



گرما و قانون گازها

کویر هم بسیار زیباست هر چند در آن باران به ندرت می‌بارد! پس از بارش باران و تابش دوبارهٔ خورشید بر پهنهٔ کویر، جلوه‌های زیبایی در آن پدید می‌آید. تبخیر آب مومود در لایهٔ سطحی خاک کویر، موجب کاهش حجم و ایجاد ترک‌های بی‌شکل و بدیعی در آن می‌شود.



کویر لوت

چرا وقتی قطعهٔ یخی را درون یک لیوان آب می‌اندازیم، آب سرد می‌شود؟ چه چیز باعث خشک شدن لباس‌های مرطوب روی بند می‌شود؟ عامل اصلی ایجاد باد و جریان هوا چیست؟ پاسخ این سؤال‌ها و بسیاری از سؤال‌های مشابه را می‌توان با بررسی گرما و اثرهای آن به دست آورد. شما در کتاب فیزیک (۱) و آزمایشگاه با مفهوم‌های فیزیکی دما و گرما آشنا شدید. در این فصل ضمن یادآوری آن مفهوم‌ها به بررسی روش گرماسنجی و اندازه‌گیری گرمای ویژه، تغییر حالت مواد و گرمای نهان ذوب و تبخیر می‌پردازیم. علاوه بر این اثر تغییر دما بر طول و حجم جامدها، مایع‌ها و گازها را بررسی می‌کنیم و راه‌های انتقال گرما را مورد بحث قرار می‌دهیم و سرانجام قانون گازها را شرح می‌دهیم.

۱-۶ دما، انرژی درونی و گرما

در کتاب فیزیک (۱) و آزمایشگاه دیدیم که دما معیاری است که میزان سردی و گرمی جسم‌ها را مشخص می‌کند.

فعالیت ۱-۴

در فصل ۱ گفتیم برای آن که تعریف یک کمیت فیزیکی کامل شود، باید یکای آن، روش و ابزار اندازه‌گیری آن مشخص شود. دما را به عنوان یک کمیت فیزیکی تعریف کنید، یعنی برای آن یک روش اندازه‌گیری بنویسید، یکای آن را مشخص کنید و ابزار اندازه‌گیری آن را توضیح دهید. (برای این کار می‌توانید از کتاب فیزیک (۱) و آزمایشگاه و یا هر کتاب فیزیک مناسب دیگری استفاده کنید.) عیب‌ها و مزیت‌های روش و ابزار اندازه‌گیری‌ای را که معرفی کرده‌اید بنویسید.

تعریف دما به صورتی که با انجام این فعالیت ارائه کرده‌اید، یک **تعریف عملیاتی** نامیده می‌شود. یکای دما: همان گونه که با انجام فعالیت بالا، بیان کرده‌اید، یکای دما درجهٔ سلسیوس^۱ است، که با نماد C نمایش داده می‌شود. دما بر حسب درجهٔ سلسیوس را معمولاً با θ نشان می‌دهند. **مقیاس دمای مطلق (یا کلونین):** در SI به جای سلسیوس، یکای دیگری به نام کلونین^۲ را به کار می‌برند که با نماد K نمایش داده می‌شود. دما بر حسب کلونین را معمولاً با T نشان می‌دهند. صفر کلونین تقریباً برابر $C 273$ است^۳. به این ترتیب برای تبدیل دما از مقیاس سلسیوس به کلونین باید مقدار دما بر حسب سلسیوس را با ۲۷۳ جمع کرد، یعنی:

$$T(K) = \theta(C) + 273 \quad (1-6)$$

۱- درجه بندی سلسیوس را نخستین بار منجم سوئدی آنیرس سلسیوس در سال ۱۱۲۱ هجری شمسی به کار برد.

۲- این مقیاس دما را ویلیام تامسون (لرد کلونین)، فیزیک و ریاضی دان اسکاتلندی که در سال‌های ۱۲۰۳ تا ۱۲۸۶ (از ۱۸۲۴ تا

۱۹۰۷ میلادی) هجری شمسی می‌زیست طرح‌ریزی کرد.

۳- صفر کلونین به طور دقیق‌تر برابر $C 273.15$ است، ولی برای محاسبه‌های این کتاب همان مقدار تقریبی $C 273$ مناسب است.

تمرین ۱-۷

دمای ذوب یخ، °C و دمای جوش آب، °C، ۱۰۰ و دمای بدن انسان سالم، °C ۳۷، هر یک برابر چند کلوین است؟

مثال ۱-۷

نشان دهید که اختلاف بین دو دما در هر دو مقیاس سلسیوس و کلوین با هم برابر است.

پاسخ: داریم:

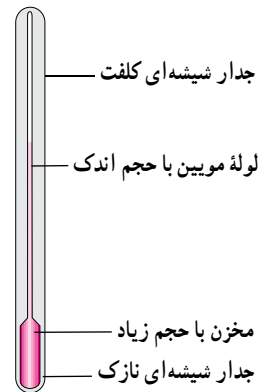
$$\begin{aligned} \Delta T(K) &= T_2(K) - T_1(K) \\ &= [273 + \theta_2(C)] - [273 + \theta_1(C)] \\ &= \theta_2(C) - \theta_1(C) \end{aligned}$$

در نتیجه:

$$\Delta T(K) = \Delta \theta(C)$$

(۶-۲)

دماسنج جیوه‌ای (و یا الکلی): در کتاب فیزیک (۱) و آزمایشگاه با دماسنج جیوه‌ای و الکلی (شکل ۶-۱) و همچنین طرز مدرج کردن آنها آشنا شدید. برای اندازه‌گیری دمای یک جسم باید دماسنج را در تماس با آن جسم قرار دهیم به گونه‌ای که مخزن دماسنج در تماس کامل با آن باشد. مدتی (حدود دو الی سه دقیقه) صبر می‌کنیم تا ارتفاع مایع در لوله دماسنج دیگر تغییر نکند. عددی را که در مقابل سطح مایع در لوله ثبت شده است می‌خوانیم. این عدد دمای آن جسم را نشان می‌دهد. **تعبیر مولکولی دما:** آنچه تاکنون درباره دما گفته‌ایم به تعریف عملیاتی آن مربوط می‌شود. در مبحث‌های تخصصی فیزیک تعبری برای دما وجود دارد که می‌توانیم آن را با مراجعه به تعریف انرژی درونی دریابیم. در فیزیک (۱) و آزمایشگاه دیدیم که:



شکل ۶-۱- دماسنج جیوه‌ای

الف) انرژی درونی هر جسم، مجموع انرژی‌های مولکول‌های تشکیل دهنده آن از جمله انرژی جنبشی این ذره هاست.

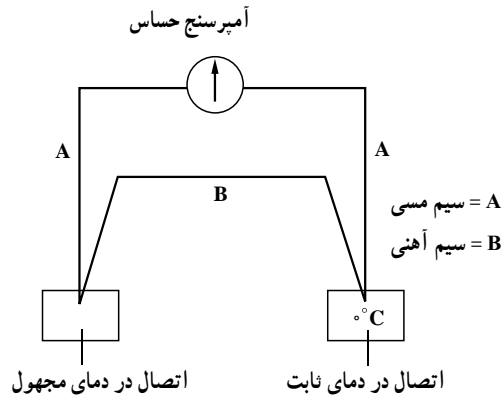
ب) افزایش انرژی درونی هر جسم غالباً به صورت افزایش دمای آن جسم ظاهر می‌شود. از این‌جا تعبیر مولکولی زیر برای دما ارائه می‌شود. **دمای هر جسم متناسب است با انرژی جنبشی متوسط مولکول‌های سازنده آن.**

آزمایش ۱-۷

وسایل لازم: دو تکه سیم فلزی غیر هم جنس A و B (برای مثال سیم A مسی و سیم B آهنی)، یک آمپرسنج حساس (میلی آمپرسنج یا میکروآمپرسنج)، سه پایه، شعله پخش کن، چراغ گازی یا الکلی، یک ظرف شیشه‌ای نسوز برای گرم کردن آب، یک سطل کوچک برای یخ، مقداری یخ، یک دماسنج جیوه‌ای

۱- با سیم‌های فلزی و آمپرسنج مداری مطابق مدار شکل ببندید.

۲- در ظرف شیشه‌ای کمی بیش از نصف آب بریزید و آن را روی سه پایه بالای شعله قرار دهید و یک دماسنج درون آن قرار دهید،



- به طوری که هر وقت لازم باشد بتوانید دمای آب گرم را اندازه بگیرید.
- ۳- سطل را از یخ در حال ذوب پر کنید. دمای یخ در حال ذوب ثابت است. این دما در فشار یک اتمسفر برابر C° است.
- ۴- یکی از دو محل اتصال دو فلز را درون یخ در حال ذوب که دمای آن مشخص و ثابت است فرو ببرید.
- ۵- اتصال دیگر را درون ظرف آب گرم که دمای آن را توسط دماسنج درون آب اندازه گرفته‌اید قرار دهید. با این کار مشاهده خواهید کرد که آمپرسنج عبور جریانی را نشان می‌دهد.
- ۶- این آزمایش را چند بار تکرار کنید، هر بار آب گرم را در دمای بالاتری به کار برید و شدت جریان حاصل را اندازه بگیرید.
- ۷- یافته‌های خود را در جدولی وارد کنید.

با انجام این آزمایش درمی‌یابید که هرچه اختلاف دمای دو اتصال بیشتر باشد، شدت جریان در مدار بیشتر می‌شود، اگر آزمایش را چندین بار و برای اختلاف دماهای متفاوت تکرار کنید، می‌توانید شدت جریان مربوط به هر اختلاف دمایی را مشخص کنید. حتی می‌شود آمپرسنج را به جای شدت جریان برحسب اختلاف دما مدرج کرد و به این ترتیب یک دماسنج ساخت.

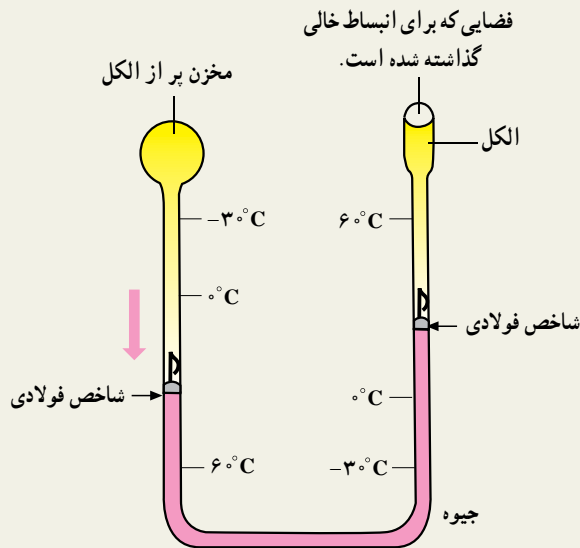
این نوع دماسنج را دماسنج **ترموکوپل** می‌نامند. دماسنج‌های ترموکوپل برتری‌هایی نسبت به دماسنج‌های دیگر دارند که برخی از آنها در زیر آمده است.

– کوچک بودن اتصال سیم‌ها باعث می‌شود که اتصال به سرعت به تغییر دما پاسخ دهد و این دقت اندازه‌گیری را بالا می‌برد.

– خروجی این دماسنج، یک علامت الکتریکی (یک جریان) است، به عبارت دیگر، در این دماسنج، تغییر دمای مورد اندازه‌گیری باعث تغییر جریان الکتریکی می‌شود و این تغییر جریان می‌تواند مستقیماً یک دستگاه هشداردهنده تغییرات ناگهانی دما را به کار اندازد و یا برای ثبت کردن تغییرات پیوسته دما به کار رود.

– این دماسنج‌ها نسبت به اختلاف دماهای بسیار کوچک، حتی به کوچکی $C^{\circ} 0.01$ حساس‌اند.

– دماسنج‌های ترموکوپل را می‌توان برای اندازه‌گیری دماهای بالا تا حدود $C^{\circ} 1500$ به کار برد. برای این کار باید سیم‌های فلزی A و B را از جنس‌های خاصی انتخاب کرد که در آن دماها ذوب نشوند.



دماسنج فرینه: این دماسنج نوع ویژه‌ای از

دماسنج‌های مایعی است که بیشینه و کمینه دما را در مدت یک شبانه‌روز نشان می‌دهد. ویژگی‌های این دماسنج مطابق شکل روبه‌رو عبارتند از:

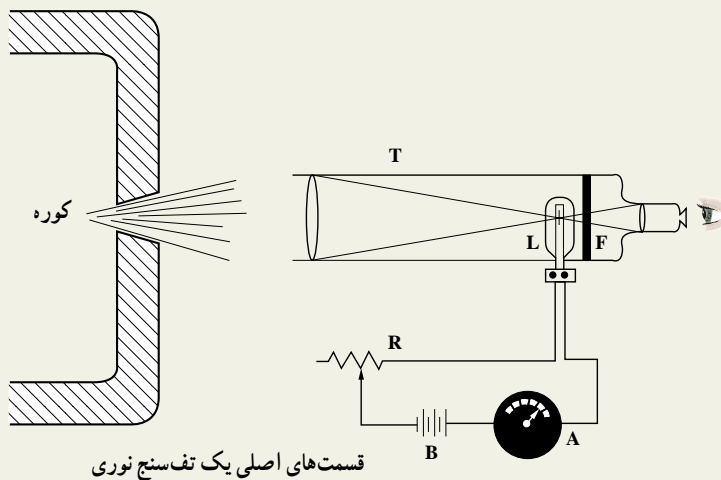
الف) یک شاخص فولادی که روی سطح جیوه در هر طرف لوله U شکل شناور است.

ب) هنگامی که دما بالا می‌رود، به سبب انبساط الکل (در لوله سمت چپ شکل)، جیوه در لوله سمت راست به بالا رانده می‌شود و شاخص فولادی لوله سمت راست را با خود بالا می‌برد. در این مرحله سطح الکل در لوله سمت راست نیز بالا می‌رود.

پ) در این هنگام محل تماس شاخص لوله سمت راست با جیوه، بالاترین دما، یا دمای بیشینه‌ای را که هوا به آن رسیده است نشان می‌دهد. اگر سطح جیوه در لوله سمت راست پایین بیاید، شاخص فولادی همراه با آن حرکت نمی‌کند و در همان محل قبلی خود در مقابل دمای بیشینه می‌ایستد.

ت) هنگامی که الکل به علت کاهش دما، منقبض می‌شود، جیوه از طرف چپ لوله U شکل بالا می‌رود و شاخص فولادی دیگر را در این طرف لوله بالا می‌راند. محل تماس شاخص فولادی با جیوه پایین‌ترین دما یا دمای کمینه را نشان می‌دهد. محل این شاخص نیز با گرم‌تر شدن هوا دیگر تغییر نمی‌کند.

ث) با استفاده از آهنربا، این دو شاخص در پایان ۲۴ ساعت شبانه‌روز به سطح جیوه برگردانده می‌شوند تا برای روز بعد آماده باشند.



