



بخش آموزش رسانه تفریحی سنتر

کلیک کنید  www.tafrihicenter.ir/edu

نمونه سوال  گام به گام 

امتحان نهایی  جزو 

دانلود آزمون های آزمایشی 

متوسطه اول : هفتم ... هشتم ... نهم

متوسطه دوم : دهم ... یازدهم ... دوازدهم

فصل چهارم

پاسخ به تمرین‌ها، پرسش‌ها، و فعالیت‌های فصل ۴

تمرین ۱-۴

$$\begin{aligned}\Delta T &= T_2 - T_1 \\ &= (\theta_2 + 273/15) - (\theta_1 + 237/15) \\ &= \theta_2 - \theta_1 = \Delta\theta\end{aligned}$$

تمرین ۲-۴

همان‌طور که در پانوشت کتاب درسی آمده است، در حل مسئله‌ها از رابطهٔ تقریبی $T = \theta + 273$ استفاده می‌کنیم.
(الف)

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

همچنین برای تبدیل به فارنهایت داریم

$$F = \frac{9}{5}\theta + 32 = \frac{9}{5}(37) + 32 = 98.6^\circ\text{F} \approx 99^\circ\text{F}$$

ب) برحسب کلوین داریم

$$T_1 = 70 + 273 = 343\text{ K}$$

$$T_2 = -89 + 273 = 184\text{ K}$$

و برحسب فارنهایت داریم

$$F_1 = \frac{9}{5}\theta_1 + 32 = \frac{9}{5}(70) + 32 = 399^\circ\text{F}$$

$$F_2 = \frac{9}{5}\theta_2 + 32 = \frac{9}{5}(-89) + 32 = 112.8^\circ\text{F} \approx 113^\circ\text{F}$$

فعالیت ۱-۴

این دما حدود -196°C است و نمونه در ظرف‌های مخصوص و نیز برای مدت طولانی جهت پیوند نگهداری می‌شود. این دما توسط نیتروزن (یا هیدروزن) مایع حاصل می‌شود و نمونه‌ها در ظرف‌های نیتروزن مایع نگهداری می‌شود و تا مدت ۱۵ سال می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند.

فعالیت ۲-۴

هنگامی که دما بالا رود، به دلیل انبساط الکل یا روغن موجود در مخزن وسطی و لوله سمت چپ دماسنجه، جیوه در لوله سمت راست به بالا رانده می‌شود و شاخص فولادی لوله سمت راست را با خود بالا می‌برد. اگر سطح جیوه در لوله سمت راست پایین بیاید، شاخص فولادی که به آن فنرهای ریزی متصل است، همراه آن حرکت نمی‌کند و در همان محل قبلی خود در مقابل دمای بیشینه می‌ایستد.

وقتی 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. اگر سطح جیوه در لوله سمت چپ پایین بیاید شاخص فولادی سمت چپ که به آن نیز فررهای ریزی متصل است همراه با آن حرکت نمی‌کند و در همان محل قبلی خود در مقابل دمای کمینه می‌ایستد. با استفاده از آهنربا، این دو شاخص در پایان مدت زمان موردنظر به سطح جیوه برگردانده می‌شود. در طراحی جدید این نوع دماسنجهای، به علت سمی بودن جیوه از مایع ترکیبی جدیدی به عنوان جایگزین استفاده می‌شود. این دماسنجه SiX نیز مشهور است و فیلم‌های زیادی از آن در اینترنت پیدا می‌شود در مورد انواع دماسنجهای دیگر پیشنهاد می‌شود و ب سایت زیر را نیز ملاحظه فرمایید:

www.omnilexia.com/?q=thermometer

پرسش ۱-۴

- (الف) در این صورت انبساط و انقباض گرمایی هر دو به یک گونه خواهد بود و بنابراین تغییرات دمایی تأثیری بر جا گرفتن درست کلید در قفل نخواهد گذاشت.
- (ب) به دلیل انبساط‌های گرمایی متفاوت درب و چارچوب، تغییرات ابعاد آنها یکسان نخواهد بود.

فعالیت ۳-۴

- (۱) در هر دو شکل فاصله یا «شکاف‌های انبساطی» برای انبساط تعییه شده است تا دو بخش خط آهن در روزهای گرم فضایی برای انبساط داشته باشند. عکس جاسبی در اینترنت از خطوط ریل قدیمی وجود دارد که به دلیل عدم تعییه چنین فاصله‌هایی خطوط کج و معوج شدند.
- (۲) خطوط ریل جدید دارای چنین فضاهايی برای انبساط نیستند. آنها به طور پیوسته به هم جوش خورده‌اند. این ریل‌ها زمانی درست می‌شوند که دما حدوداً برابر با میانگین کمینه و بیشینه دمای سالیانه در منطقه موردنظر باشد. با این تدبیر دامنه تغییرات دما که موجب تغییر طول ریل می‌شود کاهش می‌یابد و بنابراین حتی در صورتی که ریل دارای شکاف‌های انبساطی باشد نیز انبساط آن تا نصف کاهش می‌یابد. (توجه کنید که اگر در انتهای میله‌ای را محکم بیندیم و مانع انبساط و انقباض آن شویم و سپس دما را تغییر دهیم، گیره‌های دو انتهای میله مانع انبساط و تراکم میله می‌شود و اگر تغییر دما بسیار زیاد باشد، همان‌طور که در قسمت (۱) گفتیم ممکن است میله تغییر شکل دهد تا اینکه حتی ممکن است بشکند. محاسبات مربوط به این پدیده را می‌توان در مبحث تنش گرمایی در کتاب‌های پیشرفته جستجو کرد.)

فعالیت ۴-۴

با استفاده از معادله (۲-۴) می‌توان Δa و Δb را به دست آورد:

$$\Delta a = \alpha a_1 \Delta T \Rightarrow a_r = a_1 + \alpha a_1 \Delta T \Rightarrow a_r = a_1(1 + \alpha \Delta T)$$

$$\Delta b = \alpha b_1 \Delta T \Rightarrow b_r = b_1 + \alpha b_1 \Delta T \Rightarrow b_r = b_1(1 + \alpha \Delta T)$$

مساحت ورقه پس از افزایش دما برابر $a_r b_r$ است و بنابراین داریم

$$\begin{aligned} A_r &= a_r b_r = a_1(1 + \alpha \Delta T) b_1(1 + \alpha \Delta T) = a_1 b_1 (1 + \alpha \Delta T)^2 \\ &= a_1 b_1 (1 + 2\alpha \Delta T + (\alpha \Delta T)^2) \end{aligned}$$

با توجه به اینکه α معمولاً از مرتبه 10^{-5} بر درجه سلسیوس است (جدول ۱-۴ را ببینید) و ΔT معمولاً بیشتر از مرتبه 10^3 درجه سلسیوس نیست، می‌توان نتیجه گرفت که جمله $(\alpha \Delta T)^2$ در مقایسه با جمله $2\alpha \Delta T$ بسیار کوچک است و می‌شود از آن چشم‌پوشی کرد. از طرفی $a_1 b_1$ همان مساحت اولیه ورقه است که آن را با A نشان می‌دهیم. بنابراین می‌توان نوشت:

تمرین ۴-۳

باید از رابطه $\Delta A = 2\alpha A \Delta T$ استفاده کنیم. این را می‌توان به‌طور شهودی دریافت. رابطه ΔA را برای سطح دایره‌ای می‌توان به‌طور مستقیم نیز اثبات کرد:

$$\begin{aligned}\Delta A &= \Delta(\pi R^2) = 2\pi R \Delta R = 2\pi R(\alpha R \Delta T) \\ &= 2\alpha(\pi R^2) \Delta T = 2\alpha A \Delta T\end{aligned}$$

در هر حال با جای‌گذاری خواهیم داشت:

$$\begin{aligned}\Delta T &= 2(19 \times 10^{-6} {}^\circ\text{C})(\pi)((2/54 \times 10^{-3} \text{ m})^2/4)(200 {}^\circ\text{C}) \\ &= 3/8 \times 10^{-6} \text{ m}^2\end{aligned}$$

فعالیت ۵-۴

این فعالیت در واقع در همان امتداد مثال ۴-۴ است. یک ارلن شیشه‌ای را (همراه با یک لوله شیشه‌ای بلند) پر از گلیسیرین می‌کنیم، به‌طوری که هیچ هوایی در ارلن نباشد و گلیسیرین تا لب لوله بالا آمده باشد. سپس ظرف شیشه‌ای بزرگی را پر از آب کرده و آن را داغ می‌کنیم. بعد ارلن را وارد ظرف داغ می‌کنیم. گلیسیرین از لوله جاری می‌شود. حجم گلیسیرین جاری شده را با پیمانه‌ای مدرج اندازه می‌گیریم. باید حجم اولیه گلیسیرین را نیز با روش مناسبی اندازه گیری کرده باشیم (دقت کنید که این حجم متفاوت از حجم نوشته شده روی ارلن است) همچنین لازم است دمای اولیه و نهایی گلیسیرین را نیز داشته باشیم. آنگاه همان‌طور که در مثال ۴-۴ دیدیم حجم سرریز شده از رابطه زیر به‌دست می‌آید

$$\Delta V = (\beta_{\text{ظرف}} - \beta_{\text{گلیسیرین}}) V_1 \Delta T$$

با معلوم بودن ضریب انبساط حجمی ظرف، ضریب انبساط حجمی گلیسیرین پیدا می‌شود.

