فصل نهم

الکتریسیته

به‌جز کاربردهایی که از الکتریسیته در وسایل و زندگی امروزی می‌شناسید، پدیده‌های مختلفی نیز در اطراف ما رخ می‌دهند که دلیل آن‌ها وجود بارهای الکتریکی است. پدیده‌هایی همچون چسبیدن بادکنک به دیوار، انحراف باریکه‌ی آب توسط شانه‌ی مالش‌داده به موها، جذب تکه‌های کاغذ توسط خودکار پلاستیکی مالش داده شده و یا خوب حالت‌نگرفتن موها هنگام شانه‌کردن و وقوع رعد و برق به دلیل وجود بارهای الکتریکی است. در دستگاه‌های کپی و پرینترها، السی‌دی‌ها، دودکش کارخانه‌ها و حتی جذب بهتر رنگ بر روی بدنه‌ی خودروها نیز از بارهای الکتریکی استفاده می‌شود.

بار الکتریکی چیست؟

در گذشته با ساختار اتم و ذرات باردار آن یعنی الکترون و پروتون آشنا شده‌اید. بار الکتریکی الکترون‌ها منفی و بار الکتریکی پروتون‌ها را مثبت نام‌گذاری کرده‌اند. اندازه‌ی بار هر دوی این ذرات برابر است و تفاوت آن‌ها در نوع بار آن‌هاست. بار الکتریکی پروتون و الکترون برابر با $1/6\times10^{-19}$ کولن است. بار الکترون $-1/6\times10^{-19}\,C$ و بار پروتون $+1/6\times10^{-19}\,C$ است. در حالت عادی تعداد پروتون‌های موجود در هسته با تعداد الکترون‌هایی که به دور هسته در گردش‌اند، برابرند؛ در نتیجه اتم از نظر الکتریکی خنثی است. اجسامی که از اتم‌های خنثی ساخته شده‌اند، نیز از نظر الکتریکی خنثی هستند. واحد بار الکتریکی کولن نام دارد که آن را با نماد (C) نشان می‌دهیم.

اجسام باردار

از آن‌جا که جداکردن پروتون از هسته‌ی اتم به آسانی صورت نمی‌گیرد، همواره این الکترون است که می‌تواند بین اتم‌ها و مواد جابه‌جا و مبادله شود. اگر یک اتم تعدادی الکترون از دست بدهد و یا به دست آورد، دارای بار الکتریکی شده است و بدین ترتیب جسمی که توازن بارهای الکتریکی آن به هم خورده است، جسم باردار است. اگر جسمی الکترون از دست بدهد، دارای بار مثبت می‌شود و اگر جسمی الکترون به دست آورد، دارای بار منفی می‌شود. بار الکتریکی یک جسم از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید:

$$q = ne$$

(q: مقدار بار جسم، n: تعداد الکترون مبادله‌شده، $e = 1/6\times10^{-19}\,C$)

مای درس
گروه آموزشی عصر
www.my-dars.ir

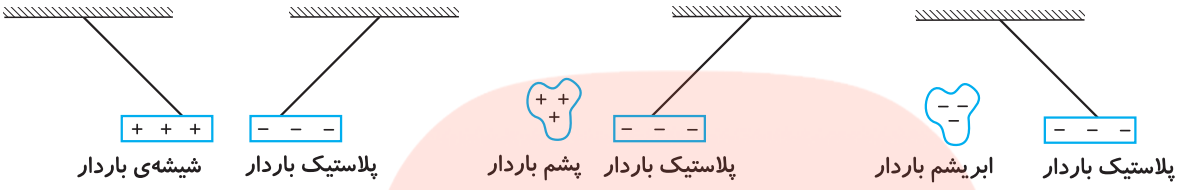
اگر جسمی دارای ۱ کولن بار الکتریکی مثبت شده باشد، چند الکترون از دست داده است؟

$$q = ne \Rightarrow 1 = n\times1/6\times10^{-19} \Rightarrow n = \frac{1}{1/6\times10^{-19}} = \frac{10}{1/6\times10^{-18}} = \frac{10}{1/6}\times10^{18} = 6/25\times10^{18}$$

مثبت یا منفی

تجربه نشان داده است وقتی میله‌ی پلاستیکی (ابونیت) را به یک پارچه‌ی پشمی یا موها مالش دهیم، میله‌ی پلاستیکی بار منفی پیدا می‌کند در حالی که پارچه‌ی پشمی بار مثبت پیدا کرده است. حال اگر یک میله‌ی شیشه‌ای را با پارچه‌ی ابریشمی یا نایلونی مالش دهیم، در اثر انتقال الکترون‌ها از میله به پارچه میله بار مثبت پیدا می‌کند در حالی که پارچه بار منفی پیدا کرده است.

از طرفی آزمایش‌ها نشان داده است که میله‌ی پلاستیکی، در اثر انتقال الکترون‌ها از میله به پارچه، میله‌ی شیشه‌ای باردار را جذب می‌کند در حالی که میله‌ی پلاستیکی جذب پارچه‌ی ابریشمی می‌گردد. میله‌ی شیشه‌ای نیز به وسیله‌ی پارچه‌ی پشمی دفع می‌گردد. برای اولین بار فرانکلین، فیزیکدان آمریکایی بار الکتریکی شیشه را مثبت و بار الکتریکی پلاستیک را منفی نامید.



آزمایشاتی نظیر آزمایشات فوق منجر به شناخت دو قانون اساسی الکتروستاتیک (الکتریسیته‌ی ساکن) شده است که به صورت زیر می‌باشد:

۱) بارهای هم‌نام (مشابه) یکدیگر را دفع می‌کنند.

۲) بارهای ناهم‌نام (غیرمشابه) یکدیگر را جذب می‌کنند.

نیرویی که بارهای الکتریکی به یکدیگر وارد می‌کنند، به سه عامل بستگی دارد:

۱) مقدار بارها ۲) فاصله‌ی بارها ۳) جنس محیطی که بارها در آن قرار دارند.

