



1

گام اول

(الف) ظرف A به حجم ۲ لیتر حاوی گاز اکسیژن با دمای 47°C و فشار ۴ اتمسفر $\leftarrow P_1 = 4\text{atm}$, $T_1 = 273 + 47 = 320\text{K}$, $V_1 = V_A = 2\text{lit}$

$V_B = 5 \text{ lit} \leftarrow \text{ظرف B به حجم 5 لیتر}$

(ج) اگر دمای گاز در ظرف‌ها به ۷ درجه سلسیوس برسد ← $T_2 = 273 + 7 = 280\text{K}$

د) فشار گاز چند اتمسفر می‌شود؟ $P_2 = ? \text{ atm}$

گام دوم

با باز شدن شیر رابط، گاز اکسیژن تمام حجم ظرف را اشغال می‌کند. با ثابت باقی ماندن تعداد ذرات ($n_1 = n_2$) و اینکه حجم ثانویه برابر $V_{lit} = 2 + 5 = 7$ است، داریم:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \rightarrow \frac{P_1 \times V_1}{T_1} = \frac{P_2 \times V_2}{T_2} \rightarrow P_2 = 1 \text{ atm}$$

گام اول

الف) حجم جسم A، دو برابر حجم جسم B است $\leftarrow V_A = 2V_B$

(ب) چگالی آن $\rho_A = 0.8 \rho_B$ ← چگالی جسم B است

ج) گرمای ویژه A، نصف گرمای ویژه B است ← $c_A = \frac{1}{2} c_B$

(د) به هر دو یک اندازه گرما بدهیم $Q_A = Q_B \leftarrow$

ه) افزایش دمای جسم A، چندبرابر افزایش دمای جسم B می‌شود؟ $\frac{\Delta\theta_A}{\Delta\theta_B} = ?$

گام دوم

باتوجه به روابط $\rho = \frac{m}{V}$ و $Q = mc\Delta\theta$ داریم:

$$Q_A = Q_B \Rightarrow m_A c_A \Delta\theta_A = m_B c_B \Delta\theta_B \Rightarrow \frac{\Delta\theta_A}{\Delta\theta_B} = \frac{m_B c_B}{m_A c_A}$$

$$\xrightarrow{m=\rho V} \frac{\Delta\theta_A}{\Delta\theta_B} = \frac{\rho_B V_B c_B}{\rho_A V_A c_A} = \frac{\rho_B \times V_B \times c_B}{\rho_A \times V_A \times c_A} = \frac{1}{\rho_A \times V_A \times c_A} = \frac{\Delta}{\rho_A \times V_A \times c_A}$$

یخ صفر \rightarrow یخ -10°

$$Q = mc\Delta\theta = 0.01 \times 4186 \times 10 = 418.6 \text{ J}$$

$$\frac{1s}{t_1} \frac{210J}{4200J} \Rightarrow t_1 = \frac{4200}{210} = 20s \Rightarrow \text{رد گزینه های ۱ و ۲}$$

آب صفر \rightarrow یخ صفر

$$Q = mL_F = 0.7 \times 336000 = 235200 \text{ J}$$

$$\frac{1s}{t_r} \frac{210J}{67200J} \Rightarrow t_r = \frac{67200}{210} = 320s$$

$$\Rightarrow t = t_1 + t_2 = 20 + 320 = 340 \text{ s} \Rightarrow 3 \text{ گزینۀ ۳}$$

گام اول

الف) یک شمش آلومینیم به حجم $۲۰۰\text{cm}^۳$ و چگالی $۲/۷\text{g/cm}^۳$ را که دمایش ۱۰۰°C است. $\leftarrow \theta_۱ = ۱۰۰^{\circ}\text{C}$, $\rho_{Al} = ۲/۷\text{g/cm}^۳$, $V_{Al} = ۲۰۰\text{cm}^۳$
 ب) $۵۴۰\text{cm}^۳$ آب $۲۰^{\circ}\text{C} \leftarrow \theta_۲ = ۲۰^{\circ}\text{C}$, $V'_W = ۵۴۰\text{cm}^۳$
 ج) پس از برقراری تعادل حرارتی \leftarrow آب و آلومینیم هم‌دما می‌شوند ($\theta'_۱ = \theta'_۲ = \theta_e$)
 د) دمای آب تقریباً به چند درجهٔ سلسیوس می‌رسد؟ $\leftarrow \theta'_۲ (= \theta_e) = ?$

گام دوم

با استفاده از رابطهٔ $m = \rho V$ و پایستگی انرژی بین آب و شمش آلومینیم دمای نهایی آن‌ها را به دست می‌آوریم.

$$\left(\begin{array}{l} c_{Al} = ۰/۹\text{J/g}\cdot\text{K} = ۰/۹\text{J/g}\cdot^{\circ}\text{C} \\ c_W = ۴/۲\text{J/g}\cdot\text{K} = ۴/۲\text{J/g}\cdot^{\circ}\text{C} \\ \rho_W = ۱\text{g/cm}^۳ \end{array} \right)$$

$$\begin{aligned} Q_{Al} + Q_W &= ۰ \Rightarrow m_{Al}c_{Al}\Delta\theta_{Al} + m_Wc_W\Delta\theta_W = ۰ \\ \Rightarrow \rho_{Al}V_{Al}c_{Al}(\theta_e - ۱۰۰) + ۱ \times ۵۴۰ \times ۴/۲(\theta_e - ۲۰) &= ۰ \\ \Rightarrow ۲/۷ \times ۲۰۰ \times ۰/۹ \times (\theta_e - ۱۰۰) + ۲۲۶۸ \times (\theta_e - ۲۰) &= ۰ \\ \Rightarrow ۲۷۵۴\theta_e &= (۴۸۶۰۰ + ۴۵۳۶۰) \Rightarrow \theta_e \simeq ۳۴^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

گزینه ۳

گام اول

الف) یک سر میلهٔ آلومینیمی به قطر مقطع ۴cm و طول $۱۸\text{cm} \leftarrow m = ۲ \times ۱۰^{-۲}\text{m}$, $R = \frac{D}{۲} = \frac{۴}{۲} = ۲\text{cm}$, $L = ۱۸\text{cm} = ۰/۱۸\text{m}$
 ب) روی یک قالب یخ صفر درجهٔ سلسیوس به جرم ۱۰۰ گرم قرار دارد.

$$\theta_۱ = ۰^{\circ}\text{C} , m = ۱۰۰\text{g} = ۰/۱\text{kg} \leftarrow$$

ج) سر دیگر میله درون آب با دمای ثابت ۱۰۰°C است. $\leftarrow \theta_۲ = ۱۰۰^{\circ}\text{C}$

د) چند ثانیه طول می‌کشد تا یخ کاملاً ذوب شود؟ $\leftarrow t = ?$

گام دوم

ابتدا مقدار گرمایی را که برای ذوب یخ ۱۰۰ گرمی موردنیاز است محاسبه می‌کنیم.

$$Q = mL_F \xrightarrow{L_F = ۳۳۶\text{kJ/kg}} Q = ۰/۱ \times ۳۳۶ = ۳۳/۶\text{kJ}$$

حال با استفاده از آهنگ رسانش گرمایی می‌توانیم مدت‌زمان ذوب یخ را به دست بیاوریم.

$$Q = \frac{kAt\Delta\theta}{L} \Rightarrow t = \frac{QL}{k\pi R^۲\Delta\theta} \xrightarrow{k = ۲۴۰\text{W/m}\cdot\text{K}} t = \frac{۳۳۶۰۰ \times ۰/۱۸}{۲۴۰ \times ۱۲ \times ۱۰^{-۴} \times ۱۰۰} = \frac{۶۰۴۸}{۲۸/۸} = ۲۱۰\text{s}$$

گزینه ۱

$$V_{H_v} + V_{He} = ۴۰ \times ۱۰^{-۳}\text{m}^۳$$

$$\frac{n_{H_v}RT_{H_v}}{P_{H_v}} + \frac{n_{He}RT_{He}}{P_{He}} = ۴۰ \times ۱۰^{-۳} \Rightarrow \frac{\lambda \times ۴۰۰}{۲ \times ۱۰^{\Delta}}(n_{H_v} + n_{He}) = ۴ \times ۱۰^{-۲}$$

$$\Rightarrow n_{H_v} + n_{He} = ۲/۵\text{mol} \Rightarrow \frac{m_{H_v}}{M_{H_v}} + \frac{m_{He}}{M_{He}} = ۲/۵$$

$$\Rightarrow \frac{m_{H_v}}{۲} + \frac{m_{He}}{۴} = ۲/۵ \Rightarrow ۲m_{H_v} + m_{He} = ۱۰\text{g}$$

$$\left. \begin{array}{l} m_{H_v} + m_{He} = ۸\text{g} \\ ۲m_{H_v} + m_{He} = ۱۰\text{g} \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} m_{H_v} = ۲\text{g} \\ m_{He} = ۶\text{g} \end{array} \right. \Rightarrow \frac{m_{H_v}}{m_{He}} = \frac{۲}{۶} = \frac{۱}{۳}$$

طبق صورت سؤال :

گزینه ۴

برای اینکه این دو میله به هم برسند کافی است مجموع افزایش طول آن‌ها برابر $۰/۴\text{cm} = (۵۰ + ۵۰)\text{cm} - ۱۰۰/۴\text{cm}$ شود:

$$\Delta L_{Cu} + \Delta L_{Al} = ۱۰۰/۴ - (۵۰ + ۵۰) = ۰/۴\text{cm}$$

$$\Rightarrow L_{Cu}\alpha_{Cu}\Delta\theta + L_{Al}\alpha_{Al}\Delta\theta = ۰/۴$$

$$\Rightarrow ۵۰\Delta\theta(۱/۷ \times ۱۰^{-۵} + ۲/۳ \times ۱۰^{-۵}) = ۰/۴ \Rightarrow \Delta\theta = ۲۰۰^{\circ}\text{C}$$

الف) یک میلهٔ فلزی استوانه‌ای شکل به طول یک متر و سطح مقطع ۴ سانتی‌متر مربع ← $L = 1\text{m}$, $A = 4\text{cm}^2 = 4 \times 10^{-4}\text{m}^2$
 ب) میله را از یک‌طرف درون آب در حال جوش 100°C و از طرف دیگر در 30°C گرم یخ صفر درجهٔ سلسیوس قرار می‌دهیم. ← $m = 0/03\text{kg}$, $\Delta\theta = 100^\circ\text{C}$
 ج) پس از ۶۰ دقیقه تمام یخ ذوب شده و به آب صفر درجهٔ سلسیوس تبدیل می‌شود. ← $t = 60\text{min}$
 د) رسانندگی گرمایی این فلز در SI کدام است؟ ← $k = ?$

با محاسبهٔ مقدار گرمایی که سبب ذوب شدن یخ شده است و استفاده از رابطهٔ رسانش گرمایی می‌توانیم رسانندگی گرمایی میله را به دست بیاوریم.

$$Q = mL_F \xrightarrow{L_F = 336000\text{J/kg}} Q = 0/03 \times 336000 = 100800\text{J}$$

$$Q = k \frac{A\Delta\theta t}{L} \Rightarrow 100800 = k \times \frac{4 \times 10^{-4} \times 100 \times 3600}{1} \Rightarrow k = 70\text{J/s.m.K}$$

الف) مساحت دریاچه‌ای $500\text{km}^2 \leftarrow A = 500\text{km}^2$
 ب) لایه‌ای از یخ صفر درجهٔ سلسیوس به ضخامت متوسط 10cm سطح دریاچه را پوشانده ← $h = 10\text{cm}$

ابتدا حجم یخ صفر درجهٔ سلسیوس را محاسبه می‌کنیم تا با استفاده از رابطهٔ $m = \rho V$ جرم آن به دست آید.

$$V = Ah = 5 \times 10^8 \times \frac{1}{10} = 5 \times 10^7\text{m}^3$$

$$m = \rho V \xrightarrow{\rho = 0/9\text{g/cm}^3 = 900\text{kg/m}^3} 900 = \frac{m}{5 \times 10^7} \Rightarrow m = 45 \times 10^9\text{kg}$$

حال مقدار انرژی برای ذوب یخ را به دست می‌آوریم.

$$Q = mL_F \xrightarrow{L_F = 336\text{KJ/kg}} Q = 45 \times 10^9 \times 336$$

$$= 1512 \times 10^{10}\text{kJ} = 1512 \times 10^{13}\text{J} = 1512 \times 10^7\text{MJ} = 1/512 \times 10^{10}\text{MJ}$$

تغییر دما در یک میله به‌صورت خطی تغییر می‌کند. بنابراین:

$$\frac{L_1}{L} = \frac{100 - \theta_M}{100 - 0} \Rightarrow \frac{L_1}{L} = \frac{100 - 30}{100} = 0/7$$

الف) هم‌زمان با افزایش حجم مقدار معینی گاز کامل ← $V_2 > V_1$

ب) فشار آن کم می‌شود. ← $P_2 < P_1$

ج) دمای گاز چگونه تغییر می‌کند؟ ← $\frac{T_2}{T_1} = ?$

با استفاده از قانون گاز کامل داریم:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{P_1 V_1} = \frac{P_2}{P_1} \times \frac{V_2}{V_1}$$

همان‌طور که از رابطهٔ بالا مشخص است، نمی‌توان نظر قطعی در مورد تغییرات دمای گاز داد، زیرا $1 < \frac{P_2}{P_1}$ و $\frac{V_2}{V_1} > 1$ است. پس دما می‌تواند افزایش، کاهش و حتی ثابت بماند.

اما اگر هر دو نسبت $\frac{V_2}{V_1}$ و $\frac{P_2}{P_1}$ بزرگ‌تر (کوچک‌تر) از یک بودند می‌توانستیم بگوییم دما الزاماً افزایش (کاهش) یافته است.

در این گونه سؤالات باید مشخص کنیم برای یخ چه اتفاقی می‌افتد:

گرمای داده‌شده به یخ : $Q = 1/05 \times 12 = 12/6 \text{ kJ}$

گرمای لازم برای رسیدن یخ به صفر درجه : $Q_1 = mc\Delta T = 0/2 \times 2/1 \times 10 = 4/2 \text{ kJ}$

گرمای لازم برای ذوب یخ : $Q_2 = mL_F = 0/2 \times 336 = 67/2 \text{ kJ}$

$$\Rightarrow Q_1 < Q < Q_1 + Q_2$$

یخ به صفر درجه می‌رسد ولی تمام یخ ذوب نمی‌شود. حالت نهایی آب و یخ صفر درجه است.

باتوجه به رابطه آهنگ رسانش گرمایی داریم:

$$\begin{aligned} H_2 &= H_1 \Rightarrow k_2 \frac{A(\theta_H - \theta_c)}{L_2} = k_1 \frac{A(\theta_c - \theta_e)}{L_1} \\ \Rightarrow \lambda_0 \times \frac{(100 - 25)}{L_2} &= 400 \times \frac{(25 - 0)}{0/2} \Rightarrow \frac{3}{L_2} = 25 \\ \Rightarrow L_2 &= 0/12 \text{ m} = 12 \text{ cm} \end{aligned}$$

گام اول

الف) ۱۰۰ گرم آب صفر درجهٔ سلسیوس ۱۶۸۰ ژول گرما دهیم. $\leftarrow Q = 1680 \text{ J}$, $\theta_1 = 0^\circ \text{C}$, $m = 100 \text{ g} = 0/1 \text{ kg}$
ب) حجم آب چه تغییری می‌کند؟ $\leftarrow \Delta V = ?$

گام دوم

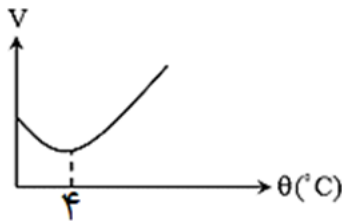
می‌دانیم حجم آب از 0°C تا 4°C کاهش می‌یابد و پس‌از آن افزایش می‌یابد.

ابتدا باید دمای نهایی آب را محاسبه کنیم.

$$Q = mc\Delta\theta \xrightarrow{c=4200 \text{ J/kg}^\circ \text{C}} 1680 = 0/1 \times 4200 \times \Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = 4^\circ \text{C}$$

بنابراین با دادن ۱۶۸۰ ژول گرما، دمای آب از صفر درجهٔ سانتی‌گراد تا ۴ درجهٔ سانتی‌گراد تغییر کرده است.

باتوجه به نمودار حجم- دما، حجم آب در این بازهٔ دمایی کاهش می‌یابد.



از رابطهٔ توان داریم $P = \frac{Q}{t}$ ؛ لذا

$$Q_1 = P \cdot t = ۳۰۰ \times ۲۴ \text{ (J)}$$

این درواقع گرما یا انرژی ورودی است.

ازطرفی گرمایی که لازم است تا دمای ۶ گرم مایع با گرمای ویژهٔ ۱۵۰۰ J/kg.K را از ۳۰°C به ۵۰°C برساند عبارت است از:

$$Q_۲ = mc\Delta\theta = ۰/۰۶ \times ۱۵۰۰ (۵۰ - ۳۰) = ۱۸۰۰۰ \text{ J}$$

که گرمای مفید یا انرژی مفید داده‌شده به مایع است.

با استفاده از تعریف بازده داریم:

$$\eta = \frac{Q_۲}{Q_1} = \frac{۱۸۰۰۰}{۳۰۰ \times ۲۴} = ۰/۲۵ \Rightarrow \text{درصد بازده} = ۲۵\%$$

پس ۲۵% گرمای تولیدی به مایع رسیده است.

گام اول

الف) $۲۰۰ \text{ گرم آب } ۲۲/۵ \text{ درجهٔ سلسیوس} \leftarrow \theta_1 = ۲۲/۵^\circ\text{C}$, $m_1 = ۲۰۰\text{g} = ۰/۲\text{kg}$

ب) $۱۵۰ \text{ گرم آب } ۴۰ \text{ درجهٔ سلسیوس} \leftarrow \theta_۲ = ۴۰^\circ\text{C}$, $m_۲ = ۱۵۰\text{g} = ۰/۱۵\text{kg}$

ج) پس از برقراری تعادل دمای آب به چند درجهٔ سلسیوس می‌رسد؟ $\leftarrow \theta'_۱ = \theta'_۲ = \theta_e = ?$

گام دوم

کافی است از رابطهٔ تعادل گرمایی استفاده کنیم:

$$\begin{aligned} Q_1 + Q_۲ &= ۰ \Rightarrow m_1c_1(\theta_e - \theta_1) + m_۲c_۲(\theta_e - \theta_۲) = ۰ \\ \xrightarrow{c_1=c_۲} ۰/۲ \times (\theta_e - ۲۲/۵) &= -۰/۱۵ \times (\theta_e - ۴۰) \\ \Rightarrow ۰/۲\theta_e + ۰/۱۵\theta_e &= ۴/۵ + ۶ \\ \Rightarrow ۰/۳۵\theta_e = ۱۰/۵ \Rightarrow \theta_e &= ۳۰^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$P \Delta V = nR\Delta T$$

$$۱/۵ \times ۱۰^۵ \times ۴ \times ۱۰^{-۳} = ۳ \times ۸ \times \Delta T \Rightarrow \Delta T = ۲۵ \text{ K}$$

گام اول

الف) ظرفی مسی حاوی آب جوش ۱۰۰°C است. $\leftarrow \theta_1 = ۱۰۰^\circ\text{C}$

ب) مساحت کف ظرف $۵۰۰\text{cm}^۲$ و ضخامت آن ۵mm است. $\leftarrow L = ۵\text{mm} = ۵ \times ۱۰^{-۳}\text{m}$, $A = ۵۰۰\text{cm}^۲ = ۵۰۰ \times ۱۰^{-۶}\text{m}^۲$

ج) اگر صفحهٔ داغ در هر ثانیه ۲۰۰۰ ژول گرما به کف ظرف بدهد. $\leftarrow t = ۱\text{s}$, $Q = ۲۰۰۰\text{J}$

د) دمای سطح بالایی صفحهٔ داغ که در تماس با ظرف است پس از ۱ ثانیه چند درجهٔ سلسیوس است؟ $\leftarrow \theta_۲ = ?$, $t = ۱\text{s}$

گام دوم

از رابطهٔ آهنگ رسانش گرمایی استفاده می‌کنیم تا تغییرات دما را به دست بیاوریم.

$$\frac{Q}{t} = \frac{kA\Delta\theta}{L} \Rightarrow \Delta\theta = \frac{QL}{kAt} \xrightarrow{k=۴۰۰\text{J/s.m.K}} \Delta\theta = \frac{۲۰۰۰ \times ۵ \times ۱۰^{-۳}}{۴۰۰ \times ۵۰۰ \times ۱۰^{-۶} \times ۱} = ۰/۵^\circ\text{C}$$

بنابراین $\theta_۲$ برابر است با:

$$\Delta\theta = \theta_۲ - \theta_1 \xrightarrow[\theta_1=۱۰۰^\circ\text{C}]{\Delta\theta=۰/۵^\circ\text{C}} ۰/۵ = \theta_۲ - ۱۰۰ \Rightarrow \theta_۲ = ۱۰۰/۵^\circ\text{C}$$

گام اول

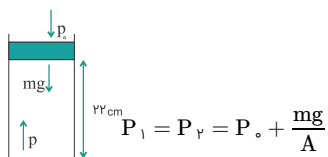
الف) گاز کاملی با دمای ۵۷°C محبوس است. $\leftarrow T_1 = ۵۷ + ۲۷۳ = ۳۳۰\text{K}$

ب) دمای گاز را به تدریج به ۲۷°C می‌رسانیم. $\leftarrow T_2 = ۲۷ + ۲۷۳ = ۳۰۰\text{K}$

ج) پیستون چند سانتی‌متر جابه‌جا می‌شود؟ $\leftarrow |h_1 - h_2| = ?$

گام دوم

فشار زیر پیستون ثابت باقی می‌ماند و برابر است با:



در فشار ثابت نسبت $\frac{V}{T}$ برای گازهای کامل ثابت است؛ بنابراین برای دو حالت گاز داریم:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \xrightarrow{V_1 = Ah_1 = A \times ۲۲, V_2 = Ah_2} \frac{A \times ۲۲}{۳۳۰} = \frac{A \times h_2}{۳۰۰} \Rightarrow h_2 = ۲۰\text{cm}$$

پس جابه‌جایی پیستون برابر است با:

$$|h_1 - h_2| = |۲۲ - ۲۰| = ۲\text{cm}$$

گام اول

الف) جرمی به جرم $۲\text{kg} \leftarrow m = ۲\text{kg}$

ب) بدون تغییر حالت ۴۰kJ گرما از دست می‌دهد. $\leftarrow Q = -۴۰\text{kJ}$

ج) اگر دمای اولیهٔ جسم ۵۰°C باشد، دمای ثانویه‌اش چند درجهٔ سلسیوس است؟ $\leftarrow \theta_2 = ?$, $\theta_1 = ۵۰^{\circ}\text{C}$

گام دوم

باتوجه به رابطهٔ $Q = mc\Delta\theta$, θ_2 را به دست می‌آوریم.

$$Q = mc\Delta\theta \xrightarrow{c=۴۰۰\text{J/kg}^{\circ}\text{C}} -۴۰ \times ۱۰^۳ = ۲ \times ۴۰۰ \times (\theta_2 - ۵۰)$$

$$\Rightarrow -۵۰ = \theta_2 - ۵۰ \Rightarrow \theta_2 = ۰^{\circ}\text{C}$$

گام اول

چند کیلوژول گرما لازم است تا ۲۰۰ گرم یخ (-۵) درجهٔ سلسیوس به آب ۵۰ درجهٔ سلسیوس تبدیل شود $\leftarrow Q = ?$ (kJ), $m = ۲۰۰\text{g} = ۰/۲\text{kg}$

(آب $۵۰ \rightarrow$ آب صفر \rightarrow یخ صفر \rightarrow یخ -۵)

گام دوم

باتوجه به اینکه یخ، طی سه مرحله باید گرما بگیرد تا به آب ۵۰ درجهٔ سلسیوس تبدیل شود، داریم:

$$Q = mc_{\text{یخ}}\Delta\theta + mL_F + mc_{\text{آب}}\Delta\theta$$

$$= ۰/۲ (۲۱۰۰ \times ۵ + ۳۳۵۰۰۰ + ۴۲۰۰ \times ۵۰)$$

$$= ۲۱۰۰ + ۶۷۰۰۰ + ۴۲۰۰۰ = ۱۱۱۱۰۰\text{J} = ۱۱۱/۱\text{kJ}$$

گام اول

یک کیلوگرم یخ -۱۰ درجهٔ سلسیوس را به آب تبدیل می‌کند. $\leftarrow \theta_۲ = ۰^{\circ}\text{C}$, $\theta_۱ = -۱۰^{\circ}\text{C}$, $m_{\text{یخ}} = ۱\text{ kg}$

گام دوم

برای درک مسئله، تغییر دما و تغییر حالت یخ را به‌صورت شماتیک زیر نمایش می‌دهیم.