تمرین ۴-۴

(الف) با استفاده از رابطه (۴-۴) داریم

$$\Delta V = \beta V_1 \Delta T$$

که آن را می‌توان به صورت $V_2 = V_1(1 + \beta \Delta T)$ نوشت. بدیهی است با توجه به اینکه جرم تغییر نمی‌کند با افزایش دما، چگالی جسم باید کاهش یابد. ولی شکل آن چگونه است؟ از رابطه $\rho = m/V$ (تعریف چگالی) داریم:

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

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

ب) صورت و مخرج رابطه بالا را در $(1 - \beta \Delta T)$ ضرب می‌کنیم:

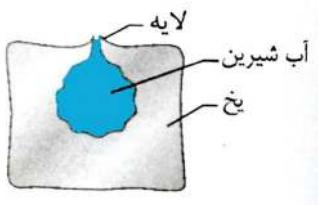
$$\begin{aligned}\rho_2 &= \frac{\rho_1(1 - \beta \Delta T)}{(1 + \beta \Delta T)(1 - \beta \Delta T)} \\ &= \frac{\rho_1(1 - \beta \Delta T)}{1 - \beta^2(\Delta T)^2}\end{aligned}$$

با توجه به اینکه β مقداری کوچک از مرتبه 10^{-3} است (جدول ۲-۴ را ببینید) از جمله $(\Delta T)^{\beta}$ چشمپوشی می‌کیم و بنابراین داریم

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

فعالیت ۶-۴

وقتی آب یخ می‌بندد، آب منبسط می‌گردد. اگر یخ در ظرفی روباز تشکیل شود، چون از اطراف نمی‌تواند انبساط یابد، انبساط آن رو به بالا رخ می‌دهد. ابتدا بخش‌هایی از آب که کنار دیواره ظرف هستند یخ می‌زنند و به این ترتیب لایه یخ نازکی روی سطح آب تشکیل می‌شود. با ادامه فرایند یخ زدن، آبی که در میانه ظرف باقی مانده یخ می‌زنند و منبسط می‌گردد. در این انبساط، آب میانه ظرف، لایه یخ بالای سرش را به طرف بالا می‌راند و این فرایند تا پایان یخ زدن کل آب ادامه می‌یابد و سرانجام سطح بالایی یخ، چیزی شبیه به یک مخروط کوتاه می‌شود. این فرایند گاهی می‌تواند یک تیزی تشکیل دهد. در این موقع آب در حال انبساط زیرین، لایه یخ را می‌شکند و بقیه آب از محل شکستگی به بالا هدایت می‌شود. هرچه سرعت یخ بستن به حد کافی کم باشد، آب بیشتری می‌تواند از طریق



این پوسته به بالا فشرده و منجمد شود. وقتی همه آب یخ زد، این پوسته تشکیل تیزی رو به بالای صلبی را می‌دهد. به این تیزی روبه بالا «یخ میخی»^۱ می‌گویند. درست کردن یخ میخی، موضوع پرجاذبه‌ای است که می‌توانند دانش‌آموزان را به شوق بیاورد. به فیلم مربوطه در سایت گروه مراجعه شود.

پرسش ۲-۴

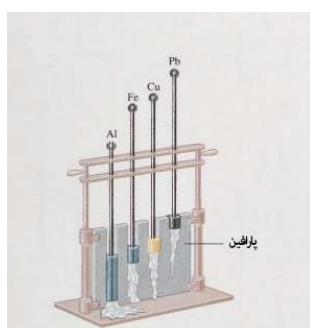
الف) در واقع دماسنجهای دمای تعادل خود با محیط را اندازه می‌گیرند. پس، دماسنجهای دمای خود را که در تعادل با محیط است اندازه می‌گیرند.

ب) دمای بدن دانش‌آموز بیشتر از دمای بقیه اجسام است. دمای شیشه پنجره که در تماس با هوای سرد بیرون است از دمای بقیه اجسام کمتر است. دمای اجسامی مثل میز، صندلی و تخته، با دمای هوای اتاق تقریباً یکسان است، گرچه ممکن است در تماس دست خود با آنها، دماهای متفاوتی را احساس کنیم که این به خوب یا بد بودن رسانش گرمایی آن اجسام مربوط می‌شود.

پ) با کاهش دمای جسم گرم، میانگین انرژی جنبشی ذرات آن کاهش می‌یابد و با افزایش دمای جسم سرد، میانگین انرژی جنبشی ذرات آن افزایش می‌یابد. درصورتی که دو جسم از یک جنس باشند، هنگام برقراری تعادل گرمایی و هم‌دما شدن دو جسم، میانگین انرژی جنبشی ذرات آنها با هم مساوی است.

پرسش ۳-۴

این به گرمایهای ویژه گوی‌ها بستگی دارد. اگر به جدول ۳-۴ رجوع کنید بر حسب $J/kg.K$ گرمایهای ویژه سرب، برنج، مس، فولاد و آلومینیوم به ترتیب 128 ، 380 ، 386 ، 450 و 90 است. بنابراین میزان ذوب شدن پارافین از کمترین تا بیشترین به همان ترتیب است. آزمایش اصلی که توسط جان تیندال انجام شد به وسیله وزنهای استوانه‌ای انجام شده که شکل آن به صورت زیر است.



۱. Ice - spike

تمرین ۵-۴

در این فرایند آب، گرما از دست می‌دهد و جسم گرما می‌گیرد و به دمای تعادل ($\theta = 21/0^{\circ}\text{C}$) می‌رسد. به ازای

$$m_1 = 0/500 \text{ kg}, \theta_1 = 25/0^{\circ}\text{C}, c_1 = 4187 \text{ J/kg} \cdot \text{C}$$

$$m_2 = 0/250 \text{ kg}, \theta_2 = 3/0^{\circ}\text{C}$$

از رابطه (۴-۱۰) خواهیم داشت.

$$\begin{aligned} m_1 c_1 (\theta - \theta_1) + m_2 c_2 (\theta - \theta_2) &= 0 \\ \Rightarrow c_2 &= \frac{m_1 c_1 (\theta - \theta_1)}{m_2 (\theta - \theta_2)} = \frac{(0/500 \text{ kg})(4187 \text{ J/kg} \cdot \text{C})(25/0^{\circ}\text{C} - 21/0^{\circ}\text{C})}{(0/250 \text{ kg})(21/0^{\circ}\text{C} - 3/0^{\circ}\text{C})} \\ &= 1861 \text{ J/kg} \cdot \text{C} \approx 1/9 \times 10^3 \text{ J/kg} \cdot \text{C} \end{aligned}$$

فعالیت ۷-۴

اگر به ویراست هفتم کتاب حرارت و ترمودینامیک زیمانسکی رجوع کنید (منبع شماره ۱۲ منابع انگلیسی کتاب درسی) در می‌یابید که فشار برای دمای نقطه سه گانه آب طبیعی $611/73 \text{ Pa}$ است که می‌بینید چه تفاوت فاحشی با فشار مربوط به دمای 0°C دارد. (توجه کنید این فشار نقطه سه گانه را با فشار P_{tr} در «خوب است بدانید دماسنجد گازی حجم ثابت» اشتباہ نگیرید. P_{tr} فشار گاز دماسنجد گازی در نقطه سه گانه است).

