Chapter

17

酸鹼反應

學習目標

1. 認識酸、鹼溶液的配製方法。
2. 認識酸、鹼濃度的標定方法。
3. 認識市售胃酸片之功用與主要成分。
4. 學習利用直接滴定與反滴定方法測得胃酸劑片的制酸量。
5. 認識酸鹼指示劑的變色原理。
6. 認識常見指示劑不同顏色時所代表的酸鹼值。

授課節數 12

本章綱要

17-1 理論基礎
- 1. 酸、鹼溶液的配製
- 2. 酸、鹼濃度的標定
- 3. 直接滴定求胃酸劑片的制酸量
- 4. 以反滴定求胃酸劑片的制酸量
- 5. 彩環製作

17-2 實習活動 I - 酸鹼溶液的配製與標定

17-3 實習活動 II - 直接滴定與反滴定求胃酸劑片的制酸量

17-4 實習活動 III - 彩環製作



現代人壓力大、工作繁忙，常常作息不正常，使得胃痛、胃食道逆流等胃部問題逐漸增加，此時人們多使用胃藥以減低胃酸量，胃藥內的制酸劑即利用酸鹼反應的原理與胃酸中和，酸鹼反應也常用於醫藥、工業的分析。本章將分三個階段進行介紹，首先為酸鹼溶液的配製與標定，其次為測定胃酸劑片的制酸量，最後為觀察酸鹼指示劑的顏色變化。

17-1 理論基礎

酸、鹼溶液的配製

一、酸鹼滴定

酸鹼滴定爲求出未知酸、鹼濃度的技術，是化學定量分析中常見的分析方法。進行酸鹼滴定時 (如圖 17-1 所示)，會由已知濃度的標準溶液滴入已知體積的待測溶液中，利用反應所需的標準溶液體積計算待測溶液濃度。

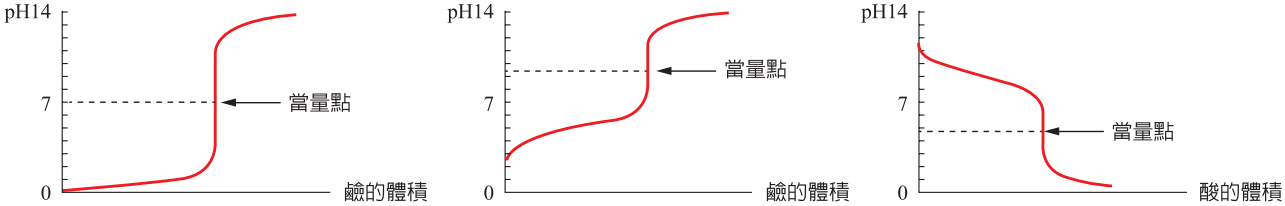


▲圖 17-1　酸鹼滴定

二、當量點

滴定原理爲利用酸鹼中和時，當酸與鹼完全反應，其解離出的 H^+ 莫耳數與鹼解離出的 OH^- 莫耳數相同，此稱**當量點** (equivalent point)。在滴定過程中，若將滴定溶液之體積與待測溶液的 pH 值繪圖，稱爲**滴定曲線** (titration curve)。由滴定曲線可看出滴定時溶液的 pH 值變化且曲線斜率最大處即當量點，當量點時的溶液不一定爲中性，即 pH 不一定爲 7，可參考下列滴定型態。

1. 以強鹼滴定強酸，達當量點時，水溶液爲中性，pH ＝ 7 (如圖 17-2a 所示)。
2. 以強鹼滴定弱酸，達當量點時，水溶液爲鹼性，pH ＞ 7 (如圖 17-2b 所示)。
3. 以強酸滴定弱鹼，達當量點時，水溶液爲酸性，pH ＜ 7 (如圖 17-2c 所示)。

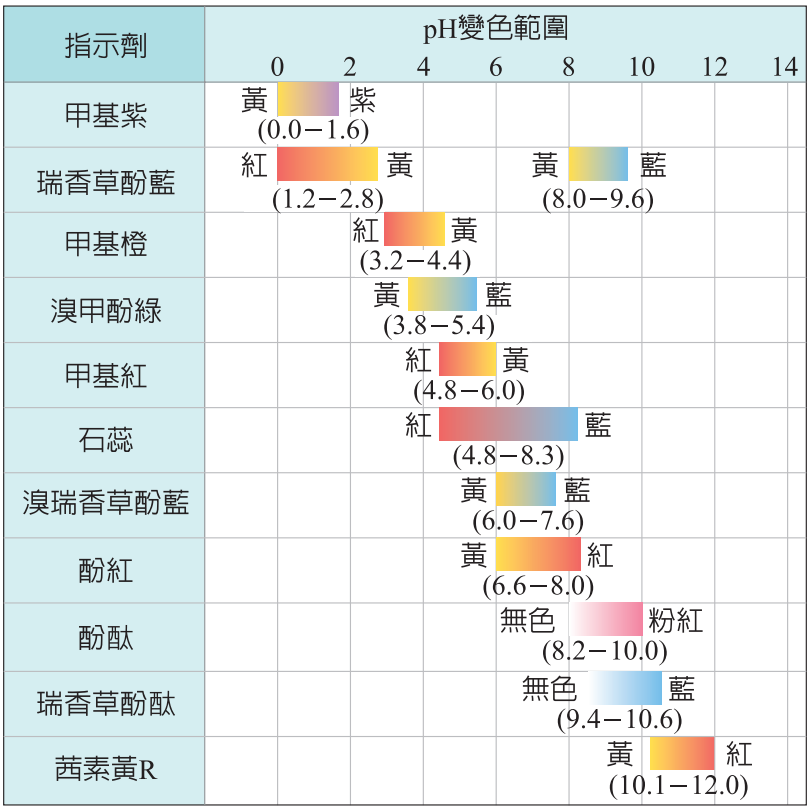


a. 強鹼滴定強酸　　b. 強鹼滴定弱酸　　c. 強酸滴定弱鹼

▲圖 17-2　滴定曲線

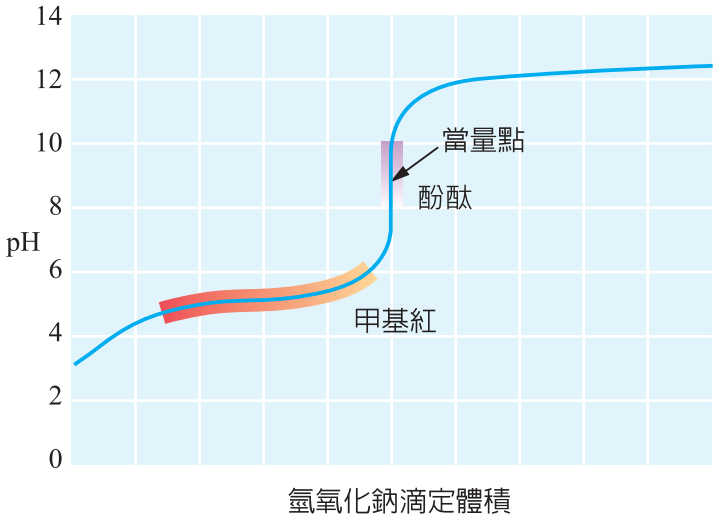
三、指示劑

由於酸鹼滴定過程中，溶液顏色多無明顯變化，故爲了判斷滴定是否到達當量點，通常會在滴定前加入適當**指示劑** (indicator)，利用其顏色變化判斷當量點。指示劑多爲弱酸或弱鹼性的有機染料，在不同的 pH 值可顯示不同的顏色，常見指示劑與其變色範圍如圖 17-3。



▲圖 17-3　酸鹼指示劑與其變色範圍

滴定時，當指示劑的顏色發生變化，即稱**滴定終點** (titration end point)，最理想的指示劑應能恰好在當量點時發生顏色變化，也就是使滴定終點剛好爲當量點，故應選擇指示劑變色範圍的 pH 值接近當量點的 pH 值者，如此一來接近當量點時，溶液顏色即有明顯變化。以氫氧化鈉溶液滴定醋酸爲例 (如圖 17-4)，可發現以酚酞作爲指示劑，其滴定終點與當量點接近，但以甲基紅作爲指示劑，則滴定終點會較早出現而與當量點有明顯差距。一般滴定時建議的指示劑如表 17-1。



