

3·3

酸鹼的濃度

自然暖身操



1 體積莫耳濃度

水果醋稀釋前、後，酸味的強烈程度會有所差異，這是因為其酸鹼濃度的大小不同所致。

- E** 化學上我們也常用「**體積莫耳濃度**（簡稱**莫耳濃度**）」來表示濃度。體積莫耳濃度的定義是每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」。如果水溶液中氫離子濃度為1 M，就代表每公升的水溶液中含有1莫耳的氫離子。此外我們習慣用中括號[]表示溶液的濃度，例如[H⁺]可以代表氫離子的濃度，而當我們想描述氫離子濃度為0.1 M時，則可以寫成[H⁺]=0.1 (M)。

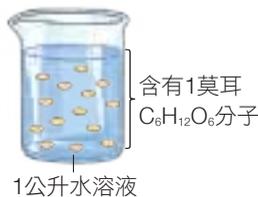
2 水溶液的酸鹼性

- 在實驗3·1中，隨著純水加入不同的電解質，水溶液可能會呈現酸性、鹼性或中性，為何不同的電解質會使水溶液呈現不同的酸鹼性呢？其實水溶液的酸鹼性與其中所含的氫離子濃度[H⁺]和氫氧根離子濃度[OH⁻]有很大的關聯。

知識快遞

$$M = \frac{\text{溶質莫耳數 (mol)}}{\text{溶液體積 (L)}}$$

1 M 葡萄糖水溶液示意圖



$$[\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6] = \frac{1 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 1 \text{ M}$$

教材編注

根據課綱，體積莫耳濃度計算與溶液配置等概念移至高中課綱CJb-Vc-3必修化學，國中階段僅介紹體積莫耳濃度的含義，不涉及計算，因此刪除關於「溶液的稀釋」相關課文。並依審查建議於知識快遞加入莫耳濃度公式，僅供學生參考了解，不列入課文中。

教學補充

P.IV-40 酸鹼的濃度



給老師

【提問D】為什麼同樣是醋，加水前酸得難以入口，加水後卻變得溫和可口呢？

藉由暖身操可詢問學生有沒有喝過很酸水果飲料或醋的經驗，並詢問通常會怎麼處理，會不會再加水到飲料中？再進一步帶入酸鹼溶液的濃度概念。

【技巧E】說明實驗室常用的另一種濃度表示法——莫耳濃度的意義。

教材編注

根據課綱，關於氫離子濃度與pH值之關係式 $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$ 移至高中課綱CJd-Vc-3必修化學，以及國中階段課綱「Jd-IV-4-1僅比較不同的酸鹼性氫離子和氫氧根離子的濃度大小關係，不涉及計算。」本段教材依課綱原則重新編寫，溶液酸鹼性的判定不再藉由計算 $[\text{H}^+]$ 濃度判斷，而是以比較氫離子和氫氧根離子的濃度大小關係來判斷。由於關於 $[\text{H}^+]$ 濃度的相關計算與含義已從國中課綱移除，因此刪除此處純水於 25°C 時 $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7}$ 的濃度表示。

歷屆試題

P.IV-29 第5題



純水（中性）： $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$

▲圖3-20 水溶液中氫離子濃度與氫氧根離子濃度示意圖（○： H^+ ；●： OH^- ）

純水會進行微量的解離，生成很少量的 H^+ 與 OH^- ，離子濃度非常小，因此幾乎不導電。純水中的 H^+ 及 OH^- 是等量的，故純水中的 H^+ 與 OH^- 兩者濃度相同，即 $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$ ，此時溶液呈中性（圖3-20）。

5

酸性 | $[\text{H}^+] > [\text{OH}^-]$



若在純水中加入酸性物質（例如鹽酸或食用醋等），將使水溶液中的氫離子濃度增加而大於氫氧根離子濃度，即 $[\text{H}^+] > [\text{OH}^-]$ ，使水溶液呈酸性（圖3-21）。

◀圖3-21 酸性水溶液中的氫離子濃度與氫氧根離子濃度示意圖

10

鹼性 | $[\text{OH}^-] > [\text{H}^+]$



若在純水中加入鹼性物質（例如氫氧化鈉或氨等），將使氫氧根離子濃度增加而大於氫離子濃度，即 $[\text{OH}^-] > [\text{H}^+]$ ，使水溶液呈鹼性（圖3-22）。

◀圖3-22 鹼性水溶液中的氫離子濃度與氫氧根離子濃度示意圖

15

中性 | $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$



若在純水中加入食鹽，由於食鹽（ NaCl ）溶於水中不會生成氫離子和氫氧根離子，因此 $[\text{H}^+]$ 和 $[\text{OH}^-]$ 沒有改變，故水溶液中 $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$ ，此時水溶液呈中性（圖3-23）。

◀圖3-23 中性水溶液中的氫離子濃度與氫氧根離子濃度示意圖

20

74

給老師

【技巧A】以白球表示 H^+ ，灰球表示 OH^- ，說明純水解離出的 H^+ 及 OH^- 濃度相同。

【技巧B】說明酸性、中性及鹼性溶液的差異在於 $[\text{H}^+]$ 及 $[\text{OH}^-]$ 大小。

給學生

1 水的解離度

1公升的純水有55.6莫耳，所以水的解離度 = $\frac{[\text{H}^+]}{[\text{H}_2\text{O}]}$ 或 $\frac{[\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} = \frac{10^{-7} \text{ M}}{55.56 \text{ M}} = 1.8 \times 10^{-9}$ ，代表每 10^9 （十億）個水分子中，僅有1.8個解離成氫離子及氫氧根離子，所以純水中的離子很少，因此很難導電。

2 圖3-21~3-23

物質的酸鹼性，並不是單獨由 $[\text{H}^+]$ 或 $[\text{OH}^-]$ 來決定，而必須由 $[\text{H}^+]$ 及 $[\text{OH}^-]$ 共同決定，這些圖也包含 $[\text{H}^+] \times [\text{OH}^-] = 10^{-14}$ 的概念。

3 酸鹼指示劑與pH值

了解 $[H^+]$ 和 $[OH^-]$ 與酸鹼性的關聯後，生活中我們可以如何判定水溶液的酸鹼性呢？

科學家發現，某些植物碰到酸性或鹼性物質時，會呈現不同的顏色。觀察時下流行的蝶豆花便會發現，剛煮出來的蝶豆花溶液為藍色，當混合檸檬汁後卻會轉變成紫色，這是因為蝶豆花所溶出的色素會因溶液的酸鹼性不同而變色。

還有許多植物在不同酸鹼性中也會呈現不同的顏色，例如紫甘藍和紅鳳菜的汁液等（圖3-24）。這些會因為酸鹼改變而呈現不同顏色的物質，都可用來作為酸鹼指示劑。



圖3-24 許多植物可作為天然的酸鹼指示劑。

給老師

【技巧C】 製備蝶豆花、紫甘藍或紅鳳菜汁液，分別滴入食醋、純水、小蘇打中，觀察液體顏色的變化。

給學生

3 花青素

植物體內的「花青素（anthocyanins）」是扮演花朵變色很重要的角色。不同植物體內的酸鹼度不同，即使在同一植物體內，酸鹼度也時常改變，土壤的酸鹼度也可能影響植物體內的酸鹼度。因此花青素就時常「變戲法」，造成「萬紫千紅」的現象。另外，花的顏色在早上和中午有可能不同，這也是因為花青素能隨著溫度的不同而變色。

4 蝶豆花

蝶豆花並非臺灣在地傳統食材，對於其食用安全性仍待評估，因此食藥署宣導：「未經安全性評估前，不可直接食用其花、種子、根、豆莢等實體部位。」且蝶豆花含有抑制血小板凝集與促進子宮收縮的成分，因此建議孕婦、正在服用抗凝血劑與準備開刀的患者都不宜食用。

