

# 給同學的話

親愛的同學，你好：

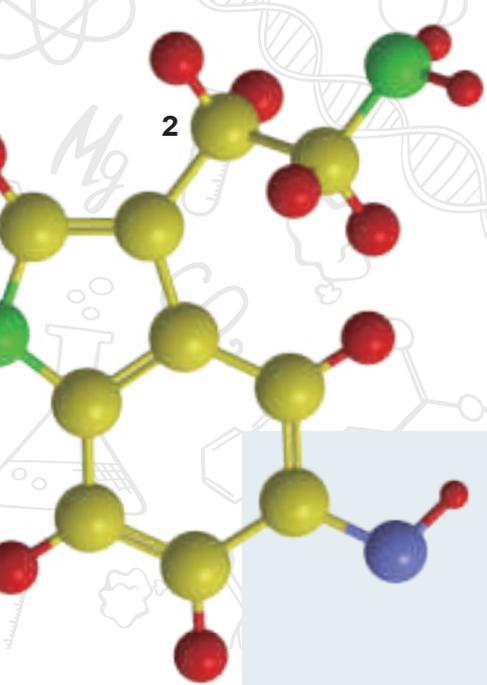
進入國中階段的第二年，你應該已經習慣了學校的生活，也希望你能在新的學期中，快樂的學習更多豐富、有趣的知識。

在學習自然科學過程中，我們希望你除了了解基本的科學知識之外，更能夠隨時保持著好奇的探究精神、多面向的思考與假設、強化邏輯推理的能力、培養動手做的實作技能，更重要的是能夠將知識內化為解決問題的能力。

本學期的課程共有六個章節及一個跨科主題，主要內容為化學反應、有機化合物、力與壓力。除了介紹科學原理之外，課程也緊扣生活相關應用，讓你能充分感受到生活中處處皆科學。

課本中除了有課文詳盡的說明外，還有精美豐富的圖片，以圖輔文的呈現方式，如此能讓你學習起來更有效率，且藉由圖像化的學習，也讓你更容易理解課程內容；為了讓你方便閱讀，在課文中特別以**關鍵字**標示，讓你能夠更迅速而正確地獲知學習重點。相信以上種種貼心的設計，會讓你對於自然科學的學習更有興趣，並且有所獲益。

編者謹識



# 目次

國中 2 下

符號使用說明 4

## 1

### 化學反應

- 1-1 常見的化學反應 10
- 實驗1-1 化學反應常見的現象 11
- 1-2 質量守恆定律 14
- 實驗1-2 化學反應前後的質量變化 14
- 1-3 反應式與化學計量 18

## 2

### 氧化還原反應

- 2-1 氧化反應與活性 30
- 實驗2-1 金屬的氧化 30
- 2-2 氧化與還原 37
- 2-3 氧化還原的應用 41
- 實驗一點靈 48
- 科學家日誌：在妻子面前燒毀鑽戒，  
好High啊！ 52



## 3

### 電解質與酸鹼鹽

- 3-1 電解質 56
- 實驗3-1 電解質與非電解質的區分 56
- 3-2 酸和鹼 62
- 實驗3-2 酸和鹼的性質 62
- 3-3 酸鹼的強弱與pH值 68
- 3-4 酸鹼反應 74
- 實驗3-3 酸鹼中和的化學反應 74
- 科學家日誌：離子者聯盟的誕生！勇於  
面對質疑的聲音 86



## 4 反應速率與平衡

4-1 反應速率 90

實驗4-1 溫度對反應速率的影響 97

4-2 可逆反應與平衡 102

實驗一點靈 108



## 5 有機化合物

5-1 有機化合物的組成 114

實驗5-1 有機化合物的重要特徵 114

5-2 常見的有機化合物 118

5-3 聚合物與衣料纖維 124

5-4 有機物在生活中的應用 128

實驗5-2 肥皂的製造與性質 130

## 6 力與壓力

6-1 力與平衡 140

6-2 摩擦力 146

實驗6-1 影響摩擦力的因素 146

6-3 壓力 152

6-4 浮力 162

實驗6-2 浮力的大小 163

實驗一點靈 170

科學家日誌：在浴缸裡面找到流傳千年的理論！？真相讓學生都流淚了 174



## 跨 永續——人類與環境的平衡 176

重要名詞索引 188

解答 191



# 符號使用說明



## 實驗

與同學分組進行實驗，觀察、記錄並討論實驗結果。

## 探討活動

教室中直接進行活動，體驗、觀察並討論活動現象。

## ? 探究提問

可和同學一起討論和探究，進行深入的科學研究。

## 隨堂筆記

整理課程重點，並有系統的記錄下來。

## 例題 2-2

藉由解題過程驗證，自己上課中所學的內容是否正確。

## 圖解 point

集結本章的內容精要，複習時可一目了然。

## 跨科主題

一個嶄新的單元，透過主題式課程將生物、理化、地科結合起來，讓你在快樂的探索中，與大自然做最親密的接觸。

**補充資料**

課程的延伸學習，讓你增廣見聞。

**理化 In my life**

生活中會面對的問題，請試著找出問題的成因並處理它。

**科學大事記**

選錄科學新知或時事議題等延伸性文章，幫你成為一個新新人類。

h 在妻子面前燒毀鐵戒，好High啊！



首頁 註冊

認識一些著名的科學家，學習他們追求科學本質的態度。

**阿翰**

個性活潑的國二男孩，偶爾喜歡耍點小聰明

**阿生老師**

生物科的專科老師，雖然進入了二年級後沒有生物課，但還是常出沒在學校的各個角落

**琳琳**

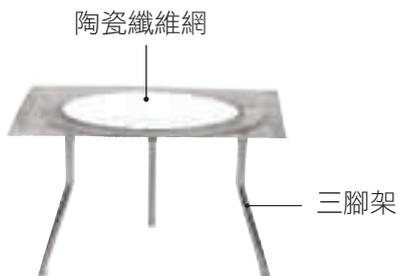
細心用功的國二女孩，興趣是捉弄阿翰

**阿花老師**

神出鬼沒的理化老師，有著一頭狂亂不羈的捲髮，總會在學生有問題的時候適時冒出給予幫助



## 實驗室常用器材



### 陶瓷纖維網與三腳架

以三腳架架高得以放置酒精燈，加熱時隔著陶瓷纖維網可以使熱能平均分散，較不易導致玻璃容器破裂。



### 酒精燈

使用方法

1. 酒精燈內酒精量應維持  $\frac{1}{3} \sim \frac{2}{3}$  的量，若酒精量太少可能會燃燒酒精蒸氣而氣爆；若量太多可能會使酒精溢出。
2. 應以打火機點燃酒精燈，不可用另一酒精燈引燃。
3. 使用完畢應以燈罩蓋熄，不可以口吹熄。



### 燒杯

用來盛裝物質的玻璃容器，可進行液體的稀釋或混合，及固體物質的溶解。**加熱時應放置於三腳架及陶瓷纖維網上，以免受熱不均勻而導致破裂。**



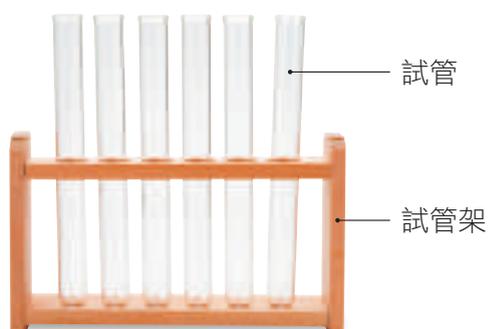
### 錐形瓶

功能及使用方法與燒杯相似，混合物質時，可用手握住瓶頸搖晃瓶身，使物質混合均勻。



### 蒸發皿

可直接加熱的陶瓷製器皿，在實驗室常用來讓水溶液蒸發、鹽類析出等。



### 試管及試管架

用來裝盛物質的玻璃容器，可進行少量液體的稀釋或混合。可以直接加熱，但**加熱時應注意試管口勿對著他人，以免其中的液體噴濺。**且因其無法立於桌面而須置於試管架上，避免傾倒或滾落。



### 玻棒

可以攪拌化學物質，也可以於過濾時發揮引流的作用。**當有危險度較高的藥品時，可以沿著玻棒緩緩流下，以免反應過於劇烈造成危險。**



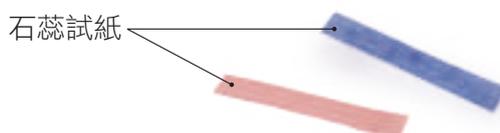
塑膠滴管



玻璃滴管

### 滴管

吸取或注入少量液體所用的工具，末端附有調節吸取量的橡皮套，多為玻璃製但也有少量為塑膠製品。**勿將滴管倒置，以免腐蝕橡皮套。**



石蕊試紙



廣用試紙

### 石蕊試紙與廣用試紙

用來測試化學藥劑或反應產物的酸鹼性質。



### 洗滌瓶

是實驗室中用於洗淨器材的工具，**確保器具乾淨，以避免實驗結果受到影響。**



### 手套

使用酸、鹼或有毒藥品時需穿戴手套，避免因接觸而受傷。



### 彈簧秤

利用彈簧的形變與外力成正比的關係，測量作用力大小的裝置。

# 1 化學反應

## 1-1 常見的化學反應

## 1-2 質量守恆定律

## 1-3 反應式與化學計量

在實驗的過程中，藥品量需要相當精準，因此科學家制定許多固定的單位量詞，讓人們能精準且方便的溝通，避免因為不正確的比例造成實驗失敗，或是化學反應太過激烈而產生危險。

**？探究提問** 今日的魔藥學所教的藥水是讓老鼠變成獨角獸，沒想到同學的藥水卻讓老鼠變成了飛天獨角鼠！想想看，他們犯了哪些錯？



# 魔藥學

5千根頭髮  
+  
350公克鐵金屬塊  
+  
1平匙糖粉



依我目測這樣應該有五千根？

為何我的獨角獸怪怪的？



## 1-1 常見的化學反應

### 科學 tell me why

生米煮成熟飯，是指稻米加熱後變成白飯，用來比喻事情已成定局無法改變。這樣的情形，與水的三態變化有什麼差異呢？



國慶日施放的絢爛煙火、飲料店調製的蝶豆花變色飲料、生雞蛋煮成了水煮蛋等，都是生活中常見的化學變化。物質發生化學變化的過程中常會伴隨什麼現象呢？一起透過探討活動及實驗來了解吧。

#### 探討活動

#### 1-1 蝶豆花變色水



1. 將蝶豆花倒入熱水中浸泡，觀察蝶豆花水的顏色。
2. 將5mL食醋倒入蝶豆花水中，觀察蝶豆花水的顏色。
3. 再將小蘇打水倒入蝶豆花水中，觀察蝶豆花水的顏色。

⚠ 蝶豆花水僅供活動操作，請勿飲用。

#### 想一想

在製作蝶豆花變色水的過程中，顏色如何變化？此顏色變化是物理變化還是化學變化呢？

藍色蝶豆花水加入食醋，會產生顏色變化，是因為其中含有水溶性花青素，在不同酸鹼性的液體中，發生化學變化，而呈現不同的顏色（圖1-1）。這種物質經由化學變化產生新物質的過程，稱為**化學反應**。



◀ 圖1-1 化學反應產生新物質，有時可觀察到顏色的變化

## 實驗 1-1 化學反應常見的現象



**目的** 小蘇打粉加熱分解，及暖暖包粉末於空氣中的變化，會發現哪些化學反應常見的現象呢？

### 器材

- |             |              |             |
|-------------|--------------|-------------|
| ① 酒精燈1個     | ⑥ 藍色氯化亞鈷試紙數張 | ⑪ 溫度計1支     |
| ② 試管2支      | ⑦ 小蘇打粉2公克    | ⑫ 玻璃片1片     |
| ③ 附導管的橡皮塞1組 | ⑧ 電子天平1臺     | ⑬ 500mL燒杯1個 |
| ④ 鐵架附鐵夾1個   | ⑨ 澄清石灰水少許    | ⑭ 手套1副      |
| ⑤ 試管夾1支     | ⑩ 暖暖包1個      |             |

### 步驟

#### 一、小蘇打粉加熱分解

- 1** 在一試管中放入2公克小蘇打粉，將試管秤重並記錄。

小蘇打粉



- 2** 將附有導管的橡皮塞塞住試管口，把導管放入裝有澄清石灰水的試管中，以酒精燈加熱一段時間後，觀察石灰水的變化。



- ⚠ 試管開口端需稍微傾斜向下。  
⚠ 酒精量不可太少，以免發生氣爆危險。

- 3** 將導管移出裝有石灰水的試管後，熄滅酒精燈。拆開橡皮塞，以藍色氯化亞鈷試紙檢驗試管口的無色液滴。

氯化亞鈷試紙



- 4** 冷卻後將試管秤重並記錄。



## 二、暖暖包粉末在空氣中的變化

- 1** 打開一包暖暖包，將裡面的粉末倒在燒杯內，並以溫度計測量粉末中心溫度，測畢後蓋上玻璃片，再以電子天平秤得質量。



- 2** 經過5分鐘及10分鐘後，觀察並記錄其質量，再以溫度計測量粉末中心溫度。觀察反應過程，推測反應後的重量會是增加或是減少？以何為根據？



### 問題與討論

1. 加熱小蘇打粉時，哪些現象表示小蘇打粉發生了化學反應？
2. 小蘇打粉加熱和暖暖包的發熱現象，兩者在反應前後的質量變化有什麼不一樣？
3. 你會將此實驗的兩個現象，視為同一類的化學反應嗎？為什麼？

### ? 探究提問

若改將暖暖包倒在錶玻璃，觀察冒出白煙，推測電子天平讀數變化的原因。

相關實驗重點，請見 P48



### 隨堂筆記

試整理化學反應常見的現象。

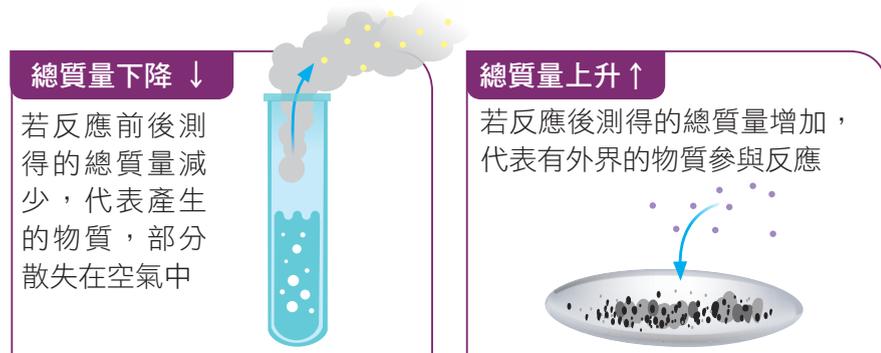
1. 加熱小蘇打粉末  
→產生\_\_\_\_\_
2. 蝶豆花飲料加入食醋  
→發生\_\_\_\_\_變化
3. 二氧化碳通入澄清石灰水  
→產生\_\_\_\_\_
4. 暖暖包的放熱現象  
→發生\_\_\_\_\_變化

實驗1-1中，小蘇打粉的成分是碳酸氫鈉，加熱產生的無色液滴，會使氯化亞鈷試紙由藍色變成紅色，由此可知此液滴為水。而產生的氣體通入澄清石灰水後，會使石灰水變得混濁，並在試管底部產生沉澱物，表示此氣體為二氧化碳。由這些新物質的產生，可判斷小蘇打粉受熱後會發生化學反應。

化學反應的發生常伴隨能量的變化，有些化學反應需吸收外界的能量，如小蘇打粉加熱分解產生二氧化碳、水和碳酸鈉（式1-1），為一種吸熱反應；有些化學反應則會釋放能量、使環境溫度上升，如暖暖包在空氣中發熱，即為一種放熱反應。



小蘇打粉加熱後，試管中的物質質量減少；暖暖包粉末發熱，錶玻璃上粉末質量增加。由此可發現，化學反應常伴隨物質與能量進出的情形（圖1-2）。



◀ 圖1-2 化學反應常伴隨物質進出的現象



- ① 請問曼陀珠加進可樂後，可樂噴發的過程是屬於物理變化還是化學變化？
- ② 將發泡錠加入水中製成汽水，這個過程屬於物理變化還是化學變化？為什麼呢？

## 1-2 質量守恆定律

### 科學 tell me why

氣體密度小，單位體積的質量很少，我們該如何知道化學反應中產生氣體的質量呢？



小蘇打粉加熱分解後，質量變輕了；暖暖包內的粉末放在空氣中一陣子後，質量增加了。這樣是否表示發生化學反應時，反應前後物質的質量會改變呢？讓我們透過實驗1-2進一步探討。

### 實驗 1-2 化學反應前後的質量變化



#### 目的

藉由觀察小蘇打與鹽酸、氯化鈣與碳酸鈉的化學反應，探討物質在反應前後的質量是否會發生改變呢？

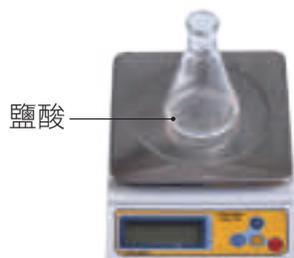
#### 器材

- |              |              |          |           |
|--------------|--------------|----------|-----------|
| ① 0.5M鹽酸10mL | ⑤ 氯化鈣粉末1公克   | ⑨ 玻棒2支   | ⑬ 錐形瓶瓶塞1個 |
| ② 蒸餾水10mL    | ⑥ 250mL錐形瓶2個 | ⑩ 滴管1支   | ⑭ 試管架1個   |
| ③ 小蘇打粉5公克    | ⑦ 小試管1支      | ⑪ 秤量紙2張  | ⑮ 10吋氣球1個 |
| ④ 碳酸鈉粉末1公克   | ⑧ 試管2支       | ⑫ 電子天平1臺 | ⑯ 手套1副    |

#### 步驟

#### 一、小蘇打與鹽酸的化學反應

- 1** 在250mL錐形瓶中加入0.5M鹽酸10mL，秤量其質量。



- 2** 將5公克小蘇打粉放入氣球中，並將其套上錐形瓶，秤量整個裝置的質量。



- 3** 將小蘇打粉倒入錐形瓶中，待反應一段時間後，秤量總質量。

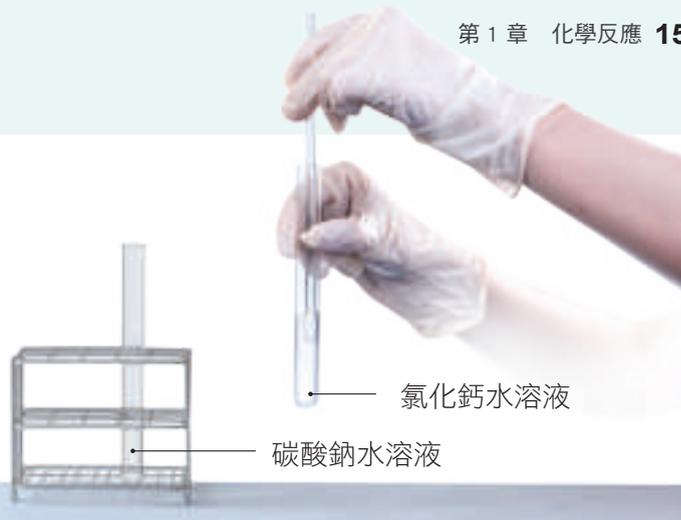
- 4** 將氣球拆下後，放置於電子天平上，再次秤量總質量。

倒入小蘇打粉後，氣球發生了什麼變化？



## 二、氯化鈣與碳酸鈉的化學反應

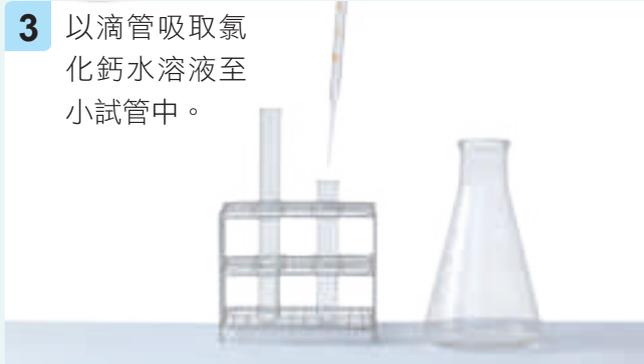
- 1** 將兩支試管各加入5mL的水，取一支加入1公克碳酸鈉粉末，另一支加入1公克氯化鈣粉末，分別以玻璃棒攪拌，使粉末溶解。



- 2** 將碳酸鈉水溶液倒入錐形瓶中。



- 3** 以滴管吸取氯化鈣水溶液至小試管中。



- 4** 將小試管開口朝上，放入錐形瓶後，塞上橡皮塞並秤量總質量。



- 5** 將錐形瓶倒立，使兩液體混合，觀察並記錄產生的現象，待反應完成後，秤量總質量。

- 6** 將瓶塞拆下後，放置於電子天平上，再次秤量總質量。

### 問題與討論

1. 將小蘇打粉和鹽酸混合後，可依據哪些觀察到的變化來說明錐形瓶內發生了化學反應？
2. 將碳酸鈉水溶液和氯化鈣水溶液混合後，可依據哪些現象說明錐形瓶內發生了化學反應？
3. 分別分析比較未移除氣球或瓶塞時，兩個反應前後質量是否有差異？

### 探究提問

拔除氣球或瓶塞後，所測得的質量是否皆改變？試推測可能原因？

相關實驗重點，請見 P49



實驗1-2中，小蘇打粉與鹽酸反應時，可以看到許多氣泡從水溶液冒出，上方氣球隨著氣體產生而膨脹。錐形瓶因套上氣球形成密閉空間，化學反應產生的氣體並未逸散，可發現反應前後的總質量並未改變（圖1-3）。



▲ 圖1-3 反應產生氣體，但總質量不變

- 5 無色的碳酸鈉和氯化鈣水溶液，混合後產生白色沉澱物，使水溶液呈現混濁，可推測發生了化學反應，反應前後的總質量也並未改變（圖1-4）。



▲ 圖1-4 反應產生白色沉澱新物質，但總質量不變

由實驗得知，在化學反應中，反應前所有物質的總質量會等於反應後所有物質的總質量，稱為**質量守恆定律**。此定律是由十八世紀法國科學家拉瓦節（圖1-5）經不斷研究與驗證後提出，他將錫放在密封容器中加熱後，發現質量不變，但打開容器，質量卻迅速增加。



圖1-5 拉瓦節

另外，依據微觀的觀點，道耳頓的原子說提出：化學反應發生時，只是原子間重新排列，形成新物質，原子種類和數目不會增加或消失。藉此也可驗證實驗1-2的結果，並且說明質量守恆定律。

10 在密閉空間中，化學反應只會在系統內進行，我們可觀察到反應前後的質量不會發生變化。但在開放空間，化學反應進行時，若產生氣體逸散，或與空氣中的部分氣體產生反應，就會觀察到反應前後質量不同的情形，但若能秤量全部反應的物質，依然會符合質量守恆定律（圖1-6）。

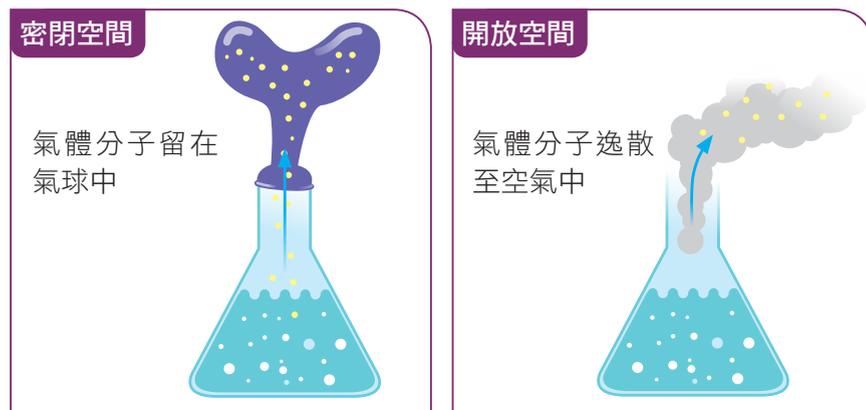


圖1-6 反應不論在密閉或開放空間，均符合質量守恆定律

### 例題 1-1

(甲)生日蠟燭的燃燒反應、(乙)發泡錠泡水、(丙)鐵釘生鏽、(丁)二氧化碳與石灰水混合，請問上述化學反應中，哪幾項遵守質量守恆定律？

## 1-3 反應式與化學計量

### 科學 tell me why

阿翰將白羊及黑馬的積木打散，重新組裝成一隻可愛的馬來貘，他發現組裝前後用到的黑白積木都是相同數量，這是否與化學反應式所要表達的概念有點相近呢？



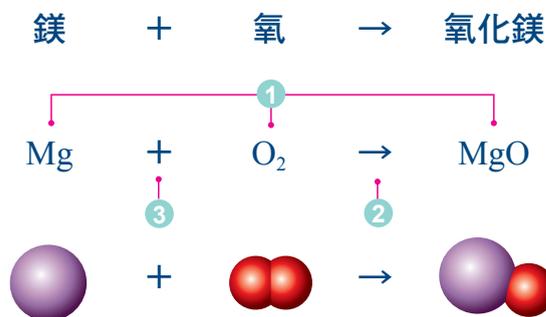
## 化學反應的書寫步驟

STEP

1

### 以化學式和符號表示化學反應

- 1 用適當的化學式來表示反應物與生成物。
- 2 以箭號（→）表示化學反應的進行方向，箭號左邊是反應物，右邊是生成物，也稱為產物。
- 3 若反應物或生成物不只有一種，則會用加號（+）連接起來。



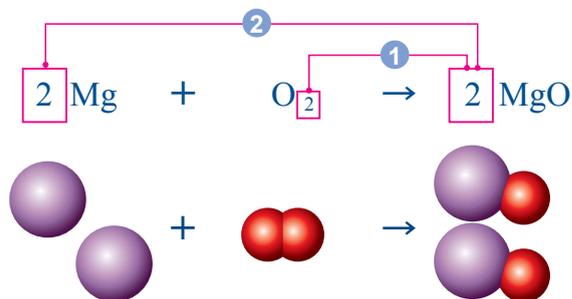
STEP

2

### 平衡化學反應式

由於化學反應是原子間重新排列組合，反應前後原子總數並無增減，因此必須在反應物與生成物的化學式前加上適當的係數，使反應前後同種原子的總數相等，若分子前的係數為1，可以將其省略。

- 1 反應物的氧原子有兩個，生成物的氧原子也要有兩個，因此在生成物MgO前面加入係數2。
- 2 生成物加入係數後，鎂原子數亦增為2，因此反應物Mg前面加入係數2。



## 1 化學反應式

**化學反應式**讓科學家能簡便記錄化學反應的過程，將反應過程的反應物、生成物以化學式表示，並利用符號來描述反應過程，寫成一個完整的式子。化學反應式是根據實驗結果而來，它可以說明參與反應的物質種類與變化，及所含原子重新排列的情形。下列以常見的反應為例，說明化學反應式的寫法。

### 特定狀況的書寫步驟

#### NOTE 列出生成物的狀態

若反應過程中有氣體產生，可在生成物後方以向上箭號（↑）表示（式1-2）；有沉澱產生則以向下箭號（↓）表示（式1-3）。



#### NOTE 列出反應條件

如果反應在某種條件下進行，例如：催化劑、溫度和壓力等，可在箭號的上方或下方加以註明。例如：雙氧水製備氧氣，常加入二氧化錳來加速反應的進行，可在箭號上方加上「MnO<sub>2</sub>」（式1-4）；或加熱雙氧水亦可加速反應，則可在化學反應式箭頭上方或下方加上「Δ」（式1-5）。



## 例題 1-2

試平衡與完成下列化學反應式。



平衡 C

平衡 H

平衡 O



(3)呼吸作用的化學反應式：



(4)硫在空氣中燃燒，生成二氧化硫的化學反應式：

(5)鎂與二氧化碳反應，生成碳與氧化鎂的化學反應式：

## 補充資料

## 物質狀態表示法

化學反應式中除了可用箭號標示狀態外，若要更精準表示，會在化學式右側以「下標」的字母縮寫呈現各物質的狀態：

1. 固態：solid (s)，如鐵為Fe<sub>(s)</sub>。
2. 液態：liquid (l)，如水為H<sub>2</sub>O<sub>(l)</sub>。
3. 氣態：gas (g)，如氧氣為O<sub>2(g)</sub>。
4. 水溶液：aqueous (aq)，如過氧化氫水溶液為H<sub>2</sub>O<sub>2(aq)</sub>。

例如：碳酸鈣 + 鹽酸 → 氯化鈣 + 水 + 二氧化碳



## 2 化學計量

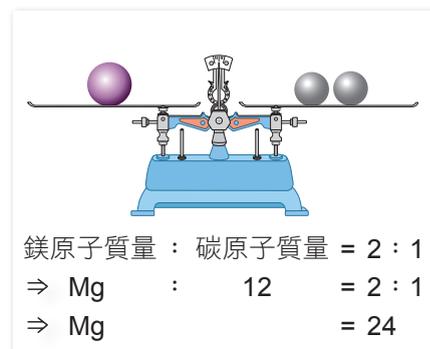
### 原子量

5 原子為組成物質的最小單位，粒子非常微小，無法直接測量一個原子的質量，科學家利用各元素原子間相對質量的比值，來表示原子質量的大小，稱為**原子量**，故原子量是一種比較值。

目前國際上採用質量數12的碳原子為比較標準，訂定碳的原子量為12。其他元素的原子量，則以相對於碳原子質量的比值來表示（圖1-7、表1-1）。

■表 1-1 常見元素的原子量

| 元素  | 氫 (H) | 碳 (C) | 氮 (N) | 氧 (O) | 鎂 (Mg) |
|-----|-------|-------|-------|-------|--------|
| 原子量 | 1     | 12    | 14    | 16    | 24     |



▲圖1-7 鎂和碳的原子質量比為2 : 1，比值為2，故鎂的原子量為24（● = Mg，● = C）

### 10 分子量

分子是由原子所組成，所以一個分子的**分子量**為組成原子的原子量總和（表1-2）。

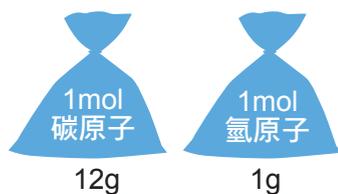
■表 1-2 分子量的計算方式

| 物質       | 氮氣                     | 二氧化碳   | 水  |
|----------|------------------------|--|--|
| 分子模型     |                        |  |  |
| 化學式      | N <sub>2</sub>         | CO <sub>2</sub>                                  | H <sub>2</sub> O                               |
| 化學式中所含原子 | 2個N                    | 1個C<br>2個O                                       | 2個H<br>1個O                                     |
| 原子量      | N = 14                 | C = 12<br>O = 16                                 | H = 1<br>O = 16                                |
| 分子量      | 14 × 2 = 28<br>總和 = 28 | 12 × 1 = 12<br>+ 16 × 2 = 32<br>—————<br>總和 = 44 | 1 × 2 = 2<br>+ 16 × 1 = 16<br>—————<br>總和 = 18 |

a 同樣1打雞蛋和1打鉛筆數量皆為12，但質量不同



b 同樣1莫耳碳原子和1莫耳氫原子，原子數量相同，但質量不同



▲ 圖1-8 不同的原子，每莫耳有不同的質量

## 莫耳

購買西瓜或蘋果時，以「顆」或「粒」為單位；購買鉛筆或雞蛋則以「打」（12個）為單位；購買綠豆或食鹽時，顆粒較小而無法細數，常以「袋」或「包」為單位。

5 同樣的，原子非常微小而難以計算數目，因此科學家訂定了一個龐大的計數單位——**莫耳 (mol)**，作為微小粒子數目的單位。以碳 ( $^{12}\text{C}$ ) 為例，原子量為12，我們可將12公克的碳視為一「袋」，而在科學表示上，正式的單位為一「莫耳」，即1莫耳的碳原子為12公克（圖1-8）。

10 質量與莫耳數的關係，如式1-6：

$$\frac{\text{質量}}{\text{原子量或分子量}} = \text{莫耳數} \quad (\text{式1-6})$$

化學反應式可以表示反應前後的物質種類，也可得知反應物和生成物之間的粒子個數、莫耳數以及質量的關係。以雙氧水分解的化學反應式為例，2個過氧化氫分子  
15 ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) 會生成2個水分子 ( $\text{H}_2\text{O}$ ) 和1個氧分子 ( $\text{O}_2$ )，即化學反應式中各物質係數比，等於參與反應分子個數比（圖1-9）。

|          |                          |               |                        |                  |               |
|----------|--------------------------|---------------|------------------------|------------------|---------------|
| 圖示       |                          |               |                        |                  |               |
| 化學反應式    | $2 \text{H}_2\text{O}_2$ | $\rightarrow$ | $2 \text{H}_2\text{O}$ | $+$ $\text{O}_2$ |               |
| 係數比      | 2                        | :             | 2                      | :                | 1             |
| =分子數比    | 2                        | :             | 2                      | :                | 1             |
| =莫耳數比    | 2                        | :             | 2                      | :                | 1             |
| 質量比      | $34 \times 2$            | :             | $18 \times 2$          | :                | $32 \times 1$ |
|          | = 68                     | :             | 36                     | :                | 32            |
|          | = 17                     | :             | 9                      | :                | 8             |
| 遵守質量守恆定律 | 68                       | =             | 36                     | +                | 32            |

▶ 圖1-9 化學反應式中，各物質係數比等於分子個數比及莫耳數比，且質量也有一定的比例關係

(  $\text{●} = \text{H}$   $\text{●} = \text{O}$  )

化學反應中，實際參與的分子數目很多，故採用莫耳為計量單位，因此各物質係數比也等於莫耳數比，即2莫耳過氧化氫分子（ $\text{H}_2\text{O}_2$ ）反應後，會生成2莫耳水分子（ $\text{H}_2\text{O}$ ）和1莫耳氧分子（ $\text{O}_2$ ）。

- 5 由於化學反應遵守質量守恆定律，反應前後總質量不變，因此從化學反應式再經由莫耳數推算，也可以得知各反應物與生成物質量比例的關係。

### 例題 1-3

已知某元素X的原子質量與碳原子的質量比為2:1，將24公克的X元素完全燃燒後，可以產生多少的氧化物XO？

|               |               |
|---------------|---------------|
| Li<br>鋰<br>3  | Be<br>鈹<br>4  |
| Na<br>鈉<br>11 | Mg<br>鎂<br>12 |
| K<br>鉀<br>19  | Ca<br>鈣<br>20 |

1 算出X元素的原子量為\_\_\_\_\_，查閱週期表可知X為\_\_\_\_\_元素

2 寫出X元素燃燒的化學反應式\_\_\_\_\_

3 根據莫耳的定義，24公克的X元素可表示為多少莫耳\_\_\_\_\_

4 利用化學反應式的係數關係，推算1莫耳的X元素，可完全燃燒產生1莫耳的氧化物XO，你認為合理嗎？試說明你的理由。

## 常見的化學反應

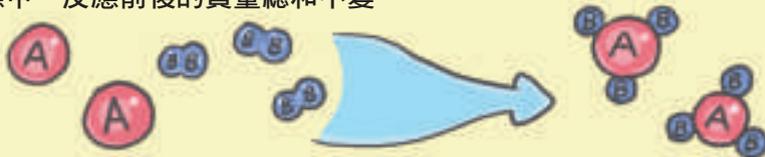
**化學反應：**物質發生化學變化，原子重新排列組成新物質的過程。

**常見化學反應現象：**



## 質量守恆定律

化學反應中，反應前後的質量總和不變



發生化學反應，原子種類及數目不會增加或消失，因此反應前後總質量不變

體積改變、質量不變



反應前

反應後

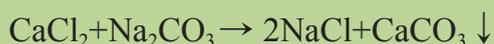


產生沉澱、質量不變



反應前

反應後



NaCl溶於水  
CaCO<sub>3</sub>沉澱



## 跨年的理化課

全世界的煙火表演花樣百出，令人嘆為觀止。臺灣煙火表演日漸精進，無論是雙十國慶的高空煙火，或是臺北101的高樓煙火，常吸引不少遊客前來觀賞，而且臺北101還是全世界第一座燃放超大型煙火的摩天大樓，為臺灣提高不少觀光能見度。

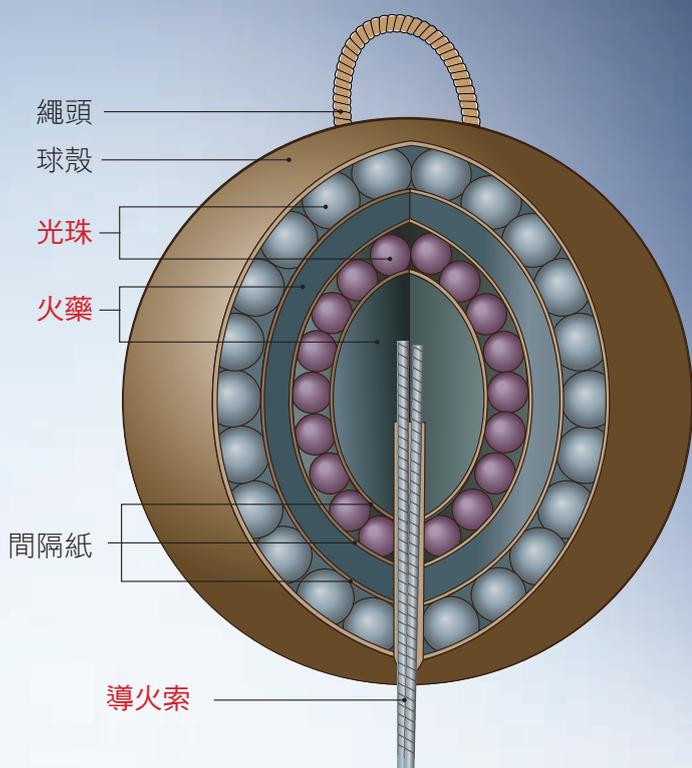
為什麼會有各式各樣的顏色呢？又為什麼煙火可以爆炸兩次或是三次，展現各種不同圖案以及綻放的效果呢？讓我們綜合化學反應會產生氣體、顏色變化和能量釋放的現象，來理解煙火的科學概念。

一顆完整的煙火彈會包含三個部分：導火索、火藥及光珠等。導火索在煙火彈裡層，作用是控制引爆的時間，通常

1公分長的導火索燃燒時間約1秒。點燃導火索後，會引燃火藥，火藥主要是由碳粉、硝酸鉀或硫磺組成，火藥燃燒時產生的氣體能將煙火推上天空，並將光珠炸開。

光珠內有多種化學物質，又可以分成發光劑和發色劑。發光的部分是鋁、鎂的金屬粉末，這兩種金屬燃燒時會發出強烈白光。發色劑則是煙火五顏六色的關鍵！不同的金屬或其化合物燃燒時會產生不同顏色的火焰，常見焰色可參考表一。而煙火的圖案，則是來自光珠在煙火彈中不同位置的排列，爆炸之後能形成像是圓形、愛心或瀑布等特殊形狀。

短暫的煙火綻放，雖然只浪漫了幾秒鐘的時間，不過製作的過程繁複，準備的時間也很長。臺北101大樓在西元2004年是為了慶祝成為世界最高樓層，才決定安排一場跨年煙火秀，有賴於其建築設計原理採用「每八層樓為一斗」的結構，每一斗都設有露天陽臺作為逃生出口，其平台能架設鷹架，適合作為發射地面煙火的場所，也能做出各種煙花堆疊燃放的效果。之後，在群眾期待下，臺北101年年展演跨年煙火秀，短短3~5分鐘發射萬發以上的煙火，不僅運用物理化學的原理、融入藝術美學更搭配精密操控電腦、呈現聲光展演、跨域整合的美麗火花。



19  
K  
39.10

3  
Li  
6.941

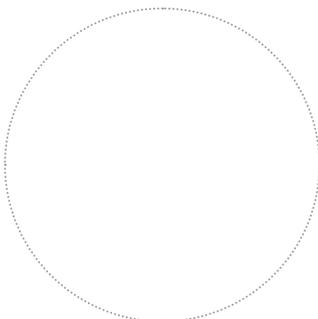
12  
Mg  
24.31

| ■表一 常見元素的焰色反應 |    |     |     |    |
|---------------|----|-----|-----|----|
| 金屬化合物         | Li | Na  | K   | Pb |
| 焰色            | 紅色 | 金黃色 | 淡紫色 | 藍色 |
| 金屬化合物         | Ca | Sr  | Ba  | Cu |
| 焰色            | 橘色 | 洋紅色 | 黃綠色 | 綠色 |

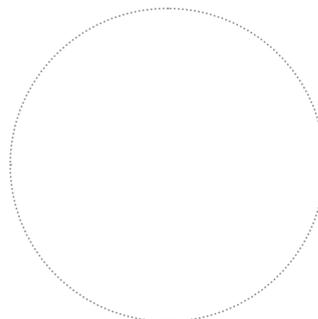
請同學們依上述內容，回答下列問題：

- ( ) 1. 關於煙火的反應或變化，下列哪一項並不屬於化學變化？  
 (A) 導火索燃燒 (B) 引燃火藥產生氣體  
 (C) 氣體將煙火推向天空 (D) 鎂粉燃燒產生白色強光
- ( ) 2. 對煙火的敘述，下列何者正確？  
 (A) 五顏六色的煙火，是因為光珠外殼塗有不同顏色  
 (B) 即使秤量全部反應的物質，煙火的反應並不會符合質量守恆定律  
 (C) 為了控制引爆時間，導火索應包在煙火彈裡層  
 (D) 煙火的樣式都是在上升的過程中自由變化而改變形狀
3. 設計煙火造型有很多種方法，最常用的方法是透過光珠排列，例如：在半個煙火彈殼內先將光珠排成笑臉圖案，其他空間及另外半顆彈殼以可燃物及火藥填滿，就可以製造出笑臉圖案的煙火。如果要在天空綻放出愛心形狀的紅色焰火，你會如何設計呢？

煙火彈左半部 ▶



◀ 煙火彈右半部



# 2 氧化還原反應

## 2-1 氧化反應與活性

## 2-2 氧化與還原

## 2-3 氧化還原的應用

黑暗的夜晩藏有看不見的危險，因此古代人會以火焰，來驅趕野獸或是作為照明使用。十九世紀的愛迪生發明了燈泡後，才使得我們能有便利的照明設施，讓晚上燈火通明如同白日。

**？探究提問** 生活中有許多會發光的物體，但是發光的原理相當多種，找一找，畫面上哪些現象與蠟燭發光的原理有關呢？



# 妖怪村

那森林有鬼火耶！

要不要去森林探險！

拿蠟燭可以嗎？

蠟燭很危險耶，  
看我的螢光棒！



## 2-1 氧化反應與活性

### 科學 tell me why

生活中，常看見金、銀、銅鑄成的錢幣，卻幾乎沒有看到鐵幣，請問是為什麼呢？



### 1 氧化反應

#### 金屬的氧化

有些金屬放置一段時間後，會漸漸失去光澤，如鐵釘生鏽（圖2-1），這是物質與氧氣緩慢作用的結果；而木材會在火焰中劇烈燃燒，釋放出光和熱，這是物質與氧氣劇烈反應的現象。上述兩者皆是物質與氧氣反應的過程，這樣的化學變化稱為**氧化反應**，接下來讓我們透過實驗來探討不同金屬的氧化情形。

▶ 圖2-1 鐵釘長期暴露在空氣中會產生鐵鏽



### 實驗 2-1

## 金屬的氧化



#### 目的

探討金屬氧化的難易程度，及其氧化物溶於水的酸鹼性質有何不同？

#### 器材

- |                             |            |                |
|-----------------------------|------------|----------------|
| ① 鈉1小塊                      | ⑥ 酒精燈1個    | ⑪ 砂紙1張         |
| ② 鎂帶1小段（約2cm）               | ⑦ 50mL燒杯3個 | ⑫ 250mL洗滌瓶1個   |
| ③ 銅箔1小片（約1cm <sup>2</sup> ） | ⑧ 燃燒匙3支    | ⑬ 紅色及藍色石蕊試紙各1盒 |
| ④ 1M鹽酸50mL                  | ⑨ 玻棒1支     | ⑭ 手套1副         |
| ⑤ 蒸餾水80mL                   | ⑩ 刮勺1支     |                |

