

## فصل ۴

# دما و گرما

### خلاصه فصل

در این فصل، گرما و برخی پدیده‌های مربوط به آن مورد بحث‌اند. مقیاس‌های دما (سلسیوس، کلونین، فارنهایت)، ظرفیت گرمایی ویژه، انواع روش‌های انتقال گرما (رسانش، همرفت، تابش) و انبساط گرمایی جامدات معرفی می‌شوند. این مباحث با توجه به نیازهای رشته‌های مختلف فنی انتخاب شده‌اند.

### دانسته‌های پیشین

هنرجویان در کتاب علوم هفتم با مفهوم دما، گرما، روش‌های انتقال گرما و تغییر حالت مواد به‌طور مقدماتی و بدون به‌کار بردن روابط و محاسبات آشنا شده‌اند، اما به مبحث « روش‌های انتقال گرما » از بُعد عامل انتقال گرما پرداخته نشده است. در این سطح هیچ‌گونه اشاره‌ای به ابعاد میکروسکوپیکی دما نشده است.

مدت تدریس پیشنهادی	اجزای واحد یادگیری	واحد یادگیری
۸۰ دقیقه	۱-۴ دما	۱
۸۰ دقیقه	۲-۴ گرما	۲
۸۰ دقیقه	۳-۴ انتقال گرما	۳
۸۰ دقیقه	۴-۴ انبساط گرمایی	۴
۸۰ دقیقه	پاسخ پرسش‌ها و مسئله‌های پایان فصل	۵

## اهداف فصل در حوزه یادگیری علوم

دانش	مهارت	نگرش (ارزش)
<p>- آشنایی با برخی مبنای، مفاهیم، قوانین و نظریه‌های فیزیکی در حوزه گرما</p> <p>- آشنایی با تفاوت مواد رسانا و نارسنای گرما</p> <p>- آشنایی با کاربرد قوانین و نظریه‌های گرما در ساخت و استفاده از بعضی ابزارهای مورد نیاز در زندگی روزانه</p> <p>- آشنایی با کاربرد قوانین و نظریه‌های گرما در توجیه پدیده‌ها و ارتباط آنها با دانش‌های دیگر</p> <p>- آشنایی با روش مطالعه و تحقیق و تحلیل‌های دانشمندان برای پیشرفت فیزیک و ساخت ابزار جدید</p> <p>- درک قانون انبساط گرمایی با تفسیر دلیل</p> <p>- آشنایی با مقیاس‌های دما و کاربرد آنها در صنعت</p> <p>- شناسایی عوامل مؤثر بر انتقال گرما و محاسبه انرژی هدر رفته از طریق رسانش</p> <p>- آشنایی با کمیت ظرفیت گرمایی ویژه و تشخیص اهمیت ظرفیت گرمایی ویژه آب در طبیعت و صنعت</p>	<p>- آشنایی با کاربرد قوانین و نظریه‌ها در ساخت و استفاده از بعضی ابزارهای مورد نیاز در زندگی روزانه.</p> <p>- کسب توانایی لازم برای انجام برخی آزمایش‌های گرما و جمع‌آوری داده‌ها و تجزیه و تحلیل آنها</p> <p>- کسب توانایی به کارگیری مواد آموزشی مختلف</p> <p>- پرورش و تقویت مهارت برقراری ارتباط و مشارکت در فعالیت‌های گروهی و جمعی</p> <p>- توجه به تجارب روزانه زندگی از نظر مبنای علمی آن پدیده‌ها و مشاهده علمی آنها</p> <p>- تقویت مهارت پرسشگری در زمینه تجارب روزانه و شغلی</p> <p>- به کار بردن قوانین موجود در این فصل (مثلاً قانون انبساط) در حل مسائل مربوط به حوزه شغلی</p>	<p>- ارج نهادن به کار دانشمندان در زمینه گرما</p> <p>- تقویت حس کنجکاوی نسبت به توجیه پدیده‌های مرتبط با گرما</p> <p>- ایجاد و تقویت تفکر علمی و حس کاوشگری برای کشف رابطه بین علت و معلول در پدیده‌های فیزیکی</p> <p>- پی‌بردن به وجود یک خالق و نظم دهنده یکتا با توجه به مشاهده نظام‌مند بودن پدیده‌های طبیعی</p> <p>- تقویت روحیه صرفه‌جویی و رعایت اعتدال در مصرف انرژی</p> <p>- تقویت روحیه توجه به اهمیت عایق‌بندی در ساختمان‌سازی</p> <p>- تقویت روحیه همکاری و تعاون و احترام به دیدگاه‌های متفاوت و پذیرفتن منطقی در گفت‌وگو</p> <p>- پرورش و تقویت روحیه احترام به نظم و قانون در عمل و مسئولیت‌پذیری در کار گروهی</p>



## ایجاد انگیزه

علاوه بر تصویر ابتدای فصل، که متناسب با کاربرد این فصل در صنعت انتخاب شده است، برای ایجاد انگیزه و درگیر کردن هنرجویان با موضوع درس و تعیین سطح، می‌توان پرسش‌هایی مانند موارد زیر را مطرح کرد:

۱. گرما چیست؟
۲. تفاوت گرما با دما چیست؟
۳. زمانی که شیشه‌ی مربا را زیر آب گرم می‌گیرید، چه چیزی رخ می‌دهد که در شیشه باز می‌شود؟
۴. رفتار موادی مثل آهن و پلاستیک در مقابل گرما چه تفاوت‌هایی دارد؟
۵. مردم برای جلوگیری از هدر رفتن گرما چه راهکارهایی را پیش می‌گیرند؟
۶. افزایش یا کاهش دما در عالم مولکولی چگونه رخ می‌دهد؟

## مقدمه

### ● هدف

- یادآوری مفهوم دما و دماسنجی از کتاب علوم
- بیان مفاهیم و پدیده‌های پیش رو در این فصل

## ۴-۱ دما

### ● هدف

- جلب توجه هنرجویان و یادآوری تجربه‌ای که باعث ایجاد پرسشی در ذهن هنرجو می‌شود و تا انتهای بخش که به پاسخ آن برسد، او را به دنبال خود می‌کشاند.
- شایستگی غیر فنی: به نمایش‌گذاری مراقبت‌ها و مسئولیت‌های اجتماعی در قبال سنت چهارشنبه‌سوری

### ● راهنمای تدریس

- با طرح تجربه‌های ملموس از زندگی روزمره، ضمن بررسی اطلاعات هنرجویان، انگیزش لازم برای تدریس مفهوم دما فراهم می‌شود:
- فشفسه‌بازی
- سنجش تب با دست یا دماسنج
- دمای فر برای پختن غذاهای مختلف
- اعلام دمای هوا
- تنظیم دمای فریزر
- بالا رفتن دمای آب کتری

## ۴-۱-۱ مفهوم دما

### ● هدف

- یادآوری مفهوم کیفی دما از کتاب علوم دوره راهنمایی
- آشنایی با مفهوم میکروسکوپی دما

### ● دانش پیش نیاز

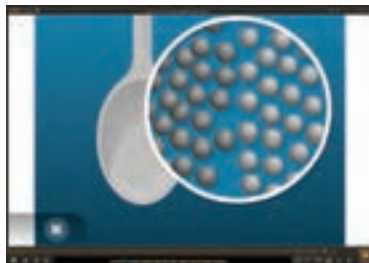
- مفهوم انرژی جنبشی
- مفهوم کمیت فیزیکی

### اشتباهات رایج

افراد معمولاً انرژی جنبشی تمام ذرات ماده را یکسان در نظر می‌گیرند و به میانگین بودن آن دقت نمی‌کنند.

### ● راهنمای تدریس

با جمع‌بندی تجارب هنرجویان در قسمت قبل، به راحتی می‌توان دربارهٔ تعریف ماکروسکوپیکی دما به نظر یکسانی رسید؛ اما به منظور جلب توجه هنرجویان به مقیاس میکروسکوپی دما، بهتر است این سؤال پرسیده شود که «هنگام گرم شدن یا سرد شدن ماده، چه اتفاقی برای ذرات آن می‌افتد؟» به منظور نمایش میکروسکوپی دما فیلم‌های موجود در لوح فشرده به یادگیری کمک خواهند کرد.



فیلم ۱: نمایش میکروسکوپی سرد شدن قاشق  
فیلم ۲: نمایش میکروسکوپی گرم شدن قاشق

### هدف

- مشاهده پدیده همرفت در مایعات
- ایجاد ارتباط پدیده همرفت با دما و جنبش مولکول‌ها
- تقویت شایستگی استدلال و پیش‌بینی
- نتیجه: به دلیل انرژی جنبشی انتقالی بیشتر مولکول‌ها در آب گرم، جوهر سریع‌تر پخش می‌شود و پدیده همرفت با سرعت بیشتری نسبت به آب سرد رخ می‌دهد.

### آزمایش کنید

## ۴-۱-۲ اندازه‌گیری دما

### ● هدف

- یادآوری مدرج‌سازی دماسنج به روش سلسیوس
- جلب توجه به اساس کار دماسنج‌های جیوه‌ای و الکلی

● دانش پیش نیاز

- مفهوم دماسنجی از کتاب علوم هفتم
- روش درجه بندی دماسنج به روش سلسیوس از علوم هفتم

● راهنمای تدریس

با توجه به تجربه های مختلف می توان هنرجو را به این نتیجه رساند که برای اندازه گیری دما به ابزار دقیق تری نیاز است و حس لامسه مناسب نیست. برخی از آنها عبارت اند از:

- فکر کنید کتاب درسی علوم
- لمس آهن و چوب به کار رفته در صندلی های کلاس و
- نمایش فیلم مربوط به آن
- لمس یخ به مدت طولانی



فیلم: نمایش میکروسکوپی دلیل خطای حس لامسه هنگام لمس چوب و آهن با دمای یکسان



شکل ۴-۱ خطای حس لامسه و دماسنجی از کتاب علوم

فکر کنید

هدف:

- ایجاد ارتباط افقی با فصل ۱ کتاب و توجه به ملاک های لازم برای تعریف یک کمیت فیزیکی
- پاسخ: یکی از ملاک های تعریف کمیت فیزیکی، وجود روش و ابزار دقیق برای اندازه گیری آن است. با توجه به دقیق نبودن حس لامسه، این روش برای تعریف کمیت دما مناسب نیست.

فکر کنید پیشنهادی

هدف:

- ارتباط افقی با فصل ۱ و توجه به دلیل انتخاب سانتی گراد برای یک درجه
- شایستگی غیرفنی: درک فرآیند یادگیری
- با توجه به پیشوندهای تبدیل واحد که در فصل ۱ داشتید و شیوه درجه بندی دماسنج به روش سلسیوس، چرا هر درجه سلسیوس را یک سانتی گراد هم می نامند؟
- پاسخ: سانتی معادل  $1/100$  است و به دلیل اینکه بین صفر تا  $100$ ، دماسنج به صد قسمت مساوی تقسیم می شود، هر یک از قسمت ها معادل  $1/100$  است. گراد به معنای درجه است؛ بنابراین هر قسمت را یک سانتی گراد می نامند.

### ● هدف

- معرفی مقیاس‌های مختلف دما و رابطه آنها با یکدیگر
- **شایستگی غیرفنی:** آشنایی با کاربرد مقیاس‌های مختلف اندازه‌گیری دما در صنعت و زندگی
- **شایستگی غیرفنی:** فهم نیازمندی‌های دنیای کار
- **شایستگی غیرفنی:** به کار بردن علم ریاضی در رشته

### ● اشتباهات رایج

معمولاً دمای صفر کلوین را معادل صفر بودن انرژی ذرات جسم و توقف کامل آنها تصور می‌کنند.

### ● راهنمای تدریس

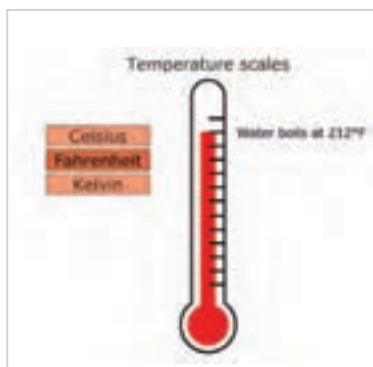
با توجه به آشنایی قبلی هنرجویان با مقیاس سلسیوس در کتاب علوم هفتم و اهمیت مقیاس فارنهایت در صنعت و رشته‌های فنی، توجه ویژه در تدریس این مقیاس به دبیران محترم توصیه می‌شود. در رابطه با نقطه صفر کلوین و انرژی ذرات ماده در این دما می‌توان برای فهم دقیق‌تر آن، توضیحات زیر را ارائه کرد.

### ● دانش افزایی

عدد صفر کلوین مربوط به پایین‌ترین دمای ممکن است که در آن دما، ذرات ماده هیچ انرژی جنبشی برای از دست دادن ندارند. این بیان بدین معناست که ماده دارای چیزی است که انرژی نقطه صفر خوانده می‌شود؛ اما این انرژی خارج از دسترس است و نمی‌تواند به ماده دیگری منتقل شود؛ مثلاً هلیوم مایع در صفر مطلق دارای انرژی کافی برای جلوگیری از انجماد است. دما به صورت میانگین انرژی جنبشی ذرات ماده تعریف شد. اما به طور دقیق‌تر باید گفت، دما با میانگین انرژی جنبشی انتقالی مولکولی ماده متناسب است. دما مربوط به حرکت کاتوره‌ای اتم‌ها و مولکول‌های ماده است. علاوه بر حرکت کاتوره‌ای، مولکول‌ها می‌توانند بچرخند و اتم‌هایشان نیز می‌توانند ارتعاش کنند. اما این حرکت‌ها انتقالی نیستند و تأثیر مستقیمی در دما ندارند. برای توضیح این پدیده باید از نظریه کوانتومی استفاده کرد. فیلم تعاملی، موجود در لوح فشرده، تمرین مناسبی برای تبدیل مقیاس‌های مختلف دما و نمونه‌های عینی از مقایسه آنها است.



آزمایشگاه مجازی: مدرج سازی دماسنج به روش سلسیوس و کالیبره کردن آن



فیلم تعاملی: مقایسه نقطه ذوب یخ و نقطه جوش آب برای سه مقیاس

نکته

برخی از منابع معادله تبدیل دو مقیاس سلسیوس و فارنهایت را به صورت زیر بیان کرده‌اند.

$$F = \frac{1}{180} \theta + 32$$

با توجه به این معادله می‌توان به نکته ۴-۱ این مورد را اضافه کرد که بازه‌های دمایی در مقیاس فارنهایت ۱/۸ برابر بازه‌های دمایی در مقیاس سلسیوس هستند.

$$\Delta F = \frac{1}{8} \Delta \theta$$

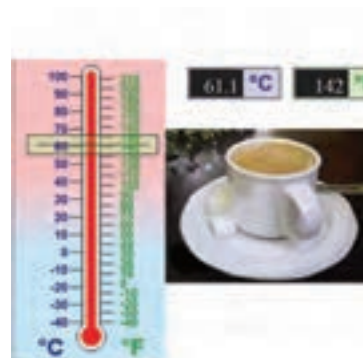
تمرین کنید پیشنهادی

- توجه به دقیق‌تر بودن مقیاس فارنهایت

- شایستگی غیرفنی: تقویت کار تیمی

کدام یک به طور میانگین، به میزان کمتری انرژی جنبشی مولکولی جسم را افزایش می‌دهند: افزایش دمای ۱ درجه سلسیوس یا افزایش دمای ۱ درجه فارنهایت؟

پاسخ: به دلیل کوچک‌تر بودن بازه دمایی ۱ درجه فارنهایت، مقدار افزایش دمای جسم کمتر بوده و میانگین انرژی جنبشی ذرات جسم نیز کمتر افزایش می‌یابد.



فیلم تعاملی: بیان نمونه‌های عینی از دماهای مختلف در دو مقیاس فارنهایت و سلسیوس روی نمودار

هدف:

- تبدیل مقیاس‌های مختلف دما در موارد آشنا  
- مهارت حل مسئله ریاضی

دما بر حسب فارنهایت	دما بر حسب کلوین	دما بر حسب درجه سلسیوس	جسم
۱۰۹۲۳/۸	۵۷۷۸	۶۰۵۱	دمای سطح خورشید
۴۲۸	-۵۳	۲۲۰	دمای جوش روغن سرخ کردنی
۲۱۲	۲۸۳	۱۰۰	دمای آب در حال جوش
۳۲	۲۷۳	۰	دمای یخ در حال ذوب
-۴۵۹/۴	۰	-۲۷۳	دمای صفر مطلق

## ۴-۲ گرما

### ● هدف

- پی بردن به قانون دوم ترمودینامیک به بیان ساده (گرما همواره خودبه خود از منطقه دمای بالاتر به منطقه دمای پایین تر جریان می یابد)  
- شناسایی قوانین، اصول و حقایق جهان

### ● راهنمای تدریس

با توجه به تجربه‌های مختلفی می توان  
هنرجو را به این نتیجه رساند که قانون  
یکسانی بر جهت شارش گرما حاکم است:

- سوختن زبان از غذای داغ  
- گرم شدن غذای سرد روی اجاق  
- احساس سرما هنگام راه رفتن روی موزائیک  
سرد

- گرم شدن دسته قاشق درون قابلمه روی  
اجاق

- گرم شدن بدن پس از نوشیدن چای گرم  
در یک روز سرد

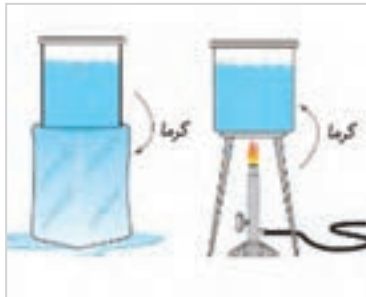




## تجربه کنید پیشنهادی

هدف:

– پی بردن به جهت شارش گرما براساس انرژی جنبشی ذرات دو جسم  
اگر تیلۀ سریعی به تیله‌های کم سرعت برخورد کند، سرعت می‌گیرد یا کند می‌شود؟  
کدام تیله انرژی جنبشی از دست می‌دهد و کدام یک به دست می‌آورد؟ برخورد  
تیله‌ها چه ارتباطی با جهت جریان گرما بین دو جسم دارد؟  
پاسخ: حرکت تیلۀ پر سرعت کند شده و تیله‌های کم سرعت، سرعت بیشتری  
می‌گیرند. همان‌طور که انرژی جنبشی از تیلۀ سریع‌تر به تیله‌های کندتر منتقل شد،  
گرما نیز از جسم با دمای بالاتر که ذراتش انرژی جنبشی بیشتری دارند به جسم با  
دمای پایین‌تر منتقل می‌شود.



شکل ۴-۲ جهت شارش گرما



شکل ۴-۳ جهت انتقال انرژی هنگام برخورد یک تیلۀ سریع به تیله‌های ساکن

## ۴-۲-۱ مفهوم گرما

● هدف

- درک انرژی درونی و گرما و ارتباط و تفاوت آنها با هم
- اشتباهات رایج
- انرژی درونی را با انرژی شیمیایی یکسان می‌دانند.
- تفاوت بین گرما و دما را نمی‌دانند.
- گرما را کمیتی متعلق به یک جسم می‌دانند (مانند دما)

● راهنمای تدریس

همان‌طور که در راهنمای تدریس بخش مقیاس‌های دما ذکر شد، علاوه بر انرژی جنبشی انتقالی، مولکول‌های جسم، انرژی‌های دیگری نیز دارند. انرژی جنبشی ناشی از حرکت‌های داخلی اتم‌ها در مولکول، و انرژی پتانسیل ناشی از نیروهای بین مولکولی، از آن جمله‌اند. انرژی درونی در واقع مجموع همه انرژی‌های ذرات ماده است؛ بنابراین ماده دارای گرما نیست، بلکه حاوی انرژی درونی است.

هدف:

– درک عمیق‌تر مفهوم گرما و انرژی درونی  
 یک کوه یخ و یک فنجان چای گرم را در نظر بگیرید. ذرات کدام یک انرژی جنبشی بیشتری دارند؟ چرا؟ کدام یک دارای انرژی درونی بیشتری است؟ جهت انتقال گرما بین این دو چگونه است؟ آیا جهت انتقال گرما با انرژی درونی رابطه‌ای دارد؟  
 پاسخ: ذرات چای گرم به دلیل بالاتر بودن دما، به طور میانگین دارای انرژی جنبشی بیشتری هستند.

