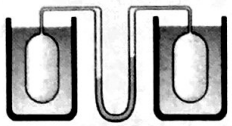
۱۴ دما، گرما و قانون اول ترمودینامیک

۱۰- یک دماسنج گازی از دو حباب حاوی گاز ساخته شده است که مانند شکل ۱۴-۲۹ هر یک در یک ظرف آب قرار دارند. اختلاف فشار بین دو حباب، مانند آنچه که نشان داده شده است، توسط یک فشارسنج جیوه‌ای اندازه‌گیری می‌شود. مخزنهای مناسبی که در شکل نشان داده نشده‌اند، حجم گاز در دو حباب را ثابت نگه می‌دارند. وقتی که هر دو ظرف در دمای نقطهٔ سه‌گانهٔ آب قرار دارند، هیچ اختلاف فشاری وجود ندارد. وقتی یکی از ظرفها در دمای نقطهٔ سه‌گانه و دیگری در دمای نقطهٔ جوش آب قرار می‌گیرد، اختلاف فشار ۱۲۰ torr است. هرگاه یکی از ظرفها در دمای نقطهٔ سه‌گانه و دیگری در یک دمای نامعلوم که تحت اندازه‌گیری است قرار گیرد، اختلاف فشار ۹۰/۰ torr است. دمای نامعلوم چقدر است؟



شکل ۱۴-۲۹ مسئلهٔ ۱

حل: چون فرآیند حجم ثابت است پس داریم:

$$\frac{T}{T_۳}=\frac{p}{p_۳}$$

$$\text{از روابط ریاضی داریم} \Rightarrow \frac{T-T_۳}{T_۳}=\frac{p-p_۳}{p_۳}$$

$$\frac{۳۷۳/۱۲۵-۲۷۳/۱۶}{۲۷۳/۱۶}=\frac{۱۲۰}{p_۳}\Rightarrow p_۳=۳۲۷/۹\ \text{torr}$$

حال برای دمای T_x مجهول داریم:

$$\frac{T_x-۲۷۳/۱۶}{۲۷۳/۱۶}=\frac{۹۰}{۳۲۷/۹}\Rightarrow T_x=۳۴۸/۱۳\text{K}$$

۲۰- دو دماسنج گازی با حجم ثابت یکی محتوی نیتروژن و دیگری محتوی هیدروژن است. هر دو به مقدار کافی از گاز پر شده‌اند، به طوری که $p_۳=۸۰\ \text{kPa}$. (الف) اگر هر دو مخزن دماسنجها را در آب جوش قرار دهیم، اختلاف فشار در دو دماسنج چقدر می‌شود؟ (*راهنمایی*: به شکل ۱۴-۶ نگاه کنید.) (ب) فشار کدام گاز بیشتر است؟

حل:

$$P_۳=۸۰\ \text{kPa}\begin{cases}\text{دمای هیدروژن} & T_۱=۳۷۳/۱۵\text{K}\\ \text{دمای نیتروژن} & T_۲=۳۷۳/۳۵\text{K}\end{cases}$$

(الف)

$$p=\frac{p_۳}{۲۷۳/۱۶}T\Rightarrow \Delta p=\frac{p_۳}{۲۷۳/۱۶}\Delta T$$

$$\Rightarrow p_۲-p_۱=\frac{۸۰}{۲۷۳/۱۶}(۳۷۳/۳۵-۳۷۳/۱۵)$$

$$\Rightarrow p_۲-p_۱=۰/۰۵۸\ \text{kPa}$$

(ب) چون حاصل $p_۲-p_۱>۰$ است پس فشار گاز نیتروژن بالاتر است.

۳۰- فرض کنید وقتی که گازی در نقطهٔ جوش آب قرار دارد دمای آن ۳۷۳/۱۵K باشد. در این صورت، مقدار حدی نسبت فشار گاز در نقطهٔ جوش به فشار آن در نقطهٔ سه‌گانهٔ آب چقدر است؟ (فرض کنید که حجم گاز در هر دو دما یکسان است.)

حل: چون فرآیند حجم ثابت است پس داریم:

$$\frac{T_۱}{T_۲}=\frac{p_۱}{p_۲}\Rightarrow\frac{۳۷۳/۱۵}{۲۷۳/۱۶}=\frac{p_۱}{p_۳}\Rightarrow\frac{p_۱}{p_۳}=۱/۳۶۶$$

۴۰- (الف) در سال ۱۹۶۴/۱۳۴۳، دما در دهکدهٔ اویمیاکون[1] در سیبری به ۷۱°C- رسید. این دما در مقیاس فارنهایت چقدر است؟ (ب) بالاترین دمای ثبت شدهٔ رسمی در قارهٔ امریکا در درهٔ مرگ در کالیفرنیا ۱۳۴°F بوده است. این دما در مقیاس سلسیوس چقدر است؟

حل: رابطه بین دمای فارنهایت عبارت است از:

$$T_F=۳۲+۱/۸T_C$$

(الف) $T_F=۳۲+۱/۸(-۷۱)\Rightarrow T_F=-۹۵/۸°\text{F}$

(ب) $۱۳۴=۳۲+۱/۸(T_C)\Rightarrow T_C=۵۶/۶۶°\text{C}$

۵۰- در چه دمایی عدد مقیاس فارنهایت برابر با (الف) دو برابرعدد دمای سلسیوس و (ب) نصف عدد دمای سلسیوس است؟

حل: (الف) $T_F=۲T_C$ $\quad T_F=۱/۸T_C+۳۲=۲T_C$

$$\Rightarrow ۰/۲T_C=۳۲\Rightarrow T_C=۱۶۰°\text{C}=۳۲۰°\text{F}$$

(ب) $T_F=\frac{۱}{۲}T_C$

$$\Rightarrow T_C=-۲۴/۶°\text{C}=-۱۲/۳°\text{F}$$

۶۰- در مقیاس دمایی خطی X، آب در ۱۲۵/۰°X- یخ می‌زند و در ۳۷۵/۰°X می‌جوشد. در مقیاس دمایی خطی Y، آب در ۷۰/۰۰°Y- یخ می‌زند و در ۳۰/۰۰°Y- می‌جوشد. دمای ۵۰/۰۰°Y متناظر با چه دمایی در مقیاس X است؟

حل: فرض می‌کنیم که مقیاس دمایی خطی X و Y با رابطه زیر به هم وابسته می‌باشند.

$$Y=mX+b\rightarrow\begin{cases}-۷۰/۰۰=m(-۱۲۵/۰)+b\\ -۳۰/۰۰=m(۳۷۵/۰)+b\end{cases}$$

از ۲ معادله ۲ مجهول بالا مقدار b و m به دست می‌آید.

$$m=۸/۰۰۰\times۱۰^{-۲}\qquad b=-۶۰/۰۰$$

$$Y=۸/۰۰۰\times۱۰^{-۲}X-۶۰/۰۰$$

$$۵۰/۰۰=۸/۰۰۰\times۱۰^{-۲}X-۶۰/۰۰\Rightarrow X=۱۳۷۵°\text{X}$$

۷۰- فرض کنید که در مقیاس دمایی خطی X، آب در ۵۳/۵°X- می‌جوشد و در ۱۷۰°X- یخ می‌زند. دمای ۳۴۰K در مقیاس X چقدر است؟ (نقطهٔ جوش آب را تقریباً ۳۷۳K در نظر بگیرید.) ILW

1. Oymyakon

حل: مشابه مسئله ۶ عمل می‌کنیم فقط در اینجا Y همان مقیاس کلوین است.

$$Y=mX+b\begin{cases}۲۷۳/۱۵=m(-۱۷۰)+b\\ ۳۷۳/۱۵=m(-۵۳/۵)+b\end{cases}$$

$$\Rightarrow m=۰/۸۵۸ \qquad b=۴۱۹$$

$$۳۴۰=۰/۸۵۸X+۴۱۹\Rightarrow X=-۹۲/۱^\circ X$$

۸●- طول میلهٔ آلومینیومی یک پرچم ۳۳m است. اگر دما ۱۵°C افزایش یابد، طول میله چقدر افزایش می‌یابد؟

حل: $\Delta L=L_\circ\alpha\Delta T\Rightarrow \Delta L=(۳۳)(۲۳\times۱۰^{-۶})(۱۵)$

$$\Rightarrow \Delta L=۰/۰۱۱۳۸\text{m}$$

۹●- تغییر در حجم یک کرهٔ آلومینیومی به شعاع اولیهٔ ۱۰cm وقتی کره از ۰/۰°C تا ۱۰۰°C گرم شود چقدر است؟ **SSM**

حل: $\Delta V=\beta V_\circ\Delta T \qquad \beta=۳\alpha\rightarrow\Delta V=۳\alpha V_\circ\Delta T$

$$\Delta V=(۳)(۳۲\times۱۰^{-۶})\left(\frac{۴}{۳}\times۳/۱۴\times۱۰۰۰\right)(۱۰۰)$$

$$\Rightarrow \Delta V=۲۸/۹\text{cm}^۳$$

۱۰●- طول یک میلهٔ آلومینیومی در دمای ۲۰/۰۰۰°C برابر با ۱۰/۰۰۰cm و در نقطهٔ جوش آب برابر با ۱۰/۰۱۵cm است. (الف) طول میله در نقطهٔ انجماد آب چقدر است؟ (ب) اگر طول میله ۱۰/۰۰۹cm باشد، دما چقدر است؟

حل: (الف) $\alpha=\frac{\Delta L}{L_\circ\Delta T}\Rightarrow\alpha=\frac{۱/۰۱۵-۱۰/۰۰۰}{(۱۰/۰۰۰)(۱۰۰-۲۰)}$

$$\Rightarrow \alpha=۱/۸۷۵\times۱۰^{-۵}\,\frac{۱}{^\circ\text{C}}$$

$$L=L_\circ(۱+\alpha\Delta T)=۱۰[۱+(۱/۸۷۵\times۱۰^{-۵})(-۲۰)]$$

$$\Rightarrow L=۹/۹۹۶\text{cm}$$

(ب) $۱۰/۰۰۹=۱۰[۱+(۱/۸۷۵\times۱۰^{-۵})(T-۲۰)]$

$$\Rightarrow T-۲۰=۴۸\Rightarrow T=۶۸^\circ\text{C}$$

۱۱●- قطر سوراخ دایره‌ای در یک صفحهٔ آلومینیومی در ۰/۰۰۰°C برابر با ۲/۷۲۵cm است. وقتی دمای صفحه به ۱۰۰/۰°C برسد قطر سوراخ چقدر می‌شود؟ **ILW**

حل: $D=D_\circ(۱+\alpha\Delta T)\Rightarrow D=۲/۷۲۵[۱+(۲۳\times۱۰^{-۶}\times۱۰۰)]$

$$=۲/۷۳۱\text{cm}$$

۱۲●- طول ضلع یک مکعب برنجی در دمای ۲۰°C برابر با ۳۰cm است. وقتی دما از ۲۰°C به ۷۵°C برسد، افزایش در مساحت سطح مکعب چقدر است؟

حل: $\Delta A_\circ=۲\alpha A_\circ\Delta T$

$$\Delta A_\circ=(۲)(۱۹\times۱۰^{-۶})(۳۰)(۳۰)(۷۵-۲۰)=۱/۸۸۱\text{cm}^۲$$

بنابراین افزایش مساحت مکعب برابر است با:

$$\Delta A=۶\Delta A_\circ=(۶)(۱/۸۸۱)=۱۱/۲۸۶\text{cm}^۲$$

۱۳●- اگر حجم یک گلولهٔ سربی در ۶۰/۰۰°C برابر با ۵۰/۰۰cm^۳ باشد، حجم آن در ۳۰/۰۰°C چقدر است؟

حل: $V=V_\circ(۱-\beta\Delta T)$

$$\beta=۳\alpha\Rightarrow V=V_\circ(۱+۳\alpha\Delta T)$$

$$V=۵۰[۱+(۳)(۲۹\times۱۰^{-۶})(۳۰-۶۰)]\Rightarrow V=۴۹/۸۹۶\text{cm}^۳$$

۱۴●●- وقتی دمای یک استوانهٔ فلزی از ۰/۰°C به ۱۰۰°C برسد، طول آن ۰/۲۳٪ بیشتر می‌شود. (الف) درصد تغییر در چگالی را پیدا کنید. (ب) این فلز چیست؟ از جدول ۱۴-۲ استفاده کنید.

حل: $\alpha=\frac{\Delta L}{L_\circ\Delta T}=\frac{۰/۲۳\times۱۰^{-۲}\times L_\circ}{L_\circ\times۱۰۰}\Rightarrow\alpha=۲/۳\times۱۰^{-۵}\,\frac{۱}{^\circ\text{C}}$

(الف) $\rho=\frac{m}{V}\Rightarrow\Delta\rho=\frac{-m\Delta V}{V^۲}=-\rho\frac{\Delta V}{V}\Rightarrow\frac{\Delta\rho}{\rho}=-\frac{\Delta V}{V}$

$$\frac{\Delta\rho}{\rho}=\frac{-۳\alpha V\Delta T}{V}=-۳\alpha\Delta T=-(۳)(۲/۳\times۱۰^{-۵})(۱۰۰)$$

$$=-۶/۹\times۱۰^{-۳}\Rightarrow\frac{\Delta\rho}{\rho}=-٪۰/۶۹$$

منفی به این دلیل است که با افزایش دما چگالی کاهش می‌یابد

(ب) با توجه به مقدار $\alpha=۲/۳\times۱۰^{-۵}\,\frac{۱}{^\circ\text{C}}$ و جدول در می‌یابیم که ماده آلومینیوم است.

۱۵●●- یک ظرف آلومینیومی با حجم ۱۰۰cm^۳ در ۲۲°C به طور کامل از گلیسیرین پر شده است. اگر دمای ظرف و گلیسیرین به ۲۸°C افزایش داده شود، چقدر گلیسیرین از ظرف بیرون می‌ریزد (اگر بریزد)؟ (ضریب انبساط حجمی گلیسیرین برابر با $۵/۱\times۱۰^{-۴}\,/^\circ\text{C}$ است.) **SSM WWW**

حل: تغییر حجم فنجان برابر است با: $\Delta V_۱=۳\alpha V_\circ\Delta T$

تغییر حجم گلیسیرین برابر است با: $\Delta V_۲=\beta V_\circ\Delta T$

اختلاف افزایش حجم گلیسیرین و فنجان برابر است با:

$$\Delta V=\Delta V_۲-\Delta V_۱=V_\circ\Delta T(\beta-۳\alpha)$$

$$\Delta V=(۱۰۰)(۶)[۵/۱\times۱۰^{-۴}-(۳)(۲۳\times۱۰^{-۶})]=۰/۲۶۵\text{cm}^۳$$

چون مقدار بالا مثبت است افزایش حجم گلیسیرین از فنجان بیشتر بوده و همین مقدار گلیسیرین از فنجان خارج خواهد شد.

۱۶●●- طول میله‌ای در دمای ۲۰°C، که با یک خط‌کش فولادی اندازه‌گیری شده دقیقاً ۲۰/۰۵cm است. میله و خط‌کش را در کوره‌ای به دمای ۲۷۰°C قرار می‌دهیم. در این صورت طول میله با اندازه‌گیری با همان خط‌کش برابر با ۲۰/۱۱cm می‌شود. ضریب انبساط خطی ماده‌ای که میله از آن ساخته شده چقدر است؟

حل: میله را با اندیس (۱) و خط‌کش را با اندیس (۲) نمایش می‌دهیم، در این صورت داریم:

$$\Delta L=L_\circ(\alpha_۱-\alpha_۲)\Delta T$$

$$\Rightarrow(۲۰/۱۱-۲۰/۰۵)=۲۰/۰۵(\alpha_۱-۱۱\times۱۰^{-۶})(۲۷۰-۲۰)$$

$$\Rightarrow\alpha_۱=۲/۲۹۷\times۱۰^{-۵}\,\frac{۱}{^\circ\text{C}}$$

۱۷●●- در دمای ۲۵/۰۰°C قطر یک میلهٔ فولادی ۳/۰۰۰cm است. در دمای ۲۵/۰۰°C قطر داخلی یک حلقهٔ برنجی ۲/۹۹۲cm است. در چه دمای مشترکی حلقه درست در میله می‌لغزد؟ **ILW**

حل: قطر میله و حلقه باید برابر باشد.

$$D_s=D_b$$

$$D_{\circ s}(۱+\alpha_s\Delta T)=D_{\circ b}(۱+\alpha_b\Delta T)\Rightarrow\Delta T=\frac{D_{\circ s}-D_{\circ b}}{\alpha_bD_{\circ b}-\alpha_sD_{\circ s}}$$

$$\Rightarrow\Delta T=\frac{۳/۰۰۰\text{cm}-۲/۹۹۲\text{cm}}{(۱۹\times۱۰^{-۶}-۲/۹۹۲)-(۱۱\times۱۰^{-۶}\times۳/۰۰۰)}=۳۳۵/۴۵^\circ\text{C}$$

$$\Delta T=T_x-T_۱\Rightarrow۳۳۵/۴۵=T_x-۲۵\Rightarrow T_x=۳۶۰/۴۵^\circ\text{C}$$

۱۸●●- وقتی دمای یک سکهٔ مسی به اندازهٔ ۱۰۰°C افزایش یابد، قطر آن ۱۸٪ زیاد می‌شود. با دو رقم با معنا، درصد افزایش در (الف) مساحت یک رویهٔ سکه، (ب) ضخامت، (پ) حجم و (ت) جرم سکه را به دست آورید. (ث) ضریب انبساط خطی سکه را محاسبه کنید.

