

1. (25%)

均勻流 (uniform flow) 速度為 U ，流經一無限長之圓柱 (直徑為 d)。

(A) 假設流体沒有黏滯性且流場為非旋流

(i) 求出流場之速度場。

(ii) 流体作用在圓柱上之阻力。

(B) 考慮流体之黏滯性，並定義流場的雷諾數為 $Re = \frac{Ud}{\nu}$ ，其中 ν 為流体之運動黏滯係數

(iii) 以流線簡略表示下列不同雷諾數流況之差異； $Re = 0.1, 50, 200, 10^5, 10^6$ 。

(iv) 說明上述流場中，為何層流的分離點與紊流的分離點不同？

(v) 對此一流場，以圖形表示阻力係數 C_D 與 Re 數的關係。

(vi) 假設增加圓柱表面的粗糙度，則問題 (v) 的結果有何變化？

2. (20%)

一球形砂粒 (直徑 d) 在水中 (密度 ρ 、動力黏滯係數 μ) 以速度 V (值很小) 自由沉降，所受阻力為 D 。寫出影響阻力 D 之所有變數，並利用 Buckingham π 定理求出 π 參數 (列出詳細計算過程)。另由 Navier-Stokes 方程估算砂粒阻力係數 ($C_D = \frac{D}{0.5\rho V^2 d^2}$) 與雷諾數 ($Re = \frac{\rho V d}{\mu}$) 的關係。

3. (20%)

有二不同管流 (pipe flow)，其雷諾數 ($Re = \frac{Vd}{\nu}$ ， ν 為管流平均速度； d 為管徑) 分別為 2,000 及 10,000；

(i) 請詳細繪出 Moody Chart，並簡略說明摩擦係數 f 與雷諾數 Re 及相對管壁粗糙度 ϵ/d 的關係。

(ii) 已知在光滑管壁的情形下，兩者的摩擦係數的值約略相同，試問其值應為多少？

(iii) 若增加管壁粗糙度時，對上述兩種不同管流，摩擦係數會增加或減少？

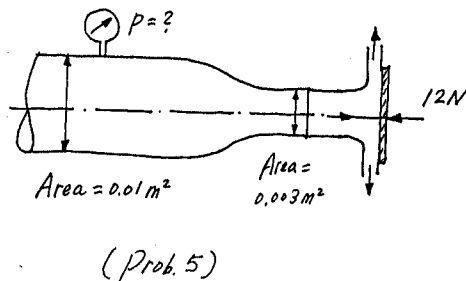
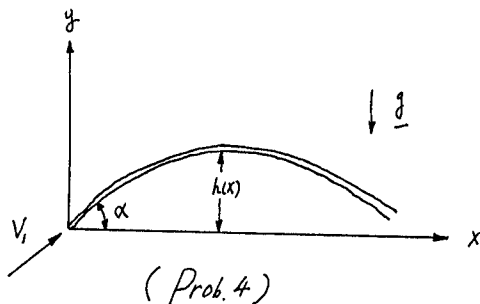
(iv) 詳細討論上述兩種管流，流速在徑向上的分佈有何差別？何者管壁所受剪應力較大？

4. (20%)

A fire hose directs a stream of water of velocity v_1 at an angle α above the horizontal, as illustrated in the figure (Prob. 4). The stream rises initially but then eventually falls to the ground.

(i) Derive an expression for the height $h(x)$ of the stream above the hose nozzle as a function of the horizontal distance from the nozzle. (Hint: use the Bernoulli equation)

(ii) Calculate the maximum value of h if $v_1 = 50$ m/s and $\alpha = 45^\circ$.



5. (15%)

Air flows into the atmosphere from a nozzle and strikes a vertical plate as shown in the figure (Prob. 5). A horizontal force of 12 N is required to hold the plate in place. Determine the reading on the pressure gage. Assume the flow to be incompressible and frictionless.