

在 -36°C 的室外潑 90°C 的熱水，可以看到熱水潑濺的途徑形成白茫茫的弧形軌跡。熱水蒸發出水蒸氣，而水蒸氣遇冷又凝結成小水滴，在水落地的瞬間，由於地面溫度很低，水在幾秒後快速凍成了冰。水蒸氣、水和冰有什麼關係呢？

水和空氣是生物生存不能缺少的物質。水覆蓋了約四分之三的地面，空氣則漫布在地球的周圍。然而，水和空氣各具有什麼特性，為何對生物的生存非常重要？本章將藉由常見的物質及其變化現象，探討物質和人類生活的關係。



2



物質的世界

2·1 認識物質

實驗 2·1 混合物的分離

2·2 水溶液

跨科主題 水與空氣的重要性

實驗 氧氣的製備及性質

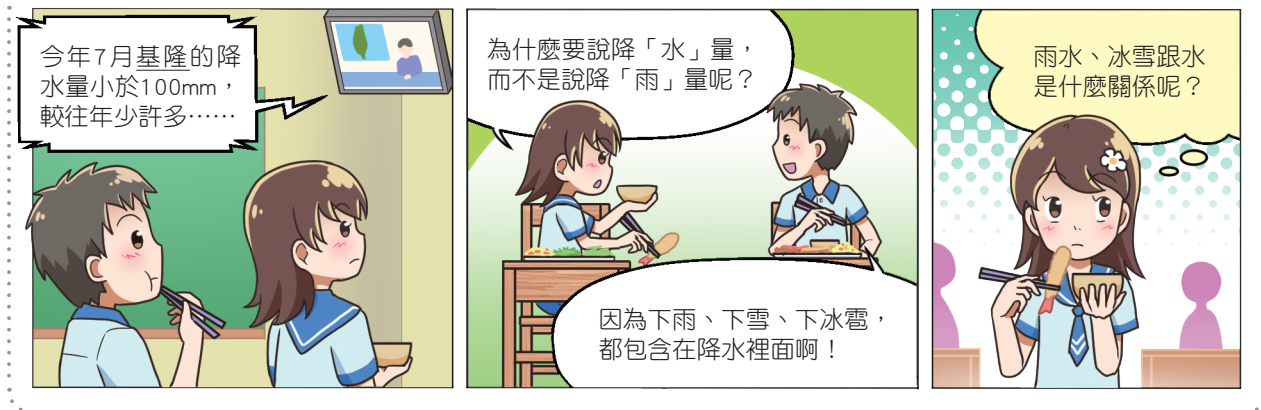


2·1

認識物質

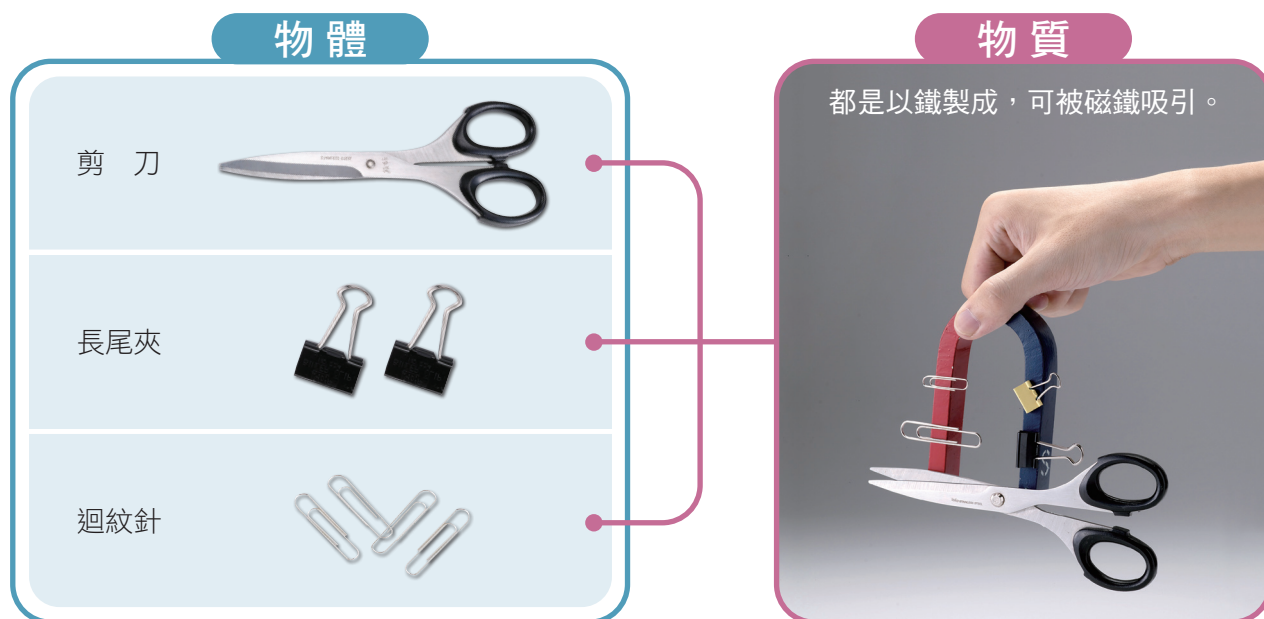


自然暖身操



大自然中雲、霧、雨、雪實際上都是由同一種「物質」——水所組成。在科學上凡占有空間、具有質量者稱為**物質**，而**物體**則是由物質所組成。例如剪刀、長尾夾和迴紋針的主要成分都是鐵，因此都可以被磁鐵吸引（圖2-1）。

5



▲ 圖2-1 同一種物質組成的不同物體，具有相似的性質。

1 物質的三態

國小自然課程中已經學過水有冰、水、水蒸氣三種狀態，科學上將物質的狀態大致區分為**固態**、**液態**和**氣態**。固態物體的體積固定，形狀不會隨容器而改變；液態物體的體積固定，但形狀會隨容器而改變；氣態物體會充滿容器，體積及形狀都會隨容器而改變（圖2-2）。



A 固體（糖果）的體積固定，形狀不會受玻璃容器影響。



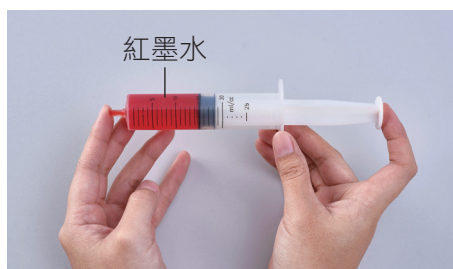
B 液體在不同的容器中，形狀會隨容器而改變。



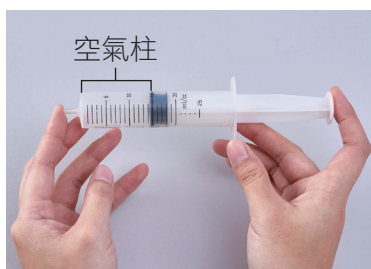
C 氣體的體積及形狀會隨容器改變。

▲ 圖2-2 物質的狀態

在一支注射筒中裝紅墨水至一半處，另一支注射筒拉動活塞至一半處，分別用手指按住注射筒的出口，另一支手往內推動活塞（圖2-3、2-4），操作後發現裝入紅墨水的注射筒，活塞難以推動；內含空氣的注射筒，活塞可向內推移，由此可以發現氣體比液體更容易壓縮。即氣體體積會隨容器改變。



▲ 圖2-3 液體體積不容易被壓縮。



▲ 圖2-4 氣體體積具有可壓縮性。





2 物質的變化

物質的變化可以依據是否產生新物質，區分為物理變化和化學變化兩種。**物理變化**在過程中只有狀態改變，本質沒有改變且無新物質產生。例如將水倒入製冰盒後放入冷凍庫內，經過幾個小時後取出製冰盒，發現水已經凝固成冰塊了。將製冰盒放在室溫下再經過數個小時後，又會發現冰塊融化成水（圖2-5）。

化學變化在過程中本質改變、產生新物質。例如將一支新的鐵製髮夾放在潮溼的浴室裡，經過幾天後，發現原本黑色的髮夾表面產生了許多深褐色的物質，這是由於鐵和空氣中的水及氧氣反應後生成褐色鐵鏽，鐵與鐵鏽是不同的物質（圖2-6）。

物理變化

本質不變，無新物質產生。



A 水凝固成冰，過程中沒有新物質產生。



B 空氣中的水蒸氣遇冷在杯壁凝結成水。



C 固態奶油受熱融化成液態。

圖2-5 物理變化實例

例題 2-1

物理變化與化學變化

在蠟燭燃燒的過程中，會經過如右圖的變化。其中甲～丙過程分別屬於何種變化？請依循下表完成判斷。

丙. 氣態蠟燃燒產生了二氧化碳和水蒸氣等物質

↑

乙. 液態蠟再變成氣態蠟

↑

甲. 固態蠟會逐漸融化成液態蠟



判斷步驟 \ 現象	甲	乙	丙
(1) 是否產生新物質？			
(2) 屬於何種變化？			



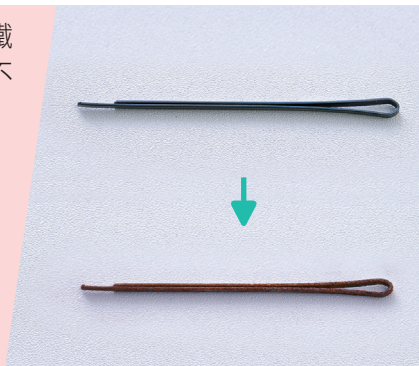
動腦時間

用針戳破氣球和用點燃的線香戳破氣球，兩顆氣球分別發生何種變化呢？

化學變化

本質改變，產生新物質。

A 鐵生鏽，褐色鐵鏽與原來的鐵是不同的物質。



B 紙張燃燒後變成灰燼，灰燼與紙張是不同的物質。



C 吐司烘烤後產生焦黃色的新物質。

圖2-6 化學變化實例

3 物質的性質

在第一章我們學習過利用天平測量物體的質量，這類用觀察、測量等不改變物質組成的方法即可察覺的特性，稱為物質的**物理性質**，例如質量、密度、熔點等。

而當物質發生化學變化時所表現出的特性，則稱為物質的**化學性質**，例如可燃性、助燃性等。國小自然課程檢測水溶液酸鹼性時，曾利用酸鹼指示劑的顏色變化來判斷，也是化學性質的檢測。

