مجموعه تست های جلسه اول درس فیزیک

۱) چند گرم آب ۵۰ درجهٔ سلسیوس را روی ۴۵۰ گرم یخ صفر درجهٔ سلسیوس بریزیم تا پس از برقراری تعادل، ۵۲۰ گرم آب صفر درجهٔ سلسیوس در ظرف ایجاد شود؟ ($L_F = ۳۳۶\frac{kJ}{kg}$ و $c = ۴۲۰۰\frac{J}{kg\cdot K}$ و گرما فقط بین آب و یخ مبادله می‌شود.)

۱) ۷۰ ۲) ۲۶۰ ۳) ۳۰۰ ۴) ۳۲۰

۲) درون یک کیلوگرم آب با دمای ۳۰ درجهٔ سلسیوس، چند گرم یخ صفر درجهٔ سلسیوس بیاندازیم، تا پس از تعادل گرمایی، آب با دمای ۲۰ درجهٔ سلسیوس حاصل شود؟ ($C_{H_2O} = ۴۲۰۰\frac{J}{kg\cdot K}$ ، $L_F = ۳۳۶\frac{kJ}{kg}$ ، تبادل گرمایی فقط بین آب و یخ انجام می‌شود.)

۱) ۱۰۰ ۲) ۲۰۰ ۳) ۱۲۵ ۴) ۱۷۵

۳) $1kg$ یخ $-۱۰^\circ C$ را در فشار یک جو در $5kg$ آب $۲۰^\circ C$ می‌اندازیم. پس از برقراری تعادل حرارتی، چه خواهیم داشت؟ ($L_F = ۳۳۶\frac{J}{g}, c_{آب} = ۴۲۰۰\frac{J}{kg^\circ C}, c_{یخ} = ۲۱۰۰\frac{J}{kg^\circ C}$)

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

۴) یک قطعه یخ با دمای -۲۰ درجهٔ سلسیوس را درون ۲۵۰ گرم آب با دمای ۲۰ درجهٔ سلسیوس می‌اندازیم. اگر بعد از برقراری تعادل گرمایی، ۵۰ گرم یخ ذوب نشده باقی مانده باشد، جرم قطعه یخ اولیه چند گرم بوده است؟
($c_{آب} = ۴/۲\frac{J}{g\cdot K}$ ، $c_{یخ} = ۲/۱\frac{J}{g\cdot K}$ و $L_F = ۳۳۶\frac{J}{g}$ و تبادل گرما فقط بین آب و یخ بوده است.)

۱) ۵۰ ۲) ۱۰۰ ۳) ۲۵۰ ۴) ۳۰۰

۵) در ظرفی یک قطعه یخ صفر درجهٔ سلسیوس وجود دارد. اگر ۸۰۰ گرم آب ۲۰ درجهٔ سلسیوس در ظرف وارد کنیم و فقط بین آب و یخ تبادل گرما صورت گیرد، پس از برقراری تعادل گرمایی، $\frac{۱}{۳}$ جرم قطعه یخ در ظرف باقی می‌ماند. جرم اولیهٔ قطعه یخ چند گرم بوده است؟ ($C_{آب} = ۴۲۰۰\,J/kg\cdot K$ و $L_f = ۳۳۶۰۰۰\,J/kg$)

۱) ۲۰۰ ۲) $\frac{۸۰۰}{۳}$ ۳) ۳۰۰ ۴) ۶۰۰

۶) ۸۰۰ گرم یخ صفر درجهٔ سلسیوس را با ۸۰۰ گرم آب ۲۰ درجهٔ سلسیوس مخلوط می‌کنیم. اگر گرما فقط بین آب و یخ مبادله شود، بعد از برقراری تعادل گرمایی چند گرم آب و با چه دمایی برحسب سلسیوس خواهیم داشت؟ ($c_{آب} = ۴/۲\frac{J}{g\cdot K}$ ، $L_f = ۳۳۶\frac{J}{g}$)

۱) ۱۰۰۰ و صفر ۲) ۱۲۰۰ و صفر ۳) ۱۶۰۰ و ۲ ۴) ۱۶۰۰ و ۴

۷) 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

۸) ۲۰۰ گرم آب $۲۵^\circ C$ را با ۷۰ گرم یخ $۰^\circ C$ مخلوط می‌کنیم. اگر اتلاف گرما ناچیز باشد، اندازهٔ گرمای مبادله‌شده بین دو جسم چند ژول است؟ ($c_{آب} = ۴۲۰۰J/kg\cdot^\circ C, L_F = ۳۴۰KJ/kg$)

