فهرست

فصل اول، الکتریسیتهٔ ساکن ۷
درس‌نامه‌های بخش ۱: مفاهیم اولیهٔ الکتریسیتهٔ ساکن ۸
پرسش‌های بخش ۱ ۱۶
درس‌نامه‌های بخش ۲: قانون کولن و میدان‌های الکتریکی ۲۱
پرسش‌های بخش ۲ ۳۴
درس‌نامه‌های بخش ۳: الکتریسیتهٔ ساکن با طعم کار و انرژی! ۴۹
پرسش‌های بخش ۳ ۶۳
درس‌نامه‌های بخش ۴: خازن ۷۱
پرسش‌های بخش ۴ ۷۸
پاسخ‌نامهٔ تشریحی ۸۴
فصل دوم، جریان الکتریکی ۱۲۶
درس‌نامه‌های بخش ۱: جریان الکتریکی و مقاومت الکتریکی ۱۲۷
پرسش‌های بخش ۱ ۱۳۴
درس‌نامه‌های بخش ۲: مدارهای تک‌حلقهٔ جریان الکتریکی ۱۴۰
پرسش‌های بخش ۲ ۱۴۵
درس‌نامه‌های بخش ۳: انرژی و توان الکتریکی ۱۴۹
پرسش‌های بخش ۳ ۱۵۵
درس‌نامه‌های بخش ۴: مدارهای تک‌حلقهٔ چند مقاومتی ۱۶۰
پرسش‌های بخش ۴ ۱۷۲
پاسخ‌نامهٔ تشریحی ۱۹۳
فصل سوم، مغناطیس و القای الکترومغناطیسی ۲۵۵
درس‌نامه‌های بخش ۱: مفاهیم اولیهٔ مغناطیس ۲۵۶
پرسش‌های بخش ۱ ۲۵۹
درس‌نامه‌های بخش ۲: اثر میدان مغناطیسی بر بارهای الکتریکی متحرک ۲۶۱
پرسش‌های بخش ۲ ۲۶۶
درس‌نامه‌های بخش ۳: جریان الکتریکی میدان مغناطیسی ایجاد می‌کند ۲۷۶
پرسش‌های بخش ۳ ۲۸۱
درس‌نامه‌های بخش ۴: ساختمان مواد مغناطیسی ۲۸۸
پرسش‌های بخش ۴ ۲۹۰
درس‌نامه‌های بخش ۵: پدیدهٔ القای الکترومغناطیسی (قانون لنز ـ فاراده) ۲۹۲
پرسش‌های بخش ۵ ۳۰۶
درس‌نامه‌های بخش ۶: پدیدهٔ خود ـ القاوری ۳۲۴
پرسش‌های بخش ۶ ۳۲۶
درس‌نامه‌های بخش ۷: کاربردهایی از القای الکترومغناطیسی (جریان متناوب ـ مبدل) ۳۲۹
پرسش‌های بخش ۷ ۳۳۲
پاسخ‌نامهٔ تشریحی ۳۳۸
ضمائم ۳۹۰
پاسخ‌نامهٔ کلیدی ۳۹۱
کتاب‌نامه ۳۹۴

فصل ۱

الکتریسیتهٔ ساکن

۱ 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 (یا کهربایی[۱]) موادند. در مثال زیر سه نمونهٔ دیگر از این پدیده‌ها را نام برده‌ایم.

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

۱) جهت‌یابی پرندگان مهاجر ۲) بالارفتن مارمولک از دیوار

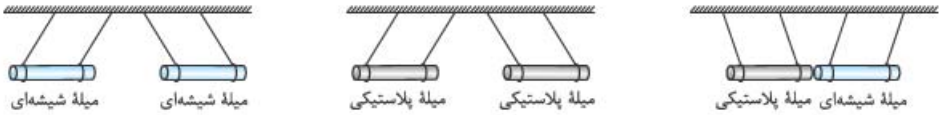
۳) انتقال پیام‌های عصبی در دستگاه اعصاب ۴) تشکیل مولکول‌ها از به هم پیوستن اتم‌ها

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

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، رباییش یا رانش دو میله را نشان می‌دهد. (در شکل‌های زیر به هم‌جنس یا غیرهم‌جنس بودن میله‌ها و نیروی رانش یا رباییش آن‌ها دقت کنید.)



توضیح شکل‌ها: این شکل‌ها نشان می‌دهند که میله‌های با بار غیرهم‌نام یکدیگر را جذب و میله‌های با بار هم‌نام یکدیگر را دفع می‌کنند.

از این آزمایش دو نتیجهٔ مهم می‌گیریم:

۱ دو نوع بار الکتریکی وجود دارد. چون اگر فقط یک نوع بار وجود داشت، بار همهٔ میله‌ها یکسان می‌شد و میله‌ها بدون توجه به هم‌جنس بودن یا نبودنشان، باید یا فقط همدیگر را جذب می‌کردند یا فقط همدیگر را دفع می‌کردند.

۲ بارهای هم‌نام یکدیگر را می‌رانند و بارهای ناهم‌نام یکدیگر را می‌ربایند.

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 هم‌نام یکدیگر را ..... می‌کنند.**

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

پاسخ **گزینهٔ «۴»** در این آزمایش مشاهده می‌کنیم این دو میلهٔ هم‌جنس که به طور مشابه باردار شده‌اند، یکدیگر را دفع می‌کنند. پس نتیجه می‌گیریم **بارهای مشابه (هم‌نام) یکدیگر را دفع می‌کنند** (پس گزینه‌های ۱ و ۳ مرخص‌اند)؛ اما برای این‌که مطمئن شویم دو نوع بار الکتریکی داریم، باید آزمایش دیگری را هم انجام دهیم؛ یعنی باید دو میلهٔ غیرهم‌جنس (مثل میلهٔ شیشه‌ای که با پارچهٔ ابریشمی و میلهٔ پلاستیکی که با پارچهٔ پشمی مالش داده شده) را به هم نزدیک کنیم و از جذب‌شدن آن‌ها بفهمیم که بارهای آن‌ها هم‌نام 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 ۱C بار خیلی بزرگی است[۲] و معمولاً در مسائل، بار الکتریکی را برحسب میکروکولن (μC) یا نانوکولن (nC) یا پیکوکولن (pC) می‌دهند؛ به طوری که:

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

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 این یعنی بارهای مثبت و منفی یکدیگر را خنثی می‌کنند.

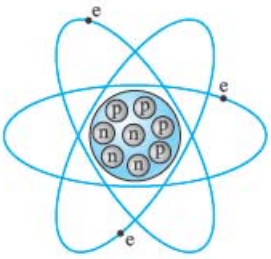
منشأ بارهای الکتریکی و کوانتومی بودن آن‌ها

برای این‌که بفهمیم مواد ویژگی الکتریکی‌شان را از کجا آورده‌اند، باید ببینیم درون اتم چه خبر است و ذرات تشکیل‌دهندهٔ آن چیست.

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 (کاه‌ربا) گذاشته‌اند.

۲- باری از آذرخش (صاعقه) به زمین منتقل می‌شود از مرتبهٔ ۱۰ C است.

ساختار اتم‌ها



می‌دانید که ذرات تشکیل‌دهندهٔ اتم، **الکترون‌ها، پروتون‌ها و نوترون‌ها** هستند. پروتون‌ها و نوترون‌ها در فضای کوچکی به نام هسته کنار هم قرار گرفته‌اند و الکترون‌ها در بیرون هسته به دور آن می‌چرخند. از میان این سه ذره، الکترون و پروتون دارای بار الکتریکی هستند. الکترون‌ها (e) **بار منفی** و پروتون‌ها (p) **بار مثبت** دارند و نوترون‌ها (n) هم خنثی (یعنی بدون بار الکتریکی) هستند.

نکته اندازهٔ بار الکتریکی هر پروتون **دقیقاً** برابر اندازهٔ بار الکتریکی هر الکترون است. مقدار بار الکتریکی یک پروتون برابر با $+1/6\times10^{-19}\ C$ و مقدار بار الکتریکی یک الکترون برابر با $-1/6\times10^{-19}\ C$ است. مقدار $1/6\times10^{-19}\ C$ را **بار پایه** می‌گوییم[1] و آن را با نماد **e** نشان می‌دهیم.

حواستون باشه! نماد **e** فقط اندازهٔ بار الکتریکی پروتون و الکترون را نشان می‌دهد و نوع بار (علامت آن) را تعیین نمی‌کند. در جدول زیر بار الکتریکی و جرم ذرات تشکیل‌دهندهٔ اتم را با هم مقایسه کردیم. (نیازی به حفظ‌کردن جرم‌ها نیست.)

ذره	جرم (kg)	بار الکتریکی (C)
الکترون	$m_e = 9/11\times10^{-31}$	$q_e = -e = -1/6\times10^{-19}$
پروتون	$m_p = 1/6725\times10^{-27}$	$q_p = +e = +1/6\times10^{-19}$
نوترون	$m_n = 1/6725\times10^{-27}$	$q_n = 0$

نکته اگر در یک جسم:

الف) تعداد الکترون‌ها بیشتر از پروتون‌ها باشد، بار جسم منفی است: $n_e > n_p \Rightarrow q < 0$

ب) تعداد پروتون‌ها بیشتر از الکترون‌ها باشد، بار جسم مثبت است: $n_p > n_e \Rightarrow q > 0$

پ) تعداد پروتون‌ها و الکترون‌ها یکسان باشند، بار جسم صفر است و اصطلاحاً می‌گوییم جسم خنثی است: $n_e = n_p \Rightarrow q = 0$

بار الکتریکی کمیتی کوانتومی است

شاید ندانید که کمیت کوانتومی چه جور کمیتی است. پس اول تعریفی از کمیت‌های کوانتومی داشته باشیم:

تعریف کوانتوم و کمیت‌های کوانتومی: بعضی از کمیت‌ها، **مضرب صحیحی** از یک **مقدار ثابت‌اند**. به این مقدار ثابت، **کوانتوم** و به این نوع کمیت‌ها، **کوانتومی** می‌گویند. به زبان ریاضی کمیت‌های کوانتومی را به این صورت بیان می‌کنیم:

کوانتوم × مضرب صحیح = مقدار کمیت کوانتومی

مثلاً در شکل روبه‌رو کپسول‌های آنتی‌بیوتیک درون جعبه، یک کمیت کوانتومی است.