## 步驟

- 1** 將待測物剪切至合適大小，並觀察其切面。

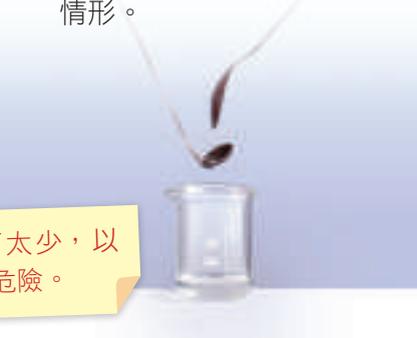


- 2** 將待測物置於燃燒匙內，以酒精燈加熱，觀察燃燒情形。



⚠ 酒精量不可太少，以免發生氣爆危險。

- 3** 以刮勺將生成物倒入裝有 10mL 蒸餾水的燒杯中，以玻璃棒攪拌均勻，觀察其溶解情形。

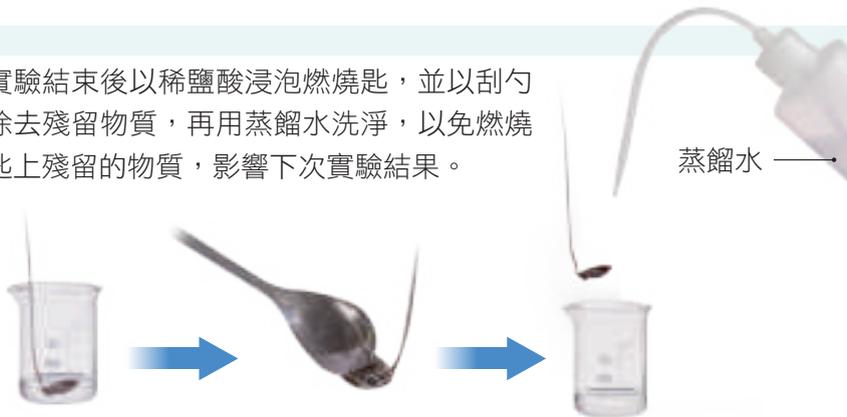


- 4** 以玻璃棒沾取水溶液至石蕊試紙上，觀察顏色變化。

石蕊試紙



- 5** 實驗結束後以稀鹽酸浸泡燃燒匙，並以刮勺除去殘留物質，再用蒸餾水洗淨，以免燃燒匙上殘留的物質，影響下次實驗結果。



- 6** 以其他待測物重複步驟 1~5，並將觀察紀錄製作成表格。

⚠ 鎂帶燃燒會產生刺眼的強光，應配戴深色護目鏡進行，並避免眼睛注視過久！



為何要先用稀鹽酸浸泡呢？

⚠ 燃燒匙請準備多支並清洗乾淨。

## 問題與討論

1. 鈉、鎂和銅的加熱過程中，分別有何現象產生？
2. 依據實驗的結果判斷，鈉、鎂和銅氧化的難易程度依序為何？
3. 鈉、鎂和銅氧化後的生成物，哪些能溶於水中？其水溶液的酸鹼性為何？

## 探究提問

觀察鈉的新切面、鎂帶的切口與磨亮的銅箔 3 分鐘，請問各有什麼變化？三者變化的差異代表什麼意義呢？

相關實驗重點，請見 P49



Na

# 鈉

鈉很容易起火燃燒，火焰呈黃色（圖2-2），產物為氧化鈉（式2-1、圖2-3）；氧化鈉易溶於水中，產生氫氧化鈉水溶液（式2-2），可使紅色石蕊試紙變藍色，表示水溶液呈鹼性。



▲ 圖2-2 鈉氧化情形



▲ 圖2-3 氧化鈉

Mg

**鎂**

鎂加熱至燃燒的時間比鈉長，燃燒時發出白色強光（圖2-4），產物為氧化鎂（式2-3、圖2-5）；氧化鎂可以溶於水中，會產生氫氧化鎂水溶液（式2-4），可使紅色石蕊試紙變藍色，表示水溶液呈鹼性。



▲ 圖2-4 鎂氧化情形

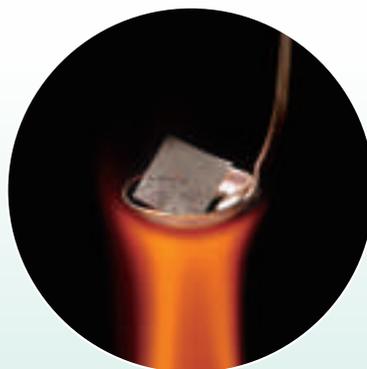


▲ 圖2-5 氧化鎂

Cu

**銅**

銅不易燃燒，在加熱過程中僅於表面生成一層黑色產物（圖2-6），此黑色產物為氧化銅（式2-5、圖2-7）；氧化銅不溶於水（式2-6），無法使石蕊試紙變色。



▲ 圖2-6 銅氧化情形

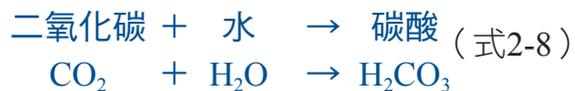


▲ 圖2-7 氧化銅

## 非金屬的氧化

### C 碳

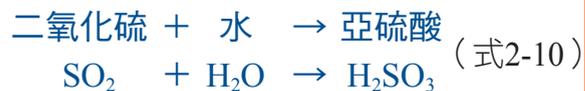
碳粉在純氧中燃燒，會發出橘紅色火光（圖2-8），產物為無味的二氧化碳（式2-7）；二氧化碳略溶於水，會與水作用產生碳酸（式2-8），使藍色石蕊試紙變成紅色，可知水溶液呈酸性。



▲ 圖2-8 碳氧化情形

### S 硫

硫粉在純氧中燃燒，火焰呈藍紫色（圖2-9），產物為具有刺激性臭味的二氧化硫（式2-9）；二氧化硫可溶於水產生亞硫酸（式2-10），使藍色石蕊試紙變成紅色，可知水溶液呈酸性。



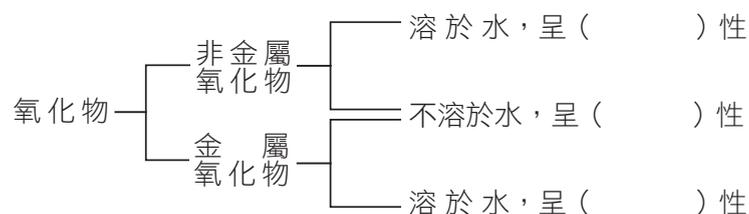
▲ 圖2-9 硫氧化情形

## 氧化物的通性

- 金屬元素與非金屬元素都可能與氧氣作用，發生氧化反應。一般而言，金屬氧化物溶於水中時，水溶液為鹼性，例如：氧化鈉和氧化鎂等；而非金屬氧化物溶於水中時，水溶液為酸性，例如：二氧化碳和二氧化硫等；若氧化物不溶於水，其水溶液無論藍色或紅色石蕊試紙均不變色，由此可知為中性，例如：氧化銅。

### 隨堂筆記

試整理金屬與非金屬氧化物的特性。



## 2 活性

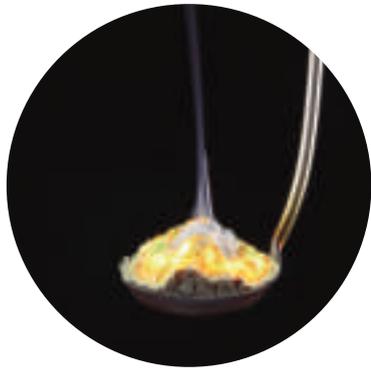
- 10 金屬在空氣中燃燒的難易程度，代表其對氧的**活性**大小。愈容易與氧作用的物質，對氧的活性愈大；愈不易與氧作用的物質，對氧的活性愈小。由實驗2-1可知，鈉、鎂、銅對氧的活性依序為：鈉 > 鎂 > 銅。

- 15 金屬對氧的活性各有不同，鈉、鉀等鹼金屬對氧的活性大，金屬的新切面一接觸到空氣很快就失去金屬光澤（圖2-10）；白金（鉑）與黃金對氧的活性小，能長期保存而光亮如新，適合作為裝飾品。

- 20 在生活中，鐵在空氣中會逐漸氧化鏽蝕，但是，鋅和鋁這些對氧活性比鐵更大的金屬，卻常被鍍在鐵的表面，這是為什麼呢？



▲ 圖2-10 鈉的新切面具有金屬光澤，但與空氣接觸後，很快便失去光澤



▲ 圖2-11 鋅氧化情形



▲ 圖2-12 氧化鋅及內部正在燃燒的鋅

鋅燃燒時火焰呈黃綠色（圖2-11），產物為氧化鋅（式2-11），將燃燒中的鋅移離火源後不久，便停止燃燒，此時若以探針挑開表層，內部高溫的鋅又會繼續燃燒（圖2-12）。這樣的現象是因為鋅燃燒後，會在表面形成氧化鋅，阻隔空氣中的氧與內部的鋅接觸。氧化鋅難溶於水，與水反應會產生極少量的氫氧化鋅（式2-12），無法使石蕊試紙變色。



因此許多金屬製品的表面都會鍍上一層薄薄的鋅或鋁，利用其氧化物的特性，阻絕氧氣與內部鐵金屬接觸，避免金屬氧化生鏽（圖2-13、圖2-14）。



▲ 圖2-13 溫室的框架常會鍍上鋅或鋁，以減緩氧化



▲ 圖2-14 若鍍上的鋅或鋁掉落，使內部鐵金屬露出，鐵便會因接觸氧氣而生鏽

## 2-2 氧化與還原

### 科學 tell me why

如果只有氧化作用，那地球上所有物質最後都會被氧化，但為什麼地球還是擁有許多不同物質，而沒有變成氧化球呢？



只有空氣中的氧會使物質氧化嗎？物質是否可以從其他氧化物中獲得氧原子呢？生活中常用到的金屬大部分是以化合物形式存在於大自然中，又是如何將其轉變成元素的狀態呢？

### 探討活動

#### 2-1 鎂帶與二氧化碳的反應



1. 利用稀鹽酸和碳酸鈣粉末製備二氧化碳，並以排水集氣法收集備用。
2. 將鎂帶點燃後，放入裝有二氧化碳的廣口瓶中，觀察瓶中所產生的變化。
3. 待鎂帶火焰熄滅、冷卻後，觀察廣口瓶中的生成物。

### 想一想

點燃的火柴與鎂帶放入裝有二氧化碳的廣口瓶中，兩者所產生的現象有何不同？

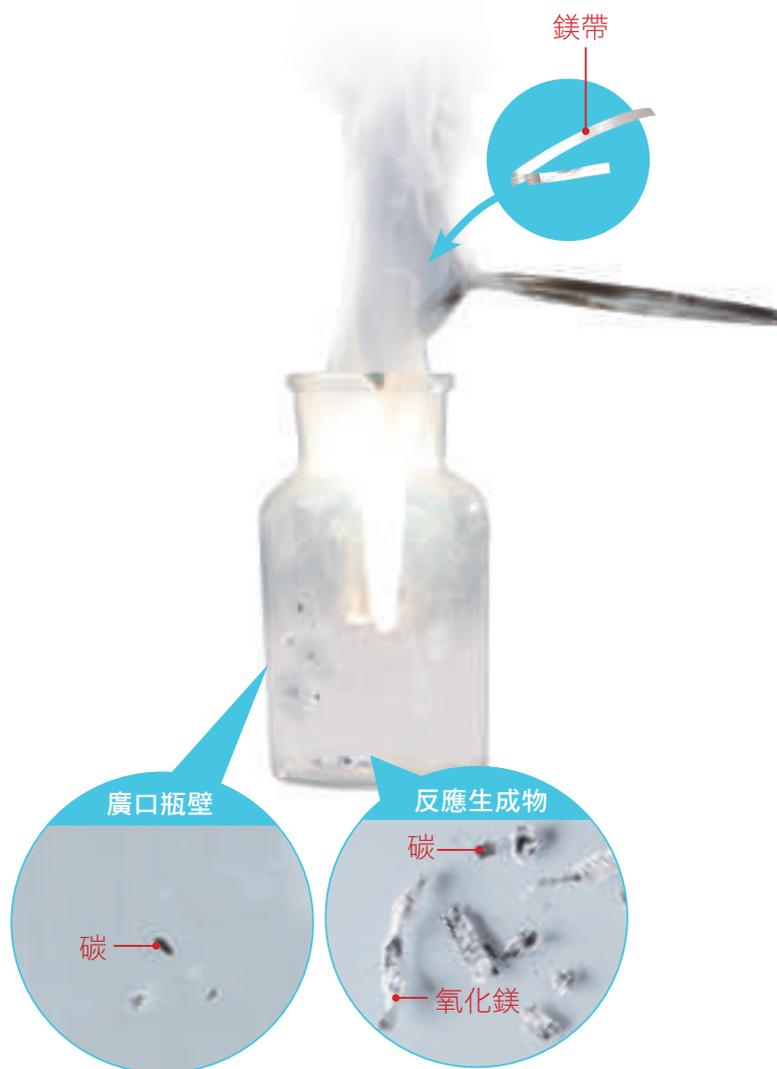
.....

.....

.....

.....

由探討活動中可以發現，點燃的鎂帶放入裝有二氧化碳的廣口瓶中，依然繼續燃燒，這是因為鎂可取代二氧化碳中的碳，與氧結合生成白色的氧化鎂，失去氧的碳則變成元素狀態，附著在瓶壁上（圖2-15）。



▲ 圖2-15 鎂帶在二氧化碳中可以繼續燃燒，黑色的碳因而被取代出來

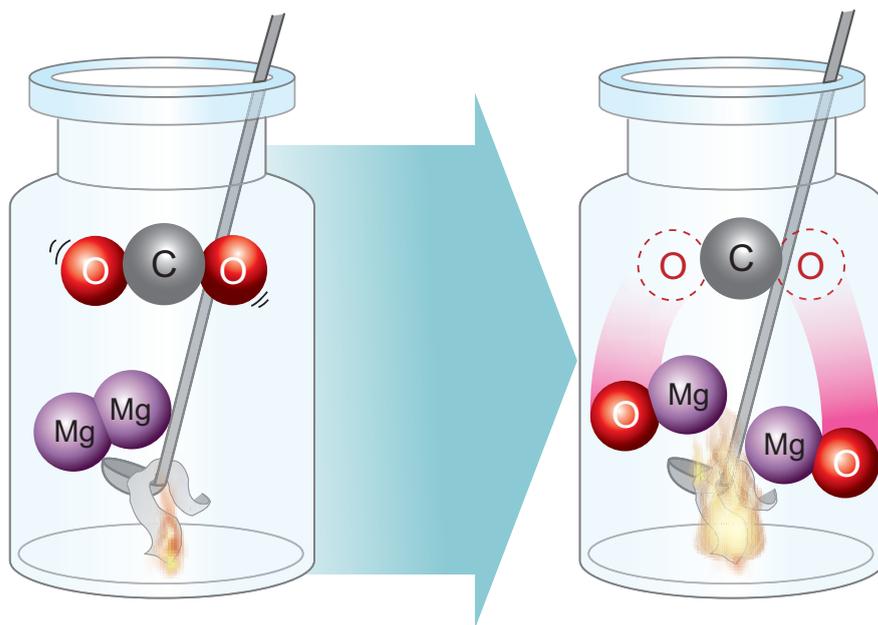
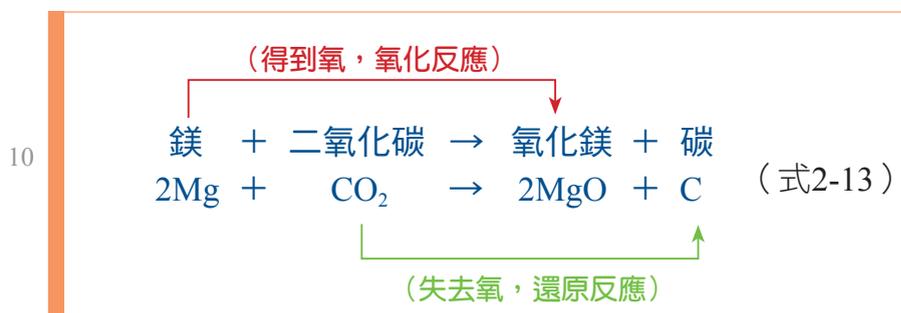
### 探究提問

仙女棒中含有鎂的成分，如果仙女棒工廠失火，那該如何撲滅呢？

## 1 氧化還原反應

物質與氧結合的反應稱為**氧化反應**；相反的，氧化物失去氧的反應稱為**還原反應**；氧化與還原必定同時相伴發生，這種涉及氧的得失之化學反應，稱為**氧化還原反應**。

5 在氧化還原反應中，發生氧化的物質，具有還原另一物質的能力；相反的，本身發生還原的物質，則具有氧化另一物質的能力。例如：鎂與二氧化碳的反應中，鎂氧化的同時，二氧化碳還原成碳；而二氧化碳還原的同時，鎂被氧化成為氧化鎂（式2-13、圖2-16）。



▲ 圖2-16 氧化還原反應示意圖

## 2 活性與氧化還原

在鎂與二氧化碳的反應中，鎂可以取代二氧化碳中的碳，發生氧化反應，這是因為鎂對氧的活性比碳大。一般而言，活性大的元素容易氧化，其氧化物較安定；活性小的元素不易氧化，但所形成的氧化物較不安定，容易被還原成元素。

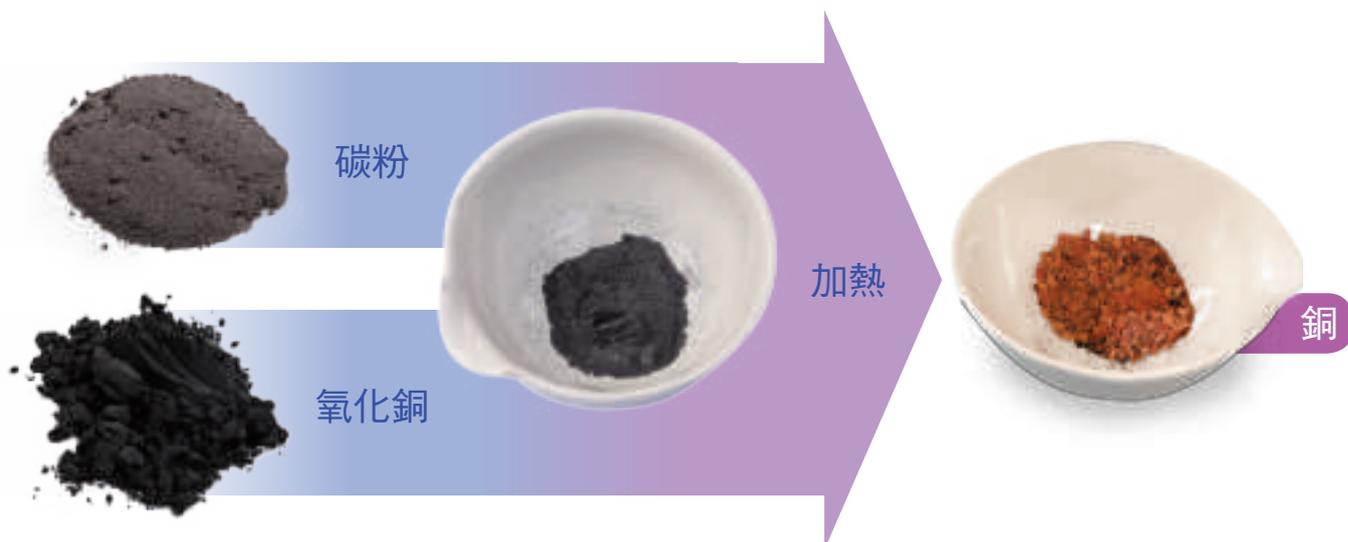
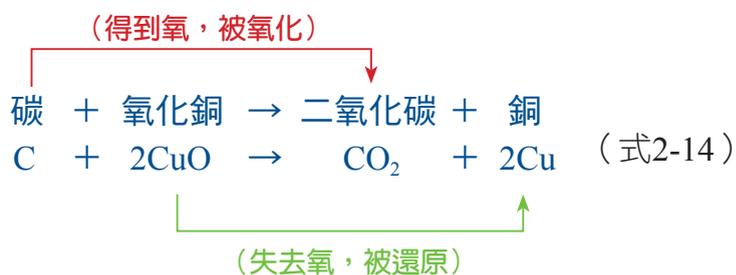
碳粉與氧化銅粉末都是黑色，混合加熱後，會產生二氧化碳與紅色的銅（式2-14、圖2-17），表示碳的活性大於銅，容易與氧結合，而將銅還原出來。

### 補充資料

#### 物質對氧的活性

元素對氧的活性大小順序為：鉀 > 鈉 > 鈣 > 鎂 > 鋁 > 碳 > 鋅 > 鉻 > 鐵 > 錫 > 鉛 > 氫 > 銅 > 汞 > 銀 > 鉑 > 金。

10



▲ 圖2-17 碳與氧化銅反應還原成紅棕色的銅

## 例題 2-1

1. 已知元素對氧的活性大小為鈉 > 鈣 > 碳 > 鐵 > 銅，將五種元素與其他氧化物混合加熱反應。請將氧化還原反應的結果填入下表，+ 表示會發生，- 表示不會發生。

|    | CaO | CO <sub>2</sub> | CuO | Na <sub>2</sub> O | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
|----|-----|-----------------|-----|-------------------|--------------------------------|
| Ca |     | +               |     |                   |                                |
| C  | -   |                 |     |                   |                                |
| Cu |     |                 |     |                   |                                |
| Na |     |                 |     |                   |                                |
| Fe |     |                 |     |                   |                                |

2. 承上題，寫下並平衡可發生氧化還原反應的反應式，並整理出其中發生氧化或還原的物質，反應式以不重複為原則。

| 氧化還原反應                            | 發生還原                           | 發生氧化 |
|-----------------------------------|--------------------------------|------|
| $C + 2CuO \rightarrow CO_2 + 2Cu$ | CuO                            | C    |
| (1)                               | CuO                            |      |
| (2)                               | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |      |
| (3)                               | CO <sub>2</sub>                |      |
| (4)                               |                                | Na   |
| (5)                               |                                | Fe   |

## 2-3 氧化還原的應用

### 科學 tell me why

生活中有許多鐵製的器具，但所有鐵器使用的材料及其性質都一樣嗎？



### 1 金屬的冶煉

地球存在鋁、鐵和鈣等大量的金屬元素，除了少數能以元素的形式存在於自然界外，多以化合物的形式存在於礦石中。利用氧化還原的原理，我們可從金屬礦中提煉出金屬（圖2-18），這個過程稱為**冶煉**。

碳對氧的活性比鐵、鉛和銅等金屬大，且碳的來源充裕、價格低廉，所以常用於工業中，將氧化物還原成金屬。

工業煉鐵是在高爐裡，將含氧的鐵礦以煤焦來還原（圖2-19），需要鐵礦、煤焦、熱空氣及灰石（ $\text{CaCO}_3$ ）四種原料。在高爐中，熱空氣使煤焦（C）燃燒並生成一氧化碳（CO），煤焦與一氧化碳均可使三氧化二鐵還原成鐵（式2-15、2-16）。



▲ 圖2-18 銅礦可冶煉出銅金屬，是錢幣的主要成分



因為使用碳作為反應物，高爐所冶煉出的鐵並非純鐵，而是含有少量碳的混合物，依照含碳量的高低，鐵的硬度也有所不同，可以製成各種不同的鐵器（圖2-20）。

## 鋼鐵工業的高爐煉鐵示意圖

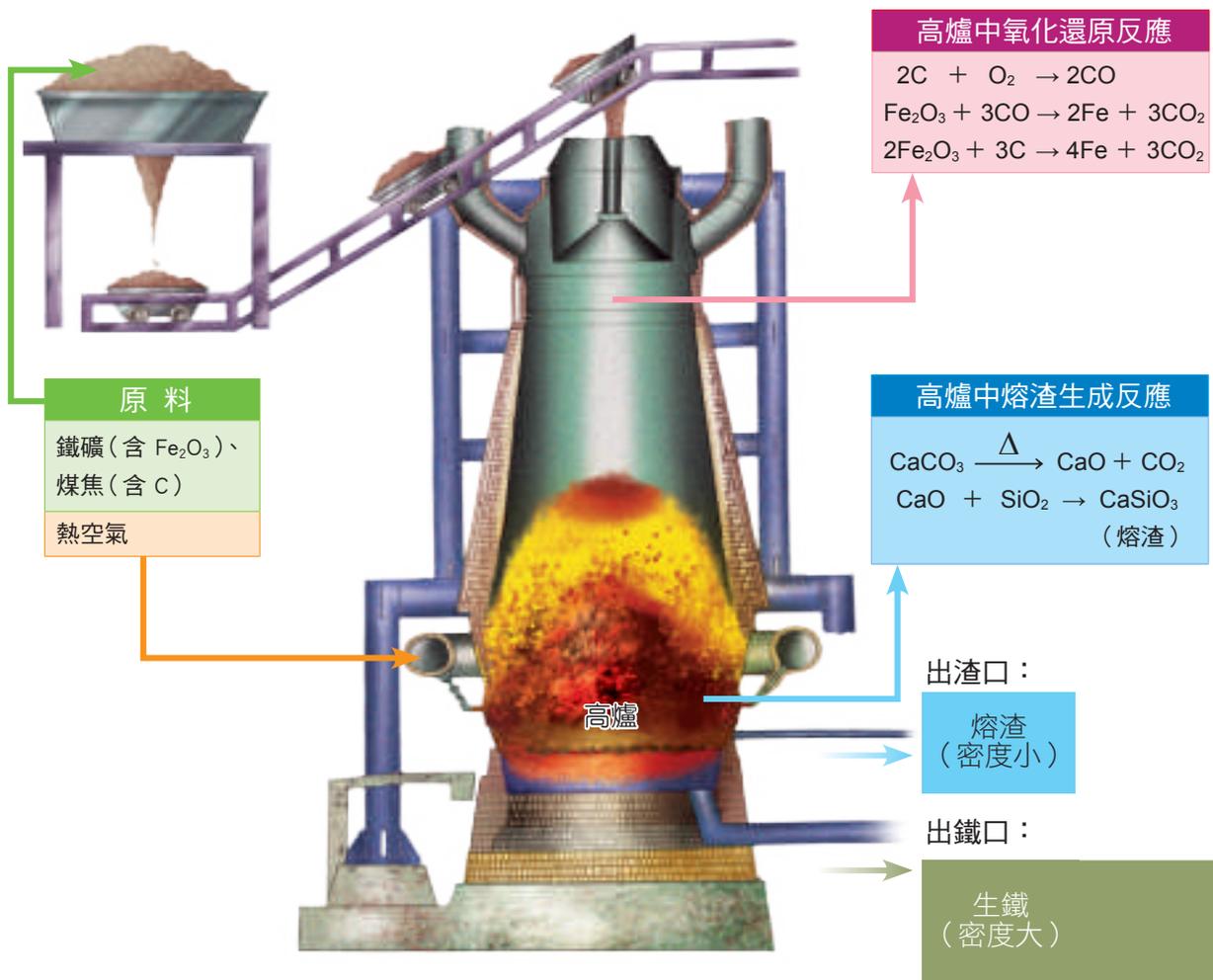


圖2-19 鋼鐵工業的高爐煉鐵示意圖



**生鐵** 含碳量：三者中最多 優點：脆而硬、適合鑄造，又稱鑄鐵



章魚燒鐵盤



人孔蓋



鑄鐵鍋

冶煉

**鋼鐵** 含碳量：僅次於生鐵 優點：兼具高強度與高韌性，可視需求添加其他元素



鋼筋



剪刀



鋼鍋

再次冶煉

**熟鐵** 含碳量：三者中最少 優點：柔軟富延展性、適合鍛接，又稱鍛鐵



圖釘



馬蹄鐵



鐵絲

▲ 圖2-20 生活中可見到的各式鐵製品



▲ 圖2-21 衣物漂白劑中含有次氯酸鈉

經過漂白 未經過漂白



▲ 圖2-22 市面上的蝦米時常為了美觀而漂白

## 2 生活中的氧化還原

氯氣 ( $\text{Cl}_2$ )、臭氧 ( $\text{O}_3$ ) 和次氯酸鈉 ( $\text{NaClO}$ ) 容易使其他物質發生氧化作用。自來水及游泳池常採用氯氣消毒，以消滅水中的病原體；臭氧的性質比氧氣活潑，能於短時間內將空氣中的細菌消滅。次氯酸鈉溶液則常作為清潔醫院病房或器具的一種殺菌劑，也用作紙張或棉花的漂白劑 (圖2-21)。

二氧化硫 ( $\text{SO}_2$ ) 則是常使其他物質發生還原作用，可漂白動物織品原料、竹筴和蔬果，若在食品中殘留過量，有礙健康 (圖2-22)。

此外，胡蘿蔔素、維生素C和維生素E等常見的食品添加物，可減緩食物和氧氣作用而變質 (圖2-23)。

生物賴以生存的呼吸作用與光合作用，皆涉及氧的得失，也屬於氧化還原反應，上述例子，都說明了氧化還原反應和我們的生活有十分密切的關係。



▲ 圖2-23 常見的食品添加物



# 理化 In my life



- ① 已知蘋果變為褐色是因為酵素使蘋果與氧反應，為何泡鹽水可減少蘋果變色呢？
- ② 依照課文所學，請想想看，還有哪些方式可以使蘋果不會變為褐色呢？

## 例題 2-2

生活中氧化還原反應的應用十分廣泛，下列何種物質在反應中能使其他物質發生還原作用？

- (A) 氯氣，消毒自來水的病菌
- (B) 煤焦，工業煉鐵
- (C) 二氧化錳，利用雙氧水製備氧氣
- (D) 二氧化碳，鎂帶與二氧化碳的反應

## 氧化反應與活性

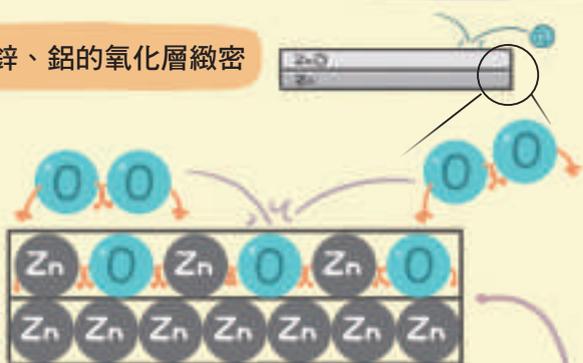
### 氧化反應常見的現象



### 金屬與非金屬的氧化

| 物質     | 金屬                      |           |           |           | 非金屬                   |                       |
|--------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------------------|-----------------------|
|        | Na                      | Mg        | Cu        | Zn        | S                     | C                     |
| 燃燒情況   |                         |           |           |           |                       |                       |
| 氧化產物   | 白色<br>Na <sub>2</sub> O | 白色<br>MgO | 黑色<br>CuO | 白色<br>ZnO | 臭味<br>SO <sub>2</sub> | 無色<br>CO <sub>2</sub> |
| 溶於水酸鹼性 | 鹼性                      | 鹼性        | 不溶於水      | 難溶於水      | 酸性                    | 酸性                    |

### 鋅、鋁的氧化層緻密



### 鐵的氧化層疏鬆



活性大  
反應快

鉀 > 鈉 > 鈣 > 鎂 > 鋁 > 碳 > 鋅 > 鐵 > 銅 > 銀 > 金

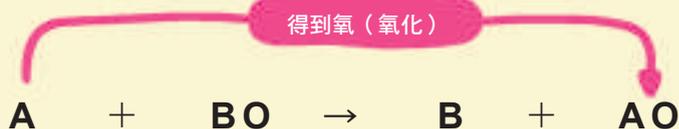
活性小  
反應慢

## 氧化與還原

氧化反應：物質與氧結合

還原反應：氧化物失去氧

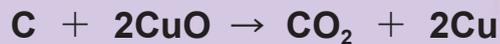
### 氧化物與活性



得到氧 (氧化)

失去氧 (還原)

氧化還原必相伴發生



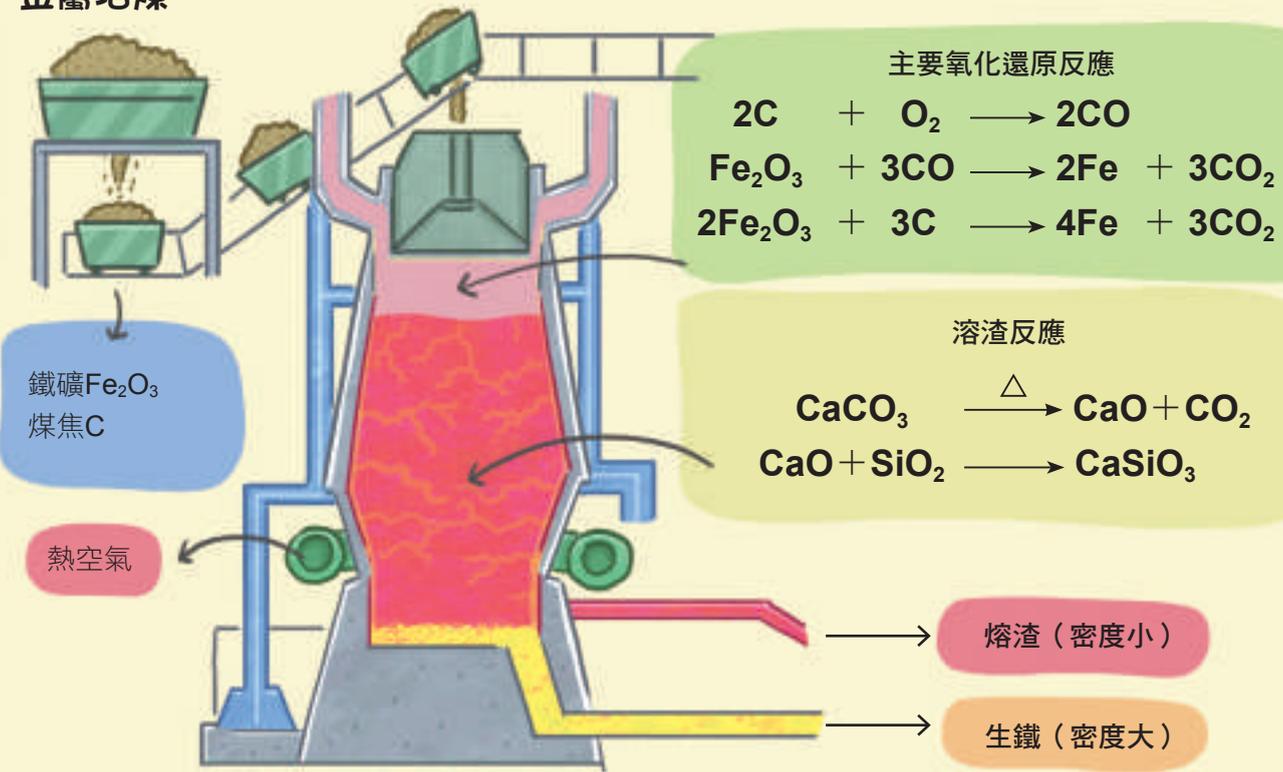
活性 C > Cu



活性 C < Mg

# 氧化還原的應用

## 金屬冶煉



## 生活中的氧化還原



## 鐵的衍生物

|    | 含碳量 | 性質          | 用途                 |
|----|-----|-------------|--------------------|
| 生鐵 | 高   | 脆而硬<br>     | 適合鑄造<br><br>鑄鐵烤爐   |
| 鋼鐵 | 中   | 兼具生熟鐵特性<br> | 加工成不鏽鋼<br><br>不鏽鋼杯 |
| 熟鐵 | 低   | 柔軟富延展性<br>  | 適合鍛接<br><br>鐵絲     |

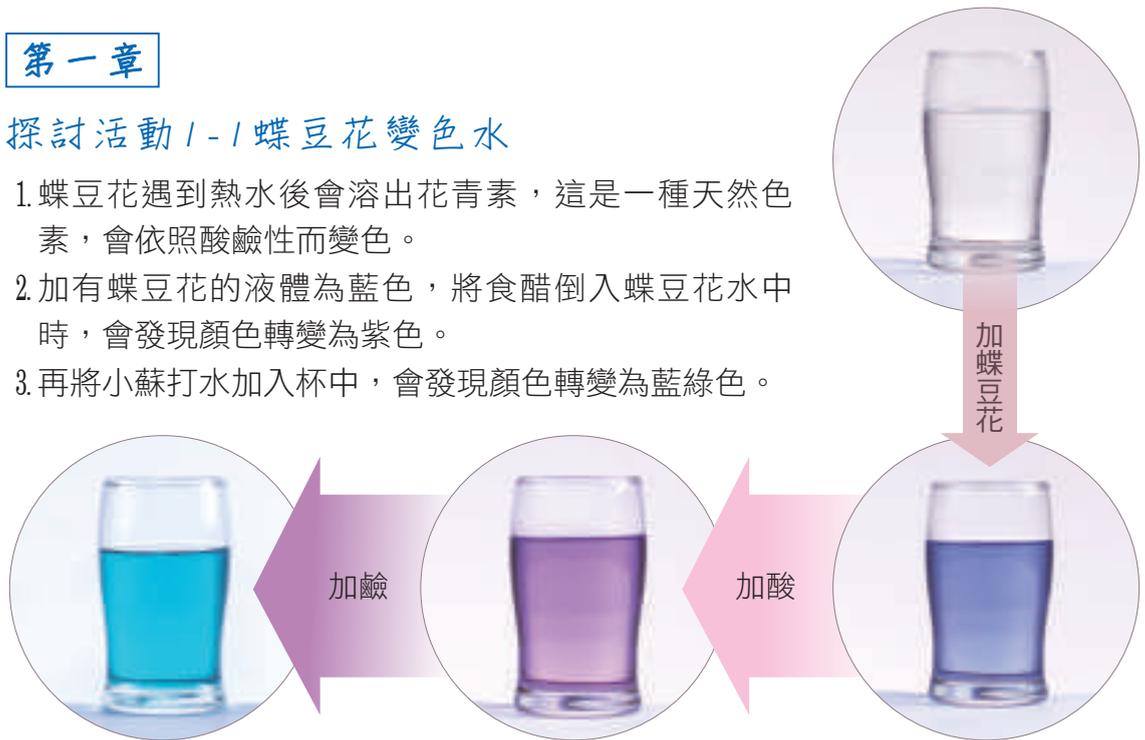


## 實驗一點靈

### 第一章

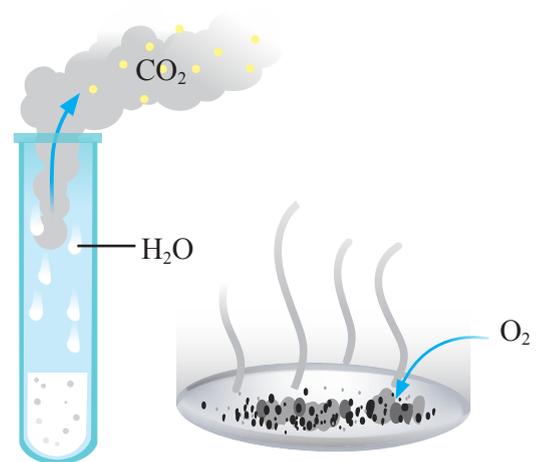
#### 探討活動 1-1 蝶豆花變色水

1. 蝶豆花遇到熱水後會溶出花青素，這是一種天然色素，會依照酸鹼性而變色。
2. 加有蝶豆花的液體為藍色，將食醋倒入蝶豆花水中時，會發現顏色轉變為紫色。
3. 再將小蘇打水加入杯中，會發現顏色轉變為藍綠色。



#### 實驗 1-1 化學反應常見的現象

1. 小蘇打粉加熱後，將氣體生成物導入澄清石灰水，試管內水溶液會變得混濁，由此可知加熱後會產生二氧化碳。
2. 以藍色氯化亞鈷試紙檢驗試管口的無色液滴，試紙會轉變為紅色，由此可知液滴為水。
3. 小蘇打粉加熱過後產生二氧化碳逸散，因此質量減少；暖暖包與氧氣產生反應而發熱，因此質量增加。

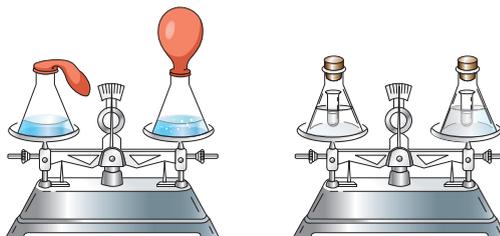


每次段考可用此  
頁複習實驗喔！



## 實驗 1-2 化學反應前後的質量變化

1. 小蘇打粉加入鹽酸時會產生氣體，因此氣球會膨脹。
2. 氯化鈣水溶液與碳酸鈉水溶液混合時，會產生沉澱。
3. 秤重後可以發現，若氣球與橡皮塞尚未拔除時，總質量並沒有變化，那是因為兩者皆處於密閉裝置中。
4. 氣球拔除時，總質量減少，那是因為氣體逸散而使得產生變化；橡皮塞拔除時，總質量依然沒有變化，那是因為產物為沉澱物，而不影響總質量。



## 第二章

### 實驗 2-1 金屬的氧化

1. 鈉、鎂帶和銅箔燃燒的難易度，依序排列為鈉 > 鎂 > 銅，愈容易燃燒的物質對氧活性愈大。
2. 氧化後的產物，氧化鈉和氧化鎂可溶於水，且溶於水後，以紅色石蕊試紙測試，會變成藍色；以藍色石蕊試紙測試，顏色不會改變，由此可知金屬的氧化物溶於水為鹼性。

| 金屬 | 氧化物 | 溶於水  | 紅色石蕊試紙顏色 | 藍色石蕊試紙顏色 |
|----|-----|------|----------|----------|
| 鈉  | 氧化鈉 | 氫氧化鈉 | 變為藍色     | 不變       |
| 鎂  | 氧化鎂 | 氫氧化鎂 | 變為藍色     | 不變       |
| 銅  | 氧化銅 | 不溶於水 | 不變       | 不變       |

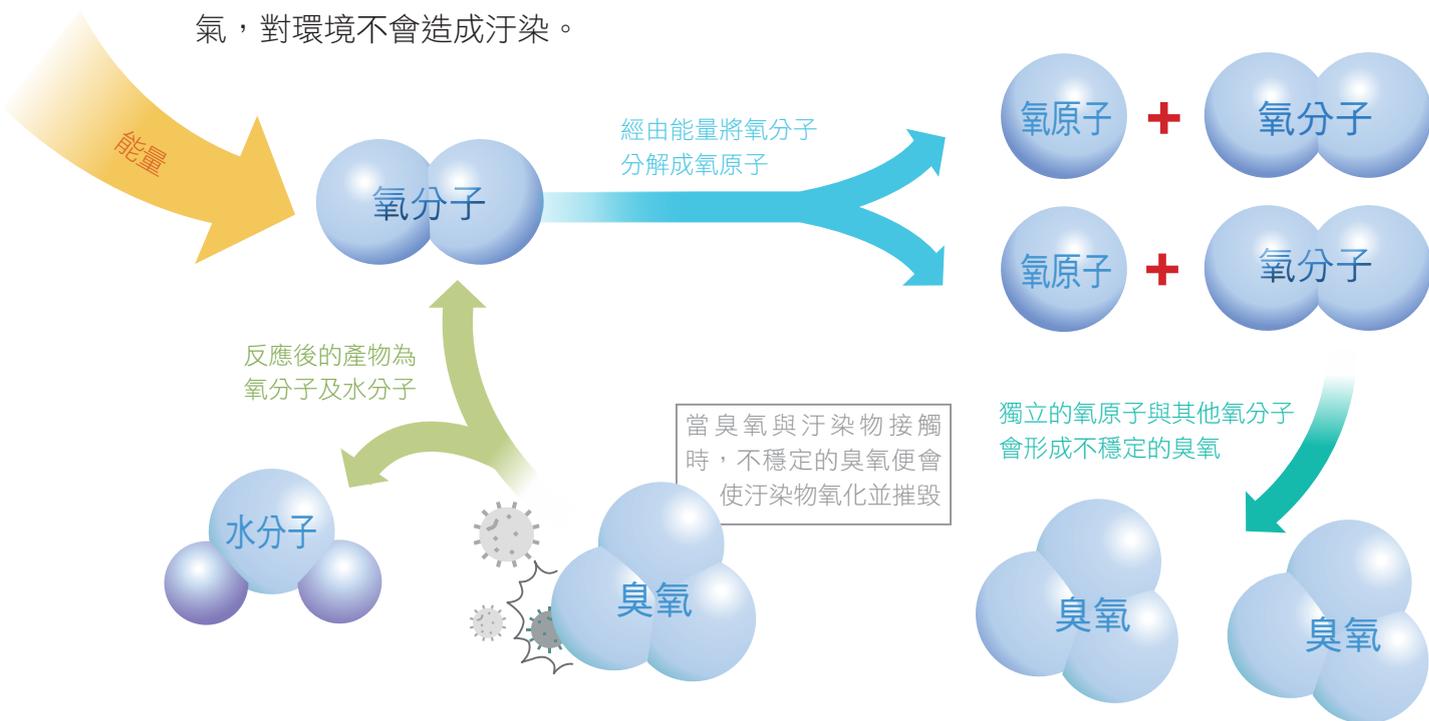
### 探討活動 2-1 鎂帶與二氧化碳的反應

1. 稀鹽酸和碳酸鈣反應產生二氧化碳，且因二氧化碳僅微溶於水，而使用排水集氣法收集二氧化碳。
2. 物質燃燒的過程大多需要氧氣，而鎂帶放入二氧化碳中依然可以燃燒，那是因為鎂對氧的活性比碳對氧的活性大，因此可以取代二氧化碳中的碳，與氧結合生成白色的氧化鎂。
3. 鎂帶燃燒完畢後，可以在瓶壁上發現黑色的物質，那是二氧化碳失去氧，被還原成了黑色的碳。

## 亦敵亦友的關係——臭氧

臭氧（ $O_3$ ）為三個氧原子連在一起的分子，因其聞起來有魚腥味而得名。大氣中大部分的氧都以雙原子分子狀態存在，而臭氧比氧氣多一個氧原子，性質比氧氣更不穩定，有比氧氣更強的氧化能力，無時無刻都想要把多出來的氧原子丟出去氧化其它物質。科學家利用這個原理發明了臭氧消毒的方法，臭氧可以跟細菌的細胞膜反應，使細胞膜穿孔，造成細胞崩解；臭氧也會與細胞內的酵素反應，使細菌無法進行呼吸作用而死亡；臭氧還可以氧化細菌體內的遺傳物質，使細菌停止進行新陳代謝反應而死亡。臭氧為氣體，可以比其他殺菌劑分布得更廣更均勻，且對於所有病原體的消毒能力近乎100%。是目前最環保的消毒劑，因為臭氧反應後只剩下氧氣，對環境不會造成汙染。

臭氧真的如此完美嗎？上述對於細菌的氧化作用也同時會作用在人體身上。吸入過量的臭氧會刺激及損害呼吸系統與中樞神經系統；眼睛如果接觸到臭氧會產生刺激感，嚴重時可能影響視力；因此臭氧為行政院環保署所制定的空氣品質指標（AQI）的其中一個檢測項目，而臭氧的汙染源來自於火力發電廠、焚化爐及汽機車排放的氮氧化物，經由光照後轉化產生，因此要減少臭氧汙染，平常盡量採用對環境友善的交通方式，如步行、騎腳踏車與搭乘大眾運輸等。另外，節約用電及確實分類處理垃圾，也可以降低臭氧的生成量。



請同學們依上述內容，回答下列問題：

- ( ) 1. 依照文章，請問下列關於臭氧殺菌原理的敘述，何者錯誤？
- (A) 臭氧可以氧化細菌的遺傳物質，使其失去正常生理功能
  - (B) 臭氧可以使細胞快速的進行新陳代謝，使其力竭而死
  - (C) 臭氧可以使細胞膜穿孔，造成細胞崩解
  - (D) 臭氧可以破壞細菌體內的酵素，使細菌無法代謝葡萄糖獲得能量
- ( ) 2. 關於臭氧的敘述，下列何者正確？
- (A) 臭氧的氧化作用僅會針對細菌
  - (B) 工廠會直接排放臭氧廢氣
  - (C) 確實分類垃圾，可以降低臭氧生成量
  - (D) 臭氧消毒劑反應後的產物，會對環境造成汙染
3. 臭氧能夠殺菌，但過量會對人體造成傷害；農藥能夠讓作物免於病蟲害，但過量時會造成環境汙染。所有事物都有正反兩面，我們該如何看待這些事物的優點及缺點呢？請分享你的看法並舉一例在生活中可能遇到的類似事物。

.....

