

소대열역학 과제 #1 20210482 김승주

1. (2.1)

조건: 이상기체, $T=300K$, $V=15L$, $P=15\text{atm}$

$$n = \frac{P_i V_i}{R T_i} = 9.14 \text{ mol 이다. } (R = 0.082 \text{ L} \cdot \text{atm} / \text{K} \cdot \text{mol}), C_V = \frac{3}{2} R \text{ 이다. } \leftarrow \text{이상기체이므로}$$

i) $\Delta V_f = ?$ (isothermal, reversible expansion)

$$\text{답: } V_f = \frac{n R T_f}{P_f} = \frac{9.14 \cdot 0.082 \cdot 300}{10} L = \underline{22.5L} \quad (T_f = T_i = 300K, P = 10\text{atm} \leftarrow \text{조건})$$

b) $W = ?$

$$W = \int_{V_i}^{V_f} P dV = \int_{V_i}^{V_f} \frac{n R T}{V} dV = n R T \ln \frac{V_f}{V_i} = 9.14 \times 0.082 \times 300 \times \ln \frac{22.5}{15} \text{ L} \cdot \text{atm} = 91.2 \text{ L} \cdot \text{atm}$$

여기서 $L \cdot \text{atm} = 101.325 \text{ J}$ 이므로, $91.2 L \cdot \text{atm} = 9240.84 \text{ J}$ 이므로, 답은 $W = 9.24 \text{ kJ}$ 이다.

c) $q = ?$

가역적 isothermal 과정이므로 $\Delta U = 0$ 이고 $\therefore \Delta U = Q - W \Rightarrow Q = W$ 이다. 답: $q = 9.24 \text{ kJ}$

d) $\Delta U = ?$

답: c)에서 서술했듯이 $\Delta U = 0$ 이다.

e) $\Delta H = ?$

$\Delta H = \Delta(U + PV) = \Delta U + \Delta(PV)$ 인데 $\Delta U = 0$ 이므로 $\Delta PV = \Delta(nRT) = nR\Delta T$ ($PV = nRT$) 이므로 $\Delta PV = 0$ 이다.

$\therefore \Delta H = 0$ 이다.

ii) (reversible expansion, adiabatic 과정)

a) adiabatic 과정이기때문에 $PV^\gamma = \text{constant}$ 이다. $\gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{5}{3}$ 이므로 $P_i V_i^{\frac{5}{3}} = P_f V_f^{\frac{5}{3}}$ 이다.

$$V_f = \left(\frac{P_i V_i^{\frac{5}{3}}}{P_f} \right)^{\frac{3}{5}} = \left(\frac{P_i}{P_f} \right)^{\frac{3}{5}} V_i \text{ 이다. 이를 계산하면 } 19.1L \text{ 이다. } \underline{\text{답: } 19.1L}$$

b) $W = ?$

$$\Delta U = -W \quad (q=0 \text{ 이므로}), \Delta U = C_V \Delta T = n C_V \Delta T, T_f = \frac{P_f V_f}{n R} = 255K \text{ 이고 } \Delta T = T_f - T_i = -45K \text{ 이다.}$$

$$W = -\Delta U = \frac{3}{2} n R \Delta T = 50.6 L \cdot \text{atm} = \underline{5.13 \text{ kJ}} \text{ (계산한 값)}$$

c) $q = ?$

adiabatic 과정이므로 $q = 0$ 이다.

d) $\Delta U = ?$

$\Delta U = q - W$ 이므로 $\Delta U = -W$ 이다.

$\therefore \Delta U = -5.13 \text{ kJ}$ 이다.

e) $\Delta H = ?$

$$\Delta H = \Delta(U + PV) = \Delta U + P_f V_f - P_i V_i = -5.13 \text{ kJ} + 191 \text{ L} \cdot \text{atm} - 225 \text{ L} \cdot \text{atm} = \underline{-8.57 \text{ kJ}}$$

2. (이상기체 1몰, $T = 273 \text{ K}$, $P = 1 \text{ atm}$, 가역 과정) \Leftarrow 조건, $V_i = \frac{nRT_i}{P_i} = 22.4 \text{ L}$

a) $V_f = 2V_i$, $P_f = P_i$ 일 때 $q, W = ?$

$$W = P \Delta V = P V_i = 22.4 \text{ L} \cdot \text{atm} = \underline{2.27 \text{ kJ}}, \quad q = \Delta U + W = n C_v \Delta T + 2.27 \text{ kJ} = \frac{3}{2} R \Delta T + 2.27 \text{ kJ}$$