K: ضریب قانون کولن که به جنس محیط در برگیرنده‌ی بارها بستگی دارد (در خلأ $۹\times۱۰^{۹}\ \frac{N.m^{۲}}{C^{۲}}$)

$q_۱$: بار جسم (۱)، $q_۲$: بار جسم (۲)

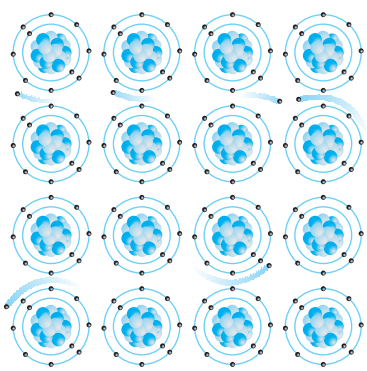
r: فاصله برحسب متر

$$F=\frac{kq_۱q_۲}{r^{۲}}$$

دو جسم باردار به یکدیگر ۲۰N نیرو وارد می‌کنند. اگر فاصله‌ی آن‌ها را نصف و مقدار بار هر یک را دو برابر کنیم، چه نیرویی به هم وارد می‌کنند؟

$$F\propto\frac{q_۱q_۲}{r^{۲}}\Rightarrow\frac{F'}{F}=\frac{\frac{kq'_۱q'_۲}{r'^{۲}}}{\frac{kq_۱q_۲}{r^{۲}}}=\frac{q'_۱q'_۲r^{۲}}{q_۱q_۲r'^{۲}}=\frac{۲\times۲\times۱^{۲}}{۱\times۱\times(\frac{۱}{۲})^{۲}}=\frac{۴}{\frac{۱}{۴}}=۱۶\Rightarrow F'=۱۶\times۲۰=۳۲۰N$$

رسانا و نارسانا



اجسام رسانا اجسامی هستند که جریان الکتریکی را به خوبی از خود عبور می‌دهند. فلزها رساناهای خوبی برای الکتریسیته هستند. در این اجسام الکترون‌هایی که به هسته نزدیک‌ترند، به سختی به هسته وابسته‌اند و تحت اثر ربایش اعمال‌شده بر آن‌ها به آسانی نمی‌توانند از اتم‌ها جدا شوند. اما الکترون‌های لایه‌ی آخر که وابستگی زیادی به اتم ندارند، به راحتی می‌توانند از اتم جدا شوند. این الکترون‌ها که به آسانی می‌توانند در درون جسم جابه‌جا شوند را الکترون آزاد می‌نامند. وجود الکترون‌های آزاد عامل رساناشدن فلزات می‌باشند. در شکل روبرو، نحوه‌ی جابه‌جایی الکترون‌های آزاد نشان داده شده است:

مواد جامد نارسانا فاقد الکترون‌های آزاد هستند و برای رهاشدن الکترون‌ها از اتم، انرژی زیادی لازم دارند و به دلیل به‌دست نیاوردن این انرژی، الکترون‌ها جابه‌جا نمی‌شوند. در بین عنصرهای نافلز تنها گرافیت، رساناست.

برخی از مواد مانند سیلیسیم نیمه‌رسانا محسوب می‌شوند؛ زیرا تعداد کمی از الکترون‌ها در اثر ارتعاشات گرمایی یا عوامل دیگر انرژی لازم برای رهاشدن را به‌دست آورده و در رسانایی الکتریکی مشارکت می‌کنند. از نیمه‌رساناها در ساخت ترانزیستورها و مدارهای الکتریکی استفاده می‌شود. کوارتز و پلاستیک نارسانا، سیلیسیم و ژرمانیم نیمه‌رسانا، آب خالص (آب‌مقطر) و گرافیت رسانای ضعیف و فلزات، رسانای خوب محسوب می‌شوند.

مای درس
گروه آموزشی عصر
www.my-dars.ir

پایستگی بار الکتریکی

همان‌گونه که ذکر شد، برای باردارکردن یک جسم، همواره تعدادی الکترون به آن می‌دهیم یا از آن می‌گیریم. در این مبادله هیچ‌گاه الکترونی تولید نمی‌شود یا از بین نمی‌رود بلکه الکترون‌ها از یک جسم به جسم دیگر منتقل می‌شوند. با توجه به این‌که هر الکترون دارای مقدار مشخصی بار الکتریکی است، می‌توان گفت:

بار الکتریکی به وجود نمی‌آید و از بین هم نمی‌رود و فقط از یک جسم به جسم دیگر منتقل می‌شود. این بیان را پایستگی بار الکتریکی می‌نامند.

روش‌های باردارکردن اجسام

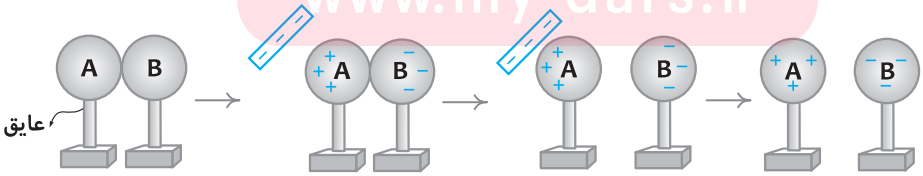
۱ مالش ۲ القای الکتریکی ۳ تماس

۱ باردارکردن به روش مالش

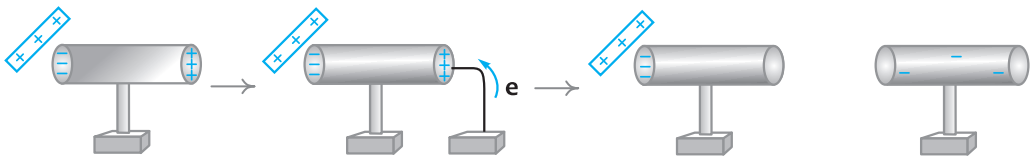
در این روش که با آن تا حدودی آشنا شدید، در اثر مالش برخی از الکترون‌های جسم از سطح آن جدا شده و بر سطح ماده‌ی دیگر می‌نشینند. جسمی که الکترون از دست داده، بار مثبت پیدا می‌کند و جسمی که الکترون گرفته، به همان اندازه بار منفی پیدا می‌کند. روش مالش برای اجسام نارسانا کاربرد دارد، چرا که وقتی جسمی رسانا مانند میله‌ی مسی را به یک پارچه‌ی پشمی مالش می‌دهیم، به دلیل رسانابودن بدن و مس، بارهای ایجادشده از طریق دست به ما منتقل می‌شود؛ در نتیجه به کمک مالش نمی‌توان میله‌ی مسی را باردار کرد. از آن‌جا که رطوبت به افزایش رسانایی اجسام کمک می‌کند، مانع از آن می‌شود که بتوان آزمایش‌های مربوط به الکتریسیته‌ی ساکن را در محیط‌های مرطوب به خوبی انجام داد.