4 純物質與混合物

生活中所見的物體都是由物質組成的。有些物體只由一種物質組成，稱為**純物質**，例如二氧化碳、純水和銀等。有些物體則由兩種以上的純物質混合而成，稱為**混合物**，例如生理食鹽水和柳橙汁等（圖2-7）。

純物質具有一定的特性；而混合物其性質會隨物質混合的比例不同而有所變化。例如純水有固定的沸點（圖2-8）；但是食鹽水的沸點會隨著食鹽與水的混合比例不同而改變（圖2-9）。

Each mL contains:
Sodium Chloride.....9mg
Water for injection.....1mL



▲ 圖2-7 用於醫療和清潔的生理食鹽水，是食鹽（Sodium Chloride）與水的混合物。

純物質 具有一定的特性

沸點為 100°C

純水

▲ 圖2-8 一大氣壓下，純水的沸點固定。

混合物 性質隨物質混合物比例而變化

沸點約為 101°C

2匙食鹽

食鹽水

沸點約為 102°C

4匙食鹽

食鹽水

▲ 圖2-9 一大氣壓下，在等量的水中溶解不同量的食鹽，食鹽水的沸點不一樣。



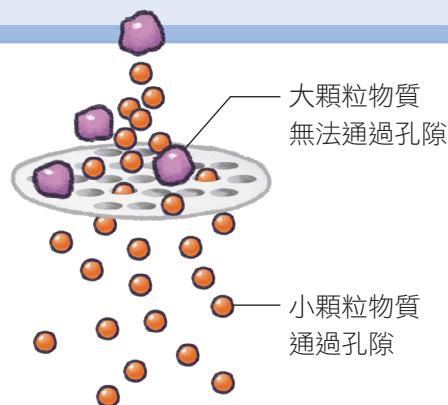


基本操作

過濾裝置

【原理】

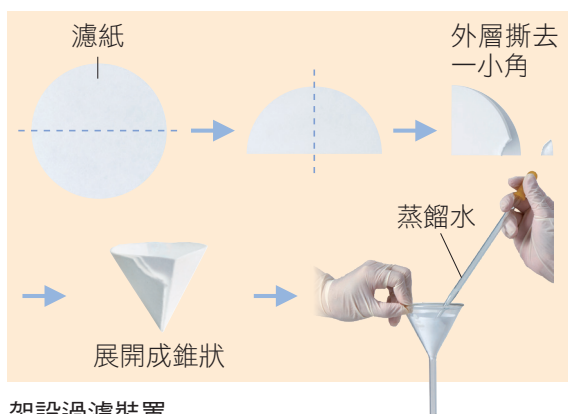
過濾裝置可分離顆粒大小不同的物質，其中微小粒子能通過濾紙的孔隙，顆粒大的物質則無法通過，而被留在濾紙上。濾紙以纖維製成，常用來將顆粒較大的固體與液體分離。



【步驟】

1 放置濾紙

將摺好的濾紙外層撕去一小角，以讓濾紙和漏斗緊密貼合。用少量的蒸餾水潤溼，使濾紙附著在漏斗內壁。

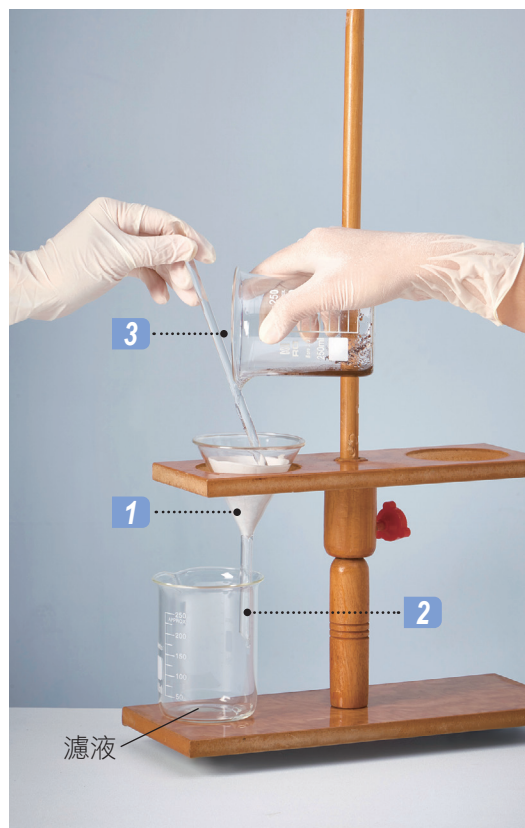


2 架設過濾裝置

將漏斗置於漏斗架上，並使漏斗頸尖端緊貼燒杯內壁，這可以加快過濾速度，並且避免濾液因濺灑而有損失。

3 傾析

讓液體沿著玻璃棒倒入濾紙內，以避免濺灑。傾析的速度不可太快，且漏斗中的液面不要超過濾紙 $\frac{2}{3}$ 高度。



蒸發結晶裝置

將蒸發皿放在陶瓷纖維網上，倒入濾液後加蓋（例如漏斗、錶玻璃等），再加熱使水分完全蒸發（需保留水蒸氣出口）。

❗ 水分完全蒸發後，器材溫度很高，降溫後方可取下。





實驗目的

利用物質間性質的差異，探討如何以合適的方法分離混合物，並藉由結果推測分離原理。

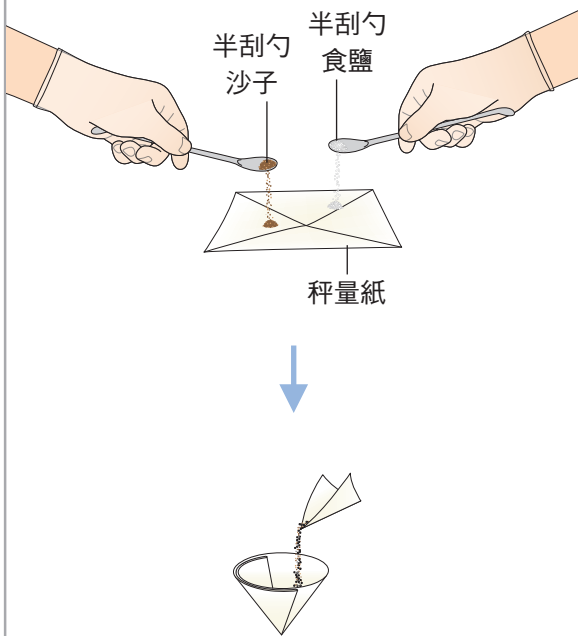
器材 (每組)

- | | | |
|--|--------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> 食鹽1刮勺 | <input type="checkbox"/> 沙子1刮勺 | <input type="checkbox"/> 蒸餾水50 mL |
| <input type="checkbox"/> 漏斗1個 | <input type="checkbox"/> 漏斗架1組 | <input type="checkbox"/> 燒杯 (250 mL) 3個 |
| <input type="checkbox"/> 刮勺1支 | <input type="checkbox"/> 酒精燈1個 | <input type="checkbox"/> 玻璃棒1支 |
| <input type="checkbox"/> 量筒 (50 mL) 1個 | <input type="checkbox"/> 濾紙2張 | <input type="checkbox"/> 滴管1支 |
| <input type="checkbox"/> 三腳架及陶瓷纖維網1組 | <input type="checkbox"/> 蒸發皿1個 | <input type="checkbox"/> 紗布適量 |

