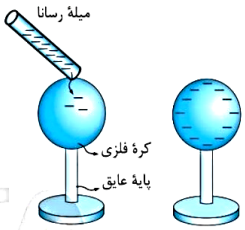
چند مساله مهم فیزیک!!!

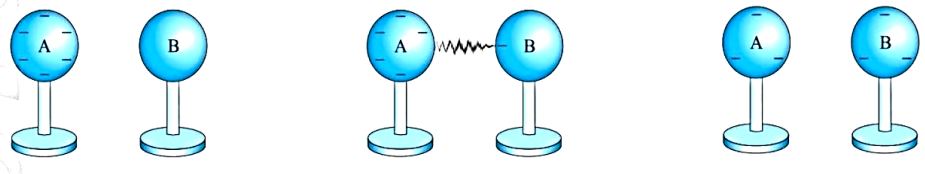
۳) انتقال بار الکتریکی به روش تماس

تماس دو رسانا: دو عایق، صرفاً در اثر تماس، بار چندانی به هم منتقل نمی‌کنند؛ در حالی که مطابق شکل (۳)، یک رسانای باردار، در تماس با رسانای خنثی، بخشی از بار خود را به آن می‌دهد و به این ترتیب، بار الکتریکی روی سطح دو جسم پخش می‌شود. البته تماس دو جسم رسانا ممکن است توسط واسطه‌ای مثل یک سیم رابط صورت گیرد.



شکل (۳)

نمونه در شکل ۴ـ الف، کرهٔ فلزی A حامل بار ۶ الکترون و کرهٔ فلزی B خنثی است ($q_A = -6e\ ,\ q_B = 0$).
اگر مطابق شکل ۴ـ ب، دو کره را با یک سیم به هم وصل کنیم، تعدادی از الکترون‌های کرهٔ A به سمت کرهٔ B می‌روند و به این ترتیب، کرهٔ B باردار می‌شود (شکل ۴ ـ پ).



شکل (۴)

توجه طبق قانون پایستگی بار الکتریکی، مجموع بار کره‌ها قبل و بعد از تماس برابر است. بنابراین، اگر بار اولیهٔ کره‌ها را با q_1 و q_2 و بار آن‌ها را پس از تماس با q'_1 و q'_2 نشان دهیم، داریم:

$$q'_1 + q'_2 = q_1 + q_2$$

نکتهٔ ۱ اگر شعاع دو کرهٔ رسانا برابر باشد، بار هر کدام از آن‌ها پس از تماس، برابر میانگین بار اولیهٔ آن‌ها خواهد بود؛ به بیان دیگر:

$$\begin{cases} q'_1 + q'_2 = q_1 + q_2 \\ q'_1 = q'_2 \end{cases} \Rightarrow 2q'_1 = 2q'_2 = q_1 + q_2 \Rightarrow \boxed{q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2}} \quad \text{رابطهٔ (۲)}$$

نکتهٔ ۲ اگر یک رسانای باردار با زمین تماس برقرار کند، بار رسانا تخلیه می‌شود. زمین یک خنثی‌کنندهٔ بزرگ است.

تست **بار الکتریکی سه کرهٔ رسانای مشابه A، B و C به ترتیب $12\ \mu C+$، $8\ \mu C-$ و $6\ \mu C+$ است. کرهٔ A را ابتدا به کرهٔ B و پس از جداکردن از آن به کرهٔ C تماس می‌دهیم. بار نهایی کرهٔ A چند میکروکولن می‌شود؟**

۱) $\frac{10}{3}$ ۲) ۱۰ ۳) ۸ ۴) ۴

پاسخ **گزینهٔ «۴»** بار اولیهٔ کرهٔ A را با q_A، پس از تماس با کرهٔ B با q'_A و پس از تماس با کرهٔ C با q''_A نشان می‌دهیم:

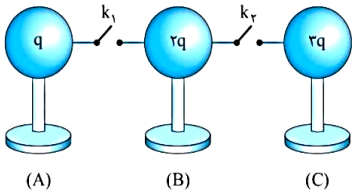
$$q'_A = q'_B = \frac{q_A + q_B}{2} = \frac{12 - 8}{2} = 2\ \mu C\ ,\ q''_A = q'_C = \frac{q'_A + q_C}{2} = \frac{2 + 6}{2} = 4\ \mu C$$

