۱ ۵۰ گرم جیوه، ۳۶۰ ژول گرما از دست می‌دهد. اگر دمای اولیهٔ جیوه $52^\circ C$ باشد، دمای نهایی آن چند درجهٔ سلسیوس می‌شود؟ ($c_{\text{جیوه}} = 360 \frac{J}{kg^\circ C}$ و اتلاف انرژی نداریم.)

۱) -32 ۲) 32 ۳) 72 ۴) -72

پاسخ: ۴ ۳ **۲** ۱ طبق رابطهٔ مبادلهٔ گرما داریم:

$$Q = mc\Delta\theta \xrightarrow[m=50g=50\times10^{-2}kg\ ,\ Q=-360J]{\theta_1=52^\circ C\ ,\ c=360\frac{J}{kg^\circ C}} -360 = 50\times10^{-3}\times360\times(\theta_2-52)$$

$$\Rightarrow \theta_2 - 52 = -20 \Rightarrow \theta_2 = 52 - 20 = 32^\circ C$$

۲ اگر به ۳ کیلوگرم از یک فلز، ۳ کیلوژول گرما دهیم، دمای آن بدون تغییر حالت $5^\circ C$ افزایش می‌یابد. در این صورت ظرفیت گرمایی ویژهٔ فلز در SI کدام است؟

۱) ۲۰۰ ۲) ۴۰۰ ۳) ۶۰۰ ۴) ۸۰۰

پاسخ: ۴ ۳ ۲ **۱** با توجه به رابطهٔ تغییر دما با گرمای داده شده به جسم داریم:

$$Q = mc\Delta T \Rightarrow 3\times10^3 = 3\times c\times 5 \Rightarrow c = 200\frac{J}{kg\cdot K}$$

۳ یک کتری برقی با توان ۲ کیلووات دمای ۲۰۰ گرم آب $20^\circ C$ را پس از چند ثانیه به $70^\circ C$ می‌رساند؟ (از تبادل گرمای کتری و آب درون آن با محیط صرف نظر کنید و $c_{\text{آب}} = 4200 \frac{J}{kg\cdot^\circ C}$)

۱) ۲۱۰۰۰ ۲) ۲۱ ۳) ۴۲ ۴) ۴۲۰۰۰

پاسخ: ۴ ۳ **۲** ۱ برای کتری برقی داریم:

$$P = \frac{Q}{t} \Rightarrow Q = Pt$$

از طرفی برای افزایش دمای آب از $۲۰^\circ C$ به $۷۰^\circ C$ داریم:

$$Q = |mc_{\text{آب}}\Delta T|$$

بنابراین:

$$Pt = |mc_{\text{آب}}\Delta T| \Rightarrow ۲ \times ۱۰^{۳} \times t = ۲۰۰ \times ۱۰^{-۳} \times ۴۲۰۰ \times (۷۰ - ۲۰) \Rightarrow t = ۲۱s$$

۴ گرمای ویژهٔ یک میلهٔ شیشه‌ای $۸۴۰\frac{J}{kg \cdot K}$ و ظرفیت گرمایی آن $۱۶۸۰\frac{J}{K}$ است. اگر میلهٔ شیشه‌ای را طوری ببریم که جرم آن نصف شود، گرمای ویژه و ظرفیت گرمایی هر بخش به‌ترتیب از راست به چپ چند واحد SI می‌شوند؟

۱) ۴۲۰، ۵۴۰ ۲) ۸۴۰، ۸۴۰ ۳) ۸۴۰، ۱۶۸۰ ۴) ۴۲۰، ۱۶۸۰

پاسخ: ۴ ۳ **۲** ۱ گرمای ویژهٔ هر جسمی مقدار ثابتی است و به جرم آن بستگی ندارد؛ بنابراین گرمای ویژهٔ میلهٔ شیشه‌ای برابر با $۸۴۰\frac{J}{kg \cdot K}$ است. هم‌چنین بنا به رابطهٔ $C = mc$، چون گرمای ویژهٔ جسم ثابت است، ظرفیت گرمایی آن متناسب با جرم جسم می‌باشد، لذا با نصف شدن جرم جسم، ظرفیت گرمایی آن نیز نصف خواهد شد. بنابراین، ظرفیت گرمایی جسم برابر است با:

$$C = mc \xrightarrow{c=\text{ثابت}} \frac{C'}{C} = \frac{m'}{m} \xrightarrow[m'=\frac{۱}{۲}m]{C=۱۶۸۰\frac{J}{K}} \frac{C'}{۱۶۸۰} = \frac{\frac{۱}{۲}m}{m} \Rightarrow C' = ۸۴۰\frac{J}{K}$$

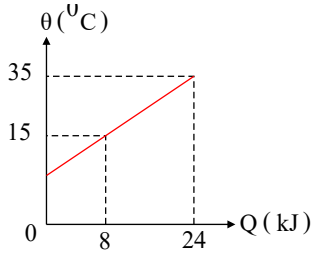
۵ یک گرمکن الکتریکی دمای $۳kg$ آب $۲۰^\circ C$ را در مدت ۵ دقیقه به اندازه‌ی $۵۰^\circ C$ افزایش می‌دهد. این گرمکن در چند دقیقه دمای $۲۰kg$ یخ $-۱۰^\circ C$ را $۳^\circ C$ افزایش می‌دهد؟ (یخ $=۲c$ آب c و از اتلاف انرژی صرف‌نظر کنید.)

۱) ۵ ۲) ۳ ۳) ۱ ۴) ۲

پاسخ: ۴ **۳** ۲ ۱ توان گرمایی گرمکن ثابت است $(P = \frac{Q}{t})$ پس گرمایی که گرمکن تولید می‌کند با زمان نسبت مستقیم دارد $(Q = pt)$ و داریم:

$$\frac{\text{یخ } Q'}{\text{آب } Q} = \frac{t'}{t} \Rightarrow \frac{m'c_{\text{یخ}}\Delta\theta'}{mc_{\text{آب}}\Delta\theta} \Rightarrow \frac{t'}{۵} = \frac{۲۰ \times c_{\text{یخ}} \times ۳}{۳ \times ۲c_{\text{یخ}} \times ۵۰} \Rightarrow t' = ۱\ \text{min}$$

۶ در نمودار شکل مقابل، دمای جسمی به جرم $۲kg$ برحسب گرمای داده شده به آن رسم شده است. دمای اولیه‌ی این جسم چند درجه سلسیوس است؟ (از اتلاف انرژی صرف‌نظر کنید.)



