

فصل

الكتريسيته ساكن

بار الکتریکی

با یک شانه پلاستیکی موهایتان را (هنگامی که کاملاً خشک هستند) شانه کنید. حالا این شانه را به خرده های کاغذ نزدیک کنید؛ می بینید که خرده های کاغذ به شانه می چسبند. این آزمایش و خیلی از پدیده های دیگر (مثل رعدوبرق)، جلوه های از خاصیت الکتریکی (کهربایی) موادند. در مثال زیر سه نمونه دیگر از این پدیده ها را که در کتاب درسی تان آمده نام برده ایم.

(برگرفته از کتاب درسی)

مثال کدام یک از پدیده های زیر بیانگر وجود ماهیت الکتریکی در مواد نیست؟

(۲) بالارفتن مارمولک از دیوار

(۱) جهت یابی پرندگان مهاجر

(۴) تشکیل مولکول ها از به هم پیوستن اتم ها

(۳) انتقال پیام های عصبی در دستگاه اعصاب

پاسخ گزینه «۱» جهت یابی پرندگان مهاجر، مغناطیسی است. در واقع پرندگان مهاجر میدان مغناطیسی زمین را درک می کنند و از این

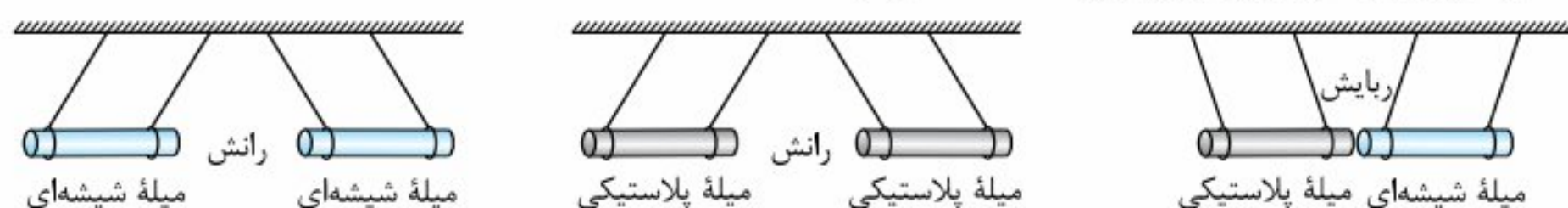
توانایی برای جهت یابی استفاده می کنند. در سه گزینه دیگر، ماهیت الکتریکی مواد، بازیگر نقش اصلی است.

انواع بار الکتریکی

منشأ خاصیت الکتریکی مواد، بارهای الکتریکی هستند.

آزمایش زیر نشان می دهد که دو نوع بار الکتریکی داریم:

آزمایش: دو میله شیشه ای سبک را با پارچه ابریشمی و دو میله پلاستیکی سبک را با پارچه پشمی مالش می دهیم تا باردار شوند. سپس میله ها را مطابق شکل های زیر، نزدیک هم آویزان می کنیم. جهت گیری نخ ها، ربایش یا رانش دو میله را نشان می دهد. (در شکل های زیر به هم جنس یا غیرهم جنس بودن میله ها و نیروی رانش یا ربایش آن ها دقت کنید.)



توضیح شکل ها: در این شکل ها می بینیم که میله های غیرهم جنس (یعنی میله شیشه ای و میله پلاستیکی) یکدیگر را جذب و میله های هم جنس مثلاً دو میله شیشه ای یکدیگر را دفع می کنند.

از این آزمایش دو نتیجه مهم می گیریم:

۱ از این که میله ها دو رفتار متفاوت (رانش و ربایش) نشان دادند، می فهمیم که دو نوع بار الکتریکی وجود دارد. چون اگر فقط یک نوع بار وجود داشت و بار همه میله ها یکسان می شد، میله ها (بدون توجه به جنسشان)، یک رفتار از خودشان نشان می دادند؛ یعنی یا فقط همدیگر را جذب می کردند یا فقط همدیگر را دفع می کردند.

۲ از این که میله های هم جنس یکدیگر را دفع و میله های غیرهم جنس یکدیگر را جذب کردند می فهمیم که بارهای هم نام یکدیگر را می رانند و بارهای ناهم نام یکدیگر را می ربایند.

حواستون باشه! آله آزمایش بالا رو فقط با یک نوع میله انجام می داریم، نتیجه آزمایش ناقص می شه. تست زیر رو ببینید.

مثال دو میله شیشه ای سبک را با پارچه ابریشمی مالش داده، در نزدیکی هم قرار می دهیم و نیروهایی را که به هم وارد می کنند، بررسی می کنیم. از این آزمایش نتیجه می گیریم که بار الکتریکی داریم و دو جسم با بارهای هم نام یکدیگر را می کنند.

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

پاسخ گزینه «۴» در این آزمایش مشاهده می کنیم این دو میله هم جنس که به طور مشابه باردار شده اند، یکدیگر را دفع می کنند. پس نتیجه می گیریم بارهای مشابه (هم نام) یکدیگر را دفع می کنند (پس گزینه های ۱ و ۳ مرخص اند)؛ اما برای این که مطمئن شویم دو نوع بار الکتریکی داریم، باید آزمایش دیگری را هم انجام دهیم؛ یعنی باید دو میله غیرهم جنس (مثل میله شیشه ای که با پارچه ابریشمی و میله پلاستیکی که با پارچه پشمی مالش داده شده) را به هم نزدیک کنیم و از جذب شدن آن ها بفهمیم که بارهای آن ها هم نام نیست. بنابراین با آزمایشی که در صورت سؤال آمده فقط می توانیم 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 می دهیم و یکای آن در SI، کولن (C) است. البته 1 C بار خیلی بزرگی است^۲ و معمولاً در مسائل، بار الکتریکی را برحسب میکروکولن (μC) یا نانوکولن (nC) یا پیکوکولن (pC) می دهند؛ به طوری که:

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

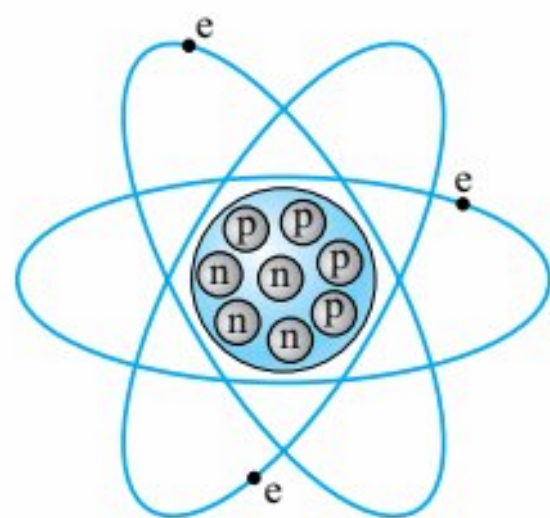
۲ بنیامین فرانکلین دو نوع بار الکتریکی را بار مثبت و بار منفی نام گذاری کرد. مثلاً در آزمایش بالا بار میله شیشه ای مثبت و بار میله پلاستیکی منفی است. خوبی این نام گذاری این است که ما می توانیم بارهای الکتریکی مثبت و منفی را با هم جمع جبری کنیم و از این طریق نشان دهیم که بارهای مثبت و منفی یکدیگر را خنثی می کنند.

۱- واژه الکتریسیته از کلمه یونانی الکترون (elektron) به معنی کهربا گرفته شده. کهربا پس از مالش، خرده های کاه را می رباید، برای همین اسمش را کهربا (کاه را) گذاشته اند.
۲- برای این که بفهمید بار 1 C چه قدر بزرگ است همین بس که بدانید، باری که از آذرخش (صاعقه) به زمین منتقل می شود از مرتبه 10 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 و آن را با نماد e نشان می دهیم.

حواستون باشد! 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 بدوئید 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:

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

حواستون باشد! 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 کمیتی کوانتومی است



شاید ندانید که کمیت کوانتومی چه جور کمیتی 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:

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} 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 تا) بیشتر از پروتون ها است.

۱- مقدار دقیق تر بار پایه $1/60217653 \times 10^{-19} \text{ C}$ است.



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

$$12/8 \text{ (۴)}$$

$$1/28 \times 10^{-2} \text{ (۳)}$$

$$6/4 \text{ (۲)}$$

$$6/4 \times 10^{-3} \text{ (۱)}$$

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:

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

پایستگی 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 $10^9 e^-$ و بار الکتریکی میله شیشه‌ای $10^9 e^+$ 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^۱ (مثل سیستم پارچه ابریشمی - میله شیشه‌ای) همواره ثابت است.»

این اصل کاربرد را در فیزیک، به عنوان «قانون پایستگی 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؟

$$\Delta q_A = -11 \mu\text{C}, \Delta q_B = -6 \mu\text{C}, \Delta q_C = 5 \mu\text{C} \text{ (۲)}$$

$$\Delta q_A = 11 \mu\text{C}, \Delta q_B = +6 \mu\text{C}, \Delta q_C = -5 \mu\text{C} \text{ (۱)}$$

$$\Delta q_A = 11 \mu\text{C}, \Delta q_B = -6 \mu\text{C}, \Delta q_C = -5 \mu\text{C} \text{ (۴)}$$

$$\Delta q_A = -11 \mu\text{C}, \Delta q_B = +6 \mu\text{C}, \Delta q_C = 5 \mu\text{C} \text{ (۳)}$$

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

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

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

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

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

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

(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 تستی 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 فودمون آرمای فراموشکاری هستیم، تصمیم گرفتیم این مبث رو یادآوری کنیم و مفاهیم جدید کتاب یازدهم رو هم بازگو 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:

۱ مالش ۲ القای الکتریکی ۳ تماس

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 (کنده) 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 الکتریسیته مالشی (سری تریبو الکتریک): 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 الکترون خواهی در جدولی به نام «سری الکتریسیته مالشی (سری تریبو الکتریک)» مرتب می‌کنیم (جدول روبه‌رو). در این جدول هر چه از «انتهای مثبت» سری به «انتهای منفی» آن نزدیک می‌شویم، میزان الکترون خواهی زیاد می‌شود. در واقع اگر اجسام بالاتر را به اجسام پایین‌تر جدول مالش دهیم، جسم بالاتر الکترون از دست می‌دهد و مثبت می‌شود و جسم پایین‌تر الکترون می‌گیرد و منفی می‌شود. (به فبر فوب! لازم نیست جدول تریبو الکتریک رو فقط کنید).

