



آیا می‌دانید در یک آذرفش چند هزار آمپر جریان الکتریکی ایجاد می‌شود؟



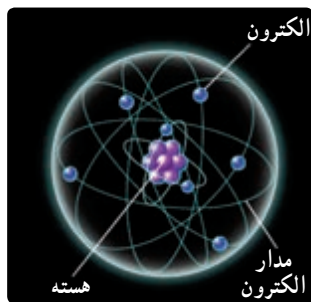
شکل ۱-۳ استفاده وسیع از وسیله‌های الکتریکی در زندگی روزمره

الکتريسيته نامی است که به گستره وسیعی از پدیده‌های الکتریکی، به شکل‌های مختلف، داده می‌شود. این پدیده‌ها تقریباً اساس کار بسیاری از دستگاه‌ها و وسیله‌های پیرامون ما را تشکیل می‌دهند. از آذرخش در آسمان گرفته تا درخشش لامپ، از آنچه اتم‌ها را به شکل مولکول به هم پیوند می‌دهد تا پیام‌های عصبی در دستگاه اعصاب ما همگی منشأ الکتریکی دارند. به کارگیری دانش الکتريسيته در بسیاری از وسیله‌های اطراف ما از فرهای ریزموج (مایکروفر) تا رایانه‌ها مشهود است. در عصر حاضر شناخت مبانی الکتريسيته و به کارگیری آن، برای حفظ و پیشبرد آسایش، ایمنی و رفاه انسان اهمیت زیاد دارد.

در شکل ۱-۳ چند وسیله الکتریکی می‌بینید؟

در این فصل ضمن یادآوری مطالب الکتريسيته دوره راهنمایی، جزئیات دقیق‌تری از چگونگی ایجاد بار الکتریکی در یک جسم و مطالب دیگری در همین زمینه خواهید آموخت. به دنبال آن در مورد اختلاف پتانسیل، به عنوان عامل شارش بار و ایجاد جریان الکتریکی، شرح مختصری خواهد آمد. در انتهای فصل، به بررسی قانون اهم، انرژی و توان الکتریکی مصرفی می‌پردازیم.

۱-۳ ساختار اتمی



شکل ۲-۳ در اتم خنثی تعداد پروتون‌های هسته با تعداد الکترون‌ها برابر است.

در علوم تجربی دوره راهنمایی دیدیم که اتم از دو قسمت، هسته و الکترون‌ها، تشکیل شده است (شکل ۲-۳). هسته فضای بسیار کوچکی از اتم را اشغال می‌کند و الکترون‌ها در فاصله نسبتاً دوری از هسته به دور آن می‌چرخند. قطر اتم تقریباً $100,000$ برابر قطر هسته است. هسته خود از ذره‌های ریزتری به نام پروتون و نوترون تشکیل شده است. به طور قراردادی، بار الکتریکی الکترون را منفی و بار الکتریکی پروتون را مثبت انتخاب کرده‌اند. اندازه بار الکتریکی الکترون و پروتون با هم برابر است و نوترون بار الکتریکی ندارد.

در حالت عادی تعداد پروتون‌های موجود در هسته هر اتم برابر تعداد الکترون‌های آن اتم است. در نتیجه اتم از نظر الکتریکی بدون بار یا خنثی است.

یکای بار الکتریکی کولن (C) نام دارد. اندازه بار الکتریکی هر الکترون یا پروتون را با e نشان می‌دهیم. میلیکان با آزمایش، مقدار بار الکتریکی هر الکترون را اندازه‌گیری و مقدار آن را $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ گزارش کرد.

$$e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

بنابراین، بار الکتریکی الکترون برابر $-e$ و بار الکتریکی پروتون برابر $+e$ است.

۲-۳ اجسام دارای بار الکتریکی

اجسام در حالت عادی از اتم‌های خنثی درست شده‌اند و بنابراین از نظر الکتریکی خنثی هستند. وقتی دو جسم به یکدیگر مالش داده می‌شوند، تعدادی الکترون از یکی به دیگری منتقل می‌شود. در نتیجه،

جسمی که الکترون از دست می‌دهد، تعداد الکترون‌هایش کمتر از تعداد پروتون‌های آن می‌شود و بار الکتریکی آن مثبت می‌شود و برعکس، جسمی که الکترون اضافی دریافت می‌کند، تعداد الکترون‌هایش بیشتر از پروتون‌هایش می‌شود و بار الکتریکی آن منفی می‌گردد. پس، در یک جسم بدون بار افزایش تعداد الکترون‌ها، بار جسم را منفی و کاهش تعداد الکترون‌ها بار جسم را مثبت می‌کند. جدا کردن پروتون از اتم یک عنصر، در تجربه‌های معمولی امکان‌پذیر نیست.

اگر به جسمی خنثی، n الکترون بدهیم، بار الکتریکی جسم $-ne$ می‌شود. درحالی که اگر از جسم خنثی n الکترون بگیریم، بار الکتریکی آن $+ne$ می‌شود. بار الکتریکی جسم را با q نشان می‌دهیم. بنابراین:

نام ذره	بار (C)	جرم (kg)
الکترون	$-1/6 \times 10^{-19}$	$9/1 \times 10^{-31}$
پروتون	$+1/6 \times 10^{-19}$	$1/67 \times 10^{-27}$
نوترون	۰	$1/68 \times 10^{-27}$

$$q = \pm ne \quad \text{و} \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (1-3)$$

تجربه نشان می‌دهد که اجسام دارای بار الکتریکی، یکدیگر را می‌ربایند (جذب می‌کنند) یا می‌رانند (دفع می‌کنند).

آزمایش کنید ۱

وسایله‌های آزمایش: دو میله شیشه‌ای، دو میله پلاستیکی، پارچه پشمی و ابریشمی^۱، نخ، پایه.

شرح آزمایش:

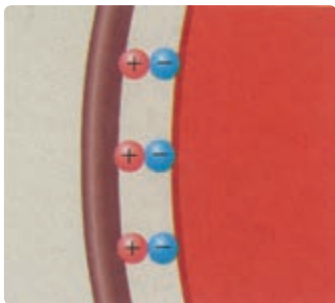
- ۱- میله شیشه‌ای را با پارچه ابریشمی مالش دهید و آن را مطابق شکل به وسیله نخ (خشک) آویزان کنید.
- ۲- میله شیشه‌ای دیگری را با پارچه ابریشمی مالش داده و به میله شیشه‌ای آویخته شده نزدیک کنید. چه اتفاقی رخ می‌دهد؟
- ۳- همین آزمایش را با دو میله پلاستیکی که با پارچه پشمی مالش داده‌اید تکرار کنید و مشاهده‌های خود را بیان کنید.
- ۴- آزمایش را با میله‌ای شیشه‌ای و میله‌ای پلاستیکی انجام دهید.
- ۵- نتیجه آزمایش‌های انجام شده را گزارش دهید.



از آزمایش‌هایی شبیه آنچه انجام دادید نتیجه می‌گیریم که اجسام با بارهای هم‌نام یکدیگر را می‌رانند و اجسام با بارهای ناهم‌نام یکدیگر را می‌ربایند.

۱- توجه: پارچه ابریشمی مرغوب، به راحتی در دسترس نیست. به تجربه دیده شده است که میله شیشه‌ای با مالش دادن به کیسه‌های پلاستیکی یا سلوفان معمولاً به خوبی دارای بار

الکتریکی می‌شود.



شکل ۳-۳- تار مو و شانه پلاستیکی یا بادکنک که در مالش با هم بارهای ناهمنام پیدا کرده اند و یکدیگر را می ربایند.

وقتی موهای تمیز و خشک خود را با شانه پلاستیکی تمیز و خشک شانه می کنید، موها به دنبال شانه بلند می شود.

در این پدیده، تعدادی الکترون از مو سر به شانه منتقل می شود، شانه بار منفی و مو سر بار مثبت پیدا می کند (شکل ۳-۳). می دانیم بارهای ناهمنام یکدیگر را می ربایند، بنابراین مو سر جذب شانه می شود و به دنبال شانه بلند می شود.

پاسخ دهید ۱

معمولاً پاک کردن شیشه یا عینک با دستمال کاغذی دشوار است، زیرا پرزهای دستمال به شیشه می چسبند. علت این پدیده را توضیح دهید.

تمرین ۱

۱- برای آنکه در جسمی خنثی بار الکتریکی $6/4$ نانوکولن ($+6/4 \times 10^{-9} \text{C}$) ایجاد شود، چه تعداد الکترون باید از آن گرفته شود؟

۲- به تعداد پروتون های موجود در هسته اتم، عدد اتمی گفته می شود و آن را با Z نشان می دهند. عدد اتمی مس ۲۹ است. بار الکتریکی هسته اتم مس چقدر است؟ اتم چه مقدار بار الکتریکی منفی دارد؟ بار الکتریکی اتم مس چقدر است؟

۳-۳ جسم رسانا و نارسانا

مواد را به طور کلی می توانیم برحسب قابلیت حرکت بار در آنها دسته بندی کنیم. **رسانا** ماده ای است که بار می تواند به آزادی در آن حرکت کند. فلزات (مانند سیم مسی یک لامپ معمولی)، بدن انسان و آب (ناخالص) مثال هایی از این دسته هستند.

برقراری جریان الکتریکی در فلزها آسان است، زیرا یک یا چند الکترون پوسته خارجی اتم های فلز، به هسته اتم خاصی وابسته نیست؛ بلکه می تواند آزادانه در ماده حرکت کنند. به این الکترون ها که به آسانی می توانند درون جسم جابه جا شوند، **الکترون آزاد** می گویند.

هر فلز، به همان دلیلی که رسانای خوب گرما است، رسانای الکتریکی خوبی هم هست. زیرا الکترون های پوسته خارجی اتم های آن سست اند.

الکترون های برخی مواد دیگر - مثلاً لاستیک و شیشه - پیوند محکمی با اتم ها دارند و هر الکترون به اتمی خاص تعلق دارد. آنها نمی توانند بین اتم های دیگر ماده آزادانه حرکت کنند. در نتیجه، به راه انداختن آنها راحت نیست. این مواد به همان دلیل که رسانای گرما نیستند، رسانای الکتریسیته نیز نیستند. چنین موادی را **نارسانا** می نامند.

پاسخ دهید ۲

- ۱- چرا آزمایش‌های الکتریسته ساکن در مکان‌هایی که میزان رطوبت بالاست، به خوبی انجام نمی‌شود؟
 - ۲- جمله‌های زیر را کامل کنید :
- الف) وقتی دو جسم به یکدیگر داده می‌شود، بین آنها الکترون مبادله می‌شود. جسمی که الکترون از دست می‌دهد، دارای بار خالص و جسمی که الکترون اضافی به دست می‌آورد، دارای بار خالص می‌شود.
- ب) در یک جسم بارالکتریکی در محل ایجاد شده باقی می‌ماند.
- پ) نیرویی که بارهای الکتریکی هم‌نوع بر یکدیگر وارد می‌کنند و نیرویی که بارهای الکتریکی غیر هم‌نوع بر یکدیگر وارد می‌کنند است.

فعالیت ۱

آزمایشی طراحی کنید که به کمک آن بتوان نشان داد بار داده شده به جسم نارسانا در همان محل باقی می‌ماند.