با این تعریف بار الکتریکی، نمونهٔ خوبی برای کمیت‌های 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 $-ne$ می‌شود. بنابراین بار الکتریکی جسم (q) از رابطهٔ روبه‌رو به دست می‌آید:

$$q = \pm ne$$

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

مثال **بار الکتریکی جسمی $-1\mu C$ است. کدام گزینه دربارهٔ این جسم درست است؟**

۱) این جسم $6/25\times10^{12}$ الکترون دارد.

۲) تعداد الکترون‌های این جسم $6/25\times10^{12}$ تا بیشتر از پروتون‌های آن است.

۳) این جسم $6/25\times10^{18}$ الکترون دارد.

۴) تعداد الکترون‌های جسم $6/25\times10^{18}$ تا بیشتر از پروتون‌های آن است.

پاسخ گزینهٔ «۲» هر میکروکولن بار، معادل $10^{-6}\ C$ است؛ پس داریم:

$$q=-ne \Rightarrow n=-\frac{q}{e}=\frac{1\times10^{-6}}{1/6\times10^{-19}} \Rightarrow n=6/25\times10^{12}$$

علامت منفی q نشان می‌دهد که تعداد الکترون‌های جسم (n تا) بیشتر از پروتون‌ها است.

مثال **با مالش‌دادن یک میلهٔ شیشه‌ای ۸ سانتی‌متری به پارچهٔ ابریشمی، هر سانتی‌متر میله 5×10^{9} الکترون از دست می‌دهد. بار میله چند نانوکولن می‌شود؟ $(e=1/6\times10^{-19}\ C)$**

۱) $6/4\times10^{-3}$ ۲) $6/4$ ۳) $1/28\times10^{-2}$ ۴) $12/8$

پاسخ گزینهٔ «۲» طول میله ۸ cm است؛ پس میله در مجموع $n = 8\times5\times10^{9}$ تا الکترون از دست داده است (بار میله مثبت است). بنابراین بار کل میله برابر است با:

$$q=+ne=+(8\times5\times10^{9})\times(1/6\times10^{-19})=6/4\times10^{-9}\ C=6/4\ nC$$

۱- مقدار دقیق‌تر بار پایه $1/602176533\times10^{-19}C$ است.

پایستگی بار الکتریکی

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

«بار خالص در یک دستگاه بسته یا منزوی[1] (مثل سیستم پارچهٔ ابریشمی ـ میلهٔ شیشه‌ای) **همواره ثابت است.»**

این اصل پرکاربرد 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.»**؛ 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 میلهٔ شیشه‌ای به پارچهٔ ابریشمی).

مثال **یک دستگاه بستهٔ الکتریکی به ترتیب شامل سه جسم A، B و C با بارهای الکتریکی $q_A = -12\,\mu C$، $q_B = +5\,\mu C$ و $q_C = +4\,\mu C$ است. برای آن‌که در اثر جابه‌جایی بار بین این سه جسم بار هر سه جسم یکسان شود، بار هر جسم چه‌قدر باید تغییر کند؟**

۱) $\Delta q_A = 12\,\mu C, \Delta q_B = -5\,\mu C, \Delta q_C = -4\,\mu C$

۲) $\Delta q_A = -12\,\mu C, \Delta q_B = 5\,\mu C, \Delta q_C = 4\,\mu C$

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

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

پاسخ **گزینهٔ «۴»** **گام اول** 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:

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

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

$$\Delta q_A = q'_A - q_A = -1-(-12) = 11\,\mu C$$
$$\Delta q_B = q'_B - q_B = -1-(+5) = -6\,\mu C$$
$$\Delta q_C = q'_C - q_C = -1-(+4) = -5\,\mu C$$

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

رسانش الکتریکی

در علوم هشتم خوانده‌اید که اجسام از نظر توانایی عبوردادن 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 رسانابودن 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 مادهٔ 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 ۹!

۲ روش‌های باردارکردن اجسام (مالش)

در کتاب درسی یازدهم فرض بر این گرفته شده که شما روش‌های باردارکردن اجسام رو از علوم هشتم فراموش نکرده‌اید. ولی از اون‌جایی که ما خودمون آدمای فراموشکاری هستیم، تصمیم گرفتیم این مبحث رو یادآوری کنیم و مفاهیم جدید کتاب یازدهم رو هم بازگو کنیم.

اجسام را به سه روش زیر می‌توانیم باردار کنیم:

[۱] مالش [۲] القای الکتریکی [۳] تماس

حالا این روش‌ها را یکی‌یکی بررسی می‌کنیم.

۱ـ 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:

۱- منظور از دستگاه منزوی در این‌جا دستگاهی است که نه از محیط اطراف خود بار بگیرد و نه به آن بار بدهد. (در کتاب درسی مفهوم جسم منزوی وجود دارد ولی اصطلاح «منزوی» حذف شده است.)

چند نکته

۱ روش مالش بهترین و راحت‌ترین روش برای باردارکردن اجسام **نارسانا** است؛ ولی برای باردارکردن 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 الکتریسیتهٔ مالشی (سری تریبوالکتریک)[1]: یکی از دغدغه‌های ما این است که بدانیم وقتی یک جسم را به جسم دیگر مالش می‌دهیم، بار کدام‌یک مثبت و بار کدام‌یک 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 الکتریسیتهٔ مالشی (سری تریبوالکتریک)**» مرتب می‌کنیم (جدول روبه‌رو). در این جدول هر چه از «انتهای مثبتِ» سری به «انتهای منفیِ» آن نزدیک می‌شویم، میزان الکترون‌خواهی 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. *(یه خبر خوب! لازم نیست جدول تریبوالکتریک رو حفظ کنید.)*

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)
میلهٔ شیشه‌ای و پارچهٔ ابریشمی	میلهٔ شیشه‌ای	پارچهٔ ابریشمی
میلهٔ پلاستیکی و پارچهٔ پشمی	پارچهٔ پشمی	میلهٔ پلاستیکی
روکش نایلونی و ظرف پلاستیکی	روکش نایلونی	ظرف پلاستیکی
موی انسان و شانهٔ چوبی	موی انسان	شانهٔ چوبی

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

۱) A و B

۲) A و D

۳) B و C

۴) B و D

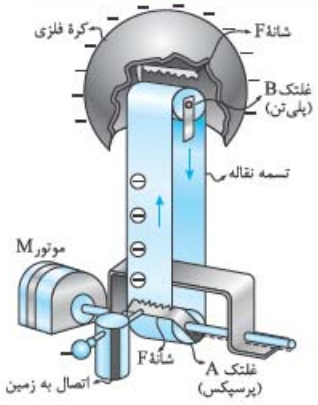
انتهای مثبت سری
A
B
C
D
انتهای منفی سری

پاسخ گزینهٔ «۴» براساس سری الکتریسیتهٔ 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)
A و B	A	B
C و D	C	D

می‌دانید که اجسام با بار هم‌نام یکدیگر را دفع می‌کنند؛ یعنی A و C یا B و D! پس گزینهٔ (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 تسمهٔ لاستیکی آن 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 ساخته شده‌اند.

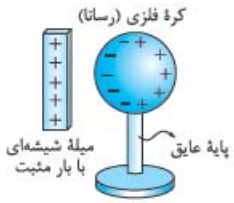


◄ *برای این‌که متوجه بشید این درس‌نامه رو خوب یاد گرفتید یا نه تستای ۱۰ تا ۱۵ رو بررسی کنید.*

۱- Tribos یک واژهٔ یونانی به معنای مالش است.

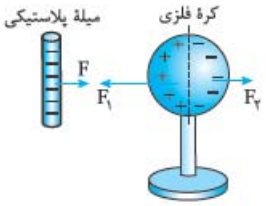
۲ روش‌های باردارکردن اجسام (القای الکتریکی و تماس)

۲ـ القای الکتریکی



این‌که بارهای هم‌نام یکدیگر را دفع و بارهای ناهم‌نام یکدیگر را جذب می‌کنند، اساس پدیدهٔ القای الکتریکی است. به شکل روبه‌رو نگاه کنید! وقتی یک میلهٔ شیشه‌ای با بار مثبت را به یک کرهٔ فلزی خنثی نزدیک می‌کنیم، الکترون‌های درون کرهٔ فلزی به طرف میلهٔ شیشه‌ای جذب می‌شوند. برای همین، بار یک سمت کرهٔ 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 دافعهٔ الکتریکی است.

حواستون باشه! در پدیدهٔ القا نیازی به تماس دو جسم (القاکننده و القاشونده) نیست.

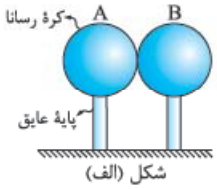


نکته در القای الکتریکی همیشه جسم القاکننده و جسم القاشونده همدیگر را جذب می‌کنند. در شکل روبه‌رو می‌بینید که درون کرهٔ فلزی بارهای مثبت به میلهٔ پلاستیکی (که بار منفی است) نزدیک‌ترند؛ به همین دلیل نیروی جاذبهٔ الکتریکی (F_1) از نیروی دافعه (F_2) قوی‌تر است؛ پس دو جسم همدیگر را جذب می‌کنند.

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

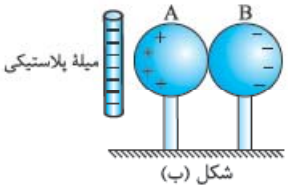
باردارکردن یک جسم رسانا با روش القا: در شکل‌های زیر، باردارکردن با این روش را از دو راه نشان داده‌ایم و توضیحش را هم زیر شکل‌ها آورده‌ایم (شکل‌ها را از راست به چپ ببینید):

راه اول:



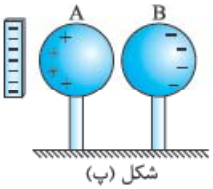
شکل (الف)

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



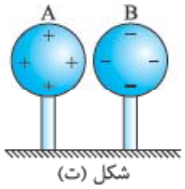
شکل (ب)

یک جسم باردار مثل میلهٔ 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)

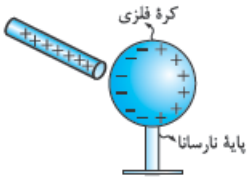
در حالی که میلهٔ پلاستیکی هنوز در نزدیکی کرهٔ A قرار دارد، دو کره را از هم جدا می‌کنیم تا بارهای القاشده در دو کره به دام بیفتند.