حل: (الف) $\frac{\Delta L}{L_\circ}=\alpha\Delta T=۱۸\times۱۰^{-۴}$

$$\frac{\Delta A}{A_\circ}=۲\alpha\Delta T=۳۶\times۱۰^{-۴}\ \text{یا}\ ٪۰/۳۶$$

(ب) اگر ضخامت را با d نمایش دهیم در این صورت: ۰/۱۸٪

$$\frac{\Delta d}{d}=\alpha\Delta T=۱۸\times۱۰^{-۴}\ \text{یا}$$

(پ) $\frac{\Delta V}{V}=۳\alpha\Delta T=۳(۱۸\times۱۰^{-۴})=۵۴\times۱۰^{-۴}$ یا ٪۰/۵۴

(ت) جرم یک کمیت مستقل است پس با دما تغییر نمی‌کند.

$$\frac{\Delta m}{m}=۰$$

(ث) $\alpha\Delta T=۱۸\times۱۰^{-۴}\Rightarrow\alpha(۱۰۰)=۱۸\times۱۰^{-۴}$

$$\Rightarrow\alpha=۱۸\times۱۰^{-۶}\,\frac{۱}{^\circ C}$$

۱۹●●- یک لولهٔ شیشه‌ای قائم به طول $L=۱/۲۸۰۰۰۰\text{m}$ در دمای ۲۰/۰۰۰۰۰۰°C تا نیمه با مایعی پر شده است. وقتی لوله تا ۳۰/۰۰۰۰۰۰°C گرم شود، طول ستون مایع چقدر تغییر می‌کند؟ α شیشه $=۱/۰۰۰۰۰۰\times۱۰^{-۵}\,/\text{K}$ و β مایع $=۴/۰۰۰۰۰۰\times۱۰^{-۵}\,/\text{K}$ است.

حل: ابتدا باید ارتفاع ستون مایع را حساب نمود. باید توجه داشت که در اثر گرما قطر لوله نیز افزایش می‌یابد.

$$h=\frac{V}{A}=\frac{V_\circ(۱+\beta\Delta T)}{A_\circ(۱+۲\alpha\Delta T)}=h_\circ=\frac{۱+\beta\Delta T}{۱+۲\alpha\Delta T}$$

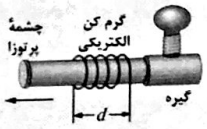
بنابراین تغییر ارتفاع برابر است با:

$$\Delta h=h-h_\circ=h_\circ\frac{۱+\beta\Delta T}{۱+۲\alpha\Delta T}-h_\circ=h_\circ\left[\frac{۱+\beta\Delta T}{۱+۲\alpha\Delta T}-۱\right]$$

$$\Delta h=\left(\frac{۱/۲۸}{۲}\right)\left[\frac{۱+(۴\times۱۰^{-۵})(۱۰)}{۱+(۲)(۱\times۱۰^{-۵})(۱۰)}-۱\right]=۱/۲۸\times۱۰^{-۴}\text{ m}$$

$$=۰/۱۲۸\text{mm}$$

۲۰●●- در آزمایشی لازم است که یک چشمهٔ پرتوزای کوچک را با تندی بسیار کمی حرکت دهند. این حرکت با بستن چشمه به انتهای یک میلهٔ آلومینیومی و گرم کردن بخش مرکزی میله به روشنی کنترل شده انجام می‌گیرد. اگر طول بخش گرم شده مؤثر میله در شکل ۱۴-۳۰ برابر $d=۲/۰۰\text{cm}$ باشد، برای اینکه چشمه با تندی ثابت ۱۰۰nm/s حرکت کند، دمای میله با چه آهنگ ثابتی باید تغییر کند؟



شکل ۱۴-۳۰ مسئلهٔ ۲۰

حل: برای تغییر طول قسمت مؤثر میله داریم:

$$\Delta L=\alpha L_\circ\Delta T$$

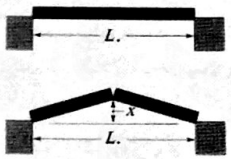
حال طرفین رابطه بالا را بر بازه زمانی Δt تقسیم می‌کنیم. بنابراین خواهیم داشت:

$$\frac{\Delta L}{\Delta t}=\alpha L_\circ\frac{\Delta T}{\Delta t}\Rightarrow\frac{\Delta T}{\Delta t}=\frac{۱}{\alpha L_\circ}\frac{\Delta L}{\Delta t}$$

$$=\frac{۱}{(۲۳\times۱۰^{-۶})(۲\times۱۰^{-۲})}(۱۰۰\times۱۰^{-۹})$$

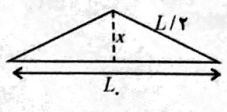
$$\frac{\Delta T}{\Delta t}=۰/۲۱۷^\circ\text{C/s}=۰/۲۱۷\text{K/s}$$

۲۱●●●- وقتی دمای یک میله که در وسط آن شکافی وجود دارد به اندازهٔ ۳۲°C افزایش یابد، میله به طرف بالا کشیده می‌شود (شکل ۱۴-۳۱). اگر فاصلهٔ ثابت $L_\circ$ برابر با ۳/۷۷m و ضریب انبساط خطی میله $۲۵\times۱۰^{-۶}\,/^\circ C$ باشد، بالا رفتگی x مرکز میله را پیدا کنید. **SSM ILW**



شکل ۱۴-۳۱ مسئلهٔ ۲۱

حل:



$$\left(\frac{L_\circ}{۲}\right)^۲+x^۲=\left(\frac{L}{۲}\right)^۲\Rightarrow L_\circ^۲+۴x^۲=L^۲$$

$$x=\frac{\sqrt{L^۲-L_\circ^۲}}{۲}=\frac{\sqrt{L_\circ^۲(۱+\alpha\Delta T)^۲-L_\circ^۲}}{۲}=\frac{L_\circ}{۲}\sqrt{۲\alpha\Delta T}$$

که در رابطه بالا از مقدار $\alpha^۲\Delta T^۲$ به دلیل کوچکی صرف نظر شده است.

$$\Rightarrow x=\frac{۳/۷۷}{۲}\sqrt{۲\times۲۵\times۱۰^{-۶}\times۳۲}=۷/۵۴\times۱۰^{-۲}\,\text{m}$$
$$=۷/۵۴\,\text{cm}$$

۲۲۰●- جرم هر مول از مادهٔ معینی برابر با ۵۰/۰g/mol است. وقتی ۳۱۴J انرژی به صورت گرما به ۳۰/۰g این ماده داده شود، دمای آن از ۲۵/۰°C به ۴۵/۰°C افزایش می‌یابد. (الف) گرمای ویژه و (ب) گرمای ویژهٔ مولی این ماده چقدر است؟ (پ) در این نمونه چند مول وجود دارد؟

حل: (الف) $c=\frac{Q}{m\Delta T}=\frac{۳۱۴}{(۳۰\times۱۰^{-۳})(۲۰)}=۵۲۳/۳\,\text{J/kg}\cdot\text{°C}$

(ب) و (ج) برای بدست آوردن گرمای ویژه مولی ابتدا باید تعداد مول این ماده را به دست آورد.

$$n=\frac{m}{M}=\frac{۳۰}{۵۰}=۰/۶\,\text{mol}$$
$$C_p=\frac{Q}{n\Delta T}=\frac{۳۱۴}{(۰/۶)(۲۰)}=۲۶/۲\,\text{J/mol}\cdot\text{°C}$$

۲۳۰●- یک پزشک متخصص تغذیه مردم را به خوردن آب یخ در برنامهٔ غذایی تشویق می‌کند. نظر او این است که برای بالا بردن دمای آب از ۰/۰۰°C به دمای بدن که ۳۷/۰°C است، بدن باید به مقدار زیادی چربی بسوزاند. برای سوزاندن ۴۵۴g (تقریباً ۱lb) چربی، و با فرض اینکه برای سوختن این مقدار چربی انتقال ۳۵۰۰Cal به آب یخ لازم است، چند لیتر آب یخ باید مصرف شود؟ چرا این پرهیز غذایی توصیه نمی‌شود؟ ($۱\,\text{cm}^3=۱۰^{-۳}$ لیتر و چگالی آب $۱/۰۰\,\text{kg/m}^3$ است.)

حل: $m=\frac{Q}{c\Delta T}=\frac{۳۵۰۰\times۱۰^3\,\text{Cal}}{(۱\,\text{Cal/g}\cdot\text{°C})(۳۷\text{°C})}=۹/۴۶\times۱۰^4\,\text{g}$

که این مقدار آب معادل است با:

$$\frac{۹/۴۶\times۱۰^4\,\text{g}}{۱۰۰۰\,\text{g/lit}}=۹۴/۶\,\text{lit}$$

برای سوختن ۴۵۴J چربی باید حدوداً یک بشکه ۱۰۰ لیتری آب خورد که خوردن این مقدار آب در یک روز امکان‌پذیر نمی‌باشد.

۲۴۰●- پس از اینکه ۵۰/۲kJ گرما از ۲۶۰g آب که در آغاز در نقطهٔ انجماد قرار دارد گرفته شد چقدر آب یخ نزده باقی می‌ماند؟

حل: $m=\frac{Q}{L_f}=\frac{۵۰/۲\,\text{kJ}}{۳۳۳\,\text{kJ/kg}}=۰/۱۵۱\,\text{kg}=۱۵۱\,\text{g}$

پس مقدار آب یخ نزده عبارت است از:

$$۲۶۰-۱۵۱=۱۰۹\,\text{J}$$

۲۵۰●- کمترین مقدار انرژی لازم برحسب ژول که برای ذوب کامل ۱۳۰g نقره که در آغاز در دمای ۱۵/۰°C قرار دارد چقدر است؟ **SSM**

حل: دمای ذوب نقره ۹۲۶°C است و گرمای نهان ذوب نقره برابر با $L_F=۱۰۵\,\text{kJ/kg}$ می‌باشد، بنابراین:

$$Q_۱=mc\Delta T\rightarrow Q_۱=(۰/۱۳)(۲۳۶)(۹۲۶-۱۵)=۲۹۰۵۴\,\text{J}$$
$$Q_۲=mL_F\rightarrow Q_۲=(۰/۱۳)(۱۰۵\times۱۰^3)=۱۳۶۵۰\,\text{J}$$
$$Q=Q_۱+Q_۲\rightarrow Q=۴۲۷۰۴\,\text{J}\ \text{یا}\ ۴۲/۷۰۴\,\text{kJ}$$

۲۶۰●- یک راه برای جلوگیری از سرد شدن بیش از حد یک گاراژ در شب هنگام در وقتی که دمای زیر صفر پیش بینی شده است، قرار دادن تشت بزرگ پر از آب در گاراژ است. اگر جرم آب ۱۲۵kg و دمای اولیه آن ۲۰°C باشد، (الف) برای انجماد کامل، آب چقدر انرژی باید به محیط خود انتقال دهد و (ب) پس از این اتفاق پایین‌ترین دمای ممکن آب و محیط اطراف آن چقدر است؟

حل: (الف) $Q_۱=mc\Delta T\rightarrow Q_۱=(۱۲۵)(۴۱۹۰)(-۲۰)$

$$=-۱۰/۴۵۷\times۱۰^6\,\text{J}$$
$$Q_۲=mL_F\rightarrow Q_۲=(۱۲۵)(-۳۳۳\times۱۰^3)=-۴۱/۶۲۵\times۱۰^6\,\text{J}$$
$$Q=Q_۱+Q_۲\rightarrow Q=-۵۲/۰۸۲\times۱۰^6\,\text{J}$$

علامت منفی نشان دهنده انتقال گرما از آب به محیط اطراف است.

(ب) واضح است که قبل از یخ زدن کامل، دمای محیط زیر صفر نخواهد آمد و در صفر باقی می‌ماند.

۲۷۰●- برای گرم کردن ۱۰۰g آب جهت تهیهٔ یک فنجان قهوه از یک گرم کن الکتریکی غوطه‌ور در آب استفاده می‌کنیم. روی برچسب گرم‌کن «۲۰۰ وات» نوشته شده است (انرژی الکتریکی را با این آهنگ به انرژی گرمایی تبدیل می‌کند). با چشم پوشی از تلفات گرمایی، زمان لازم را برای رساندن آب از ۲۳/۰°C به ۱۰۰°C محاسبه کنید. **SSM**

حل:

$$t=\frac{Q}{P}=\frac{mc\Delta T}{P}\Rightarrow t=\frac{(۰/۱۰۰)(۴۱۹۰)(۱۰۰-۲۳)}{۲۰۰}=۱۶۱/۳۲\,\text{s}$$

۲۸۰●- چند گرم کره که حاوی انرژی مفید ۶/۰Cal/g(=۶۰۰۰cal/g) است با تغییر در انرژی پتانسیل گرانشی مردی به جرم ۷۳/۰kg که از سطح دریا به قلهٔ اورست به بلندی ۸/۸۴km صعود می‌کند، هم ارز است؟ فرض کنید که میانگین g برای صعود $۹/۸۰\,\text{m/s}^2$ است.

حل: $\Delta U=mg\Delta h=(۷۳)(۹/۸)(۸۸۴۰)=۶/۳۲\times۱۰^6\,\text{J}$

$$m=\frac{\Delta U}{a}=\frac{۶/۳۲\times۱۰^6\,\text{J}\times\left(\frac{۱\,\text{cal}}{۴/۱۸۶\,\text{J}}\right)}{۶۰۰۰\,\text{cal/g}}=۲۵۱/۶۳\,\text{g}$$

۲۹۰●●- چه جرمی از بخار آب ۱۰۰°C را باید با ۱۵۰g یخ با دمای نقطهٔ ذوب در یک ظرف عایق بندی شدهٔ گرمایی مخلوط کرد تا آب ۵۰°C به دست آید؟ **ILW**

حل: گرمایی که بخار ۱۰۰°C از دست می‌دهد تا به آب ۵۰°C تبدیل شود.

$$Q_۱=m_۱[L_V+c\Delta T]=m_۱[۲/۲۵۶\times۱۰^6+(۴۱۸۰)(۱۰۰-۵۰)]$$
$$=۲/۴۶۵\times۱۰^6\,m_۱\,\text{J}$$

گرمایی که یخ می‌گیرد تا به آب ۵۰°C تبدیل شود.

$$Q_۲=m_۲[L_f+c\Delta T]=۰/۱۵[۳/۳۳\times۱۰^5+(۴۱۸۰)(۵۰-۰)]$$
$$=۸/۱۱\times۱۰^4\,\text{J}$$
$$Q_۱=Q_۲\Rightarrow ۲/۴۶۵\times۱۰^6\,m_۱=۸/۱۱\times۱۰^4$$
$$\Rightarrow m_۱=۰/۰۳۳\,\text{kg}=۳۳\,\text{g}$$

۳۰۰●●- یک کاسهٔ مسی به جرم ۱۵۰g حاوی ۲۲۰g آب است و دمای هر دو ۲۰/۰°C است. یک استوانهٔ مسی خیلی داغ به جرم ۳۰۰g را درون آب می‌اندازیم که باعث می‌شود آب بجوشد و ۵/۰۰g از آن به بخار تبدیل شود. دمای نهایی دستگاه ۱۰۰°C است. از مبادلهٔ انرژی با محیط چشم پوشی کنید. (الف) چقدر انرژی (برحسب کالری) به صورت گرما به آب داده می‌شود؟ (ب) چقدر انرژی گرمایی به کاسه داده می‌شود؟ (پ) دمای اولیهٔ استوانه چقدر بوده است؟

