

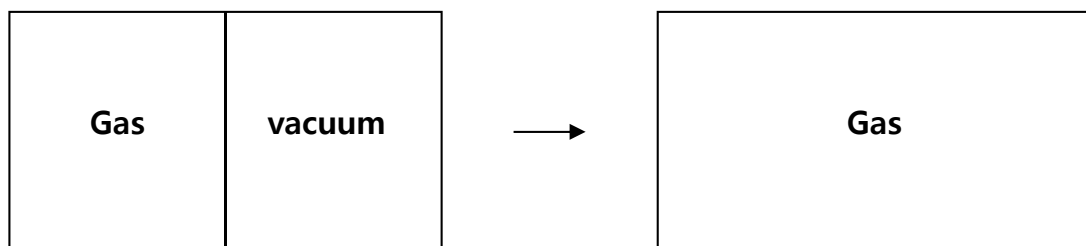
AMSE205 Thermodynamics I

due date: Sep. 26, 2023

Problem Set #1

Prof. Byeong-Joo Lee
calphad@postech.ac.kr
Room 1- 311

1. Gaskell and Laughlin, 6th Edition, Chap. 2, problem #1
2. Gaskell and Laughlin, 6th Edition, Chap. 2, problem #2
3. Gaskell and Laughlin, 6th Edition, Chap. 3, problem #1
4. Gaskell and Laughlin, 6th Edition, Chap. 3, problem #4
5. 늦가을 자동차를 운전하면 유리창에 김 서림이 문제가 된다. 자동차 유리창에 김이 서리는 이유를 H_2O 의 PT diagram을 이용하여 과학적으로 설명하시오. 이를 제거하기 위해 냉난방 장치를 이용할 경우 창 쪽으로 더운 공기가 나오게 하는 것이 현명한 가, 아니면 에어컨 바람이 나오게 하는 것이 현명한 가? 근거를 대고 설명하시오.
6. 왼쪽 그림과 같이 한쪽 box에 갇혀있던 ideal gas 입자들은 칸막이를 제거할 경우 진공 영역으로 퍼져 나가 통합된 전체 box 내에서 균일하게 분포를 하게 된다. 각 gas 입자들은 칸막이가 제거된 순간 옆에 빈 공간이 있으며 그리로 퍼져 나가야 할 운명이라는 것을 미리 알고 있었을까? (퍼져 나가야 할 어떤 force 같은 것을 느끼게 되는 걸까?) 이 문제에 대한 견해를 밝히시오.



7. "Microscopically reversible, macroscopically irreversible"이라는 표현이 전달하고자 하는 의미가 무엇일지 각자 이해한 대로 의미를 설명하시오.

#1 Chap. 2, problem #1

T) A reversible isothermal expansion to a pressure of 10atm (가역등온팽창)

(a)

$$PV = \text{constant} (\Delta T = 0) \Rightarrow 10\text{atm} \times 15\text{L} = 1\text{atm} \times V_1 \Rightarrow \underline{V_1 = 22.5\text{L}}$$

(b)

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{10\text{atm} \times 15\text{L}}{0.08206\text{atm}\cdot\text{L}/\text{mol}\cdot\text{K} \times 300\text{K}} = 9.14\text{mol}$$

$$w = \int P dV = nRT \int_{15\text{L}}^{22.5\text{L}} \frac{1}{V} dV = 9.14\text{mol} \cdot 8.314\text{J}/\text{mol}\cdot\text{K} \times 300\text{K} \cdot \ln\left(\frac{22.5\text{L}}{15\text{L}}\right) = 9243.8\text{J} \approx 9244\text{J}$$

$$(c) (\Delta T = 0 \rightarrow \Delta U = \Delta H = 0) \rightarrow \Delta U = q - w \Rightarrow \underline{q = w = 9243.8\text{J} \approx 9244\text{J}}$$

$$(d) \Delta T = 0 \Rightarrow \Delta U = \Delta H = 0 \Rightarrow \text{이때 내부에너지 변화 } \Delta U = 0$$

$$(e) \Delta T = 0 \Rightarrow \Delta U = \Delta H = 0 \Rightarrow \text{이때 엔탈피 변화 } \Delta H = 0$$

TT) A reversible adiabatic expansion to a pressure of 10atm.

