

你穿得下這雙鞋嗎？

US是美國尺碼、UK是英國尺碼、JPN是日本尺碼，各國採用的尺碼標準並不一致。

你是用哪一種尺碼來判斷鞋子大小呢？

如果全世界都採用同一套尺碼標準，會帶來什麼好處？





1

基本測量

1 · 1 長度與體積的測量

1 · 2 質量與密度的測量

實驗 1 · 2 質量與體積的關係

長度與體積的測量

自然暖身操



1 長度的測量

測量

在測量時會選定一個參考量作為**單位**，再將待測物與此單位做比較，並說明待測物是此單位的多少倍，例如以手掌張開的長度為單位，測量桌長約3倍長。但每個人手掌張開的長度不同，易造成大家理解的長度不同，故測量的單位需經大家公認，才能方便使用。

國際單位制

國際間為了方便溝通，共同制訂了一套標準的度量單位：**國際單位制**（簡稱為SI），其中長度以米（又稱為公尺）作為基本單位。其他常見的長度單位如表1-1所示。

知識快遞

米的英文為meter，簡寫為m；千米kilometer則簡寫為km，kilo指的是千倍。很多物理量的單位都有類似的用法。又例如毫米millimeter簡寫為mm，milli指的則是千分之一倍。

表1-1 常見的長度單位與換算							
單位	千米 (公里)	米 (公尺)	分米 (公寸)	厘米 (公分)	毫米	微米	奈米
符號	km	m	dm	cm	mm	μm	nm
換算為米	10^3 m	1 m	10^{-1} m	10^{-2} m	10^{-3} m	10^{-6} m	10^{-9} m

長度基本單位

測量結果的表示

測量結果必須包括**數值**與**單位**兩部分；但待測物的大小不一定是測量單位的整數倍，因此常需估計不足一單位的部分，以使測量結果更接近實際大小。

- 5 一般來說，測量結果的數值部分由一組**準確數值**和一位**估計數值**所組成（圖1-1）。準確數值會記錄到測量工具的最小刻度單位，而估計數值通常只取到測量工具最小刻度單位的下一位。

測量結果 = **數值** + **單位**

準確數值

最小刻度單位的整數倍

估計數值

不足一單位的部分

圖1-1 測量結果的表示方法

圖1-2

長度測量的表示方法



A 最小刻度為**1公分** (1 cm)

測量結果 = **數值** + **單位**
公分

準確數值 + 估計數值



B 最小刻度為**1毫米** (0.1 cm)

測量結果 = **數值** + **單位**
毫米

準確數值 + 估計數值

★ 學習小幫手

使用兩把最小刻度單位不同的尺，測量同一枝鉛筆的長度。請寫下測量結果，並比較測量結果有什麼差異？

- 使用最小刻度為1公分的直尺（圖1-2A），可得到
- 10 測量結果為13.7公分，其中13是準確數值，0.7是估計數值。改用最小刻度為1毫米的直尺（圖1-2B），目測鉛筆長比137毫米還多0.5毫米，故測量結果為137.5毫米，其中137是準確數值，0.5是估計數值。由於圖1-2B的準確數值到1毫米，但圖1-2A只到1公分，所以
- 15 **使用最小刻度單位較小的測量工具時，得到的測量結果比較精確。**

■ 誤差與平均值

與其他同學比較，圖1-2中你們所填的估計數值都是一樣的嗎？

估計數值可能因測量者不同而有所差異，即便使用相同的測量工具，仍會因為測量者不同，或每次測量估計的數值不同，而造成測量結果略有差異，因此會有**誤差**。此時可以透過多次測量的結果，求取其平均值，以減少誤差而使測量結果更精確。若有操作錯誤或實驗條件改變等因素導致明顯有誤的測量值，應先予以刪除，即：

$$\text{平均值} = \frac{\text{各次合理測量結果的總和}}{\text{合理測量的次數}}$$

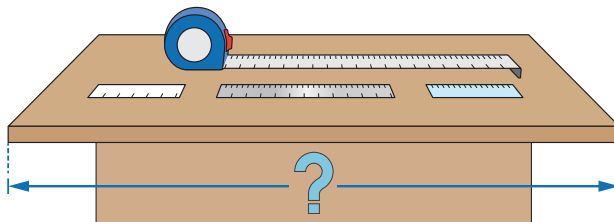
10



例題1-1

測量結果的表示

老師請小雯到五金行裁切一個適合講桌大小的桌墊。為了避免量錯，小雯找了其他同學們分別用自己的尺測量同一張講桌的長度，結果如下表，請回答下列問題：



測量者	小雯 	小軒 	沛沛 	阿康 
測量結果	80.2 cm	80.3 cm	80.25 cm	31.57 cm

- (1) 小雯和小軒測量結果的最後一位數值大小不同，其原因為何？
- (2) 小雯和沛沛測量結果的小數位數不同，其原因為何？
- (3) 以測量結果判斷，四位同學採用的尺，其最小刻度單位分別為何？
- (4) 若阿康再測量三次為80.23公分、80.27公分和80.25公分，則應如何表示其四次測量的平均值？

