

PHYSICAL CHEMISTRY

MIDTERM EXAM(20/4/2021) Dept. Chem. & Bio. Eng., Korea Univ.
(TAKE-HOME EXAM)

Prof. D. J. Ahn

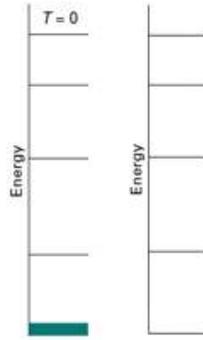
1(30). 다음 물음에 답하시오.

(a:5) 온도 T 가 $0K$ 일 때 입자들의 에너지 준위 확률 분포는 [그림 1]과 같다. 온도가 $0K$ 에서 증가하여 무한히 승온할 때 이에 따른 입자 에너지 준위 확률 분포 변화를 설명하고, 확률 분포를 [그림 a]에 직접 나타내시오.

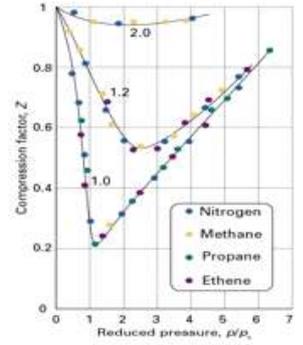
(b:10) Ideal Gas와 Real Gas를 비교하여 설명하시오. 또, Real Gas의 경우에 대해 Lennard-Jones potential의 개념에 근거하여 Compression factor(Z)의 변화를 설명하시오.

(c:5) 가역과정(reversible process)을 정의하시오.

(d:10) [그림 2]의 그래프가 묘사하는 것이 무엇인지 지칭하고, 이것의 장단점을 설명하시오. (그림 2의 파라미터 값은 T_r 을 의미함)



[그림 1] [그림 a]



[그림 2]

2(20). 다음 질문에 답하시오.

(a:5) Lennard-Jones potential 식을 나타내고, 각 항이 나타내는 의미를 정의하시오. 또한 이들의 합인 potential energy(Φ)의 의미를 서술하시오.

(b:7) 진공 상에서 제일 안정적인 상태를 가지는 분자 거리(r)와 에너지를 산소와 질소에 대하여 각각 구하시오.

	$(\epsilon/k_B)/K$	r_0/pm
O₂	91.85	391.9
N₂	113.27	365.4

($k_B = 1.381 \times 10^{-23} J/K$)

(c:8) 두 산소 분자 사이의 Potential energy-Separation의 관계로부터, Force-Separation의 관계식을 구하시오. 또한, 각각을 아래에 직접 도시하시오.



3(20). $dU = TdS - PdV$ 와 $H(\equiv U + PV)$, $A(\equiv U - TS)$, $G(\equiv H - TS)$ 정의들 및 Maxwell Relation을 활용하여 답하시오.

(a:4) dU , dH 를 다음의 parameter로 표현하시오: C_v, C_p, μ, π_T (풀이과정 포함)

(b:4) $P(V_m - b) = RT$ 를 만족하는 기체에 대하여 α (expansion coefficient), κ_T (isothermal compressibility) 를 구하시오.

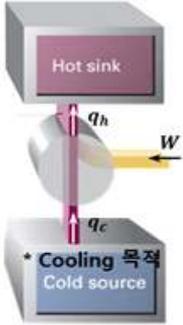
(d:6) π_T (internal pressure)의 의미를 설명하고, (c)기체에 대하여 π_T 를 구하시오.(아래 π_T 표현식 유도)

(e:6) μ (Joule-Thomson coefficient)의 의미를 설명하고, (c)기체에 대하여 μ 를 구하시오.(아래 μ 표현식 유도)

$$\ast \alpha = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P ; \kappa_T = - \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_T ; \pi_T = T \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_V - P ; \mu = - \frac{1}{C_p} \left(V - T \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P \right)$$

4(20). Virial EOS $PV_m = RT(1 + B/V_m + C/V_m^2 + \dots)$ 를 만족하는 기체(CO_2 , H_2 , He , N_2)들을 이용하여 Linde 장치를 설계하고자 한다. (여기서, $n=1 \text{ mol}$, $B=\beta/RT$, $C=D=..=0$, $C_{p,m}=\text{Constant}$ 로 가정, β 는 [표 1]참조, $R=0.08206 \text{ L}\cdot\text{atm}/\text{mol}\cdot\text{K}$)