教材編注

圖3-25尿液與胃酸的酸鹼值，是參考新編蓋統醫用生理學：上冊P.386表30-1與下冊P.817表64-1，同時也與其他版本做比對，雖各版本列舉的物質與數值有所出入，但相對的酸鹼性是相同的（例如浴廁清潔劑較鹽酸的pH值小）。

互動媒體

pH刻度
酸鹼溶液

參考資料

[P.IV-8] 常用的指示劑及其變色範圍

歷屆試題

[P.IV-29] 第4題

知識快遞

- 1.丹麥科學家索任生（Søren Peter Lauritz Sørensen，西元1868～1939年）於西元1909年時提出以「pH值」表示溶液的氫離子濃度大小。
- 2.石蕊地衣的植株矮小，生長在中、高海拔向陽的岩石上。西元1663年，英國科學家波以耳（Robert Boyle，西元1627～1691年）發明了用石蕊地衣製造的石蕊試紙，可以檢測物質的酸鹼性。



A 透過酸鹼指示劑，雖然可以了解物質為酸性或鹼性，但酸鹼的「程度」是否能更精準的訂定出來呢？科學上若要量化酸性與鹼性的程度，會以「pH值」來表示酸鹼性¹，溶液的pH值越小表示氫離子濃度越大且越偏酸性；反之，pH值越大表示氫離子濃度越小且越偏鹼性。在常溫（25°C）下，pH值與酸鹼性的關係如下：

純水或中性溶液的pH值等於7；

酸性溶液的pH值小於7；

鹼性溶液的pH值大於7（圖3-25）。

確認酸鹼指示劑對應到pH值的變色範圍後，我們

B 可以利用指示劑檢測物質大概的酸鹼性。實驗室中常用的酸鹼指示劑有石蕊指示劑、酚酞指示劑與廣用試劑。石蕊指示劑在pH值小於5的酸性溶液中呈紅色；在pH值大於8的鹼性溶液中會變成藍色²。酚酞指示劑在pH值小於8時呈無色，在pH值大於10時呈紅色。

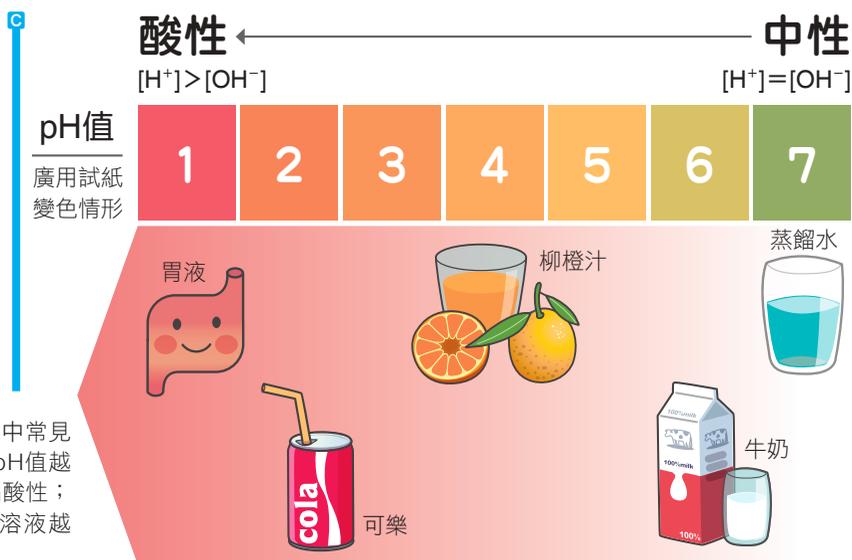


圖3-25 生活中常見物質的pH值。pH值越小，水溶液越偏酸性；pH值越大，水溶液越偏鹼性。

76

給老師

【技巧A】可額外補充說明pH值表示溶液的氫離子濃度，例如 $[H^+] = 0.1$ 、 0.01 、 0.001 、 10^{-4} 及 $10^{-5}M$ 時，pH值與 $[H^+]$ 的關係。

【技巧B】以紅、藍色石蕊與酚酞試紙或指示劑檢驗食醋、純水和小蘇打，觀察液體顏色的變化。也可配製 $0.1 M$ 鹽酸及 $0.1 M$ 氫氧化鈉溶液來檢驗，使顏色變化更明顯。

【技巧C】介紹課本圖3-25生活中常見的物質，讓學生知道常見物質包括酸性、中性和鹼性，甚至在人體中也有不同的酸鹼性。可提問學生在常溫時，不同pH值的溶液，何者酸性較強？何者鹼性較強？

給學生

① pH值
pH代表氫離子的潛能（potential Hydrogen，或power of Hydrogen）。p為小寫，H為大寫。

② 圖3-25
部分存在於人體中物質的pH值，會因每個人的生理狀況而有所不同，表中所列為一般值，而非定值。人體的血液是一種藉由磷酸與碳酸及其鹽類維持穩定pH值的緩衝溶液（buffer solution）。若血液pH值能維持在特定範圍內，則體內許多生化反應就能順利進行。一般人血液的pH值維持在 7.40 ± 0.05 之間。若血液pH值低於 7.35 容易引起酸中毒（acidosis）；血液pH值高於 7.45 容易引起鹼中毒（alkalosis）；當血液pH值低於 6.8 或高於 7.8 時，則會有生命的危險。

 參考資料

P.IV-8 誤食強酸或強鹼的處理方法

D 廣用試劑則是混合了多種酸鹼指示劑，而廣用試紙就是將紙張浸泡過廣用試劑後製成的。當pH值從1漸漸增加時，廣用試紙的顏色變化由紅，經黃、綠、藍色，逐漸變成紫色，將測試結果對照色碼表，即可得知約略的pH值（圖3-26）。



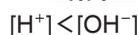
圖3-26 廣用試紙變色表

F 除了上述的指示劑外，也可以使用更為精準的電子pH計測量水溶液的pH值（圖3-27）。



圖3-27 利用pH計可更準確檢測物質的酸鹼性。

鹼性



給老師

【技巧D】 講解廣用試紙可以檢測物質的酸鹼性，其顏色變化由酸性→中性→鹼性，依序為紅→橙→黃→綠→藍→靛→紫，與彩虹的顏色順序相同。

【技巧E】 以廣用試紙檢驗食醋、純水和小蘇打，觀察液體顏色的變化，再比對色碼表，讀出其pH值。

【技巧F】 以pH計檢驗食醋、純水和小蘇打的pH值。

例題3-4

pH 值與酸鹼性的關係

市面上甲品牌洗面乳的pH值是5.5；乙品牌海洋離子水的pH值是9.0。請判斷甲、乙兩商品的酸鹼性。

甲：酸性 鹼性 中性。

乙：酸性 鹼性 中性。

例題3-5

酸鹼指示劑

小軒想透過酸鹼指示劑了解幾種飲料的酸鹼性，他以石蕊試紙和酚酞檢測A、B、C三種飲料（顏色皆為透明），結果如附表所示。請試著回答下列問題：

指示劑 飲料	紅色石蕊試紙	藍色石蕊試紙	酚酞
A	藍色	藍色	粉紅色
B	紅色	紅色	無色
C	紅色	藍色	無色

(1)A、B、C三種飲料中，哪種一定為酸性溶液？

答：_____。

(2)A、B、C三種飲料中，哪種一定為鹼性溶液？

答：_____。

(3)哪種飲料無法確定酸鹼性？

答：_____；因為_____。

A **自然暖身操 解答** 因為濃度不同所致。酸鹼物質的濃度越高，水溶液表現出的性質就越明顯，因此越濃的醋，酸味也越重。



檢測泳池的pH值。

78

給老師

【技巧A】連結「自然暖身操」提問，讓學生知道酸、鹼物質的濃度越高，水溶液所表現出的性質就越明顯。

給學生

Ans 例題3-4

答 甲：酸性；乙：鹼性。

Ans 例題3-5

答 (1)B；(2)A；(3)C，從表只能判斷接近中性，不確定為酸、鹼或中性。

① 泳池的水質標準pH值

根據民國102年疾管署發布的營業場所傳染疾病防治衛生管理注意事項：游泳池之水質標準pH值應6.5至8.0之間。現在各縣市的衛生管理自治條例，規範游泳池的水質標準pH值也都大致在此範圍內。