۲ باردارکردن به روش القای الکتریکی

ایجاد بار در یک رسانا، بدون تماس آن با یک جسم باردار، القای بار نام دارد. برای آشنایی با این روش، ابتدا با مفهومی به نام زمین در الکتریسیته ساکن آشنا شوید. در بحث الکتریسیته اگر ابعاد یک جسم رسانای بدون بار در مقایسه با ابعاد جسم باردار بسیار بزرگ باشد به گونه‌ای که گرفتن تعدادی بار از آن یا دادن تعدادی بار به آن اثری در خنثی یا باردار شدن آن نگذارد، جسم را زمین می‌نامند که با نماد ⏚ نمایش می‌دهند. کره‌ی زمین در عمق چند متری به دلیل وجود رطوبت و مواد محلول می‌تواند نقش زمین را در الکتریسیته ایفا کند؛ به همین دلیل سیم اتصال به زمین در وسایل برقی به زمین متصل می‌شود. مراحل باردارکردن دو کره‌ی فلزی به روش القا را در شکل‌های زیر مشاهده می‌کنید؛ دو کره‌ی فلزی خنثی A و B را با هم تماس می‌دهیم، سپس میله‌ای با بار منفی را به کره‌ی A نزدیک می‌کنیم. تعدادی از الکترون‌های آزاد کره‌ی A در اثر رانش الکتریکی میله، به کره‌ی B می‌روند تا بیشترین فاصله را از میله بگیرند. این کمبود الکترون در کره‌ی A، باعث مثبت‌شدن بار آن می‌شود، سپس در حضور میله، کره‌ها را از هم جدا می‌کنیم. کره‌ی A بار مثبت و کره ی B بار منفی پیدا می‌کند. با دورکردن میله، بارهای الکتریکی در سراسر کره‌ها پخش می‌شوند.



برای باردارکردن یک استوانه‌ی فلزی که بر روی یک پایه‌ی عایق دارد، نیز به روش القا عمل می‌شود. در شکل‌های زیر با کمک یک میله‌ی شیشه‌ای باردار، در استوانه‌ای فلزی بار (−) القا شده است.

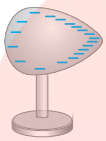


www.my-dars.ir

۳ باردارکردن به روش تماس

در این روش یک رسانای باردار را با یک رسانای خنثی تماس می‌دهیم. به این ترتیب بار الکتریکی روی سطح دو جسم منتقل می شود؛ به عبارت دیگر بارها به نسبت اندازه‌ی دو جسم بین آن‌ها توزیع و تقسیم می‌شوند به شکلی که چگالی بار در دو جسم برابر شود؛ برای مثال اگر دو کره‌ی فلزی که یکی از آن‌ها باردار است، با هم تماس یابند، بارها به نسبت شعاع دو کره، بین آن‌ها توزیع می‌شود.

هنگام باردارشدن یک جسم رسانا، بارهای الکتریکی در سطح آن توزیع می‌شوند؛ حتی اگر توپر باشند. در این اجسام، در مکان‌های تیز، تجمع بار بیشتر از سایر نقاط است.



رسانای گلابی‌شکل

رسانای کروی‌شکل

اگر دو جسم نارسانا که یکی از آن‌ها باردار است، با هم تماس داده شوند، دو جسم در بار شریک نمی‌شوند ولی اگر آن‌ها را به گونه‌ای به هم مالش دهیم که بیشتر سطح آن‌ها با هم تماس یابد، تعداد کمی بار در محل تماس منتقل می‌شود.

میله‌ی پلاستیکی بدون بار میله‌ی پلاستیکی باردار

بار واردشده به جسم در اجسام نارسانا در همان محل ورود باقی می‌ماند و برخلاف اجسام رسانا، در سطح آن توزیع نمی‌شود. زمانی که یک جسم رسانای باردار و یک جسم نارسانای بدون بار را با هم تماس می‌دهیم، مقدار کمی بار بین دو جسم مبادله می‌شود.

الکتروسکوپ (برق‌نما)

الکتروسکوپ وسیله‌ای است مانند شکل. بدنه‌ی فلزی الکتروسکوپ به زمین متصل می‌شود تا در صورت وجود بارهای اضافی روی بدنه‌ی دستگاه، بارها به زمین منتقل شوند. الکتروسکوپ دارای یک کلاهک فلزی می‌باشد که به یک میله‌ی برنجی (رسانا) و ورقه‌ی نازکی از طلا ختم می‌شود. زمانی که ورقه‌ی طلا و میله‌ی برنجی هر دو باردار شوند، یکدیگر را دفع کرده و ورقه از میله دور می‌شود.

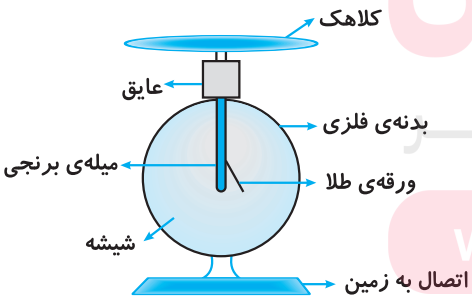
الکتروسکوپ دارای کاربردهای زیر است:

۱ تشخیص باردار یا خنثی بودن جسم

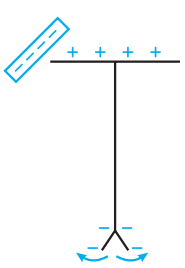
۲ تشخیص نوع بار جسم

۳ تشخیص مقدار بار جسم

۴ تشخیص رسانا یا نارسانا بودن جسم



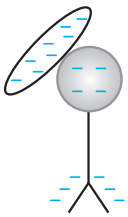
۱ اگر جسمی را به کلاهک الکتروسکوپ خنثی نزدیک کنیم و تیغه‌های الکتروسکوپ از هم باز شوند، وقتی میله‌ای با بار منفی را به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک می‌کنیم، در اثر القای الکتریکی، تعدادی از الکترون‌های آزاد کلاهک از طریق میله‌ی رسانا، به ورقه‌ی طلا می‌رسند. ورقه و میله‌ی برنجی هر دو بار منفی پیدا کرده، همدیگر را می‌رانند. با دورکردن میله، الکترون‌ها به سمت کلاهک بازگشته و شرایط به حالت اولیه برمی‌گردد. باید توجه داشت برای اطمینان از نتیجه‌ی آزمایش باید قبل از شروع آزمایش، کلاهک را به زمین متصل کرد و سپس جدا کرد تا از خنثی‌بودن الکتروسکوپ مطمئن بود.



مای درس
گروه آموزشی عصر
www.my-dars.ir

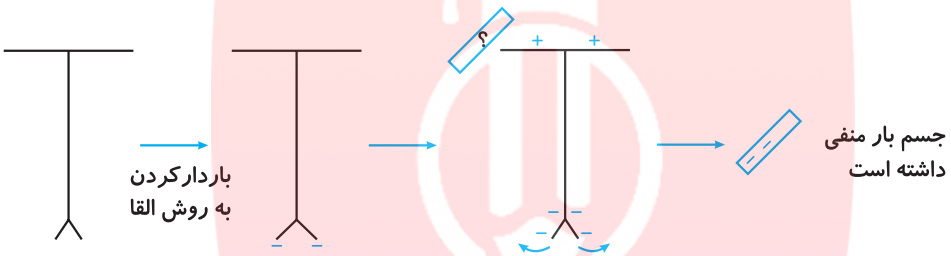
۲ برای تشخیص نوع بار یک جسم از الکتروسکوپ باردار استفاده می‌کنیم. برای این کار ابتدا به یکی از دو روش زیر الکتروسکوپ را باردار می‌کنیم:

الف الکتروسکوپ را با یک جسم باردار به صورت مستقیم تماس دهیم که در این صورت الکتروسکوپ بار هم‌نام جسم را به دست می‌آورد.



