熱力学第一法則とその応用

熱力学第一法則とその意味

熱力学的変化（過程）における仕事の計算法

いろいろな熱力学的変化

理想気体の比熱と重要な関係式

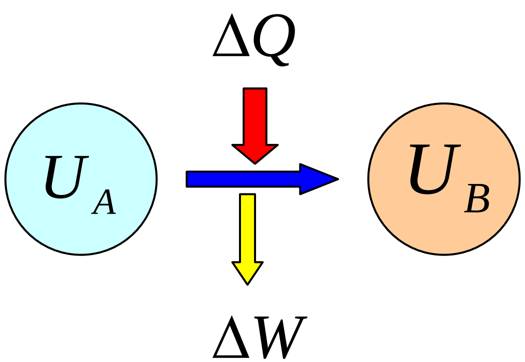
理想気体の断熱変化と重要な関係式

Filename=熱力学第一法則080117a.ppt

R. Okamoto (Kyushu Inst. of Tech.)

熱力学第一法則とその意味

熱力学的変化の際、
系の内部エネルギー変化ΔU
系が外界から吸収する熱ΔQ
系が外界に行う仕事ΔW



熱と仕事を含むエネルギー保存則
ジュール（1843年）、マイヤー（1842年）、
ヘルムホルツ（1847年）

$$\Delta U = \Delta Q - \Delta W$$

$$\Delta U \equiv U_B - U_A$$

状態量Uと非状態量Q,W
の間の関係式！

注意！！
系が外界に放出する熱エネルギーを$\Delta Q'$
外界が系にする仕事を$\Delta W'$とすると

$$\Delta Q' = -\Delta Q$$

$$\Delta W' = -\Delta W$$

熱力学的過程における力学的仕事の計算

熱力学的変化の種類：等温変化、等積変化、断熱変化、自由膨張（断熱膨張）

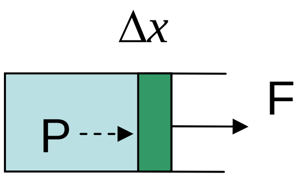
系（気体）が外界にする力学的仕事

（1）微小体積変化 ΔV に対する微小仕事

$\Delta V = S \cdot \Delta x$

$F = PS$

$\rightarrow \Delta W = F\Delta x = PS \cdot \Delta x$

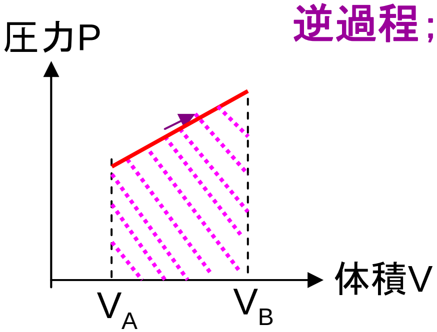


$\therefore \Delta W = P\Delta V$

（無限小の変化の場合　$dW = PdV$　）

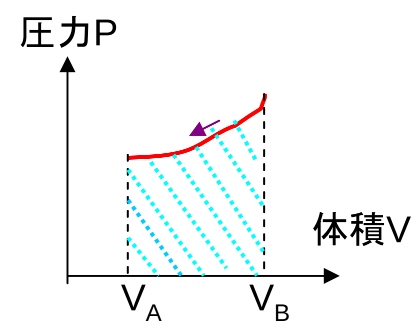
（2）有限の体積変化の場合，系がする仕事

$$W_{AB} = \int_{V_A}^{V_B} PdV$$



逆過程；仕事の符号が逆になる！

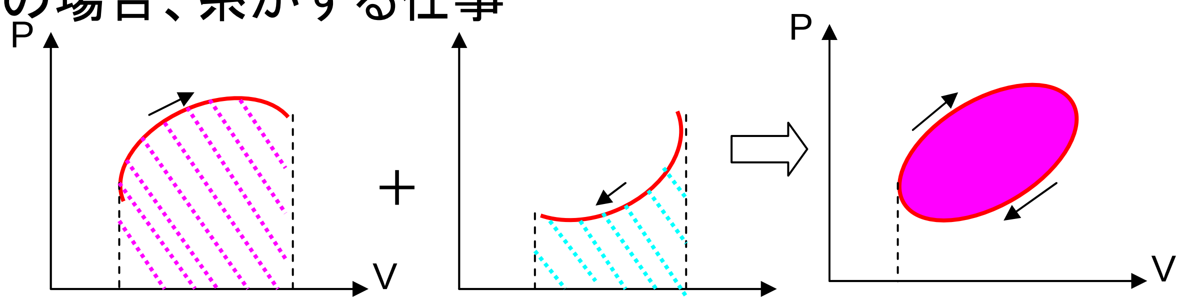
$$W_{BA} = \int_{V_B}^{V_A} PdV = -\int_{V_A}^{V_B} PdV$$
$$= -W_{AB}$$



（3）循環過程（1サイクル）の場合、系がする仕事

$$W_{ABA} = \oint_{ABA} PdV$$

閉じた線積分！



いろいろな熱力学的変化

(1) **等温変化**: $\Delta T=0$ [$dT=0$]

理想気体の場合; $U=U(T) \rightarrow \Delta U=0$

(2) **定圧変化**: $\Delta P=0$ [$dP=0$]

(3) **定積変化**: $\Delta V=0$ [$dV=0$]

