هو اللطیف

پاسخنامه تکلیف فیزیک پایه دهم نوروز ۱۴۰۲

۱) یک دماسنج سلسیوس و یک دماسنج فارنهایت را درون یک ظرف حاوی الکل قرار می‌دهیم. عددی که دماسنج سلسیوس نشان می‌دهد ۸ واحد کم‌تر از عددی است که دماسنج فارنهایت نشان می‌دهد. دمای الکل چند درجهٔ فارنهایت است؟

۱) -۳۰ ۲) -۱۴ ۳) -۲۲ ۴) ۱۴

۱ ۲ **۳** ۴ با استفاده از رابطهٔ $F=\frac{۹}{۵}\theta+۳۲$ و با توجه به این که $\theta=F-۸$ می‌باشد، به صورت زیر دما برحسب فارنهایت را پیدا می‌کنیم.

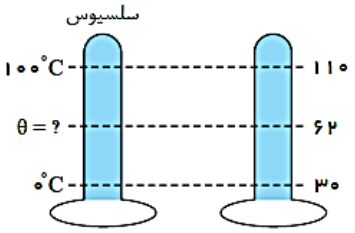
$$F=\frac{۹}{۵}\theta+۳۲\xrightarrow{\theta=F-۸}F=\frac{۹}{۵}(F-۸)+۳۲\Rightarrow F=\frac{۹}{۵}F-\frac{۷۲}{۵}+۳۲$$

$$\Rightarrow F-\frac{۹}{۵}F=-\frac{۷۲}{۵}+۳۲\Rightarrow\frac{-۴F}{۵}=\frac{-۷۲+۱۶۰}{۵}\Rightarrow -۴F=۸۸\Rightarrow F=-۲۲^\circ F$$

۲) یک دماسنج مخصوص، نقطهٔ ذوب یخ را ۳۰ واحد و نقطهٔ جوش آب را ۱۱۰ واحد نشان می‌دهد. این دماسنج، اگر دمای جسمی را ۶۲ واحد نشان دهد، این دما معادل چند درجهٔ سلسیوس است؟ (فشار یک اتمسفر است. دماسنج به‌صورت خطی مدرج شده است.)

۱) ۳۰ ۲) ۳۲ ۳) ۴۰ ۴) ۴۲

۱ ۲ **۳** ۴ با تو جه به شکل زیر، ابتدا رابطهٔ بین دما برحسب درجهٔ سلسیوس و دماسنج مورد نظر را می‌یابیم:



$$\frac{۶۲-۳۰}{۱۱۰-۳۰}=\frac{\theta-۰}{۱۰۰-۰}\Rightarrow\theta=\frac{۳۲\times۱۰۰}{۸۰}=۴۰^\circ$$

۳) دماسنجی ساخته‌ایم که دمای آب $۱۰^\circ C$ را ۲۵° و دمای آب $۵۰^\circ C$ را ۱۰۵° نشان می‌دهد. این دماسنج اختلاف دمای $۳۵^\circ C$ را چند درجه نشان می‌دهد؟

۱) ۳۵ ۲) ۵۰ ۳) ۷۰ ۴) ۹۰

۱ ۲ **۳** ۴ ابتدا هر واحد این دماسنج را برحسب دماسنج سلسیوس به‌دست آورده و سپس اختلاف دمای $۳۵^\circ C$ را بر حسب دماسنج جدید محاسبه می‌کنیم.

$$\left.\begin{array}{l}\Delta\theta=۵۰-۱۰=۴۰^\circ C\\ \Delta x=۱۰۵-۲۵=۸۰^\circ\end{array}\right\}\Rightarrow\Delta x=۲\Delta\theta\xrightarrow{\Delta\theta=۳۵^\circ C}\Delta x=۲\times۳۵^\circ=۷۰^\circ$$

۴) دمای یک جسم را از $\frac{۲۰۰}{۹}$ درجهٔ سلسیوس، ۲۰ درجهٔ سلسیوس افزایش می‌دهیم. دمای این جسم در مقیاس فارنهایت چند درصد افزایش یافته است؟

۱) ۳۶ ۲) ۴۰ ۳) ۵۰ ۴) ۹۰

۱ ۲ **۳** ۴ برای محاسبهٔ درصد تغییرات متغیر x از رابطهٔ $\frac{\Delta x}{x_۱}\times۱۰۰$ استفاده می‌کنیم. درنتیجه برای محاسبهٔ درصد تغییرات دما در مقیاس فارنهایت (F) به‌صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$F=\frac{۹}{۵}\theta+۳۲\Rightarrow\begin{cases}\Delta F=\frac{۹}{۵}\Delta\theta=\frac{۹}{۵}\times۲۰=۳۶^\circ F\\ F_۱=\frac{۹}{۵}\theta_۱+۳۲=\frac{۹}{۵}\times(\frac{۲۰۰}{۹})+۳۲=۷۲^\circ F\end{cases}$$

$$\Rightarrow\frac{\Delta F}{F_۱}\times۱۰۰=\frac{۳۶}{۷۲}\times۱۰۰=۵۰$$

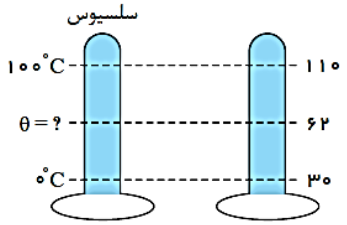
بنابراین دما در مقیاس فارنهایت ۵۰ درصد افزایش یافته است.

۵) یک دماسنج مخصوص، نقطهٔ ذوب یخ را ۳۰ واحد و نقطهٔ جوش آب را ۱۱۰ واحد نشان می‌دهد. این دماسنج، اگر دمای جسمی را ۶۲ واحد نشان دهد، این دما معادل چند درجهٔ سلسیوس است؟ (فشار یک اتمسفر است. دماسنج به‌صورت خطی مدرج شده است.)

۱) ۳۰ ۲) ۳۲ ۳) ۴۰ ۴) ۴۲

۱ ۲ **۳** ۴

با تو جه به شکل زیر، ابتدا رابطهٔ بین دما برحسب درجهٔ سلسیوس و دماسنج مورد نظر را می‌یابیم:



$$\frac{۶۲-۳۰}{۱۱۰-۳۰}=\frac{\theta-۰}{۱۰۰-۰}\Rightarrow\theta=\frac{۳۲\times۱۰۰}{۸۰}=۴۰^\circ$$

۶) دمای جسمی ۱۲۷° است. دمای این جسم چند درجهٔ فارنهایت افزایش یابد تا دمای مطلق (دمای کلوین) آن ۲۵ درصد افزایش یابد؟

۱) ۱۰۰ ۲) ۵۴۰ ۳) ۲۱۲ ۴) ۱۸۰

۱ ۲ ۳ **۴** ابتدا دمای جسم را برحسب کلوین به‌دست می‌آوریم:

$$T=\theta+۲۷۳\longrightarrow T=۲۷+۲۷۳\Rightarrow T=۳۰۰K$$

اکنون تغییر دمای جسم بعد از ۲۵ درصد افزایش دما را برحسب کلوین حساب می‌کنیم:

$$\Delta T=\frac{۲۵}{۱۰۰}T\longrightarrow \Delta T=\frac{۲۵}{۱۰۰}\times۴۰۰=۱۰۰$$

رابطهٔ مقیاس دمای فارنهایت و سلسیوس به‌صورت $F=\frac{۹}{۵}\theta+۳۲$ است.

