

مطالعه‌ی درسنامه‌ی ۱ در پاسخ‌نامه، در این شاخه توصیه می‌شود.



بار الکتریکی

تو ۶ تا سؤال شروع این فصل، می‌فوایم به کم مفاهیم فیزیک (۱) رو با هم دوره کنیم. سؤالای مطرح شده به دوریه که با فلش، فاطرات زیاری از فیزیک (۱) براتون زنده میشه.

(سراسری سال‌های دور)

۱- بار الکتریکی در ماده، همواره:

(۱) مضرب صحیحی از یک بار الکتریکی پایه است.

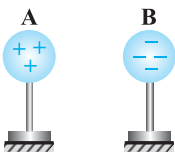
(۲) کمیت پیوسته‌ای است که بی‌نهایت قابل تقسیم می‌باشد.

(۳) مضربی از یک کولن است.

(۴) کمیت پیوسته‌ای که نمی‌تواند مضربی از بار الکتریکی پایه باشد.

۲- مطابق شکل زیر، دو کره‌ی A و B بر روی پایه‌های عایق قرار گرفته و بار آنها به ترتیب برابر $80 \times 10^{-9} \text{ C}$ و $-4/8 \times 10^{-7} \text{ C}$ می‌باشد. در مورد

این دو جسم، کدامیک از عبارت‌های زیر صحیح است؟ (اندازه‌ی بار الکتریکی هر الکترون $1/6 \times 10^{-19}$ کولن می‌باشد.) (سراسری ریاضی ۷۴ با تغییر)



(۱) به جسم A تعداد 5×10^{11} پروتون و به جسم B تعداد 3×10^{12} الکترون داده‌ایم.

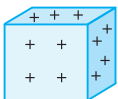
(۲) از جسم A تعداد 5×10^{11} الکترون و از جسم B تعداد 3×10^{11} پروتون گرفته‌ایم.

(۳) از جسم A تعداد 5×10^{11} الکترون گرفته‌ایم و به جسم B تعداد 3×10^{12} الکترون داده‌ایم.

(۴) از جسم A تعداد 8×10^{11} الکترون گرفته‌ایم و به جسم B تعداد 48×10^{11} الکترون داده‌ایم.

۳- مکعبی مطابق شکل زیر، به وسیله‌ی روش مالش دارای بار الکتریکی شده است. در این مکعب چند کولن الکتریسیته می‌تواند وجود

داشته باشد؟ (بار الکتریکی هر الکترون $1/6 \times 10^{-19}$ کولن می‌باشد.) (آزمایشی سنمیش ۹۳، آزاد ریاضی ۸۲)



(۲) 4×10^{-19}

(۱) 2×10^{-18}

(۴) هر سه مقدار

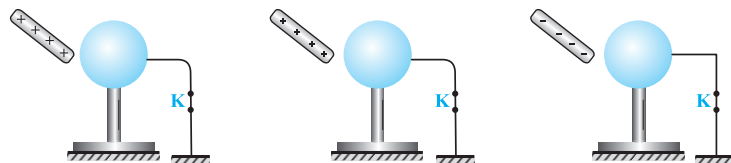
(۳) 8×10^{-15}

روش‌های باردار کردن اجسام

۴- در شکل‌های زیر، کره‌های رسانا بر روی پایه‌های عایق قرار گرفته و سیم‌های متصل شده به زمین رسانا هستند. در هر یک از شکل‌های

(تألیفی)

(۱)، (۲) و (۳) بار هر یک از کره‌ها به ترتیب از راست به چپ چگونه می‌شود؟



(۱) ابتدا میله را دور کرده و سپس کلید K را قطع می‌کنیم

(۲) کلید K وصل و میله باقی بماند

(۳) ابتدا کلید K را قطع و سپس میله را دور می‌کنیم

شکل (۳)

شکل (۲)

شکل (۱)

(۲) مثبت، منفی، خنثی

(۱) خنثی، منفی، خنثی

(۴) منفی، خنثی، مثبت

(۳) مثبت، خنثی، منفی

۵- مطابق شکل داده شده، یک میله دارای بار منفی را به دو کره‌ی خنثی و رسانای (۱) و (۲) که با هم در تماس هستند، نزدیک می‌کنیم. تا هنگامی

(ترکیبی کتاب درسی و المپیاد فیزیک)

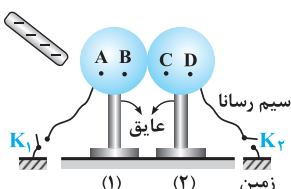
که میله نزدیک دو کره بوده و دو کره با هم در تماس‌اند، کدامیک از عبارت‌های زیر نادرست است؟

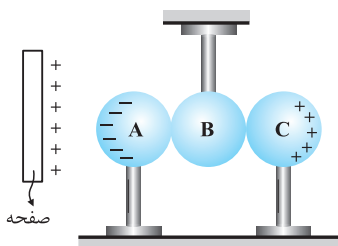
(۱) در نقطه‌ی A بار مثبت جمع شده و در نقطه‌ی C هیچ باری جمع نمی‌شود.

(۲) کره‌ی (۱) دارای بار مثبت و کره‌ی (۲) دارای بار منفی است.

(۳) اگر کلید K_1 را وصل و K_2 قطع بماند، کره‌ی (۲) خنثی و کره‌ی (۱) دارای بار مثبت می‌شود.

(۴) اگر کلید K_1 را وصل و K_2 قطع بماند، کره‌ی (۱) خنثی و کره‌ی (۲) دارای بار منفی می‌شود.





۶- سه کره فلزی A، B و C که به پایه‌های عایقی متصل هستند، در تماس با یکدیگر و مجاور صفحه‌ی باردار قرار دارند. اگر ابتدا کره‌ی فلزی B را از بین دو کره خارج نموده و دور کنیم و سپس صفحه‌ی باردار را به فاصله‌ی خیلی دور انتقال دهیم، کدام یک از موارد زیر اتفاق می‌افتد؟

(آزمایشی سنمیش ۹۳)

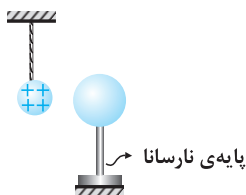
$$(۱) \quad q_A < 0, q_C > 0 \text{ و } |q_A| = |q_C|$$

$$(۲) \quad q_A < 0, q_C > 0 \text{ و } |q_C| > |q_A|$$

$$(۳) \quad q_A > 0, q_C < 0 \text{ و } |q_A| = |q_C|$$

$$(۴) \quad q_A > 0, q_C < 0 \text{ و } |q_C| < |q_A|$$

قابل توجه شاگرد زرنگا... تو سه تا سؤال بعدی که براتون انتقاب کردیم، دوس داریم بفهمید که به سؤال تشنگ لازم نیست فیللی ضرب و تقسیم داشته باشه. چالیه که بروید هر سه تا سؤال مطرح شده به نوعی به تمرینای کتاب درسی برمی‌گرده.



۷- در شکل روبه‌رو یک گلوله‌ی فلزی با بار مثبت از نخ آویزان است. کره‌ی فلزی خنثی را که دارای پایه‌ی نارسانا است به گلوله نزدیک می‌کنیم. مشاهده می‌شود که گلوله و کره یکدیگر را می‌کنند. اگر کره را با گلوله تماس داده و سپس آن را جدا کنیم و دوباره به آرامی کره را به گلوله نزدیک کنیم، ملاحظه می‌شود که گلوله می‌شود.

(سراسری تجربی ۸۶، برگرفته از کتاب درسی)

(۲) دفع - جذب

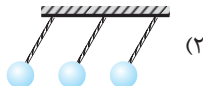
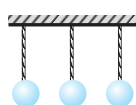
(۱) جذب - دفع

(۴) جذب - جذب

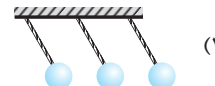
(۳) دفع - دفع

۸- سه آونگ الکتریکی مشابه، مطابق شکل نشان داده شده در مجاورت یکدیگر قرار گرفته‌اند. اگر به آونگ وسطی مقداری بار الکتریکی منفی بدهیم، شکل قرارگیری آونگ‌ها به کدام صورت می‌تواند باشد؟

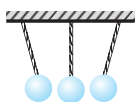
(تغییر یافته سراسری تجربی ۸۶)



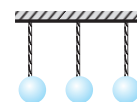
(۲)



(۱)



(۴)



(۳)

۹- سه جسم A، B و C را دوبه‌دو به یکدیگر نزدیک می‌کنیم. وقتی A و B به یکدیگر نزدیک شوند، همدیگر را با نیروی الکتریکی جذب می‌کنند و اگر B و C را به یکدیگر نزدیک کنیم، یکدیگر را با نیروی الکتریکی دفع می‌کنند. کدام یک از گزینه‌های زیر می‌تواند صحیح باشد؟

(سراسری تجربی ۹۰ فارغ از کشور)

(۲) B و C بار غیرهمنام دارند.

(۱) A و C بار همنام و هم اندازه دارند.

(۴) A بدون بار و B باردار است.

(۳) B بدون بار و C باردار است.

قانون کولن و کاربرد آن در حل مسائل مختلف

مطالعه‌ی صفحات ۲ تا ۱۰ کتاب درسی و درسنامه‌های ۲، ۳، ۴ و ۵ در پاسخ‌نامه، در این شاخه توصیه می‌شود.



آشنایی اولیه با قانون کولن

سؤالات ابتدایی این بحث، به بستر فوب برای درک بالاتر شما ایبار می‌کنه، پس فوب بهوشون توفه کنید.

۱۰- با توجه به قانون کولن، نیرویی که دو بار الکتریکی نقطه‌ای بر یکدیگر وارد می‌کنند، با متناسب و با نسبت عکس دارد.

