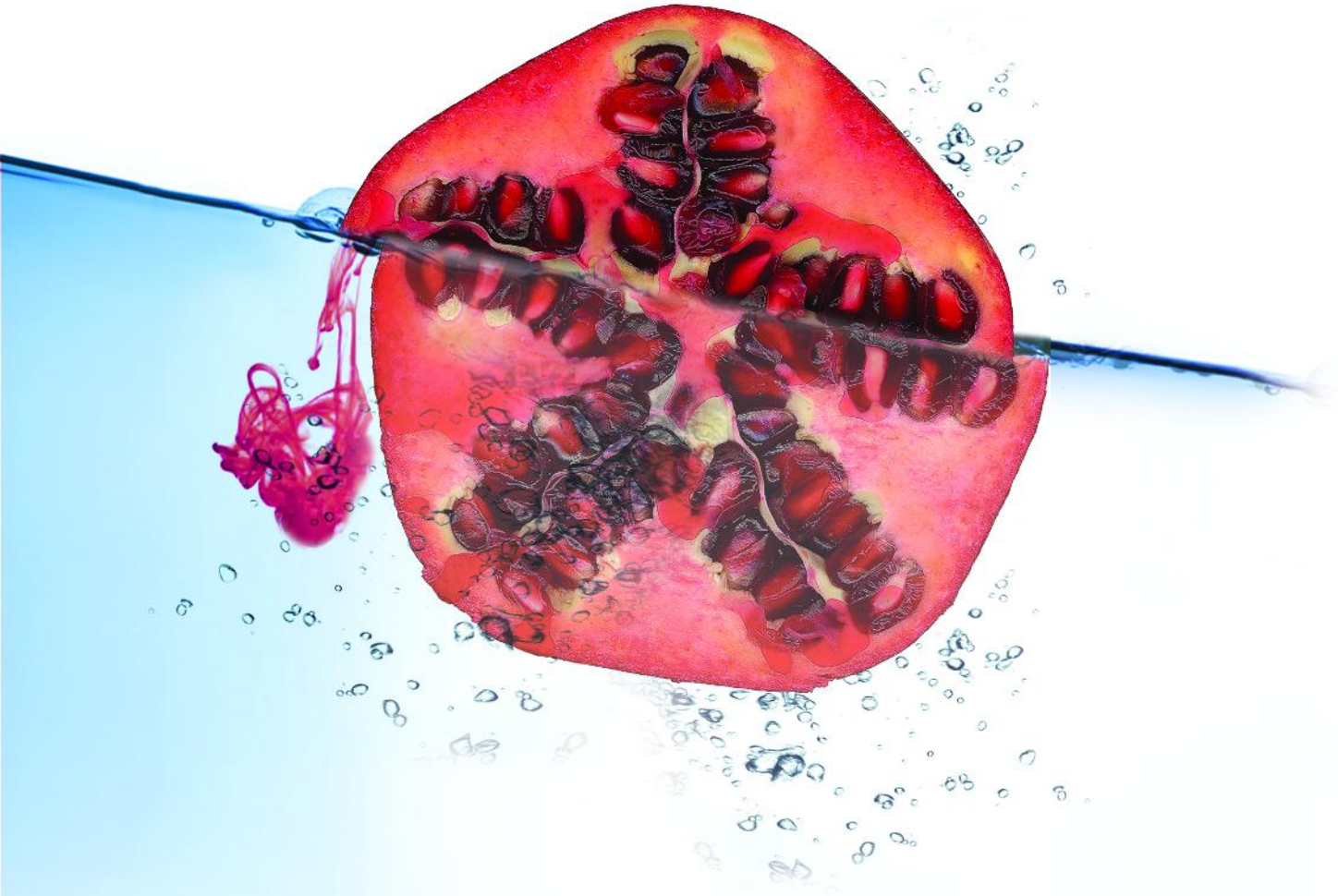
مجموعه کتاب‌های
علامه حلی

فیزیک هشتم



• سیدحسین حنیفی • مهدی قرمانی • سیدیحیی طباطبایی

مجموعه کتاب‌های علامه حلی

فیزیک هشتم

- سیدحسین حنیفی
- سیدیحیی طباطبایی
- مهدی قهرمانی

شناسنامه کتاب

سرشناسه : حنیفی، سید حسین، ۱۳۶۰
عنوان و نام پدیدآورنده : فیزیک هشتم/مولفان: سیدحسین حنیفی، سید یحیی طباطبایی، مهدی قهرمانی
مشخصات نشر : تهران: انتشارات حلی، ۱۳۹۸
مشخصات ظاهری : ۲۰×۲۷ س م. ۱: مصور (رنگی)، جدول (رنگی)، نمودار (رنگی)؛ ص ۱۶۰
فروست : مجموعه کتاب علامه‌حلی
شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۴۹۶-۱۴۶-۲
وضعیت فهرست نویسی : فیپای مختصر
یادداشت : فهرست‌نویسی کامل این اثر در نشانی *http://opac.nlai.ir* : قابل دسترسی است.
شناسه افزوده : طباطبایی، سیدیحیی، ۱۳۵۹-
شناسه افزوده : قهرمانی، مهدی، ۱۳۵۹-
شماره کتابشناسی ملی : ۵۸۷۸۰۲۴

علامه حلی

عنوان کتاب	فیزیک هشتم
ناشر	انتشارات حلی
مؤلفان	سیدحسین حنیفی‌یزدی، سیدمحمد هاشمی‌نسب، سیدیحیی طباطبایی، مهدی قهرمانی
ویراستار	علیرضا اوسطی
مدیر تولید	سمیه سادات فاطمی
صفحه‌آرا	راضیه سادات فرهانیان
طراح جلد	الهه شرفی
تصویرسازان	محمدحسین صفدریان، محمدحسن فاضلی
سال چاپ	۱۴۰۲
نوبت چاپ	پنجم
شمارگان	۳۰۰۰ جلد
قیمت	۲۰۷۰۰۰تومان
شماره شابک	۹۷۸-۶۰۰-۴۹۶-۱۴۶-۲

تهران، خیابان انقلاب، میدان فردوسی، ابتدای کوچه براتی، پلاک ۱۶ واحد ۱۴
تلفن دفتر مرکزی: ۹-۶۶۷۴۴۳۸۴

جالب است براتی

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، جزوه و مجازی ندارد.

