مقدمهٔ 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 خیلی‌خوبی است، شکی نیست! *(حتماً ببینیدش اگر ندیدیش!)* 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 ایدهٔ 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 پروژهٔ 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 ایدهٔ 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 مصلایی 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 دارم. در نهایت مرسی از بچه‌های دوست‌داشتنی واحد تولید که کارها را خوب جلو بردند.

مراقب خودتون باشین!

مقدمهٔ 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، استفادهٔ اغراق‌آمیزی می‌شود. اکثر کتاب‌های بازار این‌طوری‌اند! تعارف را بگذاریم کنار! پایهٔ 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 پایهٔ علمی مناسبی دارند بهتر است به این مدل کتاب‌ها مراجعه کنند. ما تلاش‌کرده‌ایم 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 درجهٔ 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!

توصیهٔ پایانی این‌که 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 همهٔ عزیزانی که در تولید **این کتاب نقش داشتند؛ از جمله: آقای ایمان سلیمان‌زاده** در مدیریت پروژه، اساتید عزیز مرتضی سرمدی، فریبا علوی نایینی، مژگان **زمانی و مصطفی حسینی** که نظرات کارشناسانهٔ خود را در اختیار ما گذاشتند. همین‌طور دوستان ویراستار، خانم‌ها شیما فرهوش، **مائده رضایی، پگاه اسدی و آقای حسن قیض‌الهی** 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 واژهٔ 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 ذرهٔ باردار با حاصل‌ضرب اندازهٔ بار دو ذره نسبت مستقیم ($F \propto |q_1||q_2|$) و با مجذور فاصلهٔ آن‌ها از هم نسبت **وارون** ($F \propto \frac{1}{r^2}$) دارد. مطابق این قانون، اگر دو بار q_1 و q_2 در فاصلهٔ r از یکدیگر قرار داشته باشند، رابطهٔ (۳) برقرار است:

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

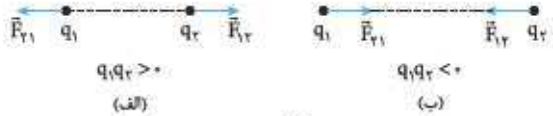
ثابت کولن: به k می‌گوییم «**ثابت کولن**» و مقدار آن در SI، $9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$ است. یکای k را *این‌طوری* مشخص کردیم:

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

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

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0},\quad \varepsilon_0 = 8/85\times10^{-12}\frac{C^2}{N.m^2} \Rightarrow$$ (ε_0 عکس واحد k است.)

جهت نیروی الکتریکی: نیرویی که دو ذرهٔ باردار به هم وارد می‌کنند، در راستای خطی است که آن‌ها را به هم وصل می‌کند. اگر بارها هم‌نام باشند ($q_1q_2 > 0$)، نیروی الکتریکی از نوع «رانشی» و اگر بارها ناهم‌نام باشند ($q_1q_2 < 0$)، نیروی الکتریکی از نوع «ربایشی» است.



شکل (۱۳)

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

$$k = 9\times10^9\frac{N.m^2}{C^2} = 9\times10^9\frac{N.(10^2cm)^2}{(10^6\mu C)^2} = 9\times10^9\times\frac{10^4N.(cm)^2}{10^{12}(\mu C)^2} = 90\frac{N.cm^2}{\mu C^2}$$

تست دو گلولهٔ کوچک با بارهای $q_1 = 4\,\mu C$ و $q_2 = -1\,\mu C$ روی دو رأس دلخواه از مربعی قرار دارند که مساحت آن $200\,cm^2$ است. بیشترین و کم‌ترین اندازهٔ نیروی الکتریکی ممکن بین دو بار، به ترتیب و از راست به چپ چند نیوتون است؟ ($k = 9\times10^9\frac{N.m^2}{C^2}$)

۱) ۰/۹ و ۰/۲۲۵ ۲) ۰/۹ و ۰/۴۵ ۳) ۱/۸ و ۰/۴۵ ۴) ۱/۸ و ۰/۹

پاسخ **گزینهٔ «۴»** هر پوری دلت می‌خواد دوتا بار رو در دو گوشهٔ مربع بچین! یا 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 اندازهٔ نیروی الکتریکی (F_{max}) و در حالت دوم کم‌ترین اندازهٔ آن (F_{min}) را داریم.

یادداشت ریاضی

مساحت هر مربع به ضلع a و قطر d برابر است با: $S=a^2=\frac{d^2}{2} \Rightarrow (a^2=S\ ,\ d^2=2S)$

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

$$F=k\frac{q_1|q_2|}{r^2} \Rightarrow \begin{cases} F_{max}=k\frac{q_1|q_2|}{r_{min}^2} \xrightarrow[(1cm^2=10^{-4}m^2)]{(r_{min}^2=a^2=S)} F_{max}=9\times10^9\times\frac{(4\times10^{-6})\times(1\times10^{-6})}{200\times10^{-4}}=1/8\,N \\ F_{min}=k\frac{q_1|q_2|}{r_{max}^2} \xrightarrow[(1cm^2=10^{-4}m^2)]{(r_{max}^2=d^2=2S)} F_{min}=9\times10^9\times\frac{(4\times10^{-6})\times(1\times10^{-6})}{2\times200\times10^{-4}}=0/9\,N \end{cases}$$

