

گزینه ۱

۱

$$2\alpha = 4 \times 10^{-5} \text{ 1/K} \Rightarrow \alpha = 2 \times 10^{-5} \text{ 1/K}$$

$$\Delta(AB) = (AB)\alpha\Delta\theta = \frac{(30 - 20)}{100} \times 2 \times 10^{-5} \times 30 = 0.06 \text{ mm}$$

بنابراین فاصله دو نقطه A و B، ۰/۰۶ mm افزایش می‌یابد.

گزینه ۱

۲

دمای یخ با دریافت گرما از -16°C به 0°C افزایش می‌یابد. این گرما را آب 0°C به یخ می‌دهد بنابراین مقداری از آب یخ می‌زند.

$$\text{یخ } -16^\circ\text{C} \xrightarrow{mc\Delta\theta} 0^\circ\text{C}$$

$$\text{آب } 0^\circ\text{C} \xleftarrow{m'L_F} 0^\circ\text{C}$$

$$mc\Delta\theta + m'L_F = 0$$

$$50 \times 2/1 \times 16 - m' \times 336 = 0 \Rightarrow m' = 5 \text{ g}$$

به‌اندازه ۵ g به یخ درون ظرف اضافه شده است پس:

$$M = 50 + 5 = 55 \text{ g}$$

۷۵٪ جرم یخ ذوب شده و ۲۵٪ آن باقی مانده است. بنابراین یخ در ظرف باقی می ماند و دمای تعادل $^{\circ}\text{C}$ خواهد بود. طرحواره زیر را برای حل ساده تر تست رسم می کنیم.

$$\begin{aligned} & \text{آب } ^{\circ}\text{C} \xrightarrow{Q_v = m'_v L_f} \text{یخ } ^{\circ}\text{C} \xrightarrow{Q_v = m_v c_v \Delta\theta} \text{یخ } ^{\circ}\text{C} - 5 \\ m'_v &= \frac{75}{100} m_v = \frac{75}{100} \times 200 = 150 \text{ g} \\ \text{آلومینیم } ^{\circ}\text{C} &\xrightarrow{Q_1 = m_1 c_1 \Delta\theta} \text{آلومینیم } ^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

حال مجموع گرماهای مبادله شده را برابر صفر قرار می دهیم:

$$\begin{aligned} Q_1 + Q_v + Q'_v &= 0 \Rightarrow m_1 c_1 \Delta\theta_1 + m_v c_v \Delta\theta_v + m'_v L_f = 0 \\ \Rightarrow m_1 c_1 (0 - \theta_1) + m_v c_v (0 - (-5)) + m'_v L_f &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{c_{\text{یخ}} = \frac{1}{2} c_{\text{آلومینیم}}}{L_f = 160 \text{ c}_{\text{یخ}}} &\rightarrow -[0/5 \times \frac{c_{\text{یخ}}}{2} \theta_1] + [0/2 c_{\text{یخ}} \times 5] + [0/15 \times 160 c_{\text{یخ}}] = 0 \\ \Rightarrow 0/25 \theta_1 &= 1 + 24 \Rightarrow \theta_1 = 100^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

با جمع کردن گرماهای مبادله شده برای جسم و آب، گرمای خارج شده از مجموعه را محاسبه می کنیم:

$$\begin{aligned} Q_{\text{خارج شده}} &= Q_{\text{آب}} + Q_{\text{جسم}} = (mc\Delta\theta)_{\text{آب}} + (mc\Delta\theta)_{\text{جسم}} \\ \Rightarrow Q_{\text{خارج شده}} &= 3 \times 4200 \times (40 - 20) + 2 \times 1000(40 - 20) = -68000 \text{ J} \\ \Rightarrow Q_{\text{خارج شده}} &= -68 \text{ KJ} \end{aligned}$$

منفی شدن $Q_{\text{خارج شده}}$ به معنای خارج شدن گرما از مجموعه است.