فعالیت ۸-۴

هوا شامل بخار آب است. وقتی دمای هوا در ابتدا بالای نقطه انجامد آب باشد و هوا خنک شود همان پدیده میان رخ می‌دهد و بخار به شکل باران، مه و شبنم تبدیل می‌شود. با سردر شدن هوا، این آب به شکل تگرگ یخ می‌زند. اما اگر در ابتدا دما زیر نقطه انجامد آب باشد، بخار آب مستقیماً از حالت گازی به حالت جامد می‌رود (عکس پدیده تسعید). در این صورت بلورهای یخ معلق در هوا ضمن حفظ تقارن شش وجهی خود، به آرامی رشد می‌کند و تشکیل دانه‌های برف را می‌دهند. (فرایند مشابهی موجب تشکیل برفک در یخچال می‌شود).

فعالیت ۹-۴

وجود ناخالصی موجب فروافتادن نقطه انجامد می‌شود. برای توضیح این پدیده به قطعه یخی فکر کنید که روی آن لایه نازکی از آب وجود دارد. در سطح جدایی لایه آب و یخ، دائمًا تعدادی مولکول از آب به یخ می‌پیونددند و تعدادی مولکول نیز از یخ به آب می‌پیوندد. وجود تعادل در این دو فرایند سبب می‌شود مقدار آب و مقدار یخ ثابت بماند. حال اگر مقداری نمک طعام روی این قطعه یخ بپاشیم. مولکول‌های نمک در لایه آب به یون‌های مثبت و منفی تجزیه می‌شوند. مولکول‌های آب دور هر دو یون جمع می‌شوند و اصطلاحاً یون‌ها را هیدراته می‌کنند. در نتیجه هیدراته شدن یون‌ها، تعداد مولکول‌هایی که از یخ به آب می‌پیوندد کاهش می‌یابد، در حالی که تعداد مولکول‌هایی که از یخ به آب می‌پیوندد تغییری نکرده است. به عبارتی، تعادل قبلی برهم می‌خورد و از یخ کاسته و به لایه آب افزوده می‌شود، و آنقدر آب موجود در لایه آب زیاد می‌شود تا دوباره تعادل برقرار گردد. در پیوستن مولکول‌های آب از یخ به آب، انرژی مولکول‌ها افزایش می‌یابد، زیرا مولکول‌های آب در حالت مایع نسبت به حالتی که در ساختار بلورین و صلب یخ قرار دارند، دارای انرژی بیشتری هستند. این افزایش انرژی مولکول‌ها، با گرفتن گرما از لایه آب تأمین می‌شود و در نتیجه دمای لایه آب پایین می‌آید و به دنبال آن دمای یخ که در تماس با این لایه آب است نیز کاهش می‌یابد. اصطلاحاً گفته می‌شود نقطه انجامد آب به دلیل وجود نمک «فرو می‌افتد». با پاشیدن نمک بیشتر روی یخ، مقدار بیشتری از یخ ذوب می‌شود و دمای آب و یخ بیشتر کاهش می‌یابد. البته برای این کاهش حدّی وجود دارد، مثلاً برای نمک طعام (NaCl) این دمای حدّی، 21°C و برای کلسیم

کلراید (CaCl₂) این دمای حدّی، ۵۵°C- است. به همین دلیل برای جاده‌های یخ بسته از کلسیم کلراید استفاده می‌کنند.

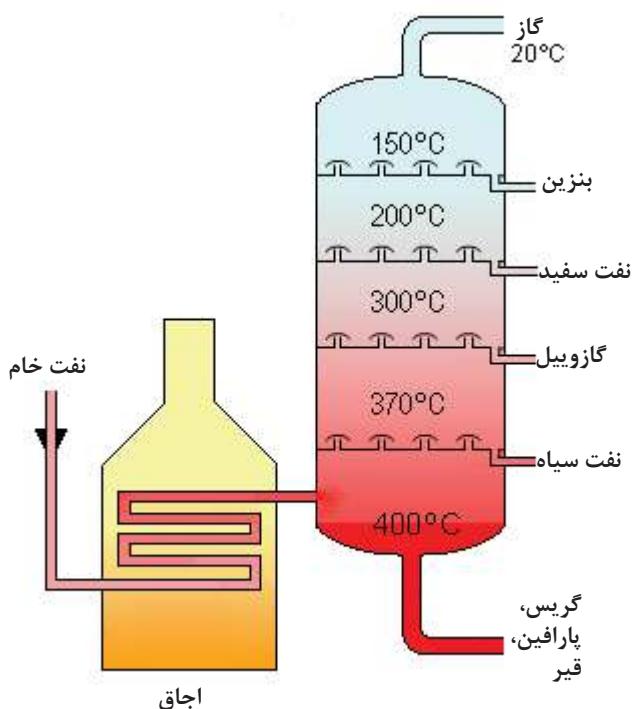
فعالیت ۱۰-۴

الف) تبخیر سطحی با افزایش دما زیاد می‌شود. در واقع مولکول‌ها برای آنکه بتوانند از سطح آزاد مایع فرار کنند باید انرژی جنبشی لازم برای فرار از چنگ کشش سطحی را داشته باشند و بدیهی است که این با افزایش دما بیشتر می‌شود. وانگهی کشش سطحی آب نیز با افزایش دما کم می‌شود که این هم به تبخیر ساده‌تر آب می‌انجامد. در جدول ۴-۵ نیز این بستگی به دما به‌وضوح نمایان است.

افزایش مساحت نیز موجب افزایش تبخیر سطحی می‌شود. چراکه هرچه مساحت سطح آزاد بیشتر شود بدیهی است که مولکول‌های بیشتری برای فرار از سطح آزاد مایع وجود خواهد داشت.

ب) دانش‌آموzan مثلاً می‌توانند سطح آزاد مایع را در معرض نسیم یا باد طبیعی و یا مصنوعی (مثلاً باد پنکه) قرار دهند و بدین ترتیب دریابند که آهنگ تبخیر سطحی افزایش می‌یابد. همچنین اگر بتوان شرایطی را فراهم کرد که فشار هوا بر سطح آزاد مایع کاهش یابد و ظرف در محیطی با خلاء نسبی قرار گیرد، آهنگ تبخیر سطحی افزایش می‌یابد.

پ) آبی که از دیواره‌های متخلخل کوزه به بیرون تراوش کرده بخار می‌شود و ضمن تبخیر از کوزه و آب داخل آن، گرمای لازم (گرمای نهان تبخیر) گرفته می‌شود. حال اگر نسیمی بوزد این عمل تشدید می‌شود. زیرا همان‌طور که گفتیم در حین تبخیر، مولکول‌های آب از آن جدا می‌شوند تا به هوای مجاور خود بروند. مقداری انرژی صرف می‌شود تا این مولکول‌ها از جاذبه مولکول‌های سطح آب رها شوند. بسیاری از این مولکول‌ها، مثلاً با برخورد با مولکول‌های هوا، به سطح آب باز می‌گردند. اما اگر هوا با یک نسیم حرکت کند این مولکول‌های آزاد شده از محل دور می‌شوند و نمی‌توانند انرژی را برگردانند که به این در قسمت (ب) نیز پرداختیم. اگر این از دست دادن انرژی سریع باشد، دمای آب پیش از آنکه انرژی قابل توجهی از محیط به آب انتقال یابد، فرو می‌افتد. بنابراین اگر یک کوزه متخلخل در سایه قرار داده شود، وزش یک نسیم می‌تواند آب داخل کوزه را با جدا کردن مولکول‌های بخار شده از آبی که از دیواره کوزه به بیرون تراویده است خنک کند. عرق کردن بدن و یا خیساندن لباس و پوشیدن آن و سپس قرار گرفتن در زیر سایه و محلی بادگیر نیز به‌طور مشابه می‌تواند باعث خنک شدن شخص شود.



فعالیت ۱۱-۴

اجزای تشکیل‌دهنده یک محلول چند جزئی مانند نفت خام نقطه‌های جوش متفاوتی دارند، به‌طوری که سنگین‌ترین آنها بالاترین نقطه جوش و سبک‌ترین آنها کمترین نقطه جوش را دارند. وقتی نفت خام را چنان حرارت دهیم که ناگهان همه اجزای آن تبدیل به بخار گردد و سپس آنها را سرد کنیم تا به مایع تبدیل شوند، اجزای مختلف نفت خام با نقاط جوش مختلف را می‌توان در یک ستون تقطیر از هم جدا کرد. سبک‌ترین محصولات با پایین‌ترین نقطه جوش از بالای ستون و سنگین‌ترین محصولات با بالاترین نقطه جوش از پایین ستون خارج می‌شود.