۱) ۱۰۵۰۰ ۲) ۲۱۰۰۰ ۳) ۲۳۸۰۰ ۴) ۴۴۸۰۰

۹) ۱۰۰ گرم یخ صفر درجهٔ سلسیوس را داخل ۴۰۰ گرم آب ۳۰ درجهٔ سلسیوس می‌اندازیم. اگر فقط بین آب و یخ تبادل گرما صورت گیرد، پس از برقراری تعادل گرمایی، دمای آب چند درجهٔ سلسیوس می‌شود؟ $(C_{\text{آب}} = ۴۲۰۰ \frac{J}{kg \cdot K} \ , \ L_F = ۳۳۶۰۰۰ \frac{J}{kg})$

۱) صفر ۲) ۴ ۳) ۸ ۴) ۱۲

۱۰) قطعه یخی به جرم m و دمای صفر درجهٔ سلسیوس را درون همان جرم آب ۹۰ درجهٔ سلسیوس می‌اندازیم. اگر از اتلاف گرما صرف‌نظر کنیم، دمای تعادل چند درجهٔ سلسیوس خواهد شد؟

$(c_{\text{آب}} = ۴۲۰۰ \frac{J}{kg \cdot K}$ و $L_F = ۸۰ \times ۴۲۰۰ \frac{J}{kg})$

۱) ۰ ۲) ۲٫۵ ۳) ۵ ۴) ۱۰

۱۱) درون ظرفی ۲۰۰ گرم یخ -۱۰ درجهٔ سلسیوس قرار دارد. حداقل چند گرم آب با دمای ۲۰ درجهٔ سلسیوس به آن اضافه کنیم، تا تمام یخ ذوب شود؟ (تبادل گرما فقط بین آب و یخ انجام می‌شود.)

$(c_{\text{آب}} = \frac{۱}{۲} c_{\text{یخ}} = ۲٫۱ \frac{J}{g \cdot k}, L_F = ۳۳۶ \frac{J}{g}$ است.)

۱) ۵۰ ۲) ۲۰۰ ۳) ۸۵۰ ۴) ۱۲۰۰

۱۲) ۸۰۰ گرم یخ صفر درجهٔ سلسیوس را با ۸۰۰ گرم آب ۶۰ درجهٔ سلسیوس مخلوط می‌کنیم. اگر فقط بین یخ و آب تبادل گرما صورت گیرد و $c_{\text{آب}} = ۴۲۰۰ J/kg \cdot K$ و $L_F = ۳۳۶۰۰۰ J/kg$ باشد، تا برقراری تعادل چند کیلوگرم آب صفر درجهٔ سلسیوس ایجاد می‌شود؟

۱) ۰٫۲ ۲) ۰٫۶ ۳) ۱٫۲ ۴) ۱٫۴

۱۳) مقداری یخ صفر درجهٔ سلسیوس را با همان مقدار آب با دمای $۹۰^\circ C$ مخلوط می‌کنیم. دمای تعادل چند درجهٔ سلسیوس است؟ گرمای نهان ذوب یخ $۳۳۶ kJ/kg$ و ظرفیت گرمایی ویژه آب $۴٫۲ kJ/kg \cdot K$ است.

۱) ۱۰ ۲) ۵ ۳) ۲٫۵ ۴) ۰

۱۴) قطعه یخی به جرم m و دمای $-۱۰^\circ C$ را در ظرف آبی به دمای صفر درجه سانتیگراد می‌اندازیم به طوری‌که نهایتاً ۸۵۰ گرم یخ $-۲^\circ C$ حاصل می‌گردد. جرم یخ اولیه چقدر بوده است؟ $(L_F = ۳۲۰ \frac{kJ}{kg}$ و $c = ۲ \frac{kJ}{kg \cdot k}$ یخ)

۱) ۷۰ گرم ۲) ۸۱۰ گرم ۳) ۱۲۰ گرم ۴) ۸۰۰ گرم

۱۵) ۱۰ گرم یخ $-۱۰^\circ C$ را در تماس با ۱۰ گرم آب $۹۰^\circ C$ قرار می‌دهیم. دمای تعادل نهایی چند درجهٔ سلسیوس است؟ $(c_{\text{آب}} = ۴۲۰۰ \frac{J}{kg \cdot K}, L_{F_{\text{یخ}}} = ۸۰ c_{\text{آب}} = ۳۳۶۰۰۰ \frac{J}{kg}, c_{\text{یخ}} = ۲۱۰۰ \frac{J}{kg \cdot K}$ و از تبادل گرما با محیط صرف‌نظر شود.)

۱) صفر ۲) ۱٫۵ ۳) ۲ ۴) ۲٫۵

۱۶) ۲۰۰ گرم یخ $-۱۰^\circ C$ را با مقداری آب $۵۰^\circ C$ مخلوط می‌کنیم. اگر پس از برقراری تعادل گرمایی، $۵۰ g$ یخ در مخلوط باقی بماند، جرم اولیهٔ آب چند گرم بوده است؟ $(c_{\text{یخ}} = ۲۱۰۰ \frac{J}{kg^\circ C}$، $c_{\text{آب}} = ۴۲۰۰ \frac{J}{kg^\circ C}$ و $L_F = ۳۳۶ \frac{kJ}{kg}$ و اتلاف انرژی نداریم.)

