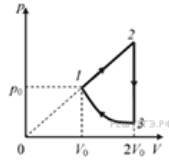


Задания

Задание 30 № 4510

Над одноатомным идеальным газом проводится циклический процесс, показанный на рисунке. На участке 1–2 газ совершает работу $A_{12} = 1000$ Дж. Участок 3–1 — адиабата. Количество теплоты, отданное газом за цикл холодильнику, равно $|Q_{\text{хол}}| = 3370$ Дж. Количество вещества газа в ходе процесса не меняется. Найдите работу $|A_{31}|$ газа на адиабате.



Решение.

Согласно первому началу термодинамики, переданное газу тепло идет на изменение его внутренней энергии и на совершение работы против внешних сил: $Q = \Delta U + A$.

Исследуем все участки цикла по отдельности. На участке 1-2 газ расширяется, совершая положительную работу $A_{12} > 0$, кроме того его температура растет, а значит, $\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T > 0$ и $Q_{12} > 0$, следовательно, газ получает тепло.

На участке 2-3 объем газа не изменяется, давление, а значит, и температура газа уменьшаются. Поэтому $A_{23} = 0$, $\Delta U_{23} < 0$, $Q_{23} < 0$, следовательно, газ отдает тепло холодильнику.

Участок 3-1, по условию, представляет собой адиабату, на этом участке газ не обменивается теплом с окружающей средой. Таким образом, все тепло, получаемое газом за цикл, передается ему на участке 1-2, а все тепло, отдаваемое им за цикл, отдается на участке 2-3.

Применим первое начало к участку 1-2: $Q_{\text{нагр}} = A_{12} + \Delta U_{12}$. Работе газа на диаграмме $p-V$ соответствует площадь под графиком процесса: $A_{12} = \frac{1}{2}(p_0 + 2p_0)V_0 = \frac{3}{2}p_0V_0$. Используя уравнение Клапейрона — Менделеева $pV = \nu RT$, для изменения внутренней энергии на участке 1-2 имеем:

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} \Delta(pV) = \frac{3}{2} (2p_0 2V_0 - p_0 V_0) = \frac{9}{2} p_0 V_0 = 3A_{12}.$$

Применим теперь первое начало ко всему процессу в целом. Так как он представляет собой замкнутый цикл, то изменение внутренней энергии за весь процесс равно нулю. Работу газа за цикл можно найти как разность работ на участках 1-2 и 3-1:

$$\begin{aligned} Q_{\text{нагр}} - |Q_{\text{хол}}| &= A_{12} - |A_{31}| \Leftrightarrow |A_{31}| = A_{12} - Q_{\text{нагр}} + |Q_{\text{хол}}| = A_{12} - A_{12} - \Delta U_{12} + |Q_{\text{хол}}| = -\Delta U_{12} + |Q_{\text{хол}}| = \\ &= -3A_{12} + |Q_{\text{хол}}| = -3 \cdot 1000 \text{ Дж} + 3370 \text{ Дж} = 370 \text{ Дж}. \end{aligned}$$

Ответ: 370 Дж