

黏滯係數

目的：測量液體的黏滯係數。

實驗方法：本實驗利用重力帶動在一空心圓柱體中的一圓柱體，此時介於此二圓柱體中之液體因摩擦（黏滯）力而被帶動旋轉。再去量度內圓柱體以定速轉動下所需施加的力矩，則可由定義計算出液體的黏滯係數。

原理：

要了解液體的黏滯性，我們可以考慮如圖 1 的兩片平板，中間夾著一層液體，下面那片平板保持固定，而上面的平板則以 ΔV 的速度移動，這時我們可以把中間的液體想像分成許多層，每一層之間都有摩擦力，摩擦力會阻止各層液體間的相對運動，使得我們必須要用一個力 F 去拉上面的平板才能使它保持一定的速度。每一層的液體也有不同的速度，最上的一層液體和上平板有相同的速度 ΔV ，而最下一層液體則和下平板一樣為靜止。

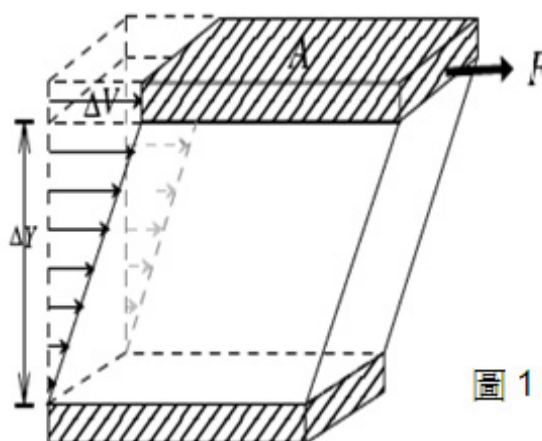


圖 1

由實驗觀察發現，施力 F 的大小和平板的面積 A 及平板間的相對速度 ΔV 成正比，和平板間的距離 ΔY 成反比，即

$$F = \eta A \frac{\Delta V}{\Delta Y} \quad (1)$$

其中的比例常數 η 稱為液體的黏滯係數（viscosity）。把上式稍加整理後可得

$$\eta = \frac{F/A}{\Delta V/\Delta Y} \quad (2)$$

液體的黏滯係數愈大，欲拖動上面平板所需的力也就愈大。黏滯係數的 CGS 單位為泊(poise), $1 \text{ poise} = 1 \text{ dynes} \cdot \text{s}/\text{cm}^2$ 。較常用的單位為 $1 \text{ cp} = 1 \text{ centipoise} = 0.01 \text{ poise}$ 。

本實驗量測液體的黏滯係數裝置為一可轉動之圓柱體。圖 2 為由一半徑為 a 的可轉動圓柱體，與內半徑為 b 的空心圓柱體所組成。實驗時利用重力帶動可轉動圓柱體，介於此二圓柱體中之液體因摩擦（黏滯）力而被帶動旋轉。距離轉軸為 r 位置之液體運動速度可以 $V = \omega r$ 來描述，所以沿著半徑方向上的速度變化為

$$\frac{\Delta V}{\Delta r} = \omega + r \frac{\Delta \omega}{\Delta r} \quad (3)$$

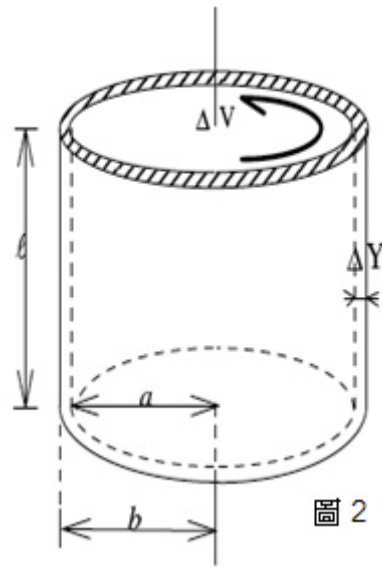
此速度梯度中之第一項為因半徑之不同所產生的速度變化，所以該項對不同層流之間的摩擦力沒有貢獻(試以剛體為例)，故討論黏滯問題時，僅需考慮第二項的影響。因此黏滯係數可表示為

$$\eta = \frac{F/A}{r\Delta\omega/\Delta r} \quad (4)$$

在本實驗裝置中黏滯係數可表示為(詳細推導過程參考物理系普物實驗講義)

$$\eta = \frac{(b^2 - a^2)gR^2 m}{4\pi a^2 b^2 \ell} = A \frac{m}{V} \quad (5)$$

其中 a = 可轉動圓柱體的半徑， b = 固定圓柱體的半徑， ℓ = 可轉動圓柱體的長， R = 鼓軸半徑， V = 線性速度大小， m = 砝碼質量。換句話說，黏滯係數是一個只和黏滯係數測定儀有關的常數 A 乘以 m/V 所得的值。



實驗儀器與架設：

實驗儀器：光電計時器 溫度計 光電閘 砝碼 黏滯係數測定儀。(不用接變壓器)

		
光電計時器	溫度計	光電閘
		
砝碼		



圖3 黏滯係數測定儀



圖4 儀器架設圖

一、黏性係數測定

1. 量測黏滯係數測定儀中之常數：內半徑 a 、外半徑 b ，鼓軸半徑 R 及內圓筒長 l 。
2. 將 5 克砝碼附在一細線上，此細線以儘可能不重合的方式圍繞著鼓軸，然後用碼錶量度砝碼在一給予高度 d 落到地面所需之時間 t 。(除非液體的黏性很低，否則砝碼會很快達到一定的終端速度，此速度可取整個落下的距離和時間量度之而有足夠的準確度。)
3. 改換砝碼 (10 克，20 克，30 克或 40 克等)，重覆步驟 2，將所有結果記錄下來，包括溫度。
4. 以 m 為橫座標， V 為縱座標繪製曲線，此曲線斜率的倒數就是 η/A 。
5. 從(5)式計算黏滯係數 η ，並將所得結果與所查到的甘油黏滯係數值比較。

黏滯係數實驗紀錄

內半徑 $a =$ _____ cm、外半徑 $b =$ _____ cm，鼓軸半徑 $R =$ _____ cm
 內圓筒長 $l =$ _____ cm、溫度 $T =$ _____ °C、
 常數 $A =$ _____ s^{-2} 。

測量得的數據			計算得的數據	
砝碼質量 m (g)	高度 d (cm)	時間 t (s)	終端速度 V (cm/s)	黏滯係數 η (dynes·s/cm ²)