در قسمت اول نمودار که جسم تحت تأثیر گرمای داده شده، تغییر دما داده است، داریم:

$$Q_1 = mc\Delta\theta \Rightarrow P t_1 = mc\Delta\theta$$

در قسمت دوم نمودار (قسمت افقی) که جسم تحت تأثیر گرمای داده شده، ذوب شده است، داریم:

$$Q_v = mL_f \Rightarrow P t_v = mL_f$$

با تقسیم دو رابطه به دست آمده و توجه به این موضوع که توان گرمایی و نیز جرم جسم ثابت است، داریم:

$$\frac{P t_1}{P t_v} = \frac{mc\Delta\theta}{mL_f} \Rightarrow \frac{t_1}{t_v} = \frac{c\Delta\theta}{L_f} \Rightarrow \frac{80}{200 - 80} = \frac{c \times (250 - 50)}{L_f} \Rightarrow \frac{L_f}{c} = 300$$

با استفاده از رابطه $\Delta A = \gamma \alpha A_1 \Delta T$ داریم:

$$\Delta A = \gamma \alpha A_1 \Delta T \xrightarrow[\Delta T = \Delta \theta = 200^\circ \text{C}]{\Delta A = \frac{\gamma}{100} A_1} \frac{\gamma}{100} A_1 = \gamma \alpha A_1 \times 200$$

$$\Rightarrow \alpha = 0.5 / 10 \times 10^{-6} = 5 \times 10^{-6} \text{ } 1/\text{K}$$

$$Q_1 + Q_2 = 0 \Rightarrow m_1 c_1 (\theta_e + \theta_1) + m_2 c_2 (\theta_e + \theta_2) = 0$$

$$\theta_e = \frac{m_1 \theta_1 + m_2 \theta_2}{m_1 + m_2} \Rightarrow \begin{cases} 50 = \frac{m' \times 10 + m \times \theta}{m' + m} \Rightarrow 10m' + \theta m = 50m' + 50m \\ 40 = \frac{m' \times 10 + 2m \times \theta}{m' + 2m} \Rightarrow 10m' + 2\theta m = 40m' + 10m \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} m(\theta - 50) = -30m' \\ m(2\theta - 10) = -40m' \end{cases} \xrightarrow{\div} \frac{\theta - 50}{2\theta - 10} = \frac{3}{4}$$

$$\Rightarrow 4\theta - 200 = 3\theta - 100 \Rightarrow \theta = 100 \Rightarrow \theta = 20^\circ \text{C}$$

در روزهای گرم نزدیک سطح ساحل گرم‌تر است و باد از دریا به ساحل می‌وزد.

$$\text{آب صفر} \xleftarrow{Q_2} \underbrace{\text{آب و یخ صفر} + \text{یخ صفر}}_{\text{تعادل گرمایی}} \xrightarrow{Q_1} \text{یخ } -1$$

$$Q_1 + Q_2 = 0 \Rightarrow mc\Delta\theta - m'L_F = 0$$

$$m \times \cancel{2100} \times 1 = m' \times \cancel{336000} \Rightarrow \frac{m'}{m} = \frac{1}{20}$$

$$Q_A = Q_B \Rightarrow m_A c_A \Delta\theta_A = m_B c_B \Delta\theta_B \xrightarrow[c_A = \frac{1}{2}c_B]{m_A = m_B} 2\Delta\theta_A = \Delta\theta_B$$

$$\frac{\Delta V_A}{\Delta V_B} = \frac{V_A \times 3\alpha_A \times \Delta\theta_A}{V_B \times 3\alpha_B \times \Delta\theta_B} \begin{cases} V_B = 4V_A \\ 2\alpha_A = \frac{1}{2}2\alpha_B \Rightarrow \alpha_A = \frac{1}{2}\alpha_B \\ 2\Delta\theta_A = \Delta\theta_B \end{cases}$$

$$\frac{\Delta V_A}{\Delta V_B} = \frac{1 \times 1 \times 1}{4 \times 2 \times 2} = \frac{1}{16}$$

توجه: آب C را مساوی با X می گیریم.

