

次の 1 から 4 の間に答えよ。付表は適宜使用して構わない。

1 移動現象（運動量移動・熱移動・物質移動）のアナロジーを下のキーワードを用いて説明せよ。表や図も含んで構わない。ただし、用いたキーワードには下線を引くこと。

キーワード 「流束」、「推進力」、「流れのない場合」、「流れの有る場合」

2 無次元数を2つ挙げ、その名称と、現象論的な意味を述べよ。ただし、用いた記号には全て説明を付けること。

3 半径  $R$ 、長さ  $L$  の垂直円管内を層流で流れている流体（粘度  $\mu$ ）について、その速度分布を求めたい。次の間に答えよ。ただし、重力成分は無視する。

1) 速度分布は半径  $r$  の関数として  $v_z = \frac{\Delta P \cdot R^2}{4\mu L} \left( 1 - \left( \frac{r}{R} \right)^2 \right)$  で与えられる。

この速度式を導出せよ。

2) 体積流量  $Q$  を求め、Hagen-Poiseuille 式を導出せよ。

4 外側の円筒（半径  $R$ ）が角速度  $\Omega_0$ 、内側の円筒（半径  $\kappa R$ ）が静止している2重垂直円筒がある。定常の流体（粘度  $\mu$ ）の速度分布を、円筒座標系を使用して求めたい。次の間に答えよ。

1) 各座標の運動方程式を示せ。

2) 運動方程式を解き、速度分布を求めよ。

3) 応力  $\tau_{r\theta}$  を求めよ。ただし、 $\tau_{r\theta} = -\mu \left[ r \frac{\partial}{\partial r} \left( \frac{v_\theta}{r} \right) + \frac{1}{r} \frac{\partial v_r}{\partial \theta} \right]$

付表 円筒座標の運動方程式