

1.

300K, 15L, 15atm.

i) reversible isothermal expansion to 10 atm

$$(a) P_1 V_1 = P_2 V_2 \Rightarrow 15 \cdot 15 = 10 \cdot V_2 \quad \therefore V_2 = 22.5L$$

$$(b) W = \int P dV = \int_1^2 \frac{nRT}{V} dV = 225 \cdot \int_{15}^{22.5} \frac{1}{V} dV = 225 \ln \frac{3}{2} \approx 91.2 \text{ atm} \cdot L = 9241 \text{ J}$$

$$(c) q = W + \Delta U, \quad \Delta U = 0 \quad \therefore q = W = 9241 \text{ J}$$

$$(d) \Delta U = 0$$

$$(e) \Delta H = \Delta U + \Delta(PV) = 0$$

ii) reversible adiabatic expansion to 10 atm

$$(a) P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma \quad \text{where } \gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{5}{3} \Rightarrow 15 \cdot (15)^{\frac{5}{3}} = 10 \cdot (V_2)^{\frac{5}{3}} \quad \therefore V_2 = 19.1L$$

$$(b) W = -\Delta U = -nC_v \Delta T, \quad \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = \frac{P_2 V_2}{P_1 V_1} T_1 = 255K \Rightarrow \Delta T = T_2 - T_1 = -45K$$

$$\therefore W = -nC_v \Delta T = \frac{P_1 V_1}{T_1 R} \cdot \frac{3}{2} R \cdot (45) = 50.6 \text{ atm} \cdot L = 5127 \text{ J}$$

$$(c) q = 0$$

$$(d) \Delta U = nC_v \Delta T = -5127 \text{ J}$$

$$(e) \Delta H = nC_p \Delta T = \frac{P_1 V_1}{T_1 R} \cdot \frac{5}{2} R \cdot (-45) = -84.4 \text{ atm} \cdot L = -8552 \text{ J}$$

2.

273K, 1atm, 1mol

(a) constant pressure, $V \rightarrow 2V$

$$V = RT = 22.4L \quad W = \int P dV = \int_{22.4}^{44.8} 1 dV = 22.4 \text{ atm} \cdot L = 2270 \text{ J}, \quad T' = 546K$$

$$\Delta U = nC_v \Delta T = \frac{3}{2} R \cdot (273) = 3405 \text{ J} \quad \therefore q = W + \Delta U = 5675 \text{ J}$$

(b) constant volume, 1atm \rightarrow 2atm $T'' = 1092$

$$W = \int P dV = 0, \quad \Delta U = nC_v \Delta T = \frac{3}{2} R \cdot (546) = 6810 \text{ J} \quad \therefore q = W + \Delta U = 6810 \text{ J}$$

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

$$W = \int P dV = \int_{44.8}^{22.4} [2.214 \times 10^{-4} V^2 + 0.6667] dV = \left[2.214 \times 10^{-4} V^3 + 0.6667 V \right]_{44.8}^{22.4} = 32.36 \text{ atm} \cdot L = 3279 \text{ J}$$

$$\Delta U = nC_v \Delta T = \frac{3}{2} R \cdot (1092 - 273) = 10214 \text{ J}$$

$$\therefore q = W + \Delta U = 13493 \text{ J}$$

3.

1 mol, 10 atm, 300 K

(a) isothermal, 10 atm \rightarrow 5 atm

$$\Delta S = \frac{q}{T} = \frac{\Delta U + w}{T} = \frac{1}{T} \int p dV = \int_{V_i}^{V_f} \frac{R}{V} dV = R \ln \frac{V_f}{V_i} = R \ln \frac{P_i}{P_f} = \ln 2 \cdot R = 5.76 \text{ J/K}$$

(b) reversible adiabatic, 10 atm \rightarrow 5 atm

$$\Delta S = 0 \text{ J/K}$$

(c) constant volume, 10 atm \rightarrow 5 atm

$$\Delta S = \int \frac{1}{T} dq, dq = dU + dw = C_V dT \quad \therefore \Delta S = \int_{T_i}^{T_f} \frac{1}{T} C_V dT = \frac{3}{2} R \ln \frac{T_f}{T_i} = \frac{3}{2} R \ln \frac{P_f}{P_i} = -8.64 \text{ J/K}$$

4.