آب $\xrightarrow{Q_۲}$ یخ $\xrightarrow{Q_۱}$ یخ -۱۰°C

پس یخ در دو مرحله گرما می‌گیرد یک بار به یخ صفر درجه و سپس به آب صفر درجه تبدیل می‌شود، بنابراین:

$$\begin{cases} Q = Q_۱ + Q_۲ \\ Q_۱ = mc\Delta\theta \Rightarrow Q = mc\Delta\theta + mL_f \xrightarrow[c_{\text{یخ}}=۲۱۰۰/\text{kg.k}]{L_f=۳۳۴\times ۱۰^۳\text{ J/kg}} \\ Q_۲ = mL_f \end{cases}$$

$$Q = ۱ \times ۲۱۰۰ \times (۰ - (-۱۰)) + ۱ \times ۳۳۴ \times ۱۰^۳$$

$$= ۲۱ \times ۱۰^۳ + ۳۳۴ \times ۱۰^۳ = ۳۵۵ \times ۱۰^۳ \text{ J} = ۳۵۵ \text{ kJ}$$

راه‌حل اول:

دمای تعادل آب و یخ صفر درجه است $\Rightarrow \theta_e < ۰ \Rightarrow \theta_e = ۰$ دمای تعادل آب و یخ صفر درجه

$$m' = \frac{M m_{\text{آب}} c \theta}{L_F} = \frac{۸۰۰ \times ۱ \times ۲۰}{۸۰} = ۲۰۰ \text{ g}$$

$$\text{جرم آب} = ۸۰۰ + ۲۰۰ = ۱۰۰۰ \text{ g} = ۱ \text{ kg}$$

راه‌حل دوم:

مطابق شکل زیر مانند دو کفهٔ ترازو ابتدا اعداد طرفین را حساب می‌کنیم تا تشخیص دهیم ادامهٔ فرآیندها را باید در کدام کفه قرار دهیم:

کفهٔ گرماده	کفهٔ گرماگیر
آب ۲۰°C \leftarrow آب صفر	آب صفر \rightarrow یخ صفر
$mc\Delta\theta$	mL_F
$۸۰۰ \times ۴/۲ \times ۲۰$	۸۰۰×۳۳۶
$>$	

کفهٔ گرماگیر سنگین‌تر است، پس همهٔ جرم یخ نمی‌تواند ذوب شود، بنابراین دمای تعادل صفر است. حال مقداری از یخ که ذوب می‌شود (m') را محاسبه می‌کنیم:

$$m' \times ۳۳۶ = ۸۰۰ \times ۴/۲ \times ۲۰ \Rightarrow m' = \frac{۸۰۰ \times ۴/۲ \times ۲۰}{۳۳۶} \Rightarrow m' = ۲۰۰ \text{ g}$$

جرم کل آب در انتهای فرآیند:

$$\text{جرم آب} = ۸۰۰ + ۲۰۰ = ۱۰۰۰ \text{ g} = ۱ \text{ kg}$$

گام اول

الف) دمای گاز کاملاً ۱۲۷ درجهٔ سلسیوس است. $\leftarrow T_۱ = ۱۲۷ + ۲۷۳ = ۴۰۰\text{K}$

ب) اگر فشار آن را ۲۵ درصد افزایش دهیم. $\leftarrow P_۲ = P_۱ + \frac{۲۵}{۱۰۰}P_۱ = ۱/۲۵P_۱$

ج) و حجم آن در این فرآیند ۳۶ درصد کاهش یابد. $\leftarrow V_۲ = V_۱ - \frac{۳۶}{۱۰۰}V_۱ = ۰/۶۴V_۱$

د) دمای گاز چند درجهٔ سلسیوس خواهد شد؟ $\leftarrow T_۲ = ?$

گام دوم

با استفاده از قانون گاز کامل $T_۲$ به دست خواهد آمد.

$$\frac{P_۱V_۱}{T_۱} = \frac{P_۲V_۲}{T_۲} \Rightarrow \frac{P_۱V_۱}{۴۰۰} = \frac{۱/۲۵P_۱ \times ۰/۶۴V_۱}{T_۲} \Rightarrow T_۲ = ۳۲۰\text{K}$$

دمای به‌دست‌آمده برحسب کلوین است و باید آن را به سانتی‌گراد تبدیل کنیم.

$$T = \theta + ۲۷۳ \Rightarrow ۳۲۰ = \theta + ۲۷۳ \Rightarrow \theta = ۴۷^{\circ}\text{C}$$

گام اول

الف) یک کیلوگرم آب با دمای ۳۰°C درجهٔ سلسیوس $\leftarrow \theta_{\text{آب}} = ۳۰^{\circ}\text{C}$, $m_{\text{آب}} = ۱\text{kg}$

ب) چند گرم یخ صفر درجهٔ سلسیوس $\leftarrow \theta_1 = ۰^{\circ}\text{C}$, $m_1 = ?$

ج) پس از تعادل گرمایی آب با دمای ۲۰°C درجهٔ سلسیوس حاصل شود. $\leftarrow \theta_e = ۲۰^{\circ}\text{C} = \theta_{\text{آب}} = \theta'_1$

گام دوم

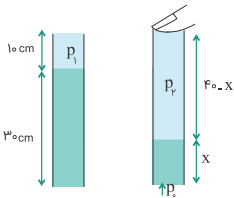
باتوجه به طرحوارهٔ زیر:

آب ۳۰°C $\xleftarrow{Q_r}$ آب ۲۰°C درجه در حالت تعادل $\xrightarrow{Q_r}$ آب ۰°C $\xrightarrow{Q_l}$ یخ ۰°C

کافی است رابطهٔ تعادل گرمایی را بنویسیم:

$$\begin{aligned} Q_1 + Q_r + Q_w &= 0 \Rightarrow m_1 L_f + m_1 c (\theta_e - \theta_1) + m_{\text{آب}} c (\theta_e - \theta_{\text{آب}}) = 0 \\ \Rightarrow m_1 \times ۳۳۶ \times ۱۰^3 + m_1 \times ۴۲۰۰ \times (۲۰ - ۰) + ۱ \times ۴۲۰۰ \times (۲۰ - ۱۰) &= 0 \\ \Rightarrow m_1 (۳۳۶۰۰۰ + ۸۴۰۰۰) = ۴۲۰۰۰ \Rightarrow m_1 (۴۲۰۰۰۰) = ۴۲۰۰۰ \Rightarrow m_r &= ۰/۱\text{kg} = ۱۰۰\text{g} \end{aligned}$$

قبل از آنکه انگشت خود را بر دهانهٔ لوله قرار دهیم فشار هوای بالای لوله همان فشار هوا یعنی $P_1 = P_0 = ۷۵\text{ cmHg}$ است. اما وقتی انگشت خود را بر دهانه لوله می‌گذاریم و آن را بیرون می‌آوریم ارتفاع جیوه درون لوله را x در نظر می‌گیریم.



$$P_r + x(\text{cmHg}) = ۷۵\text{ cmHg} \Rightarrow P_r = ۷۵ - x$$

اما همواره دمای هوای بالای لوله ثابت است و در دمای ثابت، حجم و فشار گاز با هم نسبت وارون دارند. حجم ابتدایی هوای بالای لوله، $۱۰A$ است که A سطح مقطع لوله است و حجم ثانویه $(۴۰ - x)A$ است، لذا:

$$P_1 V_1 = P_r V_r \Rightarrow ۷۵ \times ۱۰A = (۷۵ - x)(۴۰ - x)A \Rightarrow ۷۵۰ = (۷۵ - x)(۴۰ - x)$$

حل این معادلهٔ درجهٔ دوم راحت نیست، اما با کمی دقت در گزینه‌ها میتوان جواب درست یعنی ۲۵ را حدس زد.

گام اول

الف) قطعهٔ یخی به جرم m و دمای صفر درجهٔ سلسیوس $\leftarrow m_1 = m$, $\theta_1 = ۰^{\circ}\text{C}$

ب) درون همان جرم، آب ۹۰°C درجهٔ سلسیوس می‌اندازیم. $\leftarrow m_2 = m$, $\theta_2 = ۹۰^{\circ}\text{C}$

ج) دمای تعادل چند درجهٔ سلسیوس خواهد شد؟ $\leftarrow \theta_e = ?$

گام دوم

برای درک بهتر سؤال نمودار شماتیک آن را رسم کردیم. در مخلوط m_2 گرم آب $\theta^{\circ}\text{C}$ و m_1 گرم یخ صفر درجهٔ سلسیوس داریم.

آب θ_e درجه $\xleftarrow{Q_r}$ آب θ_e درجه $\xrightarrow{Q_r}$ آب صفر درجهٔ سلسیوس $\xrightarrow{Q_l}$ یخ ۰°C درجه

رابطهٔ تعادل گرمایی را می‌نویسیم.

$$\begin{aligned} Q_1 + Q_r + Q_w &= 0 \Rightarrow m_1 L_f + m_1 c (\theta_e - ۰) + m_r c (\theta_e - ۹۰) = 0 \\ \Rightarrow (m_1 + m_r) c \theta_e - ۹۰ m_r c - m_1 L_f &= 0 \Rightarrow \theta_e = \frac{۹۰ m_r c - m_1 L_f}{(m_1 + m_r) c} \\ \frac{L_f = ۸۰ \times ۴۲۰۰ \text{ J/kg}}{c = ۴۲۰۰ \text{ J/kg.K}} \rightarrow \theta_e &= \frac{m \times ۴۲۰۰ \times ۹۰ - m \times ۸۰ \times ۴۲۰۰}{(m + m) \times ۴۲۰۰} = ۵^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

الف) قطعه فلزی به جرم ۲/۵ کیلوگرم، با دمای ۶۸ درجهٔ سلسیوس ← $\theta_1 = ۶۸^{\circ}\text{C}$, $m_1 = ۲/۵\text{kg}$

ب) یک قطعه یخ بزرگ صفر درجه ← $\theta_2 = ۰$

د) چند گرم از یخ ذوب می‌شود؟ ← $m_2 = ?$

ازآنجاکه قطعهٔ یخ بزرگ است فلز تمام گرمای خود را به یخ می‌دهد تا مقداری از آن ذوب شود؛ بنابراین مخلوط آب و یخ داریم و دمای نهایی فلز و مخلوط آب و یخ صفر درجهٔ سانتی‌گراد است.

یخ ۰°C ← $\xrightarrow{Q_2}$ فلز با دمای ۰°C در حالت تعادل با آب ۰°C $\xrightarrow{Q_1}$ فلز ۶۸°C

اگر مقدار گرمایی که فلز از دست می‌دهد تا به تعادل برسد با Q_1 و مقدار گرمایی که یخ می‌گیرد تا به آب صفر درجه تغییر حالت دهد با Q_2 نمایش دهیم، باتوجه‌به رابطهٔ تعادل گرمایی داریم:

$$Q_1 + Q_2 = ۰ \Rightarrow Q_1 = -Q_2 \Rightarrow m_1 c (۰ - \theta_1) = -m_2 L_f$$

$$\frac{L_f = ۳/۴ \times 10^5 \text{ J/kg}}{c_{\text{فلز}} = ۳۸۰ \text{ J/kg.K}} \rightarrow ۲/۵ \times ۳۸۰ \times (۰ - ۶۸)$$

$$= -m_2 \times ۳/۴ \times 10^5 \Rightarrow m_2 = ۰/19 \text{ kg} \times 10^3 = 190 \text{ g}$$

الف) حجم گاز کامل برابر $1 \text{ cm}^3 \leftarrow 10^{-6} \text{ m}^3 = 1 \text{ cm}^3$

ب) در فشار $10^5 \text{ Pa} \leftarrow P = 10^5 \text{ Pa}$

ج) دمای $۲۷^{\circ}\text{C} \leftarrow T = ۲۷ + ۲۷۳ = ۳۰۰ \text{ K}$

د) تعداد مولکول‌های گاز (تعداد ذرات) ← $N = ?$

ابتدا از قانون گازهای کامل، n را به دست می‌آوریم و با استفاده از آن، تعداد ذرات را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases} n = \frac{P V}{R T} \\ R = 8 \text{ J/mol.K} \end{cases} \Rightarrow n = \frac{10^5 \times 10^{-6}}{8 \times 300} = \frac{10^{-3}}{24}$$

بنابراین تعداد ذرات برابر است با:

$$\begin{cases} n = \frac{N}{N_o} \\ N_o = 6 \times 10^{23} \end{cases} \Rightarrow \frac{10^{-3}}{24} = \frac{N}{6 \times 10^{23}}$$

$$\Rightarrow N = \frac{10^{20}}{۴} = ۲/۵ \times 10^{19}$$

در سطح آزاد هر مایع همواره در هر دمایی عمل تبخیر روی می‌دهد به این پدیده تبخیر سطحی می‌گویند؛ که به دما و مساحت سطح مایع و فشار و رطوبت و ناخالصی بستگی دارد.

حال به بررسی گزینه‌ها می‌پردازیم.

گزینهٔ ۱) تبخیر سطحی مایع در هر دمایی اتفاق می‌افتد ← این گزینه صحیح است؛ تبخیر سطحی در هر دمایی اتفاق می‌افتد و با افزایش دما افزایش می‌یابد.

گزینهٔ ۲) با افزایش فشار هوا، آهنگ تبخیر سطحی افزایش می‌یابد ← این گزینه نادرست است زیرا با افزایش فشار هوا آهنگ تبخیر سطحی کاهش می‌یابد.

گزینهٔ ۳) با افزایش دما، آهنگ تبخیر سطحی افزایش می‌یابد ← این گزینه صحیح است؛ با افزایش دما انرژی مولکول‌ها در سطح مایع افزایش یافته و با سرعت بیشتری از سطح مایع تبخیر می‌شوند.

گزینهٔ ۴) با افزایش سطح آزاد مایع، تبخیر سطحی آن نیز افزایش می‌یابد ← این گزینه صحیح است؛ با افزایش سطح آزاد مایع تعداد مولکول‌های سطحی مایع بیشتر شده و بنابراین تبخیر سطحی افزایش می‌یابد.

باتوجه‌به رابطهٔ انبساط سطحی، یکای ۲α را به دست می‌آوریم.

$$\Delta A = ۲ \times \alpha \times A_1 \times \Delta \theta$$

کافی است یکای هر کمیت را نوشته تا یکای ضریب انبساط طولی به دست بیاید.

$$m^2 = (\alpha \text{ واحد}) \times m^2 \times K \Rightarrow (\alpha \text{ واحد}) = \frac{1}{K}$$

گام اول

الف) مکعبی به ضریب انبساط طولی $12 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ← $12 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

ب) در دمای صفر درجهٔ سلسیوس قرار دارد ← $\theta_1 = 0^\circ \text{C}$

ج) اگر دمای آن به 100°C برسد ← $\theta_2 = 100^\circ \text{C}$

د) حجم مکعب چند درصد افزایش می‌یابد؟ ← $\frac{\Delta V}{V_1} \times 100 = ?$

گام دوم

با استفاده از رابطهٔ انبساط حجمی جامدات داریم:

$$\Delta V = V_1 \alpha \Delta \theta \Rightarrow \frac{\Delta V}{V_1} \times 100 = \alpha \Delta \theta \times 100$$

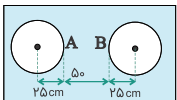
$$= 12 \times 10^{-6} \times 100 \times 100 = 0.12\%$$

فشار گاز درون لوله $75 - 72 = 3 \text{ cmHg}$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{P}{3} = \frac{320}{300} = \frac{16}{15} \Rightarrow P_2 = 16 \text{ cmHg}$$

$$\Delta P = 16 - 3 = 13 \text{ cmHg} = 13 \text{ mmHg}$$

فشار هوا ۲ میلی‌متر جیوه افزایش یافته است.



با افزایش دمای صفحه، شعاع دایره‌ها و فاصلهٔ AB زیاد می‌شود (گزینهٔ ۱ و ۲ غلط است).

کافی است با استفاده از رابطهٔ $\Delta L = L_1 \alpha \Delta \theta$ ، فاصلهٔ ثانویه را به دست آوریم:

$$\begin{cases} \Delta L = L_1 \alpha \Delta \theta \Rightarrow L_2 = L_1 (1 + \alpha \Delta \theta) \\ \Delta \theta = 200^\circ \text{C} \\ 2\alpha = 3/6 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1} \Rightarrow \alpha = 1/4 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1} \\ L_1 = 50 \text{ cm} = 500 \text{ mm} \end{cases}$$

$$\Rightarrow L_2 = 500 \times (1 + 1/4 \times 10^{-5} \times 200) = 500 \times (1.005) = 502.5 \text{ mm}$$

گام اول

الف) یک سر میلهٔ آهنی به طول ۳۰ سانتی‌متر در یک منبع گرما به دمای 150°C سر دیگر آن در مخلوط آب و یخ صفر درجهٔ سلسیوس قرار دارد.

$$L = 30 \text{ cm} = 0.3 \text{ m}, \Delta \theta = \theta_2 - \theta_1 = 150 - 0 = 150^\circ \text{C} \leftarrow$$

ب) در هر دقیقه ۷۳۸J گرما در میله شارش می‌کند. ← $Q = 738 \text{ J}$, $t = 60 \text{ s}$

ج) قطر مقطع میله چند سانتی‌متر است؟ ← $D = 2R = ?$

گام دوم

کافی است از رابطهٔ رسانش گرمایی استفاده کنیم.

$$\begin{cases} Q = \frac{k A t \Delta \theta}{L} \\ A = \pi R^2 = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 \end{cases} \Rightarrow Q = \frac{k \pi D^2 t \Delta \theta}{4 L} \Rightarrow D^2 = \frac{4 Q L}{\pi k t \Delta \theta} \xrightarrow[\pi=3]{k=82 \text{ J/s.m.K}} D = \sqrt{\frac{4 \times 738 \times 0.3 \times 0.3}{3 \times 82 \times 60 \times 150}} = \frac{2}{100} \text{ m} = 2 \text{ cm}$$

از رابطهٔ چگالی می‌توانیم جرم آب را محاسبه نماییم.

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho V \Rightarrow m = 1000 \times 10^6 = 10^9 \text{ kg}$$

از طرفی:

$$Q = mc\Delta\theta = mc(\theta_r - \theta_1) \xrightarrow[Q=2100 \times 10^4 \text{ J}]{Q=2100 \text{ GJ}} 2/1 \times 10^{12} = 10^9 \times 4200(\theta_r - 25)$$

$$\theta_r = 30^\circ \text{C}$$

فشارسنج فشار پیمانه‌ای را نشان می‌دهد و فشار پیمانه‌ای اختلاف فشار داخل و فشار هوا است، بنابراین فشار گاز در ابتدا $P_1 = P + 1 = 5 \text{ atm}$ بوده است. اکنون طبق قانون گازهای کامل داریم:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{5 \times 4}{(27 + 273)} = \frac{P_2 \times 8}{(17 + 273)}$$

$$\Rightarrow \frac{20}{300} = \frac{P_2 \times 8}{390} \Rightarrow P_2 = \frac{390 \times 20}{8 \times 300} \Rightarrow P_2 = 3 \text{ atm} \quad \text{فشار گاز داخل استوانه:}$$

$$\Rightarrow \text{اختلاف فشار داخل استوانه و فشار هوا} = \text{فشاری که فشارسنج نشان می‌دهد} = 3 - 1 = 2 \text{ atm}$$

$$P V = nRT \Rightarrow 2 \times 10^5 \times 33/6 \times 10^{-3} = n \times 8 \times 280 \Rightarrow n = 3 \text{ مول}$$

فرض می‌کنیم x مول گاز هلیوم و $(3 - x)$ مول گاز اکسیژن داریم؛ بنابراین:

$$5Fg = x \times 4 + (3 - x) \times 32 \Rightarrow x = 1/5 \text{ مول}$$

پس مخلوط موردنظر از $1/5$ مول گاز هلیوم و $1/5$ مول گاز اکسیژن تشکیل شده است یعنی هرکدام 50% از گاز مخلوط را تشکیل می‌دهند.

گام اول

(الف) دمای 3 گرم گاز هیدروژن را در فشار ثابت $\leftarrow m = 3 \text{ g} = 3 \times 10^{-3} \text{ kg}$

$$\left\{ \begin{array}{l} \theta_1 = 27^\circ \text{C} \Rightarrow T_1 = 300 \text{ K} \\ \theta_2 = 17^\circ \text{C} \Rightarrow T_2 = 290 \text{ K} \end{array} \right. \leftarrow \text{ب) از } 27 \text{ درجهٔ سلسیوس به } 17 \text{ درجهٔ سلسیوس می‌رسانیم}$$

$$\text{ج) حجم گاز در این فرآیند، چند درصد افزایش می‌یابد؟} \leftarrow \frac{\Delta V}{V_1} \times 100 = ?$$

گام دوم

با استفاده از قانون گازها در فشار ثابت (شارل-گیلوساک) درصد میزان تغییرات حجم را به دست می‌آوریم:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{V_1}{300} = \frac{V_2}{290} \Rightarrow V_2 = \frac{29}{30} V_1$$

$$\Rightarrow \Delta V = \frac{1}{30} V_1 \Rightarrow \frac{\Delta V}{V_1} \times 100 = \frac{1}{30} \times 100 = 3.3\%$$

گام اول

(الف) ضریب انبساط طولی فلزی 10^{-5} K^{-1} است. $\leftarrow \alpha = 10^{-5} \text{ K}^{-1}$

(ب) اگر دمای قطعه‌ای از این فلز را 100 درجهٔ سلسیوس افزایش دهیم. $\leftarrow \Delta\theta = 100^\circ \text{C}$

$$\text{ج) حجم آن چند درصد افزایش می‌یابد؟} \leftarrow \frac{\Delta V}{V_1} \times 100 = ?$$

گام دوم

با استفاده از رابطهٔ $\Delta V = 3\alpha V_1 \Delta\theta$ داریم:

$$\Delta V = 3\alpha V_1 \Delta\theta \Rightarrow \frac{\Delta V}{V_1} \times 100 = 3 \times 10^{-5} \times 100 \times 100 = 0.3\%$$

$$F = \frac{q}{\Delta} \theta + ۳۲ \Rightarrow ۱۲۲ = \frac{q}{\Delta} \theta + ۳۲ \Rightarrow ۹۰ = \frac{q}{\Delta} \theta \Rightarrow \theta = ۵۰^{\circ}\text{C}$$

$$T = \theta + ۲۷۳ = ۵۰ + ۲۷۳ = ۳۲۳ \text{ K}$$

گام اول

الف) $m_۱$ کیلوگرم آب با دمای $۱۰^{\circ}\text{C} \leftarrow ۱۰^{\circ}\text{C}$ $\theta_۱ = ۱۰^{\circ}\text{C}$ ب) $m_۲$ کیلوگرم آب با دمای ۵۰°C مخلوط می‌کنیم. $\theta_۲ = ۵۰^{\circ}\text{C} \leftarrow$ ج) دمای تعادل بدون اتلاف گرما ۳۰°C می‌شود. $\theta'_۱ = \theta'_۲ = \theta_e = ۳۰^{\circ}\text{C} \leftarrow$ د) $m_۲$ چندبرابر $m_۱$ است؟ $\leftarrow \frac{m_۲}{m_۱} = ?$

گام دوم

با استفاده از رابطه تعادل گرمایی می‌توانیم نسبت $\frac{m_۲}{m_۱}$ را به دست آوریم.

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

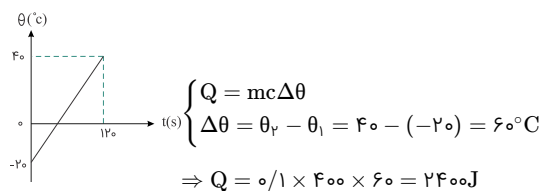
$$۰ \Rightarrow m_۱(\theta_e - \theta_۱) + m_۲(\theta_e - \theta_۲) = ۰$$

$$\Rightarrow m_۱(۳۰ - ۱۰) = -m_۲(۳۰ - ۵۰) \Rightarrow \frac{m_۲}{m_۱} = ۱$$

گام اول

الف) جسم جامدی به جرم $۱۰۰ \text{ گرم} \leftarrow m = ۱۰۰\text{g} = ۰/۱\text{kg}$ ب) گرمای ویژه جسم $۴۰۰\text{J/kg}^{\circ}\text{C} \leftarrow c = ۴۰۰\text{J/kg}^{\circ}\text{C}$ ج) جسم در هر ثانیه چند ژول گرما گرفته است؟ $\leftarrow Q =$ در هر ثانیه

گام دوم

باتوجه به نمودار در مدت زمان ۱۲۰s دمای جسم از ۲۰°C تا ۴۰°C درجه تغییر کرده است بنابراین با استفاده از $Q = mc\Delta\theta$ می‌توان گرمایی را که در مدت زمان ۱۲۰ ثانیه جسم گرفته است محاسبه کرد.جسم گرمایی برابر با ۲۴۰۰۰J در مدت ۱۲۰ ثانیه گرفته است اما صورت سؤال مقدار گرمای گرفته شده در هر ثانیه را می‌خواهد؛ بنابراین:

$$Q \text{ در هر ثانیه} = \frac{Q_{\text{کل}}}{\Delta t} = \frac{۲۴۰۰۰}{۱۲۰} = ۲۰\text{J/s}$$

گام اول

الف) دمای مقداری گاز کامل را از ۲۷°C به $۵۷^{\circ}\text{C} \leftarrow T_۲ = ۵۷ + ۲۷۳ = ۳۳۰\text{K}$, $T_۱ = ۲۷ + ۲۷۳ = ۳۰۰\text{K}$ ب) و حجم آن را از ۸ لیتر به ۱۱ لیتر می‌رسانیم. $V_۱ = ۸\text{lit}$, $V_۲ = ۱۱\text{lit} \leftarrow$ ج) در این عمل فشار گاز ۱۰ سانتی‌متر جیوه کم می‌شود. $P_۲ = P_۱ - ۱۰ \leftarrow$ د) فشار اولیه گاز چند سانتی‌متر جیوه است؟ $\leftarrow P_۱ = ?$

گام دوم

کافی است از قانون گازهای کامل استفاده کنیم.

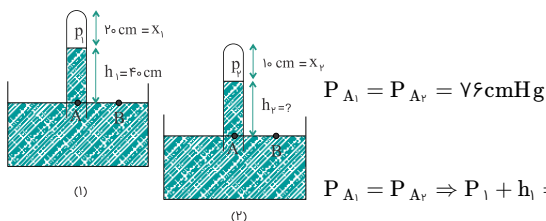
$$\frac{P_۱V_۱}{T_۱} = \frac{P_۲V_۲}{T_۲} \Rightarrow \frac{P_۱ \times ۸}{۳۰۰} = \frac{(P_۱ - ۱۰) \times ۱۱}{۳۳۰} \Rightarrow ۱۰P_۱ - ۱۰۰ = ۸P_۱ \Rightarrow P_۱ = ۵۰\text{cmHg}$$

گام اول

الف) در ظرفی، مقداری هوا بالای ستون جیوه در لوله وجود دارد. $\left\{ \begin{array}{l} x_1 = 20 \text{ cm} \\ h_1 = 40 \text{ cm} \end{array} \right. \Rightarrow L = 60 \text{ cm} \leftarrow$ (ب) لوله را به آرامی چند سانتی متر پایین ببریم تا ارتفاع ستون هوا نصف شود. $x_2 = 10 \text{ cm}$, $h_2 = ?$ \leftarrow (ج) فشار هوا را 76 cmHg بپذیرید و دما ثابت است. $P_0 = 76 \text{ cmHg}$, $T_1 = T_2 \leftarrow$

گام دوم

در هر دو حالت ۱ و ۲، نقطه A را در تراز افقی سطح مایع در نظر می‌گیریم که فشار آن برابر با فشار هوا است پس:



از این رابطه استفاده می‌کنیم تا ارتفاع جیوه را در حالت دوم به دست بیاوریم:

$$P_{A1} = P_{A2} = 76 \text{ cmHg}$$

$$P_{A1} = P_{A2} \Rightarrow P_1 + h_1 = P_2 + h_2 \Rightarrow h_2 = (P_1 - P_2) + 40$$

بنابراین باید P_1 و P_2 را به دست بیاوریم.

$$P_A = 76 \text{ cmHg}$$

$$P_A = h_1 + P_1 \Rightarrow 76 = 40 + P_1 \Rightarrow P_1 = 36 \text{ cmHg}$$

اما برای محاسبه P_2 نمی‌توانیم از این روش استفاده کنیم (زیرا مقدار h_2 را نداریم). در عوض چون تعداد مول‌های هوای محبوس در انتهای لوله ثابت باقی می‌ماند و دما ثابت است داریم:

$$\begin{cases} P_1 V_1 = P_2 V_2 \\ V = \rho A x \end{cases} \Rightarrow 36(Ax_1) = P_2(Ax_2) \xrightarrow{A_1=A_2} 36 \times 20 = P_2 \times 10 \Rightarrow P_2 = 72 \text{ cmHg}$$

حال که P_1 و P_2 را به دست آوردیم h_2 برابر است با:

$$h_2 = (P_1 - P_2) + 40 \Rightarrow h_2 = (36 - 72) + 40 = 4 \text{ cm}$$

به این ترتیب، طول لوله خارج از جیوه در حالت (۱) و (۲) را به دست می‌آوریم:

$$\begin{aligned} L_{(1)} &= 20 + 40 = 60 \text{ cm} \\ L_{(2)} &= 10 + 4 = 14 \text{ cm} \end{aligned} \Rightarrow L_{(1)} - L_{(2)} = 60 - 14 = 46 \text{ cm}$$

بنابراین لوله به‌اندازه 46 cm درون جیوه پایین رفته است.

