مجموعه کتاب‌های علامه حلی

علوم هشتم

بخش فیزیک

ویژهٔ استعدادهای درخشان

سیدحسین حنیفی، سیدیحیی طباطبایی

سیدمحمد هاشمی‌نسب، مهدی قهرمانی

شناسنامه کتاب

عنوان و نام پدیدآور	:	علوم هشتم، بخش فیزیک، ویژه استعدادهای درخشان
مشخصات نشر	:	تهران: انتشارات حلی، ۱۳۹۴
مشخصات ظاهری	:	۲۹×۲۲ س م. ۱: مصور (رنگی)، جدول (رنگی)، نمودار (رنگی)؛ ص ۱۷۶
فروست	:	مجموعه کتاب علامه‌حلی
شابک	:	978-600-7755-22-8
وضعیت فهرست نویسی	:	فیپای مختصر
یادداشت	:	فهرست‌نویسی کامل این اثر در نشانی *http://opac.nlai.ir* : قابل دسترسی است
یادداشت	:	پدیدآورندگان: سید حسین حنیفی یزدی، سید محمد هاشمی نسب، سید یحیی طباطبایی ، مهدی قهرمانی
یادداشت	:	واژه‌نامه
شناسه افزوده	:	حنیفی‌یزدی، سیدحسین، ۱۳۶۰
شماره کتابشناسی ملی	:	۳۹۵۲۹۷۲

علامه حلی

عنوان کتاب	علوم هشتم، بخش فیزیک، ویژه استعدادهای درخشان
ناشر	انتشارات حلی
مؤلفان	سیدحسین حنیفی‌یزدی، سیدمحمد هاشمی‌نسب، سیدیحیی طباطبایی، مهدی قهرمانی.
مسئول هماهنگی	شیوا دلوچی
صفحه‌آرا	راضیه فرهانیان
طراح جلد	الهه شرفی
حروف‌نگار	آزاده مهری
نمونه‌خوان	هانیه یوسفی
تصویرسازان	محمدحسین صفدریان، محمدحسن فاضلی
سال چاپ	۱۳۹۵
نوبت چاپ	سوم
شمارگان	۶۰۰۰ جلد
قیمت	۲۰۹۰۰ تومان
شماره شابک	۹۷۸-۶۰۰-۷۷۵۵-۲۲-۸

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 تمام یا قسمتی از اثر را به صورت چاپ، فتوکپی و جزوه ندارد.

متخلفان به موجب بند ۵ از ماده ۲ قانون حمایت از ناشران تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرد.

فهرست مطالب

فصل ۱ الکتریسیته

درسنامه ۷

تمرین ۵۱

پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۵۷

فصل ۲ مغناطیس

درسنامه ۶۳

تمرین ۸۵

پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۸۹

فصل ۳ نور و ویژگی‌های آن

درسنامه ۹۱

تمرین ۱۳۱

پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۱۳۷

فصل ۴ شکست نور

درسنامه ۱۴۱

تمرین ۱۶۷

پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۱۷۰

پاسخ‌ها ۱۷۵

پیشگفتار

به نام خدا

چند سال پیش، تعدادی از معلمان با دغدغه «آموزش استعدادهای درخشان» ، دورهم جمع شدند و موسسه علامه حلی را تأسیس کردند. این معلم‌ها ـ که خودشان از دانش‌آموختگان مدارس استعدادهای درخشان شهر تهران می‌باشند ـ سال‌ها در مدارس سمپاد (سازمان ملی پرورش استعدادهای درخشان)، به دنبال پیاده‌سازی روش‌های جدید و مؤثر آموزش بوده‌اند و درنهایت تصمیم گرفتند تا نتیجه این تجربیات را در موسسه علامه‌حلی در اختیار دیگر فعالان در عرصه آموزش بگذارند.

مجموعه کتاب‌های انتشارات علامه‌حلی، یکی از محصولات این تلاش جمعی است. در این کتاب‌ها تلاش شده است تا علاوه‌بر تأمین محتوای مناسب برای دانش‌آموزان برتر کشور، روش‌های جدیدتر و مؤثرتر آموزشی هم در انتقال این محتوا به کار گرفته شده و پیاده‌سازی شود. در پس این کتاب‌ها، ساعت‌ها کار فکری برای انتخاب ساختار و شیوه تدوین صرف شده است. فعال کردن دانش‌آموز در روند آموزش و ارجاع او به انجام مشاهدات، فعالیت‌ها و آزمایش‌های مناسب برای انتقال مفاهیم آموزشی و همچنین ترغیب دانش‌آموز برای مراجعه به منابع گسترده‌تر چون سایت‌های علمی اینترنتی و نرم‌افزارهای آموزشی، از ویژگی‌های این سیستم آموزشی است. علاوه‌بر این برای کمک به فرایند تدریس معلمین عزیز، محصولات جانبی چون متن راهنمای تدریس کتاب، محتوای الکترونیک و ... در کنار هر کتاب تولید شده است.

مجموعه کتاب‌های علامه‌حلی، با همکاری جمع زیادی از مؤلفین و معلمان باتجربه مدارس سمپاد ـ که به‌دقت انتخاب شده‌اند ـ تألیف و ویرایش گردیده است؛ اما آرزوی ما در این مؤسسه این است که از حضور تمامی معلمان دلسوز و باتجربه مدارس سمپاد و دیگر مراکز آموزشی برتر کشور عزیزمان، در تألیف کتاب‌ها و دیگر محصولات آموزشی، بهره ببریم؛ بنابراین از شما دبیران عزیز خواهشمندیم تجربه‌های خود را در زمینه استفاده از این کتاب و آموزش آن در کلاس، برای ما به آدرس الکترونیک: *book@mhelli.ir* ارسال فرمایید تا ما در چاپ‌های بعدی کتاب، از تجربیات، نظرات و حتی تصاویر ارسالی شما در انجام آزمایش‌ها، فعالیت‌ها، بازدیدها و ... در کتاب ـ و البته با ذکر نام ارسال‌کننده ـ استفاده کنیم. البته دانش‌آموزان خوب و پرتلاش هم می‌توانند در این کار همکاری کنند و با معلمین خود در اجرای این طرح همراه شوند.

عابدی جعفری

مدیر انتشارات علامه حلی

مقدمهٔ مؤلفان

فیزیک دانشی است که از دوران کودکی با انسان همراه است. چراجویی‌ها و حس کنجکاوی، از دوران طفولیت ذهن همهٔ انسان‌ها را درگیر می‌کند. شهود و درک فیزیکی پدیده‌ها ـ اگر قرار به شکل‌گرفتن در ذهن باشد ـ در سنین کم باید اتفاق بیافتد. کنجکاوی دوران نوجوانی، بستر مناسبی است تا درک فیزیکی پدیده‌ها بر آن استوار گردد. دانش‌آموز در سنین کم، هنوز در مشاهدهٔ پدیده‌های پیرامون خود، دچار عادت و روزمرگی نشده است. هنوز چرخ خوردن یک برگ در هوا برای او شگفت‌انگیز است، از سوت کشیدن یک زودپز به هیجان می‌آید و علت هیاهوی لیوانی که آن را در کنار گوش خود نگه داشته است، برایش سؤال است. این کنجکاوی و هیجان، برای درک مبانی و به وجود آمدن دید شهودی در فیزیک، بسیار حائز اهمیت است.

متاسفانه کنجکاوی و شور و هیجان دوران نوجوانی در برخورد با پدیده‌ها، با برخورد نادرست و غیرمطابق با طبع کنجکاو و فعال دانش‌آموزان و با ارائهٔ فرمول‌های خشک و بی‌روح و مطالبی که در جایی که نباید، مطرح می‌شود، کشته می‌شود. اغلب با دانش‌آموزانی مواجه می‌شویم که در مفاهیم اولیهٔ فیزیک ضعف دارند، اما دایره‌المعارف بزرگی از روابط و فرمول‌های ریاضی و فیزیکی‌اند. بیان علت یک پدیده با یک رابطهٔ ریاضی، برخلاف شور و هیجان و نشاط دورهٔ نوجوانی و برخلاف ارادهٔ ما مبنی بر درک مفهومی این علم است.

***

این کتاب سرفصل‌ها و موضوعات درسی کتاب علوم هشتم آموزش و پرورش و تکمیلی سمپاد در بخش فیزیک را به طور کامل پوشش می‌دهد. علاوه بر آن، کتاب گاهی شامل موضوعاتی فراتر از کتاب درسی آموزش و پرورش است تا شکاف‌های آموزشی، کاستی‌ها و خلأهای دانشی که به نظر مؤلفین در کتاب‌های درسی وجود دارد، از میان بردارد. سعی بر آن بوده است که تا حد ممکن از بیان روابط ریاضی پرهیز شود و تا جایی که ممکن است، درک و شهود دانش‌آموزان مد نظر قرار گیرد.

متنی روان و مفصل، مثال‌های واقعی متعدد، بیان تاریخ علم به گویش‌های مختلف، تمرین‌های مفهومی گوناگون، فعالیت‌ها و آزمایش‌های جذاب و متنوع و... ویژگی‌های خاص کتاب موجود است که سعی دارد طبع مسموم آموزش کشور را که انبوه کتاب‌های کمک درسی بازاری ایجاد کرده‌اند، تغییر دهد و با سطحی‌نگری و حفظ کردن صرفِ الفاظ مقابله نماید.

***

این کتاب را به کلیهٔ دبیران گرامی و دانش‌آموزان کنجکاو و مشتاقان علم فیزیک تقدیم می‌نماییم. بر این امید هستیم که در سیل کتاب‌های کمک درسی موجود در بازار ـ که متاسفانه نقش مسکّن موقت در آموزش فیزیک را ایفا می‌کنند- کتاب حاضر راه خود را پیدا کرده و خدمتی هر چند کوچک به آموزش نوجوانان این مرز و بوم باشد. همهٔ اثرات معنوی این مجموعه را نیز به کلیهٔ کسانی که بر ما حق دارند، تقدیم می‌نماییم.

تیم تألیف کتاب وظیفهٔ خود می‌داند تا از اساتید گرامی آقای روزه، خانم قاسمی، آقایان ملکی‌فرد و خلیل‌زاده سرگروه‌های علوم تجربی سمپاد استان‌های آذربایجان غربی، مازندران و کرمان و دبیران خوب سمپاد این استان‌ها، آقای هواسی سرگروه علوم تجربی سمپاد ایلام، آقای نیری سرگروه علوم تجربی سمپاد بوشهر، آقای رفیعی و خانم طالعی‌فر سرگروه علوم تجربی سمپاد فارس، خانم صفا سرگروه علوم تجربی سمپاد تهران، خانم‌ها جمالی، فراهانی و نعیم‌پور و دیگر دبیران خوب فرزانگان ۱ تهران، آقای جوشقانی دبیر حلی ۵، آقای بنی‌هاشمی دبیر حلی ۱، خانم عزیزی دبیر فرزانگان ۹ و شاگردان خوبشان، خانم‌ها ارگانی و خرازی از فرزانگان ۲ و خانم فتحی از فرزانگان ۳ و سایر کسانی که نظرات خود را درباره کتاب به ما منعکس کرده‌اند؛ تشکر نمایند. همچنین از تمامی همکاران انتشارات که نهایت همکاری را با این تیم داشتند به‌ویژه مدیر انتشارات، آقای عابدی، مدیر مؤسسهٔ علامه حلی، آقای انصاری تشکر و قدردانی می‌نماید. از زحمات دانش‌آموزان سامان لک و محمدامین تاجیک به خاطر کمک‌های فراوانی که در تهیه برخی از عکس‌های کتاب داشتند، سپاسگزاریم. همچنین اگر زحمات خانم‌ها راضیه فرهانیان، الهه شرفی، فاطمه عرفانی، شیوا دلوچی، آزاده مهری و آقایان: فاضلی و صفدریان که برای تایپ، صفحه‌آرایی، تصویرسازی، هماهنگی چاپ و دیگر مراحل تولید این اثر تلاش کردند، نبود؛ محتوای این کتاب هرگز بر روی کاغذ ماندگار نمی‌شد.

با سپاس فراوان

گروه تألیف

شهریور ماه ۱۳۹۵

قبل از شروع به مطالعهٔ کتاب این قسمت را بخوانید:

وقتی شروع به خواندن این کتاب کنید با بخش‌های مختلفی مواجه می‌شوید که غالباً یک لاک‌پشت متفاوت برای هرکدام وجود دارد که هریک از این بخش‌ها از شما انتظار داریم کار متفاوتی انجام دهید. این قسمت‌ها براساس تئوری‌های نوین آموزش و تجارب موفق تدریس برای آموزش دانش‌آموزان مستعد طراحی شده است. این بخش‌ها شامل:

درخت دانش: در صفحه دوم هر فصل، نموداری رسم شده تا به شما کمک کند در کمترین حجم، مطالب علمی فصل و چگونگی تقسیم‌بندی و ارتباط آن‌ها را با هم درک کنید. درواقع این بخش نقشه‌ای است برای گم نشدن در موضوعات علمی.

اهداف رفتاری: بعد از درخت دانش، چند جمله نوشته شده که از اول کار معلوم کند این فصل را می‌خوانیم که چه بشود. خوب است در آخر فصل هم برگردیم و ببینیم، آیا می‌توانم کارهایی را که در این بخش گفته انجام دهیم یا نه!

ببینش: درباره برخی از قسمت‌ها لازم است که چیزهایی غیر از نوشته ببینیم. اگر به قسمت این کتاب در سایت سر بزنید برای هر بینش فیلم، نرم افزار یا ... هست که خوب است ببینیدش!

پاسخگو باش: در این قسمت باید پاسخگوی مطالبی که تا اینجا خوانده‌اید باشید. پاسخگوی سؤالاتی که انتظار می‌رود بعد از خواندن درس تا آن قسمت، بتوانید باکمی فکرکردن به آن‌ها جواب دهید.

فسفر بسوزان: شاید لازم باشد مقدار بیشتری از مغز خودمان استفاده کنیم و قدری فسفر ذخیره شده را بسوزانیم. البته اگر نتوانستید به سوالات این بخش جواب دهید افسرده نشوید؛ برخی از فسفر بسوزانیدها را خود مولفان هم بلد نیستند جواب دهند!

کنکاش کن: همه یادگیری در زمان کلاس اتفاق نمی‌افتد. گاهی لازم است راجع‌به یک موضوع خارج از فضای کلاس تحقیق کنیم و نتیجه آن را در کلاس ارائه دهیم. کتابخانه، خانواده، دوستان، اینترنت و ... منابعی هستند که برای این کار میتوانیم استفاده کنیم.

دست‌به‌کارشو: در موضوعات علمی مخصوصاً علوم تجربی، یادگیری باکیفیت بدون انجام آزمایش، مشاهده و ساخت وسایل علمی امکان‌پذیر نیست. در قسمت دست‌به‌کارشو نحوه انجام آزمایش، دستورالعمل ساخت وسیله و یا نوع مشاهده توضیح داده می‌شود.

تاریخ علم: در این بخش شخصیتی در متن درس معرفی می‌شود و درکنار صفحه، عکس و مختصری از زندگی وی می‌بینید. حق مسلم ما است که حداقل قیافه این دانشمندان دوست داشتنی را ببینیم، شاید در کتاب‌های آینده عکس شما هم اینجا قرار بگیرد!

جالب است بدانی: برای افرادی که دوست دارند بیشتر از سطح استاندارد با موضوعات آشنا شوند این قسمت توصیه می‌شود. در این قسمت مطالبی آورده شده که خواندن و یادگرفتن آن الزامی نیست ولی آن‌قدر جذاب است که نشود به‌راحتی بی‌خیال خواندن آن شد.

نوبت بازی: خیلی وقت‌ها موضوعات درسی اساس یک بازی هستند و یا می‌شود برای یادگرفتن آن‌ها از یک بازی استفاده کرد. در نوبت بازی درواقع هم درس می‌خوانیم و هم بازی می‌کنیم

جمع‌بندی کن: در انتهای فصل برای یک جمع‌بندی سریع می‌توان از این قسمت کمک گرفت. در این قسمت با هم فصل را جمع می‌کنیم و نکات و مطالب مهم را برای خود تکمیل می‌کنیم.

شهرفرنگ: از آنجایی که همه ما ساعت‌هایی از روز را در اینترنت سِیر می‌کنیم، می‌شود علاوه‌بر سایر کارها، به سایت‌های علمی و جذاب هم سر زد. در بخش شهرفرنگ سایتی مربوط به موضوع فصل معرفی می‌شود که توصیه مؤلفان بازدید از آن سایت است.

پیشنهاد بازدید: جاها و مکان‌های بسیاری وجود دارد که می‌شود دید و یاد گرفت. در فصل‌هایی که به‌نظر مؤلفان مکانی مناسب و مرتبط با موضوع فصل وجود داشته در بخش پیشنهاد بازدید معرفی شده است.

تصحیح کن: یک بار هم خودمان را جای معلم‌ها بگذاریم و برگه تصحیح کنیم. این قسمت یک برگه امتحانی با جواب است که برخی از جواب‌ها دارای غلط و اشتباه است. برگه را تصحیح کنید و نمره دهید.

لغت‌نامه: ما دانش‌آموزان مستعد و متفاوت (!) دوست داریم بتوانیم علاوه بر مطالب درسی، جستجویی هم بکنیم و ببینیم در دنیا درباره موضع درسی ما چه چیزی وجود دارد. برای همین در پایان هر فصل لغات مهم با معادل انگلیسی آن آورده شده است.

تمرین‌ها: در آخر هر فصل تمرین‌های مرتبط با آن آورده شده است. تعداد تمرین‌ها، وقت لازم برای انجام آن‌ها، تعداد سؤالات سخت و آسان و نوع سؤالات کاملاً محاسبه شده، پس خیالتان راحت که همه را می‌توانید انجام دهید. سوالات سخت با ستاره مشخص شده، اگر این سوالات را نتوانستید حل کنید خیلی به خودتان آسیب نزنید!

پرسش‌های چهارگزینه‌ای: سؤالات چهارگزینه‌ای یا همان تست هم در آخر هر فصل طراحی شده است. سؤالات چهارگزینه‌ای با این پیش فرض طراحی شده است که اگر نکات مربوط به سؤال را بلد باشید حداکثر در ۲ دقیقه بتوانید به آن جواب دهید.

پاسخ‌ها: پاسخ سوالات چهارگزینه‌ای همه فصل‌ها به‌صورت معرفی گزینه درست طراحی شده. جواب‌های نهایی سؤال‌ها هم برای چک کردن درستی راه حل، ارائه شده است. پاسخ تشریحی تمرین‌های زوج به‌طور کامل در وب‌سایت کتاب به‌صورت رایگان قابل مشاهده است.

یک پژوهش دانش‌آموزی: تجربه انجام یک پروژه واقعی با مطالب درسی، به آدم این حس را می‌دهد که این درس‌ها به یک دردی هم می‌خورند! به‌صورت کوتاه یکی از این تجربیات موفق در آخر کتاب در این بخش ارائه شده است.

فصل ۱

الکتریسیته

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؟!

اگر این فصل را به خوبی مطالعه کنی و کارهای خواسته شده را به دقت انجام دهی:

- با پدیده‌های مختلف الکتریکی اطرافت آشنا شوی و بتوانی علت بسیاری از آن‌ها را بیان کنی.
- انواع بارهای الکتریکی و خاصیت‌های آن‌ها را شرح دهی.
- توضیح دهی که بار الکتریکی چگونه و از کجا به وجود می‌آید و انواع روش‌هایی که می‌توان به اجسام بار الکتریکی داد را توضیح دهی.
- تفاوت مواد رسانا و نارسانا را بازگو کنی.
- توضیح دهی که هر روش باردار کردن برای کدام‌یک از مواد مناسب‌تر است.
- شرح دهی که چگونه اجسام باردار، مواد بدون بار را به خود جذب می‌کنند.
- نحوهٔ کار کردن واندوگراف (ماشین اصطکاک) را توضیح دهی و بتوانی آزمایش‌های مختلفی با آن انجام دهی و علل آن‌ها را در توضیح دهی.
- نحوهٔ کار کردن الکتروسکوپ (برق نما) را شرح دهی.
- کاربردهای الکتروسکوپ را بازگو کرده و دلایل فیزیکی آن را بیان کنی.
- شرایط ایجاد جریان الکتریکی را توضیح دهی.
- مدار الکتریکی و اجزای آن را بشناسی.
- مفهوم شدت جریان در مدار را توضیح دهی و بتوانی آن را در مداری معین محاسبه کنی.
- مفهوم انرژی پتانسیل الکتریکی و پتانسیل الکتریکی را بیان کنی.
- نقش باتری را در مدار توضیح دهی.
- علت ایجاد مقاومت الکتریکی را در برابر حرکت الکترون‌ها بفهمی و توضیح دهی.
- ارتباط میان اختلاف پتانسیل، شدت جریان و مقاومت (قانون اهم) را در هر مدار شرح دهی و قادر باشی هرکدام از آن‌ها را در یک مدار معلوم محاسبه نمایی.
- به هم بستن سری و موازی را توضیح دهی و برخی ویژگی‌های این حالت‌ها را بیان کنی.
- آمپرسنج و ولت‌سنج را بشناسی و بتوانی آن‌ها را به شکلی صحیح در مدار نصب کنی.

بار الکتریکی

نوبت بازی

بد نیست که درس را با یک بازی شروع کنیم!

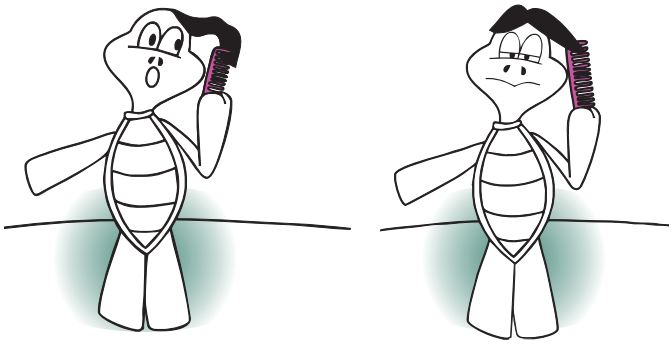
یک کیسه فریزر نازک بردار و با قیچی یک نوار از انتهای آن را ببر، طوری که یک حلقهٔ پلاستیکی داشته باشی!

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 کیسهٔ معلق حرکت کند.

فکر می‌کنی انسان از چه سالی فهمید که علاوه بر نیروی جاذبهٔ الکتریکی، دافعهٔ الکتریکی هم وجود دارد؟!

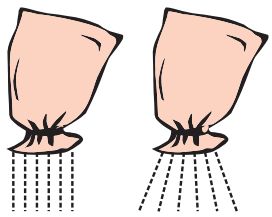


وقتی جوراب پایمان باشد و روی فرش راه برویم، هنگام دست‌زدن به دستگیرهٔ فلزی در یا هنگام دست دادن با مهمان‌ها، جرقه می‌زنیم و در اثر جرقه به ما شوک وارد می‌شود!

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.

