Chapter

6

固體比重測定

學習目標

1. 認識比重與密度的差異。
2. 認識固體比重之測定原理及方法。
3. 認識平均值與相對誤差的計算方法。

授課節數 4

本章綱要

6-1 理論基礎
1. 以比重瓶測定固體比重
2. 平均值與相對誤差的計算

6-2 實習活動



欲分辨雞蛋新鮮程度，可將蛋放在水中觀察，新鮮雞蛋會沉在水中，但壞掉的雞蛋則會浮起，這是因為內部蛋白質腐敗生成 NO_2、SO_2、H_2S 等氣體使雞蛋比重較小而造成；同樣的，利用比重也可以判斷物質的純度，如阿基米德的真假皇冠判別。然而，為得到接近真實的數據，是需要多次的量測，故此章也將一併介紹數據分布的表示方法。

6-1 理論基礎

以比重瓶測定固體比重

一、密度

密度 (density) 定義爲物質單位體積所含的質量，即物質的緊密程度。由密度值可判斷物質的種類，也可區別物質是否含有雜質。

1. 密度的公式

$$\rho = \frac{m}{V}$$

ρ：密度 [g/cm^3]
m：質量 [g]
V：體積 [cm^3]

公式 6-1

2. 密度的測定方法
   (1) 質量可以天平稱之。
   (2) 體積測量方式主要可分以下 4 種。
      ① 規則形狀的固體，可測其邊長或半徑並算出其體積。
      ② 不規則形狀的重物可投入不溶也不反應的液體，由液體增加體積推算重物體積。
      ③ 不規則形狀的輕物可以線與重物相綁再投入液體，由液體增加體積推算輕物體積。
      ④ 液體可直接以量筒測量體積。
   (3) 將質量與體積數據代入公式 6-1 可得密度。

二、比重

比重 (specific gravity) 爲物質與相同體積的某參考物之重量比值，也是物質與某參考物之密度比值，故也稱爲**相對密度** (relative density)。通常參考物質爲與待測物質同溫度下的水或 4°C 下的水，因 4°C 下的水密度極接近 1 g/cm^3，故通常物質比重爲 2，即表示密度約 2 g/cm^3。

1. 比重的公式

$$S=\frac{W_{物質}}{W_{參考物質}}(\text{相同體積下})=\frac{\rho_{物質}}{\rho_{參考物質}}$$

S：物質比重
$W_{物質}$：物質質量 [g]
$W_{參考物質}$：參考物質質量 [g]
$\rho_{物質}$：物質密度 [g/cm^3]
$\rho_{參考物質}$：參考物質密度 [g/cm^3]

公式 6-2

2. 比重沒有單位，但密度有單位，如 g/cm^3。

三、比重瓶之測定原理

1. 測定原理：利用天平稱取比重瓶 (如圖 6-1 所示) 中的固體物質與水重，以推算固體物質之比重。



▲ 圖 6-1 裝有液體之比重瓶

2. 測定方法
   (1) 先稱含蓋子的比重瓶重 (W_0)，再裝固體稱重 (W_s)，加滿水並蓋上蓋子後擦乾稱重 (W_r)。
   (2) 將比重瓶內水、固體倒出洗淨後，再加滿水並蓋上蓋子後擦乾稱重 (W_w)。
   (3) 固體之比重可由下式求得。

$$S=\frac{(W_s-W_0)}{(W_w-W_0)-(W_r-W_s)}$$

W_s：空比重瓶重＋固體重
W_0：空比重瓶重
W_w：空比重瓶重＋水重
W_r：空比重瓶重＋固體重＋水重

公式 6-3

例題 01

以比重瓶法求金鋼砂的比重時，若空比重瓶重量為 15.26 g，比重瓶含金鋼砂的重量為 16.41 g，比重瓶含金鋼砂及補滿水後重量為 41.96 g，比重瓶加滿水重量為 41.13 g，則金鋼砂比重為若干？

解 $$S=\frac{(16.41\,g-15.26\,g)}{(41.13\,g-15.26\,g)-(41.96\,g-16.41\,g)}=3.594$$