تمرین ۲

می‌دانیم که تعداد الکترون‌های آزاد موجود در رساناها بسیار زیاد است. به عنوان مثال در یک ساعتی مترمکعب مس 9×10^{22} الکترون آزاد وجود دارد. آیا بزرگی این عدد را می‌توانید تصور کنید؟ برای آنکه به بزرگی این عدد پی ببرید، فرض کنید بخواهید این تعداد الکترون را بشمارید. شما در هر ثانیه قادر به شمارش چه تعداد الکترون هستید؟ ۲، ۱۰، ۱۰۰، ۱۰۰۰ و ... فرض کنید که در هر ثانیه بتوانید یک تریلیون یعنی 10^{12} الکترون را بشمارید. چه مدت طول می‌کشد تا تمام الکترون‌های آزاد موجود در یک ساعتی مترمکعب مس را بشمارید؟ برای محاسبه یک سال را تقریباً 3×10^7 ثانیه در نظر بگیرید.

۴-۳ پایستگی بارالکتریکی

دیدیم که برای ایجاد بار الکتریکی در یک جسم باید تعدادی الکترون به آن بدهیم یا از آن بگیریم. در این مبادله الکترون‌ها، الکترونی تولید نمی‌شود یا از بین نمی‌رود بلکه الکترون‌ها تنها از جسمی به جسم دیگر منتقل می‌شوند (شکل ۴-۳). بنابراین با توجه به اینکه هر الکترون دارای مقدار معینی بار الکتریکی است، می‌توان گفت در چنین تجربه‌هایی بارالکتریکی به وجود نمی‌آید و از بین هم نمی‌رود بلکه از جسمی به جسم دیگر منتقل می‌شود. این بیان ساده شده‌ای از قانون پایستگی بارالکتریکی است.

میله پلاستیکی

پارچه پشمی



شکل ۴-۳ در اثر مالش دو جسم، یکی از جسم‌ها دارای بار مثبت و دیگری دارای بار منفی می‌شود. اندازه بارهای مثبت و منفی دو جسم باهم برابر است.

یک میله پلاستیکی را با پارچه پشمی مالش می‌دهیم. پس از مالش، بار الکتریکی میله پلاستیکی برابر -۱۲۸ نانوکولن ($-۱۲۸ \times ۱۰^{-۹} \text{C}$) می‌شود.

الف) بار الکتریکی ایجاد شده در پارچه پشمی چقدر است؟

ب) تعداد الکترون‌هایی که از پارچه پشمی به میله پلاستیکی منتقل شده است، را تعیین کنید. ($e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} \text{C}$)

پاسخ:

الف) بنا به قانون پایستگی بار الکتریکی اندازه بار منفی ایجاد شده در میله با اندازه بار مثبت ایجاد شده در پارچه برابر است، زیرا به همان تعداد که از الکترون‌های پارچه کم شده به الکترون‌های میله اضافه شده است. پس بار پارچه $+۱۲۸$ نانوکولن می‌شود.

$$n = ۸ \times ۱۰^{۱۱}, q = ne \Rightarrow ۱۲۸ \times ۱۰^{-۹} = n \times (۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}) \quad \text{ب)}$$

۳-۵ الفای بار الکتریکی

با انتقال الکترون از جسمی به جسم دیگر، می‌توان در اجسام بار الکتریکی ایجاد کرد. در اثر مالش دو جسم، این انتقال اتفاق می‌افتد. الکترون‌ها، با تماس نیز از جسمی به جسم دیگر منتقل می‌شوند. مثلاً وقتی میله دارای بار الکتریکی منفی را با جسم خنثی تماس می‌دهیم، تعدادی الکترون از میله وارد جسم خنثی می‌شود و جسم خنثی دارای بار منفی می‌گردد. این روش ایجاد بار را ایجاد بار الکتریکی به روش تماس می‌نامند.

در اینجا با روش دیگری برای ایجاد بار الکتریکی در اجسام رسانا آشنا می‌شویم که به روش

الفا مشهور است.

آزمایش کنید ۲

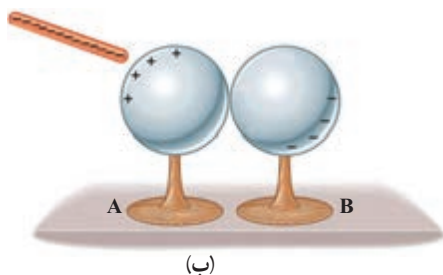
وسایله‌های آزمایش: دو کره فلزی با پایه‌های نارسانا، میله پلاستیکی، میله شیشه‌ای، پارچه پشمی، پارچه ابریشمی و الکتروسکوپ

شرح آزمایش:

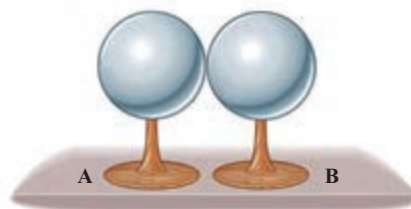
۱- دو کره فلزی را که روی پایه‌های نارسانا قرار دارند مطابق شکل الف در تماس با یکدیگر قرار دهید و با تماس دست به آنها مطمئن شوید که بدون بار الکتریکی‌اند.

۲- یک میله پلاستیکی را با پارچه پشمی مالش دهید.

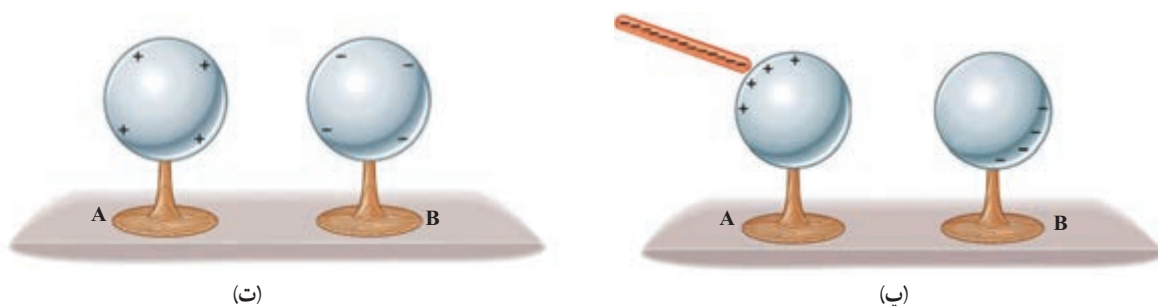
۳- مطابق شکل ب میله پلاستیکی را به کره A نزدیک کنید.



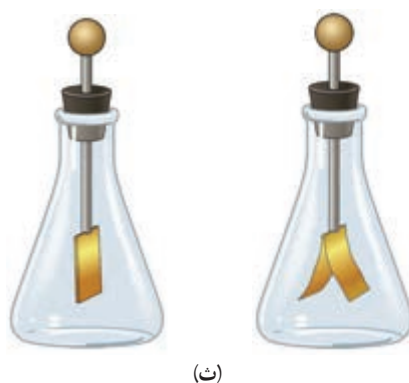
(ب)



(الف)



- ۴- بدون آنکه مکان میله پلاستیکی را جابه‌جا کنید، پایه نارسنای کره B را بگیرید و آن را از کره A جدا کنید (شکل پ).
 ۵- میله پلاستیکی را دور کنید (شکل ت).
 ۶- با مالش پارچه ابریشمی با میله شیشه‌ای در میله بار مثبت ایجاد کنید و با تماس میله با الکتروسکوپ به الکتروسکوپ بار مثبت بدهید (شکل ث).



- ۷- هریک از کره‌های A و B را به الکتروسکوپ نزدیک کنید و آنچه را مشاهده می‌کنید در گروه خود به بحث بگذارید و نتیجه را به کلاس گزارش کنید.

با انجام آزمایش بالا نتیجه می‌گیریم که :

- ۱- هر دو کره دارای بار الکتریکی شده‌اند.
 ۲- کره‌ای که به میله پلاستیکی نزدیک‌تر است (کره A) دارای بار مثبت و کره دیگر (کره B) دارای بار منفی شده است.
 به این روش که در آن به کره‌های رسانا، بدون تماس با میله باردار، بار الکتریکی می‌دهیم **القای بار الکتریکی** می‌گویند.

پاسخ دهید ۳

- الف) توضیح دهید چرا در آزمایش بالا، کره A دارای بار مثبت و کره B دارای بار منفی است.
 ب) آیا بار الکتریکی میله پلاستیکی کاهش یافته است؟

۱- در بند ۶ آزمایش ۲، وقتی میله شیشه‌ای را به کلاهک الکتروسکوپ تماس دادیم، الکتروسکوپ دارای بار مثبت شد. علت را توضیح دهید.

۲- مراحل ایجاد بار در الکتروسکوپ به روش القای الکتریکی را بررسی کنید، سپس در آن به روش القا، بار الکتریکی ایجاد کنید.

۳- با الکتروسکوپ چگونه می‌توان تعیین کرد که :

الف) جسمی باردار است؟

ب) جسم چه نوع باری دارد؟

پ) جسم، رساناست یا نارسانا؟

۴- با الکتروسکوپ چگونه می‌توان مقدار بار دو کره هم‌اندازه، رسانا و باردار را با یکدیگر مقایسه کرد؟

یک قوطی نوشابه فلزی و خالی تهیه کنید و آن را از سطح جانبی استوانه‌ای روی یک میز چوبی قرار دهید. میله بارداری را از پهلوی به سطح جانبی قوطی نزدیک و سپس به آرامی از آن دور کنید (مواظب باشید میله با قوطی برخورد نکند). چه چیزی مشاهده می‌کنید؟ علت را توضیح دهید.

آذرخش یا تخلیه الکتریکی

هنگامی که هوا ابری و طوفانی است، بین یک ابر و ابر دیگر (شکل ۳-۵-الف) یا بین یک ابر و زمین (شکل ۳-۵-ب) جرقه‌های بزرگی زده می‌شود که آسمان یک منطقه بزرگ را روشن می‌کند و در پی آن صدای بلندی نیز شنیده می‌شود. به این پدیده آذرخش می‌گویند (شکل ۳-۵). آیا می‌دانید آذرخش چگونه به وجود می‌آید؟



ب) تخلیه الکتریکی بین ابر و زمین



الف) تخلیه الکتریکی بین ابر و ابر

ابرها به علت مالش با هوا یا القای الکتریکی، دارای بار مثبت یا منفی می‌شوند. در بیشتر موارد، قسمت پایین ابر (نزدیک زمین) دارای بار منفی و قسمت بالای آن دارای بار مثبت می‌شود. اگر دو ابر چنان به هم نزدیک شوند که قسمت‌هایی از آنها که دارای بارهای ناهمنام است، نزدیک هم قرار گیرد، امکان تخلیه الکتریکی (شارش ناگهانی بارهای الکتریکی) بین دو ابر وجود دارد، که معمولاً با جرقه‌های بزرگ، تولید گرما و صدا همراه است.

تخلیه الکتریکی می‌تواند به صورت دیگری نیز رخ دهد. ابرهای طوفانی می‌توانند با حرکت در مجاورت سطح زمین، در آن بار القایی ایجاد کنند. در این حالت امکان تخلیه الکتریکی بین ابر و زمین وجود دارد و می‌تواند موجب آتش‌سوزی شود (شکل ۳-۶).



شکل ۳-۶- وقتی ابری که بار الکتریکی دارد نزدیک سطح زمین قرار بگیرد در سطح زمین بار القایی ایجاد می‌کند و بین ابر و زمین تخلیه الکتریکی رخ می‌دهد.

در هر ثانیه ده‌ها آذرخش روی سطح زمین زده می‌شود. آذرخش پدیده بسیار خطرناکی است، زیرا در اثر شارش ناگهانی و بسیار عظیم بار الکتریکی، انرژی زیادی آزاد می‌شود. این پدیده می‌تواند به ساختمان‌ها، خطوط انتقال انرژی الکتریکی، انسان‌ها و ... خسارت‌های جدی وارد سازد. بنابراین محافظت در برابر آذرخش مسئله‌ای بسیار مهم است.

