مجموعه کتاب‌های علامه حلی

فیزیک هشتم

- سیدحسین حنیفی
- سیدیحیی طباطبایی
- مهدی قهرمانی

شناسنامه کتاب

سرشناسه	:	حنیفی، سیدحسین، ۱۳۶۰
عنوان و نام پدیدآور	:	فیزیک هشتم / مؤلفان: سیدحسین حنیفی، سیدیحیی طباطبایی، مهدی قهرمانی
مشخصات نشر	:	تهران: انتشارات حلی، ۱۳۹۸
مشخصات ظاهری	:	۲۷×۲۰ س م. ۱: مصور (رنگی)، جدول (رنگی)، نمودار (رنگی)؛ ص ۱۶۰
فروست	:	مجموعه کتاب علامه‌حلی
شابک	:	۹۷۸-۶۰۰-۴۹۶-۱۴۶-۲
شناسه افزوده	:	طباطبایی، سیدیحیی، ۱۳۵۹ ـ
شناسه افزوده	:	قهرمانی، مهدی، ۱۳۵۹ ـ
شماره کتابشناسی ملی	:	۵۸۷۸۰۲۴

علامه حلی

عنوان کتاب	فیزیک هشتم
ناشر	انتشارات حلی
مؤلفان	سیدحسین حنیفی‌یزدی، سیدیحیی طباطبایی، مهدی قهرمانی
ویراستار	علیرضا اوسطی
مسئول‌هماهنگی	افسانه رمضانی
صفحه‌آرا	راضیه سادات فرهانیان
طراح جلد	الهه شرفی
تصویرسازان	محمدحسین صفدریان، محمدحسن فاضلی
سال چاپ	۱۳۹۸
نوبت چاپ	اول (ویرایش سوم)
شمارگان	۳۵۰۰ جلد
قیمت	۴۵۰۰۰ تومان
شماره شابک	۹۷۸-۶۰۰-۴۹۶-۱۴۶-۲

تهران، خیابان انقلاب، میدان فردوسی، ابتدای کوچه براتی، پلاک ۱۶ واحد ۱۴

تلفن دفتر مرکزی: ۹-۶۶۷۴۴۳۸۴

جالب است برانی

کلیه حقوق این اثر برای ناشر محفوظ است.

هیچ شخص حقیقی یا حقوقی حق برداشت و انتشار تمام یا قسمتی از اثر را به صورت چاپ، فتوکپی، جزوه و مجازی ندارد. متخلفان به موجب بند ۵ از ماده ۲ قانون حمایت از ناشران تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

با شماره‌گیری کد # ۵۰۰۰۶۰۰۰ * ۵۵۶۶ * علاوه‌بر بهره‌مندی از خدمات مؤسسه علامه‌حلی، در نظرسنجی هریک از محصولات، مشارکت نمایید.

فهرست مطالب

فصل ۱
الکتریسیته

درسنامه ۵
تمرین ۳۵
پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۴۲

فصل ۲
مغناطیس

درسنامه ۵۳
تمرین ۶۷
پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۷۰

فصل ۳
نور و ویژگی‌های آن

درسنامه ۷۵
تمرین ۱۰۲
پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۱۰۹

فصل ۴
شکست نور

درسنامه ۱۱۹
تمرین ۱۳۵
پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۱۳۹

پاسخ‌ها ۱۴۷

چگونه این کودک پس از سُر خوردن از سرسره توانسته است موهای خود را سیخ سیخ نگه دارد؟!

نقش عینک آفتابی او در این اتفاق چیست؟!

فصل اول الکتریسیته

اگر این فصل را به خوبی مطالعه کنی و کارهای خواسته‌شده را به دقت انجام دهی؛

- بار الکتریکی و خواص آن و روش‌های باردار کردن اجسام را خواهی شناخت.
- با الکتروسکوپ و کاربردهای آن آشنا خواهی شد.
- با مفهوم پتانسیل، شدت جریان و مقاومت الکتریکی آشنا می‌شوی و قانون اهم را یادخواهی گرفت.
- با مدار و اجزای آن و نحوه به‌هم بستن اجزای مدار و ویژگی هر کدام آشنا خواهی شد.

اهداف رفتاری

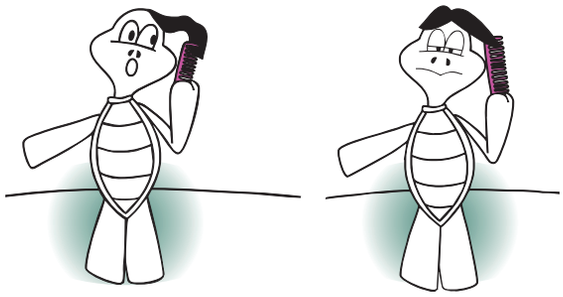
بار الکتریکی

بد نیست که درس را با یک بازی شروع کنیم!

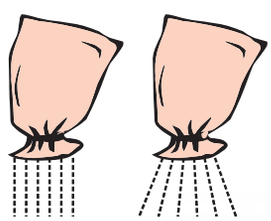
نوبت بازی

یک کیسه فریزر نازک بردار و با قیچی یک نوار از انتهای آن را ببر، طوری که یک حلقه پلاستیکی داشته باشی!
یک بادکنک را هم بردار و آن را پر از باد کن.
حالا هم بادکنک و هم کیسه را به موی سرت حسابی مالش بده!
بعد از آن کیسه را بالای بادکنک قرار بده و سعی کن آن را در هوا معلق نگه داری!
می‌توانی با دوستانت مسابقه بدهی که چه کسی می‌تواند مسافت بیشتری را با کیسه معلق حرکت کند.
فکر می‌کنی انسان از چه سالی فهمید که علاوه بر نیروی جاذبه الکتریکی، دافعه الکتریکی هم وجود دارد؟!

ببینش

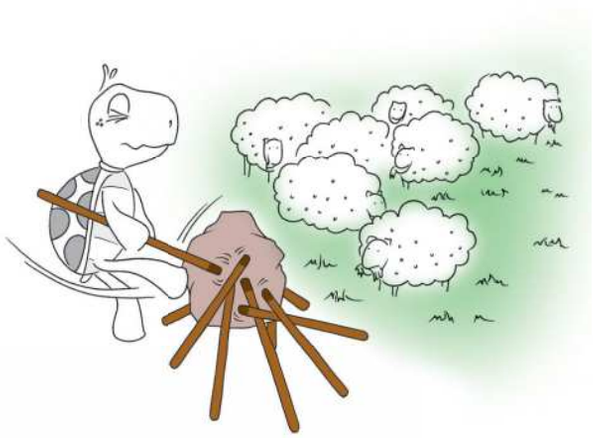


وقتی جوراب پایمان باشد و روی فرش راه برویم، هنگام دست‌زدن به دستگیره فلزی در یا هنگام دست دادن با مهمان‌ها، جرقه می‌زنیم و در اثر جرقه به ما شوک وارد می‌شود!
وقتی در زمستان لباس کاموایی یا پشمی را از تنمان درمی‌آوریم، جرقه می‌زند. اگر در یک مکان تاریک، این لباس را از تنمان درآوریم، می‌توانیم این جرقه‌ها را ببینیم.
اگر موهایتان را زیاد شانه بکشید، نزدیک کردن شانه به موها، باعث می‌شود که موهای شما (از راه دور) جذب شانه شوند و سیخ سیخ بایستند.
اگر تلویزیون یا مانیتورکامپیوتر مدتی روشن باشند، مانند شانه، موهای شما جذب صفحه تلویزیون یا مانیتور خواهد شد (البته تلویزیون و مانیتورهایی که *LCD* یا *LED* نیستند).



یک بادکنک را با لباس یا موهای سر خود مالش بدهید. این بادکنک مالش داده شده بدون نیاز به چسب، به دیوار می‌چسبد. امتحان کنید!
هنگامی که شکر یا نمک را از ظرفی خالی می‌کنیم، در ابتدا دانه‌های شکر یا نمک مستقیم پایین می‌آیند، ولی پس از مدتی، مسیرآن‌ها انحراف پیدا می‌کند و یکدیگر را دفع می‌کنند. این وسط چه کسی دارد ما را اذیت می‌کند؟!

داستان الکتریسیته

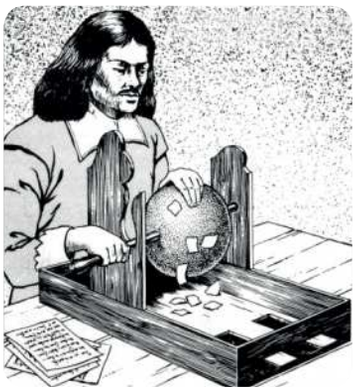


داستان الکتریسیته نزدیک به ۲۵۰۰ سال پیش در نزدیکی ساحل غربی سرزمینی که امروز ترکیه نامیده می‌شود، در شهری به نام «ماگنزیا» آغاز شد. چوب‌دستی پسر چوپانی به سنگی خورد و به آن چسبید. نوک چوب‌دستی آهنی بود. جز نوک آهنی چوب‌دستی، هیچ چیز دیگر به آن سنگ نمی‌چسبید. این سنگ عجیب را پیش دانشمند شهر، «تالس» بردند. تالس به بررسی این سنگ پرداخت و پی برد که این سنگ فقط چیزهای آهنی را جذب می‌کند. تالس این سنگ را، به نام شهر ماگنزیا، سنگ **ماگنتیک** نامید (امروز این‌گونه سنگ‌ها و مواد را آهن‌ربا می‌نامیم!
بد نیست بدانید که جذب آهن توسط آهن‌ربا، اصلاً هیچ ربطی به الکتریسیته ندارد!). برای تالس عجیب بود که چگونه یک سنگ بی‌جان و بی‌شعور(!) می‌تواند چیزی را به سمت خود بکشد و جذب کند! و پیش خود فکر کرد که آیا مواد بی‌جان و بی‌شعور دیگری هم، چنین خاصیت عجیبی دارند؟! تالس برای یافتن پاسخ سوال خود آزمایش‌هایی را انجام داد.

تالس ملطی
۶۲۴ تا ۵۴۴ قبل از میلاد

یکی از موادی که تالس آن را آزمایش کرد، جسم شیشه مانندِ طلایی رنگی به نام **کهربا** بود. کهربا در زبان یونانی **الکترون** نامیده می‌شده است. کهربا آهن را جذب نمی‌کرد، ولی هنگامی که آن را مالش می‌دادند، چیزهای سبک، مانند تکه‌های کُرک، نخ، پر و تراشه‌های کوچک چوب را می‌ربود. تالس متوجه شد که این پدیده، با ویژگی سنگ ماگنتیک متفاوت است. این مشاهده شروع داستان الکتریسیته بود.

ماشین اصطکاک



گذشت و گذشت تا نزدیک به ۲۰۰۰ سال بعد از مشاهده تالس، یک فیزیک‌دان آلمانی به نام «اتوفون گریکه» به کهربا علاقه‌مند شد! وی می‌خواست بداند که اگر کهربا را شدیدتر مالش بدهد، چه می‌شود؟ آیا نیروی ربایش آن قوی‌تر می‌شود؟

او تکه‌ای کهربا را به وسیله یک پارچه، با تمام شدتی که می‌توانست مالش داد. سپس وقتی که به کهربا دست زد، صدای آهسته‌ای شنید. شاید این اولین جرقه الکتریکی باشد که توسط آدمی ایجاد شده است! صدای جرقه بسیار آهسته و نور آن کم بود. او می‌خواست جرقه بزرگ‌تری داشته باشد.

در آن زمان به موادی که بعد از مالش داده شدن چیزهای سبک را می‌ربودند، **الکتریک** می‌گفتند. چون کهربا گران‌قیمت بود، گریکه از ماده الکتریکی دیگری به نام گوگرد استفاده کرد.

او تکه‌های گوگرد را در یک گوی شیشه‌ای حرارت داد. آن وقت انتهای یک میله چوبی را در گوگرد گداخته قرار داد و صبر کرد تا گوگرد سرد شود. پس از سرد شدن، تنگ شیشه‌ای را شکست و بزرگ‌ترین آب‌نبات چوبی گوگردی را ساخت! او این آب‌نبات بسیار بزرگ گوگردی را روی پایه‌ای چوبی قرار داد. به کمک دسته چوبی می‌توانست گوی را بچرخاند. وقتی گوی را با یک دست می‌چرخاند، دست دیگرش را روی گوی می‌گذاشت و مالش و اصطکاکِ دستش با گوی باعث می‌شد که خاصیت الکتریکی زیادی در گوی به وجود بیاید. این وسیله می‌توانست جرقه‌هایی تولید کند که در روز به راحتی قابل دیدن بود. امروزه در آزمایشگاه‌های فیزیک، از همین ایده برای تولید خاصیت الکتریکی استفاده می‌شود. به این وسیله **ماشین اصطکاک** و یا **واندوگراف** می‌گویند.

اتوفون و آب‌نبات گوگردی

ببینش

جالب است بدانی

اتوفون گریکه
۱۶۰۲ تا ۱۶۸۶ میلادی

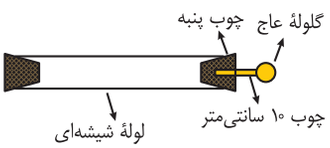
اتوفون گریکه، فیزیکدان آلمانی بود که در سال ۱۶۰۲ میلادی در شهر ماگدبورگ کشور آلمان متولد شد. شهرتش به سبب پژوهش‌هایش درباره خلأ، خواص مکانیکی هوا و گازهای دیگر است. وی در سال ۱۶۵۰ میلادی نخستین تلمبه تخلیه را ساخت. مشهورترین آزمایش او، آزمایشی است که به نام زادگاهش ماگدبورگ، به نیم‌کره‌های ماگدبورگ شهرت یافت. گریکه اولین ماشین ساده تولید الکتریسیته را ابداع نمود. او در سال ۱۶۸۶ درگذشت.

رسانا و نارسانا

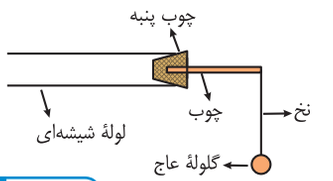
استیون گری
۱۶۶۶ تا ۱۷۳۶ میلادی

پس از آزمایش‌های گریکه، مردم به الکتریسیته علاقه‌مند شدند. دانشمند دیگری به نام «استیون‌گِری» تصمیم گرفت آزمایش‌هایی انجام دهد. او از شیشه به عنوان الکتریک استفاده کرد (الکتریک نام موادی بود که در اثر مالش، خرده‌های کوچک را جذب می‌کردند).

او یک سر یک لوله شیشه‌ای را که توخالی بود و طول آن نزدیک یک متر بود، با پارچه مالش داد. در نتیجه، پرهایی که نزدیک لوله شیشه‌ای بودند به آن چسبیدند. پس در اثر مالش، در شیشه خاصیت الکتریکی به وجود آمده بود. چون هر دو سر لوله شیشه‌ای باز بود، گری فکر کرد که ممکن است داخل لوله گرد و خاک برود و کثیف شود! به همین خاطر، دو سر لوله را با چوب‌پنبه بست و آن وقت بود که اتفاق عجیبی رُخ داد. پرها جذب چوب‌پنبه‌ها هم شدند، در حالی که او چوب‌پنبه‌ها را مالش نداده بود و فقط شیشه را مالش داده بود. او نتیجه گرفت که خاصیت الکتریکی از شیشه به چوب‌پنبه‌ها منتقل شده است.



اینجا بود که مردم (به کمک استیون‌گری!) پی بردند که خاصیت الکتریکی منتقل می‌شود. استیون برای آزمایش درستی نظر خود، آزمایش دیگری انجام داد. او چوبی به طول ۱۰ سانتی‌متر برداشت و نوک آن را در چوب‌پنبه‌ای که با آن یک سر لوله شیشه‌ای را بسته بود، فرو برد. در نوک دیگر این چوب ۱۰ سانتی‌متری، گلوله‌ای از جنس عاج قرار داد. سپس لوله شیشه‌ای را مالش داد؛ فقط لوله شیشه‌ای را. این بار، پرها جذب گلوله عاج هم می‌شدند!



پس الکتریسیته حرکت می‌کند. الکتریسیته می‌تواند از میان اجسام بگذرد و جاری شود. از آن به بعد، به این خاصیت که می‌توانست جاری شود، **سیّال الکتریکی** می‌گفتند.

استیون می‌خواست بفهمد الکتریسیته چه فاصله‌ای را می‌تواند بپیماید. یعنی بُرد حرکت الکتریسیته چقدر است. برای پی بردن به این موضوع، گلوله عاج را به نخی وصل کرد و نخ را به چوب ۱۰ سانتی متری. با مالش دادن لوله شیشه‌ای، گلوله عاج همچنان پرها را جذب می‌کرد. او طول نخ را زیاد کرد؛ آن‌قدر که طول نخ به ۹ متر رسید و گلوله عاج باز هم پرها را جذب می‌کرد. وی برای این‌که این آزمایش را انجام دهد، روی بام خانه‌اش رفت.

استیون در حال آزمایش با یک نخ بسیار طولانی

می‌خواست طول نخ را بیشترکند. لذا تصمیم گرفت در آزمایشگاه و کارگاه خود، نخ درازی را از یک گوشه سقف به گوشه دیگر ببرد و نخ‌ها را به وسیله میخ به سقف بند کند. در این حالت هر چقدر لوله شیشه‌ای را مالش داد، پرها جذب گلوله عاج نشدند. حتی در این حالت لوله شیشه‌ای هم پرها را جذب نمی‌کرد. انگار که اصلاً الکتریسیته‌ای وجود ندارد. او کاری انجام داده بود که آزمایش را خراب کرده بود. میخ! بله میخ! استیون به جای میخ از نخ‌های ابریشمی استفاده کرد. آزمایش را تکرارکرد و موفق شد. خاصیت الکتریکی که در اثر مالش در لوله شیشه‌ای ایجاد می‌شد، از یک نخ تابیده ۳۰ متری می‌گذشت و به گلوله عاج می‌رسید و گلوله عاج پرها را جذب می‌کرد.

