گام به گام فیزیک دهم

(دما و گرما)

حل تمرین‌های فصل (۴)

حسین هاشمی

تمرین ۴ـ۱

نشان دهید که تغییر دما در مقیاس‌های سلسیوس و کلوین با هم برابر است ($\Delta T = \Delta\theta$).

$$T = \theta + ۲۷۳$$

$$\Delta T = T_۲ - T_۱$$

$$\Delta T = (\theta_۲ + ۲۷۳) - (\theta_۱ + ۲۷۳) = \Delta\theta$$

تمرین ۴ـ ۲

الف) دمای بدن یک انسان سالم تقریباً $37^{\circ}C$ است. این دما را برحسب کلوین و فارنهایت بنویسید.

$$T = \theta + ۲۷۳ = ۳۷ + ۲۷۳ = ۳۱۰K$$

$$F = \frac{۹}{۵}\theta + ۳۲ = \frac{۹}{۵} \times ۳۷ + ۳۲ = ۹۸/۶^{\circ}F$$

تمرین ۴ـ۲

ب) گرم‌ترین نقطهٔ روی زمین، ناحیه‌ای در کویر لوت است که دمای آن تا حدود $۷۰^{\circ}C$ و سردترین نقطه در قطب جنوب است که دمای آن تا $-۸۹^{\circ}C$ گزارش شده است. این دماها را برحسب کلوین و فارنهایت به‌دست آورید.

$$T = \theta + ۲۷۳ = ۷۰ + ۲۷۳ = ۳۴۳K$$

$$T = \theta + ۲۷۳ = -۸۹ + ۲۷۳ = ۱۸۴K$$

$$F = \frac{۹}{۵}\theta + ۳۲ = \frac{۹}{۵} \times ۷۰ + ۳۲ = ۱۵۸^{\circ}F$$

$$F = \frac{۹}{۵}\theta + ۳۲ = \frac{۹}{۵} \times -۸۹ + ۳۲ = -۱۲۸/۲^{\circ}F$$

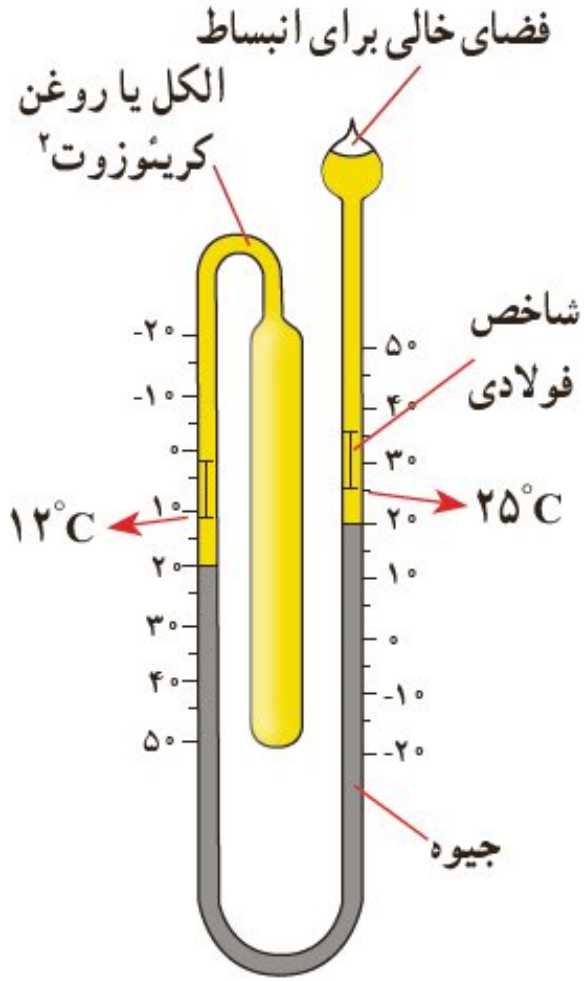
فعالیت ۴ـ۱

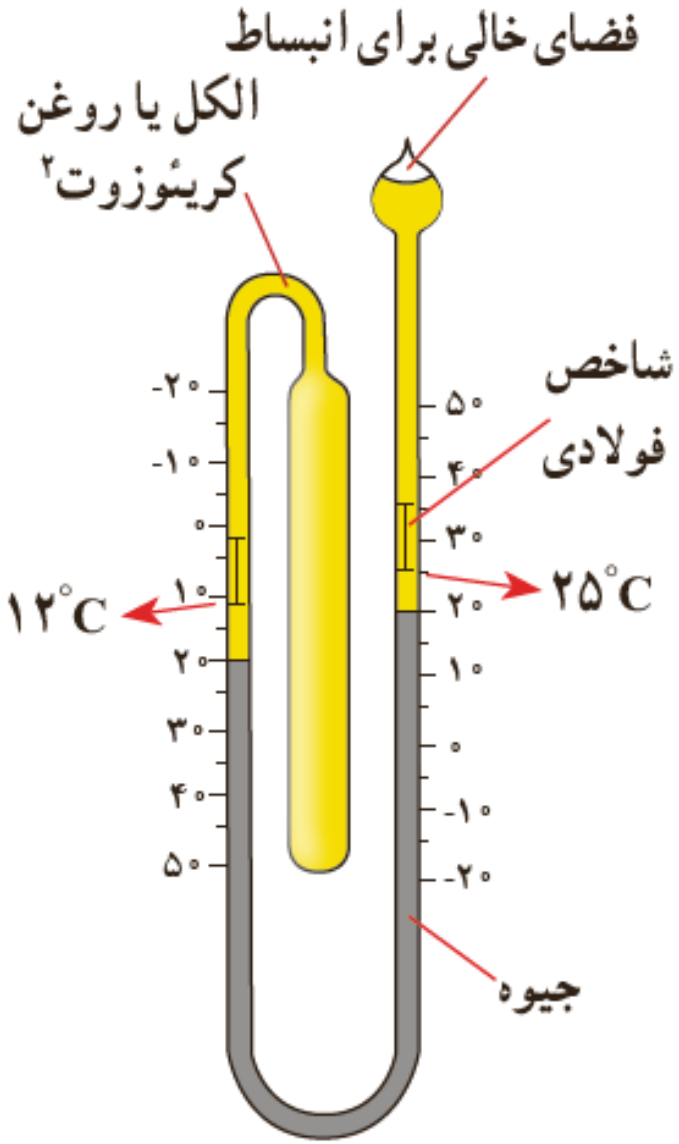
تحقیق‌کنید برای‌نگهداری یاخته‌های بنیادی بندناف خون، به چه دمایی نیازمندیم. این دما چگونه ایجاد و حفظ می‌شود؟

برای این کار به دمای حدود ۲۰۰- درجه سلسیوس نیاز است. این دما توسط نیتروژن مایع بوجود می آید. نقطه جوش نیتروژن مایع حدود ۲۰۰- است. کل مجموعه نیتروژن مایع و یاخته های بندناف در مخزن های خلا نگهداری می شوند تا تبادل گرمای آن با محیط اطراف بسیار ناچیز باشد.

فعالیت ۴ـ۲

نوع ویژه‌ای از دماسنج‌های مایعی که بیشینه و کمینهٔ دما را در یک مدت زمان معیّن نشان می‌دهد، دماسنج بیشینه ـ کمینه نام دارد. از این دماسنج‌ها معمولاً در مراکز پرورش گل و گیاه، باغداری، هواشناسی و ... استفاده می‌شود. در مورد چگونگی کار این دماسنج‌ها تحقیق کنید.





هنگامی که دما بالا می رود جیوه به علت انبساط الکل در لوله سمت راست بالا رفته و شاخص فولادی داخل آن را نیز بالا می برد. اما اگر دما پایین بیاید و سطح جیوه در شاخه سمت راست کاهش پیدا کند شاخص فولادی به نوعی طراحی شده که همراه جیوه پایین نیاید! به همین ترتیب هنگامی که دما کاهش پیدا کند با انقباض الکل جیوه در شاخه سمت چپ بالا رفته و شاخص فولادی سمت چپ را بالا می برد. به طور مشابه در صورت پایین آمدن جیوه در لوله سمت چپ شاخص فولادی سر جای خود می ماند. بدین ترتیب مقدار بیشینه و کمینه دما در یک بازه زمانی مشخص را می توان اندازه گرفت.

پرسش ۴ ـ ۱

الف) چرا بهتر است قفل و کلید یک در، هم‌جنس باشند؟

ب) چرا در برخی از فصل‌های سال، بعضی از درها در چارچوب خود گیر می‌کنند؟

الف) اگر هم جنس باشند ضریب انبساط برابری خواهند داشت و در صورت تغییرات دمایی ابعاد هر دو به یک اندازه تغییر کرده و مشکلی در کار آن ها بوجو نمی آید.

ب) چون جنس در و چارچوب آن متفاوت است , ضریب انبساط متفاوتی دارند و در صورت تغییرات دمایی در برخی فصل ها میزان تغییرات ابعاد در و چارچوب آن متفاوت است. اگر فاصله مناسب اولیه بین در و چارچوب آن لحاظ نشده باشد در در چارچوب خود گیر می کند.

فعالیت ۴ـ ۳

۱) شکل (الف) تصویری واقعی از دو قسمت متوالی خط‌آهن (ریل راه‌آهن)های قدیمی را در گذشته نشان می‌دهد. اگر فاصلهٔ خالی بین این دو قسمت به حدّ کافی زیاد نمی‌بود، چه مشکلی پیش می‌آمد؟

(الف)

۱) با افزایش دما در فصل های گرم و انبساط طولی ریل ها, در صورتی که انبساط طولی ریل ها از این فاصله بیشتر باشد باعث برخورد ریل ها بهم و کج شدن خط آهن می شود.

۲) امروزه بین قسمت‌های متوالی خطّ آهن فاصله‌ای در نظر گرفته نمی‌شود و این قسمت‌ها پشت سرهم جوشکاری می‌شوند (شکل ب). تحقیق کنید در این روش چگونه مشکل ناشی از انبساط در یک روز گرم تابستانی برطرف می‌شود؟

(ب)

۲) در این روش ریل ها از بالا به هم جوش داده می شوند و از پایین روی پایه های زیر خود برعکس روش های قدیمی که با پیچ و مهره بسته میشد با بسط فلزی محکم می شود. در این صورت در صورت انبساط در فصول گرم دو انتهای این ریل که معمولا در ایستگاه آزاد است به اندازه لازم منبسط می شود.

