

## 화공열역학

### 2015년 시행 5급(기술) 공채 제2차시험

응시번호 :

성명 :

제 1 문. 전력 단가가 100원/kWh인 어느 지역에 연간 공기 조화 부하가 120,000 kWh인 건물이 있다. 이 건물용으로 두 종류의 열펌프(heat pump)가 검토되고 있다. 열펌프 A는 계절 평균 성능계수(COP)가 3.2이며 구입 및 설치비가 550만원 이고, 열펌프 B는 계절 평균 성능계수가 5.0이며 구입 및 설치비가 700만원 이다. 그 밖의 특성은 모두 동일하다고 할 때 계산과정을 통해 어느 열펌프를 구입하는 것이 유리한지 결정하시오. (단, 열펌프는 설치후 5년간 사용이 가능하며, 감가상각은 매년 동일하다) (10점)

제 2 문. 연료를 전기화학적으로 산화하여 전력을 얻는 장치인 연료전지는 여러 종류가 있는데, 사용되는 전해질에 의하여 구별된다. 다음 물음에 답하시오. (총 20점)

- 1) 순수한 수소와 산소를 사용하여 작동되는 연료전지가 있다. 알카리성 전해질을 사용하는 수소/산소 연료전지의 양극과 음극에서의 반쪽전지 반응식과 전지 총괄반응식을 나타내시오. (5점)
- 2) 1 atm, 323 K 조건에서 수소/산소 연료전지가 정상상태 및 등온 가역적 유동 과정으로 운전될 경우, 전기적 일( $W_{\text{elect}}$ )과 가역전지의 기전력(emf)을 각각 구하시오. (단, Faraday 상수값은 96,485 Coulomb/mol이고, 323 K에서  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 의 표준생성 엔탈피는  $\Delta H_f^\circ = -242,000 \text{ J/mol}$ , 표준 깃스 에너지는  $\Delta G_f^\circ = -227,000 \text{ J/mol}$ 이다) (15점)

제 3 문. Joule-Thomson 효과를 알아보기 위한 실험장치가 있다. 다음 물음에 답하시오. (단, 장치는 주위와 단열되어 있고, 축일은 없으며, 운동에너지 및 위치에너지의 변화를 무시한다) (총 20점)

- 1) 엔탈피가 일정할 때 압력 변화에 따른 온도 변화 값이 다음과 같음을 보이시오. (10점)

$$\mu_{JT} = \frac{1}{C_p} \left[ T \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_p - V \right]$$

- 2) 1)의 결과를 이용하여 이상기체의 Joule-Thomson 계수값을 구하시오. (3점)
- 3) Joule-Thomson의 조름 과정(throttling process)은 실제기체를 액화시키는데 사용된다. 그 이유를 설명하시오. (7점)

제 4 문. 10기압의 기체 화학약품을 운송하는 부피  $10\text{ m}^3$ 의 탱크트럭(1)이 고속도로를 주행하다가 사고가 났다. 다행히 기체의 누출은 없으나 폭발의 위험이 있어 이를 제거하기 위하여 같은 크기의 탱크트럭(2)을 이용하여 압력을 줄여 주기로 결정하였다. 탱크트럭(2)의 탱크를 탱크트럭(1)의 탱크에 연결하고 밸브를 열어 기체약품을 서서히 이동시켰다. 탱크트럭(2)의 탱크는 진공이었다고 가정하고, 전달 밸브는 잘 설계되고 열전도가 우수하여 두 탱크의 기체의 온도는 항상 일정하게 유지되었다고 하자. 다음 물음에 답하시오. (단, 온도는  $25^\circ\text{C}$ , 기체는 이상기체라고 가정한다) (총 25점)

- 1) 사고 전 탱크트럭(1)의 탱크 내 기체량(gmole)을 구하시오. (5점)
- 2) 엔트로피 변화를 온도와 압력의 변화로 나타내고, 이송과정에서 발생한 전체 엔트로피 변화를 나타내는 식을 유도하시오. (10점)
- 3) 탱크트럭(1)의 탱크 압력이 8기압이 되었을 때의 엔트로피 값을 계산하고, 전체 엔트로피 변화를 도시하시오. (10점)

제 5 문. 화학공학기술자가 화학약품을 다루는 회사의 대기 상태의 실험실에 근무한다. 일과 중에 실험실에서 작업을 하는 동안 인체에 유해하면서 냄새가 없는 무취 액체의 고순도 시약이 필요해 이 약품이 들어 있는 시약병을 열고 필요한 양을 덜어낸 다음, 부주의로 시약병의 마개를 닫는 것을 잊고 그대로 방치한 채로 실험실 창문과 출입문을 모두 잘 잠그고 퇴근해 버렸다. 이런 사실을 까맣게 잊은 채 다음날 출근해 실험실에 들어가 전날 마무리 못한 실험을 계속하다 그만 실신하게 되었다고 가정해 보자. 그렇다면 그가 실신한 실험실내 공기 중에 해당 시약이 얼마나 퍼져 있었는지 열역학의 상평형 관점에서 논의하고자 한다. 다음 물음에 답하시오. (단, 논의에 필요한 가정은 임의로 설정해도 좋다) (총 25점)

- 1) 공기 중의 시약의 농도(몰 분율)를 추산해 볼 수 있도록 계를 설정하여 그림을 도시하고, 플러그시터 개념을 도입하여 식을 나타내시오. (10점)
- 2) 1)의 결과식을 간결화할 수 있는 방법들을 제시하고, 이를 활용하여 공기 중에 퍼진 시약의 농도를 계산 할 수 있는 식을 표현하시오. (15점)

## 인사혁신처 시험출제과장