▲圖 17-4　指示劑的影響

▼表 17-1　指示劑的選擇

酸	鹼	當量點溶液性質	可使用指示劑
強	強	中性	甲基紅、石蕊、溴瑞香草酚藍、酚酞
強	弱	酸性	甲基橙、溴甲酚綠、甲基紅
弱	強	鹼性	酚酞、茜素黃 R

四、標準溶液

進行酸鹼滴定時，會由已知濃度的溶液測定待測溶液的濃度，此已知濃度的溶液稱爲**標準溶液** (standard solution)，通常以鹽酸溶液、氫氧化鈉溶液作爲標準溶液，配製方法如下。

1. 鹽酸溶液的配製：市售鹽酸爲無色透明的鹽酸水溶液，其重量百分濃度約 36 %、密度約 1.2 g/mL，若欲配製 1 L 的 0.1 M 鹽酸溶液，可取約 8.5 mL 濃鹽酸加入適量水中，再加水稀釋成 1 L，即配製完成。

例題 01

若欲配製 0.2 M 的溶液 200 mL，則應取濃鹽酸多少 mL 加水並稀釋至 200 mL ？ (濃鹽酸之重量百分濃度 36 %、密度 1.2 g/mL)

解 設濃鹽酸體積 V mL

$200\ \text{mL} = 0.2\ \text{L}$

$$0.2\ \text{M} = \frac{\dfrac{\text{V} \times 1.2\dfrac{\text{g}}{\text{mL}} \times 36\%}{36.5\dfrac{\text{g}}{\text{mol}}}}{0.2\ \text{L}}$$

$\text{V} = 3.38\ \text{mL}$

2. 氫氧化鈉溶液的配製
   (1) 氫氧化鈉可與玻璃的主要成分 SiO_2 反應生成矽酸鈉，故氫氧化鈉標準溶液須以塑膠容器貯存，不可以玻璃容器貯存。
   (2) 因氫氧化鈉容易吸水與空氣中的二氧化碳反應生成碳酸鈉沉澱，故一般會先配製成飽和溶液於塑膠瓶中靜置，待碳酸鈉沉澱完全後，再吸取上層澄清液稀釋至所需濃度。
   (3) 氫氧化鈉飽和溶液的重量百分濃度約 50 %、密度約 1.53 g/mL，若欲配製 1 L 的 0.1 M 氫氧化鈉溶液，可取約 5.5 mL 氫氧化鈉飽和溶液加入適量水中，再加水稀釋成 1 L，即配製完成。

酸、鹼濃度的標定

由於濃鹽酸容易揮發、氫氧化鈉容易吸收空氣中的二氧化碳與水，故無法直接配製出準確濃度的標準溶液。只能先配製成近似濃度的標準液，再以標定劑確認其準確濃度，此過程稱**標定** (standardization)。

一、鹽酸溶液的標定

通常鹽酸溶液是以無水碳酸鈉 (Na_2CO_3) 爲標定劑，反應式如下。

$$2HCl_{(aq)} + Na_2CO_{3(aq)} \rightarrow 2NaCl_{(aq)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(\ell)}$$

1. 碳酸鈉與鹽酸兩者的定量關係可以公式 17-1 表示。

$$C_{M,HCl} \times V_{HCl} = \frac{W_{Na_2CO_3}}{M_{Na_2CO_3}} \times 2$$

公式 17-1

$C_{M,HCl}$：鹽酸體積莫耳濃度 [M]
V_{HCl}：鹽酸滴定體積 [L]
$W_{Na_2CO_3}$：碳酸鈉質量 [g]
$M_{Na_2CO_3}$：碳酸鈉式量 [105.99 g/mol]

2. 當量點 pH 值約等於 4，故可加入甲基橙指示劑判斷滴定終點，達滴定終點時，顏色由黃色變橙色。
3. 爲簡化實驗，本實驗將以具準確濃度的氫氧化鈉溶液作爲標準溶液，標定鹽酸的正確濃度，反應式如下。

$$HCl_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(\ell)}$$

(1) 鹽酸與氫氧化鈉，兩者的定量關係可以公式 17-2 表示。

$$C_{M,HCl} \times V_{HCl} = C_{M,NaOH} \times V_{NaOH}$$

公式 17-2

$C_{M,HCl}$：鹽酸體積莫耳濃度 [M]
V_{HCl}：鹽酸體積 [L]
$C_{M,NaOH}$：氫氧化鈉體積莫耳濃度 [M]
V_{NaOH}：氫氧化鈉滴定體積 [L]

(2) 當量點 pH 值約等於 7，可以溴瑞香草酚藍爲指示劑 (顏色由黃色變藍色)，但因當量點時，少量強鹼的加入會使 pH 值產生極大變化，故改以變色明顯的酚酞指示劑判斷滴定終點，達滴定終點時，顏色由無色變淡粉紅色。

二、氫氧化鈉溶液的標定

通常氫氧化鈉溶液是以**鄰苯二甲酸氫鉀** (potassium hydrogen phthalate，KHP) 爲標定劑，反應式如下。

$$C_6H_4COOHCOOK_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \rightarrow C_6H_4COONaCOOK_{(aq)} + H_2O_{(\ell)}$$

1. 鄰苯二甲酸氫鉀與氫氧化鈉兩者的定量關係可以公式 17-3 表示。

$$C_{M,NaOH} \times V_{NaOH} = \frac{W_{KHP}}{M_{KHP}}$$

公式 17-3

$C_{M,NaOH}$：氫氧化鈉體積莫耳濃度 [M]
V_{NaOH}：氫氧化鈉滴定體積 [L]
W_{KHP}：鄰苯二甲酸氫鉀質量 [g]
M_{KHP}：鄰苯二甲酸氫鉀式量 [204.22 g/mol]

2. 當量點 pH 值約等於 9，故可加入酚酞指示劑判斷滴定終點，達滴定終點時，顏色由無色變淡粉紅色。

直接滴定求胃酸劑片的制酸量

爲利於消化食物，我們的胃壁可分泌鹽酸，使胃液之 pH 值維持在 2.3 左右，俗稱胃酸。當胃酸過多時會造成胃痛，此時即需服用胃酸劑片 (如圖 17-5)。常見胃酸劑片爲制酸劑，是治療胃酸過多的藥物，因其本質上爲一弱鹼，故可中和人體分泌的胃酸，降低胃裡的酸度，進而減緩胃酸對黏膜組織的傷害。

胃酸劑片是一種口服藥物，爲使胃酸劑片到胃部後，用於中和胃酸的氫氧根離子可持續釋出，且避免對口腔、食道與胃壁造成腐蝕，其成分多爲弱鹼性且難溶於水。胃酸劑片的常見成分如氫氧化鎂 ($Mg(OH)_2$)、氫氧化鋁 ($Al(OH)_3$)、碳酸鈣 ($CaCO_3$)、碳酸鎂 ($MgCO_3$)、碳酸氫鈉 ($NaHCO_3$) 等，其與鹽酸的反應式如下。

$$Mg(OH)_{2(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow MgCl_{2(aq)} + 2H_2O_{(\ell)}$$
$$Al(OH)_{3(s)} + 3HCl_{(aq)} \rightarrow AlCl_{3(aq)} + 3H_2O_{(\ell)}$$
$$CaCO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow CaCl_{2(aq)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(\ell)}$$
$$MgCO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow MgCl_{2(aq)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(\ell)}$$
$$NaHCO_{3(s)} + HCl_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(aq)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(\ell)}$$



▲圖 17-5　胃酸劑片

碳酸氫鈉易溶於水，可迅速中和胃酸，屬於速效型制酸劑，但其中和胃酸後產生的二氧化碳可能會導致脹氣的副作用；其他成分難溶於水，可以緩慢的中和胃酸，屬於持續性的制酸劑。本實驗將先研磨胃酸劑片成粉末狀，再利用酸鹼滴定原理，以鹽酸直接測定胃酸劑片的制酸量，因制酸劑成分爲弱鹼性，故當量點在弱酸的範圍，以甲基橙作爲指示劑。由於胃酸劑片中含有多種制酸成份，故本實驗結果將以胃酸劑片中制酸劑可中和鹽酸之莫耳數表示其制酸量。

