

HW1. 20220735 김지영.

2.1 $PV = nRT$, $P_1 = 15 \text{ atm}$, $V_1 = 15 \text{ L}$; $T_1 = 300 \text{ K}$

a) $P_1 V_1 = P_2 V_2$ (n, R, T_1 is constant)

$V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2} = 22.5 \text{ L}$, $n = \frac{P_1 V_1}{RT_1} \approx 9.14 \text{ mol}$

b) $W = \int_{V_1}^{V_2} P dV = \int_{V_1}^{V_2} \frac{nRT_1}{V} dV = nRT_1 \ln \frac{V_2}{V_1} \approx 9.12 \text{ atm} \cdot \text{L}$

c) $\Delta U = 0$, $q = W$ (isothermal)

$q = W = 9.12 \text{ atm} \cdot \text{L} = 924 \text{ J}$

d) $\Delta U = \frac{3}{2} nR \Delta T = 0 \text{ J}$ ($\Delta T = 0$)

e) $\Delta H = \Delta U + \Delta PV = \frac{3}{2} nR \Delta T + nR \Delta T = \frac{5}{2} nR \Delta T = 0 \text{ J}$ ($\Delta T = 0$)

2.2

a) $P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma$

$C_p = \frac{5}{2} R$, $C_v = \frac{3}{2} R$

$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{5}{3}$

$V_2 = \sqrt[5]{\frac{P_1 V_1^{5/3}}{P_2}} \approx 19.1 \text{ L}$

$T_2 = \frac{P_2 V_2}{nR} \approx 255 \text{ K}$

b) $\Delta U = -W$ ($q = 0$, adiabatic)

$W = -\Delta U = -C_v n \Delta T = -C_v n (T_2 - T_1)$
 $= 50.6 \text{ atm} \cdot \text{L}$

c) $q = 0 \text{ J}$

$= 513 \times 10 \text{ J}$

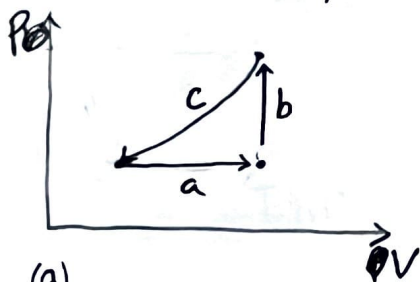
d) $\Delta U = -W = -50.6 \text{ atm} \cdot \text{L} = -513 \times 10 \text{ J}$

e) $H = C_p n \Delta T = C_p n (T_2 - T_1) = -84.3 \text{ atm} \cdot \text{L}$
 $= -854 \times 10 \text{ J}$

2.2

$PV = nRT$

$T = 273 \text{ K}$, $P = 1 \text{ atm}$, $n = 1 \text{ mol}$, then $V = 22.4 \text{ L}$



(a) P is constant so T is doubled too. ($V \propto T$)

$q_p = C_p n \Delta T$

$= \left(\frac{5}{2} R\right) \times (1 \text{ mol}) \times (273 \text{ K}) \times 101.325 \text{ J/atm} \cdot \text{L} \approx 10.1$

$= 682.5 \text{ R} = 56 \text{ atm} \cdot \text{L} = 567 \times 10 \text{ J} \approx 227 \times 10 \text{ J}$

$W = P \Delta V = (1 \text{ atm})(22.4 \text{ L}) = 22.4 \text{ atm} \cdot \text{L}$

(b)

V is constant so, T is doubled too. ($P \propto T$)

$q_v = C_v n \Delta T \approx 681 \times 10 \text{ J}$

$= \left(\frac{3}{2} R\right) (1 \text{ mol}) (546 \text{ K}) = 67.20714 \text{ atm} \cdot \text{L}$

~~$W = P \Delta V = 0 \text{ J}$~~

$W = P \Delta V = 0 \text{ J}$

(c)

$\Delta U = q - W$, $q = W + \Delta U$

$W = \int_{V_1}^{V_2} P dV = \int_{22.4 \text{ L}}^{44.8 \text{ L}} \left(\frac{1}{6.643 \times 10^{-4} \text{ V}^3} + 0.6667 \text{ V} \right) dV \Big|_{22.4 \text{ L}}^{44.8 \text{ L}} = -32.36 \text{ atm} \cdot \text{L} \approx -3278 \text{ J}$