3·4

酸鹼中和



實驗影片

探索活動：酸鹼中和反應



造紙、印染等工業會產生鹼性汙水，故需先加入工業用硫酸或鹽酸，處理後才能排放，這是酸性與鹼性物質混合的應用。

到底酸性溶液與鹼性溶液混合時，會發生何種反應呢？透過接下來的探索活動，我們一起來認識酸鹼中和的現象。



酸鹼中和反應



探索活動 酸鹼中和反應

1. 取室溫 1 M 鹽酸 5 毫升置於試管中，並以溫度計測量溶液溫度（圖 3-28）。

中和前 溶液溫度	_____ °C
-------------	----------

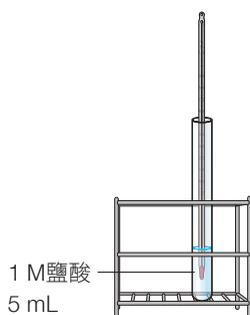


圖 3-28 測量鹽酸的初溫。



給老師

【提問 B】以「自然暖身操」為例引入，提問：「若被螞蟻叮咬，抹肥皂水能減緩腫痛的原理是什麼呢？」

蜜蜂與螞蟻等昆蟲的分泌物含有蟻酸的成分，蟻酸具有腐蝕性，因此若被叮咬後，高濃度蟻酸會腐蝕人體皮膚，而造成紅腫刺痛，可先以弱鹼性的液體，例如肥皂水或氨水塗抹於患部，以暫時減緩酸性分泌物對皮膚的傷害，但此處理並沒有治療效用，故後續仍須送醫，做完整的檢查診療。

【技巧 C】引導學生領取實驗器材，並將玻璃器皿清洗乾淨。

【技巧 D】操作實驗前，叮嚀學生本實驗的安全規則，若皮膚不慎接觸酸、鹼性物質時，須先用大量清水沖洗。



給學生

Ans 探索活動

1.25°C（答案僅供參考）

- A** 2.再取室溫的1 M氫氧化鈉水溶液5毫升加入試管中，並以玻璃棒攪拌，使溶液均勻混合（圖3-29），並以溫度計測量溶液溫度。

中和後 溶液溫度	_____ °C
中和後 溶液顏色	



▲ 圖3-29 將氫氧化鈉加入鹽酸中。

- C** 3.用試管夾夾取試管，將試管中約一半的溶液加入蒸發皿中，以酒精燈加熱至蒸乾（圖3-30）。

⚠ 水分蒸乾後即可熄滅酒精燈，以免乾燒，此時器材溫度很高，降溫後方可取下。



▲ 圖3-30 加熱混合溶液。

- D** 4.觀察混合溶液蒸乾所生成的產物。

蒸乾後 產物顏色	
-------------	--

- 5.依據實驗結果，判斷酸鹼中和為吸熱反應或放熱反應？

_____。

- 6.鹽酸與氫氧化鈉水溶液混合反應後，將溶液蒸乾所生成的產物是什麼？

_____。

⚠ 實驗後的廢液勿隨意丟棄，應統一收集後處理。

給老師

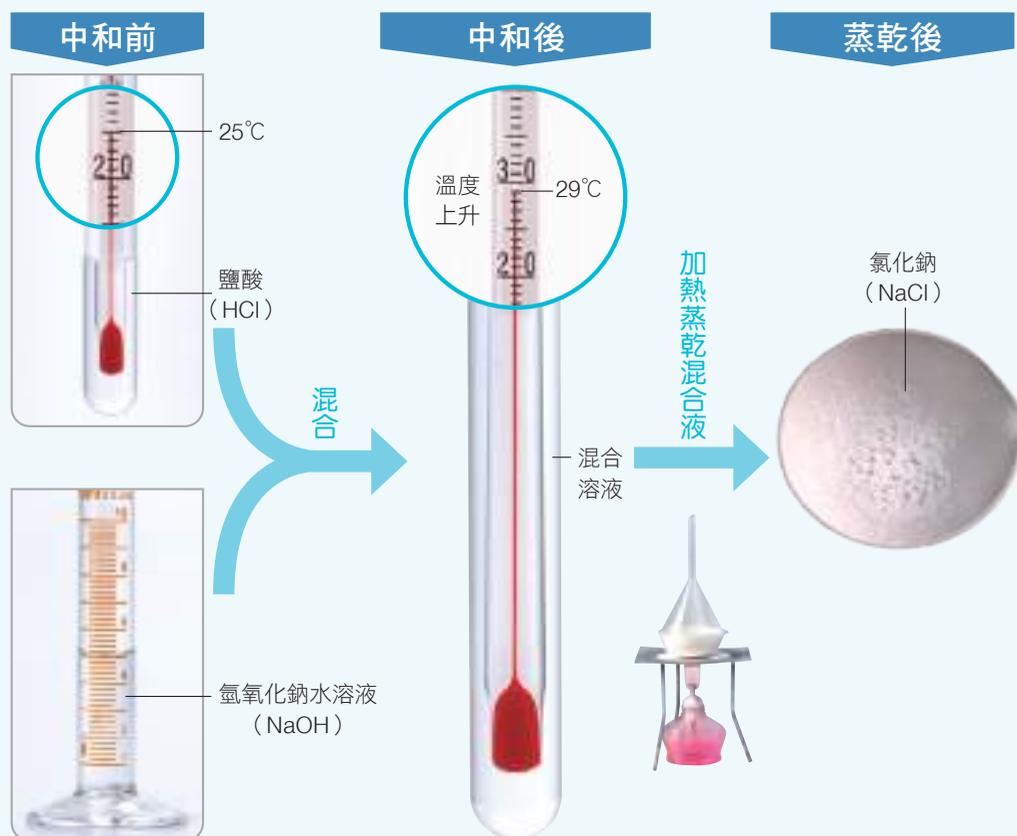
- 【技巧A】說明實驗的操作，並叮嚀學生觀察混合液溫度的變化。
- 【技巧B】巡視觀察學生的操作，並適時給予指導。並提問學生說出鹽酸與氫氧化鈉水溶液混合時，混合液溫度的變化。
- 【技巧C】再次說明酒精燈的使用安全。實驗中應維持酒精燈中的酒精在 $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3}$ 的含量，以免不足時發生氣爆危險，並應確認學生有正確操作酒精燈。
- 【技巧D】引導學生思考溶液蒸發後的殘餘物質可能為何。

給學生

Ans 探索活動

- 2.29°C（答案僅供參考）；透明無色。
- 4.白色。
- 5.實驗結果溫度上升，酸鹼中和為放熱反應。
- 6.氯化鈉（食鹽）。

E 在**探索活動**中，鹽酸與氫氧化鈉水溶液混合時會放出熱，使溶液溫度上升，屬於放熱反應；其他的酸性溶液與鹼性溶液混合時，也都會產生放熱反應。而混合溶液蒸乾後有白色固體產生，為氯化鈉，是鹽酸與氫氧化鈉水溶液反應後所得的產物（圖3-31）。