پرسش

۱۶- دو کرهٔ رسانای مشابه دارای بارهای الکتریکی $q_1 = +10\ \mu C$ و $q_2 = -2\ \mu C$ روی دو پایهٔ عایق نصب شده‌اند. هرگاه این دو کره را با یکدیگر تماس داده و سپس از هم جدا سازیم، بار الکتریکی هر کره ..... میکروکولن می‌شود و ..... الکترون از کرهٔ ..... منتقل می‌شود. ($e = 1/6 \times 10^{-19}\ C$)

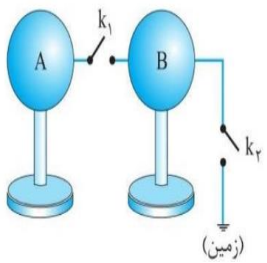
۱) ۴، $3/75 \times 10^{13}$، دوم به اول ۲) ۴، 5×10^{13}، دوم به اول ۳) ۶، $2/5 \times 10^{13}$، اول به دوم ۴) ۶، $2/5 \times 10^{13}$، دوم به اول

۱۷- مطابق شکل، سه کرهٔ فلزی یکسان A، B و C با بارهای الکتریکی نشان داده شده، مفروض است. پس از بستن کلید k_1 و سپس کلید k_2 بار هر یک از کره‌ها $10\ \mu C$ می‌شود. q چند میکروکولن است؟



۱) ۵ ۲) ۶
۳) ۸ ۴) ۱۰

۱۸- در شکل روبه‌رو، کره‌های رسانا و مشابه A و B به ترتیب دارای بار الکتریکی ۱۶- و ۳۲ میکروکولن هستند. در ابتدا کلید k_1 را بسته و سپس باز می‌کنیم و در ادامه کلید k_2 را بسته و سپس باز می‌کنیم. این کار را چند مرتبه انجام دهیم تا بار الکتریکی کرهٔ A برابر $1\ \mu C$ شود؟

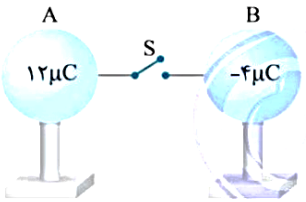


۱) ۱ ۲) ۲
۳) ۳ ۴) ۴

۲۴. دو کرهٔ فلزی یکسان که روی دو پایهٔ عایق قرار دارند، دارای بارهای الکتریکی $q_1 = +12\mu C$ و $q_2 = -2\mu C$ می‌باشند. اگر این دو کره را با هم تماس داده و سپس از هم جدا کنیم، بار الکتریکی هر کره چند میکروکولن می‌شود؟ (ریاضی خارج ۸۹)

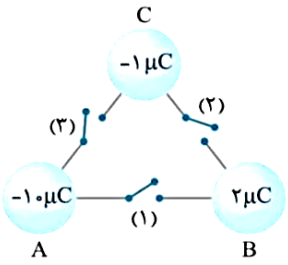
۱) ۷ ۲) ۱۰ ۳) ۸ ۴) ۵

۲۵. در شکل زیر دو کره رسانا، کوچک و مشابه‌اند. اگر کلید S را ببندیم، چند میکروکولن بار الکتریکی و از کدام کره به کرهٔ دیگر جابه‌جا می‌شود؟ (برگرفته از مسئله کتاب درسی)



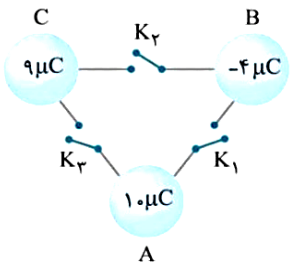
۱) $8\mu C$، از A به B
۲) $8\mu C$، از B به A
۳) $6\mu C$، از A به B
۴) $6\mu C$، از B به A

۲۶. در شکل مقابل کره‌ها رسانا و هم‌اندازه‌اند. ابتدا کلید (۱)، سپس کلید (۲) را می‌بندیم. بار هر یک از کره‌ها، چند میکروکولن خواهد شد؟



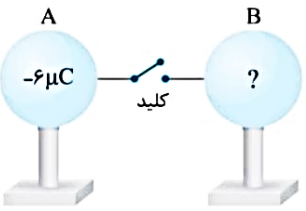
۱) $\frac{13}{3}$
۲) $\frac{-13}{3}$
۳) -3
۴) 3

۲۷. در شکل مقابل کره‌ها رسانا، کوچک و هم‌اندازه هستند. اگر کلید K_1 را ببندیم و سپس باز کنیم و همین کار را برای کلید K_2 و K_3 انجام دهیم، بار کرهٔ A چند میکروکولن خواهد شد؟