$$\frac{10^\circ\text{C گرم } m}{-50^\circ\text{C یخ } 40} \Rightarrow \begin{cases} 10^\circ\text{C آب} \Rightarrow Q_1 = mc\Delta\theta = \underbrace{10mx}_{\text{آزاد می شود}} \\ -50^\circ\text{C یخ} \Rightarrow Q_2 = 40 \times \frac{1}{2}x \times 50 = \underbrace{1000x}_{\text{انرژی می خواهد}} \end{cases}$$

توجه به این نکته خیلی مهم است که دمای تعادل -4°C می باشد، یعنی هیچ آبی به حالت مایع وجود نخواهد داشت. پس در ابتدا، همه m گرم آب، یخ می زند:

$$m \text{ گرم آب یخ می زند: } Q_3 = mL_f \Rightarrow Q_3 = m \times 80x = 80mx$$

مجموع انرژی های آزاد شده از تبدیل آب 10°C به صفر و یخ زدن آن از کل انرژی مورد نیاز برای تبدیل یخ -50°C به یخ صفر درجه کمتر است چون دمای تعادل (-4°C) گفته شده است:

$$Q_1 + Q_3 < Q_2 \Rightarrow 10mx + 80mx < 1000x$$

حال باید ببینیم یخ -50°C با دریافت $90mx$ انرژی به چه دمایی می رسد:

$$Q = mc\Delta\theta \Rightarrow 90mx = 40 \times \frac{1}{2}x \times \Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = 4/5m \Rightarrow \theta_2 - \theta_1 = 4/5m \\ \Rightarrow \theta_2 = 4/5m - 50$$

در نهایت ما m گرم یخ صفر درجه و 40 گرم یخ $(4/5m - 50)^\circ\text{C}$ خواهیم داشت:

$$\theta_e = \frac{m_1 c_1 \theta_1 + m_2 c_2 \theta_2}{m_1 c_1 + m_2 c_2} \xrightarrow{\text{همگی یخ می باشند}} \theta_e = \frac{m_1 \theta_1 + m_2 \theta_2}{m_1 + m_2} \\ \Rightarrow -4 = \frac{m \times 0 + 40(4/5m - 50)}{m + 40} \Rightarrow m = 10 \text{ gr}$$

ابتدا باید ببینیم ۲ kg آب ۵۰°C می‌تواند ۱ kg یخ ۱۰°C- را ذوب کند یا خیر!

$$Q_{\text{آب}} = m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} \Delta\theta_{\text{آب}} = 2 \times 4200(0 - 50) = 420 \times 10^3 \text{ J}$$

$$Q_{\text{یخ}} = m_{\text{یخ}} c_{\text{یخ}} \Delta\theta_{\text{یخ}} + m_{\text{یخ}} L_F$$

$$\Rightarrow Q_{\text{یخ}} = 1 \times 2100 \times (0 - (-10)) + 1 \times 336 \times 10^3 = 357 \times 10^3 \text{ J}$$

چون $Q_{\text{آب}} > Q_{\text{یخ}}$ است پس یخ علاوه بر آنکه ذوب می‌شود، دمای آن نیز بالا می‌رود.

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

$$\Rightarrow m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} \Delta\theta_{\text{آب}} + m_{\text{یخ}} c_{\text{یخ}} \Delta\theta_{\text{یخ}} + m_{\text{یخ}} L_F + m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} \Delta\theta = 0$$

$$\Rightarrow 2 \times 4200 \times (\theta - 50) + 1 \times 2100 \times (0 - (-10)) + 1 \times 336 \times 10^3 + 1 \times 4200 \times (\theta - 0) = 0$$

$$\Rightarrow 8400\theta - 420 \times 10^3 + 21 \times 10^3 + 336 \times 10^3 + 4200\theta = 0$$

$$\Rightarrow 12600\theta = 63 \times 10^3 \Rightarrow \theta = 5^\circ\text{C}$$