$$(a) PV^\gamma = \text{constant} \rightarrow \gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{2.5R}{1.5R} = \frac{5}{3}$$

$$10\text{atm} \times (15\text{L})^{\frac{5}{3}} = 1\text{atm} \times (V_2)^{\frac{5}{3}} \Rightarrow \underline{V_2 = 19.13\text{L}}$$

$$(b) \frac{PV}{T} = \text{constant} \Rightarrow \frac{10\text{atm} \cdot 15\text{L}}{300\text{K}} = \frac{1\text{atm} \cdot 19.13\text{L}}{T_2} \Rightarrow T_2 = 255\text{K}$$

$$q = 0 \rightarrow w = -\Delta U = \int_{300\text{K}}^{255\text{K}} -nC_v dT = -9.14\text{mol} \times 1.5 \times 8.314\text{J}/\text{mol}\cdot\text{K} \times (255\text{K} - 300\text{K}) = 6129.6\text{J} \approx 6130\text{J}$$

$$(c) \text{Adiabatic Process} \Rightarrow q = 0$$

$$(d) \Delta U = -w = -6129.6\text{J} \approx -6130\text{J}$$

$$(e) \Delta H = nC_p dT$$

$$\Delta H = nC_p(255\text{K} - 300\text{K}) = 9.14\text{mol} \times 2.5 \times 8.314\text{J}/\text{mol}\cdot\text{K} \times (255\text{K} - 300\text{K}) = -8549.2\text{J} \approx -8549\text{J}$$

#2 Chap. problem #2

(a) $\frac{PV}{T} = \text{constant}$

Initial state $T_1 = 273\text{K}$, $P_1 = 1\text{atm}$, $n = 1\text{mol}$, $V_1 = \frac{nRT}{P} = 22.4\text{L}$

↓ doubling V (P constant)

$T_2 = 546\text{K}$, $P_2 = 1\text{atm}$, $n = 1\text{mol}$, $V_2 = 44.8\text{L}$

$W = P\Delta V = 1\text{atm} \cdot (44.8\text{L} - 22.4\text{L}) \cdot \frac{8.3144\text{J}}{0.08206\text{atm}\cdot\text{L}} = 2269.6\text{J} \approx 2270\text{J}$

$q = \Delta U + W = nC_V\Delta T + W = \frac{3}{2}R(546\text{K} - 273\text{K}) + 2269.6\text{J} = 5694.3\text{J} \approx 5694\text{J}$

$W = 2270\text{J}$ $q = 5694\text{J}$

(b) $\frac{PV}{T} = \text{constant}$

Initial state $T_1 = 546\text{K}$, $P_1 = 1\text{atm}$, $n = 1\text{mol}$, $V_1 = 44.8\text{L}$

↓ doubling P (V constant)

$T_2 = 1092\text{K}$, $P_2 = 2\text{atm}$, $n = 1\text{mol}$, $V_2 = 44.8\text{L}$

$W = 0$ ($\Delta V = 0$)

$q = \Delta U + W = nC_V\Delta T + W = \frac{3}{2}R(1092\text{K} - 546\text{K}) + 0 = 6810.5\text{J} \approx 6810\text{J}$

$W = 0$ $q = 6810\text{J}$

(c)

initial state $T_3 = 1092\text{K}$, $P_3 = 2\text{atm}$, $n = 1\text{mol}$, $V_3 = 44.8\text{L}$

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

$T_1 = 273\text{K}$, $P_1 = 1\text{atm}$, $n = 1\text{mol}$, $V_1 = 22.4\text{L}$

$W = \int P dV = \int_{44.8\text{L}}^{22.4\text{L}} (6.643 \times 10^{-4} V^2 + 0.6667) dV = \left[\frac{6.643}{3} \times 10^{-4} V^3 + 0.6667 V \right]_{44.8\text{L}}^{22.4\text{L}} \times \frac{8.3144\text{J}}{0.08206\text{atm}\cdot\text{L}}$

$= -3278.4\text{J} \approx -3278\text{J}$

$q = \Delta U + W = nC_V\Delta T + W = \frac{3}{2}R(273\text{K} - 1092\text{K}) - 3278.4\text{J}$

$= -13492.6\text{J} \approx -13493\text{J}$

$W = -3278\text{J}$ $q = -13493\text{J}$

#3 Chap. 3. problem #1

(a) Isothermal

$$q = w = \int P dV = RT \int_{V_1}^{2V_1} \frac{1}{V} dV$$

$$\Delta S = \frac{q}{T} = R \int_{V_1}^{2V_1} \frac{1}{V} dV = R \ln 2 = 1 \text{ mol} \times 8.3144 \text{ J/mol} \cdot \text{K} \times \ln 2 = \underline{5.76 \text{ J/K}}$$

