

# 實驗一 密立根油滴實驗

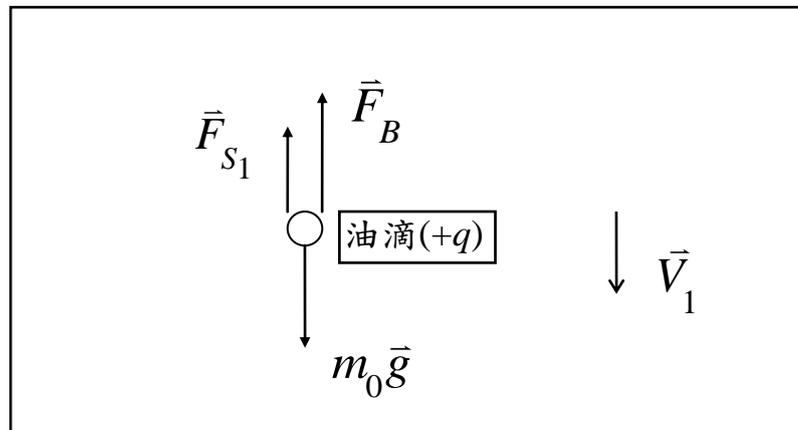
(R. A. Millikan, 1913)

## 一、目的

1. 藉由實驗瞭解電子電荷量化。
2. 進而求出  $e$  值。

## 二、原理

1. 當油滴經由噴霧器被噴入油滴室內，因摩擦使部份油滴帶正電，部份油滴帶負電，其受力圖如下（圖示箭頭方向只代表方向，不代表大小）：



其中

$m_0$ ：油滴質量  $\vec{V}_1$ ：油滴速度

$\vec{F}_B$ （浮力） $= m_A \vec{g}$ （ $m_A$  為和油滴同體積的空氣質量）

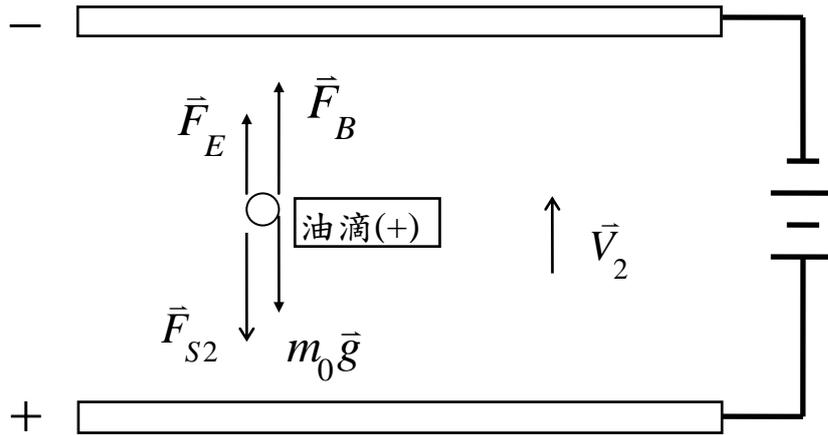
$\vec{F}_{S_1} = 6\pi r \eta V_1 \uparrow$

（ $\vec{F}_{S_1}$  為黏滯力，由 Stoke's resisting force 可得上式；其中設油滴為圓球形， $\eta$  為空氣黏滯係數， $r$  為油滴半徑）

則油滴受力方程式為

$$(m_0 - m_A)g - 6\pi r \eta V_1 = 0 \dots\dots\dots(A)$$

2. 當油滴室上下電容板加一電壓，其受力圖如下：



其中

$$\vec{F}_E (\text{電場施予油滴的力}) = Q\vec{E}$$

$$\vec{F}_{S_2} = 6\pi r \eta V_2 \downarrow$$

則油滴的受力方程式為

$$(m_0 - m_A)g - QE + 6\pi r \eta V_2 = 0 \dots\dots\dots(B)$$

3. 當電場大到使油滴靜止時 ( $= E_0$ )，則  $V_2 = 0$ 。

得 (B) 式為

$$(m_0 - m_A)g - QE_0 = 0 \dots\dots\dots(C)$$

4. 將(A)、(C)兩式合併，並利用

$$\left[ \begin{array}{l} E_0 = \frac{U_0}{d} \\ (m_0 - m_A)g = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho g \end{array} \right.$$

( $d$  為兩平行電容板間的距離)

$$\text{可得 } Q = \frac{6\pi d \eta V_1}{U_0} \sqrt{\frac{9\eta V_1}{2\rho g}}$$

$$\text{再代入 } \begin{cases} \eta = 1.81 \times 10^{-5} \left( \frac{Ns}{m^2} \right) \\ d = 6 \times 10^{-3} (m) \\ \rho = 874 \left( \frac{kg}{m^3} \right) \end{cases}$$

$$\text{則得 } Q = 2 \times 10^{-10} \frac{V_1^{\frac{3}{2}}}{U_0} (C) \dots\dots\dots(D)$$

### 三、 實驗儀器

密立根裝置 (包含油滴室、電源供應器(110V)、聚光燈、噴霧器、顯微鏡)

電視螢幕(110V)