اگر دمای مجموعه لیوان و آب از ۳۰°C به صفر درجه سلسیوس برسد، نسبت به حالتی که دمای آن از ۳۰°C به ۱۰°C رسیده است، $\frac{3}{4}$ برابر گرما از دست می‌دهد؛ بنابراین در حالتی که می‌خواهیم یخ دمای آب را به صفر درجه سلسیوس برساند، نسبت به حالتی که یخ دمای آب را به ۱۰°C رسانده است، یخ گرمایی $\frac{3}{4}$ برابر دریافت می‌کند. گرمای ویژه آب را c ، گرمای نهان ذوب یخ را L_F ، جرم اولیه یخ را m و جرم یخ موردنظر را m' می‌نامیم. همچنین ظرفیت گرمایی مجموعه لیوان و آب درون آن را C_0 در نظر می‌گیریم. داریم:

$$\begin{cases} mL_F + mc(10 - 0) + C_0(10 - 30) = 0 \Rightarrow m = \frac{20C_0}{L_F + 10c} \\ m'L_F + C_0(0 - 30) = 0 \Rightarrow m' = \frac{30C_0}{L_F} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{m'}{m} = \frac{3(L_F + 10c)}{2L_F} \xrightarrow{L_F = 80c} \frac{m'}{m} = \frac{3 \times 90c}{2 \times 80c} = \frac{27}{16}$$

می‌دانیم که معمولاً افزایش فشار وارد بر جسم سبب بالا رفتن نقطه ذوب جسم می‌شود اما در برخی موارد مانند یخ، افزایش فشار به کاهش نقطه ذوب می‌انجامد.

برای آشکارسازی تابش‌های فروسرخ از دمانگار استفاده می‌شود.

هر جسم در هر دمایی تابش الکترومغناطیسی گسیل می‌کند. به این نوع تابش، تابش گرمایی می‌گویند. تابش گرمایی در دماهای زیر حدود 500°C عمدتاً به صورت تابش فروسرخ است که نامرئی است.

رسانش گرمایی در اجسامی مانند شیشه، چوب و ... به دلیل ارتعاش اتم‌ها و گسترش این ارتعاش‌ها در طول آن‌ها است. به جهت نبود الکترون‌های آزاد، این اجسام، رساناهای گرمایی خوبی نیستند. اما در فلزات افزون بر ارتعاش‌های اتمی، الکترون‌های آزاد نیز در انتقال گرما نقش دارند. بنابراین، در رساناهای فلزی سهم الکترون‌های آزاد در رسانش گرما بیشتر از اتم‌ها است. انتقال گرما در مایعات و گازها که معمولاً رساناهای گرمایی خوبی نیستند عمدتاً به روش همرفت، یعنی همراه با جابجایی بخشی از خود ماده، انجام می‌گیرد. این پدیده بر اثر کاهش چگالی شاره با افزایش دما صورت می‌گیرد.

$$m \times (80 \times c_{\text{آب}}) + m \times c_{\text{آب}} \times 12 = M \times c_{\text{آب}} \times (16 - 12)$$

$$\Rightarrow 92m = 4M \Rightarrow \frac{M}{m} = \frac{92}{4} = 23$$

$$m \times (80 \times c_{\text{آب}}) + m \times c_{\text{آب}} \times \theta = M \times c_{\text{آب}} \times (12 - \theta)$$

$$\Rightarrow m \times 80 + m \times \theta = 12M - M \times \theta$$

$$\Rightarrow \theta = \frac{12 \overbrace{M}^{23m} - 80m}{m + \underbrace{M}_{23m}} = \frac{(12 \times 23 - 80)m}{24m} = \frac{4(69 - 20)}{4 \times 6} = \frac{49}{6} > 8$$

نکته: چون عموماً مایعات بیشتر از جامدات منبسط می‌شوند، پس اگر ظرفی پر از مایع را گرم کنیم، معمولاً مایع از آن بیرون می‌ریزد که حجم مایع بیرون ریخته شده برابر است با تفاضل تغییر حجم واقعی مایع از تغییر حجم ظرف جامد.