تفسنج نوری: برای اندازه‌گیری

دماهایی که بیشتر از گستره دماسنج ترموکوپل قرار دارند، از وسیله‌ای به نام تفسنج نوری استفاده می‌شود.

همان‌طور که در شکل روبه‌رو دیده می‌شود این وسیله از یک تلسکوپ T، که در لوله آن یک صافی شیشه‌ای F به رنگ قرمز و یک لامپ کوچک L تعبیه شده، تشکیل شده است. اگر تفسنج به طرف کوره گرفته شود، شخصی که به داخل تلسکوپ نگاه

می‌کند، رشته تیره لامپ را بر روی زمینه روشن کوره، مشاهده می‌کند. لامپ به باتری B و مقاومت متغیر (رئوستای) R وصل است. با حرکت دادن پیچ رئوستا و کاهش مقاومت آن می‌توان جریان عبوری از مدار را افزایش و در نتیجه روشنایی لامپ را زیاد کرد. مقاومت رئوستا را آن قدر کم می‌کنیم تا روشنایی لامپ درست برابر روشنایی زمینه شود. با استفاده از دستگاهی که قبلاً در دماهای معلوم درجه بندی شده، آمپرسنج A را در مدار، می‌توان درجه بندی کرد تا مستقیماً دمای مجهول را اندازه بگیرد. در این روش چون لازم نیست که هیچ قسمتی از دستگاه با جسمی که می‌خواهیم دمای آن را اندازه بگیریم، تماس یابد، می‌توان از آن برای اندازه گیری دماهای بالاتر از نقاط ذوب اکثر فلزها استفاده کرد.

گرما و تعادل (ترازمندی) گرمایی: در کتاب فیزیک (۱) و آزمایشگاه دیدیم که گرما مقدار انرژی‌ای است که به دلیل اختلاف دما، بین یک جسم و جسم دیگری که با آن در تماس است مبادله می‌شود. با توجه به قانون پایستگی انرژی، انرژی‌ای که جسم با دمای بالاتر از دست می‌دهد، برابر انرژی‌ای است که جسم با دمای پایین‌تر می‌گیرد. این مبادله انرژی تا زمانی که دمای دو جسم یکی شود ادامه می‌یابد. به این ترتیب آیا اگر دو جسم هم‌دما در تماس با یکدیگر قرار گیرند، گرمایی بین آنها مبادله می‌شود؟ روشن است که گرمای خالصی مبادله نمی‌شود. به عبارت کامل‌تر گرمایی که جسم اول به جسم دوم می‌دهد درست برابر گرمایی است که جسم دوم به جسم اول می‌دهد، پس به طور خالص گرمایی مبادله نشده است. در این وضعیت یعنی وقتی گرمایی بین دو جسم مبادله نشود می‌گوییم دو جسم با هم در تعادل گرمایی‌اند و دمای مشترک را **دمای تعادل** می‌نامیم.

برای مثال اگر یک قطعه فلز داغ را در یک ظرف آب سرد بیندازیم، گرما از قطعه فلزی که دمایش بالاتر است به آب که دمایش پایین‌تر است، شارش می‌کند. این شارش گرما تا زمانی ادامه می‌یابد که قطعه فلز و آب هم‌دما شوند و به دمای تعادل برسند.

تغییر دما — گرمای ویژه: در کتاب فیزیک (۱) و آزمایشگاه مقدار گرمای لازم برای ایجاد یک تغییر معین در دما را محاسبه کردیم. دیدیم که برای ایجاد یک تغییر معین در دمای جسم‌های مختلف به مقدارهای متفاوت گرما نیاز است. از آنجا گرمای ویژه هر جسم را که با نماد c نمایش داده می‌شود به صورت زیر تعریف کردیم:

گرمای ویژه هر جسم مقدار گرمایی است که باید به یک کیلوگرم از آن جسم داده شود تا دمای آن یک درجه سلسیوس (یا یک کلوین) افزایش یابد.

به این ترتیب گرمای (Q) لازم برای ایجاد تغییر ΔT یا $\Delta\theta$ در دمای m کیلوگرم از یک جسم برابر است با:

$$Q = m\Delta\theta = mc(\theta_f - \theta_i) \quad (3-6)$$

و یا

$$Q = mc\Delta T = mc(T_f - T_i) \quad (4-6)$$

در این رابطه ها Q (گرما) بر حسب ژول، m (جرم) بر حسب کیلوگرم، $\Delta\theta$ (تغییر دما) بر حسب درجه سلسیوس و یا ΔT بر حسب کلون است. یکای c با استفاده از رابطه های (۳-۶) و (۴-۶) برابر است با ژول بر کیلوگرم بر درجه سلسیوس یا ژول بر کیلوگرم بر کلون. گرمای ویژه برخی از مواد در جدول (۱-۶) داده شده است.

جدول ۱-۶- گرمای ویژه بر حسب ژول بر کیلوگرم بر کلون

| ماده | گرمای ویژه | ماده | گرمای ویژه |
|--------------|------------|-----------|------------|
| آب | ۴۲ | گرانیت | ۸۲ |
| آب دریا | ۳۹ | مس | ۳۸ |
| یخ | ۲۱ | سرب | ۱۲۶ |
| اتانول | ۲۵ | آلومینیوم | ۹ |
| روغن پارافین | ۲۱ | سدیم | ۱۲۴ |
| هیدروژن | ۱۴۳ | جیوه | ۱۵ |
| هوا | ۹۹۳ | آهن | ۳۹ |
| هلیوم | ۵۲۴ | فولاد | ۴۲ |
| اکسیژن | ۹۳ | سنگ مرمر | ۹ |

مثال ۲-۷

یک سماور حاوی ۲kg آب $20^\circ C$ است. گرمای لازم برای افزایش دمای آب تا $100^\circ C$ را حساب کنید.

پاسخ: افزایش دما برابر است با:

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 = 100 - 20 = 80^\circ C$$

گرمای ویژه آب با استفاده از جدول (۱-۶) برابر است با $4200 \text{ J/kg}^\circ C$ در نتیجه با استفاده از رابطه (۳-۶) داریم:

$$Q = mc(\theta_2 - \theta_1) = 2 \times 4200 \times 80 = 672000 \text{ J}$$

$$\approx 672 \text{ MJ}$$

اگر دمای جسم در اثر مبادله گرما بالا رود، $\theta_2 > \theta_1$ و $\theta_2 > 0$ و $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$ و رابطه (۳-۶) مقدار مثبتی برای Q به دست می دهد ($Q > 0$). در حالی که اگر دمای جسم با مبادله گرما کاهش یابد، داریم $\theta_2 < \theta_1$ ، آنگاه $\theta_2 < 0$ ، $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$ ، و مقداری که برای Q به دست می آید منفی خواهد بود ($Q < 0$). پس می توان گفت که علامت Q در رابطه (۳-۶) مشخص می کند که جسم در یک فرایند تبادل انرژی، گرما گرفته است ($Q > 0$) یا گرما داده است ($Q < 0$). از این پس در این کتاب همواره گرمای گرفته شده را با علامت مثبت و گرمای از دست داده شده را با علامت منفی منظور می کنیم.

یک قطعه ۱۰۰ گرمی از مس را که دمای آن 90°C است در یک ظرف آب سرد می‌اندازیم، دمای تعادل به 24°C می‌رسد. گرمای مبادله شده را حساب کنید.

پاسخ: داریم $m = 100\text{g} = 0.1\text{kg}$ ، $\theta_1 = 90^{\circ}\text{C}$ ، $\theta_2 = 24^{\circ}\text{C}$ و گرمای ویژه مس با استفاده از جدول (۶-۱) برابر است با:

$$c = 380\text{J/kg}\cdot\text{C}$$

در نتیجه از رابطه (۶-۳) برای مس، به دست می‌آوریم:

$$Q = mc\Delta\theta = 0.1 \times 380 \times (24 - 90)$$

$$38 \times (-66) = -2508\text{J} \approx -2.5\text{kJ}$$

علامت منفی Q نشان می‌دهد که مس گرما از دست داده است.

فرستنده‌ها و گیرنده‌های الکترونیکی درون ماهواره‌ها نیز مانند فرستنده‌ها و گیرنده‌های زمینی دارای یک بازده مشخص هستند و تنها بخشی از انرژی دریافتی را به انرژی مورد نظر تبدیل می‌کنند. فرض کنید انرژی‌ای که چنین دستگاهی از سلول‌های خورشیدی متصل به ماهواره دریافت می‌کند 10W و انرژی‌ای که فرستنده امواج به سمت زمین گسیل می‌کند 3W باشد. همچنین فرض کنید جنس این دستگاه از سیلیکون و جرم آن 5kg کیلوگرم باشد. این دستگاه در مدت 100 ثانیه چقدر گرم می‌شود؟ گرمای ویژه سیلیکون $700\text{J/kg}\cdot\text{C}$ است.

پاسخ: می‌دانیم $Q/t = P$ ، و از طرفی $Q = mc\Delta\theta$ است. از تلفیق این دو رابطه به رابطه روبرو می‌رسیم:

$$Pt = mc\Delta\theta$$

$$\Delta\theta = \frac{Pt}{mc}$$

و از آن جا برای افزایش $\Delta\theta$ دما خواهیم داشت:

حال با گذاشتن مقادیر، $\Delta\theta$ را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta\theta = \frac{(10\text{W/s})(100\text{s})}{(5\text{kg})(700\text{J/kg}\cdot\text{C})} = 2^{\circ}\text{C}$$

دمای تعادل: دیدیم که اگر دو یا چند جسم با دماهای مختلف در تماس با یکدیگر قرار گیرند،

پس از مدتی هم دما می‌شوند. دمای تعادل را می‌توان با استفاده از قانون پایستگی انرژی محاسبه کرد.

این محاسبه در مثال ۶-۵ انجام شده است.

یک قطعه 140 گرمی آلومینیوم را که دمای آن 80°C است در ظرف عایقی که حاوی 250 گرم آب در دمای 22°C است می‌اندازیم، دمای تعادل را محاسبه کنید. از تبادل گرما بین ظرف و آب چشم‌پوشی کنید.

پاسخ: در این مثال دو جسم داریم که تغییر دما داده‌اند، برای سادگی مشخصه‌های آنها را با زیرنویس‌های (۱) و (۲) نشان می‌دهیم، یعنی:

$$m_1 \text{ جرم آلومینیوم } 140 \text{ g } = 0.14 \text{ kg}$$

$$\theta_1 \text{ دمای اولیه آلومینیوم } 80 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$c_1 \text{ گرمای ویژه آلومینیوم } 900 \text{ J/kg }^\circ\text{C}$$

و از جدول (۶-۱)

و همین‌طور برای آب داریم:

$$m_2 \text{ جرم آب } 250 \text{ g } = 0.25 \text{ kg}$$

$$\theta_2 \text{ دمای اولیه آب } 22 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$c_2 \text{ گرمای ویژه آب } 4200 \text{ J/kg }^\circ\text{C}$$

و دمای تعادل که دمای نهایی مشترک آب و آلومینیوم است را با θ نمایش می‌دهیم. با استفاده از رابطه (۶-۳) مقدار گرمایی که آلومینیوم از دست می‌دهد تا به دمای تعادل θ برسد برابر است با:

$$Q_1 = m_1 c_1 (\theta - \theta_1) = m_1 c_1 \Delta\theta_1$$

و مقدار گرمایی که آب می‌گیرد تا به دمای تعادل برسد برابر است با:

$$Q_2 = m_2 c_2 (\theta - \theta_2) = m_2 c_2 \Delta\theta_2$$

از قانون پایستگی انرژی داریم:

$$Q_1 = Q_2 \quad \circ$$

زیرا مجموعه آلومینیوم و آب نه به بیرون گرما داده و نه از بیرون گرما گرفته است. در نتیجه داریم:

$$m_1 c_1 (\theta - \theta_1) = m_2 c_2 (\theta - \theta_2) \quad \circ$$

$$0.14 \times 900 \times (\theta - 80) = 0.25 \times 4200 \times (\theta - 22) \quad \circ$$

پس از محاسبه حاصل می‌شود:

$$\theta = 28 \text{ }^\circ\text{C}$$

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که هرگاه چند جسم متفاوت با گرمای ویژه c_1, c_2, c_3, \dots به جرم‌های m_1, m_2, m_3, \dots با دماهای اولیه $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \dots$ و ... را در تماس کامل با یکدیگر قرار دهیم برای یافتن دمای تعادل θ ، می‌توانیم حاصل جمع گرماهایی را که هریک مبادله کرده‌اند، یعنی Q_1, Q_2, Q_3, \dots را برابر صفر قرار دهیم، یعنی:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots = 0 \quad (5-6)$$

و از آنجا معادله‌ای به دست آوریم که دمای تعادل را از آن محاسبه کنیم. به عبارت دیگر:

$$m_1 c_1 (\theta - \theta_1) + m_2 c_2 (\theta - \theta_2) + m_3 c_3 (\theta - \theta_3) + \dots = 0 \quad (6-6)$$

از معادله (۶-۶) می‌توانیم برای یافتن گرمای ویژه یک جسم نیز استفاده کنیم. مثال بعد نحوه

محاسبه را نشان می‌دهد.

در ظرف عایقی حاوی ۵۰۰ گرم آب ۲۰ C، یک قطعه مس ۱۰۰ گرمی به دمای ۵۰ C و یک قطعه فلز دیگری به جرم ۱۵۰ گرم و به دمای ۶۲/۵ C که گرمای ویژه آن را نمی‌دانیم می‌اندازیم و دمای تعادل را اندازه می‌گیریم. اگر دمای تعادل ۲۲ C باشد، گرمای ویژه فلز را محاسبه کنید. از تبادل گرما بین ظرف و آب چشم‌پوشی کنید.

پاسخ: با استفاده از داده‌های این مثال و جدول (۶-۱) داریم:

$$m_1 = 500 \text{ g}, c_1 = 4200 \text{ J/kg C}, \theta_1 = 20 \text{ C}$$

$$m_2 = 100 \text{ g}, c_2 = 380 \text{ J/kg C}, \theta_2 = 50 \text{ C}$$

$$m_3 = 150 \text{ g}, c_3 = ?, \theta_3 = 62/5 \text{ C}$$

$$\theta = 22 \text{ C}$$

با درج این داده‌ها در رابطه (۶-۶) داریم:

$$0.5 \times 4200 \times (22 - 20) = 0.1 \times 380 \times (22 - 50) + 0.15 \times c_3 \times (22 - 62/5)$$

پس از محاسبه حاصل می‌شود:

$$c_3 \approx 516 \text{ J/kg C}$$

تمرین ۷-۲

جسمی به جرم ۲۵۰ گرم در دمای ۳ C را به درون ظرف عایقی حاوی ۵۰۰ گرم آب ۲۵ C می‌اندازیم. پس از چند دقیقه دمای تعادل را اندازه می‌گیریم. اگر دمای تعادل ۲۱ C باشد، گرمای ویژه جسم را محاسبه کنید. از تبادل گرما بین آب و ظرف چشم‌پوشی کنید.