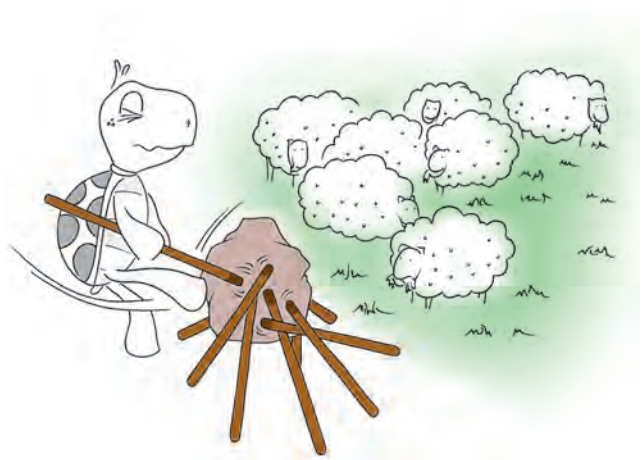
اگر تلویزیون یا مانیتورکامپیوتر مدتی روشن باشند، مانند شانه، موهای شما جذب صفحهٔ تلویزیون یا مانیتور خواهد شد (البته تلویزیون و مانیتورهایی که *LCD* یا *LED* نیستند).



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؟!

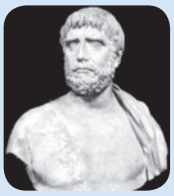
داستان الکتریسیته



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.

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.


تالس ملطی
۶۲۴ تا ۵۴۴ قبل از میلاد

ماشین اصطکاک

گذشت و گذشت تا نزدیک به ۲۰۰۰ سال بعد از مشاهدهٔ 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 وسیلهٔ یک پارچه، با تمام شدتی که می‌توانست مالش داد. سپس وقتی که به کهربا دست زد، صدای آهسته‌ای شنید. شاید این اولین جرقهٔ الکتریکی باشد که توسط آدمی ایجاد شده است! صدای جرقه بسیار آهسته و نور آن کم بود. او می‌خواست جرقهٔ 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 مادهٔ الکتریکی دیگری به نام گوگرد استفاده کرد.

او تکه‌های گوگرد را در یک گوی شیشه‌ای حرارت داد. آن وقت انتهای یک میلهٔ 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 دستهٔ 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.

جالب است بدانی

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

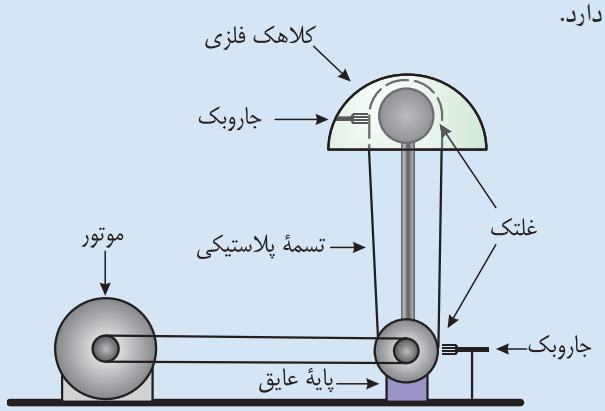
اتوفون گریکه
۱۶۰۲ تا ۱۶۸۶ میلادی

کنکاش کن

ساختمان واندوگراف

روبرت واندوگراف
۱۹۰۱ تا ۱۹۶۷ میلادی

واندوگراف وسیله‌ای است که توسط روبرت جیمسون واندوگراف، دانشمند آمریکایی، در سال ۱۹۳۷ ساخته شد. این وسیله به کمک روش مالش، الکتریسیتهٔ ساکن تولید می‌کند. با راه افتادن دستگاه، به تدریج بار زیادی بر روی کلاهک واندوگراف جمع می‌شود. با نزدیک کردن دست یا میله به کلاهک، جرقه‌ای ایجاد می‌شود که در واقع حاصل تخلیهٔ بارالکتریکی کلاهک از این طریق به بدن یا میله است. اگر زیر پای ما جسم عایقی نباشد و بدن ما با زمین مرتبط باشد، بار الکتریکی از طریق بدن به زمین منتقل می‌شود. اما اگر بار الکتریکی نتواند از بدن ما به زمین منتقل شود، در بدن جمع می‌شود و با دست زدن به دستگیرهٔ در، میز یا حتی دوستمان، می‌تواند جرقه‌ای ایجاد کند. اگر موهای بلندی داشته باشیم، تجمع بارها در آن‌ها می‌تواند باعث سیخ ایستادن موها شود؛ زیرا بارها هم‌نام هستند و بین‌شان نیروی دافعه وجود دارد.

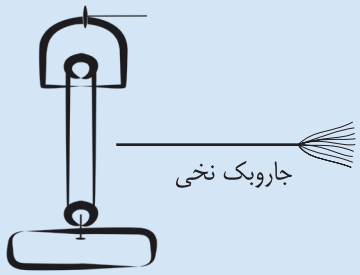


به کمک این وسیله می‌توان ولتاژهای بسیار بالا (در حدود ۲۰ میلیون ولت) تولید کرد.

همان‌گونه که در شکل می‌بینی، یک واندوگراف از قسمت‌های مختلفی تشکیل شده است که همگی برای کار کردن واندوگراف ضروری هستند. دربارهٔ نقش هریک از آن‌ها در عملکرد واندوگراف تحقیق کن و با اجازه دبیرت در کلاس برای دوستانت ارائه بده.

ببینش ۱۰۲

دست به‌کار شو



حالا که نحوهٔ کار کردن واندوگراف را یاد گرفتی، در اینترنت جستجو کن و روش ساخت یک واندوگراف ساده را پیداکن. اگر نتوانستی، از معلمت درخواست کن تا طرح مناسبی برای ساخت در اختیارت قرار دهد.

با چند نفر از دوستانت یک گروه را تشکیل بده تا یک واندوگراف بسازی. کمی سخت است، اما تو می‌توانی! در ادامه هم می‌توانی آزمایش‌های جالبی با آن انجام دهی.

ببینش ۱۰۳

ببینش ۱۰۴

به کمک دوستانت و واندوگرافی که با هم ساختید، آزمایش‌های زیر را انجام دهید و نتیجهٔ آن‌ها را به کلاس گزارش کنید:

ـ یک نخ بلند به طول حدود ۲ متر بردار و آن را چندین بار روی هم تا کن تا طول قسمت‌های نخ تا شده، حدود ۵-۶ سانتی‌متر شود. حالا سر و ته نخ‌ها را ببر تا از هم باز شوند. حالا یک جاروبک نخی داری با طول حدود ۵-۶ سانتی‌متر و با حدود ۳۰ شاخه! یک مفتول فلزی با طول حدود ۳۰ سانتی‌متر بردار و نیمی از جاروبک (حدود ۱۵ شاخه) را با تکه‌ای نخ به انتهای مفتول ببند. نیم دیگر جاروبکت را با نخ به انتهای یک نی پلاستیکی ببند. واندوگراف را روشن کن تا بر روی کلاهک آن بار جمع شود. حالا به کمک انبردستی که دسته‌های آن روکش پلاستیکی دارد، جاروبک نی‌ای را بردار و انتهای بدون نخ نی را به کلاهک واندوگراف متصل کن. چه اتفاقی می‌افتد؟ فکر می‌کنی چرا؟

ـ حالا انتهای بدون نخ مفتول فلزی را به همین شکل به کلاهک واندوگراف متصل کن. چه می‌شود؟ فکر می‌کنی چرا؟ در همین حال دستت را به وسط مفتول فلزی بزن، چه می‌شود؟ فکر می‌کنی چرا؟

توجه: به یاد داشته باش که آزمایش‌های الکتریسته همیشه نتایج مورد انتظار ما را نمی‌دهد. زیرا به علت حساسیت بالا عوامل مختلفی ممکن است بر روی آن اثر بگذارد. بنابراین سعی کن علت هرآنچه در آزمایش‌هایت دیدی توضیح دهی!

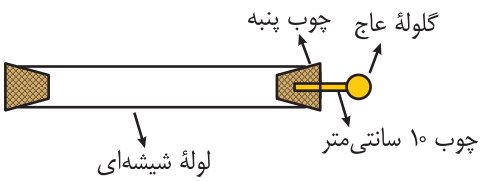
رسانا و نارسانا

استیون گری
۱۶۶۶ تا ۱۷۳۶ میلادی

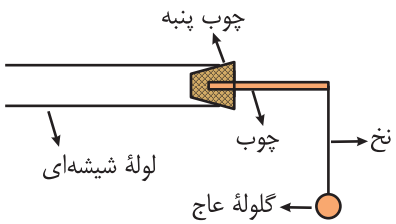
پس از آزمایش‌های گریکه، مردم به الکتریسیته علاقه‌مند شدند. دانشمند دیگری به نام «استیون‌گِری» تصمیم گرفت آزمایش‌هایی انجام دهد. او از شیشه به عنوان الکتریک استفاده کرد (الکتریک نام موادی بود که در اثر مالش، خرده‌های کوچک را جذب می‌کردند).

او یک سر یک لولهٔ شیشه‌ای را که توخالی بود و طول آن نزدیک یک متر بود، با پارچه مالش داد. در نتیجه، پرهایی که نزدیک لولهٔ شیشه‌ای بودند به آن چسبیدند. پس در اثر مالش، در شیشه خاصیت الکتریکی به وجود آمده بود. چون هر دو سر لولهٔ 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 لولهٔ شیشه‌ای را بسته بود، فرو برد. در نوک دیگر این چوب ۱۰ سانتی‌متری، گلوله‌ای از جنس عاج قرار داد. سپس لولهٔ شیشه‌ای را مالش داد؛ فقط لولهٔ شیشه‌ای را. این بار، پرها جذب گلولهٔ 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، گلولهٔ عاج را به نخی وصل کرد و نخ را به چوب ۱۰ سانتی متری. با مالش دادن لولهٔ شیشه‌ای، گلولهٔ عاج همچنان پرها را جذب می‌کرد. او طول نخ را زیاد کرد؛ آن‌قدر که طول نخ به ۹ متر رسید و گلولهٔ عاج باز هم پرها را جذب می‌کرد. وی برای این‌که این آزمایش را انجام دهد، روی بام خانه‌اش رفت. می‌خواست طول نخ را بیشترکند. لذا تصمیم گرفت در آزمایشگاه و کارگاه خود، نخ درازی را از یک گوشهٔ سقف به گوشهٔ دیگر ببرد و نخ‌ها را به وسیلهٔ میخ به سقف بند کند. در این حالت هر چقدر لولهٔ شیشه‌ای را مالش داد، پرها جذب گلولهٔ عاج نشدند. حتی در این حالت لولهٔ 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 لولهٔ شیشه‌ای ایجاد می‌شد، از یک نخ تابیدهٔ ۳۰ متری می‌گذشت و به گلولهٔ عاج می‌رسید و گلولهٔ 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 قطعهٔ بزرگی از صمغ گذاشت (صمغ مایعی است که از ساقهٔ 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 سهٔ این مواد نارسانا هستند. بر اثر مالش، در فلز خاصیت الکتریکی به وجود آمد و چون فقط با این سه مادهٔ 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.

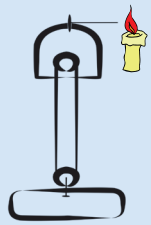
استیون آزمایش مشابه دیگری نیز دارد که نشان می‌دهد بدن انسان هم می‌تواند از طریق مالش دارای خاصیت الکتریکی شود و مواد سبک را جذب کند، به شرطی که راهی برای فرار آن نداشته باشد.

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.

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

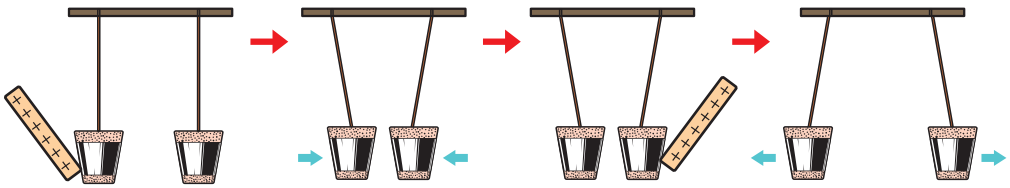
یک میخ کوچک را بر روی کلاهک واندوگرافی که ساختید با چسب نواری بچسبان، طوری که نوک تیز آن در هوا آزاد باشد و انتهای آن به بخش فلزی کلاهک اتصال داشته باشد. حالا واندوگراف را روشن کن و شمع روشنی را به نوک تیز میخ نزدیک کن. چه اتفاقی می‌افتد؟ فکر می‌کنی چرا این اتفاق افتاد؟



در فرانسه، دانشمند دیگری به نام «شارل فرانسوا دوفه» آزمایش‌های دیگری انجام داد. او دو چوب‌پنبه را با ورقهٔ نازکی از طلا پوشاند و آن‌ها را با نخ ابریشمی از سقف آویزان کرد. چوب‌پنبه‌ها به فاصلهٔ چند سانتی‌متر از یکدیگر آویزان بودند. نظر او این بود که اگر در یکی از دو چوب‌پنبه خاصیت الکتریکی ایجادکند، این چوب‌پنبه، چوب‌پنبهٔ دیگر را به طرف خود جذب خواهد کرد. او یک میلهٔ شیشه‌ای را با پارچهٔ ابریشمی مالش داد تا خاصیت الکتریکی پیدا کند. سپس میله را به یکی از دو چوب‌پنبه زد. در نتیجه، مقداری از سیّال الکتریکی به ورقهٔ طلایِ روی چوب‌پنبه منتقل شد. آن‌چه اتفاق افتاد، همان بود که دوفه پیش‌بینی کرده بود. دو چوب‌پنبهٔ آویزان، به طرف هم کشیده و جذب شدند. یعنی چوب‌پنبه‌ای که خاصیت الکتریکی داشت، چوب‌پنبهٔ دیگر را که خاصیت الکتریکی نداشت جذب می‌کرد. این نیرو، نیروی **ربایش الکتریکی** یا **جاذبهٔ 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 جاذبهٔ بین آن‌ها دو برابر خواهد شد. او این موضوع را آزمایش کرد. هر دو چوب‌پنبه از سقف به طور قائم آویزان بودند. میلهٔ شیشه‌ای را مالش داد. ابتدا به یکی از چوب‌پنبه‌ها خاصیت الکتریکی داد و سپس به دیگری. اما پدیدهٔ عجیبی اتفاق افتاد. دو

شارل فرانسوا دوفه
۱۶۹۸ تا ۱۷۳۹ میلادی

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 **دافعهٔ الکتریکی** را مشاهده و آن را بررسی کرد.



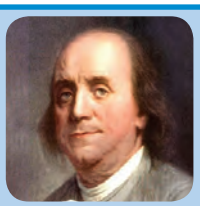
نکتهٔ دیگری هم بود که دوفه آن را در آزمایش‌های خود مشاهده کرد. او آزمایش‌های خود را با مواد مختلف امتحان می‌کرد. یک بار میلهٔ شیشه‌ای را با پارچهٔ ابریشمی مالش داد و با آن یکی از چوب‌پنبه‌ها را الکتریسیته‌دار کرد. سپس یک میلهٔ صمغی را با پارچهٔ پشمی مالش داد و چوب‌پنبهٔ دیگر را با آن الکتریسیته‌دار کرد. 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 پارچهٔ 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.

فرض کن جای دوفه بودی و سیال صمغی و شیشه‌ای را با خواصی که دیدی کشف کردی! به نظرت مشاهدهٔ چه خاصیت دیگری می‌توانست موجب کشف سیال الکتریکی جدیدی شود؟ یعنی چه اتفاقی تو را مطمئن می‌کرد که باید نوع دیگری از سیال وجود داشته باشد؟ راستی! اسم سیال جدید را چه می‌گذاشتی؟!

ساختار اتم و منشاء بار الکتریکی

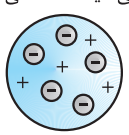


بنجامین فرانکلین
۱۷۰۶ تا ۱۷۹۰ میلادی

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.

مدل کیک کشمشی تامسون:

مدل اتمی کیک کشمشی تامسون



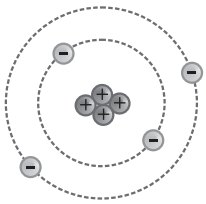
در این مدل فرض شده بود که بار مثبت در داخل ماده پخش شده است و بار منفی در ناحیه‌های کوچکی قرار دارد. مانند یک کیک کشمشی که کشمش‌های آن بار منفی و خود کیک بار مثبت باشد!

مدل سیارات منظومهٔ شمسی رادرفورد:

مدل اتمی رادرفورد

رادرفورد با انجام آزمایش «بمباران ورقهٔ نازک طلا» مدل کیک کشمشی را اصلاح کرد. او با توجه به نتایج آزمایش، مدلی مانند سیاره‌های منظومهٔ شمسی ارائه کرد که در آن بار مثبت در مرکز است (مانند خورشید در منظومهٔ شمسی) و بارهای منفی (مانند سیارات) به دور آن در حال گردش‌اند.

مدل اتمی بور:



مدل اتمی سیاره‌ای بور

در این مدل که اصلاحی از مدل رادرفورد است، نشان داده شده است که مدارهای حرکت بارهای منفی به دور هسته، هر شعاع و اندازه‌ای که دلشان خواست نمی‌توانند داشته باشند و هر کی هر کی نیست که هر بار منفی در هر فاصله‌ای که دلش خواست به دور هسته دوران کند! بلکه بارهای منفی در مدارهای کاملاً مشخص که **مدارهای مانا** نامیده می‌شوند، به دور هسته می‌چرخند.

مدل اربیتالی:

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.

اندازهٔ بار الکتریکی یک الکترون، با اندازهٔ 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 هستهٔ 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 تشکیل‌دهندهٔ 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 اندازهٔ 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 اندازهٔ 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.

جالب است بدانی

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.

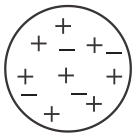
جالب است برای

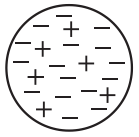
واحد اندازه‌گیری بار الکتریکی

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 $6/25 \times 10^{18}$ عدد الکترون یا پروتون، معادل ۱ کولن است. برای همین، معمولا بار الکتریکی اجسام، با واحدهای کوچک‌تری مثل میکروکولن (μC) بیان می‌شود. اندازهٔ بار هر الکترون یا پروتون «بار پایه» نامیده می‌شود که برابر $e = 1/6 \times 10^{-19}\ C$ است. از نظر علامت، بار الکترون $-e$ و بار پروتون $+e$ در نظر گرفته می‌شود.

باردار کردن اجسام

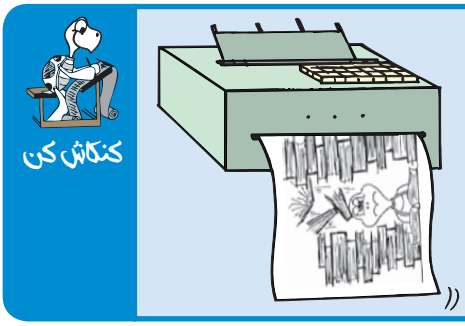
دیدیم که یک جسم در حالت طبیعی خنثی است. زیرا از اتم‌های خنثی تشکیل شده است. در هر جسمی بار الکتریکی وجود دارد؛ آن هم به مقدار بسیار بسیار زیاد! زیرا هر جسمی از میلیاردها میلیارد اتم و هر اتمی از الکترون‌ها (بار منفی) و پروتون‌ها (بار مثبت) تشکیل شده است. بنابراین در داخل جسم، بار الکتریکی بسیار زیادی وجود دارد. ولی این بارهای الکتریکی، در مجموع همدیگر را خنثی کرده‌اند. اندازهٔ بار هر الکترون، با اندازهٔ بار هر پروتون برابر است، ولی نوع بار آن‌ها متفاوت است. دو نوع بارِ الکتریکی متفاوت داریم که آن‌ها را سیال شیشه‌ای و صمغی نامیده‌اند. چون این دو نوع بار یکدیگر را خنثی می‌کنند و اثر یکدیگر را از بین می‌برند، به آن‌ها بارهای مثبت و منفی گفته می‌شود. در حالت طبیعی و عادی، تعداد الکترون‌ها و پروتون‌ها در ماده برابر است. آن‌ها اثر یکدیگر را خنثی (مخفی) می‌کنند (اثر یکدیگر را می‌پوشانند!).


جسم با بار مثبت


جسم با بار منفی

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 بدنهٔ ماشین‌ها به خوبی بنشیند و نیز در مصرف آن صرفه‌جویی شود، دانه‌های رنگ را باردار می‌کنند و به سمت بدنهٔ خودرو می‌پاشند. ذرات رنگ در اثر نیروی جاذبهٔ الکتریکی به بدنهٔ ماشین می‌چسبند.



اساس کارکرد پرینترهای لیزری بر مبنای الکتریسیتهٔ ساکن است. در یک پرینتر لیزری، الکتریسیتهٔ 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. دربارهٔ نحوهٔ کار کردن پرینترهای لیزری تحقیق کن و نتایج آن را برای دوستانت ارائه بده!

کنکاش کن

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 میلهٔ 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 دستگیرهٔ در را بگیریم، بار الکتریکی تخلیه می‌شود و صدای جرقه و شوک الکتریکی آن را احساس می‌کنیم. تخلیهٔ 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 تخلیهٔ 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 تخلیهٔ بار و ایجاد جرقهٔ 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.

چرا مالش باعث باردار شدن اجسام می‌شود؟

تمایل و علاقهٔ 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، هستهٔ 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 علاقهٔ 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 مادهٔ 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 می‌شود که 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.

پاسنگو باش

با توجه به آن‌چه دربارهٔ روش مالش در باردار کردن اجسام آموختی، ویژگی‌های دو جسمی که به هم مالش داده شده‌اند را بنویس.

مقایسهٔ اندازهٔ بار دو جسم:

علامت بار دو جسم:

نوع نیروی بین دو جسم باردار:

وقتی میلهٔ شیشه‌ای را با پارچهٔ ابریشمی مالش می‌دهیم، میلهٔ شیشه‌ای بار مثبت و پارچهٔ ابریشمی به همان اندازه بار منفی خواهد داشت. وقتی میلهٔ پلاستیکی (صمغی) را با پارچهٔ پشمی مالش دهیم، میلهٔ پلاستیکی بار منفی و پارچهٔ 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!