بنابراین:

$$\Delta F=\frac{۹}{۵}\Delta\theta\longrightarrow \Delta F=\frac{۹}{۵}\times۱۰۰=۱۸۰$$

۷) دو کره‌ی فلزی هم‌جنس A و B اولی توپر به شعاع $۲۰cm$ و دومی توخالی که شعاع خارجی آن $۲۰cm$ و شعاع حفره‌ی داخلی آن R است، داریم. اگر به دو کره به یک اندازه گرما بدهیم، تغییر دمای آن‌ها $\Delta\theta_A$ و $\Delta\theta_B$ می‌شود. اگر $\frac{\Delta\theta_B}{\Delta\theta_A}=\frac{۸}{۷}$ باشد، R چند سانتی‌متر است؟

۱) ۸ ۲) ۱۰ ۳) ۱۲ ۴) ۱۵

۱ **۲** ۳ ۴ اگر جنس دو کره یکسان باشد، ظرفیت گرمایی ویژه‌ی دو کره یکسان است؛ پس از آن‌جایی که به هر دو، گرمای یکسان داده‌ایم، می‌توان نوشت:

$$Q_A=Q_B\Rightarrow m_Ac_A\Delta\theta_A=m_Bc_B\Delta\theta_B\xrightarrow{c_A=c_B}\frac{m_A}{m_B}=\frac{\Delta\theta_B}{\Delta\theta_A}=\frac{۸}{۷}$$

$$m=\rho V\xrightarrow{\rho_A=\rho_B}\frac{V_A}{V_B}=\frac{m_A}{m_B}=\frac{۸}{۷}\xrightarrow{V=\frac{۴}{۳}\pi R^۳}\frac{\frac{۴}{۳}\pi\times۲۰^۳}{\frac{۴}{۳}\pi(۲۰^۳-R^۳)}=\frac{۸}{۷}$$

$$\Rightarrow ۷\times۸۰۰۰=۸\times(۸۰۰۰-R^۳)\Rightarrow R=۱۰cm$$

۸) گلوله‌ای با سرعت $۴۰۰\frac{m}{s}$ در حال حرکت است. ناگهان به مانعی برخورد نموده و ۶۰ درصد از انرژی جنبشی اولیه‌ی آن صرف گرم شدن خودش می‌گردد. اگر گرمای ویژه‌ی گلوله $۴۰۰\frac{J}{kg^\circ C}$ باشد، دمای گلوله چند درجه‌ی سلسیوس افزایش می‌یابد؟

۱) ۸۰ ۲) ۱۰۰ ۳) ۱۲۰ ۴) ۱۴۰

۱ ۲ **۳** ۴ باتوجه به قانون پایستگی انرژی، ۰٫۶ انرژی جنبشی به گرما تبدیل می‌شود، بنابراین می‌توان نوشت:

$$Q_{\text{گلوله}}=۰٫۶K_{\text{گلوله}}$$

$$mc\Delta\theta=\frac{۶۰}{۱۰۰}\times\frac{۱}{۲}mv^۲\Rightarrow ۴۰۰\times\Delta\theta=\frac{۶۰}{۱۰۰}\times\frac{۱}{۲}\times۴۰۰^۲\Rightarrow\Delta\theta=\frac{۶۰}{۱۰۰}\times\frac{۱}{۲}\times۴۰۰=۱۲۰^\circ C$$

۹) یک گرمکن ۲۰۰ واتی به طور کامل در ۱۰۰ گرم آب درون یک گرماسنج قرار دارد. این گرمکن در مدت یک دقیقه، دمای آب و گرماسنج را از $۲۰^\circ C$ به $۴۰^\circ C$ می رساند. ظرفیت گرمایی گرماسنج در SI کدام است؟ ($c_{\text{آب}} = ۴۲۰۰ J/kg\cdot^\circ C$ و از اتلاف گرما صرف‌نظر کنید.)

۱) ۱۸۰ ۲) ۱۸۰۰ ۳) ۳۶۰ ۴) ۳۶۰۰

۱ گرمایی که گرمکن تولید می‌کند، دمای آب و گرماسنج را هم‌زمان بالا می‌برد، لذا داریم:

$$Q_{\text{گرمکن}} = C\Delta\theta + mc\Delta\theta \Rightarrow Pt = C\Delta\theta + mc\Delta\theta$$

$$\xrightarrow[m=۱۰۰g=۰/۱kg\,,\,\Delta\theta=۴۰-۲۰=۲۰^\circ C]{P=۲۰۰W\,,\,t=۱\min=۶۰s} ۲۰۰\times۶۰ = C\times۲۰ + ۰/۱\times۴۲۰۰\times۲۰ \Rightarrow ۱۲۰۰۰ = ۲۰C + ۸۴۰۰ \Rightarrow ۲۰C = ۳۶۰۰$$

$$\Rightarrow C = \frac{۳۶۰۰}{۲۰} = ۱۸۰ J/^\circ C$$

۱۰) یک کرهٔ توپُر فلزی به قطر $۱۰cm$ و چگالی $۴\frac{g}{cm^۳}$ را از ارتفاع ۱/۶ متری سطح زمین، با تندی $۱۲\frac{m}{s}$ به سمت زمین پرتاب می‌کنیم. اگر در لحظهٔ رسیدن جسم به سطح زمین، تندی آن به $۱۶\frac{m}{s}$ برسد، با فرض این‌که ۶۰ درصد انرژی تلف‌شده صرف گرم‌شدن جسم شده و دمای جسم را به اندازهٔ $۰/۲۵^\circ C$ بالا برده باشد، ظرفیت گرمایی جسم چند $\frac{J}{^\circ C}$ است؟ ($g = ۱۰\frac{N}{kg}$ و $\pi = ۳$)

۱) ۱۲۰ ۲) ۲۴۰ ۳) ۹۶۰ ۴) ۱۹۲۰

۲

$$\text{انرژی تلف‌شده} = E_۲ - E_۱ \Rightarrow E_{\text{اتلافی}} = (U_۲ + K_۲) - (U_۱ + K_۱) \xrightarrow{U_۲=۰} E_{\text{اتلافی}} = \frac{۱}{۲}mv_۲^۲ - (mgh_۱ + \frac{۱}{۲}mv_۱^۲) \Rightarrow E_{\text{اتلافی}}$$

$$= \frac{۱}{۲}\times m\times ۱۶^۲ - m\times۱۰\times۱۰/۶ - \frac{۱}{۲}\times m\times ۱۲^۲ = -۵۰m(J)$$

۶۰ درصد از مقدار این انرژی، سبب افزایش دمای جسم به اندازهٔ $۰/۲۵^\circ C$ شده است. یعنی:

$$\frac{۶۰}{۱۰۰}\times ۵۰m = mc\times ۰/۲۵ \Rightarrow c = ۱۲۰\frac{J}{kg^\circ C}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho V \Rightarrow m = ۴\times\frac{۴}{۳}\times\pi\times۵^۳ = ۲۰۰۰g = ۲kg$$

$$\text{ظرفیت گرمایی} = mc \xrightarrow{m=۲kg, c=۱۲۰\frac{J}{kg^\circ C}} \text{ظرفیت گرمایی} = ۲۴۰\frac{J}{^\circ C}$$

۱۱) اگر توان یک آبگرمکن الکتریکی $۳۰۰۰W$ و بازده‌ی آن ۸۰ درصد باشد، چند ثانیه طول می‌کشد تا این آبگرمکن الکتریکی دمای $۱kg$ آب درون یک مخزن مسی به جرم $۱/۵kg$ را که به حالت تعادل قرار دارد، به اندازه‌ی ۲۰° افزایش دهد؟ ($c_{\text{مس}} = ۴۰۰\frac{J}{kg^\circ C}$، $c_{\text{آب}} = ۴۲۰۰\frac{J}{kg^\circ C}$ و از اتلاف انرژی صرف‌نظر شود.)

۱) ۴۰ ۲) ۵۰ ۳) ۳۵ ۴) ۶۵

۱ ابتدا توان مفید آبگرمکن را حساب می‌کنیم:

$$Ra = \frac{P_{\text{مفید}}}{P_{\text{کل}}} \xrightarrow[Ra=\frac{۸۰}{۱۰۰}]{P_{\text{کل}}=۳۰۰۰W} \frac{۸۰}{۱۰۰} = \frac{P_{\text{مفید}}}{۳۰۰۰} \Rightarrow P_{\text{مفید}} = ۲۴۰۰W$$

سپس مقدار گرمای گرفته شده توسط مخزن مسی و آب را به دست می‌آوریم:

$$Q = Q_{\text{آب}} + Q_{\text{مس}} \Rightarrow Q = m_{\text{آب}}c_{\text{آب}}\Delta\theta + m_{\text{مس}}c_{\text{مس}}\Delta\theta$$

$$\xrightarrow[m_{\text{مس}}=۱/۵kg\,,\,c_{\text{مس}}=۴۰۰\frac{J}{kg^\circ C}]{m_{\text{آب}}=۱kg\,,\,c_{\text{آب}}=۴۲۰۰\frac{J}{kg^\circ C}} Q = ۱\times۴۲۰۰\times۲۰ + ۱/۵\times۴۰۰\times۲۰ \Rightarrow Q = ۹۶۰۰۰J$$

و در آخر به صورت زیر مدت زمان را حساب می‌کنیم.

$$P_{\text{مفید}} = \frac{Q}{t} \xrightarrow[Q=۹۶۰۰۰J]{P_{\text{مفید}}=۲۴۰۰W} ۲۴۰۰ = \frac{۹۶۰۰۰}{t} \Rightarrow t = ۴۰\ s$$

۱۲) چند گزینهٔ درست درمورد دما و گرما وجود دارد؟

الف) اگر $\Delta\theta = ۱۰^\circ C$ باشد $\Delta F = ۱۸^\circ F$ است.