نرمایش qها برحسب μC و r برحسب cm داده شده‌اند؛ پس بهتره از تکنیک محاسباتی ۹۰ استفاده کنی و سریع‌تر به جواب برسی:

$$F_{max}=90\times\frac{4\times1}{200}=1/8\,N \quad , \quad F_{min}=90\times\frac{4\times1}{2\times200}=0/9\,N$$

۲ اگر بارهای q_1 و q_2 از فاصلهٔ r به هم نیروی F و بارهای q_1' و q_2' از فاصلهٔ r' به هم نیروی F' وارد کنند، F' و F مطابق رابطهٔ زیر مقایسه می‌شوند:

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

تست **نیروی بین دو بار الکتریکی q_1 و q_2 که به فاصلهٔ r از یکدیگر قرار دارند، F است. اگر اندازهٔ یکی از بارها و هم‌چنین فاصلهٔ بین دو بار نصف شود، نیروی بین آن‌ها چند برابر می‌شود؟** *(سراسری ریاضی ـ ۸۷، خارج از کشور)*

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

پاسخ **گزینهٔ «۲»** **روش اول** فرض کنید اندازهٔ بار q_1 نصف شده است. در این صورت:

$$(q_1'=\frac{1}{2}q_1\ ,\ q_2'=q_2\ ,\ r'=\frac{1}{2}r) \Rightarrow \frac{F'}{F}=|\frac{q_1'}{q_1}|\times|\frac{q_2'}{q_2}|\times(\frac{r}{r'})^2=\frac{1}{2}\times1\times(\frac{2r'}{r'})^2=\frac{1}{2}\times4=2$$

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

$$F\propto|q_1| \rightarrow (\frac{1}{2}\text{برابر}) \leftarrow (\frac{1}{2}\text{برابر})$$

اگه فقط r نصف بشه، F چهار برابر می‌شه:

$$F\propto\frac{1}{r^2} \rightarrow (\frac{1}{2}\text{برابر})^2 \leftarrow (4\text{برابر})$$

حالا که هر دو اتفاق با هم افتاده، نیرو ۲ برابر $(4\times\frac{1}{2}\text{برابر})$ می‌شه:

$$F\propto\frac{|q_1|\,|q_2|}{r^2} \leftarrow (\frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{4}}=2\text{برابر})$$

(۱برابر) (۱/۲برابر) (۱/۲برابر)²

۳ 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 نحوهٔ تغییر نیروی الکتریکی بین دو ذره در همان فاصلهٔ قبلی خواسته می‌شود. در این وضعیت، بار q_1 به $q_1'=q_1-xq_1$ و بار q_2 به $q_2'=q_2+xq_1$ تغییر می‌کنند؛ در نتیجه:

$$\frac{F'}{F}=\frac{|q_1'q_2'|}{|q_1q_2|}=\frac{|q_1-xq_1||q_2+xq_1|}{q_1q_2}$$

تست دو بار الکتریکی نقطه‌ای مشابه در فاصلهٔ 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 فاصلهٔ قبلی به هم وارد می‌کنند، چند برابر می‌شود؟

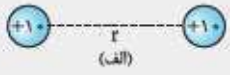
۱) ۱ ۲) $\frac{۶۴}{۱۰۰}$ ۳) $\frac{۹۶}{۱۰۰}$ ۴) $\frac{۶}{۵}$

پاسخ گزینهٔ «۳» *بهتره اعدادی رو که برحسب درصد می‌دن، به شکل ساده‌ترین کسر ممکن بنویسی تا سریع‌تر به جواب برسی. پس ۲۰٪ رو بنویس $\frac{۱}{۵}$.*

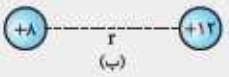
$$x=\frac{۲۰}{۱۰۰}=\frac{۱}{۵}$$

$$(q_۱=q_۲=q\ ,\ q'_۱=q-\frac{۱}{۵}q=\frac{۴}{۵}q\ ,\ q'_۲=q+\frac{۱}{۵}q=\frac{۶}{۵}q)\Rightarrow \frac{F'}{F}=\frac{|q'_۱q'_۲|}{|q_۱q_۲|}=\frac{\frac{۴}{۵}q\times\frac{۶}{۵}q}{q\times q}=\frac{۲۴}{۲۵}=\frac{۲۴\times۴}{۲۵\times۴}=\frac{۹۶}{۱۰۰}$$

تحلیل جواب تست به مقدار q وابسته نیست؛ یعنی هر مقداری برای q در نظر بگیرید به جواب صحیح می‌رسید. *یه عدد قشنگ برای q انتخاب کنیم! مثلاً ۱۰ واحد (واحدش هم مهم نیست)؛ ۲۰ درصدش می‌شه ۲ واحد*



$$q_۱=q_۲=۱۰\ ,\ q'_۱=۱۰-۲=۸\ ,\ q'_۲=۱۰+۲=۱۲$$



$$\frac{F'}{F}=\frac{q'_۱q'_۲}{q_۱q_۲}=\frac{۸\times۱۲}{۱۰\times۱۰}=\frac{۹۶}{۱۰۰}$$

متوجه شدید چی شد؟ تست را در یک حالت خاص حل کردیم و جواب آن را به کلیهٔ حالت‌های ممکن سرایت دادیم! به این روش می‌گن «تعمیم جزء به کل». در ضمن، خواندن نکتهٔ زیر خالی از لطف نیست.