∴金鋼砂比重為 3.594

平均值與相對誤差的計算

一、平均值

1. 平均值爲一群數據分布概況之常用數值。
2. 平均值的計算如下式。

$$\bar{X}=\frac{X_1+X_2+X_3+\cdots+X_n}{n}$$

$\bar{X}$：平均值
X_1、X_2、X_3…X_n：數據值
n：數據個數

公式 6-4

例題 02

測量金鋼砂的比重時，若重複做四次得到結果分別為 3.29、3.26、3.11、3.34，則該金鋼砂比重之平均值為若干？

解 $\bar{X}=\frac{3.29+3.26+3.11+3.34}{4}=3.25$

∴金鋼砂比重平均值為 3.25

二、相對誤差

1. 誤差爲實驗值與眞值的差距程度，可反映測量值的可信程度。
2. 常用的表示法

(1) 絕對誤差：測量值與眞值差距的絕對值。

$$E=|X_i-X_0|$$

E：絕對誤差
X_i：測量值
X_0：眞值

公式 6-5

(2) 相對誤差：絕對誤差與眞值的比值。

$$E_r=\frac{|X_i-X_0|}{X_0}\times 100\%$$

E_r：相對誤差
X_i：測量值
X_0：眞值

公式 6-6

(3) 平均相對誤差：相對誤差的平均值。

$$\bar{E}_r=\frac{\sum_{i=1}^{n}|X_i-X_0|}{n\times X_0}\times 100\%$$

$\bar{E}_r$：平均相對誤差
X_i：測量值
X_0：眞值
n：測量值個數

公式 6-7

例題 03

實驗時測得某固體的比重為 2.82，已知該固體真實比重為 2.65，則絕對誤差與相對誤差分別為若干？

解 絕對誤差 $= |2.82 - 2.65| = 0.17$

$$\text{相對誤差} = \frac{|2.82 - 2.65|}{2.65} \times 100\% = 6.42\%$$

6-2 實習活動

實驗目的

1. 熟悉比重與密度的差異。
2. 熟悉以比重瓶測定物體比重的操作。
3. 熟悉平均值與相對誤差的計算方法。

器材藥品

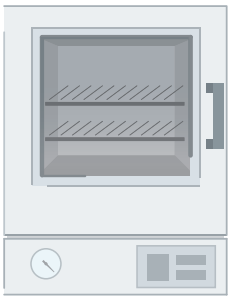
名稱	規格	數量	名稱	規格	數量
電子天平	精密度 0.0001 g	1 臺	洗瓶		1 個
烘箱		1 臺	比重瓶	含蓋子	1 個
乾燥器	附乾燥劑	1 臺	稱量紙		1 張
刮勺		1 支	金鋼砂		5 g
滴管		1 支	丙酮		50 mL

實驗步驟

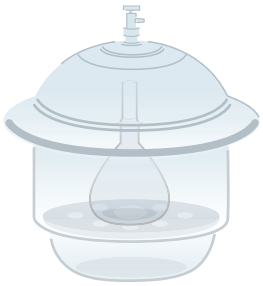
步驟 1



(1) 先用丙酮將比重瓶淋洗清潔。

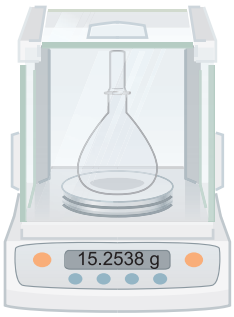


(2) 置於烘箱中烘乾。



(3) 取出置於乾燥器中冷卻備用。

步驟 2



(1) 精稱含瓶蓋的比重瓶重量，記錄重量爲 W_o。

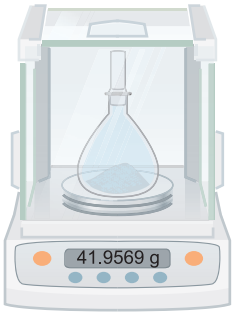
(2) 向教師索取金剛砂，取其中 1/3 量由稱量紙倒入比重瓶中精稱 (含瓶蓋)，記錄重量爲 W_s。

步驟 3



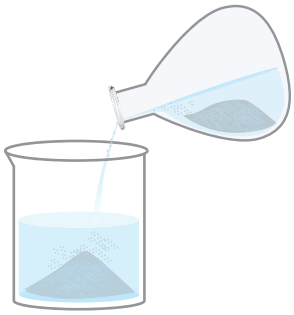
加水至淹沒金剛砂並使水面於瓶口凸出。

步驟 4



將瓶蓋小心放入比重瓶，使水能充滿瓶蓋中的毛細管，以紙巾擦乾比重瓶外的水，精稱並記錄重量爲 W_r。

步驟 5



將比重瓶內的金剛砂和水倒入回收容器中，洗淨比重瓶。

步驟 6



(1) 將比重瓶加水至水面於瓶口凸出，將瓶蓋小心放入比重瓶，使水能充滿瓶蓋中的毛細管，以紙巾擦乾比重瓶外的水，精稱並記錄重量爲 W_w。

(2) 重複步驟 1 ～ 6 兩次並記錄。

充電小站

加水至比重瓶時應注意

1. 可以洗瓶或滴管加水。
2. 淹沒金剛砂後可以手指、筆桿輕敲比重瓶或搖晃它，使氣泡消失後再繼續加水。
3. 若水無法充滿毛細管，則取下瓶蓋，重新加水再蓋上瓶蓋，直至瓶蓋中毛細管能充滿水為止。