ب) هنگام تزریق دارو یا سرم، در اثر الکل زدن به محل موردنظر، احساس خنکی ایجاد شده به دلیل تبخیر سطحی است.

پ) افزایش فشار در بیش‌تر مواد باعث افزایش نقطهٔ ذوب می‌شود.

ت) افزایش فشار نقطهٔ جوش آب را بالا می‌برد.

(۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۴

(۱) (۲) (۳) (۴) درستی گزینهٔ «۱»:

$$F = \frac{۹}{۵}\theta + ۳۲ \Rightarrow \Delta f = \frac{۹}{۵}\Delta\theta = \frac{۹}{۵} \times ۱۰ = ۱۸$$

درستی گزینهٔ «۲»، الکل برای تبخیر از پوست گرما می‌گیرد.

درستی گزینهٔ «۳»، افزایش فشار، نقطهٔ ذوب یخ را پایین می‌برد.

درستی گزینهٔ «۴»، علت استفاده از زودپز یا پمپ در نیروگاه اتمی افزایش فشار و افزایش نقطهٔ جوش آب است.

---

۱۳) درون گرمکنی به ظرفیت گرمایی $۴۰۰J/K$ ، $۲kg$ آب با دمای ۱۰ درجهٔ سلسیوس وجود دارد و مجموعه در تعادل گرمایی است. اگر گرمکن با توان $۲۰۰W$ به مجموعه گرما دهد و ۲۰ درصد اتلاف گرما وجود داشته باشد، چند ثانیه طول می‌کشد تا دمای مجموعهٔ گرمکن و آب درون آن به $۲۰^\circ C$ برسد؟ ($c_{آب} = ۴۲۰۰J/kg.^\circ C$)

(۱) ۵۰۰ (۲) ۵۵۰ (۳) ۵۰۰۰ (۴) ۵۲۵

(۱) (۲) (۳) (۴) ابتدا توان مفید را محاسبه می‌کنیم و سپس گرمکن را هم در محاسبات لحاظ می‌کنیم:

$$P_{مفید} = \frac{۸۰}{۱۰۰}P_{کل} = \frac{۸}{۱۰} \times ۲۰۰ = ۱۶۰W$$

می‌دانیم دمای مایع درون ظرف با دمای ظرف برابر است:

$$Q_T = Q_{آب} + Q_{گرمکن} = ۲ \times ۴۲۰۰ \times (۲۰ - ۱۰) + ۴۰۰ \times (۲۰ - ۱۰) \Rightarrow Q_T = ۸۸۰۰۰J$$

$$P = \frac{Q_T}{t} \Rightarrow ۱۶۰ = \frac{۸۸۰۰۰}{t} \Rightarrow t = ۵۵۰s$$

---

۱۴) ۲۰۰ گرم یخ $-۱۰^\circ C$ را درون ۱۰۰ گرم آب $۲^\circ C$ می‌اندازیم. اگر گرمای مبادله شده با محیط ناچیز باشد، در نهایت چه خواهیم داشت؟ ($c_{آب} = ۴۲۰۰\frac{J}{kg^\circ C}$, $c_{یخ} = ۲۱۰۰\frac{J}{kg^\circ C}$, $L_F = ۳۳۶\frac{kJ}{kg}$)

(۱) مخلوط آب صفر درجه‌ی سلسیوس و ۲۱۰ گرم یخ صفر درجه‌ی سلسیوس

(۲) مخلوط آب صفر درجه‌ی سلسیوس و ۱۹۷٫۵ گرم یخ صفر درجه‌ی سلسیوس

(۳) ۳۰۰ گرم آب صفر درجه‌ی سلسیوس

(۴) ۳۰۰ گرم یخ صفر درجه‌ی سلسیوس

(۱) (۲) (۳) (۴) ابتدا مقدار گرمای لازم برای این که یخ $-۱۰^\circ C$ به یخ $۰^\circ C$ تبدیل شود و گرمای آزاد شده برای این که آب $۲^\circ C$ به آب $۰^\circ C$ تبدیل شود را به دست می آوریم:

$$Q_۱ = mc_{آب}|\Delta\theta| = ۰٫۱ + ۴۲۰۰ \times ۲ = ۸۴۰J$$
$$Q_۲ = mc_{یخ}|\Delta\theta| = ۰٫۲ \times ۲۱۰۰ \times ۱۰ = ۴۲۰۰J$$

حال مقدار گرمایی که باید از آب گرفته شود تا $۰٫۱kg$ آب $۰^\circ C$ به یخ $۰^\circ C$ تبدیل شود را به دست می‌آوریم:

$$Q_۳ = mL_F = ۰٫۱ \times ۳۳۶۰۰۰ = ۳۳۶۰۰J$$

با مقایسه‌ی اعداد بالا مشخص است که در نهایت مخلوط آب و یخ خواهیم داشت. حال مقدار جرمی از آب را که یخ می‌زند به دست می‌آوریم:

$$Q = m'L_F \Rightarrow m' = \frac{۴۲۰۰ - ۸۴۰}{۳۳۶۰۰۰} = ۰٫۰۱kg = ۱۰g \Rightarrow m_{یخ} = ۲۰۰ + ۱۰ = ۲۱۰g$$

بنابراین مخلوط آب و $۲۱۰g$ یخ در دمای صفر درجه‌ی سلسیوس باقی می‌ماند.

۱۵) m_1 گرم آب $20^\circ C$ را با m_2 گرم آب $60^\circ C$ مخلوط می‌کنیم. در صورتی که در این فرایند $840J$ انرژی تلف شود، $100g$ آب $50^\circ C$ ایجاد می‌شود. m_1 و m_2 برحسب گرم به‌ترتیب از راست به چپ کدام‌اند؟ $(c_{\text{آب}} = 4200\,J/kg\cdot K)$

۱) ۳۰ و ۷۰ ۲) ۷۰ و ۳۰ ۳) ۲۰ و ۸۰ ۴) ۸۰ و ۲۰

۱ ۲ ۳ ۴ مقدار گرمایی که آب $60^\circ C$ از دست می‌دهد بخشی از آن به آب $20^\circ C$ داده می‌شود و بخشی از آن هدر می‌رود تا به دمای تعادل برسد، در این صورت مجموع گرماهای مبادله‌شده با در نظر گرفتن گرمای اتلافی صفر می‌باشد:

$$Q_1 + Q_2 + 840 = 0$$

$$m_1 c_1 \Delta\theta_1 + m_2 c_2 \Delta\theta_2 = -840 \xrightarrow{c_1 = c_2 = 4/2\,J/g\cdot K} 4/2(m_1 \times (50-20) + m_2 \times (50-60)) = -840$$

$$30m_1 - 10m_2 = -200 \Rightarrow 3m_1 - m_2 = -20 \quad (1)$$

از طرفی مجموع جرم مایع‌ها برابر ۱۰۰ گرم می‌باشد، لذا داریم:

$$m_1 + m_2 = 100 \quad (2)$$

$$\xrightarrow{(2),(1)} \begin{cases} m_1 + m_2 = 100 \\ 3m_1 - m_2 = -20 \end{cases} \Rightarrow m_1 = 20g\ ,\ m_2 = 80g$$

۱۶) دو مایع A و B به ترتیب با دماهای $25^\circ C$ و $45^\circ C$ را با یکدیگر مخلوط می‌کنیم. اگر چگالی مایع A دو برابر چگالی مایع B و حجم مایع B نصف حجم مایع A باشد، دمای تعادل چند درجهٔ سلسیوس می باشد؟ ($c_A = 1200\frac{J}{kg\cdot K}$ و $c_B = 1600\frac{J}{kg\cdot K}$ و فرض کنید چگالی مایع‌ها همواره ثابت است.)

