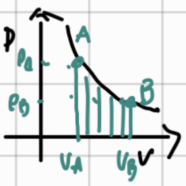
2-1.

i. a reversible isothermal expansion to a pressure of 10 atm

a) $PV=nRT$, isothermal

$\rightarrow$ PV는 일정. $15\cdot15 = 10\cdot V_f$ $\quad V_f = \frac{15\cdot15}{10} = 22.5(\ell)$

b)



$$W = -\int_{V_A}^{V_B} P\,dV = -\int_{V_A}^{V_B} \frac{nRT}{V}\,dV = -nRT \ln\frac{V_B}{V_A}$$

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{15\cdot15}{0.082\times300} = 9.14(mol)$$

$$W = -(9.14)\times(8.3144)\times(300)\cdot\ln\frac{22.5}{15} = -9244(J)$$

$\rightarrow$ 9244(J)

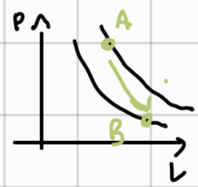
c) $\Delta U = q+w = 0.\quad q=-W = 9244(J)$

d) isothermal $\rightarrow \Delta U = nc_v\Delta T = 0$

e) $\Delta H = \Delta U + \Delta(PV) = nc_v\Delta T + nR\cdot\Delta T = 0$

ii. adiabatic

a)



$$dU = nc_v dT = -P\,dV = \frac{-nRT}{V}dV$$

$$\frac{C_v}{T}dT = -\frac{R}{V}dV,\quad C_v\int_{T_A}^{T_B}\frac{dT}{T} = -R\int_{V_A}^{V_B}\frac{dV}{V}$$

$$C_v\cdot\ln\frac{T_B}{T_A} = -R\ln\frac{V_B}{V_A} = C_v\cdot\ln\cdot\frac{P_BV_B}{P_AV_A} = R\ln\frac{V_A}{V_B}$$

$$C_v = \frac{3}{2}R \rightarrow \left(\frac{P_BV_B}{P_AV_A}\right)^{\frac{3}{2}} = \frac{V_A}{V_B}\qquad \left(\frac{P_B}{P_A}\right)^{3/2} = \left(\frac{V_A}{V_B}\right)^{5/2}\qquad \frac{P_B}{P_A} = \left(\frac{V_A}{V_B}\right)^{5/3}$$

$$(V_B)^{5/3} = (V_A)^{5/3}\cdot\frac{P_A}{P_B} = (15)^{5/3}\cdot\frac{15}{10} = 136.8$$

$$V_B = V_f = 19.13(\ell)$$

b) $\Delta U = nC_v\Delta T = q+W = W$

$PV=nRT$ 에서 $\quad T_B = \frac{P_BV_B}{n\cdot R} = 255(K)$

$W = (9.14)\times(\frac{3}{2}\times8.3144)\times(255-300) = -5130(J)$

$\rightarrow$ 5130(J)

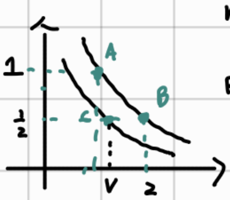
c) $q=0$,

d) $\Delta U = nc_v\Delta T = -5130(J)$

e) $\Delta H = \Delta U + \Delta(PV) = nc_v\Delta T + nR\Delta T = n\cdot\frac{5}{2}R\cdot\Delta T = (9.14)\times(\frac{5}{2}\times8.3144)\times(255-300)$

$= -8549(J)$

2.3



$n = \frac{P_A V_A}{RT} = \frac{1 \cdot 1}{(0.082) \times 373} = 0.033\ (mol)$

$P_A V_A = P_B V_B$, $P_B = \frac{1 \cdot 1}{2} = \frac{1}{2} = P_C$

$P_A (V_A)^{5/3} = P_C (V_C)^{5/3}$, $(V_C)^{5/3} = \frac{1}{P_C} = 2$, $V_C = 1.52\ (\ell) = V$

$W(AB) = -nRT \ln \frac{V_B}{V_A} = -(0.033) \times (8.3144) \times (373) \times \ln \frac{2}{1} = -70.9\ (J)$

$W(BC) = -P\Delta V = -\frac{1}{2} \cdot (1.52 - 2) = 0.24\ (atm \cdot \ell) = 0.24 \times 101.3 = 24.3\ (J)$

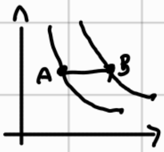
$W(CA) = n C_v \Delta T = (0.033) \times (\frac{3}{2} \times 8.3144) \times (373 - 281) = 37.9\ (J)$

$(T_C = \frac{P_C V_C}{nR} = \frac{0.5 \times (1.52)}{0.082 \times (0.033)} = 281\ (K))$

$W_{tot} = -70.9 + 24.3 + 37.9 = -8.7\ (J)$.