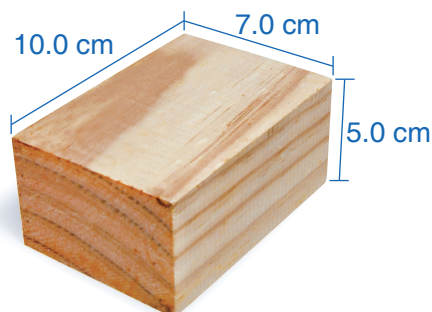
2 體積的測量

一個形狀規則的物體，其體積可用公式計算，例如圖1-3 A 的木塊可以用長度、寬度和高度的乘積來計算體積。可是如果是一個形狀不規則的零件，我們要如何來測量它的體積呢？

古希臘科學家阿基米德（Archimedes，約西元前287～前212年）發現不溶於水的物體，如果可以完全沒入水中，都可用排水法來測量體積。如圖1-3 B 所示，要測量形狀不規則的零件體積，可先在容器中倒入適量的水，再使零件完全浸入水中。由於零件會排開與本身體積相同的水，所以測量排開水的體積，即可得零件的體積。

圖1-3 體積測量的方法

A 形狀規則的物體



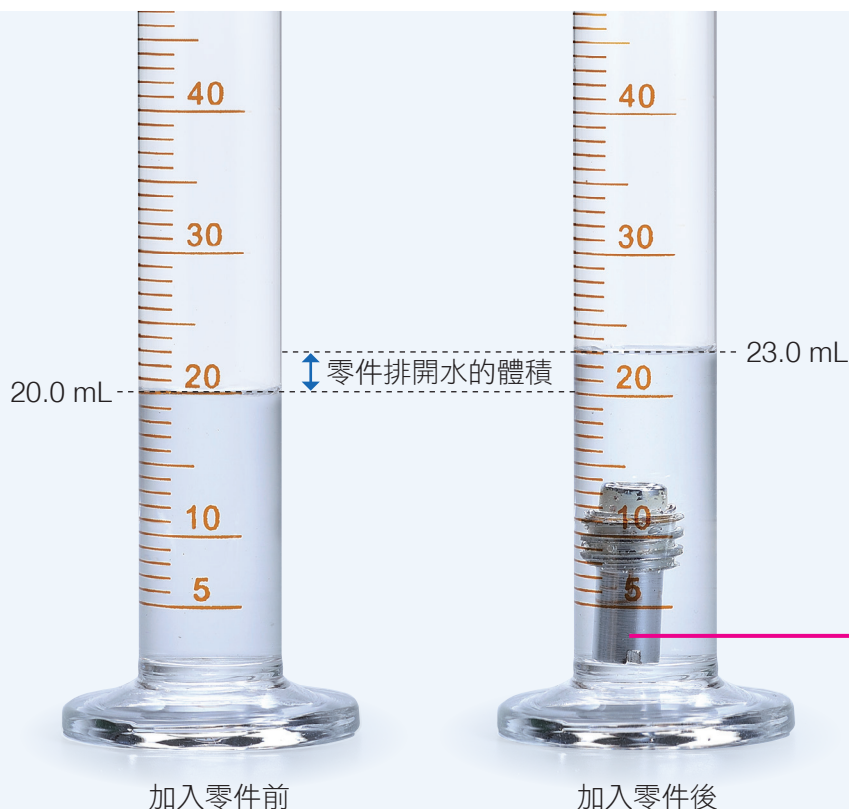
公式法

$$\begin{aligned}\text{木塊體積} &= \text{長度} \times \text{寬度} \times \text{高度} \\ &= 10.0 \text{ cm} \times 7.0 \text{ cm} \times 5.0 \text{ cm} \\ &= 350 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

B 形狀不規則的物體

排水法

$$\begin{aligned}\text{零件體積} &= \text{排開水的體積} \\ &= 23.0 \text{ mL} - 20.0 \text{ mL} \\ &= 3.0 \text{ mL} \\ &= 3.0 \text{ cm}^3\end{aligned}$$



知識快遞

- (1) 家庭用自來水的計量是以「度」為單位，1度用水的體積為1立方公尺。
- (2) 口語上常使用的cc是cubic centimeter（立方公分）的英文簡寫，非正式單位代號。

體積是物體所占空間的大小，常見的體積單位如表

1-2，而容器內部空間的體積可稱為容積。

表1-2 常見的體積單位與換算			
體積單位	立方公尺 (m ³)	立方公寸 (dm ³)	立方公分 (cm ³)
流體體積單位	—	公升 (L)	毫升 (mL)
單位換算	$1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ L} = 10^3 \text{ cm}^3 = 10^3 \text{ mL}$		
			