۱) ۳۰ ۲) ۲۸ ۳) ۳۵ ۴) ۴۲

۱ ۲ ۳ ۴

با استفاده از رابطهٔ $Q = mc\Delta\theta$ و همچنین $\rho = \frac{m}{V}$ می‌توان نوشت:

$$Q_A + Q_B = 0 \xrightarrow[\rho = \frac{m}{V}]{Q = mc\Delta\theta} \rho_A V_A c_A(\theta_{\text{تعادل}} - \theta_A) + \rho_B V_B c_B(\theta_{\text{تعادل}} - \theta_B) = 0$$

$$\Rightarrow 2\rho_B \times 2V_B \times 1200(\theta_{\text{تعادل}} - 25) + \rho_B V_B \times 1600(\theta_{\text{تعادل}} - 45) = 0 \Rightarrow 4\theta_{\text{تعادل}} - 120 = 0 \Rightarrow \theta_{\text{تعادل}} = 30^\circ C$$

۱۷) m_1 گرم جیوهٔ $50^\circ C$ را با m_2 گرم جیوهٔ $20^\circ C$ مخلوط می‌کنیم تا ۰/۶ لیتر جیوه با دمای $40^\circ C$ داشته‌باشیم، به‌ترتیب از راست به چپ m_1 و m_2 برحسب گرم کدام است؟ ($c_{\text{جیوه}} = 140\frac{J}{kg\cdot K}$ ، $\rho_{\text{جیوه}} = 13/5\frac{g}{cm^3}$)

۱) ۲۳۰۰ و ۱۲۰۰ ۲) ۵۴۰۰ و ۲۷۰۰ ۳) ۲۷۰۰ و ۵۴۰۰ ۴) ۱۲۰۰ و ۲۳۰۰

۱ ۲ ۳ ۴ جیوهٔ $50^\circ C$ را با اندیس ۱ و جیوهٔ $20^\circ C$ را با اندیس ۲ نشان می‌دهیم.

ابتدا می‌توان معادلهٔ مربوط به تعادل گرمایی را نوشت تا نسبت جرم دو جیوه مشخص شود.

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

$$m_1 \times 140 \times (40-50) + m_2 \times 140 \times (40-20) = 0 \rightarrow m_1 = 2m_2 \quad (1)$$

با استفاده از رابطهٔ چگالی، جرم مربوط به ۰/۶ لیتر جیوه را به‌دست می‌آوریم.

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m_1 + m_2 = \rho V = 13/5 \times 0/6 \times 10^3$$

$$\rightarrow m_1 + m_2 = 8100g \quad (2)$$

با حل همزمان معادل‌های (۱) و (۲) داریم:

$$2m_2 + m_2 = 8100 \rightarrow m_2 = \frac{8100}{3} = 2700g \rightarrow m_1 = 2m_2 = 2 \times 2700 = 5400g$$

۱۸) یک قطعه‌ی آلومینیمی به جرم $۲۱۰g$ و دمای اولیه‌ی $۱۸۰^\circ C$ را در یک ظرف حاوی $۱٫۸kg$ آب $۱۶^\circ C$ می‌اندازیم. اگر دمای تعادل $۱۸^\circ C$ شود، چند ژول از انرژی گرمایی انتقال یافته‌ی آلومینیم صرف بالا بردن دمای آب نشده است؟ ($c_{\text{آلومینیم}} = ۹۰۰ \frac{J}{kg^\circ C}$ و $c_{\text{آب}} = ۴۲۰۰ \frac{J}{kg^\circ C}$)

(۱) ۱۱۲۵۵ (۲) ۱۶۰۰۰ (۳) ۱۵۴۹۸ (۴) ۱۵۲۲۲

(۱) (۲) (۳) (۴) در حالت ایده‌آل گرمایی که آلومینیم از دست می‌دهد برابر با گرمایی است که آب می‌گیرد تا به دمای تعادل برسد. اما در شرایط عادی مقداری از انرژی گرمایی انتقال یافته از آلومینیم هدر رفته و صرف بالا رفتن دمای آب نمی‌شود. اندازه‌ی این گرمای هدررفته برابر است با:

آلومینیم $۱۸۰^\circ c \xrightarrow{Q_۱}$ آلومینیم $۱۸^\circ c$

آب $۱۶^\circ c \xrightarrow{Q_۲}$ آب $۱۸^\circ c$

انرژی گرمایی هدر رفته: $\Delta Q = Q_۱ - Q_۲ = m_۱ c_۱ \Delta\theta_۱ - m_۲ c_۲ \Delta\theta_۲$

$\Rightarrow \Delta Q = ۰٫۲۱ \times ۹۰۰ \times (۱۸۰ - ۱۸) - ۱٫۸ \times ۴۲۰۰ \times (۱۸ - ۱۶) = ۱۵۴۹۸J$

---

۱۹) یک گلولهٔ فلزی به دمای $۱۰۰^\circ C$ را درون $۲kg$ آب صفر درجهٔ سلسیوس می‌اندازیم. اگر $\frac{۱}{۶}$ گرمایی که گلوله از دست می‌دهد به محیط اطراف داده شود و دمای تعادل $۲۰^\circ C$ گردد، ظرفیت گرمایی گلوله چند $\frac{J}{^\circ C}$ است؟ ($c_{\text{آب}} = ۴۲۰۰ \frac{J}{kg.^\circ C}$)

(۱) ۲۵۲ (۲) ۱۲۶۰۰ (۳) ۱۲۶۰ (۴) ۲۵۲۰

(۱) (۲) (۳) (۴) چون $\frac{۱}{۶}$ گرمایی که گلوله از دست می‌دهد به محیط اطراف داده شده است، باید $\frac{۵}{۶}$ آن به آب داده شود. بنابراین با استفاده از شرط تعادل گرمایی داریم:

آب $۰^\circ C$ $\xrightarrow{Q_۲ = m_۲ c_۲ \Delta\theta}$ آب $۲۰^\circ C$

فلز $۱۰۰^\circ C$ $\xrightarrow{Q_۱ = C\Delta\theta}$ فلز $۲۰^\circ C$

$Q_۲ + \frac{۵}{۶} Q_۱ = ۰ \Rightarrow m_۲ c_۲ (۲۰ - ۰) + \frac{۵}{۶} \times C(۲۰ - ۱۰۰) = ۰$

$\xrightarrow[c_۲ = ۴۲۰۰ \frac{J}{kg.^\circ C}]{m_۲ = ۲kg} ۲ \times ۴۲۰۰ \times ۲۰ = \frac{۵}{۶} \times C \times ۸۰ \Rightarrow C = ۲۵۲۰ \frac{J}{^\circ C}$

---

۲۰) یک قطعهٔ آلومینیمی به جرم $۲۱۰g$ و دمای اولیهٔ $۱۸۰^\circ C$ را در یک ظرف شامل $۱٫۸kg$ آب با دمای $۱۶^\circ C$ می‌اندازیم. اگر دمای تعادل $۱۸^\circ C$ شود، چند ژول از انرژی‌ای که قطعهٔ آلومینیومی از دست می‌دهد، صرف افزایش دمای آب نشده است؟ ($c_{\text{آلومینیوم}} = ۹۰۰ \frac{J}{kg^\circ C}$ ، $c_{\text{آب}} = ۴۲۰۰ \frac{J}{kg^\circ C}$)

(۱) ۱۱۲۵۵ (۲) ۱۶۰۰۰ (۳) ۱۵۴۹۸ (۴) ۱۵۲۲۲

(تکرار سوال ۱۸)

۲۱) ۱۰۰ گرم یخ با دمای $-۲۰^\circ C$ را درون ظرف عایقی محتوی یک کیلوگرم آب با دمای ۵ درجهٔ سلسیوس می‌اندازیم. چنانچه تبادل گرما تنها بین آب و یخ صورت پذیرد، پس از تعادل گرمایی، چند گرم یخ درون ظرف باقی می‌ماند؟ $(L_F = ۱۶۰c_{یخ}\ ,\ c_{یخ} = \frac{۱}{۲}c_{آب})$

(۱) ۵۰ (۲) ۷۵ (۳) ۲۵ (۴) تمام یخ ذوب می‌شود.