کوه یخ به دلیل بالاتر بودن جرم و تعداد ذراتش و با وجود کمتر بودن انرژی جنبشی این ذرات نسبت به چای گرم، دارای انرژی درونی بیشتری است. انرژی درونی مجموع انرژی‌های ذرات جسم است؛ بنابراین تابعی از دما به تنهایی نیست.  
 جهت انتقال گرما تنها تابعی از دمای دو جسم است؛ بنابراین گرما از فنجان چای به کوه یخ منتقل می‌شود.

## ۴-۲-۲ محاسبه مقدار گرما

### ● هدف

- درک رابطه بین مقدار تغییر دما و مقدار گرمای منتقل شده
- درک رابطه بین جرم جسم و مقدار گرمای مورد نیاز

### ● راهنمای تدریس

گرچه در بسیاری از منابع دانشگاهی ابتدا به تعریف ظرفیت گرمایی ویژه برحسب  $Q/m\Delta\theta$  پرداخته شده است؛ اما در کتاب‌های درسی برخی از کشورها، از تجربه روزانه هنرجو در مورد مقدار گرمای مورد نیاز برای گرم کردن یک جسم تا دمایی خاص، استفاده شده است. در این روش، سه عامل مرتبط با مقدار گرمای مورد نیاز، یعنی جنس، میزان تغییر دما و مقدار جرم، شناسایی شده و ابتدا رابطه گرما استخراج و سپس ظرفیت گرمایی ویژه تعریف شده است.  
 می‌توانید با استفاده از آزمایشگاه مجازی موجود در لوح فشرده، نقش آن سه عامل را برای هنرجویان نشان دهید.



آزمایشگاه مجازی: سه فاکتور مؤثر در مقدار گرما

تجربه کنید

هدف: درک رابطه بین گرما و تغییر دما  
 پاسخ: هرچه میزان تغییر دمای بیشتری مد نظر باشد، گرمای بیشتری هم مورد نیاز است. یا بالعکس؛ هرچه گرمای بیشتری به جسم داده شود، میزان تغییر دما بیشتر خواهد بود.

تجربه کنید

هدف: درک رابطه بین جرم و گرما  
 پاسخ: هرچه مقدار جرم بیشتر باشد، برای رسیدن به یک دمای معین، گرمای بیشتری لازم است. یا بالعکس؛ هرچه جرم جسم بیشتر باشد، مقدار گرمای بیشتری از خود به محیط می‌دهد.

● دانش افزایی

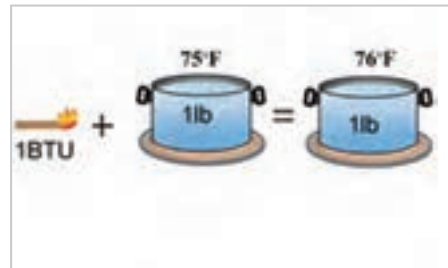
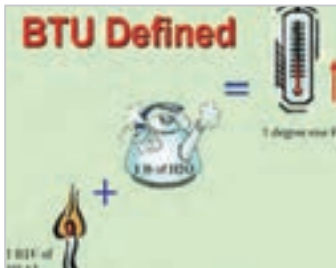
British Thermal Unit (BTU)

یکای بریتانیایی گرما در سیستم‌های حرارتی و برودتی

BTU واحد اندازه‌گیری انرژی گرمایی در تأسیسات برودتی و حرارتی است. هر BTU میزان گرمایی است که دمای یک پوند (۴۵۳/۵۶ گرم) آب را در فشار یک اتمسفر از ۷۵ درجه فارنهایت به ۷۶ درجه فارنهایت برساند. برای محاسبه کولر گازی یا اسپیلت مورد نیاز در طبقات وسط ساختمان، به ازای هر مترمربع حدود BTU ۶۰۰-۴۰۰ و برای طبقاتی که بالای آنها پشت بام است، به دلیل تابش آفتاب بر سقف، به ازای هر مترمربع BTU ۸۰۰-۶۰۰ در نظر گرفته می‌شود. برای تبدیل BTU به واحدهای دیگر انرژی گرمایی می‌توان از این روابط استفاده کرد.

$$1 \text{ BTU} = 252 \text{ Cal}$$

$$1 \text{ BTU} = 1055/07 \text{ J}$$



## ● دانش افزایی

**کالری** (calorie) کالری برای اولین بار در سال ۱۸۲۴ میلادی توسط نیکلاس کلمان به عنوان واحدی برای گرما تعریف شد. واژه کالری از واژه لاتین calor به معنی گرما گرفته شده است. بین سال‌های ۱۸۴۱ و ۱۸۶۷ این لغت به فرهنگ‌های انگلیسی و فرانسوی اضافه شد.

کالری به دو صورت تعریف می‌شود:

کالری کوچک یا گرم کالری (Cal): مقدار انرژی مورد نیاز برای افزایش دمای ۱ گرم آب ۱۴/۵ درجه سلسیوس به ۱۵/۵ درجه در فشار هوای ۱ اتمسفر.

کالری بزرگ یا کیلوگرم کالری (kcal): همان کالری غذایی بوده و مقدار آن برابر است با مقدار انرژی مورد نیاز برای افزایش دمای ۱ سانتی‌گرادی ۱ کیلوگرم آب ۱۴/۵ درجه سلسیوس به ۱۵/۵ درجه.

این واحدها سال‌ها در سیستم اندازه‌گیری متریک استفاده می‌شدند. در سال ۱۹۴۸، جامعه علمی تصمیم گرفت چون در گرما (مانند کار) انرژی منتقل می‌شود، یکای SI برای گرما همان ژول باشد.



## ظرفیت گرمایی ویژه

### ● هدف

- آشنایی با مفهوم ظرفیت گرمایی ویژه
- شایستگی غیرفنی: درک اهمیت آب در صنعت و طبیعت
- دانش پیش‌نیاز
- مفهوم تغییر دما  $\Delta\theta$
- مفهوم انرژی درونی

## تدریس پیشنهادی

### ● راهنمای تدریس

پس از راهنمایی هنرجویان برای درک مفهوم ظرفیت گرمایی ویژه، پیشنهاد می‌شود از آنها بخواهیم در مورد اعداد جدول ظرفیت گرمایی ویژه بحث کنند. همچنین در مورد کمیت آن نیز می‌توان به بحث و گفت‌وگو نشست. برای مثال از هنرجویان بپرسیم که اگر دمای مس را یک درجه افزایش دهیم، چقدر گرما دریافت کرده است؟ حال اگر دمای مس دو درجه افزایش یابد چقدر گرما دریافت کرده است؟ سؤالات را با حالت معکوس یعنی از دست دادن گرما هم بپرسیم.

### فکر کنید پیشنهادی

هدف:

– تفکر درباره کاربرد موادی با ظرفیت گرمایی ویژه بالا و پایین در صنعت و طبیعت  
 – شایستگی غیر فنی: انتخاب فناوری‌های مناسب در دنیای کار  
 ظرفیت گرمایی ویژه اجسام مختلف در جدول ۴-۱ را از زیاد به کم مرتب کنید. به نظر شما موادی که ظرفیت گرمایی ویژه بالایی دارند چه کاربردهایی می‌توانند داشته باشند؟ اجسامی که ظرفیت گرمایی ویژه آنها کم است چگونه؟  
 پاسخ: در مواردی که نیاز به تغییر دمای فوری با گرمای کم باشد، از موادی با ظرفیت گرمایی کم استفاده می‌شود؛ مثلاً تفلون‌ها. در مواردی که نیاز به ذخیره مقدار گرمای زیادی با تغییر دمای کم باشد، از موادی با ظرفیت گرمایی ویژه بالا استفاده می‌شود؛ مثل کاربرد آب در کیسه آب گرم یا روغن‌های مخصوص در صنعت تراشکاری

### فکر کنید

هدف:

– ایجاد ارتباط افقی با فصل ۱  
 – شایستگی غیر فنی: تفکر درباره برخی تجارب روزانه مرتبط با ظرفیت گرمایی ویژه آب  
 پاسخ  
 الف) کمیت فرعی است، زیرا یکای آن ترکیبی از چند کمیت اصلی است.  
 ب) به دلیل اینکه درصد زیادی از هندوانه از آب تشکیل شده است و آب نیز به دلیل ظرفیت گرمایی ویژه بالا، با از دست دادن مقدار زیادی گرما تغییر دمایی اندک دارد. (گرچه در این پدیده به دلیل رسانندگی ضعیف گرمایی آب نیز می‌تواند دخیل باشد)  
 ج) به دلیل اینکه آب با تغییر دمایی اندک، مقدار زیادی گرما از دست بدهد و موتور اتومبیل را بهتر خنک کند.

با انجام آزمایش پیشنهادی و فیلم جالب زیر می‌توان ظرفیت گرمایی ویژه بالای آب را برای هنرجویان ملموس‌تر کرد.



### آزمایش پیشنهادی

**هدف:** تجربه واقعی ظرفیت گرمایی ویژه بالای آب وسایل مورد نیاز: دو عدد بادکنک، دو عدد شمع، آب یکی از بادکنک‌ها را با آب و دیگری را با هوا پر کنید. سپس هر دو را روی شعله شمع بگیرید. نتیجه: بادکنکی که حاوی آب است، نمی‌ترکد، اما بادکنک پر از هوا خیلی زود می‌ترکد. این به دلیل ظرفیت گرمایی ویژه بالای آب است که گرمای شعله شمع را درون خود ذخیره می‌کند، در حالی که دمای تغییر زیادی نمی‌کند.

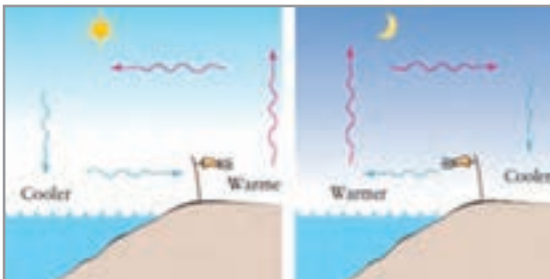


فیلم: آزمایش مقایسه ظرفیت گرمایی ویژه آب و هوا

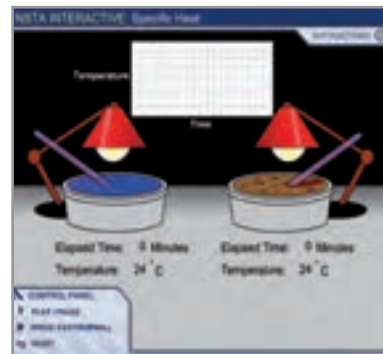
برای نشان دادن جایگاه ظرفیت گرمایی ویژه بالای آب در طبیعت و نقش آن در ایجاد نسیم دریا، می‌توان از آزمایشگاه مجازی تعاملی پیشنهادی استفاده کرد. همچنین نمایش فیلم‌های موجود در لوح فشرده توصیه می‌شود. ظرفیت گرمایی ویژه بالای آب نسبت به خاک باعث ایجاد نسیم دریا در طول روز و شب می‌گردد. به عنوان یک فعالیت جانبی برای هنرجویان علاقه‌مند، این آزمایش مجازی و اینفوگرافی زیر توصیه می‌گردد. البته این پدیده به همرفت هم ارتباط دارد و می‌توان در آن قسمت هم از این آزمایش و تصاویر استفاده کرد.



فیلم: کاربرد ظرفیت گرمایی ویژه آب در زندگی



شکل ۴-۴ جهت وزش نسیم در ساحل در شبانه روز



فیلم تعاملی: مقایسه ظرفیت گرمایی ویژه آب و خاک

تمرین کنید

هدف: به کار بردن معادله گرما در یک موقعیت عینی  
پاسخ:

$$m=2\text{Kg}, \theta_1=20^\circ\text{C}, \theta_2=100^\circ\text{C}, P=1400\text{ w}, t=?$$

$$Q = mc\Delta\theta \rightarrow Q = 2 \times 4200 \times (100 - 20) \rightarrow Q = 84000 \times 80 = 6720000\text{ J} = 6720\text{ kJ}$$

$$t = \frac{6720000}{1400} = 4800\text{ s}$$

تمرین کنید پیشنهادی

هدف: دقت به علامت Q در معادله گرما

جواهرسازی یک قطعه طلای زینتی به جرم ۱۰ گرم و ظرفیت گرمایی ویژه  $129\text{ J/kgC}^\circ$  را تا دمای  $1000^\circ\text{C}$  گرم کرده و پس از شکل دادن آن را درون آب سرد می‌اندازد. پس از خنک شدن قطعه به دمای  $30^\circ\text{C}$  می‌رسد. مقدار گرمایی که این قطعه طلا از دست داده، چند کیلوژول بوده است؟ علامت  $\theta$  این فرایند مثبت است یا منفی؟ علامت Q چگونه؟

## ۴-۳ انتقال گرما

● هدف

- یادآوری روش‌های انتقال گرما از کتاب علوم

● دانش پیش‌نیاز

- روش رسانش، همرفت و تابش از نظر میکروسکوپیکی از کتاب علوم هفتم
- مواد رسانا و عایق گرما از کتاب علوم هفتم
- طیف امواج الکترومغناطیسی از کتاب علوم هشتم

● راهنمای تدریس

بهتر است از هنرجویان خواسته شود متن مربوط به این قسمت از کتب علوم را از لوح فشرده مطالعه کرده و به صورت خلاصه با رسم اینفوگرافی یا نقشه مفهومی به کلاس ارائه دهند.



## ۴-۳-۱- رسانش گرمایی

### ● هدف

- توجه به عامل انتقال گرما در رسانش (نوسان ذرات ماده) در مقیاس مولکولی

- شایستگی غیرفنی: شناسایی فناوری‌های مناسب برای کاهش اتلاف گرما

- شایستگی غیرفنی: ایمنی در کار

- شایستگی غیرفنی: نگرش مثبت به سنت‌ها و فناوری‌های قدیم

### اشتباهات رایج

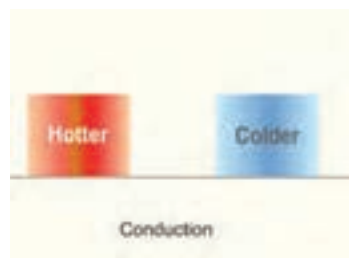
عایق‌بندی را به معنای عدم انتقال گرما می‌دانند. بهتر است در بخش آهنگ انتقال گرما به این نکته اشاره شود که تفاوت مواد عایق و رسانا، در تفاوت آهنگ انتقال گرماست و هیچ ماده عایق کاملی وجود ندارد. آزمایش مجازی روبه‌رو این کج فهمی را به‌خوبی اصلاح می‌کند.

### ● راهنمای تدریس

رسانش از مقیاس مولکولی و تفاوت رسانش در حالت‌های مختلف ماده در این کتاب مورد توجه است؛ لذا فیلم‌های موجود در لوح فشرده به درک این بحث از مقیاس مولکولی کمک خواهد کرد.



فیلم تعاملی ۱: نمایش سه روش انتقال گرما



فیلم تعاملی ۲: مثال از سه روش انتقال گرما



آزمایشگاه مجازی: مقایسه آهنگ رسانش مواد مختلف



فیلم تعاملی: نمایش میکروسکوپی سه روش انتقال گرما



فکر کنید

هدف:

- مقایسهٔ رسانش در حالات مختلف ماده  
 - پاسخ: در جامدات رسانش بیشتر است. این امر به دلیل فاصلهٔ کمتر مولکول‌های آنها از یکدیگر است که باعث می‌شود نوسان قسمت‌های گرم‌تر به قسمت‌های سردتر راحت‌تر منتقل شود.

فکر کنید

هدف:

- مقایسهٔ رسانش گازها و جامدات  
 - شایستگی غیرفنی: ارزش‌گذاری به مشاغل مختلف  
 پاسخ: با وجود دمای یکسان هوا و دیوارهٔ تنور، به دلیل رسانش بالاتر جامدات و رسانایی ضعیف هوا، گرما به راحتی از دیوارهٔ تنور به دست منتقل می‌شود.

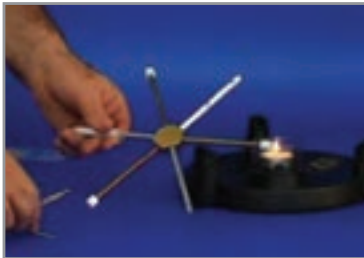
### ۴-۳-۲ محاسبهٔ آهنگ رسانش گرما

● هدف

یافتن عوامل مؤثر بر آهنگ رسانش گرما  
 - شایستگی غیرفنی: آشنایی با روش‌های کاهش اتلاف گرما از طریق رسانش  
 - شایستگی غیرفنی: صرفه‌جویی در منابع انرژی

● راهنمای تدریس

برای سهولت در درک عوامل مؤثر در آهنگ رسانش گرما، استفاده از شکل‌های کتاب و آزمایش‌ها و فیلم‌های زیر توصیه می‌شود.



فیلم: نمایش عامل جنس و طول در رسانش

آزمایش پیشنهادی

هدف: بررسی عامل طول و جنس

وسایل مورد نیاز: میله‌هایی با جنس و طول متفاوت، شعله، موم، خلال دندان  
 به نوک دو سر میله‌ها و وسط آنها، توسط موم سه خلال دندان بچسبانید. میله‌ها را از یک نقطه روی شعله قرار دهید.

نتیجه: آهنگ انتقال گرما با طول میله رابطهٔ عکس دارد و خلال دندان‌هایی که از شعله دورتر هستند، دیرتر می‌افتند. زمان سقوط خلال دندان به جنس میله نیز بستگی دارد.

فیلم: نمایش عامل جنس و طول در رسانش

تمرین کنید

هدف:

- ایجاد ارتباط افقی با فصل ۱
- تقویت استدلال منطقی

پاسخ:

$$Q = \frac{KA\Delta T}{L} \rightarrow K = \frac{QL}{A\Delta T} \rightarrow \text{واحد } K = \frac{J.m}{m^2.s.K} = \frac{J}{m.s.K}$$

فکر کنید

هدف:

- توجه به عامل طول در رسانش گرما
  - ارزش‌های ایرانی اسلامی در معماری سنتی
  - جایگاه رسانندگی گرمایی مواد در صنعت
- پاسخ: الف) گل دارای قابلیت رسانش گرمایی کمی است.  
ب) عامل ضخامت یا همان طول انتقال گرما با مقدار گرمای انتقالی رابطه عکس دارد.

آسروان هور گورمان: هر چه ریزش بیشتر باشد مقدار گرمایی بیشتر می‌گردد. هر چه ریزش کمتر باشد مقدار ریزش کمتر است.

فت با طبیعت هدایت گرمایی یا رسانش گرمایی (K) به‌صورتی که مقدار مواد می‌باشد گرما را با انتقال یکسانی می‌دهد. فواید رسانش خوب گرما هستند و موادی همچون چوب و پلاستیک رسانش ضعیف گرما هستند و موادی مانند مس رسانش خوبی دارند گرما یا باقی می‌مانند.

عوامل موثر بر انتقال گرما به روش رسانش را می‌توان بر مبنای زیر خلاصه کرد:

$$Q = \frac{KA(L_1 - L_2)}{L} = \frac{KA\Delta T}{L}$$

اگر مقدار گرمای انتقال یافته در واحد زمان را بخواهیم معادله فوق بر زمان تقسیم می‌نماید و اصطلاحاً هدایت رسانش گرما به‌عنوان آن می‌گردد:

$$H = \frac{Q}{t} = \frac{KA\Delta T}{L} \quad (۱-۶)$$

شکل ۱-۱: رسانش گرما در یک دیوار مستطیل مسطح

شکل ۱-۲: رسانش گرما در یک دیوار مستطیل مسطح

شکل ۱-۳: رسانش گرما در یک دیوار مستطیل مسطح

شکل ۱-۴: رسانش گرما در یک دیوار مستطیل مسطح

شکل ۱-۵: رسانش گرما در یک دیوار مستطیل مسطح

مجموع ارزش‌های رسانش گرمایی مواد

۳-۳-۲ هفرت

هدایت و گرمای گرما بیشتر با روش هفرت منتقل می‌شود که ناشی از جاذبه‌های واقعی مواد شیشه است. از هفرت بر خلاف رسانش (که گرما به‌صورت انتقالی از ذرات و جرم‌ها از یک ماده منتقل می‌شود) در هفرت، انتقال گرما به‌صورت تابشی است. هفرت به‌صورت تابشی در مواد شفاف، به‌ویژه در مایع و جامدات شیشه‌ای رخ می‌دهد.

