達思化學

課本　2A

第 4 章　　酸和鹽基

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

目錄

- 17.1 溶液的濃度
- 17.2 稀釋溶液
- 17.3 為甚麼滴定那麼有用？
- 17.4 甚麼是標準溶液和基本標準？
- 17.5 以稀釋方法製備標準溶液
- 17.6 酸鹼滴定：基本步驟
- 17.7 滴定計算

續下頁

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

目錄

- 17.8 滴定期間 pH 值的變化
- 17.9 酸鹼指示劑
- 17.10 酸鹼滴定中指示劑的選擇
- 17.11 電導滴定
- 17.12 返滴定
- 關鍵詞彙
- 摘要
- 按節練習
- 按章練習

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.1 溶液的濃度 (頁102)

- 溶液的濃度也可用 g dm^{-3} 來表示。

$$\text{溶液的濃度（以 g } dm^{-3} \text{ 為單位）} = \frac{\text{溶質的質量（以 g 為單位）}}{\text{溶液的體積（以 } dm^{3} \text{ 為單位）}}$$

- 這兩種濃度單位 (mol dm^{-3} and g dm^{-3}) 可通過以下方程式換算。

$$\text{溶液的濃度（以 mol } dm^{-3} \text{ 為單位）} = \frac{\text{溶液的濃度（以 g } dm^{-3} \text{ 為單位）}}{\text{溶質的摩爾質量（以 g } mol^{-1} \text{ 為單位）}}$$

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.1 溶液的濃度 (頁102)

- 溶液濃度的單位 g dm^{-3} 和 mol dm^{-3} 之間的換算。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.1 溶液的濃度 (頁102)

問 (例題 17.1)

200.0 cm^3 的溶液含 5.68 g 的氯化鎂，溶液的濃度是多少（以 g dm^{-3} 為單位）？

答

$$\text{溶液的體積} = \frac{200.0}{1\ 000}\ dm^3$$

$$\text{溶液的濃度} = \frac{MgCl_2\text{的質量}}{\text{溶液的體積}}$$

$$= \frac{5.68\ g}{\left(\frac{200.0}{1\ 000}\right) dm^3}$$

$$= 28.4\ g\ dm^{-3}$$

∴ 氯化鎂溶液的濃度是 28.4 g dm^{-3}。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.1 溶液的濃度 (頁102)

問 (例題 17.2)

自來水中的鉛通常來自舊設備的腐蝕或接駁水管的含鉛焊錫。
某城市規定食水中鉛離子的濃度不應超過 2.40×10^{-8} g cm^{-3}。以 mol dm^{-3} 表示這濃度。
(相對原子質量：Pb = 207.2)

答

食水中鉛的濃度 $= 2.40 \times 10^{-8}$ g cm^{-3}

$= 2.40 \times 10^{-8} \times 1\,000$ g dm^{-3}

$= 2.40 \times 10^{-5}$ g dm^{-3}

$$\text{食水中鉛離子的摩爾濃度} = \frac{\text{濃度（以 g dm}^{-3}\text{ 為單位）}}{\text{鉛的摩爾質量（以 g mol}^{-1}\text{ 為單位）}}$$

$$= \frac{2.40 \times 10^{-5}\text{ g dm}^{-3}}{207.2\text{ g mol}^{-1}}$$

$= 1.16 \times 10^{-7}$ mol dm^{-3}

∴ 食水中鉛離子的濃度不應超過 1.16×10^{-7} mol dm^{-3}。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.1 溶液的濃度 (頁102)

問 (例題 17.3)

下圖展示一輛裝上儲存缸以運送濃硝酸的貨車。

儲存缸盛載 62 000 kg 的濃硝酸，其體積 45.0 m^3。如果在該酸 HNO_3 的質量百分率為 67.8%，計算該酸的濃度

a) 以 g dm^{-3} 為單位；

b) 以 mol dm^{-3} 為單位。

(相對原子質量：H = 1.0，N = 14.0，O = 16.0)

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.1 溶液的濃度 (頁102)

問 (例題 17.3) (續)

A

a) 45.0 m^3 的該酸中 HNO_3 的質量 = 62 000 000 g x 67.8%
= 42 036 000 g

硝酸的濃度（以 g dm^{-3} 為單位）= $\frac{HNO_3 \text{ 的質量}}{\text{溶液的體積}}$

= $\frac{42\ 036\ 000\ g}{45\ 000\ dm^3}$

= 934 g dm^{-3}

1 m^3 = 100 x 100 x 100 cm^3
= 1 000 dm^3

b) HNO_3 的摩爾質量 = (1.0 + 14.0 + 3 x 16.0) g mol^{-1}
= 63.0 g mol^{-1}

硝酸的濃度（以 mol dm^{-3} 為單位）= $\frac{\text{硝酸的濃度（以 g } dm^{-3} \text{ 為單位）}}{HNO_3 \text{ 的摩爾質量（以 g } mol^{-1} \text{ 為單位）}}$

= $\frac{934\ g\ dm^{-3}}{63.0\ g\ mol^{-1}}$

= 14.8 mol dm^{-3}

∴ 硝酸的濃度是 934 g dm^{-3} 和 14.8 mol dm^{-3}。

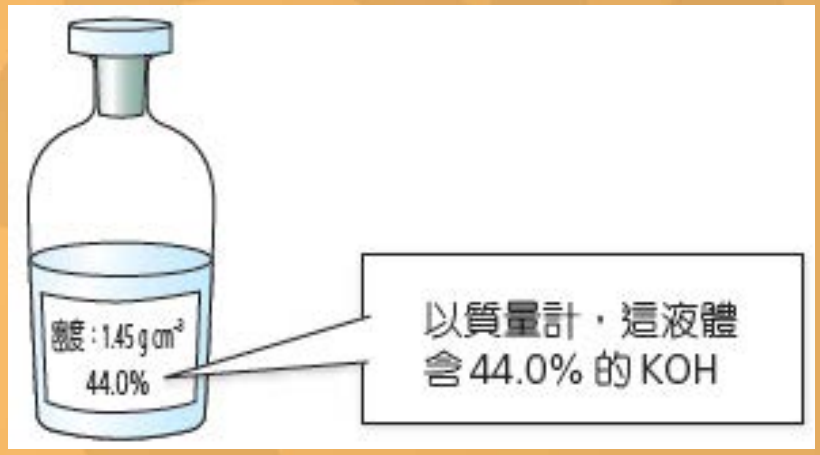
精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.1 溶液的濃度 (頁102)

小測試 17.1

1 某溶液的濃度為15.6 g dm^{-3}，750.0 cm^3 的該溶液含多少質量的溶質？

2 右圖展示一瓶濃氫氧化鉀溶液：
根據標籤上的資料，計算該濃氫氧化鉀溶液的濃度
a) 以 g dm^{-3} 為單位；
b) 以 mol dm^{-3} 為單位。



（相對原子質量：H = 1.0，O = 16.0，K = 39.1）

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.1 溶液的濃度 (頁102)

小測試 17.1 (續)

1 溶液中溶質的質量

= 溶液的濃度（以 g dm^{-3} 為單位）x 溶液的體積（以 dm^3 為單位）

$= 15.6 \text{ g dm}^{-3} \times \frac{750.0}{1\,000} \text{ dm}^3$

= 11.7 g

2 1 000 cm^3 的溶液的質量

= 密度 x 體積

$= 1.45 \text{ g cm}^{-3} \times 1\,000 \text{ cm}^3$

= 1 450 g

1 000 cm^3 的溶液中 KOH 的質量

= 1 450 g x 44.0%

= 638 g

a) KOH 溶液的濃度（以 g dm^{-3} 為單位）= 638 g dm^{-3}

b) KOH 的摩爾質量

$= (39.1 + 16.0 + 1.0) \text{ g mol}^{-1}$

$= 56.1 \text{ g mol}^{-1}$

KOH 溶液的濃度（以 mol dm^{-3} 為單位）

$= \frac{\text{KOH 溶液的濃度（g dm}^{-3}\text{）}}{\text{KOH 的摩爾質量（g mol}^{-1}\text{）}}$

$= \frac{638 \text{ g dm}^{-3}}{56.1 \text{ g mol}^{-1}}$

$= 11.4 \text{ mol dm}^{-3}$

∴ KOH 溶液的濃度是 638g dm^{-3} 和 11.4 mol dm^{-3}。

17.2 稀釋溶液 (頁105)

- **稀釋 (dilution)** 是分析過程中重要的步驟。
- 化學分析經常涉及製備未知樣本的溶液，這溶液可能需要在進行滴定分析或其他儀器分析前被稀釋。
- 以水稀釋濃溶液時，溶液中溶質的量（以摩爾數為單位）保持不變。
  即是，
  稀釋前溶液中溶質的摩爾數 = 稀釋後溶液中溶質的摩爾數

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.2 稀釋溶液 (頁105)

- 假設 M 是摩爾濃度（以 mol dm^{-3} 為單位）和 V 是溶液的體積（以 dm^3 為單位），即是溶液中溶質的摩爾數 = MV

$$(MV)_{稀釋前} = (MV)_{稀釋後}$$

其中 M = 摩爾濃度（以 mol dm^{-3} 為單位）

V = 體積（以 dm^3 為單位）

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.2 稀釋溶液 (頁105)

問 (例題 17.4)

75.0 cm^3 的 0.600 mol dm^{-3} 氫氧化鈉溶液 300.0 cm^3 的水稀釋，稀釋後鹼溶液的摩爾濃度是多少？
(假設所得溶液的體積為 375.0 cm^3。)

答

(MV)稀釋前 = (MV)稀釋後，其中 M = 摩爾濃度，V = 體積

$$0.600 \times \frac{75.0}{1\ 000} = M \times \frac{375.0}{1\ 000}$$

$$M = 0.120$$

∴ 稀釋後氫氧化鈉溶液的摩爾濃度為 0.120 mol dm^{-3}。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.2 稀釋溶液 (頁105)

問 (例題 17.5)

某硫酸樣本的 pH 值為 2.50。100.0 cm^3 的該樣本與 400.0 cm^3 的水混合，所得混合物的 pH 值是多少？
(假設所得溶液的體積為 500.0 cm^3。)

答

$$\text{pH 值}_{\text{稀釋前}} = 2.50$$

$$= -\log[H^+(aq)]_{\text{稀釋前}}$$

$$[H^+(aq)]_{\text{稀釋前}} = 10^{-2.50}$$

$$= 3.16 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

(MV)稀釋前 = (MV)稀釋後，其中 M = 摩爾濃度，V = 體積

$$3.16 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3} \times \frac{100.0}{1\,000} = [H^+(aq)]_{\text{稀釋後}} \times \frac{500.0}{1\,000}$$

$$[H^+(aq)]_{\text{稀釋後}} = 6.32 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$\text{pH 值}_{\text{稀釋後}} = -\log(6.32 \times 10^{-4})$$

$$= 3.20$$

∴ 所得混合物的 pH 值為 3.20。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.2 稀釋溶液 (頁105)

問 (例題 17.6)

從 3.00 mol dm^{-3} 硝酸製備 500.0 cm^3 的 0.450 mol dm^{-3} 硝酸，需加入的水的體積是多少？

答 假設稀釋過程需 V cm^3 的 3.00 mol dm^{-3} 硝酸。

(MV)稀釋前 = (MV)稀釋後，其中 M = 摩爾濃度，V = 體積

$$3.00 \times \frac{V}{1\,000} = 0.450 \times \frac{500.0}{1\,000}$$

$$V = 75.0$$

∴ 所加入的水的體積 $= (500.0 - 75.0)\ cm^3$

$= 425.0\ cm^3$

∴ 需要加入 425.0 cm^3 的水來稀釋 75.0 cm^3 的 3.00 mol dm^{-3} 硝酸。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.2 稀釋溶液 (頁105)

小測試 17.2

1 把 50.0 cm^3 的 2.00 mol dm^{-3} 碳酸鈉溶液稀釋成 800.0 cm^3 的溶液，所得溶液的濃度是多少？

2 某氫氯酸樣本的 pH 值為 1.20，100.0 cm^3 的該酸樣本需要混合多少的水，才可獲得 pH 值是 2.20 的混合物？

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.2 稀釋溶液 (頁105)

小測試 17.2 (續)

1 （MV）稀釋前 =（MV）稀釋後，其中 M = 摩爾濃度，V = 體積

$$2.00 \times \frac{50.0}{1\ 000} = M \times \frac{800.0}{1\ 000}$$

$$M = 0.125$$

∴ 稀釋後碳酸鈉溶液的摩爾濃度為 0.125 mol dm^{-3}。

2 $pH_{稀釋前} = 1.20$

$$[H^+(aq)]_{稀釋前} = 10^{-1.20}$$

$$= 0.0631 \text{ mol } dm^{-3}$$

$$pH_{稀釋後} = 2.20$$

$$[H^+(aq)]_{稀釋後} = 10^{-2.20}$$

$$= 6.31 \times 10^{-3} \text{ mol } dm^{-3}$$

假設所得混合物的體積是 V cm^3。

（MV）稀釋前 =（MV）稀釋後，其中 M = 摩爾濃度，V = 體積

$$0.0631 \times \frac{100.0}{1\ 000} = 6.31 \times 10^{-3} \times \frac{V}{1\ 000}$$

$$V = 1\ 000$$

∴ 水的體積 = (1 000 − 100.0) cm^3

= 900 cm^3

∴ 該酸樣本需要混合 900 cm^3 的水。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.3 為甚麼滴定那麼有用？(頁107)

- 滴定是量度兩種溶液剛好互相完全反應時的體積。
- 從其中一種溶液的已知濃度和量度所得的體積，便可計算出待分析的化學物種的濃度（或量）。

生產過程中使用滴定檢測橙汁樣本內檸檬酸的濃度

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.3 為甚麼滴定那麼有用？(頁107)

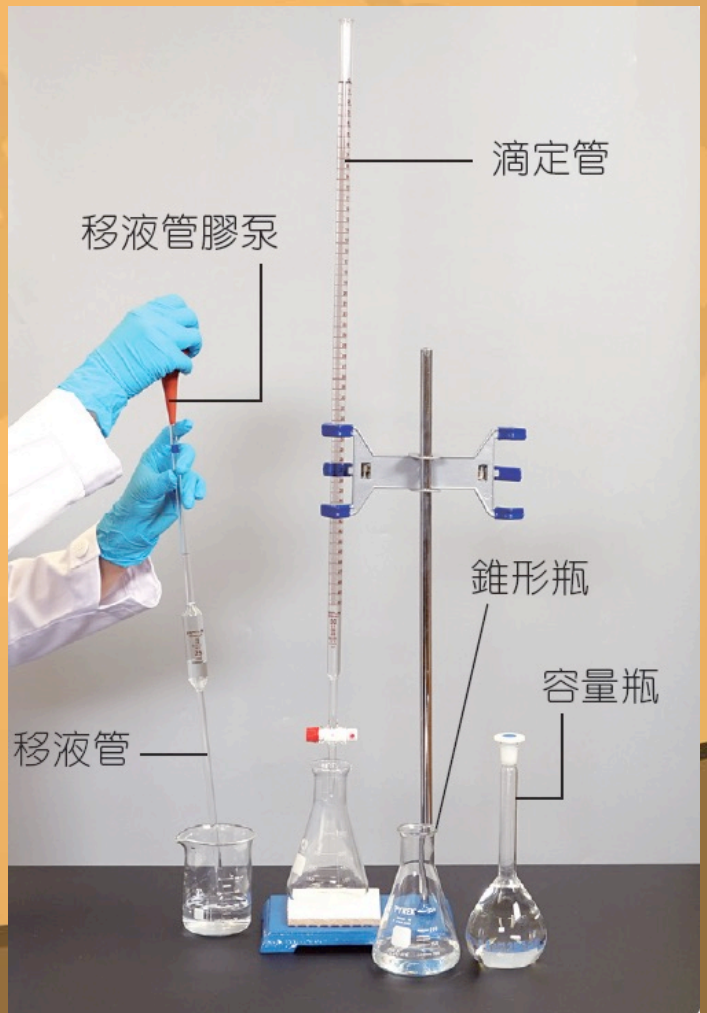
- 滴定亦稱為**容量分析 (volumetric analysis)**，因為體積的量度是滴定過程的重點。
- 容量分析廣泛用於**定量分析 (quantitative analysis)**，定量分析用於量度樣本中化學物種的量。
- 在實驗室中，最常見的滴定實驗都涉及酸與鹼的反應。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.3 為甚麼滴定那麼有用？(頁107)

滴定所用的儀器

- 滴定過程中所用的主要儀器，包括：
  - 移液管和移液管膠泵；
  - 滴定管；
  - 容量瓶；及
  - 多個錐形瓶。



精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.3 為甚麼滴定那麼有用？(頁107)

- 移液管和移液管膠泵用於準確地移送特定體積的液體（一般為 25.00 cm^3 ）。
- 滴定管用於準確地移送不同體積的液體。
- 進行滴定前，容量瓶用於把其中一種溶液準確地稀釋至特定的體積，也可用於從固體準確地製備特定體積的溶液。
- 在滴定過程中使用錐形瓶較易把反應物搖勻混合。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.4 甚麼是標準溶液和基本標準？(頁109)

- 在滴定中，其中一種反應物必須是**標準溶液 (standard solution)**。

標準溶液是已知準確濃度的溶液。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.4 甚麼是標準溶液和基本標準？(頁109)

- 製備標準溶液的一個直接方法，是把已知質量的化學品溶於水，形成已知體積的溶液。這化學品必須具備以下性質：
  - 純度極高；
  - 具已知的化學式（包括水合化合物內結晶水分子的數目）；
  - 化學性質穩定（不會分解或與空氣中的物質反應）；
  - 不會吸收空氣中的水分；
  - 能完全溶於水；
  - 與滴定中所用的另一種物質迅速及完全反應；
  - 具有高的摩爾質量（以減低稱量誤差）。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.4 甚麼是標準溶液和基本標準？(頁109)

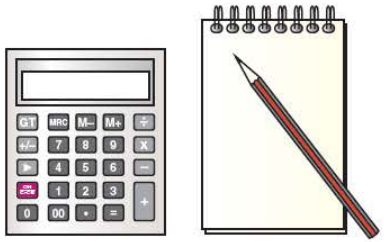
- 符合這些條件的化學品可用作**基本標準 (primary standards)**。
- 很多常用於滴定的化學品都不適合用作基本標準。例如，固體氫氧化鈉可吸收空氣中的水分和二氧化碳。
- 乙二酸晶體 ($(COOH)_2 \cdot 2H_2O$) 和無水碳酸鈉 (Na_2CO_3) 都適合用作基本標準。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

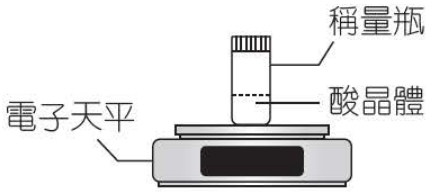
17.4 甚麼是標準溶液和基本標準？(頁109)

製備已知濃度的溶液 參

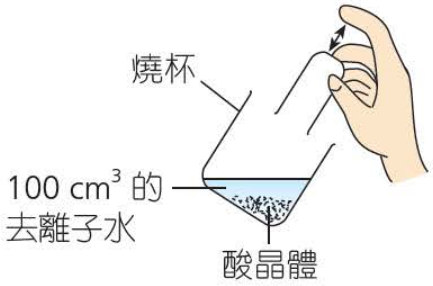
製備乙二酸的標準溶液



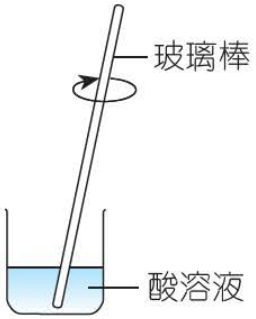
1 計算所需酸晶體的質量。



2 a) 把稱量瓶放在電子天平上，加入大約所需質量的酸晶體。
b) 準確稱取稱量瓶連同酸晶體的質量。



3 a) 小心把酸晶體倒入盛載 100 cm³ 的去離子水的燒杯中。
b) 再準確地稱取空的稱量瓶及剩餘酸晶體的質量。

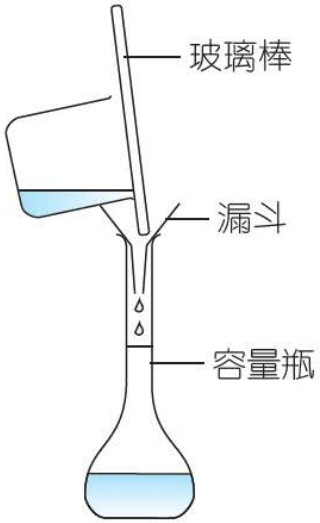


4 攪拌燒杯內的混合物，確保酸晶體完全溶解。

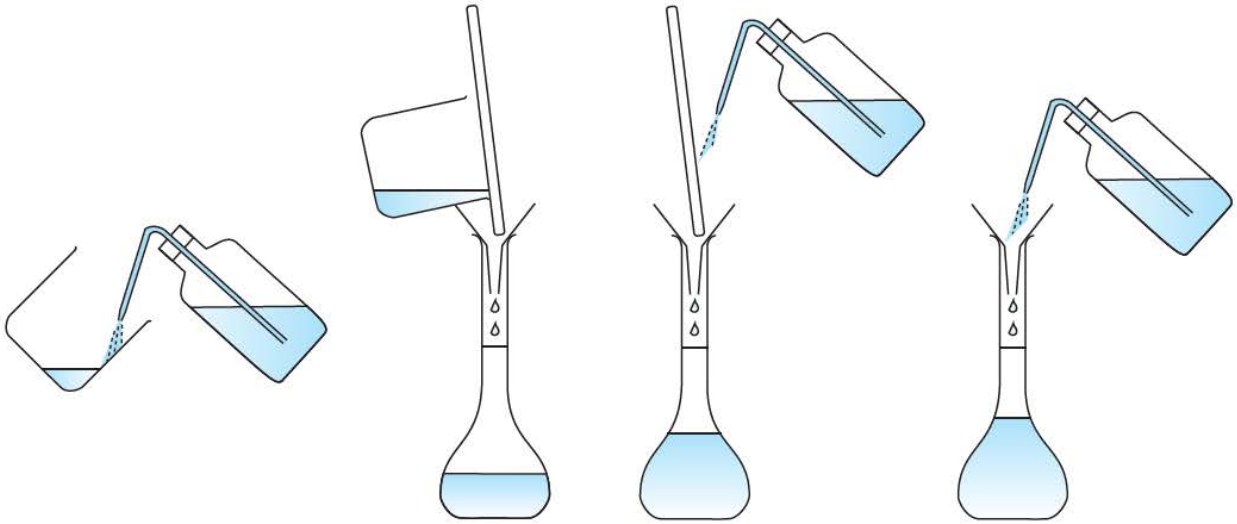
精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.4 甚麼是標準溶液和基本標準？(頁109)

製備乙二酸的標準溶液



5 利用漏斗把溶液倒入一個 250.0 cm^3 的容量瓶。

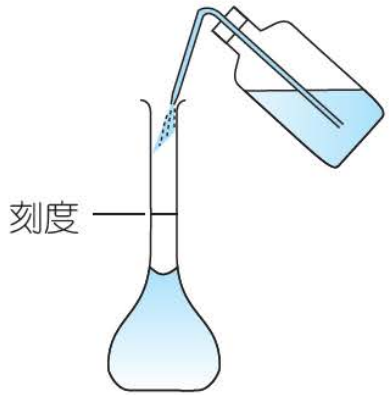


6 以去離子水充分清洗燒杯、玻璃棒和漏斗，把所有洗液倒入容量瓶內。

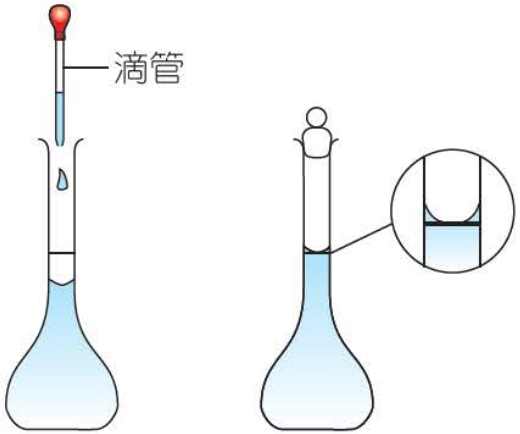
精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.4 甚麼是標準溶液和基本標準？(頁109)