(۱) (۲) (۳) (۴) گرمای لازم برای آن که یخ $-۲۰^\circ C$ به یخ $۰^\circ C$ تبدیل شود را به دست می‌آوریم:

$$Q_۱ = m_{یخ}c_{یخ}\Delta\theta \xrightarrow[\Delta\theta=\theta_۲-\theta_۱=(۰-(-۲۰))=۲۰^\circ C]{m_{یخ}=۱۰۰g=۰/۱kg} Q_۱ = ۰/۱ \times c_{یخ} \times ۲۰ = ۲c_{یخ}$$

گرمای لازم برای آن که تمام یخ $۰^\circ C$ به آب $۰^\circ C$ تبدیل شود را به دست می‌آوریم:

$$Q_۲ = mL_F \xrightarrow[L_F=۱۶۰c_{یخ}]{m=۱۰۰g=۰/۱kg} Q_۲ = ۰/۱ \times ۱۶۰ \times c_{یخ} \Rightarrow Q_۲ = ۱۶c_{یخ}$$

گرمایی که آب $۵^\circ C$ از دست می‌دهد تا به آب صفر درجهٔ سلسیوس تبدیل شود را محاسبه می‌کنیم:

$$Q_۳ = m_{آب}c_{آب}\Delta\theta' \xrightarrow[\Delta\theta'=(۰-۵)^\circ C=-۵^\circ C]{m_{آب}=۱kg\ ,\ c_{آب}=۲c_{یخ}} Q_۳ = ۱ \times ۲c_{یخ} \times (۰-۵) = -۱۰c_{یخ} \Rightarrow |Q_۳| = ۱۰c_{یخ}$$

از آن‌جا که $|Q_۳| < Q_۱ + Q_۲$ است، بنابراین تمام یخ ذوب نمی‌شود و از طرفی چون $|Q_۳| > Q_۱$ است، بنابراین بخشی از گرمایی که آب $۵^\circ C$ از دست می‌دهد تا به آب $۰^\circ C$ تبدیل شود $(|Q_۳|)$ صرف تبدیل یخ $-۲۰^\circ C$ به یخ $۰^\circ C$ می‌شود $(Q_۱)$ و بخش دیگر آن $(|Q_۳| - Q_۱)$ سبب ذوب یخ می‌شود. اکنون جرم یخ ذوب شده را به دست می‌آوریم:

$$|Q_۳| - Q_۱ = m_{ذوب}L_F \xrightarrow[Q_۱=۲c_{یخ},\ L_F=۱۶c_{یخ}]{|Q_۳|=۱۰c_{یخ}} m_{ذوب} = \frac{۸c_{یخ}}{۱۶۰c_{یخ}} = \frac{۱}{۲۰}kg = ۵۰g$$

بنابراین جرم یخ باقیمانده برابر است با:

$$m_{باقی‌مانده} = ۱۰۰ - ۵۰ = ۵۰g$$

---

۲۲) گر مقدار یکسان بخار آب ۱۰۰ درجهٔ سلسیوس و یخ صفر درجهٔ سلسیوس را مخلوط کنیم و از تبادل گرما با محیط صرف نظر شود، دمای تعادل بر حسب درجهٔ سلسیوس کدام است؟ $(c_{آب} = ۴۲۰۰\frac{J}{kg.^\circ C}$ و $L_F = ۳۴۰\frac{kJ}{kg}$ و $L_V = ۲۲۵۶\frac{kJ}{kg})$

(۱) صفر (۲) ۵۰ (۳) ۷۵ (۴) ۱۰۰

(۱) (۲) (۳) (۴) گرمایی که بخار آب از دست می‌دهد تا به آب $۱۰۰^\circ C$ تبدیل شود:

$$Q_V = mL_V = (۲۲۵۶m)kJ$$

گرمای لازم برای ذوب یخ:

$$Q_F = mL_F = (۳۴۰m)kJ \Rightarrow Q_V > Q_F \Rightarrow$$ تمام یخ ذوب می‌شود.

اختلاف Q_V و Q_F، صرف افزایش دمای یخ ذوب شده می‌شود.

گرمای لازم برای تبدیل یخ ذوب شده به آب ۱۰۰° :

$$Q = m \times ۴۲۰۰ \times ۱۰۰ = (۴۲۰m)KJ \Rightarrow (Q_V - Q_F) > Q$$

بنابراین دمای یخ ذوب شده به $۱۰۰^\circ C$ می‌رسد.

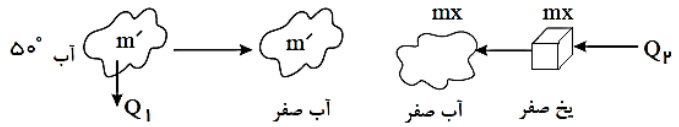
پس دمای تعادل $۱۰۰^\circ C$ است.

۲۳) چند گرم آب ۵۰ درجهٔ سلسیوس را روی ۴۵۰ گرم یخ صفر درجهٔ سلسیوس بریزیم تا پس از برقراری تعادل گرمایی، ۵۲۰ گرم آب صفر درجهٔ سلسیوس در ظرف ایجاد شود؟ (اتلاف گرما ناچیز است و $L_f = ۳۳۶۰۰۰\frac{J}{kg}$ و $C = ۴۲۰۰\frac{J}{kg\cdot K}$)

۱) ۷۰ ۲) ۲۶۰ ۳) ۳۰۰ ۴) ۳۲۰

۱ ۲ ۳ **۴** فرض کنیم m' گرم آب اولیه $۵۰^\circ C$ داشته‌ایم که موفق شده m_x گرم یخ صفر درجه را ذوب کند:

(۱) $\boxed{m' + m_x = ۵۲۰g \text{(آب صفر درجه)}}$



$$Q_۱ + Q_۲ = ۰ \Rightarrow m' c\Delta\theta + m_x L_F = ۰ \Rightarrow m' \times ۴۲۰۰ \times (۰ - ۵۰) + m_x \times ۳۳۶۰۰ = ۰ \xrightarrow{\div ۴۲۰۰} -۵۰m' + ۸۰m_x = ۰ \Rightarrow m_x = \frac{۵}{۸}m \quad (۲)$$

$$(۱)\text{و}(۲) \Rightarrow m' + \frac{۵}{۸}m' = ۵۲۰ \Rightarrow \frac{۱۳}{۸}m' = ۵۲۰ \Rightarrow m' = ۳۲۰g$$

---

۲۴) درون $۲kg$ آب $۴۰^\circ C$ مقداری یخ $-۵^\circ C$ می‌اندازیم. اگر این آب $۲۹۴kJ$ گرما از دست بدهد تا سیستم به دمای تعادل برسد، جرم یخ چند گرم بوده است؟
($L_F = ۳۳۶\frac{kJ}{kg}$ ، $C_{\text{یخ}} = ۲۱۰۰\frac{J}{kg\cdot K}$ ، $C_{\text{آب}} = ۴۲۰۰\frac{J}{kg\cdot K}$)

۱) ۴۰۰ ۲) ۶۰۰ ۳) ۸۰۰ ۴) ۱۲۰۰

۱ ۲ **۳** ۴ ابتدا دمای نهایی آب را به دست می‌آوریم.

$$Q = mc\Delta\theta \rightarrow -۲۹۴۰۰۰ = ۲ \times ۴۲۰۰\Delta\theta \rightarrow \Delta\theta = -۳۵^\circ C$$

$\theta - ۴۰ = -۳۵ \rightarrow \theta = ۵^\circ C$ یعنی در نهایت آب $۵^\circ C$ خواهیم داشت.

$$-۵^\circ C \text{ یخ} \xrightarrow{m'} ۰^\circ C \text{ یخ} \xrightarrow{m'} ۰^\circ C \text{ آب} \xrightarrow{m'} ۵^\circ C \text{ آب} \xleftarrow{m} ۴۰^\circ C \text{ آب}$$

$$m' c_i \Delta\theta + m' L_F + m' c\Delta\theta + mc\Delta\theta = ۰$$

$$\Rightarrow m' \times ۲۱۰۰(۵) + m'(۳۳۶۰۰۰) + m'(۴۲۰۰)(۵) - ۲۹۴۰۰۰ = ۰ \Rightarrow m' = ۰/۸kg = ۸۰۰g$$