步驟

1 測試混合物能否通過濾紙

分別取半刮勺的食鹽與沙子，倒在秤量紙上。取1張濾紙摺疊成錐狀，再將食鹽和沙子的混合物倒入。



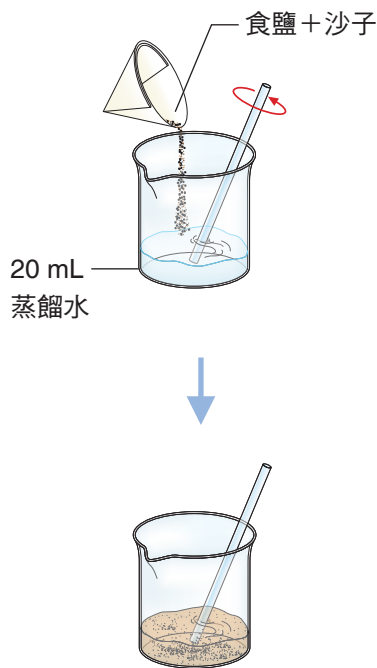
步驟Q

食鹽與沙子能通過濾紙嗎？

2 將待分離混合物倒入蒸餾水中

將混合物倒入裝有20毫升蒸餾水的燒杯中，以玻璃棒攪拌後，靜置觀察。

觀察並記錄溶液狀況。



步驟Q

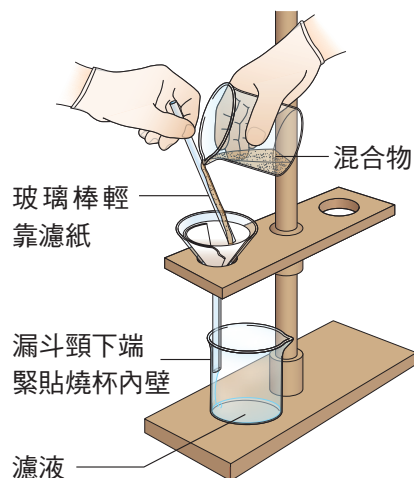
為何要將混合物倒入水中？

進行實驗

3 以濾紙進行過濾實驗

架設過濾裝置，以玻璃棒再次攪拌燒杯中的混合物後，沿著玻璃棒緩緩將混合物倒入濾紙內進行過濾，漏斗中的液面不要超過濾紙 $\frac{2}{3}$ 高度。

🔍 觀察並記錄濾紙內有什麼物質。

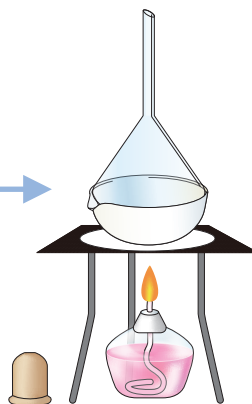


4 進行結晶實驗

沿著玻璃棒將約5 mL濾液倒入蒸發皿中（剩餘的濾液保留），蓋上漏斗，緩緩加熱蒸發皿至濾液完全蒸乾。

🔍 觀察並記錄蒸發皿內有什麼物質。

⚠️ 水分完全蒸乾即可熄滅酒精燈，以免乾燒，此時器材溫度很高，降溫後方可取下。



步驟Q

蓋上漏斗的目的為何？

5 改以紗布進行過濾實驗

將步驟3的濾紙更換為紗布，使紗布覆蓋在漏斗內，過濾相同成分的混合物。

🔍 觀察以紗布過濾的濾液和步驟4剩餘的濾液有什麼不同。

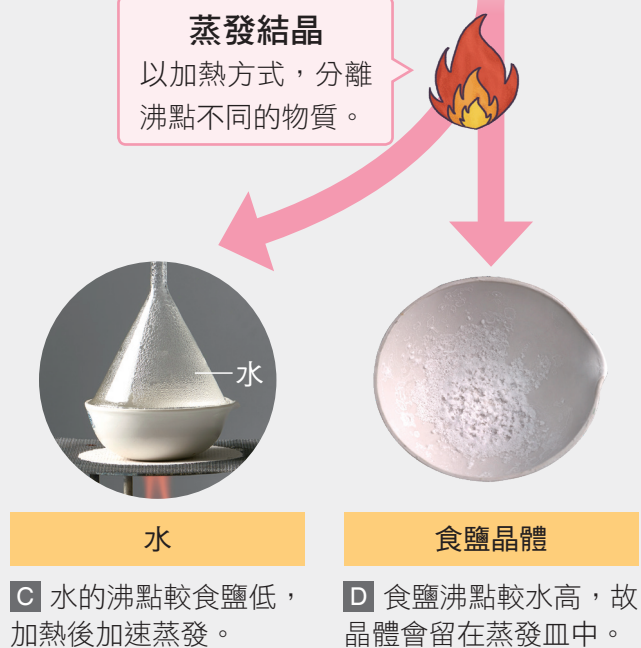
1. 食鹽與沙子的混合物加水後再過濾，為什麼可以分離食鹽與沙子？
2. 加熱濾液後，所得到的固體物質是什麼？其原理為何？
3. 濾紙和紗布何者過濾的效果較好？你推測原因為何？
4. 請利用網路蒐集資料或參觀汙水處理廠後，試說明含有雜質的大量汙水應如何處理來降低對環境的汙染，其中運用到哪些分離方法？

進一步探索

想一想，如果不小心把綠豆打翻到地上，掃起來後要怎麼把綠豆和雜質（例如沙子）分離呢？

可利用活動紀錄簿P.16
進行探討活動

【觀察的結果】



▲ 圖2-10 利用純物質間性質的差異分離混合物。

【分析與結論】

>>> 從實驗2·1學習到，若要從混合物中分離出所含的純物質，可利用純物質間性質的差異加以分離。以食鹽與沙子的混合物為例，已知食鹽易溶於水，沙子不溶於水，因此利用物質對水溶解的難易程度，將食鹽溶解後，再利用過濾的原理使沙子留在濾紙上，而與可通過濾紙的食鹽水溶液分離（圖2-10A、B）。

若要分離過濾後所得食鹽水溶液中的食鹽與水，則可以利用兩者沸點的不同，以加熱的方式將沸點較低的水蒸發後，蒸發皿中留下的為沸點較高的食鹽晶體（圖2-10C、D），此種方法稱為蒸發結晶法。<<<

例題2-2

混合物的分離

下列分離混合物的方法中，哪些應用的原理與「用濾布分離豆渣與豆漿」相同？若相同請在方框中打✓，不同則打×。

- (1) 用磁鐵分離鐵粉與細沙。
- (2) 冷氣加裝濾網可減少室內空氣中的灰塵量。
- (3) 用水槽濾網過濾食物殘渣。
- (4) 將海水曝曬在陽光下可以得到粗鹽。

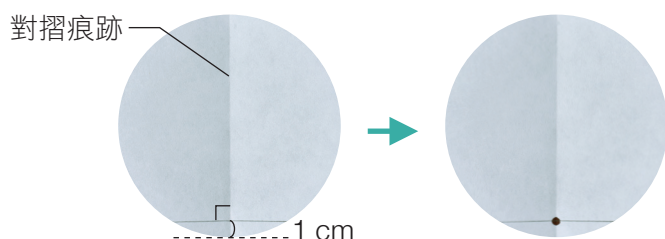
除了溶解過濾、蒸發結晶等方式，可以分離混合物外，還有其他方法，以下讓我們用彩色筆及濾紙，來觀察色素的分離。



探索活動 濾紙色層分析法

1. 取一張濾紙對摺後，沿摺線由濾紙底部向上約1公分處，以鉛筆畫一條與摺線垂直的直線，如圖2-11所示，此時在摺線與鉛筆所畫直線交點處以棕色水性彩色筆輕點2次。

❗彩色筆輕點時應避免停留太久使顏色暈開。

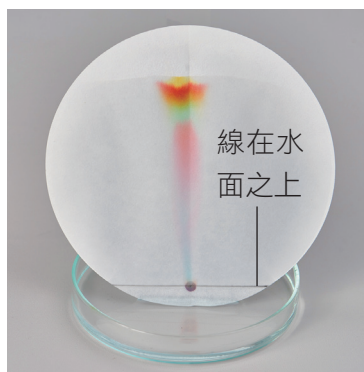


▲ 圖2-11 準備色層分析用濾紙。

2. 在培養皿內加入高約0.5 cm 的水後，再將濾紙有顏色的一端放入水中，並利用物品在背後支撐濾紙（圖2-12）。觀察彩色筆色素在濾紙上移動的情形。

❗濾紙放入時避免標示顏色的位置沒入水面下。

3. 改以其他顏色的水性彩色筆進行，重複步驟1~2。



▲ 圖2-12 觀察色素的分離。

- 探索活動中透過濾紙色層分析法，可以將看起來是一種顏色的色彩，分離出不同色素，發現原來色筆的顏料是由不同色素組成的混合物。利用色層分析原理，可以幫助我們了解物質的組成，例如葉綠素含有多種色素，科學家會用色層分析法來進行葉綠素的分析。除此之外，生活中也有很多地方會應用到本節學過的物質分離方法，在後續的跨科主題中將陸續學習到。

知識快遞

濾紙色層分析法是利用不同色素被濾紙吸附的能力差異，以及在水中移動速度的不同，來進行分離。



自然暖身操 解答

雨水和冰雪屬於不同物體，但組成物質都是水；而冰融化成為水，本質不改變，屬於物理變化。



自然暖身操

我買了蘋果汁和柳橙汁，你們自己選要喝哪一種。

謝謝媽，我喝蘋果汁好了。噢？上面寫果汁含量15%！



我也來看看……這瓶寫果汁含量60%，這兩個標示代表什麼含義呢？



知識快遞

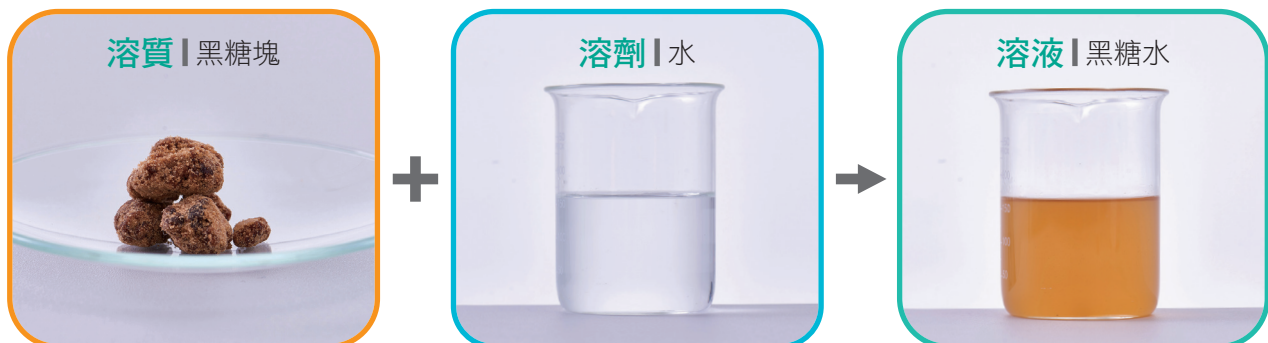
溶液中量多者稱為溶劑，量少者稱為溶質。例如碘酒為酒精溶液，是以酒精為溶劑，碘為溶質。但如果是水溶液，不論其中水量的多寡，一般都稱水為溶劑。

生活中有各種的水溶液，例如切蘋果常會泡的食鹽水、吃仙草會搭配的糖水等。接下來，我們將探討水溶液的組成，以及物質在水中的溶解現象。

1 水溶液的組成

將黑糖放入水中，從外觀來看黑糖逐漸變小，溶液顏色也隨著黑糖溶解而逐漸變深。從微觀來看，黑糖在水中溶解成肉眼看不見的微小粒子，均勻分布於水中，形成糖水溶液（圖2-13），其中的糖稱為**溶質**，水稱為**溶劑**，**溶液**則包含溶質與溶劑，因此溶液的質量等於溶質與溶劑的質量和。

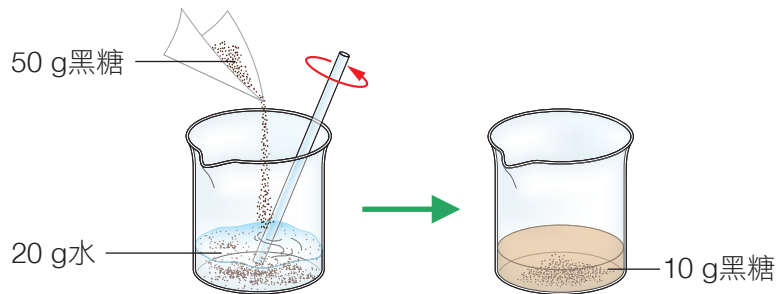
圖2-13 黑糖塊（溶質）在水（溶劑）中溶解。



例題 2-3

水溶液的組成

將50公克的黑糖加入20公克的水中，充分攪拌後，仍有10公克的黑糖沒有溶入水中，請問：



- (1)此糖水溶液中的溶質有_____公克。
(2)此糖水溶液的質量為_____公克。

水是很好的溶劑，可以溶解某些固體，例如糖及食鹽；也可以溶解某些液體和氣體，例如酒精和二氧化碳等（圖2-14）。但也有不少物質難溶於水，例如將泥沙與水混合搖勻，會先形成混濁的泥漿，靜置一陣子後，泥沙還是會沉到底部（圖2-15）。



