

1. 試繪出文式流量計(Venturi meter)及小孔流量計(orifice meter)的簡單構造圖，並從其實際使用場合、量測範圍及流速= $f$ (壓差)的關聯式的三個角度列舉其差異。(請分別以此三個項目列舉其差異)(8%)
2. 請寫出以下三個無因次係數的定義，並說明個別係數的分子與分母所代表的物理意義(a) Power number; (b) Euler number; (c) Froude number (6%)
3. A double-pipe heat exchanger consists of a 1-in schedule-40 steel pipe (ID= 1.049 inch, OD= 1.315 inch) inside a 2-in schedule-40 steel pipe (ID= 2.067 inch, OD= 2.375 inch). Both pipe are set on the same axis and water flows in both in the same direction with the same bulk velocity of 10 ft/s and the same inlet pressure. If a leak should develop anywhere in the system, which stream will flow into the other? The definition for the Fanning friction factor  $f$  as follows: (10%; Hint: make a good use of the Figures attached)

$$f = \frac{\tau_s}{\rho u_b^2 / 2g_c}$$

4. Hydrocarbon vapors are cracked in a catalytic reactor which consists of a randomly packed bed of pellets shaped as "cubes" 0.5 cm long. The material of which the pellets are made has a density of 1600 kg/m<sup>3</sup> and the bulk density of the packed bed is 960 kg/m<sup>3</sup>. The container has a cross sectional area 0.1 m<sup>2</sup>, and the bed is 2 m deep. Find the pressure drop through the bed if the superficial velocity is 1 m/s. (10%; Hint: make a good use of the Figure attached)  
The density of the vapor is 0.642 kg/m<sup>3</sup>, and its viscosity is 1.5 \* 10<sup>-5</sup> Pa.s.

Note:  $D_p$  = effective particle diameter =  $6/S_V$ ;

where  $S_V$  = specific surface of a particle =  $S_p / v_p$  = (surface area of a particle)/(volume of particle);

$G_0 = \rho v_0$ , in which  $v_0$  is the superficial velocity

$\epsilon$ : void fraction

(背面仍有題目,請繼續作答)

5. 直徑 5 公分的蒸氣管，以兩層各為 1 公分的絕熱材料包覆以減少熱損失。其中一種絕熱材料的熱傳導係數為另一種的 10 倍。假設此一複合絕熱層的內、外表面溫度固定不變，試問具有較好絕熱性質的材料當內層或是當外層會有較小的熱損失？（2%）較好的絕熱方式相對於較差的絕熱方式，減少多少熱損失百分比？（6%）
6. 三種相同材質，但幾何形狀不同的物體，分別是厚度 1 公分的平板、直徑 1 公分的圓柱體、及直徑 1 公分的球體，具有相同的起始溫度（例如  $100^{\circ}\text{C}$ ）。若同時將其置入另一不同溫度（例如  $20^{\circ}\text{C}$ ）的流體中，試問在某一時刻，何者的中心溫度最低？（1%）何者的中心溫度最高？（1%）並提出你的解釋及其物理意義。（3%）
7. (a) 繪出單程（single pass）逆流（counterflow）套管式（double-pipe）熱交換器的冷、熱流體溫度分佈圖（2%），並列出其對數平均溫度差表示式（2%）。  
(b) 若（a）之熱交換器的兩端點溫度差相等或相近時，其熱交換速率式如何表示？（2%）
8. (a) 何謂輻射熱傳機制？（1%）其熱傳速率式為何？（1%）  
(b) 與（a）相類比的質傳機制為何？（1%）
9. 空氣通入攪拌之氣體吸收槽，進行水溶液中之氧氣吸收。今擬以雙阻力學說（two-resistance theory）說明氧氣傳送過程需克服串連之氣相及液相質傳阻力。
- (1) 在估計各相之質傳阻力時，可使用薄膜理論（film theory）、滲透理論（penetration theory）或表面更新理論（surface-renewal theory）。簡述導衍這些理論時所做之假設。（6%）
- (2) 請使用薄膜理論估計氧氣於氣相及水相之質量傳送係數  $k_y$ 、 $k_x$  以及質傳通量（mass flux）。若氧氣於水相及氣相之普通擴散係數分別為  $1.0 \times 10^{-5}$  及  $0.25 \text{ cm}^2/\text{s}$ ，水膜及氣膜厚度分別為 0.1 及 1.0 cm，水膜及氣膜外氧氣之莫耳分率分別為 0.01 及 0.21，水相及氣相之莫耳密度分別為  $0.056$  及  $4.5 \times 10^{-5} \text{ g mole/cm}^3$ ，又亨利常數為 10 且假設以 equimolar counterdiffusion 方式進行質量傳送。（10%）

