

اصلاحیه راهنمای معلم فیزیک (۲) و آزمایشگاه

لطفاً پیش از مطالعه کتاب موارد زیر اصلاح شود :

در صفحه ۸، شکل ۳-۱، 1 mm به 1 mm ، 1 mm به 1 mm ، $1\text{ }\mu\text{m}$ به $1\text{ }\mu\text{m}$ و $100\text{ }\mu\text{m}$ به $100\text{ }\mu\text{m}$ ، تبدیل شود.

در صفحه ۸۷، مثال ۴-۱۳، سرعت اولیه سنگ ریزه $v_i = 10\text{ m/s}$ است.

در صفحه ۱۰۷، در پاراگراف اول متن درس، شکل ۵-۱۱ به شکل ۵-۱۱الف و شکل ۵-۱۲ به شکل ۵-۱۱ب تبدیل شود.

در همین صفحه، در توضیح شکل‌ها نیز همین تغییرها صورت بگیرد. در پاراگراف دوم، عبارت شکل ۵-۱۲ درست است.

در صفحه ۱۰۹، در شاخه سمت راست شکل‌ها، ارتفاع جیوه یکسان است.

در صفحه ۱۲۹، در جدول ۶-۲، نقطه جوش باید به نقطه ذوب تبدیل شود.

در صفحه ۱۳۹، شماره فعالیت ۶-۶ باید به ۹-۶ تبدیل شود.

در صفحه ۱۴۵، شماره فعالیت ۶-۱۴ باید به ۶-۱۳ تبدیل شود.

در صفحه ۱۴۶، شماره فعالیت ۶-۱۳ باید به ۶-۱۴ تبدیل شود.

در صفحه ۱۵۶، در صورت پرسش ۲، «کدام گزینه» باید به «کدام گزینه‌ها» تبدیل شود.

در صفحه ۱۵۷، تمرین ۹ صورت مسئله به این ترتیب تغییر یابد :

یک ماده فولادی ابتدا تا دمای 80°C گرم شده و سپس در روغنی به جرم 2 kg و دمای 10°C فرو برده می‌شود. در نتیجه،

دمای روغن به 40°C افزایش می‌یابد. جرم ماده فولادی در صورتی که دمایش در بدو ورود به روغن به اندازه 2°C کم شده باشد،

چقدر است؟

در صفحه ۱۵۷، در صورت مسئله ۱۱، جدول ۶-۴ به جدول ۶-۵ تبدیل شود و آهن به فولاد تبدیل گردد.

در صفحه ۱۵۷، در صورت مسئله ۱۲، جدول ۶-۴ به جدول ۶-۵ تبدیل شود.

در صفحه ۱۵۸، در صورت مسئله ۱۳، آهن به فولاد تبدیل شود.

در صفحه ۱۵۸، در صورت مسئله ۲۰، گرمای ویژه بدن $348\text{ J/kg}\cdot\text{K}$ شود. در همین مسئله، گرمای ویژه تبخیر به گرمای

(نهان) تبخیر تبدیل شود.

فصل ۵

ویژگی‌های ماده

فعالیت ۵-۱

عملاً به این فعالیت در مثال ۵-۱ پاسخ گفته شده است. در دو حال، چون قطر موی انسان بین 60° تا 120° میکرومتر است (شکل ۱-۳ کتاب را ببینید) می‌توانیم قطر موی انسان را تقریباً به طور متوسط $100\ \mu\text{m}$ یا $1\ \text{mm}$ در نظر بگیریم. بنابراین قطر یک قطره روغن در اطراف تار مو حدوداً $3\ \text{mm}$ می‌شود. حال با توجه به شکل زیر می‌توان به همان طریق مثال ۵-۱ ضخامت لایه روغن را به دست آورد.



فعالیت ۵-۲

متراکم کردن بطری پلاستیک پر از آب و در بسته امکان پذیر نیست. همان‌طور که در بخش ۵-۳ توضیح داده شده است، دلیل این امر آن است که وقتی فاصله بین مولکول‌های مایع را کم کنیم نیروی دافعه شدیدی بین مولکول‌ها ظاهر می‌شود که از تراکم پذیری مایع جلوگیری می‌کند. برهم کنش بین مولکول‌های هوا (گاز) ضعیف است و از انرژی پتانسیل مولکول‌های متحرک می‌توان چشم‌پوشی کرد و برای همین تراکم پذیرند.

فعالیت ۵-۳

این فعالیتی آزمایشگاهی است که باید دانش‌آموزان انجام بدهند و از آنجا به مفهوم چگالی برسند. خوب است فلزها را از جنس‌هایی انتخاب کنید که مقادیر چگالی آنها در جدول ۵-۱ داده شده است. همچنین در جدول ۵-۱ گستره‌ای از مقادیر برای چگالی چوب داده شده است و خوب است دانش‌آموزان را واداشت تا چگالی‌های چوب‌های مختلف را به دست آورند و این قسمت جدول را کامل تر کنند.



این تمرین مربوط به تبدیل یکاها است.

$$1 \text{ g / cm}^3 = \left(1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right) \left(\frac{10^{-3} \text{ kg / g}}{10^{-3} \text{ liter / cm}^3} \right) = 1 \text{ kg / liter}$$

$$1 \text{ kg / m}^3 = \left(1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \left(\frac{10^3 \text{ g / kg}}{10^3 \text{ liter / m}^3} \right) = 1 \text{ g / liter}$$

فعالیت ۴-۵

این نیز فعالیتی است که باید دانش آموزان انجام دهند. جرم مایع با ترازو اندازه گیری می شود و حجم آن نیز با استفاده از استوانه مدرج سرنگ. در مورد قسمت ب نیز حجم جامدهای با شکل نامشخص را می توان با انداختن این جامدها در استوانه ای مدرج به دست آورد. تفاوت حجم آب، پیش و پس از انداختن این اجسام، حجم آنها را تعیین می کند. استفاده از ظرف های لبریز نیز می تواند مفید باشد؛ در آن صورت حجم آب سرریز شده، حجم جسم را تعیین می کند. آنگاه با دانستن جرم این اجسام (که با ترازو اندازه گیری می شود) و حجم به دست آمده، می توان با استفاده از رابطه $\rho = m/V$ ، چگالی آنها را محاسبه کرد.

فعالیت ۵-۵

الف) با استفاده از جدول ۱-۵ می دانیم چگالی هوا در حالت (فاز) مایع 920 kg/m^3 و چگالی هوا در حالت (فاز) گازی $1/2 \text{ kg/m}^3$ است. بنابراین نسبت این چگالی ها چنین می شود:

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{920 \text{ kg / m}^3}{1/2 \text{ kg / m}^3} \approx 1840$$

ب) برای محاسبه نسبت فاصله های مولکولی توجه کنید:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{و} \quad n = \frac{m}{M}$$

می خواهیم در حالت کلی رابطه ای برای این نسبت به دست آوریم. در محاسبه این رابطه از تعریف مول به صورت $n = N/N_A$ که در آن N_A عدد آووگادرو است، استفاده می کنیم:

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{m_1}{m_2} = \frac{n_1 M_1}{n_2 M_2} = \frac{\frac{N_1}{N_A} M_1}{\frac{N_2}{N_A} M_2} = \frac{N_1 M_1}{N_2 M_2}$$

$$= \frac{\left(\frac{V}{V_1} \right) M_1}{\left(\frac{V}{V_2} \right) M_2} = \frac{M_1 V_2}{M_2 V_1} = \frac{M_1 \left(\frac{4}{3} \pi r_2^3 \right)}{M_2 \left(\frac{4}{3} \pi r_1^3 \right)}$$

در اینجا، چون هر دو از جنس هوا هستند $M_1 = M_2$ و بنابراین:

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \left(\frac{r_2}{r_1} \right)^3$$

$$\left(\frac{r_1}{r_2} \right) = \left(\frac{\rho_2}{\rho_1} \right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{920}{1/2} \right)^{\frac{1}{3}} \approx 9/15$$

و یا

(ب) با استفاده از جدول ۱-۵ داریم:

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \left(\frac{125}{0/166} \right) \approx 753$$

و در نتیجه

$$\left(\frac{r_1}{r_2} \right) = \left(\frac{\rho_2}{\rho_1} \right)^{\frac{1}{3}} = (753)^{\frac{1}{3}} \approx 9/09$$

فعالیت ۶-۵

الف) اگر چگالی ماده سازنده جسم را داشته باشیم، می‌توانیم با محاسبه حجم با همان روش فعالیت ۴-۵ و استفاده از ظرفی مدرج، جرم را با استفاده از رابطه $m = \rho V$ به دست آوریم.

ب) در واقع دو روش متصور است: آب داخل بطری را با یک ظرف مدرج یا بشر اندازه گرفت یا برعکس می‌توان به کمک یک پیمانه، آب داخل بطری ریخت و حجم را با توجه به حجم پیمانه اندازه گرفت. البته چون فعالیت در مبحث چگالی مطرح شده، در صورتی که ظرف مدرج یا پیمانه وجود نداشته باشد، می‌توان با ریختن مایعاتی با چگالی معین در بطری، به طوری که بطری پر شود و سپس اندازه‌گیری جرم این مایعات، حجم را تعیین کرد.

فعالیت ۷-۵

وقتی قطعات شکسته شیشه را به هم نزدیک کنیم تنها شمار بسیار ناچیزی از مولکول‌ها را می‌توانیم نزدیک هم بیاوریم. ضمن اینکه این فاصله در حدی نیست که مولکول‌ها را به هم کش و اداورد. ولی اگر قطعات شکسته شیشه را گرم کنیم و تکه‌های نرم شده را کنار هم قرار دهیم به هم می‌چسبند، زیرا در این حالت برخلاف وضعیت قبل، شمار زیادی از مولکول‌ها خیلی نزدیک هم قرار می‌گیرند به طوری که می‌توانند با هم بر هم کش مولکولی کنند.

