

فصل

الكتريسيته ساكن

## بار الکتریکی



با یک شانهٔ پلاستیکی موهایتان را (هنگامی که کاملاً خشک هستند) شانه کنید. حالا این شانه را به خرده‌های کاغذ نزدیک کنید؛ می‌بینید که خرده‌های کاغذ به شانه می‌چسبند. این آزمایش و خیلی از پدیده‌های دیگر (مثل رعدوبرق)، جلوه‌ای از خاصیت الکتریکی (کهربایی) موادند. در مثال زیر سه نمونهٔ دیگر از این پدیده‌ها را که در کتاب درسی‌تان آمده نام برده‌ایم.

(برگرفته از کتاب درسی)

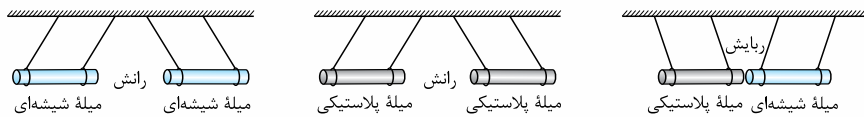
**مثال** کدام یک از پدیده‌های زیر بیانگر وجود ماهیت الکتریکی در مواد نیست؟

- ۱) جهت‌یابی پرندگان مهاجر  
 ۲) بالارفتن مارمولک از دیوار  
 ۳) انتقال پیام‌های عصبی در دستگاه اعصاب  
 ۴) تشکیل مولکول‌ها از به هم پیوستن اتم‌ها
- پاسخ** گزینهٔ «۱» جهت‌یابی پرندگان مهاجر، مغناطیسی است. در واقع پرندگان مهاجر میدان مغناطیسی زمین را درک می‌کنند و از این توانایی برای جهت‌یابی استفاده می‌کنند. در سه گزینهٔ دیگر، ماهیت الکتریکی مواد، بازیگر نقش اصلی است.

## انواع بار الکتریکی

منشأ خاصیت الکتریکی مواد، بارهای الکتریکی هستند. آزمایش زیر نشان می‌دهد که دو نوع بار الکتریکی داریم:

**آزمایش:** دو میلهٔ شیشه‌ای سبک را با پارچهٔ ابریشمی و دو میلهٔ پلاستیکی سبک را با پارچهٔ پشمی مالش می‌دهیم تا باردار شوند. سپس میله‌ها را مطابق شکل‌های زیر، نزدیک هم آویزان می‌کنیم. جهت‌گیری نخ‌ها، ربایش یا رانش دو میله را نشان می‌دهد. (در شکل‌های زیر به هم جنس یا غیرهم جنس بودن میله‌ها و نیروی رانش یا ربایش آن‌ها دقت کنید.)



**توضیح شکل‌ها:** در این شکل‌ها می‌بینیم که میله‌های غیرهم جنس (یعنی میلهٔ شیشه‌ای و میلهٔ پلاستیکی) یکدیگر را جذب و میله‌های هم جنس مثلاً دو میلهٔ شیشه‌ای یکدیگر را دفع می‌کنند.

از این آزمایش دو نتیجهٔ مهم می‌گیریم:

۱) از این که میله‌ها دو رفتار متفاوت (رانش و ربایش) نشان دادند، می‌فهمیم که دو نوع بار الکتریکی وجود دارد. چون اگر فقط یک نوع بار وجود داشت و بار همهٔ میله‌ها یکسان می‌شد، میله‌ها (بدون توجه به جنسشان)، یک رفتار از خودشان نشان می‌دادند؛ یعنی یا فقط همدیگر را جذب می‌کردند یا فقط همدیگر را دفع می‌کردند.

۲) از این که میله‌های هم جنس یکدیگر را دفع و میله‌های غیرهم جنس یکدیگر را جذب کردند می‌فهمیم که بارهای هم نام یکدیگر را می‌رانند و بارهای ناهم نام یکدیگر را می‌ربایند.

**حواستون باشه!** آگه آزمایش بالا رو فقط با یک نوع میله انجام می‌دادیم، نتیجهٔ آزمایش ناقص می‌شد. تست زیر رو ببینید.

**مثال** دو میلهٔ شیشه‌ای سبک را با پارچهٔ ابریشمی مالش داده، در نزدیکی هم قرار می‌دهیم و نیروهایی را که به هم وارد می‌کنند، بررسی می‌کنیم. از این آزمایش نتیجه می‌گیریم که ..... بار الکتریکی داریم و دو جسم با بارهای هم نام یکدیگر را ..... می‌کنند.

- ۱) دو نوع - جذب      ۲) دو نوع - دفع      ۳) حداقل یک نوع - جذب      ۴) حداقل یک نوع - دفع

**پاسخ** گزینهٔ «۴» در این آزمایش مشاهده می‌کنیم این دو میلهٔ هم جنس که به طور مشابه باردار شده‌اند، یکدیگر را دفع می‌کنند. پس نتیجه می‌گیریم بارهای مشابه (هم نام) یکدیگر را دفع می‌کنند (پس گزینه‌های ۱ و ۳ مردخ‌اند)؛ اما برای این که مطمئن شویم دو نوع بار الکتریکی داریم، باید آزمایش دیگری را هم انجام دهیم؛ یعنی باید دو میلهٔ غیرهم جنس (مثل میلهٔ شیشه‌ای که با پارچهٔ ابریشمی و میلهٔ پلاستیکی که با پارچهٔ پشمی مالش داده شده) را به هم نزدیک کنیم و از جذب شدن آن‌ها بفهمیم که بارهای آن‌ها هم نام نیست. بنابراین با آزمایشی که در صورت سؤال آمده فقط می‌توانیم بگوییم که حداقل یک نوع بار الکتریکی وجود دارد.

## چند نکته

۱) بار الکتریکی، یک کمیت فیزیکی است که آن را با حرف  $q$  نشان می‌دهیم و یکای آن در SI، کولن (C) است. البته  $1\text{C}$  بار خیلی بزرگی است<sup>۲</sup> و معمولاً در مسائل، بار الکتریکی را برحسب میکروکولن ( $\mu\text{C}$ ) یا نانوکولن ( $\text{nC}$ ) یا پیکوکولن ( $\text{pC}$ ) می‌دهند؛ به طوری که:

$$1\mu\text{C} = 10^{-6}\text{C}, 1\text{nC} = 10^{-9}\text{C}, 1\text{pC} = 10^{-12}\text{C}$$

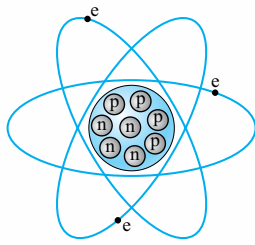
۲) بنیامین فرانکلین دو نوع بار الکتریکی را بار مثبت و بار منفی نام‌گذاری کرد. مثلاً در آزمایش بالا بار میلهٔ شیشه‌ای مثبت و بار میلهٔ پلاستیکی منفی است. خوبی این نام‌گذاری این است که ما می‌توانیم بارهای الکتریکی مثبت و منفی را با هم جمع جبری کنیم و از این طریق نشان دهیم که بارهای مثبت و منفی یکدیگر را خنثی می‌کنند.

۱- واژهٔ الکتریسیته از کلمهٔ یونانی الکترون (elektron) به معنی کهربا گرفته شده. کهربا پس از مالش، خرده‌های کاه را می‌رباید، برای همین اسمش را کهربا (کاه‌ریا) گذاشته‌اند.  
 ۲- برای این که بفهمید بار  $1\text{C}$  چه قدر بزرگ است همین بس که بدانید، باری که از آذرخش (صاعقه) به زمین منتقل می‌شود از مرتبهٔ  $10\text{C}$  است.

## منشأ بارهای الکتریکی

برای این که بفهمیم مواد ویژگی الکتریکی شان را از کجا آورده اند، باید ببینیم درون اتم چه خبر است و ذرات تشکیل دهنده آن چیست.

### ساختار اتم ها



می دانید که ذرات تشکیل دهنده اتم، **الکترون ها، پروتون ها و نوترون ها** هستند. مانند شکل روبه رو پروتون ها و نوترون ها در فضای کوچکی به نام هسته کنار هم قرار گرفته اند و الکترون ها در بیرون هسته به دور آن می چرخند. از میان این سه ذره، الکترون و پروتون دارای بار الکتریکی هستند. الکترون ها (e) بار منفی و پروتون ها (p) بار مثبت دارند و نوترون ها (n) هم خنثی (یعنی بدون بار الکتریکی) هستند.

**نکته** اندازه بار الکتریکی هر پروتون دقیقاً برابر اندازه بار الکتریکی هر الکترون است. مقدار بار الکتریکی یک پروتون برابر با  $1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$  و مقدار بار الکتریکی یک الکترون برابر با  $-1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$  است. به مقدار  $1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$  بار پایه می گوئیم<sup>۱</sup> و آن را با نماد e نشان می دهیم.

**جوانسون باشه!** نماد e فقط اندازه بار الکتریکی پروتون و الکترون را نشان می دهد و نوع بار (علامت آن) را تعیین نمی کند. در جدول زیر بار الکتریکی و جرم ذرات تشکیل دهنده اتم را با هم مقایسه کردیم. (نیازی به حفظ کردن جرم ها نیست، فقط همین قدر بدوید که جرم پروتون و نوترون تقریباً یکسان و جرم الکترون خیلی خیلی کم تر از نوترون و پروتون است.)

ذره	جرم (kg)	بار الکتریکی (C)
الکترون	$m_e = 9/11 \times 10^{-31}$	$q_e = -e = -1/6 \times 10^{-19}$
پروتون	$m_p = 1/673 \times 10^{-27}$	$q_p = +e = +1/6 \times 10^{-19}$
نوترون	$m_n = 1/675 \times 10^{-27}$	$q_n = 0$

**نکته** اگر در یک جسم:

$$n_e > n_p \Rightarrow q < 0$$

الف) تعداد الکترون ها بیشتر از پروتون ها باشد، بار جسم منفی است:

$$n_p > n_e \Rightarrow q > 0$$

ب) تعداد پروتون ها بیشتر از الکترون ها باشد، بار جسم مثبت است:

پ) تعداد پروتون ها و الکترون ها یکسان باشند، بار خالص جسم صفر است و اصطلاحاً می گوئیم جسم خنثی (یا بدون بار خالص الکتریکی) است:

$$n_e = n_p \Rightarrow q = 0$$

**جوانسون باشه!** فرق نوترون و اجسام خنثی این است که نوترون ذاتاً یک ذره خنثی است ولی اجسام خنثی با وجود داشتن الکترون و پروتون، خنثی هستند.

### بار الکتریکی کمیته کوانتومی است



شاید ندانید که کمیت کوانتومی چه جور کمیته است. پس اول تعریفی از کمیت های کوانتومی داشته باشیم. تعریف کوانتوم و کمیت های کوانتومی: بعضی از کمیت ها، مضرب صحیحی از یک مقدار ثابت اند. به این مقدار ثابت، کوانتوم و به این نوع کمیت ها، کوانتومی می گویند. به زبان ریاضی کمیت های کوانتومی را به این صورت بیان می کنیم:

مثلاً در شکل روبه رو تعداد کپسول های آنتی بیوتیک درون جعبه، یک کمیت کوانتومی است.

با این تعریف بار الکتریکی، نمونه خوبی برای کمیت های کوانتومی است؛ چرا که بار یک جسم همواره مضرب درستی از بار پایه (e) است. هرگاه از یک جسم خنثی n تا الکترون بگیریم، بار جسم برابر +ne و هرگاه به آن جسم n تا الکترون بدهیم، بار جسم برابر -ne می شود. بنابراین بار الکتریکی جسم (q) از رابطه روبه رو به دست می آید:

$$q = \pm ne$$

**نکته** در رابطه بالا  $\pm n$  مضرب صحیح و e مقدار ثابت بار (کوانتوم بار) است.

**مثال** بار الکتریکی جسمی  $-1 \mu\text{C}$  است. کدام گزینه درباره این جسم درست است؟ ( $e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$ )

(۱) این جسم  $6/25 \times 10^{12}$  الکترون دارد.

(۲) تعداد الکترون های این جسم  $6/25 \times 10^{12}$  تا بیشتر از پروتون های آن است.

(۳) این جسم  $6/25 \times 10^{18}$  الکترون دارد.

(۴) تعداد الکترون های جسم  $6/25 \times 10^{18}$  تا بیشتر از پروتون های آن است.

**پاسخ گزینه ۲** هر میکروکولن بار، معادل  $10^{-6} \text{ C}$  است؛ پس داریم:  $q = -ne \Rightarrow n = -\frac{q}{e} = \frac{1 \times 10^{-6}}{1/6 \times 10^{-19}} \Rightarrow n = 6/25 \times 10^{12}$

علامت منفی q نشان می دهد که تعداد الکترون های جسم (n) بیشتر از پروتون ها است.

۱- مقدار دقیق تر بار پایه  $1/6 \times 217653 \times 10^{-19} \text{ C}$  است.

