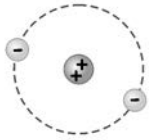


واحد / بار الکتریکی

گسستگی بار الکتریکی



۱- شکل روبه‌رو مدلی از یک نوع اتم را نشان می‌دهد. بار الکتریکی این اتم کدام است؟ (اندازه‌ی بار الکتریکی یک الکترون برابر e است.)

- (۱) صفر $+2e$ (۲)
(۳) $-2e$ (۴) $+4e$

۲- اگر از یک اتم خنثا دو الکترون گرفته شود، بار الکتریکی آن چند کولن می‌شود؟ (اندازه‌ی بار الکتریکی یک الکترون برابر $1/6 \times 10^{-19} C$ است.)

- (۱) $+1/6 \times 10^{-19}$ (۲) $+3/2 \times 10^{-19}$ (۳) $-1/6 \times 10^{-19}$ (۴) $-3/2 \times 10^{-19}$

۳- عدد اتمی نیتروژن برابر ۷ است. بار الکتریکی هسته‌ی اتم نیتروژن چند کولن است؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19} C$)

- (۱) صفر (۲) $2/24 \times 10^{-18}$ (۳) $1/12 \times 10^{-18}$ (۴) $1/12 \times 10^{-20}$

۴- با توجه به اطلاعات داده شده در تست ۳، بار الکتریکی یون N^{3-} چند کولن است؟

- (۱) $+4/8 \times 10^{-19}$ (۲) $+6/4 \times 10^{-19}$ (۳) $-4/8 \times 10^{-19}$ (۴) $-6/4 \times 10^{-19}$

۵- به هر سانتی‌متر از یک میله‌ی عایق ۸ سانتی‌متری 10^{10} الکترون می‌دهیم. بار این میله چند کولن می‌شود؟ (بار هر الکترون $1/6 \times 10^{-19} C$ است.) (سراسری ریاضی - ۷۴)

- (۱) 2×10^{-8} (۲) -2×10^{-8} (۳) $12/8 \times 10^{-9}$ (۴) $-12/8 \times 10^{-9}$

۶- اگر بار الکتریکی هر الکترون $1/6 \times 10^{-19}$ کولن باشد، یک کولن الکتریسیته از انتقال چند الکترون حاصل می‌شود؟ (آزمایشی سنپش ریاضی - ۷۲)

- (۱) $1/6 \times 10^{18}$ (۲) $1/6 \times 10^{19}$ (۳) $6/25 \times 10^{17}$ (۴) $6/25 \times 10^{18}$

۷- یک جسم که به‌وسیله‌ی مالش دارای بار الکتریکی شده است، چند کولن الکتریسیته می‌تواند داشته باشد؟ (بار الکتریکی هر الکترون $1/6 \times 10^{-19}$ کولن می‌باشد.) (آزاد ریاضی - ۸۲، نوبت صبح)

- (۱) 2×10^{-19} (۲) 4×10^{-19} (۳) 8×10^{-19} (۴) هر سه مقدار قبلی را

انتقال بار الکتریکی به روش مالش

۸- یک میله‌ی شیشه‌ای خنثا را با پارچه‌ی ابریشمی مالش می‌دهیم. این اقدام باعث تعداد الکترون‌های شیشه و تعداد الکترون‌های پارچه می‌شود.

- (۱) افزایش - افزایش (۲) افزایش - کاهش (۳) کاهش - افزایش (۴) کاهش - کاهش

۹- یک میله‌ی پلاستیکی خنثا را با پارچه‌ی پشمی مالش می‌دهیم. در این عمل میله یافته و میله دارای بار می‌شود.

- (۱) الکترون‌های - افزایش - منفی (۲) الکترون‌های - کاهش - مثبت (آزمایشی سنپش ریاضی - ۸۳)

- (۳) پروتون‌های - کاهش - منفی (۴) پروتون‌های - افزایش - مثبت

۱۰- یک تیغه‌ی شیشه‌ای را با پارچه‌ی ابریشمی و یک تیغه‌ی پلاستیکی را با پارچه‌ی پشمی مالش می‌دهیم و آن‌ها را به کمک نخ‌های خشکی و به فاصله‌ی کمی از یکدیگر از گرانیگاهشان آویزان می‌کنیم. در این صورت تیغه‌ها

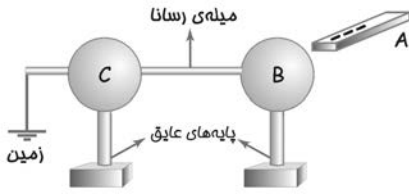
- (۱) یکدیگر را جذب می‌کنند. (۲) یکدیگر را دفع می‌کنند.

- (۳) ابتدا یکدیگر را جذب و سپس دفع می‌کنند. (۴) بر روی هم کُنشی ندارند.

۱۱- میله‌ای از جنس آلیاژ برنج را در دست گرفته و با پارچه‌ی پشمی مالش می‌دهیم. پس از انجام این فرایند، بار میله و پارچه به‌ترتیب (از راست به چپ) چگونه خواهد بود؟

- (۱) خنثا - خنثا (۲) خنثا - مثبت (۳) مثبت - منفی (۴) مثبت - مثبت

انتقال بار الکتریکی به روش تماس



۱۲- در شکل مقابل، اگر تیغه‌ی باردار A را به کره‌ی رسانای B تماس دهیم، بار میله، کره‌ی B و کره‌ی C به ترتیب به کدام نوع خواهد بود؟

- (۱) منفی، منفی، منفی
 (۲) منفی، منفی، خنثا
 (۳) منفی، خنثا، خنثا
 (۴) خنثا، خنثا، خنثا

۱۳- در تست ۱۲، اگر میله‌ی بین دو کره از جنس پلاستیک باشد، بار میله، کره‌ی B و کره‌ی C به ترتیب چگونه خواهد بود؟

- (۱) منفی، منفی، منفی
 (۲) منفی، منفی، خنثا
 (۳) خنثا، منفی، خنثا
 (۴) خنثا، خنثا، خنثا

۱۴- دو کره‌ی رسانای مشابه A و B که بر روی پایه‌های عایقی سوارند، به ترتیب دارای بارهای q و $5q$ می‌باشند ($q > 0$). اگر این دو کره را با یکدیگر تماس دهیم، بار الکتریکی چگونه بین آن‌ها منتقل می‌شود؟

- (۱) تعدادی الکترون از A به B منتقل می‌شود.
 (۲) تعدادی الکترون از B به A منتقل می‌شود.
 (۳) تعدادی پروتون از A به B منتقل می‌شود.
 (۴) تعدادی پروتون از B به A منتقل می‌شود.