فعالیت ۸-۵

الف) و ب)

روش کار این است که نخست تکه کوچک دستمال کاغذی را روی آب قرار دهیم و سپس سوزن یا گیره را روی آن بگذاریم. پس از مدتی، دستمال کاغذی خیس می‌شود و از سطح آب پایین می‌رود ولی سوزن روی سطح آب شناور می‌ماند. این موضوع در ظاهر امر، معمولی ولی در واقع حیرت‌انگیز است. اگر به جدول ۱-۵ نگاه کنید درمی‌یابید که مثلاً چگالی آهن حدود ۸ برابر چگالی آب است و با این حال سوزن یا گیره روی آب می‌ماند. این

جلوهای از پدیده کشش سطحی است که همان طور که در متن درس اشاره شد به نیروهای هم چسبی مولکول های سطح مایع مربوط است که آنها را صرفاً می توان با نیروهای بین مولکولی توضیح داد. در سطح مایع، فاصله متوسط مولکول ها بیشتر از درون مایع است، ضمن اینکه بر مولکولی واقع بر سطح مایع، جاذبه ای از مولکول های داخل مایع وارد می شود که ترکیب آنها نیروی برآیند روبه پائینی ایجاد می کند، که این دور شدن از وضعیت تعادل باعث بروز نیروهای بین مولکولی می گردد که با این امر مخالفت می کنند. در مورد نیروهای بین مولکولی مقاله بسیار آموزنده ای در صفحه های ۹ تا ۱۶ شماره ۷۲ مجله رشد آموزش فیزیک به چاپ رسیده است که خواندن آن به دبیران محترم توصیه می گردد.

ب) انداختن یک قطره صابون در آب، وضعیت توصیف شده در قسمت الف را برهم می زند و با افزایش فاصله مولکولی باعث از بین رفتن کشش سطحی می شود. توجه کنید که نیروهای بین مولکولی، نیروهایی کوتاه برد هستند و وقتی فاصله بین مولکول ها چند برابر فاصله معمولی شود عملاً بسیار ناچیز خواهند شد.

فعالیت ۵-۹

آنچه که مشاهده می شود همان است که در شکل این فعالیت نشان داده شده است. با چرب شدن سطح شیشه، عملاً قطرات آب برخلاف شکل ۵-۸ الف دیگر شیشه را تر نمی کنند. به عبارت دیگر، با چرب شدن سطح شیشه نیروی هم چسبی بین مولکول های آب از نیروی دگرچسبی بین مولکول های آب و شیشه بیشتر می شود و آب سطح شیشه را تر می کند و به صورت قطره روی شیشه باقی می ماند.

فعالیت ۵-۱۰

به این منظور باید به مفهوم ترشوندگی که در فعالیت ۵-۹ نیز از آن استفاده کردیم رجوع شود. توجه کنید نباید چنین به خاطر سپرده شود که آب در هر شرایطی در لوله موئین سطح کاو می سازد و از این جهت این فعالیت بسیار آموزنده ای است که ذهن دانش آموزان را فعال می سازد که برای مشاهدات طبیعی استدلال کنند، نه اینکه آن را حفظ کرده یا آن را با منطقی خودساخته توجیه کنند. همان طور که در متن درس آمده دلیل شکل های متفاوت آب و جیوه در لوله موئین به این موضوع برمی گردد که در مورد آب نیروی دگرچسبی بین مولکول های آب و مولکول های شیشه بیشتر از نیروی هم چسبی بین مولکول های آب است و در نتیجه آب، سطح شیشه را تر می کند و بالا می رود؛ در حالی که در مورد جیوه نیروی دگرچسبی بین مولکول های جیوه و مولکول های شیشه کمتر از نیروی هم چسبی بین خود مولکول های جیوه است و در نتیجه جیوه سطح شیشه را تر نمی کند و در لوله موئین پایین تر از سطح جیوه در لوله قرار می گیرد. بنابراین در این فعالیت باید سعی کنیم شرایطی همچون وضعیت جیوه برای آب رخ دهد. در فعالیت ۵-۹ دیدیم که با چرب شدن سطح شیشه، قطرات آب نیز مثل قطرات جیوه روی سطح شیشه پخش نمی شوند. بنابراین اگر لوله موئین را چرب کنیم (مثلاً آن را در روغنی فروبریم تا بدین ترتیب هم سطح درونی و هم سطح بیرونی آن چرب شود) و سپس همین آزمایش را انجام دهیم دقیقاً مثل آنچه که برای جیوه رخ می دهد، آب در سطح پایین تری از سطح آن در ظرف قرار می گیرد.

فعالیت ۵-۱۱

این فعالیتی است که دانش‌آموزان باید انجام بدهند و پس از تحقیق ممکن است دانش‌آموزان از کاه گل نام ببرند که از دو واژه کاه و گل تشکیل شده است. کاه علف خشک و کوبیده گندم یا جو است که با ادغام در گل، کاه گل را می‌سازد. البته کاه گل از خاصیت مویستگی آب می‌کاهد ولی به نظر می‌رسد بیشتر برای پوشش دیواره‌ها مناسب باشد و برای بام کفایت نکند. به نظر می‌رسد استفاده از بوم‌گردان برای فشرده کردن خاک برای استفاده در بام به مراتب مناسب‌تر باشد. این کار نیز از خاصیت مویستگی می‌کاهد.

فعالیت ۵-۱۲

بطری پلاستیکی محاله خواهد شد. دلیل آن است که بخار آب داخل بطری ضمن سرد شدن تبدیل به آب می‌شود و بدین ترتیب اختلاف فشار بین هوای درون و بیرون بطری موجب له شدن آن می‌گردد.

فعالیت ۵-۱۳

الف) همان‌طور که شکل نیز نشان می‌دهد، در زاویه‌های انحراف مختلف گرچه طول ستون جیوه با افزایش زاویه انحراف از راستای قائم افزایش می‌یابد، ولی انتهای ستون جیوه از بالای سطح آزاد جیوه در ارتفاع یکسانی می‌ماند. این پدیده را با توجه به این واقعیت می‌توان توضیح داد که فشار فقط به ارتفاع ستون مایع در راستای قائم بستگی دارد. توجه کنید که در زاویه‌های انحراف بزرگ، جیوه تمام لوله را پرمی‌کند که این مؤید آن است که در لوله هوا وجود ندارد.

ب) واژه غیره مویست در صورت این پرسش به این دلیل آمده است که از اثر مویستگی در آزمایش توریچلی چشم‌پوشی کنیم. ارتفاع ستون جیوه در لوله با فشار جو تغییر می‌کند و سطح مقطع لوله تأثیری بر فشار جو ندارد. ارتفاع ستون جیوه تنها با افزایش و کاهش فشار جو است که تغییر می‌کند.

پ) توجه کنید که چگالی آب $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$ است. بنابراین برای فشار $1 \text{ mmHg}_2\text{O}$ داریم:

$$1 \text{ mmHg}_2\text{O} = (1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)(9.8 \text{ m/s}^2)(10^{-3} \text{ m}) = 9.8 \text{ Pa}$$

در حالی که فشار جو حدوداً 10^5 Pa است. بنابراین اگر توریچلی از یک لوله آب استفاده می‌کرد، باید طول آن بیش از 10^4 متر می‌بود تا می‌توانست به این نتایج برسد.

فعالیت ۵-۱۴

به کمک این فعالیت ساده می‌توانید فشار هوای داخل سرنگ را با توجه به تغییر ارتفاع ستون مایع در لوله تعیین کنید. آزمایش ۵-۱ کتاب تقریباً نوع دیگری از همین آزمایش است.

فعالیت ۵-۱۵

در اینجا باید از دانش‌آموزان بخواهید در مورد فشارسنج‌های مکانیکی و حسگرهای فشار الکترونیکی تحقیق کنند. کلیدواژه‌هایی مثل Bourdan، Aneroid، McLeod و Diaphragm در مورد فشارسنج‌های مکانیکی، و

کلیدواژه‌هایی مثل Resonant و Magneton، Capacitive، Piezoresistive برای حسگرهای الکترونیکی فشار قابل جستجو است.

فعالیت ۵-۱۶

سازوکار این آزمایش ساده تا حدودی شبیه سازوکار یک منگنه آبی است. اگر مساحت سطح مقطع پیستون سرنگ کوچک تر را با A_1 ، مساحت سطح مقطع پیستون سرنگ بزرگ تر را با A_2 نمایش دهیم و فرض کنیم که بزرگی نیروی وارد از دستمان به پیستون سرنگ کوچک تر F_1 باشد، حال برای آنکه تعادل برقرار شود، دستمان باید به پیستون سرنگ بزرگ تر نیرویی به بزرگی F_2 اعمال کند، به طوری که:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

این نتیجه براساس اصل پاسکال نوشته شده است که بر مبنای آن فشار در سرتاسر مایع یکسان مانده است. در واقع در رابطه بالا، رابطه تساوی فشارها در زیر پیستون‌های کوچک تر و بزرگ تر است. براساس این رابطه، نیروی F_2 باید چند برابر بزرگ تر از نیروی F_1 باشد، زیرا سطح پیستون بزرگ تر از پیستون اول است. با انجام این آزمایش دانش آموزان به تفاوت این دو نیرویی خواهند برد.

تمرین ۵-۲



همان طور که شکل نشان می‌دهد با فشردن پدال ترمز، نیروی پا از طریق یک پیستون به روغن ترمز منتقل می‌شود و روغن ترمز از طریق دو پیستون دیگر به لنت‌ها فشار می‌آورد و این لنت‌ها، دیسک چرخان را متوقف می‌کنند. توجه کنید که تمام این انتقال‌های فشار ناشی از اصل پاسکال است که بر مبنای آن هر تغییری در فشار وارد بر شاره تراکم ناپذیر و محبوس، بدون هیچ کم و زیادی منتقل می‌شود.

۱- در واقع دانش‌آموزان باید از این پرسش به حرکت نامنظم و کاتوره‌ای مولکول‌های هوا پی ببرند. در هنگام پاک کردن تخته سیاه، ذرات گچ پس از جدا شدن از سطح تخته، در حین سقوط با مولکول‌های هوا برخورد می‌کنند و در واقع حرکت نامنظم آنها ناشی از حرکت کاتوره‌ای مولکول‌های هوا است که طرح اغراق‌آمیزی از آن را می‌توانید در شکل ۲-۵ کتاب ببینید. توجه کنید که هیچ راستای ارجحی برای حرکت مولکول‌های هوا وجود ندارد و آنها به‌طور نامنظم در همه‌ی راستاها حرکت می‌کنند.

۲- برای پاسخ به این پرسش باید حتماً چگالی طلا را داشته باشید که این چگالی در جدول ۱-۵ داده شده است (برمبنای این جدول، چگالی طلا 19320 kg/m^3 است). اکنون باید با استفاده از رابطه $\rho = m/V$ این نتیجه را تحقیق کنیم. جرم m قطعه فلزی را با استفاده از ترازو به دست می‌آوریم. برای اندازه‌گیری حجم آن نیز می‌توانید از یک استوانه مدرج محتوی آب و اندازه‌گیری تغییر حجم آن پس از انداختن قطعه استفاده کنید. حال با جای‌گذاری جرم (برحسب کیلوگرم) و حجم (برحسب متر مکعب) نتیجه را با چگالی طلا مقایسه کنید.