مثال ۴ـ۱

طول یک پل معلق[۱] (شکل الف)، در پایین ترین دمای منطقه ۱۱۵۸ m است. این پل از نوعی فولاد با $\alpha = ۱۳ \times ۱۰^{-۶}\ ۱/^{\circ}C$ ساخته شده است. فرض کنید کمترین دمای ممکن $-۵۰^{\circ}C$ و بیشترین دمای ممکن $+۵۰^{\circ}C$ باشد. بیشترین تغییر طول ممکن پل چقدر است؟

$$\Delta L = L_{۱}\,\alpha \Delta T$$

$$\Delta L = ۱۱۵۸ \times ۱۳ \times ۱۰^{-۶} \times (۵۰ - (-۵۰))$$

$$\Delta L = ۱/۵ m$$

فعالیت ۴ـ۴

ورقه‌ای فلزی و مستطیلی‌شکل به اضلاع a_1 و b_1 را درنظر بگیرید. بر اثر افزایش دمای ΔT، طول اضلاع مستطیل به اندازهٔ Δa و Δb افزایش می‌یابند. اگر ضریب انبساط طولی ورقه α باشد، نشان دهید که افزایش مساحت این ورقه با تقریب مناسب از رابطهٔ $\Delta A = 2\alpha A_1 \Delta T$ به دست می‌آید.

$$A_1 = a_1 \times b_1 \,|\, A_2 = a_2 \times b_2 = (a_1 + \Delta a) \times (b_1 + \Delta b)$$

$$\rightarrow A_2 = a_1 b_1 + a_1 \Delta b + \Delta a b_1 + \Delta a \times \Delta b$$

$$\Delta a = a_1 \times \alpha \times \Delta T \,|\, \Delta b = b_1 \times \alpha \times \Delta T$$

$$\rightarrow A_2 = a_1 b_1 + 2 a_1 b_1 \alpha \Delta T + a_1 b_1 \alpha^2 \Delta T^2$$

$$\rightarrow A_2 = A_1 + 2 A_1 \alpha \Delta T + (\text{عدد خیلی کوچک})$$

$$\rightarrow A_2 - A_1 = 2 A_1 \alpha \Delta T \rightarrow \Delta A = 2 \alpha A_1 \Delta T$$

مثال ۴ـ۲

مساحت یک ورقهٔ مسی $۲۵۰۰\ cm^۲$ است. اگر دمای این ورقه را $۵۰^\circ C$ افزایش دهیم، مساحت آن چقدر افزایش خواهد یافت؟

ضریب انبساط طولی طبق جدول ۱-۴ کتاب برای مس برابر مقدار زیر است:

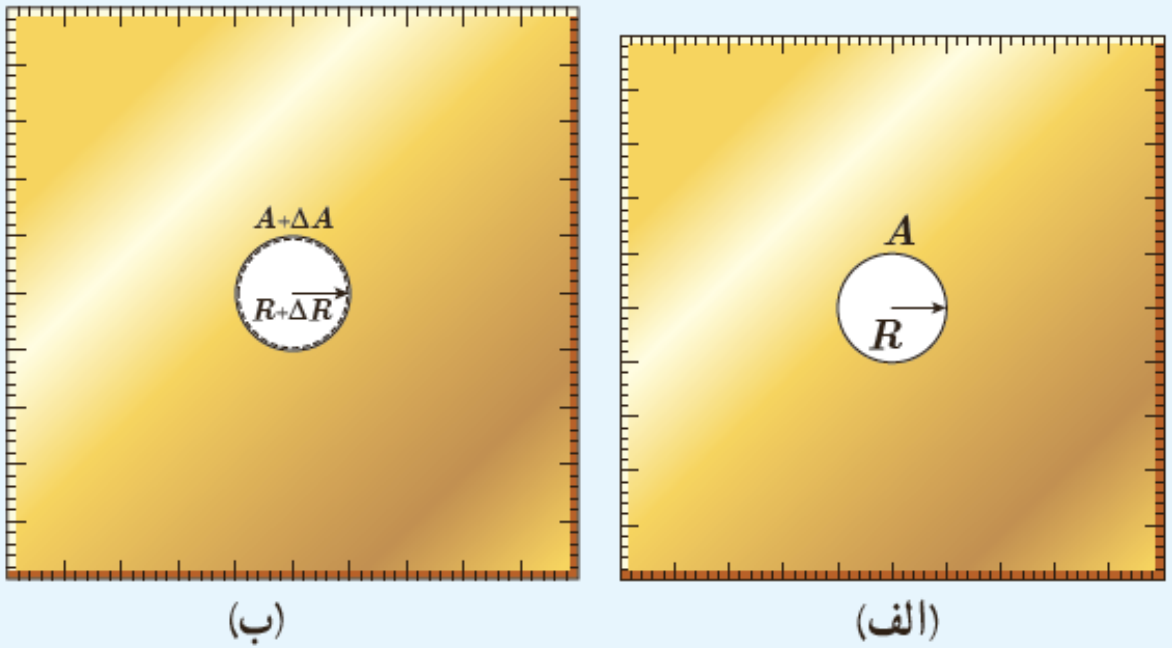
$$\alpha = ۱۷ \times ۱۰^{-۶}\ \frac{۱}{^\circ C}$$

$$\Delta A = ۲\alpha A_۱ \Delta T$$

$$\Delta A = ۲ \times ۱۷ \times ۱۰^{-۶} \times ۲۵۰۰ \times ۵۰ = ۴/۳ cm^۲$$

تمرین ۴ــ ۳

شکل‌های (الف) و (ب) نشان می‌دهند که وقتی روی یک ورقهٔ فلزی حفره‌ای دایره‌ای داشته باشیم و ورقه را گرم کنیم، قطر (یا مساحت) حفره بزرگ می‌شود. فرض کنید جنس ورقه، برنجی است و حفره‌ای به قطر یک اینچ (۲/۵۴cm) درون آن ایجاد شده است. وقتی دمای ورقه، $200^{\circ}C$ افزایش یابد، افزایش مساحت حفره چقدرخواهد شد؟



(الف) (ب)

ضریب انبساط طولی طبق جدول ۱-۴ کتاب برای مس برابر مقدار زیر است:

$$\alpha = ۱۹ \times ۱۰^{-۶} \frac{۱}{^{\circ}C} \mid A = \pi r^{۲} = \pi \frac{D^{۲}}{۴} = ۵cm^{۲}$$

$$\Delta A = ۲ \alpha A_{۱} \Delta T$$

$$\Delta A = ۲ \times ۱۹ \times ۱۰^{-۶} \times ۵ \times ۲۰۰ = ۳/۸ \times ۱۰^{-۲} cm^{۲}$$

مثال ۴ـ۳

در یک روز داغ تابستان که دمای هوا $40^\circ C$ است، شخصی باکِ (مخزن) ۵۵ لیتری اتومبیل خود را از بنزین کاملاً پر می‌کند. فرض کنید بنزین از منبعی در زیرزمین با دمای $12^\circ C$ بالا آمده باشد. شخص اتومبیل را پارک می‌کند و ساعتی بعد بازمی‌گردد. مشاهده می‌کند بنزین قابل توجهی از باک سرریز شده است. چقدر بنزین از باک بیرون ریخته است؟ (از افزایش حجم باک که بسیار ناچیز است صرف‌نظر می‌شود.)

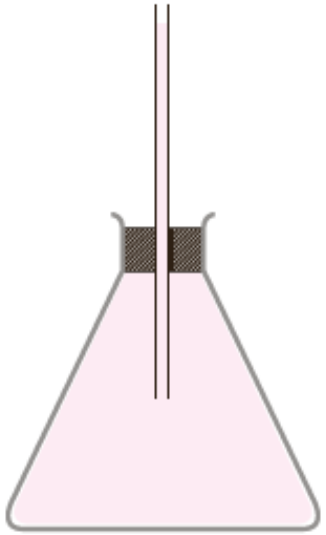
ضریب انبساط حجمی طبق جدول ۲-۴ کتاب برای بنزین برابر مقدار زیر است:

$$\beta = ۱ \times ۱۰^{-۳} \frac{۱}{^\circ C}$$

$$\Delta V = \beta V_۱ \Delta T$$

$$\Delta V = ۱ \times ۱۰^{-۳} \times ۵۵ \times (۴۰ - ۱۲) = ۱/۵ L$$

مثال ۴ـ۴



ارلنی شیشه‌ای با ضریب انبساط طولی $۹/۰ \times ۱۰^{-۶}/^{\circ}C$ را که در دمای $۲۰/۰^{\circ}C$ گنجایشی برابر با $۲۰۰cm^{۳}$ دارد، مطابق شکل با گلیسیرین در همان دما پر کرده‌ایم. اگر دمای ظرف و گلیسیرین را به $۶۰^{\circ}C$ برسانیم

الف) آیا گلیسیرین از ظرف بیرون می‌ریزد؟

ب) اگر پاسخ قسمت (الف) مثبت است، حجم گلیسیرین سرریز شده چقدر است؟

ضریب انبساط حجمی را از جدول ۲-۴ می خوانیم:

$$\beta = ۰/۴۹ \times ۱۰^{-۳}\ \frac{۱}{^{\circ}C}$$

$$\Delta V_{\text{ظرف}} = ۳\alpha V_{۱}\Delta T \ |\ \Delta V_{\text{گلیسیرین}} = \beta V_{۱}\Delta T$$

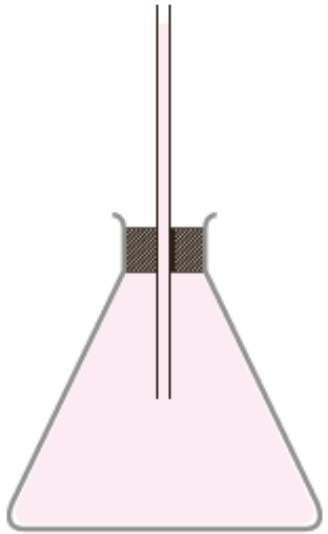
$$\Delta V_{\text{گلیسیرین}} - \Delta V_{\text{ظرف}} = (\beta - ۳\alpha)V_{۱}\Delta T$$

$$= \left(۴۹۰ \times ۱۰^{-۶} - ۲۷ \times ۱۰^{-۶}\right) \times ۲۰۰ \times (۶۰ - ۲۰) = ۳/۷cm^{۳}$$

فعالیت ۴ــ۵

آزمایشی را طراحی و اجرا کنید که با آن بتوانید حجم گلیسیرین سرریز شده در مثال ۴ــ۴ را اندازه بگیرید. سپس از روی آن، ضریب انبساط حجمی گلیسیرین را تعیین کنید.

برای این آزمایش یک ارلن شیشه ای به حجم ۲۰۰ سانتی متر مکعب را پر از گلیسیرین ۲۰ درجه سلسیوس کرده و روی آن درپوش قرار می دهیم. لوله ای مدرج را از وسط درپوش رد کرده و داخل ارلن قرار می دهیم تا مقدار گلیسیرینی که می خواهد از ظرف خارج شود از طریق این لوله بالا بیاید. حال دمای مجموعه را به ۶۰ درجه سلسیوس می رسانیم و حجم گلیسیرینی را که در لوله مدرج بالا آمده است را می خوانیم و با استفاده از فرمول مقدار ضریب انبساط حجمی را محاسبه می کنیم.



$$\Delta V_{\text{گلیسیرین}} - \Delta V_{\text{ظرف}} = (\beta - ۳\alpha) V_۱ \Delta T$$

تمرین ۴ـ۴

افزایش دما که به طور معمول موجب افزایش حجم اجسام می‌شود، بر جرم آنها تأثیری ندارد. به همین دلیل انتظار داریم که چگالی اجسام با افزایش دما کاهش یابد. رابطهٔ چگالی با تغییر دما به صورت $\rho_۲ = \rho_۱/(۱+\beta\Delta T)$ است که در آن $\rho_۱$ و $\rho_۲$ به ترتیب چگالی ماده در دماهای $T_۱$ و $T_۲$ ، β ضریب انبساط حجمی و $\Delta T = T_۲ - T_۱$ است.

الف) رابطهٔ چگالی با تغییر دما را به دست آورید.

