

1. $T_i = 300\text{K}$, $V_i = 15\text{L}$, $P_i = 15\text{atm}$

i) Reversible isothermal expansion to $P_f = 10\text{atm}$

Reversible isothermal expansion에서,

$Q = W$, $PV = nRT$ 이며 T 가 일정하므로,

(a) $P_i V_i = P_f V_f$, $V_f = \frac{P_i V_i}{P_f} = \frac{15}{10} \times 15\text{L} = 22.5\text{L}$

(b) $W = \int PdV = \int \frac{nRT}{V} dV = nRT \ln \frac{V_f}{V_i} = P_i V_i \ln \frac{V_f}{V_i}$
 $= 15\text{atm} \times 15\text{L} \times \ln \frac{22.5}{15} =$
 $= 91.23\text{atm} \cdot \text{L} \quad (1\text{J} = 9.8692 \times 10^{-3}\text{atm} \cdot \text{L})$
 $= 9.24 \times 10^3\text{J}$

(c) Reversible isothermal process $Q = W$ 이므로

$Q = 9.24 \times 10^3\text{J}$

(d) $\Delta U = Q - W = 0$

(e) $\Delta H = C_p dT \times n$ 이며 $dT = 0$ 이므로

$\Delta H = 0$

$\therefore$ Reversible adiabatic expansion

(a) $PV^\gamma = \text{constant}$

$$C_p - C_v = R$$

$$P_i V_i^\gamma = P_f V_f^\gamma, \quad \gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{C_v + R}{C_v} = \frac{2.5R}{1.5R} = \frac{5}{3}$$

$$V_f = \left(\frac{P_i V_i^\gamma}{P_f} \right)^{\frac{1}{\gamma}} = \left(\frac{15 \times 15^{\frac{5}{3}}}{10} \right)^{\frac{3}{5}} = 19.13 \text{ L}$$

(b) adiabatic condition

$$\Delta U = q - w = -w \text{ or } \Delta U = C_v dT \times n \text{ or } \Delta U = -w$$

$$w = -n \times C_v \Delta T$$

$$T_i = 300 \text{ K}, \quad P_f V_f = n R T_f$$

$$P_i V_i = n R T_i \text{ or } n = \frac{P_i V_i}{R T_i} = \frac{15 \times 15}{8.206 \times 10^{-2} \times 300} = 9.14$$

$$T_f = \frac{P_f V_f}{n R} = \frac{10 \times 19.13}{9.14 \times 8.206 \times 10^{-2}} = 255.1 \text{ K}$$

$$\Delta T = T_f - T_i = 255.1 - 300 = -44.9 \text{ K}$$

$$\therefore w = -n C_v \Delta T = 9.14 \times 1.5R \times 44.9 \text{ K}$$

$$= 9.14 \times 8.314 \times 44.9 \times 1.5 = 5.12 \times 10^3 \text{ J}$$

$$(c) \text{ adiabatic process } q=0$$

$$(d) \Delta U = q - w = -5.12 \times 10^3 \text{ J}$$

$$(e) \Delta H = n \times C_p dT = 9.14 \text{ mol} \times \frac{5}{2} R \times (-44.9 \text{ K})$$

$$= 9.14 \times \frac{5}{2} \times 8.314 \times (-44.9)$$

$$= -8.53 \times 10^3 \text{ J}$$

$$2. \quad T_1 = 273 \text{ K}, \quad P_1 = 1 \text{ atm}, \quad n = 1, \quad V_1 = \frac{nRT}{P}$$

$$(a) \quad V_2 = 2V_1, \quad P_1 = P_2$$

$$= \frac{1 \times 8.206 \times 10^{-2} \times 273}{1} = 22.4 \text{ L}$$

$$PV = nRT \text{ or } n, \quad \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \text{ or } 2, \quad 2T_1 = T_2$$

$$T_2 = 546 \text{ K}$$

$$W = \int P dV = P(V_f - V_i) = 1 \text{ atm} \times V_2 = 22.4 \text{ atm-L}$$

$$= 22.4 \div (9.87 \times 10^{-3}) = 2.27 \times 10^3 \text{ J}$$

$$q = n \times C_p dT = 1 \text{ mol} \times \frac{5}{2} R \times 273 \text{ K} = 5.67 \times 10^3 \text{ J}$$

$$(b) V_2 = V_3, P_3 = 2P_2$$

$$PV = nRT \text{ 일 때, } \frac{P_2}{T_2} = \frac{P_3}{T_3}, \Rightarrow T_3 = 2T_2 = 1092K$$