انتهای مثبت سری
موی انسان
شیشه
نایلون
پشم
موی گربه
سرب
ابریشم
آلومینیم
پوست انسان
کاغذ
چوب
پارچه کتان
فولاد
کهریا
برنج، مس، نیکل
پلاستیک، پلی اتیلن
لاستیک
تفلون
انتهای منفی سری

با توجه به جدول سری تریبو الکتریک 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

انتهای مثبت سری
موی انسان
شیشه
کتان
انتهای منفی سری

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

(۱) مثبت، دفع
(۲) مثبت، جذب
(۳) منفی، دفع
(۴) منفی، جذب

پاسخ گزینه «۴» در جدول سری تریبو الکتریک 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 کتانی، 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.



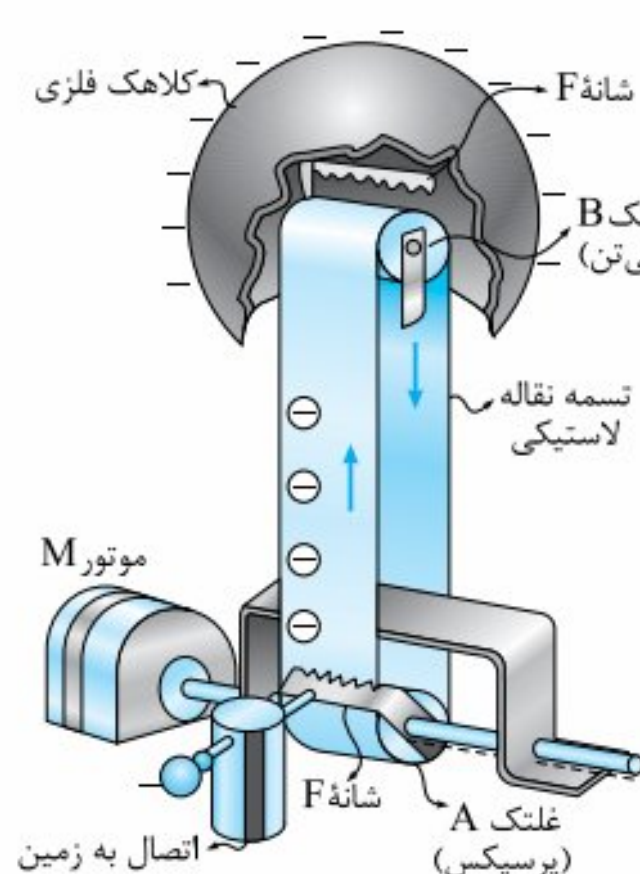
مثال جسم A را به جسم B و جسم C را به جسم D مالش می‌دهیم. با توجه به جدول سری الکتریسیته مالشی (سری تریبوالکتریک) روبه‌رو کدام دو جسم یکدیگر را دفع می‌کنند؟

انتهای مثبت سری	انتهای منفی سری
A	D
B	C
C	B
D	A

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

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)
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.

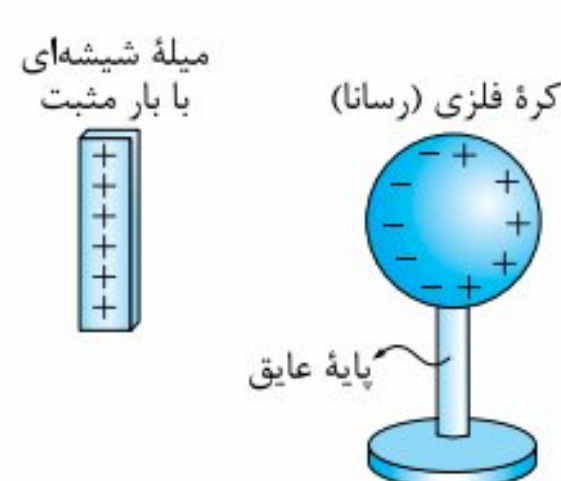


مولد وان‌دوگراف: شکل روبه‌رو نمونه‌ای از مولد وان‌دوگراف است. مولد وان‌دوگراف دستگاهی است که با باردار کردن کلاهک فلزی‌اش می‌توانیم آزمایش‌های الکتروستاتیکی جذابی را انجام دهیم. آن‌چه شما باید از این دستگاه بدانید در همین حد است که با چرخاندن تسمه نقاله لاستیکی با روش مالش کلاهک فلزی آن باردار می‌شود. 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 بشید این درس‌نامه رو خوب یاد گرفتید یا نه تستای ۱۲ تا ۱۸ رو بررسی کنید.

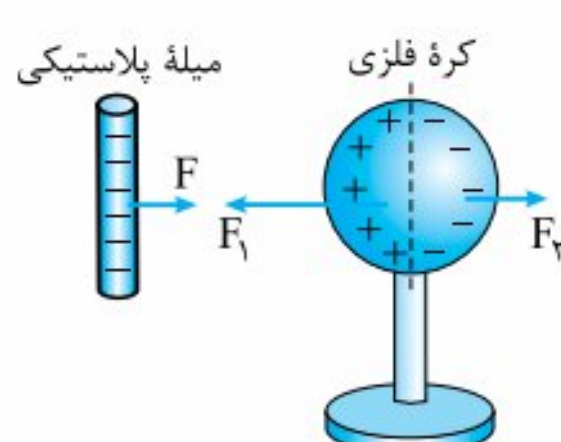
۲ ادامه روش‌های باردار کردن اجسام (القای الکتریکی و تماس)

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.

حواسنویس! در پدیده القا نیازی به تماس دو جسم (القاکننده و القاشونده) نیست.

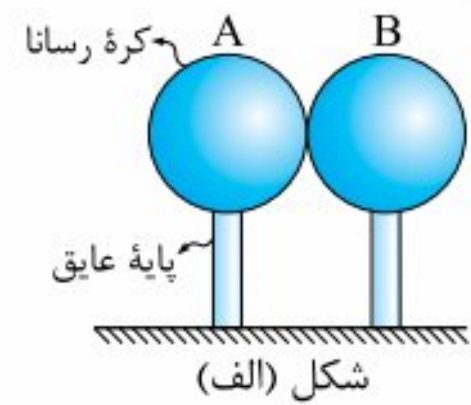


نکته در القای الکتریکی همیشه جسم القاکننده و جسم القاشونده همدیگر را جذب می‌کنند. در شکل روبه‌رو می‌بینید که درون کره فلزی بارهای مثبت به میله پلاستیکی (که بارش منفی است) نزدیک‌ترند؛ به همین دلیل نیروی جاذبه الکتریکی (F_1) از نیروی دافعه (F_2) قوی‌تر است؛ پس دو جسم همدیگر را جذب می‌کنند.

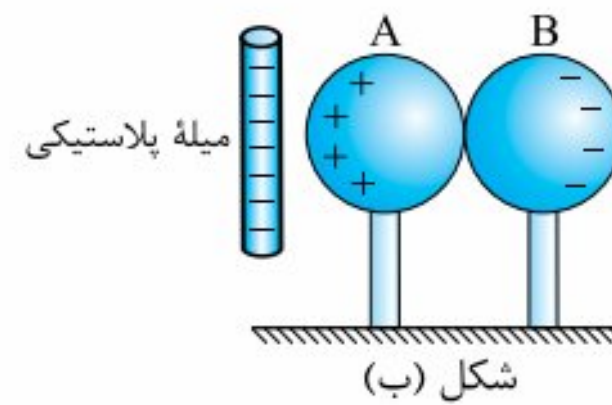
حالا می‌خواهیم ببینیم که چه‌طور با روش القا می‌توانیم اجسام رسانا را باردار کنیم:

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):

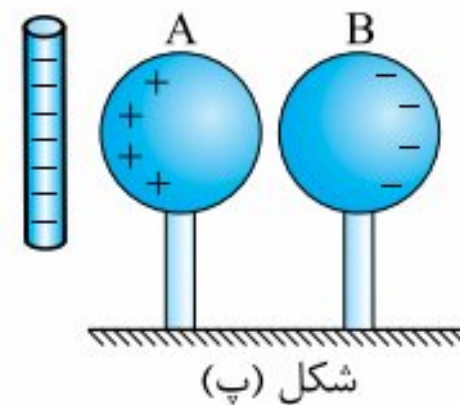
راه اول:



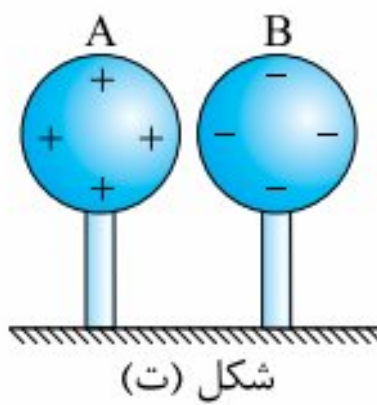
شکل (الف)
دو کره رسانای A و B خنثی را به هم تماس می‌دهیم.



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.

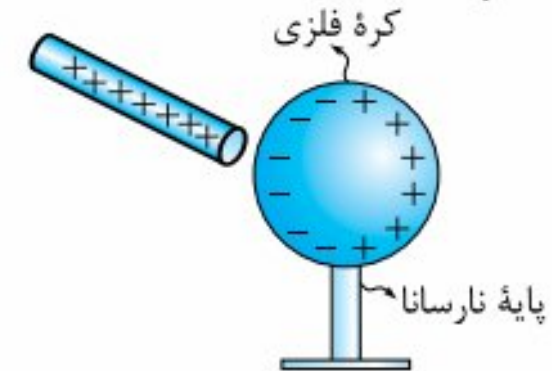


شکل (پ)
در حالی که میله پلاستیکی هنوز در نزدیکی کره A قرار دارد، دو کره را از هم جدا می‌کنیم تا بارهای القاشده در دو کره به دام بیفتند.

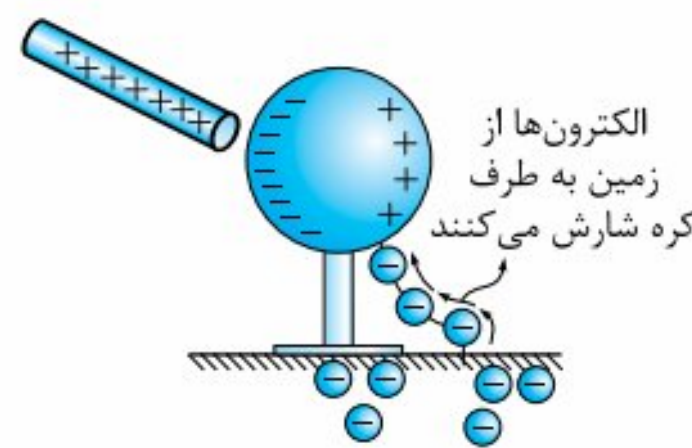


شکل (ت)
با دور کردن میله، بار کره A مثبت و بار کره B منفی می‌ماند.