آزمایش ۷-۲

وسایل لازم: ترازو، یک ظرف آب، چراغ الکلی یا گازی، سه پایه و شعله‌پخش‌کن، ظرف شیشه‌ای نسوز برای گرم کردن آب، یک فلاسک (یا ظرفی که به خوبی عایق‌بندی شده باشد)، دو عدد همزن، دو عدد دماسنج جیوه‌ای، یک عدد دستگیره

گرماسنجی - تعیین ظرفیت گرمایی گرماسنج

آزمایش زیر را به‌طور گروهی انجام دهید.

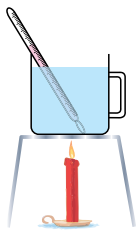
۱- ۲۰۰ کیلوگرم آب (m_1) درون فلاسک بریزید و همزن و دماسنج را درون آن قرار دهید و صبر کنید تا آب و فلاسک و همزن به تعادل گرمایی برسند.

۲- در این فاصله ۴۰ کیلوگرم آب (m_2) نیز درون ظرف شیشه‌ای نسوز بریزید.

۳- ظرف نسوز را مطابق شکل روبه‌رو روی سه پایه بالای چراغ قرار دهید.

۴- چراغ را روشن کنید و آب را تا دمای θ_1 گرم کنید.

۵- دمای آب درون فلاسک θ_1 و آب درون ظرف شیشه‌ای θ_2 را به کمک دماسنج‌هایی که در هریک از این ظرف‌ها قرار دارد اندازه بگیرید و یادداشت کنید. سپس آب گرم درون ظرف شیشه‌ای نسوز را (به کمک دستگیره) به درون فلاسک بریزید.



۶- آب درون فلاسک را با همزنی که درون آن است هم بزنید و دمای تعادل (θ) را اندازه گیری و یادداشت کنید.
 ۷- اگر گرمای ویژه آب را با c_w ، گرمای ویژه فلاسک را با c ، گرمای ویژه همزن را با c_M ، گرمای ویژه دماسنج را با c ، جرم فلاسک را با M ، جرم همزن را با M' و جرم دماسنج را با M'' نمایش دهید با استفاده از معادله (۶-۶) خواهیم داشت:

$$m_1 c_w (\theta - \theta_1) + m_2 c_w (\theta - \theta_2) + Mc (\theta - \theta_1) + M' c_M (\theta - \theta_1) + M'' c (\theta - \theta_1) = 0$$

 دقت کنید که دمای اولیه فلاسک و همزن و دماسنج با دمای اولیه آب درون فلاسک برابر است و همین طور هم دمای تعادل برای همه آنها یکسان است.
 ۸- از رابطه بالا داریم:

$$[Mc + M'c_M + M''c] (\theta - \theta_1) = m_1 c_w (\theta - \theta_1) + m_2 c_w (\theta - \theta_2)$$

۹- در این رابطه تنها عبارت داخل کروشه مجهول است، مقدار آن را به کمک اعدادی که در آزمایش به دست آورده اید، محاسبه کنید. این کمیت را **ظرفیت گرمایی** مجموعه فلاسک و همزن و دماسنج درون آن می نامند و آن را با نماد A نمایش می دهند.

مجموعه فلاسک و همزن و دماسنج درون آن را معمولاً گرماسنج می نامند. با انجام این آزمایش شما ظرفیت گرمایی گرماسنج را که به صورت زیر تعریف می شود اندازه گرفته اید.

$$A = Mc + M'c_M + M''c$$
 ظرفیت گرمایی گرماسنج

آزمایش ۷-۳

تعیین گرمای ویژه یک جسم

وسایل لازم: گرماسنج (فلاسک، همزن، دماسنج) با ظرفیت گرمایی معین که قبلاً اندازه گرفته اید، یک جسم کوچک فلزی (مثل یک کلید)، یک همزن و یک دماسنج دیگر، ترازو، ظرف شیشه ای نسوز، چراغ الکلی یا گازی، سه پایه و شعله پخش کن، یک انبرک، دستگیره

۱- ۲/۰ کیلوگرم آب (m_1) درون گرماسنج بریزید و صبر کنید تا دمای گرماسنج و آب یکی شود.
 ۲- جرم جسم فلزی را به کمک ترازو اندازه بگیرید و یادداشت کنید (m_2).

۳- جسم فلزی را درون ظرف شیشه ای نسوز قرار دهید و مقداری آب درون آن بریزید و همزن و دماسنج اضافی را نیز درون ظرف قرار دهید.

۴- ظرف شیشه ای را مطابق شکل آزمایش ۶-۲ روی چراغ بگذارید و چراغ را روشن کنید و آب درون ظرف را به کمک همزن به هم بزنید.

۵- پس از چند دقیقه چراغ را خاموش کنید و همزمان دمای آب درون گرماسنج (θ_1) و دمای آب گرمی را که جسم فلزی در آن است (θ_2) به کمک دماسنج های مربوط اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

۶- جسم داغ شده را توسط انبرک هرچه سریع تر به درون آب درون فلاسک بیندازید.

۷- آب درون فلاسک را با همزن به هم بزنید و دمای تعادل θ را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

۸- با استفاده از معادله (۶-۶) داریم:

$$A (\theta - \theta_1) = m_1 c (\theta - \theta_1) + m_2 c (\theta - \theta_2)$$

۹- در این رابطه تنها جسم c مجهول است. مقدار آن را به کمک اعدادی که در آزمایش به دست آورده اید، محاسبه کنید.

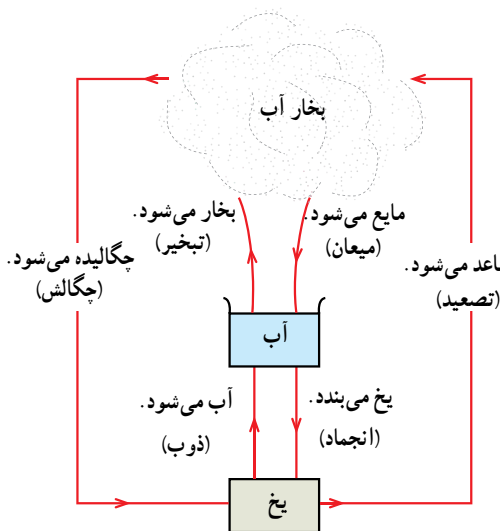
گرمای ویژه یک فلز یا مایع معلوم را اندازه بگیرید. مقداری را که به دست می آورید، با مقدار داده شده در جدول (۱-۶) مقایسه کنید. دلیل اختلاف بین عددی که شما به دست آورده اید و رقمی که در جدول درج شده چیست؟ موضوع را با همکلاسی های خود به بحث بگذارید.

۲-۶ حالت های ماده

همان طور که در فصل ۵ دیدیم موادی که در اطراف ما وجود دارند در سه حالت (فاز) جامد، مایع و گاز یافت می شوند. برای مثال H_2O هم به حالت جامد (یخ) و هم به حالت مایع (آب) و هم به حالت گاز (بخار آب) یافت می شود. گذار از یک حالت (فاز) به یک حالت (فاز) دیگر را یک تغییر حالت (گذار فاز) می نامند. هر تغییر حالت (در فشار ثابت) در دمای ثابتی صورت می گیرد که آن را **دمای گذار** می نامند. تغییر حالت ها معمولاً با گرفتن و یا از دست دادن گرما همراهند. علاوه بر این حجم و چگالی نیز با تغییر حالت تغییر می کند.

فعالیت ۳-۴

آزمایشی طراحی کنید و انجام دهید که در آن تغییر حجم آب به هنگام انجماد (یخ بستن) و یا تغییر حجم یخ به هنگام ذوب شدن (آب شدن) مشخص شود.



شکل ۲-۶-۲- انواع تغییر حالت های آب

برای مثال در شکل (۶-۶) انواع تغییر حالت هایی که برای آب امکان پذیر است نشان داده شده است.

تبدیل جامد به مایع را **ذوب**، تبدیل مایع به بخار را **تبخیر**، تبدیل مایع به جامد را **انجماد** و تبدیل بخار به مایع را **میعان** می نامیم.

امکان دارد که تغییر حالت از جامد به بخار و وارون آن از بخار به جامد نیز به طور مستقیم (بدون گذر از حالت مایع) صورت گیرد. تغییر حالت از جامد به بخار، **تصعید** و تغییر حالت وارون آن یعنی از بخار به جامد **چگالش** نام دارد. برای مثال نفتالین در دمای اتاق به طور مستقیم از جامد به بخار تبدیل می شود (تصعید). در صبح های بسیار سرد زمستان برفکی که روی گیاهان و یا روی شیشه پنجره می نشیند، بخار آبی است که به طور مستقیم به بلورهای یخ تبدیل شده است (چگالش). در ادامه هریک از تغییر حالت ها را به طور جداگانه بررسی می کنیم.

ذوب: پیش از این دیدیم که اگر به جسم جامدی گرما بدهیم، دمای آن افزایش می یابد. اگر عمل گرما دادن را ادامه دهیم، هنگامی که دمای جسم به مقدار مشخصی رسید، افزایش دما متوقف می شود (دما ثابت می ماند)، و جسم شروع به ذوب شدن می کند (به مایع تبدیل می شود). این دمای ثابت را که به جنس جسم و فشار وارد بر آن بستگی دارد «دمای ذوب» یا «نقطه ذوب» می نامیم.

افزایش فشار وارد بر جسم به جز در چند مورد، سبب بالا رفتن نقطه ذوب آن می‌شود. در بعضی از جسم‌ها مانند یخ، افزایش فشار سبب کاهش نقطه ذوب می‌شود. نقطه ذوب یخ در فشار یک اتمسفر برابر صفر درجه سلسیوس است.

فعالیت ۷-۴

در باره علت دیرتر آب شدن برف روی قله کوه‌ها تحقیق کنید. نتیجه تحقیق خود را به کلاس گزارش دهید.

جدول ۶-۲ نقطه ذوب و گرمای نهان ویژه ذوب برخی مواد در فشار یک اتمسفر

| ماده | نقطه ذوب (C) | گرمای نهان ذوب (kJ/kg) |
|---------|--------------|------------------------|
| هیدروژن | -۲۵۹ | ۵۸/۶ |
| ازت | -۲۰۹ | ۲۵/۵ |
| اکسیژن | -۲۱۸ | ۱۳/۸ |
| جیوه | -۳۹ | ۱۱/۸ |
| یخ | ۰ | ۳۳۴ |
| گوگرد | ۱۱۹ | ۳۸/۱ |
| سرب | ۳۲۷ | ۲۴/۵ |
| قلع | ۶۳۰ | ۱۶۵ |
| نقره | ۹۶۰ | ۸۸/۳ |
| طلا | ۱۰۶۳ | ۶۴/۵ |
| مس | ۱۰۸۳ | ۱۳۴ |

عمل ذوب گرماگیر است. یعنی به جسم جامدی که به دمای ذوب خود رسیده باشد باید گرما بدهیم تا به مایع تبدیل شود.

گرمای نهان ذوب، گرمای نهان ویژه ذوب: گرمایی که جسم جامد در نقطه ذوب خود می‌گیرد تا به مایع تبدیل شود، سبب تغییر دمای آن نمی‌شود، بلکه صرف تغییر حالت آن خواهد شد. از این رو به این گرما، **گرمای نهان ذوب** می‌گوییم. دادن گرمای نهان ذوب به جامدی که به نقطه ذوب خود رسیده است، آن را ذوب می‌کند.

گرمای نهان ویژه ذوب (L) یک جامد، برابر است با مقدار انرژی‌ای که باید به یک کیلوگرم از آن جامد در دمای نقطه ذوب بدهیم تا به مایع در همان دما تبدیل شود. یکای گرمای نهان ویژه در SI ژول بر کیلوگرم (J/kg) است.

بنابراین گرمای نهان ذوب m کیلوگرم جامد از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Q = mL \quad (7-6)$$

گرمای نهان ویژه ذوب و نقطه ذوب مواد مختلف، متفاوت است. این مقادیر برای برخی از مواد در جدول (۶-۲) داده شده است.

۱- زیرنویس F حرف اول واژه انگلیسی Fusion به معنای ذوب است.

گرمای لازم برای ذوب 10° گرم طلا را محاسبه کنید. فرض کنید که طلا در نقطه ذوب خود باشد.
پاسخ: با استفاده از جدول (۶-۲) داریم:

$$L \quad 64/5 \times 10^3 \text{ J/kg}$$

$$m \quad 10 \text{ g} \quad 0/01 \text{ kg}$$

بنابراین از رابطه (۶-۷) داریم:

$$Q \quad \text{mL} \quad 0/01 \times 64/5 \times 10^3 \quad 645 \text{ J}$$

مثبت بودن مقدار گرما نشان دهنده گرماگیر بودن عمل ذوب است.

فعالیت ۷-۵

آزمایشی برای اندازه گیری گرمای نهان ذوب یخ طراحی کنید و آن را انجام دهید.

انجماد: فرایند انجماد وارون فرایند ذوب یعنی تبدیل مایع به جامد است. اگر مایعی را سرد کنیم (یعنی از آن گرما بگیریم)، هنگامی که به دمای انجماد یا نقطه انجماد خود می رسد، شروع به جامد شدن می کند. دمای نقطه ذوب یک ماده در شرایط یکسان با دمای نقطه انجماد آن برابر است. یعنی برای مثال اگر در فشار یک اتمسفر به یخ صفر درجه سلسیوس گرما دهیم شروع به ذوب شدن می کند و نیز اگر در همان فشار از آب صفر درجه سلسیوس گرما بگیریم شروع به انجماد می کند. هر جسم به هنگام انجماد همان قدر گرما از دست می دهد که به هنگام ذوب می گیرد. بنابراین گرمای نهان ویژه انجماد منفی گرمای نهان ویژه ذوب است. به این ترتیب گرمای نهان انجماد m کیلوگرم مایع از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$Q \quad \text{mL} \quad (6-8)$$

علامت منفی نشان دهنده آن است که مایع به هنگام انجماد گرما از دست می دهد.
جوشیدن و تبخیر: وقتی به مایعی گرما می دهیم، دمای آن افزایش می یابد. اگر عمل گرما دادن را ادامه دهیم، هنگامی که دمای مایع به مقدار مشخصی رسید، افزایش دما متوقف می شود و دما ثابت می ماند. مایع در این موقع به جوش می آید و تبدیل به بخار می شود. این دمای ثابت را «دمای جوش» یا «نقطه جوش» می نامند.
 نقطه جوش هر مایع به جنس آن و فشار وارد بر آن بستگی دارد. افزایش فشار وارد بر مایع سبب بالا رفتن نقطه جوش آن می شود.

فعالیت ۷-۴

علت سریع تر پخته شدن غذا در دیگ زودپز را با افراد گروه خود مورد بحث قرار دهید و نتیجه را به کلاس گزارش کنید.

