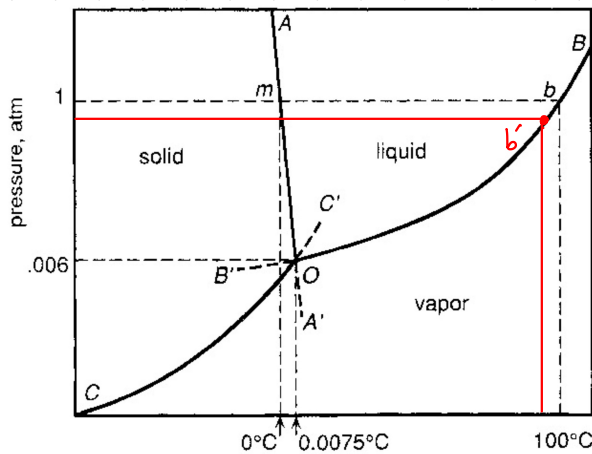


위 그림에서 box 안에 갇혀있는 기체는 이상기체이다. 이 가정으로 기체 분자는 서로 힘을 주고 받지 않으며, 가지고 있는 모든 에너지는 운동에너지로만 존재한다는 것을 사용할 수 있다. 이에 따라 기체 분자가 무작위로 주어진 box 안에서 이동함을 유추할 수 있다. 이때 칸막이가 제거되면 오른쪽 방향으로 운동량을 가진 기체가 box의 새로운 공간으로 이동할 것이고, 시간이 지남에 따라 기체 분자들의 무작위한 운동으로 box 전체에 기체 분자들이 퍼져 있을 것이다. 이를 다르게 설명하면, 기체의 무작위한 운동은 기체 분자의 존재를 확률로 볼 수 있다. 확률적으로, 특히 입자의 수가 많을수록, 공간 내에 고르게 퍼져있는 상태가 가장 흔한 상태이므로 칸막이가 제거되었을 시 새로운 공간으로 기체 분자가 이동할 것임을 유추할 수 있다.

2.



$H_2O$ 가 끓는 조건은  $H_2O$ 의 증기압이 외부의 기압보다 크거나 같아지는 것이다. 일반적인 상황에서는 기압이 1 atm 이므로 왼쪽 그림에서 점 b의 위치처럼 100°C가 되어야  $H_2O$ 가 끓는다.

높은 산에 올라가면 기압이 낮아지므로  $H_2O$ 의 수증기압이 기압과 같아지는 온도가 낮아져 끓는점이 낮아진다.

이때 낮아지는 끓는 점을 OB곡선을 통해 볼 수 있고 b' 지점을 높은 산에서의 상황이다.

삼중점이 생기는 이유는 밥을 익히기 위해 높은 온도를 가하게 되면서 가장 많은 밥이 타게 되고, 중간층은 익고 가장 위층은 낮은 온도의  $H_2O$  증기로 인해 제대로 익지 못하게 되어 생긴다.

이를 해결할 방법으로 압력솥이 있다. 압력솥을 사용하면 솥 내부를 높은 압력인 상태로 유지할 수 있게 하여 물의 끓는점이 낮아지지 않는다.

3.

a. isothermal : constant T.

$$① P_i V_i = nRT = P_f V_f$$

$$\Rightarrow 15 \text{ atm} \cdot 15 \text{ L} = 10 \text{ atm} \cdot x \text{ L} \quad x = 22.5$$

$\therefore$  final volume : 22.5 L

$$② P = \frac{nRT}{V} \quad nRT = \text{constant}, \quad nRT = P_i V_i$$

$$w = \int P dV = \int_{V_i}^{V_f} \frac{nRT}{V} dV = nRT \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right) = P_i V_i \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right) = 15 \text{ atm} \cdot 15 \text{ L} \ln\left(\frac{22.5 \text{ L}}{15 \text{ L}}\right) = 91.23 \text{ atm} \cdot \text{L} = 9.24 \text{ kJ}$$

$\therefore$  Work done by the system : 9.24 kJ

$$③ \Delta T = 0 \quad \therefore \Delta U = q - w = 0$$

$$\therefore q = w = 9.24 \text{ kJ} \quad (\text{from } ②) \quad \therefore \text{heat entering or leaving : } 9.24 \text{ kJ}$$

$$④ \Delta T = 0 \quad \therefore \Delta U = 0 \quad \therefore \text{change in the internal energy : } 0$$

$$⑤ \Delta T = 0 \quad \therefore \Delta H = 0 \quad \therefore \text{change in the enthalpy : } 0$$

b. adiabatic  $\therefore q = 0$ 

$$① \text{ adiabatic } \therefore PV^\gamma = \text{constant}$$

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

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

$$\Rightarrow (15 \text{ atm}) (15 \text{ L})^{\frac{5}{3}} = (10 \text{ atm}) (x \text{ L})^{\frac{5}{3}}$$

$$\therefore x = 19.13$$

$\therefore$  final volume : 19.13 L

$$② q = 0 \quad \therefore \Delta U = -w$$

$$\Rightarrow w = -\Delta U = -nC_v \Delta T$$

$$\Rightarrow w = -\frac{15 \text{ atm} \cdot 15 \text{ L}}{R \cdot 300 \text{ K}} \cdot \frac{3}{2} R \cdot (-45 \text{ K})$$

