【 문제-1 】 (30점)

압력과 온도 조절이 가능한 용기 내에 산소(O_2)의 몰분율이 20 %, 질소(N_2)의 몰분율이 80 %인 이상기체가 들어있다. 이 기체를 가열하면 산소와 질소가 반응하여 이상기체인 일산화질소(NO)가 생성된다. 일산화질소 생성반응 ($N_2 + O_2 \Leftrightarrow 2NO$) 이외의 반응은 무시할 수 있다. 기체상수는 $\overline{R} = 8.3145\, kJ/kmol \cdot K$ 이며, 각 물질의 엔탈피와 기준압력(0.1 MPa)에서의 엔트로피는 아래 표와 같다.

물질	T [K]	$\overline{h}$ [kJ/kmol]	$\overline{s}^0$ [kJ/kmol·K]
N_2	2400	70640	258.684
O_2	2400	74453	275.708
NO	2400	162897	279.849

(1) 용기 내 온도가 2400 K, 압력이 0.1 MPa인 경우에 일산화질소 생성반응식 ($N_2 + O_2 \Leftrightarrow 2NO$)에 대한 평형상수 K와 일산화질소의 몰분율을 구하시오. (20점)

(2) 용기 내 온도는 2400 K으로 유지하고 압력을 1 MPa로 증가시키는 경우에 일산화질소의 분압을 구하시오. (5점)

(3) 용기 내 압력은 0.1 MPa로 유지하고 온도를 2400 K보다 증가시킬 때 일산화질소의 몰분율의 변화를 설명하시오. (5점)

【 문제-2 】 (20점)

비압축성 물체 A, B를 에너지 저장에 사용하려고 한다. A와 B의 질량은 각각 m_A, m_B 이고 비열은 모두 c로 일정하다. A와 B의 초기 온도는 주변 대기온도와 같은 T_0 이며, 두 물체 사이에서 작동하는 열펌프가 B에서 열을 받아 A로 열을 전달한다. 최종상태에서 A의 온도는 초기상태보다 ΔT 만큼 증가하고, B의 온도는 ΔT 만큼 감소한다. 열펌프와 열전달 과정은 모두 가역적이다.

(1) 두 물체의 질량비 m_A/m_B를 T_0 와 ΔT의 함수로 표시하시오. (10점)

(2) m_B=5000 kg, c=0.9 kJ/kg · K, T_0=300 K, ΔT = 30 K인 경우 열펌프에 가해진 일[kJ]을 구하시오. (10점)

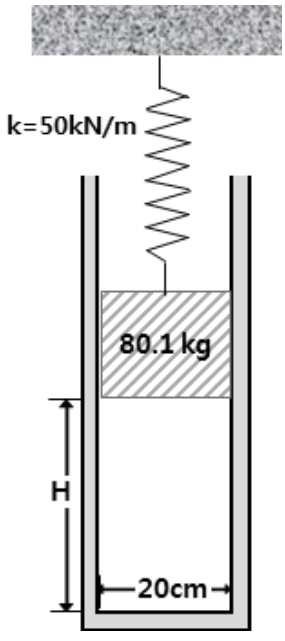
【 문제-3 】 (30점)

아래 그림과 같이 건도(quality) 0.7의 습증기 0.03 kg이 실린더 내에 있다. 초기 상태에서 스프링은 피스톤에 닿아 있지만 힘을 가하고 있지 않으며, 피스톤과 실린더 사이의 마찰과 스프링의 무게는 무시한다. 실린더의 지름은 20 cm, 피스톤의 질량은 80.1 kg, 스프링상수(k)는 50 kN/m, 대기압은 100 kPa, 중력가속도는 9.81 m/s^{2}이다. 그 외 실린더 및 피스톤에 대한 정보는 그림을 참고하여, 다음 물음에 답하시오.

(1) 초기 상태에서 피스톤의 위치 H[cm](실린더 바닥으로부터 피스톤까지의 높이)를 구하시오. (12점)

(2) 실린더 내부를 가열하여 스프링이 11 cm 압축될 때, 실린더 내부의 최종 온도를 구하시오. (12점)

(3) 스프링 상수의 증가가 실린더 내부의 최종온도에 미치는 영향에 대해 설명하시오. (단, 스프링의 압축 길이는 11 cm로 동일한 것으로 가정한다.) (6점)



< 포화증기표(압력기준) >

압력 (kPa)	포화온도 (℃)	포화액의 비체적(v_f) (m^3/kg)	포화증기의 비체적(v_g) (m^3/kg)
100	99.61	0.001043	1.6941
125	105.97	0.001048	1.3750
150	111.35	0.001053	1.1594

< 과열증기표 >

P=0.2MPa (T_{sat}=120.21℃)		P=0.3MPa (T_{sat}=133.52℃)		P=0.4MPa (T_{sat}=143.61℃)	
온도 (℃)	비체적 (m^3/kg)	온도 (℃)	비체적 (m^3/kg)	온도 (℃)	비체적 (m^3/kg)
150	0.95986	400	1.03155	600	1.00558
200	1.08049	500	1.18672	700	1.12152
250	1.19890	600	1.34139	800	1.23730

【 문제-4 】 (20점)

압력 150 kPa, 온도 760 K인 공기가 매우 느린 속도로 단열 노즐에 유입된 후 100 kPa의 압력으로 유출된다. (단, 공기의 정압비열(c_p)은 1.089 kJ/kg · K로 일정하고, 비열비(κ)는 1.358로 가정한다.)

(1) 정상유동장치 중 하나인 노즐의 등엔트로피 효율에 대해 설명하시오. (4점)

(2) 노즐 출구에서 얻을 수 있는 공기의 최대 속도를 구하시오. (8점)

(3) 노즐의 등엔트로피 효율이 88 %일 때, 출구에서의 공기 온도와 속도를 구하시오. (8점)