۳- این پدیده ناشی از هم‌چسبی مولکول‌های لایه‌های آب اطراف موها است که به واسطه آن موها نیز به هم می‌چسبند. پدیده مشابهی را می‌توانید با شن‌های مرطوب ببینید که برخلاف دانه‌های خشک شن به هم می‌چسبند. در بیانی عمیق‌تر می‌توان این موضوع را با تمایل مایعات به کاهش سطح تماس خود با هوا توضیح داد. لایه آب دور موهایی که به هم چسبیده‌اند در مقایسه با لایه آب موهایی که در تمام جهت‌ها پخش می‌شوند، سطح کوچکتری دارند. اما جالب است که وقتی به داخل آب می‌رویم موهایمان به تمام جهت‌ها پخش می‌شود. آیا می‌توانید دلیل این تفاوت را توضیح دهید؟

آزمایش مشابهی را می‌توانید با قلم‌مو در آب و بیرون آب انجام دهید که اصطلاحاً به آن «آزمایش دامن‌هاوایی» می‌گویند.

۴- این پدیده نیز ناشی از هم‌چسبی مولکول‌های مایع است. دانه‌های خشک شن به هم نمی‌چسبند و هرکدام با وزن ناچیز خود آزادانه در صحرا به حرکت درمی‌آیند، در حالی که آب بر اثر جاذبه متقابل مولکول‌های خود به صورت یک مجموعه واحد عمل می‌کند. بنابراین واضح است که باد شن‌های خیس و مرطوب را نیز به سختی جابه‌جا می‌کند، چرا که به واسطه نیروهای هم‌چسبی بین مولکول‌های آب، دانه‌های شن به یکدیگر می‌چسبند و نیروی بیشتری برای جابه‌جا کردن آنها لازم خواهد بود.

۵- همان‌طور که در صورت پرسش بیان شده است، به ازای هر 10 m ، به اندازه 1 mmHg از فشار هوا کم می‌شود. مثلاً اگر به‌طور متوسط ارتفاع شهر تهران را 1400 m بالاتر از سطح آزاد دریا در نظر بگیریم (ارتفاع تقریبی شهر تهران در تجریش حدود 1600 m و در شهر ری حدود 1250 m است) آنگاه نتیجه می‌گیریم فشار هوا در ارتفاع 1400 m ، متری، 140 mmHg از فشار در سطح آزاد دریا کمتر است:

$$760 \text{ mmHg} - 140 \text{ mmHg} = 620 \text{ mmHg} = 620 \text{ torr}$$

که برحسب پاسکال چنین می شود :

$$620 \text{ torr} = (6/20 \times 10^{-1} \text{ m})(1/36 \times 10^4 \text{ kg/m}^3)(9/8 \text{ N/kg})$$

$$\approx 8/27 \times 10^2 \text{ N/m}^2 = 8/27 \text{ kPa}$$

۶- چون فشار آب بر غواص با عمق افزایش می یابد، فشار خون نیز افزایش می یابد. اگر غواص با ننگه داشتن نفس خود شنا کند، فشار درون شش ها نیز افزایش می یابد. تطابق فشار خون با فشار هوای داخل شش ها، انتقال مدام اکسیژن به خون و زدودن کربن دی اکسید از خون را ممکن می سازد. ولی اگر غواص با یک لوله تنفس کند، فشار هوای شش ها تا حد فشار جو کاهش می یابد. اگر غواص خیلی پایین تر از سطح آب برود، این فشار زیاد خواهد بود و در این اعماق، عدم تطابق بین فشار خون و فشار هوای شش ها باعث فشرده شدن شش ها می شود که می تواند کشنده باشد. در این حالت رگ های خونی کوچک در سطح شش پاره می شود و خون به درون شش ها نفوذ می کند. کلاً از لحاظ عددی می توانیم عددی را برای تنفس بی خطر به دست آوریم. ریه های انسان می توانند در اختلاف تقریباً تا $\frac{1}{3}$ فشار جو کارایی خود را حفظ کنند. بنابراین اگر غواصی از یک لوله تنفس استفاده کند می توانیم «عمق سلامت» را به دست آوریم.

فرض کنید d عمق در زیر آب باشد که در آن اختلاف فشار وارد بر ریه شناگر برابر $\frac{1}{3}$ فشار جو است. در این صورت داریم :

$$\rho_w g d - P_{\text{atm}} = \frac{P_{\text{atm}}}{3}$$

که در آن چگالی آب است. در نتیجه

$$d = \frac{2/3 P_{\text{atm}}}{20(1/30 \times 10^3 \text{ N/m}^2)} = \frac{2/3 (1/30 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)(9/8 \text{ N/kg})}{20(1/30 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)(9/8 \text{ N/kg})} = 10/82 \text{ m}$$

این عدد را به خاطر بسپارید!

مسئله‌های فصل پنجم

۱- همان فرض‌های صورت مسئله ۵ را برای ابعاد اتاق در نظر می‌گیریم و فرض می‌کنیم طول و عرض و ارتفاع اتاق $۳/۵m$ ، $۴/۲m$ و $۲/۴m$ باشد. از طرفی، طبق رابطه ۱-۵ ($\rho = m/V$) است. بنابراین برای محاسبه جرم هوای داخل اتاق باید حجم اتاق را در چگالی هوا که در جدول ۱-۵ داده شده است، ضرب کنیم. بنابراین

$$m_{\text{هوا}} = \rho \quad V = (۱/۲۱ \text{ kg/m}^3)(۳/۵m \times ۴/۲m \times ۲/۴m) \approx ۴۳ \text{ kg}$$

برای اینکه ببینیم در صورت تبدیل این هوا به مایع، چه حجمی را اشغال می‌کند دوباره از جدول ۱-۵ استفاده می‌کنیم. چگالی هوای مایع تقریباً ۹۲۰ kg/m^3 است. بنابراین برای حجم این مایع خواهیم داشت:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{۴۳ \text{ kg}}{۹۲۰ \text{ kg/m}^3} = ۰/۰۵ \text{ m}^3$$

۲- توجه کنید که فشار کل برابر فشار حاصل از آب و جو است. بنابراین داریم:

$$P_{\text{کل}} = P_0 + \rho gh = ۱ \cdot P_0$$

$$\rho gh = ۹P_0$$

که در آن ρ چگالی آب دریا است. بنابراین

و در نتیجه

$$h = \frac{۹P_0}{\rho g} = \frac{۹(۱۰^۵ \text{ N/m}^2)}{(۱۱۵۰ \text{ kg/m}^3)(۹/۸ \text{ N/kg})} \approx ۸۰ \text{ m}$$

۳- اختلاف فشار با استفاده از رابطه ۳-۵ چنین می‌شود:

$$\Delta P = \rho gh = (۱/۰۶ \times ۱۰^۳ \text{ kg/m}^3)(۹/۸ \text{ N/kg})(۱/۸۳ \text{ m}) = ۱/۹ \times ۱۰^۴ \text{ Pa}$$

۴- توجه کنید که فشار درون ریه باید منفی باشد و بنابراین داریم:

$$\Delta P = -\rho gh = -(۱۰۰۰ \text{ kg/m}^3)(۹/۸ \text{ N/kg})(۰/۱ \text{ m}) = ۹۸۰ \text{ Pa}$$

۵- الف) وزن هوا برابر با mg است و از طرفی طبق رابطه ۱-۵، $\rho = m/V$ است. بنابراین وزن هوای $۱/۰ \text{ atm}$ اتاق با استفاده

از جدول ۱-۵ چنین می‌شود:

$$\begin{aligned} mg &= (\rho V)g = \rho Vg \\ &= (۱/۲۱ \text{ kg/m}^3)(۳/۵m \times ۴/۲m \times ۲/۴m)(۹/۸ \text{ N/kg}) \approx ۴۲۰ \text{ N} \end{aligned}$$

ب) مساحت کف اتاق $۳/۵m \times ۴/۲m$ است. بنابراین با استفاده از رابطه ۲-۵ در فشار ۱ atm داریم:

$$\begin{aligned} F &= PA \approx (۱۰^۵ \text{ N/m}^2)(۳/۵m \times ۴/۲m) \\ &= ۱۴/۷ \times ۱۰^۵ \text{ N} \approx ۱/۵ \times ۱۰^۶ \text{ N} \end{aligned}$$

۶- الف) از یکسان بودن فشار در خط تراز مشخص شده استفاده می‌کنیم. بنابراین داریم:

$$P_A = P_B \Rightarrow \rho'gh = \rho gh$$

و در نتیجه

$$\frac{h'}{h} = \frac{\rho}{\rho'}$$

که در آن ρ' چگالی روغن، ρ چگالی آب، h' ارتفاع ستون روغن، و h ارتفاع ستون آب در بالای خط تراز است.
 ب) البته شرط این کار آن است که دو مایع درهم مخلوط نشوند. در آن صورت با آزمایشی مثل آزمایش بالا و اندازه‌گیری h و h' ، با مشخص بودن چگالی مایع اولیه، چگالی مایع نامعلوم محاسبه می‌شود:

$$\rho' = \frac{\rho h}{h'}$$

۷- این مسئله از آن دست مسائلی است که درک آن با توجه به تغییرات صورت گرفته در بازنگری اخیر کتاب امکان‌پذیر شده است. آب بر کلیه جدارها (از جمله درپوش) فشار وارد می‌آورد. فشار آب را باید در محل درپوش تعیین کنیم تا آنگاه بتوانیم با استفاده از رابطه $F = PA$ نیروی وارد بر درپوش را محاسبه کنیم.

$$P = \rho gh = (10^3 \text{ kg/m}^3)(9.8 \text{ N/kg})(1.5/3 \text{ m}) \approx 1/5 \times 10^5 \text{ Pa}$$

با نادیده گرفتن قطر لوله نسبت به قطر درپوش داریم:

$$A = \pi r^2 = \pi d^2/4 = (3/14)(0.5 \text{ m})^2/4 \approx 0.2 \text{ m}^2$$

و در نتیجه

$$F = PA = (1/5 \times 10^5 \text{ N/m}^2)(0.2 \text{ m}^2) = 3/0 \times 10^4 \text{ N}$$