**مثال** فرض کنید با مالش دادن یک میله شیشه‌ای ۸ سانتی‌متری به پارچه ابریشمی، هر سانتی‌متر میله  $5 \times 10^9$  الکترون از دست بدهد. بار میله چند نانوکولن می‌شود؟ ( $e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$ )

$$(1) \quad 6/4 \times 10^{-9} \quad (2) \quad 6/4 \quad (3) \quad 1/28 \times 10^{-2} \quad (4) \quad 12/8$$

**پاسخ گزینه ۲** طول میله ۸ cm است؛ پس میله در مجموع  $n = 8 \times 5 \times 10^9$  تا الکترون از دست داده است (بار میله مثبت است). بنابراین بار کل میله برابر است با:

$$q = +ne = +(8 \times 5 \times 10^9) \times (1/6 \times 10^{-19}) = 6/4 \times 10^{-9} \text{ C} = 6/4 \text{ nC}$$

### بایستگی بار الکتریکی

وقتی یک میله شیشه‌ای را با پارچه ابریشمی مالش دهیم، حدود یک میلیارد ( $10^9$ ) الکترون از میله شیشه‌ای به پارچه ابریشمی منتقل می‌شود. در اثر این انتقال، بار الکتریکی پارچه  $10^{-9} \text{ e}$  و بار الکتریکی میله شیشه‌ای  $10^9 \text{ e}$  خواهد شد. همین‌طور که می‌بینید جمع جبری بارهای میله شیشه‌ای و پارچه ابریشمی هم‌چنان صفر است. این پدیده ما را به این باور می‌رساند که:

«بار خالص در یک دستگاه بسته یا منزوی<sup>۱</sup> (مثل سیستم پارچه ابریشمی - میله شیشه‌ای) همواره ثابت است.»

این اصل پرکاربرد را در فیزیک، به عنوان «قانون بایستگی بار الکتریکی» می‌شناسیم. این قانون را این‌گونه می‌توان تفسیر کرد که: «بار الکتریکی نه آفریده می‌شود و نه نابود می‌شود؛ بلکه از جسمی به جسم دیگر منتقل می‌شود.»

**نکته** آن‌چه باعث می‌شود که در یک جسم، بار مثبت و در جسم دیگر بار منفی ظاهر شود، انتقال الکترون از یک جسم به جسم دیگر است (مانند انتقال الکترون از میله شیشه‌ای به پارچه ابریشمی).

**مثال** یک دستگاه بسته الکتریکی به ترتیب شامل سه جسم A، B و C با بارهای الکتریکی  $q_A = -12 \mu\text{C}$ ،  $q_B = +5 \mu\text{C}$  و  $q_C = +4 \mu\text{C}$

است. برای آن‌که در اثر جابه‌جایی بار بین این سه جسم بار هر سه جسم یکسان شود، بار هر جسم چه قدر باید تغییر کند؟

$$(1) \quad \Delta q_A = 11 \mu\text{C}, \Delta q_B = +6 \mu\text{C}, \Delta q_C = -5 \mu\text{C} \quad (2) \quad \Delta q_A = -11 \mu\text{C}, \Delta q_B = -6 \mu\text{C}, \Delta q_C = 5 \mu\text{C}$$

$$(3) \quad \Delta q_A = -11 \mu\text{C}, \Delta q_B = +6 \mu\text{C}, \Delta q_C = 5 \mu\text{C} \quad (4) \quad \Delta q_A = 11 \mu\text{C}, \Delta q_B = -6 \mu\text{C}, \Delta q_C = -5 \mu\text{C}$$

**پاسخ گزینه ۴** براساس قانون بایستگی بارهای الکتریکی، مجموع بار سه جسم ثابت می‌ماند؛ پس بار هر جسم بعد از جابه‌جایی برابر با یک سوم مجموع بارها است. یعنی:

$$q'_A = q'_B = q'_C = \frac{q_A + q_B + q_C}{3} = \frac{-12 + 5 + 4}{3} = -\frac{3}{3} = -1 \mu\text{C}$$

**گام دوم** بار هر کدام از جسم‌ها باید به  $-1 \mu\text{C}$  برسد. پس تغییرات هر کدام برابر است با:

$$\Delta q_A = q'_A - q_A = -1 - (-12) = 11 \mu\text{C}$$

$$\Delta q_B = q'_B - q_B = -1 - (+5) = -6 \mu\text{C}$$

$$\Delta q_C = q'_C - q_C = -1 - (+4) = -5 \mu\text{C}$$

(همین‌طور که می‌بینید جمع تغییرات بارها برابر صفره؛ یعنی بار کل ثابت می‌ماند.  $\Delta q_A + \Delta q_B + \Delta q_C = 0$ )

### رسانش الکتریکی

در علوم هشتم خوانده‌اید که اجسام از نظر توانایی عبور دادن بارهای الکتریکی به سه دسته تقسیم می‌شوند:

**(الف) اجسام رسانا:** بعضی از اجسام مانند طلا، پلاتین، نقره، مس و سایر فلزات به راحتی بارهای الکتریکی را از خود عبور می‌دهند. به این اجسام رسانای الکتریکی می‌گوییم. دلیل رسانا بودن این اجسام این است که در ساختار مولکولی‌شان الکترون آزاد دارند.

**(ب) اجسام نارسانا:** این اجسام چون الکترون آزاد ندارند، نمی‌توانند بارهای الکتریکی را از خود عبور دهند. اجسامی مثل چوب، لاستیک، تفلون، هوا و خیلی از نافلزات نارسانا هستند و از آن‌ها به عنوان عایق الکتریکی استفاده می‌شود.

**(پ) اجسام نیم‌رسانا:** تعداد الکترون آزاد، در ساختمان سه ماده ژرمانیم، گرافیت و سیلیسیم، به فراوانی اجسام رسانا و نایابی اجسام نارسانا نیست. این اجسام نه رسانای خوبی هستند و نه نارسانای مطمئنی! برای همین به آن‌ها نیم‌رسانا می‌گویند.

«وقتش رسیده که اولین تست‌های فیزیک یازدهم رو ببینید، یعنی تستای ۱ تا ۱۱!»

## روش‌های باردار کردن اجسام (مالش)

در کتاب درسی یازدهم فرض بر این گرفته شده که شما روش‌های باردار کردن اجسام رو از علوم هشتم فراموش نکرده‌اید. ولی از اون‌جایی که ما فوادمون آدما می‌فراموشکاری هستیم، تمهیم گرفتیم این مبهم رو یادآوری کنیم و مفاهیم جدید کتاب یازدهم رو هم بازنو کنیم.

۱- منظور از دستگاه منزوی در این‌جا دستگاهی است که نه از محیط اطراف خود بار بگیرد و نه به آن بار بدهد.



اجسام را به سه روش زیر می‌توانیم باردار کنیم:

۳ تماس

۲ القای الکتریکی

۱ مالش

حالا این روش‌ها را یکی یکی بررسی می‌کنیم.

### ۱- مالش

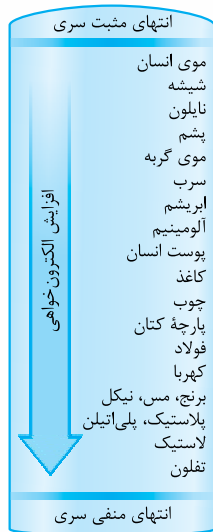
هر وقت سطح دو جسم را به هم مالش بدهیم، تعدادی الکترون از سطح یک جسم جدا (کننده) می‌شوند و به سطح جسم دیگر می‌چسبند. با این روش می‌توانیم هم اجسام رسانا و هم اجسام نارسانا را باردار کنیم؛ ولی حواسمان باید به چند نکته باشد:

#### چند نکته

۱) روش مالش بهترین و راحت‌ترین روش برای باردار کردن اجسام نارسانا است؛ ولی برای باردار کردن اجسام رسانا روش‌های بهتری هم وجود دارد.

۲) در اجسام نارسانا، بارهای الکتریکی فقط در محل تماس (مالش) مستقر می‌شوند (چون این اجسام نارسانا هستند و بارها نمی‌توانند در آن‌ها جابه‌جا شوند).

**سری الکتريسيته مالشی (سری تریبولکتریک):** یکی از دغدغه‌های ما این است که بدانیم وقتی یک جسم را به جسم دیگر مالش می‌دهیم، بار کدام یک مثبت و بار کدام یک منفی می‌شود. در واقع می‌خواهیم بدانیم کدام جسم الکترون از دست می‌دهد و کدام جسم الکترون می‌گیرد. برای همین اجسام را از نظر خاصیت الکترون‌خواهی در جدولی به نام «سری الکتريسيته مالشی (سری تریبولکتریک)» مرتب می‌کنیم (جدول روبه‌رو). در این جدول هر چه از «انتهای مثبت» سری به «انتهای منفی» آن نزدیک می‌شویم، میزان الکترون‌خواهی زیاد می‌شود. در واقع اگر اجسام بالاتر را به اجسام پایین‌تر جدول مالش بدهیم، جسم بالاتر الکترون از دست می‌دهد و مثبت می‌شود و جسم پایین‌تر الکترون می‌گیرد و منفی می‌شود. (یه فیر فوب! لازم نیست جدول تریبولکتریک رو فقط کنید.)



با توجه به جدول سری تریبولکتریک چند مثال از مالش دو جسم را در جدول زیر آورده‌ایم:

دو جسمی که به هم مالش می‌دهیم	جسمی که بار آن مثبت می‌شود (یعنی الکترون از دست می‌دهد)	جسمی که بار آن منفی می‌شود (یعنی الکترون می‌گیرد)
میله شیشه‌ای و پارچه ابریشمی	میله شیشه‌ای	پارچه ابریشمی
میله پلاستیکی و پارچه پشمی	پارچه پشمی	میله پلاستیکی
روکش نایلونی و ظرف پلاستیکی	روکش نایلونی	ظرف پلاستیکی
موی انسان و شانه چوبی	موی انسان	شانه چوبی

**مثال** میله شیشه‌ای A را به موی سر خودمان و میله شیشه‌ای B را به پارچه کتان مالش می‌دهیم و دو میله را به هم نزدیک می‌کنیم. بار میله شیشه‌ای A ..... و دو میله یکدیگر را ..... می‌کنند.

انتهای مثبت سری	
موی انسان	(۱) مثبت، دفع
شیشه	(۲) مثبت، جذب
کتان	(۳) منفی، دفع
انتهای منفی سری	(۴) منفی، جذب

**پاسخ** گزینه «۴» در جدول سری تریبولکتریک موی انسان نسبت به شیشه به انتهای مثبت نزدیک‌تر است. پس در مالش میله شیشه‌ای A به موی انسان، بار میله A منفی و بار مو مثبت می‌شود. اما کتان نسبت به شیشه به انتهای منفی جدول نزدیک‌تر است، پس در مالش میله شیشه‌ای B به پارچه کتان، بار میله B مثبت و بار پارچه منفی می‌شود. با توجه به این که بار دو میله شیشه‌ای A و B ناهم‌نام است، این دو یکدیگر را جذب می‌کنند.



**مثال**

جسم A را به جسم B و جسم C را به جسم D مالش می‌دهیم. با توجه به جدول سری الکتروسیسته مالشی (سری تریبوالکتریک) روبه‌رو کدام دو جسم یکدیگر را دفع می‌کنند؟

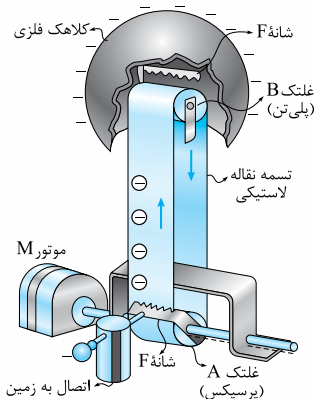
انتهای مثبت سری
A
B
C
D
انتهای منفی سری

- 1) B و A
- 2) D و A
- 3) C و B
- 4) D و B

براساس سری الکتروسیسته مالشی داده‌شده در صورت سؤال، بار هر کدام از جسم‌ها پس از مالش به صورت جدول زیر خواهد بود: **گزینه «۴»**

جسمی که به هم مالش می‌دهیم	جسمی که بار آن مثبت می‌شود (یعنی الکترون از دست می‌دهد)	جسمی که بار آن منفی می‌شود (یعنی الکترون می‌گیرد)
B و A	A	B
D و C	C	D

می‌دانید که اجسام با بار هم‌نام یکدیگر را دفع می‌کنند؛ یعنی A و C یا B و D! پس گزینه (۴) درست است.



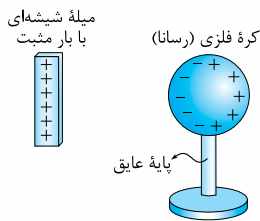
**مولد وان‌دوگراف:** شکل روبه‌رو نمونه‌ای از مولد وان‌دوگراف است. مولد وان‌دوگراف دستگاهی است که با باردار کردن کلاهک فلزی‌اش می‌توانیم آزمایش‌های الکتروستاتیکی جذابی را انجام دهیم. آن چه شما باید از این دستگاه بدانید در همین حد است که با چرخاندن تسمه نقاله لاستیکی با روش مالش کلاهک فلزی آن باردار می‌شود. این را هم اضافه‌تر بدانید که بعضی از مولدهای وان‌دوگراف برای ایجاد بار منفی و بعضی دیگر برای ایجاد بار مثبت بر روی کلاهک ساخته شده‌اند.

