

流體力學實驗

目的：

- (一)瞭解阿基米德原理。
- (二)瞭解比重計的構造與原理。
- (三)觀察及瞭解毛細管的現象與原理。

原理：

(一)阿基米德原理：

當一物體部份或全部浸入流體時，其受到的向上浮力等於此物體排開的流體重，此即所謂的**阿基米德原理**。

在本實驗中，我們視水為流體，考慮沉體的情形，將物體沉於水中，物體在水中減輕的重量即其所受到的浮力，另外，再量測物體排開的水重，只要排開水重與浮力相等，便可驗證此一原理。

(二)比重計原理：

比重計乃利用物體在各種不同液體中所受浮力相等的觀點，進而量測不同液體的比重(即密度)，但首先必須考慮此物體為一浮體，如此，浮力便與物體的重量相等。因物體重量固定不變，故其浸入不同液體的浮力也相等。另外，再由阿基米德原理得知，排開流體重等於浮力，而其排開的液體重可根據物體浸入液體中的體積乘以該液體的比重得到，其如下所示：

浮力 = 排開液體重 = ρAhg (因比重計為一圓柱結構，其截面積 A 固定)

其中 ρ 表液體密度、 h 表浸入的深度、 g 表重力加速度。

因浮力、 A 、 g 皆為定值，故上式可改寫為：

$$\rho h = \text{const.} = \text{定值} \quad (1)$$

在本實驗中，我們先將比重計浸入水中，量測其浸入水的深度 h ，因純水的比重(密度 ρ)定義為 1，故可求出定值大小，然後，再將比重計浸入不同液體，只要量測比重計在不同液體的浸入深度，便可由(1)式推算該液體的比重，此即為**比重計原理**。

(三)毛細管(Capillary)原理

因同類分子間有分子力存在，即所謂的內聚力，而異類分子間也有分子力存在，稱為附著力。當附著力大於內聚力時，譬如水與玻璃，水會沿著玻璃管上升形成一凹面，反之，當附著力小於內聚力時，譬如水銀與玻璃，便會形成一凸面。

在本實驗中，我們觀察的是水與玻璃，故水會形成一凹面，沿玻璃管壁上升，其上升高度與管徑大小有密切關係，可由下式看出，此式詳細推導可參閱相關文獻，在這裡不進行繁複的推導介紹，僅描述其結果：

$$h = \frac{2T \cos \alpha}{\rho g R} \quad (2)$$

其中 T 為表面張力、 α 為液面與管壁的接觸角、 ρ 為該液體密度、 h 為液面爬升高度、 R 為管徑大小。

由上式可瞭解水在玻璃管內上升的高度(h)與其管徑(R)成反比，即 R 愈小， h 愈大。

儀器：

流體力學實驗器組(ME1、ME2、ME6 三盒)

注意事項：

- (1) 阿基米德實驗的彈簧秤因彈性限度有限，故待測物鐵環請勿超過兩個
- (2) 比重計原理實驗的糖水與鹽水製作需充分攪拌溶解，而粗管與細管浸入糖水與鹽水後，必須清洗乾淨，避免日後發霉。
- (3) 毛細管原理實驗的紅色染液請勿倒掉，必須回收，以便下次可重覆使用。另外，若細管水面無法上升，則可能管口或管內阻塞，須設法疏通或實驗時將細管稍搖晃一下以利水能流入管內。

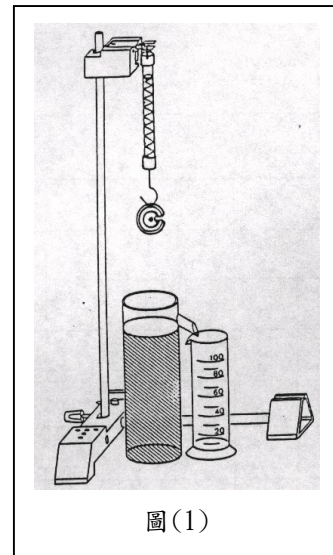
步驟：

(一)阿基米德原理：

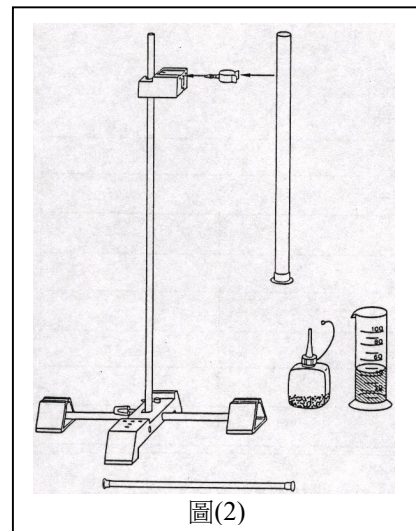
- (1) 裝置如圖(1)所示。
- (2) 將彈簧秤掛於支架上，下掛待測物，並將漏孔燒瓶填滿水，直至水不再由漏孔漏出。
- (3) 以彈簧秤量測待測物在空氣中的重量(W_A)為多少牛頓(N)？
- (4) 以電子天平量測量筒的重量(W_{m0})為多少公克重(gw)？
- (5) 調降彈簧秤，直至待測物完全浸入水中，同時，水便由漏孔燒瓶排入量筒中。然後，讀出彈簧秤所量得的待測物重(W_I)—單位亦為牛頓(N)，即待測物在水中的重量，並再次以電子天平量測量筒的重量(W_{m1})(其中包括水及量筒的重量)。
- (6) 改變待測物的重量(如串聯兩個鐵環)，重覆此一實驗，並將數據填入表(1)。