دست به‌کار شو

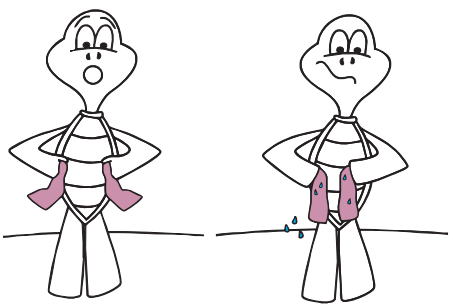
می‌دانی وقتی میلهٔ پلاستیکی با پارچهٔ پشمی مالش داده می‌شود، بارِ میلهٔ پلاستیکی منفی و بارِ پارچه مثبت می‌شود. سعی کن موارد زیر را با مالش به هم باردار کنی و با توجه به نیروی جاذبه یا دافعهٔ میان میلهٔ پلاستیکی باردار، علامت بار هرکدام را تشخیص بدهی. سپس موارد را بر اساس میزان الکترون‌خواهی آن‌ها در یک جدول مرتب کن:

کاغذ ـ شیشه ـ مو ـ کیسهٔ فریزر ـ پنبه ـ فویل آلومینیوم ـ یونولیت

دست به‌کار شو

مشاهدهٔ سادهٔ زیر را انجام بده:

یک کیسهٔ نازک پلاستیکی (کیسه فریزر) را دو قسمت کن؛ مثلا دو تکه به اندازه‌های $۱۵cm \times ۵cm$ یا دو تکه به اندازهٔ 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. کیسهٔ فریزر (پلاستیک) نارسانا است. هوای اطراف آن هم نارسانا است؛ بنابراین بار الکتریکی مدت زمان زیادی در کیسه فریزرِ پلاستیکی باقی می‌ماند. شما می‌توانیدکیسهٔ 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، کیسهٔ فریزر، چسبیده به دیوار باقی می‌ماند.

حالا اگر بعد از مالش تکه کیسه‌ها، کیسهٔ پلاستیک را با یک دستمال مرطوب پاک کنید، یا کیسهٔ 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. همهٔ 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.

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

در واندوگرافی که ساختی، مالش چه کمکی به تولید بار الکتریکی می‌کند؟ در کدام قسمت آن این اتفاق می‌افتد؟

روش دوم: تماس

واندوگرافت را بیاور؛ یک تکه آلومینیوم فویل کوچک بردار و انتهای نخی به طول حدود ۳۰ سانتی‌متر را به وسط آن گره بزن! حالا آلومینیوم را مچاله کن تا شبیه یک توپ کوچک شود. توپ آلومینیومی باید قطری حدود ۰/۵ سانتی‌متر داشته باشد. حالا یک آونگ کوچک آلومینیومی با نخ عایق داری.

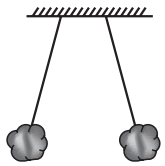
مرحلهٔ اول: آونگ را طوری کنار کلاهک و واندوگراف نگه دار که گوی آلومینیومی حدود ۱ سانتی‌متر با آن فاصله داشته باشد. حالا واندوگراف را روشن کن. چه اتفاقی می‌افتد؟ چرا؟

مرحلهٔ دوم: در این مرحله کف دست خود را به آرامی به گوی آلومینیومی بزن و دستت را در همان فاصله نگه دار. چه اتفاقی می‌افتد؟ فکر می‌کنی چرا؟

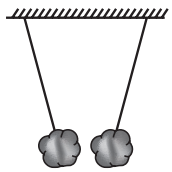
روش دیگر برای ایجاد بار الکتریکی در یک جسم خنثی، این است که جسم دیگری را که بار الکتریکی دارد با این جسم تماس دهیم. در اثر تماس، بخشی از بار الکتریکی از جسم باردار به جسم خنثی و بدون بار منتقل می‌شود. میلهٔ شیشه‌ای در اثر مالش و اصطکاک با پارچهٔ ابریشمی باردار می‌شود. حالا می‌توان این میلهٔ باردار را 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 آزمایشی که در بالا انجام دادید هم، آونگ آلومینیومی از طریق تماس، بار الکتریکی را از کلاهک واندوگراف دریافت کرد و از طریق تماس، بار خود را به دست ما داد.

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 میلهٔ شیشه‌ای باردار و چوب‌پنبهٔ دارایِ روکش طلا.

مشاهده‌های سادهٔ زیر را انجام دهید:



۱) دو تکه فویل آلومینیومی را به صورت دو گلولهٔ 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 شانهٔ 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 میلهٔ شیشه‌ای را با پارچهٔ ابریشمی مالش دهید و آن را با گلولهٔ سمت راست تماس دهید. هم‌زمان، میلهٔ پلاستیکی را با پارچهٔ پشمی مالش دهید و آن را با گلولهٔ سمت چپ تماس دهید. در اثر تماس، بار الکتریکی به دو گلوله منتقل می‌شود. میلهٔ شیشه‌ای بار مثبت و میلهٔ 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.

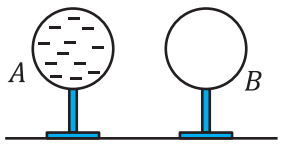
در مشاهدهٔ بالا و در قسمت ب، اگر دو گلوله با هم تماس پیدا کنند، ممکن است دو گلوله پس از تماس یکدیگر را دفع کنند. می‌توانی بگویی چرا؟

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:

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



پاسخ:

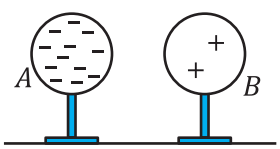
پیش از آن‌که پاسخ این سوال را بدهیم، یک قانون بسیار مهم را با هم مرور می‌کنیم:

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.

مثال:

کرهٔ A دارای ۱۲ واحد بار منفی و کرهٔ 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.

فسفر بسوزان

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

پاسنگو باش

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

مقایسهٔ اندازهٔ بارِ دو کره:

علامت بارِ دوکره:

نیروی بین دو کره پس از تماس و جدا شدن:

روش سوم: القا

دست به‌کار شو

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.

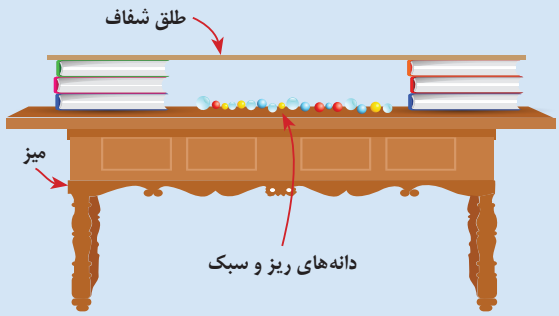
حالا بین طلق و میز و روی میز حدود یک مشت دانه‌های ریز و سبک مانند دانه‌های یونولیت، شکر، پفک یا چیپس خرد شده بریز.

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 صفحهٔ پلاستیکی می‌شوند؟ مگر این دانه‌ها بار الکتریکی دارند؟
- چرا پس از چسبیدن دانه‌های ریز به زیر صفحهٔ 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؟

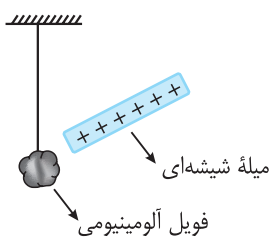


بینش

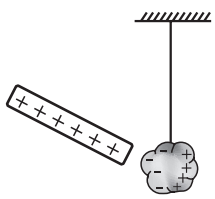
می‌دانیم بارهای هم‌علامت یکدیگر را دفع و بارهای غیرهم‌علامت یکدیگر را جذب می‌کنند. اندازهٔ نیرویی که بارها به هم وارد می‌کنند به فاصلهٔ آن‌ها از هم بستگی دارد. هر چه فاصله بیشتر باشد، اندازهٔ نیروی الکتریکی که دو جسم باردار به هم وارد می‌کنند، کمتر خواهد شد. برعکس، اگر فاصلهٔ دو جسم باردار کاهش یابد،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

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

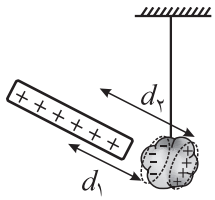
فرض کنیدکه میلهٔ شیشه‌ای مالش داده شده را، که بار آن مثبت است، به یک آونگ آلومینیومیِ سبک نزدیک کنیم. اتم‌های فویل آلومینیومی دارای الکترون‌هایی هستند که هستهٔ اتم خیلی حواسش به این الکترون‌ها نیست! فویل آلومینیومی رسانا است. مواد رسانا، همه این ویژگی را دارند.



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 مشاهدهٔ خودمان! اگر میلهٔ 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 میلهٔ مثبت نزدیک می‌شوند. اتم‌هایی که الکترون خود را از دست داده‌اند، دیگر خنثی نیستند و به اندازهٔ 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. اندازهٔ بارهای مثبت و منفی فویل آلومینیومی با هم برابر است (چرا؟).

فاصلهٔ بارهای منفیِ فویل آلومینیومی و بارهای مثبت میلهٔ شیشه‌ای، یعنی d_1، از فاصلهٔ بارهای مثبت فویل آلومینیوم و بارهای مثبت میلهٔ شیشه‌ای، یعنی d_2 کمتر است ($d_1 < d_2$). همان‌طور که گفتیم نیروی الکتریکی به فاصله بستگی دارد. هر چه فاصله کمتر باشد، اندازهٔ 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 جاذبهٔ بین فویل و میله بزرگ‌تر از نیروی دافعهٔ بین آن‌ها است، میلهٔ شیشه‌ای و فویل آلومینیومی یکدیگر را جذب خواهند کرد.

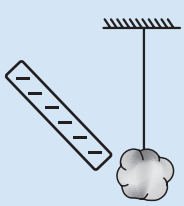
فویل آلومینیومی در ابتدا خنثی و بدون بار است. نزدیک کردن میلهٔ شیشه‌ای باردار، باعث می‌شودکه مقداری (مقدار کمی) از بارهای منفی و مثبتِ فویل از هم جدا شوند. البته باز هم در مجموع، فویل آلومینیومی خنثی است. فویل آلومینیومی قطبیده شده است. هنوز خنثی است ولی دو قطب یا دو ناحیهٔ مثبت و منفی در آن به وجود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

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.

القای الکتریکی، تاثیر یک جسم باردار (میلهٔ شیشه‌ای) بر روی یک جسمِ خنثی (فویل آلومینیومی) و در نتیجهٔ آن، قطبیده شدن جسم خنثی است. در اثر القاء الکتریکی بین جسم باردار و جسم خنثی، نیروی جاذبه و دافعهٔ 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.

پاسنگو باش

فرض کن مشاهدهٔ قبل را با یک میلهٔ 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 میلهٔ 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 میلهٔ شیشه‌ای یا پلاستیکی را دور کنیم، چه اتفاقی می‌افتد؟

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

نکتهٔ 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 باریکهٔ 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؟

در تمام مشاهدات بالا، مواد نارسانا حضور داشتند. در واقع، در مواد نارسانا هم پدیدهٔ القای الکتریکی اتفاق می‌افتد. عامل ایجاد نیروی جاذبه بین آن‌ها نیز همین است.
جدا شدن بارها و القا در همهٔ مواد، چه رسانا و چه نارسانا، اتفاق می‌افتد. اما چون مواد رسانا دارای الکترونِ آزاد هستند، پدیدهٔ 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

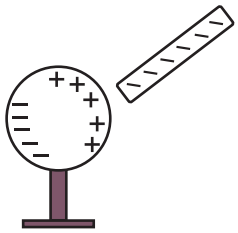
مشاهدهٔ زیبای زیر را انجام بده:
روی سطح میز مقداری نمک بپاش! بادکنکی را با موهای خود مالش (اصطکاک) بده تا باردار شود. سپس سکوت را رعایت کن و به بقیه هم بگو ساکت باشند! به آرامی بادکنک را به سطح میز نزدیک کن و لذت ببر!

باردار کردن اجسام به روش القا

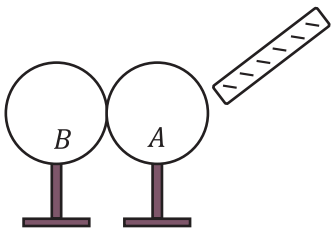
دست به‌کار شو

واندوگرافت را بیاور! (خوب شد یک واندوگراف ساختی‌ها!) آن را روشن کن تا چند دقیقه کار کند. حالا یک پیپ‌گوشتی را از بخش فلزی‌اش در دست بگیر و قسمت فلزی آن را به کلاهک واندوگراف خیلی خیلی نزدیک کن، اما نچسبان! بهتر است در این حالت برای مدتی دست دیگرت به یک پنجرهٔ فلزی یا شوفاژ و یا پایهٔ فلزی نیمکت تماس داشته باشد.
سپس در همین وضعیت و بدون دور کردن پیپ‌گوشتی از واندوگراف، با دست دیگرت دستهٔ پلاستیکی پیپ‌گوشتی را بگیر و بخش فلزی آن را رها کن و آن را از واندوگراف دور کن.
حالا بخش فلزی پیپ‌گوشتی را به خرده‌های کاغذ به آرامی نزدیک کن، اما نچسبان! چه می‌شود؟ چرا؟
آیا می‌توان نتیجه گرفت که پیپ‌گوشتی با این کار باردار شده است؟ اگر این‌طور است، از چه روشی بار خود را به دست آورده است؟ تماس یا مالش؟ شاید هم هیچ‌کدام؟

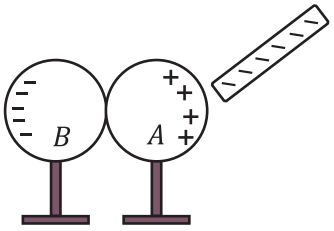
۱) با استفاده از دو جسم



همانند شکل، اگر میلهٔ باردار را به جسم فلزی (کرهٔ فلزی) با پایهٔ عایق نزدیک کنیم، الکترون‌های آزاد فلز در اثر نیروی دافعهٔ 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 میلهٔ 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 جای 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 کرهٔ فلزی که روی پایه‌های عایق قرار دارند). میلهٔ باردار را به آن‌ها نزدیک می‌کنیم.

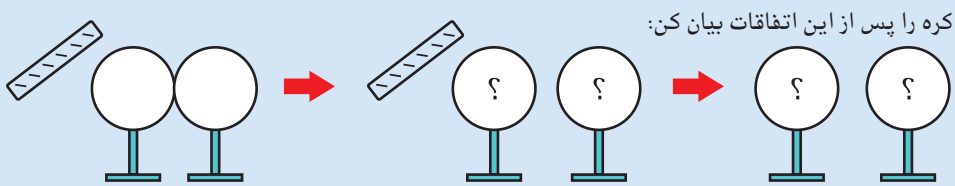


فرض کنید این میله، میلهٔ پلاستیکی است که با پارچهٔ پشمی مالش داده شده و بار منفی دارد. در اثر نیروی دافعهٔ بین بارهای هم‌علامت، تعدادی از الکترون‌های آزادی که در کرهٔ A هستند، توسط بارهای منفیِ میله دفع می‌شوند و به دورترین فاصله، یعنی به کرهٔ B می‌روند. اگر در این وضعیت میلهٔ باردار را دور کنیم، الکترون‌هایی که از کرهٔ A به کرهٔ B رفته‌اند، دوباره به کرهٔ A باز می‌گردند. برای این‌که الکترون‌ها را گیر بیندازیم، قبل از دور کردنِ میلهٔ باردار، در همین وضعیت، دو کرهٔ A و B را از هم جدا می‌کنیم. با انجام این کار، الکترون‌های جسم A که به جسم B رفته‌اند، در جسم B گیرمی‌افتند و دیگر نمی‌توانند به جسم A برگردند. بنابراین، پس از جدا کردن دو کره، کرهٔ B «به‌طور خالص»، مقداری بار منفی و کرهٔ 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 به طور خالص دارای بار منفی است، تعداد بارهای منفی آن بیشتر از بارهای مثبت آن است).



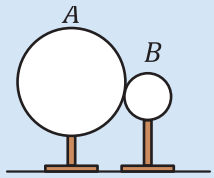
پاسخگو باش

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



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

فسفر بسوزان

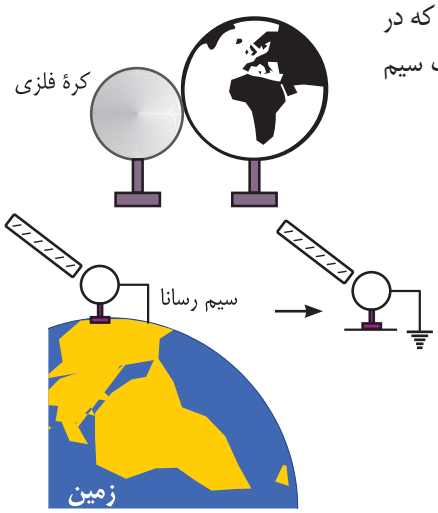


در سوال قبل، اگر شعاع کرهٔ A، بیشتر از کرهٔ B باشد، دربارهٔ مقدار بار دو کره در پایان مراحل چه می‌توان گفت؟

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 کرهٔ زمین باشد (البته منظورمان مدل کرهٔ زمین که در درس جغرافی با آن بازی می‌کنیم نیست!). یعنی می‌توانیم کرهٔ فلزی را به زمین وصل کنیم (با یک سیم رسانا)، سپس میلهٔ باردار را به کرهٔ فلزی نزدیک کنیم.

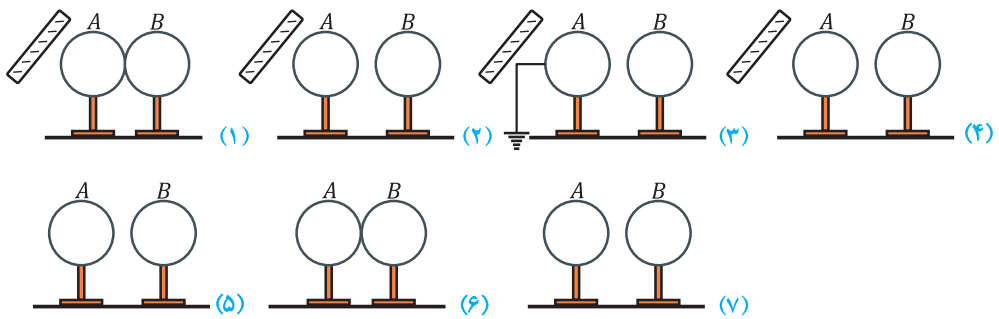


در اثر دافعهٔ الکتریکی، الکترون‌های آزاد تا آن‌جا که می‌توانند دور شده و از راه سیم رسانا به زمین می‌روند. اگر در همین حالت، میلهٔ باردار را دور کنیم، الکترون‌ها دوباره از زمین به کرهٔ فلزی برمی‌گردند. برای این‌که نتوانند برگردند و آن‌ها را گیر بیندازیم، پیش از دور کردن میلهٔ باردار، سیم اتصال به زمین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

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

مثال:

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



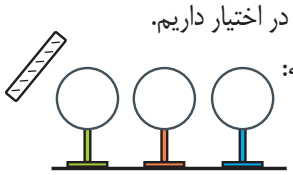
پاسخ:

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

در مرحلهٔ 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 مرحلهٔ 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 مرحلهٔ سوم، کرهٔ A به زمین متصل نمی‌شد، چون بار دو کره از نظر مقدار مساوی بود، در مرحلهٔ ششم هر دو دوباره خنثی می‌شدند. اما اکنون با خروج الکترون‌ها از کرهٔ A ، بار دو کره مثبت می‌شود. در مرحلهٔ 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

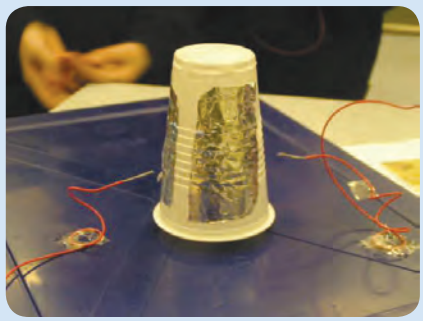
مرحله دوم: کره با بار منفی را به کره بدون بار می‌چسبانیم تا هرکدام نصف بار منفی را بردارند حالا یکی از آنها را ابتدا خنثی کرده و سپس به کره با بار مثبت می‌چسبانیم. بدین ترتیب بار مثبت کره اول بین دو کره تقسیم می‌شود و سه کره مقدار بار برابری پیدا خواهند کرد.

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.

فسفر بسوزان

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.

دست به‌کار شو



به کمک واندوگرافت می‌توانی با وسایل بسیار ساده مانند لیوان یک بار مصرف و آلومینیوم فویل یک موتور الکترواستاتیک بسازی. بدون شک، کار کردن با آن برایت بسیار جالب و نحوهٔ کار آن معما خواهد بود. برای کمک، فیلمی از نحوهٔ ساخت آن در دسترسی تو وجود دارد. البته پیدا کردن آن در اینترنت هم سخت نیست! اگر موتور را ساختی، دربارهٔ نحوهٔ کار کردن آن هم تحقیق کن و فیلمی بگیر که در آن کار کردن موتور را نشان دهی و نحوهٔ کار کردن آن را توضیح دهی. فیلم را برای ما هم بفرست تا در لوح فشردهٔ بعدی کتاب قرار دهیم تا همهٔ دوستانت از آن استفاده کنند.

بینش ۱۱۲

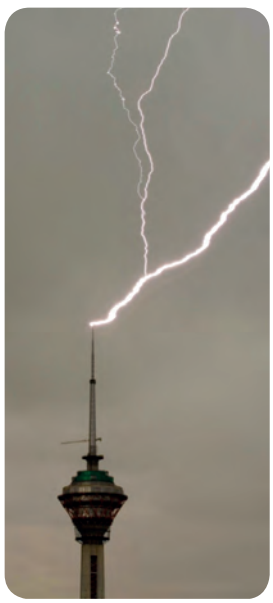
روش چهارم: تخلیه الکتریکی

دست به‌کار شو

واندوگرافت را روشن کن تا کمی کار کند. حالا نوک انگشت خود را به آرامی به کلاهک آن نزدیک کن! نزدیک‌تر! باز هم نزدیک‌تر! چه می‌شود؟ صدایی می‌شنوی؟ اگر این آزمایش را در یک اتاق تاریک انجام دهی، شاید بتوانی نور جرقه‌ها را هم ببینی!

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 «**تخلیهٔ الکتریکی**» گفته می‌شود.

اغلب، تخلیهٔ الکتریکی به عنوان راهی برای باردار کردن اجسام در نظر گرفته نمی‌شود. اما در واقع این اتفاق نیز می‌تواند به تخلیهٔ بار الکتریکی و گاهی باردار شدن اجسام بیانجامد. برای مثال، دو کرهٔ 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 کرهٔ باردار به کرهٔ بدون بار شود و کرهٔ بدون بار را باردار کند. هرچه فاصلهٔ میان دو کره کمتر شود، این اتفاق شدیدتر رخ می‌دهد.



آذرخش

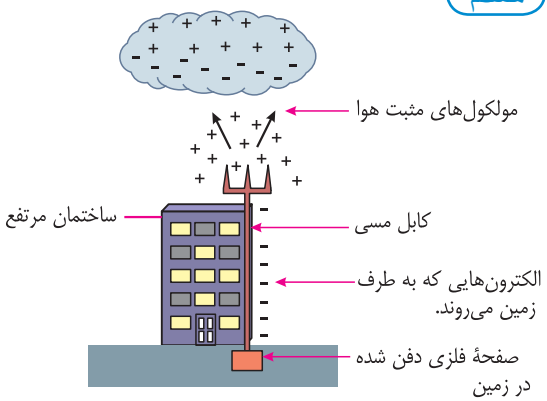
از پدیده‌های طبیعی که ما در آن می‌توانیم تخلیهٔ الکتریکی را ببینیم، آذرخش است. اتفاق این‌گونه صورت می‌گیرد که ابرها به علت مالش با هوا یا کوه‌های بلند و یا حتی با یکدیگر، دارای بار الکتریکی می‌شوند.