طبق نمودار، وقتی دمای جسم از -3°C به 7°C رسیده است، مقدار 8 kJ گرما به جسم داده شده است؛ بنابراین:

$$Q_1 = mc\Delta\theta_1 \Rightarrow \lambda = mc \times (7 - (-3)) \Rightarrow \lambda = 10mc(1)$$

حال محاسبه می‌کنیم برای 3°C افزایش دما چند کیلوژول گرما لازم است:

$$Q_2 = mc\Delta\theta_2 \Rightarrow Q_2 = mc \times 3 \Rightarrow Q_2 = 3mc \quad (2)$$

با نوشتن تناسب بین روابط (۱) و (۲) خواهیم داشت:

$$\frac{Q_2}{\lambda} = \frac{3mc}{10mc} \Rightarrow \frac{Q_2}{\lambda} = 0.3 \Rightarrow Q_2 = 3 \text{ kJ}$$

گام اول

الف) به مقداری یخ با دمای صفر درجهٔ سلسیوس گرما می‌دهیم تا تبدیل به آب ۲۰ درجهٔ سلسیوس شود. $\theta_۲ = ۲۰$, $\theta_۱ = ۰^{\circ}\text{C}$

ب) چند درصد گرمای داده‌شده صرف ذوب یخ شده است؟ $\leftarrow =? \times ۱۰۰ \frac{Q_۱}{Q}$

گام دوم

آب ۲۰ درجه $\xrightarrow{Q_۲}$ آب صفر درجه $\xrightarrow{Q_۱}$ یخ صفر درجه

باتوجه‌به اینکه درصد گرمای صرف‌شده برای ذوب یخ خواسته شده است باید ابتدا کل گرمای صرف‌شده برای تبدیل یخ به آب ۲۰ درجه را محاسبه کنیم و سپس مقدار درصد گرمای تبدیل حالت یخ به مایع را بر آن تقسیم نماییم؛ بنابراین:

$$\begin{cases} Q = Q_۱ + Q_۲ \\ Q_۱ = mL_f \\ Q_۲ = mc\Delta\theta \\ L_f = ۳۳۶\text{kJ/kg} \\ c_W = ۴۲۰۰\text{J/kg}^{\circ}\text{C} = ۴/۲\text{J/g}^{\circ}\text{C} \end{cases}$$

$$\Rightarrow Q = mL_f + mc\Delta\theta \Rightarrow Q = m \times ۳۳۶ + m \times ۴/۲ \times (۲۰ - ۰) = m \times ۴۲۰\text{J}$$

$$\frac{Q_۱}{Q} \times ۱۰۰ = \frac{m \times L_f}{m \times ۴۲۰} \times ۱۰۰ = \frac{۳۳۶}{۴۲۰} \times ۱۰۰ = ۸۰\%$$

گام اول

الف) ضریب انبساط طولی $۱۰^{-۵}\text{K}^{-۱} \times ۲$ است $\leftarrow \alpha = ۲ \times ۱۰^{-۵}\text{K}^{-۱}$

ب) دمای حلقه را ۵۰ درجهٔ سلسیوس افزایش دهیم $\leftarrow \Delta T = ۵۰\text{K} \xrightarrow{\Delta\theta=\Delta T} \Delta\theta = ۵۰^{\circ}$

ج) قطر حلقه چند درصد افزایش می‌یابد؟ $\leftarrow =? \times ۱۰۰ \frac{\Delta L}{L_۱}$

گام دوم

باتوجه‌به رابطهٔ $\Delta L = L_۱\alpha\Delta T$ می‌توان میزان افزایش درصد قطر را به دست آورد:

$$\Delta L = L_۱\alpha\Delta T \Rightarrow \frac{\Delta L}{L_۱} \times ۱۰۰ = \frac{L_۱\alpha\Delta T}{L_۱} \times ۱۰۰$$

$$= \alpha\Delta T \times ۱۰۰ = ۲ \times ۱۰^{-۵} \times ۵۰ \times ۱۰۰ = ۰/۱$$

به بررسی گزینه‌ها می‌پردازیم.

گزینهٔ ۱) چگالش یا میعان تبدیل بخار به مایع است که در این فرآیند گاز گرما از دست می‌دهد، اما تبخیر فرآیندی گرماگیر است.

گزینهٔ ۲) انجماد فرآیندی گرماده است زیرا مایع گرمای خود را از دست می‌دهد تا به جامد تبدیل شود. میعان نیز واکنشی گرماده است.

گزینهٔ ۳) ذوب واکنشی گرماگیر است، اما میعان واکنشی گرماده است.

گزینهٔ ۴) تصعید تبدیل جامد به گاز است که فرآیندی گرماگیر است همانند ذوب که تبدیل جامد به مایع است و فرآیندی گرماگیر است.

جرم آب را m در نظر می‌گیریم. چون درنهایت ۵۲۰ گرم آب ۰°C داریم، جرم یخ ذوب‌شده $m - ۵۲۰$ خواهد بود. گرمایی که آب از دست می‌دهد، توسط $(m - ۵۲۰)$ گرم یخ جذب‌شده است تا آن را ذوب کند؛ بنابراین:

$$\begin{aligned} Q_{\text{یخ ذوب‌شده}} + Q_{\text{آب}} &= ۰ \\ \Rightarrow mc_{\text{آب}}(\theta_e - \theta_۱) + (۵۲۰ - m)L_F &= ۰ \end{aligned}$$

$$\Rightarrow m \times ۴۲۰۰ \times (۰ - ۵۰) + (۵۲۰ - m) \times ۳۳۶۰۰۰ = ۰$$

$$-۵۰m + ۸۰(۵۲۰ - m) = ۰ \Rightarrow -۵m + ۴۱۶۰ - ۸m = ۰$$

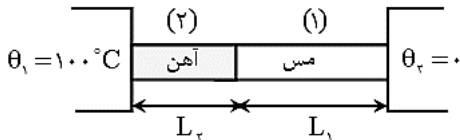
$$\Rightarrow ۱۳m = ۴۱۶۰ \Rightarrow m = ۳۲۰\text{g}$$

گام اول

- الف) یک‌سر میله آهنی به طول ۱۶cm را به یک‌سر میله‌ای مسی به طول ۲cm جوش داده‌اند. $L_۱ = ۱۶\text{cm}$, $L_۲ = ۲\text{cm}$
- ب) سر آزاد میله آهنی را در آب جوش ۱۰۰°C و سر دیگر میله مسی را در مخلوط آب و یخ با دمای صفر درجه سلسیوس قرار می‌دهند $\theta_۱ = ۱۰۰^\circ\text{C}$, $\theta_۲ = ۰^\circ\text{C}$
- ج) دمای نقطه اتصال دو میله چند درجه سلسیوس است؟ $\theta = ?$
- د) سطح مقطع هر دو میله یکسان است. $A_۱ = A_۲ = A$

گام دوم

باتوجه به اینکه آهنگ شارش گرمایی آهن و مس باهم برابرند می‌توانیم دمای نقطه اتصال را به دست بیاوریم:



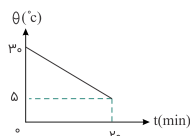
$$\frac{Q_۱}{t_۱} = \frac{Q_۲}{t_۲} \xrightarrow{\frac{Q}{t} = \frac{kA\Delta\theta}{L}} \frac{k_۱A_۱\Delta\theta_۱}{L_۱} = \frac{k_۲A_۲\Delta\theta_۲}{L_۲} \Rightarrow \frac{k_۱(\theta - \theta_۲)}{L_۱} = \frac{k_۲(\theta_۱ - \theta)}{L_۲}$$

$$\xrightarrow{\frac{k_۱=۴۰۰\text{W/m.K}}{k_۲=۳۸۰\text{W/m.K}}} \frac{۴۰۰ \times (\theta - ۰)}{۲} = \frac{۳۸۰ \times (۱۰۰ - \theta)}{۱۶} \Rightarrow \theta = ۲^\circ\text{C}$$

گام اول

- الف) جرمی به جرم $۳۰۰\text{ گرم} = ۰/۳\text{kg}$ $m = ۳۰۰\text{g} = ۰/۳\text{kg}$
- ب) با آهنگ ثابت ۳ وات گرما گرفته‌ایم. $P = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{mc\Delta\theta}{\Delta t} = ۳\text{W}$
- ج) گرمای ویژه این جسم چند J/kg.k است؟ $c = ?$

گام دوم



$$\left\{ \begin{array}{l} P = \frac{mc\Delta\theta}{\Delta t} \\ \Delta t = ۲۰\text{min} = ۱۲۰۰\text{s} \\ \Delta\theta = \Delta T \Rightarrow \Delta T = ۳۰ - ۵ = ۲۵\text{K} \\ p = ۳\text{W} \\ m = ۰/۳\text{kg} \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow ۳ = \frac{۰/۳ \times c \times ۲۵}{۱۲۰۰} \Rightarrow c = ۴۸۰\text{J/kg.k}$$

باتوجه به نمودار و رابطه توان، به راحتی c به دست می‌آید؛ بنابراین:

توجه شود که تغییرات دما برحسب سانتی‌گراد و کلوین باهم برابر است.

$$A_۲ = A_۱(1 + ۲\alpha\Delta\theta)$$

$$A_۲ = ۵۰(1 + ۲ \times ۲/۳ \times ۱۰^{-۵} \times ۸۰) = ۵۰ + ۰/۱۸۴ = ۵۰/۱۸۴\text{ cm}^۲$$

الف) ۲۰۰ گرم یخ -۱۰ درجهٔ سلسیوس قرار دارد. $\leftarrow \theta_1 = -۱۰^{\circ}\text{C}$, $m_1 = ۲۰۰\text{g}$
 ب) حداقل چند گرم آب با دمای ۲۰ درجهٔ سلسیوس به آن اضافه کنیم تا تمام یخ ذوب شود؟

$$m_۲ = ? , \theta_۲ = ۲۰^{\circ}\text{C} \leftarrow$$

منظور از حداقل آب، مقدار آبی است که یخ -۱۰ درجهٔ سلسیوس را به آب صفر درجه تبدیل کند؛ بنابراین:

$$\text{آب } ۲۰\text{ درجه} \xleftarrow{Q_۲} \text{آب صفر درجه} \xrightarrow{Q_۲} \text{یخ صفر درجه} \xrightarrow{Q_1} \text{یخ } -۱۰ \text{ درجه}$$

درنتیجه داریم:

$$\begin{aligned} Q_1 + Q_۲ + Q_۳ &= ۰ \Rightarrow m_1c_1\Delta\theta + m_1L_f + m_۲c_۲\Delta\theta = ۰ \\ \xrightarrow[c_1=\frac{1}{2}c_۲=۲/۱\text{J/g.K}]{L_f=۳۳۶\text{J/g}} ۲۰۰ \times ۲/۱ \times (۰ - (-۱۰)) + ۲۰۰ \times ۳۳۶ + m_۲ \times ۴/۲ \times ((۰ - ۲۰)) &= ۰ \\ \Rightarrow ۴۲۰۰ + ۶۷۲۰۰ = m_۲ \times ۴/۲ \times ۲۰ \Rightarrow ۷۱۴۰۰ = m_۲ \times ۸\hat{=} \Rightarrow m_۲ &= ۸\hat{=}\text{g} \end{aligned}$$

الف) اگر فشار گاز کاملی را ۲۵ درصد افزایش داده $\leftarrow P_۲ = P_1 + \frac{۲۵}{۱۰۰}P_1 = ۱/۲۵P_1$
 ب) حجم آن را ۳۶ درصد کم کنیم. $\leftarrow V_۲ = V_1 - \frac{۳۶}{۱۰۰}V_1 = ۰/۶۴V_1$
 ج) دمای مطلق آن چه تغییری می‌کند؟ $\leftarrow \frac{T_۲-T_1}{T_1} \times ۱۰۰ = ?$

درصد تغییرات دما برابر است با:

$$\frac{T_۲-T_1}{T_1} \times ۱۰۰ = \left(\frac{T_۲}{T_1} - ۱\right) \times ۱۰۰$$

بنابراین کافی است نسبت $\frac{T_۲}{T_1}$ را به دست بیاوریم. برای این منظور از قانون گازهای کامل استفاده می‌کنیم.

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_۲V_۲}{T_۲} \Rightarrow \frac{P_1 \times V_1}{T_1} = \frac{۱/۲۵P_1 \times ۰/۶۴V_1}{T_۲} \Rightarrow \frac{T_۲}{T_1} = \frac{۸۰}{۱۰۰}$$

پس درصد تغییرات دما برابر است با:

$$\left(\frac{T_۲}{T_1} - ۱\right) \times ۱۰۰ = \left(\frac{۸۰}{۱۰۰} - ۱\right) \times ۱۰۰ = -۲۰\%$$

علامت منفی نشان‌دهندهٔ کاهش دما است.

الف) طول تیرآهن ۱۲ متر است $\leftarrow L = ۱۲\text{m}$
 ب) اگر دمای آن از صفر درجهٔ سلسیوس به ۵۰ درجهٔ سلسیوس برسد $\leftarrow \theta_1 = ۰$, $\theta_۲ = ۵۰^{\circ}\text{C}$, $\Delta\theta = \theta_۲ - \theta_1 = ۵۰^{\circ}\text{C}$
 ج) طول آن چند میلی‌متر افزایش می‌یابد؟ $\leftarrow \Delta L = ?$

با استفاده از رابطهٔ انبساط طولی داریم:

$$\Delta L = L_1\alpha\Delta\theta \xrightarrow{\alpha=۱/۲\times ۱۰^{-۵} (^{\circ}\text{C})^{-1}} \Delta L = ۱۲ \times ۱/۲ \times ۱۰^{-۵} \times ۵۰ = ۷/۲ \times ۱۰^{-۳} \text{m} = ۷/۲\text{mm}$$

ابتدا تغییرات دما را برحسب درجهٔ سلسیوس حساب می‌کنیم (تغییرات دما برحسب سلسیوس و کلوین برابرند):

$$\Delta F = \frac{q}{\hat{=}}\Delta\theta \Rightarrow q = \frac{q}{\hat{=}}\Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = ۵^{\circ}\text{C}$$

$$Q = mc\Delta\theta = ۱ \times ۴/۲ \text{ (kJ/kg.K)} \times ۵^{\circ}\text{C} = ۲۱\text{kJ}$$

$$\begin{cases} Q = k \frac{At\Delta\theta}{\ell} \\ Q = mL_F \end{cases} \Rightarrow \frac{12 \times 5 \times 10^{-6} \times 28 \times 60 \times 100}{41 \times 10^{-2}} = m \times 336 \times 10^3$$

$$m = 0.05 \text{ kg} = 50 \text{ g}$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{1/8 \times 10^5 \times 1/4}{280} = \frac{10^5 \times V_2}{300}$$

$$\Rightarrow V_2 = 2/7 \text{ cm}^3 \Rightarrow \Delta V = 2/7 - 1/4 = 1/3 \text{ cm}^3$$

گام اول

الف) دمای یک میلهٔ فلزی از θ_1 به θ_2 می‌رسد: $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$

ب) اگر طول آن $1/4$ درصد افزایش یابد. $\frac{\Delta L}{L} \times 100 = \frac{1}{4} \leftarrow$

ج) چگالی آن چند درصد تغییر می‌کند. $\frac{\Delta \rho}{\rho_1} \times 100 = \left(\frac{\rho_2}{\rho_1} - 1 \right) \times 100 = ? \leftarrow$

گام دوم

باتوجه‌به اینکه با افزایش دما، جرم میله تغییر نمی‌کند، نسبت چگالی آن در دمای θ_1 و θ_2 برابر است با:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{m_2}{m_1} \times \frac{V_1}{V_2} \xrightarrow{m_1=m_2} \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{V_1}{V_2}$$

پس کافی است $\frac{V_1}{V_2}$ را به دست بیاوریم. تغییرات انبساط حجمی میله برابر است با:

$$V_2 = V_1(1 + 3\alpha\Delta\theta)$$

سپس با استفاده از تغییرات طولی میله $\alpha\Delta\theta$ را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta L = L\alpha\Delta\theta \Rightarrow \frac{\Delta L}{L} = \alpha\Delta\theta \Rightarrow \alpha\Delta\theta = 10^{-3}$$

بنابراین نسبت $\frac{\rho_2}{\rho_1}$ و درنهایت درصد تغییرات چگالی برابر است با:

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow \frac{V_1}{V_1(1 + 3 \times 10^{-3})} = \frac{1}{1/003}$$

$$\frac{\Delta \rho}{\rho_1} \times 100 = \left(\frac{\rho_2}{\rho_1} - 1 \right) \times 100 = \left(\frac{1}{1/003} - 1 \right) \times 100 = \frac{-0/003}{1/003} \times 100 = -0/3\%$$

با افزایش فشار، نقطهٔ ذوب یخ یا انجماد آب کاهش می‌یابد و کمتر از صفر درجه می‌شود.

گام اول

الف) در فشار ثابت $P_1 = P_2 \leftarrow$

ب) از صفر درجهٔ سلسیوس به 273 درجهٔ سلسیوس می‌رسانیم. $\leftarrow \begin{cases} T_1 = 0 + 273 = 273 \text{ K} \\ T_2 = 273 + 273 = 546 \text{ K} \end{cases}$

ج) حجم گاز در این فرآیند چندبرابر می‌شود؟ $\frac{V_2}{V_1} = ? \leftarrow$

گام دوم

در فشار ثابت نسبت $\frac{V}{T}$ برای گازهای کامل ثابت است؛ بنابراین برای دو حالت گاز داریم:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{V_1}{273} = \frac{V_2}{546} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = 2$$

چون پیستون جابه‌جا نمی‌شود، حجم گاز ثابت است.

اگر حجم مقدار معینی از گاز کامل ثابت باشد، فشار آن با دما رابطهٔ مستقیم دارد.

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow \frac{P_o + \frac{m_1 g}{A}}{T_1} = \frac{P_o + \frac{(m_1 + m_2)g}{A}}{T_2}$$

$$\Rightarrow \frac{14 \times 10^3 + \frac{36}{10^{-3}}}{280} = \frac{14 \times 10^3 + \frac{60}{10^{-3}}}{T_2} \Rightarrow \frac{120 \times 10^3}{280} = \frac{144 \times 10^3}{T_2} \Rightarrow T_2 = 336 \text{ K}$$

$$\Delta T = T_2 - T_1 = 336 - 280 = 56 \text{ K}$$

باتوجه‌به اینکه شرایط پایدار است، از رابطهٔ $Q = \frac{kA\Delta\theta t}{L}$ استفاده کرده و دمای محل اتصال دو ورقه را به دست می‌آوریم:

$$H_1 = H_2 \Rightarrow \frac{k_1 A \Delta\theta_1}{L} = \frac{k_2 A \Delta\theta_2}{L}$$

$$\frac{\theta_1 = 0^\circ \text{C} \quad , \quad \theta_2 = 90^\circ \text{C}}{k_1 = 400 \text{ W/m.K} \quad , \quad k_2 = 80 \text{ W/m.K}} \rightarrow 400 \times (\theta - 0) = 80 \times (90 - \theta)$$

$$\Rightarrow \Delta\theta = 90 - \theta \Rightarrow \theta = 15^\circ \text{C}$$

اگر ضمن مبادلهٔ گرما، تغییر حالت رخ ندهد دمای تعادل از رابطهٔ زیر به دست می‌آید.

$$\theta_e = \frac{m_1 c_1 \theta_1 + m_2 c_2 \theta_2}{m_1 c_1 + m_2 c_2} = \frac{80 \times 4200 \times 11/5 + 420 \times 380 \times 100}{80 \times 4200 + 420 \times 380} = 4^\circ \text{C}$$

$$\Delta\theta_{\text{آب}} = 40 - 11/5 = 28/5^\circ \text{C}$$

گرماهای مبادله‌شده بین فلز و آب را تا رسیدن به دمای تعادل θ_e مساوی قرار داده و از فرمول زیر استفاده می‌کنیم:

$$\theta_e = \frac{mc\theta + m'c'\theta'}{mc + m'c'}$$

$$\theta_e = \frac{420 \times 400 \times 14 - 0}{420 \times 400 + 800 \times 4200} = 4^\circ \text{C}$$

کافی است در رابطهٔ رسانندگی گرمایی یکای هر کمیت را بنویسیم تا یکای رسانندگی گرمایی به دست آید.

$$Q = \frac{kAt\Delta\theta}{L} \Rightarrow k = \frac{Q \times L}{A \times t \times \Delta\theta} \Rightarrow [k] = \frac{j \times m}{m^2 \times s \times k} = \frac{j}{m \times s \times k}$$

باتوجه‌به اینکه $1 \text{ W.s} = 1 \text{ J}$ بنابراین:

$$[k] = \frac{W \times s}{m \times s \times k} = \frac{W}{m \times k} = \frac{\text{وات}}{\text{کلین‌متر}}$$

گام اول

الف) فشار مخزن گازی با حجم ثابت در دمای ۲۷ درجهٔ سلسیوس برابر ۳ جو است. $T_1 = 27 + 273 = 300 \text{ K}$, $P_1 = 3 \text{ atm}$, $V_2 = V_1 \leftarrow$

ب) فشار این گاز در دمای ۱۲۷ درجهٔ سلسیوس چند جو است؟ $\leftarrow P_2 = ?$, $T_2 = 127 + 273 = 400 \text{ K}$,

گام دوم

حجم و تعداد مول‌های داخل مخزن ثابت باقی می‌ماند.

باتوجه‌به اینکه در حجم ثابت نسبت $\frac{P}{T}$ برای گازهای کامل ثابت است؛ بنابراین برای دو حالت گاز داریم:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow \frac{3}{300} = \frac{P_2}{400} \Rightarrow P_2 = 4 \text{ atm}$$

گام اول

الف) یک انتهای میلهٔ آلومینیمی در دمای ۲۰۰°C و انتهای دیگر آن در دمای صفر درجهٔ سلسیوس $\leftarrow ۲۰۰ = ۰ - ۲۰۰ = \theta_۲ - \theta_۱ = \Delta\theta$
 ب) اگر طول میله برابر با یک متر $\leftarrow L = ۱\text{ m}$

ج) قطر مقطع آن $۲\text{ cm} \leftarrow R = \frac{D}{۲} = \frac{۲}{۲} = ۱\text{cm} = ۱۰^{-۲}\text{m} \Rightarrow A = \pi R^۲ = ۳ \times ۱۰^{-۴}\text{m}^۲$

د) آهنگ رسانش گرما در میله چند وات است؟ $\leftarrow \frac{Q}{t} = ?$

گام دوم

کافی است از رابطهٔ آهنگ رسانش گرمایی استفاده کنیم.

$$\frac{Q}{t} = \frac{kA\Delta\theta}{L} \xrightarrow{k_{Al}=۲۴۰\text{ W/m.K}} \frac{Q}{t} = \frac{۲۴۰ \times ۳ \times ۱۰^{-۴} \times ۲۰۰}{۱} = ۱۴/۴\text{ W}$$

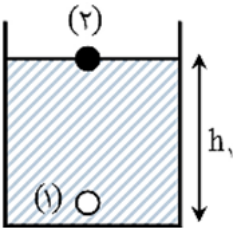
گام اول

الف) حجم حباب‌های هوا در رسیدن از ته یک دریاچه تا سطح آب ۳ برابر می‌شود. $\leftarrow \frac{V_۲}{V_۱} = ۳$

ب) اگر دمای آب ثابت فرض شود $\leftarrow T_۱ = T_۲$

ج) عمق آب تقریباً چند متر است؟ $\leftarrow h_۱ = ?$

گام دوم



فشار مایعات با عمق رابطه دارد و می‌توانیم از آن استفاده کنیم تا عمق دریاچه را به دست بیاوریم:

$$P_۱ = P_۰ + \rho gh \xrightarrow{P_۲=P_۰=۱۰^{\hat{a}}\text{Pa}} P_۱ = ۱۰^{\hat{a}} + ۱۰^۳ \times ۱۰ \times h$$

پس کافی است $P_۱$ را به دست بیاوریم. دما و تعداد مول‌های هوای داخل حباب ثابت باقی می‌ماند.

در دمای ثابت، حجم و فشار گاز با هم نسبت وارون دارند:

$$\frac{P_۱V_۱}{T_۱} = \frac{P_۲V_۲}{T_۲} \Rightarrow P_۱ \times V_۱ = ۱۰^{\hat{a}} \times ۳V_۱ \Rightarrow P_۱ = ۳ \times ۱۰^{\hat{a}}\text{Pa}$$

اکنون که $P_۱$ به دست آمد مقدار h به‌راحتی قابل حاسبه است.

$$P_۱ = ۱۰^{\hat{a}} + ۱۰^۴ \times h \Rightarrow ۳ \times ۱۰^{\hat{a}} = ۱۰^{\hat{a}} + ۱۰^۴ h \Rightarrow ۲ \times ۱۰^{\hat{a}} = ۱۰^۴ h \Rightarrow h = ۲۰\text{m}$$

گام اول

الف) چند لیتر آب ۵۰ درجهٔ سلسیوس $\leftarrow \theta_۱ = ۵۰^{\circ}\text{C}$, $V_۱ = ?$

ب) چند لیتر آب ۲۰ درجهٔ سلسیوس $\leftarrow \theta_۲ = ۲۰^{\circ}\text{C}$, $V_۲ = ?$

ج) ۶۰ لیتر آب با دمای ۴۰ سلسیوس داشته باشیم $\leftarrow \theta_e = ۴۰^{\circ}\text{C}$, $V_۱ + V_۲ = ۶۰\text{lit}$

گام دوم

با استفاده از رابطهٔ تعادل گرمایی و باتوجه‌به اینکه حجم نهایی برابر با ۶۰ لیتر است می‌توانیم $m_۱$ و $m_۲$ را به دست بیاوریم.

$$\begin{aligned} Q_۱ + Q_۲ &= ۰ \Rightarrow m_۱c(\theta_e - \theta_۱) + m_۲c(\theta_e - \theta_۲) = ۰ \\ &\Rightarrow m_۱(۴۰ - ۵۰) = -m_۲(۴۰ - ۲۰) \\ &\Rightarrow ۱۰m_۱ = ۲۰m_۲ \Rightarrow ۲m_۲ - m_۱ = ۰ \quad (\text{I}) \end{aligned}$$

ازطرفی چگالی آب برابر است با ۱ kg/lit بنابراین:

$$m_۱ + m_۲ = \rho V_۱ + \rho V_۲ = \rho(V_۱ + V_۲) = ۱ \times ۶۰ = ۶۰\text{kg} \quad (\text{II})$$

باتوجه‌به قسمت (I) و (II) داریم:

$$\begin{cases} m_۱ + m_۲ = ۶۰\text{kg} \\ ۲m_۲ - m_۱ = ۰ \end{cases} \Rightarrow m_۱ = ۴۰\text{kg} , \quad m_۲ = ۲۰\text{kg}$$

گام اول

الف) استوانه‌ای به حجم ۱۰۰ لیتر حاوی گاز کاملی با دمای ۲۷ درجهٔ سلسیوس و فشار ۱۵ جو ← $V_1 = 100\text{lit}$, $P_1 = 15\text{atm}$, $T_1 = 27 + 273 = 300\text{K}$
 ب) حجم همان گاز را به ۸۰ لیتر و دمای آن را نیز به ۴۷ درجهٔ سلسیوس برسانیم، فشار گاز در این حالت چند جو است؟ ← $V_2 = 80\text{lit}$, $T_2 = 47 + 273 = 320\text{K}$, $P_2 = ?$

گام دوم

در این فرایند تعداد مول‌های گاز کامل درون استوانه ثابت باقی می‌ماند و می‌توانیم از قانون گازهای کامل استفاده کنیم.