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

فهرست مطالب

فصل ۱ الکتریسیته
درسنامه ۵
تمرین ۳۵
پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۴۲

فصل ۲ مغناطیس
درسنامه ۵۳
تمرین ۶۷
پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۷۰

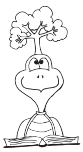
فصل ۳ نور و ویژگی‌های آن
درسنامه ۷۵
تمرین ۱۰۲
پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۱۰۹

فصل ۴ شکست نور
درسنامه ۱۱۹
تمرین ۱۳۵
پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۱۳۹
پاسخ‌ها ۱۴۷

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 ببینش 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.

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.

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.

پاسخ‌های تشریحی: جواب تشریحی سؤالات زوج تمرین‌ها؛ همچنین پاسخ تشریحی سؤالات چهارگزینه‌ای همه فصل‌ها به‌طور کامل در انتهای کتاب آورده شده است.

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

نقش عینک آفتابی او در این اتفاق چیست؟!

فصل اول الکتریسیته

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

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

اهداف رفتاری

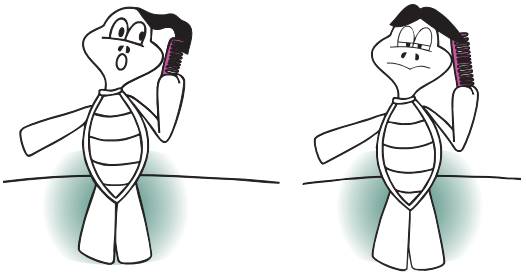
بار الکتریکی

بد نیست که درس را با یک بازی شروع کنیم!

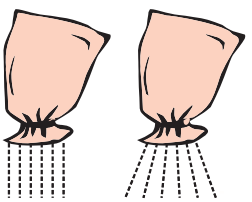
نوبت بازی

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

بینش



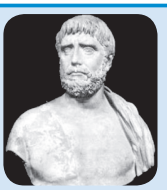
وقتی جوراب پایمان باشد و روی فرش راه برویم، هنگام دست‌زدن به دستگیره فلزی در یا هنگام دست دادن با مهمان‌ها، جرقه می‌زنیم و در اثر جرقه به ما شوک وارد می‌شود!
وقتی در زمستان لباس کاموایی یا پشمی را از تنمان درمی‌آوریم، جرقه می‌زند. اگر در یک مکان تاریک، این لباس را از تنمان درآوریم، می‌توانیم این جرقه‌ها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



هنگامی که شکر یا نمک را از ظرفی خالی می‌کنیم، در ابتدا دانه‌های شکر یا نمک مستقیم پایین می‌آیند، ولی پس از مدتی، مسیرآن‌ها انحراف پیدا می‌کند و یکدیگر را دفع می‌کنند. این وسط چه کسی دارد ما را اذیت می‌کند؟!

داستان الکتریسیته

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


تالس ملطی
۶۲۴ تا ۵۴۴ قبل از میلاد

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

ماشین اصطکاک

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

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

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

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

بینش

جالب است بدانی

اتوفون گریکه
۱۶۰۲ تا ۱۶۸۶ میلادی

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

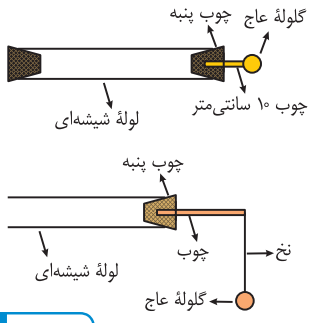
رسانا و نارسانا

استیون گری
۱۶۶۶ تا ۱۷۳۶ میلادی

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

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

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



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

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

استیون در حال آزمایش با یک نخ بسیار طولانی

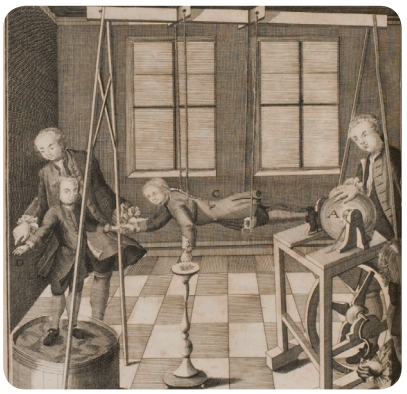
می‌خواست طول نخ را بیشترکند. لذا تصمیم گرفت در آزمایشگاه و کارگاه خود، نخ درازی را از یک گوشه سقف به گوشه دیگر ببرد و نخ‌ها را به وسیله میخ به سقف بند کند. در این حالت هر چقدر لوله شیشه‌ای را مالش داد، پرها جذب گلوله عاج نشدند. حتی در این حالت لوله شیشه‌ای هم پرها را جذب نمی‌کرد. انگار که اصلاً الکتریسیته‌ای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

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

فسفر بسوزان

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

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



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

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

فسفر بسوزان

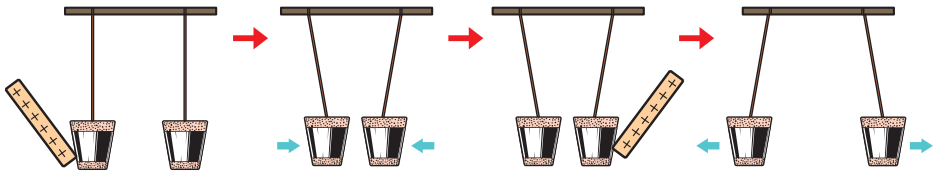
در آزمایش‌های آقای گری، شیشه، چوب‌پنبه، نخ و عاج فیل، همه سیال الکتریکی را از خود عبور می‌دادند. به نظرت این مواد را باید جزء مواد رسانا دانست یا نارسانا؟ آیا می‌توانی تعریف خوبی برای رسانا بودن مواد ارائه کنی؟

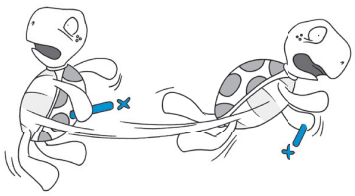
مثبت و منفی

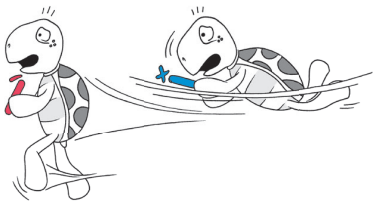
در فرانسه، دانشمند دیگری به نام «شارل فرانسوا دوفه» آزمایش‌های دیگری انجام داد. او دو چوب‌پنبه را با ورقه نازکی از طلا پوشاند و آن‌ها را با نخ ابریشمی از سقف آویزان کرد. چوب‌پنبه‌ها به فاصله چند سانتی‌متر از یکدیگر آویزان بودند. نظر او این بود که اگر در یکی از دو چوب‌پنبه خاصیت الکتریکی ایجادکند، این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