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 فاصلهٔ ابرهای باردار از زمین کم شود و ممکن است یک جرقهٔ بزرگ بین ابر و نقاط بلند روی سطح زمین، مثلا قلهٔ 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.

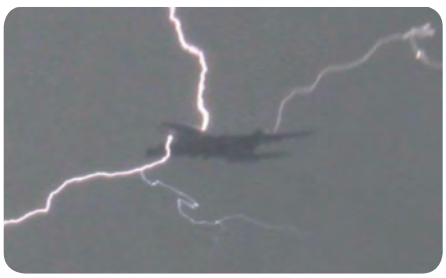
برای آسیب نرساندن آذرخش به ساختمان‌های بلند، یک میلهٔ فلزی (مسی) کلفت و بلند و نوک‌تیز در بالای آن‌ها قرار می‌دهند که به آن **برق‌گیر** می‌گویند. برق‌گیر به وسیلهٔ کابلی مسی به صفحات فلزی در عمقی از زمین متصل می‌شود و باعث می‌شود در هنگام آذرخش، بارهای الکتریکی از طریق این میلهٔ فلزی به زمین منتقل شوند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



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

علت ایجاد نور و صدا در آذرخش چیست؟

در اتم‌های مواد مختلف، الکترون‌ها در حال گردش در مسیرها و مدارهای مشخصی دور هسته هستند. هر الکترون با توجه به فاصله‌اش از هستهٔ اتم، دارای انرژی مشخصی است. در واقع، انرژی یک الکترون است که مشخص می‌کند در چه فاصله‌ای از هسته و در چه مداری گردش کند. هرچه الکترونی از هسته دورتر باشد، دارای انرژی بیشتری است. آرایش الکترون‌های اطراف هسته، در حالت معمول پایدار است. دادن انرژی به الکترون‌ها می‌تواند آن‌ها را به مدارهای بالاتر ببرد و اصطلاحا اتم را به حالت برانگیخته درآورد.



این انرژی می‌تواند به شکل‌های گوناگون به الکترون داده شود؛ مثلا گاهی به کمک گرما (در لامپ‌های نئونی یا لامپ‌های گازی)، گاهی با واکنش‌های شیمیایی و گاه با برخورد الکترون‌های آزاد به الکترون‌های اتم، به آن‌ها انرژی منتقل می‌شود.

اما این الکترون‌ها دوست دارند دوباره به جای قبلی خودشان برگردند. برای این کار باید انرژی را به محیط پس بدهند. این کار با تابش فوتون انجام می‌شود. بنابراین الکترون‌های برانگیخته شده با تابش نور به حالت عادی باز می‌گردند. رنگ نور تابش شده به نوع ماده بستگی دارد.

آذرخش هنگامی اتفاق می‌افتد که اختلاف پتانسیل میان ابرها و زمین یا میان خود ابرها بسیار زیاد باشد. گاهی این اختلاف پتانسیل در حدود چند ده میلیون ولت می‌شود (یک باتری قلمی اختلاف پتانسیلی حدود ۱/۵ ولت ایجاد می‌کند). این اختلاف پتانسیل باعث جهش الکترون‌ها و حرکت آن‌ها می‌شود. در اثر حرکت سریع الکترون‌ها، این ذرات به الکترون‌های موجود در مولکول‌های هوا برخورد کرده و باعث می‌شوند که الکترون‌های این مولکول‌ها برانگیخته شوند. نور ایجاد شده در آذرخش، در اثر بازگشت الکترون‌ها به مدارهای قبلی خود و تابش نور است.

حرکت الکترون‌ها در میان مولکول‌های هوا، با برخوردهای شدیدی که رخ می‌دهد، گرمای بسیار زیادی ایجاد می‌کند. این گرما به انبساط بسیار سریع هوا منجر می‌شود. هوای منبسط شده با نیروی ذرات هوای مجاور دوباره منقبض شده و به جای خود باز می‌گردد. این فرآیند و نوسان ذرات هوا ادامه دارد و باعث ایجاد صداهای مهیب موسوم به «رعد» می‌شود.

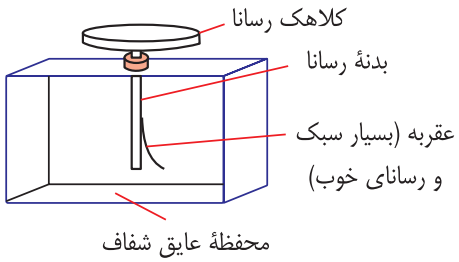
آذرخش، علاوه بر آن‌که می‌تواند میان ابرها و زمین رخ دهد، ممکن است به اجسام پرنده نظیر هواپیماها نیز برخورد کند و به انهدام آن‌ها منجر شود. عکس مقابل، لحظهٔ برخورد آذرخش با هواپیمای *A380* را که در حال فرود در فرودگاه هیتروی لندن بوده است را نشان می‌دهد. خوش‌بختانه، تمام ۵۰۰ مسافر داخل این هواپیما، از برخورد دو آذرخش شدید ناشی از طوفان با هواپیما، جان سالم به در بردند.

بدترین حادثه‌ای که تا کنون در اثر برخورد آذرخش با هواپیما رخ داده است، به سال ۱۹۷۶ برمی‌گردد که در آن زبانهٔ یک آذرخش، با تانکر بنزین هواپیمای بویینگ ۷۰۷ که بر فراز مریلند آمریکا در حال پرواز بود برخورد کرد و بر اثر این حادثه تمامی ۸۱ سرنشین هواپیما جان باختند.

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

الکتروسکوپ (برق‌نما)

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



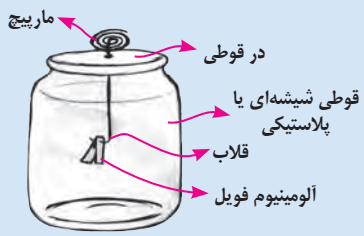
Electroscope = *electro*
(واژه یونانی قدیم به معنی کهربا)
+ *scope*
(مشاهده)

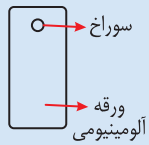
حتماً دوست دارید که کاربردهای مختلف این وسیله را خودتان تجربه کنید. کافی است یک ساعت وقت بگذارید تا صاحب یک الکتروسکوپ خوب شوید. برای این کار دو راه پیش رو دارید:

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

۲. با وسایل بسیار سادهٔ 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 نوشابهٔ 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 نقشهٔ 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.

دست به‌کار شو

الکتروسکوپ دست‌سازت را بیاور!

مرحلهٔ اول: یک شانهٔ 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؟

مرحلهٔ دوم: حالا شانهٔ 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؟

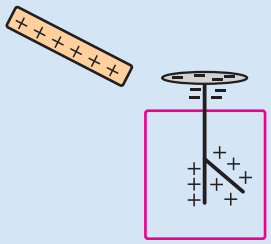
ـ در این حالت الکتروسکوپ از چه روشی باردار شده است؟

کاربردهای الکتروسکوپ

۱) تعیین باردار بودن یا نبودن؛ مسأله این است!

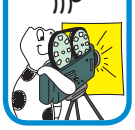
دست به‌کار شو

برای پی بردن به این‌که جسمی بار الکتریکی دارد یا نه، ابتدا الکتروسکوپ را خنثی می‌کنیم (می‌توانیم از خودمان مایه بگذاریم و دست مبارک را به کلاهک الکتروسکوپ بزنیم، پای مبارک هم که بر زمین است! به این شکل خودِ مبارکمان مانند سیم عمل می‌کنیم و با اتصال کلاهک الکتروسکوپ به زمین، آن را خنثی می‌کنیم. سپس خودمان را قطع می‌کنیم! یعنی اتصال الکتروسکوپ با زمین را قطع می‌کنیم. بابا جان! یعنی دستمان را برمی‌داریم و کلاهک را ول می‌کنیم!!).



پس از این‌که از بدون بار بودن الکتروسکوپ مطمئن شدی، از پدر یا مادرت بخواه که دو خطکش به تو بدهند که یکی از آن‌ها را با موی سرشان مالش داده و باردار کرده‌اند. اما به تو نگویند که کدام باردار است. حالا هرکدام از خطکش‌ها را به الکتروسکوپ نزدیک کن و به پدر یا مادرت بگو که کدام یک باردار بوده است. علت اتفاقی را که می‌افتد، برای ایشان با گفتاری شیوا توضیح بده.

بینش



۲) مقایسهٔ مقدار بار دو جسم به صورت کیفی

دست به‌کار شو

الکتروسکوپت را بیاور! آن را خنثی کن!

مرحلهٔ اول: یک پارچهٔ پشمی و یک خطکش پلاستیکی بیاور. خطکش را ۱۰ بار با پارچهٔ پشمی مالش بده و آن را به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک کن و در فاصلهٔ معینی (حدود ۲ سانتی‌متر) نگه دار. وضعیت عقربه‌های الکتروسکوپ را بررسی کن. حالا خطکش را کمی به الکتروسکوپ نزدیک‌تر کن. چه می‌شود؟ چرا؟

مرحلهٔ دوم: خط‌کش را ۱۰ بار دیگر با پارچهٔ پشمی مالش بده و آن را به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک کن. خط‌کش را مشابه وضعیت اول حالت قبل و در همان فاصلهٔ ۲ سانتی‌متری از کلاهک نگه دار. عقربه‌های الکتروسکوپ در این حالت بازتر است یا در وضعیت اول حالت قبل؟ چرا؟

ـ از این آزمایش‌ها چگونه می‌توانی نتیجه بگیری که کدام خط‌کش بار بیشتری داشته است؟

ـ چرا اصرار داریم که خط‌کش‌ها را در دو حالت، در فاصلهٔ مساوی از کلاهک نگه داری؟

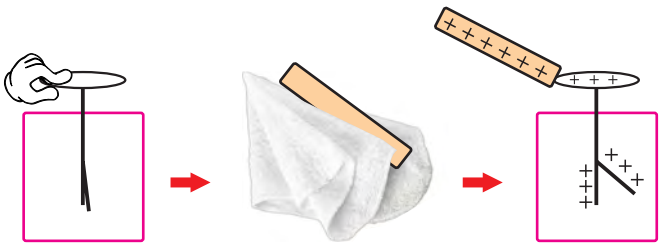
ـ آیا می‌توانی الکتروسکوپ را طوری اصلاح و مدرج کنی که به راحتی بتوانی مقدار بار اجسام را با هم مقایسه کنی؟

در الکتروسکوپ‌هایی که مدرج شده‌اند، فاصله درجات به‌صورت یکسان نیست. فکر می‌کنی علت آن چیست؟ به نظرت چه ربطی به این دارد که هرچه فاصله عقربه‌ها از هم بیشتر شود نیروی الکتریکی بین آنها کمتر می‌شود؟

۳) تعیین علامت بار

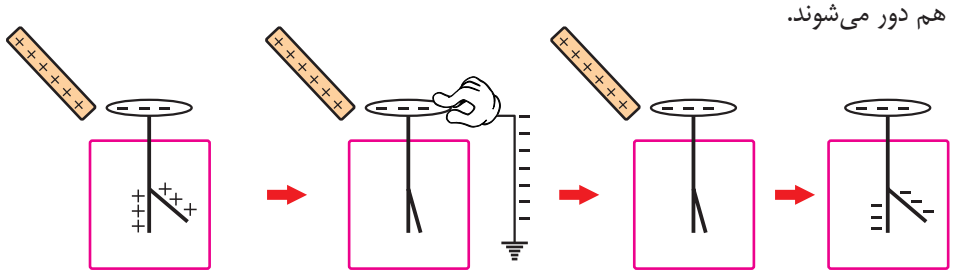
وقتی جسم باردار را به الکتروسکوپ خنثی نزدیک کنیم، در اثر القا عقربه‌های آن از هم دور می‌شوند. ولی از روی این انحراف، نمی‌توان فهمید که جسم چه نوع باری (مثبت یا منفی) دارد. جسم باردار، بار مثبت داشته باشد یا منفی، تفاوتی نمی‌کند، در هر دو حالت، در اثر القا، در عقربه‌های الکتروسکوپ بارِ هم‌علامت القا می‌شود و همدیگر را دفع می‌کنند. از روی دفع شدن و انحراف عقربه‌ها، فقط می‌توانیم بفهمیم که جسم بار الکتریکی دارد یا ندارد.

برای این‌که بفهمیم جسم چه نوع باری دارد، باید ابتدا به الکتروسکوپ بار الکتریکی با علامت معین بدهیم. برای باردار کردن الکتروسکوپ می‌توان به دو روش عمل کرد:



روش اول: ابتدا الکتروسکوپ را خنثی می‌کنیم. سپس یک میلهٔ شیشه‌ای را با پارچهٔ ابریشمی مالش می‌دهیم. در این صورت پارچهٔ ابریشمی الکترون می‌گیرد و بار آن منفی می‌شود و میلهٔ شیشه‌ای الکترون از دست داده و بار آن مثبت می‌شود. سپس میلهٔ شیشه‌ای را که بار مثبت دارد، با کلاهک الکتروسکوپ تماس می‌دهیم. در اثر تماس، الکتروسکوپ بار مثبت می‌گیرد و عقربه‌های آن مقداری منحرف می‌شوند.

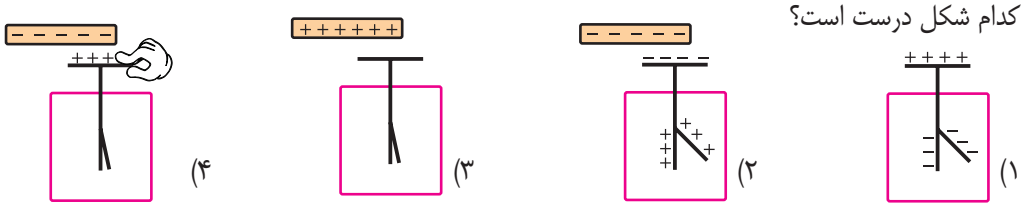
روش دوم: ابتدا الکتروسکوپ را خنثی می‌کنیم. سپس یک میلهٔ شیشه‌ای را با پارچهٔ ابریشمی مالش می‌دهیم. در این‌صورت، پارچهٔ ابریشمی الکترون می‌گیرد و بار آن منفی می‌شود و میلهٔ شیشه‌ای الکترون از دست داده و بار آن مثبت می‌شود. سپس میلهٔ شیشه‌ای را که بار مثبت دارد به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک می‌کنیم و دست خود را در این حال به کلاهک الکتروسکوپ می‌زنیم. به این ترتیب، در اثر نیروی جاذبهٔ میلهٔ باردار، مقداری الکترون از زمین وارد الکتروسکوپ می‌شود و بار صفحات الکتروسکوپ را خنثی می‌کند. سپس دست خود را از کلاهک برداشته و پس از آن میلهٔ باردار را دور می‌کنیم. به این ترتیب الکتروسکوپ بار منفی پیدا می‌کند و عقربه‌های آن از هم دور می‌شوند.



فرق روش اول و روش دوم در علامت باری است که الکتروسکوپ پیدا می‌کند.

مثال:

کدام شکل درست است؟



پاسخ:

گزینهٔ ۱ درست نیست. زیرا جاذبهٔ بارهای مثبت و منفی باعث می‌شود که به سمت هم رفته و همدیگر را خنثی کنند. اگر مقدار بارهای منفی و مثبت برابر باشد، عقربه‌ها بسته می‌شود؛ اما مقدار بار هر کدام که از دیگری بیشتر باشد، کل الکتروسکوپ (هم کلاهک و هم عقربه‌ها) بارشان از آن نوع شده و عقربه‌ها نیز اندکی باز می‌شود.

گزینهٔ ۲ نیز درست نیست. زیرا در اثر دافعهٔ بارهای هم‌نام، بار عقربه‌ها باید منفی و بار کلاهک مثبت باشد.

گزینهٔ ۳ نیز غلط است. زیرا در اثر القای جسم باردار، بارهای الکتروسکوپ خنثی از هم جدا می‌شوند و عقربه‌ها دارای باری هم‌نام با بار جسم شده و از هم باز می‌شوند.

بنابراین تنها گزینهٔ ۴ صحیح است. الکترون‌های الکتروسکوپ در اثر دافعهٔ الکترون‌های جسم باردار تا جای ممکن از آن دور می‌شوند و به علت اتصال کلاهک با زمین از طریق دست، به زمین می‌روند. بنابراین بار کلاهک مثبت شده و بار عقربه‌ها خنثی می‌شود.

دست به‌کار شو

الکتروسکوپت را با بار آزمون باردار کن و علامت بار آن را در نظر داشته باش. حالا یک بار، میله‌ای شیشه‌ای را با پارچه‌ای پشمی مالش بده و یک بار دیگر خط‌کش پلاستیکی را. میلهٔ شیشه‌ای و خط‌کش پلاستیکی را به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک کن. تمام آن‌چه را مشاهده می‌کنی در ادامهٔ این متن بنویس و سعی کن علت آن را توضیح بدهی. پس از آن ادامهٔ درس را مطالعه کن و ببین که چقدر درست فکر می‌کردی!

وقتی میلهٔ شیشه‌ای که بار دارد را به الکتروسکوپ نزدیک کردم .....

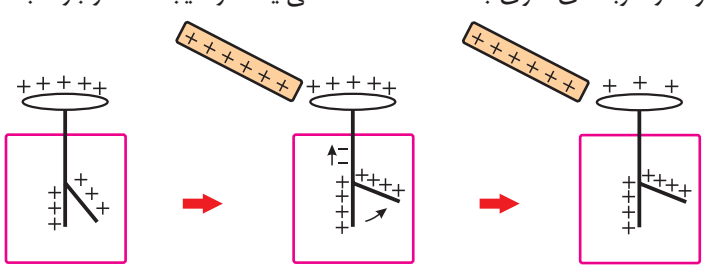
زیرا .....

وقتی میلهٔ پلاستیکی که بار ..... دارد را .....

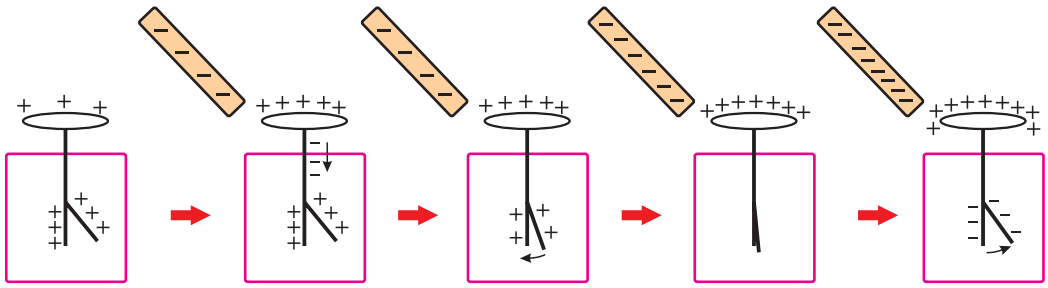
زیرا .....

پس از باردار کردن الکتروسکوپ با باری که علامت آن را می‌دانیم (بار آزمون)، جسمی را که می‌دانیم بار الکتریکی دارد و می‌خواهیم نوع بار آن را تعیین کنیم، به آرامی به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک می‌کنیم. اگر انحراف عقربه‌های الکتروسکوپ بیشتر شد، بار جسم و بار داده شده به الکتروسکوپ هم‌علامت است. چرا؟

فرض کنید الکتروسکوپ دارای بار مثبت باشد. اگر جسمی که می‌خواهیم علامت بار آن را تعیین کنیم نیز دارای بار مثبت باشد، با نزدیک کردن آن به الکتروسکوپ، در اثر القا و نیروی جاذبهٔ الکتریکی، الکترون‌های عقربه‌ها به سمت کلاهک الکتروسکوپ کشیده می‌شوند، زیرا بار مثبت جسم، الکترون‌های آزاد موجود در الکتروسکوپ را به سمت خود جذب می‌کند (یادمان نرود که با وجود بار مثبت در عقربه‌های الکتروسکوپ، هنوز کلی الکترون در آن‌ها وجود دارد). بنابراین تعدادی از الکترون‌های موجود درعقربه‌های فلزی به سمت کلاهک می‌آیند. در نتیجه، مقدار بار مثبت در کلاهک کمتر و مقدار بار مثبت در عقربه‌های الکتروسکوپ بیشتر می‌شود. بیشتر شدن مقدار بار مثبت در عقربه‌های الکتروسکوپ، باعث دافعهٔ بیشتر و در نتیجه انحراف بیشتر عقربه‌ها می‌شود.



اگر انحراف عقربه‌های الکتروسکوپ کمتر شد، بار جسم و بار داده شده به الکتروسکوپ غیر هم‌علامت است. چرا؟
فرض کنید الکتروسکوپ دارای بار مثبت باشد. اگر جسمی که می‌خواهیم علامت بار آن را تعیین کنیم دارای بار منفی باشد، با نزدیک کردن آن به الکتروسکوپ در اثر القا و نیروی دافعهٔ الکتریکی، تعدادی از الکترون‌های کلاهک فلزی، از جسم باردار دور می‌شوند و به سمت عقربه‌های الکتروسکوپ می‌روند.
در نتیجه، مقدار بار مثبت در کلاهک الکتروسکوپ بیشتر و مقدار بار مثبت در عقربه‌های آن کمتر می‌شود. با کم شدن میزان بار الکتریکی در عقربه‌های الکتروسکوپ، دافعهٔ آن‌ها کمتر و در نتیجه میزان انحراف عقربه‌های الکتروسکوپ کمتر خواهد شد. دقت کنید که در این حالت ممکن است بار منفی القا شده به حدی زیاد باشد که نه تنها عقربه‌های الکتروسکوپ به هم نزدیک شوند، بلکه به هم بچسبند و حتی دوباره از هم باز شوند و این بستگی به میزان بار الکتریکی میلهٔ باردار و فاصلهٔ آن از کلاهک الکتروسکوپ دارد.

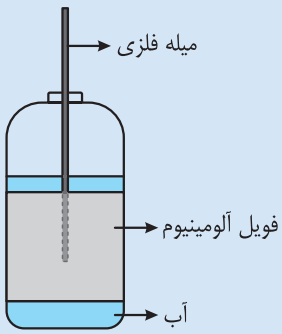


۴) تعیین رسانا بودن یا نبودن اجسام

الکتروسکوپ را به یکی از روش‌های قبل باردار کن. یک خطکش فلزی و یک خطکش پلاستیکی بدون بار بردار. ابتدا خطکش پلاستیکی را به کلاهک الکتروسکوپ بچسبان، سپس خطکش فلزی را. چه چیزی مشاهده می‌کنی؟ چگونه می‌توان به کمک الکتروسکوپ، رسانا بودن یا نبودن اجسام را تشخیص داد؟

جریان الکتریکی

یک بطری نوشابهٔ خانواده را بردار. در آن را به حدی سوراخ کن که یک میلهٔ فلزی یا یک مفتول فلزی بلند، با فشار از درون آن عبور کند و تا نزدیک انتهای بطری برسد. بالای میله هم حدود ۱۰ سانتی‌متر از بطری بیرون باشد. دور بطری، از انتهای آن تا نیمه را با آلومینیوم فویل بپوشان. درون بطری تا نیمه آب بریز و در بطری را ببند.
حالا واندوگرافت را روشن کن. انتهای بطری (جایی که آلومینیوم فویل دارد) را در دست بگیر و میلهٔ فلزی که از بطری بیرون است را به کلاهک واندوگراف بچسبان. چند دقیقه صبر کن و سپس میله را از واندوگراف جدا کن. حالا از یکی از دوستانت خواهش کن تا یکی از دستانش را به دست آزاد تو بدهد و دست دیگرش را به میله بزند.