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow V = \frac{m}{\rho}$$

$$V_۲ = V_۱ + \Delta V = V_۱ + \beta V_۱ \Delta T = V_۱ (۱ + \beta \Delta T)$$

$$V_۲ = V_۱ (۱ + \beta \Delta T) \rightarrow \frac{m}{\rho_۲} = \frac{m}{\rho_۱} (۱ + \beta \Delta T)$$

$$\rightarrow \rho_۲ = \rho_۱ / (۱ + \beta \Delta T)$$

ب) نشان دهید با تقریب مناسبی می‌توان چگالی جسم را از رابطهٔ $\rho_۲ = \rho_۱(۱ - \beta\Delta T)$ نیز به دست آورد.

$$\rho_۲ = \frac{\rho_۱}{(۱ + \beta\Delta T)} \times \frac{(۱ - \beta\Delta T)}{(۱ - \beta\Delta T)} = \frac{\rho_۱ (۱ - \beta\Delta T)}{۱ - (\beta\Delta T)^۲}$$

چون مقدار این جمله خیلی کم است از آن صرف نظر می کنیم: $(\beta\Delta T)^۲$

$$\rho_۲ = \rho_۱ (۱ - \beta\Delta T)$$

مثال ۴ـ۵

یک قطعه سرب را در دمای اتاق در نظر بگیرید. اگر دمای این قطعه را $۲۰۰^{\circ}C$ افزایش دهیم، چگالی آن چند برابر می‌شود؟

ضریب انبساط طولی سرب را از جدول ۱-۴ کتاب می خوانیم:

$$\rho_۲ = \rho_۱ \left(۱ - \beta \Delta T\right)$$

$$\frac{\rho_۲}{\rho_۲} = ۱ - ۳ \times \alpha \times \Delta T$$

$$\frac{\rho_۲}{\rho_۲} = ۱ - ۳ \times ۲۹ \times ۱۰^{-۶} \times ۲۰۰ = ۰/۹۸$$

پرسش ۴ـ ۲

الف) منظور از این جمله که «دماسنج‌ها دمای خودشان را اندازه‌گیری می‌کنند» چیست؟

وقتی یک دماسنج را در یک محیط قرار می دهیم دماسنج بعد از مدتی با محیط هم دما می شود و در حقیقت برای اینکه بتواند دمای محیطی را نمایش دهد باید ابتدا دمای خودش را به دمای محیط برساند. پس می توان گفت دماسنج ها دمای خودشان را اندازه گیری می کنند.

پرسش ۴ـ ۲

ب) در یک کلاس درس میز، صندلی ، دانش‌آموز، تخته، شیشه پنجره و ... وجود دارد. در یک روز زمستانی، دمای کدام‌یک از آنها بیشتر از دمای هوای اتاق است؟ دمای کدام‌یک کمتر از دمای هوای اتاق است؟

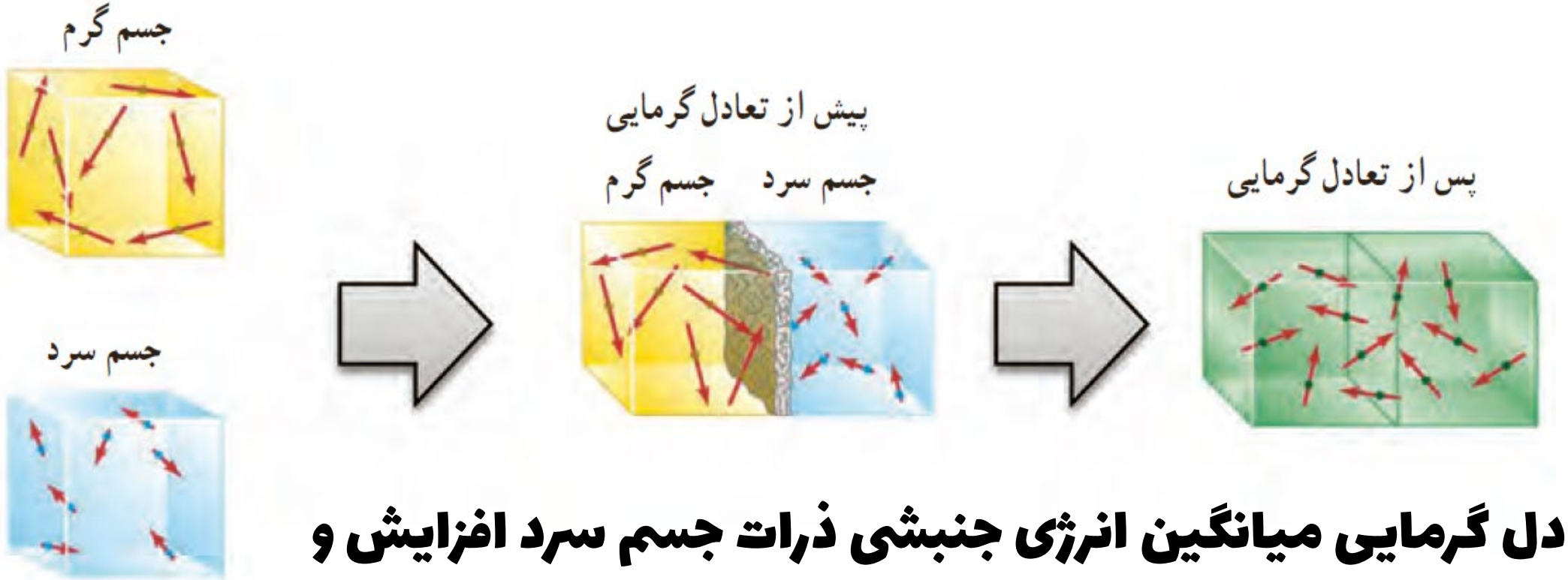
دمای بدن دانش آموز چون منبع تولید گرماست بیشتر از دمای اتاق است.

اگر دمای بیرون کمتر از دمای هوای اتاق باشد دمای شیشه پنجره به دلیل مبادله گرما با بیرون دمایی کمتر از هوای اتاق دارد.

سایر وسایلی که در اتاق وجود دارند با دمای اتاق هم دما هستند.

پرسش ۴ـ۲

پ) در شکل ۴ـ۱۶ میانگین انرژی جنبشی ذرات دو جسم چگونه تغییر کرده است؟



پس از تعادل گرمایی میانگین انرژی جنبشی ذرات جسم سرد افزایش و برای جسم گرم کاهش پیدا کرده است.

مثال ۴ـ۶

مقدار ۲/۰ L آب با دمای ۲۰°C در اختیار داریم. چقدر گرما لازم است تا دمای این آب را به نقطهٔ جوش آن (در دمای ۱۰۰°C) برسانیم؟

گرمای ویژه را از جدول ۳-۴ کتاب می خوانیم.

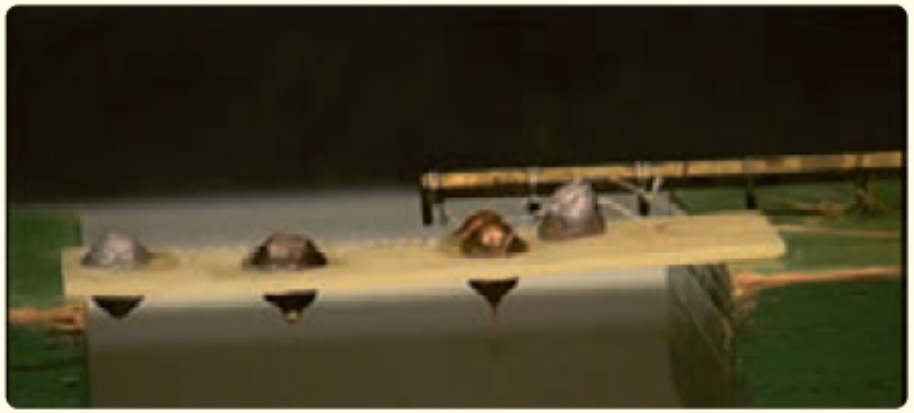
$$Q = mc\Delta T \mid c = ۴۱۸۷ \frac{J}{kg.\,°C}$$

$$m = \rho V = ۱۰۰۰ \times ۲ \times ۱۰^{-۳} = ۲kg$$

$$Q = ۲ \times ۴۱۸۷ \times (۱۰۰ - ۲۰) = ۶/۷ \times ۱۰^{۵} J$$

پرسش ۴ـ ۳

چند گوی فلزی از جنس‌های مختلف، مثلاً از آلومینیم، فولاد، برنج، مس، سرب و ...، را اختیار می‌کنیم که همگی جرم یکسانی داشته باشند. گوی‌ها را توسط ریسمان‌هایی داخل ظرف آبی قرار می‌دهیم که آب آن درحال جوشیدن است و پس از مدتی گوی‌ها را بیرون آورده و آنها را روی یک ورقهٔ پارافین قرار می‌دهیم. به‌نظر شما کدام گوی، پارافین بیشتری را ذوب می‌کند و علت آن چیست؟ این آزمایش را نخستین بار فیزیک‌دان ایرلندی، جان تیندال[1] (۱۸۹۳ـ۱۸۲۰م.) طراحی و اجرا کرد.



گوی‌ها بسته به جنس خود، ورقهٔ پارافین را در زمان‌های متفاوت ذوب می‌کنند.

هر گویی که گرمای بیشتری به پارافین منتقل کند پارافین بیشتری را ذوب می کند. طبق فرمول انتقال گرما $Q = mc\Delta T$ با توجه به جرم و اختلاف دمای برابر گوی ها, هر گوی که ظرفیت گرمایی ویژه بیشتری داشته باشد مقدار پارافین بیشتری را ذوب خواهد کرد.

مثال ۴ـ ۷

شخصی $0/30\,kg$ آب $70^\circ C$ را در یک لیوان آلومینیمی $0/12$ کیلوگرمی که دمای آن $20^\circ C$ است می‌ریزد. دمای نهایی پس از آنکه آب و لیوان به تعادل گرمایی برسند چقدر است؟ فرض کنید هیچ گرمایی با محیط مبادله نمی‌شود.

گرمای ویژه را از جدول ۳-۴ کتاب می خوانیم.

$$Q_{\text{لیوان}} + Q_{\text{آب}} = 0$$

$$m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} (\theta - \theta_{\text{آب}}) + m_{\text{آلومینیوم}} c_{\text{آلومینیوم}} (\theta - \theta_{\text{آلومینیوم}}) = 0$$

$$0/3 \times 4187 \times (\theta - 70) + 0/12 \times 900 \times (\theta - 20) = 0$$

$$\rightarrow \theta = 66^\circ C$$

مثال ۴ــ ۸

در ظرف عایقی حاوی $0/500\,kg$ آب $20/0^\circ C$، یک قطعه مس $0/100$ کیلوگرمی به دمای $50/0^\circ C$ و یک قطعه فلز دیگر به جرم $0/150\,kg$ و به دمای $60/0^\circ C$ و گرمای ویژهٔ نامعلوم می‌اندازیم و دمای تعادل را اندازه می‌گیریم. دمای تعادل $22/0^\circ C$ شده است. با چشم‌پوشی از تبادل گرما بین ظرف و سایر اجسام، گرمای ویژهٔ فلز را حساب کنید.