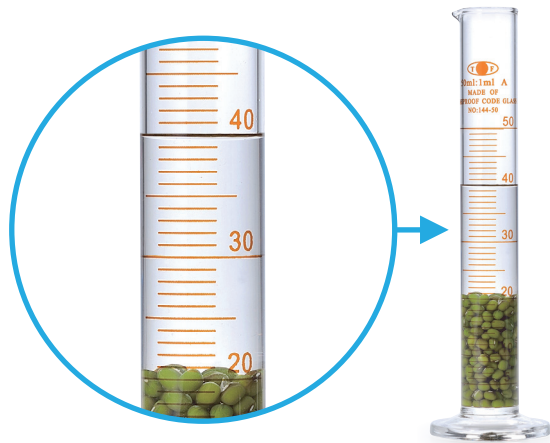
* 流體體積單位常用於液體和氣體的體積。



例題1-2

體積的測量

沛沛將綠豆放入空量筒中，再加入30.0毫升的水，此時量筒水面刻度到達40.0毫升處。若綠豆皆沉在水面下，則此時綠豆的總體積為多少立方公分？



自然暖身操 | 解答

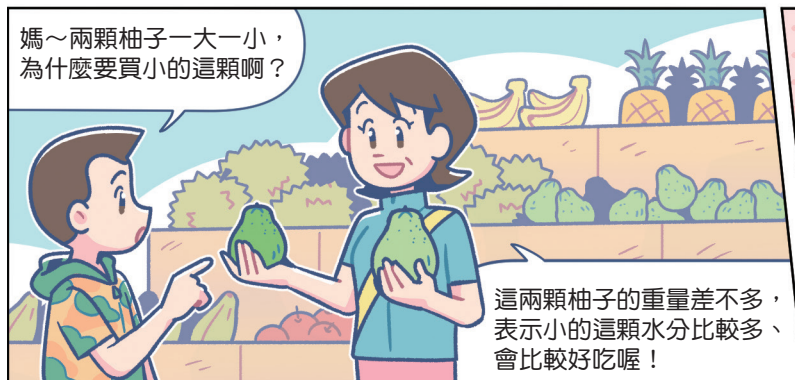
以手掌張開的長度來表達同一物體的長度時，會因每個人手掌張開的長度不同，而測得不同的倍數。



動腦時間

1. 如何利用排水法來測量桌球的體積？
2. 可溶於水的物質，例如砂糖，適合用排水法來測量體積嗎？為什麼？

／ 自然暖身操 ／



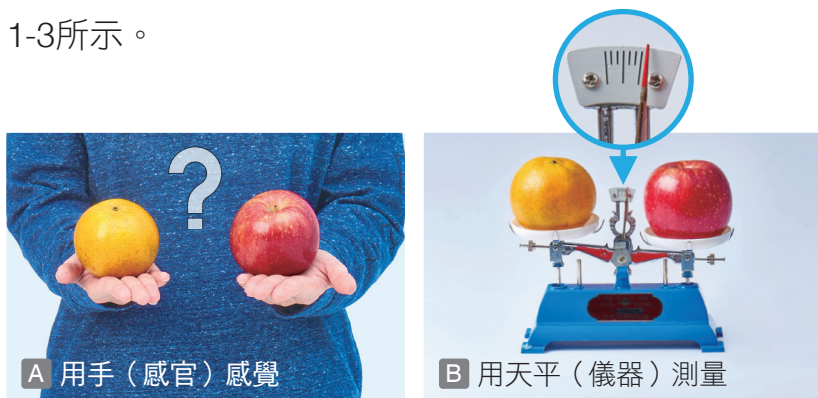
1 質量的測量

物體是由物質所組成，這些物質的總量多少，稱為物體的**質量**。當兩手分別拿著不同物體時，感覺較重的物體，其質量較大；但是用感官測量較主觀且不精確，必須藉助儀器來進行測量，才能更客觀且精確的比較兩者的質量大小（圖1-4）。

