

55. Кислород занимает объем $V_1 = 1 \text{ м}^3$ и находится под давлением $p_1 = 200 \text{ кПа}$. Газ нагрели сначала при постоянном давлении до объема $V_2 = 3 \text{ м}^3$, а затем при постоянном объеме до давления $p_2 = 500 \text{ кПа}$. Построить график процесса и найти: 1) изменение ΔU внутренней энергии газа; 2) совершенную им работу A ; 3) количество теплоты Q , переданное газу.

Решение задачи:

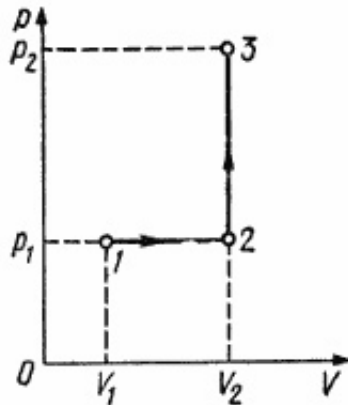


Рис. 11.1

Решение. Построим график процесса (рис. 11.1). На графике точками 1, 2, 3 обозначены состояния газа, характеризуемые параметрами (p_1, V_1, T_1) , (p_1, V_2, T_2) , (p_2, V_2, T_3) .

1. Изменение внутренней энергии газа при переходе его из состояния 1 в состояние 3 выражается формулой

$$\Delta U = c_V m \Delta T,$$

где c_V — удельная теплоемкость газа при постоянном объеме; m — масса газа; ΔT — разность температур, соответствующих конечному 3 и начальному 1 состояниям, т. е. $\Delta T = T_3 - T_1$. Так как $c_V = \frac{i}{2} \frac{R}{M}$; где M — молярная масса газа, то

$$\Delta U = \frac{i}{2} \frac{m}{M} R (T_3 - T_1). \quad (1)$$

Температуры T_1 и T_3 выразим из уравнения Менделеева — Клапейрона $\left(pV = \frac{m}{M} RT \right)$:

$$T_1 = \frac{Mp_1V_1}{mR}; \quad T_3 = \frac{Mp_2V_2}{mR}.$$

С учетом этого равенство (1) перепишем в виде

$$\Delta U = (i/2) (p_2V_2 - p_1V_1).$$

Подставим сюда значения величин (учтем, что для кислорода, как двухатомного газа, $i=5$) и произведем вычисления:

$$\Delta U = 3,25 \text{ МДж}.$$

2. Полная работа, совершаемая газом, равна $A = A_1 + A_2$, где A_1 — работа на участке 1—2; A_2 — работа на участке 2—3.

На участке 1—2 давление постоянно ($p = \text{const}$). Работа в этом случае выражается формулой $A_1 = p_1 \Delta V = p_1 (V_2 - V_1)$. На участке 2—3 объем газа не изменяется и, следовательно, работа газа на этом участке равна нулю ($A_2 = 0$). Таким образом,

$$A = A_1 = p_1 (V_2 - V_1).$$

Подставив в эту формулу значения физических величин, произведем вычисления:

$$A = 0,4 \text{ МДж}$$

3. Согласно первому началу термодинамики, количество теплоты Q , переданное газу, равно сумме работы A , совершенной газом, и изменению ΔU внутренней энергии:

$$Q = A + \Delta U, \text{ или } Q = 3,65 \text{ МДж.}$$