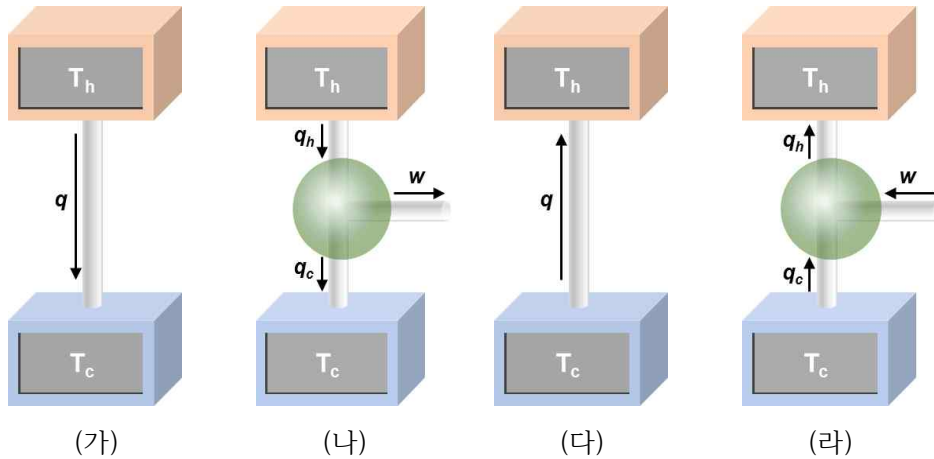


$$dU = TdS - PdV, \quad dH = TdS + Vdp, \quad dA = -SdT - pdV, \quad dG = -SdT + Vdp$$

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

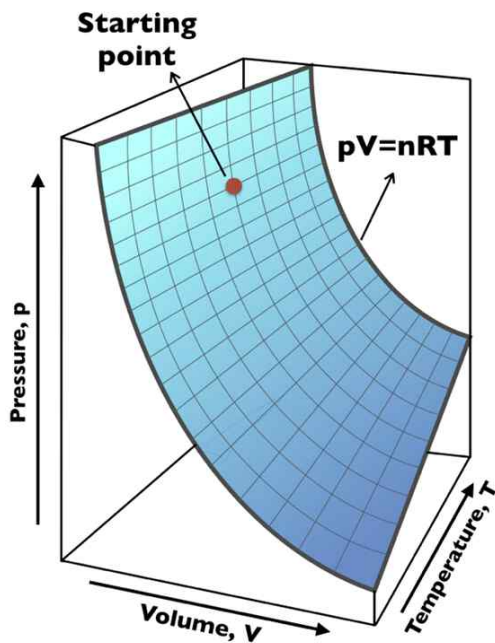
1(20). 아래 그림은 열 흐름에 관련한 모식도이다 ($T_h > T_c$). Entropy 개념을 활용하여 다음 (가)~(라) 공정의 가능성을 각각 판단하시오. 또한 각 공정의 효율을 정의하고 (가능하면) 그 값을 구하시오.



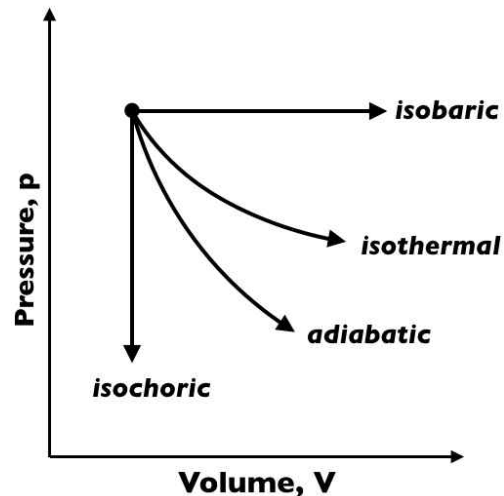
2(38). Polytropic Process에 관련하여 다음 질문에 답하시오.

