

1. 2.1. 이산화탄소 $T_i = 300\text{K}$, $V_i = 15\text{L}$, $P_i = 15\text{atm}$

$$n = \frac{P_i V_i}{RT_i} = 9.14\text{mol}, \quad C_v = 1.5R, \quad R = 0.082057 \text{ Latm/Kmol}$$

1. reversible Isothermal expansion to $P_f = 10\text{atm}$. $T = \text{constant}$.

a. V_f 는?

$$V_f = \frac{nRT_f}{P_f} \quad \text{Isothermal 이므로, } T_i = T_f = T \text{ 이므로,}$$

$$V_f = \frac{nRT}{P_f} = \frac{9.14 \cdot 0.08206 \cdot 300}{10} \text{ L}$$

$$= \boxed{22.5\text{L}}$$

b. w 는?

$$w = \int_{V_i}^{V_f} P dV = \int_{V_i}^{V_f} \frac{nRT}{V} dV = nRT \ln \frac{V_f}{V_i}$$

$$= 9.14 \times 0.08206 \times 300 \times \ln \frac{22.5}{15} \text{ L} \cdot \text{atm}$$

$$= 91.2 \text{ L} \cdot \text{atm} = 9.25 \times 10^3 \text{ J} \quad (\text{L} \cdot \text{atm} \doteq 101.325 \text{ J})$$

$$= \boxed{9.25\text{kJ}} \quad (\text{계산 값 반})$$

c. q 는?

reversible Isothermal 이므로, $\Delta U = 0$

$$\therefore q = w.$$

$$= \boxed{9.25\text{kJ}} \quad (\text{계산 값 반})$$

d. ΔU 는?

$$\Delta U = C_v \Delta T = n C_v \Delta T$$

$$\Delta T = 0 \text{ 이므로, } \Delta U = \boxed{0}$$

e. ΔH 는?

$$\Delta H = \Delta(U + PV) = \Delta U + \Delta(PV)$$

$$\Delta U = 0, \quad \Delta(PV) = \Delta(nRT) = nR\Delta T = 0$$

$$\therefore \Delta H = \boxed{0}$$

ii. reversible adiabatic expansion to $P_f = 10 \text{ atm}$ $q = 0$.

a. V_f ?

$$P V^\gamma = \text{constant}, \quad \gamma = \frac{R}{C_V} + 1 = \frac{5}{3}$$

$$\therefore P_i V_i^{\frac{5}{3}} = P_f V_f^{\frac{5}{3}}$$

$$V_f = \left(\frac{P_i V_i^{\frac{5}{3}}}{P_f} \right)^{\frac{3}{5}} = \left(\frac{P_i}{P_f} \right)^{\frac{3}{5}} V_i$$

$$= \boxed{19.1 \text{ L}}$$

b. w ?

$$\Delta U = -w, \quad \Delta U = C_V \Delta T = n C_V \Delta T$$

$$T_f = \frac{P_f V_f}{nR} = 255 \text{ K}, \quad \Delta T = T_f - T_i = -45 \text{ K}$$

$$\therefore w = -\Delta U = n \cdot 1.5 R \cdot \Delta T$$

$$= 50.6 \text{ L} \cdot \text{atm} = \boxed{5.13 \text{ kJ}} \quad (\text{계산이름})$$

c. q ?

$$\text{adiabatic 이므로, } q = \boxed{0}$$

d. ΔU ?

$$\Delta U = q - w \quad \text{여기 } q = 0 \text{ 이므로}$$

$$\Delta U = -w = \boxed{-5.13 \text{ kJ}}$$

e. ΔH ?

$$\Delta H = \Delta(U + PV) = \Delta U + P_f V_f - P_i V_i$$

$$= -84.6 \text{ L} \cdot \text{atm}$$

$$= \boxed{-8.57 \text{ kJ}}$$

2. 2.2. 이상기체 1몰 $T_i = 273K$, $P_i = 1 \text{ atm}$, $n = 1$

a. 등압과정, $V_f = 2V_i$, q, w 는? $V_i = \frac{RT_i}{P_i} = 22.40 \text{ L}$

$P = \text{constant}$

$$w = P\Delta V = PV_i = 22.40 \text{ L} \cdot \text{atm}$$

$$= \boxed{2270 \text{ J}}$$

$$q = \Delta U + w = nC_v\Delta T + w$$

$$= 1.5R \cdot T_i + w$$

$$= 56.00 \text{ L} \cdot \text{atm}$$

$$= \boxed{5675 \text{ J}}$$

$$\left(\begin{aligned} T_f &= \frac{P_f V_f}{R} = 2 \frac{P_i V_i}{R} = 2T_i \\ \Delta T &= T_f - T_i = T_i \end{aligned} \right)$$