(۲) اندازه‌ی بار هر یک از آن‌ها - مجذور فاصله‌ی بین آن‌ها (آزمایشی سنمیش ۸۲)

(۱) اندازه‌ی بار هر یک از آن‌ها - مجذور فاصله‌ی بین آن‌ها

(۴) مجذور اندازه‌ی بار هر یک از آن‌ها - مجذور فاصله‌ی آن‌ها

(۳) مجذور اندازه‌ی بار هر یک از آن‌ها - فاصله‌ی بین آن‌ها

۱۱- یکای k (ثابت کولن) و ε (ضریب گذردهی الکتریکی در خلأ) در SI به ترتیب از راست به چپ کدام است؟

(ترکیب آزاد ریاضی ۸۴ و آزاد پزشکی ۸۸ و ۹۰)

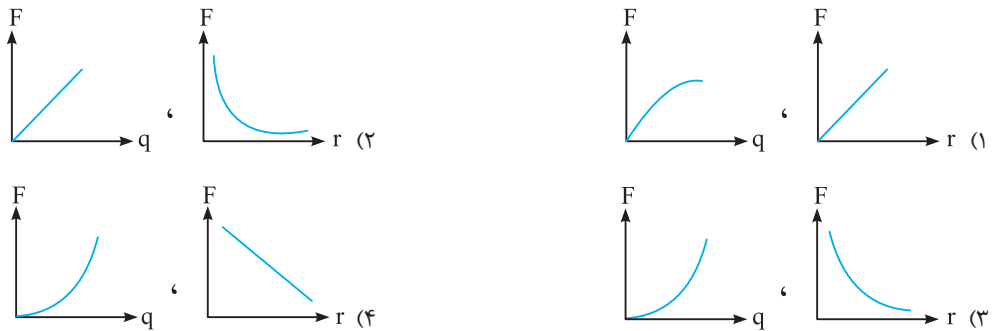
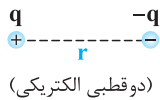
$$(۲) \quad \frac{C}{N.m}, \frac{N.m}{C}$$

$$(۱) \quad \frac{C^2}{N.m^2}, \frac{N.m^2}{C^2}$$

$$(۴) \quad \frac{N.m}{C^2}, \frac{C^2}{N.m}$$

$$(۳) \quad \frac{N.m^2}{C^2}, \frac{C^2}{N.m^2}$$

۱۲- در شکل مقابل، یک دو قطبی الکتریکی نشان داده شده است. کدام یک از نمودارهای زیر، تغییرات نیروی کولنی بین دو بار الکتریکی را برحسب فاصله‌ی بین آن‌ها و برحسب اندازه‌ی بار الکتریکی q به درستی نشان می‌دهد؟ (تألیفی)



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

(سراسری ریاضی ۸۷ فارغ از کشور)

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

۱۴- دو بار الکتریکی $q_1 = +4\mu C$ و $q_2 = -2\mu C$ در فاصله‌ی ۶ سانتی‌متری از یکدیگر ثابت شده‌اند. این دو ذره چه نیرویی برحسب نیوتون به یکدیگر وارد می‌کنند و نوع آن کدام است؟ ($k = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2 / \text{C}^2$)

(آزاد ریاضی ۸۹ نوبت صبح)

- (۱) ۱۲۰، دافعه (۲) ۲۰، دافعه (۳) ۱۲۰، جاذبه (۴) ۲۰، جاذبه

۱۵- دو کروی فلزی کوچک با بار الکتریکی منفی، دارای بارهای q_1 و $q_2 = 5q_1$ ، در فاصله‌ی ۳ متری از هم قرار دارند و نیروی دافعه‌ی 0.2 N را به یکدیگر وارد می‌کنند. کروی با بار الکتریکی q_1 ، دارای چند الکترون است؟ ($k = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2 / \text{C}^2$)

(سراسری تجربی ۹۱ فارغ از کشور، با اندکی تغییر)

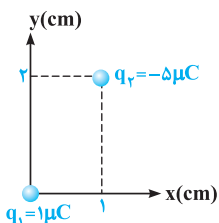
- (۱) 2.5×10^{12} (۲) 2.5×10^{13} (۳) 1.25×10^{12} (۴) 1.25×10^{13}

سه تا سؤال بصری، هم بریر هستن و هم بسیار مهم. قواهی که داریم اینه که سعی کنید با استرلال و فکر بهشون جواب بریر. دقت کنید که سؤالای ۱۸ و ۲۰ به پورایی سؤالای ترکیبی با فیزیک ۲ هستن.

۱۶- دو ذره‌ی باردار با بارهای مثبت در فاصله‌ی 30 cm از یکدیگر با نیروی الکتریکی 5 N یکدیگر را می‌رانند. اگر مجموع بار دو ذره 15 میکروکولن باشد، بار هر یک از این ذره‌ها چند میکروکولن است؟ ($k = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2 / \text{C}^2$)

(امتحانات نهایی کشور)

- (۱) ۸ و ۷ (۲) ۶ و ۹ (۳) ۵ و ۱۰ (۴) ۳ و ۱۲



۱۷- مطابق شکل مقابل دو بار الکتریکی در یک صفحه قرار گرفته‌اند. کدام یک از گزینه‌های زیر، بردار نیروی واردشده به بار q_2 را در SI به درستی نشان می‌دهد؟ ($k = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2 / \text{C}^2$) (آزمون‌های سراسری گاج)

- (۱) $36\sqrt{5}\vec{i} + 18\sqrt{5}\vec{j}$ (۲) $-18\sqrt{5}\vec{i} - 36\sqrt{5}\vec{j}$ (۳) $18\sqrt{5}\vec{i} + 9\sqrt{5}\vec{j}$ (۴) $-9\sqrt{5}\vec{i} - 18\sqrt{5}\vec{j}$

۱۸- اتم هیدروژن شامل یک الکترون به جرم تقریبی $9 \times 10^{-31} \text{ kg}$ است که به دور پروتونی به جرم تقریبی $1.6 \times 10^{-27} \text{ kg}$ در فاصله‌ی متوسط $5 \times 10^{-11} \text{ m}$ از آن می‌چرخد. بزرگی نیروی الکتریکی بین این دو ذره چند برابر بزرگی نیروی گرانشی بین آن‌ها است؟ ($G \approx 6.4 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2 / \text{kg}^2$ ، $k = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2 / \text{C}^2$)

(کتاب درسی)

- (۱) 5×10^{39} (۲) 4×10^{-40} (۳) 2.5×10^{39} (۴) 4×10^{40}

۱۹- دو بار نقطه‌ای q و $2q$ به فاصله‌ی d از یکدیگر قرار دارند. اگر بار q بر بار $2q$ نیروی $\vec{F}$ را وارد کند، بار $2q$ چه نیرویی وارد خواهد کرد؟

(آزاد تجربی ۷۱، مشابه آزمایشی سنجش ۹۴)

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

۲۰- ذره‌ی A به جرم m و بار الکتریکی q و ذره‌ی B به جرم $2m$ و بار الکتریکی $2q$ در نزدیکی هم قرار دارند. اگر تنها نیروی وارد بر این ذره‌ها، نیروی الکتریکی متقابل آن‌ها باشد و تحت آن نیروها ذرات شتاب بگیرند، بزرگی شتاب ذره‌ی A چند برابر بزرگی شتاب ذره‌ی B خواهد شد؟

(آزمایشی سنجش ۸۹)

- (۱) $\frac{1}{4}$ (۲) ۱ (۳) ۲ (۴) ۴



تحلیل تغییر پارامترهای مؤثر در نیروی کولنی

۲۱- بار الکتریکی ۸ میکروکولنی از فاصله r بر بار ۲ میکروکولنی نیروی F را وارد می‌کند. بار ۲ میکروکولنی در چه فاصله‌ای بر بار ۸ میکروکولنی نیرویی با اندازه $2F$ وارد می‌کند؟

(سراسری تجربی ۸۵، مشابه آزمایشی سنجش ۹۴)

$$(1) \quad 2r \quad (2) \quad \sqrt{2}r \quad (3) \quad \frac{1}{2}r \quad (4) \quad \frac{\sqrt{2}}{2}r$$

۲۲- دو بار الکتریکی نقطه‌ای در فاصله‌ی معین بر هم نیرو وارد می‌کنند. اگر اندازه‌ی یکی از بارها صد درصد افزایش یابد، فاصله‌ی بین دو بار را چند برابر کنیم تا نیروی کولنی بین آن‌ها تغییر نکند؟

(آزاد تجربی ۷۴)

$$(1) \quad \sqrt{2} \text{ برابر} \quad (2) \quad \frac{1}{2} \text{ برابر} \quad (3) \quad 2 \text{ برابر} \quad (4) \quad \frac{\sqrt{2}}{2} \text{ برابر}$$

۲۳- نیروی دافعه‌ی بین دو بار الکتریکی نقطه‌ای مشابه در فاصله‌ی r از هم برابر با $2N$ است. اگر به یکی از بارها $2\mu C$ اضافه کنیم این نیروی دافعه در همین فاصله برابر $3N$ می‌شود. اندازه‌ی اولیه‌ی هر یک از این بارهای الکتریکی چند میکروکولن بوده است؟

$$(1) \quad 2 \quad (2) \quad 4 \quad (3) \quad 6 \quad (4) \quad 8$$

(سراسری تجربی ۸۵، فارغ از کشور)

پهلو تا سوال بعدی، سوالات مهم و پر تکراری توکنور هستن که توی بعضی از اوتا مسائل درصدی رو با قانون کولن ترکیب کرده. تو بین اینا، سوالی ۲۶ و ۲۷ بریر تر هستن.

۲۴- دو بار الکتریکی نقطه‌ای $q_1 = 2\mu C$ و $q_2 = -2\mu C$ به فاصله‌ی r از یکدیگر قرار دارند. اگر نصف یکی از بارها را برداریم و به دیگری اضافه کنیم و دو بار را به فاصله‌ی $\frac{r}{2}$ از هم قرار دهیم، اندازه‌ی نیرویی که دو بار به یکدیگر وارد می‌کنند، در مقایسه با حالت قبل چند برابر می‌شود؟

(سراسری تجربی ۸۷، فارغ از کشور)

$$(1) \quad 1 \quad (2) \quad 3 \quad (3) \quad \frac{1}{4} \quad (4) \quad \frac{1}{16}$$

۲۵- دو بار الکتریکی مثبت Q که در یک فاصله‌ی معین از یکدیگر قرار دارند نیرویی برابر F به یکدیگر وارد می‌کنند. چند درصد یکی از بارها را برداشته به دیگری اضافه کنیم تا در همان فاصله‌ی قبلی نیروی بین آن‌ها برابر $\frac{15}{16}F$ گردد؟

(سراسری تجربی ۷۸ و مشابه سراسری تجربی ۸۸)

$$(1) \quad 15 \quad (2) \quad 16 \quad (3) \quad 20 \quad (4) \quad 25$$

۲۶- دو ذره با بار الکتریکی هم‌نام q_1 و q_2 در فاصله‌ی r از هم ثابت شده‌اند و یکدیگر را با نیرویی به بزرگی F_1 می‌رانند. اگر ۵۰ درصد از بار q_1 را برداریم و به بار q_2 اضافه کنیم، در همان فاصله، مقدار نیرویی که دو ذره به هم وارد می‌کنند، F_2 می‌شود. کدام رابطه درست است؟

(آزمایشی سنجش ۹۴)

$$(1) \quad F_2 > F_1 \quad (2) \quad F_2 < F_1$$

$$(3) \quad F_2 = F_1 \quad (4) \quad \text{بسته به شرایط هر کدام ممکن است.}$$

۲۷- دو بار الکتریکی نقطه‌ای برابر و ناهم‌نام، در فاصله‌ی r بر یکدیگر نیروی F را وارد می‌کنند. اگر ۲۰ درصد یکی از بارها را کم کرده و آن را بر دیگری بیفزاییم، فاصله‌ی بین دو بار الکتریکی را چند برابر کنیم تا نیروی کولنی بین آن‌ها تغییر نکند؟

(آزمون‌های سراسری گاه)

$$(1) \quad \frac{5}{4} \quad (2) \quad \frac{4}{5} \quad (3) \quad \frac{4}{25} \quad (4) \quad \frac{16}{25}$$

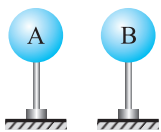


تماس دادن چند کره‌ی رسانای مشابه باردار به یکدیگر

تو این زیرشاف، بحث اتصال کره‌های رسانا و مشابه به همدیگر با هم مرور می‌کنیم که توش یه یورایی کل بحث‌هایی که تا الان فوندریم استفاده می‌شه.