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{15 \times 100}{300} = \frac{P_2 \times 80}{320} \Rightarrow P_2 = 20\text{atm}$$

دمای گاز الزاماً باید برحسب کلوین باشد؛ لذا:

$$\begin{cases} T_1 = 27 + 273 = 300\text{K} \\ T_2 = 627 + 273 = 900\text{K} \end{cases}$$

و طبق داده‌های مسئله $V_2 = \frac{1}{3}V_1$
 از معادلهٔ قانون گازها داریم:

$$\frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_1 V_1}{T_1} \Rightarrow \frac{P_2 \times \frac{1}{3}V_1}{900} = \frac{P_1 V_1}{300} \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = 6$$

گام اول

الف) در مدت ۱۰ دقیقه، ۱۰۰ گرم یخ صفر درجهٔ سلسیوس را به آب صفر درجهٔ سلسیوس تبدیل می‌کند. ← $m = 100\text{g} = 0/1\text{kg}$, $\theta_1 = 0^\circ\text{C}$, $t_1 = 10\text{min}$
 ب) در مدت چند دقیقه این ۱۰۰ گرم آب صفر درجه را به بخار آب ۱۰۰ درجهٔ سلسیوس تبدیل می‌کند؟ ← $\theta_2 = 100^\circ\text{C}$, $t_1 = ?$

گام دوم

توان گرمکن ثابت است و می‌توانیم آن را باتوجه‌به گرمایی که به ۱۰۰ گرم یخ داده می‌شود تا تغییر فاز دهد محاسبه کرد و با به دست آوردن توان و مقدار گرمایی که لازم است آب صفر درجه به بخار آب ۱۰۰ درجه تبدیل شود، می‌توانیم مدت‌زمانی را که این فرآیند به طول می‌کشد محاسبه کنیم.

$$P_1 = \frac{Q_1}{t_1} \xrightarrow{Q_1=m_1L_f} P_1 = \frac{mL_f}{t_1} \xrightarrow{L_f=334\text{kJ/kg}} P = \frac{0/1 \times 334}{10} = 3/34\text{kW}$$

$$Q = mc\Delta\theta + mL_V \xrightarrow[c=4/1\text{kJ/kg}^\circ\text{C}]{L_V=2256\text{kJ/kg}} Q = 0/1 \times 4/2 \times 100 + 0/1 \times 2256 = 267/6\text{kJ}$$

$$P = \frac{Q}{t} \xrightarrow[P=267/6\text{kJ}]{Q=334\text{kJ}} 3/34 = \frac{267/6}{t} \Rightarrow t = 80\text{min}$$

گام اول

الف) اگر در حجم ثابت ← $V_1 = V_2$

ب) دمای مقدار معینی گاز کامل را از 27°C به 87°C برسانیم. ← $T_1 = 27 + 273 = 300\text{K}$, $T_2 = 87 + 273 = 360\text{K}$

ج) فشار گاز چند درصد افزایش می‌یابد؟ ← $\frac{P_2 - P_1}{P_1} \times 100 = \left(\frac{P_2}{P_1} - 1\right) \times 100 = ?$

گام دوم

کافی است نسبت $\frac{P_2}{P_1}$ را به دست بیاوریم. باتوجه‌به اینکه جرم و حجم ثابت مانده است، داریم:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow \frac{P_1}{300} = \frac{P_2}{360} \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{360}{300}$$

بنابراین درصد تغییرات فشار برابر است با:

$$\frac{P_2 - P_1}{P_1} \times 100 = \left(\frac{P_2}{P_1} - 1\right) \times 100 = \left(\frac{360}{300} - 1\right) \times 100 = 20\%$$

گام اول

الف) طول یک میلهٔ آهنی در دمای صفر درجهٔ سلسیوس، یک میلی‌متر بیشتر از طول یک میلهٔ مسی در همین دما است $\leftarrow L_{\text{lCu}} = L_{\text{lFe}} - ۱۰^{-۳}$
 ب) اگر دمای میله‌ها را به ۱۰۰ درجهٔ سلسیوس برسانیم، طول میلهٔ مسی ۰/۵ میلی‌متر بیشتر از طول میلهٔ آهنی خواهد شد $\leftarrow L_{\text{rCu}} = L_{\text{rFe}} + ۰/۵ \times ۱۰^{-۳}$

گام دوم

با استفاده از رابطهٔ $\Delta L = L_۱\alpha\Delta\theta$ ، طول اولیهٔ میلهٔ آهنی را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta L_{Cu} = L_{\text{lCu}}\alpha_{Cu}\Delta\theta = L_{\text{lCu}} \times ۱/۸ \times ۱۰^{-۵} \times ۱۰۰ = ۱/۸ \times ۱۰^{-۳}L_{\text{lCu}} \quad \text{(I)}$$

$$\Delta L_{Fe} = L_{\text{lFe}}\alpha_{Fe}\Delta\theta = L_{\text{lFe}} \times ۱/۲ \times ۱۰^{-۵} \times ۱۰۰ = ۱/۲ \times ۱۰^{-۳}L_{\text{lFe}} \quad \text{(II)}$$

$$L_{\text{rCu}} - L_{\text{lCu}} = L_{\text{rFe}} + ۰/۵ \times ۱۰^{-۳} - L_{\text{lFe}} + ۱۰^{-۳}$$

$$\xrightarrow{\text{(I)}} ۱/۸ \times ۱۰^{-۳}L_{\text{lCu}} = \Delta L_{Fe} + ۱/۵ \times ۱۰^{-۳}$$

$$\xrightarrow{\text{(II)}} ۱/۸ \times ۱۰^{-۳}\left(L_{\text{lFe}} - ۱۰^{-۳}\right) = ۱/۲ \times ۱۰^{-۳}L_{\text{lFe}} + ۱/۵ \times ۱۰^{-۳}$$

$$\Rightarrow ۰/۶L_{\text{lFe}} - ۰/۶ \times ۱۰^{-۳} = ۰/۴L_{\text{lFe}} + ۰/۵$$

$$\Rightarrow ۰/۲L_{\text{lFe}} = ۰/۶ \times ۱۰^{-۳} + ۰/۵ \Rightarrow L_{\text{lFe}} = ۲/۵۰۳\text{m}$$

گام اول

الف: چند گرم بخار آب ۱۰۰ درجهٔ سلسیوس $\leftarrow m_۱ = ? , \theta_۱ = ۱۰۰^{\circ}C$

ب) ۵۹۰ گرم آب ۱۰ درجهٔ سلسیوس $\leftarrow m_۲ = ۵۹۰\text{g} , \theta_۲ = ۱۰^{\circ}C$

ج) دمای تعادل به ۵۰ درجهٔ سلسیوس برسد. $\leftarrow \theta_e = \theta'_۱ = \theta'_۲ = ۵۰^{\circ}C$

گام دوم

مطابق فرآیند زیر داریم.

$$\text{آب } ۱۰^{\circ}C \xleftarrow{Q_r} \text{آب } ۵۰^{\circ}C \text{حالت تعادل} \xrightarrow{Q_r} \text{آب } ۱۰۰^{\circ}C \xrightarrow{Q_l} \text{بخار آب } ۱۰۰^{\circ}C$$

با استفاده از رابطهٔ تعادل گرمایی می‌توان جرم اولیهٔ بخار آب را محاسبه کرد؛ بنابراین:

$$\left(\begin{array}{l} c = ۴/۲J/g^{\circ}C \\ L_V = ۲۲۶۸J/g \end{array} \right)$$

$$Q_۱ + Q_r + Q_s = ۰$$

$$\Rightarrow -m_۱L_V + m_۱c(\theta_e - \theta_۱) + m_۲c(\theta_e - \theta_۲) = ۰ \Rightarrow ۲۴۷۸m_۱ = ۹۹۱۲۰ \Rightarrow m_۱ = ۴۰\text{g}$$

باتوجه‌به اینکه مقدار ماده ثابت است، داریم:

$$n_o = n_۱ + n_۲$$

سپس با استفاده از قانون گازهای کامل ($PV = nRT$) خواهیم داشت:

$$\frac{P_oV_o}{RT_o} = \frac{P_۱V_۱}{RT_۱} + \frac{P_۲V_۲}{RT_۲} \Rightarrow \frac{P_oV_o}{T_o} = \frac{P_۱V_۱}{T_۱} + \frac{P_۲V_۲}{T_۲}$$

ازآنجاکه دما همیشه ثابت است ($T_o = T_۱ = T_۲$) داریم:

$$P_oV_o = P_۱V_۱ + P_۲V_۲ \Rightarrow ۴ \times ۶ = ۲ \times ۶ + ۱V_۲$$

$$V_۲ = ۱۲\text{ lit}$$

گام اول

الف) دمای قرص فلزی را ۲۵۰ درجهٔ سلسیوس افزایش می‌دهیم $\leftarrow \Delta T = ۲۵۰\text{K}$ $\xrightarrow{\Delta\theta=\Delta T}$ $\Delta\theta = ۲۵۰\text{ }^{\circ}\text{C}$

ب) مساحت آن یک درصد افزایش می‌یابد $\leftarrow \Delta A = \frac{1}{100}A_1$

ج) ضریب انبساط خطی فلز در SI کدام است؟ $\leftarrow \alpha = ?$

گام دوم

کافی است از رابطهٔ انبساط سطحی استفاده کنیم.

$$\Delta A = A_1(\alpha\Delta T) \Rightarrow 10^{-۲}A_1 = A_1(\alpha) \times ۲۵۰$$

$$\Rightarrow \alpha = ۲ \times 10^{-۵} \text{ K}^{-1}$$

به بررسی گزینه‌ها می‌پردازیم.

گزینهٔ ۱) برای لباس‌های آتش‌نشانی پوشش براق مناسب‌تر است. سطح براق سبب می‌شود گرما بازتابش کرده و مقدار جذب آن کم شود.

گزینهٔ ۲) هنگامی‌که در یخچال را باز می‌کنید هوای سرد از پایین آن بیرون می‌رود زیرا مولکول‌های هوای سرد نسبت به مولکول‌های هوای گرم چگال‌تر است. و پایین‌تر از هوای گرم قرار می‌گیرند.

گزینهٔ ۳) رنگ تیره نسبت به رنگ روشن جذب گرمای بیشتری دارد؛ بنابراین در مناطق گرم رنگ روشن برای نمای بیرون ساختمان‌ها مناسب‌تر است.

گزینهٔ ۴) فلز نسبت به چوب ضریب رسانش گرمایی بالاتری دارد؛ بنابراین انتقال گرما از دست ما به فلز سریع‌تر از چوب است و فلز به نظر سردتر می‌رسد.

بنابراین گزینه "۱" صحیح است.

گام اول

الف) یک گلولهٔ سربی به جرم ۲۰ گرم $\leftarrow m = ۲۰\text{g} = ۰/۰۲\text{kg}$

ب) با سرعت ۴۰۰m/s $\leftarrow v_0 = ۴۰۰\text{m/s}$

ج) درون آن متوقف می‌شود $\leftarrow v_1 = ۰\text{m/s}$

د) اگر ۵۰ درصد انرژی جنبشی اولیهٔ گلوله صرف گرم کردن خودش شود $\leftarrow Q = +\frac{1}{۲}K$

و) گرمای ویژهٔ سرب ۱۲۵J/kg.K باشد $\leftarrow c = ۱۲۵\text{J/kg.K}$

هـ) دمای گلوله چند کلوین افزایش می‌یابد؟ $\leftarrow \Delta T = ?$

گام دوم

باتوجه‌به $Q = \frac{1}{۲}K$ کافی است روابط K و Q را در آن جایگذاری کنیم تا $\Delta\theta$ به دست بیاید.

$$\begin{cases} Q = \frac{1}{۲}K \\ K = \frac{1}{۲}mv_0^۲ \end{cases} \Rightarrow mc\Delta\theta = \frac{1}{۲}\left(\frac{1}{۲}mv_0^۲\right)$$

$$\Rightarrow ۱۲۵ \times \Delta\theta = \frac{1}{۴} \times ۱۶۰۰۰۰$$

$$\Rightarrow \Delta\theta = \frac{+۴۰۰۰۰}{۱۲۵} = ۳۲۰^{\circ}\text{C} \xrightarrow{\Delta\theta=\Delta T} \Delta T = ۳۲۰\text{K}$$

گام اول

الف) حداقل چند گرم یخ 20°C را داخل 200 گرم آب صفر درجهٔ سلسیوس بیندازیم؟ $\leftarrow \theta_{\text{یخ}} = -20^{\circ}\text{C}$, $m_{\text{یخ}} = ?$, $\theta_{\text{آب}} = 0^{\circ}\text{C}$, $m_{\text{آب}} = 200\text{g}$
 ب) تا تمام آب یخ ببندد؟ $\leftarrow \theta_e = 0 = \theta'_{\text{یخ}} = \theta_{\text{یخ}}$

گام دوم

منظور از حداقل مقدار یخ، مقدار یخ 20 - سانتی‌گرادی است که 200 گرم آب صفر درجه را به یخ صفر درجه تبدیل می‌کند.

آب صفر درجه $\xleftarrow{Q_r}$ یخ صفر درجه $\xrightarrow{Q_i}$ یخ 20 - درجه

کافی است رابطهٔ تعادل گرمایی را برای آب و یخ بنویسیم

$$\left(\begin{array}{l} c_{\text{یخ}} = 2100\text{J/kg.K} \\ L_F = 3/36 \times 10^5\text{J/kg} \end{array} \right)$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{یخ}} + Q_{\text{آب}} &= 0 \Rightarrow m_{\text{یخ}} c_{\text{یخ}} \times (\theta_e - \theta_1) - m_{\text{آب}} L_f = 0 \\ \Rightarrow m_{\text{یخ}} \times 2100 \times (0 - (20)) - 0/2 \times 3/36 \times 10^5 &= 0 \\ \Rightarrow m_{\text{یخ}} &= \frac{67200}{21000} = 1/6\text{kg} \Rightarrow m_{\text{یخ}} = 1600\text{g} \end{aligned}$$

چون آب گرما از دست می‌دهد علامت $Q_{\text{آب}}$ در روابط بالا، منفی شد.

گزینه ۳

گام اول

الف) در دمای صفر درجهٔ سلسیوس، مجموع طول میله‌های به هم چسبیدهٔ L_1 و L_2 با طول میلهٔ L_3 برابر است $\leftarrow L_3 = L_2 + L_1$
 ج) اگر در هر دمای بالاتر از صفر نیز این تساوی طول برقرار باشد. $\leftarrow \Delta L_1 + \Delta L_2 = \Delta L_3$

گام دوم

با استفاده از رابطهٔ تساوی ذکرشده در صورت سؤال و جایگذاری رابطهٔ انبساط طولی در آن، داریم:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta L_1 + \Delta L_2 = \Delta L_3 \\ \Delta \theta_1 = \Delta \theta_2 = \Delta \theta_3 \end{array} \right. \Rightarrow L_1 \alpha_1 \Delta \theta + L_2 \alpha_2 \Delta \theta = L_3 \alpha_3 \Delta \theta \Rightarrow \alpha_3 = \frac{L_1 \alpha_1 + L_2 \alpha_2}{L_3}$$

گزینه ۱

$$\Delta L = L_1 \alpha \Delta \theta \Rightarrow \frac{0/06}{100} L_1 = L_1 \alpha \times 50 \Rightarrow \alpha = 1/2 \times 10^{-5}$$

گزینه ۳

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow \frac{75}{300} = \frac{P_2}{330} \Rightarrow P_2 = 1/1 \times 75 = 75 + 0/1 \times 75$$

چون سطح جیوه در شاخهٔ سمت چپ ثابت باقی مانده است بنابراین افزایش فشار گاز همان ارتفاع اضافه‌شده به شاخهٔ سمت راست است.

$$\Delta h = 0/1 \times 75 = 7/5\text{ cmHg}$$

الف) گرمای ویژه آلومینیم بیش از ۲ برابر گرمای ویژه مس است. $\frac{c_{Al}}{c_{Cu}} > ۲ \leftarrow$

ب) اگر ۱kg آلومینیم ۲۰°C و ۱kg مس ۲۰°C را باهم داخل مقداری آب ۱۰۰°C بیندازیم. $\leftarrow \begin{cases} \theta_{Al} = ۲۰^{\circ}C \\ \theta_{Cu} = ۲۰^{\circ}C \\ \theta_{آب} = ۱۰۰^{\circ}C \end{cases}$, $\begin{cases} m_{Al} = ۱kg \\ m_{Cu} = ۱kg \end{cases}$

ج) پس از برقراری تعادل $\theta_e = \theta'_{Al} = \theta'_{Cu} = \theta'_{آب} \leftarrow$

گزینه "۱" و "۲": وقتی اجسام در تعادل گرمایی با یکدیگر باشند دمای آن‌ها یکسان است. چون دماهای اولیهٔ قطعهٔ آلومینیم و مس باهم برابر بوده و سپس با آب به دمای تعادل رسیده‌اند؛ پس افزایش دمای آن‌ها یکسان خواهد بود. بنابراین گزینهٔ "۱" صحیح و گزینهٔ "۲" نادرست است.

گزینهٔ "۳": گرمای مبادله‌شده بین آب و مس و آلومینیم برابر است با $Q = mc\Delta\theta$ و ازآنجاکه گرمای ویژهٔ مواد مختلف، متفاوت است بنابراین گرمایی که مس و آلومینیم می‌گیرند، یکسان نیست و گزینهٔ "۳" نادرست است.

گزینهٔ "۴":

$$Q = mc\Delta\theta \Rightarrow \frac{Q_{Al}}{Q_{Cu}} = \frac{m_{Al}c_{Al}\Delta\theta_{Al}}{m_{Cu}c_{Cu}\Delta\theta_{Cu}}$$

$$\Delta\theta_{Al}=\Delta\theta_{Cu} \quad \frac{c_{Al}}{c_{Cu}} > ۲ \Rightarrow \frac{Q_{Al}}{Q_{Cu}} > ۲$$

بنابراین گرمایی که مس می‌گیرد کمتر از گرمایی است که آلومینیم می‌گیرد و گزینهٔ "۴" نادرست است.

الف) دو کرهٔ فلزی هم‌جنس A و B $\leftarrow \rho_A = \rho_B$, $c_A = c_B$

ب) اولی توپُر به شعاع ۲۰ cm $\leftarrow R_A = ۲۰\text{ cm}$

ج) دیگری توخالی که شعاع خارجی آن ۲۰ cm و شعاع حفره داخلی ۱۰ cm $\leftarrow R_B = ۲۰\text{ cm}$, $r_B = ۱۰\text{ cm}$

د) گر به دو کره، به یک‌اندازه گرما بدهیم $\leftarrow Q_A = Q_B$

ه) تغییر حجم کرهٔ A برابر ΔV_A و تغییر حجم فلز به‌کاررفته در کرهٔ B برابر ΔV_B است، نسبت $\frac{\Delta V_A}{\Delta V_B}$ کدام است؟ $\leftarrow \frac{\Delta V_A}{\Delta V_B}$

باتوجه‌به رابطهٔ انبساط حجمی در کرهٔ توپُر و کرهٔ توخالی و همچنین رابطهٔ گرما خواهیم داشت:

$$Q_A = Q_B \Rightarrow m_A c_A \Delta T_A = m_B c_B \Delta T_B \Rightarrow \frac{m_A}{m_B} = \frac{\Delta T_B}{\Delta T_A} \quad (*)$$

نسبت حجم واقعی دو کره را نوشته تا نسبت جرم‌ها و نهایتاً نسبت تغییرات دما به دست آید:

$$\frac{V_B}{V_A} = \frac{\frac{4}{3}\pi(R_B^3 - r_B^3)}{\frac{4}{3}\pi R_A^3} = \frac{(۲۰)^3 - (۱۰)^3}{(۲۰)^3} = \frac{۷}{۸}$$

$$m = \rho V \Rightarrow \frac{m_A}{m_B} = \frac{\rho_A V_A}{\rho_B V_B} = \frac{\lambda}{\gamma} \xrightarrow{*} \frac{\Delta T_B}{\Delta T_A} = \frac{\lambda}{\gamma}$$

اکنون نسبت تغییرات حجمی کره‌ها را به دست می‌آوریم:

$$\Delta V = V_1 \beta \Delta T \Rightarrow \frac{\Delta V_A}{\Delta V_B} = \frac{V_A \beta \Delta T_A}{V_B \beta \Delta T_B} = \frac{V_A}{V_B} \times \frac{\Delta T_A}{\Delta T_B} = \frac{\lambda}{\gamma} \times \frac{\gamma}{\lambda} = ۱$$

گرمایی که فلز از دست می‌دهد، برابر است با مقدار گرمای گرفته‌شده توسط آب و یخ؛ گرمای گرفته‌شده ابتدا یخ را ذوب و سپس مجموع جرم آب و جرم یخ ذوب‌شده را به دمای ۵°C می‌رساند؛ بنابراین داریم:

$$\begin{cases} m_{یخ} L_f + m_{یخ} c_{آب} \Delta\theta = m_{فلز} c_{فلز} \Delta\theta \\ m_{یخ} = ۴۰۰\text{ g} = ۰/۴\text{ kg} \text{ , } m_{فلز} = ۲۰۰\text{ g} = ۰/۲\text{ kg} \\ c_{آب} = ۴۲۰۰\text{ J/kg}^{\circ}\text{C} \text{ , } c_{فلز} = ۸۴۰\text{ J/kg}^{\circ}\text{C} \\ L_f = ۳۳۶۰۰۰\text{ J/kg} \end{cases}$$

$$\Rightarrow m_{یخ} \times ۳۳۶۰۰۰ + ۰/۴ \times ۴۲۰۰ \times (۵ - ۰) = ۰/۲ \times ۸۴۰ \times ۱۰۰$$

$$\Rightarrow ۴۰۰m_{یخ} + ۱۰ = ۲۰ \Rightarrow m_{یخ} = ۰/۰۲۵\text{ kg} = ۲۵\text{ g}$$

گام اول

الف) یک کیلوگرم یخ و ۴ کیلوگرم آب در فشار یک جو در تعادل حرارتی قرار دارند. چون آب و یخ در تعادل گرمایی هستند، دمای مجموعه در ابتدا صفر است.

$$m_{\text{یخ}} = 1 \text{ kg}, \quad m_{\text{آب}} = 4 \text{ kg}, \quad \theta_1 = 0 \leftarrow$$

ب) به این مجموعه ۵۴۶ کیلوژول گرما می‌دهیم. $Q = +546 \text{ kJ} \leftarrow$

ج) بعد از رسیدن به تعادل، دمای آب به چند درجهٔ سلسیوس می‌رسد؟ $\theta_2 = ? \leftarrow$

گام دوم

گرمای داده‌شده ابتدا یخ را ذوب می‌کند، پس گرمای موردنیاز برای ذوب کامل یک کیلوگرم یخ صفر درجه را محاسبه می‌کنیم.

$$Q_f = m_{\text{یخ}} L_f \xrightarrow{L_f = 336 \text{ kJ/kg}} Q_f = 1 \times 336 = 336 \text{ kJ}$$

چون گرمای داده‌شده از این مقدار بیشتر است پس باقی‌ماندهٔ آن صرف گرم کردن ۵ (= ۴ + ۱) کیلوگرم آب صفر درجه خواهد شد.

$$Q = 546 - 336 = 210 \text{ kJ} = 210 \times 10^3 \text{ J}$$

$$Q = mc\Delta\theta \xrightarrow{m=1+4=5 \text{ kg}} 210 \times 10^3 = 5 \times 4200 \times (\theta_2 - \theta_1) \Rightarrow \theta_2 = 10^\circ \text{C}$$

گام اول

الف) با آهنگ ۰/۱۸ لیتر بر دقیقه تبخیر می‌شود. \leftarrow در یک دقیقه ۰/۱۸ لیتر آب تبخیر می‌شود. ($t = 60 \text{ s}$, $V = 0.18 \text{ lit}$)

ب) ضخامت کف قابلمه $L = 4 / 8 \text{ mm} \leftarrow 4 / 8 \text{ mm}$

ج) قطر آن $R = \frac{D}{2} = \frac{3}{2} = 1.5 \text{ cm} = 15 \times 10^{-2} \text{ m} \leftarrow$

د) دمای ته ظرف در تماس با منبع گرما چند درجهٔ سلسیوس است؟ $\theta = ? \leftarrow$

گام دوم

منظور از جوشیدن آب، تغییر حالت آن از مایع به بخار است. مقدار گرمای لازم برای تبخیر ۰/۱۸ لیتر آب برابر است با:

$$\begin{cases} Q = mL_v \\ m = \rho V \end{cases} \Rightarrow Q = \rho V L_v \xrightarrow{\rho = 1 \text{ g/lit}} Q = 1 \times (0.18) \times 2250 = 405 \text{ kJ} = 405 \times 10^3 \text{ J}$$

حال کافی است از رابطهٔ رسانش گرمایی استفاده کنیم تا تغییرات دمای کف ظرف را به دست بیاوریم.

$$Q = \frac{kAt\Delta\theta}{L} \xrightarrow{A=\pi R^2} Q = \frac{k\pi R^2 t \Delta\theta}{L} \xrightarrow{\frac{k_{\text{AL}}=240 \text{ W/m.K}}{\pi=3}} 405 \times 10^3 = \frac{240 \times 3 \times (15 \times 10^{-2})^2 \times 60 \times \Delta\theta}{4/8 \times 10^{-3}}$$

$$\Rightarrow \Delta\theta = \frac{405 \times 4/8}{240 \times 3 \times 225 \times 10^{-6} \times 60} = 2^\circ \text{C}$$

بنابراین اختلاف دمای دو طرف کف ظرف برابر است با 2°C دمای طرف داخلی آن‌که در تعادل با آب است برابر با 100°C است پس:

$$\Delta\theta = 2^\circ \text{C} \Rightarrow \theta_2 - \theta_1 = 2 \xrightarrow{\theta_1 = 100^\circ \text{C}} \theta_2 - 100 = 2 \Rightarrow \theta_2 = 102^\circ \text{C}$$

$$\Delta T = \Delta\theta \Rightarrow \Delta T = 100 \text{ K}$$

$$\rho = \rho_0 (1 - \beta \Delta T) \Rightarrow \rho - \rho_0 = -\rho_0 \beta \Delta T$$

$$\Rightarrow \Delta\rho = -\frac{m}{V} \beta \Delta T = -\frac{44 \times 10^{-3}}{\frac{4}{3} \times 3 \times (10^{-2})^3} \times 3 \times 3 \times 10^{-5} \times 100$$

$$\Delta\rho = -99 \text{ kg/m}^3$$

بنابراین چگالی به اندازهٔ ۹۹ گیلوگرم بر مترمکعب کاهش می‌یابد.