以反滴定求胃酸劑片的制酸量

由於胃酸劑片的溶解度不高甚至不溶，若直接以鹽酸配合指示劑滴定，會需要較長時間測試。另外，碳酸鈣、氫氧化鈣等難溶性物質可能會隨著鹽酸的加入而漸漸溶解，導致滴定終點之溶液又回復原顏色而不易判斷。爲解決前述缺點，可改以反滴定方式測定胃酸劑片的制酸量，即先用過量鹽酸標準溶液將胃酸劑片盡量溶解後，再用氫氧化鈉標準溶液反滴定剩餘的鹽酸，以求出較精確的制酸量。

本實驗在利用直接滴定法滴定求得所需的鹽酸標準液體積之後，將再取一份胃酸劑片並加入較直接滴定法過量的鹽酸標準液與胃酸劑片完全反應，過量的鹽酸則以氫氧化鈉標準溶液進行反滴定，反應式如下。因爲是強鹼滴定強酸，當量點在中性範圍，故以易於辨別顏色的酚酞爲指示劑。

$$NaOH_{(aq)} + HCl_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(\ell)}$$

由於制酸劑片的成分常含有碳酸鹽或碳酸氫鹽，其會與鹽酸作用產生二氧化碳，因此過量的鹽酸標準液與胃酸劑片反應後，須先煮沸將二氧化碳趕出，再以氫氧化鈉標準溶液滴定，才不會影響滴定結果。反滴定法中，鹽酸會分別與制酸劑、氫氧化鈉作用，故將鹽酸莫耳數減掉氫氧化鈉莫耳數，即爲胃酸劑中制酸劑可中和鹽酸之莫耳數。

彩環製作

酸鹼指示劑本身爲一種有機酸或有機鹼，以弱酸性指示劑分子 (HIn) 爲例，溶液中之平衡反應式如下，由於共軛酸鹼對各具不同顏色，故隨著溶液 pH 值不同，顏色也將隨之改變。

$HIn_{(aq)}$(酸性顏色) $\rightleftharpoons H^+_{(aq)} + In^-_{(aq)}$(鹼性顏色)

上述反應式之平衡常數可以公式 17-4 表示。

$$K_a = \frac{[H^+][In^-]}{[HIn]}$$ 公式 17-4

不同的酸鹼環境下，[HIn] 與 $[In^-]$ 之比例亦不同，故指示劑會有不同的溶液顏色，通常當溶液中 $[HIn] \geqq 10[In^-]$，肉眼即可看出酸性指示劑的顏色。同理，當溶液中 $[In^-] \geqq 10[HIn]$，肉眼即可看出鹼性指示劑的顏色。

例題 02

已知甲基紅指示劑的 $K_a = 1 \times 10^{-5}$，其酸性顏色為紅色、鹼性顏色為黃色。

(1) 試問此指示劑呈紅色時，pH 值應為多少以下？

(2) 試問此指示劑呈黃色時，pH 值應為多少以上？

解 $HIn_{(aq)}$(紅色) $\rightleftharpoons H^+_{(aq)} + In^-_{(aq)}$(黃色)

(1) 指示劑呈紅色時，$[HIn] \geqq 10[In^-]$

$$K_a = \frac{[H^+][In^-]}{[HIn]} \rightarrow 1\times10^{-5} = [H^+]\cdot\frac{[In^-]}{10[In^-]}$$

$$\rightarrow [H^+] = 1\times10^{-4}$$

故 pH 值 4 以下，指示劑呈紅色

(2) 指示劑呈黃色時，$[In^-] \geqq 10[HIn]$

$$K_a = \frac{[H^+][In^-]}{[HIn]} \rightarrow 1\times10^{-5} = [H^+]\cdot\frac{10[HIn]}{[HIn]}$$

$$\rightarrow [H^+] = 1\times10^{-6}$$

故 pH 值 6 以上，指示劑呈黃色

除了前述單一指示劑判斷溶液的 pH 值，亦可將瑞香草酚藍、甲基紅、溴瑞香草酚藍、酚酞等指示劑混合成爲**廣用指示劑** (universal indicator)，其變色範圍由酸到鹼依序爲紅、橙、黃、綠、藍等顏色連續變化。



17-2 實習活動 I - 酸、鹼溶液的配製與標定

實驗目的

1. 熟悉酸、鹼溶液的配製方法。
2. 熟悉酸、鹼濃度的標定方法。

器材藥品

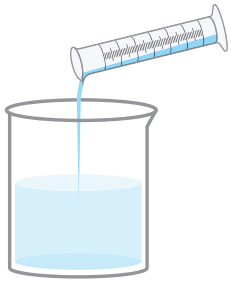
名稱	規格	數量
量筒	100 mL	1 個
燒杯	250 mL	1 個
定量瓶	500 mL (附瓶塞)	1 個
燒杯	100 mL	2 個
吸球		1 個
刻度吸量管	5 mL	2 個
塑膠滴管		2 支
滴定管	50 mL	1 支
滴定管架	附蝴蝶夾	1 組
漏斗		1 個
攪拌棒		1 支
稱量瓶		2 個
刮勺		2 個
洗瓶		1 個
錐形瓶	250 mL	2 個
移液管	20 mL	1 支
標籤紙		數張
電子天平	精密度 0.01 g	1 臺
電子天平	精密度 0.0001 g	1 臺
玻璃瓶	500 mL (含蓋子)	1 個
塑膠瓶	500 mL (含蓋子)	1 個
濃鹽酸		5 mL
氫氧化鈉飽和溶液	取 120 g NaOH 加入 100 mL 試劑水中，混合均勻後置於 PE 瓶靜置。	5 mL
鄰苯二甲酸氫鉀		1 g
酚酞指示劑	0.1 %	1 mL

