1.

ideal gas는 무작위적으로 운동을 한다.

그렇기 때문에 닫힌 공간에서 추가의 공간이 생기면

각각의 ideal gas 입자가 주위로 더 넓게 퍼지는 것이 무작위적으로 운동하는데 자연스럽다.

각각의 ideal gas 입자가 한 쪽에만 몰려 있으면, 각각의 ideal gas 입자 사이에 충돌이 많아지게 된다.

ideal gas 입자간 충돌이 일어나면 에너지 이동과 운동 방향이 바뀌게 된다. 운동 방향이 변하게 되면서 자연스럽게

ideal gas 입자들은 퍼지게 되는 것이다.

따라서 각각의 ideal gas가 무작위적으로 운동하기 때문에

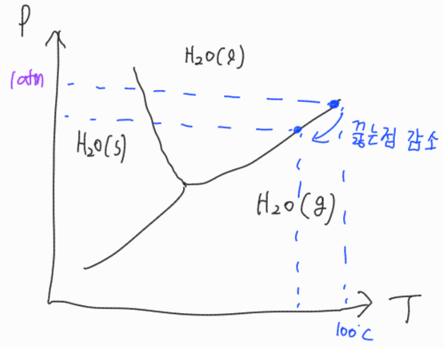
옆에 빈공간이 있으면 그리로 퍼져 나가야 할 운명이라는 것을 미리 알고 있을 것이다.

즉, 입자간 반발력에 의해 퍼져 나가야 할 것을 알고 있을 것이다.

2.

끓는점은 외부 압력과 vapor pressure가 같아지는 온도이다.

물이 끓는다는 것은 H_2O의 vapor pressure와 외부 압력이 같아진 것이다.



높은 산을 오르면 외부 압력이 낮아지게 되고 이로 인해 끓을 때의 vapor pressure가 낮아진다. P-T diagram에서 H_2O의 vapor pressure가 감소하면 물이 비교적 낮은 온도에서 끓게 된다. 이로 인해 높은 산에서 밥을 하면 맨 윗 부분은 밥이 설익게 된다. 아랫부분은 낮은 온도에서 물이 모두 증발된 뒤 온도가 오르면서 밥이 타게 된다. 이로 인해 3층밥이 된다.

3층 밥을 피하기 위해서는 외부압력을 지상에서와 같이 1atm으로 유지하는 것이다.

크기가 큰 system을 준비하여 압력이 1atm이 유지되도록 하고 그 안에서 밥을 지으면 3층밥이 되는 것을 피할 수 있다.

3. ideal gas, 300K, 15L, 15atm $C_{v,m} = 1.5R$

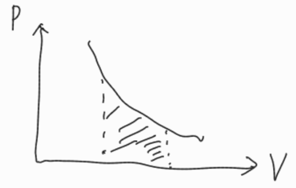
(a) 등온 팽창과정 (15atm → 10atm)

(1) 일정한 온도에서 같은 양, 종류의 ideal gas는 PV가 일정하다.

$15\,atm \times 15\,L = 10\,atm \times V_f$

$V_f = 22.5\,L$ (22.5L)

(2)



$W = \int_{V_1}^{V_2} P\,dV = \int_{15}^{22.5} \frac{225}{V}\,dV = 225\left[\ln V\right]_{15}^{22.5}$

$= 225 \ln\left(\frac{22.5}{15}\right)$

$= 225 \ln \frac{3}{2}$

$= 91.22065\ atm \cdot L$

$= 9244\,J$

$= 9.24\,kJ$

$PV = 225\ atm \cdot L$

$V_1 = 15\,L$

$V_2 = 22.5\,L$

(9.24kJ)

$1\,atm \cdot L = 1\,atm \times \frac{101325\,Pa}{1\,atm} \times 1\,L \times \frac{10^{-3}\,m^3}{1\,L}$

$= 101.325\,J$

(3)

$\Delta U = q - W$

$\Delta U = n C_v \Delta T$

$\Delta T = 0$이므로 $\Delta U = 0$ $q = 9.24\,kJ$ (9.24kJ)

$\therefore q = W$

(4) $\Delta U = n C_v \Delta T$ $\Delta T = 0$ 이므로 $\Delta U = 0$ ($\Delta U = 0$)

(5) $\Delta H = n C_p \Delta T$ $\Delta T = 0$ 이므로 $\Delta H = 0$ ($\Delta H = 0$)

3. (b) 등온 가역 팽창 (15atm → 10atm)

(1) $C_{P,m} - C_{V,m} = R$ (ideal gas 일 때)

$\therefore C_{P,m} = C_{V,m} + R = 1.5R \quad = 2.5R$

$PV^{\gamma} =$ 일정 (단열 과정)