برای این‌که متوجه بشوید این درس‌نامه رو فوب یاد گرفتید یا نه تستای ۱۲ تا ۱۸ رو بررسی کنید.

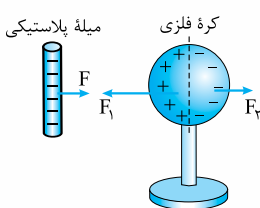
## ۲ ادامه روش‌های باردار کردن اجسام (القای الکتریکی و تماس)

### ۲.۱ القای الکتریکی

این‌که بارهای هم‌نام یکدیگر را دفع و بارهای ناهم‌نام یکدیگر را جذب می‌کنند، اساس پدیده القای الکتریکی است. به شکل روبه‌رو نگاه کنید! وقتی یک میله شیشه‌ای با بار مثبت را به یک کره فلزی خنثی نزدیک می‌کنیم، الکترون‌های درون کره فلزی به طرف میله شیشه‌ای جذب می‌شوند. برای همین، بار یک سمت کره فلزی منفی و بار در طرف دیگر آن مثبت می‌شود. به این اتفاق **القای الکتریکی** می‌گوییم. در واقع القای الکتریکی جابه‌جاشدن بار الکتریکی درون یک جسم در اثر نیروی جاذبه یا دافعه الکتریکی است.



**حواستون باشه!** در پدیده القا نیازی به تماس دو جسم (الفاکننده و الفاشونده) نیست.

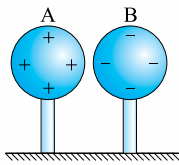


**نکته** در القای الکتریکی همیشه جسم الفاکننده و جسم الفاشونده همدیگر را جذب می‌کنند. در شکل روبه‌رو می‌بینید که درون کره فلزی بارهای مثبت به میله پلاستیکی (که بارش منفی است) نزدیک‌ترند؛ به همین دلیل نیروی جاذبه الکتریکی ( $F_1$ ) از نیروی دافعه ( $F_2$ ) قوی‌تر است؛ پس دو جسم همدیگر را جذب می‌کنند.

حالا می‌خواهیم ببینیم که چه‌طور با روش القا می‌توانیم اجسام رسانا را باردار کنیم:

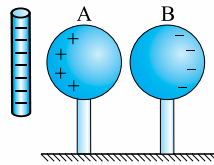
باردار کردن یک جسم رسانا با روش القا: در شکل‌های زیر، باردار کردن با این روش را از دو راه نشان داده‌ایم و توضیحش را هم زیر شکل‌ها آورده‌ایم (شکل‌ها را از راست به چپ ببینید):

راه اول:



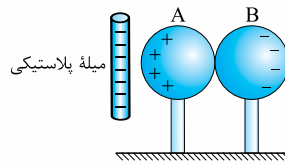
شکل (ت)

با دور کردن میله، بار کره A مثبت و بار کره B منفی می‌ماند.



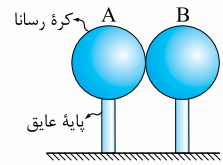
شکل (پ)

در حالی که میله پلاستیکی هنوز در نزدیکی کره A قرار دارد، دو کره را از هم جدا می‌کنیم تا بارهای القا شده در دو کره به دام بیفتند.



شکل (ب)

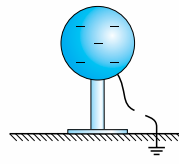
یک جسم باردار مثل میله پلاستیکی با بار منفی را از یک طرف به یکی از کره‌ها نزدیک می‌کنیم. همین‌طور که در شکل نشان داده‌ایم، آرایش بارها روی دو کره تغییر می‌کند.



شکل (الف)

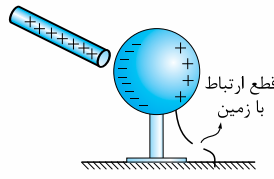
دو کره رسانای A و B خنثی را به هم تماس می‌دهیم.

راه دوم:



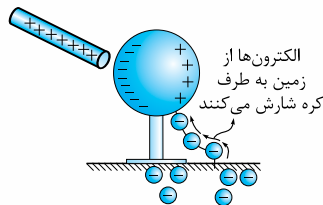
شکل (ت)

حالا میله شیشه‌ای را هم دور می‌کنیم و به این ترتیب بار کره، منفی (مخالف بار میله) می‌شود.



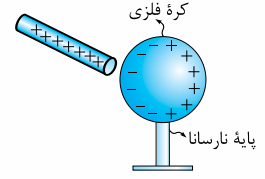
شکل (پ)

هنوز جسم القاکننده (میله شیشه‌ای) را دور نکرده‌ایم که ارتباط با زمین را قطع می‌کنیم. به این ترتیب الکترون‌های افزوده‌شده به کره به دام می‌افتند.



شکل (ب)

در حالی که میله شیشه‌ای در جای خود قرار دارد، یکی از نقطه‌های کره را به زمین اتصال می‌دهیم. در اثر این اتصال الکترون‌ها از زمین به سطح کره منتقل می‌شوند و بار منفی کره را افزایش می‌دهند.



شکل (الف)

یک جسم باردار (مثل میله شیشه‌ای با بار مثبت) را به یک کره فلزی نزدیک می‌کنیم. می‌بینید که الکترون‌ها به طرف میله مثبت کشیده می‌شوند و آرایش بارها روی کره تغییر می‌کند.

**حواستون باشه!** در شکل (ب) راه دوم، فرقی نمی‌کنه که از کدام طرف کره رو به زمین متصل می‌کنیم. مثلاً آله طرف منفی (سمت پ) رو هم به زمین اتصال بدیم، باز هم الکترون از زمین به کره منتقل می‌شه.

چند نکته

1) همین‌طور که می‌بینید در هر دو راه که در بالا نشان دادیم، جسم القاکننده (میله) با جسم القا شونده (کره‌ها) تماس نداشتند. برای همین به روش القای الکتریکی، روش باردار کردن بدون تماس هم می‌گوییم.

2) در راه دوم که جسم رسانا را به زمین اتصال می‌دهیم، همیشه بار جسم القا شونده (کره رسانا) و جسم القاکننده (میله باردار) مخالف هم می‌شود.

**مثال** یک میله شیشه‌ای با بار مثبت روی سطح زمین قرار دارد. مطابق شکل دو میله مسی خنثی را به آرامی روی آن قرار می‌دهیم. اگر میله مسی A را برداریم، بار خالص میله A ..... و بار خالص میله B ..... خواهد شد. (در هنگام آزمایش دست خود را با دستکش عایق پوشانده‌ایم.)

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

**پاسخ گزینه ۱** بار مثبت میله شیشه‌ای، بارهای منفی میله‌های مسی را به سمت خود می‌کشد. پس میله B منفی و میله A مثبت می‌شود (شکل روبه‌رو). حالا اگر میله A را برداریم، میله A مثبت و میله B منفی می‌ماند.

**حواستون باشه!** چون شیشه نارسانا است، جابه‌جایی بار بین میله‌های مسی و شیشه ناچیز است.

**مثال** مطابق شکل روبه‌رو یک میله پلاستیکی با بار منفی را به یک کره فلزی خنثی نزدیک می‌کنیم. سپس بدون آن که میله را دور کنیم برای مدت کوتاهی کره را به زمین اتصال می‌دهیم. در نهایت تجمع بارهای ..... در سطح کره در طرف میله بیشتر بوده و بار کل کره ..... می‌شود.

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

**پاسخ گزینه ۲** **گام اول** مطابق شکل (الف) میله پلاستیکی منفی در اثر القای الکتریکی الکترون‌های سطح کره را دفع می‌کند؛ پس چه قبل از تماس کره با زمین و چه بعد از آن، بارهای مثبت روی سطح کره در طرف نزدیک به میله تجمع می‌کنند.

**گام دوم** وقتی کره را به زمین اتصال می‌دهیم، الکترون‌ها از میله پلاستیکی بیشتر فاصله می‌گیرند؛ یعنی از سطح کره به زمین منتقل می‌شوند (شکل ب). در نتیجه بار کل کره مثبت می‌شود (شکل پ).

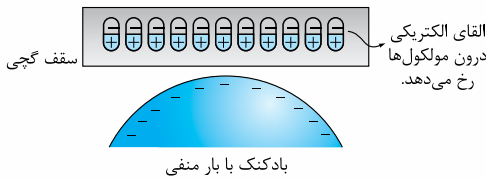
**حواستون باشه!** فرقی نمی‌کند که کدام نقطه کره را به زمین اتصال بدهیم. در هر صورت الکترون از کره به زمین منتقل می‌شود.

شاید این سؤال‌ها به فکر شما هم رسیده باشد که:

۱ آیا در اجسام نارسانا هم پدیده القای الکتریکی رخ می‌دهد؟

۲ آیا می‌توانیم اجسام نارسانا را هم با روش القا باردار کنیم؟

**پاسخ به سؤال اول:** در اجسام نارسانا هم القای الکتریکی دیده می‌شود؛ اما یک تفاوت عمده با القا در اجسام رسانا دارد. اجسام نارسانا برخلاف رساناها الکترون آزاد ندارند؛ در نتیجه الکترون‌ها روی سطح و داخل جسم جابه‌جا نمی‌شوند و القا فقط در درون ذره (مولکول یا اتم) رخ می‌دهد. یعنی در اثر القای الکترون‌های درون اتم جابه‌جا می‌شوند و یک طرف ذره را مثبت و طرف دیگر آن را منفی می‌کنند و به این ترتیب درون جسم دوقطبی‌های کوچک الکتریکی تشکیل می‌شود. مثلاً در شکل روبه‌رو بادکنک باردار در اثر القای مولکول‌های سطح سقف را دوقطبی کرده است.



بادکنک باردار در اثر القای مولکول‌های سطح دیوار یا سقف را دوقطبی می‌کند و به این ترتیب بادکنک به سقف می‌چسبد.

حالا سؤال دوم را یک بار دیگر تکرار می‌کنیم: «آیا می‌توانیم اجسام نارسانا را هم با روش القا باردار کنیم؟» این دفعه پاسخ ما نه! است. می‌دانیم که نارساناها الکترون آزاد ندارند؛ پس نمی‌توانند با یک تماس معمولی به زمین الکترون بگیرند یا از دست بدهند. (یادتون که ترفته! اجسام نارسانا با روش مالش باردار می‌شوند.)

**چند نکته**

۱ در شرایط یکسان، اثر القای الکتریکی در جسم رسانا شدیدتر از جسم نارسانا است؛ چون در جسم رسانا الکترون‌ها می‌توانند آزادانه حرکت کنند.

۲ در القای الکتریکی چه در اجسام رسانا و چه در اجسام نارسانا، جسم القاکننده (باردار) و جسم القا شونده (خنثی) یکدیگر را جذب می‌کنند؛ زیرا همیشه جسم القاکننده بار مخالفش را به سمت خودش می‌کشد.

**مثال** جسم A یک رسانا و جسم B یک نارسانا با مولکول‌های قطبی و جسم C یک نارسانا با مولکول‌های غیرقطبی است. هر سه جسم را نزدیک یک میله باردار قرار می‌دهیم. میله باردار ..... (هر سه جسم خنثی هستند).

(۱) هر سه جسم را می‌ریاید.  
(۲) جسم A را می‌ریاید و بر جسم B و C بی‌اثر است.  
(۳) جسم‌های A و B را می‌ریاید و بر جسم C بی‌اثر است.  
(۴) جسم A را می‌راند، جسم B را می‌ریاید و بر جسم C بی‌اثر است.

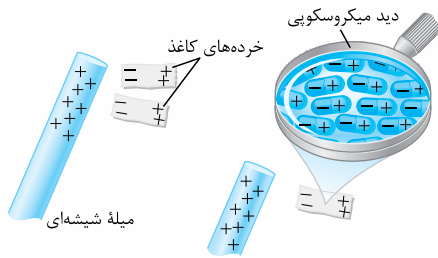
**پاسخ گزینه ۱** همین‌طور که گفتیم القای الکتریکی در همه اجسام رخ می‌دهد و همیشه جسم القاگر، جسم خنثی را جذب می‌کند.

**حواستون باشه!** در این تست اگر شکل و اندازه جسم‌ها مشابه و فاصله هر سه از میله باردار به یک اندازه باشد، میله باردار جسم رسانا را با نیروی بزرگ‌تری جذب می‌کند؛ زیرا همان‌طور که گفتیم اثر القای الکتریکی در اجسام رسانا شدیدتر است.



نمونه‌هایی از پدیده القای الکتریکی:

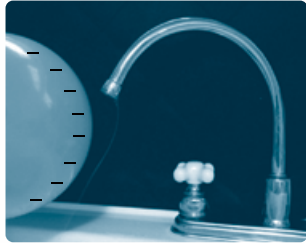
(الف) جذب خرده‌های کاغذ توسط میله باردار:



یک میله باردار خرده‌های کاغذ را در اثر القای الکتریکی، جذب می‌کند. در شکل روبه‌رو می‌بینید که با نزدیک کردن میله شیشه‌ای باردار به خرده‌های کاغذ، مولکول‌های کاغذ به صورت دوقطبی‌های منظم در کنار هم قرار می‌گیرند. (در دید میکروسکوپی می‌بینید که چطور میله شیشه‌ای در اثر القا، مولکول‌های کاغذ را به صورت دوقطبی‌های الکتریکی کنار هم منظم می‌کند).