熱力学第一法則 $\rightarrow \Delta U=\Delta Q$ [$dU=dQ$]

(4) **断熱変化**: $\Delta Q=0$ [$dQ=0$]

熱力学第一法則 $\rightarrow \Delta U=-\Delta W$ [$dU=-dW$]

(5) **自由膨張**: 断熱的条件の下の膨張

$\Delta Q=0$ [$dQ=0$]

$\Delta W=0$ [$dW=0$]

熱力学第一法則 $\rightarrow \Delta U=0 \rightarrow \Delta T=0$

理想気体の比熱と重要なマイヤーの関係式

定圧モル比熱C_P　定積モル比熱C_V $C_V \equiv \left(\frac{\partial Q}{\partial T}\right)_V, C_p \equiv \left(\frac{\partial Q}{\partial T}\right)_P$

マイヤーの関係式（Mayer's relation） $C_p - C_v = R$

(理想気体の定義式のひとつ）

比熱比 $\gamma \equiv \frac{C_p}{C_v} > 1$

証明

$$C_V \equiv \left(\frac{\partial Q}{\partial T}\right)_V = \frac{dU}{dT} \quad (\because)\text{第一法則（定積変化）} dU = dQ$$

$$C_p \equiv \left(\frac{\partial Q}{\partial T}\right)_P = (\because)\text{第一法則：} dU = dQ - pdV, pdV = RdT \text{（状態方程式における低圧変化）}$$

$$= C_V + R$$

理想気体の断熱変化と重要な関係式

$$\boxed{PV^{\gamma} = \text{constant}}$$

$$TV^{\gamma-1} = \text{constant}'$$

$PV = RT$

$$P^{1-\gamma}T^{\gamma} = \text{constant}''$$

状態変化の際

$$(P_1, V_1, T_1) \longrightarrow (P_2, V_2, T_2)$$

次の関係式が成立する

$$P_1V_1^{\gamma} = P_2V_2^{\gamma} \qquad T_1V_1^{\gamma-1} = T_2V_2^{\gamma-1} \qquad P_1^{1-\gamma}T_1^{\gamma} = P_2^{1-\gamma}T_2^{\gamma}$$

$$\boxed{\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)}$$

空気入れの際の過熱

圧縮（$V_1 > V_2$）すると温度上昇（$T_1 < T_2$）**山間地における降雪、**

膨張（$V_1 < V_2$）すると温度低下（$T_1 > T_2$）**宇宙膨張による温度低下**