شکل (ت)

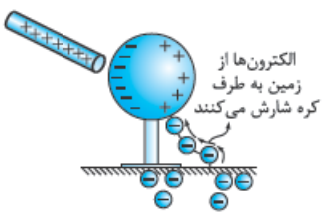
با دورکردن میله، بار کرهٔ A مثبت و بار کرهٔ B منفی می‌ماند.

راه دوم:



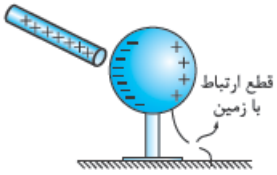
شکل (الف)

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



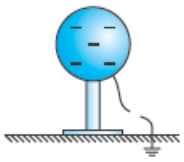
شکل (ب)

در حالی که میلهٔ 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 (میلهٔ شیشه‌ای) را دور نکرده‌ایم که ارتباط با زمین را قطع می‌کنیم. به این ترتیب الکترون‌های افزوده‌شده به کره به دام می‌افتند.



شکل (ت)

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

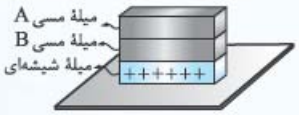
حواستون باشه! *در راه دوم، شکل (ب) فرقی نمی‌کنه که از کدوم طرف کره رو به زمین متصل می‌کنیم. مثلاً اگه طرف منفی (سمت چپ) رو هم به زمین اتصال بدیم، باز هم الکترون از زمین به کره منتقل می‌شه.*

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 باردارکردن **بدون تماس** هم می‌گوییم.

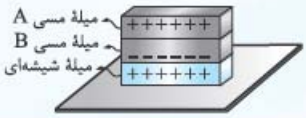
۲ در راه دوم که جسم رسانا را به زمین اتصال می‌دهیم، همیشه بار جسم القاشونده (کرهٔ رسانا) و جسم القاکننده (میلهٔ باردار) مخالف هم می‌شود.

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



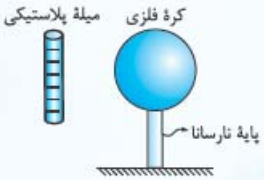
۱) مثبت ـ منفی ۲) منفی ـ مثبت ۳) مثبت ـ مثبت ۴) منفی ـ منفی

پاسخ گزینهٔ «۱» بار مثبت میلهٔ شیشه‌ای، بارهای منفی میله‌های مسی را به سمت خود می‌کشاند. پس میلهٔ B منفی و میلهٔ A مثبت می‌شود (شکل روبه‌رو). حالا اگر میلهٔ A را برداریم، میلهٔ A مثبت و میلهٔ B منفی می‌ماند.



حواسشون باشه! چون شیشه نارسانا است، جابه‌جایی بار بین میله‌های مسی و شیشه‌ای ناچیز است.

مثال **مطابق شکل روبه‌رو یک میلهٔ پلاستیکی با بار منفی را به یک کرهٔ فلزی خنثی نزدیک می‌کنیم. سپس بدون آن‌که 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.**



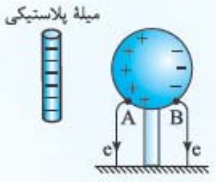
۱) مثبت ـ خنثی ۲) مثبت ـ مثبت
۳) منفی ـ خنثی ۴) منفی ـ منفی

پاسخ گزینهٔ «۲» **گام اول** مطابق شکل (الف) میلهٔ 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.

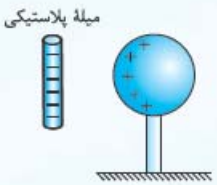
شکل (الف)

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

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



شکل (ب)



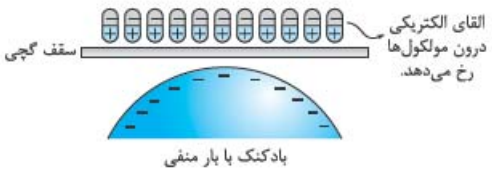
شکل (پ)

شاید این سؤال‌ها به فکر شما هم رسیده باشد که:

۱ آیا در اجسام نارسانا هم پدیدهٔ 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 (شکل روبه‌رو).



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 می‌شن.)*

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 القاشونده (خنثی) یکدیگر را جذب می‌کنند؛ زیرا همیشه جسم القاکننده بار مخالفش را به سمت خودش می‌کشد.

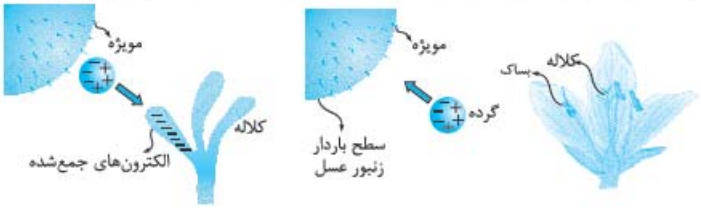
مثال جسم A یک رسانا و جسم B یک نارسانا با مولکول‌های قطبی و جسم C یک نارسانا با مولکول‌های غیرقطبی است. هر سه جسم را نزدیک یک میلهٔ باردار قرار می‌دهیم. میلهٔ باردار ..... (هر سه جسم خنثی هستند.)

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

پاسخ **گزینهٔ «۱»** همین‌طور که گفتیم القای الکتریکی در همهٔ اجسام رخ می‌دهد و همیشه جسم القاگر، جسم خنثی را جذب می‌کند.

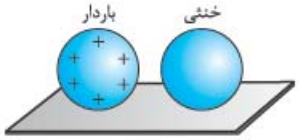
حواستون باشه! در این تست اگر شکل و اندازهٔ جسم‌ها مشابه و فاصلهٔ هر سه از میلهٔ باردار به یک اندازه باشد، میلهٔ باردار جسم رسانا را با نیروی بزرگ‌تری جذب می‌کند؛ زیرا همان‌طور که گفتیم اثر القای الکتریکی در اجسام رسانا شدیدتر است.

گرده‌افشانی زنبور عسل: گرده‌افشانی زنبور عسل در اثر پدیدهٔ القای الکتریکی است. زنبور عسل در هنگام پرواز معمولاً دارای بار مثبت می‌شود. وقتی زنبور به گردهٔ بدون بار روی بساک گل نزدیک می‌شود، در آن بار الکتریکی القا می‌کند و در نتیجه آن را به سمت خودش می‌کشاند. گرده‌ها بر روی مویژه‌های ریز زنبور قرار می‌گیرند و زنبور آن‌ها را با خود حمل می‌کند. وقتی زنبور به کلالهٔ گل دیگری نزدیک شود، در آن بار منفی القا می‌کند. چون سطح زنبور مثبت و سطح کلاله منفی است، برای جذب گرده با هم رقابت می‌کنند. اگر گرده توسط کلاله جذب شود، گرده‌افشانی با موفقیت رخ داده است. (شکل‌ها را از راست به چپ ببینید.)

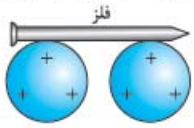


۳ـ تماس

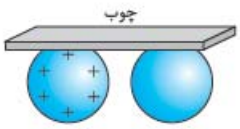
تماس دو جسم **رسانا** به هم، راه را برای انتقال بار بین آن دو جسم باز می‌کند. برای همین اگر مانند شکل‌های زیر یک جسم رسانای باردار را به یک جسم رسانای خنثی تماس دهیم، بلافاصله جسم خنثی باری هم‌نام با جسم باردار پیدا می‌کند.



شکل (الف)
دو کرهٔ رسانای مشابه بر روی سطح نارسانا قرار دارند.



شکل (ب)
تماس از طریق یک جسم رسانا برقرار شده است. بار روی سطح دو کره یکسان خواهد شد.



شکل (پ)
یک جسم نارسانا 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:
$$q_1 + q_2 = q'_1 + q'_2$$

۲ اگر دو کرهٔ فلزی مشابه را به هم تماس دهیم (مثل شکل (ب))، بار الکتریکی به مقدار مساوی بینشان تقسیم می‌شود:
$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2}$$

حواستون باشه! برای انتقال بار از روش تماس باید دو جسم و جسم اتصال‌دهنده، رسانا باشند. مثلاً در شکل (پ) بار الکتریکی منتقل نمی‌شود.

مثال دو کرهٔ 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؟

۱) $+6$ ۲) -6 ۳) $+4$ ۴) -4

پاسخ **گزینهٔ «۳»** مجموع بار دو کرهٔ 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:

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

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

۱) $+2$ ، $+2$ ۲) $+4$ ، $+2$ ۳) $+4$ ، $+1$ ۴) $+2$ ، $+1$

پاسخ **گزینهٔ «۳»** **گام اول** ابتدا دو کرهٔ A و C را تماس می‌دهیم:

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

دیگر با کرهٔ A کاری نداریم و بار آن همین مقدار $+4\,\mu C$ باقی می‌ماند.

گام دوم حالا کرهٔ C را که بارش $+4\,\mu C$ است به کرهٔ 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 کرهٔ B هم $+1\,\mu C$ می‌شود.

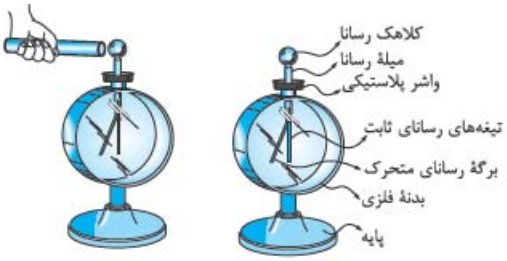
◄ تستای ۱۶ تا ۲۹ بی‌صبرانه منتظر شما هستن!