۱) ۱۰ ۲) ۵
۳) ۳ ۴) ۸

پاسخ: ۴ ۳ ۲ ۱ ابتدا گرمای ویژه جسم را به دست می‌آوریم. دقت کنید طبق نمودار وقتی جسم $Q = ۲۴ - ۸ = ۱۶kJ$ گرما می‌گیرد، دمای آن $\Delta\theta = ۳۵ - ۱۵ = ۲۰^\circ C$ افزایش می‌یابد.

$$Q = mc\Delta\theta \Rightarrow ۱۶۰۰۰ = ۲ \times c \times ۲۰ \Rightarrow c = ۴۰۰ \frac{J}{kg\cdot^\circ C}$$

اکنون دمای اولیه جسم را به دست می‌آوریم. مطابق شکل جسم $۸kJ$ گرما گرفته است تا دمای آن از $\theta_۰$ به $۱۵^\circ C$ رسیده است.

$$Q = mc\Delta\theta \Rightarrow ۸۰۰۰ = ۲ \times ۴۰۰ \times (۱۵ - \theta_۰) \Rightarrow \theta_۰ = ۵^\circ C$$

۷ ۱۰۰ گرم آب با دمای ۲۰ درجهٔ سلسیوس را با ۲۰۰ گرم آب با دمای ۵۰ درجهٔ سلسیوس، مخلوط می‌کنیم. پس از برقراری تعادل گرمایی، دمای آب به چند درجهٔ سلسیوس می‌رسد؟ (اتلاف انرژی نداریم.)

۱) ۳۰ ۲) ۴۰ ۳) ۲۶٫۹ ۴) ۳۱٫۶

پاسخ: ۴ ۳ ۲ ۱ در شرایط تعادل گرمایی داریم:

$$Q_۱ + Q_۲ = ۰ \Rightarrow m_۱c(\theta_e - ۲۰) + m_۲c(\theta_e - ۵۰) = ۰ \xrightarrow[m_۲=۲۰۰g]{m_۱=۱۰۰g} ۱۰۰\theta_e - ۲۰۰۰ + ۲۰۰\theta_e - ۱۰۰۰۰ = ۰$$

$$\Rightarrow ۳۰۰\theta_e = ۱۲۰۰۰ \Rightarrow \theta_e = ۴۰^\circ C$$

۸ یک قطعه آلومینیوم را که دمای آن $۱۱۴^\circ C$ است، درون ظرف عایقی که محتوی $۹۰g$ آب $۱۰^\circ C$ است، می‌اندازیم. پس از تعادل گرمایی، دمای تعادل چند درجه‌ی سلسیوس می‌شود؟ ($C_{\text{آلومینیم}} = ۹۰ \frac{J}{^\circ C}$ و $c_{\text{آب}} = ۴٫۲ \frac{J}{g^\circ C}$ و از اتلاف گرما صرف‌نظر کنید.)

۱) ۶۸ ۲) ۴۲ ۳) ۳۰ ۴) ۵۲

پاسخ: ۴ ۳ ۲ ۱ تبادل گرما بین دو ماده آلومینیم و آب صورت می‌پذیرد و بنابه قانون پایستگی انرژی، همان‌قدر که جسم

گرم (آلومینیم) انرژی از دست می‌دهد، جسم سرد (آب) انرژی می‌گیرد، پس جمع جبری این Qها صفر است و می‌توان نوشت:

$$Q_{\text{آب}} + Q_{\text{آلومینیم}} = ۰ \Rightarrow (mc\Delta\theta)_{\text{آب}} + (C\Delta\theta)_{\text{آلومینیم}} = ۰$$

$$\Rightarrow ۹۰ \times ۴/۲ \times (\theta_e - ۱۰) + ۹۰ \times (\theta_e - ۱۱۴) = ۰$$

$$\Rightarrow ۹۰ \times ۴/۲ \times \theta_e - ۹۰ \times ۴/۲ \times ۱۰ + ۹۰\theta_e - ۹۰ \times ۱۱۴ = ۰ \Rightarrow ۹۰ \times ۵/۲ \times \theta_e = ۹۰ \times ۱۵۶$$

$$\Rightarrow \theta_e = \frac{۱۵۶}{۵/۲} = ۳۰^\circ C$$

تذکر: در این سؤال چون واحد آب c، $\frac{J}{g^\circ C}$ است با جایگذاری جرم برحسب g و تغییر دما برحسب $^\circ C$ انرژی گرمایی برحسب J به‌دست می‌آید و نیازی به استفاده از یکاهای SI برای جرم و گرمای ویژه نمی‌باشد.

۹ یک قطعه آهن به جرم $۲۰۰g$ درون $۵kg$ آب با دمای ۱۰ درجهٔ سلسیوس انداخته می‌شود. اگر دمای تعادل $۱۲^\circ C$ شود، دمای اولیهٔ آهن برحسب درجهٔ سلسیوس کدام است؟

($c_{\text{آب}} = ۴/۲ \frac{kJ}{kg.^\circ C}$, $c_{\text{آهن}} = ۰/۴ \frac{kJ}{kg.^\circ C}$ و اتلاف انرژی ناچیز است.)