پرسش ۴-۴

این مورد را می‌توان با نیروهای بین مولکولی که در فصل ۳ معرفی شدند توضیح داد. همان‌طور که دیدیم نیروهای چسبندگی مولکولی به فاصله بین مولکول‌ها بستگی دارند. با افزایش دما و کاهش چگالی، فاصله بین مولکولی در حالت مایع افزایش و نیروی چسبندگی بین مولکول‌ها کاهش می‌یابد و در نتیجه تفاوت بین انرژی‌های درونی جسم در حالت‌های مایع و بخار کاهش می‌یابد. به بیانی بسیار ساده شده، با افزایش دما، مولکول‌ها ساده‌تر می‌توانند از سطح آزاد مایع بگریزند و به گرمای کمتری برای این امر نیاز است و بالعکس (همچنین نگاه کنید به پاسخ فعالیت ۱۰-۴ الف).

پرسش ۵-۴

(الف) این مثالی از افزایش نقطه جوش آب با افزایش فشار وارد بر سطح آزاد مایع است. در درون دیگ زودپز، با افزایش بخار آب بر روی سطح مایع درون دیگ، نقطه جوش افزایش می‌یابد و در نتیجه مواد درون زودپز در دمای بالاتر و سریع‌تر پخته می‌شود.

(ب) در ارتفاعات، فشار هوا پایین‌تر است و بنابراین نقطه جوش پایین می‌آید. مثلاً در قله دماوند نقطه جوش آب حدود 80°C و در قله اورست نقطه جوش آب در حدود 72°C است. البته این دما برای پختن تخم مرغ که به دمای 70°C نیاز دارد کافی است ولی زمان پختن را طولانی می‌کند. معمولاً گفته می‌شود کوهنوردان از نمک استفاده می‌کنند، ولی خوب است بدانید که افزودن 200 g نمک (حدود یک لیوان) در 1 لیتر آب حداقل 2°C بر نقطه جوش آب می‌افزاید.

تمرین ۶-۴

گرمای لازم برای تبدیل یخ 20°C - به بخار 100°C از مجموع گرمای در چهار 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 .

يعنى

$$\begin{aligned} Q &= mc_{\text{یخ}} \Delta\theta_1 + mL_F + mc_{\text{آب}} \Delta\theta_2 + mL_V \\ &= (1/0\text{ kg})(2200\text{ J/kg}\cdot^{\circ}\text{C})(20^{\circ}\text{C}) + (1/0\text{ kg})(333/7 \times 10^3\text{ J/kg}) \\ &\quad + (1/0\text{ kg})(4187\text{ J/kg}\cdot^{\circ}\text{C})(100^{\circ}\text{C}) + (1/0\text{ kg})(2256 \times 10^3\text{ J/kg}) \\ &= 3052800\text{ J} \approx 3/1 \times 10^6\text{ J} \end{aligned}$$

(توجه کنید گرچه جدول ۳-۴ گرمای ویژه یخ را برای 10°C - داده است، ولی در این مسئله از همان داده استفاده کردیم).

فعالیت ۱۲-۴

به بیان ساده‌ای می‌توان گفت که با برخورد مولکول‌های بخار آب با سطح برگ که در صحنه‌گاهان دمای پایین‌تری از دمای بخار آب دارند، بخار آب مایع می‌شود.

اما پاسخ تفصیلی آن نیاز به معرفی برخی مفاهیم دارد. مقدار بخار آب موجود در هوا اغلب به صورت رطوبت نسبی در مقایسه با حد اشباع داده می‌شود. برای مثال، رطوبت نسبی 50% به معنی آن است که مقدار بخار، نصف حد اشباع است. مثلاً در یک دوش آب گرم در محیطی بسته، رطوبت نسبی ممکن است به 100% برسد و پس از آن وقتی بخار آب اضافی

به هوا داده شود، مقداری از این بخار به قطرات آب تبدیل می‌شود. باید توجه کرد که حدّ اشباع برای هوای سردتر، پایین‌تر است (یعنی هرچه دما کمتر باشد، هوای بخار کمتری را می‌تواند در حالت اشباع خود جای دهد) و بنابراین می‌عاف بخار آب بیشتر رخ می‌دهد. به همین دلیل است که آینه سرد حمام باعث چگالش بخار آب به صورت مایع بر روی آن می‌شود. در پدیدهٔ شبنم صحّه‌گاهی هم پدیدهٔ مشابهی رخ می‌دهد.

فعالیت ۴-۳

معمولًاً این از آن پرسش‌هایی است که ذهن دانش‌آموزان را به شدت درگیر می‌کنند. چرا که در جایی عنوان می‌شود وقتی به مخلوط آب و یخ گرمای دهیم دما‌سنج درون ظرف آب و یخ تغییر دمایی نشان نمی‌دهد و از طرفی گفته می‌شود که با گرم شدن، انرژی درونی ماده افزایش می‌یابد. ولی باید توجه کرد این‌ها دو امکان متفاوت برای افزایش انرژی درونی ماده هستند و با هم تناقصی ندارند و افزایش درونی حتماً با افزایش دما همراه نیست. البته در اینجا بحث‌هایی وجود دارد که به راستی انرژی درونی چیست. بسیاری از کتاب‌ها در کنار انرژی درونی به انرژی گرمایی می‌پردازند و بیان می‌دارند انرژی درونی مجموع انرژی پتانسیل و انرژی گرمایی است. ولی در هر حال باید توجه داشت که بررسی این موضوع بدون توجه به منحنی‌های انرژی پتانسیل ممکن نیست، که البته پیشتر به معرفی آنها در این کتاب راهنمای معلم پرداختیم. تشریح کامل‌تر این منحنی‌ها را می‌توانید در مقالهٔ زیر بیابید: «مولکول‌ها، اتم‌ها و ساختار داخلی اتم‌ها، مجلهٔ رشد آموزش فیزیک، شمارهٔ ۷۲ صفحهٔ ۹۰». در اینجا یادآوری می‌کنیم که این منحنی‌ها می‌توانند نیروهای بین اتمی و بین مولکولی را توضیح دهند که با نیروهای بین مولکولی در فصل ۳ آشنا شدیم. در نتیجهٔ افزایش دما، نقطهٔ تعادل در این منحنی‌ها به سمت راست انتقال می‌یابد و به دلیل نامتقارن بودن شکل منحنی انرژی پتانسیل، فاصلهٔ بین مولکول‌ها افزایش می‌یابد. همچنین می‌توان گفت با افزایش دما از عمق چاه پتانسیل که نمود قدرت پیوند مولکولی است کاسته می‌شود. با افزایش دما سرانجام به وضعیتی می‌رسیم که جدا شدن یک مولکول H_2O از سطح یخ ساده می‌شود. پس گرمای، نه صرف افزایش دمای یخ، بلکه صرف کم شدن قدرت پیوند بین مولکول می‌شود. برای دانش‌آموزان می‌توان به همین توضیح ساده اکتفا کرد که پیش از آنکه گرمای صرف جنبش مولکول را بکند. (بنابراین اینکه گرمای را لزومناً معادل انرژی درونی بگیریم نادرست است). پس از این وضعیت است که گرمای به جنبش مولکول‌ها می‌انجامد. در مورد این مباحث به مقاله‌های زیر نیز رجوع کنید: «دو خطای رایج در آموزش فیزیک، رشد و آموزش فیزیک، شمارهٔ ۱۰۹ صفحهٔ ۱۵» و «گرمای نهان ذوب و گرمای ویژه آب، رشد آموزش فیزیک شمارهٔ ۱۰۲، صفحهٔ ۲۶».

پرسش ۶-۴

یک سیخ کوچک فلزی، انرژی گرمایی را از طریق رسانش به درون سیب زمینی انتقال می‌دهد. چون فلز انرژی گرمایی را بهتر به درون سیب زمینی انتقال می‌دهد، بنابراین زمان لازم برای پخت سیب زمینی کاهش می‌یابد. البته نشان داده شده است که سیخ‌های کوچک بیش از ۱ تا ۲ دقیقه زمان متعارف برای بختن سیب زمینی را کاهش نمی‌هند، ولی اگر سر آزاد سیخ سنگین و یا پهنه باشد، این عمل به مراتب تأثیرگذارتر است.