---

۲۵) $۱kg$ یخ $-۱۰^\circ C$ را در فشار یک جو در $۵kg$ آب $۲۰^\circ C$ می اندازیم. پس از برقراری تعادل حرارتی، چه خواهیم داشت؟ ($C_{\text{یخ}} = ۲۱۰۰\frac{J}{kg^\circ C}$ ، $c_{\text{آب}} = ۴۲۰۰\frac{J}{kg^\circ C}$ ، $L_F = ۳۳۶\frac{J}{g}$)

۱) $۶kg$ یخ $۰^\circ C$ ۲) $۶kg$ آب $۰^\circ C$ ۳) $۶kg$ آب $۳/۷۵^\circ C$ ۴) $۶kg$ آب $۲/۵^\circ C$

۱ ۲ ۳ ۴

گرمایی که آب ۲۰ می‌دهد = گرمایی که یخ $-۱۰^\circ C$ می‌گیرد

(یخ $-۱۰^\circ C \rightarrow$ یخ صفر $\rightarrow$ آب صفر $\rightarrow$ آب $\theta \rightarrow$) = (آب $۲۰^\circ C \rightarrow$ آب θ)

$$mc_{\text{یخ}}(۰ + ۱۰) + mL_F + mc_{\text{آب}}(\theta - ۰) = mc_{\text{آب}}(۲۰ - \theta)$$

$$\Rightarrow ۱ \times ۲۱۰۰(۱۰) + ۱ \times ۳۳۶۰۰۰ + ۱ \times ۴۲۰۰(\theta) = ۵ \times ۴۲۰۰(۲۰ - \theta)$$

$$۲۱۰۰۰ + ۳۳۶۰۰۰ + ۴۲۰۰\theta = ۲۱۰۰۰(۲۰ - \theta) \Rightarrow ۲۱ + ۳۳۶ + ۴/۲\theta = ۴۲۰ - ۲۱\theta \Rightarrow \theta = ۲/۵^\circ C$$

۲۶) درون ظرفی با جرم ناچیز مقداری آب $100^\circ C$ و یک قطعه یخ با دمای $-20^\circ C$ می‌اندازیم. پس از رسیدن به تعادل گرمایی، نصف جرم یخ ذوب شده و نصف آن ذوب نشده باقی می‌ماند. اگر جرم کل آب موجود درون ظرف پس از تعادل $3kg$ باشد، جرم قطعه یخ اولیه چند کیلوگرم بوده است؟ ($C_{\text{یخ}} = \frac{1}{2}C_{\text{آب}}$, $L_F = 80C_{\text{آب}}$ و تمام واحدها در SI هستند.)

۱) ۱ ۲) ۱٫۵ ۳) ۲ ۴) ۳

پاسخ: ۴ ۱) ۲) ۳) در تعادل گرمایی مخلوط آب و یخ چون پس از تعادل، مقداری یخ ذوب نشده باقی می‌ماند، پس دمای تعادل برابر صفر درجه سلسیوس است. از طرفی ابتدا کل یخ $-20^\circ C$ به دمای صفر درجه‌ی سلسیوس می‌رسد و سپس نصف جرم آن ذوب می‌شود پس اگر جرم اولیه‌ی یخ را m و جرم یخ ذوب شده را m_1 و جرم آب اولیه را m_2 بنامیم. داریم:

$$-20^\circ c_{\text{یخ}} \xrightarrow{Q_1} 0^\circ c_{\text{یخ}} \xrightarrow{Q_2} 0^\circ c_{\text{آب}} \xleftarrow{Q_3} 100^\circ c_{\text{آب}}$$

$$\Sigma Q = 0 \Rightarrow Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0 \Rightarrow mc_{\text{یخ}}\Delta\theta + m_1 L_F + m_2 c_{\text{آب}}\Delta\theta = 0$$

$$\Rightarrow 2m_1 \times \frac{1}{2}c_{\text{آب}} \times (0 - (-20)) + m_1 \times 80c_{\text{آب}} + m_2 c_{\text{آب}} \times (0 - 100) = 0 \Rightarrow m_1 = m_2$$

جرم آب پس از تعادل $= m_1 + m_2 = 3kg \xrightarrow{m_1 = m_2} m_1 = m_2 = 1{,}5kg$

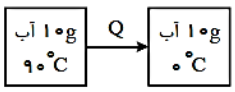
جرم قطعه یخ اولیه : $m = 2m_1 = 3kg$

---

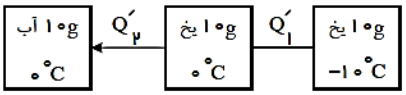
۲۷) ۱۰ گرم یخ $-10^\circ C$ را در تماس با ۱۰ گرم آب $90^\circ C$ قرار می‌دهیم. دمای تعادل نهایی چند درجهٔ سلسیوس است؟ ($c_{\text{آب}} = 4200\frac{J}{kg\cdot K}$, $L_{F_{\text{یخ}}} = 80c_{\text{آب}} = 336000\frac{J}{kg}$, $c_{\text{یخ}} = 2100\frac{J}{kg\cdot K}$ و از تبادل گرما با محیط صرف‌نظر شود.)

۱) صفر ۲) ۱٫۵ ۳) ۲ ۴) ۲٫۵

پاسخ: ۴ ۱) ۲) ۳) ابتدا فرض می‌کنیم که آب و یخ هردو به آب صفر درجهٔ سلسیوس تبدیل می‌شوند، حال باتوجه به این فرض، مقدار گرمایی که آب از دست می‌دهد با گرمایی که یخ می‌گیرد تا به آب صفر درجهٔ سلسیوس تبدیل شود مقایسه می‌کنیم:



$$Q = m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} \Delta\theta_{\text{آب}} \xrightarrow[\Delta\theta_{\text{آب}} = 0-90 = -90^\circ C]{m = 10g = 0{,}01kg} |Q| = 0{,}01 \times c_{\text{آب}} \times 90 = 0{,}9c_{\text{آب}}$$



$$Q' = Q'_1 + Q'_2 = m_{\text{یخ}} c_{\text{یخ}} \Delta\theta_{\text{یخ}} + m_{\text{یخ}} L_F \xrightarrow[c_{\text{یخ}} = \frac{1}{2}c_{\text{آب}}, L_F = 80c_{\text{آب}}]{m_{\text{یخ}} = 10g = 0{,}01kg, \Delta\theta_{\text{یخ}} = 0-(-10) = 10^\circ C} Q' = (0{,}01 \times \frac{c_{\text{آب}}}{2} \times 10) + (0{,}01 \times 80c_{\text{آب}}) = 0{,}85c_{\text{آب}}$$

پس مقدار گرمایی که آب از دست می‌دهد، بیش‌تر از گرمایی است که یخ نیاز دارد پس این مقدار آب کل یخ را ذوب می‌کند و سپس مقدار گرمای اضافی باعث افزایش دمای مجموعه به بالاتر از $0^\circ C$ می‌شود.

$$Q_{\text{اضافی}} = 0{,}9c_{\text{آب}} - 0{,}85c_{\text{آب}} = 0{,}05c_{\text{آب}}$$

$$Q_{\text{اضافی}} = (m_{\text{آب}} + m_{\text{یخ}})c_{\text{آب}}\Delta\theta' \Rightarrow 0{,}05c_{\text{آب}} = (0{,}01 + 0{,}01)c_{\text{آب}}\Delta\theta' \Rightarrow \Delta\theta' = \frac{0{,}05c_{\text{آب}}}{0{,}02c_{\text{آب}}} = 2{,}5^\circ C$$

پس دمای نهایی تعادل $2{,}5^\circ C$ است.

