

2.1 monatomic ideal gas, 300k, $V_0 = 15 \text{ L}$, $P_0 = 15 \text{ atm}$

1) Reversible isothermal expansion $P = 10 \text{ atm}$

$$T \rightarrow \text{const} \Rightarrow P_0 V_0 = P V$$

$$\textcircled{a} V = \frac{P_0}{P} V_0 = \frac{15}{10} \times 15 = 22.5 \text{ L}$$

$$\textcircled{b} W = \int_{V_0}^V P dV = \int_{V_0}^V \frac{nRT}{V} dV = nRT \ln \frac{V}{V_0}$$

$$* n = \frac{P_0 V_0}{RT} = \frac{225}{0.082 \times 300} = 9.15 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow W = 9.15 \times 8.314 \times 300 \times \ln \frac{22.5}{15} = 9249 \text{ J} = 9.25 \text{ kJ}$$

$$\textcircled{c} q = \Delta U + W, \Delta U = 0 (\because T \text{ is const})$$

$$\rightarrow q = W = 9.25 \text{ kJ}$$

$$\textcircled{d} \Delta U = n C_V \Delta T = 0 (\because \Delta T = 0)$$

$$\textcircled{e} \Delta H = n C_P \Delta T = 0 (\because \Delta T = 0)$$

2) Reversible adiabatic expansion $P = 6 \text{ atm}$

$$\textcircled{a} \text{ adiabatic} \rightarrow P_0 V_0^\gamma = P V^\gamma \quad (\gamma = \frac{5}{3})$$

$$\rightarrow V = \left(\frac{P_0}{P} \right)^{\frac{1}{\gamma}} V_0 = \left(\frac{15}{6} \right)^{\frac{3}{5}} \times 15 = 19.1 \text{ L}$$

$$\textcircled{b} W = q - \Delta U = -\Delta U = -n C_V \Delta T$$

$$T = \frac{PV}{nR} = 258 \text{ K} \rightarrow \Delta T = -42 \text{ K}$$

$$\rightarrow W = -n C_V \Delta T = 5123 \text{ J} = 5.12 \text{ kJ}$$

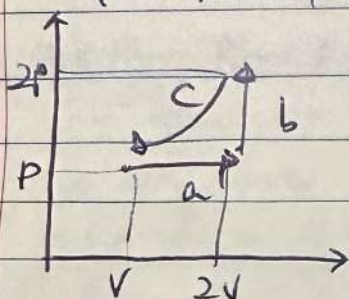
$$\textcircled{c} q = 0 (\because \text{adiabatic})$$

$$\textcircled{d} \Delta U = n C_V \Delta T = -5.12 \text{ kJ}$$

$$\textcircled{e} \Delta H = n C_P \Delta T = \gamma \cdot n C_V \Delta T = -8.36 \text{ kJ}$$

2.2

$$T = 273 \text{ K}, P = 1 \text{ atm}, n = 1 \text{ mol}$$



$$V = \frac{nRT}{P} = 22.4 \text{ L}$$

Process a ($V \rightarrow 2V$, P is const) $\rightarrow \Delta T = 2T - T = T = 273 \text{ K}$

$$\Delta U = nC_V \Delta T = \frac{3}{2} nR \Delta T = 3409 \text{ J} = 3.41 \text{ kJ}$$

$$W = P \Delta V = nRT = 2.27 \text{ kJ}$$

$$Q = 3.41 + 2.27 = 5.67 \text{ kJ}$$

Process b ($P \rightarrow 2P$, $2V$ is const) $\rightarrow \Delta T = 4T - 2T = 2T = 546 \text{ K}$

$$\Delta U = nC_V \Delta T = \frac{3}{2} nR \Delta T = 6809 \text{ J} = 6.81 \text{ kJ}$$

$$W = \int P dV = 0 \quad (\because dV = 0)$$

$$Q = \Delta U + W = 6.81 \text{ kJ}$$

Process c ($P = 6.643 \times 10^{-4} V^2 + 0.6667$) $\rightarrow \Delta T = T - 4T = -3T$

$$\Delta U = nC_V \Delta T = \frac{3}{2} nR \times (-3T) = -10.2 \text{ kJ}$$

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

$$= -3274 \text{ J} = -3.27 \text{ kJ}$$

$$Q = \Delta U + W = -13.5 \text{ kJ}$$

3.1 $n=1 \text{ mol}$, $P_0 = 1 \text{ atm}$, $T_0 = 300 \text{ K}$, $C_V = \frac{3}{2}R$, $V_0 = \frac{nRT_0}{P_0} = 2.46 \text{ L}$

(a) $\Delta T = 0$, $P_0 \rightarrow P = 5 \text{ atm}$

$\rightarrow V = \frac{P_0 V_0}{P} = 4.92 \text{ L}$

$q = \Delta U + W = W$ ($\because \Delta U = 0$)

$\Delta S = \frac{q}{T} = \frac{W}{T} = \frac{1}{T} \int_{V_0}^V \frac{nRT}{V} dV = nR \ln \frac{V}{V_0} = 5.76 \text{ J/K}$