وقتی نخ‌ها را با میخ به سقف بند کرده بود، خاصیت الکتریکی از راه میخ فرار کرده بود! استیون با انجام آزمایش‌های بیشتر متوجه شد که الکتریسیته از فلزها به آسانی می‌گذرد. فلز یا هر ماده‌ای که خاصیت الکتریکی به راحتی از آن عبور می‌کند، **رسانا** نامیده می‌شود. در مقابل، هر چیزی، مانند ابریشم، که خاصیت الکتریکی را به آسانی از خود عبور نمی‌دهد، **نارسانا** نامیده می‌شود.

فسفر بسوزان

گری متوجه شد که چرا بعضی از مواد، مانند کهربا، شیشه و گوگرد، بر اثر مالش دارای الکتریسیته می‌شوند، ولی هنگامی که یک قطعه فلز را که رسانا است مالش می‌دهیم، این اتفاق نمی‌افتد. فکر می‌کنی علت چه باشد؟ به نظرت می‌شود کاری کرد که از طریق مالش رساناها را باردار کرد؟

استیون یک قطعه فلز را روی قطعه بزرگی از صمغ گذاشت (صمغ مایعی است که از ساقه بعضی درختان به بیرون تراوش می‌کند و مانند کهربا نارسانا است) و سپس فلز را با یک دستمال ابریشمی مالش داد. در این آزمایش فقط صمغ، ابریشم و هوا با فلز در تماس بودند. هر سه این مواد نارسانا هستند. بر اثر مالش، در فلز خاصیت الکتریکی به وجود آمد و چون فقط با این سه ماده نارسانا در تماس بود، الکتریسیته نتوانست از آن‌ها عبور کند و به جای دیگری برود. در نتیجه، فلز مالش داده شده، پرها را به خود جذب کرد. استیون با آزمایش‌های خود نشان داد که هر چیزی در اثر مالش دارای خاصیت الکتریکی می‌شود.

استیون آزمایش مشابه دیگری نیز دارد که نشان می‌دهد بدن انسان هم می‌تواند از طریق مالش دارای خاصیت الکتریکی شود و مواد سبک را جذب کند، به شرطی که راهی برای فرار آن نداشته باشد.

در این آزمایش که به آزمایش **پسرک پرنده** مشهور است، او پسرکی را به کمک طناب‌های نارسانا از سقف آویزان کرد. سپس از طریق تماس پاهایش با ماشین اصطکاک، در بدن او خاصیت الکتریکی ایجاد کرد. حالا بدن پسرک خرده‌های کاه و پر را به خود جذب می‌کرد. زمانی که دست پسرک به دست فرد دیگری که روی زمین ایستاده بود می‌خورد، به سرعت این خاصیت از بین می‌رفت. استیون فهمید بدن انسان هم رساناست و خاصیت الکتریکی ایجاد شده را به زمین منتقل می‌کند.

فسفر بسوزان

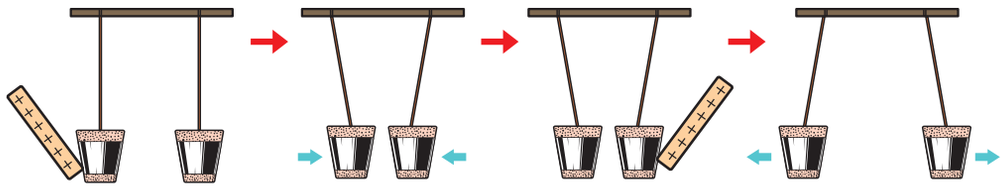
در آزمایش‌های آقای گری، شیشه، چوب‌پنبه، نخ و عاج فیل، همه سیال الکتریکی را از خود عبور می‌دادند. به نظرت این مواد را باید جزء مواد رسانا دانست یا نارسانا؟ آیا می‌توانی تعریف خوبی برای رسانا بودن مواد ارائه کنی؟

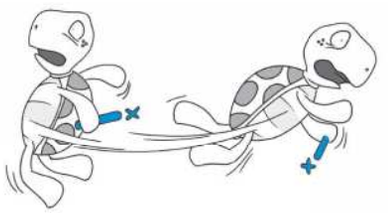
مثبت و منفی

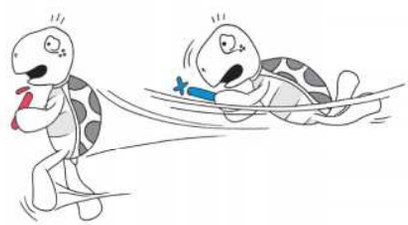
در فرانسه، دانشمند دیگری به نام «شارل فرانسوا دوفه» آزمایش‌های دیگری انجام داد. او دو چوب‌پنبه را با ورقه نازکی از طلا پوشاند و آن‌ها را با نخ ابریشمی از سقف آویزان کرد. چوب‌پنبه‌ها به فاصله چند سانتی‌متر از یکدیگر آویزان بودند. نظر او این بود که اگر در یکی از دو چوب‌پنبه خاصیت الکتریکی ایجادکند، این چوب‌پنبه، چوب‌پنبه دیگر را به طرف خود جذب خواهد کرد. او یک میله شیشه‌ای را با پارچه ابریشمی مالش داد تا خاصیت الکتریکی پیدا کند. سپس میله را به یکی از دو چوب‌پنبه زد. در نتیجه، مقداری از سیّال الکتریکی به ورقه طلایِ روی چوب‌پنبه منتقل

شارل فرانسوا دوفه
۱۶۹۸ تا ۱۷۳۹ میلادی

شد. آن‌چه اتفاق افتاد، همان بود که دوفه پیش‌بینی کرده بود. دو چوب‌پنبه آویزان، به طرف هم کشیده و جذب شدند. یعنی چوب‌پنبه‌ای که خاصیت الکتریکی داشت، چوب‌پنبه دیگر را که خاصیت الکتریکی نداشت جذب می‌کرد. این نیرو، نیروی **ربایش الکتریکی** یا **جاذبه الکتریکی** بود. همان نیرویی که باعث می‌شود تا مواد مالش داده شده، پر، کُرک، نخ و خرده‌های کوچک چوب را جذب کنند. دوفه با خود اندیشید که اگر هر دو چوب‌پنبه الکتریسیته‌دار شوند، هر دو چوب‌پنبه همدیگر را جذب خواهند کرد و نیروی جاذبه بین آن‌ها دو برابر خواهد شد. او این موضوع را آزمایش کرد. هر دو چوب‌پنبه از سقف به طور قائم آویزان بودند. میله شیشه‌ای را مالش داد. ابتدا به یکی از چوب‌پنبه‌ها خاصیت الکتریکی داد و سپس به دیگری. اما پدیده عجیبی اتفاق افتاد. دو چوب‌پنبه نه تنها همدیگر را جذب نکردند، بلکه از هم دور شدند و یکدیگر را دفع کردند. او بارها آزمایش کرد، ولی نتیجه همان بود. دوفه اولین کسی بود که نیروی **دافعه الکتریکی** را مشاهده و آن را بررسی کرد.







نکته دیگری هم بود که دوفه آن را در آزمایش‌های خود مشاهده کرد. او آزمایش‌های خود را با مواد مختلف امتحان می‌کرد. یک بار میله شیشه‌ای را با پارچه ابریشمی مالش داد و با آن یکی از چوب‌پنبه‌ها را الکتریسیته‌دار کرد. سپس یک میله صمغی را با پارچه پشمی مالش داد و چوب‌پنبه دیگر را با آن الکتریسیته‌دار کرد. وی مشاهده کرد که این بار دو چوب‌پنبه یکدیگر را جذب کردند!

دوفه به این نتیجه رسید که دو نوع سیال الکتریکی وجود دارد. یکی از آن‌ها سیالی است که وقتی شیشه را با ابریشم مالش می‌دهیم، در شیشه به وجود می‌آید. دیگری سیالی است که وقتی صمغ را با پارچه پشمی مالش می‌دهیم، در صمغ به وجود می‌آید. اولی را **سیال شیشه‌ای** و دومی را **سیال صمغی** نامیدند.

اگر هر دو چوب‌پنبه یک نوع سیال داشته باشند، یکدیگر را می‌رانند و دفع می‌کنند. ولی اگر یکی از دو چوب‌پنبه دارای یک سیال و دیگری دارای سیال نوع دیگر باشد، یکدیگر را می‌ربایند و جذب می‌کنند. او آزمایش‌های بسیاری انجام داد و نشان داد که سیال الکتریکی فقط دو نوع است؛ سیال شیشه‌ای و سیال صمغی؛ نوع سومی وجود ندارد. امروزه می‌دانیم که این دو نوع سیال شیشه‌ای و سیال صمغی، بارهای الکتریکی مثبت و منفی هستند.

ساختار اتم و منشاء بار الکتریکی

بنجامین فرانکلین
۱۷۰۶ تا ۱۷۹۰ میلادی

پس از دوفه، «بنجامین فرانکلین» با انجام آزمایش‌هایی به این نتیجه رسید که منشاء سیال الکتریکی خودِ ماده است. خاصیت الکتریکی در داخل خود ماده وجود دارد. برای مدت‌ها، سؤال بزرگِ فیزیک‌پیشه‌ها این بود که جرم و بار الکتریکی چگونه در داخل ماده آرایش یافته‌اند و پخش شده‌اند؟ تا رسیدن به مدل‌های امروزی، مدل‌های بسیاری برای چگونگی آرایش یافتن جرم و بار در ماده ارائه شده است، مانند مدل کیک کشمشی تامسون و مدل سیارات منظومه شمسی رادرفورد و مدل اتمی بور و در نهایت مدل اربیتالی ارائه شد که در کتاب شیمی همین مجموعه با آن آشنا شده‌اید.

به این ترتیب، امروزه مردم (!) فهمیده‌اند که اتم از هسته‌ای تشکیل شده است که پروتون‌ها در آن بار مثبت دارند و در اطراف هسته الکترون‌هایی با بار منفی در حال حرکت‌اند.

اندازه بار الکتریکی یک الکترون، با اندازه بار الکتریکی یک پروتون برابر است. همین‌طور در یک اتم در حالت طبیعی، تعداد الکترون‌ها در اطراف هسته، با تعداد پروتون‌ها در داخل هسته یکسان است. یعنی مقدار بار مثبت و منفی در یک اتم، در حالت طبیعی برابر است. به همین خاطر، یک اتم در حالت طبیعی خنثی است. در هسته اتم، غیر از پروتون‌ها، ذرات دیگری به نام نوترون وجود دارند که از نظر الکتریکی خنثی هستند و بدون بارند.

پس منشاء خاصیت الکتریکی در ماده، خود ماده و ذرات تشکیل‌دهنده آن است. به طور دقیق‌تر، منشاء خاصیت الکتریکی، الکترون‌ها و پروتون‌های ماده‌اند که دارای بار الکتریکی هستند.

جرم الکترون‌ها بسیار بسیار کم و ناچیز است. بیشتر جرم اتم، جرم هسته، یعنی جرم پروتون‌ها و نوترون‌های اتم است. جرم پروتون و نوترون تقریباً با هم برابر است (نوترون کمی سنگین‌تر از پروتون است). جرم پروتون نزدیک به ۱۸۴۰ برابر جرم الکترون است.

اتم در حالت طبیعی از نظر الکتریکی خنثی است. اگر یکی از الکترون‌های اتم جدا شود (کنده شود)، تعداد پروتون‌ها در اتم بیشتر از تعداد الکترون‌ها می‌شود. یعنی با کنده شدن یا جدا شدن یک الکترون از اتم خنثی، تعداد و مقدار بارهای مثبت (پروتون‌ها) بیشتر از تعداد و مقدار بارهای منفی خواهد شد. در نتیجه با جدا شدن یکی از الکترون‌ها، اتم دیگر خنثی نیست و به اندازه بار یک پروتون، بار مثبت دارد. در این حالت، به این اتم، **یون مثبت** یا دقیق‌تر **یونِ یک بارِ مثبت** می‌گوییم.

همچنین اگر به الکترون‌های اتم، الکترون دیگری اضافه شود، باز هم اتم دیگر خنثی نیست و به اندازه بار یک الکترون، بار منفی اضافه‌تر دارد. در این حالت، به این اتم که یک الکترون از حالت طبیعی بیشتر دارد، **یون منفی**، یا دقیق‌تر **یونِ یک بارِ منفی** می‌گوییم.

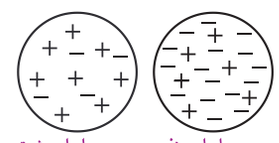
پروتون‌های اتم، با نیروی بسیار بسیار قوی در هسته، کنار هم (و در کنار نوترون‌ها) قرار گرفته‌اند. به این راحتی نمی‌توان یک پروتون را از هسته جدا کرد! برای جدا کردن یک پروتون از هسته، واکنش‌های هسته‌ای لازم است که این واکنش‌ها، انرژی‌های بسیار بسیار زیادی لازم دارند و در این مبحث به کار ما نمی‌آید (البته انرژی هسته‌ای حق مسلم ماست!). بنابراین فقط الکترون‌ها، یعنی بار منفی را می‌توان از اتم جدا کرد. انتقال بار و تغییر بار الکتریکی اتم‌ها، فقط از راه جابه‌جا شدن الکترون می‌تواند اتفاق بیافتد.

منشأ بسیاری از نیروهایی که در طبیعت مشاهده می‌کنیم، جاذبه و دافعه‌های الکتریکی هستند. مثلاً همین که اجسام به‌صورت یکپارچه و بهم چسبیده قرار گرفته‌اند، به علت جاذبه بارهای مثبت هسته و ابرهای الکترونی اتم‌ها و مولکول‌های مجاور آن‌هاست. وقتی جسم را از یک طرف می‌کشیم یا مثلاً وقتی با طناب جسمی را می‌کشیم فاصله بین مولکول‌ها بیشتر می‌شود و این باعث افزایش نیروهای جاذبه الکتریکی شده و لذا بقیه اتم‌ها و مولکول‌ها هم کشیده می‌شوند یا وقتی با دست به دیوار فشار می‌آوریم و یا اینکه روی زمین ایستاده‌ایم، به علت نزدیک شدن اتم‌ها و مولکول‌ها نیروهای دافعه الکتریکی قوی‌تر شده و باعث می‌شود که نیرویی به‌دست یا پای ما وارد شود. نیروهای اصطکاک، تکیه‌گاه، مقاومت هوا و هرگونه نیروهای برخوردها و تماس‌ها از جنس نیروهای الکتریکی هستند.

واحد اندازه‌گیری بار الکتریکی

برای اندازه‌گیری تمام کمیت‌هایی که در فیزیک تعریف می‌شود، یکایی (واحدی) در نظر گرفته می‌شود. واحد اندازه‌گیری بار الکتریکی در سیستم بین‌المللی واحدها (SI) کولن (C) است. کولن واحد بسیار بزرگی برای بار الکتریکی است؛ به طوری که بار حدود ۶/۲۵ × ۱۰۱۸ عدد الکترون یا پروتون، معادل ۱ کولن است. برای همین، معمولا بار الکتریکی اجسام، با واحدهای کوچک‌تری مثل میکروکولن (mC) بیان می‌شود. اندازه بار هر الکترون یا پروتون «بار پایه» نامیده می‌شود که برابر e= ۱/۶ × ۱۰-۱۹ C است. از نظر علامت، بار الکترون e- و بار پروتون e+ در نظر گرفته می‌شود.

باردار کردن اجسام

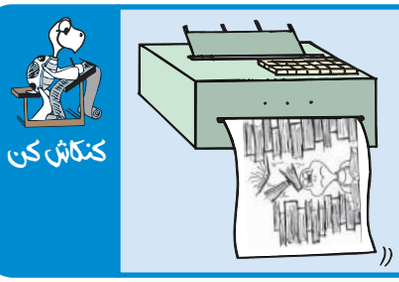


دیدیم که یک جسم در حالت طبیعی خنثی است. زیرا از اتم‌های خنثی تشکیل شده است. در هر جسمی بار الکتریکی وجود دارد؛ آن هم به مقدار بسیار بسیار زیاد! زیرا هر جسمی از میلیاردها میلیارد اتم و هر اتمی از الکترون‌ها (بار منفی) و پروتون‌ها (بار مثبت) تشکیل شده است. در حالت طبیعی و عادی، تعداد الکترون‌ها و پروتون‌ها در ماده برابر است. آن‌ها اثر یکدیگر را خنثی (مخفی) می‌کنند (اثر یکدیگر را می‌پوشانند!).

برای این‌که جسمی باردار شود، کافی است تعادل بارهای مثبت و منفی را از بین ببریم. بنابراین، برای این‌که جسمی باردار شود، باید به آن تعدادی الکترون اضافی بدهیم، یا این‌که تعدادی از الکترون‌های جسم را از آن جدا کنیم. برای جسمی که خاصیت الکتریکی پیدا کرده و الکتریسیته‌دار شده، حتما یکی از این دو اتفاق افتاده است: یا تعدادی الکترونِ اضافی به دست آورده، یا تعدادی از الکترون‌های آن جدا شده است. اگر جسم، تعدادی الکترون اضافی به دست آورد، در مجموع بار الکتریکی آن منفی خواهد شد. اگر جسم، تعدادی از الکترون‌های خود را از دست بدهد، در مجموع بار الکتریکی آن مثبت خواهد شد. در بعضی از وسایل و پدیده‌ها، ما به جسم باردار احتیاج داریم.

بنابراین برای بعضی از استفاده‌ها و کاربردها، لازم است که جسمی دارای بار الکتریکی باشد. برای مثال، در دستگاه‌های نسخه‌برداری (*Copy*)، چاپگرها (*Printer*)، صفحه‌های نمایشگر (*Monitor*)، (*LCD*)ها و ...، و یا در دودکش کارخانه‌های صنعتی و برای جدا کردن گرد و غبار و آلودگی‌ها از خروجی دودکش و همچنین در باتری‌ها و ...