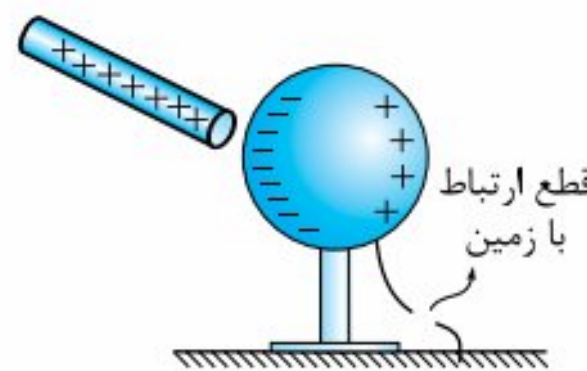
راه دوم:



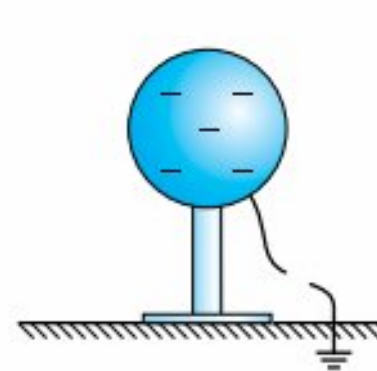
شکل (الف)
یک جسم باردار (مثل میله شیشه‌ای با بار مثبت) را به یک کره فلزی نزدیک می‌کنیم. می‌بینید که الکترون‌ها به طرف میله مثبت کشیده می‌شوند و آرایش بارها روی کره تغییر می‌کند.



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

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

چند نکته

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

۲. در راه دوم که جسم رسانا را به زمین اتصال می‌دهیم، همیشه بار جسم القاشونده (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).

میله مسی A
میله مسی B
میله شیشه‌ای

میله مسی A
میله مسی B
میله شیشه‌ای

(۱) مثبت - منفی

(۲) منفی - مثبت

(۳) مثبت - مثبت

(۴) منفی - منفی

گزینه ۱ بار مثبت میله شیشه‌ای، بارهای منفی میله‌های مسی را به سمت خود می‌کشاند.

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

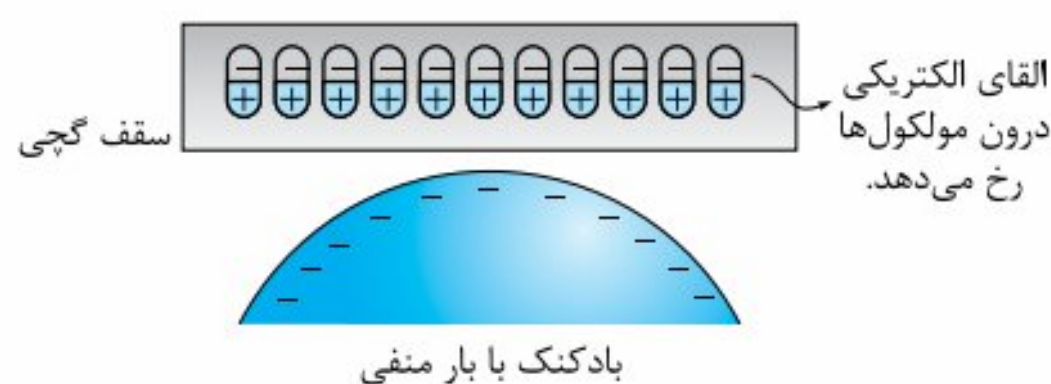
شکل (الف) شکل (ب) شکل (پ)

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 القا، 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 القا، مولکول‌های سطح سقف را دوقطبی کرده است.



بادکنک باردار در اثر القا، 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 نرفته! اجسام نارسانا با روش مالش باردار می‌شوند).

چند نکته

- در شرایط یکسان، اثر القای الکتریکی در جسم رسانا شدیدتر از جسم نارسانا است؛ چون در جسم رسانا الکترون‌ها می‌توانند آزادانه حرکت کنند.
- در القای الکتریکی چه در اجسام رسانا و چه در اجسام نارسانا، جسم القاکننده (باردار) و جسم القاشونده (خنثی) یکدیگر را جذب می‌کنند؛ زیرا همیشه جسم القاکننده بار مخالفش را به سمت خودش می‌کشد.

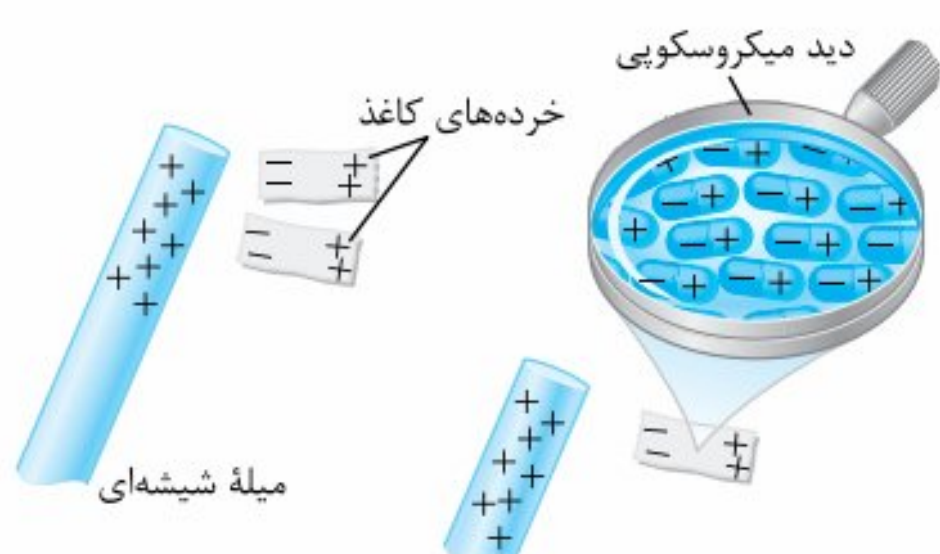
مثال جسم A یک رسانا و جسم B یک نارسانا با مولکول‌های قطبی و جسم C یک نارسانا با مولکول‌های غیرقطبی است. هر سه جسم را نزدیک یک میله باردار قرار می‌دهیم. میله باردار (هر سه جسم خنثی هستند).

- هر سه جسم را می‌رباید.
- جسم A را می‌رباید و بر جسم B و C بی‌اثر است.
- جسم‌های A و B را می‌رباید و بر جسم C بی‌اثر است.
- جسم A را می‌راند، جسم B را می‌رباید 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 باشد!** 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 چه‌طور 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.

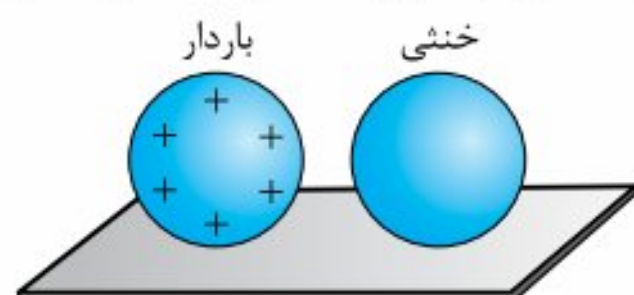
ب) انحراف باریکه آب توسط بادکنک باردار:



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.

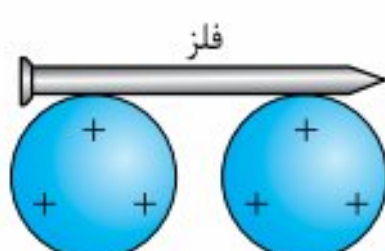
۳- تماس

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. **حواستون 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.



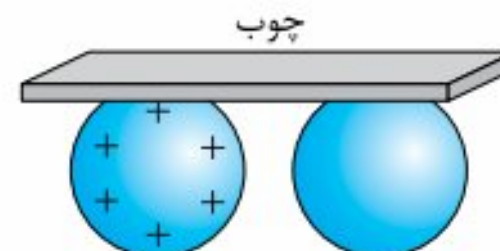
شکل (الف)

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.^(۱)



شکل (پ)

یک جسم نارسا قادر به برقراری تماس نیست.

چند نکته

۱) براساس قانون پایستگی بارهای الکتریکی، مجموع بار الکتریکی دو جسم قبل و بعد از تماس برابر است:

۲) اگر دو کره فلزی مشابه را به هم تماس دهیم (مثل شکل (ب))، بار الکتریکی به مقدار مساوی بینشان تقسیم می‌شود:

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

$+6$ (۱)	-6 (۲)	$+4$ (۳)	-4 (۴)
----------	----------	----------	----------

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:

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

مثال کره‌های رسانای A و B به ترتیب حامل بار $+8 \mu C$ و $-2 \mu C$ 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).

$+2, +2$ (۱)	$+2, +4$ (۲)	$+1, +4$ (۳)	$+1, +2$ (۴)
--------------	--------------	--------------	--------------

پاسخ گزینه «۳» **گام اول** ابتدا دو کره A و C را تماس می‌دهیم: دیگر با کره A کاری نداریم و بار آن همین مقدار $+4 \mu C$ باقی می‌ماند.

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

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

بار نهایی کره B هم $+1 \mu C$ می‌شود.

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

۴ الکتروسکوپ (برق‌نما)

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

ساختمان الکتروسکوپ



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

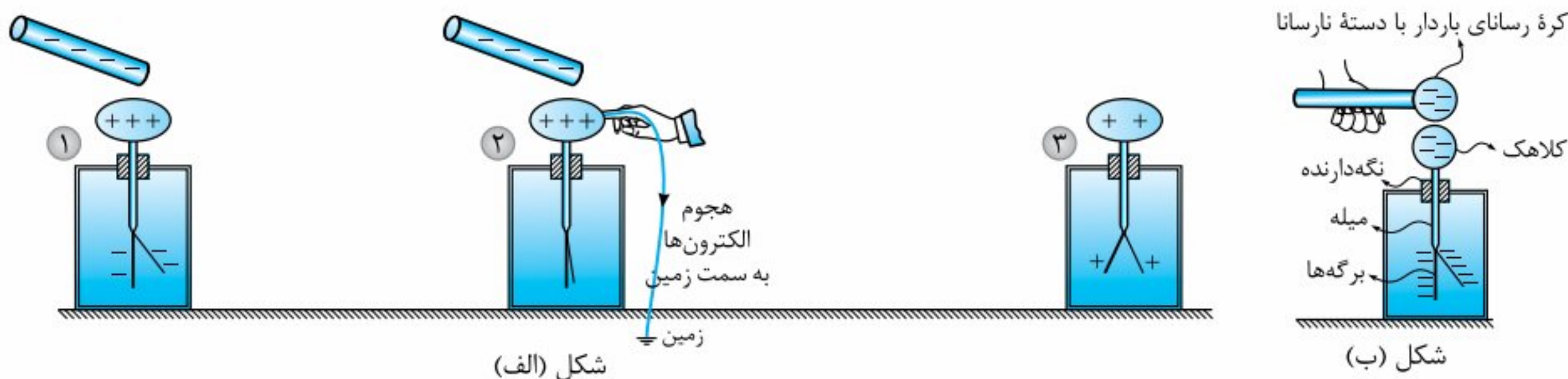
نکته در حالتی که جسم باردار را نزدیک کلاهک الکتروسکوپ نباشد:

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.