در شکل ۳-۳-۲ می‌توانیم که نحوه‌ای از شاره که گرم می‌شود، مایعات را در هفرت حرکت می‌دهد و بیشتر از هوای بی‌نویس. در نتیجه چگالی آنها کاهش می‌دهد و به بالا رفته می‌شود. هفرت مسکین شاره که چگالی کم شده شاره گرم را می‌کشد. مایع برنبد، جریان‌های هفرتی به وجود می‌آید. جریان‌های هفرتی در ایجاد باغها و در آب و هوا مرسوم.

شکل ۳-۳-۲: هفرت

هدف:

- تقویت فرمول نویسی و حل مسئله
  - مشخص کردن متغیرها و ثابت‌ها
  - اهمیت توجه به رسانش گرما در ساختمان سازی و صرفه جویی انرژی
- پاسخ:

$$A = 2 \times 1 = 2 \text{ m}^2 \text{ و } \theta_1 = 0^\circ \text{ C و } \theta_2 = 20^\circ \text{ C}$$

$$\text{و } t = 1 \text{ s و } K = 1 \frac{\text{J}}{\text{s.m.k}} \text{ و } L = 2 \text{ mm} = 0.002 \text{ m, } Q = ?$$

$$Q = \frac{KA(T_2 - T_1)}{L} \rightarrow Q = \frac{1 \times 2 \times (20 - 0)}{0.002} = \frac{40}{0.002} =$$

$$20000 \text{ J} = 20 \text{ kJ}$$

## ۴-۳-۳ همرفت

### ● هدف

- آشنایی با عامل انتقال گرما در روش همرفت
- درک دلیل جریان‌های همرفتی در مقیاس میکروسکوپی
- شایستگی غیرفنی: ایجاد ارتباط با فصل ۳ در بحث چگالی شاره و توجه به فرایند یادگیری
- شایستگی غیرفنی: درک صحیح از فناوری مربوط به همرفت
- شایستگی غیرفنی: درک قدرت خالق در برخی پدیده‌های طبیعی به دلیل همرفت

### ● دانش پیش‌نیاز

- درک رابطه تغییر چگالی با تغییر دما
- آشنایی با پدیده همرفت در مایعات از کتاب علوم هفتم

### ● راهنمای تدریس

با توجه به اینکه هنرجویان در دوره راهنمایی با پدیده همرفت در مایعات از طریق آزمایش جوهر در لوله مربعی شکل آشنا شده‌اند، در این کتاب ترجیح بر نقش این پدیده در طبیعت، همرفت در گازها و عامل انتقال گرما در این روش است. علاوه بر آزمایش‌ها و تجربه کنیدهای کتاب درسی از فیلم‌ها و آزمایش‌های موجود در لوح فشرده برای تدریس می‌توان کمک گرفت.



فیلم: نمایش مولکولی رسانش و همرفت با روش تشبیه



فیلم: آزمایش همرفت مایعات در لوله مربعی



فیلم: چرخش فرفره با استفاده از همرفت

### آزمایش کنید

#### هدف

- مشاهده پدیده همرفت در مایعات
- ایجاد ارتباط پدیده همرفت با دما و جنبش مولکول‌ها
- تقویت شایستگی استدلال و بینشی
- نتیجه: به دلیل انرژی جنبشی انتقالی بیشتر مولکول‌ها در آب گرم، جوهر سریع‌تر پخش می‌شود و پدیده همرفت با سرعت بیشتری نسبت به آب سرد رخ می‌دهد.

#### هدف

- مشاهده پدیده همرفت در گازها
- پاسخ: با گرم شدن هوای اطراف شعله و کاهش چگالی آن، هوای گرم اطراف شعله به سمت بالا حرکت می‌کند و به همین دلیل اطراف شعله داغ نیست، در حالی که بالای شعله دمای خیلی بیشتری نسبت به اطراف شعله دارد.

#### تجربه کنید پیشنهادی

#### هدف:

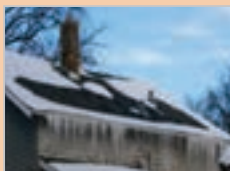
- مشاهده جهت جریان همرفتی
- تعدادی نخود درون آب بریزید و روی شعله قرار دهید. زمانی که آب شروع به گرم شدن می‌کند، جهت حرکت نخودها چگونه است؟
- پاسخ: جهت حرکت نخودها همان جهت جریان همرفت است.



فیلم: جهت جریان همرفتی

#### هدف:

- توجه به رسانش و همرفت در اتلاف گرما
- الگوی ذوب شدن برف روی شیروانی نشان دهنده رسیدن گرمای بیشتر به نقاط ذوب شده است. به نظر شما به چه دلیل اتلاف گرما در این نقاط بیشتر است؟
- پاسخ: رسانندگی گرمایی ماده استفاده شده در دودکش و نقاطی از سقف بیشتر از دیوارهاست.
- همچنین به دلیل همرفت در هوای اتاق و بالا آمدن هوای گرم، در وسط سقف که به دور از دیوارهاست، این اتفاق بیشتر رخ داده است.



## ۴-۳-۴ تابش

### ● هدف

- درک عامل انتقال گرما به روش تابش
- شایستگی غیر فنی: درک کاربردهای فناوری‌های تابش

### ● دانش پیش نیاز

- طیف امواج الکترومغناطیسی از علوم هشتم
- تابش اجسام کدر و روشن از علوم هفتم

### ● راهنمای تدریس

با توجه به اینکه روش تابش به تفصیل در کتب علوم اشاره آمده است، تنها ذکر انتقال به این روش و تفهیم آن کافی است.  
در انتها بهتر است برای برقراری ارتباط بین مطالب و مقایسه و جمع‌بندی هر سه روش انتقال در کنار هم از تکه‌ای از نمودار مفهومی انتهای فصل استفاده شود. فیلم‌هایی نیز در لوح فشرده برای این منظور قرار گرفته‌اند.



فیلم تعاملی: آزمایش مجازی انرژی تابش شده از رنگ‌های مختلف



فیلم تعاملی: کاربردهای مختلف سه روش گرما در منزل

## ۴-۴ انبساط گرمایی

### ● هدف

- ایجاد انگیزه با جلب توجه به پدیده‌ای که در صنعت مهم است.
- ارتباط با عکس ابتدای فصل

### ● راهنمای تدریس

هنرجویان با انبساط و انقباض گرمایی در کتاب‌های علوم آشنا شده‌اند. در این کتاب هدف، آشنایی آنها با کاربردهای این پدیده در صنعت و اندازه‌گیری و محاسبه میزان این انبساط است. بنابراین بهتر است در حین تدریس از مثال‌های کاربردی رشته‌های گوناگون فنی از انبساط گرمایی استفاده شود.



## ۴-۴-۱ تأثیر گرما بر اندازه مواد

### ● هدف

- توجه به انبساط گرمایی در مقیاس میکروسکوپی
- شایستگی غیرفنی: کاربردهای مختلف انبساط در زندگی
- شایستگی غیرفنی: فهم نتایج تکنولوژیکی این پدیده
- شایستگی غیرفنی: تفسیر و به کارگیری دانش جدید در ساخت وسایل

### ● دانش پیش نیاز

- رابطه انرژی جنبشی مولکولی با دما

### ● راهنمای تدریس

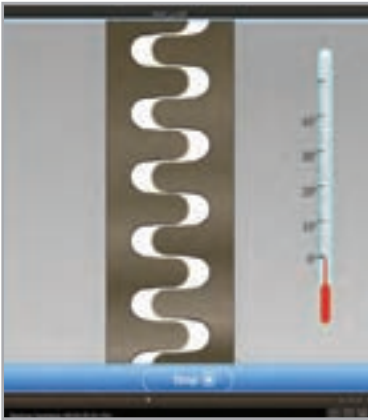
- فیلم‌های موجود در لوح فشرده، مثال‌های متنوعی از انبساط را در زندگی روزمره و صنعت نشان می‌دهند. بیان این موارد در حین تدریس می‌تواند آموزنده باشد.
- در این فیلم نحوه عملکرد ترموستات به خوبی تشریح شده است. عکس‌های زیر نیز به منظور یاددهی بهتر توصیه می‌شوند.



### فکر کنید پیشنهادی

#### هدف:

- توجه به انبساط گرمایی در رفع برخی از مشکلات
- یک توپ پینگ‌پنگ قر شده (فشرده شده) را چگونه می‌توان به حالت اولیه برگرداند؟
- پاسخ: اگر توپ را در آب جوش بیندازید به دلیل انبساط هوای داخل آن، به راحتی به حالت اولیه برمی‌گردد.



فیلم: نحوه عملکرد درز انبساط پل



## ● دانش افزایی

### درز انبساط و درز انقطاع در ساختمان‌ها

درز انبساط برای جلوگیری از خرابی‌های ناشی از انبساط و انقباض ساختمان بر اثر تغییر درجه حرارت محیط خارج یا جلوگیری از انتقال بار ساختمان قدیمی مجاور به ساختمانی که جدید احداث می‌شود، پیش‌بینی می‌شود. همچنین در مواردی که ساختمان بزرگ است و از چند بلوک متصل به هم تشکیل می‌شود، باید درز انبساط در محل مناسب پیش‌بینی شود. حداقل فاصله‌هایی که باید در آن درز انبساط پیش‌بینی شود، به نوع ساختمان، تعداد طبقات، مصالح مصرفی و آب‌وهوای محل احداث بستگی دارد.

برای پوشاندن و پر کردن فواصل درز انبساط از موادی استفاده می‌کنند که قابلیت ارتجاعی داشته باشد. باید دقت شود فاصله درز انبساط به هیچ وجه با مصالح بنایی یا ملات پر نشود. هنگام استقرار اسکلت فلزی، ستون‌هایی که در مجاورت یک درز انبساط قرار دارند، به طور موقت به وسیله قطعات فلزی متصل شده‌اند که پس از استقرار، این اتصالات باید بریده شوند تا ساختمان در محل درز انبساط به کلی از قسمت مجاور خود جدا باشد.

### درز انقطاع

برای جلوگیری از خسارت و کاهش خرابی ناشی از ضربه ساختمان‌های مجاور به یکدیگر، به ویژه در زمان وقوع زلزله، ساختمان‌هایی که ارتفاع بیش از ۱۲ متر داشته یا بیش از ۴ طبقه هستند، باید به وسیله درز انقطاع از ساختمان‌های مجاور جدا شوند. همچنین حداقل درز انقطاع در تراز هر طبقه برابر ۱/۱۰۰ ارتفاع آن تراز از روی شالوده است. این فاصله را می‌توان در محل‌های لازم با مصالح کم مقاومت که در هنگام زلزله در اثر برخورد دو ساختمان به‌آسانی خرد می‌شوند، پر کرد.



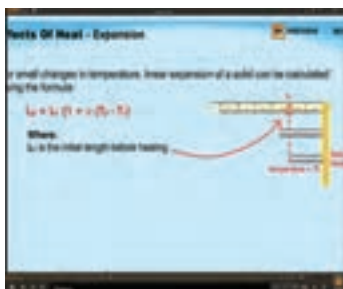
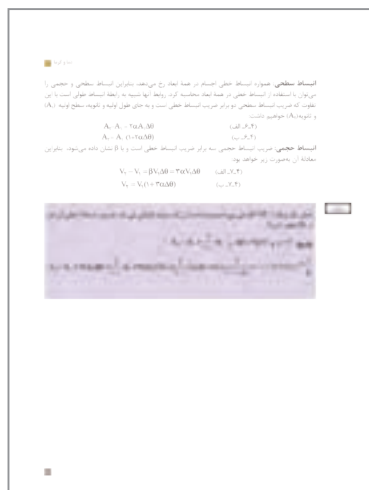
## ۴-۴-۲ محاسبه مقدار انبساط

### ● هدف

- پیش‌بینی فواصل مورد نیاز برای انبساط  
- شایستگی غیرفنی: کسب توانایی استفاده از محاسبات در حرفه

### ● راهنمای تدریس

همان‌طور که می‌دانید، ضریب انبساط سطحی و حجمی به صورت دو برابر و سه برابر ضریب انبساط خطی تعریف می‌شوند. گرچه در این کتاب به انبساط حجمی مایعات پرداخته نشده است؛ اما بهتر است دلیل نام‌گذاری ضریب انبساط حجمی به صورت  $\beta$  توضیح داده شود. فیلم آموزشی موجود در لوح فشرده در زمینه درک معادلات انبساط می‌تواند مفید باشد.



فیلم تعاملی: مثال‌هایی از انبساط گرمایی در صنعت و زندگی، ترموستات، معادلات انبساط



فیلم تعاملی: مثال‌های متنوع از انبساط گرمایی

ضریب انبساط خطی برای مایعات تعریف نشده است تا بتوان طبق آن، ضریب انبساط حجمی آنها را  $\beta$  برابر ضریب انبساط خطی لحاظ کرد؛ بنابراین ضریب انبساط حجمی را با  $\beta$  نمایش می‌دهند. اما چون انبساط سطحی برای مایعات بی‌معناست، بنابراین نیازی به نام‌گذاری یک حرف به جای  $2\alpha$  وجود ندارد.

نکته

تمرین کنید

هدف:

- تقویت فرمول‌نویسی و حل مسئله

- اهمیت توجه به انبساط گرمایی در ساختمان‌سازی

اگر پنجره‌ای با ابعاد  $1 \times 2$  متر ساخته شده باشد و شیشه‌بر بخواهد در زمستان که دمای هوا  $5$  درجه سلسیوس است، شیشه‌ای برای آن نصب کند، چقدر فاصله برای انبساط شیشه در تابستان با دمای  $35$  درجه سلسیوس باید در نظر بگیرد؟

$$\left( \alpha = \frac{1}{3 \times 3 \times 10^{-6} k} \text{ شیشه} \right)$$





● دانش افزایی

چنانچه جسم در تمام جهات، خواص فیزیکی و مکانیکی یکسانی داشته باشد، اندازه انبساط ابعاد آن متناسب خواهد بود؛ ولی بعضی از اجسام مانند چوب، در جهت الیاف و جهت عمود بر الیاف ضریب انبساط متفاوتی دارند، به طوری که ضریب انبساط خطی در جهت عمود بر الیاف (در جهت شعاع چوب) ۵ برابر آن در امتداد الیاف است.

پاسخ پرسش‌های پایان فصل

۱. ج

۲. به دلیل انقباض سیم‌ها در زمستان طول آنها کوتاه می‌شود و با این کار امکان این کاهش طول فراهم می‌شود.

۳. دسته ظرف: رسانش

مایع داخل ظرف: همرفت

آتش: تابش

۴. به دلیل ظرفیت گرمایی ویژه آب، برای جلوگیری از داغ شدن قطعه در حال تراش از آب به عنوان خنک‌کننده استفاده می‌شود.

۵. برای جلوگیری از انتقال با روش تابش، بدنه آبگرمکن را رنگ سفید می‌زنند. برای جلوگیری از انتقال گرما از طریق رسانش دو جداره دور مخزن قرار می‌دهند و بین دو جداره هوا وجود دارد که رسانای ضعیف گرماست.

۶. خیر، به دلیل اینکه ضریب انبساط گرمایی آب زیاد نیست، دقت زیادی نخواهد داشت.

۷. به دلیل رسانا بودن تیغه، هنگام لمس آن، گرما از دست ما وارد فلز شده و دست احساس سرما می‌کند. اما برای دسته چوبی به دلیل نارسانا بودنش چنین اتفاقی نمی‌افتد.

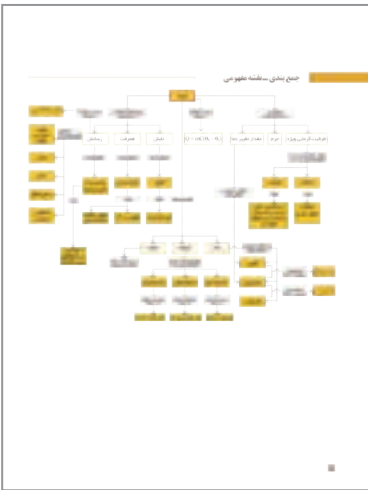
پاسخ مسئله‌ها

۱.

$$T = \theta + 273 \rightarrow T = 37 + 273 = 310 \text{ } \circ \text{ K}$$

$$F = \frac{9}{5}\theta + 32 \rightarrow F = \frac{9}{5} \times 37 + 32$$

$$F = 66.6 + 32 = 98.6 \text{ } ^\circ \text{ F}$$



۲.

$$Q = mC(\theta_r - \theta_1) \rightarrow 1960000 = 1/9 \times C \times (150 - 20) \rightarrow$$

$$1960000 = 247C \rightarrow C = 793 / 5 \frac{\text{J}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$

۳.

$$Q = mC(\theta_r - \theta_1) \rightarrow$$

$$Q = 2 \times 9000 \times (75 - 200) \rightarrow Q = -225000 \text{ J} = -225 \text{ KJ}$$

۴. تابستان

$$L_r - L_1 = \alpha L_1 \Delta\theta$$

$$L_r - L_1 = 12 \times 10^{-6} \times 15 \times (50 - 20)$$

$$L_r - L_1 = 54000 \times 10^{-6} \text{ m} = 0.54 \text{ mm} = \Delta / 4 \text{ mm}$$

$$L_r = 15.54 \text{ mm}$$

زمستان

$$L_r - L_1 = \alpha L_1 \Delta\theta$$

$$L_r - L_1 = 12 \times 10^{-6} \times 15 \times (-10 - 20)$$

$$L_r - L_1 = -54000 \times 10^{-6} \text{ m} = -0.54 \text{ mm} = -\Delta / 4 \text{ mm}$$

$$L_r = 14.9946 \text{ mm}$$

۵.

$$\Delta A_B = 2 \Delta A_A \rightarrow 2 \alpha A_B \Delta\theta = 2 \times 2 \alpha A_A \Delta\theta$$

$$A_{1B}(\theta_r - 100) = 2 A_{1A}(\theta_r - 200)$$

$$\pi \times 20^2 (-100) = 2 \times \pi \times 40^2 (\theta_r - 200)$$

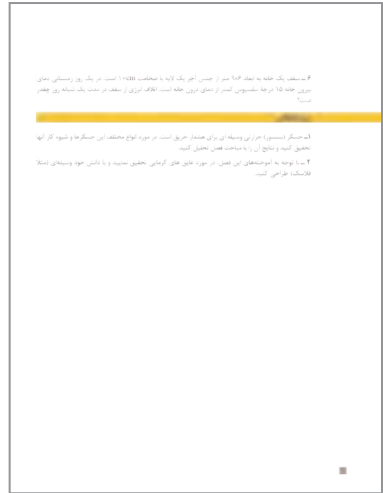
$$400 \theta_r - 40000 = 3200 \theta_r - 640000$$

$$2800 \theta_r = 600000 \rightarrow \theta_r = 214.28^\circ\text{C}$$

۶.

$$Q = \frac{KA\Delta T}{L} \rightarrow Q = \frac{0.6 \times 54 \times 24 \times 3600 \times 15}{0.1}$$

$$Q = 41990400 \text{ J} = 41990.4 \text{ kJ}$$



## فصل ۵

# جریان و مدارهای الکتریکی

### خلاصه فصل

در این فصل، جریان الکتریکی و بعضی پدیده‌های مربوط به آن مورد بحث قرار می‌گیرد. الکترون آزاد، اجسام رسانا و نارسانا، جریان الکتریکی، اختلاف پتانسیل و مقاومت معرفی می‌شوند. مدار الکتریکی، انواع مقاومت‌ها، عوامل مؤثر بر آنها، نحوه بهم بستن آنها و قانون اهم مورد بررسی قرار گرفته و انرژی و توان مصرفی و عوامل مؤثر بر آن توضیح داده می‌شوند. در پایان بر صرفه‌جویی در مصرف انرژی الکتریکی تأکید می‌شود.

