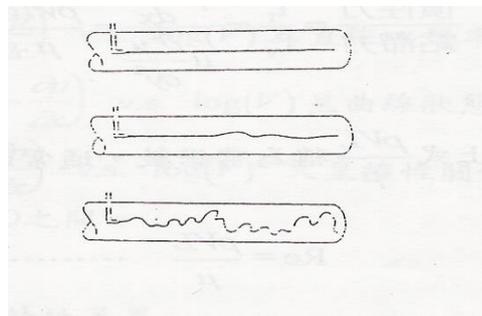


# 雷諾實驗

## 一、前言

西元 1883 年，Oshone Reynolds 將染色液體注入透明管中觀察，發現流量小時，管內的染色液體從頭到尾始終為一條清晰的細紋，是為層流(Laminar flow)；流量漸增後，染色液體開始出現不穩定的波浪狀，是為轉換流(Transition flow)；流量再繼續增大時，染色液體急遽振盪而渾濁不清，是為紊流(Turbulent flow)。依序如下圖所示：

Laminar	層流
Transition	轉換流
Turbulent	紊流



## 二、相關知識

1.雷諾數(Reynolds Number)的定義：雷諾數代表慣性力(Intertial force)與黏滯力(Viscous force)之間的比值。

2.推導：  
單位體流體所受的慣性力

$$f_I = \rho \alpha x = \rho \frac{du}{dt} = \rho \frac{du}{dx} \frac{dx}{dt} = \rho \frac{du}{dx} u \dots \dots \dots (1)$$

體積  $dxdydz$  的流體所受之力

$$F_v = \left( \tau + \frac{\partial \tau}{\partial y} dy \right) dx dz - \tau dx dz = \frac{\partial \tau}{\partial y} dxdydz \dots\dots\dots(2)$$

單位體積流體所受的黏滯力

$$f_v = \frac{F_v}{dxdydz} = \frac{\partial \tau}{\partial y} = \mu \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \dots\dots\dots(3)$$

若一流場長度  $L$ ，特徵速度  $V$ ，則

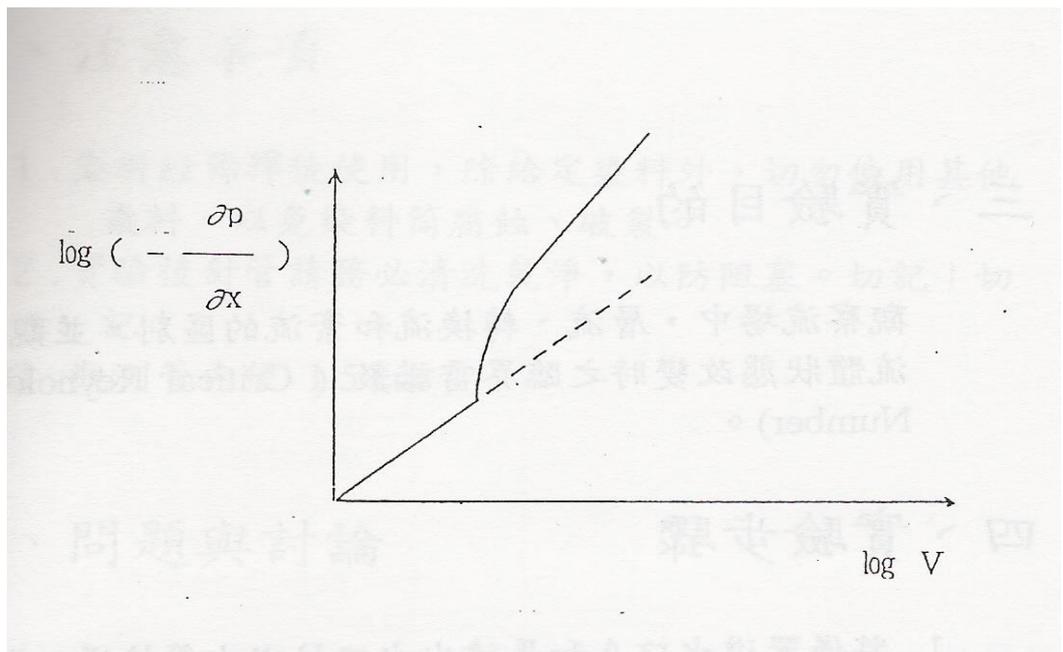
$$\frac{\text{慣性力}}{\text{黏滯力}} = \frac{f_I}{f_v} = \frac{\rho \frac{du}{dx}}{\mu \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}} = \frac{\rho VL}{\mu} \dots\dots\dots(4)$$

