

類 科：化學工程
科 目：輸送現象與單元操作
考試時間：2小時

座號：_____

※注意：(一)可以使用電子計算器。

(二)不必抄題，作答時請將試題題號及答案依照順序寫在試卷上，於本試題上作答者，不予計分。

(三)本科目除專門名詞或數理公式外，應使用本國文字作答。

一、若有一平滑水平管子其直徑為0.02 ft、長度為300 ft，內有流量為120 ft³/min的水通過，請計算其產生壓力降 (pressure drop) 為多少psi？(25分)

已知在紊流下摩擦係數 (fanning friction factor, f) = $0.046\text{Re}^{-0.2}$ ；且水動黏度 $\nu_{\text{H}_2\text{O}} = 1.93 \times 10^{-5} \text{ ft}^2/\text{s}$ ，水密度 $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 62.4 \text{ lb}/\text{ft}^3$

二、一般人平時講話、唱歌、咳嗽，甚至呼吸，就會釋放出許多5微米以下的氣膠，當一感染者呼氣時，病毒就可透過呼氣將氣膠釋放到環境中，為了解氣膠的所謂「懸浮」，假設一5微米球型液滴的氣膠在27°C的靜滯空間自由下沉，請利用力平衡與下列資訊算出氣膠的終端速度？以及此時作用於氣膠的拖曳阻力？(25分)

氣膠：密度 = $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$ ；

空氣：密度 = $1.183 \text{ kg}/\text{m}^3$ ，黏度 = $1.853 \text{ kg}/\text{m} \cdot \text{s}$ at 27°C

Hint：若拖曳係數 (C_D) 的範圍可用 $C_D = k(\text{Re})^{-n}$ 來估算

Re	k	n
0-1	24	1
2-500	18.5	0.6
10^3 - 2×10^5	0.44	0

三、一直徑為1.5 cm、溫度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ 的A物體置入 $T_H = 100^\circ\text{C}$ 的恆溫水槽中，A物體的密度為 $1050 \text{ kg}/\text{m}^3$ ，熱容量 (heat capacity) 為 $2.5 \text{ kJ}/\text{kg} \cdot \text{K}$ ，熱傳導係數 (thermal conductivity) 為 $3.5 \text{ W}/\text{m} \cdot \text{K}$ ，A物體與水間的熱傳係數 (heat transfer coefficient) 為 $60 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ ，若A物體內部溫度分布是均一的，則：

(一)請先推導出A物體溫度變化，並表示為 $(T - T_H)/(T_0 - T_H)$ 與時間的關係。(15分)

(二)請問3分鐘後A物體的溫度是多少？(5分)

(三)並檢驗畢奧數 (Biot number) 是否合理？(5分)

四、有一簡易的矩型蒸鍍機（如下圖），底部放置一矽晶片並加熱進行化學蒸鍍（chemical vapor deposition, CVD），其反應為：



A為前驅物與惰性氣體氦氣（He）一起進入，經過擴散板（diffuser）擴散至晶片表面，藉由下方加熱板升溫將前驅物A熱裂解，B分子則沉積在晶片表面形成薄膜，氣體E與He經由擴散由左側排出。假設(1)在擴散板與晶片之間無流動或擾動之靜止狀態（quiescent），且無任何裂解反應發生，(2)裂解反應只發生在晶片表面且為非常快速反應，(3)薄膜B的厚度遠小於 δ 。請推導在穩態（steady state）下晶片表面A的質量通量（mass flux, N_{AZ} ）為何？（25分）

Hint： D_{AE} 為A在E中的擴散係數；莫爾分率 $y_A = y_{A0}$ at $z = 0$ ；氣相中的總濃度為C。