(b) $q = 0$, $P_0 \rightarrow P = 5 \text{ atm}$

$\Delta S = \frac{q}{T} = 0$ ($\because q = 0$)

(c) $W = 0$

$\rightarrow q = \Delta U = nC_V \Delta T = nC_V (T - T_0)$

$T = \frac{P}{P_0} T_0 = 150 \text{ K}$

$\rightarrow \Delta S = \int_{T_0}^T \frac{dq}{T} = nC_V \ln \frac{T}{T_0} = -8.64 \text{ J/K}$

3.4 $n=1 \text{ mol}$, $T_0 = 298 \text{ K}$, $T = 1273 \text{ K}$

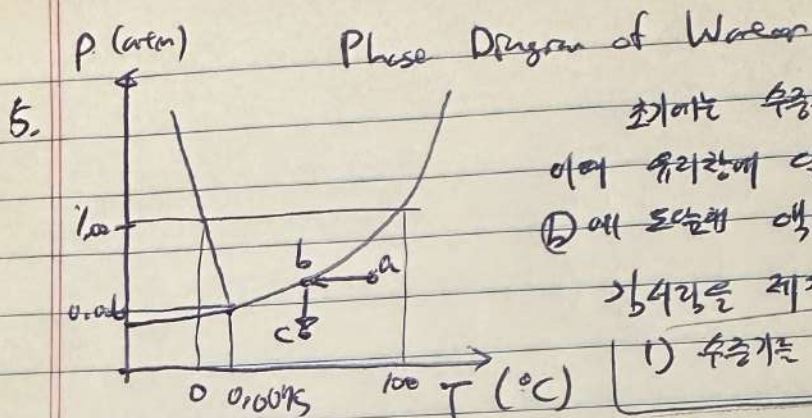
$\Delta H = \int_{T_0}^T nC_p dT = \int_{T_0}^T (a + bT + cT^2 + dT^3) dT$

$= \left[aT + \frac{b}{2}T^2 - \frac{c}{3}T^3 + \frac{d}{4}T^4 \right]_{T_0}^T = 42.75 \text{ kJ}$

$\Delta S = \int_{T_0}^T \frac{dq}{T} = \int_{T_0}^T \frac{dU + PdV}{T}$ (S is state function of T
 $q = \Delta H$ in this process)

$= \int_{T_0}^T \frac{dH}{T} dT = \left[a \ln T + bT - \frac{c}{2}T^2 + \frac{d}{3}T^3 \right]_{T_0}^T$

$= 59.68 \text{ J/K}$

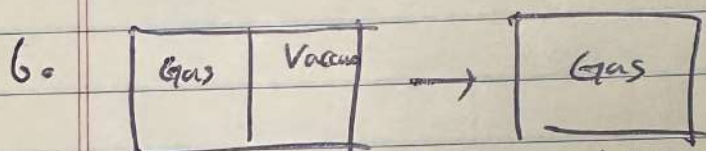


초기엔 수증기가 ① 지점에 위치한다.
이때 유리창에 닿으면 수증기 T 가 내려가
②에 도달해 액화되면서 강서막이 발생한다.
강서막을 제거하려면 2가지 방법이 있다.

1) 수증기를 $b \rightarrow a$, T 를 증가시키거나 (히터 이용)

2) 수증기를 $b \rightarrow c$, 수증기 압력을 낮추어
서려있는 강을 다시 수증기 상태로 만든다.

이와 같이 온도도 낮은 상태이기에, 에어컨은 안팎의 온도 차를 줄이는
 $b \rightarrow c$ 라면 더 효과적일 것이다.



수증기는 Gas 입자들끼리, 칸막이 제거 후 오른쪽 빈공간으로 균일하게
확산하는 것이 확률적으로 극히 높다. 즉, Gas 입자들이 균일하게
분포하는 상태가 엔트로피가 가장 높은 상태로 자발적으로 발생한다.

마지막 칸막이에서는 좌우채량은 같아도 왼쪽의 기체분자들끼리 서로
부딪히고 밀어내는 힘이 양쪽 모두 오른쪽으로 안쪽으로 작용하면서 오른쪽으로
force를 받는 것과 같은 것이다.

7. Microscopically reversible, Macroscopically Irreversible

미시적 관점에서 단일 분자, 분자 등의 운동은 가역적이지만, 드물게 수
많은 각각의 엔트로피 변화는 0이다.

그러나 거시적 관점에서는 분자, 분자들의 수가 증가해 증가하고

이들이 일정한 변화가 있을수록 통계적으로 확률 변화가 크고, 즉 엔트로피 변화가
생기므로 비가역적이다.

구슬 1개가 2가지 위치를 왔다 갔다 하는 것 가역적이지만,

구슬 10^{100} 개가 왼쪽에서 오른쪽으로 쉼 없이 나열 비가역적이다.

기체가 실용 속에서도 자발적으로 확산하는 것과 유사하다.