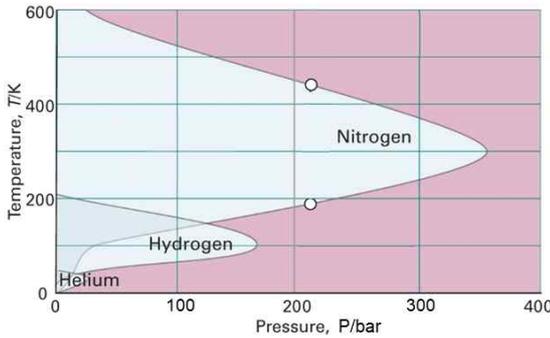
- (a:6) 열역학 1, 2 법칙들을 모두 활용하여 [그림 3] 공정의 가능성을 판단하시오.
- (b:6) 노즐을 통과하는 기체의 압력이 급격히 감소할 경우 각 기체들의 온도변화에 대해 설명하고, 냉매로 사용할 수 있는 기체(들)을 선택하시오. ([표 1]의 data 사용)
- (c:8) 선택된 기체(들)을 사용하는 Linde 장치([그림 5])의 작동원리를 설명하시오.



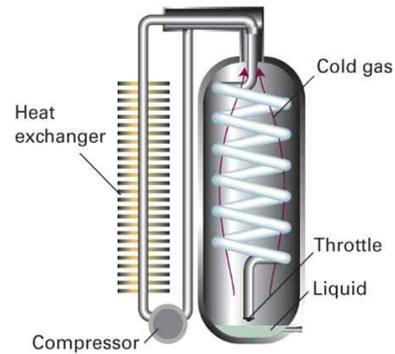
[그림 3]

[표 1]

	$\beta/10^{-3}(\text{L}^2\cdot\text{atm}\cdot\text{mol}^{-2})$			$V_m/10^{-3}(\text{L}\cdot\text{mol}^{-1})$		
	100K	273K	373K	100K	273K	373K
H_2	-16.4	306.9	477.5	82.2	224.5	306.7
He	93.5	268.8	345.9	82.8	226.1	308.9
CO_2	-	-3181.1	-2209.9	81.5	222.6	304.1
N_2	-1313.0	-235.2	189.8	82.1	224.0	306.1



[그림 4]

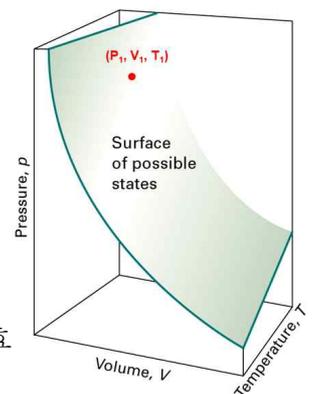


[그림 5]

5(30). Ideal gas를 활용하여 온도 400°C 와 100°C 사이에서 소형 Carnot cycle이 다음과 같이 운용되고 있다.

- 1단계 공정: (P_1, V_1, T_1) 에서 (P_2, V_2, T_2) 로 isothermal expansion
 - 2단계 공정: (P_2, V_2, T_2) 에서 (P_3, V_3, T_3) 로 adiabatic expansion
 - 3단계 공정: (P_3, V_3, T_3) 에서 (P_4, V_4, T_4) 로 isothermal compression
 - 4단계 공정: (P_4, V_4, T_4) 에서 (P_1, V_1, T_1) 으로 adiabatic compression
- (여기서, $V_1=40 \text{ ml}$, $V_2=80 \text{ ml}$, $V_3=100 \text{ ml}$, $V_4=60 \text{ ml}$)

- (a:5) 각 공정단계(1~4)의 개형을 우측 [그림 6]의 공간에 개략적으로 나타내시오.
- (b:15) 주어진 공정조건을 활용하여, 각 공정단계 및 전체 cycle에 대해 q , w , ΔU , ΔH 값 및 공정의 효율을 구하시오.
- (c:10) 위 공정을 역방향으로 운용할 때 발생하는 상황을 설명하고, 이 때 공정의 효율을 구하시오.



[그림 6]

※ 총점 120점