شارل فرانسوا دوفه
۱۶۹۸ تا ۱۷۳۹ میلادی

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





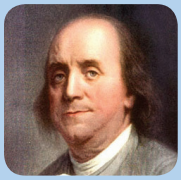


نکته دیگری هم بود که دوفه آن را در آزمایش‌های خود مشاهده کرد. او آزمایش‌های خود را با مواد مختلف امتحان می‌کرد. یک بار میله شیشه‌ای را با پارچه ابریشمی مالش داد و با آن یکی از چوب‌پنبه‌ها را الکتریسیته‌دار کرد. سپس یک میله صمغی را با پارچه پشمی مالش داد و چوب‌پنبه دیگر را با آن الکتریسیته‌دار کرد. وی مشاهده کرد که این بار دو چوب‌پنبه یکدیگر را جذب کردند! دوفه به این نتیجه رسید که دو نوع سیال الکتریکی وجود دارد. یکی از آن‌ها سیالی است که وقتی شیشه را با ابریشم مالش می‌دهیم، در شیشه به وجود می‌آید. دیگری سیالی است که وقتی صمغ را با پارچه پشمی مالش می‌دهیم، در صمغ به وجود می‌آید. اولی را **سیال شیشه‌ای** و دومی را **سیال صمغی** نامیدند.

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

بینش

ساختار اتم و منشاء بار الکتریکی



بنجامین فرانکلین
۱۷۰۶ تا ۱۷۹۰ میلادی

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

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

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

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

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

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

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

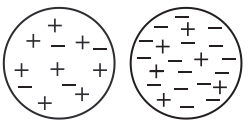
پروتون‌های اتم، با نیروی بسیار بسیار قوی در هسته، کنار هم (و در کنار نوترون‌ها) قرار گرفته‌اند. به این راحتی نمی‌توان یک پروتون را از هسته جدا کرد! برای جدا کردن یک پروتون از هسته، واکنش‌های هسته‌ای لازم است که این واکنش‌ها، انرژی‌های بسیار بسیار زیادی لازم دارند و در این مبحث به کار ما نمی‌آید (البته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

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

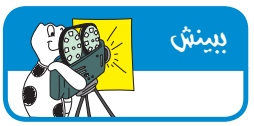
واحد اندازه‌گیری بار الکتریکی

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

باردار کردن اجسام



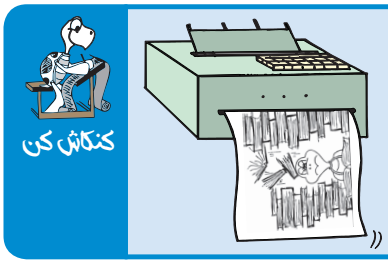
دیدیم که یک جسم در حالت طبیعی خنثی است. زیرا از اتم‌های خنثی تشکیل شده است. در هر جسمی بار الکتریکی وجود دارد؛ آن هم به مقدار بسیار بسیار زیاد! زیرا هر جسمی از میلیاردها میلیارد اتم و هر اتمی از الکترون‌ها (بار منفی) و پروتون‌ها (بار مثبت) تشکیل شده است. در حالت طبیعی و عادی، تعداد الکترون‌ها و پروتون‌ها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



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

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

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



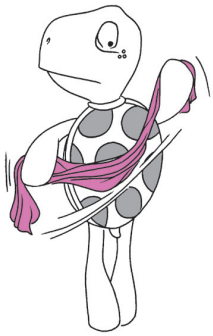
کنکاش کن

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

روش‌های باردار کردن

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

روش اول: مالش (اصطکاک)



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

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

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

ببینش

چرا مالش باعث باردار شدن اجسام می‌شود؟

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

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

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

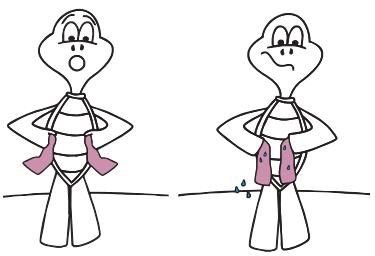
با توجه به آن‌چه درباره روش مالش در باردار کردن اجسام آموختی، ویژگی‌های دو جسمی که به هم مالش داده شده‌اند را بنویس.
مقایسه اندازه بار دو جسم:
علامت بار دو جسم:
نوع نیروی بین دو جسم باردار:

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

وقتی موهای خود را شانه می‌کنیم، در اثر مالش، شانه و موهای ما بار الکتریکیِ هم‌اندازه با علامت مخالف پیدا می‌کنند. در نتیجه یکدیگر را جذب می‌کنند. به همین خاطر موهای ما جذبِ شانه شده و سیخ سیخ می‌شود!

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

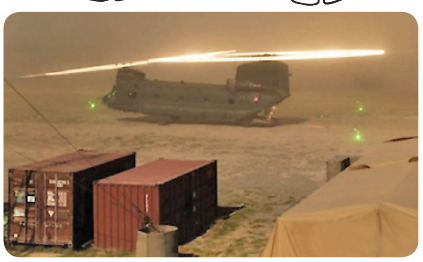
مشاهده ساده زیر را انجام بده:
یک کیسه نازک پلاستیکی (کیسه فریزر) را دو قسمت کن؛ مثلا دو تکه به اندازه‌های $۱۵cm \times ۵cm$ یا دو تکه به اندازه یک کف دست. سپس هر تکه کیسه را روی یک کف دست قرار بده و آن را به لباس خود مالش بده. هر دو کیسه در اثر مالش و اصطکاک باردار می‌شوند. حالا دو کیسه را به هم نزدیک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



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

حالا اگر بعد از مالش تکه کیسه‌ها، کیسه پلاستیک را با یک دستمال مرطوب پاک کنید، یا کیسه فریزر را کمی خیس کنید، دیگر یکدیگر را دفع نخواهند کرد و به دیوار هم نمی‌چسبند؛ زیرا آب رسانای الکتریکی است و بار الکتریکی از طریق آن منتقل می‌شود و فرار می‌کند.

