

Задача 11-3. Вода из воздуха

В данной задаче на примере работы юного экспериментатора Феди вам предлагается рассмотреть возможность получения некоторого количества воды из воздуха при помощи различных физических процессов. Водяной пар и воздух в решении можете считать идеальными газами.

Для решения задачи вам может понадобиться график зависимости давления насыщенного пара воды от температуры, представленный на отдельном бланке. При желании вы можете делать любые пометки и построения на данном графике. По окончании работы вложите данный бланк в тетрадь с решением.

Наконец, напомним вам некоторые физические постоянные (никто не гарантирует, что все из них вам понадобятся):

Универсальная газовая постоянная $R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{К} \cdot \text{моль})$

Постоянная Авогадро $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$

Постоянная Больцмана $k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж}/\text{К}$

Молярная масса воды $M = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{моль}$

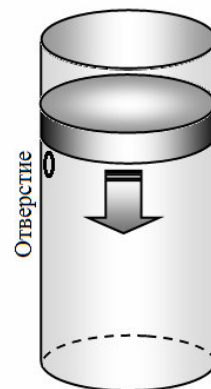
Удельная теплоемкость воды $c_v = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$

Нормальное атмосферное давление $p_{\text{атм}} = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Па}$

Температура кипения воды (при $p_{\text{атм}}$) $T_{\text{кип}} = 100 ^\circ\text{C} = 373 \text{ К}$

Ускорение свободного падения считайте равным $g = 10 \text{ м}/\text{с}^2$

Юный экспериментатор Федя, захотев получить воду прямо из воздуха, поставил физический эксперимент. Федина установка представляет собой вертикальный цилиндрический герметичный сосуд с поршнем малой массы, способным двигаться практически без трения. Считайте, что поршень создает дополнительное давление которым, по сравнению с атмосферным, можно пренебречь. В начальном положении в сосуд через отверстие поступает воздух из комнаты. Для сжатия воздуха Федя помещает сосуд в холодильную установку. Все процессы считайте достаточно медленными.



Температура воздуха в комнате $T_1 = 20 ^\circ\text{C}$, его относительная влажность $\varphi = 77\%$. Начальный объем сосуда с поршнем $V_1 = 5,0 \text{ л}$.

1. До какой температуры необходимо охладить сосуд, чтобы водяной пар начал конденсироваться?

С помощью холодильной установки Федя охлаждает сосуд с содержимым до температуры $T_2 = 4,0 ^\circ\text{C}$.

2. Определите массу воды, образующейся в результате такого охлаждения.

3. Определите, за сколько таких «охлаждений» можно будет собрать один стакан воды ($m_c = 200 \text{ г}$).

Для повторения процесса Федя организует цикл по следующей схеме. После охлаждения из сосуда собирается вся влага, затем сосуд медленно нагревается обратно до комнатной температуры. При достижении комнатной температуры Федя открывает отверстие для поступления окружающего воздуха. Выждав достаточное время, юный экспериментатор снова охлаждает сосуд.

4. Схематически (без точных числовых значений) изобразите p - V диаграмму для водяного пара в описанном циклическом процессе. Укажите направление процесса на диаграмме.

5. Оцените полное количество работы, совершаемое над содержимым сосуда за один цикл.

Для определения «трудоемкости» процесса получения воды из воздуха Федя придумал следующую характеристику – удельную работу конденсации (Θ), – равную работе, затраченной на образование 1 килограмма воды.

6. Оцените удельную работу конденсации для данного цикла.