الف) مخزنی با حجم ثابت ۱۴ لیتر ← $V = 14 \text{ lit} = 14 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

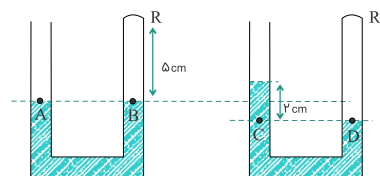
ب) محتوی مخلوطی از ۶ گرم گاز هیدروژن و ۱۲ گرم گاز نیتروژن ۲۷ درجه سلسیوس است ← $T = 27 + 273 = 300 \text{ K}$
ج) فشار مخلوط گازها چند اتمسفر است؟ ← $P = ?$

کافی است از رابطه $P V = nRT$ و $n = \frac{m}{M}$ استفاده کنیم تا فشار مخلوط گازها را به دست آوریم:

$$P V = n_{\text{H}_2} R T \Rightarrow P V = \left(\frac{m_{\text{H}_2}}{M_{\text{H}_2}} + \frac{m_{\text{N}_2}}{M_{\text{N}_2}} \right) R T$$

$$\frac{M_{\text{H}_2} = 2 \text{ g/mol}, R = 8.314 \text{ J/(mol.K)}}{M_{\text{N}_2} = 28 \text{ g/mol}} \rightarrow P \times 14 \times 10^{-3} = \left(\frac{6}{2} + \frac{12}{28} \right) \times 8.314 \times 300$$

$$\Rightarrow P = \frac{6 \times 8.314 \times 300}{14 \times 10^{-3}} \times 10^5 = 12 \times 10^5 \text{ Pa} = 12 \text{ atm}$$



باتوجه به نقاط هم سطح در این لوله ها داریم:

$$P_A = P_B \xrightarrow{P_A = P_B} P_B = P_0 = \gamma \lambda \text{ cmHg} \quad (*)$$

$$P_C = P_D \Rightarrow P_0 + P_{\text{اختلاف ستون}} = P_D \xrightarrow{P_0 = \gamma \lambda \text{ cmHg}, P_{\text{اختلاف ستون}} = \gamma \text{ cmHg}} \gamma \lambda + \gamma = P_D$$

$$\Rightarrow P_D = \lambda \text{ cmHg} \quad (**)$$

حالا باتوجه به اینکه گاز در لوله سمت راست محبوس مانده طبق رابطه زیر خواهیم داشت:

$$\frac{P_B V_B}{T_B} = \frac{P_D V_D}{T_D} \xrightarrow{(*), (**), V = Ah} \frac{\gamma \lambda \times A \times \Delta}{312} = \frac{\lambda \times A \times \gamma}{T_D}$$

$$\Rightarrow T_D = 312 \text{ K} \Rightarrow \Delta T = T_D - T_B = 312 - 300 = 12 \text{ K}$$

$$\Delta T = \Delta \theta \Rightarrow \Delta \theta = 12^\circ \text{C}$$

$$P = \frac{Q}{t} = K \frac{A \Delta \theta}{L}$$

$$P = \frac{\gamma}{10} = \frac{2/\Delta \times 2 \times 10}{\Delta \times 10^{-3}} = 6000 \text{ W} = 6 \text{ kW}$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{10^5 V_1}{27 + 273} = \frac{2 \times 10^5 \times \lambda}{27 + 273} \Rightarrow V_1 = 15 \text{ Litr}$$

گام اول

الف) دمای مقدار معینی گاز کامل ۲۷°C است. $\leftarrow T_1 = ۲۷ + ۲۷۳ = ۳۰۰\text{K}$
 ب) دمای آن را در فشار ثابت، چند درجهٔ سلسیوس زیاد کنیم $\leftarrow \Delta T_2 - T_1 = ?$, $P_1 = P_2$
 ج) تا افزایش حجم آن $\frac{1}{3}$ حجم اولیه‌اش باشد $\leftarrow V_2 = V_1 + \frac{1}{3}V_1 = \frac{4}{3}V_1$

گام دوم

در فشار ثابت نسبت $\frac{V}{T}$ برای گازهای کامل ثابت است؛ بنابراین برای دو حالت گاز داریم:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{V_1}{300} = \frac{\frac{4}{3}V_1}{T_2} \Rightarrow T_2 = 400\text{K}$$

بنابراین تغییرات دمایی برابر است با:

$$\Delta T = T_2 - T_1 = 400 - 300 = 100\text{K} \xrightarrow{\Delta\theta=\Delta T} \Delta\theta = 100^{\circ}\text{C}$$

رابطهٔ $H = k \frac{A(T_H - T_L)}{L}$ را به صورت نسبتی می‌نویسیم:

$$\frac{H_{Cu}}{H_{Fe}} = \frac{K_{Cu}}{K_{Fe}} \times \frac{A_{Cu}}{A_{Fe}} \times \frac{L_{Fe}}{L_{Cu}} \times \frac{(T_H - T_L)_{Cu}}{(T_H - T_L)_{Fe}}$$

$$\xrightarrow{\frac{A_{Cu}}{A_{Fe}} = (\frac{D_{Cu}}{D_{Fe}})^2} \frac{H_{Cu}}{H_{Fe}} = \frac{400}{100} \times (\frac{2}{1})^2 \times \frac{1}{2} \times \frac{100}{100} \Rightarrow \frac{H_{Cu}}{H_{Fe}} = 16$$

گام اول

الف) طول میله‌ای در دمای صفر درجهٔ سلسیوس برابر ۸۰۰cm است. $\leftarrow L_1 = ۸۰۰\text{cm} = ۸\text{m}$, $\theta_1 = 0^{\circ}\text{C}$
 ب) اگر طول آن در دمای ۵۰ درجهٔ سلسیوس به ۸۰۱cm برسد. $\leftarrow L_2 = ۸۰۱\text{cm} = ۸/۰۱\text{m}$, $\theta_2 = ۵۰^{\circ}\text{C}$
 ج) ضریب انبساط طولی آن در SI کدام است؟ $\leftarrow \alpha = ?$

گام دوم

از رابطهٔ انبساط طولی استفاده می‌کنیم.

$$L_2 = L_1 (1 + \alpha \Delta\theta) \Rightarrow ۸/۰۱ = ۸ (1 + \alpha \times (۵۰ - ۰)) \Rightarrow \alpha = ۲/۵ \times 10^{-۵} (1/^{\circ}\text{C})$$

گام اول

در دمای ثابت، حجم گاز کاملی ۶۰ درصد تغییر می‌کند، درنتیجه فشار آن $۱۵ \times 10^F \text{ Pa}$ افزایش می‌یابد \leftarrow باتوجه‌به اینکه فشار افزایش یافته، پس حجم کاهش می‌یابد و داریم:
 $V_2 = ۰/۴V_1$, $P_2 = P_1 + 1۵ \times 10^F$

گام دوم

با استفاده از قانون گازهای کامل در دمای ثابت (قانون بویل - ماریوت)، فشار اولیهٔ گاز را محاسبه می‌کنیم:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \Rightarrow P_1 \times V_1 = (P_1 + 1۵ \times 10^F) \times ۰/۴V_1$$

$$\Rightarrow P_1 = ۰/۴P_1 + ۶ \times 10^F \Rightarrow ۰/۶P_1 = ۶ \times 10^F \Rightarrow P_1 = 10^5 \text{ Pa}$$

گام اول

الف) دو کرهٔ فلزی هم‌جنس A و B، اولی توپر و شعاع آن

$$r_A = ۲۰\text{ cm} \text{ , } c_A = c_B \text{ , } \rho_A = \rho_B \leftarrow ۲۰\text{cm}$$

ب) دومی توخالی و شعاع خارجی آن ۲۰ cm و شعاع حفرهٔ داخلی آن:

$$R_B = ۲۰\text{ cm} \text{ , } r_B = ۱۰\text{ cm} \leftarrow ۱۰\text{cm}$$

$$Q_A = Q_B \text{ , } \frac{\Delta\theta_B}{\Delta\theta_A} = ? \text{ کدام است؟} \leftarrow \frac{\Delta\theta_B}{\Delta\theta_A} \text{ نسبت } \frac{\Delta\theta_B}{\Delta\theta_A} \text{ یک‌اندازه گرما دهیم، نسبت}$$

گام دوم

با استفاده از روابط $Q = mc\Delta\theta$ و $\rho = \frac{m}{V}$ داریم:

$$Q_A = Q_B \Rightarrow m_A c_A \Delta\theta_A = m_B c_B \Delta\theta_B \Rightarrow \frac{\Delta\theta_B}{\Delta\theta_A} = \frac{m_A}{m_B} \quad (\text{I})$$

$$\text{از طرفی : } \rho_A = \rho_B \Rightarrow \frac{m_A}{V_A} = \frac{m_B}{V_B}$$

$$\Rightarrow \frac{m_A}{m_B} = \frac{\frac{4}{3}\pi r_A^3 \rho}{\frac{4}{3}\pi R_B^3 \rho - \frac{4}{3}\pi r_B^3 \rho}$$

$$\stackrel{(\text{I})}{\rightarrow} \frac{\Delta\theta_B}{\Delta\theta_A} = \frac{۲۰^۳}{۲۰^۳ - ۱۰^۳} = \frac{۸۰۰۰}{۷۰۰۰} = \frac{۸}{۷}$$

گام اول

الف) در ظرفی ۲۰۰ گرم یخ ۵- درجهٔ سلسیوس وجود دارد $\leftarrow \theta_{\text{یخ}} = -۵^\circ\text{C}$, $m_{\text{یخ}} = ۲۰۰\text{ g} = ۰/۲\text{ kg}$,

ب) حداقل چند گرم آب ۱۰۰ درجهٔ سلسیوس در ظرف وارد کنیم؟ $\leftarrow m_{\text{آب}} = ۱۰۰^\circ\text{C}$, $\theta_{\text{آب}} = ?$

ج) تا یخی در ظرف باقی نماند؟ \leftarrow تمام یخ باید ذوب شود و دمای تعادل، صفر درجهٔ سلسیوس خواهد بود.

گام دوم

باتوجه‌به اینکه دمای تعادل، صفر درجه است داریم:

$$\text{آب } ۱۰۰^\circ\text{C} \xrightarrow[\text{Q}_F]{\Delta\theta_F = -۱۰۰^\circ\text{C}} \text{آب صفر} \xrightarrow[\text{Q}_F]{\theta_F = ۰} \text{یخ صفر} \xrightarrow[\text{Q}_I]{\Delta\theta_I = ۵^\circ\text{C}} \text{یخ } -۵^\circ\text{C}$$

بنابراین:

$$Q_I + Q_F + Q_F = ۰ \Rightarrow m_{\text{یخ}} c_{\text{یخ}} \Delta\theta_I + m_{\text{یخ}} L_F + m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} \Delta\theta_F = ۰$$

$$\xrightarrow[c_{\text{یخ}} = ۲۱۰۰\text{ J/kg.K, } c_{\text{آب}} = ۴۲۰۰\text{ J/kg.K}]{L_F = ۳۳۶۰۰۰\text{ J/kg}} ۰/۲ \times ۲۱۰۰ \times ۵ + ۰/۲ \times ۳۳۶۰۰۰ + m_{\text{آب}} \times ۴۲۰۰ \times -۱۰۰ = ۰$$

$$\Rightarrow ۱ + ۳۲ - ۲۰۰ m_{\text{آب}} = ۰ \Rightarrow m_{\text{آب}} = \frac{۳۳}{۲۰۰}\text{ kg} = ۰/۱۶۵\text{ kg} = ۱۶۵\text{ g}$$

$$\frac{Q_A}{Q_B} = \frac{m_A}{m_B} \times \frac{c_A}{c_B} \times \frac{\Delta\theta_A}{\Delta\theta_B} \Rightarrow ۱ = \frac{\rho_A V_A}{\rho_B V_B} \times \frac{c_A}{c_B} \times \frac{\Delta\theta_A}{\Delta\theta_B}$$

$$\Rightarrow ۱ = \frac{۲ \times ۱}{۱ \times ۱} \times ۲ \times \frac{\Delta\theta_A}{\Delta\theta_B} \Rightarrow \frac{\Delta\theta_A}{\Delta\theta_B} = \frac{۱}{۴}$$

باتوجه‌به اینکه در صورت سؤال ذکر شده است که دمای آب چند درجهٔ سلسیوس می‌شود؛ بنابراین یخ به‌طور کامل ذوب می‌شود.

پس کافی است مقدار گرمایی که یخ می‌خواهد تا ذوب شود را به دست آوریم و با گرمای آب مقایسه کنیم.

$$\begin{cases} Q_{\text{ذوب}} = m_{\text{یخ}} L_F = ۰/۱ \times ۳۳۶۰۰۰ = ۳۳۶۰۰\text{ J} \\ Q_{\text{آب}} = m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} \Delta\theta = ۰/۴ \times ۴۲۰۰ \times ۳۰ = ۵۰۴۰۰\text{ J} \end{cases} \Rightarrow Q_{\text{آب}} > Q_{\text{یخ}}$$

پس دمای تعادل بیشتر از صفر خواهد بود:

$$\text{آب } ۳۰^\circ\text{C} \xleftarrow[\text{Q}_F]{\theta_F} \text{آب } \theta_e \xrightarrow[\text{Q}_F]{\theta_e} \text{آب } ۰ \xrightarrow[\text{Q}_I]{\theta_I} \text{یخ } ۰$$

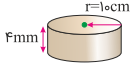
$$Q_I + Q_F + Q_F = ۰ \Rightarrow ۳۳۶۰۰ + ۰/۱ \times ۴۲۰۰ \times \theta_e + ۰/۴ \times ۴۲۰۰ \times (\theta_e - ۳۰) = ۰$$

$$\Rightarrow ۴۲۰۰\theta_e + ۱۶۸۰\theta_e = ۱۶۸۰ \times ۳۰ - ۳۳۶۰۰ \Rightarrow \theta_e = ۸^\circ\text{C}$$

ابتدا با یک تناسب ساده متوجه می‌شویم که در هر دقیقه افزایش دمای مایع چقدر می‌شود:

$$\frac{10}{56} = \frac{\Delta\theta}{1 \text{ دقیقه}} \Rightarrow \Delta\theta = \frac{10}{56} \times 56 \text{ دقیقه} = 10^\circ\text{C}$$

$$Q = mc\Delta\theta \Rightarrow 100 = 0.5 \times c \times \frac{10}{V} \Rightarrow c = 140 \text{ J/kg.K}$$



$$V_1 = A \cdot h = \pi r^2 \cdot h \Rightarrow V_1 = 3(10)^2 \times 5 \times 10^{-1} = 150 \text{ cm}^3$$

$$\Delta V = V_1(\alpha \Delta T) = 150 \times 3 \times 5 \times 10^{-5} \times 100 \Rightarrow \Delta V = 1/8 \text{ cm}^3$$

در ابتدا مخلوط آب و یخ در تعادل‌اند و دمای تعادل 0°C است.

طبق صورت سؤال و نیز باتوجه به گزینه‌ها، نتیجه می‌شود در این فرآیند تمام یخ ذوب نشده است؛ لذا درنهایت دمای آب و یخ و گلوله که هر سه به تعادل رسیده‌اند همچنان صفر است.

به‌این‌ترتیب دمای گلوله از 80°C به 0°C می‌رسد و گرمایی که گلوله از دست می‌دهد صرف ذوب مقداری از یخ می‌شود:

$$Q_{\text{ذوب}} = Q_{\text{یخ}} \Rightarrow m_{\text{ذوب}} c_{\text{ذوب}} \Delta\theta = m_{\text{یخ}} L_F$$

$$\Rightarrow 0.3 \times 420 \times 80 = m_{\text{یخ}} \times 336000 \Rightarrow m_{\text{یخ}} = 0.3 \text{ kg} = 300 \text{ g}$$

گام اول: ابتدا حجم ثانویه گاز را در تغییر اول به دست می‌آوریم.

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{2}{273 + 47} = \frac{V_2}{273 + 40} \Rightarrow V_2 = 2/25 \text{ L}$$

گام دوم: برای تغییر دوم نیز رابطهٔ بالا را می‌نویسیم:

$$\frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_3 V_3}{T_3} \Rightarrow 2 \times 10^5 \times \cancel{V_2} = P_3 \times 0.8 \cancel{V_2} \Rightarrow P_3 = 2/5 \times 10^5 \text{ Pa}$$

توجه کنید: می‌توانستیم بدون محاسبهٔ V_2 نیز بین حالت دوم و سوم رابطه را بنویسیم:

$$\frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_3 V_3}{T_3} \xrightarrow[T_2 = T_3, P_2 = P_3]{V_2 = 0.8 V_3} 2 \times 10^5 V_2 = P_3 \times 0.8 V_2$$

$$\Rightarrow P_3 = 2/5 \times 10^5 \text{ Pa}$$

گام اول

الف) یک قطعهٔ آلومینیم یک کیلوگرمی با دمای 90°C درجهٔ سلسیوس ← $m_{\text{Al}} = 1 \text{ kg}$, $\theta_1 = 90^\circ\text{C}$

ب) یک قطعهٔ مس ۲ کیلوگرمی با دمای 95°C درجهٔ سلسیوس ← $m_{\text{Cu}} = 2 \text{ kg}$, $\theta_2 = 95^\circ\text{C}$

ج) هر ۲ قطعه را در یک محیط قرار می‌دهیم تا به تعادل حرارتی برسند. ← $\theta'_1 = \theta'_2 = \theta_e$

د) مقدار گرمایی که آلومینیم در این فرآیند از دست‌داده چندبرابر مقدار گرمایی است که مس از دست داده است؟ ← $\frac{Q_{\text{Al}}}{Q_{\text{Cu}}} = ?$

گام دوم

کافی است رابطهٔ $Q = mc\Delta\theta$ را برای هر قطعه نوشته و برهم تقسیم کنیم؛ بنابراین:

$$Q_{\text{Al}} = m_{\text{Al}} c_{\text{Al}} \Delta\theta_{\text{Al}} \xrightarrow{c_{\text{Al}} = 900 \text{ J/kg}^\circ\text{C}} Q_{\text{Al}} = 1 \times 900 \times (\theta_e - 90)$$

$$Q_{\text{Cu}} = m_{\text{Cu}} c_{\text{Cu}} \Delta\theta_{\text{Cu}} \xrightarrow{c_{\text{Cu}} = 400 \text{ J/kg}^\circ\text{C}} Q_{\text{Cu}} = 2 \times 400 \times (\theta_e - 95)$$

حالا مقدار $\frac{Q_{\text{Al}}}{Q_{\text{Cu}}}$ را محاسبه می‌کنیم.

$$\frac{Q_{\text{Al}}}{Q_{\text{Cu}}} = \frac{1 \times 900 \times (\theta_e - 90)}{2 \times 400 \times (\theta_e - 95)}$$

ازآنجا که دمای تعادل نهایی آلومینیم و مس (که همان دمای محیط است) مشخص نیست، نمی‌توان میزان گرمای از دست‌دادهٔ دو جسم را بررسی کرد بنابراین مقدار $\frac{Q_{\text{Al}}}{Q_{\text{Cu}}}$ به دمای محیط بستگی دارد.

گام اول

الف) ضریب انبساط طولی میله‌ای $\alpha = ۲ \times ۱۰^{-۵} \text{K}^{-۱} \leftarrow ۲ \times ۱۰^{-۵} \text{K}^{-۱}$
 ب) اگر دمای این میله ۵°C افزایش یابد. $\Delta\theta = ۵^{\circ}\text{C} \xrightarrow{\Delta\theta=\Delta T} \Delta T = ۵^{\circ}\text{K} \leftarrow$
 ج) طول آن چند درصد افزایش پیدا می‌کند. $\frac{\Delta L}{L_1} \times ۱۰۰ = ? \leftarrow$

گام دوم

ابتدا از رابطهٔ انبساط طولی ΔL را به دست می‌آوریم و سپس نسبت $\frac{\Delta L}{L_1} \times ۱۰۰$ را محاسبه می‌کنیم.

$$\Delta L = L_1 \alpha \Delta T = L_1 \times ۲ \times ۱۰^{-۵} \times ۵ = ۱۰^{-۳} L_1$$

$$\frac{\Delta L}{L_1} \times ۱۰۰ = \frac{۱۰^{-۳} L_1}{L_1} \times ۱۰۰ = ۰/۱\%$$

گام اول

الف) ۸۰۰ گرم یخ صفر درجهٔ سلسیوس $\leftarrow \theta_1 = ۰^{\circ}\text{C}$, $m_1 = ۸۰۰\text{g}$
 ب) ۸۰۰ گرم آب ۶۰ درجهٔ سلسیوس $\leftarrow \theta_2 = ۶۰^{\circ}\text{C}$, $m_2 = ۸۰۰\text{g}$

گام دوم

ابتدا باید محاسبه کنیم که مقدار گرمایی که آب ۶۰°C از دست می‌دهد تا به دمای ۰°C برسد، باعث ذوب شدن چه مقدار یخ ۰°C می‌شود؛ بنابراین:

$$|Q_{\text{آب}}| = |Q_{\text{یخ}}| \Rightarrow |m_2 c_2 \Delta\theta_2| = |m_1 L_f| \\ \Rightarrow |۰/۸ \times ۴۲۰۰ \times (۰ - ۰/۶)| = |m \times ۳۳۶۰۰۰| \Rightarrow m = ۰/۶\text{kg} = ۶۰۰\text{g}$$

بنابراین ۶۰۰g از ۸۰۰g یخ ذوب می‌شود و درمجموع ۱۴۰۰g آب صفر درجه داریم.

$$m_{\text{کل آب}} = ۸۰۰ + ۶۰۰ = ۱۴۰۰\text{g} = ۱/۴\text{kg}$$

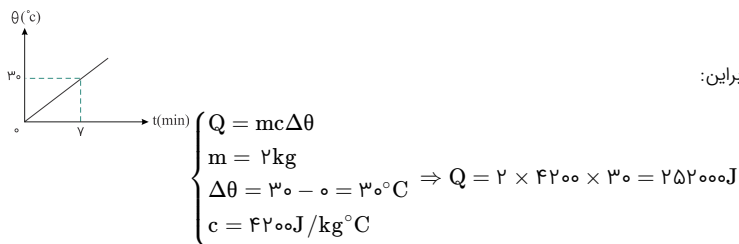
گام اول

الف) یک گرمکن درون ظرفی که محتوی ۲kg آب است قرار دارد. $m = ۲\text{kg} \leftarrow$

ج) توان گرمکن چند وات است؟ $P = \frac{Q}{t} = ? \leftarrow$

گام دوم

کافی است مقدار گرمایی را که آب در مدت ۷ دقیقه گرفته است محاسبه کنیم و با استفاده از رابطهٔ $P = \frac{Q}{t}$ توان گرمکن را محاسبه کنیم.



باتوجه‌به نمودار مشخص است که در مدت‌زمان ۷ دقیقه دمای آب ۳۰°C افزایش پیدا می‌کند بنابراین:

توان گرمکن برابر است با:

$$\begin{cases} P = \frac{Q}{t} \\ Q = ۲۵۲۰۰۰ \\ t = ۷\text{min} = ۷ \times ۶۰\text{s} = ۴۲۰\text{s} \end{cases} \Rightarrow P = \frac{۲۵۲۰۰۰}{۴۲۰} = ۶۰۰\text{W}$$

$$\frac{\lambda}{100} = \beta \Delta \theta \times 100$$

$$\beta = \alpha = \frac{1}{3} \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$$

$$\frac{\Delta A}{A_1} \times 100 = \alpha \Delta \theta \times 100$$

$$= 2 \times \frac{1}{3} \times 10^{-5} \times 60 \times 100 = 4 \times 10^{-2} = 0.04$$

گام اول

الف) ۲ لیتر گاز کامل با فشار یک اتمسفر و دمای ۲۷ درجهٔ سلسیوس $\leftarrow V_1 = 2 \text{ lit} , P_1 = 1 \text{ atm} , T_1 = 27 + 273 = 300 \text{ K}$

ب) حجم گاز را به ۴ لیتر می‌رسانیم. $\leftarrow V_2 = 4 \text{ lit}$

ج) اگر در این عمل دمای گاز ۱۲ درجهٔ سلسیوس کاهش یافته باشد. $\leftarrow \Delta \theta = 12^\circ \text{C} \xrightarrow{\Delta \theta = \Delta T} \Delta T = 12 \text{ K}$

د) فشار آن به چند اتمسفر رسیده است؟ $\leftarrow P_2 = ?$

گام دوم

تغییرات دما برابر ۱۲ سانتی‌گراد بوده است؛ بنابراین دمای نهایی برابر است با:

$$\Delta T = 12 \text{ K} \Rightarrow 12 = 300 - T_2 \Rightarrow T_2 = 288 \text{ K}$$

باتوجه‌به اینکه تعداد مول‌های گاز کامل ثابت باقی می‌ماند می‌توانیم با استفاده از قانون گازهای کامل فشار نهایی را به دست آوریم.

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{1 \times 2}{300} = \frac{P_2 \times 4}{288} \Rightarrow P_2 = \frac{144}{300} = 0.48 \text{ atm}$$

گام اول

الف) گاز کاملی به حجم ۱/۵ لیتر در فشار یک اتمسفر و دمای 27°C قرار دارد $\leftarrow V_1 = 1/5 \text{ lit} , P_1 = 1 \text{ atm} , T_1 = 27 + 273 = 300 \text{ K}$

ب) اگر فشار گاز را به ۱/۵ اتمسفر برسانیم و دمای گاز نیز ۵۰ کلوین افزایش یابد، حجم گاز چند لیتر کاهش می‌یابد؟ $\leftarrow P_2 = 1/5 \text{ atm} , T_2 = 50 + T_1 = 350 , V_1 - V_2 = ?$

گام دوم

کافی است از قانون گازهای کامل استفاده کنیم.