۱) ۱۵۰ ۲) ۲۵۰ ۳) ۲۶۰ ۴) ۴۱۰

۱۷) در ظرفی ۲۰۰ گرم یخ -۵ درجهٔ سلسیوس وجود دارد. حداقل چند گرم آب ۱۰۰ درجهٔ سلسیوس در ظرف وارد کنیم تا یخی در ظرف باقی نماند؟ (فقط بین آب و یخ تبادل گرما صورت می‌گیرد.)

$(c_{\text{یخ}} = ۲۱۰۰ \frac{J}{kg \cdot K} \ , \ c_{\text{آب}} = ۴۲۰۰ \frac{J}{kg \cdot K} \ , \ L_F = ۳۳۶۰۰۰ \frac{J}{kg})$

۱) ۵ ۲) ۱۶۰ ۳) ۱۶۵ ۴) ۲۰۰

۱۸) قطعه یخی به جرم ۲۰ گرم و دمای $-۲۰^\circ C$ را درون استخر بزرگی آب $۰^\circ C$ می‌اندازیم. تبادل گرما فقط بین آب و یخ است. جرم یخ پس از برقراری تعادل گرمایی چند گرم خواهد شد؟ $(c_{\text{آب}} = ۲٫۱ J/g \cdot K \ , \ L_F = ۳۳۶ J/g)$

۱) ۱۷٫۵ ۲) ۳۰ ۳) ۲۲٫۵ ۴) تمام یخ ذوب می‌شود.

۱۹) در ظرفی ۱۰۰ گرم آب $100^\circ C$ و ۱۰۰ گرم یخ صفر درجه می‌ریزیم. در صورتی که ظرفیت گرمایی ظرف ناچیز باشد و از مبادلهٔ گرما با محیط صرف‌نظر شود، دمای نهایی سیستم چند درجه سلسیوس می‌شود؟ ($c_{آب} = 4200 \frac{J}{kg^\circ C}, L_F = 336000 \frac{J}{kg}$)

۱) ۰ ۲) ۳۰ ۳) ۲۰ ۴) ۱۰

۲۰) چند گرم یخ صفر درجه را درون ۶ کیلوگرم آب ۴۰ درجهٔ سلسیوس بریزیم تا درنهایت آب با دمای ۱۰ درجه سلسیوس حاصل شود؟ (اتلاف حرارت ناچیز بوده و گرمای ویژه آب $4200 \frac{J}{kg \cdot K}$ و گرمای نهان ذوب یخ $336 \frac{kJ}{kg}$ است.)

۱) ۵۰۰ ۲) ۱۰۰۰ ۳) ۱۵۰۰ ۴) ۲۰۰۰

پاسخ‌نامه تشریحی

۱ ۱ ۲ ۳ **۴**

اگر جرم آب، m و جرم مقداری از یخ که ذوب می‌شود را m' فرض کنیم، می‌توان گفت گرمایی که آب $50^\circ C$ از دست می‌دهد تا به آب صفر درجهٔ سلسیوس تبدیل شود، صرف ذوب شدن یخ صفر درجه می‌شود. یعنی:

$$\left.\begin{array}{l} m + m' = 520 \Rightarrow m' = 520 - m \\ mc\Delta\theta = m'L_F \Rightarrow m \times 4/2 \times 50 = (520 - m) \times 336 \end{array}\right\} \Rightarrow m = 320\ g$$

۲ ۱ ۲ ۳ ۴ **۱**

بنابر اصل پایستگی انرژی داریم:

$$\text{یخ } 0^\circ C \xrightarrow{Q_1} \text{آب } 0^\circ C \xrightarrow{Q_2} \text{آب } 20^\circ C \xleftarrow{Q_3} \text{آب } 30^\circ C$$

$$\sum Q = 0 \Rightarrow m_{\text{یخ}}L_F + m_{\text{یخ}}c(20 - 0) + m_{\text{آب}}c(20 - 30) = 0$$

$$\Rightarrow m(336) + m \times 4/2 \times 20 + 1 \times 4/2 \times (-10) = 0$$

$$\Rightarrow 336m + 84m - 42 = 0 \Rightarrow 420m = 42 \Rightarrow m = \frac{1}{10}kg = 100g$$

۳ ۱ ۲ ۳ **۴**

گرمایی که آب ۲۰ می‌دهد = گرمایی که یخ $-10^\circ C$ می‌گیرد

$$(\text{آب } 20^\circ C \to \theta \text{ آب}) = (\text{یخ } -10^\circ C \to \text{ یخ صفر} \to \text{ آب صفر} \to \theta \text{ آب})$$

$$mc_{\text{یخ}}(0 + 10) + mL_F + mc_{\text{آب}}(\theta - 0) = mc_{\text{آب}}(20 - \theta)$$

$$\Rightarrow 1 \times 2100(10) + 1 \times 336000 + 1 \times 4200(\theta) = 5 \times 4200(20 - \theta)$$

$$21000 + 336000 + 4200\theta = 21000(20 - \theta) \Rightarrow 21 + 336 + 4/2\theta = 420 - 21\theta \Rightarrow \theta = 2/5^\circ C$$