質量的基本單位是公斤，其他常見的質量單位如表1-3所示。

知識快遞

質量是組成物質的總量，不會隨著地點而變；而重量是物體所受的重力，會隨地點而改變。



▲ 圖1-4 比較橘子與蘋果的質量

表1-3 常見的質量單位與換算

單位	公噸	公斤	公克	毫克
符號	t	kg	g	mg
換算為公克	10^6 g	10^3 g	1 g	10^{-3} g

質量基本單位

2 測量質量的儀器

測量物體質量時可使用天平，常見的天平有等臂式天平（如上皿天平）（圖1-5）與電子天平（圖1-6），電子天平可測得較精密的數據。天平的操作方式如下說明：

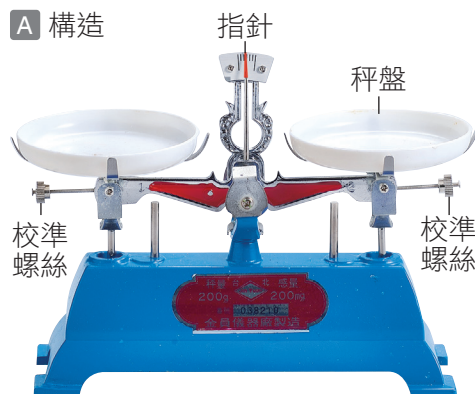
上皿天平

1 歸零

- 使用前須歸零，可旋轉兩側的校準螺絲，使指針指在正中央的刻度。
- 若要秤量藥品，應先放置秤量紙再歸零。

圖1-5 上皿天平

A 構造



B 操作方式



2 秤量物品

- 待測物放左盤，以砝碼夾由大到小逐步夾取砝碼（圖1-7）放右盤。



圖1-7 常見的砝碼



3 計算砝碼總質量

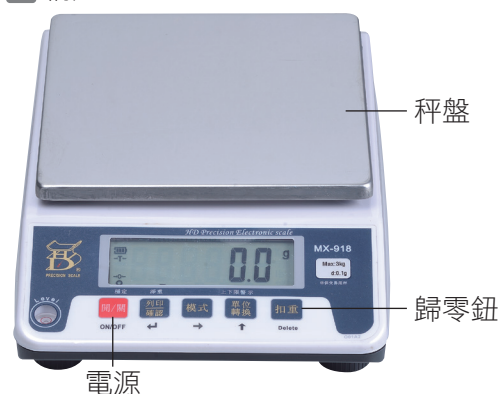
- 當指針停在正中央刻度的位置或左右擺動幅度相等時，待測物質量等於砝碼總質量。



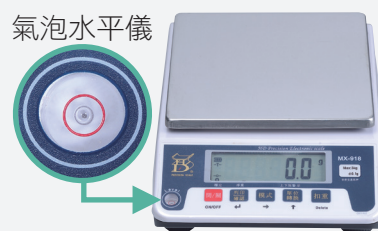
電子天平

▼ 圖1-6 電子天平

A 構造



B 操作方式



1 放置水平

- 將電子天平放置於水平桌面上。
- 若天平有氣泡水平儀，則當氣泡位於中心點時，即代表天平已擺放水平。

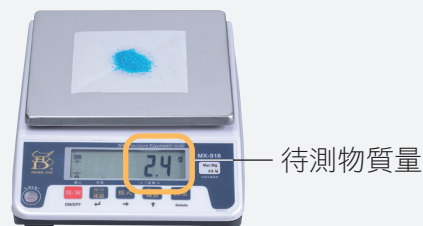
2 歸零

- 秤量待測物前須按下歸零鈕歸零。
- 若要秤量藥品，應先將秤量紙或容器置於天平秤盤的中心，再按下歸零鈕，以扣除其質量。



3 秤量物品

- 將待測物置於秤盤中心（或秤量紙、容器中），此時螢幕顯示的數字即為待測物質量。





實驗 1·2

質量與體積的關係

目的

1. 測量水與酒精的質量與體積，進而探討物質質量與體積的關係。
2. 測量未知金屬塊的質量與體積，進而推測金屬塊種類。

實驗



搭配科學工具箱
測量 (P.2-1)

器材 (每組)

- ☐ 上皿天平 (或電子天平) 1組
- ☐ 水 50 mL

- ☐ 量筒 (50、100 mL) 各1個
- ☐ 未知金屬塊1個

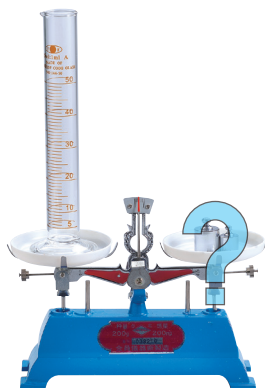
- ☐ 酒精 (99%) 50 mL

甲 探討物質質量與體積的關係

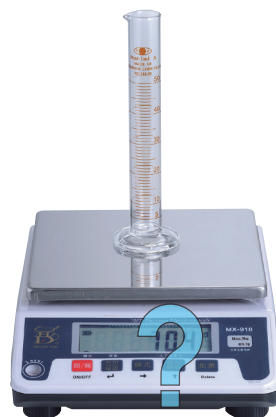
1 測量空量筒的質量

- ① 天平歸零後，測量 50 mL 空量筒的質量 $M_{\text{量筒}}$ 。
- ❗ 擺放量筒於天平時，應確保量筒已保持平衡再離手，以免量筒摔落。
- ☑ 記錄空量筒的質量 $M_{\text{量筒}}$ 。

上皿天平

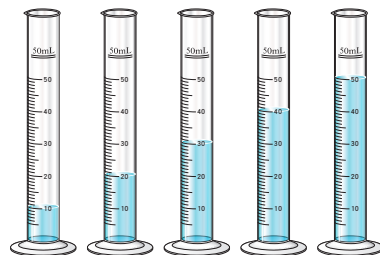


電子天平



2 測量水在不同體積下的質量

- ① 依序在量筒注入 10.0、20.0、30.0、40.0、50.0 毫升的水，測量水與量筒的總質量 $M_{\text{水}1} \sim M_{\text{水}5}$ 。
- ❗ 讀取量筒刻度時，視線須和液面中央處等高。
- ☑ 記錄水與量筒的總質量 $M_{\text{水}1} \sim M_{\text{水}5}$ 。



