

國立成功大學

113學年度碩士班招生考試試題

編 號： 122

系 所： 系統及船舶機電工程學系

科 目： 流體力學

日 期： 0201

節 次： 第 2 節

備 註： 可使用計算機

※ 考生請注意：本試題可使用計算機。請於答案卷(卡)作答，於本試題紙上作答者，不予計分。

----- Some information -----

The thickness of laminar boundary layer can be approximated by: $\delta = 4.79 \sqrt{\frac{x\nu}{U}}$;

Fresh water's kinematic viscosity = $1.12 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, density = $1,000 \text{ kg/m}^3$.

Seawater's kinematic viscosity = $1.18 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, density = $1,050 \text{ kg/m}^3$.

Air's kinematic viscosity = $1.51 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$, 1.204 kg/m^3 .

The gravity acceleration = 9.8 m/s^2

Useful equations:

$$p + \frac{\rho}{2} V^2 + \rho g z = \text{constant}$$

$$\nabla \cdot \rho \vec{V} + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$$

$$\vec{L} = \rho \vec{U} \times \vec{r}$$

$$\vec{\omega} = \frac{1}{2} \nabla \times \vec{V}$$

1. [勢流理論] (10%)

在勢流理論中如何構建一個圓柱的模型？使用哪些基本簡單的勢流樣態？(2%) 又如何推導出 d'Alembert Paradox？(5%) 如何解釋該悖論？(3%)

2. [Boundary Layer] (25%)

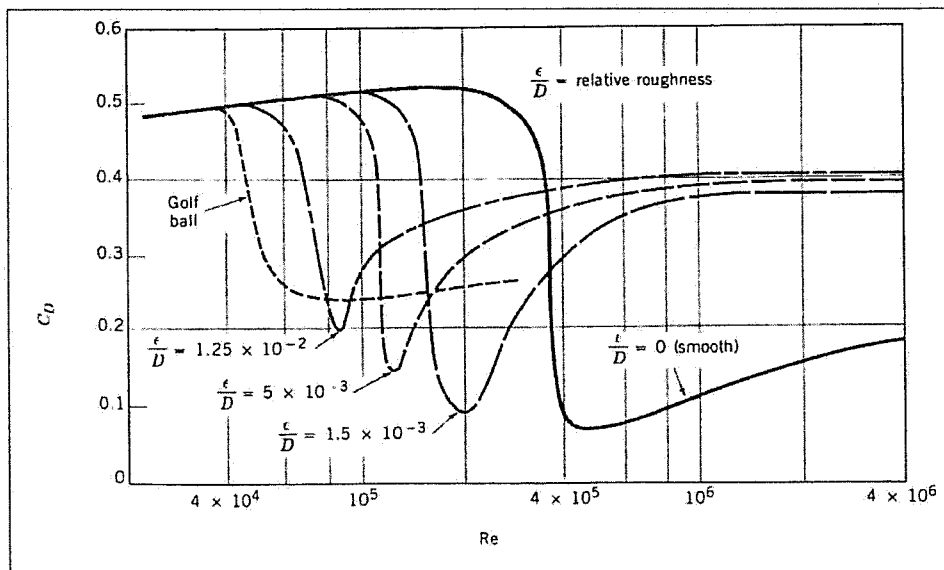
(a) 請問一般「邊界層厚度」如何定義？(2%)

(b) 邊界層又有所謂「momentum thickness」與「displacement thickness」，其定義為何？請解釋其物理意義。(8%)

(c) 邊界層剝離現象與物體表面粗糙度、雷諾數都有關；何種情形下會發生邊界層剝離？(5%)

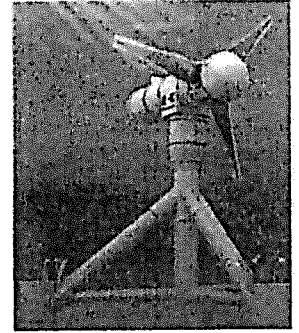
(d) 下圖是球的阻力係數與雷諾數關係圖。一般高爾夫球的直徑為 45mm，若想阻力係數最小，它應該在空氣中飛多快？(5%)

(e) 承上，改以同樣速度的光滑圓球，需要克服的阻力是幾倍？如何得知 (5%)



[題組] 洋流發電

太平洋上某島國為了利用洋流發電來解決能源不足、減碳環保的問題，並促進工業發展，想要設計建造沉於海底的洋流發電機 (如示意圖)。在過程中遇到許多流體力學的問題，假設你是負責解決這些問題的工程師，請依照此情境，協助解決下列問題。



(水平軸·海底設置型)

3. [因次分析] (20%)

為解析洋流發電機的旋轉葉片 (見圖) 問題，若只考慮的物理量包括流速 U ，葉片直徑 ϕ ，水的密度 ρ ，水的黏性 μ ，產生的阻力 D ，轉矩 Q ，轉速 (旋轉的頻率) n ，軸心距離海床的高度 H 、垂直支柱直徑 d 等。請以因次分析的方法討論此問題。

(a) 共有幾個基本因次？(2%)

(b) 故可推導出幾個無因次量？(3%)

(c) 請推算出各無因次量，並解釋每項的物理意義 (不只是名稱)。(15%)

4. 考慮受力問題，假設洋流發電機設置於 40m 深的海床上，流經葉片中心 (離海床高 15m) 的海水流速為 1.6m/s。

(a) 計算該葉片中心半球型尖端 stagnation point 處的最大壓力為何？(5%)

(b) 你解上題的公式是什麼原理？代表麼物理量的守恆？(5%)

5. 承上題，該發電機預計以 2.5m/s 為最高流速，其葉片直徑為 7.0m。為估算其總阻力與速度關係，想在風洞或拖航水槽以縮小比例 1/10 的模型實驗。

(a) 模型實驗中想要了解葉片或支柱造成的流場，於是在其表面塗部一些顏料將流場可視化。這種方式製造出來的可見線條，稱為什麼線？(2%)

(b) 為了規劃實驗條件，實驗模型除了要求幾何相似，假設運動相似之外，還需考慮實驗設計上能盡量滿足什麼相似？(3%)

(c) 承上，你第一題答案中哪些無因次量代表幾何相似？哪些代表運動相似？(10%)

(d) 若實驗條件要使模型與實機的 Reynolds number 高到完全展開的紊流狀態，請計算實物的雷諾數，再估算水槽中的實驗速度至少應為多少？(5%)

(e) 若想在風洞中做實驗，是否可行？為什麼？若可行，實驗條件為何？(10%)

(f) 為評估裝設邊界層激紊裝置的參考，請計算在模型尖端後方 3cm 位置處的層流邊界層厚度 (假設為層流邊界層)。(5%)