۲۸) در ظرفی مقداری یخ صفر درجه‌ی سلسیوس و بخار آب $100^\circ C$ می‌ریزیم. تا به تعادل دمایی برسند. اگر پس از رسیدن به تعادل دمایی، تنها آب $40^\circ C$ در ظرف باقی بماند و تبادل حرارتی با محیط اطراف ناچیز باشد، جرم یخ چند برابر جرم بخار آب بوده است؟

$$\left(c_{\text{آب}} = 4200\,\frac{J}{kgK},\ L_V = 2268\,\frac{kJ}{kg},\ L_F = 336\,\frac{kJ}{kg}\right)$$

۱) ۴٫۲ ۲) ۵ ۳) ۶ ۴) ۶٫۲۵

۱ ۲ ۳ ۴ فرض کنیم m' کیلوگرم یخ صفر درجه‌ی سلسیوس و m کیلوگرم بخار آب $100^\circ C$ در ظرف ریخته‌ایم. در این حالت مقدار گرمایی که بخارآب از دست می‌دهد، برابر مقدار گرمایی است که یخ می گیرد تا به دمای تعادل برسند. بنابراین داریم:

$$\text{یخ } 0^\circ C \xrightarrow{Q_1} \text{آب } 0^\circ C \xrightarrow{Q_2} \text{آب } 40^\circ C \xleftarrow{Q_4} \text{آب } 100^\circ C \xleftarrow{Q_3} \text{بخار آب } 100^\circ C$$

$$\Sigma Q = 0 \Rightarrow Q_1 + Q_2 - Q_3 - Q_4 = 0 \Rightarrow Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4 \Rightarrow$$

$$m' L_F + m' c\Delta\theta = mL_V + mc\Delta\theta \Rightarrow m' = \frac{m\,(L_V + c\Delta\theta)}{L_F + c\Delta\theta} = \frac{m\,(2268 + 4{,}2 \times 60)}{336 + 4{,}2 \times 40} = 5m$$

$$\Rightarrow m' = 5m$$

بنابراین جرم یخ اولیه پنج برابر جرم بخار آب اولیه است.

---

۲۹) یک قطعه یخ $-5^\circ C$ را داخل یک استخر پر از آب صفر درجهٔ سلسیوس می‌اندازیم. پس از ایجاد تعادل، جرم یخ چند درصد افزایش می‌یابد؟ ($L_F = 350\,\frac{kJ}{kg}$ و $c_{\text{یخ}} = 2100\,\frac{J}{kg\cdot^\circ C}$ و از تبادل گرما با محیط صرف‌نظر شود.)

۱) ۳۰ ۲) ۳ ۳) ۰٫۳ ۴) ۰٫۰۳

۱ ۲ ۳ ۴ چون از تبادل گرما با محیط صرف‌نظر شده است، هنگامی که قطعه یخ $-5^\circ C$ را در داخل استخر پر از آب $0^\circ C$ می‌اندازیم، دمای تعادل $0^\circ C$ می‌شود. قطعه یخ از آب گرما گرفته تا دمای خود را به صفر درجهٔ سلسیوس برساند، بنابراین مقداری از آب $0^\circ C$ استخر به یخ $0^\circ C$ تبدیل می‌شود و جرم یخ افزایش می‌یابد، داریم:

$$Q_{\text{آب}} + Q_{\text{یخ}} = 0 \rightarrow -m' L_F + m_{\text{یخ}} c_{\text{یخ}}(0 - (-5)) = 0$$

$$m' L_F = 5m_{\text{یخ}} c_{\text{یخ}} \Rightarrow m' = \frac{5m_{\text{یخ}} c_{\text{یخ}}}{L_F} = \frac{5 \times 2100 \times m_{\text{یخ}}}{350 \times 10^3} \Rightarrow m' = 0{,}03 m_{\text{یخ}}$$

$$\text{درصد تغییرات} = \frac{\Delta m}{m_{\text{یخ}}} \times 100 = \frac{0{,}03 m_{\text{یخ}}}{m_{\text{یخ}}} \times 100 = 3\%$$

---

۳۰) چه تعداد از موارد زیر صحیح است؟

الف) هر مشخصهٔ قابل اندازه‌گیری که با گرمی و سردی جسم تغییر کند، می‌تواند به‌عنوان کمیّت دماسنجی در نظر گرفته شود.

ب) گستردهٔ دماسنجی یک ترموکوپل به جنس سیم‌های آن بستگی دارد.

پ) برای دما، حدّ بالایی وجود ندارد.

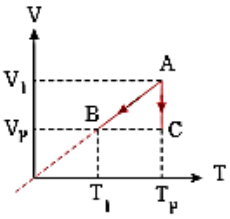
ت) به دلیل دقت بیشتر دماسنج ترموکوپل نسبت به دماسنج گازی، دماسنج ترموکوپل در بسیاری از وسایل صنعتی، گرمایشی و سرمایشی یافت می‌شود.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۱ ۲ ۳ ۴ مورد «ت»، نادرست است. دقت دماسنج ترموکوپل نسبت به دماسنج گازی کمتر است و علت به کارگیری آن در بسیاری از وسایل صنعتی، گرمایشی و سرمایشی، این موضوع نیست.

سوالات مخصوص رشته ریاضی

۳۱) نمودار $V-T$ برای گاز کاملی در دو مسیر مختلف AB و AC به صورت شکل زیر داده شده است، مقایسه‌ی کار انجام شده روی گاز در کدام گزینه درست بیان شده است؟



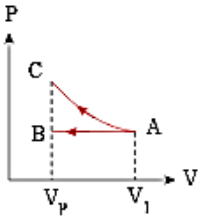
۱) $W_{AB} > W_{AC} = 0$

۲) $W_{AB} < W_{AC} = 0$

۳) $W_{AB} > W_{AC}$

۴) $W_{AB} < W_{AC}$

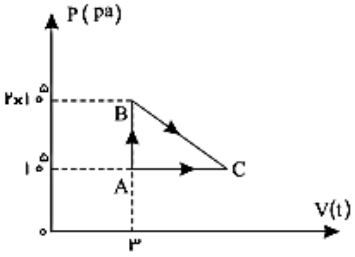
فرآیند AB فرآیندی هم‌فشار و فرآیند AC فرآیندی هم‌دما است که در هر دو فرآیند حجم به یک اندازه کاهش یافته است. اگر نمودار $P-V$ را برای دو فرآیند داده‌شده رسم کنیم که سطح بین نمودار $P-V$ و محور V که نشان‌دهندهٔ اندازهٔ کار انجام‌شده در فرآیند است برای فرآیند AC بیشتر است.



از روی سطح زیر نمودار $\Rightarrow W_{AC} > W_{AB}$

در اینجا چون هر دو فرآیند تراکمی هستند کار انجام‌شده بر روی گاز مثبت است.

۳۲) مطابق شکل زیر، مقداری گاز آرمانی، از دو مسیر، از حالت A به حالت C می‌رسد. اگر افزایش انرژی درونی گاز در رسیدن از A به C، $1000J$ باشد، گرمایی که گاز در مسیر ABC می‌گیرد، چند ژول است؟



۱) ۸۰۰

۲) ۱۲۵۰

۳) ۱۶۰۰

۴) ۱۷۵۰

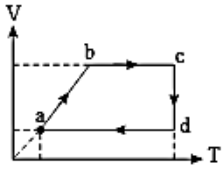
گام اول:

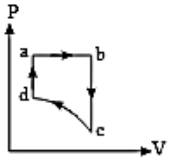
$$\Delta U_{A\to C} = 1000J = nC_V\Delta T_{AC} = \frac{5}{2}P\Delta V_{AC} = \frac{5}{2}(10^5)\Delta V_{AC} \to \Delta V = \frac{1}{250}m^3 = 4Lit$$
$$\Rightarrow V_C - 3L = 4L \Rightarrow V_C = 7L$$

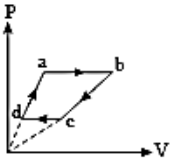
گام دوم:

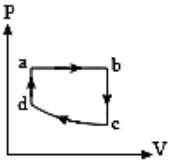
$$\begin{cases} \underset{(A\to C)}{\Delta U} = \underset{(A\to B\to C)}{\Delta U} = Q_{ABC} + W_{ABC} \\ W_{ABC} = -S_{A\to B\to C} = -\frac{1}{2}(10^5 + 2\times10^5)(4\times10^{-3}) \end{cases} \Rightarrow W_{ABC} = -600J \to \underset{(A\to B\to C)}{\Delta U} = 1000$$
$$\Rightarrow 1000 = Q_{ABC} - 600 \to Q_{ABC} = 1600J$$

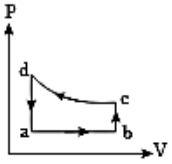
۳۳) نمودار $P-V$ چرخهٔ مقابل در کدام گزینه به‌صورت درست آمده است؟



۱


۲


۳


۴


فرآیند ab یک فرآیند هم‌فشار، فرآیندهای bc و da هم‌حجم و فرآیند cd هم‌دما است.

فرآیند ab یک فرآیند هم‌فشار است که با افزایش حجم و دما همراه است.