۴ ۱ **۲** ۳ ۴ وقتی گفته می‌شود که بخشی از یخ آب نمی‌شود بدین معناست که دمای تعادل صفر درجه سانتی‌گراد است.

$$(m) - 20^\circ C \text{ یخ} \to \text{یخ صفر درجه } (m - 50) \to \text{آب صفر درجه} \leftarrow 20^\circ C \text{ آب}, m' = 250g$$

$$\begin{array}{ccccc} Q_1 & + & Q_2 & = & |Q_3| \\ \downarrow & & \downarrow & & \downarrow \\ \text{گرمای افزایش} & & \text{گرمای ذوب} & & \text{گرمای تبدیل} \\ 0^\circ \text{ به } -20^\circ & & \text{قسمتی از یخ} & & 0^\circ \text{ آب } 20^\circ \end{array}$$

$$\text{دمای یخ از}$$

$$m \times 2/1 \times 20 + (m - 50) \times 336 = 250 \times 4/2 \times 20$$

توجه شود که ۵۰ گرم یخ ذوب نشده باقی می‌ماند.

$$42 \times m + 336m - 16800 = 21000$$

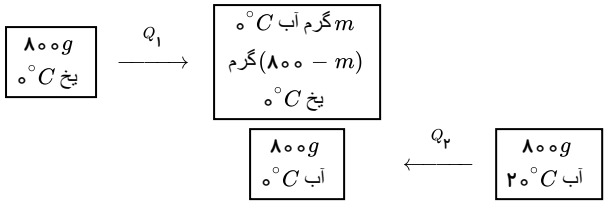
$$378m = 37800 \Rightarrow m = 100g$$

۵ ۱ ۲ **۳** ۴ چون درنهایت یخ صفر درجه هم باقی مانده بنابراین دمای تعادل صفر درجهٔ سلسیوس خواهد بود. گرمایی که آب $20^\circ C$ هنگام تبدیل به آب صفر درجه از دست می‌دهد سبب ذوب $\frac{2}{3}$ جرم قطعه یخ صفر درجه خواهد شد. بنابراین:

$$0/8 \times 4200 \times 20 = \frac{2}{3}m \times 336000 \Rightarrow 0/8 \times 21 \times 2 = 112m \Rightarrow m = 0/3kg = 300g$$

۶ ۱ ۲ ۳ ۴ روش اول:

بنابر طرح‌وارهٔ زیر درمورد تعادل آب و یخ داریم:



$$Q_1 + Q_2 = 0 \Rightarrow mL_f + 0/8 \times C_{آب} \times \Delta\theta = 0$$

$$\Rightarrow m \times 336 + 0/8 \times 4/2 \times (-20) = 0 \Rightarrow m = \frac{16 \times 4/2}{336} = 0/2kg = 200g$$

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت، $200g$ از یخ ذوب می‌شود، بنابراین $1000g$ آب صفر درجهٔ سلسیوس و $600g$ یخ صفر درجهٔ سلسیوس خواهیم داشت.

روش دوم:

ابتدا اصطلاحاً قدرت آب و قدرت یخ را مقایسه می‌کنیم: (می‌توان $L_f = 80$ ، $c_{یخ} = 0/5$ ، $c_{آب} = 1$ فرض کرد.)

$$\text{قدرت آب} = Mc_{آب}\theta = 800 \times 1 \times 20 = 16000$$

$$\text{قدرت یخ} = mc_{یخ}|\theta'| + mL_f = 800 \times 0/5 \times 0 + 800 \times 80 = 64000$$

بنابراین قدرت یخ بیشتر است، پس تنها بخشی از یخ ذوب می‌شود (یا بخشی از آب منجمد می‌شود) و درمورد کاهش جرم یخ (یا افزایش جرم یخ) می‌توان گفت:

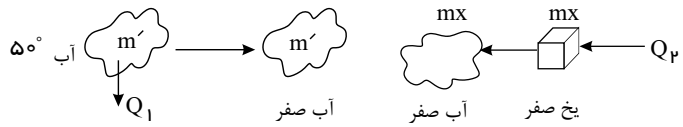
$$\left|Mc_{آب}\theta - mc_{یخ}|\theta'|\right| = \Delta mL_f \Rightarrow \left|800 \times 1 \times 20 - \cancel{800 \times 0/5 \times 0}^{\circ}\right| = \Delta m \times 80$$

$$\Rightarrow \Delta m = 200g$$

یعنی $200g$ از جرم یخ ذوب شده و به آب $0^\circ C$ تبدیل شده است، بنابراین پس از تعادل $1000g$ آب صفر درجه داریم.