A 消毒用酒精是酒精（液體）溶於水形成的水溶液。



B 汽水是糖（固體）及二氧化碳（氣體）溶於水形成的水溶液。

圖2-14 水也可以溶解某些液體和氣體，形成水溶液。



圖2-15 泥沙難溶於水，故泥沙靜置後，可看到泥沙沉澱。





A 油與水不互溶，明顯分為兩層。



B 利用油可溶於去漬油的原理擦去油性筆跡。

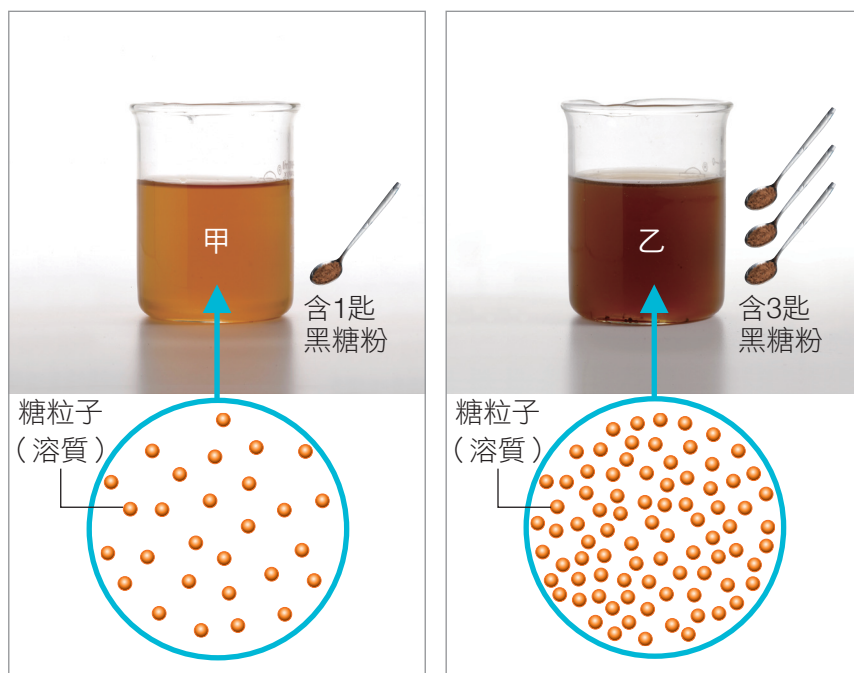
圖2-16 油在不同溶劑中的溶解情況。

有些物質雖然難溶於水，無法與水形成水溶液，但卻可以溶解在其他的溶劑中。例如將油倒入水中，因為油與水不互溶，因此靜置一段時間後，油便會浮在水面上（圖2-16A）；但油卻可以溶解在去漬油中（圖2-16B），形成溶液，這類溶液因為溶劑不是水，所以不能稱為水溶液。

2 濃度

市售可調整甜度的飲料，常可選擇全糖、半糖和微糖，在等量的水中，溶解不同量的糖，就會形成甜度不同的糖水。除此之外描述溶液中的含糖量有其他表示法嗎？

科學家將定量溶液裡所含溶質的量稱為**濃度**。例如在甲、乙兩杯等量的水溶液中，分別含有1匙與3匙的黑糖粉，可觀察到溶解較多黑糖粉的乙杯，糖水溶液顏色比較深，也比較甜，代表乙杯糖水的濃度比較大（圖2-17）。



A 定量溶液中的糖粒子分布較稀疏，濃度較小。

B 定量溶液中的糖粒子分布較濃密，濃度較大。

圖2-17 定量的糖水，濃度比較示意圖。

在逛超市的時候你有注意過液體商品的標示嗎？有些寫著「%」或「度」代表什麼呢？濃度的表示方法有很多種，都是為了表達溶質在溶液中所占的比例，以下將介紹三種生活中常見的濃度表示法。



5 1.重量百分率濃度

一般表示溶液濃度時，最常使用重量百分率濃度來表示。重量百分率濃度是將每100公克的溶液（包含溶質和溶劑）中，所含溶質的公克數，以百分比（%）表示（圖2-18）。

$$\begin{aligned}
 10 \quad \text{重量百分率濃度 (\%)} &= \frac{\text{溶質的重量}}{\text{溶液的重量}} \times 100\% \\
 &= \frac{\text{溶質的質量}}{\text{溶液的質量}} \times 100\% \\
 &= \frac{\text{溶質的質量}}{\text{溶質的質量} + \text{溶劑的質量}} \times 100\%
 \end{aligned}$$

品名：有機寡糖
 原料：採用自然農法有機栽培植物性食用澱粉
 主要成分：糖分75%、水分25%
 糖成分：有機異麥芽寡糖60%以上、葡萄糖、麥芽糖
 用途：可取代砂糖及代糖為甜味料
 用法：依個人喜好調配甜度

A 標示糖分75%，表示每100公克糖漿含有75公克糖。

SULPHURIC ACID 98% w/w

B 標示硫酸（SULPHURIC ACID）98%，表示每100公克硫酸溶液含有98公克硫酸。（註：w/w為重量百分率濃度的縮寫。）

▲ 圖2-18 常見的重量百分率濃度表示

例題 2-4

重量百分率濃度

沛沛想配製重量百分率濃度為20%的糖水溶液，請問下面哪一種配製方法可以得到？（假設糖均完全溶解於水中）

甲.100公克的水+20公克的糖。

乙.80公克的水+20公克的糖。

答：_____。

2. 體積百分率濃度

市售的酒類產品，濃度則大多使用體積百分率濃度。體積百分率濃度是將每100毫升的溶液中，所含有的溶質毫升數，以百分比（%）表示（圖2-19）。

$$\text{體積百分率濃度 (\%)} = \frac{\text{溶質的體積}}{\text{溶液的體積}} \times 100\%$$

5



▲圖2-19 標示酒精度19.5度代表體積百分率濃度為19.5%，表示每100毫升的料理米酒含有19.5毫升的純酒精。

例題 2-5

體積百分率濃度

小軒觀察一瓶紅酒的成分，看到標示中註明的體積百分率濃度為11%，體積為1000毫升，則該瓶紅酒含有酒精_____毫升。



▲圖2-20 牙膏常以ppm標示含氟量。

3. 百萬分點 (ppm)

新聞中可能會看到某食品被檢驗出0.2 ppm的有害物質，到底什麼是ppm呢？ppm被稱為**百萬分點**（圖2-20），可表示1,000,000毫克（1公斤）中所含的毫克數，常使用在表示稀薄溶液的濃度。例如某物質濃度為0.2 ppm，代表在1,000,000毫克的水溶液中，含有0.2毫克的某物質。

10

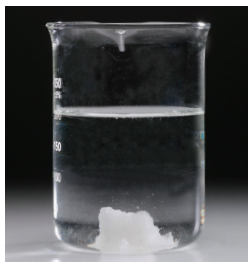
3 擴散現象

調配飲料常會經過攪拌均勻的步驟，如果不攪拌會有什麼情況呢？



動腦時間

如圖2-21，把一顆方糖放入一杯水中，方糖下沉到杯底逐漸溶解。如果不攪拌，經長時間靜置後，這杯水溶液的上層液與下層液會一樣甜嗎？



► 圖2-21 杯底的方糖逐漸溶於水中。

當物質在水中溶解後形成微小粒子，這些粒子會不停的運動，漸漸由高濃度的區域往低濃度的區域運動，最後均勻分布於整杯水中，這種因粒子運動而均勻分布的現象，稱為**擴散現象**。當粒子均勻分布於整杯水中時，粒子仍然繼續不斷的運動（圖2-22）。

知識快遞

定溫下同一種溶質溶解在溶劑中的質量有限，所以在同一杯溶劑中，將溶質加到一定量之後，即使經過攪拌，也無法再溶解，此時溶液濃度達最大，且不能再增加，這樣的溶液稱為飽和溶液，而溶液達飽和之前稱為未飽和溶液。



自然暖身操 解答

飲料是混合物，用百分比表示果汁所占的比例，數字越大代表濃度越大。



擴散現象

第一天



硫酸銅



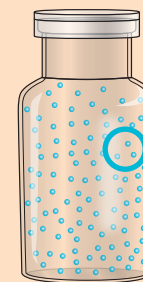
第二天



第四天



第八天



微小粒子仍不停的運動著

▲ 圖2-22 結塊的硫酸銅在水中溶解的情形與擴散現象示意圖。



自然暖身操



我們已學過混合物分離的概念，接著將進一步應用來動手自製濾水器。想一想，有哪些材料可以拿來將水中的雜質過濾呢？以下就來自製簡易的濾水器吧！



探索活動 動手自製濾水器

活動1 濾水器DIY

1. 依下圖方式自製濾水器。

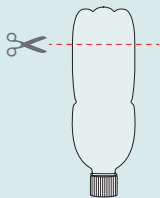
器材

- 寶特瓶
- 剪刀 (或美工刀)
- 濾紙 (或紗布)
- 棉花 _____ g
- 活性炭 _____ g
- 石英砂 _____ g
- 麥飯石 _____ g
- 膠帶