۸- الف) فشار کل گاز محبوس برابر با فشار در سطح تراز خط چین بالایی است. این فشار را می‌توانیم از سطح هم‌تراز آن در ظرف B به دست آوریم که برابر است با:

$$P = P_0 + \rho_{\text{آب}} gh$$

بنابراین برای فشار پیمانه‌ای (P_g) که تمام فشارسنج‌ها آن را نشان می‌دهند داریم:

$$P_g = \Delta P = \rho_{\text{آب}} gh$$

که در آن h ارتفاع ظرف B تا سطح هم‌تراز است:

$$h = 120 \text{ cm} - 8 \text{ cm} = 112 \text{ cm}$$

بنابراین:

$$\Delta P = (10^3 \text{ kg/m}^3)(9.8 \text{ N/m}^3)(1.12 \times 10^{-2} \text{ m}) \approx 1/1 \times 10^4 \text{ Pa}$$

ب) اکنون می‌توانیم در مورد فشار کل گاز محبوس اظهار نظر کنیم :

$$P_{\text{کل}} = P_g + P_s = 1/1 \times 10^4 \text{Pa} + 1/0 \times 10^5 \text{Pa} = 1/1 \times 10^5 \text{Pa}$$

۹- این نیز از آن دست مسائلی است که درک آن با توجه به تغییرات صورت گرفته در بازنگری اخیر کتاب امکان پذیر است. الف) فشار در تراز A برابر فشار در تراز خط چین شاخه سمت چپ است. بنابراین با تساوی فشارها خواهیم داشت :

$$P_s + \rho gh = P_s + P_A$$

در نتیجه

$$P_A = \rho gh$$

ب) می‌دانیم $F = PA$ است و بنابراین با توجه به سطح دایره‌ای لوله خواهیم داشت :

$$F = PA = (\rho gh)(\pi r^2)$$

۱۰- توجه کنید دو محفظه سمت چپ به هم متصل شده‌اند و بنابراین اگر تساوی فشارها را در تراز خط چین بنویسیم خواهیم داشت :

$$P_1 = P_2 + \rho_{\text{ب}} gh \quad (1)$$

توجه کنید که در این رابطه P_1 همان فشار در محفظه سمت چپ

$$P_1 = P_2 = 1/2 \times 10^5 \text{Pa}$$

و P_2 فشار هوای ظرف میانی است.

از طرفی توجه کنید که اگر تساوی فشارها را برای لوله دو شاخه سمت راست بنویسیم، داریم :

$$P_2 = P_s + \rho_{\text{ب}} gh \quad (2)$$

که در آن P_s فشار هوای آزاد و $H = 1/1 \text{m}$ است (توجه کنید که این لوله به لوله محفظه میانی متصل نیست و نمی‌توانیم تساوی فشارها را برای این لوله‌ها بنویسیم). با قرار دادن رابطه (۲) در رابطه (۱) خواهیم داشت :

$$P_1 = P_s + \rho_{\text{ب}} gH + \rho gh = P_s + \rho_{\text{ب}} g(H + h)$$

که با جای گذاری مقادیر چپین می‌شود :

$$1/2 \times 10^5 \text{N/m}^2 = 10^5 \text{N/m}^2 + (10^3 \text{kg/m}^3)(10 \text{N/kg})(H + h)$$

از اینجا $H + h = 2 \text{m}$ به دست می‌آید. با توجه به اینکه $H = 1/1 \text{m}$ است، نتیجه می‌گیریم $h = 0/9 \text{m}$ می‌شود.

فصل ۶

گرما و قانون گازها

فعالیت ۱-۶

هدف از این فعالیت یادآوری مفاهیمی از کتاب فیزیک ۱ و آزمایشگاه است. توصیه می‌شود از دانش‌آموزان بخواهید مروری بر کتاب فیزیک ۱ خود داشته باشند و مبحث دما را در این کتاب مرور کنند. در این مبحث، یکاها و روش‌ها و ابزارهای اندازه‌گیری توضیح داده شده است و مرور بر آن در ادامه تدریس این کتاب مفید خواهد بود.

تمرین ۱-۶

با استفاده از معادله ۱-۶ داریم:



$$T_1 = 0 + 273 = 273\text{K}$$

$$T_2 = 100 + 273 = 373\text{K}$$

$$T_3 = 37 + 273 = 310\text{K}$$

و با استفاده از رابطه زیر شکل ۱-۶ داریم:

$$F_1 = \frac{9}{5}(0) + 32 = 32^\circ\text{F}$$

$$F_2 = \frac{9}{5}(100) + 32 = 212^\circ\text{F}$$

$$F_3 = \frac{9}{5}(37) + 32 = 98.6^\circ\text{F}$$

تمرین ۲-۶

با استفاده از داده‌های مثال داریم:

$$\text{آب: } m_1 = 500\text{g} = 0.5\text{kg}, \quad \theta_1 = 25^\circ\text{C}, \quad c_1 = 4200\text{J/kg}\cdot^\circ\text{C}$$

$$\text{جسم: } m_2 = 250\text{g} = 0.25\text{kg}, \quad \theta_2 = 3^\circ\text{C}, \quad c_2 = ?$$

و دمای تعادل $\theta = 21^\circ\text{C}$ است. در واقع آب گرما را از دست می‌دهد و جسم گرما به دست می‌آورد و به این دمای تعادل می‌رسد. حال با استفاده از رابطه ۴-۶ داریم:

$$m_1 c_1 (\theta - \theta_1) + m_2 c_2 (\theta - \theta_2) = 0$$

و در نتیجه

$$c_2 = \frac{m_1 c_1 (\theta_1 - \theta)}{m_2 (\theta - \theta_2)} = \frac{(0.5\text{kg})(4200\text{J/kg}\cdot^\circ\text{C})(25^\circ\text{C} - 21^\circ\text{C})}{(0.25\text{kg})(21^\circ\text{C} - 3^\circ\text{C})}$$

$$\approx 1866\text{J/kg}\cdot^\circ\text{C}$$

فعالیت ۲-۶

همان‌طور که در متن درس اشاره شد، اجسامی مانند یخ یک استثنا هستند و نقطه ذوب آنها برخلاف اکثر اجسام با کاهش فشار، افزایش می‌یابد. و به دلیل همین استثناست که برف در ارتفاعات که فشار کمی دارد دیرتر ذوب می‌شود. خوب است به عنوان تحقیق از دانش‌آموزان بخواهید، این پدیده را از دیدگاه میکروسکوپی تحلیل کنند.

تمرین ۳-۶



در این دست مسائل باید ببینیم آیا اصلاً آب انرژی کافی برای انجام هر فرایند را دارد یا خیر. مثلاً اگر مثال ۹-۶ کورکورانه حل می‌شد و در صورت مثال به وضعیت نهایی اشاره نمی‌شد به عددی غیرمنطقی برای دمای تعادل می‌رسیدیم. در این دست از مسائل باید ببینیم آیا اصلاً آب انرژی کافی برای انجام هر فرایند را داراست یا خیر. هر فرایند که به پایان رسید، فرایند بعدی را بررسی می‌کنیم.

گرمایی که آب باید از دست دهد تا به آب صفر درجه برسد برابر است با:

$$|Q_{\text{آب}}| = m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} \Delta\theta_{\text{آب}} \\ = (0.2\text{kg})(4200\text{J/kg}\cdot^\circ\text{C})(25^\circ\text{C}) = 21000\text{J}$$

حال ببینیم برای آنکه فرایند تبدیل یخ 15°C به آب 0°C به طور کامل رخ دهد به چه مقدار انرژی نیاز داریم:

$$Q_{\text{یخ}} = (0.5\text{kg})(2100\text{J/kg}\cdot^\circ\text{C})(15^\circ\text{C}) + (0.5\text{kg})(334000\text{J/kg}) = 18275\text{J}$$

پس می‌بینیم که آب گرمای لازم برای تبدیل یخ 15°C به آب 0°C را دارد و برای فرایند بعدی که قرار است مجموع آب 0°C بی‌بگیرد انرژی‌ای برابر مقدار زیر باقی می‌ماند:

$$21000\text{J} - 18275\text{J} = 2725\text{J}$$

بنابراین برای فرایند بعدی تبدیل آب صفر درجه به آب با دمای تعادل نهایی داریم :

$$2725J = (m_{\text{بخ}} + m_{\text{آب}}) (c_{\text{آب}}) (\theta - 0^\circ) \\ = (0.25\text{kg})(4200\text{J/kg}\cdot^\circ\text{C})(\theta)$$

و در نتیجه $\theta \approx 2/59^\circ\text{C}$ می شود.

فعالیت ۳-۶

الف) تبخیر سطحی با افزایش مساحت سطح افزایش می یابد. در واقع هرچه مساحت سطح آزاد مایع بیشتر باشد، بدیهی است که مولکول های بیشتری برای فرار از سطح آزاد مایع وجود دارد. همچنین آهنگ تبخیر سطحی با افزایش دمای مایع زیاد می شود، زیرا انرژی جنبشی مولکول ها بیشتر و در نتیجه احتمال فرار آنها از سطح آزاد مایع بیشتر می شود. در واقع برای اینکه مولکول ها بتوانند از لایه سطحی فرار کنند باید انرژی جنبشی لازم برای فرار از چنگ کشش سطحی را داشته باشند که این با افزایش دما بیشتر می شود (در واقع کشش سطحی آب با افزایش دما کم می شود). این وابستگی به دما در جدول ۳-۶ نشان داده شده است.

ب) دانش آموزان مثلاً می توانند سطح آزاد مایع را در معرض نسیم یا باد طبیعی و یا مصنوعی (مثلاً باد پنکه) قرار دهند. همچنین اگر بتوان شرایطی را فراهم کرد که فشار هوا بر سطح آزاد مایع کاهش یابد و ظرف در محیطی با خلأ نسبی قرار گیرد، آهنگ تبخیر نسبی افزایش می یابد.

پ) عرق کردن بدن سبب می شود که لایه آبی روی پوست بدن تشکیل شود. این لایه آب با جذب گرمای مورد نیاز برای تبخیر از بدن، بدن را خنک می کند.

فعالیت ۴-۶

این مورد را می توان با نیروهای بین مولکولی که در فصل ۵ معرفی شدند توضیح داد. همان طور که دیدیم نیروهای چسبندگی مولکولی به فاصله بین مولکول ها بستگی دارند. با افزایش دما و کاهش چگالی، فاصله بین مولکولی در حالت مایع نزدیک به فاصله مولکولی در حالت بخار می شود و به عبارتی انرژی های پتانسیل بر هم کش بین مولکولی این دو حالت تقریباً شبیه به هم می شود و این یعنی اینکه تفاوت بین انرژی های داخلی جسم در حالت های مایع و بخار کاهش می یابد. به بیانی بسیار ساده شده، با افزایش دما، مولکول ها ساده تر می توانند از سطح مایع بگریزند و به گرمای کمتری برای این امر نیاز است و بالعکس.