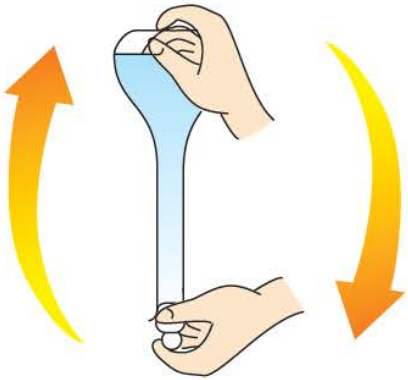
製備乙二酸的標準溶液



7 把去離子水加入溶液，直至液位在容量瓶瓶頸的刻度以下約 2 cm 處。



8 用滴管加入去離子水，令去離子水的彎液面底部與瓶頸上的刻度處於同一水平（作觀察時眼睛應在同一水平）。



9 蓋上瓶塞，把容量瓶倒置數次，充分搖勻瓶內的溶液。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.4 甚麼是標準溶液和基本標準？(頁109)

- 從以下數據例子，可計算乙二酸溶液的準確濃度。

稱量瓶 + 乙二酸晶體的質量 = 57.24 g

稱量瓶 + 剩餘乙二酸晶體的質量 = 25.11 g

所用乙二酸晶體的質量 = (57.24 – 25.11) g
= 32.13 g

$(COOH)_2 \cdot 2H_2O$ 的摩爾質量
= [2 x (12.0 + 2 x 16.0 + 1.0) + 2 x (2 x 1.0 + 16.0)] g mol^{-1}
= 126.0 g mol^{-1}

$$\text{所用 } (COOH)_2 \cdot 2H_2O \text{ 的摩爾數} = \frac{\text{質量}}{\text{摩爾質量}}$$

$$= \frac{32.13 \text{ g}}{126.0 \text{ g mol}^{-1}}$$

$$= 0.255 \text{ mol}$$

$$\text{乙二酸溶液的濃度} = \frac{(COOH)_2 \cdot 2H_2O \text{ 的摩爾數}}{\text{溶液的體積}}$$

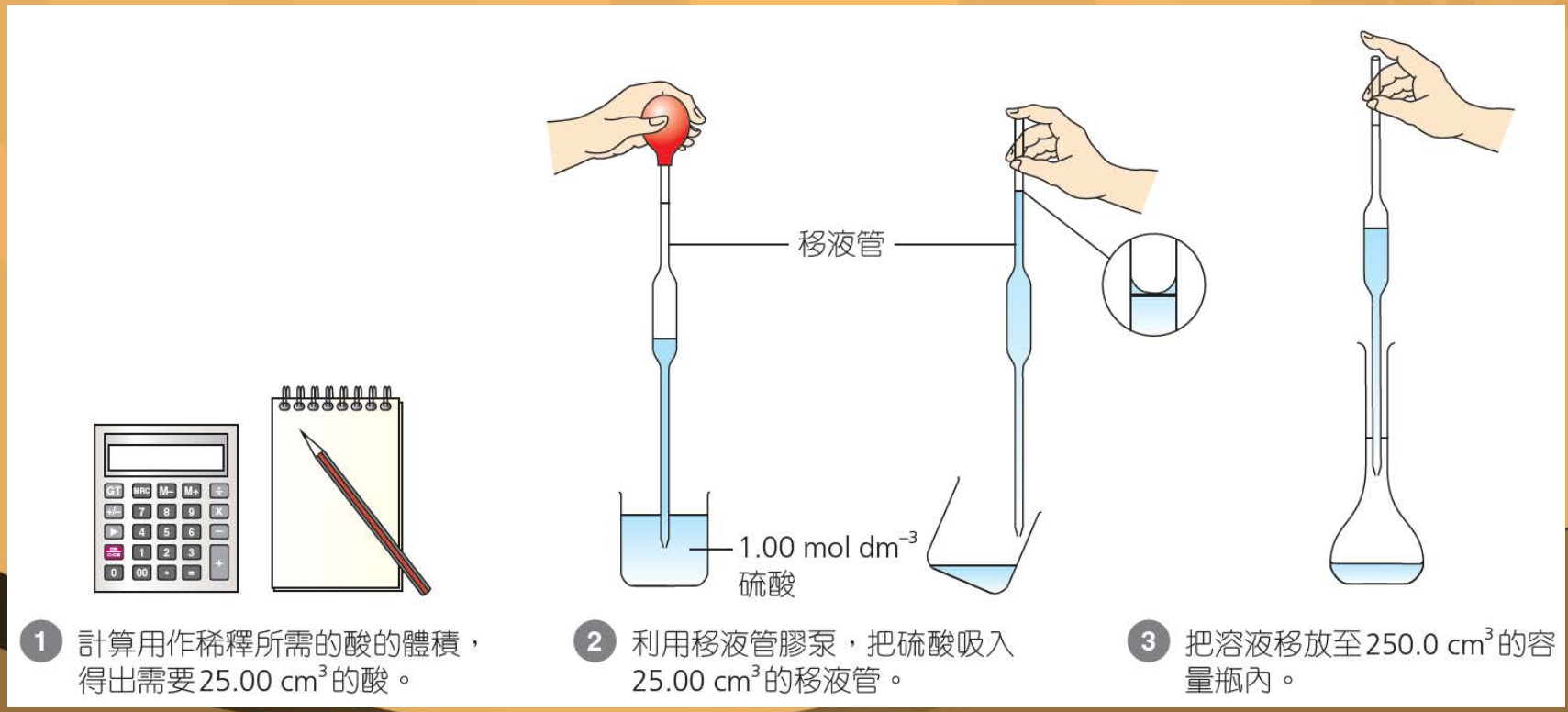
$$= \frac{0.255 \text{ mol}}{\left(\frac{250.0}{1\,000}\right) \text{dm}^3}$$

$$= 1.02 \text{ mol dm}^{-3}$$

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

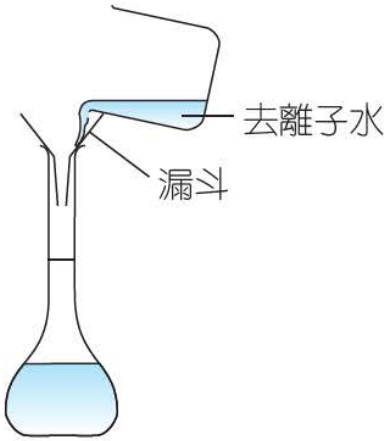
17.5 以稀釋方法製備標準溶液 (頁112)

- 把固體溶解，或準確地稀釋一標準溶液，都可製得標準溶液。
- 在以下例子中，通過稀釋 1.00 mol dm^{-3} 硫酸，以製備 250.0 cm^3 的 0.100 mol dm^{-3} 硫酸。

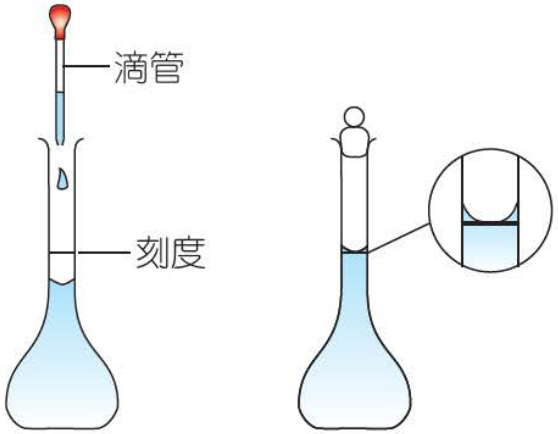


1. 計算用作稀釋所需的酸的體積，得出需要25.00 cm^3 的酸。
2. 利用移液管膠泵，把硫酸吸入25.00 cm^3 的移液管。
3. 把溶液移放至250.0 cm^3 的容量瓶內。

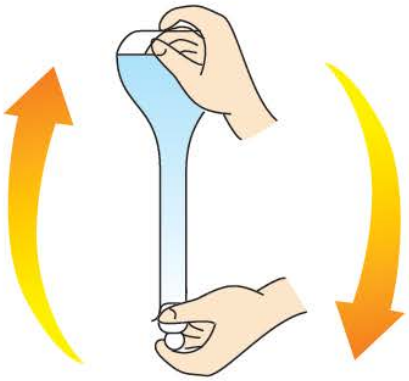
17.5 以稀釋方法製備標準溶液 (頁112)



4 把去離子水加入溶液，直至液位在容量瓶瓶頸的刻度以下約 2 cm 處。



5 用滴管加入去離子水，令去離子水的彎液面底部與瓶頸上的刻度處於同一水平（作觀察時眼睛應在同一水平）。

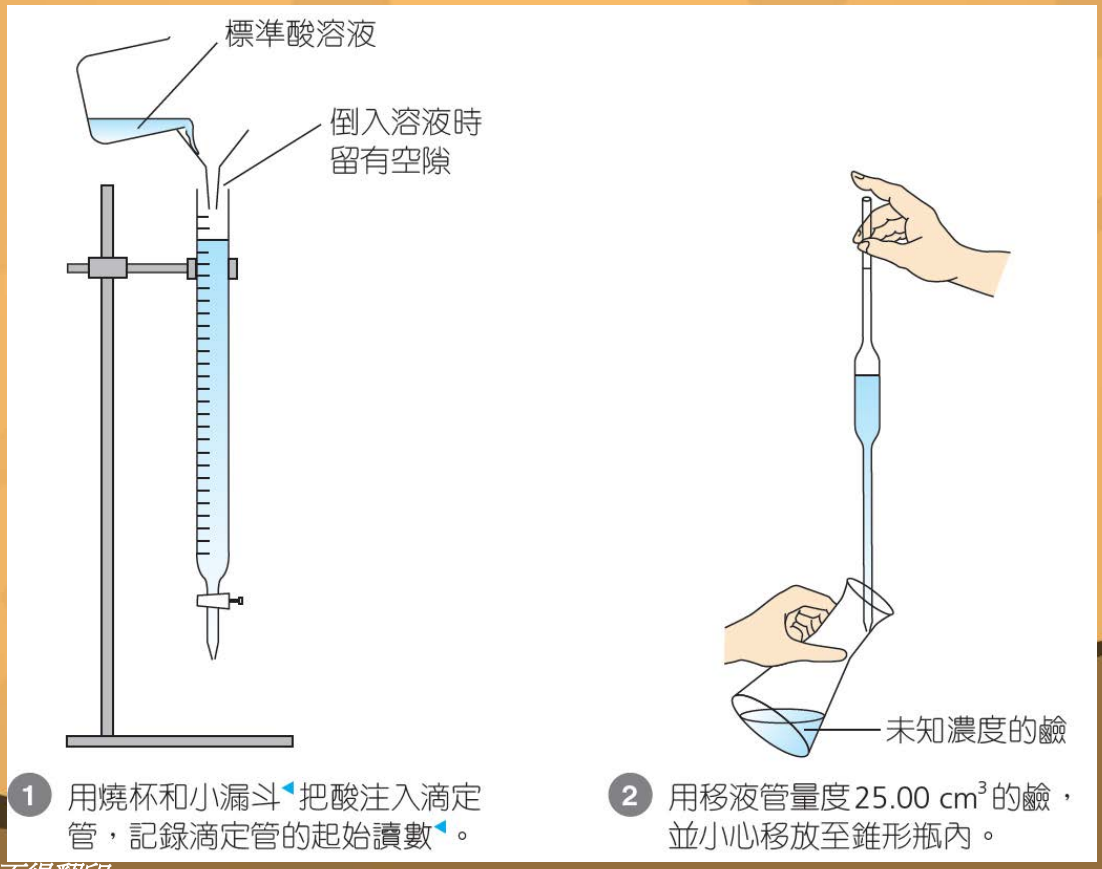


6 蓋上瓶塞，把容量瓶倒置數次，充分搖勻瓶內的溶液。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.6 酸鹼滴定：基本步驟 (頁113)

- 酸鹼滴定可準確地測定酸或鹼的濃度。
- 下圖所描述的步驟是以酚酞試液作為指示劑，用已知濃度的酸滴定鹼溶液，以測定鹼的濃度。



1 用燒杯和小漏斗把酸注入滴定管，記錄滴定管的起始讀數。

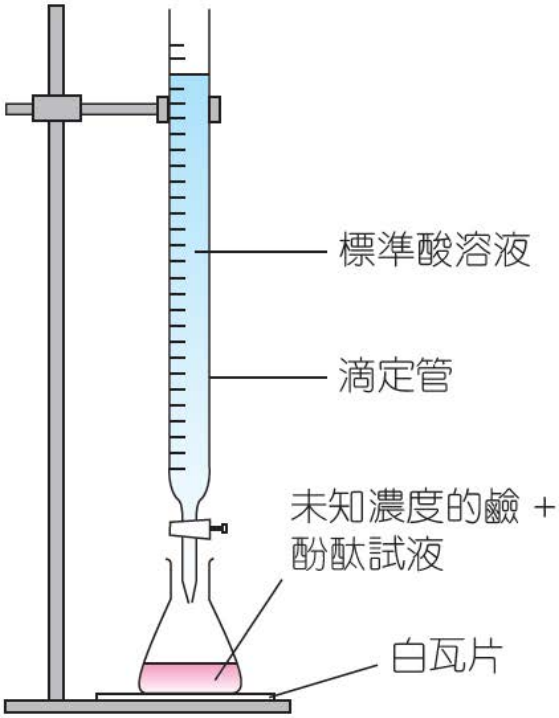
2 用移液管量度25.00 cm^3 的鹼，並小心移放至錐形瓶內。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

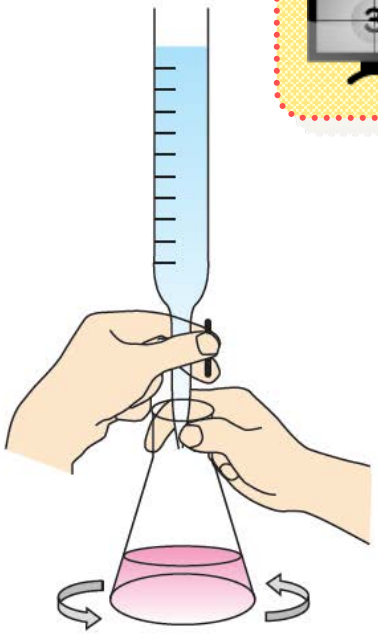
17.6 酸鹼滴定：基本步驟 (頁113)

以乙二酸滴定氫氧化鈉溶液 參

以碳酸鈉溶液滴定氫氯酸 參



3 把數滴酚酞試液加入錐形瓶，把錐形瓶放在白瓦片上及滴定管下。



4 把滴定管內的酸加入鹼，直至指示劑變成無色，表示鹼已被中和。記錄滴定管的最終讀數。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.6 酸鹼滴定：基本步驟 (頁113)

- 指示劑發生顏色變化的轉變點便是**滴定終點 (titration end point)**。
- **滴定值 (titre)** 是達到滴定終點時從滴定管加入錐形瓶的溶液的體積。
- 第一次滴定通常只是初步粗略的試驗，務求快捷進行以得悉滴定值的大約數值。
- 之後的滴定，可迅速加入較粗略滴定值少數 cm^3 的酸，然後逐滴加入酸。
- 重複滴定，直至得到三個一致的滴定值（即是相距不超過 0.10 cm^3 的滴定值）。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.6 酸鹼滴定：基本步驟 (頁113)

記錄及處理滴定結果

- 記錄滴定結果常用的表格。

讀數(cm^3)	滴定號數			
	1（試驗）	2	3	4
最終讀數				
起始讀數				
滴定值				

- 滴定管的最小刻度值為 0.10 cm^3 ，可記錄讀數至兩個小數位：如彎液面底部和滴定管的刻度線重疊，尾數便為 0；如彎液面底部在兩條滴定管的刻度線之間，尾數便為 5。
- 計算平均滴定值時，須捨去試驗那一次的結果，以及進行準確滴定時不一致的滴定值(即是相距其他超過0.10 cm^3的滴定值)。平均滴定值須以 2 個小數位的數字表示。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.6 酸鹼滴定：基本步驟 (頁113)

進行容量分析前清洗儀器

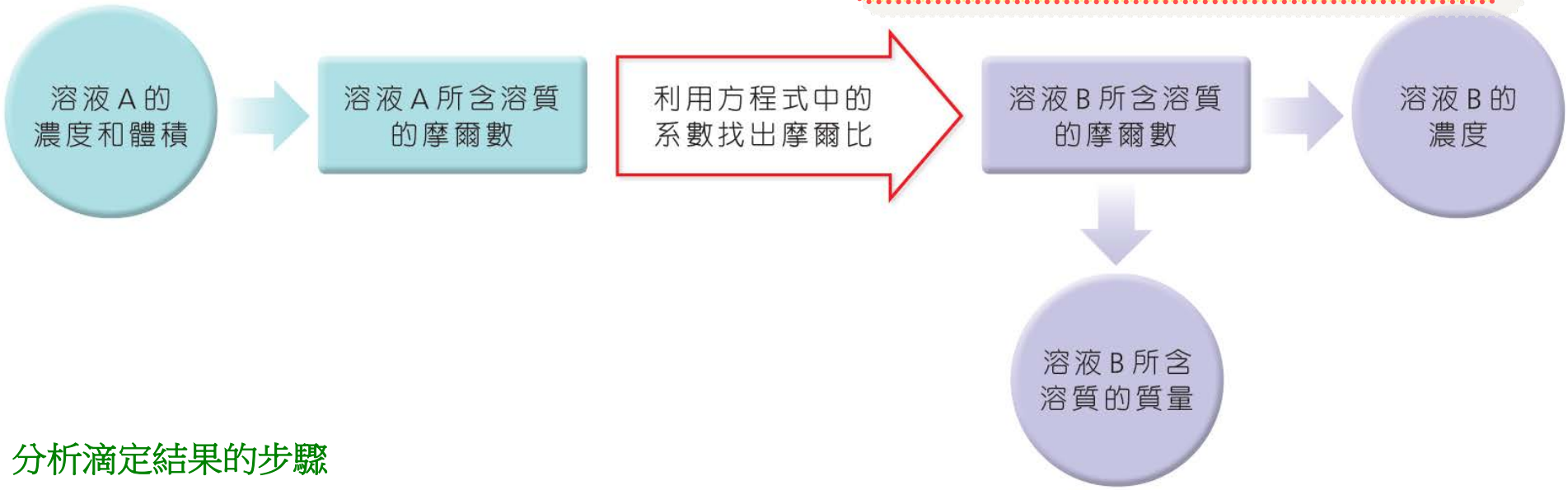
- 為了在容量分析中得到可靠及準確的結果，必須使用適當的液體清洗儀器。

儀器 / 用以下液體清洗	移液管	錐形瓶	滴定管	容量瓶
先用去離子水	✔	✔	✔	✔
再用將要盛載的溶液	✔		✔	

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.7 滴定計算 (頁115)

測定在醋中乙酸的摩爾濃度 參



分析滴定結果的步驟

- 滴定結果可用於
  - 計算溶液的濃度（例題17.7、17.8 和17.11）；
  - 計算酸的鹽基度（例題17.9）；
  - 計算水合化合物的結晶水數目（例題17.10）；
  - 計算物質的純度百分率或摩爾質量；
  - 辨認未知的化學物種。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.7 滴定計算 (頁115)

問 (例題 17.7)

在某滴定實驗中，用0.135 mol dm^{-3} 標準乙二酸$(COOH)_2(aq)$滴定多個25.00 cm^3 的氫氧化鈉溶液樣本，並以酚酞試液作為指示劑。

a) 寫出達到滴定終點時的顏色變化。

b) 所得結果顯示如下：

讀數(cm^3)	滴定號數			
	1 (試驗)	2	3	4
最終讀數	26.00	25.05	26.15	24.05
起始讀數	0.00	1.00	2.05	0.00
滴定值	26.00	24.05	24.10	24.05

i) 寫出一致的滴定值。

ii) 利用 (i) 的答案，計算平均滴定值。

iii) 氫氧化鈉溶液與乙二酸的反應方程式顯示如下：

$$2NaOH(aq) + (COOH)_2(aq) \longrightarrow (COONa)_2(aq) + 2H_2O(l)$$

計算氫氧化鈉溶液的濃度（以 mol dm^{-3} 為單位）。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.7 滴定計算 (頁115)

問 (例題 17.7) (續)

答

a) 由粉紅色變成無色。

b) i) $24.05\ cm^3$，$24.10\ cm^3$，$24.05\ cm^3$

ii) 平均滴定值 $= \dfrac{24.05 + 24.10 + 24.05}{3}\ cm^3$

$= 24.07\ cm^3$

iii)

$$\underset{\substack{? \text{ mol } dm^{-3} \\ 25.00\ cm^3}}{2NaOH(aq)} + \underset{\substack{0.135 \text{ mol } dm^{-3} \\ 24.07\ cm^3}}{(COOH)_2(aq)} \longrightarrow (COONa)_2(aq) + 2H_2O(l)$$

$24.07\ cm^3$ 的溶液中 $(COOH)_2$ 的摩爾數

= 溶液的摩爾濃度 x 溶液的體積

$= 0.135\ mol\ dm^{-3} \times \dfrac{24.07}{1\ 000}\ dm^3$

$= 0.00325\ mol$

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.7 滴定計算 (頁115)

問 (例題 17.7) (續)

答

從方程式可知，要完全中和 2 摩爾的 NaOH，需用 1 摩爾的 $(COOH)_2$。

即是，25.00 cm^3 的溶液中 NaOH 的摩爾數 = 2 x 0.00325 mol

= 0.00650 mol

$$\text{氫氧化鈉溶液的濃度} = \frac{\text{NaOH 的摩爾數}}{\text{溶液的體積}}$$

$$= \frac{0.00650 \text{ mol}}{\left(\frac{25.00}{1\,000}\right) \text{dm}^3}$$

$$= 0.260 \text{ mol dm}^{-3}$$

∴ 氫氧化鈉溶液的濃度是 0.260 mol dm^{-3}。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.7 滴定計算 (頁115)

問 (例題 17.8)

為了測定某濃硫酸的濃度，把 5.00 cm^3 的該樣本以去離子水稀釋至1 000.0 cm^3。用 0.126 mol dm^{-3} NaOH(aq) 滴定多個 25.00 cm^3 經稀釋的樣本，並以甲基橙試液作為指示劑，平均需加入 26.35 cm^3 的 NaOH(aq) 來達到滴定的終點。

a) 寫出達到滴定終點時預期的顏色變化。

b) 從滴定的結果，計算 25.00 cm^3 經稀釋的酸中 H_2SO_4 的摩爾數。

c) 計算濃硫酸的濃度（以 mol dm^{-3} 為單位）。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.7 滴定計算 (頁115)

問 (例題 17.8) (續)

答

a) 由紅色變成橙色。

留意在滴定中甲基橙試液的顏色變化：

這將在本節稍後介紹。

b) $2NaOH(aq) + H_2SO_4(aq) \longrightarrow Na_2SO_4(aq) + 2H_2O(l)$

$0.126\ mol\ dm^{-3}$ $?\ mol\ dm^{-3}$

$26.35\ cm^3$ $25.00\ cm^3$

$26.35\ cm^3$ 的溶液中 NaOH 的摩爾數 = 溶液的摩爾濃度 x 溶液的體積

$$= 0.126\ mol\ dm^{-3} \times \frac{26.35}{1\ 000}\ dm^3$$

$$= 3.32 \times 10^{-3}\ mol$$

從方程式可知，要完全中和 1 摩爾的 H_2SO_4，需用 2 摩爾的 NaOH。

即是，$25.00\ cm^3$ 經稀釋的酸中 H_2SO_4 的摩爾數 $= \frac{3.32 \times 10^{-3}}{2}\ mol$

$$= 1.66 \times 10^{-3}\ mol$$

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.7 滴定計算 (頁115)

問 (例題 17.8) (續)

