

20220560 차원준

(1)

300K, 15l, 15atm, $c_v = 1.5R$

$$PV = nRT \quad (15 \text{ atm})(15 \text{ l}) = nR(300 \text{ K}) \quad n = \frac{(15 \text{ atm})(15 \text{ l})}{R(300 \text{ K})} = 9.14 \text{ mol}$$

i)

$$(a) \quad P_1 V_1 = P_2 V_2 \quad V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2} = \frac{(15 \text{ atm})(15 \text{ l})}{10 \text{ atm}} = 22.5 \text{ l}$$

$$(b) \quad W = \int P dV = \int \frac{nRT}{V} dV = nRT \ln \frac{V_2}{V_1} \\ = (9.14 \text{ mol}) R (300 \text{ K}) \ln \frac{22.5 \text{ l}}{15 \text{ l}} = 9243 \text{ J}$$

$$(c) \quad \Delta U = n C_v \Delta T = 0 = Q - W$$

$$Q = W = 9243 \text{ J}$$

$$(d) \quad \Delta U = n C_v \Delta T = 0$$

$$(e) \quad \Delta H = n C_p \Delta T = 0$$

ii)

$$(a) \quad \gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{2.5R}{1.5R} = 1.66 \quad P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma \quad (15 \text{ atm})(15 \text{ l})^\gamma = (10 \text{ atm}) V_2^\gamma$$

$$V_2 = (1.5)^{\frac{1}{\gamma}} (15 \text{ l}) = 19 \text{ l}$$

$$(b) \quad W = \int P dV = \int \frac{P_1 V_1^\gamma}{V^\gamma} dV = P_1 V_1^\gamma \int V^{-\gamma} dV = P_1 V_1^\gamma \left[\frac{V^{-\gamma+1}}{-\gamma+1} \right]_{V_1}^{V_2} \\ = \frac{P_1 V_1^\gamma}{1-\gamma} (V_2^{1-\gamma} - V_1^{1-\gamma}) = \frac{P_1 V_1 - P_2 V_2}{\gamma-1} = \frac{(15 \text{ atm})(15 \text{ l}) - (10 \text{ atm})(19 \text{ l})}{1.66-1}$$

$$= 5370 \text{ J}$$

$$(c) \quad Q = 0$$

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

$$(d) \quad \Delta U = Q - W = -W = -5370 \text{ J}$$

$$(e) \quad \Delta H = n C_p \Delta T = n C_p T_1 \left(\left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} - 1 \right) = (9.14 \text{ mol})(2.5R)(-44 \text{ K}) = -8310 \text{ J}$$

(2)

$$n=1, T_1=273\text{K}, P_1=1\text{atm} \quad P_1 V_1 = nRT \quad V_1 = \frac{nRT}{P_1} = \frac{R(273\text{K})}{1\text{atm}} = 22.4\text{L}$$

$$(a) \Delta U = Q - W = n C_v (T_2 - T_1) = n C_v T_1 = (1\text{mol}) \left(\frac{3}{2}R\right) (273\text{K}) = 3405\text{J}$$

$$W = P_1 (V_2 - V_1) = P_1 V_1 = (1\text{atm})(22.4\text{L}) = 2270\text{J}$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad T_2 = T_1 \frac{P_2 V_2}{P_1 V_1} = T_1 \frac{V_2}{V_1} = (273\text{K}) \times 2 = 546\text{K} = 2T_1$$

$$Q = \Delta U + W = 5675\text{J}$$

$$(b) \Delta U = Q - W = Q = n C_v (T_3 - T_2) = n C_v T_2 = (1\text{mol}) \left(\frac{3}{2}R\right) (546\text{K}) = 6810\text{J}$$

$$W = 0$$

$$\frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_3 V_3}{T_3} = \frac{2P_2 V_2}{T_3} \quad T_3 = 2T_2$$

$$(c) W = \int P dV = \int_{V_3}^{V_1} (6.643 \times 10^{-4} V^2 + 0.6667) dV$$

$$= \left[\frac{6.643 \times 10^{-4}}{3} V^3 + 0.6667 V \right]_{V_3=2V_1}^{V_1} = \frac{6.643 \times 10^{-4}}{3} (-7V_1^3) - 0.6667(V_1)$$

$$= -3278\text{J}$$

$$\Delta U = Q - W = n C_v (T_1 - T_3) = -3n C_v T_1 = -3(1\text{mol}) \left(\frac{3}{2}R\right) (273\text{K}) = -10210\text{J}$$

$$Q = \Delta U + W = -10210\text{J} - 3278\text{J} = -13488\text{J}$$

3

$$P = 10 \text{ atm}, T = 300 \text{ K}$$

$$(2) dQ = dU + dW = C_v dT + P dV = P dV$$

$$dS = \frac{dQ}{T} = \frac{P}{T} dV \quad \Delta S = \int \frac{dQ}{T} = \int \frac{P}{T} dV = R \int \frac{1}{V} dV = R \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 = R \ln 2 = 5760 \text{ J/K}$$