جدول ۳-۶- نقطه جوش و گرمای نهان ویژه تبخیر برخی مواد در فشار یک اتمسفر

| ماده | نقطه جوش (C) | گرمای نهان تبخیر (kJ/kg) |
|---------|--------------|--------------------------|
| هلیوم | -۲۶۹ | ۲ /۹ |
| هیدروژن | -۲۵۳ | ۴۵۲ |
| ازت | -۱۹۶ | ۲ ۱ |
| اکسیژن | -۱۸۳ | ۲۱۳ |
| جیوه | ۳۵۷ | ۲۷۲ |
| آب | ۱ | ۲۲۵۶ |
| گوگرد | ۴۴۵ | ۳۲۶ |
| سرب | ۱۷۵ | ۸۷۱ |
| قلع | ۱۴۴ | ۵۶۱ |
| نقره | ۲۱۹۳ | ۲۳۳۶ |
| طلا | ۲۶۶ | ۱۵۸۷ |
| مس | ۱۱۸۷ | ۵ ۶۹ |

گرمای نهان تبخیر و گرمای نهان ویژه

تبخیر: گرمایی را که یک مایع در نقطه جوش خود می گیرد تا به بخار در همان دما تبدیل شود گرمای نهان تبخیر می گویند.

گرمای نهان ویژه تبخیر (L_v) یک مایع، برابر است با مقدار گرمایی که باید به یک کیلوگرم از آن مایع در دمای نقطه جوش بدهیم تا به بخار در همان دما تبدیل شود. در SI یکای گرمای نهان ویژه تبخیر نیز همانند گرمای نهان ویژه ذوب ژول بر کیلوگرم است.

بنابراین گرمای نهان تبخیر m کیلوگرم مایع از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$Q = mL_v \quad (۹-۶)$$

گرمای نهان ویژه تبخیر و نقطه جوش مایع های مختلف، متفاوت است. این مقادارها برای برخی از مواد در جدول (۳-۶) داده شده است.

مثال ۸-۷

یک کتری برقی را که $1/6 \text{ kg}$ آب دارد روشن می کنیم، از لحظه آغاز جوشیدن، چقدر انرژی برای تبدیل همه آب به بخار مصرف می شود و چقدر طول می کشد تا کتری $2/5$ کیلوواتی همه آب را تبخیر کند؟ (از اتلاف انرژی صرف نظر شود).
پاسخ: از جدول (۳-۶) برای آب داریم:

$$L_v = 2256 \times 10^3 \text{ J/kg}$$

$$m = 1/6 \text{ kg}$$

انرژی مصرفی را از رابطه (۹-۶) به دست می آوریم.

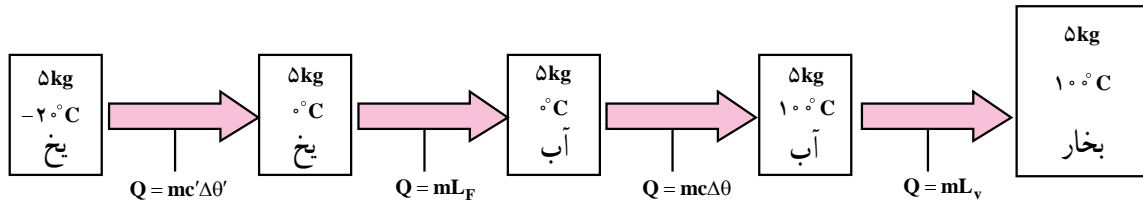
$$Q = 1/6 \times 2256 \times 10^3 = 3610 \times 10^3 \text{ J} = 3610 \text{ kJ}$$

با استفاده از رابطه $P = \frac{Q}{t}$ داریم:

$$t = \frac{Q}{P} = \frac{3610 \times 10^3 \text{ J}}{2/5 \times 10^3 \text{ W}} = 1/44 \times 10^3 \text{ s}$$

مثال ۹-۴

گرمای لازم برای تبدیل 5 kg یخ 20° C به بخار آب 100° C را حساب کنید.
پاسخ: شکل صفحه بعد مراحل تغییر یخ 20° C به بخار آب 100° C و رابطه مربوط به گرمای لازم برای هر تغییر را نشان می دهد.



مقدار کل گرمای لازم برابر مجموع گرمای لازم برای انجام هر مرحله از فرایند است. با استفاده از جدول های (۶-۱) و (۶-۲) و (۶-۳) داریم:

$$Q_{\text{کل}} = m c' \Delta \theta_{\text{یخ}} + m L_F + m c \Delta \theta_{\text{آب}} + m L_v$$

$$5 \times 2100 \times [0 - (-20)] + 5 \times 334 \times 10^3 + 5 \times 4200 \times (100 - 0) + 5 \times 2256 \times 10^3$$

با انجام محاسبه به دست می آوریم:

$$Q = 1526 \times 10^4 \text{ J} = 15/26 \text{ MJ}$$

میعان: فرایند میعان وارون فرایند تبخیر، یعنی تبدیل بخار به مایع است. اگر مقداری بخار یک ماده را سرد کنیم (یعنی از آن گرما بگیریم). هنگامی که به دمای میعان یا «نقطه میعان» خود می رسد، شروع به مایع شدن می کند. دمای نقطه میعان یک ماده در شرایط یکسان با دمای نقطه جوش آن برابر است. یعنی برای مثال اگر در فشار یک اتمسفر به آب صد درجه سلسیوس گرما دهیم شروع به جوشیدن می کند و نیز اگر در همان فشار از بخار آب صد درجه سلسیوس گرما بگیریم شروع به مایع شدن می کند. هر بخار به هنگام میعان همان قدر گرما از دست می دهد که به هنگام تبخیر می گیرد. بنابراین گرمای نهان ویژه میعان منفی گرمای نهان ویژه تبخیر است. به این ترتیب گرمای نهان میعان m کیلوگرم بخار یک ماده از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$Q = -m L_v \quad (6-10)$$

علامت منفی نشان دهنده آن است که بخار هنگام میعان گرما از دست می دهد.

مثال ۱-۷

یک لیوان شیشه ای بزرگ به جرم ۱۵ گرم حاوی 200 g آب 20°C است. چند قطعه یخ 0°C ، به جرم 40 گرم به درون لیوان می اندازیم، دمای پایانی آب را حساب کنید. گرمای ویژه شیشه را 360 J/kgK بگیرید.

پاسخ: با توجه به آنکه مقدار گرمایی که یخ 0°C می گیرد تا به آب 0°C و سپس به آب در دمای تعادل تبدیل شود برابر با مقدار گرمایی است که لیوان شیشه ای و آب درون آن از دست می دهند تا از 20°C به دمای تعادل برسند. می توانیم با در نظر گرفتن m_1 برای لیوان و m_2 برای آب درون آن و m_3 برای یخ، بنویسیم:

$$m_1 c_1 (\theta - \theta_1) + m_2 c_2 (\theta - \theta_2) + m_3 L = m_2 c_2 (\theta - \theta_2) \quad (6-11)$$

با استفاده از داده های این مثال و جدول های (۶-۱) و (۶-۲) داریم:

$$m_1 = 15 \times 10^{-3} \text{ kg}, c_1 = 360 \text{ J/kgK}, \theta_1 = 20^\circ \text{C}$$

m_p جرم آب درون لیوان 200 g ، c_p 4200 J/kgK

θ_p ، θ_1 20°C

m_r 40 g ، L گرمای نهان ویژه ذوب یخ $334 \times 10^3\text{ J/kg}$

c_r 4200 J/kgK ، θ_r 0°C

با درج این مقادارها در رابطه (۶-۱۱) و انجام محاسبه به دست می آوریم :

$$\theta = 3/5\text{ C}$$

تبخیر سطحی : پارچه خیس را روی سنگ فرش پهن کنید. پس از یکی دو ساعت می بینید

کاملاً خشک شده است. آب آن کجا رفته است؟

پاسخ آن است که آب تبخیر شده است. تجربه هایی مانند این نشان می دهند که در سطح آزاد هر

مایع، همواره در هر دمایی عمل تبخیر روی می دهد. این پدیده را تبخیر سطحی می گویند. مایع در اثر

تبخیر سطحی گرمای نهان تبخیر خود را از دست می دهد و در اثر آن دمایش پایین می آید. تجربه نشان

می دهد که آهنگ تبخیر سطحی به عامل های مختلفی از جمله دما و مساحت سطح مایع بستگی دارد.

فعالیت ۷-۴

الف) بررسی کنید که تبخیر سطحی با افزایش دما و افزایش سطح مایع سریع تر صورت می گیرد یا کندتر؟

ب) با بررسی تبخیر سطحی در شرایط مختلف سعی کنید از راه تجربه عامل یا عامل های دیگری را که بر آهنگ تبخیر

سطحی اثر می گذارند پیدا کنید.

فعالیت ۸-۴

تحقیق کنید و توضیح دهید چرا :

۱- با پوشیدن لباس های ترا احساس سرما می کنید؟

۲- عرق کردن به خنک نگه داشتن بدن کمک می کند؟

۳- هنگامی که دوش می گیرید بخار آب روی شیشه پنجره حمام مایع می شود؟

۶-۳ اثر تغییر دما بر طول و حجم جسم ها

اکثر اجسام چه جامد، چه مایع و چه گاز به هنگام افزایش دما انبساط می یابند، یعنی حجم آنها

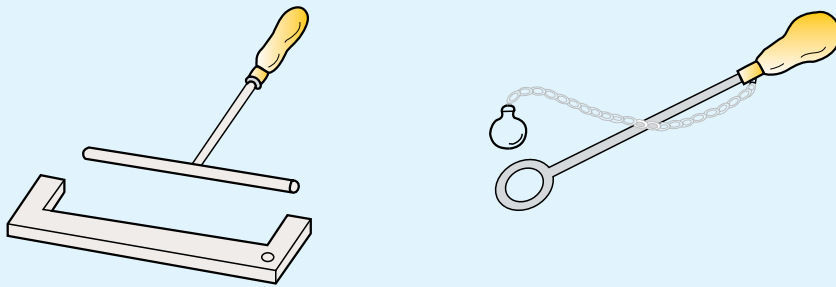
افزایش می یابد و با کاهش دما حجم شان کاهش می یابد. این پدیده که در ساختن برخی وسیله ها مانند

دماسنج ها و دماپاها مورد استفاده قرار می گیرد، می تواند مشکل هایی در ساختن ماشین ها، پل ها،

ساختمان ها و خط آهن ایجاد کند.

مثال هایی از افزایش حجم در اثر افزایش دما را در کتاب های علوم دبستان و راهنمایی دیده اید.

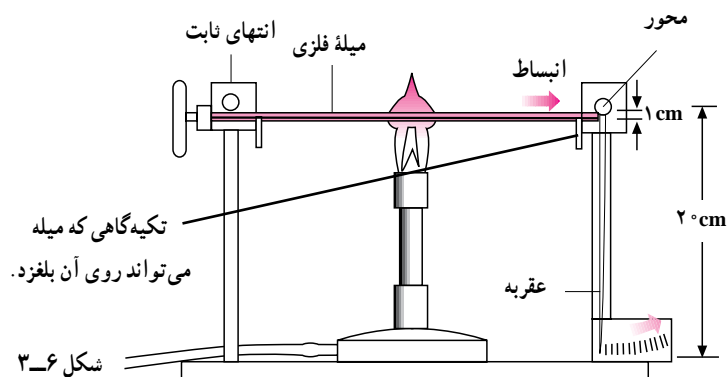
توضیح دهید که چگونه می‌توان با استفاده از ابزارهایی که در شکل زیر نشان داده شده است، پدیده انبساط در اثر افزایش دما را نمایش داد.



وقتی یک ورقه فلزی را گرم می‌کنیم حجم آن زیاد می‌شود، یعنی ضخامت و مساحت سطح آن هر دو زیاد می‌شوند. اگر ضخامت ورقه در مقایسه با ابعاد سطح آن ناچیز باشد، **انبساط سطحی** آن بهتر مشاهده می‌شود. همین‌طور هم درباره یک میله، اگر طول آن در مقایسه با قطر مقطع آن بسیار بزرگ‌تر باشد، **انبساط طولی** آن بهتر دیده می‌شود.

انبساط طولی: برای دیدن انبساط طولی یک میله فلزی می‌توان از دستگاهی که در شکل (۹-۶) نشان داده شده است، استفاده کرد. وقتی میله فلزی گرم و منبسط می‌شود، عقربه را حول محور می‌چرخاند و انتهای عقربه انبساط طولی میله را چند بار (در شکل 20° بار) بزرگ‌تر نشان می‌دهد و اندازه‌گیری دقیق آن را میسر می‌سازد.

با اندازه‌گیری انبساط طولی میله‌های از جنس‌های مختلف، درمی‌یابید که اندازه انبساط میله‌های فلزی از جنس‌های مختلف با یکدیگر متفاوت است. برای محاسبه انبساط طولی کمیتی به نام ضریب انبساط طولی به صورت زیر تعریف می‌کنیم و آن را با α نمایش می‌دهیم.



ضریب انبساط طولی (α) برابر است با افزایش طول واحد طول ماده به ازای افزایش دمای

یک کلوین.

جدول ۶-۴- ضریب انبساط طولی ماده‌های مختلف

| ماده | ضریب انبساط $(\frac{1}{K})$ |
|----------|-----------------------------|
| آلمینیوم | 23×10^{-6} |
| آجر | 9×10^{-6} |
| مس | 17×10^{-6} |
| الماس | تقریباً صفر |
| بتون | 12×10^{-6} |
| آهن | 12×10^{-6} |
| کوارتز | $1/4 \times 10^{-6}$ |
| روی | 31×10^{-6} |
| برنج | 19×10^{-6} |

دارد:

– طول اولیه میله (L_1) .

– مقدار تغییر دما (ΔT) .

هنگامی که دمای میله‌ای به طول L_1 به اندازه ΔT افزایش یابد، طول آن به اندازه ΔL افزایش می‌یابد. به این ترتیب انبساط یا افزایش طول واحد طول میله برای افزایش

دمای ΔT برابر $\frac{\Delta L}{L_1}$ خواهد بود. افزایش طول واحد طول میله برای افزایش دمای

یک کلوین برابر می‌شود با $\frac{\Delta L}{L_1 \Delta T}$. این همان ضریب انبساط طولی میله (α) است.

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_1 \Delta T} \quad (12-6)$$

یکای ضریب انبساط طولی در SI، بر کلوین $(\frac{1}{K})$ یا بر درجه سلسیوس

$(\frac{1}{C})$ نام دارد. مقدار افزایش طول ΔL را می‌توان از رابطه $(6-12)$ به صورت زیر به دست آورد:

$$\Delta L = \alpha L_1 \Delta T \quad (13-6)$$

ضریب انبساط طولی ماده‌های مختلف با هم تفاوت دارند. ضریب انبساط طولی برخی از ماده‌ها در جدول $(6-4)$ داده شده است. توجه کنید که این مقادارها بسیار کوچکند. ولی همین مقادارهای کوچک هم اثرهای قابل توجهی در ساختمان‌ها و دستگاه‌های مختلف دارد.

مثال ۱۱-۷

انبساط طولی یک پل بتونی به طول 100 m را هنگامی که دما به اندازه 20° C افزایش یابد حساب کنید.