با توجه به جهت دوقطبی‌های الکتریکی درون خرده‌های کاغذ، آن سمت کاغذ که به میله شیشه‌ای با بار مثبت نزدیک‌تر است، منفی می‌شود و در نتیجه میله شیشه‌ای خرده‌های کاغذ را جذب می‌کند.

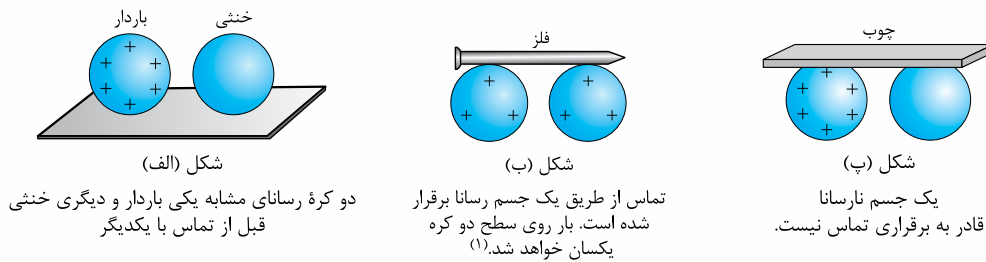
(ب) انحراف باریکه آب توسط بادکنک باردار:



همین‌طور که در شکل می‌بینید با نزدیک کردن بادکنک باردار به باریکه آب، مسیر باریکه به سمت بادکنک خم می‌شود. دلیل این پدیده هم القای الکتریکی است. مولکول‌های آب خودشان ذاتاً دوقطبی هستند و القای الکتریکی فقط باعث می‌شود طرف مثبت مولکول‌ها به سمت بادکنک منفی قرار بگیرند و در نتیجه باریکه آب به طرف بادکنک تغییر مسیر دهد.

۳- تماس

تماس دو جسم رسانا به هم، راه را برای انتقال بار بین آن دو جسم باز می‌کند مثلاً اگر کره‌های رسانای شکل (الف) را مانند شکل (ب) به کمک یک جسم رسانا به هم تماس دهیم. بلافاصله کره خنثی باری هم‌نام با جسم باردار پیدا می‌کند. **اواسنون باشه!** برای انتقال بار از روش تماس باید دو جسم و جسم اتصال‌دهنده، رسانا باشند. مثلاً در شکل (پ) چوب نمی‌تواند بار الکتریکی منتقل کند.



شکل (الف) دو کره رسانای مشابه یکی باردار و دیگری خنثی قبل از تماس با یکدیگر  
شکل (ب) تماس از طریق یک جسم رسانا برقرار شده است. بار روی سطح دو کره یکسان خواهد شد.<sup>(۱)</sup>  
شکل (پ) یک جسم نارسانا قادر به برقراری تماس نیست.

چند نکته

- بر اساس قانون پایستگی بارهای الکتریکی، مجموع بار الکتریکی دو جسم قبل و بعد از تماس برابر است:  $q_1 + q_2 = q'_1 + q'_2$
- اگر دو کره فلزی مشابه را به هم تماس دهیم (مثل شکل (ب))، بار الکتریکی به مقدار مساوی بینشان تقسیم می‌شود:  $q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2}$

**مثال** دو کره فلزی مشابه که روی پایه‌های عایقی سوارند، دارای بارهای الکتریکی  $q_1 = -2 \mu\text{C}$  و  $q_2 = +10 \mu\text{C}$  هستند. اگر این دو کره را با هم تماس دهیم و سپس از هم جدا کنیم، بار الکتریکی هر یک چند میکروکولن می‌شود؟

پاسخ گزینه «۳» مجموع بار دو کره مشابه، به نسبت مساوی بین آنها تقسیم می‌شود. اگر بار الکتریکی دو کره را پس از تماس،  $q'_1$  و  $q'_2$  بنامیم، خواهیم داشت:

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

**مثال** کره‌های رسانای A و B به ترتیب حامل بار  $+8 \mu\text{C}$  و  $-2 \mu\text{C}$  هستند و کره رسانای C خنثی است. کره‌های A و C را با هم تماس داده، از هم جدا می‌کنیم؛ سپس کره C را به کره B تماس داده، جدا می‌کنیم. بار الکتریکی نهایی کره‌های A و B به ترتیب از راست به چپ چند میکروکولن است؟ (کره‌ها مشابه‌اند.)

پاسخ گزینه «۳» ابتدا دو کره A و C را تماس می‌دهیم:

$$q'_A = q'_C = \frac{q_A + q_C}{2} = \frac{+8 + 0}{2} = +4 \mu\text{C}$$

دیگر با کره A کاری نداریم و بار آن همین مقدار  $+4 \mu\text{C}$  باقی می‌ماند.

**گام دوم** حالا کره C را که بارش  $+4 \mu\text{C}$  است به کره B که بارش  $-2 \mu\text{C}$  است تماس می‌دهیم:

$$q''_B = q''_C = \frac{q_B + q'_C}{2} = \frac{-2 + 4}{2} = +1 \mu\text{C}$$

بار نهایی کره B هم  $+1 \mu\text{C}$  می‌شود.

۱- در این شکل از باری که روی میخ باقی می‌ماند چشم‌پوشی کردیم.

# ۴ الکتروسکوپ (برق‌نما)

یکی از دستگاه‌های آزمایشگاهی ساده در الکتروسیسته ساکن، الکتروسکوپ (یا همان برق‌نما) است.

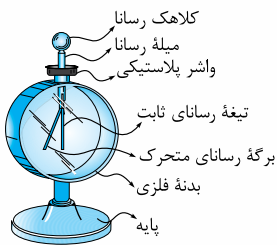
## ساختمان الکتروسکوپ

در شکل روبه‌رو تصویر یک الکتروسکوپ و اجزای تشکیل‌دهنده آن را می‌بینید.

**نکته** در حالتی که جسم بارداری نزدیک کلاهک الکتروسکوپ نباشد:

**الف** اگر الکتروسکوپ خنثی باشد تیغه‌ها (یا تیغه و برگه) به هم می‌چسبند.

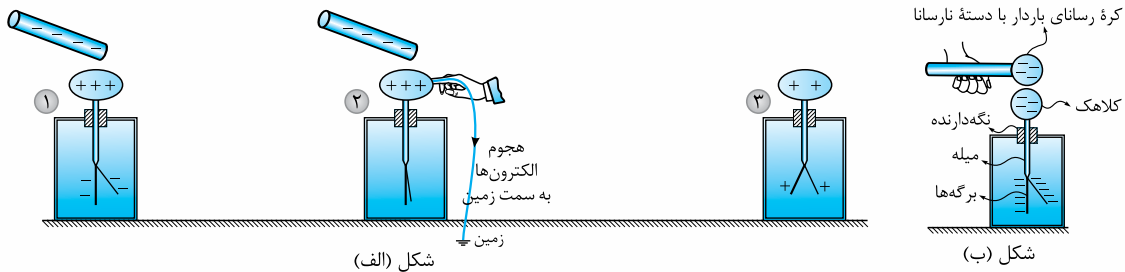
**ب** اگر الکتروسکوپ باردار باشد، تیغه‌ها (یا تیغه و برگه) از هم فاصله می‌گیرند.



**پرسش** چگونه می‌توانیم یک الکتروسکوپ را باردار کنیم؟

**پاسخ** الکتروسکوپ را مثل یک جسم رسانا می‌توانیم با روش القا یا روش تماس باردار کنیم. شکل‌های (الف) (از چپ به راست) باردار شدن یک الکتروسکوپ

از روش القا و شکل (ب) باردار شدن یک الکتروسکوپ از روش تماس را نشان می‌دهد.



میله باردار را به کلاهک الکتروسکوپ خنثی نزدیک می‌کنیم تا در اثر القا، بارها در الکتروسکوپ جابه‌جا شوند.

در حالی که میله باردار را هنوز دور نکرده‌ایم کلاهک را به زمین تماس می‌دهیم تا الکتروسکوپ باردار شود.

ابتدا تماس با زمین را قطع و سپس میله را دور می‌کنیم.

**حواستون باشه!** در روش القا، بار الکتروسکوپ مخالف بار جسم القاکننده و در روش تماس، بار الکتروسکوپ هم‌نام بار جسم رسانا می‌شود.

## کاربردهای الکتروسکوپ

با چند آزمایش ساده کاربردهای الکتروسکوپ را بیان می‌کنیم.

**۱- تشخیص وجود بار الکتریکی در یک جسم:** برای این کار جسم موردنظر

را به کلاهک یک الکتروسکوپ خنثی نزدیک می‌کنیم؛ اگر با نزدیک کردن

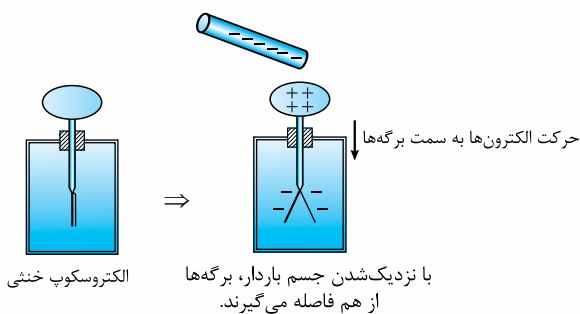
جسم، برگه‌ها از هم فاصله گرفتند، یعنی جسم باردار است (شکل روبه‌رو).

علت این امر مهاجرت بارهای هم‌نام با جسم از کلاهک به برگه‌ها است. از

آن جایی که بار برگه‌ها هم‌نام می‌شوند، این دو یکدیگر را می‌رانند.

**۲- تشخیص نوع بار جسم:** جسمی با بار نامعلوم را از فاصله نسبتاً دور، به آرامی

به کلاهک الکتروسکوپ که بار آن معلوم است نزدیک می‌کنیم. اگر مثل

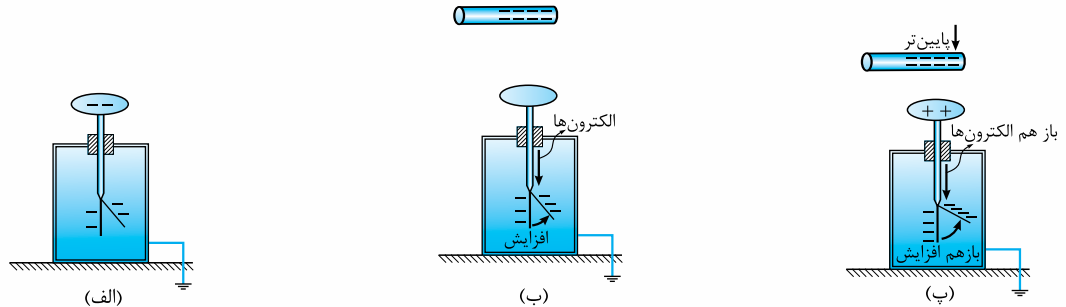


با نزدیک شدن جسم باردار، برگه‌ها از هم فاصله می‌گیرند.

شکل‌های (۱) از همان ابتدا برگه شروع به دورتر شدن از تیغه کرد، یعنی بار جسم هم‌نام بار الکتروسکوپ است؛ اما اگر مثل شکل‌های (۲) در ابتدا

برگه به تیغه نزدیک شد و سپس دور شد، یعنی که بار جسم و الکتروسکوپ مخالف یکدیگر است.

۱- در کتاب فیزیک ۲ مطلق با عنوان «الکتروسکوپ» وجود ندارد، اما شما الکتروسکوپ رو در علوم هشتم خوندید. فوندن یا فونندن این درس نامه بستگی به نظر معلمتون داره.

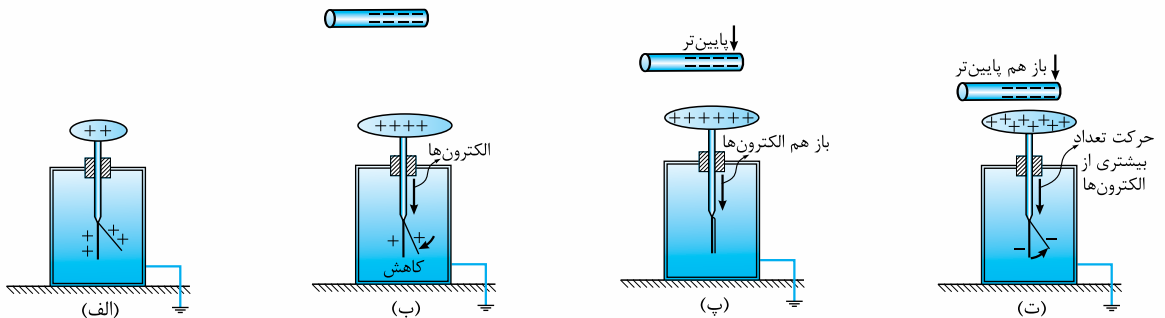


(الف) بار الکتروسکوپ ابتدا منفی است.

