

Условие

9-1. В большой теплоизолированный сосуд, содержащий 10 г льда при температуре -10°C , впускают 5,0 г водяного пара (температура 100°C) при нормальном давлении. В каких состояниях и в каких количествах будет находиться вода в сосуде после установления теплового равновесия? Теплоемкостью сосуда и воздуха в нем пренебречь. Удельная теплоемкость льда $2,1 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$, воды $4,2 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$, удельная теплота плавления льда $3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж} / \text{кг}$, удельная теплота парообразования воды $2,3 \text{ МДж}/\text{кг}$.

Решение

9-1. Так как заранее нельзя предсказать, в каком состоянии будет находиться вода в сосуде, то при решении задачи необходимо сразу проводить вычисления количеств теплоты. При конденсации пара может выделяться

$$Q_0 = r m_{\text{п}} = 11,5 \text{ кДж}.$$

На нагревание льда до температуры плавления требуется

$$Q_1 = c_{\text{л}} m_{\text{л}} \Delta t_{\text{л}} = 210 \text{ Дж} \quad (Q_1 < Q_0);$$

для таяния льда -

$$Q_2 = \lambda m_{\text{л}} = 3,3 \text{ кДж} \quad (Q_1 + Q_2 < Q_0);$$

на нагревание воды до кипения

$$Q_3 = c_{\text{в}} m_{\text{л}} \Delta t_{\text{в}} = 4,2 \text{ кДж} \quad (Q_1 + Q_2 + Q_3 < Q_0).$$

Таким образом, теплоты, выделившейся при конденсации пара хватает на нагревание льда, его плавление, и нагрев образовавшейся воды до температуры кипения, следовательно, сконденсируется только часть пара массой

$$\Delta m = (Q_1 + Q_2 + Q_3)/r = 3,4 \cdot 10^{-3} \text{ кг}.$$

Таким образом, в сосуде будет находиться $m_{\text{в}} + \Delta m = 13,4 \text{ г}$ воды при 100°C и $m_{\text{п}} - \Delta m = 1,6 \text{ г}$ пара при той же температуре.