

# PHYSICAL CHEMISTRY

EXAM I (4/13/2017) 총150점

Dept. Chem. & Biol. Eng., Korea Univ.

Prof. D. J. Ahn

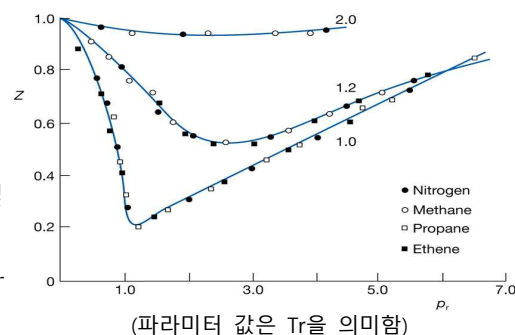
1(35). 다음에 답하시오.

(a:10) 열역학 1법칙과 2법칙을 정의하고, 이 두 가지 법칙에 기반하여 화학공학자가 성취하고자 하는 목표에 대해 설명하시오.

(b:5) 단위자분자, 선형분자의 운동에 대해 설명하시오.

(c:10) Perfect gas law, van der Waals EOS, virial EOS의 장단점을 상호 비교하시오.

(d:10) 오른쪽 그림이 묘사하는 것은 무엇인지 지칭하고, 이것의 장단점을 설명하시오. (수리적 증명과정이 있으면 추가점수 부여함)



2(25). The mass density of water vapour at 327.6 atm and 776.4 K is  $133.2 \text{ kg m}^{-3}$ . Given that for water  $T_c = 647.4 \text{ K}$ ,  $P_c = 218.3 \text{ atm}$ ,  $a = 5.464 \text{ dm}^6 \text{ atm mol}^{-2}$ ,  $b = 0.03049 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$ ,  $M = 18.02 \text{ g mol}^{-1}$ , and gas constant  $= 0.08206 \text{ dm}^3 \text{ atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ .

(a:5) Calculate the molar volume.

(b:10) Calculate the compression factor from the data.

(c:10) Express the vdW equation of state as a virial expansion in powers of  $1/V_m$  and obtain expressions for B and C in terms of the parameters a and b. The expansion you will need is

$[(1-x)^{-1} = 1 + x + x^2 + \dots]$ . Also, calculate the compression factor from the virial expression of the van der Waals equation.

3(20). 일정 압력(1 atm)하에서 각각 1 mol의 분자 A, B의 온도가 298K로부터 473K로 올라갈 때,  $\Delta H_A^\theta$ 와  $\Delta H_B^\theta$ 를 계산하시오. 또한 473K에서  $A \rightarrow 2B$ 의 반응이 일어날 때  $\Delta_r H^\theta$ 를 계산하시오.

(298K에서 standard enthalpy of formation는  $\Delta_f H_A^\theta = 294.1 \text{ kJ mol}^{-1}$ ,  $\Delta_f H_B^\theta = 0$ )

[표3-1. Standard enthalpies of fusion and vaporization at the transition temperature]

	$T_f/K$	$\Delta_{fus} H^\theta / (\text{kJ mol}^{-1})$	$T_b/K$	$\Delta_{vap} H^\theta / (\text{kJ mol}^{-1})$
A	195.4	5.652	239.7	23.35
B	386.8	15.52	458.4	41.80

[표3-2. Temperature variation of molar heat capacities,  $C_{p,m} / (\text{JK}^{-1} \text{mol}^{-1}) = a + bT + c/T^2$ ]

	a	$b / (10^{-3} \text{K}^{-1})$	$c / (10^5 \text{K}^2)$
A(g)	29.75	25.1	-1.55
B(g)	37.40	0.59	-0.71
A(l)	79.5	0	0
B(l)	80.33	0	0
A(s)	20.67	12.38	0
B(s)	40.12	49.79	0