نکته اگر دو بار مشابه q در فاصلهٔ معینی از یکدیگر قرار داشته باشند و کسر x از بار یکی را به دیگری منتقل کنیم، نیروی الکتریکی بین آن‌ها در همان فاصلهٔ قبلی به اندازهٔ $x^۲$ کاهش می‌یابد و $(۱-x^۲)$ برابر می‌شود.

اثبات
$$\frac{F'}{F}=\frac{|q'_۱q'_۲|}{|q_۱q_۲|}=\frac{|q-xq||q+xq|}{q\times q}\xrightarrow{(x<۱\Rightarrow xq<q)}\frac{F'}{F}=\frac{q^۲-x^۲q^۲}{q^۲}=\frac{q^۲(۱-x^۲)}{q^۲}=۱-x^۲$$

نمود در تست قبل داریم:
$$x=\frac{۱}{۵}\Rightarrow x^۲=\frac{۱}{۲۵}\Rightarrow \frac{F'}{F}=۱-\frac{۱}{۲۵}=\frac{۲۴}{۲۵}=\frac{۹۶}{۱۰۰}$$

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

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

پاسخ گزینهٔ «۲»

$$\begin{cases} q_۱=q\Rightarrow q'_۱=q-\frac{۱}{۵}q=\frac{۴}{۵}q \\ q_۲=-q\Rightarrow q'_۲=-q+\frac{۱}{۵}q=-\frac{۴}{۵}q \end{cases}\Rightarrow \frac{F'}{F}=\frac{|q'_۱q'_۲|}{|q_۱q_۲|}=\frac{\frac{۴}{۵}q\times\frac{۴}{۵}q}{q\times q}=\frac{\frac{۱۶}{۲۵}q^۲}{q^۲}=\frac{۱۶}{۲۵}=\frac{۶۴}{۱۰۰}$$

تحلیل *با عددگذاری q تست رو حل می‌کنیم. فرض کن یکی از بارها $+۱۰$ واحد و دیگری -۱۰ واحده و $+۲$ واحد از بار اولی به بار دومی منتقل می‌شه.*

$$q'_۱=۱۰-۲=۸\ ,\ q'_۲=-۱۰+۲=-۸$$

حاصل‌ضرب بارها چند برابر شده؟

$$\frac{F'}{F}=\frac{|q'_۱q'_۲|}{|q_۱q_۲|}=\frac{۸\times۸}{۱۰\times۱۰}=\frac{۶۴}{۱۰۰}$$

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

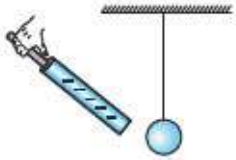
اثبات
$$\frac{F'}{F}=\frac{|q_1' q_2'|}{|q_1 q_2|}=\frac{|q-xq||-q+xq|}{|q||-q|} \xrightarrow{(q>xq \Rightarrow |-q+xq|=q-xq)} \frac{F'}{F}=\frac{(q-xq)^2}{q^2}=\frac{q^2(1-x)^2}{q^2}=(1-x)^2$$

نمونه در تست اخیر، داریم:
$$\frac{F'}{F}=(1-x)^2=(1-\frac{1}{5})^2=(\frac{4}{5})^2=\frac{16}{25}=\frac{16\times 4}{25\times 4}=\frac{64}{100}$$

پرسش‌های چهارگزینه‌ای

مفاهیم اولیهٔ نیروی الکتریکی

۲۹- در شکل زیر یک میلهٔ رسانای باردار با دستهٔ عایق را به گلولهٔ 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.

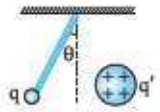
۳۰- جسم A، جسم B را با نیروی الکتریکی جذب و جسم C را دفع می‌کند. کدام گزینه الزاماً درست است؟

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 گزینهٔ قبلی درست است.

۳۱- دو بار الکتریکی هم‌اندازه و هم‌نام q_1 و q_2 در فاصلهٔ معینی از یکدیگر ثابت شده‌اند. اگر مطابق شکل زیر یک میلهٔ 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؟

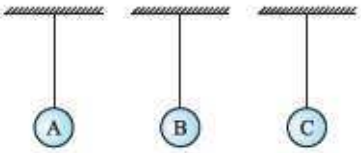
۱) کاهش، کاهش
۲) افزایش، افزایش
۳) ثابت، ثابت
۴) افزایش، کاهش

۳۲- بار نقطه‌ای q را مطابق شکل، از نقطه‌ای می‌آویزیم. یک دفعه کره‌ای رسانا با بار q' و دفعهٔ دیگر کره‌ای نارسانا با بار q' را به آن نزدیک می‌کنیم. توزیع بار کرهٔ نارسانا یکنواخت است. کره‌ها هم‌اندازه‌اند و q و q' هر دو مثبت‌اند. در هر دو حالت، بار q دفع می‌شود. زاویهٔ انحراف θ در کدام حالت بیشتر است؟ *(دوازدهمین المپیاد فیزیک ایران، با یک تغییر در گزینه‌ها)*