۲۸- مطابق شکل زیر، دو کره‌ی فلزی کوچک و مشابه A و B ، روی پایه‌های عایق قرار دارند. بار الکتریکی کره‌ی A برابر $4\mu C$ و بار الکتریکی کره‌ی B برابر $6\mu C$ است. اگر دو کره را به هم تماس داده و سپس از یکدیگر جدا کرده و در فاصله‌ی نیم متری از یکدیگر

(تألیفی)



قرار دهیم، کدام یک از عبارتهای زیر نادرست است؟ $(k = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2 / \text{C}^2)$

(۱) بار الکتریکی هر یک از دو کره، پس از جدا کردن آن‌ها از یکدیگر برابر $1\mu C$ می‌شود.

(۲) نیروی بین دو کره، قبل از تماس با یکدیگر از نوع جاذبه و پس از تماس از نوع دافعه می‌شود.

(۳) با تماس دادن دو کره به یکدیگر، $3/125 \times 10^{13}$ الکترون از کره‌ی B به A منتقل می‌شود.

(۴) مقدار نیروی بین دو کره پس از تماس با یکدیگر برابر 36 میلی‌نیوتون می‌شود.

۲۹- سه کره‌ی رسانای مشابه با بارهای الکتریکی $q_1 = 4\mu C$ ، $q_2 = -12\mu C$ و $q_3 = -10\mu C$ را به یکدیگر تماس داده و سپس از هم دور می‌کنیم. کدام یک از گزینه‌های زیر در مورد بار این کره‌ها بعد از تماس درست است؟

(آزمون‌های سراسری گاه)

$$(1) \quad q_1 = q_2 = q_3 = -1\mu C \quad (2) \quad q_1 = q_2 = -\frac{1}{3}\mu C, q_3 = -10\mu C$$

$$(3) \quad q_1 = q_2 = q_3 = -6\mu C \quad (4) \quad q_1 = q_2 = q_3 = \frac{26}{3}\mu C$$

۳۰- دو کره‌ی رسانای کوچک باردار با شعاع‌های برابر، قبل از تماس با هم، یک‌دیگر را جذب و بعد از تماس با هم، یک‌دیگر را دفع می‌کنند. کدام گزینه در مورد بار اولیه‌ی این دو کره درست است؟

(امتمانات نهایی)

- (۱) بار دو کره هم‌نام و هم‌اندازه است. (۲) بار دو کره ناهم‌نام بوده و هم‌اندازه نیست.
(۳) بار دو کره هم‌نام بوده و هم‌اندازه نیست. (۴) بار دو کره ناهم‌نام و هم‌اندازه است.

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

(سراسری تجربی ۹۱، آزاد ریاضی ۸۰)

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

۳۲- دو گلوله‌ی فلزی کوچک و مشابه که دارای بار الکتریکی می‌باشند، در فاصله‌ی 30 سانتی‌متری، نیروی جاذبه‌ی 4 نیوتون بر یک‌دیگر وارد می‌کنند. اگر این دو گلوله را به هم تماس دهیم، بار الکتریکی هر کدام $3\mu C$ خواهد شد. بار اولیه‌ی گلوله‌ها برحسب میکروکولن کدام است؟ ($k = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2 / \text{C}^2$)

(سراسری ریاضی ۹۴)

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

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

(سراسری ریاضی ۷۶)

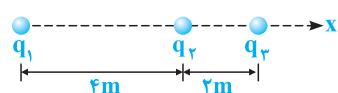
- (۱) $F > F'$ (۲) $F < F'$ (۳) $F = F'$ (۴) بسته به شرایط، هر کدام ممکن است صحیح باشد.

۳۴- در سؤال قبل، اگر قبل از تماس دادن دو کره به یک‌دیگر، بار الکتریکی آن‌ها هم‌نام و نامساوی باشند، آن‌گاه کدام رابطه بین F و F' برقرار است؟

(تألیفی)

- (۱) $F > F'$ (۲) $F' > F$ (۳) $F = F'$ (۴) با توجه به شرایط، هر یک از سه گزینه ممکن است صحیح باشد.

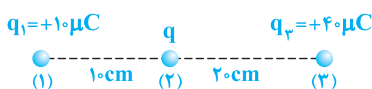
تحلیل برابند نیروهای وارد بر یک ذره‌ی باردار برای بارهای واقع در یک راستا



۳۵- مطابق شکل روبه‌رو، سه ذره با بارهای الکتریکی $q_1 = +2/5\mu C$ ، $q_2 = -1\mu C$ و $q_3 = +4\mu C$ بر روی محور x ثابت شده‌اند. بردار نیروی الکتریکی وارد بر بار q_3 در SI کدام است؟ ($k = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2 / \text{C}^2$)

(آزمایشی سنجش ۹۴)

- (۱) $-6/5 \times 10^{-3} \vec{i}$ (۲) $7/5 \times 10^{-3} \vec{i}$ (۳) $10/5 \times 10^{-3} \vec{i}$ (۴) $-11/5 \times 10^{-3} \vec{i}$



۳۶- در شکل مقابل، بار q چند میکروکولن باشد تا بزرگی برابند نیروهای وارد بر بارهای (۱) و (۳) برابر باشند؟ ($k = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2 / \text{C}^2$)

(تألیفی)

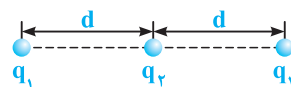
- (۱) 10 (۲) 20 (۳) 30 (۴) هر مقدار دلخواهی می‌تواند باشد.

۳۷- در شکل مقابل، سه بار نقطه‌ای روی سه نقطه بر روی یک خط راست ثابت شده‌اند. اگر

بار q_1 ، بار q_2 را با نیروی الکتریکی F دفع کند و بزرگی برابند نیروهای وارد بر بار q_3 برابر $F/4$ و به سمت چپ باشد، نسبت $\frac{q_1}{q_2}$ کدام است؟

(آزمون‌های سراسری گاج)

- (۱) $1/6$ (۲) $-1/6$ (۳) -6 (۴) 6

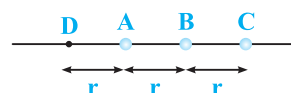


۳۸- سه بار الکتریکی نقطه‌ای هم‌علامت و هم‌اندازه، در نقاط A ، B و C مطابق شکل ثابت

شده‌اند و اندازه‌ی نیروی الکتریکی وارد بر بار موجود در نقطه‌ی A برابر F است. حال اگر بار واقع در نقطه‌ی B را به نقطه‌ی D منتقل کنیم، اندازه‌ی نیروی الکتریکی وارد بر بار واقع در نقطه‌ی A برابر F' می‌شود. نسبت $\frac{F'}{F}$ کدام است؟

(آزمایشی سنجش ۹۱)

- (۱) $3/5$ (۲) $3/4$ (۳) 1 (۴) $3/2$



۱ ۱ برای پاسخ دادن به این سؤال، ابتدا به درسنامه‌ی زیر توجه کنید:

درسنامه‌ی ۱ بار الکتریکی و روش‌های باردار کردن اجسام

احتمالاً از فیزیک (۱) به یاد دارید که وقتی دو جسم خنثی به یک‌دیگر مالش داده می‌شوند، تعدادی الکترون از یکی از آن‌ها به دیگری منتقل می‌شود. در طی انجام این کار جسمی که الکترون از دست می‌دهد، دارای بار الکتریکی مثبت و جسمی که الکترون اضافی دریافت می‌کند، دارای بار الکتریکی منفی می‌شود. در رابطه با این موضوع، می‌توان به نکات مهم و کاربردی زیر اشاره کرد:

- افزایش تعداد الکترون‌ها در یک جسم، بار جسم را منفی کرده و کاهش تعداد الکترون‌ها بار آن را مثبت می‌کند.
- اگر به یک جسم خنثی n الکترون داده شود و اندازه‌ی بار الکتریکی هر الکترون را e در نظر بگیریم ($e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$)، بار الکتریکی جسم برابر است با:

$$q = -ne \quad (n = 0, 1, 2, \dots)$$

$$q = +ne$$

از طرفی اگر n الکترون از جسمی گرفته شود، بار الکتریکی جسم برابر است با:

- با توجه به رابطه‌ی $q = \pm ne$ ، بار الکتریکی هر جسم مضرب صحیحی از یک مقدار پایه است که آن مقدار پایه، بار یک الکترون است.

$$q = \pm n e$$

مقدار پایه $\rightarrow$ مضرب صحیح $\leftarrow$

این موضوع یعنی حاصل $\frac{q}{e}$ برای یک جسم، نمی‌تواند هر مقداری داشته باشد و حاصل آن باید حتماً یک عدد صحیح باشد.

تمرین ۱: از یک قطعه‌ی خنثی، چندگرفته شود تا بار الکتریکی آن به یک میلی‌کولن برسد؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

(سراسری فنی و حرفه‌ای ۸۳، آزمایشی سنجش ۹۱)

$$6/25 \times 10^{15} \quad (2)$$

$$6/25 \times 10^{13} \quad (1)$$

$$6/25 \times 10^{18} \quad (4)$$

$$6/25 \times 10^{16} \quad (3)$$

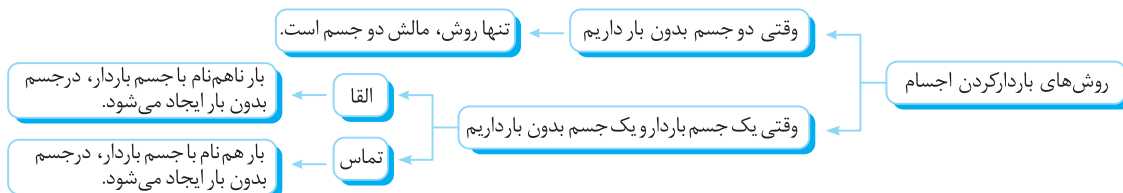
پاسخ: با توجه به رابطه‌ی $q = ne$ ، برای محاسبه‌ی تعداد الکترون‌های گرفته شده از جسم برای رسیدن به بار $+1 \text{ mC}$ می‌توان نوشت:

$$q = 1 \text{ mC} = 10^{-3} \text{ C}, \quad e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}, \quad n = ?$$

$$q = ne \Rightarrow 10^{-3} = n \times 1/6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = \frac{10^{-3}}{1/6 \times 10^{-19}} = 6/25 \times 10^{15} = 6/25 \times 10^{15} \quad (\text{گزینه‌ی ۲})$$

روش‌های باردار کردن اجسام

به‌طور کلی برای باردار کردن اجسام، روش‌هایی از قبیل مالش، القا و تماس وجود دارد. برای درک بهتر این روش‌ها، به نمودار درختی زیر توجه کنید:



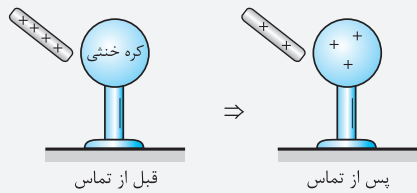
در ادامه با حل چند تمرین، تلاش می‌کنیم کاربرد این روش‌ها را به شما عزیزان آموزش دهیم.

تمرین ۲: مثال‌هایی برای باردار کردن اجسام از طریق روش مالش را بیان کنید.