答

c) 1 000.0 cm^3 經稀釋的酸中 H_2SO_4 的摩爾數

= 5.00 cm^3 的濃酸中 H_2SO_4 的摩爾數

$$= 1.66 \times 10^{-3} \times \frac{1\ 000.0}{25.00}\ mol$$

= 0.0664 mol

$$\text{濃硫酸的摩爾濃度} = \frac{H_2SO_4 \text{ 的摩爾數}}{\text{溶液的體積}}$$

$$= \frac{0.0664\ mol}{\left(\frac{5.00}{1\ 000}\right) dm^3}$$

$$= 13.3\ mol\ dm^{-3}$$

∴ 濃硫酸的濃度是 13.3 mol dm^{-3}。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.7 滴定計算 (頁115)

小測試 17.3

玻璃清潔劑含氨。通過用稀氫氯酸滴定，可測定清潔劑中氨的濃度。為此，把 25.00 cm^3 的清潔劑稀釋至 250.0 cm^3。

a) 寫出用於以下用途的儀器的名稱。

i) 準確量度 25.00 cm^3 的清潔劑。

25.00 cm^3 移液管

ii) 準確盛載 250.0 cm^3 經稀釋的清潔劑。

250.0 cm^3 容量瓶

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.7 滴定計算 (頁115)

小測試 17.3 (續)

b) 從滴定管加入 0.206 mol dm^{-3} HCl(aq)，滴定多個 25.00 cm^3 經稀釋的清潔劑樣本，並以甲基橙試液作為指示劑，獲得以下結果。

讀數(cm^3)	滴定號數			
	1 (試驗)	2	3	4
最終讀數	37.15	35.85	36.85	35.80
起始讀數	0.00	0.05	1.00	0.00
滴定值	37.15	35.80	35.85	35.80

i) 概述滴定前清洗滴定管的步驟。
ii) 提出為甚麼須進行試驗（粗略的滴定）。
iii) 計算平均滴定值。
iv) 寫出氨與稀氫氯酸反應的化學方程式。
v) 計算原來的清潔劑中氨的濃度（以 mol dm^{-3} 為單位）。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.7 滴定計算 (頁115)

小測試 17.3 (續)

b) i) 先用去離子水清洗滴定管，然後再用 0.206 mol dm^{-3} 的 HCl(aq) 清洗。

ii) 以下任何一項：

- 在進行準確的滴定時， 可迅速加入較粗略滴定值少數 cm^3 的 HCl(aq)，然後逐滴加入 HCl(aq)。
- 節省進行準確滴定前的時間。
- 得悉滴定值的大約數值。

iii) $$\text{平均滴定值} = \frac{35.80+35.85+35.80}{3}\ cm^3$$
$$= 35.82\ cm^3$$

iv) $NH_3(aq) + HCl(aq) \longrightarrow NH_4Cl(aq)$

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.7 滴定計算 (頁115)

小測試 17.3 (續)

b) v)

$$NH_3(aq) + HCl(aq) \longrightarrow NH_4Cl(aq)$$

$25.00\ cm^3$ $0.206\ mol\ dm^{-3}$

$35.82\ cm^3$

$\downarrow$

$250.0\ cm^3$

$\downarrow$

（使用）$25.00\ cm^3$

$35.82\ cm^3$ 溶液中 HCl 的摩爾數

= 溶液的摩爾濃度 x 溶液的體積

$$= 0.206\ mol\ dm^{-3} \times \frac{35.82}{1\ 000}\ dm^3$$

$$= 7.38 \times 10^{-3}\ mol$$

從方程式可知，要完全中和 1 摩爾的 NH_3，需用 1 摩爾的 HCl。

即是，$25.00\ cm^3$ 經稀釋的清潔劑中 NH_3 的摩爾數

$$= 7.38 \times 10^{-3}\ mol$$

$250.0\ cm^3$ 經稀釋的清潔劑中 NH_3 的摩爾數

$$= 10 \times 7.38 \times 10^{-3}\ mol$$

$$= 7.38 \times 10^{-2}\ mol$$

= 原來的清潔劑中 NH_3 的摩爾數

$$\text{原來的清潔劑中 } NH_3 \text{ 的濃度} = \frac{NH_3 \text{ 的摩爾數}}{\text{清潔劑的體積}}$$

$$= \frac{7.38 \times 10^{-2}\ mol}{\frac{25.00}{1\ 000}\ dm^3}$$

$$= 2.95\ mol\ dm^{-3}$$

∴ 原來的清潔劑中氨的濃度是 $2.95\ mol\ dm^{-3}$。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.7 滴定計算 (頁115)

問 (例題 17.9)

把 2.42 g 的檸檬酸溶於去離子水中，並稀釋至 250.0 cm^3。然後，取出多個 25.00 cm^3 的稀溶液樣本，用 0.148 mol dm^{-3} NaOH(aq) 滴定，並以酚酞試液作為指示劑，平均需加入 25.55 cm^3 的 NaOH(aq) 來達到滴定的終點。檸檬酸的鹽基度是多少？
(檸檬酸的摩爾質量 = 192.0 g mol^{-1})

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.7 滴定計算 (頁115)

問 (例題 17.9) (續)

答

假設檸檬酸的鹽基度為 n，可用 H_nX 表示該酸。該酸與 NaOH(aq) 反應的方程式顯示如下：

$$\underset{\substack{2.42\ g\\ \downarrow\\ 250.0\ cm^3\\ \downarrow\\ (使用)25.00\ cm^3}}{H_nX(aq)} + \underset{\substack{0.148\ mol\ dm^{-3}\\ 25.55\ cm^3}}{nNaOH(aq)} \longrightarrow Na_nX(aq) + nH_2O(l)$$

與 25.00 cm^3 的酸溶液反應的 NaOH 的摩爾數 = 溶液的摩爾濃度 x 溶液的體積

$$= 0.148\ mol\ dm^{-3} \times \frac{25.55}{1\ 000}\ dm^3$$

$$= 3.78 \times 10^{-3}\ mol$$

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.7 滴定計算 (頁115)

問 (例題 17.9) (續)

答

$$250.0\ cm^3 \text{ 的溶液中檸檬酸的摩爾數} = \frac{\text{質量}}{\text{摩爾質量}}$$

$$= \frac{2.42\ g}{192.0\ g\ mol^{-1}}$$

$$= 0.0126\ mol$$

$$25.00\ cm^3 \text{ 的溶液中檸檬酸的摩爾數} = \frac{0.0126}{10}\ mol$$

$$= 1.26 \times 10^{-3}\ mol$$

$$n = \frac{\text{NaOH 的摩爾數}}{\text{檸檬酸的摩爾數}} = \frac{3.78 \times 10^{-3}\ mol}{1.26 \times 10^{-3}\ mol}$$

$$n = 3$$

∴ 檸檬酸的鹽基度是 3。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.7 滴定計算 (頁115)

問 (例題 17.10)

把質量為 3.40 g 的硼砂 ($Na_2B_4O_7 \cdot nH_2O$) 樣本溶於去離子水中，並製成體積為 100.0 cm^3 的溶液。用 0.148 mol dm^{-3} HCl(aq) 滴定多個 25.00 cm^3 的硼砂溶液樣本，並以甲基橙試液作為指示劑，平均需加入 30.15 cm^3 的 HCl(aq) 來達到滴定的終點。硼砂與氫氯酸根據以下化學方程式反應：

$$Na_2B_4O_7 + 2HCl(aq) + 5H_2O(l) \longrightarrow 2NaCl(aq) + 4H_3BO_3(aq)$$

計算 n 的值。

(相對原子質量 H = 1.0, B = 10.8, O = 16.0, Na = 23.0)

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.7 滴定計算 (頁115)

問 (例題 17.10) (續)

答

$$Na_2B_4O_7(aq) + 2HCl(aq) + 5H_2O(l) \longrightarrow 2NaCl(aq) + 4H_3BO_3(aq)$$

3.40 g　　0.148 mol dm^{-3}

↓　　30.15 cm^3

100.0 cm^3

↓

(使用) 25.00 cm^3

30.15 cm^3 的溶液中 HCl 的摩爾數 = 溶液的摩爾濃度 x 溶液的體積

$$= 0.148 \text{ mol dm}^{-3} \times \frac{30.15}{1\,000} \text{ dm}^3$$

$$= 4.46 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

從方程式可知，1 摩爾的 $Na_2B_4O_7$ 需用 2 摩爾的 HCl 作完全反應。

即是，25.00 cm^3 的溶液中 $Na_2B_4O_7$ 的摩爾數 $= \dfrac{4.46 \times 10^{-3}}{2}$ mol

$$= 2.23 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.7 滴定計算 (頁115)

問 (例題 17.10) (續)

答

100.0 cm^3 的溶液中 $Na_2B_4O_7$ 的摩爾數 $= 2.23 \times 10^{-3} \times \frac{100.0}{25.00}$ mol

$= 8.92 \times 10^{-3}$ mol

= 3.40 g 的樣本中 $Na_2B_4O_7$ 的摩爾數

$Na_2B_4O_7 \cdot nH_2O$ 的摩爾質量 $= (2 \times 23.0 + 4 \times 10.8 + 7 \times 16.0 + n(2 \times 1.0 + 16.0))$ g mol^{-1}

$= (201.2 + 18n)$ g mol^{-1}

3.40 g 的樣本中 $Na_2B_4O_7 \cdot nH_2O$ 的摩爾數 $= \frac{3.40 \text{ g}}{(201.2 + 18n) \text{ g mol}^{-1}}$

$= 8.92 \times 10^{-3}$ mol

$n = 10$

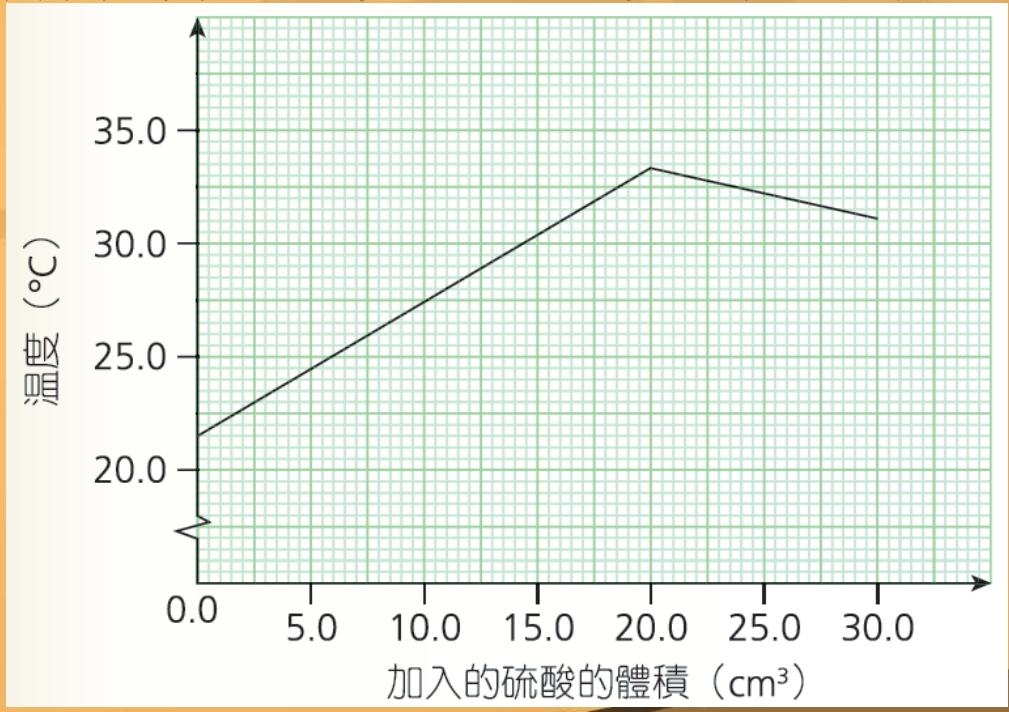
$\therefore$ n 的值是 10。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.7 滴定計算 (頁115)

問 (例題 17.11)

在實驗中，把 25.00 cm^3 的氫氧化鈉溶液放在發泡聚苯乙烯杯中，然後由滴定管加入 1.00 mol dm^{-3} 硫酸，以連接數據收集儀的溫度感應器量度溶液混合物的溫度。實驗結果如下圖所示：



a) 寫出涉及反應的離子方程式。
b) 參照上圖，解釋實驗期間溶液混合物的溫度變化。
c) 計算所用氫氧化鈉溶液的摩爾濃度。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.7 滴定計算 (頁115)

問 (例題 17.11) (續)

答

a) $H^+(aq) + OH^-(aq) \longrightarrow H_2O(l)$

b) 中和作用是放熱反應，所以把硫酸加入氫氧化鈉溶液時，溶液混合物的温度上升。

氫氧化鈉完全反應時，不再有熱放出，温度達致最大值。

此後，加入過量的冷硫酸，會令溶液混合物的温度下降。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.7 滴定計算 (頁115)

問 (例題 17.11) (續)

答

c) $H_2SO_4(aq) + 2NaOH(aq) \longrightarrow Na_2SO_4(aq) + 2H_2O(l)$

$1.00\ mol\ dm^{-3}$ $?\ mol\ dm^{-3}$

$20.0\ cm^3$ $25.00\ cm^3$

$20.0\ cm^3$ 的溶液中 H_2SO_4 的摩爾數 = 溶液的摩爾濃度 x 溶液的體積

$$= 1.00\ mol\ dm^{-3} \times \frac{20.0}{1\ 000}\ dm^3$$

$$= 0.0200\ mol$$

從方程式可知，要完全中和 2 摩爾的 NaOH，需用 1 摩爾的 H_2SO_4。

即是，$25.00\ cm^3$ 的溶液中 NaOH 的摩爾數 $= 2 \times 0.0200\ mol$

$$= 0.0400\ mol$$

$$\text{氫氧化鈉溶液的摩爾濃度} = \frac{\text{NaOH 的摩爾數}}{\text{溶液的體積}}$$

$$= \frac{0.0400\ mol}{\left(\frac{25.00}{1\ 000}\right) dm^3}$$

$$= 1.60\ mol\ dm^{-3}$$

∴ 氫氧化鈉溶液的摩爾濃度是 $1.60\ mol\ dm^{-3}$。

17.7 滴定計算 (頁115)

小測試 17.4

1 酒石酸 ($C_4H_6O_6$) 是常見於多種植物內的二元酸。某固體樣本含酒石酸及其他可溶於水的惰性物質。把2.00 g 的該樣本溶於去離子水中，並稀釋至250.0 cm^3 。用0.122 mol dm^{-3} NaOH(aq) 滴定多個25.00 cm^3 經稀釋的溶液，並以酚酞試液作為指示劑，平均需加入19.35 cm^3 的NaOH(aq) 來達到滴定的終點。

（酒石酸的摩爾質量 = 150.0 g mol^{-1}）

a) 寫出在滴定中把 NaOH(aq) 加進酸溶液所用的儀器的名稱。
b) 寫出達到滴定終點時預期的顏色變化。
c) 計算固體樣本中酒石酸的質量百分率。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.7 滴定計算 (頁115)

小測試 17.3 (續)

1 a) 滴定管

b) 由無色變成粉紅色。

c) 酒石酸是二元酸。要完全中和 1 摩爾的酸，需用 2 摩爾的 NaOH。

$$C_4H_6O_6(aq) + 2NaOH(aq) \longrightarrow Na_2C_4H_4O_6(aq) + 2H_2O(l)$$

2.00 g　　0.122 mol dm^{-3}

↓　　19.35 cm^3

250.0 cm^3

↓

(使用) 25.00 cm^3

19.35 cm^3 的溶液中 NaOH 的摩爾數 = 溶液的摩爾濃度 x 溶液的體積

$$= 0.122 \text{ mol dm}^{-3} \times \frac{19.35}{1\,000} \text{ dm}^3$$

$$= 2.36 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

從方程式可知，要完全中和 1 摩爾的 $C_4H_6O_6$，需用 2 摩爾的 NaOH。

即是，25.00 cm^3 的溶液中 $C_4H_6O_6$ 的摩爾數 $= \frac{2.36 \times 10^{-3}}{2}$ mol

$$= 1.18 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

250.0 cm^3 的溶液中 $C_4H_6O_6$ 的摩爾數 $= 10 \times 1.18 \times 10^{-3}$ mol

$$= 1.18 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

$C_4H_6O_6$ 的摩爾質量 $= (4 \times 12.0 + 6 \times 1.0 + 6 \times 16.0)$ g mol^{-1}

$$= 150.0 \text{ g mol}^{-1}$$

2.00 g 樣本中 $C_4H_6O_6$ 的質量 = 摩爾數 x 摩爾質量

$$= 1.18 \times 10^{-2} \text{ mol} \times 150.0 \text{ g mol}^{-1}$$

$$= 1.77 \text{ g}$$

樣本中 $C_4H_6O_6$ 的質量百分率 $= \frac{1.77 \text{ g}}{2.00 \text{ g}} \times 100\%$

$$= 88.5\%$$

∴ 固體樣本中酒石酸的質量百分率是 88.5%。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.7 滴定計算 (頁115)

小測試 17.4 (續)

2 一名學生進行以下實驗以辨認金屬X 是甚麼物質，X 的水合氫氧化物的化學式是 $X(OH)_2 \cdot 8H_2O$，這氫氧化物可溶於水。把 18.76 g 的該氫氧化物溶於去離子水中，並盛載於容量瓶內，再加入去離子水準確稀釋至250.0 cm3。用 0.350 mol dm^{-3} 氫氯酸滴定多個 25.00 cm^3 的所得溶液，以甲基橙試液作為指示劑，平均需加入 34.00 cm^3 的酸來達到滴定的終點。

a) 計算與 25.00 cm^3 的氫氧化物溶液反應所需 HCl 的摩爾數。

b) 計算 $X(OH)_2 \cdot 8H_2O$ 的摩爾質量。

c) 辨認金屬 X 是甚麼（可參考週期表）。

（相對原子質量：H = 1.0，O = 16.0）

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.7 滴定計算 (頁115)

小測試 17.4 (續) 2

a) 25.00 cm^3 的氫氧化物溶液反應所需 HCl 的摩爾數 = 溶液的摩爾濃度 x 溶液的體積

$$= 0.350 \text{ mol } dm^{-3} \times \frac{34.00}{1\,000} dm^3$$

$$= 0.0119 \text{ mol}$$

b) $X(OH)_2(aq) + 2HCl(aq) \longrightarrow XCl_2(aq) + 2H_2O(l)$

18.76 g — 0.350 mol dm^{-3}, 34.00 cm^3

↓

250.0 cm^3

↓

（使用）25.00 cm^3

從方程式可知，要完全中和 1 摩爾的 $X(OH)_2$，需用 2 摩爾的 HCl。

即是，25.00 cm^3 的溶液中 $X(OH)_2$ 的摩爾數 $= \frac{0.0119}{2}$ mol

$$= 5.95 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

250.0 cm^3 的溶液中 $X(OH)_2$ 的摩爾數 $= 10 \times 5.95 \times 10^{-3}$ mol

$$= 0.0595 \text{ mol}$$

= 18.76 g 的氫氧化物中 $X(OH)_2$ 的摩爾數

18.76 g 的氫氧化物中 $X(OH)_2$ 的摩爾數 = 0.0595 mol

$$= \frac{18.76 \text{ g}}{X(OH)_2 \cdot 8H_2O \text{ 的摩爾質量}}$$

$X(OH)_2 \cdot 8H_2O$ 的摩爾質量 $= \frac{18.76 \text{ g}}{0.0595 \text{ mol}}$

$$= 315.3 \text{ g mol}^{-1}$$

c) 假設 X 的相對原子質量為 m。

$X(OH)_2 \cdot 8H_2O$ 的摩爾質量 $= (m + 2 \times 16.0 + 2 \times 1.0 + 8 \times 18.0) \text{ g mol}^{-1}$

$$= 315.3 \text{ g mol}^{-1}$$

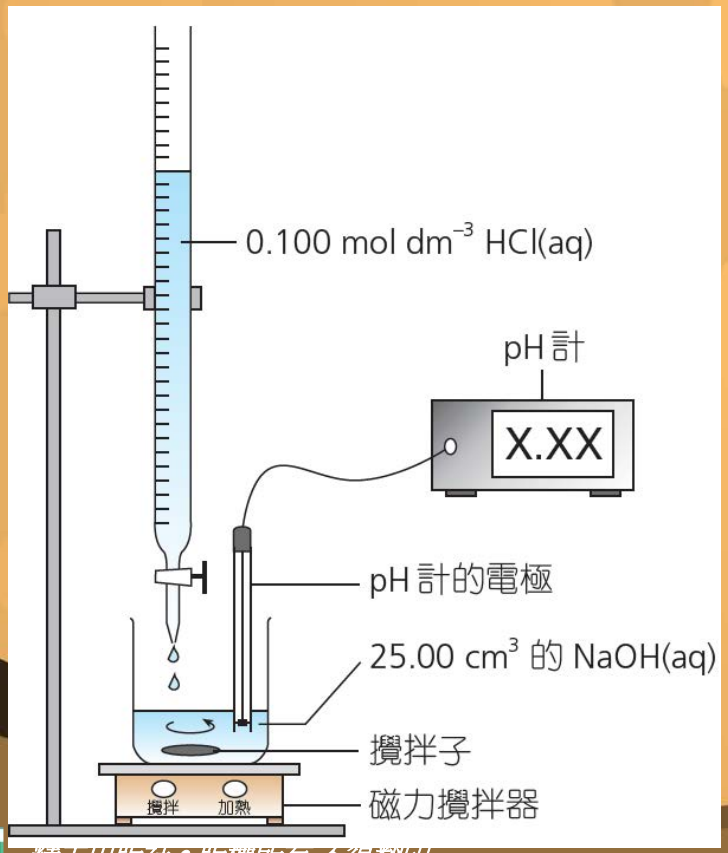
$$\therefore m = 137.3 \text{ g mol}^{-1}$$

∴ 金屬 X 是鋇。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.8 滴定期間 pH 值的變化 (頁124)

- 在某滴定實驗中，把 0.100 mol dm^{-3} 氫氯酸慢慢地加進 25.00 cm^3 的 0.100 mol dm^{-3} 氫氧化鈉溶液中。隨着把酸加進鹼中，溶液混合物的 pH 值出現變化。可用 pH 計或連接數據收集儀的 pH 感應器量度 pH 值的變化。



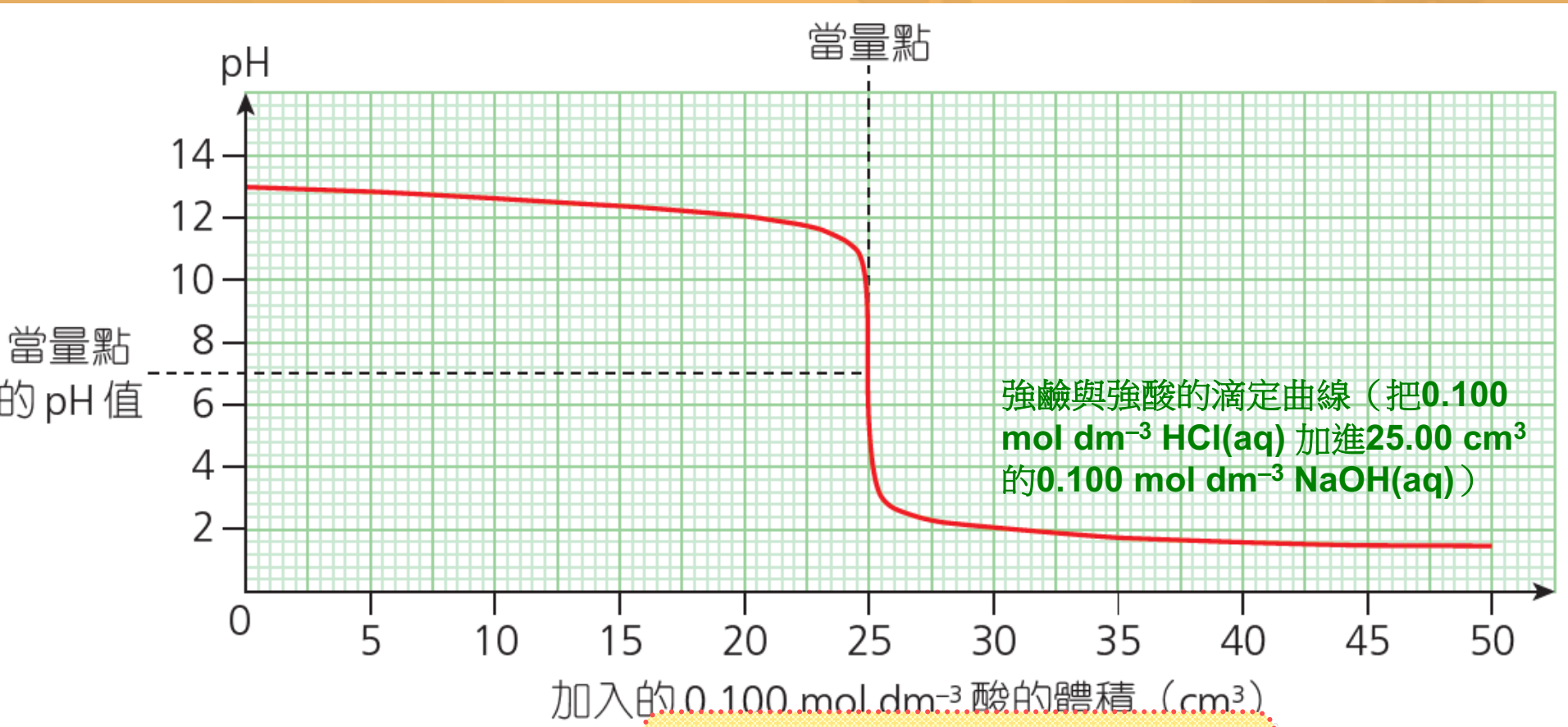
用 **pH 計量度滴定期間pH 值的變化的實驗裝置**

跟隨在酸鹼滴定中反應混合物的 **pH** 值的變化 參

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.8 滴定期間 pH 值的變化 (頁124)