گرمای ویژه را از جدول ۳-۴ کتاب می خوانیم.

$$Q_{\text{آب}} + Q_{\text{مس}} + Q_x = 0$$

$$m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} \left(\theta - \theta_{\text{آب}}\right) + m_{\text{مس}} c_{\text{مس}} \left(\theta - \theta_{\text{مس}}\right) + m_x c_x (\theta - \theta_x) = 0$$

$$0/5 \times 4187 \times (22 - 20) + 0/1 \times 386 \times (22 - 50) + 0/15 \times c_x (22 - 60) = 0 \rightarrow c_x = 545 \frac{J}{kg.\,^\circ C}$$

تمرین ۴ـ۵

جسمی به جرم ۰/۲۵۰kg و دمای ۳/۰°C را درون ظرف عایقی حاوی ۰/۵۰۰kg آب ۲۵/۰°C می‌اندازیم. پس از چنددقیقه دمای تعادل را اندازه می‌گیریم. دمای تعادل ۲۱/۰°C می‌شود. گرمای ویژهٔ جسم را محاسبه کنید. از تبادل گرما بین ظرف و سایر اجسام چشم‌پوشی کنید.

$$Q_{\text{آب}} + Q_{\text{جسم}} = ۰$$

$$m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} \left(\theta - \theta_{\text{آب}}\right) + m_x c_x (\theta - \theta_x) = ۰$$

$$۰/۵ \times ۴۱۸۷ \times (۲۱ - ۲۵) + ۰/۲۵ \times c_x \times (۲۱ - ۳) = ۰$$

$$-۸۳۷۴ + ۴/۵ c_x = ۰ \rightarrow c_x = ۱۸۶۱ \frac{J}{kg.\,°C}$$

مثال ۴ـ ۹

برای اندازه‌گیری گرمای ویژهٔ فلزی با جنس نامعلوم، قطعه‌ای ۰/۶۰۰ کیلوگرمی از آن را تا ۱۰۰/۰°C گرم می‌کنیم و سپس آن را در گرماسنجی با ظرفیت گرمایی $1/80 \times 10^{2}$ J/K که حاوی ۰/۵۰۰kg آب با دمای اولیهٔ ۱۷/۳ °C است، می‌اندازیم. اگر دمای نهایی مجموعه ۲۰/۰°C شود، گرمای ویژهٔ این فلز چقدر است؟

$$Q_{\text{آب}} + Q_{\text{گرماسنج}} + Q_x = 0$$

$$m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} \left(\theta - \theta_{\text{آب}}\right) + C_{\text{گرماسنج}} \left(\theta - \theta_{\text{گرماسنج}}\right) + m_x c_x (\theta - \theta_x) = 0$$

$$0/5 \times 4187 \times (20 - 17/3) + 1/8 \times 10^{2} \times (20 - 17/3) + 0/6 \times c_x \times (20 - 100) = 0 \rightarrow c_x = 128 \frac{J}{kg.\,°C}$$

فعالیت ۴ـ ۶

برف و یخ دو شکل آشنای حالت جامد آب هستند، اما با وجود این، ظاهر متفاوتی دارند. دلیل این امر را تحقیق کنید.

برف و یخ هر دو حالت جامد آب هستند اما فرایند تشکیل آنها متفاوت است. در فرایند شکل گیری برف هوای سرد مولکول های بخار آب را به کریستال های یخ تبدیل می کند. این کریستال ها در حین سقوط با مولکول های بخار آب مداوما برخورد کرده و آن ها را نیز کریستاله می کنند. این امر سبب می شود رفته رفته اندازه دانه برف درشت تر شود. ولی نحوه ی تشکیل یخ از سرد شدن مولکول های مایع است.

فعالیت ۴ـ ۷

تحقیق کنید وجود ناخالصی در مایع چه تأثیری بر نقطهٔ انجماد آن دارد.

به طور کلی ناخالصی باعث کاهش نقطه انجماد می شود. برای همین در زمستان ها به جای آب از مخلوط آب و ضدیخ برای رادیاتور استفاده می کنیم. مخلوط آب و ضد یخ به دلیل وجود ناخالصی نقطه انجماد پایین تری نسبت به آب داشته و در دمای انجماد آب (در فشار جو دمای صفر سلسیوس) منجمد نمی شود. یکی دیگر از کاربردهای این نکته استفاده از نمک برای سرعت بخشیدن به ذوب برف جاده ها در زمستان است.

مثال ۴ــ ۱۰

فلز گالیم (Ga) یکی از چند عنصری است که در دماهای پایین ذوب می‌شود. دمای ذوب این فلز $۲۹/۸^{\circ}C$ و گرمای نهان ذوب آن $۸۰/۴\ kJ/kg$ است. یک قطعهٔ ۱۰/۰ گرمی از این فلز چقدر گرما از دست ما می‌گیرد تا در نقطهٔ ذوب خود به طور کامل ذوب شود؟ (از تبادل گرما بین فلز و هوای محیط چشم‌پوشی می‌شود.)

پاسخ: با استفاده از رابطه ۴ــ۱۰ داریم:

$$Q = mL_F$$

$$\rightarrow Q = ۱۰ \times ۱۰^{-۳} \times ۸۰/۴ \times ۱۰^{۳}$$

$$\rightarrow Q = ۸۰۴\ J$$

مثال ۴ـ۱۱

یک جواهرساز برای ساختن جواهری می‌خواهد از ۰/۵۰۰kg نقره برای ریختن در قالب‌های جواهر استفاده کند. به این منظور او باید نقره را ذوب کند. اگر دمای اولیهٔ نقره همان دمای اتاق و برابر ۲۰°C باشد، چقدر گرما باید به این مقدار نقره داده شود؟

دمای ذوب نقره ۹۶۰ درجه سلسیوس است.

$Q_۱$ $Q_۲$

نقره ۲۰ درجه سلسیوس ← نقره ۹۶۰ درجه سلسیوس ← نقره مذاب ۹۶۰ درجه سلسیوس

$$Q = Q_۱ + Q_۲$$

$$Q = mc\Delta T + mL_F$$

$$Q = ۰/۵ \times ۲۳۶ \times (۹۶۰ - ۲۰) + ۰/۵ \times ۸۸/۳ \times ۱۰^{۳} = ۱۵۵\text{kJ}$$

فعالیت ۴ــ ۸

الف) بررسی کنید از دیدگاه مولکولی، افزایش دما و افزایش مساحت سطح مایع چگونه بر آهنگ تبخیر سطحی مایع اثر می‌گذارد؟

با افزایش دما انرژی جنبشی مولکول های مایع بیشتر شده و تندی تعداد بیشتری از آنها به حدی می رسد که بتوانند از سطح مایع فرار کنند. در نتیجه با افزایش دما تبخیر سطحی افزایش می یابد.

با افزایش مساحت سطح تعداد مولکول های سطح مایع نیز افزایش می یابد که سبب افزایش مولکول هایی می شود که از سطح مایع فرار می کنند.

فعالیت ۴ــ ۸

ب) با بررسی تبخیر سطحی در شرایط مختلف سعی کنید از راه تجربه، عامل یا عامل‌های دیگری را پیدا کنید که بر آهنگ تبخیر سطحی مؤثر باشند.

عوامل موثر بر تبخیر سطحی:

دما: هر چه بیشتر باشد تبخیر سطحی بیشتر است.

فشار سطح مایع: هر چه کمتر باشد تبخیر سطحی بیشتر است.

جنس مایع: تبخیر سطحی برای مایعات مختلف متفاوت است.

وزش باد: هر چه بیشتر باشد میزان تبخیر سطحی نیز افزایش می یابد.

رطوبت: هر چه کمتر باشد تبخیر سطحی بیشتر است.

پ) تحقیق کنید کوزه‌های سفالی چگونه می‌توانند آب داخل خود را خنک کنند.

در کوزه های سفالی مولکول های آب که از داخل کوزه به جداره خارجی آن نفوذ کرده اند برای تبخیر خود گرما می گیرند (فرایند تبخیر گرماگیر است) برای همین آب داخل کوزه همواره خنک است.

فعالیت ۴ـ۹

از تفاوت نقطهٔ جوش اجسام مختلف در صنعت، استفادهٔ زیادی می‌شود. تحقیق کنید چگونه از این ویژگی برای جدا کردن محصولات نفتی استفاده می‌شود؟

در این روش به مخلوط نفت و مواد نفتی گرما می دهیم. با توجه به این که نقطه جوش اجزا مختلف نفت متفاوت است می توان با فرایند میعان محصولات نفتی را از هم جدا کرد.

پرسش ۴ـ۴

چرا در جدول ۴ـ۵ گرمای نهان تبخیر آب با افزایش دمای آن کاهش می‌یابد؟

با افزایش دمای آب جنبش مولکول های آن بیشتر شده و برای جدا شدن و رهایی از نیروی های بین مولکولی به انرژی کمتری نیاز دارند. برای همین با افزایش دمای آب گرمای کمتری برای تبخیر نیاز است.

مثال ۴ـ ۱۲

معمولاً وقتی هوا را با بخاری‌های شعله‌ای گرم می‌کنند، برای حفظ رطوبت محیط، ظرف آبی را روی بخاری می‌گذارند. اگر دمای آب در یکی از این ظرف‌ها روی $50^{\circ}C$ ثابت مانده باشد، تعیین کنید برای تبخیر $0/200\,kg$ از آب در این شرایط چقدر گرما لازم است؟

با استفاده از جدول ۵-۴ کتاب گرمای نهان تبخیر را برای آب در دمای ۵۰ درجه سانتی گراد می خوانیم.

$$Q = +mL_v$$

$$Q = ۰/۲ \times ۲۳۷۴ \times ۱۰^{۳}$$

$$Q = ۴/۷۵ \times ۱۰^{۵} J$$

پرسش ۴ ـ ۵

الف) چرا غذا در دیگ زودپز، زودتر پخته می‌شود؟

می دانیم که هر چه فشار سطح مایع بیشتر شود نقطه جوش آن نیز افزایش می یابد. در دیگ زودپز چون محفظه بسته است بخار آب نمی تواند خارج شود در نتیجه فشارش افزایش می یابد که باعث افزایش نقطه جوش آب می شود, یعنی غذا در دمای بالاتری پخته می شود.

پرسش ۴ ـ ۵

ب) دلیل دیرتر پخته شدن تخم‌مرغ در ارتفاعات چیست؟ کوهنوردان برای رفع این مشکل چه کاری انجام می‌دهند؟

با افزایش فاصله از سطح زمین فشار هوا کاهش یافته در نتیجه نقطه جوش آب نیز کاهش می یابد. یعنی تخم مرغ در آب با دمای کمتری آب پز می شود که طبیعتا زمان بیشتری لازم است.

برای رفع این مشکل می توانیم از ظرف در بسته استفاده کنیم تا بخار آب را حبس کرده و فشار روی سطح مایع را افزایش دهیم.

می توانیم مقداری نمک به آب اضافه کنیم, با این کار نقطه جوش آب را افزایش می دهیم.

مثال ۴ـ۱۳

۲/۰ لیتر آب را درون یک کتری برقی با توان الکتریکی ۱/۵kW می‌ریزیم و آن را روشن می‌کنیم.
الف) از شروع جوشیدن تا تبخیر همهٔ آب درون کتری چقدر گرما به آب داده می‌شود؟

با استفاده از جدول ۵-۴ کتاب گرمای نهان تبخیر را برای آب می خوانیم.

$$Q = +mL_v$$

$$m = \rho V = ۱۰۰۰ \times ۲ \times ۱۰^{-۳} = ۲kg$$

$$Q = ۲ \times ۲۲۵۶ \times ۱۰^{۳} = ۴/۵ \times ۱۰^{۶} J$$

مثال ۴ـ۱۳

۲/۰ لیتر آب را درون یک کتری برقی با توان الکتریکی ۱/۵kW می‌ریزیم و آن را روشن می‌کنیم.

ب) چه مدت طول می‌کشد تا این فرایند انجام شود؟ فرض کنید تمام انرژی الکتریکی تبدیل شده به انرژی گرمایی، به آب می‌رسد.

با استفاده از جدول ۵-۴ کتاب گرمای نهان تبخیر را برای آب می خوانیم.

$$Q = P\Delta t \rightarrow \Delta t = \frac{Q}{P}$$

$$\Delta t = \frac{۴/۵ \times ۱۰^{۶}}{۱/۵ \times ۱۰^{۳}}$$

$$\Delta t = ۳۰۰۰\ s$$

تمرین ۴ـ۶

قطعه یخی به جرم $۱/۰\,kg$ و دمای اولیهٔ $-۲۰^\circ C$ را آن قدر گرم می‌کنیم تا تمام آن تبدیل به بخار $۱۰۰^\circ C$ شود. کل گرمای مورد نیاز برای این تبدیل چند کیلو ژول است؟

یخ ۲۰- $\xleftarrow{Q_۱}$ یخ صفر $\xleftarrow{Q_۲}$ آب صفر $\xleftarrow{Q_۳}$ آب ۱۰۰ $\xleftarrow{Q_۴}$ بخار ۱۰۰

$$Q = Q_۱ + Q_۲ + Q_۳ + Q_۴$$

$$Q_۱ = m_{یخ} c_{یخ} \Delta T_{یخ} = ۱ \times ۲۱۰۰ \times \big(۰ - (-۲۰)\big) = ۴۲۰۰۰\ J$$

$$Q_۲ = +mL_F = ۱ \times ۳۳۴۰۰۰ = ۳۳۴۰۰۰ J$$

$$Q_۳ = m_{آب} c_{آب} \Delta T_{آب} = ۱ \times ۴۲۰۰ \times (۱۰۰ - ۰) = ۴۲۰۰۰۰\ J$$

$$Q_۴ = +mL_v = ۱ \times ۲۲۵۶۰۰۰ = ۲۲۵۶۰۰۰ J$$

$$Q = ۳۰۵۲ kJ$$

فعالیت ۴ــ ۱۰

در مورد ایجاد شبنم صبحگاهی روی گیاهان تحقیق کنید.