Total work done by the gas : 8.7 (J)

2.5



a. $V_A = \frac{nRT_A}{P_A} = \frac{1 \cdot (0.082) \times (273)}{1} = 22.4\ (\ell)$

$W = -P\Delta V = -1 \times (V_B - 22.4) = -832\ (J) = -8.21\ (atm \cdot \ell)$

$V_B = 30.6\ (\ell)$, $T_B = \frac{P_B V_B}{nR} = \frac{30.6}{0.082} = 373\ (K)$

b. $\Delta U = q + w = 3000 - 832 = 2168\ (J)$

$\Delta H = \Delta U + \Delta (PV) = \Delta U + P\Delta V = 3000\ (J)$

c.

$\Delta U = n C_v \Delta T = C_v \cdot (373 - 273) = 100 C_v$ $\quad C_v = 21.7\ (J/mol \cdot K)$

$\Delta H = n C_p \Delta T = 100 C_p$ $\quad C_p = 30\ (J/mol \cdot K)$

3.1

a.

isothermal → $q = nRT \ln \frac{V_B}{V_A}$

$P_A V_A = P_B V_B$ $\quad \frac{V_B}{V_A} = \frac{P_A}{P_B} = \frac{10}{5} = 2$

b. $\Delta S = nR \ln \frac{V_B}{V_A} = (8.3144) \times \ln 2 = 5.76\ (J/K)$

adiabatic → $q_{rev} = 0$, $\Delta S = 0$

c.

$dq = n C_v dT$

$\Delta S = \int \frac{1}{T} dq = n C_v \cdot \int_{T_A}^{T_B} \frac{dT}{T} = n C_v \ln \frac{T_B}{T_A} = \frac{3}{2} \times (8.3144) \times \ln \frac{1}{2} = -8.64\ (J/K)$

$(\frac{T_B}{T_A} = \frac{P_B V_B}{P_A V_A} = \frac{P_B}{P_A} = \frac{1}{2})$

3.2

a.

$V_1 = \frac{nRT_1}{P_1} = \frac{(0.082)\times 300}{10} = 2.46(\ell)$

$V_2 = 3V_1 = 7.38(\ell)$, $\Delta T = 0$. $P_2 = \frac{P_1}{3}$

$\Delta U = q + w = 0$, free expansion $\rightarrow$ $q = w = 0$

$\Delta H = \Delta U + \Delta(PV) = n\Delta T(R + C_V) = 0$.

$q_{rev} = nRT\ln\frac{V_B}{V_A}$ $\Delta S = nR\ln\frac{V_B}{V_A} = (8.3144)\times\ln 3 = 9.13\ (J/K)$

b.

$\Delta V = 0 \rightarrow w = 0$, $\Delta U = q = nC_V\Delta T = \frac{3}{2}\times(8.3144)\times(400-300) = 1247\ (J)$

$dq_{rev} = nC_V dT$, $\Delta S = nC_V\ln\left(\frac{T_3}{T_2}\right) = \frac{3}{2}\times(8.3144)\times\ln\frac{4}{3} = 3.588\ (J/K)$

$\Delta H = nC_p\Delta T = \frac{5}{2}\times(8.3144)\times 100 = 2079\ (J)$

c.

isothermal $\rightarrow \Delta U = 0$, $V_4 = 3V_3$, $T_4 = 400(K)$

$w = -\int P\,dV = -nRT\ln\frac{V_4}{V_3} = -R\cdot 400\cdot\ln 3 = -3654\ (J)$

$q = -w = 3654\ (J)$, $\Delta H = 0$,

$q_{rev} = nRT\ln\frac{V_4}{V_3}$ $\Delta S = nR\ln\frac{V_4}{V_3} = R\cdot\ln 3 = 9.134\ (J/K)$

d.