حل: (الف) گرمای داده شده به آب برابر است با:

$$Q_w=m_wc_w\Delta T+m_sL_V$$
$$Q_w=(۲۲۰\,\text{g})(۱\,\text{cal/g°C})(۱۰۰\text{°C}-۲۰\text{°C})+(۵\,\text{g})(۵۳۹\,\text{cal/g})$$
$$=۲۰/۳\,\text{kcal}$$

(ب) گرمای منتقل شده به کاسه برابر است با:

$$Q_b=m_bc_b\Delta T$$
$$Q_b=(۱۵۰\,\text{g})(۰/۰۹۲۳\,\text{cal/g}\cdot\text{°C})(۱۰۰\text{°C}-۲۰\text{°C})=۱/۱۱\,\text{kcal}$$

(پ) همان طور که در صورت مسئله بیان شده است مجموع گرماهای Q_w و Q_b توسط استوانهٔ مسی تأمین می‌شود، بنابراین خواهیم داشت:

$$Q_w+Q_b=|m_{cu}c_{cu}\Delta T|\Rightarrow ۸۹/۶۵۶\times۱۰^3$$
$$=|(۰/۳)(۳۸۶)(T-۱۰۰)|\Rightarrow T-۱۰۰=۷۷۴/۳۳۱$$
$$\Rightarrow T=۸۷۴/۳۳۱\text{°C}$$

۳۱۰●●- *تبدیل غیر متریک:* چقدر طول می‌کشد تا یک آب گرم‌کن $۲/۰\times۱۰^5\,\text{Btu/h}$، دمای ۴۰gal آب را از ۷۰°F به ۱۰۰°F برساند؟ *تبدیل متری:* چقدر طول می‌کشد تا یک آب گرم‌کن ۵۹kW دمای ۱۵۰L آب را از ۲۱°C به ۳۸°C برساند؟

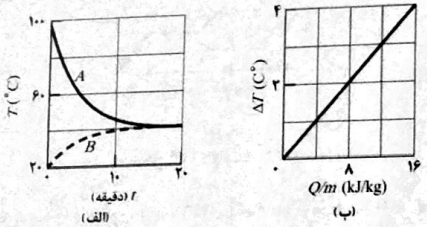
حل: تبدیل غیر متری:

$$Q=mc\Delta T=(۴۰\times۸/۳)(۱)(۱۰۰-۷۰)=۹۹۶۰\,\text{Btu}$$
$$t=\frac{Q}{P}=\frac{۹۹۶۰}{۲\times۱۰^5}=۰/۰۵\text{h}\ \text{یا}\ ۳\,\text{min}$$

تبدیل متری:

$$Q=mc\Delta T=(۱۵۰)(۴۱۹۰)(۳۸-۲۱)=۱۰/۶۸۴\times۱۰^6\,\text{J}$$
$$t=\frac{Q}{P}=\frac{۱۰/۶۸۴\times۱۰^6}{۵۹\times۱۰^3}=۱۸۱\,\text{s}\ \text{یا}\ ۳\,\text{min}$$

۳۲۰●●- وقتی نمونه‌های A و B در یک مخزن عایق بندی شدهٔ گرمایی قرار داده می‌شوند تا به تعادل گرمایی برسند در دماهای اولیهٔ مختلفی قرار دارند. شکل ۱۴-۳۳ الف دماهای T آنها را برحسب زمان t نشان می‌دهد. جرم نمونهٔ A برابر با ۵/۰kg و جرم نمونهٔ B برابر با ۱/۵kg است. شکل ۱۴-۳۲ ب نمودار کلی برای مادهٔ نمونهٔ B است. این نمودار تغییر دمای ΔT را نشان می‌دهد که ماده به هنگام انتقال انرژی به صورت گرمای Q پیدا می‌کند. تغییر ΔT برحسب انرژی Q بر یکای جرم ماده رسم و مقیاس محور x با $\Delta T=۴/۰\text{°C}$ مشخص شده است. گرمای ویژهٔ نمونهٔ A چقدر است؟



شکل ۱۴-۳۲ مسئلهٔ ۳۲

حل: از نمودار (الف) مشخص است که دمای تعادل ۴۰°C می‌باشد. از نمودار (ب) نیز می‌توان c_B را به دست آورد.

$$\frac{Q}{m}=c_B\Delta T\Rightarrow ۱۶\times۱۰^3=۴c_B\Rightarrow c_B=۴۰۰۰\,\text{j/kg}\cdot\text{°C}$$

از رابطه تعادل گرمایی داریم:

$$Q_A+Q_B=۰$$
$$\Rightarrow m_Ac_A(T-T_A)+m_Bc_B(T-T_B)$$
$$\Rightarrow (۵)c_A(۴۰-۱۰۰)+(۱/۵)(۴۰۰۰)(۴۰-۲۰)=۰$$
$$\Rightarrow -۳۰۰A+۱۲۰۰۰۰=۰\Rightarrow c_A=۴۰۰\,\text{J/kg}\cdot\text{°C}$$

۳۳۰●●- در یک آب گرم‌کن خورشیدی، توسط آبی که از طریق لوله‌هایی در جمع کنندهٔ بالای سقف دور می‌زند، انرژی خورشید گرفته می‌شود. تابش خورشید از طریق یک پوشش شفاف وارد جمع کننده می‌شود و آب را در لوله‌ها گرم می‌کند؛ این آب توسط یک تلمبه داخل یک مخزن نگهداری می‌شود. فرض کنید که کارایی کل دستگاه ۲۰٪ باشد (یعنی ۸۰٪ انرژی خورشیدی تابیده شده به دستگاه هدر می‌رود). وقتی که شدت نور تابشی خورشید $۷۰۰\,\text{W/m}^2$ است، برای افزایش دمای ۲۰۰L آب در مخزن از ۲۰°C تا ۴۰°C در مدت ۱/۰h چه مساحتی از جمع کننده مورد نیاز است؟

حل: $\frac{P}{A}=۷۰۰\,\text{W/m}^2\Rightarrow P=۷۰۰A$

گرمایی تولید شده توسط آبگرمکن خورشیدی:

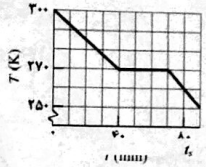
$$Q_۱=\frac{۲۰}{۱۰۰}Pt=\left(\frac{۲۰}{۱۰۰}\right)(۷۰۰A)\times۳۶۰۰=۵۰/۴\times۱۰^4\,A\,\text{j}$$

گرمای داده شده به آب مخزن:

$$Q_۲=mc\Delta T=(۲۰۰)(۴۱۹۰)(۴۰-۲۰)=۱/۶۷۶\times۱۰^7\,\text{J}$$
$$Q_۱=Q_۲\Rightarrow ۱/۶۷۶\times۱۰^7=۵۰/۴\times۱۰^4\,A\Rightarrow A=۳۳/۲۵\,\text{m}^2$$

۳۴۰●●- نمونه‌ای به جرم ۰/۴۰۰kg را در یک وسیلهٔ سرد کننده قرار می‌دهیم و نمونه انرژی را به صورت گرما در آهنگ ثابت از دست می‌دهد. شکل ۱۴-۳۳ دمای T نمونه را برحسب زمان t نشان می‌دهد؛ مقیاس افقی با $t_s=۸۰/۰\,\text{min}$ مشخص شده

است. این نمونه در ضمن از دست دادن انرژی یخ می‌زند. گرمای ویژهٔ نمونه در آغاز فاز مایع $3000\,J/kg\cdot K$ است. (الف) گرمای ذوب نمونه و (ب) گرمای ویژهٔ آن در فاز انجماد چقدر است؟



شکل ۱۴-۳۳ مسئلهٔ ۳۴

حل:

$$P=\frac{Q}{t}=mc\frac{\Delta T}{t}\Rightarrow P=(0/4)(3000)\frac{(270-300)}{(40-0)}$$
$$=-900\ J/min$$

(الف)

$$P=\frac{Q}{t}=\frac{-mL_F}{t}\Rightarrow -900=-\frac{(0/4)L_F}{(70-40)}$$
$$\Rightarrow L_F=6/75\times10^4\ J/kg$$

(ب)

$$P=mc_s\frac{\Delta T}{t}\Rightarrow -900=(0/4)c_s\frac{(250-270)}{(90-70)}$$
$$\Rightarrow c_s=2250\ J/kg\cdot k$$

۳۵●●- یک ترموس عایق بندی شده حاوی $130\,cm^3$ قهوهٔ گرم در دمای $80/0^\circ C$ است. یک قطعه یخ به جرم $12/0\,g$ که در نقطهٔ ذوب خود قرار دارد برای سرد کردن قهوه در داخل آن قرار داده می‌شود. با قرار دادن یخ قهوه چقدر سرد می‌شود؟ قهوه را آب خالص در نظر بگیرید و از مبادلهٔ انرژی با محیط چشمپوشی کنید.

حل: مقدار گرمای داده شده به یخ:

$$Q_1=m_1(cΔT+L_F)=(12\times10^{-3})[(4190)(T-0)+(333\times10^3)]$$
$$=3996+50/28T\,J$$

مقدار گرمای از دست رفته توسط قهوه:

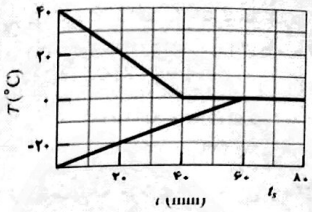
$$Q_2=m_1cΔT=(130\times10^{-3})(4190)(T-80)$$
$$=544/7T-43576$$

$$Q_1+Q_2=0\Rightarrow 3996+50/28T+544/7T-43576=0$$
$$\Rightarrow T=66/52^\circ C$$

بنابراین مقدار کاهش دمای قهوه برابر است با

$$|ΔT|=80-66/52=13/48^\circ C$$

۳۶●●- نمونه‌ای از آب به جرم $0/530\,kg$ و نمونه‌ای از یخ در یک ظرف عایق بندی شدهٔ گرمایی قرار داده می‌شوند. ظرف همچنین دارای وسیله‌ای است که انرژی را با آهنگ ثابت P به صورت گرما از آب به یخ انتقال می‌دهد تا تعادل گرمایی حاصل شود. دمای آب و یخ برحسب تابعی از زمان t در شکل ۱۴-۳۴ داده شده است. مقیاس افقی با $t_s=80/0\,min$ مشخص شده است. (الف) آهنگ P چقدر است؟ (ب) جرم اولیهٔ یخ چقدر است؟ (پ) در حالت تعادل، چه جرمی از یخ در این فرایند ایجاد شده است؟



شکل ۱۴-۳۴ مسئلهٔ ۳۶

حل: (الف) آهنگ انتقال گرما از آب به یخ برابر است با:

$$P=\frac{Q}{t}=m_1c_1\frac{\Delta T}{t}=(0/53)(4190)\frac{(0-40)}{40\times60}=37/01\,J/s$$
$$=37\,W$$

یا

(ب) از روی نمودار مشاهده می‌شود زمانیکه یخ انرژی می‌گیرد، ۶۰ دقیقه است. انرژی که یخ برای تبدیل به یخ صفر درجه می‌گیرد برابر است با:

$$Q_2=Pt_2=(37/01)(60\times60)=133236\,J$$

$$Q_2=m_2c_2ΔT\Rightarrow m_2=\frac{Q_2}{c_2ΔT}=\frac{133236}{(2220)(30)}=2\,kg$$

(پ) مقدار انرژی که آب از دست می‌دهد بصورت زیر است.

$$Q_1=m_1c_1ΔT+m_2L_f$$
$$m_2=\frac{Q_1-m_1c_1ΔT}{L_f}=\frac{133236-(0/53)(4190)(40)}{333\times10^3}$$
$$\Rightarrow m_2=0/133\,kg$$

۳۷●●- الکل اتیلیک دارای نقطهٔ جوش $78/0^\circ C$، نقطهٔ انجماد $-114^\circ C$، گرمای تبخیر $879\,kJ/kg$، گرمای ذوب $109\,kJ/kg$ و گرمای ویژهٔ $2/43\,kJ/kg\cdot K$ است. چقدر انرژی باید از $0/510\,kg$ الکل اتیلیک که در آغاز گازی در دمای $78/0^\circ C$ است، گرفته شود تا به صورت جامد با دمای $-114^\circ C$ در آید؟ GO

حل: $Q_1=mL_V$ و $Q_2=mcΔT$ و $Q_3=mL_F$

$$Q=Q_1+Q_2+Q_3\Rightarrow Q=mL_V+mcΔT+mL_F$$
$$\Rightarrow Q=0/51[879\times10^3+(2430)(78+114)+109\times10^3]$$
$$=7/418\times10^5\,J$$

۳۸●●- گرمای ویژهٔ ماده‌ای با دما با رابطهٔ $c=0/20+0/14T+0/023T^2$ تغییر می‌کند، که در آن T برحسب °C و c برحسب $cal/g\cdot K$ است. انرژی لازم برای بالا بردن دمای $2/0\,g$ از این ماده از $5/0^\circ C$ تا $15^\circ C$ چقدر است؟

حل: گرمای لازم را از محاسبه انتگرال زیر به دست می‌آوریم:

$$Q=\int_{T_i}^{T_f}mcdT=m\int_{T_i}^{T_f}cdT$$
$$\Rightarrow Q=2\int_5^{15}(0/2+0/14T+0/023T^2)dT$$
$$\Rightarrow Q=2[0/2T+0/07T^2+0/0076T^3]\Big|_5^{15}=81/85\ cal$$

۳۹●●- شخصی می‌خواهد با مخلوط کردن $500\,g$ چای داغ (در اصل آب) با جرم مساوی از یخ در نقطهٔ ذوب آن مقداری چای سرد تهیه کند. فرض کنید این مخلوط انرژی ناچیزی با محیط خود مبادله می‌کند. اگر دمای اولیهٔ چای $T_i=90^\circ C$ باشد، در لحظهٔ تعادل گرمایی (الف) دمای T_f مخلوط و (ب) جرم یخ باقیماندهٔ m_f چقدر است؟ اگر $T_i=70^\circ C$ باشد، در لحظهٔ تعادل گرمایی (پ) T_f و (ت) m_f چقدر است؟

حل: (الف)

$$\sum Q=0\rightarrow m_1c(T_f-90)+m_2L_F+m_2c(T_f-0)=0$$

بنابراین برای مقدار T_f خواهیم داشت:

$$T_f=\frac{90m_1c+m_2L_F}{(m_1+m_2)}$$
$$\Rightarrow T_f=\frac{(90)(0/5)(4190)-(0/5)(333000)}{(0/5+0/5)(4190)}=5/26^\circ C$$

(ب) از مثبت به دست آمدن گرمای تعادل درک می‌کنیم که تمام یخ ذوب شده است.

$$\sum Q=0\qquad m_1c(T_f-V_0)+m_2L_F=0$$

(پ)

$$\Rightarrow T_f=\frac{70m_1c-m_2L_F}{m_1c}=\frac{(70)(0/5)(4190)-(0/5)(333000)}{(0/5)(4190)}$$
$$\Rightarrow T_f=-9/6^\circ C$$

چون مقدار دما منفی به دست می‌آید نشان می‌دهد که انرژی آب برای ذوب کردن یخ کافی نمی‌باشد و چنین امری محال است. پس حداقل دمای ممکن صفر درجه سانتی‌گراد است.

$$T_f=0$$

د) با نوشتن دوباره معادله داریم:

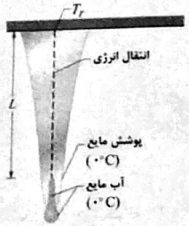
$$m_1c(0-70)+m_2'L_F=0$$

$$m_2'=\frac{70m_1c}{L_F}=\frac{(70)(0/5)(4190)}{(333000)}=0/44\,kg$$

جرم باقی مانده یخ برابر خواهد بود با:

$$Δm_2=m_2-m_2'=500-440=60\,g$$

۴۰●●●- *قندیل یخی.* آب یک قندیل فعال (در حال رشد) را پوشانده و به صورت یک لولهٔ کوتاه و باریک در راستای محور مرکزی توسعه می‌یابد (شکل ۱۴-۳۵). چون فصل مشترک آب-یخ باید دمای $0^\circ C$ داشته باشد، آب داخل لوله در دور قندیل یا وقتی از نوک آن به پایین می‌افتد نمی‌تواند انرژی از دست بدهد، چون تغییر دمایی در آن جهتها وجود ندارد. فقط با ارسال انرژی به بالای قندیل (به طول L) که در آنجا دمای T_2 می‌تواند کمتر از $0^\circ C$ باشد، انرژی از دست می‌دهد و یخ می‌زند. فرض کنید $L=0/12\,m$ و $T_2=-5^\circ C$ باشد. همچنین فرض کنید که مساحت مقطع لولهٔ مرکزی و مسیر رسانش رو به بالا A باشد. برحسب A، آهنگ (الف) انرژی رسانش شده به بالا و (ب) جرم تبدیل شده از آب به یخ در بالای لولهٔ مرکزی چقدر است؟ (پ) با چه آهنگی بالای لوله به دلیل انجماد آب در آنجا به پایین حرکت می‌کند؟ رسانایی گرمایی یخ $0/400\,W/m\cdot k$، و چگالی آب $1000\,kg/m^3$ است؟