完成自製簡易濾水器之後，就可以倒入廢水進行過濾。

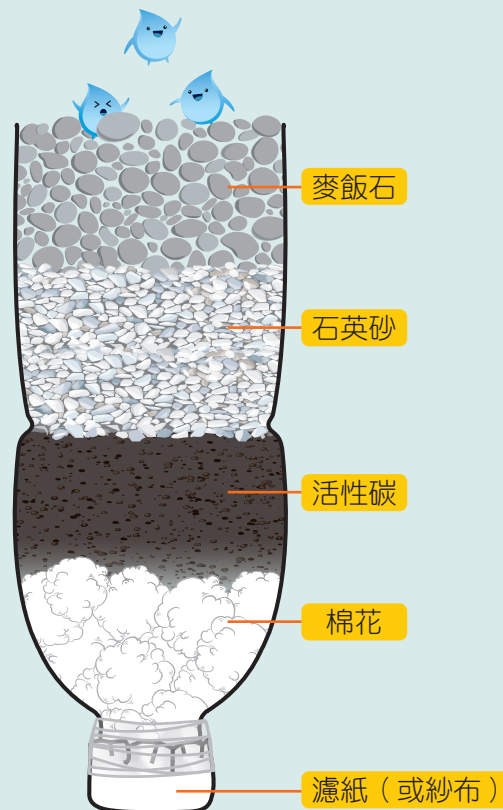


① 將寶特瓶的瓶口朝下，並用剪刀把瓶底截掉。



② 由下至上，依序放入棉花、活性炭、石英砂以及麥飯石。

③ 轉下瓶蓋，以濾紙包住瓶口，並用膠帶固定。



2. 取一杯校園池塘中的水，觀察顏色和氣味。接著利用自製濾水器進行過濾。
3. 觀察過濾後的水，你發現有什麼不同？
4. 蒐集資料，了解棉花、活性炭、石英砂及麥飯石在濾水器中的功能。

活動2 怎麼做更好？

1. 建立你的假設：我認為_____會影響自製濾水器的過濾效果，如果_____，應可使通過濾水器的水變得更加澄清。
2. 設計活動：

① 變因設定

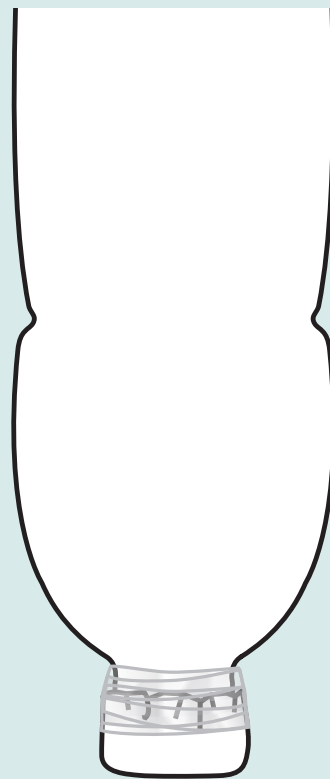
根據你的假設，設定變因。

操縱變因	
控制變因	
應變變因	過濾後水的混濁度



② 設計濾水器

根據你的變因設定，設計並進行實驗，在下圖畫出「你的濾水器」。



③ 觀察並記錄結果

3. 發表你的實驗設計與結果，並與班上同學交流分享，比較看看，大家的實驗有什麼不同？
4. 綜合班上同學們的實驗結果，請你試著設計出過濾效果最好的「自製濾水器」吧！
5. 家庭中產生的廢水有哪些？「自製濾水器」可以用來處理家庭的所有廢水嗎？想想看哪些廢水可藉此初步過濾再利用？而哪些廢水不適合？不適合藉此初步過濾再利用的廢水該如何處理呢？

知識快遞

污水下水道是保護生態環境與維護人民健康的必要設施，也是污水回收的起點。

儘管地球表面70%的面積被水覆蓋，但可飲用的水並不像人們想像的那麼豐富，根據西元2018年聯合國報告：西元2050年全球將有約50億人面臨缺水問題，「廢水處理」是全球重要的議題。在探索活動中，可藉由濾水器來進行廢水簡單的處理，但我們生活使用後的水通常含有大量汙染物，例如洗衣所產生的廢水、廚餘湯汁等，若將家庭、畜牧業、工廠等廢水直接排入河川，會造成水域發臭，甚至影響生物存活。如能有效處理廢水，不僅解決汙染問題，也可進一步善用水資源，改善臺灣缺水狀況。想想看，要怎麼處理生活中產生的家庭污水呢？如何讓用過的水再被利用？



動腦時間

生活中我們主要可以看到兩種下水道系統，分別是污水下水道和雨水下水道（圖2-23），想想看，為什麼污水需先送往污水處理廠呢？

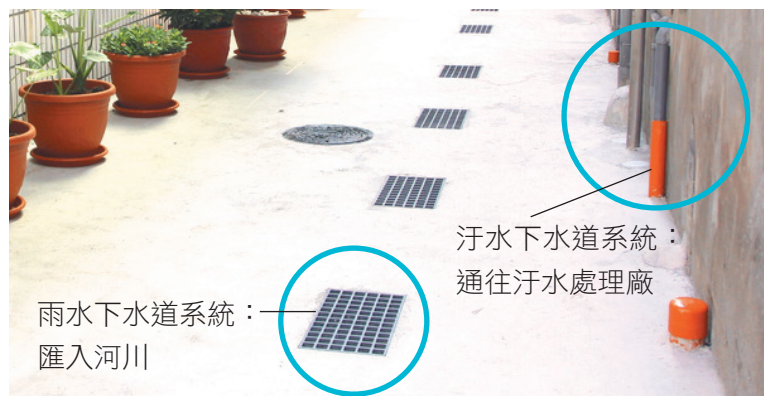


圖2-23 下水道系統

1 家庭污水的處理

為了維護環境，家庭污水必須經由污水下水道系統輸送至污水處理廠，並針對各種汙染物，進行不同方式的處理，形成符合排放標準、不會造成環境汙染的放流水，才能排放到河川，減少水汙染（圖2-24）。

圖2-24 汙水處理流程示意簡圖

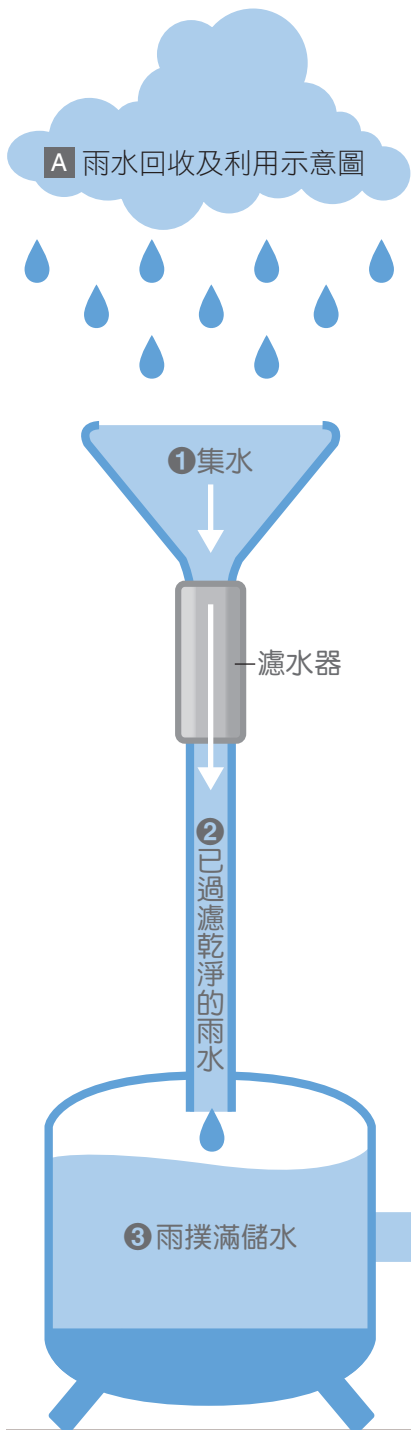


2 水資源的利用

經過處理才排放的放流水可改善溪水品質、降低對生態的影響，如果再經濾芯管過濾微細顆粒，就可製成再生水，進一步回收做生活利用。再生水雖然不能飲用，但可就近供水給工業使用，或者做為不接觸人體的民生用水，例如澆花、洗車等（圖2-25）。臺灣受限於氣候及地形因素，不時發生缺水狀況，對於水資源的使用規畫，我們要有更積極的做法，落實「1滴水至少使用2次以上」的精神。



圖2-25 再生水可用於澆花、洗車等，但不可拿來飲用、洗漱。



▲ 圖2-27 建物可設置雨撲滿，將收集來的雨水，過濾後用在廁所沖水、澆灌花木、沖洗街道或消防用水等，既節約自來水使用量又節省水費。



探索活動 再生水的利用

1. 查詢哪些地方有再生水可免費取用（圖2-26）？如果取了再生水，你會拿來做什麼用途？
2. 目前臺灣民眾的再生水取用率不高，試分析其原因？討論看看，有提升取用率的辦法嗎？
3. 以色列位於中東，氣候相當乾旱，全國天然的水資源只有需求量的一半。查詢資料，了解他們是如何更積極的利用水資源。



▲ 圖2-26 新北市北大特區的再生水供水站

3 珍惜水資源

臺灣雖然屬於降雨豐沛的地區，但80%的雨量集中在梅雨和颱風季節，加上山勢陡峭、河川短急，降下來的雨很快就流入大海，總雨量實際被用來供水的只有五分之一，因此缺水狀況頻傳。有沒有辦法增加雨水的利用呢？目前許多學校與社區有設置雨撲滿，收集雨水經初步過濾後使用於廁所、花園等（圖2-27），以增加生活中可利用的水資源。