### دانشته‌های پیشین

هنرجویان در کتاب‌های علوم هفتم و کار و فناوری هشتم با اختلاف پتانسیل، شدت جریان، مقاومت الکتریکی و قانون اهم آشنا شده و بستن مدار ساده را آموخته‌اند.

مدت تدریس پیشنهادی	اجزای واحد یادگیری	واحد یادگیری
۸۰ دقیقه	مقدمه ۱-۵ ۲-۵ ۳-۵	۱
۸۰ دقیقه	۴-۵ ۵-۵	۲
۸۰ دقیقه	۶-۵	۳
۸۰ دقیقه	۷-۵	۴
۸۰ دقیقه	پاسخ پرسش‌ها و مسئله‌های پایان فصل	۵

## اهداف فصل در حوزه یادگیری علوم:

نگرش (ارزش)	مهارت	دانش
<p>- ارج نهادن به کار دانشمندان در زمینه جریان الکتریکی</p> <p>- تقویت حس کنجکاوی نسبت به توجیه پدیده های مرتبط با جریان الکتریکی</p> <p>- ایجاد و تقویت تفکر علمی و حس کاوشگری برای کشف رابطه بین علت و معلول در پدیده های فیزیکی</p> <p>- پی بردن به وجود یک خالق و نظم دهنده یکتا با توجه به مشاهده نظام مند بودن پدیده های طبیعی</p> <p>- تقویت روحیه صرفه جویی و رعایت اعتدال در مصرف انرژی الکتریکی و زندگی</p> <p>- تقویت روحیه همکاری و تعاون و احترام به دیدگاه های متفاوت و پذیرفتن منطق در گفتگو</p> <p>- پرورش و تقویت روحیه احترام به نظم و قانون در عمل و مسئولیت پذیری در کار گروهی</p>	<p>- آشنایی با کاربرد قوانین و نظریه ها در ساخت و استفاده از بعضی ابزارهای مورد نیاز در زندگی روزانه.</p> <p>- کسب توانایی لازم برای انجام برخی آزمایش های جریان الکتریکی و جمع آوری داده ها و تجزیه و تحلیل آنها</p> <p>- کسب توانایی به کارگیری مواد آموزشی مختلف بخصوص مبتنی بر رایانه (استفاده از نرم افزار ادیسون و Electronic assistant)</p> <p>- پرورش و تقویت مهارت برقراری ارتباط و مشارکت در فعالیتهای گروهی و جمعی</p>	<p>- آشنایی با کاربردهای مختلف جریان الکتریکی</p> <p>- با تفاوت مواد رسانا و نارسانا آشنا شود.</p> <p>- مفهوم جریان الکتریکی را درک کند.</p> <p>- با مدار الکتریکی آشنا شده و اجزای آن را بشناسد و بتواند مدار ساده ای را ببندد و جریان و اختلاف پتانسیل الکتریکی را اندازه گیری کند.</p> <p>- قانون اهم را با تفسیر نتیجه آزمایش بیان نماید و آن را در حل مسائل بکار برد.</p> <p>- با مقاومت الکتریکی، انواع آن و عوامل مؤثر بر آن آشنا شده و آن را در حل مسئله بکار برد.</p> <p>- عوامل مؤثر بر مصرف انرژی الکتریکی را بشناسد و انرژی مصرفی در یک مدار را محاسبه کند.</p> <p>- با کمیت توان الکتریکی آشنا شده و تفاوت توان اسمی و مصرفی را تشخیص دهد.</p> <p>- کسب آمادگی لازم برای ادامه تحصیل در رشته برق</p>

## ایجاد انگیزه



علاوه بر تصویر ابتدای فصل، برای ایجاد انگیزه و درگیر کردن هنرجویان با موضوع درس و تعیین سطح کلاس در ارتباط با موضوع درس، می‌توان مواردی مانند پرسش‌های زیر را مطرح کرد:

۱. جریان الکتریکی چیست؟
۲. چگونه به وجود می‌آید؟
۳. مهم‌ترین ویژگی انرژی الکتریکی نسبت به دیگر انرژی‌ها چیست؟ (اشاره به قابلیت تبدیل آسان آن به دیگر اشکال انرژی و انتقال آسان آن با کمترین اتلاف)
۴. اگر یکی از وسایل برقی منزل شما بسوزد، در نحوه کار دیگر وسایل چه تأثیری دارد؟ (تأکید بر نحوه سیم‌کشی منازل)
۵. وسیله‌ای که با باتری کار می‌کند (مانند چراغ قوه، ماشین حساب و ...) در صورت نداشتن باتری، کار نمی‌کند.
۶. روش نمایش ساختار اتم چگونه است؟

## مقدمه

### ● هدف

- یادآوری ساختار اتم و بار ذره‌های تشکیل دهنده آن
- اهمیت انرژی الکتریکی در زندگی و معرفی کاربردهای بسیار متنوع این انرژی
- ایجاد خلاقیت، تفکر انتقادی، آشنایی با کاربرد فناوری، ارتباط مؤثر

**دانشته‌های پیشین:** ساختار اتم، بار اجزای تشکیل دهنده اتم، خنثی بودن اتم در حالت عادی

### ● راهنمای تدریس

هنرجویان در کتاب علوم هشتم و نهم با ساختار اتم، ذرات زیر اتمی، شامل الکترون و اجزای هسته (پروتون و نوترون) آشنا شده‌اند. برای آگاهی از میزان اطلاعات آنها و صحت آن، با مشارکت هنرجویان ساختار اتم، بار ذرات و چگونگی خنثی بودن اتم در حالت عادی را توضیح دهید.



هدف:

– آشنایی با کاربرد انرژی الکتریکی و اهمیت آن در زندگی روزمره  
پاسخ:



در حین توضیح دادن باید به این نکته توجه داشت که معمولاً وقتی از هنرجویان خواسته می‌شود ساختار اتم را نمایش دهند، از مدل سیاره‌ای استفاده می‌کنند. بهتر است تصویری از ابعاد اتم و هسته به هنرجویان داده شود. کافی است بدانند ابعاد هسته تقریباً یک صد هزارم ابعاد اتم است. اگر هنرجویان تصور درستی از مدل سیاره‌ای داشته باشند، ما بهتر می‌توانیم در مورد جدا کردن الکترون از اتم با آنها صحبت کنیم. برای این منظور فعالیت‌های زیر پیشنهاد می‌شود.

## تدریس پیشنهادی

### ● هدف

- مرور آموخته‌های پیشین
- با مشارکت هنرجویان به سؤالات زیر پاسخ دهید:
  ۱. اتم از چه قسمت‌هایی تشکیل شده است؟
  ۲. ذرات تشکیل دهنده اتم را نام ببرید.
  ۳. بار هر یک از ذرات را مشخص کنید.
  ۴. علت اینکه اتم در حالت عادی خنثی است چیست؟
  ۵. چه تصویری از نحوه نمایش ساختار اتم در ذهن شما وجود دارد؟

### تدریس پیشنهادی

#### ● هدف:

- مقایسه ابعاد هسته و اتم  
 اگر هسته اتم را کره‌ای با شعاع ۲cm (تقریباً معادل یک توپ پینگ پونگ) در نظر بگیریم، شعاع تقریبی اتم چقدر است؟  
 پاسخ: تقریباً ۲۰۰۰ متر  
 نتایج این بحث و تبادل اطلاعات را می‌توان در نقشه مفهومی که در « فکر کنید متن کتاب» جمع‌بندی شده است، نوشت.

### فکر کنید

#### هدف:

- مرور دانسته‌های قبلی

#### پاسخ:

اتم تشکیل شده است از الکترون‌ها هسته تشکیل شده است از پروتون و نوترون بار الکتریکی بار الکتریکی الکترون‌ها منفی مثبت خنثی



## ۵-۱ الکترون آزاد

#### ● هدف

معرفی الکترون آزاد

#### ● راهنمای تدریس

با طرح پرسش‌های زیر ضمن بررسی اطلاعات هنرجویان، زمینه را برای تدریس این قسمت فراهم می‌کنیم:

۱. علت تفاوت مواد رسانا و نارسانا در چیست؟
۲. چرا مواد رسانا می‌توانند بار الکتریکی را منتقل کنند اما مواد نارسانا قادر به انجام این کار نیستند؟

بعد از جمع‌بندی پاسخ‌های هنرجویان و بررسی درستی و نادرستی پاسخ‌ها به توضیح مواد رسانا و نارسانا پرداخته و علت اصلی تفاوت آنها را که وجود الکترون آزاد است متذکر می‌شویم.



## ۵-۲ شدت جریان الکتریکی

### ● هدف

- آشنایی با جریان الکتریکی، یکا و دستگاه اندازه گیری آن
  - تعیین جهت جریان در مدار
  - آشنایی با سواد اطلاعاتی، یادگیری مادام‌العمر، کار تیمی، شایستگی محاسبه و ریاضی
- ### ● راهنمای تدریس
- برای ورود به بحث می‌توانیم از فعالیت پیشنهادی زیر استفاده کنیم.

### تدریس پیشنهادی

لیوان آبی را بالای سطح شیب‌داری به حال سکون قرار دهید، از هنرجویان بپرسید آب ساکن است یا جریان دارد؟ بعد از آنها بپرسید مولکول‌های آب چه وضعیتی دارند؛ ساکن هستند یا متحرک؟

با توجه به پاسخ دانش‌آموزان به این سؤال‌ها و تشبیه حرکت الکترون‌ها به مولکول‌های آب می‌توان مفهوم حرکت کاتوره‌های الکترون‌های آزاد و این را که در اثر حرکت کاتوره‌ای جریان الکتریکی ایجاد نمی‌شود، به خوبی به هنرجویان القا کرد.

### تدریس پیشنهادی

اگر آب لیوان را روی سطح شیب‌دار بریزیم، چه اتفاقی می‌افتد؟  
اگر دو لیوان آب را هم‌زمان روی سطح شیب‌دار خالی کنیم، چه اتفاقی می‌افتد؟  
اگر شیب سطح را بیشتر کنیم، چه اتفاقی می‌افتد؟

نتیجه‌ای که هنرجویان نیز مسلماً به آن خواهند رسید، آن است که اولاً جریان آب به‌وجود می‌آید؛ زیرا بین بالا و پایین سطح شیب‌دار اختلاف پتانسیل گرانشی وجود دارد. ثانیاً در دو حالت توصیف شده جریان آب بیشتری می‌شود؛ زیرا یک‌بار مقدار آب و بار دیگر سرعت ریزش آب زیاد شده است. پس با اعمال اختلاف پتانسیل الکتریکی در دو سر رسانا (که توسط باتری ایجاد می‌شود) بارهای الکتریکی در آن شارش می‌کنند. هرچه در زمان معینی بار بیشتری از مدار مقطع عبور کند، جریان الکتریکی بیشتر است. شکل ۵-۱ انیمیشن از حرکت الکترون‌ها در حضور و عدم حضور اختلاف پتانسیل را نشان می‌دهد. سپس می‌توانیم جریان الکتریکی را تعریف و رابطه آن را معرفی کنیم و در مورد آمپرسنج و نحوه قرار گرفتن آن در مدار توضیح



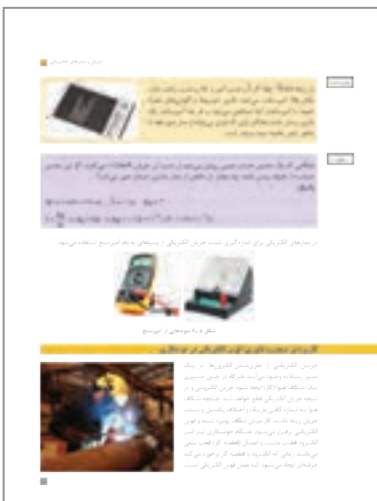
شکل ۵-۱: انیمیشن حرکت الکترون‌های آزاد در رسانا با حضور و عدم حضور اختلاف پتانسیل الکتریکی



می‌دهیم. همچنین جهت اصلی و قراردادی جریان الکتریکی را شرح داده، از هنرجویان خواسته می‌شود تا به مثال‌ها و تمرین‌هایی که به تکمیل توضیحات کمک می‌کنند، توجه نمایند. برای درک بهتر حرکت الکترون‌ها می‌توان از شبیه‌سازی ارائه شده در لوح فشرده استفاده کرد.

● دانش‌افزایی

**تندی سوق:** زمانی که از یک رسانا جریانی عبور نمی‌کند، الکترون‌های رسانش در رسانا کاتوره‌ای حرکت می‌کنند و در هیچ جهتی حرکت براینده وجود ندارد. در حین عبور جریان از رسانا، الکترون‌ها باز هم کاتوره‌ای حرکت می‌کنند؛ اما در این حالت تمایل دارند با تندی سوق در خلاف جهت میدان الکتریکی به وجود آورندهٔ جریان، سوق پیدا کنند. به عبارت دیگر میانگین سرعتی که با آن الکترون‌ها و یون‌ها بر اثر میدان الکتریکی در ماده‌ای رسانا یا نیمه رسانا جابه‌جا شوند، سرعت سوق نامیده می‌شود. نیمه رساناهای خالص و آلاییده دارای حامل‌های (الکترون‌ها و حفره‌ها) آزادی هستند که تحت تأثیر میدان الکتریکی ممکن است در داخل جسم جابه‌جا شوند. تعداد این الکترون‌ها و حفره‌ها به جنس و میزان و نوع آرایش و دمای آن بستگی دارد. در غیاب میدان، این حامل‌ها در جهت کاتوره‌ای در جسم حرکت می‌کنند و بنابراین جریان الکتریکی خالص به وجود نمی‌آورند. هرگاه میدان الکتریکی برقرار شود، بر حامل‌ها، نیروی الکتریکی وارد می‌شود و شتابی در جهت نیرو به آنها وارد می‌شود که این امر به ایجاد جریان الکتریکی می‌انجامد. اما حامل‌های بار با اتم‌ها و نقص‌های بلور نیز برخورد دارند و این برخوردها سبب می‌شوند سرعت الکترون کاتوره‌ای شود. به این ترتیب الکترون‌ها و حفره‌ها دارای سرعت متوسطی هستند. این سرعت متوسط یا سرعت سوق با توازن بین نیروی الکتریکی در فاصلهٔ زمانی بین برخوردها مشخص می‌شود. تندی سوق در مقایسه با تندی‌های حرکت کاتوره‌ای بسیار کم است. برای مثال، در سیم‌های مسی سیم‌کشی برق خانه‌ها تندی سوق الکترون‌ها شاید  $10^{-5} \text{ m/s}$  یا  $10^{-4} \text{ m/s}$  باشد، در حالی که تندی حرکت کاتوره‌ای آنها در حدود  $10^6 \text{ m/s}$  است.



## تدریس پیشنهادی

برای درک بهتر سرعت سوق و سرعت کاتوره‌ای می‌توان از مثال «آونگ اندازه حرکت» استفاده کرد. زمانی که یکی از گلوله‌های این آونگ را از وضعیت تعادل خارج و سپس رها می‌کنیم به محض برخورد این گلوله به گلوله اول، گلوله آخر از مجموعه گلوله‌ها خارج می‌شود. در حالی که گلوله‌های وسطی حرکت محسوسی نداشته‌اند؛ یعنی انتقال سرعت، بسیار سریع (حرکت کاتوره‌ای)، اما حرکت هر گلوله (تندی سوق) بسیار کم است.



## فکر کنید

هدف:

– درک سرعت سوق و سرعت کاتوره‌ای  
– برانگیزاندن حس همکاری و همفکری هنرجویان

پاسخ

زیرا سرعت انتقال میدان الکتریکی ایجاد شده در رسانا بسیار زیاد و در حد سرعت نور است.

## ۵-۳ مدار الکتریکی

### ● هدف:

– آشنایی با مدار الکتریکی و باز و بسته بودن مدار  
– یادگیری مادام‌العمر، کاربرد فناوری

### ● دانسته‌های پیشین

مشاهده و بستن مدار در کتاب‌های علوم هفتم و کار و فناوری

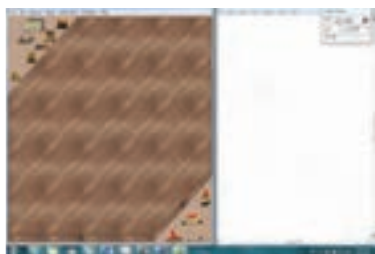
### ● راهنمای تدریس

هنرجویان در کتاب کار و فناوری با مدار الکتریکی آشنا شده‌اند، می‌توان با فراهم کردن وسایلی ساده مانند یک باتری، کلید، سیم‌های رابط و یک لامپ به کمک هنرجویان مدار ساده‌ای را بست و علت روشن شدن لامپ را از آنها پرسید. که با توجه به دانستن چگونگی ایجاد جریان مسلماً پاسخ خواهند داد که باتری در دو سر لامپ اختلاف پتانسیل الکتریکی به وجود می‌آورد؛ پس جریان الکتریکی در لامپ شارش می‌یابد و در نتیجه انرژی



الکتريکی در لامپ تبديل به انرژی نورانی می شود. در بررسی مدار شاید لازم باشد توضیح دهیم که وسایل و قطعه‌های الکتريکی که فعلاً با آنها سروکار داریم، دارای دو سر هستند و وقتی در مدار قرار می‌گیرند، این دو سر به دو نقطه از مدار وصل می‌شوند برای مثال دو سر رشتهٔ ملتهب لامپ یکی به بدنهٔ برنجی و دیگری به انتهای لامپ متصل است.

برای بستن مدار می‌توان از نرم‌افزارهای مختلف استفاده کرد. دو نمونه از این نرم‌افزارها در شکل نشان داده شده است.



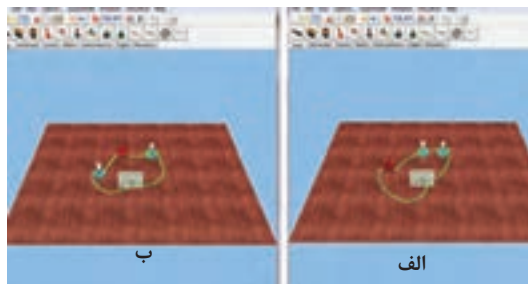
نرم‌افزار Edison برای شبیه‌سازی مدار



نرم‌افزار Phet برای شبیه‌سازی مدار

### اشتباهات رایج:

۱. کلید بسته در مدار الکتريکی به معنای عبور جریان الکتريکی است، اما گاهی هنرجویان اصطلاح بسته بودن را با در بسته مقایسه کرده و کلید بسته را مانع عبور جریان می‌دانند. می‌توانیم با مثال پل متحرک و امکان عبور به هنگام بسته بودن، این شبهه را از بین ببریم.
۲. گاهی هنرجویان به محل قطع شدگی در مدار اهمیتی نمی‌دهند و تصور می‌کنند که مثلاً در مدار شکل الف لامپ روشن شده و در مدار شکل ب روشن نمی‌شود. این اشتباه را نیز می‌توان با فعالیت پیشنهادی صفحهٔ بعد از بین برد.



محل قرار گرفتن کلید در مدار

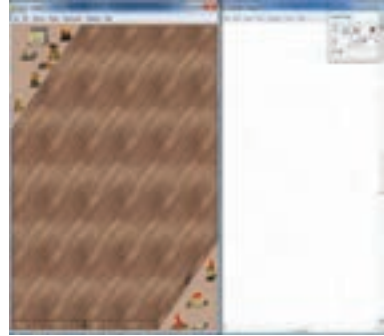
## تدریس پیشنهادی

مدار را مانند لوله کشی آب در نظر بگیریم، و جایی از مدار را که دچار قطعی شده، همانند قطع شدن لوله آب و بستن درپوش در آن نقطه فرض کنیم، در این صورت با بودن این درپوش جریانی برقرار نخواهد شد و مهم نیست که این قطع شدگی در کدام قسمت باشد.