.....

.....



▲許多場所依據每日空氣品質指標，掛上不同顏色的旗子



### 關於

● 1743 ~ 1794

● 出生：法國巴黎

● 經歷：

- 出生於貴族律師家庭
- 學習各類科學
- 1768 年成為法蘭西科學院院士

● 成就：

- ① 推翻燃素說
- ② 命名氧氣
- ③ 確立質量守恆定律
- ④ 被尊稱為近代化學之父



拉瓦節——在📍在斷頭台前  
1794 年

@ 創子手 聽說人被砍頭後不會馬上死去  
請你等一下幫我算我眨了幾下眼



創子手——覺得害怕

讚 · 回覆 · 剛剛



拉瓦節——覺得興奮

9 月 3 日 · 1774 年

@ 卜利士力 我看到你的汞灰加熱實驗，我覺得非常有興趣。可以跟你討論一下其中的細節嗎？



卜利士力

讚 · 回覆 · 1774 年 9 月

私訊你了喔！



西元1772年，當時法國大部分人都支持燃素說，但是卻無法解釋為何金屬燃燒完會變重的問題，因此拉瓦節想要解決這個難題。



### 燃素說

物質內皆有燃素，物質燃燒後燃素離開物質，故物質變輕，且無法再燃燒。

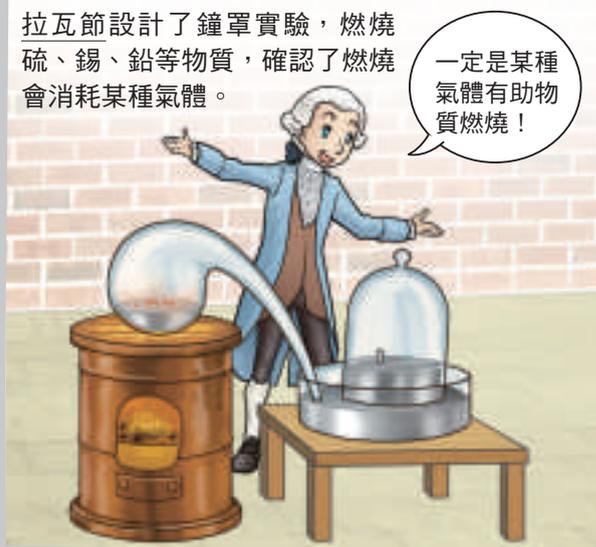


為什麼燒完反而感覺變重了呢？真有趣！

拉瓦節將鑽石在會聚的陽光下加熱，鑽石燃燒完後什麼都沒有剩下，因此拉瓦節認為燃燒應該與空氣有關。



拉瓦節設計了鐘罩實驗，燃燒硫、錫、鉛等物質，確認了燃燒會消耗某種氣體。



當時卜利士力發現一種能夠使燃燒更劇烈的氣體，他將這個發現告訴拉瓦節，拉瓦節發現這個氣體就是他在尋找的氣體，並提出了新的燃燒學說。



雖然卜利士力為燃素派的學者，但拉瓦節與卜利士力友善的學術交流，也促進了燃燒學說的發展。



因為大部分物質燃燒物的水溶液大多呈酸性，因此拉瓦節命名這種氣體為氧氣。

從今天起，這氣體就叫氧氣。



因為拉瓦節擔任過稅務官，在法國大革命時被送上斷頭台，但他命名了氫氣、氧氣，並確認了質量守恆定律，確立了元素命名方法，被後世尊稱為近代化學之父。



# 3 電解質與酸鹼鹽

## 3-1 電解質

## 3-2 酸和鹼

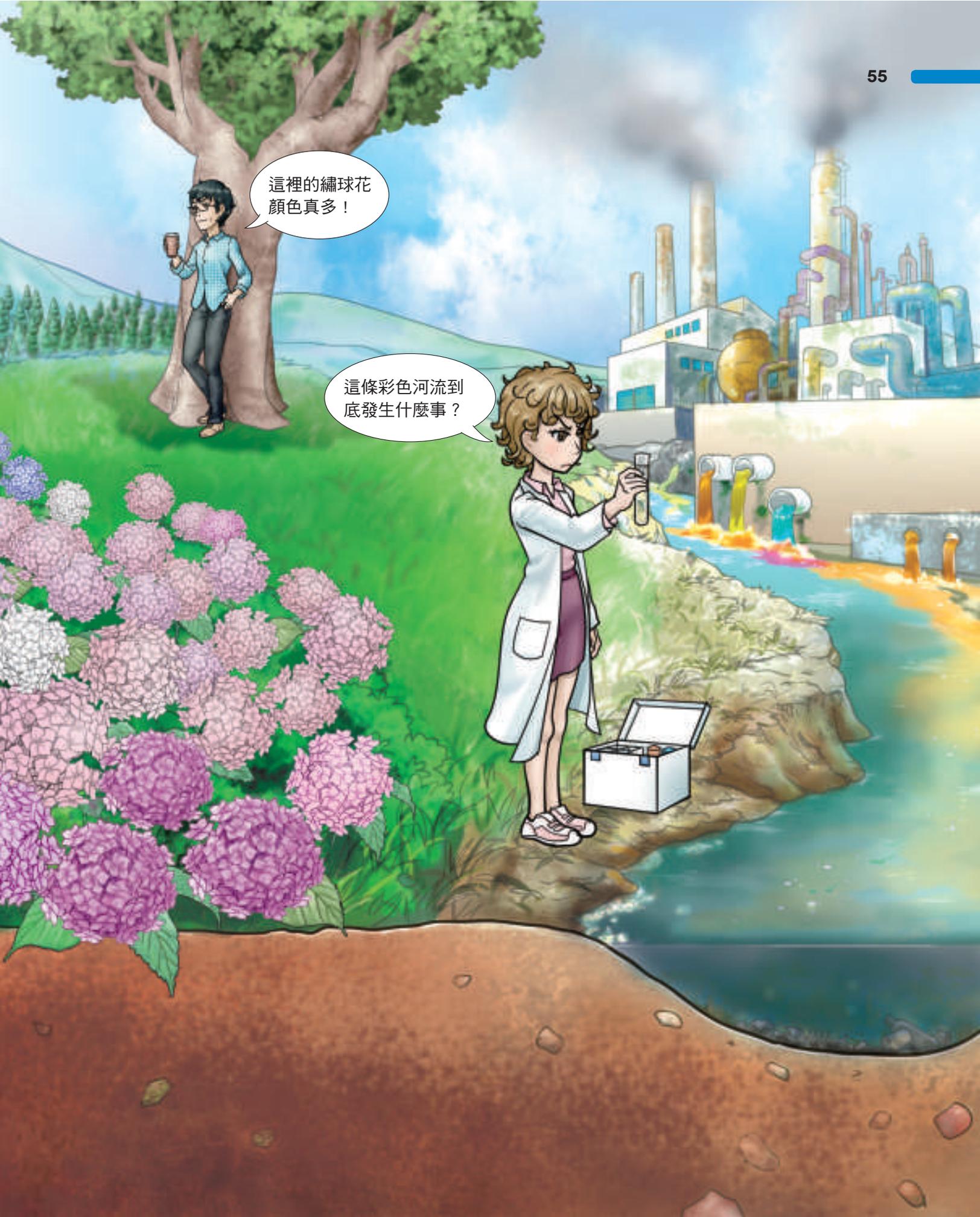
## 3-3 酸鹼的強弱與pH值

## 3-4 酸鹼反應

自然界中土壤的性質與組成多變，而且會因為某些人為因素改變其酸鹼性，進而影響植物的生長。例如：繡球花的顏色會隨著土壤的酸鹼值而改變，當土壤偏酸性時，花萼呈現藍紫色；土壤偏鹼性時，花萼呈現粉紅色或紅色；土壤偏中性時，花萼則呈現白色。

**？探究提問** 臺灣花農利用繡球花的特性，種植出各種彩色繡球花，色彩斑斕相當吸睛，若帶回家後繼續種植，還能維持一樣的繽紛色彩嗎？如果想要改變成喜歡的顏色，該怎麼做比較好？





這裡的繡球花  
顏色真多！

這條彩色河流到  
底發生什麼事？

## 3-1 電解質

科學 tell me why

琳琳參加路跑時，發現沿路的休息站放有不同的補給品，她該補充哪些物質比較好？水、汽水還是運動飲料呢？



### 1 電解質

時常聽到大量流汗後，要飲用運動飲料來補充電解質，但究竟什麼是電解質呢？透過實驗3-1來一探究竟。

#### 實驗 3-1

### 電解質與非電解質的區分



#### 目的

透過簡易的實驗，觀察並分類哪些化合物的水溶液可以導電？

#### 器材

- |                   |                |                  |
|-------------------|----------------|------------------|
| ① 蒸餾水300mL        | ⑥ 50mL燒杯5個     | ⑪ 5V燈泡（含燈泡座）1個   |
| ② 0.5M鹽酸30mL      | ⑦ 紅色及藍色石蕊試紙各1盒 | ⑫ 導線（附鱷魚夾）2條     |
| ③ 0.5M氫氧化鈉水溶液30mL | ⑧ 玻棒1支         | ⑬ 1.5V電池（含電池座）4顆 |
| ④ 0.5M食鹽水30mL     | ⑨ 250mL洗滌瓶1個   | ⑭ 手套1副           |
| ⑤ 0.5M糖水30mL      | ⑩ 碳棒2支         |                  |

#### 步驟

- 取5個燒杯，分別加入30mL蒸餾水、鹽酸、氫氧化鈉水溶液、食鹽水、糖水等水溶液。



⚠ 若手碰到酸或鹼，應立即以自來水沖洗。

- 2 以玻棒沾取溶液後，滴於紅色與藍色石蕊試紙上，檢驗各溶液的酸鹼性。



- 3 利用導線連接電池座、燈泡與碳棒，並將兩支碳棒互相接觸。



- 4 將碳棒插入各溶液中，觀察碳棒附近的變化並記錄燈泡的發亮情形。



- 5 每進行一次不同溶液的測試前，碳棒均要用蒸餾水清洗乾淨，再進行下一種溶液的測試。



### 問題與討論

1. 依據實驗結果，哪些水溶液可以導電？
2. 水溶液的酸鹼性與導電性有何關聯？
3. 在導電的水溶液中，正、負極的碳棒附近有什麼現象發生？

### 探究提問

燈泡的亮暗程度，與實驗中的哪個現象有關聯？試推論其原因。

相關實驗重點，請見 P108



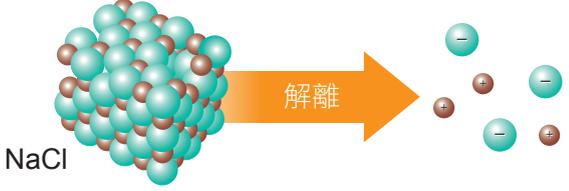
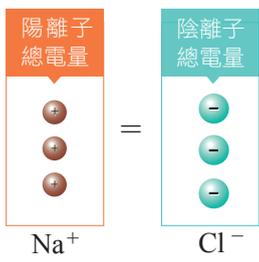
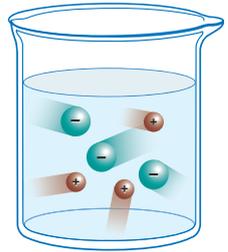
實驗3-1中，藉由石蕊試紙檢驗可觀察到，鹽酸的水溶液為酸性；氫氧化鈉的水溶液為鹼性；食鹽的水溶液為中性。雖然酸鹼性不同，但他們都能導電，當燈泡發亮時碳棒周圍會產生氣泡（圖3-1），這些溶於水後會導電的化合物，稱為**電解質**；而無法導電的物質，則稱為**非電解質**，例如：蒸餾水、葡萄糖。



▲ 圖3-1 電解質的水溶液可以導電，並在碳棒周圍發生化學變化

## 2 電離說

西元1884年瑞典科學家阿瑞尼斯（Svante Arrhenius，1859～1927）提出**電離說**，來說明電解質水溶液為什麼能導電（圖3-2）。他認為：

|  |   |
|--|---|
| <b>1</b> 電解質在水中會解離成帶電的離子   |  |
|  |   |
| <b>2</b> 電解質水溶液必為電中性   | <b>3</b> 離子在水溶液中可以自由移動  |
|   |  |

▲ 圖3-2 電離說原理

## 電解質在水中會解離成帶電的離子

電解質溶於水中會分解產生帶電的粒子才得以導電，此過程稱為**解離**，而這些因為原子得到或失去電子而形成的帶電粒子，稱為**離子**。

- 5 原子失去電子時，原子中的質子數會多於電子數，形成帶正電的離子，稱為**陽離子**或正離子；反之當原子得到電子時，形成帶負電的離子，稱為**陰離子**或負離子。例如：氯化鈉（NaCl）溶解於水中，解離出帶正電的鈉離子（Na<sup>+</sup>）與帶負電的氯離子（Cl<sup>-</sup>）（式3-1）。



- 由數個原子組成的帶電原子團，稱為**根**或**根離子**，例如：氫氧化鈉（NaOH）溶解於水中，解離出帶正電的鈉離子（Na<sup>+</sup>）與帶負電的氫氧根離子（OH<sup>-</sup>），氫氧根離子是由氫與氧的結合而成的帶電原子團（式3-2）。表3-1為常見的離子與帶電原子團。
- 15



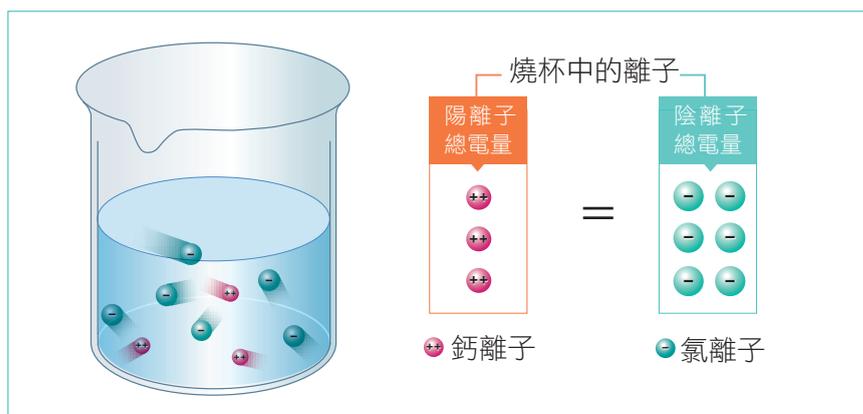
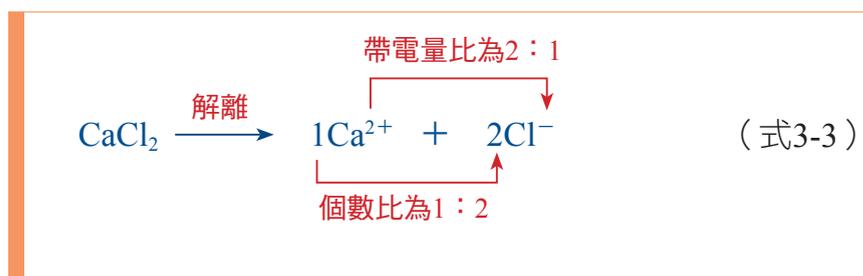
- 同種元素的原子與離子之間，僅相差一個或數個電子，但化學性質卻完全不同。例如：金屬鈉與水反應時，反應劇烈且有危險性；而氯化鈉溶解於水中所解離出的鈉離子，則相當安定，不會與水反應。
- 20

■ 表 3-1 常見的離子與帶電原子團

| 帶正電  |        |
|--|--------|
| H <sup>+</sup>                               | 氫離子    |
| Na <sup>+</sup>                              | 鈉離子    |
| K <sup>+</sup>                               | 鉀離子    |
| Ag <sup>+</sup>                              | 銀離子    |
| Mg <sup>2+</sup>                             | 鎂離子    |
| Ca <sup>2+</sup>                             | 鈣離子    |
| Cu <sup>2+</sup>                             | 銅離子    |
| Zn <sup>2+</sup>                             | 鋅離子    |
| Fe <sup>2+</sup>                             | 亞鐵離子   |
| Fe <sup>3+</sup>                             | 鐵離子    |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>                 | 銨根離子   |
| 帶負電  |        |
| F <sup>-</sup>                               | 氟離子    |
| Cl <sup>-</sup>                              | 氯離子    |
| OH <sup>-</sup>                              | 氫氧根離子  |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>                 | 硝酸根離子  |
| CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>             | 醋酸根離子  |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>                | 碳酸氫根離子 |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>                | 硫酸根離子  |
| CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>                | 碳酸根離子  |
| CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>               | 鉻酸根離子  |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup> | 二鉻酸根離子 |

## 電解質水溶液必為電中性

電解質水溶液中，陰離子和陽離子個數不一定相同，每個陰、陽離子所帶的電量不一定相等，但是陽離子的總電量一定等於陰離子的總電量。例如：氯化鈣（ $\text{CaCl}_2$ ）水溶液中，解離出的鈣離子（ $\text{Ca}^{2+}$ ）與氯離子（ $\text{Cl}^-$ ）所含的個數比為1：2，而單一離子的帶電量比則為2：1，因此兩者的總電量相等（式3-3、圖3-3），使水溶液保持電中性。



▲ 圖3-3 氯化鈣在水中解離必為電中性

### 例題 3-1

有關電解質的敘述，下列何者正確？(甲)凡溶解於水時會導電的化合物稱為電解質；(乙)電解質水溶液中陰陽離子同時存在；(丙)電解質水溶液必為中性。

- (A) 甲乙丙                      (B) 甲乙  
(C) 乙丙                         (D) 乙

## 離子在水溶液中可以自由移動

離子在水溶液中可以自由移動，當溶液通電時，陽離子往負極移動，陰離子往正極移動，使得溶液可以導電。如實驗3-1中，氯化鈉水溶液通電時，帶正電的鈉離子會往負極移動，帶負電的氯離子則往正極移動，使燈泡得以發亮（圖3-4）。若將碳棒直接插入固態的氯化鈉中，燈泡不會發亮，這是因為固態食鹽中的鈉離子與氯離子緊密結合，離子無法自由移動，因此無法導電（圖3-5）。



▲ 圖3-4 氯化鈉水溶液中的鈉離子與氯離子可以自由移動，所以能導電



▲ 圖3-5 氯化鈉固體中的鈉離子與氯離子無法自由移動，所以不能導電

### 隨堂筆記

試整理電解質水溶液的解離方程式，以及水溶液通電時離子的移動方向。

| 電解質  | 解離方程式   | 往正極移動的離子      | 往負極移動的離子      |
|------|---|---------------|---------------|
| 食鹽   | $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ | $\text{Cl}^-$ | $\text{Na}^+$ |
| 鹽酸   | $\text{HCl} \rightarrow$ +                          |               |               |
| 硝酸鉀  | $\text{KNO}_3 \rightarrow$ +                        |               |               |
| 氫氧化鈣 | $\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow$ +              |               |               |

## 3-2 酸和鹼

### 科學 tell me why

琳琳去廟裡求籤，拿到一張無字天書，仙姑說沾了加持過的水就能得知天機，她半信半疑的嘗試後，果真出現籤詩。究竟這是神蹟？或是運用什麼液體書寫文字的化學把戲呢？



清潔用的稀釋鹽酸，以石蕊試紙測試會呈酸性，具有輕微的腐蝕性；若是肥皂，以石蕊試紙測試會呈鹼性，具有良好的清潔效果，摸起來有滑膩感。酸與鹼各自具有哪5些性質，讓我們藉由實驗3-2來探討。

### 實驗 3-2

## 酸和鹼的性質



### 目的

學習常見的化學方法，檢驗實驗室中常用的酸和鹼有哪些性質？

### 器材

- |                   |             |                 |
|-------------------|-------------|-----------------|
| ① 1.0M硫酸30mL*     | ⑦ 碳酸鈣粉末10公克 | ⑬ 火柴1盒          |
| ② 1.0M鹽酸30mL*     | ⑧ 滴管1支      | ⑭ 紅色及藍色石蕊試紙各1盒  |
| ③ 1.0M醋酸30mL*     | ⑨ 10mL量筒1支  | ⑮ 廣用試紙1盒        |
| ④ 1.0M氨水30mL*     | ⑩ 試管18支     | ⑯ 鎂帶一小段（約2cm）6片 |
| ⑤ 1.0M氫氧化鈉溶液30mL* | ⑪ 試管架1座     | ⑰ 手套1副          |
| ⑥ 1.0M氫氧化鈣溶液30mL* | ⑫ 玻棒1支      | ⑱ 沙拉油10mL       |

### 實驗說明

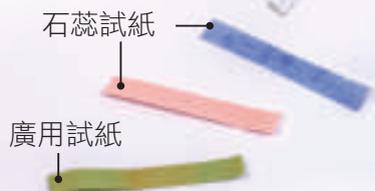
廣用試紙和石蕊試紙一樣，在酸和鹼中會出現不同的顏色，常被用來檢測水溶液的酸鹼性，廣用試紙在酸性溶液呈現紅、橙或黃色；在鹼性溶液中則呈現藍、靛或紫色。

\*為此實驗中的待測物。



## 步驟

- 1** 用玻棒沾取硫酸溶液，滴在紅色、藍色石蕊試紙與廣用試紙上，觀察試紙顏色變化。



- 2** 取三支乾淨試管標上A、B、C，分別倒入硫酸溶液10mL。



- 3** 於A、B試管分別放入鎂帶與碳酸鈣粉末，按壓管口並觀察試管中的變化。一段時間後，以點燃的火柴靠近試管口，觀察發生的現象。



- 4** 在C試管中滴入1～2滴沙拉油後搖一搖，靜置一段時間，觀察試管中的變化。

- 5** 以其他待測物重複步驟1～4，並將觀察紀錄製作成表格。

## 問題與討論

1. 根據上述測試的表格，依照石蕊試紙與廣用試紙的變化，如何分類這六種水溶液？
2. 硫酸、鹽酸和醋酸等水溶液，有哪些共同的性質？
3. 氫氧化鈉、氫氧化鈣和氨水等水溶液，有哪些共同的性質？

## 探究提問

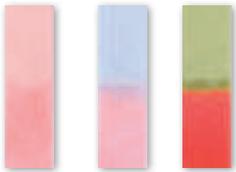
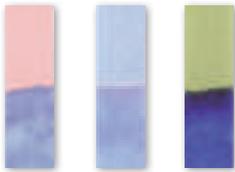
試著思考生活中還有什麼東西可以取代指示劑用來辨別酸或鹼，並寫出操作變因及控制變因。

相關實驗重點，請見 P108



由實驗3-2可發現酸與鹼會使廣用試紙和石蕊試紙呈現不同顏色，與其他物質反應也會呈現不同的性質（表3-2）。

■表 3-2 酸、鹼水溶液與不同物質反應的狀況

|         | 酸性水溶液   | 鹼性水溶液   |
|---------|---|---|
| 酸鹼試紙    |  <ol style="list-style-type: none"> <li>使藍色石蕊試紙呈現紅色。</li> <li>廣用試紙呈現紅、橙或黃色。</li> </ol>   |  <ol style="list-style-type: none"> <li>使紅色石蕊試紙呈現藍色。</li> <li>廣用試紙呈現藍、靛或紫色。</li> </ol>   |
| 與鎂帶的反應  |  <p>產生氫氣，點燃的火柴靠近會發出爆鳴聲。</p>  |  <p>不會發生反應。</p>  |
| 與碳酸鈣的反應 |  <p>產生二氧化碳，點燃的火柴靠近會熄滅。</p>   |  <p>不會發生反應。</p>  |
| 與油脂的反應  |  <p>無法溶解油脂。</p>  |  <p>可溶解油脂。</p>   |
| 解離反應    | <p>酸是電解質，在水中會解離出氫離子 (<math>H^+</math>)。</p> <p>硫酸解離：<math>H_2SO_4 \rightarrow 2H^+ + SO_4^{2-}</math></p> <p>鹽酸解離：<math>HCl \rightarrow H^+ + Cl^-</math></p> <p>醋酸解離：<math>CH_3COOH \rightarrow H^+ + CH_3COO^-</math></p> | <p>鹼是電解質，在水中會解離出氫氧根離子 (<math>OH^-</math>)。</p> <p>氫氧化鈉解離：<math>NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-</math></p> <p>氫氧化鈣解離：<math>Ca(OH)_2 \rightarrow Ca^{2+} + 2OH^-</math></p> <p>氨水解離：<math>NH_3 + H_2O \rightarrow NH_4^+ + OH^-</math></p> |

# 常見的 酸

## 硫酸 $\text{H}_2\text{SO}_4$

硫酸為無色油狀液體，溶於水中會放出大量的熱，稀釋時應慢慢加入水中，並不時的攪拌，若將水直接倒入硫酸內，可能因為瞬間產生大量熱量，導致燒杯破裂或水溶液濺出而造成危險。

### 探討活動

#### 3-1 硫酸的脫水性

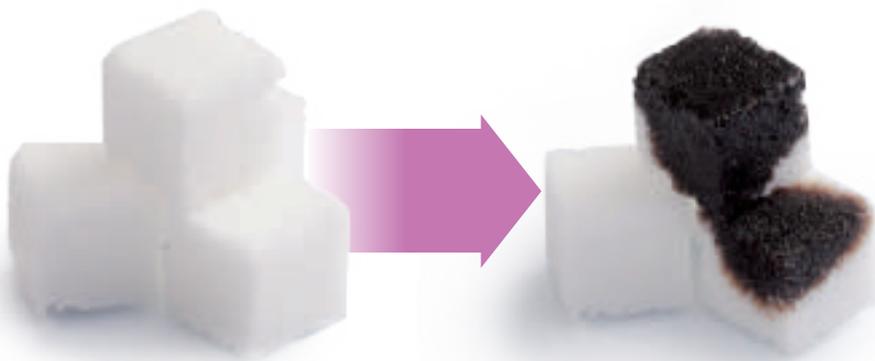


1. 取一塊方糖放在錶玻璃上，滴入數滴濃硫酸，靜置一段時間，觀察方糖的顏色變化。
2. 用稀硫酸在白紙上寫字或畫圖，再將紙張放到酒精燈上烘烤，觀察白紙的顏色變化。

### 想一想

如果改用濃硫酸在紙上寫字可能會發生什麼事情？

由探討活動中發現，濃硫酸具有很強的脫水性，可使碳水化合物脫水，形成黑色的碳（圖3-6），其用途廣泛而有「化學工業之母」的稱號。硫酸也常用來製造肥料及鉛蓄電池的電解液。



▲ 圖3-6 濃硫酸會使碳水化合物脫水，形成黑色的碳



▲ 圖3-7 鹽酸與主要成分為碳酸鈣的大理岩會反應產生二氧化碳

### 鹽酸 HCl

鹽酸為氯化氫氣體溶於水，所形成的無色氯化氫水溶液。打開濃鹽酸時，常會冒出刺鼻味的氯化氫氣體，形成煙霧。鹽酸稀釋後可以作為清潔劑，但須小心勿用於清洗大理岩所製成的磁磚或家具，因為發生的化學反應會破壞大理岩表面（式3-4、圖3-7）。



▲ 圖3-8 金屬工藝中常使用硝酸製作蝕刻商品

### 硝酸 HNO<sub>3</sub>

硝酸受光線照射或加熱後，會由無色液體中分解出紅棕色、有毒的二氧化氮氣體，所以硝酸必須用棕色瓶盛裝，且放在陰暗處避免日晒。硝酸活性較強，可以與一些活性很小的金屬反應，例如：銅和銀。硝酸可用來蝕刻金屬製品（圖3-8），以及製造用於煙火的硝酸銨。



▲ 圖3-9 醋酸加入牛奶中，會使其凝固，乾燥後便成為起司

### 醋酸 CH<sub>3</sub>COOH

醋酸又稱為乙酸，濃度99.5%以上的醋酸，在16.7°C會凝固成固態，外觀與冰極為類似，俗稱冰醋酸，極易溶解在水中，形成醋酸水溶液。食醋約含有5%的醋酸，可作為調味料，或加入乳製品使其凝固製成起司（圖3-9）。

## 常見的鹼

### 氫氧化鈉 NaOH

氫氧化鈉為白色固體，俗稱苛性鈉、燒鹼，會與二氧化碳反應而變質，又容易吸收水氣而潮解，因此必須放在乾燥的密閉容器內保存。常用來製造人造纖維、紙張及清潔劑（圖3-10）等物質。

▶ 圖3-10清潔劑中含有氫氧化鈉的成分



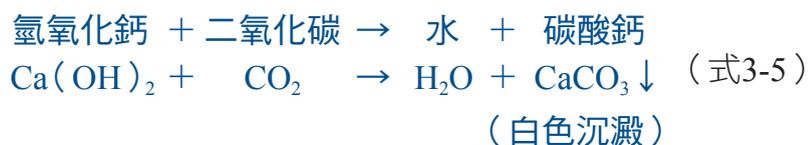
### 氫氧化鈣 Ca(OH)<sub>2</sub>

氫氧化鈣為白色粉末，俗稱熟石灰，其水溶液俗稱石灰水，能與二氧化碳產生反應，常於實驗中用來檢驗二氧化碳（式3-5、圖3-11）。

氧化鈣（俗稱石灰或生石灰）溶解於水中形成石灰水，因為氧化鈣有容易吸收水氣的特性，故常作為食品包裝內的乾燥劑。



▶ 圖3-11 石灰水與二氧化碳作用，會產生白色混濁的碳酸鈣沉澱



### 氨 NH<sub>3</sub>

氨為無色、具有臭味的氣體，密度比空氣輕且易溶於水，其水溶液俗稱氨水。稀釋後的氨水具有殺菌作用，可作為家庭中的清潔劑。氨與二氧化碳作用可生成尿素，常用來製造肥料（圖3-12）和塑膠等物質。



▶ 圖3-12 尿素製成的肥料

## 3-3 酸鹼的強弱與pH值

### 科學 tell me why

市面上洗臉產品眾多，pH值從5.5～9不等，而pH5.5是市面上洗面乳常用的酸鹼值。請查查看尚未洗淨的皮膚是酸性還是鹼性的呢？選用的產品是否要與皮膚的酸鹼性相同較好呢？



### 1 體積莫耳濃度

化學反應時，常將反應物調配成水溶液，以利反應進行。實驗室中常以**體積莫耳濃度**（簡稱**莫耳濃度**）表示溶液的濃度大小。體積莫耳濃度常以中括號[ ]表示，其定義為1公升溶液中所含溶質的莫耳數，單位為「莫耳 / 公升」，簡寫成「M」，如：氫氧化鈉的莫耳濃度為1 M，可以寫成 $[\text{NaOH}] = 1 \text{ M}$ 。

### 2 水的解離

實驗3-1中，將蒸餾水通電時燈泡不會發亮，碳棒附近也沒有氣泡產生，但其實是有微量的水分子解離，生成極少量的氫離子及氫氧根離子（式3-6）。



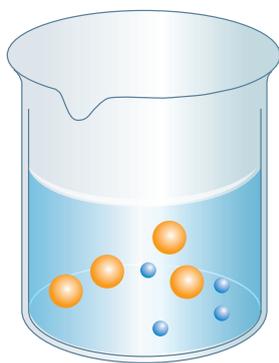
在25°C下，1公升的純水中，僅有少數水分子發生解離，會產生 $10^{-7}$ 莫耳的氫離子與 $10^{-7}$ 莫耳的氫氧根離子。由此可知，1公升的純水中，氫離子濃度（以 $[\text{H}^+]$ 表示）為 $10^{-7}\text{M}$ ；氫氧根離子濃度（以 $[\text{OH}^-]$ 表示）為 $10^{-7}\text{M}$ ，兩者的濃度相等，即 $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7}\text{M}$ 。

科學家進一步發現，水溶液中無論是否有溶解其它物質，定溫下氫離子濃度與氫氧根離子濃度的乘積是固定的，並不會隨水溶液的酸鹼性而改變。

### 3 酸鹼的強弱

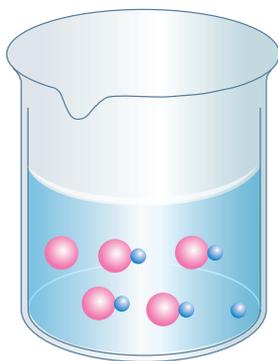
不同電解質的水溶液，溶質濃度相同下，導電時燈泡的亮度也並不一定相同，那是因為在水溶液中的離子濃度不同，而有所差異。酸鹼物質若在水中幾乎完全解離，便稱為**強酸**或**強鹼**；在水中僅部分解離，則稱為**弱酸**或**弱鹼**（圖3-13）。

**強酸** 鹽酸在水中會完全解離成氫離子與氯離子，故為強酸



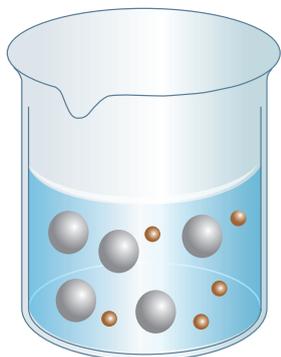
● 氯離子      ● 氫離子

**弱酸** 醋酸在水中僅部分解離成氫離子及醋酸根離子，故為弱酸



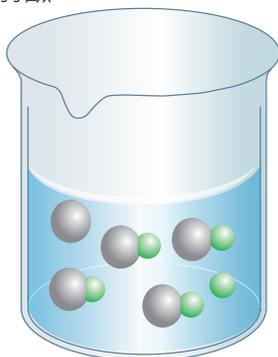
● 醋酸根離子      ● 氫離子

**強鹼** 氫氧化鈉在水中會完全解離成鈉離子與氫氧根離子，故為強鹼



● 氫氧根離子      ● 鈉離子

**弱鹼** 氣態的氨溶於水中僅部分解離成銨根離子與氫氧根離子，故為弱鹼



● 氫氧根離子      ● 銨根離子

▲ 圖3-13 相同濃度的各種酸鹼溶液在水中的解離示意圖

#### 4 水溶液的酸鹼性與pH值

水溶液的酸鹼性與它所含氫離子與氫氧根離子的濃度有關。在25°C下，純水中加入食鹽、糖等中性物質後，溶液中氫離子與氫氧根離子的濃度不變，即  $[H^+] = [OH^-]$ ，  
5 表示溶液依然維持中性。

純水中加入硫酸、鹽酸等酸性物質後，溶液中的氫離子濃度增加，大於氫氧根離子濃度，即  $[H^+] > [OH^-]$ ，表示溶液由中性變成酸性。

純水中加入氫氧化鈉、氨水等鹼性物質，溶液中的氫  
10 氧根離子濃度增加，大於氫離子濃度，即  $[H^+] < [OH^-]$ ，表示溶液由中性變成鹼性。



0.1 M 鹽酸



碳酸飲料



蘋果汁



茶

pH

①

②

③

④

⑤

⑥

$[H^+]$  大

$[OH^-]$  小

酸性

**pH值**是化學上用來表示水溶液中，氫離子濃度的數值，可以藉此表示水溶液的酸鹼性。

當pH值愈小時，表示水溶液中的氫離子濃度愈高、酸性愈強；當pH值愈大時，水溶液中的氫離子濃度愈低，也就是氫氧根離子濃度愈高、鹼性愈強。

總結以上可知，水溶液在25°C時，其酸鹼性與氫離子濃度、pH值的關係如下（圖3-14）：

當水溶液呈中性， $[H^+] = [OH^-]$ ， $pH = 7$ ；

當水溶液呈酸性， $[H^+] > [OH^-]$ ， $pH < 7$ ；

10 當水溶液呈鹼性， $[H^+] < [OH^-]$ ， $pH > 7$ 。

### 探究提問

生活中常聽到茶葉含有茶鹼，但由下圖中可知茶水為酸性，這是什麼原因呢？



▲ 圖3-14 生活中常見溶液的pH值與廣用試紙的顏色變化

## 5 酸鹼指示劑

實驗室中常以pH計測量溶液的pH值，只需將前端的玻璃電極浸沒在水溶液中，即可顯示數值。若有其他水溶液要進行測定，需先以水沖洗探測部分，再測量下一種溶液（圖3-15）。生活中沒有pH計的時候，我們也可利用有些物質在不同的pH值範圍下，會呈現不同顏色的特性，將其當作**酸鹼指示劑**，例如：葡萄、牽牛花、蝶豆花和紫色高麗菜等蔬果（圖3-16）的萃取液。

一般常見的酸鹼指示劑有酚酞、石蕊試紙和廣用試紙。酚酞在酸性溶液中呈現無色，在鹼性溶液中則呈現紅色；石蕊試紙在酸性溶液中呈紅色，在鹼性溶液中則呈現藍色；廣用試紙則是在不同pH值下會呈現不同的顏色（圖3-17）。

### 探討活動

#### 3-2 溶液酸鹼性對蝶豆花與其它指示劑的顏色影響



1. 取6支試管，3支試管裝5mL稀鹽酸，3支試管裝5mL稀氫氧化鈉水溶液。
2. 分別在稀鹽酸與稀氫氧化鈉溶液中滴入廣用指示劑、酚酞溶液及蝶豆花液，觀察各個試管中的顏色變化。



玻璃電極



▲ 圖3-15 將pH計放入水溶液中，即可從螢幕得知pH值

▲ 圖3-16 天然蔬果也能作為酸鹼指示劑使用

各種指示劑在酸鹼中的顏色變化

| 酸鹼性    | 酸性 |   |   |   |   | ◀ | 中性 | ▶ |   |    | 鹼性 |
|--------|----|---|---|---|---|---|----|---|---|----|----|
| pH值    | 1  | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7  | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 廣用試紙   |    |   |   |   |   |   |    |   |   |    |    |
| 藍色石蕊試紙 |    |   |   |   |   |   |    |   |   |    |    |
| 紅色石蕊試紙 |    |   |   |   |   |   |    |   |   |    |    |
| 蝶豆花液   |    |   |   |   |   |   |    |   |   |    |    |
| 酚酞     |    |   |   |   |   |   |    |   |   |    |    |
| pH計    |    |   |   |   |   |   |    |   |   |    |    |

▲ 圖3-17 各種指示劑在酸鹼中的顏色變化

## 3-4 酸鹼反應

### 科學 tell me why

「魔藥學」課程中，教授查看了阿翰的治癒藥水，淡淡的說：「這藥水太鹼了，完全不及格！」此時桌上有蒸餾水、肥皂水、食醋，這三種溶液。阿翰該將哪瓶溶液加到藥水中，才能符合教授所要求的酸鹼度呢？



酸的水溶液呈酸性，而鹼的水溶液呈鹼性，如果將酸和鹼兩種水溶液加在一起，會發生什麼變化？又會產生什麼物質呢？我們利用下面的實驗來認識酸鹼的反應。

### 實驗 3-3

## 酸鹼中和的化學反應



### 目的

觀察鹽酸與氫氧化鈉發生化學反應時，會產生哪些現象？

### 器材

- |                   |                |              |
|-------------------|----------------|--------------|
| ① 1.0M氫氧化鈉水溶液60mL | ⑦ 玻棒1支         | ⑬ 陶瓷纖維網1個    |
| ② 1.0M鹽酸60mL      | ⑧ 滴定管（鐵氟龍開關）1支 | ⑭ 鐵架（含固定夾）1座 |
| ③ 酚酞指示劑5mL        | ⑨ 漏斗1個         | ⑮ 酒精燈1個      |
| ④ 125mL錐形瓶1個      | ⑩ 溫度計1支        | ⑯ 手套1副       |
| ⑤ 50mL燒杯1個        | ⑪ 蒸發皿1個        | ⑰ 滴管1支       |
| ⑥ 10mL量筒1支        | ⑫ 三腳架1個        |              |

### 步驟

- 1** 將10mL氫氧化鈉水溶液放在錐形瓶中，加入3～4滴酚酞，觀察並記錄溶液的顏色與溫度。

氫氧化鈉水溶液



- 2** 將鹽酸經由漏斗注入滴定管中，打開滴定管開關，將管內空氣排出，並調整液面至刻度「0」。



- 3** 鹽酸由滴定管慢慢滴入錐形瓶中，並不時輕輕晃動錐形瓶，直到溶液變色為止，觀察並記錄溶液的顏色與溫度。

⚠ 錐形瓶下方可襯一白紙，方便觀察溶液的顏色變化。



如果沒有加入酚酞，在這個步驟中會有什麼影響？



- 4** 將錐形瓶內的溶液倒入蒸發皿中，並加熱至快乾時將火源移開，以餘熱將其中液體完全蒸乾，待蒸發皿冷卻後，觀察是否有殘留物。



- 5** 改由氫氧化鈉水溶液滴入加有酚酞的鹽酸，並進行步驟 1~3。

依據前面的實驗結果推測，添加物質順序改變，顏色與溫度的變化會有什麼差異？



- ⚠ 加熱過程中，若有殘留物可能會彈跳出來，必須保持距離觀察。  
⚠ 酒精量不可太少，以免發生氣爆危險。

### 問題與討論

- 實驗過程中，鹽酸逐漸滴入錐形瓶內氫氧化鈉水溶液中，瓶內溶液的顏色有什麼變化？這代表溶液中可能發生了什麼變化？
- 鹽酸溶液滴入氫氧化鈉水溶液中，溫度有什麼變化？酸和鹼的反應是吸熱還是放熱反應？
- 步驟 5 推測與實際操作的結果是否有差異？與鹽酸滴入氫氧化鈉水溶液有何相同或相異之處呢？
- 蒸發皿內的混合溶液全數蒸乾後，最終是否有物質殘留下來？如果有殘留物，可能為何？

### 探究提問

酸鹼中和的檢驗中，選擇使用酚酞而非石蕊試紙的原因為何？

相關實驗重點，請見 P109



由實驗3-3得知，鹼性的氫氧化鈉水溶液後，加入酚酞後會呈現紅色；此時若逐漸滴入鹽酸，錐形瓶裡水溶液的顏色會逐漸由紅色變成無色（圖3-18），且水溶液的溫度會慢慢上升，最後將混合溶液加熱，當蒸發皿內的水完全蒸發時會留下白色的粉末。

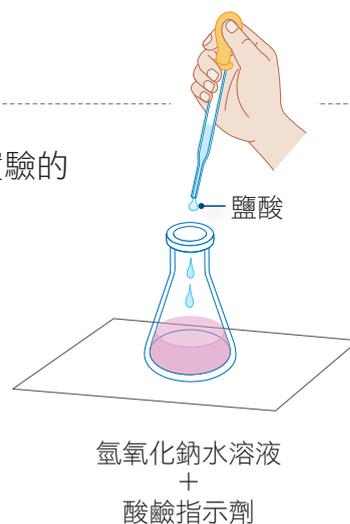


▲ 圖3-18 鹽酸滴入氫氧化鈉水溶液中，會改變溶液的酸鹼性，並且會使溶液溫度上升

### 例題 3-2

右圖為阿翰將鹽酸滴入氫氧化鈉水溶液中的實驗裝置，有關此實驗的描述，下列何者正確？

- (A) 在實驗過程中，溶液的pH值會逐漸變大
- (B) 實驗中可以滴入本氏液當作酸鹼指示劑
- (C) 加熱鹽酸和氫氧化鈉反應後的溶液，可以得到氯化鈉
- (D) 隨著反應進行，溶液溫度會逐漸下降，表示此反應為吸熱反應



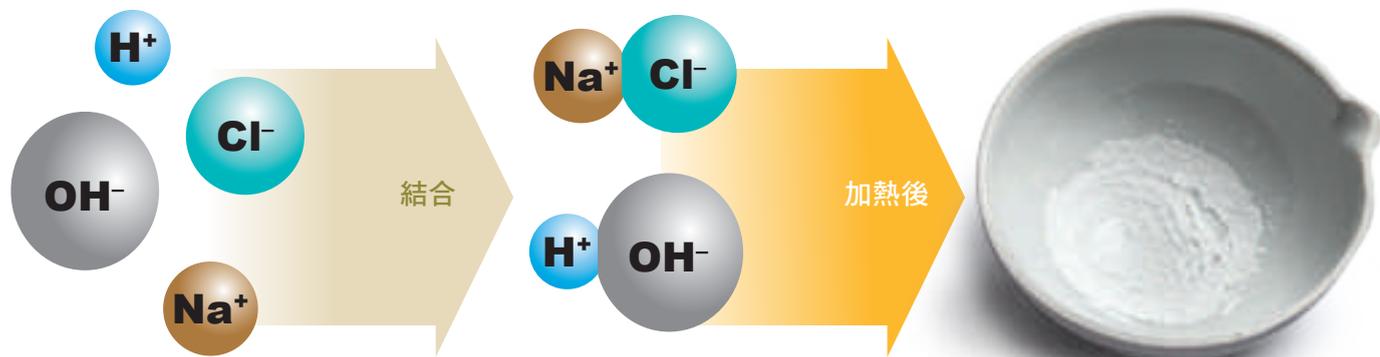
## 1 酸鹼中和

酸在水中會解離出氫離子，鹼在水中則會解離出氫氧根離子，若酸與鹼混合，則水溶液中的氫離子和氫氧根離子會結合成水，此時水溶液的酸鹼性質會發生變化，這個過程稱為**中和**或**酸鹼中和**。除了酸鹼性質改變外，水溶液的溫度也會上升，由此可知酸鹼中和是一種放熱反應。