مواد رسانا، بار الکتریکی را به خوبی و به راحتی (و به سرعت) منتقل می‌کنند. به همین خاطر ایجاد بار الکتریکی در مواد رسانا به روش مالش دشوار است. البته این‌طور نیست که نتوان مواد رسانا را در اثر مالش باردار کرد. نه! مواد رسانا هم در اثر مالش باردار می‌شوند، ولی به سرعت بار الکتریکی را انتقال می‌دهند. در واقع، نگه داشتن بار الکتریکی در مواد رسانا سخت و دشوار است. همه مواد در اثر مالش و اصطکاک باردار می‌شوند. به همین خاطر، برای ایجاد (و نگه داشتن) بار به روش مالش (اصطکاک)، مواد نارسانا مانند شیشه، پلاستیک (صمغ)، پارچه و ... مناسب‌تر هستند.



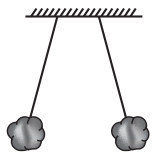
وقتی پره‌های فلزی هلی‌کوپتر می‌چرخد، دراثر مالش، بارِ زیادی روی آن جمع می‌شود که پس از مدتی به هوا تخلیه می‌شود. جرقه‌های این تخلیه الکتریکی، در تاریکی شب کاملا قابل مشاهده است.

روش دوم: تماس

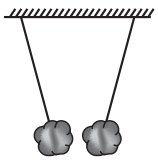
روش دیگر برای ایجاد بار الکتریکی در یک جسم خنثی، این است که جسم دیگری را که بار الکتریکی دارد با این جسم تماس دهیم. در اثر تماس و به‌خاطر دافعه بارهای موجود در جسم باردار، بخشی از بار الکتریکی از جسم باردار به جسم خنثی و بدون بار منتقل می‌شود. میله شیشه‌ای در اثر مالش و اصطکاک با پارچه ابریشمی باردار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

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

مشاهده‌های ساده زیر را انجام دهید:



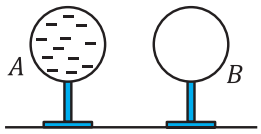
۱) دو تکه فویل آلومینیومی را به صورت دو گلوله کوچک مچاله کنید. دو گلوله را از دو تکه نخ با طول مساوی، نزدیک به هم آویزان کنید. سپس میله‌ای شیشه‌ای یا پلاستیکی را با پارچه‌ای مالش دهید (می‌توانید از شانه سر یا خط‌کش پلاستیکی استفاده کنید). میله را به آرامی طوری به دو گلوله نزدیک کنید که هم‌زمان با هر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



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

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

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



پاسخ:

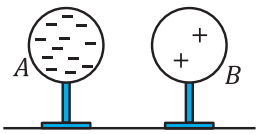
پیش از آن‌که پاسخ این سوال را بدهیم، یک قانون بسیار مهم را با هم مرور می‌کنیم:

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

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

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

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



پاسخ:

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

فسفر بسوزان

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

پاسخگو باش

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

مقایسه اندازه بارِ دو کره:

علامت بارِ دوکره:

نیروی بین دو کره پس از تماس و جدا شدن:

روش سوم: القا

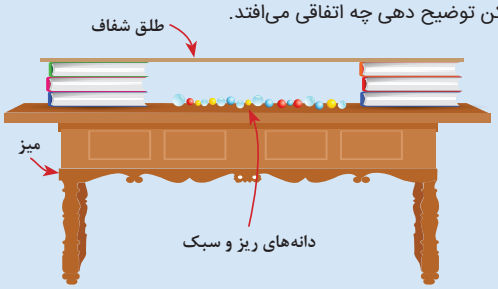
دست به‌کار شو

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.

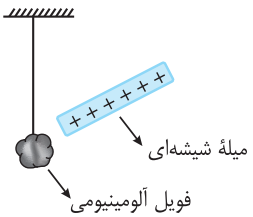


حالا به سوالات زیر پاسخ بده.

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

بینش

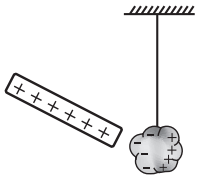
می‌دانیم بارهای هم‌علامت یکدیگر را دفع و بارهای غیرهم‌علامت یکدیگر را جذب می‌کنند. اندازه نیرویی که بارها به هم وارد می‌کنند به فاصله آن‌ها از هم بستگی دارد. هر چه فاصله بیشتر باشد، اندازه نیروی الکتریکی که دو جسم باردار به هم وارد می‌کنند، کمتر خواهد شد. برعکس، اگر فاصله دو جسم باردار کاهش یابد، نیروی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



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

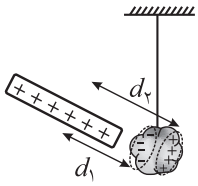
فرض کنیدکه میله شیشه‌ای مالش داده شده را، که بار آن مثبت است، به یک آونگ آلومینیومیِ سبک نزدیک کنیم. اتم‌های فویل آلومینیومی دارای الکترون‌هایی هستند که هسته اتم خیلی حواسش به این الکترون‌ها نیست! فویل آلومینیومی رسانا است. مواد رسانا، همه این ویژگی را دارند.

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



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

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



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

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

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

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

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

القا تأثیر از راه دور و بدون تماس است!

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

پاسخگو باش

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

فسفر بسوزان

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

پاسخگو باش

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

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

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

دست به کار شو

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

ببینش

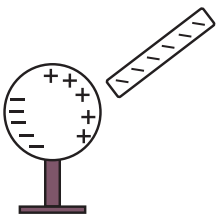
در تمام مشاهدات بالا، مواد نارسانا حضور داشتند. در واقع، در مواد نارسانا هم پدیده القای الکتریکی اتفاق می‌افتد. عامل ایجاد نیروی جاذبه بین آن‌ها نیز همین است.
جدا شدن بارها و القا در همه مواد، چه رسانا و چه نارسانا، اتفاق می‌افتد. اما چون مواد رسانا دارای الکترونِ آزاد هستند، پدیده القا در آن‌ها بهتر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

دست به کار شو

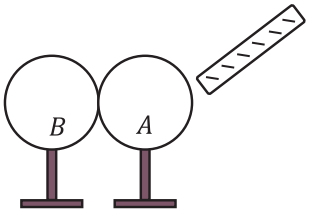
مشاهده زیبای زیر را انجام بده:
روی سطح میز مقداری نمک بپاش! بادکنکی را با موهای خود مالش (اصطکاک) بده تا باردار شود. سپس سکوت را رعایت کن و به بقیه هم بگو ساکت باشند! به آرامی بادکنک را به سطح میز نزدیک کن و لذت ببر!