(ب) با نزدیک کردن میله به بار منفی، الکترون‌ها از کلاهک به تیغه‌ها مهاجرت می‌کنند.

(پ) اگر میله را به کلاهک نزدیک کنیم، بار هم الکترون بیشتری از کلاهک به تیغه‌ها منتقل می‌شود (یعنی کلاهک مثبت می‌شود).

شکل‌های (۱)



(الف) بار الکتروسکوپ ابتدا مثبت است.

(ب) با نزدیک کردن میله منفی، الکترون‌ها از کلاهک به تیغه‌ها می‌روند و بار مثبت تیغه‌ها را خنثی می‌کنند.

(پ) اگر میله را نزدیک‌تر کنیم، تیغه‌ها کاملاً خنثی می‌شوند و به هم می‌چسبند.

(ت) و اگر بار هم میله را بیشتر نزدیک کنیم، تیغه‌ها منفی شده و دوباره از هم دور می‌شوند.

شکل‌های (۲)

**نکته** در شکل‌های (۲) اگر جسم باردار را خیلی سریع به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک کنیم، ممکن است بسته‌شدن ابتدایی برگه‌ها را نبینیم و تنها با مشاهده بازشدن نهایی ورقه‌ها، بار جسم را به اشتباه مانند شکل‌های (۱) هم‌نام با بار الکتروسکوپ تشخیص دهیم.

**مثال** یک میله پلاستیکی با بار منفی را به طور ناگهانی به کلاهک یک الکتروسکوپ نزدیک می‌کنیم. زاویه بین برگه متحرک و تیغه الکتروسکوپ افزایش می‌یابد. بار خالص الکتروسکوپ کدام است؟

(۱) منفی      (۲) خنثی      (۳) مثبت      (۴) نمی‌توان تعیین کرد

**پاسخ** گزینه «۴» این مثال رو آوردم تا آگه نکته بالا رو نفونینر هتماً بفونینر!

**۳- تشخیص رسانا یا نارسانا بودن یک جسم:** برای این که بفهمیم یک جسم رسانا هست یا نه، کافی است که یک سر جسم موردنظر را در دستمان (بدون دستکش) بگیریم و سر دیگر آن را به کلاهک الکتروسکوپ باردار تماس بدهیم. اگر جسم موردنظر رسانا باشد، تیغه‌های الکتروسکوپ به هم می‌چسبند؛ چون بار الکتریکی از طریق جسم و بدن ما به زمین منتقل می‌شود و الکتروسکوپ خنثی می‌شود.

بخش اول این فصل تموم شد. تستای مربوط به این درس نامه شماره‌های ۳۳ تا ۴۱ هستن.

## پرسش‌های بخش ۱: مفاهیم اولیه الکتروسیستۀ ساکن

### بار الکتریکی

وقتشه که اولین تست‌های فیزیک بازدهم رو بررسی کنید. آگه درس‌نامه این بخش رو نفونید، دست به قلم نشید! اول درس‌نامه رو بفونید و بعد باید سراغ تست‌ها

۱- بار الکتریکی پروتون، نوترون و الکترون به ترتیب از راست به چپ چند کولن است؟

- (۱)  $1/6 \times 10^{-19}$ ،  $-1/6 \times 10^{-19}$  و صفر  
 (۲)  $-1/6 \times 10^{-19}$ ،  $1/6 \times 10^{-19}$  و صفر  
 (۳)  $1/6 \times 10^{-19}$ ، صفر و  $-1/6 \times 10^{-19}$   
 (۴)  $-1/6 \times 10^{-19}$ ، صفر و  $1/6 \times 10^{-19}$

۲- در یک آزمایش، یک صفحه فلزی دارای بار مثبت می‌شود. دلیل مثبت شدن بار صفحه فلزی کدام است؟

- (۱) پروتون‌ها از یک جسم دیگر به صفحه فلزی منتقل می‌شوند.
- (۲) الکترون‌ها از صفحه فلزی به یک جسم دیگر منتقل می‌شوند.
- (۳) الکترون‌ها از صفحه فلزی به یک جسم دیگر و پروتون‌ها از یک جسم دیگر به صفحه فلزی منتقل می‌شوند.
- (۴) پروتون‌ها از صفحه فلزی به یک جسم دیگر و الکترون‌ها از یک جسم دیگر به صفحه فلزی منتقل می‌شوند.

۳- بار الکتریکی در ماده همواره:

- (۱) مضرب درستی از بار الکتریکی پایه است.
- (۲) کمیت پیوسته‌ای است که بی‌نهایت بار قابل تقسیم شدن است.
- (۳) مضربی از یک کولن است.
- (۴) کمیت پیوسته‌ای است که نمی‌تواند کم‌تر از بار الکتریکی پایه باشد.

۴- چند الکترون باید از یک سکه خنثی خارج شود تا بار الکتریکی آن  $+1 \mu\text{C}$  شود؟  $(e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C})$

- (۱)  $1/6 \times 10^6$  (۲)  $1/6 \times 10^{12}$  (۳)  $6/25 \times 10^6$  (۴)  $6/25 \times 10^{12}$

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

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

۶- جسمی را به وسیله مالش باردار کرده‌ایم. کدام گزینه، نمی‌تواند گزارش درستی از مقدار بار این جسم باشد؟  $(e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C})$

- (۱)  $3/2 \times 10^{-19} \text{ C}$  (۲)  $6/4 \times 10^{-20} \text{ C}$  (۳)  $8 \times 10^{-19} \text{ C}$  (۴)  $16 \times 10^{-20} \text{ C}$

۷- بار الکتریکی یک کره فلزی  $8 \mu\text{C}$  است. اگر این کره فلزی ..... الکترون ..... بار آن خنثی می‌شود.

- (۱)  $2 \times 10^{13}$  بگیرد (۲)  $2 \times 10^{13}$  از دست بدهد (۳)  $5 \times 10^{13}$  بگیرد (۴)  $5 \times 10^{13}$  از دست بدهد

۸- دو جسم خنثای A و B در اثر مالش جداگانه با جسم خنثای C به ترتیب بار الکتریکی  $2 \text{ nC}$  و  $-8 \text{ nC}$  پیدا می‌کنند. کدام مورد درست است؟  $(e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C})$

(۱)  $1/25 \times 10^9$  الکترون از A به C و  $5 \times 10^2$  پروتون از B به C منتقل شده است.

(۲)  $1/25 \times 10^9$  الکترون از A به C و  $5 \times 10^2$  الکترون از C به B منتقل شده است.

(۳)  $1/25 \times 10^9$  الکترون از A به C و  $5 \times 10^1$  پروتون از B به C منتقل شده است.

(۴)  $1/25 \times 10^9$  الکترون از A به C و  $5 \times 10^1$  الکترون از C به B منتقل شده است.

۹- عدد اتمی آهن برابر ۲۶ است. بار الکتریکی هسته اتم آهن و اتم آهن به ترتیب از راست به چپ چند کولن است؟

- (۱) صفر، صفر (۲)  $41/6 \times 10^{-19}$ ،  $41/6 \times 10^{-19}$

- (۳) صفر،  $41/6 \times 10^{-19}$  (۴)  $83/2 \times 10^{-19}$ ،  $41/6 \times 10^{-19}$

۱۰- تعداد پروتون‌های یک جسم خنثی برابر a است. این جسم باید چند الکترون از دست بدهد تا بار آن  $32 \mu\text{C}$  شود؟  $(e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C})$

- (۱)  $2 \times 10^{12}$  (۲)  $2 \times 10^{13}$  (۳)  $2 \times 10^{14}$  (۴) باید تعداد پروتون‌ها معلوم باشد.

۱۱- جسم رسانایی در ابتدا دارای بار الکتریکی مثبت است. اگر تعداد  $5 \times 10^3$  الکترون به جسم بدهیم، بار آن منفی شده و اندازه بار جدید جسم ۲۵ درصد اندازه بار اولیه جسم می‌شود. بار اولیه جسم چند نانوکولن بوده است؟  $(e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C})$

- (۱)  $6/4 \times 10^{-16}$  (۲)  $10/6 \times 10^{-16}$  (۳)  $10/6 \times 10^{-7}$  (۴)  $6/4 \times 10^{-7}$

### روش‌های باردار کردن اجسام (مالش)

تو تستای این قسمت با عدد و رقم سروکار نداریم. اما دقت زیادی لازم دارن.

۱۲- وقتی دو جسم جامد در اثر مالش به یکدیگر دارای بار الکتریکی می‌شوند، در این عمل:

(۱) پروتون‌ها و الکترون‌ها در دو جسم با هم مبادله می‌شوند.

(۳) الکترون‌های یک جسم به جسم دیگر منتقل می‌شوند.

۱۳- اگر یک میله شیشه‌ای خنثی را با یک پارچه پشمی مالش دهیم، میله دارای بار ..... می‌شود؛ چرا که در اثر مالش، تعداد ..... میله ..... می‌یابد.

- (۱) منفی - الکترون‌های - افزایش (۲) مثبت - الکترون‌های - کاهش (۳) منفی - پروتون‌های - کاهش (۴) مثبت - پروتون‌های - افزایش

۱۴- اگر دو جسم خنثی که یکی رسانا و دیگری نارسانا است را به هم مالش دهیم، ..... و در جسم ..... بار الکتریکی در محل مالش داده شده باقی می‌ماند.

- (۱) هر دو جسم باردار می‌شوند، نارسانا (۲) هر دو جسم باردار می‌شوند، رسانا

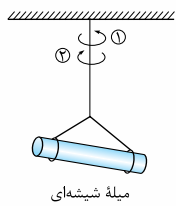
- (۳) فقط جسم نارسانا باردار می‌شود، نارسانا (۴) فقط جسم رسانا باردار می‌شود، رسانا



سری الکتروسیستة مالشی

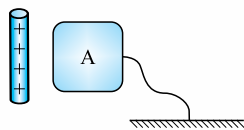
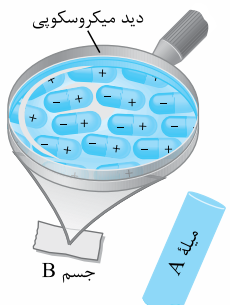
انتهای مثبت سری
شیشه
ابریشم
چوب
پارچه کتان
انتهای منفی سری

انتهای مثبت سری
B
C
A
انتهای منفی سری



سری الکتروسیستة مالشی

انتهای مثبت سری
موی انسان
موی گربه
پوست انسان
پارچه کتان
پلاستیک
انتهای منفی سری



۱۵- اگر یک خطکش چوبی را با پارچه ابریشمی و یک میله شیشه‌ای را با پارچه کتان مالش دهیم، بار کدام اجسام مثبت می‌شود؟

- (۱) خطکش چوبی - میله شیشه‌ای
- (۲) پارچه ابریشمی - پارچه کتان
- (۳) خطکش چوبی - پارچه کتان
- (۴) پارچه ابریشمی - میله شیشه‌ای

۱۶- در اثر مالش دو جسم خنثای A و B،  $4 \times 10^8$  الکترون بین دو جسم منتقل می‌شود. با توجه به سری الکتروسیستة مالشی شکل روبه‌رو، بار جسم A پس از مالش برابر چند نانوکولن می‌شود؟ ( $e = 1.6 \times 10^{-19}$  C)

- (۱)  $6 / 4 \times 10^{-2}$
- (۲)  $-6 / 4 \times 10^{-2}$
- (۳)  $6 / 4 \times 10^{-3}$
- (۴)  $-6 / 4 \times 10^{-3}$

انتهای مثبت سری

شیشه
پشم
ابریشم
پلاستیک
انتهای منفی سری

۱۷- یک میله پلاستیکی را با پارچه ابریشمی و یک میله شیشه‌ای را با پارچه پشمی مالش می‌دهیم. سپس مطابق شکل، میله پلاستیکی را به میله شیشه‌ای آویزان از سقف نزدیک می‌کنیم. در این آزمایش، میله پلاستیکی دارای بار ..... است و میله شیشه‌ای در جهت ..... می‌چرخد.

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

۱۸- چند مورد از عبارتهای زیر نادرست است؟

- (الف) در روش مالش بین دو جسم، همواره بار یک جسم مثبت و بار جسم دیگر منفی می‌شود.
- (ب) اگر دستمان را با موهای سرمان مالش دهیم، الکترون‌ها از پوست دست به موی سر منتقل می‌شوند.
- (پ) وقتی دو میله پلاستیکی را با پارچه کتان مالش می‌دهیم، دو میله همدیگر را جذب می‌کنند.
- (ت) اگر یک بادکنک پلاستیکی را با بدن گربه‌ای مالش دهیم، موهای گربه به دلیل گرفتن بار منفی برافراشته می‌شوند.

