

الکتریسته



آیا می‌دانید « چرا تکه‌های کاغذ جذب شانه‌ی پلاستیکی شده‌اند؟ »

در کتاب‌های علوم تجربی دوره‌ی راهنمایی با بارالکتریکی آشنا شدیم و دیدیم که:

- ۱- وقتی دو جسم را به یک‌دیگر مالش می‌دهیم، در هر یک از آن‌ها بارالکتریکی ایجاد می‌شود.
- ۲- بارهای الکتریکی بر یک‌دیگر اثر می‌کنند و بارهای همنام یک‌دیگر را می‌رانند و بارهای غیرهمنام یک‌دیگر را می‌ربایند.

در این فصل ضمن یادآوری آن مطالب، جزئیات دقیق‌تری از چگونگی باردار شدن 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.

۳-۱- بارالکتریکی

در علوم تجربی سال اول راهنمایی دیدیم که اتم از دو قسمت، شامل هسته و الکترون‌ها، تشکیل شده است. هسته فضای بسیار کوچکی از اتم را اشغال می‌کند و الکترون‌ها در فاصله‌ی نسبتاً دوری از هسته (نسبت به بزرگی هسته) به دور آن می‌چرخند، هسته خود از ذره‌های ریزی به نام پروتون و نوترون تشکیل شده است. بارالکتریکی الکترون منفی و بارالکتریکی پروتون مثبت ولی اندازه‌ی بار هر دو با هم مساوی است. نوترون بارالکتریکی ندارد.

در حالت عادی تعداد پروتون‌های موجود در هسته‌ی هر اتم برابر تعداد الکترون‌های آن اتم است. در نتیجه اتم از نظر الکتریکی خنثی است. اجسام نیز که از اتم‌های خنثی درست شده‌اند از نظر الکتریکی خنثی هستند. تجربه نشان می‌دهد که جدا کردن پروتون از اتم یک عنصر، به آسانی جدا کردن الکترون از آن نیست.



آزمایش کنید - ۱

وسایله‌های آزمایش: یک تیغه‌ی شیشه‌ای، یک تیغه‌ی پلاستیکی، پارچه‌ی پشمی و ابریشمی، مقداری خرده کاغذ.

- ۱- تیغه‌ی شیشه‌ای را با پارچه‌ی ابریشمی مالش دهید و به خرده‌های کاغذ نزدیک کنید. چه اتفاقی رخ می‌دهد؟
- ۲- همین آزمایش را با تیغه‌ی پلاستیکی و پارچه‌ی پشمی انجام دهید و مشاهده‌های خود را بیان کنید.

۳-۲- بار الکتریکی در اجسام باردار

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 شده و بار الکتریکی آن منفی می‌شود. پس، افزایش تعداد الکترون‌ها در یک جسم، بار جسم را منفی و کاهش تعداد الکترون‌ها بار جسم را مثبت می‌کند.

یکای بار الکتریکی کولن نام دارد. کولن را با نماد C نشان می‌دهیم. اندازه‌ی بار الکتریکی یک الکترون و یا یک پروتون برابر $1.6 \times 10^{-19} C$ است. که آن را با نماد e نمایش می‌دهیم:

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

بنابراین، بار الکتریکی الکترون برابر $-e$ و بار الکتریکی پروتون برابر $+e$ است، اگر به جسمی خنثی، یک الکترون بدهیم و یا از آن یک الکترون بگیریم، بار الکتریکی آن به اندازه‌ی e تغییر می‌کند. اگر تعداد الکترون‌هایی که به جسم می‌دهیم و یا از آن می‌گیریم برابر n باشد، بار الکتریکی جسم به اندازه‌ی ne تغییر می‌کند. در این حالت بار الکتریکی جسم، که با نماد q نشان داده می‌شود، برابر است با:

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



آزمایش کنید-۲

وسایله‌های آزمایش: دو تیغه‌ی شیشه‌ای، دو تیغه‌ی پلاستیکی، پارچه‌ی پشمی و ابریشمی، نخ، پایه.

۱- تیغه‌ی شیشه‌ای را با پارچه‌ی ابریشمی مالش دهید و آن را از گرانینگاه به وسیله‌ی نخ خشک آویزان کنید.

سپس تیغه‌ی شیشه‌ای دیگری را با پارچه‌ی ابریشمی مالش داده و به تیغه‌ی شیشه‌ای آویخته شده نزدیک کنید، چه اتفاقی رخ می‌دهد؟

۲- همین آزمایش را با دو تیغه‌ی پلاستیکی که با پارچه‌ی پشمی مالش داده‌اید تکرار کنید و مشاهده‌های خود را بیان کنید.

۳- آزمایش را با تیغه‌ای شیشه‌ای و تیغه‌ای پلاستیکی انجام دهید. نتیجه‌ی تجربه‌های انجام شده را در گروه خود تفسیر و ربایشی یا رانشی بودن نیروها را مشخص کنید.

پاسخ دهید ۱

- ۱- موهای تمیز و خشک خود را با یک شانه‌ی پلاستیکی خشک شانه کنید. چرا موهای شما مرتب نمی‌شود و به سوی دانه‌های شانه کشیده می‌شود؟
- ۲- با یک پارچه‌ی خشک، صفحه‌ی تلویزیون را تمیز کنید. چرا پرزهای پارچه به صفحه‌ی تلویزیون می‌چسبند؟
- ۳- در تاریکی لباس خود را از تن بیرون آورید، چرا جرقه زده می‌شود؟ پاسخ این سؤال‌ها را بنویسید و به کلاس گزارش کنید.

فعالیت ۱

- الکتروسکوپ (برق‌نما) بسازید.
برای این کار به ترتیب زیر عمل کنید:
- ۱-۳ الف) تهیه دو ورق آلومینیومی نازک دو نوار باریک مطابق شکل (۱-۳ الف) کنید.
 - ۱-۳ ب) دو سر قطعه سیم روپوش‌داری به طول تقریبی 20° سانتی‌متر را مطابق شکل (۱-۳ ب) لخت کنید.



شکل ۱-۳ الف



شکل ۱-۳ ب

– یک سرسیم را مطابق شکل (۳-۱-ب) به صورت ماریچ درآورد و ورق‌های آلومینیوم را روی سر دیگر سیم قرار دهید و الکتروسکوپ را کامل کنید.
– با بحث در گروه خود، روش‌های دیگری برای ساخت الکتروسکوپ ساده پیشنهاد کنید.

۳-۳- جسم رسانا و نارسانا

برای آنکه با مفهوم رسانایی و نارسانایی آشنایی بیش‌تری پیدا کنید، آزمایش زیر را انجام دهید.



آزمایش کنید- ۳

وسایله‌های آزمایش: میله‌ی مسی، پارچه، الکتروسکوپ.
یک میله‌ی مسی کوچک را گرفته و تلاش کنید با مالش دادن آن بر روی یک پارچه، در آن بارالکتریکی ایجاد کنید. برای اطمینان از باردار شدن میله‌ی مسی، آن را پس از مالش، به کلاهک الکتروسکوپ بدون باری نزدیک کنید. آنچه را مشاهده می‌کنید در گروه خود به بحث بگذارید و نتیجه را به کلاس گزارش دهید.

پیش از این دیدیم که هر اتم دارای الکترون‌هایی است که در مدارهایی به دور هسته می‌چرخند. الکترون‌هایی که به هسته نزدیک‌ترند، بستگی بیش‌تری به هسته دارند و به آسانی نمی‌توان آن‌ها را از اتم جدا کرد. در بعضی اجسام، برخی از الکترون‌ها، به راحتی از اتم جدا می‌شوند. به این الکترون‌ها که به آسانی می‌توانند درون جسم جابه‌جا شوند، الکترون آزاد می‌گویند. تعداد الکترون‌های آزاد در فلزات بسیار زیاد است.

وقتی میله‌ی مسی را با پارچه مالش می‌دهیم، بارالکتریکی‌ای که به علت مالش در آن تولید می‌شود، با جابه‌جا شدن الکترون‌های آزاد، به وسیله‌ی دست به بدن انسان منتقل می‌شود. در نتیجه میله‌ی مسی را هنگامی که با بدن در تماس است نمی‌توان به کمک مالش باردار کرد. جسم‌هایی مانند مس و سایر فلزها، که به علت داشتن الکترون آزاد، بارالکتریکی در آن‌ها شارش می‌کند رسانا می‌نامند. جسم‌هایی مانند میله‌ی پلاستیکی و شیشه‌ای که الکترون نمی‌تواند در آن‌ها آزادانه حرکت کند و در

نتیجه بارالکتریکی را از خود عبور نمی‌دهند، نارسانا می‌نامند.

پاسخ دهید ۲

- ۱- چرا آزمایش‌های الکتریسته‌ی ساکن در روزهای سرد و خشک، نتیجه‌ی بهتری می‌دهد؟
- ۲- چرا در بعضی مواد مانند پلاستیک یا نایلون بهتر از سایر مواد می‌توان بارالکتریکی تولید کرد؟

فعالیت ۲

جمله‌های زیر را کامل کنید :

- ۱- وقتی دو جسم به یک‌دیگر داده می‌شود، بین آن‌ها الکترون مبادله می‌شود.
- ۲- با جابه‌جا شدن الکترون‌های آزاد، بار الکتریکی درون شارش می‌کند.
- ۳- در یک جسم بارالکتریکی در محل ایجاد شده باقی می‌ماند.
- ۴- نیرویی که بارهای الکتریکی هم‌نوع بر یک‌دیگر وارد می‌کنند و نیرویی که بارهای الکتریکی غیر هم‌نوع بر یک‌دیگر وارد می‌کنند است.

