

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

熱力学第一法則とその意味

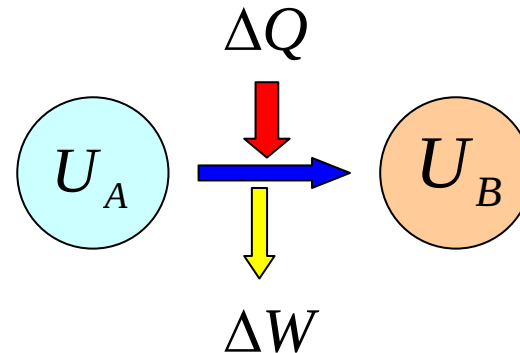
熱力学的变化の際、

系の内部エネルギー変化 ΔU

外界から系が吸収する熱 ΔQ

系が外界に行う仕事 ΔW

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



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)

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

注意！！

系が外界に放出する熱エネルギー ΔQ

外界が系にする仕事 ΔW

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

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

熱力学的過程における力学的仕事の計算法

- 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

$$\Delta W = P\Delta V$$
$$dW = PdV$$

- (1) 微小体積変化 ΔV に対する微小仕事 ΔW

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

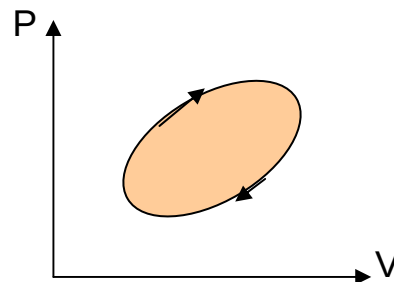
- (2) 有限の体積変化の場合に系がする仕事

逆過程の場合; 符号が逆になる!

- (3) 循環過程(1サイクル)の場合、系がする仕事

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

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



いろいろな熱力学的变化

(1)断熱変化: $\Delta Q=0, dQ=0$

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

(2)等温変化: $\Delta T=0, dT=0$

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

(3)定圧変化: $\Delta P=0, dP=0$

(4)定積変化: $\Delta V=0, dV=0$

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

(5)自由膨張: 断熱的条件下の膨張

$$\Delta Q=0, dQ=0$$

$$\Delta W=0 \quad (dW=0)$$

熱力学第一法則 $\rightarrow \Delta U=0$

理想気体の比熱と重要な関係式

定圧モル比熱 C_p 定積モル比熱 C_v $c_v \equiv \left[\frac{dQ}{dT} \right]_{V:\text{constant}}$, $c_p \equiv \left[\frac{dQ}{dT} \right]_{P:\text{constant}}$

ルニョーの法則 (Regnault's law) $C_p - C_v = R$

(理想気体の定義式のひとつ)

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

理想気体の断熱変化と重要な関係式

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

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

$$PV = RT$$

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

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

$$P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma$$

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$$

$$P_1^{1-\gamma} T_1^\gamma = P_2^{1-\gamma} T_2^\gamma$$

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

圧縮 ($V_1 > V_2$) すると温度上昇 ($T_1 < T_2$)

膨張 ($V_1 < V_2$) すると温度低下 ($T_1 > T_2$)

空気入れの際の過熱

山間地における降雪、
宇宙膨張による温度低下