برای حفاظت ساختمان‌ها در برابر آذرخش از وسیله‌ای به نام برق‌گیر استفاده می‌کنند. برق‌گیر میله فلزی بلند و نوک تیزی است که روی بام ساختمان نصب می‌شود. انتهای این میله به کابل ضخیمی وصل شده است و انتهای کابل را در اعماق مرطوب زمین قرار می‌دهند. تیزی نوک میله سبب می‌شود که تخلیه الکتریکی بین ابر و نوک تیز میله به صورت تدریجی رخ دهد و بارها از طریق کابل به عمق زمین منتقل شود. به این ترتیب ساختمان از خطر برخورد آذرخش در امان می‌ماند و خسارتی به ساختمان وارد نمی‌شود (شکل ۳-۷).



شکل ۳-۷- برق‌گیر، ساختمان را از خطر برخورد آذرخش حفظ می‌کند.

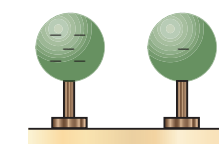


- ۱- با دمپایی پلاستیکی تمیز و خشک روی فرش طوری راه بروید که کف دمپایی روی فرش مالش داده شود. سپس با نوک انگشت خود، یک جسم فلزی یا دست دوست خود را لمس کنید. چه اتفاقی می افتد؟ علت را توضیح دهید.
- ۲- چرا زیرتانکرهای مخصوص حمل سوخت، زنجیر فلزی آویزان می کنند؟

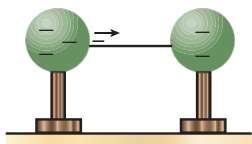
فعالیت ۴

- ۱- هواپیماها هنگام حرکت دارای بار الکتریکی می شوند. برای تخلیه بار الکتریکی آنها چه تدبیری به کار برده می شود؟
- ۲- در صنعت برای رنگ کردن بدنه خودرو، دو چرخه، موتور سیکلت و ... از روش رنگ کردن الکترواستاتیکی استفاده می شود. در مورد این روش تحقیق کنید و نتیجه را به کلاس گزارش دهید.

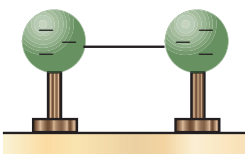
۳-۶ اختلاف پتانسیل الکتریکی



الف) کره‌ها اتصال ندارند.



ب) کره‌ها با سیم به هم وصل شده‌اند.

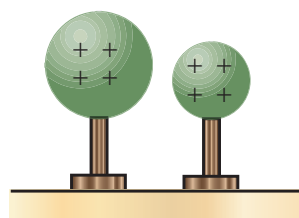


پ) پس از مدتی شارش بار قطع و بار کره‌ها مساوی می شود.

شکل ۳-۸

دو کره رسانای یکسان را که روی پایه عایق نصب شده‌اند در نظر بگیرید. فرض کنید هر دو دارای بار الکتریکی منفی باشند، اما مقدار بار الکتریکی یکی از آنها از دیگری بیشتر باشد (شکل ۳-۸ الف). اگر کره‌ها را مطابق شکل ۳-۸ ب با سیم مسی نازکی به یکدیگر وصل کنیم، چه اتفاقی می افتد؟ اینک این سؤال مطرح می شود که آیا همیشه بارهای الکتریکی از جسمی که بار بیشتر دارد به سوی جسمی که بار کمتر دارد شارش می کند؟ با ذکر یک مثال نقض می توان به این سؤال پاسخ منفی داد. دو کره رسانا با اندازه‌های متفاوت که روی پایه عایق قرار دارند را مطابق شکل ۳-۹ در نظر بگیرید. با فرض این که بار این دو کره یکسان است، آیا فکر می کنید اگر با سیم مسی نازکی به یکدیگر وصل شوند، در سیم شارش بار خواهیم داشت؟

پاسخ مثبت است. در شکل ۳-۹ بارهای الکتریکی دو کره یکسان، اما شعاع‌های دو کره متفاوت است. بارهای الکتریکی در کره کوچک‌تر به هم نزدیک‌ترند و نیروی رانشی بین آنها بیشتر از نیروی رانشی بین بارهای کره بزرگ‌تر است. با اتصال آنها به یکدیگر، بارها از کره کوچک‌تر به کره بزرگ‌تر شارش می کنند. پس اختلاف مقدار بار در کره‌ها به تنهایی نمی تواند عامل تعیین کننده شارش بار باشد، بلکه اندازه کره‌ها نیز مؤثر است.



شکل ۳-۹- وقتی دو کره با شعاع متفاوت و بار مثبت یکسان را به هم وصل می کنیم، شارش بار الکتریکی بین دو کره رخ می دهد.

همان گونه که در حالت طبیعی، شارش آب از یک منبع به منبع دیگر به علت وجود اختلاف ارتفاع سطح آب در دو منبع است و شارش گرما از یک جسم به جسم دیگر به علت وجود اختلاف دمای دو جسم است، شارش بارهای الکتریکی از یک کره به کره دیگر نیز به علت وجود کمیتی است که آن را **اختلاف پتانسیل الکتریکی** می نامیم. بنابراین:

اختلاف پتانسیل الکتریکی میان دو جسم رسانا، عامل شارش بار الکتریکی از یک جسم به جسم دیگر است.

در شکل ۳-۸ اختلاف مقدار بار در دو کره یکسان و در شکل ۳-۹ تفاوت شعاع دو کره سبب اختلاف پتانسیل الکتریکی بین کره ها شده است.

همان گونه که در کتاب علوم راهنمایی دیده اید، یکای اختلاف پتانسیل الکتریکی **ولت (V)** نام دارد. به اختلاف پتانسیل، **ولتاژ** نیز گفته می شود. روی اکثر وسیله های الکتریکی (شکل ۳-۱۰) عددهایی نوشته شده است که مربوط به شرایط کار دستگاه و ویژگی های آن است. یکی از این عددها برحسب ولت است و اختلاف پتانسیل لازم برای کار دستگاه است. وقتی روی یک لامپ عدد ۲۲۰V نوشته شده به این معنی است که اگر این لامپ به ولتاژ ۲۲۰ ولت وصل شود، روشنایی و طول عمر کافی دارد. حال اگر اختلاف پتانسیل کمتری به آن وصل کنیم، نور لامپ ضعیف می شود و اگر اختلاف پتانسیل بیشتری به آن وصل کنیم، ممکن است لامپ بسوزد.

به طور کلی اگر به دو سر دستگاه های الکتریکی مانند تلویزیون، اختلاف پتانسیل کمتری یا بیشتر از محدوده ولتاژ تعیین شده وصل شود، ممکن است دستگاه آسیب ببیند یا خوب کار نکند. محدوده اختلاف پتانسیل مناسب، به ساختمان درونی دستگاه بستگی دارد و با توجه به آن تعیین می شود.



شکل ۳-۱۰ روی دستگاه های الکتریکی اعدادی نوشته شده است که مربوط به شرایط کار دستگاه و ویژگی های آن است. یکی از این اعداد، ولتاژ، یا محدوده ولتاژ کار دستگاه است.



آلساندرو ولتا

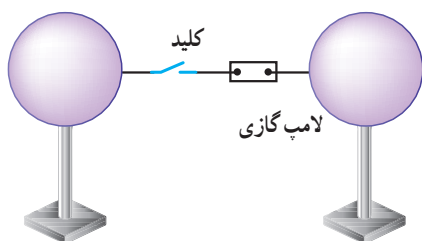
فیزیکدان ایتالیایی در ۱۸ فوریه ۱۷۴۵ م. (۱۱۲۳ ه.ش) به دنیا آمد و در ۵ مارس ۱۸۲۷ م. (۱۲۰۵ ه.ش) درگذشت. بیشترین شهرتش به خاطر اختراع باتری در سال ۱۸۰۰ م. (۱۱۷۹ ه.ش) بود. او پیش از فیزیک، نخست به مطالعه علم شیمی و به خصوص شیمی گازها پرداخت و گاز متان را کشف کرد. او همچنین به مطالعه وسایلی پرداخت که امروزه خازن نامیده می شود. به همین خاطر، یکای اختلاف پتانسیل الکتریکی به افتخار او **ولت** نامیده شده است.

اکنون که دانستیم عامل شارش بار الکتریکی، اختلاف پتانسیل الکتریکی است، این پرسش را در مورد شکل ۸-۳ مطرح می‌کنیم که آیا شارش بار الکتریکی از یک کره به کره دیگر، همواره ادامه دارد یا پس از مدتی قطع می‌شود؟

آزمایش کنید ۳

وسایلهای آزمایش: دو کره فلزی هم‌اندازه با پایه عایق، لامپ گازی کوچک (لامپ درون فازمتر)، کلید (که فاصله بین اتصال‌های آن، در حالت قطع، به اندازه کافی زیاد باشد)، سیم رابط

شرح آزمایش:

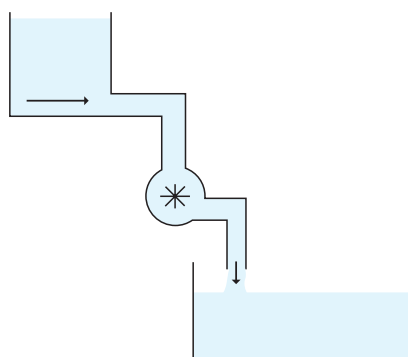


۱- کره‌ها، لامپ گازی و کلید را مطابق شکل روبه‌رو به هم وصل کنید.

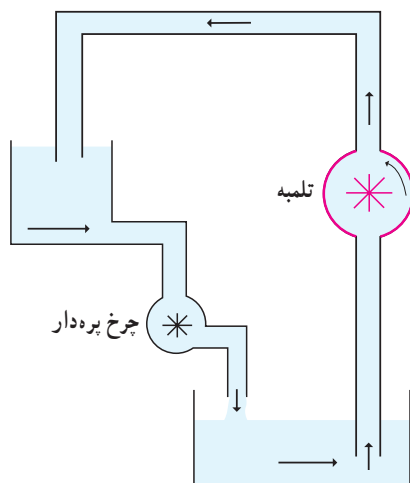
۲- به یکی از کره‌ها بار الکتریکی بدهید.

۳- کلید را وصل و به لامپ گازی نگاه کنید.

۴- نتیجه آزمایش را گزارش کنید.



شکل ۱۱-۳- جریان آب دائمی نیست.



شکل ۱۲-۳- تلمبه با بردن آب از پایین به بالا، انرژی لازم برای جریان دائم را به آب می‌دهد.

از این آزمایش نتیجه می‌گیریم که شارش بار الکتریکی میان دو کره دائمی نیست. همان‌طور که در دو ظرف آب مرتبط با هم وقتی جریان آب قطع می‌شود، سطح آب دو ظرف هم‌تراز است، و همان‌طور که شارش گرما بین جسم گرم و جسم سرد تا زمانی ادامه دارد که دو جسم هم‌دم شوند بین کره‌های باردار موردنظر نیز هنگامی که شارش بار الکتریکی قطع شود اختلاف پتانسیل الکتریکی وجود ندارد.

اگر بخواهیم شارش بار الکتریکی بین دو کره ادامه یابد، چه باید بکنیم؟

فرض کنید منبع آبی را در ارتفاع معینی بالای سطح زمین قرار داده‌ایم، آب از لوله متصل به منبع جریان می‌یابد (شکل ۱۱-۳)، روی یک چرخ پره‌دار می‌ریزد، آن را به گردش در می‌آورد و در ظرف پایینی جمع می‌شود. روشن است که پس از مدتی جریان آب قطع می‌شود.

اگر بخواهیم جریان آب ادامه یابد، باید به کمک یک تلمبه، آب را از ظرف پایینی به ظرف بالایی منتقل کنیم (شکل ۱۲-۳).