۱۵- دو کره‌ی فلزی یکسان دارای بارهای الکتریکی $q_1 = +12 \mu C$ و $q_2 = -4 \mu C$ روی دو پایه‌ی عایق نصب شده‌اند. هرگاه این دو کره را با یکدیگر تماس داده و سپس از هم جدا سازیم، بار الکتریکی هر کره چند میکروکولن می‌شود؟

- (۱) ۸ (۲) ۴ (۳) ۱۶ (۴) ۱۲

۱۶- در تست ۱۵، تعداد الکترون از کره‌ی منتقل می‌شود. (اندازه‌ی بار یک الکترون $1.6 \times 10^{-19} C$ است.)

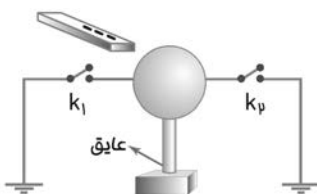
- (۱) $2/5 \times 10^{13}$ - اول به دوم (۲) $2/5 \times 10^{13}$ - دوم به اول (۳) 5×10^{13} - اول به دوم (۴) 5×10^{13} - دوم به اول

ایجاد بار الکتریکی به روش القا



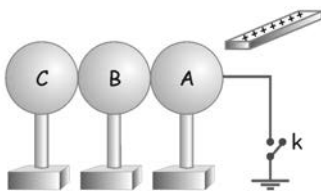
۱۷- در شکل مقابل، میله‌ای با بار مثبت را به کره‌ی فلزی خنثایی نزدیک می‌کنیم. بار کره در این حالت و حالتی که در حضور میله کره را با زمین اتصال می‌دهیم، به ترتیب چگونه است؟

- (۱) خنثا، منفی
 (۲) خنثا، مثبت
 (۳) منفی، خنثا
 (۴) مثبت، خنثا



۱۸- در شکل مقابل، میله‌ای با بار منفی را به یک کره‌ی رسانا و خنثا نزدیک کرده‌ایم. اگر کلید k_1 باز و کلید k_2 بسته باشد، نوع بار کره خواهد بود. اگر کلید k_1 بسته باشد، نوع بار کره خواهد بود.

- (۱) منفی - منفی
 (۲) منفی - مثبت
 (۳) مثبت - منفی
 (۴) مثبت - مثبت

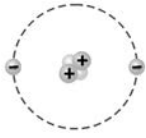


۱۹- در شکل مقابل، سه کره‌ی رسانای A، B و C در تماس با یکدیگر و مجموعه‌ی آن‌ها از لحاظ الکتریکی خنثا هستند. اگر کلید k را یک لحظه بسته و باز کنیم و سپس میله را دور کنیم، بار نهایی گلوله‌ها چگونه خواهد بود؟

- (۱) منفی
 (۲) مثبت
 (۳) خنثا
 (۴) B، خنثا و A و C، منفی

۱ گسستگی بار الکتریکی

اصولاً برای آموزش هر بحثی باید دیر یا زود به قلب آن موضوع زد! برای همین هر کتاب درست و حسابی‌ای را در زمینه‌ی فیزیک الکتریسیته باز می‌کنید، با معرفی سوژه‌ی اصلی این مبحث، یعنی **الکترون**، کار خود را شروع می‌کند. ما هم برای این که کتاب فودمونو قاطی این تیپ کتاب‌ها کنیم، بنابر عادت (نه بنا بر تشریف‌فودمان!) با معرفی **الکترون** فغیله‌ی این بحث رو روشن می‌کنیم!



شکل ۱: مدل منظومه‌ای اتم
هلیوم. گلوله‌های مثبت، نماد پروتون‌ها، گلوله‌های منفی، نماد الکترون‌ها و گلوله‌های بدون بار، نماد نوترون‌ها هستند.

قبل از هر چیز بگم که الکترون‌ها اصولاً آزاد نیستند و در خانه‌ای به نام «اتم» قرار دارند. نمی‌دانم این جمله را تا به حال چند هزار بار شنیده‌اید: «هر اتم هسته‌ای با بار مثبت و الکترون‌هایی با بار منفی دارد که این الکترون‌ها به دور هسته می‌چرخند.» (به هر حال، بیان ماهر آن قالی از آزار نیست!) هسته‌ها خود از دو جزء تشکیل شده‌اند: پروتون‌ها و نوترون‌ها.

بار پروتون، مثبت و هم‌اندازه با بار الکترون است؛ اما نوترون‌ها بدون بارند. بنابراین، اگر بار الکترون را با نماد $-e$ نمایش دهیم، بار پروتون برابر $+e$ است.

در شرایط عادی، تعداد الکترون‌ها و پروتون‌های یک اتم برابرند و اتم از نظر

توجه ۱

الکتریکی «خنثا» است؛ جسمی که فقط دارای این نوع اتم‌هاست، «جسم خنثا» نام دارد.



«اتم از هر جسم کوچکی کوچک‌تره!!!»

جسمی باردار است که در آن، توازن بارهای الکتریکی به هم خورده باشد. اگر جسم خنثایی n الکترون

توجه ۲

به دست آورد، بار آن برابر $-ne$ و اگر n الکترون از دست بدهد، بار آن برابر $+ne$ خواهد شد؛ در نتیجه بار الکتریکی یک

$$q = \pm ne \quad (n = 0, 1, 2, \dots) \quad (\text{رابطه‌ی ۱})$$

جسم از رابطه‌ی مقابل به دست می‌آید:

که e برابر اندازه‌ی بار الکترون است و مقدار آن برابر $1/6 \times 10^{-19}$ کولن است ($e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$).