10. 當以逆流式操作進行氣體吸收、萃取、蒸餾設計時，必須避免流體發生泛濫現象 (flooding)。今以填充塔中稀薄酒精水溶液之蒸餾為例，若上升蒸氣質量速度之設計值為泛濫值之 50%、蒸氣與水溶液之入口莫耳流率固定，當以尺寸較大之填充材料 (如 Intalox saddles) 設計時，簡述其對所設計之蒸餾塔之截面積、單位塔高度壓降、傳送單位  $N_{Oy}$  (number of transfer units based on overall mass transfer coefficient of the vapor phase) 之影響。(9%)
11. (1) 於平衡級逆流式氣體吸收塔中，若  $y_a$ 、 $y_b$ 、 $V$  分別代表氣相之塔頂溶質莫耳分率、塔底溶質莫耳分率、莫耳流率， $x_a$ 、 $x_b$ 、 $L$  分別代表液相之塔頂溶質莫耳分率、塔底溶質莫耳分率、莫耳流率。若亨利定律 (亨利常數為  $H$ ，其不等於  $L/V$  比值) 可用於描述稀薄溶液系統中平衡級上兩相溶質莫耳分率間之平衡關係，試導出求解理論級數  $N$  與出、入口溶質濃度間之差分方程式及其邊界條件 (勿須解出)。(5%)
- (2) 當上小題之氣體吸收塔改為填充塔時，試導出傳送單位  $N_{Oy}$  (number of transfer units based on overall mass transfer coefficient of the vapor phase) 與出、入口溶質濃度間之代數關係式。(5%)
12. 簡答以下各子題：
- (1) 操作精餾塔時，提高塔頂回流比之優缺點為何。(3%)
- (2) 設計氣體吸收、萃取等單元操作時，以順流式取代逆流式設計之優缺點為何。(3%)
- (3) 利用薄膜分離自水解產生之相同濃度氫、氧氣體進行氫氣純化，當選用多孔性薄膜或非多孔性薄膜 (如 dense polymer membrane) 為分離介質時，請劃出氫、氧氣濃度於薄膜兩側之變化曲線圖。(3%)

(背面仍有題目,請繼續作答)