شکل ۱۴-۳۵ مسئلهٔ ۴۰

حل:

(الف)

$$P_{رسانش}=kA\frac{\Delta T}{L}=(0/4)(A)\frac{268}{0/12}=12/8\,W$$
$$P_{رسانش}=\frac{dQ}{dt}=\frac{dm}{dt}c\Delta T$$
$$\frac{dm}{dt}=\frac{P_{رسانش}}{c\Delta T}=\frac{12/8}{(4200)(5)}=6/1\times10^{-4}\,kg/s$$

(ب)

۴۱●●●- (الف) دو قطعه یخ $50\,g$ به داخل $200\,g$ آب در یک ظرف عایق بندی شده انداخته می‌شود. اگر دمای اولیهٔ آب $25^\circ C$ و یخ به طور مستقیم از محل یخ‌ساز با دمای $-15^\circ C$ خارج شده باشد، دمای نهایی در لحظهٔ تعادل گرمایی چقدر است؟ (ب) اگر فقط از یک قطعه استفاده شود، دمای نهایی چقدر است؟ WWW SSM

حل: (الف)

$$\sum Q=0\rightarrow m_1c_1(0+15)+mL_F+m_2c_2(T_f-0)$$
$$+m_3c_3(T_F-25)=0$$
$$\Rightarrow T_f=\frac{25m_3c_3-m_1L_F-15m_1c_1}{(m_1+m_2)c_2}$$
$$T_f=\frac{(25)(0/2)(4190)-(0/1)(333000)-(15)(0/1)(2220)}{(0/3)(4190)}$$
$$=-12/5^\circ C$$

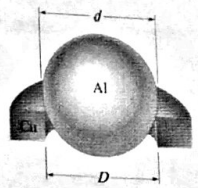
چون جواب بالا غیرمنطقی است پس مانند نمونه مسئله‌های قبل دمای تعادل صفر درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

$$T_f=0$$

(ب) هرگاه فقط از یک قطعه یخ استفاده کرده باشیم دمای تعادل برابر است با:

$$T_f=\frac{(25)(0/2)(4190)-(0/05)(333000)-(15)(0/05)(2220)}{(0/25)(4190)}$$
$$=2/5^\circ C$$

۴۲●●●- قطر داخلی یک حلقهٔ مسی به جرم $20/0\,g$ در دمای $0/000^\circ C$ برابر با $D=2/54000\,cm$ است. قطر یک کرهٔ آلومینیومی در دمای $100/0^\circ C$ برابر با $d=2/54508\,cm$ است. کره روی حلقه گذاشته می‌شود (شکل ۱۴-۳۶) و با چشمپوشی از اتلاف گرما به محیط، این دو به حالت تعادل گرمایی می‌رسند. در دمای تعادل کره درست از حلقه رد می‌شود. جرم کره چقدر است؟ SSM



شکل ۱۴-۳۶ مسئلهٔ ۴۲

حل:

$$D_\circ[1+\alpha_{Cu}(T_f-\circ)]=d_\circ[1+\alpha_{Al}(T_f-1\circ\circ)]$$

$$\Rightarrow T_f=\frac{(d_\circ-D_\circ)-1\circ\circ\alpha_{Al}d_\circ}{D_\circ\alpha_{Cu}-d_\circ\alpha_{Al}}$$

$$\Rightarrow T_f=\frac{(\circ/\circ\circ5\circ8)-(1\circ\circ)(23\times10^{-6})(2/5450\,8)}{(2/54)(17\times10^{-6})-(2/5450\,8)(23\times10^{-6})}$$

$$=5\circ/38^\circ C$$

از نظر تبادل گرمایی بین آنها خواهیم داشت:

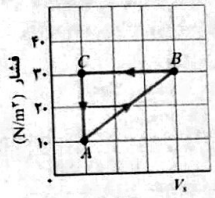
$$m_1c_1(T_f-\circ)+m_2c_2(T_f-1\circ\circ)=\circ$$

$$(\circ/2\circ)(\circ/\circ92)(5\circ/38)+m_2(\circ/215)(5\circ/38-1\circ\circ)=\circ$$

$$\Rightarrow m_2=8/7\times10^{-3}\ \text{kg}$$

۴۳۰- گازی در یک اتاقک بسته، چرخهٔ نشان داده شده در نمودار p-V در شکل ۱۴-۳۷ را طی می‌کند. مقیاس افقی با $V_s=4/\circ\,m^3$ مشخص شده است. انرژی خالص داده شده به دستگاه را به صورت گرما در یک چرخهٔ کامل محاسبه کنید.

SSM ILW



شکل ۱۴-۳۷ مسئلهٔ ۴۳

حل: کار ترمودینامیکی برابر با سطح زیر منحنی فشار- حجم است. چون چرخه پادساعتگرد کار منفی می‌باشد.

$$W=\int pdV\Rightarrow W=-\frac{(4-1)(3\circ-1\circ)}{2}=-3\circ J$$

در هر چرخه تغییر انرژی درونی صفر است. $\Delta E=Q-W=\circ$

$$\Rightarrow Q-W=-3\circ J$$

۴۴۰- فرض کنید که ۲۰۰J کار روی دستگاهی انجام گیرد و ۷۰/۰cal گرما از دستگاه گرفته شود. از نظر قانون اول ترمودینامیک، مقدارهای (الف) W، (ب) Q و (پ) ΔE_{int}، (با در نظر گرفتن علامت جبری) چقدر است؟

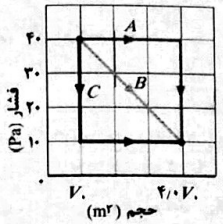
حل: چون کار روی سیستم انجام شده است کار منفی می‌باشد.

(الف) $W=-2\circ\circ J$

(ب) $Q=-7\circ cal=-292/6J$

(پ) $\Delta E=Q-W=-92/6J$

۴۵۰- در شکل ۱۴-۳۸، نمونه‌ای از گاز از $V_\circ$ تا $4/\circ V_\circ$ منبسط می‌شود، در حالی که فشار آن از $p_\circ$ تا $p_\circ/4/\circ$ کاهش می‌یابد. اگر فشار گاز نسبت به حجم از طریق (الف) مسیر A، (ب) مسیر B، و (پ) مسیر C تغییر کند، چقدر کار توسط گاز انجام می‌گیرد؟



شکل ۱۴-۳۸ مسئلهٔ ۴۵

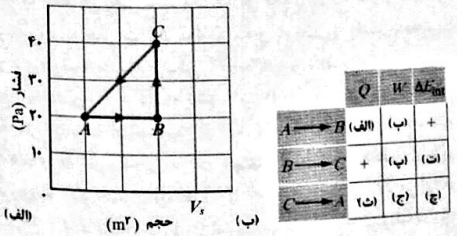
حل: کار ترمودینامیکی برابر با سطح زیر منحنی $P-V$ می‌باشد:

(الف) $W_A=p\Delta V=4\circ(4-1)=12\circ J$

(ب) $W_B=1\circ(4-1)+\frac{1}{2}(4\circ-1\circ)(4-1)=75J$

(پ) $W_C=p\Delta V=1\circ(4-1)=3\circ J$

۴۶۰- به طوری که در نمودار p-V در شکل ۱۴-۳۹ الف نشان داده شده است، یک دستگاه ترمودینامیکی از حالت A به حالت B و به حالت C می‌رود و سپس به حالت A بر می‌گردد. مقیاس عمودی با $p_s=4\circ Pa$ و مقیاس افقی با $V_s=4/\circ m^3$ مشخص شده‌اند. از (الف) تا (چ) جدول شکل ۱۴-۳۹ ب را با قرار دادن علامت مثبت یا علامت منفی، یا صفر در هر خانهٔ جدول پر کنید. کار خالص انجام شده توسط دستگاه وقتی یک بار چرخهٔ $ABCA$ را طی کند چقدر است؟



شکل ۱۴-۳۹ مسئلهٔ ۴۶

حل: از A تا B فرآیند فشار ثابت است

$$W_{AB}=p\Delta V>\circ \quad \text{و} \quad \Delta E_{AB}>\circ$$

$$Q=\Delta E_{AB}+W_{AB}\Rightarrow Q_{AB}>\circ$$

از B تا C فرآیند حجم ثابت است.

$$W_{BC}=\circ \qquad \Delta E_{BC}=Q_{BC}>\circ$$

برای یک چرخه می‌توان نوشت

$$\Delta E_{total}=\circ \qquad \Delta E_{AB}+\Delta E_{BC}+\Delta E_{CA}=\circ$$

$$\Delta E_{AB},\Delta E_{BC}>\circ$$

چون در فرآیند CA حجم کاهش می‌یابد $\Leftarrow W_{CA}<\circ$

$$\Rightarrow \Delta E_{CA}<\circ$$

$$\Delta E_{CA}+W_{CA}=Q_{CA}<\circ$$

	Q	W	ΔE
$A\to B$	+	+	+
$B\to C$	+	۰	+
$C\to A$	-	-	-

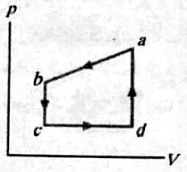
$$W=\int pdV\Rightarrow |W|=\frac{1}{2}(4\circ-2\circ)(3-1)$$

$$=2\circ J$$

(سطح زیر نمودار)

چون چرخه پادساعتگرد است پس مقدار کار منفی می‌باشد.

۴۷۰- شکل ۱۴-۴۰ چرخهٔ مسدودی را برای گازی نشان می‌دهد (شکل با مقیاس رسم نشده است). تغییر در انرژی درونی گاز وقتی از a به c راستای مسیر abc را طی می‌کند برابر با $-2\circ\circ J$ است. وقتی از c تا d می‌رود، باید $18\circ J$ به صورت گرما به آن داده شود. انتقال اضافی $8\circ J$ به صورت گرما لازم است تا از d به a برود. برای رفتن گاز از c تا d چقدر کار باید روی گاز انجام گیرد؟



شکل ۱۴-۴۰ مسئلهٔ ۴۷

حل: فرآیند $d\to a$ حجم ثابت است:

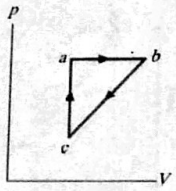
$$\Rightarrow W_{da}=\circ\Rightarrow \Delta E_{da}=Q_{da}=8\circ J$$

$$\Delta E_{total}=\Delta E_{abc}+\Delta E_{cd}+\Delta E_{da}=\circ$$

$$\Rightarrow -2\circ\circ+\Delta E_{cd}+8\circ=\circ\Rightarrow \Delta E_{cd}=12\circ J$$

$$\Delta E_{cd}=Q_{cd}+W_{cd}\Rightarrow W_{cd}=18\circ-12\circ=6\circ J$$

۴۸۰- نمونه‌ای از یک گاز چرخهٔ $abca$ نشان داده شده در نمودار p-V شکل ۱۴-۴۱ را طی می‌کند. کار خالص انجام شده $+1/2J$ است. در مسیر ab، تغییر در انرژی درونی $+3/\circ J$ و بزرگی کار انجام شده $5/\circ J$ است. در مسیر ca، انرژی انتقال یافته به گاز به صورت گرما $+2/5J$ است. چقدر انرژی به صورت گرما در (الف) مسیر ab و (ب) مسیر bc انتقال می‌یابد؟



شکل ۱۴-۴۱ مسئلهٔ ۴۸

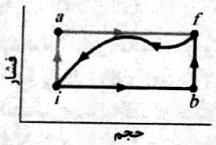
حل: (الف) $\Delta E_{ab}=Q_{ab}-W_{ab}\Rightarrow 3=Q_{ab}-5\Rightarrow Q_{ab}=8J$

(ب) $Q_{total}=W_{total}\Rightarrow 1/2=Q_{ab}+Q_{bc}+Q_{ca}$

$$\Rightarrow 1/2=8+Q_{bc}+2/5\Rightarrow Q_{bc}=-9/35J$$

۴۹۰- وقتی دستگاهی در مسیر iaf همانند شکل ۱۴-۴۲ از حالت i به حالت f برود، $Q=5\circ cal$ و $W=2\circ cal$ است. در طول مسیر ibf داریم، $Q=36cal$. (الف) کار W در طول مسیر ibf چقدر است؟ (ب) اگر برای برگشت مسیر fi، $W=-13cal$ باشد، گرمای Q برای این مسیر چقدر است؟ (پ) اگر $E_{int,i}=1\circ cal$ باشد، مقدار $E_{int,f}$ چقدر است؟ اگر $E_{int,b}=22cal$ باشد، مقدار Q برای (ت) مسیر ib و (ث) مسیر bf چقدر است؟

SSM WWW



شکل ۱۴-۴۲ مسئلهٔ ۴۹

حل: از قانون اول ترمودینامیک برای مسیر $i\to f$ خواهیم داشت:

(الف) $\Delta E_{if}=Q_{if}-W_{if}=5\circ-2\circ=3\circ cal$

$$\Delta E_{ibf}=Q_{ibf}-W_{ibf}=3\circ\Rightarrow 36-W_{ibf}=3\circ\Rightarrow W_{ibf}=6cal$$

(ب) $\Delta E_{fi}=-\Delta E_{if}=-3\circ J\to \Delta E_{fi}=Q_{fi}+W_{fi}$

$$\Rightarrow -3\circ=Q_{fi}-(-13)\Rightarrow Q_{fi}=-43cal$$ گرمای از دست رفته

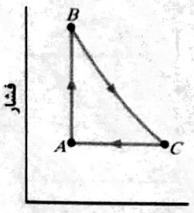
(پ) $\Delta E_{if}=E_f-E_i\Rightarrow 3\circ=E_f-1\circ\Rightarrow E_f=4\circ cal$

$$\Delta E_{ib}=E_b-E_i=22-1\circ=12cal$$

(ت) $\Delta E_{ib}=Q_{ib}-W_{ib}\Rightarrow 12=Q_{ib}-6\Rightarrow Q_{ib}=18Cal$

(ث) $Q_{ibf}=Q_{ib}+Q_{bf}\Rightarrow 36=18+Q_{bf}\Rightarrow Q_{bf}=18cal$

۵۰۰- گازی داخل یک محفظه، چرخهٔ نشان داده شده در شکل ۱۴-۴۳ را می‌پیماید. در صورتی که Q_{AB}، انرژی داده شده به گاز به صورت گرما در طی فرایند AB برابر با $2\circ/\circ J$ باشد و در طی فرایند BC هیچ گرمایی مبادله نشود و کار خالص انجام شده در چرخه $15/\circ J$ باشد، انرژی داده شده توسط دستگاه به صورت گرما در طی فرایند CA چقدر است؟



شکل ۱۴-۴۳ مسئلهٔ ۵۰

حل: $\Delta E_{\text{total}} = 0 \Rightarrow W_{\text{total}} = Q_{\text{total}}$

$15 = Q_{AB} + Q_{BC} + Q_{CA}$

فرآیند $B \to C$ بی‌دررو می‌باشد $\Leftarrow Q_{BC} = 0$

$15 = 20 + 0 + Q_{CA} \Rightarrow Q_{CA} = -5\,\text{J}$

۵۱•- بُرهٔ نشان داده شده در شکل ۱۴-۱۸ را در نظر بگیرید. فرض کنید که $L = 25/0\,\text{cm}$، $A = 90/0\,\text{cm}^2$ و جنس بُره از مس است. اگر $T_H = 125\,^\circ\text{C}$، $T_C = 10/0\,^\circ\text{C}$ و حالت پایا برقرار باشد، آهنگ رسانش در بُره را پیدا کنید. **SSM**

حل: $P_{\text{رسانش}} = \dfrac{kA(T_H - T_C)}{L} = \dfrac{(401)(9\times10^{-4})(125-10)}{0/25}$

$= 1660\,\text{J/s}$

۵۲•- اگر بخواهید بدون لباس فضانوردی و دور از خورشید در فضا مقداری قدم بزنید (مانند فضانورد در فیلم اودیسهٔ فضایی ۲۰۰۱)، احساس خواهید کرد که فضا سرد است- در حالی که انرژی گرمایی تابش می‌کنید، هیچ انرژی از محیط خود جذب نمی‌کنید. (الف) با چه آهنگی انرژی از دست می‌دهید؟ (ب) در مدت ۳۰s چقدر انرژی از دست می‌دهید؟ فرض کنید گسیلندگی شما ۰/۹۰ است و داده‌های مورد نیاز دیگر را در محاسبهٔ خودتان تخمین بزنید.