b. 등적과정, $P_f = 2P_i$, q, w 는? $T_f = 2T_i$

$V = V_f = 2V_i = \text{constant}$

$$w = P\Delta V = \boxed{0} \quad (\because \Delta V = 0)$$

$$PV = nRT \text{ 에서 } P_f = 2P_i \text{ 이므로 } T_2 = 2T_1 \therefore \Delta T = T_i$$

$$q = \Delta U = nC_v\Delta T = 1.5R \cdot 2T_i$$

$$= 67.21 \text{ L} \cdot \text{atm} = \boxed{6810 \text{ J}}$$

c. $P = 6.643 \times 10^{-4} V^2 + 0.6667$ 초기 상태

q, w 는? $2V_i \rightarrow V_i$, $2P_i \rightarrow P_i$, $4T_i \rightarrow T_i$

$$w = \int_{2V_i}^{V_i} dV = \left[\frac{1}{3} \cdot 6.643 \cdot 10^{-4} V^3 + 0.6667V \right]_{2V_i}^{V_i} (\text{L} \cdot \text{atm})$$

$$= -\left(\frac{7}{3} \cdot 6.643 \cdot 10^{-4} V_i^3 + 0.6667V_i \right)$$

$$= -32.36 \text{ L} \cdot \text{atm} = \boxed{-3278 \text{ J}}$$

$$q = \Delta U + w = nC_v\Delta T + w = -1.5R \cdot 3T_i + w$$

$$= -133.17 \text{ L} \cdot \text{atm} = \boxed{-13494 \text{ J}}$$

3. 3.1. 이산화탄소 1몰, $P_i = 10 \text{ atm}$, $T_i = 300 \text{ K}$, ΔS 는?

a. 등온과정, $P_f \rightarrow \frac{1}{2} P_i = 5 \text{ atm}$

$$nRT = \text{constant}, \therefore P_i V_i = P_f V_f \quad \therefore V_f = 2V_i$$

$$\Delta V = V_i = \frac{nRT}{P_i} = 2.462 \text{ L}, \quad \Delta U = 0 \text{ 일 때}$$

$$q = w = \int_{V_i}^{V_f} P dV = RT_i \ln \frac{V_f}{V_i} = RT_i \ln 2$$

$$\Delta S = \frac{q}{T} = R \ln 2$$

$$= \boxed{5.76 \text{ J/K}}$$

b. reversible 단열 팽창 $P_f \rightarrow 5 \text{ atm}$.

$$\Delta S = \frac{q}{T}, \quad q = 0 \text{ 이므로,}$$

$$\Delta S = \boxed{0}$$

c. 등압과정, $P_f \rightarrow 5 \text{ atm}$

$$\Delta U = q = nC_v \Delta T$$

$$\Delta S = \frac{q}{T} = \int_{T_i}^{T_f} \frac{nC_v}{T} dT = nC_v \ln \frac{T_f}{T_i}$$

$$= \frac{3}{2} R \ln \frac{1}{2}$$

$$= \boxed{-8.645 \text{ J/K}}$$

$$\left(\begin{array}{l} P_i V_i = nRT_i \\ P_f V_i = nR\left(\frac{T_i}{2}\right) \therefore T_f = \frac{1}{2} T_i \end{array} \right)$$

4.3.4. H_2SiC 가열 $25^\circ\text{C} \rightarrow 1000^\circ\text{C}$, 등압

$$C_p = 50.79 + 1.97 \times 10^{-3}T - 4.92 \times 10^{-6}T^2 + 8.20 \times 10^{-9}T^3 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$$

$\Delta H, \Delta S$ 는? $C_p = aT + b + cT^{-2} + dT^{-3}$ 라 하자.

$$T_1 = 298\text{K}, T_2 = 1273\text{K}, P = 1\text{atm}$$

$$\Delta H = \int_{T_1}^{T_2} C_p dT = \left[\frac{1}{2}aT^2 + bT - cT^{-1} - \frac{1}{2}dT^{-2} \right]_{T_1}^{T_2}$$

