

Задания

Задание 30 № 7402

Гелий в количестве $\nu = 0,1$ моля находится в горизонтальном закреплённом цилиндре с поршнем, который может без трения перемещаться в цилиндре и вначале удерживается в равновесии силой $F_1 = 200$ Н. При этом среднеквадратичная скорость движения атомов гелия составляет $v_1 = 1100$ м/с. Затем гелий стали нагревать, а поршень удерживать в равновесии, медленно сдвигая его и постепенно увеличивая действующую на него силу. Когда эта сила равнялась $F_2 = 300$ Н, среднеквадратичная скорость движения атомов гелия стала равной $v_2 = 1500$ м/с. На какое расстояние Δl от исходного положения при этом сдвинулся поршень?

Решение.

Обозначим начальный объём гелия в цилиндре через $V_1 = S \cdot l_1$, а давление — через $p_1 = \frac{F_1}{S}$, где площадь поршня равна S , а длина столба газа равна l_1 . Тогда, согласно уравнению Клапейрона — Менделеева, $p_1 V_1 = F_1 l_1 = \nu R T_1$. Среднеквадратичная скорость атомов гелия при начальной температуре T_1 равна $u_1 = \sqrt{\frac{3RT_1}{\mu}}$, где μ — молярная масса гелия. Отсюда $T_1 = \frac{\mu u_1^2}{3R}$. Из написанных соотношений получаем: $l_1 = \frac{\nu \mu u_1^2}{3F_1}$. Аналогичным образом получаем, что в конце процесса $l_2 = \frac{\nu \mu u_2^2}{3F_2}$. Таким образом, искомый сдвиг поршня равен

$$\Delta l = l_2 - l_1 = \frac{\nu \mu}{3} \left(\frac{u_2^2}{F_2} - \frac{u_1^2}{F_1} \right) = \frac{0,1 \cdot 4 \cdot 10^{-3}}{3} \cdot \left(\frac{1500^2}{300} - \frac{1100^2}{200} \right) \approx 0,193 \text{ м} \approx 19 \text{ см.}$$

Ответ: 19 см.