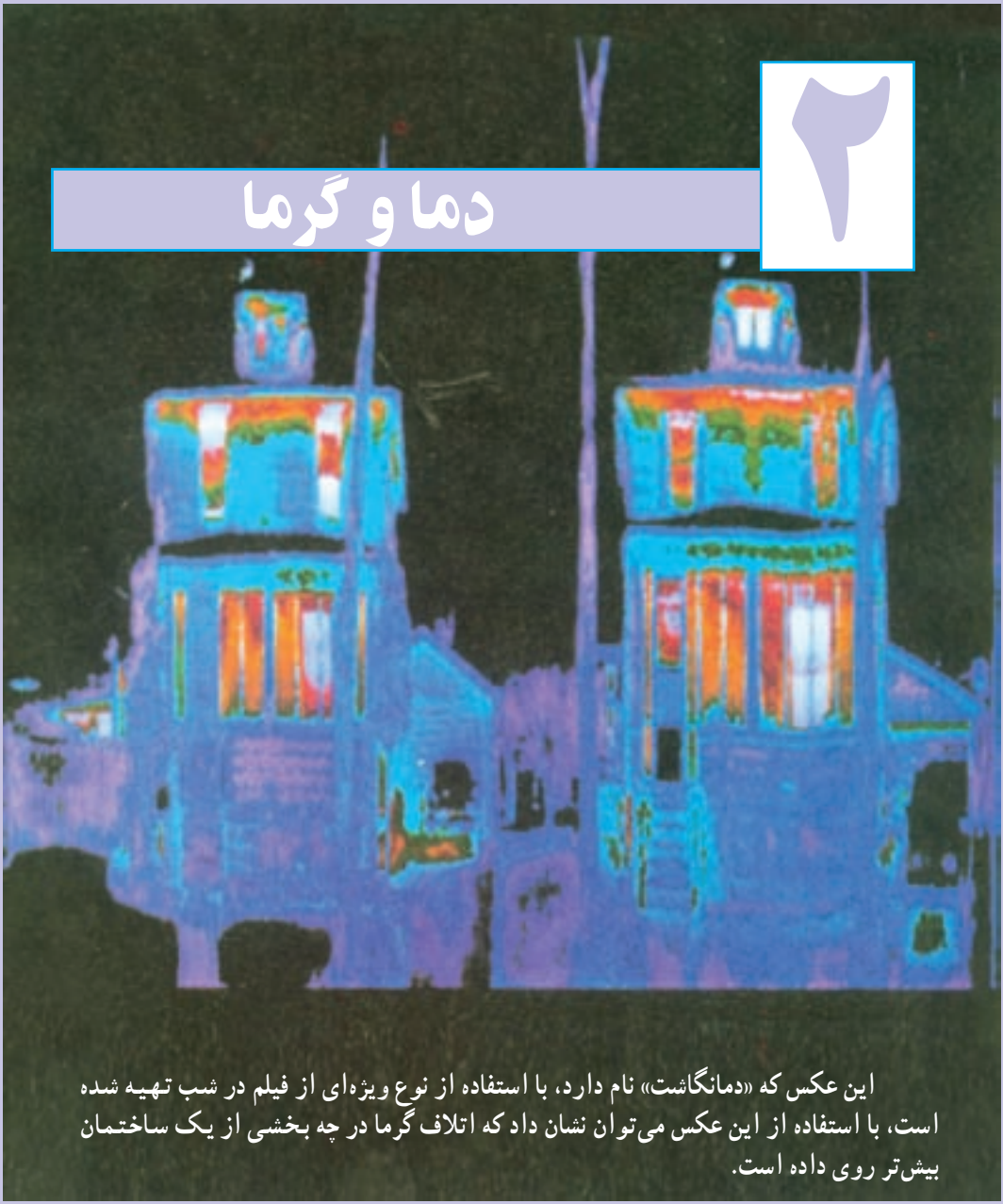
۲

دما و گرما



این عکس که «دمانگاشت» نام دارد، با استفاده از نوع ویژه‌ای از فیلم در شب تهیه شده است، با استفاده از این عکس می‌توان نشان داد که اتلاف گرما در چه بخشی از یک ساختمان بیش‌تر روی داده است.

پیش از این در درس‌های علوم دوره‌ی راهنمایی تا حدودی به ارتباط گرمی و سردی با دما پی برده‌اید. در این فصل با یادآوری مفهوم دما به شرح برخی از دماسنج‌ها می‌پردازیم.

گرما و روش‌های گرما سنجی: دمای جسم‌هایی که روزانه با آن‌ها سروکار داریم و محیطی که در آن کار و زندگی می‌کنیم، معمولاً تأثیر زیادی روی نحوه‌ی کار و زندگی ما دارد. به یاد بیاورید که برای گرم کردن منزل و مدرسه در زمستان یا سرد کردن این محیط‌ها در تابستان چه هزینه‌ای مصرف می‌شود. ایجاد یک دمای معیّن و حفظ آن در فنّاوری و صنعت و همین‌طور در پژوهش‌های علمی اهمیّت فراوان دارد. همچنین عایق‌بندی گرمایی، به‌منظور حفظ دمای مورد نظر در یک محیط، یکی دیگر از موضوع‌های مورد بحث در این فصل است.

۲ــ۱ــ دما

در درس علوم دوره‌ی راهنمایی دیدید که هر چه یک جسم گرم‌تر باشد، می‌گوییم دمایش بیشتر است و هر چه سردتر باشد، می‌گوییم دمایش کمتر است. در اینجا نخست این موضوع را به‌طور مشروح بررسی می‌کنیم. سپس طرز اندازه‌گیری دما را شرح می‌دهیم.

فرض کنید که در یک روز سرد زمستانی، برای پذیرایی از دوست خود یک استکان چای آورده باشید. اگر دوستتان در نوشیدن کمی تأخیر کند، می‌گویید «چای سرد شده است» و منظورتان آن است که چای سردتر از آن است که برای نوشیدن مناسب باشد. با بیان این جمله شما به هیچ‌وجه معلوم نکرده‌اید که چای چقدر سرد شده است؟

برای آنکه بتوانیم پاسخ چنین پرسش‌هایی را مشخص کنیم از مفهوم «دما» استفاده می‌کنیم و به جسم‌های گرم‌تر دمای بیش‌تر و به جسم‌های سردتر دمای کمتری نسبت می‌دهیم. حال اگر دمای چند جسم را بدانیم می‌توانیم به‌طور دقیق بگوییم که هر یک از آن‌ها از کدام‌یک از جسم‌های دیگر سردتر و از کدام‌یک گرم‌تر است. به این ترتیب می‌توان گفت که :

دما معیاری است که میزان گرمی و سردی اجسام را مشخص می‌کند.

حال ببینیم که هر جسمی چه دمایی دارد و آن را چگونه باید تعیین کنیم. راه و شیوه‌ی اندازه‌گیری و تعیین دما را **دماسنجی** می‌نامیم.