中和反應時，鹼中的陽離子（金屬離子或銨根離子）和酸中的陰離子（非金屬離子或酸根離子）相互結合產生的新物質稱為**鹽類**，如實驗3-3，鹽酸和氫氧化鈉反應後產生的白色粉末，便是由鈉離子與氯離子結合而成的氯化鈉（式3-7、圖3-19）。



中和反應發生時，鈉離子與氯離子在水中以離子狀態存在，而氫離子與氫氧根離子則結合成水，故酸鹼中和的反應方程式可簡寫成式3-8。



▲ 圖3-19 鹽酸與氫氧化鈉反應產生氯化鈉

將酸性溶液滴入鹼性水溶液時，溶液中的氫氧根離子被氫離子中和而減少，此時氫離子濃度逐漸增加、pH值逐漸變小，使得原先含有酚酞的紅色水溶液變為無色，可知水溶液變成酸性（圖3-20）。

若改以鹼性水溶液滴入酸性水溶液中，溶液中的氫離子被氫氧根離子中和而減少，此時氫氧根離子濃度逐漸增加、pH值逐漸變大，使得原先含有酚酞的無色水溶液變為紅色，可知水溶液變成鹼性。

**STEP 1** 鹽酸滴入前，水溶液中  $[\text{OH}^-] > [\text{H}^+]$ ，呈鹼性

| 滴定管中的離子                                   |               |
|---|---------------|
| $\text{H}^+$                              | $\text{Cl}^-$ |
| 燒杯中的離子                                    |               |
| $\text{H}^+$                              |               |
| $\text{OH}^-$ $\text{OH}^-$ $\text{OH}^-$ | $\text{OH}^-$ |
| $\text{H}_2\text{O}$                      |               |
| $\text{Na}^+$ $\text{Na}^+$ $\text{Na}^+$ | 陽離子           |
|   | 陰離子           |

**STEP 2** 鹽酸滴入後，水溶液中的  $\text{OH}^-$  與  $\text{H}^+$  開始發生中和反應

1  $\text{H}^+$ 、 $\text{Cl}^-$  離子滴入燒杯中  
2 酸鹼中和： $\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$

| 滴定管中的離子                                   |                      |
|---|----------------------|
| $\text{H}^+$                              | $\text{Cl}^-$        |
| 燒杯中的離子                                    |                      |
| $\text{H}^+$                              | $\text{H}^+$         |
| $\text{OH}^-$ $\text{OH}^-$ $\text{OH}^-$ | $\text{OH}^-$        |
| $\text{H}_2\text{O}$                      | $\text{H}_2\text{O}$ |
| $\text{Na}^+$ $\text{Na}^+$ $\text{Na}^+$ | 陽離子                  |
| $\text{Cl}^-$                             | 陰離子                  |

**STEP 3** 鹽酸持續滴入，當水溶液中的  $[\text{OH}^-] = [\text{H}^+]$ ，完全中和便呈中性

| 滴定管中的離子  |                      |
|--|----------------------|
| $\text{H}^+$   | $\text{Cl}^-$        |
| 燒杯中的離子   |                      |
| $\text{H}^+$   |                      |
| $\text{OH}^-$  |                      |
| $\text{H}_2\text{O}$ $\text{H}_2\text{O}$ $\text{H}_2\text{O}$ | $\text{H}_2\text{O}$ |
| $\text{Na}^+$ $\text{Na}^+$ $\text{Na}^+$                      | 陽離子                  |
| $\text{Cl}^-$ $\text{Cl}^-$ $\text{Cl}^-$                      | 陰離子                  |

**STEP 4** 鹽酸滴入過多，水溶液中  $[\text{OH}^-] < [\text{H}^+]$ ，呈酸性

| 滴定管中的離子  |                      |
|--|----------------------|
| $\text{H}^+$   | $\text{Cl}^-$        |
| 燒杯中的離子   |                      |
| $\text{H}^+$   | $\text{H}^+$         |
| $\text{OH}^-$  | $\text{OH}^-$        |
| $\text{H}_2\text{O}$ $\text{H}_2\text{O}$ $\text{H}_2\text{O}$ | $\text{H}_2\text{O}$ |
| $\text{Na}^+$ $\text{Na}^+$ $\text{Na}^+$                      | 陽離子                  |
| $\text{Cl}^-$ $\text{Cl}^-$ $\text{Cl}^-$ $\text{Cl}^-$        | 陰離子                  |

▲ 圖3-20 鹽酸慢慢滴入氫氧化鈉水溶液時，溶液中離子變化的示意圖

生活中有許多酸鹼中和的例子，如工業產生的廢水，須經特殊處理才得以排放；而廢氣所造成的酸雨，不但會侵蝕建物（圖3-21），還會改變土壤的酸鹼性，因此農夫便在農田中撒一些弱鹼性的物質以中和土壤的酸性。

地球上的岩石、土壤及海水中都含有許多鹽類，以下將介紹一些常見的鹽類及其性質。

相關課程，請見 P181



### 補充資料

#### 酸雨

由於空氣中的二氧化碳會溶於水，使得雨水呈弱酸性，此為自然現象，但受到人為活動影響，造成雨水進一步酸化，其pH值小於5.0（ $\text{pH} < 5.0$ ），稱為「酸雨」。



▶ 圖3-21 酸雨會侵蝕大理岩

## 理化 In my life



- 1 試著查查看，胃藥的成分大多為哪些物質？
- 2 想想看，生活中還有沒有其他類似的酸鹼中和的例子？

## 常見的 鹽



### 硫酸鈣 $\text{CaSO}_4$

 微溶於水

硫酸鈣是微溶於水的白色固體，為石膏的主要成分。石膏遇水即硬化，可做石膏像、粉筆（圖3-22）及外科治療骨折的石膏模。

◀ 圖3-22 粉筆的主要成分為硫酸鈣

### 碳酸氫鈉 $\text{NaHCO}_3$

 溶於水呈弱鹼性

碳酸氫鈉俗稱小蘇打，為白色固體，可作為胃藥來中和胃酸（圖3-23）。碳酸氫鈉遇酸會產生二氧化碳氣體，利用此種原理，使餅乾膨鬆，又稱為焙用鹼，也可製成發粉。另外，生活上常用碳酸氫鈉來清潔用具或是除臭。



碳酸氫鈉

▶ 圖3-23 胃藥中的碳酸氫鈉為弱鹼性，可用來中和胃酸



### 碳酸鈉 $\text{Na}_2\text{CO}_3$

 溶於水呈鹼性

碳酸鈉俗稱蘇打，為白色粉末，是清潔劑中常見的成分，故稱為洗滌鹼；也可用來製造玻璃與肥皂（圖3-24）。

▶ 圖3-24 碳酸鈉是製造玻璃帷幕的成分之一



**碳酸鈣**  $\text{CaCO}_3$ 
 難溶於水

碳酸鈣為一種白色固體，是大理石及貝殼的主要成分（圖3-25），為常用建築及裝飾的材料。



▲ 圖3-25 貝殼的主要成分是碳酸鈣

**氯化鈉**  $\text{NaCl}$ 
 溶於水呈中性

氯化鈉俗稱食鹽，為無色晶體，細小粉末呈白色，海水中約含有2.8%的氯化鈉。因此，食鹽可由海水蒸發製得，也可由天然的鹽礦中製取（圖3-26）。食鹽可作為調味品及保存食物，也是重要的工業原料，例如：以氯化鈉為原料，製得金屬鈉和氯氣。



▲ 圖3-26 玫瑰鹽由鹽礦中獲得

**例題 3-3**

實驗桌上有(甲)氯化氫、(乙)二氧化硫、(丙)氧化鎂、(丁)氧化鈣、(戊)氫氧化鈉、(己)氯化鈉、(庚)小蘇打、(辛)氨等，八種物質的水溶液。

- (1)上述物質中，水溶液為鹼性的有哪幾個？
- (2)會使藍色石蕊試紙變色的有哪幾個？

## 電解質

### 電離說

水溶液必為電中性

陽離子總電量 = 陰離子總電量



會解離

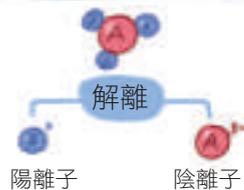
### 電解質

溶於水中會導電



離子在水中可自由移動

在水中會解離形成帶電的粒子



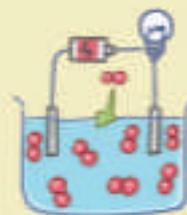
原子失去電子，帶正電

原子得到電子，帶負電

不會解離

### 非電解質

溶於水中不會導電



## 酸和鹼

### 酸強度

強酸    弱酸

### 酸的性質

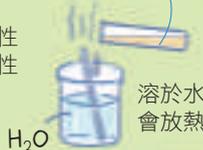
在水中解離出 $H^+$



### 硫酸 $H_2SO_4$



強腐蝕性與脫水性



刺鼻氯化氫煙霧

### 鹽酸 $HCl$



可清洗金屬表面

### 硝酸 $HNO_3$



### 醋酸 $CH_3COOH$

16.7°C 固態  
濃度99.5%



食醋  
濃度5%

石蕊試紙

廣用試紙

酚酞

pH值



## 酸鹼的強度與pH值

### 水的解離

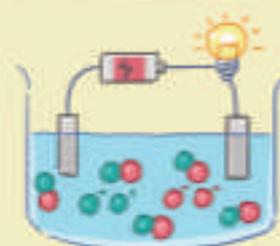
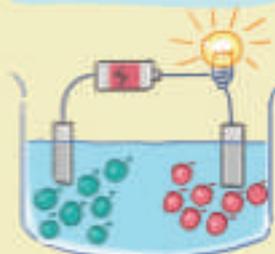
水會微量解離



酸鹼的強度→依據解離的程度

強酸、強鹼：  
完全解離

弱酸、弱鹼：  
部分解離



# 酸鹼反應

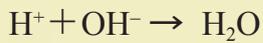
## 酸鹼中和



• [H<sup>+</sup>] 愈來愈大，  
至 [H<sup>+</sup>] = [OH<sup>-</sup>]



- 為放熱反應
- 產生鹽類



## 產生鹽類

**硫酸鈣 CaSO<sub>4</sub>**  
微溶於水

石膏主成分



**碳酸氫鈉 NaHCO<sub>3</sub>**  
俗稱小蘇打



受熱產生 CO<sub>2</sub>

滅火器  
胃酸過多：使用胃藥中和

**氯化鈉 NaCl**

俗稱食鹽



**碳酸鈣 CaCO<sub>3</sub>**  
難溶於水

石灰岩



大理石

**碳酸鈉 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>**

俗稱蘇打  
受熱不產生氣體



洗滌鹼

## 鹼強度

強鹼 弱鹼

**氫氧化鈉 NaOH**  
俗稱苛性鈉、燒鹼

需密封保存



製造肥皂的原料

有腐蝕性

易吸收：H<sub>2</sub>O 潮解  
CO<sub>2</sub> 變質

白色固體

**氫氧化鈣 Ca(OH)<sub>2</sub>**  
俗稱熟石灰



石灰水白色沉澱

**氨 NH<sub>3</sub>**  
無色具臭味

易溶於水



NH<sub>3</sub>

空氣

密度比  
空氣小

鹼的性質  
在水中解離出 OH<sup>-</sup>  
可去除油脂



8 9 10 11 12 13 14

常用指示劑

水溶液酸鹼性與 pH 值：pH 中的「H」代表氫離子 (H<sup>+</sup>)



pH 計

[H<sup>+</sup>] > [OH<sup>-</sup>]  
[H<sup>+</sup>] > 10<sup>-7</sup>M

酸性

pH < 7  
數值愈小愈酸

[H<sup>+</sup>] = [OH<sup>-</sup>]  
[H<sup>+</sup>] = 10<sup>-7</sup>M

中性

pH 7

[H<sup>+</sup>] < [OH<sup>-</sup>]  
[H<sup>+</sup>] < 10<sup>-7</sup>M

鹼性

pH > 7  
數值愈大愈鹼

酸鹼指示劑：

某些物質在不同 pH 值範圍下，  
會呈現不同的顏色，可判別水  
溶液的酸鹼性



蝶豆花

ex :



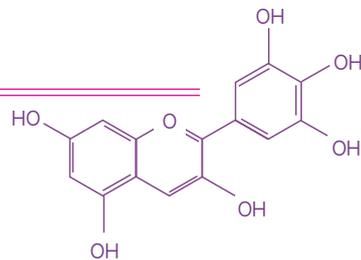
pH 1

pH 14

## 大自然魔法課

實驗時，常以各種試劑檢測物質的酸鹼性，其顏色會隨溶液的pH值差異而變色者，會用來指示溶液的酸鹼性。除了化學物質外，還有許多天然的酸鹼指示劑。

以前的人們辨別酸鹼只能用過往經驗作為判別，嘗起來味酸即為酸性；摸起來滑膩即為鹼性。因此農夫在種植作物時，僅能以口嚙土以辨酸鹼，甚至因此染上了疾病。波以耳想改善測試的方法，但始終沒有突破，直到在一次的實驗中有了新進展。實驗時，他不慎將鹽酸濺到紫羅蘭上，擔心花朵遭到腐蝕的波以耳，將其放入水盆清洗，卻沒想到花瓣竟然由紫變紅。發現這個令人驚訝的變化後，他以不同種類的酸進行檢測，花變成深淺不一的紅，而後又以鹼性溶液測試，驗證了他的猜想——紫羅蘭中含有某種辨別酸鹼的物

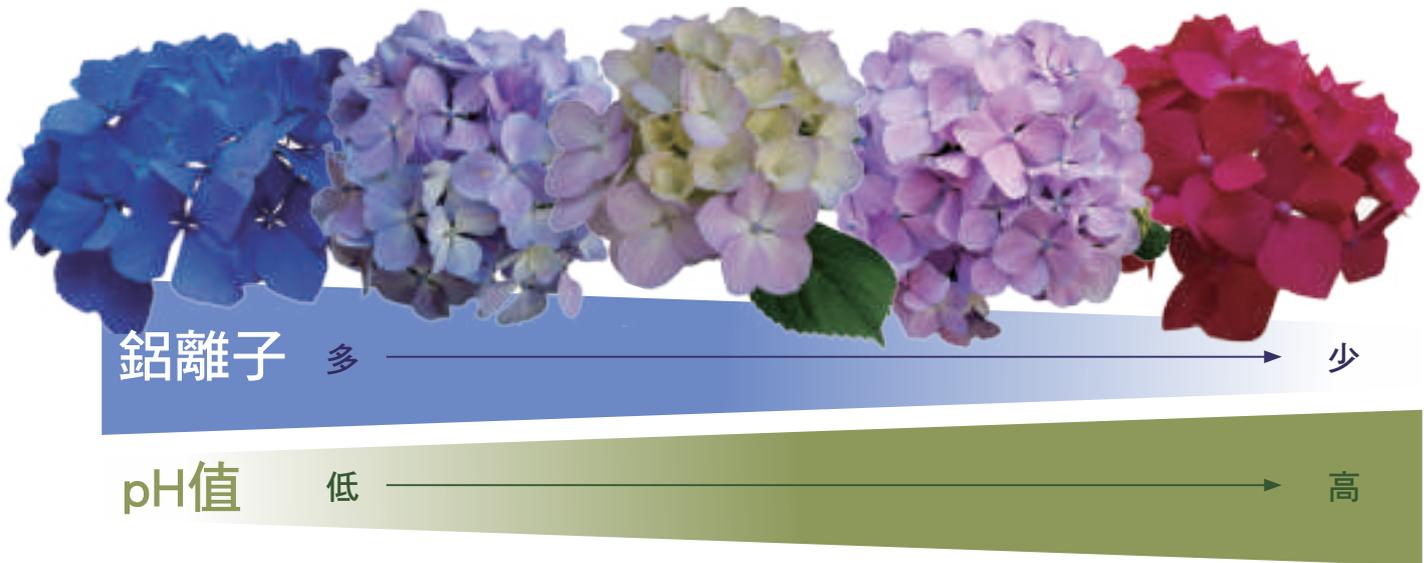


質。於是，他便利用此特性加以研究製作出了石蕊試紙，使人們能夠輕易辨別物質的酸鹼性質。

紫羅蘭中所含的便是與蝶豆花相同的花青素，這是一種存在於多種蔬果中的水溶性色素總稱，其種類約有300多種，會因為所處的環境酸鹼性而改變顏色，故能作為酸鹼指示劑使用。

一般來說，土壤的酸鹼性並不會影響植物的呈色，但繡球花便是其中一個特例。繡球花是少數會聚積鋁離子的植物，而其呈色色素正好是一種能與鋁離子結合的花青素，在鹼性的土壤中，不利於鋁離子吸收，繡球花萼片便呈現紅色；而在酸性的土壤中，花青素能與大量鋁離子結合，繡球花萼片便呈現藍色。許多種植者會利用這種特性調配成喜歡的顏色，在花季時吸引遊客爭相觀賞。





請同學們依上述內容，回答下列問題：

- ( ) 1. 波以耳發現鹽酸潑濺到紫羅蘭後，放入水盆清洗，花色由紫色變成紅色。他接著改變哪一因素使花變成深淺不一的紅？
- (A) 溶液中鋁離子的濃度  
 (B) 花的種類  
 (C) 酸的種類  
 (D) 鹼的種類
- ( ) 2. 關於繡球花變色的敘述何者正確？
- (A) 繡球花的花瓣會隨土壤酸鹼性變色  
 (B) 變色的因素是因為與土壤中的鋁離子結合  
 (C) 當土壤為酸性時呈紅色；當土壤為鹼性時呈藍色  
 (D) 繡球花所含的色素與紫羅蘭的色素相同

3. 如果要製作屬於自己的酸鹼測試試紙，該選擇什麼樣的植物？該如何製作？

.....

.....

.....

.....



## 關於

● 1859 ~ 1927

● 出生：瑞典

● 經歷：

- 斯德哥爾摩大學學院擔任校長
- 諾貝爾物理研究所擔任所長

成就：

- ① 阿瑞尼斯方程式
- ② 酸鹼理論
- ③ 離子解離理論



阿瑞尼斯

9月11日，1881年

光譜分析不是我的路，我的未來果然還是在電學。



阿瑞尼斯——與奧士華

8月，1884年

這一切太神奇了！！



奧士華 噢！多虧阿瑞尼斯發現電離說，我的研究終於完整了。#愛你喔！

讚 · 回覆 · 1884年8月



阿瑞尼斯——覺得很有鬥志

9月，1884年

離子者 BLUE@ 奧士華，這次你怎麼看



奧士華 RED，我想是時候教導正確觀念了

讚 · 回覆 · 1884年9月



離子者 GREEN 離子者們該出動了！

讚 · 回覆 · 1884年9月

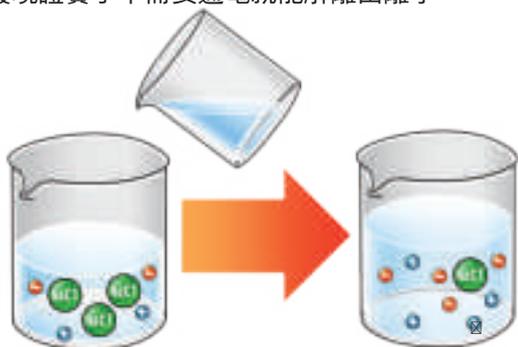
通電時會分離出離子，所以濃度愈高，分離出的離子愈多、導電度也愈好……好像哪裡有問題？



阿瑞尼斯學習了光譜後，發現自己更喜歡電學，因此離開烏普薩拉大學來到斯德哥爾摩念書。實驗過程中，發現愈稀薄的溶液莫耳導電度愈好。



阿瑞尼斯認為當溶液稀釋時，因為水的作用使離子分解出的離子數量增加，所以溶液導電性增強，這個發現證實了不需要通電就能解離出離子。



這發現與當時人們所知道的說法有了衝突，公開發表後被世界各地化學家們大力反對。

強酸、強鹼、及鹽類分子溶於水，就會分離成正負離子。



面對反對聲浪的阿瑞尼斯並不氣餒，隔日便將論文寄送給其他化學家，得到了肯定。



阿瑞尼斯應邀去了奧士華的實驗室一起進行研究，也就更加完善了電離理論。



因為有相同興趣與目標，當時肯定阿瑞尼斯的科學家們結成了聯盟，一起回答了許多來自其他派系的質疑。



電離說逐漸解釋了許多化學觀點，於西元1903年獲得了諾貝爾化學獎。



# 4 反應速率與平衡

## 4-1 反應速率

## 4-2 可逆反應與平衡

野外炊事是隔宿露營的一大重頭戲，回想當時，是不是有些組別已經開動，有些組別卻只能乾瞪眼呢？除了生火快慢，炭火燃燒是否旺盛之外，可曾想過有什麼因素，造成這樣的差異？

**探究提問** 旅遊時，經常會舉辦烤肉活動，想想看圖中的這兩組，在加熱的過程中有什麼差別呢？





用我華麗的刀藝  
把肉切成薄片。

看我的二槌流！

## 4-1 反應速率

### 科學 tell me why

老師說吃飯要細嚼慢嚥，有助於消化，狼吞虎嚥容易導致消化不良。請試著說明細嚼慢嚥和狼吞虎嚥為何會影響消化，和接觸面積、濃度有什麼相關性呢？



在我們的生活周遭，許多化學反應正隨時隨地進行著，例如：施放煙火的瞬間產生巨大聲響與火花；矗立多年的銅像，長時間與氧作用，從紅銅色轉變為銅綠色；洞穴內的鐘乳石經歷上百年漫長歲月，才形成鬼斧神工的自然景觀（圖4-1）。

化學反應有的變化很快，有的則須經過很長的時間，化學反應快慢的程度可以用**反應速率**表示，代表單位時間內，反應物與生成物的變化量。我們可以透過氣體、顏色與沉澱物的變化來做為測量反應速率的依據，以下將一一說明影響反應速率的因素。

a 煙火



b 銅像



c 鐘乳石



快

反應速率

慢

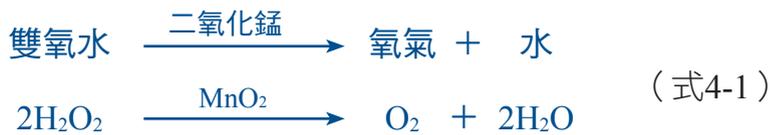
▲ 圖4-1 生活中的化學反應

## 1 反應物的本質與反應速率

第1族的鋰、鈉、鉀元素，在水中反應的程度不同（圖4-2）；在本冊第2章觀察，鎂比銅容易起火燃燒、鐵比金容易氧化生鏽等，可知反應速率與反應物本身的性質有關。另外還有哪些因素會影響反應速率呢？讓我們一一來認識。

## 2 催化劑與反應速率

雙氧水製備氧氣的實驗中（圖4-3、式4-1），可以發現二氧化錳既不是反應物，也不是生成物，反應前後的質量與性質皆保持不變，也無法增加生成物的產量，卻加快了反應速率，這種物質稱為**催化劑**或**觸媒**，它能提供另一條反應途徑，以加快反應速率（圖4-4）。



▲ 圖4-3 二氧化錳可加速雙氧水的分解產生氧氣



▲ 圖4-2 鋰、鈉與鉀在水中反應程度不同



▲ 圖4-4 催化劑提供一條較快的路徑B，以減少反應時間

催化劑具有選擇性，每種催化劑只適合某種特定的反應，對於其他反應不一定有作用，以哈柏法製備氨氣為例，在高溫、高壓下，將氮氣和氫氣經鐵粉催化生成氨氣（式4-2），此時若將鐵粉改為製備氧氣的二氧化錳，就不會產生催化作用。



- 在第1冊第3章所提到的**酵素**或**酶**，即是生物體中的催化劑，同樣具有專一性，如唾液中含有澱粉酶能加速澱粉的分解，而胃液中的胃蛋白酶則是加速蛋白質的分解。
- 10 在工業應用上，汽機車的排氣管內裝有觸媒轉化器，可將引擎在高溫下生成的氮氧化物，加速轉換成氮氣及氧氣，減少氮氧化物所造成的空氣汙染。

### 隨堂筆記

試整理催化劑對反應的影響。

|       | 加入催化劑 |
|-------|-------|
| 催化劑質量 | 不變    |
| 反應速率  |       |
| 生成物產量 |       |

### 補充資料

#### 哈柏法

哈柏法是由德國科學家哈柏 (Fritz Haber, 1868~1934) 發明，是於攝氏400度，200大氣壓之下，加入鐵粉作為催化劑來製備氨氣的方法，此方法推翻了「在生物體中的化合物只有生物才能合成」的理論。哈柏法也幫助人們突破糧食生產的瓶頸，成功合成氮肥為肥料，使農業及工業的發展再向前跨了一大步。



## 探討活動

## 4-1 探討反應物的濃度與接觸面積對反應速率的影響



1. 準備粒狀大理岩3公克、粉狀大理岩9公克、1M的鹽酸62mL、蒸餾水18mL、50mL燒杯4個、25mL量筒1個、10mL量筒1個、玻棒1支、秤量紙1包、電子秤1臺。
2. 以電子秤量取所需要的粒狀或粉狀大理岩，共6克；再以25mL量筒量取所需要的鹽酸或蒸餾水，共40mL。
3. 將粒狀或粉狀大理岩同時加入裝有鹽酸的燒杯中，觀察兩燒杯的差異。
4. 依據探討目的，寫出實驗的操作變因、控制變因與應變變因，挑選實驗器材來進行下列實驗。

## (一) 鹽酸的濃度對反應速率的影響

| 操作變因     | 控制變因   | 應變變因 |
|----------|--|------|
| 鹽酸的_____ | 大理岩的_____  |      |
| 所需材料     | <input type="checkbox"/> 粒狀大理岩 _____ 公克 <input type="checkbox"/> 粉狀大理岩 _____ 公克 <input type="checkbox"/> 蒸餾水 18mL<br><input type="checkbox"/> 1M的鹽酸 _____ mL <input type="checkbox"/> 50mL燒杯 2個 <input type="checkbox"/> 25mL量筒 1個<br><input type="checkbox"/> 10mL量筒 1個 <input type="checkbox"/> 玻棒 1支 <input type="checkbox"/> 秤量紙 1包<br><input type="checkbox"/> 電子秤 1臺 |      |
| 實驗步驟     | 1. 以電子秤量測所需要的大理岩，_____大理岩，平均分為兩份。<br>2. 以25mL量筒量測1M的鹽酸_____，倒入其中一個燒杯。<br>3. 另一個燒杯，倒入蒸餾水18mL，再沿著玻棒慢慢倒入1M的鹽酸2mL，稀釋成0.1M的稀鹽酸20mL。<br>4. 將大理岩同時加入燒杯中，觀察兩燒杯的差異。   |      |

## (二) 大理岩的接觸面積對反應速率的影響

| 操作變因      | 控制變因   | 應變變因 |
|-----------|--|------|
| 大理岩的_____ | 鹽酸的_____   |      |
| 所需材料      | <input type="checkbox"/> 粒狀大理岩 _____ 公克 <input type="checkbox"/> 粉狀大理岩 _____ 公克 <input type="checkbox"/> 蒸餾水 18mL<br><input type="checkbox"/> 1M的鹽酸 _____ mL <input type="checkbox"/> 50mL燒杯 2個 <input type="checkbox"/> 25mL量筒 1個<br><input type="checkbox"/> 10mL量筒 1個 <input type="checkbox"/> 玻棒 1支 <input type="checkbox"/> 秤量紙 1包<br><input type="checkbox"/> 電子秤 1臺 |      |
| 實驗步驟      | 1. 以電子秤量測所需要的大理岩，_____大理岩各3克。<br>2. 以25mL量筒量測_____40mL，平均倒入兩個燒杯。<br>3. 將大理岩同時加入燒杯中，觀察兩燒杯的差異。   |      |





## 例題 4-1

已知二氧化錳是雙氧水分解成水和氧氣反應的催化劑，今取相同溫度的雙氧水做分解實驗，比較反應速率，三次實驗的條件如下表。請問甲、乙、丙的反應速率大小依序為何？

| 實驗次數 | 反應速率 | 濃度  | 是否加入二氧化錳 |
|------|------|-----|----------|
| 1    | 甲    | 25% | 否        |
| 2    | 乙    | 35% | 加入       |
| 3    | 丙    | 35% | 否        |



## 理化 In my life



- 蘋果會於熟成後釋放無色無味的乙烯，可加速水果的成熟。依照課文所學，香蕉是受到什麼因素的影響而加快反應速率？
- 商人常採摘未成熟的果實，再以乙烯催熟，為何不待水果自然熟成後再採摘販售呢？

## 5 溫度與反應速率

溫度是生活中最常碰到與反應速率有關的因素，例如：出外野餐或露營時，會帶著保溫袋或冰桶，將食物放入其中保持低溫，以避免細菌滋生造成食物太快腐敗（圖4-9）。

- 5 由此可知反應速率會因為溫度的不同而改變，讓我們藉由實驗來了解溫度與反應速率的關聯性。



▲ 圖4-9 漁船回到港口前，須以冰塊保持魚隻新鮮

相關課程，請見 P179



### 實驗 4-1

## 溫度對反應速率的影響



**目的** 探討溫度不同時，反應速率是否存在差異呢？

### 器材

- |                    |             |         |
|--------------------|-------------|---------|
| ① 0.5M硫代硫酸鈉水溶液20mL | ⑥ 500mL燒杯1個 | ⑪ 碼錶1個  |
| ② 0.5M鹽酸40mL       | ⑦ 酒精燈1個     | ⑫ 麥克筆1支 |
| ③ 試管8支             | ⑧ 溫度計1支     | ⑬ 白紙1張  |
| ④ 10mL量筒2個         | ⑨ 鐵架含固定夾1座  | ⑭ 手套1副  |
| ⑤ 50mL燒杯4個         | ⑩ 陶瓷纖維網1個   |         |

## 步驟

- 1** 用麥克筆在白紙的中心處，畫一個「+」。



- 2** 取4支試管，各加入0.5 M 硫代硫酸鈉溶液5 mL，並作標示。



- 3** 另取4支試管，各加入0.5 M 鹽酸10 mL，並作標示。



- 4** 將步驟 2、3 的試管同時放入500 mL 的燒杯中，隔水加熱，以溫度計持續測量水溫。



⚠ 酒精量不可太少，以免發生氣爆危險。

- 5** 當水溫達30°C時，取出硫代硫酸鈉及鹽酸試管各1支，同時倒入放在「+」上的50 mL 燒杯內，並立刻按碼錶計時，記錄生成物完全遮住「+」的時間。



過程中，我們須控制哪些變因，讓每次記錄遮住「+」的時間更準確？



⚠ 實驗必須在通風處進行。

- 6** 當水溫加熱每上升10°C時，重複步驟 5，並記錄水溫與反應時間，連續記錄3次。

## 問題與討論

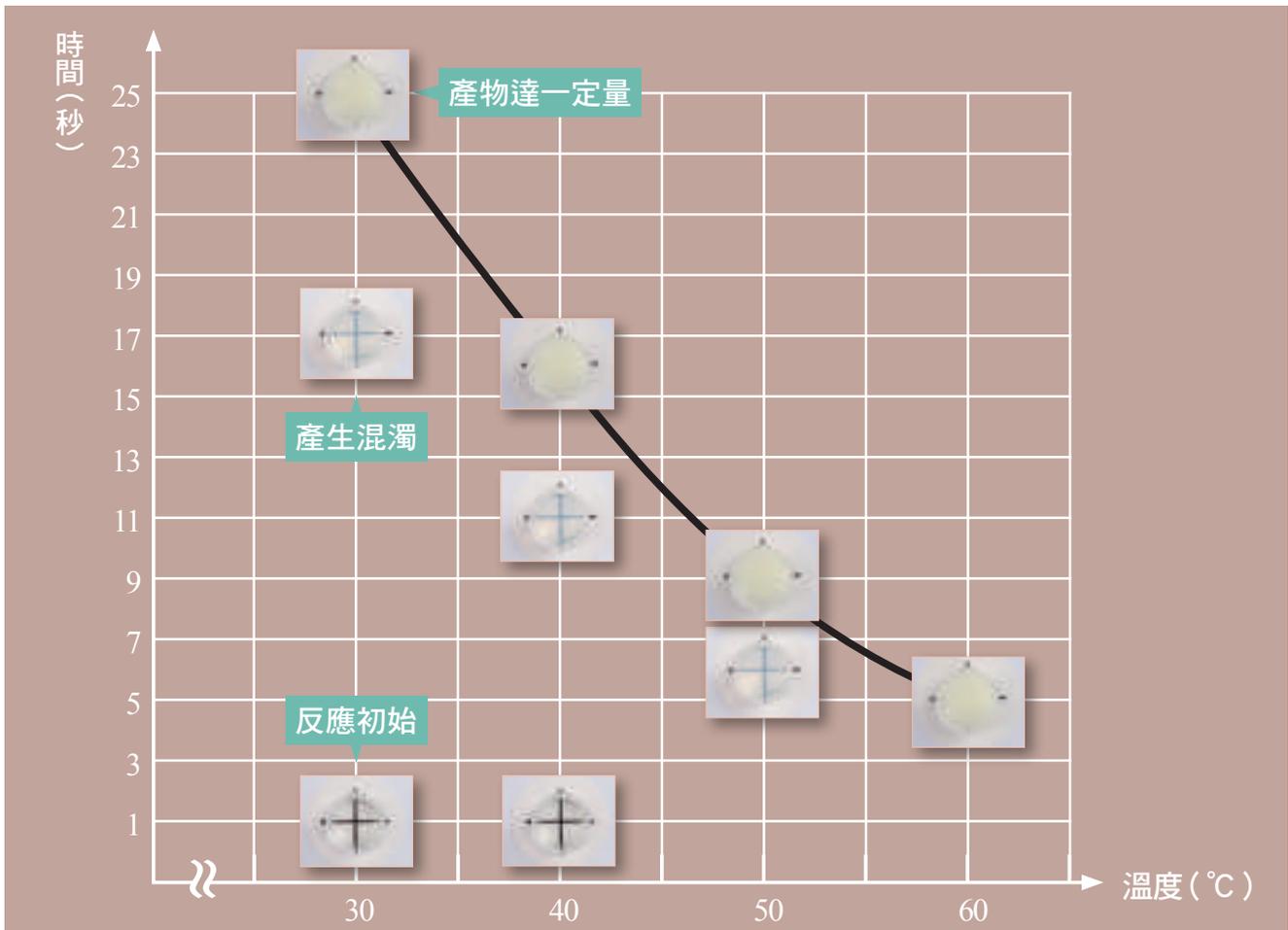
1. 將硫代硫酸鈉溶液與鹽酸混合後，可以觀察到什麼現象？
2. 操作實驗時，記錄沉澱物恰好遮住「+」所需的時間，這代表什麼意義？
3. 依據實驗結果，溫度與沉澱物恰好遮住「+」的時間，兩者之間有什麼關係？

## ? 探究提問

試著思考還有什麼方法能夠加快產生沉澱物的速度？

相關實驗重點，請見 P109

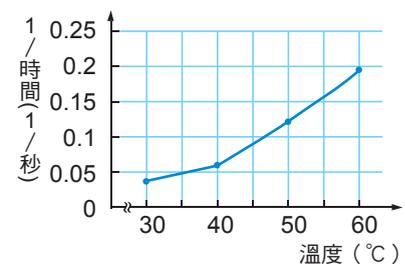




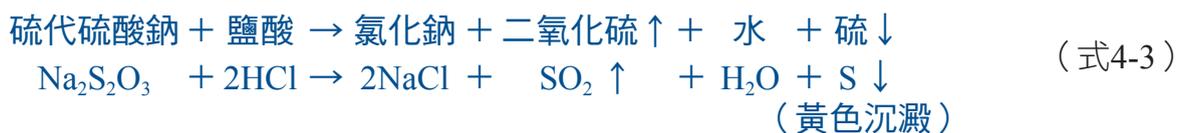
▲ 圖4-10 在不同溫度下，硫代硫酸鈉與鹽酸反應生成沉澱物

- 實驗4-1中，硫代硫酸鈉與鹽酸反應會生成硫的沉澱（圖4-10、式4-3），記錄沉澱物生成的時間，可作為判斷反應速率的依據。當溫度為40°C時，隨著反應時間的增加，硫的生成量也會逐漸增加，當硫生成達到一定量時，便可完全遮住白紙上的「+」。

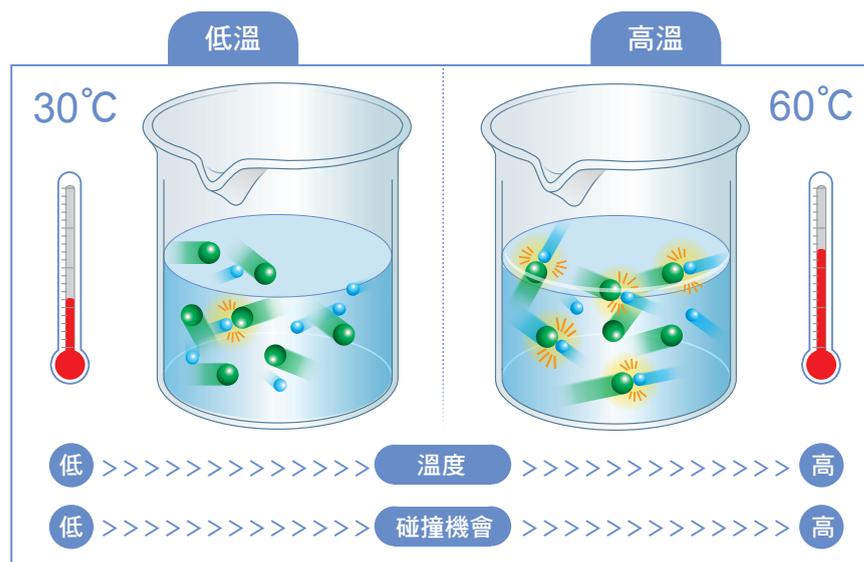
由實驗還可以發現，當生成物的量固定時，反應溫度愈高，「+」被遮住的反應時間會愈短，這表示反應速率也愈快（圖4-11）。



▲ 圖4-11 溫度與時間倒數的關係圖（當生成物的量固定時，反應時間的倒數可代表反應速率）



當反應的溫度升高，硫代硫酸鈉粒子與氫離子的能量增加，使粒子運動速度變快。在相同時間內發生碰撞的次數增加，反應速率就愈快（圖4-12），黃色硫沉澱的速率也愈快，故完全遮住「+」記號所需的時間就愈短。



▲ 圖4-12 溫度高時，粒子具有較高的能量且碰撞頻率較高（● 硫代硫酸鈉粒子 ● 氫離子）

### 隨堂筆記

試整理溫度對反應的影響。

| 溫度     | 升高 | 降低 |
|--------|----|----|
| 粒子能量   | 增加 | 減少 |
| 粒子運動速率 |    |    |
| 碰撞頻率   |    |    |
| 反應速率   |    |    |

### 隨堂筆記

試整理影響反應速率的因素。

| 反應速率 | 活性 | 顆粒 | 接觸面積 | 濃度 | 溫度 |
|------|----|----|------|----|----|
| 快    | 大  |    |      |    |    |
| 慢    | 小  |    |      |    |    |

除了食物冷藏外，生活中還有許多利用溫度控制反應速率的例子，例如：內溫動物的體溫會保持在固定範圍，避免體內的反應變化過大；易燃物上的易燃標示及加油站的嚴禁煙火、熄火加油等標語（圖4-13），皆是提醒民眾這些易燃物需遠離火源，以免溫度升高而產生反應。



▲ 圖4-13 加油時要求車輛熄火，是為了避免產生火花引燃油氣發生危險

### 例題 4-2

阿翰做硫代硫酸鈉與鹽酸反應的化學實驗，記錄反應所產生沉澱物完全遮住「+」字記號的時間長短。依表所示，下列敘述何者正確？

| 實驗次數   | 一    | 二    | 三    | 四    |
|--|------|------|------|------|
| 溫度   | 20°C | 20°C | 20°C | 20°C |
| 10mL $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液的濃度 | 0.2M | 0.3M | 0.4M | 0.5M |
| 5mL HCl 溶液的濃度                                | 0.2M | 0.2M | 0.2M | 0.2M |
| 沉澱物遮住「+」字所需時間                                | 39秒  | 30秒  | 21秒  | 10秒  |

- (A) 實驗中可看出溫度與反應速率無關
- (B)  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  溶液的濃度愈高，反應速率愈快
- (C) 本實驗操作變因為HCl溶液的濃度
- (D) 實驗中所產生的沉澱物為白色的硫固體

## 4-2 可逆反應與平衡

### 科學 tell me why

自動販賣機滾下的可樂，常會在我們開啟時，噴得自己全身都是。在可樂落下的過程中，發生了什麼事情才會造成這樣的慘況？有什麼方法能避免發生呢？



▲ 圖4-14 水蒸氣凝結於玻璃上而形成小水滴

烘烤前



烘烤後



▲ 圖4-15 氯化亞鈷的顏色變化為化學性的可逆反應

### 1 可逆反應

#### 物理變化

水在任何溫度下，都會蒸發成為水蒸氣，在蓋有玻璃片的杯子，可以發現玻璃片上有許多小水滴（圖4-14），那是因為水蒸氣無法逸散至瓶外，於是在杯內不停運動，且部分水蒸氣凝結成了水滴。

若水蒸發成水蒸氣為**正反應**，那麼水蒸氣凝結成水即為**逆反應**，這種正、逆雙向同時都會進行的反應，稱為**可逆反應**，一般以雙箭頭符號「 $\rightleftharpoons$ 」表示（式4-4）。



#### 化學變化

化學變化也有可逆反應，例如：紫紅色氯化亞鈷晶體加熱，會生成藍色的無水氯化亞鈷晶體和水；而藍色的無水氯化亞鈷晶體會與空氣中的水蒸氣反應，再變回紫紅色氯化亞鈷晶體（式4-5、圖4-15）。



## 2 平衡狀態

相同的寶特瓶中裝入等量的水，一個加蓋，一個不加蓋，靜待三天後，會發現兩者水量不同，這是為什麼呢？

**蓋緊瓶蓋**



三天後

**正反應速率 = 逆反應速率 → 達到平衡狀態**

以外觀而言，水量看似沒有變化，但實際上內部的水分子，蒸發與凝結現象仍同時進行中，且相同時間內，水蒸發成水蒸氣的分子數量會等於水蒸氣凝結成水的分子數量。  
水蒸發速率與水蒸氣凝結的速率相等，維持著動態平衡。

**打開瓶蓋**



三天後

**正反應速率 > 逆反應速率 → 無法達到平衡狀態**

水量明顯的變少，水蒸發而形成氣態的水蒸氣，不斷逸散至瓶外，使瓶內的水量隨著時間經過而不斷減少。  
水蒸發速率大於水蒸氣凝結的速率，無法達到平衡狀態。

在飽和食鹽水溶液中，也可發現動態平衡。圖4-16的裝置雖然為開放空間，但溶液中的離子與沉澱的食鹽皆無法離開溶液，故可視為密閉系統。因此當沉澱速率與溶解速率相同時，會達到**平衡狀態**。



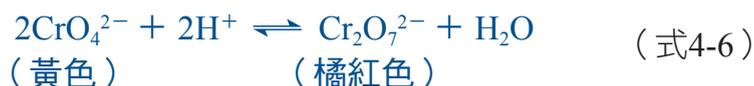
▲ 圖4-16 飽和食鹽溶液呈現動態平衡

### 3 改變平衡狀態的因素

已達平衡狀態的系統會改變嗎？以鉻酸鉀和二氧化氮為例，來探討濃度、溫度對平衡狀態的影響。

#### 濃度

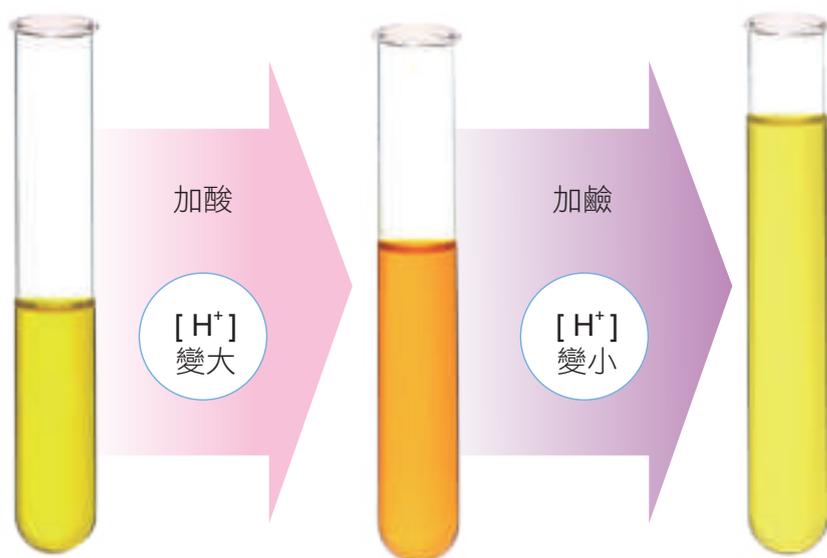
- 5 鉻酸鉀在水中會解離出無色的鉀離子 ( $K^+$ ) 及黃色的鉻酸根離子 ( $CrO_4^{2-}$ )，使溶液呈黃色。若加入酸性物質，溶液中增加的氫離子會與鉻酸根離子反應，產生橘紅色的二鉻酸根離子 ( $Cr_2O_7^{2-}$ )，此時溶液會由黃色轉變為橘紅色 (式4-6、圖4-17)，最後達到新的平衡狀態。
- 10 若再將鹼性物質加入溶液中進行酸鹼中和，溶液中的氫離子濃度降低，反應會傾向左方進行，使得鉻酸根離子增加，此時溶液由橘紅色變回黃色，直到顏色不再變化，達成另一新的平衡狀態。