實驗步驟

一、酸、鹼溶液的配製

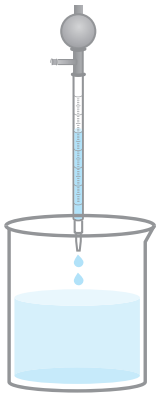
1. 鹽酸溶液的配製

步驟 1



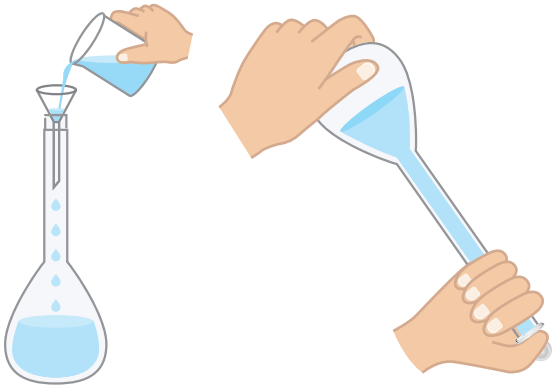
取 100 mL 的去離子水倒入 250 mL 燒杯中。

步驟 2



於抽氣櫃內以刻度吸量管吸取 4.5 mL 的濃鹽酸加入上述燒杯中。

步驟 3



(1) 將燒杯內溶液攪拌均勻後，倒入 500 mL 定量瓶內，以去離子水潤洗燒杯，並將洗液併入定量瓶中。

(2) 再以去離子水稀釋至標線 (加水至標線下方時，以滴管加水至標線)，蓋上瓶塞倒置搖勻，即配製完成。

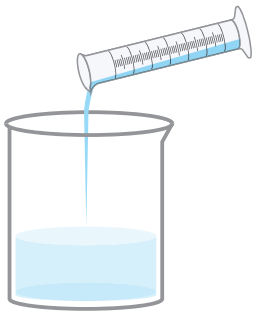
步驟 4



將配製好的鹽酸溶液倒入有蓋之玻璃瓶內，蓋上蓋子貯存備用。

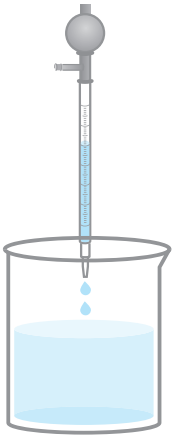
2. 氫氧化鈉溶液的配製

步驟 1



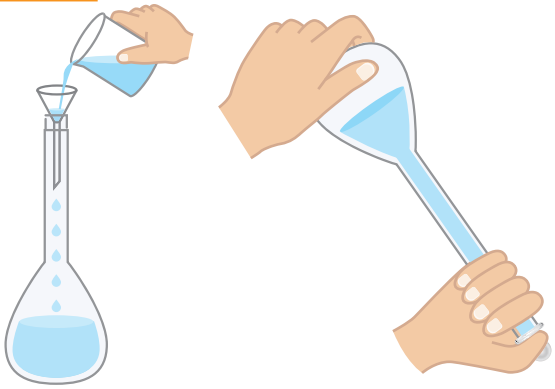
取 100 mL 的去離子水倒入 250 mL 燒杯中。

步驟 2



以刻度吸量管吸取 2.8 mL 氫氧化鈉飽和溶液之上層液加入上述燒杯中。

步驟 3



(1) 將燒杯內溶液攪拌均勻後，倒入 500 mL 定量瓶內，以去離子水潤洗燒杯，並將洗液併入定量瓶中。

(2) 以去離子水稀釋至標線 (加水至標線下方時，以滴管加水至標線)，蓋上瓶塞倒置搖勻，即配製完成。

步驟 4

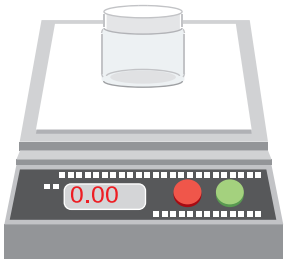


將配製好的氫氧化鈉溶液倒入有蓋塑膠瓶，蓋上蓋子貯存備用。

二、酸、鹼濃度的標定

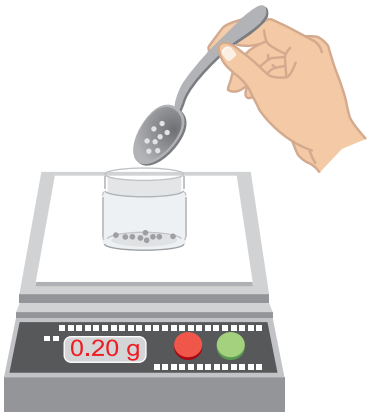
1. 氫氧化鈉溶液的標定

步驟 1



精稱 0.2 g 鄰苯二甲酸氫鉀 (使用稱差法)。

(1) 將稱量瓶置於秤盤中央後，按歸零鍵使粗稱天平歸零。



(2) 以刮勺取鄰苯二甲酸氫鉀倒入稱量瓶至約 0.2 g（不須記錄數據）。



(3) 將稱量瓶蓋上蓋子置於精稱天平的秤盤中央。



(4) 關上玻璃門，按歸零鍵使精稱天平歸零。



(5) 將稱量瓶內試藥倒至錐形瓶。

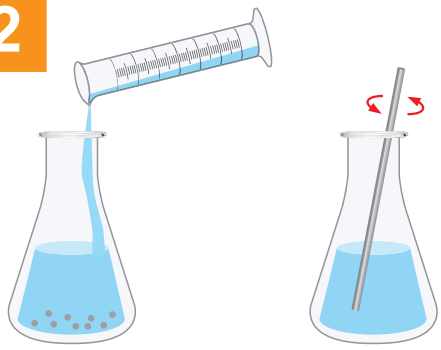


(6) 將稱量瓶蓋上蓋子放回秤盤。



(7) 關上玻璃門，記錄精稱天平顯示數據（負號忽略）。

步驟 2



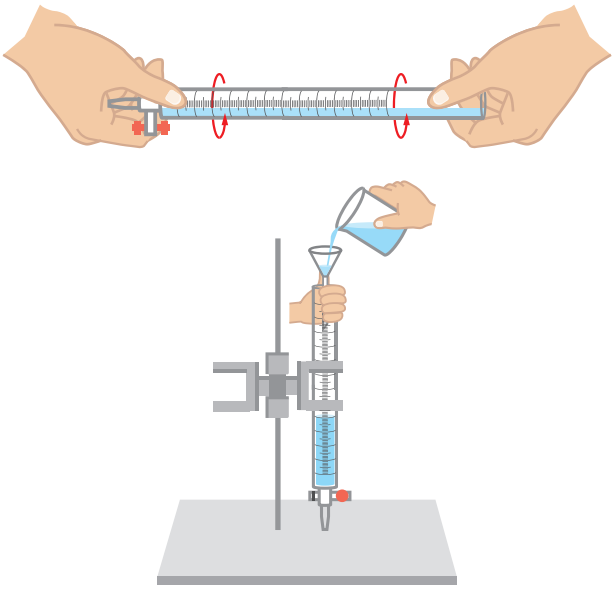
加入 50 mL 去離子水於錐形瓶中，攪拌使鄰苯二甲酸氫鉀溶解。

步驟 3



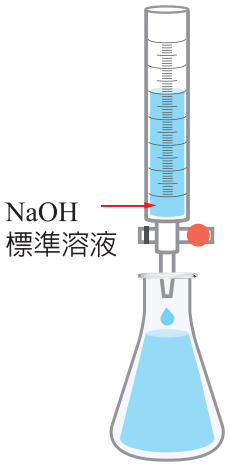
加入 1 ～ 2 滴酚酞指示劑，此時溶液呈無色。

步驟 4



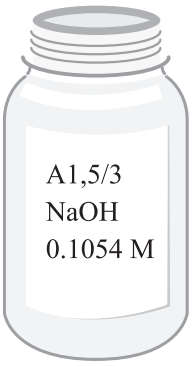
以少量氫氧化鈉溶液 (約 5 mL) 潤洗滴定管後，小心倒入氫氧化鈉溶液至填滿滴定管，讀取初讀數。

步驟 5



滴定鄰苯二甲酸氫鉀溶液直到溶液顏色由無色變淡粉紅色，且維持 30 秒不變色即爲滴定終點，讀取末讀數。

步驟 6

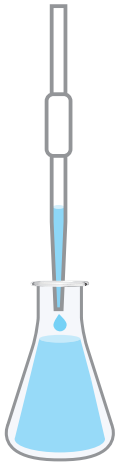


(1) 重複步驟，再做一次。

(2) 準備標籤，寫上組別、日期、藥品名稱及精確濃度，貼在貯存氫氧化鈉溶液之塑膠瓶上。

2. 鹽酸溶液的標定

步驟 1



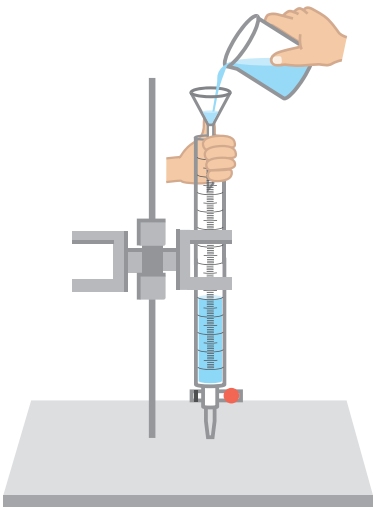
以潤洗過之移液管吸取 20 mL 鹽酸溶液置於錐形瓶中。

步驟 2



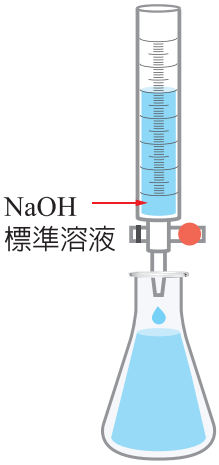
加入 1 ～ 2 滴酚酞指示劑，此時溶液呈無色。

步驟 3



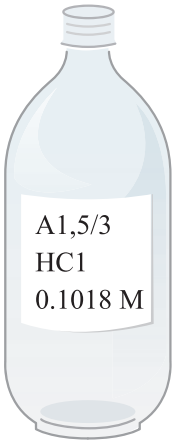
小心倒入氫氧化鈉溶液至填滿滴定管，讀取初讀數。

步驟 4



以氫氧化鈉滴定鹽酸溶液直到溶液顏色由無色變淡粉紅色，且維持 30 秒不變色即爲滴定終點，讀取末讀數。

步驟 5



(1) 重複步驟，再做一次。

(2) 準備標籤，寫上組別、日期、藥品名稱及精確濃度，貼在貯存鹽酸溶液之玻璃瓶上。

充電小站

實驗注意事項

1. 鄰苯二甲酸氫鉀使用前應置於 105°C的烘箱中烘至恆重。
2. 以 NaOH 滴定鄰苯二甲酸氫鉀溶液至粉紅色後，於空氣中仍會慢慢褪色，這是因為溶液吸收空氣中的二氧化碳而生成碳酸，使溶液變透明。
3. 指示劑用量約 1 ～ 2 滴即可有明顯變色現象，且指示劑本身亦為有機弱酸或弱鹼，故多加會造成滴定誤差。

