178 熱サイクルでは エネルギー表を書く.

$\boxed{0 \to A}$

① $U=\frac{3}{2}PV$ より

$$\Delta U = U_A - U_B$$
$$= \frac{3}{2}P_AV_0 - \frac{3}{2}P_0V_0 = \frac{3}{2}(P_A - P_0)V_0$$

② グラフの面積より

$$W_{out\,0\to A} = 0$$

③ $Q_{in} = \Delta U + W_{out}$ より

$$Q_{in\,A\to B} = \underline{\frac{3}{2}(P_A - P_0)V_0}_{/\!/}\ (イ)$$

$\boxed{A \to B}$

① 断熱変化なので

$$Q_{in} = \underline{0}_{/\!/}\ (ロ)$$

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.

$$= -(U_A - U_B)$$

符合と大きさを見やすくする

$$= -\left(\frac{3}{2}P_AV_0 - \frac{3}{2}P_0V_B\right)$$
$$= -\frac{3}{2}(P_AV_0 - P_0V_B)$$

③ $Q_{in} = \Delta U + W_{out}$ より

$$0 = -\frac{3}{2}(P_AV_0 - P_0V_B) + W_{out}$$
$$\therefore W_{out} = \frac{3}{2}(P_AV_0 - P_0V_B)$$

断熱変化時の仕事は.面積からだせないので,このように
$Q_{in} = \Delta U + W_{out}$ から逆算することが多い.

$\boxed{178}$ 続き

$\boxed{B \to 0}$

① $U = \frac{3}{2}PV$ より

$\Delta U = U_0 - U_B$ ← $P \times V$の大きさを比べると，$T_B > T_0$ といえるので $U_B > U_0$ である．

$= -(U_B - U_0)$ ← 符合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

$W_{out} = -P_0(V_B - V_0)$　※ Vが小さくなっているので W_{out} は負の仕事

③ $Q_{in} = \Delta U + W_{out}$ より

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

$= -\frac{5}{2}P_0(V_B - V_0)$ …(ハ)

エネルギー表にまとめると

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

0になるはず

同じになるはず．

サイクル合計で計算ミスをチェックできる．

$\boxed{178}$ 続き

$$e = \frac{W_{out\,トータル}}{Q_{in}の+の和}$$ なので

$$e = \frac{\frac{3}{2}P_A V_0 - \frac{5}{2}P_0 V_B - P_0 V_0}{\frac{3}{2}(P_A - P_0)V_0}$$

$$= \frac{\frac{3}{2}(P_A - P_0)V - \frac{5}{2}P_0 V_B - \frac{5}{2}P_0 V_0}{\frac{3}{2}(P_A - P_0)V}$$

$$= 1 - \frac{\frac{5}{2}P_0 V_B + \frac{5}{2}P_0 V_0}{\frac{3}{2}(P_A - P_0)V}$$

$$= 1 - \underline{\frac{5P_0(V_B - V_0)}{3(P_A - P_0)V}}\ //\ (ニ)$$

※ 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

$$Q_{in\,トータル} = 0 + W_{out\,トータル}$$

といえて、

$$Q_{0\to A} + Q_{B\to 0} = W_{out\,トータル}$$

となる。よって

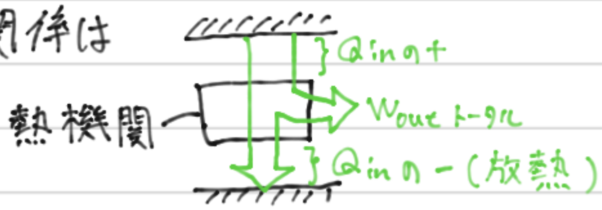
$$e = \frac{W_{out\,トータル}}{Q_{in}の+の和} = \frac{Q_{0\to A} + Q_{B\to 0}}{Q_{0\to A}}$$

$$= 1 + \frac{Q_{B\to 0}}{Q_{0\to A}}$$ となる。

エネルギー表の計算をきちんとこなすと、Q_{in}トータルと W_{out}トータルの関係を理解できて、この発想にたどりつける。

はじめからこの方法を覚えようとしないこと。

※ この関係は



と示されることもある。ここからも

$$W_{out\,トータル} = Q_{in}の+ - |Q_{in}の-|$$

と立式できる。