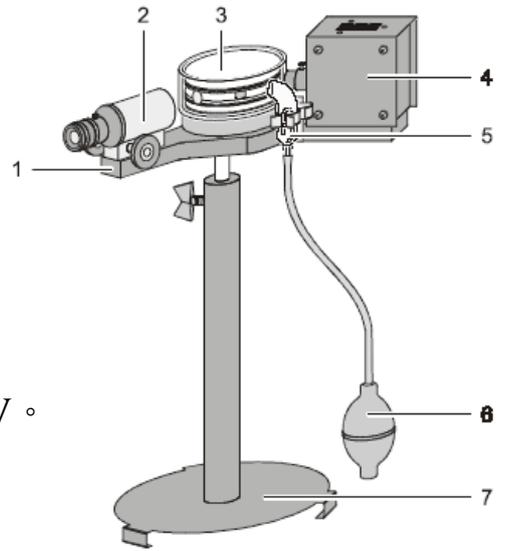
CCD (Charge Coupled Device , 110V)

Counter P 記錄器(110V)

**B. 新密立根裝置說明：**

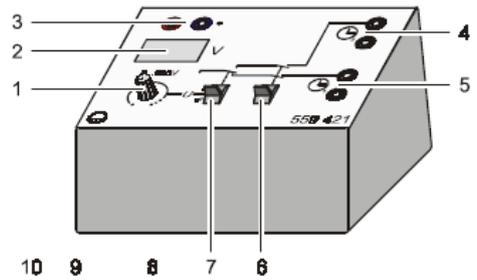
- (1) 基座。
- (2) 測量顯微鏡（目鏡內附 0~100 的刻度）。
- (3) 油滴室；內為一平行電容。
- (4) 照明燈。

- (5) 油滴噴霧器。
- (6) 橡膠球。
- (7) 站立底座。

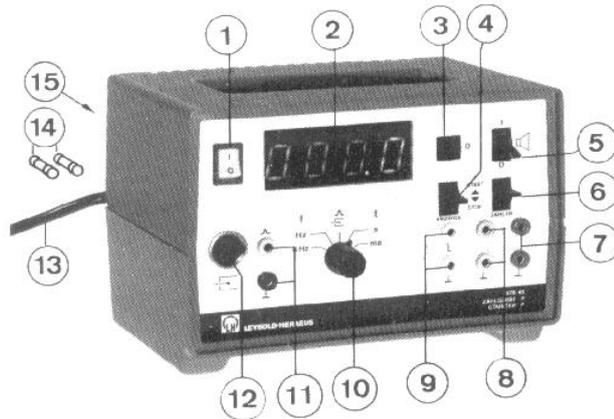
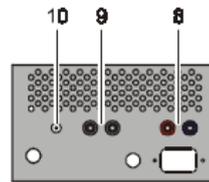


C. 密立根油滴裝置電源供應器：

- (1) 直流電壓值調整鈕；由 0~600V。
- (2) 顯示(1)所設定之電壓值。
- (3) 直流電壓輸出端。
- (4) 連接測量油滴落下（螢幕上的影像為上升）速度的記錄器。
- (5) 連接測量油滴上升（螢幕上的影像為下降）速度的記錄器。
- (6) 時間開關。
- (7) 直流電壓開關。
- (8) 外接量測電壓裝置。
- (9) 照明燈電源輸出端。
- (10) 電源供應孔。



D. Counter P 記錄器說明：



- (1) 電源開關。
- (2) 指示面板。

- (3) 歸零鍵。
- (4) START、STOP。可由測量期間內，利用 STOP，於任何時間讀取數據；利用 START，於任何時間開始再顯示數據；而所顯示數據亦包括由 STOP 至 STAR 這段時間內所測數據。
- (5) 聲音表示信號脈衝。
- (6) 記數器手動起始鍵 START、STOP。與④不同；扳向 START 表示重新開始測量，扳向 STOP 則停止信號輸入。
- (7) STOP；外接開關以使測量停止。
- (8) START；外接開關以使測量開始。
- (9) STOP；可和⑧一起使用，隨⑧所輸入的訊號結束而停止測量。
- (10) 測量目標和測量範圍鈕；
  - $f$  頻率測量：Hz、kHz；
  - $t$  時間測量：s、ms；
  - 、 脈衝測量。
- (11) 輸入端；最大允許輸入電壓為 60 V。
- (12) 輸入端。(小心！當此記錄器電源打開，勿觸此端，因其具 500 V。)

#### 四、 注意事項

1. 看到油滴靜止，請找老師或助教確認一下。

## 六、 實驗結果

1. 將步驟 7 所得落下的距離刻度  $X$  (此為已經過儀器放大後的刻度) ,

代入下列方程式得  $S$  (實際距離) 
$$S = \frac{X}{1.875} \times 10^{-4} (m)$$

2. 用實驗結果 1 所得之結果和步驟 7 所得之時間  $T$  , 分別計算個別的速度  $V_1$  。
3. 將實驗結果 1、2 所得的結果作表列出 (包括  $S$ 、 $T$ 、 $V_1$ ) 。
4. 由步驟 6 所得電壓值  $U_0$  和實驗結果 2 所得的結果  $V_1$  一起代入(D)式, 求出個別油滴所帶電量  $Q$  , 並作表列出。
5. 將所得個別油滴帶電量  $Q$  和測得此電量  $Q$  的次數  $N$  , 做  $N$ - $Q$  圖 ( $N$  為縱軸) 。
6. 由所繪的  $N$ - $Q$  圖, 將所歸納的不同  $Q$  值, 計算其因數, 求得  $e$  值。