کوچک‌ترین بار مستقلی که می‌تواند وجود داشته باشد، برابر بار یک الکترون یا یک پروتون است و بار

نتیجه ۱

الکتریکی در هر ماده مضرب درستی از بار الکترون است؛ به این معنی که بار الکتریکی یک کمیت «گسسته» است.^۱



۱ - به کمیت‌هایی مثل طول، زمان و ... که در حوزه‌ی تعریف‌شده‌ی خود هر مقداری را می‌توانند داشته باشند، «کمیت‌های پیوسته» و به کمیت‌هایی مثل بار الکتریکی، تعداد افراد و ... که فقط مقادیر معینی را می‌توانند اختیار کنند، «کمیت‌های گسسته» یا «کوانتومی» می‌گویند.



«الکترون، تیزیه پزیر به بارهای کوچک تر نیست.»

نتیجه ۲ بار منفی یک جسم به معنی تعداد بیشتر الکترون‌های آن و بار مثبت به معنی تعداد کم‌تر الکترون‌های آن (در مقایسه با تعداد پروتون‌ها) است.

با توجه به مطالب ارائه شده، اگر اتمی فقط ۲ تا پروتون داشته باشد، بار آن می‌شود $+2e$ ؛ اگر فقط ۲ تا الکترون داشته باشد، بار آن می‌شود $-2e$ ؛ حالا اگر مثل سوژه‌ی تست ۱، اتمی هم ۲ تا پروتون داشته باشد، هم ۲ تا الکترون، اون وقت چی؟!

۲- گزینه‌ی «۲» با توجه به مطالب مطرح شده در درس‌نامه‌ی ۱، اگر اتمی دارای بیماری کم‌الکترونی باشد، بار آن مثبت و اگر به بیماری پرالکترونی مبتلا شده باشد، بار آن منفی است! با توجه به این موضوع و در نظر گرفتن رابطه‌ی ۱، بار اتم خنثایی که دو الکترون از دست داده، برابر است با:

$$q = +2e = +2 \times 1/6 \times 10^{-19} \rightarrow q = +3/2 \times 10^{-19} \text{ C}$$

۳- گزینه‌ی «۳» کافیه یه اِپسیلون شیمی بلد باشید تا بدونید منظور از عدد اتمی همون **تعداد پروتون‌های موجود در هسته‌ای اتم** است. پس وقتی می‌گیم: «عدد اتمی نیتروژن برابر ۷ است»، یعنی «اتم نیتروژن ۷ تا پروتون دارد» و بار الکتریکی هسته‌ی آن برابر است با:

$$q = +7e \rightarrow q = 7 \times (1/6 \times 10^{-19}) = 11/2 \times 10^{-19} \text{ C} \rightarrow q = 1/12 \times 10^{-18} \text{ C}$$

اگر عدد اتمی عنصری برابر Z باشد، بار الکتریکی هسته‌ی آن برابر است با: **نتیجه**

$$q = +Ze$$

۴- گزینه‌ی «۳» اگر ۳ تا الکترون به مهمانی اتم نیتروژن بروند، یون N^{3-} حاصل می‌شود! پس یون N^{3-} در واقع ۳ تا الکترون اضافه‌تر از اتم نیتروژن (N) دارد و بار الکتریکی آن برابر است با:

$$q = -3e = -3 \times (1/6 \times 10^{-19}) \rightarrow q = -4/8 \times 10^{-19} \text{ C}$$

پرسش بار الکتریکی یون Al^{3+} چند کولن است؟

۵- گزینه‌ی «۴» اول این‌که: چون به میله الکترون داده شده، بار آن **منفی** است و گزینه‌های ۱ و ۳ از همین الان کنار گذاشته می‌شوند! **دو این‌که:** با توجه به رابطه‌ی ۱، بار داده شده به هر سانتی‌متر از میله برابر است با: **سه این‌که:** چون طول میله ۸ cm است، بار میله ۸ برابر بار موجود در ۱ cm از طول آن است:

$$q = 8q_1 = 8 \times (-1/6 \times 10^{-9}) \rightarrow q = -12/8 \times 10^{-9} \text{ C}$$

$$q = ne \rightarrow 1 = n \times (1/6 \times 10^{-19}) \rightarrow n = 6/25 \times 10^{18}$$

۶- گزینه‌ی «۴» رابطه‌ی ۱ و کمی حساب و کتاب!

۷- گزینه‌ی «۳» همان‌طور که در درس‌نامه‌ی ۱ خدمتتان عرض کردم، بار الکتریکی یک کمیت گسسته است که فقط مقادیری را می‌تواند اختیار کند که مضرب درستی از بار الکترون باشند و لاغیر! حالا باید ببینیم کدام‌یک از گزینه‌های آورده شده در صورت تست، مضرب صحیحی از بار $1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$ است.

$$\frac{q_1}{e} = \frac{2 \times 10^{-19}}{1/6 \times 10^{-19}} \neq n \text{ (عددی صحیح)}$$

گزینه‌ی «۱»:

$$\frac{q_2}{e} = \frac{4 \times 10^{-19}}{1/6 \times 10^{-19}} \neq n \text{ (عددی صحیح)}$$

گزینه‌ی «۲»:

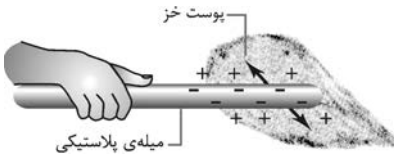
$$\frac{q_3}{e} = \frac{8 \times 10^{-19}}{1/6 \times 10^{-19}} = 5 \text{ (خودشه!)}$$

گزینه‌ی «۳»:

پس اگر تعداد الکترون‌ها و پروتون‌های یک جسم ۵ واحد تفاوت داشته باشد، بار آن جسم برابر $8 \times 10^{-19} \text{ C}$ خواهد بود. (به بررسی گزینه‌ی ۴ که نیازی نیست!)

۲ انتقال بار الکتریکی به روش مالش

به مثلِ قریبیه که می‌گه: «گاو شیر فودشو نمی‌ده؛ باید از او شیر گرفت!» اتم هم الکترون‌های خود را به خودی خود واگذار نمی‌کند؛ بلکه باید برای برداشتن الکترون از اتم خنثا، به آن نیرو وارد کرد.