$$\Rightarrow w = 50.625 \text{ atm} \cdot \text{L} = 5.13 \text{ kJ} \quad \therefore \text{work done by the system : } 5.13 \text{ kJ}$$

$$* n = \frac{P_i V_i}{RT_i}, \quad \Delta T = T_f - T_i = -45 \text{ K}$$

$$\frac{P_i V_i}{T_i} = \frac{P_f V_f}{T_f} \Rightarrow T_f = 255 \text{ K}$$

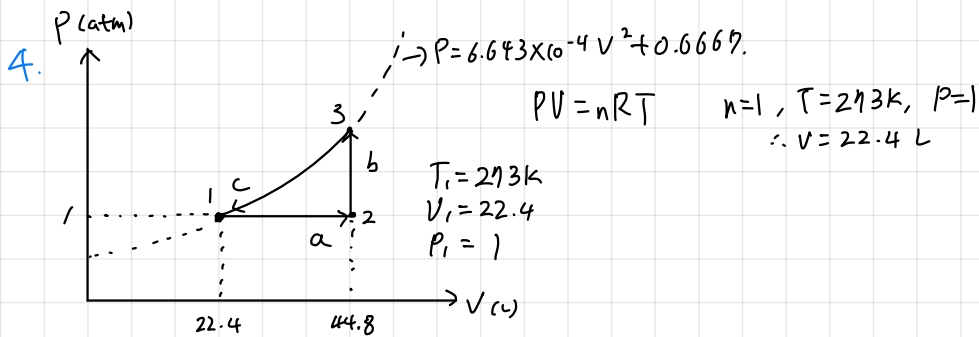
$$③ \text{ adiabatic } \therefore q = 0 \quad \therefore \text{heat entering or leaving : } 0$$

$$④ \Delta U = q - w = -w = -5.13 \text{ kJ} \quad (\text{from } ②) \quad \therefore \text{change in the internal energy} = -5.13 \text{ kJ}$$

$$⑤ \Delta H = nC_p \Delta T = \frac{15 \text{ atm} \cdot 15 \text{ L}}{R \cdot 300 \text{ K}} \cdot \frac{5}{2} R \cdot (-45 \text{ K}) = -84.375 \text{ atm} \cdot \text{L} = -8.55 \text{ kJ}$$

(from ②)

$\therefore$  change in the enthalpy = -8.55 kJ



a.  $w = \int P dV = \int_{22.4}^{44.8} 1 dV = 22.4 \text{ atm} \cdot \text{L} = 2.27 \text{ kJ}$

$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$ ,  $P_1 = P_2$ ,  $2V_1 = V_2 \therefore T_2 = 2T_1 = 546\text{K}$ ,  $C_v = \frac{3}{2}R$  (monoatomic ideal gas)

$\Delta U = n C_v \Delta T = 1 \text{ mol} \cdot \frac{3}{2} R \cdot 273\text{K} = 1 \text{ mol} \cdot \frac{3}{2} \cdot 8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 273\text{K} = 3.4 \text{ kJ}$   
 $\Delta U = q - w \therefore 3.4 \text{ kJ} = q - 2.27 \text{ kJ} \therefore \text{work} = 2.27 \text{ kJ}$   
 $\text{heat} = 5.67 \text{ kJ}$

b.  $\Delta V = 0 \therefore w = 0$

$\frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_3 V_3}{T_3}$ ,  $P_3 = 2P_2$ ,  $V_2 = V_3 \therefore T_3 = 2T_2 = 1092\text{K}$ ,  $C_v = \frac{3}{2}R$

$\Delta U = n C_v \Delta T = 1 \text{ mol} \cdot \frac{3}{2} R \cdot 546\text{K} = 1 \text{ mol} \cdot \frac{3}{2} \cdot 8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 546\text{K} = 6.81 \text{ kJ}$   
 $\Delta U = q - w = q \therefore \Delta U = q \therefore \text{work} = 0$   
 $\text{heat} = 6.81 \text{ kJ}$

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

$w = \int P dV = \int_{44.8}^{22.4} (6.643 \times 10^{-4} V^2 + 0.6667) dV = \left[ \frac{1}{3} \cdot 6.643 \times 10^{-4} V^3 + 0.6667 V \right]_{44.8}^{22.4}$   
 $= -32.36 \text{ atm} \cdot \text{L} = -3.28 \text{ kJ}$

$\Delta T = T_1 - T_3 = (273 - 1092)\text{K} = -819\text{K}$

$\Delta U = n C_v \Delta T = 1 \text{ mol} \cdot \frac{3}{2} R \cdot (-819\text{K}) = 1 \text{ mol} \cdot \frac{3}{2} \cdot 8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot (-819\text{K}) = -10.21 \text{ kJ}$   
 $\Delta U = q - w \therefore -10.21 \text{ kJ} = q - (-3.28 \text{ kJ}) \therefore q = -13.49 \text{ kJ}$

$\therefore \text{work} = -3.28 \text{ kJ}$   
 $\text{heat} = -13.49 \text{ kJ}$