۷ ۱ ۲ ۳ **۴** فرض کنیم m' گرم آب اولیه که موفق شده m_x گرم یخ صفر درجه را ذوب کند: $50^\circ C$ داشته‌ایم

$$\boxed{m' + m_x = 520g\ (\text{آب صفر درجه})} \quad (1)$$



$$Q_1 + Q_2 = 0 \Rightarrow m'c\Delta\theta + m_xL_F = 0 \Rightarrow m' \times 4200 \times (0 - 50) + m_x \times 336000 = 0 \xrightarrow{\div \text{بر } 4200} -50m' + 80m_x = 0 \Rightarrow m_x = \frac{5}{8}m \quad (2)$$

$$(1)\text{ و }(2) \Rightarrow m' + \frac{5}{8}m' = 520 \Rightarrow \frac{13}{8}m' = 520 \Rightarrow m' = 320g$$

۸ ۱ **۲** ۳ ۴ • گرمایی که آب $25^\circ C$ را به آب $0^\circ C$ تبدیل می‌کند:

$$|Q_1| = m_1c_{آب}\Delta\theta = (0/2)(4200)(25) = 21000\ J$$

• گرمایی که می‌تواند ۷۰ گرم یخ $0^\circ C$ را به آب $0^\circ C$ تبدیل کند:

$$Q_2 = m_2L_F = 0/07 \times 340000 = 23800\ J$$

چون $|Q_1| < Q_2$، آب نمی‌تواند کل یخ را ذوب کند و فقط قسمتی از آن را ذوب می‌کند، درنهایت مخلوط آب و یخ صفر درجه داریم.

بنابراین گرمای مبادله‌شده بین آب و یخ، همان مقدار گرمایی است که یخ گرفته یا به عبارتی آب $25^\circ C$ از دست داده است تا به آب صفر درجهٔ سلسیوس تبدیل شود.

۹ ۱ ۲ **۳** ۴ با توجه به تغییرات دمایی آب و یخ تا رسیدن به تعادل داریم:

$$0^\circ C \text{ یخ} \rightarrow 0^\circ C \text{ آب} \rightarrow \theta_e{}^\circ C \text{ آب} \leftarrow 30^\circ C \text{ آب}$$

$$\sum Q = 0 \Rightarrow m_{آب}c_{آب}(\theta_e - 30) + m_{یخ}L_F + m_{یخ}c_{آب}(\theta_e - 0) = 0$$
$$\Rightarrow 0/4 \times 4200(\theta_e - 30) + 0/1 \times 336000 + 0/1 \times 4200(\theta_e) = 0$$
$$\Rightarrow 1680\theta_e - 50400 + 33600 + 420\theta_e = 0 \Rightarrow 2100\theta_e = 16800 \Rightarrow \theta_e = 8^\circ c$$

روش دوم: با استفاده از تناسب‌ها و روابط تعادل آب و یخ می‌دانیم: $(c_{آب} = 1\ ,\ L_F = 80)$

$$m_{آب}c_{آب}\theta_{آب} - m_{یخ}L_F = (m_{آب} + m_{یخ})\theta_e \Rightarrow 0/4 \times 1 \times 30 - 0/1 \times 80 = (0/4 + 0/1)\theta_e$$
$$\Rightarrow 4 = 0/5\theta_e \Rightarrow \theta_e = 8^\circ C$$

۱۰ ۱ ۲ **۳** ۴ چون گرمایی که آب $۹۰^\circ C$ از دست می‌دهد تا دمایش به صفر درجه سلسیوس برسد برابر است با $(mc \times ۹۰)$ و گرمایی که همان مقدار یخ $۰^\circ C$ لازم دارد تا به‌طور کامل ذوب شود، برابر است با $mL_f = mc \times ۸۰$، دمای تعادل بالای صفر است. پس داریم:

$$mL_F + mc(\Delta\theta) = mc(\Delta\theta)' \Rightarrow L_F + c\Delta\theta = c(\Delta\theta)'$$

$$\Rightarrow (۸۰ \times ۴۲۰۰) + ۴۲۰۰(\theta - ۰) = ۴۲۰۰ \times (۹۰ - \theta)$$

$$۸۰ + \theta = ۹۰ - \theta \Rightarrow ۲\theta = ۱۰ \Rightarrow \theta = ۵^\circ C$$