- 下圖展示把酸加進鹼時，溶液混合物的 pH 值的變化，這就是**滴定曲線 (titration curve)**。



滴定曲線 參

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.8 滴定期間 pH 值的變化 (頁124)

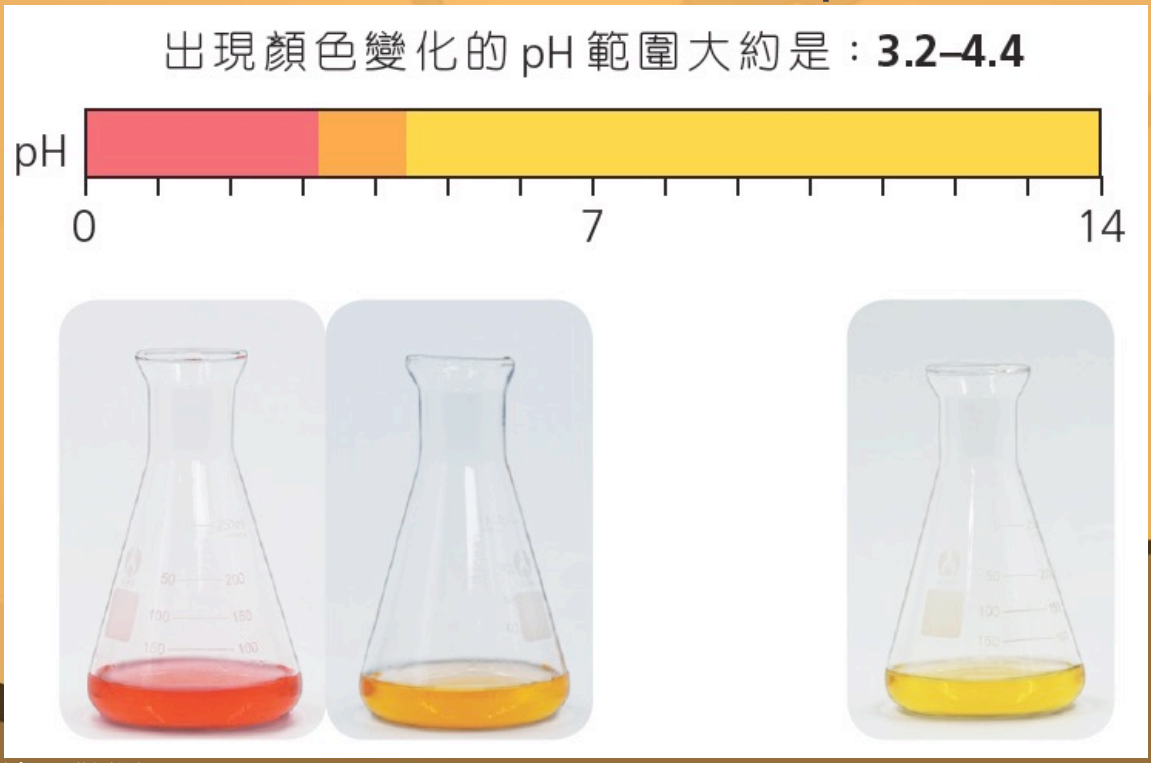
- 起始時，把少量的酸加進鹼中，pH 值只會輕微下降。
- 酸和鹼剛好中和的那一點稱為**當量點 (equivalence point)**。
- 在當量點（加了 25.0 cm^3 的 HCl(aq) 時），pH 值出現最大且急速的變化。
  在當量點，溶液混合物的 pH 值為 7.00。
- 繼續加入酸，pH 值只會輕微下降。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.9 酸鹼指示劑 (頁125)

- 酸鹼指示劑是在特定 pH 範圍內出現顏色變化的染料。

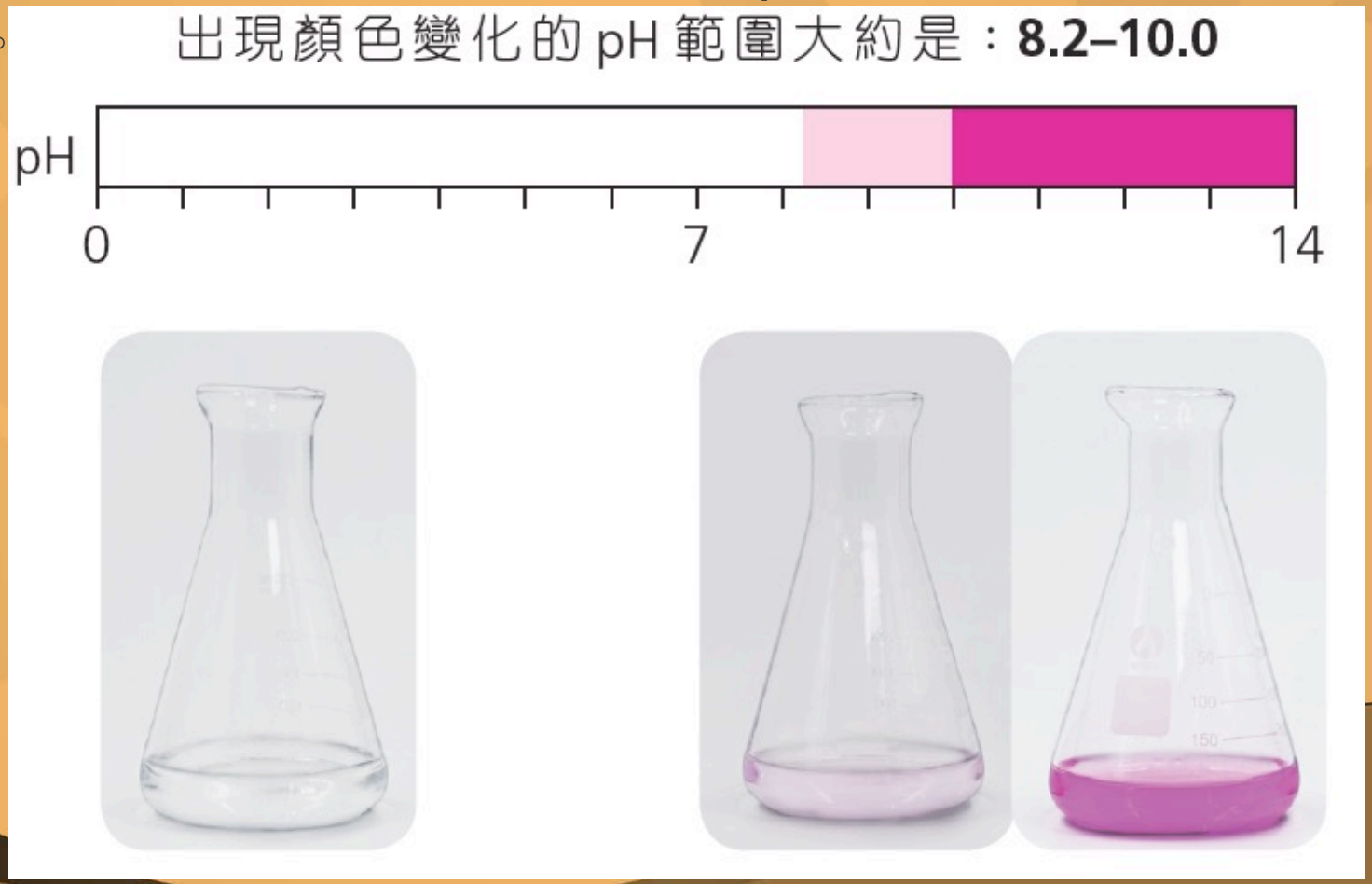
- 指示劑一般出現顏色變化的範圍應在 1–2 個pH 單位以內，例如甲基橙試液在 pH 值低於 3.2 的溶液中呈紅色，在 pH 值高於 4.4 的溶液中呈黃色，其顏色在pH 3.2–4.4 範圍內出現變化。



精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.9 酸鹼指示劑 (頁125)

- 酚酞試液在 pH 值低於 8.2 的溶液中呈無色，在 pH 值高於 10.0 的溶液中呈粉紅色，其顏色在pH 8.2–10.0 範圍內出現變化。



17.10 酸鹼滴定中指示劑的選擇 (頁126)

- 在滴定過程中，合適的指示劑須具備以下性質：
  - 在終點時，顏色必須出現急劇的變化，即是只要多加一滴酸（或鹼），便能令顏色突變。
  - 指示劑顯示的終點，必須與當量點相同，否則會得到錯誤的滴定結果。
  - 指示劑的顏色變化必須明顯，例如酚酞試液由無色變為粉紅色，較甲基橙試液由紅色變為橙色的顏色變化清晰。
- 合適的指示劑必須在滴定曲線中垂直部分的 pH 範圍內變色。

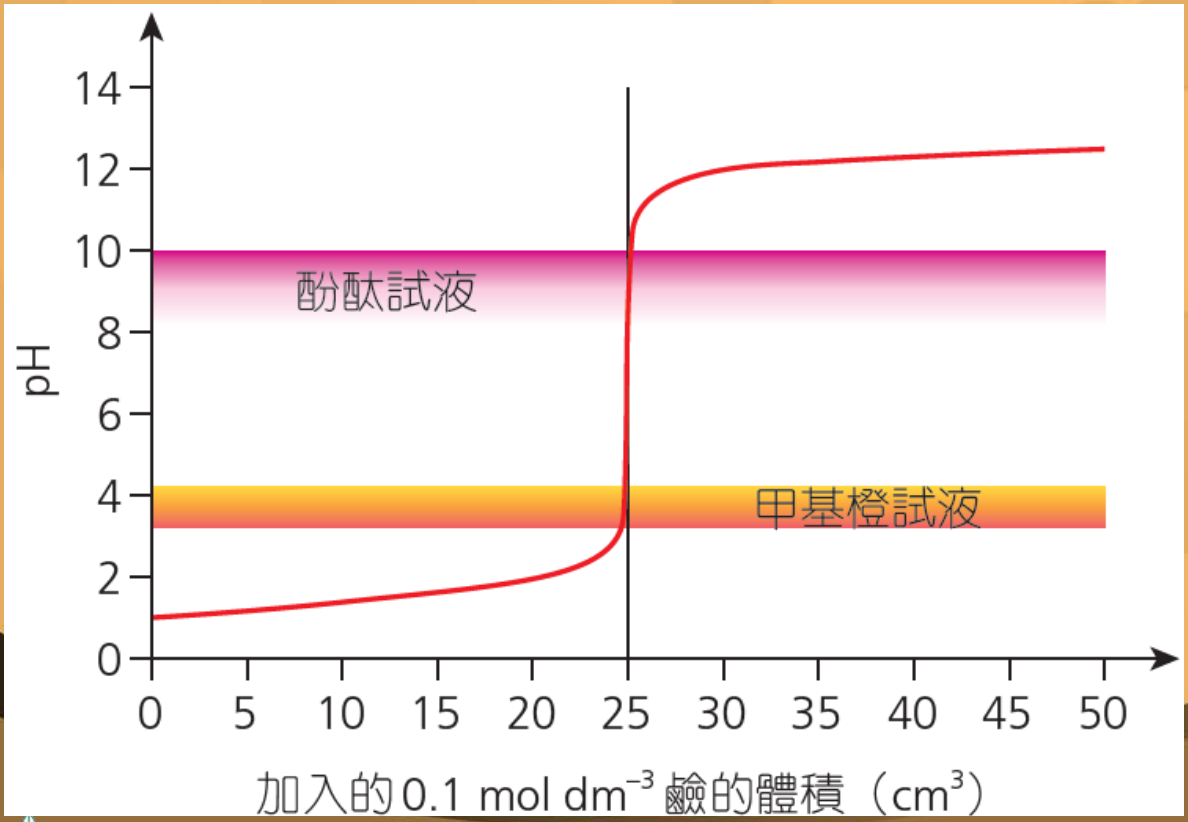
精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.10 酸鹼滴定中指示劑的選擇 (頁126)

強酸與強鹼的滴定

強酸與強鹼的滴定曲線 參

- 兩種指示劑都在滴定曲線的垂直部分的 pH 範圍內變色，所以都適用於該滴定。

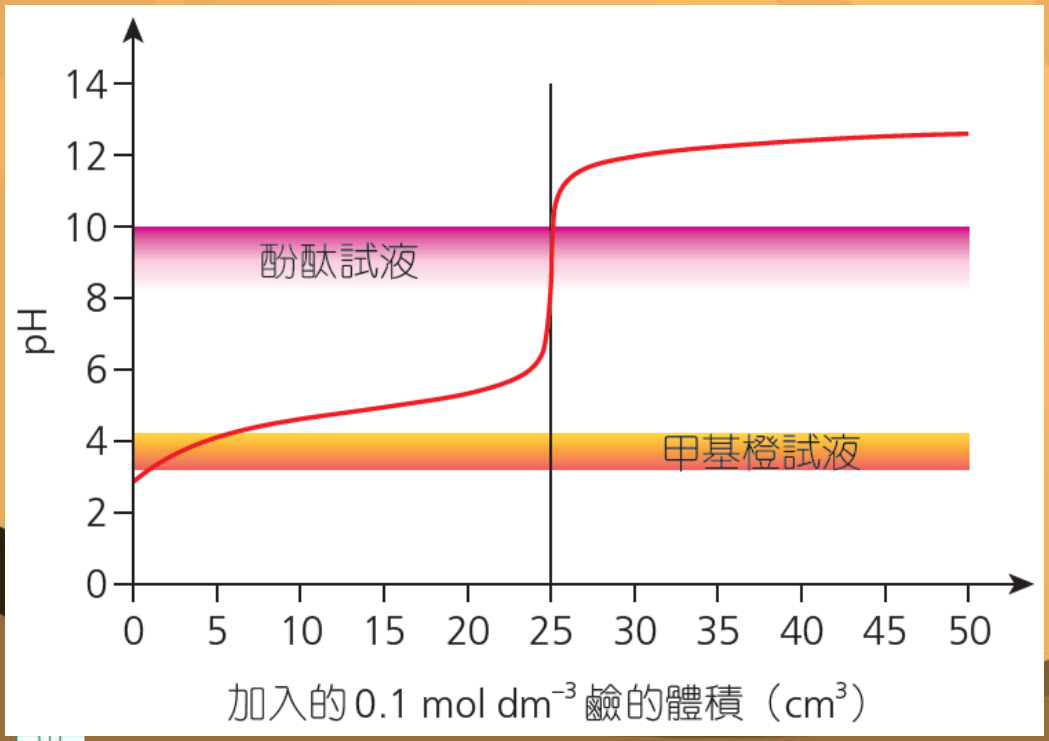


強酸與強鹼的滴定曲線（把0.1 mol dm^{-3} NaOH(aq) 加進25.00 cm^3 的0.1 mol dm^{-3} HCl(aq)）

17.10 酸鹼滴定中指示劑的選擇 (頁126)

弱酸與強鹼的滴定

- 酚酞試液在滴定曲線的垂直部分的 pH 範圍內變色，所以適用於該滴定。
- 甲基橙試液並不在滴定曲線的垂直部分的 pH 範圍內變色，所以它不適用。

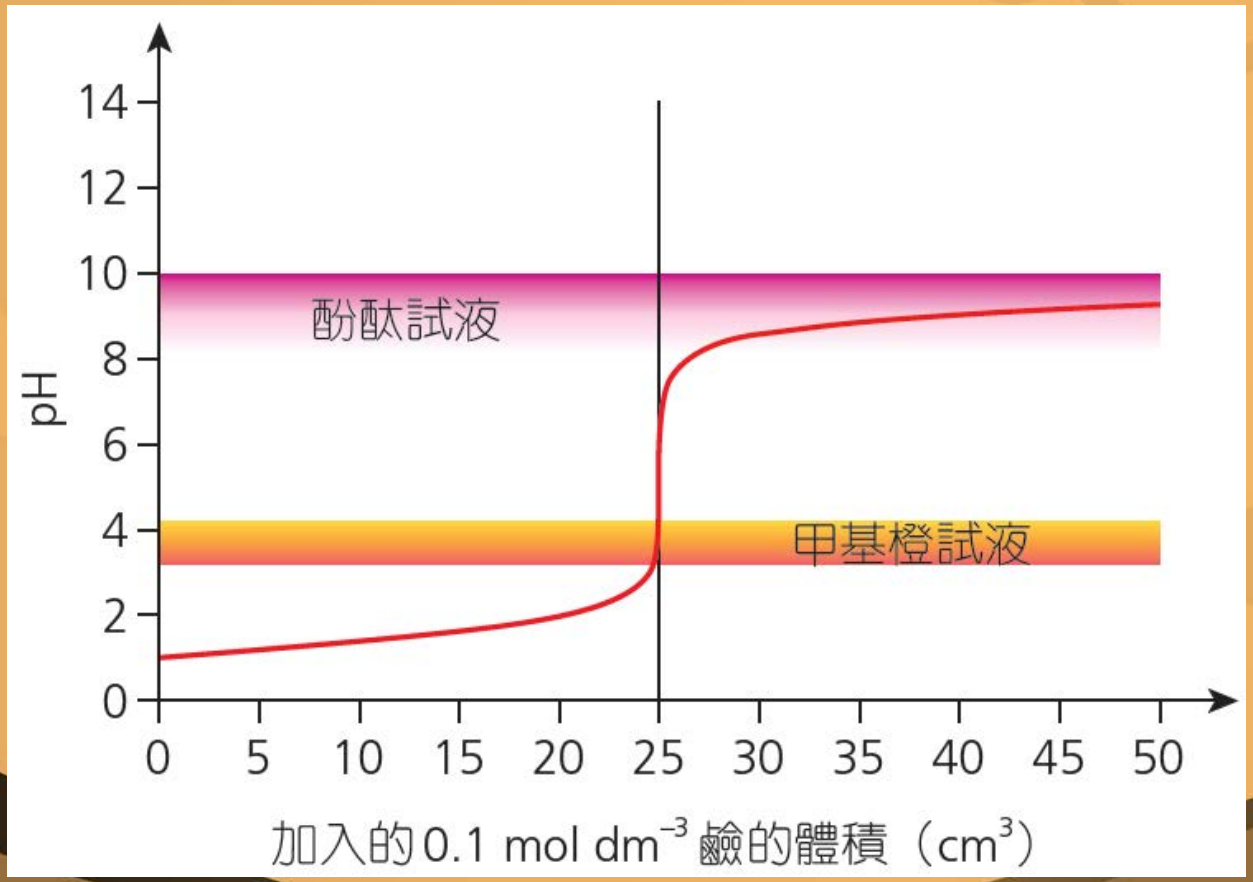


弱酸與強鹼的滴定曲線（把 **0.1 mol dm^{-3} NaOH(aq)** 加進**25.00 cm^3** 的 **0.1 mol dm^{-3} $CH_3COOH(aq)$**）

17.10 酸鹼滴定中指示劑的選擇 (頁126)

強酸與弱鹼的滴定

- 甲基橙試液適用於該滴定。

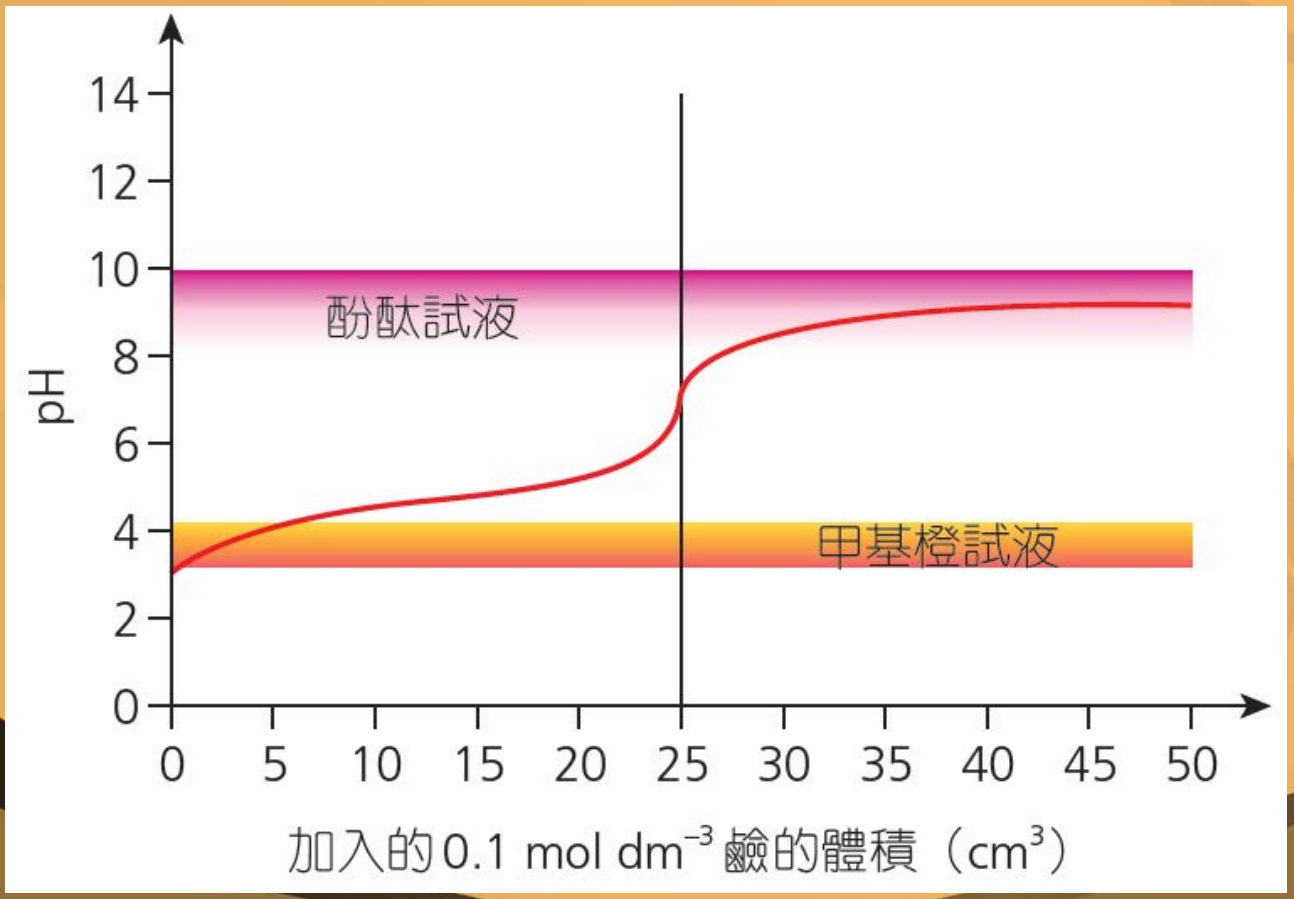


強酸與弱鹼的滴定曲線（把 0.1 mol dm^{-3} $NH_3(aq)$ 加進 25.00 cm^3 的 0.1 mol dm^{-3} HCl(aq)）

17.10 酸鹼滴定中指示劑的選擇 (頁126)

