

178 熱サイクルではエネルギー表を書く。

$\boxed{0 \rightarrow A}$

① $U = \frac{3}{2}PV$ より

$$\Delta U = U_A - U_0$$

$$= \frac{3}{2}P_A V_0 - \frac{3}{2}P_0 V_0 = \frac{3}{2}(P_A - P_0)V_0$$

② グラフの面積より

$$W_{out} = 0$$

③ $Q_{in} = \Delta U + W_{out}$ より

$$Q_{in} = \underline{\frac{3}{2}(P_A - P_0)V_0} \quad (1)$$

$\boxed{A \rightarrow B}$

① 断熱変化なので

$$Q_{in} = 0 \quad (2)$$

② $U = \frac{3}{2}PV$ なので

$$\Delta U = U_B - U_A$$

断熱膨張なので 温度さがる。

よって $U_A > U_B$ である。

$$= -(U_A - U_B) \leftarrow \text{符号と大きさを見やすくする。}$$

$$= -\left(\frac{3}{2}P_A V_0 - \frac{3}{2}P_0 V_B\right)$$

$$= -\frac{3}{2}(P_A V_0 - P_0 V_B)$$

③ $Q_{in} = \Delta U + W_{out}$ より

$$0 = -\frac{3}{2}(P_A V_0 - P_0 V_B) + W_{out}$$

$$\therefore W_{out} = \frac{3}{2}(P_A V_0 - P_0 V_B)$$

断熱変化時の仕事は、面積からだせないので、 $=$ のように

$Q_{in} = \Delta U + W_{out}$ から逆算することが多い。

178 続き

$B \rightarrow O$

$$\textcircled{1} U = \frac{3}{2} PV \text{ より}$$

$$\Delta U = U_0 - U_B \quad \leftarrow$$

$$= -(U_B - U_0) \quad \leftarrow$$

$P \times V$ の大きさを比べると、 $T_B > T_0$ と

"えりのて" $U_B > U_0$ である。

符号と大きさを見やすくする

$$= -\left(\frac{3}{2}P_0V_B - \frac{3}{2}P_0V_0\right)$$

$$= -\frac{3}{2}P_0(V_B - V_0)$$

② グラフの面積より

$$W_{out} = -P_0(V_B - V_0) \quad \text{※ } V \text{ が小さくなる, つまりのて}$$

③ $Q_{in} = \Delta U + W_{out}$ より

W_{out} は負の仕事

$$Q_{in} = -\frac{3}{2}P_0(V_B - V_0) + \{-P_0(V_B - V_0)\}$$

$$= -\frac{5}{2}P_0(V_B - V_0) \quad \text{+ (八)}$$

エネルギー表にまとめると

	Q_{in}	ΔU	W_{out}
$O \rightarrow A$	$+\frac{3}{2}(P_A - P_0)V_0$	$\frac{3}{2}(P_A - P_0)V_0$	0
$A \rightarrow B$	0	$-\frac{3}{2}(P_AV_0 - P_0V_B)$	$+\frac{3}{2}(P_AV_0 - P_0V_B)$
$B \rightarrow O$	$-\frac{5}{2}P_0(V_B - V_0)$	$-\frac{3}{2}P_0(V_B - V_0)$	$-P_0(V_B - V_0)$
サイクル合計	$\frac{3}{2}P_AV_0 - \frac{5}{2}P_0V_B + P_0V_0$	0	$\frac{3}{2}P_AV_0 - \frac{5}{2}P_0V_B + P_0V_0$

元の温度に戻るので 0 になります

$\Delta U = 0$ なので同じになります。

サイクル合計で計算ミスをチェックです。

178 続き

$$\begin{aligned}
 e &= \frac{W_{\text{outトータル}}}{Q_{\text{inの+}} + \text{の和}} \quad \text{なので} \\
 e &= \frac{\frac{3}{2}P_A V_0 - \frac{5}{2}P_0 V_B + P_0 V_0}{\frac{3}{2}(P_A - P_0) V_0} \\
 &= \frac{\frac{3}{2}(P_A - P_0) V_0 - \frac{5}{2}P_0 V_B + \frac{5}{2}P_0 V_0}{\frac{3}{2}(P_A - P_0) V_0} \\
 &= 1 - \frac{\frac{5}{2}P_0 V_B - \frac{5}{2}P_0 V_0}{\frac{3}{2}(P_A - P_0) V_0} \\
 &= 1 - \frac{5P_0(V_B - V_0)}{3(P_A - P_0)V_0} \quad (=)
 \end{aligned}$$

※ 別解 (体系物理の解説の計算)

エネルギー-表のサイクル合計の部分から

$$Q_{\text{intトータル}} = 0 + W_{\text{outトータル}}$$

とします。

$$Q_{0 \rightarrow A} + Q_{B \rightarrow 0} = W_{\text{outトータル}}$$

となる。よって

$$\begin{aligned}
 e &= \frac{W_{\text{outトータル}}}{Q_{\text{inの+}} + \text{の和}} = \frac{Q_{0 \rightarrow A} + Q_{B \rightarrow 0}}{Q_{0 \rightarrow A}} \\
 &= 1 + \frac{Q_{B \rightarrow 0}}{Q_{0 \rightarrow A}} \quad \text{とします。}
 \end{aligned}$$

エネルギー-表の計算をきちんとこなすと、 $Q_{\text{intトータル}}$ と $W_{\text{outトータル}}$ の関係を理解できて、この発想にたどりつけます。
はじめてからこの方法を覚えようとしないこと。

