

전달현상

2020년도 국가공무원 5급(기술) 공개경쟁채용 제2차시험

응시번호 :

성명 :

제 1 문. 충전탑에서 암모니아를 포함한 공기를 물과 서로 향류(countercurrent)로 접촉시켜 암모니아를 물에 흡수하고자 한다. 암모니아 흡수과정에서의 물질전달은 이중 경막 이론(two-film theory)으로 설명할 수 있다. 충전탑 전체를 통하여 기체경막에서의 물질전달저항 값은 액체경막에서의 물질전달저항 값의 2배이다. 충전탑의 조업압력과 조업온도는 각각 2 atm과 300 K로 일정하다. 물에 대한 암모니아의 용해도는 헨리의 법칙을 따르며, 헨리 상수는 4 atm이다. 다음 물음에 답하시오. (단, 충전탑은 정상상태로 조업되고, 흡수에 따른 기체와 액체의 유속변화는 무시할 수 있다. 충전탑 내의 위치와 상관없이 기체경막 및 액체경막에서의 개별물질전달계수는 일정하다) (총 30점)

- 1) 기체경막에서의 물분율 차에 따른 개별물질전달계수가 $1.44 \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 라고 할 때 액체경막에서의 물분율 차에 따른 개별물질전달계수 $[\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})]$ 를 구하시오. (10점)
- 2) 충전탑 내 임의의 지점에서 기체상 및 액체상 벌크(bulk)에서의 암모니아 물분율이 각각 0.005와 0.0008일 경우, 기-액 계면을 통한 단위면적당 암모니아의 물질전달속도 $[\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})]$ 를 구하시오. (5점)
- 3) 암모니아의 물분율이 0.01인 공기가 $10 \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 의 유속으로 탑하부에서 유입되고 $40 \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 의 유속으로 탑상부에서 유입되는 순수한 물에 의해 암모니아의 90%가 제거된다. 탑의 단위 부피당 기-액 접촉 면적이 $5 \text{ m}^2/\text{m}^3$ 일 때, 충전탑의 높이[m]를 구하시오. (15점)

제 2 문. 기온이 영하로 떨어져 한강에 얼음이 언다. 한강은 순수한 물이고, 강의 물 흐름에 의한 얼음 생성 저해는 없다고 가정한다. 한강의 얼음 아래에 있는 물 온도는 2°C 로 균일하고 일정하게 유지되며, 물과 접촉하는 얼음 면의 온도는 0°C 이다. 얼음의 열전도도(k)는 $2.25 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, 얼음-물 사이의 열전달계수(h_{water})는 $500 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, 얼음-공기 사이의 열전달계수(h_{air})는 $100 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 이다. 기온이 -12°C 로 유지될 때, 다음 물음에 답하시오.

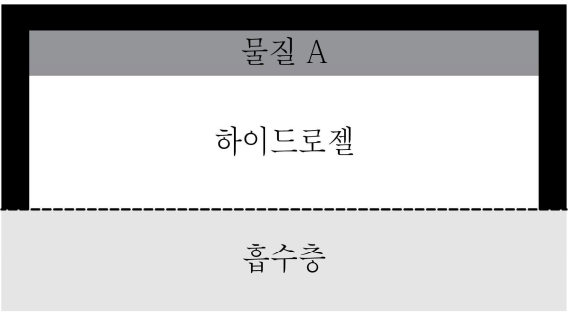
(총 20점)

- 1) 한강에 형성되는 얼음의 두께[mm]를 구하시오. (10점)
- 2) 공기와 접촉하는 얼음 면의 온도 $[\text{C}]$ 를 구하시오. (10점)

제 3 문. 반지름이 R 인 수평 원형관 속을 비뉴튼 유체의 일종인 전단박화(shear-thinning) 유체가 흐르고 있다. 좌표는 원통형 좌표계를 사용하며 관의 중심축 방향을 z , 중심축에 대해 수직인 방사 방향을 r 로 표시한다. 이 전단박화 유체의 점도는 $\mu = K \left| \frac{\partial u}{\partial r} \right|^{n-1}$ 로 표현된다. 여기서 K 는 흐름 일관성 지수, n 은 멱수(power-law) 지수, u 는 유체의 z 방향 속도 성분을 나타낸다. 원형관의 길이 L 에 걸리는 압력차는 Δp 이고 유체의 부피유량이 Q 로 주어지는 정상상태 흐름에서 다음 물음에 답하시오. (총 30점)

- 이 유체 흐름의 속도장을 구하기 위한 지배방정식을 제시하고, no-slip 경계조건을 이용하여 원형관 내부의 유체 속도를 r 의 함수 형태로 구하시오. (15점)
- 다른 조건이 동일하고 입구와 출구의 압력차가 일정할 때 $n = 1$ 인 경우와 $n = 0.5$ 인 경우에 대해 원형관 단면에서 최대 속도의 비($u_{\max, n=1}/u_{\max, n=0.5}$)를 구하시오. (5점)
- $n = 1$ 인 경우와 $n = 0.5$ 인 경우에 대해, Q 가 $10 \text{ m}^3/\text{s}$ 이고 R 이 0.1 m 일 때, 유체흐름의 압력차의 비($\Delta p_{n=1}/\Delta p_{n=0.5}$)를 구하시오. (10점)

제 4 문. 그림과 같이 충분한 양의 순수한 물질 A가 두께 3 mm 의 하이드로젤 위에 놓여 있으며, 순수한 물질 A와 하이드로젤은 흡수층과 인접한 면을 제외하고는 비투과성 벽에 둘러싸여 있다. 물질 A는 흡수층에 도달하자마자 빠르게 반응하여 사라지므로, 흡수층에서 물질 A의 농도는 무시할 수 있을 정도로 매우 작다. 27°C 에서 50시간 동안 실험한 결과, 면적 1 cm^2 당 $0.36 \mu\text{mol}$ 의 물질 A가 흡수층에 도달함을 알 수 있었으며, 실험시간동안 흡수층에 도달한 물질 A의 양은 시간에 선형적으로 비례하였다. 또한, 물질 A는 하이드로젤에 $0.2 \mu\text{mol}/\text{cm}^3$ 의 농도까지 녹을 수 있다. 다음 물음에 답하시오. (총 20점)



- 하이드로젤 내에서 물질 A의 확산계수[cm^2/sec]를 구하시오. (단, 확산은 정상상태이며, 물질 A는 하이드로젤에 극소량만 녹는다) (10점)
- 온도가 47°C 로 증가하면 하이드로젤의 점도는 20% 감소하지만, 하이드로젤 층의 두께나 물질 A의 하이드로젤에 대한 용해도는 변하지 않는다. 확산계수의 온도와 점도에 대한 관계가 스톡스-아인슈타인(Stokes-Einstein)식을 따른다고 한다. 47°C 에서 24시간 동안 흡수를 실시했을 때 흡수층에 도달하는 물질 A의 양[$\mu\text{mol}/\text{cm}^2$]을 구하시오. (10점)

인사혁신처 시험출제과장