弱酸與弱鹼的滴定

- 由於 pH 值沒有出現突變，所以沒有合適的指示劑。



弱酸與弱鹼的滴定曲線（把 0.1 mol dm^{-3} NH_3 (aq) 加進 25.00 cm^3 的 0.1 mol dm^{-3} CH_3COOH(aq)）

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.10 酸鹼滴定中指示劑的選擇 (頁126)

- 適用於不同類別的酸鹼滴定的指示劑。

酸	鹼	指示劑
強	強	甲基橙試液或酚酞試液
弱	強	酚酞試液
強	弱	甲基橙試液
弱	弱	沒有合適的指示劑

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.10 酸鹼滴定中指示劑的選擇 (頁126)

- 在不同情況下甲基橙試液和酚酞試液在滴定終點的顏色變化。

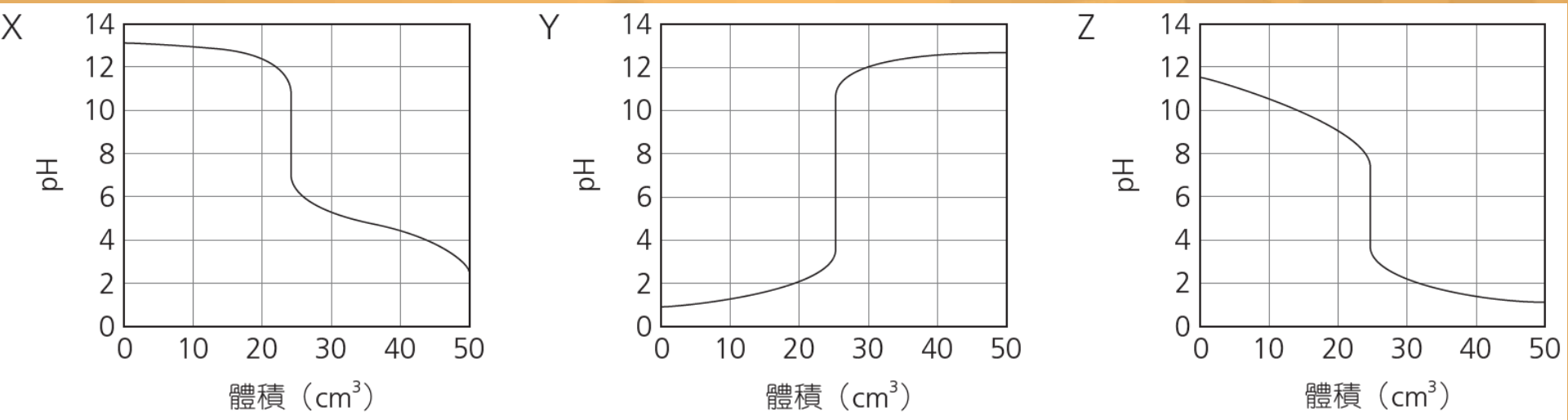
滴定	所用的指示劑	在滴定終點的顏色變化
把滴定管內的酸加入錐形瓶內的鹼中	甲基橙試液	黃色變成橙色
	酚酞試液	粉紅色變成無色
把滴定管內的鹼加入錐形瓶內的酸中	甲基橙試液	紅色變成橙色
	酚酞試液	無色變成粉紅色

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.10 酸鹼滴定中指示劑的選擇 (頁126)

小測試 17.5

不同的酸鹼組合所產生的滴定曲線 X、 Y 和 Z 顯示如下，所有涉及溶液的濃度都是 0.1 mol dm^{-3}。



a) 從上圖選出下列各滴定所產生的曲線。

i) 把氫氯酸加進 25.00 cm^3 的氨水中。Z

ii) 把氫氧化鈉溶液加進 25.00 cm^3 的氫氯酸中。Y

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.10 酸鹼滴定中指示劑的選擇 (頁126)

小測試 17.5 (續)

b) 下表列出一些酸鹼指示劑在甚麼 pH 範圍內出現顏色變化。

指示劑	變色的 pH 範圍
橙色 IV	1.2–2.8
甲基紅	4.4–6.2
百里酚酞	9.1–9.6

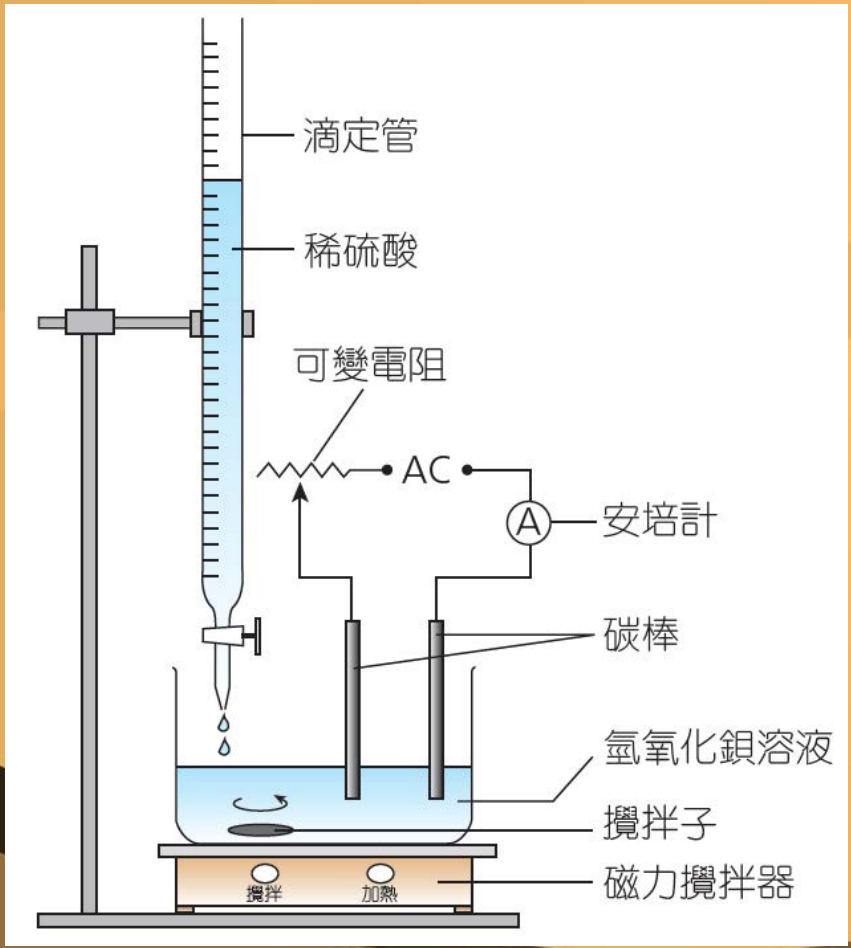
從上表選出適用於曲線 X 表示的滴定的指示劑，並解釋你的答案。百里酚酞

該指示劑在滴定曲線的垂直部分的 pH 範圍內變色。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.11 電導滴定 (頁130)

- 把某酸慢慢地加進某鹼時，通過監測反應混合物的導電性，可找出酸鹼滴定的當量點。



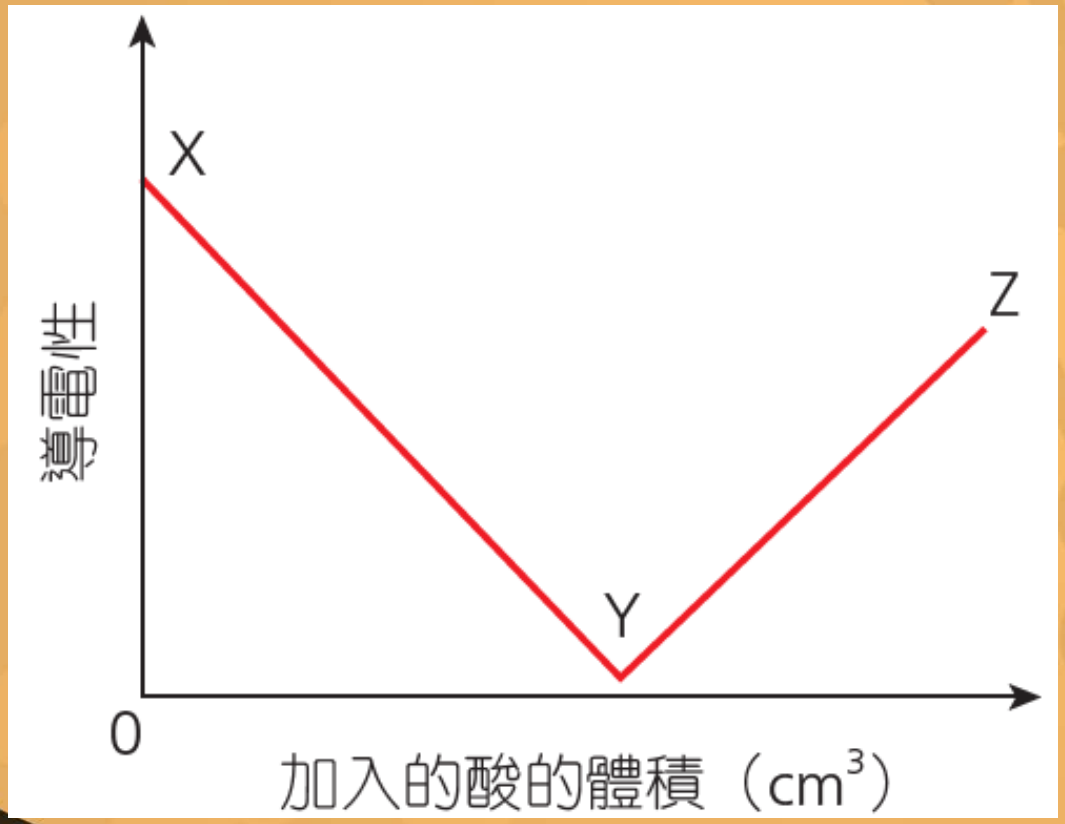
把稀硫酸慢慢地加進氫氧化鋇溶液時，用於監測反應混合物的導電性的實驗裝置

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.11 電導滴定 (頁130)

- 氫氧化鋇溶液和稀硫酸按以下化學方程式反應：

$$Ba(OH)_2(aq) + H_2SO_4(aq) \longrightarrow BaSO_4(s) + 2H_2O(l)$$



把稀硫酸慢慢地加進氫氧化鋇溶液時，反應混合物的導電性的變化

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.11 電導滴定 (頁130)

- 稀硫酸加進氫氧化鋇溶液時，生成硫酸鋇和水，所以反應混合物中鋇離子和氫氧離子的濃度下降。因此由 X 至 Y，反應混合物的導電性下降。
- 在當量點 Y，因為所有鋇離子和氫氧離子已被耗盡，所以導電性跌至近乎零。
- 過了 Y 後，加入過量的稀硫酸，反應混合物中氫離子和硫酸根離子的濃度隨之上升。因此由 Y 至 Z，導電性上升。
- 以任何的酸對任何的鹼進行滴定，都會獲得相似的結果。V 形圖線的最低點顯示完全中和鹼所需的酸的體積。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.12 返滴定 (頁131)

用返滴定測定蛋殼中碳酸鈣的質量百分率 參

- 在酸鹼滴定中，要測定樣本中某化學物種的濃度或量時，可逐步加入標準酸（或鹼）溶液，直至達到滴定的終點，這過程稱為直接滴定。
- 碳酸鈣不溶於水，與酸的反應也很緩慢，所以很難以酸進行直接滴定來測定白堊樣本中碳酸鈣的量。
- 為克服這困難，可用**返滴定 (back titration)**，涉及以下的步驟：
  1 稱量待分析的化學物種樣本。
  2 加入過量的標準酸或鹼溶液。
  3 滴定與待分析化學物種反應後剩餘的酸或鹼的量，或把剩餘的溶液稀釋至 250.0 cm^3，然後進行滴定。
- 待分析的化學物種所耗用的酸或鹼的量，等於起始時加入的酸或鹼的量，減去反應後剩餘的酸或鹼的量。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.12 返滴定 (頁131)

問 (例題 17.12)

一名學生進行以下實驗，以測定白堊樣本中碳酸鈣的質量百分率。

步驟 1 把 2.96 g 的白堊溶於 80.00 cm^3 的 1.00 mol dm^{-3} 氫氯酸中，形成溶液。

步驟 2 把溶液倒入容量瓶，並以去離子水稀釋至 250.0 cm^3 ，然後把該溶液標籤為「S」。

步驟 3 以合適的指示劑，用 0.122 mol dm^{-3} 氫氧化鈉溶液滴定多個 25.00 cm^3 的「S」，平均需加入 26.25 cm^3 的氫氧化鈉溶液來達到滴定的終點。

a) 從滴定結果，計算 25.00 cm^3 的溶液「S」中 HCl 的量。

b) 計算在步驟 *1* 與白堊中碳酸鈣反應後剩餘的的 HCl 的量。

c) 計算在步驟 *1* 加入的 HCl 的量。

d) 計算白堊樣本中碳酸鈣的質量百分率。

(相對原子質量：C = 12.0，O = 16.0，Ca = 40.1)

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.12 返滴定 (頁131)

問 (例題 17.12) (續)

答

a) $NaOH(aq) + HCl(aq) \longrightarrow NaCl(aq) + H_2O(l)$

$0.122\ mol\ dm^{-3}$

$26.25\ cm^3$

$26.25\ cm^3$ 的溶液中 NaOH 的摩爾數 = 溶液的摩爾濃度 x 溶液的體積

$$= 0.122\ mol\ dm^{-3} \times \frac{26.25}{1\ 000}\ dm^3$$

$$= 3.20 \times 10^{-3}\ mol$$

從方程式可知，要完全中和 1 摩爾的 HCl，需用 1 摩爾的 NaOH。

即是，$25.00\ cm^3$ 的「S」中 HCl 的摩爾數 $= 3.20 \times 10^{-3}\ mol$

b) 在*步驟 1* 與白堊中 $CaCO_3$ 反應後剩餘的 HCl 的摩爾數

$$= 3.20 \times 10^{-3}\ mol \times \frac{250.0\ cm^3}{25.00\ cm^3}$$

$$= 0.0320\ mol$$

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.12 返滴定 (頁131)

問 (例題 17.16) (續)

答

c) 在*步驟 1* 加入 HCl 的摩爾數 = 溶液的摩爾濃度 x 溶液的體積

$$= 1.00 \text{ mol dm}^{-3} \times \frac{80.00}{1\,000} \text{ dm}^3$$

$$= 0.0800 \text{ mol}$$

d) 與白堊中 $CaCO_3$ 反應的 HCl 的摩爾數 = (0.0800 – 0.0320) mol

$$= 0.0480 \text{ mol}$$

$$CaCO_3(s) + 2HCl(aq) \longrightarrow CaCl_2(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$$

從方程式可知，1 摩爾的 $CaCO_3$ 需用 2 摩爾的 HCl 作完全反應。

即是，白堊中 $CaCO_3$ 的摩爾數 $= \frac{0.0480}{2}$ mol

$$= 0.0240 \text{ mol}$$

$CaCO_3$ 的摩爾質量 $= (40.1 + 12.0 + 3 \times 16.0) \text{ g mol}^{-1}$

$$= 100.1 \text{ g mol}^{-1}$$

白堊中 $CaCO_3$ 的質量 = 摩爾數 x 摩爾質量

$$= 0.0240 \text{ mol} \times 100.1 \text{ g mol}^{-1}$$

$$= 2.40 \text{ g}$$

白堊中 $CaCO_3$ 的質量百分率 $= \frac{2.40 \text{ g}}{2.96 \text{ g}} \times 100\%$

$$= 81.1\%$$

∴ 白堊樣本中 $CaCO_3$ 的質量百分率是 81.1%。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.12 返滴定 (頁131)

- 以上例題的計算從達到滴定的終點所需的氫氧化鈉溶液的體積開始，以下是計算步驟的總結。

1

平均滴定值 → 所用 NaOH 的摩爾數 → 25.00 cm^3 的「S」中 HCl 的摩爾數 → 與白堊樣本中 $CaCO_3$ 反應後剩餘的 HCl 的摩爾數

2

起始時加入的酸的體積 → 起始時加入的 HCl 的摩爾數

3

起始時加入的 HCl 的摩爾數 − 與白堊樣本中 $CaCO_3$ 反應後剩餘的 HCl 的摩爾數 = 與白堊樣本中 $CaCO_3$ 完全反應所需的 HCl 的摩爾數

與白堊樣本中 $CaCO_3$ 完全反應所需的 HCl 的摩爾數 → 白堊樣本中 $CaCO_3$ 的質量 → 白堊樣本中 $CaCO_3$ 的質量百分率

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.12 返滴定 (頁131)

小測試 17.6

某肥料只含硝酸銨（NH_4NO_3）和氯化鉀，現進行實驗以測定該肥料中硝酸銨的質量百分率。

步驟 1 在 5.50 g 的肥料中，慢慢加入過量的 KOH(aq)，然後把該混合物微熱。

步驟 2 把 NH_4NO_3 與 KOH 反應所釋出的氨，通入 120.0 cm^3 的 0.600 $mol\ dm^{-3}$ HCl(aq)。

步驟 3 把剩餘的酸溶液稀釋至 250.0 cm^3 ，並標籤為「S」。

步驟 4 以合適的指示劑，用 0.100 $mol\ dm^{-3}$ NaOH(aq) 滴定多個 25.00 cm^3 的「S」，平均需用 26.50 cm^3 的 NaOH(aq) 來達到滴定的終點。

a) 寫出 NH_4NO_3 與 KOH 反應的離子方程式。

b) 從滴定結果，計算中和 25.00 cm^3 的「S」所用的 NaOH 的摩爾數。

c) 計算在這肥料中 NH_4NO_3 的質量百分率。
（NH_4NO_3 的摩爾質量 = 80.0 $g\ mol^{-1}$）

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.12 返滴定 (頁131)

小測試 17.6 (續)

a) $NH_4^+(aq) + OH^-(aq) \longrightarrow NH_3(aq) + H_2O(l)$

b) $NaOH(aq) + HCl(aq) \longrightarrow NaCl(aq) + H_2O(l)$

$0.100\ mol\ dm^{-3}$

$26.50\ cm^3$

中和 $25.00\ cm^3$ 的「S」所用的 NaOH 的摩爾數

= 溶液的摩爾濃度 x 溶液的體積

$= 0.100\ mol\ dm^{-3} \times \frac{26.50}{1\,000}\ dm^3$

$= 2.65 \times 10^{-3}\ mol$

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.12 返滴定 (頁131)

小測試 17.6 (續)

c) 從方程式可知，要完全中和 1 摩爾的 HCl，需用 1 摩爾的 NaOH。

即是，25.00 cm^3 的「S」中 HCl 的摩爾數 = 2.65×10^{-3} mol

250.0 cm^3 的「S」中 HCl 的摩爾數 = $10 \times 2.65 \times 10^{-3}$ mol
= 0.0265 mol

步驟 2 中使用的 HCl 的摩爾數 = 溶液的摩爾濃度 x 溶液的體積
= $0.600 \text{ mol } dm^{-3} \times \frac{120.0}{1\ 000} dm^3$
= 0.0720 mol

與 NH_3 反應的 HCl 的摩爾數 = (0.0720 − 0.0265) mol
= 0.0455 mol

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

17.12 返滴定 (頁131)

小測試 17.6 (續)

c)

$NH_3(aq) + HCl(aq) \longrightarrow NH_4Cl(aq)$

從方程式可知，要完全中和 1 摩爾的 NH_3，需用 1 摩爾的 HCl。

即是，NH_3 的摩爾數 = 0.0455 mol

從 (a) 的方程式可知，1 摩爾的 NH_4NO_3 與 KOH 反應，生成 1 摩爾的 NH_3。

即是，肥料中 NH_4NO_3 的摩爾數 = 0.0455 mol

NH_4NO_3 的摩爾質量 $= (2 \times 14.0 + 4 \times 1.0 + 3 \times 16.0)\ g\ mol^{-1}$
$= 80.0\ g\ mol^{-1}$

肥料中 NH_4NO_3 的質量 = 摩爾數 x 摩爾質量
$= 0.0455\ mol \times 80.0\ g\ mol^{-1}$
$= 3.64\ g$

肥料中 NH_4NO_3 的質量百分率 $= \frac{3.64\ g}{5.50\ g} \times 100\%$
$= 66.2\%$

∴ 肥料中 NH_4NO_3 的質量百分率是 66.2%。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

關鍵詞彙 (頁135)

稀釋	dilution	滴定終點	titration end point
容量分析	volumetric analysis	滴定值	titre
定量分析	quantitative analysis	滴定曲線	titration curve
標準溶液	standard solution	當量點	equivalence point
基本標準	primary standard	返滴定	back titration

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

摘要 (頁136)

1 溶液的濃度（以 g dm^{-3} 為單位）

$$= \frac{\text{溶質的質量（以 g 為單位）}}{\text{溶液的體積（以 } dm^3 \text{ 為單位）}}$$

2 溶液中溶質的摩爾數在稀釋前與稀釋後都是一樣，所以可得出以下公式：
（MV）稀釋前 = （MV）稀釋後，
其中 M = 摩爾濃度， V = 體積。

3 滴定是量度兩種溶液剛好互相完全反應時的體積。從其中一種溶液的已知濃度和量度所得的體積，便可計算出待分析的化學物種的濃度（或量）。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

摘要 (頁136)

4 滴定過程中所用的主要儀器包括：
- 移液管和移液管膠泵；
- 滴定管；
- 容量瓶；
- 多個錐形瓶。

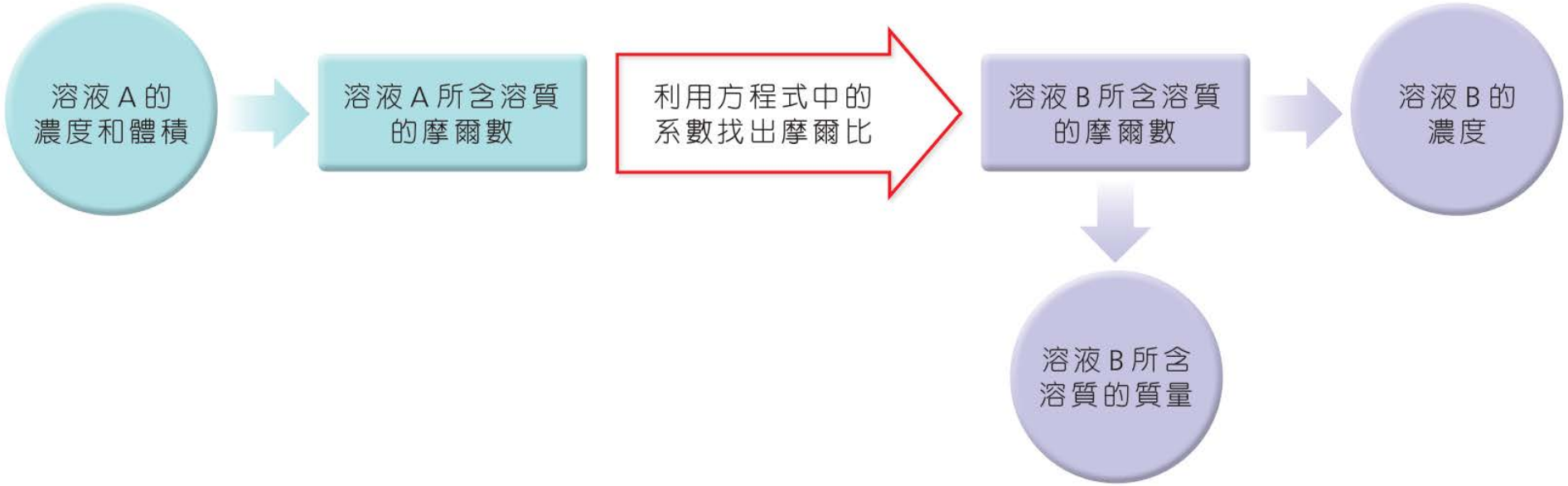
5 標準溶液是已知準確濃度的溶液。

6 指示劑發生顏色變化的轉變點便是滴定終點。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

摘要 (頁136)

7 下圖總結了涉及滴定的計算步驟：



8 滴定時，酸和鹼剛好中和的那一點稱為當量點。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

摘要 (頁136)