تمرین ۴-۷

از رابطهٔ (۴-۱۵) استفاده می‌کنیم.

$$H = kA \frac{(T_H - T_L)}{L}$$

$$= (0.6 \text{ W/m}^{\circ}\text{C})(820 \text{ m}^2) \frac{(25^{\circ}\text{C} - 12^{\circ}\text{C})}{2.0 \text{ m}} \\ = 3198 \text{ W} \approx 3 \times 10^3 \text{ W} = 3 \text{ kW}$$

فعالیت ۱۴-۴

موهای سفید خرس قطبی فقط قسمت‌های مرئی و فروسرخ نور خورشید را مانند یک فیبر نوری، پس از بازتاب‌های مکرر درون مو به پوست منتقل می‌کند. در آنجا نور جذب پوست می‌شود و بدین ترتیب دمای بدن خرس افزایش می‌یابد. اما گرمای حاصل در پوست نسبتاً حفظ می‌شود، زیرا موها توخالی هستند و مانند لوله‌های توخالی رساننده ضعیف گرما هستند.

پرسش ۷-۴

یادآوری می‌کنیم در پدیده همرفت قسمت‌های گرم شاره رو به بالا و قسمت‌های سرد شاره رو به پایین حرکت می‌کنند و این فرایند ناشی از کاهش چگالی شاره بر اثر افزایش دما است. بنابراین به راحتی می‌توان دریافت که هرچه ضریب انبساط حجمی شاره‌ها بزرگ‌تر باشد، افزایش حجم بر اثر افزایش دمای یکسان، بیشتر و کاهش چگالی، کمتر می‌شود و بنابراین جریان‌های همرفتی به سهولت بیشتری ظاهر می‌شوند. خوب است بدانید چسبندگی (وُشکسانی) شاره نیز نقش مهمی در پدیده همرفت بازی می‌کند و هرچه چسبندگی بیشتر باشد، از بروز جریان‌های همرفتی بیشتر جلوگیری می‌کند.

فعالیت ۱۵-۴

اگر مشاهده کنید درمی‌یابید که وقتی بطری گرم را روی بطری سرد قرار می‌دهید تقریباً تغییر محسوسی در رنگ‌ها مشاهده نخواهیم کرد و تنها در ناحیه تماس دو بطری بهدلیل تماس آب‌ها با یکدیگر تغییر رنگ ناچیزی مشاهده خواهیم کرد. ولی در موردی که بطری سرد را روی بطری گرم قرار می‌دهیم، بهدلیل رخدادن پدیده همرفت، آب گرم رو به بالا و آب سرد رو به پایین حرکت می‌کنند و بدین ترتیب آب‌های دو بطری در هم می‌آمیزد و پس از مدتی شاهد تغییر رنگ هر دو به رنگ سبز خواهیم بود. وضعیت اول را می‌توان مشابه حالت وارونگی هوا در نظر گرفت، در حالی که وضعیت دوم مثل وضعیت طبیعی هواست که در روزهای معمولی رخ می‌دهد و از این جهت این فعالیت برای درک پدیده وارونگی هوا که در «خوب است بدانید» صفحه بعد مطرح شده آموزنده است. (به فیلم مربوطه در سایت گروه مراجعه شود)

فعالیت ۱۶-۴

حرکت پره‌ها در رادیومتر کروکس را اغلب به اشتباه به فشار نور مربوط می‌کنند. اما تأثیر فشار نور بسیار ناچیزتر از آن است که بتواند باعث چرخش پره‌ها شود. وانگهی اگر چنین چرخشی ناشی از فشار نور وجود می‌داشت باید در خلاف جهت چرخش مشاهده شده رخ می‌داد. ماجرای اصلی این است که نور (تابش فروسرخ و نورمرئی) در طرف سیاه پره بیشتر از طرف سفید آن جذب می‌شود و بدین ترتیب طرف سیاه قدری گرم‌تر از طرف سفید می‌گردد و مولکول‌های هوای اطراف خود را نیز بیشتر گرم می‌کند. به علت اختلاف دما، مولکول‌های هوا در طرف سیاه پره‌ها سریع‌تر از مولکول‌های هوا در طرف سفید آن حرکت می‌کنند و بنابراین نیروی وارد بر طرف سیاه پره‌ها وارد بر طرف سفید است و بنابراین پره‌ها در جهتی می‌چرخند که نیروی وارد از مولکول‌های هوا به طرف سیاه پره‌ها، تعیین می‌کنند.

ولی اگر داخل حباب شیشه‌ای کاملاً تخلیه شده باشد، ممکن است در شرایط ایده‌آل پره‌ها در خلاف این جهت بچرخند،

چرا که در آن صورت همان طور که بالا کنیم نوری که به پره‌ها می‌تابد طرف سفید را بیشتر هل می‌دهد. (به فیلم مربوطه در سایت گروه مراجعه شود)

فعالیت ۱۷-۴

اگر اصطکاک پیستون سرنگ با سیلندر آن کم باشد، پیستون هیچ اختلاف فشاری را برای هوای درون سرنگ با آب بیرون سرنگ تحمل نمی‌کند و همواره طوری جایه‌جا می‌شود و در وضعیتی قرار می‌گیرد که فشار هوای درون سرنگ با فشار آب بیرون آن برابر باشد. چون در این آزمایش فشار آب بیرون سرنگ تغییری نمی‌کند، برای یک پیستون کم اصطکاک، فشار هوای درون سرنگ نیز ثابت می‌ماند. بنابراین در اینجا انبساط هوای درون سرنگ در فشار ثابت است و در فشار ثابت با افزایش دما حجم زیاد می‌شود تا V/T ثابت بماند. بنابراین دما و حجم افزایش و فشار و مقدار هوا ثابت می‌ماند. در عمل، اگر از سرنگی با پیستون کم اصطکاک استفاده کنید و این آزمایش را انجام دهید، ثابت ماندن فشار، افزایش همزمان حجم و دما، و ثابت ماندن نسبت V/T در مدت انجام آزمایش را مشاهده می‌کنید.

فعالیت ۱۸-۴

وقتی هواییما بالا می‌رود و فشار هوا کم می‌شود، گاز یا هوای درون نوشیدنی که فشار بیشتری از هوای بیرون ظرف دارد. به در منعطف ظرف فشار وارد می‌آورد. توجه کنید که با فرض همدما بودن این فرایند، الگوی تغییر فشار - حجم از رابطه « $PV = \text{ثابت}$ » پیروی می‌کندو با افزایش حجم ظرف نوشیدنی، از فشار داخل آن کاسته می‌شود. اگر در این ظرف بر اثر انبساط هوای محبوس باز نشود و شما پیش از نوشیدن، ظرف نوشیدنی را تکان دهید، با باز کردن ناگهانی در ظرف، محتویات آن به سمت بیرون پرت خواهد شد.

پاسخ به پرسش‌ها و مسئله‌های پایان فصل ۴

در فصل اول آموختیم که در مورد عدددهایی مانند 60°C یا 60°F و از این قبیل که به صفر ختم می‌شوند تعداد رقم‌های بامعنا مشخص نیست. ما در پاسخ به پرسش‌ها و مسئله‌هایی با معنا از این دست در فصل‌های ۴ و ۵، حداقل تعداد رقم‌های با معنای ممکن را فرض کرده‌ایم. مثلًا در $K = 80^{\circ}\text{C} + 273$ سه رقم بامعا و در $V = 20\text{L}$ دو رقم فرض کرده‌ایم.

-۱

(الف)

$$K = -273/15^{\circ}\text{C} \approx -273^{\circ}\text{C}$$

$$F = \left[(-273/15) \left(\frac{9}{5} \right) + 32/0 \right]^{\circ}\text{F} = -459/67^{\circ}\text{F} \approx -460^{\circ}\text{F}$$

(ب)

$$273K = -0/15^{\circ}\text{C} \approx 0^{\circ}\text{C}$$

$$F = \left[(0/15) \left(\frac{9}{5} \right) + 32/0 \right]^{\circ}\text{F} = +31/73^{\circ}\text{F} = 32^{\circ}\text{F}$$

(پ)

$$373K = 99/85^{\circ}\text{C} \approx 100^{\circ}\text{C}$$

$$F = \left[(99/85) \left(\frac{9}{5} \right) + 32/0 \right]^{\circ}\text{F} = 211/73^{\circ}\text{F} = +212^{\circ}\text{F}$$

(ت)

$$546K = 272/85^{\circ}C \approx 273^{\circ}C$$

$$F = [(272/85) (\frac{9}{5}) + 32/0] ^{\circ}F = 523/73^{\circ}F = 523^{\circ}F$$

۲- اگر دماسنجد، جیوه‌ای یا الکلی باشد باید دما را از رو به رو بخوانیم تا اختلاف منظر (خطای مشاهده‌ای) نداشته باشیم. اندازه‌گیری را چند بار تکرار می‌کنیم. باید از دماسنجد مناسبی برای گسترهٔ موردنظر استفاده کنیم.