上式  $\frac{\rho VL}{\mu}$  稱為雷諾數，通常以  $Re$  表示，即

$$Re = \frac{\rho VL}{\mu} \dots\dots\dots(5)$$

- 式中
- $\rho$ : 流體密度
  - $\mu$ : 流體黏滯性
  - $L$ : 管之直徑
  - $V$ : 管內斷面平均速度

3. 管流中壓力降  $\left( -\frac{\partial p}{\partial x} \right)$  與管流速度( $V$ )關係為：

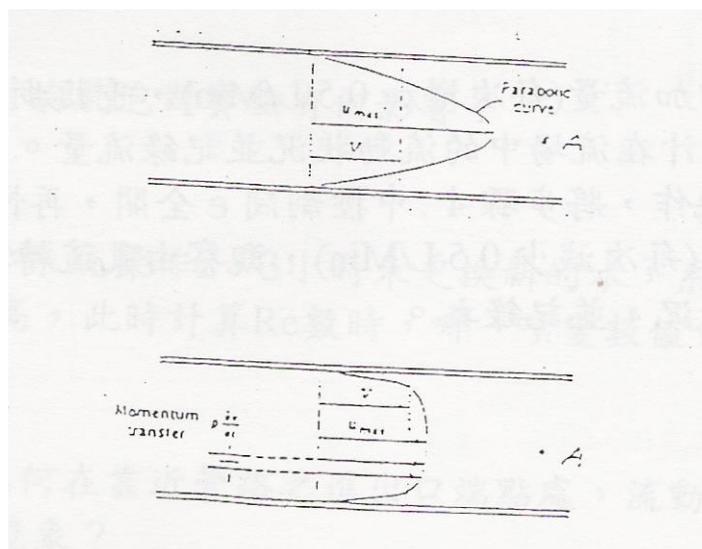


層流時， $\log\left(-\frac{\partial p}{\partial x}\right)$  v.s.  $\log(V)$  為直線，斜率為 1。

轉換流時， $\log\left(-\frac{\partial p}{\partial x}\right)$  v.s.  $\log(V)$  呈曲線狀態。

紊流時， $\log\left(-\frac{\partial p}{\partial x}\right)$  v.s.  $\log(V)$  又呈線性關係，斜率介於 1.75~2.00 之間。

#### 4. 層流與紊流之特性差異



### 三、 實驗目的

觀察流場中，層流、轉換流和紊流的區別，並觀察流體狀態改變時之臨界雷諾數(Critical Reynolds Number)。

### 四、 實驗步驟

1. 將儀器進水口 A 和馬達出水口 B 以水管接通。溢流口 D 流量控制閥出口 E 及排水閥出口 F 亦用水管接至試驗台之排水口。
2. 將迴水閥 g、馬達抽水閥 c 及進水閥 a (即馬達出水閥 b) 全開，流量控制閥 e 及排水閥 f 全關。
3. 啟動電源，再慢慢關閉迴水閥 g，使水充滿水管，當水進入圓形定水頭水箱時，須將儀器傾斜輕搖，避免水箱中留氣泡。
4. 將流量控制閥 e 定於較小之流量，調整進水閥 a 及溢流閥 d，靜觀數分鐘，使流場達穩定狀態。
5. 將染料控制閥打開，觀察墨汁在流場中的流動狀況。
6. 慢慢增加流量 (每次增加 0.5L/Min)，重複步驟 4，觀察墨汁在流場中的流動狀況並記錄流量。
7. 反向操作，將步驟 4，中控制閥 e 全開，再慢慢減少流量 (每次減少 0.5L/Min)，觀察由亂流轉變為層流的情況，並記錄之。

## 五、 注意事項

1. 染料經稀釋後使用，除給定染料外，切勿使用其他染料，以免染料筒腐蝕、破裂。
2. 實驗後針管請務必清洗乾淨，以防阻塞。切記！切記！
3. 觀測管內徑 1.5 cm。

## 六、 問題與討論

1. 觀察染液的運動變化與流量（雷諾數）的關係。尤其開始不穩定（轉型流）時，染液形狀的變化。
2. 記錄流場轉型時的流量值，算出對應之雷諾數，並討論影響此臨界雷諾數值的因數有哪些？
3. 觀察在測試段最底部接頭轉變處流場狀況？
4. 討論氣泡對實驗有何影響？
5. 當系統操作 2 ~ 3 小時未更換新的水，系統水溫會升高，此時計算  $Re$  數時，哪一項變數值會改變？
6. 為何在靠近管路之進出口端點處，流動呈現不穩定現象？

儀器設備圖