۳-۴- پایستگی بارالکتریکی

دیدیم که برای باردار کردن یک جسم باید تعدادی الکترون به آن بدهیم و یا از آن بگیریم. در این مبادله‌ی الکترون‌ها، هیچ‌گاه الکترونی تولید نمی‌شود و یا از بین نمی‌رود بلکه الکترون‌ها تنها از جسمی به جسم دیگر منتقل می‌شوند لذا با توجه به اینکه هر الکترون دارای مقدار معینی بار الکتریکی است، می‌توان گفت: **بارالکتریکی به وجود نمی‌آید و از بین هم نمی‌رود بلکه از جسمی به جسم دیگر منتقل می‌شود.** این اصل، پایستگی بارالکتریکی نامیده می‌شود.

تمرین ۱

۱- می‌دانیم که تعداد الکترون‌های آزاد موجود در رساناها بسیار زیاد است. به‌عنوان مثال در یک سانتی‌متر مکعب مس در حدود $۱۰^{۲۲}$ 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، ... فرض کنید که در هر ثانیه بتوانید یک تریلیون یعنی $۱۰^{۱۲}$ الکترون را بشمارید. چه مدت طول می‌کشد تا تمام الکترون‌های آزاد موجود در یک سانتی‌متر مکعب مس را بشمارید؟ برای محاسبه یک سال را تقریباً برابر ۳×۱۰^۷ ثانیه در نظر بگیرید.

۲- برای آنکه در جسمی خنثی بار الکتریکی $۶/۴$ میکروکولن ($C \times ۱۰^{-۶} / ۴ +$) ایجاد شود، چه تعداد الکترون باید از آن گرفته شود؟

۳- به تعداد پروتون‌های موجود در هسته‌ی اتم، عدد اتمی گفته می‌شود و آن را با Z نشان می‌دهند. عدد اتمی مس برابر ۲۹ است. بار الکتریکی هسته‌ی اتم مس چه قدر است؟ اتم مس چه مقدار بار الکتریکی منفی دارد؟ بار الکتریکی اتم مس چه قدر است؟

۳-۵- القای بار الکتریکی



آزمایش کنید - ۴

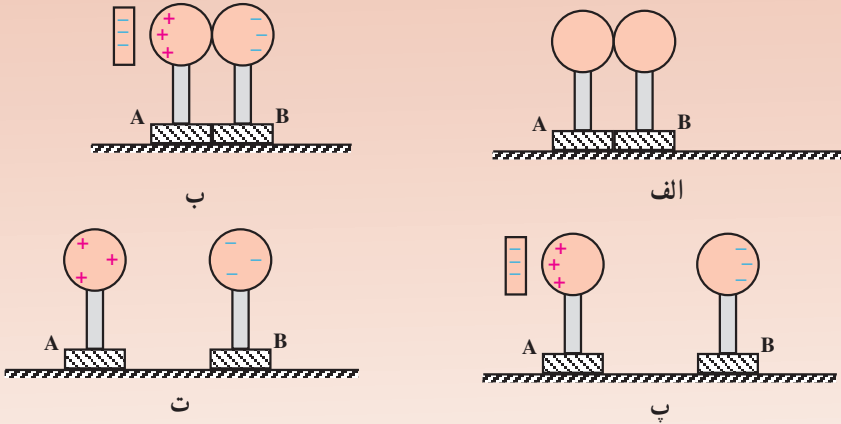
وسایله‌های آزمایش: دو کره‌ی فلزی، پایه‌های عایق، تیغه‌ی پلاستیکی، تیغه‌ی شیشه‌ای، پارچه‌ی پشمی.

۱- دو کره‌ی فلزی را که روی پایه‌های نارسانا قرار دارند مطابق شکل (۳-۲-الف) در تماس با یک‌دیگر قرار دهید. (اگر کره در اختیار ندارید می‌توانید دو تیغه‌ی فلزی کوچک انتخاب و آن‌ها را با دو نخ خشک آویزان کنید؛ و یا این که دو کاسه زنگ دوچرخه را روی پایه‌های نارسانا (مثلاً چوبی) نصب کنید) با تماس دست به آن‌ها مطمئن شوید که بدون بار الکتریکی اند.

۲- یک تیغه‌ی پلاستیکی را با پارچه‌ی پشمی مالش دهید. چه نوع بار الکتریکی

پیدا می‌کند، منفی یا مثبت؟

۳- مطابق شکل (۲-۳) تیغه‌ی پلاستیکی را به کره‌ی A نزدیک کنید.



شکل ۲-۳- باردار کردن به روش القا

۴- بدون آنکه مکان تیغه‌ی پلاستیکی را تغییر دهید، پایه‌ی چوبی کره‌ها را گرفته و دو کره را از هم جدا کنید شکل (۲-۳) پ.

۵- تیغه‌ی پلاستیکی را دور کنید شکل (۲-۳) ت.

آنچه را که مشاهده می‌کنید در گروه خود به بحث بگذارید و نتیجه را به کلاس گزارش دهید.

نتیجه‌ی بحث و گزارش خود را با آنچه ما با انجام آزمایش بالا به دست آورده‌ایم و در ادامه آمده است، مقایسه کنید :

۱- هر دو کره باردار شده‌اند.

۲- کره‌ای که به تیغه‌ی پلاستیکی نزدیک‌تر است (کره‌ی A) دارای بار مثبت و کره‌ی دیگر (کره‌ی B) دارای بار منفی است.

روشی که در آن کره‌های رسانا را، بدون تماس با تیغه‌ی باردار، باردار کرده‌ایم، القای بار الکتریکی می‌نامند.

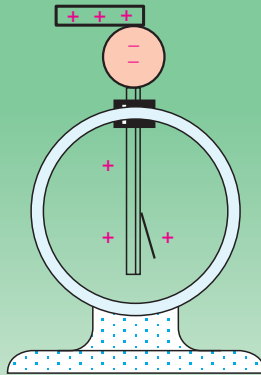
پاسخ دهید ۳

الف : توضیح دهید چرا در آزمایش بالا، کره‌ی A دارای بار مثبت و کره‌ی B دارای بار منفی است.

ب : آیا بار الکتریکی تیغه‌ی پلاستیکی کاهش یافته است؟

فعالیت ۳

۱- هرگاه جسمی را که دارای بار الکتریکی است (مثلاً میله‌ای شیشه‌ای با بار مثبت) به کلاهک یک الکتروسکوپ بدون بار تماس دهید (شکل ۳-۳)، چه اتفاقی می‌افتد؟ علت را توضیح دهید.



شکل ۳-۳- باردار کردن الکتروسکوپ

۲- در گروه خود مراحل باردار کردن یک الکتروسکوپ به روش القای الکتریکی را پیشنهاد کنید، سپس آن را به روشی که پیشنهاد کرده‌اید، باردار کنید.

فعالیت ۴

- ۱- با الکتروسکوپ چگونه می‌توان تعیین کرد که:
 - الف - جسمی باردار است؟
 - ب - جسم چه نوع باری دارد؟
 - پ - جسمی رساناست یا نارسانا؟
- ۲- آیا با الکتروسکوپ می‌توان مقدار بار دو کره‌ی هم‌اندازه، رسانا و باردار را با یک‌دیگر مقایسه کرد؟

آذرخش یا تخلیه‌ی الکتریکی

هنگامی که هوا ابری و طوفانی است، بین یک ابر با ابر دیگر و یا بین ابر و زمین جرقه‌های بزرگی زده می‌شود که آسمان یک منطقه‌ی بزرگ را روشن می‌کند و در پی آن صدای بلندی نیز شنیده می‌شود. به این پدیده آذرخش می‌گویند. آیا می‌دانید آذرخش چگونه به وجود می‌آید؟

ابرها به علت مالش با هوا و یا القای الکتریکی، دارای بار مثبت و یا منفی می‌شوند. در بیش‌تر موارد، قسمت رو به پایین ابر (نزدیک به 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، مجاور هم قرار گیرند، امکان دارد تخلیه‌ی الکتریکی (شارش ناگهانی بارهای الکتریکی) بین دو ابر صورت بگیرد، که معمولاً با جرقه‌های بزرگ، تولید گرما و صدا همراه است (شکل ۳-۴-الف).

تخلیه‌ی الکتریکی می‌تواند به صورت دیگری نیز رخ دهد. ابرهای طوفانی می‌توانند با حرکت در مجاورت سطح زمین، آن را به روش القا باردار کنند. در این حالت امکان تخلیه‌ی الکتریکی بین ابر و زمین وجود دارد و می‌تواند موجب آتش‌سوزی شود (شکل ۳-۴-ب).



