

1(20). 다음 물음에 답하시오.

- (a:5) State function과 path-dependent function에 대해 열역학 1법칙($dU=dq+dw$)을 활용하여 설명하시오.
 (b:5) 에너지의 형태로서 열(q)과 일(w)의 특성을 2법칙 관점에서 설명하시오.
 (c:5) 1·2법칙을 종합하여 고찰하는 화학공학자들은 에너지를 어떻게 활용하고자 하는가?
 (d:5) 가역과정(reversible process)의 과정을 정의하시오.

2(25). 기체의 온도-압력-부피-몰수 관계를 나타내는 상태방정식(Equation-of-State, EOS)들의 특징을 (수식이 포함되지 않은) “글”로 설명하시오(a-d).

- (a:5) Ideal EOS
 (b:5) Virial EOS
 (c:5) van der Waals EOS
 (d:5) Principles of Corresponding States
 (e:5) 이상기체의 경우 모든 압력에서 Compression factor $Z=1$ 이다. 실제기체의 Z 가 이 값에서 벗어나는 원인에 대해 설명하시오.

3(23). 다음의 수학적 과정을 이용하여 물음에 답하시오.

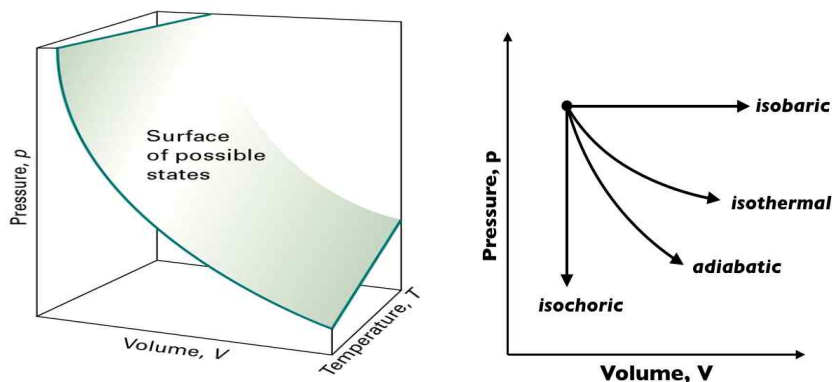
$$\left[\frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial f}{\partial x} \right) \right]_x = \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial f}{\partial y} \right) \right]_y \quad f : \text{state function}$$

$$\begin{aligned} dU(S, V) &= TdS - PdV = \left(\frac{\partial U}{\partial S} \right)_V dS + \left(\frac{\partial U}{\partial V} \right)_S dV \\ dH(S, P) &= TdS + VdP = \left(\frac{\partial H}{\partial S} \right)_P dS + \left(\frac{\partial H}{\partial P} \right)_S dP \\ dA(T, V) &= -SdT - PdV = \left(\frac{\partial A}{\partial T} \right)_V dT + \left(\frac{\partial A}{\partial V} \right)_T dV \\ dG(T, P) &= -SdT + VdP = \left(\frac{\partial G}{\partial T} \right)_P dT + \left(\frac{\partial G}{\partial P} \right)_T dP \end{aligned}$$

- (a:8) 위 수식들에서 공란을 채우고, 아울러 Maxwell relation을 유도하시오.
 (b:10) 이상기체 및 van der Waals기체인 경우 internal pressure $\Pi_T \equiv \left(\frac{dU}{dV} \right)_T$ 에 대해 분석하시오.
 (c:5) 이상기체에 대해 $C_{P,m} - C_{V,m}$ 에 대해 분석하시오.

4(22). Ideal EOS가 적용되는 이상 기체가 아래의 3차원 PVT 공간에 위치한 특정 곡면상에 존재한다. 공정 조건에 따라 이 기체가 곡면 내에서 이동하는데, 이를 2차원 PV 면에 관측하면 우측 그림과 같이 다양하게 표현된다. 이 공정들을 $PV^\delta = \text{constant}$ 로 표현할 경우 그림에 주어진 4가지 공정에 대한 P-V 관계식을 아래의 순서로 구하시오.