(a:4) 그림 1은 이상기체의 PVT 3차원 표면이다. 2차원 PV좌표(그림 2)에 표현한 각 Polytropic Process를 그림 1 공간상에서 표현하시오. (시험지에 작성)

(b:8) 이상기체의 Polytropic Process는 $PV^\delta = \text{const}$ 표현식을 따른다. 4가지 공정에 대한 P-V 관계식을 구하시오.



[그림 1]



[그림 2]

(c:10) Real Gas를 표현하는 Generic Cubic Equation of State(EOS)가 아래와 같이 표현된다.

$$P = \frac{RT}{(V_m - b)} - \frac{a(T)}{(V_m + \epsilon b)(V_m + \sigma b)} \quad (\text{여기서, } a(T) = \psi \frac{\alpha(T_r) R^2 T_c^2}{P_c})$$

이로부터 여러 가지 EOS들을 도출할 수 있다. 아래 표에서 ①~⑧를 완성하시오.

[표1. Parameter Assignments for Equations of State]

EOS	$\alpha(T_r)$	σ	ϵ	Z_c
vdW (1873)	1	①	②	3/8
RK (1949)	$T_r^{-1/2}$	③	④	1/3
SRK (1972)	$\alpha_{SRK}(T_r; \omega)$	⑤	⑥	1/3
PR (1976)	$\alpha_{PR}(T_r; \omega)$	⑦	⑧	0.30740

vdW	$P = \frac{RT}{V_m - b} - \frac{a}{V_m^2}$	RK	$P = \frac{RT}{V_m - b} - \frac{a}{T^{1/2} V_m (V_m + b)}$
SRK	$P = \frac{RT}{V_m - b} - \frac{\alpha(T) a_c}{V_m (V_m + b)}$	$\alpha_{SRK}(T_r; \omega) = [1 + (0.480 + 1.574\omega - 0.176\omega^2)(1 - T_r^{1/2})]^2$	
PR	$P = \frac{RT}{(V_m - b)} - \frac{a_c \alpha(T)}{V_m (V_m + b) + b (V_m - b)}$	$\alpha_{PR}(T_r; \omega) = [1 + (0.37464 + 1.54226\omega - 0.26992\omega^2)(1 - T_r^{1/2})]^2$	

(d:16) $P_r^{sat} = 129.42$, $T_r = 0.7$ 을 만족하는 기체의 SRK EOS를 이용할 경우, 그림 2에 제시된 공정들에 해당하는 P-V 관계식을 구하시오. (단, $\omega = -1.0 - \log(P_r^{sat})_{T_r=0.7}$)

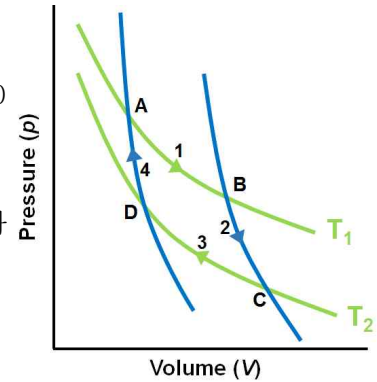
3(35). Carnot cycle이 van der Waals gas를 작동 물질로 사용하며 온도 700 K와 400 K에서 운용되고 있다.

(a:4) Carnot cycle을 구성하는 각 공정단계(1~4)를 순차적으로 묘사하시오.

(b:20) 각 공정단계 및 전체 cycle에 대해 q, w, ΔU , ΔS 의 표현식을 유도하시오.

(c:4) 전체 공정의 효율을 분석하시오.

(d:7) 2번(d) 문제에서 구한 EOS에 대해 (b)와 (c)를 구하시오.



4(16). 우주의 어느 행성에 불시착했다. 생존을 위해 열이 필요한 상황이다. 행성기체가 2번(d)의 기체임을 알아내었으며, 우주선을 되져보니 다음 2가지 장비가 눈에 띄었다.

(a:8) Carnot Engine을 개조하여 열을 생산하시오.

(b:8) Bernouille장치(Nozzle, 압력펌프, 열교환기로 구성됨)로 열을 생산하시오.