$$W = \int P dV = 0 \quad (V \text{ 일정하므로})$$

$$\Delta U = Q - W = C_v dT,$$

$$Q = C_v dT = \frac{3}{2} R \times (1092 - 546)K \times 1 \text{ mol}$$

$$= \frac{3}{2} \times 8.314 \times 546 \times 1 = 6.81 \times 10^3 J$$

$$(c) P = 6.643 \times 10^{-4} V^2 + 0.6667 \text{ atm}$$

initial states 이므로

$$W = \int P dV = \int (6.643 \times 10^{-4} V^2 + 0.6667) dV$$

$$= \left[\frac{6.643}{3} \times 10^{-4} V^3 + 0.6667 V \right]_{V_3=44.8}^{V_1=22.4}$$

$$= -32.4 \text{ atm} \cdot L = -32.4 \div (9.87 \times 10^{-3})$$

$$= -3.28 \times 10^3 J$$

$$\Delta U = C_v dT = \frac{3}{2} R (T_1 - T_3) = \frac{3}{2} \times 8.314 \times (273 - 1092)$$

$$= -1.02 \times 10^4 J$$

$$\Delta U = Q - W \quad \text{or} \quad \Delta U = Q - W,$$

$$Q = \Delta U + W = -1.02 \times 10^4 - 3.28 \times 10^3 \\ = -1.35 \times 10^4 \text{ J}$$

$$3, \quad n=1, \quad P_i = 10 \text{ atm}, \quad T_i = 300 \text{ K}, \quad S = ?$$

$$(a) \text{ Isothermal process, } P_f = 5 \text{ atm}$$

$$dS = \frac{\delta Q}{T} \quad \text{or} \quad \text{Isothermal process } \delta Q - \delta W = 0 \quad \text{or} \quad \delta Q = \delta W,$$

$$W = \int P dV = \int \frac{RT}{V} dV = RT \ln \frac{V_f}{V_i}$$

$$PV = nRT = \text{constant} \quad \text{or} \quad PV = nRT,$$

$$P_i V_i = P_f V_f, \quad \frac{V_f}{V_i} = \frac{P_i}{P_f} = 2$$

$$\therefore W = RT \ln 2 = 1.73 \times 10^3 \text{ J} = Q$$

$$\Delta S = \frac{Q}{T} = \frac{1.73 \times 10^3 \text{ J}}{300 \text{ K}} = 5.76 \text{ J/K}$$

(b) Reversible adiabatic $P_f = 5 \text{ atm}$
adiabatic only $\Delta q = 0$

$$\Delta S = 0$$

(c) $V_i = V_f$, $P_f = 5 \text{ atm}$

$$\text{Reversible } W = \int P dV = 0$$

$$dU = C_v dT, \quad PV = nRT$$

$$\begin{aligned} \int_{i \rightarrow f} dU \\ = \int_{i \rightarrow f} dq \end{aligned}$$

$$\frac{P_i}{T_i} = \frac{P_f}{T_f}, \quad \frac{P_i}{P_f} = \frac{T_i}{T_f}$$

$$2 = \frac{300 \text{ K}}{T_f}, \quad T_f = 150 \text{ K}$$

$$\Delta S = \int \frac{dq}{T} = \int \frac{C_v dT}{T} = C_v \ln \frac{T_f}{T_i}$$

$$= \frac{3}{2} R \ln \frac{150 \text{ K}}{300 \text{ K}}$$

$$= -8.64 \text{ J/K}$$

$$4, n=1 \quad T_k = 298K, \quad T_f = 1273K$$

$$C_p = 50.17 + 1.97 \times 10^{-3} T - 4.92 \times 10^{-6} T^{-2} + 8.20 \times 10^{-8} T^{-3} \text{ J/mol} \cdot K$$

$$\Delta H = \int C_p dT$$

$$= \left[50.17 T + \frac{1}{2} \times 1.97 \times 10^{-3} T^2 + 4.92 \times 10^{-6} T^{-1} - \frac{1}{2} \times 8.20 \times 10^{-8} T^{-2} \right]_{298}^{1273}$$