(b) adiabatic $\rightarrow q=0$ + reversible $\Rightarrow \Delta S = \frac{q}{T} = 0 \text{ J/K}$

$$\Delta S = \frac{q}{T} + \Delta S_{irr} = \frac{q_{rev}}{T}$$

(c) constant Volume.

$$\frac{PV}{T} = \text{constant} \rightarrow \text{압력 1배 늘면 온도는 1/2}$$

$$dU = q \Rightarrow dU = nC_V dT$$

$$\Delta S = \int \frac{dq}{T} = nC_V \int_{T_1}^{T_2} \frac{1}{T'} dT' = 1 \text{ mol} \times \frac{5}{2} \times 8.3144 \text{ J/mol} \cdot \text{K} \times \ln \frac{1}{2} = \underline{-8.64 \text{ J/K}}$$

#4 Chap 3 problem #4

$$q = 50.79 + 1.97 \times 10^{-3} T - 4.92 \times 10^6 T^{-1} + 8.20 \times 10^8 T^{-2} \text{ J/mol} \cdot \text{K}$$

풀이

(1) 열량

$$\begin{aligned} \Delta H &= \int_{T_1}^{T_2} q dT = 50.79 [1273 - 298] + \frac{1.97 \times 10^{-3}}{2} [1273^2 - 298^2] + 4.92 \times 10^6 \left[\frac{1}{1273} - \frac{1}{298} \right] \\ &\quad - \frac{8.20 \times 10^8}{2} \left[\frac{1}{1273^2} - \frac{1}{298^2} \right] \\ &= 49120 + 1509 - 12645 + 4364 \\ &= \underline{+2750 \text{ J}} \end{aligned}$$

풀이

(2) 엔탈피 $\rightarrow \Delta H = \Delta H$

$$\begin{aligned} \Delta S &= \int_{T_1}^{T_2} \frac{nC_P dT}{T} = 50.79 \ln \frac{1273}{298} + 1.97 \times 10^{-3} (1273 - 298) + \frac{4.92 \times 10^6}{2} \left[\frac{1}{1273^2} - \frac{1}{298^2} \right] \\ &\quad - \frac{8.20 \times 10^8}{2} \left[\frac{1}{1273^3} - \frac{1}{298^3} \right] \\ &= 12.7 + 1.9 - 2.2 + 10.2 = \underline{59.7 \text{ J/K}} \end{aligned}$$

소제출문제 Problem Set #1 2021094 제출용.

#5 눈사람은 마찰력으로 자동과 내부의 얼음이 외부의 얼음보다 높다. 즉, 외부와 내부의 온도차 존재한다, 수증기를 포함하고 있는 자동과 내부의 수증기 양이 상대적으로 작은 우리강과 전철이엔 vapor $\rightarrow$ liquid 의 상변화(응축)가 일어난다. 즉, 자동과 우리강의 경이 사라지 된다. 이를 PT diagram 으로 설명해보면, 차동내부의 공기는 A의 상태로 존재하고 있을 것이다. A 상태의 공기가 차동과 우리강과 접하게 되면 온도가 내려가 $A \rightarrow B$ 로 이동하게 된다. (1atm 수증기의 온도) B상태에서 도달하게 되면 vapor $\rightarrow$ liquid로 상변화(응축) 일어난다. 차동이 경이 사라지 된다.

차동의 온도변화를 방지하기 위해서는 vapor $\rightarrow$ liquid로 상변화가 일어나지 않도록 해야한다. 따라서, 차동으로 들어온 수증기의 나가기 하는 것이 중요하다. 수증기를 내기 위해서는 차동하의 위해 공기 중 수증기를 차동과 우리강의 경이 사라지 방지할 수 있다. ($B \rightarrow C$)

$B \rightarrow A$ 과정의 공기를 들어온 것을 차동과 일정한 온도차 있을 수 있으나 곧 더 심한 온도차를 불러오게 된다. 자동과가 당리면서 우리강의 밑부분은 포화상태로 수증기를 내기 온도를 떨어뜨리게 한 것이 공기의 수증기 비열은 것이다.