۱۱ ۱ ۲ **۳** ۴ فرض می‌کنیم حداقل m گرم آب $۲۰^\circ C$ لازم است تا تمام یخ ذوب شود. در این صورت درانتها ما $(۲۰۰ + m)$ گرم آب صفر درجهٔ سلسیوس خواهیم داشت. بنابراین می‌توان نوشت:

$$\text{یخ } -۱۰^\circ C \xrightarrow{Q_۱} \text{یخ صفر درجه} \xrightarrow{Q_۲} \text{آب صفردرجه} \xleftarrow{Q_۳} \text{آب } ۲۰^\circ C$$

$$Q_۱ + Q_۲ + Q_۳ = ۰ \Rightarrow m_{\text{یخ}} c_{\text{یخ}} (۰ - (-۱۰)) + m_{\text{یخ}} L_F + m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} (۰ - ۲۰) = ۰$$

$$\Rightarrow ۲۰۰ \times ۲/۱ \times ۱۰ + ۲۰۰ \times ۳۳۶ + m \times ۲ \times ۲/۱ \times (-۲۰) = ۰ \Rightarrow m = ۸۵۰g$$

۱۲ ۱ ۲ ۳ **۴** فرض کنید در اثر تبادل گرمایی، m' گرم از یخ ذوب شود. در این صورت درون مخلوط به‌اندازهٔ $(۸۰۰ - m)$ گرم یخ وجود داشته و دمای تعادل صفر است $(\theta_e = ۰^\circ C)$ و می‌توان نوشت:

$$|\text{گرمایی که آب از دست می‌دهد}| = |\text{گرمایی که یخ جذب می‌کند}| \Rightarrow |Q| = |Q'| \Rightarrow m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} (\theta_{\text{آب}} - \theta_e) = m' L_F$$

$$\Rightarrow ۸۰۰ \times ۴۲۰۰ \times (۶۰ - ۰) = m' \times ۳۳۶۰۰۰ \Rightarrow m' = ۶۰۰g$$

(برحسب گرم) (برحسب گرم)

بنابراین پس از برقراری تعادل، در مجموع $(۸۰۰ + ۶۰۰) = ۱۴۰۰g$ آب صفر درجهٔ سلسیوس ایجاد می‌شود که معادل ۱/۴ کیلوگرم است.

۱۳ ۱ **۲** ۳ ۴

$$\text{یخ صفر درجه} \xrightarrow{Q_۱} \text{آب صفر درجه} \xrightarrow{Q_۲} \text{آب } \theta \xleftarrow{Q_۳} \text{آب } ۹۰^\circ C$$

$$|Q_۱| + |Q_۲| = |Q_۳|$$

$$mL_F + mc(\theta - ۰) = mc(۹۰ - \theta) \Rightarrow ۳۳۶ + ۴/۲(\theta) = ۴/۲(۹۰ - \theta)$$

$$\Rightarrow ۸۰ + \theta = ۹۰ - \theta \Rightarrow ۲\theta = ۱۰ \Rightarrow \theta = ۵^\circ C$$

۱۴ ۱ **۲** ۳ ۴ قطعه یخ $-۱۰^\circ C$ به یخ $-۲^\circ C$ تبدیل شده و آب صفر درجه به‌عنوان جسم گرم گرما از دست می‌دهد و به ابتدا به یخ صفر تبدیل شده و یخ صفر به‌دست آمده نیز به یخ $-۲^\circ C$ تبدیل می‌شود.

$$۰^\circ C \text{ آب} \xrightarrow{Q_۲} ۰^\circ C \text{ یخ} \xrightarrow{Q_۳} -۲^\circ C \text{ یخ} \xleftarrow{Q_۱} -۱۰^\circ C \text{ یخ}$$

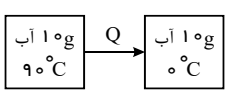
$$Q_۱ + Q_۲ + Q_۳ = ۰ \Rightarrow mc\Delta\theta + m'c\Delta\theta' - m'L_F = ۰$$

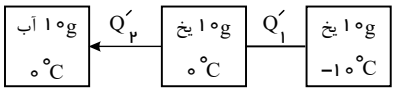
$$\Rightarrow m \times ۲ \times (-۲ - (-۱۰)) + (-m') \times ۳۲۰ + m' \times ۲(-۲ - ۰) = ۰$$

$$۱۶m - ۳۲۰m' - ۴m' = ۰ \Rightarrow ۱۶m = ۳۲۴m' \Rightarrow \begin{cases} ۱۶m = ۳۲۴m' \\ m + m' = ۸۵۰ \end{cases} \Rightarrow m = ۸۱۰\,gr$$

