

1 次の表は移動現象のアナロジーを示している。以下の問いに答えよ。

移動量	推進力	移動法則	
		流れなし	流れあり
物質	濃度勾配 (濃度差)	$J = -D \frac{\partial C}{\partial x}$	[B]
熱	温度勾配 (温度差)	[A]	$q = -h\Delta T$
運動量	[C]	$\tau = -\mu \frac{\partial u}{\partial x}$	-

- (1) 式の比例定数 D を説明せよ。単位を必ず明記すること。
- (2) 表の[A][B][C]を埋めよ。用いた記号には説明を付け、単位を明記すること。
- (3) 最近遭遇した身近な移動現象について、何を推進力に何が移動した現象だったのかを説明せよ。

2 半径 R 、長さ L の円管内を層流で流れている流体（粘度 μ ）について次の問に答えよ。

- (1) 速度分布は半径 r の関数として右式で与えられる。
この速度式を導出せよ。
$$v_z = \frac{\Delta P \cdot R^2}{4\mu L} \left(1 - \left(\frac{r}{R} \right)^2 \right)$$
- (2) 配管内の運動量流速（momentum flux）の分布を求めよ。

3 半径 R の直立円筒に入った流体が角速度 Ω で回転しているときの自由表面の形状を求めたい。系が定常であるとして。次の問に答えよ。

- (1) 円筒座標系で、運動方程式を示せ。
- (2) 運動方程式を解き、流体表面の形状を求めよ。

4 「ぬれ壁塔」について英文の問いに解答せよ。

In a vertical wetted-wall tower, the fluid flows down the inside as a thin film δ m thick in laminar flow in the vertical z direction. Derive the equation for the velocity profile v_z , as a function of x , the distance from the liquid surface toward the wall. The fluid is at a large distance from the entrance. Also, derive expressions for $v_{z,av}$ and $v_{z,max}$.

付表 円筒座標の運動方程式

$$r\text{-component} \quad \rho \left(\frac{\partial v_r}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_r}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r} \frac{\partial v_r}{\partial \theta} - \frac{v_\theta^2}{r} + v_z \frac{\partial v_r}{\partial z} \right) = - \frac{\partial p}{\partial r} + \mu \left[\frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r v_r) \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 v_r}{\partial \theta^2} - \frac{2}{r^2} \frac{\partial v_\theta}{\partial \theta} + \frac{\partial^2 v_r}{\partial z^2} \right] + \rho g_r \quad (D)$$

$$\theta\text{-component} \quad \rho \left(\frac{\partial v_\theta}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_\theta}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r} \frac{\partial v_\theta}{\partial \theta} + \frac{v_r v_\theta}{r} + v_z \frac{\partial v_\theta}{\partial z} \right) = - \frac{1}{r} \frac{\partial p}{\partial \theta} + \mu \left[\frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r v_\theta) \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 v_\theta}{\partial \theta^2} + \frac{2}{r^2} \frac{\partial v_r}{\partial \theta} + \frac{\partial^2 v_\theta}{\partial z^2} \right] + \rho g_\theta \quad (E)$$

$$z\text{-component} \quad \rho \left(\frac{\partial v_z}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_z}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r} \frac{\partial v_z}{\partial \theta} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) = - \frac{\partial p}{\partial z} + \mu \left[\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial v_z}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 v_z}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 v_z}{\partial z^2} \right] + \rho g_z \quad (F)$$