$$V = \Delta V_{\text{مایع}} - \Delta V_{\text{ظرف}} = V_1 \beta \Delta T - V_1 \alpha \Delta T$$

$$= V_1 (\underbrace{\beta}_{\text{ضریب انبساط حجمی مایع}} - \underbrace{\alpha}_{\text{ضریب انبساط طولی ظرف}}) \Delta T$$

چون در این سؤال حجم مایع بیرون ریخته صفر است، داریم:

$$\beta - \alpha = 0 \Rightarrow \beta = \alpha \Rightarrow 6 \times 10^{-6} = \alpha \Rightarrow \alpha = 2 \times 10^{-6} \text{ } 1/\text{K}$$

$$\Delta T = \Delta \theta = \frac{5}{9} \Delta F = \frac{5}{9} \times 90 = 50^{\circ}\text{C}$$

$$\Rightarrow \text{درصد تغییر سطح ظرف} = \frac{\Delta A}{A_1} = \alpha \Delta T = 2 \times 2 \times 10^{-6} \times 50 = 0.02 = 0.2\%$$

با جمع کردن گرماهای مبادله شده برای جسم و آب، گرمای خارج شده از مجموعه را محاسبه می‌کنیم:

$$Q_{\text{خارج شده}} = Q_{\text{آب}} + Q_{\text{جسم}} = (mc\Delta\theta)_{\text{آب}} + (mc\Delta\theta)_{\text{جسم}}$$

$$\Rightarrow Q_{\text{خارج شده}} = 3 \times 4200 \times (40 - 20) + 2 \times 1000(40 - 200)$$

$$\Rightarrow Q_{\text{خارج شده}} = 252000 - 320000 = -68000 \text{ J} = -68 \text{ KJ}$$

منفی شدن خارج شده Q به معنای خارج شدن گرما از مجموعه است.

ابتدا مساحت اولیه حفره را حساب می‌کنیم:

$$A_1 = \pi r^2 = 3 \times (12)^2 = 432 \text{ cm}^2$$

با افزایش دما، مساحت حفره هم افزایش پیدا می‌کند. بنابراین:

$$\Delta F = \frac{9}{5} \Delta \theta \Rightarrow 360 = \frac{9}{5} \times \Delta \theta \Rightarrow \Delta \theta = 200^\circ \text{C}$$

$$\Rightarrow A_2 = A_1(1 + 2\alpha\Delta\theta) = 432 \times (1 + (2 \times 2/5 \times 10^{-5} \times 200))$$

$$= 423 \times (1 + 0.01) = 432 + 4/32 = 436/32 \text{ cm}^2$$

$$\Delta F = \frac{9}{5} \Delta T \Rightarrow \Delta F = \frac{9}{5} \times 45 = 81^\circ \text{F}$$

همه موارد ذکر شده صحیح هستند.

مطابق آزمایش ژول:

$$m_{\text{آب}} c \Delta\theta = m_{\text{جسم}} gh \Rightarrow 0.5 \times 4000 \times \Delta\theta = 5 \times 10 \times 2 \Rightarrow \Delta\theta = \frac{1}{20} = 0.05$$

با استفاده از رابطه $\Delta T = V_1(\beta_{\text{مایع}} - 3\alpha_{\text{ظرف}})\Delta T$ داریم (دقت کنید که با توجه به پُر بودن ظرف قبل از افزایش دما، ظاهری مایع ΔV همان حجمی از مایع است که از ظرف سرریز می‌شود):

$$\text{حجم مایع سرریز شده} = \Delta V_{\text{ظاهری مایع}} = (200 \text{ cm}^3)(49 \times 10^{-5} - 3 \times 9 \times 10^{-6}) \times (60 - 20)$$

$$\Rightarrow \text{حجم مایع سرریز شده} = 200 \times 46/3 \times 10^{-5} \times 40 = 3/7 \text{ cm}^3$$

استخر آب خیلی بزرگ است دمای تعادل با دمای استخر برابر است یعنی صفر درجهٔ سلسیوس، پس با انداختن یخ، با دمای زیر صفر، درون آب با دمای صفر، مقداری از آب یخ می‌زند.

$$m_{\text{یخ}} \Delta\theta_{\text{یخ}} = m' L_f \Rightarrow 320 \times 0/5 \times 4200 \times 30 = m' \times 320 \times 10^3 \Rightarrow m' = 63 \text{ g}$$

یعنی ۶۳ گرم به جرم یخ اضافه می‌شود.