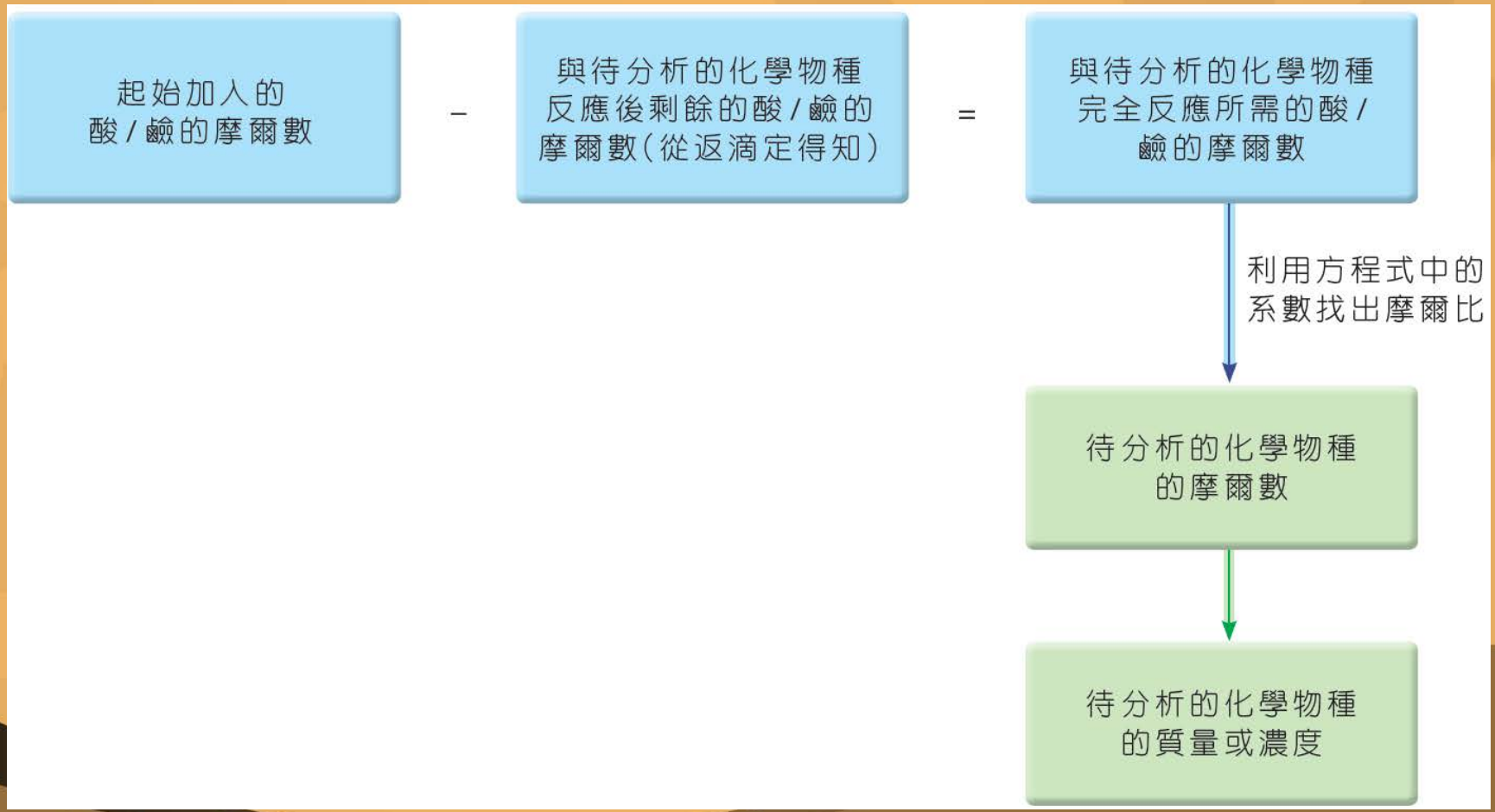
9 下表總結了適用於不同類別的酸鹼滴定的指示劑。

酸	鹼	指示劑
強	強	甲基橙試液或酚酞試液
弱	強	酚酞試液
強	弱	甲基橙試液
弱	弱	沒有合適的指示劑

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

摘要 (頁136)

10 下圖總結了利用返滴定計算樣本中待分析的化學物種的質量或濃度的步驟：



精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按節練習 (頁138)

註： 題目按難度由淺至深（ 1 至5 級）分類：

題目以3 級或以上程度為目標；

題目以4 級或以上程度為目標；

題目以5 級程度為目標。

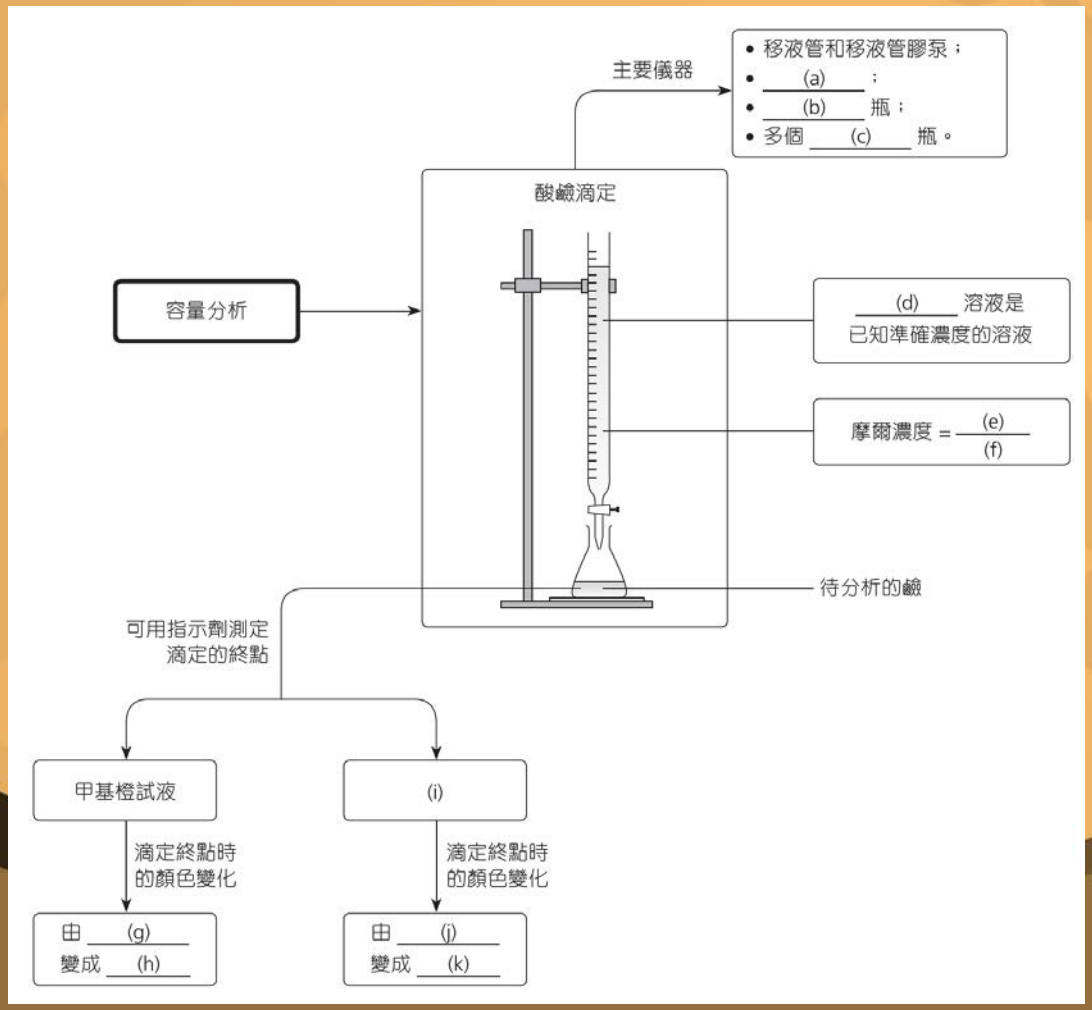
「 * 」顯示有效的傳意可取一分。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按節練習 (頁138)

第一部分 知識和理解

1 完成以下概念圖。



a) 滴定管
b) 容量
c) 錐形
d) 標準
e) 溶質的摩爾數
f) 溶液的體積（dm^3）
g) 黃色
h) 橙色
i) 酚酞試液
j) 粉紅色
k) 無色

按節練習 (頁138)

第二部分 多項選擇題

2 把一個0.400 mol dm^{-3}氫氧化鈉溶液樣本稀釋至1.00 dm^3，製得 0.0100 mol dm^{-3} 溶液。
氫氧化鈉溶液樣本的體積是多少？

A 15.0 cm^3
B 20.0 cm^3
C 25.0 cm^3
D 40.0 cm^3

題解：

（MV）稀釋前 = （MV）稀釋後，
其中 M = 摩爾濃度，V = 體積

$$0.400 \times \frac{V}{1\,000} = 0.0100 \times 1.00$$

$$V = 25.0\ cm^3$$

答案：C

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按節練習 (頁138)

3 把1.62 dm^3 的3.00 mol dm^{-3} $HNO_3(aq)$ 稀釋至18.0 dm^3。經稀釋的溶液的濃度是多少（以 g dm^{-3} 為單位）？（相對原子質量：H = 1.0，N = 14.0，O = 16.0）

A 6.48 g dm^{-3}
B 9.72 g dm^{-3}
C 11.1 g dm^{-3}
D 17.0 g dm^{-3}

題解：

（MV）稀釋前 =（MV）稀釋後，其中 M = 摩爾濃度，V = 體積

$3.00 \times 1.62 = M \times 18.0$

$M = 0.270$ mol dm^{-3}

HNO_3 的摩爾質量 $= (1.0 + 14.0 + 3 \times 16.0)$ g mol^{-1}

$= 63.0$ g mol^{-1}

HNO_3 的濃度（以 g dm^{-3} 為單位）

= HNO_3 的濃度（以 mol dm^{-3} 為單位）x HNO_3 的摩爾質量

= 0.270 mol dm^{-3} x 63.0 g mol^{-1}

= 17.0 g dm^{-3}

答案：D

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按節練習 (頁138)

4 某硫酸樣本的 pH 是 2.6。把 100 cm^3 的這樣本與100 cm^3 的水混合，所得混合物的 pH 是多少？

A 5.8
B 2.9
C 2.6
D 1.3

答案：B

(HKDSE, Paper 1A, 2016, 6)

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按節練習 (頁138)

5 要由 1.00 mol dm^{-3} 硫酸製備 0.100 mol dm^{-3} 硫酸，需用下列哪些儀器？

A 1 cm^3 的滴液移液管和 10 cm^3 的量筒
B 10 cm^3 的量筒和 250 cm^3 的容量瓶
C 10 cm^3 的移液管和 250 cm^3 的錐形瓶
D 25 cm^3 的移液管和 250 cm^3 的容量瓶

答案：D

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按節練習 (頁138)

6 要中和 25.00 cm^3 的 0.120 mol dm^{-3} 氫氧化鈣溶液，需用 30.0 cm^3 的氫氯酸。

$$2HCl(aq) + Ca(OH)_2(aq) \longrightarrow CaCl_2(aq) + 2H_2O(l)$$

氫氯酸的濃度是多少？

A 5.8
B 2.9
C 2.6
D 1.3

題解：

$2HCl(aq) + Ca(OH)_2(aq) \longrightarrow CaCl_2(aq) + 2H_2O(l)$

? mol dm^{-3} 0.120 mol dm^{-3}

30.0 cm^3 25.00 cm^3

25.00 cm^3 的溶液中 $Ca(OH)_2$ 的摩爾數 = 溶液的摩爾濃度 x 溶液的體積

$$= 0.120 \text{ mol dm}^{-3} \times \frac{25.00}{1\,000} \text{ dm}^3$$

$$= 3.00 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

從方程式可知，要完全中和 1 摩爾的 $Ca(OH)_2$，需用 2 摩爾的 HCl。

即是，30.00 cm^3 的溶液中 HCl 的摩爾數 $= 2 \times 3.00 \times 10^{-3}$ mol

$= 6.00 \times 10^{-3}$ mol

$$\text{HCl 的濃度} = \frac{\text{HCl 的摩爾數}}{\text{溶液的體積}}$$

$$= \frac{6.00 \times 10^{-3} \text{ mol}}{\frac{30.0}{1\,000} \text{ dm}^3}$$

$$= 0.200 \text{ mol dm}^{-3}$$

(HKDSE, Paper 1A, 2016, 6)

答案：C

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按節練習 (頁138)

7 在一實驗中，用儀器 X 量度 25.0 cm^3 的 HCl(aq) 並把其置於儀器 Y 內，繼而以一標準 NaOH(aq) 對 Y 內的 HCl(aq) 進行滴定。列哪組合正確？

	X	Y
A	量筒	燒杯
B	量筒	錐形瓶
C	移液管	燒杯
D	移液管	錐形瓶

答案：D

(HKDSE, Paper 1A, 2015, 8)

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按節練習 (頁138)

指示： 第 8 和 9 題參考以下資料。
某 0.600 mol dm^{-3} 的 $H_2SO_4(aq)$ 樣本與 25.00 cm^3 的 1.02 mol dm^{-3} $Na_2CO_3(aq)$ 完全反應。

8 該 $H_2SO_4(aq)$ 樣本的體積是多少？

A 20.0 cm^3
B 42.5 cm^3
C 85.0 cm^3
D 125 cm^3

答案：B

題解：

$$\underset{\substack{0.600\ mol\ dm^{-3}\\ ?\ cm^3}}{H_2SO_4(aq)} + \underset{\substack{1.02\ mol\ dm^{-3}\\ 25.00\ cm^3}}{Na_2CO_3(aq)} \longrightarrow Na_2SO_4(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$$

25.00 cm^3 的溶液中 Na_2CO_3 的摩爾數 = 溶液的摩爾濃度 x 溶液的體積

$$= 1.02\ mol\ dm^{-3} \times \frac{25.00}{1\ 000}\ dm^3$$

$$= 0.0255\ mol$$

從方程式可知，要與 1 摩爾的 H_2SO_4 完全反應，需用 1 摩爾的 Na_2CO_3。

即是，酸樣本中 H_2SO_4 的摩爾數 = 0.0255 mol

$$\text{酸樣本的體積} = \frac{H_2SO_4\text{ 的摩爾數}}{\text{酸的摩爾濃度}}$$

$$= \frac{0.0255\ mol}{0.600\ mol\ dm^{-3}}$$

$$= 0.0425\ dm^3$$

$$= 42.5\ cm^3$$

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按節練習 (頁138)

9 所得硫酸鈉溶液的濃度是多少？

A $0.378\ mol\ dm^{-3}$
B $0.567\ mol\ dm^{-3}$
C $0.756\ mol\ dm^{-3}$
D $0.945\ mol\ dm^{-3}$

題解：

反應中生成的 Na_2SO_4 的摩爾數 $= 0.0255\ mol$

反應混合物的總體積 $= (25.00 + 42.5)\ cm^3$
$= 67.5\ cm^3$

$$Na_2SO_4 \text{ 溶液的濃度} = \frac{Na_2SO_4 \text{ 的摩爾數}}{\text{溶液的體積}}$$

$$= \frac{0.0255\ mol}{\frac{67.5}{1\ 000}\ dm^3}$$

$$= 0.378\ mol\ dm^{-3}$$

答案：A

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按節練習 (頁138)

10 下列哪對水溶液在混合後會具有最低的導電性？

A 20.0 cm^3 的 0.1 M HNO_3 和 20.0 cm^3 的 0.1 M KOH
B 20.0 cm^3 的 0.1 M H_2SO_4 和 20.0 cm^3 的 0.1 M $Ba(OH)_2$
C 20.0 cm^3 的 0.1 M CH_3COOH 和 20.0 cm^3 的 0.1 M NH_3
D 20.0 cm^3 的 0.1 M HCl 和20.0 cm^3 的 0.1 M $C_6H_{12}O_6$（葡萄糖）

(HKDSE, Paper 1A, 2014, 7)

答案：B

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按節練習 (頁138)

11 一名學生進行滴定，他用移液管把氫氧化 鈉溶液移放至錐形瓶內，並加入甲基橙試液，然後從滴定管加入氫氯酸，直至指示劑變色。

下列哪項會導致滴定值比應有的高？

題解：
只用水清洗滴定管會稀釋該氫氯酸，因此需用更多的氫氯酸來中和該氫氧化鈉溶液。

A 把氫氧化鈉溶液移放至錐形瓶前，用水清洗錐形瓶。
B 把氫氯酸注入滴定管前，用水清洗滴定管。
C 把氫氧化鈉溶液注入移液管前，用水清洗移液管。
D 多加數滴指示劑。

答案：B

(OCR Advanced Subsidiary Level, Chem. B (Salters), H033/01, Sample Question Paper, 2016, 9)

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按節練習 (頁138)

12 在某實驗中，把 10 cm^3 的 1 mol dm^{-3} 硫酸與 30 cm^3 的 1 mol dm^{-3} 氫氧化鉀溶液混合。

下列有關該實驗的陳述，何者正確？

(1) 有 0.01 摩爾的水生成。

(2) 所得混合物的 pH 值高於 7。

(3) 把水分從所得混合物中完全蒸發後，獲得純淨的硫酸鉀晶體。

A 只有 (1)
B 只有 (2)
C 只有 (1) 和 (3)
D 只有 (2) 和 (3)

題解：

$H_2SO_4(aq) + 2KOH(aq) \longrightarrow K_2SO_4(aq) + 2H_2O(l)$

1 mol dm^{-3} 10 cm^3 ; 1 mol dm^{-3} 30 cm^3

從方程式可知，要完全中和 1 摩爾的 H_2SO_4，需用 2 摩爾的 KOH。

即是，10 cm^3 的 1 mol dm^{-3} $H_2SO_4(aq)$ 需用 20 cm^3 的 1 mol dm^{-3} KOH(aq)。

(1) H_2SO_4 的摩爾數 = 溶液的摩爾濃度 x 溶液的體積

$= 1 \text{ mol } dm^{-3} \times \frac{10}{1\,000} dm^3$

$= 0.01 \text{ mol}$

從方程式可知，1 摩爾的 H_2SO_4 中和 KOH，生成 2 摩爾的 H_2O。

即是，生成 H_2O 的摩爾數 $= 2 \times 0.01 \text{ mol}$

$= 0.02 \text{ mol}$

(2) 10 cm^3 的 1 mol dm^{-3} KOH(aq) 仍未反應，因此所得混合物的 pH 值高於 7。

答案：B

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按節練習 (頁138)

13 在滴定實驗中，下列何者應只用去離子水清洗？

(1) 滴定管
(2) 錐形瓶
(3) 容量瓶

A 只有 (1)
B 只有 (2)
C 只有 (1) 和 (3)
D 只有 (2) 和 (3

題解：
(1) 應先用去離子水清洗滴定管，然後使用將會盛載的溶液清洗。

答案：D

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按節練習 (頁138)

第三部分 結構性問題

14 某濃硝酸樣本的密度是 1.41 g cm^{-3}，這液體所含 HNO_3 的質量百分率為 69.7%。

該濃硝酸的濃度是多少？

a) 以 g dm^{-3} 為單位；

b) 以 mol dm^{-3} 為單位。

（相對原子質量：H = 1.0，N = 14.0，O = 16.0）

1 000 cm^3 的樣本的質量 = 密度 x 體積

= 1.41 g cm^{-3} x 1 000 cm^3

= 1 410 g (1)

1 000 cm^3 樣本中 HNO_3 的質量 = 1 410 g x 69.7%

= 983 g

$$\text{硝酸的濃度} = \frac{\text{HNO}_3\text{ 的質量}}{\text{溶液的體積}}$$

$$= \frac{983\text{ g}}{1.00\text{ dm}^3}$$

= 983 g dm^{-3} (1)

HNO_3 的摩爾質量 = (1.0 + 14.0 + 3 x 16.0) g mol^{-1}

= 63.0 g mol^{-1}

$$\text{硝酸的濃度（以 mol dm}^{-3}\text{ 為單位）} = \frac{\text{硝酸的濃度（以 g dm}^{-3}\text{ 為單位）}}{\text{HNO}_3\text{ 的摩爾質量（以 g mol}^{-1}\text{ 為單位）}}$$

$$= \frac{983\text{ g dm}^{-3}}{63.0\text{ g mol}^{-1}}$$

= 15.6 mol dm^{-3} (1)

∴ 該濃硝酸的濃度是 983 g dm^{-3} 和 15.6 mol dm^{-3}。

按節練習 (頁138)

15 計算從濃度為 2.50 mol dm^{-3} 的碳酸鈉溶液製備 1.00 dm^3 的 0.120 mol dm^{-3} 溶液所需的水的體積。

假設稀釋過程需 V cm^3 的 2.50 mol dm^{-3} 碳酸鈉溶液。

（MV）稀釋前 =（MV）稀釋後，其中 M = 摩爾濃度，V = 體積

$$2.50 \times \frac{V}{1\,000} = 0.120 \times 1.00 \qquad (1)$$

$$V = 48.0 \qquad (1)$$

∴ 所加入的水的體積 = (1 000 − 48.0) cm^3

= 952 cm^3 (1)

∴ 需要加入 952 cm^3 的水來稀釋 48.0 cm^3 的 2.50 mol dm^{-3} 碳酸鈉溶液。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按節練習 (頁138)

16 35.0 cm^3 的 0.0420 mol dm^{-3} 氫氯酸經稀釋後，所得溶液的 pH 值為 2.09。計算所得溶液的總體積。

$pH_{稀釋後} = 2.09$

$[H^+(aq)]_{稀釋後} = 8.13 \times 10^{-3}$ mol dm^{-3} (1)

(MV)稀釋前 = (MV)稀釋後，其中 M = 摩爾濃度，V = 體積

$$0.0420 \times \frac{35.0}{1\ 000} = 8.13 \times 10^{-3} \times V \quad (1)$$

$$V = 0.181 \text{ dm}^3 \quad (1)$$

∴ 所得溶液的總體積是 0.181 dm^3。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按節練習 (頁138)

17 品牌 X 的潔廁劑含有硫酸，一名技術員要測定該潔廁劑中硫酸的濃度。該技術員用 2.60 mol dm^{-3} 氫氧化鈉溶液滴定多個 10.00 cm^3 的潔廁劑，所得結果顯示如下：

讀數(cm^3)	滴定號數			
	1	2	3	4
最終讀數	38.25	37.30	37.45	37.40
起始讀數	0.00	0.00	0.10	0.10
滴定值	38.25	37.30	37.35	37.30

該技術員認為平均滴定值是 37.32 cm^3。

a) 該技術員在計算平均滴定值時，沒有採納第一次滴定所得的結果。試解釋之。

b) 計算該潔廁劑中硫酸的摩爾濃度。

c) 解釋為甚麼涉及 2.60 mol dm^{-3} 氫氧化鈉溶液的滴定，不建議在學校實驗室進行。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按節練習 (頁138)

17 (續)

a) 以下任何一項：

- 只是用來找出滴定值範圍。 (1)
- 只是進行估算。 (1)
- 只是粗略滴定值。 (1)
- 與其他滴定值不一致。 (1)

b)

$H_2SO_4(aq) + 2NaOH(aq) \longrightarrow Na_2SO_4(aq) + 2H_2O(l)$

? mol dm^{-3} 2.60 mol dm^{-3}

10.0 cm^3 37.32 cm^3

37.32 cm^3 的溶液中 NaOH 的摩爾數 = 溶液的摩爾濃度 x 溶液的體積

$$= 2.60 \text{ mol dm}^{-3} \times \frac{37.32}{1\,000} \text{ dm}^3$$

$$= 0.0970 \text{ mol} \quad (1)$$

從方程式可知，要完全中和 1 摩爾的 H_2SO_4，需用 2 摩爾的 NaOH。

即是，10.0 cm_3 的潔廁劑中 H_2SO_4 的摩爾數 $= \frac{0.0970}{2}$ mol

$$= 0.0485 \text{ mol} \quad (1)$$

$$\text{潔廁劑中硫酸的濃度} = \frac{H_2SO_4 \text{ 的摩爾數}}{\text{溶液的體積}}$$

$$= \frac{0.0485 \text{ mol}}{\frac{10.0}{1\,000} \text{ dm}^3}$$

$$= 4.85 \text{ mol dm}^{-3} \quad (1)$$

∴ 該潔廁劑中硫酸的摩爾濃度是 4.85 mol dm^{-3}。

按節練習 (頁138)

