختلف فهمانده شود و معمولاً برای رسیدن به این هدف از تست‌های کنکور سال‌های گذشته، استفاده اغراق‌آمیزی می‌شود. اکثر کتاب‌های بازار این‌طوری‌اند! تعارف را بگذاریم کنار! پایه علمی اکثر دانش‌آموزان، ضعیف است و همین کتاب‌ها به دردشان می‌خورد! مدل دیگری هم می‌توان کتاب نوشت. مدلی که در آن با تنوع دادن، عمق بخشیدن به مفاهیم و طراحی پرسش‌های جدید، خواننده مجبور به تفکر بیشتری شود و از این راه، مهارت او در حل پرسش‌ها (به ویژه پرسش‌هایی با سبک جدید) افزایش یابد. دانش‌آموزانی که پایه علمی مناسبی دارند بهتر است به این مدل کتاب‌ها مراجعه کنند. ما تلاش کرده‌ایم کتابی در همین راستا بنویسیم. به قالب‌ها و الگوهای پرسش‌هایی که تا به حال در کنکورهای سراسری مطرح شده‌اند، موارد جدیدی اضافه کرده‌ایم تا عمق و وسعت مفاهیم و پرسش‌های به کار رفته در کتاب افزایش یابد.

هر جا فکر کرده‌ایم تستی از نظر محتوا یا درجه سختی با تست‌های معمول کنکور فاصله دارد و امکان طرح آن کم است؛ آن تست را با علامت  نشان داده‌ایم. این تست‌ها را فقط دانش‌آموزانی حل می‌کنند که خیلی کارشان درست است!

توصیه پایانی این که حتماً درس‌نامه‌های کتاب را به طور کامل بخوانید. برای نوشتن آن‌ها زحمت کشیده‌ایم! پاسخ‌ها را هم بخوانید، چون ممکن است یک تست را درست حل کرده باشید، اما با روشی که به درد خودتان می‌خورد!! شما را با این کتاب تنها می‌گذاریم! التماس دعا!!

◀ در پایان باید تشکر ویژه‌ای داشته باشیم از همه عزیزانی که در تولید این کتاب نقش داشتند؛ از جمله: آقای ایمان سلیمان‌زاده در مدیریت پروژه، اساتید عزیز مرتضی سرمدی، فریبا علوی نایینی، مرگان زمانی و مصطفی حسینی که نظرات کارشناسانه خود را در اختیار ما گذاشتند. همین‌طور دوستان ویراستار، خانم‌ها شیما فروش، مائده رضایی، پگاه اسدی و آقای حسن فیض‌اللهی که با دقت نظرشان اشکالات کار را به حداقل رساندند.

بخش ۲ نیروی الکتریکی

۶) قانون کولن

نیروی الکتریکی: نیروی الکتریکی نیرویی است که صرفاً بین اجسام باردار ایجاد می‌شود. روی واژه صرفاً تأکید داریم، چون بسیاری از جسم‌ها به هم نیروی گرانشی وارد می‌کنند؛ اما اجسام باردار علاوه بر نیروی گرانشی، به هم نیروی الکتریکی هم وارد می‌کنند.

قانون کولن: طبق قانون کولن، بزرگی نیروی الکتریکی بین دو ذره باردار با حاصل ضرب اندازه بار دو ذره نسبت مستقیم $(F \propto |q_1| |q_2|)$ و با مجذور فاصله آن‌ها از هم نسبت وارون $(F \propto \frac{1}{r^2})$ دارد. مطابق این قانون، اگر دو بار q_1 و q_2 در فاصله r از یکدیگر قرار داشته باشند، رابطه (۳) برقرار است:

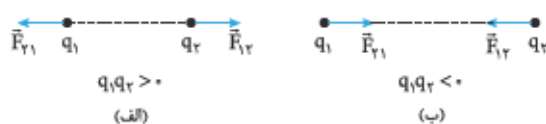
$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} \quad \text{رابطه (۳)}$$

ثابت کولن: به k می‌گوییم «ثابت کولن» و مقدار آن در SI، $9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$ است. یکای k را این‌طوری مشخص کردیم:

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} \Rightarrow k = \frac{Fr^2}{|q_1| |q_2|} \Rightarrow k \text{ یکای } = \frac{(F \text{ یکای}) \times (r \text{ یکای})^2}{(q_1 \text{ یکای}) \times (q_2 \text{ یکای})} = \frac{N \cdot (m)^2}{C \times C} = \frac{N \cdot m^2}{C^2}$$

ضریب گذردهی الکتریکی خلأ: ثابت کولن با ضریب ثابت دیگری به نام «ضریب گذردهی الکتریکی خلأ» (ϵ_0) رابطه زیر را دارد:

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}, \quad \epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2} \Rightarrow (\text{واحد } \epsilon_0 \text{ عکس واحد } k \text{ است.})$$



شکل (۱۳)

جهت نیروی الکتریکی: نیرویی که دو ذره باردار به هم وارد می‌کنند، در راستای خطی است که آن‌ها را به هم وصل می‌کند. اگر بارها هم‌نام باشند $(q_1 q_2 > 0)$ ، نیروی الکتریکی از نوع «رانشی» و اگر بارها ناهم‌نام باشند $(q_1 q_2 < 0)$ ، نیروی الکتریکی از نوع «ربایشی» است.

رابطه نیرویی که بارها به هم وارد می‌کنند: طبق قانون سوم نیوتون، نیروهایی که دو بار به هم وارد می‌کنند، هم‌اندازه و در خلاف جهت یکدیگرند. بنابراین، اگر نیرویی را که بار q_1 به q_2 وارد می‌کند، با \vec{F}_{12} و نیرویی را که بار q_2 به q_1 وارد می‌کند، با \vec{F}_{21} نشان دهیم، آن‌گاه:

$$\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12} \Rightarrow |\vec{F}_{21}| = |\vec{F}_{12}| = F$$

استراتژی و نکات لازم برای حل تست‌های این بخش:

۱) تکنیک ۱۹۰ در تست‌های مربوط به قانون کولن، معمولاً بارها برحسب میکروکولن و فاصله بین آن‌ها برحسب سانتی‌متر بیان می‌شود. در این شرایط، برای محاسبه سریع‌تر نیروی الکتریکی بین دو بار می‌توانید بی‌خیال تبدیل واحدها شوید (!) ولی k را برابر عدد ۹۰ قرار دهید.

$$k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot (10^{-2} \text{ cm})^2}{(10^{-6} \mu\text{C})^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{10^{-4} N \cdot (\text{cm})^2}{10^{-12} (\mu\text{C})^2} = 90 \frac{N \cdot \text{cm}^2}{\mu\text{C}^2}$$

تست دو گلوله کوچک با بارهای $q_1 = 4 \mu\text{C}$ و $q_2 = -1 \mu\text{C}$ روی دو رأس دایره‌ای قرار دارند که مساحت آن 200 cm^2 است.