▲ 圖3-31 酸鹼中和時的溫度變化與產物



給老師

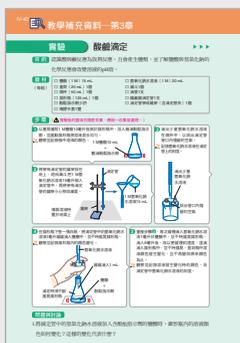
【技巧E】 由實驗的觀察結果，說明酸性溶液與鹼性溶液的中和反應是放熱反應。

教材編注

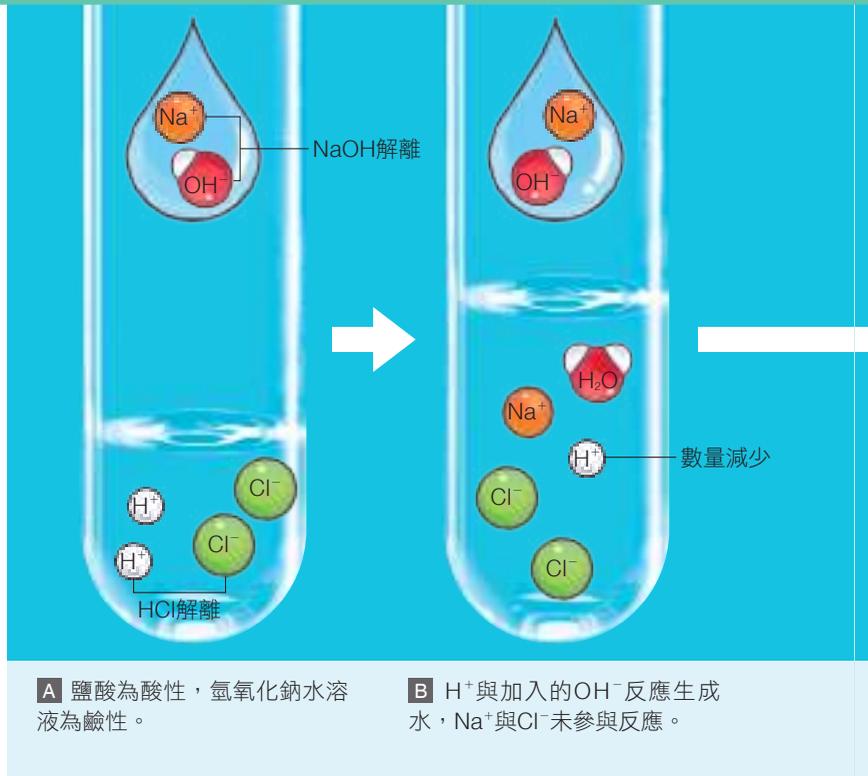
根據國中課綱Jd-IV-6-1「實際操作酸鹼反應，觀察鹽類的產生與溫度變化，不涉及酸鹼滴定的濃度計算。滴定之計算列為高中化學加深加廣選修的學習內容。」要求，滴定相關內容移至高中選修化學，因此刪除酸鹼滴定實驗。

教學補充

P.IV-42 酸鹼滴定



► 圖3-32 氫氧化鈉與鹽酸的中和反應示意圖



1 酸鹼中和

當酸性與鹼性溶液混合時，所發生的化學變化稱為**酸鹼中和**，又稱**中和反應**。例如在鹽酸中加入氫氧化鈉水溶液，

鹽酸與氫氧化鈉的反應式為：



因為鹽酸中含有氯化氫解離出的 H^+ 與 Cl^- ，氫氧化鈉水溶液中含有氫氧化鈉解離出的 Na^+ 與 OH^- （圖3-32A），而生成物氯化鈉很容易解離出 Na^+ 與 Cl^- 。所以可將式1改寫為：



由式2中可知， Na^+ 與 Cl^- 在反應前後都以離子狀態存在著，表示中和反應過程中並未參與反應，因此可將式2簡化為：



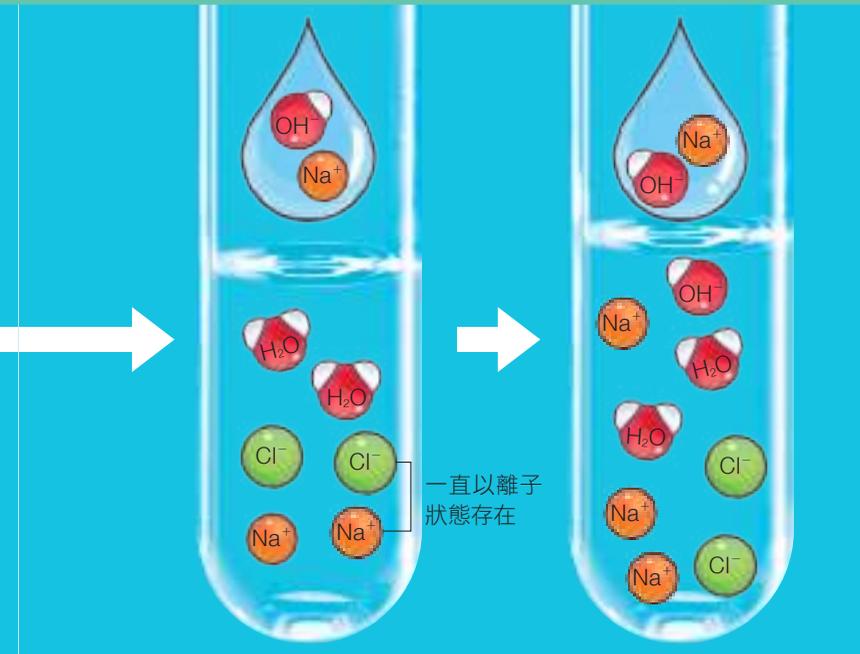
給老師

- 【技巧A】講解酸性溶液與鹼性溶液的化學反應稱為中和反應。
- 【技巧B】說明鹽酸與氫氧化鈉水溶液反應時，鹽酸中的 H^+ 會與 OH^- 結合成水，並說明鹽酸中加入氫氧化鈉溶液， H^+ 與 OH^- 的濃度變化。
- 【技巧C】鹽酸與氫氧化鈉水溶液混合時，溶液中只有 H^+ 與 OH^- 反應生成水，而氯離子和鈉離子仍然溶於水中，沒有發生反應。說明酸鹼中和反應後會產生水和鹽類。

給學生

① Na^+ 與 Cl^- 未參與中和反應

以熱的觀點比較不同酸鹼的中和反應熱： $NaOH + HCl$ 水溶液的酸鹼中和反應熱，與 $KOH + HNO_3$ 水溶液的酸鹼中和反應熱，兩者相同（約為 -56 kJ/mol ），而兩者的淨離子反應式皆為 $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$ ，故可推論說明 Na^+ 、 Cl^- 、 K^+ 、 NO_3^- 皆沒有參與反應。



C 當鹽酸解離出的 H^+ 與氫氧化鈉解離出的 OH^- 數目相等時， H^+ 與 OH^- 完全中和。

D 若持續加入， OH^- 數目將大於 H^+ 數目。

中和反應所產生的水，是由溶液中的 H^+ 與 OH^- 反應而成，式3為鹽酸與氫氧化鈉反應時，以實際參與反應的粒子所表示的反應式，所有的酸鹼中和都會有類似的離子反應。

5D 混合溶液裡的 Na^+ 與 Cl^- 並未參與反應（圖3-32B~D），因此當加熱混合溶液使水蒸發後，會看到白色的氯化鈉固體析出。其他的酸鹼中和反應也會產生鹽類，可由下列反應通式表示：



10E 上列式子中，如果酸或鹼的種類改變時，則會產生不同種類的鹽。例如硫酸和氫氧化鋇的中和反應，反應後的溶液出現白色沉澱物，此沉澱物是難溶於水的硫酸鋇（ BaSO_4 ，圖3-33）。

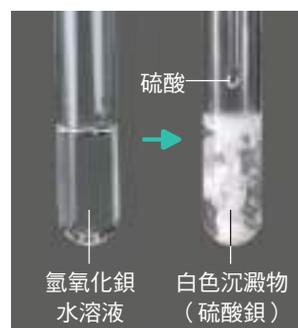


圖3-33 在氫氧化鋇水溶液中滴入硫酸，會產生白色沉澱物。

給老師

【提問D】 鹽酸與氫氧化鈉反應，蒸乾後的晶體是什麼物質？

教師可列出鹽酸與氫氧化鈉的化學反應式，引導學生判斷產物是什麼物質。

【技巧E】 建立學生以下的概念：發生中和反應時，共同產物是水；酸或鹼的種類改變時，會產生不同種類的鹽。

A 在生活中有許多中和反應的例子，例如受酸雨影響的土壤 pH 值會下降而不適合耕種，所以早期農夫收割稻子後常會燃燒稻草，草木灰燼中含有鹼性的碳酸鉀（ K_2CO_3 ），可以中和土壤的酸性，使土質適合耕作，同時也為土壤添加鉀肥。但燃燒稻草會產生濃煙，影響周邊的行車安全，所以法令已明訂禁止任意露天燃燒稻草，若要中和土壤的酸性，可改為添加氧化鈣或氧化鎂等鹼性肥料（圖3-34）。