#### 補充資料

##### 鉻酸鉀與二鉻酸鉀

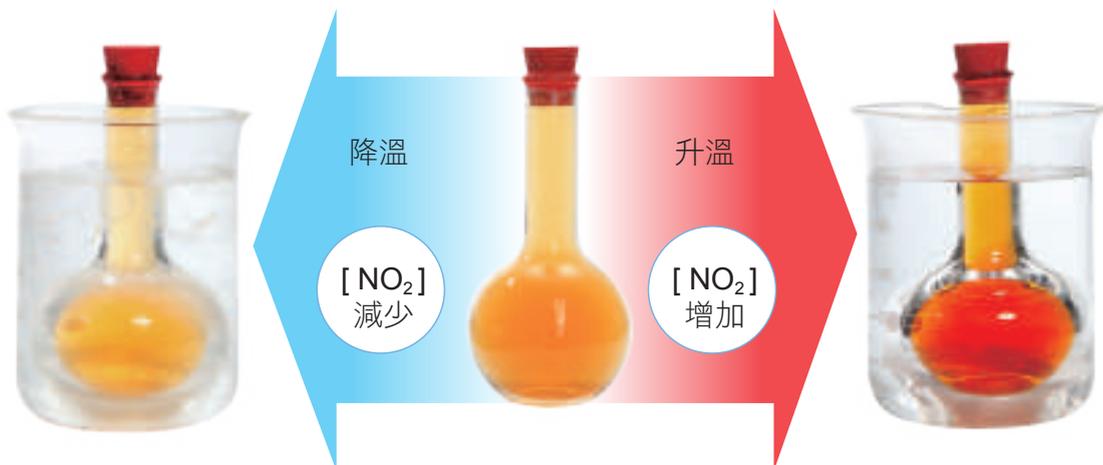
鉻酸鉀 ( $K_2CrO_4$ ) 為黃色固體，二鉻酸鉀 ( $K_2Cr_2O_7$ ) 為橘紅色固體，兩者皆含有重金屬的鉻，人體若吸入或誤食會導致癌症，為第2類毒性化學物質。



▲ 圖4-17 改變氫離子濃度會影響鉻酸鉀溶液的平衡狀態

## 溫度

將裝有紅棕色二氧化氮 ( $\text{NO}_2$ ) 氣體的密閉燒瓶放入冰水中，因溫度降低，反應會傾向右方進行，無色的四氧化二氮 ( $\text{N}_2\text{O}_4$ ) 的分子數會增加，此時瓶內的氣體顏色會逐漸變淡 (式4-7、圖4-18)；改將燒瓶放入熱水中，因溫度升高，反應會傾向左方，二氧化氮的分子數增加，此時瓶內的氣體顏色會逐漸變深。



▲ 圖4-18 改變溫度會影響二氧化氮的平衡狀態

由上述可知，改變濃度、溫度等外在環境時，反應會向左或向右移動，原平衡狀態會發生改變，但經過一段時間後，反應又會達到另一個新的平衡狀態。

### 例題 4-3

下列何種情況可以達到平衡狀態？(甲)大理岩與稀鹽酸於開放容器中發生反應；(乙)酸與鹼的中和反應；(丙)裝有沉澱飽和食鹽水的燒杯；(丁)鎂和氧化銅於密閉容器中發生反應。

(A)甲乙      (B)乙丙      (C)丙丁      (D)乙丁

### 隨堂筆記

試整理影響化學反應速率及平衡狀態的因素。

| 項目<br>因素 | 反應<br>速率 | 平衡<br>狀態 |
|----------|----------|----------|
| 催化劑      | ✓        | ×        |
| 濃度       |          |          |
| 溫度       |          |          |

# 反應速率

反應速率：表示化學反應的快慢程度

$$\frac{\text{反應物量} \downarrow \text{ 或 } \text{生成物量} \uparrow}{\text{單位時間}}$$

判斷反應速率可依據：



## 影響反應速率的因素

### 反應物活性



鈉



鐵



金

活性 大

小

氧化時間 快

數秒

數日

數年

慢

反應速率 快

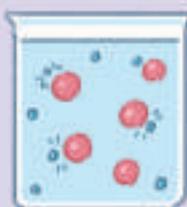
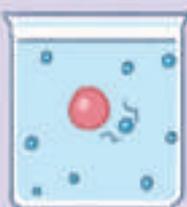
慢

顆粒大



### 接觸面積

顆粒小



表面積↓、碰撞機會↓

表面積↑、碰撞機會↑

反應速率↓

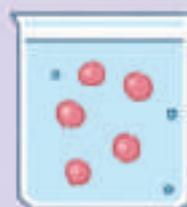
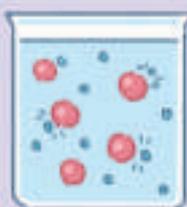
反應速率↑

濃度高



### 濃度

濃度低



粒子數↑、碰撞機會↑

粒子數↓、碰撞機會↓

反應速率↑

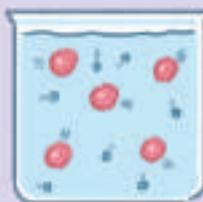
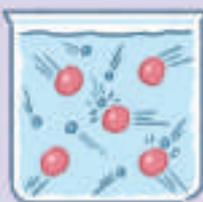
反應速率↓

溫度高



### 溫度

溫度低



能量↑、碰撞機會↑

能量↓、碰撞機會↓

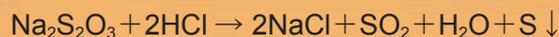
反應速率↑

反應速率↓

發生化學反應，粒子間會相互碰撞，重新排列組成新物質



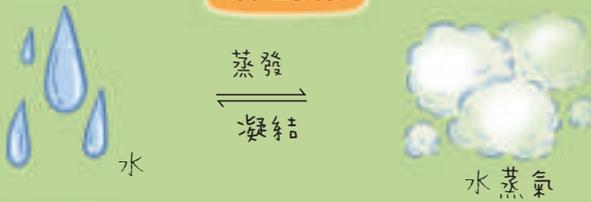
當粒子碰撞機會↑，反應速率↑



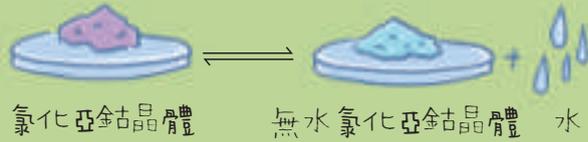
# 可逆反應與平衡

**可逆反應：**同一條件下，正逆雙向都會進行的反應

## 物理變化



## 化學變化



## 平衡狀態

### 巨觀上

顏色、沉澱量、  
濃度皆不再改變



有沉澱的飽和溶液

### 微觀上

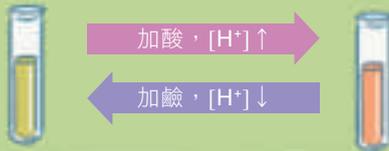
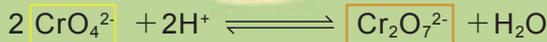


反應持續進行  
正反應速率 = 逆反應速率  
維持動態平衡

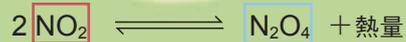
\* 反應物或生成物為氣態時，需為密閉系統才能達平衡狀態

## 改變平衡狀態因素

### 濃度



### 溫度



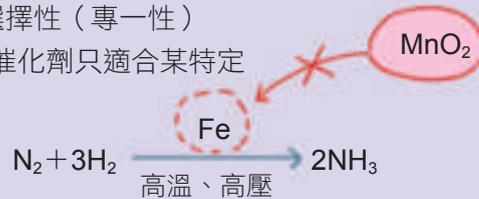
## 催化劑 (觸媒)

• 會參與反應，反應後性質不變，非生成物或反應物

催化劑提供一條較快的  
路徑：反應速率↑



• 有選擇性 (專一性)  
一種催化劑只適合某特定反應



• 生物體內酵素 (酶)





## 實驗一點靈

### 第三章

#### 實驗3-1 電解質與非電解質的區分

1. 水溶液測試後的結果如下：

|        | 蒸餾水 | 鹽酸 | 氫氧化鈉 | 食鹽水 | 糖水 |
|--------|-----|----|------|-----|----|
| 酸鹼性    | 中性  | 酸性 | 鹼性   | 中性  | 中性 |
| 燈泡是否發亮 | 否   | 是  | 是    | 是   | 否  |

2. 測試水溶液時，若燈泡發亮可以知道該水溶液具有導電性。

#### 實驗3-2 酸和鹼的性質

1. 鎂帶與酸反應會產生氫氣，以點燃的火柴靠近，會發出爆鳴聲；鎂帶與鹼則不會產生反應。
2. 碳酸鈣與酸反應會產生二氧化碳，以點燃的火柴靠近，會使火柴熄滅；碳酸鈣與鹼則不會產生反應。
3. 油脂與酸不會產生反應；油脂與鹼反應會使油脂分解。

#### 探討活動3-1 硫酸的脫水性

1. 硫酸具有強脫水性，遇到碳水化合物時會將其脫水成為碳。
2. 沾取稀硫酸書寫於紙上，起初並不會有變化，待將水分烤乾時會形成濃硫酸，如此一來同為碳水化合物的紙張也會和方糖一樣碳化。



#### 探討活動3-2 溶液酸鹼性對蝶豆花與其他指示劑的顏色影響

1. 廣用指示劑、酚酞及蝶豆花水都會因為不同的酸鹼度而有所變化。

|       | 廣用指示劑 | 酚酞 | 蝶豆花液 |
|-------|-------|----|------|
| 稀鹽酸   | 紅     | 無色 | 粉色   |
| 稀氫氧化鈉 | 藍色    | 紅色 | 綠色   |

### 實驗3-3 酸鹼中和的化學反應

1. 酚酞可以用來辨別酸鹼，若為鹼性會呈現紅色，若為酸性則為無色。
2. 加入鹽酸進行中和反應後，以酒精燈加熱蒸乾水分，可以發現蒸發皿上有白色鹽類，由此可知酸鹼中和會產生鹽。

## 第四章

### 探討活動4-1 探討反應物的濃度與接觸面積對反應速率的影響

#### (一) 鹽酸濃度對反應速率的影響

1. 由於是要探討反應物濃度的影響，因此將鹽酸濃度做為操作變因。

| 操作變因  | 控制變因     | 應變變因 |
|-------|----------|------|
| 鹽酸的濃度 | 大理岩的顆粒大小 | 反應速率 |

2. 將其中一個燒杯加入20mL的1M鹽酸，再取另一個燒杯加入2mL的鹽酸及18mL的水稀釋成0.1M鹽酸。
3. 將粉狀大理岩分別倒入不同濃度的鹽酸，可以發現1M鹽酸的反應速率比0.1M鹽酸的反應速率還要快，濃度較高者反應速率較快，即濃度較低者反應速率較慢。

#### (二) 大理岩的接觸面積對反應速率的影響

1. 由於是要探討接觸面積的影響，因此將顆粒大小做為操作變因。

| 操作變因     | 控制變因  | 應變變因 |
|----------|-------|------|
| 大理岩的顆粒大小 | 鹽酸的濃度 | 反應速率 |

2. 將粉狀與粒狀的大理岩分別倒入裝有20mL鹽酸的燒杯中，可以發現粉狀大理岩的反應速率比粒狀大理岩的反應速率還要快，即顆粒較小者反應速率較快，顆粒較大者反應速率較慢。

### 實驗4-1 溫度對反應速率的影響

1. 硫代硫酸鈉與鹽酸反應後會產生硫沉澱，觀察硫生成的時間，可作為判斷反應速率的依據。
2. 當溫度愈高時，遮住「+」號的時間愈短，由此可知在此反應中，溫度愈高，速率也就愈快。

## 粉塵爆炸

爆炸，人們首先想到的是炸彈、地雷等具有攻擊性的武器，殊不知生活中的細小粉塵大量懸浮於空氣中時，也能夠引起威力巨大的爆炸。西元2015年知名水上樂園於活動中撒下3公噸的彩色玉米澱粉，看似平凡且安全的材料，卻因為專業知識不足而導致爆炸，留下慘痛教訓。

粉塵爆炸（dust explosion）是指當懸浮於空中的可燃粉塵顆粒濃度達到最小爆炸濃度時，便會快速燃燒產生閃爆。燃燒的三大要素為：可燃物、助燃物及達到燃點。作為可燃物的粉塵，顆粒微小、表面積很大，比較容易氧化生熱。輕巧的粉塵瀰漫於空中，一旦有小部分粉塵被氧化放

出大量的熱，高溫引起了強烈空氣震動，使高濃度的粉塵相互摩擦生熱，溫度達燃點時，在1~2秒間會同時起火，點燃空氣中大量可燃性粉塵，造成閃燃。這種快速劇烈的連鎖氧化反應，就是我們所看到的爆炸。

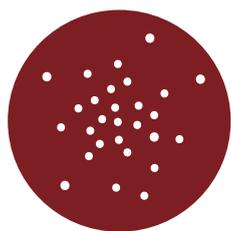
活動中撒入的大量彩色玉米澱粉，不僅為可燃物，還因為添加含脂質成分的人工色素而降低燃點。當時判斷為起火點的電腦燈，是因為吸入易燃的粉塵，燈具溫度達到燃點立即燃起火花，瞬間引爆空氣中大量粉塵以及臺下高達10公分的積粉，反應速率快而猛烈，短時間內引起大火釀成災難。

粉塵並非特指一些特殊成分，任何物質只要是微小顆粒，便能稱為粉塵。像是麵包廠、木工廠以及金屬切割廠等，廠內常有大量粉塵瀰漫在空氣中。因此如何防止粉塵爆炸一直是最重要的安全課題，工廠裡大多會以抗靜電材質或是增加空氣溼度來防止危險。



## 何為粉塵爆炸？

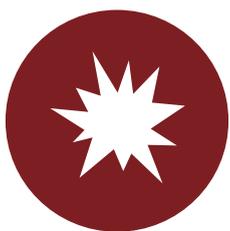
塵爆 = 高濃度粉塵 + 熱源 + 充足的氧氣及室內環境



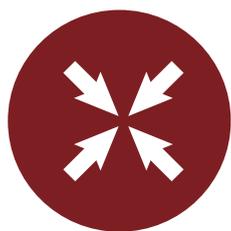
粉塵在空氣中散布，形成粉塵雲



部分粉塵被熱源點燃，迅速擴散



粒子之間過於密集，而形成連鎖反應爆炸



爆炸後燃燒完一部分而形成真空，透過空氣流動使更多粉塵往中間集中



產生第二次爆炸

請同學們依上述內容，回答下列問題：

- ( ) 1. 關於粉塵爆炸的敘述何者正確？
- (A) 粉塵爆炸僅指易燃物爆炸
  - (B) 只有在封閉空間才會發生
  - (C) 粉塵指的是微小的顆粒
  - (D) 粉塵爆炸是緩慢但劇烈的反應

- ( ) 2. 粉塵爆炸最主要與反應速率的哪種特性有關？
- (A) 反應物的顆粒大小
  - (B) 反應物的活性
  - (C) 反應物的壓力
  - (D) 反應中的催化劑

3. 當我們遇到「粉塵爆炸」時，最佳的滅火方式有哪些？可以舉出幾個方法來跟同學們分享嗎？

.....

.....

.....

# 5 有機化合物

5-1 有機化合物的組成

5-2 常見的有機化合物

5-3 聚合物與衣料纖維

5-4 有機物在生活中的應用

塑膠是生活中最常接觸到的有機化合物，雖然發展歷史很短，卻是現今應用最廣的非金屬材質，為人類帶來極大的方便。塑膠質地輕巧、價格低廉且化學性質安定，可依照人們的需求，量身打造成耐酸鹼、耐熱等不同特性的產品，因而廣泛應用於各種不同的領域。

**？探究提問** 生活中四處可見塑膠的蹤影，想想看，它帶來了什麼樣的優缺點？



不能亂丟！塑膠應該要妥善回收，以後最好帶環保杯出門，以免製造垃圾。



小心！

該怎麼處理那麼多垃圾呢？

前方有火源，塑膠燃燒時可能帶有毒性氣體，務必小心！

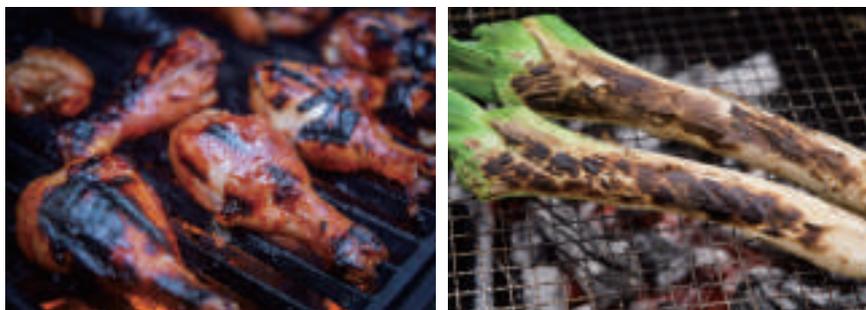
## 5-1 有機化合物的組成

### 科學 tell me why

中秋佳節，琳琳和朋友一邊烤肉一邊聊天，不小心把食材烤得焦黑，所有烤焦食材的黑色物質都是同一種嗎？



烤焦的食材表面常可看到黑色物質（圖5-1），這些黑色物質和組成生物體的元素是否有關聯呢？接下來透過實驗5-1來進行探討。



▲ 圖5-1 烤焦的食材均可看到黑色物質

### 實驗 5-1

## 有機化合物的重要特徵



### 目的

將糖粉、麵粉和食鹽隔絕空氣加熱後，所產生的物質會有什麼差異呢？

### 器材

- |         |         |                |
|---------|---------|----------------|
| ① 糖粉5公克 | ⑤ 漏斗3個  | ⑨ 陶瓷纖維網1個      |
| ② 麵粉5公克 | ⑥ 玻棒1支  | ⑩ 打火機1個        |
| ③ 食鹽5公克 | ⑦ 酒精燈1個 | ⑪ 紅色及藍色石蕊試紙各1盒 |
| ④ 鋁箔紙6張 | ⑧ 三腳架1個 | ⑫ 手套1副         |

## 步驟

- 1** 將鋁箔紙折成小鋁杯，並將 5 公克的糖粉加入其中。



- 2** 將小鋁杯放在一張鋁箔紙上，上面倒蓋一個漏斗，並用鋁箔紙將漏斗包覆起來。



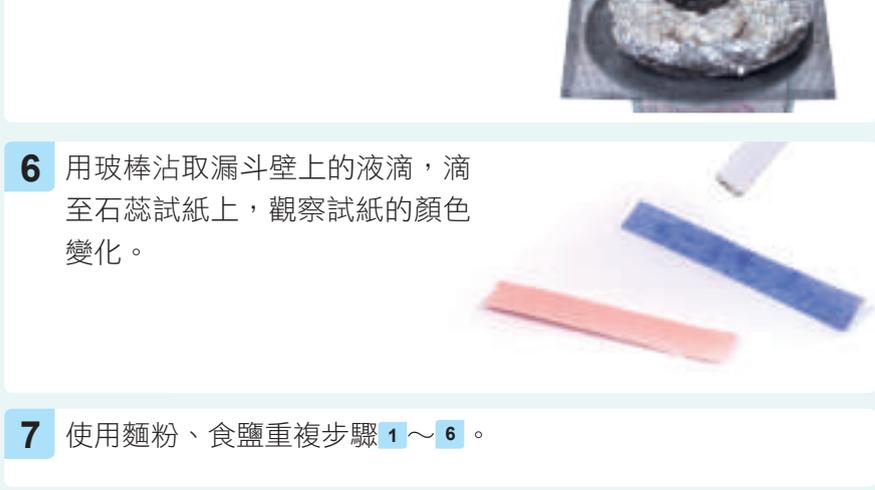
- 3** 將小鋁杯與漏斗放置於陶瓷纖維網上加熱，觀察糖粉受熱的變化情形。



- 4** 漏斗頂開口冒煙時，用打火機點火測試自漏斗開口逸出的物質。



- 5** 熄滅酒精燈，待反應裝置冷卻後，拆下漏斗，使用打火機點火，測試小鋁杯內的殘留物質。



- 6** 用玻棒沾取漏斗壁上的液滴，滴至石蕊試紙上，觀察試紙的顏色變化。



- 7** 使用麵粉、食鹽重複步驟 1 ~ 6。

## 問題與討論

1. 糖粉、麵粉和食鹽分別加熱時，何者會有物質從漏斗口逸出？這些物質可以燃燒嗎？
2. 糖粉、麵粉和食鹽分別加熱後，小鋁杯上的固態殘留物顏色與加熱前有差異嗎？可以燃燒嗎？
3. 依據上述測試的表格，可以將三種物質依據加熱前後的變化如何分類？

## 探究提問

捲心酥、竹筴、貝殼、小蘇打、香蕉皮、檸檬酸和棉花，哪些物質隔絕空氣加熱後會產生黑色可燃物呢？

相關實驗重點，請見 P170



實驗5-1中，食鹽在加熱前後無顯著差異，糖粉和麵粉的加熱過程，最初冒出的白煙中含有水氣，不能燃燒；接著產生的黑色濃煙，則可以燃燒（圖5-2）。加熱過程中，可發現漏斗壁上殘留深色的黏稠液體，其中含有可使藍色石蕊試紙變成紅色的物質，由此可知為酸性；待漏斗尖端不再冒煙時，鋁箔中的糖粉或麵粉會轉變成黑色的可燃性固體（圖5-3）。

這種隔絕空氣加熱使物質分解的過程，稱為**乾餾**。糖粉或麵粉乾餾時產生的濃煙，其中含有可燃的一氧化碳、甲烷、氫氣和不可燃的二氧化碳及水蒸氣，漏斗壁上的液體中有焦油和醋酸，剩下的黑色固體主要成分為碳。



▲ 圖5-2 乾餾時會產生可以燃燒的濃煙



▲ 圖5-3 乾餾後會產生可以燃燒的黑色物質

### 隨堂筆記

有機化合物乾餾產生的物質。

|    |     |  |
|----|-----|--|
| 氣體 | 可燃  |  |
|    | 不可燃 |  |
| 液體 |     |  |
| 固體 |     |  |

### 補充資料

#### 煤炭

煤炭為古代植物掩埋後，經過高溫高壓並隔絕空氣的作用，將水分及其他成分揮發掉，剩下黑色的碳，並含有少量氫、氧、氮、硫等元素，可做為燃料，用來取暖或發電。



十九世紀前，科學家認為有機化合物必須由生物體才能製造出來，而無機化合物是從不具生命力的岩石或礦物中取得，例如：碳酸鈣、石膏。後來，德國科學家烏勒（Friedrich Wöhler，1800~1882）在實驗室中意外發現，將無機化合物加熱可以轉變成尿素，尿素是動物尿液中的一種有機化合物，從此人們發現有機物也可以用無機物來合成。

**有機化合物**現在定義為含碳的化合物，例如：蔗糖（ $C_{12}H_{22}O_{11}$ ）、麵粉和酒精（ $C_2H_5OH$ ）（圖5-4）；不含碳的化合物則稱為**無機化合物**，例如：食鹽（ $NaCl$ ）、水（ $H_2O$ ）。此外，有些含碳的化合物，例如：一氧化碳、二氧化碳、碳酸鹽類、氰化物等，則歸類為無機化合物，因為這些物質進行乾餾後無法產生黑色的碳。



▲ 圖5-4 常見的有機及無機化合物

### 例題 5-1

下列物質隔絕空氣加熱分解後，哪些會產生黑色的碳呢？  
 (甲)黃豆；(乙)食鹽；(丙)樹葉；(丁)大理岩。

## 5-2 常見的有機化合物

### 科學 tell me why

琳琳是個愛好香氛產品的女孩，她想自製有香味的肥皂，需要準備哪些材料呢？這些香味的來源有什麼共通性呢？



汽油、甘油和香蕉油等，是生活中時常聽到的「油」（圖5-5），三者的差異為何？又可以用哪些特性來區別它們呢？

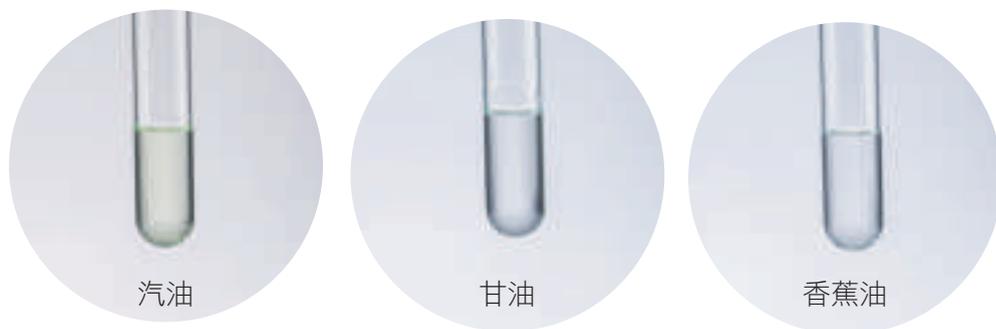


圖5-5 汽油、甘油和香蕉油

### 探討活動

#### 5-1 是油？不是油？



1. 取3支試管分別加入3mL的汽油、甘油和香蕉油。
2. 取3張廣用試紙沾試管內的三種「油」，觀察廣用試紙的顏色變化。
3. 在3支試管內各放一根短棉線，以三種「油」沾溼之後，以點火槍點燃棉線，觀察燃燒情形。
4. 在3支試管中加入水後以玻璃棒攪拌，比較3支試管內的異同。



#### 想一想

1. 哪些特性是你心目中「油」所具有的特性？
2. 三種「油」經過上述測試後，與你心目中「油」的特性，有哪些異同？

有機化合物的碳原子除了可以彼此結合，也可以與氫、氧、氮、硫等其他原子結合，其性質會受組成原子的種類個數及其排列方式影響，以下將介紹生活中常見的有機化合物類型。

## 1 烴<sup>た</sup>

有機化合物中僅有碳、氫原子時，稱為**碳氫化合物**，又稱為**烴**，如甲烷（ $\text{CH}_4$ ）、丙烷（ $\text{C}_3\text{H}_8$ ）等。烴類不易溶於水，是常見的燃料，在空氣中完全燃燒時會產生二氧化碳和水。常溫時含碳數少的甲烷、乙烷（ $\text{C}_2\text{H}_6$ ）呈氣態；而打火機所使用的大多為丁烷等液化石油氣，加壓後呈液態，釋放到空氣中便吸熱汽化。

石油和天然氣等化石燃料是烴類的主要來源，由古代動、植物的遺骸，埋在地底下經過細菌分解及長時間高溫高壓作用所形成（圖5-6），這些資源在地球中的蘊藏量有限，應節約使用。



▲ 圖5-6 石油和天然氣生成過程示意圖

石油可根據沸點的不同，進行分餾得到各種烴類混合物，例如：石油氣、汽油和煤油等（圖5-7）。

一般家庭使用的氣體燃料為天然氣和石油氣，室溫下皆為無色、無味的氣體，因此常會添加臭味劑，一旦不慎外洩時才易察覺。**天然氣**的主要成分是甲烷和少量乙烷，通常以管線輸送至家庭中使用。石油氣的主要成分是丙烷和丁烷，利用高壓將其壓縮成**液化石油氣**，再以鋼桶或其他容器來運送和儲存。

在探討活動5-1中使用的汽油，是一種以烴類為主的混合物，包含少量氧、氮和硫，因此燃燒汽油時，常會伴隨氮氧化物和硫氧化物等污染物的產生。

圖5-7 石油分餾塔示意圖



## 2 醇

有機化合物中含有  $-OH$  原子團時，稱為醇類。甲醇 ( $CH_3OH$ )、乙醇 ( $C_2H_5OH$ ) 易溶於水，其水溶液呈中性。乙醇俗稱酒精，可作為燃料或溶劑，具有殺菌效果，醫療上當成消毒用品，又以濃度 75% 的乙醇水溶液殺菌效果最佳 (圖 5-8)。部分工業用酒精常伴隨有毒的甲醇 (俗稱木精)，又稱變性酒精；若不慎飲用，可能導致失明、甚至死亡。而在探討活動 5-1 中使用的甘油，為丙三醇 ( $C_3H_5(OH)_3$ )，常用於化妝品中 (圖 5-9)。



▲ 圖 5-8 75% 濃度的乙醇可作為清潔及消毒使用

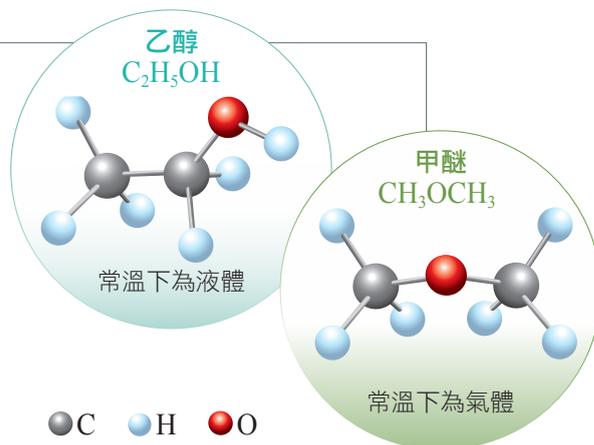


▲ 圖 5-9 丙三醇常添加於化妝品中，作為保溼劑使用

### 補充資料

#### 同分異構物

有機化合物的性質除了和其組成的原子種類、數目有關之外，原子的排列方式亦會造成有機化合物的性質差異，例如：乙醇和甲醚的分子式雖然都是  $C_2H_6O$ ，但因原子的排列方式不同，兩者性質便有很大的差異。





▲ 圖5-10 新衣服可以浸泡含有醋酸成分的白醋，幫助定色

### 3 有機酸

有機化合物中含有 $-COOH$ 原子團時，稱為**有機酸**。甲酸（ $HCOOH$ ）、乙酸（ $CH_3COOH$ ）易溶於水，其水溶液呈弱酸性。甲酸俗稱蟻酸，有刺激性，當我們被螞蟻叮咬時，其分泌物含有蟻酸，會使皮膚紅腫發癢，此時可用弱鹼性的氨水來中和酸性，減緩症狀。乙酸俗稱醋酸，常用來製造藥物及香料，也可幫助衣服定色。此外，生活中的各種食醋也含有少許醋酸（圖5-10、11）。



▲ 圖5-11 生活中常見的醋

## 4 酯

有機化合物中含有  $-\text{COOC}-$  原子團時，稱為**酯類**，讓我們利用下面的探討活動，來了解酯類的製作與特性。

### 探討活動

#### 5-2 酯化反應



1. 甲試管中加入2mL乙醇，並以手搦聞氣味。
2. 乙試管中加入2mL乙酸，並以手搦聞氣味。
3. 將乙試管的乙酸倒入甲試管中，並加入3滴濃硫酸。
4. 將混合溶液的試管放入燒杯中，隔水加熱至60°C，並用玻棒攪拌3~5分鐘。
5. 反應完成後加入5mL的水，觀察液體的變化並以手搦聞氣味，比較反應前後有什麼不同。

#### 想一想

1. 乙醇與乙酸各有什麼樣的氣味呢？
2. 產物加入水後產生了什麼變化？氣味跟反應物是否一樣呢？



活動裝置圖

- 乙醇和乙酸反應生成乙酸乙酯（式5-1），這種有機酸和醇反應產生酯類的過程稱為**酯化反應**，酯化反應的速率很慢，透過升高溫度及加入濃硫酸催化可加快反應。



- 酯類呈中性，難溶於水且密度比水小，故反應後加水於試管中，可使未完全反應的乙酸和乙醇溶於水中，與酯類分離。酯類有特殊的氣味，有些水果和花卉香味便來自於酯類，探討活動5-1中的香蕉油便是帶有香蕉味的酯類；餅乾、果汁和清潔用品也會添加人工合成的酯類，使其帶有香味。

### 隨堂筆記

| 物質  | 種類 | 溶解情形 | 酸鹼性 |
|-----|----|------|-----|
| 汽油  | 烴類 | 難溶於水 | 中性  |
| 甘油  |    |      |     |
| 食醋  |    |      |     |
| 香蕉油 |    |      |     |

## 聚合物與衣料纖維

### 科學 tell me why

參加淨灘活動時，在海灘上撿拾了許多垃圾，其中不乏廢輪胎、鐵鋁罐、寶特瓶和塑膠袋等，該如何處理這些物品呢？



### 1 聚合物

食物中的澱粉和蛋白質等，是由小分子互相結合成大分子的化合物，且含有數千個以上的原子，稱為**聚合物**。這些都是相對巨大的分子，如果沒有經過體內酵素分解成小分子，人體是無法吸收的。

聚合物的種類很多，依照來源可以分為**天然聚合物**和**合成聚合物**。天然聚合物如澱粉、蛋白質、纖維素等；合成聚合物如塑膠、合成橡膠（圖5-12）等，於自然界中難以分解。雖然市面上已出現能被生物分解的環保塑膠產品，但落實資源重覆使用，以降低對環境的影響仍是刻不容緩。

依照結構，可將合成聚合物再區分為鏈狀聚合物以及網狀聚合物。**鏈狀聚合物**是由小分子以長鏈的方式相互連接而成的，加熱時會熔化變形，又稱為**熱塑性聚合物**；而**網狀聚合物**是由小分子以網狀的方式相互結合而成的，加熱時不會熔化變形，又稱為**熱固性聚合物**（圖5-13）。

相關課程，請見 P182



◀ 圖5-12 以回收塑膠製成藝術品





▲ 圖5-13 聚合物的種類

## 2 衣料纖維

衣料纖維多由聚合物加工，拉絲、編織而成，依照來源可以分成**天然纖維**以及**人造纖維**。天然纖維主要可分為**植物纖維**和**動物纖維**，棉、麻等為植物纖維，主要成分5 纖維素，此類織品易吸水、透氣性佳。蠶絲、羊毛等為動物纖維，主要成分是蛋白質，此類織品具有光澤、保暖性佳。

人造纖維可再細分為**再生纖維**與**合成纖維**，再生纖維由植物纖維經化學方法加工後而成，具有光澤且吸水性佳10 的優點，如嫫<sup>2</sup>縈<sup>2</sup>、醋酸纖維。合成纖維也是石化產品，質地輕便、韌性強，如耐綸、聚酯纖維（圖5-14）。



▲ 圖5-14 衣料纖維的種類

近年來研發出高科技的機能性布料，利用添加物或對布料上的孔隙做特殊設計，便具有保暖、抗菌、排汗等效果，例如：除臭襪、排汗衫等。亦有使用回收寶特瓶製成的環保衣料（圖5-15），可以減少對環境的污染。



▲ 圖5-15 寶特瓶回收後，拉成纖維可製成衣料

### ？ 探究提問

觀察衣服標籤上標示的組成成分，與洗滌方式有什麼差異呢？

### 補充資料

#### 塑膠分類回收標誌

| PET         | HDPE         | PVC        | LDPE         | PP         | PS           | OTHER         |
|-------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|---------------|
|             |              |            |              |            |              |               |
| 聚對酞酸<br>乙二酯 | 高密度<br>聚乙烯   | 聚氯乙烯       | 低密度<br>聚乙烯   | 聚丙烯        | 聚苯乙烯         | 其他類           |
|             |              |            |              |            |              |               |
| 寶特瓶         | 沐浴乳罐<br>硬飲料瓶 | 水管<br>絕緣膠帶 | 洗面乳包裝<br>氣泡袋 | 微波容器<br>瓶蓋 | 保麗龍<br>水果保護網 | 牙膏包裝<br>可降解塑膠 |

## 5-4 有機物在生活中的應用

### 科學 tell me why

阿翰吃完粽子後，兩手油膩膩，用清水洗不乾淨。但用肥皂就能夠洗乾淨，為什麼呢？



養成健康飲食，注意清潔的好習慣，能讓人們遠離病菌、活力滿滿。這些能滿足我們生活需求的食品或清潔劑中，常含有各種有機物的成分，本節將介紹食品中的營養成分和常見的清潔劑。

### 1 食品

生物需要進食以維持生命，主要由食品中的醣類、蛋白質、脂肪等營養成分來獲取能量，食品中含有哪些組成成分呢？讓我們來了解看看。

#### 醣類

由碳、氫、氧元素所組合而成，其中氫原子和氧原子的數目比例與水分子相同，常為2：1，所以又被稱為**碳水化合物**，如葡萄糖（ $C_6H_{12}O_6$ ）、蔗糖（ $C_{12}H_{22}O_{11}$ ）。有些**醣類**是由葡萄糖聚合而成的大分子，如澱粉、纖維素。



a 南瓜



b 米



c 蔗糖

#### 蛋白質

主要是由碳、氫、氧、氮和硫所組成，是多種胺基酸分子所組成的聚合物，為構成細胞的主要物質，容易因溫度或酸鹼值而改變其性質。肉類、牛奶和黃豆等食物都含有豐富的**蛋白質**。

d 蛋、豆類、肉類及乳製品



## 理化 In my life



- 1 請同學查一查，還有哪些食品屬於發酵食品呢？食物發酵加工與食物壞掉的差別又是什麼呢？
- 2 在釀葡萄酒時，會先開一下蓋子，關上後再放一陣子，酒才會香，請問是為什麼？

## 脂肪

由碳、氫、氧元素所組成，為脂肪酸和醇酯化而成的小分子化合物。常溫時動物性**脂肪**常呈固態，如奶油、豬油等。而常溫時植物性脂肪常呈液態，如沙拉油、橄欖油等。



e 奶油為動物性脂肪

f 橄欖油為植物性脂肪

## 2 清潔劑

用餐時，不小心將油汙滴在衣物上，通常很難用清水洗淨，但卻可以用肥皂將其去除。接下來，藉由下面的實驗，來了解肥皂的製造及其去汙原理。

### 實驗 5-2 肥皂的製造與性質



**目的** 肥皂如何製造呢？自製肥皂又有哪些性質呢？

#### 器材

- |                 |             |           |
|-----------------|-------------|-----------|
| ① 椰子油10mL       | ⑦ 蒸發皿2個     | ⑬ 三腳架1個   |
| ② 酒精10mL        | ⑧ 250mL燒杯1個 | ⑭ 陶瓷纖維網1個 |
| ③ 8M氫氧化鈉水溶液10mL | ⑨ 50mL量筒1個  | ⑮ 酒精燈1個   |
| ④ 蒸餾水30mL       | ⑩ 10mL量筒1個  | ⑯ 刮勺1支    |
| ⑤ 飽和食鹽水100mL    | ⑪ 試管1支      | ⑰ 手套1副    |
| ⑥ 沙拉油1mL        | ⑫ 玻棒1支      |           |

#### 步驟

- 1** 取椰子油10mL置於蒸發皿，加入10mL酒精，以玻棒均勻攪拌。



- 2** 將蒸發皿加熱，同時慢慢加入氫氧化鈉水溶液10mL，並持續攪拌。



- 3** 直到溶液出現黏稠狀態，再加入20mL蒸餾水，攪拌均勻後，停止加熱。



⚠ 加熱時戴護目鏡並小心操作，避免強鹼濺出。  
⚠ 酒精量不可太少，以免發生氣爆危險。

⚠ 若蒸發皿著火，請用溼抹布蓋上滅火。

- 4** 待蒸發皿內溶液冷卻，倒入100mL的飽和食鹽水中，邊倒邊攪拌。



- 5** 靜置後，將浮於上層的白色固體取出，置於另一個蒸發皿中。



- 6** 以玻璃棒沾取少許蒸發皿中的物質於石蕊試紙上，觀察試紙的顏色變化。



- 7** 取一支試管加入10mL蒸餾水及1mL沙拉油，觀察試管液面。



- 8** 加入一點蒸發皿中的物質，充分搖動後，觀察試管內的變化。



### 問題與討論

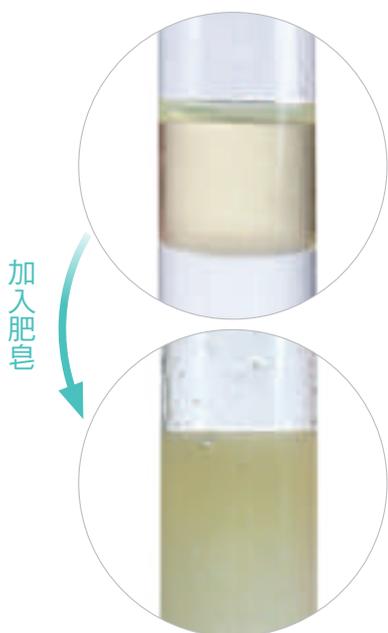
1. 為何將反應後的產物倒入飽和食鹽水後，會有白色固體浮出液面？
2. 步驟 **7** 中沙拉油和水可以互溶嗎？加入白色固體後實驗步驟 **8** 的結果又是如何呢？
3. 依據實驗結果，說明浮起的白色固體性質，並判斷可能為何物？

### ? 探究提問

肥皂是否能夠用來洗滌羊毛製品？

相關實驗重點，請見 P170



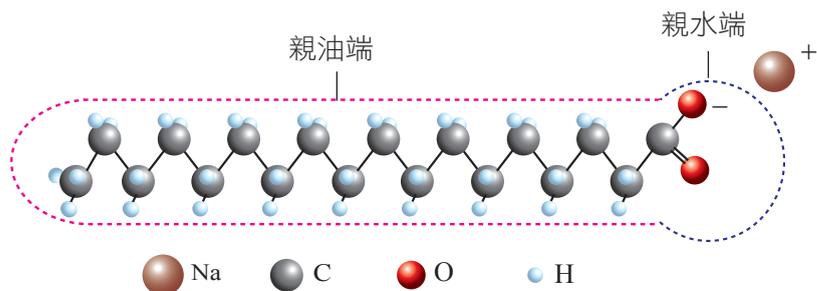


▲ 圖5-16 肥皂能夠使油和水間的分層消失

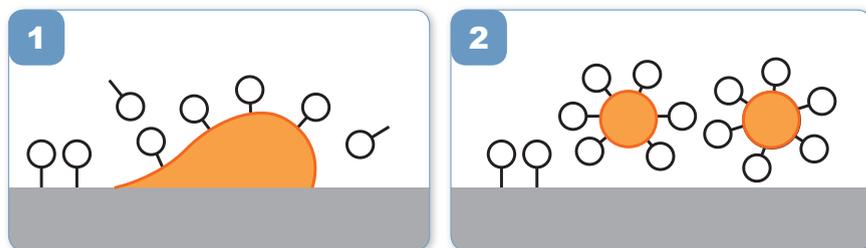
酒精使椰子油和氫氧化鈉溶液能均勻混合，椰子油和氫氧化鈉反應生成肥皂和甘油，這種過程稱為**皂化反應**（式5-2）。由實驗結果得知肥皂不易溶於飽和食鹽水，且密度比鹽水小，故會浮起而與甘油分離。以石蕊試紙  
5 測試後，知道肥皂呈鹼性，把肥皂加入水和油的混合物中，會使油和水  
的分層消失，生成白色的乳狀物質（圖5-16）。



肥皂是一個長鏈的分子，長碳鏈一端為親油端，另一  
10 端為親水端（圖5-17）。洗滌衣物時，肥皂的親油端可以和衣服上的油  
汙結合，並利用親水端將油汙帶入水中，使油汙和衣物分離，達到洗  
淨效果（圖5-18）。而以石化原料所製成的**合成清潔劑**，例如：洗衣粉、  
洗碗精等，也是利用此原理來去除油汙。



▲ 圖5-17 肥皂的分子結構



▲ 圖5-18 肥皂的去汙作用示意圖

- 肥皂和合成清潔劑各有其優缺點，在鈣、鎂離子含量較高的海水中，肥皂容易產生沉澱物，降低洗淨效果，而合成清潔劑的洗淨效果則不受影響。但是有些合成清潔劑在自然界中不易被微生物分解，容易殘留在自然環境造成污染，因此應盡量挑選有環保標章，對環境友善的清潔劑（圖5-19）。

### 隨堂筆記

肥皂和合成清潔劑的比較。

|       | 去汙原理 | 製造原料 | 海水中的洗淨效果 |
|-------|------|------|----------|
| 肥皂    |      |      |          |
| 合成清潔劑 |      |      |          |



▲ 圖5-19 具有環保標章的清潔劑產品對環境較友善

### 例題 5-2

(甲)75%乙醇水溶液比純乙醇消毒效果好；(乙)保鮮膜為網狀聚合物；(丙)硫酸可作為酯化反應的催化劑；(丁)葡萄糖是天然聚合物；(戊)製造肥皂加入酒精可以避免反應過快，使液體濺出蒸發皿。以上有關有機化合物的敘述，哪幾項正確？錯誤的選項，請在下方空白處，寫出正確的敘述。