۳- مقیاس، (فاصلهٔ میان خط‌های نشانه)، ضخامت و قطر دایره، هر سه با یک عامل بزرگ می‌شوند.

۴- الف) ۲ و ۳ یکسان، سپس ۱، سپس ۴

ب) ۳، ۲، سپس ۱ و ۴ یکسان

پ) همه یکسان.

-۵

$$\Delta L = L_1 \alpha \Delta T = (25/0\text{ m})(14 \times 10^{-5}\text{ K}^{-1})(40/0\text{ K})$$

$$= 1/4 \times 10^{-7}\text{ m} = 1/4\text{ cm}$$

-۶

$$\Delta V = \beta_{\text{گلسرین}} V_1 \Delta \theta$$

$$\Delta V = \beta_{\text{آلومینیم}} V_1 \Delta \theta$$

$$V = \Delta V - \beta_{\text{آلومینیم}} V_1 \Delta \theta - \beta_{\text{گلسرین}} V_1 \Delta \theta$$

$$= (49 \times 10^{-5}\text{ K}^{-1} - 3(22 \times 10^{-5}\text{ K}^{-1}))(400\text{ cm}^3)(30/0^{\circ}\text{C} - 20/0^{\circ}\text{C})$$

$$= 1/684\text{ cm}^3 \approx 1/7\text{ cm}^3$$

۷- چون سطح مقطع ظرف ثابت است، حجم بنزین داخل محزن مناسب با ارتفاع بنزین داخل آن است. بنابراین در فرمول انبساط حجمی به جای ΔV و V_1 به ترتیب $A\Delta h$ و Ah_1 قرار می‌دهیم و چنین به دست می‌آوریم:

$$\Delta h = \beta h_1 \Delta \theta \Rightarrow h_2 = h_1(1 + \beta \Delta \theta)$$

با توجه به $h_2 = h_1 + \Delta h$ داریم:

$$\begin{aligned} \theta_2 &= \frac{\Delta h}{\beta(h - \Delta h)} + \theta_1 \\ &= \frac{50\text{ cm}}{(1/00 \times 10^{-5}\text{ }^{\circ}\text{C})(1000\text{ cm} - 50\text{ cm})} - 10^{\circ}\text{C} \\ &= 42/63^{\circ}\text{C} \approx 43^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

۸- الف) چون با کاهش دما، نوار به سمت پایین خم شده است ضریب انبساط طولی نوار پایین باید بیشتر از نوار بالایی

بوده باشد. اگر به جدول ۱-۴ مراجعه کنید در می‌یابید که ضریب انبساط طولی برنج بیشتر از فولاد است و بنابراین نوار

بالایی از جنس فولاد است.

ب) در این صورت نوار در جهت مخالف خم می‌شود به‌طوری که برنج کمان بیرونی شود.

الف)

$$\Delta L = \alpha L_1 \Delta T = (10 \times 10^{-5}\text{ K}^{-1})(2/30 \times 10^5\text{ m})(60\text{ K})$$

$$= 1/38 \times 10^2 \text{ m} \approx 1/4 \times 10^2 \text{ m}$$

ب) معمولاً در بخش‌هایی از این خط لوله، مانند شکل، لوله‌ها را به صورت U‌شکل در می‌آورند. همچنین (به خصوص در مورد ریل‌های راه‌آهن) این لوله‌ها (ریل‌ها) را زمانی می‌سازند که L حدوداً برابر با نصف میانگین مقدارهای بیشینه و کمینه سالیانه‌اش است.

-۱۰

$$\begin{aligned}\Delta V &= \beta V_1 \Delta \theta \\ \Rightarrow V_2 &= V_1 (1 + \beta \Delta \theta) \\ &= (30000 \text{ L}) (1 + (1/00 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}) (-20/0 \text{ K})) \\ &= 29400 \text{ L} \approx 2/94 \times 10^4 \text{ L}\end{aligned}$$

۱۱- با توجه به اینکه $Pt = Q$ است داریم:

$$\begin{aligned}Pt &= mc\Delta\theta \\ (200 \text{ J/s})(t) &= (0/200 \text{ kg})(4187 \text{ J/kg.}^\circ\text{C})(70 \text{ }^\circ\text{C}) \\ \Rightarrow t &= 293/098 \approx 2/9 \times 10^2 \text{ s}\end{aligned}$$

۱۲- رابطه‌های $Q = Pt$ و $Q = mc\Delta\theta$ را برابر هم قرار می‌دهیم:

$$\begin{aligned}Pt &= mc\Delta\theta \\ \Rightarrow c &= \frac{Pt}{m\Delta\theta} = \frac{(50 \text{ J/s})(110 \text{ s})}{(0/60 \text{ kg})(38 - 18) \text{ }^\circ\text{C}} \\ &= 458 \text{ J/kg.}^\circ\text{C} \approx 4/6 \times 10^3 \text{ J/kg.}^\circ\text{C}\end{aligned}$$

احتمالاً بحثی از گرمایی داده شده توسط گرمکن به هوا و مواد پیرامون فلز داده شده است. بنابراین در رابطه $Q = mc\Delta\theta$ که برای قطعه فلز به کار می‌بریم Q کمتر از Pt است و در نتیجه مقدار واقعی گرمایی ویژه فلز، کمتر از پاسخ به دست آمده در حل است.

۱۳- از شرط تعادل گرمایی در حالت کلی داریم:

$$m_1 c_{\text{ظرف}} (\theta_1 - \theta_0) + m' c_{\text{ظرف}} (\theta_0 - \theta') + m_2 c_{\text{قطعه}} (\theta_0 - \theta_1) + m_3 c_{\text{قطعه}} (\theta_1 - \theta_0) = 0$$

توجه کنید که در این رابطه با توجه به اینکه دمای اولیه ظرف، قطعه و 50 g آب اولیه یکسان و برابر $30 \text{ }^\circ\text{C}$ است، داریم:

$$\theta_1 = \theta_0 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

و در این رابطه m' در واقع جرم آبی است که بعداً افزوده می‌شود ($m' = 100 \text{ g}$) و آب θ' دمای اولیه آب افزوده شده ($\theta' = 70 \text{ }^\circ\text{C}$) است. هدف، محاسبه گرمایی ویژه قطعه است. با توجه به اینکه دمای تعادل $\theta = 52 \text{ }^\circ\text{C}$ است، خواهیم داشت.

$$\begin{aligned}(0/200 \text{ kg})(386 \text{ J/kg.}^\circ\text{C})(52 - 30) \text{ }^\circ\text{C} + \\ (80 \times 10^{-3} \text{ kg}) \times c_{\text{قطعه}} (52 - 30) \text{ }^\circ\text{C} + (50 \times 10^{-3} \text{ kg}) (4187 \text{ J/kg.}^\circ\text{C})(52 - 30) \text{ }^\circ\text{C} \\ + (0/100 \text{ kg}) (4187 \text{ J/kg.}^\circ\text{C})(52 - 70) \text{ }^\circ\text{C} = 0\end{aligned}$$

از اینجا خواهیم داشت

$$c_{\text{قطعه}} = 700/3 \text{ J/kg.}^\circ\text{C} \approx 7/0 \times 10^3 \text{ J/kg.}^\circ\text{C}$$

۱۴- همان‌طور که در متن کتاب اشاره شده است در پدیده‌های تغییر فاز جامد به مایع و مایع به بخار، با آنکه ماده‌ای که تغییر فاز می‌دهد گرما می‌گیرد ولی تغییر دما نمی‌دهد.

۱۲

۱۵- این پدیده به تبخیر سطحی مربوط است. یعنی با فرار مولکول‌های فرار الکل و رخ دادن پدیده تبخیر سطحی الکل مایع از پوست بدن گرمایی شود و در نتیجه احساس خنکی در آن محل می‌کنیم.

۱۶- با توجه به آموخته‌هایم از این فصل درمی‌یابیم که گزینه الف نادرست است.