دمای هر جسم را معمولاً می‌توانیم **به طور تقریبی** (و البته به شرط آنکه خیلی گرم یا خیلی سرد نباشد) به کمک حسّ لامسه‌ی خود تعیین کنیم. این ساده‌ترین (و بی‌دقت‌ترین) نوع دماسنجی است. جالب است که این روش را حتی کسانی هم که هیچ‌گونه آموزش علمی ندیده‌اند

به‌کار می‌برند. برای مثال، همه، شیشه‌ی نوشابه را با دستان خود لمس می‌کنند تا ببینند که آیا به اندازه‌ی دلخواه سرد هست یا نه؟ یا استکان چای داغ را نخست با لب‌های خود امتحان می‌کنند تا اگر دمای چای آن قدر بالاست که دهان آن‌ها را می‌سوزاند، آن را ننوشند. یا تب شخص بیمار را با قرار دادن کف دست خود بر روی پیشانی او تشخیص می‌دهند.

در این‌گونه دماسنجی به کمک حسّ لامسه، تنها می‌توانیم به‌طور تقریبی تشخیص دهیم که دمای چه جسمی بالاتر یا پایین‌تر از دمای بدن ما یا دمای یک جسم دیگر است. در این تشخیص به هیچ‌وجه نمی‌توانیم عدد دقیقی به دما نسبت دهیم. علاوه بر این، این تشخیص ممکن است به‌دلیل خطای حواس ما با اشتباه نیز توأم باشد.

فعالیّت ۱

آیا می‌دانید که چگونه خطای حواس ما می‌تواند باعث نتیجه‌گیری اشتباه درباره‌ی دمای اجسام شود؟ آزمایشی طراحی و اجرا کنید که این خطا را نمایش دهد. نتیجه‌ی آزمایش را برای دوستان خود گزارش کنید.

دماسنج: اندازه‌گیری دقیق دما توسط دماسنج صورت می‌گیرد. ساده‌ترین و رایج‌ترین نوع دماسنج، دماسنج‌های جیوه‌ای و الکلی است. اساس کار این دماسنج‌ها بر انبساط مایعات است. در درس علوم تجربی دوره‌ی راهنمایی با پدیده‌ی انبساط جسم‌ها آشنا شدید و دیدید که **تقریباً** همه‌ی مواد (جامد، مایع و گاز) وقتی گرم شوند منبسط می‌شوند.

آزمایش کنید ـ ۱

وسیله‌های آزمایش: یک ظرف شیشه‌ای نشکن با درپوش چوب پنبه‌ای یا لاستیکی سوراخ‌دار، یک لوله‌ی شیشه‌ای باریک و بلند، چراغ گازی یا الکلی.

۱ــ ظرف شیشه‌ای را از آب پرکنید و لوله‌ی شیشه‌ای بلند را از سوراخ درپوش بگذرانید. سپس در را ببندید. مقداری آب در لوله‌ی باریک بالا خواهد آمد. ارتفاع آب در لوله را علامت بزنید.

۲ــ ظرف شیشه‌ای پر از آب را روی شعله قرار دهید و تغییر ارتفاع آب در لوله‌ی باریک را اندازه‌گیری کنید.

از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ توضیح دهید که چگونه می‌توانید با درجه‌بندی لوله‌ی باریک نتیجه‌ی آزمایش را به صورت کمّی درآورید.

آزمایش‌های دیگری طراحی و اجرا کنید که انبساط مایع‌ها و جامدها را نمایش دهد. شرح و نتیجه‌ی آزمایش را بنویسید.

ساختمان دماسنج جیوه‌ای (یا الکلی): این نوع دماسنج، مطابق شکل (۲ــ۱)، از یک لوله‌ی شیشه‌ای باریک سربسته‌ی (خالی از هوا) متصل به یک مخزن تشکیل شده است. مخزن پر از جیوه (یا الکل) است. با بالا رفتن دمای مایع درون مخزن، حجم مایع نیز بیشتر می‌شود (انبساط می‌یابد) و مایع در لوله‌ی باریک بالا می‌رود. از ارتفاع مایع در لوله‌ی باریک می‌توان برای اندازه‌گیری دما استفاده کرد، زیرا هر چه دما بالاتر باشد، ارتفاع مایع بیشتر و هرچه دما کمتر باشد، ارتفاع مایع کمتر است.

شکل ۲ــ۱ــ دماسنج جیوه‌ای

مدرّج ساختن دماسنج: حال ببینیم چگونه یک دماسنج را درجه‌بندی می‌کنند. دیدیم که در هر درجه‌ای از دما، ارتفاع مایع در لوله‌ی باریک مقدار معینی دارد. از این‌رو می‌توانیم به جای آن‌که در مقابل هر ارتفاع، اندازه‌ی آن ارتفاع را بنویسیم، اندازه‌ی دمای مربوط به آن را ثبت کنیم. رایج‌ترین نحوه‌ی انتخاب اندازه‌ی دمای مربوط به هر ارتفاع از ستون مایع، نحوه‌ی انتخابی است که به درجه‌بندی سلسیوس یا سانتی‌گراد (C) معروف است. در درجه‌بندی سلسیوس دمای یخ خالص

در حال ذوب شدن (در فشار یک اتمسفر) را برابر صفر و دمای بخار آب‌جوش را برابر صد می‌گیرند. مدرج ساختن دماسنج را به ترتیب زیر انجام می‌دهند.

۱ــ دماسنج را درون مقداری یخ خرد شده‌ی درحال ذوب قرار می‌دهیم، به‌گونه‌ای که مخزن دماسنج کاملاً درون یخ قرار گیرد. پس از آنکه سطح جیوه در لوله‌ی باریک در پایین‌ترین ارتفاع ثابت شد، محل آن را علامت می‌زنیم و عدد صفر را کنار آن ثبت می‌کنیم.

۲ــ دماسنج را در بالای سطح آب خالص در حال جوش به‌گونه‌ای قرار می‌دهیم که قسمت مخزن دماسنج در تماس کامل با بخار قرار گیرد و سطح جیوه در بالاترین ارتفاع قرار گیرد. این بار نیز محل قرار گرفتن سطح جیوه در لوله‌ی باریک را علامت می‌زنیم و عدد صد را کنار آن ثبت می‌کنیم.

۳ــ فاصله‌ی بین درجه‌ی صفر و درجه‌ی صد را به صد قسمت مساوی تقسیم می‌کنیم و هر قسمت را «یک درجه‌ی سلسیوس» (به احترام سلسیوس سوئدی* که اولین‌بار به این روش دماسنج را درجه‌بندی کرد) می‌نامیم. درجه‌ی سلسیوس را با نماد $^{\circ}C$ نمایش می‌دهیم.

۴ــ این درجه‌بندی را (با درجه‌هایی به همین فاصله از یک‌دیگر) به زیر صفر و بالای صد نیز ادامه می‌دهیم. دماهای زیر صفر سلسیوس را با عددهای منفی مشخص می‌کنیم. وقتی دما بر حسب درجه‌ی سلسیوس مشخص می‌شود، معمولاً آن‌را با نماد θ (تتا) نمایش می‌دهند.

فعالیّت ۲

در توضیح ساختمان دماسنج دیدیم که لوله‌ی باریک باید خالی از هوا باشد. تحقیق کنید که وجود هوا در لوله‌ی باریک چه اشکالی به‌وجود می‌آورد.

نحوه‌ی استفاده از دماسنج: برای اندازه‌گیری دما توسط دماسنج، آن را در تماس با جسمی که می‌خواهیم دمای آن را اندازه بگیریم، قرار می‌دهیم به‌گونه‌ای که مخزن دماسنج در تماس کامل با جسم موردنظر باشد. مدتی (حدود دو الی سه دقیقه) صبر می‌کنیم تا ارتفاع مایع در لوله‌ی باریک دماسنج دیگر تغییر نکند، آنگاه عددی را که در مقابل سطح مایع در لوله ثبت شده است می‌خوانیم. این عدد دمای آن جسم را نشان می‌دهد.