4(10). 아래와 같은  $\mu$  (Joule-Thomson coefficient)와  $C_{p,m} - C_{V,m}$  (Heat capacity)의 관계식을 표현하고, 이상 기체일 때의  $\mu$  와  $C_{p,m} - C_{V,m}$  값을 각각 구하시오.

$$\mu = -\frac{1}{C_{p,m}} \left( V_m - T \left( \frac{\partial V_m}{\partial T} \right)_p \right) C_{p,m} - C_{V,m} = -\frac{T(\partial V_m / \partial T)_p^2}{(\partial V_m / \partial p)_T}$$

$$\ast dU = TdS - pdV \quad H \equiv U + pV \quad A \equiv U - TS \quad G \equiv H - TS \quad C_{p,m} - C_{V,m} = T(\partial p / \partial T)_V (\partial V_m / \partial T)_p$$

5(60).  $pV_m = RT(1 + B/V_m + C/V_m^2 + \dots)$  만족하는 기체가 closed system에서 그림 5-1과 같이 reversible adiabatic process (1→2), isochoric process (2→3), 그리고 reversible isothermal process (3→1)의 공정으로 구성되어 있다.

(n = 1 mol;  $B = \beta/RT$   $C = D = \dots = 0$ ;  $C_{V,m} = \text{Constant}$ )

(a:10) System의 관점에서 각 공정단계의 q 와 w의 부호를 나타내시오. (설명 추가하여야 함)

(b:15) 각 공정단계 및 전체 Cycle에 대해 q, w,  $\Delta U$ 의 관계식을 구하시오.

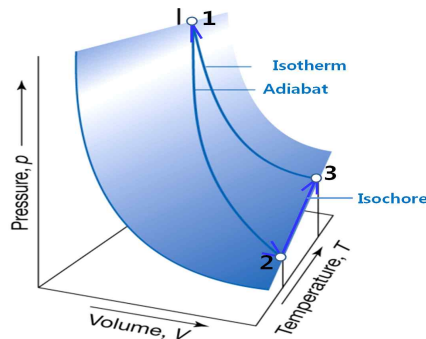
(c:5) 냉장고(그림 5-2)의 작동원리를 설명하시오

(d:5)  $\mu$  (Joule-Thomson coefficient)의 의미를 설명하시오.

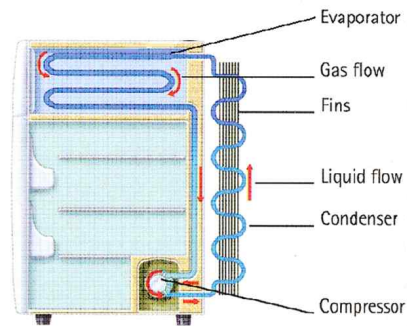
(e:15) Virial EOS를 만족시키는  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ , He, 그리고  $\text{N}_2$ 을 냉장고의 냉매(Refrigerant)로 이용하고자 한다. Virial EOS를 활용하여 Joule-Thomson coefficient를 구하고, 표 5-1을 참조하여 일상생활에서 작동하는 냉장고에 사용할 냉매를 선택하고 그 이유를 설명하시오.

(f:10) 갑자기 한반도에 몰아닥친 극한 한파로 인해 Heater가 필요해졌다. 냉장고를 활용하여 생존전략을 구상하시오.

$\ast B = \beta/RT \rightarrow 0$ 로 가정하여 풀이할 경우 (b), (e) 부분에 30% 점수부여



[그림 5-1]



[그림 5-2]

	Second virial coefficients, $B/(\text{cm}^3 \text{ mol}^{-1})$			$V_m/(\text{cm}^3 \text{ mol}^{-1})$
	100 K	273 K	373 K	273 K
$\text{CO}_2$		-142.0	-72.2	222.6
$\text{H}_2$	-2.0	13.7	15.6	224.5
He	11.4	12.0	11.3	226.1
$\text{N}_2$	-160.0	-10.5	6.2	224.0

[표 5-1]