實驗數據記錄與分析

一、氫氧化鈉溶液的標定

	KHP 重，W_{KHP} (g)	NaOH 滴定			NaOH 溶液濃度，C_x (M)	NaOH 溶液平均濃度，C_{NaOH} (M)
		初讀數，V_1 (mL)	末讀數，V_2 (mL)	滴定體積，V_{NaOH} (mL)		
第 1 次						
第 2 次						

計算過程：

$$V_{NaOH} = V_2 - V_1$$

$$C_x = \frac{W_{KHP}}{204.22\ g/mol} \times \frac{1000\ mL/L}{V_{NaOH}}$$

$$C_{NaOH} = \frac{C_{x1} + C_{x2}}{2}$$

二、鹽酸溶液的標定

	HCl 體積，V_{HCl} (mL)	NaOH 滴定			HCl 溶液濃度，C_y (M)	HCl 溶液平均濃度，C_{HCl} (M)
		初讀數，V_1 (mL)	末讀數，V_2 (mL)	滴定體積，V_{NaOH} (mL)		
第 1 次						
第 2 次						

計算過程：

$$V_{NaOH} = V_2 - V_1$$

$$C_y = C_{NaOH} \times \frac{V_{NaOH}}{V_{HCl}}$$

$$C_{HCl} = \frac{C_{y1} + C_{y2}}{2}$$

問題與討論

1. 酸鹼溶液的標定實驗中，以氫氧化鈉溶液滴定鹽酸溶液是使用酚酞做指示劑，請列舉三個其他適用之指示劑。
2. 酸鹼滴定時，如何知道滴定已經接近終點？
3. 以酚酞爲指示劑，用氫氧化鈉溶液滴定鄰苯二甲酸氫鉀溶液至粉紅色後，於空氣中仍會慢慢褪色，這可能是什麼原因造成？
4. 請說明滴定終點與當量點有何不同？
5. 將氫氧化鈉溶液填入潔淨滴定管前，爲何須先以少量氫氧化鈉溶液潤洗滴定管？

17-3 實習活動 II - 直接滴定與反滴定求胃酸劑片的制酸量

實驗目的

1. 熟悉利用直接滴定方法測得胃酸劑片的制酸量。
2. 熟悉利用反滴定方法測得胃酸劑片的制酸量。

器材藥品

名稱	規格	數量
研缽與杵		1 組
量筒	100 mL	1 個
燒杯	100 mL	1 個
攪拌棒		1 支
稱量瓶		1 個
刮勺		1 個
洗瓶		1 個
錐形瓶	250 mL	2 個
滴定管	50 mL	2 支
滴定管架	附蝴蝶夾	1 組
漏斗		2 個
水浴鍋		1 個
本生燈		1 組
鐵架	含鐵環	1 組
陶瓷纖維網		1 個
點火槍		1 支
電子天平	精密度 0.01 g	1 臺
電子天平	精密度 0.0001 g	1 臺
鹽酸標準溶液		200 mL
氫氧化鈉標準溶液		200 mL
甲基橙指示劑	0.1 %	1 mL
酚酞指示劑	0.1 %	1 mL

實驗步驟

一、直接滴定求胃酸劑片的制酸量

步驟 1



取胃酸劑片 2 顆於研缽中研磨成粉狀備用。

步驟 2

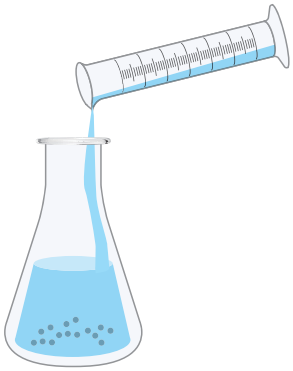


精稱約 0.5 g 胃酸劑片後記錄，倒入 250 mL 錐形瓶中。

(1) 使用稱差法，記錄胃酸劑片淨重。

(2) 記入克數至小數點後四位。

步驟 3



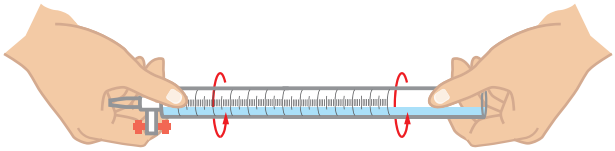
加入 50 mL 蒸餾水至錐形瓶搖盪使之盡量完全溶解。

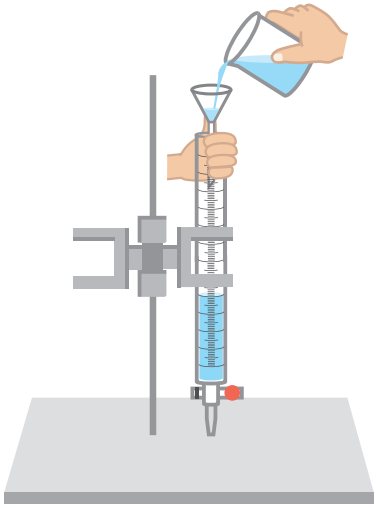
步驟 4



加入 2 滴甲基橙指示劑，此時溶液呈黃色。

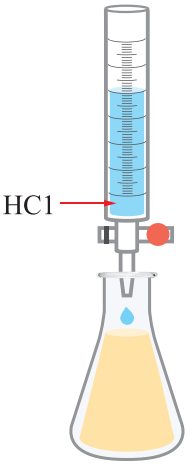
步驟 5





以前一次實驗貯存之鹽酸標準溶液少量潤洗滴定管後 (約 5 mL)，小心倒入鹽酸溶液至填滿滴定管，讀取初讀數。

步驟 6



以鹽酸溶液滴定直到溶液顏色由黃色變橙色，且維持 30 秒不變色即爲滴定終點，讀取末讀數。

二、以反滴定求胃酸劑片的制酸量

步驟 1

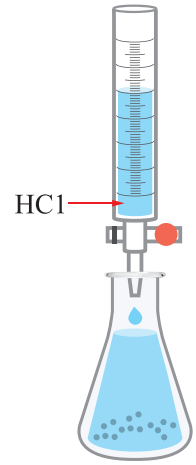


精稱約 0.5 g 胃酸劑片後記錄，倒入 250 mL 錐形瓶中。

(1) 使用稱差法，記錄胃酸劑片淨重。

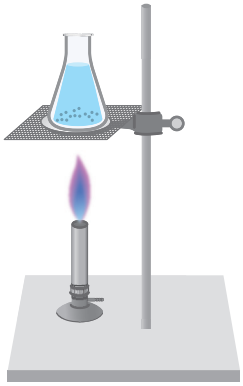
(2) 記入克數至小數點後四位。

步驟 2



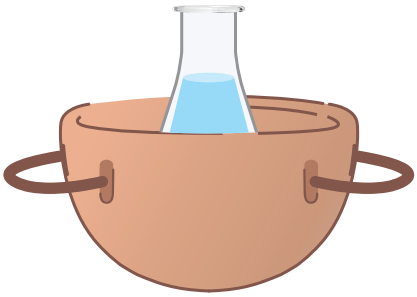
以滴定管加入比直接滴定法多約 25 mL 的鹽酸標準溶液並記錄加入體積。

步驟 3



將錐形瓶溶液攪拌使其盡量溶解，並加熱煮沸 3 分鐘。

步驟 4



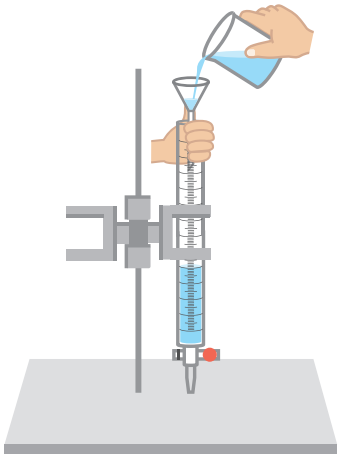
待錐形瓶稍冷後，浸於水浴鍋內冷卻至室溫。

步驟 5



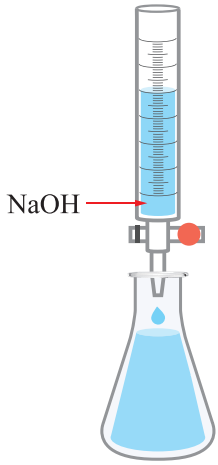
加 2 滴酚酞指示劑，此時溶液呈無色。

步驟 6



以前一次實驗貯存之氫氧化鈉標準溶液少量潤洗滴定管後 (約 5 mL)，小心倒入氫氧化鈉溶液至填滿滴定管，讀取初讀數。

步驟 7



以氫氧化鈉溶液滴定直到溶液顏色由無色變淡粉紅色，且維持 30 秒不變色即爲滴定終點，讀取末讀數。

實驗數據記錄與分析

一、直接滴定求胃酸劑片的制酸量

1. 鹽酸標準溶液濃度，C_{HCl}：_____M
2. 數據記錄與分析

胃酸劑片重量，W (g)	HCl 滴定			每克胃酸劑片可中和鹽酸的莫耳數，N (mol/g)
	初讀數，V_1 (mL)	末讀數，V_2 (mL)	滴定體積，V_{HCl} (mL)	