▲ 圖3-34 含氧化鈣或氧化鎂等鹼性肥料可中和土壤的酸性。

此外，人體的胃液中含有鹽酸，如果胃酸分泌過多，會造成身體不適，若適當服用醫師處方的胃藥，胃藥中所含弱鹼性的物質可中和胃酸，以減輕不適的症狀（圖3-35）。



▲ 圖3-35 胃藥中含有弱鹼性物質（碳酸氫鈉），可中和胃酸。

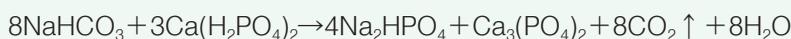
 給老師

【技巧A】探討生活中的酸鹼中和，鼓勵學生舉出例子，並且討論其作用與影響。

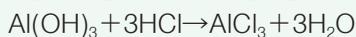
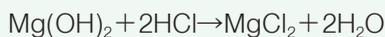
 給學生

① 日常生活中常見的中和反應

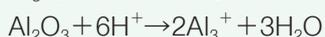
1. 烘焙麵包用的膨鬆劑主要含碳酸氫鈉，與磷酸二氫鈣產生 CO_2 氣體：



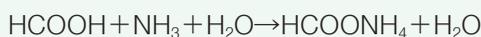
2. 胃乳主要含氫氧化鎂、氫氧化鋁等鹼性物質以中和胃酸：



3. 酸雨所含的 H^+ 會與土壤中的氧化鋁反應並釋放出 Al_3^+ ，樹木吸收 Al_3^+ 後，根部逐漸萎縮，喪失水土保持功能：



4. 昆蟲體內含有的蟻酸，即為甲酸（ $HCOOH$ ），被叮咬後，常塗上氨水減輕患部疼痛：



2 鹽類

酸鹼中和會產生鹽類，金屬與酸作用也可產生鹽，³例如鎂與鹽酸作用產生氯化鎂 (MgCl_2) 和氫氣，反應式如下：



自然界中有許多鹽類存在，其中可溶於水的鹽類，如氯化鈉和氯化鎂，有一部分會經由雨水的沖刷及河水的攜帶，而流入海洋。這些鹽的水溶液可以導電，所以也是電解質。難溶於水的鹽類則保留在陸地的岩石中，¹⁰例如碳酸鈣和硫酸鈣等（圖3-36）。



▲ 圖3-36 位於土耳其的世界遺產之一——棉花堡 (Pamukkale)，其特殊地形景觀是因為該地溫泉水富含碳酸鹽類，在流動的過程中沉積所形成。

我們的日常生活也和鹽類密不可分，接著一起來認識這些常見鹽類，以及它們在人類生活中的運用吧！

1 氯化鈉 (NaCl)

氯化鈉為透明無色晶體，易溶於水。可用於調味及保存食物¹⁵（圖3-37），此外由於價格便宜，也是工業上製造金屬鈉、氯氣及氫氧化鈉的原料。

知識快遞

現代人容易攝取過量的食鹽而導致高血壓等慢性疾病，低鈉鹽或減鈉鹽則是添加氯化鉀取代部分的氯化鈉，防止鈉離子攝取過量。



▲ 圖3-37 一般常見的精製鹽中，含有97~99%的氯化鈉。

給老師

【技巧B】說明自然界中易溶於水和難溶於水的鹽類，有何不同的現象，並提問學生海水中的鹽分由來。

【技巧C】講授鹽類的溶解程度不盡相同，水中反應所產生的鹽，如果是易溶於水，則不會出現沉澱現象，並舉例說明；如果鹽是難溶於水，則會出現沉澱現象，並舉例說明。

給學生

2 鹽類

鹽類是由陽離子（金屬離子或 NH_4^+ ）及陰離子（非金屬陰離子或酸根離子）組成的化合物。

3 金屬與酸作用的另一例

鋅與鹽酸作用生成氯化鋅 (ZnCl_2) 和氫氣： $\text{Zn} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$

4 圖3-36

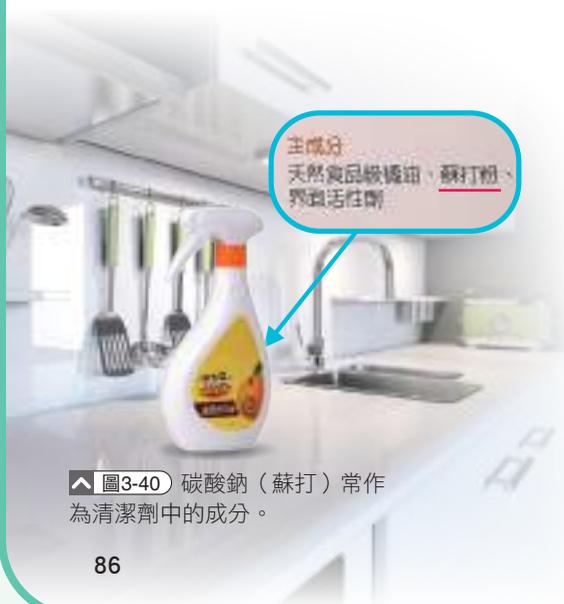
棉花堡是個長得像城堡的白色石灰地形，由於此地溫泉富含碳酸鈣等鹽類，當溫泉由地底湧出，鹽類結晶遇冷析出，沉積於流經之處，幾千年下來便形成今日既像棉田、也像雪地般的景觀。棉花堡從古希臘時期就是著名的溫泉療養所，至現代仍是土耳其最著名的溫泉勝地，在西元1988年入選為UNESCO世界自然文化遺產。



▲圖3-38 法國銅雕名作《獅子與毒蛇》的石膏版本。



▲圖3-39 貝殼與其所產生的珍珠，主要成分皆為碳酸鈣。



▲圖3-40 碳酸鈉（蘇打）常作為清潔劑中的成分。

86

A 2 硫酸鈣（ CaSO_4 ）

硫酸鈣為白色固體，不易溶於水，為生石膏的主要成分。將生石膏煅燒後加水調成糊狀倒進模子裡，接著會變硬，可用來做模型、石膏像（圖3-38）及骨折時固定用的石膏模，傳統製作豆腐與豆花添加的凝固劑「鹽鹵」，主要成分也是硫酸鈣。

3 碳酸鈣（ CaCO_3 ）

碳酸鈣為白色固體，不易溶於水，是大理岩和貝殼等的主要成分（圖3-39），其中大理岩常被用來作為建築和雕塑的材料，而石灰岩洞中的鐘乳石和石筍等，也是由碳酸鈣經長時間演變而成。

4 碳酸鈉（ Na_2CO_3 ）

碳酸鈉俗稱蘇打，為白色固體，易溶於水，並造成氫氧根離子濃度增加，所以在生活中常被當作鹼性物質應用，例如作為清潔劑中的成分（圖3-40），所以又稱為洗滌鹼。

B 5 碳酸氫鈉（ NaHCO_3 ）

碳酸氫鈉俗稱小蘇打，為白色固體，易溶於水，其水溶液呈鹼性。臺灣傳統美食「椪糖」，是利用小蘇打加熱會分解出二氧化碳氣體，使糖漿膨大。

搭配P.92探究科學大小事發福的糖

給老師

【技巧A】介紹生活中常見鹽類的性質與用途。評量學生能否說出碳酸鈉與碳酸氫鈉的性質。

【技巧B】碳酸鈉和碳酸氫鈉為弱鹼性物質。

【技巧C】可搭配P.92探究科學大小事「發福的糖」，進一步了解小蘇打粉的應用。

給學生

1 硫酸鈣的應用

石膏（ $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）：天然的硫酸鈣含有結晶水，為半透明的固體，又稱為生石膏。