۱۵ ۱ ۲ ۳ **۴**

ابتدا فرض می‌کنیم که آب و یخ هر دو به آب صفر درجهٔ سلسیوس تبدیل می‌شوند. حال با توجه 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:





$$Q = m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} \Delta\theta_{\text{آب}} \xrightarrow[\Delta\theta_{\text{آب}} = ۰ - ۹۰ = -۹۰^\circ C]{m = ۱۰g = ۰/۰۱kg} |Q| = ۰/۰۱ \times c_{\text{آب}} \times ۹۰ = ۰/۹c_{\text{آب}}$$

$$Q' = Q'_۱ + Q'_۲ = m_{\text{یخ}} c_{\text{یخ}} \Delta\theta_{\text{یخ}} + m_{\text{یخ}} L_F \xrightarrow[c_{\text{یخ}} = \frac{۱}{۲} c_{\text{آب}},\ L_F = ۸۰c_{\text{آب}}]{m_{\text{یخ}} = ۱۰g = ۰/۰۱kg,\ \Delta\theta_{\text{یخ}} = ۰ - (-۱۰) = ۱۰^\circ C} Q' = (۰/۰۱ \times \frac{c_{\text{آب}}}{۲} \times ۱۰) + (۰/۰۱ \times ۸۰c_{\text{آب}}) = ۰/۸۵c_{\text{آب}}$$

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

$^\circ C$ ۰ می‌شود.

$$Q_{\text{اضافی}} = ۰/۹c_{\text{آب}} - ۰/۸۵c_{\text{آب}} = ۰/۰۵c_{\text{آب}}$$

$$Q_{\text{اضافی}} = (m_{\text{آب}} + m_{\text{یخ}})c_{\text{آب}}\Delta\theta' \Rightarrow ۰/۰۵c_{\text{آب}} = (۰/۰۱ + ۰/۰۱)c_{\text{آب}}\Delta\theta' \Rightarrow \Delta\theta' = \frac{۰/۰۵c_{\text{آب}}}{۰/۰۲c_{\text{آب}}} = ۲/۵^\circ C$$

پس دمای نهایی تعادل $۲/۵^\circ C$ است.

۱۶ ۱ ۲ **۳** ۴ هرگاه مخلوط آب و یخ داشته باشیم، یعنی دمای تعادل صفر درجهٔ سلسیوس است. بنابراین فرایند تغییر دما و تغییر حالت به‌صورت زیر است:

$$-۱۰^\circ C \text{ یخ} \xrightarrow[Q_۱]{} ۰^\circ C \text{ یخ} \xrightarrow[Q_۲]{} ۰^\circ C \text{ آب}$$

$$۵۰^\circ C \text{ آب} \xrightarrow[Q_۳]{} ۰^\circ C \text{ آب}$$

طبق اصل پایستگی انرژی، جمع جبری گرماهای مبادله‌شده باید صفر شود. بنابراین: (از ۲۰۰ گرم یخ ۵۰ گرم آن باقی مانده، پس ۱۵۰ گرم آن ذوب شده است، یعنی $m' = ۱۵۰g$ است.)

$$Q_۱ + Q_۲ + Q_۳ = ۰$$

$$\Rightarrow m_{\text{یخ}}c_{\text{یخ}}(۰ - (-۱۰)) + m'L_F + m_{\text{آب}}c_{\text{آب}}(۰ - ۵۰) = ۰$$

$$\xrightarrow{m'=۲۰۰-۵۰=۱۵۰g} ۲۰۰ \times ۲۱۰۰ \times ۱۰ + ۱۵۰ \times ۳۳۶۰۰۰ + m_{\text{آب}} \times ۴۲۰۰ \times (-۵۰) = ۰ \Rightarrow m_{\text{آب}} = ۲۶۰g$$

۱۷ ۱ ۲ **۳** ۴

$$\text{یخ: } -۵^\circ C \text{ یخ} \rightarrow ۰^\circ C \text{ یخ} \rightarrow ۰^\circ C \text{ آب}$$

$$\text{آب: } ۱۰۰^\circ C \text{ آب} \rightarrow ۰^\circ C \text{ آب}$$

با توجه به تغییرات فازی و حرارتی آب و یخ تا رسیدن به تعادل می‌توان گفت:

$$Q_{\text{آب}} + Q_{\text{یخ}} = ۰ \Rightarrow ۰/۲ \times c_{\text{یخ}} \times (۰ - (-۵)) + ۰/۲ \times L_F + m \times c_{\text{آب}} \times (۰ - ۱۰۰) = ۰$$

$$\Rightarrow ۰/۲ \times ۲۱۰۰ \times ۵ + ۰/۲ \times ۳۳۶۰۰۰ - ۴۲۰۰۰۰m = ۰ \Rightarrow ۲۱۰۰ + ۶۷۲۰۰ = ۴۲۰۰۰۰m$$

$$\Rightarrow ۶۹۳ = ۴۲۰۰m \Rightarrow m = ۰/۱۶۵kg \Rightarrow m = ۱۶۵g$$

روش دوم: در تعادل آب و یخ اگر تمام یخ ذوب شود و در ظرف فقط آب صفر درجه باقی بماند، داریم:

$$(mc\theta + mL_F)_{\text{یخ}} = (mc\theta)_{\text{آب}}$$

همچنین می‌توان از اعداد نسبتی در تعادل استفاده کرد: $(c_{\text{یخ}} = ۰/۵\ ,\ L_F = ۸۰\ ,\ c_{\text{آب}} = ۱)$