بیشترین و کم‌ترین اندازه نیروی الکتریکی ممکن بین دو بار، به ترتیب و از راست به چپ چند نیوتون است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})$

۰/۹ و ۱/۸ (۴)

۰/۴۵ و ۱/۸ (۳)

۰/۴۵ و ۰/۹ (۲)

۰/۹ (۱) و ۰/۲۲۵

پاسخ گزینه ۴ هر هوری دلت می‌نواد دوتا بار رود در دو گوشه مربع بعین ایا دوتا بار روی دو سر یک ضلع مربع می‌افتن یا دو سر یک قطرش، چون قطر مربع بزرگ‌تر از ضلعش است ($d = \sqrt{2}a$)، در حالت اول، بیشترین اندازه نیروی الکتریکی (F_{\max}) و در حالت دوم کم‌ترین اندازه آن (F_{\min}) را داریم.

یادداشت ریاضی

$$S = a^2 = \frac{d^2}{2} \Rightarrow (a^2 = S, d^2 = 2S)$$

مساحت هر مربع به ضلع a و قطر d برابر است با:

با توجه به مطالب فوق، قانون کولن در دو حالت را می‌نویسیم:

$$F = k \frac{q_1 |q_2|}{r^2} \Rightarrow \begin{cases} F_{\max} = k \frac{q_1 |q_2|}{r_{\min}^2} \xrightarrow{(r_{\min}^2 = a^2 = S)} \xrightarrow{(1 \text{ cm}^2 = 10^{-4} \text{ m}^2)} F_{\max} = 9 \times 10^9 \times \frac{(4 \times 10^{-6}) \times (1 \times 10^{-6})}{200 \times 10^{-4}} = 1/8 \text{ N} \\ F_{\min} = k \frac{q_1 |q_2|}{r_{\max}^2} \xrightarrow{(r_{\max}^2 = d^2 = 2S)} \xrightarrow{(1 \text{ cm}^2 = 10^{-4} \text{ m}^2)} F_{\min} = 9 \times 10^9 \times \frac{(4 \times 10^{-6}) \times (1 \times 10^{-6})}{2 \times 200 \times 10^{-4}} = 0/9 \text{ N} \end{cases}$$

تورباش q ها برحسب μC و r برحسب cm داده شده‌اند؛ پس پرتره از تکنیک معادلاتی ۹۰ استفاده کنی و سریع‌تر به جواب برسی!

$$F_{\max} = 90 \times \frac{4 \times 1}{200} = 1/8 \text{ N} \quad , \quad F_{\min} = 90 \times \frac{4 \times 1}{2 \times 200} = 0/9 \text{ N}$$

۲۲ اگر بارهای q_1 و q_2 از فاصله r به هم نیروی F و بارهای q'_1 و q'_2 از فاصله r' به هم نیروی F' وارد کنند، F و F' مطابق رابطه زیر

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

مقایسه می‌شوند:

تست نیروی بین دو بار الکتریکی q_1 و q_2 که به فاصله r از یکدیگر قرار دارند، F است. اگر اندازه یکی از بارها و هم‌چنین فاصله بین دو بار نصف شود، نیروی بین آن‌ها چند برابر می‌شود؟

$$\frac{1}{4} \quad \frac{1}{2} \quad 2 \quad 4$$

پاسخ گزینه ۲ **روش اول** فرض کنید اندازه بار q_1 نصف شده است. در این صورت:

$$(q'_1 = \frac{1}{2} q_1, q'_2 = q_2, r' = \frac{1}{2} r) \Rightarrow \frac{F'}{F} = \left| \frac{q'_1}{q_1} \right| \times \left| \frac{q'_2}{q_2} \right| \times \left(\frac{r}{r'} \right)^2 = \frac{1}{2} \times 1 \times \left(\frac{2r}{r} \right)^2 = \frac{1}{2} \times 4 = 2$$

روش دوم ذهنی حساب کنیم! آگه فقط q_1 نصف بشه، F هم نصف می‌شه،

آگه فقط r نصف بشه، F چهار برابر می‌شه،

$$\frac{1}{4} \leftarrow F \propto \frac{1}{r^2} \rightarrow \left(\frac{1}{2} \right)^2 \text{ (برابر)} \quad \frac{1}{2} \leftarrow F \propto \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} \rightarrow \left(\frac{1}{2} \right)^2 \text{ (برابر)}$$

هالا که هر دو اتفاق با هم افتاده، نیرو ۲ برابر $\left(\frac{1}{2} \times 4 \right)$ می‌شه.

۲۳ یکی از تست‌های خیلی رایج، تست‌هایی هستند که در آن‌ها x درصد (یا کسر x) از بار q_1 به بار q_2 منتقل می‌شود و از شما نحوه تغییر

نیروی الکتریکی بین دو ذره در همان فاصله قبلی خواسته می‌شود. در این وضعیت، بار q_1 به $q'_1 = q_1 - xq_1$ و بار q_2 به $q'_2 = q_2 + xq_1$

$$\frac{F'}{F} = \frac{|q'_1 q'_2|}{|q_1 q_2|} = \frac{|q_1 - xq_1| |q_2 + xq_1|}{q_1 q_2}$$

تغییر می‌کنند؛ در نتیجه:



تست دو بار الکتریکی نقطه‌ای مشابه در فاصله معینی از یکدیگر قرار دارند. اگر ۲۰ درصد از بار الکتریکی یکی از بارها را کم و همان مقدار را به بار دیگری اضافه کنیم، نیرویی که در همان فاصله قبلی به هم وارد می‌کنند، چند برابر می‌شود؟

۱ (۱) $\frac{۶۴}{۱۰۰}$ (۲) $\frac{۹۶}{۱۰۰}$ (۳) $\frac{۶}{۵}$ (۴)

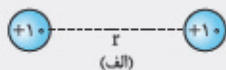
پاسخ گزینه «۳» بوتره اعدادی رو که بر حسب درصد می‌دن، به شکل ساده‌ترین کسر ممکن بتویسی تا سریع‌تر به جواب برسی. پس ۲۰٪ رو بتویس $\frac{۱}{۵}$

$$x = \frac{۲۰}{۱۰۰} = \frac{۱}{۵}$$

$$(q_1 = q_2 = q, q'_1 = q - \frac{1}{5}q = \frac{4}{5}q, q'_2 = q + \frac{1}{5}q = \frac{6}{5}q) \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{|q'_1 q'_2|}{|q_1 q_2|} = \frac{\frac{4}{5}q \times \frac{6}{5}q}{q \times q} = \frac{24}{25} = \frac{24 \times 4}{25 \times 4} = \frac{96}{100}$$

تذیبات جواب تست به مقدار q وابسته نیست؛ یعنی هر مقداری برای q در نظر بگیرید به جواب صحیح می‌رسید. به عمد قشنگ برای q

انتخاب کنیم! مثلاً ۱۰ واحد (واحدش هم مهم نیست)؛ ۲۰ درصدش می‌شه ۲ واحد



$$q_1 = q_2 = 10, q'_1 = 10 - 2 = 8, q'_2 = 10 + 2 = 12$$



$$\frac{F'}{F} = \frac{q'_1 q'_2}{q_1 q_2} = \frac{8 \times 12}{10 \times 10} = \frac{96}{100}$$

متوجه شدید چی شد؟ تست را در یک حالت خاص حل کردیم و جواب آن را به کلیه حالت‌های ممکن سرایت دادیم؛ به این روش می‌تونیم همه چیز به کل حل کنیم، فواید نکته زیر عالی از لطف نیست.