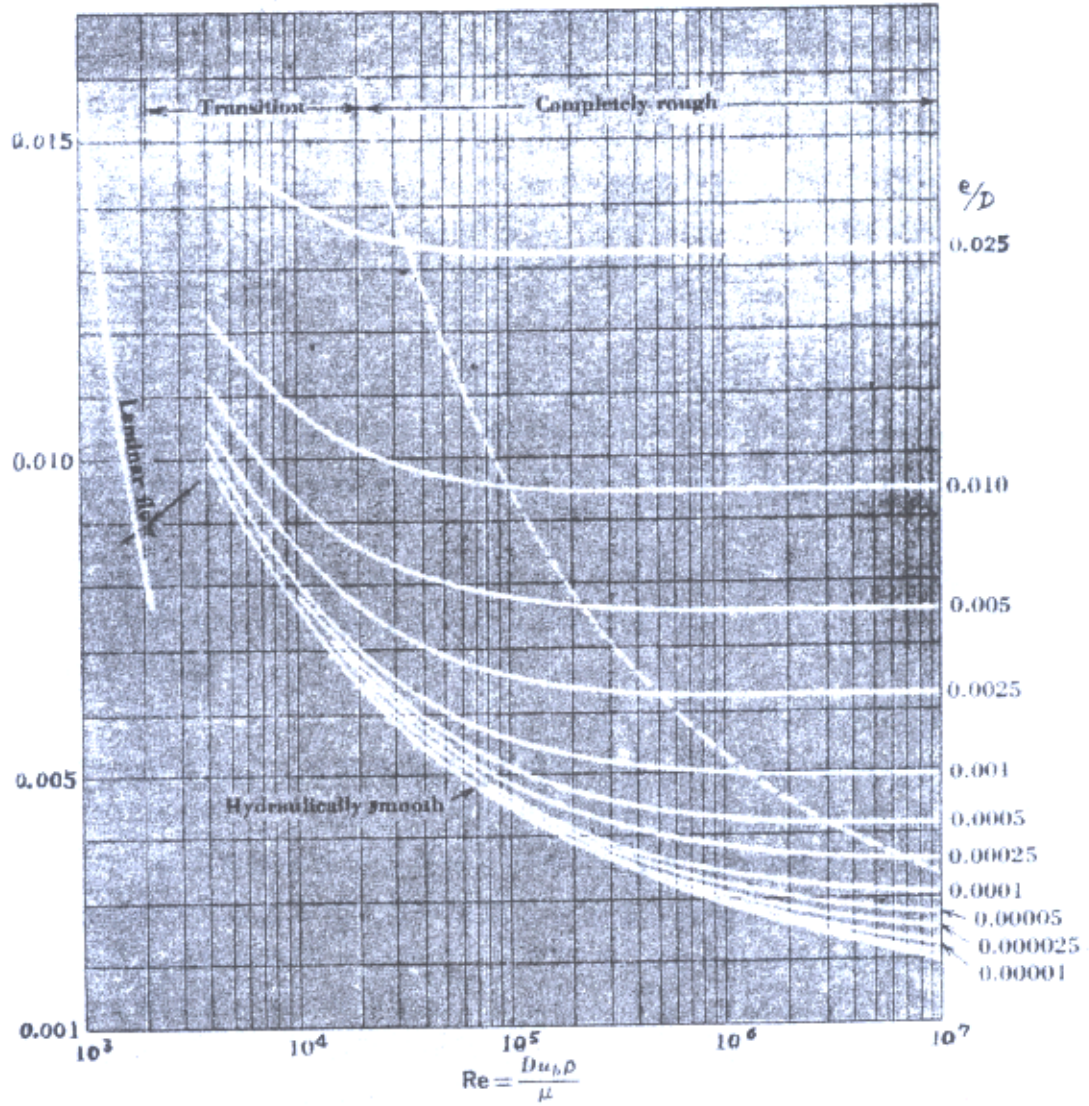


Figure 1. Friction factor vs. Reynolds number for commercial pipe



- |                    |                                     |
|--------------------|-------------------------------------|
| a. Riveted steel   | 3. Asphalted cast iron              |
| b. Concrete        | 4. Commercial steel or wrought iron |
| 1. Cast iron       | 5. Drawn tubing                     |
| 2. Galvanized iron |                                     |