ب الکتروسکوپ را به روش القا باردار کنیم که در این صورت الکتروسکوپ بار ناهم‌نام جسمِ القاگر را پیدا می‌کند.

حال برای تشخیص نوع بار یک جسم باردار، آن را به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک می‌کنیم. اگر بار جسم موافق بار الکتروسکوپ باشد، میزان انحراف تیغه‌های الکتروسکوپ بیشتر از قبل می‌شود ولی اگر نوع بار جسم و الکتروسکوپ مشابه نباشد، فاصله‌ی تیغه‌ها از همدیگر کاهش می‌یابد و برحسب میزان بار القایی، ممکن است تیغه‌ها کاملاً به یکدیگر بچسبند.



۳ برای مشخص‌کردن مقدار بار جسم، ابتدا الکتروسکوپ را با جسمی که مقدار بار آن را می‌دانیم، باردار کرده و زاویه‌ی تیغه‌ها را اندازه می‌گیریم؛ سپس جسم مورد بررسی را به کلاهک الکتروسکوپی خنثی نزدیک می‌کنیم. با مقایسه‌ی زاویه‌ی تیغه‌ها در این حالت با زاویه‌ی بین تیغه‌ها در حالت قبل، مقدار بار جسم مشخص می‌شود.

۴ برای مشخص‌کردن رسانا یا نارسانا بودن جسم کافی است جسم مورد بررسی را با کلاهک الکتروسکوپ بارداری تماس دهیم. اگر تیغه‌ها بسته شد، جسم رسانا بوده است؛ زیرا بارهای الکتروسکوپ از طریق دست به بدن ما منتقل شده و خنثی شده است.

تخلیه‌ی الکتریکی

نیروی دافعه‌ی بارهای هم‌نام یک جسم باردار سبب می‌شود تا جسم تمایل داشته باشد تا به طریقی بارهای خود را از دست بدهد. حال اگر جسمی که بار الکتریکی خیلی زیادی دارد، به جسمی بدون بار یا جسمی با بار نزدیک کم شود، بارها از یکی به دیگری می‌جهند. این انتقال الکترون را تخلیه‌ی الکتریکی می‌نامند؛ در واقع تخلیه‌ی الکتریکی، انتقال الکترون از درون هواست. جرقه‌های الکتریکی ایجادشده در هنگام کشیدن پتو بر روی خود یا پوشیدن لباس پشمی و یا رعد و برق و صاعقه مثال‌هایی از تخلیه‌ی الکتریکی هستند.

ابرها به دلیل مالش با هوا یا کوه‌های بلند و یا حتی با یکدیگر دارای بار الکتریکی می‌شوند. زمانی که دو ابر که بار مخالف (یا حتی موافق به شرط مساوی‌نبودن مقدار بارها) دارند، به هم نزدیک می‌شوند، بین آن‌ها تخلیه‌ی الکتریکی صورت می‌گیرد که با تولید نور و گرما همراه است به این پدیده رعد و برق می‌گویند. گاهی به دلیل کم‌شدن فاصله‌ی ابر با زمین تخلیه‌ی الکتریکی بین ابر و نقاط بلند سطح زمین (مانند یک درخت یا ساختمان بلند) صورت می‌گیرد. این پدیده را صاعقه یا آذرخش می‌نامند.

برای جلوگیری از آسیب‌رسیدن به ساختمان‌ها و خطرات احتمالی حاصل از صاعقه در بلندترین نقطه‌ی ساختمان‌های بلند میله‌ی بلند مسی به نام برق‌گیر قرار می‌دهند که توسط سیمی به زمین زیر ساختمان متصل می‌شود تا در صورت وقوع صاعقه بارهای اضافی به زمین منتقل شده و مانع از آسیب به ساختمان شود. برق‌گیرها نوک تیزی دارند.

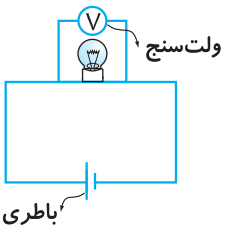
مای درس
www.my-dars.ir

اختلاف پتانسیل الکتریکی

همان‌گونه که ممکن است اختلاف دما باعث انتقال گرما شود یا اختلاف فشار هوا موجب ایجاد باد شود، ممکن است بین دو جسم اختلاف پتانسیل الکتریکی باعث شارش بارها شود؛ در واقع زیادبودن بار الکتریکی یا انرژی پتانسیل الکتریکی یک جسم نسبت به جسم دیگر نمی‌تواند دلیل شارش بارهای الکتریکی باشد. عامل شارش بار الکتریکی، اختلاف پتانسیل الکتریکی است، یعنی اگر انرژی پتانسیل الکتریکی واحد بار مثبت در یک نقطه بیشتر از نقطه‌ی دیگر باشد، آن دو نقطه اختلاف پتانسیل الکتریکی دارند. این عامل تعیین‌کننده‌ی جهت شارش بار الکتریکی بین دو نقطه است.

بنا به تعریف اختلاف پتانسیل الکتریکی میان دو جسم عامل شارش بار الکتریکی از یک جسم به جسم دیگر است. انباشته‌شدن بار الکتریکی در یک کره و بار الکتریکی کم‌تر در کره‌ی هم‌اندازه‌ی دیگر باعث به وجود آمدن اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو کره می‌شود. حال اگر این دو کره توسط یک جسم به هم متصل شوند، بارهای مثبت از پتانسیل الکتریکی بیشتر به پتانسیل الکتریکی کم‌تر شارش می‌کند (جهت جریان قراردادی از قطب مثبت به منفی است).

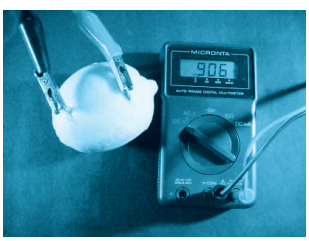
پتانسیل الکتریکی یک رسانا علاوه بر نوع و اندازه‌ی بار الکتریکی آن، به شکل هندسی و کوچکی و بزرگی آن نیز بستگی دارد.



نماد به کار رفته برای اختلاف پتانسیل V است و یکای اختلاف پتانسیل که به آن ولتاژ نیز می‌گویند، ولت (V) نام دارد. ولتاژ را به وسیله‌ی دستگاهی به نام ولت‌سنج اندازه می‌گیرند. ولت‌سنج را به صورت موازی در مدار قرار می‌دهند تا اختلاف پتانسیل دو نقطه از مدار را اندازه بگیرد.