### ● دانش افزایی

#### نرم افزارهای آزمایشگاه مجازی:

امروزه در دنیای نرم افزارهای رایانه‌ای، آزمایشگاه‌هایی شبیه‌سازی شده‌اند که در فضای آنها می‌توان به راحتی و بدون ترس از خطرهای موجود در آزمایشگاه و جواب ندادن وسایل آزمایشگاه‌های واقعی، به آزمایش پرداخت. یکی از این نرم افزارها، ادیسون نام دارد که در آن می‌توان کار با انواع مدارهای الکتریکی و الکترونیکی را تجربه کرد.




#### دستور کار با نرم افزار ادیسون:

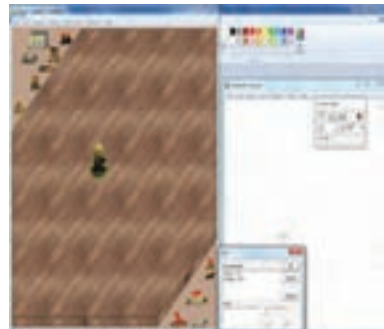
در این نرم افزار ابزارها و وسایل مختلف در کناره‌میز یا در بالای آن، بسته به ورژن نرم افزار، چیده شده‌اند. اگر وسایل در کنار میز باشد، نشانگر موس را کنار میز برده، کلیک می‌کنید. با چند بار کلیک کردن موس در کنار میز تمام وسایل موجود در آزمایشگاه قابل مشاهده می‌شود. اگر وسایل بالای میز باشد، با کلیک روی سربرگ‌ها می‌توان وسایل مختلف را مشاهده کرد. برای انتخاب وسیله و جایگذاری آن در محل مورد نظر کافی است نشانگر موس را روی وسیله مورد نظر قرار داده، سپس کلیک کرده و موس را حرکت دهید (drag)، وسیله مورد نظر همراه با نشانگر موس حرکت می‌کند تا در جای مناسبی روی میز قرار گیرد.



برای بستن مدار، نشانگر موس را از روی یکی از پایه‌های وسیله تا علامت + دیده شود و کلیک کنید. در این حالت مسیر حرکت نشانگر موس به صورت سیم رابط رسم می‌شود. تا به پایه وسیله دیگری (مثل کلید) متصل شود.

برای حذف وسایل، روی وسیله کلیک، سپس راست کلیک و گزینه delete را انتخاب کنید.

برای حذف سیم رابط، نشانگر موس را روی سیم حرکت دهید تا علامت  دیده شود و رنگ سیم تغییر کند. سپس راست کلیک کرده و گزینه delete را انتخاب کنید.



برای تغییر مشخصه وسایل (مثلاً مقدار توان، ولتاژ و ...) ابتدا وسیله مورد نظر را روی میز قرار دهید و روی آن کلیک کنید. نشانگر موس را روی آن حرکت دهید تا علامت ؟ دیده شود. سپس دوبار پشت سر هم کلیک کنید صفحه‌ای که نشان دهنده مشخصات است، ظاهر می‌شود. می‌توان مشخصه مورد نظر را انتخاب و روی آن کلیک کرد و با تایپ عدد دلخواه و یا کم و زیاد کردن مقدار به صورت خودکار دوبار روی کلید ok کلیک کنید.

## ۴-۵ اختلاف پتانسیل (ولتاژ)

### ● هدف

- آشنایی با اختلاف پتانسیل و یکای آن
- آشنایی با مصادیق ایرانی و اسلامی و کاربرد فناوری

### ● دانسته‌های پیشین

- آشنایی با اختلاف پتانسیل در حد مبتدی

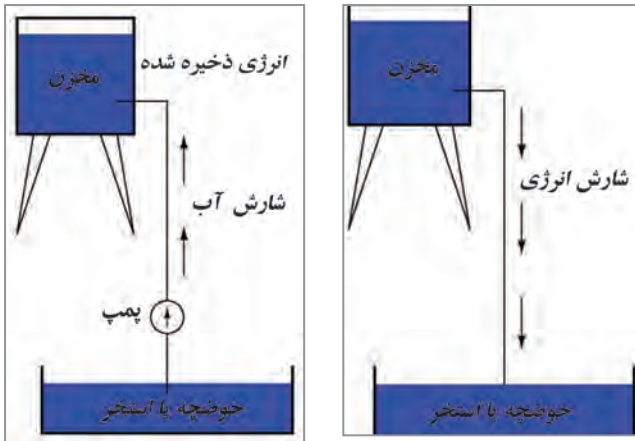
### ● راهنمای تدریس

هنرجویان در علوم هشتم با مفهوم اختلاف پتانسیل آشنا شده‌اند البته فقط در حد معرفی مفهوم، بنابراین می‌توان از دانسته‌های پیشین آنها استفاده کرد و با ذکر مثال‌هایی درک آنها از این مفهوم را گسترش داد. به این منظور فعالیت زیر پیشنهاد می‌شود:



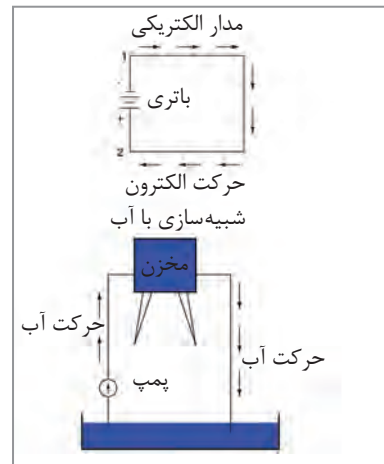
### تدریس پیشنهادی

به وسیله پمپی آب درون حوضچه را به مخزنی که در ارتفاع بالاتری قرار دارد، منتقل می‌کنیم.  
اگر لوله‌ای به مخزن متصل شود، آب مخزن به دلیل داشتن انرژی دوباره می‌تواند به حوضچه باز گردد.  
آب، این انرژی را از پمپ شدن به مخزن بالا به دست آورده است.  
با حرکت آب به طرف حوضچه انرژی ذخیره شده در آب کاهش می‌یابد.



برای تداوم جریان آب بین مخزن و حوضچه لازم است مسیر کاملی بین مخزن و حوضچه وجود داشته باشد. همان طور که مشاهده می‌شود، مقدار آب ثابتی بین مخزن و حوضچه در یک حلقه بسته جابه‌جا می‌شود.

در مورد انرژی الکتریکی نیز همین قانون حاکم است. هر منبع ولتاژ، از جمله باتری دو نقطه برای اتصال الکتریکی دارد که ولتاژ بین این دو سر وجود دارد. در تشابه مکانیکی، اگر الکترون‌ها را همانند تیله‌های درون یک لوله در نظر بگیریم؛ برای حرکت تیله‌ها می‌توان از یک طرف ضربه‌ای به آنها وارد نمود. با وارد کردن ضربه، تیله‌ای وارد لوله می‌شود و بلافاصله تیله‌ای از انتهای لوله خارج می‌شود. پس اگر اختلاف پتانسیل وجود نداشته باشد جریان ایجاد نمی‌شود. به عبارت دیگر برای تولید جریان به یک نیروی محرکه نیاز داریم که آن را از منابع تولید نیروی محرکه، مانند باتری می‌گیریم و ساده‌تر آنکه



نیروی محرکه لازم جهت ایجاد جریان ولتاژ نام دارد.

باتری همانند پمپ آب، به الکترون‌ها انرژی می‌دهد و هنگامی که الکترون‌ها در مدار حرکت می‌کنند همانند پایین آمدن آب انرژی خود را از دست می‌دهند. بنابراین ولتاژ بیانی از انرژی پتانسیل است که همواره بین دو نقطه وجود دارد و عاملی است که باعث حرکت الکترون‌ها از یک نقطه به نقطه دیگر می‌شود.

## ● دانش افزایی

### نحوه عملکرد باتری

معمولاً هر باتری از یک یا چند سلول کوچک داخلی تشکیل شده است. در باتری‌ها ممکن است سلول‌ها برای افزایش جریان با هم موازی شده یا برای افزایش ولتاژ با هم سری شوند. هر سلول شامل دو نیم سلول است که به صورت سری توسط ماده‌ای به نام الکترولیت - شامل یون‌های مثبت و منفی - که رسانای الکتریکی است به هم متصل شده‌اند. با اتصال باتری به مصرف کننده یون‌های منفی از طریق سیم هادی به مصرف کننده وارد شده و بعد از ایجاد انرژی در آن به سمت یون‌های مثبت حرکت کرده و به تدریج یون‌های مثبت را (که در اینجا حفره هستند) خنثی می‌کنند. با گذشت زمان یون‌های مثبت بیشتری خنثی شده و به تدریج انرژی باتری کم شده و مقاومت داخلی آن افزایش می‌یابد در این حالت بعد از گذشت مدت زمانی که معمولاً با آمپر ساعت باتری مشخص می‌شود باتری به صورت کامل تخلیه می‌شود؛ مثلاً یک باتری ۶۰ آمپر ساعتی می‌تواند ۶۰ آمپر را تا یک ساعت تأمین کند. این باتری بعد از گذشت یک ساعت و کشیدن جریان ۶۰ آمپر از آن به صورت کامل تخلیه می‌شود. کاهش جریان دریافتی از باتری می‌توان مدت زمان کارایی آن را افزایش داد. در این حالت باید پارامترهایی مانند دما، لرزش و مقدار تنش موجود در جریان را نیز در زمان نهایی لحاظ کرد.

### انواع باتری

#### پیل ساده

از دو میله غیر هم جنس تشکیل شده که در محلولی از اسید یا باز و یا نمک به نام الکترولیت فرو برده شده‌اند. که ساده‌ترین نوع آن پیل ولتا است که از دو میله مسی و روی در محلول رقیقی از اسید سولفوریک تشکیل شده است. زمانی که دو تیغه مس و روی با یک رشته سیم بهم متصل می‌شوند، حل شدن تیغه روی در محلول اسید سولفوریک آغاز می‌شود و اطراف تیغه مس حباب‌های ریز هیدروژن تشکیل می‌گردد. هم‌زمان با این عمل، جریان الکترون‌ها در سیم از روی به طرف مس برقرار می‌شود. هم‌زمان با ورود یون‌های روی به محلول اسید، یون‌های هیدروژن به تعداد هم‌ارز یون‌های روی به سوی تیغه مس می‌روند و بر سطح آن جمع می‌شوند و پس از گرفتن الکترون از تیغه مس به صورت اتم‌های خنثی در آمده و به شکل حباب‌های ریز اطراف تیغه را فرامی‌گیرند. تیغه مس که به این طریق الکترون از دست می‌دهد، بار الکتریکی مثبت پیدا کرده آماده جذب الکترون‌های آزاد تیغه روی از طریق سیم رابط بین دو تیغه می‌شود. مشخصه اصلی پیل ولتایی وجود مانع متخلخل یا پل نمکی است که دو محلول را از یکدیگر جدا می‌کند و مانع در هم آمیختن آنها می‌شود. اگر این مانع به اندازه کافی متخلخل نباشد که امکان عبور و مهاجرت یون‌ها را از درون خود فراهم سازد، سلول کار نمی‌کند.



**پیل لکلانسه:** الکترولیت این پیل به جای اسید سولفوریک رقیق، محلول کلرید آمونیوم (نشادر) و الکترودهای آن یک میله کربن و یک تیغه روی است. برای جلوگیری از پلایزاسیون پیل، میله کربن را درون یک کیسه پارچه‌ای کوچک یا یک ظرف استوانه‌ای شکل سفالین که محتوی گرد بی اکسید منگنز و کربن است می‌گذارند. میله کربن قطب مثبت و تیغه روی قطب منفی این پیل را تشکیل می‌دهند.

**پیل خشک:** پیل‌هایی که در چراغ قوه‌های دستی یا رادیوهای کوچک باتری دار مورد استفاده قرار می‌گیرند پیل خشک نامیده می‌شوند. این پیل‌ها از نوع لکلانسه هستند با این تفاوت که در آنها به جای محلول نشادر، از خمیری متشکل از نشادر و یک ماده ژلاتینی بی‌اثر استفاده می‌شود. ظرف محتوی این خمیر از روی ساخته می‌شود که خود قطب منفی پیل را تشکیل می‌دهد. قطب مثبت آن میله‌ای از جنس کربن است که برای جلوگیری از پلایزاسیون پیل، اطراف آن را با گرد فشرده‌ای از مخلوط بی‌اکسید منگنز و کربن می‌پوشانند. برای جلوگیری از خشک شدن، خمیر بالای پیل را با یک ورقه فیبر توسط قیر یا چیز دیگری کاملاً مسدود می‌کنند.

این باتری دو نقص دارد؛ اول اینکه اگر جریان زیادی از آن گرفته شود، محصولات گازی تولید شده با سرعت لازم جذب نمی‌شوند و دور میله گرافیتی به صورت لایه نارسانا باقی می‌مانند. در نتیجه ولتاژ باتری فرومی‌افتد بدون آنکه باتری خالی شده باشد. دوم اینکه بین یون‌های آمونیوم نیز واکنش مستقیم و آهسته‌ای صورت می‌گیرد که باعث فرسودگی و کاهش عمر باتری می‌شود. **باتری قلیایی (نیکل - کادمیوم):** در باتری‌های قلیایی به جای الکترولیت اسید، از محلول قلیایی پتاس سوزآور (هیدروکسید پتاسیم) استفاده می‌شود. قطب مثبت باتری قلیایی صفحه‌هایی از جنس هیدروکسید نیکل و قطب منفی آن آهن یا کادمیوم است. دوام این باتری‌ها خیلی بیشتر از باتری‌های سربی ماشین‌ها است و برخلاف باتری‌های سربی، وقتی از آنها جریان زیاد گرفته شود، آسیب نمی‌بینند.

**باتری جیوه‌ای:** کار این باتری تقریباً شبیه باتری قلیایی است و از آن در ماشین حساب‌ها، دستگاه‌های عکاسی، ساعت و ... استفاده می‌شود. در این باتری نیز جنس آند، اکسید جیوه ۲ است.





## ۵-۵ مقاومت الکتریکی

### ● هدف

آشنایی با مقاومت الکتریکی و بررسی سازوکار روشن شدن لامپ

### ● دانسته‌های پیشین

آشنایی مقدماتی با مقاومت در حد مثال حرکت در پیاده‌رو

### ● راهنمای تدریس

هنرجویان در کتاب علوم هشتم با مقاومت الکتریکی با تشبیه حرکت شخص در محل شلوغ آشنا شده‌اند. با توجه به دانسته‌های قبلی آنها می‌توان پرسش‌های پیشنهادی زیر را برای ورود به بحث از هنرجویان پرسید:

۱. عبور از پیاده‌رو شلوغ راحت‌تر است یا پیاده‌رو خلوت؟
۲. در یک پیاده‌رو شلوغ برای شخصی که قصد حرکت با سرعت را دارد، چه اتفاقی می‌افتد؟ برای افراد پیاده‌رو که شخص موردنظر به آنها برخورد می‌کند چه اتفاقی می‌افتد؟



Hydraulic analogy of electrical resistance



انیمیشن: درک مفهوم مقاومت

### پاسخ:

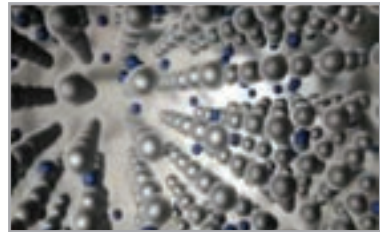
۱. عبور از پیاده‌روی خلوت
۲. شخص به اجبار باید چندین بار مسیر حرکت خود را تغییر دهد. همچنین در مسیر خود ممکن است با افراد برخورد کند که باعث از دست دادن انرژی و خسته شدن شخص می‌شود. افرادی که شخص با آنها برخورد کرده، انرژی دریافت می‌کنند. برای درک بهتر می‌توان از انیمیشن‌های موجود در لوح فشرده استفاده کرد.

### تدریس پیشنهادی

می‌توان از هنرجویان خواست تا در آزمایشگاه واقعی یا مجازی، مداری ساده شامل باتری، کلید، لامپ (یا لامپ‌ها) و آمپرسنج را ببندند تا اولاً آنها لامپ را به‌عنوان مقاومت در مدار بشناسند؛ ثانیاً وقتی از آنها خواسته می‌شود تا به‌جای یک لامپ، دو یا سه لامپ در مدار قرار دهند، از مقایسه مقادیر آمپرسنج رابطه بین مقاومت و جریان را دریابند. از هنرجویان بخواهید ثابت کنند در مقاومت الکتریکی همواره مقداری از انرژی الکتریکی به انرژی درونی تبدیل شده است.

**پاسخ:** در مداری که در قسمت قبل بسته شده است، اگر برای مدت طولانی کلید بسته باشد، با لمس کردن لامپ، گرمای ایجاد شده قابل حس است.

پس از انجام فعالیت‌های بالا از هنرجویان بخواهید تا در مورد نحوه روشن شدن لامپ در اثر عبور جریان الکتریکی در گروه‌های خود به بحث و تبادل نظر بپردازند و در نهایت گزارش بحث خود را به کلاس ارائه کنند. سپس از آنها خواسته شود تا نتایج خود را با مطالب کتاب مقایسه نمایند.



انیمیشن: درک مفهوم مقاومت

## ۵-۱-۵ قانون اهم

### ● هدف

نتیجه‌گیری قانون اهم، رسم نمودارهای  $I-V$  و  $V-I$ ، معرفی مشخصه‌های این نمودارها ایجاد تفکر منطقی، سواد اطلاعاتی، شایستگی محاسبه و ریاضی

### ● راهنمای تدریس

دانش‌آموزان در کتاب علوم و کار و فناوری هشتم با قانون اهم آشنا شده‌اند. می‌توانیم از آنها بخواهیم در گروه‌های خود در مورد قانون اهم بحث کرده و نتیجه را به کلاس ارائه کنند. برای تکمیل و تصحیح نتایج آنها می‌توانیم فعالیت‌های پیشنهادی زیر را انجام دهیم.

### تدریس پیشنهادی

از هنرجویان بخواهید مدار ساده‌ای را که در متن کتاب است یا به کمک نرم‌افزارها و یا در آزمایشگاه واقعی ببینند. سپس با تغییر ولتاژ منبع تغذیه، مقادیر جریان‌هایی را که آمپرسنج نشان می‌دهد در جدولی یادداشت کنند. با تکمیل ستون‌های اول و دوم از آنها بخواهید ستون سوم را نیز کامل کرده و جدول را تفسیر کنند. به این ترتیب هنرجویان را هدایت می‌کنیم تا قانون اهم را بیان کنند.

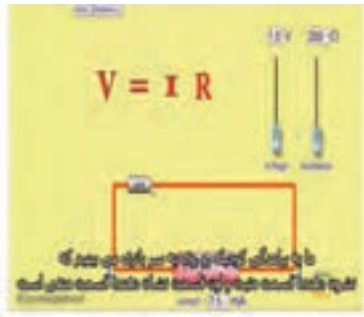
**پاسخ:** ستون سوم نشان می‌دهد با تغییر اختلاف پتانسیل، جریان نیز تغییر می‌کند، اما مقدار مقاومت ثابت می‌ماند.

### تمرین پیشنهادی

نمودار جریان بر حسب اختلاف پتانسیل و برعکس را رسم کرده و هر کدام از نمودارها را تفسیر و شباهت‌ها و تفاوت‌های آنها را بیان کنند.  
**پاسخ:** هر دو نمودار به صورت خط مورب راست است، یعنی خطی با شیب ثابت. در نمودار  $V-I$  شیب خط نشان‌دهنده مقاومت است و در نتیجه هرچه شیب بیشتر باشد مقاومت نیز بیشتر است، در نمودار  $I-V$  شیب نمودار نشان‌دهنده وارون مقاومت است؛ یعنی هرچه شیب بیشتر باشد، مقاومت کمتر است.

پس از انجام این فعالیت‌ها از هنرجویان بخواهید به کتاب مراجعه کرده و به فکر کنید کتاب پاسخ دهند. سپس رابطه قانون اهم را بیان کرده و از آنها بخواهید مثال کتاب را حل کنند.