۱) ۵۲۵ ۲) ۵۳۷ ۳) ۵۱۳ ۴) ۵۳۵

پاسخ: ۱ ۲ ۳ ۴ با استفاده از رابطهٔ تعادل گرمایی و با توجه به اینکه دمای تعادل $\theta_e = ۱۲^\circ C$ است، داریم:

$m_۱ = ۰/۲kg$ آهن $\theta_۱ = ?$	$\xrightarrow{Q_۱}$ $c_۱ = ۰/۴ \frac{kJ}{kg.^\circ C}$	$m_۱ = ۰/۲kg$ آهن $\theta_e = ۱۲^\circ C$
$m_۲ = ۵kg$ آب $\theta_۲ = ۱۰^\circ C$	$\xleftarrow{Q_۲}$ $c_۲ = ۴/۲ \frac{kJ}{kg.^\circ C}$	$m_۲ = ۵kg$ آب $\theta_e = ۱۲^\circ C$

$$Q_۱ + Q_۲ = ۰ \Rightarrow m_۱c_۱\Delta\theta_۱ + m_۲c_۲\Delta\theta_۲ = ۰ \Rightarrow m_۱c_۱(\theta_e - \theta_۱) + m_۲c_۲(\theta_e - \theta_۲) = ۰$$

حال داده‌های شکل را در رابطهٔ اخیر جایگذاری می‌کنیم.

$$۰/۲ \times ۰/۴ \times (۱۲ - \theta_۱) + ۵ \times ۴/۲ \times (۱۲ - ۱۰) = ۰ \Rightarrow ۰/۰۸ \times (۱۲ - \theta_۱) + ۲۱ \times ۲ = ۰$$

$$۰/۰۸ \times (۱۲ - \theta_۱) = -۴۲ \Rightarrow ۱۲ - \theta_۱ = -۵۲۵ \Rightarrow \theta_۱ = ۱۲ + ۵۲۵ = ۵۳۷^\circ C$$

دقت کنید گرمای ویژهٔ دو جسم برحسب واحد یکسان $\frac{kJ}{kg.^\circ C}$ داده شده بود و احتیاجی به تبدیل واحد آن‌ها برحسب واحدهای SI نبود.

۱۰ جسم A با دمای $۱۲۵^{\circ}C$ و جسم B با دمای $۸۰^{\circ}C$ در تماس کامل با یکدیگر قرار دارند. اگر ظرفیت گرمایی جسم‌هایی A و B به‌ترتیب برابر با ۴۰۰ و ۵۰۰ واحد SI باشد، دمای تعادل نهایی مجموعهٔ دو جسم چند درجهٔ سلسیوس است؟ (تغییر حالت نداریم و از اتلاف انرژی گرمایی صرف‌نظر شود.)

۱) ۸۵ ۲) ۹۰

۳) ۱۰۰ ۴) نسبت جرم دو جسم باید مشخص باشد.

پاسخ: ۴ ۳ ۲ ۱ با توجه به این‌که اتلاف انرژی نداریم، گرمایی که جسم A از دست می‌دهد، توسط جسم B جذب می‌شود تا دمای هر دو جسم یکسان شود. داریم:

$$Q_A + Q_B = ۰ \Rightarrow C_A(\theta_e - \theta_A) + C_B(\theta_e - \theta_B) = ۰ \Rightarrow ۴۰۰(\theta_e - ۱۲۵) + ۵۰۰(\theta_e - ۸۰) = ۰$$
$$\Rightarrow \theta_e = ۱۰۰^{\circ}C$$

۱۱ یک گلولهٔ آلومینیمی که $۱۴۰g$ جرم دارد و دمایش $۱۰۰^{\circ}C$ است را داخل ظرفی که محتوی آب $۲۰^{\circ}C$ است، می‌اندازیم. اگر دمای تعادل $۲۵^{\circ}C$ شود، در داخل ظرف چند گرم آب وجود داشته است؟ ($c_{\text{آلومینیم}} = ۹۰۰ \frac{J}{kg \cdot K}$ ، $c_{\text{آب}} = ۴۲۰۰ \frac{J}{kg \cdot K}$ و تبادل حرارتی با محیط اطراف ناچیز است.)

۱) ۵۴۰ ۲) ۴۵۰ ۳) ۳۶۰ ۴) ۱۸۰

پاسخ: ۴ ۳ ۲ ۱ باتوجه به این که هیچ‌گونه مبادلهٔ گرمایی با محیط نداریم و آلومینیم گرما از دست می‌دهد، داریم:

$$Q_{\text{آب}} + Q_{\text{آلومینیم}} = ۰ \Rightarrow m_{\text{آب}}c_{\text{آب}}(\theta_e - \theta_{\text{آب}}) + m_{\text{آلومینیم}}c_{\text{آلومینیم}}(\theta_e - \theta_{\text{آلومینیم}}) = ۰$$
$$\Rightarrow m_{\text{آب}} \times ۴۲۰۰ \times (۲۵ - ۲۰) + ۱۴۰ \times ۹۰۰ \times (۲۵ - ۱۰۰) = ۰ \Rightarrow m_{\text{آب}} = ۴۵۰g$$

۱۲ ۱۰۰ گرم یخ صفر درجهٔ سلسیوس را با ۱۰۰ گرم آب $۵۰^{\circ}C$ مخلوط می‌کنیم. پس از تعادل گرمایی، دمای تعادل چند درجهٔ سلسیوس می‌شود؟ (اتلاف انرژی ناچیز است، $c_{\text{آب}} = ۴/۲ \frac{J}{g \cdot ^{\circ}C}$ ، $L_F = ۳۴۰ \frac{J}{g}$)

۱) ۲۵ ۲) ۱۵ ۳) ۱۰ ۴) صفر

پاسخ: ۴ ۳ ۲ ۱ کل گرمایی که آب $۵۰^{\circ}C$ از دست می‌دهد تا به آب صفر درجهٔ سلسیوس تبدیل شود و یخ آن را می‌گیرد

برابر است با:

(۵۰°C آب) → (۰°C آب)

$$Q = mc\Delta\theta \xrightarrow[\Delta\theta=0-50=-50^\circ C]{m=100g\ ,\ c=4/2\frac{J}{g\cdot^\circ C}} Q = 100\times 4/2\times(-50) \Rightarrow Q=-21000J$$

کل گرمایی که یخ $0^\circ C$ نیاز دارد تا به آب $0^\circ C$ تبدیل شود برابر است با:

$$Q' = m'L_F \xrightarrow[L_F=340\frac{J}{g}]{m'=100g} Q' = 100\times 340 \Rightarrow Q'=34000J$$

چون مقدار کل گرمایی که آب از دست می‌دهد کمتر از مقدار گرمایی است که برای ذوب کل یخ لازم است $(|Q|<Q')$، بنابراین مقداری از یخ باقی می‌ماند. در نتیجه چوب آب و یخ در تعادل گرمایی‌اند، دمای تعادل آن‌ها $0^\circ C$ است.