پاسخ: دو مورد زیر، مثال‌هایی از روش مالش است که توصیه می‌شود آن‌ها را به خاطر بسپارید:

۱- فرض کنید یک میله‌ی لاکه (و یا پلاستیکی) بدون بار و یک پارچه‌ی پشمی بدون بار در اختیار داریم. اگر میله‌ی لاکه (و یا پلاستیکی) را با پارچه‌ی پشمی مالش دهیم، میله از پارچه‌ی پشمی الکترون اضافی دریافت کرده و بار الکتریکی آن منفی می‌شود و پارچه‌ی پشمی دارای بار الکتریکی مثبت می‌شود.

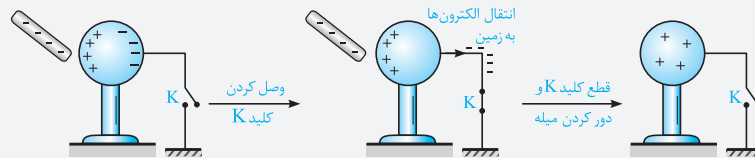
۲- اگر میله‌ی شیشه‌ای را با پارچه‌ی ابریشمی مالش دهیم، میله‌ی شیشه‌ای الکترون از دست می‌دهد و بار الکتریکی آن مثبت می‌شود و پارچه‌ی ابریشمی دارای بار الکتریکی منفی می‌شود.

تمرین ۳: برای باردار کردن اجسام از طریق روش تماس، مثالی ارائه دهید.


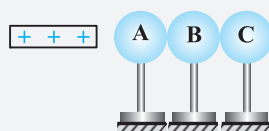
پاسخ: در شکل مقابل یک میله‌ی رسانا با بار الکتریکی مثبت را به یک کره‌ی رسانای خنثی تماس می‌دهیم. پس از تماس، می‌توان این‌گونه تصور کرد که مقداری از بارهای مثبت میله به کره منتقل شده‌اند و هر دو جسم دارای بار الکتریکی مثبت هستند. به عنوان یک نکته‌ی بسیار مهم در سؤال‌ها دقت شود که یک جسم باردار، همواره یک جسم خنثی را جذب می‌کند.

تمرین ۴: برای باردار کردن اجسام از طریق روش القا مثالی ارائه دهید.

پاسخ: در شکل زیر یک میله‌ی باردار را به یک کره‌ی رسانا با پایه‌های عایق نزدیک می‌کنیم، در این حالت در اثر خاصیت القای بار الکتریکی، فرایند تفکیک بار انجام می‌شود. در ادامه با وصل کردن کلید K، کره‌ی رسانا را به زمین متصل می‌کنیم. با انجام این عمل، بارهای هم‌نام با میله‌ی باردار، از کره‌ی رسانا خارج می‌شود. در نهایت کلید K را قطع و میله‌ی باردار را دور می‌کنیم، با انجام این کار، کره‌ی رسانا دارای باری غیرهم‌نام با میله‌ی باردار اولیه می‌شود.


تمرین ۵: مطابق شکل، سه کره‌ی رسانای A، B و C را در تماس با یک‌دیگر و در مجاورت میله‌ای با بار مثبت قرار می‌دهیم. در کدام حالت، کره‌ی C دارای بار مثبت و کره‌های A و B دارای بار منفی خواهند شد؟

(آزمایشی سنمیش ۹۲)



(۱) ابتدا C را از مجموعه دور کنیم و سپس میله را دور کرده و A و B را جدا کنیم.

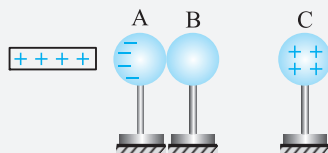
(۲) ابتدا A را از مجموعه دور کنیم و سپس میله را دور کرده و B و C را جدا کنیم.

(۳) میله را ثابت نگه می‌داریم و سپس A، B و C را جدا می‌کنیم.

(۴) ابتدا میله را دور کرده و سپس A، B و C را جدا می‌کنیم.

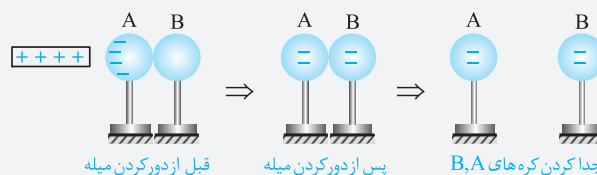
پاسخ: گزینه‌ی اول را بررسی می‌کنیم:

گام اول: با نزدیک کردن میله‌ی با بار الکتریکی مثبت به کره‌ی A، الکترون‌ها به سمت کره‌ی A حرکت می‌کنند. در این حالت کره‌ی A دارای بار الکتریکی منفی، کره‌ی B خنثی و کره‌ی C دارای بار الکتریکی مثبت می‌شود.



گام دوم: با جدا کردن کره‌ی C، بارهای مثبت در این کره به نوعی محبوس شده و در نتیجه کره‌ی C دارای بار الکتریکی مثبت می‌شود.

گام سوم: در نهایت اگر کره‌های A و B را پس از دور کردن میله از هم جدا کنیم، در غیاب میله کره‌های A و B فرصت دارند تا بار منفی را بین خود تقسیم کنند، در نتیجه کره‌های A و B دارای بار الکتریکی منفی می‌شوند.



همان‌طور که مشاهده می‌کنید به خواسته‌ی سؤال رسیده‌ایم و گزینه‌ی (۱) صحیح است. توصیه می‌شود که به‌عنوان تمرین، سایر گزینه‌ها را نیز خودتان بررسی کنید تا تسلط شما بر این مفهوم افزایش یابد.

با توجه به درسنامه‌ی ارائه شده، گزینه‌ی (۱) صحیح است.

۲ همان‌طور که در درسنامه‌ی (۱) مطرح شد، وقتی جسمی دارای بار الکتریکی مثبت و یا منفی است، در واقع الکترون از آن گرفته و یا به آن داده شده است، این موضوع یعنی باردار کردن یک جسم، تعداد پروتون‌های آن جسم را تغییر نمی‌دهد، بنابراین گزینه‌های (۱) و (۲) نادرست است. حال می‌توان نوشت:

جسم A، 5×10^{11} الکترون از دست داده است. $\Rightarrow n = 5 \times 10^{11} \Rightarrow n \times 1/6 \times 10^{-19} = 80 \times 10^{-9} \Rightarrow q_A = ne \Rightarrow$ جسم A:

به جسم B، 3×10^{12} الکترون داده‌ایم. $\Rightarrow n = 3 \times 10^{12} \Rightarrow -n \times 1/6 \times 10^{-19} = -4/8 \times 10^{-7} \Rightarrow q_B = -ne \Rightarrow$ جسم B:

۳ ۳ در رابطه $q = ne$ ، بار الکتریکی یک جسم، مضرب صحیحی از بار پایه می‌باشد (n عددی صحیح است) و در گزینه‌ها داریم:

* عدد صحیح نمی‌باشد. $\rightarrow n = \frac{q}{e} = \frac{2 \times 10^{-18}}{1.6 \times 10^{-19}} = 12.5$: گزینه (۱)

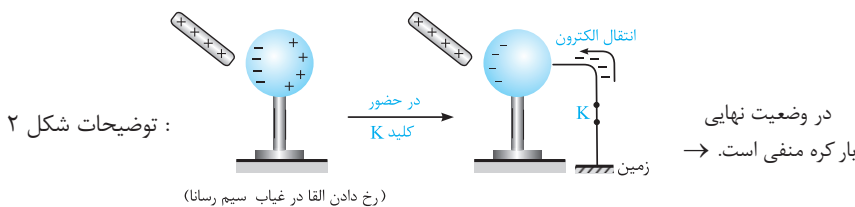
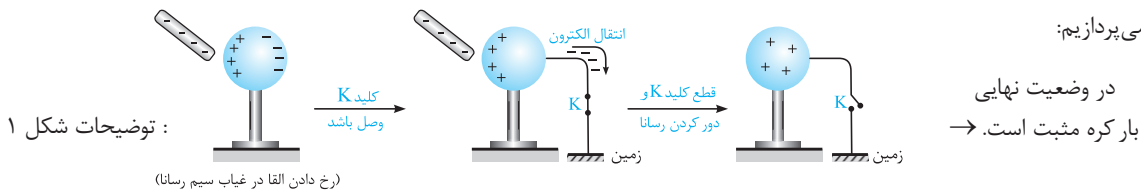
* عدد صحیح نمی‌باشد. $\rightarrow n = \frac{q}{e} = \frac{4 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 2.5$: گزینه (۲)

✓ عدد صحیح است. $\rightarrow n = \frac{q}{e} = \frac{8 \times 10^{-15}}{1.6 \times 10^{-19}} = 5 \times 10^4$: گزینه (۳)

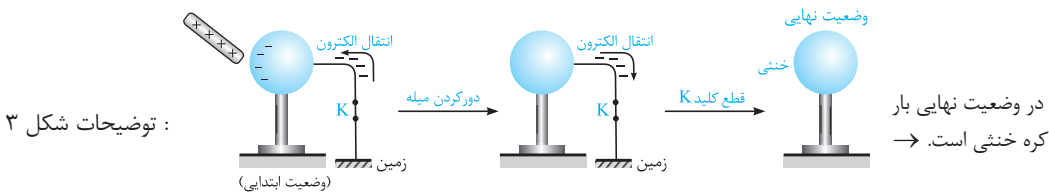
با توجه به گزینه‌ها، تنها در گزینه (۳) برای تعداد الکترون‌ها یک عدد صحیح به دست آمده و جواب سؤال می‌باشد.

۴ ۲ ابتدا دقت کنید که هرگاه جسم رسانایی در نزدیکی یک جسم باردار قرار بگیرد، بارهای جسم رسانا در اثر القا تفکیک می‌شوند. حال به بررسی

هریک از شکل‌ها می‌پردازیم:



دقت: در شکل (۲) در حضور میله با بار مثبت، بارها در کره تفکیک شده و مشابه بحث فوق در حالتی که کلید وصل است الکترون‌ها از زمین به کره منتقل می‌شوند تا بار الکتریکی مثبت سمتی از کره که از میله دورتر است را خنثی کنند و در نهایت بار الکتریکی کره منفی می‌شود.



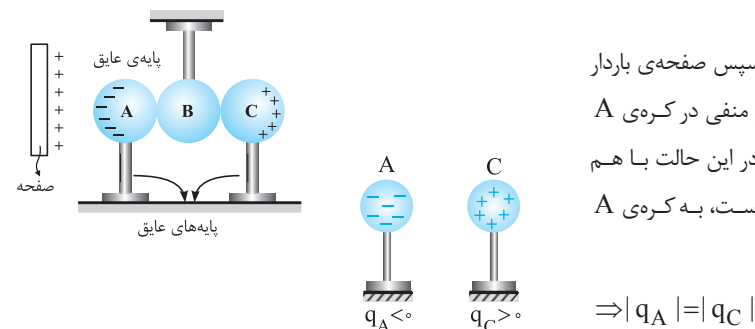
دقت: در شکل (۳) اگر ابتدا میله را دور کنیم، کره‌ی رسانا چون به زمین وصل است، به همان حالت اولیه‌ی خود (خنثی) باز می‌گردد، یعنی الکترون‌های انتقال یافته از زمین به آن، دوباره به زمین برمی‌گردند. حال با قطع کلید K مشخص است که کره خنثی باقی می‌ماند.