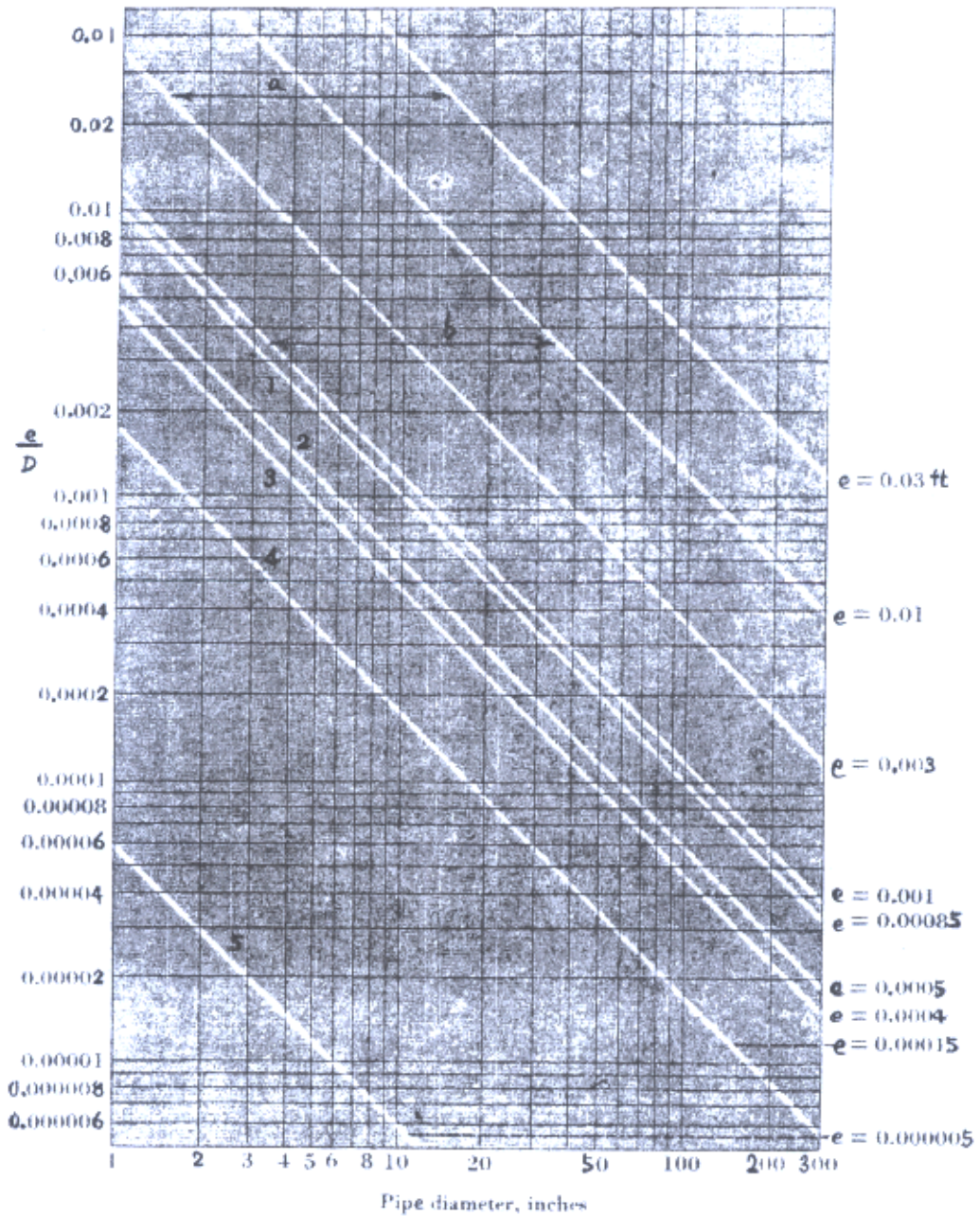


Figure 2. Relative roughness of commercial pipe.

(背面仍有題目,請繼續作答)