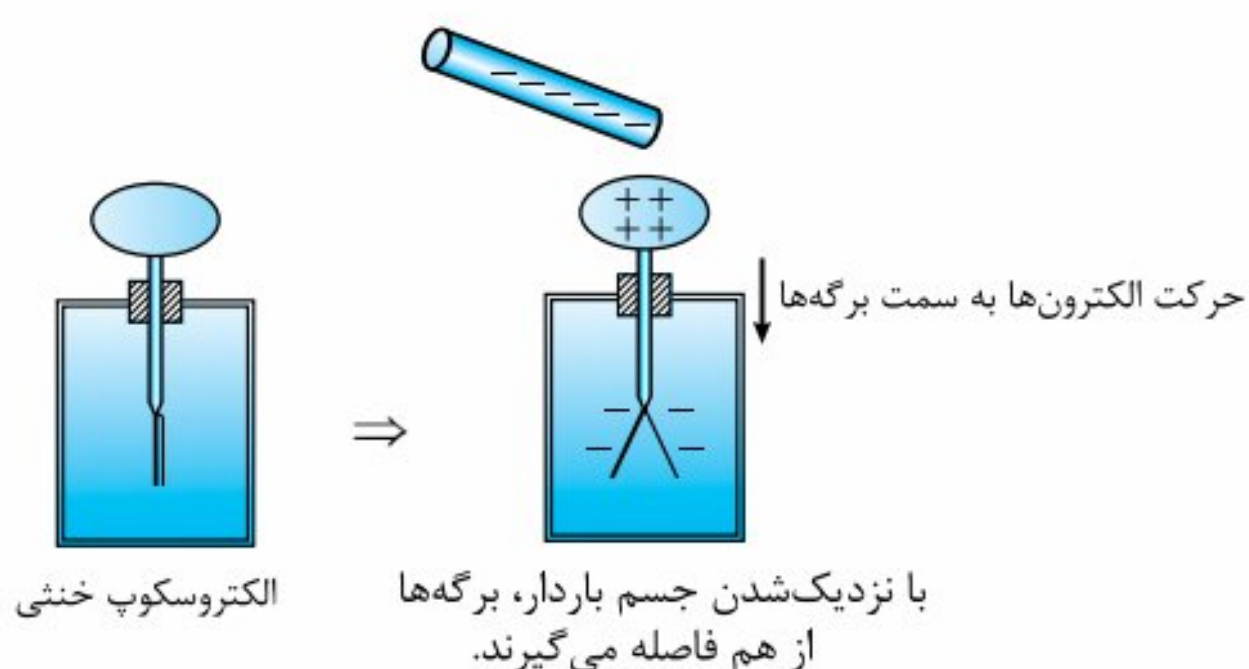
حواستون باشد! در روش القا، بار الکتروسکوپ مخالف بار جسم القاکننده و در روش تماس، بار الکتروسکوپ هم‌نام بار جسم رسانا می‌شود.

کاربردهای الکتروسکوپ

با چند آزمایش ساده کاربردهای الکتروسکوپ را بیان می‌کنیم.

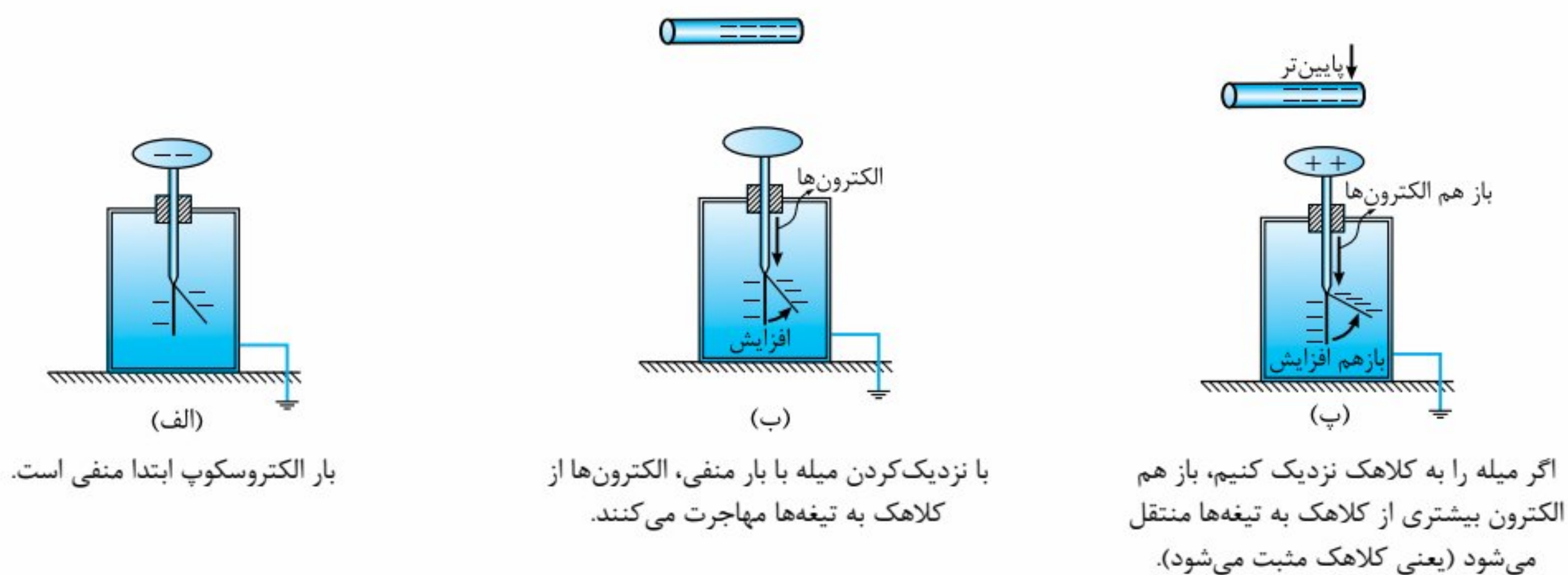
۱- تشخیص وجود بار الکتریکی در یک جسم: برای این کار جسم موردنظر را به کلاهک یک الکتروسکوپ خنثی نزدیک می‌کنیم؛ اگر با نزدیک کردن جسم، برگه‌ها از هم فاصله گرفتند، یعنی جسم باردار است (شکل روبه‌رو). علت این امر مهاجرت بارهای هم‌نام با جسم از کلاهک به برگه‌ها است. از آن جایی که بار برگه‌ها هم‌نام می‌شوند، 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

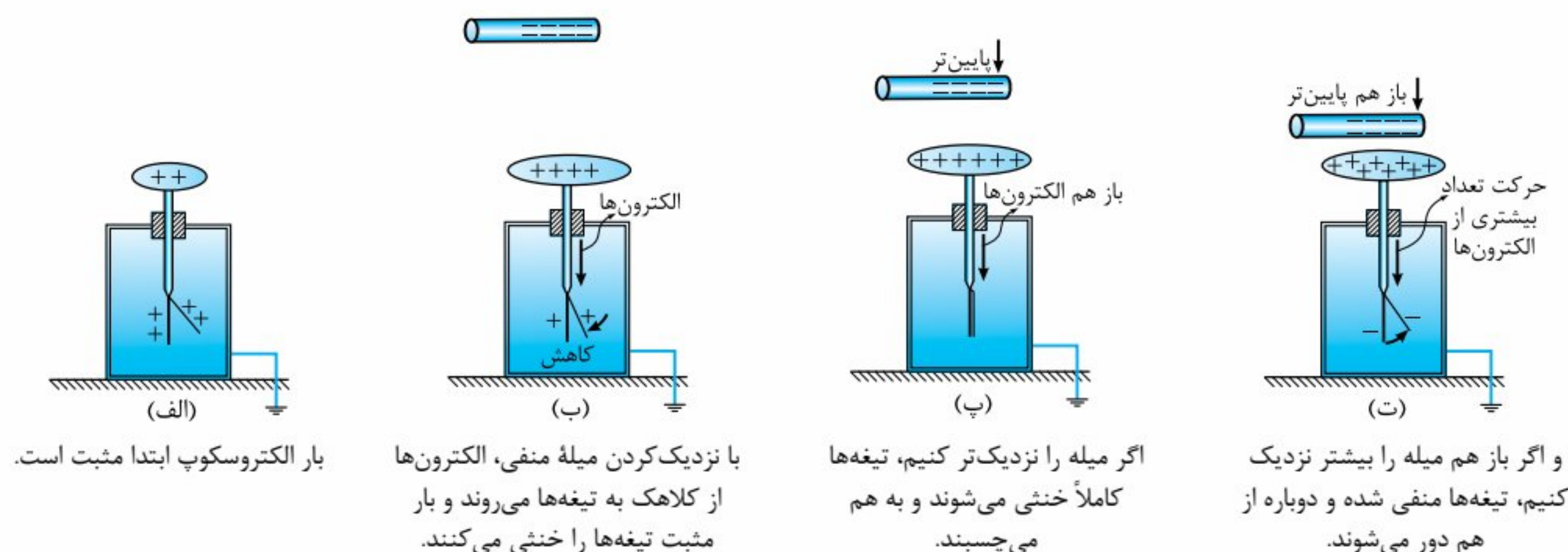


شکل‌های (۱) از همان ابتدا برگه شروع به دورتر شدن از تیغه کرد، یعنی بار جسم هم‌نام بار الکتروسکوپ است؛ اما اگر مثل شکل‌های (۲) در ابتدا برگه به تیغه نزدیک شد و سپس دور شد، یعنی که بار جسم و الکتروسکوپ مخالف یکدیگر است.