شاید جالب باشد بدانید که در کارخانه‌های تولید خودرو، برای آن‌که رنگ بر روی بدنه ماشین‌ها به خوبی بنشیند و نیز در مصرف آن صرفه‌جویی شود، دانه‌های رنگ را باردار می‌کنند و به سمت بدنه خودرو می‌پاشند. ذرات رنگ در اثر نیروی جاذبه الکتریکی به بدنه ماشین می‌چسبند.



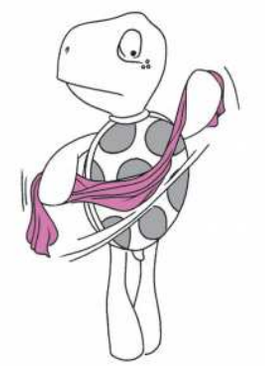
کنکاش کن

اساس کارکرد پرینترهای لیزری بر مبنای الکتریسیته ساکن است. در یک پرینتر لیزری، الکتریسیته ساکن مانند یک چسب موقت دانه‌های جوهر را روی کاغذ می‌چسباند تا بر اثر حرارت به کاغذ بچسبند و در واقع بر روی آن چاپ شوند. درباره نحوه کار کردن پرینترهای لیزری تحقیق کن و نتایج آن را برای دوستانت ارائه بده!

روش‌های باردار کردن

به روش‌های بسیار متفاوت و مختلفی ممکن است اجسام بار الکتریکی پیدا کنند و باردار شوند. بعضی از روش‌های باردار کردن و باردار شدن، روش‌های زیر است:

روش اول: مالش (اصطکاک)



همان‌طور که در شروع داستان الکتریسیته دیدیم، یکی از ساده‌ترین روش‌های باردار کردن، مالش و اصطکاک است (مالش دادن گوگرد توسط گریکه در ماشین اصطکاک، مالش دادن میله شیشه‌ای توسط گری، مالش دادن شیشه و صمغ توسط دوفه).

در زمستان، وقتی با جوراب‌های پشمی روی فرش راه می‌رویم، در اثر مالش و اصطکاک، بدنِ ما بار الکتریکی به دست می‌آورد. وقتی می‌خواهیم دستگیره در را بگیریم، بار الکتریکی تخلیه می‌شود و صدای جرقه و شوک الکتریکی آن را احساس می‌کنیم. تخلیه بار الکتریکی معمولا همراه با صدا و جرقه (نور) است. یا وقتی در زمستان لباس پشمی را از تن درمی‌آوریم، باز هم صدای جرقه‌ها را می‌شنویم. اگر در تاریکی باشد، نور جرقه‌ها را هم می‌توانیم ببینیم.

اتومبیل در حال حرکت، به‌خاطر اصطکاک با هوا، بار الکتریکی پیدا می‌کند. بعضی وقت‌ها تخلیه شدن این بار الکتریکی ممکن است خطرناک باشد. زیرا تخلیه بار الکتریکی معمولا همراه با جرقه است و این جرقه می‌تواند باعث آتش‌سوزی شود. به همین خاطر، در تانکرهای حمل سوخت و برای جلوگیری از تخلیه بار و ایجاد جرقه الکتریکی، زنجیری را از تانکر آویزان می‌کنند. این زنجیر، فلزی و رسانا است و با زمین در تماس است. در نتیجه بار الکتریکی ایجاد شده در اثر مالش و اصطکاک هوا، از طریق این زنجیر به زمین منتقل می‌شود.

بینش

چرا مالش باعث باردار شدن اجسام می‌شود؟

تمایل و علاقه مواد برای داشتن الکترون اضافی متفاوت است. بعضی از مواد خیلی الکترون‌خواه و الکترون‌دوست هستند. یعنی اتم این مواد الکترون را دوست دارد! این یعنی این‌که اولا، هسته اتمِ این مواد، با نیروهای زیادی الکترون‌های خود را جذب می‌کند و به سختی می‌توان الکترون‌های این اتم‌ها را جدا کرد. ثانیا، علاوه بر الکترون‌های خودش، به الکترون‌های مردم (!) هم علاقه دارد و دلش الکترون بیشتری می‌خواهد! به این مواد **الکترون‌دوست** می‌گوییم.

از طرف دیگر، دسته‌ای دیگر از مواد وجود دارند که الکترون‌خواهی و الکترون‌دوستی در آن‌ها کمتر است. یعنی نه تنها به الکترون‌های اتم‌های دیگر علاقه چندانی ندارند، بلکه بعضی وقت‌ها از الکترون‌های خودشان هم به خوبی مراقبت نمی‌کنند!

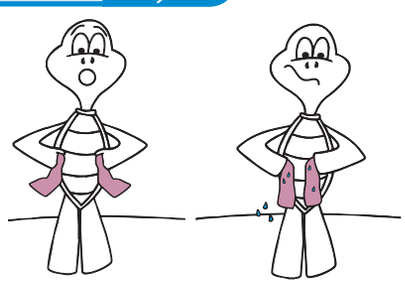
حالا وقتی دو ماده و یا دو جسم در تماس با هم قرار بگیرند (مالش)، ماده‌ای که الکترون‌دوست‌تر است، الکترون‌های ماده دیگر را به سمت خود می‌کشد و ممکن است آن‌ها را جدا کند. در این صورت، جسمی که الکترون‌دوست‌تر است، الکترون‌های اضافی به دست می‌آورد و دارای بار منفی می‌شود. جسم دیگر، که الکترون‌خواهی آن کمتر است، دارای بار الکتریکی مثبت می‌شود. مالش و اصطکاک دو جسم با هم، باعث می‌شودکه الکترون‌های بیشتری جابه‌جا شود. چرا؟ در اثر مالش، سطح تماسِ موثر دو جسم و میزان درگیری اتم‌ها با اتم‌های دیگر (!) افزایش می‌یابد. نیروی اصطکاک هم به کنده شدن الکترون‌ها کمک می‌کند. پس در اثر مالش و اصطکاک، تعدادی از الکترون‌ها از جسمی که الکترون‌دوستی کمتری دارد، جدا شده و به جسمی که الکترون‌دوستی بیشتری دارد منتقل می‌شوند.

با توجه به آن‌چه درباره روش مالش در باردار کردن اجسام آموختی، ویژگی‌های دو جسمی که به هم مالش داده شده‌اند را بنویس.
مقایسه اندازه بار دو جسم:
علامت بار دو جسم:
نوع نیروی بین دو جسم باردار:

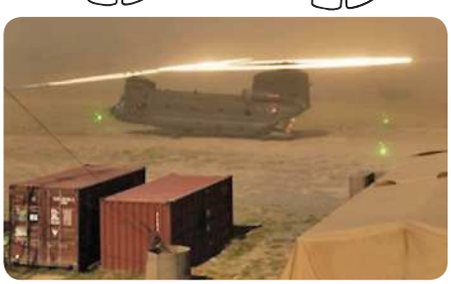
وقتی میله شیشه‌ای را با پارچه ابریشمی مالش می‌دهیم، میله شیشه‌ای بار مثبت و پارچه ابریشمی به همان اندازه بار منفی خواهد داشت. وقتی میله پلاستیکی (صمغی) را با پارچه پشمی مالش دهیم، میله پلاستیکی بار منفی و پارچه پشمی به همان اندازه بار مثبت خواهد داشت.
وقتی موهای خود را شانه می‌کنیم، در اثر مالش، شانه و موهای ما بار الکتریکیِ هم‌اندازه با علامت مخالف پیدا می‌کنند. در نتیجه یکدیگر را جذب می‌کنند. به همین خاطر موهای ما جذبِ شانه شده و سیخ سیخ می‌شود!

می‌دانی وقتی میله پلاستیکی با پارچه پشمی مالش داده می‌شود، بارِ میله پلاستیکی منفی و بارِ پارچه مثبت می‌شود. سعی کن موارد زیر را با مالش به هم باردار کنی و با توجه به نیروی جاذبه یا دافعه میان میله پلاستیکی باردار، علامت بار هرکدام را تشخیص بدهی. سپس موارد را بر اساس میزان الکترون‌خواهی آن‌ها در یک جدول مرتب کن:
کاغذ ـ شیشه ـ مو ـ کیسه فریزر ـ پنبه ـ فویل آلومینیوم ـ یونولیت

مشاهده ساده زیر را انجام بده:
یک کیسه نازک پلاستیکی (کیسه فریزر) را دو قسمت کن؛ مثلا دو تکه به اندازه‌های $۱۵cm \times ۵cm$ یا دو تکه به اندازه یک کف دست. سپس هر تکه کیسه را روی یک کف دست قرار بده و آن را به لباس خود مالش بده. هر دو کیسه در اثر مالش و اصطکاک باردار می‌شوند. حالا دو کیسه را به هم نزدیک کن. آیا همدیگر را جذب می‌کنند یا دفع؟ چرا؟



در مواد نارسانا، بار الکتریکی به سختی منتقل و جابه‌جا می‌شود. کیسه فریزر (پلاستیک) نارسانا است. هوای اطراف آن هم نارسانا است؛ بنابراین بار الکتریکی مدت زمان زیادی در کیسه فریزرِ پلاستیکی باقی می‌ماند. شما می‌توانیدکیسه فریزر آزمایش قبل را به دیوار بچسبانید (همان‌طور که در آزمایش‌های تالس هم دیدیم، جسمی که خاصیت الکتریکی پیدا کرده، اجسام دیگر را جذب می‌کند. در آزمایش‌های دوفه، با چوب‌پنبه‌های آویزان هم این پدیده را دیدیم). دیوار هم نارسانا است. بار الکتریکی نمی‌تواند جابه‌جا شود و فرار کند و مدت زمان زیادی، کیسه فریزر، چسبیده به دیوار باقی می‌ماند.



وقتی پره‌های فلزی هلی‌کوپتر می‌چرخد، دراثر مالش، بارِ زیادی روی آن جمع می‌شود که پس از مدتی به هوا تخلیه می‌شود. جرقه‌های این تخلیه الکتریکی، در تاریکی شب کاملا قابل مشاهده است.

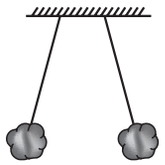
حالا اگر بعد از مالش تکه کیسه‌ها، کیسه پلاستیک را با یک دستمال مرطوب پاک کنید، یا کیسه فریزر را کمی خیس کنید، دیگر یکدیگر را دفع نخواهند کرد و به دیوار هم نمی‌چسبند؛ زیرا آب رسانای الکتریکی است و بار الکتریکی از طریق آن منتقل می‌شود و فرار می‌کند.
مواد رسانا، بار الکتریکی را به خوبی و به راحتی (و به سرعت) منتقل می‌کنند. به همین خاطر ایجاد بار الکتریکی در مواد رسانا به روش مالش دشوار است. البته این‌طور نیست که نتوان مواد رسانا را در اثر مالش باردار کرد. نه! مواد رسانا هم در اثر مالش باردار می‌شوند، ولی به سرعت بار الکتریکی را انتقال می‌دهند. در واقع، نگه داشتن بار الکتریکی در مواد رسانا سخت و دشوار است. همه مواد در اثر مالش و اصطکاک باردار می‌شوند. به همین خاطر، برای ایجاد (و نگه داشتن) بار به روش مالش (اصطکاک)، مواد نارسانا مانند شیشه، پلاستیک (صمغ)، پارچه و ... مناسب‌تر هستند.

روش دوم: تماس

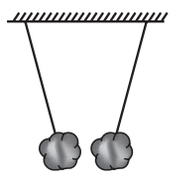
روش دیگر برای ایجاد بار الکتریکی در یک جسم خنثی، این است که جسم دیگری را که بار الکتریکی دارد با این جسم تماس دهیم. در اثر تماس و به‌خاطر دافعه بارهای موجود در جسم باردار، بخشی از بار الکتریکی از جسم باردار به جسم خنثی و بدون بار منتقل می‌شود. میله شیشه‌ای در اثر مالش و اصطکاک با پارچه ابریشمی باردار می‌شود. حالا می‌توان این میله باردار را با جسم دیگر، مثلا چوب‌پنبه‌هایی که روکش طلا دارند، تماس داد (آزمایش‌های دوفه). بار الکتریکی از جسم باردار به جسم بدون بار منتقل می‌شود.

در مواد نارسانا بار الکتریکی به سختی منتقل و جابه‌جا می‌شود. اگر هر دو جسمی که با هم تماس پیدا می‌کنند نارسانا باشند، انتقال بار به کندی صورت می‌گیرد. وقتی بادکنکی را با پارچه یا موهای سر خود مالش (اصطکاک) می‌دهید، باردار می‌شود. اگر این بادکنک را به دیوار نزدیک کنید، بادکنک باردار و دیوار بدون بار همدیگر را جذب می‌کنند. بادکنک و دیوار هر دو نارسانا هستند، به همین خاطر بار الکتریکی به کندی منتقل می‌شود و بادکنک مدت زمان زیادی به دیوار می‌چسبد. اگر یکی از دو جسم رسانا باشد، انتقال بار راحت‌تر و سریع‌تر خواهد بود، مانند میله شیشه‌ای باردار و چوب‌پنبه دارایِ روکش طلا.

مشاهده‌های ساده زیر را انجام دهید:



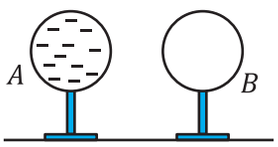
۱) دو تکه فویل آلومینیومی را به صورت دو گلوله کوچک مچاله کنید. دو گلوله را از دو تکه نخ با طول مساوی، نزدیک به هم آویزان کنید. سپس میله‌ای شیشه‌ای یا پلاستیکی را با پارچه‌ای مالش دهید (می‌توانید از شانه سر یا خط‌کش پلاستیکی استفاده کنید). میله را به آرامی طوری به دو گلوله نزدیک کنید که هم‌زمان با هر دو تماس پیدا کند. گلوله‌ها رسانا هستند و بار میله به هر دو گلوله منتقل می‌شود. پس هر دو گلوله بار هم‌علامت به دست می‌آورند؛ در نتیجه یکدیگر را دفع می‌کنند (این آزمایش مشابه آزمایش آقای دوفه است).



۲) دو گلوله را با دست لمس کنید تا بار الکتریکی آن‌ها تخلیه و هر دو خنثی شوند. بدن ما رسانای بدی نیست! حالا میله شیشه‌ای را با پارچه ابریشمی مالش دهید و آن را با گلوله سمت راست تماس دهید. هم‌زمان، میله پلاستیکی را با پارچه پشمی مالش دهید و آن را با گلوله سمت چپ تماس دهید. در اثر تماس، بار الکتریکی به دو گلوله منتقل می‌شود. میله شیشه‌ای بار مثبت و میله پلاستیکی بار منفی دارد؛ پس باری که به گلوله‌ها منتقل شده است غیرهم‌علامت خواهد بود. در نتیجه دو گلوله همدیگر را جذب می‌کنند (این آزمایش نیز مشابه آزمایش آقای دوفه است). در اثر جذب، گلوله‌ها به هم نزدیک می‌شوند.

در مشاهده بالا و در قسمت ب، اگر دو گلوله با هم تماس پیدا کنند، ممکن است دو گلوله پس از تماس یکدیگر را دفع کنند. می‌توانی بگویی چرا؟

مثال: کره A دارای ۱۲ واحد بار منفی و کره B خنثی است. اگر این دو کره کاملا مشابه باشند، پس از تماس هر کدام چند واحد بار الکتریکی دارد؟



پاسخ:

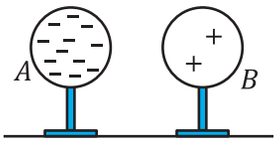
پیش از آن‌که پاسخ این سوال را بدهیم، یک قانون بسیار مهم را با هم مرور می‌کنیم:

قانون پایستگی بار الکتریکی: بار الکتریکی دارای پایستگی است؛ یعنی نه تولید می‌شود و نه از بین می‌رود. تنها از جسمی به جسمی دیگر منتقل می‌شود. قرار گرفتن یک بار منفی در کنار یک بار مثبت به معنای از بین رفتن بارها نیست؛ بلکه این دو بار اثر یکدیگر را پوشانیده‌اند و اصطلاحاً یکدیگر را خنثی کرده‌اند.

با این توضیح، وقتی دو کره با هم تماس پیدا می‌کنند، در مجموع دارای ۱۲ واحد بار منفی هستند که با توجه به تشابه آن‌ها با هم، این بار به‌صورت مساوی بین‌شان تقسیم می‌شود و هر یک در نهایت ۶ واحد بار منفی خواهند داشت. بارهای الکتریکی از بین نمی‌روند و به وجود نمی‌آیند. تنها بین دو کره جابه‌جا شده و میان‌شان تقسیم می‌شوند.

بارهای الکتریکی نه تولید می‌شوند و نه از بین می‌روند و تنها بین اجسام جابه‌جا می‌شوند.
این قانون به پایستگی بار الکتریکی مشهور است.

مثال: کره A دارای ۱۲ واحد بار منفی و کره B دارای ۲ واحد بار مثبت است. اگر این دو کره کاملا مشابه باشند، پس از تماس، هر کدام چند واحد بار الکتریکی دارد؟



پاسخ:

با توجه به قانون پایستگی بار الکتریکی، دو جسم در مجموع ۱۰ واحد بار الکتریکی منفی خواهند داشت که با توجه به تشابه دو کره، هر کدام از این میزان بار، ۵ واحد سهم می‌برد.

کره A دارای ۱۲ واحد بار منفی و کره B دارای ۲ واحد بار مثبت است. اگر شعاع کره ۴ ، B برابر شعاع کره A باشد، پس از تماس، کدام کره بارِ بیشتری خواهد داشت؟ چرا؟

یک کره باردار فلزی به کره فلزی مشابه دیگری که خنثی است تماس داده می‌شود. با توجه به چیزهایی که درباره روش تماس در باردارکردن اجسام آموختی، ویژگی‌های دو کره پس از تماس را بنویس:

مقایسه اندازه بارِ دو کره:

علامت بارِ دوکره:

نیروی بین دو کره پس از تماس و جدا شدن:

روش سوم: القا

یک تکه طلق شفاف پلاستیکی و محکم با ضخامت حدود ۳ میلی‌متر را بردار و کناره‌های آن را بر روی چند کتاب قرار بده تا بین آن و سطح میز فاصله‌ای در حدود ۵ سانتی‌متر بیافتد.