فعالیت ۵-۶

این مثالی از افزایش نقطه جوش آب با افزایش فشار وارد بر سطح مایع است. در درون دیگ زودپز با افزایش بخار آب بر روی سطح مایع درون دیگ، نقطه جوش افزایش می یابد و در نتیجه مواد درون زودپز در دمای بالاتر و سریع تر پخته می شوند.



گرمای لازم برای تبدیل به بخار 100°C از مجموع فرایند حاصل می‌شود:

۱- تبدیل یخ 20°C به یخ 0°C ، ۲- تبدیل یخ 0°C به آب 0°C ۳- تبدیل آب 0°C به آب 100°C ۴- تبدیل آب 100°C به بخار 100°C .

یعنی

$$Q = mc \Delta\theta_1 + mL_f + mC_{\text{آب}} \Delta\theta_2 + mL_v$$

در یکاهای SI داریم

$$Q = (0/5)(2100)(20) + (0/5)(334 \times 10^3) + (0/5)(4200)(100) + (0/5)(2256 \times 10^3) \\ = 1526000 \text{ J} = 1526 \text{ kJ}$$

فعالیت ۶-۶

وقتی دمای هوا اُفت می‌کند، رطوبت نسبی افزایش می‌یابد. زیرا هرچه دما پایین‌تر باشد، بخار آب به اشباع نزدیکتر است. بالاخره در دمای معینی رطوبت نسبی (یعنی نسبت فشار بخار موجود در هوا به فشار بخار اشباع در همان دما) 100% می‌شود و کاهش بیشتر دما به میعان بخار آب می‌انجامد. در چنین حالتی است که مه ظاهر می‌شود، پنجره‌ها عرق می‌کنند، و قطره‌های شبنم روی گیاهان می‌نشینند.

به بیانی خیلی ساده شده، منظور آن است که مولکول‌های بخار آب هنگام برخورد بر سطح برگ که در صبحگاهان دمای پایین‌تری از دمای بخار آب دارند، مایع می‌شوند.

فعالیت ۷-۶

این‌ها آزمایش‌های بسیار ساده‌ای هستند که دانش‌آموزان قبلاً در دوره راهنمایی خود نیز با آنها آشنا شده‌اند و در واقع در ادامه مباحثی هستند که در متن درس آمده است.

فعالیت ۸-۶

در هر دو شکل الف و ب در واقع فاصله با «شکاف‌های انبساطی» برای انبساط تعبیه شده‌اند تا دو بخش پل یا خط آهن در روزهای گرم فضایی برای انبساط داشته باشند. بر فرض شکل پ خط آهنی را نشان می‌دهد که در آن چنین شکاف‌هایی پیش‌بینی نشده بود.

فعالیت ۹-۶

دانش‌آموزان را ترغیب کنید که حتماً مطالعه آزاد مربوط به نوار دو فلزه را بخوانند. در این مطالعه آزاد دیدیم تیغه‌ای که ضریب انبساط طولی بزرگتری دارد با افزایش دما افزایش طول بیشتری نیز خواهد داشت و در نتیجه نوار

طوری خم می شود که تیغه با ضریب انبساط کمتر کمان داخلی را تشکیل دهد. بدیهی است اگر به جای گرم کردن نوار، آن را سرد کنیم، این تیغه کمان خارجی را تشکیل خواهد داد. در نوار دو فلز حلزونی شکل، واکنش این نوار به تغییر دما به صورت جمع شدن یا باز شدن بروز پیدا می کند.

فعالیت ۱۰-۶

هرچند که این را می توان به طور شهودی از خود رابطه $\Delta A = 2\alpha A \Delta T$ دریافت، ولی در اینجا راه حلی ریاضی برای آن ارائه می شود:

$$\Delta A = \Delta(\pi R^2) = 2\pi R \Delta R = 2\pi R (\alpha R \Delta T) = 2\alpha(\pi R^2) \Delta T = 2\alpha A \Delta T$$

فعالیت ۱۱-۶

این فعالیت در واقع در همان امتداد مثال ۱۶-۶ است. یک بالون شیشه ای با حجم مشخص را همراه با یک لوله شیشه ای بلند، پُر از گلیسرین می کنیم، به طوری که هیچ هوایی در بالون نباشد و گلیسرین تا لبه لوله بالا آمده باشد. سپس ظرف شیشه ای بزرگی را پر از آب کرده و آن را داغ می کنیم. بعد بالون را وارد ظرف داغ می کنیم. آب از لوله جاری می شود. حجم آب جاری شده را با پیمانه ای مدرج اندازه می گیریم و سپس نتیجه را با نتیجه حاصل از محاسبه که در مثال ۱۶-۶ آموختیم مقایسه می کنیم.

فعالیت ۱۲-۶

از رابطه ۱۰-۶ نتیجه می گیریم

$$V_2 = V_1 (1 + \beta \Delta T)$$

بدیهی است، با توجه به اینکه جرم تغییر نمی کند، با افزایش دما، چگالی جسم باید کاهش یابد. ولی شکل آن چگونه است؟

از رابطه $\rho = m/V$ داریم:

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{1 + \beta \Delta T}$$

$$\rho_2 = \frac{\rho_1}{1 + \beta \Delta T}$$

به عبارت دیگر

حال صورت و منخرج را در $1 - \beta \Delta T$ ضرب می کنیم:

$$\rho_2 = \frac{\rho_1 (1 - \beta \Delta T)}{(1 + \beta \Delta T)(1 - \beta \Delta T)} = \frac{\rho_1 (1 - \beta \Delta T)}{1 - \beta^2 \Delta T^2}$$

با توجه به اینکه β مقداری کوچک از مرتبه 10^{-3} است (جدول ۶-۶ را ببینید) می توانیم از جمله $\beta^2 \Delta T^2$ چشم پوشی کنیم. در آن صورت خواهیم داشت:

$$\rho_2 = \rho_1 (1 - \beta \Delta T)$$

فعالیت ۶-۱۳

یک سیخ کوچک، انرژی گرمایی را از طریق رسانش به درون سیب‌زمینی انتقال می‌دهد. چون فلز انرژی گرمایی را بهتر از خود سیب‌زمینی انتقال می‌دهد؛ بنابراین این سیخونک‌ها زمان لازم برای پخت سیب‌زمینی را کاهش می‌دهند. البته نشان داده‌اند که سیخ‌های کوچک بیشتر از ۱ تا ۲ دقیقه زمان متعارف برای پختن سیب‌زمینی را کاهش نمی‌دهند، ولی اگر سر آزاد سیخ سنگین و یا پهن باشد، این عمل تأثیرگذارتر خواهد بود.

فعالیت ۶-۱۴

توجه کنید که موهای سفید خرس قطبی قسمت‌های مرئی و فروسرخ خورشید را «گیر می‌اندازند»؛ به این معنی که این قسمت‌های طیف نور خورشید در موها بازتابیده و به سمت پوست منتقل می‌شوند و در آنجا جذب پوست شده و بدین ترتیب دمای بدن خرس را افزایش می‌دهند. اما انرژی گرمایی پوست نسبتاً حفظ می‌شود، زیرا موها توخالی هستند و می‌دانیم لوله‌های توخالی انرژی گرمایی را به‌طور ضعیفی هدایت می‌کنند.

فعالیت ۶-۱۵

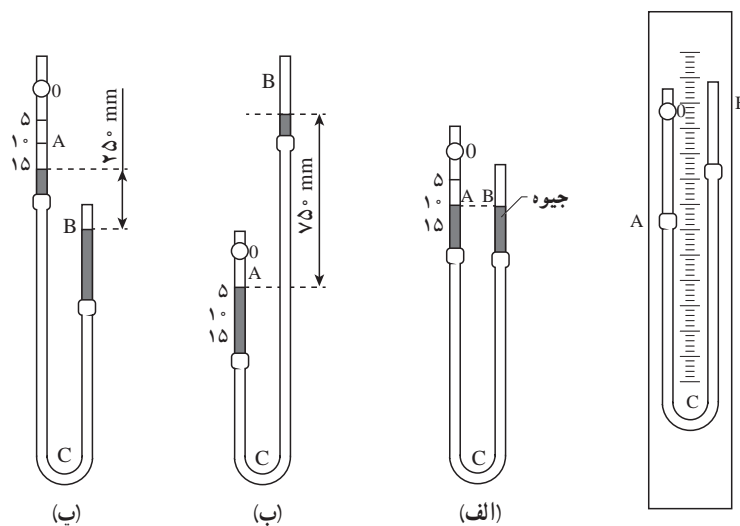
این را می‌توان با استفاده از قانون گازهای کامل توضیح داد. وقتی هواپیما بالا می‌رود و فشار هوا کم می‌شود، و در نتیجه فشار هوا یا سایر گازهای موجود در ظرف‌های نوشیدنی هم کم می‌شود؛ با فرض هم‌دمابودن این فرایند، از رابطه «ثابت» ($PV = \text{ثابت}$) (قانون بویل - ماریوت) درمی‌یابیم که این هوا باید انبساط یابد و همین باعث بازشدن در ظرف‌های نوشیدنی و دسر می‌شود. اگر در این ظرف بر اثر انبساط این هوا باز نشود، و شما پیش از نوشیدن یا خوردن محتویاتشان، آنها را تکان دهید، با باز کردن ناگهانی در ظرف، محتویات آن به سمت شما پرت خواهد شد.

فعالیت ۶-۱۶

این آزمایش را می‌توان به کمک وسیله نشان‌دهنده شده در شکل صفحه بعد انجام داد (توجه کنید که توضیح این شکل به ازای فشار جو 750 mmHg است). لوله‌های شیشه‌ای A و B را که توسط لوله لاستیکی منعطف C به هم متصل‌اند در وضعیت قائم روی صفحه مدرجی نصب می‌کنیم. سر لوله B باز است، در حالی که سر لوله A توسط شیری باز و بسته می‌شود. اکنون شیر را می‌بندیم، و به این ترتیب حجم معینی از هوا را در لوله A محبوس می‌کنیم. تا زمانی که لوله‌ها را جابه‌جا نکرده‌ایم، تراز جیوه در لوله‌ها یکسان است. این امر نشان می‌دهد که فشار هوای محبوس در لوله A با فشار هوای بیرون برابر است. حال لوله B را به آرامی بالا می‌بریم. می‌بینیم که ارتفاع جیوه در هر دو لوله بالا می‌رود ولی به گونه‌ای متفاوت‌تر از جیوه در لوله B همواره بالاتر از لوله A قرار دارد. برعکس اگر لوله B را پایین بیاوریم، تراز جیوه در هر دو شاخه پایین می‌آید، اما این کاهش در لوله B از لوله A بیشتر است.