除此之外，有些廢水其實不需經過處理就可直接再利用，例如將洗澡水拿來沖廁。珍惜水資源人人有責，所有人都應一起努力！



4 雨水再利用



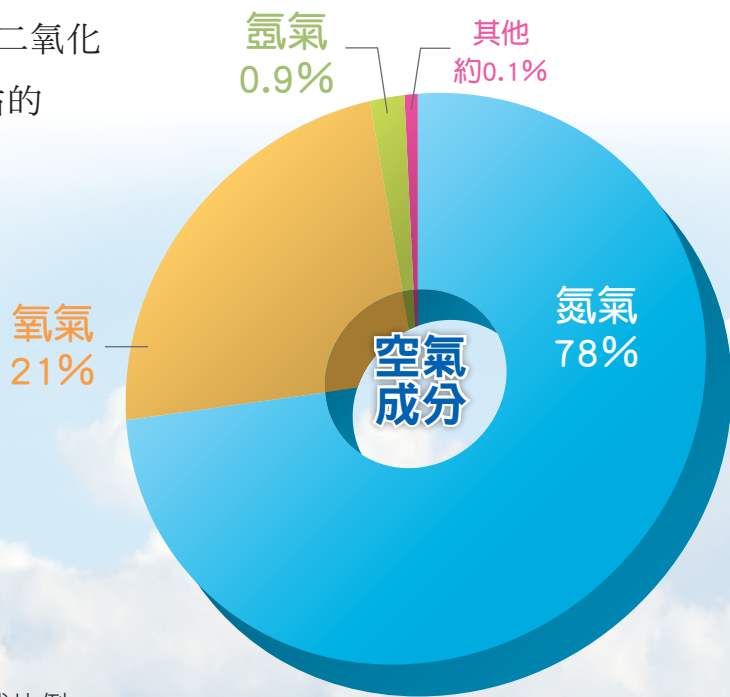
自然暖身操



1 空氣中主要氣體成分

你知道空氣中有哪些氣體嗎？空氣中含有我們呼吸需要的氧氣、植物行光合作用需要的二氧化碳，除此之外，空氣還含有很多種氣體，因此空氣是混合物（圖2-28）。組成空氣的氣體中，氮氣、氧氣和氫氣三者的體積占了大部分，所占比例較固定。其他如二氧化碳、水蒸氣和臭氧等，在空氣中所占的比例會因地點、時間和氣候的不同而改變。

10 空氣中的每種氣體均有其特性，以下讓我們來了解各種氣體的性質。



► 圖2-28 乾燥空氣（不含水氣）的氣體組成比例。

知識快遞

鈍氣在常溫或高溫下極不易與其他物質發生反應，氮氣、氬氣等也屬於鈍氣。氮氣的密度小，僅大於氫氣，可代替氫氣填充氣球與飛船；而填入氬氣的燈管通電時會發出紅光，可做成霓虹燈。



氮氣

氮氣是空氣中含量最多的氣體。氮氣不可燃、不助燃，在室溫下幾乎不與其他物質發生反應。氮氣可應用於充填食品包裝內，以防止食品變質（圖2-29）。而液態氮的溫度極低（約 -196°C 以下），可用來保存臍帶血（圖2-30）。



▲ 圖2-29 食品填充氮氣可保新鮮。



▲ 圖2-30 液態氮可用來保存臍帶血。

5

氬氣

氬氣是乾燥空氣中含量第三多的氣體，為鈍氣的一種。氬氣可用於填充燈泡，防止燈絲氧化以延長燈泡壽命，或用在焊接金屬時防止金屬與氧氣反應（圖2-31）。



▲ 圖2-31 氬氣在高溫下不易與金屬反應，可作為填充燈泡的氣體。

10

氧氣

氧氣是無色無味的氣體，難溶於水，具助燃性。氧氣除了供給生物呼吸外（圖2-32），也常應用在醫療。



▲ 圖2-32) 潛水使用的氣瓶含有人呼吸所需要的氧氣。

▼ 圖2-33) 空氣和氧氣



發現問題

5 空氣和氧氣都是無色透明的氣體（如圖2-33），有什麼方法可以辨別哪一瓶是空氣，哪一瓶是氧氣？讓我們透過實驗了解氧氣的製備及性質。

基本操作

薊頭漏斗



薊頭
漏斗

- 1 薊頭漏斗可用來將液體加到會反應生成氣體的容器中。
- 2 使用時，需將長管下端插入液體中，以避免反應產生的氣體進入漏斗中，造成漏斗中的溶液由上端噴出。
- 3 薊頭形狀可使被擠壓進入漏斗中的液體有適當的緩衝空間，不致流出漏斗外。

液體藥品
由此加入

薊頭漏斗

長管需沒入
液面下

固體藥品置入
瓶中並加水



實驗目的

學習以排水集氣法收集氧氣，並探討氧氣的性質，以分辨空氣和氧氣的不同。

預測

☞ 若將燃燒的線香放入空氣瓶或氧氣瓶內，你覺得會有什麼差異？



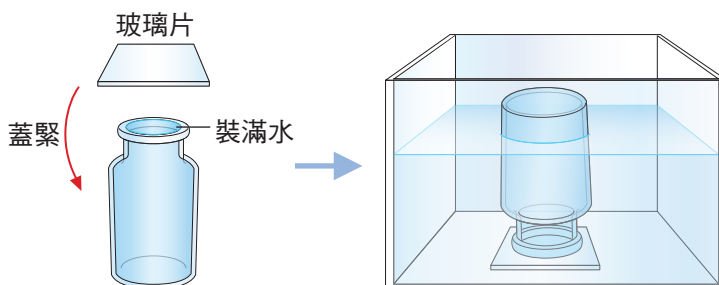
器材 (每組)

- | | | |
|---|---|--|
| <input type="checkbox"/> 二氧化錳約0.5~0.8 g | <input type="checkbox"/> 雙氧水 (10%) 約50 mL | <input type="checkbox"/> 水槽 (約與廣口瓶等高) 1個 |
| <input type="checkbox"/> 刮勺1支 | <input type="checkbox"/> 吸濾瓶 (250mL) 1個 | <input type="checkbox"/> 薊頭漏斗1個 |
| <input type="checkbox"/> 單孔橡皮塞1個 | <input type="checkbox"/> 橡皮管1條 | <input type="checkbox"/> 滴管2支 |
| <input type="checkbox"/> 廣口瓶2個 | <input type="checkbox"/> 玻璃片2片 | <input type="checkbox"/> 線香2支 |
| <input type="checkbox"/> 鐵架 (含廣用夾) 1組 | <input type="checkbox"/> 橡膠手套1雙 | |

步驟

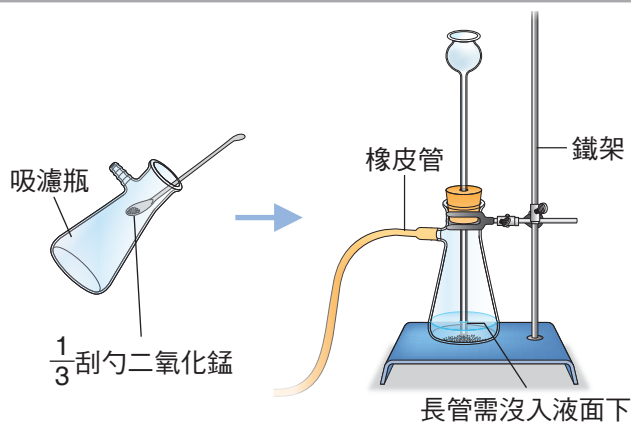
1 架設排水集氣裝置

水槽裝水約 $\frac{2}{3}$ 滿。再將廣口瓶裝滿水，以玻璃片蓋緊瓶口後，倒立放入水槽中。



2 架設製備氧氣裝置

於吸濾瓶內放入約 $\frac{1}{3}$ 刮勺的二氧化錳及少許水，並以鐵架與廣用夾固定吸濾瓶。把橡皮管的一端連接吸濾瓶的側管，並將薊頭漏斗穿過單孔橡皮塞。



進行實驗

3 製備氧氣

以滴管由薊頭漏斗上方緩慢加入約2 mL 純水，觀察吸濾瓶內是否有發生變化。改加入約2 mL 雙氧水，觀察吸濾瓶內是否有發生變化。

逐漸加入雙氧水，待水槽內產生氣泡一段時間後，再將橡皮管移入廣口瓶內。

☑ 記錄吸濾瓶內變化情形。

⚠ 雙氧水會傷害皮膚，應小心操作。

⚠ 若氣泡的生成速率過快，會使雙氧水從薊頭漏斗長管中上升而溢出，此時應將水槽中的橡皮管拉出水面。



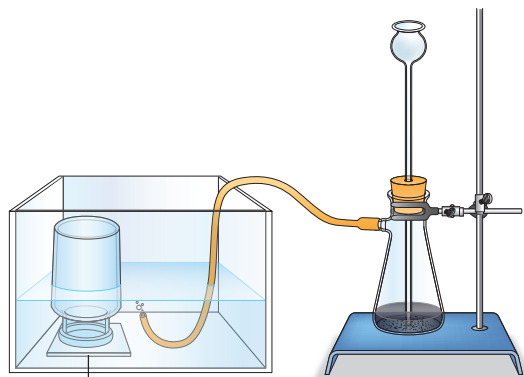
步驟Q

為何剛產生的氣體不收集？



4 收集並保存氧氣

待廣口瓶中的水即將完全被排出時，在水中以玻璃片蓋好瓶口後移出水面，瓶口向上置於桌面，以保存氧氣。



玻璃片蓋好



步驟Q

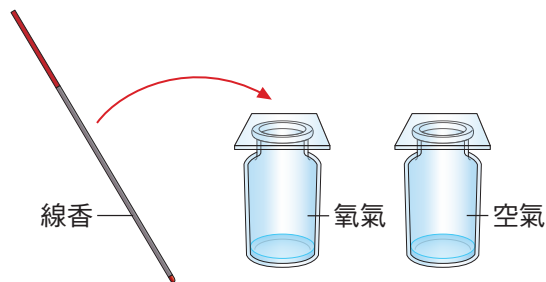
為何廣口瓶內水面會下降？

5 以線香檢驗氧氣的性質

取點燃的線香分別置入瓶底留有少量水的氧氣瓶及空氣瓶中。

☑ 觀察並記錄燃燒情形。

⚠ 進行觀察時，不可太靠近。



步驟Q

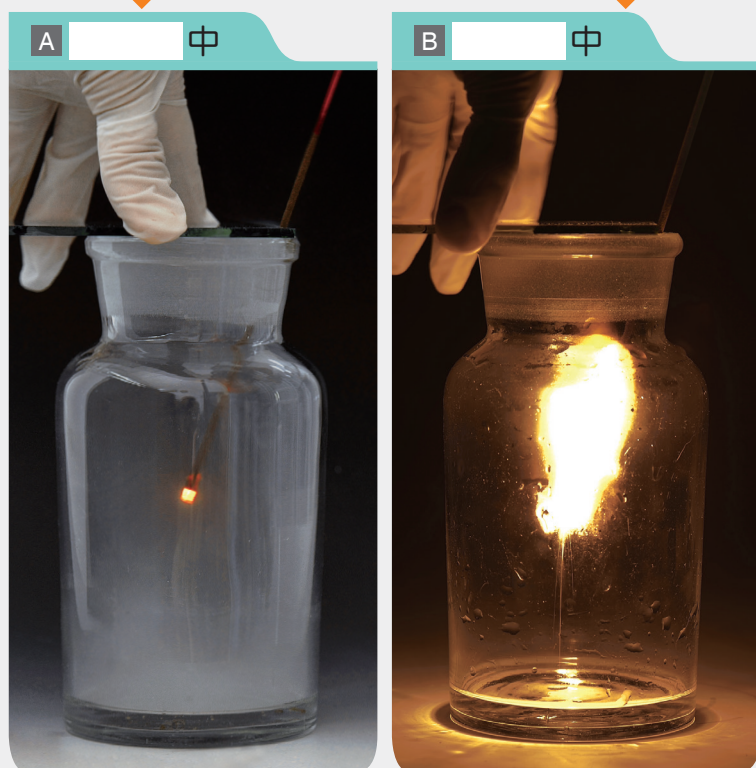
為何瓶內仍需保留少量水？將線香置入空氣瓶的目的為何？

1. 在步驟3中，加入純水與加入雙氧水的差異為何？為什麼？
2. 以排水集氣法收集氧氣，是利用氧氣的何種性質？
3. 線香在氧氣瓶和空氣瓶中的燃燒狀況有何不同？其原因為何？