مولدها

یک مدار الکتریکی ساده از سه جزء تشکیل شده است. مولد، سیم (رسانا) و مصرف‌کننده. همان‌گونه که شارش گرما تا زمانی ادامه می‌یابد که دو جسم هم‌دما شوند، شارش بارها نیز تا زمانی ادامه می‌یابد که بین دو جسم اختلاف پتانسیل الکتریکی وجود داشته باشد. برای آن‌که شارش بار الکتریکی از یک نقطه به نقطه‌ی دیگر مدار ادامه یابد، باید وسیله‌ای مانند تلمبه در مدار باشد که به طور مرتب اختلاف پتانسیل الکتریکی ایجاد کند. این وسیله را مولد می‌نامند. مولدها انرژی لازم برای ایجاد اختلاف پتانسیل الکتریکی را از واکنش‌هایی که داخل آن‌ها رخ می دهد به‌دست می‌آورند.



اگر یک تیغه‌ی مسی و یک تیغه‌ی روی را داخل لیموترش فرو کنیم، یک مولد الکتریکی ساده ساخته‌ایم. اگر تیغه‌ها را به وسیله‌ی سیم به ولت‌سنج متصل کنیم، اختلاف پتانسیل ایجادشده قابل اندازه‌گیری خواهد بود.

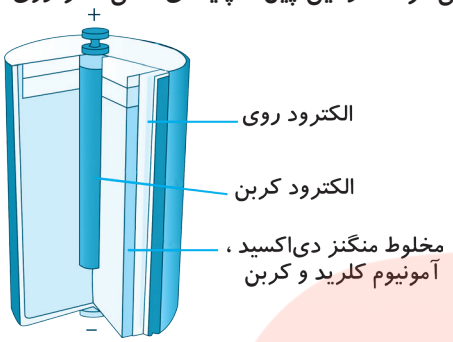
پیل شیمیایی نوعی مولد است که انرژی لازم برای ایجاد اختلاف پتانسیل الکتریکی را از انجام تغییرات شیمیایی تأمین می‌کند. یک پیل شیمیایی دارای سه بخش اصلی است:

۱) پایانه‌ی مثبت ۲) پایانه‌ی منفی ۳) الکترولیت

پایانه‌های مثبت و منفی دو میله‌ی غیرهم‌جنس هستند که در یک محلول رسانا (الکترولیت) قرار دارند؛ مانند فلز روی و مس که در محلول سولفوریک اسید غلیظ قرار داده می‌شوند. در اثر واکنش فلز روی با الکترولیت و تشکیل یون‌های مثبت، الکترون‌های آزادشده به سمت فلز مس جریان می‌یابند. به این ترتیب تیغه‌ی روی دارای بار منفی (پایانه‌ی منفی) و تیغه‌ی مس دارای بار مثبت (پایانه‌ی مثبت) خواهد بود.

www.my-dars.ir

پیل خشک پیل‌هایی هستند که در منازل، چراغ‌قوه‌ها و رادیوها و ... استفاده می‌شوند. در این پیل‌ها پایانه‌ی منفی، فلز روی، پایانه‌ی مثبت، کربن و الکترولیت آمونیوم کلرید می‌باشد.



باتری‌ها مجموعه‌ای از چند پیل می‌باشند. در باتری اتومبیل قطب مثبت با pb_3O_4 و قطب منفی pbO پر می‌شود و صفحات مشبک حاوی قطب‌ها را درون سولفوریک اسید قرار می‌دهند؛ در واقع یک باتری مجموعه‌ای است از چند پیل که به صورت متوالی بسته شده‌اند. در پیل‌های متوالی قطب مثبت هر پیل به قطب منفی پیل مجاور متصل می‌شود.

الکتریسیته‌ی جاری

در یک مدار الکتریکی ساده زمانی که یک مصرف‌کننده (لامپ، آرمیچر و ...) را به کمک سیم‌های رابط و کلید قطع و وصل به مولد جریان الکتریکی (باتری) وصل کنیم، مدار کامل شده و الکترون‌ها با انرژی‌گرفتن از باتری در مدار جاری می‌شوند.

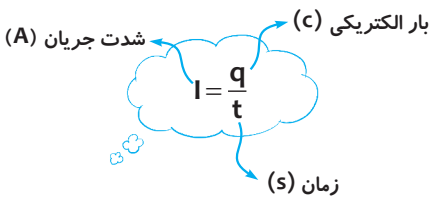
در مدارهای الکتریکی جهت حرکت الکترون‌ها از پایانه‌ی منفی به پایانه‌ی مثبت است، ولی از آن‌جا که در گذشته دانشمندان تصور می‌کردند که حرکت پروتون‌ها باعث ایجاد جریان می‌شود به طور قراردادی (به احترام دانشمندان گذشته) جهت حرکت الکترون‌ها را از پایانه‌ی مثبت به سمت پایانه‌ی منفی در نظر گرفته و به آن جهت جریان قراردادی می‌گویند.

در وسایل برقی دو نوع جریان الکتریسیته مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی از آن دو نوع جریان مستقیم (D.C) و دیگری جریان متناوب (A.C) است. در جریان متناوب که برق شهر از این نوع است جهت جریان در هر ثانیه بارها تغییر می‌کند.

با مفهوم اختلاف پتانسیل آشنا شدید و دریافتید که شارش بار الکتریکی از پتانسیل بیشتر به پتانسیل کم‌تر ادامه می‌یابد تا زمانی که این اختلاف پتانسیل به صفر رسد. در مدارهای الکتریکی به جز اختلاف پتانسیل متغیرهای دیگری نیز بر عملکرد مدار اثرگذار است که در ادامه با آن‌ها آشنا می‌شوید.

شدت جریان الکتریکی (آمپراژ)

میزان بار الکتریکی جریان‌یافته از هر مقطع مدار در واحد زمان را شدت جریان الکتریکی می‌نامند و آن را با نماد (I) نشان می‌دهند. یکای شدت جریان در سیستم SI، آمپر نام دارد و با نماد (A) نمایش داده می‌شود:

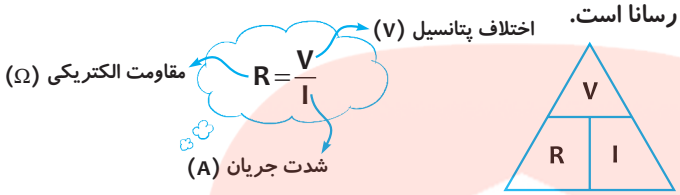


طبق رابطه‌ی محاسبه‌ی شدت جریان، چنان‌چه در هر ثانیه یک کولن بار از هر مقطع مدار بگذرد شدت جریان یک آمپر خواهد بود. شدت جریان الکتریکی را به کمک دستگاهی به نام آمپرسنج اندازه‌گیری می‌کنند و آن را به صورت متوالی در مدار قرار می‌دهند. برای اندازه‌گیری شدت جریان‌های بسیار ضعیف از دستگاهی به نام گالوانومتر (G) استفاده می‌شود.