شکل ۲: وقتی یک میله‌ی پلاستیکی با پوست خز مالش داده می‌شود، برخی از الکترون‌های پوست به میله منتقل می‌شوند. به این ترتیب، میله دارای بار منفی و پوست دارای بار مثبت می‌شود.

یکی از راه‌های باردار کردن اجسام، مالش دو جسم به یکدیگر است. در فرایند مالش، الکترون‌های سست‌پیوند یک ماده (الکترون‌های لایه‌ی دورتر) از سطح آن جدا می‌شوند و بر سطح ماده‌ی دیگر می‌نشینند.

نمونه ۱ اگر مطابق شکل ۲، یک تیغه‌ی پلاستیکی را با پارچه‌ی پشمی یا پوست حیوانی مثل خرس (!) مالش دهید، در صورت زنده ماندن خواهید دید که در اثر انتقال الکترون‌ها از پارچه به تیغه، پارچه بار مثبت و تیغه بار منفی پیدا می‌کند.



«یکی از نتایج کم‌بود وسایل آزمایشگاهی در مدارس کشور!!!»

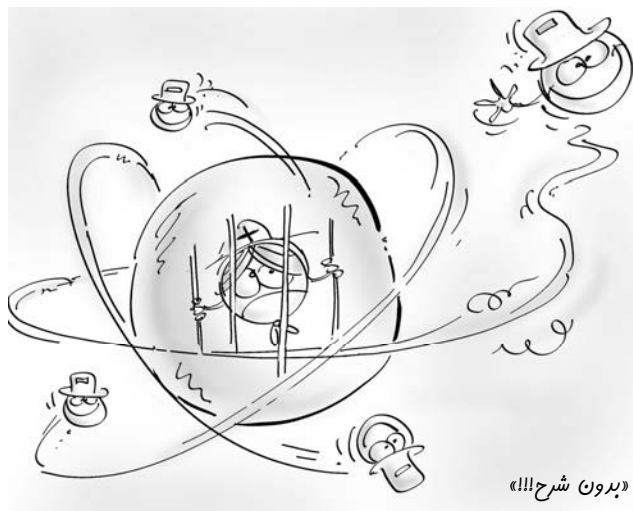
نمونه ۲ اگر یک تیغه‌ی شیشه‌ای را با پارچه‌ی ابریشمی مالش دهید، در اثر انتقال الکترون‌ها از تیغه به پارچه، تیغه بار مثبت و پارچه بار منفی پیدا می‌کند.^۱

توجه ماحصل فرایند مالش، انتقال الکترون از یک جسم به جسم دیگر است؛ در این بین، نه باری تولید می‌شود و نه باری از بین می‌رود (طبق «قانون پایستگی بار الکتریکی» نباید هم به غیر از این انتظار داشته باشیم).

در حاشیه: یک روی داد تاریخی

یکی از اولین آزمایش‌هایی که وجود دو نوع الکتریسیته‌ی متفاوت را ثابت می‌کرد، در حدود ۳۰ سال پیش توسط یک دانشمند انگلیسی - که متأسفانه نامی از او در کتب تاریخی به میان نیامده - به این شرح انجام شد: او عادت داشت که همیشه یک جفت جوراب سفید پشمی را - برای گرم نگه‌داشتن خود - به پا کند و یک جفت جوراب سیاه ابریشمی هم برای زیبایی و حفظ ظاهر بر روی آن‌ها بکشد. از وقتی که این جوراب‌ها را از پای خود درمی‌آورد، متوجه می‌شد که جوراب‌های هم‌رنگ به طرز مرموزی از هم فاصله می‌گیرند و مثل بادکنکی به شکل پا درمی‌آیند! وقتی جوراب‌های مشکی و سفید کنار هم قرار می‌گرفتند، به هم چسبیده و صاف می‌شدند. این روی داد تاریخی به‌طور واضحی وجود دو نوع الکتریسیته‌ی متفاوت را نشان می‌دهد.

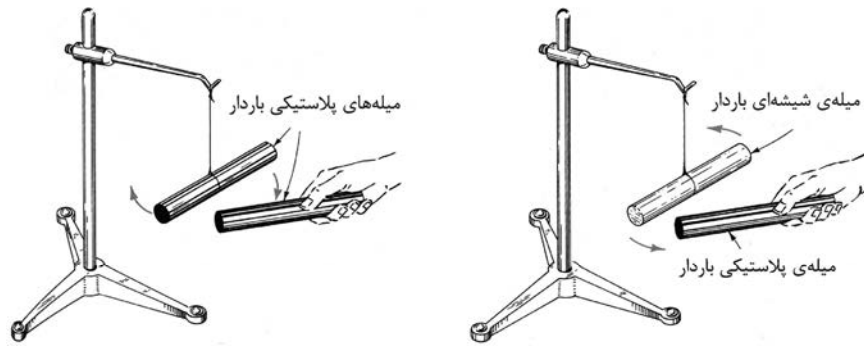
۱ - به همین دلیل، در گذشته الکتریسیته‌ی مثبت را «الکتریسیته‌ی شیشه‌ای» می‌نامیدند که البته نام‌گذاری مناسبی نیست. برای روشن شدن داستان، به این جمله‌ها که از جلد سوم کتاب فیزیک آهانیان (نشر کتاب ماد) اخذ شده است، توجه کنید: «... آلودگی‌هایی که روی سطوح مالش وجود دارند، نقش قاطعی را در الکتریسیته‌ی اصطکاکی (مالشی) بازی می‌کنند. اگر شیشه به یک قطعه‌ی مطلقاً تمیز ابریشم یا پارچه‌ی دیگری مالش داده شود، به عوض بار مثبت، دارای بار منفی می‌شود. تکه‌های معمولی ابریشم، روی سطوح خود، آشکارا دارای آن چنان مقدار زیادی از آلودگی هستند که فرایند باردار شدن از آلودگی پیروی می‌کند و نه از ابریشم! حتی هوا می‌تواند به عنوان یک آلودگی برای برخی از سطوح عمل کند؛ برای مثال، آزمایش‌های دقیق روی مالش دادن پلاتین با ابریشم نشان می‌دهد که در خلأ پلاتین بار منفی می‌گیرد، ولی در هوا دارای بار مثبت می‌شود.»