احساس و تجربهٔ جالبت را با دیگر دوستانت در میان بگذار. حتی می‌توانی خواهش کنی که بین شما دو نفر، یک زنجیرهٔ بزرگ از دوستانت بایستند و آزمایش را تکرار کنی تا همه با هم در این تجربه شریک شوید!

واژهٔ جریان، بیشتر وقت‌ها در مورد سیالات به کار می‌رود. سیالات، یعنی مایعات و گازها، می‌توانند جریان پیدا کنند؛ مانند جریان هوا در یک اتاق یا جریان آب در یک لوله. همان‌طور که دیدیم، قدیمی‌ها الکتریسیته را نوعی سیال می‌پنداشتند که می‌تواند از جایی به جای دیگر جریان یابد. در واقع این تصور درست است. بار الکتریکی، در صورت فراهم شدن شرایط مناسب، می‌تواند از جایی به جای دیگر جریان یابد. **جریان الکتریکی، بار الکتریکیِ در حال حرکت است.**

هرجا که به طور خالص، بار الکتریکی در حال حرکت باشد، می‌گوییم جریان الکتریکی برقرار است. برای برقرار شدن جریان الکتریکی، باید شرایط مناسبی برقرار شود تا بار الکتریکی (به‌طور خالص) به حرکت دربیاید. در اتم‌های همهٔ مواد، الکترون‌ها به دور هسته در حال حرکتند. برای مثال، در یک میخ که از جنس فلز و رسانا است، الکترون‌های آزاد در ترازهای مشخص در حال حرکتند. ولی ما نمی‌گوییم که در میخ، به طور خالص، جریان الکتریکی وجود دارد. زیرا الکترون‌ها در همهٔ راستاها و جهت‌ها حرکت می‌کنند و بنابراین در مجموع، به طور خالص حرکت بار وجود ندارد. دقیقاً مانند یک لیوان آب. در داخل یک لیوان آب، مولکول‌های آب در همهٔ راستاها در حال حرکتند، ولی نمی‌گوییم که جریان آب در لیوان وجود دارد.

برای به وجود آمدن جریان الکتریکی، مانند هر جریان دیگری، وجود دو عامل لازم است. فرض کنید می‌خواهید یک جریان هوا به وجود بیاورید. به چه چیزی احتیاج دارید؟

درست است! **اول** یک جایی، کانالی، لوله‌ای، اتاقی، چیزی که جریان هوا را در داخل آن به وجود بیاورید. جایی که هوا باشد و بتواند به جریان دربیاید. مثلا در داخل یک قابلمهٔ دربسته یا در داخل یک قوطی کنسرو دربسته، به‌وجود آوردن جریان هوا کار بسیار سختی است.

دوم وسیله یا عاملی که باعث به حرکت درآمدن هوا شود. فرض کنید یک مکان و محیط مناسبی برای به وجود آوردن جریان هوا پیدا کردید؛ خُب! هوا که خودش همین‌جوری برای خودش راه نمی‌افتد و به جریان درنمی‌آید! برای به وجود آوردن هر حرکتی به عاملی، وسیله‌ای، و به طور کلی به انرژی نیاز است. برای مثال، شما می‌توانید با یک بادبزن، انرژی لازم برای به وجود آوردن جریان هوا را فراهم کنید.

کانال کولر، مسیری است که برای به وجود آوردن جریان هوا در خانه طراحی شده است. موتور کولر وسیله‌ای است که انرژی لازم برای راه افتادن این جریان را تأمین می‌کند.

یا فرض کنید می‌خواهید در وسط اتاقِ خانه‌تان، یک جریان آب راه بیندازید. مثلا آب از یک منبع بیاید وسط اتاق، فواره کند، بریزد داخل یک حوض و از حوض دوباره به منبع برود. دوباره از منبع بیاید وسط اتاق، فواره کند، بریزد داخل حوض و از حوض... خُب! چه چیزهایی لازم داریم؟ اول یک مسیر برای جریانِ آب؛ لوله‌هایی که آب در آن‌ها جریان داشته باشند. دوم وسیله‌ای که آب را در داخل لوله‌ها به جریان بیندازد، یعنی مثلا یک پمپ. پمپ آب وسیله‌ای است که آب را در داخل مسیر مشخص شده به جریان می‌اندازد. اگر آب در لوله‌ها وجود داشته باشد، ولی پمپ کار نکند، جریان آب به وجود نمی‌آید. اگر پمپ کار کند، ولی مسیری برای حرکت آب وجود نداشته باشد، یا مسیر حرکت آب دچار اشکال شود، باز هم جریان آب برقرار نمی‌شود. برای به وجود آمدن جریان، هر دوی این‌ها لازم است:

* اول، محیط و مسیری که جریان بتواند در آن برقرار شود.
* دوم، عاملی که انرژی لازم را برای حرکت و برقراری جریان تأمین کند.

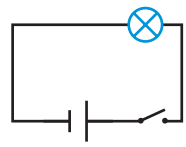
مدار الکتریکی

برای برقرار شدن جریان الکتریکی و به وجود آمدن حرکت خالصِ بار، مانند همه جریان‌های دیگر که در مورد آن‌ها صحبت کردیم، به دو چیز احتیاج داریم:

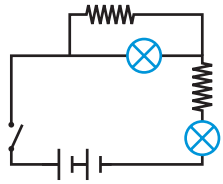
اول، مسیر. مسیری که در آن بار الکتریکی وجود داشته باشد و این بارها بتوانند در آن حرکت کنند. معمولا این مسیر از مواد رسانا ساخته می‌شود. زیرا مواد رسانا الکترون‌های آزادی دارند که (تقریباً) آزادانه می‌توانند در داخل مادهٔ رسانا حرکت کنند. علاوه بر این، این مواد می‌توانند به راحتی بار الکتریکی را منتقل کنند. پس به عنوان مسیر حرکت بار الکتریکی، از مواد رسانا استفاده می‌شود و به کمک آن‌ها، یک مسیر بستهٔ رسانا ساخته می‌شود. به این مسیر که برای حرکت بار طراحی شده است، **مدار** می‌گویند. معمولا این مسیر از سیم‌های نازک فلزی ساخته می‌شود. برای آن‌که بار الکتریکی از مدار خارج نشود و در نرود و نیز بخش‌های مختلف مدار اتصالی نکند، از پلاستیک‌های نارسانا به عنوان روکش سیم‌های مدار استفاده می‌شود.

نماد برخی قطعات الکتریکی در مدار

کلید	
لامپ	⊗
باتری	⊣⊢
مقاومت	
اتصال به زمین	
آمپرسنج	Ⓐ
ولت‌سنج	Ⓥ



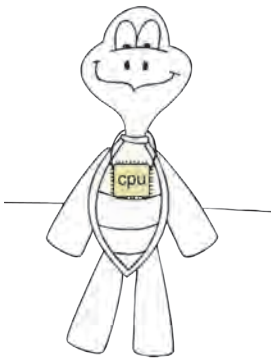
مداری تشکیل شده از یک باتری، کلید و لامپ



مداری تشکیل شده از دو باتری، دو لامپ، دو مقاومت و یک کلید

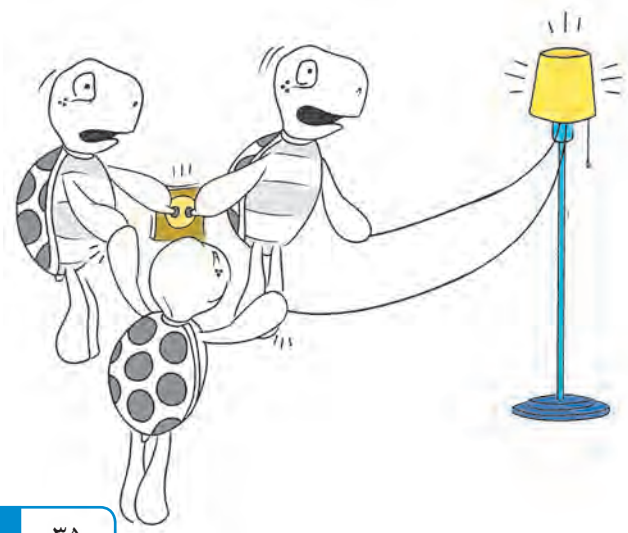
بینش ۱۱۹

بهترین فلز رسانا برای انتقال الکتریسیته نقره است، ولی معمولا از نقره برای این هدف استفاده نمی‌شود. زیرا نقره به راحتی و به مرور زمان با اکسیژن هوا ترکیب می‌شود و به اصطلاح زنگ می‌زند و به اکسید نقره تبدیل می‌شود. رسانایی اکسید نقره به خوبی خود نقره نیست. (علاوه‌بر آن نقره فلز گرانی است) بعد از نقره، بهترین فلز رسانا که در اطراف خود می‌شناسیم، مس است و بعد از مس، طلا. بله! طلا!



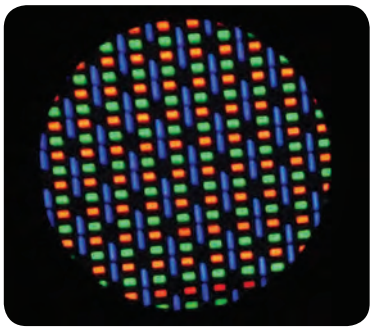
از آلیاژهای طلا در مواردی استفاده می‌شود که ارزش داشته باشد! مثلاً در مدار *CPU* کامپیوتر از طلا استفاده شده است.

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. یعنی بخشی از مدار و مسیرِ رسانا، که بار الکتریکی در آن مسیر حرکت می‌کند، حجم استوانه‌ای شکل لامپ است. در این حجم، گازی برانگیخته شده است و مسیر رسانا را تشکیل می‌دهد. درست مانند لامپ نئونی، در لامپ مهتابی هم، بخشی از مسیر رسانا را یک گاز تشکیل می‌دهد. در لامپ مهتابی هم، گازی برانگیخته شده و بخشی از مسیر مدار الکتریکی است. نکتهٔ دیگر این است که در بیشتر مدارهای الکتریکی، یک **مسیر بسته** طراحی می‌شود که بار در این مسیر حرکت کند. ولی همیشه این‌گونه نیست. برای مثال در لامپ تصویر تلویزیون‌های قدیمی، الکترون‌ها شتاب می‌گیرند و به حرکت درمی‌آیند، یعنی حرکت بار و جریان الکتریکی به وجود می‌آید. ولی مسیر حرکت الکترون‌ها بسته نیست. آن‌ها پس از شلیک شدن، به صفحهٔ تصویر تلویزیون برخورد می‌کنند و متوقف می‌شوند. برای همین است که صفحهٔ تصویر تلویزیون باردار است.



جالب است بدانی

تلویزیون

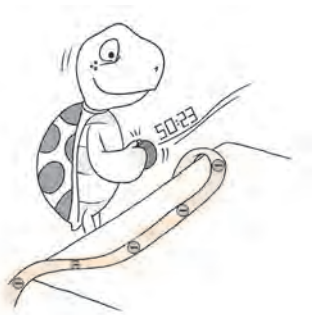


همان‌طور که در بخش گذشته شرح داده شد، وقتی الکترون‌های در حال گردش دور هستهٔ اتم از مدار خود خارج شده و به مدارهای بالاتر می‌روند، اتم به حالت برانگیخته درمی‌آید. برانگیخته شدن اتم می‌تواند در اثر گرما، واکنش‌های شیمیایی و یا برخورد الکترون‌های آزاد به الکترون‌های اتم اتفاق بیافتد. هم‌چنین گفتیم که الکترون‌های برانگیخته شده با تابش نور به حالت عادی خود بازمی‌گردند که رنگ نور تابش شده از آن‌ها به نوع ماده بستگی دارد. نور رعد و برق، شفق‌های قطبی، لامپ‌های مهتابی، لامپ‌های معمولی و خیلی چیزهای دیگر به همین صورت ایجاد می‌شود.

در لامپ تصویر تلویزیون، تعداد بسیار زیادی سلول کوچک وجود دارد که هر سلول با سه نوار باریک فسفری پوشیده شده است. برخورد الکترون به این مواد و برانگیخته شدن اتم‌های آن‌ها، باعث ایجاد سه رنگ متفاوت می‌شود که ترکیب این سه رنگ متفاوت در هر نقطه، می‌تواند انواع رنگ‌های موجود در طبیعت را ایجاد نماید.

در پشت لامپ‌های تصویر، تفنگی الکترونی وجود دارد که با شلیک الکترون به تمام نقاط صفحه -که در هر ثانیه بیشتر از ۲۰ بار اتفاق می‌افتد-، رنگ تمام نقاط صفحه را ایجاد می‌کند.

احتمالا این سلول‌های سه رنگ را روی تلویزیون‌ها یا صفحات مانیتور دیده‌ای. اگر ندیده‌ای، همین الان با یک ذره‌بین به سراغ تلویزیون منزلتان برو! اگر هم ذره‌بین در دسترس نبود، یواشکی یک قطرهٔ آب روی تلویزیون بپاش و این سلول‌ها را تماشا کن!



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 صفحهٔ 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:

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

$$۱(\frac{C}{s}) = ۱(A)$$

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.

شدت جریان مقدار بار عبوری واحد زمان را نشان می‌دهد.

آندره ماری آمپر
۱۷۷۵ تا ۱۸۳۶ میلادی

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.

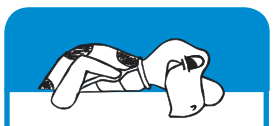
حرکت بار و جهت جریان الکتریکی

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. نکتهٔ 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

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.

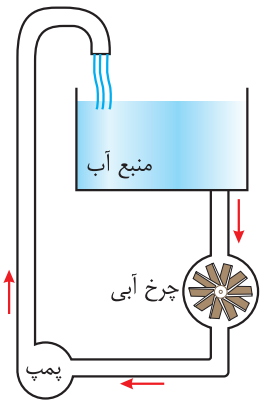


باتری وسیله‌ای است که در آن شکلی از انرژی به انرژی پتانسیل الکتریکی تبدیل می‌شود.

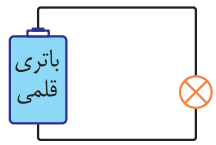
در اثر واکنش‌ها، بار منفی (الکترون‌ها) بر روی پایانهٔ منفیِ باتری جمع می‌شود. در این وضعیت، الکترون‌ها می‌خواهند از پایانهٔ منفی به سر دیگر باتری بروند. یعنی در این حالت انرژی پتانسیل دارند و اگر شرایط لازم فراهم شود، الکترون‌هایی که در سرِ منفی باتری جمع شده‌اند، به سرِ مثبت باتری می‌روند. شرایط لازم، 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 پایانهٔ منفی، که در آن‌جا انرژی پتانسیل بیش‌تری دارند، به سمت پایانهٔ 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 (توربین) 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 پایانهٔ 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.



واکنش‌ها و فرآیندهایی که در باتری اتفاق می‌افتند، نقشی شبیه به نقشِ پمپ (تلمبه) در این مثال دارند. این واکنش‌ها و فرآیندها دوباره الکترون‌ها را به جایی که انرژی پتانسیل بیش‌تری دارند، برمی‌گردانند.

توجه کنید که در مثال ما، پمپ می‌تواند به سادگی آدمی باشد که آب را با سطل به داخل منبع برمی‌گرداند. یعنی در زیر چرخ آبی یک حوض وجود دارد. آب داخل حوض می‌ریزد و مثلا شما با سطل، آب داخل حوض را به منبع آب برمی‌گردانید. در این‌صورت، انرژی پتانسیل شیمیایی در ماهیچه‌های شما، با انجام کار و بالا بردن سطل، به صورت انرژی پتانسیل گرانشی در آب ذخیره می‌شود.

در باتری نیز همین‌طور است. با فرآیندها و واکنش‌هایی که در باتری اتفاق می‌افتد، انرژیِ پتانسیل شیمیایی، به انرژی پتانسیل الکتریکی تبدیل می‌شود.

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

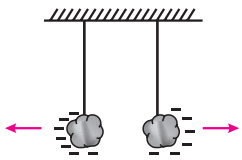
ساختمان باتری خشک

پیل یا باتری خشک از محفظه‌ای استوانه‌ای شکل از جنس فلز روی تشکیل شده است. روی، نقش پایانهٔ منفی (قطب یا الکترود منفی) باتری را ایفا می‌کند. پایانهٔ مثبت میله‌ای کربنی است که به صورت عمودی در مرکز استوانه قرار گرفته است. الکترودهای مثبت و منفی باتری به گونه‌ای درون باتری قرار گرفته‌اند که هیچ اتصالی با هم ندارند. درون باتری خمیری مرطوب میان قطب مثبت و منفی قرار دارد. واکنش‌های شیمیایی باعث می‌شود که الکترون‌ها از الکترود مثبت باتری جدا شده و به سمت الکترود منفی بروند و در آن‌جا جمع بشوند. بنابراین قطب مثبت باتری با کمبود الکترون مواجه است و انرژی شیمیایی موجود در باتری، با حرکت دادن الکترون‌ها به سمت قطب منفی، باعث ذخیره شدن انرژی پتانسیل الکتریکی در باتری می‌شود.

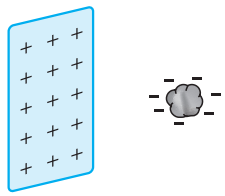
باتری خشک

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.

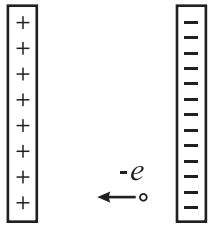


فرض کنید دو گلولهٔ کوچک آلومینیومی (فویل آلومینیوم) را از سقف آویزان کرده و در کنار هم نگه داشته‌ایم. به هر دوی این گلوله‌ها بار الکتریکی منفی (الکترون) می‌دهیم. اگر دو گلولهٔ آلومینیومی را رها کنیم، چه اتفاقی می‌افتد؟ درست است! در اثر نیروی دافعه، از هم دور می‌شوند. یعنی وقتی آن‌ها را به زور در کنار 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 صفحهٔ فلزی بزرگ دارای بار مثبت است و یک توپ کوچک را که بار منفی دارد، در فاصلهٔ کمی از صفحه نگه داشته‌ایم. در این وضعیت، این مجموعه انرژی پتانسیل الکتریکی دارد. این انرژی پتانسیل الکتریکی، نتیجهٔ 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 جاذبهٔ گرانشی است).



به عنوان مثال آخر، فرض کنید دو صفحهٔ باردار داشته باشیم که یکی دارای بار مثبت و دیگری دارای بار منفی (یعنی الکترون اضافی) است. اگر الکترونی را در فاصلهٔ نزدیک به صفحهٔ منفی نگه داریم، در این وضعیت، صفحهٔ منفی، الکترون را دفع می‌کند و صفحهٔ مثبت، الکترون را جذب می‌کند. الکترون در این وضعیت دارای انرژی پتانسیل الکتریکی است. اگر الکترون را رها کنیم، انرژی پتانسیل آزاد شده و به صورت انرژیِ حرکت الکترون، یعنی انرژی جنبشی درمی‌آید (این حالت تا حدودی شبیه انرژی پتانسیلِ الکتریکی در باتری است. الکترون‌هایی که در سرِ منفی باتری هستند، انرژی پتانسیل الکتریکی دارند و می‌خواهند به سمت سر مثبت باتری حرکت کنند). حالا فرض کنید در این مثال، به محض این‌که الکترون به صفحهٔ مثبت می‌رسد، شما این الکترون را می‌گیرید و آن را دوباره به نزدیک صفحهٔ منفی برمی‌گردانید و رها می‌کنید. این کار شما، شبیه به کاری است که فرآیندها و واکنش‌های شیمیایی در باتری انجام می‌دهند.

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 بقیهٔ 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 ۶ 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؟

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.

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 پایانهٔ منفی باتری باشد، نسبت به وقتی که به پایانهٔ 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. 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 پایانهٔ منفی است، انرژی پتانسیل آن ۱۲ ژول بیش‌تر از وقتی است که همین مقدار الکترون در پایانهٔ 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:

$$۱۲\left(\frac{J}{C}\right)=۱۲(V)$$

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 شیشهٔ مربای خالی با در پلاستیکی، مقداری سیم و چند عدد نوک مداد لازم داری. یک شیشهٔ مربای خالی بردار و روی در پلاستیکی آن دو سوراخ بسیار ریز به فاصلهٔ حدود ۶-۷ 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 شیشهٔ 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 همهٔ مواد یکسان نیست.

کنکاش کن

دربارهٔ 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 دربارهٔ 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.

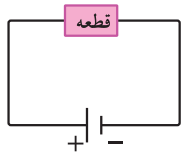
تعریف مقاومت الکتریکی و قانون اُهم

بینش ۱۲۳

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:

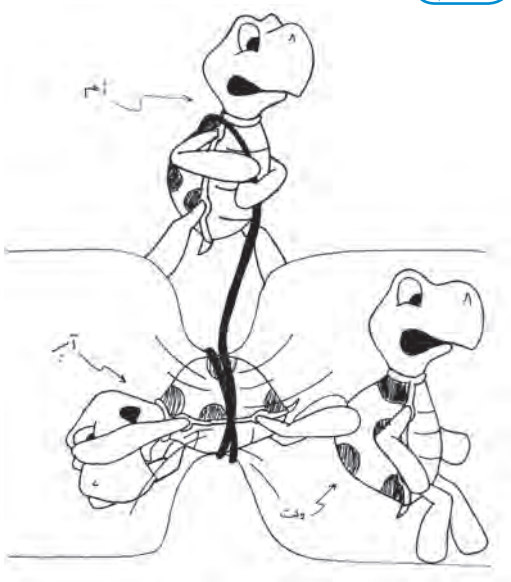
$$۱(\text{اُهم}) = ۱(\frac{\text{ولت}}{\text{آمپر}})$$

$$۱(\Omega) = ۱(\frac{V}{A})$$

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 قطعهٔ 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، اندازهٔ جریانی که از آن عبور می‌کند نزدیک به ۰/۲۵ آمپر است. اگر دو سر همین لامپ کوچک را به یک باتری ۶ ولتی (باتری کتابی) وصل کنیم، اندازهٔ 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 همهٔ 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:

$$\frac{\text{اختلاف پتانسیل}}{\text{شدت جریان}} = \frac{۱/۵\ (\text{ولت})}{۰/۲۵(\text{آمپر})} = \frac{۶(\text{ولت})}{۱(\text{آمپر})}$$

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 اُهم می‌گوید که مقاومت الکتریکی یک قطعه، مقدار مشخص و ثابتی است که به ولتاژ باتری یا به شدت جریان عبوری بستگی ندارد؛ بلکه به ویژگی‌های فیزیکی قطعه یعنی جنس، طول، ابعاد و دمای قطعه بستگی دارد. وقتی جریان برای مدتی در مدار برقرار باشد، مقاومت‌های موجود در مدار به تدریج داغ می‌شوند، بنابراین مقدار مقاومت آن‌ها هم تغییر می‌کند. اما در حل مسائل فرض ما بر آن است که دما و مقاومت در مدار، با گذر زمان تقریبا ثابت است.