۴ الکتروسکوپ (برق‌نما)[۱]

یکی از دستگاه‌های آزمایشگاهی ساده در الکتریسیتهٔ ساکن، الکتروسکوپ (یا همان برق‌نما) است. این وسیله برای بررسی ماهیت الکتریکی مواد به کار می‌رود.

ساختمان الکتروسکوپ

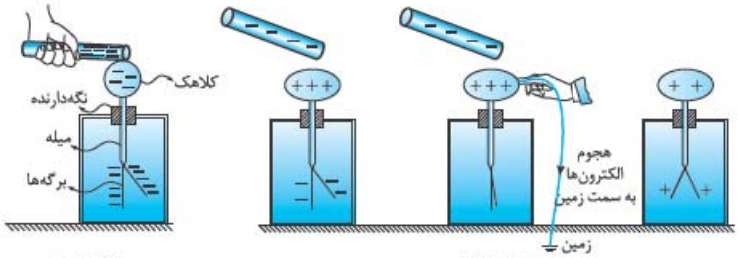
در شکل (الف) تصویر یک الکتروسکوپ و در شکل (ب) اجزای تشکیل‌دهندهٔ این الکتروسکوپ را می‌بینید.



شکل (ب) شکل (الف)

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



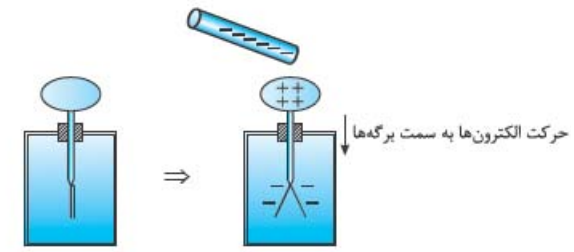
شکل (ب) شکل (الف)

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

کاربردهای الکتروسکوپ

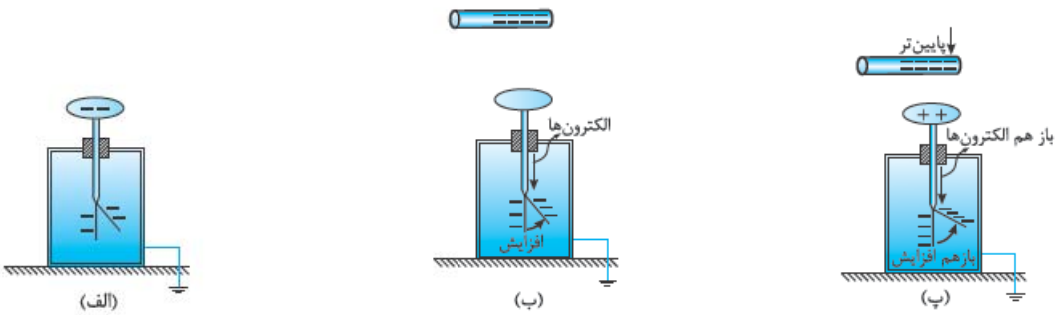
با چند آزمایش ساده کاربردهای الکتروسکوپ را بیان می‌کنیم.

۱- تشخیص وجود بار الکتریکی در یک جسم: برای این کار جسم موردنظر را به کلاهک یک الکتروسکوپ خنثی نزدیک می‌کنیم؛ اگر با نزدیک‌کردن 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 آن‌جایی که بار برگه‌ها هم‌نام می‌شوند، این دو یکدیگر را می‌رانند.



الکتروسکوپ خنثی — با نزدیک‌شدن جسم باردار، برگه‌ها از هم فاصله می‌گیرند.

۲- تشخیص نوع بار جسم: جسمی با بار نامعلوم را از فاصلهٔ نسبتاً دور، به آرامی به کلاهک الکتروسکوپ که بار آن معلوم است نزدیک می‌کنیم. اگر مثل شکل‌های (۱) از همان ابتدا برگه شروع به دورترشدن 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 این‌که بار جسم و الکتروسکوپ مخالف یکدیگر است.



(پ) (ب) (الف)

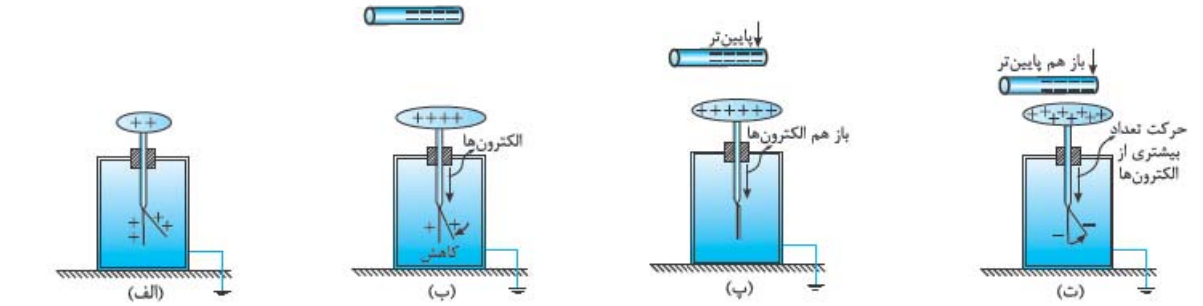
اگر میله را به کلاهک نزدیک کنیم، باز هم الکترون بیشتری از کلاهک به تیغه‌ها منتقل می‌شود (یعنی کلاهک مثبت می‌شود).

با نزدیک‌کردن میله با بار منفی، الکترون‌ها از کلاهک به تیغه‌ها مهاجرت می‌کنند.

بار الکتروسکوپ ابتدا منفی است.

شکل‌های (۱)

۱- در کتاب فیزیک ۲ مطلبی با عنوان «الکتروسکوپ» وجود نداره، اما شما الکتروسکوپ رو در علوم هشتم خوندید. خوندن یا نخوندن این درس‌نامه بستگی به نظر معلمتون داره.



و اگر باز هم میله را بیشتر نزدیک کنیم، تیغه‌ها منفی شده و دوباره از هم دور می‌شوند.

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

با نزدیک‌کردن میلهٔ منفی، الکترون‌ها از کلاهک به تیغه‌ها می‌روند و بار مثبت تیغه‌ها را خنثی می‌کنند.

بار الکتروسکوپ ابتدا مثبت است.

شکل‌های (۲)

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

مثال **یک میلهٔ پلاستیکی با بار منفی را به طور ناگهانی به کلاهک یک الکتروسکوپ نزدیک می‌کنیم. زاویهٔ بین برگهٔ متحرک و تیغهٔ الکتروسکوپ افزایش می‌یابد. بار الکتروسکوپ کدام است؟**

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

پاسخ **گزینهٔ «۴»** *این مثال رو آوردیم تا اگه نکتهٔ بالا رو نفوندین حتماً بفوندین!*

۳- تشخیص رسانا یا نارسانا بودن یک جسم: برای این‌که 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. تست‌های مربوط به این درس‌نامه شماره‌های ۳۰ تا ۳۵ هستن.

پرسش‌های بخش ۱: مفاهیم اولیهٔ الکتریسیتهٔ ساکن

بار الکتریکی

وقتشه که اولین تست‌های فیزیک یازدهم رو بررسی کنید. اگه درس‌نامهٔ این بخش رو نفوندید، دست به قلم نشید! اول درس‌نامه رو بفونید و بعد بیایید سراغ تست‌ها.

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

۱) $+1/6\times10^{-19}$ ، $-1/6\times10^{-19}$ و صفر
۲) $-1/6\times10^{-19}$ ، $+1/6\times10^{-19}$ و صفر
۳) $+1/6\times10^{-19}$، صفر و $-1/6\times10^{-19}$
۴) $-1/6\times10^{-19}$، صفر و $+1/6\times10^{-19}$

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

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

۳- بار الکتریکی در ماده همواره: (ق.م)

۱) مضرب درستی از بار الکتریکی پایه است.
۲) کمیت پیوسته‌ای است که بی‌نهایت بار قابل تقسیم‌شدن 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 سکهٔ خنثی خارج شود تا بار الکتریکی آن $+1\mu C$ شود؟ ($e=1/6\times10^{-19}\ C$) (سراسری ریاضی ۹۵)

۱) $1/6\times10^{6}$ ۲) $1/6\times10^{12}$ ۳) $6/25\times10^{6}$ ۴) $6/25\times10^{12}$

۵- به هر سانتی‌متر از یک میلهٔ عایق ۸ سانتی‌متری، 10^{10} الکترون می‌دهیم. بار این میله چند کولن می‌شود؟ (بار هر الکترون $-1/6\times10^{-19}\ C$ است.) (ق.م)

۱) 2×10^{-8} ۲) -2×10^{8} ۳) $12/8\times10^{-9}$ ۴) $-12/8\times10^{-9}$

۶- جسمی را به وسیلهٔ مالش باردار کرده‌ایم. کدام گزینه، نمی‌تواند گزارش درستی از مقدار بار این جسم باشد؟ ($e=1/6\times10^{-19}\ C$)

۱) $3/2\times10^{-19}\ C$ ۲) $6/4\times10^{-20}\ C$ ۳) $8\times10^{-19}\ C$ ۴) $16\times10^{-20}\ C$

۷- بار الکتریکی یک کرهٔ فلزی $-8\ \mu C$ است. اگر این کرهٔ 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- عدد اتمی آهن برابر ۲۶ است. بار الکتریکی هستهٔ اتم آهن و اتم آهن به ترتیب از راست به چپ چند کولن است؟

۱) صفر ـ صفر ۲) $41/6\times10^{-19}$ ـ $41/6\times10^{-19}$

۳) $41/6\times10^{-19}$ ـ صفر ۴) $83/2\times10^{-19}$ ـ $41/6\times10^{-19}$

۹- تعداد پروتون‌های یک جسم خنثی برابر a است. این جسم باید چند الکترون از دست بدهد تا بار آن $32\ \mu C$ شود؟ $(e=1/6\times10^{-19}\ C)$

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

روش‌های باردارکردن اجسام (مالش)

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

۱۰- وقتی دو جسم جامد در اثر مالش به یکدیگر دارای بار الکتریکی می‌شوند، در این عمل: (ق.م)

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.