۱۳ چند کیلوگرم آب با دمای $70^\circ C$ را با $20kg$ آب با دمای $10^\circ C$ مخلوط کنیم تا دمای تعادل مجموعه $50^\circ C$ شود؟ (اتلاف انرژی نداریم.)

۱) ۲۰ ۲) ۴۰ ۳) ۶۰ ۴) ۸۰

پاسخ: ۴ ۳ **۲** ۱ چون اتلاف انرژی نداریم، گرمایی که آب $70^\circ C$ از دست می‌دهد، توسط آب $10^\circ C$ جذب می‌شود تا دمای مجموعه به $50^\circ C$ برسد. داریم:

$$Q_1+Q_2=0 \Rightarrow m_1c(\theta_e-\theta_1)+m_2c(\theta_e-\theta_2)=0$$
$$\Rightarrow m_1(50-70)+20(50-10)=0 \Rightarrow m_1=40kg$$

۱۴ 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

پاسخ: ۴ ۳ ۲ ۱ 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:

$$Q_1+Q_2+840=0$$

$$m_1c_1\Delta\theta_1+m_2c_2\Delta\theta_2=-840 \xrightarrow{c_1=c_2=4/2\ J/g\cdot K} 4/2(m_1\times(50-20)+m_2\times(50-60))=-840$$

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

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

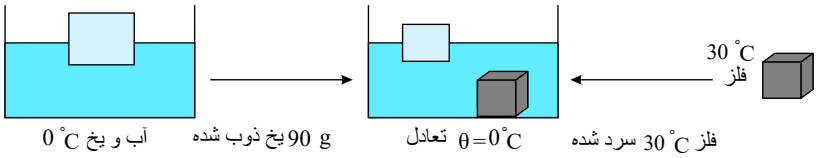
$$m_۱ + m_۲ = ۱۰۰ \quad (۲)$$

$$\xrightarrow{(۲),(۱)} \begin{cases} m_۱ + m_۲ = ۱۰۰ \\ ۳m_۱ - m_۲ = -۲۰ \end{cases} \Rightarrow m_۱ = ۲۰g \ , \ m_۲ = ۸۰g$$

۱۵ داخل ظرف عایقی مقداری آب و یخ در حال تعادل داریم. چند گرم فلز با دمای ۳۰° و گرمای ویژهٔ $\frac{۳}{۴}$ برابر گرمای ویژهٔ آب داخل ظرف بیندازیم تا در حالت تعادل، $۹۰g$ از یخ ذوب شود؟ (جرم یخ اولیه بیشتر از ۹۰ است، $L_F = ۸۰c_{آب}$ و اتلاف انرژی نداریم.)

۱) ۳۲۰ ۲) ۳۲ ۳) ۱۶۰ ۴) ۱۶

پاسخ: ۴ ۳ ۲ **۱** می‌دانیم آب و یخ در حال تعادل دارای دمای صفر درجهٔ سلسیوس هستند. از طرفی پس از تعادل مقداری یخ باقی‌مانده، پس باز هم در تعادل دما صفر درجهٔ سلسیوس است؛ بنابراین فرآیندهای مبادلهٔ گرما بصورت زیر است:



$$\text{از دست دادهٔ فلز} \rightarrow m_{فلز}c\Delta\theta \xrightarrow[c_{فلز}=\frac{۳}{۴}c_{آب}]{L_f=۸۰^\circ c_{آب}} \text{گرفته شدهٔ یخ} \rightarrow m_{یخ}L_f = Q = ۹۰ \times ۸۰c_{آب} = m_{آب} \times \frac{۳}{۴}c_{آب} \times ۳۰$$

$$\Rightarrow m_{فلز} = ۳۲۰gr$$

۱۶ دو مایع A و B به ترتیب با دماهای $۲۵^\circ C$ و $۴۵^\circ C$ 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؟ ($c_A = ۱۲۰۰\frac{J}{kg \cdot K}$ و $c_B = ۱۶۰۰\frac{J}{kg \cdot K}$ و فرض کنید چگالی مایع‌ها همواره ثابت است.)

۱) ۳۰ ۲) ۲۸ ۳) ۳۵ ۴) ۴۲

پاسخ: ۴ ۳ ۲ **۱**

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

$$Q_A + Q_B = ۰ \xrightarrow[\rho=\frac{m}{V}]{Q=mc\Delta\theta} \rho_A V_A c_A(\theta_{تعادل} - \theta_A) + \rho_B V_B c_B(\theta_{تعادل} - \theta_B) = ۰$$

$$\Rightarrow ۲\rho_B \times ۲V_B \times ۱۲۰۰(\theta_{تعادل} - ۲۵) + \rho_B V_B \times ۱۶۰۰(\theta_{تعادل} - ۴۵) = ۰$$

$$\Rightarrow ۴\theta_{تعادل} - ۱۲۰ = ۰ \Rightarrow \theta_{تعادل} = ۳۰^\circ C$$

۱۷ یک شمش آلومینیوم به حجم $۲۰۰cm^۳$ و چگالی $۲/۷\frac{g}{cm^۳}$ را که دمایش $۱۰۰^\circ C$ است، درون $۵۴۰cm^۳$ آب $۲۰^\circ C$ می‌اندازیم. پس از برقراری تعادل حرارتی، دمای آب تقریباً به چند درجه‌ی سلسیوس می‌رسد؟ (از مبادله‌ی گرمای بین آب و ظرف صرف‌نظر شود.)

(چگالی آب $۱\frac{g}{cm^۳}$ و گرمای ویژه آب و آلومینیوم به ترتیب $۰/۹\frac{J}{g\cdot K}, ۴/۲\frac{J}{g\cdot K}$ است.)