۱) با کرهٔ رسانا
۲) با کرهٔ 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 کدام‌یک 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 ذرهٔ باردار در فاصلهٔ معینی از یکدیگر قرار دارند. در کدام حالت، اندازهٔ نیروی الکتریکی بین دو ذرهٔ 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 کرهٔ رسانای باردار در فاصلهٔ 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 صفحهٔ xoy، نیروی الکتریکی‌ای 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 الکتریکی‌ای 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 ذرهٔ A، هر یک دو برابر جرم و بار ذرهٔ B است. اگر دو ذره را کنار یکدیگر قرار دهیم، طوری که هر ذره فقط تحت تأثیر نیروی الکتریکی ذرهٔ دیگر قرار بگیرد، بزرگی نیروی وارد بر ذرهٔ A و شتاب آن به ترتیب چند برابر بزرگی نیروی وارد بر ذرهٔ 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؟

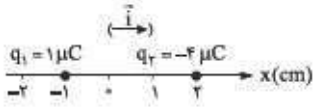
۱) $\frac{\text{نیوتون‌متر}}{(\text{کولن})^2}$ ۲) $\frac{\text{ژول‌متر}}{(\text{کولن})^2}$ ۳) $\frac{(\text{کولن})^2}{\text{نیوتون‌متر مربع}}$ ۴) $\frac{(\text{کولن})^2}{\text{ژول متر مربع}}$

۳۹- حاصل $k\varepsilon_0$ تقریباً چه‌قدر است؟ (k ثابت کولن و ε_0 ضریب گذردهی الکتریکی خلأ است.)

۱) ۰/۰۸ ۲) ۰/۰۳ ۳) ۰/۲۵ ۴) ۱۲/۵۶

حالا با تست‌های کمی این واحد، روبه‌رو 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؟ ($k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$)



۱) $40\vec{i}$ ، $-40\vec{i}$ ۲) $-40\vec{i}$ ، $10\vec{i}$
۳) $-40\vec{i}$ ، $40\vec{i}$ ۴) $-10\vec{i}$ ، $10\vec{i}$

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

۱) ۱۰ ۲) ۵ ۳) ۴ ۴) ۲

۴۲- الکترونی در مسیر دایره‌ای به شعاع ۱ آنگستروم به دور هسته‌ای که ۱۰ پروتون دارد، می‌چرخد. نیروی وارد بر این الکترون چند نیوتون است؟ (بار الکترون $1/6\times10^{-19}$ کولن و ضریب ثابت در قانون کولن $9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$ است.) *(سراسری ریاضی - ۷۲)*

۱) $3/2\times10^{-5}$ ۲) $2/3\times10^{-7}$ 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 سطح کره‌ای قرار دارند که مساحت آن $200\,cm^2$ است. نیروی الکتریکی بین دو بار در خلأ چند نیوتون است؟ ($\varepsilon_0 = 8/85\times10^{-12} \frac{C^2}{N.m^2}$)

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 $125/6\,cm$ قرار دارند. نیروی الکتریکی بین دو بار (برحسب نیوتون)، کدام‌یک از مقادیر زیر نمی‌تواند باشد؟ ($k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$)

۱) ۱/۵ ۲) ۵ ۳) 10^4 ۴) گزینه‌های (۱) و (۲)

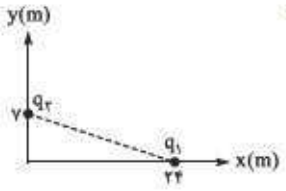
۴۵- دو ذره با بارهای الکتریکی $q_1 = 9\,\mu C$ و $q_2 = 18\,\mu C$ به ترتیب در نقاط $A(-1\,cm, 1\,cm)$ و $B(8\,cm, 4\,cm)$ ثابت شده‌اند. اندازهٔ نیرویی که دو ذره به یکدیگر وارد می‌کنند، چند نیوتون است؟ ($k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$)

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. $\frac{q_1}{q_2}$ کدام است؟ (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 $q_1 = 5\ \mu C$ و $q_2 = 125\ \mu C$ روی محورهای x و y ثابت شده‌اند. نیرویی که q_2 به q_1 وارد می‌کند (برحسب میلی‌نیوتون) کدام است؟ $(k = 9\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2})$



۱) $8/64\vec{i} - 2/625\vec{j}$
۲) $2/52\vec{i} - 8/64\vec{j}$
۳) $8/64\vec{i} - 2/52\vec{j}$
۴) $2/625\vec{i} - 2/52\vec{j}$

۴۸- قطره‌ای به جرم $16\ \mu g$ که حامل بار ۱۰۰ الکترون است، به فاصلهٔ ۳ سانتی‌متری بار الکتریکی ساکن $q = 2\ \mu C$ قرار دارد. شتاب اولیهٔ قطره چند نیوتون بر کیلوگرم است؟ (تنها نیرویی که به قطره وارد می‌شود، نیرویی است که بار q به آن وارد می‌کند.