۱۱- اگر یک میلهٔ شیشه‌ای خنثی را با یک پارچهٔ پشمی مالش دهیم، میله دارای بار ..... می‌شود؛ چرا که در اثر مالش، ..... میله ..... می‌یابد.

۱) منفی ـ الکترون‌های ـ افزایش

۲) مثبت ـ الکترون‌های ـ کاهش

۳) منفی ـ پروتون‌های ـ کاهش

۴) مثبت ـ پروتون‌های ـ افزایش

۱۲- اگر یک خط‌کش چوبی را با پارچهٔ ابریشمی و یک میلهٔ شیشه‌ای را با پارچهٔ کتان مالش دهیم، بار کدام اجسام مثبت می‌شود؟

۱) خط‌کش چوبی ـ میلهٔ شیشه‌ای

۲) پارچهٔ ابریشمی ـ پارچهٔ کتان

۳) خط‌کش چوبی ـ پارچهٔ کتان

۴) پارچهٔ ابریشمی ـ میلهٔ شیشه‌ای

سری الکتریسیتهٔ مالشی

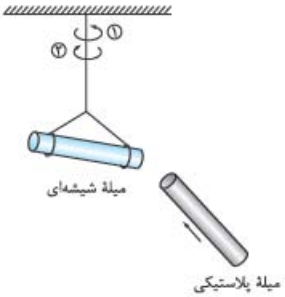
انتهای مثبت سری
شیشه
ابریشم
چوب
پارچهٔ کتان
انتهای منفی سری

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

۱) مثبت ـ (۱) ۲) منفی ـ (۱)

۳) مثبت ـ (۲) ۴) منفی ـ (۲)

انتهای مثبت سری
شیشه
پشم
ابریشم
پلاستیک
انتهای منفی سری



۱۴- 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 میلهٔ پلاستیکی را با پارچهٔ 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

سری الکتریسیتهٔ مالشی

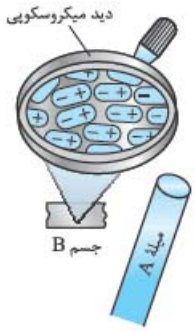
انتهای مثبت سری
موی انسان
موی گربه
پوست انسان
پارچهٔ کتان
پلاستیک
انتهای منفی سری

۱۵- در یک جسم ..... بار الکتریکی در محل مالش باقی می‌ماند.

۱) مایع ۲) جامد ۳) نارسانا ۴) رسانا

روش‌های باردارکردن اجسام (القای الکتریکی و تماس)

کلی تست جالب و قشنگ دربارهٔ القای بار الکتریکی طرح کردیم براتون. لذت ببرید ازشون.



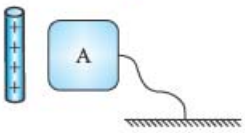
۱۶- در شکل روبه‌رو میلهٔ A را به جسم B نزدیک کرده‌ایم. با توجه به آرایش ذرات تشکیل‌دهندهٔ جسم B، این جسم ..... و بار میلهٔ A ..... است.

۱) رسانا، مثبت

۲) رسانا، منفی

۳) نارسانا، مثبت

۴) نارسانا، منفی



۱۷- مطابق شکل، یک میلهٔ شیشه‌ای با بار الکتریکی مثبت را به جسم رسانای A نزدیک می‌کنیم. سپس بدون دورکردن میله، جسم A را به وسیلهٔ 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 اولیهٔ جسم A دارد.

۴) خنثی می‌ماند.

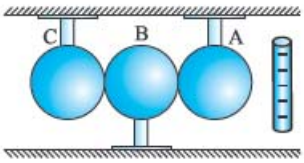
۱۸- یک میلهٔ پلاستیکی را به یک پارچهٔ پشمی مالش می‌دهیم و آن را به یک کرهٔ فلزی خنثی که روی پایهٔ عایقی قرار دارد، نزدیک می‌کنیم. در این وضعیت، اگر دست خود را روی کره بگذاریم و برداریم و سپس میله را از کره دور کنیم، کره از نظر بار الکتریکی چه وضعیتی خواهد داشت؟

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.



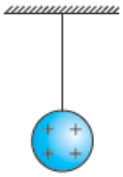
۱۹- مطابق شکل سه گلولهٔ فلزی A، B و C در تماس با هم قرار دارند. اگر میلهٔ باردار را به گلولهٔ A نزدیک کنیم و سپس گلولهٔ B را از گلوله‌های A و C دور کنیم، بار گلولهٔ B و C چه خواهد بود؟

۱) خنثی ـ منفی

۲) خنثی ـ مثبت

۳) مثبت ـ منفی

۴) منفی ـ مثبت



۲۰- در شکل روبه‌رو گلولهٔ فلزی باردار از نخ آویزان است. کرهٔ فلزی خنثی را که دارای دستهٔ 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. *(سراسری تجربی ۸۶)*

۱) جذب ـ دفع

۲) دفع ـ جذب

۳) دفع ـ دفع

۴) جذب ـ جذب

تست‌های بعدی خیلی خوبن! باید هواستون به همهٔ جزییات باشه.

۲۱- سه جسم A، B و C را دوبه‌دو 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. کدام‌یک از گزینه‌های زیر می‌تواند درست باشد؟ *(سراسری تجربی خارج ۹۰)*

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.

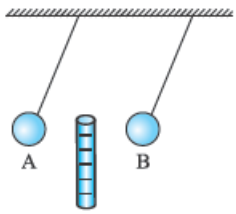
۲۲- سه گلولهٔ A، B و C را در اختیار داریم. اگر گلولهٔ A، گلولهٔ B را جذب و گلولهٔ C را دفع کند، کدام نتیجه همواره درست است؟

۱) گلوله‌های A و B بار غیرهم‌نام دارند.

۲) گلوله‌های B و C الزاماً همدیگر را جذب می‌کنند.

۳) گلولهٔ A ممکن است بدون بار (خنثی) باشد.

۴) یکی از گلوله‌های B و C الزاماً خنثی است.



۲۳- مطابق شکل، میلهٔ پلاستیکی بارداری را در فاصلهٔ بین دو گلولهٔ 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) گلولهٔ B الزاماً دارای بار مثبت است.

۳) گلولهٔ A می‌تواند خنثی باشد.

۴) گلولهٔ B می‌تواند خنثی باشد.

۲۴- کدام‌یک از جسم‌های زیر را می‌توان با روش القا باردار کرد؟

۱) رسانا

۲) نارسانا با مولکول‌های قطبی

۳) نارسانای غیرقطبی

۴) هر سه مورد

۲۵- در هنگام گرده‌افشانی گل‌ها توسط زنبور عسل، چون سطح زنبور دارای بار الکتریکی است، در اثر ..... گردهٔ بدون بار را به سمت خود می‌کشد. هم‌چنین در هنگام انتقال گرده از زنبور به کلاله، بار الکتریکی سطح زنبور و کلاله ..... است.

۱) القای الکتریکی ـ هم‌نام

۲) القای الکتریکی ـ ناهم‌نام

۳) مالش ـ هم‌نام

۴) مالش ـ ناهم‌نام

۲۶- اگر بادکنک بارداری را به باریکهٔ آب نزدیک کنیم، آب در اثر پدیدهٔ ..... .

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.

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

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

یه کم جمع و تفریق هم بد نیست!

۲۸- دو کرهٔ فلزی یکسان دارای بارهای الکتریکی $q_1 = +6\,\mu C$ و $q_2 = -2\,\mu C$ روی دو پایهٔ عایق نصب شده‌اند. هرگاه این دو کره را با یکدیگر تماس داده و سپس از هم جدا سازیم، بار الکتریکی هر کره چند میکروکولن می‌شود؟

۱) ۴ ۲) ۲ ۳) ۸ ۴) ۶

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

۱) $2/5 \times 10^{13}$ الکترون از B به A
۲) $2/5 \times 10^{13}$ الکترون از A به B
۳) 5×10^{13} الکترون از B به A
۴) 5×10^{13} الکترون از A به B

الکتروسکوپ(برق‌نما)

الکتروسکوپ رو در علوم هشتم خوندید. اگه یادتون رفته درس‌نامه رو بخونید.

۳۰- یک میلهٔ باردار منفی را آهسته به کلاهک یک 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 ـ منفی ۲) منفی ـ مثبت ۳) مثبت ـ منفی ۴) مثبت ـ مثبت

۳۱- یک میله را به کلاهک یک 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.

۳۲- 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؟ (ق.م)

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

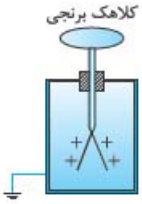
۳۳- یک میلهٔ رسانای بدون بار را به کلاهک یک الکتروسکوپ که بارش مثبت است، تماس می‌دهیم؛ سپس این میله را به کلاهک یک الکتروسکوپ بدون بار نزدیک می‌کنیم. در این حالت، بار الکتریکی القاشده در کلاهک و ورقه‌های این الکتروسکوپ به ترتیب از راست به چپ کدام است؟

۱) مثبت ـ منفی ۲) منفی ـ مثبت ۳) مثبت ـ مثبت ۴) منفی ـ منفی

۳۴- یک تکه چوب با بار الکتریکی منفی را به کلاهک یک الکتروسکوپ خنثی نزدیک می‌کنیم. در همین حالت، یک میلهٔ فلزی بدون بار را با کلاهک الکتروسکوپ تماس می‌دهیم و جدا می‌کنیم. با دورکردن تکه چوب، ورقه‌ها دارای بار الکتریکی ..... و ..... می‌شوند.

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

۳۵- اگر یک میلهٔ پلاستیکی را با پارچهٔ 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؟ (ق.م)



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.

حالا وقتشه تست‌های عمیق‌تر و مفهومی‌تر و سخت‌تری رو ببینید!