(二)比重計原理：

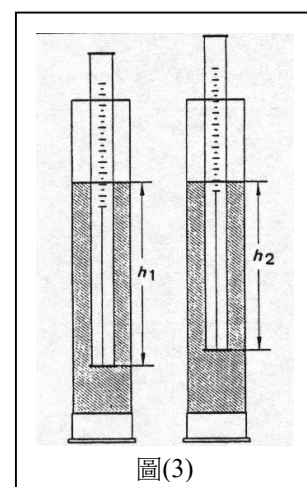
- (1) 裝置如圖(2)所示，將粗管底部加蓋，如圖(2)鎖於支架上，並灌入 40ml 的水進入粗管。
- (2) 取另一細管，將標有刻度的紙條及 20 粒小鐵球塞入管內，若管內已塞有紙條與鐵球，則此步驟可省略。
- (3) 將細管如圖(3)浸入粗管中，並讀出浸入深度 h ，填入表(2)中。
- (4) 根據表(2)配置鹽水與糖水灌入粗管，重覆此一實驗，但必須注意糖與鹽要充分攪拌溶解。
- (5) 利用(1)式，計算不同液體的比重，填入表(2)中。



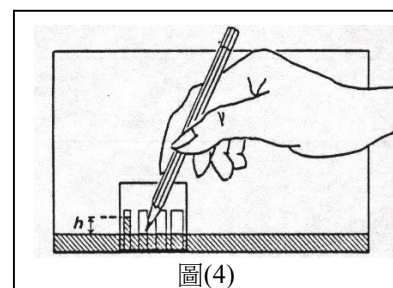
圖(1)



圖(2)



圖(3)



圖(4)

(三)毛細管原理：

- (1)將兩罐紅色染液倒入量筒。
- (2)由量筒量取約 90ml 的紅色染液倒入塑膠水槽中。
- (3)儘量將塑膠水槽調整為水平，並將一排直徑大小不一的細管浸入水槽中，大約五分鐘。
- (4)如圖(4)，標示水槽液面高度及各細管水面上升高度 h ，填入表(3)中。
- (5)設法將各細管清洗弄乾，重覆此實驗三次。
- (6)計算表(3)各細管上升高度的平均值，填入表(3)中。
- (7)實驗完成後，紅色染液需回收，即倒回原塑膠罐。

記錄與問題：

| 實驗次數 數據項目 | 第一次 (掛一個鐵環) | 第二次 (串聯兩個鐵環) |
|---|----------------|-----------------|
| W_A | | |
| W_I | | |
| W_{m0} | | |
| W_{m1} | | |
| $W_{li} = W_{m1} - W_{m0}$ | | |
| $W_{li} = W_{li} \times 0.0098$ (克重轉為牛頓) | | |
| $W_F = W_A - W_I$ | | |

表(1)

| 液體 | 浸入深度 h | 比重 (密度) ρ |
|-----------------|----------|-------------------|
| 水 (40ml) | | 1.00 (g/cm^3) |
| 鹽水 I (4g/40ml) | | |
| 鹽水 II (8g/40ml) | | |
| 糖水 I (4g/40ml) | | |
| 糖水 II (8g/40ml) | | |

表(2)

| 管徑 次數 | d(mm) | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------|----------|---|---|---|---|
| 第一次 | h (mm) | | | | |
| 第二次 | h (mm) | | | | |
| 第三次 | h (mm) | | | | |
| 平均值 | h (mm) | | | | |

表(3)

- (1) 計算表(1)排開液體重 W_{li} 與浮力 W_F 之百分誤差，並說明誤差原因。
- (2) 將表(3)爬升的平均高度 h 對管徑 d 作圖，並說明其成何種比例。
- (3) 比較並計算液體比重實驗值與公認值的百分誤差。
- (4) 請推導毛細管原理式，即 $h = \frac{2T \cos \alpha}{\rho g R}$ 。(選擇作答)

討論：

附錄：

【公認值】

| 液體 | 比重 |
|----------------|-------------------|
| 水 | 1.00 (g/cm^3) |
| 鹽水 I (4g/40ml) | 1.06 (g/cm^3) |
| 鹽水 II(8g/40ml) | 1.12 (g/cm^3) |
| 糖水 I (4g/40ml) | 1.03 (g/cm^3) |
| 糖水 II(8g/40ml) | 1.06 (g/cm^3) |

參考文獻：

1. PASCO, LEYBOLD, 群冠等儀器公司，實驗操作說明書，1990-1992。
2. 徐子民，普物實驗，中大理學院物理系編印，1987年10月。
3. 冉長壽，普物實驗，成大物理系編印，1990-91年。