

23/5/9

熱力学

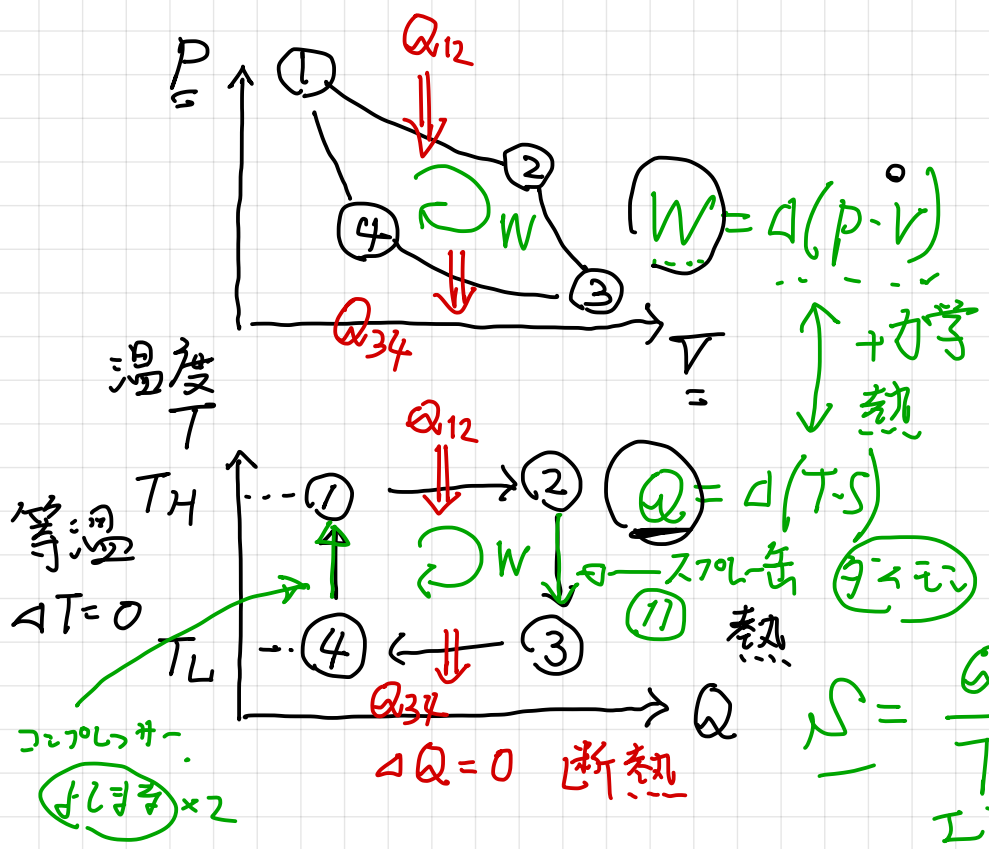
① エネルギー保存

$$\Delta E = 0 = \Delta W + \Delta Q$$

$$= \Delta(p \cdot V) + \Delta(T \cdot S)$$

$$\Delta S = \frac{Q_{12}}{T_H} + \frac{Q_{34}}{T_L} = 0 \quad \text{可逆}$$

② エントロピー増大 > 0 非可逆過程



熱機関

エネルギー
初力 T

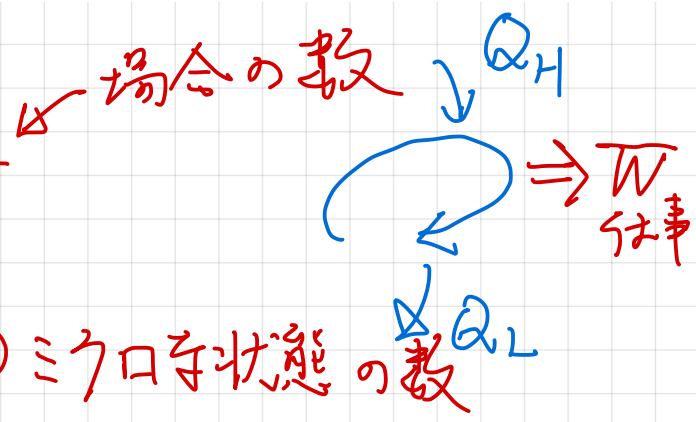
効率 $\eta = \frac{\text{出力}}{\text{入力}} = \frac{\Delta W}{T_H} = \frac{Q_H - Q_L}{T_H}$

$$= \frac{T_H - T_L}{T_H} = 1 - \frac{T_L}{T_H}$$

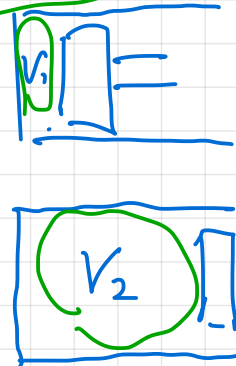
23/5/9

- ① マクロ
- ② ミクロ

$$S = \frac{Q}{T} = k_B \ln W$$



② ボルツマンの
 エントロピーの導出から
 熱と乱雑性の関係に
 考察せよ。



$$S_2 - S_1 = k_B \ln \frac{W_2}{W_1}$$

$$S = k_B \ln W$$

↑
 ボルツマンの
 関係式

- ① マクロな状態量
- ② ミクロな状態の数

$$S_2 - S_1 = \int_{V_1}^{V_2} dS = \int_{V_1}^{V_2} \frac{dQ}{T}$$

等温 = 定圧線

$$0 = dE = dQ - dW$$

$$dQ = dW = dp \cdot V = p dV$$

$$= \int_{V_1}^{V_2} \frac{d}{T} (pV) = \int_{V_1}^{V_2} \frac{p}{T} dV$$

$$= \int_{V_1}^{V_2} \frac{nR}{V} dV \leftarrow pV = nRT$$

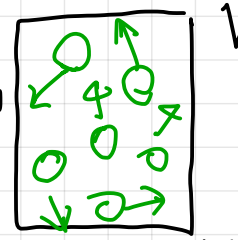
$$= [nR \ln V]_{V_1}^{V_2}$$

$$= nR \ln V_2 - nR \ln V_1$$

$$= nR \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$W = \omega^N$$

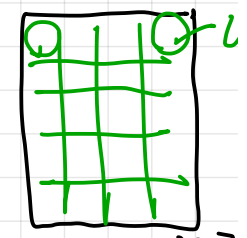
$$W_1 = \omega_1^N = \left(\frac{V_1}{v_m}\right)^N$$



$$W_2 = \omega_2^N = \left(\frac{V_2}{v_m}\right)^N$$

位置の数

$$\frac{W_2}{W_1} = \frac{\left(\frac{V_2}{v_m}\right)^N}{\left(\frac{V_1}{v_m}\right)^N} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^N$$



N個の粒子
 配置の場合
 W

$$\ln \frac{W_2}{W_1} = \ln W_2 - \ln W_1$$

$$= N \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$\frac{R}{N_A} = k_B \leftarrow \text{Boltzmann 定数}$$