

2.1

i - d) $PV = nRT$ $C_V = \frac{3}{2}R$, $T_i = 300K$, $V_i = 15L$, $P_i = 15 \text{ atm}$
 isothermal expansion ($P_2 = 10 \text{ atm}$)

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$15 \text{ atm} \cdot 15L = 10 \text{ atm} \cdot V_2, \quad V_2 = \frac{15 \text{ atm}}{10 \text{ atm}} 15L = \frac{3}{2} \times 15L = 22.5L$$

$$b) \quad W = \int_{V_1}^{V_2} \frac{nRT}{V} dV = nRT \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$= n(8.31 \text{ J/K} \cdot \text{mol})(300K) \ln \frac{3}{2}$$

$$PV = nRT, \quad n = \frac{15 \times 15}{0.0821 \cdot 300} = 9.14 \text{ mol}$$

$$W = 9.14 \times 8.31 \times 300 \ln \frac{3}{2} = 9.24 \times 10^3 \text{ J}$$

$$c) \quad \beta = \Delta U + W$$

$$= 0 + 9.24 \text{ kJ}, \quad \beta = 9.24 \text{ kJ}$$

$\uparrow$ $\frac{\partial E}{\partial T}$, $\Delta U = nC_V \Delta T = 0$

$$d) \quad \underline{\Delta U = 0} \quad (\Delta T = 0)$$

$$e) \quad \Delta H = nC_P \Delta T = 0 \quad (\Delta T = 0)$$

ii - a) $P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma$ (adiabatic).

$$\gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{C_V + R}{C_V} = \frac{5}{3}$$

$$(15 \text{ atm}) \cdot (15L)^{\frac{5}{3}} = (10 \text{ atm}) (V_2)^{\frac{5}{3}}$$

$$V_2 = \left(\frac{3}{2} \right)^{\frac{3}{5}} (15) = 19.1L$$

$$b) \quad \beta = \Delta U + W = 0, \quad W = -\Delta U = -nC_V \Delta T = -9.14 \text{ mol} \left(\frac{3}{2} R \right) (-45K)$$

$$= \boxed{5.13 \text{ kJ}}$$

$$T_2 = \frac{P_2 V_2}{nR} = \frac{(9.14L)(10 \text{ atm})}{(9.14 \text{ mol})(0.0821 \text{ atm} \cdot L / \text{mol} \cdot K)} = 255K$$

$\Delta T = 255K - 300K = -45K$

$$c) \text{ 단열과정이다 } \boxed{\beta=0}$$

$$d) \Delta U = -5.13 \times 10^3 \text{ J } \boxed{\text{by ii-b}}$$

$$\begin{aligned} e) \Delta H &= n C_p \Delta T \\ &= (1.4 \text{ mol}) \times \frac{5}{2} \times 8.31 \text{ J/K} \cdot \text{mol} (-45 \text{ K}) \\ &= -854 \times 10^3 \text{ J} \end{aligned}$$

2.2

$$a) \Delta \phi = \Delta u + \Delta w$$

$$P_i V_i = n R T$$

$$(1 \text{ atm}) V_i = (1 \text{ mol}) R 273 \text{ K}$$

$$V_i = 273 \times 0.0821 = 22.4 \text{ L}$$

등압에서 부피 4배 → 온도 2배.

$$T_a = 2 T_i = 546 \text{ K}$$

monatomic ideal gas: $C_V = \frac{3}{2} R$

$$\begin{aligned} \Delta U &= n C_V \Delta T_a + \int_{V_i}^{V_f} \frac{n R T_i}{V} dV \\ &= \frac{3}{2} R \times (1 \text{ mol}) \times (273 \text{ K}) + (1 \text{ mol}) R \times 273 \text{ K} \ln \frac{2}{1} \\ &= \frac{3}{2} \times 8.31 \times 273 \text{ (J)} + 8.31 \times 273 \ln 2 \text{ (J)} \\ &= 3.40 \times 10^3 \text{ J} + 1.57 \times 10^3 \text{ J} \\ &= \underline{4.97 \times 10^3 \text{ J}} \end{aligned}$$

