

PHYSICAL CHEMISTRY

EXAM I (4/9/2015) 총150점

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

Prof. D. J. Ahn

1(30). 다음에 답하시오.

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

(b:10) 가역과정(reversible process)의 과정을 묘사하고 정의하시오. 또한, 엔트로피(S)를 이용하여 설명하시오.

(c:10) 교과서에 나온 Equation of state(EOS)의 종류(대분류)에 대해 열거하고 EOS의 유용성을 설명하시오.

2(30). 다음과 같은 EOS를 만족하는 상태의 기체에 대해 답하시오.

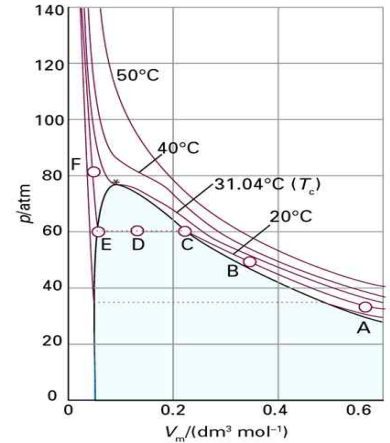
$$P = \frac{RT}{V_m - b} - \frac{a}{TV_m^2} \quad (\text{Berthelot Equation of State})$$

(a:10) 이 기체의 critical constants를 a와 b의 함수로 표현하시오.

(b:10) Principles of corresponding state를 이용하여 위 기체를 reduced variables로 나타낸 EOS로 표현하시오.

(c:10) 위 EOS를 활용하여 20°C에서 기체의 vapor pressure를 구하는 과정을 설명하시오. (오른쪽 그림 참조)

※ 주어진 EOS가 아닌 van der Waals EOS를 활용할 경우 50% 점수부여



3(30).(a:12) π_T (internal pressure), α (expansion coefficient), κ_T (isothermal compressibility), 그리고 μ (Joule-Thomson coefficient)의 의미를 설명하시오.

(b:18) 기체가 $P(V_m - b) = RT$ 를 만족할 경우 π_T , α , κ_T , μ 를 구하시오. (π_T 또는 μ 표현식을 유도하면 추가 5점)

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

$$\text{※ } dU = TdS - PdV, \quad H = U + PV, \quad A = U - TS, \quad G = H - TS$$

4(60). $PV_m = RT(1 + B/V_m + C/V_m^2 + \dots)$ 를 만족하는 기체가 closed system에서 그림 4-1과 같이 reversible adiabatic process (1→2), isochoric process (2→3), 그리고 reversible isothermal process (3→1)의 공정으로 구성되어 있다.

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

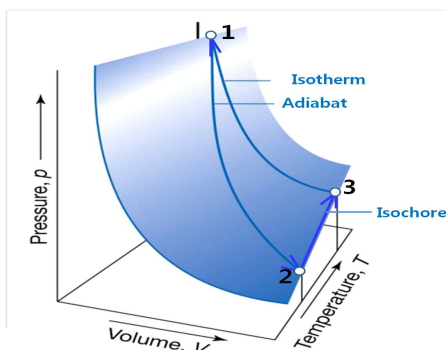
(a:10) System의 관점에서 각 공정단계의 q와 w의 부호를 나타내시오. (설명 추가하여야 함)

(b:20) 각 공정단계 및 전체 Cycle에 대해 q, w, ΔU 의 관계식을 구하시오.

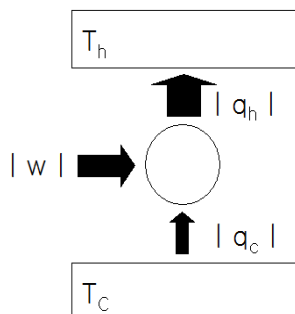
(c:10) 이 공정을 냉장고로 활용하고자 한다(그림 4-2 참조). 냉장고의 효율은 COP로 평가할 수 있다. COP를 향상하는 방안을 제안하시오. ※ COP(coefficient of performance): $c = |q_c|/|W|$

(d:20) Virial EOS를 만족시키는 CO₂, H₂, He, 그리고 N₂을 냉장고의 냉매(Refrigerant)로 이용하고자 한다. Virial EOS를 활용하여 Joule-Thomson coefficient μ 를 구하고, 표 4-1, 4-2를 참조하여 일상생활에서 작동하는 냉장고에 사용할 냉매를 선택하고 그 이유를 설명하시오..

※ 만일 B=0인 경우를 활용하여 풀이할 경우 (a)을 제외한 나머지 부분에 30% 점수부여



[그림 4-1]



[그림 4-2]

Second virial coefficients, $B/(\text{cm}^3 \text{mol}^{-1})$			
	100 K	273 K	373 K
CO ₂		-142.0	-72.2
H ₂	-2.0	13.7	15.6
He	11.4	12.0	11.3
N ₂	-160.0	-10.5	6.2

[표 4-1]

$V_m/(\text{cm}^3 \text{mol}^{-1})$	
	273 K
CO ₂	222.6
H ₂	224.5
He	226.1
N ₂	224.0

[표 4-2]