- (۱) ۱
- (۲) ۲
- (۳) ۳
- (۴) ۴

### روش‌های باردار کردن اجسام (القای الکتریکی و تماس)

پندا تست مالط و قشنگ درباره القای بار الکتريکی طرح کردیم براتون. لذت ببرید از شون

۱۹- در شکل روبه‌رو میله A را به جسم B نزدیک کرده‌ایم. با توجه به آرایش ذرات تشکیل‌دهنده جسم B، این جسم ..... و بار میله A ..... است.

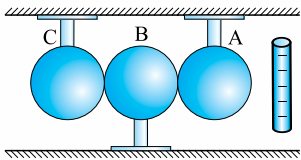
- (۱) رسانا، مثبت
- (۲) رسانا، منفی
- (۳) نارسانا، مثبت
- (۴) نارسانا، منفی

۲۰- مطابق شکل، یک میله شیشه‌ای با بار الکتریکی مثبت را به جسم رسانای A نزدیک می‌کنیم. سپس بدون دور کردن میله، جسم A را به وسیله سیمی، برای چند لحظه به زمین وصل می‌کنیم. در این حالت جسم A:

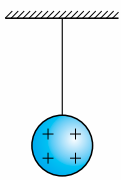
- (۱) بار الکتریکی منفی پیدا می‌کند.
- (۲) بار الکتریکی مثبت پیدا می‌کند.
- (۳) بستگی به بار اولیه جسم A دارد.
- (۴) خنثی می‌ماند.

۲۱- یک میله پلاستیکی را به یک پارچه پشمی مالش می‌دهیم و آن را به یک کره فلزی خنثی که روی پایه عایقی قرار دارد، نزدیک می‌کنیم. در این وضعیت، اگر دست خود را روی کره بگذاریم و برداریم و سپس میله را از کره دور کنیم، کره از نظر بار الکتریکی چه وضعیتی خواهد داشت؟

- (۱) بار مثبت در سطح کره پخش می‌شود.
- (۲) بار منفی در سطح کره پخش می‌شود.
- (۳) بار مثبت یا منفی در یک طرف کره جمع می‌شود.
- (۴) کره خنثی می‌ماند.



- ۲۲- مطابق شکل سه گلوله فلزی A، B و C در تماس با هم قرار دارند. اگر میله باردار را به گلوله A نزدیک کنیم و سپس گلوله B را از گلوله های A و C دور کنیم، بار گلوله های B و C چه خواهد بود؟
- (۱) خنثی - منفی  
(۲) خنثی - مثبت  
(۳) مثبت - منفی  
(۴) منفی - مثبت



- ۲۳- در شکل روبه رو گلوله فلزی بارداری از نخ آویزان است. کره فلزی خنثی را که دارای دسته نارسانا است به گلوله نزدیک می کنیم. مشاهده می شود که گلوله ..... می شود. وقتی تماس حاصل شد، کره را جدا می کنیم و دوباره به آرامی آن را به گلوله نزدیک می کنیم و ملاحظه می شود که گلوله ..... می شود.

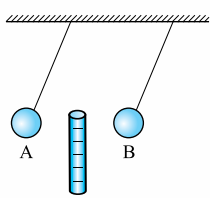
- (۱) جذب - دفع  
(۲) دفع - جذب  
(۳) دفع - دفع  
(۴) جذب - جذب

تست های بعضی قبلی فوبن! باید هواستون به همه فزنیات باشه.

- ۲۴- سه جسم A، B و C را دوباره به یکدیگر نزدیک می کنیم. وقتی A و B به یکدیگر نزدیک می شوند، همدیگر را با نیروی الکتریکی جذب می کنند و اگر B و C را به یکدیگر نزدیک کنیم، یکدیگر را با نیروی الکتریکی دفع می کنند. کدام یک از گزینه های زیر می تواند درست باشد؟
- (۱) A و C بار هم نام و هم اندازه دارند.  
(۲) B و C بار غیرهم نام دارند.  
(۳) B بدون بار و C باردار است.  
(۴) A بدون بار و B باردار است.

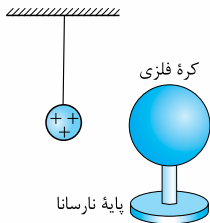
(سراسری تهرنی فارج ۹۰)

- ۲۵- سه گلوله A، B و C را در اختیار داریم. اگر گلوله A، گلوله B را جذب و گلوله C را دفع کند، کدام نتیجه همواره درست است؟
- (۱) گلوله های A و B بار غیرهم نام دارند.  
(۲) گلوله های B و C حتماً همدیگر را جذب می کنند.  
(۳) گلوله A ممکن است بدون بار (خنثی) باشد.  
(۴) یکی از گلوله های B و C الزاماً خنثی است.



- ۲۶- مطابق شکل، میله پلاستیکی بارداری را در فاصله بین دو گلوله آویزان A و B قرار می دهیم. مشاهده می کنیم که گلوله ها به شکل مقابل درمی آیند. کدام گزینه درست است؟
- (۱) گلوله های A و B الزاماً دارای بار غیرهم نام هستند.  
(۲) گلوله B الزاماً دارای بار مثبت است.  
(۳) گلوله A می تواند خنثی باشد.  
(۴) گلوله B می تواند خنثی باشد.

- ۲۷- مطابق شکل زیر یک کره فلزی بدون بار الکتریکی را که روی پایه نارسانایی قرار دارد، به آونگ الکتریکی بارداری نزدیک می کنیم تا با آن تماس پیدا کند. در این آزمایش آونگ در چه جهتی منحرف می شود؟



- (۱) به سمت راست منحرف شده و در همان حالت باقی می ماند.  
(۲) به سمت چپ منحرف شده و در همان حالت باقی می ماند.  
(۳) ابتدا به سمت راست، سپس به سمت چپ منحرف می شود.  
(۴) ابتدا به سمت چپ، سپس به سمت راست منحرف می شود.

- ۲۸- کدام یک از جسم های زیر را می توان با روش القا باردار کرد؟

- (۱) رسانا  
(۲) نارسانا با مولکول های قطبی  
(۳) نارسانای غیرقطبی  
(۴) هر سه مورد

(بزرگرفته از کتاب درسی)

- ۲۹- اگر بادکنک بارداری را به باریکه آب نزدیک کنیم، آب در اثر پدیده ..... .

- (۱) القای الکتریکی از بادکنک دور می شود.  
(۲) القای الکتریکی به طرف بادکنک خمیده می شود.  
(۳) رسانش الکتریکی از بادکنک دور می شود.  
(۴) رسانش الکتریکی به طرف بادکنک خمیده می شود.

- ۳۰- یک میله باردار را به تکه های ریز از یک فویل آلومینیومی و خرده های کاغذ نزدیک می کنیم. میله باردار به هر تکه آلومینیوم نیروی  $F_1$  و به هر تکه کاغذ، نیروی  $F_2$  را وارد می کند. کدام گزینه درست است؟ (مساحت تکه آلومینیوم و تکه کاغذ با هم برابر و هر دو خنثی هستند.)

- (۱)  $F_1 > F_2$ ، هر دو نیرو جاذبه اند.  
(۲)  $F_1 < F_2$ ، هر دو نیرو جاذبه اند.  
(۳)  $F_1 > F_2$ ،  $F_1$  دافعه و  $F_2$  جاذبه است.  
(۴)  $F_1 < F_2$ ،  $F_1$  دافعه و  $F_2$  جاذبه است.

یه کم جمع و تفریق هم بد نیست!

- ۳۱- دو کره فلزی یکسان دارای بارهای الکتریکی  $q_1 = +6 \mu C$  و  $q_2 = -2 \mu C$  روی دو پایه عایق نصب شده اند. هر گاه این دو کره را با یکدیگر تماس داده و سپس از هم جدا سازیم، بار الکتریکی هر کره چند میکروکولن می شود؟

- (۱) ۴  
(۲) ۲  
(۳) ۸  
(۴) ۶

۳۲- دو کره فلزی مشابه A و B روی پایه‌های عایقی قرار دارند. بار الکتريکی کره فلزی A،  $12 \mu\text{C}$  و بار الکتريکی کره فلزی B،  $4 \mu\text{C}$  - است. اگر این دو کره را با هم تماس دهيم، ..... الکترون از کره ..... می‌رود. ( $e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$ )

- (۱)  $2/5 \times 10^{13}$  به A به B (۲)  $2/5 \times 10^{13}$  به A به B (۳)  $5 \times 10^{13}$  به A به B (۴)  $5 \times 10^{13}$  به B به A

### الکتروسکوپ (برق‌نما)

با الکتروسکوپ قبلی کارا می‌شه کرد. آله نی‌دونید، هتماً هتماً درس نامه رو بفونید.

۳۳- جسمی با بار مثبت را به کلاهک الکتروسکوپ خنثی نزدیک کرده و بدون تماس با آن در کنارش نگه می‌داريم. ملاحظه می‌شود ورقه‌های الکتروسکوپ باز شده است. در این حالت بار کلاهک و بار ورقه به ترتیب عبارت‌اند از:

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

۳۴- یک میلهٔ باردار منفی را آهسته به کلاهک یک الکتروسکوپ بدون بار نزدیک می‌کنيم. هنگامی که این میله در نزدیکی کلاهک الکتروسکوپ قرار می‌گیرد، بار الکتريکی القاشده در کلاهک و ورقه‌ها به ترتیب از راست به چپ کدام‌اند؟

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

۳۵- یک میله را به کلاهک یک الکتروسکوپ بدون بار تماس می‌دهيم و مشاهده می‌کنيم که ورقه‌های الکتروسکوپ باز می‌شوند. در مورد بار این میله چه می‌توان گفت؟

- (۱) بار میله مثبت است. (۲) بار میله منفی است. (۳) میله بدون بار است. (۴) میله حتماً باردار است.

۳۶- یک میلهٔ آلومینیمی بدون بار را به تدریج به کلاهک یک الکتروسکوپ باردار نزدیک می‌کنيم و مشاهده می‌کنيم که ورقه‌های الکتروسکوپ .....

- (۱) به آرامی باز می‌شوند. (۲) به آرامی بسته می‌شوند. (۳) تغییری نمی‌کنند. (۴) با توجه به نوع بار ممکن است باز یا بسته شوند.

۳۷- میله‌ای با بار الکتريکی مثبت را به آرامی به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک می‌کنيم. ورقه‌های الکتروسکوپ نخست بسته و سپس از هم باز می‌شوند. بار الکتريکی قبلی الکتروسکوپ از چه نوع بوده است؟

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

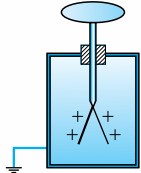
۳۸- یک میلهٔ رسانای بدون بار را به کلاهک یک الکتروسکوپ که بارش مثبت است، تماس می‌دهيم؛ سپس این میله را به کلاهک یک الکتروسکوپ بدون بار نزدیک می‌کنيم. در این حالت، بار الکتريکی القاشده در کلاهک و ورقه‌های این الکتروسکوپ به ترتیب از راست به چپ کدام است؟

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

۳۹- یک تکه چوب با بار الکتريکی منفی را به کلاهک یک الکتروسکوپ خنثی نزدیک می‌کنيم. در همین حالت، یک میلهٔ فلزی بدون بار را با کلاهک الکتروسکوپ تماس می‌دهيم و جدا می‌کنيم. با دور کردن تکه چوب، ورقه‌ها دارای بار الکتريکی ..... و ..... می‌شوند.

- (۱) مثبت - از هم دور (۲) مثبت - به هم نزدیک (۳) منفی - از هم دور (۴) منفی - به هم نزدیک

کلاهک برنجی

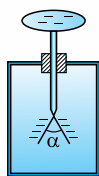


۴۰- اگر یک میلهٔ پلاستیکی را با پارچهٔ پشمی مالش دهيم و آن را به آرامی به کلاهک الکتروسکوپ شکل روبه‌رو که بار مثبت دارد نزدیک کنیم، چه تغییری در انحراف ورقه‌های آن ایجاد می‌شود؟

- (۱) بسته می‌شود و به همان حال می‌ماند. (۲) قبل از تماس با کلاهک تغییری حاصل نمی‌شود. (۳) انحراف آن زیادتر می‌شود. (۴) ابتدا به هم نزدیک و سپس دور می‌شود.

۴۱- یک میله از جنس تفلون را با یک پارچهٔ کتان مالش داده و سپس میله را به کلاهک الکتروسکوپی با بار منفی (مطابق شکل زیر) نزدیک می‌کنيم. چه تغییری در زاویهٔ بین ورقه‌های الکتروسکوپ ( $\alpha$ ) رخ می‌دهد؟

- (۱) تغییر نمی‌کند. (۲) کاهش می‌یابد و در همان حال باقی می‌ماند. (۳) افزایش می‌یابد. (۴) ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد.



انتهای مثبت سری
موی انسان
نایلون
پارچهٔ کتان
کهربا
تفلون
انتهای منفی سری

## پاسخ نامه تشریحی

۱- گزینه «۳» اول این که می‌دانیم بار الکتریکی پروتون، مثبت، بار الکتریکی الکترون منفی و نوترون بدون بار است. دوم هم این که اندازه بار پروتون و الکترون برابر بار بنیادی (e) یعنی  $1/6 \times 10^{-19}$  C است.