تلمبه با دریافت نوعی از انرژی، این کار را انجام می‌دهد. وقتی آب توسط تلمبه به منبع بالایی منتقل شد، انرژی لازم را برای جریان یافتن به پایین و به کار انداختن چرخ، کسب می‌کند. در نتیجه اگر تلمبه کار کند، آب از ظرف پایینی به ظرف بالایی منتقل می‌شود و دوباره به علت اختلاف ارتفاع، به ظرف پایین برمی‌گردد و این کار ادامه می‌یابد.

همان طور که کار کردن تلمبه، جریان پیوسته آب را بین دو ظرف ایجاد می کند، برای آن که شارش بار الکتریکی از یک کره به کره دیگر ادامه یابد نیز باید وسیله ای نظیر تلمبه در مدار جریان الکتریکی قرار گیرد تا اختلاف پتانسیل الکتریکی لازم را میان دو کره ایجاد کند. این وسیله را **مولد** می نامیم. مولدها انرژی لازم برای ایجاد اختلاف پتانسیل الکتریکی را با سازوکارهای گوناگونی به دست می آورند. مولدها نوع های مختلفی دارند. با مولدهای شیمیایی یا باتری ها (شکل ۳-۱۳) در دوره راهنمایی آشنا شده اید. در این مولدها انرژی لازم برای ایجاد اختلاف پتانسیل بین دو سر مولد از واکنش های شیمیایی که درون مولد رخ می دهد به دست می آید. در این واکنش ها بارهای مثبت، درون مولد، از پایانه منفی به پایانه مثبت منتقل می شوند. مولد، انرژی ای را که از این واکنش ها به دست می آورد، صرف ایجاد اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر مدار می کند. اختلاف پتانسیل دوسر مولد را با دستگاهی به نام **ولت سنج** (شکل ۳-۱۴) اندازه می گیریم.



شکل ۳-۱۳- مولدهای شیمیایی یا باتری ها شکل های مختلفی دارند.



شکل ۳-۱۴- با ولت سنج اختلاف پتانسیل دو سر مولد، یا دو نقطه از مدار را اندازه می گیریم.

فعالیت ۵

مولد الکتریکی بسازید

وسيله های لازم: لیموترش یا گوجه فرنگی، چاقو، تیغه مسی و تیغه رویی، سیم رابط نازک، ولت سنج.

یک لیموترش تازه و سالم انتخاب کنید و روی میز بگذارید. سپس به ملایمت و بدون آن که فشار زیادی به لیمو وارد کنید، آن را روی میز بغلتانید. تا پرده های داخلی آن پاره شوند، سپس دو تیغه، یکی از جنس روی و دیگری از جنس مس، به داخل لیمو فرو کنید. اکنون شما یک مولد الکتریکی ساده ساخته اید. اگر با دو رشته سیم تیغه ها را به دو سر یک ولت سنج وصل کنید، می توانید ولتاژ آن را، که برابر عددی است که ولت سنج نشان می دهد، اندازه بگیرید. ساختمان داخلی مولدهای شیمیایی شبیه مولدی است که شما ساخته اید، یعنی در این مولدها دو فلز غیر هم جنس درون یک مایع شیمیایی خاص (یا یک خمیر شیمیایی مرطوب) قرار دارند.



توصیه می‌شود که باتری‌ها را در جاهای خشک و خنک نگه‌داریم، مثلاً در مواقعی که از باتری استفاده نمی‌کنیم بهتر است آن را در یخچال بگذاریم.

فعالیت ۶



در شکل روبه‌رو تصویر چند نوع باتری آمده است. شما هم باتری‌های زیادی شبیه این باتری‌ها را می‌شناسید. چند نمونه از باتری‌هایی که می‌شناسید را از نظر ولتاژ، اجزای سازنده، شارژپذیری و ... در گروه خود مقایسه و نتیجه را به صورت یک جدول تنظیم و گزارش کنید.

فعالیت ۷

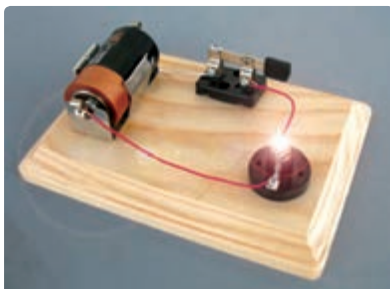


می‌خواهیم با یک باتری قلمی ۱/۵ ولتی، یک قطعه سیم و یک لامپ ۱/۵ ولتی، لامپ را روشن کنیم. توضیح دهید در هریک از شکل‌های روبه‌رو لامپ روشن می‌شود یا نه.

۸-۳ مدار الکتریکی

وقتی کلید چراغ‌قوه را وصل می‌کنیم لامپ آن روشن می‌شود. آیا تاکنون به ساختمان داخلی چراغ‌قوه توجه کرده‌اید؟ آیا به ساز و کار روشن شدن لامپ چراغ‌قوه فکر کرده‌اید؟

آزمایش کنید ۴



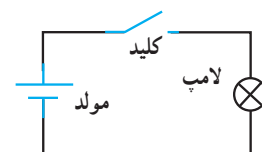
وسایله‌های آزمایش: لامپ ۱/۵ ولتی، باتری ۱/۵ ولتی، کلید قطع و وصل و مقداری سیم رابط

شرح آزمایش: مطابق شکل روبه‌رو لامپ، باتری و کلید را با سیم‌های رابط به هم وصل کنید. وقتی کلید را می‌بندید، چه اتفاقی می‌افتد که لامپ روشن می‌شود؟

جدول ۳-۲- نمادهای اجزای مدار

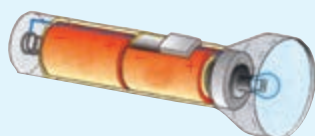
کلید	
مقاومت	
آمپرسنج	
مولد	
ولتسنج	
سیم	
لامپ	
مولد متغیر	

در آزمایش کنید ۴، شکل مدار الکتریکی ساده‌ای را دیدید که از لامپ، باتری، کلید و سیم‌های رابط تشکیل شده است. معمولاً مدارها را به شکل‌های ساده‌ای شبیه شکل ۳-۱۵ رسم می‌کنند که در آن برای هر قطعه از نماد خاصی استفاده می‌شود. مثلاً برای باتری از نماد استفاده می‌کنیم که در آن قطعه خط کوچک‌تر نشان‌دهنده پایانه یا قطب منفی مولد و قطعه خط بزرگ‌تر نشان‌دهنده پایانه یا قطب مثبت آن است. همچنین لامپ را با نماد و کلید را با نماد نشان می‌دهیم.



شکل ۳-۱۵- معمولاً برای رسم کردن شکل مدار از نمادهای استاندارد شده‌ای برای نشان دادن اجزای مدار استفاده می‌کنند.

فعالیت ۸



مدار معادل چراغ‌قوه نشان داده شده در شکل را با استفاده از نمادهای مداری رسم کنید.

فعالیت ۹



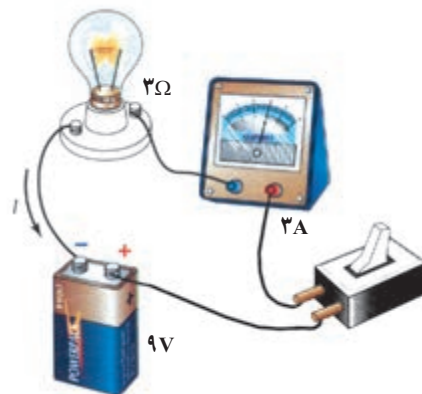
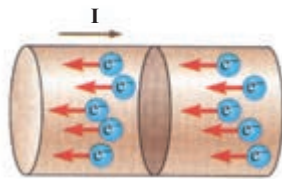
اجزای تشکیل‌دهنده دو شکل را با هم مقایسه کنید.

۹-۳ جریان الکتریکی

در مدار الکتریکی نشان داده شده در شکل ۳-۱۶ با وصل کردن کلید، بارهای الکتریکی در مدار شارش می‌کنند. در این حالت اگر مقطعی فرضی در مدار (شکل ۳-۱۷) را در نظر بگیریم، در مدت زمان (بازه زمانی) t بار الکتریکی q از این مقطع شارش می‌کند. بنابه تعریف **آهنگ شارش بار الکتریکی** از هر مقطع مدار را **جریان الکتریکی می‌نامیم** و آن را با نماد I نشان می‌دهیم:

$$I = \frac{q}{t} \quad (۳-۲)$$

در این رابطه، یکای بار الکتریکی (q)، کولن (C) و یکای زمان (t)، ثانیه (s) است.



شکل ۳-۱۷- بار q در مدت زمان t از مقطع سیم می‌گذرد. جهت جریان در سیم، خلاف جهت شارش الکترون‌ها است.

شکل ۳-۱۶- با وصل کردن (بستن) کلید، بار الکتریکی در مدار شارش می‌کند.



آندره ماری آمپر^۱

فیزیکدان و ریاضیدان فرانسوی در ۲۰ ژانویه ۱۷۷۵ م. (۱۱۵۴ ه.ش) به دنیا آمد و در ۱۰ ژوئن ۱۸۳۶ م. (۱۲۱۵ ه.ش) درگذشت. در سال ۱۸۰۱ م. (۱۱۸۰ ه.ش) به استادی ریاضیات دانشگاه پاریس رسید. بیشتر عمر خود را صرف دانش الکتریسته و مغناطیس کرد و کتاب‌های زیادی در این باره نگاشت. او را می‌توان یکی از بانیان اصلی علم الکترومغناطیس کلاسیک انگاشت. همچنین از او به عنوان مخترع گالوانومتر یاد می‌شود. در سال ۱۸۸۱ م. (۱۲۶۰ ه.ش) یکای جریان الکتریکی به افتخار او، آمپر نامیده شد.

یکای جریان الکتریکی (I) نیز به پاس کارهای آندره ماری آمپر، فیزیکدان فرانسوی، آمپر (A) نامیده می‌شود. طبق قرارداد، جهت جریان الکتریکی در مدار از پایانه مثبت باتری یا مولد به پایانه منفی آن است. جهت جریان در مدار، خلاف جهت شارش الکترون‌ها است. برای اندازه‌گیری جریان الکتریکی از آمپرسنج استفاده می‌کنیم و آن را به‌طور متوالی در مدار قرار می‌دهیم. برخی از مقادیر جریان‌های الکتریکی در جدول ۳-۳ آمده است.

جدول ۳-۳- مرتبه بزرگی برخی جریان‌های الکتریکی در زندگی روزمره

جریان (A)	مرتبه برخی جریان‌های الکتریکی
$۱۰^۳$	آذرخش
$۱۰^۲$	خط انتقال فشار قوی
$۱۰^۱$	استارت خودرو
۱	موخشک‌کن (سشوار)
$۱۰^{-۱}$	چراغ روشنایی معمولی
$۱۰^{-۲}$	جریان در برخی مدارهای الکترونیکی
$۱۰^{-۳}$	جریان قابل حس برای پوست بدن

مثال ۲



در چراغ جلوی خودروی نشان داده شده در شکل، جریان $8A$ از رشته لامپ می‌گذرد.

الف) در هر دقیقه، چند کولن بار الکتریکی از این رشته می‌گذرد؟

ب) در این مدت چه تعداد الکترون از رشته می‌گذرد؟

پاسخ: می‌توان بار الکتریکی شارش شده را با استفاده از رابطه $I = \frac{q}{t}$

محاسبه کرد:

$$I = 8A, t = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}, e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}, q = ?, n = ?$$

$$\text{الف) } q = It = 8 \times 60 = 480 \text{ C}$$

$$\text{ب) } q = ne \Rightarrow 480 = n \times 1/6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = 3 \times 10^{21}$$

تمرین ۳

در یک ماشین اسباب‌بازی، در هر 20 ثانیه، 10 C بار از باتری می‌گذرد. جریان عبوری از باتری، در این ماشین اسباب‌بازی را حساب کنید.