燒石膏（ $2\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ）：石膏加熱至 $120^\circ\text{C} \sim 180^\circ\text{C}$ 左右，會失去部分結晶水，形成白色粉末狀的燒石膏。

硬石膏（ CaSO_4 ）：將石膏加熱至 200°C 以上，會得到沒有結晶水的硫酸鈣。

2 貝殼

貝殼是海中生物攝取海水中的鈣離子與二氧化碳，形成的碳酸鈣外殼。

3 碳酸鈉的性質

碳酸鈉溶於水時，因 CO_3^{2-} 與水作用會產生 OH^- ，所以溶液呈鹼性。

反應式： $\text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow 2\text{Na}^+ + \text{CO}_3^{2-}$

$\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$



示範實驗 小蘇打的加熱分解

1. 取約半刮勺小蘇打置入試管內，以附有導管的橡皮塞塞住試管口後，用廣用夾夾住且使管口略為朝下，並調整至適當高度。另取試管裝入5毫升澄清石灰水，將導管移入試管中後，以酒精燈加熱小蘇打，觀察澄清石灰水是否發生變化（圖3-41）？
2. 當不再冒泡時，先將導管移出試管後，熄滅酒精燈。
 ⚠️ 必須先將導管移出試管，以免石灰水回流造成殘餘物汙染或試管破裂。
3. 等試管冷卻後取下橡皮塞，觀察試管口附著液體，再以藍色氯化亞鈷試紙檢驗液體，觀察試紙顏色是否發生變化（圖3-42）？



小蘇打
加熱



實驗影片

示範實驗：小蘇打的加熱分解



▲ 圖3-41 以酒精燈加熱裝有小蘇打的試管。



▲ 圖3-42 以藍色氯化亞鈷試紙檢驗試管口的液體。

D 由**示範實驗**可知，加熱小蘇打的生成物會使澄清石灰水變混濁，以及使藍色氯化亞鈷試紙變粉紅色，這是因為碳酸氫鈉粉末遇熱會分解成二氧化碳、碳酸鈉和水的緣故。



自然暖身操 解答

螞蟻的分泌物中含有蟻酸，因此被叮咬時，可應用酸鹼中和的原理，塗肥皂水來減緩腫痛的症狀。



給老師

【技巧D】 小蘇打的分解反應式：



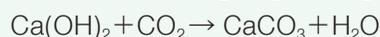
【技巧E】 連結「自然暖身操」提問，複習酸鹼中和原理。



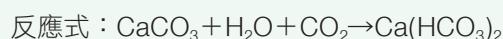
給學生

Ans 示範實驗

1. 澄清石灰水變成白色混濁狀，證明小蘇打加熱分解出二氧化碳。反應式：



若繼續通入過多二氧化碳，混濁的石灰水會再變回澄清。

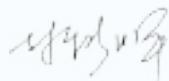


2. 加熱過程中，若通入石灰水中的導管不再冒氣泡，則可判斷小蘇打已完全分解。停止加熱時，導管要先移出水面，這是為了避免降溫時試管內壓力變小，將水吸入試管內。

3. 藍色氯化亞鈷試紙沾到液體的部分呈現粉紅色，證明小蘇打加熱分解出水。（若使用前的試紙不是藍色，則應加熱烘乾後再使用，使用後剩餘的試紙要密封保存，以免受潮。）

酸雨

現今的臺灣仍存在酸雨問題，為了避免酸雨造成眼睛、皮膚的刺激，最好還是要使用雨具。身為這塊土地的居民，一起來了解林能暉教授等專家如何監控酸雨及生活中可以怎麼樣改善酸雨吧！



- ◆ 中央大學大氣科學系
暨化學研究所教授
- ◆ 中央大學
環境監測聯合
技術中心主任
- ◆ 環保署
酸雨監測計畫
共同主持人



▲圖1 阿帕拉契山脈受到酸雨影響，森林有大量死亡枯化現象。

88



Q1 請問您之所以想在「酸雨」領域投入研究的契機？

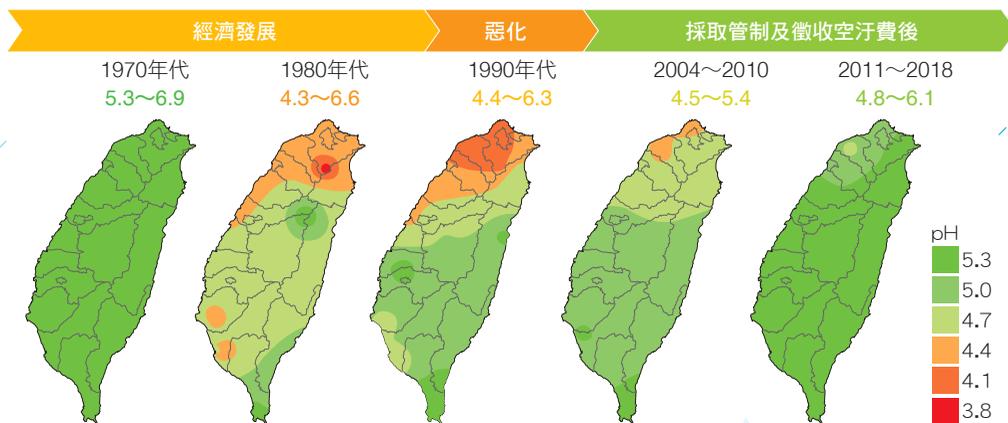
西元1986年在美國攻讀碩士時，其中一個研究主題就是高山雲霧化學與酸雨，當時美國阿帕拉契山脈西側受到五大湖區工業排放汙染的影響，部分地區森林有大量死亡枯化現象（圖1），而東側仍然是青鬱翠綠。西元1992年回到臺灣之後，看著臺灣經濟起飛帶來大量的汙染，自許能學以致用，即使投身酸雨及大氣汙染相關研究需要長期持續的付出，仍以守護臺灣的環境為一生職志，並教育與激勵年輕學子持續投入。



Q2 國內外的專家們如何進行雨水pH值檢驗並長期監控呢？

針對雨水的pH值檢驗，主要使用pH計來量測，然而，雨水的pH值只是提供了解雨水酸化程度的初步參考，要進一步了解酸雨的組成演變與來源，以及其對環境和生態的影響，則需要分析雨水成分及各成分的濃度。

在國際上，考量地域及氣候氣象條件、汙染源以及監測目的等狀況，酸雨的採樣有不同的收集頻率。美國分成週採樣與日採樣，分別考慮長期影響與短期效應。臺灣汙染源複雜且地域較小，以日採樣為主。當資料慢慢累積之後，進一步可探討月、季，甚至長期年變化趨勢，因此，先進國家如歐、美、日的酸雨監測都長達50年以上，中央氣象局自西元1970年代以來有簡易雨水pH值監測，環保署則於西元1990年開始有日採樣降水化學監測，以提供更細節的陰陽離子分析。



▲ 圖2 近50年臺灣雨水pH值的變化



Q3 目前臺灣酸雨的情況嚴重程度為何？是否在特定季節或特定區域會較嚴重呢？

以中央氣象局近50年的pH值監測（圖2）與環保署近30年降水化學長期調查與研究結果來看，酸雨最嚴重的西元1980~2000年時期已經過去，尤其在西元1995年環保署實施空氣汙染防制法並徵收空汙費後，已大量減少空氣中的硫氧化物與氮氧化物，雨水酸化情況也逐漸得到改善。環保署全國酸雨監測網資料顯示，臺灣大部分地區雨水年平均pH值都已經高於酸雨定義的5.0以上，僅在桃園、新竹地區仍略有酸雨現象。然而，由於秋冬季東北季風盛行，容易夾帶中國、韓國或是日本等地的汙染物到臺灣，以及春季鋒面降水夾帶中國華南一帶汙染物而來，使得雨水變得較酸，北部與東半部迎風面的區域在這些時期需要特別注意酸雨的問題。