حجم هوای محبوس شده در لوله A را می‌توان به کمک درجه بندی محاسبه کرد. فشار هوا با فشار جو یکی نیست و آن فشار ستون جیوه‌ای است که ارتفاعش با اختلاف بین ترازهای جیوه در لوله‌های A و B برابر است. هرگاه لوله B بالا برده شود، ارتفاع ستون جیوه به فشار جو افزوده می‌شود. در این حالت حجم هوا در لوله A کاهش می‌یابد. هرگاه لوله B پایین برده شود، ارتفاع ستون جیوه در آن پایین‌تر از لوله A است و فشار ستون جیوه از فشار

جو کم می‌شود. متناظر با آن حجم هوا در لوله A افزایش می‌یابد. به این ترتیب، از مقایسهٔ مقادیرهای به دست آمده برای فشار و حجم هوای محبوس در لوله A متوجه می‌شویم که هرگاه حجم گاز را مقداری افزایش دهیم، فشار به همان مقدار کاهش می‌یابد و بالعکس.



وسیله‌ای برای بررسی بستگی فشار گاز به حجم آن.

(الف) گاز درون لوله B دارای فشاری برابر با فشار هوای بیرون (در اینجا 750 mmHg) و حجم 1 cm^3 است.

(ب) فشار گاز در لوله A برابر است با $750 \text{ mmHg} + 750 \text{ mmHg}$ ، یعنی ارتفاع آن دو برابر ارتفاع لوله A در حالت (الف) است. در حالی که حجم آن 5 cm^3 ، یعنی نصف حجم حالت (الف) است.

(پ) فشار گاز در لوله A برابر است با $750 \text{ mmHg} - 250 \text{ mmHg}$ ، یعنی به اندازه $\frac{2}{3}$ حالت (الف) کاهش یافته است؛ حجم 15 cm^3 است، یعنی $\frac{3}{4}$ بار از حالت (الف) بیشتر است.

فعالیت ۶-۱۷

سرنگ را عمودی نگه می‌داریم و آن را داخل آب داغ فرو می‌کنیم. بیستون به بیرون حرکت خواهد کرد.

در واقع در اینجا انبساط هم‌فشاری داریم. یعنی فشار ثابت است و با افزایش دما، حجم نیز زیاد می‌شود تا $\frac{V}{T}$ ثابت بماند (قانون شارل - گیلوساک).

- ۱- این به ساختار متفاوت دو دماسنج برمی‌گردد. اگر به دماسنج‌های پزشکی نگاه کنید یک تنگ‌شدگی در بالای آن مشاهده می‌کنید که به خاطر این است که جیوه پس از بالا رفتن از لولهٔ دماسنج نتواند به مخزن بازگردد. تنها پس از چند بار تکان دادن به این دماسنج‌ها می‌توان جیوه را به مخزن بازگرداند.
 - ۲- این پرسش را با خواندن دقیق کلیهٔ مطالب این فصل می‌توان پاسخ داد. از خواندن متن کتاب درمی‌یابیم که گزینه‌های الف و ب نادرست است و بقیهٔ موارد درست هستند.
 - ۳- همان‌طور که دیدیم در هنگام تغییر گرمای لازم برای تغییر حالت جسم از جامد به مایع یا مایع به بخار دما تغییر نمی‌کند و این فرایندها به‌طور هم‌دما رخ می‌دهند.
 - ۴- این پدیده به تبخیر سطحی مربوط است. یعنی با فرار مولکول‌های فزّار الککل و رخ دادن پدیدهٔ تبخیر سطحی، احساس خنکی در آن محل می‌کنیم.
 - ۵- مقدار آب موجود در هوا اغلب به صورت نسبی در مقایسه با حدّ اشباع داده می‌شود. به عبارتی رطوبت نسبی 50% به معنی آن است که مقدار بخار، نصف حدّ اشباع است. حدّ اشباع برای هوای سرد پایین‌تر است. در هر حال، وقتی هوا به سطح شیشهٔ نوشابهٔ سرد می‌رسد، سرد می‌شود و به‌صورت مایع درمی‌آید. به عبارت دیگر، نوشابهٔ سرد هوای مجاور خود را سرد می‌کند، حدّ اشباع هوا را پایین می‌آورد و سبب می‌شود بخشی از بخار آب روی شیشهٔ نوشابه چگالیده شود و به‌صورت قطرات ریزی درآید.
 - ۶- الف) پژوهش‌ها نشان داده است که اصطلاحاً می‌توان «یخ گرم» نیز داشت. آب در فشارهای بسیار زیاد در حرارت به مراتب بیش از صفر درجه یخ می‌بندد. یخ داغ از یخ معمولی و حتی از آب چگال‌تر است و وزن مخصوص آن $1/05$ است و روی آب می‌ایستد.
- تبصره.** یک آزمایش مشهور که البته ربطی به این موضوع ندارد ولی شاید بتوان به نحوی زیرکانه آن را مطرح کرد، آزمایش مشهور آب جوش و یخ است که بیشتر ناظر به این موضوع است که رسانش گرمایی آب فوق‌العاده کم است. در هر حال بیان مجدد آن خالی از لطف نیست: یک لولهٔ آزمایش بردارید و پر از آب کنید، یک تکه یخ توی آب بیندازید و برای آنکه یخ زیر آب بماند یک وزنه روی یخ بگذارید. حال لولهٔ آزمایش را روی چراغ الککل بگیرید، به‌طوری که شعله قسمت بالای لوله را گرم کند. بزودی آب به جوش می‌آید و بخار از آن بلند می‌شود ولی یخ ته لوله آب نمی‌شود. کلید حلّ این معما این است که آب ته لوله به هیچ وجه نمی‌جوشد، بلکه سرد می‌ماند. فقط آب بالا می‌جوشد. در واقع آبی که در نتیجهٔ حرارت انبساط می‌یابد، سبک‌تر می‌شود و به ته لوله نمی‌رود، بلکه در همان بالا می‌ماند. جریان آب گرم و تغییر مکان بخش آب فقط در قسمت بالا صورت می‌گیرد. بخش پایین آب فقط از طریق رسانش گرما می‌تواند گرم شود، اما قابلیت رسانش گرمایی آب فوق‌العاده کم است.

ب) این امر به ناخالصی‌های موجود در آب بستگی دارد که اصطلاحاً به آن عامل هسته‌زا (nucleating agent) می‌گویند. در صورت وجود این ناخالصی‌ها می‌توان آب را تا دمایی پایین‌تر از 0°C سرد کرد. مثلاً نمک نقطه انجماد آب را تا 2°C - پایین می‌آورد و دلیل آن این است که مولکول‌های نمک در آب یونیده می‌شوند و سپس مولکول‌هایی به دور یون‌های نمک جمع می‌شوند و این مانع از به هم پیوستن مولکول‌های آب می‌شود.

۷- آب، گرمای ویژه بالایی دارد و برای سرد شدن انرژی بیشتری به محیط می‌دهد و از همین رو برای خنک کردن موتور از آن استفاده می‌شود. بنابراین گرمای ویژه بالا از همه مهم‌تر است. همچنین آب رسانش گرمایی بیشتری نیز از هوا دارد و بنابراین می‌تواند گرما را سریع‌تر از هوا منتقل کند. البته ارزانی و فراوانی آب نیز از شاخصه‌های مهم دیگر است. خوب است محض اطلاعات عمومی بدانید در سال‌های اخیر کارخانه‌های خودروسازی رو به ساختن خودروهایی آورده‌اند که از مایع‌های خنک‌کننده ویژه‌ای استفاده می‌کنند که علاوه بر کار ضد یخ، کار ضد جوش و ضد زنگ را نیز انجام می‌دهند.

۸- تا آنجایی که ممکن است گرماسنج باید به خوبی عایق بندی شده باشد تا اتلاف گرما از طریق آن به کمترین مقدار ممکن برسد. همچنین بهتر است از دماسنج‌های با دقت بالا برای اندازه‌گیری دما استفاده شود. ضمن اینکه بدیهی است با همزن باید به خوبی آب را به هم زد و پس از اطمینان از رسیدن به دمای تعادل، عدد نمایی دماسنج خوانده شود.

مسئله‌های فصل ششم

۱- با استفاده از رابطه ۱-۶ خواهیم داشت :

$$\theta(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273$$

بنابراین به ترتیب داریم :

الف) $\theta = 0 - 273 = -273^{\circ}\text{C}$

ب) $\theta = 273 - 273 = 0$

پ) $\theta = 373 - 273 = 100^{\circ}\text{C}$

ت) $\theta = 546 - 273 = 273^{\circ}\text{C}$

۲- الف) از رابطه $P = Q/t$ استفاده می‌کنیم که در آن

$$Q = mc\Delta\theta = (1\text{kg})(4200\text{J/kg}^{\circ}\text{C})(3^{\circ}\text{C}) = 126000\text{J}$$

در نتیجه در مدت ۵ دقیقه خواهیم داشت :

$$P = \frac{Q}{t} = \frac{126000\text{J}}{5(60\text{s})} = 420\text{W}$$

ب) چون توان گرمکن ثابت است، گرمایی که آب در مدت ۹ دقیقه می‌گیرد، برابر است با

$$Q = Pt' = (420\text{J/s})(9 \times 60\text{s}) = 226800\text{J}$$

در نتیجه با استفاده از $Q = mc\Delta\theta$ خواهیم داشت :

$$\Delta\theta = \frac{Q}{mc} = \frac{226800\text{J}}{(1\text{kg})(4200\text{J/kg}^{\circ}\text{C})} = 54^{\circ}\text{C}$$

۳- دوباره رابطه‌های $Q = mc\Delta\theta$ و $Q = Pt$ را تلفیق می‌کنیم :

$$Pt = mc\Delta\theta$$

و از آنجا برای c خواهیم داشت :

$$c = \frac{Pt}{m\Delta\theta} = \frac{(50\text{J/s})(11\text{s})}{(0.6\text{kg})(38-18)^{\circ}\text{C}} \approx 458\text{J/kg}^{\circ}\text{C}$$

با توجه به اینکه مقداری از گرمای داده شده به فلز تلف می‌شود، بنابراین مقدار به دست آمده برای c کوچک‌تر از مقدار واقعی

است. با رجوع به جدول ۱-۶ کتاب درمی‌یابیم که این فلز می‌تواند مثلاً استیل زنگ‌نزن باشد.