$\gamma = \frac{C_{P,m}}{C_{V,m}} = \frac{2.5R}{1.5R} = \frac{5}{3}$

$15 \times 15^{\frac{5}{3}} = 10 \times V_f^{\frac{5}{3}}$

$V_f = \left(\frac{15}{10}\right)^{\frac{3}{5}} \times 15\text{ L} = 19.131\text{L}$

$V_f = 19.13\text{L}$

(2) $W = \int_{V_i}^{V_f} PdV = \int_{15}^{19} \frac{15 \times 15^{\frac{5}{3}}}{V^{\frac{5}{3}}} dV = 15 \times 15^{\frac{5}{3}} \left[-\frac{3}{2} V^{-\frac{2}{3}}\right]_{15}^{19}$

$= 50.529487$ atm·L

$= 5120\text{J}$

$= 5.12\text{kJ}$

$PV^{\gamma} =$ 일정

$P = \frac{P_i \times V_i^{\gamma}}{V^{\gamma}} = \frac{15 \times 15^{\frac{5}{3}}}{V^{\frac{5}{3}}}$

5.12kJ

(3) 단열 과정 이므로 $q = 0$ $\quad q = 0$

(4)

$\Delta U = q - W = -5.12\text{kJ}$ $\quad \Delta U = -5.12\text{kJ}$

(5) $H = U + PV$

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

$= -51\text{atm}\cdot\text{L} + (P_f V_f - P_i V_i)$

$= -51\text{atm}.\text{L} + (19 \times 10 - 15 \times 15)$

$= -84\text{ atm}\cdot\text{L}$

$= -8511.3\text{J} = -8.51\text{kJ}$

-8.51kJ

4. 1 mol, monatomic ideal gas, $T_i = 273K$ $P_i = 1\ atm$

(a) 정압과정 (volume 2배)

$$V_i = \frac{1 \times 0.082 \times 273}{1} = 22.4L \qquad V_f = 2V_i$$

$$W = \int_{V_i}^{V_f} PdV = P(V_f - V_i) = 1 \times V_i = 22.4\ atm \cdot L = 2269.68J$$

W = 2.27 kJ

$$q = nC_{P,m}\Delta T = 1 \times \frac{5}{2}R \times \Delta T = 1 \times \frac{5}{2}R \times (2T_i - T_i) = 1 \times \frac{5}{2}R \times 273$$

$= 2.5 \times 273 \times 0.082\ atm \cdot L$

$= 55.965\ atm \cdot L$

$= 5671 J$

$= 5.67 kJ$

q = 5.67 kJ

$C_{V,m} = \frac{3}{2}R$ (monatomic)

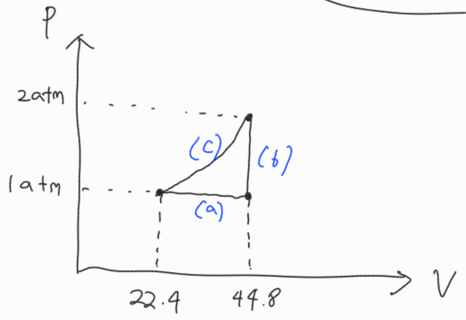
$C_{P,m} = C_{V,m} + R = \frac{5}{2}R$

$$\frac{P_i V_i}{T_i} = \frac{P_f V_f}{T_f}$$

$T_f = 2T_i$

$= 2 \times 273K$

$= 546K$



(b) 정적과정

$W = \int PdV \quad dV = 0 \Rightarrow$ **W = 0**

$q = nC_{V,m}\Delta T$

$$\frac{P_f V_f}{T_f} = \frac{P_i V_i}{T_i} \qquad P_f = 2P_i,\ V_f = V_i \Rightarrow T_f = 2T_i$$

$= 2 \times 546K$

$= 1092K$

$\therefore \Delta T = 546K$

$C_{V,m} = \frac{3}{2}R = 1.5R$

$n = 1\ mol$

$\therefore q = 1 \times 1.5 \times 0.082 \times 546 = 67.158\ atm \cdot L = 6805J$

q = 6.81 kJ

(c) $P = 6.643 \times 10^{-4} V^2 + 0.667$

$$W = \int PdV = \int_{44.8}^{22.4} 6.643 \times 10^{-4} V^2 + 0.6667\ dV$$

$$= \left[\frac{1}{3} \times 6.643 \times 10^{-4} \times V^3 + 0.667V\right]_{44.8}^{22.4}$$

$= -32.36\ atm \cdot L$

$= -3279J$

$= -3.28kJ$

W = -3.28 kJ

(a), (b), (c) 3과정의 ΔU 합은 0이다. ΔU는 state function이기 때문이다.

$$\Delta U = 0 = (5.67 - 2.27) + (6.81 - 0) + (q + 3.28)\ kJ$$

$$\therefore q = -13.49\ kJ$$

$$q = -13.5\ kJ$$