نکته اگر دو بار مشابه q در فاصله معینی از یکدیگر قرار داشته باشند و کسر x از بار یکی را به دیگری منتقل کنیم، نیروی الکتریکی بین آن‌ها در همان فاصله قبلی به اندازه x^2 کاهش می‌یابد و $(1-x^2)$ برابر می‌شود.

$$\frac{F'}{F} = \frac{|q'_1 q'_2|}{|q_1 q_2|} = \frac{|q-xq||q+xq|}{q \times q} \quad (x < 1 \Rightarrow xq < q) \rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{q^2 - x^2 q^2}{q^2} = \frac{q^2(1-x^2)}{q^2} = 1-x^2$$

$$x = \frac{1}{5} \Rightarrow x^2 = \frac{1}{25} \Rightarrow \frac{F'}{F} = 1 - \frac{1}{25} = \frac{24}{25} = \frac{96}{100}$$

نمونه در تست قبل داریم:

تست دو بار نقطه‌ای هم‌اندازه و ناهم‌نام در فاصله معینی از یکدیگر ثابت شده‌اند. اگر ۲۰ درصد از بار الکتریکی یکی از بارها را به دیگری منتقل کنیم، نیرویی که در همان فاصله قبلی به هم وارد می‌کنند، چند برابر می‌شود؟

۱ (۱) $\frac{۶۴}{۱۰۰}$ (۲) $\frac{۹۶}{۱۰۰}$ (۳) $\frac{۶}{۵}$ (۴)

پاسخ گزینه «۲»

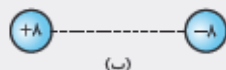
$$\begin{cases} q_1 = q \Rightarrow q'_1 = q - \frac{1}{5}q = \frac{4}{5}q \\ q_2 = -q \Rightarrow q'_2 = -q + \frac{1}{5}q = -\frac{4}{5}q \end{cases} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{|q'_1 q'_2|}{|q_1 q_2|} = \frac{\frac{4}{5}q \times \frac{4}{5}q}{q \times q} = \frac{16}{25} = \frac{64}{100}$$

تذیبات با عددگذاری q تست رو حل می‌کنیم. فرض کن یکی از بارها $+10$ واحد و دیگری -10 واحد و $+2$ واحد از بار اولی به بار دومی منتقل می‌شه.



$$q'_1 = 10 - 2 = 8, q'_2 = -10 + 2 = -8$$

حاصل ضرب بارها چند برابر شده؟



$$\frac{F'}{F} = \frac{|q'_1 q'_2|}{|q_1 q_2|} = \frac{8 \times 8}{10 \times 10} = \frac{64}{100}$$

نکته اگر دو بار هم‌اندازه و ناهم‌نام $(-q, q)$ در فاصله معینی از یکدیگر قرار داشته باشند و کسر x از بار یکی را به دیگری منتقل کنیم، نیروی الکتریکی بین آن‌ها در همان فاصله قبلی $(1-x)^2$ برابر می‌شود.

$$\frac{F'}{F} = \frac{|q_1' q_2'|}{|q_1 q_2|} = \frac{|q - xq| |-q + xq|}{|q| |-q|} \quad (q > xq \Rightarrow |-q + xq| = q - xq) \rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{(q - xq)^2}{q^2} = \frac{q^2 (1-x)^2}{q^2} = (1-x)^2$$

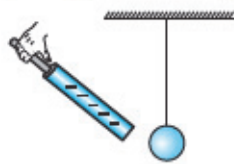
$$\frac{F'}{F} = (1-x)^2 = \left(1 - \frac{1}{5}\right)^2 = \left(\frac{4}{5}\right)^2 = \frac{16}{25} = \frac{16 \times 4}{25 \times 4} = \frac{64}{100}$$

نمونه در تست اخیر، داریم:

پرسش‌های چهارگزینه‌ای

مفاهیم اولیه نیروی الکتریکی

۲۹- در شکل زیر یک میله رسانای باردار با دسته عایق را به گلوله سبک فلزی بدون باری که از یک نخ عایق آویزان است، نزدیک می‌کنیم. در این صورت، کدام اتفاق زیر رخ می‌دهد؟



- ۱) گلوله جذب میله می‌شود و در همان حال باقی می‌ماند.
- ۲) گلوله جذب میله می‌شود و سپس از آن دور می‌شود.
- ۳) گلوله توسط میله دفع می‌شود.
- ۴) گلوله منحرف می‌شود.

۳۰- جسم A، جسم B را با نیروی الکتریکی جذب و جسم C را دفع می‌کند. کدام گزینه الزاماً درست است؟

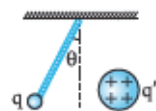
- ۱) جسم‌های A و B دارای بارهای ناهم‌نام هستند.
- ۲) جسم‌های B و C دارای بارهای ناهم‌نام هستند.
- ۳) جسم‌های A و C دارای بارهای هم‌نام هستند.
- ۴) هر سه گزینه قبلی درست است.

۳۱- دو بار الکتریکی هم‌اندازه و هم‌نام q_1 و q_2 در فاصله معینی از یکدیگر ثابت شده‌اند. اگر مطابق شکل زیر یک میله رسانا بین دو بار و نزدیک‌تر به بار q_2 قرار بگیرد، نیروی الکتریکی وارد بر بارهای q_1 و q_2 به ترتیب چگونه تغییر می‌کنند؟



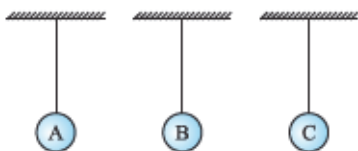
- ۱) کاهش، کاهش
- ۲) افزایش، افزایش
- ۳) ثابت، ثابت
- ۴) افزایش، کاهش

۳۲- بار نقطه‌ای q را مطابق شکل، از نقطه‌ای می‌آویزیم. یک دفعه کره‌ای رسانا با بار q' و دفعه دیگر کره‌ای نارسانا با بار q' را به آن نزدیک می‌کنیم. توزیع بار کره نارسانا یکنواخت است. کره‌ها هم‌اندازه‌اند و q و q' هر دو مثبت‌اند. در هر دو حالت، بار q دفع می‌شود. زاویه انحراف θ در کدام حالت بیشتر است؟



- ۱) با کره رسانا
- ۲) با کره نارسانا
- ۳) در هر دو حالت یکی است.
- ۴) اظهارنظر قطعی ممکن نیست.

۳۳- مطابق شکل، سه آونگ الکتریکی A، B و C نزدیک یکدیگر قرار دارند. با توجه به حالت‌های الف، ب و پ، به ترتیب از راست به چپ، در کدام یک از حالت‌ها، انحراف آونگ A از راستای قائم بیشتر است؟



الف) B و C بدون بار و A دارای بار q است.

ب) B و C دارای بار یکسان q و A دارای بار $-q$ است.

پ) B دارای بار q ، C دارای بار $-q$ و A بدون بار است. (گلوله‌ها در هیچ حالتی با هم تماس پیدا نمی‌کنند.)

- ۱) الف، ب، پ
- ۲) ب، الف، پ
- ۳) ب، پ، الف
- ۴) پ، ب، الف

۳۴- دو ذره باردار در فاصله معینی از یکدیگر قرار دارند. در کدام حالت، اندازه نیروی الکتریکی بین دو ذره باردار بزرگ‌تر است؟

الف) بارهای دو ذره هم‌نام باشند.