۱۷- با دادن گرمایی به نقره، ابتدادمای آن از 20°C به نقطه ذوب (96°C) می‌رسد و سپس نقره ذوب می‌شود:

$$\begin{aligned} Q &= Q_1 + Q_2 = m_{\text{نقره}} c_{\text{نقره}} \Delta\theta + mL_F \\ &= (0/200 \text{ kg})(236 \text{ J/kg.}^{\circ}\text{C})(96 - 20)^{\circ}\text{C} + (0/200 \text{ kg})(88/3 \times 10^3 \text{ J/kg}) \\ &= 62028 \text{ J} \approx 6/20 \times 10^4 \text{ J} \end{aligned}$$

۱۸- برای یخ زدن کامل، مجموعاً دو فرایند صورت می‌گیرد. نخست آب 20°C به آب 0°C تبدیل می‌شود و سپس در دمای صفر درجه یخ می‌زند. پس گرمایی کل منقل شده برابر است با

$$\begin{aligned} Q &= mc_{\text{آب}} \Delta\theta + mL_F \\ &= (150 \text{ kg})(4187 \text{ J/kg.K})(20 - 0)^{\circ}\text{C} + (150 \text{ kg})(333/7 \times 10^3 \text{ J/kg}) \\ &= 6/26 \times 10^7 \text{ J} \end{aligned}$$

۱۹- گرمایی که گرمکن می‌دهد صرف گرم کردن آب و ظرف گرماسنج می‌شود و بنابراین داریم

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

الف) با استفاده از این رابطه داریم

$$(50 \text{ J/s})(60 \text{ s}) = [(0/100 \text{ kg})(4187 \text{ J/kg.}^{\circ}\text{C}) + C_{\text{ظرف}}](25 - 20)^{\circ}\text{C}$$

$$\Rightarrow C_{\text{ظرف}} = 181/3 \text{ J/}^{\circ}\text{C} \approx 1/8 \times 10^3 \text{ J/}^{\circ}\text{C}$$

ب) دوباره از رابطه بالا استفاده می‌کنیم. ولی اکنون گرمایی ویژه ظرف مشخص و زمان نامشخص است.

$$\begin{aligned} t &= \frac{(m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} + C_{\text{ظرف}}) \Delta\theta}{P} \\ &= \frac{[(0/100 \text{ kg})(4187 \text{ J/kg.}^{\circ}\text{C}) + 180 \text{ J/}^{\circ}\text{C}](75^{\circ}\text{C})}{50 \text{ J/s}} \\ &= 898/05 \text{ s} \approx 9/0 \times 10^2 \text{ s} \end{aligned}$$

پ) برای اینکه آب 10°C به بخار 100°C تبدیل شود، آب به اندازه $Q = mL_V$ گرمایی گیرد و چون در این رخداد دما تغییر نمی‌کند، گرماسنج گرمایی نمی‌گیرد. پس داریم

$$\begin{aligned} Pt &= mL_V \\ &= (0/20 \text{ kg})(2/256 \times 10^6 \text{ J/kg}) \\ &= 902/4 \text{ s} \approx 9/0 \times 10^2 \text{ s} \end{aligned}$$

۲۰- الف) گرمایی لازم برای تبدیل آب 10°C به بخار آب 100°C از رابطه $Pt = Q = mL_V$ به دست می‌آید و از طرفی است. در نتیجه داریم

$$t = \frac{mL_V}{P} = \frac{(0/100\text{ kg})(2256 \times 10^3 \text{ J/kg})}{200/0 \text{ J/s}} \\ = 1128 \text{ s} \approx 1/13 \times 10^3 \text{ s}$$

ب) گرمکن در این مدت گرمایی معادل mL_V را تأمین کرده است. بنابراین اگر چنین گرمایی صرف گرم کردن بخ شده باشد، داریم

$$(0/100\text{ kg})(2256 \times 10^3 \text{ J/kg}) = (m_{ج}) (333/7 \times 10^3 \text{ J/kg}) \\ \Rightarrow m_{ج} \approx 0/676 \text{ kg}$$

۲۱-الف) همان طور که شکل نشان می‌دهد تغییر فاز از جامد به مایع در زمان $s = 300$ شروع می‌شود و بنابراین 300 طول می‌کشد تا جامد به نقطه ذوب خود برسد.

ب) از نمودار در می‌یابیم دمای جسم پیش از تغییر فاز از دمای 20°C به دمای 80°C می‌رسد. بنابراین از تلفیق رابطه‌های $Pt = Q = mc\Delta\theta$ و $Pt = Q = mc\Delta\theta$ 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

$$Pt = mc\Delta\theta$$

و در نتیجه

$$C = \frac{Pt}{m\Delta\theta} = \frac{(10/0 \text{ J/s})(300 \text{ s})}{(0/0500 \text{ kg})(80 - 20)^\circ\text{C}} \\ = 1/0 \times 10^3 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

پ) گرمای نهان ذوب را با استفاده از رابطه $L_F = Q/m$ بدست می‌آوریم. دوباره به جای Q از رابطه $Pt = Q$ قرار می‌دهیم. ولی توجه کنید که در اینجا t زمان تغییر فاز جامد است که از روی منحنی حدس می‌زنیم $s = 850 - 300 = 550$ می‌شود که البته با توجه به مبحث ارقام معنی دار باید آن را به صورت $s = 10 \times 8/5$ بیان کنیم. یعنی با دو رقم معنی دار و یک رقم حدسی. بنابراین برای L_F داریم

$$L_F = \frac{(10/0 \text{ J/s})(8/5 \times 10^3 \text{ s})}{0/0500 \text{ kg}} = 1/7 \times 10^5 \text{ J/kg}$$

۲۲-در حین بخیر آب، مقداری انرژی گرمایی برابر با $m_F L_F$ آزاد می‌شود. در حین بخیر، جرم باقی‌مانده m_1 ، مقدار گرمای جذب شده برابر $m_F L_F$ است. چون $Q_1 = Q_2 = (m - m_1)$ است، داریم:

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

که در آن L_V گرمای نهان بخیر آب در دمای 0°C است که آن را از جدول ۴-۵ قرار می‌دهیم. در نتیجه برای m_1 داریم

$$m_1 = \frac{m L_V}{L_F + L_V} = \frac{(1/00 \text{ kg})(2490 \text{ kJ/kg})}{(2490 \text{ kJ/kg}) + (334 \text{ J/kg})} \\ = 0/880 \text{ kg} = 880 \text{ g}$$

(توجه کنید که در این مسئله چون فرایندها بدون تغییر دما صورت گرفته‌اند، لذا دلیل مبادله انرژی اختلاف دما نبوده است و بنابراین انرژی مبادله شده را انرژی گرمایی و نه گرما نامیدیم.)

۲۳-با فرض آنکه تمام انرژی لازم برای بخیر آب، از بدن شخص گرفته شده، داریم:

$$Q_{آب} = Q_{شخص}$$

از اینجا جرم آب را به دست می‌آوریم

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

$$\begin{aligned} m_{\text{آب}} &= \frac{m_{\text{شخص}} c_{\text{شخص}} |\Delta\theta|}{L_V} \\ &= \frac{(50/0 \text{ g})(3480 \text{ J/kg.K})(1/00 \text{ K})}{2/42 \times 10^6 \text{ J/kg}} \\ &= 0/0719 \text{ kg} = 719 \text{ g} \end{aligned}$$

ب) حجم آب را با استفاده از تعریف چگالی $P = m/V$ به دست می‌آوریم. با توجه به اینکه چگالی آب از جدول ۱-۸ برابر $1000 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ است، حجم این جرم از آب چنین می‌شود

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{0/072 \text{ kg}}{1/000 \times 10^3 \text{ kg/m}^3} = 719 \times 10^{-6} \text{ m}^3 = 719 \text{ cc}$$

۲۴- احساس اینکه یک جسم چقدر سرد است به آهنگ رسانش گرما از دستان شما به جسم بستگی دارد. فلز رساننده گرمای بهتری از چوب است و در نتیجه گرما از دست شما با آهنگ بیشتری به لوله فلزی شمارش می‌کند و لوله سردتر به نظر می‌رسد. انگشتان به این دلیل می‌توانند به یک سطح فلزی سرد بچسبند که رطوبت روی پوست می‌تواند به صورت دندانه‌های ریزی روی سطح فلز بخورد.