---

* Celsius (1701-44)

در جدول (۲ ــ۱) برخی از دماهای مهم ارائه شده است.

جدول ۲ــ۱ــ برخی از دماهای مهم

موضوع	دما برحسب °C
نقطه‌ی جوش هیدروژن مایع	۲۳۵ –
نقطه‌ی جوش اکسیژن مایع	۱۸۳ –
نقطه‌ی انجماد الکل	۱۱۵ –
نقطه‌ی انجماد جیوه	۳۹ –
نقطه‌ی ذوب یخ	۰
دمای هوا در یک روز معمولی	۲۵
دمای بدن انسان سالم	۳۷
نقطه‌ی ذوب موم	۵۰
نقطه‌ی جوش الکل	۷۹
نقطه‌ی جوش آب	۱۰۰
نقطه‌ی ذوب قلع	۲۳۲
نقطه‌ی جوش جیوه	۳۵۷
نقطه‌ی ذوب طلا	۱۰۶۷
دمای هسته‌ی زمین	۳۷۰۰
دمای سطح خورشید	۵۷۰۰

گستره‌ی سنجش دما در دماسنج‌های الکلی و جیوه‌ای

اندازه‌گیری دما توسط دماسنج‌های جیوه‌ای و الکلی برای دماهایی امکان‌پذیر است که بالاتر از نقطه‌ی انجماد و پایین‌تر از نقطه‌ی جوش مایع درون دماسنج باشد.

فعالیّت ۳

با استفاده از جدول (۲ــ۱) گستره‌ی سنجش دما در هر یک از دماسنج‌های الکلی و جیوه‌ای را تعیین کنید.

پاسخ دهید !

آیا می‌شود با یک دماسنج الکلی دمای جوش آب را اندازه‌گیری کرد؟ توضیح دهید.

فعالیّت ۴

تحقیق کنید در دماهایی که در گستره‌ی کار دماسنج‌های جیوه‌ای و الکلی نیستند، دما را چگونه و با چه ابزاری می‌توان اندازه گرفت؟

آزمایش کنید ـ ۲

وسیله‌های آزمایش: یک دماسنج، یک عدد ساعت.

به کمک یک دماسنج جیوه‌ای، دمای کلاس درس را در طول یک روز در بازه‌های زمانی معین، مثلاً هر ساعت یک‌بار، اندازه بگیرید و منحنی تغییرات دمای کلاس را برحسب زمان رسم کنید.

مطالعه‌ی آزاد

بستگی نقطه‌ی انجماد و نقطه‌ی جوش آب به فشار و ناخالصی

پیش از این گفتیم که آب در دمای $0^{\circ}C$ یخ می‌زند، ولی دیده می‌شود که در مکان‌هایی که در ارتفاع بالاتری نسبت به سطح دریا قرار دارد آب در دمای اندکی بالاتر یخ می‌زند و به همین ترتیب یخ نیز در این مکان‌ها در دمای نسبتاً بالاتری آب می‌شود.

افزایش یا کاهش ارتفاع از سطح دریا روی دمای جوش نیز اثر می‌گذارد. در ارتفاع‌های بالاتر که فشار هوا کمتر است نقطه‌ی جوش پایین می‌آید، یعنی آب زودتر (در دمای پایین‌تری) به جوش می‌آید. آزمایش نشان می‌دهد که افزایش فشار باعث بالا رفتن نقطه‌ی جوش می‌شود.

وجود ناخالصی در آب نیز باعث تغییر نقطه‌ی جوش و انجماد آن می‌شود (منظور از نقطه‌ی جوش و نقطه‌ی انجماد به ترتیب دماهایی است که آب در آن دماها به جوش می‌آید و یا یخ می‌زند.) برای مثال افزودن نمک به آب می‌تواند نقطه‌ی انجماد آن‌را تا $-18^{\circ}C$ پایین بیاورد.

با توجه به تأثیری که فشار و وجود ناخالصی در نقطه‌ی جوش و نقطه‌ی انجماد آب دارد، تعریفی را که برای صفر و صد درجه‌ی سلسیوس دادیم باید به‌صورت دقیق‌تر زیر بیان کنیم.

آب خالص در جایی که فشار هوا برابر یک اتمسفر باشد در دمای صفر درجه‌ی سلسیوس یخ می‌زند و در دمای صد درجه‌ی سلسیوس به جوش می‌آید.

فشار یک اتمسفر را فشار متعارف نیز می‌گوییم.

اکنون با توجه به بیان بالا، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید :

۱ــ دلیل افزودن ماده‌ی ضدیخ به آب رادیاتور اتومبیل‌ها در زمستان چیست؟

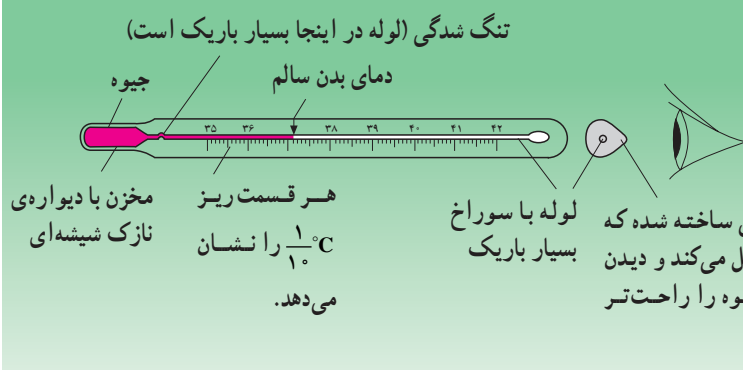
۲ــ کوهنوردان می‌گویند که تخم‌مرغ در ارتفاع‌های بالاتر دیرتر آب‌پز می‌شود. دلیل این امر چیست؟

۳ــ چرا غذا در دیگ زودپز زودتر پخته می‌شود؟

۴ــ از یک کوهنورد حرفه‌ای بپرسید که برای آن‌که تخم‌مرغ در ارتفاع‌های بالا سریع‌تر آب‌پز شود چه تدبیری باید اندیشید؟

فعالیّت ۵

شکل زیر یک دماسنج پزشکی را نشان می‌دهد. با توجه به شکل تفاوت‌هایی را که این دماسنج با دماسنج جیوه‌ای معمولی دارد بیان کنید.



۲ــ ۲ــ تعادل گرمایی، دمای تعادل

آزمایش کنید ـ ۳

وسیله‌های آزمایش: لیوان، دماسنج، شمع یا چراغ گاز، کبریت، ظرف آب، میخ، گیره.

۱ــ لیوانی را از آب سرد پر کنید و دمای آن را با دماسنجی که درون آن قرار می‌دهید اندازه بگیرید.

۲ــ میخ را توسط شعله‌ی شمع یا چراغ گاز داغ کنید و آن را درون لیوان بیندازید.

۳ــ به نحوه‌ی تغییر دمای آب دقت کرده و آن را یادداشت کنید.