ب) بارهای دو ذره ناهم‌نام باشند.

- ۱) الف
- ۲) ب
- ۳) در هر دو حالت یکسان است.
- ۴) اظهارنظر قطعی ممکن نیست.

۳۵- دو کره رسانای باردار در فاصله معینی از یکدیگر ثابت شده‌اند. در کدام حالت، نیروی الکتریکی بین دو کره بزرگ‌تر است؟

الف) بار دو کره هم‌نام باشند.

ب) بار دو کره ناهم‌نام باشند.

- ۱) الف
- ۲) ب
- ۳) در هر دو حالت یکسان است.
- ۴) اظهارنظر قطعی ممکن نیست.



به قانون سوم نیوتون احترام بگذارید!!

۳۶- در صفحه xy نیروی الکتریکی ای که بار نقطه‌ای q_1 بر بار نقطه‌ای q_2 وارد می‌کند، در SI به صورت $\vec{F} = 3\vec{i} - 4\vec{j}$ است. اگر جای بارها را عوض کنیم، نیروی الکتریکی ای که در حالت دوم، بار q_2 بر بار q_1 وارد می‌کند، در SI کدام است؟

(۱) $\vec{F}' = -3\vec{i} - 4\vec{j}$ (۲) $\vec{F}' = 3\vec{i} + 4\vec{j}$ (۳) $\vec{F}' = -3\vec{i} + 4\vec{j}$ (۴) $\vec{F}' = 3\vec{i} - 4\vec{j}$

۳۷- جرم و بار ذره A، هر یک دو برابر جرم و بار ذره B است. اگر دو ذره را کنار یکدیگر قرار دهیم، طوری که هر ذره فقط تحت تأثیر نیروی الکتریکی ذره دیگر قرار بگیرد، بزرگی نیروی وارد بر ذره A و شتاب آن به ترتیب چند برابر بزرگی نیروی وارد بر ذره B و شتاب آن است؟

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

نیروی کولنی بین بارهای الکتریکی

با دوتا تست ساده از یکای ثابت‌های به کار رفته در قانون کولن وارد تست‌های این بخش می‌شویم.

۳۸- یکای ثابت کولن در SI کدام است؟

(۱) نیوتون متر / (کولن)^۲ (۲) ژول متر / (کولن)^۲ (۳) نیوتون مترمربع / (کولن)^۲ (۴) ژول مترمربع / (کولن)^۲

۳۹- حاصل $k\epsilon$ تقریباً چه قدر است؟ (k ثابت کولن و ϵ ضریب گذردهی الکتریکی خلأ است.)

(۱) ۰/۰۸ (۲) ۰/۰۳ (۳) ۰/۲۵ (۴) ۱۲/۵۶

هالا با تست‌های کفی این واحد، رویه‌رو می‌شید!

۴۰- در شکل زیر، دو ذره با بار q_1 و q_2 در نقاط نشان داده شده ثابت شده‌اند. نیرویی که q_1 به q_2 وارد می‌کند و نیرویی که q_2 به q_1 وارد می‌کند، به ترتیب (در SI) کدام است؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$)

(۱) $4\vec{i}$ ، $-4\vec{i}$ (۲) $-4\vec{i}$ ، $1\vec{i}$ (۳) $-4\vec{i}$ ، $4\vec{i}$ (۴) $-1\vec{i}$ ، $1\vec{i}$

۴۱- دو بار الکتریکی نقطه‌ای q_1 و $q_2 = 5q_1$ در فاصله ۳ متری هم قرار دارند و نیروی دافعه $0.2 N$ به یکدیگر وارد می‌کنند. q_1 چند میکروکولن است؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$)

(۱) ۱۰ (۲) ۵ (۳) ۴ (۴) ۲

۴۲- الکترونی در مسیر دایره‌ای به شعاع ۱ آنگستروم به دور هسته‌ای که 10 پروتون دارد، می‌چرخد. نیروی وارد بر این الکترون چند نیوتون است؟ (بار الکترون $1.6 \times 10^{-19} C$ کولن و ضریب ثابت در قانون کولن $9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$ است.)

(۱) $3/2 \times 10^{-5}$ (۲) $2/3 \times 10^{-7}$ (۳) 3×10^{-10} (۴) 2×10^{-18}

۴۳- دو بار الکتریکی نقطه‌ای $q_1 = 59 \mu C$ و $q_2 = -15 \mu C$ به ترتیب در مرکز و وسطی که قرار دارند که مساحت آن 200 cm^2 است. نیروی الکتریکی بین دو بار در خلأ چند نیوتون است؟ ($\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2}$)

(۱) ۴۰۰۰ (۲) ۵۰۰۰ (۳) ۸۰۰۰ (۴) ۱۰۰۰۰

۴۴- دو ذره با بارهای الکتریکی $q_1 = +4 \mu C$ و $q_2 = +8 \mu C$ روی دایره‌ای به محیط $125/6 \text{ cm}$ قرار دارند. نیروی الکتریکی بین دو بار (برحسب نیوتون)، کدام یک از مقادیر زیر نمی‌تواند باشد؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$)

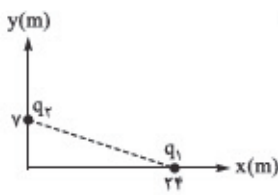
(۱) ۱/۵ (۲) ۵ (۳) 10^6 (۴) گزینه‌های (۱) و (۲)

۴۵- دو ذره با بارهای الکتریکی $q_1 = 9 \mu C$ و $q_2 = 18 \mu C$ به ترتیب در نقاط $A(-1 \text{ cm}, 1 \text{ cm})$ و $B(8 \text{ cm}, 4 \text{ cm})$ ثابت شده‌اند. اندازه نیرویی که دو ذره به یکدیگر وارد می‌کنند، چند نیوتون است؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$)

(۱) ۱/۶۲ (۲) ۴/۸۶ (۳) ۱۶۲ (۴) ۴۸۶

۴۶- بار q در فاصله‌های یکسانی از بارهای q_1 و q_2 قرار دارد و بار q_1 را با نیروی $\vec{F}_1 = 5\vec{i} + 5\vec{j}$ دفع و بار q_2 را با نیروی $\vec{F}_2 = 6\vec{i} + 8\vec{j}$ جذب می‌کند. کدام است $\frac{q_1}{q_2}$ ؟ (نیروها برحسب نیوتون هستند.)

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



۴۷- در شکل مقابل دو ذره با بارهای $q_1 = 5 \mu\text{C}$ و $q_2 = 125 \mu\text{C}$ روی محورهای x و y ثابت شده‌اند.