حل: (الف) آهنگ از دست رفتن انرژی در اثر تابش برابر است با:

$P = \sigma \varepsilon A T^4$

بدن را می‌توان استوانه‌ای به شعاع ۲۰cm و ارتفاع ۱/۸ متر در نظر گرفت:

$A = 2\pi RL = (2\pi)(0/2)(1/8) = 2/26\,\text{m}^2$

$\Rightarrow P = (5/6703\times10^{-8})(0/9)(2/26)(37+273)^4 = 1065/1\,\text{J/s}$

(ب)

$W = P \cdot t = (1065/1)(30) = 31953\,\text{J}$

۵۳•- یک میلهٔ استوانه‌ای مسی به طول ۱/۲m و مساحت مقطع $4/8\,\text{cm}^2$ برای جلوگیری از اتلاف گرمایی از سطح عایق بندی شده است. دو انتهای آن ۱۰۰°C اختلاف دما دارند چون یک سر آن در آمیزهٔ آب و یخ و سر دیگر آن در آمیزهٔ آب جوش و بخار قرار دارد. (الف) آهنگ رسانش گرما در طول میله چقدر است؟ (ب) با چه آهنگی یخ در انتهای سرد میله ذوب می‌شود؟ **ILW**

حل: (الف)

$P_{\text{رسانش}} = \dfrac{kA(T_H - T_C)}{L} = \dfrac{(401)(4/8\times10^{-4})(100-0)}{1/2}$

$= 16\,\text{J/s}$

(ب) این مقدار انرژی باعث ذوب یخ می‌گردد. بنابراین

$P_{\text{رسانش}} = \dfrac{Q}{t} = \dfrac{mL_F}{t} \Rightarrow \dfrac{m}{t} = \dfrac{H}{L_F} = \dfrac{1/6}{3/33\times10^5}$

$= 4/8\times10^{-5}\,\text{kg/s}$

۵۴•- مقدار R سقف یک خانهٔ تک خانوار که در آب و هوای سرد ساکن‌اند، ۳۰ است. برای عایق بندی این خانه چه ضخامتی از (الف) اسفنج پلی اورتان و (ب) نقره، باید به کار رود؟

حل: از معادلهٔ ۱۴-۳۲ داریم، $L = kR$ که در آن k رسانایی گرمایی است

$R = 30\,(ft^2 \cdot F^\circ \cdot h/B\,tu)$

$= 30\dfrac{\left(\dfrac{1}{3/281}\right)^2\left(\dfrac{5}{9}\right)(3600)}{1055}\dfrac{\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{s}}{\text{J}} = 5/283$

(الف) $L = (0/024)(5/283) = 0/127\,\text{m}$

(ب) $L = (428)(5/283) = 2263\,\text{m}$

۵۵•- کره‌ای به شعاع ۰/۵۰۰m، دمای ۲۷/۰°C و گسیلندگی ۰/۸۵۰ در محیطی با دمای ۷۷/۰°C قرار دارد. این کره با چه آهنگی تابش گرمایی را (الف) گسیل و (ب) جذب می‌کند؟ (پ) آهنگ خالص مبادله انرژی توسط کره چقدر است؟

حل: (الف) آهنگ گسیل انرژی به صورت انرژی از رابطه زیر به دست می‌آید.

$P_{ra} = \sigma \varepsilon A T_1^4$

$= (5/6703\times10^{-8})(0/85)(4)(3/14)(0/5)^2(27+273)^4$

$P_{ra} = 1226\,\text{J/s}$

(ب) آهنگ جذب انرژی تابشی برابر است با

$P_{ab} = \sigma \varepsilon A T_2^4$ (T_2 دمای محیط)

$P_{ab} = (5/6703\times10^{-8})(0/85)(4)(3/14)(0/5)^2(77+273)^4$

$= 2272\,\text{J/s}$

(پ) آهنگ مبادله انرژی خالص برابر است با:

$\Delta P = P_{ab} - P_{ra} = 2272 - 1226 = 1046\,\text{J/s}$

۵۶•- استوانهٔ صلبی به شعاع $r_1 = 2/5\,\text{cm}$، طول $h_1 = 5/0\,\text{cm}$، گسیلندگی ۰/۸۵، و دمای ۳۰°C در محیطی با دمای ۵۰°C معلق است. (الف) آهنگ انتقال تابش گرمایی P_1 استوانه چقدر است؟ (ب) اگر استوانه کشیده شود تا شعاع آن به $r_2 = 0/5\,\text{cm}$ برسد،آهنگ انتقال تابش گرمایی خالص به P_2 می‌رسد. نسبت P_2/P_1 چقدر است؟

حل: (الف) آهنگ خالص دریافت انرژی تابشی برابر است با:

(دمای جسم: T_1 و دمای محیط T_2)

$P_{\text{net}} = P_{ab} - P_{ra} = \sigma \varepsilon A (T_2^4 - T_1^4)$

$A_1 = 2(\pi r_1^2) + 2\pi r_1 L_1 = 1/178\times10^{-2}\,\text{m}^2$

$\Rightarrow P_{\text{net}} = (5/6703\times10^{-8})(0/85)(1/178\times10^{-2})$

$[(50+273)^4 - (30+273)^4] \Rightarrow P_{\text{net}} = 1/394$

(ب) اگر استوانه کشیده شود حجم آن تغییر نمی‌کند بنابراین:

$\pi r_1^2 L_1 = \pi r_2^2 L_2$

$(2/5)^2(5) = (0/5)^2 L_2 \Rightarrow L_2 = 125\,\text{cm} = 1/25\text{m}$

$A_2 = (2\pi r_2^2) + (2\pi r_2 L_2) = 2(3/14)(0/5\times10^{-2})^2$

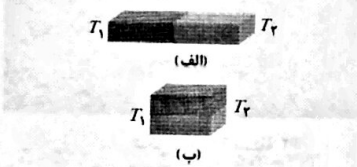
$+ 2(3/14)(0/5\times10^{-2})(1/25)$

$\Rightarrow A_2 = 3/94\times10^{-2}\,\text{m}^2$

$\Rightarrow \dfrac{P_{\text{net}_2}}{P_{\text{net}_1}} = \dfrac{\sigma\varepsilon A_2(T_2^4 - T_1^4)}{\sigma\varepsilon A_1(T_2^4 - T_1^4)} = \dfrac{A_2}{A_1}$

$\Rightarrow \dfrac{P_{\text{net}_2}}{P_{\text{net}_1}} = \dfrac{3/94\times10^{-2}}{1/178\times10^{-2}} = 3/345$

۵۷••- در شکل ۱۴-۴۴ الف، دو میلهٔ یکسان مکعب مستطیلی از فلز با دمای $T_1 = 0^\circ\text{C}$ در سمت چپ و دمای $T_2 = 100^\circ\text{C}$ در سمت راست سر به سر به هم جوش داده شده‌اند. فرض کنید در مدت ۲/۰min، ۱۰J گرما با آهنگ ثابت از سمت راست به سمت چپ عبور می‌کند. اگر میله‌ها مانند شکل ۱۴-۴۴ ب به هم جوش داده شوند، در چه مدت ۱۰J گرما از آنها عبور می‌کند؟



شکل ۱۴-۴۴ مسئلهٔ ۵۷

حل: (۱) $P_{\text{رسانش}} = \dfrac{Q}{t_1} = \dfrac{kA(T_2 - T_1)}{2L} \Rightarrow \dfrac{10}{(2)(60)} = \dfrac{50\,kA}{L}$

(۲) $P_{\text{رسانش}} = \dfrac{Q}{t_2} = \dfrac{k2A(T_2 - T_1)}{L} \Rightarrow \dfrac{10}{t_2} = \dfrac{200\,kA}{L}$

$t_2 = 30\,\text{s}$ از تقسیم دو رابطهٔ (۱) و (۲) داریم

۵۸••- شکل ۱۴-۴۵ مقطع دیواری را نشان می‌دهد که از سه لایه ساخته شده است. ضخامت لایه‌ها عبارت است از L_1، $L_2 = 0/700L_1$ و $L_3 = 0/350\,L_1$. رسانندگیهای گرمایی عبارت‌اند از k_1، $k_2 = 0/900k_1$ و $k_3 = 0/800k_1$. دمای سمت چپ و سمت راست دیوار به ترتیب $T_H = 30/0\,^\circ\text{C}$ و $T_C = -15/0\,^\circ\text{C}$ است. رسانش گرمایی از طریق دیوار به حالت پایا رسیده است. (الف) اختلاف دمای ΔT_2 در لایهٔ ۲ (بین سمت چپ و راست لایه) چقدر است؟ اگر k_2 برابر با $1/1k_1$ باشد. (ب) آیا آهنگ رسانش انرژی از طریق دیوار بیشتر می‌شود یا کمتر یا برابر با مقدار قبلی است؟ و (پ) مقدار ΔT_2 چقدر است؟

شکل ۱۴-۴۵ مسئلهٔ ۵۸

حل: (الف) لایه‌ها به صورت سری می‌باشند. (دمای اتصال لایه ۲ و ۳: T_2) (دمای اتصال لایه ۱ و ۲: T_1)

$P_{\text{رسانش}} = \dfrac{A(T_H - T_C)}{L_1/k_1 + L_2/k_2 + L_3/k_3} = k_2 A\dfrac{T_1 - T_2}{L_2}$

$\Rightarrow \dfrac{45}{L_1/k_1(1+0/778+0/438)} = 1/286\dfrac{k_1}{L_1}\Delta T_2$

$\Rightarrow \Delta T_2 = 15/79^\circ\text{C}$

(ب) با افزایش ثابت رسانش هر قطعه آهنگ رسانش ($P_{\text{رسانش}}$) نیز زیاد می‌شود.

(پ) مانند حالت الف داریم

$\dfrac{45}{L_1/k_1\left(1+\dfrac{0/7}{1/0}+\dfrac{0/35}{0/8}\right)} = \dfrac{1/1}{0/7}\dfrac{k_1}{L_1}\Delta T_2 \Rightarrow \Delta T_2 = 13/81^\circ\text{C}$

۵۹••- (الف) اگر دمای بیرون یک پنجرهٔ شیشه‌ای به ضخامت ۳/۰mm برابر ۲۰°F- و دمای داخل آن ۷۲°F+ باشد، آهنگ اتلاف انرژی برحسب وات بر متر مربع چقدر است؟ (ب) پنجرهٔ زمستانی با همان ضخامت از شیشه ولی با یک فاصلهٔ هوا به ضخامت ۷/۵cm موازی با پنجرهٔ اولی نصب شده است. اگر در ساز و کار اتلاف انرژی فقط رسانش مهم باشد، آهنگ اتلاف انرژی اکنون چقدر است؟ **ILW**

حل: (الف) $T_F = 32 + 1/8T_C \Rightarrow T_C = \dfrac{T_F - 32}{1/8}$

$T_{1C} = \dfrac{-20-32}{1/8} = -28/8^\circ\text{C}$

$T_{2C} = \dfrac{72/32}{1/8} = 22/2^\circ\text{C}$

$P_{\text{رسانش}} = \dfrac{KA(T_{2C} - T_{1C})}{L} \Rightarrow \dfrac{H}{A} = \dfrac{K(T_{2C} - T_{1C})}{L}$

$= \dfrac{1\times(22/2+28/8)}{(3\times10^{-3})} = 17\times10^3\,\text{W/m}^2$

(ب) (ثابت رسانش هوا: k_2) (ثابت رسانش شیشه: $k_1 = k_3$)

$\dfrac{P_{\text{رسانش}}}{A} = \dfrac{(T_{2C} - T_{1C})}{\dfrac{L_1}{k_1} + \dfrac{L_2}{k_2} + \dfrac{L_3}{k_3}}$

$\Rightarrow \dfrac{P_{\text{رسانش}}}{A} = \dfrac{(22/2+28/8)}{\dfrac{(2\times3\times10^{-3})}{1} + \left(\dfrac{7/5\times10^{-2}}{0/026}\right)} = 17/6\,\text{w/m}^2$

●●۶۰- توده زنبورهای قرمز و بزرگ وسپا ماندارینیای[1] ژاپنی زنبورهای عسل ژاپنی را شکار می‌کنند. اگر یکی از توده زنبورهای قرمز به یک کندو حمله کند، چند صد زنبور عسل دور توده زنبور قرمز خیلی سریع به صورت توپ جمع می‌شوند و او را متوقف می‌کنند. آنها نیش، گاز نمی‌زنند، فشار نمی دهند یا خفه نمی‌کنند. بلکه آنها با افزایش خود دمای بدن خود را از $35^\circ C$ به $47^\circ C$ یا $48^\circ C$ می‌رسانند، که برای توده زنبورهای قرمز کشنده است ولی برای زنبورهای عسل این طور نیست (شکل ۱۴-۴۶). فرض کنید که ۵۰۰ زنبور عسل توپی به شعاع $R = 2/0\,cm$ را در مدت $t = 20\,min$ تشکیل می‌دهند، اتلاف انرژی اولیه توسط توپ به شیوهٔ تابش گرمایی بوده و گسیلمندی سطح توپ $\varepsilon = 0/80$ و دمای توپ یکنواخت است. به طور متوسط چقدر انرژی اضافی باید هر زنبور در ۲۰ min ایجاد کند تا دما در $47^\circ C$ ثابت بماند؟

شکل ۱۴-۴۶ مسئلهٔ ۶۰

حل:

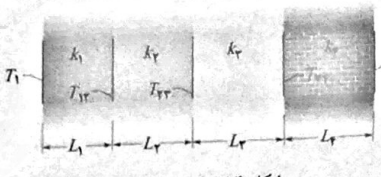
$$\frac{Q}{t} = \sigma\varepsilon A(T_2^4 - T_1^4)$$

$$\frac{Q}{1200} = (5/6703\times10^{-8}\ W/m^2\cdot K^4)(0/8)(0/02)^2$$
$$[(48+273)^4 - (35-273)^4] = 1/54\times10^{-1}$$

$$Q = 18/5\,J$$

$$Q' = \frac{Q}{500} = 0/04\,J$$

●●۶۱- شکل ۱۴-۴۷ (مقطع) یک دیوار با چهار لایه با رسانندگیهای $k_1 = 0/060\,W/m\cdot K$، $k_3 = 0/040\,W/m\cdot K$ و $k_4 = 0/12\,W/m\cdot K$ را نشان می‌دهد (k_2 معلوم نیست). ضخامت لایه‌ها عبارت‌اند از $L_1 = 1/5\,cm$، $L_2 = 2/8\,cm$ و $L_3 = 3/5\,cm$ (L_4 معلوم نیست). دماهای معلوم عبارتند از: $T_1 = 30^\circ C$، $T_{12} = 25^\circ C$ و $T_4 = -10^\circ C$. انتقال انرژی از طریق دیوار پایاست. دمای فصل مشترک لایهٔ ۳ و ۴ چقدر است؟ GO



شکل ۱۴-۴۷ مسئلهٔ ۵۹

1. Vespa mandarinia

حل:

$$\frac{P_{\text{رسانش}}}{A} = \frac{k_1(T_2 - T_1)}{L_1} = \frac{(0/06)(5)}{(1/5\times10^{-2})} = 20\ W/m^2$$

جریان گرمایی برای تمام لایه‌ها یکسان می‌باشد، بنابراین:

$$P_{\text{رسانش}} = P_1 = P_2 = P_3 = P_4$$

$$\frac{P_{\text{رسانش},4}}{A} = \frac{k_4(T_{34} + 10)}{L_4} = \frac{(0/12)(T_{34} + 10)}{3/5\times10^{-2}} = 20$$

$$\Rightarrow T_{34} = -4/18^\circ C$$

●●۶۲- *تجمع پنگوئنها.* برای تحمل آب و هوای سخت قطب جنوب، سردسته پنگوئنها آنها را به صورت گروهی جمع می‌کند (شکل ۱۴-۴۸). فرض کنید پنگوئن استوانه‌ای با مقطع دایره با مساحت مقطع $a = 0/34\,m^2$ و ارتفاع $h = 1/1\,m$ باشد. فرض کنید P_r آهنگ تابش انرژی به محیط هر پنگوئن (از مقطع و پیرامون استوانه) باشد؛ بنابراین، NP_r آهنگی خواهد بود که N پنگوئن یکسان و جدا از هم تابش می‌کنند. اگر تجمع پنگوئنها استوانه‌ای تشکیل دهد که مساحت مقطع آن Na و ارتفاع آن h باشد، استوانه با آهنگ P_h تابش می‌کند. اگر $N = 1000$ باشد، (الف) مقدار کسر P_h / NP_r چقدر است و (ب) این تجمع چه درصد از دست دادن تابش کل را کم می‌کند؟

شکل ۱۴-۴۸ مسئلهٔ ۶۲

حل:

$$a = \pi r^2 \qquad r = \sqrt{\frac{a}{\pi}} \qquad r\pi = \sqrt{a\pi}$$

$$Na = \pi R^2 \qquad R = \sqrt{\frac{Na}{\pi}} \qquad R\pi = \sqrt{Na\pi}$$

$$\frac{P_h}{NP_r} = \frac{\sigma\varepsilon(2Na + 2\sqrt{Na\pi}\,h)T^4}{N\sigma\varepsilon(2a + 2\sqrt{a\pi}\,h)T^4} = \frac{a + \sqrt{\frac{a\pi}{N}}\,h}{a + \sqrt{a\pi}\,h}$$
$$= 0/247$$

●●۶۳- روی استخر کم عمقی یخ تشکیل شده و حالت پایا برقرار است. دمای هوای روی یخ $-5/0^\circ C$ و دمای آب ته استخر $4/0^\circ C$ است. اگر کل عمق یخ + آب برابر با $1/4\,m$ باشد، ضخامت یخ چقدر است؟ (فرض کنید که رسانندگی گرمایی یخ و آب به ترتیب ۰/۴۰ و $0/12\,cal/m\cdot C^\circ\cdot s$ است.)