【觀察的結果】



觀察燃燒情形，哪一瓶是空氣，
哪一瓶是氧氣？（請填寫）



▲ 圖2-34 將點燃的線香放入裝有不同氣體的廣口瓶中檢驗。

【分析與結論】

>>> 將氧氣導入裝滿水的廣口瓶內時，水會被排出，代表氧氣難溶於水，因此可利用排水集氣法收集；由實驗發現，將點燃後的線香放入氧氣瓶中，會燃燒得比在空氣瓶中更激烈，表示氧氣具有助燃性（圖2-34）。<<<

二氧化碳

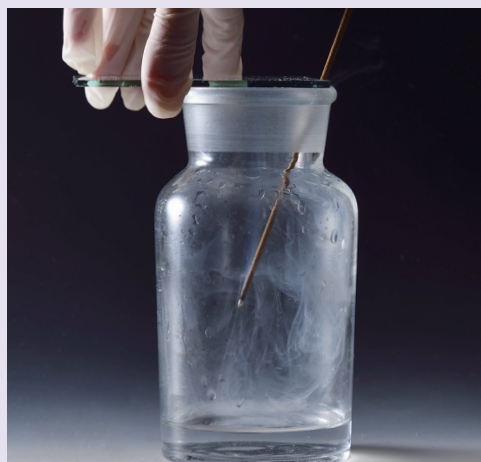
二氧化碳是無色無味，微溶於水的氣體，在實驗室常以大理石與稀鹽酸反應來製備，也可以用排水集氣法收集（圖2-35）。將點燃後的線香放入二氧化碳瓶中，會發現其具有不可燃、不助燃的性質（圖2-36），市售二氧化碳滅火器即是利用此性質來滅火。

另外，石灰水與二氧化碳反應會產生白色沉澱物，可用來檢驗二氧化碳。

生活中常聽到的乾冰其實就是固態的二氧化碳，可運用在舞臺表演製造白色煙霧（圖2-37），或低溫冷凍保存食物。



▲ 圖2-35 以排水集氣法收集二氧化碳。



▲ 圖2-36 線香在二氧化碳中會熄滅。

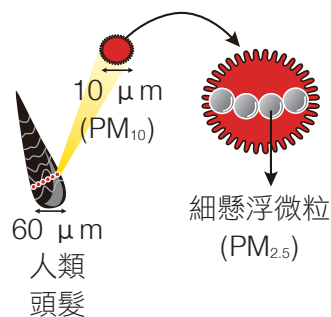


▲ 圖2-37 乾冰可用來製造舞臺煙霧效果。



知識快遞

懸浮微粒是指懸浮在大氣中的微小顆粒，顆粒直徑10微米以下（ PM_{10} ）的懸浮微粒，來源包括海鹽粒子、花粉、塵埃和煙煤等，常使天空灰濛濛，降低能見度，造成「霾」害。而顆粒直徑2.5微米以下的細懸浮微粒（ $PM_{2.5}$ ），若吸入後更能穿透肺泡，隨著血液循環至全身，對健康影響甚大。



2 空氣汙染

在生物課程中，我們了解到隨著科技文明的進步，空氣中也增加了許多汙染物例如細懸浮微粒（ $PM_{2.5}$ ）

（圖2-38）。目前行政院環保署利用空氣品質指標（Air Quality Index，簡稱AQI），提供民眾簡單易懂的空氣品質資訊（表2-1），當數值越大，代表空氣汙染狀況越嚴重，對人體的健康危害可能也越大。



A 工廠排放的廢氣是空氣汙染物的來源之一。

B 空氣中的懸浮微粒含量高，使能見度降低，也影響健康。

圖2-38 空氣汙染物

表2-1 空氣品質指標

AQI值	對健康影響	人體健康影響
0~50	良好	空氣品質為良好，汙染程度低或無汙染。
51~100	普通	空氣品質普通；但對非常少數之極敏感族群產生輕微影響。
101~150	對敏感族群不健康	空氣汙染物可能會對敏感族群的健康造成影響，但是對一般大眾的影響不明顯。
151~200	對所有族群不健康	對所有人的健康開始產生影響，對於敏感族群可能產生較嚴重的健康影響。
201~300	非常不健康	健康警報：所有人都可能產生較嚴重的健康影響。
301~500	危害	健康威脅達到緊急，所有人都可能受到影響。

（資料來源：環保署空氣品質監測網）

特別是兒童、老年人、慢性呼吸道疾病患者等，都是易受空氣品質影響的危險族群，應隨時注意環保署所發布相關空氣品質惡化之通報，可適時佩戴口罩、減少在戶外活動時間等，做好自我保護。



探索活動 了解過濾原理的應用

- 市面上有多種口罩，例如棉布、活性炭、醫療口罩等，分組查詢各種口罩的原理、優缺點及使用注意事項，並於課堂上與同學分享。
- 你會建議怕冷的同學、打掃廁所的同學及感冒的同學佩戴何種口罩？為什麼？
- 隨著工業發展的過程，伴隨著空氣汙染、水汙染等。為了減少人類接觸到這些汙染，也有一些發明問世，例如可以過濾髒水中部分微生物的生命吸管。圖2-39分別為口罩及生命吸管的結構示意圖，試找出兩者間的相同處。
- 承上題，生活中還有哪些物品具有類似構造？
- 這些物品可以完全阻隔汙染物嗎？

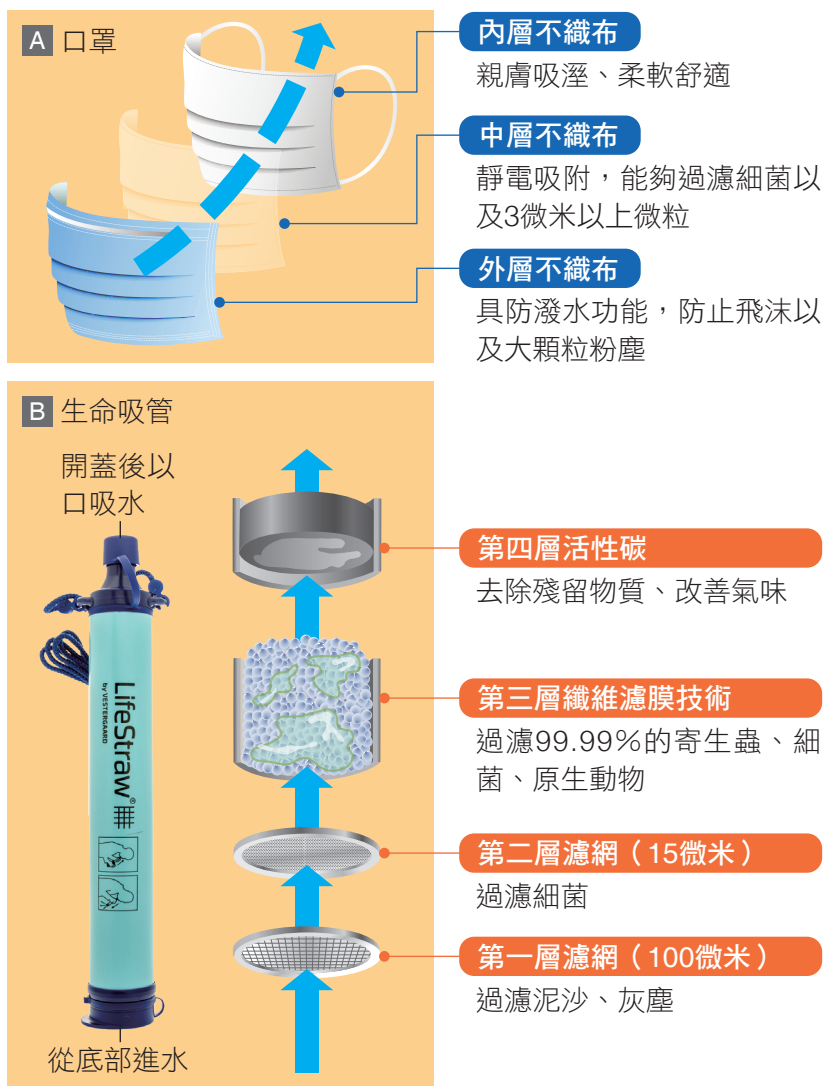


圖2-39 口罩及生命吸管結構示意圖



自然暖身操 解答

空氣中還有氮氣、氫氣、臭氧等，氮氣占78%最多，其次是氧氣。因含有多種氣體，所以空氣是混合物。

守鹽田一甲子

「在鹽分地帶

我們雖然粗糙，雖然卑微

我們堅持

是一群永恆的自由顆粒

在貧瘠的土地上發光」

這是鹽鄉作家林佛兒筆下記錄的鹽。而被稱為「國寶級晒鹽達人」的涂丁信爺爺更是一部晒鹽的活字典。讓我們跟著涂爺爺一起來探訪國家級文物遺產—臺南 北門 井仔腳瓦盤鹽田吧！