سری ۷

۳۶- بار الکتریکی دو جسم A و B یکسان است. اگر به کمک مالش $6/25 \times 10^{12}$ الکترون از جسم A به جسم B منتقل شود، بار جسم A دو برابر بار جسم B می‌شود. پس از انتقال این بار، بار جسم B چند میکروکولن می‌شود؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19}\ C$)

۱) -2 ۲) -3 ۳) ۳ ۴) ۲

۳۷- اگر سر یک قاشق چوبی را با یک قابلمهٔ تفلونی و انتهای آن را با در شیشه‌ای قابلمه مالش دهیم، چه اتفاقی رخ می‌دهد؟

۱) سر قاشق بار مثبت و انتهای آن بار منفی می‌گیرد.

۲) سر قاشق بار منفی و انتهای آن بار مثبت می‌گیرد.

۳) بسته به مقدار بار قابلمه و در شیشه‌ای کل قاشق می‌تواند بار مثبت یا منفی بگیرد.

۴) با توجه به این‌که در سری الکتریسیتهٔ مالشی (تریبوالکتریک)، چوب بین شیشه و تفلون قرار دارد، در نهایت تمام سطح قاشق خنثی می‌ماند.

سری الکتریسیتهٔ مالشی

انتهای مثبت سری
شیشه
چوب
تفلون
انتهای منفی سری

۳۸- چهار جسم A، B، C و D را در اختیار داریم. اگر جسم A و C را با جسم B مالش دهیم، پس از مالش، جسم A و C یکدیگر را جذب می‌کنند. اما اگر همین دو جسم را با جسم D مالش دهیم، همدیگر را دفع می‌کنند. با توجه به این اتفاق، سری الکتریسیتهٔ مالشی (تریبوالکتریک) این اجسام کدام‌یک از گزینه‌های زیر می‌تواند باشد؟

۱)

انتهای مثبت سری
A
B
D
C
انتهای منفی سری

۲)

انتهای مثبت سری
B
A
D
C
انتهای منفی سری

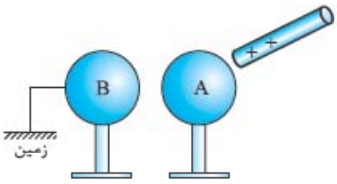
۳)

انتهای مثبت سری
C
B
D
A
انتهای منفی سری

۴)

انتهای مثبت سری
D
A
B
C
انتهای منفی سری

۳۹- در شکل مقابل دو کرهٔ رسانای A و B بر روی پایه‌های عایقی سوارند و B با سیمی به زمین اتصال دارد. در شرایط زیر، بار کرهٔ B به ترتیب در (الف) و (ب) چگونه خواهد بود؟



الف) میلهٔ باردار را دور می‌کنیم، سپس اتصال زمین را قطع می‌کنیم.

ب) اتصال زمین را قطع می‌کنیم، سپس میلهٔ باردار را دور می‌کنیم.

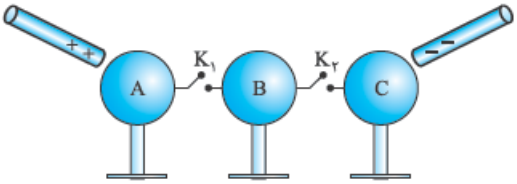
۱) خنثی ـ مثبت

۲) مثبت ـ منفی

۳) مثبت ـ خنثی

۴) خنثی ـ منفی

۴۰- سه کرهٔ رسانای مشابه A، B و C بر روی پایه‌های عایقی به شکل روبه‌رو قرار گرفته‌اند. اگر کلید K_1 بسته شود، به اندازهٔ $10\ \mu C$ بار الکتریکی و اگر کلید K_2 بسته شود، به اندازهٔ $12\ \mu C$ بار الکتریکی در کرهٔ B القا می‌شود. اگر هر دو کلید را ببندیم، بار الکتریکی القاشده در کرهٔ B چند میکروکولن خواهد بود؟



۱) -1

۲) ۲

۳) -2

۴) صفر

۴۱- یک میلهٔ آلومینیمی بدون بار را به تدریج به کلاهک یک الکتروسکوپ باردار نزدیک می‌کنیم و مشاهده می‌کنیم 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.

۴۲- در شکل روبه‌رو، در یک لحظه تیغه‌ها به هم چسبیده‌اند. به ترتیب از راست به چپ، بار میله چیست و اگر میله را به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک‌تر کنیم، تیغه‌ها دارای چه نوع باری می‌شوند؟

۱) منفی ـ منفی

۲) منفی ـ مثبت

۳) مثبت ـ منفی

۴) مثبت ـ مثبت

۴۳- ظرف استوانه‌ای شکل فلزی را روی کلاهک یک الکتروسکوپ بدون بار قرار داده و گلولهٔ کوچک فلزی بارداری را که از نخی ابریشمی آویزان است، داخل ظرف کرده و آن را به نوسان درمی‌آوریم. ورقهٔ الکتروسکوپ: (ق.م)

۱) اصلاً باز نخواهد شد.

۲) باز شده و به همین حالت باقی می‌ماند.

۳) فقط یک بار باز شده و سپس بسته خواهد شد.

۴) مرتب باز و بسته می‌گردد.

پاسخ‌نامهٔ تشریحی

۱- گزینهٔ «۳» اول این‌که می‌دانیم بار الکتریکی پروتون، **مثبت**، بار الکتریکی الکترون **منفی** و نوترون **بدون بار** است. دوم هم این‌که اندازهٔ بار پروتون و الکترون برابر بار بنیادی (e) یعنی $1/6\times10^{-19}\ C$ است.

۲- گزینهٔ «۲» برای آن‌که صفحهٔ 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- گزینهٔ «۱» همان‌طور که گفتیم، بار الکتریکی یک کمیت **گسسته** یا کوانتومی است؛ یعنی **مضرب درستی از بار الکتریکی پایه** که برابر $1/6\times10^{-19}\ C$ است.

۴- گزینهٔ «۴» برای محاسبهٔ تعداد الکترون‌ها، باید از رابطهٔ $q=ne$، n را به دست آوریم:

$$q=ne \Rightarrow 1\times10^{-6}\ C=n\times1/6\times10^{-19} \Rightarrow n=\frac{10^{-6}}{1/6\times10^{-19}}=6/25\times10^{12}$$

۵- گزینهٔ «۴» واضح است که اگر به هر سانتی‌متر میله 10^{10} الکترون بدهیم، به میلهٔ ۸ سانتی‌متری 8×10^{10} الکترون منتقل می‌شود. با این حساب بار میله برابر است با:

$$q=-ne=-8\times10^{10}\times1/6\times10^{-19}=-12/8\times10^{-9}$$

۶- گزینهٔ «۲» بار الکتریکی باید مضرب درستی از بار بنیادی باشد؛ پس به دنبال گزینه‌ای می‌گردیم که مضرب درستی از $e=1/6\times10^{-19}\ C$ نباشد!

$$n=\frac{q}{e}$$

گزینهٔ (۱): $n=\frac{3/2\times10^{-19}}{1/6\times10^{-19}}=2$

گزینهٔ (۲): $n=\frac{6/4\times10^{-20}}{1/6\times10^{-19}}=0/4$

گزینهٔ (۳): $n=\frac{8\times10^{-19}}{1/6\times10^{-19}}=5$

گزینهٔ (۴): $n=\frac{16\times10^{-20}}{1/6\times10^{-19}}=1$

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

۷- گزینهٔ «۴» **اول این‌که** بار کره منفی است؛ پس کره برای خنثی‌شدن باید **الکترون از دست بدهد! دوم این‌که** تعداد الکترون‌های لازم برای خنثی‌شدن از رابطهٔ $q=ne$ به دست می‌آید:

$$q=ne \Rightarrow n=\frac{q}{e}=\frac{8\times10^{-6}}{1/6\times10^{-19}}=5\times10^{13}$$

۸- گزینهٔ «۳» **یادآوری** عدد اتمی نشان‌دهندهٔ تعداد پروتون‌ها و الکترون‌ها در یک اتم خنثی است.

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

$$q=ne=26\times1/6\times10^{-19}=41/6\times10^{-19}\ C$$

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

۹- گزینهٔ «۳» جسم خنثی است؛ پس تعداد الکترون‌ها و پروتون‌هایش با هم برابر است. برای آن‌که بار جسم $+32\ \mu C$ شود، باید n را حساب کنیم:

$$q=+ne \Rightarrow 32\times10^{-6}=n\times1/6\times10^{-19} \Rightarrow n=2\times10^{14}$$

۱۰- گزینهٔ «۳» عامل باردارشدن اجسام در مالش، انتقال الکترون بین دو جسم است.

۱۱- گزینهٔ «۲» در مالش میلهٔ شیشه‌ای با پارچهٔ پشمی، میله به خاطر الکترون‌خواهی کم‌تر در مقایسه با پارچهٔ پشمی، دارای بار **مثبت** می‌شود؛ چرا که در اثر مالش، **الکترون‌های** میله **کاهش** می‌یابد.

۱۲- گزینهٔ «۴» با توجه به جدول سری الکتریسیتهٔ 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
خط‌کش چوبی با پارچهٔ ابریشمی	پارچهٔ ابریشمی	خط‌کش چوبی
میلهٔ شیشه‌ای با پارچهٔ کتان	میلهٔ شیشه‌ای	پارچهٔ کتان

۱۳- گزینهٔ «۴» با مالش میلهٔ پلاستیکی با پارچهٔ ابریشمی، میلهٔ پلاستیکی به خاطر الکترون‌خواهی بیشتر دارای **بار منفی** می‌شود. میلهٔ شیشه‌ای هم در اثر مالش با پارچهٔ پشمی به خاطر الکترون‌خواهی کم‌تر دارای بار مثبت می‌شود. پس بار میلهٔ پلاستیکی و شیشه‌ای مخالف هم می‌شود و با نزدیک‌کردن میلهٔ پلاستیکی، میلهٔ شیشه‌ای تمایل به جذب دارد؛ برای همین در جهت (۲) می‌چرخد.