여기서 ($T_i = \frac{P_i V_i}{R}$, $T_2 = \frac{2P_i V_i}{R} = 2T_i$) 이므로 $\Delta T = T_i$ 이다. $\therefore W = \frac{3}{2} R T_i + 2.27 \text{ kJ} = 56 \text{ L} \cdot \text{atm} = \underline{5.67 \text{ kJ}}$

b) 등적과정, $P_f = 2P_i \Rightarrow q, W = ?$

$W = P \Delta V = 0$ 이다. (등적과정이므로), 또 $Q = \Delta U + W$ 에서 $W = 0$ 이므로 $Q = \Delta U$ 이다. $\Delta U = n C_v \Delta T = \frac{3}{2} n R \Delta T$ 에서 ($T_i = \frac{P_i V_i}{R}$, $T_f = \frac{2P_i V_i}{R}$ 이므로 $\Delta T = T_i$) 이므로 $\frac{3}{2} n R T_i = \Delta U$ 이다. $\therefore Q = \frac{3}{2} R T_i = 33.6 \text{ L} \cdot \text{atm} = \underline{3.4 \text{ kJ}}$ 이다. (단 a)와 b)에 b)과정이라면 답은 6.8 kJ $\Leftarrow V_f = V_i = 2V_i$) \Leftarrow 아예 맞은 것 같습니다.

c) $P = 6.643 \times 10^{-4} V^2 + 0.6667$ 로 initial state로 간다. $q, W = ?$ (모두 되돌아가.)

$$2V_i \rightarrow V_i, \quad 2P_i \rightarrow P_i, \quad 4T_i \rightarrow T_i \text{ 이므로 } W = \int_{2V_i}^{V_i} P dV = \int_{2V_i}^{V_i} (6.643 \times 10^{-4} V^2 + 0.6667) dV = \left[\frac{6.643 \times 10^{-4}}{3} V^3 + 0.6667 V \right]_{2V_i}^{V_i} = \frac{6.643 \times 10^{-4}}{3} (-7V_i^3) + 0.6667 (-V_i) = -\frac{7}{3} \times 6.643 \times 10^{-4} V_i^3 - 0.6667 V_i \quad \text{인데}$$

$P_i V_i = 0.082 \text{ atm} \cdot \text{L} / \text{mol} \cdot \text{K} \times 1 \text{ mol} \times 273 \text{ K}$ 이므로 $V_i = 22.4 \text{ L}$ 이다. $W = -32.36 \text{ atm} \cdot \text{L} = \underline{-3278 \text{ J}}$ 이다.

$Q = \Delta U + W$ 이므로 $\Delta U = n C_v \Delta T = 1 \text{ mol} \cdot \frac{3}{2} R \cdot (273 - 1092) \text{ K} = -10214 \text{ J}$ 이다. $\therefore Q = \underline{-13492 \text{ J}}$

3. 1 mol 이상기체, $P=10 \text{ atm}$, $T=300 \text{ K}$ 이다. ΔS 를 구하여라.

a) $\Delta S = \frac{dQ}{T} = dW = nR \ln \frac{V_2}{V_1} = nR \ln \frac{P_1}{P_2} = 1 \text{ mol} \times 0.082 \text{ L} \cdot \text{atm} \times \ln 2$ ($P_1=10 \text{ atm}$, $P_2=5 \text{ atm}$)
 $\therefore \Delta S = 5.76 \text{ J/K}$ (등온, $P=10 \rightarrow 5 \text{ atm}$)

b) adiabatic 과정이므로 $q=0$ 이다. $\therefore \Delta S = \frac{dQ}{T} = 0$ 이다. 0 J/K

c) 등적과정, $P=10 \rightarrow 5 \text{ atm}$

등적과정이므로 $W=0$, $\Delta U = \Delta Q$, $\Delta S = \frac{dQ}{T} = \frac{dU}{T} = nC_V \int_{T_1}^{T_2} \frac{1}{T} dT = nC_V \ln \frac{T_2}{T_1} = 1 \cdot \frac{3}{2} R \cdot \ln \frac{1}{2} = -8.64 \text{ J/K}$
 $(T_i = \frac{P_i V_i}{nR}, T_f = \frac{P_f V_f}{nR} = \frac{\frac{1}{2} P_i V_i}{nR} = \frac{1}{2} T_i)$

