

# PHYSICAL CHEMISTRY

EXAM III A형

(6/15/2017) 총 100점

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

Prof. D. J. Ahn

$$dU = TdS - PdV, \quad dH = TdS + Vdp, \quad dA = -SdT - pdV, \quad dG = -SdT + Vdp$$

$$\pi_T = \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = -P + T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V, \quad \mu = \left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_H = -\frac{1}{C_p} \left[ V - T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p \right]$$

1(40).  $P_r^{sat} = 66.115$ ,  $T_r = 0.7$ 을 만족하는 Peng Robinson 기체를 PR기체라고 부르기로 하였으며, 해당 EOS는 아래와 같다. 다음 질문에 답하시오.

PR EOS : 
$$P = \frac{RT}{(V_m - b)} - \frac{a_c \alpha(T)}{V_m(V_m + b) + b(V_m - b)}$$

where,  $\alpha_{PR}(T_r; \omega) = [1 + (0.37464 + 1.54226\omega - 0.26992\omega^2)(1 - T_r^{1/2})]^2$

$\omega = -1.0 - \log(P_r^{sat})_{T_r=0.7}$

(a:12) PR기체의 adiabatic, isothermal, isobaric, isochoric 공정에 대한 P-V 관계식을 구하시오.

(b:8)  $\mu$  (Joule-Thomson coefficient)를 나타내는 관계식을 유도하고, PR기체의  $\mu$  값을 나타내시오.

(c:8) PR기체와 Bernoulli장치(Nozzle, 압력펌프, 열교환기로 구성됨)를 이용하여 열을 생산할 수 있는 방법에 대해 논하시오.

(d:12) PR기체의 관계식을  $1/V_m$ 의 power series로 표현된 virial expansion으로 나타내고, 이를 이용해 아래 조건일 때 compression factor(Z)를 구하시오. (단,  $(1-x)^{-1} = 1 + x + x^2 + \dots$ 을 만족한다)

※ 다음과 같이 Data가 주어졌다.

Density :  $133.2 \text{ kg m}^{-3}$  at 327.6 atm, 776.4 K

Molecular weight :  $18.02 \text{ g mol}^{-1}$

R :  $0.08206 \text{ dm}^3 \text{ atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

a :  $5.464 \text{ dm}^6 \text{ atm mol}^{-2}$

b :  $0.03049 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$

2(30). Carnot cycle이 1.00 mol의 van der Waals gas

$(P = \frac{RT}{V_m - b} - \frac{a}{V_m^2})$  를 작동 물질로 사용하며, 초기 상태는

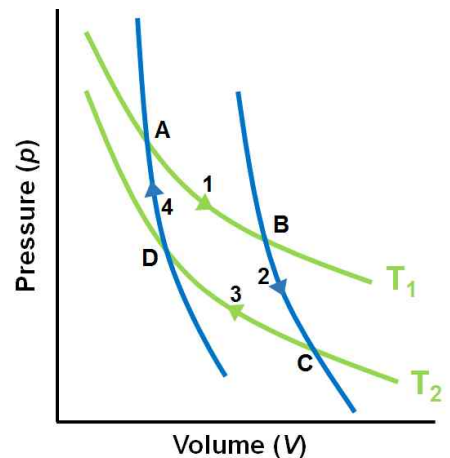
$5.708 \times 10^{-3} \text{ m}^3$  과 700 K 이다. 이 system은 부피가  $0.0574 \text{ m}^3$ 이 될 때까지 등은 팽창하고(단계 1), 이어서 온도가 400 K가 될 때까지 단열 팽창한다.(단계 2) 이어서 부피가  $0.01222 \text{ m}^3$ 이 될 때까지 등은 압축한다.(단계 3) 마지막으로 단열 압축(단계 4)에 의해서 처음 출발 상태로 돌아간다. 다음 질문에 답하시오.

(여기서,  $a = 0.4224 \text{ m}^6 \text{ Pa/mol}^2$ ,  $b = 3.71 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{mol}$ ,  $C_{v,m} = 1.5R$ ,  $C_{p,m} = 2.5R$ )

(a:5)  $\pi_T$  관계식을 유도하고, vdW 기체의 internal pressure를 구하시오.

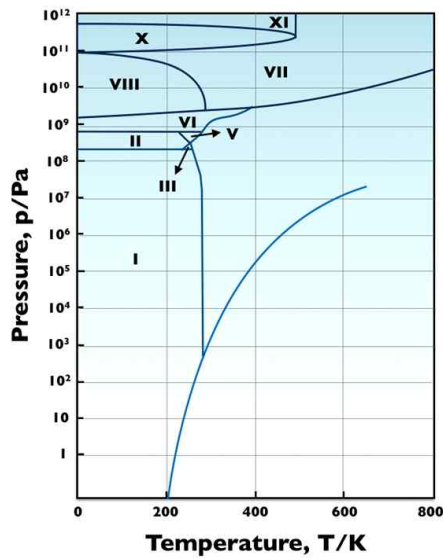
(b:20) 각 공정단계(1~4)와 전체 cycle에 대해 q, w,  $\Delta U$ ,  $\Delta S$ 의 표현식을 유도하고, 그 값들을 계산하시오.

(c:5) 전체 공정의 효율을 계산하시오.

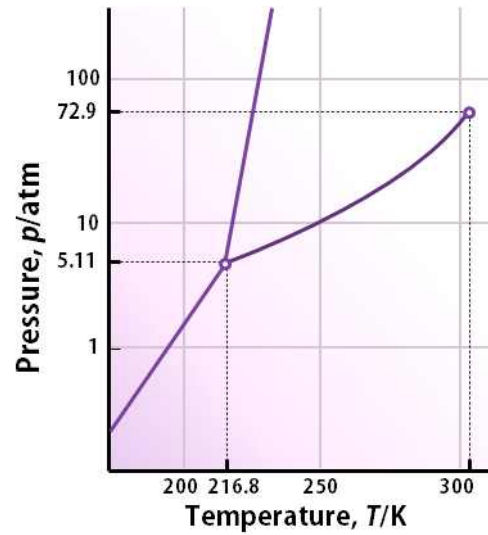


- 3(30). 아이언맨이 순수한 물질  $H_2O$ 에 관심이 크다. 이 물질의 P-T 상평형도를 분석하여 아래에 답하시오.
- (a:6) 아이언맨이 지표면의 기압이  $5 \times 10^6$  Pa인 행성에 불시착했다. 지표면에서 온도의 증감에 따라 안정한 평형상태 상(phase)이 무엇인지 Gibbs Energy 관점에서 판단하시오.
- (b:6) 압력이 지표면의 1/10로 감소하였을 때, 상전이 온도의 변화를 Gibbs Energy 관점에서 분석하시오.
- (c:6) 지표면으로부터 27km 상공으로 올라갔을 때, 온도 값에 따라 가장 안정한 상이 무엇인지 판단하시오.
- (d:12) 물질  $CO_2$ 에 대해 질문(a)–(c)를 답하시오. ( $H_2O$ 와 비교분석 포함)

※ 고도(m) =  $43582 \times \left( 1 - \left( \frac{p}{p_0} \right)^{\frac{1}{9.322}} \right)$ ,  $p_0 = 5 \times 10^6$  Pa)



$H_2O$ 의 상평형도



$CO_2$ 의 상평형도

[ 총 100점 ]