شکل ۳-۴-ب - تخلیه‌ی الکتریکی بین ابر و زمین

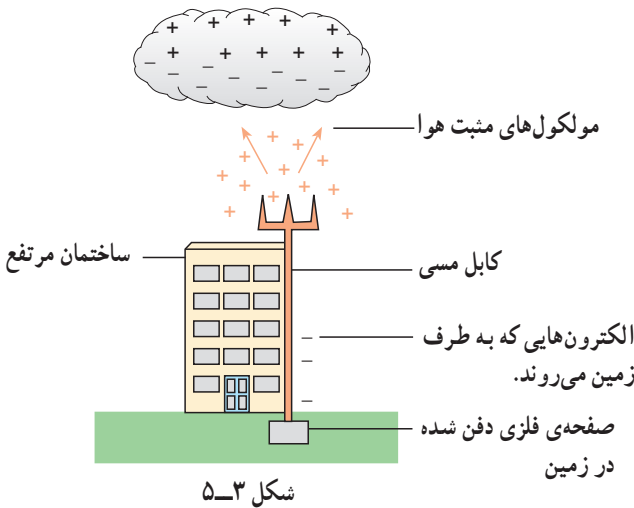


شکل ۳-۴-الف - تخلیه‌ی الکتریکی بین ابر و ابر

فناوری و کاربرد

برق‌گیر یا رسانای آذرخش: در هر ثانیه به‌طور متوسط 10^6 آذرخش بر روی سطح زمین زده می‌شود. آذرخش پدیده‌ی بسیار خطرناکی است، زیرا در اثر شارش ناگهانی و بسیار عظیم بار الکتریکی، انرژی زیادی را آزاد می‌کند. این پدیده می‌تواند به ساختمان‌ها، خطوط انتقال نیرو، 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 کابل ضخیمی با نوک تیز است. قسمت نوک تیز برق‌گیر را در بالاترین نقطه‌ی ساختمان نصب می‌کنند و انتهای کابل آن را در اعماق مرطوب زمین قرار می‌دهند. تیزی نوک کابل سبب می‌شود که در صورت به‌وجود آمدن آذرخش، خسارتی به ساختمان وارد نشود شکل (۳-۵).



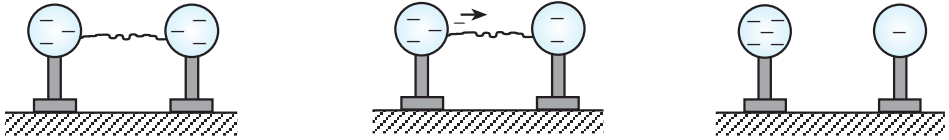
شکل ۳-۵

پاسخ دهید ۴

- ۱- با یک جفت دم‌پایی پلاستیکی تمیز و خشک روی فرش طوری راه بروید که کف دم‌پایی روی فرش مالش داده شود. سپس با نوک انگشت خود، گوش و یا نوک بینی یک نفر را که در اتاق است، لمس کنید. چه اتفاقی می‌افتد؟ علت را توضیح دهید.
- ۲- با چه پدیده‌های دیگری، مشابه پدیده‌ی فوق، آشنا هستید؟ آیا ممکن است این پدیده‌ها خطرناک باشند؟
- ۳- چرا زیر تانکرهای مخصوص حمل سوخت، زنجیر آویزان می‌کنند؟
- ۴- هواپیماها هنگام حرکت دارای بار الکتریکی می‌شوند. برای تخلیه‌ی بار الکتریکی آن‌ها چه تدبیری به کار برده می‌شود؟

۳-۶- اختلاف پتانسیل الکتریکی

دو کره‌ی رسانای یکسان را که هر دو بر روی پایه‌های عایقی 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. اگر کره‌ها را مطابق شکل (۳-۶) با سیم مسی نازکی به یک‌دیگر وصل کنیم، چه اتفاقی می‌افتد؟



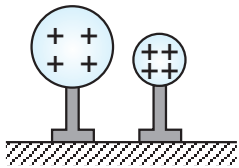
الف - کره‌ها اتصال ندارند. ب - کره‌ها با سیم به هم وصل شده‌اند. پ - پس از مدتی شارش بار قطع می‌شود.

شکل ۳-۶

اینک این سؤال مطرح است که آیا همیشه بارهای الکتریکی از جسمی که بار بیش‌تر دارد به سوی جسمی که بار کم‌تر دارد شارش می‌کند؟ با ذکر یک مثال نقض می‌توان به این سؤال پاسخ منفی داد.

دو کره‌ی رسانای نامساوی که روی پایه‌های عایقی قرار دارند، مطابق شکل (۳-۷) در نظر بگیرید. با فرض این که بار این دو کره یکسان است، آیا فکر می‌کنید اگر با سیم مسی نازکی به یک‌دیگر وصل شوند، در سیم شارش بار خواهیم داشت؟

پاسخ مثبت است. پس اختلاف مقدار بار در اجسام به تنهایی نمی‌تواند عامل تعیین‌کننده‌ی جهت شارش بار باشد. اکنون می‌خواهیم بدانیم که شارش در کدام جهت است و تا چه زمانی ادامه پیدا می‌کند؟ چه عاملی باعث شارش بار بین این دو کره می‌شود؟



شکل ۳-۷

در شکل (۳-۷) بارهای الکتریکی دو کره یکسان، اما شعاع‌های دو کره متفاوت است و بارهای الکتریکی در کره‌ی کوچک‌تر به هم نزدیک‌ترند و نیروی رانشی بین آن‌ها بیش‌تر از نیروی رانشی بین بارهای کره‌ی بزرگ‌تر است و با اتصال آن‌ها به یک‌دیگر، بارها از کره‌ی کوچک‌تر به کره‌ی بزرگ‌تر شارش می‌کنند.

همان‌گونه که در حالت طبیعی، شارش آب از یک منبع به منبع دیگر تنها به علت وجود اختلاف ارتفاع سطح آب در دو منبع است و شارش گرما از یک جسم به جسم دیگر به علت وجود تفاوت دمای دو جسم است، شارش بارهای الکتریکی مثبت از یک کره به کره‌ی دیگر نیز به علت وجود

کمیتی است که آن را اختلاف پتانسیل الکتریکی می‌نامیم. بنابراین:

اختلاف پتانسیل الکتریکی میان دو جسم، عامل شارش بار الکتریکی از یک جسم به جسم دیگر است. انباشته شدن بار الکتریکی مثبت بیش‌تر در یک کره و بار الکتریکی مثبت کم‌تر در کره‌ی هم‌اندازه‌ی دیگر باعث به‌وجود آمدن اختلاف پتانسیل الکتریکی میان دو کره شده است. پتانسیل الکتریکی یک رسانا، علاوه بر نوع و اندازه‌ی بار الکتریکی آن، به شکل هندسی رسانا نیز بستگی دارد.

همان‌گونه که در کتاب علوم راهنمایی دیده‌اید، یکای اختلاف پتانسیل الکتریکی ولت نام دارد که آن را با نماد V نشان می‌دهند. به اختلاف پتانسیل، ولتاژ نیز گفته می‌شود. روی اکثر وسیله‌های الکتریکی عددهایی نوشته شده است. یکی از این عددها بر حسب ولت و معرف اختلاف پتانسیل مناسب برای کار دستگاه است که باید به دو سر آن وصل شود. مثلاً روی لامپی که دو عدد $60W$ و $220V$ نوشته شده است، 220 ولت به معنی مناسب‌ترین اختلاف پتانسیلی است که می‌توان به دو سر لامپ وصل کرد. حال اگر اختلاف پتانسیل کم‌تری به آن وصل کنیم، نور لامپ ضعیف می‌شود و اگر اختلاف پتانسیل بیش‌تری به آن وصل کنیم، ممکن است لامپ بسوزد.

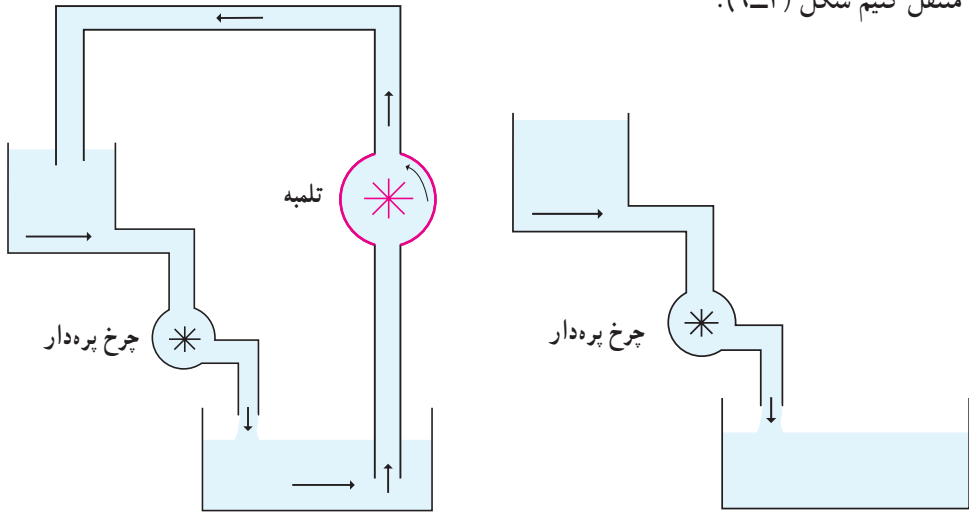
به‌طور کلی اگر به دو سر تمام دستگاه‌های الکتریکی اختلاف پتانسیل کم‌تر و یا بیش‌تری وصل شود، ممکن است دستگاه آسیب ببیند و یا خوب کار نکند. اختلاف پتانسیل مناسب به ساختمان درونی دستگاه بستگی دارد و با توجه به آن تعیین می‌شود که به آن ولتاژ اسمی دستگاه می‌گویند.