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



شکل‌های (۱)



شکل‌های (۲)

نکته در شکل‌های (۲) اگر جسم باردار را خیلی سریع به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک کنیم، ممکن است بسته شدن ابتدایی برگه‌ها را نبینیم و تنها با مشاهده باز شدن نهایی ورقه‌ها، بار جسم را به اشتباه مانند شکل‌های (۱) هم نام 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 آوردیم تا آله نکتۀ بالا رو نفونیدین هتمآ بفونین!

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.

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

پرسش‌های بخش ۱: مفاهیم اولیه الکتریسیته ساکن

بار الکتریکی

وقتشه که اولین تست‌های فیزیک یازدهم رو بررسی کنید. آله درس نامه این بفش رو نفونید، دست به قلم نشید! اول درس نامه رو بفونید و بعد پیاید 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.

(۳۰ ق)

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.

(سراسری ریاضی ۹۵)

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

- (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 $1/6 \times 10^{-19} C$ است.)

(۳۰ ق)

- (۱) 2×10^{-8} (۲) -2×10^{-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؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19} C$)

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

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

- (۱) 2×10^{13} ، بگیرد (۲) 2×10^{13} ، از دست بدهد (۳) 5×10^{13} ، بگیرد (۴) 5×10^{13} ، از دست بدهد

۸- دو جسم خنثای A و B در اثر مالش جداگانه با جسم خنثای C به ترتیب بار الکتریکی $2 nC$ و $8 nC$ پیدا می‌کنند. کدام مورد درست است؟

($e = 1/6 \times 10^{-19} C$)

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

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

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

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

(برگرفته از کتاب درسی)

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) $41/6 \times 10^{-19}$ ، صفر (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 $32 \mu C$ شود؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19} C$)

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

۱۱- جسم رسانایی در ابتدا دارای بار الکتریکی مثبت است. اگر تعداد 5×10^3 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؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19} C$)

(کانون فرهنگی آموزش ۹۹)

- (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.

(۳۰ ق)

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.

(۲) پروتون‌های یک جسم به جسم دیگر منتقل می‌شوند.

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

(۴) یون‌های مثبت و منفی در دو جسم با هم مبادله 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.

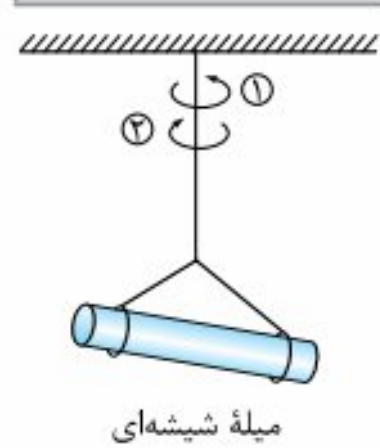
- (۱) هر دو جسم باردار می‌شوند، نارسانا (۲) هر دو جسم باردار می‌شوند، رسانا

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

سری الکتریسیته مالشی

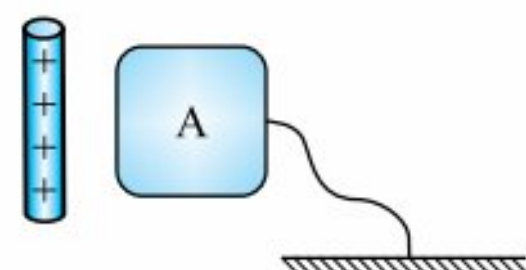
انتهای مثبت سری
شیشه
ابریشم
چوب
پارچه کتان
انتهای منفی سری

انتهای مثبت سری
B
C
A
انتهای منفی سری



سری الکتریسیته مالشی

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



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

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

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

- (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
- (۳) مثبت - (۴) منفی

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)

پندتا تست جالب و قشنگ درباره القای بار الکتریکی طرح کردیم براتون. لذت ببرید از شون

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

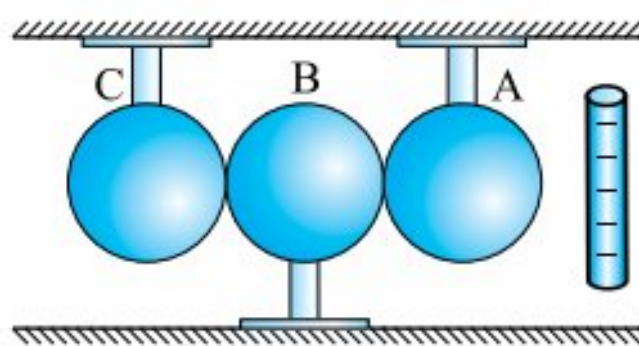
- (۱) رسانا، مثبت
- (۲) رسانا، منفی
- (۳) نارسانا، مثبت
- (۴) نارسانا، منفی

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.

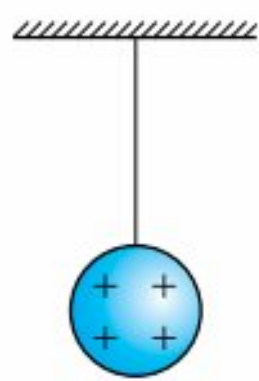
۲۱- یک میله پلاستیکی را به یک پارچه پشمی مالش می‌دهیم و آن را به یک کره فلزی خنثی که روی پایه عایقی قرار دارد، نزدیک می‌کنیم. در این وضعیت، اگر دست خود را روی کره بگذاریم و برداریم و سپس میله را از کره دور کنیم، کره از نظر بار الکتریکی چه وضعیتی خواهد داشت؟

- (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 گلوله‌های A و C دور کنیم، بار گلوله‌های B و C چه خواهد بود؟

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



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

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

تست‌های بعدی فیزی فوبن! باید مواظبتون به همه جزئیات باشه.

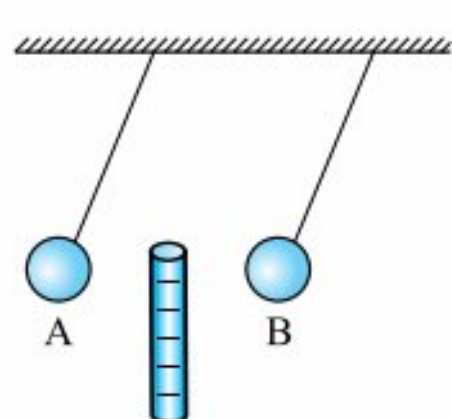
۲۴- سه جسم A، B و C را دوباره به یکدیگر نزدیک می‌کنیم. وقتی A و B به یکدیگر نزدیک می‌شوند، همدیگر را با نیروی الکتریکی جذب می‌کنند و اگر B و C را به یکدیگر نزدیک کنیم، یکدیگر را با نیروی الکتریکی دفع می‌کنند. کدام یک از گزینه‌های زیر می‌تواند درست باشد؟

- (۱) A و C بار هم‌نام و هم‌اندازه دارند.
(۲) B و C بار غیرهم‌نام دارند.
(۳) B بدون بار و C باردار است.
(۴) A بدون بار و B باردار است.

(سراسری تجربی ۱۸۶)

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؟

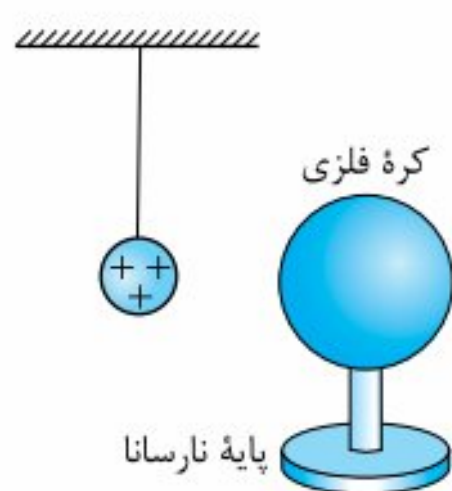
- (۱) گلوله‌های A و B بار غیرهم‌نام دارند.
(۲) گلوله‌های B و C حتماً همدیگر را جذب می‌کنند.
(۳) گلوله A ممکن است بدون بار (خنثی) باشد.
(۴) یکی از گلوله‌های B و C الزاماً خنثی است.



۲۶- مطابق شکل، میله پلاستیکی بارداری را در فاصله بین دو گلوله آویزان A و B قرار می‌دهیم. مشاهده می‌کنیم که گلوله‌ها به شکل مقابل درمی‌آیند. کدام گزینه درست است؟

- (۱) گلوله‌های A و B الزاماً دارای بار غیرهم‌نام هستند.
(۲) گلوله B الزاماً دارای بار مثبت است.
(۳) گلوله A می‌تواند خنثی باشد.
(۴) گلوله B می‌تواند خنثی باشد.

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



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

۲۸- کدام یک از جسم‌های زیر را می‌توان با روش القا باردار کرد؟

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

(برگرفته از کتاب درسی)

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

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

۳۰- یک میله باردار را به تکه‌های ریز از یک فویل آلومینیمی و خرده‌های کاغذ نزدیک می‌کنیم. میله باردار به هر تکه آلومینیم نیروی F_1 و به هر تکه کاغذ، نیروی F_2 را وارد می‌کند. کدام گزینه درست است؟ (مساحت تکه آلومینیم و تکه کاغذ با هم برابر و هر دو خنثی هستند).

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

به 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 شده‌اند. هرگاه این دو کره را با یکدیگر تماس داده و سپس از هم جدا سازیم، بار الکتریکی هر کره چند میکروکولن می‌شود؟

- (۱) ۴
(۲) ۲
(۳) ۸
(۴) ۶

۳۲- دو کره فلزی مشابه A و B روی پایه‌های عایقی قرار دارند. بار الکتریکی کره فلزی A، $12 \mu C$ و بار الکتریکی کره فلزی B، $4 \mu C$ - است. اگر این دو کره را با هم تماس دهیم، الکترون از کره می‌رود. ($e = 1.6 \times 10^{-19} C$)

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

الکتروسکوپ (برق‌نما)

با الکتروسکوپ فیلی کارا می‌شه کرد. آگه نمی‌دونید، هتماً هتماً درس نامه‌رو بخونید.

۳۳- جسمی با بار مثبت را به کلاهک الکتروسکوپ خنثی نزدیک کرده و بدون تماس با آن در کنارش نگه می‌داریم. 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 میله باردار منفی را آهسته به کلاهک الکتروسکوپ بدون بار نزدیک می‌کنیم. هنگامی که این میله در نزدیکی کلاهک الکتروسکوپ قرار می‌گیرد، بار الکتریکی 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 الکتروسکوپ بدون بار تماس می‌دهیم و مشاهده می‌کنیم 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 میله آلومینیومی بدون بار را به تدریج به کلاهک الکتروسکوپ باردار نزدیک می‌کنیم و مشاهده می‌کنیم که ورقه‌های الکتروسکوپ به آرامی باز می‌شوند. (۳) تغییری نمی‌کنند. (۴) با توجه به نوع بار ممکن است باز یا بسته شوند.