17 (續)

c) 該氫氧化鈉溶液具腐蝕性，(1)
會傷害眼睛 / 燒傷皮膚。(1)

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按節練習 (頁138)

18 兩名學生分別獲提供水合碳酸鈉 ($Na_2CO_3 \cdot xH_2O$) 樣本，他們要測定 x 的值。為此，他們從該水合碳酸鈉製備250.0 cm^3 的溶液。

a) 其中一名學生提議用以下方法來製備該溶液，她的筆記摘要如下：

- 把水合碳酸鈉置於燒杯內，並加入 250.0 cm^3 的去離子水。
- 攪拌混合物，直至所有碳酸鈉溶解。
- 把溶液倒入 250.0 cm^3 的容量瓶並搖勻。

教師指出以上方法不正確。提出該學生應對所用方法作出的兩項修改。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按節練習 (頁138)

18 (續)

a) 以下任何兩項：

- 起初時加入較少量的水。 (1)
- 以去離子水充分清洗燒杯、玻璃棒和漏斗，把所有洗液倒入容量瓶內。 (1)
- 用滴管加入去離子水，令去離子水的彎液面底部與瓶頸上的刻度處於同一水平。 (1)

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按節練習 (頁138)

18 (續)

b) 另一名學生以正確的方法，從 14.31 g 的水合碳酸鈉製備 250.0 cm^3 的溶液， 然後用 0.215 mol dm^{-3} 硫酸滴定多個 25.00 cm^3 的該溶液。平均滴定值是 23.25 cm^3。

i) 舉出一種合適的指示劑，並指出達到滴定終點時預期的顏色變化。

ii) 計算 *x* 的值。

（相對原子質量：H = 1.0，C = 12.0，O = 16.0，Na = 23.0）

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按節練習 (頁138)

18 (續)

b)

i) 甲基橙 (1)

由黃色變成橙色 (1)

ii) $Na_2CO_3(aq) + H_2SO_4(aq) \longrightarrow Na_2SO_4(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$

14.31 g — 0.215 mol dm^{-3}

↓ 23.25 cm^3

250.0 cm^3

↓

(使用) 25.00 cm^3

23.25 cm^3 的溶液中 H_2SO_4 的摩爾數 = 溶液的摩爾濃度 x 溶液的體積

$= 0.215 \text{ mol } dm^{-3} \times \frac{23.25}{1\ 000} dm^3$

$= 0.00500 \text{ mol}$ (1)

從方程式可知，要與 1 摩爾的 Na_2CO_3 完全反應，需用 1 摩爾的 H_2SO_4。

即是，25.00 cm^3 的溶液中 Na_2CO_3 的摩爾數 = 0.00500 mol (1)

250.0 cm^3 的溶液中 Na_2CO_3 的摩爾數 = 10 x 0.00500 mol

= 0.0500 mol

= 14.31 g 的水合碳酸鈉中 Na_2CO_3 的摩爾數

$Na_2CO_3 \cdot xH_2O$ 的摩爾質量 $= (2 \times 23.0 + 12.0 + 3 \times 16.0 + 18x) \text{ g mol}^{-1}$

$= (106.0 + 18x) \text{ g mol}^{-1}$

$\frac{Na_2CO_3 \cdot xH_2O \text{ 的質量}}{Na_2CO_3 \cdot xH_2O \text{ 的摩爾質量}} = \frac{14.31 \text{ g}}{(106.0 + 18x) \text{ g mol}^{-1}} = 0.0500 \text{ mol}$ (1)

$x = 10$ (1)

∴ x 的值是 10。

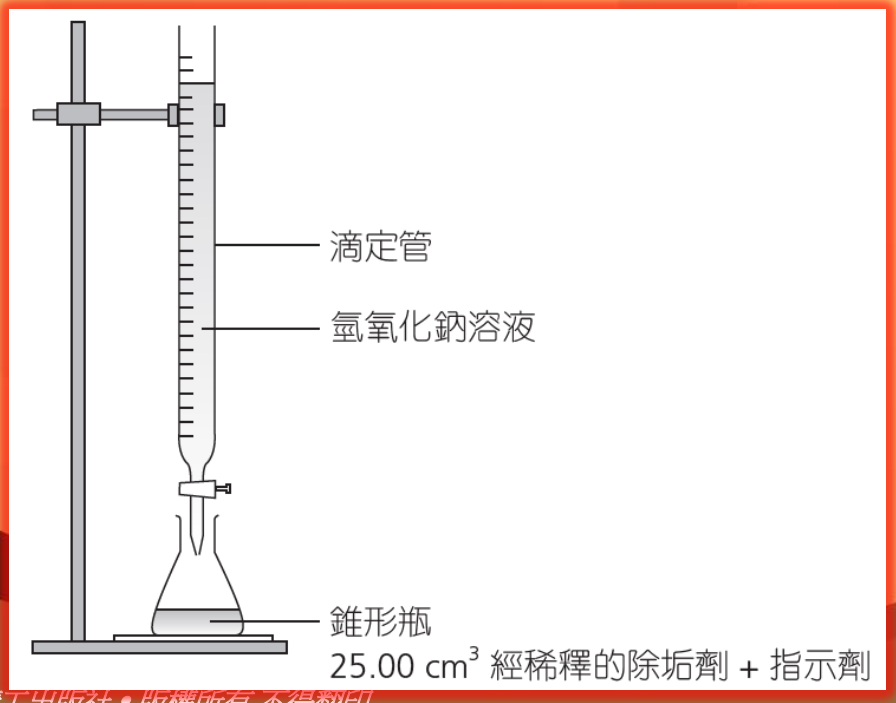
按節練習 (頁138)

19 「魔法水」是市面其中一個品牌的水煲除垢劑。檸檬酸($H_3C_6H_5O_7$)是其中唯一的酸性物質，也是其有效成分。

一瓶「魔法水」盛有100 cm^3 的液體，進行以下實驗以測定除垢劑內檸檬酸的濃度。

用去離子水把 25.00 cm^3 的除垢劑稀釋至250.0 cm^3，然後用 0.420 mol dm^{-3} NaOH(aq) 滴定多個 25.00 cm^3 經稀釋的除垢劑。

a) 繪出該滴定實驗所用裝置的標示圖。



(2)

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按節練習 (頁138)

19 (續)

b) 滴定結果如下表所示：

讀數(cm^3)	滴定號數			
	1	2	3	4
最終讀數	28.20	26.40	26.45	26.55
起始讀數	0.05	0.00	0.05	0.10

i) 選取恰當的結果，計算平均滴定值。

ii) 檸檬酸根據以下方程式與NaOH(aq) 反應：

$H_3C_6H_5O_7(aq) + 3NaOH(aq) \longrightarrow Na_3C_6H_5O_7(aq) + 3H_2O(l)$

計算在未經稀釋的除垢劑中檸檬酸的濃度。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按節練習 (頁138)

19 (續)

b)

i) 平均滴定值 $= \frac{26.40 + 26.40 + 26.45}{3}\ cm^3$

$= 26.42\ cm^3$ (1)

ii) $H_3C_6H_5O_7(aq) + 3NaOH(aq) \longrightarrow Na_3C_6H_5O_7(aq) + 3H_2O(l)$

$25.00\ cm^3$ $0.420\ mol\ dm^{-3}$

$26.42\ cm^3$

↓

$250.0\ cm^3$

↓

(使用) $25.00\ cm^3$

$26.42\ cm^3$ 的溶液中 NaOH 的摩爾數 = 溶液的摩爾濃度 x 溶液的體積

$= 0.420\ mol\ dm^{-3} \times \frac{26.42}{1\ 000}\ dm^3$

$= 0.0111\ mol$ (1)

從方程式可知，要完全中和 1 摩爾的檸檬酸，需用 3 摩爾的 NaOH。

即是，$25.00\ cm^3$ 經稀釋的除垢劑中檸檬酸的摩爾數 $= \frac{0.0111}{3}\ mol = 3.70 \times 10^{-3}\ mol$ (1)

$250.0\ cm^3$ 經稀釋的除垢劑中檸檬酸的摩爾數

$= 10 \times 3.70 \times 10^{-3}\ mol$

$= 3.70 \times 10^{-2}\ mol$

= $25.00\ cm^3$ 未經稀釋的除垢劑中檸檬酸的摩爾數

未經稀釋的除垢劑中檸檬酸的濃度 $= \frac{\text{檸檬酸的摩爾數}}{\text{溶液的體積}}$

$= \frac{3.70 \times 10^{-2}\ mol}{\frac{25.00}{1\ 000}\ dm^3}$

$= 1.48\ mol\ dm^{-3}$ (1)

∴ 未經稀釋的除垢劑中檸檬酸的濃度是 $1.48\ mol\ dm^{-3}$。

• 版權所有 不得翻印

按節練習 (頁138)

19 (續)

c) 評論通過以下程序來製備 0.420 mol dm^{-3} NaOH(aq) 是否恰當：
「稱取一個固體氫氧化鈉樣本，把它溶於去離子水中，並製成一個已知體積的溶液。」

不恰當。因為氫氧化鈉迅速吸收空氣中的水分 / 二氧化碳 / 酸性氣體。 (1)

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按節練習 (頁138)

20 乙醇酸（$CH_2OHCOOH$）廣泛用於護膚美容產品。它是一個非常溶於水的結晶狀固體。

一名學生進行以下實驗，以測定某乙醇酸溶液的濃度。

步驟 1 用去離子水把 25.00 cm^3 的酸溶液稀釋至 250.0 cm^3。

步驟 2 把 25.00 cm^3 的稀釋溶液放在錐形瓶中，並加入數滴酚酞試液。把 0.300 mol dm^{-3} 氫氧化鈉溶液從滴定管加入錐形瓶中。要加入 25.60 cm^3 的氫氧化鈉溶液來達到滴定的終點。

a) 描述應如何以適當的儀器進行*步驟 1* 的稀釋過程。

利用移液管膠泵把酸溶液吸入 25.00 cm^3 的移液管，彎液面底部要與移液管上的刻度處於同一水平。 (1)

把 25.00 cm^3 的酸溶液移放至一個 250.0 cm^3 的容量瓶內。 (1)

加入去離子水，令去離子水的彎液面底部與瓶頸上的刻度處於同一水平。 (1)

蓋上瓶塞，把容量瓶倒置數次，充分搖勻瓶內的溶液。 (1)

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按節練習 (頁138)

20 (續)

b) 寫出酚酞試液於滴定終點的顏色變化。

由無色變成粉紅色 (1)

c) 建議另一種測試滴定終點的方法，而不需使用任何酸鹼指示劑。

以下任何一項：

- 量度溶液的 pH 值。 (1)
- 量度混合溶液的溫度。 (1)

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按節練習 (頁138)

20 (續)

d) 乙醇酸與氫氧化鈉溶液依以下方程式進行反應：

$CH_2OHCOOH(aq) + NaOH(aq) \longrightarrow CH_2OHCOO^-Na^+(aq) + H_2O(l)$

計算乙醇酸溶液的濃度。

$CH_2OHCOOH(aq) + NaOH(aq) \longrightarrow CH_2OHCOO^-Na^+(aq) + H_2O(l)$

$25.00\ cm^3$ $0.300\ mol\ dm^{-3}$

$25.60\ cm^3$

$\downarrow$

$250.0\ cm^3$

$\downarrow$

(使用) $25.00\ cm^3$

$25.60\ cm^3$ 的溶液中 NaOH 的摩爾數 = 溶液的摩爾濃度 x 溶液的體積

$$= 0.300\ mol\ dm^{-3} \times \frac{25.60}{1\ 000}\ dm^3$$

$$= 7.68 \times 10^{-3}\ mol \quad (1)$$

從方程式可知，要完全中和 1 摩爾的 $CH_2OHCOOH$，需用 1 摩爾的 NaOH。

即是，$25.00\ cm^3$ 的稀釋溶液中 $CH_2OHCOOH$ 的摩爾數 $= 7.68 \times 10^{-3}\ mol$ (1)

$250.0\ cm^3$ 的稀釋溶液中 $CH_2OHCOOH$ 的摩爾數

$= 10 \times 7.68 \times 10^{-3}\ mol$

$= 7.68 \times 10^{-2}\ mol$

= $25.00\ cm^3$ 的未經稀釋溶液中 $CH_2OHCOOH$ 的摩爾數

$$\text{乙醇酸溶液的濃度} = \frac{\text{乙醇酸的摩爾數}}{\text{溶液的體積}}$$

$$= \frac{7.68 \times 10^{-2}\ mol}{\frac{25.00}{1\ 000}\ dm^3}$$

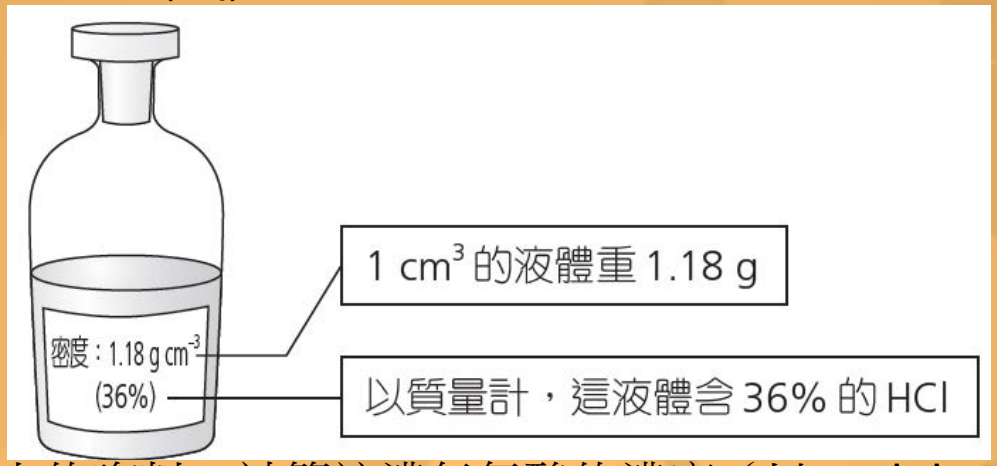
$$= 3.07\ mol\ dm^{-3} \quad (1)$$

∴ 該乙醇酸溶液的濃度是 $3.07\ mol\ dm^{-3}$。

按節練習 (頁138)

香港公開考試試題答案從略 (如適用)。

21 一瓶子濃氫氯酸 HCl(aq) 如下所示：



a) 根據該標籤上的資料，計算這濃氫氯酸的濃度（以 mol dm^{-3} 為單位）。

b) 一名實驗室技術員為找出這濃酸的濃度，首先從瓶子抽出 10.00 cm^3 的濃酸樣本，並在容量瓶中把它稀釋至 100.0 cm^3。繼而用這經稀釋的酸樣本來滴定置於錐形瓶內的標準碳酸鈉溶液，並以甲基橙為指示劑。10.00 cm^3 的 1.06 mol dm^{-3} 碳酸鈉溶液需 20.30 cm^3 的該經稀釋的酸樣本來達到終點。

i) 簡述製備一個標準碳酸鈉溶液的步驟。

ii) 利用滴定結果，計算瓶子中的濃氫氯酸的濃度（以 mol dm^{-3} 為單位）。

c) 提出一個可能原因，說明為甚麼從上面 (b)(ii) 所得的瓶子中的濃氫氯酸的濃度會小於從(a) 中所得者。

(HKDSE, Paper 1B, 2014, 7)

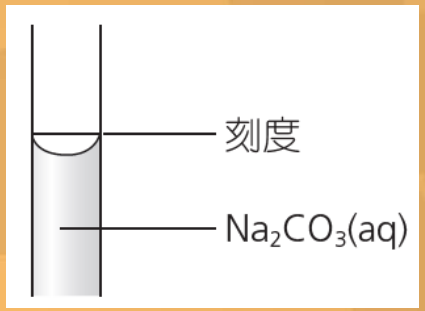
精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按節練習 (頁138)

22 一名學生依照下列步驟測定某硫酸樣本的濃度。

步驟 1 用去離子水清洗錐形瓶。

步驟 2 先用去離子水，再用標準$Na_2CO_3(aq)$ 清洗 25.00 cm3 的移液管，然後把標準 $Na_2CO_3(aq)$ 注入移液管至圖中所示的位置。



步驟 3 把移液管中的標準$Na_2CO_3(aq)$ 移送至錐形瓶。為了確保把全部溶液移送，該學生從移液管吹進一口氣。

步驟 4 把數滴合適的指示劑加進錐形瓶內。

步驟 5 先用去離子水，再用硫酸樣本清洗滴定管，然後利用漏斗把該硫酸樣本注入滴定管。

步驟 6 讓漏斗留在滴定管頂部，進行滴定。

在*步驟 2* 、*3* 和 *6* 中，該學生沒有跟從可接受的做法。

a) 辨識在*步驟 3* 中錯誤的做法，並提出一項能提高結果的有效性的改變。

b) 分別寫出為甚麼在*步驟 2* 和 *6* 中錯誤的做法會導致不準確的滴定結果。

c) 為該滴定提出一種合適的指示劑，並寫出達到終點時預期的顏色變化。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按節練習 (頁138)

22 (續)

a) 錯誤：從移液管吹進一口氣。 (1)
改變：把移液管的末端觸碰錐形瓶的內壁，讓溶液流出。 (1)

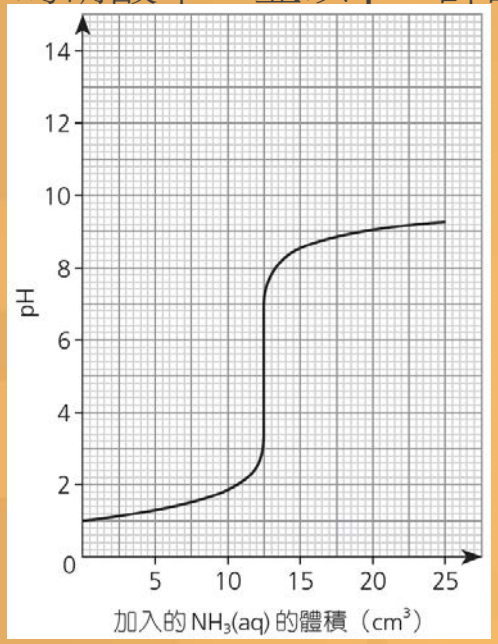
b) *步驟 2* $Na_2CO_3(aq)$ 的彎液面底部沒有達致移液管上刻度的水平，所以移液管含有較少摩爾數的Na_2CO_3，令所用的酸的體積（從滴定管讀數顯示）較實際所需的小。 (1)
步驟 6 附在漏斗柄的硫酸滴可能會滴入滴定管中，令所用的酸的體積（從滴定管讀數顯示）較真確值小。 (1)

c) 甲基橙試液 (1)
由黃色變成橙色 (1)

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按節練習 (頁138)

23 一名學生探究硝酸和氨水反應時 pH 值的變化，他把氨水慢慢加入 25.00 cm^3 的硝酸中，並以 pH 計記錄該溶液混合物的 pH 值，所得結果如下圖所示。



c) 以下任何一項：
- 量度更準確 (1)
- 可收集連續的數據 (1)
- 可自動繪圖 (1)

a) 寫出量度 25.00 cm^3 的硝酸所用儀器的名稱。 移液管 (1)

b) 從坐標圖求出加入氨水前硝酸的 pH 值，並計算硝酸的濃度。硝酸的 pH 值 = 1.00
$[H^+(aq)] = 10^{-1.00}$ (1)
$= 0.100\ mol\ dm^{-3}$ (1)

c) 該學生也可用通用指示劑溶液來探究 pH 值的變化。
提出以 pH 計探究 pH 值變化的一項好處。

d) i) 寫出「當量點」的定義。 酸和鹼剛好中和的那一點稱為當量點。 (1)

ii) 寫出在當量點時加入的氨水的體積。 12.5 cm^3 (1)

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按節練習 (頁138)

24 把氫氧化鋇溶液加入稀硫酸可用來製備硫酸鋇，該反應的化學方程式顯示如下：

$H_2SO_4(aq) + Ba(OH)_2(aq) \longrightarrow BaSO_4(s) + 2H_2O(l)$

一名學生探究加入氫氧化鋇溶液時，稀硫酸的導電性的變化。

以下是她採用的方法。

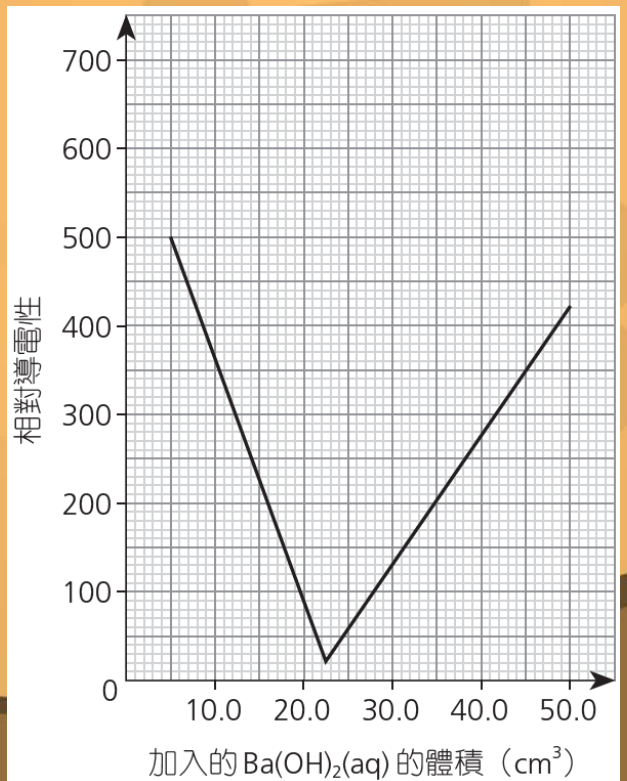
步驟 1 把 25.0 cm^3 的稀硫酸置於錐形瓶內。

步驟 2 每次加入 5.0 cm^3 的氫氧化鋇溶液，共加入 50.0 cm^3。

步驟 3 每次加入氫氧化鋇溶液後，攪拌混合物。

步驟 4 每次加入氫氧化鋇溶液後，用電導計量度該混合物的導電性。

所得結果如下圖所示。



精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按節練習 (頁138)

24 (續)

a) i) 從坐標圖求出加入氫氧化鋇溶液前，稀硫酸的相對導電性。
在坐標圖上使用外推法 630–640 (1)

ii) 解釋為甚麼稀硫酸能導電。
稀硫酸含有可自由流動的離子。 (1)

b) i) 該混合物的相對導電性最低時，所加入的氫氧化鋇溶液的體積是多少？
22.5 cm^3 (1)

ii) 指出為甚麼相對導電性會接近零。
溶液中沒有可溶的離子物質。 (1)

c) 氫氧化鋇溶液的濃度是 1.20 mol dm^{-3}，稀硫酸的濃度是多少？

$Ba(OH)_2(aq)$ + $H_2SO_4(aq)$
1.20 mol dm^{-3} ? mol dm^{-3}
22.5 cm^3 25.0 cm^3
$\longrightarrow$ $BaSO_4(s)$ + $2H_2O(l)$

22.5 cm^3 的溶液中 $Ba(OH)_2$ 的摩爾數
= 溶液的摩爾濃度 x 溶液的體積
$= 1.20 \text{ mol } dm^{-3} \times \frac{22.5}{1\,000} dm^3$
= 0.0270 mol (1)