۳-۷- مولد

اکنون که دانستیم عامل شارش بار الکتریکی، اختلاف پتانسیل الکتریکی است، این پرسش را در مورد آزمایش شکل (۳-۶) مطرح می‌کنیم. آیا شارش بار الکتریکی از یک کره به کره‌ی دیگر، همواره ادامه دارد و یا پس از مدتی قطع می‌شود؟

همان‌گونه که جریان آب از یک ظرف به ظرف دیگر تا زمانی ادامه می‌یابد که ارتفاع سطح آب در دو ظرف هم‌تراز شوند و یا شارش گرما تا زمانی ادامه می‌یابد که دو جسم هم‌دما شوند، شارش بار الکتریکی میان دو کره‌ی باردار نیز دایمی نیست و تا وقتی ادامه می‌یابد که بین دو کره اختلاف پتانسیل الکتریکی وجود داشته باشد. وقتی اختلاف پتانسیل الکتریکی میان دو کره صفر شود، یعنی دو کره هم‌پتانسیل شوند، شارش بار الکتریکی میان دو کره متوقف می‌شود. اگر بخواهیم شارش بار الکتریکی بین دو کره ادامه یابد چه باید کرد؟

فرض کنید منبع آبی را در ارتفاع معینی بالای سطح زمین قرار داده ایم شکل (۳-۸). آب از لوله‌ی متصل به منبع، جریان یافته و در پایین با ریختن روی یک چرخ پره‌دار، آن را به گردش درآورده و در ظرف پایینی جمع می‌شود. روشن است 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 (۳-۹).



شکل ۳-۹- تلمبه با بردن آب از پایین به بالا، انرژی لازم برای جریان دائم را به آب می‌دهد.

شکل ۳-۸- جریان آب دائمی نیست.

تلمبه با دریافت انرژی الکتریکی، 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.

همان‌طور که کار کردن تلمبه اختلاف ارتفاع معینی را بین آب دو ظرف ایجاد می‌کند، برای آن که شارش بار الکتریکی از یک کره به کره دیگر ادامه یابد نیز باید وسیله‌ای نظیر تلمبه در مدار جریان الکتریکی قرار گیرد تا اختلاف پتانسیل الکتریکی لازم را میان دو کره ایجاد کند. این وسیله را مولد می‌نامیم. مولدها انرژی لازم برای ایجاد اختلاف پتانسیل الکتریکی را از واکنش‌هایی که داخل آن‌ها رخ می‌دهد، به دست می‌آورند. مولدها نوع‌های مختلفی دارند. با مولدهای شیمیایی (باتری) در دوره‌ی راهنمایی آشنا شده‌اید. در این مولدها انرژی لازم از واکنش‌های شیمیایی که در مولد رخ می‌دهد، به دست می‌آید و بارهای مثبت درون مولد از پایانه‌ی منفی به پایانه‌ی مثبت منتقل می‌شوند. مولد،

انرژی ای را که از واکنش‌ها به دست می‌آورد، صرف ایجاد اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر مدار می‌کند. بیش‌ترین اختلاف پتانسیلی که مولد می‌تواند به وجود آورد نیروی محرکه‌ی مولد نام دارد و با یکای ولت اندازه‌گیری می‌شود. اولین مولد شیمیایی را ولتا، فیزیکدان ایتالیایی ساخت به پاس خدمات او یکای اختلاف پتانسیل را ولت نام نهاده‌اند.

فعالیت ۵

مولد الکتریکی بسازید

وسایله‌های لازم: لیموترش، چاقو، تیغه‌ی مسی و تیغه‌ی رویی، سیم رابط نازک، ولت‌سنج.

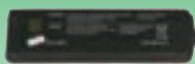
یک لیموترش تازه و سالم انتخاب کنید و روی میز بگذارید. سپس به ملایمت و بدون آن‌که فشار زیادی به لیمو وارد کنید، آن را روی میز بغلتانید. تا پرده‌های داخلی آن پاره شوند، سپس دو تیغه، یکی از جنس روی و دیگری از جنس مس، به داخل لیمو فرو کنید. اکنون شما یک مولد الکتریکی ساده ساخته‌اید. اگر با سیم‌های نازک تیغه‌ها را به دو سر یک ولت‌سنج وصل کنید، می‌توانید نیروی محرکه‌ی آن را، که برابر عددی است که ولت‌سنج نشان می‌دهد، اندازه بگیرید. ساختمان داخلی تمام مولدهای شیمیایی شبیه به مولدی است که شما ساخته‌اید، یعنی دو فلز غیر هم‌جنس درون یک مایع شیمیایی خاص قرار دارند.

فعالیت ۶

۱- در شکل (۳-۱) تصویر چند نوع باتری آمده است. علاوه بر این‌ها، باتری‌های

دیگری را که می‌شناسید، نام ببرید.

۲- باتری‌های معرفی شده را از نظر ولتاژ، طول عمر، شارژپذیری و ... در گروه خود مقایسه کنید و نتیجه را به صورت یک جدول تنظیم کنید.



باتری تلفن همراه



باتری قلمی



باتری خودرو

شکل ۳-۱

۳-۸- مدار الکتریکی

وقتی کلید چراغ قوه را وصل می‌کنیم لامپ آن روشن می‌شود. آیا تاکنون به ساختمان داخلی چراغ قوه توجه کرده‌اید؟ آیا به ساز و کار روشن شدن لامپ چراغ قوه فکر کرده‌اید؟ برای دستیابی به پاسخ این پرسش‌ها آزمایش زیر را انجام دهید.



آزمایش کنید- ۵

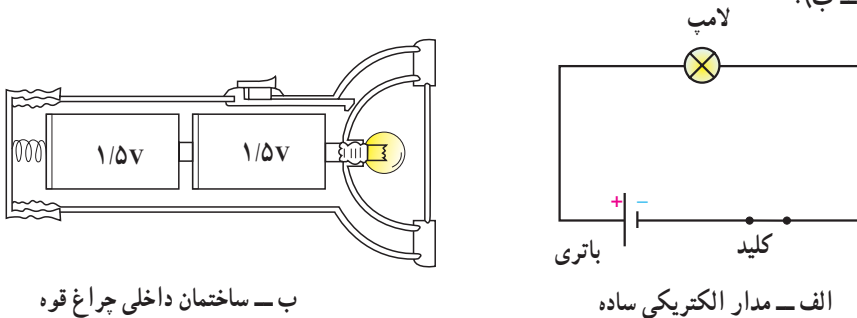
وسایلهای آزمایش: یک لامپ ۱/۵ ولتی، یک باتری ۱/۵ ولتی، یک کلید قطع و وصل، مقداری سیم رابط.
مطابق شکل (۳-۱۱) لامپ را به باتری وصل کنید. وقتی کلید را می‌بندید، چه اتفاقی می‌افتد که لامپ روشن می‌شود؟



شکل ۳-۱۱- مدار الکتریکی ساده

به آرایش شکل (۳-۱۱)، مدار الکتریکی گفته می‌شود. معمولاً در رسم شکل‌ها، باتری را مطابق شکل (۳-۱۲-الف) نشان می‌دهیم. قطعه خط کوچک‌تر، پایانه منفی و قطعه خط بزرگ‌تر، پایانه مثبت آن است. ساختمان داخلی چراغ قوه نیز مانند مدار ساده‌ی شکل (۳-۱۲-الف) است.

یعنی از یک لامپ و یک کلید تشکیل شده است که هر دو در محفظه‌ی چراغ قوه قرار دارند شکل (۱۲-۳-ب).



ب- ساختمان داخلی چراغ قوه

الف- مدار الکتریکی ساده

شکل ۱۲-۳

۳-۹- جریان الکتریکی

اگر آب یک لیوان را روی سطح شیب‌داری بریزیم، آب به علت اختلاف ارتفاع، از بالا به پایین جریان می‌یابد. به همین ترتیب اگر به دو سر یک رسانا اختلاف پتانسیلی اعمال کنیم، بارهای الکتریکی در مدار شارش می‌کنند. در این حالت اگر مقطعی فرضی در مدار را در نظر بگیریم، در مدت زمان (بازه‌ی زمانی) t از این مقطع بار الکتریکی q شارش می‌کند. بنا به تعریف «آهنگ شارش بار الکتریکی از هر مقطع مدار را **جریان الکتریکی می‌نامیم**» و آن را با نماد I نشان می‌دهیم.

$$I = \frac{q}{t} \quad (۲-۳)$$

یکای جریان الکتریکی به پاس اهمیت کارهای آندره ماری آمپر، فیزیکدان فرانسوی، آمپر نامیده شده و با نماد A نمایش داده می‌شود. طبق قرارداد، جهت جریان الکتریکی در مدار از پایانه‌ی مثبت به پایانه‌ی منفی است. برای اندازه‌گیری جریان الکتریکی از آمپرسنج استفاده می‌کنیم و آن را به‌طور متوالی در مدار قرار می‌دهیم.