هوای گرم روز رطوبت بیشتری نسبت به هوای خنک صبحگاهی دارد. با کاهش دمای هوا در صبحگاه این رطوبت اضافی تمایل دارد تقطیر شده و از میزان رطوبت هوا کاسته شود که معمولا با برخورد بخارآب موجود در هوا با برگ های درختان و گیاهان در صبحگاه این عمل تقطیر انجام می شود.

مثال ۴ـ۱۴

در یک روز زمستانی، بخار آب موجود در اتاقی روی شیشهٔ پنجره به شکل مایع درمی‌آید و قطره‌قطره می‌شود. اگر دمای شیشه حدود $0^\circ C$ باشد برای آنکه $50\,g$ آب روی شیشه تشکیل شود چقدر گرما به شیشه داده می‌شود؟

با استفاده از جدول ۶-۴ مقدار L_v برای آب را در دمای صفر درجه سلسیوس می خوانیم.

$$Q = -mL_v = -50 \times 10^{-3} \times 2490 \times 10^{3} = -1/2 \times 10^{5} J$$

فعالیت ۴ــ ۱۱

در فرایندهای تغییر حالت (تغییر فاز) دما تغییر نمی‌کند، اما انرژی درونی ماده تغییر می‌کند. در این‌باره تحقیق کنید.

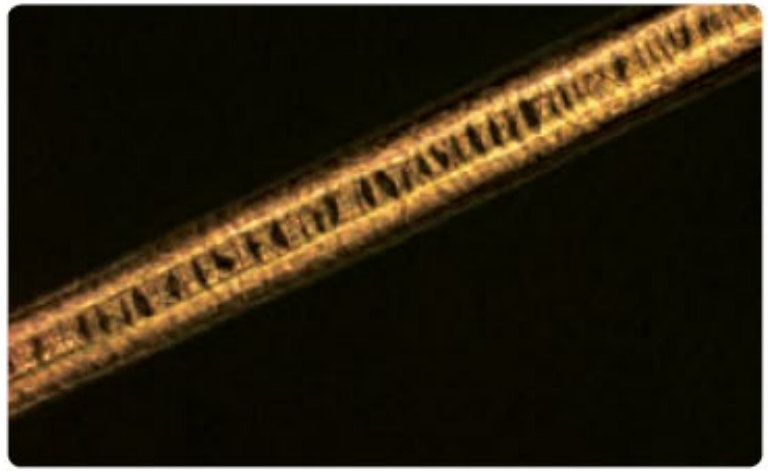
انرژی درونی یک ماده از مجموع انرژی جنبشی اجزا سازنده ماده و انرژی پتانسیل برهم کنش های اتم ها و مولکول های آن تشکیل شده است. هر زمان یکی از این دو یا هر دوی آن ها تغییر کند انرژی درونی ماده نیز تغییر می کند.

زمانی که دما تغییر کند یعنی انرژی جنبشی اجزا سازنده ماده تغییر کرده که به معنای تغییر در انرژی درونی ماده است.

در صورتی که حالت ماده عوض شود یعنی پیوند بین مولکول های ماده تغییر کرده و انرژی پتانسیل ذرات سازنده آن تغییر کرده که این هم باعث تغییر انرژی درونی می شود.

فعالیت ۴ـ ۱۲

موهای خرس قطبی توخالی هستند. تحقیق کنید این موضوع چه نقشی در گرم نگه‌داشتن بدن خرس در سرمای قطب دارد؟



رسانش سهم حداکثری را در انتقال گرمای بدن جانداران با محیط اطراف دارد. با توخالی بودن موهای خرس قطبی این انتقال گرما به حداقل می رسد.

پرسش ۴ـ۶

به نظر شما چه ارتباطی بین انتقال گرما به روش همرفت و ضریب انبساط حجمی، برای یک مایع وجود دارد؟

می دانیم که انتقال گرما به روش همرفت به علت اختلاف چگالی بین شاره گرم و سرد رخ می دهد.

از فرمول داریم:

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

یعنی اختلاف چگالی رابطه مستقیم با ضریب انبساط حجمی دارد. هر چه ضریب انبساط حجمی بیشتر باشد تغییرات چگالی بیشتر و در نتیجه انتقال گرما به روش همرفت با سرعت بیشتری انجام می شود.

فعالیت ۴ـ ۱۳

چهار بطری شیشه‌ای یکسان، دو رنگ جوهر قرمز و آبی، دو کارت ویزیت مقوایی و آب بسیار سرد و بسیار گرم تهیه کنید. در دو تا از بطری‌ها جوهر آبی و در دو بطری دیگر جوهر قرمز بریزید. سپس بطری‌های آبی را با آب خیلی سرد و بطری‌های قرمز را با آب خیلی گرم پر کنید. اکنون در حالی که دهانهٔ یک بطری قرمز را با کارت ویزیت گرفته‌اید، دهانهٔ آن را دقیقاً روی دهانهٔ یک بطری آبی قرار دهید و سپس کارت را بیرون بکشید. همین آزمایش را به طور معکوس نیز انجام دهید؛ یعنی این‌بار، یک بطری آبی رنگ که دهانهٔ آن با کارت پوشیده شده است را روی دهانهٔ بطری قرمز رنگ قرار دهید و سپس کارت را بیرون بکشید. مشاهدات خود را توضیح دهید. از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

اگر بطری قرمز بالا باشد هیچ اتفاقی نمی افتد ولی اگر بطری آبی بالا باشد بعد از کشیدن کارت رنگ آبی به سمت پایین و رنگ قرمز به سمت بالا رفته و رنگ ها ترکیب می شوند.

فعالیت ۴ـ ۱۴

پرتوسنج (رادیومتر) وسیله‌ای است که از یک حباب شیشه‌ای تشکیل شده است که درون آن چهار پرهٔ فلزی قائم قرار دارد که می‌توانند حول یک محور (سوزن عمودی) بچرخند. دو وجهِ هر چهار پره، یک در میان سفید و سیاه است. وقتی این وسیله کنار یک چشمهٔ نور قرار گیرد، پره‌ها حول سوزن عمودی می‌چرخند و هر چه شدت نور بیشتر باشد، این چرخش سریع‌تر است. در مورد دلیل چرخش پره‌ها تحقیق کنید.

در این وسیله یک طرف هر پره سفید و طرف دیگر سیاه است. زمانی که این پره ها در مقابل نوری که از یک جسم گرم تابش میکند قرار میگیرند میچرخند، جهت چرخش به گونه ای است که سمت سیاه پره ها از نور دور و سمت سفید به نور نزدیک میشود. در این وسیله گرما از طریق تابش امواج الکترومغناطیسی به سمت سیاه هر پره که گرمای بیشتری را جذب میکند منتقل و سبب گرم شدن پره و مولکول های هوای اطراف آن میشود، با گرم شدن مولکول های هوا انرژی جنبشی آنها افزایش یافته و این مولکول ها به سطح پره سیاه برخورد کرده و ضربه میزنند که باعث حرکت پره سیاه میشود.

فعالیت ۴ــ ۱۵

سرِ سرنگی را که پیستون آن آزادانه حرکت می‌کند به فشارسنجی می‌بندیم و آن را به طور افقی درون ظرف آبی می‌گذاریم و ظرف را به‌آرامی گرم می‌کنیم. توضیح دهید کدام‌یک از کمیت‌های دما، حجم، فشار و مقدار هوای درون سرنگ تغییر می‌کند و تغییر آنها چگونه است؟

دما: زیاد می شود زیرا سرنگ و هوای آن با آب ظرف به تعادل گرمایی می رسند. (فرآیند گرمایش آهسته است.)

حجم: زیاد می شود زیرا با افزایش تدریجی دما, انرژی جنبشی مولکول های گاز افزایش یافته و با برخورد به دیواره پیستون باعث افزایش حجم گاز می شوند.

فشار: ثابت می ماند زیرا با افزایش تدریجی دمای گاز حجم آن نیز افزایش می یابد.

مقدار هوای درون سرنگ ثابت می ماند زیرا هوایی از سرنگ خارج نشده و با تغییر فشار و حجم و دمای هوای داخل سرنگ مقدار آن تغییری نمی کند.

مثال ۴ـ ۱۵

در آزمایشی، دمای مقدار معینی گاز اکسیژن را در فشار ثابت از $۲۷^{\circ}C$ به $۸۷^{\circ}C$ می‌رسانیم. اگر حجم گاز ابتدا $۲/۰L$ باشد، حجم آن را در پایان آزمایش حساب کنید.

$$\frac{V_۱}{T_۱} = \frac{V_۲}{T_۲}$$

$$T_۱ = ۲۷۳ + ۲۷ = ۳۰۰K \mid T_۲ = ۲۷۳ + ۸۷ = ۳۶۰K$$

$$\frac{۲}{۳۰۰} = \frac{V_۲}{۳۶۰} \rightarrow V_۲ = ۲/۴L$$

مثال ۴ـ ۱۶

راننده‌ای پیش از حرکت، فشار لاستیک اتومبیل خود را با یک فشارسنج اندازه می‌گیرد و برای آن مقدار ۲۱۴ kPa را به دست می‌آورد. در این زمان، دما برابر با ۱۵°C است. پس از چند ساعت رانندگی، توقف می‌کند و فشار لاستیک را دوباره اندازه می‌گیرد. اینک فشار ۲۴۱kPa شده است. اکنون دمای هوای داخل لاستیک چقدر است؟ از تغییر حجم کم هوای درون لاستیک چشم‌پوشی کنید و فرض کنید فشار هوای محیط برابر با ۱atm =۱۰۱ kPa باشد.

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

$$P_1 = ۱۰۱ + ۲۱۴ = ۳۱۵\ \text{kPa} \mid P_2 = ۱۰۱ + ۲۴۱ = ۳۴۲\ \text{kPa}$$

$$\frac{۳۱۵}{۲۷۳ + ۱۵} = \frac{۳۴۲}{T_2} \rightarrow T_2 = ۳۱۳\text{K} = ۴۰\,^\circ\text{C}$$

مثال ۴ـ ۱۷

دلفینی حباب هوایی را در زیر دریاچه‌ای تفریحی ایجاد می‌کند. فرض کنید این حباب به سطح دریاچه می‌رسد و با رسیدن به سطح آب، حجم آن دو برابر می‌شود. عمقی که در آن حباب تشکیل شده است، چقدر بوده است؟ فرض کنید فشار هوا در سطح آب ۱۰۱ kPa، دمای آب دریاچه در همه‌جا یکسان است و فشار هوای داخل حباب همان فشار آب پیرامون آن است.

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$P_1 = P_0 + \rho g h \mid P_2 = P_0$$

$$(P_0 + \rho g h) V_1 = P_0 \times 2 V_1$$

$$h = \frac{P_0}{\rho g} = \frac{101 \times 10^3}{1000 \times 9/8} = 10/3\,m$$

فعالیت ۴ـ ۱۶

با وجود تلاش در جهت ثابت نگه داشتن فشار هوای درون هواپیما، همواره مقدار آن کمتر از فشار هوای روی زمین است. وقتی هواپیما بالا می‌رود و فشار هوا کم می‌شود، بسته‌های نوشیدنی یا دِسر باد می‌کنند و حتی گاهی درشان باز می‌شود. با فرض ثابت بودن دما، این پدیده را توضیح دهید.