3 測量酒精在不同體積下的質量

- ① 取不同體積的酒精，測量其質量。
- ☑ 記錄酒精與量筒的總質量 $M_{\text{酒精}1} \sim M_{\text{酒精}5}$ 。

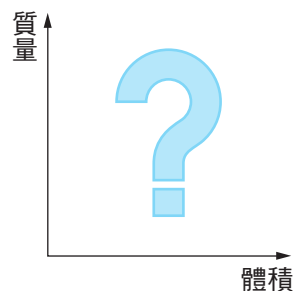
4 繪製水、酒精的「質量與體積關係圖」

① 扣除空量筒質量後，分別求出不同體積時水與酒精的質量。

☑ 記錄扣除空量筒後所得的液體質量。

☑ 以質量為縱坐標、體積為橫坐標作圖，分別畫出水、酒精的質量與體積關係圖。

步驟Q 為什麼在繪製水、酒精的質量與體積關係圖前，要先扣除空量筒的質量？

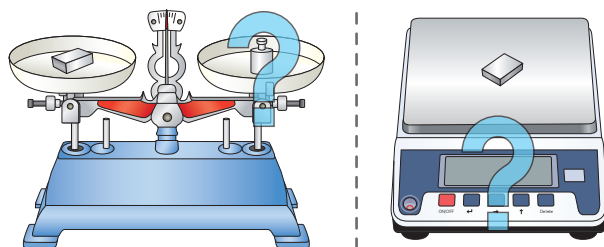


乙 推測金屬塊種類

1 測量未知金屬塊的質量

① 以天平測量金屬塊的質量。

☑ 記錄金屬塊的質量。

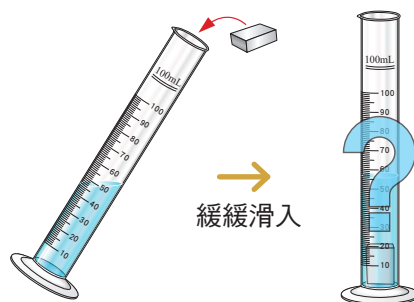


2 測量未知金屬塊的體積

① 用排水法量取金屬塊的體積。

⚠ 將金屬塊放入量筒時，應將量筒傾斜，緩緩滑入金屬塊，以免損壞量筒。

☑ 記錄金屬塊的體積，並計算金屬塊質量與體積的比值。



結果與討論

1. 分析水和酒精的「質量與體積關係圖」，是兩條經過原點的直線嗎？這代表同一物質的質量和體積呈現何種關係？
2. 依據水和酒精的「質量與體積關係圖」，請說明如何利用物質質量與體積的關係來分辨不同的物質？
3. 以未知金屬塊質量與體積的比值，查閱附表，推測並說明最可能為何種物質？

物質	質量與體積的比值
銅	8.96
鐵	7.87
鋁	2.70

【分析與結論】

>>>分析圖1-8的關係圖，可發現當水的體積變成原來的3倍、5倍時，質量也變成原來的3倍、5倍，酒精也是如此，表示物質的質量與體積成正比。

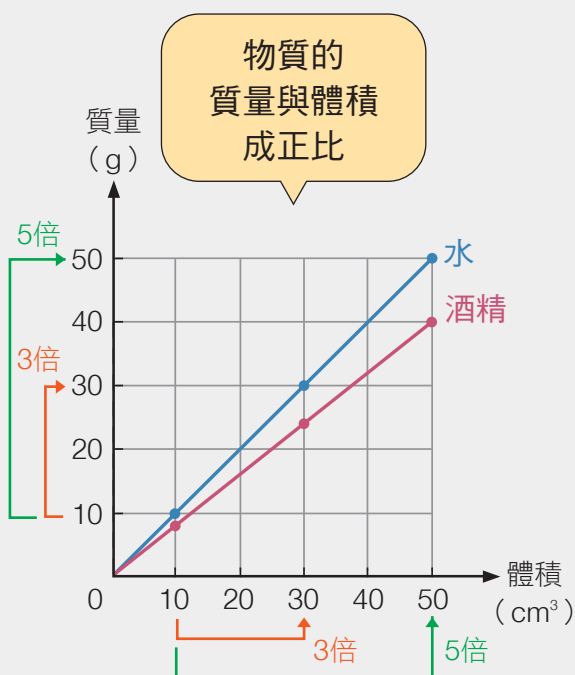


圖1-8 水與酒精的質量與體積關係圖

如圖1-9，比較體積相同的水與酒精，發現水的質量較酒精大，因此關係圖中水的斜直線傾斜度較大。利用關係圖中不同傾斜度的斜直線，可以分辨出水與酒精。

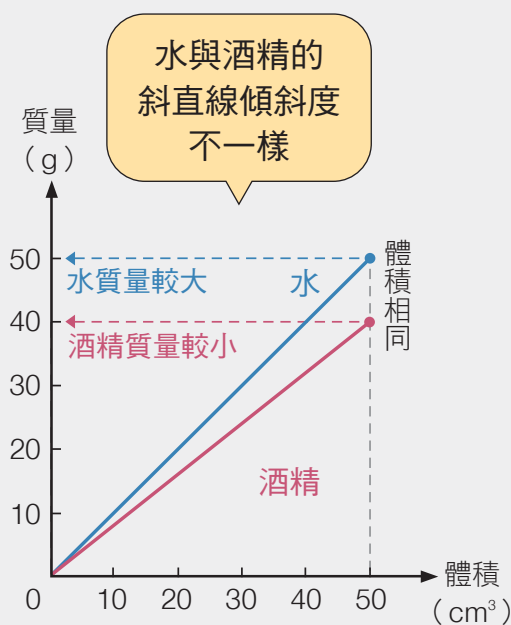


圖1-9 同體積水與酒精的質量比較圖

進一步分析會發現水、酒精各有固定的質量與體積比值，此定值可以用來分辨物質的種類，例如實驗乙中的未知金屬塊，透過其質量與體積比值來與已知金屬做對照，能推測其可能的金屬種類。<<<

