

Приклади розв'язування задач:

Вправа 35, задача 8 (Засекіна)

8. Для опалення в сильні морози звичайної квартири площею 63 м^2 на місяць потрібна приблизно 1 гікалорія теплоти ($1 \text{ кал} \approx 4,2 \text{ Дж}$). Така теплота отримується внаслідок згорання на теплоелектростанціях природного газу — метану з ККД перетворення енергії екзотермічної реакції в теплоту близько 50 %. Рівняння цієї хімічної реакції має вигляд: $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + Q$, де $Q \approx 1,33 \cdot 10^{-18} \text{ Дж}$. Уявімо, що водяна пара, яка була одержана в результаті спалювання метану, сконденсувалася, замерзла на морозі й випала у вигляді снігу на даху будинку, що дорівнює за площею квартирі. Будемо вважати, що густина такого снігу — $100 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. Якою буде товщина h шару снігу, що випав за місяць у результаті цього процесу?

$$S = 63 \text{ м}^2$$

$$t = 1 \text{ місяць}$$

$$Q_1 = 1 \text{ Гкал} = 10^9 \text{ кал} \\ = 4,2 \cdot 10^9 \text{ Дж}$$

$$\eta = 50 \%$$

$$\rho = 100 \text{ кг/м}^3$$

$$Q = 1,33 \cdot 10^{-18} \text{ Дж}$$

$$h - ?$$

Розв'язування. Спалюючи одну молекулу метану ми отримуємо дві молекули води + теплоту Q . В перерахунку на кількість речовини це означає, що на один моль метану ми отримуємо два молі води + теплоту $Q \cdot N_A$. Маса утвореної води становитиме

$$m = 2 \cdot \frac{\eta \cdot Q_1}{Q \cdot N_A} \cdot M.$$

Процеси конденсації та кристалізації водяної пари не пов'язані зі згоранням метану, тому їх можна не розглядати. У такому випадку маса снігу становитиме

$$m = S \cdot h \cdot \rho.$$

Отже,

$$2 \frac{\eta \cdot Q_1}{Q \cdot N_A} \cdot M = S \cdot h \cdot \rho \quad \Rightarrow \quad h = 2 \frac{\eta \cdot Q_1 \cdot M}{Q \cdot N_A \cdot S \cdot \rho}.$$

Обчислюємо

$$h = 2 \cdot \frac{0,5 \cdot 4,2 \cdot 10^9 \text{ Дж} \cdot 0,018 \text{ кг/моль}}{1,33 \cdot 10^{-18} \text{ Дж} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \cdot 63 \text{ м}^2 \cdot 100 \text{ кг/м}^3} \approx 15 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 1,5 \text{ см}$$

Відповідь: Товщина снігу становитиме 1,5 см. Дані щодо часу ($t = 1 \text{ місяць}$) — лишні.

Увага! Відповідь відрізняється від наведеної в підручнику. Якщо у когось вийшло 6,3 см, повідомте мене.

Збірник Божинова, задача 32.64

32.64. У вертикально розташованому циліндрі під поршнем масою 5 кг, що ковзає без тертя, міститься повітря. Площа поперечного перерізу циліндра 1 дм^2 . Внаслідок ізобарного нагрівання повітря поршень піднявся на 30 см. Яку роботу виконало повітря, якщо атмосферний тиск 100 кПа ?

$$m = 5 \text{ кг}$$

$$S = 1 \text{ дм}^2 = 0,01 \text{ м}^2$$

$$h = 30 \text{ см} = 0,3 \text{ м}$$

$$p = 100 \text{ кПа} = 100000 \text{ Па}$$

$$A - ?$$

Розв'язування. Сумарна робота газу складається безпосередньо з роботи газу під час розширення та роботи по зміні потенціальної енергії поршня.

Робота під час ізобарного розширення становить

$$A_1 = p (V_2 - V_1) = p \Delta V = p h S,$$

а зміна потенціальної енергії поршня

$$\Delta E_n = m g h$$

Отже,

$$A = A_1 + \Delta E_n = p h S + m g h = h(p S + m g)$$

Обчислюємо:

$$A = h(p S + m g) = 0,3 \text{ м} \cdot (100000 \text{ Па} \cdot 0,01 \text{ м}^2 + 5 \text{ кг} \cdot 10 \text{ Н / кг}) = 315 \text{ Дж}.$$

Відповідь: Повітря виконало роботу 315 Дж .

Збірник Божинова, задача 32.70

32.70. У результаті теплопередачі ідеальний газ отримує кількість теплоти, що дорівнює 100 кДж , і виконує роботу 5000 Дж . Знайдіть початкове значення внутрішньої енергії газу, якщо в ході процесу його температура зростає в 6 разів.

$$Q = 100 \text{ кДж} = 100000 \text{ Дж}$$

$$A = 5000 \text{ Дж}$$

$$T_2 = 6T_1$$

$$U_1 - ?$$

Розв'язування. Згідно з першим законом термодинаміки вся надана газу теплота витрачається на виконання ним роботи та зміну його внутрішньої енергії

$$Q = A + \Delta U = A + (U_2 - U_1).$$

Нехай $U_1 = \frac{i}{2} \nu R T_1$, де i – кількість ступенів свободи газу. Тоді

$$U_2 = \frac{i}{2} \nu R T_2 = \frac{i}{2} \nu R 6T_1 = 6U_1 \Rightarrow \Delta U = U_2 - U_1 = 5U_1.$$

Отже

$$Q = A + 5U_1 \quad \Rightarrow \quad U_1 = \frac{Q - A}{5}.$$
$$U_1 = \frac{100000 \text{ Дж} - 5000 \text{ Дж}}{5} = 19000 \text{ Дж} = 19 \text{ кДж}.$$

Відповідь. Початкова внутрішня енергія становила 19 кДж.