

1.2.Задача. В процессе расширения азота его объём увеличился на $n = 2\%$, а давление уменьшилось на $k = 1\%$. Какая часть η количества теплоты, полученной азотом, была превращена в работу? Молекулярная масса азота равна $\mu(N_2) = 28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль. Удельная теплоёмкость азота при постоянном объёме $c_v = 745$ Дж/(кг·град). Универсальную газовую постоянную примите равной $R = 8,3$ Дж/(моль·К). Ответ выразите в процентах, округлив до целых единиц.

Указание: при вычислении работы, совершаемой газом при расширении, незначительным изменением давления следует пренебречь.

1.2.Решение. Из равенства $\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{PV}{T} = \frac{(1 - k/100\%)P_0 \cdot (1 + n/100\%)V_0}{T}$, где P_0 и V_0 –

начальные и конечные давление и объём, получаем: $T - T_0 = [(1 - k/100\%)(1 + n/100\%) - 1] \cdot T_0$.

Следовательно, внутренняя энергия азота увеличилась на

$$\Delta U = c_v m (T - T_0) = c_v m T_0 \cdot [(1 - k/100\%)(1 + n/100\%) - 1].$$

Далее, если пренебречь незначительным изменением давления, как рекомендовано в условии задачи, то работу, совершённую газом при расширении, можно считать равной

$$A = P_0 (V - V_0) = P_0 V_0 n / 100\% = \frac{n}{100\%} \cdot \frac{m}{\mu} R T_0.$$

Здесь учтено, что в соответствии с уравнением Клапейрона – Менделеева $P_0 V_0 = \frac{m}{\mu} R T_0$.

Количество теплоты, полученное азотом, равно $Q = \Delta U + A$. Используя полученные выше результаты для ΔU и A , приходим к искомому ответу:

$$\frac{A}{Q} = \eta = \frac{\frac{n}{100\%} \cdot \frac{R}{\mu}}{[(1 - k/100\%)(1 + n/100\%) - 1] c_v + \frac{n}{100\%} \frac{R}{\mu}} \cdot 100\% \text{ или}$$

$$\eta = \frac{nR}{c_v \mu \cdot [(1 - k/100\%)(1 + n/100\%) - 1] + nR/100\%}.$$

$$\text{Ответ: } \eta = \frac{nR}{c_v \mu \cdot [(1 - k/100\%)(1 + n/100\%) - 1] + nR/100\%} \approx 45\%.$$