- (a:6) 등압, 등온, 등적 공정에 대한 관계식
 (b:8) 단열공정에 대한 관계식
 (c:8) 단원자 분자, 선형분자, 비선형 분자로 기체가 변경될 경우 단열공정 관계식의 변화를 설명하고 수식과 그림으로 나타내시오.



5(25). The molar heat capacities of ethane, C(s), and H₂(g) are represented in the following table in the temperature range of 298 K to 400 K by the empirical expression.

$$C_{p,m} \text{ (J /K mol)} = A + BT + C/T^2.$$

Calculate the standard enthalpy of formation of ethane at 380 K from its value at 298 K:

$\Delta_f H^\circ(298\text{K}) = -84.68 \text{ kJ/mol}$. Can we assume that $C_{p,m}$ is constant?

	A	B/(10 ⁻³ K ⁻¹)	C/(10 ⁵ K ²)
Ethane	14.73	127.3	0
C(s)	16.86	4.77	-8.54
H ₂ (g)	27.28	3.26	0.5

6(30). 이상기체를 활용하여 온도 400℃와 100℃사이에서 소형 Carnot cycle이 다음과 같이 운용되고 있다:

1단계 공정: (P₁,V₁,T₁)에서 (P₂,V₂,T₂)로 isothermal expansion

2단계 공정: (P₂,V₂,T₂)에서 (P₃,V₃,T₃)로 adiabatic expansion

3단계 공정: (P₃,V₃,T₃)에서 (P₄,V₄,T₄)로 isothermal compression

4단계 공정: (P₄,V₄,T₄)에서 (P₁,V₁,T₁)으로 adiabatic compression

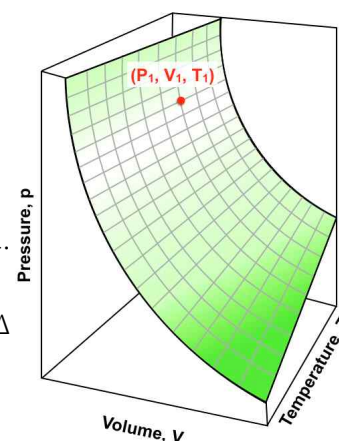
(여기서, V₁=40 ml, V₂=80 ml, V₃=100 ml, V₄=60 ml)

(a:5) 각 공정단계(1~4)의 개형을 우측 그림의 공간에 개략적으로 나타내시오.

(시험지에 작성)

(b:15) 주어진 공정조건을 활용하여, 각 공정단계 및 전체 cycle에 대해 q, w, ΔU, ΔH 값을 구하시오.

(c:10) 위 공정을 역방향으로 운용할 때 발생하는 상황을 설명하시오.



7(25). 미지의 행성(T=0℃, p=1 atm)에 불시착한 우주비행사(화학공학 박사)가 생존에 필요한 Heat pump를 제작하고자 한다. 그는 Joule-Thomson coefficient $\mu \equiv \left(\frac{dT}{dP}\right)_H$ 를 활용하여 설계를 완성하고자 한다.

(a:5) 이상기체에 대해 μ값을 구하고 비행사가 생존할 수 있는 지 논하시오.

(b:10) 우주선 안에 있는 Linde refrigerator(우측 그림 참조)를 활용하여 목적을 달성하려면 무엇이 변경되어야 하는가?

(c:10) 행성의 대기는 van der Waals기체들로 구성되어 있으며 이로부터 3종의 순수한 기체들을 추출하였다(아래 표 참조). 아울러, 비행사는 $\mu = \frac{2a}{RT} - b$ 임을 유도하였다.

어떤 기체를 사용해야 하는지 정하고 그 이유를 설명하시오.

	a/(atm dm ⁶ mol ⁻²)	b/(10 ⁻² dm ³ mol ⁻¹)
기체 A	0.03	2.38
기체 B	0.10	2.65
기체 C	0.11	11.93