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{1 \times 1/5}{300} = \frac{1/5 \times V_2}{350} \Rightarrow V_2 = \frac{7}{6} \text{ lit}$$

$$V_1 - V_2 = 1/5 - \frac{7}{6} = \frac{3}{5} - \frac{7}{6} = \frac{1}{30} \text{ lit}$$

گام اول

الف) چند گرم یخ صفر درجه $\leftarrow \theta_1 = 0^\circ \text{C} , m_1 = ?$

ب) ۶ کیلوگرم آب 40°C درجهٔ سلسیوس $\leftarrow m_2 = 6 \text{ kg} , \theta_2 = 40^\circ \text{C}$

ج) درنهایت آب با دمای ۱۰ درجهٔ سلسیوس حاصل شود. $\leftarrow \theta_e = 10^\circ \text{C}$

گام دوم

برای درک راحت‌تر مسئله تغییر حالت و تغییر دمای یخ و آب را به‌صورت شماتیک زیر نمایش می‌دهیم.

$$\text{آب } 40^\circ \text{C} \xleftarrow{m_2 c \Delta \theta_2} \text{تعادل و ایجاد آب } 10^\circ \text{C} \xrightarrow{m_1 c \Delta \theta_1} \text{آب } 0^\circ \xrightarrow{m_1 L_f} \text{یخ } 0^\circ \text{C}$$

اگر تغییرات دمایی تبدیل یخ به آب Q_1 و تبدیل آب 40°C به آب 10° را با Q_2 نشان دهیم با نوشتن رابطهٔ تعادل گرمایی m_1 به‌راحتی به دست می‌آید؛ بنابراین:

$$Q_1 + Q_2 = 0 \Rightarrow m_1 L_f + m_1 c \Delta \theta_1 + m_2 c \Delta \theta_2 = 0$$

$$\xrightarrow{\frac{L_f = 336 \text{ J/g}}{c = 4200 \text{ J/kg}}} m_1 336000 + m_1 4200(10 - 0) + 6 \times 4200(10 - 40) = 0$$

$$\Rightarrow m_1 = 2 \text{ kg} \times 1000 = 2000 \text{ g}$$

الف) پس‌ازاینکه $۴۰/۲\text{kJ}$ گرما از ۱۸۰ گرم آب صفر درجه گرفته شود $\leftarrow \theta = ۰^{\circ}\text{C}$, $m = ۱۸\text{og}$, $Q = ۴۰/۲\text{kJ}$
 ب) چند گرم آب یخ نزده باقی می‌ماند؟ \leftarrow $m_{\text{یخ‌زده}} - ۱۸۰$

$m_۱$ گرم آب صفر درجه + $m_۱$ گرم یخ صفر درجه $\xrightarrow{Q=۴۰/۲\text{kJ}}$ ۱۸۰ گرم آب صفر درجه

ابتدا باید ببینم که با $۴۰/۲\text{kJ}$ انرژی چه مقدار آب صفر درجه را می‌توان به یخ صفر درجه تبدیل کرد و سپس آن را از مقدار اولیهٔ آب داخل ظرف کم کنیم تا آب باقی‌مانده به دست آید؛ بنابراین کافی است از رابطهٔ $Q = -mL_f$ استفاده کنیم:

$$Q = -mL_f \xrightarrow{L_f=۳۳۵\text{ kJ/kg}} -۴۰/۲ = -m \times ۳۳۵ \Rightarrow m = \frac{۴۰/۲}{۳۳۵} = ۰/۱۲\text{ kg} = ۱۲۰\text{ g}$$

پس می‌توانیم ۱۲۰ گرم یخ صفر درجه داشته باشیم.

$$\begin{cases} m_{\text{آب}} = ۱۸۰ - m_{\text{یخ‌زده}} \\ m_{\text{یخ‌زده}} = ۱۲۰\text{g} \end{cases} \Rightarrow m_{\text{آب}} = ۱۸۰ - ۱۲۰ = ۶۰\text{g}$$

۶۰ گرم آب یخ نزده باقی می‌ماند.

الف) گرمای Q ، دمای ۳ گرم از مادهٔ A را ۵ درجهٔ سلسیوس و دمای ۲ گرم از مادهٔ B را ۳ درجهٔ سلسیوس بالا می‌برد.

$$\Rightarrow \begin{cases} Q_A = Q, m_A = ۳\text{ g} = ۳ \times ۱۰^{-۳}\text{ kg}, \Delta\theta_A = ۵^{\circ}\text{C} \\ Q_B = Q, m_B = ۲\text{ g} = ۲ \times ۱۰^{-۳}\text{ kg}, \Delta\theta_B = ۳^{\circ}\text{C} \end{cases}$$

ب) گرمای ویژهٔ مادهٔ A چندبرابر گرمای ویژهٔ مادهٔ B است؟ $\leftarrow \frac{c_A}{c_B} = ?$

با استفاده از رابطهٔ $Q = mc\Delta\theta$ داریم:

$$\frac{Q_A}{Q_B} = ۱ \Rightarrow \frac{m_A c_A \Delta\theta_A}{m_B c_B \Delta\theta_B} = ۱$$

$$\Rightarrow \frac{c_A}{c_B} = \frac{۲}{۳} \times \frac{۳}{۵} = \frac{۲}{۵} = ۰/۴$$

الف) دو کرهٔ فلزی هم‌جنس در نظر بگیرید که شعاع‌های مساوی دارند. $\leftarrow c_۱ = c_۲$, $L_۱ = L_۲$, $\alpha_۱ = \alpha_۲$

ب) درون یکی از آن‌ها حفره‌ای خالی وجود دارد. $\leftarrow m_۱ > m_۲$

ج) اگر به دو کره انرژی گرمایی مساوی بدهیم، شعاع آن‌ها در مقایسه باهم چگونه تغییر می‌کند؟ $\leftarrow \frac{\Delta L_۱}{\Delta L_۲} = ?$, $Q_۱ = Q_۲$

کرهٔ توپر را جسم (۱) و کرهٔ توخالی را جسم (۲) در نظر می‌گیریم. باتوجه‌به اینکه به دو کرهٔ هم‌جنس و هم‌شعاع گرمای یکسانی داده شده، برای مقایسهٔ افزایش شعاع دو کره از رابطهٔ انبساط طولی استفاده می‌کنیم.

$$\Delta L = \alpha L \Delta\theta \Rightarrow \frac{\Delta L_۱}{\Delta L_۲} = \frac{\alpha_۱}{\alpha_۲} \times \frac{L_۱}{L_۲} \times \frac{\Delta\theta_۱}{\Delta\theta_۲} = \frac{\Delta\theta_۱}{\Delta\theta_۲}$$

پس کافی است نسبت $\frac{\Delta\theta_۱}{\Delta\theta_۲}$ را به دست بیاوریم.

برای به دست آوردن $\frac{\Delta\theta_۱}{\Delta\theta_۲}$ باید از نسبت $\frac{Q_۱}{Q_۲}$ استفاده کنیم.

$$Q = mc\Delta\theta \Rightarrow \frac{Q_۱}{Q_۲} = \frac{m_۱ c_۱ \Delta\theta_۱}{m_۲ c_۲ \Delta\theta_۲} \Rightarrow ۱ = \frac{m_۱ \Delta\theta_۱}{m_۲ \Delta\theta_۲} \Rightarrow \frac{m_۱}{m_۲} = \frac{\Delta\theta_۲}{\Delta\theta_۱}$$

چون $m_۱ > m_۲$ بنابراین $\Delta\theta_۲ > \Delta\theta_۱$. حال رابطهٔ $\frac{\Delta L_۱}{\Delta L_۲}$ قابل‌محاسبه خواهد بود؛ بنابراین برای کره‌ای که حفره دارد افزایش شعاع بیشتر است.

$$\frac{\Delta L_۱}{\Delta L_۲} = \frac{\Delta\theta_۱}{\Delta\theta_۲} \Rightarrow \Delta L_۱ < \Delta L_۲$$

گام اول

الف) چند لیتر آب ۸۰°C درجهٔ سلسیوس $\leftarrow \theta_1 = ۸۰^{\circ}\text{C}$, $V_1 = ?$
 ب) ۴۰ لیتر آب ۱۰°C درجهٔ سلسیوس $\leftarrow \theta_2 = ۱۰^{\circ}\text{C}$, $V_2 = ۴۰\text{lit}$
 ج) دمای تعادل تقریبی ۴۰°C درجهٔ سلسیوس $\leftarrow \theta_e = \theta'_1 = \theta'_2$

گام دوم

با استفاده از رابطهٔ $m = \rho V$ و پایستگی انرژی بین آب ۱۰ درجه‌ای و ۸۰ درجهٔ سلسیوس می‌توانیم V_1 را به دست بیاوریم.

$$Q_1 + Q_2 = 0 \Rightarrow m_1 c (\theta_e - \theta_1) + m_2 c (\theta_e - \theta_2) = 0$$

$$\xrightarrow{m=\rho V} \rho V_1 \times (40 - 80) + \rho V_2 \times (40 - 10) = 0$$

$$\Rightarrow V_1 \times -40 = -40 \times 30 \Rightarrow V_1 = 30\text{lit}$$

گزینه ۳

گام اول

الف) در دمای صفر درجهٔ سلسیوس حجم ظرف شیشه‌ای توسط یک لیتر جیوه کاملاً پر شده است. $\leftarrow V_1 = 1\text{lit} = 10^3\text{cm}^3$, $\theta_1 = 0^{\circ}\text{C}$
 ب) وقتی دمای مجموعه را به ۸۰°C درجهٔ سلسیوس می‌رسانیم. $\leftarrow \theta_2 = ۸۰^{\circ}\text{C}$
 ج) 12cm^3 جیوه از ظرف خارج می‌شود. $\leftarrow \Delta V_{\text{جیوه}} = 12\text{cm}^3$ شیشه ΔV
 د) اگر ضریب انبساط حجمی جیوه $1/8 \times 10^{-5}\text{K}^{-1}$ باشد. $\leftarrow \beta = 1/8 \times 10^{-5}\text{K}^{-1}$
 و) ضریب انبساط خطی شیشه در SI چقدر است؟ $\leftarrow \alpha = ?$

گام دوم

دمای اولیه و همچنین دمای نهایی ظرف و جیوه باهم برابر هستند. ولی افزایش حجم ظرف و جیوهٔ درون آن یکسان نیست و ظرف شیشه‌ای کمتر منبسط شده است به همین دلیل جیوه از ظرف بیرون ریخته است؛ و اختلاف انبساط حجم جیوه و ظرف برابر حجم مایع خارج‌شده از ظرف است که برابر است با:

$$\Delta V_{\text{جیوه}} - \Delta V_{\text{ظرف}} = 12\text{cm}^3$$

پس کافی است ظرف ΔV و جیوه ΔV را به دست بیاوریم.

$$\Delta V_{\text{جیوه}} = \beta V_1 \Delta \theta = 1/8 \times 10^{-5} \times 1000 \times (80 - 0) = 14/4\text{cm}^3$$

$$\Delta V_{\text{ظرف}} = \alpha V_1 \Delta \theta = \alpha \times 1000 \times (80 - 0) = 24 \times 10^5\alpha\text{cm}^3$$

مقادیر به‌دست‌آمده را جایگذاری می‌کنیم.

$$12\text{cm}^3 = \Delta V_{\text{جیوه}} - \Delta V_{\text{ظرف}} \Rightarrow 12 = 14/4 - 24 \times 10^5\alpha \Rightarrow \alpha = 10^{-5}\text{K}^{-1}$$

گزینه ۳

ابتدا باید دمای تعادل را به دست آوریم. آب 40°C برای اینکه به آب 0°C تبدیل شود، مقدار گرمای $Q_W = m_W c_W \Delta \theta$ را از دست می‌دهد؛ بنابراین با مقایسهٔ مقدار گرمای 294kJ که در صورت سؤال ذکر شده با Q_W می‌توان فهمید دمای تعادل در کدام حالت است:

$$\begin{cases} Q_W = m_W c_W \Delta \theta \\ m_W = 2\text{kg} \\ c_W = 4200\text{J/kg} \cdot \text{K} \\ \Delta \theta = 0 - 40 = -40^{\circ}\text{C} \end{cases}$$

$$\Rightarrow Q_W = 2 \times 4200 \times -40 = -336000\text{J} = -336\text{kJ} \Rightarrow |Q_W| = 336\text{kJ} > 294\text{kJ}$$

بنابراین آب 40°C ، 294kJ گرما از دست می‌دهد و به آب با دمای θ می‌رسد. داریم:

$$\text{آب } 40^{\circ}\text{C} \xleftarrow{Q=294\text{kJ}} \theta \xrightarrow{Q'_{\text{آب}}} \text{آب صفر} \xrightarrow{Q'_{\text{آب}}} \text{یخ صفر} \xrightarrow{Q_{\text{یخ}}} 0^{\circ}\text{C}$$

$$Q = m_W c_W \Delta \theta = 294000$$

$$\Rightarrow 2 \times 4200 \times (\theta - 40) = -294000 \text{ (گرما از دست داده)}$$

$$\Rightarrow \theta - 40 = -35 \Rightarrow \theta = 5^{\circ}\text{C}$$

$$Q_i + Q'_i + Q''_i = Q \Rightarrow m_i c_i \Delta \theta + m_i L_f + m_i c_W \Delta \theta = 294000 \xrightarrow{L_f=336000\text{J/kg}} \xrightarrow{c_i=2100\text{J/kg}\cdot\text{K}}$$

$$[m_i \times 2100 \times (0 - (-5))] + (m_i \times 336000) + [m_i \times 4200 \times (5 - 0)] = 294000$$

$$\Rightarrow (m_i \times 21 \times 5) + (m_i \times 3360) + (m_i \times 42 \times 5) = 2940$$

$$\Rightarrow m_i = 0/8\text{kg} = 800\text{g}$$

گام اول

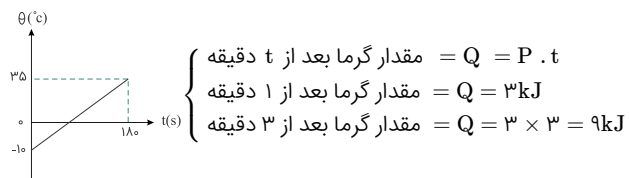
الف) در هر دقیقه 3kJ گرما به جسم داده می‌شود. $\leftarrow 3\text{kJ} = \text{در مدت یک دقیقه } Q \leftarrow P = \frac{Q}{t} = 3\text{kJ} / \text{min}$ آهنگ زمانی انتقال گرما به جسم

ب) جرم این جسم چند گرم است؟ $\leftarrow m = ?\text{g}$

گام دوم

نمودار تغییرات دمای را در مدت زمان 180 ثانیه به ما داده است؛ بنابراین باید بسنجیم که در این مدت چه مقدار گرما به جسم داده شده است و سپس با استفاده از رابطه $Q = mc\Delta\theta$ ، جرم جسم را به دست بیاوریم.

مقدار گرمای داده‌شده به جسم بعد از 180 ثانیه برابر است با:



درنهایت جرم برابر است با:

$$\left\{ \begin{array}{l} Q = mc\Delta\theta \\ Q = 9\text{kJ} = 9 \times 10^3 \text{J} \\ c = 500 \text{J/kg}^\circ\text{C} \\ \Delta\theta = 35^\circ\text{C} - (-10) = 45^\circ\text{C} \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow 9 \times 10^3 = m \times 500 \times 45 \Rightarrow m = 0.4\text{kg} = 400\text{g}$$

گام اول

الف) میله فلزی به طول 25 سانتی‌متر $\leftarrow L = 25\text{cm} = 0.25\text{m}$

ب) سطح مقطع 7cm^2 است $\leftarrow A = 7\text{cm}^2 = 7 \times 10^{-4}\text{m}^2$

ج) یک‌طرف آن را در ظرف محتوی یخ و آب صفر درجهٔ سلسیوس و طرف دیگر آن را در بخار آب 100 درجهٔ سلسیوس قرار می‌دهیم $\leftarrow \Delta\theta = 100^\circ\text{C}$

د) اگر در مدت 10 دقیقه 200 گرم یخ ذوب شود $\leftarrow m = 0.2\text{kg}$, $t = 600\text{s}$

هـ) رسانندگی گرمایی میله چند J/s.m.k است؟ $\leftarrow K = ?$

گام دوم

با استفاده از رابطهٔ زیر رسانندگی گرمایی میله را محاسبه می‌کنیم:

$$Q = K \frac{At\Delta\theta}{L} \Rightarrow mL_F = K \frac{At\Delta\theta}{L}$$

$$\Rightarrow 0.2 \times 336000 = K \times \frac{7 \times 10^{-4} \times 600 \times 100}{25 \times 10^{-2}}$$

$$\Rightarrow K = 400 \text{J/s.m.k}$$

گام اول

الف) در 15 لیتر گاز کامل دواتمی $\leftarrow V = 15\text{lit} = 15 \times 10^{-3}\text{m}^3$

ب) با دمای $(23-)$ درجه سلسیوس $\leftarrow T = 273 - 23 = 250\text{K}$

ج) فشار 1 اتمسفر $\leftarrow P = 1\text{atm} = 1 \times 10^5\text{Pa}$

د) چه تعداد مولکول گاز وجود دارد؟ $\leftarrow N = ?$

گام دوم

با استفاده از قانون گازهای کامل تعداد مول گاز را به دست می‌آوریم تا بتوانیم تعداد مولکول‌های گاز را محاسبه کنیم:

$$\left\{ \begin{array}{l} PV = nRT \\ R = 8\text{J/mol.K} \end{array} \right.$$

$$\rightarrow 1 \times 10^5 \times 15 \times 10^{-3} = n \times 8 \times 250 \rightarrow n = 6$$

$$n = \frac{N}{N_0} \xrightarrow[N_0 = 6 \times 10^{23}]{n=6} N = 6 \times 6 \times 10^{23} = 36 \times 10^{23}$$

گام اول

الف) مساحت جانبی یک مکعب فلزی ۰/۲۵ مترمربع است. $\leftarrow A_o = ۰/۲۵m^۲$
 ب) ضریب انبساط خطی آن $۱۰^{-۵}K^{-۱} \times ۲$ است. $\leftarrow \alpha = ۲ \times ۱۰^{-۵}K^{-۱}$
 ج) اگر دمای این مکعب ۱۰۰ درجهٔ سلسیوس افزایش یابد. $\leftarrow \Delta\theta = ۱۰۰^{\circ}C$
 د) مساحت سطح جانبی آن چند سانتی‌متر مربع افزایش می‌یابد؟ $\leftarrow \Delta A = ?$

گام دوم

کافی است از رابطهٔ انبساط سطحی استفاده کنیم.

$$\Delta A = A_o(\nu\alpha\Delta\theta) \Rightarrow \Delta A = ۰/۲۵(۲ \times ۲ \times ۱۰^{-۵} \times ۱۰۰) = ۱۰^{-۳}m^۲ = ۱۰cm^۲$$

به بررسی گزینه‌ها می‌پردازیم.

گزینهٔ ۱) عاملی که سبب انتقال گرما می‌شود دما است؛ وقتی دو جسم در تعادل گرمایی هستند بین آن‌ها گرمایی انتقال پیدا نمی‌کند و درواقع هم‌دما می‌باشند، پس گزینهٔ ۱ صحیح است.

گزینهٔ ۲) انرژی درونی ($Q = mc\Delta\theta$) با حاصلضرب جرم و ظرفیت گرمایی وابسته است که مقدار آن برای دو جسم می‌تواند متفاوت باشد؛ بنابراین انرژی درونی دو جسم نیز می‌تواند متفاوت باشد.

گزینهٔ ۳) مقدار گرمای ویژه برای مواد مختلف، متفاوت است.

گزینهٔ ۴) همان‌طور که در گزینهٔ ۲ گفته شد دو جسم می‌توانند انرژی درونی متفاوتی داشته باشند.

گام اول

الف) ۱۰۰ گرم آب $۱۰۰^{\circ}C \leftarrow ۱۰۰^{\circ}C$, $\theta_۱ = ۱۰۰^{\circ}C$, $m_۱ = ۱۰۰g = ۰/۱kg$

ب) ۱۰۰ گرم یخ صفر درجه $\leftarrow ۰^{\circ}C$, $\theta_۲ = ۰^{\circ}C$, $m_۲ = ۱۰۰g = ۰/۱kg$

ج) دمای نهایی سیستم چند درجهٔ سلسیوس می‌شود؟ $\leftarrow \theta_e = ?$

گام دوم

$$آب\ ۱۰۰^{\circ}C \xleftarrow{Q_w} آب\ \theta_e^{\circ}C \text{ در حالت تعادل } \xrightarrow{Q_v} آب\ ۰^{\circ}C \xrightarrow{Q_۱} یخ\ ۰^{\circ}C$$

کافی است از رابطهٔ تعادل گرمایی استفاده کنیم.

$$Q_۱ + Q_v + Q_w = ۰ \Rightarrow m_vL_f + m_v c(\theta_e - ۰) + m_۱c(\theta_e - ۱۰۰) = ۰$$

$$\xrightarrow{c_۱=c_v=۴۲۰۰J/kg.K} ۰/۱ \times ۳۳۶۰۰۰ + ۰/۱ \times ۴۲۰۰ \times (\theta_e - ۰) + ۰/۱ \times ۴۲۰۰ \times (\theta_e - ۱۰۰) \Rightarrow \theta_e = ۱۰^{\circ}C$$

گام اول

الف) یک مکعب فلزی به ضلع $۲۰cm \leftarrow ۲۰۰mm$ $L_۱ = ۲۰cm$

ب) حفرهٔ خالی کروی به شعاع $۵cm$ وجود دارد $\leftarrow R = ۵cm = ۵۰mm$

ج) اگر در اثر افزایش دما ضلع مکعب به‌اندازهٔ ۰/۰۰۴ میلی‌متر افزایش یابد. $\leftarrow \Delta L = ۰/۰۰۴mm$

د) شعاع حفره چه تغییری می‌کند؟ $\leftarrow \Delta R = ?$

گام دوم

متناسب با افزایش حجم مکعب، حجم کره نیز افزایش پیدا می‌کند؛ بنابراین ضریب انبساط طولی برای مکعب و کره یکسان است؛ و باتوجه‌به اینکه تغییرات دما برای هر دو انبساط طولی یکسان است، پس کافی است مقدار $\alpha\Delta\theta$ را از تغییر اندازهٔ مکعب به دست بیاوریم و درنهایت تغییرات شعاع را محاسبه کنیم:

$$\Delta L = L_۱ \times \alpha\Delta\theta \Rightarrow ۴ \times ۱۰^{-۳} = ۲۰۰ \times \alpha\Delta\theta \Rightarrow \alpha\Delta\theta = ۲ \times ۱۰^{-۵}$$

$$\Delta R = R_۱\alpha\Delta\theta = ۵۰ \times ۲ \times ۱۰^{-۵} = ۱۰^{-۳}mm$$

باتوجه به اینکه پیستون جابه‌جا نمی‌شود، پس حجم گاز درون محفظه ثابت است.

در حجم ثابت، فشار مقدار معینی گاز با دمای مطلق گاز نسبت مستقیم دارد: $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$

$$m_{\text{پیستون}} = ۱ \text{ kg}, m_{\text{وزنه}} = ۴ \text{ kg}$$

$$P_o = ۱۰^{\Delta} \text{ Pa}, \quad g = ۱۰ \text{ m/s}^2$$

$$T_1 = ۲۷ + ۲۷۳ = ۳۰۰ \text{ K}$$

$$T_2 = ۸۷ + ۲۷۳ = ۳۶۰ \text{ K}$$

$$A = \Delta \text{ cm}^2 = \Delta \times ۱۰^{-۴} \text{ m}^2$$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow \frac{P_o + \frac{(m_{\text{پیستون}} + m_{\text{وزنه}})g}{A}}{T_1} = \frac{P_o + \frac{(m_{\text{پیستون}} + m_{\text{وزنه}} + m)g}{A}}{T_2}$$

$$\Rightarrow \frac{۱۰^{\Delta} + \frac{(1+4) \times ۱۰}{\Delta \times ۱۰^{-۴}}}{۳۰۰} = \frac{۱۰^{\Delta} + \frac{(1+4+m) \times ۱۰}{\Delta \times ۱۰^{-۴}}}{۳۶۰}$$

$$\Rightarrow \frac{2 \times ۱۰^{\Delta}}{\Delta} = \frac{۱۰^{\Delta} + 2 \times ۱۰^F \times (\Delta + m)}{6}$$

$$\Rightarrow 24 = ۱۰ + ۱۰ + 2m \Rightarrow 2m = ۴ \Rightarrow m = ۲ \text{ kg}$$

گام اول

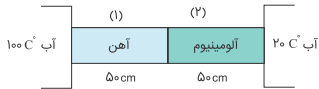
(الف) دو میله به طول ۵۰ cm با سطح مقطع یکسان به هم متصل هستند. $L_{Al} = L_{Fe} = ۵۰ \text{ cm}$, $A_{Al} = A_{Fe}$

(ب) در صورتی که رسانندگی آلومینیم سه برابر رسانندگی آهن باشد. $\frac{k_{Al}}{k_{Fe}} = ۳$

(ج) دمای محل اتصال دو میله چند درجهٔ سلسیوس است؟ $\theta = ?$

گام دوم

آهنگ رسانش گرمایی برای آلومینیم و آهن یکسان است، بنابراین:



$$\begin{aligned} \frac{Q}{t} &= \frac{kA\Delta\theta}{L} \Rightarrow \left(\frac{Q_1}{t_1}\right)_{Al} = \left(\frac{Q_2}{t_2}\right)_{Fe} \Rightarrow \frac{k_{Al}A_{Al}\Delta\theta_{Al}}{L_{Al}} = \frac{k_{Fe}A_{Fe}\Delta\theta_{Fe}}{L_{Fe}} \\ &\Rightarrow k_{Al}\Delta\theta_{Al} = k_{Fe}\Delta\theta_{Fe} \Rightarrow k_{Al} \times (\theta - ۱۰۰) = ۳k_{Al}(20 - \theta) \Rightarrow \theta = ۴۰^{\circ}C \end{aligned}$$

وقتی به میله‌ای گرما داده می‌شود طول آن افزایش می‌یابد و طول جدید آن از رابطهٔ $\ell_2 = \ell_1 (1 + \alpha \Delta\theta)$ به دست می‌آید.

میزان تغییر طول دو میله به گونه‌ای است که بعد از انبساط نیز اختلاف طول دو میله ۲۰ سانتی‌متر است.

$$\ell_{1B} - \ell_{1A} = ۲۰ \Rightarrow \ell_{1B} (1 + \alpha_B \Delta\theta) - \ell_{1A} (1 + \alpha_A \Delta\theta) = ۲۰$$

$$۷۰ (1 + \alpha_B \times ۳۰) - ۵۰ (1 + \alpha_A \times ۳۰) = ۲۰$$

$$۷۰ + ۷۰\alpha_B \times ۳۰ - ۵۰ + ۵۰\alpha_A \times ۳۰ = ۲۰$$

$$۷۰\alpha_B \times ۳۰ = ۵۰\alpha_A \times ۳۰ \Rightarrow \frac{\alpha_A}{\alpha_B} = \frac{۷۰}{۵۰} = \frac{۷}{۵}$$

راه‌حل دوم:

هنگامی که اختلاف طول دو میله در پایان انبساط نیز همانند ابتدا باقی می‌ماند؛ این یعنی تغییر طول آن‌ها مشابه یکدیگر است:

$$\ell_B \alpha_B \Delta\theta_B = \ell_A \alpha_A \Delta\theta_A$$

$$\Rightarrow \frac{\alpha_A}{\alpha_B} = \frac{\ell_A}{\ell_B} \Rightarrow \frac{\alpha_A}{\alpha_B} = \frac{۷۰}{۵۰} = \frac{۷}{۵}$$

گام اول

الف) سطح مقطع میلهٔ A، $\frac{1}{3}$ سطح مقطع میلهٔ B است $\leftarrow A_A = \frac{1}{3}A_B$
 ب) رسانندگی گرمایی میلهٔ A، شش برابر رسانندگی میلهٔ B است $\leftarrow k_A = 6k_B$

ج) آهنگ رسانش گرمایی در میلهٔ A چندبرابر آهنگ رسانش گرمایی در میلهٔ B است؟ $\leftarrow \frac{\frac{Q_A}{t}}{\frac{Q_B}{t}} = \frac{Q_A}{Q_B} = ?$

گام دوم

با استفاده از رابطهٔ $Q = \frac{kAt\Delta\theta}{L}$ ، نسبت موردنظر را محاسبه می‌کنیم؛
 دقت شود که طول و تغییرات دمای هر دو میله یکسان است.

$$\begin{cases} Q_A = \frac{k_A A_A t \Delta\theta}{L} \\ Q_B = \frac{k_B A_B t \Delta\theta}{L} \end{cases} \Rightarrow \frac{\frac{Q_A}{t}}{\frac{Q_B}{t}} = \frac{Q_A}{Q_B} = \frac{6k_B \times \frac{1}{3}A_B \times \frac{\Delta\theta}{L}}{k_B \times A_B \times \frac{\Delta\theta}{L}} = 2$$

گام اول

الف) طول آن یک درصد افزایش یابد. $\leftarrow \frac{\Delta L}{L} \times 100 = 1$
 ب) حجم آن تقریباً چند درصد افزایش می‌یابد. $\leftarrow \frac{\Delta V}{V_1} \times 100 = ?$

گام دوم

با توجه به رابطهٔ تغییرات حجم $\Delta V = 3\alpha V_1 \Delta\theta$ ، درصد تغییرات حجم برابر است با:

$$\frac{\Delta V}{V_1} \times 100 = \frac{3\alpha V_1 \Delta\theta}{V_1} \times 100 = 300\alpha \Delta\theta$$

حال کافی است $\alpha \Delta\theta$ را با استفاده از انبساط طولی میله به دست آوریم و در رابطهٔ بالا جایگذاری کنیم:

$$\Delta L = L\alpha\Delta\theta \xrightarrow{\Delta L = 0.01L} \alpha\Delta\theta = 0.01$$

$$\frac{\Delta V}{V} \times 100 = 300\alpha\Delta\theta = 300 \times 0.01 = 3\%$$

آب 100°C با گرفتن گرما از مس شروع به بخار شدن می‌کند؛ بنابراین:

$$Q_V = Q_{cu} \Rightarrow mL_V = MC\Delta\theta \Rightarrow 5 \times 2256 = 282 \times 0.4\Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = 100^\circ\text{C}$$

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 \Rightarrow -100 = 100 - \theta_1 \Rightarrow \theta_1 = 200^\circ\text{C}$$

تذکر: چون مس گرما از دست داده است و دمایش کاهش پیدا کرده، تغییرات دمای آن را با علامت منفی در نظر می‌گیریم.