3 認識密度

科學上將物質的質量與體積的比值定義為物質的**密度**，以表示每單位體積所含的質量。若物質的質量為 M ，體積為 V ，則密度 D 可用下列公式表示：

$$\text{密度} = \frac{\text{質量}}{\text{體積}} \quad (D = \frac{M}{V})$$

常用的密度單位有公克 / 立方公分 (g/cm^3) 以及公斤 / 立方公尺 (kg/m^3)。

密度是物質的基本性質，每種物質都有特定的密度，因此**可以利用密度作為判斷物質種類的依據**（表 1-4）。

表1-4 常溫常壓下的常見物質密度

物質	密度 (g/cm^3)
金	19.30
銀	10.49
銅	8.96
鐵	7.87
鋁	2.70
冰	0.92
汞	13.53
水	1.00
酒精	0.79
二氧化碳	0.00198
空氣	≈ 0.0012
氫氣	0.00009

■ 固體 ■ 液體 ■ 氣體



例題1-3 液體密度的測定

阿康利用天平與量筒測得某液體的數據如下表：

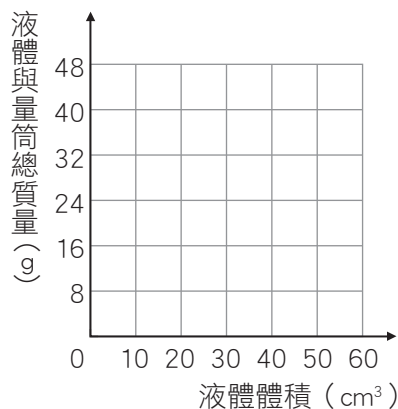
實驗次別	液體體積 (cm^3)	液體與量筒總質量 (g)
1	10.0	32
2	20.0	40
3	30.0	48

(1)請依實驗數據畫出液體與量筒總質量和液體體積的關係圖。

(2)由圖可知，量筒的質量為多少公克？

(3)量筒內的液體體積每增加10.0立方公分，質量增加多少公克？

(4)此液體的密度為多少公克 / 立方公分？



4 質量、體積與密度的關係

利用密度公式 $D = \frac{M}{V}$ 比較不同的物質，可知：

體積相同時，質量越大者，密度越大

體積相同的鋁塊與木塊，因為鋁塊的質量大於木塊，所以鋁塊的密度必大於木塊（圖1-10）。

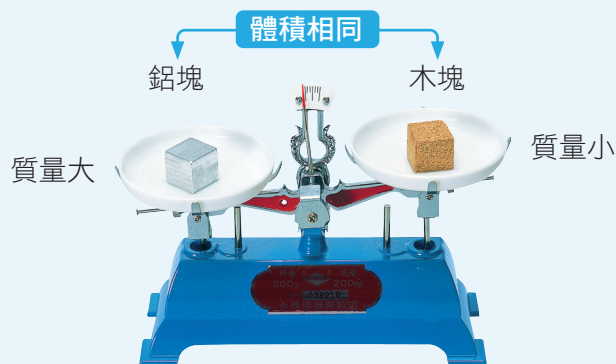
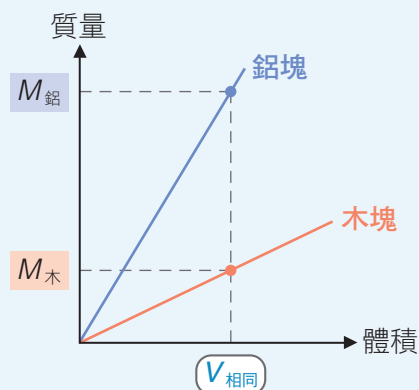


圖1-10 比較體積相同的鋁塊與木塊。

已知 $V_{\text{鋁}} = V_{\text{木}}$ ，
因為 $M_{\text{鋁}} > M_{\text{木}}$ ，推得 $D_{\text{鋁}} > D_{\text{木}}$ 。



質量相同時，體積越大者，密度越小

質量相同的鋁塊與木塊，因為木塊的體積大於鋁塊，所以木塊的密度必小於鋁塊（圖1-11）。

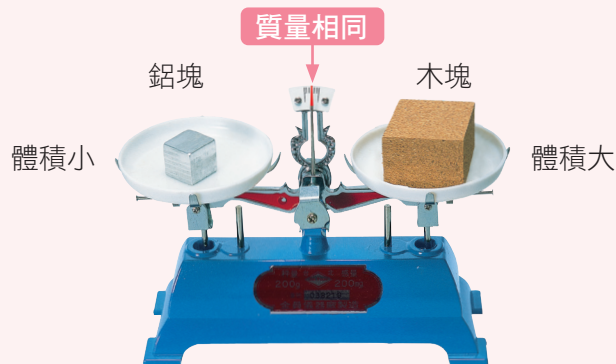
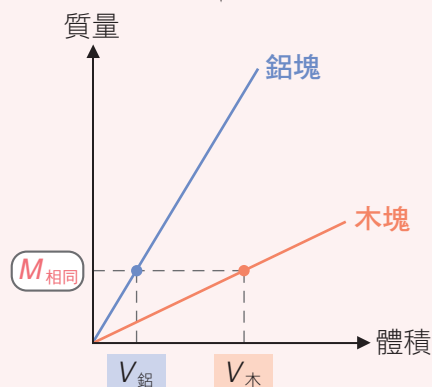