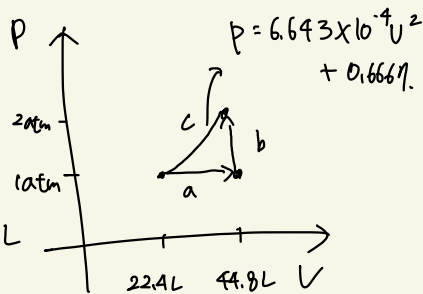
$$W = \int_{V_i}^{V_f} \frac{n R T_i}{V} dV = \underline{1.57 \times 10^3 \text{ J}}$$

$$b) W = 0 \text{ (등적 과정이므로 일} = 0 \text{)}$$

$$\Delta U = n C_V \Delta T_b = (1 \text{ mol}) \left(\frac{3}{2} R \right) \Delta T_b$$

$$\Delta T_b = T_b - T_a \quad \text{등적에서 압력이 2배가 되면 온도는 2배가 됨}$$

$$T_b = 1092 \text{ K}, \quad \Delta T_b = 546 \text{ K}$$



$$\begin{aligned}
 Q &= n C_V \Delta T_b \\
 &= \frac{3}{2} \times 8.31 \text{ J/mol} \cdot \text{K} \times 546 \text{ K} \\
 &= 6.81 \text{ KJ}.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c) \quad W &= \int_{V_a}^{V_b} (6.643 \times 10^{-4} V^2 + 0.6667) dV. \quad \begin{array}{l} (22.4 \text{ L 일 때 } 1 \text{ atm,} \\ 44.8 \text{ L 일 때 } 2 \text{ atm을} \\ \text{직접으로 확인 가능}) \end{array} \\
 &= \frac{6.643 \times 10^{-4}}{3} [V_b^3 - V_a^3] + 0.6667 (V_b - V_a) \\
 &= -32.36 \text{ atm} \cdot \text{L} = \underline{-3.278 \text{ KJ}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= \Delta u + W & \Delta T &= 273 \text{ K} - 273 + 4 \text{ K} = -819 \text{ K} \\
 \Delta u &= n C_V \Delta T = (1 \text{ mol}) \left(\frac{3}{2} \cdot 8.31 \text{ J/mol} \cdot \text{K} \right) (-819 \text{ K}) \\
 &= \boxed{-10.21 \text{ KJ}} & 13.488
 \end{aligned}$$

$$Q = -13.488 \text{ KJ}.$$

$$3.1 \quad \Delta S = \frac{Q}{T}$$

$$\begin{aligned}
 a) \quad Q &= \Delta u + W & \overset{\uparrow}{\text{isothermal}} : \Delta u &= n C_V \Delta T = 0. & \frac{V_f}{V_i} = \frac{P_i}{P_f} = 2. \\
 Q = W &= \int_{V_i}^{V_f} \frac{nRT}{V} dV = nRT \ln \frac{V_f}{V_i} = \overset{(mol)}{1} \times (8.31 \text{ J/mol} \cdot \text{K}) \cdot 300 \text{ K} \ln 2 \\
 &= 1.728 \text{ KJ}. & \Delta S &= \frac{1.728 \text{ KJ}}{300 \text{ K}} = 5.76 \text{ J/K}
 \end{aligned}$$

b) adiabatic, $\beta=0$.

$$\Delta S = \frac{Q}{T} = 0.$$

$$\frac{P_A}{P_B} = \frac{T_A}{T_B} = \frac{1}{2}$$

$$c) \Delta S = \int_{T_A}^{T_B} \frac{dQ}{T} = \int_{T_A}^{T_B} \frac{1}{T} \cdot \frac{3}{2} R dT = \frac{3}{2} R \ln \frac{T_A}{T_B} = \frac{3}{2} R \ln 2 = \boxed{-8.64 \text{ J/K}}$$

$\beta = \Delta U + W$, constant volume $W=0$.

$$Q = \Delta U = n C_V \Delta T = (1 \text{ mol}) \left(\frac{3}{2} R \right) (T - 300)$$

$$dQ = \frac{3}{2} R dT$$

3.4 ΔH , ΔS

1 mol $\boxed{S_{2}L}$

25°C → 1000°C

298K → 1273K

72.41 9.72 14.25
↘

$$\Delta H = \int_{T_A}^{T_B} n C_p dT = (1 \text{ mol}) \int_{T_A}^{T_B} 50.19 + 1.97 \times 10^{-3} T - 4.92 \times 10^{-6} T^2 + 8.20 \times 10^{-8} T^3 dT$$

$$= (1 \text{ mol}) \left[50.19 (1273 - 298) + \frac{1}{2} (1.97) \times 10^{-3} (1273^2 - 298^2) - 4.92 \times 10^{-6} (-1) (1273^{-1} - 298^{-1}) + 8.20 \times 10^{-8} \left(-\frac{1}{2}\right) (1273^{-2} - 298^{-2}) \right] = 42,148 \text{ J}$$

$$\Delta S = \int \frac{dQ}{T} = \int_{T_A}^{T_B} \frac{n C_p}{T} dT = \int_{T_A}^{T_B} 50.19 T^{-1} + 1.97 \times 10^{-3} - 4.92 \times 10^{-6} T^{-2} + 8.20 \times 10^{-8} T^{-3} dT$$

$$\Delta S = \int_{T_2}^{T_f} \frac{dq}{T} = \int_{T_2}^{T_f} \frac{1}{T} \left(50.19 T^{-1} + 1.97 \times 10^{-3} - 4.92 \times 10^6 T^{-3} + 8.20 \times 10^8 T^{-4} \right) dT$$