۴ــ پس از آن‌که تغییر دما متوقف شد، میخ را از آب درون لیوان بیرون بیاورید. آیا میخ هنوز داغ است؟

۵ــ آزمایش بالا را تکرار کنید. این بار به‌جای داغ کردن میخ، آن را برای مدتی، حدود یک ربع ساعت، درون قسمت یخساز یخچال قرار دهید تا کاملاً سرد شود و آزمایش را انجام دهید. نتیجه‌ی این آزمایش را با آزمایش قبل مقایسه کنید. از این مقایسه چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

با انجام آزمایش‌های مشابه، می‌توانیم نتیجه بگیریم که هرگاه دو جسم، با دو دمای متفاوت، در تماس کامل با یک‌دیگر قرار گیرند، دمای هر دو تغییر می‌کند. به این ترتیب که دمای جسم گرم‌تر پایین می‌آید و این جسم سرد می‌شود و دمای جسم سردتر بالا می‌رود و این جسم گرم می‌شود. این تغییر دما تا جایی ادامه می‌یابد که دمای دو جسم یکسان شود. این دما را **دمای تعادل** دو جسم می‌نامیم. در این وضعیت می‌گوییم که دو جسم با یک‌دیگر در تعادل گرمایی‌اند. به عبارت دیگر:

دو جسم را هنگامی با یک‌دیگر در تعادل گرمایی گوییم که اگر در تماس کامل با یک‌دیگر قرار گیرند، دمای آن‌ها تغییری نکند.

فعالیّت ۶

آزمایش‌های دیگری طراحی کنید که در آن‌ها دو یا چند جسم غیر هم‌دما در تماس با یک‌دیگر قرار گیرند. آنگاه دمای تعادل آن‌ها را در وضعیت تعادل گرمایی اندازه بگیرید. روش کار خود را در هر مورد شرح دهید.

هم‌چنین با انجام یک آزمایش تحقیق کنید که وقتی دو جسم هم‌دما در تماس کامل با یک‌دیگر قرار می‌گیرند، تغییری در دمای آن‌ها روی نمی‌دهد.

۲ــ۳ ــ گرما

اگر از شما خواسته شود که دمای آب درون ظرفی را بالا ببرید، یعنی آب را گرم کنید، چه می‌کنید؟ به احتمال زیاد ظرف آب را روی یک شعله قرار می‌دهید. این شعله را با مصرف انرژی شیمیایی گاز یا نفت به‌وجود آورده‌اید. با قرار دادن ظرف آب روی شعله، دمای آب بالا می‌رود، یعنی انرژی درونی آن افزایش می‌یابد. روشن است که باید مقداری انرژی از شعله به آب منتقل شده باشد.

این امکان نیز وجود دارد که برای گرم کردن آب، جسم با دمای بالایی را به درون آن بیندازید. در این صورت نیز مشاهده می‌کنید که دمای آب بالا می‌رود، ولی دمای جسم داغی که درون آب انداخته‌اید کاهش می‌یابد. در اینجا انرژی درونی آب نیز افزایش یافته و انرژی درونی جسم کاهش یافته است. روشن است که مقداری انرژی از جسم به آب منتقل شده است.

پاسخ دهید ۲

یک لیوان آب داریم. اگر به جای یک جسم با دمای بالا، جسمی با دمای پایین‌تر از دمای آب را به درون آن بیندازیم، آیا تغییری در انرژی درونی آب و انرژی درونی جسم صورت خواهد گرفت؟ انرژی از کدام یک به دیگری منتقل خواهد شد؟

اگر همین آزمایش را با جسمی انجام دهیم که با آب هم‌دما باشد، تغییری در دمای جسم و آب روی نخواهد داد، یعنی انرژی درونی آب و جسم هر دو ثابت مانده است و تبادل انرژی بین دو جسم یکسان است.

در مثال‌های بالا می‌بینیم که هر وقت اختلاف دمایی بین دو جسم که در تماس با یک‌دیگرند برقرار باشد، انرژی از یک جسم به جسم دیگر منتقل می‌شود و از انرژی درونی یکی کاسته و به‌انرژی درونی دیگری افزوده می‌شود.

این انرژی را که در اثر وجود اختلاف دما بین دو جسم، از یکی به دیگری منتقل می‌شود **گرما** می‌نامیم. گرما را با نماد Q نمایش می‌دهیم. به این ترتیب می‌توانیم بگوییم :

گرما مقدار انرژی‌ای است که به دلیل اختلاف دما، بین دو جسم مبادله می‌شود.

۲ــ۴ ــ رسانش گرما

آزمایش کنید ـ ۴

وسیله‌های آزمایش: میله‌ی فلزی، شمع و کبریت.

یک سر یک میله‌ی فلزی را در دست خود نگه دارید و سر دیگر آن را روی شعله بگیرید و چند لحظه صبر کنید.

۱ــ چه اتفاقی می‌افتد؟ از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

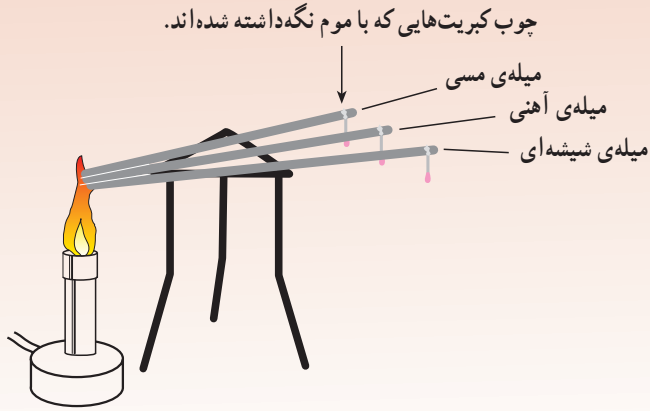
۲ــ اگر سر میله را به مدت نسبتاً طولانی روی شعله نگه دارید سر دیگر آن که در دست شماست آنقدر داغ خواهد شد که دیگر نمی‌توانید آن را نگه دارید. سر میله که در دست شما بوده است این انرژی را از کجا دریافت کرده است؟ پاسخ خود را در کلاس به بحث بگذارید.

از مشاهده‌ی پدیده‌هایی نظیر آنچه در آزمایش ۴ دیدیم، نتیجه می‌گیریم که اگر بین دو نقطه از یک جسم، اختلاف دمایی به‌وجود بیاید، گرمای درون جسم از قسمت با دمای بالاتر به قسمت با دمای پایین‌تر شارش (شارش به معنای جاری شدن است) می‌کند. این نوع شارش یا انتقال گرما را رسانش گرما می‌گوییم. در دوره‌ی راهنمایی با روش‌های دیگر انتقال گرما آشنا شدید.

آزمایش کنید ـ ۵

وسیله‌های آزمایش: چند میله از جنس‌های مختلف.

چند میله از جنس‌های متفاوت، ولی با طول و ضخامت یکسان را مطابق شکل (۲ــ۲) روی یک سه‌پایه قرار دهید. به سر هر میله چوب کبریتی را به کمک موم بچسبانید. اکنون سر دیگر هر سه میله را به‌طور همزمان توسط شعله‌ی چراغ گرما دهید. آنچه را مشاهده می‌کنید توضیح دهید.



شکل ۲ ــ ۲ ــ آهنگ رسانش گرما در ماده‌های متفاوت

همان‌گونه که در آزمایش شماره‌ی ۵ مشاهده کردید، گرما در میله‌های متفاوت با آهنگ‌های متفاوتی شارش می‌کند. میله‌های فلزی در این آزمایش گرما را بسیار سریع‌تر منتقل می‌کنند. این‌گونه مواد را رسانای گرما می‌گوییم. برخی از جسم‌ها مانند شیشه، چوب و پلاستیک گرما را بسیار آهسته منتقل می‌کنند، این‌گونه مواد را نارسانای گرما (یا عایق گرما) می‌نامیم.