مثال ۱

جریان الکتریکی در یک مدار $1/2A$ است. چند کولن بار الکتریکی در مدت نیم دقیقه از یک مقطع مدار شارش می‌کند؟

حل: می‌توان بار الکتریکی شارش شده را با استفاده از رابطه‌ی $I = \frac{q}{t}$ محاسبه کرد:

$$I = 1/2A, t = 0/5 \times 60 = 30s, q = ?$$

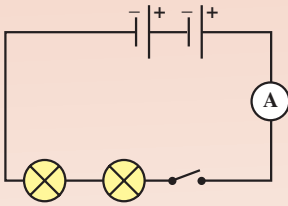
$$q = It$$

$$= 1/2 \times 30 = 36C$$

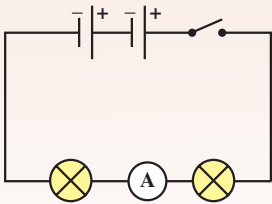


آزمایش کنید - ۶

وسیله‌های آزمایش: باتری ۱/۵ ولتی دو عدد، لامپ ۱/۵ ولتی دو عدد، آمپرسنج ۱ عدد، کلید قطع و وصل و تعدادی سیم رابط.
مداری را مطابق شکل (۳-۱۳-الف) ببندید. اکنون کلید را وصل و جریانی را که آمپرسنج نشان می‌دهد یادداشت کنید.
محل آمپرسنج را مطابق شکل (۳-۱۳-ب) تغییر دهید و جریانی را که نشان می‌دهد یادداشت کنید.



شکل ۳-۱۳-الف



شکل ۳-۱۳-ب

- ۱- آیا آمپرسنج در هر دو مدار جریان یکسانی را نشان می‌دهد؟
- ۲- با توجه به پایداری بار الکتریکی و تعریف جریان الکتریکی توضیح دهید که چرا عددی که آمپرسنج در یک مدار متوالی نشان می‌دهد به محل قرار گرفتن آمپرسنج در مدار بستگی ندارد.

۳-۱۰- مقاومت الکتریکی

پاسخ دهید

آیا تاکنون به حرکت مردم در خیابان و 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 این‌گونه موارد با دیگرانی که در رفت و آمد هستند، برخورد می‌کنید که، در نتیجه از سرعت انرژی شما کاسته می‌شود و احساس می‌کنید گرم شده‌اید. آیا به نظر شما تشابهی در 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 - ۷

وسایله‌های آزمایش: یک باتری $1/5$ ولتی، ۲ لامپ $1/5$ ولتی، آمپرسنج، کلید قطع و وصل و تعدادی سیم رابط.

باتری $1/5$ ولتی، لامپ $1/5$ ولتی و آمپرسنج را مطابق شکل (۳-۱۴-الف) به هم ببندید.

کلید را وصل کنید و عددی را که آمپرسنج نشان می‌دهد یادداشت کنید. سپس کلید را قطع کنید و هر دو لامپ $1/5$ ولتی را مطابق شکل (۳-۱۴-ب) در مدار قرار

دهید و آنگاه دوباره کلید را وصل کنید. عددی را که اکنون آمپرسنج نشان می‌دهد یادداشت کنید.



شکل ۳-۱۴-ب



شکل ۳-۱۴-الف

اگر به تعداد کافی باتری و کلید در اختیار دارید دو آزمایش را همزمان انجام دهید تا بتوانید نور لامپ‌ها را با هم مقایسه کنید. علت تغییر نور لامپ‌ها در آزمایش دوم چیست؟

وقتی به دو سر رسانایی یک اختلاف پتانسیل اعمال می‌کنیم، بارهای الکتریکی با دریافت انرژی از مولد، در رسانا شارش می‌کنند. این بارهای الکتریکی در مسیر حرکت خود با اتم‌های رسانا که در حال نوسان‌اند، برخورد می‌کنند و بخشی از انرژی دریافتی را در این برخوردها از دست می‌دهند. این امر باعث گرم شدن رسانا می‌شود. حرکت بارهای الکتریکی در رسانا مشابه حرکت در یک خیابان و یا بازار شلوغ است. می‌گوییم رسانا دارای مقاومت الکتریکی است، و مقاومت الکتریکی را با نماد R نشان می‌دهیم. یکای مقاومت الکتریکی اهم و نماد آن « Ω » است* که به افتخار خدمات علمی گئورگ زیمون اهم نام‌گذاری شده است. اکنون که با اختلاف پتانسیل الکتریکی به‌عنوان عامل شارش بار، و مولد به‌عنوان عامل ایجاد کننده‌ی اختلاف پتانسیل و عبور جریان الکتریکی آشنا شده‌ایم، می‌توانیم ساز و کار روشن شدن لامپ را شرح دهیم.

هنگامی که پایانه‌های یک باتری را به دو سر یک رسانا (لامپ) وصل می‌کنیم، باتری بین دو سر

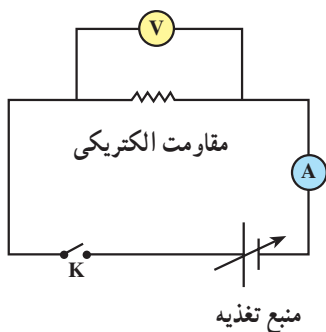
* امگا Ω یکی از حرف‌های الفبای یونانی است.

رسانا اختلاف پتانسیل ثابتی برقرار می‌کند. این اختلاف پتانسیل باعث شارش بار الکتریکی در مدار می‌شود. با شارش بار الکتریکی و ایجاد جریان الکتریکی در مدار، انرژی الکتریکی از باتری به لامپ می‌رسد و لامپ روشن می‌شود.

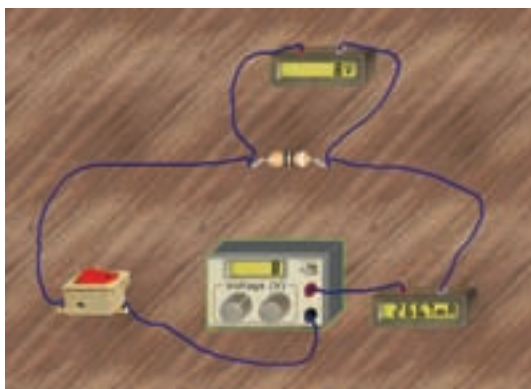
۱۱-۳- قانون اهم

تاکنون متوجه شده‌اید که اگر به دو سر یک رسانا، اختلاف پتانسیلی اعمال کنیم، در آن رسانا جریان الکتریکی برقرار می‌شود. از طرف دیگر، رسانا در مقابل جریان الکتریکی، از خود مقاومت نشان می‌دهد. اکنون می‌خواهیم رابطه‌ای میان کمیت‌های اختلاف پتانسیل، جریان الکتریکی و مقاومت الکتریکی به دست آوریم.

یک مقاومت الکتریکی را به آمپرسنج، ولت‌سنج و منبع تغذیه (دستگاهی است که با آن می‌توان اختلاف پتانسیل‌های مختلفی را در دو سر مدار برقرار کرد) مطابق شکل (۱۵-۳) می‌بندیم. آمپرسنج به‌طور متوالی در مدار قرار گرفته و ولت‌سنج به‌طور موازی به دو سر مقاومت بسته شده است. پس از بسته شدن کلید، جریان الکتریکی از مدار می‌گذرد. ولت‌سنج که به‌طور موازی به دو سر مقاومت بسته شده است، اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت را نشان می‌دهد و آمپرسنج شدت جریانی را که از مدار می‌گذرد مشخص می‌کند.



شکل ۱۵-۳- ب



شکل ۱۵-۳- الف

در یک آزمایش، اختلاف پتانسیل دو سر مدار را به کمک منبع تغذیه تغییر داده‌ایم و در هر نوبت، شدت جریانی که از مقاومت می‌گذرد و اختلاف پتانسیل دو سر آن را با آمپرسنج و ولت‌سنج اندازه گرفته‌ایم. نتیجه‌ی آزمایش را در جدول (۱-۳) وارد کرده‌ایم.

جدول ۱-۳

۳/۵	۲/۲	۰/۸	اختلاف پتانسیلی که ولت سنج نشان می‌دهد (V بر حسب ولت)
۰/۷۰	۰/۴۳	۰/۱۶	شدت جریانی که آمپرسنج نشان می‌دهد (I بر حسب آمپر)
۵/۰	۵/۱	۵/۰	$\frac{V}{I}$

بررسی جدول (۱-۳) نشان می‌دهد که افزایش اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت باعث افزایش شدت جریان شده است، اما نسبت اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت به شدت جریانی که از آن می‌گذرد (یعنی نسبت $\frac{V}{I}$) در تمام آزمایش‌ها با تقریب خوبی ثابت مانده است. این نسبت را مقاومت الکتریکی (R) می‌نامند.

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

قانون اهم: نسبت اختلاف پتانسیل دو سر رسانا به شدت جریانی که از آن می‌گذرد (در دمای ثابت) مقدار ثابتی است؛ این مقدار ثابت همان مقاومت الکتریکی رسانا است.

$$\frac{V}{I} = R \quad (۳-۳)$$

اگر در رابطه‌ی (۳-۳)، اختلاف پتانسیل (V) بر حسب ولت و شدت جریان (I) بر حسب آمپر باشد، مقاومت الکتریکی (R) بر حسب اهم خواهد بود.

مثال ۲

به دو سر یک لامپ، اختلاف پتانسیل ۲۲۰V وصل شده است. اگر شدت جریان در لامپ برابر ۰/۴۴A باشد، مقاومت الکتریکی لامپ چند اهم است؟

حل

$$V = ۲۲۰\text{V} \text{ و } I = ۰/۴۴\text{A} \text{ و } R = ?$$

با استفاده از رابطه‌ی (۳-۳) نتیجه می‌گیریم که:

$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow R = \frac{۲۲۰}{۰/۴۴} = ۵۰۰\Omega$$

مثال ۳

به دو سر یک رسانا به مقاومت الکتریکی 25Ω اختلاف پتانسیل الکتریکی V را وصل می‌کنیم. شدت جریان در رسانا را در صورتی که الف: $V = 50V$ و ب: $V = 75V$ باشد، به دست آورید.