計算過程：

$$V_{HCl} = V_2 - V_1$$

$$N = \frac{C_{HCl} \times \frac{V_{HCl}}{1000\ mL/L}}{W}$$

二、以反滴定求胃酸劑片的制酸量

1. 標準溶液濃度

(1) 鹽酸標準溶液濃度，C_{HCl}：_____M

(2) 氫氧化鈉標準溶液濃度，C_{NaOH}：_____M

2. 數據記錄與分析

胃酸劑片重量，W (g)	鹽酸加入體積，V_{HCl} (mL)	NaOH 滴定			每克胃酸劑片可中和鹽酸的莫耳數，N (mol/g)
		初讀數，V_1 (mL)	末讀數，V_2 (mL)	滴定體積，V_{NaOH} (mL)	

計算過程：

$$V_{NaOH} = V_2 - V_1$$

$$N = \frac{C_{HCl} \times \frac{V_{HCl}}{1000\ mL/L} - C_{NaOH} \times \frac{V_{NaOH}}{1000\ mL/L}}{W}$$

問題與討論

1. 常見胃酸劑片爲制酸劑，請問其有何功用？
2. 進行胃酸劑片中制酸量測定時，爲何直接滴定法的指示劑選擇使用甲基橙？
3. 進行胃酸劑片中制酸量測定時，爲何反滴定法的指示劑選擇使用酚酞？
4. 胃酸劑片中制酸量測定的實驗中，直接滴定法與反滴定法的操作上有什麼差異？
5. 進行胃酸劑片中制酸量測定時，爲何直接滴定法之滴定終點較不易判斷？



17-4 實習活動 III - 彩環製作

實驗目的

1. 熟悉常見指示劑之不同顏色所代表的酸鹼值。
2. 利用指示劑使酸鹼溶液呈現不同顏色之色層。
3. 利用指示劑判斷未知溶液之 pH 值。

器材藥品

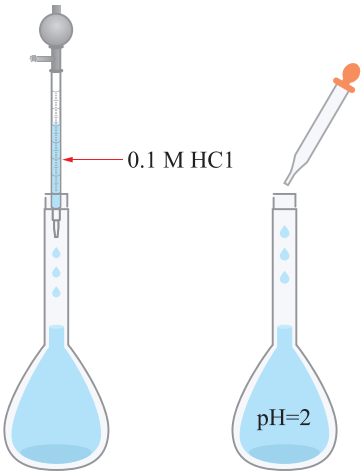
名稱	規格	數量
刻度吸量管	5 mL	2 支
定量瓶	50 mL (附瓶塞)	10 個
燒杯	100 mL	13 個
安全吸球		1 個
調色盤	12 槽以上	1 個
滴管		14 支
標籤紙		數張
玻璃管	Ø1 ～ 3 cm，長度 60 cm	1 支
橡皮塞	玻璃管用	2 個
甲基橙指示劑	0.1 %	5 mL
甲基紅指示劑	0.1 %	5 mL
溴瑞香草酚藍指示劑	0.1 %	5 mL
酚紅指示劑	0.1 %	10 mL
酚酞指示劑	0.1 %	5 mL
茜素黃 R	0.1 %	5 mL
廣用指示劑	加水稀釋，指示劑與水比例約 1:30 (可視玻璃管呈色狀況調整最適當比例)	200 mL
鹽酸	0.1 M	5 mL
氫氧化鈉	0.1 M	5 mL
氯化銨	1 M	10 mL
醋酸	1 M	10 mL
氯化鈉	1 M	10 mL