## 有機化合物的組成

乾餾：物質隔絕空氣加熱分解的過程

前



鋁箔碗中  
的有機物

中

鋁箔



氣體

可燃  
CO  
CH<sub>4</sub>  
H<sub>2</sub>  
不可燃  
CO<sub>2</sub>  
H<sub>2</sub>O

後



液體：焦油、醋酸

蓋上並於漏斗底部包上鋁箔

物質可分為

有機化合物

多數含碳的化合物

無機化合物

不含碳的化合物

+

CO、CO<sub>2</sub>、  
碳酸鹽類、氰化物

## 常見的有機化合物

煙（碳氫化合物）

- 只含碳、氫
- 難溶於水
- 非電解質

氣體



液體



常溫下

含碳數

少

熔點

低

多

高

醇

- 含-OH
- 易溶於水（中性）
- 非電解質

甲醇（木精）  
CH<sub>3</sub>OH



乙醇  
C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH



有機酸

- 含-COOH
- 可溶於水（弱酸）
- 電解質

甲酸（蟻酸）  
HCOOH



乙酸（醋酸）  
CH<sub>3</sub>COOH



酯

- 含-COOC-
- 難溶於水
- 非電解質

• 酯化反應

有機酸+醇  $\xrightarrow[\Delta]{H_2SO_4}$  酯+水

• 具有香味



酯  
+  
水



# 聚合物與衣料纖維

聚合物：由許多小分子單元，重複連結形成數千到數萬個的巨大分子。

天然聚合物：來自生物體

依來源分類

合成聚合物：人造聚合而成



鏈狀（熱塑性）聚合物

依結構分類

網狀（熱固性）聚合物



天然纖維

衣料纖維

人造纖維

植物纖維

動物纖維

合成纖維：石化產品

再生纖維：由植物纖維經化學方法加工



# 有機物在生活中的應用

## 食品

醣類

由C、H、O組成（H：O=2：1）  
纖維素、澱粉、  
蔗糖 $C_{12}H_{22}O_{11}$ 、  
葡萄糖 $C_6H_{12}O_6$



蛋白質

由多種胺基酸聚合  
主要元素：C、H、O、N、S  
易受溫度和酸鹼度改變



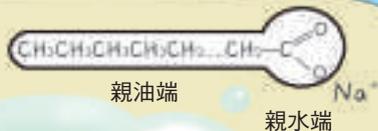
脂質

脂肪酸+甘油酯化而成  
由C、H、O組成  
液體油、固體脂肪



## 清潔劑

去汙原理



肥皂：由油脂經皂化反應製成



- 優 環境友善
- 缺 在海水中，洗滌效果差



合成清潔劑：由石化原料製成

- 優 在海水中不影響洗滌
- 缺 易造成汙染



## 進擊的高分子化合物

高分子化合物一般也稱為聚合物，這概念於西元1920年由施陶丁格所提出，因此西元2020年為高分子化學領域的一百週年。依照來源可分為兩種，天然高分子材料，如澱粉、絲綢和天然橡膠；以及合成高分子材料，如聚乙烯、聚丙烯和鐵氟龍。合成高分子材料在19世紀初發現，到了20、21世紀，由於石化產業的蓬勃發展，使合成高分子材料的發展迅速且廣泛應用。

有趣的是，許多新材料的發現，其實是科學家們實驗中的「意外」。在西元1844年，持續研究橡膠的固特異希望橡膠能耐熱、耐寒、不會變形。某次實驗時，不慎把鉛、硫、橡膠混合物潑灑在小火爐上，觀察到物質性質產生變化；多次實驗後，確認將橡膠加硫、加熱後就能使其具有彈性，這發現使橡膠能作為輪胎使用。

俗稱塑膠王的鐵氟龍，也是因為意外而發現的。西元1938年，羅伊布朗克將四氟乙烯高壓儲存在鐵製容器中，沒想到鐵成為了聚合反應的催化劑，聚合成了聚四氟乙烯，其結構中每兩個碳上下各接了兩個氟物質。這種材料具有抗酸、抗鹼、抗各種有機溶劑與耐高溫的特點，成為了不沾鍋和水管內層的理想塗料。

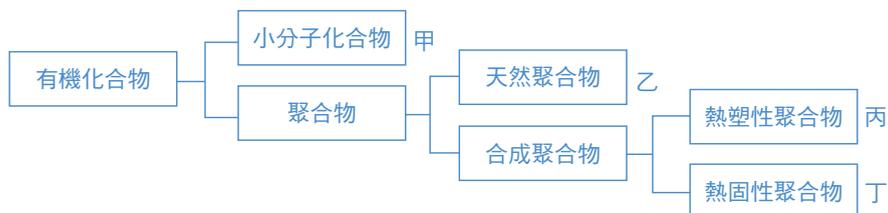
自西元1970年代開始，陸續開發出各式各樣的高分子複合材料，並廣泛應用於建築、汽車、航太、電子等產業。有機太陽能電池與生物感測器的發現，顛覆人們對於高分子物質為絕緣體的印象，將易彎折的塑膠與顯示器、感測器結合，創造了極高的應用價值。

雖然塑膠相當便利，但目前很多人工合成的高分子材料在大自然的環境中並不易分解，造成全球環境保護的一大隱憂。因此如何合成出對環境友善的物質，降低對環境的不良影響，使科學進步與環境保護兩者兼顧，是目前的重要議題。



請同學們依上述內容，回答下列問題：

( ) 1. 根據本章節所學有機化合物分類，天然橡膠屬於下列圖中的哪一類？



(A) 甲

(B) 乙

(C) 丙

(D) 丁

( ) 2. 常作為不沾鍋表層塗料的鐵氟龍，其單體的分子式可能為下列何者？

(A)  $C_2H_2F_2$

(B)  $C_2HF_3$

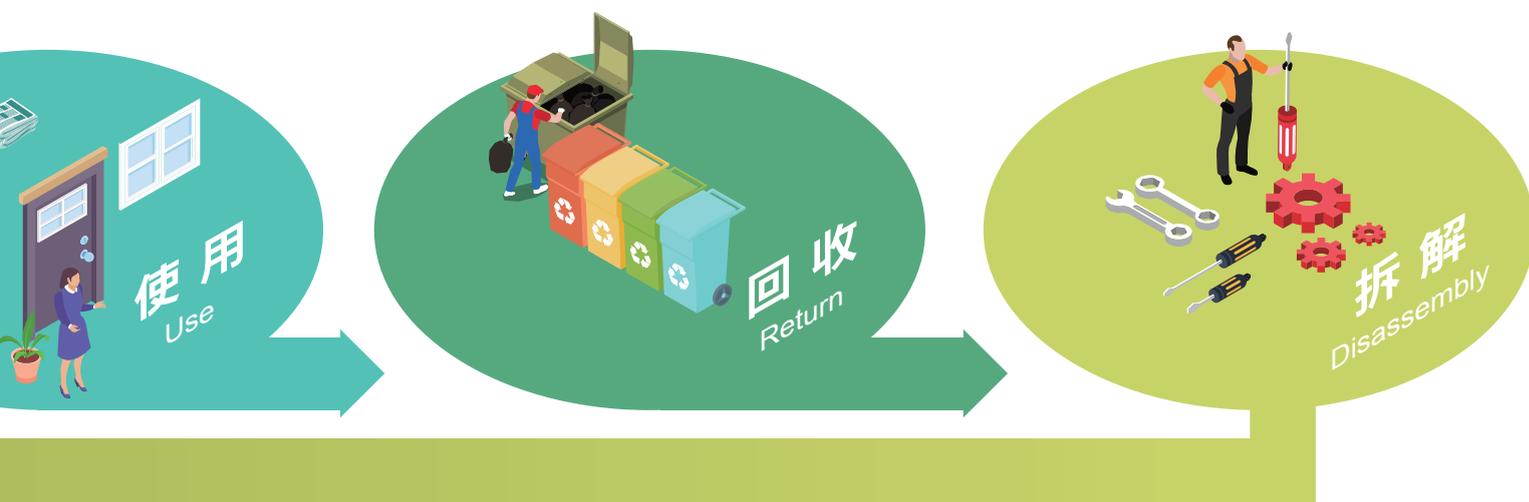
(C)  $C_2H_2F_4$

(D)  $C_2F_4$

3. 愈來愈多樣的聚合物廣泛運用生活中，請想像或根據現有的調查報告，寫出一種循環運用模式，能降低高分子產品對環境的不良影響。

.....

.....



# 6 力與壓力

## 6-1 力與平衡

## 6-2 摩擦力

## 6-3 壓力

## 6-4 浮力

阿翰說自己「力大無窮」什麼都能搬得動；琳琳說她費了「九牛二虎之力」才把書搬上樓，藉由這樣的語句，你認為誰的力氣大呢？力存在於我們的身邊，雖然摸不到也看不見，但藉由力作用所產生的現象，我們便可以描述力。

**探究提問** 校外教學時，阿翰看到表面用「人工草皮」、「不鏽鋼」和「木板」三種不同材質所製成的溜滑梯，若要比賽誰溜得比較快，阿翰該溜哪一道、該穿著怎樣的褲子？為什麼呢？





好可怕，我不要再玩了

## 6-1 力與平衡

### 科學 tell me why

拔河比賽時，雙方僵持不下，阿翰用盡全力，也無法拉動繩子，這是為什麼呢？

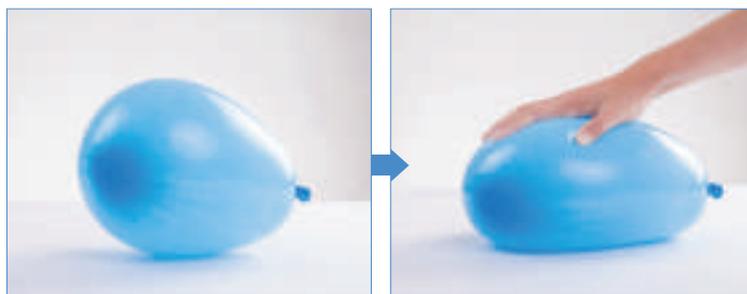


### 1 力的效應

透過觀察物體受力後的現象，可以察覺到力的存在，這些現象稱為**力的效應**。力的效應分為形狀改變與運動狀態改變。

#### 形狀改變

用手施力擠壓氣球，氣球的形狀改變，代表手有對氣球施力。



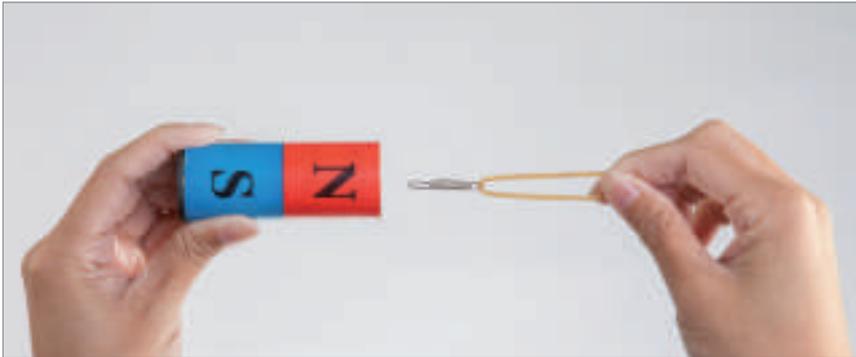
#### 運動狀態改變

投手投球，棒球從手中快速飛出，運動狀態由靜止到移動，代表手有對棒球施力。



## 2 力的形式

力在作用時，我們可以根據施力者是否必須與物體接觸，將力分為**接觸力**與**超距力**（圖6-1）。



▲ 圖6-1 磁鐵吸引迴紋針不需要接觸，而橡皮筋拉住迴紋針需要接觸

需要與物體接觸才能作用的力，稱為**接觸力**，例如：

- 5 推動桌子的推力、拉長橡皮筋的拉力、鞋底與地板的摩擦力及游泳時所受到的浮力。不需與物體接觸就能作用的力，稱為**超距力**，例如：摩擦後的氣球吸引小紙片的靜電力、使蘋果往下掉落的重力及磁鐵將迴紋針吸起的磁力。

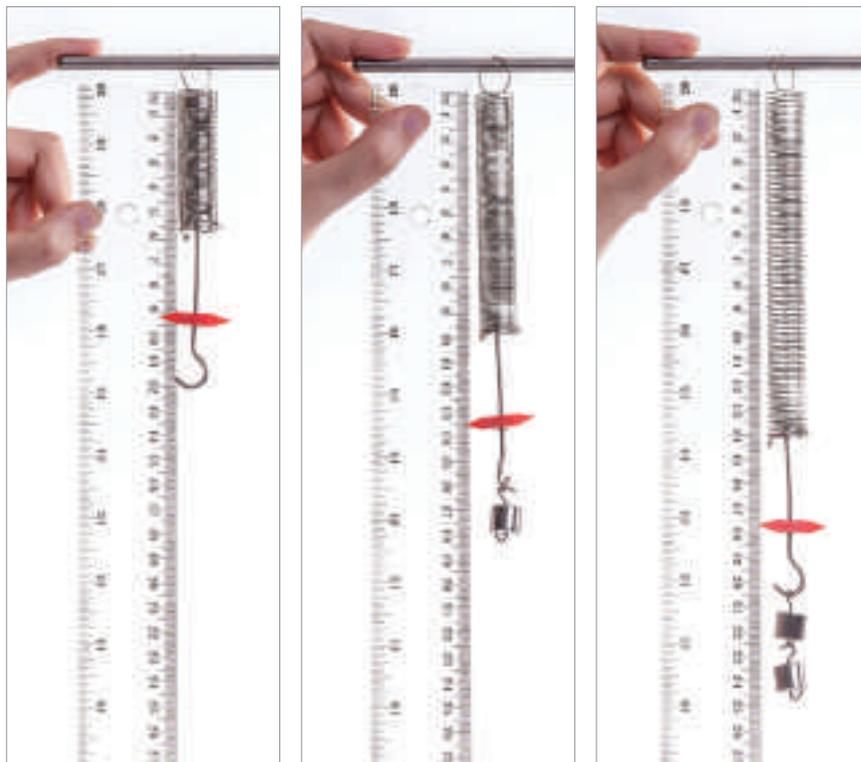
### 例題 6-1

下列生活現象中，若造成現象的作用力為超距力，在前方空格中填入「○」。

- 【    】 丟出飛盤
- 【    】 磁針的指針指向北方
- 【    】 拉動桌椅
- 【    】 滾動的球緩緩停下
- 【    】 沒拿穩的燒杯向下掉落
- 【    】 燒杯摔破
- 【    】 摩擦後的墊板使頭髮豎起
- 【    】 船在水上航行

### 3 力的測量

物體若發生形狀或運動狀態改變的現象，代表有受力，而從物體形狀的改變量可以得知受力的大小。彈簧是一種具有彈性、受力後長度會明顯改變，且改變量有規律性改變的物體（圖6-2），利用此特性，可以將彈簧製成彈簧秤來測量力的大小。



▲ 圖6-2 一定限度內，掛上的砝碼數量愈多，彈簧拉伸的長度愈長

#### ？ 探究提問

已知在月球表面所受的重力約是地球的六分之一，在地球上12公克的砝碼，在月球上的質量與重量分別是多少呢？

地球與月球的重力不同，使用彈簧秤測量同一顆砝碼重量時，結果會有差異嗎？

### 4 力的單位

具有質量的物體在地球附近時，會受到一股指向地心的作用力，質量愈大的物體，所受到的作用力愈大，此作用力稱為物體的**重量**或所受的**重力**。我們常使用**公斤重**（kgw）或**公克重**（gw）作為力的單位，質量1公克的物體所受到的重力為1公克重，質量1公斤的物體所受到的重力為1公斤重。

## 5 力的圖示

在描述力如何作用時，需包含力的大小、方向與作用點，我們可以運用箭號「→」表示作用方向、線段長度「┆┆┆」代表力的大小、以實心點「•」表示力的作用點。若對一作用點施以向右200公克重的力，並以1公分的線段長度代表50公克重，所畫出的力圖如圖6-3。

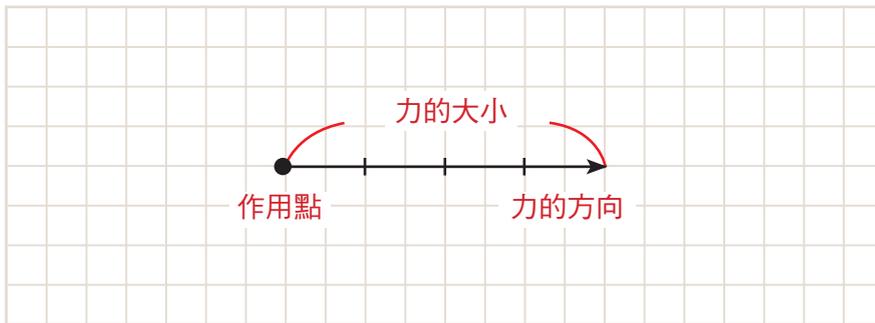


圖6-3 使用力圖表示向右施200公克重的力

### 探究提問

請在圖6-3的方格紙上，畫出一向左施150公克重的力。

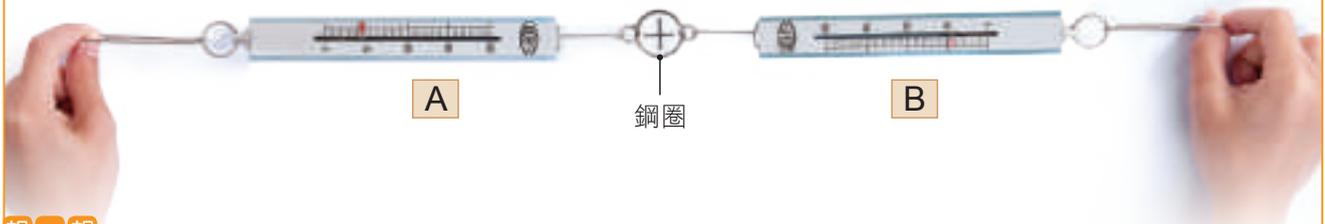
## 6 力的平衡

### 探討活動

#### 6-1 力的平衡



- 將鋼圈放在紙上，取A、B兩個彈簧秤勾住鋼圈的左右兩側，在鋼圈的中心畫上十字記號。
- 雙手同時拉A、B兩彈簧秤，調整兩側的施力，使鋼圈維持在十字記號的範圍。



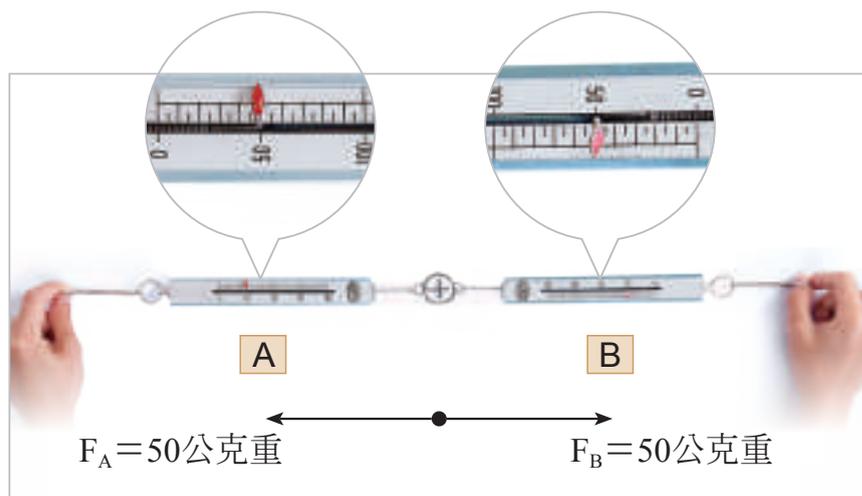
### 想一想

- 平衡後，當增加左手的施力時，右手應該如何因應，才能將鋼圈維持在原本的位置呢？

.....

.....

從探討活動6-1中可以發現，當左右兩彈簧的讀數相同，鋼圈會維持靜止不動，我們可用圖6-4來說明 $F_A = F_B$ 。若左手的施力增加到 $50\text{gw}$ ，右手也需要增加施力到 $50\text{gw}$ ，才能使鋼圈保持在原本的位置。

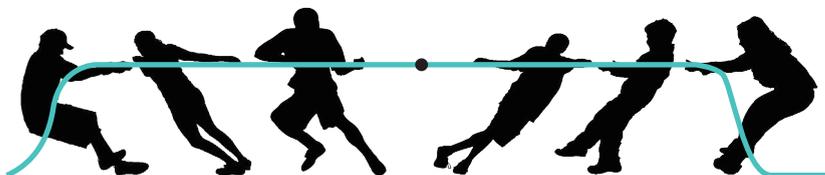


▲ 圖6-4 向左的力要與向右的力相等，才會使鋼圈靜止不動

- 5 當我們在靜止的鋼圈上同時施加大小相等、方向相反且沿著同一直線作用的兩力，可以發現鋼圈仍然保持靜止的狀態，稱此兩力互為平衡力，鋼圈處於**力平衡**狀態。

### 例題 6-2

下圖為一拔河比賽的示意圖，請回答下列問題。



- (1) 若右邊隊伍施 $20\text{公斤重}$ 的力向右拉動繩子，請將力圖繪製於圖中。
- (2) 承上題，若繩子不動，請畫出左隊對繩子的作用力圖。

## 7 力的合成

- 由例題6-2可發現，當同時有兩個以上的力作用在同一個物體上時，這些力合起來的作用效果，可以相當於一個力作用產生的效果，此力就稱為這些力的**合力**。例如：兩個人出力抬起一張桌子，力氣大的人一個人就可以抬起一張桌子，因此力氣大的人抬起桌子所出的力，等於兩個人一起抬起桌子的合力。

### 方向相同的合力

若同時作用於同一物體的兩力，方向相同，則合力等於兩力相加，方向指向它們的共同方向。

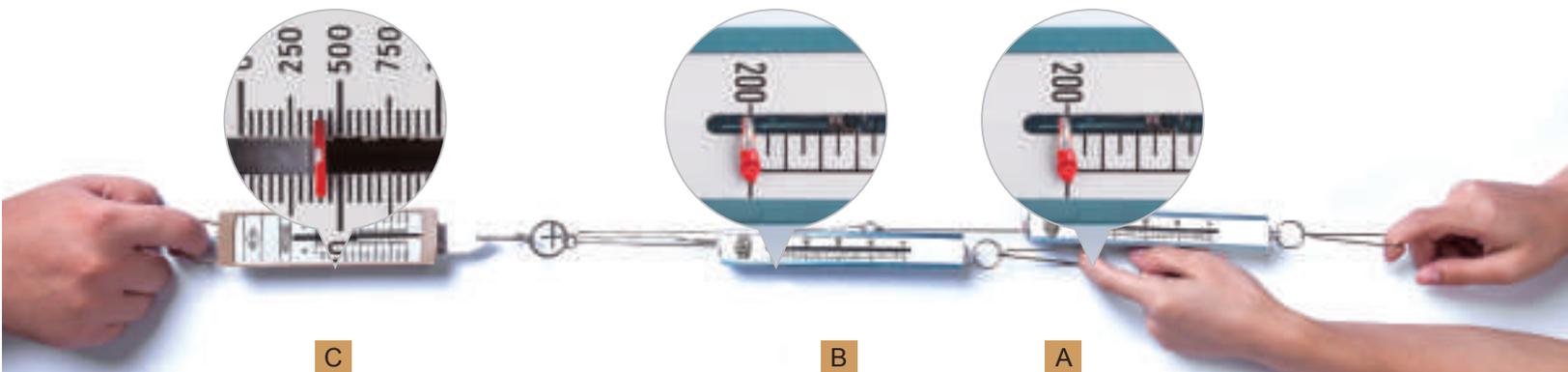


### 方向相反的合力

若同時作用於同一物體的兩力，方向相反，則合力等於兩力相減，方向沿著力較大的方向。



如圖6-5所示，鋼圈兩側以彈簧秤勾住，施於彈簧秤A與B的合力等於施於彈簧秤C的力，因此整體合力為零，達到力平衡的狀態。



▲ 圖6-5 向左施的力與兩個向右施的力加起來相同

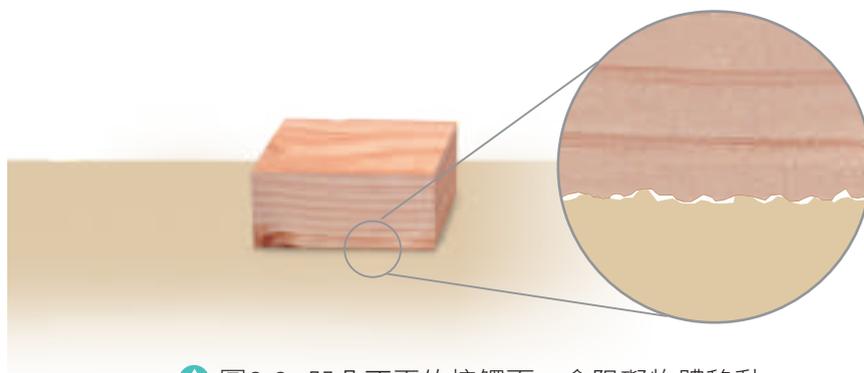
## 6-2 摩擦力

### 科學 tell me why

阿翰看到滑冰比賽的選手在冰上高速的旋轉，但他在房間裡嘗試的時候卻大失敗，請問阿翰為什麼轉不動呢？



**摩擦力**為存在於兩物體的接觸面，阻止物體運動的力，從微觀的角度來看，多數物體表面都不是平整光滑的（圖6-6），當物體在運動的時候，就會阻礙物體運動，使物體變慢或者是停下來。影響摩擦力的因素有哪些呢？我們可以透過下面的實驗來了解。



▲ 圖6-6 凹凸不平的接觸面，會阻礙物體移動

### 實驗 6-1 影響摩擦力的因素



#### 目的

物體與接觸面之間的摩擦力，受到哪些因素的影響呢？

#### 器材

- ① 彈簧秤1個
- ② 50g、100g的砝碼各1個
- ③ 有掛勾的木塊1個
- ④ 砂紙1張
- ⑤ 待測物1組（玻璃板1片、泡棉1片、透明軟桌墊1張）

## 步驟

### 一、摩擦力與物體重量的關係

- 1** 取一有掛勾的木塊，平放在桌面上，使用彈簧秤輕拉木塊，慢慢增加拉力，觀察木塊被拉動瞬間，彈簧秤的讀數變化。持續施力，記錄木塊移動時的讀數，再重複進行2次，記錄讀數並求平均值。



- 2** 在木塊上分別放上50g、100g的砝碼，重複步驟**1**。



- 3** 將放置不同重量的砝碼時，拉動木塊所需的拉力大小，繪製成圖表。

### 二、摩擦力與接觸面性質的關係

- 1** 將木塊改置於砂紙上，使用彈簧秤輕拉木塊，記錄木塊開始移動的讀數大小，再重複進行2次，記錄讀數並求平均值。



- 2** 將木塊改置於其他待測物上，重複步驟**1**。



## 問題與討論

1. 在實驗一中，木塊放上砝碼的重量，對摩擦力的大小有什麼影響？
2. 在實驗一中，木塊被拉動前，彈簧秤讀數是如何變化？
3. 在實驗二中，接觸面性質的改變，對木塊的摩擦力有什麼影響？

## ? 探究提問

若要討論接觸面積大小與摩擦力的關係，該如何設計實驗呢？

相關實驗重點，請見 P171



## 1 靜摩擦力與動摩擦力

由實驗6-1的結果，我們可以依照物體的運動狀態分為下面兩個階段。

### 物體靜止

1 木塊被拉動前，木塊所受的合力為零。

2 木塊與接觸面之間的摩擦力，與施加的拉力達成平衡，稱為**靜摩擦力**。施加的外力與靜摩擦力大小相等，方向相反，此時木塊保持靜止的狀態。

3 當施加的拉力增加到某一大小時，木塊將開始移動，在木塊移動瞬間所克服的摩擦力稱為**最大靜摩擦力**。



圖6-7 物體靜止時的受力圖

### 物體移動

4 木塊被拉動後，在沒有拉力的作用下，木塊會逐漸停下來，代表在運動中的木塊，仍然受到摩擦力的作用，稱為**動摩擦力**，與木塊運動的方向相反。科學家發現，動摩擦力為一定值，比最大靜摩擦力小，且不受拉力大小、運動快慢等因素影響。

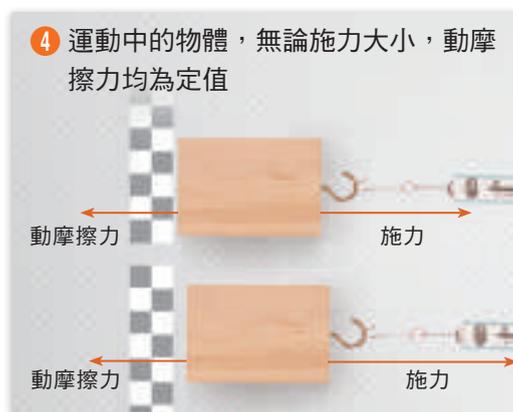
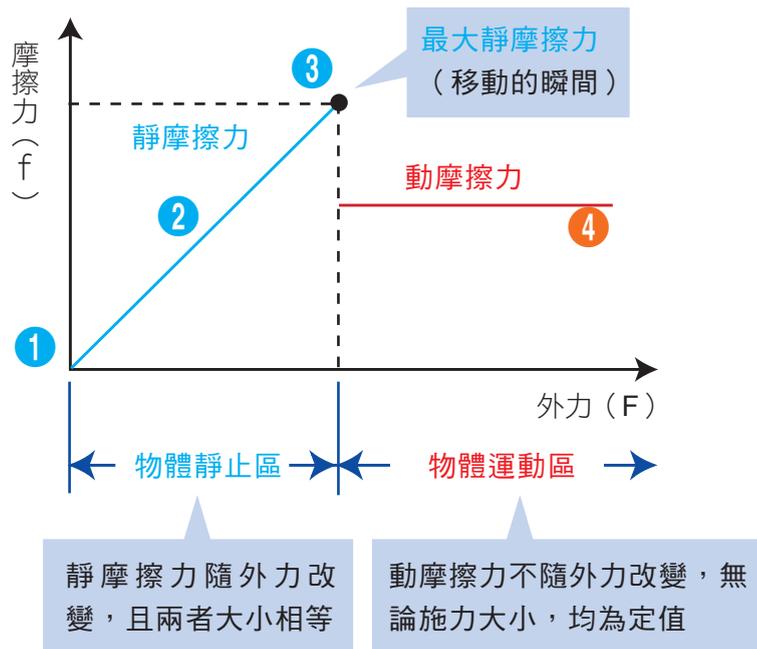


圖6-8 物體移動時的受力圖

依照上述觀念，我們可以將外力（ $F$ ）與摩擦力（ $f$ ）畫成圖6-9的關係圖。



▲ 圖6-9 外力與摩擦力關係圖

在實驗6-1中我們發現影響木塊最大靜摩擦力與動摩擦力大小的因素有兩個：

### I 物體的重量

木塊上放置砝碼愈多，拉動木塊所需克服的最大靜摩擦力與動摩擦力也隨之增加。

### II 接觸面性質

木塊放在不同性質的接觸面上時，拉動木塊的最大靜摩擦力與動摩擦力均不同。接觸面間愈光滑，所需施加的拉力愈小，代表接觸面性質會影響最大靜摩擦力與動摩擦力的大小。

如果要推動長形紙箱，直立著推還是躺平著推會比較省力呢？其實相同的物體與接觸面，即使接觸面積不同，也不會影響最大靜摩擦力及動摩擦力的大小（圖6-10）。

### 探究提問

若是這個世界上沒有摩擦力的話，會發生什麼事？又會對生活產生什麼影響呢？

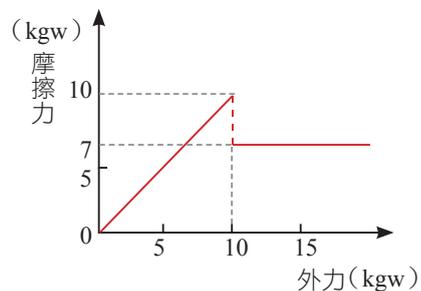


圖6-10 不論使用木塊的任一面測量，最大靜摩擦力大小皆不改變

### 例題 6-3

附圖為某物體所受外力與摩擦力之關係圖，請問：

- (1) 當外力為6kgw時，物體處於什麼狀態？
- (2) 欲將物體推動，至少需施多少外力？
- (3) 若物體處於運動狀態，使用10kgw的力推動物體，物體所受的合力大小為多少？



## 2 摩擦力的應用

走在有積水的地面，或是不小心踩到香蕉皮，為什麼會容易摔跤呢？人走路時，腳會向後施力，地面給予人的摩擦力與施力方向相反，而使人往前走，當此摩擦力不  
5 夠時，就容易滑倒。汽車在行駛的時候，轉動的車輪與地面之間會產生摩擦力；若是沒有摩擦力的存在，車輪就會在原地打轉，就像在結冰地面上空轉的車輪一樣。因此在鞋底與輪胎的表面，都會有凹陷的紋路，用來增加摩擦力（圖6-11），以免發生危險。

10 當機械在作用時，摩擦力的存在會降低機械運轉的效率，因此在運作過程中，我們常會希望減少摩擦力，如在機械轉動的地方添加潤滑油（圖6-12），改變接觸面的性質，可使機械轉動得更順暢。此外，若將櫃子下方增加輪子，以滾動代替滑動，可輕鬆推動櫃子（圖6-13）；若將  
15 輪子鎖住，便難以推動櫃子。而推動櫃子前，先將擺放在上面的物品取下，減少重量，也可以更容易推動櫃子。



▲ 圖6-11 鞋底的紋路可以增加鞋子與地面的摩擦力



▲ 圖6-12 腳踏車的鏈條添加潤滑油，可以減少機械零件的摩擦



▲ 圖6-13 櫃子下方加裝輪子，可以減少與地面的摩擦力

## 6-3 壓力

### 科學 tell me why

在喝手搖杯飲料時，如果杯膜與吸管緊密貼合的話，吸入飲料時，杯子會凹陷變形，為何會有這種情況發生呢？



### 1 壓力

炎炎夏日裡，常想喝一杯清涼的珍珠奶茶來消暑，但為什麼吸管的一端要削尖才能順利刺穿杯口的膠膜呢？如果使用平頭的一端，往往不容易刺穿且會造成吸管彎曲變形。是什麼原因造成這樣的差異呢？

#### 探討活動

#### 6-2 影響壓力的因素



1. 將兩個相同的寶特瓶裝滿水。
2. 一瓶正立，另一瓶倒立，放在相同的海綿墊上。
3. 將其中一瓶的水倒掉一半，兩瓶都正立放在海綿墊上。



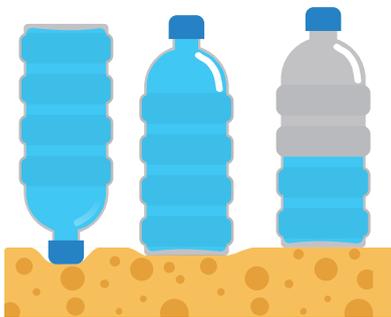
#### 想一想

1. 步驟 2. 中，可以觀察到兩塊海綿墊的狀態有何不同？

.....

2. 步驟 3. 中，可以觀察到兩塊海綿墊的狀態有何不同？

.....



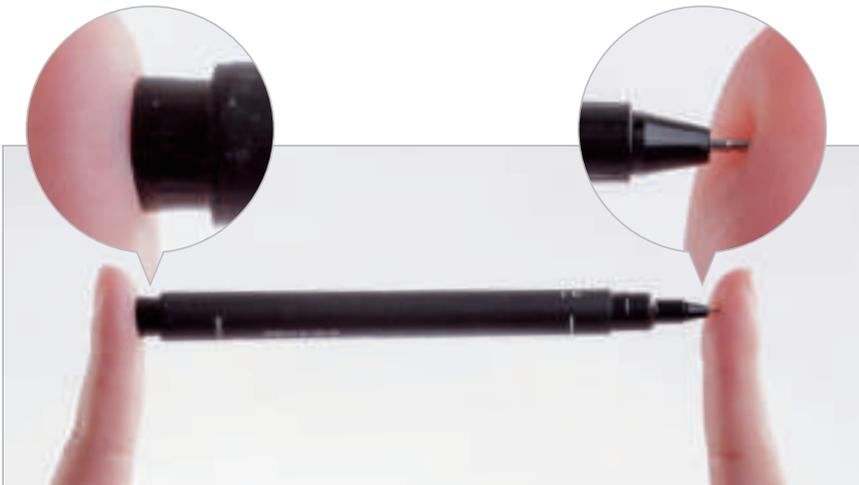
▲ 圖6-14 海綿受力面積愈小，凹陷愈深；物體重量愈輕，凹陷愈淺

探討活動6-2中，可以觀察到裝滿水的寶特瓶放置於海綿墊上，倒立的寶特瓶造成海綿凹陷較多，可知寶特瓶向下作用力相同時，受力面積變小，海綿凹陷較多。而裝滿水的寶特瓶造成海綿凹陷程度比半滿水的寶特瓶明顯，可知受力面積相同時，寶特瓶向下作用力大，海綿凹陷較多（圖6-14）。

從海綿墊凹陷的變化來看，海綿受壓迫的程度與所受向下作用力和受力面積有關，我們將作用力與受力面積的比值稱為**壓力**（式6-2）。

$$\text{壓力 ( P )} = \frac{\text{垂直作用面的力 ( F )}}{\text{受力面積 ( A )}} \quad (\text{式6-2})$$

5 使用兩隻手指分別抵住筆的兩端，可以看見觸碰筆尖端的手指凹陷較深，且感覺較為疼痛，筆尾端的手指凹陷較淺，則不會感到疼痛（圖6-15）。筆沒有移動代表兩隻手指施力相同達到力平衡，但是手指卻會產生不同的凹陷程度，可知壓力和力是兩種不同的物理量。



▲ 圖6-15 抵住筆尖端的手指因受力面積小會較凹陷，所受壓力較大

#### 例題 6-4

以不同的姿勢a與b維持靜止不動，腳掌對地面的作用力大小分別為 $F_a$ 、 $F_b$ ，對地面的壓力大小分別為 $P_a$ 、 $P_b$ ，請問作用力間與壓力間的大小關係為何？



以相同的施力使吸管的尖端作用在飲料杯的薄膜上，可以產生較大的壓力，便容易刺穿薄膜，順利的喝到飲料。我們可以透過減少受力面積的大小，即便是施很小的作用力，也可以得到很大的壓力，例如：圖釘的尖端可以刺入木板（圖6-16a）、注射針頭可以刺穿皮膚（圖6-16b）、銳利的刀鋒可以輕鬆切開紙張（圖6-16c）。

同樣的，我們也可以增加受力面積，減少產生的壓力，例如：以履帶包覆輪子，可使車輛在沙地或雪地中行駛（圖6-17a），或是穿著底面積大的雪板，可以在雪地上輕鬆地滑行（圖6-17b）。



▲ 圖6-16 減少受力面積來增加壓力



▲ 圖6-17 增加受力面積來減少壓力

## 2 液體壓力

我們在泳池中往下潛的時候，身體會感覺到有一股壓迫感，潛得愈深，這股壓迫感就會愈明顯。

- 5 液體的重量會造成向下的作用力，愈深的地方，上方液體對下方的液體或容器底部造成壓力也愈大。因此在海中潛水時，需要穿戴特殊的潛水服裝才能夠潛入深海（圖6-18）；
- 10 潛水艇的外觀也得經過特殊設計，才能在深海中航行。

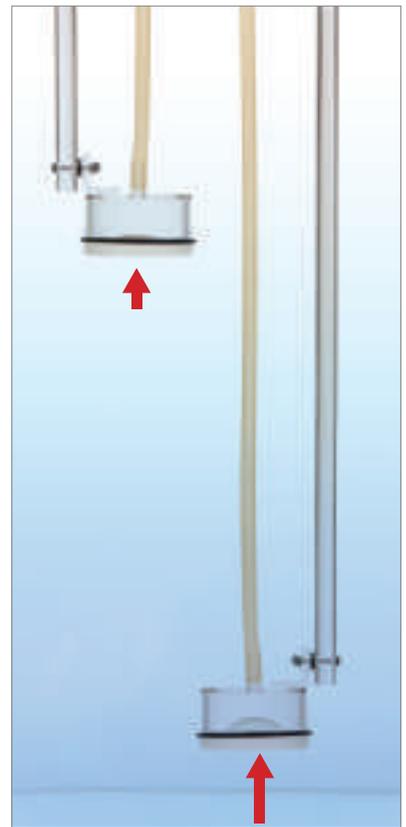


▲ 圖6-18 特殊潛水服

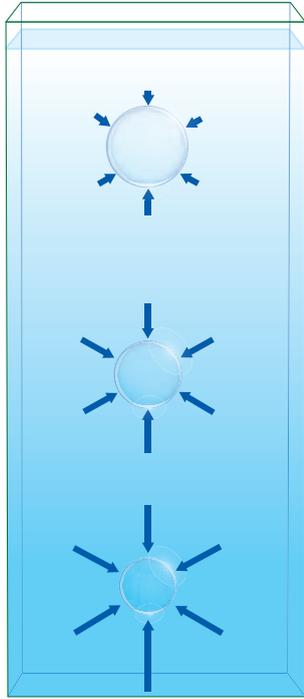
- 圖6-19的儀器稱為水壓觀測器，觀測器前方為橡皮薄膜，將觀測器放入水中後，可以看到薄膜向內凹陷，代表水中有力作用於薄膜上，薄膜單位面積上所承受的力，稱為水的壓力或**水壓**。愈往深處，薄膜被壓縮得更凹陷，代表此時水壓增加，事實上水壓大小與深度成正比關係。在同一深度時，不論薄膜轉向任何方向，凹陷的程度均保持不變，代表水壓大小相同，且沒有特定的方向性（圖6-20）。



▲ 圖6-20 在水中同樣深度，不論橡皮膜朝向何方，凹陷程度均相同



▲ 圖6-19 在水中不同深度，橡皮膜凹陷程度也不同



▲ 圖6-21 氣泡愈往上浮，體積因為壓力減小的關係會逐漸變大

觀察小氣泡自水底深處上浮，一開始氣泡較小；而在上浮過程中，氣泡的體積會逐漸增大。於深處時，氣泡受到來自四面八方的水壓，均與氣泡表面垂直，被壓縮的效果明顯；上浮時，外界的水壓減小，氣泡的體積便會增大<sup>5</sup>（圖6-21）。

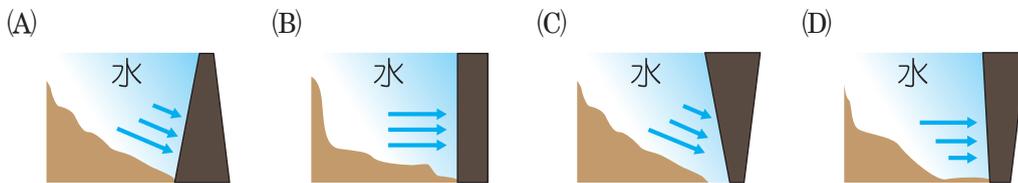
水壩或河堤會將底部設計得較厚，也是為了抵抗深水處的強大水壓，以免因水壓過大而導致潰壩（圖6-22）。



▲ 圖6-22 水壩結構與示意圖

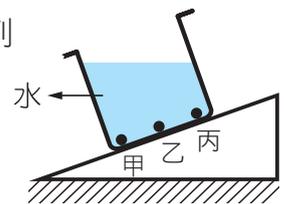
例題 6-5

1. 如果你是一位土木工程師，要設計一座水壩時，下列四種水壩剖面圖，何者較恰當？



2. 附圖中甲、乙、丙三點所受的水壓依序以 $P_{甲}$ 、 $P_{乙}$ 、 $P_{丙}$ 表示，則下列何者正確？

- (A)  $P_{甲} > P_{乙} > P_{丙}$
- (B)  $P_{甲} = P_{乙} = P_{丙}$
- (C)  $P_{甲} < P_{乙} < P_{丙}$
- (D)  $P_{甲} > P_{丙} > P_{乙}$



## 連通管原理

我們取管徑粗細不同的連通管，從任何一管上方倒入液體，當液體靜止時，各管的液面都維持在同一個水平面上（圖6-23），這種現象稱為**連通管原理**。這是由於水壓與深度成正比，液體會在這些管中流動，直到各管柱中水到達同一水平面時，底部水壓相等液體才會靜止，此現象不受管柱的大小、粗細及形狀影響。



▲ 圖6-23 不論容器形狀大小，平衡時液面都同高

其他像是水壺的壺嘴較壺身略高，以免水溢出（圖6-24）、自來水廠將蓄水池設在高處以利輸水、水槽下方設計彎管防止臭氣等，都是連通管原理的運用。



▲ 圖6-24 茶壺壺嘴須高於壺身，否則茶會流出來

### ？ 探究提問

想想看生活中還有哪些事物運用了連通管原理呢？

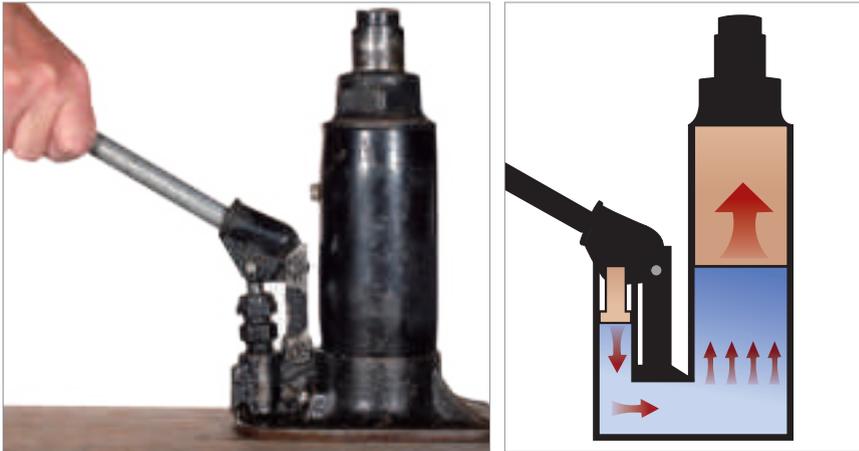
## 帕斯卡原理

若靜止液體受到外界施予壓力會如何呢？使用橡皮管連接大小兩個充滿水的注射針筒，將針筒的活塞朝上，調整兩針筒內的水面，使其等高。在小針筒活塞上放置砝碼，可看到小針筒的水面下降，而大針筒的水面上升（圖6-25），代表液體受到外界施予壓力時，會將此壓力傳遞出去。法國科學家帕斯卡（Blaise Pascal，1623～1662）發現，當外在壓力作用在密閉容器內的液體時，此壓力會以相同大小傳遞到液體內的任何一處，以及容器的器壁上。