حل

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

$$I = \frac{50}{25} = 2A$$

الف:

$$I = \frac{75}{25} = 3A$$

ب:

۱۲-۳- مصرف انرژی الکتریکی

انرژی الکتریکی یکی از تمیزترین انرژی‌هاست و مصرف آن باعث آلودگی محیط‌زیست، که برای انسان بسیار مهم و حیاتی است، نمی‌شود. علاوه بر آن، انرژی الکتریکی را می‌توان به آسانی و با صرف هزینه‌ی کم، از محل تولید به محل مصرف منتقل کرد. 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 که زندگی بدون آن‌ها بسیار مشکل و حتی غیرممکن است.

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

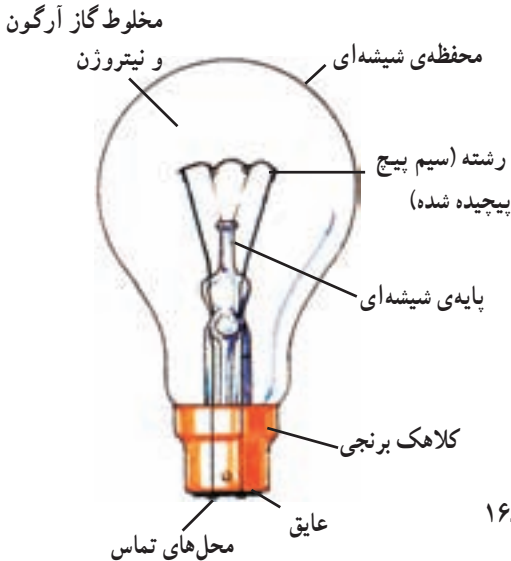
فعالیت ۷

فهرستی از وسیله‌های الکتریکی را که در منزل دارید مانند لامپ، اتو، پنکه، یخچال، تلویزیون و... در جدول زیر ثبت کنید و در هر مورد بنویسید که انرژی الکتریکی

به چه نوع انرژی تبدیل می‌شود.

انرژی / وسیله	نورانی	مکانیکی	صوتی	درونی
لامپ		+		
اتو				
پنکه				
یخچال				
تلویزیون				
.....				

در لامپ‌های رشته‌ای، انرژی الکتریکی به انرژی درونی رشته‌ی داخل لامپ تبدیل می‌شود و دمای آن را تا حدود 3000°C بالا می‌برد. در این دمای بالا، رشته‌ی درون لامپ قسمتی از انرژی درونی خود را به صورت انرژی نورانی تابش می‌کند شکل (۳-۱۶).



شکل ۳-۱۶

پاسخ دهید ۶

آیا می‌توانید با توجه به آنچه که در مورد مقاومت الکتریکی یک رسانا فرا گرفته‌اید توضیح دهید که چگونه شارش بار الکتریکی در یک رسانا باعث افزایش دمای رسانا می‌شود؟

هنگامی که یک سماور برقی را به برق وصل می کنید، جریان الکتریکی از رسانای درون آن می گذرد و با افزایش انرژی درونی رسانا، دمای سماور افزایش می یابد. اختلاف دمای سماور و آب درون آن باعث می شود که گرما از سماور به آب منتقل شود.

آزمایش نشان می دهد که انرژی الکتریکی مصرف شده (تبدیل شده) در یک رسانا به علت عبور جریان الکتریکی از آن به عامل های زیر بستگی دارد :

۱- مقاومت الکتریکی رسانا (R) ؛ هرچه مقاومت الکتریکی رسانا بیش تر باشد، انرژی الکتریکی مصرف شده در آن نیز بیش تر می شود.

۲- زمان عبور جریان الکتریکی (t) ؛ هرچه زمان عبور جریان الکتریکی از رسانا بیش تر باشد، انرژی الکتریکی مصرف شده در آن بیش تر می شود.

۳- مجذور شدت جریان الکتریکی (I^2) ؛ اگر شدت جریان عبوری از رسانا را افزایش دهیم، انرژی الکتریکی مصرف شده در آن نیز بیش تر می شود، به طوری که اگر شدت جریان را ۲ یا ۳ یا ... برابر کنیم، انرژی مصرف شده $4 = 2^2$ یا $9 = 3^2$ یا ... برابر می شود.

اگر انرژی الکتریکی مصرف شده (که به انرژی درونی رسانا تبدیل شده است) را با نماد W نشان دهیم، داریم :

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

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

مثال ۴

مقاومت قسمت گرماده یک سماور برقی 50Ω اهم است. وقتی آن را به برق وصل می کنیم شدت جریان $4A$ از آن می گذرد. انرژی الکتریکی مصرف شده در آن را الف : در مدت یک ثانیه
ب : در مدت ده دقیقه
حساب کنید.

حل

$$R = 50 \Omega \text{ و } I = 4A \text{ و } t_1 = 1s \text{ و } t_2 = 10 \text{ min}$$

الف : با استفاده از رابطه ی (۴-۳) خواهیم داشت :

$$W = RI^2 t \Rightarrow W = 50 \times (4)^2 \times 1 \Rightarrow W = 800 \text{ J}$$

$$t = 10 \times 60 = 600 \text{ s}$$

ب :

$$W = 50(4)^2 \times 600 \Rightarrow W = 480000 \text{ J} = 480 \text{ kJ}$$

۳-۱۳- توان الکتریکی مصرفی در رسانا

در بخش (۳-۶) اختلاف پتانسیل الکتریکی، یادآور شدیم که روی وسیله‌های الکتریکی نظیر لامپ روشنایی و یا اتوی برقی دو عدد نوشته شده است، یکی از این دو، اختلاف پتانسیل مناسب برای عمل دستگاه است. عدد دیگر مربوط به کمیتی به نام توان الکتریکی است که در ادامه درباره‌ی آن بحث می‌کنیم. همانطور که در فصل اول دیدیم، آهنگ مصرف انرژی را در یک دستگاه الکتریکی توان مصرفی دستگاه می‌نامیم و آن را با نماد «P» نمایش می‌دهیم. بنابه این تعریف توان الکتریکی مصرفی یک رسانا برابر است با :

$$P = \frac{W}{t} \quad (۳-۵)$$

$$P = \frac{RI^2 t}{t} \quad \text{و با توجه به رابطه‌ی (۳-۴)}$$

و در نتیجه :

$$P = RI^2 \quad (۳-۶)$$

بنابراین با معلوم بودن توان مصرفی می‌توانیم انرژی الکتریکی مصرفی را در هر بازه‌ی زمانی حساب کنیم.

با توجه به قانون اهم، رابطه‌ی (۳-۶) را می‌توان به صورت زیر نوشت :

$$P = RI \times I$$

$$P = VI \quad (۳-۷)$$

در این رابطه، V اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر رسانا است. یکای توان مصرفی ژول بر ثانیه است که آن را به احترام جیمز وات، مخترع ماشین بخار، وات می‌نامند و با نماد W نشان می‌دهند. در مبحث اختلاف پتانسیل گفته شد که روی هر دستگاه الکتریکی دو عدد نوشته شده است. یکی از این عددها برحسب ولت است که مناسب‌ترین اختلاف پتانسیلی است که می‌توان به دستگاه وصل کرد. عدد دوم برحسب وات است که توان اسمی آن دستگاه است. توان مصرفی یک دستگاه

در صورتی برابر توان اسمی آن است که دستگاه به اختلاف پتانسیل اسمی آن، یعنی مناسب‌ترین اختلاف پتانسیل برای دستگاه، وصل باشد. اگر دستگاه به اختلاف پتانسیلی کم‌تر و یا به اختلاف پتانسیل بیش‌تری وصل شود، دستگاه ممکن است آسیب ببیند.

نکته‌ی دیگری که باید به آن توجه کرد، شدت جریانی است که از دستگاه می‌گذرد. شدت جریان از مشخصات دستگاه نیست و به اختلاف پتانسیلی بستگی دارد که به دو سر دستگاه وصل می‌شود. البته از یک دستگاه نمی‌توان هر شدت جریانی را عبور داد، زیرا اگر شدت جریان خیلی زیاد باشد، توان مصرفی و در نتیجه دمای دستگاه بالا می‌رود و دستگاه آسیب می‌بیند.

فعالیت ۸

در منزل شما دستگاه‌های الکتریکی زیادی نظیر لامپ‌های روشنایی، اتو، پنکه، کولر، یخچال، فریزر، پلوپز برقی و... وجود دارد که روزانه از آن‌ها استفاده می‌شود. با احتیاط و زیر نظر یکی از والدین خود به مشخصات هر یک از این دستگاه‌ها که روی آن‌ها نوشته شده است نگاه کنید. عددهایی را که روی آن‌ها نوشته شده است یادداشت و با یک‌دیگر مقایسه کنید. نتیجه‌ی مشاهدات خود را بنویسید و به کلاس گزارش کنید.