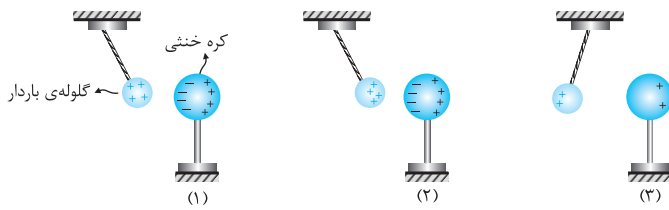
۵ ۴ با نزدیک کردن میله‌ی دارای بار منفی به دو کره، بارها مطابق شکل از هم تفکیک شده و نقطه‌ی A دارای بار مثبت و نقطه‌ی D دارای بار منفی می‌شود (در نقاط B و C باری جمع نمی‌شود). با توجه به این موضوع کره‌ی (۱) دارای بار مثبت و کره‌ی (۲) دارای بار منفی می‌شود.

حال اگر کلیدها را وصل کنیم، مجموعه توسط سیم رسانا به زمین وصل می‌شود. به دلیل وجود میله در کنار کره، بارهای مثبت همچنان در اثر القا در نزدیکی میله باقی می‌مانند، ولی بارهای منفی در مجموعه‌ی دو کره به زمین منتقل می‌شود. دقت کنید که مهم نیست کدامیک از کلیدها وصل شوند، در هر حالتی که کلیدها وصل باشند، کره‌ی (۱) دارای بار مثبت شده و کره‌ی (۲) خنثی می‌شود.

۶ ۱ صفحه دارای بار الکتریکی مثبت است و از طریق القا، در کره‌ی A بار منفی و در کره‌ی C بار مثبت ایجاد می‌شود.

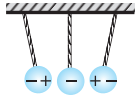
هنگامی که کره‌ی B را از بین دو کره‌ی A و C خارج می‌کنیم و سپس صفحه‌ی باردار را دور می‌کنیم، دو کره‌ی A و C دیگر با هم در تماس نبوده و بار منفی در کره‌ی A و بار مثبت در کره‌ی C باقی می‌ماند. اندازه‌ی بار الکتریکی دو کره در این حالت با هم برابر است، زیرا به تعداد الکترون‌هایی که از کره‌ی C خارج شده است، به کره‌ی A الکترون وارد شده است.





۷ | این سؤال برگرفته از تمرین کتاب درسی است. با نزدیک کردن کره‌ی فلزی به گلوله‌ی باردار، به دلیل القای الکتریکی، مطابق شکل (۱) گلوله به سمت کره جذب می‌شود و بارهای کره تفکیک می‌شوند. بعد از تماس، بار مثبت موجود در گلوله، بین کره و گلوله تقسیم می‌شود. بنابراین گلوله و کره دارای بار الکتریکی هم‌نام می‌شوند و در نتیجه یک‌دیگر را دفع می‌کنند (مطابق شکل ۳).

۸ | هنگامی که به آونگ وسطی بار الکتریکی منفی داده می‌شود، باعث تفکیک بارها در دو کره‌ی مشابه دیگر می‌شود. به‌طوری که در دو کره‌ی سمت راست و سمت چپ بارها مطابق شکل مقابل تفکیک شده و به علت جاذبه‌ی به‌وجود آمده بین هریک از کره‌های کناری با کره‌ی وسطی، آن‌ها جذب کره‌ی وسطی شده و شکل آونگ‌ها به‌صورت مقابل می‌شود:



۹ | برای بررسی این سؤال، به موارد زیر توجه شود:

(۱) اگر A و B یک‌دیگر را جذب کنند، یا دارای بار ناهم‌نام هستند و یا یکی از آن‌ها بدون بار است.

(۲) اگر B و C یک‌دیگر را دفع کنند، قطعاً هر دو باردار و دارای بار هم‌نام هستند. در نتیجه گزینه‌های (۲) و (۳) غلط هستند.

حالت اول :	A	B	C	یا	A	B	C
	+	-	-		-	+	+
حالت دوم :	A	B	C	یا	A	B	C
	+	-	-		+	+	+
	بدون بار				بدون بار		

(۳) حالت‌های ممکن برای این سه جسم عبارت است از:

بنابراین با توجه به شکل‌های فوق، گلوله‌های A و C نمی‌توانند بار هم‌نام داشته باشند.

۱۰ | برای پاسخ دادن به این سؤال، ابتدا به درسنامه‌ی زیر توجه کنید:

درسنامه‌ی ۲ قانون کولن

مشاهدات فیزیکی نشان می‌دهد که دو ذره‌ی باردار بر یک‌دیگر نیرو وارد می‌کنند، به گونه‌ای که اگر بار الکتریکی دو ذره هم‌نام (هر دو مثبت و یا هر دو منفی) باشد، آن‌ها یک‌دیگر را دفع کرده و اگر بار دو ذره ناهم‌نام (یکی مثبت و دیگری منفی) باشد، آن‌ها یک‌دیگر را جذب می‌کنند.



حال این سؤال در ذهن ایجاد می‌شود که مقدار این نیرو چگونه محاسبه می‌شود، در این درسنامه به این موضوع می‌پردازیم.

قانون کولن

با توجه به این قانون، بزرگی نیروی الکتریکی (رانشی یا رانشی) بین دو ذره با بارهای q_1 و q_2 که در فاصله‌ی r از یک‌دیگر قرار دارند، با حاصل ضرب اندازه‌ی بار دو ذره نسبت مستقیم و با مجذور فاصله‌ی آن‌ها از هم نسبت عکس دارد و با کمک رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \Rightarrow \begin{cases} F \propto \frac{1}{r^2} & \text{(رابطه‌ی معکوس دارد)} \\ F \propto q_1 q_2 & \text{(نیرو متناسب با حاصل ضرب اندازه‌ی دو بار الکتریکی است)} \end{cases}$$

دقت کنید که در این رابطه برای محاسبه‌ی مقدار F ، علامت بارهای q_1 و q_2 را در نظر نمی‌گیریم و در واقع اندازه‌های این دو بار $|q_1|$ و $|q_2|$ را در رابطه وارد می‌کنیم.

نکته مهم:

۱ | در این رابطه k ثابت کولن نام دارد و واحد آن در سیستم SI عبارت است از:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \xrightarrow{\text{تنها کردن } k \text{ در یک طرف رابطه}} k = \frac{F r^2}{q_1 q_2} \equiv \frac{N \cdot m^2}{C^2}, \quad k \approx 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$$

۲ | ارتباط بین ثابت کولن (k) و ضریب گذردهی الکتریکی خلأ (ϵ_0) به‌صورت زیر است:

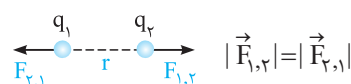
$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

بنابراین واحد ϵ_0 معکوس واحد k بوده و معادل با $\frac{C^2}{N \cdot m^2}$ است.

۳ | اگر اندازه‌ی بارهای q_1 و q_2 و یا فاصله‌ی r تغییر کند، در مقایسه‌ی نیروی کولنی در دو حالت می‌توان نوشت:

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

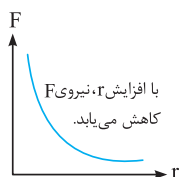
۴ | مطابق قانون سوم نیوتون، هر عملی را عکس‌العملی است مساوی و در خلاف جهت آن، بنابراین نیرویی که بار q_1 بر بار q_2 وارد می‌کند، با نیرویی که بار q_2 بر بار q_1 وارد می‌کند، هم‌اندازه و در خلاف جهت یک‌دیگر است.



جالب است بدانید که این موضوع نسبتاً ساده را، بسیاری از دانش‌آموزان اشتباه می‌کنند.

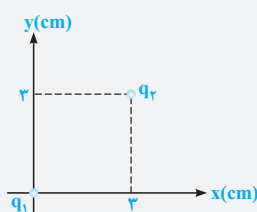
۵ با توجه به قانون دوم نیوتون ($F = ma$) مطرح شده در فیزیک سال دوم، در شکل صفحه‌ی قبل، اگر دو بار الکتریکی دو گلوله‌ی کوچک در نظر گرفته شوند و فقط تحت اثر نیروی کولنی که به یک‌دیگر وارد می‌کنند، شتاب بگیرند، در مقایسه‌ی شتاب آن‌ها می‌توان گفت:

$$F_{1,2} = F_{2,1} \Rightarrow m_1 a_1 = m_2 a_2 \Rightarrow \frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}$$



با توجه به تحلیل فوق، هرچه گلوله دارای جرم بیشتری باشد، شتاب آن کم‌تر است. گاهی از این موضوع نیز سؤالات جالبی در کنکور مطرح می‌شود.

۶ نمودار نیروی بین دو ذره‌ی باردار برحسب فاصله‌ی آن‌ها به صورت مقابل است: $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \Rightarrow F \propto \frac{1}{r^2}$ در ادامه با حل چند تمرین، بر روی نکات ارائه شده در این قسمت مسلط‌تر می‌شویم:



تمرین ۱: در شکل مقابل، بردار نیروی الکتریکی وارد بر بار q_1 در SI کدام است؟

(آزمایشی سنجش ۹۲، امتحانات نهایی)

$$(q_1 = q_2 = 2 \mu\text{C}, k = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2 / \text{C}^2)$$

$$\vec{F} = -10\sqrt{2} \vec{i} - 10\sqrt{2} \vec{j} \quad (2)$$

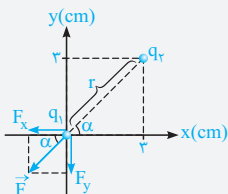
$$\vec{F} = 10\vec{i} + 10\vec{j} \quad (1)$$

$$\vec{F} = -20\vec{i} + 20\vec{j} \quad (4)$$

$$\vec{F} = -20\sqrt{2} \vec{i} - 20\sqrt{2} \vec{j} \quad (3)$$

پاسخ: ابتدا با توجه به شکل، فاصله‌ی بین دو بار الکتریکی و سپس بزرگی کل نیروی الکتریکی که دو بار بر هم وارد می‌کنند را به دست می‌آوریم (دقت شود که واحدها به SI باید تبدیل شود):

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



$$|\vec{F}| = \frac{k q_1 q_2}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{(3\sqrt{2} \times 10^{-2})^2} = 20 \text{ N}$$

در ادامه چون دو بار الکتریکی با یک‌دیگر هم‌نام‌اند، نیروی الکتریکی بین آن‌ها از نوع دافعه است و با توجه به شکل بالا، مؤلفه‌های نیروی $\vec{F}$ را در راستای محورهای مختصات به دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} |F_y| = |\vec{F}| \sin \alpha \xrightarrow{\sin \alpha = \frac{\text{مقابل}}{\text{وتر}} = \frac{3}{3\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}} |F_y| = 20 \times \frac{\sqrt{2}}{2} = 10\sqrt{2} \text{ N} \\ |F_x| = |\vec{F}| \cos \alpha \xrightarrow{\cos \alpha = \frac{\text{مجاور}}{\text{وتر}} = \frac{3}{3\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}} |F_x| = 20 \times \frac{\sqrt{2}}{2} = 10\sqrt{2} \text{ N} \end{cases}$$