$$(10 \text{ atm}) V_1 = (5 \text{ atm}) V_2$$

$$V_2 = 2V_1$$

$$(b) dQ = 0, dS = \frac{dQ}{T} = 0 \quad \Delta S = 0 \text{ J/K}$$

$$(c) dQ = dU + dW = dU = C_v dT$$

$$dS = \frac{dQ}{T} = \frac{C_v}{T} dT \quad \Delta S = \int \frac{C_v}{T} dT = C_v \ln \frac{T_1}{T_2} = \frac{3}{2} R \ln \frac{1}{2} = -\frac{3}{2} R \ln 2$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = -8650 \text{ J/K}$$

$$\frac{(10 \text{ atm}) V}{T_1} = \frac{(5 \text{ atm}) V}{T_2}$$

$$T_2 = \frac{1}{2} T_1$$

4

$$\Delta H = \int_{T_1}^{T_2} C_p dT = \int_{25+273.15}^{1000+273.15} (50.79 + 1.97 \times 10^{-3} T - 4.92 \times 10^{-6} T^2 + 8.20 \times 10^{-9} T^3) dT$$

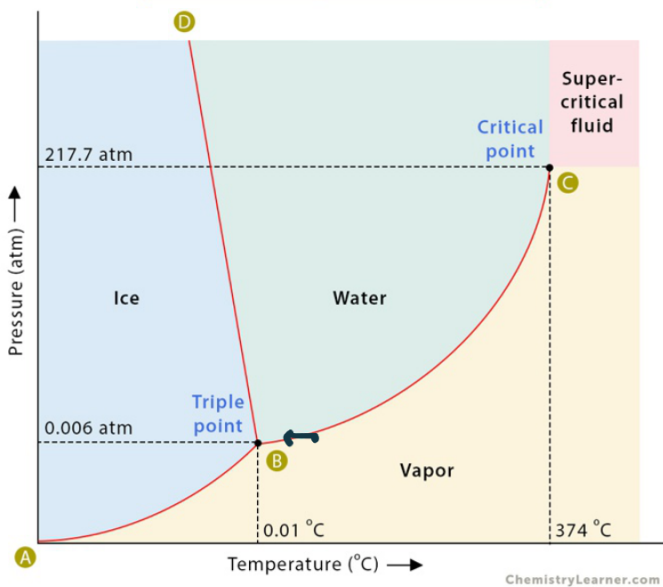
$$= 42751 \text{ J}$$

$$\Delta S = \int \frac{dQ}{T} = \int \frac{n C_p}{T} dT = \int_{25+273.15}^{1000+273.15} (50.79 T^{-1} + 1.97 \times 10^{-3} - 4.92 \times 10^{-6} T^{-3} + 8.20 \times 10^{-9} T^{-4}) dT$$

$$= 59.67 \text{ J/K}$$

5

Phase Diagram of Water



증기압을 줄이고 극한 중 상변화가 일어나지 않도록 하는 것이 한가지 방법이 될 수 있다. 한편, 상 쪽으로 히터를 들어 증기의 온도를 높여서 냉각이 일어나고 B-C 극선으로 넘어가기 쉽게 할 수 있다. 단, 히터의 한계로 상 밖의 증기가 가면, 냉각되면서 길이 서릴 수 있으나 이는 타기대로 처리할 수 있다.

증기에는 보통 라 안이 밖보다 온도가

높으며, 습도가 높다. 이때, 라 안의 증기는 보통 B-C 극선 아래의 상태로 존재한다. 그러나 라 안의 유닛을 켜면

밖의 증기가 라 근처의 수증기를 냉각시켜 물의 phase diagram에 따라 압력이

큰 변화가 없을 경우, 물로 응결하며

각각의 라에 길이 서리게 된다. 급격히

증기가 냉각하여 증기 수증기량이 감소한 것이다.

따라서 메이컨을 미리 들어 라 내부의 증기의

6

각 증기 분자를 바라보았을 때, 모두 무작위의 방향으로 탄성충돌하는 중이다. 단지 공간적 제약이 더해 상 한쪽에 있을 뿐이다. 따라서 관망자가 제거되어도 증기 분자들은 driving force를 느끼지 못할 것이다. 그러나 증기의 수는 적어지면 상 양쪽에 비슷한 정도의 증기 분자가 있는 경우가 많다. 이는 macroscopic scale에서 보았을 때, 이러한 증기의 수가 압도적으로 많아서 증기의 분포 확률에 peak이 생긴다. 즉, 각 분자는 무작위로 움직이지만 전체적으로 보았을 때 방향성은 여러, 이는 확률에 의해 일어난다.

7

6번의 상상을 예시로 들자면 Microscopically reversible의 경우, 각 분자가 무작위로 움직이므로 현재의 라상으로 제자리로 돌아가는 경우가 존재하여 이는 가능하다. 그러나 모든 분자를 한번에 보았을 때, reversible한 경우보다 다른 경우가 많으며, 수많은 분자가 온인 macroscopic level에서 보았을 때, 특정 상태인 확률이 압도적으로 커지게 되어 분자 전체가 가역적으로 돌아가는게 불가능하다. 즉, Macroscopically irreversible하며, 압도적으로 많은 분자의 수에 따라 확률의 peak이 극명히 드러난다.