فعالیت ۱۰



در دوره راهنمایی دیدیم وقتی در یک مدار ساده مانند مدار نشان داده شده در شکل، آمپرسنج را در نقاط مختلف مدار قرار می‌دهیم، جریان یکسانی را نشان می‌دهد. علت آن را با توجه به پایداری بار الکتریکی، انباشته نشدن بار در سیم‌ها و اجزای مدار، و تعریف جریان الکتریکی توضیح دهید.

۳-۱۰ مقاومت الکتریکی

آیا تاکنون به حرکت مردم در خیابان یا بازار شلوغ توجه کرده‌اید؟ آیا برای خودتان موقعیتی پیش آمده است که برای انجام کاری عجله داشته باشید و برای انجام آن مجبور شوید از مکان پررفت و آمدی عبور کنید؟ در این گونه موارد وجود افراد دیگر سبب کاهش سرعت و انرژی شما می‌شود. آیا به نظر شما تشابهی بین شارش بار الکتریکی در یک رسانا و حرکت فرد در محل پررفت و آمد وجود دارد؟ در مقابل حرکت فرد در محل‌های پررفت و آمد، نوعی مقاومت وجود دارد که سرعت و انرژی او را کاهش می‌دهد.

آزمایش کنید ۵



(الف)



(ب)

وسيله‌های آزمایش: یک باتری ۱/۵ ولتی، ۲ لامپ ۱/۵ ولتی، ۲ سریچ، آمپرسنج، کلید قطع و وصل و سیم رابط

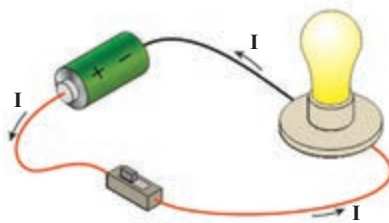
شرح آزمایش:

- ۱- باتری ۱/۵ ولتی، لامپ ۱/۵ ولتی و آمپرسنج را مطابق شکل الف به هم ببندید.
- ۲- کلید را وصل کنید و عددی را که آمپرسنج نشان می‌دهد یادداشت کنید.
- ۳- مدار شکل ب را ببندید، کلید را وصل کنید و عددی که آمپرسنج نشان می‌دهد را یادداشت کنید.

۴- علت متفاوت بودن جریان در مدار شکل الف و مدار شکل ب چیست؟

- ۵- اگر تعدادی کافی باتری، کلید، لامپ، سریچ و آمپرسنج و مقداری کافی سیم رابط در اختیار دارید دو آزمایش را همزمان انجام دهید تا بتوانید عدد آمپرسنج‌ها و نور لامپ‌ها را با هم مقایسه کنید. علت تفاوت نور لامپ‌ها در دو آزمایش چیست؟ به دستگاه اندازه‌گیری نشان داده شده در این تصاویر مولتی‌تر می‌گویند، یعنی دستگاهی که می‌تواند چند کمیت مختلف (ولتاژ، جریان، مقاومت، دما و...) را اندازه بگیرد. در آزمایش‌های بالا مولتی‌تر در وضعیت آمپرسنج قرار گرفته است.

وقتی با استفاده از مولد به دو سر یک رسانای فلزی، یک اختلاف پتانسیل اعمال می‌کنیم، الکترون‌های آزاد با دریافت انرژی از مولد، به صورت گروهی در رسانا شارش می‌کنند. این الکترون‌ها در مسیر حرکت خود با یون‌های اتم‌های رسانا که در حال نوسان اند، برخورد می‌کنند و انرژی دریافتی از مولد را در این برخوردها از دست می‌دهند. این امر باعث گرم شدن رسانا می‌شود. حرکت بارهای الکتریکی در رسانا به نوعی مشابه حرکت شما در یک خیابان یا بازار شلوغ است. می‌گوییم رسانا دارای **مقاومت الکتریکی** است، و مقاومت الکتریکی را با نماد R نشان می‌دهیم. اگر اختلاف پتانسیل یکسانی را به دو سر دو میله رسانا با شکل‌های هندسی یکسان اعمال کنیم، جریان‌های متفاوتی از آنها می‌گذرد. مشخصه‌ای که سبب تفاوت جریان‌ها در این دو میله می‌شود، مقاومت الکتریکی میله‌هاست. مقاومت الکتریکی بین دو نقطه از یک رسانا را با اعمال اختلاف پتانسیل V بین آن دو نقطه و اندازه‌گیری جریان I حاصل از آن تعیین می‌کنیم. مقاومت R به صورت زیر تعریف می‌شود:



شکل ۳-۱۸- باتری با ایجاد اختلاف پتانسیل بین دو سر لامپ باعث شارش بار (جریان) در رشته لامپ می‌شود.

$$R = \frac{V}{I} \quad (۳-۳)$$

جرج سیمون اهم^۱

فیزیکدان و ریاضیدان آلمانی

در ۱۶ مارس ۱۷۸۹ م.

(۱۱۶۷ ه.ش) به دنیا آمد

و در ۶ جولای ۱۸۵۴ م.

(۱۲۳۳ ه.ش) درگذشت. هنگامی که او معلم

فیزیک بود شروع به تحقیق با پیل الکتروشیمیایی

ولتا کرد. اهم به رابطه مستقیم بین اختلاف پتانسیل

دو سر رسانا و جریان الکتریکی عبوری از آن پی برد که

از آن زمان به نام قانون اهم معروف شد، هرچند بعداً

دریافتند که بسیاری از مواد از آن تبعیت نمی‌کنند.

او در زمینه آکوستیک نیز دستی بر آتش داشت و

برای صوت‌های موسیقی قانونی را ارائه کرد اما

بعداً معلوم شد که با واقعیت تطابق ندارد. یکای SI

مقاومت الکتریکی، به افتخار او **اهم** خوانده می‌شود.

^۱ - George Simon ohm

در این رابطه اختلاف پتانسیل بر حسب ولت (V)، جریان بر حسب آمپر (A) و مقاومت الکتریکی (R) بر حسب ولت بر آمپر (V/A) است که به پاس خدمات علمی جرج سیمون اهم، به نام **اُهم** نام گذاری شده است و با نماد Ω نشان داده می شود.

اکنون که با اختلاف پتانسیل الکتریکی به عنوان عامل شارش بار، و مولد به عنوان عامل ایجاد کننده اختلاف پتانسیل، و عبور جریان الکتریکی از رسانا آشنا شده ایم، می توانیم ساز و کار روشن شدن لامپ را شرح دهیم. هنگامی که پایه های یک باتری را به دو سر یک رسانا (لامپ) وصل می کنیم (شکل ۳-۱۸)، باتری بین دو سر رسانا اختلاف پتانسیل ثابتی برقرار می کند. این اختلاف پتانسیل باعث شارش بار الکتریکی در مدار می شود. با شارش بار الکتریکی و ایجاد جریان الکتریکی در مدار، انرژی الکتریکی از باتری به لامپ می رسد و لامپ روشن می شود.

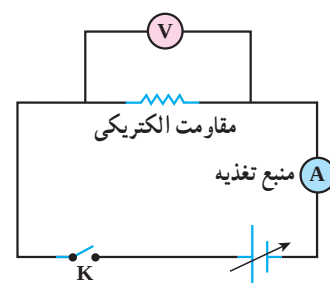


الف) شکل واقعی مدار

۳-۱۱ قانون اهم

تاکنون متوجه شده اید که اگر به دو سر یک رسانا، اختلاف پتانسیلی اعمال کنیم، در آن رسانا جریان الکتریکی برقرار می شود. از طرف دیگر، رسانا در مقابل جریان الکتریکی، از خود مقاومت نشان می دهد.

مطابق شکل ۳-۱۹ یک مقاومت الکتریکی را به آمپرسنج، ولت سنج و منبع تغذیه (دستگاهی که با آن می توان اختلاف پتانسیل های مختلفی را در دو سر مدار برقرار کرد) می بندیم. آمپرسنج به طور متوالی در مدار قرار گرفته و ولت سنج به طور موازی به دو سر مقاومت بسته شده است. پس از وصل شدن کلید، جریان الکتریکی از مدار می گذرد. ولت سنج که به طور موازی به دو سر مقاومت بسته شده است، اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت را نشان می دهد و آمپرسنج جریانی را که از مقاومت می گذرد مشخص می کند. اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت را به کمک منبع تغذیه تغییر می دهیم و در هر نوبت، جریانی که از مقاومت می گذرد و اختلاف پتانسیل دو سر آن را با آمپرسنج و ولت سنج اندازه می گیریم و نتیجه آزمایش را وارد می کنیم. برای یک رسانای فلزی خاص به نتایج جدول ۳-۴ می رسمیم.



ب) شکل مدار با استفاده از نمادهای مداری

شکل ۳-۱۹ مدار آزمایش قانون اهم

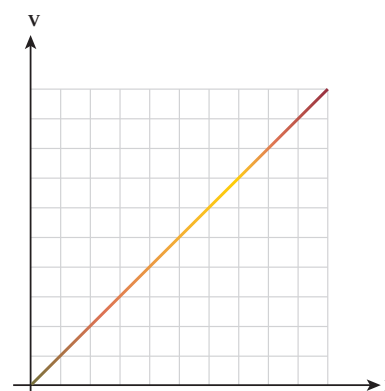
جدول ۳-۴

۴/۵	۳/۵	۲/۲	۰/۸	اختلاف پتانسیلی که ولت سنج نشان می دهد (V بر حسب ولت)
۰/۸۸	۰/۷۰	۰/۴۳	۰/۱۶	جریانی که آمپرسنج نشان می دهد (I بر حسب آمپر)
۵/۱	۵/۰	۵/۱	۵/۰	نسبت اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت به جریان عبوری از آن

بررسی این جدول نشان می دهد که افزایش اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت باعث افزایش جریان

شده است، اما نسبت اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت به جریانی که از آن می گذرد (یعنی نسبت $\frac{V}{I}$) در تمام آزمایش ها با تقریب خوبی ثابت مانده است (شکل ۳-۲۰).

$$\frac{V_1}{I_1} = \frac{V_2}{I_2} = \dots$$



شکل ۳-۲۰ برای یک رسانای فلزی و در دمای ثابت، با تغییر دادن I ، V نیز خودبه خود طوری تغییر می کند که $\frac{V}{I}$ بدون تغییر می ماند.

اهم دانشمند آلمانی برای نخستین بار به این مسئله توجه کرد و نتیجه آزمایش‌های خود را به شرح زیر بیان نمود که به آن **قانون اهم** گفته می‌شود.

قانون اهم: در دمای ثابت نسبت اختلاف پتانسیل دو سر یک رسانا به جریانی که از آن می‌گذرد، یعنی مقاومت الکتریکی رسانا، مقدار ثابتی است.

گرچه قانون اهم برای رساناهای فلزی و نیز برای برخی از رساناهای نافلزی (مانند کربن) برقرار است، ولی بیشتر وسایل الکترونیکی امروزی مانند تلویزیون و رایانه از قطعاتی تشکیل شده‌اند که از قانون اهم پیروی نمی‌کنند، یعنی نمودار جریان برحسب ولتاژ آنها، خطی نیست.