ذکر این نکته مهم است که همان‌طور که در متن کتاب ذکر شده، اغلب تصور می‌شود رابطه  $V = IR$  بیانی از قانون اهم است. این درست نیست. این معادله تعریفی برای مقاومت است و در مورد همهٔ رساناها برقرار است، چه آنهایی که از قانون اهم پیروی می‌کنند و چه آنهایی که پیروی نمی‌کنند. وقتی اختلاف پتانسیل  $V$  را به دو سر وسیله‌ای مانند دیود که از قانون اهم پیروی نمی‌کند، وصل کنیم و جریان  $I$  از وسیله بگذرد، مقاومت آن در ولتاژ خاص از رابطه بالا به دست می‌آید؛ اما اساس قانون اهم در این است که نمودار تغییرات جریان بر حسب ولتاژ به صورت خطی باشد، یعنی  $R$  مستقل از  $V$  باشد. یک وسیله وقتی از قانون اهم پیروی می‌کند که مقاومت آن وسیله، مستقل از اندازه و قطبیت اختلاف پتانسیل باشد؛ به عبارت دیگر جریانی که از وسیله می‌گذرد، همواره با اختلاف پتانسیل اعمال شده به وسیله، نسبت مستقیم داشته باشد. برای تمرین بیشتر می‌توانید از فیلم تعاملی قانون اهم که در CD وجود دارد استفاده نمایید.



فیلم تعاملی: معرفی قانون اهم

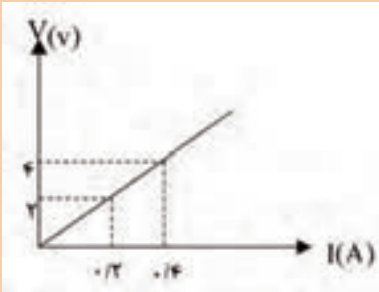


### اشتباهات رایج:

معمولاً هنرجویان طبق رابطهٔ قانون اهم تصویری کنند، با تغییر ولتاژ و یا جریان می‌توان مقدار مقاومت را تغییر داد که باید تأکید کنیم مقدار مقاومت، تابع ساختمان مقاومت و دمای آن است.

هدف: رسم نمودار  $V-I$ ، نتیجه گیری قانون اهم

پاسخ:  
(الف)



ب)  $V$  ده برابر  $I$  است.

پ) تقسیم تمام قسمت‌ها برابر  $10$  است.

ت) نتیجه می‌گیریم با تغییر ولتاژ، جریان نیز تغییر می‌کند؛ اما نسبت آنها مقدار ثابتی است.

تمرین پیشنهادی

چه رابطه‌ای بین ولتاژ و جریان وجود دارد؟

در ولتاژ  $10\text{ V}$  جریان چقدر است؟ نسبت  $V/I$  را محاسبه کنید.

شیب خط را بدست آورید.

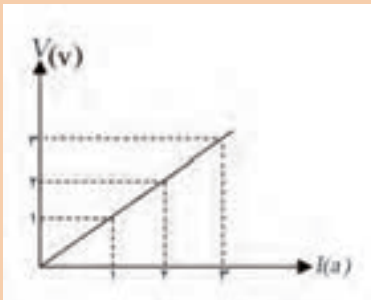
چه نتیجه‌ای از مقایسه قسمت دوم و سوم می‌گیرید؟

پاسخ: ولتاژ  $10$  برابر جریان است.

نسبت  $V$  به  $I$  برابر  $10$  است، که همان مقاومت است.

شیب خط  $10$  است.

مقایسه: شیب خط همان مقاومت است.

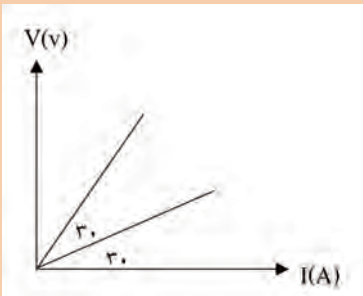


تمرین پیشنهادی

با توجه به نمودار، نسبت مقاومت بزرگ‌تر به مقاومت کوچک‌تر چقدر است؟

پاسخ:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\tan 60^\circ}{\tan 30^\circ} = \frac{\sqrt{3}}{\frac{\sqrt{3}}{3}} = 3$$



تمرین پیشنهادی

اگر در دمای ثابت، ولتاژ دو سر رسانای فلزی را از ۱۵V به ۴۳V برسانیم، جریان گذرنده از آن، ۴A افزایش می‌یابد. مقاومت رسانا چند اهم است؟

$$R_1 = R_2$$

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

$$\frac{15}{I_1} = \frac{43}{I_1 + 4} \rightarrow I_1 = 2/14A$$

$$R_1 = \frac{15}{2/14} = 7\Omega$$

تمرین پیشنهادی

جدول‌های زیر مربوط به دو وسیله است. با استفاده از این جدول، نمودار I-V را رسم کنید. تعیین کنید آیا این وسایل از قانون اهم پیروی می‌کنند یا خیر؟

وسیله ۱		وسیله ۲	
I(A)	V(v)	I(A)	V(v)
۴/۵	۲	۱/۵	۲
۰/۷۵	۳	۲/۲	۳
۹	۴	۲/۸	۴

پاسخ:

با رسم نمودار جریان برحسب ولتاژ متوجه می‌شویم که این نمودار برای وسیله ۲ به صورت خط راست و شیب آن مستقل از تغییرات ولتاژ و جریان است. پس این وسیله از قانون اهم پیروی می‌کند. اما نمودار وسیله ۱ به صورت خط راست نیست، پس از قانون اهم تبعیت نمی‌کند.

## ۵-۲ عوامل مؤثر بر مقاومت رسانای فلزی در دمای ثابت

### ● هدف

- بررسی عوامل مؤثر بر مقاومت، نحوه ارتباط این عوامل با مقاومت

- ایجاد خلاقیت، یادگیری مادام‌العمر، سواد اطلاعاتی کار تیمی، ارتباط مؤثر، شایستگی محاسبه و ریاضی، مستندسازی

### ● راهنمای تدریس

با توجه به قسمت‌های قبل، تشبیه جریان الکتریکی به آب جاری در شلنگ (آهنگ روان شدن آب مانند جریان الکتریکی و اختلاف فشار بین دو سر شلنگ مشابه اختلاف پتانسیل دو سر رساناست)، برای شناسایی عوامل مؤثر بر مقاومت فعالیت زیر پیشنهاد می‌شود:



### تدریس پیشنهادی

از هنرجویان بخواهید مقاومت را مانند یک شلنگ و آبی را که از درون آن عبور می‌کند، مانند جریان الکتریکی تصور کنند. حال از آنها بخواهید بیان کنند که اگر دو شلنگ آب، یکی نازک و دیگری ضخیم، در اختیار داشته باشند، شدت آبی که از آنها خارج می‌شود چه تفاوتی با هم دارند؟ (اثر سطح مقطع) همچنین شدت آب خروجی از یک شلنگ کوتاه را با یک شلنگ بلند مقایسه کنند (اثر طول) و در نهایت دو شلنگ یکسان از نظر طول و سطح مقطع را در نظر بگیرند که درون یکی را با پنبه پر کرده و دیگری حالت معمولی داشته باشد و شدت آب خروجی را با یکدیگر مقایسه نمایند.

فیلم‌های تعاملی موجود در لوح فشرده در تدریس این بخش به شما کمک شایانی خواهند کرد.



فیلم تعاملی: بررسی عوامل مؤثر بر مقاومت

بعد از انجام این فعالیت و زمینه‌سازی‌های لازم، از دانش‌آموزان بخواهید آزمایش کنید کتاب درسی را انجام دهند تا رابطه بین مقاومت و متغیرهای مرتبط را به دست آورند.

### آزمایش کنید

نتیجه قسمت ۲: مقاومت رسانای فلزی با طول رابطه مستقیم دارد ( $R \propto L$ )  
 نتیجه قسمت ۳: مقاومت رسانای فلزی به جنس رسانا بستگی دارد.  
 نتیجه قسمت ۴: مقاومت رسانای فلزی با مساحت سطح مقطع نسبت عکس دارد  
 $(R \propto \frac{1}{A})$ .

بهتر است به هنرجویان متذکر شد که برای نتیجه‌گیری بهتر و کاهش خطای آزمایش، لازم است آزمایش را چندبار انجام داده و میانگین مقادیر را به دست آورند. همچنین توجه هنرجویان را به قطع و وصل کردن سریع کلید جلب می‌کنیم تا ذهن هنرجویان برای عامل تأثیرگذار دیگر که دما است جلب شود.

پس از انجام آزمایش، رابطه  $R = \frac{\rho L}{A}$  را معرفی کرده و توجه هنرجویان را به جدول ۱-۵ که مربوط به مقادیر مقاومت ویژه است، جلب می‌کنیم.

### فکر کنید

هدف: مروری بر یکاهای فرعی در فصل اول، افزایش مهارت هنرجویان در به دست آوردن یکاها  
 پاسخ:

$$\rho = \frac{RA}{L} \rightarrow \rho = \frac{\Omega m^2}{m} = \Omega m$$

### فکر کنید

هدف: بررسی تأثیر عامل دما بر مقاومت رسانای فلزی  
 پاسخ:

بله، دما عامل چهارم است که روی مقاومت رسانای فلزی تأثیر دارد. تأثیر مستقیمی دارد یعنی با افزایش دما، مقاومت نیز افزایش می‌یابد.

بعد از پاسخ دادن به این فکر کنید، از هنرجویان بخواهید به مطالب کتاب که در ادامه همین فکر کنید در کتاب درسی آمده است، توجه کرده و پاسخ خود را با آن مقایسه کنند.

## فکر کنید

هدف: مرور دانسته‌های پیشین

پاسخ:

اگر کلید برای مدت طولانی بسته بماند، سبب گرم شدن سیم و در نتیجه باعث بالا رفتن مقاومت می‌شود.

## تجربه کنید

هدف: کاربرد رساناهای مختلف در زندگی روزمره

پاسخ:

موادی مانند نقره و مس که دارای مقاومت ویژه پایینی هستند، مقاومت الکتریکی کمی نیز دارند و در نتیجه در اختلاف پتانسیل ثابت جریان بیشتری از آنها عبور می‌کند؛ بنابراین از این نوع رساناها در جاهایی که عبور جریان با کمترین تلفات مد نظر باشد، استفاده می‌شود. موادی که دارای مقاومت ویژه بالا هستند مانند تنگستن و ... مقاومت الکتریکی زیادی دارند یعنی تلفات انرژی الکتریکی به صورت گرما در آنها بیشتر است. بنابراین این رساناها در وسایلی که برای ایجاد گرما ساخته می‌شوند مانند اتو، المنت سماور برقی، المنت بخاری برقی و ... مورد استفاده قرار می‌گیرند.

## تمرین کنید

هدف: مقایسه مقاومت دو سیم و نحوه تأثیر عوامل

پاسخ:

چون جنس و سطح مقطع دو رسانا با هم برابر است، بنابراین تنها عامل تأثیرگذار بر مقاومت طول است و چون طول رسانای دوم دو برابر طول رسانای اول است، پس مقاومت الکتریکی آن نیز دو برابر مقاومت الکتریکی رسانای اول است.





تمرین پیشنهادی

مقاومت الکتریکی و طول سیم‌های A و B با هم برابر است. اگر مقاومت ویژه سیم A دو برابر مقاومت ویژه سیم B باشد، نسبت قطر سیم A به قطر سیم B چقدر است؟

$$\frac{R_A}{R_B} = \frac{\rho_A L_A A_B}{\rho_B L_B A_A} \rightarrow \frac{R_A}{R_A} = \frac{2\rho_B L_A \pi r_B^2}{\rho_B L_A \pi r_A^2} \rightarrow \frac{2D_B^2}{D_A^2} \rightarrow \frac{D_B}{D_A} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

تمرین پیشنهادی

سیم‌های فلزی C و B و A قطر یکسان دارند و به ترتیب از راست به چپ مقاومت ویژه و طول آنها (ρ و L)، (ρ و L) و (ρ و 5/1 L) است. چه رابطه‌ای بین R<sub>A</sub> وجود دارد؟

پاسخ:

$$R_A = 3R_C$$

$$R_C = 2R_B$$

$$R_A = 6R_B$$

## ۵-۵-۳ انواع مقاومت

● هدف

- معرفی انواع مقاومت‌ها، روش‌های ساخت و تعیین مقدار مقاومت  
- افزایش مهارت محاسبه، سواد اطلاعاتی، کاربرد فناوری

● راهنمای تدریس

می‌توان انواع مقاومت‌ها را به کلاس درس برد و یا از قبل از هنرجویان خواست تا مقاومت‌هایی را که در بازار وجود دارند، فراهم کرده و دربارهٔ آنها تحقیق کرده و به کلاس ارائه کنند.

● دانش افزایی

مقاومت‌ها یکی از عناصر پایهٔ مدار در علم الکترونیک هستند و نقش اصلی آنها مقاومت در برابر عبور جریان است. مقدار مقاومت را با واحد اهم و با نشانه (Ω) نشان می‌دهند. مقدار مقاومت در حقیقت معکوس رسانایی است. تقریباً تمام مدارهای الکترونیکی برای عملکرد صحیح به مقاومت‌ها نیاز دارند. مقاومت‌ها امکان کنترل جریان و یا ولتاژ ارائه شده را فراهم می‌کنند. از معمول‌ترین کاربرد مقاومت‌ها می‌توان به برقرار کردن ولتاژ و جریان بایاس (جریان راه‌انداز) موردنیاز تقویت‌کننده‌های ترانزیستوری، تغییر جریان خروجی مترادف با افت ولتاژ خروجی و ایجاد تضعیف جریان به میزان تعیین

شده را نام برد. در یک مقاومت ایده‌آل مقدار مقاومت همواره ثابت است، اما در دنیای واقعی مقدار مقاومت‌ها با توجه به دما و میزان جریان عبوری ممکن است دچار تغییراتی شود؛ همین امر باعث می‌شود پارامتری به نام توان برای مقاومت مطرح شود که با واحد وات (W) اندازه‌گیری می‌شود. در حقیقت توان نامی (Nominal Power Rating) باید همواره بیش از حداکثر توان مورد نیاز مقاومت تعیین شود: توان حداکثر با استفاده از رابطه  $P_{MAX}=I^2R$  محاسبه می‌شود.

### طبقه‌بندی انواع مقاومت

مقاومت‌ها را می‌توان براساس کاربرد و نوع ماده تشکیل‌دهنده طبقه‌بندی کرده، در ابتدا مقاومت‌ها به دو دسته کلی ثابت (Fixed Resistors) و متغیر (Variable Resistors) که شامل مقاومت‌های معمولی و مقاومت‌های تابع عوامل فیزیکی است، تقسیم می‌شوند.

### ۱. مقاومت‌های ثابت (Fixed Resistors)

#### مقاومت‌های فیلم کربن

مقاومت‌های فیلم کربن در حقیقت پرستفاده‌ترین و ارزان‌ترین نوع مقاومت است و کمتر کسی است که تاکنون این نوع مقاومت را ندیده باشد. این مقاومت‌ها اغلب دارای تلرانس  $\pm 5\%$  درصد است و معمولاً در توان‌های ۱/۸ وات، ۱/۴ وات و ۱/۲ وات در بازار یافت می‌شوند. این مقاومت‌ها همان‌طور که در تصویر روبه‌رو مشخص است، معمولاً با پیچیده‌شدن یک لایه نازک کربنی دارای ناخالصی (فیلم کربن) به دور یک هسته سرامیکی ساخته می‌شوند و دو سر مقاومت به ۲ قطعه رسانا کلاهی شکل دارای پایه متصل می‌شود که پایه‌های قطعه را تشکیل می‌دهند تا بتوان قطعه را روی برد لحیم کرد. در نهایت پوششی عایق روی مقاومت را می‌پوشاند و سپس کدهای رنگی بر روی آن درج می‌شود.

#### مقاومت‌های فیلم فلز

مقاومت‌های فیلم فلز (Metal Film Resistor) از نظر شکل ساختمان مانند مقاومت‌های فیلم کربن هستند با این تفاوت که به جای فیلم کربن از فیلم فلز استفاده می‌شود. این نوع مقاومت‌ها زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرند که دقت بیشتری نیاز داشته باشیم. نیکل کروم یا نیکروم (Cr.Ni) معمولاً به‌عنوان ماده اصلی



در ساخت فیلم فلز (Metal Film) مورد استفاده قرار می‌گیرد. مقاومت‌های فیلم فلز با دقت‌های ۰.۵٪، ۱٪ و ۵٪ در بازار موجود هستند. این مقاومت‌ها نویز کمی دارند و تأثیر دما روی آنها کم است و برای مدت زیادی با دقت بالا قابل استفاده هستند.

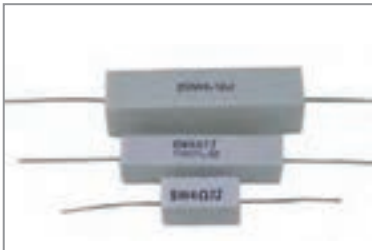
### مقاومت‌های سیمی



مقاومت‌های Wire Wound یا سیمی یکی از انواع مقاومت‌های الکترونیکی هستند که با استفاده از سیم‌های فلزی دارای مقاومت ساخته می‌شوند. به علت اینکه مقدار مقاومت این مقاومت‌ها به طول سیم پیچیده شده بستگی دارد، می‌توان مقاومت‌هایی با مقادیر دقیق ساخت.

مقاومت‌های وات بالا (Wattage-High) را می‌توان با پیچیدن سیم‌های ضخیم ساخت. این نوع از مقاومت‌ها را نمی‌توان در مدارهای فرکانس‌های بالا استفاده کرد؛ زیرا در صورت استفاده، در فرکانس‌های بالا سیم پیچیده شده خاصیت سلفی پیدا خواهد نمود و باعث ایجاد اختلال در عملکرد مدار خواهد شد.

### مقاومت آجری یا سرامیکی



مقاومت آجری نیز یکی از انواع مقاومت‌های سیمی است که در آن مقاومت سیمی در داخل یک کاور سرامیکی قرار می‌گیرد و زیر این کاور سرامیکی با نوع خاصی از سیمان پر می‌شود. این مقاومت‌ها از ۱ وات تا ده‌ها وات در بازار موجود هستند. نکتهٔ حائز اهمیت در مورد این مقاومت‌ها اینست که این نوع مقاومت در هنگام کار می‌تواند تا حد زیادی گرم و یا داغ شود و در هنگام طراحی مدار باید محل مناسبی برای نصب این مقاومت‌ها در نظر گرفت.

### مقاومت آرایه‌ای یا شبکه‌ای



مقاومت آرایه‌ای که در سمت راست شکل نمایش داده شده است، در حقیقت شامل مجموعه‌ای از مقاومت‌ها است که در داخل یک بسته قرار گرفته‌اند. علت این کار کاهش مصرف فضای مورد نیاز است. در قسمت سمت چپ شکل، ساختمان داخلی مقاومت آرایه‌ای به‌خوبی مشخص گردیده است. معمولاً در اکثر مقاومت‌های آرایه‌ای پایه اول (در شکل روبه‌رو با علامت دایره مشخص شده است)، پایه مشترک تمام مقاومت‌ها است، از این نوع مقاومت‌ها می‌توان به‌سادگی برای پول آپ کردن یا پوش داون کردن ورودی و خروجی‌های منطقی بهره جست. همچنین

در مدارهایی که نیاز به محدود کردن جریان تعدادی LED دارید، می‌توانید از این مقاومت‌ها استفاده کنید. در اغلب مقاومت‌های آرایه‌ای یا شبکه‌ای، اولین پایه، پایه مشترک و سایر پایه‌ها هر کدام یک مقاومت است؛ اما نوع دیگری از این مقاومت تحت عنوان مقاومت آرایه‌ای  $4S$  وجود دارد که هر ۲ پایه تشکیل یک مقاومت مجزا را می‌دهند و بر خلاف نوع معرفی شده دارای پایه مشترک نیستند.