۹- **گزینه ۱** با توجه به نمونه‌ی ۱ آورده شده در درس‌نامه‌ی ۲، گزینه‌ی ۱ صحیح است.

دکته انتقال بار الکتریکی حاصل انتقال الکترون‌ها (یا یون‌ها) می‌باشد و پروتون‌ها در شرایط معمولی نمی‌توانند از بند هسته‌ی اتم فرار کنند (یعنی اتم، پروتون سرخود است؛ مثل کاتگورو که بچه سرخور است!)

۱۰- **گزینه ۱** طبق قانون بنیادی الکتروستاتیک، بارهای هم‌نام یکدیگر را می‌رانند و بارهای ناهم‌نام یکدیگر را می‌ربایند. پس واضح است که تیغ‌های شیشه‌ای (که در اثر مالش به‌طور مثبت باردار شده) تیغ‌های پلاستیکی را (که در آزمایش بار منفی پیدا کرده) جذب می‌کند.



شکل ۳: بارهای هم‌نوع یکدیگر را می‌رانند و بارهای مخالف یکدیگر را می‌ربایند.

۱۱- **گزینه ۲** این تست براساس آزمایش ۳ فصل سوم کتاب درسی فیزیک ۱ طراحی شده و این امکان را به من می‌دهد که در قالب زیر کمی در مورد مواد رسانا و نارسانا با شما صحبت کنم.

مواد رسانا - مواد نارسانا



«رفتار الکترون‌های لایه‌های داخلی در یک رسانا»



«رفتار الکترون‌های آزاد در یک رسانا»

اتم‌های موادی چون شیشه و پلاستیک به‌شدت الکترون‌هایشان را در قید خود نگه می‌دارند و حرکت آزادانه‌ی آن‌ها را سرکوب می‌کنند؛ این نوع مواد اجازه‌ی عبور بار الکتریکی را از درون خود نمی‌دهند و به همین دلیل «نارسانا» یا «عایق» نام دارند. در مواد رسانا، داستان به‌کلی متفاوت است. در این مواد، بارهای الکتریکی به‌آسانی جابه‌جا می‌شوند. برای درک رفتار الکتریکی متفاوت این مواد با مواد نارسانا باید به ساختمان اتمی آن‌ها توجه کنیم. الکترون‌های لایه‌ی ظرفیت اتم‌های رسانا (آخرین لایه‌ی اشغال شده توسط الکترون‌ها) پیوند ضعیفی با هسته دارند و به‌سادگی از قید هسته جدا می‌شوند. این الکترون‌های بی‌صاحب می‌توانند آزادانه در محیط فلز حرکت کنند و موجب انتقال بار الکتریکی در محیط رسانا شوند! به همین دلیل به آن‌ها «الکترون‌های آزاد» یا «ول‌گرد» می‌گوییم! من کم‌تر کسی از شما را می‌شناسم که نداند فلزها رایج‌ترین مواد رسانا هستند!

توجه

به‌شمار می‌آیند.

بحث بیشتر

آب خالص (آب مقطر) رسانای ضعیفی است؛ اما آب معمولی رسانای مناسبی است، چرا که دارای مقدار زیادی یون است که از حل ناخالصی‌ها در آب، حاصل آمده‌اند. یکی از دلایلی که خاک (زمین) را رسانای خوبی می‌دانند، همین حضور آب در آن است. در ضمن، شاید شما گاه‌گداری شنیده باشید که در هوای مرطوب، آزمایش‌های مربوط به الکتروسیته‌ی ساکن، حتی بر روی مواد نارسانا به‌سختی انجام می‌شود. دلیل، این است که در هوای مرطوب سطح بسیاری از مواد نارسانا را قشر بسیار نازکی از آب (در حد ابعاد میکروسکوپی) فرامی‌گیرد و این لایه‌ی نازک به بارهای الکتریکی نارسانا این امکان را می‌دهد که از سطح آن فرار کنند.

برگردیم به تست خودمان! وقتی میله‌ی برنجی را با پارچه‌ی پشمی مالش می‌دهیم، در ابتدا میله بار منفی و پارچه بار مثبت پیدا می‌کند؛ اما به‌سرعت الکترون‌های اضافی از راه میله به بدن انسان - که رساناست - منتقل می‌شوند (و در ادامه، اگر بدن با زمین تماس داشته باشد، الکترون‌ها به زمین شارش می‌یابند).

توجه ۱

البته واقعیت این است که اگر بدن انسان به زمین وصل نباشد، مقدار کوچکی بار در فلز باقی می‌ماند که معمولاً از این مقدار جزئی صرف‌نظر می‌شود (شکل ۴).

توجه ۲

بدن انسان به این دلیل رساناست که بیشتر حجم آن را آب (آن هم آب دارای املاح) فراگرفته است.

توجه ۳

زمین مثل یک چاه یا چشمه‌ی بی‌نهایت برای بارهای الکتریکی عمل می‌کند و می‌تواند تعداد نامحدودی الکترون را جذب یا تأمین کند. به همین دلیل هر جسم رسانای بارداری که به زمین وصل شود، به‌سرعت تخلیه و خنثا می‌شود.

حالا باید بتوانید به پرسش‌های زیر جواب دهید.

پرسش ۱ چگونه می‌توان یک رسانا را، با استفاده از روش مالش، باردار کرد؟

پرسش ۲ وقتی روی یک فرش ماشینی راه می‌روید و سپس دست خود را به جسم رسانای بزرگی نزدیک می‌کنید، ممکن است

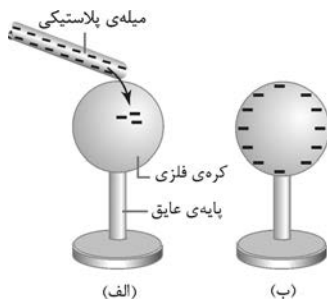
بین دست و جسم جرقه‌ی کوچکی ایجاد شود و شما را شوک‌زده کند. این روی‌داد را چگونه توجیه می‌کنید؟

پرسش ۳ موهای خشک به‌خوبی موهای تر شانه نمی‌شوند و معمولاً هم‌راه با شانه‌ی پلاستیکی کشیده می‌شوند. چرا؟

کجا؟ اول جواب سه تا پرسش بالا رو بریز؛ بعد سراغ تست بعدی رو بگیر!