مثال ۳

مقاومت رشته لامپ یک چراغ قوه $7/5 \Omega$ است. دو باتری این چراغ قوه، هر کدام $1/5 V$ هستند (مانند چراغ قوه نشان داده شده در فعالیت ۸). وقتی چراغ قوه را روشن می‌کنیم. چه جریانی از آن می‌گذرد؟

پاسخ: $V = 2 \times 1/5 = 3V$, $R = 7/5 \Omega$

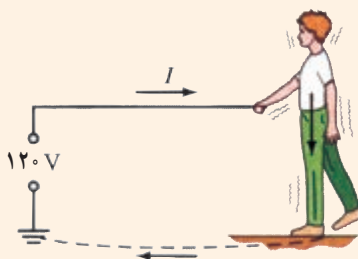
با استفاده از رابطه $(3-3)$ نتیجه می‌گیریم که:

$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow 7/5 = \frac{3}{I} \Rightarrow I = 0/4 A$$

تمرین ۴

مقاومت بدن انسان که بستگی به وضعیت آن دارد، از حدود 100Ω (وقتی خیس باشد) تا حدود $500,000 \Omega$ (وقتی پوست کاملاً خشک باشد) تغییر می‌کند. در حالتی که با انگشتان خشک به دو قطب یک باتری دست بزنیم و با دستان خود مدار کاملی به وجود آوریم، مقاومت بدن حدود $100,000 \Omega$ است. در این حالت جریان حاصل از اختلاف پتانسیل $12V$ را معمولاً حس نمی‌کنیم. اما اگر این اختلاف پتانسیل به $24V$ برسد. بدنمان گزگز می‌نماید.

اثر جریان‌های الکتریکی بر بدن



جریان	اثر
کمتر از $0/001 A$	جریان حس نمی‌شود.
$0/001 A$	احساس سوزش یا گرمای شدید
$0/01 A$ تا $0/1 A$	انقباض غیرعادی عضله‌ها، احساس درد
$0/15 A$	از دست رفتن کنترل عضله‌ها
$0/7 A$	اگر از قلب بگذرد، سبب اختلال جدی می‌شود.
$0/1 A$ تا $0/5 A$	پرش عضله بطنی قلب
$0/5 A$ تا چند آمپر	ایست قلبی، اگر جریان سریع قطع شود، قلب مجدداً به کار می‌افتد.
بیشتر از چند آمپر	ایست قلبی، قطع تنفس، سوختگی.

هنگامی که پوست شما بسیار مرطوب باشد، مقاومت آن حدود 1000Ω است. اگر در این حالت به قطب‌های یک باتری ۱۲ ولتی دست بزنید چه جریانی از بدن شما می‌گذرد؟ توجه داشته باشید که تماس مستقیم بدن با برق شهر، در هر شرایطی خطرناک است.

۱۲-۳ مصرف انرژی الکتریکی

انرژی الکتریکی یکی از پاک‌ترین انرژی‌هاست و مصرف آن باعث آلودگی محیط‌زیست، که برای انسان بسیار خسارت‌بار است، نمی‌شود. علاوه بر آن، انرژی الکتریکی را می‌توان به آسانی و با صرف هزینه کم، از محل تولید به محل مصرف منتقل کرد (شکل ۳-۲۱). به همین علت استفاده از آن به‌طور وسیع و چشم‌گیری مورد توجه قرار گرفته است. اگر در محل کار و زندگی به پیرامون خود نگاه کنید، تعداد زیادی وسیله‌های الکتریکی می‌بینید (شکل ۳-۲۲) که زندگی بدون آنها بسیار مشکل و حتی غیرممکن است.

انرژی الکتریکی را به آسانی می‌توان به انرژی‌های نورانی، مکانیکی، صوتی، گرمایی و سایر انرژی‌ها تبدیل کرد. این تبدیل در وسیله‌های الکتریکی که در منزل از آنها استفاده می‌کنیم همواره انجام می‌شود. البته در بسیاری از این وسیله‌ها بخشی از انرژی الکتریکی به انرژی درونی وسیله موردنظر تبدیل و باعث بالا رفتن دمای آن می‌شود.



شکل ۳-۲۱- انرژی الکتریکی آسان‌تر و با صرف هزینه کمتر، نسبت به سوخت‌های فسیلی، به محل مصرف منتقل می‌شود.



شکل ۳-۲۲- امروزه، بدون استفاده از وسیله‌های الکتریکی زندگی بسیار مشکل است.

فعالیت II

وسيله	انرژی	نورانی	مکانیکی	صوتی	گرمایی
لامپ	+				+
اتو					
پنکه					
یخچال					
تلویزیون					
.....					

فهرستی از وسیله‌های الکتریکی که در منزل دارید، مانند لامپ، اتو، پنکه، یخچال، تلویزیون و... در جدول روبه‌رو آمده است. در هر مورد معلوم کنید که انرژی الکتریکی به چه نوع انرژی‌های مفید دیگری تبدیل می‌شود.

در لامپ‌های رشته‌ای، انرژی الکتریکی به انرژی درونی رشته تنگستن داخل لامپ تبدیل می‌شود و دمای آن را تا حدود 3000°C بالا می‌برد. در این دمای بالا، رشته درون لامپ قسمتی از انرژی درونی خود را به‌صورت انرژی نورانی تابش می‌کند (شکل ۳-۲۳). امروزه استفاده از این لامپ‌ها به دلیل مصرف زیاد انرژی الکتریکی و بازدهی نورانی کم، رایج نیست.



شکل ۳-۲۳- در لامپ‌های رشته‌ای، انرژی الکتریکی، بیشتر به انرژی گرمایی و کمتر به انرژی نورانی تبدیل می‌شود.

هنگامی که یک سیم‌سوز برقی را به برق وصل می‌کنید، جریان الکتریکی از رشته گرم‌کن (المنت حرارتی) درون آن می‌گذرد و با افزایش دما و انرژی درونی این رشته، دمای سیم‌سوز و آب درون آن نیز افزایش می‌یابد.

آزمایش نشان می‌دهد که انرژی الکتریکی مصرف شده (تبدیل شده) در یک رسانا به علت عبور جریان الکتریکی از آن به عامل‌های زیر بستگی دارد:

۱- مقاومت الکتریکی رسانا (R)

۲- مدت زمان عبور جریان (t)؛ هرچه زمان عبور جریان الکتریکی از رسانا بیشتر باشد، انرژی الکتریکی مصرف شده در آن بیشتر می‌شود.

۳- جریان گذرنده از رسانا (I)

اگر انرژی الکتریکی مصرف شده در رسانا، که به انرژی درونی رسانا تبدیل شده است، را با نماد U نشان دهیم، داریم:

$$U = RI^2t \quad (4-3)$$

در رابطه ۳-۴ مقاومت الکتریکی (R) برحسب اهم (Ω)، جریان الکتریکی (I) برحسب آمپر (A)، زمان عبور جریان الکتریکی (t) برحسب ثانیه (s) و انرژی الکتریکی مصرف شده در رسانا (U) برحسب ژول (J) است.

مثال ۴



مقاومت قسمت گرماده یک کتری برقی 50° اهم است. وقتی آن را به برق وصل می‌کنیم جریان $4A$ از آن می‌گذرد. انرژی الکتریکی مصرفی کتری در مدت ده دقیقه را حساب کنید.

پاسخ:

$$R = 50^\circ \Omega \text{ و } I = 4A \text{ و } t = 10 \text{ min} = 600 \text{ s}$$

با استفاده از رابطه ۳-۴ خواهیم داشت:

$$U = 50^\circ \times 4^2 \times 600 \Rightarrow U = 480,000 J = 480 \text{ kJ}$$

۱۳-۳ توان الکتریکی مصرفی در رسانا

در بخش اختلاف پتانسیل الکتریکی (بخش ۳-۶)، یادآور شدیم که روی وسیله‌های الکتریکی مانند لامپ روشنایی یا اتوی برقی برخی اعداد مربوط به شرایط کار دستگاه را می‌نویسند. یکی از این اعداد، اختلاف پتانسیل مناسب برای کار کردن دستگاه است که برحسب ولت (V) بیان می‌شود. عدد دیگر مربوط به کمیتی به نام **توان الکتریکی مصرفی** دستگاه است که در ادامه درباره آن بحث می‌کنیم.

همان طور که در فصل اول دیدیم، آهنگ مصرف انرژی در یک دستگاه الکتریکی را توان مصرفی دستگاه می‌نامیم و آن را با نماد P نمایش می‌دهیم. بنا به این تعریف توان الکتریکی مصرفی یک رسانا برابر است با :

$$P = \frac{U}{t} \quad (۵-۳)$$

در این رابطه U انرژی الکتریکی مصرفی دستگاه برحسب ژول (J) و t مدت زمان مصرف انرژی برحسب ثانیه (s) است. P توان الکتریکی مصرفی دستگاه است. یکای P در SI، ژول بر ثانیه است که آن را به احترام جیمز وات مخترع ماشین بخار وات می‌نامند و با W نشان می‌دهند. بنا به رابطه ۵-۳ با معلوم بودن توان الکتریکی مصرفی دستگاه می‌توانیم انرژی الکتریکی مصرفی آن را در هر بازه زمانی حساب کنیم.

$$P = \frac{RI^2 t}{t} \quad \text{با توجه به رابطه های ۴-۳ و ۵-۳ می توان نوشت :}$$

و در نتیجه :

$$P = RI^2 \quad (۶-۳)$$

در این رابطه، P توان مصرفی رسانا برحسب وات (W)، R مقاومت رسانا برحسب اهم (Ω) و I جریان الکتریکی رسانا برحسب آمپر (A) است. با توجه به تعریف مقاومت، رابطه ۶-۳ را می‌توان به صورت زیر نوشت :

$$P = R \times \left(\frac{V}{R}\right)^2$$

$$P = \frac{V^2}{R} \quad (۷-۳)$$

در این رابطه P توان الکتریکی مصرفی رسانا برحسب وات (W)، V اختلاف پتانسیل دو سر رسانا برحسب ولت (V) و R مقاومت رسانا برحسب اهم (Ω) است. توان مصرفی دستگاه‌هایی مانند لامپ رشته‌ای، اتو، کتری برقی و ... که در قسمت اصلی آنها یک سیم گرماده (المنت حرارتی) است، در صورتی برابر توان نوشته شده روی آن است که دستگاه به اختلاف پتانسیل نوشته شده بر روی آن، وصل شود. اگر دستگاه به اختلاف پتانسیلی کمتر یا بیشتر وصل شود، توان مصرفی دستگاه تغییر می‌کند.



جیمز وات^۱

مخترع و مهندس اسکاتلندی، در ۱۹ ژانویه ۱۷۳۶م. (۱۱۱۵هـ.ش) به دنیا آمد و در ۲۵ آگوست ۱۸۱۹م. (۱۱۹۹هـ.ش) درگذشت. مهم‌ترین کار او اصلاح ماشین بخار نیوکامن^۲ است که تحول بزرگی در صنایع به وجود آورد. پس از تجاری‌سازی این اختراع، وی به ثروت زیادی دست یافت. البته او تا زمان مرگ دست به اختراعات متنوع دیگری نیز زد که هیچ کدام به پای اختراع ماشین بخار او نرسید. یکای توان در SI به افتخار او **وات** نامیده می‌شود.

^۱ James Watt

^۲ Newcomen



در منزل شما دستگاه‌های الکتریکی زیادی مانند تلویزیون، جاروبرقی، پنکه، کولر، یخچال، فریزر، پلوپز برقی و... وجود دارد که روزانه از آنها استفاده می‌کنید. با احتیاط و زیر نظر یکی از والدین خود به مشخصات هر یک از این دستگاه‌ها که روی آنها نوشته شده است نگاه کنید. عددی را که روی آنها نوشته شده است یادداشت و با یکدیگر مقایسه کنید. نتیجه مشاهدات خود را بنویسید و به کلاس گزارش کنید.