چون هر دو مؤلفه‌ی F_x و F_y در خلاف جهت محورهای x و y هستند، ضرایب $\vec{i}$ و $\vec{j}$ هر دو منفی بوده و داریم:

$$\vec{F} = -10\sqrt{2} \vec{i} - 10\sqrt{2} \vec{j} \quad (2 \text{ گزینه‌ی})$$

تمرین ۲: دو بار نقطه‌ای q_1 و q_2 در فاصله‌ی ۱۰ cm یک‌دیگر را با نیروی F جذب می‌کنند. بارهای $-q_1$ و $+2q_2$ در فاصله‌ی ۲۰ cm بر

(تألیفی)

یک‌دیگر چه نیرویی وارد می‌کنند؟

$$(1) \frac{1}{4} F \text{، جاذبه} \quad (2) 2F \text{، جاذبه} \quad (3) 2F \text{، دافعه} \quad (4) \frac{1}{4} F \text{، دافعه}$$

پاسخ: با توجه به جذب شدن بارهای q_1 و q_2 ، در ابتدای کار می‌فهمیم که این دو بار ناهم‌نام هستند، با توجه به این موضوع بارهای $-q_1$ و $+2q_2$ لزوماً هم‌نام هستند و یک‌دیگر را دفع می‌کنند (چرا؟). از طرفی با توجه به رابطه‌ی زیر داریم:

$$F = \frac{k q_1 q_2}{r^2} \xrightarrow{\text{مقایسه‌ی دو حالت}} \frac{F'}{F} = \frac{q'_2 q'_1}{q_2 q_1} \times \left(\frac{r}{r'}\right)^2 \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{2q_2 \times (q_1)}{q_2 q_1} \times \left(\frac{10}{20}\right)^2 = \frac{1}{4} \Rightarrow F' = \frac{1}{4} F \quad (4 \text{ گزینه‌ی})$$

بررسی یک موضوع پرکاربرد

در تعداد زیادی از تست‌های کنکور و سؤالات امتحانات نهایی در این قسمت، تغییرات بار الکتریکی یا فاصله را برحسب درصد در صورت سؤال مطرح می‌کنند. برای حل این‌گونه سؤالات، کفایت عبارت درصدی را به صورت کسری بازنویسی کنید. به طور مثال اگر بار الکتریکی یک ذره ۲۵ درصد افزایش یافته باشد، می‌توان نوشت:

$$q' = q + \frac{25}{100} q = q + \frac{1}{4} q = \frac{5}{4} q$$

یا به عنوان مثال دیگر اگر فاصله‌ی بین دو بار الکتریکی ۲۰ درصد کاهش یابد، می‌توان نوشت:

$$d' = d - \frac{20}{100} d = d - \frac{1}{5} d = \frac{4}{5} d$$

با حل تمرین بعد، این موضوع را بهتر درک می‌کنید.

تمرین ۳: دو بار الکتریکی هم نام $q_1 = 8 \mu C$ و q_2 در فاصله r ، نیروی F را بر هم وارد می کنند. اگر ۲۵ درصد از بار q_1 را برداشته و به q_2 اضافه کنیم، بدون تغییر فاصله ی بارها از یکدیگر، نیروی متقابل بین آن ها ۵۰ درصد افزایش می یابد. مقدار اولیه ی q_2 چند میکروکولن است؟

(سراسری ریاضی ۸۹)

۲ (۲)

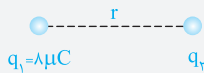
۱ (۱)

۴ (۴)

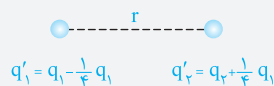
۳ (۳)

پاسخ: با بررسی تغییرات بار (اضافه کردن ۲۵ درصد یا $\frac{1}{4}$ بار q_1 به q_2) در دو حالت داریم:

حالت اولیه :



حالت ثانویه :



$$\Rightarrow \begin{cases} q_1' = q_1 - \frac{25}{100} q_1 = q_1 - \frac{1}{4} q_1 = \frac{3}{4} q_1 = \frac{3}{4} \times 8 = 6 \mu C \\ q_2' = q_2 + \left(\frac{1}{4} \times 8\right) = q_2 + 2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} (1) : F = \frac{k q_1 q_2}{r^2} = \frac{k (8 q_2)}{r^2} \\ (2) : F' = \frac{k q_1' q_2'}{r^2} = \frac{k \times 6 \times (q_2 + 2)}{r^2} = \frac{k (6 q_2 + 12)}{r^2} \end{cases}$$

$$F' = F + \frac{50}{100} F = \frac{150}{100} F = \frac{3}{2} F \Rightarrow \frac{k (6 q_2 + 12)}{r^2} = \frac{3}{2} \frac{k (8 q_2)}{r^2} \Rightarrow 6 q_2 + 12 = \frac{3}{2} \times 8 q_2 = 12 q_2 \Rightarrow 6 q_2 = 12 \Rightarrow q_2 = 2 \mu C \quad (\text{گزینه ی ۲})$$

با توجه به قانون کولن می توان گفت:

$$F = \frac{k q_1 q_2}{r^2} \rightarrow \begin{cases} F \propto q_1 q_2 \Rightarrow \text{رابطه ی مستقیم با حاصل ضرب اندازه ی بارها} \\ F \propto \frac{1}{r^2} \Rightarrow \text{رابطه ی معکوس با مجذور فاصله ی بین دو بار} \end{cases}$$

برای پاسخ دادن به این سؤال، با توجه به رابطه ی قانون کولن می توان نوشت:

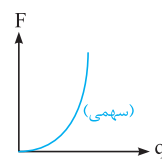
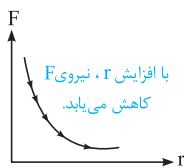
$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \Rightarrow k = \frac{F r^2}{q_1 q_2} \Rightarrow k \text{ واحد} \equiv \frac{(\text{متر})^2 \times \text{نیوتون}}{\text{کولن} \times \text{کولن}} \equiv \frac{N.m^2}{C^2}$$

در ادامه با توجه به رابطه ی $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ ، واحد ضریب گذردهی الکتریکی در خلأ (ϵ_0)، برعکس واحد ثابت کولن (k) است و داریم:

$$k \text{ واحد} \equiv \frac{N.m^2}{C^2} \Rightarrow \epsilon_0 \text{ واحد} \equiv \frac{C^2}{N.m^2}$$

با توجه به رابطه ی نیروی کولنی بین دو بار، رابطه ی F با r و q به صورت زیر است:

$$F = \frac{k q_1 q_2}{r^2} \xrightarrow{q_1 = q_2 = q} F = \frac{k q^2}{r^2} \Rightarrow \begin{cases} F \propto q^2 \\ F \propto \frac{1}{r^2} \end{cases} \Rightarrow$$

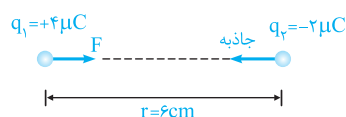


روش اول: با توجه به این که در این سؤال اندازه ی یکی از بارها و همچنین فاصله ی بین دو بار الکتریکی نصف شده است، در مقایسه ی دو حالت داریم:

$$\begin{aligned} F &= \frac{k q_1 q_2}{r^2} \xrightarrow{\text{مقایسه ی دو حالت}} \frac{F'}{F} = \frac{q_1' q_2'}{q_1 q_2} \times \left(\frac{r}{r'}\right)^2 \\ &= \frac{\frac{q_1}{2} \times q_2}{q_1 \times q_2} \times \left(\frac{r}{\frac{r}{2}}\right)^2 = \frac{1}{2} \times (2)^2 = 2 \end{aligned}$$

روش دوم: با نصف شدن صورت کسر، کل کسر نصف می شود و با $\frac{1}{4}$ برابر شدن مخرج کسر $\left(\left(\frac{1}{2}\right)^2\right)$ ، کل کسر ۴ برابر می شود و در مجموع کسر دو برابر می شود $\left(\frac{1}{4} \times 4\right)$.

$$\frac{1}{4} \downarrow \text{ برابر} \quad \frac{k (q_1) q_2}{r^2} \xrightarrow{2 \uparrow \text{ برابر}} \frac{k (q_1) q_2}{\left(\frac{r}{2}\right)^2}$$



این دو بار الکتریکی ناهم نام، یکدیگر را جذب کرده و نیرویی که بر یکدیگر وارد می کنند برابر

است با:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(4 \times 10^{-6}) \times (2 \times 10^{-6})}{(6 \times 10^{-2})^2} = 20 \text{ N}$$

تمرین: بار الکتریکی ۵۰۰۰ نانوکولنی را در چند سانتی متری از یک بار ۴ میکروکولنی قرار دهیم تا بر آن نیروی ۱۸ نیوتون را وارد کند؟

(سراسری تجربی ۷۶، با اندکی تغییر)

۳/۱۴ (۲)

۱ (۱)

۱۰ (۴ ✓)

۹ (۳)

۱۵ ۴ اندازه‌ی نیروی دافعه‌ی بین بارهای الکتریکی هم‌نام q_1 و $q_2 = 5q_1$ از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$F = \frac{kq_1q_2}{r^2}, \quad k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}, \quad r = 3 \text{ m}, \quad F = 0.02 \text{ N}$$

$$0.02 = \frac{9 \times 10^9 \times 5q_1^2}{3^2} \Rightarrow q_1^2 = 4 \times 10^{-12} \Rightarrow |q_1| = 2 \times 10^{-6} \text{ C} = 2 \mu\text{C}$$

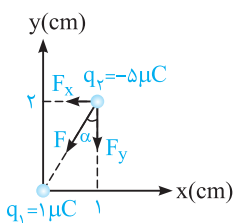
$$q_1 = ne \Rightarrow 2 \times 10^{-6} = n \times (1.6 \times 10^{-19}) \Rightarrow n = \frac{2}{1.6} \times 10^{13} = 1.25 \times 10^{13}$$

۱۶ ۳ با توجه به اطلاعات مسأله، می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} F = k \frac{q_1q_2}{r^2} \Rightarrow 5 = 9 \times 10^9 \times \frac{q_1q_2}{(3 \times 10^{-1})^2} \Rightarrow q_1q_2 = 5 \times 10^{-11} \text{ C}^2 = 50 \mu\text{C}^2 \\ q_1 + q_2 = 15 \mu\text{C} \end{cases}$$

حاصل ضرب دو بار هم‌نام $50 \mu\text{C}^2$ و حاصل جمع آن‌ها $15 \mu\text{C}$ است، بنابراین اندازه‌ی بار الکتریکی دو ذره برابر $5 \mu\text{C}$ و $10 \mu\text{C}$ است. البته اگر علاقه‌مند باشید می‌توانید با حل معادله‌ای درجه دوم نیز دو معادله دو مجهول اخیر را حل کنید، ولی این کار، زمان‌بر و طولانی است.