۲۵- کلاً روش‌های اتفاف انرژی همان روش‌های انتقال انرژی، یعنی رسانش، تابش و همرفت است و نیز ممکن است انرژی را از طریق تبخیر عرق از پوست خود، از دست بدهید. هدف از پوشیدن پالتو کاهش اتفاف انرژی از راه‌های بالاست. مثلاً پوشش‌هایی از جنس چرم می‌تواند اتفاف‌های ناشی از همرفت و تبخیر ناشی از وزیدن باد را کاهش دهد. در مورد رسانش گرمایی، پالتو می‌تواند یک لایه هوا در اطراف بخشی از بدن شما ایجاد کند که چون انتقال گرما از طریق هوا نسبتاً کم است، این لایه به عایق‌بندی شما کمک می‌کند. پوشیدن چند لباس در زیر پالتو این عمل را تشدید می‌کند، زیرا در این صورت چند لایه هوا شما را عایق‌بندی می‌کند.

۲۶- باید از رابطه $t = \frac{A(T_H - T_L)}{L} Q$ استفاده کنیم. توجه کنید رسانندگی گرمایی شیشه بین ۱ تا 6°C بر حسب W/m.K است که ما در این مسئله آن را برابر 1 اختیار کرده‌ایم.
 الف) داده‌های مسئله عبارتند از

$$A = (2/0 \text{ m})(1/0 \text{ m}) = 2/0 \text{ m}^2$$

$$t = 1/0 \text{ s}$$

$$L = 4/0 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\Delta T = 7/0 \text{ K} - 2/0 \text{ K} = 5/0 \text{ K}$$

بنابراین

$$Q = (1/0 \text{ J/s.mK}) \frac{(2/0 \text{ m}^2)(5/0 \text{ K})}{4/0 \times 10^{-3} \text{ m}} (1/0 \text{ s}) = 2/5 \times 10^3 \text{ J}$$

ب) حالا $t = 86400 \text{ s} = 86400(60)(24) = 864000 \text{ s}$ است. بنابراین

$$\begin{aligned} Q &= (1/0 \text{ J/s.mK}) \frac{(2/0 \text{ m}^2)(5/0 \text{ K})}{4/0 \times 10^{-3} \text{ m}} (86400 \text{ s}) \\ &= 2/16 \times 10^8 \text{ J} \approx 2/2 \times 10^8 \text{ J} \end{aligned}$$

۲۷- با استفاده از رابطه $Q = \frac{kA(T_H - T_L)}{L} t$ خواهیم داشت:

$$Q = (0.010 \text{ W/m.K})(0.010 \text{ m}^2) \frac{20/0^\circ\text{C}}{0.020 \text{ m}} \times 86400 \text{ J} = 691200 \text{ J} \approx 6.9 \times 10^5 \text{ J}$$

بنابراین جرم یخ ذوب شده چنین می‌شود

$$m = \frac{Q}{L_T} = \frac{691200 \text{ J}}{333700 \text{ J/kg}} = 2.07 \text{ kg} \approx 2.1 \text{ kg}$$

-۲۸- قوری سیاه تابش گرمایی بیشتری می‌کند و زودتر سرد می‌شود.

-۲۹- (الف) چون فشار ثابت است از قانون گازها داریم

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

$$T_2 = \left(\frac{T_1 V_2}{V_1} \right) = \frac{(20 + 273)(200/0 \text{ cm}^3)}{100/0 \text{ cm}^3} = 586 \text{ K}$$

$$= 313^\circ\text{C}$$

(ب)

$$T_1 = \frac{(20 + 273)(50/0 \text{ cm}^3)}{100/0 \text{ cm}^3} = 146/5 \text{ K} = -126/5^\circ\text{C} \approx -127^\circ\text{C}$$

-۳۰- (الف) چون دما ثابت است از قانون گازها به صورت زیر استفاده می‌کنیم:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

اگر مساحت قاعده استوانه تلمبه را A بگیریم خواهیم داشت

$$(1/0 \text{ atm})(24 \text{ cm} \times A) = P_2 (30/0 \text{ cm} \times A)$$

و در نتیجه $P_2 = 0.80 \text{ atm}$ می‌شود.

(ب) اکنون داریم

$$(1/0 \text{ atm})(24 \text{ cm} \times A) = (3/0 \text{ atm})(AL)$$

و از اینجا $L = 8/0 \text{ cm}$ می‌شود و بنابراین باید طول استوانه را به اندازه $24 \text{ cm} - 8/0 \text{ cm} = 16 \text{ cm}$ کاهش دهیم.

-۳۱- در این مسئله حجم ثابت است و بنابراین از قانون گازها داریم

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

توجه کنید که فشار سنج اندازه می‌گیرد فشار پیمانه‌ای (سنجه‌ای) است. ولی در این رابطه باید فشارهای مطلق را قرار دهیم و نه فشار پیمانه‌ای را. بنابراین

$$\frac{(2/00 + 1/00) \text{ atm}}{(17 + 273) \text{ K}} = \frac{(2/30 + 1/00) \text{ atm}}{T_2}$$

و از اینجا $T_2 = 319 \text{ K} = 46^\circ\text{C}$ می‌شود.

-۳۲- از رابطه $PV = \pi RT$ استفاده می‌کنیم

$$V = \frac{\pi R T}{P} = \frac{(1/00 \text{ mol})[8/314 \text{ J/mol.K}](273 \text{ K})}{1/013 \times 10^5 \text{ Pa}}$$

$$= 0/0 \cdot 224 \text{ m}^3 = 22/4 L$$

توجه کنید که در این مسئله، منظور از یک مول گاز، دقیقاً یک مول است و نه 1 mol یا $1/0\text{ mol}$ و ... به همین دلیل مقدار رقم‌های با معنی در یک مول، محدود‌کننده تعداد ارقام بامعنى پاسخ نهایی نیست.
۳۳- از قانون گازهای کامل داریم

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

که در اینجا شاخص ۱ مربوط به ته دریاچه و شاخص ۲ مربوط به سطح آب دریاچه است. با فرض اینکه فشار هوا در حباب همان فشار آب اطراف آن باشد، داریم

$$P_1 = P_{\text{atm}} + \rho gh$$

که در آن ρ چگالی آب و h عمق دریاچه است، بدیهی است که $P_2 = P_{\text{atm}}$. از اینجا داریم

$$\begin{aligned} V_2 &= \frac{T_2}{T_1} \times \frac{P_{\text{atm}} + \rho gh}{P_{\text{atm}}} \times V_1 \\ &= \frac{293\text{ K}}{277\text{ K}} \frac{1/0 \times 1 \times 10^5 \text{ Pa} + (1/0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)(9/80 \text{ m/s}^2)(40/0 \text{ cm})}{1/0 \times 10^5 \text{ Pa}} \times (0/20 \text{ cm}^3) \\ &= 1/0^3 \text{ cm}^3 \approx 1/0 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

۳۴- تعداد مولکول‌های گاز داخل سحابی در واحد حجم بسیار ناچیز است (به این منظور، عدد داده شده را با تعداد مولکول‌های هوا در واحد حجم در مثال ۲۱-۴ کتاب مقایسه کنید). بنابراین گاز داخل سحابی، تقریب بسیار خوبی برای گاز کامل است و در قانون گازهای کامل داریم

$$P = \frac{nRT}{V} = \frac{(N/N_A)RT}{V} = \frac{(N/V)RT}{N_A}$$

که در اینجا $K = 1000\text{ K}$ ، N_A عدد آووگادرو و R ثابت جهانی گازها و N/A تعداد مولکول‌های گاز بر متر مکعب است.

$$\begin{aligned} \frac{N}{V} &= 1000/0 \frac{\text{مولکول}}{\text{cm}^3} = 1000/0 \frac{\text{مولکول}}{(10^{-3}\text{ m})^3} \\ &= 1000/0 \times 10^6 \frac{\text{مولکول}}{\text{m}^3} \\ \Rightarrow P &= \frac{(1000/0 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{مولکول})(8/314 \text{ J/mol.K})(10000\text{ K})}{(6/02 \times 10^{23} \text{ مولکول/mol})} \\ &= 1/38 \times 10^{-1} \text{ Pa} \end{aligned}$$

این نتیجه دوباره نشان می‌دهد که تقریب ما برای کامل در نظر گرفتن گاز داخل سحابی درست بوده است. در واقع، فشار بهترین خلاء آزمایشگاهی حدود 10^{-7} Pa است که حدوداً 1000 بار بزرگ‌تر از فشار گاز درون سحابی است.

* لطفاً پیشنهادها و نظرات خود را به khoshbin @ talif.sch.ir ارسال فرمایید.