آب رسانای خوبی برای گرما نیست. این موضوع را می‌توانید توسط آزمایش شماره‌ی ۶ تحقیق کنید.

آزمایش کنید ـ ۶

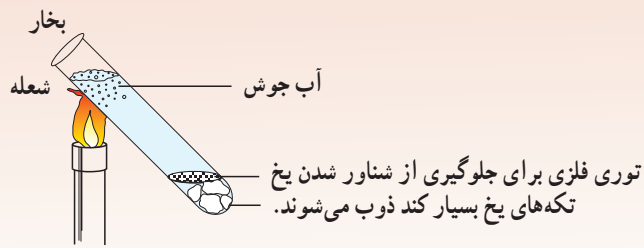
وسیله‌های آزمایش: قطعه یخ، لوله‌ی آزمایش، توری فلزی، شمع، کبریت، گیره و ظرف آب.

۱ــ یک قطعه یخ را درون یک لوله‌ی آزمایش قرار دهید. روی یخ را با یک توری فلزی بپوشانید تا سنگین شود به‌طوری‌که در مرحله‌ی بعد در ته لوله باقی بماند.

۲ــ لوله را از آب سرد پر کنید.

۳ــ سر لوله را مطابق شکل (۲ ــ۳) گرم کنید.

۴ــ آنچه را مشاهده می‌کنید یادداشت کنید و برای دوستان خود گزارش کنید.



شکل ۲ ــ ۳ ــ آب رسانای خوبی برای گرما نیست.

فنّاوری و کاربرد

چند مورد استفاده از رساناهای خوب گرما

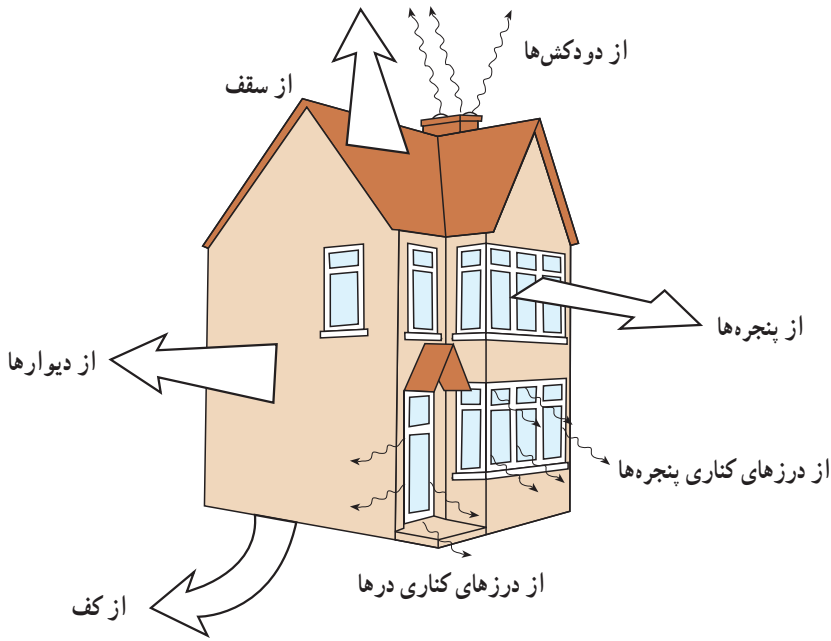
۱ــ شعله‌پخش‌کن، وسیله‌ای است فلزی که روی شعله‌ی چراغ‌گاز قرار می‌دهند تا گرمای حاصل را در ناحیه‌ی وسیع‌تری پخش کند و از سوختن غذا در یک نقطه، بلافاصله بالای شعله، جلوگیری شود.

۲ــ قابلمه‌های آلومینیومی، مسی، آهنی و یا ترکیبی از این مواد رساناهای خوبی هستند زیرا گرما را به آسانی از شعله به مواد غذایی درون خود می‌رسانند.

عایق‌بندی گرمایی (صرفه‌جویی در مصرف انرژی): در فصل زمستان معمولاً دمای هوای درون خانه‌ها و اماکن عمومی را با استفاده از انرژی شیمیایی نفت و زغال و گاز و یا انرژی الکتریکی، به اندازه‌ای که برای زندگی راحت مناسب باشد، بالا می‌برند. اختلاف دما بین هوای بیرون و درون

باعث می‌شود که مقدار زیادی گرما، از طریق رسانش، در دیوارها، درها، شیشه‌ها و پنجره‌ها به بیرون نشت کند (به‌اصطلاح تلف شود). بنابراین اگر سعی شود که در ساختمان خانه‌ها و اماکن عمومی بیشتر از مصالح ساختمانی عایق گرما استفاده شود، صرفه‌جویی زیادی در مصرف انرژی صورت می‌گیرد. در شکل (۲ــ۴) چگونگی اتلاف انرژی از قسمت‌های مختلف یک ساختمان نشان داده شده است.

در جدول (۲ــ۲) مقایسه‌ای بین مصالح ساختمانی مختلف صورت گرفته است. اعداد این جدول برابر مقدار گرمایی است که در یک ثانیه از سطحی به مساحت یک‌مترمربع از هر یک از این مواد، با ضخامت معین عبور می‌کند به شرط آنکه بین دو طرف آن اختلاف دمایی برابر یک درجه‌ی سلسیوس وجود داشته باشد. این کمیت را معماران هنگام به‌کار بردن مصالح ساختمانی مختلف برای محاسبه‌ی اتلاف گرما به‌کار می‌برند. به این صورت که برای محاسبه‌ی انرژی تلف شده از طریق یک دیوار به‌خصوص، در یک بازه‌ی زمانی معین، ابتدا مقدار کمیت فوق را برای مصالحی که دیوار از آن ساخته شده است از جدول مربوط به‌دست می‌آوریم، سپس آن را در مساحت دیوار و در بازه‌ی زمانی مورد نظر و در اختلاف دمای بین هوای دو طرف دیوار ضرب می‌کنیم.



شکل ۲ــ۴ــ اتلاف انرژی از قسمت‌های مختلف ساختمان

جدول ۲ ــ ۲

آهنگ عبور گرما از واحد سطح به‌ازای واحد اختلاف دما برحسب $\frac{J}{m^2 s^\circ C}$

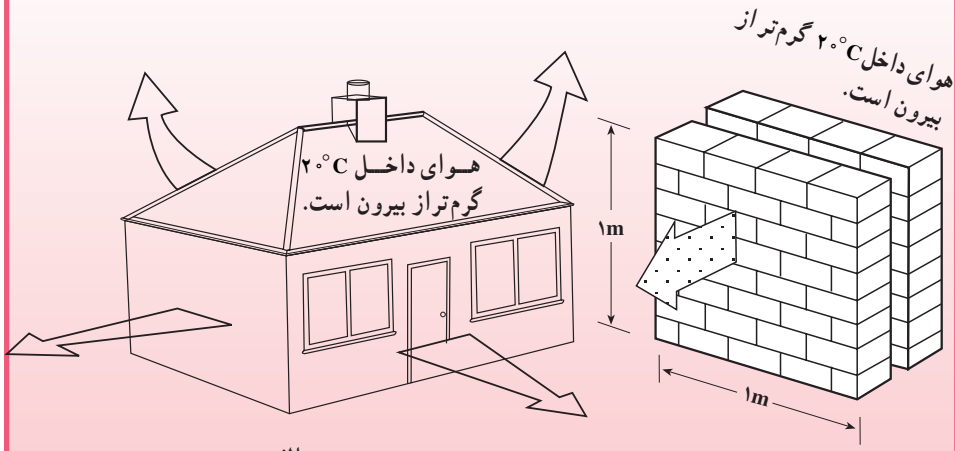
دیوار آجری یک لایه	۳/۶
دیوار آجری دولایه (با یک لایه‌ی هوا در وسط)	۱/۷
دیوار آجری دولایه (با یک لایه از جنس یک ماده‌ی عایق گرما در وسط)	۰/۵
شیشه‌ی پنجره‌ی تک لایه	۵/۷
شیشه‌ی پنجره‌ی دولایه	۲/۷