چون این بسته ها در سطح زمین و در فشار سطح زمین پر شده اند با افزایش ارتفاع هواپیما و کاهش فشار بیرونی اختلاف فشار داخل این بسته ها و بیرون آن باعث باد کردن و یا باز شدن در آن ها می شود.

مثال ۴ـ ۱۸

الف) تعداد مولکول‌های هوایی که در اتاقی به ابعاد ۴/۰۰ m ، ۶/۰۰ m ، ۳/۰۰ m در فشار ۱/۰۰ atm و دمای ۲۰°C وجود دارد چقدر است؟ ($R = ۸/۳۱ \, J/mol.K$)

هوا را می توان به صورت تقریبی گاز آرمانی فرض کرد. برای استفاده از فرمول گاز آرمانی باید فشار را بر حسب پاسکال, حجم را بر حسب مترمکعب و دما را بر حسب کلوین در رابطه قرار دهیم.

$$P = ۱atm = ۱/۰۱ \times ۱۰^{۵} Pa \mid V = ۳ \times ۴ \times ۶ = ۷۲ m^{۳} \mid T = ۲۷۳ + ۲۷ = ۲۹۳ K$$

$$PV = nRT$$

$$n = \frac{۱/۰۱ \times ۱۰^{۵} \times ۷۲}{۸/۳۱ \times ۲۹۳} = ۲/۹۹ \times ۱۰^{۳} mol$$

$$\text{تعداد مولکول ها} = n \times \text{عدد آووگادرو} = ۲/۹۹ \times ۱۰^{۳} \times ۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳} = ۱۸ \times ۱۰^{۲۶}$$

مثال ۴ـ ۱۸

ب) جرم هوای درون اتاق چقدر است؟ جرم مولی متوسط گازهای موجود در هوا، ۰/۰۲۹kg/mol است.

$$m = Mn$$

$$m = ۰/۰۲۹ \times ۲/۹۹ \times ۱۰^{۳} = ۸۶/۷kg$$

مثال ۴ــ ۱۹

درون استوانه‌ای ۱۲L گاز اکسیژن با دمای $7^\circ C$ وجود دارد. فشار گاز درون استوانه را با فشارسنجی اندازه می‌گیریم. فشارسنج ۱۴atm را نشان می‌دهد. دمای گاز را به $77^\circ C$ و حجم آن را به ۲۵L می‌رسانیم. فشاری که فشارسنج در پایان نشان می‌دهد، چند اتمسفر است؟ فشار هوای بیرون استوانه ۱atm است. فرض کنید گاز درون استوانه، گاز آرمانی است.

فشارسنج فشار پیمانه ای را نشان می دهد و در فرمول باید فشار مطلق را قرار بدهیم. برای محاسبه فشار مطلق کافی است فشار پیمانه ای را با فشار جو جمع کنیم.

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

$$\frac{15 \times 12}{7 + 273} = \frac{P_2 \times 25}{77 + 273}$$

$$P_2 = 9\,atm \rightarrow P_{g_2} = 8\,atm$$

۱ دماهای زیر را بر حسب درجهٔ سلسیوس و فارنهایت مشخص کنید:

الف) $0K$ ب) $273K$ پ) $373K$ ت) $546K$

$$K = 273 + \theta \rightarrow \theta = K - 273$$

$$0K = 0 - 273 = -273°C$$

$$273K = 273 - 273 = 0°C$$

$$373K = 373 - 273 = 100°C$$

$$546K = 546 - 273 = 273°C$$

۱ دماهای زیر را بر حسب درجهٔ سلسیوس و فارنهایت مشخص کنید:

الف) $0K$ ب) $273K$ پ) $373K$ ت) $546K$

$$F = \frac{9}{5}\theta + 32 = \frac{9}{5}(K - 273) + 32$$

$$F = \frac{9}{5} \times -273 + 32 = -459/4°F$$

$$F = \frac{9}{5} \times 0 + 32 = 32°F$$

$$F = \frac{9}{5} \times 100 + 32 = 212°F$$

$$F = \frac{9}{5} \times 273 + 32 = 523/4°F$$

۲ برای اندازه‌گیری دمای یک جسم توسط دماسنج به چه نکاتی باید توجه کنیم؟ (راهنمایی: به نکاتی که در فصل ۱ خواندید نیز توجه کنید)

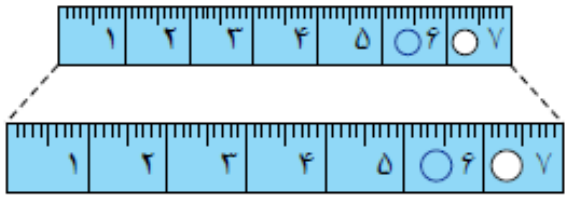
دماسنج در تماس با جسمی باشد که می خواهیم دمای آن را اندازه گیری کنیم.

مدت زمان لازم برای این که دماسنج به تعادل گرمایی با جسم برسد را لحاظ کنیم.

آزمایش را چند بار تکرار کنیم تا خطای اندازه گیری به کمترین مقدار خود برسد.

در هنگام خواندن دما، به صورت عمود به عددی که دماسنج نمایش می دهد نگاه کنیم.

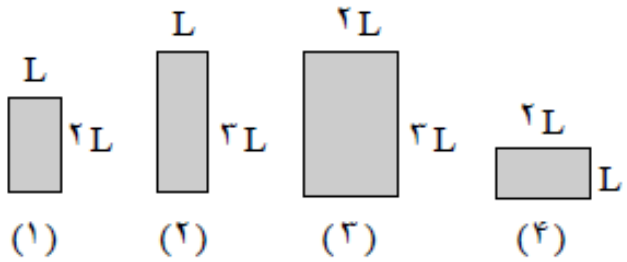
۳ شکل روبه‌رو، یک خط‌کش فلزی را که در آن سوراخی ایجاد شده است در دو دمای متفاوت نشان می‌دهد (برای روشن بودن مطلب، انبساط به‌صورت اغراق آمیزی رسم شده است.) از این شکل چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟



در هنگام انبساط, انبساط حفره داخل جسم به همان اندازه ایست که اگر حفره ای وجود نداشت آن بخش از جسم منبسط می شد. بود و نبود ماده در آن قسمت از جسم تاثیری در ابعاد انبساط آن ندارد.

۴ شکل روبه‌رو چهار صفحهٔ فلزی هم‌جنس به اضلاع متفاوت را در یک دما نشان می‌دهد. اگر دمای همهٔ آنها را به اندازهٔ یکسان زیاد کنیم،

الف) ارتفاع کدام صفحه یا صفحه‌ها بیشتر افزایش پیدا می‌کند؟



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

با توجه به رابطه بالا و برابری ضریب انبساط طولی برای همه اجسام (۴ صفحه هم جنس) و تغییرات دمایی یکسان، هر صفحه ای که طول اولیه بیشتری داشته باشد افزایش طول بیشتری نیز خواهد داشت. شماره ۲ و ۳

ب) مساحت کدام یک بیشتر افزایش پیدا می‌کند؟

$$\Delta A = ۲\alpha A_{۱} \Delta T$$

با توجه به رابطه بالا و برابری ضریب انبساط طولی برای همه اجسام (۴ صفحه هم جنس) و تغییرات دمایی یکسان, هر صفحه ای که مساحت اولیه بیشتری داشته باشد افزایش مساحت بیشتری نیز خواهد داشت. شماره ۳

پ) اگر در هر چهارتای آنها روزنهٔ کوچک هم‌اندازه‌ای وجود داشته باشد، افزایش قطر چهار روزنه در اثر افزایش دمای یکسان را با هم مقایسه کنید.

با توجه به رابطه بالا و برابری ضریب انبساط طولی برای همه اجسام (۴ صفحه هم جنس) و تغییرات دمایی یکسان، چون قطر اولیه هر ۴ روزنه با هم برابر است افزایش قطر آن ها نیز با هم برابر خواهد بود.

۵ یک بزرگراه از بخش‌های بتونی به طول $۲۵/۰m$ ساخته شده است. این بخش‌ها در دمای $۱۰/۰^{\circ}C$، بتون‌ریزی و عمل آورده شده‌اند. برای جلوگیری از تاب برداشتن بتون در دمای $۵۰/۰^{\circ}C$، مهندسان باید چه فاصله‌ای را بین این قطعه‌ها در نظر بگیرند؟ $\alpha_{\text{بتون}} \approx ۱۴ \times ۱۰^{-۶} K^{-۱}$

$$\Delta L = L_{۱} \alpha \Delta T$$

$$\Delta L = ۲۵ \times ۱۴ \times ۱۰^{-۶} \times ۴۰ = ۱/۴ cm$$

۶ یک ظرف آلومینیمی با حجم $۴۰۰cm^۳$ در دمای $۲۰/۰^\circ C$ به‌طور کامل از گلیسیرین پر شده است. اگر دمای ظرف و گلیسیرین به $۳۰/۰^\circ C$ برسد، چقدر گلیسیرین از ظرف بیرون می‌ریزد؟

$$\Delta V_{\text{گلیسیرین}} - \Delta V_{\text{ظرف}} = (\beta - ۳\alpha) V_۱ \Delta T$$

$$= (۰/۴۹ \times ۱۰^{-۳} - ۳ \times ۲۳ \times ۱۰^{-۶}) \times ۴۰۰ \times ۱۰$$

$$= ۱/۶۸cm^۳$$

۷ مقداری بنزین در مخزنی استوانه‌ای به ارتفاع $h = ۱۰m$ ریخته شده است. در دمای $-۱۰^\circ C$ فاصلهٔ بین سطح بنزین تا بالای ظرف برابر $\Delta h = ۵۰cm$ است. اگر از انبساط ظرف در نتیجهٔ افزایش دما چشم‌پوشی شود، در چه دمایی بنزین از ظرف سرریز می‌شود؟

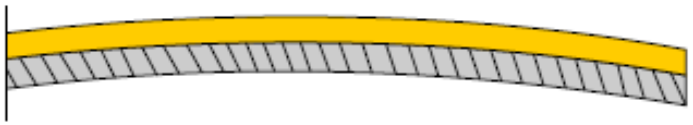
$$\Delta V_{\text{بنزین}} = \beta V_۱ \Delta T \rightarrow A\Delta h = \beta A h_۱ \Delta T$$

$$\rightarrow \Delta T = \frac{\Delta h}{\beta h_۱} = \frac{۵۰}{۱۰^{-۳} \times ۹۵۰} = ۵۲/۶ K$$

$$T_۲ - T_۱ = ۵۲/۶ \rightarrow T_۲ = ۴۲/۶^\circ C$$

۸ در شکل روبه‌رو با کاهش دما، نوار دو فلزه به طرف پایین خم می‌شود. اگر یکی از نوارها، برنجی و نوار دیگر فولادی باشد؛

الف) نوار بالایی از چه جنسی است؟



با کاهش دما نواری که ضریب انبساط طولی بیشتری دارد طولش بیشتر کاهش می یابد. با توجه به شکل نوار پایینی طولش بیشتر کاهش پیدا کرده است. با توجه به این که ضریب انبساط طولی برنج بیشتر از فولاد است نوار پایینی برنج و بالایی فولاد است.

ب) اگر نوارها را گرم کنیم به کدام سمت خم می‌شوند.

با افزایش دما نیز نواری که ضریب انبساط طولی بیشتری دارد طولش بیشتر افزایش می یابد. با توجه به این که ضریب انبساط طولی برنج بیشتر از فولاد است نوار پایینی طولش بیشتر افزایش می یابد که باعث می شود به سمت بالا خم شوند.