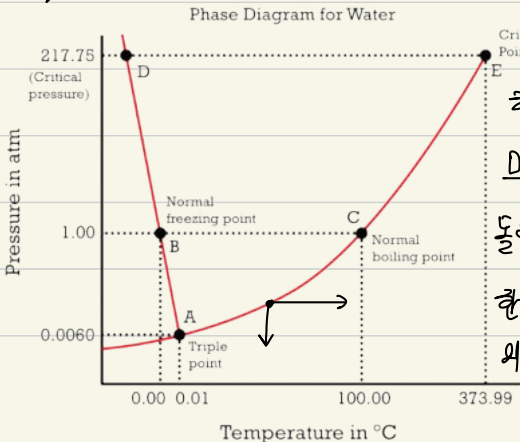
4. $\Delta H, \Delta S$ 를 구하여라. (1 mol SiC, $T_i=25^\circ \text{C}$, $T_f=1000^\circ \text{C}$, $C_p = 50.99 + 1.99 \times 10^{-3} T - 4.92 \times 10^6 T^{-2} + 8.20 \times 10^8 T^{-3} \text{ J/mol} \cdot \text{K}$)

$\Delta H = \int_{298 \text{ K}}^{1273 \text{ K}} C_p dT = \left[50.99 T + \frac{1.99 \times 10^{-3}}{2} T^2 + 4.92 \times 10^6 \frac{1}{T} - \frac{1}{2} \times 8.20 \times 10^8 \frac{1}{T^2} \right]_{298 \text{ K}}^{1273 \text{ K}}$
 $= 42742 \text{ J}$ 이다.

$\Delta S = \int_{298 \text{ K}}^{1273 \text{ K}} \frac{dQ}{T} = \int_{298 \text{ K}}^{1273 \text{ K}} \frac{(50.99 + 1.99 \times 10^{-3} T - 4.92 \times 10^6 T^{-2} + 8.20 \times 10^8 T^{-3})}{T} dT = 59.7 \text{ J/K}$

5.

낮기온에 자동차 유리창에 김이 서리는 현상이 대기의 온도 및 습도에 영향을 받는다. 물의 PT diagram을 살펴보면, 김서림이 발생하는 이유는 차량 내부 온도가 외부 대기의 온도보다 높기



때문에 발생한다. 자동차의 유리창 표면이 주변 공기와 접촉
 하며 냉각되어, 차량 내부의 수증기가 응축하여 액화되는 것이다. 그러
 므로 PT diagram을 통해서 액화된 수증기를 다시 기체 상태로 되
 돌리며 김서림을 없애려면, 온도를 높이거나 크기 압력을 감소시켜야
 한다. 그러기 위해서는 히터를 들어 내부의 온도를 높일 수 있지만, 이는 창 표면
 의 급격한 온도 상승으로 내부 온도 통제의 어려움, 유리 깨짐의 위험성이 있기에
 에어컨을 틀어 제습 효과로 인해 수증기 분압의 감소로 김서림 방리가 가능하다.
 (+습도 제거)
에어컨 바탕!

6.

일반적으로 기체 입자들은 열적 운동을 하기에 입자의 에너지가 분산되도록 하고, 또 열역학 제 2법칙에 따라 칸막이가 제거되면 입자들은 높은 엔트로피 상태를 찾아 상자 전체로 무질서하게 퍼져나갈 것이다. 또한 칸막이가 있는 동안에 생긴 압력 차이로 (입자 충돌), 고압에서 저압으로 기체 분자들이 이동할 것이다. 또한 전체 시나리오에서 수많은 입자가 박스 전체에 균일하게 분포하는 경우의 수가 많을 것이기에, 통계적 관점에서도 칸막이가 제거되었을 때 box 전체로 퍼져나갈 것이다. 결과적으로, 어떤 운명을 미리 알고 있었대기보다는 불가항력적인 힘과 자발적 경향성에 따라 움직임이 이루어진 것이다.

7.

먼저 microscopically reversible은 입자나 미시적인 단계의 과정을 나타내는 것으로, 시스템 내의 입자나 분자들 간의 상호작용 및 운동이 거역적으로 진행될 수 있음을 나타낸다. 하지만 macroscopically irreversible은 시스템 전체나 거시적인 범위에서의 과정을 나타내는 것으로, 시스템이 어떤 초기 상태에서 최종 상태로 진행하면 이 과정을 되돌리기는 매우 어렵다는 것을 의미하는 것 같다. 또 열역학 제 2법칙에서 완전한 열폐계에서는 열역학적으로 열 전달은 항상 고온 → 저온으로 흐르며, 이를 역방향으로 만드는 것은 불가능하다는 것을 나타낸다. 이러한 개념은 예제 6번에 적용되어 미시적 가역적, 거시적 비가역적인 입자들의 분포를 설명할 수 있을 것 같다.