پاسخ: از جدول $(6-4)$ داریم:

$$\alpha = 12 \times 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$$

با استفاده از رابطه $(6-13)$ ، داریم:

$$\Delta L = \alpha L_1 \Delta \theta$$

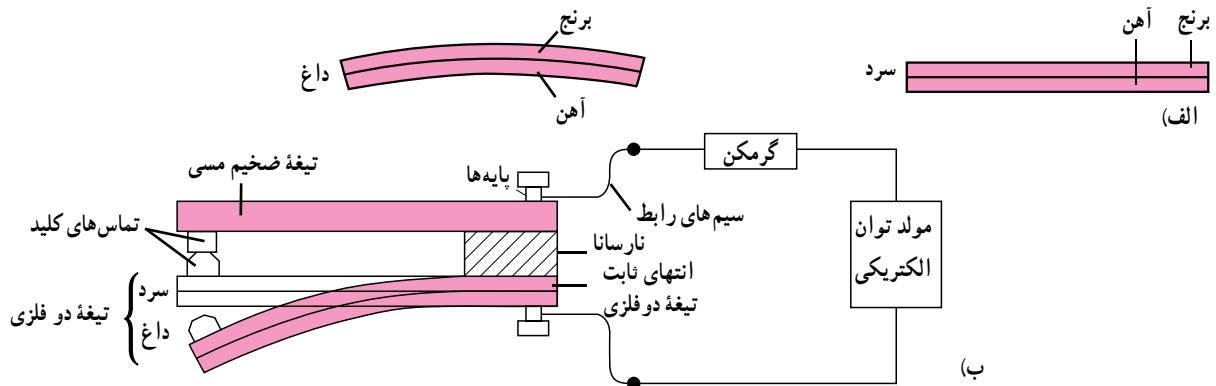
$$\Delta L = 12 \times 10^{-6} \times 100 \times 20 = 2/4 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\Delta L = 2/4 \text{ cm}$$

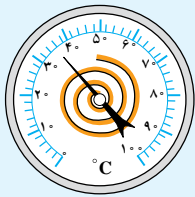
اگر در ساختمان پل پیش‌بینی فضای لازم برای این انبساط طولی نشده باشد، همین مقدار انبساط می‌تواند باعث تخریب

پل گردد.

دمایا (ترموستات): دمایا از دو تیغه از فلزهای متفاوت مانند برنج و آهن ساخته شده است که سرتاسر به هم جوش داده شده یا میخ پرچ شده‌اند. در دمای کم ممیص، دمایا، مدار الکتریکی دستگاه گرمکن را، مطابق شکل زیر کامل می‌کند. به علت عبور جریان الکتریکی از گرمکن الکتریکی گرما ایجاد می‌شود و دمای ممیص بالا می‌رود. همان طوره که در جدول (۶-۱۴) مشاهده می‌کنید ضریب انبساط طولی برنج بزرگ‌تر از آهن است. در نتیجه برنج بیشتر منبسط می‌شود و دمایا به طرف آهن خم می‌شود. وقتی دما به مقدار معینی رسید، تماس دمایا با تیغه مسی قطع شده و مدار الکتریکی باز می‌شود. وقتی دوباره دما کم شود، دمایا به حالت اول برمی‌گردد و مدار بار دیگر متصل می‌شود. در نتیجه وجود دمایا در مدار گرمکن الکتریکی می‌تواند دما را تقریباً ثابت نگه دارد.



فعالیت ۱-۶



شکل روبه‌رو دماسنجی را نشان می‌دهد که در آن از یک نوار دو فلزی حلزونی شکل استفاده شده است. اساس کار این دماسنج را در گروه خود به بحث بگذارید و نتیجه را به کلاس گزارش کنید.

انبساط سطحی: برای محاسبه انبساط سطحی هم می‌توانیم به روشی مشابه برای هر ماده یک

ضریب انبساط سطحی تعریف کنیم.

ضریب انبساط سطحی برابر است با افزایش مساحت واحد سطح یک جسم جامد به ازای افزایش

دمای یک کلون. می‌توان نشان داد که ضریب انبساط سطحی یک جسم تقریباً دو برابر ضریب انبساط

طولی آن است. یکای ضریب انبساط سطحی نیز بر کلون (K) یا بر درجه سلسیوس (C) است.

اگر سطحی به مساحت A با افزایش دمای ΔT ، افزایش مساحتی برابر ΔA پیدا کرده باشد، داریم:

$$\left(\frac{1}{K}\right) = 2\alpha = \frac{\Delta A}{A_1 \Delta T} \quad (14-6)$$

و یا:

$$\Delta A = 2\alpha A_1 \Delta T \quad (15-6)$$

انبساط حجمی: برای انبساط حجمی نیز می‌توانیم ضریب انبساط حجمی را تعریف کنیم:
 ضریب انبساط حجمی یک ماده نیز برابر است با افزایش حجم واحد حجم ماده به ازای افزایش دمای یک کلوین. یکای ضریب انبساط حجمی نیز بر کلوین ($\frac{1}{K}$) یا بر درجه سلسیوس ($\frac{1}{^\circ C}$) است.
 ضریب انبساط حجمی را معمولاً با β نشان می‌دهند. می‌توان نشان داد که ضریب انبساط حجمی یک جامد تقریباً سه برابر ضریب انبساط طولی آن است. یعنی $\beta = 3\alpha$. در این جا نیز می‌توانیم بنویسیم:

$$\beta = \frac{\Delta V}{V_1 \Delta T} \quad (16-6)$$

و یا:

$$\Delta V = \beta V_1 \Delta T \quad (17-6)$$

مثال ۷-۱۳

ابعاد یک شمش آلومینیومی در دمای $10^\circ C$ برابر $20\text{ cm} \times 10\text{ cm} \times 5\text{ cm}$ است، حجم این شمش را در دمای $90^\circ C$ حساب کنید.

پاسخ: با استفاده از جدول (۶-۴) داریم:

$$\beta = 3\alpha = 3 \times 23 \times 10^{-6} \frac{1}{^\circ C} = 69 \times 10^{-6} \frac{1}{^\circ C}$$

$$V_1 = 5 \times 10 \times 20 \text{ cm}^3 = 1000 \text{ cm}^3$$

$$\Delta T = 90 - 10 = 80^\circ C$$

از رابطه (۶-۱۷) داریم:

$$\Delta V = \beta V_1 \Delta T = 69 \times 10^{-6} \times 1000 \times 80 = 5.52 \text{ cm}^3$$

$$\Delta V = V_2 - V_1$$

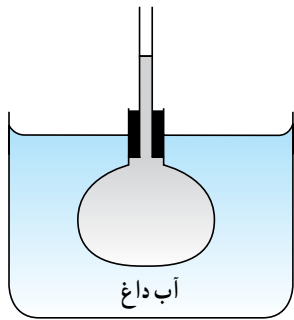
$$V_2 = \Delta V + V_1 = 1000 + 5.52 = 1005.52 \text{ cm}^3$$

انبساط مایع‌ها: بیشتر مایع‌ها نیز با افزایش دما، افزایش حجم پیدا می‌کنند. انبساط مایع‌ها اساس کار دماسنج‌های جیوه‌ای و الکی را تشکیل می‌دهد. ضریب انبساط حجمی چند مایع مختلف در جدول (۶-۵) داده شده است.

آزمایش ۷-۳

وسایل لازم: یک بالون شیشه‌ای، مقداری آب که با جوهر رنگی شده باشد، درپوش سوراخ‌دار همراه با یک لوله شیشه‌ای بلند با مجرای بسیار نازک، چراغ الکی، سه پایه و شعله پخش‌کن، ظرف شیشه‌ای بزرگ نسوز

۱- بالون شیشه‌ای را از آب رنگی پر کنید و درپوش همراه با لوله شیشه‌ای بلند را مطابق شکل طوری در دهانه بالون جای دهید که هیچ هوایی در بالون نباشد و آب مقداری در لوله بالا بیاید. ارتفاع آب در لوله شیشه‌ای را با علامت مشخص کنید.



- ۲- ظرف شیشه‌ای بزرگ را پر از آب کرده روی شعله چراغ قرار دهید تا آب آن گرم شود.
- ۳- بالون شیشه‌ای را مطابق شکل درون آب داغ فرو برید و نحوه تغییر ارتفاع آب در لوله شیشه‌ای را مشاهده کنید.
- ۴- مشاهده‌های این آزمایش را با توجه به انبساط ظرف (بالون شیشه‌ای) و انبساط آب توضیح دهید.

در آزمایش (۳-۶) اگر ارتفاع مایع درون لوله باریک (به مساحت مقطع A) از مقدار h_1 قبل از گذاشتن بالون در آب داغ به مقدار h_2 در انتهای آزمایش رسیده باشد، مایع ظاهراً به اندازه $(h_2 - h_1)A$ افزایش حجم پیدا کرده است، که به آن انبساط ظاهری مایع می‌گویند.

فعالیت ۱۱-۶

آیا واقعاً مایع به اندازه انبساط ظاهری خود افزایش حجم پیدا کرده است؟ توضیح دهید. اگر پاسخ شما به این سؤال منفی است. تحقیق کنید که انبساط واقعی مایع‌ها را چگونه اندازه می‌گیرند.

جدول ۶-۵- ضریب انبساط حجمی چند مایع

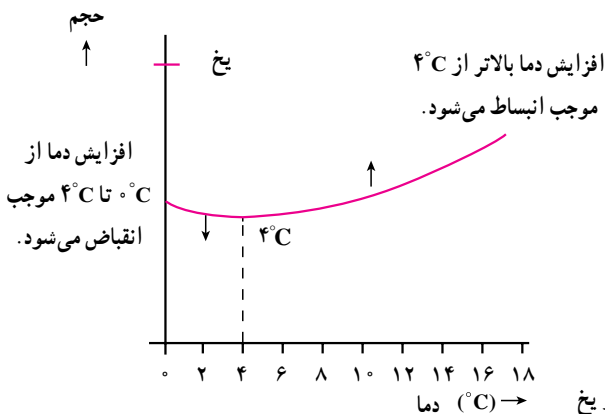
| ماده | (ضریب انبساط $\frac{1}{K}$) |
|-------------|------------------------------|
| آب معمولی | 1×10^{-6} |
| الکل اتیلیک | 1×10^{-4} |
| بنزن | 1×10^{-4} |
| گلیسرین | 1×10^{-5} |
| جیوه | 1×10^{-8} |

تغییرات چگالی با دما: افزایش دما تغییر در جرم جسم

ایجاد نمی‌کند ولی حجم آن را (به جز در مورد های استثنا) افزایش می‌دهد. از این رو انتظار داریم که چگالی $\rho = \frac{m}{V}$ با افزایش دما تغییر کند. با توجه به این که با افزایش دما، V در مخرج کسر افزایش می‌یابد، پس نتیجه می‌گیریم که افزایش دما باعث کاهش چگالی می‌شود. هنگامی که مایع (یا گازی) را در یک نقطه گرم می‌کنیم، چگالی قسمت گرم شده کم می‌شود (کمتر از مایع (یا گاز) اطراف آن نقطه). در نتیجه چون قسمت گرم شده چگالی کمتری دارد به بالا رانده می‌شود و جای خود را به مایع (یا گاز) سردتر می‌دهد.

انبساط غیرعادی آب: حجم بیشتر مایع‌ها با کم شدن دما

کاهش می‌یابد و با رسیدن به نقطه انجماد این کاهش حجم بیشتر می‌شود. ولی آب رفتاری متفاوت دارد. به این ترتیب که آب از 100°C تا 4°C مانند هر مایع معمولی با کاهش دما کاهش حجم پیدا می‌کند. ولی از 4°C تا 0°C این رفتار عوض می‌شود و کاهش دما باعث افزایش حجم آب می‌شود. تغییرات حجم آب نسبت به دما در شکل (۶-۴) نشان داده شده است.

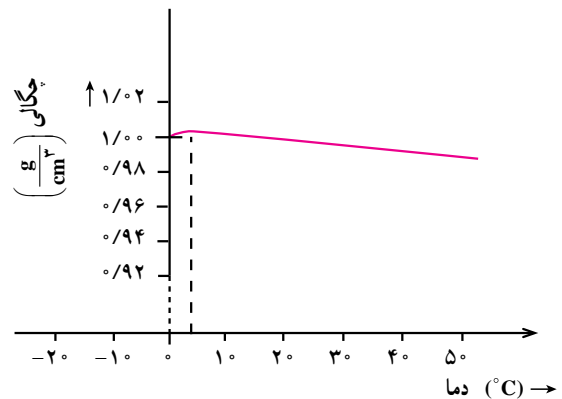


شکل ۶-۴- تغییر حجم آب و یخ

تمرین ۳-۷

آب در چه دمایی کمترین حجم را دارد؟ در این دما چگالی بیشترین مقدار خود را دارد یا کمترین آن را؟

تغییرات چگالی آب نسبت به دما در شکل (۵-۶) نشان داده شده است.



شکل ۵-۶- تغییرات چگالی آب با دما

فعالیت ۱۲-۷

تحقیق کنید که :

الف) این نوع تغییر غیرعادی حجم و چگالی آب چه تأثیری بر نحوه قرار گرفتن لایه‌های آب با دماهای متفاوت در اقیانوس‌ها دارد؟
 ب) این نحوه قرار گرفتن چه تأثیری بر محیط زیست اقیانوس‌ها داشته است؟

۴-۶ انتقال گرما

دیدیم که اختلاف دما باعث شارش گرما از جسم با دمای بالاتر به جسم با دمای پایین‌تر می‌شود. این شارش گرما به سه صورت متفاوت انجام می‌شود که عبارتند از **همرفتی**، **رسانش** و **تابش**. در ادامه به بررسی ساز و کار هر یک از این روش‌ها می‌پردازیم. ولی باید گفته شود که در هر فرایند انتقال گرما، هر سه این ساز و کارها می‌توانند دخالت داشته باشند.

فعالیت ۱۳-۷

مبحث رسانش گرما را از کتاب فیزیک (۱) و آزمایشگاه بخوانید و آن را در چند سطر خلاصه بنویسید.

رسانش

با انجام این فعالیت به یاد آورده‌اید که رسانش گرما در مواد مختلف متفاوت است، از ماده‌های عایق مخصوص در دیوارها و سقف بناها استفاده می‌کنند تا از شارش برون‌سوی گرما در زمستان و شارش درون‌سوی آن در تابستان جلوگیری کنند. اکنون می‌دانید که فلزها رساناهای خوب گرما هستند، در حالی که ماده‌هایی از قبیل شیشه، چوب، آزبست، آجر و جز این‌ها، رساناهای چندان خوبی نیستند. برای محاسبه آهنگ شارش گرما در یک ماده (یعنی مقدار گرمایی که در واحد زمان از هر مقطع

جدول ۶-۶- رسانندگی گرمایی ماده‌های مختلف

| رسانندگی گرمایی (J/s m K) | ماده | رسانندگی گرمایی (J/s m K) | ماده |
|------------------------------|------|------------------------------|----------|
| ۸۲ | آهن | ۳۵ | سرب |
| ۴۱۸ | نقره | ۱ | شیشه |
| / ۲۴ | هوا | / ۹ | بنه نسوز |
| ~ / ۶ | آجر | / ۴ | آب |
| ~ / ۸ | چوب | ۲/۲ | یخ |
| ۴ | مس | / ۳ | چوب پنبه |
| | | ۲۳۸ | آلمینیوم |

فرضی در آن می‌گذرد، میله‌ای به طول L و به سطح مقطع A از یک ماده معین در نظر می‌گیریم. فرض کنید که یک سر این میله (سر داغ) را در دمای ثابت θ_1 (نسبتاً زیاد) و سر دیگر آن (سر سرد) را در دمای ثابت θ_2 (نسبتاً کم) قرار داده باشیم. آهنگ شارش گرما به عامل‌های زیر بستگی دارد:

۱- اختلاف دما: $\theta_1, \theta_2, \Delta\theta$ هر چه اختلاف دما بیشتر باشد، گرما با آهنگ بالاتری در میله شارش می‌کند.