۹ طول خط‌های لوله گاز، نفت و فراورده‌های نفتی در کشورمان که عمدتاً مواد سوختی را از جنوب کشور به مرکز و شمال منتقل می‌کند به چند هزار کیلومتر می‌رسد. دمای هوا در زمستان ممکن است تا $-۱۰^{\circ}C$ و در تابستان تا $+۵۰^{\circ}C$ برسد. جنس این لوله‌ها عموماً از فولاد با $\alpha \approx ۱۰ \times ۱۰^{-۶} K^{-۱}$ است. طول خط لوله، بین دو ایستگاه تهران – اصفهان تقریباً $۲۳۰ km$ است.

الف) در اثر این اختلاف دما، این خط چقدر منبسط می‌شود؟

$$\Delta L = L_{۱} \alpha \Delta T$$

$$\Delta L = ۲۳۰ \times ۱۰^{۳} \times ۱۰^{-۵} \times ۶۰ = ۱۳۸ m$$

ب) چگونه می‌توان تأثیر این انبساط را برطرف کرد؟

استفاده از عایق مناسب برای لوله ها سبب کاهش تغییرات دمایی لوله ها و در نتیجه کاهش این تغییرات طول می شود.

یکی دیگر از راه های برطرف کردن تاثیر انبساط لوله ها استفاده از اتصالات قابل انعطاف در خطوط انتقال است. همچنین خود خطوط را بعضا به صورت U شکل نصب می کنند.

۱۰ در یک روز گرم یک باری مخزنی حامل سوخت با $۳۰,۰۰۰L$ بنزین بارگیری شده است. دمای هوا در محل تحویل سوخت $۲۰٫۰^{\circ}C$ کمتر از محلی، است که در آنجا سوخت بار زده شده است. راننده چند لیتر سوخت را در این محل تحویل می‌دهد؟

$$\Delta V_{\text{بنزین}} = \beta V_۱ \Delta T = ۱۰^{-۳} \times ۳۰۰۰۰ \times -۲۰$$

$$\Delta V_{\text{بنزین}} = -۶۰۰L$$

$$V_۲ - V_۱ = -۶۰۰ \rightarrow V_۲ = ۲۹۴۰۰L$$

۱۱ برای گرم کردن $۲۰۰g$ آب جهت تهیهٔ چای، از یک گرمکن الکتریکی غوطه‌ور در آب استفاده می‌کنیم. روی برچسب گرمکن $۲۰۰W$ نوشته شده است. با نادیده گرفتن اتلاف گرما، زمان لازم برای دمای آب از $۳۰٫۰^{\circ}C$ به $۱۰۰^{\circ}C$ را محاسبه کنید.

$$Q = mc\Delta T$$

$$Q = ۰/۲ \times ۴۲۰۰ \times ۷۰ = ۵۸۸۰۰J$$

$$t = \frac{۵۸۸۰۰}{۲۰۰} = ۲۹۴s$$

۱۲ دمای یک قطعه فلز ۰٫۶۰ کیلوگرمی را توسط یک گرمکن ۵۰ واتی در مدت $110\,s$ از $18^\circ C$ به $38^\circ C$ رسانده‌ایم. این آزمایش برای گرمای ویژهٔ فلز چه مقداری را به‌دست می‌دهد؟ حدس می‌زنید که این پاسخ از مقدار واقعی گرمای ویژه فلز بیشتر باشد یا کمتر؟ توضیح دهید.

$$Q = mc\Delta T = Pt$$

$$c = \frac{Pt}{m\Delta T}$$

$$c = \frac{۵۰ \times ۱۱۰}{۰/۶ \times ۲۰} = ۴۵۸\,\frac{J}{kgK}$$

۱۳ گرماسنجی به جرم ۲۰۰ گرم از مس ساخته شده است. یک قطعهٔ ۸۰ گرمی از یک مادهٔ نامعلوم همراه با ۵۰ گرم آب به درون گرماسنج ریخته می‌شود. اکنون دمای این مجموعه $30^\circ C$ شده است. در این هنگام ۱۰۰ گرم آب $70^\circ C$ به گرماسنج اضافه می‌شود، دمای تعادل $52^\circ C$ می‌شود. گرمای ویژهٔ قطعه را محاسبه کنید.

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 0$$

$$0/1 \times 4200 \times (52 - 70) + 0/05 \times 4200 \times 22 + 0/08 \times c \times 22 + 0/2 \times 400 \times (52 - 30) = 0$$

$$1760 + 1/76c + 4620 - 7560 = 0 \rightarrow c = 670 \frac{J}{kgK}$$

۱۴ یکی از روش‌های بالابردن دمای یک جسم، دادن گرما به آن است. اگر به جسمی گرما دهیم، آیا دمای آن حتماً بالا می‌رود؟ توضیح دهید.

خیر – گرمای داده شده به جسم زمانی باعث افزایش دمای آن می شود که تغییر حالتی در جسم رخ ندهد.

۱۵ قبل از تزریق دارو یا سرُم به یک بیمار، محل تزریق را با الکل تمیز می‌کنند. این کار سبب احساس خنکی در محل تزریق می‌شود. علت را توضیح دهید.

الکل استفاده شده روی سطح پوست گرمای سطح پوست را گرفته و تبخیر می شود برای همین باعث احساس خنکی می شود.

۱۶ کدام گزینه دربارهٔ فرایند ذوب نادرست است؟

الف) افزایش فشار وارد بر جسم در بیشتر مواد، سبب پایین‌رفتن نقطهٔ ذوب می‌شود.

ب) افزایش فشار بر روی یخ، سبب کاهش اندک نقطهٔ ذوب آن می‌شود.

پ) فرایند ذوب، عملی گرماگیر است.

ت) گرمایی که جسم جامد در نقطهٔ ذوب خود می‌گیرد تا به مایع تبدیل شود، سبب تغییر دمای آن نمی‌شود.

مورد الف نادرست - افزایش فشار وارد بر جسم سبب بالارفتن نقطه ذوب می شود.

۱۷ کمترین گرمای لازم برای ذوب کامل $۲۰۰g$ نقره که در آغاز در دمای $۲۰٫۰^{\circ}C$ قرار دارد چقدر است؟ (فشار هوا را یک اتمسفر فرض کنید)

گرمای ویژه نقره را از جدول ۳-۴ و گرمای نهان ذوب را از جدول ۴-۴ کتاب می خوانیم.

دمای ذوب نقره ۹۶۰ درجه سلسیوس است.

$Q_۱$ $Q_۲$

نقره ۲۰ درجه سلسیوس ← نقره ۹۶۰ درجه سلسیوس ← نقره مذاب ۹۶۰ درجه سلسیوس

$$Q = Q_۱ + Q_۲$$

$$Q = mc\Delta T + mL_F$$

$$Q = ۰/۲ \times ۲۳۶ \times (۹۶۰ - ۲۰) + ۰/۲ \times ۸۸۳۰۰ = ۶۲۰۲۸J$$

۱۸ یک راه برای جلوگیری از سرد شدن بیش از حد یک سالن سربسته در شب‌هنگام، وقتی که دمای زیر صفر پیش‌بینی شده است، قرار دادن تشت بزرگ پر از آب در سالن است. اگر جرم آب درون تشت $۱۵۰kg$ و دمای اولیهٔ آن $۲۰٫۰^\circ C$ باشد و همهٔ آن به یخ $۰٫۰^\circ C$ تبدیل شود، آب چقدر گرما به محیط پیرامونش می‌دهد؟

$$\mathbf{Q = Q_۱ + Q_۲}$$

$$\mathbf{Q = mc\Delta T - mL_F}$$

$$\mathbf{Q = ۱۵۰ \times ۴۲۰۰ \times (-۲۰) - ۱۵۰ \times ۳۳۳۰۰۰ = -۶۲۵۵۰kJ}$$

۱۹ یک گرمکن ۵۰ واتی به‌طور کامل در ۱۰۰ گرم آب درون یک گرماسنج قرار داده می‌شود.

الف) این گرمکن در مدت یک دقیقه دمای آب و گرماسنج را از $20^\circ C$ به $25^\circ C$ می‌رساند. ظرفیت گرمایی گرماسنج را حساب کنید.

$$Q = Q_1 + Q_2 = Pt = 50 \times 60 = 3000J$$

$$Q = mc\Delta T + C\Delta T = 3000$$

$$0/1 \times 4200 \times 5 + C \times 5 = 3000 \rightarrow C = 180 \frac{J}{K}$$

ب) چه مدت طول می‌کشد تا دمای آب درون گرماسنج از $۲۵^\circ C$ به نقطهٔ جوش $(۱۰۰^\circ C)$ برسد؟

$$Q = Q_۱ + Q_۲ = mc\Delta T + C\Delta T$$

$$Q = ۰/۱ \times ۴۲۰۰ \times ۷۵ + ۱۸۰ \times ۷۵ = ۴۵۰۰۰J$$

$$Q = Pt = ۴۵۰۰۰ \rightarrow t = \frac{۴۵۰۰۰}{۵۰} = ۹۰۰s$$

پ) چه مدت طول می‌کشد تا ۲۰ گرم آب در حال جوش درون این گرماسنج به بخار تبدیل شود؟

$$Q = Pt = mL_V$$

$$t = \frac{mL_V}{P} = \frac{۰/۰۲ \times ۲۲۵۶۰۰۰}{۵۰}$$

$$\rightarrow t = ۹۰۲s$$

۲۰ گرمکنی در هر ثانیه ۲۰۰٫۰ ژول گرما می‌دهد. الف) چقدر طول می‌کشد تا این گرمکن ۰٫۱۰۰ کیلوگرم آب $100^\circ C$ را به بخار آب $100^\circ C$ تبدیل کند؟ ب) این گرمکن در همین مدت، چه مقدار یخ $0^\circ C$ را می‌تواند به آب $0^\circ C$ تبدیل کند؟