۱۴-۳ بهای انرژی الکتریکی مصرفی

در تمام مکان‌های مسکونی و تجاری، کنتور برق نصب شده است. کنتور برق انرژی الکتریکی مصرفی را اندازه می‌گیرد (شکل ۳-۲۴). اگر توان مصرفی یک دستگاه برابر P باشد، انرژی مصرفی آن دستگاه در مدت زمان t برابر است با:

$$U = Pt \quad (۳-۸)$$

اگر در این رابطه P را بر حسب وات (W) و t را بر حسب ثانیه (s) قرار دهیم، انرژی مصرفی U بر حسب ژول (J) می‌شود. ولی اگر P را بر حسب کیلووات (kW) و t را بر حسب ساعت (h) قرار دهیم، انرژی الکتریکی مصرفی بر حسب **کیلووات ساعت** (kWh) می‌شود. کنتورها، انرژی الکتریکی مصرفی را بر حسب کیلووات ساعت مشخص می‌کنند.

$$1 kWh = 1 \times (1000 W) \times (3600 s) = 3/6 \times 10^6 W \cdot s = 3/6 \times 10^6 J$$



شکل ۳-۲۴- کنتور برق برای اندازه‌گیری انرژی الکتریکی مصرفی به کار می‌رود.

مثال ۵

قرائت کنتور در ابتدای ماه	$\begin{array}{cccccccc} & 1 & & \frac{1}{10} & & \frac{1}{100} \\ 1 & 3 & 4 & 5 & 2 & 0 & 1 & 3 \end{array}$							
	$\begin{array}{cccccccc} & 1 & & \frac{1}{10} & & \frac{1}{100} \\ 1 & 3 & 4 & 7 & 4 & 1 & 2 & 8 \end{array}$							
قرائت کنتور در آخر ماه								

قرائت کنتور برق یک منزل مسکونی در ابتدای یک ماه و در آخر همان ماه، در شکل نشان داده شده است. در هر مورد، رقم اول سمت راست، صدم kWh ، رقم دوم سمت راست، دهم kWh و بقیه ارقام بر حسب kWh است.

الف) انرژی الکتریکی مصرفی این خانه در این ماه چند کیلووات ساعت است؟

ب) انرژی الکتریکی مصرفی این خانه در این ماه چند ژول است؟

پ) اگر برای این میزان مصرف، متوسط بهای هر کیلووات ساعت انرژی الکتریکی مصرفی ۳۶ تومان باشد، هزینه برق این خانه در این ماه را حساب کنید.

پاسخ: الف) $U = 134741/28 - 134520/13 = 221/15 kWh$

ب) $U = 221/15 kWh = 221/15 \times 1000 \times 3600 \approx 8 \times 10^8 J$

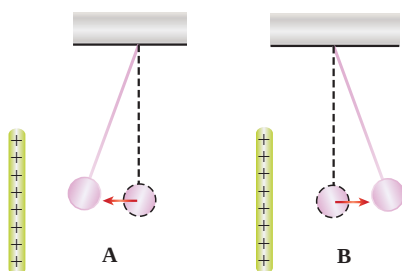
پ) تومان $221/15 \times 36 \approx 8000$ = هزینه برق مصرفی

- ۱ میله نارسانایی با بار منفی و کره‌ای رسانا و بدون بار روی پایه نارسانا در اختیار دارید. با رسم شکل توضیح دهید چگونه می‌توان کره را :
الف) دارای بار مثبت کرد؟
ب) دارای بار منفی کرد؟

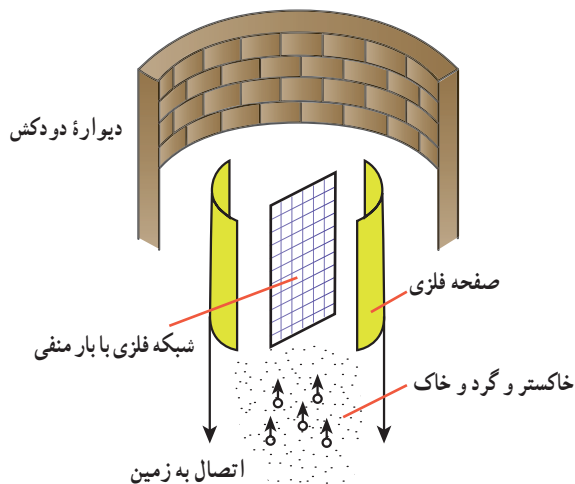
۲ آزمایش زیر را انجام دهید :

- ۱- شیر آب سرد را کمی باز کنید تا باریکه‌ای از آب تشکیل شود.
- ۲- با یک شانه پلاستیکی چند بار موهای خشک و تمیز خود را شانه بزنید.
- ۳- شانه را به باریکه آب نزدیک کنید. آیا مسیر آب منحرف می‌شود؟ علت آن را توضیح دهید.

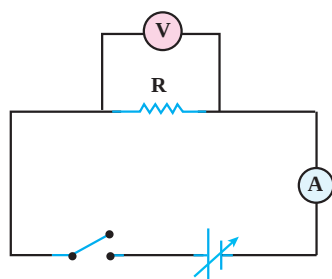
- ۳ میله‌ای باردار را یک بار به آونگ A و بار دیگر به آونگ B نزدیک می‌کنیم. این میله آونگ A را جذب و آونگ B را دفع می‌کند.
الف) آیا آونگ A حتماً دارای بار الکتریکی است؟ توضیح دهید.
ب) آونگ B دارای چه نوع باری است؟ توضیح دهید.



- ۴ سوختن زغال سنگ در نیروگاه‌ها مقدار زیادی خاکستر، گرد و خاک و گازهای زائد تولید می‌کند. همه این فراورده‌ها موجب مشکلات زیست محیطی می‌شوند. در یک دودکش رسوب دهنده الکتریکی، خاکستر و گرد و خاک از گازهای زائد حذف می‌شوند (شکل روبه‌رو). رسوب دهنده شامل شبکه‌ای فلزی است که توسط دو صفحه فلزی متصل به زمین محصور شده است. به شبکه فلزی بار منفی بزرگی داده می‌شود. خاکستر و ذره‌های دود با گذشتن از سیم‌های شبکه بار منفی پیدا می‌کنند، سپس به طرف صفحه‌های فلزی حرکت می‌کنند، به این صفحه‌ها می‌چسبند و در آنجا بار منفی خود را از دست می‌دهند.
الف) دو مشکل زیست محیطی که پیامد سوختن زغال سنگ است را نام ببرید.



- ب) به طور واضح توضیح دهید که چرا ذره‌های دود پس از عبور از شبکه فلزی به طرف صفحه‌های فلزی حرکت می‌کنند.
پ) بارهای منفی که توسط ذره‌های خاکستر و دود به صفحه‌های فلزی داده می‌شوند، کجا می‌روند؟



۵ برای اندازه‌گیری مقاومت یک سیم مقاومت دار، مداری مانند شکل مقابل می‌بندیم. مولد را طوری انتخاب می‌کنیم که هنگام وصل کردن کلید، جریان زیادی از مدار نگذرد و به مقاومت R و آمپرسنج آسیب نرسد. ولتاژ مولد را مرحله به مرحله زیاد می‌کنیم و در هر مرحله با استفاده از ولت‌سنج و آمپرسنج، ولتاژ و جریان را اندازه‌گیری می‌کنیم. جدول زیر حاصل این اندازه‌گیری است.

شماره آزمایش	عدد ولت‌سنج (V)	عدد آمپرسنج (A)
۱	صفر	صفر
۲	۱/۶	۰/۱۶
۳	۴/۴	۰/۴۳
۴	۷/۰	۰/۶۸

نماد  به معنی مولدی است که می‌توانیم ولتاژ آن را کم و زیاد کنیم.

الف) نمودار ولتاژ بر حسب جریان را رسم کنید.
 ب) مقاومت سیم را محاسبه کنید.
 پ) شیب این نمودار، چه کمیتی را نشان می‌دهد؟

۶ انواع باتری‌ها و لامپ‌ها دارای دوپایانه هستند که وقتی در مدار قرار می‌گیرند، جریان از یکی از آنها وارد و از دیگری خارج می‌شود. با توجه به این موضوع در کدام یک از شکل‌های زیر، لامپ روشن می‌شود؟



(ب)

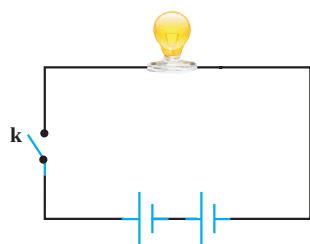


(ب)

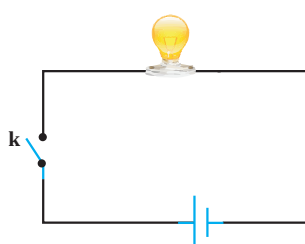


(الف)

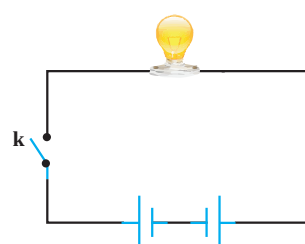
۷ در مدارهای نشان داده شده در شکل باتری‌ها مشابه و لامپ‌ها نیز یکسان هستند. توضیح دهید با بستن کلید K
 الف) جریان در کدام مدار بیشتر است؟
 ب) جریان در کدام مدار صفر است؟



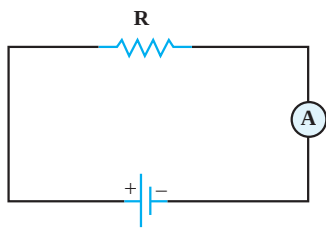
(۳)



(۲)



(۱)



۸ در مدار شکل روبه‌رو به تدریج دمای مقاومت فلزی R را بالا می‌بریم. در نتیجه، جریانی که آمپرسنج نشان می‌دهد به تدریج کاهش می‌یابد.

الف) کاهش جریان نشان می‌دهد که مقاومت R شده است.

ب) به نظر شما افزایش دما با چه سازوکاری مقاومت یک رسانای فلزی را تغییر می‌دهد؟

۹ توان مصرفی هریک از وسیله‌های زیر چقدر می‌تواند باشد؟

۱- کتری برقی

۲- لامپ چراغ مطالعه

۳- اتوی برقی

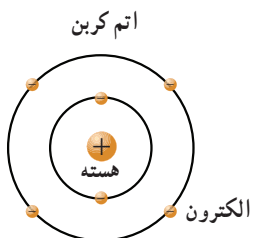
۴- ماشین لباس‌شویی

۵- ماشین ظرف‌شویی

۶- جاروبرقی

برای پیدا کردن پاسخ، مشخصات نوشته شده روی این وسیله‌ها را ببینید.

مسئله‌ها



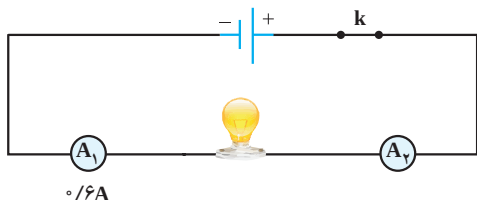
۱ الف) بار الکتریکی هسته اتم کربن، چند کولن است؟ عدد اتمی کربن ۶ است.

ب) بار الکتریکی اتم کربن یک بار یونیده (C^+) چقدر است؟

۲ در مدار شکل روبه‌رو آمپرسنج A_1 ، A و 6° را نشان می‌دهد.