مثال ۱

در یک روز زمستانی اختلاف دمای داخل و بیرون یک خانه $20^\circ C$ است. اگر دیوارهای این خانه از جنس آجری دولایه، با یک لایه‌ی هوا در وسط، باشد اتلاف انرژی را از یک متر مربع این دیوار برای حالت‌های زیر حساب کنید (شکل۲ــ۵).

الف : در مدت یک ثانیه

ب : در مدت یک شبانه‌روز



شکل ۲ــ۵

پاسخ: برای به‌دست آوردن اتلاف انرژی به‌صورت زیر عمل می‌کنیم :

(آهنگ عبور گرما از واحد سطح به‌ازای واحد اختلاف دما) × (اختلاف دما) × (مدت زمان) × (مساحت) = اتلاف انرژی

بنابراین با توجه به جدول (۲ــ۲) داریم :

الف : $\text{اتلاف انرژی} = \left(۱/۷ \frac{J}{m^۲ \, ^\circ C s}\right) \times (۱ m^۲) \times (۱ s) \times (۲۰^\circ C) = ۳۴ J$

ب : یک شبانه‌روز برحسب ثانیه $= ۲۴ \times ۶۰ \times ۶۰ = ۸۶۴۰۰ s$

$\text{اتلاف انرژی} = \left(۱/۷ \frac{J}{m^۲ \, ^\circ C s}\right) \times (۱ m^۲) \times (۸۶۴۰۰ s) \times (۲۰^\circ C) = ۲۹۳۷۶۰۰ J$

این مقدار انرژی معادل انرژی روشن بودن یک لامپ ۱۰۰واتی به مدت ۸ ساعت در شبانه‌روز است.

پاسخ دهید ۳

با مراجعه به جدول (۲ــ۲) فکر می‌کنید کدام یک از مواد فوق باعث بیش‌ترین اتلاف انرژی هستند؟

هوا رسانای بسیار ضعیف گرماست: در زمستان که هوا سرد است برای گرم نگه‌داشتن خود چه می‌کنیم؟ آیا لباس‌های زمستانی، به ما گرما می‌دهند؟ اگر پاسخ منفی است پس چگونه این لباس‌ها ما را از سرما حفظ می‌کنند؟

حتماً پاسخ شما این است که این لباس‌ها عایق گرما هستند. در واقع لباس‌های ضخیم و پشمی، بسته‌هایی از هوا را بین تارها و منفذهای خود نگه می‌دارند و از آنجا که هوا عایق خوبی برای گرماست به این ترتیب بدن ما عایق‌بندی گرمایی می‌شود.

فعالیّت ۷

در آب‌گرم‌کن‌ها چگونه از اتلاف گرمای آب داغ موجود در مخزن جلوگیری می‌کنند؟

به عکس مقابل نگاه کنید. در زمستان با این حالت پرندگان که پرهای خود را باد کرده‌اند زیاد روبه‌رو می‌شویم. آیا می‌توانید دلیل این کار را توضیح دهید.

آزمایش کنید ـ ۷

وسیله‌های آزمایش: ترازو، یک ظرف آب، چراغ الکلی یا گازی، سه‌پایه و شعله‌پخش‌کن، همزن، ظرف شیشه‌ای نسوز برای گرم کردن آب و دماسنج جیوه‌ای.

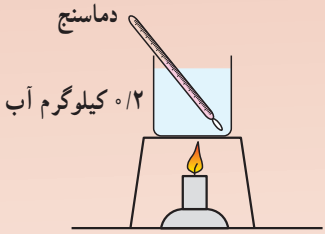
آزمایش زیر را با دو نفر از همکلاسان خود به‌طور گروهی انجام دهید.

شرح آزمایش

۱ــ ظرف شیشه‌ای را روی یک کفه‌ی ترازو قرار دهید.

۲ــ مقدار ۰/۲ کیلوگرم آب در ظرف بریزید.

۳ــ ظرف آب را مطابق شکل (۲ــ۶) روی سه پایه، بالای چراغ قرار دهید.



شکل ۲ ــ ۶

۴ــ آب را با همزن به‌هم بزنید و دمای آن را اندازه بگیرید (θ_1) و یادداشت کنید.

۵ــ در یک لحظه‌ی معین چراغ را روشن کنید. با همزن آب را به‌هم بزنید تا دمای همه‌ی قسمت‌های آب درون ظرف یکی شود.

۶ــ پس از پنج دقیقه دمای نهایی (θ_2) را یادداشت کرده و شعله‌ی چراغ را خاموش کنید.

۷ــ افزایش دمای آب یعنی $\theta_2 - \theta_1$ را محاسبه کنید و آن‌را با $\Delta\theta$ نمایش دهید.*

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$$

۸ــ این آزمایش را تکرار کنید. این بار به‌جای ۰/۲ کیلوگرم آب، ۰/۴ کیلوگرم آب را به همان اندازه‌ی $\Delta\theta$ که در بند ۷ آزمایش قبل به‌دست آورده‌اید گرم کنید. آیا در این آزمایش نباید شعله‌ی چراغ را به مدت بیشتری روشن نگه‌دارید؟ (تقریباً دو برابر) چرا؟

۹ــ بار دیگر آزمایش را تکرار کنید. این‌بار همان ۰/۲ کیلوگرم آب اول را روی چراغ بگذارید ولی دمای آن را به اندازه‌ی $2\Delta\theta$ افزایش دهید. باز هم می‌بینید که مجبورید شعله‌ی چراغ را به مدت بیشتری روشن نگه دارید (تقریباً دو برابر).

نتیجه‌ی آزمایش را به کلاس گزارش کنید.

---

* در متن‌های علمی معمولاً اختلاف بین دو مقدار از یک کمیت را با نوشتن یک Δ در سمت چپ نماد آن کمیت نمایش می‌دهند. یعنی: $\Delta x = x_2 - x_1$

در آزمایش شماره‌ی ۷ اگر می‌دانستید که شعله‌ی چراغ در هر ثانیه چند ژول گرما به آب می‌دهد می‌توانستید مقدار گرمایی را که در هر آزمایش به آب منتقل شده است با اندازه‌گیری زمان روشن بودن شعله‌ی چراغ حساب کنید.

پیش از این گفتیم که گرما همواره از جسم با دمای بیشتر به جسم با دمای کمتر منتقل می‌شود. اندازه‌گیری مقدار گرمایی که آب از شعله‌ی چراغ دریافت می‌کند کار ساده‌ای نیست چون مقداری از انرژی شعله به جسم‌های دیگری که در اطراف قرار دارند و در دمای پایین‌تری هستند می‌رسد. اندازه‌گیری دقیق گرمایی‌که بین دو جسم مبادله می‌شود باید با مراقبت‌های ویژه‌ای انجام شود تا از مبادله‌ی گرما با جسم‌های دیگر تا حد امکان جلوگیری شود.

