

## 實驗九 黏滯係數測定實驗

### 一、目的：

測量液體的黏滯係數及瞭解相對黏度的定義

### 二、原理與方法：

流體流動時內部所產生阻力的程度，稱為「黏滯性或黏度」(viscosity)，其大小因物質的種類、濃度、溫度等因素而不同。理論上可假設流體為許多極薄的層堆疊而成，當液體流經一靜止的平面，則鄰近於平面邊界的流體層停滯不動，次一個相鄰的流體層的速度逐漸增加。欲使沿同一方向的兩平行層有一定的速度差  $v$ ，則需要有一正切的作用力  $F$  存在，此作用力  $F$  與速度差  $v$  及此兩相鄰層的接觸面積  $A$  成正比，而與兩鄰層間的距離  $r$  成反比，此稱為牛頓黏流定律(Newton's Laws of Viscous Flow)。

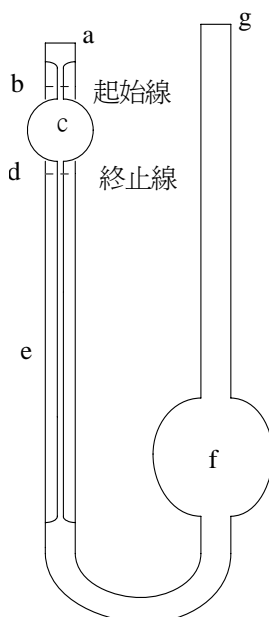
$$F = -\eta \frac{Av}{r} \quad (1)$$
$$\tau = \frac{F}{A} = -\eta \frac{dv}{dr}$$

式中  $\tau$  為單位面積的阻力， $\eta$  為黏度係數， $\eta$  的慣用單位為  $\text{g/cm}\cdot\text{s}$  或稱為「泊(Poise)」。

實驗中，測定液體黏度的方法，是依據哈根—帕穗方程式(Hagen-Poiseuille equation)，如果有一個水平毛細管的長度為  $L$  (cm)，半徑為  $r$  (cm)，毛細管兩端的壓力差為  $\Delta P$  ( $\text{dyne/cm}^2$ )，在  $t$  秒內流過毛細管的流體體積為  $V$  ( $\text{cm}^3$ ) 時，此液體的黏度係數：

$$\eta = \frac{\pi \Delta P r^4 t}{8VL} \quad (2)$$

本實驗所採用的奧士華黏度計如下圖所示：



$e$  為毛細管， $c$  是待測液球，球的上下各有一標線  $b$  及  $d$ ， $f$  為待測液接受管。假設標準液體及待測液體的密度分別為  $\rho_0$  及  $\rho$ ，液面自標線  $b$  降至標線  $d$ ，所需的時間各為  $t_0$  及  $t$ ，黏度係數分別為  $\eta_0$  及  $\eta$ ，毛細管的半徑為  $r$ ，長度為  $L$ ，上下液面間的壓力差分別為  $\Delta P_0$  及  $\Delta P$ 。於  $t_0$  及  $t$  秒內液體流經毛細管的體積為  $V$ 。則根據式(2)可得：

$$\frac{\eta}{\eta_0} = \frac{\Delta P t}{\Delta P_0 t_0} \quad (3)$$

假設其液面的高度為  $h$ ， $\Delta P_0 = \rho_0 g h$  及  $\Delta P = \rho g h$ ，帶入式(3)，可得到

$$\frac{\eta}{\eta_0} = \frac{\rho t}{\rho_0 t_0} = \eta_r \quad (4)$$

$$\eta = \eta_0 \frac{\rho t}{\rho_0 t_0} = \eta_0 \eta_r \quad (5)$$

式(5)中， $\eta$ 稱為絕對黏度係數，其直接測定頗為繁難，但兩液體間的黏度比值 $\eta_r$ 較容易測得。一般以純水為標準液體，則液體的絕對黏度就可利用式(5)換算求得。純水的絕對黏度可由表一查得。

### 三、儀器設備：

奧士華（奧士瓦）黏度計(Ostwald viscosimeter or viscometer)、量筒、橡皮安全吸球、橡皮管、馬表。

### 四、實驗步驟：

#### (一) 黏度計的洗淨及乾燥

先以蒸餾水沖洗乾淨後，再以丙酮洗淨，然後放入烘箱烘乾，或以吹風機吹乾。

#### (二) 黏度的測定

1. 取 10 mL 的蒸餾水，自  $g$  端注入黏度計內。
2. 於  $a$  端套一橡皮管，並用安全吸球將純水液面緩緩吸至標線  $b$  上方約 5 mm 高。
3. 卸去安全吸球，讓液面徐徐下降，當液面降至標線  $b$  時，開始以馬表測量液面通過  $b$ 、 $d$  兩標線所需的時間。
4. 重複步驟 2 與步驟 3 至少五次，以求得平均值。
5. 倒出純水後將黏度計洗淨、烘乾，再倒入同體積的待測液，重複前述步驟 2 到步驟 4。
6. 利用式(4)，算出  $\eta_r$
7. 水的絕對黏度  $\eta_0$ ，可由表一查得，帶入式(5)，即可求出待測液的絕對黏度  $\eta = \eta_0 \eta_r$

### 五、問題與討論：

1. 為何本實驗所注入之待測液體體積需相同，試問體積若不同，過多或過少對實驗有何影響？
2. 進行本實驗時，可否同時取兩支黏度計同時測純水及待測液，以節省時間，是否可以？為什麼？試說明原因。