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

۱) با استفاده از دو جسم



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



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

تمرین‌ها

بار الکتریکی و خواص آن

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

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

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

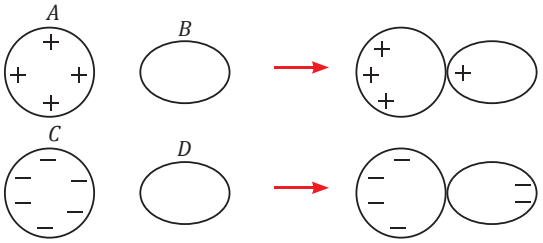
پ) باردار شدن مواد به دلیل حرکت پروتون‌ها و جابه‌جایی آن میان اجسام اتفاق می‌افتد.

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

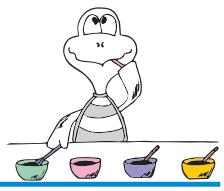
الف) پیدا کردن ماده‌ای که بدون مالش، توسط مواد هر دو گروه قبلی که آن‌ها را مالش داده‌ایم جذب شوند.

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

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

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

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



پرسش‌های چهارگزینه‌ای

بار الکتریکی و خواص آن

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

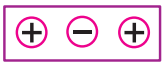
۱) پیدا کردن جسمی که هر دو نوع بار قبلی (مثبت و منفی) را به سمت خود جذب کند.

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

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

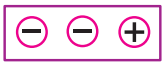
۴) پیدا کردن جسمی که به یک جسم خنثی نیرویی وارد نکند.

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

۱) 

۲)

۳)

۴) 

۳. وقتی جسمی دارای بارمثبت است:

۱) بارهای منفی بیشتری نسبت به بارهای مثبت‌اش دارد.

۲) بارهای مثبت بیشتری نسبت به بارهای منفی دارد.

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

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

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

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

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

۳) نیروی وارده به هر دو جسم برابر است.

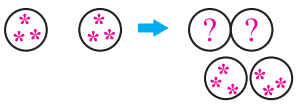
۴) بستگی به جرم دو جسم دارد.

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

۱)

۲)

۳)

۴) 

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

۱) F

۲) بیشتر از F

۳) کمتر از F

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

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

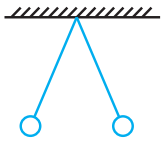
۱) از آزمایش‌های الکتریسیته نتیجه‌گیری شده است.

۲) یک اصل در علم الکتریسیته است.

۳) قانونی است که پس از کشف ساختار اتم به آن رسیده‌اند.

۴) از دوتایی بودن تمام طبیعت نتیجه‌گیری شده است.

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



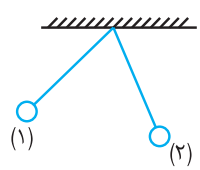
۱) وزن دو توپ برابر و علامت بار آن‌ها یکسان است.

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

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

۴) وزن توپ‌ها و مقدار بارشان برابر است.

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



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

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

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

۴) وزن توپ‌ها نابرابر و علامت بارشان یکسان است.

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

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

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

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

بارم

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

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

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

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

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

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

- روش باردار کردن اجسام بدون تماس
- واحد شدت جریان
- نحوه به هم بسته شدن لامپ‌های لوستر
- عامل حرکت بارهای الکتریکی

اختلاف پتانسیل
مالش
موازی
آمپر
القا
سری
جنب و جوش الکترون‌ها

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

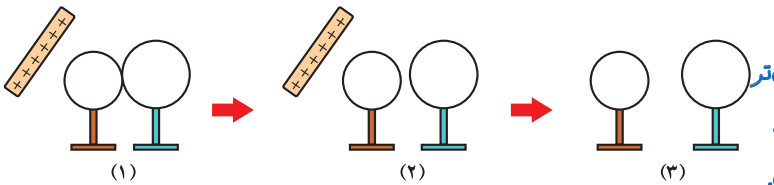
الف) قانون اهم به ما می‌گوید هرچه ولتاژ در مداری بیشتر باشد مقاومت در آن مدار بیشتر است.

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.

پاسخنامه تشریحی

تمرین‌های زوج فصل ۱: الکتریسیته

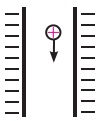
۲. رسانا : دریای الکترون آزاد
دافعه : بارهای همنام
ذره بدون بار : نوترون
ماشین اصطکاک : مالش

۴. رطوبت هوا باعث می‌شود که بارهای الکتریکی سریع‌تر و راحت‌تر در هوا حرکت کنند و تخلیه شوند و در نتیجه نتایج مطلوب در آزمایش‌ها حاصل نمی‌شود.

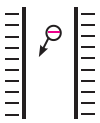
۶. باید حین باردار کردن، ارتباط جسم رسانا با اجسام رسانای دیگر قطع باشد. به‌خصوص بدن انسان که رسانای خوبی است و بار را به سرعت به زمین منتقل می‌کند.

۸. بله. باردار شدن به معنای افزایش نسبی الکترون یا پروتون است. تخلیه کامل بارها از اجسام بی‌معنا است.

۱۰. هر دو صفحه نیروی جاذبه یکسانی به بار وارد می‌کنند و بار مستقیم به پایین می‌آید.



۱۲. این بار هر دو صفحه به بار نیروی دافعه وارد می‌کنند و دافعه صفحه سمت راست شدیدتر است. زیرا نزدیک‌تر است. پس جهت حرکت این‌گونه خواهد بود:



۱۴. حالت اول. می‌دانیم نیروی الکتریکی با فاصله و مقدار بار رابطه دارد. برای تعادل، جسم باید بین دو جسم قرار گیرد و نزدیک‌تر به بار کمتر. علامت بار آن نیز اهمیتی ندارد چه باشد.

۱۶. در دودکش کارخانه‌ها ـ در رنگ پاشی کارخانه‌های خودروسازی ـ در پرینترهای لیزری و ...

۱۸. در هر دو جواب می‌دهد. اما مواد رسانا در صورت ارتباط با مواد رسانا دیگر بارشان تخلیه می‌شود. پس برای نارساناها بهتر است.

۲۰. علت اصلی تفاوت در الکترون خواهی مواد است. با مالش ماده‌ای که تمایل بیشتری برای نگه داشتن الکترون دارد، الکترون ماده دیگر را جذب می‌کند و هر دو جسم باردار می‌شوند.

۲۲. الف) چوب مثبت و پلی‌استر منفی
ب) شیشه را به تفلون

۲۴. در هر دو جواب می‌دهد. اما در مواد رسانا به علت انتقال سریع بارها، تراکم بار در محل ورود رخ نمی‌دهد و ظرفیت پذیرش بار بیشتری به وجود می‌آید. اما در موارد نارسانا بارها در همان نقطه متراکم می‌شوند و اجازه ورود بار جدید را نمی‌دهند. لذا تماس باید با همه نقاط ماده اتفاق بیافتد.