۲- گزینه «۲» برای آن که صفحه فلزی دارای بار مثبت شود، باید تعداد پروتون‌ها بیشتر از الکترون‌ها باشد؛ پس باید الکترون‌ها به یک جسم دیگر کوچ کنند. **تذکر** پروتون‌ها داخل هسته هستند و نمی‌توانند به جسم دیگری بروند!

۳- گزینه «۱» همان‌طور که گفتیم، بار الکتریکی یک کمیت گسسته یا کوانتومی است؛ یعنی مضرب درستی از بار الکتریکی پایه که برابر  $1/6 \times 10^{-19}$  C است.

۴- گزینه «۴» برای محاسبه تعداد الکترون‌ها، باید از رابطه  $q = ne$  ، n را به دست آوریم:

$$q = ne \Rightarrow 1 \times 10^{-6} \text{ C} = n \times 1/6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = \frac{10^{-6}}{1/6 \times 10^{-19}} = 6/25 \times 10^{12}$$

۵- گزینه «۴» واضح است که اگر به هر سانتی‌متر میله  $10^1$  الکترون بدهیم، به میله ۸ سانتی‌متری  $8 \times 10^1$  الکترون منتقل می‌شود. با این حساب بار میله برابر است با:

$$q = -ne = -8 \times 10^1 \times 1/6 \times 10^{-19} = -12/8 \times 10^{-9} \text{ C}$$

۶- گزینه «۲» بار الکتریکی باید مضرب درستی از بار بنیادی باشد؛ پس به دنبال گزینه‌ای می‌گردیم که مضرب درستی از  $1/6 \times 10^{-19}$  C باشد! **نباشد!**

$$n = \frac{q}{e} \quad \text{گزینه (۱):} \quad n = \frac{3/2 \times 10^{-19}}{1/6 \times 10^{-19}} = 2$$

$$n = \frac{6/4 \times 10^{-20}}{1/6 \times 10^{-19}} = 0/4 \quad \text{گزینه (۲):}$$

$$n = \frac{16 \times 10^{-20}}{1/6 \times 10^{-19}} = 1 \quad \text{گزینه (۴):}$$

$$n = \frac{8 \times 10^{-19}}{1/6 \times 10^{-19}} = 5 \quad \text{گزینه (۳):}$$

همان‌طور که می‌بینید، در گزینه (۲) به مضرب درستی نرسیدیم!

۷- گزینه «۴» اول این که بار کره منفی است؛ پس کره برای خنثی‌شدن باید الکترون از دست بدهد! دوم این که تعداد الکترون‌های لازم برای خنثی‌شدن از رابطه  $q = ne$  به دست می‌آید:

$$q = ne \Rightarrow n = \frac{q}{e} = \frac{8 \times 10^{-6}}{1/6 \times 10^{-19}} = 5 \times 10^{13}$$

۸- گزینه «۴» هنگام مالش دو جسم، پروتونی بین آن‌ها منتقل نمی‌شود. پس گزینه‌های (۱) و (۳) کنار می‌روند. بعد از مالش، بار جسم A مثبت و بار جسم B منفی شده است. پس A الکترون از دست داده و B الکترون دریافت کرده است. تعداد الکترون‌های مبادله‌شده در هر کدام را به دست می‌آوریم:

$$q_A = n_A e \Rightarrow n_A = \frac{q_A}{e} = \frac{2 \times 10^{-9}}{1/6 \times 10^{-19}} = 1/25 \times 10^{10}$$

$$q_B = -n_B e \Rightarrow n_B = \frac{-q_B}{e} = \frac{8 \times 10^{-9}}{1/6 \times 10^{-19}} = 5 \times 10^{10}$$

۹- گزینه «۳» **یادآوری** عدد اتمی نشان‌دهنده تعداد پروتون‌ها و الکترون‌ها در یک اتم خنثی است.

اول این که هسته اتم شامل پروتون با بار مثبت و نوترون بدون بار است؛ پس بار الکتریکی هسته اتم آهن برابر است با مجموع بار پروتون‌هایش؛ یعنی:

$$q = ne = 26 \times 1/6 \times 10^{-19} = 41/6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

دوم این که اتم آهن در حالت عادی خنثی است؛ یعنی تعداد پروتون‌ها و الکترون‌هایش با هم برابر است؛ پس بار الکتریکی اتم آهن صفر خواهد بود.

۱۰- گزینه «۳» جسم خنثی است؛ پس تعداد الکترون‌ها و پروتون‌هایش با هم برابر است. برای آن که بار جسم  $32 \mu\text{C}$  + شود، باید n را حساب کنیم:

$$q = +ne \Rightarrow 32 \times 10^{-6} = n \times 1/6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = 2 \times 10^{14}$$

۱۱- گزینه «۴» اگر بار الکتریکی اولیه جسم را  $q_1$  در نظر بگیریم، بعد از انتقال الکترون بار آن به  $q_2$  می‌رسد که:

$$q_2 = -\frac{25}{100} q_1 = -\frac{1}{4} q_1$$

$$\Delta q = q_2 - q_1 = -\frac{1}{4} q_1 - q_1 = -\frac{5}{4} q_1$$

بنابراین تغییرات بار جسم برابر است با:

$$\Delta q = -ne \Rightarrow -\frac{5}{4} q_1 = -(5 \times 10^3) \times (1/6 \times 10^{-19}) \Rightarrow \frac{5}{4} q_1 = 8 \times 10^{-16}$$

در نتیجه برای محاسبه تعداد الکترون‌های منتقل‌شده داریم:

$$\Rightarrow q_1 = 6/4 \times 10^{-16} \text{ C} = 6/4 \times 10^{-7} \text{ nC}$$



۱۲- گزینه «۳»

عامل برداشتن اجسام در مالش، انتقال الکترون بین دو جسم است.

۱۳- گزینه «۲»

در مالش میله شیشه‌ای با پارچه پشمی، میله به خاطر الکترون‌خواهی کم‌تر در مقایسه با پارچه پشمی، دارای بار مثبت می‌شود؛

چرا که در اثر مالش، الکترون‌های میله کاهش می‌یابد.

۱۴- گزینه «۱»

در اثر مالش دو جسم خنثی به یکدیگر الکترون از یک جسم به دیگری منتقل می‌شود. در نتیجه هر دو جسم باردار می‌شوند.

هم‌چنین در یک جسم نارسانا بار الکتریکی در محل مالش داده‌شده باقی می‌ماند، اما در یک جسم رسانا به همه قسمت‌های سطح خارجی جسم منتقل می‌شود.

۱۵- گزینه «۴»

با توجه به جدول سری الکتروسیسته مالشی (تریپوالکتریک)، بار اجسام پس از مالش به صورت زیر خواهد بود:

مالش اجسام	جسمی که بار آن مثبت می‌شود	جسمی که بار آن منفی می‌شود
خط کش چوبی با پارچه ابریشمی	پارچه ابریشمی	خط کش چوبی
میله شیشه‌ای با پارچه کتان	میله شیشه‌ای	پارچه کتان

۱۶- گزینه «۲»

از آن جایی که در سری تریپوالکتریک جسم A به انتهای منفی سری نزدیک‌تر است، هنگام مالش دو جسم A و B، الکترون از جسم B به جسم A منتقل می‌شود. پس جسم A بار الکتریکی منفی پیدا می‌کند. در نتیجه بار جسم A برابر است با:

$$q_A = -ne = -(4 \times 10^8) \times (1/6 \times 10^{-19}) = -6/4 \times 10^{-11} C = -6/4 \times 10^{-2} nC$$

۱۷- گزینه «۴»

با مالش میله پلاستیکی با پارچه ابریشمی، میله پلاستیکی به خاطر الکترون‌خواهی بیشتر دارای بار منفی می‌شود. میله شیشه‌ای هم در اثر مالش با پارچه پشمی به خاطر الکترون‌خواهی کم‌تر دارای بار مثبت می‌شود. پس بار میله پلاستیکی و شیشه‌ای مخالف هم می‌شود و با نزدیک کردن میله پلاستیکی، میله شیشه‌ای تمایل به جذب دارد؛ برای همین در جهت (۲) می‌چرخد.

۱۸- گزینه «۴»

عبارت‌ها را به ترتیب بررسی می‌کنیم:

الف) نه لزوماً مثلاً اگر جنس دو جسم یکسان باشد، دیگر این اتفاق رخ نمی‌دهد. (نادرست)

ب) الکترون‌خواهی پوست بیشتر از مو است؛ پس باید الکترون‌ها از مو سر به پوست دست بروند! (نادرست)

پ) با مالش دو میله پلاستیکی با پارچه کتان بار هر دو میله هم‌نام می‌شود؛ بنابراین باید همدیگر را دفع کنند. (نادرست)

ت) با توجه به سری الکتروسیسته مالشی (تریپوالکتریک) در مالش بادکنک (پلاستیک) با بدن گربه، بدن گربه دارای بار مثبت می‌شود. (نادرست)

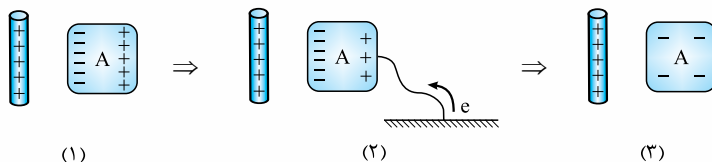
۱۹- گزینه «۴»

اول این‌که در جسم B الکترون‌ها فقط در درون ذرات (مولکول‌ها) جابه‌جا شده‌اند و دوقطبی الکتریکی ایجاد کرده‌اند (یعنی الکترون در جسم آزادانه حرکت نمی‌کند). پس جسم B نارسانا است.

دوم این‌که میله A طرف مثبت دوقطبی‌های الکتریکی در جسم B را جذب و طرف منفی را دفع کرده است، پس بار میله A منفی است.

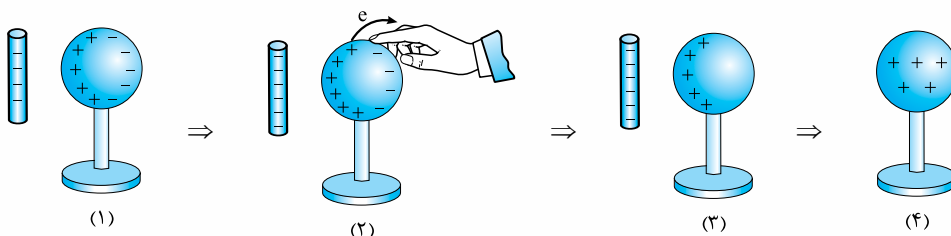
۲۰- گزینه «۱»

مطابق شکل زیر، به خاطر نزدیک شدن میله با بار مثبت به جسم A، الکترون‌ها به سمت میله حرکت می‌کنند و در سمت چپ جسم A تجمع می‌کنند. با وصل کردن جسم A به زمین، الکترون‌ها از زمین به کره منتقل می‌شوند. در نهایت با جدا کردن سیم از زمین، جسم، بار الکتریکی منفی پیدا می‌کند.



۲۱- گزینه «۱»

در اثر مالش میله پلاستیکی با پارچه پشمی، میله به دلیل الکترون‌خواهی بیشتر دارای بار منفی می‌شود. مطابق شکل با نزدیک کردن میله به کره، الکترون‌ها از میله دور می‌شوند. حالا اگر دست خود را روی کره بگذاریم، بار منفی به دست منتقل و بار کره مثبت می‌شود. با دور کردن دست و سپس میله، بار روی کره مثبت می‌ماند که این بار روی سطح خارجی کره پخش می‌شود.

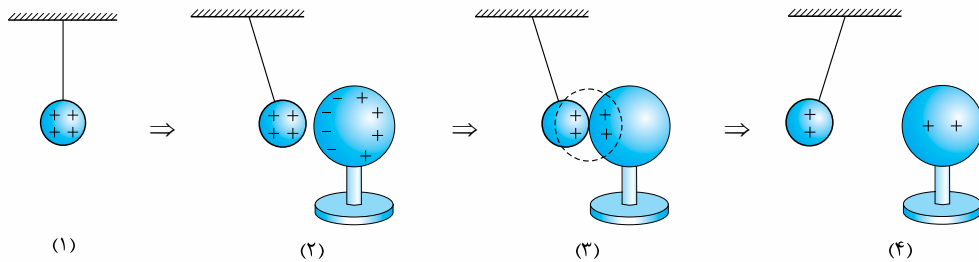


۲۲- گزینه «۱»

در این وضعیت، گلوله B در نقش یک واسطه عمل می‌کند و باردار نمی‌شود؛ یعنی  $q_B = 0$ . پس با نزدیک کردن میله به کره A، الکترون‌ها از کره A به سمت کره C می‌روند. با برداشتن کره B، کره C که الکترون گرفته بود، دارای بار منفی و کره A با از دست دادن الکترون دارای بار مثبت می‌شود؛ یعنی:

$$q_A > 0, q_C < 0$$

۲۳- گزینه «۱» با توجه به شکل‌های زیر، با نزدیک کردن کره فلزی خنثی به گلوله فلزی، بارهای منفی کره تمایل به نزدیک شدن به بارهای مثبت گلوله پیدا می‌کنند و مشاهده می‌شود گلوله جذب می‌شود. وقتی که تماس حاصل شد، مقداری از بار گلوله به کره منتقل می‌شود و در نتیجه بار هر دو مثبت می‌شود. واضح است که با مثبت شدن بار هر دو جسم، گلوله و کره همدیگر را دفع می‌کنند.