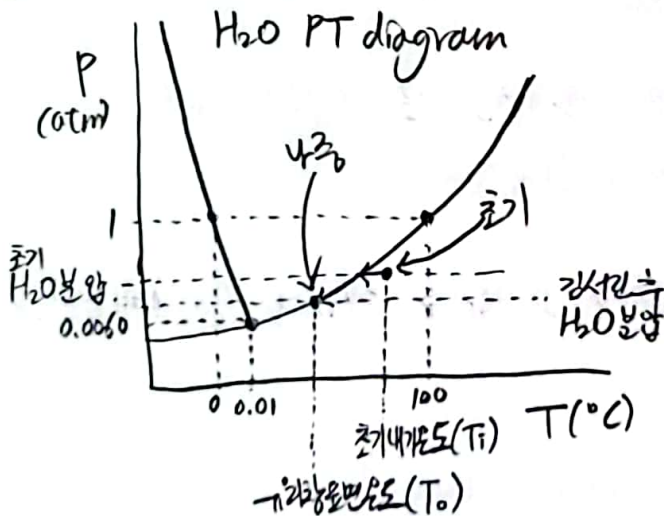
$$= \boxed{42748 \text{ J}}$$

$$\Delta S = \frac{q}{T} = \frac{\Delta H}{T} \quad (\because \text{등압})$$

$$= \int_{T_1}^{T_2} \frac{C_p}{T} dT = \left[aT + b \ln T - \frac{1}{2}cT^{-2} - \frac{1}{3}dT^{-3} \right]_{T_1}^{T_2}$$

$$= \boxed{59.68 \text{ J/K}}$$

5. 자승화-유리창이 같이서리는 이유는? 해결 위해 더운 공기 or 찬 공기?



- ① 차가운 외기 (T_0) 에 의해 유리창이 얼어붙음.
- ② 냉각된 유리창 (T_0) 에 의해 유리창 근처 내기도 냉각됨
- ③ 내기가 냉각되면서 PT diagram 상에서 gas와 liquid 상에서 다른, 이로부터 응결 시작
- ④ 내기가 T_0 에 가까워지면서, PT diagram을 따라 포화수증기압 ($\text{H}_2\text{O}(g)$ 최대분압) 이 낮아지고, 이를 초과하는 양이 유리창에 응결되어 맺힘.

여기까지 증명하다.

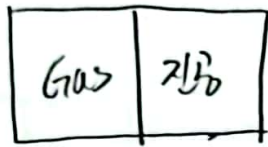
더운 공기를 쏘면 경우, 그때는 온도 증가로 인한 포화수증기압의 증가로 같이 잘 마를 것이나, $T_1 > T_0$ 인 상황은 변하지 않으며, 내부 수증기압도 많은 상태이다.

따라서 더운 공기를 쏘는 것을 멈추면 낮은 외기기에 똑같이 결사될 확률이 반복된다.

그러나 에어컨 바람을 쏘면, 온도를 높이는 것이 아닌 습도를 낮추기 때문에, (현재 내기 H_2O 분압을 낮추기 때문에) 물이 증발할 것이며, 또한 에어컨을 끄더라도 위와 같은 냉각이 다한 결사될 확률이 낮아지지 않을 것이다.

따라서 여기서부터 증명하다.

6.



각 gas 입자들은 진공으로 향할 Force를 느낀다?

ans) 그렇지 않다.

각 gas 입자들은 무작위로 운동하며, 그 결과로 빈 공간이 채워진다.

진공이 채워질듯 하다 하지만 실제로는 아닌 것이라야.

briefly하게 생각하면, Gas와 진공 경계에서, 어떤 시간 dt 동안,

① 무작위로 운동하는 Gas 입자가 경계를 넘어 진공으로 이동하는 입자의 수는 0보다 크다.

② 그러나 Gas 입자가 진공에서 Gas 쪽으로 이동할 경계 수는 0이다.
(진공엔 Gas 입자가 없기 때문)

③ Gas 입자가 진공으로 이동함으로써 Gas와 진공 경계는 dl 만큼 오른쪽으로 이동한다.

①~③의 반복으로 진공 영역은 소멸한다.

같은 원리로, Gas 입자가 코팅한 곳에서 희박한 곳으로 이동하는 속도가 그 반대보다 빨리 때문에, 균일하게 Gas가 분포하게 된다.

즉, Gas 입자는 무작위로 운동할 뿐이지만, 그 결과로 전체를 균일하게 분포하게 되는 것이다.

7. Microscopically reversible, macroscopically irreversible 이?

마이크로로, 각 입자들의 운동은 무작위적이며, 방향이 크다. 입자들은 바꿀 수도, 느릴 수도 있고, 리쪽으로, 오른쪽으로 이동할 수도 있다. 즉, 미시적인 입자들의 운동은 reversible 하다.

그러나, 거시적으로는, 입자가 너무 많기 때문에 가장 경계 수가 높은 상태에 수렴하며, 그 편차가 0에 수렴한다. 즉, 다른 상태가 나타나는 것이 거의 불가능해 지므로, irreversible 하다.

예로, 주사위를 던질 때 나올 수 있는 것은 1~6으로 무작위적이거나 (마이크로, reversible)

주사위를 6번 던질 때 각 숫자가 나올 수는 모두 1%에 수렴한다. (거시적)

한 숫자만 2%만 나올 던진 횟수가 클수록 불가능해진다 (irreversible)