۲۶. خیر. تقسیم بار بستگی به ویژگی‌های فیزیکی آن‌ها و از جمله اندازه آن‌ها دارد.
وقتی کره‌ها کاملاً مشابه باشند.

۲۸. برای هر دو جواب می‌دهد. اما در رساناها به علت حرکت آزادانه بارها بهتر رخ می‌دهد. جذب کاغذ توسط شانه باردار نشان می‌دهد که القا در مواد نارسانا هم اتفاق می‌افتد.

۳۰. میله باردار کره خنثی را جذب می‌کند. اما پس از تماس بار آن‌ها هم علامت شده و نیروی بینشان دافعه می‌شود.

۳۲. اگر جسم ۱، خنثی باشد، جسم ۲ و ۳ می‌تواند بار منفی یا مثبت داشته باشند. پس به هم دافعه یا جاذبه وارد می‌کنند. اما اگر جسم ۱ باردار باشد، هر دو جسم ۲ و ۳ خنثی باشند، جسم ۲ و ۳ به هم نیرویی وارد نمی‌کنند. البته در این حالت ممکن است اجسام ۲ و ۳ بار مخالف ۱ داشته باشند و در نتیجه با هم هم‌نام باشند. بنابراین همه حالات ممکن است.

۳۴. وقتی میله را نزدیک می‌کنیم بارهای کره تفکیک می‌شوند و بارهای منفی نزدیک به میله می‌ایستند. وقتی کره را با دست به زمین وصل می‌کنیم، بارهای منفی تحت جاذبه بارهای مثبت به درون کره می‌آیند. اگر در این لحظه میله باردار را دور کنیم، بارهایی که از زمین آمده بودند، دوباره به زمین باز می‌گردند و کره دوباره خنثی می‌شود.

۳۶. در مرحله اول کره ۱ و ۲ بار مساوی q دارند. بار کره ۱ مثبت و بار کره ۲ منفی است. با تماس کره سوم به کره ۲ نیمی از بار منفی کره ۲ به کره سوم می‌رود و با اتصال آن به کره اول، بار مثبت کره اول و به اندازه نصف آن بار منفی کره سوم، بین دو کره به طور مساوی تقسیم می‌شود. یعنی هر کره به اندازه $\frac{1}{4}$ حالت اول بار مثبت پیدا خواهند کرد. در نهایت بار کره‌ها این چنین است.

$$q_1=\frac{1}{4}q \quad , \quad q_2=-\frac{1}{2}q \quad , \quad q_3=\frac{1}{4}q$$

۳۸. در تمام مراحل بار کره‌های A و B به ترتیب منفی و مثبت است. تنها مرحله سوم مشکوک به نظر می‌رسد که می‌توان گفت با وجود اتصال به زمین، کره A خنثی نمی‌شود. زیرا میله با بار مثبت نزدیک کره است. می‌توان این‌گونه تصور کرد که اگر کره خنثی را به زمین وصل کنیم و میله با بار مثبت را به آن نزدیک کنیم چه می‌شود؟ واضح است که بارهای منفی به کره می‌آید. این حالت نیز تهایتاً باید نتیجه‌ای مشابه قبلی بدهد.

۴۰. برق‌گیر میله بلند رسانایی است که جریان برق را به اعماق زمین منتقل می‌کند و مانع آسیب دیدن ساختمان می‌شود. نوک‌تیز برق‌گیر و نیز رسانا بودن آن به تخلیه بار الکتریکی از طریق برق‌گیر کمک شایانی می‌کند.

۴۲. قسمت‌های نوک‌تیز هواپیما محل تخلیه بار تجمع پیدا کرده روی هواپیما است. ضمناً برخی هواپیماها خازن‌های مخصوص برای ذخیره این بار دارد.

۴۴. بارهای منفی کره‌های ۱ و ۲ به کره ۳ می‌رود. با جدا کردن کره ۳ این بار در کره ۳ می‌ماند. با دور کردن میله و جدا کردن دو کره ۱ و ۲، بار هر کدام از آن‌ها به اندازه نصف کره ۳ و مثبت خواهد شد.

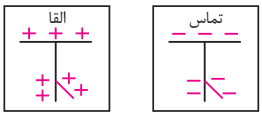
۴۶. الف) جرقه زدن به علت تخلیه الکتریکی اتفاق می‌افتد.
ب) بار در بدن ما و در موهای ما جمع می‌شود و دافعه بارهای همنام موها را از هم دور نگه می‌دارد.
پ) کلاهک باردار واندوگراف، آلومینیوم خنثی را جذب می‌کند، اما به محض تماس آلومینیوم با واندوگراف، بار کلاهک و آلومینیوم همنام شده و دافعه آن‌ها را از هم دور می‌کند.
ت) تجمع بار بر روی میخ به خصوص در نوک تیز آن، باعث می‌شود هوا در مجاورت میخ باردار شده و به علت دافعه، بارهای همنام میخ و هوا، هوا به جلو پرتاب شده و انگار میخ هوا را فوت می‌کند.

۴۸. الکتروسکوپ را با بار آزمون باردار می‌کنیم. جسم باردار را نزدیک کلاهک الکتروسکوپ می‌کنیم. اگر عقربه‌ها از هم بازتر شوند، بار جسم و الکتروسکوپ همنام بوده است و اگر عقربه‌ها به هم نزدیک شوند؛ بار جسم الکتروسکوپ ناهمنام بوده است.

۵۰. الکتروسکوپ را خنثی می‌کنیم. جسم را به کلاهک نزدیک می‌کنیم. اگر عقربه‌های آن حرکت کرد، جسم باردار بوده است.

۵۲. اگر میله را در دستمان گرفته باشیم باردار نمی‌شود؛ زیرا بار آن از طریق دست ما فرار خواهد کرد. در نتیجه تأثیری بر الکتروسکوپ هم نخواهد داشت.

۵۴.



۵۶. ممکن است الکتروسکوپ خنثی بوده باشد یا بار منفی یا مثبت داشته باشد، بار منفی میله می‌تواند در الکتروسکوپ وضعیت نشان داده شده را ایجاد کند. اگر خنثی بوده باشد، در اثر دافعه بارهای منفی میله، بارهای منفی به عقربه‌ها رفته و آن‌ها را از هم باز کرده‌اند. اگر بار الکتروسکوپ منفی بوده است، بار منفی بیشتری به عقربه‌ها رفته و باز هم باز مانده است. و اگر بار الکتروسکوپ مثبت بوده است، بار منفی دفع شده از کلاهک الکتروسکوپ به حدی نبوده که بار عقربه‌ها را خنثی کند. البته ممکن است آنقدر زیاد بوده باشد که بار عقربه‌ها را منفی هم کرده باشد.