۱) ۲۸ ۲) ۳۴ ۳) ۴۶ ۴) ۵۳

پاسخ: ۴ ۳ **۲** ۱

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \begin{cases} m_۱ = \rho_۱ \cdot V_۱ = ۲/۷ \times ۲۰۰ = ۵۴۰g \\ m_۲ = \rho_۲ \cdot V_۲ = ۱ \times ۵۴۰ = ۵۴۰g \end{cases}$$

$$\sum Q = ۰ \Rightarrow Q_۱ + Q_۲ = ۰ \Rightarrow m_۱c_۱(\theta - \theta_۱) + m_۲c_۲(\theta - \theta_۲) = ۰$$

$$\xrightarrow{m_۱=m_۲} ۰/۹(\theta - ۱۰۰) = -۴/۲(\theta - ۲۰)$$

$$۰/۹\theta - ۹۰ = -۴/۲\theta + ۸۴ \Rightarrow ۵/۱\theta = ۱۷۴ \Rightarrow \theta = \frac{۱۷۴}{۵/۱} \simeq ۳۴^\circ C$$

۱۸ یک قطعه یخ به جرم $۵۰۰g$ با دمای $-۱۰^\circ C$ را درون ظرفی حاوی $۵۰۰g$ آب با دمای $۶۰^\circ C$ می‌اندازیم. اگر انتقال انرژی مخلوط آب و یخ با ظرف و هوا ناچیز باشد، پس از برقراری تعادل گرمایی، چند گرم از یخ در ظرف باقی می ماند؟ ($L_F = ۳۳۰\frac{J}{g}$ و $c_{یخ} = ۲/۱\frac{J}{kg.^\circ C}$ و $c_{آب} = ۴/۲\frac{J}{kg.^\circ C}$)

۱) ۵۰ ۲) ۱۵۰ ۳) ۳۵۰ ۴) ۲۵۰

پاسخ: ۴ ۳ **۲** ۱ دمای نهایی فرآیند مشخص و برابر صفر درجه است بنابراین اختلاف گرمایی که آب از دست می‌دهد تا به صفر درجه برسد با گرمایی که یخ می گیرد تا به دمای صفر درجه برسد، صرف ذوب شدن بخشی از یخ می‌شود.

$$Q_H - Q_c = m'L_f \Rightarrow m_W C_W \Delta\theta_W - m_i C_i \Delta\theta_i = m'L_f$$

$$۰/۵ \times ۴۲۰۰ \times ۶۰ - ۰/۵ \times ۲۱۰۰ \times ۱۰ = m' ۳۳۰۰۰۰ \Rightarrow m' = ۳۵۰g$$

بنابراین جرم یخ باقی‌مانده برابر خواهد بود با:

$$۵۰۰ - ۳۵۰ = ۱۵۰g$$

۱۹ یک قالب یخ صفر درجهٔ سلسیوس را به مقداری آب $۱۵^\circ C$ اضافه می‌کنیم. پس از تعادل، دمای آب $۲^\circ C$ کاهش می‌یابد. در صورتی که یک قالب یخ، مشابه قبلی به همان ظرف آب دوباره اضافه کنیم، دما به اندازهٔ θ کاهش می‌یابد. در مورد θ کدام مورد درست است؟ (اتلاف انرژی ناچیز است.)

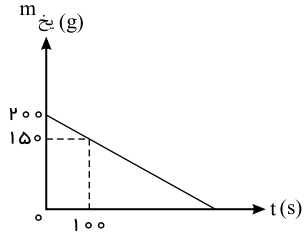
۱) $\theta = ۲^\circ C$ ۲) $\theta > ۲^\circ C$ ۳) $\theta < ۲^\circ C$ ۴) $\theta = ۰^\circ C$

پاسخ: ۴ ۳ ۲ ۱ جرم آب درون ظرف در حالت دوم بیشتر از حالت اول است زیرا جرم قالب یخ اولی به جرم آب اضافه شده است.

طبق رابطهٔ $Q = mc\Delta\theta$، به‌ازای Qهای یکسان (چون قالب‌های یخ مشابه‌اند)، $\Delta\theta \propto \frac{۱}{m}$. کاهش دمای آب در حالت دوم کم‌تر از کاهش دما در حالت اول خواهد بود. $(\theta < ۲^\circ C)$

۲۰ یک گرمکن الکتریکی را درون مخلوط در حال تعادلی از آب و یخ صفر درجهٔ سلسیوس و جرم مجموع $۲۵۰g$ قرار می‌دهیم. شکل زیر نمودار تغییرات جرم یخ را برحسب زمان به کارگیری گرمکن نشان می‌دهد. در چه لحظه‌ای برحسب ثانیه جرم آب و یخ در مخلوط با هم برابر می‌شوند؟

$$(L_F = ۳۳۶ \frac{kJ}{kg})$$



۱) ۱۰۰ ۲) ۱۵۰
۳) ۲۰۰ ۴) ۲۵۰

پاسخ: ۴ ۳ ۲ ۱ جرم یخ از مبدأ زمان $(t = ۰)$ تا $t = ۱۰۰\ s$ از $۲۰۰\ g$ به $۱۵۰\ g$ رسیده است. بنابراین در مدت ۱۰۰ ثانیه $۵۰\ g$ از یخ ذوب شده است. پس ابتدا توان گرمکن را به دست می‌آوریم:

$$Q = mL_F = P \times t \Rightarrow ۰/۰۵ \times ۳۳۶۰۰۰ = P \times ۱۰۰ \Rightarrow P = ۱۶۸W$$

از طرفی در یک مخلوط به جرم $۲۵۰\ g$ اگر قرار باشد جرم یخ و آب برابر شود هر کدام $۱۲۵g$ باید باشند به عبارتی از $۲۰۰g$ یخ اولیه $۷۵g$ باید ذوب گردد، پس با توجّه به توان گرمکن زمان مورد نظر را به دست می‌آوریم:

$$Q = mL_F = P \times t \Rightarrow ۰/۰۷۵ \times ۳۳۶۰۰۰ = ۱۶۸ \times t \Rightarrow t = ۱۵۰(s)$$