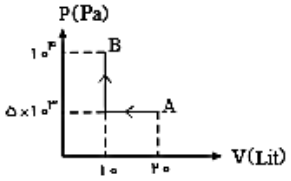
فرآیند bc فرآیند هم‌حجمی است که چون دما در آن زیاد می‌شود، فشار نیز افزایش می‌یابد ⇐ گزینه‌های ۲ و۳ نادرست هستند.

فرآیند cd هم‌دما است و چون حجم در آن کاهش یافته باید افزایش فشار داشته باشد.

فرآیند da نیز هم‌حجم است که با کاهش دما و فشار همراه است.

---

۳۴) نمودار فرآیند گاز کاملی به شکل مقابل است. در این فرآیند گاز از محیط خارج چقدر کار و چقدر گرما گرفته است؟



۱ $Q=-۵۰J$ و $W=۵۰J$

۲ $Q=۰J$ و $W=۵۰J$

۳ $Q=۵۰J$ و $W=-۵۰J$

۴ $Q=-۵۰J$ و $W=۰J$

فرآیند AC هم‌فشار و فرآیند CB هم‌حجم است. کار در فرآیند CB برابر صفر است و کل کار در فرآیند AC انجام می‌شود. داریم:

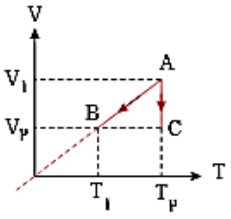
$$W_{AC}=-P\Delta V=-۵\times ۱۰^{۳}(۱۰-۲۰)\times ۱۰^{-۳}\Rightarrow W=۵۰J$$

برای یک گاز کامل دما (T) با حاصل‌ضرب فشار و حجم (PV) متناسب است. چون در نقاط A و B دما یکی است پس $\Delta U=۰$ و

$$Q_{AB}=-W_{AB}=-۵۰J$$

---

۳۵) نمودار $V-T$ برای گاز کاملی در دو مسیر مختلف AB و AC به صورت شکل زیر داده شده است، مقایسه‌ی کار انجام شده روی گاز در کدام گزینه درست بیان شده است؟



۱ $W_{AB}>W_{AC}=۰$

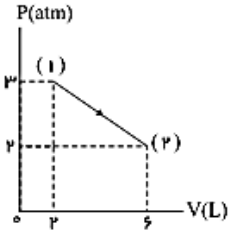
۲ $W_{AB}<W_{AC}=۰$

۳ $W_{AB}>W_{AC}$

۴ $W_{AB}<W_{AC}$

(تکرار سوال ۳۱)

۳۶) نمودار $(P-V)$ گازی کامل در شکل روبه‌رو نشان داده شده است. انرژی درونی گاز در حالت (۱) برابر با $۱۵۰۰J$ و در حالت (۲) برابر $۳۰۰۰J$ است. گرمایی که این گاز طی این فرایند می‌گیرد، دمای ۲ کیلوگرم از مایعی با گرمای ویژهٔ $۱۲۵۰\frac{J}{kg^\circ C}$ را چند درجهٔ سلسیوس می‌تواند بالا ببرد؟ (فرض کنید مایع تغییر حالت نمی‌دهد.)



۱) ۲٫۵ ۲) ۲ ۳) ۱٫۵ ۴) ۱

تغییرات انرژی درونی گاز طی این فرآیند برابر است با:

$$\Delta U = U_{(۲)} - U_{(۱)} = ۳۰۰۰ - ۱۵۰۰ = ۱۵۰۰J$$

با توجه به این‌که مساحت بین نمودار $P-V$ و محور حجم برابر با اندازهٔ کار انجام‌شده روی گاز است، داریم: (گاز منبسط شده پس کار انجام‌شده روی گاز منفی است.)

$$W = -S = -\frac{۱}{۲}(۴ \times ۱۰^{-۳})(۲+۳) \times ۱۰^{۵} = -۱۰۰۰J$$

حال با استفاده از قانون اول ترمودینامیک، گرمایی که گاز طی این فرآیند می‌گیرد را محاسبه می‌کنیم.

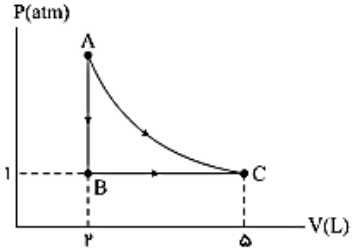
$$\Delta U = Q + W \Rightarrow ۱۵۰۰ = Q - ۱۰۰۰ \Rightarrow Q = ۲۵۰۰J$$

اگر این گرما به ۲ کیلوگرم از مایعی با گرمای ویژهٔ $۱۲۵۰\frac{J}{kg^\circ C}$ برسد، تغییرات دمایی آن برابر است با:

$$Q = mc\Delta\theta \Rightarrow ۲۵۰۰ = ۲ \times ۱۲۵۰ \times \Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = ۱^\circ C$$

---

۳۷) نمودار فشار برحسب حجم مقدار معینی گاز کامل که از دو مسیر مجزای ABC و فرایند بی‌دررو AC از حالت A به حالت C می‌رود، مطابق شکل زیر است. اگر اندازهٔ گرمای مبادله شده در فرایند AB و BC به‌ترتیب $۱۰۸۰J$ و $۱۵۰J$ باشد، کار انجام شده روی گاز در فرایند بی‌دررو چند ژول است؟



۱) ۳۳۰ ۲) ۶۳۰ ۳) -۳۳۰ ۴) -۶۳۰

چون طی فرآیند هم‌حجم AB، فشار گاز کم شده است، و در این فرآیند فشار با دما رابطهٔ مستقیم دارد، دما نیز کم شده و ΔU منفی می‌شود و با توجه به صفر بودن کار، $\Delta U = Q$ می‌باشد و Q نیز منفی می‌شود و گاز گرما از دست داده؛ بنابراین $Q_{AB} = -۱۰۸۰J$ است. از طرفی چون طی فرآیند هم‌فشار BC، حجم گاز افزایش یافته است، و حجم نیز با دما متناسب است بنابراین دما نیز افزایش می‌یابد و $\Delta U > ۰$ است و چون فرآیند انبساطی است بنابراین $W < ۰$ می‌باشد؛ پس طبق رابطهٔ $\Delta U = Q + W$ باید $Q > ۰$ باشد پس گاز طی این فرآیند گرما گرفته است؛ بنابراین $Q_{BC} = ۷۵۰J$ است. در فرآیند هم‌حجم AB، کار انجام‌شده روی گاز برابر با صفر است $(W_{AB} = ۰)$ و در فرآیند هم‌فشار BC داریم:

$$W_{BC} = -P_{BC}(V_C - V_B) = -۱ \times ۱۰^{۵} \times (۵-۲) \times ۱۰^{-۳} \Rightarrow W_{BC} = -۳۰۰J$$

حال با استفاده از قانون اول ترمودینامیک داریم:

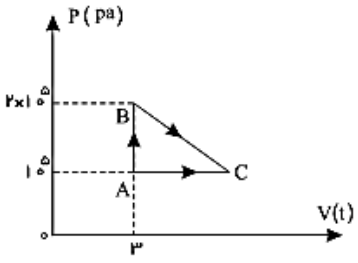
$$\Delta U_{ABC} = \Delta U_{AB} + \Delta U_{BC} \Rightarrow \Delta U_{ABC} = (Q_{AB} + W_{AB}) + (Q_{BC} + W_{BC}) \Rightarrow \Delta U_{ABC}$$

$$= (-۱۰۸۰ + ۰) + (۷۵۰ - ۳۰۰) \Rightarrow \Delta U_{ABC} = -۶۳۰J$$

با توجه به این‌که تغییر انرژی درونی مقدار معینی گاز کامل در فرآیند بی‌دررو، برابر کار انجام‌شده روی گاز است، داریم:

$$\Delta U_{AC} = \Delta U_{ABC} \Rightarrow Q_{AC} + W_{AC} = -۶۳۰ \xrightarrow{Q_{AC}=۰} W_{AC} = -۶۳۰J$$

۳۸) مطابق شکل زیر، مقداری گاز آرمانی، از دو مسیر، از حالت A به حالت C می‌رسد. اگر افزایش انرژی درونی گاز در رسیدن از A به C، $1000J$ باشد، گرمایی که گاز در مسیر ABC می‌گیرد، چند ژول است؟



۱ ۸۰۰

۲ ۱۲۵۰

۳ ۱۶۰۰

۴ ۱۷۵۰

(تکرار سوال ۳۲)