實驗步驟

一、指示劑變色範圍

1. 準備溶液

步驟 1



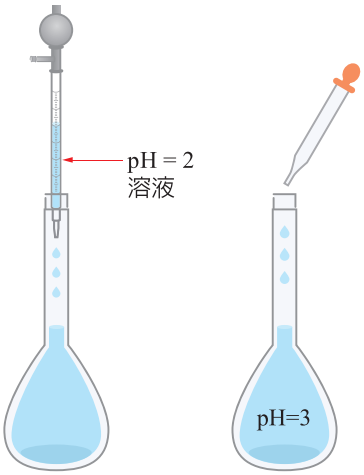
準備 pH = 2 溶液：

(1) 以刻度吸量管吸取 5 mL 之「0.1 M HCl」置於 50 mL 定量瓶。

(2) 加水稀釋至標線後，混合均勻。

(3) 蓋上瓶塞貯存備用，標註 pH = 2。

步驟 2



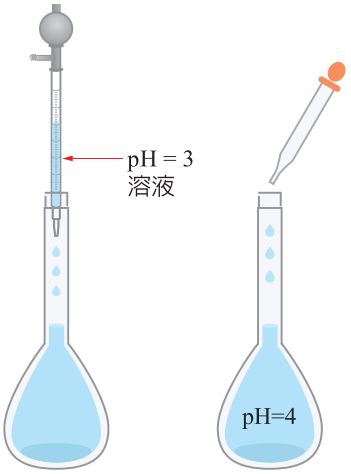
準備 pH = 3 溶液：

(1) 以刻度吸量管吸取 5 mL 之「pH = 2 溶液」置於 50 mL 定量瓶。

(2) 加水稀釋至標線後，混合均勻。

(3) 蓋上瓶塞貯存備用，標註 pH = 3。

步驟 3



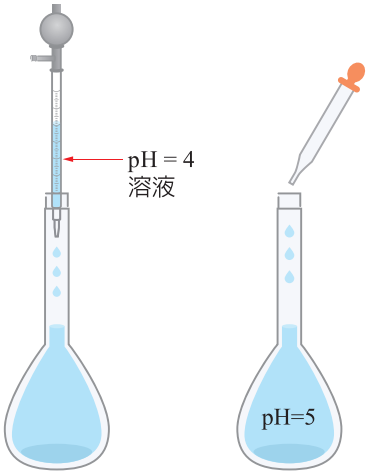
準備 pH = 4 溶液：

(1) 以刻度吸量管吸取 5 mL 之「pH = 3 溶液」置於 50 mL 定量瓶。

(2) 加水稀釋至標線後，混合均勻。

(3) 蓋上瓶塞貯存備用，標註 pH = 4。

步驟 4



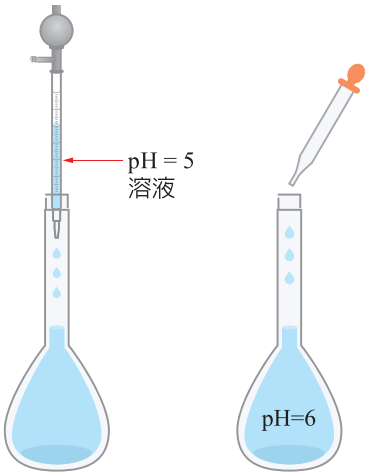
準備 pH = 5 溶液：

(1) 以刻度吸量管吸取 5 mL 之「pH = 4 溶液」置於 50 mL 定量瓶。

(2) 加水稀釋至標線後，混合均勻。

(3) 蓋上瓶塞貯存備用，標註 pH = 5。

步驟 5



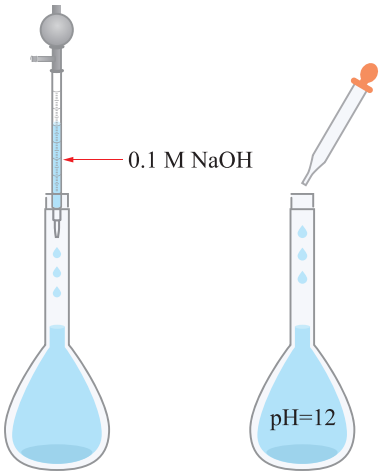
準備 pH = 6 溶液：

(1) 以刻度吸量管吸取 5 mL 之「pH = 5 溶液」置於 50 mL 定量瓶。

(2) 加水稀釋至標線後，混合均勻。

(3) 蓋上瓶塞貯存備用，標註 pH = 6。

步驟 6



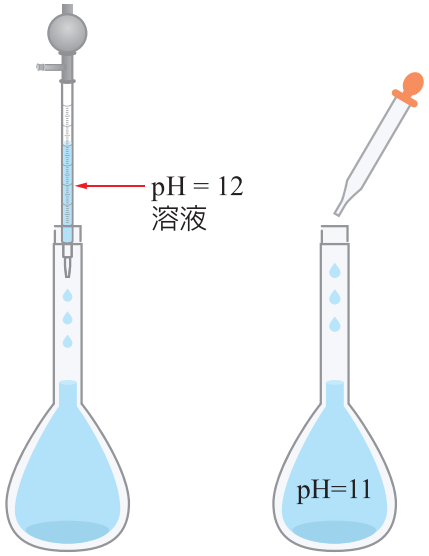
準備 pH = 12 溶液：

(1) 以刻度吸量管吸取 5 mL 之「0.1 M NaOH」置於 50 mL 定量瓶。

(2) 加水稀釋至標線後，混合均勻。

(3) 蓋上瓶塞貯存備用，標註 pH = 12。

步驟 7



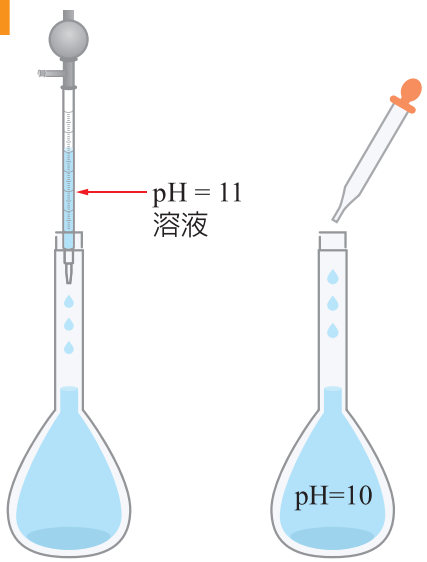
準備 pH = 11 溶液：

(1) 以刻度吸量管吸取 5 mL 之「pH = 12 溶液」置於 50 mL 定量瓶。

(2) 加水稀釋至標線後，混合均勻。

(3) 蓋上瓶塞貯存備用，標註 pH = 11。

步驟 8



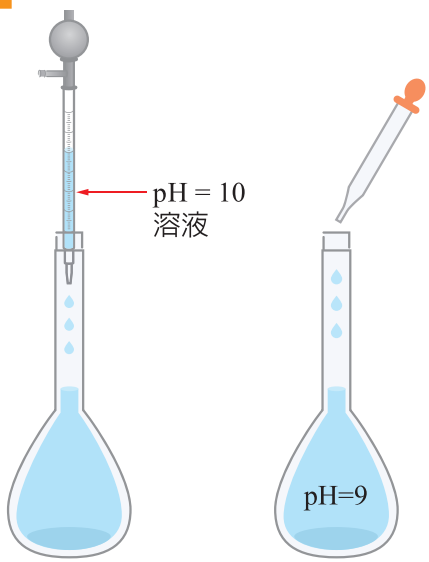
準備 pH = 10 溶液：

(1) 以刻度吸量管吸取 5 mL 之「pH = 11 溶液」置於 50 mL 定量瓶。

(2) 加水稀釋至標線後，混合均勻。

(3) 蓋上瓶塞貯存備用，標註 pH = 10。

步驟 9



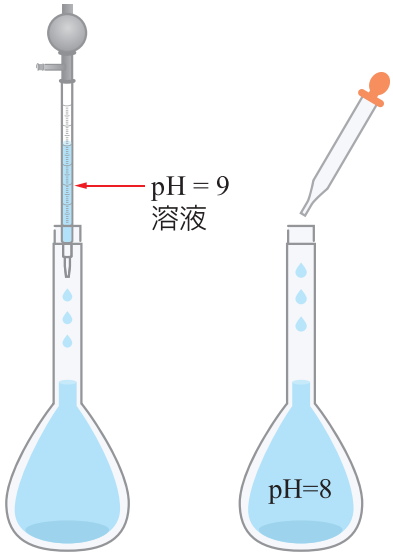
準備 pH = 9 溶液：

(1) 以刻度吸量管吸取 5 mL 之「pH = 10 溶液」置於 50 mL 定量瓶。

(2) 加水稀釋至標線後，混合均勻。

(3) 蓋上瓶塞貯存備用，標註 pH = 9。

步驟 10



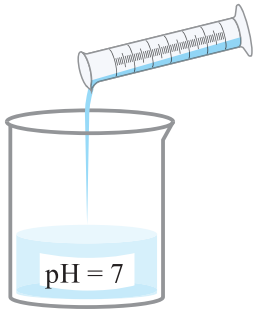
準備 pH = 8 溶液：

(1) 以刻度吸量管吸取 5 mL 之「pH = 9 溶液」置於 50 mL 定量瓶。

(2) 加水稀釋至標線後，混合均勻。

(3) 蓋上瓶塞貯存備用，標註 pH = 8。

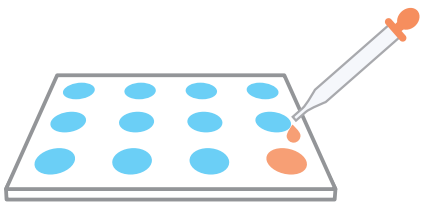
步驟 11



準備 pH = 7 溶液：

取 50 mL 蒸餾水倒至 100 mL 燒杯內煮沸並放冷後貯存，標註 pH = 7。

步驟 12



觀察指示劑於不同 pH 值之溶液顏色。

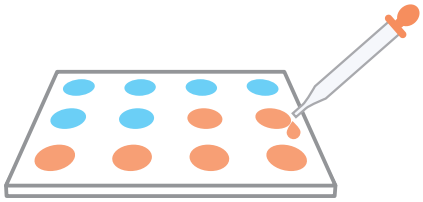
(1) 將 pH 值 2 ～ 12 溶液分別倒入 100 mL 燒杯中供滴管吸取。

(2) 取 pH 值 2 ～ 12 的溶液，分別於調色盤各槽內滴入數滴。

(3) 於各槽內加入 1 滴甲基橙指示劑，觀察其顏色並記錄。

(4) 重複「(2)、(3)」，觀察 pH 值 2 ～ 12 的溶液加入甲基紅、溴瑞香草酚藍、酚紅、酚酞、茜素黃 R 之顏色並記錄。

步驟 13



觀察溶液加入指示劑之顏色並判斷其 pH 值。

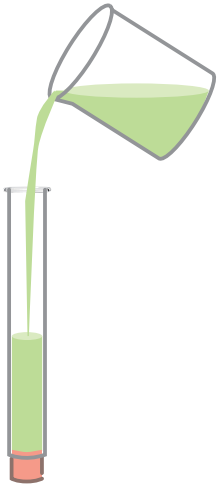
(1) 取 1 M NH_4Cl，分別於調色盤中 6 個槽內滴入數滴。

(2) 於各槽內分別加入 1 滴甲基橙、甲基紅、溴瑞香草酚藍、酚紅、酚酞、茜素黃 R，觀察其顏色並記錄。

(3) 重　複「(1)、(2)」，　觀　察 1 M CH_3COOH、1 M NaCl 加入各指示劑之顏色並記錄。

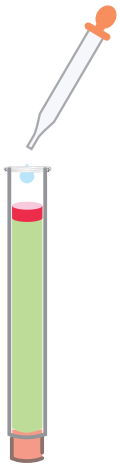
二、彩環的形成

步驟 1



以橡皮塞將玻璃管一端塞住，並倒入廣用指示劑水溶液至約九分滿。

步驟 2



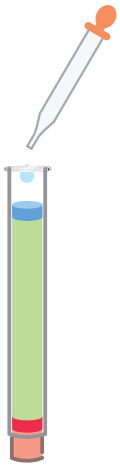
加入約 3 滴 0.1 M HCl。

步驟 3



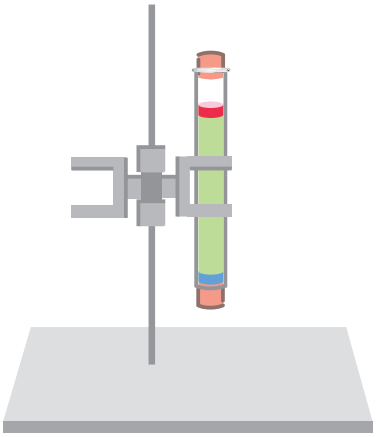
將玻璃管另一端塞住並翻轉 180 度，使上下顛倒。

步驟 4



打開上端之橡皮塞，加入約 3 滴 0.1 M NaOH。

步驟 5



蓋回橡皮塞，並翻轉玻璃管後，置於滴定管架上觀察廣用指示劑之顏色。

實驗數據記錄與分析

一、指示劑變色範圍

1. 指示劑測試

水溶液	甲基橙	甲基紅	溴瑞香草酚藍	酚紅	酚酞	茜素黃 R
pH = 2						
pH = 3						
pH = 4						
pH = 5						
pH = 6						
pH = 7						
pH = 8						
pH = 9						
pH = 10						
pH = 11						
pH = 12						
1 M NH_4Cl						
1 M CH_3COOH						
1 M NaCl						