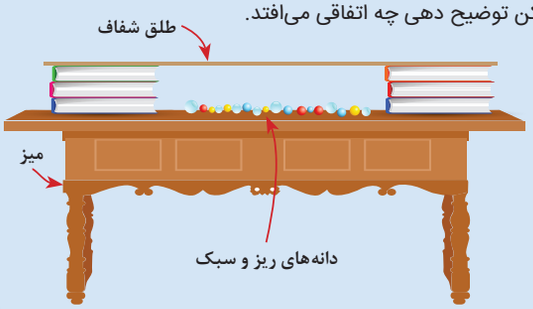
حالا بین طلق و میز و روی میز حدود یک مشت دانه‌های ریز و سبک مانند دانه‌های یونولیت، شکر، پفک یا چیپس خرد شده بریز.

بعد سعی کن با یک دستمال خشک روی طلق را حسابی تمیز کنی. تمیزتر! باز هم تمیزتر!

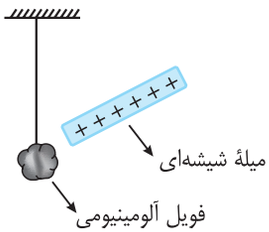
به خوبی تمام اتفاقاتی که می‌افتد را مشاهده کن و سعی کن توضیح دهی چه اتفاقی می‌افتد.

حالا به سوالات زیر پاسخ بده.

- چرا دانه‌های ریز جذب صفحه پلاستیکی می‌شوند؟ مگر این دانه‌ها بار الکتریکی دارند؟
- چرا پس از چسبیدن دانه‌های ریز به زیر صفحه پلاستیکی، برخی از آن‌ها بلافاصله از آن جدا می‌شوند؟
- بارهای الکتریکی موجود در سطح بالایی طلق پلاستیکی، چگونه بر سطح پایینی آن اثر می‌گذارند؟ آیا جابه‌جا شده‌اند؟ یا به طریق دیگری این اتفاق می‌افتد؟



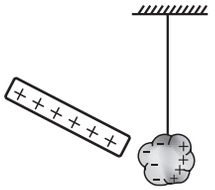
می‌دانیم بارهای هم‌علامت یکدیگر را دفع و بارهای غیرهم‌علامت یکدیگر را جذب می‌کنند. اندازه نیرویی که بارها به هم وارد می‌کنند به فاصله آن‌ها از هم بستگی دارد. هر چه فاصله بیشتر باشد، اندازه نیروی الکتریکی که دو جسم باردار به هم وارد می‌کنند، کمتر خواهد شد. برعکس، اگر فاصله دو جسم باردار کاهش یابد، نیروی الکتریکی بین دو بار افزایش می‌یابد. برای مثال، اگر فاصله دو جسم باردار نصف شود، اندازه نیرویی که به هم وارد می‌کنند، چهار برابر می‌شود.



اگر یک جسم باردار را به یک جسم خنثی نزدیک کنیم، چه اتفاقی می‌افتد؟

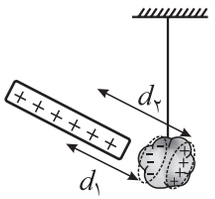
فرض کنیدکه میله شیشه‌ای مالش داده شده را، که بار آن مثبت است، به یک آونگ آلومینیومیِ سبک نزدیک کنیم. اتم‌های فویل آلومینیومی دارای الکترون‌هایی هستند که هسته اتم خیلی حواسش به این الکترون‌ها نیست! فویل آلومینیومی رسانا است. مواد رسانا، همه این ویژگی را دارند.

اتم رساناها دارای الکترون‌هایی هستند که هسته به آن‌ها بی‌توجه است! و این الکترون‌ها آزادانه برای خودشان می‌چرخند! به این الکترون‌ها، **الکترون‌های آزاد** می‌گویند. یکی از مهم‌ترین دلایل رسانا بودن رساناها، وجود همین الکترون‌های آزاد است. برگردیم به مشاهده خودمان! اگر میله شیشه‌ای را که بار مثبت دارد به فویل آلومینیومی



نزدیک کنیم، بار مثبت شیشه به الکترون‌های آزاد، که بار منفی دارند، نیرو وارد می‌کند. البته، الکترون‌ها آن‌قدر آزاد نیستند که از آلومینیوم جدا شوند.

پس الکترون بعضی از اتم‌های آلومینیوم، اتم خود را ترک کرده و تا آن‌جا که ممکن است (مانند شکل) به میله مثبت نزدیک می‌شوند. اتم‌هایی که الکترون خود را از دست داده‌اند، دیگر خنثی نیستند و به اندازه یک پروتون بار مثبت دارند.



در نتیجه مانند شکل، بخش‌هایی از فویل که به میله نزدیک‌اند بار منفی و ناحیه‌های دورتر از میله، بار مثبت دارند. به این وضعیت **قطبیده شدن** می‌گوییم. یعنی دو قطب (ناحیه) با بارهای مثبت و منفی ایجاد شده است. در این وضعیت، فویل آلومینیومی «قطبیده» شده است؛ یعنی دو ناحیه با بارهای مساوی و علامت‌های مثبت و منفی ایجاد شده است.

نیروی بین بارهای منفیِ فویل و بارهای مثبت شیشه جاذبه است. نیروی بین بارهای مثبت فویل و بارهای مثبت شیشه دافعه است. اندازه بارهای مثبت و منفی فویل آلومینیومی با هم برابر است (چرا؟).

فاصله بارهای منفیِ فویل آلومینیومی و بارهای مثبت میله شیشه‌ای، یعنی d_1 ، از فاصله بارهای مثبت فویل آلومینیوم و بارهای مثبت میله شیشه‌ای، یعنی d_2 کمتر است ($d_2 > d_1$). همان‌طور که گفتیم نیروی الکتریکی به فاصله بستگی دارد. هر چه فاصله کمتر باشد، اندازه نیرو بزرگ‌تر است. به همین خاطر، نیروی جاذبه بین بارهای منفیِ فویل و بارهای مثبت میله، بزرگ‌تر است از نیروی دافعه بین بارهای مثبت فویل و بارهای مثبتِ شیشه. در نتیجه، چون نیروی جاذبه بین فویل و میله بزرگ‌تر از نیروی دافعه بین آن‌ها است، میله شیشه‌ای و فویل آلومینیومی یکدیگر را جذب خواهند کرد.

یک جسم باردار قادر است از راه دور و بدون تماس بر اجسام دیگر اثر بگذارد و بارهای الکتریکی آن‌ها را از هم جدا کند. این پدیده را القای الکتریکی می‌گوییم.

فویل آلومینیومی در ابتدا خنثی و بدون بار است. نزدیک کردن میله شیشه‌ای باردار، باعث می‌شودکه مقداری (مقدار کمی) از بارهای منفی و مثبتِ فویل از هم جدا شوند. البته باز هم در مجموع، فویل آلومینیومی خنثی است. فویل آلومینیومی قطبیده شده است. هنوز خنثی است ولی دو قطب یا دو ناحیه مثبت و منفی در آن به وجود آمده است. این پدیده را **القا** می‌گوییم.

القا تأثیر از راه دور و بدون تماس است!

القای الکتریکی، تاثیر یک جسم باردار (میله شیشه‌ای) بر روی یک جسمِ خنثی (فویل آلومینیومی) و در نتیجه آن، قطبیده شدن جسم خنثی است. در اثر القاء الکتریکی بین جسم باردار و جسم خنثی، نیروی جاذبه و دافعه الکتریکی به وجود می‌آید. البته همواره نیروی جاذبه قوی‌تر است و در مجموع، همیشه جسم باردار و جسم خنثی یکدیگر را جذب می‌کنند. به همین خاطر خرده‌های چوب، کرک، پر، خرده‌های کاغذ و... به موادی که الکتریسیته‌دار شده‌اند، می‌چسبند.

پاسخگو باش

فرض کن مشاهده قبل را با یک میله پلاستیکی مالش داده شده، که دارای بار منفی است، تکرار کنیم. با توجه به این‌که بارهای مثبت از جای خود تکان نمی‌خورند و این فقط بارهای منفی هستند که جابه‌جا می‌شوند، اتفاقاتی که از این به بعد در آونگ آلومینیومی رخ می‌دهد را شرح بده. آیا در اثر این اتفاق، باز هم آونگ جذب میله باردار می‌شود؟ یا این دفعه از آن دور می‌شود؟

فسفر بسوزان

آیا بارهای مثبت و منفیِ فویل آلومینیومی، خودشان یکدیگر را جذب نمی‌کنند؟ پس چرا از هم دور می‌شوند؟ اگر میله شیشه‌ای یا پلاستیکی را دور کنیم، چه اتفاقی می‌افتد؟

پاسخگو باش

با توجه به مطالبی که راجع به القا آموختی، خانه‌های جدول زیر را با یکی از عبارت‌های «نیروی جاذبه»، «نیروی دافعه» و یا «نیرویی وارد نمی‌کنند» کامل کن.

	جسم خنثی	جسم با بار مثبت	جسم با بارمنفی
جسم خنثی			
جسم با بار مثبت			
جسم با بار منفی			

نکته مهم این است که در القا بین جسم باردار و جسم خنثی، هیچ تماسی وجود ندارد. جدا شدن بارها و قطبیده شدن در جسم خنثی، در اثر نیروی الکتریکی اتفاق می‌افتد و دو جسم با هم هیچ تماسی ندارند.
به نظر شما آیا القا خاص مواد رسانا است یا در مواد نارسانا هم اتفاق می‌افتد؟ برای فهمیدن پاسخ این سوال، ابتدا مشاهده‌های زیر را انجام دهید:

دست به‌کار شو

۱) یک خط‌کش پلاستیکی یا یک بادکنک را به کمک مالش (اصطکاک) با موهای خود باردار کن. سپس آن را به خرده‌های کوچک کاغذ یا دستمال کاغذی نزدیک کن. چه اتفاقی رخ می‌دهد؟
۲) شانه‌ای (یا بادکنکی) را به کمک مالش (اصطکاک) با موهای سر خود باردار کن. سپس آن را به باریکه بسیار نازک آب که از شیر آب سرازیر است نزدیک کن. چه اتفاقی می‌افتد؟
۳) بادکنکی را به کمک مالش (اصطکاک) با موهای خود باردار کن. سپس آن را به سقف نزدیک کن. چه مشاهده می‌شود؟

بِبینش

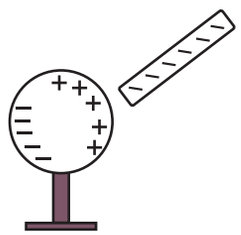
در تمام مشاهدات بالا، مواد نارسانا حضور داشتند. در واقع، در مواد نارسانا هم پدیده القای الکتریکی اتفاق می‌افتد. عامل ایجاد نیروی جاذبه بین آن‌ها نیز همین است.
جدا شدن بارها و القا در همه مواد، چه رسانا و چه نارسانا، اتفاق می‌افتد. اما چون مواد رسانا دارای الکترونِ آزاد هستند، پدیده القا در آن‌ها بهتر و راحت‌تر اتفاق می‌افتد. مواد رسانا سریع‌تر و بهتر القا می‌شوند. در مواد نارسانا، الکترون‌ها از اتم خود جدا نمی‌شوند. فقط حرکت آن‌ها دور هسته به سمتی که نیروی الکتریکی به آن‌ها وارد می‌شود متمایل می‌شود. اما در مجموع همان اتفاقات قبلی باز هم خواهد افتاد.

دست به‌کار شو

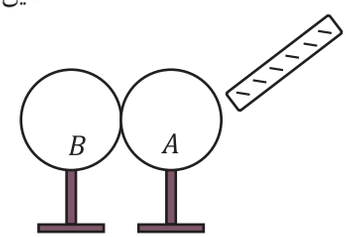
مشاهده زیبای زیر را انجام بده:
روی سطح میز مقداری نمک بپاش! بادکنکی را با موهای خود مالش (اصطکاک) بده تا باردار شود. سپس سکوت را رعایت کن و به بقیه هم بگو ساکت باشند! به آرامی بادکنک را به سطح میز نزدیک کن و لذت ببر!

باردار کردن اجسام با روش القا به دو شکل انجام می‌شود:

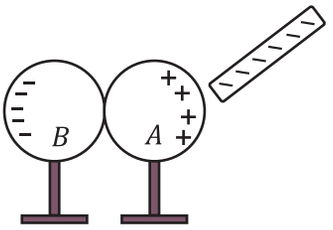
۱) با استفاده از دو جسم



همانند شکل، اگر میله باردار را به جسم فلزی (کره فلزی) با پایه عایق نزدیک کنیم، الکترون‌های آزاد فلز در اثر نیروی دافعه بارهای میله، تا آن‌جا که ممکن است از میله دور می‌شوند و در دورترین فاصله قرار می‌گیرند. اگر بدون تماس، میله را دور کنیم، بارهای منفی به جای خود برمی‌گردند و حالت قطبیدگی از بین می‌رود. یعنی الکترون‌هایی که در سمت چپ کره تجمع کرده‌اند (تجمع قانونی!)، به جای خود برمی‌گردند. اگر قبل از دور کردن میله باردار، یک جوری بتوانیم (مثلا با یک تبرِ نارسانا یا یک اره برقیِ نارسانا!) کره را از وسط نصف کنیم، دیگر بعد از دور کردن میله، الکترون‌ها نمی‌توانند به جایِ اول خود برگردند. از آن‌جا که استفاده از تبر یا اره‌برقی خیلی رفتار خشونت‌آمیز و ناهنجاری است، به جای یک کره، از دو کره (دو جسم) استفاده می‌کنیم!
روش کار به این صورت است که دو جسم فلزی را در تماس با هم قرار می‌دهیم (مثلا دو کره فلزی که روی پایه‌های عایق قرار دارند). میله باردار را به آن‌ها نزدیک می‌کنیم.

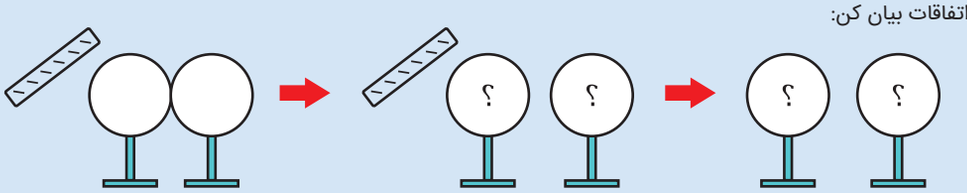


فرض کنید این میله، میله پلاستیکی است که با پارچه پشمی مالش داده شده و بار منفی دارد. در اثر نیروی دافعه بین بارهای هم‌علامت، تعدادی از الکترون‌های آزادی که در کره A هستند، توسط بارهای منفیِ میله دفع می‌شوند و به دورترین فاصله، یعنی به کره B می‌روند. اگر در این وضعیت میله باردار را دور کنیم، الکترون‌هایی که از کره A به کره B رفته‌اند، دوباره به کره A باز می‌گردند. برای این‌که الکترون‌ها را گیر بیندازیم، قبل از دور کردنِ میله باردار، در همین وضعیت، دو کره A و B را از هم جدا می‌کنیم. با انجام این کار، الکترون‌های

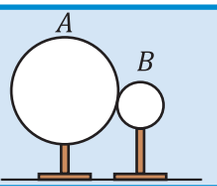


جسم A که به جسم B رفته‌اند، در جسم B گیر می‌افتند و دیگر نمی‌توانند به جسم A برگردند. بنابراین، پس از جدا کردن دو کره، کره B «به‌طور خالص»، مقداری بار منفی و کره A مقداری بار مثبت خواهد داشت. می‌توانیم میله را، پس از جدا کردن دو کره، دور کنیم (منظور از به طور خالص، این است که در هر دو کره، هم بار منفی وجود دارد و هم بار مثبت. کره‌ای که به طور خالص دارای بار مثبت است، تعداد بارهای مثبتش بیشتر از بارهای منفی آن است و کره‌ای که به‌طور خالص دارای بار منفی است، تعداد بارهای منفی آن بیشتر از بارهای مثبت آن است).

شعاع کره A برابر شعاع کره B است و هر دو کره در ابتدا خنثی هستند. این دو را به هم می‌چسبانیم و سپس یک میله باردار را به کره A نزدیک می‌کنیم. بعد دو کره را از هم جدا کرده و میله باردار را دور می‌کنیم. ویژگی‌های دو کره را پس از این اتفاقات بیان کن:



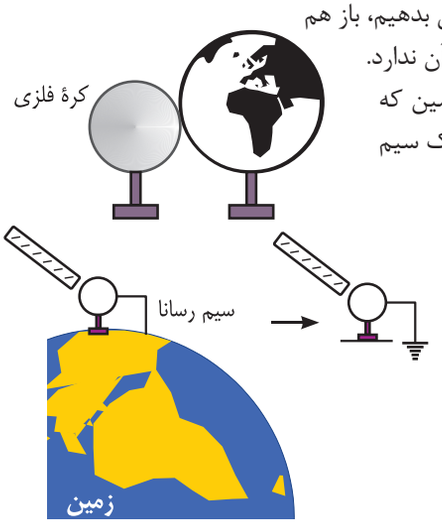
مقایسه مقدار بار دو کره: علامت بار دو کره: نیروی بین دو کره پس از جدا شدن:



در سوال قبل، اگر شعاع کره A ، بیشتر از کره B باشد، درباره مقدار بار دو کره در پایان مراحل چه می‌توان گفت؟

۲) باردار کردن با استفاده از زمین

زمین بسیار بزرگ است؛ خیلی بزرگ! باز هم بزرگ‌تر! باز هم بیشتر! به همین خاطر مانند یک مخزن بسیار بسیار بزرگ بار الکتریکی و الکترون است. این مخزن آن‌قدر بزرگ است که هر چقدر به زمین بار الکتریکی بدهیم، باز هم جا دارد؛ یا هر چقدر بار الکتریکی از آن بگیریم، باز هم بار دارد و انتقال و جابه‌جایی بار تأثیری در آن ندارد.