حل: اندیس ۱ برای یخ و ۲ برای آب است.

$$\frac{k_1 A(T - T_1)}{L_1} = \frac{k_2 A(T_2 - T)}{L_2}$$

$$\frac{k_1(0+5)}{L_1} = \frac{k_2(4-0)}{L_2}$$

$$L_1 + L_2 = 1/4\,m$$

و

$$\frac{(0/4)(5)}{L_1} = \frac{(0/2)(4)}{L_2} \Rightarrow L_2 = 0/24L_1 \Rightarrow 0/24L_1 = L_1 = 1/4\,m$$

$$\Rightarrow L_1 = 1/129\,m$$

●●۶۴- *پدیدهٔ لیدن فراست.* قطرهٔ آبی که بین دمای $100^\circ C$ و تقریباً $200^\circ C$ داخل ماهی‌تابه بیافتد بعد از تقریباً 1s از بین می‌رود. ولی اگر ماهی‌تابه خیلی داغتر باشد، قطره چند دقیقه دوام می‌آورد، پدیده‌ای است که به نام اولین پژوهشگر مربوط به آن شناخته شده است. این مدت زمان طولانیتر به دلیل وجود لایهٔ نازکی از هوا و بخار آب است که قطره را از فلز جدا می‌کند (به اندازهٔ فاصلهٔ L در شکل ۱۴-۴۹). $L = 0/100\,mm$ قرار دهید و فرض کنید که قطره صاف با ارتفاع $h = 1/50\,mm$ و مساحت مقطع قسمت پایین آن $A = 4/00\times10^{-6}\,m^2$ باشد. هم‌چنین فرض کنید که دمای $T_s = 300^\circ C$ ماهی‌تابه ثابت و دمای قطره $100^\circ C$ است. چگالی آب $\rho = 1000\,kg/m^3$ و رسانایی گرمایی لایهٔ نازک $k = 0/026\,W/m\cdot K$ است. (الف) با چه آهنگی انرژی از ماهی‌تابه به قطره از طریق سطح زیری قطره رسانش می‌شود؟ (ب) اگر رسانش عمده‌ترین روشی باشد که انرژی از ماهی‌تابه به قطره می‌رود، قطره چقدر دوام می‌آورد؟

شکل ۱۴-۴۹ مسئلهٔ ۶۴

حل:

(الف)

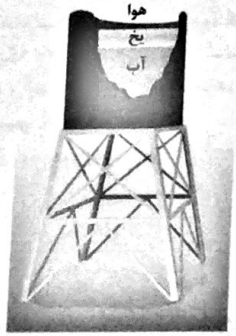
$$\frac{dQ}{dt} = kA\frac{T_2 - T_1}{L} = (0/026)(4\times10^{-6})\frac{573 - 373}{0/1\times10^{-3}}$$
$$= 0/21\,W$$

(ب)

$$m = \rho V = \rho Ah = (1000)(4\times10^{-6})(1/5\times10^{-3}) = 6\times10^{-6}\ kg$$

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{mL_v}{t} \Rightarrow 0/21 = \frac{6\times10^{-6}\times2256\times10^3}{t}$$
$$\Rightarrow t = 64/45\times10^{-3} = 0/064\,s$$

●●۶۵- مخزن آبی در هوای سرد بیرون قرار دارد و لایه‌ای از یخ به ضخامت $5/0\,cm$ روی سطح آن تشکیل شده است (شکل ۱۴-۵۰). دمای هوای بالای یخ $-10^\circ C$ است. آهنگ تشکیل یخ (برحسب سانتی‌متر بر ساعت) را در زیر لایهٔ یخ محاسبه کنید. رسانندگی گرمایی و چگالی یخ را $0/0040\,cal/s\cdot cm\cdot C^\circ$ و $0/92\,g/cm^3$ در نظر بگیرید. فرض کنید هیچ انرژی از طریق دیواره‌های مخزن یا کف آن انتقال نمی‌یابد. SSM



شکل ۱۴-۵۰ مسئلهٔ ۶۵

حل:

$$P_{\text{رسانش}} = \frac{dQ}{dt} = \frac{d}{dt}(mL_F) = L_F\frac{dm}{dt} = L_F\frac{d}{dt}(\rho Ax) = L_F A\rho\frac{dx}{dt}$$

$$P_{\text{رسانش}} = kA\frac{\Delta T}{\Delta x} = L_f A\rho\frac{dx}{dt} \Rightarrow \frac{dx}{dt} = \frac{k\Delta T}{\Delta x L_F\rho}$$
$$= \frac{(0/004)(10)}{(5)(79/5)(0/92)}$$

$$\frac{dx}{dt} = 1/09\times10^{-4}\ cm/s = 0/39\,cm/h$$

●●۶۶- *سرمایش ناشی از تبخیر در نوشیدنی‌ها.* اگر نوشابهٔ سردی را داخل ظرف سرامیکی متخلخلی که در آب خیس شده باشد قرار دهیم می‌توان حتی در روز گرم آن را سرد نگهداشت. فرض کنید که انرژی از دست رفته جهت تبخیر برابر با انرژی خالص به دست آمده از طریق تبادل تابش در سطحهای بالایی و کناری باشد. دمای ظرف و نوشابه $T = 15^\circ C$، دمای محیط $T_{env} = 32^\circ C$ و ظرف استوانه‌ای به شعاع $r = 2/2\,cm$ و ارتفاع $10\,cm$ است. گسیلمندی را تقریباً $\varepsilon = 1$ بگیرید و از تبادلهای انرژی دیگر صرفنظر کنید. ظرف با چه آهنگ dm/dt جرم آب را از دست می‌دهد؟ GO

حل:

$$P_{\text{خالص}} = P_{\text{جذب}} - P_{\text{تابش}} = \sigma\varepsilon A(T_{\text{محیط}}^4 - T^4)$$

$$\frac{dm}{dt}L_V = \sigma\varepsilon A(T_{\text{محیط}}^4 - T^4)$$

$$\frac{dm}{dt}(2256\times10^3\ J/kg) = (5/6703\times10^{-8})(1)$$
$$[2\pi(0/22)^2 + 2\pi(0/22)(0/1)]$$
$$[(305)^4 - (288)^4]$$

$$\frac{dm}{dt} = 0/63\times10^{-5}\ kg/s$$

۶۷- موقع خروج شکلات سرد از یک مجرا، با فشار اعمال شده از مجرا روی شکلات کار انجام می‌گیرد. کار بر یکای جرم شکلات خارج شده برابر با p/ρ است که در آن p اختلاف بین فشار اعمال شده و فشار شکلات موقع خروج از مجرا، و ρ چگالی شکلات است. کار به جای افزایش دمای شکلات، چربی کاکائو را در شکلات ذوب می‌کند. گرمای ذوب این

چربیها ۱۵۰kJ/kg است. فرض کنید که همهٔ کار صرف ذوب شود و این چربیها ۳۰٪ جرم شکلات را تشکیل بدهد. اگر $p=5/5\text{MPa}$ و $\rho=1200\text{kg/m}^3$ باشد، درصد چربیهای ذوب شده در ضمن خروج چقدر است؟

حل:

$$W=m'L_f=\frac{pM}{\rho} \qquad \frac{W}{M}=\frac{p}{\rho}$$

$$\Rightarrow m'(150\times10^3)=\frac{(5/5\times10^6)M}{(1200)}\Rightarrow\frac{m'}{M}=0/0305$$

یا ۳/۰۵٪

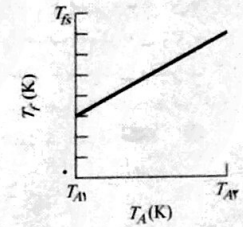
که در رابطه بالا m' جرم چربی ذوب شده است.

$$\frac{m}{M}=0/3\Rightarrow\frac{m'}{m}=\frac{0/0305}{0/3}=0/1017$$

یا ۱۰/۱۷٪

که $\frac{m'}{m}$ جرم چربی ذوب شده به جرم کل چربی موجود در شکلات است.

۶۸- در یک رشته آزمایش، قطعهٔ B را در ظرفی که عایق گرمایی است و قطعهٔ A با همان جرم قطعهٔ B در آن است قرار می‌دهیم. درهر آزمایش، قطعهٔ B در دمای معین اولیهٔ T_B قرار دارد ولی دمای T_A قطعهٔ A از آزمایشی به آزمایش دیگر تغییر می‌کند. فرض می‌کنیم T_f دمای نهایی دو قطعه در وقتی باشد که در هر آزمایش به تعادل گرمایی می‌رسند. شکل ۱۴-۵۱ دمای T_f را برحسب دمای اولیهٔ T_A در گسترهٔ مقدارهای ممکن T_A از $T_{A_1}=0\text{K}$ تا $T_{A_2}=500\text{K}$ را نشان می‌دهد. مقیاس محور قائم با $T_{fs}=400\text{K}$ مشخص شده است. (الف) دمای T_B و (ب) نسبت c_B/c_A گرماهای ویژهٔ قطعه‌ها چقدر است؟



شکل ۱۴-۵۱ مسئلهٔ ۶۸

حل: (الف) از نمودار مشخص است که در $T_A=250\text{K}$ مقدار دمای تعادل برابر است با $T_f=250\text{K}$ پس بنابراین دمای $T_B=250\text{K}$ است.

(ب)

$$\sum Q=0$$

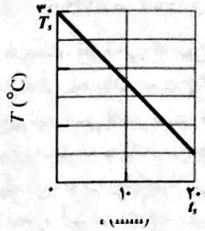
$$Q_A+Q_B=0\Rightarrow m_Ac_A(T_f-T_A)+m_Bc_B(T_f-T_B)=0$$

از آنجا که $m=m_B=m_A \Leftarrow c_A(T_f-T_A)=-c_B(T_f-T_B)$

زمانی که $T_A=0$ باشد $T_f=150\text{K}$ است.

$$\Rightarrow c_A(150-0)=-c_B(150-250)\Rightarrow\frac{c_B}{c_A}=1/5$$

۶۹- نمونه‌ای به جرم ۰/۳۰۰kg در یک وسیلهٔ سرمایش قرار گرفته است که انرژی را به صورت گرما با آهنگ ثابت ۲/۸۱W از دست می‌دهد. شکل ۱۴-۵۲ دمای T نمونه را برحسب زمان t نشان می‌دهد. مقیاس دما با $T_s=30\text{°C}$ و مقیاس زمان با $t_s=20\text{min}$ مشخص شده است. گرمای ویژهٔ نمونه چقدر است؟



شکل ۱۴-۵۲ مسئله ۶۹

حل:

$$Q=mc\Delta T$$

$$\frac{Q}{\Delta t}=mc\frac{\Delta T}{\Delta t}\Rightarrow-2/81=(0/3)c\frac{(5-30)}{(20\times60)}$$

$$\Rightarrow -2/81=6/25\times10^{-3}\,c\Rightarrow c=449/6\,\text{J/kg}\cdot\text{K}$$

۷۰- گرمای ویژهٔ فلز را با استفاده از داده‌های زیر محاسبه کنید. ظرفی از فلز به جرم ۳/۶kg ساخته شده و حاوی ۱۴kg آب است. تکه‌ای به جرم ۱/۸kg از فلزی که در آغاز در دمای ۱۸۰°C بوده است در آب انداخته می‌شود. ظرف آب در آغاز در دمای ۱۶/۰°C بوده و دمای نهایی کل دستگاه ۱۸/۰°C است.

حل:

$$\sum Q=0 \qquad Q_1+Q_2+Q_3=0$$

$$\Rightarrow m_1c_1(T_f-T_1)+m_2c_2(T_f-T_2)+m_3c_3(T_f-T_3)=0$$

$$\Rightarrow (m_1c_1+m_3c_3)(18-16)+m_2c_2(18-180)=0$$

$$c_2=c_3$$

از طرفی داریم

$$\Rightarrow c_2=\frac{2m_1C_1}{162m_2-2m_3}=\frac{2(14)(4190)}{(162)(1/8)-2(3/6)}=411\,\text{J/kg}\cdot\text{K}$$

۷۱- افزایش حجم یک مکعب آلومینیومی به ضلع ۵/۰۰cm وقتی از ۱۰/۰°C تا ۶۰/۰°C گرم شود چقدر است؟

حل:

$$\Delta V=V_0(3\alpha)\Delta T=(5)^3(3)(23\times10^{-6})(60-10)=0/4231\text{cm}^3$$

۷۲- یک میلهٔ مسی، یک میلهٔ آلومینیومی و یک میلهٔ برنجی، هر کدام به طول ۶/۰۰m و قطر ۱/۰۰cm در امتداد هم قرار دارند و میلهٔ آلومینیومی در وسط است. انتهای آزاد میلهٔ مسی در نقطهٔ جوش آب، و انتهای آزاد میلهٔ برنجی در نقطهٔ انجماد آب قرار گرفته‌اند. دمای حالت پایای (الف) پیوندگاه مس- آلومینیوم و (ب) پیوندگاه آلومینیوم- برنج چقدر است؟

حل: اندیس ۱ برای مس و اندیس ۲ برای آلومینیوم و اندیس ۳ برای برنج می‌باشد.

$$P_{\text{رسانش}}=\frac{A(T_H-T_C)}{\frac{L_1}{k_1}+\frac{L_2}{k_2}+\frac{L_3}{k_3}}=\frac{(3/14)(0/5\times10^{-2})^2(100-0)}{\frac{6}{401}+\frac{6}{235}+\frac{6}{109}}$$

$$=0/0822$$

(الف)

100°C | cu | T_1

$$P_{\text{رسانش}}=k_1A\frac{100-T_1}{L_1}$$

$$\Rightarrow 0/0822=(401)(3/14)(0/5\times10^{-2})^2\frac{100-T_1}{6}$$

$$\Rightarrow T_1=84/3\text{°C}$$

(ب)

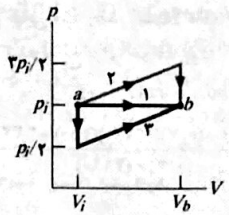
T_1 | | T_2

$$P_{\text{رسانش}}=k_2A\frac{T_1-T_2}{L_2}$$

$$\Rightarrow 0/0822=(235)(3/14)(0/5\times10^{-2})^2\frac{84/3-T_2}{6}$$

$$\Rightarrow T_2=57/56\text{°C}$$

۷۳- همان‌طور که در نمودار p-V در شکل ۱۴-۵۳ نشان داده شده است، نمونه‌ای از یک گاز در انتقال از حالت اولیهٔ a به حالت نهایی b می‌تواند سه مسیر مختلف (فرایند) را طی کند، که $V_b=5/00V_i$ است. در فرایند ۱ انرژی منتقل شده به گاز به صورت گرما برابر با $10\,p_iV_i$ است. برحسب p_iV_i، (الف) انرژی انتقال یافته به گاز به صورت گرما در فرایند ۲ و (ب) تغییر در انرژی درونی گاز در فرایند ۳ چقدر است؟ **SSM**



شکل ۱۴-۵۳ مسئلهٔ ۷۳

حل:

$$W_1=p_i(5V_i-V_i)=4p_iV_i$$

$$W_2=W_1+\frac{1}{2}p_i\left(\frac{4V_i}{2}\right)=5p_iV_i$$

(الف)

$$\Delta E_{int}=0 \qquad \Delta E_1=\Delta E_2\Rightarrow Q_1+W_1=Q_2+W_2$$

$$Q_2=10\,p_iV_i-4p_iV_i+5p_iV_i=11p_iV_i$$

(ب)

$$\Delta E_1=\Delta E_2=\Delta E_3\rightarrow\Delta E_3=10\,p_iV_i-4p_iV_i=6p_iV_i$$

۷۴- آهنگ میانگین رسانش انرژی از طریق سطح زمین در امریکای شمالی به بیرون عبارت است از $54/0\text{mW/m}^2$ و متوسط رسانندگی گرمایی سنگهای سطح زمین $2/50\text{W/m}\cdot\text{K}$ است. با فرض اینکه دمای سطح ۱۰/۰°C باشد، دما در عمق ۳۵/۰km (نزدیکی کف پوسته) را پیدا کنید. از گرمای ایجاد شده توسط عنصرهای پرتوزا چشمپوشی کنید.