نیروی که q_2 به q_1 وارد می‌کند (برحسب میلی‌نیوتون) کدام است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2})$

$$\begin{aligned} (1) & \quad 8/64\vec{i} - 2/625\vec{j} \\ (2) & \quad 2/52\vec{i} - 8/64\vec{j} \\ (3) & \quad 8/64\vec{i} - 2/52\vec{j} \\ (4) & \quad 2/625\vec{i} - 2/52\vec{j} \end{aligned}$$

۴۸- قطره‌ای به جرم $16 \mu\text{g}$ که حامل بار 100 الکترون است، به فاصله 3 سانتی‌متری بار الکتریکی ساکن $q = 2 \mu\text{C}$ قرار دارد. شتاب اولیه قطره چند نیوتون بر کیلوگرم است؟ (تنها نیروی که به قطره وارد می‌شود، نیروی است که بار q به آن وارد می‌کند.

$$(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}, e = 1.6 \times 10^{-19} \text{C})$$

$$\begin{aligned} (1) & \quad 2 \times 10^{-5} \\ (2) & \quad 2 \times 10^{-2} \\ (3) & \quad 5 \times 10^4 \\ (4) & \quad 5 \times 10^5 \end{aligned}$$

۴۹- اگر دو بار نقطه‌ای مشابه q_1 به فاصله r از یکدیگر قرار بگیرند، بزرگی نیروی بین آن‌ها $F_1 = 9 \text{ N}$ و اگر دو بار نقطه‌ای مشابه q_2 در همان فاصله گذاشته شوند، بزرگی نیروی بین آن‌ها $F_2 = 16 \text{ N}$ می‌شود. دو بار نقطه‌ای مشابه $q_1 + q_2$ از فاصله r به یکدیگر چند نیوتون نیرو وارد می‌کنند؟ (بارهای q_1 و q_2 هم‌علامت‌اند.)

$$\begin{aligned} (1) & \quad 25 \\ (2) & \quad 49 \\ (3) & \quad 72 \\ (4) & \quad 144 \end{aligned}$$

در تست ۵۲ زیر اثر نیروی وزن رو هم باید در نظر بگیرید.



۵۰- در شکل روبه‌رو، دو گلوله با بارهای هم‌نام و مساوی، هر کدام به جرم 10 g را در یک لوله شیشه‌ای قائم با بدنه نارسانا و بدون اصطکاک رها می‌کنیم. در حالت تعادل، گلوله‌ها در فاصله 40 سانتی‌متری از هم قرار

می‌گیرند. بار الکتریکی هر گلوله چند میکروکولن است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}, g = 10 \text{ N/kg}$ و از ابعاد

گلوله‌ها در مقایسه با فاصله آن‌ها از یکدیگر صرف‌نظر می‌شود.) (امتحان نوایی - فروردین ۸۷)

$$\begin{aligned} (1) & \quad \frac{2}{3} \\ (2) & \quad \frac{4}{3} \\ (3) & \quad \frac{9}{16} \\ (4) & \quad \frac{16}{9} \end{aligned}$$



۵۱- در شکل روبه‌رو، دو گلوله باردار مشابه به جرم 1 g در یک لوله شیشه‌ای و در فاصله 40 سانتی‌متری از

یکدیگر به حال تعادل قرار دارند. اگر سطح تماس گلوله پایینی با لوله 5 mm^2 باشد، فشار حاصل از گلوله بر

سطح شیشه چند کیلوپاسکال است؟ $(g = 10 \text{ m/s}^2)$

$$\begin{aligned} (1) & \quad 2 \\ (2) & \quad 4 \\ (3) & \quad 20 \\ (4) & \quad 40 \end{aligned}$$

اثر تغییر فاصله و بار بر نیروی کولنی

۵۲- اگر فاصله دو ذره باردار را نصف و اندازه یکی از بارها را دو برابر کنیم، نیرویی که دو ذره به هم وارد می‌کنند، چند برابر حالت اول می‌شود؟

$$\begin{aligned} (1) & \quad 1 \\ (2) & \quad 2 \\ (3) & \quad 4 \\ (4) & \quad 8 \end{aligned}$$

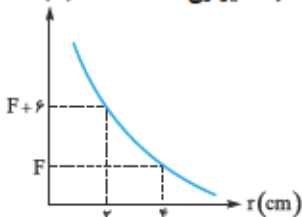
در تست‌های زیر اثر تغییر فاصله بر نیروی کولنی را بررسی می‌کنیم.

۵۳- بار الکتریکی 8 میکروکولنی از فاصله r بر بار 2 میکروکولنی، نیروی F را وارد می‌کند. بار 2 میکروکولنی از چه فاصله‌ای بر بار

8 میکروکولنی، نیرویی با اندازه $2F$ را وارد می‌کند؟

$$\begin{aligned} (1) & \quad 2r \\ (2) & \quad \sqrt{2}r \\ (3) & \quad \frac{1}{2}r \\ (4) & \quad \frac{\sqrt{2}}{2}r \end{aligned}$$

۵۴- نمودار نیروی الکتریکی بین دو ذره باردار برحسب فاصله آن‌ها از یکدیگر به شکل مقابل است. با توجه به شکل، F چند نیوتون است؟

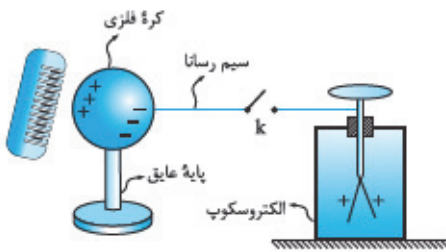


$$\begin{aligned} (1) & \quad 2 \\ (2) & \quad 4 \\ (3) & \quad 6 \\ (4) & \quad 12 \end{aligned}$$



گزینه ۲۷ -

کشیدن شانه به پارچه پشمی، بار منفی را به شانه هدیه می‌دهد؛ در اثر القا، بار روی کره در سمت نزدیک‌تر به شانه، مثبت و در سمت دورتر از شانه، منفی است (شکل زیر).



در همین حالت، ورقه‌های الکتروسکوپ باز هستند؛ پس الکتروسکوپ باردار است. پس از بستن کلید k ورقه‌های الکتروسکوپ ابتدا بسته می‌شوند، بنابراین بار اولیه الکتروسکوپ با بار القایی بخشی از کره که به الکتروسکوپ نزدیک‌تر است ناهم‌نام است؛ پس بار اولیه الکتروسکوپ مثبت است. از آنجایی که ورقه‌های الکتروسکوپ پس از بسته‌شدن دوباره باز می‌شوند، بار منفی منتقل شده از کره به الکتروسکوپ از بار اولیه الکتروسکوپ بیشتر بوده ($|\Delta q| > q_1$)؛ و این که بازشدن ورقه‌ها بیشتر از حالت اول بوده، نشان می‌دهد که اندازه بار منتقل شده بیشتر از دو برابر بار اولیه الکتروسکوپ است.

گزینه ۲۸ -

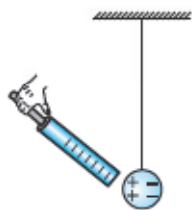
با توجه به متن صورت تست، الکتروسکوپ شکل (الف)، دارای بار مثبت و الکتروسکوپ شکل (ب) دارای بار منفی شده‌اند. پس از بستن کلید k الکترون‌ها از الکتروسکوپ دارای بار منفی به سمت الکتروسکوپ دارای بار مثبت منتقل می‌شوند. اما گفته نشده اندازه بار کدام میله و کدام الکتروسکوپ بیشتر است. پس دو حالت می‌تواند پیش بیاید:

۱) اگر بار دو الکتروسکوپ قرینه و در نتیجه، هم‌اندازه باشد، پس از بستن کلید k بار هر دو الکتروسکوپ خنثی شده و ورقه‌های هر دوی آن‌ها روی هم می‌خوابند (۱) می‌تواند رخ دهد.