۲۱ چند کیلوگرم آب $۳۰^\circ C$ را با ۵ کیلوگرم آب $۷۰^\circ C$ مخلوط کنیم تا دمای تعادل $۵۵^\circ C$ شود؟ (در حین اختلاط، ۲۱ کیلوژول گرما به محیط داده می‌شود و $c_{Ab} = ۴۲۰۰ \frac{J}{kg \cdot K}$)

۱) ۲٫۸ ۲) ۳٫۲ ۳) ۴ ۴) ۴٫۵

پاسخ: ۴ ۳ ۲ **۱** روش اول: ابتدا فرض می‌کنیم تبادل گرمایی با محیط وجود ندارد. حساب می‌کنیم که اگر ۲۱ کیلوژول گرما به محیط داده نمی‌شد، دمای تعادل چند درجهٔ سلسیوس می‌شد. بنابراین:

$$Q_۱ + Q_۲ = ۰ \Rightarrow m_۱ c_{Ab} \times (\theta - ۳۰) + ۵ \times c_{Ab} \times (\theta - ۷۰) = ۰$$

$$\Rightarrow m_۱(\theta - ۳۰) + ۵ \times (\theta - ۷۰) = ۰ \Rightarrow \theta = \frac{۳۰m_۱ + ۳۵۰\theta}{m_۱ + ۵}$$

از طرفی می‌دانیم دمای نهایی مجموعه پس از تبادل گرما با محیط، برابر $۵۵^\circ C$ است. بنابراین:

$$Q = mc\Delta T \Rightarrow -۲۱۰۰۰ = (m_۱ + ۵) \times ۴۲۰۰ \times (۵۵ - \frac{۳۰m_۱ + ۳۵۰}{m_۱ + ۵}) \Rightarrow m_۱ = ۲٫۸kg$$

روش دوم: می‌توانیم از رابطهٔ زیر استفاده کنیم:

$$Q_۱ + Q_۲ + Q = ۰$$

که Q گرمایی است که توسط مجموعه به محیط داده شده است. بنابراین:

$$m_۱ \times ۴۲۰۰ \times (۵۵ - ۳۰) + ۵ \times ۴۲۰۰ \times (۵۵ - ۷۰) + ۲۱۰۰۰ = ۰ \Rightarrow m_۱ = ۲٫۸kg$$

۲۲ اگر $۲kg$ آب $۱۰^\circ C$ را درون ظرفی به جرم یک کیلوگرم و دمای $۲۰^\circ C$ بریزیم و سپس قطعه فلز به جرم ۰٫۵ کیلوگرم و دمای θ را درون آب بیندازیم، دمای تعادل مجموعه برابر با $۲۵^\circ C$ می‌شود. دمای θ چند درجه‌ی سلسیوس بوده است؟ (اتلاف گرما ناچیز است.)

$$(c_{\text{آب}} = ۴۲۰۰ \frac{J}{kg \cdot K} \ , \ c_{\text{ظرف}} = ۵۲۵ \frac{J}{kg \cdot K} \ , \ c_{\text{فلز}} = ۱۰۵۰ \frac{J}{kg \cdot K})$$

۱) ۸۰ ۲) ۲۷۰ ۳) ۱۰۰ ۴) ۱۰۵

پاسخ: ۴ ۳ **۲** ۱

$$\text{آب } ۱۰^\circ C \xrightarrow[\text{آب}]{Q_۱,\ ۲۵^\circ C} ۲۵^\circ C \ \| \ ۲۵^\circ C \xleftarrow[\text{ظرف}]{Q_۲,\ ۲۵^\circ C} \text{ظرف } ۲۰^\circ C$$

$$۲۵^\circ C \xleftarrow[\text{فلز}]{Q_۳,\ ۲۵^\circ C} \text{فلز } \theta^\circ C$$

$$\Sigma Q = ۰ \Rightarrow Q_۱ + Q_۲ + Q_۳ = ۰ \Rightarrow m_۱c_۱\Delta\theta_۱ + m_۲c_۲\Delta\theta_۲ + m_۳c_۳\Delta\theta_۳ = ۰$$

$$\Rightarrow ۲ \times ۴۲۰۰ \times (۲۵ - ۱۰) + ۱ \times ۵۲۵ \times (۲۵ - ۲۰) + ۰/۵ \times ۱۰۵۰ \times (۲۵ - \theta) = ۰ \Rightarrow \theta = ۲۷۰^\circ C$$

۲۳ **$۱۲/۸kg$ یخ $-۱۰^\circ C$ را در یک استخر پُر از آب صفر درجهٔ سلسیوس می‌اندازیم. پس از برقراری تعادل، جرم یخ چند کیلوگرم می‌شود؟**

$$(c_{\text{یخ}} = ۲۱۰۰\frac{J}{kg \cdot K} \ , \ L_F = ۳۳۶\frac{J}{g})$$

۱) ۱۳/۶ ۲) ۲۰/۸ ۳) ۱۲/۸۸ ۴) ۱۴/۶

پاسخ: ۴ ۳ ۲ **۱** گرمایی که یخ می‌گیرد برابر با گرمایی است که آب صفر درجهٔ سلسیوس از دست می‌دهد که باعث می‌شود دمای یخ به صفر درجهٔ سلسیوس برسد و بخشی از آب یخ بزند.

$$mc\Delta\theta = |m'L_F| \Rightarrow ۱۲/۸ \times ۲۱۰۰ \times ۱۰ = m' \times ۳۳۶۰۰۰ \Rightarrow m' = ۰/۸kg$$

$$\text{جرم یخ نهایی} = ۱۲/۸ + ۰/۸ = ۱۳/۶kg$$

۲۴ **درون ظرفی به ظرفیت گرمایی $۱۵۰\frac{J}{^\circ C}$، مقداری مایع به ظرفیت گرمایی $۱۰۵۰\frac{J}{^\circ C}$ در دمای $۵^\circ C$ در تعادل گرمایی قرار دارد. قطعه فلزی به‌دمای $۷۵^\circ C$ را به ظرف و مایع اضافه می‌کنیم و دمای تعادل مجموعه به $۱۵^\circ C$ می‌رسد. اگر ۳۰۰۰ ژول انرژی گرمایی در این تبادل گرمایی به هوای اطراف داده شود، ظرفیت گرمایی قطعه فلز چند $\frac{J}{^\circ C}$ است؟**