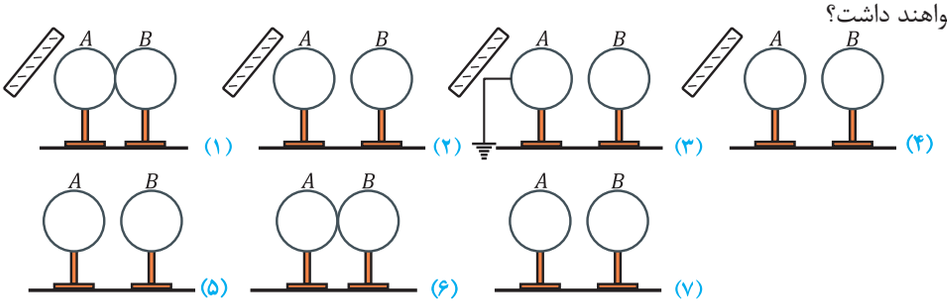


در باردار کردن به روش القا، یکی از دو کره، می‌تواند کره زمین باشد (البته منظورمان مدل کره زمین که در درس جغرافی با آن بازی می‌کنیم نیست!). یعنی می‌توانیم کره فلزی را به زمین وصل کنیم (با یک سیم رسانا)، سپس میله باردار را به کره فلزی نزدیک کنیم.

در اثر دافعه الکتریکی، الکترون‌های آزاد تا آن‌جا که می‌توانند دور شده و از راه سیم رسانا به زمین می‌روند. اگر در همین حالت، میله باردار را دور کنیم، الکترون‌ها دوباره از زمین به کره فلزی برمی‌گردند. برای این‌که نتوانند برگردند و آن‌ها را گیر بیندازیم، پیش از دور کردن میله باردار، سیم اتصال به زمین را قطع می‌کنیم. در نتیجه، کره فلزی پس از قطع اتصال با زمین، به طور خالص، مقداری بار مثبت خواهد داشت. حالا می‌توانیم میله بار را دور کنیم.

همان‌طور که می‌بینید، چون کره زمین بزرگ است و کشیدن تصویر آن جای زیادی می‌گیرد و سخت است (!)، از علامت ⏚ برای نمایش اتصال به زمین استفاده می‌کنند.

مثال: اگر درباره دو کره رسانای خنثی با پایه‌های عایق مطابق مراحل زیر عمل کنیم، در هر مرحله دو کره چه بارهایی خواهند داشت؟

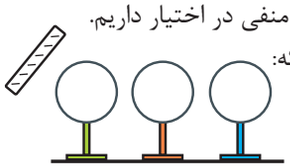


پاسخ:

در مرحله اول و در اثر القا، بار کره A مثبت و بار کره B به همان میزان منفی خواهد شد که جدا کردن آن‌ها از هم در مرحله دوم نیز بارشان را تغییر نمی‌دهد. در مرحله سوم، کره A بخش دیگری از الکترون‌هایش را نیز از دست خواهد داد. دقت کنید، درست است که بار کره A مثبت بوده است، اما باز هم در این مرحله الکترون از دست می‌دهد. زیرا در مرحله اول، تعدادی از الکترون‌های کره A به علت دافعه الکترون‌هایی که در کره B جمع شده‌اند، نمی‌توانند وارد کره B شوند. در واقع، در اثر القا، الکترون‌ها دوست دارند تا حد ممکن از جسم باردار دور شوند؛ اما کره B که اکنون بار منفی دارد، مانع این عمل شده است. بنابراین، با اتصال کره A به زمین، این بخش از الکترون‌ها وارد زمین می‌شوند و بار کره A مثبت‌تر می‌شود. در حالی که کره B بدون تغییر باقی می‌ماند. در مرحله چهارم و پنجم نیز بار کره‌ها بدون تغییر می‌ماند. تنها آرایش این بارها درون کره‌ها -به علت حذف نیروی دافعه جسم باردار ـ تغییر می‌کند.

در مرحله ششم و در اثر تماس دو کره با هم، هر دو به یک میزان، بار هم‌نام به دست می‌آورند که علامت آن مثبت خواهد بود. زیرا بخشی از الکترون‌هایی که از ابتدا در دو کره وجود داشت، در مرحله سوم از آن‌ها خارج شده بود. بنابراین، مجموع بار دو کره که صفر بود، در این مرحله مثبت شده بود و با تماس دو کره به هم، این بار به تساوی میان‌شان تقسیم می‌شود. به عبارت دیگر، اگر در مرحله سوم، کره A به زمین متصل نمی‌شد، چون بار دو کره از نظر مقدار مساوی بود، در مرحله ششم هر دو دوباره خنثی می‌شدند. اما اکنون با خروج الکترون‌ها از کره A ، بار دو کره مثبت می‌شود. در مرحله هفتم نیز هر دو کره بارهای مثبت خواهند داشت.

مثال: سه کره فلزی یکسان با پایه‌های یکسان عایق به همراه یک میله باردار با بار منفی در اختیار داریم.



چگونه می‌توان بدون اینکه بار میله تغییر کند، این سه کره را باردار کرد به طوری‌که:

الف) هر سه کره دارای بار مثبت و یکسان باشند.

ب) هر سه کره دارای بار منفی و یکسان باشند.

ج) دو کره دارای بار مثبت و یک کره دارای بار منفی باشد و مقدار بار هر سه کره یکسان باشد.

د) دو کره دارای بار منفی و یک کره دارای بار مثبت باشد و مقدار بار هر سه کره یکسان باشد.

پاسخ:

وقتی قرار است بار میله تغییر نکند، حتما باید از روش القا استفاده کنیم.

الف) راه‌های مختلفی وجود دارد. یک راه این است که میله باردار را به یک کره نزدیک کنیم و کره را به زمین وصل کنیم تا بارهای منفی آن تخلیه شود. سپس اتصال با زمین را قطع کرده و میله را دور می‌کنیم. حالا هرسه کره را به هم تماس داده و جدا می‌کنیم.

ب) این بار دو کره را به هم تماس می‌دهیم و میله با بار منفی را نزدیک یکی از کره‌ها می‌کنیم تا بارهای منفی آن به کره دیگر برود. سپس کره‌ها را از هم جدا کرده و میله را دور می‌کنیم. با تماس کره با بار مثبت به زمین بار آن را تخلیه می‌کنیم. حالا هر سه کره را به هم متصل کرده و از هم جدا می‌کنیم.

ج) مرحله اول: دو کره را به هم تماس می‌دهیم و میله با بار منفی را نزدیک یکی از کره‌ها می‌کنیم تا بارهای منفی آن به کره دیگر برود.

سپس کره‌ها را از هم جدا کرده و میله را دور می‌کنیم

مرحله دوم: کره با بار منفی را به کره بدون بار می‌چسبانیم تا هرکدام نصف بار منفی را بردارند حالا یکی از آن‌ها را ابتدا خنثی کرده و سپس به کره با بار مثبت می‌چسبانیم. بدین ترتیب بار مثبت کره اول بین دو کره تقسیم می‌شود و سه کره مقدار بار برابری پیدا خواهند کرد.

د) این بار هم مانند مرحله اول قسمت قبل عمل می‌کنیم در مرحله دوم کره با بار مثبت را به کره بدون بار می‌چسبانیم تا هرکدام نصف بار مثبت را بردارند. سپس یکی را خنثی کرده و به کره با بار منفی می‌چسبانیم.

وقتی به وسیله یک جسم باردار و از روش القا جسم دیگری را باردار می‌کنیم، همواره مقدار بار القاشده دو جسم کمتر از مقدار بار جسم اصلی است و با فرضیات بسیار خاص برابر. علت این موضوع را به کمک نیروی بین بارهای الکتریکی توجیه کن.

روش چهارم: تخلیه الکتریکی

اجسام باردار، به علت وجود نیروی دافعه میان بارهای هم‌نام، تمایل دارند به طریقی بارهای خود را از دست بدهند. گاهی اوقات، اگر میزان بار اجسام خیلی زیاد باشد، حتی ممکن است این انتقال بار از درون هوا اتفاق بیافتد. جرقه‌های کوچکی که مشاهده می‌کنید، در اثر انتقال الکترون‌ها از درون هوا پدید می‌آید. به این پدیده «**تخلیه الکتریکی**» گفته می‌شود.

بینش

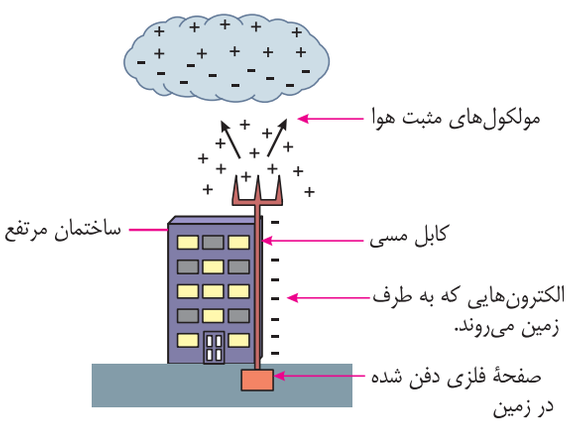
اغلب، تخلیه الکتریکی به عنوان راهی برای باردار کردن اجسام در نظر گرفته نمی‌شود. اما در واقع این اتفاق نیز می‌تواند به تخلیه بار الکتریکی و گاهی باردار شدن اجسام بیانجامد. برای مثال، دو کره رسانا را در نظر بگیرید که یکی دارای بار الکتریکی بسیار زیاد و دیگری فاقد بار است (در بخش بعد توضیح می‌دهیم که این دو کره در واقع دارای اختلاف پتانسیل هستند). کنار هم قرار گرفتن این دو کره می‌تواند منجر به جهش الکترون‌ها از کره باردار به کره بدون بار شود و کره بدون بار را باردار کند. هرچه فاصله میان دو کره کمتر شود، این اتفاق شدیدتر رخ می‌دهد.

آذرخش

از پدیده‌های طبیعی که ما در آن می‌توانیم تخلیه الکتریکی را ببینیم، آذرخش است. اتفاق این‌گونه صورت می‌گیرد که ابرها به علت مالش با هوا یا کوه‌های بلند و یا حتی با یکدیگر، دارای بار الکتریکی می‌شوند.

اگر دو ابر باردار با بارهای مخالف (و حتی موافق، به شرطی که مقدار بارشان مساوی نباشد) به نزدیکی هم برسند، بین‌شان تبادل بار اتفاق می‌افتد.

گاهی فاصله ابرهای باردار از زمین کم شود و ممکن است یک جرقه بزرگ بین ابر و نقاط بلند روی سطح زمین، مثلا قله کوه یا درختان بلند یا ساختمان‌های بلند به وجود بیاید که در اثر آن، بار الکتریکی بین ابر و زمین جابه‌جا می‌شود.



این جابه‌جایی بار الکتریکی، با ایجاد نور شدید و صدای مهیبی همراه است. به این پدیده **آذرخش** گفته می‌شود. نزدیک شدن ابر باردار به زمین و اثر القایی آن بر روی سطح زمین باعث افزایش احتمال برخورد آذرخش به زمین می‌شود.

برای آسیب نرساندن آذرخش به ساختمان‌های بلند، یک میله فلزی (مسی) کلفت و بلند و نوک‌تیز در بالای آن‌ها قرار می‌دهند که به آن **برق‌گیر** می‌گویند. برق‌گیر به وسیله کابلی مسی به صفحات فلزی در عمقی از زمین متصل می‌شود و باعث می‌شود در هنگام آذرخش، بارهای الکتریکی از طریق این میله فلزی به زمین منتقل شوند و به قسمت‌های دیگر ساختمان آسیبی نرسد.

پاسخگو باش

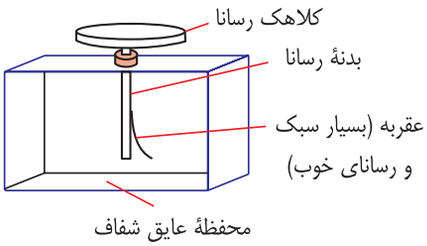
با توجه به توضیحات داده شده، تفاوت‌ها و شباهت‌های روش‌های مختلف باردار کردن اجسام را بازگوکن.

فسفر بسوزان

چرا آذرخش در هوای بارانی اتفاق می‌افتد؟ چرا در هوای آفتابی این اتفاق رخ نمی‌دهد؟! آیا ابرهایی که در هوای آفتابی دیده می‌شوند، بار الکتریکی ندارند؟

الکتروسکوپ (برق‌نما)

الکتروسکوپ ابزار بسیار ساده‌ای است که کاربردهای مختلفی دارد. ساختار الکتروسکوپ و اجزای آن را می‌توانید در تصویر زیر ببینید:



Electroscope =
electro
(واژه یونانی قدیم به معنی کهربا)
+ *scope*
(مشاهده)

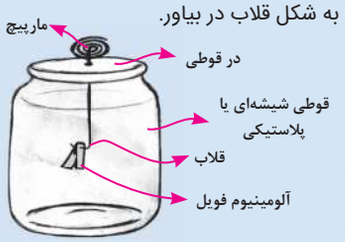
حتماً دوست دارید که کاربردهای مختلف این وسیله را خودتان تجربه کنید. کافی است یک ساعت وقت بگذارید تا صاحب یک الکتروسکوپ خوب شوید. برای این کار دو راه پیش رو دارید:

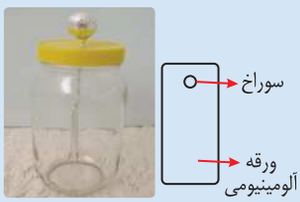
۱. در عرض یک ساعت بروید و یک مغازه الکتروسکوپ‌فروشی پیدا کنید و البته با قیمت احتمالاً گزاف آن را بخرید!
البته این راه را به همه توصیه نمی‌کنیم!!

۲. با وسایل بسیار ساده دمِ دستی، یک الکتروسکوپ بسازید و از کارکردن با آن لذت ببرید!

و صد البته که انتخاب با خودتان است!

یک قوطی شیشه‌ای مربا با در پلاستیکی و یا یک ظرف دردار کوچک پلاستیکی و یا حتی یک بطری نوشابه پلاستیکی پیدا کن و درست در وسط درِ آن، یک سوراخ خیلی کوچک درست کن تا یک مفتول فلزی به سختی از آن عبور کند. یک مفتول فلزی به طول حدود ۳۰ سانتی‌متر بردار و یک انتهای آن را به شکل مارپیچ در بیاور، به طوری که حدود ۱۰ سانتی‌متر آن باقی بماند. سپس مفتول را با فشار از سوراخ در مربا رد کن و انتهایش را با دم‌باریک به شکل قلاب در بیاور.





دو مستطیل کوچک آلومینیوم فویل (حدود ۳×۱ سانتی‌متر) تهیه کن و انتهای هر دو و در فاصله حدود ۰/۵ سانتی‌متر از لبه را سوراخ بزن، طوری که بتوانند آزادانه در قلاب انتهای مفتول حرکت کنند. حالا درِ قوطی مربا را ببند تا الکتروسکوپت تکمیل شود.

می‌توانی به کلاهک الکتروسکوپت یک توپ آلومینیومی هم بچسبانی تا بهتر کار کند. حواست باشد که اتصال آلومینیوم و کلاهک به خوبی برقرار باشد.

پس از آن که از آزمایش کردن با چیزی که خودت ساختی لذت بردی، برای خرج کردن پولی هم که صرفه‌جویی کرده‌ای یک نقشه خوب بکش تا لذتت دو چندان شود!

این هم یک طرح ابتکاری دیگر! ←

اساس کار الکتروسکوپ‌ها دافعه بارهای همنام است. زمانی که عقربه‌های الکتروسکوپ دارای بار الکتریکی شود، به علت دافعه از هم دور می‌شود و نشان می‌دهد که عقربه‌ها دارای بار شده است. برای پی بردن به این موضوع آزمایش زیر را انجام دهید.

الکتروسکوپ دست‌سازت را بیاور!

مرحله اول: یک شانه پلاستیکی را به موی سرت حسابی مالش بده. حالا به آرامی به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک کن اما به آن نچسبان! چه چیزی مشاهده می‌کنی؟ چرا این اتفاق می‌افتد؟

ـ اگر بار شانه منفی باشد، در این حالت بار عقربه‌ها و کلاهک چه علامتی دارد؟ چرا؟

ـ در این حالت الکتروسکوپ از چه روشی باردار شده است؟

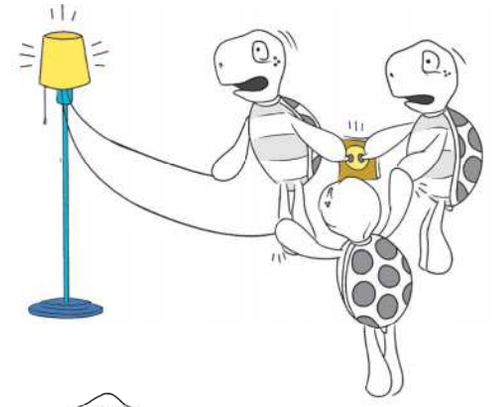
ـ اگر شانه را دور کنی، چه اتفاقی می‌افتد؟ چرا؟

مرحله دوم: حالا شانه پلاستیکی باردار را به کلاهک الکتروسکوپ بزن. چون شانه نارسانا است، باید حسابی همه جای آن را روی کلاهک الکتروسکوپ بکشی تا باردار شود. چه مشاهده می‌کنی؟ عقربه‌ها چگونه ایستاده‌اند؟ چرا؟

ـ حالا شانه را دور کن. چه اتفاقی می‌افتد؟ چرا؟

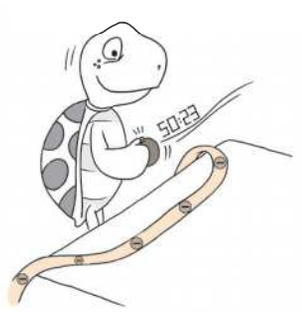
ـ اگر بار شانه منفی باشد، در این حالت بار عقربه‌ها و کلاهک چه علامتی دارد؟ چرا؟

ـ در این حالت الکتروسکوپ از چه روشی باردار شده است؟



البته این درست است که در بیشتر موارد، مسیر رسانای مدار، یک مسیر فلزی است، اما همیشه هم این‌طور نیست. مسیر حرکت بار باید رسانا باشد، یعنی بار الکتریکی بتواند در آن مسیر حرکت کند. ولی لازم نیست که حتماً فلزی باشد. برای مثال، در لامپ‌های تبلیغاتی که با آن اسم سردرِ مغازه‌ها را درست می‌کنند و به «لامپ‌های نئون» معروفند، مسیر رسانای حرکت بار، یک گاز است.