۴- از رابطه ۱-۶ کتاب استفاده می‌کنیم :

$$m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} (\theta - \theta_1) + m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} (\theta - \theta_1) + m_{\text{قطعه}} c_{\text{قطعه}} (\theta - \theta_1) + m_{\text{ظرف}} c_{\text{ظرف}} (\theta - \theta_1) = 0$$

توجه کنید که در این رابطه، با توجه به اینکه دمای اولیه ظرف، قطعه و آب اولیه یکسان و برابر 3°C است، داریم:

$$\theta_{\text{ظرف}} = \theta_{\text{قطعه}} = \theta_{\text{آب}} = 3^{\circ}\text{C}$$

و در این رابطه $m'_{\text{آب}}$ ، در واقع جرم آبی است که بعداً افزوده می‌شود ($m'_{\text{آب}} = 100\text{g}$) و دمای اولیه آب افزوده شده ($\theta_{\text{آب}} = 7^{\circ}\text{C}$) است. هدف محاسبه گرمای ویژه قطعه است. با توجه به اینکه دمای تعادل $\theta = 52^{\circ}\text{C}$ است، خواهیم داشت:

$$\begin{aligned} & (0/2\text{kg})(390\text{J/kg}\cdot^{\circ}\text{C})(52-30)^{\circ}\text{C} + (80 \times 10^{-3}\text{kg}) \\ & \times c_{\text{قطعه}}(52-30)^{\circ}\text{C} + (50 \times 10^{-3}\text{kg})(4200\text{J/kg}\cdot^{\circ}\text{C})(52-30)^{\circ}\text{C} \\ & + (0/1\text{kg})(4200\text{J/kg}\cdot^{\circ}\text{C})(52-70)^{\circ}\text{C} = 0 \end{aligned}$$

از اینجا باید گرمای ویژه قطعه را به دست آوریم. از آنجا به مقدار زیر می‌رسیم:

$$c_{\text{قطعه}} = 1650\text{J/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$$

۵- الف) همان طور که شکل نشان می‌دهد، تغییر حالت (فاز) از جامد به مایع در زمان 300s شروع می‌شود و بنابراین 300 ثانیه طول می‌کشد تا جامد به نقطه ذوب خود برسد.

ب) از نمودار درمی‌یابیم دمای جسم قبل از تغییر حالت از 2°C به 8°C می‌رسد. بنابراین از تلفیق رابطه‌های $Q = mc\Delta\theta$ و $Q = Pt$ که در آنها P توان گرمکن، t زمان رسیدن به نقطه ذوب و m و c به ترتیب جرم و گرمای ویژه جسم جامد است، خواهیم داشت:

$$Pt = mc\Delta\theta$$

$$c = \frac{Pt}{m\Delta\theta} = \frac{(100\text{J/s})(300\text{s})}{(0/5\text{kg})(80-20)^{\circ}\text{C}} = 1000\text{J/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$$

و در نتیجه

و گرمای ذوب را با استفاده از رابطه $L_F = Q/m$ به دست می‌آوریم. همچنان می‌توان به جای Q از رابطه $Q = Pt$ قرار دهیم. ولی توجه کنید که در اینجا t زمان تغییر حالت (فاز) جامد است که از روی منحنی درمی‌یابیم برابر $850\text{s} - 300\text{s} = 550\text{s}$ است. بنابراین L_F چنین خواهد شد:

$$L_F = \frac{(1000\text{J/s})(550\text{s})}{(0/5\text{kg})} = 110000\text{J/kg}$$

۶- گرمای لازم برای تبدیل آب 10°C به بخار آب 100°C از رابطه $Q = mL_V$ به دست می‌آید و از طرفی $Q = Pt$ است.

در نتیجه خواهیم داشت:

$$t = \frac{mL_V}{P} = \frac{(0/1\text{kg})(2256 \times 10^3\text{J/kg})}{(200\text{J/s})} = 1128\text{s}$$

که در آن از L_V آب در دمای 100°C (جدول ۳-۶ کتاب) استفاده کردیم.

گرمکن در این مدت گرمایی معادل mL_V را تأمین کرده بود. بنابراین اگر چنین گرمایی صرف گرم کردن یخ شده باشد داریم:

$$(0/1\text{kg})(2256 \times 10^3\text{J/kg}) = (m_{\text{یخ}})(334 \times 10^3\text{J/kg})$$

که در آن از L_F یخ (جدول ۶-۲ کتاب) استفاده کردیم که البته مقدار دقیق آن $10^2 \text{ J/kg} \times 333/7$ است. در نتیجه برای جرم یخ داریم:

$$m_{\text{یخ}} \approx 0.675 \text{ kg}$$

۷- از تلفیق روابط $Q = mL_F$ و $Q = Pt$ ، خواهیم داشت:

$$Pt = mL_F$$

$$L_F = \frac{Pt}{m} = \frac{(5^\circ \text{ J/s})(132^\circ \text{ s})}{2 \text{ kg}} = 33^\circ \times 10^2 \text{ J/kg}$$

و در نتیجه

۸- همان طور که در متن درس و در مبحث گرماسنجی اشاره شد حاصل ضرب جرم در گرمای ویژه یک جسم را ظرفیت گرمایی آن جسم می نامند و آن را با C نمایش می دهند. گرمایی که گرمکن می دهد صرف گرم شدن آب و ظرف گرماسنج می شود و بنابراین داریم:

$$\begin{aligned} Q = Pt &= Q_{\text{آب}} + Q_{\text{ظرف}} \\ &= m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} (\Delta\theta) + m_{\text{ظرف}} C_{\text{ظرف}} (\Delta\theta) \\ &= (m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} + C_{\text{ظرف}}) \Delta\theta \end{aligned}$$

الف) با استفاده از رابطه بالا داریم:

$$(5^\circ \text{ J/s})(6^\circ \text{ s}) = [(10^\circ \text{ J/kg})(42^\circ \text{ J/kg} \cdot ^\circ \text{C}) + C_{\text{ظرف}}] (5^\circ \text{C})$$

از اینجا ظرف $C_{\text{ظرف}}$ را محاسبه می کنیم و به $18^\circ \text{ J/}^\circ \text{C} = C_{\text{ظرف}}$ می رسم.

ب) دوباره از رابطه بالا استفاده می کنیم. ولی اکنون گرمای ویژه ظرف مشخص و زمان نامشخص است:

$$\begin{aligned} t &= \frac{(m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} + C_{\text{ظرف}}) \Delta\theta}{P} \\ &= \frac{[(10^\circ \text{ J/kg})(42^\circ \text{ J/kg} \cdot ^\circ \text{C}) + 18^\circ \text{ J/}^\circ \text{C}](75^\circ \text{C})}{5^\circ \text{ J/s}} = 900 \text{ s} \end{aligned}$$

پ) اکنون جمله mL_V به دو جمله قبل افزوده می شود و داریم:

$$Q = Pt = m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} \Delta\theta + m_{\text{ظرف}} c_{\text{ظرف}} \Delta\theta + m_{\text{آب}} L_V$$

توجه کنید دمای اولیه $\theta = 2^\circ \text{C}$ است و آب نخست به 10°C و سپس آب 10°C به بخار 100°C تبدیل می شود. بنابراین

$$Pt = (m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} + m_{\text{ظرف}} c_{\text{ظرف}}) \Delta\theta + m'_{\text{آب}} L_V$$

داریم:

و در نتیجه

$$\begin{aligned} t &= \frac{(m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} + C_{\text{ظرف}}) \Delta\theta + m'_{\text{آب}} L_V}{P} \\ &= \frac{[(10^\circ \text{ J/kg})(42^\circ \text{ J/kg} \cdot ^\circ \text{C}) + 18^\circ \text{ J/}^\circ \text{C}](8^\circ \text{C}) + (10^\circ \text{ J/kg})(2256 \times 10^3)}{5^\circ \text{ J/s}} \\ &\approx 1862 \text{ s} \approx 31 \text{ min} \end{aligned}$$

۹- مقدار گرمایی که از ماده فولادی به نفت منتقل شده است برابر است با

$$|Q_{\text{فولاد}}| = m_{\text{فولاد}} c_{\text{فولاد}} (\theta_1 - \theta)$$

توجه کنید دمای اولیه فولاد 20°C از 80°C کمتر است، زیرا دمای فولاد در بدو ورود به ظرف 2°C کم شده است و بنابراین

$$\theta_{\text{فولاد}} = 80^\circ\text{C} - 2^\circ\text{C} = 78^\circ\text{C}$$

مقدار گرمایی که روغن دریافت کرده برابر است با:

$$Q_{\text{روغن}} = c_{\text{روغن}} m_{\text{روغن}} (\theta - \theta_1)$$

از برابر قرار دادن این دو رابطه خواهیم داشت:

$$\begin{aligned} m_{\text{روغن}} &= \left(\frac{c_{\text{روغن}}}{c_{\text{فولاد}}} \right) \left(\frac{\theta - \theta_1}{\theta_{\text{فولاد}} - \theta} \right) m_{\text{فولاد}} \\ &= \left(\frac{1/9}{0/63} \right) \left(\frac{40 - 10}{78 - 40} \right) (2) \\ &\approx 0/24 \text{ kg} \approx 244 \text{ g} \end{aligned}$$

۱- بالارفتگی x مرکز میله را با استفاده از مثلث فیثاغورس شکل دوم محاسبه می‌کنیم. وتر این مثلث، در واقع نصف طول

انبساط یافته بر اثر افزایش دما است و داریم:

$$x^2 + \left(\frac{L_1}{4}\right)^2 = \left(\frac{L}{4}\right)^2 \Rightarrow x = \sqrt{\left(\frac{L}{4}\right)^2 - \left(\frac{L_1}{4}\right)^2} = \frac{1}{4} \sqrt{L^2 - L_1^2}$$

که در آن با استفاده از رابطه ۹-۶، $L = L_1 (1 + \alpha \Delta T)$ است.