۲) اگر بار دو الکتروسکوپ هم‌اندازه نباشند، ابتدا باری که اندازه‌اش کوچک‌تر است (مثبت یا منفی) خنثی می‌شود و سپس بار مخالف بزرگ‌تر، بین دو الکتروسکوپ توزیع می‌شود. در این حالت، ورقه‌های الکتروسکوپ با بار کوچک‌تر ابتدا بسته می‌شوند و سپس دوباره باز می‌شوند و فاصله ورقه‌های الکتروسکوپ با بار بزرگ‌تر اندکی کاهش می‌یابد ولی هنوز باز می‌مانند. توجه کنید که در این حالت، ورقه‌های الکتروسکوپ با بار کوچک‌تر ممکن است کم‌تر، بیشتر یا هم‌اندازه با حالت اولیه باز بمانند (چرا؟). پس حالتی که فقط ورقه‌های یک الکتروسکوپ روی هم بخوابند (۲) و یا ورقه‌های هر دو الکتروسکوپ بازتر از حالت اول شوند (۳) هرگز رخ نمی‌دهند.

گزینه ۲۹ -

مطابق شکل روبه‌رو، روی سطحی از گلوله که نزدیک‌تر به میله است، بار مثبت و روی سطح دورتر آن، بار منفی القا می‌شود. پس میله به خاطر حضور بارهای مثبت در گلوله، آن را جذب و به خاطر حضور بارهای منفی در گلوله، آن را دفع می‌کند. ولی چون بارهای مثبت به میله نزدیک‌ترند و طبق قانون کولن، هر چه فاصله بارها کم‌تر باشد، نیروی الکتریکی بین آن‌ها بزرگ‌تر است ($F \propto \frac{1}{r^2}$)، نیروی جاذبه بین میله و گلوله بیشتر از نیروی دافعه بین آن‌ها شده و گلوله جذب می‌شود. به محض این که گلوله توسط میله جذب شد، بخشی از بار میله به گلوله منتقل می‌شود و در نتیجه، گلوله به طور منفی باردار شده و توسط میله دفع می‌شود.



گزینه ۳۰ -

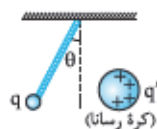
در تست قبلی دیدیم که یک میله باردار یک جسم خنثی را جذب می‌کند؛ پس نیروی جاذبه الکتریکی منحصر به اجسام دارای بارهای ناهم‌نام نیست و یک جسم باردار و یک جسم خنثی هم، یکدیگر را می‌ربایند؛ اما نیروی دافعه الکتریکی، خاص اجسام دارای بارهای هم‌نام است. با توجه به این مطالب، جسم A و C که یکدیگر را دفع می‌کنند، دارای بارهای هم‌نام هستند؛ اما جسم B ممکن است دارای بار ناهم‌نام با A و C باشد و یا این که خنثی باشد.

گزینه ۳۱ -

هر یک از بارهای q_1 و q_2 می‌خواهند بار الکتریکی را به گونه‌ای در میله القا کنند که بار مثبت القایی در دورترین فاصله از آن‌ها قرار بگیرد. چون بار q_2 به میله نزدیک‌تر است، بار الکتریکی مطابق خواست q_2 در میله القا می‌شود؛ بنابراین، نیروی الکتریکی‌ای که میله به بار q_1 وارد می‌کند هم‌سو با نیرویی است که q_2 به q_1 وارد می‌کند و نیروی وارد بر q_1 افزایش می‌یابد. در ضمن، نیروی الکتریکی‌ای که میله به بار q_2 وارد می‌کند در خلاف جهت نیرویی است که q_1 به q_2 وارد می‌کند که حاصل آن کاهش نیروی وارد بر q_2 است.

گزینه ۳۲ -

اگر مطابق شکل روبه‌رو، کره از جنس رسانا باشد، توزیع یکنواخت بار بر سطح آن به هم می‌خورد و در اثر نیروی دافعه الکتریکی، تجمع بار در سمت راست کره (ناحیه دورتر از بار q) بیشتر می‌شود. لذا فاصله مؤثر بارها (در مقایسه با توزیع یکنواخت بار q' بر سطح کره) افزایش و نیروی دافعه الکتریکی بین آن‌ها و به دنبال آن زاویه انحراف θ کاهش می‌یابد.



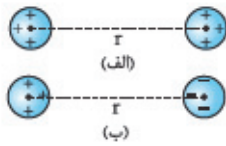
گزینه ۳۳ -

تمام حالت‌ها را بررسی می‌کنیم:
الف) در این حالت در سمت چپ B باری مخالف بار A القا می‌شود. در نتیجه، A و B یکدیگر را جذب می‌کنند و A به سمت راست منحرف می‌شود.
ب) در این حالت، چون B و C دارای بار هم‌نام هستند یکدیگر را می‌رانند. پس B به سمت چپ منحرف و فاصله‌اش از A کم‌تر می‌شود و مطابق قانون کولن (نسبت به حالت معمول) با نیروی بیشتری آن را جذب می‌کند.
پ) B جذب C شده و به سمت راست منحرف می‌شود. بنابراین، فاصله A و B نسبت به حالت (الف) بیشتر و نیروی جاذبه بین آن‌ها کم‌تر می‌شود. در نتیجه، A کم‌تر از حالت‌های قبل از راستای قائم منحرف می‌شود.

۳۴- گزینه ۳

با توجه به قانون کولن، نوع بار دو ذره در اندازه نیروی الکتریکی بین آن‌ها بی‌تأثیر است.

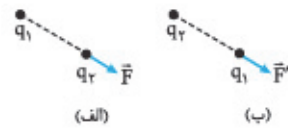
۳۵- گزینه ۲

 اگر دو کره دارای بار هم‌نام باشند، بارهای آن‌ها یکدیگر را می‌رانند و مطابق شکل (الف)، فاصله متوسط بین بارهای دو کره از فاصله بین مرکزهای آن‌ها (r) بیشتر می‌شود. در صورتی که دو کره دارای بار ناهم‌نام باشند، بارهای آن‌ها یکدیگر را می‌ربایند و مطابق شکل (ب)، فاصله متوسط بین بارهای دو کره از فاصله بین مراکز آن‌ها کمتر می‌شود. پس در حالت (ب)، فاصله متوسط بارها از یکدیگر کمتر و نیروی الکتریکی بین دو کره بزرگ‌تر است.


رتوجه شاید بپرسید: «تست قبلی چه فرقی با این تست داشت که هواپاش فرقی می‌کنه؟» در تست قبلی، بارها نقطه‌ای بودند و نقطه هم بُعد ندارد که حالا مقداری بار هم بخواهد در یک طرف آن متراکم شود. پس موضوعی مشابه تست قبلی در تست فعلی کاملاً منتفی است.

۳۶- گزینه ۲

نوع نیروی الکتریکی بین دو بار یا رابیشی است یا رانشی و با جابه‌جایی بارها تغییری نمی‌کند؛ قراردادن هر بار به جای بار دیگر هم فقط باعث می‌شود که بار جابه‌جاشده، حس بار دیگر را از نظر نیروی واردشده تجربه کند! در شکل روبه‌رو، این موضوع را برای بارهای هم‌نام (نیروی رانشی) نمایش داده‌ایم. در هر دو حالت، بردار نیرو در یک مکان، تغییری نمی‌کند و داریم:



$$\vec{F}' = \vec{F} = r_1 \vec{i} - r_2 \vec{j}$$

$$F_{AB} = F_{BA}$$

 ۳۷- گزینه ۲ طبق قانون سوم نیوتون، نیرویی که A به B وارد می‌کند هم‌اندازه با نیرویی است که B به A وارد می‌کند.

