

1) Рассмотрим, как замерзает вода в ведре, кастрюле и т.д. Сначала замерзают верхние слои воды у стенок. Верхние слои потому что сначала у них происходит теплообмен с окружающей средой, а у стенок - потому что молекулы воды чтобы перейти в твердое состояние, надо за что-то "зацепиться" (см. рис. 1).

2) Затем, всё происходит также, лёд образуется у стенок, но так как вода при переходе в твердое состояние расширяется, то лёд в центре сосуда в верхних слоях (т.к. он менее толстый) ломается, затем снова застывает и снова ломается. Однако через некоторое время воде в нижних слоях в центре не хватает площади "пробить" лёд верхних слоёв (см. рис. 2). Значит она застывает, расширяется и выдвигает дно центральной части, что и требовалось доказать.

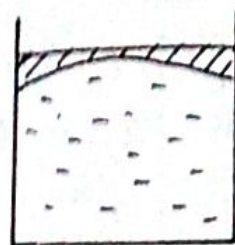


Рис. 1

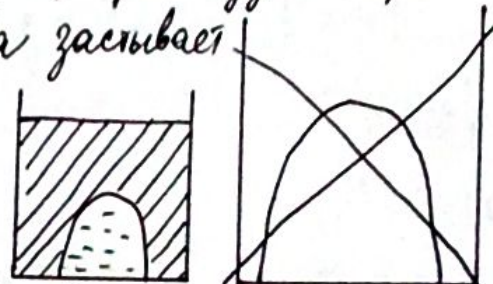


Рис. 2

№3

Дано:
 $T_0 = 600^\circ\text{C}$
 $t_1 = 40 \text{ мин.}$
 $t_2 = 3 \text{ мин.}$
 $T_1 = 690^\circ\text{C}$
 $t_3 = 12 \text{ мин.}$
 $T_2 = 90^\circ\text{C}$
 Найти:
 $t_4 = ?$

1) Рассмотрим

1) Капдём t_4 , применяя закон Рихмана - Ньютона:

1. Мощность нагревателя постоянна, значит

$$\frac{Q_1}{t_1} = \frac{Q_2}{t_2}, \text{ где } Q_1 - \text{кол-во теплоты, необходимое для плавления данного алюминия до } 690^\circ\text{C}$$

$$Q_2 - \text{кол-во теплоты, необходимое для нагревания данного алюминия до } 690^\circ\text{C}$$

$$\frac{m_{\text{ал}} \cdot \lambda_{\text{ал}}}{40} = \frac{m_{\text{ал}} \cdot c_{\text{ал}} \cdot \Delta t_1}{3} \quad | : m_{\text{ал}}$$

$$\frac{\lambda_{\text{ал}}}{40} = \frac{c_{\text{ал}} \cdot (690 - 600)}{3}$$

$$\frac{\lambda_{\text{ал}}}{40} = \frac{c_{\text{ал}} \cdot 90}{3} \quad | \cdot 40$$

$$\lambda_{\text{ал}} = 400 \text{ Сал.}$$

2. Мощность теплообмена между алюминием и окружающей средой постоянна (без учёта закона Рихмана - Ньютона), значит

$$\frac{Q_2}{t_3} = \frac{Q_1}{x}, \text{ где } x = t_4$$

$$\frac{5}{2} = \frac{400}{x}$$

$$x = \frac{400 \cdot 2}{5} = \frac{800}{5} = 160 \text{ мин.}$$

$$\frac{m_{\text{ал}} \cdot c_{\text{ал}} \cdot (690 - 600)}{12} = \frac{m_{\text{ал}} \cdot \lambda_{\text{ал}}}{x}$$

$$\frac{m_{\text{ал}} \cdot c_{\text{ал}} \cdot 90}{12} = \frac{m_{\text{ал}} \cdot 400}{x} \quad | : m_{\text{ал}} \cdot c_{\text{ал}}$$

2) Теперь найдём t_4 с учётом закона Рихмана-Ньютона:

1. Мощность нагревателя постоянна по условию, значит этот пункт идентичен пункту 1 части 1 к п/з страницы 2.

$$P_{\text{ал.}} = 400 \text{ Сал.}$$

2. Мощность теплообмена между алюминием и окружающей средой зависит от поверхности и температуры тела и окружающей среды (по закону Рихмана-Ньютона).