الف) آمپرسنج A_2 ، چه جریانی را نشان می‌دهد؟

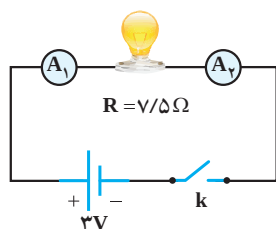
ب) اگر مقاومت لامپ 5Ω باشد، اختلاف پتانسیل دوسر لامپ چقدر است؟



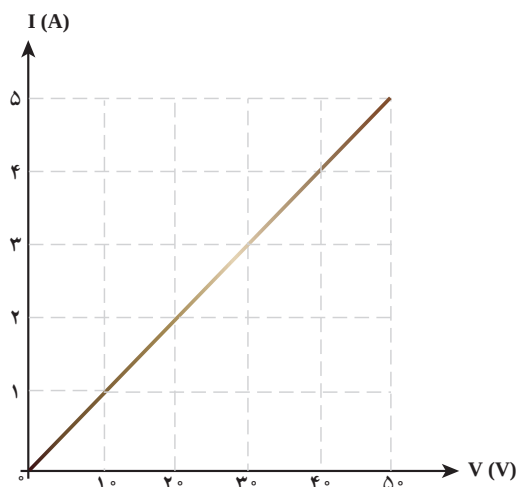
۳ در شکل مقابل با بستن کلید؛

الف) هریک از آمپرسنج‌های A_1 و A_2 چه عددی را نشان می‌دهند؟

ب) در مدت 32 s ، چه تعداد الکترون از لامپ می‌گذرد؟



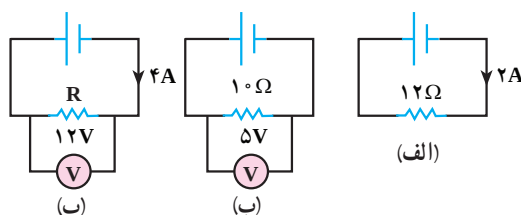
۴ تفسیر کنید :



۱- نمودار شکل روبه‌رو مربوط به یک مقاومت است.
الف) چه رابطه‌ای بین جریان الکتریکی و اختلاف پتانسیل این مقاومت وجود دارد.

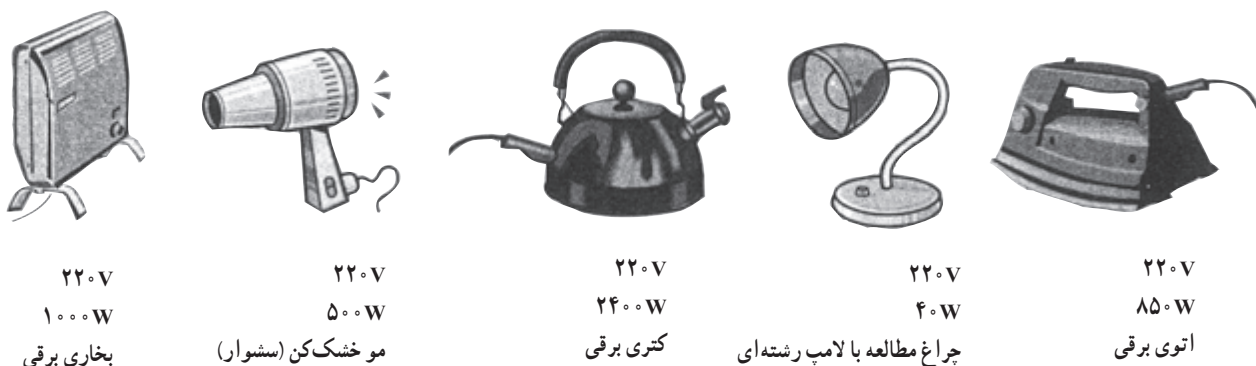
ب) به کمک نمودار، مقدار مقاومت را پیدا کنید.
پ) هرگاه جریانی که از مقاومت می‌گذرد $2/5$ آمپر باشد، اختلاف پتانسیل دوسر آن چند ولت می‌شود؟

۵ در مدارهای شکل زیر توان مصرفی هر مقاومت چقدر است؟



۶ بر روی وسایل الکتریکی زیر، اعداد مربوط به ولتاژ و توان نوشته شده است.

الف) سیم‌های اتصال به برق آنها باید بتواند حداقل چه جریانی را از خود عبور دهد؟
ب) مقاومت الکتریکی هر وسیله چقدر است؟



۷ در شکل روبه‌رو یک کتری برقی را مشاهده می‌کنید.

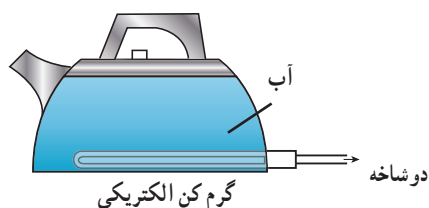
الف) فرایندی که توسط آن آب کتری گرم می‌شود را توضیح دهید.

ب) توان گرم‌کن الکتریکی این کتری $2800W$ است. اگر کتری محتوی $2kg$ آب $6^\circ C$ باشد :

۱- انرژی الکتریکی لازم برای اینکه دمای آب به $100^\circ C$ برسد چقدر است؟

۲- زمان لازم برای اینکه دمای آب به $100^\circ C$ برسد را حساب کنید.

پ) توضیح دهید چرا در عمل به زمانی بیشتر از آنچه در قسمت ب محاسبه کردید نیازمندیم.



۸ روی یک اتوی برقی دو عدد 800 W و 220 V نوشته شده است. این اتو را به اختلاف پتانسیل 220 V وصل می کنیم. الف) چه جریانی از آن می گذرد؟

ب) انرژی الکتریکی مصرفی ماهانه این دستگاه، در صورتی که هفته ای دوبار و هر بار به مدت 20 دقیقه مورد استفاده قرار گیرد چند kWh است؟

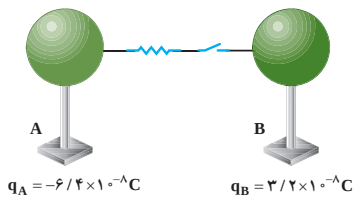
۹ رادیو، تلویزیون و یکی از لامپ های خانه خود را در نظر بگیرید و فرض کنید که هر کدام روزی 8 ساعت با اختلاف پتانسیل 220 V ولت روشن باشد.

الف) انرژی الکتریکی مصرفی هر کدام در یک دوره یک ماهه (30 روز) چند kWh است؟

ب) بهای برق مصرفی هر کدام از قرار هر کیلووات ساعت 350 ریال در یک دوره یک ماهه چقدر می شود؟

پ) اگر در شهر شما هر خانه یک لامپ 100 وات اضافی را به مدت 3 ساعت در شب روشن کند، در طول یک ماه چند کیلووات ساعت انرژی الکتریکی اضافی مصرف می شود؟ بهای این انرژی از قرار هر کیلووات ساعت 350 ریال، چند ریال می شود؟

پرسش ها و تمرین های اضافی



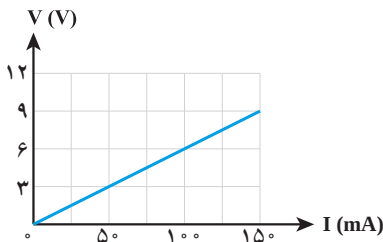
۱ در شکل مقابل، دو کره هم اندازه رسانا و باردارند. آنها را به هم وصل می کنیم.

الف) الکترون ها از کدام کره به دیگری منتقل می شوند؟

ب) چون کره ها هم اندازه اند بار نهایی آنها مساوی می شود. بار نهایی هر کره چقدر می شود؟

پ) چه تعداد الکترون منتقل می شود؟

ت) اگر مدت زمان انتقال بار بین دو کره $5 \times 10^{-6}\text{ s}$ باشد، جریان در این مدت چقدر است؟



۲ نمودار جریان بر حسب ولتاژ یک سیم فلزی مانند شکل مقابل است.

الف) مقاومت این سیم چقدر است؟

ب) شیب این نمودار چه کمیتی را نشان می دهد؟

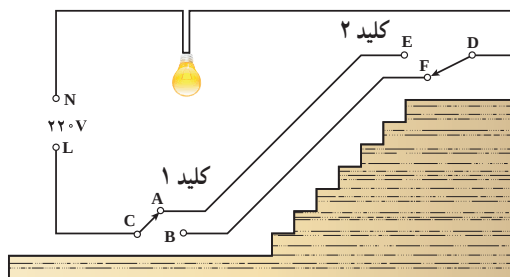
پ) اگر اختلاف پتانسیل دو سر سیم 10 V باشد، چه جریانی از سیم می گذرد؟

ت) اگر اختلاف پتانسیل دو سر سیم 10 V باشد، بار الکتریکی که در مدت 6 s از این

سیم می گذرد چقدر است؟

ث) رابطه بین اختلاف پتانسیل و جریان الکتریکی برای این سیم را بنویسید.

۳ معمولاً در راهروهای آپارتمان ها، از مدارهای چند کلیدی استفاده می شود. با توجه به شکل زیر، که یک مدار دو کلیدی را نشان می دهد، در ستون مربوط به لامپ کلمه روشن یا خاموش را بنویسید (با استفاده از این نوع مدار می توان از بالا یا پایین پله ها، لامپ را روشن یا خاموش کرد).



ردیف	وضعیت کلید ۱	وضعیت کلید ۲	لامپ
۱	A	E	
۲	A	F	
۳	B	E	
۴	B	F	

۴ از یک آزمایش شبیه آزمایش اهم نتایج مطابق جدول زیر به دست آمده است. ابتدا ستون‌های خالی جدول را پر کنید، سپس به سؤال‌های زیر پاسخ دهید.

شماره آزمایش	ولت سنج (V)	آمپرسنج (A)	$V \times I$	V/I
۱	۶	۰/۳۰		
۲	۸	۰/۴۰		
۳	۱۰	۰/۵۰		
۴	۱۲	۰/۵۹		
۵	۱۴	۰/۶۹		

الف) کدام ستون جدول، تقریباً عدد ثابتی را نشان می‌دهد و این عدد، معرف چه کمیتی است؟

ب) نمودار ولتاژ بر حسب جریان را رسم کنید و توضیح دهید شیب این نمودار، چه کمیتی را نشان می‌دهد.

۵ اگر ولتاژ دوسر یک وسیله الکتریکی که از قانون اهم تبعیت می‌کند را کمی کاهش دهیم، مقاومت آن تغییر نمی‌کند. اما توان آن تغییر می‌کند. بنابراین یک راه کاهش مصرف انرژی، کم کردن ولتاژ دوسر آن است. بر روی یک بخاری برقی رشته‌ای، دو عدد 220 V و 2200 W نوشته شده است.

الف) اگر بخاری به ولتاژ 220 V وصل شود، چه جریانی از آن می‌گذرد و مقاومت بخاری چقدر است؟

ب) اگر ولتاژ شهر به 200 V کاهش یابد، جریانی که از بخاری می‌گذرد را به دست آورید و توان آن در این حالت را محاسبه کنید.

۶ قرائت کنتور برق یک آپارتمان، در ابتدا و انتهای یک ماه مانند شکل زیر است. توجه داشته باشید که اولین رقم از سمت راست، $0/01$ کیلووات ساعت و دومین رقم از سمت راست، $0/1$ کیلووات ساعت را نشان می‌دهد.

الف) انرژی الکتریکی مصرفی این آپارتمان در این ماه چند کیلووات ساعت است؟

ب) اگر قیمت برق مصرفی بدون یارانه، هر کیلووات ساعت، 800 ریال باشد، قیمت برق این آپارتمان در این ماه، چقدر است؟

ابتدای ماه

۱ $\frac{1}{10}$ $\frac{1}{100}$						
۱	۸	۱	۳	۴	۱	۹
kWh						

انتهای ماه

۱ $\frac{1}{10}$ $\frac{1}{100}$						
۱	۸	۴	۵	۶	۱	۹
kWh						