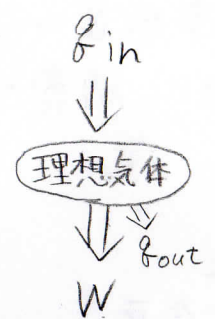
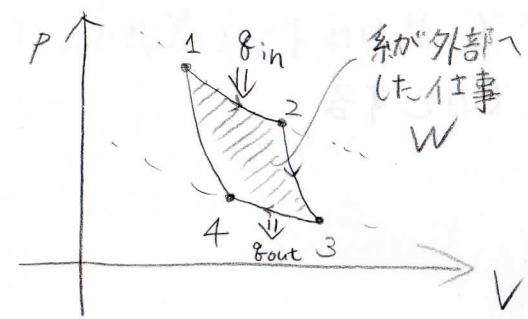
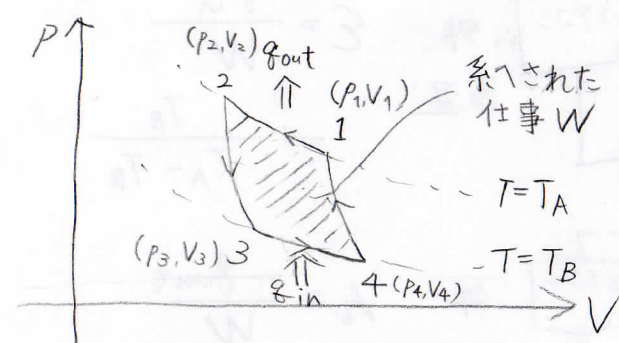


逆カルノーサイクル

☆「逆」の意味
カルノーサイクル



逆カルノーサイクル



カルノーサイクル

- ・ p-V グラフ上で「時計回り」
- ・ 熱を仕事に変換 (一部は熱のまま放出される)

逆カルノーサイクル

- ・ 反時計回り
- ・ 低温熱源から高温熱源へ熱を送る (仕事があれば、熱は高温 → 低温へ流れる)

☆ C_V の温度依存性は無視することができ、また可逆系であると仮定する

☆ 各過程で起きていること

- ・ 1 → 2 等温圧縮

$$\begin{aligned}
 W_{12} &= \int_1^2 dw \\
 &= - \int_{V_1}^{V_2} p dV \\
 &= - n R T_A \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} \\
 &= - n R T_A \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) \\
 &> 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_{out} &= -W_{12} \\
 &= n R T_A \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) \\
 &< 0
 \end{aligned}$$

- ・ 2 → 3 断熱膨張

$$W_{23} = C_V (T_B - T_A) < 0$$

- ・ 3 → 4 等温膨張

$$\begin{aligned}
 W_{34} &= - n R T_B \int_{V_3}^{V_4} \frac{dV}{V} \\
 &= - n R T_B \ln\left(\frac{V_4}{V_3}\right) \\
 &< 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_{in} &= -W_{34} \\
 &= n R T_B \ln\left(\frac{V_4}{V_3}\right) \\
 &> 0
 \end{aligned}$$

• 4 → 1 断熱圧縮

$$w_{41} = C_V(T_A - T_B) > 0$$

• サイクル全体

$$W = w_{12} + w_{23} + w_{34} + w_{41}$$

$$= -nRT_A \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) - nRT_B \ln\left(\frac{V_4}{V_3}\right) + C_V(T_B - T_A) + C_V(T_A - T_B)$$

0

ポアソンの式 $pV^\gamma = \text{一定}$ より、

$$V_4 / V_3 = V_1 / V_2$$

$$W = nR(T_A - T_B) \ln\left(\frac{V_1}{V_2}\right) > 0$$

★ 逆カルーサイクルの効率

• 冷却効率 ϵ

$$\epsilon = \frac{q_{in}}{W}$$

$$= \frac{T_B}{T_A - T_B}$$

• ヒートポンプの効率 h

$$h = \frac{-q_{out}}{W}$$

$$= \frac{T_A}{T_A - T_B}$$

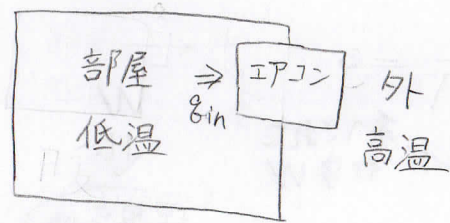
T_A と T_B が近い値であるほど大きくなる

★ 練習問題

理想的な逆カルーサイクルをエアコンとして使うことにする。消費電力を同じとした場合、暖房と冷房で、どちらの効率が良い？ ただし、電力はすべて気体の仕事のために消費されたものとする。

答え

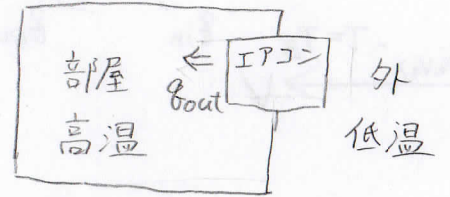
冷房



$$\epsilon = \frac{q_{in}}{W}$$

$$= \frac{T_B}{T_A - T_B}$$

暖房



$$h = \frac{-q_{out}}{W}$$

$$= \frac{T_A}{T_A - T_B}$$

$$T_A > T_B \text{ より } h > \epsilon$$

効率が良いのは、暖房