اساس کار دماسنج‌های حیوهای و الکلی "وابستگی حجم مایع به دمای آن" است.

با توجه به نمودار برای تبخیر ۴ kg مایع در نقطهٔ جوش ۱۲۰۰ kJ = ۶۰۰ - ۱۸۰۰ گرم لازم است. وقتی ۹۰۰ kJ گرما به مایع داده شود ۶۰۰ کیلوژول آن، مایع را به نقطهٔ جوش می‌رساند و ۳۰۰ کیلوژول صرف تبخیر می‌شود.

$$\left. \begin{aligned} Q_{\text{تبخیر}} &= 900 - 600 = 300 \text{ kJ} \\ 1200 \text{ kJ} &= 4 L_V \Rightarrow L_V = 300 \text{ kJ/kg} \end{aligned} \right\} \xrightarrow{Q_v = m l_v} 300 \text{ kJ} = m \times 300$$

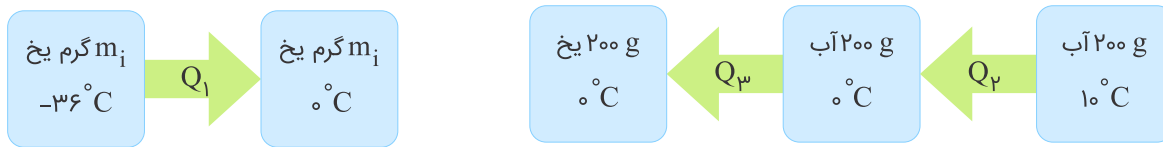
$$\Rightarrow m = 1 \text{ kg} \Rightarrow \text{جرم مایع باقیمانده} = 4 - 1 = 3 \text{ kg}$$

$$Q_{\text{کل}} = pt = 3000 \times 10 \times 60 = 18 \times 10^5 \text{ J}$$

$$Q = mL_F = 4/5 \times 320 \times 10^3 = 14/4 \times 10^5 \text{ J} \Rightarrow \frac{14/4 \times 10^5}{18 \times 10^5} \times 100 = 80\%$$

موارد "د" و "هـ" نادرست است. در انتقال گرما از طریق همرفت نیاز به محیط مادی داریم (در انتقال گرما به روش تابش نیاز به محیط مادی نداریم) و اجسام تیره جذب و بازتابش قوی‌تری نسبت به مواد دیگر دارند.

حداکثر جرم یخ مربوط به وضعیتی است که تمام آب موجود در ظرف یخ بزند ولی دمایش از صفر کمتر نشود. بنابراین باتوجه به طرح واژه زیر داریم:



$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0 \Rightarrow m_i c_i \Delta\theta_i + m_w c_w \Delta\theta_w + (-m_w \ell_F) = 0$$

$$\Rightarrow (m_i \times \cancel{2/1000} \times 36) + (200 \times \cancel{4/1000} \times (-10)) + (-200 \times \cancel{336/1000}) = 0$$

$$\Rightarrow 18m_i - 2000 - 16000 = 0 \Rightarrow m_i = 1000 \text{ g}$$

اطلاعات مربوط به یخ با زیروند x و اطلاعات مربوط به بخارآب با زیروند y نمایش داده می‌شود:

$$m_x + m_y = 340 \quad (1)$$

$$m_x L_f = m_y L_v \xrightarrow{L_v = \gamma / \omega L_f} m_x L_f = m_y (\gamma / \omega L_f) \Rightarrow m_x = \gamma / \omega m_y \quad (2)$$

$$\xrightarrow{(2), (1)} \gamma / \omega m_y + m_y = 340 \Rightarrow \begin{cases} m_y = 40 \text{ gr (بخارآب)} \\ m_x = 300 \text{ gr (یخ زده)} \end{cases}$$