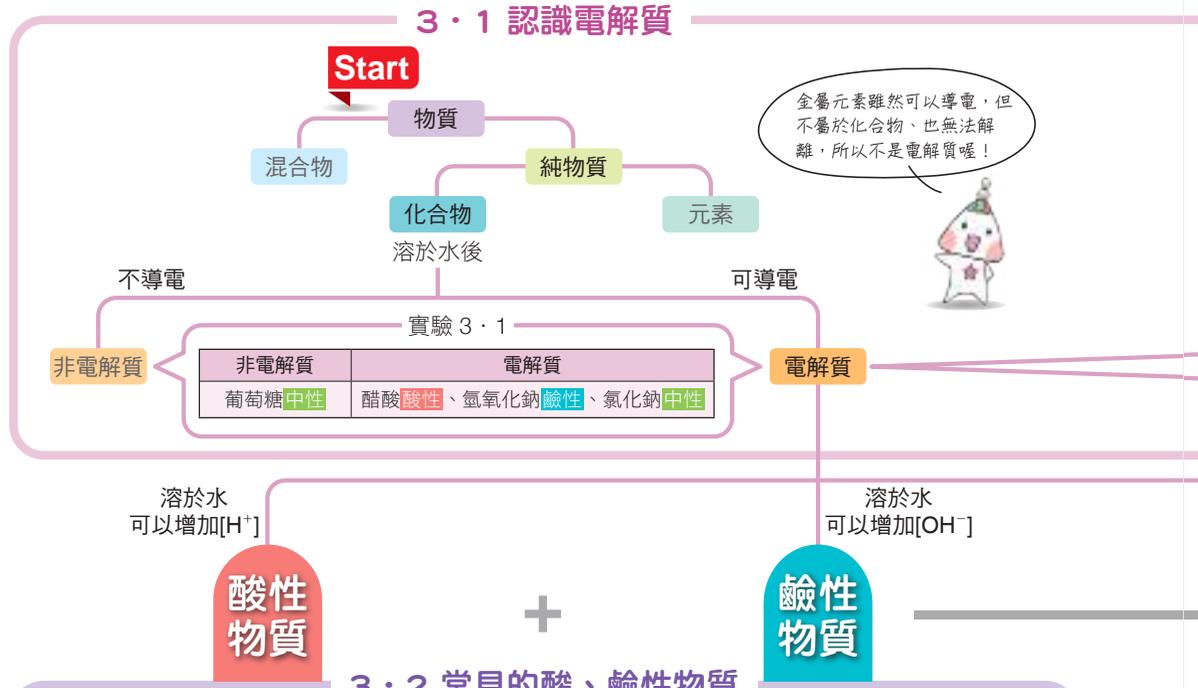


Q4 對國中生而言，日常生活中可以做些什麼來幫助防制酸雨？

千萬不要小看積沙成塔的力量，如果每個人努力做環保，提倡節能減碳，使用節能標章的電器產品，甚至隨手關燈等舉動，都可以降低能源的消耗，避免燃燒石油或煤炭所排放的硫氧化物；外出搭乘大眾交通工具，或是請家人汰換老舊的汽機車，使用電動汽車等，這樣就可減少汽機車排放的氮氧化物，這些都是日常生活當中我們可以一起努力的。



3·1 認識電解質



3·2 常見的酸、鹼性物質

實驗 3·2

性質	(1)可與鎂反應生成H ₂ (2)可與碳酸鈣反應生成CO ₂
pH值	pH < 7

性質	(1)摸起來有滑膩感 (2)可溶解油脂
pH值	pH > 7

廣用試紙測定顏色

中性

pH值 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

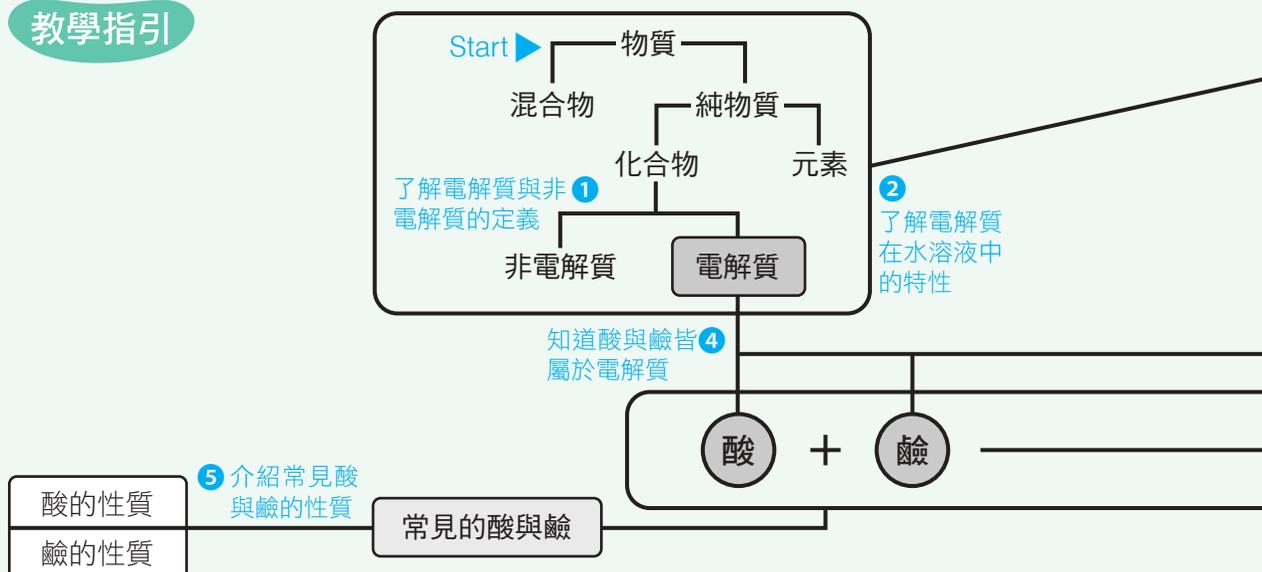
離子濃度		[H ⁺] > [OH ⁻]
檢驗	石蕊	呈紅色 (pH < 5)
	酚酞	呈無色 (pH < 8)
	廣用	紅、橙、黃

離子濃度		[H ⁺] < [OH ⁻]
檢驗	石蕊	呈藍色 (pH > 8)
	酚酞	呈紅色 (pH > 10)
	廣用	藍、靛、紫

舉例	鹽酸	硫酸
化學式	HCl	H ₂ SO ₄
特性	有刺鼻氣味、會產生酸霧	脫水性、腐蝕性
用途	清洗金屬、胃液主要成分	造紙、鉛蓄電池

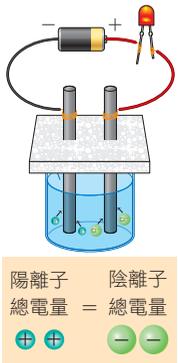
舉例	氫氧化鈉	氧化鈣
化學式	NaOH	CaO
特性	腐蝕性、放在空氣中會變質	溶於水生成Ca(OH) ₂
用途	肥皂、人造絲	乾燥劑、檢驗CO ₂

教學指引



電離說

1. 電解質溶於水會產生帶正電的陽離子和帶負電的陰離子，此過程稱為解離。
2. 電解質解離後，陽離子帶的總電量與陰離子帶的總電量相等，故溶液呈電中性。
3. 水溶液中移動的離子，使得水溶液可導電：陽離子游向負極；陰離子游向正極。