▲ 圖6-25 小針筒活塞上放置砝碼後，可看到小注射筒水面下降，而大針筒水面上升

小針筒的活塞受力，產生的壓力經液體傳遞到大針筒的活塞上，由於大針筒的活塞面積大，可以產生較大的上推力，像是汽車的油壓煞車器、千斤頂（圖6-26）、液壓起重機等，都是利用此原理設計的機械。



▲ 圖6-26 千斤頂是利用帕斯卡原理來撐起重物

### 例題 6-6

有一盛裝液體的容器如圖所示，此容器有大小兩個活塞，若想要花較小的力量舉起較重的物體，則該把重物放在哪邊呢？



## 5 3 大氣壓力

氣象報告常可看到熱帶性低氣壓、高氣壓等名詞，氣體的壓力有多大，氣壓又會對我們的生活有什麼影響呢？

### 探討活動

#### 6-3 薄塑膠板杯蓋



1. 取一裝滿水的玻璃杯，杯口用一片薄塑膠板覆蓋。
2. 以手輕按薄塑膠板並將杯子倒轉成杯口朝下，並把手移開。

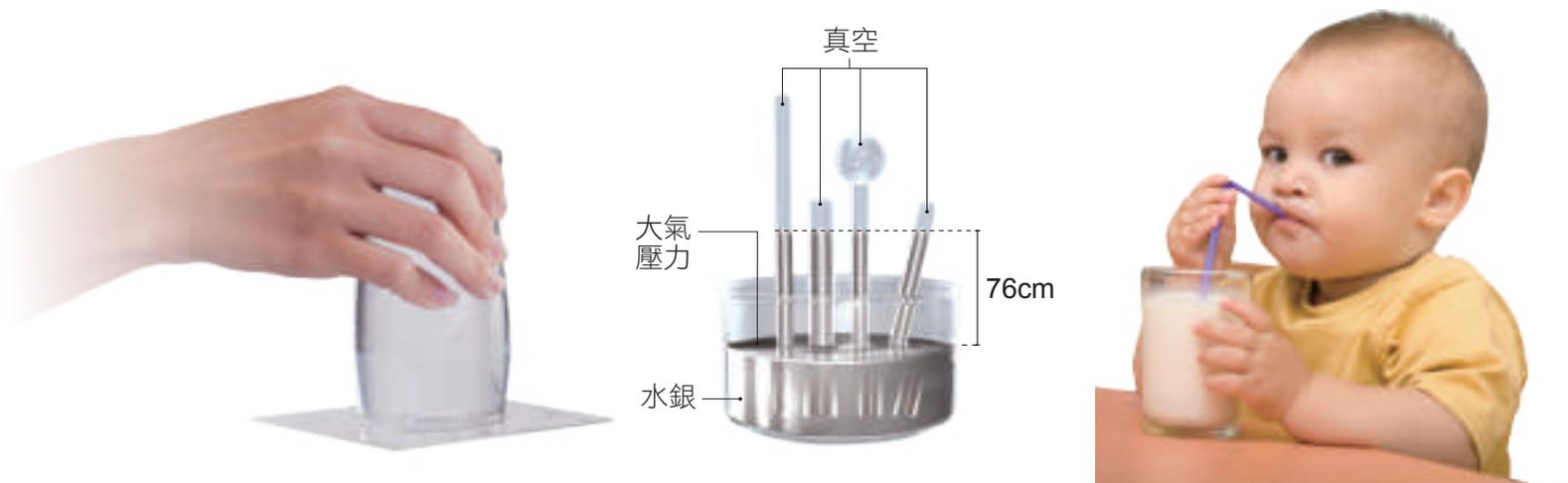
### 想一想

1. 將杯子倒轉後，可以觀察到什麼現象？



在探討活動6-3中，覆蓋薄塑膠板的水杯，即使杯口朝下，水也不會流出（圖6-27），正是因為有大氣壓力。大氣壓力是由大氣層中空氣的重量造成的，義大利科學家托里切利（Evangelista Torricelli，1608～1647）在西元1643年首次測量出大氣壓力，但隨時間地點不同，大氣壓力也會改變，我們將在緯度45°、溫度0°C的海平面上，可以支撐起76公分高水銀柱的大氣壓力，定義為標準氣壓，稱為**一大氣壓（atm）**（圖6-28），相當於每平方公分上承受約1公斤重的垂直力。

一般使用的吸盤，是藉由大氣壓力的作用，使吸盤與物體表面緊密貼合，其他如馬桶疏通器、吸塵器、吸管喝飲料（圖6-29），也都是應用了大氣壓力的生活用品。

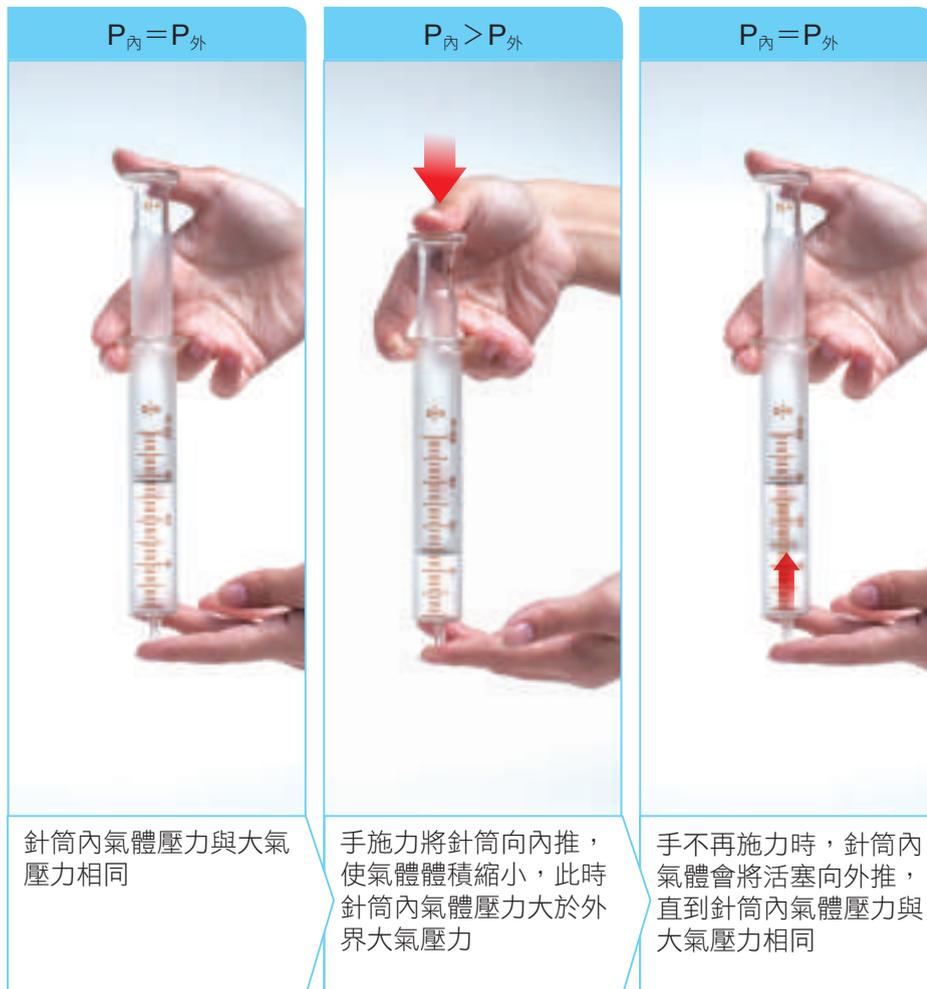


▲ 圖6-27 覆蓋薄塑膠板的滿水玻璃杯，翻轉後薄塑膠板亦不會掉落

▲ 圖6-28 一大氣壓為76公分水銀柱

▲ 圖6-29 吸管能吸起飲料，是靠大氣壓力將飲料壓進嘴中

若將針筒前端開口用手封住，再將推桿向內推，放手後可看到推桿自動回復原位置（圖6-30）。這是因為如封口針筒這類密閉容器內的氣體，在定溫及定量氣體的情況下，若體積增大則內部壓力減小，體積縮小則內部壓力增加。推桿向內推減少內部體積，使內部壓力大於大氣壓力而將推桿推回；推桿向外拉時情況則相反，針筒內部壓力會小於大氣壓力，外部較大的大氣壓力會將推桿推回。人類的呼吸運動也是利用相同的機制使氣體順利地進出肺部，達到交換氣體的效果。



▲ 圖6-30 改變針筒內空氣的體積，氣體壓力也會隨之改變

## 6-4 浮力

### 科學 tell me why

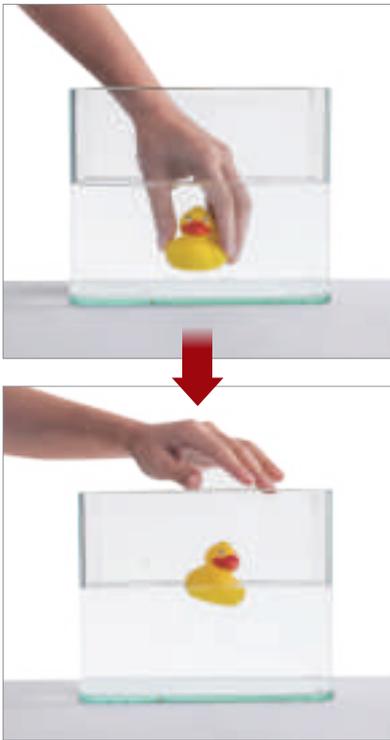
人體的密度略小於海水，因此在海水中，要以什麼姿勢漂浮才比較容易呼吸到空氣呢？



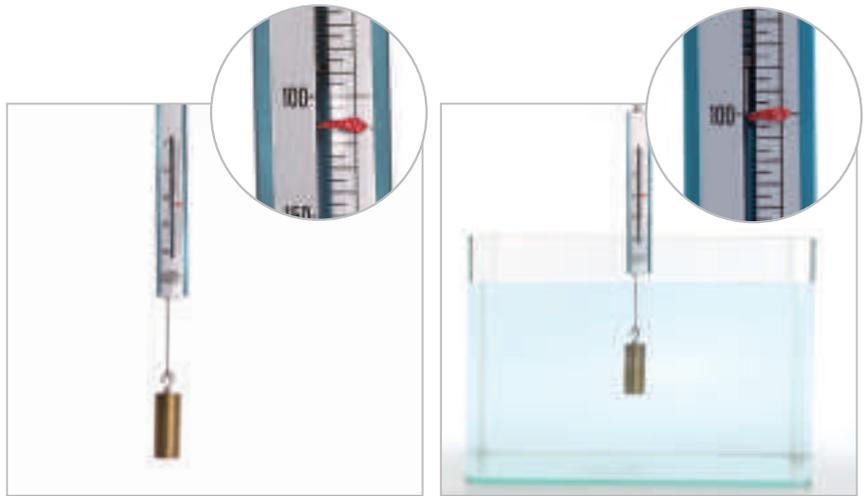
### 1 浮力

洗澡用的黃色小鴨，可以輕易的浮在水面上，得用手向下壓，才能將小鴨浸入水中；放手後，小鴨又會浮出水面（圖6-31）。當我們將小鴨壓入水中的時候，可以感受到有一股向上的力，這種力稱為**浮力**。

將一金屬塊掛在彈簧秤下端，當金屬塊沒入水中時，浮力支撐住部分重量，使彈簧秤讀數減少。浮力就是物體在水中所減輕的重量（圖6-32），此關係可用式6-3表示。



▲ 圖6-31 小鴨受浮力浮回水面



▲ 圖6-32 將金屬塊掛在彈簧秤下方，放入水中後讀數會變小

$$\begin{aligned}
 \text{浮力 (B)} &= \text{物體在水中所受向上的力} \\
 &= \text{物體在空氣中的重量 (} W_{\text{空氣中}} \text{)} - \text{物體在水中的重量 (} W_{\text{水中}} \text{)} \quad (\text{式6-3}) \\
 &= \text{物體在水中所減輕的重量}
 \end{aligned}$$

## 實驗 6-2 浮力的大小



**目的** 物體在水中所受浮力大小，與其排開的水量有何關係？

**器材** ① 彈簧秤1個 ② 金屬塊1個 ③ 木塊1個 ④ 100mL量筒1個 ⑤ 蒸餾水50mL

### 步驟

**1** 使用彈簧秤將金屬塊懸吊起來，測量金屬塊在空氣中的重量。



**2** 在100mL量筒中裝一半的水，並將金屬塊的一半浸入水中，記錄此時彈簧秤的讀數，以及量筒中水面的刻度。



**3** 繼續將金屬塊浸入完全沒入水中，但不要碰觸至量筒底部，每間隔一段距離記錄一次彈簧秤的讀數，以及量筒中水面的刻度，記錄兩次。



**4** 將金屬塊換成木塊，使用彈簧秤將木塊懸吊起來，測量木塊在空氣中的重量。

**5** 將木塊慢慢浸入水中，觀察彈簧秤的讀數變化，記錄彈簧秤讀數為0的水面刻度。

木塊與金屬塊浸入水中的瞬間，有什麼差異？



## 問題與討論

1. 比較金屬塊在浸入水面下不同體積時，彈簧秤的讀數與量筒內的水位有何變化？
2. 比較當金屬塊剛好完全沒入水中與沉入更深時，彈簧秤的讀數與量筒內的水位有何變化？
3. 根據實驗結果，比較金屬塊在水中減少的重量與排開水重的關係。
4. 木塊可以完全沒入水中嗎？在浸入水中的過程，彈簧秤的讀數有什麼變化？
5. 當懸掛木塊的彈簧秤讀數為0時，從上升的水位可以發現什麼？

### 探究提問

若要討論材質、體積相同的封閉空心金屬塊對於浮力的影響，請寫出操作變因及控制變因。

相關實驗重點，請見 P171

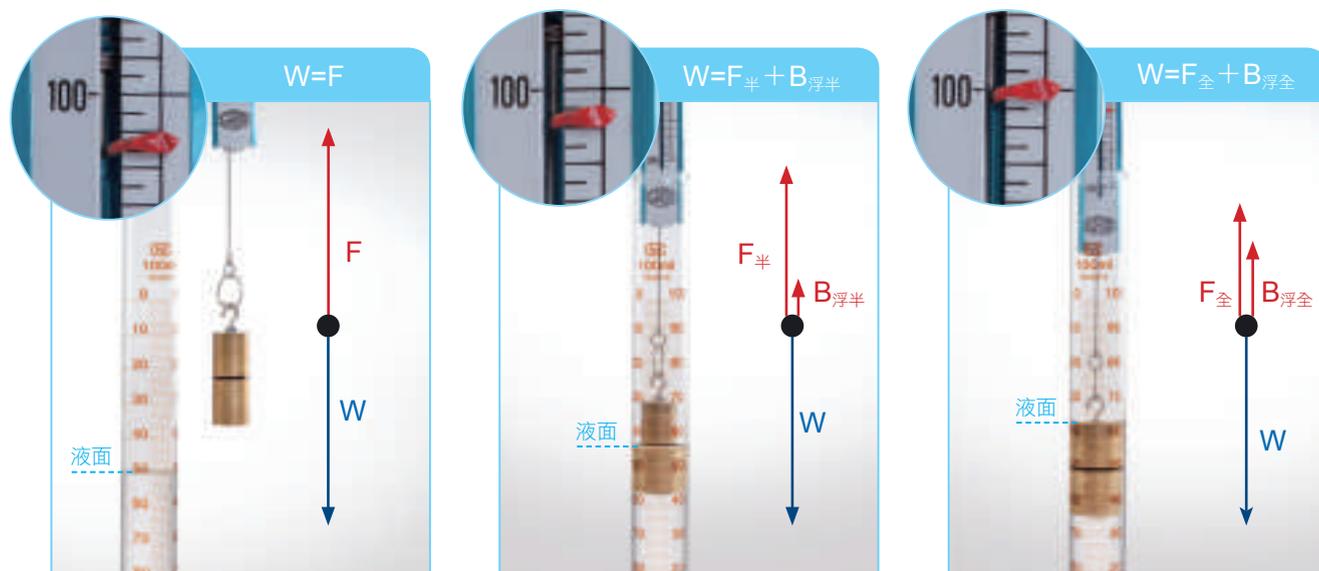


## 2 阿基米德浮力原理

由實驗6-2的結果可以發現，當金屬塊浸入水中時，佔去了原本水的體積，使量筒內的水位上升，且金屬塊排開的水重與減輕的重量相等（圖6-33）。

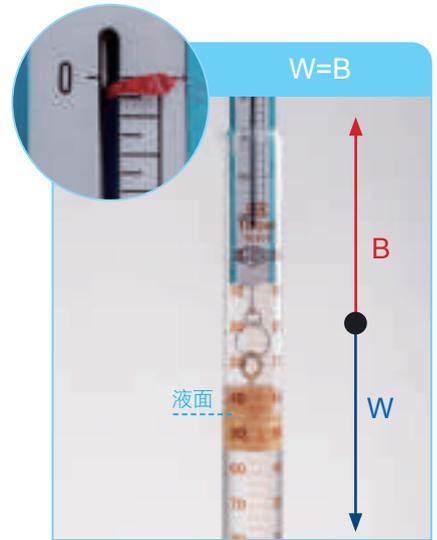
$$\begin{aligned} \text{浮力} &= \text{物體在水中所減輕的重量} \\ &= \text{物體所排開的水重} \end{aligned}$$

5. 將金屬塊浸入水中愈多，排開的水重量愈大，受到的浮力就愈大，當金屬塊完全沒入水中，排開的水重不會再增加，所受的浮力也不再增加。



▲ 圖6-33 物體在水中受到的浮力示意圖

木塊的密度比水小，無法完全沒入水中，當木塊浮在水面，此時彈簧秤的讀數為0，代表浮力可以完全支撐木塊的重量，浸在水面下的木塊，排開的水重剛好等於木塊的重量（圖6-34）。



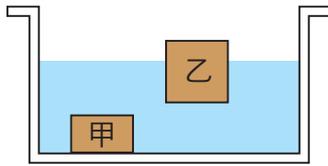
▲ 圖6-34 木塊浮在水面上所受的浮力等於其重量

- 5 因此浮在水面上的物體，物體所受的浮力等於物體重量，亦等於被物體排開的水重。

浮體所受浮力 = 浮體的重量  
= 浮體所排開的水重

### 例題 6-7

有甲、乙兩個重量均為 $W$ 的物體，放入水中沉浮情況如圖所示，若甲、乙所受浮力分別為 $B_{甲}$ 與 $B_{乙}$ ，則 $B_{甲}$ 、 $B_{乙}$ 和 $W$ 的大小關係為何？



根據實驗結果，物體所排開的水重等於物體所受的浮力；而排開水的體積，也就是物體浸在水面下的體積，故物體在水中所受的浮力也可寫成：

浮力 = 物體浸沒在水面下的體積所排開的水重  
= 物體在水面下的體積 × 水的密度

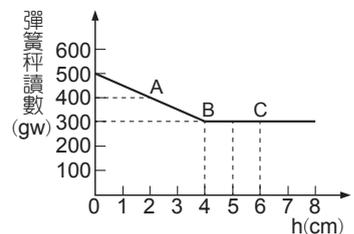
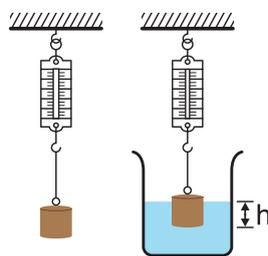
### 例題 6-8

將一均勻的實心圓柱掛在彈簧秤下端，使其逐漸沒入水中，測得其底部沒入水中的深度（ $h$ ）與彈簧秤讀數，結果繪製如圖。

(1) 從實驗結果關係圖中，判斷此實心圓柱的重量是多少 $gw$ ？

(2) 請問此實心圓柱浸入水中，在幾公分後為完全沒入？

(3) 當實心圓柱完全浸入水中後，所受到的浮力大小是多少 $gw$ ？



在中亞有一座死海，人們可以輕易的漂浮在海面上，但是在淡水中卻很容易下沉，為什麼會有這樣的差異呢？

### 探討活動

#### 6-4 不同液體中的浮力大小



現有三杯不同的透明水溶液，分別為清水、未飽和食鹽水和飽和食鹽水，將一顆雞蛋分別放入水中，觀察雞蛋的沉浮情形。



### 想一想

1. 雞蛋在三杯水溶液中的沉浮情形如何呢？可以判斷出三杯水溶液的種類嗎？

.....

2. 雞蛋在哪一杯水溶液中，浮出液面的程度最明顯？為什麼？

.....

由探討活動6-4可知，液體的密度會影響物體所受的浮力大小。當雞蛋完全沒入不同液體中，由於液體的密度不同，排開的液體重量也不相同，即相同物體沒入不同液體中時，所受的浮力不同。

浮體在密度大的液體中，在液面下的體積會變少，就像船從淡水駛向海水的過程中，船身浮在水面上的部分會逐漸增加一樣。總結上述內容，在任何密度的液體中，不論浮體或沉體所受的浮力皆可用式6-4來表示，此關係式即是著名的**阿基米德浮力原理**。

### 探究提問

同樣的不鏽鋼材質，為什麼鋼筷丟到水中會沉入水底，而鋼碗卻可以浮在水面上？

浮力 = 物體所排開的液體重

= 物體在液面下的體積 × 液體的密度 (式6-4)

$B = V_{(浸沒)} \times D_{(液)}$

# 理化 In my life



- ① 圖中的浮球是否有可能提供500公斤重的浮力？
- ② 如果阿翰在深海海底，浮球所提供的浮力會與在淺海時一樣嗎？為什麼？

## 例題 6-9

阿翰與同學一起到海邊玩，下面是他們聊天的內容，哪個人的觀念是錯誤的？

- (A) 阿翰：我在海裡可以浮得起來，代表我體重比較輕
- (B) 琳琳：我雖然不敢下水，但是我把腳泡在海水中也會有浮力
- (C) 小生：蛙泳把頭離開水面換氣時，我受到的浮力與我的體重不相同
- (D) 花花：當我在水母漂時，我受到的浮力等於我的體重

## 力與平衡

### 力的形式

接觸力：需接觸物體，如拉力、摩擦力、浮力

超距力：不需接觸物體，如靜電力、重力、磁力



產生力的效應：力使物體產生形狀或運動狀態改變



### 力的合成

有兩個以上的力作用同一物體上，可用一個產生相同效果的力取代。



力圖： $F_1$  (blue arrow right),  $F_2$  (red arrow right)

合力： $F_1 + F_2$  (green arrow right)



力圖： $F_1$  (blue arrow left),  $F_2$  (red arrow right)

合力： $F_1 - F_2$  (green arrow left)

### 力的平衡

兩力大小相等，方向相反，作用於同一直線上。

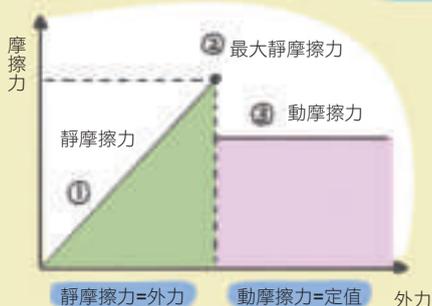


力圖： $F_1$  (blue arrow left),  $F_2$  (red arrow right)

合力： $0$

## 摩擦力

接觸面上阻止物體運動的力



### 造成摩擦力原因

任何表面都不是平整光滑的



### 影響摩擦力因素

- 重力
- 接觸面性質

# 壓力

$$\text{壓力 (P)} = \frac{\text{垂直力 (F)}}{\text{受力面積 (A)}}$$



受力面積 ↑  
壓力 ↓



受力面積 ↓  
壓力 ↑

## 液體壓力

液體重量所產生的壓力  
水壓與深度成正比。



## 大氣壓力

- 空氣重量所產生的壓力
- 1大氣壓  
= 76cm 汞柱高  
≡ 1kgw/cm<sup>2</sup>



## 連通管原理

相連開放管，液面水平會  
同高。



## 帕斯卡原理

對一密閉容器內流體所施的壓力，  
會以相同大小傳遞到流體的任何一  
處。

我是大力士



# 浮力

物體在液體中所受向上力

## 阿基米德原理

物體所受浮力 = 物體排開液體重  
排開水重 = 皇冠受到的浮力



浮力 (B)

- = 物體在液體中減輕重量
- = 物體排開液重
- = 物體液面下體積 (V) × 液體密度 (D)



## 實驗一點靈

### 第五章

#### 實驗5-1 有機化合物的重要特徵

1. 糖粉、麵粉以及食鹽經過乾餾後的狀態不同。

|     | 糖粉 | 麵粉 | 食鹽 |
|-----|----|----|----|
| 乾餾前 | 白色 | 白色 | 白色 |
| 乾餾後 | 黑色 | 黑色 | 白色 |
| 酸鹼性 | 酸性 | 酸性 | 中性 |

2. 糖粉與麵粉產生的黑色物質為碳，由此可知為有機化合物，而食鹽乾餾過後並未改變，由此可知其為無機化合物。

#### 探討活動5-1 是油？不是油？

1. 汽油、甘油和香蕉油皆為中性且可燃，但甘油可與水均勻混合，與其他兩者不同。
2. 甘油為醇類、香蕉油為酯類、汽油則為烴類，三者皆可以燃燒且具有碳原子。

#### 探討活動5-2 酯化反應

1. 乙酸與乙醇反應過後會形成乙酸乙酯，有香味產生。
2. 由於過程速率緩慢，因此加入濃硫酸及升高溫度，以提高反應速率。

#### 實驗5-2 肥皂的製造與性質

1. 椰子油為有機化合物，而氫氧化鈉為無機化合物，需要加入酒精使其互溶，加熱的過程中會生成肥皂及甘油。
2. 肥皂難溶於飽和食鹽水中，且密度較小而與甘油分離浮於水面。

### 第六章

#### 探討活動6-1 力的平衡

1. 不論哪一隻手改變施力的大小，另外一隻手皆要施相同大小的力，才能使鋼圈維持在原本的位置。代表物體要維持靜止，施予的力要在同一直線上，且大小相等，方向相反。

### 實驗 6-1 影響摩擦力的因素

1. 當物體重量愈重時，其最大靜摩擦力與動摩擦力就愈大。
2. 當與物體的接觸面愈粗糙時，其最大靜摩擦力與動摩擦力也愈大。

### 探討活動 6-2 影響壓力的因素

1. 當重量相同，接觸面積較小時海綿凹陷較深，代表壓力較大。
2. 當接觸面積相同，重量較重時海綿凹陷較深，代表壓力較大。



### 探討活動 6-3 薄塑膠板杯蓋

1. 當玻璃杯反轉時，薄塑膠板不會掉落，是因為大氣壓力將塑膠片頂住了。

### 實驗 6-2 浮力的大小

1. 放入金屬塊時，排開水的重量等於金屬塊減輕的重量。
2. 放入木塊時，木塊浮在水面上，彈簧秤的讀數為 0，代表木塊所受的浮力等於木塊的重量。

### 探討活動 6-4 不同液體中的浮力大小

1. 在清水中，雞蛋會下沉，而在濃度愈高的食鹽水中，雞蛋上浮的情況愈明顯。
2. 雞蛋下沉代表所受浮力小於其重量，液體密度小於雞蛋密度；雞蛋上浮則代表所受浮力等於其重量，且液體密度大於雞蛋密度。

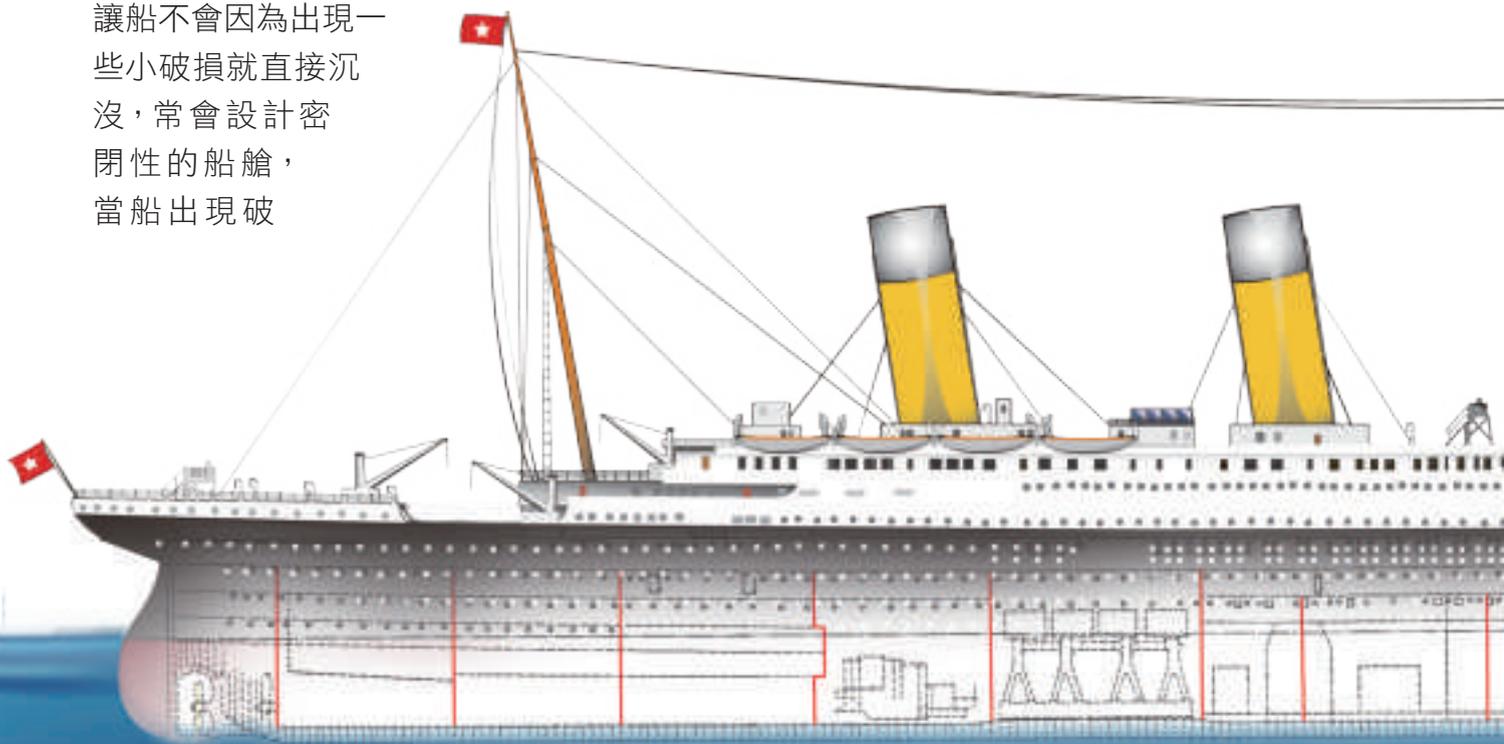
## 歷史的「冰山」一角

冰山是漂浮在海上的巨大冰塊，是由冰川或是冰棚斷裂所形成的。冰山通常是由淡水結冰而成，密度大約為 $0.9\text{g}/\text{cm}^3$ ，漂浮在海中時，大約只有10%的體積會露出海面，完全看不出底下的形狀，因此常用冰山一角來形容事情只顯露出其中的一小部分。冰山常會造成海上運輸安全問題，最有名的事件為發生在西元1912年的鐵達尼號沉船事件，因為天氣及人為因素，鐵達尼號來不及閃避而擦撞到迎面而來的冰山，造成船身破損而沉沒。

船能漂浮在海中是利用了浮力原理，船身排開海水的重量等於船的重量，因此船底若破洞，海水滲入船身中，船所排開的海水體積將會下降，所受浮力變小，船便可能沉沒了。為了能讓船不會因為出現一些小破損就直接沉沒，常會設計密閉性的船艙，當船出現破

損，密閉船艙中的空氣還是可以提供船身浮力。鐵達尼號也有類似的設計，但是撞擊力過強，造成的損害過大，使密閉船艙的功能失效，因此發生了悲劇。

冰山並非只會造成船難，冰山的融化狀態也能觀察到全球暖化的程度，近年來，溫室效應增強使全球暖化現象加劇，導致海平面上升，許多低於海平面的島嶼被淹沒。另外，我們時常會聽到冰山融化使海平面上升的消息，但是事實真是如此嗎？冰山是由水結冰而成，因此融化後於海水中的體積不會增加，亦不會造成海平面上升，但在陸地上的冰，如南極大陸或格陵蘭島，融化後流入海中，便會造成海平面上升。



不論是鐵達尼號事件或是全球暖化現象，都只是地球悠久歷史中的冰山一角，要如何從歷史中學習解決問題的方法，才是我們重要的課題。



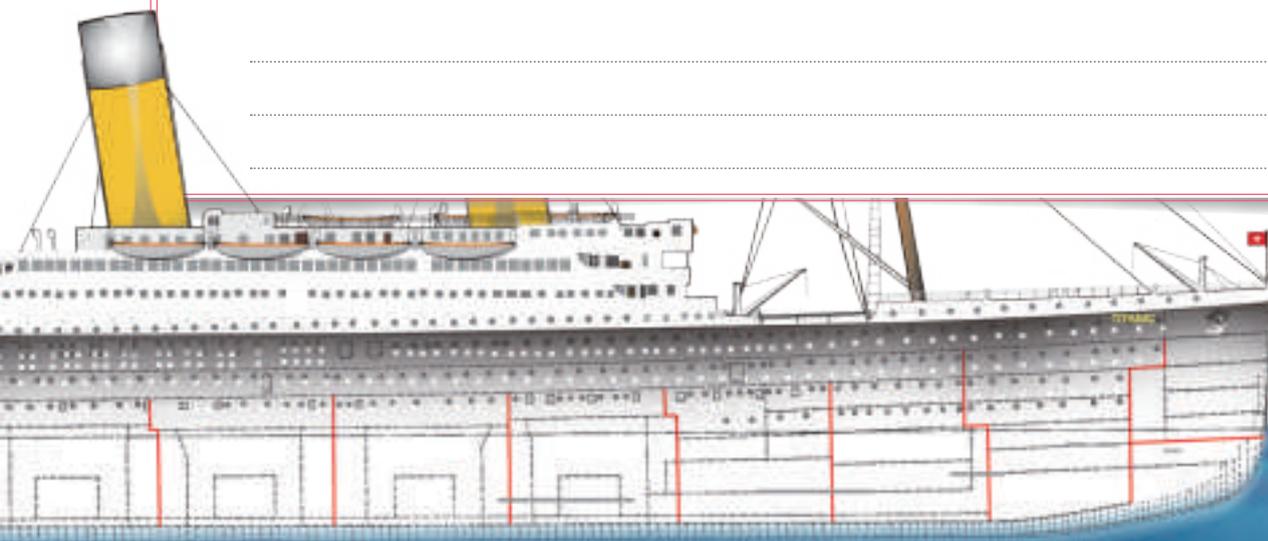
請同學們依上述內容，回答下列問題：

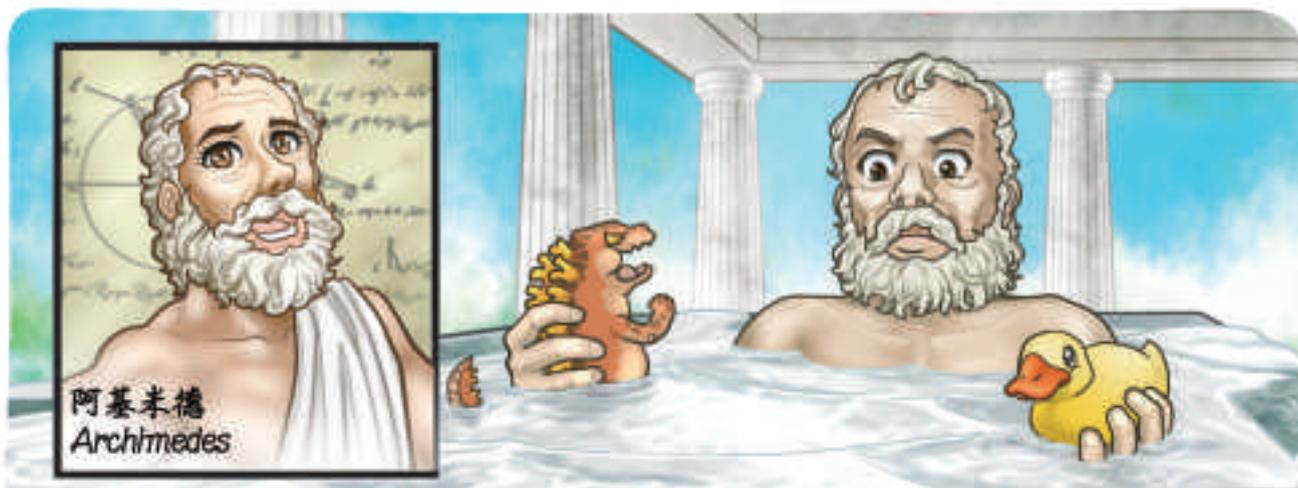
- ( ) 1. 發生撞擊冰山的海上事故時，常是因為船員認為冰山與船還有一段距離而疏於注意，請問下列何者可能是船員會誤判的原因？
- (A) 冰山會隨著海浪移動，船員沒有計算冰山移動的速率  
 (B) 冰山漂浮在水面上的只有總體積的10%，因此船會撞擊到水面下看不見的部分  
 (C) 因為海面上蒸氣造成光線折射，使冰山看起來比實際距離遠  
 (D) 一般船員遇到冰山的機率小，因此經驗不足，容易誤判
- ( ) 2. 根據文章，下列敘述何者正確？
- (A) 溫室效應使冰山融化，導致海平面上升  
 (B) 冰山在海中所受的浮力等於冰山的重量  
 (C) 鐵達尼號沉沒後所受的浮力等於船的重量  
 (D) 格陵蘭島在海中所受的浮力等於格陵蘭島的重量
3. 下圖中的紅線為鐵達尼號的防沉船船艙的設計，是將船底用大量水密材料做隔間，隔間的高度須高於海平面，而隔間的頂是開放的，請問這種設計是利用了什麼方式來防止小破損可能造成的沉船危機，而其缺點又為何呢？

.....

.....

.....