۲- طول میله: هر چه طول میله بیشتر باشد، آهنگ شارش گرما کندتر می‌شود.

۳- سطح مقطع میله: هر چه سطح مقطع میله بیشتر باشد آهنگ شارش گرما بیشتر می‌شود.

در نتیجه: Q ، گرمایی که در t ثانیه در یک میله شارش می‌کند برابر است با:

$$Q = K \frac{At\Delta\theta}{L} \quad (۶-۱۸)$$

در این معادله مساحت سطح مقطع میله و L طول آن است. $\Delta\theta$ اختلاف دمای دو سر میله است. ثابت تناسب K رسانندگی گرمایی نام دارد. یکای رسانندگی گرمایی $J/s \cdot m \cdot K$ یا $W/m \cdot K$ است. رسانندگی گرمایی چند ماده مختلف در جدول (۶-۶) درج شده است.

مثال ۴-۱۳

یک سر یک میله آهنی ۳ متری را در آب جوش و سر دیگر آن را در یک مخلوط آب و یخ قرار می‌دهیم. اگر شعاع مقطع میله ۲ سانتی‌متر باشد، چه مقدار انرژی در هر دقیقه از طریق رسانش در میله منتقل می‌شود؟
پاسخ: مساحت سطح مقطع میله برابر است با:

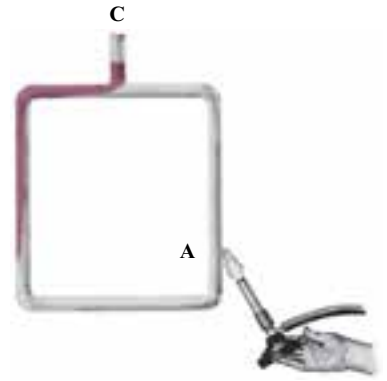
$$A = \pi r^2 = 3.14 \times (0.02)^2 \approx 1.26 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

با به کار بردن معادله (۶-۱۸) و با استفاده از مقدار K برای آهن از جدول (۶-۶) داریم:

$$Q = \frac{KAt\Delta T}{L} = \frac{82 \times 1.26 \times 10^{-3} \times 60 \times 100}{3} \approx 207 \text{ J}$$

همرفتی: در مبحث انبساط مایع‌ها دیدیم که اگر در یک نقطه درون مایعی به آن گرما بدهیم، دمای آن نقطه بالا می‌رود و با افزایش دما حجم مایع در اطراف آن نقطه زیاد و چگالی کم می‌شود. کم شدن چگالی باعث بالا رفتن مایع با دمای زیادتر شده و مایع با دمای کمتر جای آن را می‌گیرد. این حرکت مایع باعث انتقال گرما به همه نقاط ظرف می‌شود.

جریان همرفتی را می‌توانیم به سادگی با انجام آزمایش زیر نمایش دهیم. لوله شیشه‌ای مستطیلی شکلی را که در شکل (۶-۶) نشان داده شده است پر از آب می‌کنیم و با یک چراغ الکلی یا گازی آن را در نقطه A گرم می‌کنیم. اگر چند قطره مایع رنگی از نقطه C به درون لوله بریزیم، حرکت مایع را به خوبی می‌توانیم مشاهده کنیم. همراه با این حرکت، مایع در همه جای لوله گرم می‌شود. جریان همرفتی در هوا نیز وجود دارد. در یک روز آفتابی زمین و صخره‌ها با دریافت انرژی از نور خورشید گرم می‌شوند و دمای لایه هوای مجاور خود را زیاد می‌کنند. هوای با دمای زیادتر به بالا می‌رود و هوای با دمای کمتر جای آن را می‌گیرد. این جریان هوای رو به بالا در برخی نقاط می‌تواند بسیار شدید باشد.



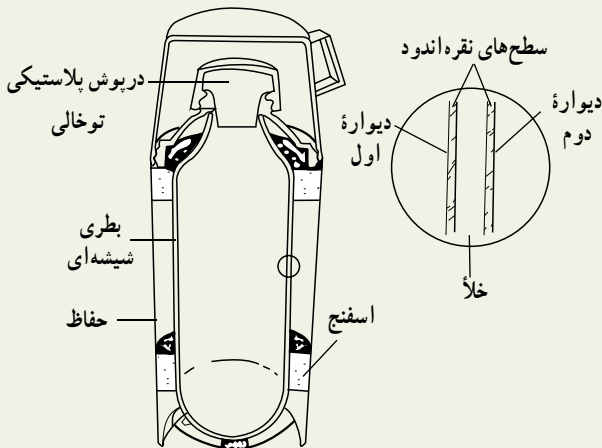
شکل ۶-۶- نمایش جریان همرفتی

فعالیت ۴-۱۱۴

درباره جهت وزش نسیم از خشکی به طرف دریا و برعکس در ساعت‌های مختلف شبانه‌روز تحقیق کنید و نتیجه را به کلاس گزارش کنید.

وارونگی هوا: در بعضی شرایط خاص بین زمین و لایه هوای گرم‌تر که معمولاً همراه با دود و آلودگی‌های دیگر هوای شهری به بالا صعود کرده است، یک لایه هوای سرد قرار می‌گیرد. در این وضعیت لایه آلوده و با دمای زیادتر، به دلیل وجود آلاینده‌ها در آن قسمت عمده انرژی خورشید را می‌گیرد و مانع نفوذ آن به لایه ساکن زیرین می‌شود. در نتیجه هوای آلوده شهری دیگر امکان بالارفتن پیدا نمی‌کند. این پدیده را **وارونگی هوا** می‌نامند. این پدیده اثرهای زیان‌باری بر سلامتی افراد دارد. کودکان، سالمندان و کسانی که از بیماری‌های تنفسی رنج می‌برند در چنین شرایطی بهتر است درون خانه‌ها بمانند.

تابش: همه ما تجربه گرم شدن در نور خورشید را داریم. این نور برای رسیدن به ما از خلأ می‌گذرد. این نوع انتقال گرما را که نیاز به محیط مادی ندارد، **تابش** می‌نامند. سرعت انتقال گرما از طریق تابش بسیار زیاد است. اگر در مقابل شعله بایستید، گرمای آتش را روی پوست خود احساس می‌کنید. در این هنگام، اگر شخصی بین شما و شعله قرار گیرد، در همان لحظه که شعله پنهان می‌شود، احساس گرما روی پوست شما نیز از بین می‌رود و باز هنگامی که شخص کنار رود احساس گرما با همان سرعت بازمی‌گردد. همه جسم‌ها، در حال تابش از سطح خود هستند. در نتیجه همه جسم‌ها تابش جسم‌های دیگر را که در اطراف آنها قرار دارند دریافت می‌کنند. از این تابش دریافتی بخشی را جذب می‌کنند (که باعث زیادتر شدن دمای آن‌ها می‌شود) و بخش دیگری را باز می‌تابانند. آن جسم‌هایی که سطح صیقلی تری دارند باز تابش بیشتری انجام می‌دهند و بخش کمتری از تابش دریافتی را جذب می‌کنند.



نقطه مهر و موم که هوا از آنجا تخلیه شده است.

فلاسک خلأ: برای آنکه جای یا نوشیدنی در فلاسک داغ بماند، باید انتقال گرما از آن به محیط اطراف، از هر سه طریق همرفتی، رسانش و تابش به حداقل برسد. خلأ بین دو دیواره شیشه‌ای بطری، از رسانش گرما از دیواره‌های فلاسک به طور کامل جلوگیری می‌کند. درپوش چوب پنبه‌ای یا پلاستیکی توخالی نیز حاوی هواست که رسانای ضعیف گرماست. در خلأ بین دو دیواره شیشه‌ای جریان همرفتی نیز وجود ندارد، تنها هنگامی که درپوش فلاسک برداشته می‌شود، جریان همرفتی می‌تواند باعث انتقال گرما شود. جلوگیری از تابش گرما از همه مشکل تر است، زیرا این تابش می‌تواند از خلأ بین دو دیواره بگذرد. پوشش نقره‌ای روی دیواره‌های شیشه‌ای بطری باعث کاهش انتقال گرما از طریق تابش می‌شود.

فعالیت ۴-۱۵

پاسخ دهید که چرا :

- ۱- در لباس‌های آتش‌نشانی از پوشش‌های فلزی براق استفاده می‌شود؟
- ۲- هنگامی که در یخچال را باز می‌کنید، هوای سرد از پایین آن بیرون می‌آید؟
- ۳- در کشورهای با آب و هوای گرم، رنگ سفید برای نمای بیرون خانه‌ها مناسب تر است؟
- ۴- در زمستان وقتی با پاهای برهنه روی کف سنگی یا سیمانی راه می‌روید، پاهای شما احساس سرما می‌کند، اما وقتی روی کف اتاق با کف پوش چوبی (با همان دما) راه می‌روید احساس سرما نمی‌کنید؟

۵-۶ قانون گازها

دیدیم که گازها هم مانند مایع‌ها و جامد‌ها با زیاد شدن دما افزایش حجم پیدا می‌کنند. اگر بخواهیم این افزایش حجم صورت نگیرد باید فشار بیشتری بر گاز وارد کنیم. دانشمندانی چون بویل، ماریوت، شارل و گئی لوساک با انجام آزمایش‌های متعدد و دقیق، رابطه بین حجم و فشار، حجم و دما، فشار و دمای گازها را مورد بررسی قرار دادند.

پيامد این بررسی‌ها را می‌توان چنین بیان کرد :

برای مقدار معینی از یک گاز کامل، کمیت $\frac{PV}{T}$ یعنی حاصل ضرب فشار گاز در حجم آن تقسیم بر دمای گاز بر حسب کلون همواره ثابت است. یعنی اگر در یک فرایند، حجم، فشار و دمای

مقدار معینی از یک گاز کامل را از P_1, V_1, T_1 و P_2, V_2, T_2 برسانیم داریم:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad (۱۹-۶)$$

دما در این رابطه برحسب کلون است. یکاهای فشار در دو طرف رابطه و همین طور یکاهای حجم در دو طرف باید یکسان باشند.

گازهای واقعی معمولاً به طور کامل از این قانون پیروی نمی کنند.

آزمایش ها نشان می دهند که رفتار یک گاز واقعی، هرچه فشار آن کمتر باشد، بیشتر به رفتار گاز کامل نزدیک است. گازهای واقعی در دماهای کمتر از دمای نقطه میعان دیگر به حالت گاز نیستند و مایع می شوند.

مثال ۷-۱۱۴

حجم استوانه موتور یک اتومبیل 12 cm^3 است. این استوانه حاوی مخلوطی از هوا و بنزین در فشار یک اتمسفر است. اکنون اگر حجم استوانه را در دمای ثابت به 15 cm^3 برسانیم، فشار آن چقدر می شود؟

پاسخ: چون دما ثابت است داریم:

$$T_1 = T_2$$

در نتیجه رابطه (۱۹-۶) به صورت زیر درمی آید:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$(۲۰-۶)$$

(این رابطه را حدود 35° سال پیش بویل انگلیسی و ماریوت فرانسوی به طور مستقل از یکدیگر به دست آوردند و به قانون بویل - ماریوت مشهور است).

در این مثال داریم:

$$P_1 = 1 \text{ atm} \quad V_1 = 12 \text{ cm}^3$$

$$P_2 = ? \quad V_2 = 15 \text{ cm}^3$$

در نتیجه با درج در معادله (۲۰-۶) داریم:

$$1 \times 12 = P_2 \times 15$$

با انجام محاسبه به دست می آوریم:

$$P_2 = 0.8 \text{ atm}$$

مثال ۷-۱۱۵

راننده ای فشار هوای درون تایر اتومبیل خود را در صبح یک روز سرد که دمای هوا 3°C است، روی $2/7$ اتمسفر تنظیم می کند. اگر او به منطقه گرم تری سفر کند به طوری که وقتی به مقصد می رسد دمای هوا 27°C باشد، فشار هوای درون تایر چقدر است؟

پاسخ: در این مثال حجم تایر ثابت مانده است، یعنی:

$$V_1 = V_2$$

در نتیجه رابطه (۶-۱۹) به صورت زیر درمی آید:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

(۶-۲۱)

با استفاده از داده‌های مثال داریم:

$$P_1 \quad 2/7 \text{ atm} \quad T_1 \quad 273 \quad 3 \quad 270 \text{ K}$$

$$P_2 \quad ? \quad T_2 \quad 273 \quad 27 \quad 300 \text{ K}$$

با درج در معادله (۶-۲۱) داریم:

$$\frac{2/7}{270} = \frac{P_2}{300}$$

با انجام محاسبه به دست می آوریم:

$$P_2 \quad 2 \text{ atm}$$

مثال ۴-۱۷

دمای یک مقدار معین گاز اکسیژن را در فشار ثابت از صفر سلسیوس به 273 C می‌رسانیم، اگر حجم گاز در ابتدا برابر $2 \times 10^3 \text{ cm}^3$ باشد، حجم آن را در پایان آزمایش حساب کنید.

پاسخ: در این آزمایش فشار ثابت مانده است، در نتیجه داریم:

$$P_1 \quad P_2$$

بنابراین رابطه (۶-۱۹) به صورت زیر درمی آید:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

(۶-۲۲)

(این رابطه را حدود 200 سال پیش شارل و گی لوساک به طور مستقل از یکدیگر به دست آوردند و به قانون شارل - گی لوساک معروف است).

با استفاده از داده‌های این مثال داریم:

$$T_1 \quad 0 \quad 273 \quad 273 \text{ K} \quad V_1 \quad 2 \times 10^3 \text{ cm}^3$$

$$T_2 \quad 273 \quad 273 \quad 546 \text{ K} \quad V_2 \quad ?$$

با درج در معادله (۶-۲۲) داریم:

$$\frac{2 \times 10^3}{273} = \frac{V_2}{546}$$

با انجام محاسبه به دست می آوریم:

$$V_2 \quad 4 \times 10^3 \text{ cm}^3$$

فعالیت ۴-۱۷

با استفاده از تجهیزاتی که در آزمایشگاه فیزیک دبیرستان خود دارید، آزمایشی را طراحی کنید که در آن قانون گازها یا یکی از صورت‌های خاص آن مورد تحقیق قرار گیرد. آزمایش را به طور گروهی انجام دهید. گزارش کار آن را بنویسید و شرح دهید که برای کم کردن خطاها چه تمهیداتی باید اعمال کرد.