 طبق قانون دوم نیوتون، شتاب جسم با جرم آن نسبت عکس دارد و چون جرم A دو برابر جرم B است، شتاب A نصف شتاب B می‌شود:

$$a = \frac{F}{m} \xrightarrow{(F: ثابت)} \frac{a_A}{a_B} = \frac{m_B}{m_A} = \frac{m_B}{2m_B} = \frac{1}{2}$$

 ۳۸- گزینه ۲ یکای k در SI ، $\frac{Nm^2}{C^2}$ است. «نیوتون متر (Nm)» معادل «ژول (J)» است.

$$W = Fd \Rightarrow W \text{ یکای } (F \text{ یکای}) \times (d \text{ یکای}) \Rightarrow J = Nm \Rightarrow k \text{ یکای } = \frac{Jm}{C^2}$$

 ۳۹- گزینه ۱ لازم نیست عدد k $(9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2})$ را در عدد ϵ_0 $(\frac{C^2}{Nm^2} \times 10^{-12} \times 8.85)$ ضرب کنید! کافی است رابطه بین این دو را بلد باشید.

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \Rightarrow k\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi} = \frac{1}{4 \times 3.14} = \frac{1}{12.56} \approx \frac{1}{12.5} \Rightarrow k\epsilon_0 = 0.08$$

 ۴۰- گزینه ۱ بارها در فاصله ۳ سانتی‌متری از هم قرار دارند و با نیروهایی هم‌اندازه، یکدیگر را جذب می‌کنند. چون q_1 ها برحسب μC و r برحسب cm مطرح شده، بهتر است با تکنیک محاسباتی 90° نیروی الکتریکی بین بارها را حساب کنیم.

$$q_1 = 1\mu C \quad r = 3cm \quad q_2 = -4\mu C \quad F_{12} = F_{21} = k \frac{q_1 |q_2|}{r^2}$$

$$k = 90 \frac{N \cdot cm^2}{\mu C^2} \Rightarrow F_{12} = F_{21} = 90 \times \frac{1 \times 4}{3^2} = \frac{90 \times 4}{9} = 40 N \Rightarrow \vec{F}_{12} = 40 \vec{i}, \vec{F}_{21} = -40 \vec{i}$$

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} \Rightarrow 0.02 = 9 \times 10^9 \times \frac{q_1 \times (\Delta q_1)}{r^2} \Rightarrow \Delta q_1^2 = 2 \times 10^{-11} \Rightarrow q_1^2 = 4 \times 10^{-12}$$

$$\Rightarrow q_1 = 2 \times 10^{-6} C \Rightarrow q_1 = 2 \mu C$$

 ۴۲- گزینه ۲ ابتدا بار هسته مطرح‌شده در صورت تست (q_1) را محاسبه می‌کنیم:

$$q_1 = +Ze = 10 \times (1.6 \times 10^{-19}) = 1.6 \times 10^{-18} C$$

 حالا به کمک قانون کولن، نیرویی را که هسته بر الکترون وارد می‌کند، به دست می‌آوریم. (توجه کنید که هر آنگستروم $10^{-10} m$ است.)

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

$$F = 9 \times 10^9 \times \frac{(1.6 \times 10^{-18}) \times (1.6 \times 10^{-19})}{(10^{-10})^2} = 2.3 \times 10^{-7} N$$

۴۳- گزینه ۲

یادداشت ریاضی

$$S = 4\pi R^2$$

 در ریاضی پایه نهم خواندید که مساحت هر کره به شعاع R برابر است با:

$$r = R$$

اگر یک بار در مرکز کره و بار دیگر در سطح کره باشد، فاصله بین آن‌ها برابر شعاع کره است:



حالا، نیروی بین دو بار را با کمی تیزبازی و بدون به دست آوردن شعاع کره پیدا می‌کنیم:

$$F = k \frac{q_1 |q_2|}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q_1 |q_2|}{r^2} = \frac{q_1 |q_2|}{\epsilon_0 \times 4\pi r^2} \xrightarrow{(r=R)} F = \frac{q_1 |q_2|}{\epsilon_0 \times (4\pi R^2)} \xrightarrow{(S=4\pi R^2)} F = \frac{q_1 |q_2|}{\epsilon_0 S}$$

$$\Rightarrow F = \frac{(\Delta 9 \times 10^{-6}) \times (15 \times 10^{-6})}{(\lambda / 85 \times 10^{-12}) \times (700 \times 10^{-4})} = \frac{\Delta 9 \times 15 \times 10^{-12}}{885 \times 7 \times 10^{-12} \times 10^{-4}} = \frac{10^4}{7} = \frac{10000}{7} = 5000 \text{ N}$$

۴۴- گزینه ۱ اگر بارهای q_1 و q_2 در دو نقطه مقابل و در فاصله‌ای برابر قطر دایره از یکدیگر قرار بگیرند، فاصله آن‌ها از هم بیشینه و نیروی الکتریکی بین آن‌ها

کمینه خواهد بود. در نتیجه، حداقل نیروی متقابل که از بارهای q_1 و q_2 ، که روی دایره‌ای به قطر d واقع‌اند، می‌توان انتظار داشت، برابر است با:

$$F_{\min} = k \frac{q_1 q_2}{d^2}$$

صورت مسئله d را به ما نداده؛ با توجه به معلوم بودن محیط دایره، آن را حساب می‌کنیم:

$$\text{محیط دایره} = 2\pi r = \pi(2r) = \pi d \Rightarrow 125/6 = \pi/14 d \Rightarrow d = 40 \text{ cm} = 0/4 \text{ m}$$

$$F_{\min} = 9 \times 10^9 \times \frac{(4 \times 10^{-6}) \times (8 \times 10^{-6})}{(4 \times 10^{-1})^2} = 1/8 \text{ N}$$

حالا با خیال راحت F_{\min} را حساب می‌کنیم:

F دیگر کم‌تر از این نمی‌شود؛ مثلاً $1/5 \text{ N}$ نمی‌شود!

۴۵- گزینه ۳ با یادداشتی از درس ریاضیات شروع می‌کنیم.