۱) ۱۵۰ ۲) ۲۵۰ ۳) ۲۰۰ ۴) ۱۰۰

پاسخ: ۴ ۳ **۲** ۱ اگر ظرفیت گرمایی ظرف، مایع و قطعه فلز به‌ترتیب $A_۳, A_۲, A_۱$ باشد و $\theta_e, \theta_۲, \theta_۱$ به‌ترتیب دمای مایع (و ظرف)، قطعه فلز و دمای تعادل نهایی باشد و Q گرمای داده شده به هوای اطراف باشد، می‌توان نوشت :

$$\overbrace{m_۱c_۱}^{A_۱}(\theta_e - \theta_۱) + \overbrace{m_۲c_۲}^{A_۲}(\theta_e - \theta_۱) + \overbrace{m_۳c_۳}^{A_۳}(\theta_e - \theta_۲) = -Q \Rightarrow (A_۱ + A_۲)(\theta_e - \theta_۱) + A_۳(\theta_e - \theta_۲) = -Q$$

$$\Rightarrow (۱۵۰ + ۱۰۵۰)(۱۵ - ۵) + A_۳(۱۵ - ۷۵) = -۳۰۰۰ \Rightarrow A_۳ = ۲۵۰\frac{J}{^\circ C}$$

۲۵ چند کیلوگرم یخ صفر درجه سلسیوس را باید به ۰٫۸ لیتر آب $25^\circ C$ اضافه کنیم تا پس از ایجاد تعادل، دما $4^\circ C$ باشد؟ ($\rho_{آب} = 1000 \frac{kg}{m^3}$, $L_F = 80 C_{آب}$ و تمام واحدها در SI هستند.)

۱) ۰٫۲ ۲) ۰٫۲۵ ۳) ۰٫۴ ۴) ۰٫۵

پاسخ: ۴ ۳ ۲ **۱** تقریباً هر لیتر آب برابر یک کیلوگرم آب است پس ۰٫۸ لیتر آب برابر ۰٫۸ کیلوگرم آب می‌باشد. بنابراین با بررسی نمودار تحلیلی مربوط به تعادل آب و یخ می توان نوشت:

$$0^\circ C_{یخ} \xrightarrow{Q_1} 0^\circ C_{آب} \xrightarrow{Q_2} 4^\circ C_{آب} \xleftarrow{Q_3} 25^\circ C_{آب}$$

$$\Sigma Q = 0 \Rightarrow Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0 \Rightarrow m' L_F + m' c_{آب} \Delta\theta + m c_{آب} \Delta\theta = 0$$

$$\Rightarrow m' \times 80 C_{آب} + m' C_{آب} \times (4 - 0) + 0{,}8 \times C_{آب} \times (4 - 25) = 0 \Rightarrow m' = \frac{16{,}8}{84} = 0{,}2 kg$$

۲۶ یک کیلوگرم آب با دمای $10^\circ C$ و یک کیلوگرم از فلزی را درون گرماسنجی با دمای اولیهٔ $72^\circ C$ قرار می‌دهیم. اگر دمای تعادل مجموعه به $30^\circ C$ برسد، دمای اولیهٔ فلز چند درجهٔ سلسیوس است؟

($C_{گرماسنج} = 1{,}5 \, kJ/K$، $c_{فلز} = 420 \, J/kg \cdot K$،

$c_{آب} = 4200 J/kg \cdot K$ و اتلاف انرژی نداریم.)

۱) ۱۰ ۲) ۴۰ ۳) ۸۰ ۴) ۱۰۰

پاسخ: ۴ **۳** ۲ ۱

$$Q_{آب} + Q_{فلز} + Q_{گرماسنج} = 0$$

$$\Rightarrow m_{آب} c_{آب} (\theta_e - \theta_{آب}) + m_{فلز} c_{فلز} (\theta_e - \theta_{فلز}) + C_{گرماسنج} (\theta_e - \theta_{گرماسنج}) = 0$$

$$\Rightarrow 1 \times 4200 \times (30 - 10) + 1 \times 420 \times (30 - \theta_{فلز}) + 1500 \times (30 - 72) = 0$$

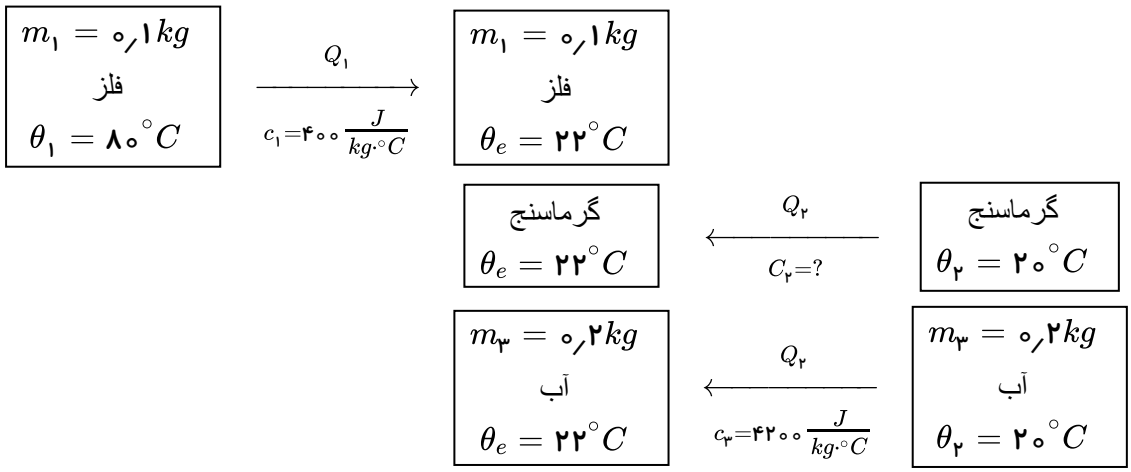
$$\Rightarrow 30 - \theta_{فلز} = -50 \Rightarrow \theta_{فلز} = 80^\circ C$$