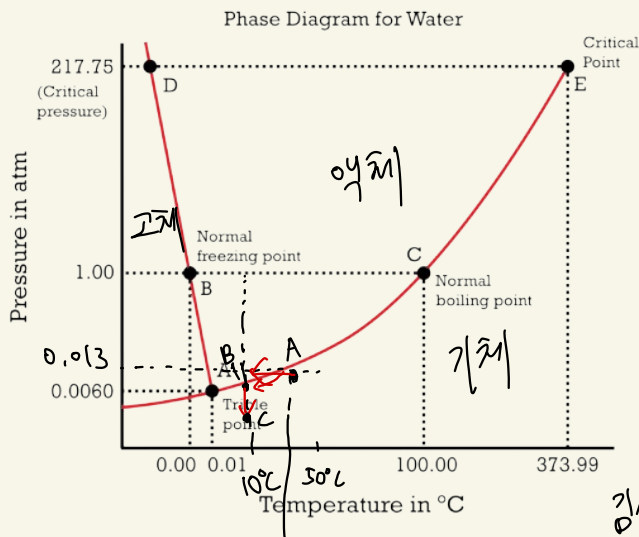
$$= 50.19 \ln \frac{T_f}{T_2} + 1.97 \times 10^{-3} (T_f - T_2) \left(-4.92 \times 10^6 \left(-\frac{1}{2} \right) \left(T_f^{-2} - T_2^{-2} \right) + 8.20 \times 10^8 \left(-\frac{1}{3} \right) \left(T_f^{-3} - T_2^{-3} \right) \right)$$

$T_f = 1273 \text{ K}$ $T_2 = 298 \text{ K}$ 대입

$= 13.15 + 1.921 + (-15.99)$

$= 59.68 \text{ J/K}$

5.



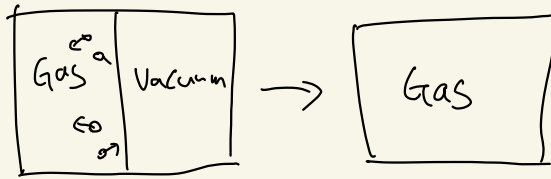
(일반적으로 수증기의 온도는 0.013atm 이하)
낮아질 때는 자승차 내부 온도가
외부 온도보다 높다.

내부 공기의 수증기(A)가
창문에 닿으면 창문 온도가
낮아 B로 이동하게 되고
기체 → 액체로의 상전이가
일어나 창문에 물이 맺히는,
김서림 현상이 일어난다.

30°C

이때 창 쪽으로 대류공기를 주변 내부와 외부의 온도차가 커짐에 따라
김서림 효과가 커진다. 따라서 찬 공기, 에어컨 바람이 나오는 것이
현명하다고 할 수 있다. (에어컨의 제습 효과를 생각하면 B→C의 효과도
고려할 수 있어 더 효율적이다.)

6.



이상기체적 관점

이상기체들은 무작위적으로 운동하며 기체의 압력과 부피를 유지하고 있다.
그러니까, 모든 분자들이 동방적으로 움직이며 기체 부피만큼 정해지고 있다.
이제 기압력이 사라지면 오른쪽으로 움직이던 기체들은 진공으로 이동하게 되고 기체는 끊임없이 운동하고 기체의 전체적인 흐름이
오른쪽으로 진행한다는 그림을 통해 쉽게 이해할 수 있다.

엔트로피적 관점

기체의 작은 부피에 기체가 정해져 있는 것과 같은 부피를 정해져 있는
것이 기체 분자가 움직이는데 배정될 수 있는 공간, 상태가 더
많다 따라서 기압력을 제거했을 때 정역 수 W 가 더
커지게 되는데 $S = k \ln W$, $\Delta S > 0$ 이므로 엔트로피가 커진다.
따라서 엔트로피가 driving force로 작용할 것이다.

7. "microscopically reversible, macroscopically irreversible"은
미시적으로는 가역적이거나 캐시로는 비가역적임을 뜻한다.
분자나 약간의 입자 단계에서는 뒤돌릴 수 있지만 그 입자들이
모여 만들어지는 전체적인 흐름에서는 비가역적인 반응이다.
예를 들어 6번에서 기체 분자 하나가 기압력이 사라졌을 때 왼쪽으로가다가도
다시 왼쪽으로(원래 있던 곳) 갈 수 있지만 기체 전체적인 움직임은
비가역적으로 평행 흐름을 알 수 있다.