یادداشت ریاضی

فاصله نقاط $A(x_A, y_A)$ و $B(x_B, y_B)$ از یکدیگر به کمک رابطه مقابل به دست می‌آید:

$$r = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2}$$

$$r = \sqrt{[8 - (-1)]^2 + (4 - 1)^2} = \sqrt{81 + 9} = \sqrt{90} \text{ cm} = \sqrt{90} \times 10^{-2} \text{ m}$$

پس در این تست داریم:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(9 \times 10^{-6}) \times (18 \times 10^{-6})}{90 \times 10^{-4}} = 162 \text{ N}$$

$$F_x = \sqrt{F_{ix}^2 + F_{iy}^2} = \sqrt{5^2 + 5^2} = \sqrt{2 \times 5^2} = 5\sqrt{2} \text{ N}$$

۴۶- گزینه ۱ بزرگی نیروی \vec{F}_1 برابر است با:

$$F_y = \sqrt{F_{yx}^2 + F_{yy}^2} = \sqrt{6^2 + 8^2} = \sqrt{36 + 64} = \sqrt{100} = 10 \text{ N}$$

و بزرگی نیروی \vec{F}_2 :

با توجه به برابری فاصله بار q از بارهای q_1 و q_2 و قانون کولن داریم:

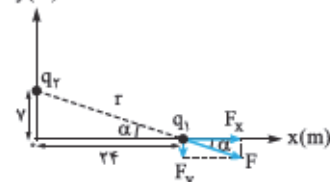
$$\begin{cases} F_x = k \frac{q_1 |q_2|}{r^2} \\ F_y = k \frac{|q_2| |q_1|}{r^2} \end{cases} \xrightarrow{(r=r)} \frac{F_x}{F_y} = \frac{q_1}{q_2} \Rightarrow \frac{5\sqrt{2}}{10} = \frac{q_1}{q_2} \Rightarrow \frac{q_1}{q_2} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\frac{q_1}{q_2} = -\frac{\sqrt{2}}{2}$$

بار q_1 را جذب و q_2 را دفع کرده است؛ پس q_1 و q_2 ناهم‌نام‌اند:

۴۷- گزینه ۳ با توجه به شکل روبه‌رو، می‌نویسیم:

y(m)



$$r^2 = 7^2 + 24^2 = 49 + 576 = 625 \Rightarrow r = 25 \text{ m}$$

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(\Delta 5 \times 10^{-6}) \times (125 \times 10^{-6})}{25 \times 25} = 9 \times 10^{-3} \text{ N} = 9 \text{ mN}$$

برای محاسبه F_x و F_y باید $\cos \alpha$ و $\sin \alpha$ را به دست آوریم.

$$\cos \alpha = \frac{24}{r} = \frac{24}{25} = 0/96$$

$$\sin \alpha = \frac{7}{r} = \frac{7}{25} = 0/28$$

$$\begin{cases} F_x = F \cos \alpha = 9 \times 0/96 = 8/64 \text{ mN} \\ F_y = F \sin \alpha = 9 \times 0/28 = 2/52 \text{ mN} \end{cases} \Rightarrow \vec{F} = F_x \vec{i} + F_y \vec{j} = (8/64 \text{ mN}) \vec{i} + (-2/52 \text{ mN}) \vec{j}$$

(توجه کنید که F_y خلاف جهت محور y است و به همین دلیل با علامت منفی در معادله \vec{F} وارد شد)



$$q' = -ne = -1.0 \times (1/6 \times 10^{-19}) = -1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

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

$$F = 9 \times 10^9 \times \frac{(2 \times 10^{-9}) \times (1/6 \times 10^{-19})}{(2 \times 10^{-2})^2} = 2/2 \times 10^{-10} \text{ N}$$

$$m = 16 \mu\text{g} = 16 \times 10^{-9} \text{ g} = 16 \times 10^{-9} \text{ kg}$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{2/2 \times 10^{-10}}{16 \times 10^{-9}} = 0/2 \times 10^{-1} \text{ N/kg} = 2 \times 10^{-2} \text{ N/kg}$$

۴۸- گزینه ۲ **گام اول** بار قطره را حساب می کنیم:

گام دوم نیروی الکتریکی بین بارهای q و q' را محاسبه می کنیم:

گام سوم با استفاده از قانون دوم نیوتون، شتاب قطره را به دست می آوریم:

۴۹- گزینه ۲ نیروی مجهول را با F_p نشان می دهیم؛ در این صورت:

$$\begin{cases} F_1 = k \frac{q_1^2}{r^2} = 9 \text{ N} \\ F_2 = k \frac{q_2^2}{r^2} = 16 \text{ N} \end{cases} \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \left(\frac{q_2}{q_1}\right)^2 = \frac{16}{9} \Rightarrow \frac{q_2}{q_1} = \frac{4}{3} \Rightarrow q_2 = \frac{4}{3} q_1$$

$$F_r = k \frac{(q_1 + q_2)^2}{r^2} = k \frac{(q_1 + \frac{4}{3}q_1)^2}{r^2} = k \frac{(\frac{7}{3}q_1)^2}{r^2} = \frac{49}{9} k \frac{q_1^2}{r^2} = \frac{49}{9} F_1 = \frac{49}{9} \times 9 = 49 \text{ N}$$

پرسش در صورتی که بارها ناهم نام باشند، F_p چند نیوتون خواهد بود؟

پاسخ اگر درست حساب کنید، به جواب $F_p = 1 \text{ N}$ خواهید رسید!

۵۰- گزینه ۲ به گلوله بالایی دوتا نیرو وارد می شود؛ یکی نیروی رو به پایین وزن (mg) و دیگری نیروی الکتریکی رو به بالا که

گلوله پایینی به آن وارد می کند. چون گلوله ها در حال تعادل اند، برابری نیروهای وارد بر آنها (F_T) صفر است:

$$F_T = F - mg = 0 \Rightarrow k \frac{q^2}{r^2} = mg \xrightarrow{(r=0/4 \text{ m})} 9 \times 10^9 \times \frac{q^2}{(0/4)^2} = 10^{-2} \times 10$$

$$\Rightarrow q^2 = \frac{16}{9} \times 10^{-12} \Rightarrow q = \frac{4}{3} \times 10^{-6} \text{ C} = \frac{4}{3} \mu\text{C}$$

۵۱- **گام اول** گلوله بالایی با نیروی الکتریکی به طرف بالا و با نیروی وزن به طرف پایین کشیده می شود. در حال تعادل،

$$F = mg \xrightarrow{(m=1 \text{ g} = 10^{-3} \text{ kg})} F = 10^{-2} \times 10 = 10^{-2} \text{ N}$$

این دو نیرو با هم موازنه می شوند:

گام دوم گلوله پایینی با نیروهای الکتریکی و وزن به طرف پایین کشیده می شود. برابری این دو نیرو (F') برابر است با:

$$F' = F + mg = 10^{-2} + 10^{-2} = 2 \times 10^{-2} \text{ N}$$

گام سوم نیروی F' باعث ایجاد فشار در سطح تماس گلوله با لوله می شود:

$$P = \frac{F'}{A} \xrightarrow{(A=5 \text{ mm}^2 = 5 \times 10^{-6} \text{ m}^2)} P = \frac{2 \times 10^{-2}}{5 \times 10^{-6}} = 4 \times 10^3 \text{ Pa} = 4 \text{ kPa}$$

۵۲- گزینه ۲

$$\frac{F'}{F} = \frac{q_r'}{q_r} \times \left(\frac{r}{r'}\right)^2 = \frac{2q_r}{q_r} \times \left(\frac{r}{\frac{1}{2}r}\right)^2 = 2 \times 4 = 8$$

روش اول فرض کنید q_1 ثابت مانده و q_2 دو برابر شده است. در این صورت، داریم:

روش دوم نیروی الکتریکی بین دو بار با ۲ برابر شدن اندازه یکی از بارها، ۲ برابر و در کل ۸ برابر (4×2) می شود.

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

(برای ۱ برابر) \uparrow (برای ۲ برابر) \uparrow
 \downarrow (برای ۱/۲ برابر) \downarrow