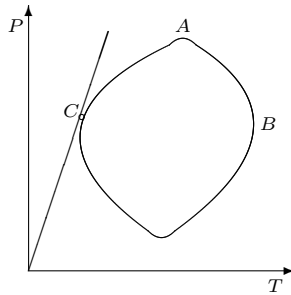


Задание 4 — Решения

1. Обозначим буквой Q — количество теплоты, необходимое для того, чтобы содержимое флакона замерзло. Тогда в первую минуту в окружающую среду уйдет количество тепла $q_1 = \frac{6}{25}2Q = \frac{12}{25}Q$. Во вторую — $q_2 = \frac{6}{25}Q$, в третью — $q_3 = \frac{6}{25}\frac{Q}{2}$ и т.д., например, в n -ю минуту — $q_n = \frac{6}{25}\frac{Q}{2^{n-2}}$. Таким образом, количество тепла, отданное в окружающую среду за n минут, определяется как сумма n членов геометрической прогрессии с первым членом $\frac{12}{25}Q$ и знаменателем $\frac{1}{2}$. Так как знаменатель прогрессии меньше единицы, то для этой прогрессии можно вычислить сумму бесконечного числа ее членов, которая оказывается меньше необходимого для замерзания теплоты. Отсюда следует, что мальчик может не торопиться, сколько бы он не шел домой, содержимое пузырька не замерзнет. Следует заметить, что в вопросе задачи содержится определенный намек на такой ответ, так как в условии не указано время, затраченное мальчиком на дорогу домой.

2. В осях $P - T$ прямая линия, выходящая из начала координат, соответствует изохорному процессу. Угловым коэффициентом прямой можно найти из уравнения Менделеева-Клапейрона: $PV = \nu RT \Leftrightarrow P = \frac{\nu R}{V}T$. Чем больше коэффициент $\frac{\nu R}{V}$, тем больше угол наклона прямой к горизонтальной оси. Значит, чем больше наклон, тем больше количества вещества содержится в единице объема $\frac{\nu}{V}$. Отсюда следует, что ближе к истине был Чукин. Максимальное содержание паров золота достигается в точке C , в точке касания прямой, проведенной из начала координат к линии, описывающей цикл, с максимально большим углом наклона (см. рисунок).



3. В соответствии с первым началом термодинамики можно записать

$$\Delta U = Q\Delta t - A, \quad (1)$$

где Δt — промежуток времени, A — совершенная газом работа, ΔU — изменение внутренней энергии. Так как процесс изобарический, то для работы и внутренней энергии можно записать следующие соотношения:

$$A = \left(p_0 + \frac{P}{S}\right) \Delta V, \quad \Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T. \quad (2)$$

Последнее условие с учетом закона Менделеева-Клапейрона переписывается в виде

$$\Delta U = \frac{3}{2} \left(p_0 + \frac{P}{S}\right) \Delta V, \quad (3)$$

где ν — количество вещества. Подставив (2) и (3) в (1), получим

$$Q\Delta t = \frac{5}{2} \left(p_0 + \frac{P}{S}\right) S\Delta h.$$

Откуда находится скорость движения поршня:

$$\frac{\Delta h}{\Delta t} = \frac{Q}{2,5(p_0 S + P)}.$$

4. По определению теплоемкости можно записать:

где ΔT — изменение температуры, Q — количество теплоты, переданное газу.

Из первого начала термодинамики $\Delta U = Q - A$ в данном случае можно получить

$$Q = \frac{3}{2}R\Delta T + \frac{k}{2}(x_2^2 - x_1^2), \quad (5)$$

где последний член равен работе сжатия пружины, x_1, x_2 — координаты поршня до и после передачи газу количества теплоты Q .

Из условия равновесия поршня следует соотношение $kx = pS = \frac{RT}{x}$, из которого получим $A = -\frac{1}{2}R\Delta T$. Тогда условие (5) примет вид

$$Q = \frac{3}{2}R\Delta T + \frac{1}{2}R\Delta T = 2R\Delta T.$$

Откуда по определению теплоемкости из (4) следует ответ $C = 2R$.

5. Для поддержания процесса кипения необходимо затрачивать энергию. В замкнутой системе поддержание кипения одной части жидкости может происходить только за счет охлаждения другой части жидкости вплоть до замерзания. В этом случае уравнение баланса тепла выглядит следующим образом:

$$m(Y + C(T_0 - T_{\text{плавления}})) = (M - m)L. \quad (6)$$

Здесь учтено, что масса льда m будет наибольшей, если он будет иметь температуру равную $T_{\text{плавления}}$. Из (6) получим

$$m = \frac{ML}{Y + L + C(T_0 - T_{\text{плавления}})}$$