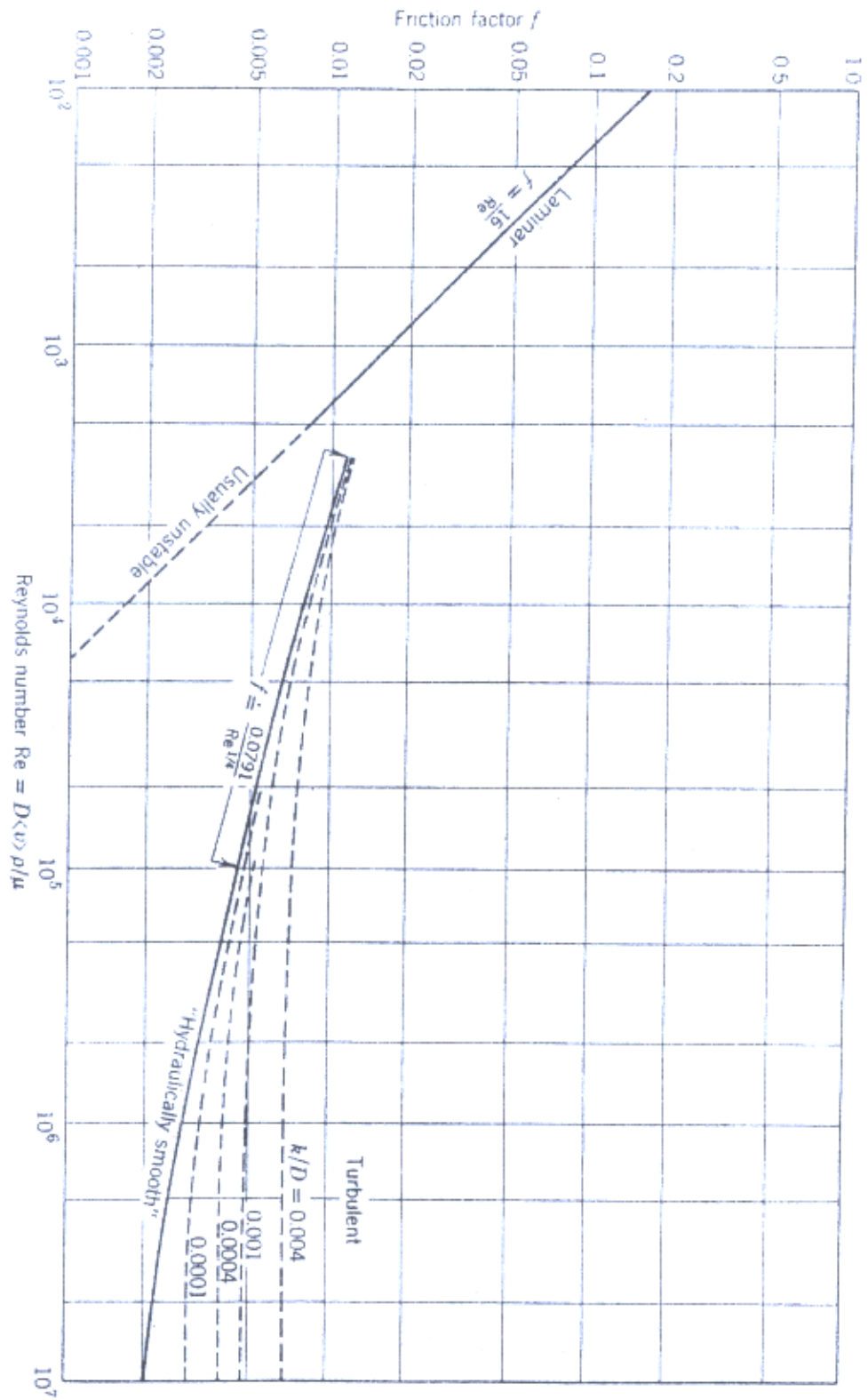


Figure 3. Friction factors for tube flow



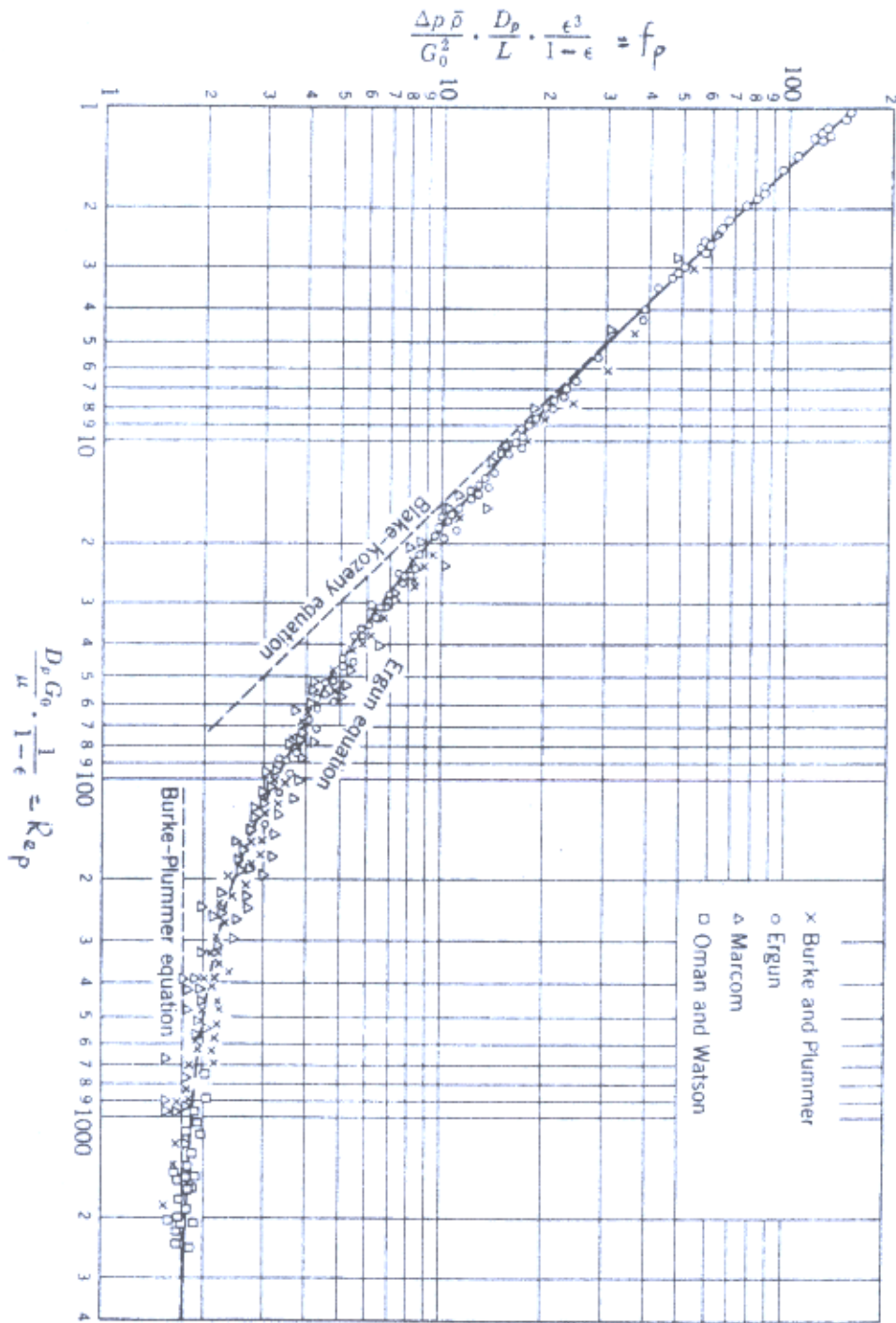


Figure 4. General behavior of a flow through a packed column.