5(16). 수퍼팬이 순수한 H₂O 분자에 관심이 크다. 이 분자의 P-T 상평형도를 감상하고 아래에 답하시오.

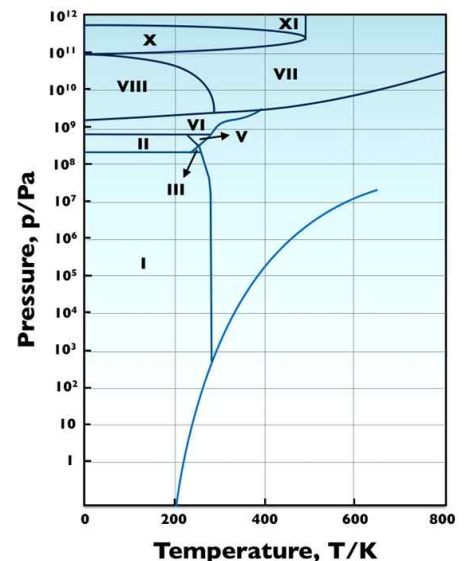
(a:4) 지구 지표면에서 온도의 증감에 따라 안정한 평형상태 상(phase)이 무엇인지 판단하여라.

(b:4) 압력이 지표면의 1/10로 감소하였을 때, 상전이 온도의 변화를 Gibbs Energy 관점에서 분석하시오. 그림 3과 일치하는가?

(c:4) 지표면으로부터 27km 상공으로 올라갔을 때, 온도 값에 따라 가장 안정한 상이 무엇인지 판단하시오.

$$\text{※ 고도}(m) = 44330 \times \left(1 - \left(\frac{p}{p_0} \right)^{\frac{1}{5.255}} \right), \quad p_0 = 10^5 \text{ Pa}$$

(d:4) 더욱 높이 35km 상공으로 날아올랐을 때 상변화에 대해 설명하시오.



[그림 3]

6(15). 일정 압력(1 atm)하에서 각각 1 mol의 분자 A, B의 온도가 298K로부터 440K로 올라갈 때, ΔH_A^θ 와 ΔH_B^θ 를 계산하시오. 또한 440K에서 $2A \rightarrow 3B$ 의 반응이 일어날 때 $\Delta_r H^\theta$ 와 $\Delta_r G^\theta$ 를 계산하시오. (298K에서 standard enthalpy of formation는 $\Delta_f H_A^\theta = 294.1 \text{ kJmol}^{-1}$, $\Delta_f H_B^\theta = 50.3 \text{ kJmol}^{-1}$, 단, 반응이 일어나는 동안 전체 표준반응엔트로피 변화는 $12.3 \text{ kJmol}^{-1} \text{K}^{-1}$ 이다.)

[표2. Standard enthalpies of fusion and vaporization at the transition temperature]

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

[표3. 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

7(20). -10°C 의 얼음 1kg을 90°C 의 물 20kg에 넣고 일정 시간 후 equilibrium 상태에 도달했다. System은 외부와 물질 및 에너지 교환이 없는 isolated system으로 가정한다. 얼음의 heat capacity는 $1.9 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$, 물의 heat capacity는 $4.2 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$ 이다. 0°C 에서 얼음의 heat of fusion은 334 kJ/kg 이며 얼음과 물의 온도에 따른 부피 변화는 무시한다. 다음 물음에 답하여라. ($C_p = C_v = C$, $\Delta U = mC_p \Delta T$)

(a:5) 얼음이 녹았을 때 ice phase, melting, water phase 상태일 때를 모두 고려하여 equilibrium temperature를 구하여라.

(b:5) 얼음의 entropy change를 구하여라. (Hint: $dS = \frac{dU}{T} + \frac{pdV}{T}$)

(c:5) 물의 entropy change를 구하여라.

(d:5) 전체 system의 entropy change를 구하고 문제의 조건이 irreversible 또는 reversible process임을 판단하여라.

[총 160점]