گروه آموزشی عصر
www.my-dars.ir

قانون اُهم

زیمون اهم در طی آزمایش‌های مختلفی که با تغییردادن اختلاف پتانسیل الکتریکی مدار انجام داد، دریافت که در تمام آزمایش‌ها نسبت اختلاف پتانسیل به شدت جریان تقریباً ثابت است. این نسبت تقریباً ثابت همان مقاومت الکتریکی (R) است. آقای اهم بیان داشت «هرگاه دمای یک رسانا تغییر نکند، نسبت اختلاف پتانسیل یک رسانای فلزی به شدت جریانی که از آن می‌گذرد، مقدار ثابتی است که این مقدار ثابت همان مقاومت الکتریکی رسانا است.



جریان عبوری از یک لامپ رشته‌ای ۱۰۰ واتی برابر با ۰/۵ آمپر است. اگر این لامپ به برق شهری ۲۲۰ ولت متصل شود، چه مقاومت الکتریکی را در برابر عبور جریان از خود نشان می‌دهد؟

$R=\frac{V}{I} \Longrightarrow R=\frac{۲۲۰}{۰/۵}=۴۴۰\,\Omega$

یک مقاومت الکتریکی ۲۰ اُهمی را به اختلاف پتانسیل ۱۴ ولت متصل می‌نماییم. جریان عبوری از مقاومت چند آمپر خواهد بود؟

$R=\frac{V}{I} \Longrightarrow I=\frac{V}{R}=\frac{۱۴}{۲۰}=۰/۷A$

در جدول زیر برخی از نمادهای معمول برای قطعه‌های به کار رفته در مدارهای الکتریکی آمده است. از این نمادها برای رسم و نمایش مدارها استفاده می‌شود.

قطعه	نماد	قطعه	نماد
ولت‌سنج	V	مقاومت ثابت	
آمپرسنج	A	لامپ	
پیل		کلید	
باتری		موتور الکتریکی	M
فیوز		سیم	

پرسش‌های چهارگزینه‌ای

۱- وقتی دو جسم نارسانای خنثی به هم مالش پیدا می‌کنند .....

۱) فقط یکی باردار می‌شود.
۲) تعدادی بار مثبت و منفی بین آن‌ها مبادله می‌شود.
۳) هر دو مساوی باردار می‌شوند.
۴) نوع بار هر دو یکسان می‌شود.

۲- بین الکتروسکوپی که در ابتدا خنثی است و میله‌ی شیشه‌ای باردار، اندکی تماس برقرار می‌کنیم. الکتروسکوپ .....

۱) خنثی می‌ماند.
۲) بار منفی پیدا می‌کند.
۳) بار مثبت پیدا می‌کند.
۴) تا بار شیشه را ندانیم نمی‌توانیم نظر بدهیم.

۳- یک میله‌ی فلزی را به الکتروسکوپی که بار منفی دارد نزدیک می‌کنیم، چه رخ می‌دهد؟

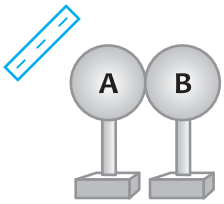
۱) تیغه‌ها از هم دورتر می‌شوند.
۲) تیغه‌ها به هم می‌چسبند.
۳) تیغه‌ها به هم نزدیک می‌شوند ولی به هم نمی‌چسبند.
۴) اتفاقی نمی‌افتد.

مای درس
www.my-dars.ir

۴- در سؤال قبل اگر میله را با کلاهک الکتروسکوپ تماس دهیم، کدام‌یک از اتفاقات اشاره‌شده در گزینه‌های سؤال رخ خواهد داد؟

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۵- در هنگام باردارکردن دو کره‌ی فلزی به روش القا، زمانی که کره‌ها به هم متصل هستند و دست ما به یک کره تماس دارد، میله‌ی پلاستیکی بارداری را که به کره‌ها نزدیک کرده بودیم دور کرده و سپس دست خود را جدا کرده و کره‌ها را از هم جدا می‌کنیم. بار کره‌ها چه خواهد بود؟



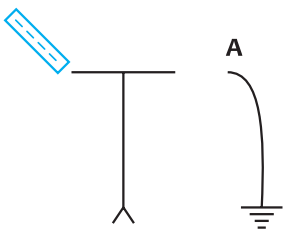
۱) کره‌ی A منفی و کره‌ی B مثبت

۲) کره‌ی A مثبت و کره‌ی B منفی

۳) هر دو کره بار مثبت

۴) هر دو کره بدون بار

۶- در شکل مقابل با اتصال سیم A به کلاهک، الکتروسکوپ چه باری خواهد داشت؟



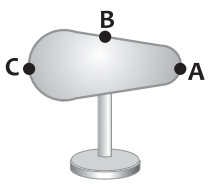
۱) خنثی

۲) مثبت

۳) منفی

۴) عقربه‌ها منفی و کلاهک مثبت

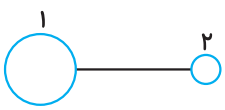
۷- مطابق شکل، جسم دوکی‌شکلی را از فلز ساخته و روی پایه‌ی عایق قرار داده‌ایم، بار الکتریکی Q روی قسمت فلزی قرار دارد. کدام گزینه درباره‌ی پتانسیل نقاط A، B و C درست است؟



۱) $V_A = V_C < V_B$ ۲) $V_A = V_C > V_B$

۳) $V_A = V_B = V_C$ ۴) $V_A < V_B < V_C$

۸- دو جسم فلزی ۱ و ۲ را با یک سیم به هم وصل می‌کنیم و مشاهده می‌شود که جریان الکتریکی از جسم ۱ به طرف ۲ است. کدام گزینه درست است؟



۱) $Q_1 = Q_2$ ۲) $V_2 = V_1$

۳) $Q_1 < Q_2$ ۴) $V_2 < V_1$

۹- یک الکتروسکوپ خنثی را به مدت کوتاهی به زمین وصل می‌کنیم و در همین زمان میله‌ای شیشه‌ای با بار مثبت به آن نزدیک می‌کنیم. پس از قطع ارتباط با زمین و سپس دورکردن میله، الکتروسکوپ:

۱) خنثی باقی می‌ماند. ۲) بار منفی پیدا می‌کند.

۳) بار مثبت پیدا می‌کند. ۴) بسته به مدت زمان تماس با زمین می‌تواند مثبت یا منفی باشد.

۱۰- کره‌ی A بار مثبت دارد و کره‌ی B خنثی است. آن‌ها را نزدیک هم روی میز می‌گذاریم و مدت کوتاهی کره‌ی B را با سیمی به زمین تماس می‌دهیم؛ کدام عبارت درست است؟

۱) کره‌ی B باز هم خنثی می‌ماند.