اندازه‌گیری‌های دقیق نشان می‌دهد که مقدار گرمایی که باید به m کیلوگرم آب بدهیم تا به اندازه‌ی $\Delta\theta$ درجه‌ی سلسیوس گرم شود :

۱ــ متناسب است با m (جرم آب) ؛ یعنی : $Q \propto m$

۲ــ متناسب است با $\Delta\theta$ (مقدار افزایش دما) ؛ یعنی $Q \propto \Delta\theta$

این دو رابطه را می‌توان در یک رابطه خلاصه کرد :

$$Q \propto m\Delta\theta$$

یعنی اگر برای مثال جرم آب یا مقدار افزایش دما را دوبرابر کنیم، مقدار گرمای لازم دوبرابر می‌شود. به عبارت دیگر نسبت $\frac{Q}{m\Delta\theta}$ همواره مقدار ثابتی است. این مقدار ثابت را گرمای ویژه‌ی آب می‌نامیم.

$$\text{گرمای ویژه‌ی آب} = \frac{Q}{m\Delta\theta} = \frac{\text{مقدار گرمای لازم برای افزایش دما}}{\text{(جرم آب)} \times \text{(افزایش دما)}}$$

اگر در مخرج این کسر m را برابر یک کیلوگرم و $\Delta\theta$ را برابر یک درجه‌ی سلسیوس بگیریم، می‌توانیم نتیجه بگیریم که :

گرمای ویژه‌ی آب برابر است با مقدار گرمایی که برای گرم کردن یک کیلوگرم آب به اندازه‌ی یک درجه‌ی سلسیوس لازم است.

یکای گرمای ویژه، ژول بر کیلوگرم بر درجه‌ی سلسیوس است $(\frac{J}{kg^{\circ}C})$.

آزمایش کنید ـ ۸

۱ــ آزمایش ۷ را با ۰/۲ کیلوگرم آب خالص تکرار کنید و دمای آب را به اندازه‌ی $10^{\circ}C$ افزایش دهید. مدت زمانی که لازم است ظرف آب را روی شعله‌ی چراغ نگه‌دارید یادداشت کنید.

۲ــ بار دیگر آزمایش را تکرار کنید. این بار نخست دو قاشق نمک در آب بریزید و آن را خوب به‌هم بزنید تا نمک کاملاً در آب حل شود. مدت زمان لازم برای افزایش دمای ۰/۲ کیلوگرم آب نمک به اندازه‌ی $10^{\circ}C$ را اندازه بگیرید.

۳ــ دو آزمایش را با هم مقایسه کنید. از این مقایسه چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ نتیجه را در کلاس با دوستان خود به بحث بگذارید.

با انجام آزمایش ۸ دریافته‌اید که گرمای ویژه‌ی آب نمک کمتر از گرمای ویژه‌ی آب است. اگر به‌جای آب نمک از مایع دیگری استفاده کنید خواهید دید که گرمای ویژه‌ی مایع‌های مختلف با یک‌دیگر تفاوت دارد. همین‌طور می‌توانیم گرمای ویژه‌ی مواد جامد و گازی دیگر را تعریف کنیم.

گرمای ویژه‌ی هر جسم مقدار گرمایی است که باید به یک کیلوگرم از آن جسم داده شود تا دمای آن یک درجه‌ی سلسیوس افزایش یابد.

گرمای ویژه را با نماد C نمایش می‌دهیم. گرمای ویژه‌ی چند ماده در جدول (۲ ــ۳) داده شده است.

جدول ۲ ــ ۳ــ گرمای ویژه‌ی چند ماده‌ی مختلف

ماده	گرمای ویژه برحسب $(\frac{J}{kg^{\circ}C})$
آب	۴۲۰۰
آب دریا	۳۹۰۰
یخ	۲۱۰۰
آلومینیوم	۹۰۰
بتون	۸۰۰
گرانیت	۸۰۰
شیشه	۷۰۰
فولاد	۵۰۰
مس	۴۰۰
جیوه	۱۵۰

محاسبه‌ی انرژی گرمایی لازم برای ایجاد یک تغییر معین در دما: برای آنکه دمای m کیلوگرم از جسمی با گرمای ویژه‌ی C را به اندازه‌ی $\Delta\theta$ تغییر دهیم، Q ژول انرژی گرمایی لازم است. از تعریف گرمای ویژه داریم :

$$C = \frac{Q}{m\Delta\theta}$$

به عبارت دیگر :

$$Q = mC\Delta\theta = mC(\theta_2 - \theta_1) \qquad (۲ــ۱)$$

در این رابطه Q (انرژی) برحسب ژول، m (جرم) برحسب کیلوگرم، C (گرمای ویژه) برحسب ژول بر کیلوگرم بردرجه‌ی سلسیوس و $\Delta\theta$ (تغییر دما) برحسب درجه‌ی سلسیوس است.

رابطه‌ی (۲ــ۱) درباره‌ی جسمی که گرما از دست می‌دهد نیز درست است. به این ترتیب که اگر دمای θ_2 کمتر از θ_1 باشد «$\theta_2 - \theta_1$» منفی خواهد شد و در نتیجه Q نیز منفی می‌شود. علامت منفی نشان می‌دهد که جسم، انرژی از دست داده است.

مثال ۲

چقدر انرژی به صورت گرما لازم است تا دمای ۲/۵ کیلوگرم مس را از $20^\circ C$ به $30^\circ C$ برسانیم؟

حل: از جدول (۲ــ۳) داریم :

$$C_{\text{مس}} = 400 \frac{J}{kg^\circ C}$$

در نتیجه با نشاندن اعداد بالا در رابطه‌ی (۲ــ۱)، پاسخ مثال را به‌دست می‌آوریم :

$$\text{مقدار انرژی لازم } Q = mC(\theta_2 - \theta_1) = 2/5 \times 400 \times (30 - 20) = 10000J = 10kJ$$

تمرین ۱

قطعه‌ای از موتور یک خودرو به جرم ۱/۹kg که از ترکیب دو فلز آهن و آلومینیوم ساخته شده است باید در دمای $150^\circ C$ کار کند. اگر ۱۹۶kJ انرژی لازم باشد تا دمای آن از $20^\circ C$ به دمای $150^\circ C$ برسد، گرمای ویژه‌ی این آلیاژ چه مقدار است؟

مثال ۳

دمای ۲ کیلوگرم آلومینیوم از $35^\circ C$ به $25^\circ C$ رسیده است. مقدار گرمایی را که در این فرایند منتقل شده است حساب کنید.

حل: گرمای ویژه‌ی آلومینیوم (با استفاده از جدول ۲ ــ۳) برابر است با :

$$C_{\text{آلومینیوم}} = 900 \frac{J}{kg^\circ C}$$

در نتیجه با استفاده از رابطه‌ی (۲ ــ۱) داریم :

$$Q = mC(\theta_2 - \theta_1)$$

$$Q = 2 \times 900 (25 - 35) \rightarrow Q = 1800(-10) = -18000J = -18kJ$$

علامت منفی نشان‌دهنده‌ی آن است که جسم، انرژی از دست داده است.