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

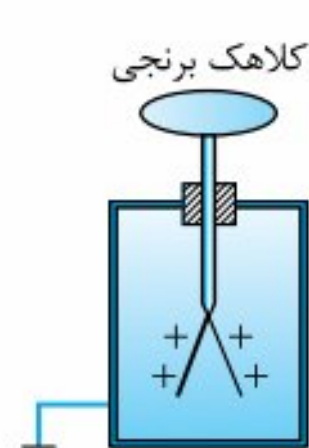
- (۱) مثبت (۲) منفی (۳) خنثی یا مثبت (۴) منفی یا خنثی

۳۸- یک میله رسانای بدون بار را به کلاهک الکتروسکوپ که بارش مثبت است، تماس می‌دهیم؛ سپس این میله را به کلاهک الکتروسکوپ بدون بار نزدیک می‌کنیم. در این حالت، بار الکتریکی 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 الکتریکی منفی را به کلاهک الکتروسکوپ خنثی نزدیک می‌کنیم. در همین حالت، یک میله فلزی بدون بار را با کلاهک الکتروسکوپ تماس می‌دهیم و جدا می‌کنیم. با دور کردن تکه چوب، ورقه‌ها دارای بار الکتریکی و می‌شوند.

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

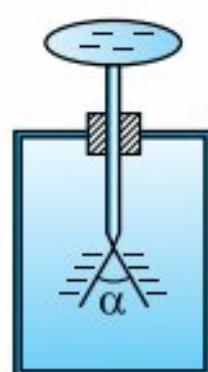


۴۰- اگر یک میله پلاستیکی را با پارچه پشمی مالش دهیم و آن را به آرامی به کلاهک الکتروسکوپ شکل روبه‌رو که بار مثبت دارد نزدیک کنیم، چه تغییری در انحراف ورقه‌های آن ایجاد می‌شود؟

- (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 پارچه کتان مالش داده و سپس میله را به کلاهک الکتروسکویی با بار منفی (مطابق شکل زیر) نزدیک می‌کنیم. چه تغییری در زاویه بین ورقه‌های الکتروسکوپ (α) 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
پارچه کتان
کهربا
تفلون
انتهای منفی سری

پاسخ نامه تشریحی

۱- گزینه «۳»
اول این که می دانیم 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 $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ است.

۲- گزینه «۲»
برای آن که صفحه فلزی دارای بار مثبت شود، باید تعداد پروتون ها بیشتر از الکترون ها باشد؛ پس باید الکترون ها به یک جسم دیگر کوچ کنند. **تذکره** پروتون ها داخل هسته هستند و نمی توانند به جسم دیگری بروند!

۳- گزینه «۱»
همان طور که گفتیم، بار الکتریکی یک کمیت گسسته یا کوانتومی است؛ یعنی مضرب درستی از بار الکتریکی پایه که برابر $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ است.

۴- گزینه «۴»
برای محاسبه تعداد الکترون ها، 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 سانتی متر میله 10^1 الکترون بدهیم، به میله ۸ سانتی متری 8×10^1 الکترون منتقل می شود. با این حساب بار میله برابر است با:

۶- گزینه «۲»
بار الکتریکی باید مضرب درستی از بار بنیادی باشد؛ پس به دنبال گزینه ای می گردیم که مضرب درستی از $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ باشد.
 $q = -ne = -8 \times 10^1 \times 1.6 \times 10^{-19} = -1.28 \times 10^{-17} \text{ C}$
 $n = \frac{q}{e}$ نباشد!

گزینه (۱):	$n = \frac{3/2 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 2$	گزینه (۲):	$n = \frac{6/4 \times 10^{-20}}{1.6 \times 10^{-19}} = 0.4$
گزینه (۳):	$n = \frac{8 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 5$	گزینه (۴):	$n = \frac{16 \times 10^{-20}}{1.6 \times 10^{-19}} = 1$

همان طور که می بینید، در گزینه (۲) به مضرب درستی نرسیدیم!

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

$$q = ne \Rightarrow n = \frac{q}{e} = \frac{8 \times 10^{-6}}{1.6 \times 10^{-19}} = 5 \times 10^{13}$$

۸- گزینه «۴»
هنگام مالش دو جسم، پروتونی بین آن ها منتقل نمی شود. پس گزینه های (۱) و (۳) کنار می روند. 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 الکترون های مبادله شده در هر کدام را به دست می آوریم:

$$q_A = n_A e \Rightarrow n_A = \frac{q_A}{e} = \frac{2 \times 10^{-9}}{1.6 \times 10^{-19}} = 1.25 \times 10^{10}$$

$$q_B = -n_B e \Rightarrow n_B = \frac{-q_B}{e} = \frac{8 \times 10^{-9}}{1.6 \times 10^{-19}} = 5 \times 10^{10}$$

۹- گزینه «۳» **یادآوری** عدد اتمی نشان دهنده تعداد پروتون ها و الکترون ها 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 پروتون هایش؛ یعنی:

$$q = ne = 26 \times 1.6 \times 10^{-19} = 4.16 \times 10^{-18} \text{ C}$$

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

۱۰- گزینه «۳»
جسم خنثی است؛ پس تعداد الکترون ها و پروتون هایش 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 می رسد 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 الکترون های منتقل شده داریم:

$$\Rightarrow q_1 = 6.4 \times 10^{-16} \text{ C} = 6.4 \times 10^{-7} \text{ nC}$$

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

۱۲- گزینه «۳»

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

۱۳- گزینه «۲»

چرا که در اثر مالش، الکترون‌های میله کاهش می‌یابد.

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

۱۴- گزینه «۱»

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 (تریبوالکتریک)، 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

از آن جایی که در سری تریبوالکتریک جسم A به انتهای منفی سری نزدیک‌تر است، هنگام مالش دو جسم A و B، الکترون از

۱۶- گزینه «۲»

جسم B به جسم A منتقل می‌شود. پس جسم A بار الکتریکی منفی پیدا می‌کند. در نتیجه بار جسم A برابر است با:

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

با مالش میله پلاستیکی با پارچه ابریشمی، میله پلاستیکی به خاطر الکترون‌خواهی بیشتر دارای بار منفی می‌شود. میله شیشه‌ای

۱۷- گزینه «۴»

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 (تریبوالکتریک) در مالش بادکنک (پلاستیک) با بدن گربه، بدن گربه دارای بار مثبت می‌شود. (نادرست)

اول این‌که در جسم B الکترون‌ها فقط در درون ذرات (مولکول‌ها) جابه‌جا شده‌اند و دوقطبی الکتریکی ایجاد کرده‌اند (یعنی

۱۹- گزینه «۴»

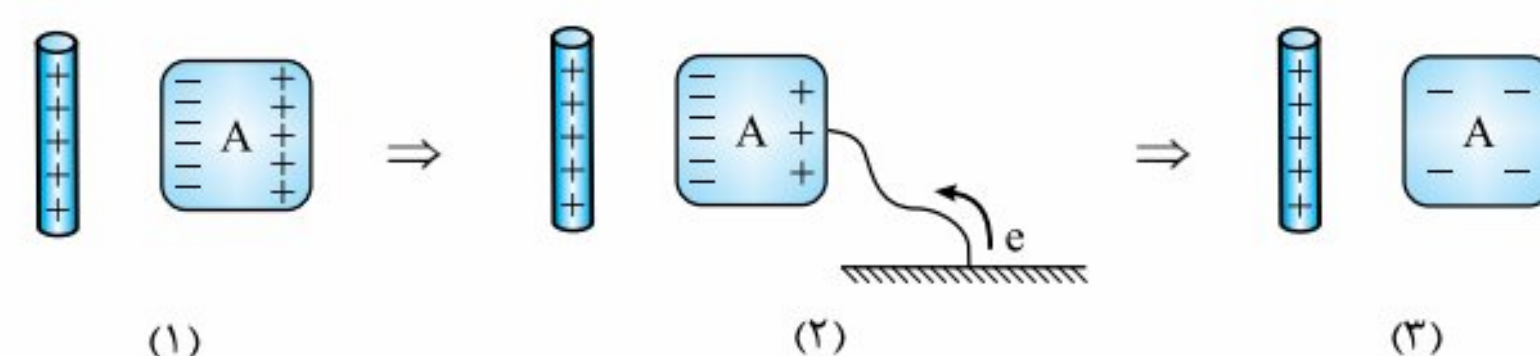
الکترون در جسم آزادانه حرکت نمی‌کند). پس جسم B نارسانا است.

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.

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

۲۰- گزینه «۱»

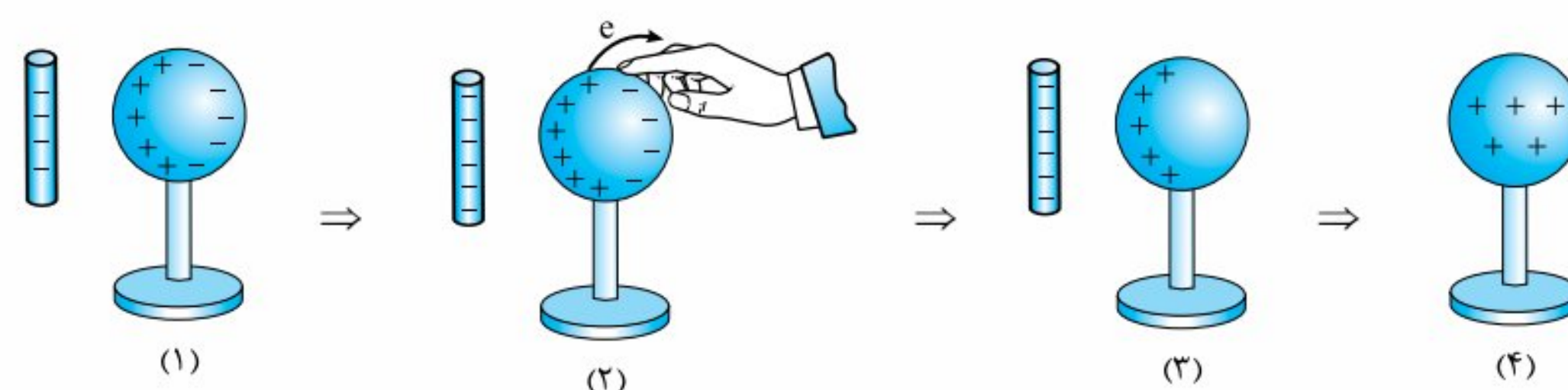
تجمع می‌کنند. با وصل کردن جسم A به زمین، الکترون‌ها از زمین به کره منتقل می‌شوند. در نهایت با جدا کردن سیم از زمین، جسم، بار الکتریکی منفی پیدا می‌کند.