圖1-11 比較質量相同的鋁塊與木塊。

已知 $M_{\text{鋁}} = M_{\text{木}}$ ，
因為 $V_{\text{鋁}} < V_{\text{木}}$ ，推得 $D_{\text{鋁}} > D_{\text{木}}$ 。



自然暖身操 | 解答

相同質量的柚子，看起來小表示其體積較小，即密度較大，因此推斷裡面的水分可能較多。



小世界，大科技—— 半導體與奈米

什麼是半導體？

半導體是一種導電性介於導體和絕緣體之間的物質，例如矽。半導體加入特定元素就可以控制電流的流動，這種特性讓半導體成為製造電腦、手機和其他電子產品的關鍵材料。在半導體材料上加入電子元件組成的精密電路，就是我們常聽到的積體電路（IC）。

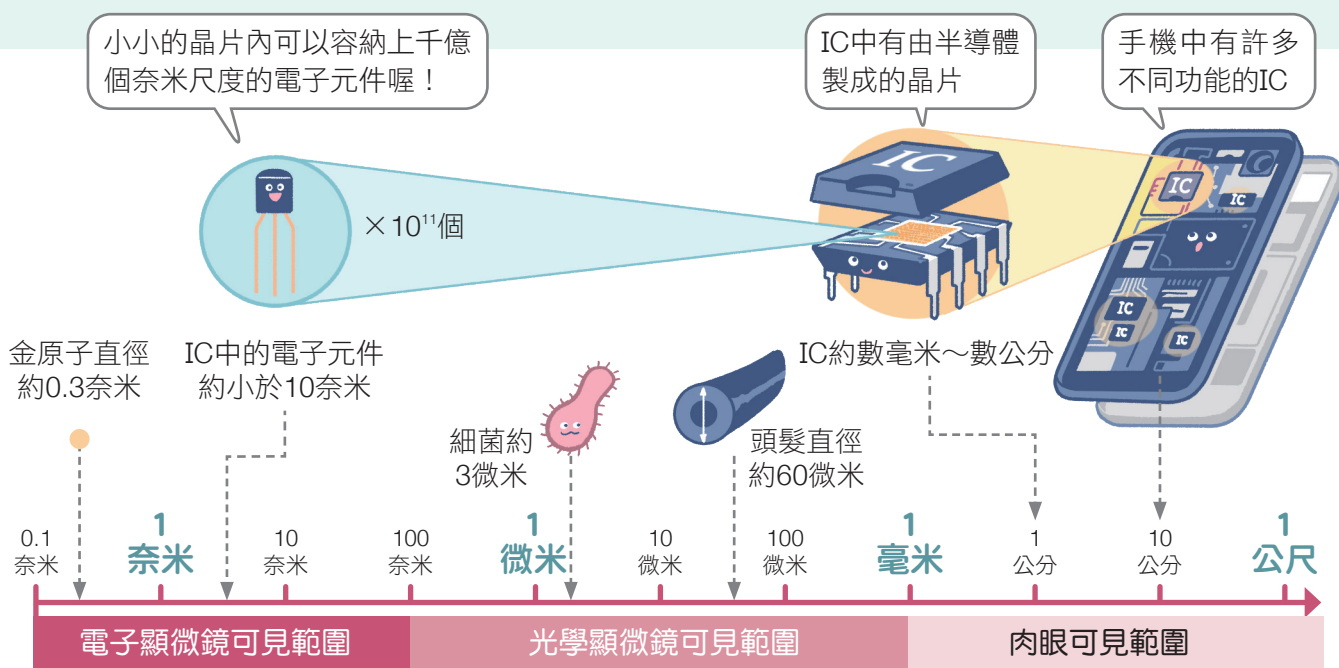


圖1 奈米尺度的電子元件與其他不同尺度事物的大小比較

為什麼奈米尺度對半導體很重要？

「奈米」是一公尺的十億分之一。在IC中，當電子元件越小，我們就可以在相同尺寸的晶片上放更多電子元件，透過技術研發把電子元件做到奈米尺度（圖1），就能讓電子產品變得更小、更快、更省電。你的手機能拍出漂亮的照片、玩流暢的遊戲，就是依靠奈米技術所製造出的晶片喔！

閱讀思考

1. 一奈米是多少公尺？
(A) 10^{-3} 公尺 (B) 10^{-6} 公尺
(C) 10^{-9} 公尺 (D) 10^{-12} 公尺。
2. 下列關於頭髮直徑的大小敘述，何者最合理？
(A) 比IC大 (B) 比細菌小
(C) 比金原子小 (D) 比電子元件大。