فعالیت ۹

برای محاسبه‌ی توان، کدام‌یک از رابطه‌های (۳-۶) و (۳-۷) را به کار بریم؟ آیا می‌توانید رابطه‌ی دیگری برای توان الکتریکی بنویسید؟

۱۴-۳- بهای انرژی الکتریکی مصرفی

در تمام مکان‌های مسکونی و تجاری، شمارگری (کنتور) نصب شده است که انرژی الکتریکی مصرفی را به کمک آن تعیین می‌کنند. اگر توان مصرفی یک دستگاه برابر P باشد، انرژی مصرفی آن دستگاه در مدت زمان t برابر است با:

$$W=Pt$$

$$(۳-۸)$$

اگر در این رابطه P را برحسب وات و t را برحسب ثانیه قرار دهیم، انرژی مصرفی برحسب

ژول خواهد بود. ولی اگر P را برحسب کیلووات و t را برحسب ساعت قرار دهیم، انرژی الکتریکی مصرفی برحسب کیلووات ساعت (kWh) خواهد شد. شمارگرها، انرژی الکتریکی مصرفی را برحسب کیلووات ساعت مشخص می کنند.

$$1 \text{ kWh} = 1 \times (1000 \text{ W}) \times (3600 \text{ s}) = 3/6 \times 10^6 \text{ W.s} = 3/6 \times 10^6 \text{ J}$$

مثال ۵

روی یک لامپ عددهای 100 W و 220 V نوشته شده است.

الف: اگر اختلاف پتانسیل 220 V ولت به دو سر این لامپ اعمال شود، شدت جریان عبوری از آن چند آمپر می شود؟

ب: اگر این لامپ در هر شبانه روز ۸ ساعت (با اختلاف پتانسیل 220 V ولت) روشن باشد، بهای برق مصرفی آن در یک ماه چقدر می شود؟ بهای هر کیلووات ساعت انرژی مصرفی را 100 ریال فرض کنید.

حل

$$P = VI \Rightarrow I = \frac{P}{V} \Rightarrow I = \frac{100}{220} \Rightarrow I = 0/45 \text{ A} \quad \text{الف:}$$

$$W = P \cdot t \Rightarrow W = \frac{100}{1000} \times 8 \quad \text{ب:}$$

$$W = 0/8 \text{ kWh} \quad \text{انرژی مصرفی لامپ در یک شبانه روز}$$

$$0/8 \times 30 \times 100 = 2400 \quad \text{بهای برق مصرفی لامپ در یک ماه ریال}$$

فعالیت ۱۰

- ۱- مصرف یک ماهه ی برق خانه ای را که در آن زندگی می کنید (با در نظر گرفتن لامپ ها، تلویزیون، یخچال، رادیو و...) به طور تقریبی حساب کنید و نتیجه را با عددی که کنتور برق نشان می دهد مقایسه کنید. اگر اختلافی وجود دارد علت آن را پیدا کنید.
- ۲- بهای برق مصرفی منزل خود را به طور متوسط محاسبه کنید. فرض کنید بهای هر کیلووات ساعت انرژی مصرفی 100 ریال است.

با اعضای گروه خود یک قبض مصرف برق خانگی را مورد مشاهده قرار دهید.

۱- اطلاعات موجود در آن را ذکر کنید.

۲- بهای برق مصرفی هر کیلووات ساعت چند ریال محاسبه شده است؟

صرفه‌جویی در انرژی مصرفی: در فصل اول در مورد مصرف انرژی و تبدیل آن به انرژی درونی صحبت کردیم و دیدیم که مصرف انرژی توسط بشر به تدریج انرژی‌ها را به نوعی که قابل استفاده‌ی مجدد و بازیافت نیستند، تبدیل می‌کند. از این رو در مصرف انرژی باید نهایت دقت را به عمل آورد و از مصرف بی‌رویه‌ی آن جداً خودداری کرد و با درست و به‌جا مصرف کردن آن در حفظ منابع خدادادی کوشید.

بسیاری از وسیله‌های مورد استفاده در منزل برقی هستند. با استفاده‌ی بهینه از آن‌ها می‌توان در مصرف انرژی صرفه‌جویی کرد. صرفه‌جویی در انرژی به معنای درست و به‌جا مصرف کردن است. برای مثال، اگر در یخچال و یخساز منزل مرتباً باز و بسته شود و یا زمان زیادی باز بماند، موتور آن‌ها مدت طولانی‌تری روشن می‌ماند و ضمن آنکه از عمر آن‌ها کاسته می‌شود، مصرف انرژی الکتریکی نیز در آن‌ها بیش‌تر می‌شود. یا اگر در زمان‌هایی که به نور چراغ احتیاج نیست، لامپ‌ها را خاموش کنیم، عملاً در مصرف انرژی صرفه‌جویی کرده‌ایم. روشنایی اتاق در زمان تماشای تلویزیون و یا زمان مطالعه نباید یکسان باشد. در هنگام مطالعه، روشنایی اتاق باید بیش‌تر از هنگام تماشای تلویزیون باشد. بنابراین هنگام مطالعه باید لامپ بیش‌تری (یا لامپ با توان بیش‌تر) روشن باشد و هنگام تماشای تلویزیون باید لامپ‌های اضافی را خاموش کرد.

اگر هنگام ورود به اتاق و ساختمان و یا خروج از آن‌ها درها را ببندیم، در زمستان از خروج هوایی که با مصرف انرژی آن را گرم کرده‌ایم و در تابستان از خروج هوایی که آن را خنک کرده‌ایم جلوگیری می‌کنیم. به این ترتیب به صرفه‌جویی در انرژی و تمیز نگاه داشتن هوا و محیط‌زیست خود کمک شایان توجهی کرده‌ایم. نکته‌ی دیگری که در مصرف انرژی الکتریکی باید به آن توجه کرد، زمان استفاده از وسیله‌های الکتریکی است. در ساعت‌هایی از شبانه‌روز، مانند غروب آفتاب و اوایل شب، مصرف انرژی الکتریکی در منزل‌ها و محل‌های کار بسیار زیاد است. در این ساعت‌ها از وسایل الکتریکی با توان بالا که مصرف انرژی آن‌ها زیاد است (شبیه ماشین لباس‌شویی، کولر، اتوی برقی و...) نباید استفاده کرد. زیرا این کار باعث کاهش شدید اختلاف پتانسیل برق شهر می‌شود و در نتیجه به دستگاه‌های الکتریکی آسیب وارد می‌شود. شما هم فکر کنید و راه‌هایی برای استفاده‌ی بهینه از انرژی الکتریکی پیدا و پیشنهاد کنید.

تمرین‌های فصل سوم

۱- میله‌ی نارسانایی با بار منفی و کره‌ای رسانا و بدون بار روی پایه‌ی نارسانا در اختیار دارید. با رسم شکل توضیح دهید چگونه می‌توان کره را :

الف: دارای بار مثبت کرد؟ ب: دارای بار منفی کرد؟

۲- دو جسم بدون بار را چگونه می‌توان باردار کرد؟ آیا در این روش لازم است به جنس

اجسام توجه شود؟

۳- آزمایش زیر را انجام دهید :

۳-۱- شیر آب سرد را کمی باز کنید تا باریکه‌ای از آب تشکیل شود.

۳-۲- با یک شانه پلاستیکی چند بار سر خود را شانه بزنید.

۳-۳- شانه را به باریکه‌ی آب نزدیک کنید. آیا مسیر آب منحرف می‌شود؟ علت را بنویسید.

۴- در کدام یک از وسیله‌های منزل لازم است بار الکتریکی ایجاد شده را کاهش دهیم (و یا

کنترل کنیم)؟

۵- سوختن زغال‌سنگ در نیروگاه‌ها مقدار زیادی خاکستر، گرد و خاک و گازهای زائد تولید

می‌کند. همه‌ی این فراورده‌ها موجب مشکل‌های زیست‌محیطی می‌شوند. در یک دودکش

رسوب‌دهنده‌ی الکتریکی، خاکستر و گرد و خاک از گازهای زائد حذف می‌شوند (شکل ۳-۱۷).

رسوب‌دهنده شامل شبکه‌ای فلزی است که توسط دو صفحه‌ی فلزی متصل به زمین محصور شده

است. به شبکه‌ی فلزی بار منفی بزرگی داده می‌شود. خاکستر و ذره‌های دود با گذشتن از سیم‌های

شبکه بار منفی پیدا می‌کنند. آن‌ها به طرف صفحه‌های فلزی حرکت می‌کنند و در آن‌جا بار منفی خود

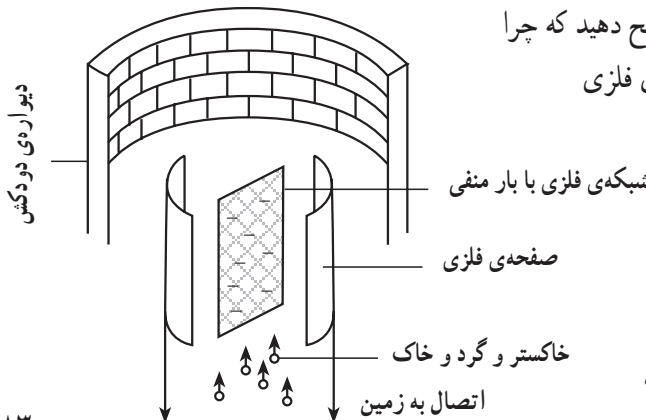
را از دست می‌دهند.

الف - دو مشکل زیست‌محیطی را که پیامد سوختن زغال‌سنگ است نام ببرید.

ب - به‌طور واضح توضیح دهید که چرا

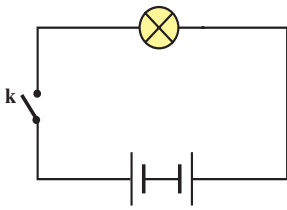
ذره‌های دود به طرف صفحه‌های فلزی

حرکت می‌کنند.