~~$N = a$~~ Мощность в начале теплообмена (сразу после выключения нагревателя) равна

~~$N_1 = a(T_1 - T_2) = a(690 - 20) = 670a$~~ , а в конце теплообмена (перед тем, как начать кристаллизоваться $N_2 = a(T_0 - T_2) = a(660 - 20) = 640a$. Значит средняя мощность теплообмена равна $N_{\text{ср}} = \frac{N_1 + N_2}{2} = \frac{670a + 640a}{2} = \frac{1310a}{2} = 655a$. Также эта мощность равна

$$N_{\text{ср}} = \frac{Q_1}{t_3} = \frac{m_{\text{ал.}} \cdot C_{\text{ал.}} \cdot \Delta T_1}{t_3} = \frac{m_{\text{ал.}} \cdot C_{\text{ал.}} \cdot (690 - 660)}{12} = \frac{m_{\text{ал.}} \cdot C_{\text{ал.}} \cdot 30}{12}$$

где Q_1 - это кол-во теплоты, необходимое для понижения t° данного алюминия

$$655a = \frac{m_{\text{ал.}} \cdot C_{\text{ал.}} \cdot 30}{12}$$

$$a = \frac{m_{\text{ал.}} \cdot C_{\text{ал.}} \cdot 30}{12 \cdot 655} = \frac{m_{\text{ал.}} \cdot C_{\text{ал.}} \cdot 8}{212 \cdot 133} = \frac{m_{\text{ал.}} \cdot C_{\text{ал.}}}{266}$$

3. Мощность теплообмена между алюминием и окружающей средой во время кристаллизации равна постоянной, так как его температура неизменна, и равна:

$$N_3 = a(T_0 - T_2) = 640a = \frac{640 \cdot m_{\text{ал.}} \cdot C_{\text{ал.}}}{266}$$

Также она равна $N_3 = \frac{Q_2}{t_4} = \frac{m_{\text{ал.}} \cdot \lambda_{\text{ал.}}}{t_4} = \frac{m_{\text{ал.}} \cdot 400 \text{ Сал.}}{t_4}$

где Q_2 - это кол-во теплоты, необходимое для кристаллизации данного алюминия

$$\frac{640 \cdot m_{\text{ал.}} \cdot C_{\text{ал.}}}{266} = \frac{m_{\text{ал.}} \cdot C_{\text{ал.}} \cdot 400}{t_4} \quad | : m_{\text{ал.}} \cdot C_{\text{ал.}}$$

$$\frac{640}{266} = \frac{400}{t_4}$$

$$t_4 = \frac{266 \cdot 400}{640} = \frac{106400}{640} = 166,25 \text{ мин.}$$

Ответ: без учёта закона Рихмана-Ньютона: 160 мин.
с учётом закона Рихмана-Ньютона: 166,25 мин.

Дано:
 m_1 - масса
 лёгкого ш.
 m_2 - масса
 тяжёлого ш.
 $\rho_r = 1260 \text{ кг/м}^3$
 $\rho_k = 1000 \text{ кг/м}^3$
 $\rho_m = 900 \text{ кг/м}^3$

Найти:

 $\rho_1 - ?$ $\rho_2 - ?$ $\rho_2 - ?$

1) Если система из одного лёгкого и одного тяжёлого шариков в равновесии в ширине, то $F_{\text{вы}1} = F_{\text{вы}A1}$,

$$F_{\text{вы}1} = F_1 + F_2 = m_1 \cdot g + m_2 \cdot g = g(m_1 + m_2)$$

$$F_{\text{вы}A1} = F_{A1} + F_{A2} = \rho_k \cdot g \cdot V_T + \rho_k \cdot g \cdot V_T = 2\rho_k \cdot g \cdot V_T$$

$$g(m_1 + m_2) = 2\rho_k \cdot g \cdot V_T \quad | :g$$

$$\rho_1 \cdot V_T + \rho_2 \cdot V_T = 2\rho_k \cdot V_T$$

$$V_T(\rho_1 + \rho_2) = 2\rho_k \cdot V_T \quad | :V_T$$

$$\rho_1 + \rho_2 = 2 \cdot \rho_k$$

$$\rho_1 + \rho_2 = 2 \cdot 1260 = 2520$$

2) Если система из двух лёгких и одного тяжёлого шариков в равновесии в масле, то $F_{\text{вы}2} = F_{\text{вы}A2}$

$$F_{\text{вы}2} = \rho_k F_1 + F_1 + F_2 = 2m_1 \cdot g + m_2 \cdot g = g(2m_1 + m_2)$$

$$F_{\text{вы}A2} = \cancel{\rho_k \cdot g \cdot V_T + \rho_k} F_{A1} + F_{A1} + F_{A2} = 2\rho_k \cdot g \cdot V_T + \rho_k \cdot g \cdot V_T = 3\rho_k \cdot g \cdot V_T$$

$$g(2m_1 + m_2) = 3\rho_k \cdot g \cdot V_T \quad | :g$$

$$2\rho_1 \cdot V_T + \rho_2 \cdot V_T = 3\rho_k \cdot V_T$$

$$V_T(2\rho_1 + \rho_2) = 3\rho_k \cdot V_T$$

$$\text{Так как } \rho_1 + \rho_2 = 2520 \text{ (см. п. 1)}$$

$$\rho_1 + \underbrace{\rho_1 + \rho_2}_{2520} = 3 \cdot \rho_k$$

$$\rho_1 + 2520 = 3 \cdot 900$$

$$\rho_1 = 2700 - 2520$$

$$\rho_1 = 180 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_2 = 2520 - 180 = 2340 \text{ кг/м}^3$$

$$\text{Ответ: } \rho_{\text{лкг}} = 180 \text{ кг/м}^3; \rho_T = 2340 \text{ кг/м}^3$$