

## 전달현상

### 2013년 시행 5급(기술) 공채 제2차시험

응시번호 :

성명 :

제 1 문. 직경이  $D$ 인 구형 입자(밀도  $\rho_p = 2,700 \text{ kg/m}^3$ , 비열  $C_{p,p} = 9,000 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$ , 열전도도  $k_p = 300 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ )가 중력에 의하여 자유낙하하여 종말속도  $V$ 로 유체 속을 움직이고 있다. 유체의 물성치가 다음과 같다. (총 30점)

밀도  $\rho = 1 \text{ kg/m}^3$ , 점도  $\mu = 2 \times 10^{-5} \text{ kg/m} \cdot \text{s}$ ,  
비열  $C_p = 1,000 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$ , 열전도도  $k = 0.02 \text{ W/m} \cdot \text{K}$

- 1) 항력계수  $C_D$ 를 종말속도  $V$  등의 함수로 나타내시오. (5점)
- 2) 입자의 직경이  $1 \text{ mm}$ 일 때, 종말속도를 소수 첫째자리까지 구하시오. (단, 중력가속도는  $9.8 \text{ m/s}^2$ 이다) (10점)

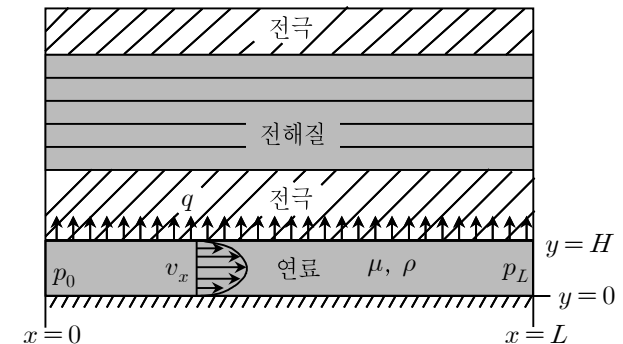
Reynolds 수  $\leq 6,000$ 인 경우 :  $C_D = \left( \sqrt{\frac{24}{Re}} + 0.54 \right)^2$   
Reynolds 수  $> 6,000$ 인 경우 :  $C_D = 0.36$

- 3) 움직이는 구형 입자와 주변 유체와의 열전달 특성은 대류열전달계수  $h$ 를 이용하여 나타낼 수 있다. Nusselt수가  $Nu = 2 + 0.6 Re^{1/2} Pr^{1/3}$ 의 관계식을 만족할 경우 2)의 조건에 해당되는  $h$ 를 구하시오. (단,  $Re$ 은 Reynolds 수이고  $Pr$ 은 Prandtl 수이다) (5점)

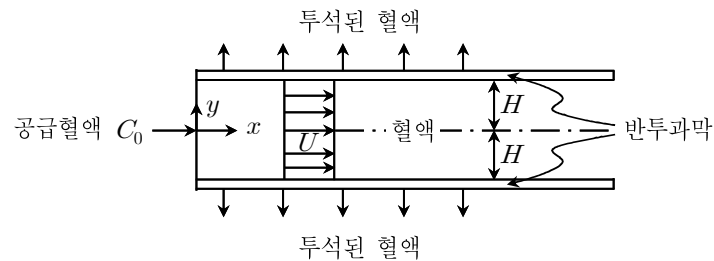
- 4) 입자 주변의 유체 온도는  $T_b$ 로 일정하다. 어느 순간 2)와 3)의 조건에 따르는 입자의 온도가 유체의 온도  $T_b$ 보다  $10 \text{ K}$ 가 높았다면, 1초 후에는 입자의 온도가  $T_b$ 보다 몇 도가 높을지 구하시오. (10점)

제 2 문. 다음 그림과 같이 길이가  $L$ , 높이가  $H$ 인 연료전지의 유로에 연료가 투입되고 있다. 유로는 그림에 보인 것과 같이 2차원 문제로 볼 수 있으며, 연료는 점도가  $\mu$ 이고 밀도가  $\rho$ 인 비압축성 유체로 가정한다. 연료는 다공성 전극(porous electrode)에 의해 단위면적당 일정한 부피유량( $q$ )으로 흡수되고 있다. 이 때 입구에서의 압력을  $p_0$ , 출구에서의 압력을  $p_L$ 이라 할 때, 다음 물음에 답하시오. (총 30점)