شکل ۳-۱۷

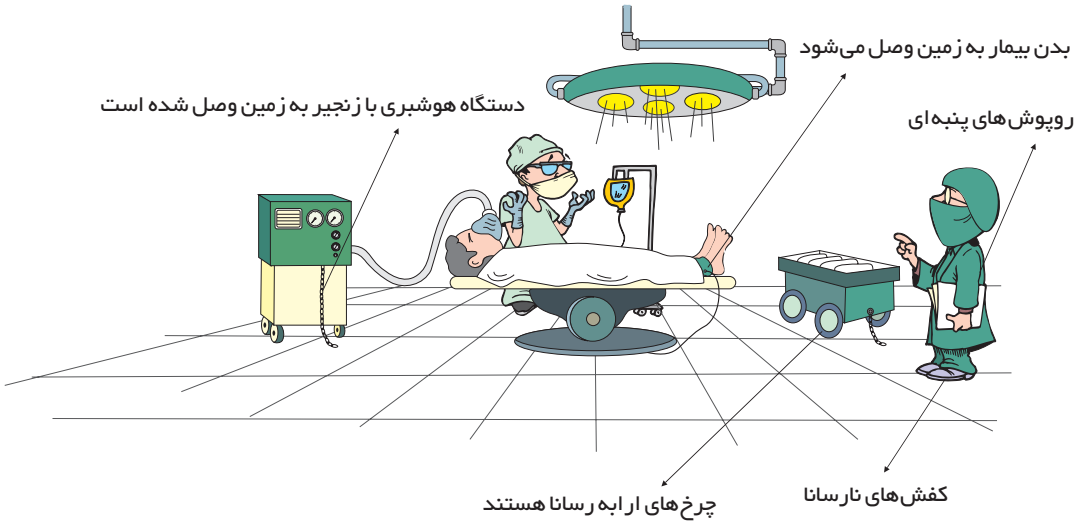
پ - بارهای منفی که توسط ذره‌های خاکستر و دود به صفحه‌های فلزی داده می‌شوند، کجا می‌روند؟



شکل ۳-۱۸

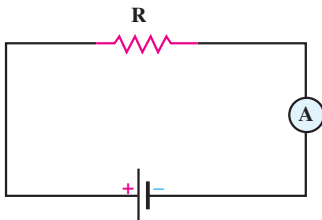
۶- در مدار شکل ۳-۱۸ باتری‌ها مشابه و قطب‌های همنام آن به یک‌دیگر وصل شده‌اند. توضیح دهید با بستن کلید k چه اتفاقی می‌افتد.

۷- با توجه به شکل (۳-۱۹) چند مورد از مشاهده‌های خود که با الکتریسیته‌ی ساکن ارتباط دارد را بنویسید.



شکل ۳-۱۹

۸- در مدار شکل (۳-۲۰) به تدریج دمای مقاومت (R) را بالا می‌بریم. در این صورت:



شکل ۳-۲۰

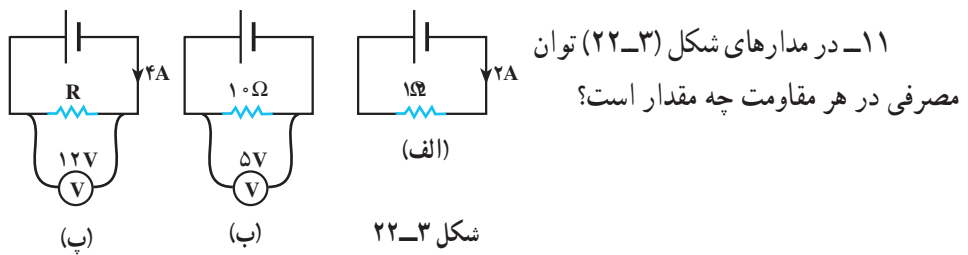
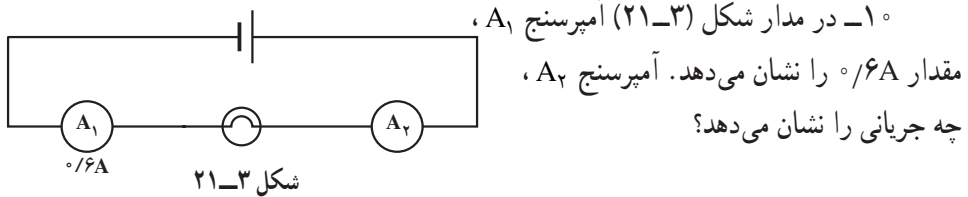
الف - مقاومت، افزایش می‌یابد، کاهش می‌یابد یا تغییر نمی‌کند؟

ب - جریان در مدار، افزایش می‌یابد، کاهش می‌یابد یا تغییر نمی‌کند؟ پاسخ خود را در هر مورد با دلیل بنویسید.

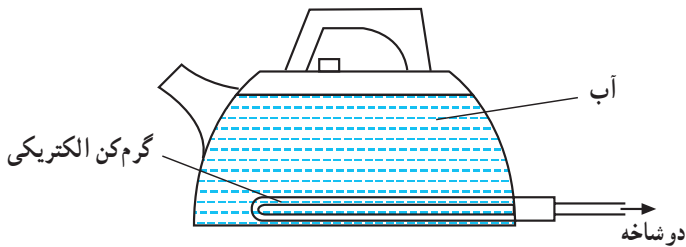
۹- الف - کدام یک از توان‌های 60 W ، 250 W ، 850 W ، 2 kW و $3/5\text{ kW}$ برای وسیله‌های زیر مناسب است:

- ۱- کتری برقی.
- ۲- لامپ چراغ مطالعه.
- ۳- اتوی برقی.

برای بررسی درستی پاسخ خود می‌توانید مشخصات درج شده بر روی این وسیله‌ها را ببینید.
ب- جریان عبوری در یک دستگاه 920 W اتی با اختلاف پتانسیل 230 V ولت چند آمپر است؟



۱۲- در شکل (۲۳-۳) یک کتری برقی را مشاهده می‌کنید.



شکل ۲۳-۳

الف - فرایندهایی را که توسط آن‌ها همه‌ی آب کتری گرم می‌شود نام ببرید و توضیح دهید.
ب- توان قسمت گرم‌کن الکتریکی این کتری 2800 W است. اگر کتری محتوی 2 kg آب 6°C باشد:

۱- انرژی الکتریکی لازم برای این که دمای آب به 100°C برسد چقدر است؟

۲- زمان لازم را برای این که دمای آب به 100°C برسد حساب کنید.

پ- توضیح دهید چرا در عمل به زمانی بیش تر از آن چه در قسمت ب محاسبه کردید نیازمندید.

۱۳- الف - مصرف ماهانه ی انرژی رادیو، تلویزیون و یکی از لامپ های خانه ی خود را حساب کنید.

(فرض کنید که هر کدام روزی ۸ ساعت با اختلاف پتانسیل 220° ولت روشن باشد).

ب - بهای برق مصرفی هریک از وسیله های بالا از قرار هر کیلووات ساعت 100° ریال چقدر

می شود؟

پ- اگر در شهر شما هر خانه یک لامپ 100° وات اضافی را به مدت ۳ ساعت در شب روشن

کند، در طول یک ماه چند کیلووات ساعت انرژی اضافی مصرف می شود؟ بهای آن چند ریال

می شود؟ اگر این مبلغ صرفه جویی شود با آن چه کارهای مفیدی می توان برای شهروندان انجام داد؟

۱۴- روی یک آسیاب برقی دو عدد 800W و 220V نوشته شده است. این آسیاب برقی را

به اختلاف پتانسیل 220° ولت وصل می کنیم. حساب کنید :

۱- جریانی که از آن می گذرد.

۲- انرژی الکتریکی مصرفی ماهانه ی این دستگاه، در صورتی که هفته ای دو بار و هر بار به

مدت 20° دقیقه مورد استفاده قرار گیرد.

۱۵- تفسیر کنید :

۱- نمودار شکل (۳-۲۴) مربوط به لامپی است که در یک مدار قرار دارد.

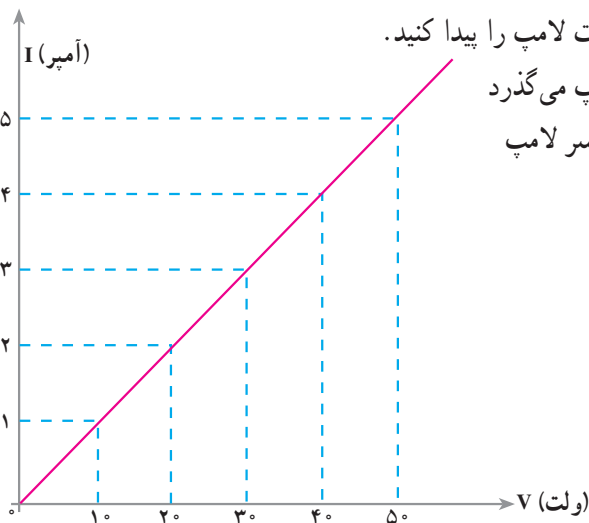
الف - چه رابطه ای بین جریان الکتریکی و اختلاف پتانسیل می توانید پیدا کنید؟

ب - به کمک نمودار، مقاومت لامپ را پیدا کنید.

پ - هرگاه جریانی که از لامپ می گذرد

$2/5$ آمپر باشد، اختلاف پتانسیل دو سر لامپ

چند ولت می شود؟



شکل ۳-۲۴