

化学工学 I 最終試験解答 (実施日: 2008/1/16)

水曜 3 限、担当: 山口由岐夫

1 5 点 × 3 = 15 点

- (a) $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ (b) $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ (c) $\text{mol} \cdot \text{s} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$

2 5 点 × 3 = 15 点

- (a) $\text{Re} = \frac{\rho u L}{\mu}$ (b) $\text{Sh} = \frac{kL}{D}$ (c) $\text{Sc} = \frac{\mu}{\rho D}$

3 5 点 × 5 = 25 点

問1. 粘性の無い流体。

問2. $-S_1 \frac{dh}{dt} = S_2 u$

問3. (1)式より、 $u = \sqrt{2gh}$ となるので、問2の結果に代入して $\frac{dh}{dt} = -\frac{S_2}{S_1} \sqrt{2gh}$

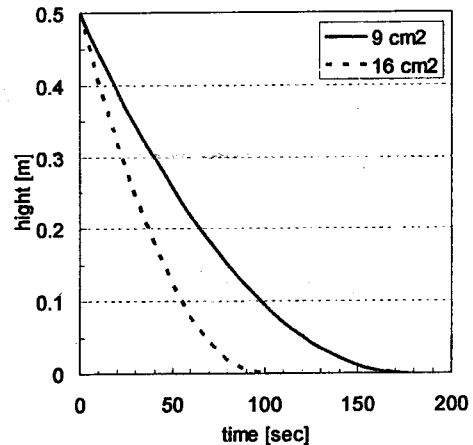
問4. 問3の微分方程式を解くと、積分定数を A として、

$$2\sqrt{h} = -\frac{S_2 \sqrt{2g}}{S_1} t + A$$

となる。初期条件 ($t=0$ で $h=H$) より、
 $A = 2\sqrt{H}$ であるから、全ての水がなくなるまで

の時間は、 $h=0$ として、 $t = \frac{S_1}{S_2} \sqrt{\frac{2H}{g}}$

問5. $9.0 [\text{cm}^2]$ のとき $t = 1.8 \times 10^2 [\text{s}]$ 、 $1.6 \times 10^1 [\text{cm}^2]$ のとき $t = 1.0 \times 10^2 [\text{s}]$



4 5 点 × 7 = 35 点

問1. $\frac{4}{3} \pi R^3 \rho_{Si} \frac{dv}{dt} = \frac{4}{3} \pi R^3 (\rho_{Si} - \rho_{air}) g - \pi R^2 \frac{10}{\sqrt{\text{Re}}} \left(\frac{1}{2} \rho_{air} v^2 \right)$

問2. 定常状態であるので、時間微分の項が 0 となって、

$$\frac{4}{3} \pi R^3 (\rho_{Si} - \rho_{air}) g - \pi R^2 \frac{10}{\sqrt{\text{Re}}} \left(\frac{1}{2} \rho_{air} v_i^2 \right) = 0$$

問2. $\text{Re} = \frac{2R \rho_{air} v_i}{\mu_{air}}$ を代入して、 v_i に関してまとめると、 $v_i = \left(\frac{4R}{15} (\rho_{Si} - \rho_{air}) g \sqrt{\frac{2R}{\mu_{air} \rho_{air}}} \right)^{\frac{2}{3}}$

問3. $\text{Pr} = \frac{\mu_{air} C_{air}}{\kappa_{air}} = 0.738 [-]$

問2の結果より、 $v_i = 7.54 [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$ となるので、 $\text{Re} = \frac{2R \rho_{air} v_i}{\mu_{air}} = 5.03 \times 10^2 [-]$

問4. $Nu = 2.0 + 0.6Re^{1/2} Pr^{1/3} = 14.2$ となるので、境界膜厚み $\delta = \frac{2R}{Nu} = 7.06 \times 10^{-5} \text{ [m]}$

よって、 $h = \frac{\kappa_{air}}{\delta} = 3.45 \times 10^2 \text{ [W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}\text{]}$

問5. $-\frac{4}{3}\pi R^3 \rho_{Si} C_{Si} \frac{dT}{dt} = 4\pi R^2 h(T - T_{air})$

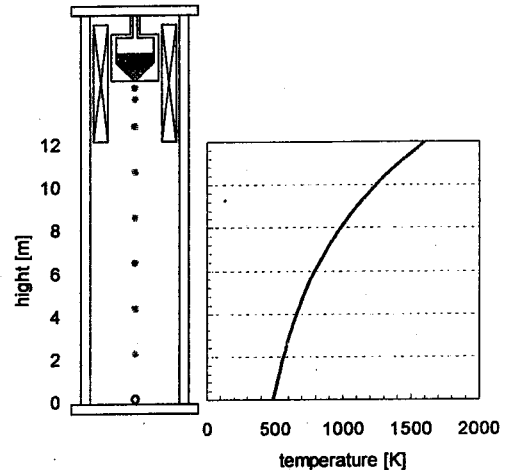
問6. 初期条件($t = 0 \text{ [s]}$ で T_0)のもとで、問5の微分方程式を解いて、 $\frac{T - T_{air}}{T_0 - T_{air}} = \exp\left(-\frac{3h}{R\rho_{Si}C_{Si}}t\right)$

問7. $v_t = 7.54 \text{ [m} \cdot \text{s}^{-1}\text{]}$ より、落下にかかる時間は

$$\frac{L}{v_t} = 1.59 \text{ [s]}$$

問6より、 $\frac{T - T_{air}}{T_0 - T_{air}} = 0.148$ となり、

$$T = 4.91 \times 10^2 \text{ [K]}$$



5 10点

「境界膜」の解答例

冬の朝大学に通うとき、家から出て歩いているときよりも、自転車走っているときのほうが寒く感じる。これは、体周りの線速が速く Re が大きくなり境界膜が薄くなるために、体からの放熱フラックスが大きくなるからである。

「律速」の解答例

昼休みの食堂には長蛇の列ができる。食券を買って、メニューごとのカウンターに並ぶ。食券販売機の前に列ができていないなら、「販売機の数律速」。カウンターの前に列ができていないなら、「食堂のおばちゃんの盛り付け律速」。

試験に関する質問は TA 奥 (koku@chemsys.t.u-tokyo.ac.jp)まで。