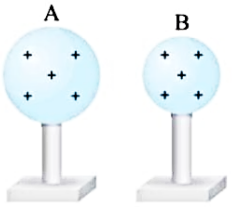
۱) ۴/۵
۲) ۷/۵
۳) ۸
۴) ۸/۵

۲۸. در شکل زیر بار کرهٔ A برابر $-6\mu C$ است. اگر دو کرهٔ رسانا به هم وصل شوند، بار کرهٔ B برابر $+2\mu C$ و نصف بار کرهٔ A می‌شود. بارکرهٔ B قبل از بستن کلید چند میکروکولن بوده است؟



۱) -3
۲) 3
۳) 12
۴) 16

۲۹. دو کرهٔ رسانای باردار A و B مطابق شکل روی پایه‌های عایق قرار دارند به‌طوری‌که $q_A = q_B$ و $r_A > r_B$ است. اگر این دو کره را به یک‌دیگر تماس دهیم: (ریاضی خارج ۸۴)

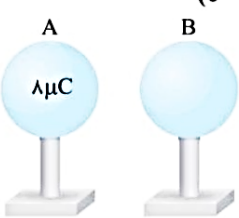


۱) بار نهایی هر دو کره برابر صفر خواهد شد.
۲) چون بار دو کره یکسان است، شارش الکترون صورت نمی‌گیرد.
۳) جهت شارش الکترون‌ها از کرهٔ A به کرهٔ B خواهد بود.
۴) جهت شارش الکترون‌ها از کرهٔ B به کرهٔ A خواهد بود.

۳۰. دو کرهٔ رسانای A و B که حجم کرهٔ A، ۸ برابر حجم کرهٔ B است بارهای الکتریکی $q_A = -16\mu C$ و $q_B = 4\mu C$ دارند. اگر دو کره را به یکدیگر تماس دهیم و سپس از هم دور کنیم، بار کرهٔ A و کرهٔ B به ترتیب از راست به چپ برابر است با:

۱) -6 ، -6 ۲) $-\frac{32}{3}$ ، $-\frac{4}{3}$ ۳) -8 ، -4 ۴) $\frac{-20}{3}$ ، $\frac{-40}{3}$

۳۱. در شکل زیر کره‌ها رسانا و مشابه هستند. اگر کرهٔ A را به کرهٔ B تماس دهیم، مجموع بار دو کره ۴/۸ میکروکولن می‌شود. اگر قبل از تماس دو کره به یکدیگر، کرهٔ B را به زمین متصل می‌کردیم، چه تعداد الکترون جابه‌جا می‌شد؟ $(e = 1/6 \times 10^{-19} C)$



۱) 2×10^{13}
۲) 2×10^{19}
۳) 3×10^{13}
۴) 3×10^{19}

پاسخ مسائل مهم!!!

۱۶- **گزینه ۱** **گام اول** بار هر کره پس از تماس برابر است با:

$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{10 - 2}{2} = 4\ \mu C$$

گام دوم کرهٔ اول بار الکتریکی $-6\ \mu C$ را به دست می‌آورد و کرهٔ دوم همین مقدار بار را از دست می‌دهد. (چرا؟) لذا داریم:

$$q = -ne \Rightarrow -6\times10^{-6} = -n\times(1/6\times10^{-19}) \Rightarrow n = 3/75\times10^{13}$$

۱۷- **گزینه ۱** طبق قانون پایستگی بار الکتریکی، مجموع بار کره‌ها قبل و بعد از بستن کلیدها برابر است:

$$q'_A + q'_B + q'_C = q_A + q_B + q_C$$

$$10 + 10 + 10 = q + 2q + 3q \Rightarrow 6q = 30 \Rightarrow q = 5\ \mu C$$

۱۸- **گزینه ۴** مطابق قانون پایستگی بار الکتریکی، مجموع بار کره‌های A و B قبل و بعد از بستن کلید k_1 با یکدیگر برابر است و از طرفی با بستن کلید k_2 بار کرهٔ B به زمین انتقال می‌یابد و مقدار آن صفر می‌شود؛ بنابراین، برای مرتبهٔ اول داریم:

k_1: $q_A + q_B = q'_A + q'_B \xrightarrow{(q'_A = q'_B)} -16 + 32 = 2q'_A \Rightarrow q'_A = 8\ \mu C\ ,\ q'_B = 8\ \mu C$ را می‌بندیم.

k_1: $q'_B = 0$ را باز کرده و k_2 را می‌بندیم.