گام اول

الف) دو کرهٔ مسی A و B با شعاع و دمای اولیهٔ مساوی در نظر بگیرد. $\leftarrow \alpha_A = \alpha_B$, $c_A = c_B$, $R_A = R_B$, $\theta_A = \theta_B$
 ب) درون کرهٔ A حفرهٔ توخالی وجود دارد. $\leftarrow m_A < m_B$
 ج) اگر دمای آن‌ها را به یک‌اندازه بالا ببریم $\leftarrow \Delta\theta_A = \Delta\theta_B$

د) کدام رابطه بین افزایش شعاع کره‌ها و همچنین گرمای گرفته‌شده توسط کره‌ها برقرار است؟ $\leftarrow \frac{\Delta R_A}{\Delta R_B} = ?$, $\frac{Q_A}{Q_B} = ?$

گام دوم

برای مقایسهٔ افزایش شعاع دو کره از رابطهٔ انبساط طولی استفاده می‌کنیم؛ بنابراین:

$$\Delta R = \alpha R \Delta\theta \Rightarrow \frac{\Delta R_A}{\Delta R_B} = \frac{\alpha_A}{\alpha_B} \times \frac{R_A}{R_B} \times \frac{\Delta\theta_A}{\Delta\theta_B} = 1 \Rightarrow \Delta R_A = \Delta R_B$$

برای مقایسهٔ گرمای گرفته‌شده از رابطهٔ انرژی گرمایی استفاده می‌کنیم.

$$Q = mc\Delta\theta \Rightarrow \frac{Q_A}{Q_B} = \frac{m_A}{m_B} \times \frac{c_A}{c_B} \times \frac{\Delta\theta_A}{\Delta\theta_B} = \frac{m_A}{m_B}$$

چون $m_A < m_B$ است؛ بنابراین $Q_A < Q_B$ می‌شود.

الف) ضخامت دیواری از بتن به ابعاد $۳\text{ m} \times ۵\text{ m}$ برابر ۳۰ cm است.

$$A = ۳ \times ۵ = ۱۵\text{ m}^۲, \quad L = ۳۰\text{ cm} = ۰/۳\text{ m} \leftarrow$$

ب) در روزی که دمای سطح خارجی دیوار -۱۵°C و دمای سطح داخلی آن ۲۵°C است. $\Delta\theta = \theta_v - \theta_1 \xrightarrow[\theta_v=۲۵^\circ\text{C}]{\theta_1=-۱۵^\circ\text{C}} \Delta\theta = ۲۵ - (-۱۵) = ۴۰^\circ\text{C} \leftarrow$

ج) آهنگ شارش گرما از دیوار برابر ۳۴۰۰ J/s است. $\xleftarrow{Q_t = ۳۴۰۰\text{ J/s}}$

کافی است از رابطهٔ آهنگ رسانش گرمایی استفاده کنیم.

$$\frac{Q}{t} = k \frac{A \Delta\theta}{L} \xrightarrow{k=۰/۰۴\text{ W/m}^\circ\text{C}} ۳۴۰۰ = ۰/۰۴ \times \frac{۱۵ \times ۴۰}{L} \Rightarrow L \simeq ۰/۰۷\text{ m} = ۷\text{ mm}$$

الف) ضریب انبساط طولی فلزی $۲/۵ \times ۱۰^{-۵}\text{ K}^{-۱}$ است. $\xleftarrow{\alpha = ۲/۵ \times ۱۰^{-۵}\text{ K}^{-۱}}$

ب) دمای یک میله از آن فلز را چند درجهٔ سلسیوس افزایش دهیم. $\xleftarrow{\Delta\theta = ?}$

ج) طول آن تقریباً به‌اندازهٔ $۰/۰۰۱$ طول اولیه اضافه شود. $\xleftarrow{\Delta L = ۰/۰۰۱ L_1}$

کافی است از رابطهٔ انبساط طولی استفاده کنیم.

$$\Delta L = L_1 \alpha \Delta\theta \Rightarrow ۰/۰۰۱ L_1 = L_1 \times ۲/۵ \times ۱۰^{-۵} \times \Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = ۴۰^\circ\text{C}$$

نسبت تغییرات شعاع دو صفحه:

$$\Delta R = R \alpha \Delta\theta \Rightarrow \frac{\Delta R_v}{\Delta R_1} = \frac{R_v \alpha_v \Delta\theta_v}{R_1 \alpha_1 \Delta\theta_1} \xrightarrow{\alpha_1 = \alpha_v} \frac{\Delta R_v}{\Delta R_1} = \frac{R_v}{R_1} \times \frac{\Delta\theta_v}{\Delta\theta_1} \quad (۱)$$

پس باید نسبت شعاع و تغییرات دمای آن‌ها را به دست آوریم.

باتوجه‌به مساحت صفحات، نسبت شعاع دو دایره برابر است با:

$$S_v = ۲ S_1 \Rightarrow \pi R_v^۲ = ۲ \pi R_1^۲ \Rightarrow R_v^۲ = ۲ R_1^۲ \Rightarrow R_v = \sqrt{۲} R_1 \quad (۲)$$

باتوجه‌به داده‌های مسئله از نسبت انرژی گرمایی $\frac{Q_v}{Q_1} = ۲$ استفاده می‌کنیم و نسبت $\frac{\Delta\theta_v}{\Delta\theta_1}$ را می‌یابیم:

$$Q = mc \Delta\theta \Rightarrow \frac{Q_v}{Q_1} = \frac{m_v c_v \Delta\theta_v}{m_1 c_1 \Delta\theta_1} \xrightarrow{c_1 = c_v} ۲ \Rightarrow \frac{m_v \Delta\theta_v}{m_1 \Delta\theta_1} = ۲$$

هر دو صفحه از یک ورق مسی جدا شده‌اند و سطح S_v دو برابر S_1 است پس می‌توانیم بگوییم جرم m_v دو برابر m_1 است؛ بنابراین:

$$\frac{m_v \Delta\theta_v}{m_1 \Delta\theta_1} = ۲ \Rightarrow ۲ \times \frac{\Delta\theta_v}{\Delta\theta_1} = ۲ \Rightarrow \frac{\Delta\theta_v}{\Delta\theta_1} = ۱ \quad (۳)$$

حال از جایگذاری روابط (۲) و (۳) در رابطهٔ (۱) داریم:

$$\frac{\Delta R_v}{\Delta R_1} = \frac{R_v}{R_1} \times \frac{\Delta\theta_v}{\Delta\theta_1} = \frac{\sqrt{۲} R_1}{R_1} \times ۱ = \sqrt{۲}$$

گام اول

الف) دمای یک میلهٔ مسی را 100°C افزایش می‌دهیم. $\Delta\theta = 100^{\circ}\text{C}$

ب) طول آن 0.17 درصد افزایش می‌یابد. $\frac{\Delta L}{L_1} \times 100 = 0.17 \Rightarrow \alpha\Delta\theta = 17 \times 10^{-6}$

ج) اگر دمای یک ورقهٔ مسی را 100°C افزایش دهیم مساحت آن چندبرابر می‌شود؟ $\frac{A_2}{A_1} = ?$

گام دوم

رابطهٔ انبساط سطحی را برای ورقهٔ مسی می‌نویسیم.

$$A_2 = A_1(1 + 2\alpha\Delta\theta) \Rightarrow \frac{A_2}{A_1} = 1 + 2\alpha\Delta\theta$$

بنابراین کافی است $\alpha\Delta\theta$ را محاسبه کنیم که برای این کار از رابطهٔ انبساط طولی میله که در صورت‌مسئله قید شده است کمک می‌گیریم.

$$\frac{\Delta L_1}{L_1} \times 100 = 0.17 \xrightarrow{\Delta L = L_1\alpha\Delta\theta} \frac{L_1\alpha\Delta\theta}{L_1} \times 100 = 0.17 \Rightarrow \alpha\Delta\theta = 17 \times 10^{-6}$$

$$\frac{A_2}{A_1} = 1 + 2\alpha\Delta\theta = 1 + 2 \times 17 \times 10^{-6} = 1 + 34 \times 10^{-6} = 1.00034$$

گرمای ویژه به جنس ماده بستگی دارد اما به جرم آن بستگی ندارد و با C نشان داده می‌شود؛ لذا با تغییر جرم گرمای ویژه ثابت می‌مانند.

ظرفیت گرمایی برابر است با حاصل‌ضرب گرمای ویژه در جرم ماده (mc)، بنابراین اگر جرم اگر جرم نصف شود ظرفیت گرمایی نیز نصف می‌شود.

$$A_B = 2A_A, \quad L_A = L_B, \quad \Delta\theta_A = \Delta\theta_B$$

$$\left(\frac{Q}{t}\right)_A = 2/\omega\left(\frac{Q}{t}\right)_B \Rightarrow \frac{K_A A_A \Delta\theta_A}{L_A} = 2/\omega \frac{K_B A_B \Delta\theta_B}{L_B}$$

$$\Rightarrow K_A = \omega K_B$$

گرمکن الکتریکی با تولید گرما باعث ذوب یخ شده است، پس مقدار گرمای تولیدی به وسیلهٔ گرمکن الکتریکی را محاسبه می‌کنیم:

$$P_2 = \frac{Q}{t} \Rightarrow Q = P_2 \cdot t \quad (1)$$

$$P_2 = \text{توان مفید} \times P_1 = \frac{\lambda_0}{100} \times 750 = 600 \text{ W} \quad (2)$$

$$\xrightarrow{(1), (2)} Q = 600 \times 122/\omega = 73500 \text{ J} \quad \text{گرمای تولیدشده توسط گرمکن الکتریکی}$$

گرمایی که گرمکن الکتریکی تولید می‌کند باعث می‌شود دمای یخ از -6°C به صفر رسیده و نیز قسمتی از یخ ذوب شود.

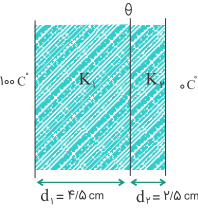
$$Q = Q_1 + Q_2 \Rightarrow 73500 = mc\Delta\theta + \underset{\text{جرم یخ ذوب شده}}{m'} L_F \Rightarrow 73500 = 0.5 \times 2100 \times (0 - (-6)) + m' \times 336000$$

$$\Rightarrow 73500 - 6300 = m' \times 336000 \Rightarrow m' = \frac{67200}{336000} = 0.2 \text{ kg} = 200 \text{ g}$$

بنابراین:

$$m = 500 - 200 = 300 \text{ g} \quad \text{جرم یخ باقی‌مانده}$$

باتوجه‌به اینکه آهنگ شارش گرما در سطح مشترک دو فلز باهم برابر است، داریم:



$$k_1 = 90 \text{ J/s.m.K}$$

$$k_2 = 200 \text{ J/s.m.K}$$

$$\frac{Q_1}{t} = \frac{Q_2}{t} \Rightarrow \frac{k_1 A_1 \Delta\theta_1}{d_1} = \frac{k_2 A_2 \Delta\theta_2}{d_2}$$

$$\xrightarrow{A_1 = A_2} \frac{90 \times (100 - \theta)}{F/\omega} = \frac{200 \times (\theta - 0)}{2/\omega}$$

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

گام اول

الف) دمای بیرون خانه $5-^{\circ}\text{C}$ درجهٔ سلسیوس و دمای خانه 20°C درجهٔ سلسیوس $\leftarrow \Delta\theta = 20 - (-5) = 25^{\circ}\text{C}$
 ب) اگر دمای داخل خانه را افزایش داده و در 25°C درجهٔ سلسیوس ثابت نگه داریم $\leftarrow \Delta\theta' = 25 - (-5) = 30^{\circ}\text{C}$
 ج) آهنگ اتلاف انرژی گرمایی از طریق رسانش، چندبرابر می‌شود؟ $\leftarrow \frac{Q'}{Q} = ?$

گام دوم

باتوجه به رابطهٔ $\frac{Q}{t} = \frac{kA\Delta\theta}{L}$ داریم:

$$\frac{\frac{Q'}{t}}{\frac{Q}{t}} = \frac{\frac{kA\Delta\theta'}{L}}{\frac{kA\Delta\theta}{L}} = \frac{\Delta\theta'}{\Delta\theta} = \frac{30}{25} = \frac{6}{5}$$

گام اول

الف) دمای هوا $3-^{\circ}\text{C}$ است. $\leftarrow T_1 = -3 + 273 = 270\text{K}$
 ب) فشار هوای درون تایر اتومبیل $2/7$ اتمسفر $\leftarrow P_1 = 2/7\text{atm}$
 ج) فشار گاز درون تایر به 3 اتمسفر برسد $\leftarrow P_2 = 3\text{atm}$
 د) دمای این منطقه چند درجهٔ سلسیوس است. $\leftarrow T_2 = ?$
 و) حجم تایر را ثابت بگیرید. $\leftarrow V_1 = V_2$

گام دوم

حجم و جرم گاز داخل لاستیک ثابت باقی مانده است، پس باتوجه به اینکه در حجم و جرم ثابت، نسبت $\frac{P}{T}$ برای گازهای کامل ثابت است؛ بنابراین برای دو حالت گاز داریم:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow \frac{2/7}{270} = \frac{3}{T_2} \Rightarrow T_2 = 300\text{K}$$

دمای به دست آمده برحسب کلوین است و باید آن را به سانتی‌گراد تبدیل کنیم.

$$T = \theta + 273 \Rightarrow 300 = \theta + 273 \Rightarrow \theta = 27^{\circ}\text{C}$$

میزان انبساط طولی جامدات از رابطهٔ $\Delta l = l_1\alpha\Delta\theta$ به دست می‌آید:

$$\Delta l_B - \Delta l_A = \lambda \times 10^{-6}$$

$$l_1\alpha_B\Delta\theta - l_1\alpha_A\Delta\theta = \lambda \times 10^{-6} \Rightarrow 2 \times 20 \times 10^{-6}\Delta\theta - 2 \times 12 \times 10^{-6}\Delta\theta = \lambda \times 10^{-6}$$

$$16 \times 10^{-6}\Delta\theta = \lambda \times 10^{-6} \Rightarrow \Delta\theta = 50^{\circ}\text{C}$$

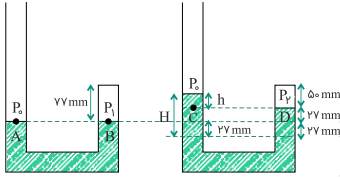
در فشار ثابت نسبت $\frac{V}{T}$ برای گازهای کامل ثابت است؛ بنابراین برای دو حالت گاز داریم:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta V}{V_1} = \frac{\Delta T}{T_1} \Rightarrow \frac{0/4}{2} = \frac{\Delta T}{280} \Rightarrow \Delta T = 56$$

ضریب انبساط طولی α و ضریب انبساط حجمی برابر 3α است؛ بنابراین:

$$\frac{\alpha}{\beta} = \frac{\alpha}{3\alpha} = \frac{1}{3}$$



با استفاده از رابطه فشار در لوله‌هایی که یک نوع مایع در آن وجود دارد (نقاط هم‌فشار) داریم:

$$P_A = P_B \Rightarrow P_o = P_1 \Rightarrow P_1 = 10^5 \text{ Pa} = \frac{10^5}{1350} \simeq 74 \text{ cmHg}$$

$$P_C = P_D \Rightarrow P_o + P_h = P_2$$

$$\text{از طرفی دما ثابت است: } P_1 V_1 = P_2 V_2 \Rightarrow 74 \times A(7/7) = P_2 \times A(5) \Rightarrow P_2 = \frac{74 \times 7/7}{5}$$

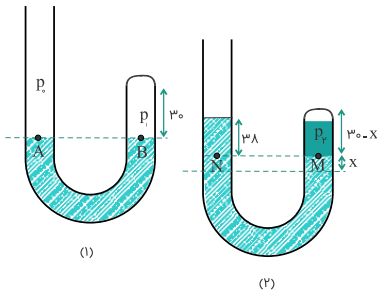
$$P_h = P_2 - P_o \Rightarrow h = \frac{74 \times 7/7}{5} - 74 = 39/96 \text{ cm} \simeq 40 \text{ cm}$$

$$H = h + 2 \times 2/7 = 40 + 5/4 = 45/4 \text{ cm}$$

$$\frac{2}{3} m_{\text{بخ}} L_F = |m_{\text{ب}} c \Delta \theta|$$

$$\Rightarrow \frac{2}{3} \times m_{\text{بخ}} \times (10 \times 4200) = |0/1 \times 4200 \times (0 - 20)|$$

$$\Rightarrow \frac{2}{3} m_{\text{بخ}} \times 10 = 16 \Rightarrow m_{\text{بخ}} = 0/3 \text{ kg} = 300 \text{ g}$$



$$\text{شکل (۱): } P_A = P_B \Rightarrow P_1 = P_o$$

$$\text{شکل (۲): } p_M = P_N \Rightarrow P_2 = P_o + 38$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \Rightarrow P_o \times 30 \times A = (P_o + 38)(30 - x)A$$

$$\xrightarrow{P_o = 76 \text{ cmHg}} 76 \times 30 = 114(30 - x) \Rightarrow x = 10 \text{ cm}$$

در دمای ثابت، حجم و فشار گاز کامل با هم نسبت وارون دارند:

در نتیجه ارتفاع ستون گاز برابر $30 - 10 = 20 \text{ cm}$ است.

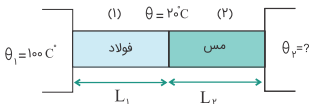
گام اول

الف) اگر رسانندگی گرمایی فولاد و مس به ترتیب 500 J/m.s.K و 400 J/m.s.K باشد. $\leftarrow k_1 = 500 \text{ J/m.s.K}, k_2 = 400 \text{ J/m.s.K}$

ب) دمای مشترک دو میله 20°C درجه سلسیوس باشد. $\leftarrow \theta = 20^\circ \text{C}, A_1 = A_2$

ج) طول L_2 چند سانتی‌متر است؟ $\leftarrow L_2 = ?$

گام دوم



$$\left(\frac{Q}{t}\right)_1 = \left(\frac{Q}{t}\right)_2 \xrightarrow{\frac{Q}{t} = \frac{\Delta \theta}{L}} \frac{k_1 A_1 \Delta \theta_1}{L_1} = \frac{k_2 A_2 \Delta \theta_2}{L_2} \Rightarrow \frac{500 \times (100 - 20)}{10} = \frac{400 \times (20 - 0)}{L_2} \Rightarrow L_2 = 20 \text{ cm}$$

الف) 1 kg یخ 10°C را در فشار یک جو $\leftarrow \theta_1 = -10^{\circ}\text{C}$, $m_1 = 1\text{ kg}$
 ب) 5 kg آب 20°C می‌اندازیم. $\leftarrow \theta_2 = 20^{\circ}\text{C}$, $m_2 = 5\text{ kg}$

آب 20°C $\xleftarrow{Q_F}$ تعادل $\xrightarrow{Q_2}$ آب صفر درجه $\xrightarrow{Q_2}$ یخ صفر درجه $\xrightarrow{Q_1}$ یخ 10° درجه

کافی است رابطهٔ تعادل گرمایی را بنویسیم.

$$\begin{pmatrix} c_{\text{یخ}} = 2100\text{ J/kgK} \\ c_{\text{آب}} = 4200\text{ J/kg}^{\circ}\text{C} \\ L_F = 336\text{ J/g} = 336 \times 10^3\text{ J/kg} \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned} Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_F &= 0 \Rightarrow m_1 c_{\text{یخ}} (0 - (-10)) + m_1 L_F + m_1 c_{\text{آب}} (\theta_e - 0) + m_2 c_{\text{آب}} (\theta_e - 20) \\ &\Rightarrow m_1 c_{\text{یخ}} (0 - (-10)) + m_2 L_F + m_1 c_{\text{آب}} (\theta_e - 0) + m_2 c_{\text{آب}} (\theta_e - 20) = 0 \\ &\Rightarrow 1 \times 2100 \times 10 + 1 \times 336 \times 10^3 + 1 \times 4200 \times \theta_e + 5 \times 4200 (\theta_e - 20) = 0 \\ 21000 + 336000 + 6 \times 4200 \times \theta_e &= 420000 \Rightarrow \theta_e = \frac{63000}{6 \times 4200} = 2/5^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

بنابراین 6 kg آب با دمای $2/5^{\circ}\text{C}$ داریم.

الف) مقداری گاز کامل را که دمای آن 27°C و فشارش یک اتمسفر است آنقدر متراکم می‌کنیم تا حجم آن به $\frac{1}{6}$ حجم اولیهٔ خود برسد
 $\leftarrow P_2 = \frac{1}{6}P_1$, $T_2 = 27 + 273 = 300\text{ K}$, $P_1 = 1\text{ atm}$
 ب) اگر در این حالت فشار گاز متراکم $6/5$ اتمسفر باشد، دمای آن چند درجهٔ سلسیوس است؟ $\leftarrow \theta_2 = ?^{\circ}\text{C}$, $P_2 = 6/5\text{ atm}$

در این فرایند تعداد مول‌های گاز کامل ثابت باقی می‌ماند و می‌توانیم از قانون گازهای کامل استفاده کنیم.

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{1 \times V_1}{300} = \frac{6/5 \times \frac{1}{6} V_1}{T_2} \Rightarrow T_2 = 325\text{ K}$$

دمای به‌دست‌آمده برحسب کلوین است و باید آن را به سانتی‌گراد تبدیل کنیم.

$$T = \theta + 273 \Rightarrow 325 = \theta + 273 \Rightarrow \theta = 52^{\circ}\text{C}$$

الف) ظرفی حاوی 100 g گرم یخ صفر درجهٔ سلسیوس است $\leftarrow \theta_1 = 0^{\circ}\text{C}$, $m_1 = 100\text{ g}$
 ب) حداقل چند گرم آب 50°C باید داخل آن بریزیم. $\leftarrow \theta_2 = 50^{\circ}\text{C}$, $m_2 = ?$
 ج) تا تمام یخ ذوب شود. $\leftarrow \theta_e = \theta'_2 = \theta'_1 = 0^{\circ}\text{C}$

از رابطهٔ تعادل گرمایی استفاده می‌کنیم:

$$\begin{aligned} Q_1 + Q_2 &= 0 \Rightarrow m_{\text{یخ}} L_F + m_{\text{آب}} c \Delta\theta = 0 \\ \frac{L_F = 334000\text{ J/kg}}{c_W = 4200\text{ J/kg.K}} \times 0/1 \times 334000 &= -m_{\text{آب}} \times 4200 \times (0 - 50) \\ \Rightarrow m_{\text{آب}} &= \frac{0/1 \times 334000}{4200 \times 50} = 0/159\text{ kg} \simeq 160\text{ g} \end{aligned}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} m_1 = ۲۵g \\ \theta_1 = ۲۰^{\circ}C \end{array} \right\}, \quad \left\{ \begin{array}{l} m_۲ = ? \\ \theta_۲ = -۲۰^{\circ}C \end{array} \right\} \leftarrow \text{درجهٔ سلسیوس می‌اندازیم}$$

$$\theta'_1 = \theta'_۲ = \theta_e \leftarrow \text{بعد از برقراری تعادل}$$

$$\text{ج) } ۵۰ \text{ گرم یخ ذوب‌نشده باقی مانده است.} \leftarrow \text{چون در ابتدا آب با دادن گرما به یخ، کل یخ را به یخ صفر درجه تبدیل می‌کند و سپس جرم } m' \text{ از آن را ذوب می‌کند، دمای تعادل برابر صفر می‌شود:}$$

$$\theta_e = ۰^{\circ}C$$

$$\text{د) جرم یخ اولیه چند گرم بوده است؟} \leftarrow \text{اگر یخ ذوب‌شده را } m' \text{ در نظر بگیریم و } ۵۰ \text{ گرم یخ صفر درجه داشته باشیم آنگاه:}$$

$$M = m' + ۵۰ = ?$$

باتوجه‌به پایستگی انرژی ابتدا مقدار یخ ذوب‌شده را به دست می‌آوریم بنابراین:

$$\left(\begin{array}{l} c_1 = ۴/۲J/g.K \\ c_۲ = ۲/۱J/g.K \\ L_f = ۳۳۶J/g \end{array} \right)$$

$$\begin{aligned} \sum Q &= ۰ \Rightarrow m_1 c_1 \Delta \theta_{بآ} + (m' + ۵۰) c_۲ \Delta \theta_{یخ} + m' L_F = ۰ \\ &\Rightarrow ۲۵۰ \times ۴/۲ \times (-۲۰) + (m' + ۵۰) \times ۲/۱ \times ۲۰ + m' \times ۳۳۶ = ۰ \\ &\Rightarrow ۹m' = ۴۵۰ \Rightarrow m' = ۵۰g \end{aligned}$$

بنابراین جرم کل یخ برابر است با:

$$\left\{ \begin{array}{l} m_۲ = m' + ۵۰ \\ m' = ۵۰g \end{array} \right\} \Rightarrow m_۲ = ۵۰ + ۵۰ = ۱۰۰g$$

$$P_۲ = P_1 + \frac{۲۵}{۱۰۰} P_1 = ۱/۲۵ P_1 \leftarrow \text{اگر فشار گاز کاملی را } ۲۵ \text{ درصد افزایش داده}$$

$$T_۲ = T_1 - \frac{۲۰}{۱۰۰} T_1 = ۰/۸ T_1 \leftarrow \text{دمای مطلق آن } ۲۰ \text{ درصد کاهش دهیم.}$$

$$\frac{V_۲ - V_1}{V_1} \times ۱۰۰ = ? \leftarrow \text{حجم گاز چگونه تغییر می‌کند؟}$$

درصد تغییرات حجم برابر است با:

$$\frac{V_۲ - V_1}{V_1} \times ۱۰۰ = \left(\frac{V_۲}{V_1} - ۱ \right) \times ۱۰۰$$

بنابراین کافی است نسبت $\frac{V_۲}{V_1}$ را به دست بیاوریم. برای این منظور از قانون گازهای کامل استفاده می‌کنیم.