در اثر مالش میله پلاستیکی با پارچه پشمی، میله به دلیل الکترون‌خواهی بیشتر دارای بار منفی می‌شود. مطابق شکل با

۲۱- گزینه «۱»

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.



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،

۲۲- گزینه «۱»

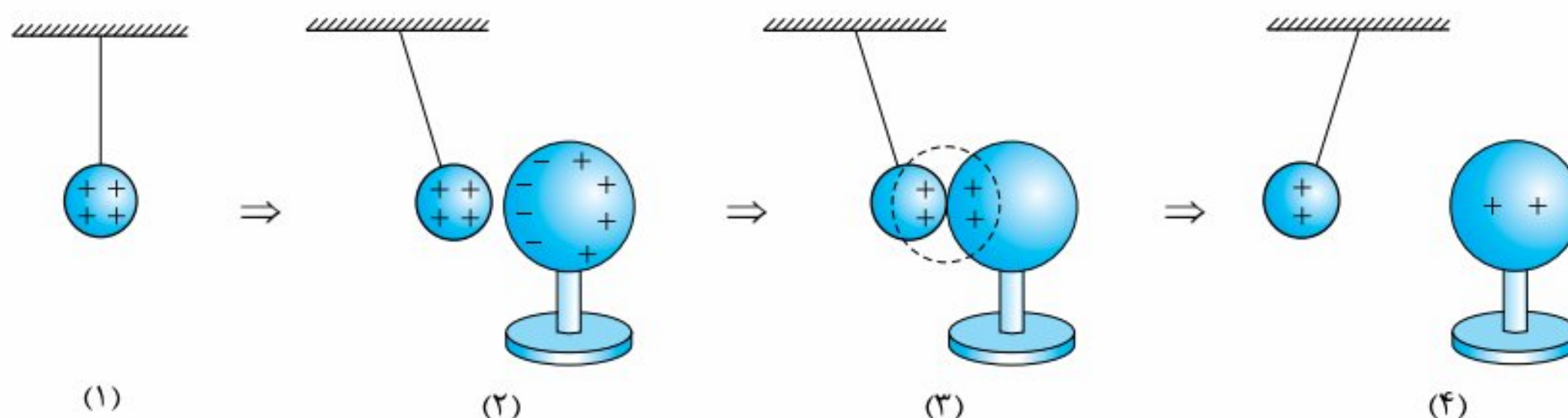
الکترون‌ها از کره A به سمت کره C می‌روند. با برداشتن کره B، کره C که الکترون گرفته بود، دارای بار منفی و کره A با از دست دادن الکترون دارای بار

$$q_A > 0, q_C < 0$$

مثبت می‌شود؛ یعنی:

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 شک نداریم. ☒

۲۵- گزینه ۲

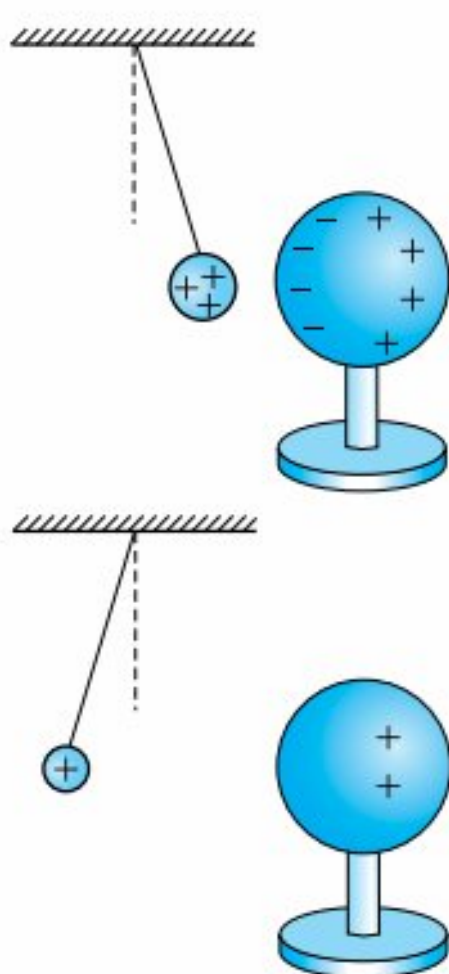
با توجه به وضع گلوله A و C، در مورد باردار بودن و هم‌نام بودن بار این دو گلوله مطمئن هستیم؛ اما در مورد گلوله B نمی‌دانیم که بار غیرهم‌نام با جسم A دارد یا بدون بار است؛ با توجه به این موضوع، تنها گزینه (۲) می‌تواند درست باشد.

۲۶- گزینه ۴

در منفی بودن بار گلوله A شک نداریم؛ چرا که از میله دور شده؛ می‌ماند گلوله B! 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 این‌که چون میله باردار و تکه آلومینیم و تکه کاغذ خنثی هستند، هر دو نیرو جاذبه‌اند. ضمناً چون آلومینیم رسانا و تکه کاغذ خنثی است، $F_A > F_B$ 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: $q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{6 - 2}{2} = 2 \mu C$

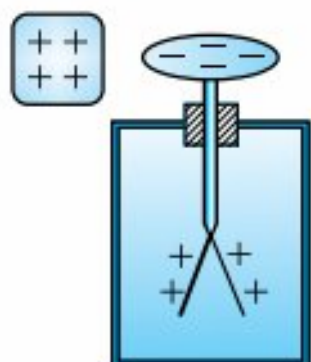
۳۲- گزینه ۴

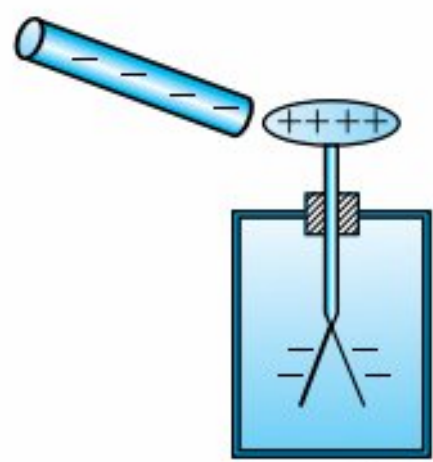
گام اول ابتدا ببینیم بار هر کره پس از تماس، چند میکروکولن می‌شود: $q'_A = q'_B = \frac{q_A + q_B}{2} = \frac{12 - 4}{2} = 4 \mu C$ **گام دوم** برای آن‌که بار کره B از $4 \mu C$ به $-4 \mu C$ برسد باید به اندازه $8 \mu C$ الکترون از کره B به کره A برود (تا این‌جا گزینه‌های (۱) و (۳) کنار رفتند)،

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.





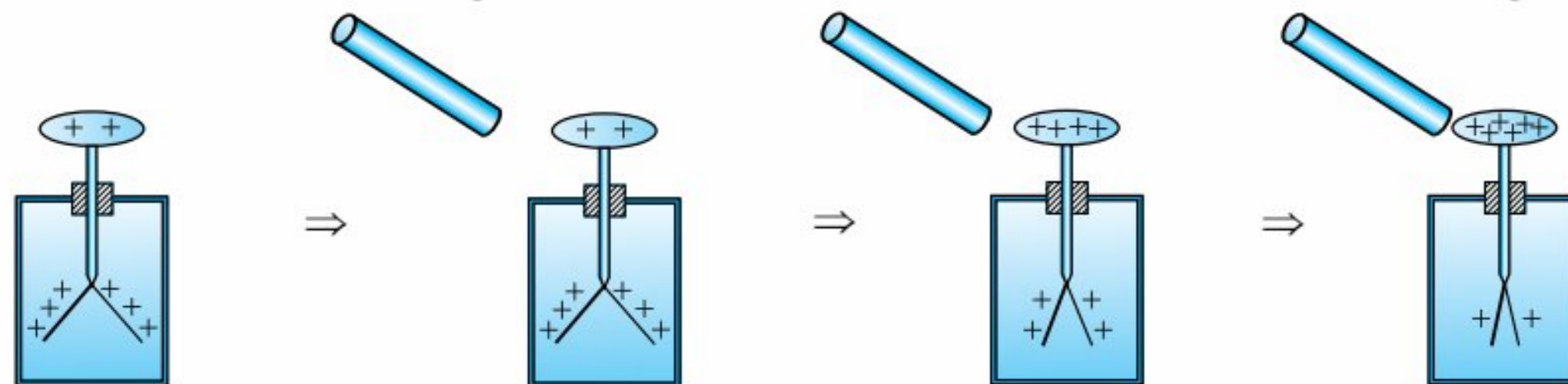
مطابق شکل با نزدیک کردن میله با بار منفی، الکترون‌های الکتروسکوپ از کلاهک به سمت ورقه‌ها می‌روند. بنابراین همان‌طور که در شکل می‌بینید، بار الکتریکی کلاهک مثبت و بار الکتریکی ورقه‌ها منفی می‌شود.

۳۴- گزینه «۳»

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.