۵۸. الکترون‌ها

۶۰. در باتری انرژی پتانسیل شیمیایی به انرژی پتانسیل الکتریکی تبدیل می‌شود.

۶۲. طبق تعریف شدت جریان $\frac{\text{مقدار بار عبوری}}{\text{زمان عبور}}$ شدت جریان برابر است با:

$$I=\frac{۴}{۰/۵}=۸\,A$$

۶۴.

مقاومت	جریان	ولتاژ
۴	۱/۵	۶
۴	۲	۸
۴	۵	۲۰

۶۶. طبق قانون اهم می‌توان درباره این مدار گفت:

$$V=IR \Rightarrow ۱=۴R \Rightarrow R=۰/۲۵\Omega$$

۶۸. مقاومت فرقی نمی‌کند. زیرا به ولتاژ بستگی ندارد. اما طبق قانون اهم جریان دو برابر می‌شود.

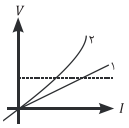
۷۰. طبق تعریفی که در کتاب از مفهوم اختلاف پتانسیل شده است، وقتی بین دو سر باتری با اختلاف پتانسیل ۱/۵ ولت، ۱ کولن بار جابه‌جا شود، ۱/۵ ژول انرژی آزاد می‌شود. پس اگر باتری ۱۰ ولتی باشد، این عدد ۱۰ ژول است. حالا باید دید در مدت زمان ۱۰ ثانیه چه‌قدر بار جابه‌جا شده است. چون شدت جریان ۵ آمپر است، مقدار بار برابر است با:

$$I=\frac{q}{t} \rightarrow q=It=۵\times۱۰=۵۰c$$

و مقدار انرژی برابر می‌شود با ۵۰۰ ژول

۷۲. می‌دانیم قانون اهم ($V=IR$) رابطه خطی بین جریان و ولتاژ را نشان می‌دهد. اگر نمودار V-I را رسم کنیم، خطی با شیب R خواهیم داشت. در آزمایش انجام شده شیب نمودار رو به افزایش است. بنابراین در این مدار مقاومت رو به افزایش بوده است.

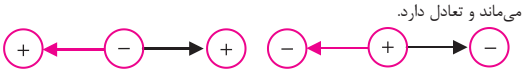
می‌توان طور دیگری هم استدلال کرد اگر مقاومت تغییر نمی‌کرد، نمودار ۱ بود. حالا که ۲ شده است، یعنی در ازای مقدار ولتاژی معین، جریان در مدار ۲ نسبت به ۱ کمتر شده است. پس مقاومت بیشتر بوده است.



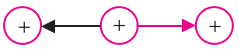
چهارگزینه‌ای‌های فصل ۱

۱. گزینه «۲»
گزینه ۱ خاصیت جسمی خنثی را بیان می‌کند، اما گزینه ۲ خاصیتی است که تا کنون مشاهده نشده است. جسم باردار با هر باری جنس خنثی را جذب خود می‌کند و جسم خنثی به جسم خنثای دیگر نیرویی وارد نمی‌کند. پس گزینه‌های ۳ و ۴ هم خاصیت جدیدی نیستند.

۲. گزینه «۴»
در گزینه‌های ۱ و ۲ بار وسطی از جانب دو بار دیگر کشیده می‌شود، پس در جای خود می‌ماند و تعادل دارد.



در گزینه ۳ بار وسطی توسط دو بار دفع می‌شود، پس در جای خود می‌ماند و تعادل دارد.



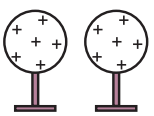
اما در گزینه ۴ نیروی هر دو بار به بار وسطی در یک جهت است و تعادل بار را برهم می‌زند.

۳. گزینه «۲»
مثبت بودن بار یک جسم به معنای بیشتر بودن بارهای مثبت آن از بارهای منفی‌اش به‌دلیل خروج تعداد نسبتاً کمی از الکترون‌ها از آن است. تخلیه کامل همه الکترون‌ها معنا ندارد.

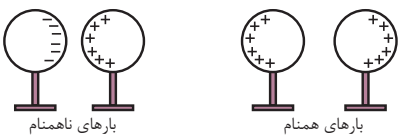
۴. گزینه «۳»
نیروی الکتریکی به مقدار بار دو جسم بستگی دارد، اما به هر دو جسم یکسان وارد می‌شود و این برابری نیروها ربطی به تفاوت مقدار یا جرم بار آن‌ها ندارد.

۵. گزینه «۲»
در کره نارسانا بارها از جای خود حرکت نمی‌کنند؛ اما در کره رسانا بارها به‌راحتی جابه‌جا می‌شوند و مایل‌اند تا حد ممکن به جسم دیگر نزدیک شوند (اگر بارشان مخالف باشد) و یا تا حد ممکن از جسم دیگر دور شوند (اگر بارشان موافق باشد) در شکل‌های ۱ و ۳ هر دو جسم باید رسانا باشند. در شکل ۱ بارهای مخالف دارند و در شکل ۳ موافق.
در شکل ۲، جسم سمت رسانا و جسم سمت چپ نارسانا است.
و در شکل ۴ هر دو جسم نارسانا هستند.

۶. گزینه «۴»
طبق صورت سؤال، دو کره نارسانا در وضعیت زیر به‌هم نیروی F را وارد می‌کنند.



اگر کره‌ها رسانا شوند، آرایش بارها به شکل زیر تغییر می‌کند.



بارهای ناهمنام　　بارهای همنام

بنابراین وقتی دو کره بار همنام دارند، فاصله مؤثر میان بارها بیشتر از وضعیت کره‌های نارسانا است و وقتی بار ناهمنام دارند، فاصله مؤثر میان بارها کمتر از وضعیت کره‌های نارسانا است. بنابراین در حالت اول نیروی میان کره‌ها کمتر از F و در حالت دوم بیشتر از F است.

۷. گزینه «۱»
این موضوع از آزمایش‌های الکتریسیته نتیجه‌گیری شده است. درواقع می‌شد بار سومی با خاصیتی جدید هم وجود داشته باشد که اینطور نبوده است. این موضوع پیش از کشف ساختار اتم کشف شده است. دوتایی بودن همه طبیعت هم اصلا وجود ندارد.
اما بنابه تعریف، اصل در فیزیک به مطلبی گفته می‌شود که به‌عنوان پایه پذیرفته می‌شود و تا زمانی که نقضی برای آن پیدا نشود، معتبر است. با این تعریف ممکن است گزینه ۲ هم تا حدی برای این سوال درست باشد.