شدت جریان الکتریکی در مدار



مسیر رسانای حرکت بار هر چه که باشد، تعریف شدت جریان الکتریکی چنین است:
مقدار جریان، بنا بر تعریف، برابر است با مقدار بار الکتریکی که در واحد زمان از سطح مقطع مدار می‌گذرد. یعنی در هر ثانیه چه مقدار بار الکتریکی از مقطع مدار عبور می‌کند (مقطع مدار صفحه عمود بر مسیر عبور جریان است).
اگر شدت جریان را با I ، بار الکتریکی را با Q و مدت زمان را با Δt نمایش دهیم، داریم:

$$\text{شدت جریان} = \frac{\text{مقدار بار عبوری}}{\text{مدت زمان}}$$

$$I = \frac{Q}{\Delta t}$$

در اینجا Q مقدار باری است که در مدت زمان Δt از مقطع مدار عبور کرده است.
پس واحد اندازه‌گیری جریان الکتریکی، واحد بار تقسیم بر واحد زمان است. یکای اندازه‌گیری جریان الکتریکی، کولن تقسیم بر ثانیه است که به افتخار دانشمند مشهور فرانسوی، آمپر نامیده می‌شود و با حرف A نشان داده می‌شود:

$$۱(\text{آمپر}) = ۱(\frac{\text{کولن}}{\text{ثانیه}})$$

$$۱(A) = ۱(\frac{C}{s})$$

شدت جریان مقدار بار عبوری واحد زمان را نشان می‌دهد.

آندره ماری آمپر
۱۷۷۵ تا ۱۸۳۶ میلادی

مثلاً روی شارژر موبایل من نوشته است $۶۰mA$ ، این یعنی در هر ثانیه ۶۰ میلی‌کولن بار الکتریکی از آن عبور می‌کند. یا پشت رادیوی من نوشته شده است $۰/۳A$ ، این یعنی در هر ثانیه ۰/۳ کولن بار الکتریکی از آن عبور می‌کند. مقدار جریان الکتریکی، در واقع میزان بار عبوری را نشان می‌دهد.
شبیه به این مفهوم در مورد جریان آب هم وجود دارد. مثلا می‌گوییم مقدار آبی که در هر ثانیه از شیر آب خانه خارج می‌شود ۰/۵ کیلوگرم یا ۰/۵ لیتر است. یعنی اگر شیر آب خانه را باز بگذاریم، در هر ثانیه ۰/۵ لیتر آب از آن خارج می‌شود. در این حالت می‌گوییم دبی آب عبوری از شیر ۰/۵ کیلوگرم بر ثانیه است. مفهوم جریان هم مشابه با این است. با این تفاوت که شدت جریان به ما می‌گوید چه مقدار بار الکتریکی در واحد زمان از مقطع مدار عبور می‌کند.

حرکت بار و جهت جریان الکتریکی

بیشترِ مدارهایی که می‌شناسیم، از فلزات ساخته شده‌اند. در فلزات که رسانا هستند، الکترون‌های آزاد وجود دارد. این بارهای آزاد می‌توانند حرکت کنند. در واقع، در حالت جامدِ مواد، اتم‌ها و مولکول‌ها در مکان خود (تقریبا) ثابت هستند و حداکثر می‌توانند در جای خود نوسان و ارتعاش کنند. بنابراین در حالت جامد، بارهای مثبت که همان پروتون‌های هسته‌اند، نمی‌توانند حرکت کنند و حرکت بار و جریان به خاطر حرکت بارهای منفی، یعنی الکترون‌ها است. با حرکت الکترون‌ها، به ویژه الکترون‌های آزاد است که در مدارهای الکترونیکی (سیم‌های رسانای فلزی) جریان برقرار می‌شود.
نکته عجیب در مورد جریان، جهت جریان الکتریکی است. به جریان الکتریکی در داخل مدار یک جهت نسبت می‌دهند. بنا بر قرارداد، جهت جریان همواره جهت حرکت بار مثبت است! یعنی با وجود این‌که در مدارهای جامد، بار منفی، یعنی الکترون‌ها حرکت می‌کنند، ولی جهت جریان، جهت حرکت بار مثبت یا به عبارت درست‌تر عکس جهت جریان الکترون‌ها قرار داده شده است. یعنی اگر بارهای منفی حرکت کنند، جهت جریان خلاف جهت حرکت بارهای منفی در نظر گرفته می‌شود. قرارداد است دیگر، به دل نگیرید! البته این قرارداد اتفاقاتی که می‌افتد یا محاسبات ما را تغییر نمی‌دهد. چرا که وقتی بارهای منفی به سمت چپ می‌روند، انگار بارهای مثبت به سمت راست رفته‌اند!

جهت جریان واقعی، در جهت حرکت الکترون‌ها و جهت جریان قراردادی خلاف جهت حرکت الکترون‌هاست.

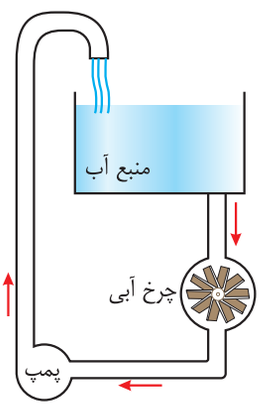
منبع‌های انرژی الکتریکی؛ باتری‌ها

باتری وسیله‌ای است که در آن شکلی از انرژی به انرژی پتانسیل الکتریکی تبدیل می‌شود.

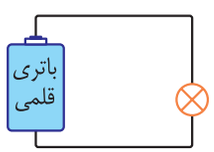
همان‌گونه که گفتیم، برای برقرار شدن جریان و حرکت، علاوه‌بر مسیر به یک منبع انرژی برای تأمین انرژیِ حرکت احتیاج است. یکی از منابع انرژیِ بسیار متداول برای مدارهای الکتریکی **باتری** است. حتما این باتری‌ها را دیده‌اید: باتری قلمی، باتری کتابی، باتری موبایل، باتری ماشین و باتری‌های مختلف دیگر مانند باتری خورشیدی.

باتری، چشمه‌ای از انرژی پتانسیل الکتریکی است. در باتری‌های مختلف، انواعی از صورت‌های انرژی به انرژی پتانسیلِ الکتریکی تبدیل می‌شوند. برای مثال در انواع باتری‌های خشک، انرژی پتانسیلِ شیمیایی به انرژی پتانسیل الکتریکی تبدیل می‌شود. در این باتری، یک سِری واکنش‌های شیمیایی اتفاق می‌افتد. در اثر این واکنش‌های شیمیایی، انرژی پتانسیل شیمیایی به انرژی پتانسیل الکتریکی تبدیل می‌شود. در باتری خورشیدی، انرژی تابشی خورشید، طی واکنش‌هایی به انرژی پتانسیل الکتریکی تبدیل می‌شود. پس باتری وسیله‌ای است که در آن شکلی از انرژی به انرژی پتانسیل الکتریکی تبدیل می‌شود. باتری، چشمه و منبع انرژی پتانسیل الکتریکی است. در باتری‌ها معمولا یک پایانه یا قطب مثبت (آنود) و یک پایانه یا قطب منفی (کاتود) وجود دارد.

در اثر واکنش‌ها، بار منفی (الکترون‌ها) بر روی پایانه منفیِ باتری جمع می‌شود. در این وضعیت، الکترون‌ها می‌خواهند از پایانه منفی به سر دیگر باتری بروند. یعنی در این حالت انرژی پتانسیل دارند و اگر شرایط لازم فراهم شود، الکترون‌هایی که در سرِ منفی باتری جمع شده‌اند، به سرِ مثبت باتری می‌روند. شرایط لازم، وجود مسیر رسانا بین دو سر باتری برای حرکت بار است. اگر دو سر باتری را با یک سیم رسانا به هم وصل کنیم، الکترون‌ها، از پایانه منفی، که در آن‌جا انرژی پتانسیل بیش‌تری دارند، به سمت پایانه مثبت، که در آن‌جا انرژی پتانسیل کم‌تری دارند، به حرکت درمی‌آیند. برای روشن شدن موضوع، این مثال را در نظر بگیرید:



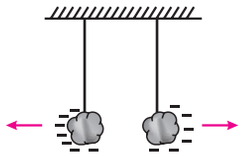
مانند طرح مقابل، فرض کنید آبِ داخل یک منبع از دریچه‌ای که در کف منبع قرار دارد پایین می‌ریزد تا یک چرخ (توربینِ) آبی را بچرخاند. یعنی در این‌جا، آب از ارتفاعی سقوط می‌کند و انرژی پتانسیل گرانشی آن باعث حرکت آب و در نتیجه چرخاندن توربین می‌شود. آب می‌خواهد از جایی که انرژی پتانسیل گرانشیِ بیش‌تری دارد، به سمت جایی که انرژی پتانسیل کم‌تری دارد حرکت کند. آب در داخل منبع، انرژی پتانسیل بیشتری دارد. پس از این‌که آب سقوط کرد و توربین را چرخاند، پُمپی (تلمبه‌ای) وجود دارد تا دوباره آب را به منبع برگرداند. یعنی تلمبه یا پمپ انرژی مصرف می‌کند تا دوباره آب را به منبع برگرداند. انرژی مصرفی توسط پمپ، به صورت انرژی پتانسیل گرانشی دوباره در آب ذخیره می‌شود. آب در منبع دارای انرژی پتانسیل است و این انرژی پتانسیل، انرژی لازم را برای حرکت آب و توربین فراهم می‌کند.



عملکرد باتری هم در مدار شبیه به پمپ است. جریان الکتریکی، تا حدودی شبیه به جریان آب مثال بالا است. پایانه یا سرِ منفی باتری (کاتود) نقشی شبیه به منبع آب دارد. الکترون‌هایی که در پایانه منفی هستند، انرژی پتانسیل دارند. البته انرژی پتانسیل الکتریکی نه گرانشی. این الکترون‌ها به خاطر داشتن انرژی پتانسیل الکتریکی حرکت می‌کنند. انرژی حرکت الکترون‌ها به خاطر همین انرژی پتانسیل الکتریکی است. الکترون‌ها هنگام حرکت در مدار ممکن است لامپی را روشن کنند یا یک رادیو را به کار بیندازند. لامپ و رادیو و ... در مدار، مانند چرخِ آبی (توربین) در مثال ما است که از انرژی پتانسیل استفاده می‌کنند.

بنابراین به طور خلاصه، باتری وسیله‌ای است که منبع و چشمه انرژی پتانسیل الکتریکی است و انرژی لازم را برای برقرار شدن جریان الکتریکی در مدار فراهم می‌کند.

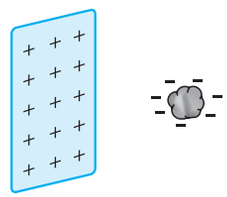
انرژی پتانسیل الکتریکی؛ اختلاف انرژی پتانسیل



اما منظور ما از انرژی پتانسیل الکتریکی چیست؟ با یک مثال ساده می‌توانیم با مفهوم انرژی پتانسیل الکتریکی آشنا شویم.

فرض کنید دو گلوله کوچک آلومینیومی (فویل آلومینیوم) را از سقف آویزان کرده و در کنار هم نگه داشته‌ایم. به هر دوی این گلوله‌ها بار الکتریکی منفی (الکترون) می‌دهیم. اگر دو گلوله آلومینیومی را رها کنیم، چه اتفاقی می‌افتد؟

درست است! در اثر نیروی دافعه، از هم دور می‌شوند. یعنی وقتی آن‌ها را به زور در کنار هم نگه داشته‌ایم، انرژی پتانسیل دارند. وقتی دو گلوله را رها می‌کنیم، انرژی پتانسیل الکتریکی آزاد می‌شود و به انرژی جنبشی دو گلوله تبدیل می‌شود.



یا فرض کنید که یک صفحه فلزی بزرگ دارای بار مثبت است و یک توپ کوچک را که بار منفی دارد، در فاصله کمی از صفحه نگه داشته‌ایم. در این وضعیت، این مجموعه انرژی پتانسیل الکتریکی دارد. این انرژی پتانسیل الکتریکی، نتیجه نیروی الکتریکی بین توپ و صفحه است. برای آزاد شدن این انرژی پتانسیل الکتریکی، کافی است توپ را رها کنیم. توپ به سمت صفحه حرکت می‌کند و انرژی پتانسیل الکتریکی به انرژی جنبشی تبدیل می‌شود. علت وجود انرژی پتانسیل الکتریکی، وجود نیروهای الکتریکی است (همان‌طور که علت وجود انرژی پتانسیل گرانشی، وجود نیروی جاذبه گرانشی است).

پتانسیل الکتریکی

شاید یکی از مفاهیم بسیار سخت در فیزیک همین مفهوم پتانسیل الکتریکی می باشد. درک آن شاید انتظار زیادی از دانش آموزان هم سن شما باشد؛ اما با توانمندی که از شما سراغ داریم، می‌دانیم که می‌توانید با تلاش این مفهوم را به‌خوبی بفهمید؛ اما اگر هم نتوانستید هیچ ایرادی ندارد.

واحد اندازه‌گیری انرژی پتانسیل الکتریکی همان ژول است، مانند بقیه شکل‌های انرژی. اما در الکتریسیته به جای استفاده از ژول، استفاده از واحد دیگری متداول است. این واحد **ولت** نام دارد.

یک ولت برابر است با یک ژول تقسیم بر یک کولن، یعنی:

$$۱\ (\text{ولت}) = ۱\ (\frac{\text{ژول}}{\text{کولن}})$$

یکای ولت را با V، یکای ژول را با J و یکای کولن را با C نشان می‌دهیم.

$$۱(V) = ۱(\frac{J}{C})$$

ولت یکای کمیت جدیدی است به نام **اختلاف پتانسیل**. این کمیت جدید به ما می‌گوید که مقدار انرژی پتانسیل به ازای یک واحد (یک کولن) بار الکتریکی چقدر است.

حتما اسم یکای اختلاف پتانسیل الکتریکی (ولت) را تاکنون بارها شنیده‌اید. مثلا باتری قلمی ۱/۵ ولت، برق شهر ۲۲۰ ولت یا باتری کتابی ۹ ولت است. در الکتریسیته بسیار متداول است که به جای استفاده از انرژی، از اختلاف پتانسیل استفاده کنند.

اختلاف پتانسیل چه چیزی را نشان می‌دهد؟

بگذارید با یک مثال این موضوع را بررسی کنیم. یک باتری قلمی معمولی را در نظر بگیرید. باتری قلمی ۱/۵ ولت است. معنای آن این است که اگر دو سر باتری را به هم وصل کنیم و یک کولن (یک واحد) بار الکتریکی از یک سر باتری به سر دیگر آن برود، ۱/۵ ژول انرژی پتانسیل الکتریکی آزاد می‌شود. یعنی اگر یک کولن (یک واحد) الکترون در پایانه منفی باتری باشد، نسبت به وقتی که به پایانه مثبت باتری بیاید، ۱/۵ ژول انرژی پتانسیل الکتریکی بیشتر دارد. طبیعی است، اگر بنا باشد درون باتری، دوباره الکترون‌ها از قطب مثبت به قطب منفی برگردند، باید همین مقدار انرژی را به آن‌ها پس بدهیم. بنابراین، معنای دیگر باتری ۱/۵ ولتی این است که ۱/۵ ژول انرژی شیمیایی در باتری مصرف می‌شود (به انرژی پتانسیل الکتریکی تبدیل می‌شود) تا یک واحد بارِ الکتریکی (یک کولن)، از قطب مثبت باتری به قطب منفی آن برگردد.

اختلاف پتانسیل بین دو نقطه نشان می‌دهد که انرژی پتانسیل الکتریکی یک کولن بار بین آن دو نقطه چقدر متفاوت است. واحد اختلاف پتانسیل (ولت) معادل یک ژول بر کولن است.

باتری ماشین، ۱۲ ولت است. این به معنای آن است که اگر یک واحد (یک کولن) بار الکتریکی، یعنی الکترون، از سرِ منفی باتری به سرِ مثبت باتری برود، ۱۲ ژول انرژی پتانسیل الکتریکی آزاد می‌شود. یعنی اختلاف انرژی پتانسیل الکتریکی بین دو سر باتری، به ازای یک واحد بار الکتریکی، ۱۲ ژول است. این به معنای آن است که وقتی یک واحد الکترون (یک کولن الکترون) در پایانه منفی است، انرژی پتانسیل آن ۱۲ ژول بیش‌تر از وقتی است که همین مقدار الکترون در پایانه مثبت باشد. بنابراین وقتی این مقدار الکترون از سرِ منفی باتری به سرِ مثبت باتری برود، ۱۲ ژول انرژی پتانسیل آزاد می‌شود؛ در این‌صورت می‌گوییم که باتری ۱۲ ژول بر کولن یا ۱۲ ولت است:

$$۱۲(\frac{J}{C}) = ۱۲(V)$$

پس فهمیدیم انرژی پتانسیل الکتریکی، با پتانسیل الکتریکی (و یا با اختلاف پتانسیل الکتریکی) تفاوت دارد. واحد انرژی پتانسیل الکتریکی ژول (J)، و واحد پتانسیل الکتریکی (اختلاف پتانسیل الکتریکی) ولت (V) است.

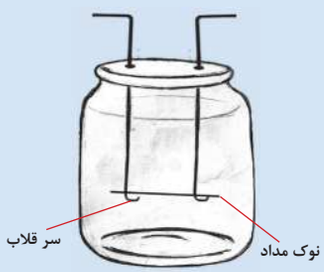
با آنچه از مفهوم انرژی پتانسیل الکتریکی و پتانسیل الکتریکی آموختی درستی این جمله را توضیح بده:

«اساساً عامل حرکت بارهای الکتریکی و ایجاد جریان الکتریکی اختلاف پتانسیل (اختلاف انرژی پتانسیل) است».