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.

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 رابطهٔ 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.

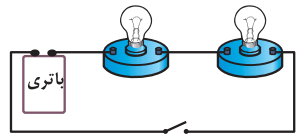
$$V' = \frac{۷۵}{۱۰۰}V = \frac{۷۵}{۱۰۰} \times ۲۰۰ = ۱۵۰V$$

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

سری و موازی بستن اجزای یک مدار با هم

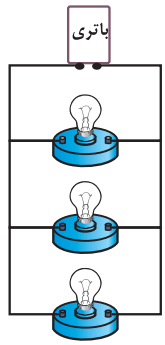
بینش ۱۲۴

وقتی در یک مدار، انتهای هر قطعه به ابتدای قطعهٔ دیگر متصل شود و انتهای قطعهٔ بعد به ابتدای قطعهٔ بعدی خود و ... اجزا به صورت سری (متوالی) بسته شده‌اند (شکل ۱). اگر در یک مدار ابتدای هر دو قطعه به هم و انتهای آن‌ها نیز به هم بسته شده باشد، آن دو جزء به صورت موازی بسته شده‌اند (شکل ۲). در یک مدار ممکن است اجزای زیادی وجود داشته باشد که هر یک با بقیه به صورت سری یا موازی بسته شده باشد. ممکن است تعدادی از اجزا با هم به صورت موازی باشند و با دیگر اجزا به صورت سری باشند (شکل ۳).



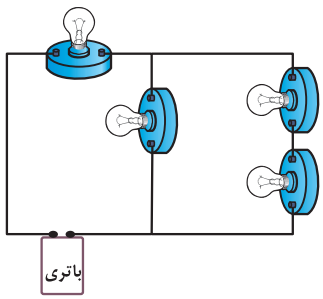
بستن لامپ‌ها در یک مدار
به‌صورت سری

شکل ۱



بستن لامپ‌ها در یک
مدار به‌صورت موازی

شکل ۲

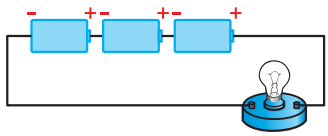


بستن لامپ‌ها در یک مدار
به‌صورت سری و موازی

شکل ۳

وقتی یکی از اجزایی که در مدار به صورت سری قرار گرفته است قطع شود یا بسوزد، کل مدار قطع می‌شود. زیرا تمام جریان مدار از آن قطعه می‌گذشته است. اما این قضیه در مورد اجزایی که در مدار موازی قرار می‌گیرند صادق نیست. برای همین است که تقریبا تمام وسایل برقی‌ای که در ساختمان موجودند، با هم به صورت موازی بسته می‌شوند. اگر این‌چنین نبود، قطع شدن یکی از قطعات مدار باعث قطع شدن جریان در تمام مدار می‌شد. مثلا فرض کنید با در آمدن اتو از برق، تلویزیون، یخچال و بقیهٔ لوازم برقی هم خاموش می‌شدند! یا با سوختن یک لامپ لوستر، همهٔ لامپ‌های آن خاموش می‌شدند!

همان‌طور که گفته شد، وجود یک باتری باعث حرکت بارهای الکتریکی در یک رسانا یا در یک مدار می‌شود. طبیعی است که هر چه اختلاف پتانسیل یا ولتاژ در مدار افزایش یابد، میزان بارهای جریان یافته نیز بیشتر می‌شود. برای افزایش ولتاژ چند باتری به کمک هم، می‌توان آن‌ها را به صورت سری به هم وصل کرد. در این حالت اختلاف پتانسیل باتری‌ها با هم جمع می‌شود.

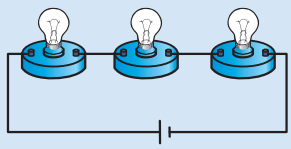


بستن باتری‌ها به‌صورت سری

فسفر بسوزان

در مدار شکل مقابل که سه لامپ مشابه به صورت متوالی به هم بسته شده‌اند، شدت جریان عبوری چه ارتباطی با هم دارد؟ چرا؟

اگر لامپ‌ها مشابه نباشند، جواب شما تغییر می‌کند؟



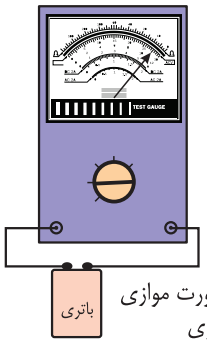
فسفر بسوزان

به نظرت در برق‌کشی یک ساختمان، هر یک از اجزای زیر را باید به صورت موازی با بقیه بست یا سری؟ چرا؟

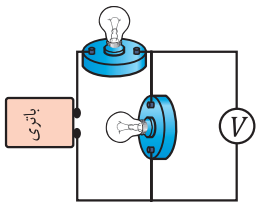
پریزها- فیوز- کنتور برق- لوستر- کلیدها

ولت‌سنج و آمپرسنج

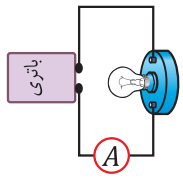
اختلاف پتانسیل را با وسیله‌ای به نام **ولت‌سنج** اندازه‌گیری می‌کنیم و برای این کار دو سر ولت‌سنج را به آن دو نقطه‌ای که می‌خواهیم اختلاف پتانسیل آن‌ها را اندازه بگیریم، وصل می‌کنیم. در واقع ولت‌سنج با قطعه‌ای که می‌خواهیم مقاومتش را اندازه بگیریم به صورت موازی بسته می‌شود. برای آن‌که وجود ولت‌سنج بر شدت جریان مدار و در نتیجه ولتاژی که ولت‌سنج اندازه می‌گیرد تاثیر نگذارد، آن را از موادی با مقاومت بسیار زیاد می‌سازند تا تقریباً جریانی از آن نگذرد.



بستن ولت‌سنج به صورت موازی
به دو سر باتری



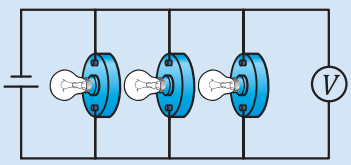
بستن ولت‌سنج در یک مدار
برای اندازه‌گیری
اختلاف پتانسیل دو سر لامپ



برای اندازه‌گیری شدت جریان در یک مدار از وسیله‌ای به نام **آمپرسنج** استفاده می‌شود. آمپرسنج همواره باید در مدار به صورت سری بسته شود. چرا که این وسیله باید شدت جریان گذرنده از یک نقطه از مدار را نشان دهد. شدت جریان مدار، همان شدت جریانی است که از آمپرسنج می‌گذرد. برای آن‌که مقاومت آمپرسنج بر شدت جریان مدار تاثیر نگذارد، آن را از موادی با مقاومت بسیار کم می‌سازند.

فسفر بسوزان

در مدار مقابل که سه لامپ به صورت موازی به هم بسته شده‌اند، ولت‌سنج، اختلاف‌پتانسیل دو سر کدام لامپ را نشان می‌دهد؟ آیا می‌توانی بگویی در حالت موازی، چه ارتباطی بین اختلاف پتانسیل دو سر قطعات وجود دارد؟



راهنمایی: سیم‌ها در مدار مقاومتشان صفر فرض می‌شود. بنابراین طبق قانون اهم، اختلاف پتانسیلی ایجاد نمی‌کنند.

دست به‌کار شو

به کمک معلم خود، یک مدار ساده متشکل از چند لامپ و باتری ببند. از آزمایشگاه مدرسه یک دستگاه آوومتر (*A.V.O meter*) ـ وسیله‌ای که هم جریان و هم مقاومت و هم اختلاف پتانسیل را اندازه می‌گیرد.) قرض بگیر و با راهنمایی معلمت اندازه‌گیری جریان، ولتاژ و مقاومت اجزای مدار را در حالات مختلف بستن به هم تمرین کن.

جالب است بدانی

وقتی قطعاتی در مدار به صورت سری بسته شوند، شدت جریان عبوری از همهٔ آن‌ها برابر است (چرا؟). همچنین این مقدار برابر شدت جریان در شاخهٔ اصلی مدار است. ولی اگر اجزا به صورت موازی بسته شوند، شدت جریان کل در شاخه‌های اصلی، بین شاخه‌های موازی تقسیم می‌شود. در مدارهای سری، اختلاف پتانسیل هر قطعه با دیگر قطعات برابر نیست و فقط جمع اختلاف پتانسیل‌های آن‌ها برابر اختلاف پتانسیل باتری است. این موضوع مانند اختلاف پتانسیل گرانشی در یک آبشار پلکانی است. با ریختن آب به سمت پایین بر روی هر پله، مقداری انرژی پتانسیل گرانشی در آب کم می‌شود. جمع این اختلاف انرژی پتانسیل‌های گرانشی، برابر اختلاف انرژی پتانسیل گرانشی کل آبشار است. در مدارهای موازی اختلاف پتانسیل همهٔ قطعات با هم برابر است و اگر یک یا چند تا از آن‌ها از مدار خارج شوند، اختلاف پتانسیل بقیه فرقی نمی‌کند. در واقع قطعات موازی مانند دریچه‌های مختلف یک سد هستند که در یک ارتفاع قرار دارند. پشت همهٔ آن‌ها ارتفاع برابری از آب وجود دارد و هرکدام که باز شوند، آب با سرعت برابری از آن‌ها به بیرون پرتاب می‌شود. اگر هم برخی از آن‌ها باز نشوند، در سرعت خروج آب از بقیهٔ دریچه‌ها اثری ندارد.

مثال:

در مداری متشکل از چند باتری، تعدادی مقاومت، یک آمپرسنج و مقداری سیم رسانا، با افزودن ۲ باتری ۱/۵ ولتی، ولتاژ را از ۹ به ۱۲ ولت می‌رسانیم و در نتیجه شدت جریان در مدار ۰/۵ آمپر زیاد می‌شود. مقاومت مدار چقدر است؟

۱) ۲Ω ۲) ۶Ω ۳) ۳Ω ۴) ۲۱Ω

پاسخ:

طبق قانون اهم، برای حالت اول می‌توان نوشت:

$$V_۱ = I_۱R \Rightarrow ۹ = I_۱R$$

می‌دانیم که مقاومت یک مدار به اختلاف پتانسیل (ولتاژ) مدار ربطی ندارد. بنابراین مقاومت مدار ثابت بوده و برای حالت دوم نیز می‌توان نوشت:

$$V_۲ = I_۲R \Rightarrow ۱۲ = I_۲R \xrightarrow{I_۲ = I_۱ + ۰/۵} ۱۲ = (I_۱ + ۰/۵) \times R$$
$$\Rightarrow ۱۲ = I_۱R + ۰/۵R \xrightarrow{I_۱R = ۹} ۱۲ = ۹ + ۰/۵R$$
$$\Rightarrow ۰/۵R = ۳ \Rightarrow R = ۶\Omega$$

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 سازندهٔ 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. پروتون‌ها از لحاظ جرم تقریبا با ..... برابرند و هر دو در حدود ..... سنگین‌تر از ..... هستند.

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

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

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

۸. حرکت بار الکتریکی (تنها از مواد رسانا- تقریبا از همهٔ 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. تخلیهٔ الکتریکی روش دیگری برای انتقال بار الکتریکی و باردار کردن اجسام است. مثال طبیعی تخلیهٔ الکتریکی ..... است.

۶. به کمک مالش می‌توان مواد (رسانا- نارسانا- همهٔ 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 (دافعهٔ بارهای هم‌نام - جاذبهٔ 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.

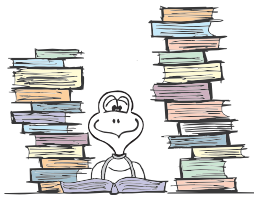
۱۰. درون باتری (بارهای منفی، بارهای مثبت) از (قطب مثبت - قطب منفی) به سمت (قطب مثبت - قطب منفی) حرکت می‌کند.

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 بصورت (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 بصورت (موازی - سری) بسته می‌شود، دارای مقاومت الکتریکی (بسیار زیاد - بسیار کم) است.

لغت‌نامه



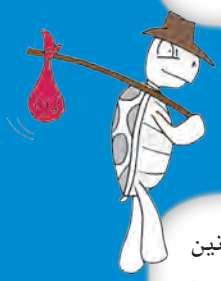
ترجمه	واژه علمی
اتوفون گریکه	*Otto von Guericke*
اختلاف پتانسیل	*Potential difference*
استیون گری	*Stephen gray*
القا	*Induction*
الکتروسکوپ	*Electroscope*
الکترون آزاد	*Free electron*
الکتریسیته ساکن	*Static electricity*
انرژی پتانسیل الکتریکی	*Electric potential energy*
آمپر	*Ampere*
آمپرسنج	*Ammeter*
بار الکتریکی	*Electric charge*
برق‌گیر	*Lightning arrester*
بنجامین فرانکلین	*Benjamin Franklin*
تالس	*Thales*
تخلیه الکتریکی	*Electric discharge*
تماس	*Contact*
جاذبه الکتریکی	*Electrical attraction*
جریان الکتریکی	*Electrical current*
دافعه الکتریکی	*Electrical repulsion*

ترجمه	واژه علمی
رسانا	*Conductive*
رعد و برق	*Thunder and lightning*
سری	*Series*
صاعقه	*Thunderbolt*
فرانسوا دوفه	*Francois du fay*
قانون اهم	*Ohm law*
قطبیده شدن	*Polarization*
کولن	*Cullen*
ماشین اصطکاک	*Friction Machine*
مالش	*Friction*
مدار الکتریکی	*Electrical circuit*
مقاومت	*Resistor*
موازی	*Parallel*
موتور الکترواستاتیک	*Electrostatic motor*
مولد (باتری)	*Battery*
نارسانا	*Nonconductor*
واندوگراف	*Van de graaff*
ولتاژ	*Voltage*
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*

پایه: نهم | بسمه تعالی | مدت آزمون: ۴۰ دقیقه

تاریخ آزمون: | **مبحث آزمون: الکتریسیته** | بارم آزمون: ۱۵ نمره

نام و نام‌خانوادگی: مهدی مهدوی | نام دبیر: استادگرامی جناب آقای عابدی | صفحه ۱

بارم

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

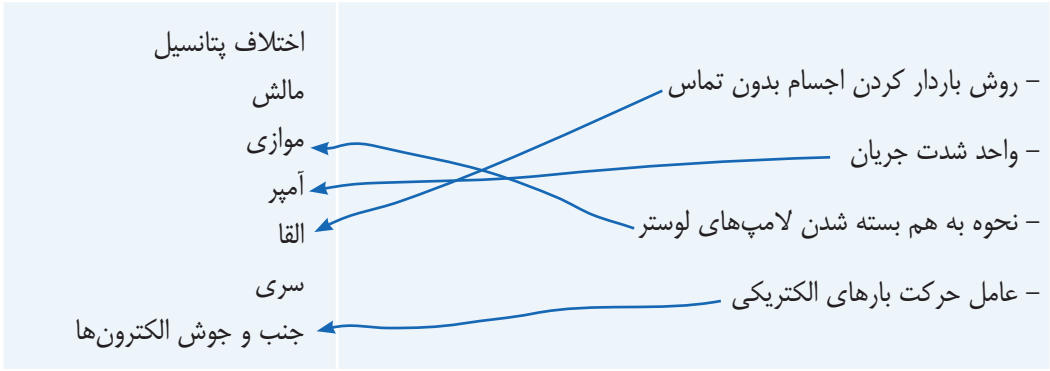
الف) اگر جسمی دارای بار خالص منفی باشد، در آن هیچ بار مثبتی وجود ندارد. درست

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 آن جا که می‌شود از هم دور شوند. بنابراین روی کره بزرگ‌تر بار بیشتری می‌تواند جمع شود.

د) علت آنکه شانهٔ باردار خرده‌های کاغذ را جذب می‌کند، پدیدهٔ 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

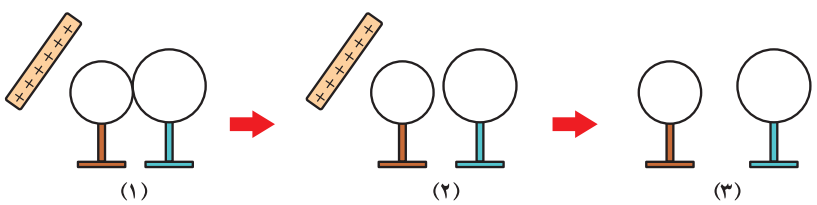
الف) قانون اهم به ما می‌گوید هرچه ولتاژ در مداری بیشتر باشد مقاومت در آن مدار بیشتر است.

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.

بارم

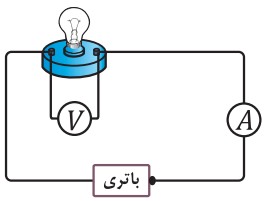
۵. الکتروسکوپی دارای بار الکتریکی است و عقربه‌های آن از هم فاصله دارد. میله بارداری با بار مثبت را به الکتروسکوپ نزدیک می‌کنیم و مشاهده می‌کنیم عقربه‌ها ابتدا به هم نزدیک شده و دوباره از هم باز می‌شوند. درباره بار الکتروسکوپ چه می‌شود گفت؟ چرا؟ — ۱ نمره

بار الکتروسکوپ منفی است. با نزدیک شدن میله با بار مثبت، بارهای منفی عقربه‌ها به سمت کلاهک می آید و عقربه‌ها به هم نزدیک می‌شوند. با بیشتر نزدیک شدن بارهای منفی بیشتری به سمت کلاهک می آیند. این دفعه بار عقربه‌ها مثبت شده و از هم دور می‌شوند.

۶. ولتاژ یک باتری قلمی ۱/۵ ولت است، این جمله یعنی چه؟ — ۲ نمره

این جمله یعنی وقتی بارهای الکتریکی در باتری جابه‌جا می شوند، انرژی آن‌ها ۱/۵ ژول زیاد می‌شود.

۷. در مدار شکل زیر مقاومت لامپ ۵ اهم است. اگر ولت‌سنج ۱۰ ولت را نشان دهد، آمپرسنج چه عددی را نشان می‌دهد؟ — ۱/۵ نمره



به کمک قانون اهم می‌توان نوشت:

$I = VR \longrightarrow I = ۱۰ \times ۵ = ۵۰\ A$

۸. بگویید هر کدام از وسایل زیر در مدار به‌صورت سری بسته می‌شود یا موازی؟ — ۱/۵ نمره

(فیوز ـ لوستر ـ ولت‌سنج)

فیوز (سری) ـ لوستر (سری) ـ ولت‌سنج (موازی)

نمره نهایی:

تمرین‌ها

بار الکتریکی و خواص آن

۱. توضیح دهید که چگونه شانه‌ای که با مالش باردار شده است، ذرات ریز کاغذ که خنثی هستند را به خودش جذب می‌کند؟

۲. چرا آزمایش‌های الکتریسیتهٔ 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؟

۳. علت صحیح جملهٔ زیر کدام است؟ «وقتی پارچهٔ ابریشمی را به میلهٔ شیشه‌ای می‌کشیم، میله دارای بار مثبت و پارچه دارای بار منفی می‌شود.»

۱) تعدادی از پروتون‌های پارچه جدا شده و به روی شیشه می‌نشینند.
۲) تعدادی از الکترون‌های شیشه جدا شده و به روی پارچه می‌نشینند.
۳) تعدادی از الکترون‌های شیشه در اثر اصطکاک تبدیل به گرما می‌شوند.

۴. میله‌ای باردار را به کرهٔ فلزی خنثی نزدیک می‌کنیم. نیروی میان میله و کره قبل و پس از تماس میله به کره چگونه خواهد بود؟

۵. در هرمورد، نوع نیروی میان دو جسم با بار ذکر شده را معلوم کنید:

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

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

۷. اکنون که آموختید "واندوگراف ماشینی است که به وسیلهٔ مالش، بار الکتریکی تولید می‌کند و این بار بر روی کلاهک واندوگراف جمع می‌شود"، علت اتفاقات زیر را توضیح دهید:

الف) وقتی دست خود را نزدیک کلاهک آن می‌بریم، جرقه می‌زند.
ب) اگر دستان خود را مدتی روی کلاهک آن نگه داریم، موهای ما سیخ سیخ می‌شود.
ج) اگر یک آونگ سبک آلومینیوم نزدیک آن نگه داریم، ابتدا جذب آن می‌شود و سپس دفع می‌شود.
د) اگر به کلاهک واندوگراف یک میخ نوک تیز وصل کنیم، نوک میخ شعلهٔ شمع روشن را فوت می‌کند.
(راهنمایی: مولکول های هوا مانند آونگ آلومینیومی در قسمت ج همین سوال رفتار می کند.)

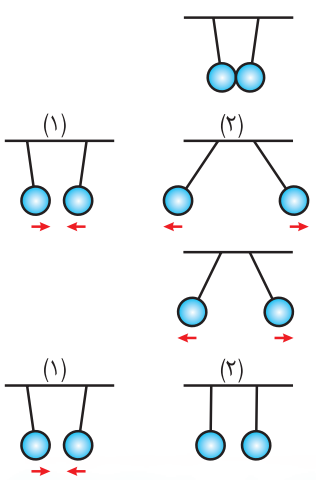
۸. دو تکه فویل آلومینیوم را به شکل توپ‌های کوچک درآورده و آن‌ها را در مجاورت هم و چسبیده به هم، با نخ آویزان می‌کنیم. میله‌ای باردار را به یکی از توپ‌ها نزدیک کرده و سپس دو توپ را از هم جدا نموده و میلهٔ باردار را دور می‌کنیم. اگر دوباره توپ‌ها را آن‌قدر به‌هم نزدیک کنیم که امکان برخوردشان فراهم شود و سپس آن‌ها را رها کنیم، کدام‌یک از اتفاق‌های زیر خواهد افتاد:

۱) دو توپ به سمت هم رفته و به هم می‌چسبند.

۲) دو توپ به سمت هم رفته و سپس از هم دور می‌شوند.

۳) دو توپ از هم دور می‌شوند.

۴) دو توپ به سمت هم رفته و پس از برخورد به هم به حالت عادی (عمودی) می‌ایستند.



۹. لامپ تصویر تلویزیون‌های قدیمی بیشتر از بدنهٔ آن‌ها خاک می‌گرفت. فکر می‌کنید چرا؟

۱۰. در هر یک از موارد زیر، نیروی میان اجسام را از نظر جاذبه یا دافعه بودن تعیین کنید:

الف) دو جسم کاملاً مشابه را به هم مالش می‌دهیم و آن‌ها را در نزدیکی هم نگه می‌داریم.

ب) میله‌ای شیشه‌ای را با پارچهٔ ابریشمی و میله‌ای پلاستیکی را با پارچهٔ پشمی مالش می‌دهیم و میله‌ها را در نزدیکی هم نگه می‌داریم.