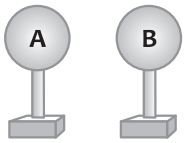
۲) کره‌ی B بار مثبت پیدا می‌کند.

۳) کره‌ی B بار منفی پیدا می‌کند.

۴) کره‌ی B مجموعاً خنثی می‌ماند اما نظم بارهای آن تغییر می‌کند.

مای درس
گروه آموزشی مای درس
www.my-dars.ir

۱۱- کره‌ی A باردار و کره‌ی B خنثی است. آن‌ها را مطابق شکل روی پایه‌ای عایق نزدیک هم قرار می‌دهیم. کدام گزاره نیروی الکترواستاتیک بین آن‌ها را بهتر توصیف می‌کند؟



۱) چون یکی از آن‌ها خنثی است نیرویی بین آن‌ها برقرار نمی‌شود.

۲) نیروی دافعه بین آن‌ها برقرار می‌شود.

۳) نیروی جاذبه بین آن‌ها برقرار می‌شود.

۴) نیرو دافعه است اگر A مثبت باشد و جاذبه است اگر A منفی باشد.

۱۲- جسمی با بار مثبت را به کلاهک الکتروسکوپ بدون باری نزدیک کرده و بدون تماس با آن در کنارش نگه می‌داریم؛ ملاحظه می‌شود که ورقه‌های الکتروسکوپ باز شده‌اند. در این حالت بار کلاهک و بار ورقه‌ها به ترتیب عبارت‌اند از:

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

۱۳- اگر بار یک الکترون را با e نشان دهیم و n الکترون از جسم A به جسم B منتقل شود آن‌گاه:

۱) بار جسم B برابر $+ne$ و بار جسم A برابر $-ne$ می‌شود.

۲) بار جسم A برابر $+ne$ و بار جسم B برابر $-ne$ می‌شود.

۳) بار جسم A برابر $+ne$ و بار جسم B برابر $-e$ می‌شود.

۴) بار جسم B برابر $+e$ و بار جسم A برابر $-ne$ می‌شود.

۱۴- ثابت‌ماندن اندازه‌ی بار الکتریکی را هنگام مالش ..... می‌نامند.

۱) القای الکتریکی ۲) قانون اساسی الکتریسیته‌ی ساکن

۳) پایستگی انرژی الکتریکی ۴) پایستگی بار الکتریکی

۱۵- اگر یک بار الکتریکی در نزدیک یک رسانای بدون بار قرار گیرد، .....

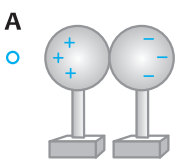
۱) به آن نیرویی وارد نمی‌شود.

۲) توسط رسانا جذب می‌شود.

۳) اگر بار آن مثبت باشد توسط رسانا جذب و در غیر این صورت دفع می‌شود.

۴) توسط رسانا دفع می‌شود.

۱۶- در شکل مقابل، کره‌های فلزی با یکدیگر در تماس‌اند و جسمی در نقطه‌ی A قرار دارد، این جسم ..... است.



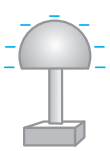
۱) رسانا یا نارسانای با بار مثبت

۲) رسانای بدون بار

۳) رسانا یا نارسانای با بار منفی

۴) نارسانای با بار مثبت

۱۷- در شکل مقابل، بادکنک بارداری را به واندوگراف نزدیک می‌کنیم آن‌گاه:



۱) بادکنک دور می‌شود. (دفع) ۲) بادکنک تغییر نمی‌کند.

۳) بادکنک لرزان می‌شود. (دفع و جذب) ۴) بادکنک نزدیک می‌شود. (جذب)

۱۸- بار کره‌ی فلزی باردار $+q$ است. این کره را با یک کره‌ی بدون بار مشابه تماس می‌دهیم و از یکدیگر جدا می‌کنیم. کدام جمله درباره‌ی بار کره‌ها درست است؟

۱) بار کره باردار $+q$ و بار کره بدون بار $-q$ می‌شود. ۲) هر دو کره خنثی می‌شوند.

۳) بار هر دو کره $-\frac{q}{2}$ می‌شود. ۴) بار هر دو کره $+\frac{q}{2}$ می‌شود.

مای درس
گروه آموزشی عصر
www.my-dars.ir

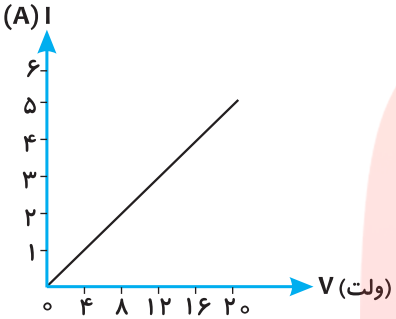
۸۶- چنان‌چه در مداری که ولتاژ آن توسط یک باتری تأمین می شود، مقاومت الکتریکی ۴ برابر شود .....

۱) ولتاژ ۴ برابر می‌شود.
۲) آمپراژ $\frac{۱}{۴}$ می‌شود.
۳) ولتاژ $\frac{۱}{۴}$ می‌شود.
۴) آمپراژ ۴ برابر می‌شود.

۸۷- در شرایط یکسان، عبور جریان مساوی از سیم ..... گرمای کم‌تری نسبت به گزینه‌های دیگر ایجاد می‌کند.

۱) مسی
۲) طلایی
۳) آهنی
۴) نیکلی

۸۸- نمودار مقابل مربوط به یک مدار است. مقاومت الکتریکی مدار چند اهم بوده است؟

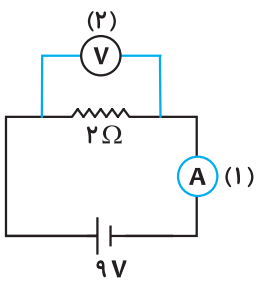


۱) ۱
۲) ۲
۳) ۳
۴) ۴

۸۹- در یک مدار در دمای ثابت اختلاف پتانسیل دو سر مدار را ۶ برابر می‌کنیم، مقاومت الکتریکی چه تغییری می‌کند؟

۱) ۶ برابر می‌شود.
۲) تغییری نمی‌کند.
۳) $\frac{۱}{۶}$ می‌شود.
۴) ۳۶ برابر می‌شود.

۹۰- در مدار شکل مقابل وسایل (۱) و (۲) به ترتیب چه اعدادی را نشان می‌دهند؟



۱) ۹-۴/۵
۲) ۴/۵-۴/۵
۳) ۱۸-۹
۴) ۱۸-۴/۵

پاسخ‌نامه‌ی تشریحی

۱- گزینه‌ی ۳ با مالش دو جسم به یکدیگر جسمی که الکترون از دست داده بار مثبت پیدا می‌کند و جسمی که الکترون گرفته به همان میزان بار منفی پیدا می‌کند.