$$Q = Pt = mL_V$$

$$t = \frac{mL_V}{P} = \frac{۰/۱ \times ۲۲۵۶۰۰۰}{۲۰۰}$$

$$\rightarrow t = ۱۱۲۸s$$

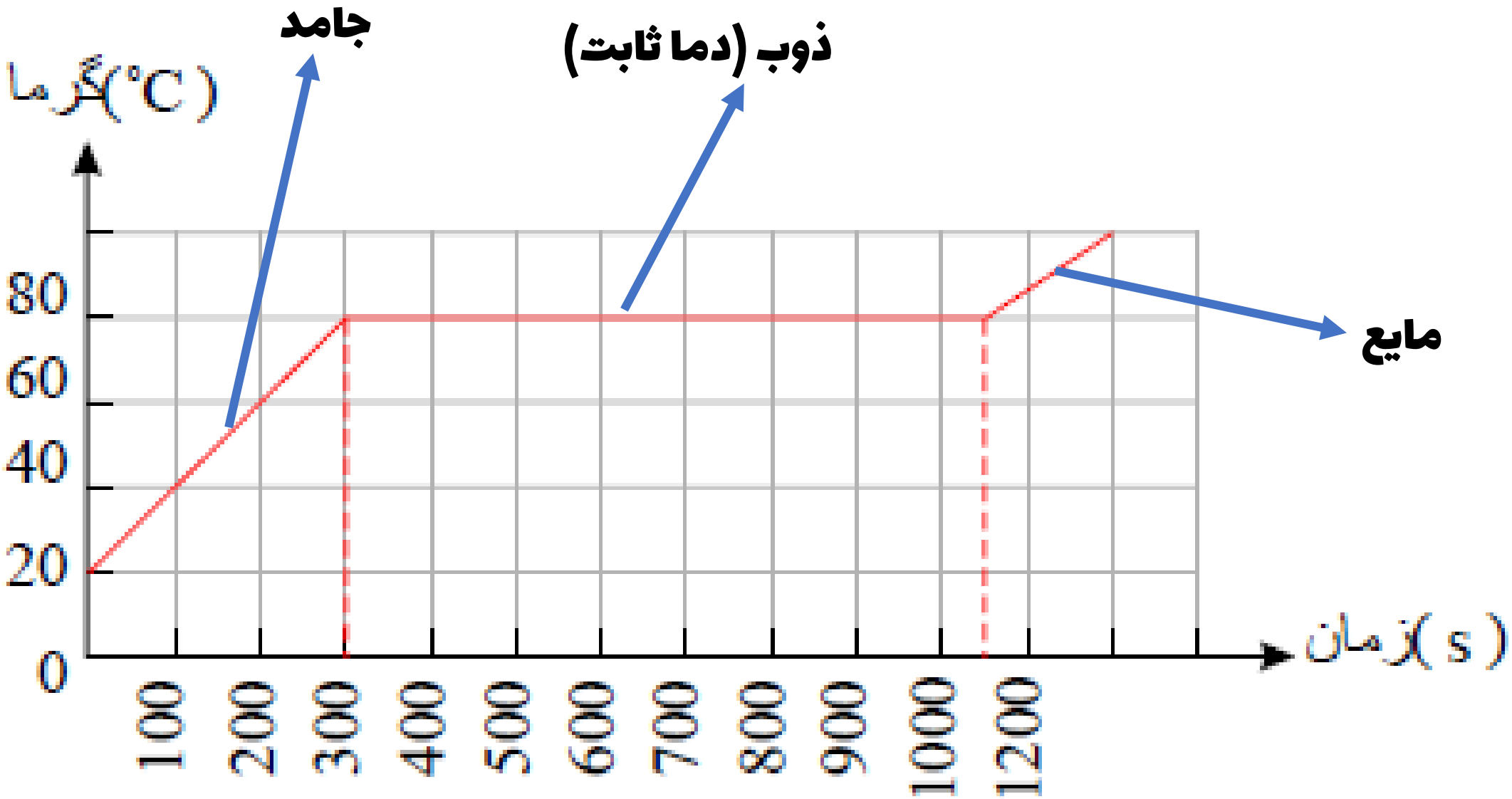
۲۰ گرمکنی در هر ثانیه ۲۰۰٫۰ ژول گرما می‌دهد. الف) چقدر طول می‌کشد تا این گرمکن ۰٫۱۰۰ کیلوگرم آب $100^\circ C$ را به بخار آب $100^\circ C$ تبدیل کند؟ ب) این گرمکن در همین مدت، چه مقدار یخ $0^\circ C$ را می‌تواند به آب $0^\circ C$ تبدیل کند؟

$$Q = Pt = mL_F$$

$$m = \frac{Pt}{L_F} = \frac{۲۰۰ \times ۱۱۲۸}{۳۳۳۰۰۰}$$

$$\rightarrow m = ۰/۶۷kg$$

۲۱ اگر به جسم جامدی که ابعاد آن به اندازهٔ کافی کوچک است با توان ثابتی گرما بدهیم نمودار دما – زمان آن به‌صورت کیفی مانند شکل روبه‌رو می‌شود. این نمودار در اینجا برای جسم جامدی به جرم $۵۰٫۰g$ رسم شده که توسط یک گرمکنِ $۱۰٫۰W$ گرم شده است.


جامد
ذوب (دما ثابت)
مایع
گرما(°C)
80
60
40
20
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
1200
زمان(s)

الف) چقدر طول می‌کشد تا این جامد به نقطهٔ ذوب خود برسد؟

$$\rightarrow t = ۳۰۰s$$

ب) گرمای ویژهٔ جامد را محاسبه کنید.

$$Q = mc\Delta T \rightarrow Pt = mc\Delta T$$

$$۱۰ \times ۳۰۰ = ۰/۰۵ \times c \times (۸۰ - ۲۰)$$

$$\rightarrow c = ۱۰۰۰ \frac{J}{kgK}$$

پ) گرمای نهان ذوب آن را محاسبه کنید.

$$Q = Pt = mL_F$$

$$۱۰ \times (۱۱۰۰ - ۳۰۰) = ۰/۰۵ \times L_F$$

$$\rightarrow L_F = ۱۶۰۰۰۰ \frac{J}{kg}$$

۲۲ در چالهٔ کوچکی $۱٫۰۰kg$ آب $۰٫۰^\circ C$ قرار دارد. اگر بر اثر تبخیر سطحی قسمتی از آب تبخیر شود و بقیهٔ آن یخ ببندد، جرم آب یخ‌زده چقدر می‌شود؟

$$Q_۱ + Q_۲ = ۰$$

$$-mL_F + m'L_V = ۰ \mid m + m' = ۱kg$$

$$-m \times ۳۳۳ + (۱ - m)۲۲۵۶ = ۰ \rightarrow m = ۰/۸۷kg$$

۲۳ در گروهی از جانوران خونگرم و انسان، تبخیر عرق بدن، یکی از راه‌های مهم تنظیم دمای بدن است.

الف) چه مقدار آب تبخیر شود تا دمای بدن شخصی به جرم $۵۰٫۰kg$ به اندازهٔ $۱٫۰۰^\circ C$ کاهش یابد؟ گرمای نهان تبخیر آب در دمای بدن $(۳۷^\circ C)$ برابر $۲٫۴۲ \times ۱۰^۶ J/kg$ و گرمای ویژهٔ بدن در حدود $۳۴۸۰J/kg \cdot K$ است.

$$Q_۱ + Q_۲ = ۰$$

$$m'L_V + mc\Delta T = ۰ \rightarrow m' \times ۲۴۲۰۰۰۰ + ۵۰ \times ۳۴۸۰ \times -۱ = ۰$$

$$m' = ۰/۰۷۲kg$$

ب) حجم آبی که شخص باید برای جبران آب تبخیر شده بنوشد، چقدر است؟

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow V = \frac{m}{\rho} = \frac{۰/۰۷۲}{۱۰۰۰} = ۷/۲ \times ۱۰^{-۵} m^{۳} = ۷۲ cm^{۳}$$

۲۴ اگر شما یک تیر چوبی و یک لولهٔ فلزی سرد را که هم‌دما هستند لمس کنید، چرا حس می‌کنید که لوله سردتر است؟ چرا ممکن است دست شما به لوله بچسبد؟

رسانش لوله فلزی از تیر چوبی بهتر است برای همین هنگام تماس دست با میله فلزی احساس سرمای بیشتری می کنیم.

۲۵ یک پالتو چگونه شما را گرم نگه می‌دارد؟ چرا استفاده از چند لباس زیر پالتو این عمل را تشدید می‌کند؟

هوا رسانای خوبی برای گرما نیست و وقتی از پالتو استفاده می کنیم هوایی که بین الیاف پالتو وجود دارد مانع از انتقال گرمای بدن به بیرون می شود. استفاده از لباس های بیشتر باعث حبس هوای بیشتر شده و نرخ رسانش گرما را کاهش می دهد.

۲۶ دو قوری همجنس و هم‌اندازه را درنظر بگیرید که سطح بیرونی یکی سیاه‌رنگ و دیگری سفیدرنگ است. هر دو را با آب داغ با دمای یکسان پر می‌کنیم. آب کدام قوری زودتر خنک می‌شود؟

قوری سیاه رنگ – تابش گرمایی اجسام تیره از اجسام روشن بیشتر است برای همین انتقال حرارت از طریق تابش قوری سیاه بیشتر خواهد بود.

۲۸ هوایی با فشار ۱/۰atm درون استوانهٔ یک تلمبه دوچرخه به طول ۲۴cm محبوس است. راه‌های ورودی و خروجی هوای استوانه تلمبه را می‌بندیم. اکنون :

الف) اگر طول استوانه را در دمای ثابت به ۳۰/۰ cm افزایش دهیم، فشار هوای محبوس چقدر خواهد شد؟

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \rightarrow P_1 A L_1 = P_2 A L_2$$

$$P_1 L_1 = P_2 L_2 \rightarrow ۱ \times ۲۴ = P_2 \times ۳۰$$

$$\rightarrow P_2 = ۰/۸ atm$$

ب) برای آنکه در دمای ثابت، فشار هوای محبوس ۳/۰ atm شود، طول استوانه را چقدر باید کاهش دهیم؟

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \rightarrow P_1 A L_1 = P_2 A L_2$$

$$P_1 L_1 = P_2 L_2 \rightarrow ۱ \times ۲۴ = ۳ \times L_2$$

$$\rightarrow L_2 = ۸ \text{ cm} \rightarrow \Delta L = L_2 - L_1 = ۱۶ \text{cm}$$

۲۹ لاستیک یک اتومبیل حاوی مقدار معینی هواست. هنگامی که دمای هوا $17^{\circ}C$ است، فشارسنج، فشار درون لاستیک را ۲/۰۰ اتمسفر نشان می‌دهد. پس از یک رانندگی بسیار سریع، فشار هوای لاستیک دوباره اندازه‌گیری می‌شود. اکنون فشارسنج، ۲/۳۰ اتمسفر را نشان می‌دهد. دمای هوای درون لاستیک در این وضعیت چقدر است؟ حجم لاستیک را ثابت و فشار جو را ۱/۰۰ اتمسفر در نظر بگیرید.

۰۹۱۲-۷۷۴۴-۲۸۱ ALIGEBRA.COM

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

$$\frac{۳}{۲۹۰} = \frac{۳/۳}{T_2}$$

$$\rightarrow T_2 = ۳۱۹K = ۴۶°C$$

فشار سنج فشار پیمانه ای را نشان می دهد ولی در فرمول باید فشار مطلق را قرار بدهیم. برای محاسبه فشار مطلق کافی است فشار پیمانه ای را با فشار جو جمع کنیم. دما حتما بر حسب کلوین در فرمول قرار داده شود.

۳۰ دما و فشار متعارف (STP)[۱] برای گاز، دمای $0^{\circ}C = 273K$ و فشار $1atm = 1/013 \times 10^{5}Pa$ معرفی می‌شود. حجم یک مول گاز کامل در دما و فشار متعارف چقدر است؟

$$PV = nRT$$

$$V = \frac{1 \times 8/31 \times 273}{1/013 \times 10^{5}} = 22/4L$$

۳۱ یک حباب هوا به حجم $۰/۲۰\ cm^3$ در ته یک دریاچه به عمق $۴۰/۰\ m$ قرار دارد که دما در آنجا $۴/۰^\circ C$ است. حباب تا سطح آب بالا می‌آید که در آنجا دما $۲۰^\circ C$ است (دمای هوای حباب با دمای آب اطراف آن یکسان است). در لحظه‌ای که حباب به سطح آب می‌رسد حجم آن چقدر است؟ فشار هوا در سطح دریاچه را $۱/۰۱ \times ۱۰^5 Pa$ درنظر بگیرید.

$$P_{۱} = \rho g h + P_0 = ۱۰۰۰ \times ۱۰ \times ۴۰ + ۱/۰۱ \times ۱۰^{۵} = ۵/۰۱ \times ۱۰^{۵}$$

$$\frac{P_{۱} V_{۱}}{T_{۱}} = \frac{P_{۲} V_{۲}}{T_{۲}}$$

$$\frac{۵/۰۱ \times ۱۰^{۵} \times ۰/۲}{۲۷۳ + ۴} = \frac{۱/۰۱ \times ۱۰^{۵} \times V_{۲}}{۲۷۳ + ۲۰}$$

$$\rightarrow V_{۲} = ۱/۰۵ \times cm^3$$

علی جبرا سایت تخصصی ریاضی فیزیک

WWW.ALIGEBRA.COM

۰۹۱۲۷۷۴۴۲۸۱

۰۹۱۲۷۷۴۴۳۸۹