## ۲. مقاومت‌های متغیر (Variable Resistors)

### مقاومت‌های متغیر معمولی

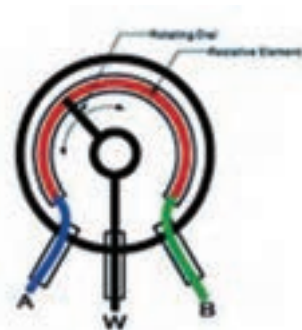
**پتانسیومتر (Potentiometer):** پتانسیومتر نوعی مقاومت است که برخلاف مقاومت‌های رایج، دارای ۳ پایه است. ساختمان یک پتانسیومتر به این صورت است که دو ترمینال در طرفین وجود دارد که در شکل پایین  $A$  و  $B$  نام‌گذاری شده‌اند. بین این دو ترمینال یک المان دارای مقاومت مشخص وجود دارد که مقاومت آن برابر با مقدار درج شده روی پتانسیومتر است و مادامی که پتانسیومتر سالم باشد، این مقدار ثابت خواهد ماند (زمانی که شما یک پتانسیومتر ۱۰ کیلو خریداری می‌کنید، در حقیقت مقاومت بین این دو پایه تقریباً ۱۰ کیلو اهم خواهد بود) پایه سوم که بین دو پایه دیگر قرار دارد و در شکل پایین  $W$  نام‌گذاری شده است، دارای یک کنتاکت لغزنده است که بر روی المان مقاومتی که ترمینال‌های  $A$  و  $B$  را به هم وصل کرده می‌لغزد. با تغییر مکان کنتاکت متحرک، مقاومت پایه  $W$  نسبت به پایه  $A$  و پایه  $B$  تغییر می‌کند.



پتانسیومترها از نظر کاربرد دارای انواع مختلفی هستند. نوعی از پتانسیومترها برای استفاده کاربر در مدار قرار داده می‌شوند مانند پتانسیومتر ولوم رادیو (قطعه‌ای که در ایران به نام ولوم می‌شناسند) و برخی برای استفاده سازندگان و تعمیرکاران است؛ مانند برخی پتانسیومترهایی که بر روی برد مدار چاپی و در داخل جعبه قرار گرفته است و یکبار توسط سازنده تنظیم می‌شود و از آن پس نباید مقدار آن تغییر کند.

اغلب پتانسیومترها دارای زاویه چرخش تقریبی ۳۰۰ درجه هستند؛ اما نوعی از پتانسیومترها که برای دقت بیشتر به کار می‌روند، مولتی‌ترن نامیده می‌شوند. مولتی‌ترن‌ها دارای زاویه چرخشی بیش از یک دور هستند که با توجه به مدل مولتی‌ترن بین ۲ دور الی ده‌ها دور متغیر است.

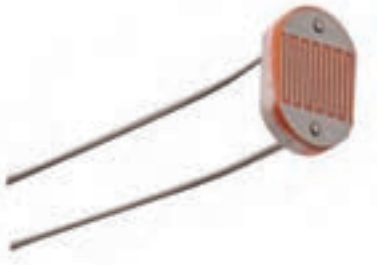
پتانسیومترها از نظر شکل نیز انواع مختلفی، مانند پتانسیومتر ایستاده، خوابیده و تریمر دارند، اما وجه تشابه همگی نحوه عملکرد آنهاست. برخی از پتانسیومترها نیز ممکن است دوپل باشند؛ به این معنی که به جای ۳ پایه دارای ۶ پایه باشند. در این‌گونه پتانسیومترها در حقیقت دو پتانسیومتر مجزا با یک محور مشترک در یک پکیج قرار گرفته‌اند و دلیل استفاده از آنها، تغییر هم‌زمان دو پتانسیومتر است مانند کم و زیاد کردن صدا در سیستم‌های استریو (دو کانال).



### ۳. مقاومت‌های متغیر وابسته به عوامل فیزیکی

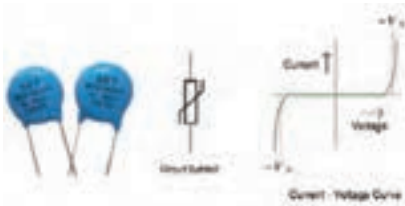
مقاومت‌های وابسته، نوعی مقاومت متغیر هستند که همانند مقاومت‌های معمولی دارای ۲ پایه هستند، اما مقاومت آنها معمولاً با توجه به یکی از پارامترهای محیطی، مانند دما، رطوبت، نور، مغناطیس، ولتاژ و ... تغییر می‌کند.

#### مقاومت وابسته به نور یا Light Dependent Resistor (LDR)



این مقاومت‌ها دارای ۲ صفحه فلزی جدا از هم هستند که بین این دو صفحه رسانا، یک خط نازک از جنس کادمیوم سولفید وجود دارد. با تابش نور به این ماده، مقاومت بین دو صفحه رسانا کم می‌شود، به گونه‌ای که در فضاهای تاریک مقاومت این قطعه معمولاً چند صد برابر مقاومت آن در فضاهای پر نور است. از این مقاومت در ساخت فوتوسل‌ها یا به عنوان سنسور نور در برخی دستگاه‌ها استفاده می‌شود. از این مقاومت در مدارهای الکترونیکی به عنوان تشخیص‌دهنده نور (نورسنج) استفاده می‌شود. از جمله کاربردهای این مقاومت استفاده از آن در دوربین‌های عکاسی و کلیدهای نوری و چشم‌های الکترونیکی است.

#### وریستور یا مقاومت وابسته به ولتاژ Voltage Dependent Resistor (VDR)



وریستور یک نوع مقاومت حساس به ولتاژ است. ولتاژ و مقدار مقاومت در وریستور با هم رابطه عکس دارند؛ بدین صورت که با افزایش ولتاژ دو سر قطعه، مقاومت آن کاهش می‌یابد البته رفتار این قطعه خطی نیست و در قسمت‌هایی از نمودار درحالی که ولتاژ افزایش پیدا می‌کند، جریان ثابت باقی خواهد ماند. وریستور

فاقد پلاریته است و می‌توان از آن در مدارهای AC نیز استفاده کرد. از وریستور برای محافظت از مدار در برابر اور ولتاژهای (Over Voltage) زودگذر ناخواسته استفاده می‌شود. یکی از اور ولتاژهای زود گذر، تخلیه الکتروسیته ساکن است. وریستور می‌تواند به خوبی جریان‌های گذرا (Transient) را از خود عبور دهد، بی‌آنکه خود دچار آسیبی شود. وریستورها دارای ولتاژهای فعال‌سازی (Trigger) متفاوت هستند و انتخاب وریستور با ولتاژ تریگر مناسب، می‌تواند مدار ما را در برابر برخی ولتاژهای ناخواسته محافظت کند. از وریستور در برق قدرت و پست‌های نیروگاهی نیز برای حفاظت شبکه استفاده می‌کنند. از جمله کاربردهای این مقاومت عبارت‌اند از: (۱) تثبیت‌کننده‌های ولتاژ (۲) حفاظت مدارها در مقابل اضافه ولتاژها در لحظات قطع و وصل کلید.

### مقاومت وابسته به حرارت یا ترمیستور (Thermistor):

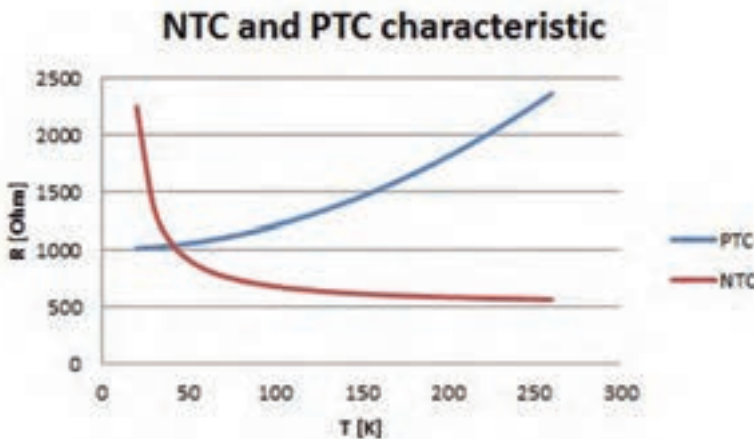
ترمیستور نیز نوعی مقاومت وابسته است که مقدار مقاومت آن با توجه به تغییرات دما، تغییر می‌کند. ترمیستورها دارای دو نوع PTC و NTC هستند.

PTC به معنی ضریب دمایی مثبت (Positive Temperature Coefficient) می‌باشد و به معنی این است که مقاومت این قطعه با افزایش دما، افزایش می‌یابد.

NTC بر خلاف PTC دارای ضریب دمایی منفی (Negative Temperature Coefficient) می‌باشد. در این المان با افزایش دما، مقاومت NTC کاهش می‌یابد.

از این مقاومت‌ها در مدارها به صورت حس‌کننده (Sensor) های حرارتی در مسیر دستگاه‌های الکتریکی نظیر موتورهای الکتریکی، کوره‌ها، سیستم‌های تهویه و تبرید استفاده می‌شود. به‌طور کلی ترمیستورها در مدارهایی که دما را اندازه‌گیری یا کنترل می‌کنند، به‌کار می‌روند.

در جدول زیر رابطه مقاومت برحسب دما را در NTC و PTC به صورت تقریبی مشاهده می‌کنید.



### مقاومت‌های تابع میدان مغناطیسی (MDR (Magnetic Dependent Resistors)

مقاومت‌های تابع میدان به مقاومت‌هایی گفته می‌شود که به سبب اثر میدان مغناطیسی بر آنها مقدار اهمشان تغییر می‌کند. در ساخت این مقاومت‌ها از نیمه‌هادی‌هایی استفاده شده که دارای ضریب حرارتی منفی هستند. به همین دلیل در صورت افزایش دما مقدار مقاومت آنها کاهش می‌یابد.

● دانش افزایی

محاسبهٔ مقادیر مقاومت‌های رنگی با استفاده از نرم‌افزار  
**Electronic assistant**

**طرز کار این نرم‌افزار:**

پس از نصب برنامه، صفحهٔ نشان داده شده در شکل ظاهر می‌شود که صفحهٔ اصلی مربوط به خواندن مقاومت‌ها و خازن‌ها است.

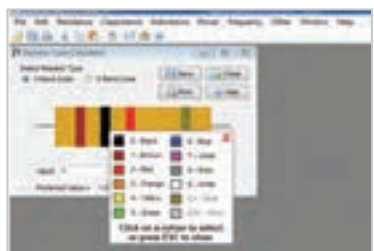
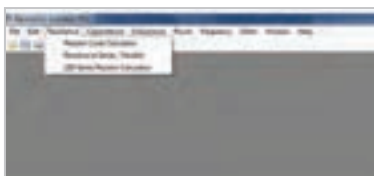
مکان‌نما را روی کلمهٔ Resistance کلیک کنید، بعد از باز شدن پنجره، جملهٔ Resistor Code Calculator را انتخاب کنید.

پنجره‌ای مطابق شکل ظاهر می‌شود. در این پنجره شما می‌توانید مقاومت‌های ۴ نواره یا ۵ نواره را انتخاب کنید و با تغییر رنگ نوارها مقدار مقاومت را بخوانید یا مقدار مقاومت را داده و رنگ کدها تعیین می‌شود. با استفاده از این پنجره می‌توانید مقاومت را ذخیره یا چاپ کنید.

برای تغییر دادن نوارهای رنگی در صورتی که طبق شکل مکان‌نما را روی هریک از نوارهای رنگی بگذارید و کلیک کنید، جدول رنگ‌ها ظاهر می‌شود. با انتخاب هریک از رنگ‌ها و کلیک کردن روی آن، رنگ نوار مقاومت عوض می‌شود. به این ترتیب می‌توانید با تغییر رنگ نوارها، کد رنگی مقاومت‌ها را تغییر دهید. پس از تغییر رنگ نوارها، مقدار مقاومت، تولرانس و مقاومت پیشنهادی استاندارد در زبانه‌های مربوطه ظاهر می‌شوند.

همچنین می‌توان مقدار مقاومت را وارد و رنگ نوارها را توسط نرم‌افزار مشخص کرد. برای این کار مراحل زیر را می‌توان انجام داد:

نوع مقاومت را روی ۴ نواره بگذارید. مکان‌نما را روی زبانهٔ مقدار (Value) برده و روی آن کلیک کنید تا مکان‌نمای چشمک‌زن روی زبانه ظاهر شود. سپس با کلیک کردن و نگهداشتن روی موس آن را بکشید تا به رنگ آبی تغییر حالت دهد. با استفاده از کلید Back space، عدد را پاک کرده و عدد موردنظر را وارد کنید. این کار را می‌توانید برای تولرانس و یکای مورد نظر نیز انجام دهید.



## ۵-۶ انرژی الکتریکی مصرفی

### ● هدف

- آشنایی با انرژی الکتریکی مصرفی و عوامل مؤثر بر مصرف انرژی الکتریکی در وسیله‌های برقی
- افزایش مهارت محاسبه

### ● راهنمای تدریس

- در ابتدا باید توضیح داده شود که منظور از مصرف انرژی الکتریکی، در واقع تبدیل انرژی الکتریکی به انرژی‌های دیگر است.
- با طرح پرسش‌هایی مطالبی را که هنرجویان قبلاً آموخته‌اند یادآور می‌شویم:
- دلیل گرم شدن یک مقاومت در اثر عبور جریان از آن چیست؟
- آیا گرمای تولیدشده مفید و قابل استفاده می‌باشد یا خیر؟
- چه عواملی می‌توانند روی میزان گرمای تولید شده تأثیر داشته باشند؟
- آیا می‌توان میزان این گرما را محاسبه کرد؟
- پاسخ این پرسش‌ها را هنرجویان قبلاً در قسمت مقاومت آموخته‌اند و در مورد عوامل مؤثر بر گرمای تولید شده نیز می‌توانند حدس‌هایی بزنند. سپس رابطه  $U=I^2Rt$  را معرفی کرده و از آنها بخواهید به مثال ۵-۷ کتاب توجه کنند.

## ۵-۶-۱ توان مصرفی

### ● هدف

آشنایی با توان مصرفی و روش‌های محاسبه آن

### ● راهنمای تدریس

- برای ایجاد انگیزه، می‌توان وسایل برقی (مانند لامپ و ...) را در اختیار گروه‌ها قرار داد و از آنها خواست به عددهای ثبت شده روی آنها توجه و دقت کنند. دلیل ثبت این عددها و مفهوم هر یک از آنها چیست؟ با شنیدن نظرهای هنرجویان می‌توانیم مفهوم توان اسمی و ولتاژ اسمی را بیان کنیم.

### تدریس پیشنهادی

همرا پدر و مادر خود برای خرید کتری برقی به مغازه‌ای مراجعه می‌کنید. صاحب مغازه دو نوع کتری را به شما پیشنهاد می‌دهد که ویژگی‌های آنها به صورت زیر است:

هر دو کتری گنجایش یکسان دارند، هر دو با ولتاژ  $220\text{V}$  کار می‌کنند؛ ولی کتری A در مدت ۱۵ دقیقه آب ۲۵ را به جوش می‌آورد، در حالی که کتری B همین عمل را در مدت ۱۰ دقیقه انجام می‌دهد.



### سؤال:

- کدام کتری انرژی بیشتری برای جوش آوردن آب مصرف می کند؟
- کدام کتری را برای خرید انتخاب می کنید؟ توضیح دهید.
- تفاوت این دو کتری در کدام کمیت فیزیکی است؟

### پاسخ:

- انرژی مصرفی هر دو یکسان است؛ زیرا مقدار مشخصی از آب با دمای یکسان در هر دو کتری به جوش رسیده است.

- معمولاً پاسخ این است که کتری در زمان کوتاه تری آب را به جوش می آورد.

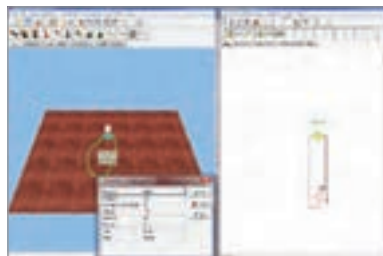
- اکثر هنرجویان ممکن است به زمان صرف شده اشاره کنند که با راهنمایی و یادآوری مطالب مربوط به توان که در سال های قبل آموخته اند، آنها را به تعریف توان هدایت می کنیم و در نهایت تفاوت بین دو کتری را به توان مصرفی آنها ربط می دهیم.

اگر امکان دسترسی به رایانه و نرم افزار ادیسون را دارید، فعالیت زیر پیشنهاد می شود.

### تدریس پیشنهادی

از گروه ها بخواهید با استفاده از نرم افزار ادیسون لامپ با مشخصات  $1/5$  ولت و  $2$  وات را همراه یک منبع تغذیه متغیر و آمپرسنج در مدار قرار دهند و مرحله به مرحله اختلاف پتانسیل دو سر لامپ را از صفر افزایش دهند و به نور لامپ توجه کنند. این کار را تا جایی ادامه دهند که اختلاف پتانسیل دو سر لامپ از  $1/5$  بگذرد و لامپ بشکند. (در مدارهای واقعی لامپ می سوزد، ولی نمی شکند). از گروه ها می خواهیم آنچه را اتفاق افتاده است، با ذکر دلیل بیان کنند.

با انجام این فعالیت بر استفاده از ولتاژ مناسب تأکید می شود.



نرم افزار ادیسون: تغییر ولتاژ باتری و تأثیر آن بر روشنایی لامپ و یا سوختن آن

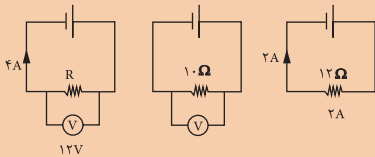
### تدریس پیشنهادی

از گروه‌ها بخواهید هم‌زمان دو مدار ببندند؛ در یکی لامپ ۱/۵ ولت و ۲ وات و در دیگری لامپ ۱/۵ ولت و ۴ وات. در هر مدار آمپرسنج هم قرار دهند و شدت نور لامپ‌ها و همچنین اعداد آمپرسنج را مشاهده و مقایسه کنند. به این ترتیب هنرجویان را هدایت می‌کنیم تا به مفهوم توان برسند و آنگاه رابطه‌های توان را به دست آورند.

از آنجا که توان مصرفی رابطه‌های متنوعی دارد، بهتر است برای مهارت بیشتر مثال‌های متفاوتی طرح شود.

### تمرین پیشنهادی

در مدارهای زیر توان مصرفی هر مقاومت چقدر است؟



$$P = I^2 R = (2)^2 \times 12 = 48 \text{ w} \quad \text{الف}$$

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{(5)^2}{10} = 2.5 \text{ w} \quad \text{ب}$$

$$P = VI = 12 \times 4 = 48 \text{ w} \quad \text{پ}$$

### تمرین پیشنهادی

اگر جریان عبوری از یک مقاومت ثابت را ۲ برابر کنیم توان مصرفی آن چند برابر می‌شود؟  
با توجه به اینکه مقاومت ثابت است با توجه به رابطه  $P = I^2 R$ ، توان با مجذور جریان رابطه مستقیم دارد. پس با ۲ برابر شدن جریان، توان مصرفی ۴ برابر می‌شود.

### تمرین کنید

#### هدف:

آشنایی بیشتر با تفاوت توان اسمی و مصرفی

#### پاسخ:

$$P_{220} = \frac{V^2}{R} \rightarrow 60 = \frac{(220)^2}{R} \rightarrow R \cong 806.6 \Omega$$

$$P_{110} = \frac{(110)^2}{806.6} = 15 \text{ w}$$

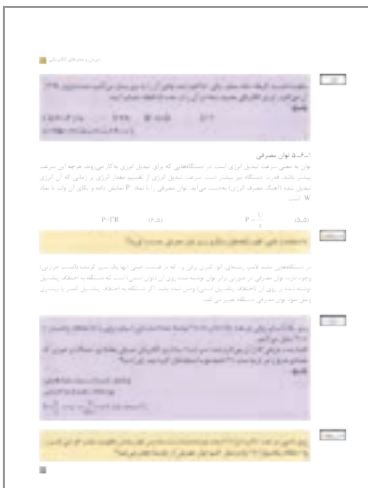
فکر کنید

**هدف:** به کار بردن فرمول‌های توان الکتریکی، تأکید بر توجه به اتلاف انرژی و صرفه جویی، تأکید بر مصداق ایرانی پاسخ: با افزایش ولتاژ مقدار توان تلف شده در سیم‌ها به صورت گرما کاهش یافته، همچنین در ساخت سیم‌ها از سیم‌های نازک تری استفاده می‌شود که مقرون به صرفه است.