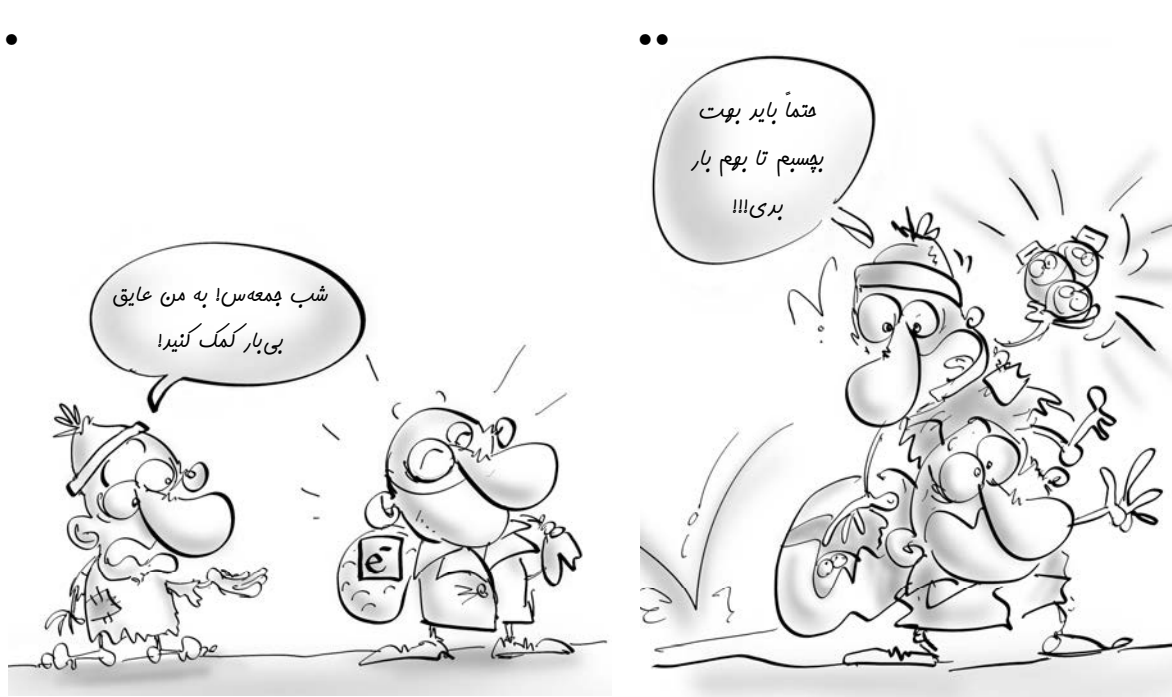
۱۲ - گزینه‌ی «۴»

۳ انتقال بار الکتریکی به روش تماس



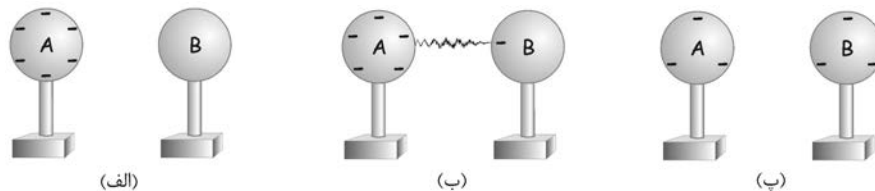
شکل ۵: الف) در اثر تماس میله‌ی باردار با کره، تعداد زیادی از الکترون‌ها به کره منتقل می‌شوند. ب) با کنار رفتن میله، الکترون‌ها در سرتاسر کره پخش می‌شوند.

اگر دو عایق - که یکی از آن‌ها باردار است - با هم تماس برقرار کنند، چی می‌شه؟! هیچی! چرا که دو عایق - صرفاً در اثر تماس - در بار یکدیگر سهیم نمی‌شوند؛ در حالی که یک رسانای باردار، در تماس با رسانای خنثا، بخشی از بار خود را به آن می‌دهد و به این ترتیب، بار الکتریکی روی سطح دو جسم پخش می‌شود (شکل ۵)؛ البته تماس دو جسم رسانا ممکن است توسط واسطه‌ای مثل یک سیم رابط صورت بگیرد.



«عایق‌ها فقط در اثر مالش در بار یکدیگر شریک می‌شوند!»

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



شکل ۶: مواد رسانا در صورت تماس، در بار یکدیگر شریک می‌شوند.

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

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

اگر شعاع دو کره‌ی رسانا برابر باشد، بار هر کدام از آن‌ها پس از تماس، برابر میانگین بار اولیه‌ی آن‌ها خواهد بود؛ به بیان دیگر:

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

(اگر شعاع کره‌ها برابر نبود، چی؟ باشه برای بعد!)

و اما تست ۱۲: باری که از طریق تماس وارد کره‌ی B و از آن‌جا وارد کره‌ی C می‌شود، در آن‌ها باقی نمی‌ماند و بلافاصله به زمین منتقل می‌شود؛ در واقع دستگاه شامل کره‌ی B، میله‌ی رسانا و کره‌ی C، واسطه‌ای برای تخلیه‌ی بار تیغه‌ی A به سمت زمین می‌باشند.

تا آخر عمرتان فراموش نکنید که: زمین یک خنثاکننده‌ی بزرگ بار است!

۱۳- گزینه‌ی «۳» پلاستیک نارساناست و سد راه حرکت الکترون‌ها به سمت کره‌ی C می‌شود؛ لذا تیغه‌ی A بار خود را با کره‌ی B تقسیم می‌کند و هیچ سهمی از بار عاید میله‌ی پلاستیکی و کره‌ی C نمی‌شود!