۱۷ ۲ مطابق شکل مقابل، ابتدا شکل ساده‌ای از وضعیت قرارگیری بارها را رسم می‌کنیم. با توجه به غیر هم‌نام بودن



بارها، نیروی کولنی بین آن‌ها جاذبه می‌باشد.

حال نیروی F را به دست آورده و مؤلفه‌های افقی و عمودی آن را می‌یابیم:

$$F = \frac{kq_1q_2}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 1 \times 10^{-6} \times 5 \times 10^{-6}}{(\sqrt{1^2 + 2^2})^2 \times 10^{-4}} = 90 \text{ N} \Rightarrow \begin{cases} F_x = F \sin \alpha = \frac{\text{مقابل}}{\text{وتر}} = \frac{1}{\sqrt{5}} = \frac{\sqrt{5}}{5} \rightarrow F = 90 \times \frac{\sqrt{5}}{5} = 18\sqrt{5} \text{ N} \\ F_y = F \cos \alpha = \frac{\text{مجاور}}{\text{وتر}} = \frac{2}{\sqrt{5}} = \frac{2\sqrt{5}}{5} \rightarrow F = 90 \times \frac{2\sqrt{5}}{5} = 36\sqrt{5} \text{ N} \end{cases}$$

و در نهایت با توجه به شکل رسم‌شده، مؤلفه‌های نیروی F در راستای x و y منفی بوده و داریم:

$$\vec{F} = -F_x \vec{i} - F_y \vec{j} = -18\sqrt{5} \vec{i} - 36\sqrt{5} \vec{j}$$

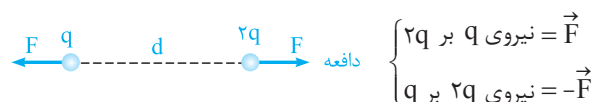
۱۸ ۳ با توجه به روابط مربوط به نیروی الکتریکی و نیروی گرانشی می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} \text{نیروی الکتریکی: } F_E = k \frac{q_e q_p}{r^2} \\ \text{نیروی گرانشی: } F_G = G \frac{m_e m_p}{r^2} \end{cases} \Rightarrow \frac{F_E}{F_G} = \frac{k}{G} \frac{q_e q_p}{m_e m_p} = \frac{9 \times 10^9}{6.4 \times 10^{-11}} \times \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 1.6 \times 10^{-19}}{9 \times 10^{-31} \times 1.6 \times 10^{-27}} = 2.5 \times 10^{39}$$

* همان‌طور که مشاهده می‌کنید، نیروی گرانشی بین یک الکترون و پروتون بسیار ضعیف‌تر از نیروی الکتریکی بین آن‌ها می‌باشد.

۱۹ ۴ با توجه به شکل زیر، نیرویی که بار q بر بار $2q$ وارد می‌کند، با نیرویی که بار $2q$ بر بار q وارد می‌کند، مساوی و در خلاف جهت هم است. این

موضوع بیانی از قانون سوم نیوتون است (هر عملی را عکس‌العملی است مساوی و در خلاف جهت آن).



$$\begin{cases} \text{نیروی } q \text{ بر } 2q = \vec{F} \\ \text{نیروی } 2q \text{ بر } q = -\vec{F} \end{cases}$$

۲۰ ۳ از آن جایی‌که اندازه‌ی نیرویی که ذره‌ی A بر ذره‌ی B وارد می‌کند، با اندازه‌ی نیرویی که ذره‌ی B بر ذره‌ی A وارد می‌کند، با توجه به قانون

سوم نیوتون برابر است، می‌توان نوشت:

$$F_A = F_B \xrightarrow{F=ma} m_A a_A = m_B a_B \Rightarrow m a_A = 2 m a_B \Rightarrow \frac{a_A}{a_B} = \frac{2m}{m} = 2$$

کمی‌خلاصیت: چون اندازه‌ی نیروها با یکدیگر یکسان است، ذره‌ی A که جرم آن نصف جرم ذره‌ی B است، لزوماً شتابی ۲ برابر شتاب ذره‌ی B دارد.

۲۱ ۴ می‌دانیم نیروی کولنی با مجذور فاصله‌ی بین دو بار رابطه‌ی عکس دارد، با جایگذاری در رابطه‌ی کولن با توجه به دو برابر شدن نیروی کولنی

می‌توان نوشت:

$$F = k \frac{q_1q_2}{r^2} \xrightarrow{F \propto \frac{1}{r^2}} \frac{F'}{F} = \left(\frac{r}{r'}\right)^2 \xrightarrow{F'=2F} \frac{2F}{F} = \left(\frac{r}{r'}\right)^2 \Rightarrow \frac{r}{r'} = \sqrt{2} \Rightarrow r' = \frac{1}{\sqrt{2}} r \Rightarrow r' = \frac{\sqrt{2}}{2} r$$

۲۲ ۱ روش اول: اندازه‌ی یکی از بارها صددرصد افزایش یافته و این یعنی بار آن دو برابر می‌شود. با توجه به ثابت ماندن نیرو در دو حالت، می‌توان نوشت:

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

روش دوم: با دو برابر شدن اندازه‌ی یکی از بارها، نیروی بین دو بار الکتریکی هم ۲ برابر می‌شود و برای ثابت ماندن نیرو، باید r را طوری انتخاب کنیم که کسر را نصف کند و این موضوع یعنی r باید $\sqrt{2}$ برابر شود:

برای ۲ برابر

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

ثابت

برای $(\sqrt{2})^2$ برابر

۲۳ ۲ با بررسی دو حالت داریم:

حالت اولیه: $F = 0.2 \text{ N}$ q_1 q_2 r

حالت ثانویه: $F' = 0.3 \text{ N}$ $q'_1 = q_1$ $q'_2 = q_2 + 2 \mu\text{C}$ r

$$\begin{cases} (1) F = \frac{k q_1 q_2}{r^2} \xrightarrow{\text{بارها مشابه اند}} 0.2 = \frac{k q^2}{r^2} \\ (2) F' = \frac{k q'_1 q'_2}{r'^2} \Rightarrow 0.3 = \frac{k q(q+2)}{r'^2} \end{cases} \Rightarrow \frac{F}{F'} = \frac{0.2}{0.3} = \frac{k \frac{q^2}{r^2}}{k \frac{q(q+2)}{r'^2}} \Rightarrow \frac{2}{3} = \frac{q}{q+2} \Rightarrow 2q+4=3q \Rightarrow q=4 \mu\text{C}$$

* چون در این سؤال، نسبت رابطه‌ی کولن را در دو حالت بررسی کردیم، در رابطه‌ها می‌توانیم بارها را به جای کولن برحسب میکروکولن جایگذاری کنیم.

۲۴ ۱ ابتدا باید دقت شود که دو بار **ناهم‌نام** هستند و اگر نصف یکی از بارها را برداشته و به دیگری اضافه کنیم و هم‌زمان فاصله‌ی بارها را نیز نصف

کنیم، داریم:

حالت اولیه: $q_1 = 2 \mu\text{C}$ $q_2 = -2 \mu\text{C}$ r F

حالت ثانویه: $q'_1 = 2 \times \frac{1}{2} = 1 \mu\text{C}$ $q'_2 = -2 + \frac{1}{2} \times 2 = -1 \mu\text{C}$ $\frac{r}{2}$ F'

نصف q_1 را به q_2 اضافه کرده‌ایم. نصف کرده‌ایم.

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

۲۵ ۴ درصد باری که از یکی از بارها برداشته و به دیگری اضافه شده است را x در نظر می‌گیریم. حال با بررسی دو حالت، مقدار مجهول را به‌دست می‌آوریم:

حالت اولیه: $+Q$ $+Q$ r F

حالت ثانویه: $Q-xQ$ $Q+xQ$ r F'

$$\begin{cases} (1) F = \frac{k q_1 q_2}{r^2} \xrightarrow{\text{بارها مشابه اند}} F = \frac{k Q^2}{r^2} \\ (2) F' = \frac{k q'_1 q'_2}{r'^2} = k \frac{Q(1-x) Q(1+x)}{r^2} = \frac{k Q^2}{r^2} (1-x^2) \end{cases}$$

$$F' = \frac{15}{16} F \Rightarrow (1-x^2) \left(\frac{k Q^2}{r^2}\right) = \frac{15}{16} \left(\frac{k Q^2}{r^2}\right) \Rightarrow 1-x^2 = \frac{15}{16} \Rightarrow x^2 = 1 - \frac{15}{16} = \frac{1}{16} \Rightarrow x = \frac{1}{4} \equiv 25\%$$

کمی خلاقیت: به‌دلیل اهمیت این سؤال می‌خواهیم کمی بیشتر به بررسی آن

بپردازیم. کفایت کمی ذهنی‌تر به این سؤال نگاه کنیم:

$$\frac{F'}{F} = \frac{q'_1 q'_2}{q_1 q_2} \Rightarrow \frac{F'}{F} = 1-x^2 = \frac{15}{16} \Rightarrow x^2 = \frac{1}{16} \Rightarrow x = \frac{1}{4} \equiv 25\%$$

باز هم ذهنی‌تر: نیرو چقدر کم شده است؟ $\frac{1}{16} F \Leftarrow$ جذر $\frac{1}{16}$ برابر x است. $\Leftarrow x = \frac{1}{4}$ یا 25% است.

تمرین: اگر نیرو $\frac{24}{25}$ برابر شود، x چقدر است؟

پاسخ: نیرو چقدر کم شده است؟ $\frac{1}{25} F \Leftarrow$ جذر $\frac{1}{25}$ برابر x است. $\Leftarrow x = \frac{1}{5}$ یا 20% است.

۲۶ این یک سؤال جالب است. با توجه به قانون کولن دو حالت می‌توان نوشت:

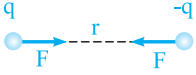
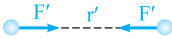
$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \Rightarrow \begin{cases} F_1 = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \\ F_2 = k \frac{(q_1 - \frac{1}{2} q_1)(q_2 + \frac{1}{2} q_1)}{r^2} \end{cases} \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \frac{\frac{1}{2} q_1 q_2 + \frac{1}{4} q_1^2}{q_1 q_2}$$

$$\Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \frac{1}{2} + \frac{q_1}{4 q_2} \Rightarrow \text{اگر} \begin{cases} \frac{q_1}{4 q_2} = 0.5 \Rightarrow q_1 = 2 q_2 \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = 1 \Rightarrow F_2 = F_1 \\ \frac{q_1}{4 q_2} > 0.5 \Rightarrow q_1 > 2 q_2 \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} > 1 \Rightarrow F_2 > F_1 \\ \frac{q_1}{4 q_2} < 0.5 \Rightarrow q_1 < 2 q_2 \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} < 1 \Rightarrow F_2 < F_1 \end{cases}$$

بنابراین بسته به شرایط بارهای q_1 و q_2 ، هر یک از گزینه‌ها می‌تواند صحیح باشد، پس گزینه‌ی (۴) صحیح است.