● دانش افزایی

می‌دانیم روی هر وسیلهٔ برقی دو عدد ثبت می‌شود که یکی معرف ولتاژ اسمی (یعنی اختلاف پتانسیل مطلوب در دو سر وسیله) و دیگری توان اسمی (یعنی آهنگ مصرف یا تبدیل انرژی دستگاه در شرایطی که به ولتاژ اسمی وصل شده باشد) دستگاه است. می‌دانیم نوری که لامپ ۱۰۰ ولتی تولید می‌کند، بیشتر از لامپ ۶۰ واتی است؛ اما این به شرطی است که هر دوی آنها به ولتاژ اسمی خود یعنی ۲۲۰ ولت وصل شده باشند. در بعضی از مناطق شهری در زمان اوج مصرف عمومی برق، نور لامپ‌ها در حد مطلوب نیست و این به دلیل افت ولتاژ در آن منطقه است؛ یعنی اختلاف پتانسیل دو سر لامپ کمتر از ۲۲۰ ولت خواهد بود. لامپ‌های التهابی در این شرایط با توانی کمتر از توان اسمی خود کار می‌کنند و شدت نورشان کاهش می‌یابد، اما بعضی وسایل برقی دیگر مانند کولر، یخچال و ... که دارای موتورهای حرکتی هستند، دچار صدمه‌های جدی می‌شوند.

**توجه:** در رابطه‌های  $P = I^2 R$  و  $P = \frac{V^2}{R}$  چنین به نظر می‌رسد که توان مصرفی در یک مورد رابطهٔ عکس با مقاومت و در دیگری رابطهٔ مستقیم با مقاومت دارد. برای توجیه این تفاوت ظاهری می‌توان گفت رابطهٔ  $P = \frac{V^2}{R}$  در مواقعی کاربرد دارد که بخواهیم توان مصرفی مقاومت‌هایی را که به اختلاف پتانسیل ثابت و یکسانی وصل می‌شوند پیدا کنیم (مقاومت‌های موازی) که در این حالت توان مصرفی با مقاومت نسبت عکس دارد. رابطه  $P = I^2 R$  وقتی به کار می‌رود که جریان یکسان باشد (مقاومت‌های متوالی) که در این صورت هر چه مقاومت بیشتر باشد، توان مصرفی بیشتر است.



## ۵-۷ به هم بستن مقاومت‌ها

### ● هدف

- معرفی انواع به هم بستن مقاومت‌ها، فواید به هم بستن، آشنایی با ویژگی‌های انواع به هم بستن  
- افزایش مهارت محاسبه، تفکر منطقی، خلاقیت، سواد اطلاعاتی

### ● راهنمای تدریس

برای ایجاد انگیزه می‌توان به عکس اول فصل اشاره‌ای داشت و توجه هنرجویان را به نوشته زیر آن جلب نمود.  
همچنین برای درگیرکردن ذهن هنرجویان با فواید این بحث می‌توان به برخی از کاربردهای این مبحث اشاره کرد.  
در زندگی روزمره شاهد به هم بستن مصرف‌کننده‌های متعددی در منزل هستید که بسته به نوع استفاده از آنها، به هم بستن آنها متفاوت است؛

### برای مثال:

روشن شدن هم‌زمان لامپ‌های یک لوستر و یا روشن روشن تعدادی از آنها با یک کلید و تعدادی دیگر با کلیدی دیگر  
- کار کردن جداگانه هر یک از وسایل خانگی طوری که اگر یکی از آنها بسوزد، روی بقیه تأثیری ندارد.

## ۵-۷-۱ به هم بستن متوالی

### ● راهنمای تدریس

#### تدریس پیشنهادی

برای ورود به بحث می‌توان از تعدادی از هنرجویان خواست تا جلوی کلاس آمده و مانند زنجیر دست یکدیگر را بگیرند. همچنین از آنها بخواهیم که لیوان‌های متفاوتی در دست داشته باشند. سپس ظرف پر آبی را از ابتدای صف در اختیار آنها قرار داده و از آنها بخواهیم تا لیوان خود را پر کرده و ظرف را به نفر بعدی بدهند. حال می‌توانیم سؤال‌هایی از هنرجویان بپرسیم:

- ویژگی این زنجیره چیست؟  
- نحوه توزیع آب در بین هنرجویان چگونه است؟

#### پاسخ:

- هر هنرجو فقط یکی از دست‌های نفر بعدی را در دست دارد و هیچ دو نفری دو دست یکدیگر را در دست نمی‌گیرند. ( اشاره به نبودن هیچ گونه انشعابی بین مقاومت‌های متوالی).

- هر هنرجو که لیوان بزرگ‌تری دارد، آب بیشتری برمی‌دارد. پس آب ظرف بین هنرجویان تقسیم شده است. (تقسیم و لتاژ بین مقاومت‌ها).



نرم افزار phet برای مشاهده مدارهای متوالی

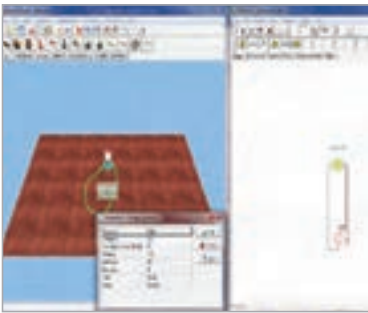
#### تدریس پیشنهادی

از هنرجویان بخواهید مداری شامل دو لامپ متفاوت را به طور واقعی و یا در نرم افزار ادیسون به طور متوالی ببندند. سپس آمپرسنج را مطابق شکل در قسمت‌های مختلف مدار قرار دهند و به اعداد آن توجه نمایند. و مشاهدات خود را به کلاس ارائه کنند.

**پاسخ:** عددی که آمپرسنج‌ها در همه حالت‌ها نشان می‌دهند، مساوی است. در بهم بستن متوالی دو لامپ، شدت جریان برای همه قسمت‌های مدار و لامپ‌ها مساوی است.

بعد از انجام این فعالیت توجه هنرجویان را به فکر کنید متن کتاب درسی جلب می‌کنید. می‌توانید از نرم افزار phet و ادیسون برای مشاهده مدارهای متوالی کمک بگیرید.

برای معرفی مقاومت معادل و نحوه محاسبه آن، ابتدا مقاومت معادل را به این صورت تعریف می‌کنیم که این مقاومت جایگزینی برای تعدادی از مقاومت‌هاست که بین دو نقطه خاص قرار گرفته‌اند. حال برای به دست آوردن رابطه مقاومت معادل فعالیت زیر پیشنهاد می‌شود:



#### تدریس پیشنهادی

از هنرجویان بخواهید در مدار شکل با داشتن اختلاف پتانسیل کل مدار و همچنین جریان کل مدار، مقاومت معادل را محاسبه کرده، سپس عدد به دست آمده را با مقادیر هر یک از مقاومت‌ها مقایسه کنند.

**پاسخ:** مقاومت معادل از تک تک مقاومت‌ها بیشتر و برابر مجموع مقاومت‌هاست.

#### فکر کنید

هدف: پی بردن به رابطه اختلاف پتانسیل در مدارهای متوالی

**پاسخ:** مجموع اختلاف پتانسیل‌های دو سر هر مقاومت برابر با اختلاف پتانسیل دو سر باتری است.

### تمرین کنید

هدف: مرور ویژگی‌های مدارهای متوالی

پاسخ:

$$R_1 + R_2 + R_3 = R_{eq} \rightarrow 2 + 3 + 5 = R_{eq} \rightarrow R_{eq} = 10 \Omega$$

هدف: پی بردن به رابطه بین مقاومت معادل و جریان گذرنده از مقاومت‌ها و توان مصرفی در مدار متوالی

پاسخ:

هر چه تعداد لامپ‌ها افزایش یابد مقاومت معادل افزایش یافته و باعث کاهش جریان کل مدار می‌گردد و توان مصرفی هر کدام از مقاومت‌ها نیز کاهش می‌یابد که باعث کاهش نور لامپ‌ها می‌گردد.

### فکر کنید

هدف: معرفی قطع مدار در مقاومت‌های متوالی و مرور مطالب بخش ۳-۵

پاسخ:

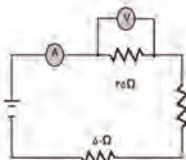
دو لامپ دیگر خاموش می‌شوند یعنی با قطع جریان در یکی از لامپ‌ها، جریان در کل مدار قطع می‌شود و اینکه کدام لامپ بسوزد اهمیتی ندارد. برای رفع این مشکل می‌توان سیمی را بین دو سر لامپ سوخته بست تا مدار دوباره به مسیر بسته‌ای تبدیل گردد. در این صورت دو لامپ دیگر روشن خواهند شد.

### تجربه کنید

#### تمرین پیشنهادی

در مدار شکل زیر ولت سنج  $70V$  را نشان می‌دهد. آمپرسنج چه عددی را نشان می‌دهد؟ کدام مقاومت گرم‌تر و کدام یک سردتر است؟

$$I = \frac{V}{R} \rightarrow I = \frac{70}{35} = 2A$$



گرم‌ترین مقاومت، مقاومتی است که توان بیشتری دارد که با توجه به متوالی بودن مقاومت‌ها و برابر بودن جریان‌ها، مقاومتی که مقدار مقاومت الکتریکی بیشتری دارد توان بیشتر دارد و بر عکس. پس مقاومت  $5 \Omega$  گرم‌تر و مقاومت  $15 \Omega$  سردترین خواهد بود.

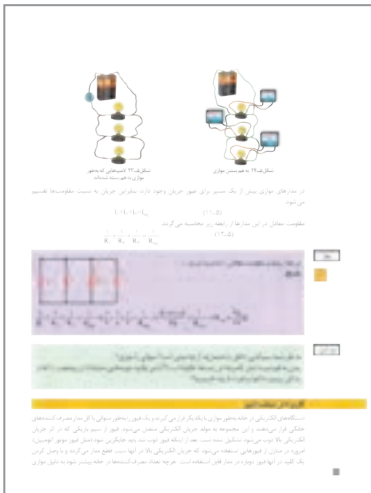


## ۵-۷-۲ به هم بستن موازی

### ● راهنمای تدریس

برای معرفی چگونگی بستن این مقاومت‌ها می‌توان از هنرجویان خواست تا در جلوی کلاس هر دو دست خود را به یکدیگر بدهند. با این فعالیت هنرجویان متوجه می‌شوند که در بستن موازی مقاومت‌ها هر دو سر مقاومت باید به یکدیگر متصل باشد. برای شناسایی دیگر ویژگی‌های مقاومت‌های موازی ابتدا توجه هنرجویان را به شکل ۲۴-۵ جلب نمایید. قابل ذکر است که این مدار را می‌توان هم در آزمایشگاه واقعی و هم به کمک نرم‌افزار بست.

برای به دست آوردن رابطه مقاومت معادل فعالیت زیر پیشنهاد می‌شود:



نرم افزار phet برای مشاهده مدارهای موازی



### تدریس پیشنهادی

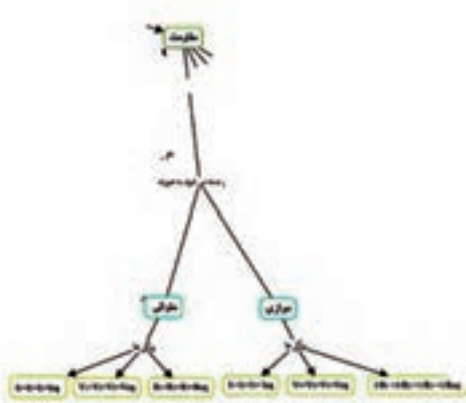
از هنرجویان بخواهید در مدار آزمایش، با داشتن اختلاف پتانسیل کل مدار و همچنین جریان کل مدار مقاومت معادل را محاسبه نموده، سپس عدد به دست آمده را با مقادیر هر یک از مقاومت‌ها مقایسه نمایند.  
پاسخ: مقاومت معادل از تک تک مقاومت‌ها کمتر است.

### تدریس پیشنهادی

برای محاسبه مقدار مقاومت معادل می‌توانید از هنرجویان بخواهید تا در رابطه  $I_{eq} = I_1 + I_2 + I_3$  به ازای هر جریان مقدار آن را از قانون اهم جایگذاری کرده و با توجه به مساوی بودن ولتاژها، با حذف مقادیرهای مساوی از طرفین رابطه، رابطه مربوط به مقاومت معادل را بر حسب دیگر مقاومت‌ها به دست آورند.

### تدریس پیشنهادی

می‌توان از هنرجویان خواست برای جمع‌بندی مطالب آموخته شده در مورد مقاومت‌های موازی و متوالی نقشه مفهومی مربوط به آنها را رسم کنند.  
پاسخ:



### تمرین پیشنهادی

از مقاومت‌های موازی  $۱۲\Omega$ ،  $۶\Omega$  و  $۴\Omega$  جریان مجموع  $۲۱A$  عبور می‌کند. جریان عبوری از مقاومت  $۶\Omega$  چقدر است؟

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{R_{eq}} \rightarrow \frac{1}{12} + \frac{1}{6} + \frac{1}{4} = \frac{1}{R_{eq}} \rightarrow R_{eq} = 2\Omega$$

$$V_{eq} = I_{eq} R_{eq} = 21 \times 2 = 42V = V_1 = V_2 = V_3$$

$$I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{42}{6} = 7A$$

فکر کنید

هدف: معرفی قطع مدار در مقاومت‌های موازی و مرور مطالب بخش ۳-۵  
پاسخ: اگر در یکی از شاخه‌ها، لامپی حذف شود، این عمل باعث قطع جریان در شاخه دیگر نمی‌شود.

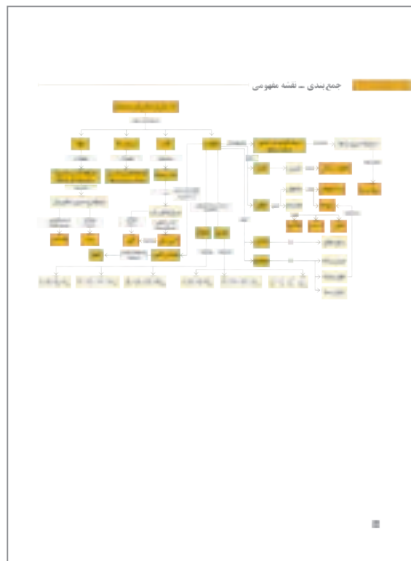


فکر کنید

هدف: مرور دانسته‌های پیشین و جمع‌بندی مطالب مربوط به مدارهای متوالی و موازی و پاسخ: در هر دو حالت مدارها موازی‌اند؛ زیرا با سوختن یکی از لامپ‌ها یا یکی از وسایل منزل، بقیه در مدار باقی می‌مانند. مثال‌های دیگر از به‌هم بستن موازی در اطرافمان: اتصال چراغ‌های اتومبیل، نور بالا و نور معمولی در لامپ جلوی اتومبیل

تحقیق کنید

هدف: وسایل الکتریکی برای کار کردن احتیاجی به سه پین یا سیم ندارند و با ۲ سیم هم روشن می‌شوند، یعنی سیم سوم را حتی اگر قطع کنیم، دستگاه به کار خودش ادامه می‌دهد، اما سیم سوم برای محافظت از برق‌گرفتگی و در برخی مواقع آتش‌سوزی تعبیه شده است. اگر به هر دلیلی جریان الکتریکی به بدنه دستگاه اتصال پیدا کند و اتفاقی، شخصی به آن دست بزند، حتماً دچار برق‌گرفتگی می‌شود. سیم سوم برای هدایت جریان اضافی یا ناخواسته به زمین است. اگر به شکل سمت راست در کتاب درسی که باز شده پریزهای سه شاخه را نشان می‌دهد توجه کنید می‌بینید که یک فیوز داخل آن تعبیه شده است. با این کار اگر جریان به هر شکلی از یک حدی بیشتر شود فیوز می‌پرد و برق دستگاه به‌طور کامل قطع می‌شود.





## پاسخ پرسش‌های پایان فصل

۱. شیب خط در نمودار  $I-V$  با مقاومت رابطه وارون دارد. پس خط  $b$  چون شیب کمتری دارد، مقاومت بیشتری خواهد داشت.
- ۲.

$$R_1 = \frac{\rho L_1}{A_1} = \frac{\rho L}{2A}$$

$$R_2 = \frac{\rho L_2}{A_2} = \frac{\rho \times 1/2 L}{A/2} = 3 \frac{\rho L}{A}$$

$$R_3 = \frac{\rho L_3}{A_3} = \frac{\rho L}{A}$$

از مقایسه مقاومت‌ها متوجه می‌شویم که:

$$R_1 < R_3 < R_2 \rightarrow I_2 < I_3 < I_1$$

۳. الف) نادرست؛ با توجه به اینکه جهت جریان از سر مثبت باتری است، پس جهت جریان خلاف جهت چرخش عقربه‌های ساعت است.
- ب) نادرست - دو مقاومت متوالی هستند بنابراین جریان‌های مساوی از آنها عبور می‌کند.
- پ) درست؛ چون جریان‌ها برابرند،  $V$  با  $R$  رابطه مستقیم دارد. پس هر چه مقاومت بیشتر باشد ولتاژ نیز بیشتر خواهد بود.
- ت) درست؛ با مساوی بودن جریان و با در نظر گرفتن رابطه، توان با مقاومت رابطه مستقیم دارد، پس هر چه مقاومت بیشتر شود، توان مصرفی نیز بیشتر است.
۴. خیر، اگر دو مقاومت  $18 \text{ k}\Omega$  به‌طور موازی بسته شود، مقاومت معادل  $9 \text{ k}\Omega$  و اگر به‌طور موازی بسته شوند، مقاومت  $6 \text{ k}\Omega$  خواهد بود.
۵. الف) متوالی      ب) موازی      پ) موازی
۶. نور لامپ در مداری بیشتر است که توان مصرفی بیشتری دارد.

## پاسخ مسئله‌ها

۱.

$$V=RI \rightarrow V=\Delta \times 10^{-7} \times 2 \times 10^7 = 1000 \text{ V}$$

۲.

$$R = \frac{\rho L}{A} \rightarrow 20 = \frac{1/7 \times 10^{-8} \times 1 \times 10^7}{A} \rightarrow A = 0.085 \times 10^{-5}$$

$$A = \pi r^2 \rightarrow R = \sqrt{\frac{0.085 \times 10^{-5}}{3/14}}$$

$$= 0.52 \times 10^{-2} \text{ m} = 0.52 \text{ mm}$$

۳. الف) به دلیل یکسان بودن مقاومت سیم‌ها، کل جریان بین ۱۲۵ رشته سیم تقسیم می‌شود.

$$I_{\text{هر شاخه}} = \frac{0.75}{125} = 0.006$$

ب)

$$P = IV \rightarrow I = \frac{V}{9} \quad .4$$

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \rightarrow \Delta q = \frac{V}{9} \times (\Delta \times 60 \times 60) = 1/4 \times 10^3 \text{ C}$$

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{(120)^2}{14} = 1.028 \times 10^3 \text{ J} \quad .5$$



۶.  
(الف)

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} = \frac{1}{R_{eq}} \rightarrow \frac{1}{8} + \frac{1}{8} + \frac{1}{6} + \frac{1}{12} = \frac{1}{R_{eq}} \rightarrow R_{eq} = 2\Omega$$

(ب) ابتدا مقاومت‌ها را از روی نوارهای رنگی محاسبه می‌کنیم:

$$R_1 = 3400\Omega \quad R_2 = 560\Omega$$

$$R_{eq} = R_1 + R_2 \rightarrow R_{eq} = 3400 + 560 = 3960\Omega$$

## پروژه پایان فصل

مدار سؤال دوم



مدار سؤال اول