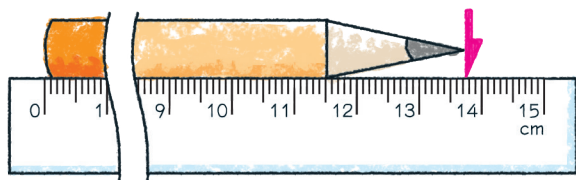
① 測量結果的表示 P.16~17

測量結果 = 數值 + 單位

準確
數值 + 估計
數值

常用
國際單位制
(SI)

② 長度測量的表示 P.17



數值 單位

測量結果 = 137.5 毫米

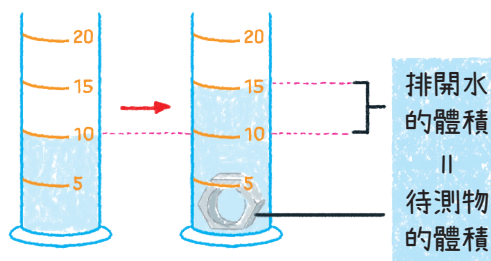
直尺最小刻度 估計到最小刻度的下一位

③ 體積的測量 P.19

1. 物體形狀規則：利用數學公式計算。
2. 物體形狀不規則且不溶於水：
可利用「排水法」。

④ 排水法 P.19

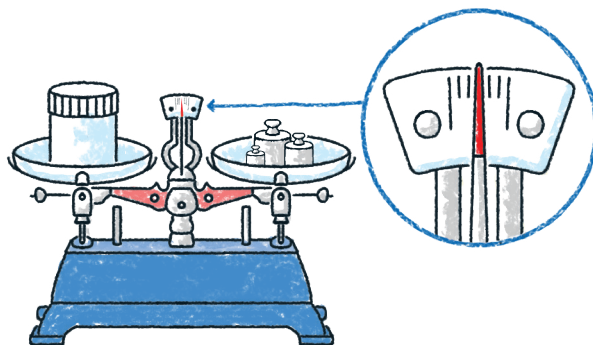
將待測物完全沒入容器內的水中，並測量所排開水的體積，即為待測物的體積。



⑤ 質量的測量 P.22

利用上皿天平測量物體質量：

1. 歸零：旋轉校準螺絲將天平歸零。
2. 秤量物品：待測物放左盤，砝碼放右盤。
3. 計算砝碼總質量：指針在中央或左右擺動幅度相等時，待測物質量即為砝碼總質量。



⑥ 密度 P.27

密度是物質每單位體積內所含的質量：

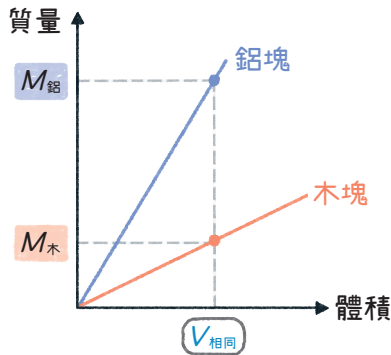
密度 = $\frac{\text{質量}}{\text{體積}}$ ($D = \frac{M}{V}$)，常用單位 g/cm^3



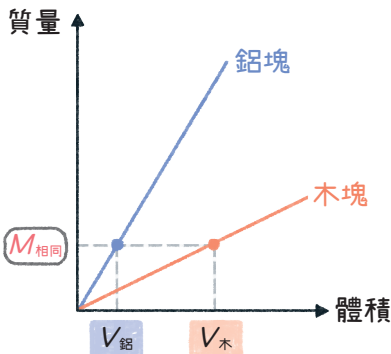
自我評量

7 質量、體積與密度的關係 P.28

1. **體積相同**：體積相同的鋁塊與木塊，鋁塊質量較大，故密度較大。



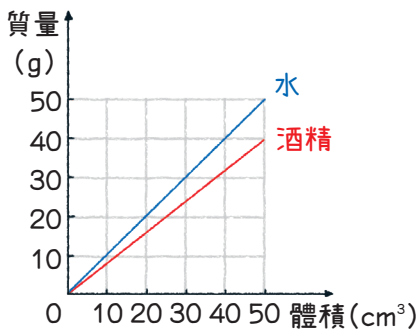
2. **質量相同**：質量相同的鋁塊與木塊，木塊體積較大，故密度較小。



實驗1·2 P.24~25

水與酒精的質量與體積之關係：

1. 同種物質的質量 (M) 與體積 (V) 成正比。
2. 每種物質都有其特定密度，可作為判斷物質種類的依據。



- 1 測量結果的表示需要包括單位。
☐ 是 ☐ 否
- 2 用直尺測量橡皮擦的長度為40.8毫米，可知直尺的最小刻度為1毫米。
☐ 是 ☐ 否
- 3 可以利用排水法測量糖的體積。
☐ 是 ☐ 否
- 4 完全沒入水中的金屬塊，其體積會等於排開水的體積。
☐ 是 ☐ 否
- 5 使用上皿天平測量物體質量前，要先進行歸零，才能開始量測。
☐ 是 ☐ 否
- 6 物體密度是體積除以質量。
☐ 是 ☐ 否
- 7 質量相同的兩種物體，密度小的物體，其體積比較大。
☐ 是 ☐ 否