۱۴- گزینه‌ی «۱» بار هر یک از دو کره بعد از تماس، برابر میانگین بار کره‌ها قبل از تماس، یعنی برابر $+3q$ است؛ به این معنی که در این فرایند $+2q$ بار الکتریکی از کره‌ی B به کره‌ی A منتقل می‌شود و البته اگر بخواهیم دقیق‌تر صحبت کنیم، با توجه به این‌که انتقال بار ناشی از حرکت الکترون‌هاست و بار الکترون‌ها منفی است، $-2q$ بار الکتریکی از کره‌ی A به کره‌ی B منتقل می‌شود.

یادتونه: انتقال بار الکتریکی با توجه به حرکت الکترون‌ها توجیه می‌شود و پروتون‌ها در حالت عادی خود را درگیر این مسائل پیش‌پاافتاده نمی‌کنند!

۱۵- گزینه‌ی «۲» با توجه به نکته‌ی پایانی درس‌نامه‌ی ۰۳، داریم: $q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2} \rightarrow q'_1 = q'_2 = \frac{12 - 4}{2} \rightarrow q'_1 = q'_2 = 4 \mu C$

۱۶- گزینه‌ی «۴» در تست بالا، کره‌ی اول بار الکتریکی $8 \mu C$ را به دست می‌آورد و کره‌ی دوم همین مقدار بار را از دست می‌دهد. (چرا؟) لذا داریم: $q = -ne \rightarrow -8 \times 10^{-6} = -n \times (1/6 \times 10^{-19}) \rightarrow n = 5 \times 10^{13}$

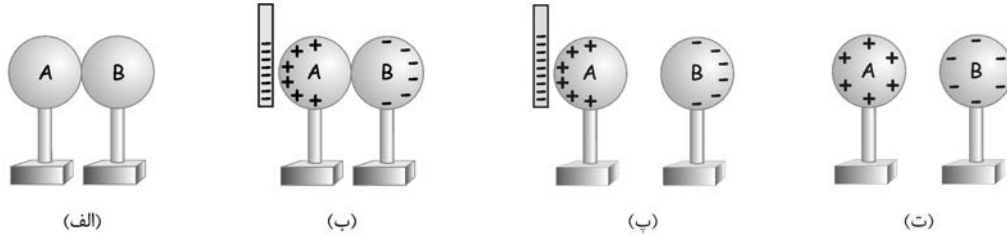
توجه واضح است که الکترون‌ها از کره‌ای که بار آن منفی‌تر است به کره‌ی دیگر منتقل می‌شوند. (چرا واضح است!؟)

۱۷- گزینه‌ی «۱»

۴ ایجاد بار الکتریکی به روش القا

برای ایجاد بار الکتریکی در یک جسم رسانای خنثا لازم نیست آلاً و بلاً از خارج از جسم بار الکتریکی وارد کرد! خود جسمی کلی بار الکتریکی دارد؛ منتها بار تفکیک نشده! بهتره تا بیشتر از این گیج نشدید، نمونه‌های زیر را بخوانید!

شکل ۷ مراحل ایجاد دو نوع بار الکتریکی در دو کره‌ی رسانا را به تصویر می‌کشد. نمونه ۱



شکل ۷: باردار کردن القایی: (الف) دو کره‌ی فلزی خنثای A و B در تماس با هم قرار می‌دهیم. (ب) میله‌ای با بار منفی را به کره‌ی A نزدیک می‌کنیم. الکترون‌های آزاد اصلاً از بار میله خوششون نمی‌یاد (!) و تعدادی از آن‌ها در اثر رانش الکتریکی میله، به کره‌ی B مسافرت می‌کنند و بیشترین فاصله را از میله می‌گیرند؛ کم‌بود الکترون‌ها در کره‌ی A، بار آن را مثبت می‌کند. (پ) در حضور میله، کره‌ها را از هم جدا می‌کنیم؛ به این ترتیب، کره‌ی A بار مثبت و کره‌ی B بار منفی پیدا می‌کند. (ت) میله را دور می‌کنیم؛ بارهای الکتریکی به سرعت در سرتاسر کره‌ها توزیع می‌شوند.

ایجاد بار در یک رسانا، بدون تماس آن با یک جسم باردار، «القای بار» نام دارد.

بارهای ایجاد شده در اثر القا هم‌اندازه و ناهم‌نامند.

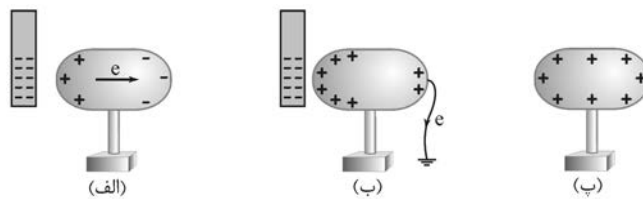
به بارهای ایجاد شده در اثر القا «بارهای القایی» گفته می‌شود.

ایجاد بار به روش القا مختص رساناهاست.

دقت کنید که در روش القا، هیچ‌گونه باری تولید نمی‌شود؛ بلکه بار منتقل می‌شود و مجموع بار کره‌ها تغییر نمی‌کند.

۸ برای ایجاد بار القایی لازم نیست حتماً دو تا کره داشته باشیم. در یک کره‌ی رسانای منزوی هم می‌توان بار القایی به دست آورد. نمونه‌ی زیر را ببینید!

شکل ۸ مراحل ایجاد بار الکتریکی مثبت را در یک رسانا نشان می‌دهد؛ خوب نگاه کنید! نمونه ۲



شکل ۸: ایجاد بار مثبت به روش القا: (الف) میله‌ای با بار منفی را به جسم نزدیک می‌کنیم. (ب) یک لحظه جسم را به زمین وصل می‌کنیم؛ رانش بار منفی میله تعدادی از الکترون‌های آزاد را به سمت زمین سوق می‌دهد و در نتیجه، جسم بار خالص مثبت می‌یابد. (پ) اتصال جسم با زمین را قطع و سپس میله را دور می‌کنیم؛ آن‌چه برپای مانده، قسم باردار واهاتره!