حل:

$$P_{\text{رسانش}}=kA\frac{T_H-T_C}{L}\Rightarrow\frac{P_{\text{رسانش}}}{A}=\frac{k}{L}(T_H-T_C)$$

$$54\times10^{-3}=\frac{(2/5)(T_H-10)}{(35\times10^3)}\Rightarrow T_H=766\text{°C}$$

۷۵- دمای یک قرص پیرکس از ۱۰/۰°C به ۶۰/۰°C تغییر می‌یابد. شعاع اولیهٔ آن 8/00cm و ضخامت اولیهٔ آن 0/500cm است. این داده‌ها را دقیق در نظر بگیرید. تغییر در حجم قرص چقدر است؟ (به جدول ۱۴-۲ نگاه کنید.) **SSM**

حل:

$$V=\pi R^2h=(3/14)(8)^2(0/5)=100/48\text{cm}^3$$

$$\Delta V=3\alpha V\Delta T=(3)(3/2\times10^{-6})(100/48)(50)=0/0482\text{cm}^3$$

۷۶- در یک خانهٔ خورشیدی، انرژی از خورشید در بشکه‌های پر از آب ذخیره می‌شود. در یک زمستان برای پنج روز ابری $1/00\times10^6\,\text{kcal}$ برای نگهداشتن داخل خانه در دمای ۲۲/۰°C مورد نیاز است. با فرض اینکه دمای آب بشکه‌ها ۵۰/۰°C و چگالی آب $1/00\times10^3\,\text{kg/m}^3$ باشد، چه حجمی از آب مورد نیاز است؟

حل:

$$Q=mc\Delta T=\rho Vc\Delta T$$

$$Q=(1\times10^4\times4/18)=(1000)(4190)(50-22)V$$

$$\Rightarrow V=35/63\text{m}^3$$

۷۷- نمونه‌ای از گاز از فشار اولیه 10Pa و حجم $1/0\text{m}^3$ به حجم نهایی $2/0\text{m}^3$ منبسط می‌شود. در ضمن انبساط، فشار و حجم با معادلهٔ $p=aV^2$ به هم مربوطاند، که $a=10\text{N/m}^8$ است. کار انجام شده به وسیله گاز را در طی این انبساط تعیین کنید. **SSM**

حل:

$$W=\int pdV=\int_1^2aV^2dV=\frac{aV^3}{3}\Big|_1^2=\frac{10}{3}(2^3-1^3)=23/33\,\text{J}$$

۷۸- (الف) با داده‌های زیر، آهنگی را که گرمای بدن از طریق پوشش یک اسکی باز در فرایند حالت پایا تابش می‌کند محاسبه کنید: مساحت بدن $1/8\text{m}^2$، ضخامت پوشش 1/0cm؛ دمای سطح پوست ۳۳°C، دمای سطح بیرونی پوشش ۱/۰°C و رسانندگی گرمایی پوشش $0/040\text{W/m}\cdot\text{K}$. (ب) اگر پس از یک سقوط لباسهای اسکی باز در آب با رسانندگی گرمایی 0/60W/m خیس شود، آهنگ رسانش در چه عددی باید ضرب شود؟

حل: (الف)

$$P_{\text{رسانش}}=\frac{kA(T_H-T_C)}{L}=\frac{(0/04)(1/8)(33-1)}{(10^{-2})}=230/4\text{J/s}$$

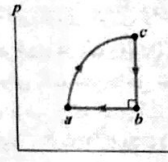
(ب) اگر آب به درون لباس نفوذ کند مانند دو سطح موازی عمل می‌کنند:

$$P'_{\text{رسانش}}=\frac{(k_1+k_2)A(T_H-T_C)}{L}=\frac{(0/04+0/6)(1/8)(33/1)}{(10^{-2})}$$

$$=3686/4\text{J/s}$$

$$\frac{P'_{\text{رساننی}}}{P_{\text{رساننی}}} = \frac{۳۶۸۶/۴}{۲۳۰/۴} = ۱۶$$

۷۹- شکل ۱۴-۵۴ یک چرخهٔ بسته را برای یک گاز نشان می‌دهد. از c تا b، $۴۰\,J$ به صورت گرما از گاز انتقال می‌یابد. از b تا a، $۱۳۰\,J$ به صورت گرما انتقال می‌یابد و بزرگی کار انجام شده به وسیلهٔ گاز $۸۰\,J$ است. از a تا c، $۴۰۰\,J$ به صورت گرما به گاز انتقال می‌یابد. کار انجام شده به وسیلهٔ گاز از a تا c چقدر است؟ (*راهنمایی:* نیاز دارید برای داده‌ها علامتهای مثبت و منفی در نظر بگیرید.)



شکل ۱۴-۵۴ مسئلهٔ ۷۹

حل:

$$Q_{cb} = -۴۰\,J \qquad Q_{ba} = -۱۳۰\,J$$

$$W_{ba} = -۸۰\,J \qquad Q_{ac} = ۴۰۰\,J$$

از آنجا که فرآیند حجم ثابت می‌باشد بنابراین $W_{cb} = ۰$

$$\Delta E_t = ۰ \Rightarrow W_t = Q_t$$

$$\Rightarrow Q_{cb} + Q_{ba} + Q_{ac} = W_{cb} + W_{ba} + W_{ac}$$

$$-۴۰ - ۱۳۰ + ۴۰۰ = ۰ - ۸۰ + W_{ac} \Rightarrow W_{ac} = ۳۱۰\,J$$

۸۰- ابعاد یک جام شیشه در دمای $۱۰^\circ C$ دقیقاً $۲۰\,cm$ در $۳۰\,cm$ است. با فرض اینکه شیشه بتواند به طور آزاد انبساط یابد، وقتی دمای آن به $۴۰^\circ C$ برسد، مساحت آن چقدر زیاد می‌شود؟

حل:

$$\Delta A = A_۰(۲\alpha)\Delta T = (۲۰\times۳۰)(۲)(۹\times۱۰^{-۶})(۴۰-۱۰)$$
$$= ۰/۳۲۴\,cm^۲$$

۸۱- یک تکه آلومینیوم به جرم $۲/۵۰\,kg$ را تا $۹۲/۰^\circ C$ گرم می‌کنیم و سپس آن را داخل $۸/۰۰\,kg$ آب با دمای $۵/۰۰^\circ C$ فرو می‌بریم. با فرض اینکه دستگاه تکه- آب از نظر گرمایی منزوی باشد، دمای تعادل دستگاه چقدر است؟ **SSM**

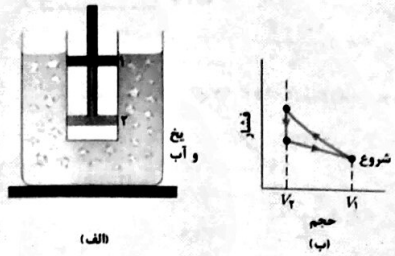
حل:

$$\sum Q = ۰ \rightarrow Q_۱ + Q_۲ = ۰$$

$$m_۱c_۱(T_f - T_۱) + m_۲c_۲(T_f - T_۲) = ۰$$

$$T_f = \frac{m_۱c_۱T_۱ + m_۲c_۲T_۲}{m_۱c_۱ + m_۲c_۲} = \frac{(۲/۵)(۹۰۰)(۹۲) + (۸)(۴۱۹۰)(۵)}{(۲/۵)(۹۰۰) + (۸)(۴۱۹۰)}$$
$$= ۱۰/۴۷^\circ C$$

۸۲- شکل ۱۴-۵۵ الف استوانهٔ حاوی گازی را نشان می‌دهد که توسط یک پیستون متحرک بسته شده است. این استوانه در مخلوط یخ- آب فرو برده می‌شود. پیستون به طور سریع از وضعیت ۱ به وضعیت ۲ به پایین برده می‌شود و در وضعیت ۲ نگهداشته می‌شود تا اینکه گاز دوباره در دمای مخلوط یخ- آب قرار گیرد، سپس به *آرامی* به وضعیت ۱ بالا آورده می‌شود. شکل ۱۴-۵۵ ب نمودار p-V را برای این فرایند نشان می‌دهد. اگر $۱۰۰\,g$ یخ در ضمن این چرخه ذوب شود، چقدر کار روی گاز انجام می‌شود؟



شکل ۱۴-۵۵ مسئلهٔ ۸۲

حل: در یک چرخه کامل $\Delta E_i = ۰$ لذا $Q = W$ در نتیجه داریم

$$W = mL_F = (۰/۱)(۳۳۳\times۱۰^۳) = ۳۳/۳\,kJ$$

۸۳- دمای یک مکعب $۰/۷۰۰\,kg$ یخی تا $-۱۵۰^\circ C$ کاهش می‌یابد. سپس به تدریج انرژی به صورت گرما به مکعب انتقال می‌یابد در حالی که مکعب از محیط خود عایق بندی گرمایی شده است. کل انتقال انرژی $۰/۶۹۹۳\,MJ$ است. فرض کنید مقدار c یخ در جدول ۱۴-۳ برای دمای از $-۱۵۰^\circ C$ تا $۰^\circ C$ معتبر باشد. دمای نهایی آب چقدر است؟ **SSM**

حل: گرمای داده شده به یخ برابر خواهد بود:

$$Q = mc(۱۵۰) + mL_f + mc(T_f - ۰)$$

$$T_f = \frac{(۶۹۹۳۰۰) - (۰/۷)[(۲۲۲۰)(۱۵۰) + ۳۳۳۰۰۰]}{(۰/۷)\times(۴۱۹۰)}$$
$$= ۷۹/۵^\circ C$$

۸۴- یک میلهٔ فولادی را که در دمای $۲۵/۰^\circ C$ در دو انتها با قلاب محکم بسته شده است سرد می‌کنیم. میله در چه دمایی گسیخته می‌شود. از جدول ۱۲-۱ استفاده کنید.

حل: از معادله ۱۲-۲۳ داریم

$$\frac{F}{A} = E\frac{\Delta L}{L} \Rightarrow (۴۰۰\times۱۰^۶) = (۲۰۰\times۱۰^۹)\frac{L_۰\alpha\Delta T}{L_۰}$$

$$\Rightarrow \Delta T = \frac{(۴۰۰\times۱۰^۶)}{(۲۰۰\times۱۰^۹)(۱۱\times۱۰^{-۶})} = ۱۸۱/۸۲^\circ C$$

$$\Delta T = T_۰ - T \Rightarrow ۱۸۱/۸۲ = ۲۵ - T \Rightarrow T = -۱۵۶/۸۱^\circ C$$

که در این دما میله مانند شیشه شکننده و ترد می‌باشد و با کوچکترین ضربه شکسته می‌شود.

۸۵- فرض کنید از $۵/۰\times۱۰^{-۳}$ انرژی تابش شده توسط کرهٔ گرم که شعاع آن $۰/۰۲۰\,m$، گسیلندگی آن $۰/۸۰$ و دمای سطح آن $۵۰۰\,K$ است جلوگیری کنید. درمدت $۲/۰\,min$ از دریافت چه مقدار انرژی جلوگیری کرده‌اید؟

حل:

$$P_{\text{rad}} = \sigma A T^۴$$

$$A = ۴\pi r^۲ = (۳)(۳/۱۴)(۰/۰۲)^۲ = ۵/۰۲۴\times۱۰^{-۳}\,m^۲$$

$$P_{\text{rad}} = (۵/۶۷۰۳\times۱۰^{-۸})(۰/۸)(۵/۰۲۴\times۱۰^{-۳})(۵۰۰)^۴$$
$$= ۱۴/۲۵۱\,w$$

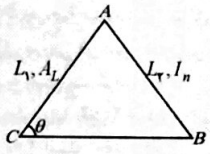
توان جذب شده برابر است با:

$$P_{ab} = (۵\times۱۰^{-۳})(۱۴/۲۵۱) = ۷/۱\times۱۰^{-۲}\,w$$

$$Q = P_{ab}\cdot t = (۷/۱\times۱۰^{-۲})(۲\times۶۰) = ۸/۵۵\,J$$

۸۶- سه میلهٔ راست با طولهای مساوی از آلومینیوم، اینوار و فولاد همه در دمای $۲۰/۰^\circ C$، با اتصالهایی در سه گوشه تشکیل یک مثلث متساوی الاضلاع داده‌اند. در چه دمایی زاویهٔ مقابل میلهٔ اینوار $۵۹/۹۵^\circ$ می‌شود. در مورد فرمولهای مثلثاتی از پیوست ث و برای داده‌های مورد نیاز از جدول ۱۴-۲ استفاده کنید.

حل:



$$L_۳^۲ = L_۱^۲ + L_۲^۲ - ۲L_۱L_۲\cos\theta$$

$$L_۰^۲(۱+\alpha_۳\Delta T)^۲ = L_۰^۲(۱+\alpha_۱\Delta T)^۲ + L_۰^۲(۱+\alpha_۲\Delta T)^۲ - ۲L_۰^۲(۱+\alpha_۱\Delta T)(۱+\alpha_۲\Delta T)\cos\theta$$

$$\Rightarrow ۱+\alpha_۳^۲\Delta T^۲ + ۲\alpha_۱\Delta T + ۱ + \alpha_۲^۲ + ۲\alpha_۲\Delta T$$
$$= ۱+\alpha_۱^۲\Delta T^۲ + ۲\alpha_۱\Delta T + ۱ + \alpha_۲^۲ + ۲\alpha_۲\Delta T - ۲(۱+\alpha_۱\alpha_۲\Delta T^۲ + \alpha_۱\Delta T + \alpha_۲\Delta T)\cos$$

از $\alpha_۱^۲$ و $\alpha_۲^۲$ و $\alpha_۳^۲$ و $\alpha_۱\alpha_۲$ به دلیل کوچکی می‌توان صرف‌نظر نمود.

$$۱+۲\alpha_۳\Delta T = ۱+۲\alpha_۱\Delta T + ۱ + ۲\alpha_۲\Delta T - ۲(۱+\alpha_۱\Delta T + \alpha_۲\Delta T)\cos\theta$$

$$\Rightarrow \Delta T = \frac{۱-۲\cos\theta}{۲[\alpha_۲ - \alpha_۱ - \alpha_۲ + (\alpha_۱+\alpha_۲)\cos\theta]}$$

$$= \frac{۱-۲\cos\theta}{۲[\alpha_۲ - (\alpha_۱+\alpha_۲)(۱-\cos\theta)]}$$

$$\Delta T = \frac{۱-۲(\cos ۵۹/۹۵)}{۲[۰/۷\times۱۰^{-۶} - (۲۳\times۱۰^{-۶} + ۱۱\times۱۰^{-۶})(۱-\cos ۵۹/۹۵)}$$
$$= ۴۶/۴۴^\circ C$$

$$T - ۲۰ = ۴۶/۴۴ \Rightarrow T = ۶۶/۴۴^\circ C$$

۸۷- یخ را با ساییدن قطعه‌ای روی قطعه دیگر می‌توان ذوب کرد. اگر بخواهیم $۱/۰۰\,g$ یخ را ذوب کنیم، برحسب ژول باید چقدر کار انجام دهیم؟

حل:

$$Q = W = mL_f = (۱\times۱۰^{-۳})(۳۳۳۰۰۰) = ۳۳۳\,J$$

۸۸- دماسنجی به جرم $۰/۰۵۵۰\,kg$ و گرمای ویژهٔ $۰/۸۳۷\,kJ/kg\cdot K$ عدد $۱۵/۰^\circ C$ را نشان می‌دهد. این دماسنج سپس به طور کامل در $۰/۳۰۰\,kg$ آب فرو برده می‌شود و به دمای نهایی آب می‌رسد. اگر دماسنج $۴۴/۴^\circ C$ را نشان دهد، دمای آب پیش از قرار گرفتن دماسنج چقدر بوده است؟

حل:

$$\sum Q = ۰ \rightarrow Q_۱ + Q_۲ = ۰$$

$$m_۱c_۱(T_F - T_۱) + m_۲c_۲(T_F - T_۲) = ۰$$

$$(۰/۰۵۵)(۰/۸۳۷\times۱۰^۳)(۴۴/۴-۱۵) + (۰/۳)(۴۱۹۰)(۴۴/۴ - T_۲) = ۰$$

$$\Rightarrow T_۲ = ۴۵/۴۸^\circ C$$

۸۹- یک عضو جدید فقط وقتی که دمای بیرون ایستگاه آموندسن- اسکات[1] قطب جنوب زیر $-۷۰^\circ C$ باشد می‌تواند در باشگاه نیمه سری "۳۰۰F" عضو شود. در چنین روزی عضو جدید ابتدا حمام سونای گرم می‌گیرد و سپس با پوشیدن فقط کفشهای خود به بیرون می‌رود. (البته این کار فوق العاده خطرناکی است، ولی این تشریفات تأکیدی به منظور وجود خطر ثابت سرمای زمستان در قطب جنوب است.)