مقاومت الکتریکی

ساخت لامپ نوک مدادی

برای این آزمایش، یک منبع تغذیه (آداپتور) یا چند عدد باتری بزرگ، یک تکه مفتول فلزی، یک عدد شیشه مربای خالی با در پلاستیکی، مقداری سیم و چند عدد نوک مداد لازم داری. یک شیشه مربای خالی بردار و روی در پلاستیکی آن دو سوراخ بسیار ریز به فاصله حدود ۷-۶ سانتی‌متر بزن، به طوری که مفتول فلزی از آن‌ها به سختی عبور کند.



دو تکه مفتول فلزی با طول حدود ۱۰ سانتی‌متر بردار، یک سر هر کدام را به شکل یک قلاب در بیاور و سر دیگر آن را از سوراخ در شیشه مربا رد کن تا حدود نیمی از آن از در عبور کند. حالا قسمت بیرونی مفتول را یک خم ۹۰ درجه بزن.

بعد نوک مداد را روی قلاب‌ها بگذار و در ظرف مربا را به آرامی، اما محکم ببندد؛ به طوری که هوا نتواند وارد ظرف مربا شود. شاید اگر قبل از بستن در ظرف، آن را کمی گرم کنی بهتر باشد.

اگر آداپتور نداری، چند باتری بزرگ را به صورت سری پشت هم ببند. حالا چراغ اتاق را خاموش کن و سعی کن در تاریکی سر و ته آداپتور یا باتری‌ها را به دو انتهای مفتول‌های فلزی وصل کنی!

چه اتفاقی افتاد؟ (اگر به کمک باتری آزمایش می‌کنی و اتفاقی نیافتاد، تعداد باتری‌ها را زیادتر کن). اگر دوست داشتی می‌توانی از انجام آزمایش فیلمی تهیه کنی و برای ما هم ارسال کنی تا بر روی سایت موسسه به نام خودت قرار دهیم.

حتی بهترین فلزات رسانایی که می‌شناسیم، در برابر عبور جریان الکتریکی و در حقیقت در مقابل حرکت الکترون، مقاومت می‌کنند. یعنی در اطراف ما و بین موادی که می‌شناسیم، رسانای کامل و صد درصد وجود ندارد. در داخل ماده، حتی فلزات، در برابر عبور جریان الکتریکی، مقاومت وجود دارد. در آزمایشی که انجام دادید، عبور جریان از نوک مداد باعث داغ شدن آن و در نتیجه تابش نور شد. علت داغ شدن نوک مداد، مقاومتی است که ذرات کربن موجود در آن در برابر عبور جریان الکتریکی از خود نشان می‌دهند. البته مقدار و میزان مقاومت در برابر عبور جریان الکتریکی، به عوامل و کمیت‌های مختلفی بستگی دارد و برای همه مواد یکسان نیست.

درباره عوامل مختلفی که بر مقاومت الکتریکی یک رسانا در برابر عبور جریان موثر هستند، تحقیق کن و نتیجه را برای دوستانت در کلاس ارائه بده. سعی کن درباره هر عامل، توجیه و توضیح فیزیکی مناسبی پیدا کنی. اگر توانستی، با آزمایش کردن، اثر هرکدام از عوامل را در مقاومت الکتریکی مواد، به دوستانت نشان بده.

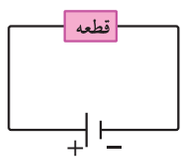
تعریف مقاومت الکتریکی و قانون اُهم

بنا بر تعریف، مقاومت الکتریکی یک قطعه را می‌توان این‌گونه به دست آورد:

دو سرِ قطعه‌ای را که می‌خواهیم مقاومت الکتریکی آن را تعیین کنیم، به یک باتری که اختلاف پتانسیل دو سر آن معلوم است و می‌دانیم وصل می‌کنیم. در نتیجه در این مدار جریانی برقرار می‌شود.

بنا بر تعریف، مقدار مقاومت الکتریکی برابر است با اختلاف پتانسیل تقسیم بر شدت جریانی که در مدار برقرار است، یعنی:

$$\text{مقاومت الکتریکی} = \frac{\text{اختلاف پتانسیل}}{\text{شدت جریان عبوری}}$$



مقاومت الکتریکی را با حرف R نمایش می‌دهیم:

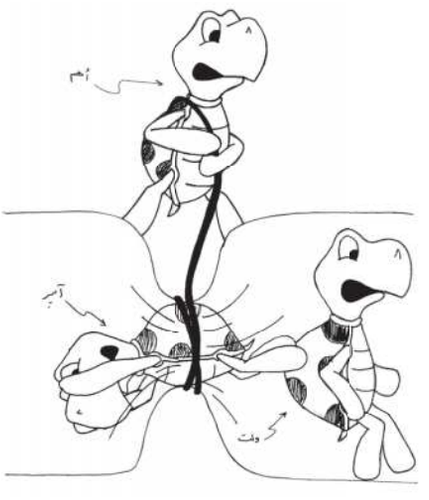
$$R = \frac{V}{I}$$

بنابراین تعریف، یکا و واحد مقاومت الکتریکی، ولت تقسیم بر آمپر است. به این واحد **اُهم** می‌گویند و آن را با علامت Ω نشان می‌دهند، پس:

$$۱(\text{اُهم}) = ۱(\frac{\text{ولت}}{\text{آمپر}})$$

$$۱(\Omega) = ۱(\frac{V}{A})$$

برای مثال، مقاومت الکتریکی یک لامپ کوچک تزئینی، ۷-۶ اُهم است. مقاومت الکتریکی لامپ‌های رشته‌ایِ معمولی نزدیک به ۵۰۰ اهم است. مقدار مقاومت الکتریکی آن زیاد است تا بتواند گرما و نور تولید کند. مقاومت الکتریکی یک کتری برقی معمولی، چیزی نزدیک به ۲۰ اُهم است و مقاومت الکتریکی گرم‌کن یک اتو برقی، نزدیک به ۴۰ اُهم است.



حالا این سؤال به وجود می‌آید که مگر مقدار جریانی که از قطعه رسانا می‌گذرد، به این بستگی ندارد که دو سر این قطعه را به چه باتری‌ای وصل کرده باشیم؟

اگر دو سر یک لامپ کوچک را به باتری ۱/۵ ولتی (باتری قلمی معمولی) وصل کنیم، اندازه جریانی که از آن عبور می‌کند نزدیک به ۰/۲۵ آمپر است. اگر دو سر همین لامپ کوچک را به یک باتری ۹ ولتی (باتری کتابی) وصل کنیم، اندازه جریانی که از آن عبور می‌کند، متفاوت می‌شود. در این حالت، جریانی که از آن عبور می‌کند نزدیک به یک آمپر است. یعنی مقدار جریانی که از این لامپ کوچک می‌گذرد به این بستگی دارد که آن را به باتریِ چند ولتی وصل کرده‌ایم.

مقدار جریانی که از هر قطعه‌ای از مدار می‌گذرد به این بستگی دارد که آن را به باتریِ چند ولتی وصل کرده‌ایم. یعنی به چه اختلاف پتانسیلی. اما نکته‌ای که وجود دارد این است که تقریباً در همه مواد نسبت اختلاف پتانسیل به شدت جریان، همیشه ثابت است.

برای مثال، برای لامپ کوچکی که در مورد آن حرف زدیم، نسبت اختلاف پتانسیل به شدت جریان در هر دو حالت برابر است:

$$\frac{\text{اختلاف پتانسیل}}{\text{شدت جریان}} = \frac{۱/۵ \text{ (ولت)}}{۰/۲۵ \text{ (آمپر)}} = \frac{۹ \text{ (ولت)}}{۱/۵ \text{ (آمپر)}}$$

این نسبت همان مقدار مقاومت الکتریکی لامپ است. یعنی درست است که برای موادِ مختلف، با تغییر باتری، شدت جریان عبوری هم تغییر می‌کند، اما نسبتِ اختلاف پتانسیل به شدت جریان ($\frac{\text{اختلاف پتانسیل}}{\text{شدت جریان}}$) ثابت است و تغییر نمی‌کند. این مقدار ثابت در واقع همان مقاومت الکتریکی قطعه است که ثابت است و تغییر نمی‌کند.

جرج سیمون اُهم
۱۷۸۹ تا ۱۸۵۴ میلادی

این ویژگی را که به آن **قانون اُهم** می‌گوییم، اولین بار «جرج سیمون اُهم»، دانشمند آلمانی کشف کرد و به همین مناسبت واحد مقاومت الکتریکی به نام او نام‌گذاری شده است. قانون اهم می‌گوید مقاومت الکتریکی یک قطعه، مقدار مشخص و ثابتی است که به ولتاژ باتری یا شدت جریان گذرنده از آن بستگی ندارد. بلکه به ویژگی‌های فیزیکی آن قطعه (مثل جنس و طول و ابعاد و ...) بستگی دارد.

مثال: اگر به دو سر یک جسم رسانا ولتاژ V ۲۰۰ اعمال شود، جریانی به میزان A ۰/۵ از آن عبور خواهد کرد. اگر ولتاژ را ۲۵ درصد کم کنیم، جریان گذرنده از دو سر جسم رسانا چقدر خواهد شد؟

پاسخ:

با توجه به رابطه قانون اهم، ابتدا می‌توانیم مقاومت الکتریکی جسم را به دست بیاوریم:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{۲۰۰}{۰/۵} = ۴۰۰\Omega$$

با توجه به این‌که تغییرات ولتاژ یا جریان بر میزان مقاومت تاثیری ندارد و مقاومت ثابت است، پس می‌توان $R = ۴۰۰\ \Omega$ را برای حالت دوم نیز بکار برد. در حالت دوم ولتاژ ۲۵ درصد کم شده است، پس به ۷۵ درصد مقدار اولیه خود رسیده است.

$$V' = \frac{۷۵}{۱۰۰}V = \frac{۷۵}{۱۰۰} \times ۲۰۰ = ۱۵۰V$$

$$R = \frac{V'}{I'} \Rightarrow ۴۰۰ = \frac{۱۵۰}{I'} \Rightarrow I' = \frac{۳}{۸}A$$

قانون اهم می‌گوید که در یک مدار معلوم نیست اختلاف پتانسیل به شدت جریان عددی ثابت است که این عدد ثابت معادل مقاومت الکتریکی مدار است.

جمع‌بندی کن.

بارهای الکتریکی و خواص آن

۱. بارهای الکتریکی دو نوع هستند که به آن بار ..... و ..... می‌گوییم.

۲. بارهای هم‌نام همدیگر را ..... و بارهای ناهم‌نام همدیگر را ..... می‌کنند.

۳. منشاء بار الکتریکی در مواد، ذرات سازنده آن‌ها است که خواص الکتریکی از خود نشان می‌دهند. ..... دور هسته در گردشند و بار ..... دارند، ..... در هسته اتم قرار دارند و بار ..... دارند. نوترون‌ها نیز که از لحاظ بار الکتریکی ..... هستند، در هسته و در کنار ..... قرار دارند.

۴. واحد اندازه‌گیری بار الکتریکی ..... است. تقریبا بار الکتریکی $۱۰^{۱۸} \times ۶/۲۵$ عدد الکترون به اندازه یک واحد بار الکتریکی است.

۵. الکترون‌ها از لحاظ (جرم - بار الکتریکی) با (پروتون‌ها - نوترون‌ها) برابرند.

۶. اجسام به علت جابه‌جا شدن (الکترون‌ها- پروتون‌ها- نوترون‌ها) یشان دارای بار الکتریکی می‌شوند.

۷. حرکت بار الکتریکی (تنها از مواد رسانا- تقریبا از همه مواد) امکان‌پذیر است. با این وجود، به موادی که حرکت بارهای الکتریکی از آن‌ها راحت‌تر اتفاق می‌افتد مواد رسانا می‌گوییم. رسانا بودن در موادی مانند فلزات، به علت وجود (اتم‌های آزاد- الکترون‌های آزاد) است.

روش‌های باردار کردن اجسام و ویژگی‌های آن

۱. روش‌های مختلفی برای باردار کردن مواد وجود دارد که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از: ..... و ..... و .....

۲. در مالش دو جسم مختلف به هم، جسمی که تمایل به جذب الکترون دارد، الکترون جسم دیگر را جدا می‌کند و در کل دارای بار ..... می‌شود.

۳. مقدار بار دو جسم پس از مالش ..... است و نیروی بین دو جسم ..... است.

۴. روش‌های ..... و .....، روش‌های مناسب‌تری برای باردار کردن مواد (رسانا ـ نارسانا) و روش ..... روش بهتری برای باردار کردن مواد (رسانا ـ نارسانا) است.

۵. تخلیه الکتریکی روش دیگری برای انتقال بار الکتریکی و باردار کردن اجسام است. مثال طبیعی تخلیه الکتریکی ..... است.

۶. به کمک مالش می‌توان مواد (رسانا- نارسانا- همه مواد) را باردار کرد.

۷. با روش (تماس- مالش- القا) می‌توان مواد را از راه دور باردار کرد.

۸. قطبیده شدن، در واقع به (جدا شدن بارهای مثبت و منفی درون جسم-خروج بارهای منفی از داخل جسم) گفته می‌شود.

۹. وقتی یک جسم خنثی را از روش تماس باردار می‌کنیم، علامت بار دو جسم پس از آن (موافق- مخالف) است و نیروی بین آن‌ها پس از تماس (دافعه- جاذبه) است.

الکتروسکوپ

۱. الکتروسکوپ کاربردهای مختلفی دارد که عبارتند از:

۱- ..... ۲- .....

۳- ..... ۴- .....

۲. در الکتروسکوپ از خاصیت (دافعه بارهای هم‌نام – جاذبه بارهای ناهم‌نام) استفاده می‌شود.

۳. اگر جسم بارداری را به کلاهک الکتروسکوپ بدون بار نزدیک کنیم، عقربه‌های آن (از هم دور - به هم نزدیک) می‌شود.

۴. اگر جسم بارداری با بار موافق را به کلاهک الکتروسکوپ باردار نزدیک کنیم، عقربه‌های آن (از هم دور - به هم نزدیک- ابتدا به هم نزدیک و سپس از هم دور- ابتدا از هم دور و سپس به هم نزدیک) می‌شود.

۵. اگر جسم بارداری با بار مخالف را به کلاهک الکتروسکوپ باردار نزدیک کنیم، عقربه‌های آن (از هم دور- به هم نزدیک - ابتدا به هم نزدیک و سپس از هم دور- ابتدا از هم دور و سپس به هم نزدیک) می‌شود.

مدار، قانون اهم

۱. طبق تعریف، شدت جریان الکتریکی ..... است و واحد آن ..... است که معادل ..... بر ..... است.

۲. هر باتری منبع تامین انرژی مدار است. در باتری انرژی ..... به انرژی ..... تبدیل می‌شود. در مدار انرژی ..... به صورت‌های دیگر انرژی نظیر ..... و ..... تبدیل می‌شود.

۳. وقتی می‌گوییم بین دو نقطه از مدار یا دو سر باتری ۱/۵ ولت اختلاف پتانسیل وجود دارد، یعنی وقتی یک کولن بار بین آن دو نقطه حرکت کند ..... ژول انرژی پتانسیل الکتریکی آن کم می‌شود و به صورت‌های دیگر انرژی تبدیل می‌شود.

۴. واحد اختلاف پتانسیل بار الکتریکی ..... است و معادل ..... بر ..... است.

۵. همواره هر قطعه رسانائی در برابر عبور جریان از خود مقاومت نشان می‌دهد. واحد مقاومت الکتریکی ..... است که با نماد ..... نشان داده می‌شود.

۶. در هر مدار نسبت اختلاف پتانسیل به شدت جریان گذرنده عددی ثابت است که معادل ..... در مدار است.

۷. قانون اهم ارتباط میان سه پارامتر ..... ، ..... و ..... را اینگونه بیان می‌کند: .....

۸. جهت واقعی جریان (در جهت حرکت- خلاف جهت حرکت) الکترون و جهت قراردادی جریان (در جهت حرکت- خلاف جهت حرکت) الکترون است.

۹. درون مدار (بارهای منفی، بارهای مثبت) از (قطب مثبت - قطب منفی) به سمت (قطب مثبت - قطب منفی) حرکت می‌کند.

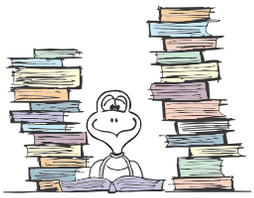
۱۰. درون باتری (بارهای منفی، بارهای مثبت) از (قطب مثبت - قطب منفی) به سمت (قطب مثبت - قطب منفی) حرکت می‌کند.

۱۱. عامل شارش بارهای الکتریکی (اختلاف پتانسیل‌الکتریکی - اختلاف مقدار بار) است.

۱۲. برای اندازه‌گیری شدت جریان در مدار از (آمپرسنج - ولت سنج) استفاده می‌شود که در مدار به‌صورت (موازی - سری) بسته می‌شود و دارای مقاومت الکتریکی (بسیار زیاد - بسیار کم) است.

۱۳. برای اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل یک قطعه یا دو نقطه از مدار از (آمپرسنج - ولت سنج) استفاده می‌شود. این وسیله که با قطعه مورد نظر به‌صورت (موازی - سری) بسته می‌شود، دارای مقاومت الکتریکی (بسیار زیاد - بسیار کم) است.