$(k = 9\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2},\ e = 1/6\times10^{-19}\ C)$

۱) 2×10^{-5}
۲) 2×10^{-2}
۳) 5×10^{4}
۴) 5×10^{5}

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

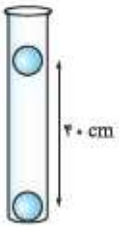
۱) ۲۵
۲) ۴۹
۳) ۷۲
۴) ۱۴۴

در ۲ تا تست 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 ۱۰ g را در یک لولهٔ شیشه‌ای قائم با بدنهٔ نارسانا و بدون اصطکاک رها می‌کنیم. در حالت تعادل، گلوله‌ها در فاصلهٔ ۴۰ سانتی‌متری از هم قرار می‌گیرند. بار الکتریکی هر گلوله چند میکروکولن است؟ $(g = 10\ N/kg,\ k = 9\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2})$ و از ابعاد گلوله‌ها در مقایسه با فاصلهٔ آن‌ها از یکدیگر صرف‌نظر می‌شود.) *(امتحان نوایی ـ قرار ۸۷)*

۱) $\frac{3}{4}$
۲) $\frac{4}{3}$
۳) $\frac{9}{16}$
۴) $\frac{16}{9}$

۵۱- در شکل روبه‌رو، دو گلولهٔ باردار مشابه به جرم ۱ g در یک لولهٔ شیشه‌ای و در فاصلهٔ ۴۰ سانتی‌متری از یکدیگر به حال تعادل قرار دارند. اگر سطح تماس گلولهٔ پایینی با لوله $5\ mm^2$ باشد، فشار حاصل از گلوله بر سطح شیشه چند کیلوپاسکال است؟ $(g = 10\ m/s^2)$



۱) ۲
۲) ۴
۳) ۲۰
۴) ۴۰

اثر نغییر فاصله و بار بر نیروی کولنی

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

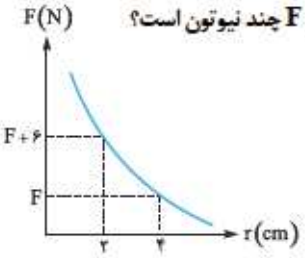
۱) ۱
۲) ۲
۳) ۴
۴) ۸

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

۵۳- بار الکتریکی ۸ میکروکولنی از فاصلهٔ r بر بار ۲ میکروکولنی، نیروی F را وارد می‌کند. بار ۲ میکروکولنی از چه فاصله‌ای بر بار ۸ میکروکولنی، نیرویی با اندازهٔ 2F را وارد می‌کند؟ *(سراسری تجربی ـ ۸۵)*

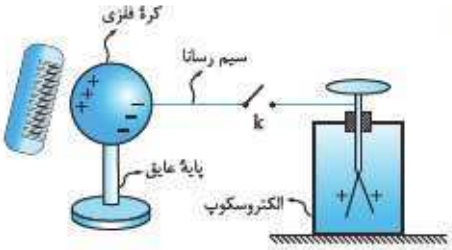
۱) $2r$
۲) $\sqrt{2}r$
۳) $\frac{1}{2}r$
۴) $\frac{\sqrt{2}}{2}r$

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



۱) ۲
۲) ۴
۳) ۶
۴) ۱۲

۲۷- **گزینه۴** کشیدن شانه به پارچهٔ 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).



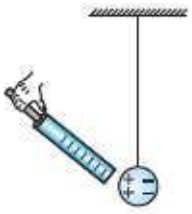
در همین حالت، ورقه‌های الکتروسکوپ باز هستند؛ پس الکتروسکوپ باردار است. پس از بستن کلید k ورقه‌های الکتروسکوپ ابتدا بسته می‌شوند، بنابراین بار اولیهٔ الکتروسکوپ با بار القایی بخشی از کره که به الکتروسکوپ نزدیک‌تر است ناهم‌نام است؛ پس بار اولیهٔ الکتروسکوپ مثبت است. از آن‌جایی که ورقه‌های الکتروسکوپ پس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

۲۸- **گزینه۲** 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 اندازهٔ 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 فاصلهٔ 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 (۵)، هرگز رخ نمی‌دهند.

۲۹- **گزینه۲** 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 فاصلهٔ بارها کم‌تر باشد، نیروی الکتریکی بین آن‌ها بزرگ‌تر است ($F \propto \frac{1}{r^2}$)، نیروی جاذبهٔ بین میله و گلوله بیشتر از نیروی دافعهٔ بین آن‌ها شده و گلوله جذب میله می‌شود. به محض این‌که 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.



۳۰- **گزینه۳** در تست قبلی دیدیم که یک میلهٔ باردار یک جسم خنثی را جذب می‌کند؛ پس **نیروی جاذبهٔ الکتریکی منحصر به اجسام دارای بارهای ناهم‌نام نیست و یک جسم باردار و یک جسم خنثی هم، یکدیگر را می‌ربایند؛ اما نیروی دافعهٔ 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 این‌که خنثی باشد.

۳۱- **گزینه۴** 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.

۳۲- **گزینه۲** اگر مطابق شکل روبه‌رو، کره از جنس رسانا باشد، توزیع یکنواخت بار بر سطح آن به هم می‌خورد و در اثر نیروی دافعهٔ الکتریکی، تجمع بار در سمت راست کره (ناحیهٔ دورتر از بار q) بیشتر می‌شود. لذا فاصلهٔ مؤثر بارها (در مقایسه با توزیع یکنواخت بار q' بر سطح کره) افزایش و نیروی دافعهٔ الکتریکی بین آن‌ها و به دنبال آن زاویهٔ انحراف θ کاهش می‌یابد.