۸. گزینه «۱»
نیروی بین دو جسم باردار به مقدار بار آن‌ها بستگی دارد، اما نیرویی که به هر دو وارد می‌شود باهم برابر است؛ بنابراین به دو توپ نیروی یکسانی وارد می‌شود، چه بارشان برابر باشد و چه برابر نباشد. ازآنجاکه توپ‌ها از هم دور شده‌اند، حتماً نیروی بینشان دافعه است، پس بارشان هم علامت است. ازآنجاکه میزان انحراف توپ‌ها باهم برابر است می‌توان نتیجه گرفت که وزن توپ‌ها باهم برابر بوده است؛ بنابراین گزینه ۱ قطعاً صحیح می‌باشد.

۹. گزینه «۴»
با توضیحات سؤال قبل می‌توان گفت علامت بار توپ‌ها یکسان است، اما وزن توپ‌ها متفاوت است.

۱۰. گزینه «۴»
وقتی دو کره از هم فاصله گرفته‌اند، حتما بار همنام دارند و یکدیگر را دفع می‌کنند. نیروی دافعه‌ای که به هر دو کره وارد می‌شود برابر است. زیرا نیروی میان آن‌ها، به بار هر دو بستگی دارد و این دو نیرو، عمل و عکس‌العمل یکدیگرند. بنابراین با توجه به هم‌وزن بودن دو کره، باید میزان انحراف آن‌ها هم از راستای قائم برابر باشد.

۱۱. گزینه «۲»
بار مثبت گرفتن جسم به معنی کم شدن الکترون‌های آن است. از آنجا که الکترون‌ها جرم ناچیزی دارند، بنابراین جرم جسم مقدار بسیار کمی کاهش می‌یابد.

۱۲. گزینه «۱»
گزینه ۱ کاملاً صحیح است. ابرها در اثر مالش باهم و با هوا باردار می‌شوند. اگرچه اغلب بار ابرها علامت معلومی دارد، اما این بدان معنا نیست که امکان ندارد ابرها بار مخالف داشته باشند و بینشان تخلیه الکتریکی رخ ندهد. برق‌گیر حتماً جنسی رسانا باید داشته باشد تا بار الکتریکی را به‌خوبی منتقل کند. دلیل بارندگی، آذرخش نیست؛ بلکه آذرخش که همان تخلیه الکتریکی ابر به زمین است، در هوای مرطوب راحت‌تر رخ می‌دهد.

۱۳. گزینه «۳»
دو جسمی که به هم مالیده می‌شوند بار الکتریکی برابر و غیرهمنام پیدا می‌کنند. در مقدار بار منتقل‌شده بین دو جسم، هم سطح تماس، هم مقدار مالش و هم جنس سطوح مؤثر است.

۱۴. گزینه «۱»
در گزینه‌های ۱ و ۲ کره مقداری بار می‌گیرد. در حالت اول که اتصال کره به زمین برقرار شده است. ازآنجاکه بارهای همنام با میله می‌توانند خیلی دور شوند، تأثیر القایی جسم باردار روی کره بیشتر خواهد بود و بار کره بیشتر می‌شود. در حالت سوم کره‌ها به اندازه نصف حالت اول بار خواهند داشت؛ چراکه بارشان را باهم تقسیم می‌کنند. در حالت چهارم کره اصلاً بار نخواهد داشت؛ چراکه با دور شدن میله پیش از قطع اتصال به زمین، بارهای خارج شده دوباره به کره بازمی‌گردند.

۱۵. گزینه «۴»
در مالش اگر دو جسم کاملاً مشابه باشند، هیچ‌کدام باردار نمی‌شود. در مالش اگر جسمی که آن را مالش می‌دهیم رسانا باشد، باید حتماً با رابطی غیر رسانا گرفته شده باشد تا باردار شود؛ زیرا بار ایجاد در آن به‌سرعت فرار می‌کند، بدن ما رسانا است!
اگر میله بارداری را به یک کره رسانا با پایه عایق نزدیک کنیم، بارهای درون کره صرفاً تفکیک می‌شوند، اما کره باردار نمی‌شود؛ اما در حالت چهارم بار میله فلزی از طریق بدن ما به کره فلزی که پایه عایق دارد منتقل می‌شود و آن را باردار می‌کند.

۱۶. گزینه «۴»
تنها گزینه ۴ درست نیست. مواد رسانا نسبت به مواد نارسانا تمایل بیشتری دارند که بارشان را از دست بدهند. وجود دریای الکترون آزاد و راحتی انتقال الکترون‌ها در این مواد، این موضوع را نشان می‌دهد.

۱۷. گزینه «۲»
اگر دو ماده کاملاً مشابه باشند، مالش آن‌ها به هم هیچ تأثیری در باردار شدنشان ندارد؛ زیرا باردارشدن به‌وسیله مالش به‌دلیل تفاوت در تمایل مواد برای جذب الکترون‌ها به‌وجود آمده است.

۱۸. گزینه «۴»
در مالش دو جسم خنثی به‌هم طبق اصل پایستگی بار، بار دو جسم برابر خواهد شد. در تبادل بار بین دو کره کاملاً مشابه، سهم دو کره از مقدار بار موجود برابر است. اگر دو کره غیر مشابه را به‌هم بچسبانیم و میله بارداری را به آن‌ها نزدیک کنیم، در اثر القا مقداری بار از یکی خارج می‌شود و وارد دیگری می‌شود. طبق اصل پایستگی بار، باید بار هر دو کره باهم مساوی باشد. چراکه بارها فقط منتقل‌شده‌اند.

۱۹. گزینه «۳»
در گزینه اول دو جسم به‌هم مالش داده‌شده بار مخالف دارند و همدیگر را جذب می‌کنند. در گزینه دوم بار دو کره در اثر القا مخالف هم خواهد شد و بازهم همدیگر را جذب می‌کنند. در گزینه سوم کره‌های باردار که باهم تبادل بار می‌کنند درنهایت بارشان مشابه شده و همدیگر را دفع می‌کنند یا خنثی می‌شوند و به هم نیرویی وارد نمی‌کنند. در گزینه چهارم خودکار باردار خرده‌های کاغذ را به‌دلیل القا جذب می‌کنند.