۲۷ این سؤال، نگاه جدیدی به سؤال (۲۵) داشته است و سؤال مهمی محسوب می‌شود (زیرا دو بار ناهم‌نام هستند). در این سؤال ۲۰ درصد ($\frac{1}{5} = \frac{20}{100}$)

یکی از بارها را کم کرده و به دیگری اضافه کرده‌ایم. برای این‌که نیروی کولنی بین دو بار تغییر نکند، باید فاصله‌ی دو بار را تغییر دهیم. بنابراین می‌توان نوشت:

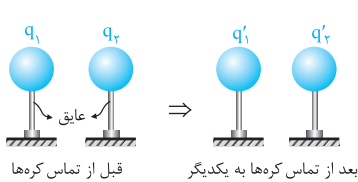
حالت اولیه:  حالت ثانویه: 

$$q_1' = q - \frac{1}{2} q = \frac{1}{2} q \quad q_2' = -q + \frac{1}{2} q = -\frac{1}{2} q$$

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \xrightarrow{F'=F} k \frac{q \times q}{r^2} = k \frac{\frac{1}{2} q \times \frac{1}{2} q}{(r')^2} \Rightarrow \left(\frac{r'}{r}\right)^2 = \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{r'}{r} = \frac{1}{2}$$

۲۸ برای پاسخ دادن به این سؤال، ابتدا به درسنامه‌ی زیر توجه کنید:

درسنامه‌ی ۳ تماس دادن چند کره‌ی رسانای مشابه باردار به یکدیگر



قبل از تماس کره‌ها

بعد از تماس کره‌ها به یکدیگر

برای شروع بحث، دو کره‌ی رسانای کوچک و مشابه با قطر یکسان که دارای بارهای q_1 و q_2 می‌باشد را در نظر بگیرید. اگر این دو کره را به یکدیگر متصل کرده و سپس از هم جدا کنیم، پس از جدا کردن، بار هر دو کره با یکدیگر یکسان و برابر $\frac{q_1 + q_2}{2}$ می‌شود (البته با این فرض که تبادل بار الکتریکی فقط بین دو کره انجام می‌شود).

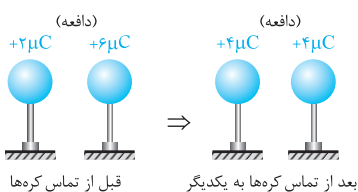
$$q_1' = q_2' = \frac{q_1 + q_2}{2}$$

تذکره: به عنوان یک موضوع جالب توجه کنید که اگر بار کره‌ها قبل از تماس به یکدیگر q و $-q$ باشد، بعد از تماس آن‌ها به هم، بار هر یک برابر صفر خواهد شد.

$$q_1' = q_2' = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{q + (-q)}{2} = 0$$

بررسی نوع نیروی جاذبه یا دافعه‌ی بین دو کره قبل و بعد از تماس به یکدیگر

در ادامه‌ی بحث این درسنامه فرض کنید که دو کره‌ی کوچک مشابه با بارهای q_1 و q_2 را که در فاصله‌ی r از یکدیگر قرار دارند را به یکدیگر متصل کرده و پس از تبادل بار الکتریکی، مجدداً در همان فاصله‌ی r قرار داده‌ایم. حال می‌خواهیم به بررسی نیروی بین این دو کره پس از تماس بپردازیم که در مورد آن می‌توان به حالت‌های زیر اشاره کرد:



قبل از تماس کره‌ها

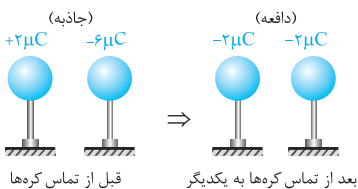
بعد از تماس کره‌ها به یکدیگر

● **حالت اول:** اگر بار دو کره هم‌نام باشد، نیروی بین کره‌ها قبل و بعد از تماس دافعه بوده و اندازه‌ی نیروی بین دو کره بعد از تماس به یکدیگر بیشتر می‌شود. این موضوع را با یک مثال عددی ساده نشان داده‌ایم:

$$q_1' = q_2' = \frac{2 + 6}{2} = 4 \mu C$$

$$F \propto q_1 q_2 \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \frac{4 \times 4}{2 \times 6} = \frac{16}{12} > 1 \Rightarrow F_2 > F_1$$

● **حالت دوم:** اگر بار دو کره ناهم‌نام و غیر هم‌اندازه باشد، نیروی بین دو کره قبل از تماس جاذبه و بعد از تماس دافعه است. همچنین اندازه‌ی نیروی بین دو کره بعد از تماس دادن آن‌ها به یکدیگر کم‌تر می‌شود.



قبل از تماس کره‌ها

بعد از تماس کره‌ها به یکدیگر

$$q_1' = q_2' = \frac{2 + (-6)}{2} = -2 \mu C$$

$$F \propto q_1 q_2 \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \frac{2 \times 2}{2 \times 6} = \frac{4}{12} < 1 \Rightarrow F_2 < F_1$$

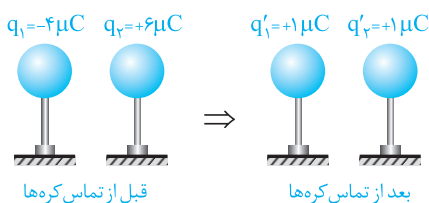
● **حالت سوم:** اگر بار دو کره ناهم نام و هم اندازه باشد، بار هر یک از کره ها و نیروی بین دو کره بعد از تماس دادن آن ها به یکدیگر صفر می شود، بنابراین اندازه ی نیروی بین دو کره کاهش می یابد.

● **حالت چهارم:** اگر بار دو کره ی مشابه، کاملاً یکسان باشد (هم اندازه و هم علامت)، بار دو کره، قبل و بعد از تماس به یکدیگر یکسان بوده و در نتیجه نیروی بین دو کره تغییر نمی کند (خودتان این موضوع را بررسی کنید).

نقته: اگر به جای دو کره ی مشابه، چند کره ی رسانای کاملاً مشابه را به یکدیگر متصل کنیم، بار تمامی آن ها بعد از تماس به یکدیگر با هم یکسان شده و برابر می شود با:

$$q'_1 = q'_2 = q'_3 = \frac{q_1 + q_2 + q_3}{3}$$

به طور مثال برای سه کره



برای حل این سؤال، به بررسی هریک از گزینه ها می پردازیم:

گزینه ی ۱: با توجه به مشابه بودن کره ها، پس از تماس آن ها با یکدیگر، بار الکتریکی کره ها با یکدیگر برابر شده و مقدار آن برابر است با:

$$\begin{cases} q_1 = -4 \mu C \\ q_2 = +6 \mu C \end{cases} \Rightarrow q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{(-4) + 6}{2} = 1 \mu C$$

گزینه ی ۲: بار کره ها قبل از تماس ناهم نام و بعد از تماس هم نام است. بنابراین نیروی کولنی بین بارها قبل از تماس جاذبه و بعد از تماس دافعه می شود.

گزینه ی ۳: بار کره ها بعد از تماس $+1 \mu C$ می شود. به عبارت دیگر با تماس دادن دو کره با یکدیگر باید به میزان $-5 \mu C$ از کره ی A به کره ی B منتقل شود (نه از کره ی B به A). در ادامه با توجه به رابطه ی $q = ne$ تعداد الکترون های مبادله شده را به دست می آوریم:

$$q = ne \Rightarrow -5 \times 10^{-6} = n \times (-1.6 \times 10^{-19}) \Rightarrow n = 3.125 \times 10^{13}$$

گزینه ی ۴: با استفاده از قانون کولن می توان نوشت:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{10^{-6} \times 10^{-6}}{\left(\frac{1}{2}\right)^2} = 36 \times 10^{-3} \text{ N} = 36 \text{ mN}$$

چون کره ها مشابه هستند، بار کل آن ها به صورت یکسان بین کره ها تقسیم می شود، بنابراین می توان نوشت:

$$q'_1 = q'_2 = q'_3 = \frac{q_1 + q_2 + q_3}{3} = \frac{4 + (-12) + (-10)}{3} = -\frac{18}{3} = -6 \mu C$$

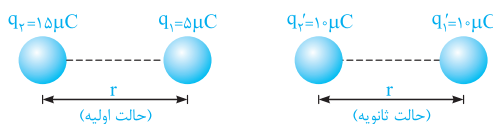
می دانیم که دو کره قبل از تماس یکدیگر را جذب می کنند، بنابراین بار دو کره ناهم نام است. اکنون دو حالت را فرض می کنیم:

الف) اندازه ی بار دو کره برابر است ($|q_1| = |q_2|$): در این حالت با تماس دو کره، بارها یکدیگر را خنثی می کنند و دیگر باری برای کره ها باقی نمی ماند، بنابراین در این حالت کره ها نمی توانند پس از اتصال یکدیگر را دفع کنند.

$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2} = 0$$

ب) اندازه ی بار دو کره برابر نباشد: در این حالت با تماس دو کره، مقداری از بار بزرگ تر توسط بار کوچک تر خنثی شده و مابقی آن بین دو کره به طور یکسان پخش می شود، بنابراین در این حالت کره ها پس از اتصال یکدیگر را دفع می کنند.

تذکر: دقت کنیم در این سؤال مقدار نیروی بین دو کره در حالت قبل از تماس بیشتر از حالت بعد از تماس است (چرا؟).



۳۱ ۴: با توجه به مشابه بودن دو کره، پس از تماس آن ها به یکدیگر بار الکتریکی هر یک از

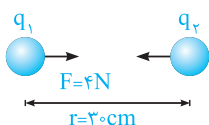
آن ها برابر $\frac{q_1 + q_2}{2}$ است و برای مقایسه ی دو حالت داریم:

$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2} = 10 \mu C$$

$$F = \frac{k q_1 q_2}{r^2} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{q'_1 q'_2}{q_1 q_2} = \frac{10 \times 10}{15 \times 5} = \frac{100}{75} = \frac{4}{3} \approx 1.33 = \frac{133}{100} \Rightarrow \text{نیروی کولنی تقریباً } 33 \text{ درصد افزایش می یابد.}$$

سؤال: برای تسلط بیشتر بررسی کنید که اگر بار دو کره ناهم نام بودند، آن گاه اندازه ی نیروی بین آن ها چند برابر می شد؟

۳۲ ۲: در شروع حل باید دقت شود که دو کره در ابتدا یکدیگر را جذب می کنند و این یعنی بارهای آن ها ناهم نام بوده اند. در ادامه با توجه به اطلاعات



$$F = \frac{k q_1 q_2}{r^2} \Rightarrow 4 = \frac{9 \times 10^9 q_1 q_2}{(3 \times 10^{-2})^2} \Rightarrow |q_1 q_2| = 4 \times 10^{-11} \text{ C}^2 = (40 \mu C)^2 \quad (1)$$

در 10^{12} ضرب کرده ایم.

از طرفی پس از تماس دو کره، به دلیل مشابه بودن کره ها، بار هریک از آن ها برابر $\frac{q_1 + q_2}{2}$ می شود که برابر $+3 \mu C$ است.

$$q_1 + q_2 = +6 \mu C \Rightarrow q_1 + q_2 = +6 \mu C \quad (2)$$

بار هر کره پس از تماس

در بین گزینه ها، تنها گزینه ی (۲) در هر دو معادله ی (۱) و (۲) صدق می کند.

دقت: نیازی نبود معادله ی (۲) را به دست آوریم، از روی معادله ی (۱) به تنهایی نیز می توان گزینه ی صحیح را انتخاب کرد.