بنابراین

$$\begin{aligned} x &= \frac{1}{4} \sqrt{L_1^2 (1 + \alpha \Delta T)^2 - L_1^2} \\ &= \frac{1}{4} L_1 \sqrt{(1 + \alpha \Delta T)^2 - 1} \\ &= \frac{1}{4} L_1 \sqrt{\alpha^2 \Delta T^2 + 2\alpha \Delta T} \end{aligned}$$

با جای گذاری $L_1 = 3/77 \text{ m}$ ، $\alpha = 25 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ و $\Delta T = 32^\circ\text{C}$ خواهیم داشت:

$$\begin{aligned} x &= \frac{1}{4} (3/77) \sqrt{(25 \times 10^{-6})^2 (32)^2 + 2(25 \times 10^{-6})(32)} \\ &= 7/54 \times 10^{-2} \text{ m} = 7/54 \text{ cm} \end{aligned}$$

۱۱- با استفاده از رابطه ۹-۶ داریم:

$$\Delta L = \alpha L_1 \Delta T$$

و ضریب انبساط طولی فولاد با استفاده از جدول ۹-۵؛ $11 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ است. بنابراین داریم:

$$\Delta L = (11 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}) (25 \text{ m}) (4^\circ\text{C}) = 1/1 \times 10^{-2} \text{ m} = 1/1 \text{ cm}$$

۱۲- دوباره از رابطه ۹-۶ استفاده می‌کنیم. این بار ΔT مجهول است:

$$\Delta T = \frac{\Delta L}{\alpha L_1} = \frac{1/1 \times 10^{-3} \text{ m}}{(19 \times 10^{-6} / ^\circ \text{C})(0.5 \text{ m})} \approx 116^\circ \text{C}$$

۱۳- با استفاده از رابطه ۹-۶ داریم:

$$L_{\text{فولاد}} = L_{\text{فولاد}} (1 + \alpha_{\text{فولاد}} \Delta T)$$

$$L_{\text{فولاد}} = L_{\text{مس}} (1 + \alpha_{\text{مس}} \Delta T)$$

با توجه به اینکه $L_{\text{فولاد}} = L_{\text{مس}}$ ؛ آن را با L_0 نمایش می‌دهیم و دو رابطه بالا را از هم کم می‌کنیم:

$$L_{\text{مس}} - L_{\text{فولاد}} = L_0 [1 + \alpha_{\text{مس}} \Delta T - 1 - \alpha_{\text{فولاد}} \Delta T] = L_0 [\alpha_{\text{مس}} - \alpha_{\text{فولاد}}] \Delta T$$

با قراردادن ضریب‌های انبساط طولی از جدول ۵-۶ یعنی

$$\alpha_{\text{فولاد}} = 11 \times 10^{-6} / ^\circ \text{C}, \alpha_{\text{مس}} = 17 \times 10^{-6} / ^\circ \text{C}$$

و $\Delta T = 4^\circ \text{C}$ خواهیم داشت:

$$L_{\text{مس}} - L_{\text{فولاد}} = (1.0 \text{ m}) [6 \times 10^{-6} / ^\circ \text{C}] (4^\circ \text{C}) = 24 \times 10^{-3} \text{ m} = 24 \text{ mm}$$

۱۴- چون سطح مقطع ظرف ثابت است، حجم نفت داخل مخزن متناسب با ارتفاع نفت داخل آن است. بنابراین به جای

استفاده از حجم در فرمول انبساط حجمی (معادله ۱-۶) از ارتفاع نفت در مخزن استفاده می‌کنیم و در نتیجه داریم:

$$\Delta h = \beta h \Delta T = h = h_0 (1 + \beta \Delta T)$$

با توجه به اینکه $\Delta h = h - h_0$ است، می‌توانیم در رابطه بالا $h_0 = h + \Delta h$ قرار دهیم و از آنجا به رابطه زیر برسیم:

$$h = (h - \Delta h) [1 + \beta (T - T_0)]$$

$$T = \frac{\Delta h}{\beta (h - \Delta h)} + T_0$$

و در نتیجه

$$= \frac{5 \text{ cm}}{(10^{-4} / ^\circ \text{C})(100 \text{ cm} - 5 \text{ cm})} - 10^\circ \text{C} = 42/63^\circ \text{C}$$

۱۵- با استفاده از رابطه ۹-۶ داریم:

$$\Delta L = \alpha L_1 \Delta T$$

که با گذاشتن $\Delta L = 1/35 \times 10^{-3} \text{ m}$ ، $L_1 = 6 \text{ m}$ و $\Delta T = 25^\circ \text{C}$ ، ضریب انبساط طولی شیشه به دست می‌آید:

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_1 \Delta T} = \frac{1/35 \times 10^{-3} \text{ m}}{(6 \text{ m})(25 \text{ K})} = 9 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

که منطبق بر جدول ۵-۶ کتاب است.

۱۶- باید از رابطه ۱۲-۶ استفاده کنیم:

$$Q = k \frac{A(T_H - T_C)}{L} t$$

رسانندگی گرمایی مواد مختلف در جدول ۷-۶ داده شده است. با توجه به اینکه رسانندگی گرمایی شیشه بین 1 W/m.K تا

0.6 است، برای راحتی کار از مقدار 1 W/m.K استفاده می‌کنیم.

الف) $(2m)(1m) = 2m^2$ ، $L = 4 \times 10^{-3}m$ ، $\Delta T = 7 - 2 = 5K$ ، و $t = 1s$ است. بنابراین :

$$Q = (1J/s.m.K) \frac{(2m^2)(5K)}{4 \times 10^{-3}m} (1s) = 2500J$$

ب) اکنون $t = (24)(60)(60) = 86400s$ است. بنابراین داریم :

$$Q = (1J/s.m.K) \frac{(2m^2)(5K)}{4 \times 10^{-3}m} (86400s) = 2/16 \times 10^8 J$$

پ) هر سال تقریباً $3/16 \times 10^8 s$ است و اکنون $\Delta T = 3K$ است. بنابراین داریم :

$$Q = (1J/s.m.K) \frac{(2m^2)(3K)}{4 \times 10^{-3}m} (3/16 \times 10^8 s) = 4/73 \times 10^8 J$$

۱۷- چون فشار ثابت است از قانون شارل - گیلوساک استفاده می کنیم :

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

$$\frac{(100cm^3)}{(20+273)K} = \frac{(200cm^3)}{T_2}$$

و در نتیجه

از اینجا $T = 586K$ یا $313^\circ C$ می شود.

۱۸- الف) چون دما ثابت است باید از قانون بویل - ماریوت استفاده کنیم :

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

اگر مساحت قاعده استوانه تلمبه را A فرض بگیریم، خواهیم داشت :

$$(1atm)(24cm \times A) = P_2(30cm \times A)$$

و از اینجا $P_2 = 8/3 atm$ می شود.

ب) اکنون داریم

$$(1atm)(24cm \times A) = (3atm)(AL)$$

و از اینجا $L = 8cm$ می شود.

۱۹- در این مسئله حجم ثابت است و بنابراین معادله قانون گازهای کامل چنین می شود :

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

اما توجه کنید که همان طور که در متن درس اشاره شده است، فشار اندازه گیری شده، همان فشار پیمانه ای (سنجه ای) است و

بنابراین در این رابطه باید فشارهای پیمانه ای را قرار دهیم :

$$\frac{(2+1)atm}{(17+273)K} = \frac{(2/3+1)atm}{T_2}$$

از اینجا $T_2 = 319K = 46^\circ C$ می شود.

۲۰- الف) با فرض اینکه تمام انرژی لازم برای تبخیر آب، از بدن شخص گرفته شده، داریم:

$$Q_{\text{آب}} = Q_{\text{شخص}}$$

$$m_{\text{آب}} L_V = m_{\text{شخص}} c_{\text{شخص}} \Delta T$$

از اینجا جرم آب را به دست می‌آوریم:

$$m_{\text{آب}} = \frac{m_{\text{شخص}} c_{\text{شخص}} \Delta T}{L_V}$$

$$= \frac{(5 \cdot \text{kg})(348 \cdot \text{J} / \text{kg} \cdot \text{K})(1 \text{K})}{2 / 42 \times 10^6 \text{J} / \text{kg}} = 0.072 \text{kg}$$

ب) حجم آب را با استفاده از تعریف چگالی $\rho = m/V$ به دست می‌آوریم. با توجه به اینکه چگالی آب در حدود 1000kg/m^3 است، حجم این جرم از آب چنین می‌شود:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{0.072 \text{kg}}{1000 \text{kg} / \text{m}^3} = 7.2 \times 10^{-5} \text{m}^3 = 72 \text{cc}$$

۲۱- الف) از شکل (الف) درمی‌یابیم که سرب در $t = 3^\circ \text{s}$ شروع به تغییر حالت (فاز) می‌کند. بنابراین در 3°s هنوز مایع است. ب) دوباره از شکل (الف) درمی‌یابیم که در دمای 6°K (یا معادل آن 327°C) دچار تغییر حالت (فاز) می‌شود. در واقع 6°K همان نقطه ذوب سرب نیز محسوب می‌شود که منطبق بر جدول ۶-۲ کتاب است.

پ) در این فرایند تغییر فاز داریم و بنابراین همان‌طور که در متن درس اشاره شده، تغییر حالت بدون تغییر دما صورت می‌گیرد. ت) سرب سریع‌تر تغییر حالت می‌دهد و به جامد تبدیل می‌شود. ضمن اینکه آلیاژ سرب - قلع را می‌توان ماده‌ای آمورف پنداشت. یعنی هنگام ذوب یا سفت شدن تغییر حالت واضحی نمی‌دهد، بلکه صرفاً شل یا سفت می‌شود و ساختار مولکولی آن تغییری نمی‌کند.

ث) پاسخ در قسمت ت) نهفته است. سرب سریعتر سفت می‌شود و تغییر حالت آن محسوس است و کاملاً جامد می‌گردد.

۲۲- در حین یخ زدن جرم m_1 آب، مقدار گرمایی برابر با $Q_1 = m_1 L_F$ آزاد می‌شود. در حین تبخیر جرم باقی مانده $m_2 = (m - m_1)$ مقدار گرمایی جذب شده برابر $Q_2 = m_2 L_V$ است. چون $Q_1 = Q_2$ است، داریم:

$$m_1 L_F = (m - m_1) L_V$$

و در نتیجه برای m_1 داریم:

$$m_1 = \frac{m L_V}{L_F + L_V} = \frac{(1 \text{kg})(249 \cdot \text{kJ} / \text{kg})}{(249 \cdot \text{kJ} / \text{kg}) + (333 \cdot \text{kJ} / \text{kg})}$$

$$\approx 0.428 \text{kg} = 428 \text{g}$$

توجه کنید که در این مسئله مقدار L_V آب در دمای 0°C از جدول ۶-۳ قرار داده شده است و L_F گرمای ذوب یخ است که مقدار آن در جدول ۶-۲ داده شده است.

تهیه و تنظیم: محمدرضا خوش‌بین خوش‌نظر