۳۳- **گزینه۲** تمام حالت‌ها را بررسی می‌کنیم:

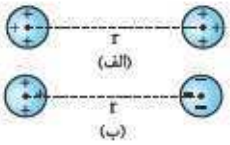
الف) در این حالت در سمت چپ B باری مخالف بار A القا می‌شود. در نتیجه، A و B یکدیگر را جذب می‌کنند و A به سمت راست منحرف می‌شود.

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، فاصلهٔ A و B نسبت به حالت (الف) بیشتر و نیروی جاذبهٔ بین آن‌ها کم‌تر می‌شود. در نتیجه، A کم‌تر از حالت‌های قبل از راستای قائم منحرف می‌شود.

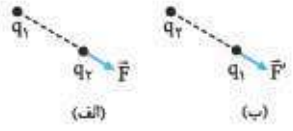
۳۴- **گزینه۳** با توجه به قانون کولن، نوع بار دو ذره در اندازهٔ نیروی الکتریکی بین آن‌ها بی‌تأثیر است.

۳۵- **گزینه۲** اگر دو کره دارای بار هم‌نام باشند، بارهای آن‌ها یکدیگر را می‌رانند و مطابق شکل (الف)، فاصلهٔ متوسط بین بارهای دو کره از فاصلهٔ بین مرکزهای آن‌ها (r) بیشتر می‌شود. در صورتی که دو کره دارای بار ناهم‌نام باشند، بارهای آن‌ها یکدیگر را می‌ربایند و مطابق شکل (ب)، فاصلهٔ متوسط بین بارهای دو کره از فاصلهٔ بین مراکز آن‌ها کم‌تر می‌شود. پس در حالت (ب)، فاصلهٔ متوسط بارها از یکدیگر کم‌تر و نیروی الکتریکی بین دو کره بزرگ‌تر است.



توجه شاید بپرسید: *«تست قبلی چه فرقی با این تست داشت که پروایش فرق می‌کند؟»* 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- **گزینه۴** نوع نیروی الکتریکی بین دو بار یا رایشی 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: $\vec{F}' = \vec{F} = 3\vec{i} - 4\vec{j}$



۳۷- **گزینه۲** طبق قانون سوم نیوتون، نیرویی که A به B وارد می‌کند هم‌اندازه با نیرویی است که B به A وارد می‌کند: $F_{AB} = F_{BA}$

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:

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

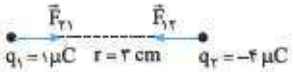
۳۸- **گزینه۲** یکای k در SI، $\frac{N.m^2}{C^2}$ است. «نیوتون متر $(N.m)$» معادل «ژول (J)» است.

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

۳۹- **گزینه۱** لازم نیست عدد k $(9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$ را در عدد ε_0 $(8/85\times10^{-12} \frac{C^2}{N.m^2})$ ضرب کنید! کافی است رابطهٔ بین این دو را بلد باشید.

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \Rightarrow k\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi} = \frac{1}{4\times3/14} = \frac{1}{12/56} \simeq \frac{1}{12/5} \Rightarrow k\varepsilon_0 \simeq 0/08$$

۴۰- **گزینه۱** بارها در فاصلهٔ ۳ سانتی‌متری از هم قرار دارند و با نیروهایی هم‌اندازه، یکدیگر را جذب می‌کنند. چون qها برحسب μC و r برحسب cm مطرح شده، بهتر است با تکنیک محاسباتی ۹۰ نیروی الکتریکی بین بارها را حساب کنیم.



$$F_{12} = F_{21} = k\frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$

$$k = 90\frac{N.cm^2}{\mu C^2} \Rightarrow F_{12} = F_{21} = 90\times\frac{1\times4}{3^2} = \frac{90\times4}{9} = 40\,N \Rightarrow \vec{F}_{21} = 40\vec{i}\ ,\ \vec{F}_{12} = -40\vec{i}$$

۴۱- **گزینه۴**

$$F = k\frac{|q_1||q_2|}{r^2} \Rightarrow 0/02 = 9\times10^9 \times \frac{q_1\times(5q_1)}{3^2} \Rightarrow 5q_1^2 = 2\times10^{-11} \Rightarrow q_1^2 = 4\times10^{-12}$$

$$\Rightarrow q_1 = 2\times10^{-6}\,C \Rightarrow q_1 = 2\,\mu C$$

۴۲- **گزینه۲** ابتدا بار هستهٔ مطرح‌شده در صورت تست (q_1) را محاسبه می‌کنیم:

$$q_1 = +Ze = 10\times(1/6\times10^{-19}) = 1/6\times10^{-18}\ C$$

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.)