۲- گزینه‌ی ۳ (با توجه به کتاب درسی) چون تماس برقرار شده، الکتروسکوپ بار مثبت پیدا می‌کند.

۳- گزینه‌ی ۳ با نزدیک‌کردن میله، الکتروسکوپ موجب القای بار در میله می‌شود، بخشی از بار میله توسط دست خنثی می‌شود و بخشی از بار میله موجب نزدیک‌شدن تیغه‌های الکتروسکوپ به هم می‌شود.

۴- گزینه‌ی ۲ از آن‌جا که فلز رسانا است با تماس آن با کلاهک بار الکتروسکوپ از طریق آن به دست ما منتقل می‌گردد و الکتروسکوپ خنثی می‌شود، به همین دلیل تیغه‌ها بسته می‌شوند.

۵- گزینه‌ی ۴ با نزدیک‌کردن میله‌ی دارای بار منفی کره‌ی A دارای بار مثبت و کره‌ی B دارای بار منفی می‌شود ولی با دورکردن میله مجدداً کره‌ها خنثی می‌شوند و با جداکردن آن‌ها باز هم کره‌ها خنثی می‌مانند.

۶- گزینه‌ی ۲ کلاهک الکتروسکوپ دارای بار مثبت است و تیغه‌ها دارای بار منفی. با اتصال الکتروسکوپ به زمین، بار منفی تیغه‌ها به زمین منتقل شده و تنها بار مثبت در کلاهک می‌ماند.

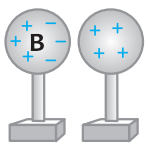
۷- گزینه‌ی ۳ چون جریان و جابه‌جایی باری در حال انجام نیست می‌توان گفت اختلاف پتانسیل تمام نقاط آن یکسان است.

www.my-dars.ir

۸- گزینه‌ی ۴ اختلاف پتانسیل عامل برقراری جریان الکتریکی است. چون جریان از کره‌ی (۱) به سمت (۲) برقرار می‌گردد می‌توان گفت $V_2 < V_1$ بوده است.

۹- گزینه‌ی ۲ با نزدیک‌نمودن میله‌ی دارای بار مثبت به الکتروسکوپ، کلاهک آن بار منفی و تیغه‌ها بار مثبت پیدا می‌کنند، چون الکتروسکوپ به زمین متصل است بارهای مثبت تیغه‌ها خنثی می‌شوند. با قطع ارتباط با زمین بارهای منفی کلاهک موجب می‌شوند تا الکتروسکوپ بار منفی پیدا کند.

۱۰- گزینه‌ی ۳ با نزدیک‌کردن جسم مثبت به کره‌ی B، مانند شکل بارها در کره القا می‌شوند. با اتصال کره‌ی B به زمین بارهای مثبت خنثی می‌گردند ولی بارهای منفی که در ربایش کره‌ی A هستند در آن باقی می‌مانند و کره‌ی B بار منفی پیدا می‌کند.



۱۱- گزینه‌ی ۳ اجسام باردار می‌توانند اجسام خنثی را جذب کنند، به همین دلیل دو کره‌ی A و B یکدیگر را جذب می‌کنند.

۱۲- گزینه‌ی ۴ جسم مثبت موجب جذب بارهای منفی به سمت کلاهک و دفع بارهای مثبت به سمت تیغه‌ها می‌شود.

۱۳- گزینه‌ی ۱ جسم A با از دست دادن الکترون بار مثبت پیدا می‌کند $(-n\times -1/6\times 10^{-19})$ و جسم B با گرفتن همان تعداد الکترون از جسم A، دارای بار منفی می‌شود $(n\times -1/6\times 10^{-19})$.

۱۴- گزینه‌ی ۴ طبق قانون پایستگی بار الکتریکی، بارها به وجود نمی‌آیند و از بین نمی‌روند و تنها از جسمی به جسم دیگر منتقل می‌شوند.

۱۵- گزینه‌ی ۲ اجسام باردار و خنثی، یکدیگر را جذب می‌کنند. این مسئله ربطی به رسانا یا نارسانا بودن اجسام ندارد.

۱۶- گزینه‌ی ۳ چون جسم A بارهای مثبت را به سمت خود کشیده و بارهای منفی را دور کرده است، این جسم دارای بار منفی بوده است.

۱۷- گزینه‌ی ۱ بادکنک باردار دارای بار منفی می‌باشد و دافعه‌ی بارهای منفی واندوگراف موجب دفع آن‌ها و دورشدن بادکنک می شود.

۱۸- گزینه‌ی ۴ اجسام رسانا پس از تماس در بارها شریک می‌شوند. از آن‌جا که دو کره مشابه هستند مقدار بار الکتریکی $+q$ به طور مساوی بین هر دو تقسیم می‌گردد.

۱۹- گزینه‌ی ۳ با تماس دو کره، مجموع بار دو کره که جمعاً -10 کولن می‌باشد بین دو کره‌ی مشابه تقسیم می‌شود و هر دو دارای بار -5 کولن می‌گردند.

۲۰- گزینه‌ی ۴ از آن‌جا که تنها بارهای منفی جابه‌جا می‌شوند، برای خنثی‌شدن جسم A، بارهای منفی از زمین به جسم منتقل می‌شود و برای خنثی‌شدن جسم B بارهای منفی ازجسم B به زمین منتقل می‌شوند.

۲۱- گزینه‌ی ۴ رعد و برق حاصل تخلیه‌ی الکتریکی بین دو ابر و یا حتی بخش‌های مختلف یک ابر است.

۲۲- گزینه‌ی ۳ هنگام باردارشدن جسم در اثر مالش، یک جسم الکترون از دست می‌دهد و جسم دیگر آن الکترون را می‌گیرد.

۲۳- گزینه‌ی ۱ هنگام باردارشدن یک جسم حتماً انتقال بار بین دو جسم صورت گرفته و هر دو جسم باردار می‌شوند ولی بارهای دو جسم مخالف هم خواهد بود.

۲۴- گزینه‌ی ۱ با نزدیک‌شدن گلوله‌ی خنثی به گلوله‌ی باردار آویزان از نخ، گلوله‌ی آویزان جذب گلوله‌ی دیگر می‌شود ولی با تماس دو گلوله به هم، هر دو دارای بار مشابه می‌شوند و یکدیگر را دفع می‌کنند.

۲۵- گزینه‌ی ۲ پلاستیک تمایل به جذب الکترون دارد ولی موها تمایل به از دست دادن الکترون دارند. به همین دلیل در اثر مالش به هم، پلاستیک بار منفی پیدا می‌کند و موها بار مثبت پیدا می‌کنند.

مای درس
گروه آموزشی عصر
www.my-dars.ir