$q = nC_p\Delta T = n\cdot\frac{5}{2}R(300-400) = -2079\ (J)$

$P_5 = P_4 = \frac{nRT_4}{V_4} = 1.48\ (atm)$, $V_5 = \frac{nRT_5}{P_5} = 16.6\ (\ell)$,

$w = -P\cdot\Delta V = -1.48\times(16.6 - V_4) = 8.20\ (atm\cdot\ell) = 831\ (J)$

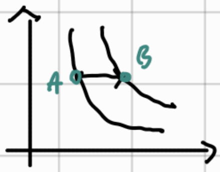
$\Delta U = q + w = -1248\ (J)$

$\Delta H = nC_p\Delta T = -2079\ (J)$,

$dq_{rev} = nC_p dT$, $\Delta S = nC_p\ln\frac{T_5}{T_4} = -5.98\ (J/K)$

$\Delta U_{tot} = \Delta H_{tot} = 0$, $\Delta S_{tot} = 15.87\ (J/K)$, $q_{tot} = 2822\ (J)$, $w_{tot} = -2823\ (J)$

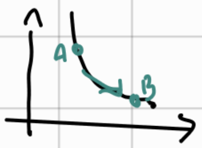
3.3



$dq_{rev} = nC_p dT$, $\Delta S = nC_p \ln \frac{T_B}{T_A}$, $q = nC_p \Delta T = nC_p(T_B - T_A)$

$n \cdot \frac{5}{2}R \ln \frac{T_B}{T_A} = 14.41$ $\quad \frac{T_B}{T_A} = 2.$ $\quad nC_p(T_B - T_A) = 6236$ $\quad T_B - T_A = 300.$

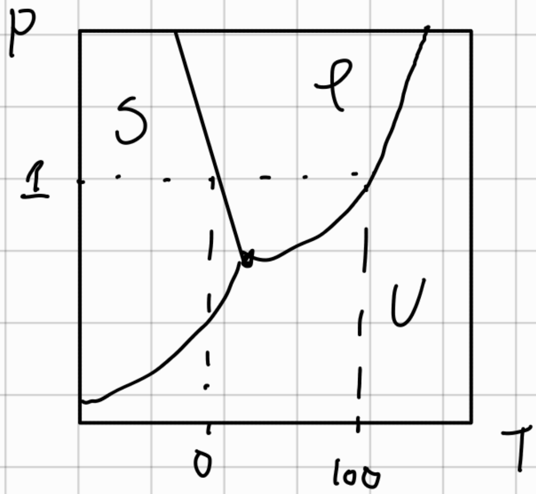
$\rightarrow T_f = T_B = 600\ (K)$, $T_i = T_A = 300\ (K)$



$w = -nRT \ln \frac{V_B}{V_A} = 1729,$

$\rightarrow \Delta S = nR \ln \frac{V_B}{V_A} = 5.763$ $\quad T = \frac{w}{\Delta S} = 301\ (K)$

7.



김 서림은 기체 상태의 물이 액체 상태의 물이 되는 상황이다. 늦가을에 자동차 내부는 히터, 사람의 온도 등으로 상대적으로 온도가 높지만 자동차 외부는 낮은 기온으로 인해 온도 차이가 존재한다. 따뜻한 실내공기가 차가운 바깥 공기와 만나며 유리에 김서림이 발생한다. P-T 그래프를 보면, 대기압인 1atm 선에서 vapor상에서 T가 감소하며 liquid상으로 이동하는 것을 알 수 있다.

따라서 이를 제거하기 위해 창쪽으로 에어컨 바람이 나오게 하여 실내온도와 외부 온도 사이에 온도 차이를 줄인다. 유리의 외부표면 온도와 내부 표면 온도를 맞추면 따뜻한 공기가 차가운 물체의 표면에 만나 물방울이 응결되는 현상을 줄일 수 있다.

8.

x. 서로 섞여 균일한 혼합체를 이루는 이유를 통계적으로 설명할 수 있다. 각자 N 개의 기체 입자를 가지고 있다고 할 때, 각 각 따로 존재할 확률은 (1/2)^(N+N) x 2이다. (위치 고려하지 않음). 이렇듯 따로 섞이지 않고 존재할 확률은 아주 낮아서 현실에서 일어날 가능성이 없다. 하지만 A와 B가 섞이는 상황일수록 존재할 확률은 높아지면서 둘이 균일한 혼합체를 이룰 때 $_{2N}C_N$ / 2^(2N)으로 가장 일어날 가능성이 높다.

즉, 입자를 이동시키는 힘이 존재하는 것이 아니라 기체 입자가 자유로이 이동하는 상황에서 관측을 하였을 때 가장 일어날 가능성이 높은 상태로 존재하는 것이다.