實驗數據記錄與分析

1. 數據記錄

次數	W_o	W_s	W_r	W_w	比重 (S)
1					
2					
3					

計算過程 (寫第一次即可)：

2. 平均比重_____，若水密度爲 1 g/cm^3，則金鋼砂密度相當於_____g/cm^3
計算過程：

3. 已知金鋼砂的密度爲 3.217 g/cm^3，則此實驗平均相對誤差爲_____%
計算過程：

問題與討論

1. 加水到含金鋼砂的比重瓶，爲什麼要排除氣泡？應該如何排除氣泡？
2. 加水到比重瓶時，如何使瓶蓋內毛細管充滿水？若毛細管未充滿水，對實驗結果有何影響？
3. 實驗前爲何要用丙酮淋洗比重瓶？
4. 可以用比重瓶測量氯化鈉固體的比重嗎？爲什麼？
5. 比重與密度在單位的表示上，有何不同？

重點整理

1. 密度定義爲物質單位體積所含的質量。
2. 比重爲物質與相同體積的某參考物之重量比值，也是物質與某參考物之密度比值。
3. 以比重瓶測定固體比重的公式。

$$S=\frac{(W_s-W_0)}{(W_w-W_0)-(W_r-W_s)}$$

W_s ：空比重瓶重＋固體重
W_0 ：空比重瓶重
W_w ：空比重瓶重＋水重
W_r ：空比重瓶重＋固體重＋水重

4. 平均值的計算公式。

$$\bar{X}=\frac{X_1+X_2+X_3+\cdots+X_n}{n}$$

$\bar{X}$ ：平均值
X_1、X_2、X_3…X_n：數據值
n：數據個數

5. 相對誤差的計算公式。

$$E_r=\frac{|X_i-X_0|}{X_0}\times 100\%$$

E_r：相對誤差
X_i：測量值
X_0：眞值



學後評量

( ) 1. 某固體經實驗測得其質量爲 8 g，體積爲 5 cm^3，則請問其密度爲多少 g/cm^3 ？
(A) 1.2 (B) 1.6 (C) 2.0 (D) 2.4

( ) 2. 比重爲某物質與相同體積的某參考物之重量比值，由此定義可以發現比重也是此兩物質的何種性質之比值？
(A) 體積 (B) 溫度 (C) 密度 (D) 熱含量

( ) 3. 以比重瓶測量固體比重時，會先稱比重瓶重 (a)，再裝固體稱其重 (b)，接著加滿水並蓋上蓋子後擦乾稱重 (c)。另將比重瓶內水、固體倒出洗淨後，再加滿水並蓋上蓋子後擦乾稱重 (d)。則固體之比重可由下列何式求得？
(A) $\frac{(c-d)-(d-a)}{(d-c)}$ (B) $\frac{(d-c)}{(c-d)-(d-a)}$ (C) $\frac{(d-a)-(c-b)}{(b-a)}$ (D) $\frac{(b-a)}{(d-a)-(c-b)}$

( ) 4. 下列關於比重瓶的操作敘述，何者錯誤？
(A) 可以放入烘箱乾燥
(B) 加水時需使比重瓶蓋中的毛細管填滿水
(C) 爲了加速其乾燥，常以濃硝酸潤洗
(D) 比重瓶內不可有氣泡以免造成誤差

( ) 5. 下列何者沒有單位？ (A) 能量 (B) 長度 (C) 比重 (D) 比熱

( ) 6. 下列物質，何者無法以比重瓶求其比重？
(A) 氯化銨 (B) 黃金 (C) 銅塊 (D) 貝殼

( ) 7. 測量固體比重時，已知比重瓶（含蓋）之空瓶重爲 16.25 g，裝試樣後稱重爲 17.78 g，接著加滿水並蓋上蓋子後擦乾稱重爲 42.84 g，將比重瓶清空，再加滿水並蓋上蓋子後擦乾稱重爲 41.60 g，請問此實驗中，與試樣相同體積之水重爲若干克？
(A) 0.29 g (B) 1.16 g (C) 1.74 g (D) 2.32 g

( ) 8. 承上題，請問此實驗測得該試樣之比重爲多少？
(A) 3.36 (B) 4.14 (C) 5.28 (D) 6.40

( ) 9. 實驗測量某物質比重，重複做三次得到結果分別爲 3.15、3.26、3.11，則該物質比重之平均值爲？
(A) 3.09 (B) 3.17 (C) 3.25 (D) 3.34

( )10. 實驗求得某物質之密度爲 2.138 g/cm^3，已知該物質密度理論值爲 2.065 g/cm^3，則此實驗相對誤差爲多少 % ？
(A) 3.535% (B) 3.414% (C) 0.03535% (D) 0.03414%