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

$$F = 9\times10^9 \times \frac{(1/6\times10^{-18})\times(1/6\times10^{-19})}{(10^{-10})^2} \simeq 2/3\times10^{-7}\ N$$

۴۳- **گزینه۲**

یادداشت ریاضی

در ریاضی پایهٔ نهم خواندید که مساحت هر کره به شعاع R برابر است با: $S = 4\pi R^2$

اگر یک بار در مرکز کره و بار دیگر در سطح کره باشد، فاصلهٔ بین آن‌ها برابر شعاع کره است: $r = R$

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

$$F=k\frac{q_1|q_2|}{r^2}=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\times\frac{q_1|q_2|}{r^2}=\frac{q_1|q_2|}{\varepsilon_0\times 4\pi r^2}\xrightarrow{(r=R)}F=\frac{q_1|q_2|}{\varepsilon_0\times(4\pi R^2)}\xrightarrow{(S=4\pi R^2)}F=\frac{q_1|q_2|}{\varepsilon_0 S}$$

$$\Rightarrow F=\frac{(59\times10^{-6})\times(15\times10^{-6})}{(8/85\times10^{-12})\times(200\times10^{-4})}=\frac{59\times15\times10^{-12}}{885\times2\times10^{-12}\times10^{-4}}=\frac{10^4}{2}=\frac{10000}{2}=5000\,N$$

۴۴- **گزینه۱** اگر بارهای q_1 و q_2 در دو نقطهٔ مقابل و در فاصله‌ای برابر قطر دایره از یکدیگر قرار بگیرند، فاصلهٔ آن‌ها از هم بیشینه و نیروی الکتریکی بین آن‌ها کمینه خواهد بود. در نتیجه، حداقل نیروی متقابلی که از بارهای q_1 و q_2، که روی دایره‌ای به قطر d واقع‌اند، می‌توان انتظار داشت، برابر است با: $F_{min}=k\frac{q_1q_2}{d^2}$

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

$$\text{محیط دایره}=2\pi r=\pi(2r)=\pi d\Rightarrow 125/6=3/14d\Rightarrow d=40\,cm=0/4\,m$$

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

$$F_{min}=9\times10^9\times\frac{(4\times10^{-6})\times(8\times10^{-6})}{(4\times10^{-1})^2}=1/8\,N$$

F دیگر کم‌تر از این نمی‌شود؛ مثلاً $1/5\,N$ نمی‌شود!

۴۵- **گزینه۳** با یادداشتی از درس ریاضیات شروع می‌کنیم.

یادداشت ریاضی

فاصلهٔ نقاط $A(x_A,y_A)$ و $B(x_B,y_B)$ از یکدیگر به کمک رابطهٔ مقابل به دست می‌آید: $r=\sqrt{(x_B-x_A)^2+(y_B-y_A)^2}$

پس در این تست داریم:

$$r=\sqrt{[8-(-1)]^2+(4-1)^2}=\sqrt{81+9}=\sqrt{90}\,cm=\sqrt{90}\times10^{-2}\,m$$

$$F=k\frac{q_1q_2}{r^2}=9\times10^9\times\frac{(9\times10^{-6})\times(18\times10^{-6})}{90\times10^{-4}}=162\,N$$

۴۶- **گزینه۴** بزرگی نیروی $\vec{F}_1$ برابر است با:

$$F_1=\sqrt{F_{1x}^2+F_{1y}^2}=\sqrt{5^2+5^2}=\sqrt{2\times5^2}=5\sqrt{2}\,N$$

و بزرگی نیروی $\vec{F}_2$:

$$F_2=\sqrt{F_{2x}^2+F_{2y}^2}=\sqrt{6^2+8^2}=\sqrt{36+64}=\sqrt{100}=10\,N$$

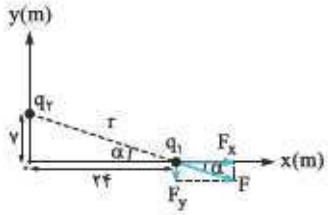
با توجه به برابری فاصلهٔ بار q از بارهای q_1 و q_2 و قانون کولن داریم:

$$\begin{cases}F_1=k\frac{|q_1||q|}{r_1^2}\\ F_2=k\frac{|q_2||q|}{r_2^2}\end{cases}\xrightarrow{(r_1=r_2)}\frac{F_1}{F_2}=\left|\frac{q_1}{q_2}\right|\Rightarrow\frac{5\sqrt{2}}{10}=\left|\frac{q_1}{q_2}\right|\Rightarrow\left|\frac{q_1}{q_2}\right|=\frac{\sqrt{2}}{2}$$

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

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

۴۷- **گزینه۳** با توجه به شکل روبه‌رو، می‌نویسیم:



$$r^2=7^2+24^2=49+576=625\Rightarrow r=25\,m$$

$$F=k\frac{q_1q_2}{r^2}=9\times10^9\times\frac{(5\times10^{-6})\times(125\times10^{-6})}{25\times25}=9\times10^{-3}\,N=9\,mN$$

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

در مثلثی که وتر آن r است، داریم:

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

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

$$\begin{cases}F_x=F\cos\alpha=9\times0/96=8/64\,mN\\ F_y=F\sin\alpha=9\times0/28=2/52\,mN\end{cases}\Rightarrow\vec{F}=F_x\vec{i}+F_y\vec{j}=(8/64\,mN)\vec{i}+(-2/52\,mN)\vec{j}$$

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

۴۸- **گزینه۲** گام اول: بار قطره را حساب می‌کنیم:

$$q' = -ne = -۱۰۰ \times (۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}) = -۱/۶ \times ۱۰^{-۱۷} C$$