2. 由指示劑顏色判斷溶液 pH 值

(1) 1 M NH_4Cl 之 pH：_____

(2) 1 M CH_3COOH 之 pH：_____

(3) 1 M NaCl 之 pH：_____

二、彩環的形成

廣用指示劑的初始顏色：_____

廣用指示劑於玻璃管中，滴入 HCl 之瞬間顏色：_____

廣用指示劑於玻璃管中，滴入 NaOH 之瞬間顏色：_____

問題與討論

1. 請問甲基紅指示劑的 pH 變色範圍爲何？
2. 酚酞指示劑滴在酸性溶液下會呈現什麼顏色？
3. 廣用指示劑爲哪些指示劑混合而成？
4. 酸鹼滴定時，是否可多加數滴指示劑？爲什麼？

重點整理

一、酸、鹼溶液的配製

1. 滴定原理爲利用酸鹼中和時，當酸與鹼完全反應，其解離出的 H^+ 莫耳數與鹼解離出的 OH^- 莫耳數相同，此稱當量點。
   (1) 以強鹼滴定強酸，達當量點時，水溶液爲中性，pH ＝ 7。
   (2) 以弱鹼滴定強酸，達當量點時，水溶液爲酸性，pH ＜ 7。
   (3) 以強鹼滴定弱酸，達當量點時，水溶液爲鹼性，pH ＞ 7。
2. 滴定時，當指示劑的顏色發生變化，即稱滴定終點。
3. 指示劑應選擇變色範圍的 pH 值接近當量點的 pH 值者。
4. 進行酸鹼滴定時，會由已知濃度的溶液測定待測溶液的濃度，此已知濃度的溶液稱爲標準溶液，通常爲鹽酸溶液或氫氧化鈉溶液。
5. 氫氧化鈉標準溶液須以塑膠容器貯存，不可以玻璃容器貯存。

二、酸、鹼濃度的標定

1. 通常鹽酸溶液是以無水碳酸鈉爲標定劑。
2. 通常氫氧化鈉溶液是以鄰苯二甲酸氫鉀爲標定劑。

三、直接滴定求胃酸劑片的制酸量

1. 常見胃酸劑片爲制酸劑，爲治療胃酸過多的藥物，因本質上爲一弱鹼，故可中和人體分泌的胃酸。
2. 胃酸劑片的成分常見如 $Mg(OH)_2$、$Al(OH)_3$、$CaCO_3$、$MgCO_3$、$NaHCO_3$，由於 $NaHCO_3$ 易溶於水，可迅速中和胃酸，屬於速效型制酸劑，其他成分則屬於持續性的制酸劑。

四、以反滴定求胃酸劑片的制酸量

1. 因胃酸劑片溶解度低，若直接以鹽酸配合指示劑滴定，會需要較長時間測定。
2. 直接以鹽酸測定胃酸劑片時，難溶性鹼可能隨著鹽酸加入而漸漸溶解，導致滴定終點之溶液又回復原顏色而不易判斷。
3. 反滴定測試胃酸劑片的制酸量方法爲先以過量鹽酸標準溶液將胃酸劑片盡量溶解後，再以氫氧化鈉標準溶液反滴定，求出較精確分析結果。

五、彩環製作

1. 酸鹼指示劑本身爲一種有機酸或有機鹼，由於其共軛酸鹼對各具不同顏色，故隨著溶液的 pH 值不同，顏色也將隨之改變。
2. 瑞香草酚藍、甲基紅、溴瑞香草酚藍、酚酞等指示劑可混合成爲廣用指示劑，其變色範圍由酸到鹼依序爲紅、橙、黃、綠、藍等顏色連續變化。

學後評量

( ) 1. 下列指示劑，何者加入鹼液中可使鹼液呈現紅色？
(A) 溴甲酚綠 (B) 甲基紅 (C) 石蕊 (D) 酚酞

( ) 2. 以強鹼滴定弱酸時，利用下列哪一個指示劑判斷滴定終點較適合？
(A) 甲基紫 (B) 酚酞 (C) 溴甲酚綠 (D) 甲基紅

( ) 3. 透明鹼性溶液中加入溴甲酚綠指示劑，其溶液顏色呈現？
(A) 紅 (B) 黃 (C) 綠 (D) 藍

( ) 4. 以強酸滴定強鹼，其當量點之 pH= ？
(A) 3 (B) 5 (C) 7 (D) 9

( ) 5. 取濃鹽酸 8.5 mL 加水稀釋成 500 mL，請問稀釋後之鹽酸濃度爲若干 M ？(濃鹽酸之重量百分濃度 36%、密度 1.2 g/mL)
(A) 0.1 (B) 0.2 (C) 0.3 (D) 0.4

( ) 6. 以 0.106 克碳酸鈉標定 0.1 M 鹽酸，達終點之滴定體積約爲若干 mL ？
(A) 15 mL (B) 20 mL (C) 25 mL (D) 30 mL

( ) 7. 以酚酞爲指示劑，用氫氧化鈉溶液滴定鄰苯二甲酸氫鉀溶液至粉紅色後，於空氣中仍會慢慢褪色，這可能是空氣中的何種物質造成？
(A) 氧氣 (B) 氮氣 (C) 二氧化碳 (D) 氬氣

( ) 8. 配製完氫氧化鈉，常以下列哪一個基準物質進行標定？
(A) 鄰苯二甲酸氫鉀 (B) 碳酸鈉 (C) 草酸鈉 (D) 濃鹽酸

( ) 9. 以鹽酸滴定碳酸鈉，可選擇下列何種指示劑？
(A) 酚酞 (B) 瑞香草酚酞 (C) 甲基橙 (D) 甲基紫

( ) 10. 下列何種屬於速效型制酸劑？
(A) 氫氧化鎂 (B) 氫氧化鋁 (C) 碳酸鈣 (D) 碳酸氫鈉

( ) 11. 進行胃酸劑片中制酸量測定時，直接滴定法的指示劑應選擇下列何者？
(A) 酚酞 (B) 茜素黃 R (C) 甲基紫 (D) 甲基橙

( ) 12. 將胃酸劑片磨成粉溶於水後，加入甲基紅指示劑，其溶液顏色應爲什麼顏色？
(A) 紅色 (B) 黃色 (C) 綠色 (D) 藍色

( ) 13. 測量胃酸劑片中的制酸量時，取 0.8 克的胃酸劑片，加入 0.2 M 鹽酸 30 mL 使完全反應後，再以 0.1 M NaOH 溶液反滴定過量的鹽酸，共消耗 NaOH 溶液 20 mL，則每克的胃酸劑片可中和多少毫莫耳的鹽酸？ (A) 4 (B) 5 (C) 8 (D) 10

( ) 14. 於 pH = 7 之溶液中加入兩滴廣用指示劑，其溶液顏色應爲什麼顏色？
(A) 紅色 (B) 黃色 (C) 綠色 (D) 藍色

( ) 15. 有一未知溶液取少許溶液置於燒杯中加入甲基紅指示劑呈現黃色，但取少許溶液置於燒杯中加入酚酞指示劑呈無色，請問此溶液的 pH 值可能爲下列何者？(甲基紅指示劑變色範圍爲 pH 值 4.8(紅) ～ pH 值 6.0(黃)；酚酞指示劑變色範圍爲 pH 值 8.2(無) ～ pH 值 10.0(紅))
(A) 4 (B) 7 (C) 9 (D) 11