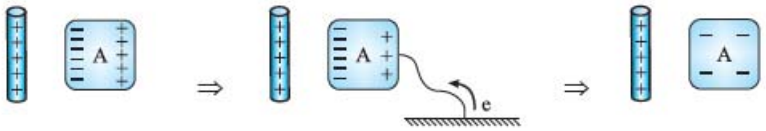
۱۴- گزینهٔ «۴» عبارت‌ها را به ترتیب بررسی می‌کنیم: الف) نه لزوماً! مثلاً اگر جنس دو جسم یکسان باشد، دیگر این اتفاق رخ نمی‌دهد. (نادرست) / ب) الکترون‌خواهی پوست بیشتر از مو است؛ پس باید الکترون‌ها از موی سر به پوست دست بروند! (نادرست) / پ) با مالش دو میلهٔ پلاستیکی با پارچهٔ کتان بار هر دو میله هم‌نام می‌شود؛ بنابراین باید همدیگر را دفع کنند. (نادرست) / ت) با توجه به سری الکتریسیتهٔ مالشی (تریبوالکتریک) در مالش بادکنک (پلاستیک) با بدن گربه، بدن گربه دارای بار مثبت می‌شود. (نادرست). پس هر ۴ عبارت نادرست بود.

۱۵- گزینهٔ «۳» در یک جسم نارسانا بار الکتریکی در محل مالش باقی می‌ماند، اما در یک جسم رسانا به همهٔ قسمت‌های سطح خارجی جسم منتقل می‌شود.

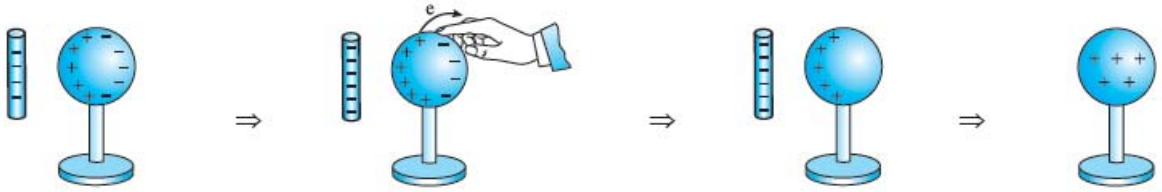
۱۶- گزینهٔ «۴» **اول این‌که** در جسم B الکترون‌ها فقط در درون ذرات (مولکول‌ها) جابه‌جا شده‌اند و دوقطبی الکتریکی ایجاد کرده‌اند (یعنی الکترون در جسم آزادانه حرکت نمی‌کند). پس جسم B **نارسانا** است.

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

۱۷- گزینهٔ «۱» مطابق شکل زیر، به خاطر نزدیک‌شدن میله با بار مثبت به جسم A، الکترون‌ها به سمت میله حرکت می‌کنند و در سمت چپ جسم A تجمع می‌کنند. با وصل‌کردن جسم A به زمین، الکترون‌ها از زمین به کره منتقل می‌شوند. در نهایت با جداکردن سیم از زمین، **جسم بار الکتریکی منفی پیدا می‌کند.**

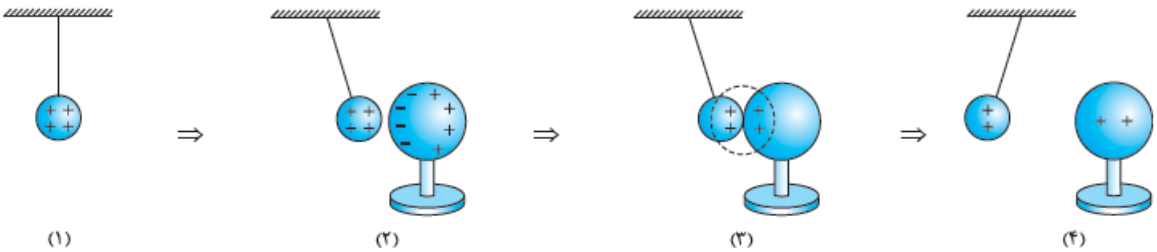


۱۸- گزینهٔ «۱» در اثر مالش میلهٔ پلاستیکی با پارچهٔ پشمی، میله به دلیل الکترون‌خواهی بیشتر دارای بار منفی می‌شود. مطابق شکل با نزدیک‌کردن میله به کره، الکترون‌ها از میله دور می‌شوند. حالا اگر دست خود را روی کره بگذاریم، بار منفی به دست منتقل و بار کره مثبت می‌شود. با دورکردن دست و سپس میله، بار روی کره مثبت می‌ماند که این بار روی سطح خارجی کره پخش می‌شود.



۱۹- گزینهٔ «۱» در این وضعیت، گلولهٔ B در نقش یک واسطه عمل می‌کند و باردار نمی‌شود؛ یعنی $q_B = 0$. پس با نزدیک‌کردن میله به کرهٔ A، الکترون‌ها از کرهٔ A به سمت کرهٔ C می‌روند. با برداشتن کرهٔ B، کرهٔ C که الکترون گرفته بود، دارای بار منفی و کرهٔ A با از دست دادن الکترون دارای بار مثبت می‌شود؛ یعنی: $q_A > 0, q_C < 0$

۲۰- گزینهٔ «۱» با توجه به شکل‌های زیر، با نزدیک‌کردن کرهٔ فلزی خنثی به گلولهٔ فلزی، بارهای منفی کره تمایل به نزدیک‌شدن 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 مثبت‌شدن بار هر دو جسم، گلوله و کره همدیگر را **دفع** می‌کنند.



۲۱- گزینهٔ «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:

گزینهٔ (۱): A می‌تواند بدون بار باشد. ✗

گزینهٔ (۲): همان‌طور که گفتیم B و C بار هم‌نام دارند. ✗

گزینهٔ (۳): B حتماً باردار است. ✗

گزینهٔ (۴): همان‌طور که گفتیم A می‌تواند بدون بار باشد؛ در مورد باردار‌بودن B هم که شکی نداریم. ✓

۲۲- گزینهٔ «۲» با توجه به وضع گلولهٔ A و C، در مورد باردار‌بودن و هم‌نام‌بودن بار این دو گلوله مطمئن هستیم؛ اما در مورد گلولهٔ B نمی‌دانیم که بار غیرهم‌نام با جسم A دارد یا بدون بار است! با توجه به این موضوع، تنها گزینهٔ (۲) می‌تواند درست باشد.

۲۳- گزینهٔ «۴» در منفی‌بودن بار گلولهٔ A شک نداریم؛ چرا که از میله دور شده! می‌ماند گلولهٔ B! همان‌طور که می‌بینید گلولهٔ B به میله نزدیک شده! پس یا بدون بار است یا دارای بار مثبت! با توجه به گزینه‌ها **گلولهٔ B می‌تواند خنثی باشد.**

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

۲۵- گزینهٔ «۲» متن نکتهٔ گرده‌افشانی را در درس‌نامه خوب بخوانید!

۲۶- گزینهٔ «۲» از آن‌جا که بادکنک باردار است، در اثر پدیدهٔ القا، آب به بادکنک نزدیک می‌شود.

۲۷- گزینهٔ «۱» اول این‌که چون میلهٔ باردار و تکهٔ آلومینیم و تکهٔ کاغذ خنثی هستند، **هر دو نیرو جاذبه‌اند.** ضمناً چون آلومینیم رسانا و تکهٔ کاغذ خنثی است، $F_1 > F_2$ است؛ چرا که نیروی بین دو رسانا به خاطر وجود الکترون‌های آزاد و شارش بیشتر بارها، قوی‌تر است.

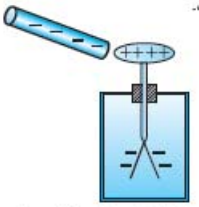
۲۸- گزینهٔ «۲» چون دو کره مثل هم هستند، پس از تماس بار هر کره $\frac{q_1+q_2}{2}$ می‌شود. یعنی: $q'_1 = q'_2 = \frac{q_1+q_2}{2} = \frac{6-2}{2} = 2\ \mu C$

۲۹- گزینهٔ «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 کرهٔ B از $-4\ \mu C$ به $4\ \mu C$ برسد باید به اندازهٔ $8\ \mu C$ الکترون از کرهٔ B به کرهٔ A برود (تا این‌جا گزینه‌های (۱) و (۳) کنار رفتند). اما چند الکترون؟ رابطهٔ $q = ne$، تعداد الکترون‌ها را به ما می‌گوید:

$$q = ne \Rightarrow 8\times10^{-6} = n\times1/6\times10^{-19} \Rightarrow n = 5\times10^{13}$$

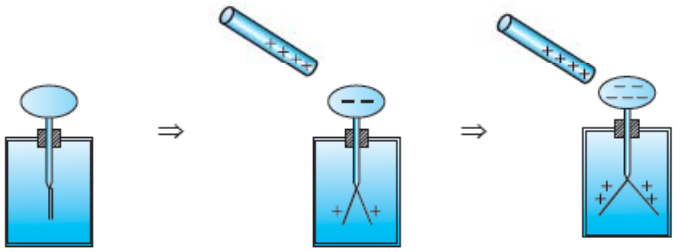
۳۰- گزینهٔ «۳» مطابق شکل با نزدیک‌کردن میله با بار منفی، الکترون‌های الکتروسکوپ از کلاهک به سمت ورقه‌ها می‌روند.



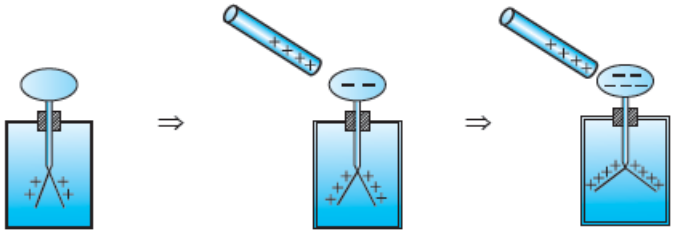
بنابراین همان‌طور که در شکل می‌بینید، بار الکتریکی کلاهک **مثبت** و بار الکتریکی ورقه‌ها **منفی** می‌شود.

۳۱- گزینهٔ «۴» از آن‌جا که با نزدیک‌کردن میله به الکتروسکوپ ورقه‌های آن از هم باز شده‌اند، **میله حتماً باردار است**؛ اما در مورد بار آن نمی‌توان نظری داد.