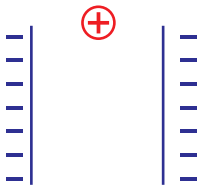
ج) دو میلهٔ شیشه‌ای را با پارچهٔ پشمی مالش می‌دهیم و میله‌ها را در نزدیکی هم نگه می‌داریم.

د) پارچه‌ای را به خط‌کش پلاستیکی مالش می‌دهیم و خط‌کش و پارچه را در نزدیکی هم نگه می‌داریم.

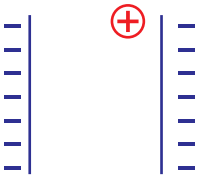
۱۱. سه جسم ۱ و ۲ و ۳ وجود دارند. جسم ۱ به جسم‌های ۲ و ۳ نیروی جاذبه وارد می‌کند. جسم‌های ۲ و ۳ چه نیرویی به هم وارد می‌کنند؟

۱۲. 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؟

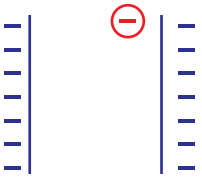
۱۳. دو صفحهٔ باردار مطابق شکل موجود است. جسمی با بار مثبت، تحت نیروی وزن خود در حال سقوط میان دو صفحه است. محل جسم دقیقاً وسط فاصله دو صفحه است. جهت حرکت جسم را با رسم پیکانی نشان دهید.



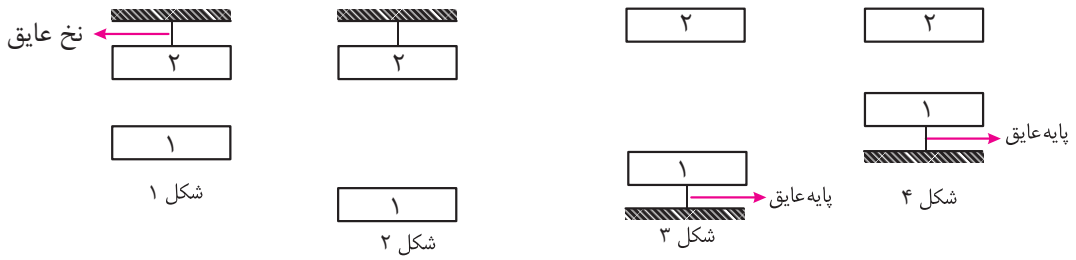
۱۴. اگر محل قرارگیری جسم باردار نسبت به صفحات مطابق شکل باشد، جهت حرکت جسم را با رسم پیکانی نشان‌دهید.



۱۵. اگر در سوال قبل، بار جسم منفی باشد، جهت حرکت چگونه خواهد بود؟



★ ۱۶. در هر چهار شکل زیر جسم‌ها شبیه به هم هستند و دارای بار الکتریکی برابرند. جسم ۲ هم معلق ایستاده است. با ذکر دلیل چهار توضیح الف تا د را به ۴ شکل رسم شده مربوط کنید.



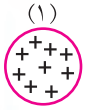
الف) بار دو جسم هم‌نام، مقدار بار هر جسم Q

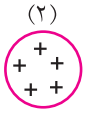
ب) بار دو جسم هم‌نام، مقدار بار هر جسم Q' $(Q' > Q)$

ج) بار دو جسم ناهمنام، مقدار بار هر جسم Q

د) بار دو جسم ناهمنام، مقدار بار هر جسم Q' $(Q' > Q)$

★ ۱۷. در فضایی که هیچ ماده‌ای وجود ندارد، دو کرهٔ باردار با بارهای مثبت وجود دارد که بار یکی از دیگری بیشتر است. در کدام‌یک از حالات زیر، جسم سوم می‌تواند متعادل باشد (مقدار نیروهایی که از دو طرف به آن وارد می شود برابر باشد)؟

(۱) 

(۲) 

۱) جسم سوم بار مثبت داشته باشد و روی خط مستقیم واصل دو جسم و بین آن‌ها و نزدیک‌تر به جسم با بار کمتر قرار بگیرد.

۲) جسم سوم بار منفی داشته باشد و روی خط مستقیم واصل دو جسم اما خارج از فضای میان دو جسم و نزدیک‌تر به جسم با بار بیشتر قرار بگیرد.

۳) جسم سوم بار منفی داشته باشد و روی خط مستقیم واصل دو جسم و بین آن‌ها و نزدیک‌تر به جسم با بار بیشتر قرار بگیرد.

۴) جسم سوم بار مثبت داشته باشد و روی خط مستقیم واصل دو جسم اما خارج از فضای بین دو جسم و نزدیک‌تر به جسم با بار بیشتر قرار بگیرد.

(راهنمایی: هرچه فاصله بین دو جسم باردار کمتر باشد، نیروی بینشان بیشتر است.)

روش‌های باردار کردن اجسام و ویژگی‌های آن‌ها

۱۸. روش‌های مختلف باردار شدن را نام ببرید و بگویید هر روش در کدام دسته از مواد (رسانا یا نارسانا) اتفاق می‌افتد.

۱۹. باردار کردن با روش مالش، برای مواد رسانا بهتر است یا نارسانا؟ چرا؟

۲۰. باردار کردن با روش تماس، برای مواد رسانا بهتر است یا نارسانا؟ چرا؟

۲۱. باردار کردن با روش القا، برای مواد رسانا بهتر است یا نارسانا؟ چرا؟

۲۲. باردار کردن با روش تخلیهٔ الکتریکی، برای مواد رسانا بهتر است یا نارسانا؟ چرا؟

۲۳. اگر دو مادهٔ کاملاً مشابه را به هم مالش دهیم، آیا باردار می‌شوند؟

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

۲۵. مواردی را نام ببرید که در آن‌ها باردار کردن اجسام، کاربردی خاص داشته باشد.

۲۶. علت آن‌که مواد بر اثر مالش باردار می‌شوند را توضیح دهید.

۲۷. دو جسم خنثی را به کمک مالش به هم باردار می‌کنیم. راجع به مقدار و علامت بار دو جسم پس از مالش به هم، چه قضاوتی می‌توان داشت؟

۲۸. یک میلهٔ باردار با بار منفی و یک کرهٔ فلزی با پایهٔ عایق در اختیار داریم. چگونه می‌توانیم به کمک این دو، بار کره را منفی کنیم؟ چگونه می‌توانیم بار کره را مثبت کنیم؟

۲۹. چرا معمولا از تانکرهای حمل سوخت یک زنجیر فلزی آویزان است؟

۳۰. میله‌ای با بار مثبت را به کرهٔ فلزی‌ای که روی پایهٔ عایق قرار دارد نزدیک می‌کنیم. سپس دست خود را به کره می‌زنیم، میله را دور می‌کنیم و دست خود را برمی‌داریم. در نهایت بارِ کره چه خواهد بود؟

۳۱. در هر یک از حالات زیر، بار دو جسم را از نظر مقدار با هم مقایسه کنید (کره‌ها روی پایهٔ عایق قرار دارند):

۱) دو جسم نارسانای غیر هم‌جنس را به هم مالش می‌دهیم.

۲) میلهٔ بارداری را به دو کرهٔ فلزی مشابه که به هم چسبیده‌اند از سمت یکی از کره‌ها نزدیک کرده، در همین حال کره‌ها را از هم جدا می‌کنیم.

۳) کرهٔ فلزی بارداری با بار مثبت را به کرهٔ فلزی مشابهش که دارای بار منفی است و مقدار بار آن کمتر است می‌چسبانیم و سپس آن‌ها را از هم جدا می‌کنیم.

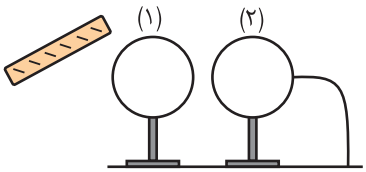
۳۲. اگر دو جسم باردارِ رسانا را به هم تماس دهیم، آیا پس از تماس میزان بار هر دو حتما مساوی خواهد بود؟

۳۳. برق‌گیر چگونه از ساختمان‌ها در برابر اصابت آذرخش محافظت می‌کند؟

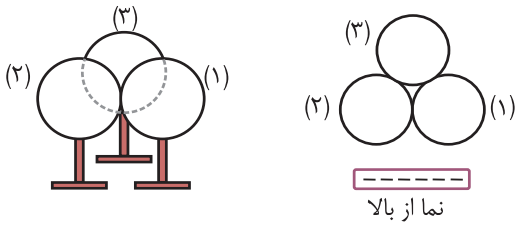
۳۴. چرا زمانی که مدتی با جوراب پشمی بر روی فرش راه می‌رویم و سپس به دستگیرهٔ در دست می‌زنیم، جرقه می‌زند؟ چرا با توجه به رسانا بودن بدن انسان، بار الکتریکی در بدن می‌ماند؟

۳۵. چرا آذرخش معمولاً در هوای بارانی اتفاق می‌افتد و در هوای برفی رخ نمی‌دهد؟

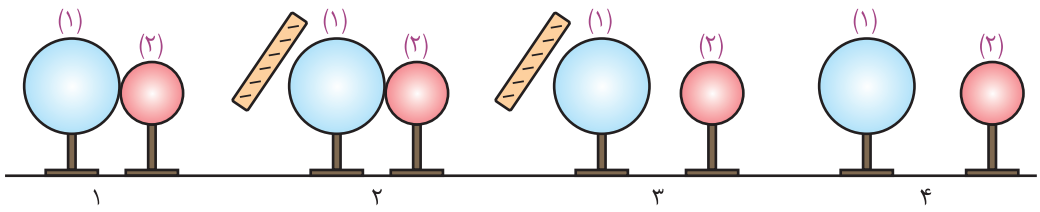
۳۶. دو کرهٔ فلزی رسانا و خنثی با پایه‌های عایق در نزدیکی هم قرار گرفته‌اند، اما به هم نچسبیده‌اند. میلهٔ بارداری با بار منفی را به کرهٔ ۱ نزدیک می‌کنیم و سپس کرهٔ ۲ را به زمین وصل می‌نماییم. اگر ابتدا اتصال کرهٔ ۲ به زمین را قطع نموده و سپس میلهٔ باردار را دور کنیم، بار هر یک از کره‌ها چه خواهد بود؟



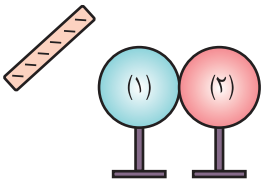
۳۷. سه کرهٔ فلزی کاملا مشابه با پایه‌های عایق به شکل مثلثی به هم چسبیده‌اند. اگر میله‌ای با بار منفی را به یک ضلع مثلث (به فاصلهٔ مساوی از دو کره) نزدیک کنیم و سپس کرهٔ سوم را از دو کرهٔ دیگر جدا نماییم و میلهٔ باردار را دور کرده و دو کره را از هم جدا نماییم، راجع به مقدار و علامت بار کره‌ها چه می‌توان گفت؟



۳۸. مطابق شکل، دو کرهٔ فلزی خنثی با پایه‌های عایق به هم متصلند. اگر شعاع کرهٔ ۱ دو برابر شعاع کرهٔ ۲ باشد، پس از انجام مراحل زیر، مقدار بار کره‌ها نسبت به هم چگونه است؟



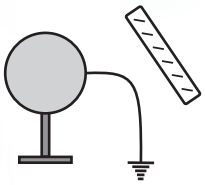
۳۹. دو کرهٔ فلزی رسانای خنثی با پایه‌های عایق را به هم می‌چسبانیم و میله‌ای با بار منفی را به یکی از کره‌ها (کرهٔ ۱) نزدیک می‌کنیم. در حالی‌که میله نزدیک کره‌ها قرار دارد، دو کره را از هم جدا می‌کنیم و سپس میله را دور می‌کنیم. حالا کره‌ای خنثی را ابتدا به کرهٔ (۲) و سپس به کرهٔ (۱) می‌چسبانیم و جدا می‌نماییم. اگر کره‌ها کاملا مشابه باشند، راجع به علامت بار کره‌ها و نسبت بار آن‌ها به هم چه می‌توان گفت؟



۴۰. چهار کره فلزی مشابه با پایه‌های عایق و یک میله با بار منفی در اختیار داریم. الف) چگونه می‌توانیم بار کره ۱ را منفی و بار کره ۲ را به اندازه $\frac{۱}{۸}$ آن مثبت کنیم؟ ب) چگونه می‌توانیم سه کره را دارای بار مثبت کنیم؛ به نحوی که بار کره ۱ دو برابر بار کره ۲ و بار کره ۲ ، دو برابر بار کره ۳ باشد؟

★ ۴۱. به نظر شما در سوال ۲۳ اگر یکی از دو ماده دمای بیشتری داشته باشد، ممکن است با مالش باردار شوند؟ چطور؟

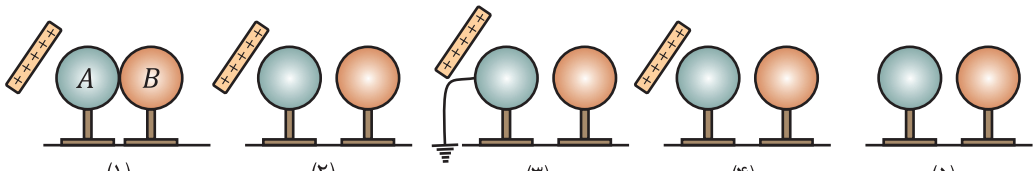
★ ۴۲. در اثر حرکت هواپیماها در هوا و مالش با هوا، مقدار زیادی الکتریستهٔ ساکن روی بدنهٔ هواپیما جمع می‌شود که ممکن است در وقت فرود آمدن، به علت ایجاد جرقه‌های بزرگ خطرناک باشد. به نظر شما هواپیما چگونه این بار الکتریکی را از دست می‌دهد؟ (اگر لازم است راجع به این موضوع تحقیق کنید).



★ ۴۳. میلهٔ بارداری با بار منفی را به کرهٔ رسانایی با پایهٔ عایق نزدیک می‌کنیم. سپس مانند شکل از سمتی که میله را نزدیک کره کرده‌ایم، کره را با سیمی به زمین وصل می‌کنیم. آیا بارهای الکتریکی درون کره جابجا خواهند شد؟ اگر جواب مثبت است در کدام جهت؟

(راهنمایی: اگر ابتدا سیم به زمین وصل باشد و بعد میله به کره نزدیک شود، وضعیت نهایی بارها تفاوتی با حالت کنونی نخواهد داشت)

★ ۴۴. اگر مراحل انجام آزمایشی مانند شکل‌های زیر باشد، نهایتا بار کره‌های A و B به ترتیب کدام است؟ (کره‌ها در ابتدا خنثی بوده‌اند)



(راهنمایی: در مرحله سوم دقت کنید که میله بار مثبت دارد و بار مثبت بار منفی را به سمت خود می‌کشد)

الکتروسکوپ

۴۵. چگونگی تشخیص نوع بار یک جسم باردار به کمک الکتروسکوپ را شرح دهید.

۴۶. چگونه می‌توان رسانا بودن یا نبودن یک جسم را به کمک الکتروسکوپ فهمید؟

۴۷. چگونه می‌توان باردار بودن یا نبودن یک جسم را به کمک الکتروسکوپ تشخیص داد؟

۴۸. میله‌ای با بارِ منفی را به کلاهک الکتروسکوپ خنثی نزدیک می‌کنیم، ولی به آن نمی‌چسبانیم. در این بین انگشت خود را به کلاهک تماس می‌دهیم و سپس از آن جدا می‌کنیم.

الف) در این وضعیت عقربه‌های الکتروسکوپ چه باری خواهند داشت و در چه وضعیتی خواهند بود؟

ب) کلاهک الکتروسکوپ چه باری خواهد داشت؟

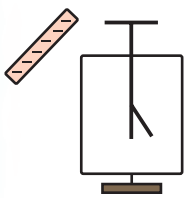
ج) اگرمیلهٔ باردار را دور کنیم، کلاهک و عقربه‌های الکتروسکوپ چه باری خواهند داشت؟

د) آیا می‌توانیم با نزدیک کردن میله به کلاهک، علامت بارِ موجود در عقربه‌ها را تغییر دهیم؟ چگونه؟

۴۹. میله‌ای آلومینیومی را در دست گرفته و آن را به کمک پارچهٔ پشمی مالش می‌دهیم. سپس آن را به کلاهک الکتروسکوپی خنثی نزدیک می‌کنیم. چه رخ می‌دهد؟

۵۰. جسم بارداری را به کلاهک الکتروسکوپی که بار منفی دارد نزدیک می‌کنیم. عقربه‌های الکتروسکوپ به تدریج بسته و سپس باز می‌شوند. علامت بار جسم چه بوده است؟

★ ۵۱. اگر یک میلهٔ بدون بار را به کلاهک الکتروسکوپ باردار نزدیک کنیم، عقربه‌های آن به هم نزدیک می‌شود، از هم دور می‌شود یا هیچ تغییری نمی‌کند؟ (راهنمایی: دقت کنید که جسم باردار جسم خنثی را جذب می کند و برعکس)



★ ۵۲. مطابق شکل، میلهٔ بارداری را به کلاهک الکتروسکوپی که از قبل بارش را نمی‌دانیم، نزدیک می‌کنیم. در مورد علامت بار الکتروسکوپ، پیش از نزدیک کردن میله چه می‌توان گفت؟

(راهنمایی: به حالت‌های مختلف فکر کنید!!)

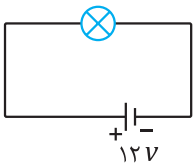
★ ۵۳. در سوال قبل در مورد بار ورقه‌های الکتروسکوپ چه می‌توان گفت؟

مدار الکتریکی، ولتاژ، مقاومت، جریان، قانون اهم

۵۴. در باتری چه تبدیل انرژی‌ای صورت می‌گیرد؟

۵۵. از نقطه‌ای از یک مدار در هر ۰/۵ ثانیه، ۴ کولن بار الکتریکی عبور می‌کند. شدت جریان در این مدار چقدر است؟

۵۶. شدت جریان در مدار مقابل چقدر است؟ (مقاومت لامپ را ۲۰Ω فرض کنید.)

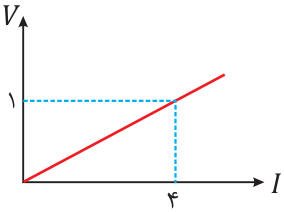


۵۷. دانش‌آموزی مدار ساده‌ای متشکل از یک لامپ و یک باتری با ولتاژ قابل تغییر ساخته است و قادر است شدت جریان مدار و نیز ولتاژ باتری را اندازه‌گیری کند. جدول زیر که حاصل اندازه‌گیری‌های اوست و برخی از خانه‌هایش پاک شده است را تکمیل کنید.

مقاومت	جریان	ولتاژ
		۶
	۲	۸
	۵	

۵۸. کرهٔ A دارای ۶ کولن بارِ مثبت و کرهٔ B دارای ۱۰ کولن بارِ منفی است. فرض کنید با سیمی دو کره را که از لحاظ اندازه کاملا مشابه هم هستند، به هم وصل کنیم و بار در مدت زمان ۲ ثانیه بین دو کره جابه‌جا شود. شدت جریان متوسط در این مدت چند آمپر است؟

۵۹. نمودار $V-I$ در مداری مطابق شکل است. مقاومت مدار چقدر است؟

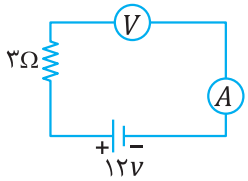


۶۰. در مداری یک باتری ۸ ولتی شدت جریانی معادل ۲ آمپر ایجاد می‌کند. اگر مقاومت در این مدار ۴ اهم افزایش یابد و ولتاژ باتری ۳ برابر شود، شدت جریان مدار چقدر افزایش می‌یابد؟

۶۱. اگر در یک مدار مشخص اختلاف پتانسیل را دو برابر کنیم، شدت جریان و مقاومت چگونه تغییر می‌کند؟

۶۲. در مدار مقابل شدت جریان چقدر است؟

(راهنمایی: مقاومت ولت سنج بسیار زیاد و مقاومت آمپرسنج بسیارکم است.)



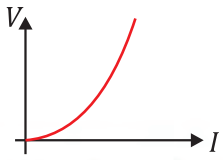
★ ۶۳. اگر یک باتری ۱۰ ولتی در یک مدار، جریانی ۵ آمپری به مدت ۱۰ ثانیه برقرار کند، چه مقدار انرژی پتانسیل الکتریکی آزاد می‌شود؟

(راهنمایی: در این مدار هر یک کولن بار با گذر از باتری، ۱۰ژول انرژی دریافت می‌کند که این انرژی در مدار مصرف می‌شود)

★ ۶۴. می‌دانیم سرعت واقعی حرکت الکترون‌ها در یک مدار بسیار کم و چیزی در حدود چند سانتی‌متر بر ثانیه است. اما مشاهده می‌شود که وقتی کلید برق یک لوستر زده می‌شود در همان لحظه تمام لامپ‌ها روشن می‌شوند. آیا تناقضی وجود دارد؟ چگونه این مسئله را توضیح می‌دهید؟ (راهنمایی: یک شلنگ پر از آب را تصور کنید که به شیر آب وصل است)

★ ۶۵. فردی مداری تشکیل شده از یک مقاومت و یک منبع تغذیه ساخته است. برای محاسبهٔ شدت جریان و ولتاژ دو سر منبع تغذیه، در مدارش آمپرسنج و ولت‌سنج تعبیه نموده است. وی با اندازه‌گیری‌های متعدد توانسته است نمودار زیر را رسم کند. به نظر شما مقاومت در این مدار چگونه تغییر می‌کرده است؟

(راهنمایی: اگر مقاومت ثابت بود نمودار بصورت یک خط در می آمد. خطی رسم کنید و مقدارهای آن خط را با نمودار فعلی در جریان یا ولتاژ معینی مقایسه کنید.)



پرسش‌های چهارگزینه‌ای

۱. کدام‌یک از جملات زیر صحیح است؟

۱) در اثر مالش ابرها به همدیگر و هوا، ابرها باردار می‌شوند.

۲) نوع بار ابرها همیشه یکسان است و به همین علت بین ابرها تخلیهٔ الکتریکی رخ نمی‌دهد.

۳) برق‌گیر می‌تواند از جنس نارسانا ساخته شود، فقط کافیست بسیار بلند باشد.

۴) بارش باران به علت آذرخشی است که بین ابر و زمین زده می‌شود.

۲. جملات زیر در مورد باردار کردن اجسام به روش مالش است. کدام جمله صحیح است؟

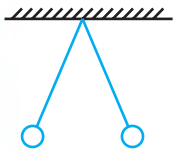
۱) دو جسمی که به هم مالیده می‌شوند، دارای بارهای هم‌نام می‌شوند.

۲) سطح تماس دو جسم تاثیری در میزان باردار شدن دو جسم ندارد.

۳) مقدار بار دو جسمی که به هم مالیده می‌شوند، با هم برابر خواهد بود.

۴) جنس دو جسم تاثیری در نوع باری که هر یک می‌گیرند ندارد.