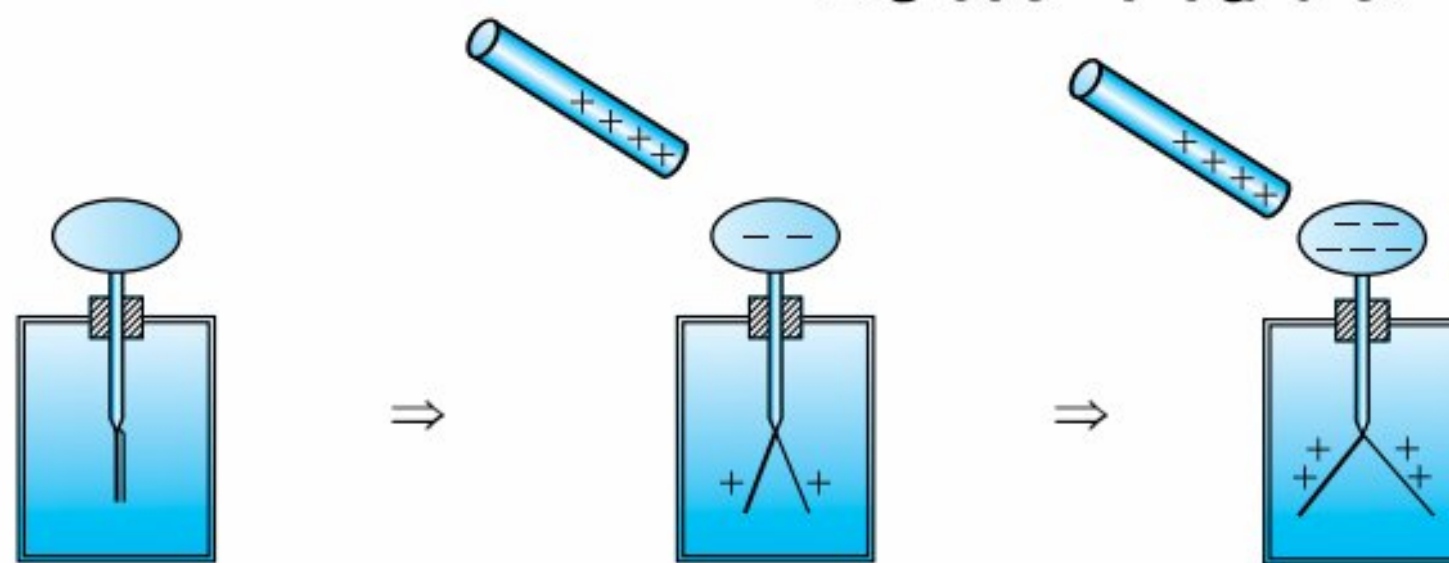
۳۵- گزینه «۴»

۳۶- گزینه «۲»

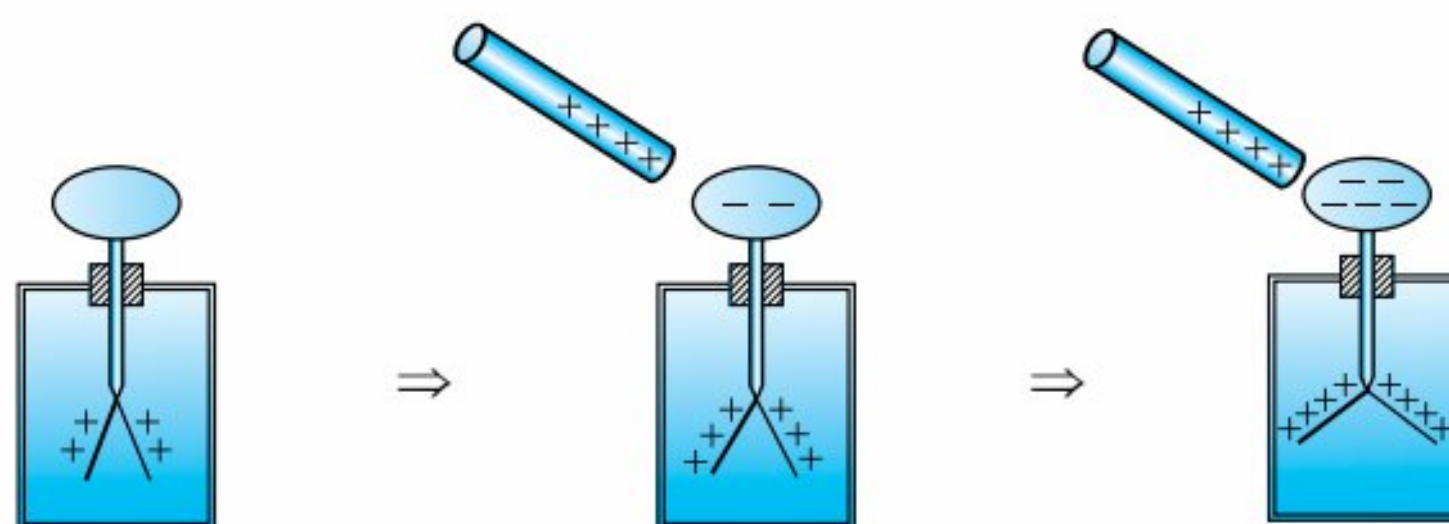


وقتی الکتروسکوپ بدون بار باشد، ورقه‌ها از همان اول بسته‌اند. هر چه قدر میله باردار به الکتروسکوپ نزدیک شود، ورقه‌ها از یکدیگر بیشتر فاصله می‌گیرند؛ پس گزینه‌های (۳) و (۴) حتماً نادرست‌اند. این موضوع را در شکل زیر می‌بینید:

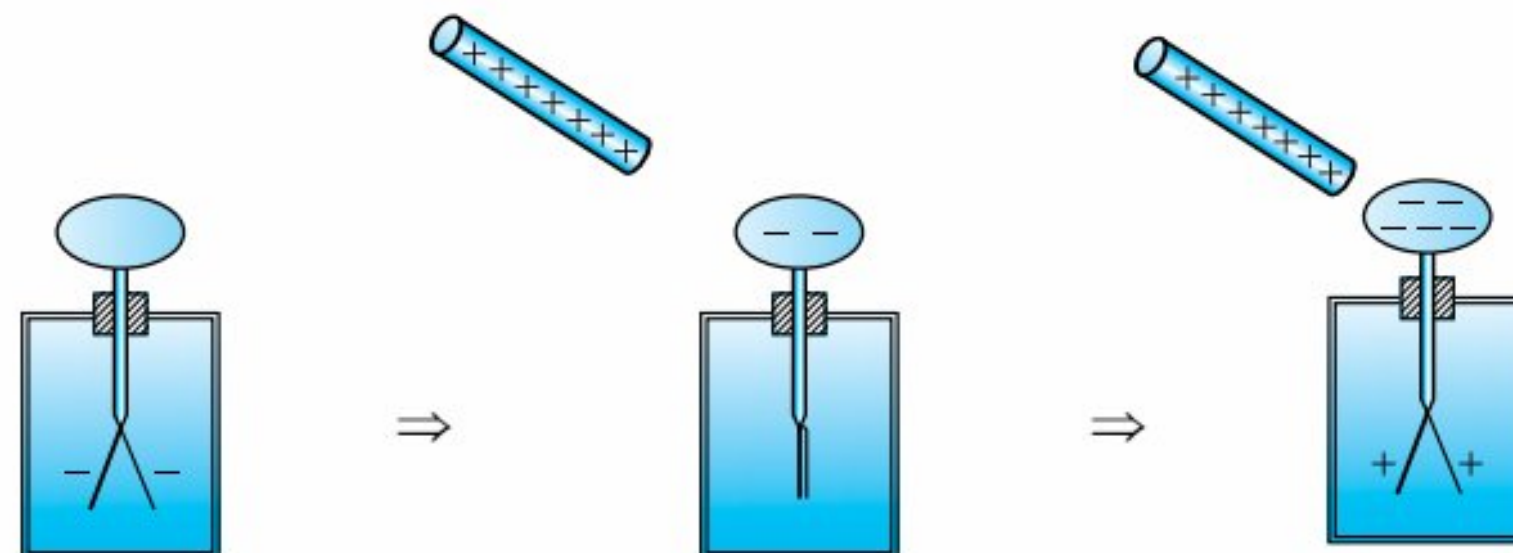
۳۷- گزینه «۲»



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.

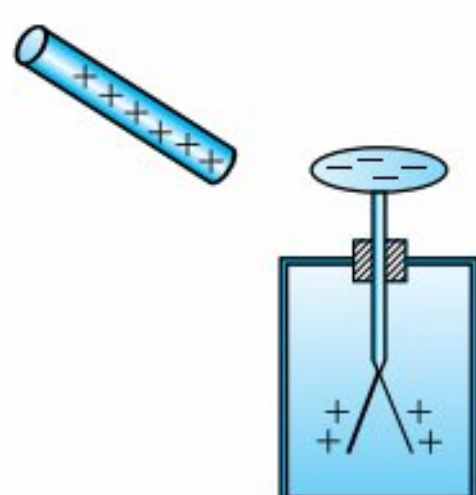


حالا به بررسی تنها حالت باقی‌مانده یعنی گزینه (۲) می‌پردازیم. مطابق شکل زیر با نزدیک کردن میله با بار مثبت، بار منفی تیغه به کلاهک می‌رود و در نتیجه بار آن خنثی و تیغه‌ها بسته می‌شوند. با نزدیک کردن میله، الکترون بیشتری به کلاهک می‌رود؛ در نتیجه بار تیغه مثبت می‌شود. با مثبت شدن بار تیغه، تیغه‌ها دوباره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

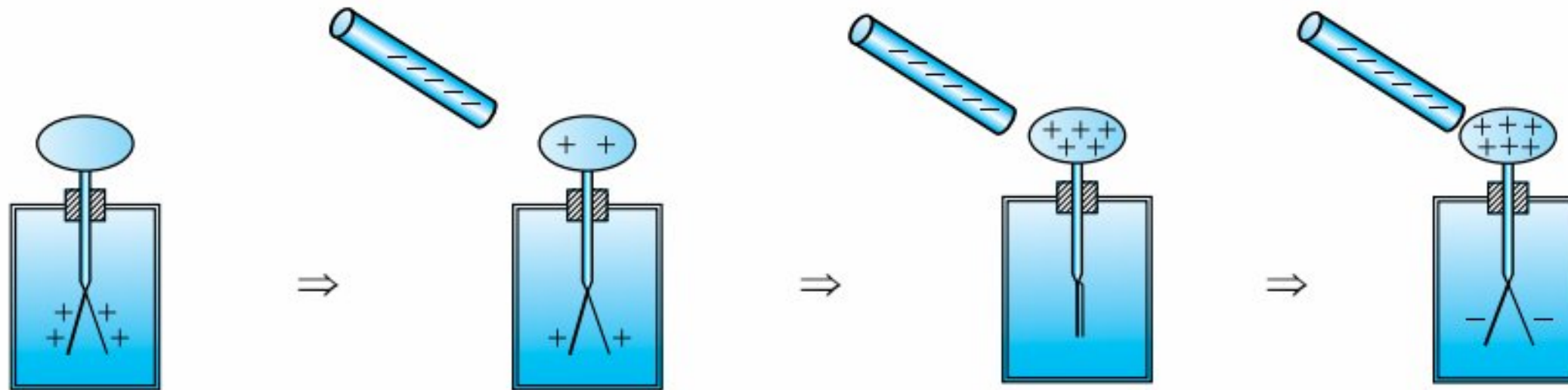
در این تست، به نوعی الکتروسکوپ را به روش القا باردار می‌کنیم؛ پس بار القاشده در الکتروسکوپ مخالف بار تکه چوب خواهد بود؛

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 می‌کنند و دوباره از هم دور می‌شوند.



۴۱- گزینه «۳»

از آن جایی که در سری تریبوالکتریک 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.