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

$$F = k\frac{|q||q'|}{r^۲}$$

$$F = ۹ \times ۱۰^۹ \times \frac{(۲ \times ۱۰^{-۶}) \times (۱/۶ \times ۱۰^{-۱۷})}{(۳ \times ۱۰^{-۲})^۲} = ۳/۲ \times ۱۰^{-۱۰} N$$

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

$$m = ۱۶ \mu g = ۱۶ \times ۱۰^{-۶} g = ۱۶ \times ۱۰^{-۹} kg$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{۳/۲ \times ۱۰^{-۱۰}}{۱۶ \times ۱۰^{-۹}} = ۰/۲ \times ۱۰^{-۱} N/kg = ۲ \times ۱۰^{-۲} N/kg$$

۴۹- **گزینه۲** نیروی مجهول را با $F_۲$ نشان می‌دهیم؛ در این صورت:

$$\begin{cases} F_۱ = k\frac{q_۱^۲}{r^۲} = ۹ N \\ F_۲ = k\frac{q_۲^۲}{r^۲} = ۱۶ N \end{cases} \Rightarrow \frac{F_۲}{F_۱} = (\frac{q_۲}{q_۱})^۲ = \frac{۱۶}{۹} \Rightarrow \frac{q_۲}{q_۱} = \frac{۴}{۳} \Rightarrow q_۲ = \frac{۴}{۳}q_۱$$

$$F_۳ = k\frac{(q_۱+q_۲)^۲}{r^۲} = k\frac{(q_۱+\frac{۴}{۳}q_۱)^۲}{r^۲} = k\frac{(\frac{۷}{۳}q_۱)^۲}{r^۲} = \frac{۴۹}{۹}k\frac{q_۱^۲}{r^۲} = \frac{۴۹}{۹}F_۱ = \frac{۴۹}{۹} \times ۹ = ۴۹ N$$

پرسش: در صورتی که بارها ناهم‌نام باشند، $F_۳$ چند نیوتون خواهد بود؟

پاسخ: اگر درست حساب کنید، به جواب $F_۳ = ۱ N$ خواهید رسید!

۵۰- **گزینه۲** به گلولهٔ بالایی دوتا نیرو وارد می‌شود؛ یکی نیروی رو به پایینِ وزن (mg) و دیگری نیروی الکتریکی رو به بالا که گلولهٔ پایینی به آن وارد می‌کند. چون گلوله‌ها در حال تعادل‌اند، برایند نیروهای وارد بر آن‌ها (F_T) صفر است: $F_T = F - mg = ۰$

$$F = mg \Rightarrow k\frac{q^۲}{r^۲} = mg \xrightarrow[(m=۱۰^{-۲} kg)]{(r=۰/۴ m)} ۹ \times ۱۰^۹ \times \frac{q^۲}{(۰/۴)^۲} = ۱۰^{-۲} \times ۱۰$$

$$\Rightarrow q^۲ = \frac{۱۶}{۹} \times ۱۰^{-۱۲} \Rightarrow q = \frac{۴}{۳} \times ۱۰^{-۶} C = \frac{۴}{۳} \mu C$$

۵۱- **گزینه۲** گام اول: گلولهٔ بالایی با نیروی الکتریکی به طرف بالا و با نیروی وزن به طرف پایین کشیده می‌شود. در حال تعادل، این دو نیرو با هم موازنه می‌شوند:

$$F = mg \xrightarrow{(m=۱g=۱۰^{-۳} kg)} F = ۱۰^{-۳} \times ۱۰ = ۱۰^{-۲} N$$

گام دوم: گلولهٔ پایینی با نیروهای الکتریکی و وزن به طرف پایین کشیده می‌شود. برایند این دو نیرو (F') برابر است با:

$$F' = F + mg = ۱۰^{-۲} + ۱۰^{-۲} = ۲ \times ۱۰^{-۲} N$$

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

$$P = \frac{F'}{A} \xrightarrow{(A=۵ mm^۲=۵ \times ۱۰^{-۶} m^۲)} P = \frac{۲ \times ۱۰^{-۲}}{۵ \times ۱۰^{-۶}} = ۴ \times ۱۰^۳ Pa = ۴ kPa$$

۵۲- **گزینه۴**

روش اول: فرض کنید $q_۱$ ثابت مانده و $q_۲$ دو برابر شده است. در این صورت، داریم:

$$\frac{F'}{F} = \frac{q_۱'}{q_۱} \times (\frac{r}{r'})^۲ = \frac{۲q_۲}{q_۲} \times (\frac{r}{\frac{۱}{۲}r})^۲ = ۲ \times ۴ = ۸$$

روش دوم: نیروی الکتریکی بین دو بار با ۲ برابرشدن اندازهٔ یکی از بارها، ۲ برابر و با نصف‌شدن فاصلهٔ بین دو بار، ۴ برابر و در کل ۸ برابر (۴×۲) می‌شود.

$$F \propto \frac{|q_۱||q_۲|}{r^۲} \quad \begin{matrix} \uparrow (۲\text{برابر}) & \uparrow (۲\text{برابر}) \\ \downarrow (\frac{۱}{۲})^۲\text{برابر} & \end{matrix} \quad \leftarrow (۴ \times ۲\text{برابر})$$