فرض کنید که موقع خروج از سونا، دمای پوست عضو جدید $۱۰۲^\circ F$ و دمای دیواره‌ها، سقف و کف اتاق سونا $۳۰^\circ C$ باشد. مساحت سطح عضو جدید را برآورد کنید و گسیلندگی پوست را $۰/۸۰$ بگیرید. (الف) آهنگ خالص تقریبی $P_{\text{خالص}}$ که عضو جدید انرژی را از طریق مبادلهٔ تابش گرمایی با اتاق از دست می‌دهد چقدر است؟ حال فرض کنید که در بیرون، نصف مساحت بدن با آسمان با دمای $-۲۵^\circ C$ و نصف دیگر با برف و زمین با دمای $-۸۰^\circ C$ تابش گرمایی مبادله می‌کند. آهنگ خالص اتلاف انرژی عضو جدید از طریق مبادلهٔ تابش گرمایی با (ب) آسمان و (پ) برف و زمین چقدر است؟

حل: دمای بدن شخص برابر است با

$$T_{۲C} = \frac{T_f - ۳۲}{۱/۸} = \frac{۱۰۲-۳۲}{۱/۸} = ۳۸/۸۸^\circ C = ۳۱۱/۸۸^\circ K$$

(الف) دمای دیوار اطاق برابر است با

$$T_{۱C} = ۳۰ + ۲۷۳ = ۳۰۳^\circ K$$

$$P_{\text{خالص}} = \sigma\varepsilon A(T_{۲C}^۴ - T_{۱C}^۴)$$

$$P_{\text{خالص}} = (۵/۶۷۰۳\times۱۰^{-۸})(۰/۸)(۱/۹)[(۳۱۱/۸۸)^۴ - (۳۰۳)^۴]$$
$$= ۹۰\,w$$

(ب)

دمای محیط $T'_۲ = -۲۵ + ۲۷۳ = ۲۴۸^\circ K$

دمای زمین $T'_۱ = -۸۰ + ۲۷۳ = ۱۹۳^\circ K$

$$P_{\text{خالص}} = (۵/۶۷۰۳\times۱۰^{-۸})(۰/۸)(۰/۹)[(۳۱۱/۸۸)^۴ - (۲۴۸)^۴]$$
$$= ۲۳۱\,w$$

شخص با محیط

(پ)

1. Amundsen- scott

$P_{\text{خالص}} = (۵/۶۷۰۳\times۱۰^{-۸})(۰/۸)(۰/۹)[(۳۱۱/۸۸)^۴ - (۱۹۳)^۴]$
$= ۳۲۹\,\text{w}$
شخص با زمین

۹۰- ابعاد اولیهٔ یک صفحهٔ شیشه‌ای مستطیلی شکل در آغاز $۰/۲۰۰\,\text{m}$ در $۰/۳۰۰\,\text{m}$ است. ضریب انبساط خطی شیشه $۹/۰۰\times۱۰^{-۶}\,/\text{K}$ است. اگر دما به اندازهٔ $۲۰/۰\,\text{K}$ افزایش یابد، تغییر در مساحت صفحه چقدر است؟

حل:
$\Delta A = ۲\alpha A\Delta T = (۲)(۹\times۱۰^{-۶})(۰/۳)(۰/۲)(۲۰)$
$= ۲/۱۶\times۱۰^{-۵}\,\text{m}^۲$

۹۱- ورزشکاری که نیاز به کاهش وزن دارد، برای این کار از «بالا و پایین بردن وزنهٔ آهنی» استفاده می‌کند. (الف) برای سوزاندن $۱۰۰\,\text{lb}$ چربی، با فرض اینکه آن مقدار چربی زیادی معادل با $۳۵۰۰\,\text{Cal}$ باشد، چند بار باید یک وزنهٔ $۸۰/۰\,\text{kg}$ را تا فاصلهٔ $۱/۰۰\,\text{m}$ بلند کند؟ (ب) اگر وزنه هر $۲/۰۰\,\text{s}$ یک بار بلند شود، این عمل چقدر طول می‌کشد؟

حل: هر کالری در رژیم غذایی معادل ۱۰۰۰ کالری در فیزیک است.

(الف) $n = \dfrac{Q}{mgh} = \dfrac{(۳۵۰۰\times۱۰^۳)(۴/۱۸)}{(۸۰)(۹/۸)(۱)} = ۱/۸۶۶\times۱۰^۴$

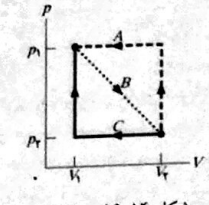
(ب) $t = nt_۰ = (۱/۸۶۶\times۱۰^۴)(۲) = ۳۷۳۲۰\,\text{s}$ یا $۱۰/۳۷\,\text{h}$

۹۲- توده‌های یخ شناور در آتلانتیک شمالی خطرات جدی برای کشتیرانی دارند، و باعث می‌شوند تا مسیرهای کشتیرانی به اندازهٔ ۳۰٪ در فصل توده‌های یخی زیاد شود. کوششهایی برای تخریب یخها انجام می‌گیرد که عبارت‌اند از کاشتن مواد منفجره، بمباران، اژدر افکنی، پرتاب نارنجک، سوراخ کردن و پوشش دادن با دوده. فرض کنید که بخواهیم توده‌های یخ را با قرار دادن منابع گرمایی در یخ به طور مستقیم ذوب کنیم. چقدر انرژی برای ذوب ۱۰٪ یک تودهٔ یخی به جرم ۲۰۰۰۰۰ تن لازم است؟ ($۱=۱۰۰۰\,\text{kg}$ تن متریک)

حل: $m_۱ = ۰/۱\text{m} = ۲\times۱۰^۷\,\text{kg}$ $\qquad m = ۲\times۱۰^۸\,\text{kg}$

$Q = m_۱L_F = (۲\times۱۰^۷)(۳۳۳\times۱۰^۳) = ۶/۶۶\times۱۰^{۱۲}\,\text{J}$

۹۳- نمونه‌ای از گاز در نمودار p-V در شکل ۱۴-۵۶ از $V_۱ = ۱/۰\,\text{m}^۳$ و $p_۱ = ۴۰\,\text{Pa}$ به $V_۲ = ۴/۰\,\text{m}^۳$ و $p_۲ = ۱۰\,\text{Pa}$ در مسیر B انبساط می‌یابد. سپس در مسیر A یا C برمی‌گردد و به مقدار $V_۱$ متراکم می‌شود. کار خالص انجام شده به وسیله گاز را برای کل چرخه در (الف) مسیر BA و (ب) مسیر BC محاسبه کنید.



شکل ۱۴-۵۶ مسئلهٔ ۹۳

حل: کار برابر سطح محصور در چرخه است. چون چرخه پادساعتگرد می‌باشد پس مقدار کار منفی می‌باشد.

$W_{ABA} = -\dfrac{۱}{۲}(۴۰-۱۰)(۴-۱) = -۴۵\,\text{J}$

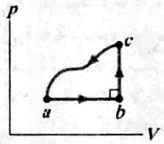
(ب) چرخش پادساعتگرد بنابراین : $W > ۰$

$W_{BCB} = \dfrac{۱}{۲}(۴۰-۱۰)(۴-۱) = ۴۵\,\text{J}$

۹۴- بلافاصله پس از تشکیل زمین، گرمای آزاد شده به وسیلهٔ واپاشی عنصرهای پرتوزا میانگین دمای داخلی آن را از ۳۰۰ به $۳۰۰۰\,\text{K}$ رساند، که تقریباً امروز نیز همین مقدار حفظ شده است. با فرض اینکه ضریب انبساط حجمی میانگین برابر با $۳/۰\times۱۰^{-۵}\,\text{K}^{-۱}$ باشد، از زمان تشکیل سیاره شعاع آن چقدر بیشتر شده است؟

حل:
$\alpha = \dfrac{۱}{۳}\beta = \dfrac{۱}{۳}\times۳\times۱۰^{-۵} = ۱۰^{-۵}$
$\Delta R = \alpha R\Delta T = (۱۰^{-۵})(۶/۳۷\times۱۰^۳)(۳۰۰۰-۳۰۰) = ۱۷۲\,\text{km}$

۹۵- شکل ۱۴-۵۷ چرخهٔ بسته‌ای را برای یک گاز نشان می‌دهد. تغییر انرژی درونی در مسیر ca برابر با $-۱۶۰\,\text{J}$ است. انرژی انتقال یافته به صورت گرما به گاز در مسیر ab برابر با $۲۰۰\,\text{J}$ و در مسیر bc برابر با $۴۰\,\text{J}$ است. چقدر کار به وسیلهٔ گاز در (الف) مسیر abc و (ب) مسیر ab انجام می‌گیرد؟



شکل ۱۴-۵۷ مسئلهٔ ۹۵

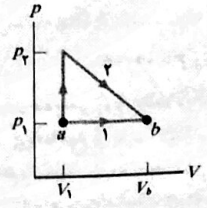
حل: (الف) $Q_{abc} = Q_{ab} + Q_{bc} = ۲۰۰ + ۴۰ = ۲۴۰\,\text{J}$

$\Delta E_{abc} = Q_{abc} - W_{abc} \Rightarrow ۱۶۰ = ۲۴۰ - W_{abc}$
$W_{abc} = ۸۰\,\text{J}$

(ب) از آنجا که فرآیند $b\to c$ حجم ثابت می‌باشد، بنابراین:

$W_{bc} = ۰$
$W_{abc} = W_{ab} + W_{bc} \Rightarrow ۸۰ = W_{ab} + ۰ \Rightarrow W_{ab} = ۸۰\,\text{J}$

۹۶- نمودار p-V در شکل ۱۴-۵۸ دو مسیر را نشان می‌دهد که نمونه‌ای از گاز می‌تواند از حالت a به حالت b برود که $V_b = ۳/۰\,V_۱$ است. در مسیر ۱ لازم است که انرژی برابر با $۵/۰\,p_۱V_۱$ به صورت گرما به گاز داده شود. در مسیر ۲ لازم است که انرژی برابر با $۵/۵\,p_۱V_۱$ به صورت گرما به گاز داده شود. نسبت $p_۲/p_۱$ چقدر است؟



شکل ۱۴-۵۸ مسئلهٔ ۹۶

حل: فرآیند $a\to b$ هم فشار است.

$W_{ab} = p(V_b - V_a) = p_۱(۳V_۱ - V_۱) = ۲p_۱V_۱$

فرآیند $a\to c$ هم حجم می‌باشد بنابراین $W_{ac} = ۰$

$W_{acb} = W_{ac} + W_{cb} = W_{cb}$
$W_{cb} = W_{ab} + \dfrac{(p_c - p_b)(V_c - V_b)}{۲} = ۲p_۱V_۱$
$+ \dfrac{(p_۲ - p_۱)(۳V_۱ - V_۱)}{۲}$
$W_{cb} = ۲p_۱V_۱ + (p_۲ - p_۱)V_۱ = W_{acb}$
$\Delta E_{ab} = \Delta E_{acb} \qquad Q_{ab} - W_{ab} = Q_{acb} - W_{acb}$
$۵p_۱V_۱ - ۲p_۱V_۱ = ۵/۵p_۱V_۱ - ۲p_۱V_۱ - (p_۲ - p_۱)V_۱$
$\Rightarrow \dfrac{p_۲}{p_۱} = ۱/۵$

۹۷- مکعبی به ضلع $۶/۰\times۱۰^{-۶}\,\text{m}$، گسیلندگی ۰/۷۵ و دمای -۱۰۰°C در محیطی با دمای -۱۵۰°C غوطه‌ور می‌شود. آهنگ انتقال تابش گرمایی خالص مکعب چقدر است؟

حل:
$P_{\text{خالص}} = \sigma\varepsilon A(T_۲^۴ - T_۱^۴)$
$A = ۶A_۰ = (۶)(۶\times۱۰^{-۶})^۲ = ۲/۱۶\times۱۰^{-۱۰}\,\text{m}^۲$
$T_۲ = -۱۵۰ + ۲۷۳ = ۱۲۳^\circ\text{K}$
$T_۱ = -۱۰۰ + ۲۷۳ = ۱۷۳^\circ\text{K}$
$P_{\text{خالص}} = (۵/۶۷۰۳\times۱۰^{-۸})(۰/۷۵)(۲/۱۶\times۱۰^{-۱۰})[(۱۲۳)^۴ - (۱۷۳)^۴]$
$= -۶/۱۳\times۱۰^{-۹}\,\text{w}$

۹۸- *گرماسنج شارشی* وسیله‌ای است که برای اندازه‌گیری گرمای ویژهٔ یک مایع به کار می‌رود. انرژی به صورت گرما با آهنگ معلومی به جریانی از مایع که با آهنگ مشخصی از گرماسنج می‌گذرد افزوده می‌شود. با اندازه‌گیری اختلاف دمای مربوط به نقطه‌های ورودی و خروجی جریان می‌توان گرمای ویژهٔ مایع را محاسبه کرد. فرض کنید مایعی با چگالی $۰/۸۵\,\text{g/cm}^۳$ از گرماسنجی با آهنگ $۸/۰\,\text{cm}^۳/\text{s}$ می‌گذرد. گرما با آهنگ $۲۵۰\,\text{W}$ به وسیلهٔ یک گرم‌کن الکتریکی افزوده می‌شود و اختلاف دمای ۱۵C° در شرایط حالت پایا میان نقطه‌های ورودی و خروجی برقرار است. گرمای ویژهٔ مایع چقدر است؟

حل:
$Q = mc\Delta T$
$dQ = d(mc\Delta T) = C\Delta T dm$
$dQ = c\Delta T\, d(\rho v) = \rho c\Delta T\, dV$
$\dfrac{dQ}{dt} = \rho c\Delta T\dfrac{dv}{dt} \Rightarrow ۲۵۰ = (۰/۸۵\times۱۰^۳)(۱۵)(۸\times۱۰^{-۶})c$
$\Rightarrow c = ۲۴۵۱\,\text{J/kg}\cdot K$

۹۹- جسمی به جرم $۶/۰۰\,\text{kg}$ از ارتفاع $۵۰/۰\,\text{m}$ سقوط می‌کند و به وسیلهٔ یک ارتباط مکانیکی چرخی را به دوران در می‌آورد که $۰/۶۰۰\,\text{kg}$ آب را هم می‌زند. فرض کنید که انرژی پتانسیل گرانشی اولیهٔ جسم به طور کامل به انرژی گرمایی آب منتقل می‌شود، که در آغاز در دمای $۱۵/۰^\circ\text{C}$ بوده است. دمای آب چقدر افزایش می‌یابد؟

حل:
$W = Q \to mgh = m'c\Delta T \to \Delta T = \dfrac{mgh}{m'c}$
$\Delta T = \dfrac{(۶)(۹/۸)(۵۰)}{(۰/۶)(۴۱۹۰)} = ۱/۱۷^\circ\text{C}$