۲۷ گرماسنج محتوی ۲۰۰ گرم آب $20^\circ C$ است. یک قطعه فلز به جرم ۱۰۰ گرم و دمای $80^\circ C$ را وارد آن می‌کنیم. اگر دمای تعادل برابر با $22^\circ C$ شود، ظرفیت گرمایی گرماسنج برحسب $\frac{J}{^\circ C}$ کدام است؟

$$(c_{\text{آب}} = 4200\frac{J}{kg\cdot^\circ C} \ , \ c_{\text{فلز}} = 400\frac{J}{kg\cdot^\circ C})$$

۱) ۶۴۰ ۲) ۳۲۰ ۳) ۸۵۰ ۴) ۴۷۰

پاسخ: ۴ ۳ **۲** ۱ با استفاده از طرحوارهٔ زیر و رابطهٔ تعادل گرمایی داریم:



$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0 \Rightarrow m_1c_1\Delta\theta_1 + C_2\Delta\theta_2 + m_3c_3\Delta\theta_3 = 0$$

حال با جایگذاری داده‌های شکل در رابطهٔ اخیر داریم:

$$0/1 \times 400 \times (22 - 80) + C_2 \times (22 - 20) + 0/2 \times 4200 \times (22 - 20) = 0$$

$$\Rightarrow 2C_2 - 2320 + 1680 = 0 \Rightarrow 2C_2 = 640 \Rightarrow C_2 = 320\frac{J}{^\circ C}$$

۲۸ مایع A با دمای اولیهٔ $20^\circ C$ را با مایع B با دمای اولیهٔ $60^\circ C$ مخلوط می‌کنیم و دمای تعادل $30^\circ C$ می‌شود. اگر چگالی و حجم مایع A دو برابر چگالی و حجم مایع B باشد، گرمای ویژهٔ مایع A چند برابر گرمای ویژهٔ مایع B است؟ (تغییر حجم و اتلاف انرژی نداریم.)

۱) ۲ ۲) $\frac{4}{3}$ ۳) $\frac{3}{4}$ ۴) $\frac{1}{2}$

پاسخ: ۴ ۳ **۲** ۱ با توجه به رابطهٔ مربوط به دمای تعادل داریم:

$$Q_A + Q_B = 0 \Rightarrow m_Ac_A\Delta\theta_A + m_Bc_B\Delta\theta_B = 0$$

$$\xrightarrow[m_A=\rho_A V_A, m_B=\rho_B V_B]{\Delta\theta_A=۳۰-۲۰=۱۰^\circ C, \Delta\theta_B=۳۰-۶۰=-۳۰^\circ C} ۴\rho_B V_B c_A \times ۱۰ = \rho_B V_B c_B \times ۳۰ \Rightarrow \frac{c_A}{c_B} = \frac{۳}{۴}$$

۲۹ جسمی را روی سطح افقی با تندی $۲۰\frac{m}{s}$ مماس بر سطح پرتاب می‌کنیم و تندی جسم پس از طی ۱۰ متر جابه‌جایی نصف می‌شود. اگر ۲۰ درصد از انرژی تلف شده بر اثر اصطکاک سبب گرم شدن جسم شده باشد، دمای جسم چند درجهٔ سلسیوس افزایش یافته است؟ $(c = ۱۵۰\frac{J}{kg \cdot K})$

۱) ۰٫۲ ۲) ۲ ۳) ۰٫۴ ۴) ۴

پاسخ: ۴ ۳ ۲ **۱** اگر کار نیروی اصطکاک را با W_f نمایش دهیم، در پرتاب یک جسم روی سطح افق، تنها نیروی وارد بر جسم که کار انجام می‌دهد، نیروی اصطکاک است. بنابراین:

$$W_f = \Delta K = \frac{۱}{۲}m(v_۲^۲ - v_۱^۲) \Rightarrow W_f = \frac{۱}{۲} \times m \times (۱۰۰ - ۴۰۰) = -۱۵۰m$$

$$Q = \frac{۲۰}{۱۰۰} \mid W_f \mid = \frac{۱}{۵} \times ۱۵۰m = ۳۰m$$

$$Q = mc\Delta\theta \Rightarrow ۳۰m = m \times ۱۵۰ \times \Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = ۰٫۲^\circ C$$

۳۰ مقداری آب $۲۰^\circ C$ را با $m_۱$ کیلوگرم آب $۷۰^\circ C$ و $۲m_۱$ کیلوگرم آب $۸۵^\circ C$ مخلوط می‌کنیم. پس از تعادل گرمایی، $۹kg$ آب $۶۰^\circ C$ به وجود می‌آید. جرم آب $۲۰^\circ C$ چند کیلوگرم بوده است؟ (از تبادل گرما با محیط صرف‌نظر کنید.)

۱) ۳ ۲) ۱٫۵ ۳) ۲ ۴) ۴

پاسخ: ۴ ۳ ۲ **۱** طبق رابطهٔ تعادل گرمایی داریم:

$$Q_۱ + Q_۲ + Q_۳ = ۰ \Rightarrow m_۱c(\theta_e - \theta_۱) + m_۲c(\theta_e - \theta_۲) + m_۳c(\theta_e - \theta_۳) = ۰$$

$$\Rightarrow m_۱(۶۰ - ۷۰) + ۲m_۱(۶۰ - ۸۵) + (۹ - m_۱ - ۲m_۱)(۶۰ - ۲۰) = ۰ \Rightarrow -۱۰m_۱ - ۵۰m_۱$$

$$+۳۶۰ - ۱۲۰m_۱ = ۰ \Rightarrow ۱۸۰m_۱ = ۳۶۰ \Rightarrow m_۱ = ۲kg$$

$$m_۳ = ۹ - m_۱ - ۲m_۱ = ۹ - ۲ - ۲ \times ۲ = ۳kg$$