

전달현상

2021년도 국가공무원 5급(기술) 공개경쟁채용 제2차시험

응시번호 :

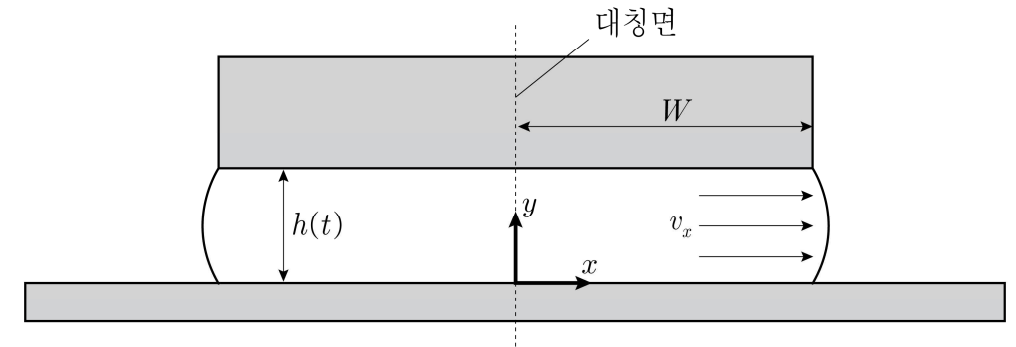
성명 :

제 1 문. 어떤 오일의 점도를 측정하기 위해, 오일에서 지름 8mm인 유리구의 자유낙하 실험을 진행하였다. 자유낙하하는 유리구의 이동거리를 매 초마다 측정하여 아래와 같은 실험자료를 얻었다. 다음 물음에 답하시오. (단, 유리구의 밀도는 $2,250 \text{ kg/m}^3$, 오일의 밀도는 860 kg/m^3 이다) (총 25점)

시간[s]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
이동거리[mm]	0	10.7	32.1	64.3	105.7	151.4	200	250	300	350	400

- 1) 종말속도의 정의에 대해 설명하고, 위의 실험자료를 이용하여 종말속도[m/s]를 구하시오. (10점)
- 2) 자유낙하하는 구형 입자의 종말속도를 항력계수(C_d)의 식으로 유도하시오. (5점)
- 3) Stokes 법칙이 적용된다고 가정하여, 오일의 점도[Pa · s]를 구하고, 그 유효성을 검증하시오. (10점)

제 2 문. 하부의 무한 수평 기관과 상부의 총 길이가 $2W$ 인 수평 평판 사이에 점도가 μ 인 뉴턴 액체가 가득 채워져 있다. 시간 $t=0$ 부터 평판을 중력 방향인 아래로 누르는 압착(squeezing) 유동을 고려할 때, 다음 물음에 답하시오. (단, 기관과 평판 사이의 거리를 $h(t)$ 라 하며, $\frac{dh(t)}{dt} (< 0)$ 는 절댓값이 매우 작은 상수로 가정한다. 평판의 압착으로 인하여 발생하는 속도장은 그림의 y 방향 속도 v_y 와 x 방향 속도 v_x 만 고려하며, $v_y \ll v_x$ 로 가정한다) (총 20점)

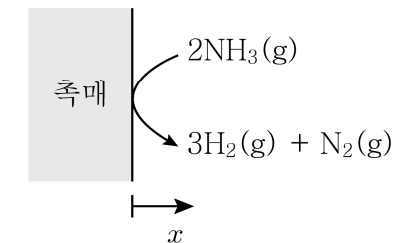


- 1) x 방향의 속도 $v_x(t, x, y)$ 와 단위 길이당 부피 유량 $q(t, x)$ 를 $h(t)$, $\frac{\partial P}{\partial x}$, μ 와 y 의 함수로 각각 나타내시오. (10점)
- 2) $x = W$ 에서 압력을 P_0 라 할 때, 두 판 사이에서 액체층의 압력분포 $P(x)$ 를 P_0 , $h(t)$, $\frac{dh(t)}{dt}$, μ , x 와 W 의 함수로 나타내시오. (10점)

제 3 문. 이중관 열교환기를 병류(co-current flow)로 운전하여 300 kg/h로 유출되는 150 °C의 뜨거운 유체를 80 °C로 냉각하려고 한다. 냉매로는 20 °C의 물이 유입수로 사용되며, 열교환기로부터 유출되는 물의 온도는 50 °C이다. 다음 물음에 답하시오. (단, 유체 쪽의 열전달계수는 2.0 kW/(m² · °C), 물 쪽의 열전달계수는 3.5 kW/(m² · °C), 유체의 정압열용량은 1.5 kJ/(kg · °C), 그리고 물의 정압열용량은 4.2 kJ/(kg · °C)로 각각 주어진다. 유체는 지름이 5 cm인 금속관을 지나가며, 이 금속관의 두께는 무시할 만큼 얇고 열전도도가 높아 금속관을 통한 열전도 저항은 무시한다) (총 25점)

- 1) 주어진 열교환기의 총괄열전달계수 U [kW/(m² · °C)]를 구하시오. (5점)
- 2) 주어진 열교환기에서 물의 유량[kg/h]을 구하시오. (5점)
- 3) 주어진 열교환기의 열전달 속도[kW]와 길이[m]를 구하시오. (10점)
- 4) 유체와 물의 흐름방향을 병류에서 향류(counter-current flow)로 바꾸어서 운전할 경우에, 온도조건과 열전달 속도를 병류와 동일하게 하기 위한 향류 열교환기의 길이[m]를 구하시오. (5점)

제 4 문. 어떤 촉매의 표면에서 그림과 같은 암모니아 전환 반응이 일어난다. 암모니아와 수소의 몰 농도를 c_1 과 c_2 , 그리고 벌크상에서 암모니아와 수소의 확산 계수는 D_1 과 D_2 로 정의한다. 반응 시작 전에는 반무한 공간에서 암모니아의 몰 농도는 c_0 로 일정하고, 질소와 수소의 농도는 0이다. 촉매 반응이 매우 빠르게 진행되어, 반응이 시작된 이후 촉매 표면의 암모니아 농도는 0이 된다고 가정한다. 반무한 공간에서 x 방향의 1차원 물질 전달은 확산에만 의존한다고 할 때, 다음 물음에 답하시오. (총 30점)



- 1) 반응이 시작된 이후, 반무한 공간에서 c_1 과 c_2 를 구하기 위한 지배 방정식과 경계 조건을 제시하시오. (10점)
- 2) 임의의 시간 $t(> 0)$ 에 대해 촉매 표면에서 수소의 x 방향 몰 플럭스를 $J_2(t)$ 라고 할 때, J_2 를 c_0 와 D_1 , t 의 함수로 나타낸 관계식을 구하시오.

(단, $\int_0^\infty e^{-s^2} ds = \frac{\sqrt{\pi}}{2}$ 이다) (20점)

인사혁신처 시험출제과장