$\Delta U_c = C_v n \Delta T = \frac{3}{2} nR \Delta T \approx -10214 \text{ J}$

$q = -13492 \text{ J}$

$$P_2 = 10 \text{ atm}, n = 1 \text{ mol}, T_2 = 300 \text{ K}, V_2 = \frac{nRT_2}{P_2} = 2.46 \text{ L}, V_f = \frac{12V_2}{P_f} = 4.92 \text{ L}$$

$$\Delta U = q - W = 0, q = W \text{ (isothermal)} \quad W = \int_{V_i}^{V_f} p dV = \int_{V_i}^{V_f} \frac{nRT}{V} dV = nRT \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$$

$$\therefore \Delta S = \frac{Q}{T} = nR \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right) = 5.76 \text{ J/K}$$

$$b) Q = 0 \quad \therefore \Delta S = \frac{Q}{T} = 0 \text{ J/K}$$

$$c) \frac{T_1}{P_1} = \frac{T_2}{P_2} \quad 2P_2 = P_1 \quad \therefore 2T_2 = T_1, T_2 = 150 \text{ K}$$

$$W = \int p dV = 0 \text{ (constant volume)}$$

$$\Delta U = q = C_V n \Delta T = \frac{3}{2} n R \Delta T$$

$$\Delta S = \frac{Q}{T} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{3}{2} n R \frac{1}{T} dT = \frac{3}{2} n R \ln \frac{T_2}{T_1} = -8.64 \text{ J/K}$$

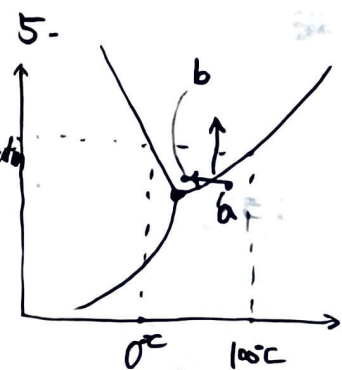
3.4

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

$$\approx 42751 \text{ J/K}$$

$$\Delta S = \int \frac{dQ}{T} = \int \frac{n C_p}{T} dT = \int_{T_1}^{T_2} (50.79 + 1.97 \times 10^{-3} T - 4.92 \times 10^{-6} T^2 + 8.20 \times 10^{-9} T^3) dT$$

$$\approx 59.7 \text{ J/K}$$



유리창에 김바서리는 이유는 기체상태였던 H_2O 가 유리창과 닿을 때, 액체상태로 변하기 때문이다. H_2O 가 유리창에 닿게 되면 창 내부보다 차가운 외부의 온도와 만나게 되고 해당 H_2O 의 온도는 떨어진다.

즉 $a \rightarrow b$ 상황이 이루어지는 것이다.

또 다른 변수를 고려해보면 창 내부의 수증기에 비해 이 현상은 확인될 수 있다. 사람의 호흡을 통해 창 내부의 수증기 양이 많아지고 수증기의 분압이 높아진다. 그래프에서 확인할 수 있는데 이는 H_2O 의 액화를 촉진시킬 수 있을 것이다.

6. ^{컨테이너를 제거 했을 때,}
입자들이 쿨릴하려는 것은 통계적으로 설명할 수 있다. ^{왼쪽 box에 한 모든 입자가 쿨릴 확률은 Boltzmann 확률분포}

$$P = \frac{N!}{N_{left}! \cdot N_{right}!} \left(\frac{1}{2}\right)^N \text{ 에 의해 } \left(\frac{1}{2}\right)^N \text{ 이다. } (N := \text{입자 수})$$

$$\text{하지만 왼쪽과 오른쪽 박스에 고르게 쿨릴 확률은 } P = \frac{N!}{\left(\frac{1}{2}N\right)! \left(\frac{1}{2}N\right)!} \left(\frac{1}{2}\right)^N \text{ 이다.}$$

$$= {}^N C_{\frac{N}{2}} \left(\frac{1}{2}\right)^N$$

즉 입자들이 전체 박스에 고르게 분포하도록 하는 ${}^N C_{\frac{N}{2}}$ 배만큼 크기 때문에
입자들은 박스 전체에 고르게 분포하는 것이다.
입자들은 특이한 일을 하는 것이 아니고 (ideal gas 이기 때문에) 입자들은 관측할 때
확률이 높은 상태로 관측되는 것일 뿐이다.

7.

-Microscopically reversible-

시스템 내에서 미시적인 관점으로는 입자나 분자 수준이 상호작용이 역방향으로도 일어날 수 있다는 것을 의미한다.
입자간의 충돌, 운동 상호작용은 역방향으로도 진행될 수 있다.

-Macroscopically irreversible-

시스템의 역학적 변화는 거시적 관점에서 비가역적이고 시스템의 엔트로피가 증가한다는 것을 의미한다.
거시적 관점에서는 에너지의 분산과 엔트로피의 증가로 인해 비가역적인 진행이 관측된다는 것을 의미한다.

예를 들어, 뜨거운 물이 상온에서 식는 과정을 생각해보면,
미시적으로는 뜨거운 물 분자들이 충돌하며 열을 주고받는 등의 상호작용이 반복되는데, 이는 미시적으로 가역적이다.
하지만 거시적으로 뜨거운 물이 식는 것 자체는 비가역적이며 뜨거운 물의 엔트로피가 증가하고
뜨거운 물과 주변 환경 간의 온도 차이가 줄어들어 열역학적 불균형이 해소된다.

다시 말해, 미시적인 수준에서 역학적 상호작용은 반대 방향이 가능하지만, 전체 시스템의 역학적 변화는 비가역적이라는 것이다.