اراستو ممبا

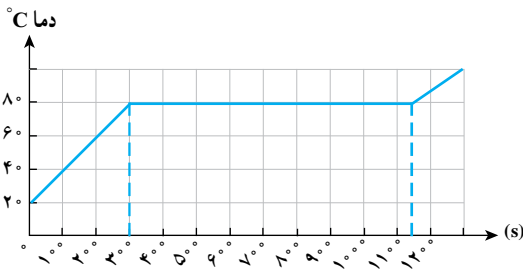
اراستویی. ممبا دانش آموز تانزانایی دوره راهنمایی تحصیلی، در سال ۱۹۶۳ پدیده‌ای را کشف کرد که ظاهراً یکی از قوانین فیزیک را زیر سؤال می‌برد. ممبا در درس آشپزی خود که ظاهراً یکی از دروس دوره راهنمایی تحصیلی تانزانیا بوده است، مجبور به ساختن بستنی می‌شود. او و سایر هم کلاسی هایش باید پس از تهیه مخلوط بستنی داغ، آن را در فریزر قرار می‌دادند تا خنک شود. در اینجا دو حکایت وجود دارد. ممبا یا از ترس اینکه مبادا جایی برای بستنی او باقی نماند و یا برای اینکه کلاس را زودتر ترک کند، مخلوط بستنی خود را بلافاصله در فریزر قرار می‌دهد، در حالیکه هم کلاسی هایش منتظر می‌مانند تا پس از مدتی که مخلوط بستنی خنک شد آن را در فریزر قرار دهند. اما در کمال تعجب، بستنی ممبا در زمان کمتری نسبت به بستنی‌های خنک دوستان او یخ بست؛ اتفاقی که انگار فقط برای ممبا مهم بود و او را به این نتیجه منطقی رساند که شاید «مایع‌های داغ سریع‌تر از مایع‌های سرد یخ می‌بندند.» نتیجه‌ای که در تناقض با قانون سرمایش نیوتون است که بیان می‌دارد: «هر جسم داغ نسبت به جسم سرد، با آهنگ کندتری سرد می‌شود و هر جسم سرد، با آهنگ کندتری نسبت به یک جسم داغ، گرم می‌شود.» ممبا این آزمایش را بارها و بارها تکرار کرد و به همان نتیجه رسید. از همین رو، نتیجه آزمایش‌های خود را برای معلم علومش بازگو کرد. ولی این معلم که در مجموعه محفوظات و شیوه نادرست تدریسش غرق شده بود، بی آنکه آزمایش ممبا را انجام دهد، او را به استهزاء گرفت. با وجود این، ممبا از پای ننشست. در دوره دبیرستان ممبا، فردی به نام دکتر دنیس جی اُسبُرِن از دانشگاه دارالسلام برای ایراد سخنرانی به دبیرستان ممبا رفت. پس از پایان سخنرانی، ممبا آن پرسشی را که سال‌ها در دل داشت از او پرسید. ولی این بار برخلاف معلم دوره راهنمایی، دکتر اُسبُرِن ممبا را به استهزاء نگرفت و بلافاصله با یک همکار مجرب خود در امور آزمایشگاهی تماس گرفت و از او خواست آزمایش ممبا را انجام دهد و او را از نتیجه کار آگاه سازد. دستیار آزمایشگاه پس از نخستین آزمایش‌ها باز به همان نتیجه ممبا رسید و با این حال به دکتر اُسبُرِن اطمینان می‌داد که نگران نباشد: «آن قدر تکرار می‌کنم تا نتیجه درست به دست آید.» منظور او از نتیجه درست، نتیجه‌ای بود که نظریه ممبا را رد می‌کرد! اما او نیز پس از چندین و چند آزمایش ناچار شد نظریه ممبا را بپذیرد. در نتیجه، دکتر اُسبُرِن به همراه ممبا مقاله کلاسیک و بسیار مشهوری به چاپ رساندند که تاکنون ارجاعات فراوانی به آن شده است. نتیجه انتشار این مقاله، تولد اثری موسوم به اثر ممبا بود که چرایی آن هنوز مورد مناقشه است.

- ۱ هنگامی که با دماسنج جیوه‌ای دمای آبی را اندازه می‌گیرید، موقع خواندن دما، باید مخزن دماسنج حتماً درون آب باشد، ولی وقتی پزشکی دمای بدن بیمار را اندازه می‌گیرد، دماسنج را از محل تماس با بدن بیمار دور می‌کند، بعد دما را می‌خواند. چه تفاوتی بین دماسنج پزشکی و دماسنج جیوه‌ای معمولی وجود دارد که این روش اندازه‌گیری را توجیه می‌کند؟
- ۲ کدام گزینه درباره فرایند ذوب درست است؟
 الف) افزایش فشار وارد بر جسم در بیشتر موارد، سبب پایین رفتن نقطه ذوب می‌شود.
 ب) افزایش فشار بر روی یخ، سبب افزایش نقطه ذوب آن می‌شود.
 پ) فرایند ذوب، عملی گرماگیر است.
 ت) گرمایی که جسم جامد در نقطه ذوب خود می‌گیرد تا به مایع تبدیل شود، سبب تغییر دمای آن نمی‌شود.
 ث) دادن گرمای نهان ذوب به جامدی که به نقطه ذوب رسیده است، آن را ذوب می‌کند.
- ۳ یکی از روش‌های بالابردن دمای یک جسم، دادن گرما به آن است. اگر به جسمی گرما دهیم، آیا دمای آن حتماً بالا می‌رود؟ توضیح دهید.
- ۴ قبل از تزریق دارو یا سرم به یک بیمار، محل تزریق را با الکل تمیز می‌کنند. این کار سبب احساس خنکی در محل تزریق می‌شود. علت را توضیح دهید.
- ۵ چرا سطح بیرونی بطری نوشابه سرد، در هوای گرم عرق می‌کند؟
- ۶ الف) آیا می‌توان یخ را بدون آنکه ذوب شود تا دمایی بالاتر از C ° گرم کرد؟
 ب) آیا می‌توان آب را بدون آن که یخ ببندد، تا دمایی پایین‌تر از C ° سرد کرد؟
- ۷ برای خنک کردن موتور اتومبیل لازم است مایعی نظیر مخلوط ضد یخ با آب و یا آب معمولی در اطراف سیلندر و درون حفره‌های سیلندر گردش کند. بهتر است گرمای ویژه مایع کم باشد یا زیاد؟ چرا؟ چه عوامل دیگری نیز می‌تواند دارای اهمیت باشد؟
- ۸ چه روش‌هایی پیشنهاد می‌کنید که نتیجه آزمایش اندازه‌گیری گرمای ویژه از دقت بیشتری برخوردار باشد؟ توضیح دهید.

مسائل فصل ششم

- ۱ دماهای زیر را بر حسب درجه سلسیوس مشخص کنید :
 الف) K ° ب) ۲۷۳K پ) ۳۷۳ K ت) ۵۴۶K
- ۲ هنگامی که ۱kg آب را با گرمکن غوطه‌ور در آب به مدت ۵ دقیقه گرم می‌کنیم، دمای آب C ° ۳۰ بالا می‌رود.
 الف) توان متوسط گرمکن را حساب کنید.
 ب) اگر همین گرمکن آب را به مدت ۹ دقیقه گرم کند، دمای آن را چقدر افزایش خواهد داد؟
- ۳ دمای یک قطعه فلز ۶/۰ کیلوگرمی را توسط یک گرمکن ۵۰ واتی در ۱۱۰s از C ° ۱۸ به C ° ۳۸ رسانده‌ایم. این آزمایش برای گرمای ویژه فلز چه مقداری را ارائه می‌دهد؟ حدس می‌زنید که این جواب از مقدار واقعی برای گرمای ویژه بیشتر است یا کمتر؟ توضیح دهید.

۴ گرماسنجی به جرم ۲۰۰ گرم از مس ساخته شده است. یک قطعه ۸۰ گرمی از یک ماده نامعلوم همراه با ۵۰ گرم آب به درون گرماسنج ریخته می شود. دمای این مجموعه ۳۰ C است. در این هنگام ۱۰۰ گرم آب ۷۰ C به گرماسنج اضافه می شود، دمای تعادل ۵۲ C می شود. گرمای ویژه ماده نامعلوم را محاسبه کنید.



(s) زمان

۵ به یک جسم جامد ۵/۰ کیلوگرمی توسط یک گرمکن ۱۰۰ واتی گرما می دهیم. منحنی تغییرات دمای این جسم با زمان در شکل روبه رو نشان داده شده است.

الف) چه زمانی طول می کشد تا این جامد به نقطه ذوب خود برسد؟
ب) با استفاده از نمودار، گرمای ویژه جامد و گرمای نهان ویژه ذوب آن را محاسبه کنید.

۶ گرمکنی در هر ثانیه ۲۰۰ ژول انرژی فراهم می کند. چه مدت زمان طول می کشد تا این گرمکن ۱/۰ کیلوگرم آب ۱۰۰ C را به بخار آب ۱۰۰ C تبدیل کند؟ این گرمکن در همین مدت زمانی، چه مقدار یخ ۰ C را به آب ۰ C می تواند تبدیل کند؟

۷ یک گرمکن که با آهنگ ثابت ۵۰۰ وات انرژی تولید می کند، به طور کامل در یک قطعه یخ بزرگ با دمای ۰ C گذاشته شده است. در مدت ۱۳۲۰ ثانیه، ۲ کیلوگرم آب با دمای ۰ C تولید می شود. گرمای نهان ویژه ذوب یخ را حساب کنید.

۸ یک گرمکن ۵۰ واتی غوطه ور در آب به طور کامل در ۱۰۰ گرم آب درون یک گرماسنج قرار داده می شود.

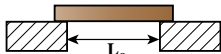
الف) این گرمکن در مدت یک دقیقه دمای آب و گرماسنج را از ۲۰ C به ۲۵ C می رساند. ظرفیت گرمایی گرماسنج را حساب کنید.

ب) چه مدت طول می کشد تا دمای آب درون گرماسنج از ۲۵ C به نقطه جوش (۱۰۰ C) برسد؟

پ) چه مدت طول می کشد تا ۲۰ گرم آب درون این گرماسنج به بخار تبدیل شود؟

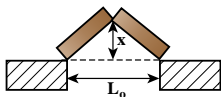
۹ یک ماده فولادی ابتدا تا دمای ۸۰۰ C گرم شده و سپس در روغنی به جرم ۲kg و دمای ۱۰ C فرو برده می شود. در نتیجه، دمای روغن به اندازه ۴۰ C افزایش می یابد. جرم ماده فولادی در صورتی که دمایش در روغن به اندازه ۲۰ C کم شده باشد، چقدر است؟ گرمای ویژه فولاد و روغن به ترتیب برابر با ۶۳ kJ/kg.K و ۱/۹ kJ/kg.K روغن است.

۱۰ بر اثر افزایش دما به اندازه ۳۲ C، میله ای که در مرکز آن شکافی وجود دارد به بالا تاب می خورد. اگر



فاصله ثابت ۳/۷۷m و ضریب انبساط خطی میله ۱۰/۶۰×۲۵ باشد، بالارفتگی x مرکز میله چقدر است؟

۱۱ با استفاده از مقدارهای ضریب انبساط طولی در جدول (۶-۴)، انبساط تیرآهنی با طول اولیه ۲۵ متر،



در اثر افزایش دمای از ۱۰ C تا ۳۰ C را حساب کنید.

۱۲ با استفاده از جدول (۶-۴) حساب کنید که چه مقدار افزایش دما باعث می شود که طول یک خط کش

۵/۰ متری برنجی ۱/۱ میلی متر افزایش یابد.

۱۳ طول های یک سیم آهنی و یک سیم مسی در دمای ۲۰ C با هم یکسان و برابر ۱۰۰m است. آیا در دمای ۶۰ C اختلافی در

طول سیم ها مشاهده می شود، و اگر پاسخ مثبت است مقدار آن را به دست آورید.

۱۴ مقداری نفت خام در مخزنی استوانه ای به ارتفاع ۱۰m ریخته شده است. در دمای ۱۰ C فاصله بین سطح نفت تا بالای

ظرف برابر ۵۰cm Δh است. ضریب انبساط حجمی نفت ۱۰^{-۴} K^{-۱} β است. اگر از انبساط دیواره ظرف در حین افزایش دما

چشم پوشی شود، در چه دمایی نفت از ظرف سرریزی می شود؟

۱۵ در روزی که دما C° است برای پنجره‌ای، شیشه‌ای به طول $6m$ انداخته شد. برای پیش بینی انبساط شیشه، فاصله کوچکی به اندازه $1/35$ میلی متر بین شیشه و چارچوب منظور شد. روزی که دما C° است مشاهده می‌شود که این فاصله از بین رفته است. با چشم پوشی از انبساط چارچوب پنجره، ضریب انبساط شیشه را حساب کنید.

۱۶ از شیشه پنجره‌ای به عرض 2 متر و ارتفاع 1 متر و ضخامت $4mm$:

(الف) در یک روز زمستانی که دمای بیرون C° و دمای درون اتاق C° است چه مقدار گرما در هر ثانیه به خارج نشت می‌کند؟
(ب) چه مقدار انرژی در طول یک روز به این ترتیب تلف می‌شود؟

(پ) اگر در طول سال دمای داخل اتاق به طور متوسط C° بالاتر از دمای بیرون باشد، چه مقدار انرژی توسط رسانش از همین یک پنجره تلف می‌شود؟

۱۷ گازی در دمای C° دارای حجم $100cm^3$ است. این گاز را باید تا چه دمایی گرم کنیم تا حجم آن در فشار ثابت $200cm^3$ شود؟ این گاز در همین فشار در چه دمایی دارای حجم $50cm^3$ خواهد شد؟

۱۸ هوا با فشار یک اتمسفر درون استوانه یک دستگاه باد دوچرخه به طول $24cm$ محبوس است.

(الف) اگر طول استوانه را در دمای ثابت به $30cm$ افزایش دهیم، فشار هوای محبوس چه قدر خواهد شد؟

(ب) برای آن که در دمای ثابت فشار هوای محبوس 3 اتمسفر شود، طول استوانه را چه قدر باید کاهش دهیم؟

۱۹ تایر یک اتومبیل حاوی مقدار معینی هواست. هنگامی که دمای هوا C° است فشار اندازه‌گیری شده در تایر 2 اتمسفر بیش از فشار جو است. پس از یک اتومبیل رانی بسیار سریع، فشار هوای تایر دوباره اندازه‌گیری می‌شود. مشاهده می‌شود که فشار $2/3$ اتمسفر بیش از فشار جو است. دمای هوای درون تایر در این وضعیت چقدر است (حجم تایر را ثابت بگیرید)؟

۲۰ در گروهی از جانوران خون گرم و انسان، تبخیر عرق بدن، یکی از راه‌های مهم کنترل دمای بدن است.