- 1) 미동흐름(creeeping flow)이라는 가정하에서 유체 속도의  $x$ 성분  $v_x$ 를  $p(x)$ ,  $y$ ,  $H$ ,  $\mu$  등의 함수로 나타내시오. (5점)
- 2) 유체 속도의  $y$ 성분  $v_y$ 를  $p(x)$ ,  $y$ ,  $H$ ,  $\mu$  등의 함수로 나타내시오. (5점)
- 3) 유로의 단위 폭(width) 당, 입구에서 유로에 유입되는 유량  $Q_0$ 와 출구에서 유출되는  $Q_L$ 을  $H$ ,  $L$ ,  $p_0$ ,  $p_L$ ,  $\mu$ ,  $\rho$  등의 함수로 나타내시오. (20점)

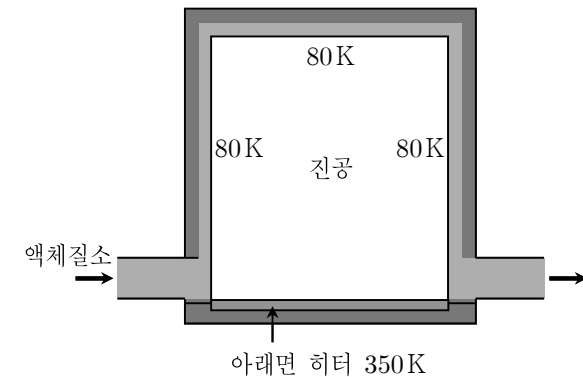


제 3 문. 어떤 해로운 물질의 농도가  $C_0$ 인 혈액이 그림과 같이 해로운 물질만 투과하는, 폭  $W$ 인 평판형 반투과막으로 구성된 혈액 공급 통로로 평균 유속  $U$ 인 뉴턴 층류 흐름으로 공급된다. 해로운 물질의 농도는 낮아서 반투과막으로 투과하여도 흐름속도에 영향을 주지 않는다.  $x$ 방향으로의 해로운 물질의 분자확산, 흐름의 입구효과와 출구효과는 무시할 수 있다. 또한 해로운 물질에 대한 혈액 내 확산저항에 비하여 분리막 투과 저항이 매우 커서, 혈액 내 확산 저항은 무시할 수 있어서  $y$ 방향으로 해로운 물질의 농도 구배는 없다. 반투과막을 통한 해로운 물질의 투과 플럭스(flux)는  $J=PC_W$ 와 같다. 여기서  $P$ 는 해로운 물질의 반투과막 투과계수(permeability coefficient)이며,  $C_W$ 는 반투과막 표면에서의 해로운 물질의 농도이다. 입구로부터 거리  $x=L$ 인 지점까지 제거된 해로운 물질의 제거율(= 제거속도/공급속도)을 주어진 변수들의 함수로 나타내시오. (20점)



제 4 문. 마이크로 회로판 위에 박막을 코팅하는 데 주로 사용되는 원통형 스퍼터링 장비는 고진공장비로, 다음 그림과 같이 아래면은 히터로 350K를 유지하고, 흑체인 벽면(측면과 상부면)은 액체 질소를 사용하여 80K를 유지하도록 설계되어 있다. 아래면은 지름이 1m인 원판이며, 아래면 히터의 방사율(emissivity)은 0.25이다. 다음 물음에 답하십시오. (총 20점)

- 1) 위 조건을 유지하기 위해서 아래면 히터에 공급해야 하는 전기 동력(electrical power)은 몇 W인가? (단, 스테판볼츠만 상수  $\sigma=5.67 \times 10^{-8} \text{W/m}^2 \cdot \text{K}^4$  이다) (5점)
- 2) 만약 액체 질소의 증발열이 125kJ/kg이면 스퍼터링 장비의 벽면을 위의 조건으로 냉각시키기 위해서 공급하여야 할 액체 질소의 질량유량은 몇 kg/h 인가? (5점)
- 3) 아래면 히터에 알루미늄 박막을 입혀 아래면의 방사율을 0.1로 낮추면, 공급하여야 할 액체 질소의 질량유량(kg/h)은 얼마나 줄어드는가? (10점)



## 안전행정부 시험출제과장