بنابراین داریم:

$$۰/۲ \times ۰/۵ \times ۵ + ۰/۲ \times ۸۰ = m \times ۱ \times ۱۰۰ \Rightarrow ۱۶/۵ = ۱۰۰m \Rightarrow m = ۰/۱۶۵kg \Rightarrow m = ۱۶۵g$$

۱۸ ۱ ۲ **۳** ۴ چون دمای آب بالاتر از یخ است، آب صفر درجهٔ سلسیوس گرما از دست می‌دهد و منجمد می‌شود و یخ با گرفتن گرما دمایش افزایش می‌یابد. چون مقدار آب $^\circ C$ ۰ زیاد است، مقداری آب منجمد می‌گردد و دمای تعادل $^\circ C$ ۰ می‌شود.

$$Q_{\text{آب}} + Q_{\text{یخ}} = ۰ \Rightarrow -m_۱L_F + m_۲c_۲(۰ - (-۲۰)) = ۰$$

$$\Rightarrow ۲۰ \times ۲/۱ \times ۲۰ - m_۱ \times ۳۳۶ = ۰ \Rightarrow m_۲ = ۲/۵g$$

پس از برقراری تعادل گرمایی ۲/۵ گرم از آب استخر منجمد شده و به جرم یخ اضافه می‌شود. پس جرم نهایی یخ $۲۲/۵g = ۲۰ + ۲/۵$ است.

۱۹ ۱ ۲ ۳ **۴**

اندازهٔ گرمایی که یخ صفر درجه می‌گیرد = اندازهٔ گرمایی که آب $۱۰۰^\circ C$ می‌دهد.

(آب $۱۰۰^\circ C$ آب $\rightarrow \theta$) = (آب صفر درجه $\rightarrow$ یخ صفر درجه) (آب $\rightarrow \theta$ آب صفر درجه)

$$mc(۱۰۰ - \theta) = ML_F + Mc(\theta - ۰)$$

$$۰/۱ \times ۴۲۰۰(۱۰۰ - \theta) = ۰/۱ \times ۳۳۶۰۰۰ + ۰/۱ \times ۴۲۰۰(\theta)$$

$$\Rightarrow ۴۲۰۰۰ - ۴۲۰\theta = ۳۳۶۰۰ + ۴۲۰\theta \Rightarrow ۸۴۰۰ = ۸۴۰\theta \Rightarrow \theta = ۱۰^\circ C$$

۲۰ ۱ ۲ ۳ **۴**

$$\text{یخ صفر درجه} \xrightarrow{Q_۱} \text{آب صفر درجه} \xrightarrow{Q_۲} ۱۰^\circ C \text{ آب} \xleftarrow{Q_۳} ۴۰^\circ C \text{ آب}$$

$$L_F = ۳۳۶\frac{kJ}{kg} = ۳۳۶\frac{J}{g}, c = ۴۲۰۰\frac{J}{kg \cdot k} = ۴/۲\frac{J}{gk}$$

$$Q_۱ + Q_۲ = Q_۳$$

$$mL_F + mc(\Delta\theta) = m'c\left(\Delta\theta'\right) \Rightarrow m \times ۳۳۶ + m \times ۴/۲ \times (۱۰ - ۰) = ۶۰۰۰ \times ۴/۲ \times (۴۰ - ۱۰)$$

$$۳۳۶m + ۴۲m = ۶۰۰۰ \times ۳۰ \times ۴/۲ \Rightarrow ۳۷۸m = ۶۰۰۰ \times ۳۰ \times ۴/۲$$

$$\Rightarrow m = \frac{۶۰۰۰ \times ۳۰ \times ۴/۲}{۳۷۸} = ۲۰۰۰g$$

پاسخ‌نامه کلیدی

۱	۱ ۲ ۳ **۴**	۹	۱ ۲ **۳** ۴	۱۷	۱ ۲ **۳** ۴
۲	**۱** ۲ ۳ ۴	۱۰	۱ ۲ **۳** ۴	۱۸	۱ ۲ **۳** ۴
۳	۱ ۲ ۳ **۴**	۱۱	۱ ۲ **۳** ۴	۱۹	۱ ۲ ۳ **۴**
۴	۱ **۲** ۳ ۴	۱۲	۱ ۲ ۳ **۴**	۲۰	۱ ۲ ۳ **۴**
۵	۱ ۲ **۳** ۴	۱۳	۱ **۲** ۳ ۴		
۶	**۱** ۲ ۳ ۴	۱۴	۱ **۲** ۳ ۴		
۷	۱ ۲ ۳ **۴**	۱۵	۱ ۲ ۳ **۴**		
۸	۱ **۲** ۳ ۴	۱۶	۱ ۲ **۳** ۴		