۳. 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؟



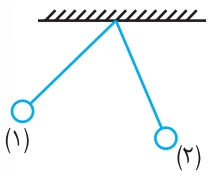
۱) وزن دو توپ برابر و علامت بار آن‌ها یکسان است.

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.

۴. در سوال قبل، اگر زاویهٔ 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.

۵. در صورت مشاهدهٔ کدام نتیجه از گزاره‌های زیر در آزمایش‌ها، می‌توان فرضیهٔ 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.

۶. 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) ⊖ ⊕ ⊖

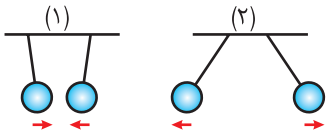
۳) ⊕ ⊕ ⊕

۴) ⊖ ⊖ ⊕

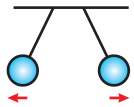
۷. دو تکه فویل آلومینیوم را به شکل توپ‌های کوچک در می‌آوریم و آن‌ها را در مجاورت هم و به صورت مجزا با نخ آویزان می‌کنیم، طوری‌که امکان برخورد آن‌ها به هم وجود داشته باشد. به کمک یک میلهٔ باردار، به یکی از توپ‌ها مقداری بار منفی و هم‌زمان به دیگری دو برابر آن بار مثبت می‌دهیم. کدام‌یک از اتفاقات زیر خواهد افتاد؟

۱) دو توپ به سمت هم رفته و به هم می‌چسبند.

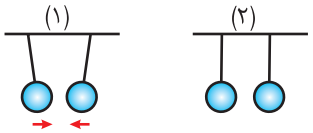
۲) دو توپ به سمت هم رفته و پس از برخورد از هم دور می‌شوند.



۳) دو توپ از هم دور می‌شوند.



۴) دو توپ به سمت هم رفته و پس از برخورد به حالت عادی می‌ایستند.



۸. در کدام‌یک از حالات زیر بار کره بیشتر خواهد بود؟ (در تمام گزینه‌ها کره‌ها مشابه و مقدار بار میله و فاصلهٔ میلهٔ باردار با کره یکسان است).

۱) کرهٔ رسانا را به زمین متصل می‌نماییم و میلهٔ بارداری را به آن نزدیک می‌کنیم، سپس ارتباط با زمین را قطع می‌کنیم و بعد میلهٔ باردار را دور می‌کنیم.

۲) دو کرهٔ رسانا را به هم چسبانده، میلهٔ بارداری را به یکی نزدیک می‌کنیم. سپس دو کره را از هم جدا می‌نماییم و میلهٔ باردار را دور می‌کنیم.

۳) دو کرهٔ رسانا را به هم چسبانده و میلهٔ بارداری را به یکی نزدیک می‌کنیم. سپس کرهٔ دیگر را به زمین وصل می‌نماییم. نهایتا اتصال با زمین را قطع می‌کنیم و میلهٔ باردار را دور می‌کنیم. سپس دو کره را از هم جدا می‌کنیم.

۴) میلهٔ بارداری را به کرهٔ رسانایی نزدیک کرده و سپس کره را به زمین وصل می‌نماییم. میله را دور می‌کنیم و بعد ارتباط کره با زمین را قطع می‌کنیم.

۹. در کدام‌یک از موارد زیر جسم باردار می‌شود؟

۱) دو تکه پلاستیک کاملاً مشابه را به شدت به هم مالش دهیم.

۲) میلهٔ آهنی را در دست گرفته و با پارچه‌ای ابریشمی مالش دهیم.

۳) یک میلهٔ باردار را به کرهٔ فلزی که روی پایهٔ عایقی قرار دارد نزدیک کنیم.

۴) در حالی‌که دمپایی پلاستیکی پایمان است و در یک دست میله‌ای باردار گرفته‌ایم، دست خود را به کره‌ای فلزی بر روی پایهٔ عایق بزنیم.

۱۰. در کدام حالت زیر انرژی پتانسیل الکتریکی وجود ندارد؟

۱) الکترون‌ها در حال چرخش دور هسته هستند.

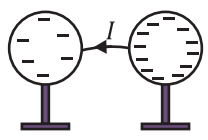
۲) دو صفحهٔ باردار با بارِ منفی که نزدیک هم قرار دارند.

۳) دو صفحهٔ باردار که یکی بار مثبت و دیگری بار منفی دارد و در نزدیک هم قرار دارند.

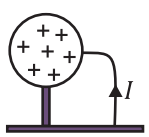
۴) دو بار مثبت که در فاصلهٔ بسیار دور از هم قرار دارند.

۱۱. جهت واقعی جریان در کدام گزینه نادرست است؟

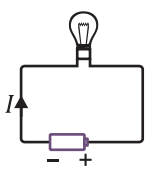
۱)



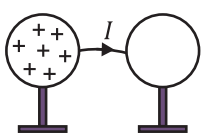
۲)



۳)



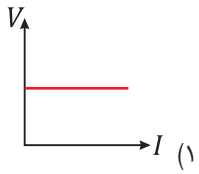
۴)

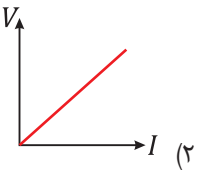


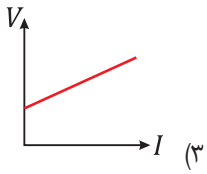
۱۲. اگر اختلاف پتانسیل دو سر مقاومتی بیشتر شود، کدام‌یک از موارد زیر تفاوتی با حالت اولیه نخواهد داشت؟ (از اثر دما بر مقاومت صرف‌نظر کنید.)

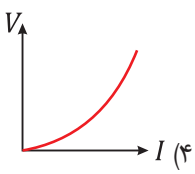
۱) شدت جریان گذرنده از آن
۲) تعداد الکترون‌هایی که در واحد زمان از آن می‌گذرند
۳) مقدار مقاومت در برابر جریان
۴) سرعت افزایش دما در مدار

۱۳. در یک مدار ساده متشکل از یک منبع تغذیه (مولد) که ولتاژش قابل تغییر است، یک مقاومت و سیم رابط، نمودار تغییر شدت جریان بر حسب ولتاژ کدام است؟

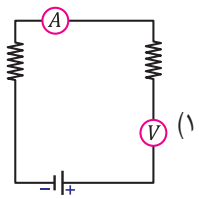
۱) 

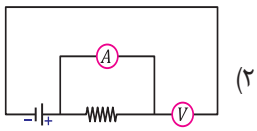
۲) 

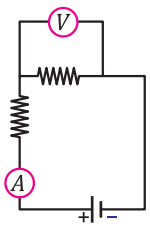
۳) 

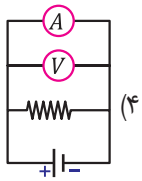
۴) 

۱۴. نحوهٔ بستن آمپرسنج و ولت‌سنج در کدام مدار صحیح است؟

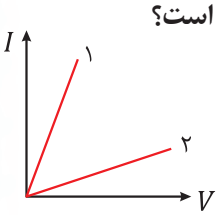
۱) 

۲) 

۳) 

۴) 

۱۵. نمودار جریان بر حسب ولتاژ در دو مدار به شکل زیر است. در مورد این دو مدار کدام جمله درست است؟



۱) با افزایش ولتاژ در هر دو مدار شدت جریان ثابت می‌ماند.
۲) برای رسیدن به شدت جریانی برابر در دو مدار، در مدار ۱ احتیاج به ولتاژ بیشتری داریم.
۳) مقاومت مدار ۱ از مدار ۲ کمتر است.
۴) افزایش جریان در هر دو مدار باعث افزایش مقاومت می‌شود.

۱۶. کدام جمله صحیح نیست؟

۱) همهٔ موارد (رسانا و نارسانا) را می‌توان با روش مالش باردار کرد.
۲) مواد رسانا بهتر از مواد نارسانا با روش تماس باردار می‌شوند.
۳) مواد رسانا بهتر از مواد نارسانا با روش القا باردار می‌شوند.
۴) مواد رسانا بیشتر و بهتر از مواد نارسانا بار الکتریکی را در خودشان نگه می‌دارند.

۱۷. اگر دو ماده کاملا مشابه هم باشند، از کدام طریق نمی‌توان یکی را به کمک دیگری باردار کرد؟

۱) یکی از آن‌ها که باردار است را به دیگری تماس دهیم.
۲) هر دوی آن‌ها را که بدون بار هستند را به هم مالش دهیم.
۳) آن‌ها را به هم بچسبانیم و یک جسم که بار بسیار زیادی دارد را به آن‌ها نزدیک کنیم، سپس آن‌ها را از هم جدا کرده و جسم باردار را دور کنیم.
۴) همهٔ روش‌های فوق قابل انجام است.

۱۸. 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.

۱۹. در کدام حالت زیر بار کره رسانا با پایه عایق در نهایت مثبت می‌شود؟

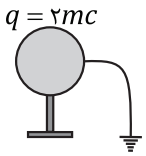
۱) میله‌ای به بار منفی را به کره نزدیک کنیم، دستمان را به کره بزنیم، میله را دور کنیم و سپس دستمان را برداریم.

۲) میله‌ای با بار مثبت را به کره بچسبانیم، دستمان را به کره بزنیم، دستمان را جدا کنیم و سپس میله را جدا کنیم.

۳) کره را با سیم به زمین وصل کنیم، میله‌ای با بار مثبت را به کره نزدیک کنیم، سپس سیم را از کره جدا کنیم.

۴) کره دیگری را به کره اصلی می‌چسبانیم، میله‌ای با بار منفی را به کره اصلی نزدیک می‌کنیم، سپس کره‌ها را از هم جدا می‌کنیم.

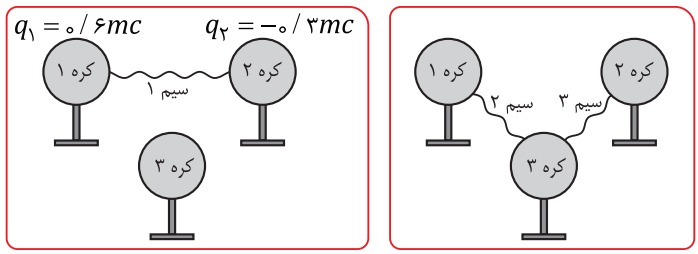
۲۰. در شکل زیر، با اتصال کره باردار ـ که دارای بار ۲ میلی‌کولن است ـ به زمین شدت جریان متوسطی به اندازه ۲ آمپر ایجاد می‌شود. بار کره در چه مدت زمانی تخلیه شده است؟



۱) ۱ میلی‌ثانیه ۲) ۴ میلی‌ثانیه

۳) ۲ ثانیه ۴) ۱ ثانیه

۲۱. در شکل زیر هر سه کره مشابهند؛ کره اول ۰/۶ میلی‌کولن و کره دوم ۰/۳− میلی‌کولن بار دارند و کره سوم خنثی است. با کمک سیم شماره ۱ کره باردار اول را ابتدا به کرهٔ دوم وصل می‌کنیم و سپس هر دو کره را با دو قطعه سیم مجزا (سیم‌های شماره ۲ و ۳) به کرهٔ سوم وصل می‌کنیم. اگر در تمام مراحل در مدت زمان ۱ میلی‌ثانیه بار بین کره‌ها جابه‌جا شود، شدت جریان در هر کدام از سیم‌ها به ترتیب چه قدر است؟



مرحله اول مرحله دوم

۱) $I_۳ = ۰/۰۵A\ ,\ I_۲ = ۰/۰۵A\ ,\ I_۱ = ۰/۴۵A$

۲) $I_۳ = ۰/۱۵A\ ,\ I_۲ = ۰/۸۵A\ ,\ I_۱ = ۰/۱۵A$

۳) $I_۳ = ۰/۱۵A\ ,\ I_۲ = ۰/۱۵A\ ,\ I_۱ = ۰/۴۵A$

۴) $I_۳ = ۰/۳A\ ,\ I_۲ = ۰/۳A\ ,\ I_۱ = ۰/۳A$

۲۲. درسؤال قبل جهت واقعی جریان در مرحله ۱ و مرحله ۲ کدام است؟

۱) مرحله ۱: از کره ۲ به کره ۱، مرحله ۲: ازکره‌های ۱ و ۲ به کره ۳

۲) مرحله ۱: از کره ۲ به کره ۱، مرحله ۲: از کره ۳ به کره‌های ۱ و ۲

۳) مرحله ۱: از کره ۱ به کره ۲، مرحله ۲: از کره‌های ۱ و ۲ به کره ۳

۴) مرحله ۱: از کره ۱ به کره ۲، مرحله ۲: از کره ۳ به کره‌های ۱ و ۲

۲۳. در کدام حالت زیر مقدار بار هر دو جسم نهایتا با هم برابر نخواهد بود؟

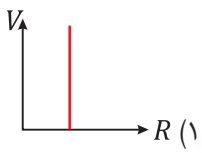
۱) دو جسم غیرمشابه خنثی را به هم مالش دهیم.

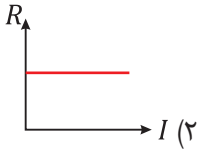
۲) دو کره مشابه فلزی با پایه عایق را که یکی از آن‌ها باردار است، به هم متصل کنیم.

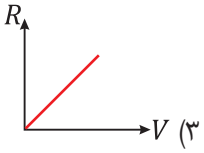
۳) دو کره غیرمشابه فلزی خنثی با پایه عایق را به هم بچسبانیم و میلهٔ بارداری را به یکی از آن‌ها نزدیک کنیم.

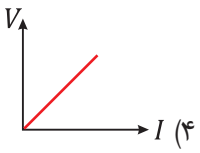
۴) در هر سه حالت بار دو جسم یکسان خواهد شد.

۲۴. دریک مدار ساده یک مقاومت و یک منبع تغذیه (باتری) وجود دارد که ولتاژ آن قابل تغییر است. اگر ولتاژ را در مدار تغییر دهیم، کدام نمودار صحیح نیست؟

۱) 

۲) 

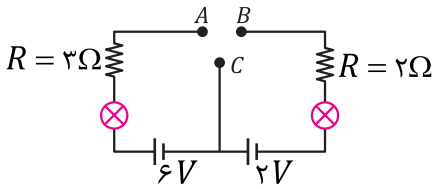
۳) 

۴) 

۲۵. قانون اهم به ما می‌گوید:

۱) اگر در یک مدار ولتاژ را زیاد کنیم، مقاومت زیاد می‌شود.
۲) اگر در یک مدار مقاومت را زیاد کنیم، جریان زیاد می‌شود.
۳) اگر در یک مدار مقدار جریان را کم کنیم، ولتاژ زیاد می‌شود.
۴) در یک مدار مشخص همواره نسبت ولتاژ به جریان عدد ثابتی است.

۲۶. در مداری مطابق شکل کلیدی وجود دارد که در یک لحظه دو نقطه از نقطه‌های A و B و C را به هم وصل می‌کند. اگر لامپ‌های دو سمت مدار مشابه باشند، در کدام حالت لامپ پرنورتری در مدار ایجاد می‌شود؟



۱) نقطه A به B وصل شود.
۲) نقطه B به C وصل شود.
۳) نقطه A به C وصل شود.
۴) تفاوتی نمی‌کند.

۲۷. نیروی بین کدام دو جسم با بقیه متفاوت است؟

۱) دو جسم را که به هم مالش داده‌ایم در نزدیکی هم قرار می‌دهیم.
۲) دو کره‌ی فلزی را به هم چسبانده و میله‌ی بارداری را به یکی از آن‌ها نزدیک کرده و سپس دو کره را از هم جدا می‌نماییم و آن‌ها را در نزدیکی هم قرار می‌دهیم.
۳) دو کره‌ی فلزی باردار را به هم چسبانده و سپس از هم جدا می‌نماییم و در نزدیکی هم قرار می‌دهیم.
۴) خودکار پلاستیکی را چندین بار به موهای سر خود می‌کشیم و آن را نزدیک لیوان پلاستیکی روی میز نگه می‌داریم.

۲۸. الکتروسکوپی را از روش القا و به کمک میلهٔ (۱) باردار می‌کنیم. سپس میلهٔ (۱) را دور کرده و میلهٔ (۲) را به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک می‌کنیم و در همان فاصله نگاه می‌داریم. مشاهده می‌شود که تیغه‌های الکتروسکوپ از هم فاصله بیش‌تری می‌گیرند. در مورد میله‌های ۱ و ۲ کدام جمله صحیح‌تر است؟

۱) این دو میله دارای بارهای همنام و مساوی می‌باشند.
۲) این دو میله دارای بارهای ناهمنام می‌باشند.
۳) میله (۱) بار دارد، اما میله (۲) می‌تواند بدون بار باشد.
۴) این دو میله دارای بارهای هم‌نام اما غیرمساوی می‌باشند.

۲۹. 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.

۳۰. اساس کار الکتروسکوپ کدام است؟

۱) باردار شدن اجسام در اثر مالش
۲) دافعه بارهای ناهمنام
۳) جاذبه بارهای ناهمنام
۴) دافعه بارهای همنام

۳۱. به کمک الکتروسکوپ کدام‌یک از موارد زیر قابل تشخیص نیست؟

۱) علامت بار اجسام
۲) باردار بودن اجسام
۳) رسانا بودن اجسام
۴) مقدار دقیق بار اجسام

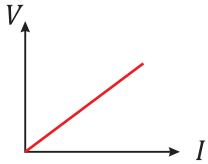
۳۲. نقش باتری در یک مدار الکتریکی چیست؟

۱) الکترون‌های لازم را برای برقرار شدن جریان تامین می‌کند.
۲) درون باتری الکترون‌ها سرعت زیادی می‌گیرند تا بتواند تمام طول مدار را طی کند.
۳) در باتری انرژی پتانسیل شیمیایی به انرژی پتانسیل الکتریکی کافی برای شروع حرکت الکترون‌ها تبدیل می‌شود.
۴) مقاومت مدار را برای حرکت الکترون‌ها کم می‌کند.

۳۳. کدام‌یک عامل برقراری ایجاد جریان در یک رسانا است؟

۱) اختلاف پتانسیل میان دو نقطه از رسانا
۲) وجود مقاومت در برابر حرکت پروتون‌ها
۳) وجود تعداد زیادی الکترون آزاد
۴) تحرک و انرژی بسیار زیاد الکترون‌ها

۳۴. در نمودار $V-I$ مقابل برای یک مدار متشکل از باتری و یک مقاومت و سیم‌های رسانا، شیب نمودار بیانگر چه کمیتی است؟

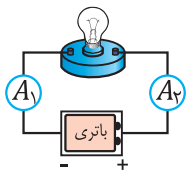


۱) شدت جریان ۲) اختلاف پتانسیل
۳) مقاومت ۴) مقدار افزایش شدت جریان

۳۵. اختلاف پتانسیل دو سر مقاومتی را ۳ برابر می‌کنیم. مقاومت چقدر تغییر می‌کند؟

۱) ۹ برابر می‌شود. ۲) ۳ برابر می‌شود. ۳) $\frac{۱}{۳}$ می‌شود. ۴) تغییر نمی‌کند.

۳۶. در مدار رسم شده اگر ولتاژ باتری ۶ ولت و مقاومت لامپ ۲۴ اهم باشد، آمپرسنج‌های ۱ و ۲ ($A_۱, A_۲$) چه اعدادی را نشان می‌دهند؟ *(آزمون‌های علامه حلی – سال ۹۲)*



۱) $A_۲$، ۰/۲۵ آمپر و $A_۱$ صفر را نشان می‌دهد.
۲) هر دو آمپرسنج ۰/۲۵ آمپر را نشان می‌دهند.
۳) هر دو آمپرسنج ۴ آمپر را نشان می‌دهند.
۴) $A_۲$، ۰/۲۵ آمپر و $A_۱$، کمی کم‌تر از ۰/۲۵ آمپر را نشان می‌دهد.

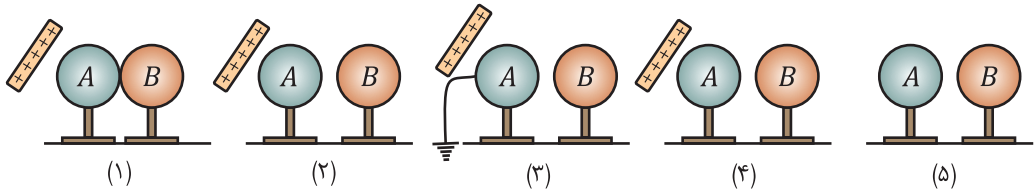
۳۷. کره‌هایی داریم که بر روی هر دو، بارهایی به صورت یکنواخت و همگن ریخته‌ایم. اگر یکی از این کره‌ها رسانا و دیگری نارسانا باشد و بار درون کره‌ها را تنها با علامت * نمایش دهیم، کدام شکل نتیجهٔ نزدیک کردن دو کره به هم خواهد بود؟ (هر دو بار مثبت یا بار منفی را با * نمایش می‌دهیم) *(آزمون‌های علامه حلی – سال ۹۲)*

۱) ۲) ۳) ۴)

۳۸. کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟ *(آزمون‌های علامه حلی – سال ۹۲)*

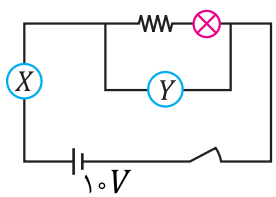
۱) علت باردار شدن اجسام با مالش، تمایل متفاوت مواد مختلف در جذب الکترون‌هاست.
۲) الکترون‌ها از همه نظر شبیه پروتون‌ها هستند، فقط علامت بارشان متفاوت است.
۳) همه بارهای الکتریکی می‌توانند جابه‌جا یا منتقل شوند.
۴) فقط در رساناها، الکترون‌ها می‌توانند جابه‌جا یا منتقل شوند.

۳۹. دو کرهٔ خنثی A و B داریم. اگر آزمایشی مانند شکل‌های زیر را روی آنها اجرا کنیم و در نهایت دو کرهٔ A و B را به دو الکتروسکوپ خنثی نزدیک کنیم، چه اتفاقی برای الکتروسکوپ‌ها می‌افتد؟ *(آزمون‌های علامه حلی ـ سال ۹۴)*



۱) در هر دو الکتروسکوپ ورقه‌ها باز می‌شوند.
۲) دو الکتروسکوپ تغییری نمی‌کنند.
۳) در الکتروسکوپ نزدیک A ورقه‌ها تغییری نمی‌کند، در الکتروسکوپ نزدیک B ورقه‌ها باز می‌شوند.
۴) در الکتروسکوپ نزدیک A ورقه‌ها باز می‌شوند و الکتروسکوپ نزدیک B تغییری نمی‌کند.

۴۰. کدام گزاره در مورد مدار زیر که جریان در آن برقرار است، صحیح است؟ *(آزمون‌های علامه حلی ـ سال ۹۴)*



۱) قانون اهم در این مدار صدق نمی‌کند.
۲) اگر اختلاف پتانسیل باتری ۱۰ ولت باشد، انرژی هر واحد باری که از باتری می‌گذرد به اندازهٔ ۱۰ ژول زیاد می‌شود.
۳) Y شدت جریان در مدار را اندازه‌گیری می‌کند.
۴) شدت جریان در لامپ از مقاومت بیشتر است.