و برای مرتبهٔ دوم داریم:

k_1: $q'_A + q'_B = q''_A + q''_B \xrightarrow{(q''_A = q''_B)} 8 + 0 = 2q''_A \Rightarrow q''_A = 4\ \mu C\ ,\ q''_B = 4\ \mu C$ را می‌بندیم.

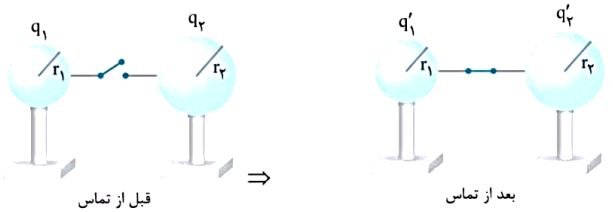
k_1: $q''_B = 0$ را باز و k_2 را می‌بندیم.

و به همین ترتیب بار کرهٔ A در پایان مرتبهٔ سوم $2\ \mu C$ و در پایان مرتبهٔ چهارم $1\ \mu C$ خواهد شد.

۲۴. ۱ ۲ ۳

راهبرد ۲

اگر دو کرهٔ رسانا با بارهای الکتریکی q_1 و q_2 را به یکدیگر تماس دهیم. بنابر پایستگی بار الکتریکی، مجموع بار الکتریکی دو کره قبل و بعد از تماس آن‌ها با یکدیگر، برابر است. می‌توان نشان داد اندازهٔ بار الکتریکی هر کره متناسب با شعاع آن است.



قبل از تماس ⇒ بعد از تماس

$$\overbrace{q_1 + q_2}^{\text{قبل از تماس}} = \overbrace{q'_1 + q'_2}^{\text{بعد از تماس}} \quad ; \quad \frac{q'_2}{q'_1} = \frac{r_2}{r_1}$$

- **حالت خاص:** اگر دو کره هم‌اندازه و رسانا باشند، بار هر کره پس از تماس به یکدیگر برابر است با: $q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2}$
- یادتان باشد که در رابطهٔ فوق q_1 و q_2 با قید علامت آن‌ها به کار می‌روند.
- اگر چند کرهٔ رسانای هم‌اندازه به یکدیگر متصل شوند، مجموع بار کل آن‌ها به تعداد کره‌ها به صورت مساوی تقسیم می‌شود.

پاسخ مسائل مهم!!!

بنابر آنچه در راهبرد (۲) آورده‌ایم، چون دو رسانا هم‌اندازه هستند، مجموع بارهای الکتریکی آن‌ها به طور یکسان بین آن‌ها تقسیم می‌شود:

$$q'_۱ = q'_۲ = \frac{q_۱ + q_۲}{۲} = \frac{۱۲ + (-۲)}{۲} = ۵\mu C$$

۲۵. ۱ ۲ ۳ ۴

در این سؤال چون دو کره مشابه‌اند، می‌توان برای محاسبهٔ بار هر کره (پس از تماس) نوشت:

$$q'_A = q'_B = \frac{۱۲ + (-۴)}{۲} = ۴\mu C$$

اما در سؤال، بار جابه‌جا شده مورد نظر است که برای یکی از دو کره مثلاً کرهٔ A می‌توان نوشت:

$$\Delta q_A = q'_A - q_A = ۴ - ۱۲ = -۸\mu C$$

یعنی به کرهٔ A، $۸\mu C$ بار منفی وارد شده است. چون در انتقال بار بین اجسام الکترون‌ها جابه‌جا می‌شوند، پس $۸\mu C$ بار الکتریکی از B به A جابه‌جا شده است.

۲۶. ۱ ۲ ۳ ۴

بنابر راهبرد (۲)، چون کره‌ها رسانا و هم‌اندازه‌اند، پس از بستن کلیدهای (۱) و (۲)، سه کرهٔ رسانای هم‌اندازهٔ A، B و C به یکدیگر تماس الکتریکی دارند و مجموع بار اولیهٔ آن‌ها (که برابر مجموع بار پس از اتصال آن‌هاست) به طور مساوی بین سه کره تقسیم شده و به هر کره $\frac{۱}{۳}$ مجموع بار اولیه می‌رسد. پس داریم:

$$q'_A = q'_B = q'_C = \frac{-۱۰ + ۲ - ۱}{۳} = -۳\mu C$$

۲۷. ۱ ۲ ۳ ۴

بنابر راهبرد (۲)، می‌توان در چند مرحله به این سؤال پاسخ داد.