(الف) چه مقدار آب تبخیر شود تا دمای بدن شخصی به جرم $50kg$ ، را، C° سردتر کند؟ گرمای نهان ویژه تبخیر آب در دمای بدن (C°) برابر $2420 \times 10^3 J/kg \cdot K$ و گرمای ویژه بدن در حدود $3480 J/kg \cdot K$ است.

(ب) حجم آبی را که شخص باید برای جبران آب تبخیر شده بنوشد، حساب کنید.

۲۱ در آزمایشی جرم‌های مساوی از سرب و آلیاژ سرب - قلع (لحیم) سرد شده است و نمودارهای تغییر دما بر حسب زمان به صورت شکل زیر است.

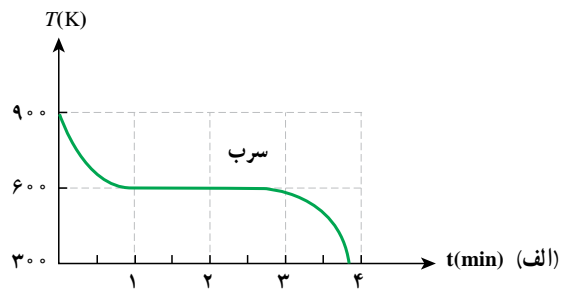
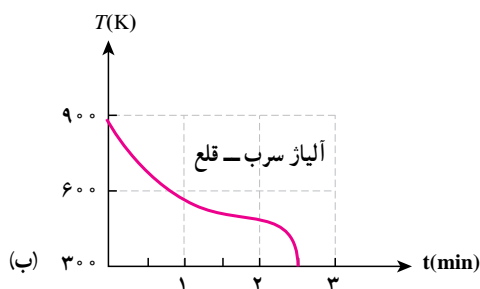
(الف) حالت فیزیکی سرب را پس از 30 ثانیه نام ببرید.

(ب) چه پدیده‌ای در دمای $600K$ برای سرب روی می‌دهد؟

(پ) چرا دمای سرب بیش از 2 دقیقه در $600K$ ثابت می‌ماند؟

(ت) با استفاده از نمودارهای داده‌شده، دو تفاوت مهم میان فلز سرب و آلیاژ سرب - قلع را نام ببرید.

(ث) چرا استفاده از لحیم نسبت به سرب برای اتصال سیم‌ها یا تعمیر لوله‌های شکسته مناسب است؟



واژه‌نامه

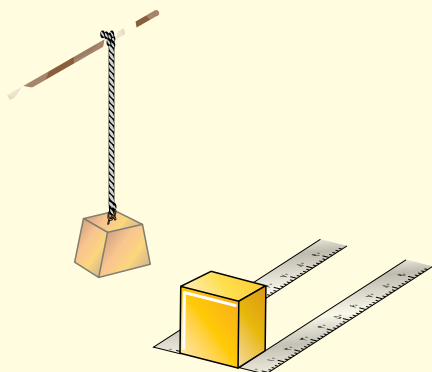
| | | | |
|---------------------------------|---------------------|------------------------|------------------------|
| Uniform Motion | حرکت یکنواخت | Freezing | انجماد |
| Temperature | دما | Measurement | اندازه‌گیری |
| Thermostat | دماپا | Potential Energy | انرژی پتانسیل |
| Thermometer | دماسنج | Kinetic Energy | انرژی جنبشی |
| Maximum and Minimum Thermometer | دماسنج فرینه | Internal Energy | انرژی درونی |
| Dynamics | دینامیک | Resultant | برایند |
| Fusion | ذوب | Vector | بردار |
| Elementary Particles | ذرات بنیادی | Position Vector | بردار مکان |
| Conductor | رسانا | Crystalline | بلورین |
| Conduction | رسانش | Conservation of Energy | پایستگی انرژی |
| Instantaneous Velocity | سرعت لحظه‌ای | Diffusion | پخش |
| Average Velocity | سرعت متوسط | Radiation | تابش |
| Instantaneous Acceleration | شتاب لحظه‌ای | Vaporization | تبخیر |
| Average Acceleration | شتاب متوسط | Evaporation | تبخیر سطحی |
| Coefficient of Static Friction | ضریب اصطکاک ایستایی | Sublimation | تصعید |
| Heat Capacity | ظرفیت گرمایی | Thermal Equilibrium | تعادل گرمایی |
| Ultrasound | فراصوت | Optical Pyrometer | تفسنج نوری |
| Pressure | فشار | Power | توان |
| Gage Pressure | فشار پیمانه‌ای | Displacement | جاب‌جایی |
| Barometer | فشارسنج | Mass | جرم |
| Technology | فناوری | Cohesion | چسبندگی (هم‌چسبی) |
| Atomic Physics | فیزیک اتمی | Adhesion | چسبندگی سطحی (دگرچسبی) |
| Nuclear Physics | فیزیک هسته‌ای | Condensation | چگالش |
| Newtons Laws | قانون‌های نیوتون | Density | چگالی |
| Work – Energy Theorem | قضیه کار و انرژی | Phase | حالت |
| Work | کار | Motion | حرکت |
| Tension | کشش | Kinematics | حرکت‌شناسی |

| | | | |
|---------------------|----------------|-------------------|---------------|
| Scalar | زده ای | Surface Tension | کشش سطحی |
| Scientific Notation | نمادگذاری علمی | Quantity | کمیت |
| Force | نیرو | Ideal gas | گاز کامل |
| Dynamometer | نیروسنج | Gravitation | گرانش |
| Repulsive Force | نیروی رانشی | Heat | گرما |
| Attractive Force | نیروی ربایشی | Latent Heat | گرمای نهان |
| Weight | وزن | Specific Heat | گرمای ویژه |
| Convection | همرفت | Condensed Matter | ماده چگال |
| Unit | یکا | Temperature Scale | مقیاس دماسنجی |
| Base Units | یکاهای اصلی | Capillarity | موینگی |
| Derived Units | یکاهای فرعی | Liquefaction | میعان |

عنوان آزمایش : نام آموزشگاه : شماره کلاس :
 تاریخ اجرای آزمایش : نام و نام خانوادگی گزارشگر :
 تاریخ تحویل گزارش : نام و نام خانوادگی اعضای گروه :

وسایل لازم : وزنه فلزی قلابدار - مکعب چوبی (هم جرم با وزنه) - نخ - خط کش -

پایه - خمیر بازی - چسب نواری - ترازو



مرحله های اجرای آزمایش : ابتدا جرم وزنه قلابدار را با استفاده از ترازوی سه اهرمه

(تک کفه ای) اندازه گیری کردیم $m = 53/6g$ برای آنکه مکعب با سطح میز اصطکاک کمتری

داشته باشد زیر آن را چسب نواری چسبانندیم سپس جرم آن را اندازه گیری کردیم و آنقدر روی

آن خمیر بازی چسبانندیم تا جرم مجموعه به $53/6$ گرم رسید چون می خواهیم مکعب روی مسیر

مستقیم حرکت کند و در آزمایشگاه ریل پرده نداشتیم مطابق شکل روبه رو دو خط کش را در طرفین

مکعب طوری روی میز چسبانندیم که مکعب بتواند در نوار بین دو خط کش حرکت کند

وزنه را با نخ از پایه طوری آویختیم که در حالت قائم و مماس بر مکعب ساکن باشد

وزنه را در حالتی که نخ آن کاملاً کشیده بود به اندازه $5cm$ از سطح میز بالا آورده و رها کردیم

گلوله در برخورد با مکعب تقریباً ساکن شد و مکعب به حرکت درآمد و جابه جا شد جابه جایی را اندازه گیری کردیم و برای کم کردن خطای آزمایش

دو بار دیگر نیز همین کار را تکرار کردیم و میانگین جابه جایی مکعب را در جدول یادداشت کردیم

آزمایش را به همین ترتیب برای ارتفاع های دیگر هر بار سه مرتبه انجام دادیم و همه نتایج را در جدول ثبت کردیم

جدول یا نمودار

توجه : اندازه گیری جابه جایی مکعب وقتی وزنه از ارتفاع 15 سانتی متری رها می شد در سومین دفعه خیلی با بقیه تفاوت داشت که آن را حذف کردیم

چون احتمالاً در برخورد آن با جعبه خطایی پیش آمده که متوجه آن نشده ایم

| ردیف | جابه جایی مکعب پس از برخورد | | | | ارتفاع وزنه از سطح میز (cm) |
|------|-----------------------------|-----------------|------|-------|-----------------------------|
| | میانگین | ۳ | ۲ | ۱ | |
| ۱ | ۷/۵ | ۷/۶ | ۷/۳ | ۷/۷ | ۵ |
| ۲ | ۱۴/۳ | ۱۴/۶ | ۱۴/۲ | ۱۴ | ۱ |
| ۳ | ۲۱/۶ | ۱۸/۵ | ۲۱/۵ | ۲ / ۸ | ۱۵ |
| ۴ | | | | | |

تحلیل جدول یا نمودار و نتیجه‌گیری: دیده می‌شود که وقتی ارتفاع را دو برابر کردیم تقریباً جابه‌جایی مکعب نیز دو برابر و به همین ترتیب وقتی ارتفاع را سه برابر کردیم جابه‌جایی مکعب هم سه برابر شده است

پس نتیجه می‌گیریم که: الف) وزنه وقتی نسبت به میز در ارتفاع قرار می‌گیرد دارای انرژی‌ای است که در برخورد به مکعب آن را به شکل انرژی جنبشی به مکعب می‌دهد

انرژی وزنه را انرژی پتانسیل گرانشی می‌نامیم
 ب) هرچه ارتفاع وزنه بیشتر باشد انرژی پتانسیل گرانشی آن هم بیشتر است:

$U \propto h$ انرژی پتانسیل گرانشی جسم

عوامل ایجاد خطا:

الف) اصطکاک جعبه با لبه‌های خط‌کش‌ها در دو طرف مسیر و نیز با سطح میز
 ب) اندازه‌گیری ارتفاع گلوله تا سطح میز که سعی می‌کردیم از مرکز وزنه تا سطح میز را با خط‌کش اندازه بگیریم و همین موجب ایجاد خطا می‌شد
 پ) طرز قرار گرفتن گلوله و نخ موجب می‌شود که پس از رهاشدن برخورد در همه حالت‌ها ایده‌آل نباشد بخصوص در آزمایش سوم برای ارتفاع ۱۵ سانتی‌متری

پیشنهاد و ابتکار: اعضای گروه ما فکر می‌کنند که از عوامل دیگر مؤثر انرژی پتانسیل گرانشی هر جسم جرم آن است و برای تحقیق آن می‌توانیم مانند آزمایش اجرا شده بالا وزنه‌هایی با جرم‌های مختلف را از یک ارتفاع یکسان رها کنیم تا به جعبه برخورد کنند البته حدس می‌زنیم که این دفعه گلوله‌ها در برخورد با جعبه متوقف نشوند و همین موضوع باعث خطای زیادی خواهد شد

فهرست منابع

منابع فارسی

- ۱- فیزیک دانشگاهی (جلد اول)، ویرایش دوازدهم، سیزر، زیمانسکی، یانگ و فریدمن، ترجمه اعظم پورقاضی، روح... خلیلی بروجنی، محمدتقی فلاحی مروستی، چاپ اول ۱۳۸۹، مؤسسه نشر علوم نوین.
- ۲- مبانی فیزیک (جلد اول)، ویرایش نهم، دیوید هالیدی، رابرت رزنیگ و پرل واکر، ترجمه محمدرضا خوش بین خوش نظر، چاپ اول ۱۳۹۰، انتشارات آراکس.
- ۳- درک فیزیک با رویکرد تصویری، بریان آرنولد، ترجمه روح الله خلیلی بروجنی و مریم عباسیان. چاپ اول ۱۳۸۵، انتشارات مدرسه.
- ۴- حرارت و ترمودینامیک، مارک زیمانسکی و ریچارد دیتمن، ترجمه حسین توتونچی، حسن شریفیان عطار و محمدهادی هادی زاده، چاپ اول ۱۳۶۴، مرکز نشر دانشگاهی.
- ۵- دوره درسی فیزیک (جلد اول) گ.س. لندسبرگ، ترجمه لطیف کاشیگر و دیگران، چاپ اول، ۱۳۷۴، انتشارات فاطمی.
- ۶- اصول فیزیک (جلد اول)، اوهانیان، ترجمه یوسف امیر ارجمند و نادر رابط، چاپ اول، ۱۳۸۳، مرکز نشر دانشگاهی.
- ۷- فیزیک مفهومی، ویرایش دهم، هیوئیت، ترجمه منیژه رهبر، چاپ اول، ۱۳۸۸، انتشارات فاطمی.
- ۸- فیزیک پایه، ویرایش سوم، بلت، ترجمه محمد خرمی و ناصر مقبلی و مهران اخباریفر، چاپ پنجم، ۱۳۸۰، انتشارات فاطمی.
- ۹- دانشنامه فیزیک، جان ریگدن و دیگران، ترجمه محمدابراهیم ابوکاظمی و دیگران، چاپ اول ۱۳۸۱، مرکز تحصیلات تکمیلی زنجان و بنیاد دانشنامه بزرگ فارسی.
- ۱۰- نمایش هیجان انگیز فیزیک، ویرایش دوم، پرل واکر، ترجمه محمدرضا خوش بین خوش نظر و رسول جعفری نژاد، چاپ اول ۱۳۹۱، انتشارات آراکس.

منابع انگلیسی

1. Mc Graw Hill Dictionary of scientific and technical terms, Parker, Fourth edition, 1989, MC Graw Hill.
2. Holt Physics, Serway and Faughn, 1999, Holt Rinehart and Winston.
3. Physics, Giambattista and Richardson, Second Edition, 2008, MC Graw Hill.
4. University Physics, Bauer and westfall, 2011, MC Graw Hill.
5. Physics, Eugene Heacht, Second Edition, 1997, Brooks / Cole Publishing company.

6. University Physics, Hugh D. Young, 1992, Addison Wesley.
 7. Fundamental of Physics, David Halliday, Robert Resnick and Jearl Walker, 2008, John Wiley and Sons.
 8. Physics, Douglas C. Giancoli, 1991, Prentice Hall International.
 9. Principles of Physics, Frank J. Blatt, 1989, Allyn and Bacon.
- تصویرهای شروع فصل‌های ۱، ۲، ۳ و ۶ از کتاب مجموعه تصاویر نیکول فریدنی، چاپ ۱۳۸۱، انتخاب شده‌اند.



معلمان محترم، صاحب نظران، دانش آموزان عزیز و اولیای آنان می توانند نظر اصلاحی خود را در باره مطالب

این کتاب از طریق نامه به نشانی تهران - صندوق پستی ۱۵۸۵۵/۳۶۳ - گروه دسی مربوط و یا پیام نگار (Email)

talif@talif.sch.ir ارسال نمایند.

دفتر تالیف کتاب های دسی ابتدایی متوسطه نظری