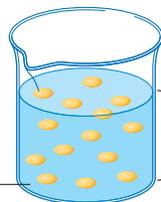


3·3 酸鹼的濃度

1. 莫耳濃度 (M)：每1公升溶液中所含溶質的莫耳數，單位為「莫耳 / 公升」。如圖所示為1 M 葡萄糖水溶液。若每公升水溶液中含有0.1莫耳的氫離子，則可以寫成 $[H^+] = 0.1 (M)$ 。

$$M = \frac{\text{溶質莫耳數 (mol)}}{\text{溶液體積 (L)}}$$

$$\begin{aligned} [C_6H_{12}O_6] &= \frac{1 \text{ mol}}{1 \text{ L}} \\ &= 1 \text{ M} \end{aligned}$$



1公升水溶液

2. 水溶液的酸鹼程度可用酸鹼指示劑或pH計檢測。

溶於水
解離出陽、陰離子

酸鹼中和

鹽類

+

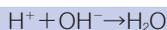
水

除了酸鹼中和會產生鹽類，金屬與酸作用也會產生鹽類呢！

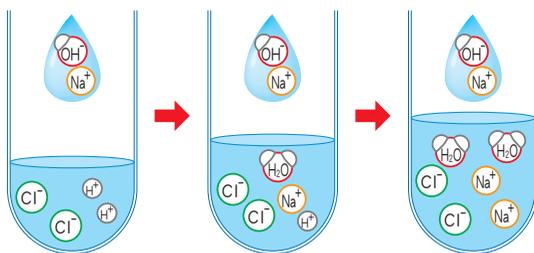
3·4 酸鹼中和

酸鹼中和

1. 酸性與鹼性溶液混合後，發生的化學變化稱為「中和反應」，其反應式為：



2. 酸性溶液與鹼性溶液混合時，會使溫度升高，屬於放熱反應。



常見的鹽類

舉例	氯化鈉	硫酸鈣	碳酸鈣	碳酸鈉	碳酸氫鈉
化學式	NaCl	CaSO ₄	CaCO ₃	Na ₂ CO ₃	NaHCO ₃
俗稱	食鹽	石膏		蘇打	小蘇打
特性	易溶於水 (中性)	難溶於水	難溶於水	易溶於水 (鹼性)	易溶於水 (鹼性)
用途	調味、保存食物	石膏像、模型	大理石和貝殼的主要成分	清潔劑	極糖

溶液與離子

電離說

3

酸鹼的濃度

莫耳濃度

7

6 了解酸、鹼溶液的濃度表示方式

8 知道溶於水會解離得鹽類屬於電解質

鹽 + 水

了解酸鹼中和反應

介紹常見的鹽類

酸與鹼的反應

酸鹼中和

常見的鹽類

9

10

教材編注

椪糖的原料簡單、製作過程不長，但卻是戲劇效果十足的一道料理。此探究活動除了小蘇打粉外，也可加入烘焙常用的泡打粉、酵母粉一起討論，讓學生了解由不同原料所產生的反應有何異同。

由於操作有一定的技巧難度且有安全性考量，故此活動建議以示範觀察、或欣賞影片、查找資料為主。

若欲操作此活動時，須注意用火安全，以及過程中會有高溫器材的移動須小心處理。

探究科學 大小事

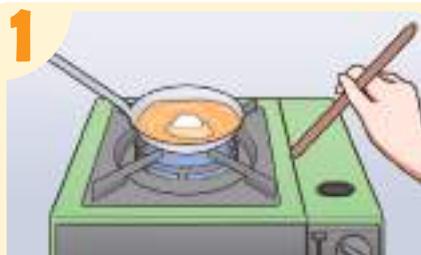


發福的糖

椪糖是一種古早味的點心，吃起來略帶焦香味，是甜而不膩的零嘴。除了「砂糖」這樣主要原料，小蘇打粉也是製作椪糖不可或缺的材料。到底小蘇打粉除了能清洗油汙外，還能在製作椪糖時發揮什麼神奇的功效呢？



椪糖製作過程



1 在湯勺中加入少許水和砂糖，並於瓦斯爐上加熱。



2 糖水沸騰後，持續攪拌並加熱至糖漿呈黏稠狀。



⚠ 須將湯勺平穩放置避免傾倒

3 將湯勺移離火源，在糖漿中加入少許食用小蘇打粉，持續攪拌使其均勻混合。



4 待糖漿變白且開始膨脹後，停止攪拌，緩緩抽出攪拌棒。

如果要自己動手做椪糖，必須找爸媽或老師陪同，並注意安全！



來探索

1. 小蘇打粉加熱後會分解成哪些物質？試寫出化學反應式。

B 2. 如右圖，將椪糖扒開，發現內部構造 ， 觀察
製作時加入的小蘇打粉，可能扮演了什麼角色？ 推理



給老師

【技巧A】椪糖的製作雖然簡單，但不易一次成功，教師若想實際示範教學，建議須進行事前練習。

【提問B】椪糖的內部因為產生二氧化碳氣體而充滿了孔洞，還有哪些食品也有類似的構造呢？

麵包、餅乾、蛋糕、饅頭、油條等由發酵麵團所加工製成的食品內，皆可發現充滿了因為二氧化碳所產生的孔洞。

給學生

1 小蘇打粉清洗油汙

小蘇打粉的成分為碳酸氫鈉，為鹼性物質，遇到油脂時會產生皂化反應，具有清潔功能，故可以用來去除廚房中的油汙。

Ans 來探索

1. 小蘇打粉受熱會分解成二氧化碳、水和碳酸鈉；
$$2\text{NaHCO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{CO}_3$$
2. 充滿小洞；加熱時產生了氣體將糖漿撐開，造成糖漿體積膨脹，並產生大量孔洞。

還能怎麼做？

1 小蘇打粉的替代品

在製作蛋糕或麵包時，食譜中常使用「小蘇打粉」和「泡打粉」兩種膨鬆劑，使原本扎實的生麵團在經過烘烤後，得以變膨鬆。請查詢資料，將得到的結果整理在下方的表格中。[蒐集資料](#)

	小蘇打粉	泡打粉
組成成分		
反應過程		
適用範圍		

2 砂糖的替代品

國外也有運用與槳糖相同製作原理所製成的點心喔！查查看，有哪些零嘴？它們是用哪種糖製作出來的呢？[蒐集資料](#)



想一想

- 根據你查詢資料並比較的結果，製作槳糖所使用的小蘇打粉，可以用泡打粉取代嗎？為什麼？[批判思辨](#)
- 市面上常有標榜「天然酵母醱酵製成」的麵包，根據你生物課所學的知識，酵母菌在製作麵包時的功能又是什麼呢？[推理](#)

給老師

【提問C】市售泡打粉常會標示「不含鋁」，其用意為何？

含鋁泡打粉中含有硫酸鋁，也就是俗稱「明礬」的化學物質，有鑑於含鋁化合物對健康可能造成的危害，故市面上出現了特地標示「不含鋁」的泡打粉。

【技巧D】衛福部訂定「食品添加物使用範圍及限量暨規格標準」中，可使用的第(六)類膨脹劑如下表：<https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawGetFile.ashx?FileId=0000064335&lan=C>

給學生

Ans 還能怎麼做？

	小蘇打粉	泡打粉
組成成分	碳酸氫鈉	碳酸氫鈉＋酸性物質
反應過程	碳酸氫鈉加熱或遇酸性物質會生成CO ₂ 氣體。	碳酸氫鈉和酸性物質會生成CO ₂ 氣體。
適用範圍	食譜中的材料含酸性物質	食譜中的材料不含酸性物質

2. 日本輕目燒：三溫糖；愛爾蘭蜂巢糖：黃金糖漿。

Ans 想一想

- 可以。泡打粉含酸性物質，溶於水後可生成二氧化碳，亦會使槳糖膨脹。
- 酵母菌會將麵團中的糖分解成酒精和二氧化碳，使麵團中充滿氣體而膨脹，讓麵包有膨鬆的口感。