1 mol

(a) 300 K, 10 atm, expand freely $V \rightarrow 3V$

$$q = w = \Delta U = \Delta H = 0, \Delta S = R \ln \frac{V_f}{V_i} = \ln 3 \cdot R = 9.13 \text{ J/K}$$

(b) constant volume, reversibly 300 K \rightarrow 400 K

$$w = 0, \Delta U = C_V \Delta T = \frac{3}{2} R \cdot 100 = 1247 \text{ J}, q = \Delta U = 1247 \text{ J}, \Delta H = C_P \Delta T = \frac{5}{2} R \cdot 100 = 2079 \text{ J}$$

$$\Delta S = \int \frac{1}{T} dq = \int_{T_i}^{T_f} \frac{1}{T} C_V dT = \frac{3}{2} R \cdot \ln \frac{400}{300} = 3.59 \text{ J/K}$$

(c) constant temperature, reversibly $V \rightarrow 3V'$

$$\Delta U = 0, w = \int p dV = RT \int_{V_i}^{V_f} \frac{1}{V} dV = 400 R \ln 3 = 3654 \text{ J}, q = w = 3654 \text{ J}, \Delta H = 0$$

$$\Delta S = \int \frac{1}{T} dq = \frac{1}{T} \cdot q = 9.14 \text{ J/K}$$

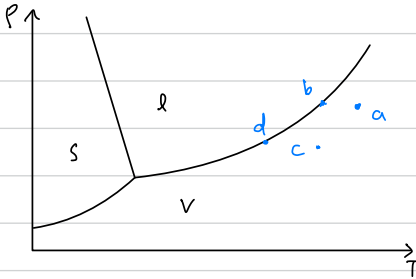
(d) constant pressure, reversibly 400 K \rightarrow 300 K

$$\Delta U = C_V \Delta T = -\frac{3}{2} R \cdot 100 = -1247 \text{ J}, q = \Delta H = C_P \Delta T = -\frac{5}{2} R \cdot 100 = -2079 \text{ J}$$

$$w = q - \Delta U = -832 \text{ J}, \Delta S = \int \frac{1}{T} dq = \int_{T_i}^{T_f} \frac{1}{T} C_P dT = \frac{5}{2} R \ln \frac{300}{400} = -5.98 \text{ J/K}$$

$$\therefore w_t = 2822 \text{ J}, \Delta U_t = 0 \text{ J}, q_t = 2822 \text{ J}, \Delta H_t = 0 \text{ J}, \Delta S_t = 15.88 \text{ J/K}$$

5.
 H_2O 의 $P-T$ diagram은 아래와 같다.



겨울철 히터를 켜 상태에서 자동차 내복의 공기는 a 상태에 있다고 생각할 수 있다.

이때, 내복의 공기가 차가운 창문과 만나면 온도가 급격히 내려가 b 상태로 이동하면서 액화 현상이 일어난다.

이를 제거하기 위해서 b 상태를 a 또는 c 상태로 이동시켜야 한다.

창 밖으로 히터가 향하게 한다면 $b \rightarrow a$ 상태로 이동시키는 것이고 $b \rightarrow c$ 는 에어컨을 사용하는 방식이다.

에어컨에는 제습기능이 있어 차 내복 공기의 습도를 낮출 수 있다.

따라서 두 방법 모두 사용할 수는 있지만, 장기적으로 보면 내복의 습도를 낮추는 에어컨이 더 좋다.

히터를 사용할 경우, 차안 공기가 더 이상 차를 향하지 않는다면 다시 b 상태로 이동해 김이 시킨다.

반면, 에어컨을 사용할 경우, c 상태에서 김이 생기지 위해 d 상태까지 이동해야 하므로, 에어컨을 끄더라도

쉽게 김이 생기지 않는다.

6.

관막이가 제거 된다면 기체 입자가 존재할 수 없는 부피가 증가하고 이는 기체 입자 배열의 정렬의 수를 기하급수적으로 늘린다.
엔트로피 $S = k \ln W$ 로 나타낼 수 있고 이때 W 은 경로의 수이다. 열역학 2법칙에 따르면 엔트로피는 항상 증가하는 방향으로 변화가 일어난다. 따라서 기체 입자가 빈 공간을 이동하지 않는 것은 열역학 2법칙을 거스르는 것으로 간주할 수 있다.
이것이 기체 입자들에서는 일종의 'force'라고 생각한다.

7.

microscopically reversible은 분자 단계에서 열역학 법칙을 지키면서 발생하는 가역과정이라고 생각한다.
다시 말해 $A \rightarrow B$ 상태로 이동한 반응이 일어났을 때 B 상태의 하나의 분자가 다시 A 과정으로 엔트로피의 변화 없이 돌아가는 것이다.
ideal한 상황에서만 가능하지만, 현실에서는 아탈과 같은 요인으로 인해 엔트로피의 변화가 생긴다.
macroscopically irreversible은 거시적 단계에서의 비가역 과정이라고 생각한다.
다시 말해, 초기 상태로 돌아가기 위해 엔트로피가 변한다는 것이다. 따라서 외력이 개입하지 않으면 초기상태로 돌아가지 못한다.