مرحلهٔ اول: کلید $K_۱$ را می‌بندیم و سپس باز می‌کنیم:

$$q'_A = q'_B = \frac{۱۰ + (-۴)}{۲} = ۳\mu C$$

مرحلهٔ دوم: کلید $K_۲$ را می‌بندیم و سپس باز می‌کنیم:

$$q''_B = q'_C = \frac{۳ + ۹}{۲} = ۶\mu C$$

مرحلهٔ سوم: کلید $K_۳$ را می‌بندیم و سپس باز می‌کنیم:

$$q''_A = q''_C = \frac{۳ + ۶}{۲} = ۴/۵\mu C$$

۲۸. ۱ ۲ ۳ ۴

براساس راهبرد (۲) می‌دانیم اگر دو کرهٔ رسانا به هم متصل شوند، مجموع بار آن‌ها پس از تماس با یکدیگر برابر مجموع بار اولیهٔ آن‌ها (قبل از تماس) است. در این سؤال $q_A = -۶\mu C$ و $q'_B = \frac{q'_A}{۲} = +۲\mu C$ است. از پایستگی بار الکتریکی می‌توان نوشت:

$$\underbrace{q_A + q_B}_{\text{قبل از تماس}} = \underbrace{q'_A + q'_B}_{\text{پس از تماس}} \xrightarrow[q'_B = +۲\mu C]{q'_A = +۴\mu C} -۶ + q_B = ۴ + ۲ \Rightarrow q_B = ۱۲\mu C$$

بار الکتریکی می‌توان نوشت:

۲۹. ۱ ۲ ۳ ۴

بار اولیهٔ دو کره یکسان و همنام است اما کره‌ها هم‌اندازه نیستند. بنابر راهبرد (۲)، پس از تماس دو کره، کرهٔ بزرگ‌تر بار بیشتری خواهد داشت. یعنی مقدار بار مثبت کرهٔ A بیشتر خواهد شد. معنی این نتیجه‌گیری این است که کرهٔ A الکترون از دست داده و کرهٔ B الکترون می‌گیرد. پس الکترون‌ها از A به B شارش می‌کنند.

۳۰. ۱ ۲ ۳ ۴

در این سؤال با توجه به راهبرد (۲)، می‌توان گفت که مجموع جبری بارهای دو کره، پس از اتصال به یکدیگر به نسبت شعاع‌های آن‌ها یعنی به نسبت ۲ و ۱ تقسیم می‌شود:

$$q'_A + q'_B = q_A + q_B = -۱۶ + ۴ = -۱۲\mu C$$

$$\begin{cases} \frac{q'_A}{q'_B} = \frac{r_A}{r_B} = ۲ \Rightarrow q'_A = ۲q'_B \\ q'_A + q'_B = -۱۲\mu C \end{cases}$$

$$\Rightarrow ۲q'_B + q'_B = -۱۲ \Rightarrow q'_B = -۴\mu C \;,\; q'_A = -۸\mu C$$

یادآوری:
اگر حجم کره‌ای ۸ برابر حجم کرهٔ دیگر باشد، شعاع کرهٔ اول ۲ برابر شعاع کرهٔ دوم است.

$$\frac{V_۱}{V_۲} = \frac{\frac{۴}{۳}\pi r_۱^۳}{\frac{۴}{۳}\pi r_۲^۳}$$

$$\Rightarrow ۸ = (\frac{r_۱}{r_۲})^۳ \Rightarrow r_۱ = ۲r_۲$$

۳۱. ۱ ۲ ۳ ۴

در این سؤال، ابتدا اندازه و نوع بار اولیهٔ کرهٔ B را به‌دست می‌آوریم:

$$q_A + q_B = ۴/۸ \xrightarrow{q_A = ۸\mu C} q_B = ۴/۸ - ۸ = -۳/۲\mu C$$

اگر قبل از تماس دو کره به یکدیگر، کرهٔ B را به زمین متصل می‌کردیم $۳/۲\mu C$ بار منفی از کرهٔ B به زمین منتقل و کرهٔ B خنثی می‌شد و داریم:

$$q = ne \Rightarrow ۳/۲ \times ۱۰^{-۶} = n \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} \Rightarrow n = ۲ \times ۱۰^{۱۳}$$