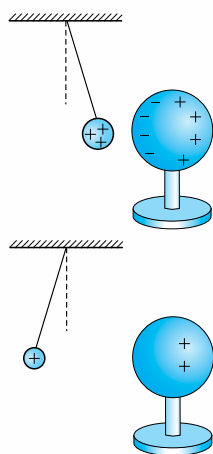


۲۴- گزینه «۴» **گام اول** زمانی که دو جسم یکدیگر را دفع می‌کنند، حتماً باردار و هم‌نام هستند. پس جسم B و C باردار و هم‌نام هستند. **گام دوم** چون جسم A جذب شده، نمی‌توانیم در مورد بار A اظهار نظر قطعی کنیم؛ چرا که چه بار A ناهم‌نام با B باشد، چه بدون بار، جذب B می‌شود. با توجه به این دو گام به تحلیل گزینه‌ها می‌پردازیم:

گزینه (۱): A می‌تواند بدون بار باشد.  گزینه (۲): همان‌طور که گفتیم B و C بار هم‌نام دارند.  گزینه (۳): B حتماً باردار است.  گزینه (۴): همان‌طور که گفتیم A می‌تواند بدون بار باشد؛ در مورد باردار بودن B هم که شکی نداریم.  با توجه به وضع گلوله A و C، در مورد باردار بودن و هم‌نام بودن بار این دو گلوله مطمئن هستیم؛ اما در مورد گلوله B نمی‌دانیم که بار غیرهم‌نام با جسم A دارد یا بدون بار است! با توجه به این موضوع، تنها گزینه (۲) می‌تواند درست باشد.

۲۶- گزینه «۴» در منفی بودن بار گلوله A شک نداریم؛ چرا که از میله دور شده! همان‌طور که می‌بینید گلوله B به میله نزدیک شده! پس یا بدون بار است یا دارای بار مثبت! با توجه به گزینه‌ها گلوله B می‌تواند خنثی باشد.

۲۷- گزینه «۳» تا قبل از تماس کره با گلوله آونگ الکتریکی، همان‌طور که در شکل مقابل می‌بینید، آونگ به دلیل جاذبه ناشی از القای بار الکتریکی در کره به سمت راست منحرف می‌شود.



بعد از تماس گلوله آونگ که بار مثبت دارد، با کره فلزی خنثی، کره هم بار مثبت پیدا می‌کند و به دلیل دافعه ناشی از بارهای مثبت، آونگ مطابق شکل مقابل به سمت چپ منحرف می‌شود.

۲۸- گزینه «۱» فقط در اجسام رسانا قابلیت جداسازی الکترون‌ها از هسته با روش القا وجود دارد. به عبارت دیگر همه اجسام چه رسانا و چه نارسانا دچار القای الکتریکی می‌شوند، اما فقط اجسام رسانا هستند که می‌توانند از این طریق باردار شوند.

۲۹- گزینه «۲» از آن‌جا که بادکنک باردار است، به خاطر پدیده القا، آب دوست دارد به بادکنک نزدیک شود!

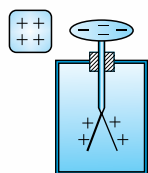
۳۰- گزینه «۱» اول این که چون میله باردار و تکه آلومینیم و تکه کاغذ خنثی هستند، هر دو نیرو جاذبه‌اند. ضمناً چون آلومینیم رسانا و تکه کاغذ خنثی است،  $F_1 > F_2$  است؛ چرا که نیروی بین دو رسانا به خاطر وجود الکترون‌های آزاد و شارش بیشتر جریان، قوی‌تر است.

۳۱- گزینه «۲» چون دو کره مثل هم هستند، پس از تماس بار هر کره  $\frac{q_1 + q_2}{2}$  می‌شود. یعنی:  $q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{6 - 2}{2} = 2 \mu C$

۳۲- گزینه «۴» **گام اول** ابتدا ببینیم بار هر کره پس از تماس، چند میکروکولن می‌شود:  $q'_A = q'_B = \frac{q_A + q_B}{2} = \frac{12 - 4}{2} = 4 \mu C$

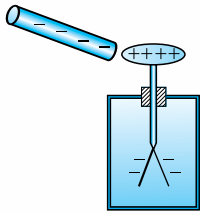
**گام دوم** برای آن که بار کره B از  $4 \mu C$  به  $4 \mu C$  برسد باید به اندازه  $8 \mu C$  الکترون از کره B به کره A برود (تا این جا گزینه‌های (۱) و (۳) کنار رفتند)، اما چند الکترون؟ رابطه  $q = ne$ ، تعداد الکترون‌ها را به ما می‌گوید:  $q = ne \Rightarrow 8 \times 10^{-6} = n \times 1.6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = 5 \times 10^{13}$

۳۳- گزینه «۳» مطابق شکل با نزدیک کردن جسم با بار مثبت به کلاهک الکتروسکوپ، الکترون‌ها از ورقه الکتروسکوپ به سمت جسم حرکت می‌کنند؛ در نتیجه ورقه‌ها بار مثبت پیدا می‌کنند. بار کلاهک نیز، منفی می‌شود؛ پس پاسخ تست، گزینه (۳) خواهد بود.



۳۴- گزینه ۳

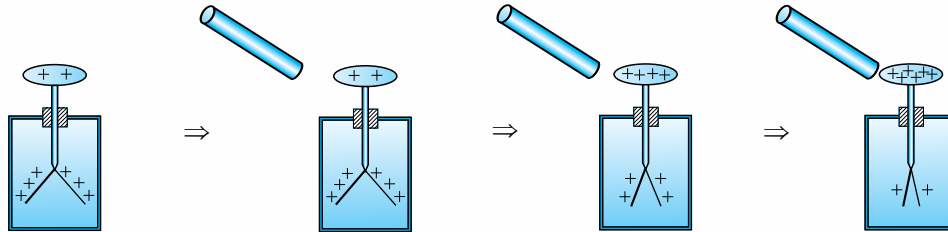
مطابق شکل با نزدیک کردن میله با بار منفی، الکترون‌های الکتروسکوپ از کلاهک به سمت ورقه‌ها می‌روند. بنابراین همان‌طور که در شکل می‌بینید، بار الکتریکی کلاهک مثبت و بار الکتریکی ورقه‌ها منفی می‌شود.



۳۵- گزینه ۴

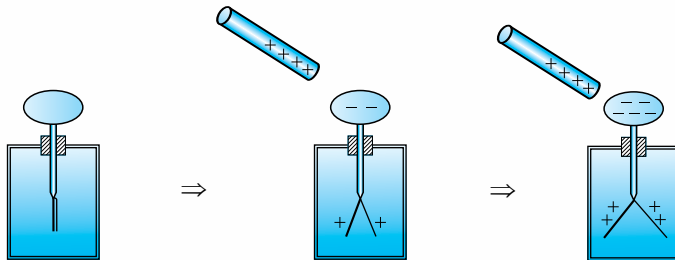
۳۶- گزینه ۲

از آن‌جا که با نزدیک کردن میله به الکتروسکوپ ورقه‌های آن از هم باز شده‌اند، میله حتماً باردار است؛ اما در مورد بار آن نمی‌توان نظری داد. چون الکتروسکوپ باردار است، وقتی میله آلومینیومی بدون بار را به تدریج به کلاهک نزدیک می‌کنیم، در میله بار مخالف القا می‌شود و بارهای الکتروسکوپ جذب می‌شوند. مطابق شکل با جذب بار توسط میله، بارهای روی ورقه‌ها به سمت کلاهک می‌روند و ورقه‌ها به آرامی بسته می‌شوند.

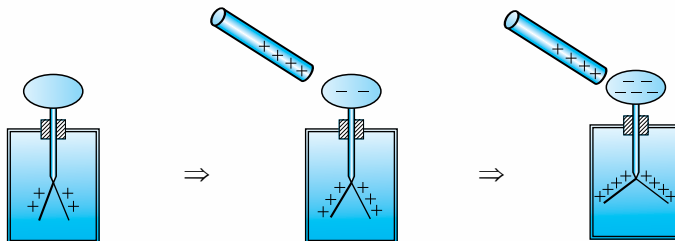


۳۷- گزینه ۲

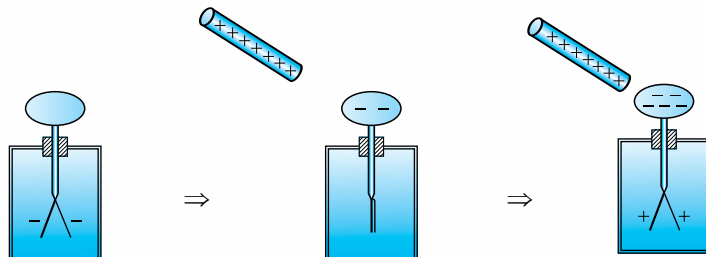
وقتی الکتروسکوپ بدون بار باشد، ورقه‌ها از همان اول بسته‌اند. هر چه قدر میله باردار به الکتروسکوپ نزدیک شود، ورقه‌ها از یکدیگر بیشتر فاصله می‌گیرند؛ پس گزینه‌های (۳) و (۴) حتماً نادرست‌اند. این موضوع را در شکل زیر می‌بینید:



حالا فرض کنیم بار ورقه‌های الکتروسکوپ مثبت است. در این صورت با نزدیک کردن میله با بار مثبت تعداد بیشتری بار مثبت روی ورقه‌ها القا می‌شود و در نتیجه فاصله ورقه‌ها بیشتر می‌شود؛ پس گزینه (۱) هم نادرست است.

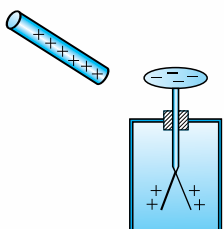


حالا به بررسی تنها حالت باقی‌مانده یعنی گزینه (۲) می‌پردازیم. مطابق شکل زیر با نزدیک کردن میله با بار مثبت، بار منفی تیغه به کلاهک می‌رود و در نتیجه بار آن خنثی و تیغه‌ها بسته می‌شوند. با نزدیک‌تر کردن میله، الکترون بیشتری به کلاهک می‌رود؛ در نتیجه بار تیغه مثبت می‌شود. با مثبت شدن بار تیغه، تیغه‌ها دوباره از هم فاصله می‌گیرند.



۳۸- گزینه ۲

با تماس میله رسانای بدون بار به کلاهک الکتروسکوپ مثبت، بار میله مثل بار الکتروسکوپ، مثبت می‌شود. با نزدیک کردن این میله به کلاهک الکتروسکوپ بدون بار، بارهای منفی از ورقه به سمت کلاهک می‌روند؛ پس بار کلاهک منفی و بار ورقه‌ها مثبت می‌شود.

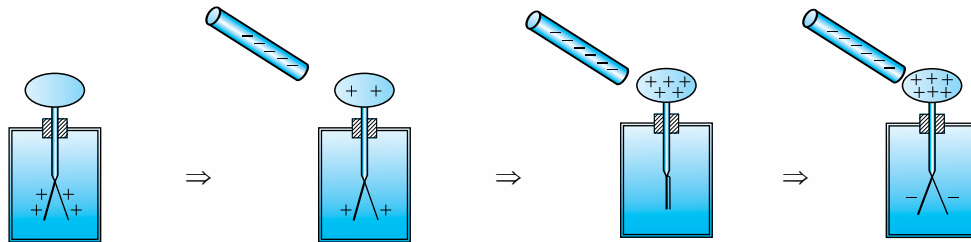


۳۹- گزینه «۱»

در این تست، به نوعی الکتروسکوپ را به روش القا باردار می‌کنیم؛ پس بار القاشده در الکتروسکوپ مخالف بار تکه چوب خواهد بود؛ یعنی ورقه‌ها دارای بار مثبت و از هم دور می‌شوند.

۴۰- گزینه «۴»

چون میله بار منفی می‌گیرد، وقتی میله را به کلاهک نزدیک می‌کنیم، الکترون‌ها از کلاهک دور می‌شوند و دوباره به ورقه‌ها می‌روند. در این حالت بار ورقه‌ها خنثی و در نتیجه بسته می‌شوند. اگر الکترون بیشتری به سمت ورقه‌ها برود، بار منفی پیدا می‌کند و دوباره از هم دور می‌شوند.



۴۱- گزینه «۳»

از آن جایی که در سری تریبول‌الکتریک تفلون در مقایسه با کتان به انتهای منفی سری نزدیک‌تر است، هنگام مالش، میله تفلونی بار منفی پیدا می‌کند. با نزدیک شدن میله منفی به کلاهک منفی، در اثر دافعه الکتریکی، بار منفی کلاهک به سمت ورقه‌ها حرکت می‌کند. در نتیجه بار منفی ورقه‌ها بیشتر و بنابراین زاویه بین آن‌ها زیاد می‌شود.