چرمشتر 


اگر ابتدا میله‌ی القاگر را دور و سپس اتصال جسم را با زمین قطع کنیم، چه اتفاقی می‌افتد؟ (البته برای

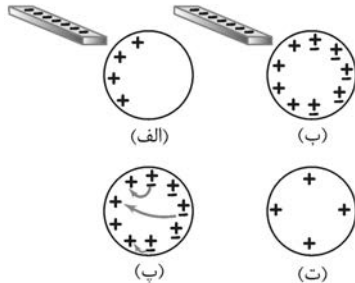
کره، نه برای میله یا چیز دیگه!)

نکته 

بار القایی با بار القاگر (که در این جا میله بود) **ناهم‌نام** است (بنابراین، اگر بخواهیم بار الکتریکی منفی روی

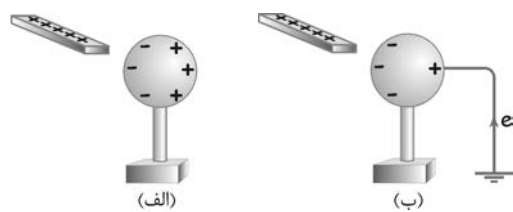
سطح کره ایجاد شود، باید از القاگری با بار **مثبت** استفاده کنیم).

بحث بیشتر 



شکل ۹: نحوه‌ی توزیع بار مثبت بر سرتاسر کره.

مگه نگفتید بار مثبت حرکت نمی‌کنه؟ پس چه‌طور در آخرین مرحله از القای بار - که میله را دور می‌کنیم - بار مثبت در سرتاسر کره پخش می‌شود؟ برای جواب کافی است به شکل ۹ نگاه کنید. شکل ۹-الف کره‌ای را نشان می‌دهد که در اثر القای الکتریکی، در یک طرف آن بار مثبت ایجاد شده است. شکل ۹-ب نیز همین است، منتها چند اتم خنثا را نیز با نماد \pm نشان داده‌ایم (به این معنی که تعداد بارهای + و - در یک اتم خنثا برابرند). وقتی میله را دور می‌کنیم، در مناطقی که متراکم از بار مثبت است، نوعی ناپایداری در اثر رانش بارها به‌وجود می‌آید که باعث می‌شود که تعدادی از الکترون‌ها به سمت این منطقه بیایند و برخی از بارهای مثبت را خنثا کنند (شکل ۹-ب). الکترونی که اتم مادرش را ترک کند، آن اتم را تبدیل به یون مثبت می‌کند. نتیجه‌ی این نقل و انتقالات را می‌توان در شکل ۹-ت مشاهده کرد؛ انگار که بارهای مثبت اولیه، خود در تمام سطح کره و در فاصله‌ی مناسب از یکدیگر (پایدارترین آرایش ممکن) پخش شده‌اند.



حالا تست ۱۷ را بررسی می‌کنیم. مطابق شکل الف، وقتی میله را به کره‌ی رسانا نزدیک می‌کنیم، بار منفی در سمت چپ کره و بار مثبت در سمت راست آن القا می‌شود. در این حالت درست است که مقداری از بار الکتریکی کره تفکیک شده است؛ اما از آن‌جا که تعداد بارهای مثبت و منفی برابرند، بار خالص کره برابر صفر است. زمانی که کره را به زمین وصل می‌کنیم، تعدادی الکترون از زمین به سمت کره هجوم می‌آورند و تعدادی از بارهای مثبت کره را خنثا می‌کنند و به این ترتیب، کره بار خالص منفی پیدا می‌کند (شکل ب).

خطر 


گاهی صحبت از این می‌شود که بارهای مثبت از کره به سمت زمین می‌روند و کره به‌طور منفی باردار می‌شود؛ دقت کنید که این تعبیر فقط برای ساده‌سازی به‌کار می‌رود و همان‌طور که بارها تأکید داشته‌ایم، در شرایط عادی پروتون‌ها امکان حرکت در حجم ماده‌ی رسانا را ندارند. حرکت الکترون‌ها از زمین به سمت کره، درست معادل حرکت فرضی بارهای مثبت از کره به سمت زمین است؛ هر دوی این روی‌دادها به خنثا شدن کره می‌انجامد. بنابراین، فقط برای سادگی کار، می‌توان حرکت بارهای منفی را در یک جهت، معادل حرکت بارهای مثبت در جهت مخالف فرض کرد.

۱۸- **گزینه‌ی «۴»** با نزدیک کردن میله به کره، در منطقه‌ای از کره که نزدیک‌تر به میله است بار مثبت و در منطقه‌ی دورتر بار منفی القا می‌شود. با بستن هر یک از کلیدها (فرقی نمی‌کند کدام کلید)، کره با زمین اتصال برقرار می‌کند و تعدادی بار منفی از کره به سمت زمین شارش می‌یابند و کره بار خالص مثبت پیدا می‌کند. (در هر دو حالت، بارهای مثبت کره تحت کشش بارهای منفی میله بر سطح کره باقی می‌مانند.)

توجه 

کلید در واقع نوعی سویچ است که وقتی بسته می‌شود، مانند یک سیم عمل می‌کند و بین اجزایی که به دو سر آن اتصال دارند، تماس الکتریکی برقرار می‌شود.

۱۹- **گزینه‌ی «۱»** با توجه به شکل رسم شده در صورت تست، در کره‌ی A، بار منفی و در کره‌ی C (که بیشترین فاصله را از میله دارد)، بار مثبت القا می‌شود. بارهای منفی تحت تأثیر جاذبه‌ی میله هستند و در لحظه‌ی بستن کلید k، مکان پرجاذبه‌ی خود را ول نمی‌کنند؛ اما تعدادی از بارهای مثبت کره‌ی C با الکترون‌هایی که از سمت زمین به سمت آن‌ها هجوم می‌آورند، خنثا می‌شوند. به این ترتیب، مجموعه‌ی کره‌ها بار منفی پیدا می‌کند و بعد از باز کردن کلید k و دور کردن میله، این بار منفی بر روی هر سه کره توزیع می‌شود.

چرمشتر 

قبل از دور کردن میله، بار کره‌ی B چگونه است؟