$$= 4.28 \times 10^4 \text{ J}$$

$$\Delta S = \int \frac{\delta Q}{T} \text{ or } m, \quad P \text{가 일정할 때}$$

$$\delta Q = \Delta H \text{ 이고, } \Delta H = C_p dT \text{ 이므로}$$

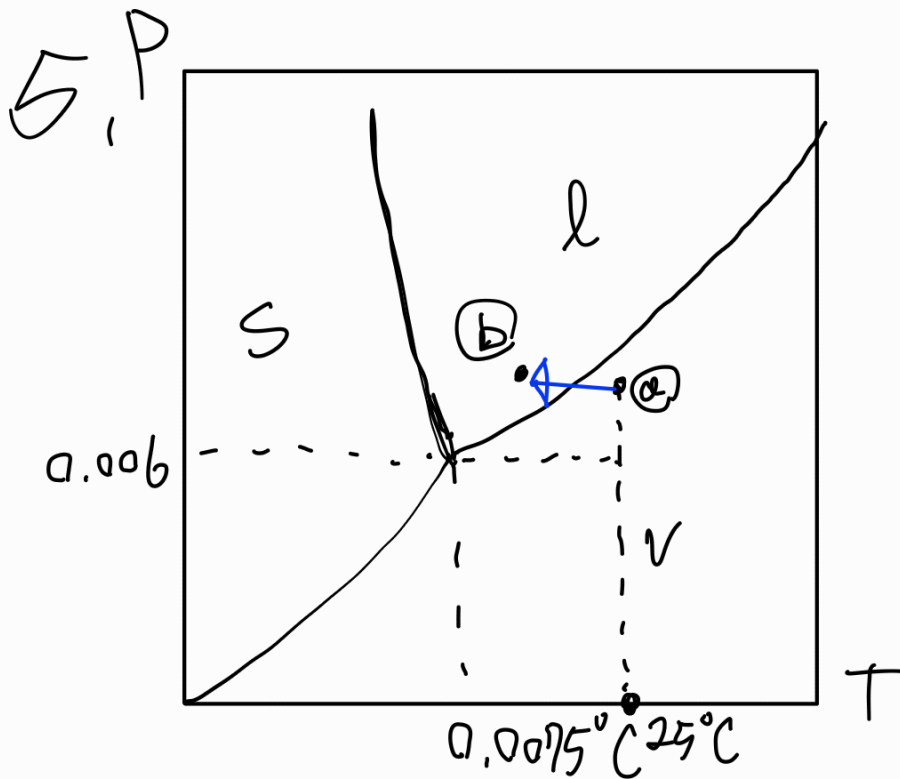
S 는 state function이므로, 경로에 상관 없이

P 가 일정이라 가정하면,

$$\Delta S = \int \frac{\delta Q}{T} = \int \frac{C_p dT}{T}$$

$$= \left[-\frac{1}{2} \times 50.19 \times T^{-2} + 1.97 \times 10^{-3} T + \frac{1}{4} \times 4.92 \times 10^6 \times T^{-4} - \frac{1}{5} \times 8.20 \times 10^8 \times T^{-5} \right]_{298}^{1273}$$

$$= 1.92 \text{ J/K}$$



자동차에 길이 서있는 이유는, 대기중 낮은 partial pressure을 갖는 H_2O 는 상온($25^\circ C$)에서 P-T diagram에 따라 (a)(vapor)로 존재하는데,

창에서 낮은 압도가 낮아져 $a \rightarrow b$ 로
이동하게 되고, 이 때 $p-T$ diagram에
따라 b (liquid)가 되어 김 서림 현상이
일어난다.

즉, 에너지를 창 쪽으로 빼앗아, 창 내측
압도를 낮추어 창에서 H_2O 가 $a \rightarrow b$ 가
되는 현상을 없애면, 김이 안 서리게
된다.

6. Ideal gas는 입자 간의 상호작용이 없다.
따라서 $V \rightarrow 2V$ 가 되었더라도, 입자 하나하나가
그 사실을 바로 전달받을 방법은 없다. 그리고,
컨테이너 갑자기 깨진 것이라, infinitesimal하게,
reversible 한 변화가 아니라 irreversible한데,
입자 하나 하나를 microscopically 하게 관찰하면
randomly하게, reversible처럼 움직임을 알 수 있다.
즉 $V \rightarrow 2V$ 로 갑자기 변했다고, 입자가 이를 알아차리고
새로운 평형을 하는 것은 아니다.

7, macroscopically irreversible은 거시적인
관점에서 봤을 때, 일정한 방향으로
지나고 있어 irreversible하다고 볼 수 있다,
그러나 microscopically reversible,
미시적, 입자 하나하나의 관점에선 이상기체는
서로 forces 없음을 뜻하며 매우 random하게
움직인다. 즉 reversible한 움직임이라고
판단할 수 있다.

즉, macroscopically irreversible한 반응을
microscopically하게 reversible하다고
볼 수 있는 것이다.