لغت‌نامه



ترجمه	واژه علمی	ترجمه	واژه علمی
اتوفون گریکه	*Otto von Guericke*	رسانا	*Conductive*
اختلاف پتانسیل	*Potential difference*	رعد و برق	*Thunder and lightning*
استیون گری	*Stephen gray*	سری	*Series*
القا	*Induction*	صاعقه	*Thunderbolt*
الکتروسکوپ	*Electroscope*	فرانسوا دوفه	*Francois du fay*
الکترون آزاد	*Free electron*	قانون اهم	*Ohm law*
الکتریسیته ساکن	*Static electricity*	قطبیده شدن	*Polarization*
انرژی پتانسیل الکتریکی	*Electric potential energy*	کولن	*Cullen*
آمپر	*Ampere*	ماشین اصطکاک	*Friction Machine*
آمپرسنج	*Ammeter*	مالش	*Friction*
بار الکتریکی	*Electric charge*	مدار الکتریکی	*Electrical circuit*
برق‌گیر	*Lightning arrester*	مقاومت	*Resistor*
بنجامین فرانکلین	*Benjamin Franklin*	موازی	*Parallel*
تالس	*Thales*	موتور الکترواستاتیک	*Electrostatic motor*
تخلیه الکتریکی	*Electric discharge*	مولد (باتری)	*Battery*
تماس	*Contact*	نارسانا	*Nonconductor*
جاذبه الکتریکی	*Electrical attraction*	واندوگراف	*Van de graaff*
جریان الکتریکی	*Electrical current*	ولتاژ	*Voltage*
دافعه الکتریکی	*Electrical repulsion*	ولت‌سنج	*Voltmeter*

شهر فرنگ

سایت *Phet* سایتی بسیار کامل از شبیه‌سازی‌های گوناگون و در زمینه‌های مختلف علوم است. هر کدام از شبیه‌سازی‌های موجود در سایت قوانینی از علم را هدف قرار داده است و در بسیاری از شبیه‌سازی‌ها به کاربر این قابلیت را می‌دهد که با تغییر دادن شرایط، تاثیرات و تغییرات را خودش تجربه و لمس کند و این امکان را می‌دهد که قوانین را خودش کشف کند. این سایت زبان فارسی را نیز پشتیبانی می‌کند و امکان استفاده راحت‌تر و بهتر را ایجاد می‌نماید.

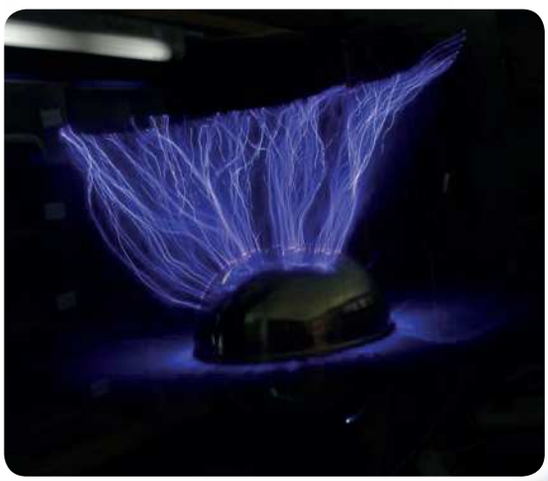
https://phet.colorado.edu/

پیشنهاد بازدید

پارک فن‌آموز محلی علمی ـ تفریحی است که در آن وسایل علمی بسیار جالبی وجود دارد که با نمایش هیجان‌انگیز و جذاب، قوانین علمی را نشان می‌دهد. پارک فن‌آموز که به همت یکی از فارغ‌التحصیلان قدیمی مجموعه سمپاد دایر شده است، در بسیاری از شهرها مانند اصفهان، اهواز، تهران، سمنان، زنجان، شیراز، شاهرود، فردوس، قم، کرج، کرمانشاه، مشهد، یاسوج و یزد شعبه دارد.

این مکان علمی قابلیت بازدید به همراه مدرسه، خانواده و یا بازدید انفرادی و گروهی با دوستان را دارد. بازدید از پارک فن‌آموز به همه علاقه‌مندان به فیزیک توصیه می‌شود. اطلاعات بیشتر از این مکان را می‌توانید از سایت آن بیابید.

www.fanamouz.ir



تمرین‌ها

بار الکتریکی و خواص آن

۱. درست یا نادرست بودن هر کدام از جملات زیر را تعیین کنید.

الف) مواد نارسانا هرگز بار الکتریکی را از خود عبور نمی‌دهند.

ب) هرقدر فاصله بارهای الکتریکی از هم بیشتر باشد، به هم نیروی کمتری وارد می‌کنند.

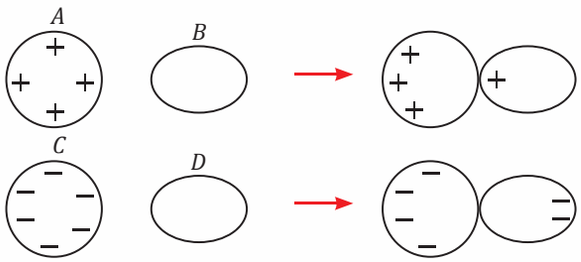
پ) باردار شدن مواد به دلیل حرکت پروتون‌ها و جابه‌جایی آن میان اجسام اتفاق می‌افتد.

ت) وقتی جسمی بار مثبت پیدا کرد، تعداد الکترون‌های آن از پروتون‌هایش بیشتر شده است.

۲. در جدول زیر کلمات مناسب در دو ستون را به هم وصل کنید.

رسانا	نوترون
دافعه	دریای الکترون آزاد
ذره بدون بار	بارهای همنام
ماشین اصطکاک	بارهای ناهمنام
	پروتون
	مالش

۳. شکل مقابل نشان می‌دهد که جسم A یک جسم (رسانا ـ نارسانا) و جسم B یک جسم (رسانا ـ نارسانا) است و جسم C یک جسم (رسانا ـ نارسانا) و جسم D یک جسم (رسانا ـ نارسانا) است.



۴. چرا آزمایش‌های الکتریسیته ساکن در هوای مرطوب (مثلاً در شهرهای مرطوب یا روزهای بارانی و یا اتاقی که در آن کولر آبی روشن باشد) به خوبی جواب نمی‌دهد؟

۵. علت صحیح بودن جمله زیر کدام است؟ «وقتی پارچه ابریشمی را به میله شیشه‌ای می‌کشیم، میله دارای بار مثبت و پارچه دارای بار منفی می‌شود.»

الف) تعدادی از پروتون‌های پارچه جدا شده و به روی شیشه می‌نشینند.

ب) تعدادی از الکترون‌های شیشه جدا شده و به روی پارچه می‌نشینند.

پ) تعدادی از الکترون‌های شیشه در اثر اصطکاک تبدیل به گرما می‌شوند.

۶. اگر بخواهیم یک ماده رسانا را باردار کنیم، باید چه چیزی را رعایت کنیم تا بار در آن باقی بماند؟

۷. سه جسم ۱ و ۲ و ۳ وجود دارد. جسم ۱، جسم ۲ را جذب و جسم ۳ را دفع می‌کند. جسم ۲ به جسم ۳ چه نیرویی وارد می‌کند؟

۸. جسمی با مالش دارای بار مثبت شده است. در این صورت آیا در این جسم بار منفی هم وجود دارد؟

۹. متوجه شدیم که آقای دوفه با آزمایش و مشاهده رفتارهایی به‌وجود دو نوع سیال الکتریکی (صمغی و شیشه‌ای) پی برد. به‌نظر شما مشاهده کدام‌یک از خاصیت‌های زیر موجب می‌شد تا دوفه دسته دیگری از مواد را علاوه بر دوتای قبلی معرفی کند؟ (یعنی این رفتار توسط دو گروه قبلی مشاهده نشده بود؟)

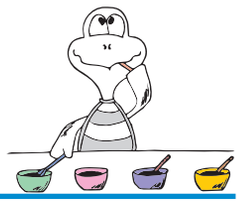
الف) پیدا کردن ماده‌ای که بدون مالش، توسط مواد هر دو گروه قبلی که آن‌ها را مالش داده‌ایم جذب شوند.

ب) پیدا کردن ماده‌ای که بدون مالش، توسط مواد هر دو گروه قبلی که آن‌ها را مالش داده‌ایم دفع شوند.

پ) پیدا کردن ماده‌ای که اگر آن را مالش دهیم، توسط مواد هر دو گروه قبلی که آن‌ها را مالش داده‌ایم جذب شود.

ت) پیدا کردن ماده‌ای که اگر آن را مالش دهیم، توسط مواد هر دو گروه قبلی که آن‌ها را مالش داده‌ایم دفع شود.

ث) پیدا کردن ماده‌ای که بدون مالش هیچ نیرویی از جانب مواد دو گروه قبلی که آن‌ها را مالش داده‌ایم به آن‌ها وارد نشود.



پرسش‌های چهارگزینه‌ای

بار الکتریکی و خواص آن

۱. در صورت مشاهده کدام نتیجه از گزاره‌های زیر در آزمایش‌ها، می‌توان فرضیه وجود بار الکتریکی نوع سومی (غیر از منفی و مثبت) را مطرح نمود؟

۱) پیدا کردن جسمی که هر دو نوع بار قبلی (مثبت و منفی) را به سمت خود جذب کند.

۲) پیدا کردن جسمی که هر دو نوع بار قبلی (مثبت و منفی) را از خود دفع کند.

۳) پیدا کردن جسمی که یک جسم خنثی را به خود جذب کند.

۴) پیدا کردن جسمی که به یک جسم خنثی نیرویی وارد نکند.

۲. در هر یک از شکل‌های زیر، سه بار الکتریکی در یک خط قرار دارند و فقط می‌توانند در راستای خطی که روی آن قرار دارند جابه‌جا شوند. در کدام‌یک، بار وسط، تعادل ندارد؟

۱) ⊕ ⊖ ⊕ ۲) ⊖ ⊕ ⊖ ۳) ⊕ ⊕ ⊕ ۴) ⊖ ⊖ ⊕

۳. وقتی جسمی دارای بارمثبت است:

۱) بارهای منفی بیشتری نسبت به بارهای مثبت‌اش دارد. ۲) بارهای مثبت بیشتری نسبت به بارهای منفی دارد.

۳) تمام بارهای منفی آن از جسم خارج شده است. ۴) تمام بارهای مثبت آن از جسم خارج شده است.

۴. دو جسم دارای بارهای هم‌علامت اما نامساوی در کنار یک‌دیگر قرار گرفته‌اند. نیروی دافعه‌ای که به هر یک وارد می‌شود چگونه است؟

۱) به جسم با بار کمتر نیروی کمتری وارد می‌شود. ۲) به جسم با بار بیش‌تر نیروی کمتری وارد می‌شود.

۳) نیروی وارده به هر دو جسم برابر است. ۴) بستگی به جرم دو جسم دارد.

۵. کره‌هایی داریم که بر روی هر دو، بارهایی به صورت یکنواخت و همگن در سطح آن‌ها ریخته‌ایم. اگر یکی از این کره‌ها رسانا و دیگری نارسانا باشد و بار درون کره‌ها را تنها با علامت * نمایش دهیم، کدام شکل نتیجه نزدیک کردن دو کره به هم خواهد بود؟ (هر دو بار مثبت یا بار منفی را با * نمایش می‌دهیم) (علامه‌حلی ۹۳-۹۲)

۱) ⊛ ⊛ ۲) ⊛ ⊛ ۳) ⊛ ⊛ ۴) ⊛ ⊛ → ? ?

۶. دو کره کاملا مشابه نارسانا که دارای پایه عایق هستند دارای مقدار بار مساوی می‌باشند که بطور یکنواخت در سطح آن‌ها توزیع شده است. این دو کره در فاصله معینی از هم به هم نیروی F را وارد می‌کنند. اگر دو کره دقیقا با شرایطی مشابه این دو کره (بار یکسان، اندازه یکسان، پایه عایق) و تنها این تفاوت که رسانا هستند داشته باشیم، در همان فاصله قبل چه نیرویی به هم وارد می‌کنند؟

۱) F ۲) بیشتر از F

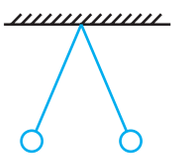
۳) کمتر از F ۴) بسته به همنام یا ناهمنام بودن بار کره‌ها، گزینه های ۲ یا ۳ می‌تواند درست باشد.

۷. این که دو نوع بار الکتریکی وجود دارد: (پیشرفت تحصیلی سمپاد ۹۵-۹۴)

۱) از آزمایش‌های الکتریسیته نتیجه‌گیری شده است. ۲) یک اصل در علم الکتریسیته است.

۳) قانونی است که پس از کشف ساختار اتم به آن رسیده‌اند. ۴) از دوتایی بودن تمام طبیعت نتیجه‌گیری شده است.

۸. دو توپ آلومینیومی کوچک باردار به کمک نخ به نقطه‌ای بسته شده‌اند و با زاویه‌های یکسان به شکل زیر ایستاده‌اند. راجع به این دو توپ کدام جمله قطعاً صحیح است؟



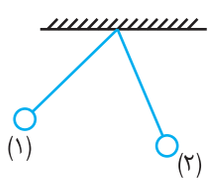
۱) وزن دو توپ برابر و علامت بار آن‌ها یکسان است.

۲) مقدار بار الکتریکی توپ‌ها، وزن آن‌ها و علامت بارشان یکسان است.

۳) علامت بار توپ‌ها یکسان و مقدار بار آن‌ها برابر است.

۴) وزن توپ‌ها و مقدار بارشان برابر است.

۹. در سوال قبل، اگر زاویه هر یک از نخ‌ها با راستای قائم برابر نباشد (مانند شکل)، کدام گزینه صحیح است؟



۱) وزن دو توپ برابر و علامت بار آن‌ها یکسان است.

۲) مقدار بار الکتریکی توپ‌ها برابر، وزن آن‌ها نابرابر و علامت بارشان یکسان است.

۳) علامت بار توپ‌ها یکسان و مقدار بار آن‌ها نابرابر است.

۴) وزن توپ‌ها نابرابر و علامت بارشان یکسان است.

تصحیح کن: همان‌طور که در صفحه ۴ کتاب توضیح داده شده آزمون زیر را باید تصحیح کنی و نمره بدهی!!

پایه: هشتم
تاریخ آزمون:
نام و نام‌خانوادگی: مهدی مهدوی

بسمه تعالی
مبحث آزمون: الکتریسیته
نام دبیر: استادگرامی جناب آقای عابدی

مدت آزمون: ۴۰ دقیقه
بارم آزمون: ۱۵ نمره
صفحه ۱

بارم

۱. درست و نادرست بودن جملات زیر را مشخص کنید. دلیل نادرست بودن جملات را نیز بنویسید. — ۲/۵ نمره

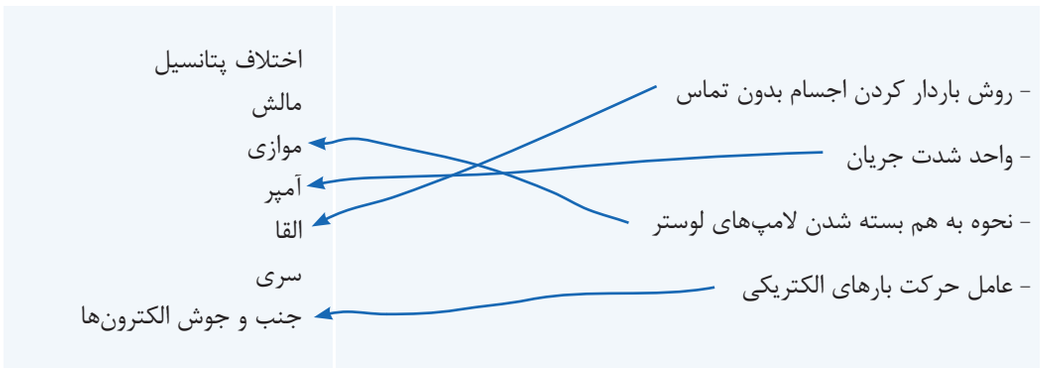
الف) اگر جسمی دارای بار خالص منفی باشد، در آن هیچ بار مثبتی وجود ندارد. درست

ب) علت باردار شدن اجسام در مالش به یکدیگر، تفاوت میزان الکترونخواهی آن‌هاست. درست

ج) اگر یک کره فلزی باردار را به کره فلزی بدون بار تماس دهیم در نهایت کره‌ای که کوچکتر است بار بیشتری خواهد داشت و بار دو کره همنام خواهد بود. نادرست است. کره بزرگ‌تر بار بیشتری خواهد داشت. زیرا بارها دوست دارند تا آن‌جا که می‌شود از هم دور شوند. بنابراین روی کره بزرگ‌تر بار بیشتری می‌تواند جمع شود.

د) علت آنکه شانه باردار خرده‌های کاغذ را جذب می‌کند، پدیده تخلیه الکتریکی است. درست

۲. کلمات مناسب را به جملات مناسب آن‌ها متصل کنید . (۲ مورد اضافه است) — ۲ نمره



۳. جاهای خالی را با کلمات مناسب پر کنید. — ۲/۵ نمره

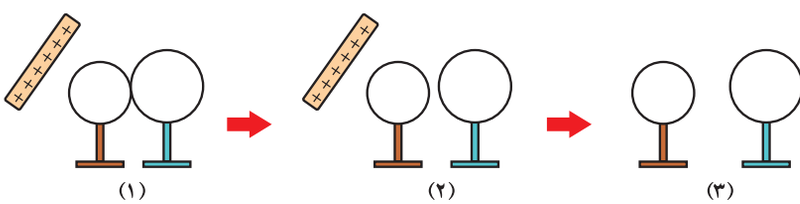
الف) قانون اهم به ما می‌گوید هرچه ولتاژ در مداری بیشتر باشد مقاومت در آن مدار بیشتر است.

ب) الکتروسکوپ براساس دافعه بارهای ناهنام کار می‌کند.

ج) مثال طبیعی از تخلیه الکتریکی آذرخش است.

د) در یک مدار ساده که متشکل از یک لامپ و یک باتری است، شدت جریان در نقطه‌ای قبل از لامپ مساوی با نقطه‌ای بعد از لامپ است.

۴. بعد از مراحل نشان داده شده، علامت بار هر کره چیست و مقدار آن‌ها را با هم مقایسه کنید (کره‌ها در ابتدا خنثی هستند) — ۲ نمره



بار کره کوچک منفی است و بار کره بزرگ‌تر مثبت است و بار کره بزرگ‌تر بیشتر است.