涂丁信

- ◆ 台鹽製鹽技術員退休
- ◆ 井仔腳鹽田晒鹽技術指導暨解說員



Q1 我們學過蒸發結晶法，但對實際應用蒸發結晶原理的晒鹽業並不了解。請問晒鹽業起初興盛的原因，以及後來為何逐漸沒落並轉型？

十七世紀時，鄭氏將軍陳永華為了解決糧食問題，從福建引進製鹽方法，在臺南海邊築埕，再引入海水，經由日晒得到結晶鹽。不僅改善了傳統煎煮海水取鹽，雜質高、口味苦澀的問題，也讓沿海高鹽分不利耕種的土地有了經濟效益。井仔腳鹽田位於的永華村，便是後世為了紀念陳永華而命名。

後來因為社會快速發展，鹽村人口外流，且以電透析法製的精鹽，不受天候影響、成本較低。工作艱苦、看天收成的日晒鹽逐漸沒落，於西元2002年結束了長達338年的晒鹽業。

三百多年的晒鹽歷史畫下句點後，荒廢棄置的鹽田讓在地人落寞不捨。隔年於地方官員的促成下，逐漸轉型為觀光鹽田，不僅讓後代能感受先民辛苦奮鬥的文化、了解腳下的土地，也成了遊憩且富教育意義的所在（圖1）。



▲ 圖1 井仔腳鹽田設有遊客體驗區。



▶ 圖2 瓦盤和結晶鹽



Q2 瓦盤鹽田有什麼特色？天然日晒鹽的製程包含哪些？遇到雨天怎麼辦呢？

人工晒海鹽分為瓦盤及土盤二種，瓦盤晒鹽是臺灣特有的工法，以敲碎的瓦片或酒甕碎片鋪設於鹽田底部（圖2），可避免鹽和土壤接觸，保持鹽的潔淨，用來生產食用鹽；土盤則產工業用鹽。此外，甕片會吸收陽光的熱，讓結晶的速度加快。如馬賽克拼貼般的瓦盤，更增添了藝術欣賞性。

晒鹽要先讓海水從水門流入，經過大蒸發池、小蒸發池曝曬，逐漸沉澱雜質、提升鹽水濃度後，最後引入結晶池，整個製程約需三週（圖3）。遇到雨天會用帆布把鹽堆蓋起來，免得鹽又溶掉了。

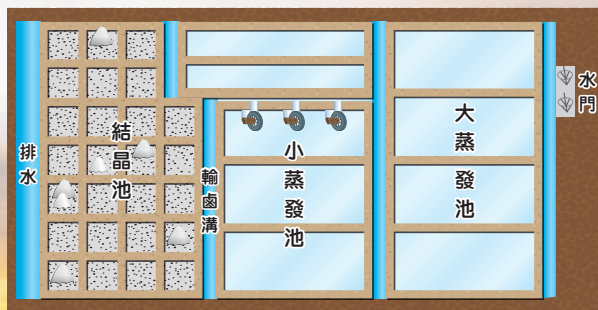
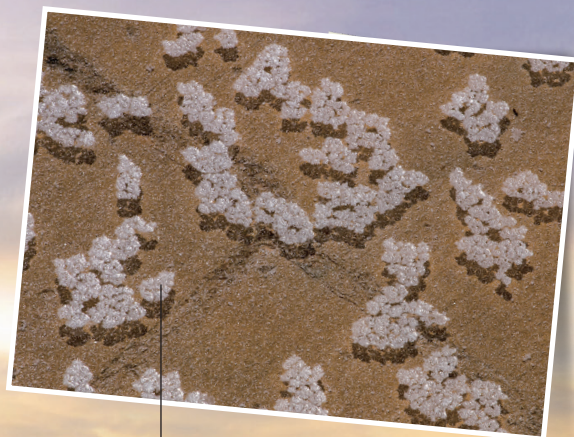


圖3 晒鹽示意圖



Q3 臺灣的天然日晒海鹽有什麼優點？在地有什麼特色鹽品？

天然日晒海鹽含有豐富的礦物質及微量元素，味道帶甜不死鹹，且臺灣是世界上少數生產天然日晒海鹽的地方。在地鹽產品除了有製作豆花、豆腐用的鹽鹵，取自粗鹽上方、未接觸瓦盤的臺灣特有二層鹽，以及鹽水最上層薄層結晶、有「鹽中魚子醬」之稱的鹽花外，尚有文創鹽、鹹冰淇淋等多角化品項。





浮在鹽田上層的鹽花









2·1 認識物質

物質的三態特性

狀態	特性	體積	形狀
固態 		固定	不隨容器而變
液態 		固定	隨容器改變
氣態 		不固定、可壓縮	隨容器改變

物質的變化

變化	定義	舉例
物理變化	狀態改變，但未產生新物質	三態變化 
化學變化	產生與原來物質不同的新物質	燃燒  、生鏽  → 

物質的性質

性質	得知方法	舉例
物理性質	經由觀察、測量或其他方法可以察覺的性質	熔點、沸點、密度
化學性質	經由化學變化表現出的特性	可燃性、助燃性

Start

物質

占有空間、具有質量者都稱為物質；而物體是由物質組成。

純物質

由單一物質組成，具有一定特性。

混合物

由兩種或兩種以上的純物質依任意比例混合而成，不具有固定特性。

水溶液

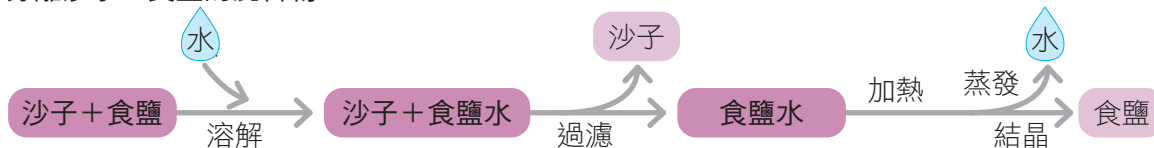
空氣

混合物分離的方法

分離方法	說明
溶解及過濾	利用顆粒大小不同來進行過濾：液體可通過濾紙孔隙，不可溶的固體則留在濾紙上。
蒸發及結晶	利用物質的沸點高低不同來分離物質：蒸發溶劑，使溶液由未飽和變為飽和；繼續蒸發，過剩的溶質就可能結晶析出。
濾紙色層分析法	可將濾紙上的顏料分離出不同顏色的色素。

實驗 2·1

分離沙子+食鹽的混合物



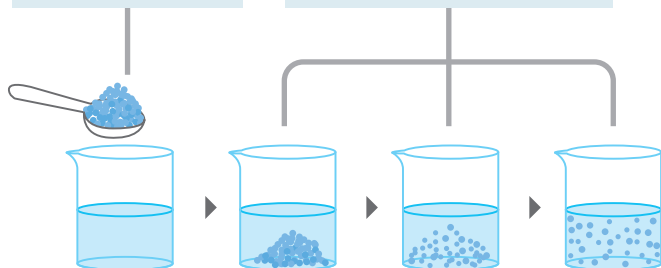
2·2 水溶液

水溶液的組成

以水為溶劑的溶液，稱為**水溶液**；被溶解的物質，稱為**溶質**。

擴散現象

溶質溶解成微小粒子由高濃度區域往低濃度區域運動，最後均勻分布於整杯溶液中的現象。



濃度

定量溶液裡所含溶質的比例，可用以下方式表示：

$$\text{重量百分率濃度 (\%)} = \frac{\text{溶質的重量}}{\text{溶液的重量}} \times 100\%$$

$$\text{體積百分率濃度 (\%)} = \frac{\text{溶質的體積}}{\text{溶液的體積}} \times 100\%$$

$$\text{百萬分點 (ppm)} = \frac{\text{溶質 (毫克)}}{\text{溶液 1,000,000 毫克}}$$

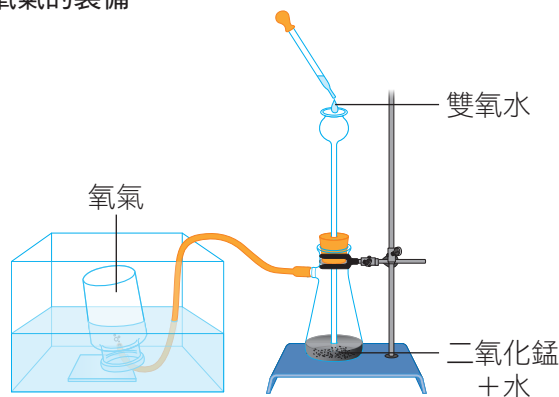
跨科主題 空氣的組成與空氣汙染

乾燥空氣的主要組成氣體

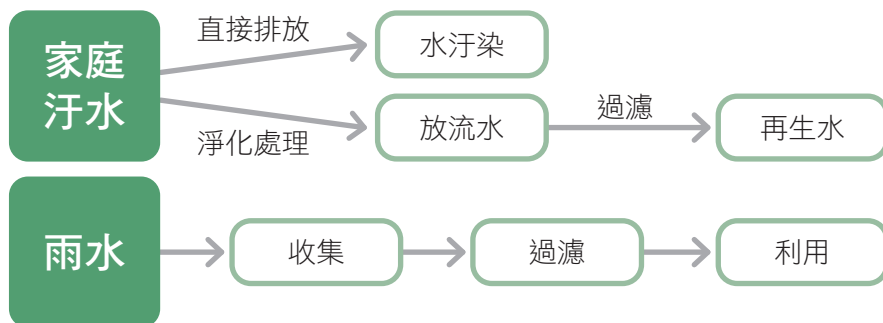
氣體	含量	特性	用途
氮氣	78%	不可燃、不助燃。	填充食品包裝；液態氮可用來迅速冷凍。
氧氣	21%	不可燃、有助燃性，可使燃燒更旺盛。	供動、植物呼吸，也常應用在醫療。
氬氣	0.9%	不易發生反應，為鈍氣。	焊接金屬時或填充燈泡，可防止金屬與氧氣反應。
二氧化碳	變動	不可燃、不助燃，且密度比空氣大。	作為滅火器、低溫冷凍用。

實驗

氧氣的製備



跨科主題 水的淨化與再利用



空氣品質指標 (AQI)

描述空氣汙染情況，其數值越大，對人體的健康危害越大。