فنّاوری و کاربرد

در جدول (۲ــ۳) می‌بینیم که گرمای ویژه‌ی آب نسبت به سایر مواد بیشتر است. این نشان می‌دهد که وقتی یک کیلوگرم آب به اندازه‌ی یک درجه‌ی سلسیوس گرم می‌شود، در مقایسه با سایر مواد مقدار گرمای بیشتری از محیط اطراف خود و از اجسامی که با آن‌ها در تماس است دریافت کرده است. از این خاصیت آب برای انتقال گرما از یک مخزن آب گرم به درون رادیاتورها (تابشگرها) استفاده می‌شود. آب گرم شده که از مخزن به‌وسیله‌ی تلمبه و از طریق لوله‌کشی‌های مربوط، به‌رادیاتورها می‌رسد، در آنجا در تماس با رادیاتور، که در تماس با هوای سرد است، سرد می‌شود و انرژی درونی خود را به رادیاتور می‌دهد و بار دیگر، از طریق لوله‌های برگشت، آب به مخزن برمی‌گردد و در آنجا باز همین عمل تکرار می‌شود.

فعالیّت ۸

اگر به‌جای آب از مایع دیگری در لوله‌کشی مخصوص گرم کردن منزل‌ها استفاده شود چه تغییری دیده خواهد شد؟

تمرین‌های فصل دوم

۱ــ پاسخ دهید :

الف ــ چرا دیواره‌ی شیشه‌ای مخزن دماسنج باید نازک باشد؟

ب ــ چرا آب مایع مناسبی برای استفاده در خنک کردن موتور اتومبیل است؟

پ ــ چرا در زمستان هنگامی‌که سطح آب دریاچه یخ می‌بندد، با افزایش ضخامت یخ، آهنگ افزایش ضخامت یخ کند می‌شود؟

۲ــ آزمایشی را طراحی کنید که نشان دهد هوا رسانای ضعیف گرماست.

۳ــ پاسخ دهید :

الف ــ چرا موادی نظیر پشم و تارهای شیشه‌ای عایق‌های گرمایی خوبی هستند؟

ب ــ یک قطعه چوب و یک قطعه آهن هم‌دما را لمس کنید. چرا آهن سردتر به‌نظر می‌آید؟ آیا این به‌دلیل خطای لامسه است؟ توضیح دهید.(فرض کنید دمای دو قطعه از دمای دست فرد لمس‌کننده کمتر است).

۴ــ با توجه به عکس دمانگاشت یک ساختمان که در آغاز این فصل آمده است، شما چه پیشنهادی برای کم شدن اتلاف گرما دارید؟

۵ــ الف ــ دمای یک قطعه آلومینیوم ۱۵ کیلوگرمی از $60^{\circ}C$ به $10^{\circ}C$ می‌رسد. این قطعه آلومینیوم چه مقدار از انرژی درونی خود را از دست داده است؟

ب ــ اگر ۱۵ کیلوگرم آب از دمای $60^{\circ}C$ به دمای $10^{\circ}C$ برسد چه مقدار از انرژی درونی خود را از دست داده است؟

ج ــ با سردشدن کدام‌یک از این دو جسم گرمای بیشتری به محیط داده شده است؟ با توجه به نتیجه‌ی این مسئله و با استفاده از جدول (۲ ــ۳) یک دلیل بیاورید که چرا آب مایع مناسبی برای رادیاتورهاست؟

۶ــ گرمای ویژه‌ی آب بالاست. چند مورد استفاده برای این ویژگی را بیابید.

۷ــ یک گرمکن الکتریکی در هر ثانیه ۱۱۰۰ ژول انرژی الکتریکی را به گرما تبدیل می‌کند. این گرمکن را درون ۳ کیلوگرم آب قرار می‌دهیم. اگر گرمکن برای ۱۲۰ ثانیه روشن باشد دمای آب در هر یک از حالت‌های زیر چه مقدار افزایش پیدا می‌کند؟

الف ــ همه‌ی انرژی گرمایی گرمکن به آب داده شود.

ب ــ ۸۰ درصد انرژی گرمایی گرمکن به آب داده شود.

۸ ــ تجربه نشان می‌دهد دمای قسمتی از زمین که برف روی آن است تقریباً ۱۰درجه‌ی

سلسیوس بیشتر از دمای زمین بدون برف است. علت را توضیح دهید.

۹ــ تحقیق کنید :

الف ــ در خانه و مدرسه بررسی کنید و ببینید بیش‌ترین اتلاف انرژی در چه قسمت‌هایی صورت می‌گیرد.

ب ــ شما برای جلوگیری از این اتلاف‌ها چه پیشنهادهایی می‌توانید ارائه کنید.

پ ــ یکی از پیشنهادهایی را که به نظر شما و هم‌کلاسی‌هایتان قابل اجراست زیر نظر دبیر خود به صورت یک طرح کامل بنویسید و به کلاس ارائه کنید.

۱۰ ــ یک میخ فولادی به جرم ۱۰g، در حین کوبیده‌شدن در چوب، گرم می‌شود. اگر ۶۰ درصد انرژی جنبشی چکشی به جرم ۱/۲kg که با سرعت ۸m/s به میخ برخورد کرده و متوقف شده است به گرما تبدیل شده و به میخ داده شود، دمای آن را چه مقدار بالا می‌برد؟

۱۱ــ در یک برنامه‌ی رژیم غذایی ادعا شده است : هر مقدار دلتان می‌خواهد بخورید ولی به مقدار کافی آب سرد بنوشید، در این صورت چاق نمی‌شوید. فرض کنید کل انرژی غذا در بدن صرف رساندن دمای آب سرد $7^{\circ}C$ به $37^{\circ}C$ شود. با استفاده از جدول زیر معین کنید چند لیتر آب سرد $7^{\circ}C$ باید بنوشیم تا تأثیر یک همبرگر ۱۰۰ گرمی و ۲۰۰ گرم سیب‌زمینی سرخ‌شده‌ی همراه آن را خنثی کنیم.

غذا	همبرگر	سیب‌زمینی
انرژی برحسب ژول بر کیلوگرم	$8/0\times10^{6}$	$6/0\times10^{6}$

۱۲ــ این پرسش درباره‌ی هزینه‌ی عایق‌بندی یک خانه است. سقف و دیوارها عایق‌بندی نشده‌اند و شیشه‌ی پنجره تک لایه است.

الف ــ با استفاده از داده‌های زیر کدام روش را برای عایق‌بندی خانه با هزینه‌ی کم‌تر پیشنهاد می‌کنید؟

ب ــ چند سال لازم است تا هزینه‌ی پرداخت شده برای عایق‌بندی سقف اتاق‌ها جایگزین شود؟

- هزینه‌ی سوخت برای گرمایش یک خانه 10000×700 ریال در یک سال
- هزینه‌ی دو جداره‌کردن شیشه‌ی پنجره 10000×500 ریال است که این عمل باعث ۲۰ درصد کاهش سالیانه از هزینه‌ی سوخت می‌شود.
- هزینه‌ی عایق‌بندی سقف اتاق‌ها 10000×450 ریال است که این مبلغ باعث ۳۰ درصد کاهش هزینه‌ی سوخت می‌شود.
- هزینه‌ی دوجداره‌کردن دیوارهای خانه 10000×1800 ریال است که این عمل سبب ۲۵ درصد کاهش سالیانه از هزینه‌ی سوخت می‌شود.