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_۲ V_۲}{T_۲} \Rightarrow \frac{P_1 \times V_1}{T_1} = \frac{۱/۲۵ P_1 \times V_۲}{۰/۸ T_1} \Rightarrow \frac{V_۲}{V_1} = \frac{۸۰}{۱۲۵}$$

$$\left(\frac{V_۲}{V_1} - ۱ \right) \times ۱۰۰ = \left(\frac{۸۰}{۱۲۵} - ۱ \right) \times ۱۰۰ = -۳۶\%$$

علامت منفی نشان می‌دهد که حجم گاز ۳۶ درصد کاهش یافته است.

$$\Delta \theta = ۲۵^{\circ}C, \quad \Delta L = ۲/۵ \text{ cm} = ۲/۵ \times ۱۰^{-۲} \text{ m} \leftarrow \text{۲/۵ cm اضافه شده}$$

$$\alpha = ۱/۲۵ \times ۱۰^{-۵} \text{ K}^{-1} \leftarrow \text{اگر ضریب انبساط طولی پل } ۱/۲۵ \times ۱۰^{-۵} \text{ K}^{-1} \text{ باشد}$$

$$L_1 = ? \leftarrow \text{طول اولیهٔ پل چند متر است؟}$$

کافی است از رابطهٔ انبساط طولی استفاده کنیم.

$$\Delta L = L_1 \alpha \Delta \theta \Rightarrow ۲/۵ \times ۱۰^{-۲} = L_1 \times ۱/۲۵ \times ۱۰^{-۵} \times ۲۵ \Rightarrow L_1 = ۸۰ \text{ m}$$

تبدیل بخار به مایع ← میعان

تبدیل جامد به بخار ← تصعید

تبدیل مایع به بخار ← تبخیر

گام اول

الف) دمای یک ورقه فلزی را ۲۵۰°C درجهٔ سلسیوس افزایش می‌دهیم. ← $\Delta\theta = ۲۵۰^{\circ}\text{C}$ ب) مساحت آن یک درصد افزایش می‌یابد. ← $\frac{\Delta A}{A} \times ۱۰۰ = ۱$ ج) ضریب انبساطی حجمی آن فلز در SI کدام است؟ ← $\beta = ۳\alpha = ?$

گام دوم

برای محاسبهٔ ضریب انبساط حجمی این فلز یعنی β ($\beta = ۳\alpha$) ابتدا از رابطهٔ انبساط سطحی، α را محاسبه می‌کنیم.

$$\Delta A = ۲\alpha A \Delta\theta \Rightarrow \frac{\Delta A}{A} = ۲\alpha \Delta\theta \Rightarrow ۰/۰۱ = ۲\alpha \times ۲۵۰ \Rightarrow \alpha = ۲ \times ۱۰^{-۵} \text{K}^{-۱}$$

بنابراین β برابر است با:

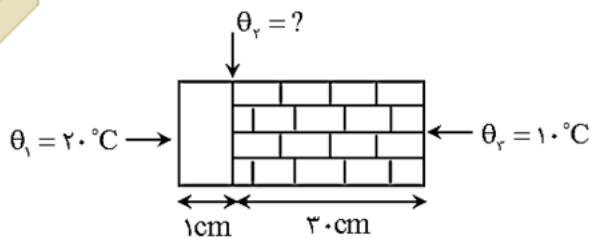
$$\beta = ۳\alpha = ۳ \times ۲ \times ۱۰^{-۵} = ۶ \times ۱۰^{-۵} \text{K}^{-۱}$$

گام اول

الف) دیوارهای آجری به ضخامت ۳۰cm ← $L_۱ = ۳۰\text{cm} = ۰/۳\text{m}$ ب) از داخل با روکش چوبی به ضخامت ۱cm ← $L_۲ = ۱\text{cm} = ۰/۰۱\text{m}$ ج) اگر دمای سطح داخل روکش (سمت داخل خانه) ۲۰°C و دمای سطح خارجی دیوار -۱۰°C باشد. ← $\theta_۱ = ۲۰^{\circ}\text{C}$, $\theta_۳ = -۱۰^{\circ}\text{C}$ د) دمای سطح مشترک چوب با آجر تقریباً چند درجهٔ سلسیوس است؟ ← $\theta_۲ = ?$

گام دوم

اگر اتلاف انرژی ناچیز باشد و گرمای داخل خانه فقط از طریق دیوارهٔ چوبی و آجری به بیرون منتقل شود الزاماً آهنگ رسانش گرمایی آن‌ها باهم برابرند بنابراین:



$$\begin{cases} \frac{Q}{t_1} = \frac{Q}{t_2} \\ A_1 = A_2 \\ k_1 = ۰/۶ \text{ W/m.K} \\ k_2 = ۰/۰۸ \text{ W/m.K} \end{cases} \Rightarrow \frac{k_1 A_1 \Delta\theta_1}{L_1} = \frac{k_2 A_2 \Delta\theta_2}{L_2}$$

$$\Rightarrow \frac{۰/۶(-۱۰ - \theta_2)}{۰/۳} = \frac{۰/۰۸(\theta_2 - ۲۰)}{۰/۰۱} \Rightarrow ۲(-۱۰ - \theta_2) = ۸(\theta_2 - ۲۰) \Rightarrow ۱۰\theta_2 = ۱۴۰ :$$

توجه شود که سطح انتقال دیوارها باهم برابر هستند ($A_1 = A_2$).

گام اول

الف) ریل‌های ۱۰ متری راه آهنی ← $L_۱ = ۱۰\text{m}$ ب) در یک روز زمستانی به دمای -۱۰°C ← $\theta_۱ = -۱۰^{\circ}\text{C}$ ج) اگر دما در تابستان تا ۴۰°C بالا رود. ← $\theta_۲ = ۴۰^{\circ}\text{C}$ د) حداقل چند میلی‌متر باید فاصلهٔ بین ریل‌ها خالی بماند تا در اثر انبساط حرارتی به هم فشار نیاورد. ← $\Delta L = ?$

گام دوم

برای محاسبهٔ فاصلهٔ بین ریل‌ها از رابطهٔ انبساط طولی استفاده می‌کنیم؛ بنابراین:

$$\Delta L = \alpha_۱ L \Delta\theta \xrightarrow{\alpha=۱۲ \times ۱۰^{-۶} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-۱}} \Delta L = ۱۲ \times ۱۰^{-۶} \times ۱۰ \times (۴۰ - (-۱۰)) = ۶ \times ۱۰^{-۳} = ۶\text{mm}$$

$$\frac{9}{100}(mc\Delta\theta) = m'L_F \Rightarrow \frac{9}{10}(e/\lambda \times F/2 \times \Delta\theta) = m' \times 336$$

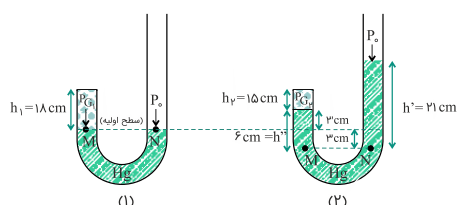
$$\Rightarrow m' = \frac{F \times F/2 \times 9}{336} = 0.45 \text{ kg} = 450 \text{ g}$$

دقت: برای ساده شدن محاسبات

$$C = 4200 \text{ J/kg.K} = 4/2 \text{ kJ/kg.K}$$

$$L_F = 336000 \text{ J/kg} = 336 \text{ kJ/kg}$$

در حالت اول (قبل از اضافه کردن جیوه) دو نقطه M و N بر روی سطح جیوه و هم‌ارتفاع هستند؛ بنابراین فشار یکسانی دارند.



فشار در نقطه N برابر با فشار هوا است؛ بنابراین:

$$\begin{cases} P_M = P_N \\ P_N = P_0 \end{cases} \Rightarrow P_M = P_{G1} = P_0$$

در نتیجه در حالت اول فشار هوای محبوس برابر فشار هوای محیط است.

در حالت دوم که 21 cm^3 جیوه در لوله سمت راست می‌ریزیم، ابتدا باید محاسبه کنیم که این حجم جیوه چه مقدار ارتفاع جیوه را در لوله سمت راست بالا خواهد برد:

$$\begin{cases} h = \frac{V}{A} \\ A = 1 \text{ cm}^2 \\ V = 21 \text{ cm}^3 \end{cases} \Rightarrow h = \frac{21}{1} = 21 \text{ cm}$$

در نتیجه ارتفاع ستون جیوه به‌اندازه ۲۱ سانتی‌متر در دهانه سمت راست اضافه می‌شود. باتوجه‌به اینکه جیوه در سمت چپ لوله ۳ سانتی‌متر بالا رفته، در دهانه سمت راست نیز نقطه N به‌اندازه ۳ سانتی‌متر پایین‌تر می‌رود.

حال باتوجه‌به شکل (۲) و باتوجه‌به اینکه دما ثابت است و در دمای ثابت حاصل‌ضرب فشار و حجم گاز مقداری ثابت است، داریم:

$$(P_{G2} + \rho g h' = P_0 + \rho g h' \Rightarrow P_{G2} + 6 = P_0 + 21 \Rightarrow P_{G2} = P_0 + 15$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \xrightarrow{V=Ah} P_1 \times A_1 h_1 = P_2 A_2 h_2 \xrightarrow{A_1=A_2} P_0 \times 18 = (P_0 + 15) \times 15 \Rightarrow P_0 = 75 \text{ cmHg}$$

دمای گاز باید به کلوین تبدیل شود.

$$T_1 = 27 + 273 = 300 \text{ K}$$

$$T_2 = 42 + 273 = 315 \text{ K}$$

در فشار ثابت نسبت $\frac{V}{T}$ برای گازهای کامل ثابت است؛ بنابراین برای دو حالت گاز داریم:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{V_1}{300} = \frac{V_2}{315} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{315}{300} = 1.05$$

$$V_2 = 1.05 V_1 \Rightarrow \Delta V = 0.05 V_1 \Rightarrow \frac{\Delta V}{V_1} \times 100 = 5\%$$

یعنی حجم ۵ درصد افزایش می‌یابد.

گام اول

الف) لوله‌ای به طول $L = ۲۴\text{m} \leftarrow L = ۲۴\text{m}$

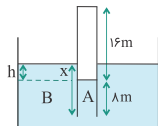
ب) حاوی هوا در فشار $P_A = ۱۰^5\text{Pa} \leftarrow ۱۰^5\text{Pa}$

ج) لوله چند متر در آب فروخته است؟ $x = h + \lambda \leftarrow$

د) دما در تمام نقاط برابر و ثابت فرض شود. $T_2 = T_1 \leftarrow$

گام دوم

نقطهٔ A در سطح جدایی مایع و هوا و نقطهٔ B را در تراز افقی A در نظر می‌گیریم. $P_A = P_B$ ، از این رابطه استفاده می‌کنیم تا h را به دست بیاوریم.



$$P_A = P_B \Rightarrow P_A = P_0 + \rho gh \Rightarrow h = \frac{P_A - P_0}{\rho g}$$

پس کافی است P_A را به دست بیاوریم، P_A فشار در نقطهٔ A است بعد از فروبردن لوله در آب، باتوجه به ثابت ماندن تعداد مول‌های گاز محبوس در انتهای لوله و ثابت بودن دما، فشار در حالت دوم (P_A) را به دست بیاوریم. در دمای ثابت، حجم و فشار گاز با هم نسبت وارون دارند:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \xrightarrow{L_2 = 24 - \lambda = 16\text{m}} P_1 A L_1 = P_2 A L_2 \\ \Rightarrow P_1 L_1 = P_2 L_2 \Rightarrow 10^5 \times 24 = P_2 \times 16 \Rightarrow P_2 = P_A = 1/5 \times 10^5\text{Pa}$$

بنابراین h برابر است با:

$$h = \frac{P_A - P_0}{\rho g} \xrightarrow[\rho = 1000\text{kg/m}^3]{g = 10\text{N/kg}} h = \frac{1/5 \times 10^5 - 10^5}{1000 \times 10} = \frac{10}{2} = 5\text{m}$$

با به دست آمدن اندازهٔ h می‌توانیم مقدار طول لوله را که در آب فروخته است محاسبه کنیم:

$$x = h + \lambda = 5 + \lambda = 13\text{m}$$

گام اول

الف) یک قطعهٔ ۵۰۰ گرمی از مس که دمای آن $۶۷^\circ\text{C} \leftarrow \theta_{Cu} = ۶۷^\circ\text{C}$ ، $m_{Cu} = 500\text{g} = 0/5\text{kg}$ ،

ب) ظرفی عایق حرارت که حاوی ۳۸۰ گرم آب در دمای ۲۰°C است.

$$m_W = 380\text{g} = 0/38\text{kg}, \theta_W = 20^\circ\text{C} \leftarrow$$

ج) دمای تعادل چند درجهٔ سلسیوس می‌شود؟ $\theta_e = ? \leftarrow$

گام دوم

کافی است از رابطهٔ تعادل گرمایی استفاده کنیم:

$$Q_1 + Q_2 = 0 \rightarrow m_{Cu} C_{Cu} (\theta_e - 67) + m_W C_W (\theta_e - 20) = 0 \\ \xrightarrow[\frac{C_{Cu} = 380\text{J/kg}^\circ\text{C}}{C_W = 4200\text{J/kg}^\circ\text{C}}]{\frac{0/5 \times 380 \times (\theta_e - 67)}{0/38 \times 4200 \times (\theta_e - 20)}} \\ = -0/38 \times 4200 \times (\theta_e - 20) \Rightarrow \theta_e = 25^\circ\text{C}$$

گام اول

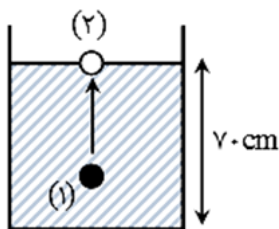
الف) در عمق ۷۰ متری ایجاد می‌شود. $h = 70\text{ m}$

ب) دما را ثابت فرض می‌کنیم. $T_1 = T_2$

ج) شعاع این حباب در سطح آب چندبرابر می‌شود؟ $\frac{R_2}{R_1} = ?$

گام دوم

تعداد مول‌های داخل حباب ثابت باقی می‌ماند و می‌توانیم از قانون گازهای کامل استفاده کنیم.



در دمای ثابت، حجم و فشار گاز با هم نسبت وارون دارند:

$$\begin{cases} P_1 V_1 = P_2 V_2 \\ V = \frac{4}{3} \pi R^3 \end{cases} \Rightarrow P_1 R_1^3 = P_2 R_2^3 \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{1}{3}}$$

پس کافی است P_1 را به دست بیاوریم.

$$P_1 = P_0 + \rho g h \xrightarrow[\rho = 1000 \text{ kg/m}^3]{P_2 = P_0 = 10^5 \text{ Pa}} P_1 = 10^5 + 1000 \times 10 \times 70 = 8 \times 10^5 \text{ Pa}$$

بنابراین نسبت $\frac{R_2}{R_1}$ برابر است با:

$$\frac{R_2}{R_1} = \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{\frac{1}{3}} \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \left(\frac{8 \times 10^5}{10^5} \right)^{\frac{1}{3}} = 2$$

برای اینکه یخ صفر درجه در ظرف باقی نماند، باید حداقل مقدار فلز مورد نیاز که گرمای خود را به یخ می‌دهد تا تمام یخ ذوب شود، حساب کنیم، بنابراین خواهیم داشت:

$$\begin{cases} m_{\text{یخ}} = 200 \text{ g} = 0.2 \text{ kg} \\ L_F = 336000 \text{ J/kg} \\ c_{\text{فلز}} = 400 \text{ J/(kg.K)} \\ \Delta T_{\text{فلز}} = 250^\circ \text{C} \end{cases}$$

$$m_{\text{یخ}} L_F = m_{\text{فلز}} c_{\text{فلز}} \Delta \theta_{\text{فلز}} \\ \Rightarrow 0.2 \times 336000 = m_{\text{فلز}} \times 400 \times 250$$

$$\Rightarrow m_{\text{فلز}} = 0.672 \text{ kg} = 672 \text{ g}$$

گام اول

الف) اختلاف دمای بین اتاق و هوای بیرون ۲۰ درجه است. $\Delta \theta = 20^\circ \text{C}$

ب) در هر دقیقه چند کیلوژول گرما از شیشه به ابعاد $1/5 \text{ m} \times 1/5 \text{ m}$ و ضخامت ۵ میلی‌متر از طریق رسانش منتقل می‌شود. $t = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}$, $A = 1/5 \times 1/5 \text{ m}^2$, $L = 5 \times 10^{-3} \text{ m}$, $Q = ? \text{ kJ}$

گام دوم

کافی است از رابطه گرمای تلف‌شده از طریق رسانش استفاده کنیم.

$$Q = \frac{k A t \Delta \theta}{L} \Rightarrow Q = \frac{1 \times 1/5 \times 1/5 \times 60 \times 20}{5 \times 10^{-3}} = 540 \times 10^3 \text{ J} = 540 \text{ kJ}$$

ترموکوپل دماسنجی است که برای اندازه‌گیری دماهای بالا تا حدود ۱۵۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد مناسب است و نسبت به اختلاف دمای بسیار کوچک تا حدود ۰/۰۰۱°C حساس است که به کمک ۲ سیم فلزی غیر هم‌جنس ساخته می‌شود که یکی از اتصال‌ها در دمای ثابت است و اتصال دیگر به جسمی که دمای آن موردنظر است تماس داده می‌شود.

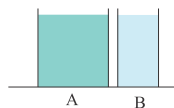
حال به بررسی گزینه‌ها می‌پردازیم.

گزینهٔ "۱" ترموکوپل برای اندازه‌گیری دمای اجسام است نه میزان رسانایی آن‌ها.

گزینهٔ "۲" اختلاف دمای ۲ اتصال باعث ایجاد جریانی در مدار می‌شود که آمپرسنج آن را نشان می‌دهد بنابراین صحیح است.

گزینهٔ "۳" در ترموکوپل تغییر دما باعث ایجاد جریانی در مدار می‌شود نه تغییر حجم.

گزینهٔ "۴" ترموکوپل دما را ثابت نمی‌کند، بلکه تغییرات دما را محاسبه می‌کند.



به بررسی گزینه‌ها می‌پردازیم:

تغییرات و کار هر دو برابر صفر است پس:

گزینهٔ "۱"

$$\begin{cases} Q = mc\Delta\theta \\ m_A > m_B \\ c_A = c_B \\ \Delta\theta_A = \Delta\theta_B \end{cases} \Rightarrow m_A c \Delta\theta > m_B c \Delta\theta \Rightarrow Q_A > Q_B$$

گزینه "۲"

$$\begin{cases} mc = \text{ظرفیت گرمایی} \\ c_1 = c_2 \end{cases} \Rightarrow m_A c > m_B c$$

گزینه "۳" نیروی وارده بر کف ظرف‌ها

$$F = W = mg \Rightarrow m_A g > m_B g$$

گزینه "۴" انرژی جنبشی متوسط مولکول‌ها

$$\theta_A = \theta_B \Rightarrow \text{انرژی جنبشی متوسط مولکول‌ها در ظرف B} = \text{انرژی جنبشی متوسط مولکول‌ها در ظرف A}$$

بنابراین گزینهٔ "۴" صحیح است.

$$Q_A = Q_B \Rightarrow m_A c_A \Delta\theta_A = m_B c_B \Delta\theta_B \Rightarrow c_A \Delta\theta_A = c_B \Delta\theta_B$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\gamma} c_B \Delta\theta_A = c_B \Delta\theta_B \Rightarrow \frac{1}{\gamma} \Delta\theta_A = \Delta\theta_B$$

$$\begin{cases} \Delta V = V (\gamma \alpha) \Delta\theta \\ V_B = \gamma V_A \\ \alpha_A = \frac{1}{\gamma} \alpha_B \\ \frac{1}{\gamma} \Delta\theta_A = \Delta\theta_B \end{cases} \Rightarrow \frac{\Delta V_A}{\Delta V_B} = \frac{V_A (\gamma \alpha_A) \Delta\theta_A}{V_B (\gamma \alpha_B) \Delta\theta_B} \Rightarrow \frac{\Delta V_A}{\Delta V_B} = \frac{V_A \gamma (\frac{1}{\gamma} \alpha_B) \Delta\theta_A}{(\gamma V_A) \gamma \alpha_B (\frac{1}{\gamma} \Delta\theta_A)} \Rightarrow \frac{\Delta V_A}{\Delta V_B} = \frac{1}{\gamma}$$

گام اول

الف) چگالی گاز کاملی در دمای صفر درجهٔ سلسیوس و فشار یک جو برابر ۱/۴ کیلوگرم بر مترمکعب است. ← $P_1 = 1 \text{ atm}$, $T_1 = 0 + 273 = 273 \text{ K}$, $\rho_1 = 1/4 \text{ kg/m}^3$,
 ب) چگالی این گاز در فشار ۲ جو و دمای ۲۷۳ درجه سلسیوس چند کیلوگرم بر مترمکعب است؟ ← $\rho_2 = ?$, $T_2 = 273 + 273 = 546 \text{ K}$, $P_2 = 2 \text{ atm}$

گام دوم

در این فرآیند ممکن است چگالی و حجم تغییر کند، اما مقدار جرم گاز ثابت باقی می‌ماند پس:

$$\frac{m_1}{m_2} = 1 \xrightarrow{m=\rho V} \Rightarrow \frac{\rho_1 V_1}{\rho_2 V_2} = 1 \Rightarrow \frac{1/4 \times V_1}{\rho_2 \times V_2} = 1 \Rightarrow \rho_2 = 1/4 \times \frac{V_1}{V_2}$$

پس کافی است نسبت $\frac{V_1}{V_2}$ را به دست بیاوریم. باتوجه‌به ثابت بودن تعداد مول‌های گاز در این فرآیند از قانون گازهای کامل استفاده می‌کنیم.

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{1 \times V_1}{273} = \frac{2 \times V_2}{546} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = 1$$

بنابراین ρ_2 برابر است با:

$$\rho_2 = 1/4 \times \frac{V_1}{V_2} = 1/4 \text{ kg/m}^3$$

گام اول

الف) یک قطعهٔ یخ صفر درجهٔ سلسیوس وجود دارد $\theta_{\text{یخ}} = 0^\circ \text{C}$

ب) ۸۰۰ گرم آب 50°C , $\theta_{\text{آب}} = 50^\circ \text{C}$, $m_{\text{آب}} = 0/8 \text{ kg}$

ج) پس از برقراری تعادل گرمایی، ۱۰۰ گرم یخ در ظرف باقی می‌ماند ← پس دمای تعادل باید صفر درجهٔ سانتی‌گراد باشد که در آن مقداری آب صفر درجه و ۱۰۰ گرم یخ صفر درجه قرار دارد،

$$m_2 = 0/1 \text{ kg}$$

د) جرم اولیهٔ یخ چند گرم بوده است؟ ← $m_{\text{یخ}} = ? \text{ g}$

گام دوم

باتوجه‌به اینکه دمای تعادل را داریم، از رابطهٔ زیر استفاده کرد و مقدار یخی را که ذوب شده است، به دست می‌آوریم:

$$\begin{aligned} Q_f &= Q_{\text{آب}} = 0 \Rightarrow m_1 L_f + m_2 c_{\text{آب}} \times \Delta\theta = 0 \\ &\Rightarrow m_1 \times 336000 + 0/8 \times 4200 \times (0 - 50) = 0 \\ &\Rightarrow m_1 = 0/5 \text{ kg} = 500 \text{ g} \end{aligned}$$

برای محاسبهٔ جرم اولیهٔ یخ، کافی است مقدار یخ ذوب‌شده را با یخ باقی‌مانده جمع کنیم:

$$m_{\text{یخ}} = m_1 + m_2 = 100 + 500 = 600 \text{ g}$$

گام اول

الف) ۵۰۰ گرم آب صفر درجهٔ سلسیوس ← $\theta_2 = 0^\circ \text{C}$, $\rho_2 = 0/5 \text{ kg}$, $m_2 = 500 \text{ g}$

ب) $100/8 \text{ kg}^\circ \text{C}$ گرما می‌گیریم. ← $Q = 100/8 \text{ kJ}$

ج) گرمای نهان ذوب یخ 336 kJ/kg ← 336 kJ/kg

د) چند درصد آب، منجمد می‌شود؟ ← $= ? \times 100 = \frac{m_{\text{منجمد شده}}}{m_{\text{کل}}}$

گام دوم

فرض می‌کنیم در اثر گرفتن گرما، m_1 گرم از آب به یخ تبدیل شده است؛ بنابراین:

$$Q = m_1 L_f \Rightarrow 100/8 = m_1 \times 336 \Rightarrow m_1 = 0/3 \text{ kg}$$

درصد تبدیل آب به یخ برابر می‌شود با:

$$\frac{m_1}{m_2} \times 100 = \frac{0/3}{0/5} \times 100 = 60\%$$

گام اول

الف) اگر در حجم ثابت $V_1 = V_2$

ب) تغییر دما از $45/5$ درجهٔ سلسیوس به 91 درجهٔ سلسیوس \leftarrow

$$\begin{cases} T_1 = 45/5 + 273 = 318/5 K \\ T_2 = 91 + 273 = 364 K \end{cases}$$

ج) فشار گاز چندبرابر می‌شود؟ $\leftarrow \frac{P_2}{P_1} = ?$

گام دوم

باتوجه‌به اینکه جرم و حجم گاز ثابت مانده است:

$$\frac{P}{T} = \text{ثابت} \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{364}{318/5} = \frac{8}{3}$$

گام اول

الف) دمای گاز کاملی 27 درجهٔ سلسیوس است. $\leftarrow T_1 = 27 + 273 = 300 K$

ب) اگر دمای آن را در فشار ثابت به 87 درجهٔ سلسیوس برسانیم. $\leftarrow P_1 = P_2$, $T_2 = 87 + 273 = 360 K$

ج) حجم آن چند درصد افزایش می‌یابد؟ $\leftarrow \frac{V_2 - V_1}{V_1} \times 100 = (\frac{V_2}{V_1} - 1) \times 100 = ?$

گام دوم

کافی است نسبت $\frac{V_2}{V_1}$ را به دست بیاوریم.

در فشار ثابت نسبت $\frac{V}{T}$ برای گازهای کامل ثابت است؛ بنابراین برای دو حالت گاز داریم:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{V_1}{300} = \frac{V_2}{360} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = 1/2$$

بنابراین درصد افزایش حجم برابر است با:

$$(\frac{V_2}{V_1} - 1) \times 100 = (1/2 - 1) \times 100 = 50/2 \times 100 = 25\%$$