

2013년도 제50회 변리사 제2차 국가자격시험 문제지

교시	시험과목	시험시간	수험번호	성명
2교시	열역학	120분		

【 A-1 】 (30점)

이원자 질소(N_2)가 단원자 질소(N)로 해리되는 반응($N_2 \rightleftharpoons 2N$)에 대하여 다음 물음에 답하시오.

- (1) 평형상태에서 Gibbs 함수 최소 원리를 적용하여 평형상수 K 를 단원자 질소의 몰분율 (y_N), 시스템 압력(P), 기준압력(P_0)의 함수로 표시하시오. (12점)

$$\ln K = -\frac{\Delta G^0}{RT}, \quad K = f(y_N, P, P_0)$$

- (2) 6000K에서 아래의 물성치를 이용하여 ΔG^0 와 평형상수 K 를 구하시오. (단, 기준압력 P_0 는 100 kPa, 기체상수 \bar{R} 은 $8.31451[\text{kJ/kmol} \cdot \text{K}]$ 임) (4점)

구 분	질소, 이원자(N_2)		질소, 단원자(N)	
온도 [K]	$\bar{h}^0(T, P_0)$ [kJ/kmol]	$\bar{s}^0(T, P_0)$ [kJ/kmol · K]	$\bar{h}^0(T, P_0)$ [kJ/kmol]	$\bar{s}^0(T, P_0)$ [kJ/kmol · K]
6000	205848	292.984	597270	216.926

- (3) 온도 6000K, 압력 10kPa의 평형상태에서 y_N 을 구하시오. (4점)
- (4) 온도를 상승시키는 경우에 나타나는 y_N 의 변화와 이온화(Ionization)에 대해 설명하시오. (10점)

【 A-2 】 (20점)

탱크에 들어있는 물 200kg을 40°C 에서 60°C 로 가열하고자 한다. 물은 비압축성이며, 비열은 $4.2\text{kJ/kg} \cdot \text{K}$ 로 일정하다. (단, 탱크는 주변으로 단열되어 있고 열용량은 무시한다.)

- (1) 5 kW의 전기저항히터를 사용하는 경우, 가열에 소요되는 시간과 소요전력량(kWh)을 구하시오. (4점)

- (2) 20 °C 대기로부터 열을 받는 열펌프를 사용하는 경우, 소요 최소 전력량 (kWh)을 구하시오. (10점)
- (3) 위의 두 경우를 에너지 소요 및 엔트로피 생성 관점에서 비교하여 설명하시오. (6점)

【 B-1 】 (30점)

피스톤-실린더로 구성된 내부공간의 밀폐시스템 내에 이상기체 m kg이 들어있다. ‘피스톤-실린더 내의 기체’(이하 ‘시스템’이라 한다)가 주위로부터 열을 받아서 초기체적(V_1)이 두 배($V_2=2V_1$)로 변화하였다. (단, 이 밀폐시스템의 운동에너지와 위치에너지는 무시함)

- (1) 시스템은 상태 1(초기압력 P_1 , 초기체적 V_1)에서 상태 2(최종압력 P_2 , 최종체적 $V_2=2V_1$)로 변한다. 각각 등압과정, 등온과정, 폴리트로픽과정(단, 폴리트로픽지수 n 으로 하고 $n>1$ 임)으로 상태 1에서 상태 2로 변화할 때 다음을 구하시오. (10점)

1) 이 세 과정을 하나의 P - V 선도 상에 함께 그리시오. 또한, 등압과정과 등온과정이 폴리트로픽과정의 특수한 경우임을 설명하시오. (5점)

2) 각 과정에서의 팽창일 W_{12} 를 구하는 식을 유도하여 기술하시오. (5점)

- (2) 초기압력 $P_1=300$ kPa, 초기체적 $V_1=0.05$ m³ 에서 최종압력 P_2 , 최종체적 $V_2=2V_1$ 으로 변한다. 등압과정, 등온과정, 폴리트로픽과정(단, 폴리트로픽지수 $n=1.2$ 로 함)에서의 팽창일 W_{12} 를 각각 계산하시오. (10점)

- (3) 상태 1에서 상태 2로의 등온과정을 고려하시오. (10점)

1) 밀폐시스템에 대한 열역학 제1법칙($\delta Q = dU + \delta W = mc_v dT + PdV$)과 가역과정에 대한 엔트로피 정의식 ($dS = \frac{\delta Q}{T}$)을 이용하여 시스템의 엔트로피 변화량 ($S_2 - S_1$)을 m , R , V_1 , V_2 의 함수의 식으로 유도하여 기술하시오. (5점)

- 2) 또한, 시스템이 공기 1kg 이고 온도는 300 K으로 일정한 상태로 $V_2=2V_1$ 으로 변했을 때 엔트로피 변화량이 몇 kJ/K 이 되는지 계산하시오. (단, 공기의 기체상수 $R=0.287$ kJ/kg · K) (5점)

【 B-2 】 (20점)

- (1) 역 카르노 기체사이클(reverse Carnot gas cycle)로 작동하는 소위 ‘카르노 냉동기’(Carnot refrigerator)에 대한 P-V 선도와 T-S 선도를 그리고 각 과정을 설명하시오. 또한, 카르노 냉동기를 실제로 구현하기 어려운 이유에 대하여 설명하시오. (12점)

- (2) 냉동기의 성능계수 $COP_R = \frac{Q_L}{W_{in}}$ 로 정의된다. 여기서 Q_L 은 저온 열원에서 냉동기가 흡수한 열량이며 W_{in} 은 냉동기 구동에 필요한 입력에너지이다. 카르노 냉동기의 성능계수는 두 열원의 온도만의 함수(즉, $COP_{R, Carnot} = \frac{1}{T_H/T_L - 1}$)로 표현됨을 유도하여 기술하시오. (단, T_H 와 T_L 은 각각 고온 열원과 저온 열원의 온도이다.) (8점)