## 關於

- B.C.287 ~ B.C.212

- 出生：西西里島

- 成就：

- 1 發明阿基米德螺旋式抽水機
- 2 提出阿基米德浮力論
- 3 證明圓周率至正 96 邊形
- 4 證明球體與圓柱的表面積關係



阿基米德——覺得心情低落

B.C.212

城門被攻破了！

不知道以後還能不能好好的算數學？

喂！！有個人在踩壞我畫的圖形！



士兵 我警告過你了！竟然還敢反抗我！#生氣

讚 · 回覆 · B.C.212



阿基米德——覺得困擾

B.C.230

國王讓我檢驗他新的皇冠是不是純金做的…

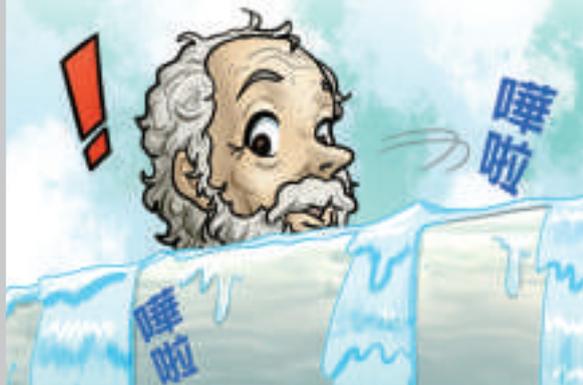
我回家想了好幾天都沒想出來…

你幫我查查看，這皇冠到底是不是純金的。

阿基米德是除了牛頓以外，世上最偉大的科學家之一。有天國王要求金匠用純金打造了一頂王冠，國王懷疑金匠在皇冠摻了「銀」，所以他把這難題丟給阿基米德，讓他找出辦法檢驗王冠是不是純金的呢？

想不出來，先去洗澡好了！

當他坐進澡盆裡時，看到水往外溢，同時感到身體和皇冠被輕輕托起。他突然領悟到，可以用測定固體在水中排水量的辦法。



他興奮地跳出澡盆，還來不及穿衣服就跑回家實驗去了！



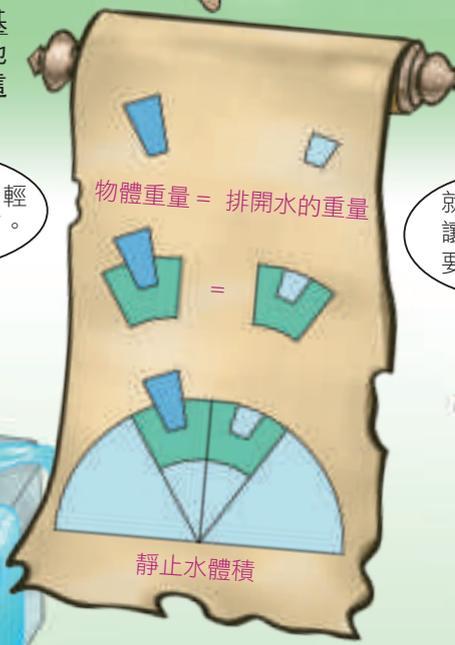
εύρηκα  
**我發現了！**

水溢出的量就是我在  
水面下身體的體積！

阿基米德雖然解開了皇冠之謎，但是阿基米德腦海裏還有未解之謎，回想洗澡時他的身體受到一股向上托的力，為什麼有這股力呢？跟溢出來的水量有關嗎？



身體為何如此輕盈，實在太舒服了。



阿基米德將計算結果寫成《論浮體》，即是我們現在學到的浮力理論。

就是這傢伙讓我們現在要學浮力！

哇！這竟然是2300年前的人寫的書。



除了浮力原理，阿基米德許多發明及理論流傳於世，至今都還在使用。



## 永續——人類與環境的平衡

自二十世紀初期開始，地球表面就呈現持續暖化的趨勢；根據可靠的監測數據，發現西元2004年以來的前10年是地球最溫暖的10年，這段期間也是過去1000年來最溫暖的。

聯合國的政府間氣候變化專門委員會（IPCC）評估，二十一世紀大氣溫度將再上升攝氏1.4至5.8度，而且此種升溫的結果可能造成海平面上升26至77公分。

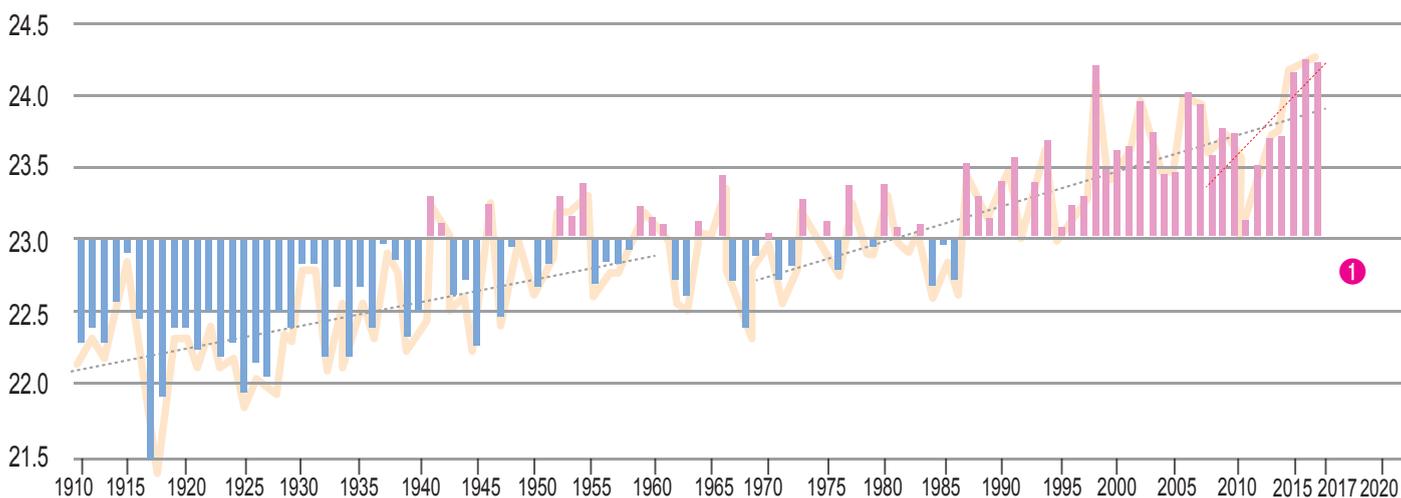
北極圈內的上揚斯克曾是紀錄中溫度最低的城市，卻在2020年夏季創下38度的高溫，全球暖化所造成的升溫對於南、北極的影響比其他地區更為巨大，首當其衝的便是生活於北冰洋海冰上的北極熊。夏季時，海洋冰塊消融速度過快，棲息地消失的北極熊被迫上岸，獵捕不到食物而造成了存亡危機。



試著查詢資料，在❶的位置，畫上西元2017~2019近三年的平均溫度。



臺灣全年平均溫度（°C）



### 想一想

1. 從近10年的溫度變化趨勢圖來看，溫度變化的趨勢線是更平緩還是更陡峭呢？
2. 觀察臺灣全年平均溫度變化趨勢圖，其中透露出什麼訊息？

永續發展是一種循環的概念，地球隨著經濟發展不斷發生變化，西元2012年聯合國發布永續發展目標，希望打造一個在地球環境可承載限度之內，同時滿足社會需求的經濟模式，接下來將以不同面向探討人類活動與環境永續之間的動態平衡。



接下來將介紹這四個項目與生活中的關聯。



**想一想**

請同學運用圖書館或網路資源，查找SDGs永續發展目標的17項內容分別是什麼？並從中找出一個感興趣的議題，討論我們能有什麼具體作為來改善現況。

## 1 取自自然

人類透過飲食從自然環境獲得養分，維護自身健康。但食物和食品一樣嗎？食品包裝上標示多種添加物，為什麼要加這些物品呢？料理食物後，廚房裡的廚餘又該如何處理，才能減少環境負擔呢？

### 食物 v. s. 食品

廚房是家庭實驗室，而料理就是生活中最常見的化學反應實驗。營養師會鼓勵民眾不過度料理或添加太多調味品，且盡量食用原型食物，也就是無加工的食材，如水果、米飯、肉排。但食品加工產品真的是百害而無一利嗎？以下將介紹食品加工的目的。

所以泡麵是加了防腐劑才能放這麼久嗎？

是加了抗氧化劑！



#### 延長保存期限

不同的處理方式，可以延長食品保存期限。

經低溫殺菌製成鮮奶



保存約

13  
天

脫水乾燥製成奶粉



保存約

18  
個月

#### 提高安全性

添加防腐劑能防止食品腐爛變質，可間接預防食物中毒的發生。

添加苯甲酸，  
避免細菌滋生



#### 增加營養價值

依據不同食材特性加工後，提升人體養分吸收比率。

黃豆發酵製成納豆



維生素 K2 含量 ↑  
蛋白質消化吸收率 ↑

#### 提高便利性

容易腐敗的食材經由加工後，能夠在有需求時方便而快速的食用。

將肉類製成罐頭，方便即時食用



# 舒肥料理

## 材料

密封袋  
保溫杯  
水盆

## 食材

骰子牛 8塊  
鹽巴 少許  
胡椒 少許  
香料 少許  
蒜片 少許

## 步驟

- 1 在密封袋中放入骰子牛、鹽巴、胡椒、香料及蒜片，並混合均勻。



- 2 水盆中盛裝清水，使裝了食材的密封袋浸沒，袋中多餘的空氣會隨著水壓升高而擠出，並將其真空密封。



- 3 在隔熱良好的保溫杯中加入60度溫水，將真空包裝的食材放入保溫杯中靜置一小時。



- 4 完成後將牛肉煎至上色即完成。



## 老師專欄

### 舒肥料理安全嗎？

「舒肥」來自於法文的SOUS-VIDE，意思是在真空之中。利用真空儲存，便可避免氧化而破壞食品品質，且可以使食材均勻受熱，保留多汁口感。

一般舒肥法使用溫度約介於50至60°C，60°C約等於巴氏滅菌法的溫度，再加上長時間烹煮，可以將肉品中絕大部分的細菌殺死。

## 食品中的魔法

香蕉牛奶中到底有沒有香蕉？鳳梨酥裡真的有鳳梨嗎？隨著科技的進步，食品加工帶來不少便利，但近幾年，許多食安問題讓消費者對於食品添加物中的化學成分十分關注。



### 鳳梨酥

鳳梨香精、冬瓜、己二烯酸鉀（防腐劑）



### 泡麵

碳酸鉀、黃梔子色素、抗氧化劑



### 布丁

焦糖色素、紅麴色素、黃梔子色素、乳酸鈣

### 包裝袋大搜查！

試著查找生活中的食品包裝袋，標示的內容物有出現哪些化學物質呢？

從查找中可以發現，許多化學添加物為第5章所學到的有機化合物。這些食品添加物是食品加工時的必要條件，當食材無法自然混合在一起，或是為了滿足人們對於視覺或味覺的印象時，便需要利用添加物調配、結合。



### 著色劑

- 食用黃色5號、焦糖色素、薑黃素
- 使食品的視覺感受變得可口，以及滿足人們的既定印象。

### 抗氧化劑

- 維生素E（天然抗氧化劑）
- 丁基羥基甲氧苯（人工抗氧化劑）
- 減緩或防止氧化變質，可以分為天然、人工抗氧化劑。

### 乳化劑

- 脂肪酸甘油酯
- 混合油和水，達到人們喜愛的口感。

## 廚餘新生命

日常生活產生的垃圾中，往往含有極高比例的廚餘，依照來源可分為養豬廚餘與堆肥廚餘，經處理過後可再次提供新能量。

### 養豬廚餘

家中不再食用的食物、食材，經高溫殺菌、煮熟後豬隻可以食用。



### 堆肥廚餘

無法食用的有機資材，如果皮、骨頭或蛋殼等，將其發酵熟成後便能作為植株的養分來源。



### 咖啡渣堆肥

有些咖啡店會提供顧客領取咖啡渣，其乾燥後除了可以達到除臭、去腥味、驅趕蟲蟻的效果，還可以製作環保無臭的咖啡渣有機堆肥。

咖啡渣含有大量的氮化物，從第3章所學的酸鹼中和可以了解到，將酸性的氮化物加入土壤便能降低土壤的pH值，非常適合喜歡酸性土壤的植物。只要將廚餘、木屑及雜草落葉細屑混入咖啡渣，使咖啡渣發酵腐熟，約三個月後便大功告成。咖啡渣有機肥料環保又省錢，既消耗了不需要的殘渣，也為新生命提供能量。



### 想一想

1. 此單元介紹的許多食品添加物，各自都有其用處，想想看添加的好處與壞處各有什麼呢？
2. 請提出一個「廚餘變黃金」企畫，選擇一項家庭廚餘，如廢棄食用油或果皮等，規劃其再利用及處理的策略。

## 2 還予自然

人類身為地球公民，食衣住行等日常活動所需物資取之於自然、用之於自然，但是，我們還給自然環境的又是什麼呢？

### 海上垃圾場

人類活動所產生的垃圾，最後會到哪裡去呢？隨著工業蓬勃發展，部分工廠的廢氣與汙水排放肆無忌憚，許多的廢棄物不是隨意焚燒，就是直接傾倒於河川、海洋，而這些垃圾隨著洋流的飄移四散至世界各地，生活於海洋中的生物成了人類自私的犧牲品。在英國捕獲的魚類中，就有超過 $\frac{1}{3}$ 魚種體內含有塑膠。

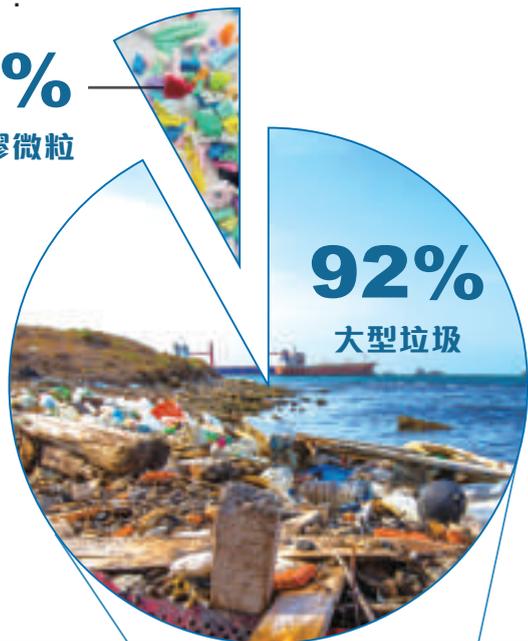
稱為「太平洋垃圾帶」(Garbage Patch)的垃圾島，近年已經有不斷增加擴大的趨勢，這些因為洋流帶動漂流、最後在副熱帶高壓帶靜止的垃圾，長年累積下來已成了誇張的「雲狀」漩渦，從加州外海一直延伸到夏威夷。

8%

塑膠微粒

92%

大型垃圾



橫跨近160萬平方公里

44個臺灣大

## 5R

## 資源使用的5R

每日所製造出來的垃圾數以千計，除了分類回收與妥善處理之外，更應該以減量的觀念出發，落實資源使用之減量、拒絕、重複使用、回收及再生的5R原則。設計自己的環保週記，檢核5R環保行動！

**R** **減量**  
**Reduce** 減少丟棄之垃圾量

**R** **拒絕**  
**Refuse** 拒絕購買過度包裝商品，拒用無環保觀念物品

**R** **重複使用**  
**Reuse** 重複使用容器或產品

**R** **回收**  
**Recycle** 回收使用再生產品

**R** **再生**  
**Recovery** 指改變原料形態或其他物質結合，供作為材料、燃料、肥料、飼料、填料、土壤改良等用途，使再生資源產生功用之行為

1. 依據範例繪製或填寫環保省思週記。

| 星期       | 範例          | 一 | 二 | 三 | 四 | 五 |
|----------|-------------|---|---|---|---|---|
| 早餐       | 「紙杯」裝的奶茶    |   |   |   |   |   |
| 午餐       | 營養午餐中的「牛奶盒」 |   |   |   |   |   |
| 晚餐       | 用耐熱「塑膠袋」裝麵  |   |   |   |   |   |
| 其他       | 「寶特瓶」裝的飲料   |   |   |   |   |   |
| 一次性包裝使用量 | 4樣          |   |   |   |   |   |

2. 在紀錄中，有哪些可以改採用環保餐具，以減少一次性的包裝？

## 舒適垃圾衣

在全球都掀起減塑風潮的現在，寶特瓶仍是飲料產品的主要使用容器，根據行政院環保署統計，臺灣每年會回收將近45億支寶特瓶。回收利用的其中一種途徑便是將其製成於第5章中所學到的人造纖維再編織成衣物，由於回收纖維具有排汗通風的特性，現今常用來製成於國際運動賽事球衣或運動服飾及相關產品。

衣服



8  
個寶特瓶

背包



7.5  
個寶特瓶

長褲



16  
個寶特瓶

鞋子

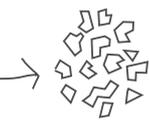


11  
個寶特瓶



分類洗淨

依照瓶身顏色分類、洗淨與去除標籤。



粉碎

粉碎成更小的塑膠碎片、去除雜質製成乾淨的PET碎片。



PET碎片

分解、重新聚合及高溫熔融。



抽紗

抽出環保紗，紗線的顏色與寶特瓶顏色相同。



製作

想一想

寶特瓶的成分為聚對酞酸乙二酯，請根據酯類的命名推測，寶特瓶材料是哪兩種化合物酯化後再聚合的呢？

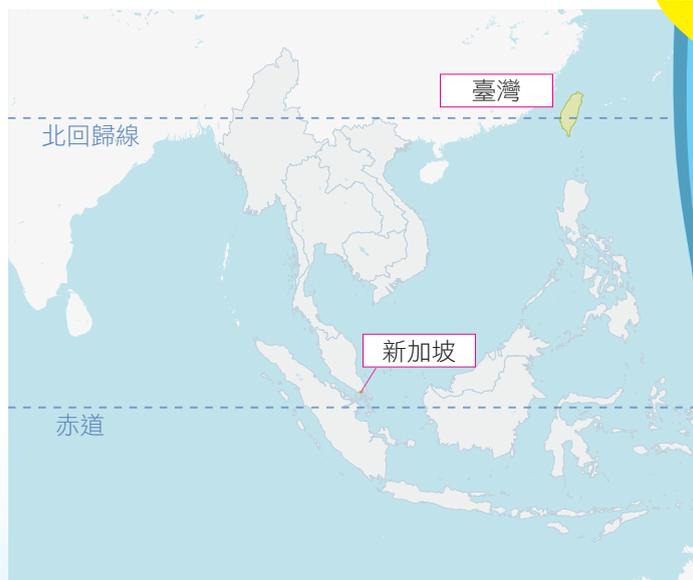
### ③ 適應自然

近年來，溫室效應加劇，造成自然環境發生異常，包括森林大火、極地冰山融化，海平面上升等，使得生存於這些環境及其周邊的生物受到威脅。現今已有不少國家為此做出改變，保護人民的居住安全之餘，也兼顧與環境取得平衡。

#### 花園城市

位處熱帶的新加坡終年高溫，但夏季時卻不像臺灣一樣炎熱，這很大的原因要歸功於綠化的成功。綠化面積占國土近八分之一，因此走在路上可以看到大量的樹木和鮮花，除了提供新鮮的氧氣，也為熱帶的氣候帶來一絲涼意。

在西元2017年的永續計畫中，新加坡政府鼓勵居民將屋頂空出，規畫屋頂農場、安裝太陽能板、設置公共花園，目的是要增加更多的綠化面積，以補足被建築物占據的綠地。除了美化環境外，大樓綠化還有助於降低城區環境溫度與大樓內部的室溫，能有效節約能源，符合更廣泛的永續發展目標。

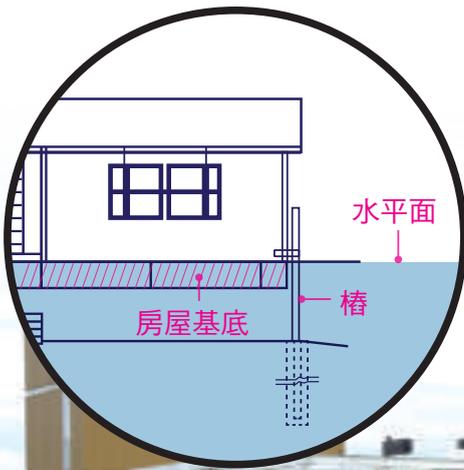


## 漂浮城市

為了擁有更多空間容納不斷增長的人口，城市不斷與海洋爭地。荷蘭便約有20%土地為填海造地，建設的同時也築起複雜而精密的堤防，保護沿海城市不受洪水氾濫之災害。

在阿姆斯特丹一帶設置了「漂浮城市」，以中空的混凝土作為「漂浮平臺」的基座，填入發泡材料後，將房子建造在基座上，利用浮力承載房屋的重量成為漂浮屋。再利用纜繩與支柱，將房屋固定於岸邊或水上，可隨著水位升降不會因潮汐而淹水淹進房屋。

除此之外，「漂浮城市」可依據季節或是人口變化反覆改造，調整城市的大小；也可以因應季節變化，調整建物間的距離。如此一來，建築開發不僅不用破壞生態、與海爭地，更能使建物適應不斷上升的水位，隨之漂浮移動，不因環境變動而受到影響，有效提升城市的韌性、減緩氣候變遷帶來的衝擊。



## 想一想

1. 因應不同季節，漂浮城市可以透過調整建物距離使人們感到舒適，想想看，依照四季氣溫變化該如何進行調整呢？
2. 城市樓房的外牆如何處理，才可以降低地球吸收來自太陽的熱輻射呢？請舉例說明，並寫出支持的理由。

## 環保漂浮屋設計師

漂浮房屋與花園城市都是著名的綠建築，綠建築是指在建築過程中，以最佳利用資源、最節省能源、最少廢棄物的方式，來創造一個環保、低環境負荷的環境空間，更是期許建築與環境能夠達到共生共榮、永續發展之目標。

### 目的：

以第6章所學到與浮力相關的知識，試著設計一座平穩的漂浮屋，利用吸管、冰棒棍等方便取得的工具，建造自己的漂浮屋，並以象棋做為重量承載標準，相互比較不同設計的差別。

1. 一座能漂浮在水面上的屋子，應該具備哪些特徵或材料呢？完成後可以做為檢核表使用。

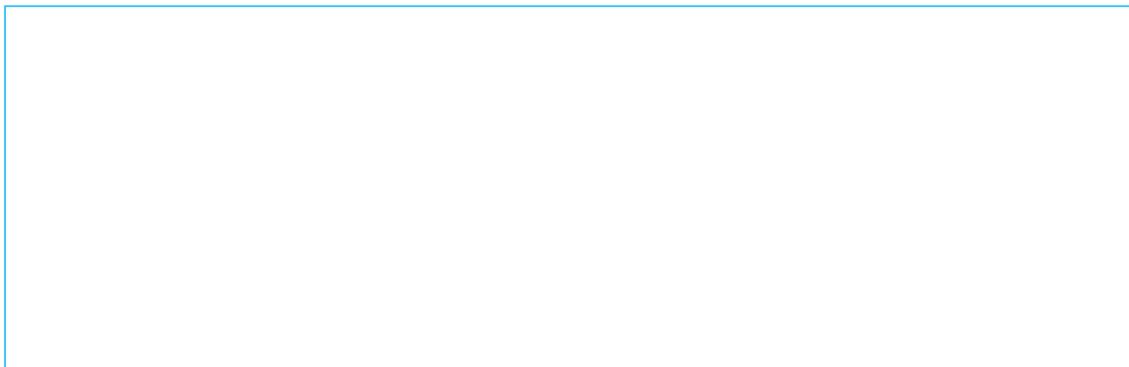
### 特徵

- 能夠漂浮於水面上
- 
- 
- 
- 
- 

### 材料

- 喝完的新鮮屋紙盒
- 
- 
- 
- 
- 

2. 依據所發想的特徵繪製設計圖，並搭建自己所設計的漂浮屋。



3. 嘗試看看漂浮屋能夠承載多少象棋？測試數據並探討不同組別的設計與承載量的差別。

# 重要名詞索引

## 第1章 化學反應

化學反應 (p10)  
 質量守恆定律 (p17)  
 化學反應式 (p19)

原子量 (p21)  
 分子量 (p21)  
 莫耳 (p22)

mol (p22)

## 第2章 氧化還原反應

氧化反應 (p30)  
 活性 (p35)

氧化反應 (p38)  
 還原反應 (p38)

氧化還原反應 (p38)  
 冶煉 (p41)

## 第3章 電解質與酸鹼鹽

電解質 (p58)  
 非電解質 (p58)  
 電離說 (p58)  
 解離 (p59)  
 離子 (p59)  
 陽離子 (p59)  
 陰離子 (p59)

根 (p59)  
 根離子 (p59)  
 體積莫耳濃度 (p68)  
 莫耳濃度 (p68)  
 強酸 (p69)  
 強鹼 (p69)  
 弱酸 (p69)

弱鹼 (p69)  
 pH值 (p71)  
 酸鹼指示劑 (p72)  
 中和 (p77)  
 酸鹼中和 (p77)  
 鹽類 (p77)

## 第4章 反應速率與平衡

反應速率 (p90)  
 催化劑 (p91)  
 觸媒 (p91)

酵素 (p92)  
 酶 (p92)  
 正反應 (p102)

逆反應 (p102)  
 可逆反應 (p102)  
 平衡狀態 (p103)

## 第5章 有機化合物

乾餾 (p116)  
 有機化合物 (p117)  
 無機化合物 (p117)  
 碳氫化合物 (p119)  
 烴 (p119)  
 天然氣 (p120)  
 液化石油氣 (p120)  
 醇 (p121)  
 有機酸 (p122)  
 酯 (p123)

酯化反應 (p123)  
 聚合物 (p124)  
 天然聚合物 (p124)  
 合成聚合物 (p124)  
 鏈狀聚合物 (p124)  
 熱塑性聚合物 (p124)  
 網狀聚合物 (p124)  
 熱固性聚合物 (p124)  
 天然纖維 (p126)  
 人造纖維 (p126)

植物纖維 (p126)  
 動物纖維 (p126)  
 再生纖維 (p126)  
 合成纖維 (p126)  
 碳水化合物 (p128)  
 醣類 (p128)  
 蛋白質 (p128)  
 脂肪 (p129)  
 皂化反應 (p132)  
 合成清潔劑 (p132)

## 第6章 力與壓力

|             |               |                 |
|-------------|---------------|-----------------|
| 力的效應 (p140) | 力平衡 (p144)    | 水壓 (p155)       |
| 接觸力 (p141)  | 合力 (p145)     | 連通管原理 (p157)    |
| 超距力 (p141)  | 摩擦力 (p146)    | 一大氣壓 (p160)     |
| 重量 (p142)   | 靜摩擦力 (p148)   | atm (p160)      |
| 重力 (p142)   | 最大靜摩擦力 (p148) | 浮力 (p162)       |
| 公斤重 (p142)  | 動摩擦力 (p148)   | 阿基米德浮力原理 (p166) |
| 公克重 (p142)  | 壓力 (p153)     |                 |

## 圖 照來源

### 第1章 化學反應

|          |               |
|----------|---------------|
| P10 圖1-1 | dreamstime提供  |
| P17 圖1-5 | 達志有限公司提供      |
| P27 煙火   | Adobe Stock提供 |

### 第2章 氧化還原反應

|                |                 |
|----------------|-----------------|
| P30 圖2-1       | Adobe Stock提供   |
| P36 圖2-13      | Adobe Stock提供   |
| 圖2-14          | Adobe Stock提供   |
| P41 圖2-18上     | Adobe Stock提供   |
| P42 煉鐵廠        | Depositphotos提供 |
| P43 圖2-20章魚燒鐵盤 | Depositphotos提供 |
| 圖2-20人孔蓋       | 聯合圖庫提供          |
| 圖2-20鑄鐵鍋       | dreamstime提供    |
| 圖2-20鋼筋        | Adobe Stock提供   |
| 圖2-20剪刀        | Depositphotos提供 |
| 圖2-20 鋼鍋       | Depositphotos提供 |
| 圖2-20馬蹄鐵       | Depositphotos提供 |
| 圖2-20鐵絲        | Adobe Stock提供   |
| P51 空汙旗        | 聯合圖庫提供          |

### 第3章 電解質與酸鹼鹽

|              |                 |
|--------------|-----------------|
| P66 圖3-8     | Depositphotos提供 |
| 圖3-9         | Adobe Stock提供   |
| P70 圖3-14蘋果汁 | Adobe Stock提供   |
| 圖3-14茶       | Depositphotos提供 |
| P72 圖3-16    | Adobe Stock提供   |
| P79 圖3-21    | Depositphotos提供 |
| P80 圖3-22    | Adobe Stock提供   |
| 圖3-24        | dreamstime提供    |
| P81 圖3-25    | Depositphotos提供 |
| 圖3-26        | Depositphotos提供 |
| P84 繡球花叢     | Adobe Stock提供   |
| P85 繡球花      | Adobe Stock提供   |

### 第4章 反應速率與平衡

|            |                 |
|------------|-----------------|
| P90 圖4-1煙火 | Depositphotos提供 |
| 圖4-1銅像     | Depositphotos提供 |
| 圖4-1鐘乳石    | Depositphotos提供 |
| P97 圖4-9   | Depositphotos提供 |
| P101 圖4-13 | 聯合圖庫提供          |
| P110 彩色派對  | Adobe Stock提供   |

## 第5章 有機化合物

|      |               |                 |
|------|---------------|-----------------|
| P114 | 圖5-1左         | Adobe Stock提供   |
|      | 圖5-2右         | Adobe Stock提供   |
| P116 | 煤炭            | Depositphotos提供 |
| P120 | 圖5-7瓦斯        | Depositphotos提供 |
|      | 圖5-7飛機        | Depositphotos提供 |
|      | 圖5-7巴士        | Depositphotos提供 |
| P122 | 圖5-11白醋、紅醋、烏醋 | Depositphotos提供 |
|      | 圖5-11醃漬物      | Adobe Stock提供   |
|      | 圖5-11酸辣湯      | Depositphotos提供 |
|      | 圖5-11小籠包      | Depositphotos提供 |
| P124 | 圖5-12         | Adobe Stock提供   |
| P125 | 圖5-13樹薯       | Adobe Stock提供   |
|      | 圖5-13珍珠奶茶     | Adobe Stock提供   |
|      | 圖5-13棉花       | Depositphotos提供 |
|      | 圖5-13枕頭       | Depositphotos提供 |
|      | 圖5-13輪胎       | Adobe Stock提供   |
| P126 | 圖5-14亞麻       | Depositphotos提供 |
|      | 圖5-14麻布裙      | dreamstime提供    |
|      | 圖5-14羊毛       | Adobe Stock提供   |
|      | 圖5-14毛衣       | Adobe Stock提供   |
|      | 圖5-14嫘縈       | Depositphotos提供 |
|      | 圖5-14絲巾       | dreamstime提供    |
|      | 圖5-14耐綸       | Adobe Stock提供   |
|      | 圖5-14運動外套     | Adobe Stock提供   |
| P127 | 圖5-15         | 聯合圖庫提供          |
| P128 | 圖d            | Adobe Stock提供   |
| P129 | 圖e            | Depositphotos提供 |
|      | 圖f            | Depositphotos提供 |

## 第6章 力與壓力

|      |           |                 |
|------|-----------|-----------------|
| P151 | 圖6-11     | Depositphotos提供 |
|      | 圖6-12     | Depositphotos提供 |
|      | 圖6-13     | Depositphotos提供 |
| p154 | 圖6-16b針頭  | Adobe Stock提供   |
|      | 圖6-17a雪地車 | Depositphotos提供 |
|      | 圖6-17b滑雪板 | Depositphotos提供 |
| P155 | 圖6-18     | Alamy提供         |
| P156 | 圖6-22     | Depositphotos提供 |
| P157 | 圖6-24     | Depositphotos提供 |
| P159 | 圖6-26     | Depositphotos提供 |
| P160 | 圖6-29     | Depositphotos提供 |
| P172 | 鐵達尼號      | Alamy提供         |
| P173 | 冰山        | Depositphotos提供 |

## 跨科

|      |            |                 |
|------|------------|-----------------|
| P176 | 北極熊        | Adobe Stock提供   |
| P178 | 番茄醬、美乃滋    | dreamstime提供    |
|      | 魚罐頭        | Depositphotos提供 |
| P179 | 煎好的骰子牛     | Adobe Stock提供   |
| P181 | 養豬廚餘       | Depositphotos提供 |
|      | 堆肥廚餘       | Depositphotos提供 |
|      | 咖啡渣堆肥      | Adobe Stock提供   |
| P182 | 世界地圖       | Depositphotos提供 |
|      | 大型垃圾       | Depositphotos提供 |
|      | 塑膠微粒       | Adobe Stock提供   |
| P185 | 新加坡的綠化大樓   | Adobe Stock提供   |
| P186 | 阿姆斯特丹的漂浮城市 | Adobe Stock提供   |

## 章 首頁解答

### 第1章 p8~9

那是因為藥品分量不同造成結果的差異，由畫面中可以看到有不同大小的湯勺，而老師並沒有說明該以哪種作為實驗用具，因此可能會造成分量錯誤。

### 第2章 p28~29

從畫面上可以看到有手電筒、蠟燭、螢光棒以及鬼火，螢光棒外層為塑膠，內層則有一根含有過氧化氫的玻璃管，折斷後才能與外頭的化學物質產生反應而發出螢光，為一種氧化反應；手電筒中的燈泡因通電而發光，是一種物理現象；傳聞中鬼火為骨頭中含有易燃成分而造成燃燒形成鬼火，因此與蠟燭相同，皆為氧化反應。

### 第3章 p54~55

繡球花會隨著土壤的酸鹼性而改變花萼顏色，因此難以維持相同的繽紛色彩。若是要改變成喜歡的顏色只要以不同酸鹼性的液體澆灌土壤就可以達成。

### 第4章 p88~89

兩組的肉片與木炭大小不同，且右邊這組除了將木炭敲小外，還以扇子搨風增加空氣流動，讓更多氧氣可以進行反應。

### 第5章 p112~113

塑膠為我們的生活帶來了便利，但也造成了生態的浩劫，許多廢棄的塑膠垃圾無法進行分解，汙染了自然環境。

### 第6章 p138~139

若想溜得快，應選擇穿著緊身褲溜不鏽鋼溜滑梯，兩者皆較為平滑，故摩擦力最小，溜得也最快。

# 科學 tell me why 解答

## 第1章

- 1-1 水的三態是一種循環，冰熔化變成水也能再次凝固成冰，具有可逆性，然而當生米煮成熟飯後就無法回復原狀。
- 1-2 氣體反應物較難以測量，但還是能夠以反應後的質量減去反應前的質量，以判斷氣體所逸散的質量。
- 1-3 化學反應式的書寫，於反應前後原子總數不變，因此與以白羊、黑馬拼湊成馬來貘的概念相近。

## 第2章

- 2-1 因為鐵相較於銅、銀、金較易與空氣產生反應而氧化，且氧化物鬆碎，因此鐵幣較為少見。
- 2-2 氧化與還原時常都是同時進行，因此在氧化的過程中也會有物質被還原出來，才沒有變成氧化球。
- 2-3 鐵在製造的過程中時常含有雜質，依照鐵的純度及含碳量，主要分為生鐵、熟鐵及鋼三大類，且會隨著不同的用途而改變其合金成分，因此所使用到的鐵器不全相同。

## 第3章

- 3-1 選擇水或是運動飲料較好。運動後必須補充水分，但若大量運動時也可以選擇補充富含水分及電解質的運動飲料，以減緩運動後的疲勞。
- 3-2 可能是以酚酞等酸鹼指示劑書寫文字，因此若沾到鹼性的水便能顯現文字。
- 3-3 尚未洗淨的皮膚約為pH4.5~6.5，呈現弱酸性。因為皮膚會自我調節酸鹼值，即便使用鹼性產品，於一小時內也會恢復到中偏酸的標準值，由此可知所選用的產品酸鹼性其實並不會有太大的影響，而是清潔能力過強的話，反而才會影響皮膚狀況。
- 3-4 蒸餾水為中性、肥皂水為鹼性，而食醋為酸性，因此若藥水過鹼那必須加入酸性的食醋中和鹼性。

## 第4章

- 4-1 胃酸中為強酸可以將食物消化，狼吞虎嚥吞下，食物顆粒較大，因此需要更多時間分解；若細嚼慢嚥，食物顆粒較小，便能較快消化完畢，以免引起消化不良。
- 4-2 可樂落下的過程與機器碰撞，此晃動能量導致氣體逸出而造成噴發，若輕敲瓶子便能避免過度噴發。

## 第5章

- 5-1 烤肉時所食用的食材大多都為有機化合物，燒焦後產生的黑色物質為碳。
- 5-2 若想自製有香味的肥皂，需加入香精，而帶有香味的產品絕大部分為酯類。
- 5-3 依據回收物上的標示進行分類與回收，以利資源再生利用，若為無法回收的物品要妥善丟棄。
- 5-4 由於肥皂為鹼性，從第三章的實驗中可以了解到能夠分解油汙的性質。

## 第6章

- 6-1 因為敵隊也施一個大小相同的反方向力，抵銷了阿翰出的力，所以繩子不會移動。
- 6-2 因為阿翰家裡的地板摩擦力很大，沒有辦法順利的滑動。
- 6-3 只要將杯膜的洞開大一點，就可以使內外的氣壓平衡，杯子就不會凹陷變形了。
- 6-4 人體的密度略小於水，因此只有小部分的體積露在水外，若以直立姿勢在水中，則是頭頂在水面外，會無法呼吸；若以躺姿漂在水上，則鼻孔會露在水面上，就可以順利呼吸。

## 例題解答

### 例題 1-1 • p17

化學反應皆遵守質量守恆定律，因此答案為(甲)(乙)(丙)(丁)。

### 例題 1-2 • p20



平衡 C  $\underline{1} \text{ CH}_4 + \underline{\quad} \text{ O}_2 \rightarrow \underline{1} \text{ CO}_2 \uparrow + \underline{\quad} \text{ H}_2\text{O}$

平衡 H  $\underline{1} \text{ CH}_4 + \underline{\quad} \text{ O}_2 \rightarrow \underline{1} \text{ CO}_2 \uparrow + \underline{2} \text{ H}_2\text{O}$

平衡 O  $\underline{1} \text{ CH}_4 + \underline{2} \text{ O}_2 \rightarrow \underline{1} \text{ CO}_2 \uparrow + \underline{2} \text{ H}_2\text{O}$



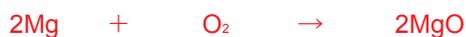
### 例題 1-3 • p23

1

算出X元素的原子量為 24，查閱週期表可知X為 鎂 元素

2

寫出X元素燃燒的化學反應式



3

根據莫耳的定義，24公克的X元素可表示為多少莫耳

X元素的原子量為24，因此24公克的X元素相當1莫耳。

4

利用化學反應式的係數關係，推算1莫耳的X元素，可完全燃燒產生1莫耳的氧化物XO，你認為合理嗎？試說明你的理由。

合理。因為X元素的係數與氧化物XO一致。

## 例題 2-1 • p40

1.

|    | CaO | CO <sub>2</sub> | CuO | Na <sub>2</sub> O | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
|----|-----|-----------------|-----|-------------------|--------------------------------|
| Ca |     | +               | +   | -                 | +                              |
| C  | -   |                 | +   | -                 | +                              |
| Cu | -   | -               |     | -                 | -                              |
| Na | +   | +               | +   |                   | +                              |
| Fe | -   | -               | +   | -                 |                                |

2.

|     | 氧化還原反應                                   | 發生還原                           | 發生氧化 |
|-----|--|--------------------------------|------|
|     | $C + 2CuO \rightarrow CO_2 + 2Cu$        | CuO                            | C    |
| (1) | $2Na + CuO \rightarrow Na_2O + Cu$       | CuO                            | Na   |
|     | $Ca + CuO \rightarrow CaO + Cu$          |                                | Ca   |
| (2) | $6Na + Fe_2O_3 \rightarrow 3Na_2O + 2Fe$ | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Na   |
|     | $3C + 2Fe_2O_3 \rightarrow 3CO_2 + 4Fe$  |                                | C    |
|     | $3Ca + Fe_2O_3 \rightarrow 3CaO + 2Fe$   |                                | Ca   |
| (3) | $4Na + CO_2 \rightarrow 2Na_2O + C$      | CO <sub>2</sub>                | Na   |
|     | $2Ca + CO_2 \rightarrow 2CaO + C$        |                                | Ca   |
| (4) | $4Na + CO_2 \rightarrow 2Na_2O + C$      | CO <sub>2</sub>                | Na   |
|     | $6Na + Fe_2O_3 \rightarrow 3Na_2O + 2Fe$ | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |      |
|     | $2Na + CaO \rightarrow Na_2O + Ca$       | CaO                            |      |
|     | $2Na + CuO \rightarrow Na_2O + Cu$       | CuO                            |      |
| (5) | $2Fe + 3CuO \rightarrow Fe_2O_3 + 3Cu$   | CuO                            | Fe   |

以上答案僅供參考，不重複即可

**例題 2-2** • p45

(A) (D) 氯氣、二氧化碳在反應中氧化了其他物質；(C) 二氧化錳則僅只是有助於加快反應速率而未參與反應。故答案為(B)。

**例題 3-1** • p60

(丙) 水溶液必是電中性，但酸鹼性未必是中性。故答案為(B)。

**例題 3-2** • p76

(A) 滴入鹽酸後，溶液會由鹼性愈來愈偏向酸性，因此pH值會逐漸變小；(B) 此實驗以酚酞作為指示劑；(D) 將鹽酸滴入氫氧化鈉溶液中，發生酸鹼中和反應，溫度會上升。故答案為(C)。

**例題 3-3** • p81

(甲) HCl 俗稱鹽酸，為酸性；(乙) SO<sub>2</sub> 為酸性；(丙) MgO 為鹼性；(丁) CaO 為鹼性；(戊) NaOH 為鹼性；(己) NaCl 俗稱食鹽，為中性；(庚) NaHCO<sub>3</sub> 俗稱小蘇打，為鹼性；(辛) NH<sub>3</sub> 為鹼性。故答案為(1)(丙)、(丁)、(戊)、(庚)、(辛)；(2)(甲)、(乙)。

**例題 4-1** • p96

濃度愈高，且加入催化劑，反應速率較快，故乙 > 丙 > 甲。

**例題 4-2** • p101

(A) 此實驗無法判斷溫度與反應速率的關係；(C) 此實驗操作變因為Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>溶液的濃度；(D) 沉澱物為黃色的硫固體。故答案為(B)。

**例題 4-3** • p105

(甲) 非密閉狀態下，反應中產生的二氧化碳逸散至空氣中，逆反應無法進行；(丁) 鎂的活性遠大於銅，僅有正反應發生，故答案為(B)。

**例題 5-1** • p117

甲、丙屬於有機化合物，故會產生黑色的碳。

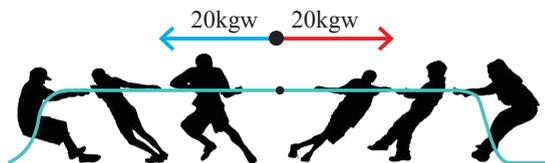
**例題 5-2** • p133

(甲)、(丙) 正確，其餘選項的正確寫法為：(乙) 保鮮膜為鏈狀聚合物；(丁) 葡萄糖為小分子；(戊) 添加酒精可以使油脂與鹼性溶液混合。

**例題 6-1** • p141

丟出飛盤、拉動桌椅、滾動的球緩緩停下、燒杯摔破、船在水上航行，為接觸力；磁針的指針指向北方、沒拿穩的燒杯向下掉落、摩擦後的墊板使頭髮豎起，為超距力。故於第2、5、7項打○。

## 例題 6-2 • p144



## 例題 6-4 • p153

作用力 $F_a=F_b$ ，又受力面積 $A_a < A_b$ 。  
故壓力 $P_a > P_b$ 。

## 例題 6-6 • p159

若想舉起較重的物體，則應該把重物放在較大的活塞上。

## 例題 6-8 • p165

- (1)由關係圖可知當圓柱體還沒進入水中時，重量為 $500\text{gw}$ 。
- (2)由關係圖可知彈簧秤讀數在圓柱體浸入4公分後就沒有改變，可知圓柱體在4公分時完全沒入。
- (3)浮力為在水中減輕的重量， $500-300=200\text{gw}$ 。

## 例題 6-3 • p150

- (1)當外力為 $6\text{kgw}$ 時，此外力小於最大靜摩擦力與動摩擦力，因此物體為靜止狀態。
- (2)欲推動此物體，則最少要施 $10\text{kgw}$ 的外力，才可使物體開始移動。
- (3)物體若處於運動狀態，則受到的動摩擦力為定值，則此物體受到的合力為 $3\text{kgw}$ 。

## 例題 6-5 • p156

- (1)A                      (2)A

## 例題 6-7 • p165

因甲沉於水中，故其受浮力小於其重量，而乙浮於水上，故其所受浮力等於其重量，可知 $W=B_{乙} > B_{甲}$ 。

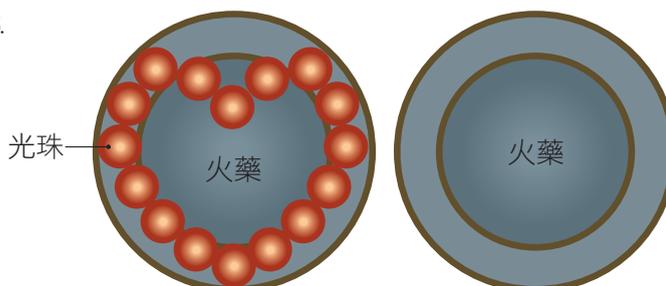
## 例題 6-9 • p167

在海中所受的浮力與在水面下的體積有關，跟體重無關。故答案為(A)。

# 科學大事記

## 第1章

1. C      2. C      3.



## 第2章

1. B      2. C

3. 藥物雖然能夠治病，但若不遵照醫囑服用，濫用藥品可能危害生命。

## 第3章

1. C      2. B

3. 選擇具有花青素的植物，以紙張吸取汁液後將其弄乾後便可做為檢驗試紙。

## 第4章

1. C      2. A

3. 就地摀住臉部或身體以隔絕空氣，站在原地以避免粉塵擾動，降溫與蓋防火毯。

## 第5章

1. B      2. D

3. 可以將回收寶特瓶溶解後抽絲，再製作成環保背心。

## 第6章

1. B      2. B

3. 此種設計是利用連通管原理來使小破損時，水密隔間內的水位只會上升到與海平面等高，但缺點是只要當破損過大時，水就會像製冰盒一般不停的溢出，船必定會沉沒。

# 隨堂筆記

## 第1章

p12

試整理化學反應常見的現象。

1. 加熱小蘇打粉末→產生 二氧化碳
2. 蝶豆花飲料加入食醋→發生 顏色 變化
3. 二氧化碳通入石灰水→產生 混濁現象
4. 暖暖包的放熱現象→發生 溫度 變化

## 第3章

p61

| 電解質  | 解離方程式  | 往正極移動的離子        | 往負極移動的離子         |
|------|--|-----------------|------------------|
| 食鹽   | $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$                | $\text{Cl}^-$   | $\text{Na}^+$    |
| 鹽酸   | $\text{HCl} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$                  | $\text{Cl}^-$   | $\text{H}^+$     |
| 硝酸鉀  | $\text{KNO}_3 \rightarrow \text{K}^+ + \text{NO}_3^-$              | $\text{NO}_3^-$ | $\text{K}^+$     |
| 氫氧化鈣 | $\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^-$ | $\text{OH}^-$   | $\text{Ca}^{2+}$ |

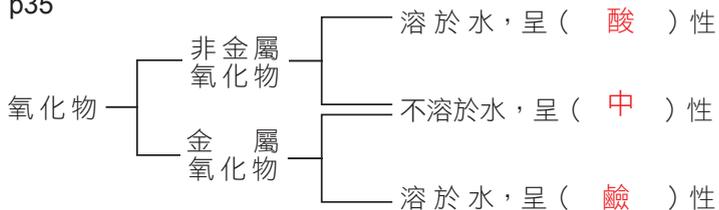
## 第4章

p92

|       | 加入催化劑 |
|-------|-------|
| 催化劑質量 | 不變    |
| 反應速率  | 加快    |
| 生成物產量 | 不變    |

## 第2章

p35



p100

| 溫度     | 升高 | 降低 |
|--------|----|----|
| 粒子能量   | 增加 | 減少 |
| 粒子運動速率 | 變快 | 變慢 |
| 碰撞頻率   | 增加 | 減少 |
| 反應速率   | 變快 | 變慢 |

p100

| 反應速率 | 活性 | 顆粒 | 接觸面積 | 濃度 | 溫度 |
|------|----|----|------|----|----|
| 快    | 大  | 小  | 大    | 高  | 高  |
| 慢    | 小  | 大  | 小    | 低  | 低  |

p105

| 項目<br>因素 | 反應速率 | 平衡狀態 |
|----------|------|------|
| 催化劑      | ✓    | ×    |
| 濃度       | ✓    | ✓    |
| 溫度       | ✓    | ✓    |

第5章

p116

|    |       |                                    |
|----|-------|------------------------------------|
| 氣體 | 可燃    | CO、CH <sub>4</sub> 、H <sub>2</sub> |
|    | 不可燃   | CO <sub>2</sub> 、H <sub>2</sub> O  |
| 液體 | 焦油、醋酸 |                                    |
| 固體 | 碳     |                                    |

p123

| 物質  | 種類 | 溶解情形 | 酸鹼性 |
|-----|----|------|-----|
| 汽油  | 烴類 | 難溶於水 | 中性  |
| 甘油  | 醇類 | 溶於水  | 中性  |
| 食醋  | 酸類 | 溶於水  | 酸性  |
| 香蕉油 | 酯類 | 難溶於水 | 中性  |

p133

|       | 去汙原理                    | 製造原料    | 海水中的洗淨效果 |
|-------|-------------------------|---------|----------|
| 肥皂    | 分子親油端吸附油汙，並利用親水端將油汙帶入水中 | 油脂、氫氧化鈉 | 差        |
| 合成清潔劑 | 分子親油端吸附油汙，並利用親水端將油汙帶入水中 | 石化原料    | 不受影響     |

## 理化In my life

### 第1章

1. 化學變化以及物理變化都有。曼陀珠表層糖微粒擾動汽水，使水中二氧化碳氣體溶解量減少，氣體逸出造成噴發是物理變化；二氧化碳與水作用產生的碳酸為化學變化。
2. 發泡錠加入水中是由碳酸氫鈉與檸檬酸反應，產生二氧化碳，故為化學變化。

### 第2章

1. 會變為褐色是因為蘋果內含的酵素與氧氣反應，而產生了褐色，若要阻止其氧化便要以隔絕空氣的方式處理，因此泡鹽水可以將蘋果與空氣隔絕，且可以延緩酵素活性。
2. 除了與空氣隔絕外，還可以以其他物質使其還原，因此可以使用檸檬汁塗抹達到抗氧化與還原的效果。

### 第3章

1. 胃藥中常使用的成分為氫氧化鋁、碳酸鈣及碳酸氫鈉等，皆為以酸鹼中和的方式減緩胃酸造成的疼痛。
2. 生活中有許多酸鹼中和的例子，像是口中食物殘渣為酸性，故須以偏鹼性的牙膏來酸鹼中和並達到清潔及消臭的目的。

### 第4章

1. 蘋果本就會釋放乙烯，但因為將其與香蕉一同放於袋中，因此在袋子裡的乙烯濃度較高，加速了香蕉成熟的速度。
2. 若能以乙烯催熟的水果，隨著成熟所釋放出的成分會愈多，因此若待成熟後再運送，那於運送過程便會過熟而賣相不佳。

### 第5章

1. 由黃豆發酵的納豆也是一種發酵食品。發酵與腐敗最大的差異為對人類有益或有害，對人類有益處的便為發酵；對人類有害處，甚至導致食物中毒的便為腐敗。
2. 發酵的過程會產生氣體，因此需要開蓋讓氣體逸散後再繼續發酵成更香醇的葡萄酒。

### 第6章

1. 若要提供500公斤重的浮力，那必須排開這麼重的水，因此並不可能。
2. 於深海海底所受到的水壓較大，因此所提供的浮力與淺水時並不同。



看書或寫作業時，應保持35公分以上的閱讀距離。