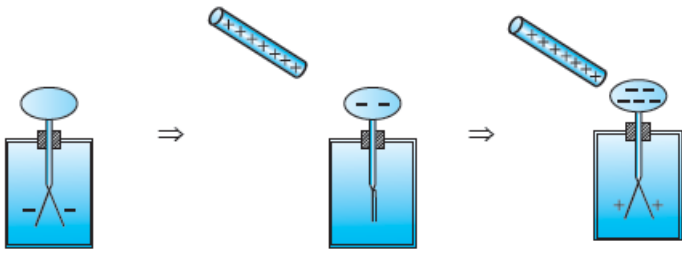
۳۲- گزینهٔ «۲» وقتی الکتروسکوپ بدون بار باشد، ورقه‌ها از همان اول بسته‌اند. هر چه‌قدر میلهٔ باردار به الکتروسکوپ نزدیک شود، ورقه‌ها از یکدیگر بیشتر فاصله می‌گیرند؛ پس گزینه‌های (۳) و (۴) حتماً نادرست‌اند. این موضوع را در شکل مقابل می‌بینید:



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

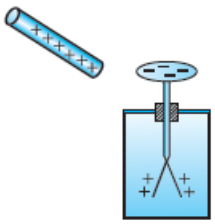


حالا به بررسی تنها حالت باقی‌مانده یعنی گزینهٔ (۲) می‌پردازیم. مطابق شکل مقابل با نزدیک‌کردن میله با بار مثبت، بار منفی تیغه به کلاهک می‌رود و در نتیجه بار آن خنثی و تیغه‌ها بسته می‌شوند. با نزدیک‌ترکردن میله، الکترون بیشتری به کلاهک می‌رود؛ در نتیجه بار تیغه مثبت می‌شود.



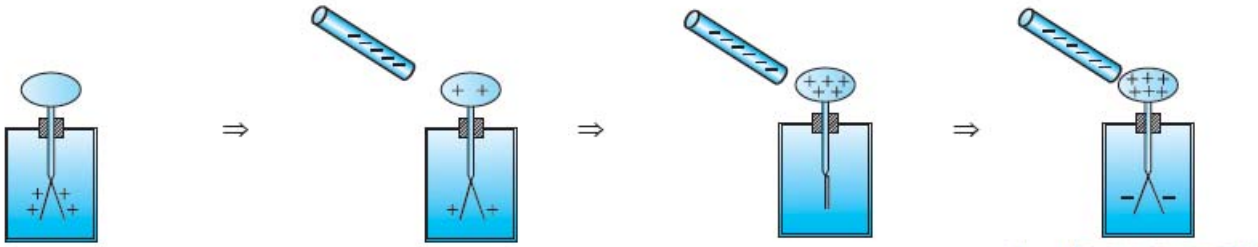
با مثبت‌شدن بار تیغه، تیغه‌ها دوباره از هم فاصله می‌گیرند.

۳۳- گزینهٔ «۲» با تماس میلهٔ رسانای بدون بار به کلاهک الکتروسکوپ مثبت، بار میله مثل بار الکتروسکوپ، مثبت می‌شود. با نزدیک‌کردن این میله به کلاهک الکتروسکوپ بدون بار، بارهای منفی از ورقه به سمت کلاهک می‌روند؛ پس بار کلاهک **منفی** و بار ورقه‌ها **مثبت** می‌شود.



۳۴- گزینهٔ «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.

۳۵- گزینهٔ «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.



۳۶- گزینهٔ «۴» **گام اول** قبل از هر چیز، داده‌های سؤال را به زبان ریاضی می‌نویسیم:

$$\begin{cases} q_A = q_B \Rightarrow n_A \not{e} = n_B \not{e} & (1) \\ q'_A = 2q'_B \Rightarrow (n_A + 6/25\times10^{12})\not{e} = 2(n_B - 6/25\times10^{12})\not{e} & (2) \end{cases}$$

توجه با از دست دادن n تا الکترون، $ne+$ به بار جسم اضافه می‌شود و با گرفتن n تا الکترون، $ne-$ از بار جسم کم می‌شود.

گام دوم با حل دستگاه دو معادله و دو مجهول، n_A و n_B به دست می‌آید:

$$\xrightarrow{(1)\ n_A = n_B = n} n + 6/25\times10^{12} = 2n - 2\times6/25\times10^{12} \Rightarrow n = 3\times6/25\times10^{12}$$

گام سوم حالا می‌توان مقدار بار جسم B پس از انتقال الکترون را حساب کرد:

$$q'_B = (n_B - 6/25\times10^{12})e = 2\times6/25\times10^{12}\times1/6\times10^{-19} = 2\,\mu C$$

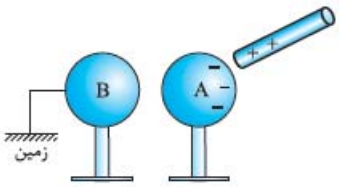
۳۷- گزینهٔ «۱» از آن‌جا که چوب نارسانا است، بارهای الکتریکی فقط در محل مالش تجمع می‌کنند؛ به همین خاطر با توجه به الکترون‌خواهی بیشتر تفلون از چوب، سر قاشق دارای **بار مثبت** و انتهای آن به دلیل الکترون‌خواهی بیشتر چوب از شیشه، دارای **بار منفی** می‌شود.

۳۸- گزینهٔ «۴» **گام اول** با تماس جداگانهٔ جسم A و C با جسم B، دو جسم بار مخالف هم پیدا می‌کنند. لازمهٔ این اتفاق آن است که در سری الکتریسیتهٔ مالشی (تریبوالکتریک) جسم B بین جسم A و C قرار گیرد.

گام دوم با تماس جداگانهٔ جسم A و C با جسم D، دو جسم بار موافق هم پیدا می‌کنند. لازمهٔ این اتفاق آن است که در سری الکتریسیتهٔ مالشی (تریبوالکتریک) جسم D بالاتر یا پایین‌تر از جسم A و C باشد.

نتیجه با توجه به این ۲ گام، تنها گزینهٔ (۴) می‌تواند جدول درستی از سری الکتریسیتهٔ مالشی (تریبوالکتریک) این ۴ جسم باشد.

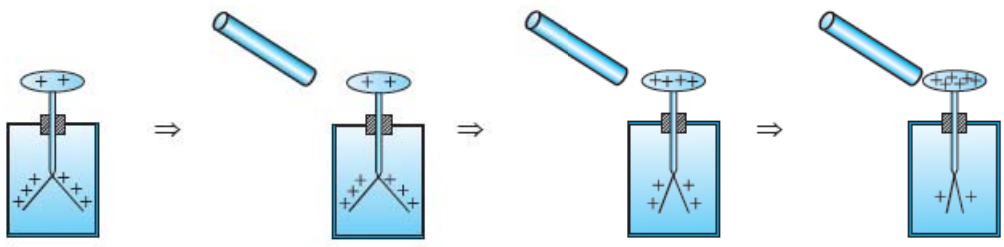
۳۹- گزینهٔ «۴» **گام اول** شکل روبه‌رو نحوهٔ توزیع بار در کره‌ها را نشان می‌دهد. در اثر القا از طریق سیم الکترون‌ها وارد کرهٔ B می‌شوند و بار آن را منفی می‌کنند. اگر میلهٔ باردار را دور کنیم، الکترون‌های اضافی کرهٔ A دوباره به زمین منتقل می‌شوند. در این شرایط هر دو کره **خنثی** می‌شوند. قطع سیم رابط کرهٔ B با زمین نیز تغییری در این وضعیت به وجود نمی‌آورد!



گام دوم کرهٔ B دارای بار منفی است (به خاطر هجوم الکترون‌ها از زمین به آن). وقتی اتصال به زمین قطع شود، راه برگشت الکترون‌های اضافی به زمین بسته می‌شود. با دورکردن میلهٔ باردار، بار منفی کرهٔ B در سرتاسر آن توزیع می‌شود و بار آن **منفی** می‌ماند.

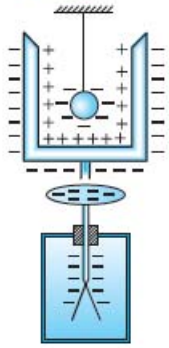
۴۰- گزینهٔ «۴» بارهای الکتریکی القایی بیشترین فاصله را از هم می‌گیرند. با بستن کلیدهای K_1 و K_2 مجموع کره‌ها رسانای واحدی را تشکیل می‌دهند که بارهای الکتریکی القایی در دو انتهای آن (کره‌های A و C) تجمع پیدا می کنند. بنابراین سر کرهٔ B در این میان بی‌کلاه می‌ماند و هیچ سهمی از بارهای القایی را تصاحب نمی‌کند!

۴۱- گزینهٔ «۲» چون الکتروسکوپ باردار است، وقتی میلهٔ آلومینیمی بدون بار را به تدریج به کلاهک نزدیک می‌کنیم، در میله بار مخالف القا می‌شود و بارهای الکتروسکوپ جذب میله می‌شوند. مطابق شکل با جذب بار توسط میله، بارهای روی ورقه‌ها به سمت کلاهک می‌روند و **ورقه‌ها به آرامی بسته می‌شوند.**



۴۲- گزینهٔ «۱» **گام‌اول** بار این الکتروسکوپ در کل مثبت است؛ پس میلهٔ باردار، بارهای تیغه‌ها را جذب کرده و باید بارش مخالف الکتروسکوپ (یعنی **منفی**) باشد.

گام‌دوم مطابق شکل، با نزدیک‌کردن میلهٔ منفی، الکترون‌های بیشتری از کلاهک دفع می‌شود و در نتیجه کلاهک مثبت‌تر و تیغه‌ها **منفی** می‌شوند.



۴۳- گزینهٔ «۲» مطابق شکل وقتی گلولهٔ باردار را به داخل استوانه می‌بریم، باری با علامت مخالف، درون استوانه القا می‌شود و به همین ترتیب بار موافق در بیرون استوانه القا می‌شود. چون این استوانه در تماس با کلاهک الکتروسکوپ قرار دارد، **ورقه‌های الکتروسکوپ باز شده و به همین حالت باقی می‌ماند.**