從方程式可知，要完全中和 1 摩爾的 H_2SO_4，需用 1 摩爾的 $Ba(OH)_2$。

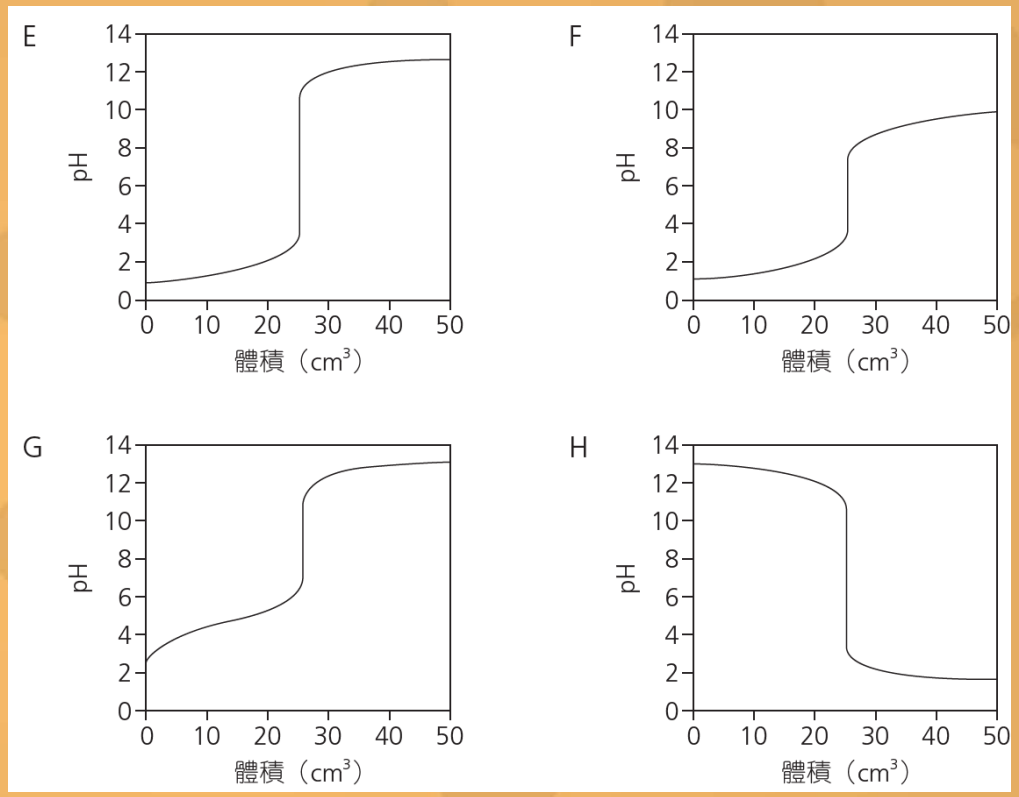
即是，H_2SO_4 的摩爾數 = 0.0270 mol (1)

$$\text{稀硫酸的濃度} = \frac{H_2SO_4 \text{ 的摩爾數}}{\text{溶液的體積}}$$
$$= \frac{0.0270 \text{ mol}}{\frac{25.0}{1\,000} dm^3}$$
$= 1.08 \text{ mol } dm^{-3}$ (1)

∴ 稀硫酸的濃度是 1.08 mol dm^{-3}。

按節練習 (頁138)

25 不同的酸鹼水溶液組合所產生的滴定曲線 E、F、G 和 H 如下圖所示。所有溶液的濃度均為 0.1 mol dm^{-3}。



a) 從曲線 E、F、G 和 H，選出能表示下列各滴定的曲線：

i) 把氫氧化鈉溶液加入 25 cm^3 的乙酸中；G (1)

ii) 把氨水加入 25 cm^3 的氫溴酸中；F (1)

iii) 把氫氯酸加入 25 cm^3 的氫氧化鉀溶液中。H (1)

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按節練習 (頁138)

25 (續)

b) 下表列出一些酸鹼指示劑的資料。

指示劑	pH 範圍	pH 值較低時的顏色	pH 值較高時的顏色
五甲氧基紅	1.2–3.2	紫色	無色
萘紅	3.7–5.0	紅色	黃色
4- 硝基苯酚	5.6–7.0	無色	黃色
甲酚紫	7.6–9.2	黃色	紫色

i) 表中哪種指示劑可用於曲線E 所表示的滴定，但不能用於曲線 F 所表示的滴定？
甲酚紫 (1)

ii) 如果把萘紅用於曲線 H 所表示的滴定，達到滴定終點時，萘紅有甚麼顏色變化？
由黃色變成紅色 (1)

(AQA Advanced Level, Unit 4, Jun. 2015, 3)

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按節練習 (頁138)

26 某制酸劑中唯一的有效成分是氫氧化鎂。為測定該制酸劑中氫氧化鎂的量，一名學生把一片制酸劑溶於 20.0 cm^3 的 1.00 mol dm^{-3} 硫酸中，然後用去離子水把溶液稀釋至 250.0 cm^3。他用 0.120 mol dm^{-3} NaOH(aq) 滴定多個 25.00 cm^3 經稀釋的溶液，並使用適當的指示劑，平均需加入 18.50 cm^3 的 NaOH(aq) 來達到滴定的終點。

a) 寫出氫氧化鎂與稀硫酸反應的化學方程式。

b) 舉出一種適用於該滴定的指示劑，並寫出達到滴定終點時預期的顏色變化。

c) 從滴定結果，計算 25.00 cm^3 的稀釋溶液中剩餘的硫酸的摩爾數。

d) 計算溶解一片制酸劑所需的硫酸的摩爾數。

e) 由此，計算一片制酸劑中氫氧化鎂的質量。
（$Mg(OH)_2$ 的摩爾質量 = 58.3 g mol^{-1}）

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按節練習 (頁138)

26 某制酸劑中唯一的有效成分是氫氧化鎂。為測定該制酸劑中氫氧化鎂的量，一名學生把一片制酸劑溶於 20.0 cm^3 的 1.00 mol dm^{-3} 硫酸中，然後用去離子水把溶液稀釋至 250.0 cm^3。他用 0.120 mol dm^{-3} NaOH(aq) 滴定多個 25.00 cm^3 經稀釋的溶液，並使用適當的指示劑，平均需加入 18.50 cm^3 的 NaOH(aq) 來達到滴定的終點。

a) 寫出氫氧化鎂與稀硫酸反應的化學方程式。

b) 舉出一種適用於該滴定的指示劑，並寫出達到滴定終點時預期的顏色變化。

c) 從滴定結果，計算 25.00 cm^3 的稀釋溶液中剩餘的硫酸的摩爾數。

d) 計算溶解一片制酸劑所需的硫酸的摩爾數。

e) 由此，計算一片制酸劑中氫氧化鎂的質量。
（$Mg(OH)_2$ 的摩爾質量 = 58.3 g mol^{-1}）

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按節練習 (頁138)

26 (續)

a) $Mg(OH)_2(s) + H_2SO_4(aq) \longrightarrow MgSO_4(aq) + 2H_2O(l)$

b) 以下任何一項：

- 甲基橙試液 — 由紅色變成橙色 (1 + 1)
- 酚酞試液 — 由無色變成粉紅色 (1 + 1)

c) $2NaOH(aq) + H_2SO_4(aq) \longrightarrow Na_2SO_4(aq) + 2H_2O(l)$

$0.120\ mol\ dm^{-3}$

$18.50\ cm^3$ $25.00\ cm^3$

$18.50\ cm^3$ 的溶液中 NaOH 的摩爾數 = 溶液的摩爾濃度 x 溶液的體積

$$= 0.120\ mol\ dm^{-3} \times \frac{18.50}{1\ 000}\ dm^3$$

$$= 2.22 \times 10^{-3}\ mol \quad (1)$$

從方程式可知，要完全中和 1 摩爾的 H_2SO_4，需用 2 摩爾的 NaOH。

即是，$25.00\ cm^3$ 的稀釋溶液中剩餘的硫酸的摩爾數 $= \frac{2.22 \times 10^{-3}}{2}\ mol$

$$= 1.11 \times 10^{-3}\ mol \quad (1)$$

按節練習 (頁138)

26 (續)

d) 使用的 H_2SO_4 的摩爾數 = 溶液的摩爾濃度 x 溶液的體積

$$= 1.00 \text{ mol dm}^{-3} \times \frac{20.0}{1\ 000} \text{ dm}^3$$

$$= 0.0200 \text{ mol}$$

250.0 cm^3 的稀釋溶液中剩餘的硫酸的摩爾數 $= 10 \times 1.11 \times 10^{-3}$ mol

$= 1.11 \times 10^{-2}$ mol

溶解一片制酸劑所需的 H_2SO_4 的摩爾數 $= (0.0200 - 1.11 \times 10^{-2})$ mol

$= 8.90 \times 10^{-3}$ mol (1)

e) 從 (a) 的方程式可知，要完全中和 1 摩爾的 $Mg(OH)_2$，需用 1 摩爾的 H_2SO_4。

即是，一片制酸劑中 $Mg(OH)_2$ 的摩爾數 $= 8.90 \times 10^{-3}$ mol

一片制酸劑中 $Mg(OH)_2$ 的質量 = 摩爾數 x 摩爾質量

$= 8.90 \times 10^{-3}$ mol $\times 58.3$ g mol^{-1}

$= 0.519$ g (1)

∴ 一片制酸劑中氫氧化鎂的質量是 0.519 g。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按節練習 (頁138)

27 金屬 M 的一種氧化物的化學式是 MO。3.924 g 的該氧化物完全溶於 30.0 cm^3 的 2.00 mol dm^{-3} 硫酸中，製成 100.0 cm^3 的溶液。25.00 cm^3 的該溶液被 27.50 cm^3 的 0.100 mol dm^{-3} 氫氧化鈉溶液完全中和。

a) 寫出涉及的兩項中和作用的化學方程式。

b) 從滴定結果，計算與該氧化物反應後剩餘的硫酸的量。

c) 計算起始時用於溶解該氧化物的硫酸的量。

d) 由此，計算金屬M 的相對原子質量，並辨認該金屬（可參考週期表）。

（相對原子質量：O = 16.0）

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按節練習 (頁138)

27 (續)

a) $MO(s) + H_2SO_4(aq) \longrightarrow MSO_4(aq) + H_2O(l)$

$H_2SO_4(aq) + 2NaOH(aq) \longrightarrow Na_2SO_4(aq) + 2H_2O(l)$

b)

$$\underset{\substack{100.0\ cm^3\\ \downarrow\\ (使用)25.00\ cm^3}}{H_2SO_4(aq)} + \underset{\substack{0.100\ mol\ dm^{-3}\\ 27.50\ cm^3}}{2NaOH(aq)} \longrightarrow Na_2SO_4(aq) + 2H_2O(l)$$

$27.50\ cm^3$ 的溶液中 NaOH 的摩爾數 = 溶液的摩爾濃度 x 溶液的體積

$$= 0.100\ mol\ dm^{-3} \times \frac{27.50}{1\ 000}\ dm^3$$

$$= 2.75 \times 10^{-3}\ mol \quad (1)$$

從方程式可知，要完全中和 1 摩爾的 H_2SO_4，需用 2 摩爾的 NaOH。

即是，$25.00\ cm^3$ 的溶液中 H_2SO_4 的摩爾數 $= \frac{2.75 \times 10^{-3}}{2}\ mol$

$$= 1.375 \times 10^{-3}\ mol$$

$100.0\ cm^3$ 的溶液中 H_2SO_4 的摩爾數 $= 4 \times 1.375 \times 10^{-3}\ mol$

$$= 5.50 \times 10^{-3}\ mol$$

= 與該氧化物反應後剩餘的 H_2SO_4 的摩爾數 (1)

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按節練習 (頁138)

27 (續)

c) 使用的 H_2SO_4 的摩爾數 = 溶液的摩爾濃度 x 溶液的體積

$$= 2.00 \text{ mol dm}^{-3} \times \frac{30.0}{1\ 000} \text{ dm}^3$$

$$= 0.0600 \text{ mol} \quad (1)$$

d) 與該氧化物反應的 H_2SO_4 的摩爾數 = $(0.0600 - 5.50 \times 10^{-3})$ mol

$$= 0.0545 \text{ mol}$$

從 (a) 的方程式可知，要完全中和 1 摩爾的 MO，需用 1 摩爾的 H_2SO_4。

即是，3.924 g 的該氧化物中 MO 的摩爾數 = 0.0545 mol

$$0.0545 \text{ mol} = \frac{3.924 \text{ g}}{\text{MO 的摩爾質量}} \quad (1)$$

MO 的摩爾質量 = 72.0 g mol^{-1}

M 的相對原子質量 = 72.0 − 16.0

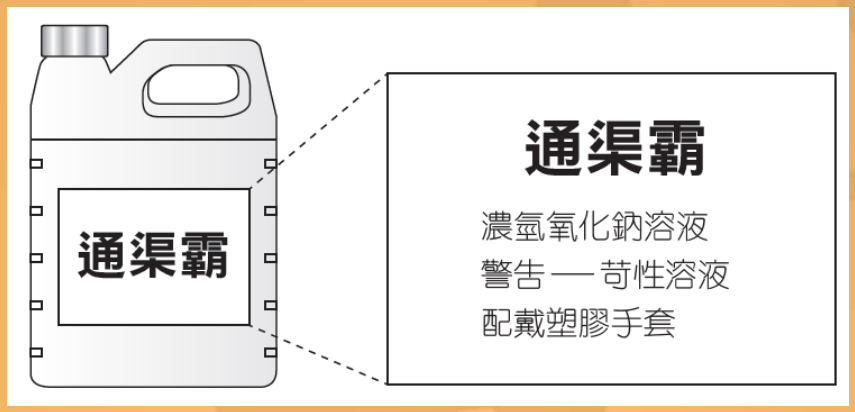
= 56.0 (1)

∴ 該金屬是鐵。 (1)

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按節練習 (頁138)

28 「通渠霸」用於清理管道的淤塞物及油脂，其所含的主要化學物質為氫氧化鈉。



a) 一名學生設計一項實驗，以測定「通渠霸」中氫氧化鈉溶液的濃度。老師須把「通渠霸」稀釋，方可交給該學生使用。試解釋之。

b) 該學生要測定與已知體積經稀釋的「通渠霸」反應所需的氫氯酸的體積。

描述該學生如何以滴定進行這實驗。

在你的描述中，須包括：

- 所用儀器的名稱；及
- 所用物質的名稱。

(AQA GCSE (Higher Tier), Further Additional Science, Unit 2, Chem. 3, Specimen paper, 2)

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按節練習 (頁138)

28 (續)

「通渠霸」是濃氫氧化鈉溶液，會傷害皮膚。 (1)
所以，須把它稀釋使其可在實驗中安全使用。

b) 步驟

- 用去離子水清洗滴定管，然後用氫氯酸清洗。
- 把酸注入滴定管，記錄滴定管的起始讀數。
- 用去離子水清洗移液管，然後用經稀釋的「通渠霸」清洗。
- 用移液管量度 25.00 cm^3 的經稀釋的「通渠霸」，並小心移放至錐形瓶內。
- 把數滴酚酞試液 / 甲基橙試液加入錐形瓶，把錐形瓶放在白瓦片上及滴定管下。 (1)
- 把滴定管內的酸加入經稀釋的「通渠霸」，直至指示劑變成無色 / 橙色，表示鹼已被中和。記錄滴定管的最終讀數。 (1)
- 重複滴定，直至得到三個一致的滴定值。 (1)

風險評估的例子

配戴安全眼鏡來保護眼睛，因為

- 氫氯酸具腐蝕性 / 刺激性；或 (1)
- 氫氧化鈉具腐蝕性。 (1)

傳意分數 (1)

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按節練習 (頁138)

註： 題目按難度由淺至深（ 1 至5 級）分類：

題目以3 級或以上程度為目標；

題目以4 級或以上程度為目標；

題目以5 級程度為目標。

「 * 」顯示有效的傳意可取一分。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按章練習 (頁149)

第一部分 多項選擇題

1 下列的陳述，何者正確？

A 所有水溶液均含 $H^+(aq)$ 離子。
B 所有酸溶液的 pH 均大於零。
C 所有酸性化合物均含氫為其組成元素。
D 在所有含酸溶液的試劑瓶上均須張貼「腐蝕性」危險警告標籤。

(HKDSE, Paper 1A, 2015, 1)

答案：A

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按章練習 (頁149)

2 40.0 cm^3 的碳酸鈉溶液含有 1.00×10^{-2} 摩爾的鈉離子。該溶液的摩爾濃度是多少？

A 1.00×10^{-4} mol dm^{-3}
B 1.25×10^{-4} mol dm^{-3}
C 1.00×10^{-1} mol dm^{-3}
D 1.25×10^{-1} mol dm^{-3}

題解：

1 摩爾的 Na_2CO_3 含有 2 摩爾的 Na^+ 離子。

$$\text{該溶液中 } Na_2CO_3 \text{ 的摩爾數} = \frac{1.00 \times 10^{-2}}{2} \text{ mol}$$
$$= 5.00 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\text{該溶液的摩爾濃度} = \frac{Na_2CO_3 \text{ 的摩爾數}}{\text{溶液的體積}}$$
$$= \frac{5.00 \times 10^{-3} \text{ mol}}{\frac{40.0}{1\,000} \text{ dm}^3}$$
$$= 1.25 \times 10^{-1} \text{ mol dm}^{-3}$$

答案：D

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按章練習 (頁149)

3 把 100.0 cm^3 的 0.200 mol dm^{-3} KCl(aq) 與 150.0 cm^3 的 0.200 mol dm^{-3} K_2SO_4(aq) 混合，溶液混合物中 K^+ 離子的濃度是多少？

A 0.120 mol dm^{-3}
B 0.200 mol dm^{-3}
C 0.250 mol dm^{-3}
D 0.320 mol dm^{-3}

題解：

1 摩爾的 KCl 含有 1 摩爾的 K^+ 離子。

KCl(aq) 中 K^+ 離子的摩爾數 $= 0.200 \text{ mol dm}^{-3} \times \frac{100.0}{1\,000} \text{ dm}^3$
$= 0.0200 \text{ mol}$

1 摩爾的 K_2SO_4 含有 2 摩爾的 K^+ 離子。

K_2SO_4(aq) 中 K^+ 離子的摩爾數
$= 2 \times 0.200 \text{ mol dm}^{-3} \times \frac{150.0}{1\,000} \text{ dm}^3$
$= 0.0600 \text{ mol}$

K^+ 離子的總摩爾數 $= (0.0200 + 0.0600) \text{ mol} = 0.0800 \text{ mol}$

所得混合物的總體積 $= (100.0 + 150.0) \text{ cm}^3 = 250.0 \text{ cm}^3$

所得混合物中 K^+ 離子的濃度 $= \frac{0.0800 \text{ mol}}{\frac{250.0}{1\,000} \text{ dm}^3}$
$= 0.320 \text{ mol dm}^{-3}$

答案：D

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按章練習 (頁149)

4 考慮下列 W、X、Y 和 Z 等溶液：

W: 100 cm^3 的 0.20 M $HNO_3(aq)$
X: 50 cm^3 的 0.20 M $HCl(aq)$
Y: 100 cm^3 的 0.20 M $CH_3CO_2H(aq)$
Z: 50 cm^3 的 0.10 M $NaOH(aq)$

下列哪陳述正確？

A Y 的 pH 等於 –log 0.2。
B 把 W 和 Z 混合後得出一中性溶液。
C W 和 X 的混合物的 pH 較 W 的為低。
D W 和 X 的混合物的 pH 較 X 和Y 的混合物的為低。

(HKDSE, Paper 1A, 2018, 11)

答案：D

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按章練習 (頁149)

5 下列有關氫氧化鉀溶液的陳述，何者不正確？

A 把氫氧化鉀溶液加進硫酸鐵(III) 溶液時，有污綠色沉澱生成。
B 把氫氧化鉀溶液與氯化銨溶液共熱時，有氨氣釋出。
C 稀氫氧化鉀溶液含 $K^+(aq)$ 離子、$H^+(aq)$ 離子和 $OH^-(aq)$ 離子。
D 濃氫氧化鉀溶液帶腐蝕性。

(HKDSE, Paper 1A, 2013, 9)

答案：A

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按章練習 (頁149)

6 要完全中和 1.49 g 的氧化鋰，需要多少體積的 0.800 mol dm^{-3} 氫氯酸？
（相對原子質量：Li = 6.9，O = 16.0）

A 50.0 cm^3
B 62.5 cm^3
C 100.0 cm^3
D 125.0 cm^3

題解：

$$\underset{1.49\ g}{Li_2O(s)} + \underset{0.800\ mol\ dm^{-3}}{2HCl(aq)} \longrightarrow 2LiCl(aq) + H_2O(l)$$

Li_2O 的摩爾質量 $= (2 \times 6.9 + 16.0)\ g\ mol^{-1}$
$= 29.8\ g\ mol^{-1}$

$$Li_2O \text{ 的摩爾數} = \frac{\text{質量}}{\text{摩爾質量}} = \frac{1.49\ g}{29.8\ g\ mol^{-1}} = 0.0500\ mol$$

從方程式可知，要完全中和 1 摩爾的 Li_2O，需用 2 摩爾的 HCl。

即是，HCl 的摩爾數 $= 2 \times 0.0500\ mol = 0.100\ mol$

$$\text{HCl 的體積} = \frac{\text{HCl 的摩爾數}}{\text{HCl 的濃度}} = \frac{0.100\ mol}{0.800\ mol\ dm^{-3}} = 0.125\ dm^3 = 125.0\ cm^3$$

答案：D

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按章練習 (頁149)

7 磷酸鈣是不溶於水的。當 100.0 cm^3 的 0.30 mol dm^{-3} $CaCl_2(aq)$ 與 300.0 cm^3 的 0.10 mol dm^{-3} $Na_3PO_4(aq)$ 混合時，所得磷酸鈣的理論摩爾數是多少？
（相對原子質量：O = 16.0，Na = 23.0，P = 31.0，Cl = 35.5，Ca = 40.1）

A 0.010
B 0.015
C 0.020
D 0.030

(HKDSE, Paper 1A, 2017, 10)

答案：A

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按章練習 (頁149)

8 下列有關氨水的陳述，何者正確？

(1) 它含有氨分子和氫氧離子。
(2) 它通常用作通渠劑的有效成分。
(3) 把甲基橙試液加入氨水，會生成無色的溶液。

A 只有 (1)
B 只有 (2)
C 只有 (1) 和 (3)
D 只有 (2) 和 (3)

題解：
(2) 氫氧化鈉通常用作通渠劑的有效成分。
(3) 氨水與甲基橙試液生成黃色溶液。

答案：A

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按章練習 (頁149)

9 把下列哪對水溶液混合時，會有沉澱物生成？

(1) 氯化銅(II) 和硫酸鎂
(2) 碳酸鉀和硝酸鈣
(3) 硫酸鋅和氯化鋇

A 只有 (1) 和 (2)
B 只有 (1) 和 (3)
C 只有 (2) 和 (3)
D (1)、(2) 和 (3)

題解：
(2) 碳酸鉀水溶液和硝酸鈣水溶液混合時有沉澱物（碳酸鈣）生成。
(3) 硫酸鋅水溶液和氯化鋇水溶液混合時有沉澱物（硫酸鋇）生成。

答案：C

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按章練習 (頁149)

10 下列何者可分辨 $AgNO_3(aq)$ 樣本和 $NaNO_3(aq)$ 樣本？

(1) 把 $Cu(NO_3)_2(aq)$ 加進各樣本
(2) 把 $HCl(aq)$ 加進各樣本
(3) 把 $KOH(aq)$ 加進各樣本

A 只有 (1) 和 (2)
B 只有 (1) 和 (3)
C 只有 (2) 和 (3)
D (1)、(2) 和 (3)

題解：
(2) 碳酸鉀水溶液和硝酸鈣水溶液混合時有沉澱物（碳酸鈣）生成。
(3) 硫酸鋅水溶液和氯化鋇水溶液混合時有沉澱物（硫酸鋇）生成。

答案：C

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按章練習 (頁149)

11 考慮以下三種物質：

碳酸鉀溶液　氯化鈉溶液　稀硫酸

下列的試劑，何者可用於分辨以上三種物質？

(1) 酸化硝酸銀溶液
(2) 稀氨水
(3) 稀硝酸

A　只有 (1)
B　只有 (2)
C　只有 (1) 和 (3)
D　只有 (2) 和 (3)

題解：

(1) 碳酸鉀溶液與酸化硝酸銀溶液產生泡騰。
氯化鈉溶液與酸化硝酸銀溶液反應生成白色沉澱物。

答案：A

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按章練習 (頁149)

指示：以下的題目（第12至15題）均由兩敘述句組成。學生需先判斷該兩敘述句是否正確，若兩敘述句均屬正確，再判斷第二敘述句是否第一敘述句的合理解釋，然後根據下表，從A 至D 四項中選出一個適用的答案：

A 兩敘述句均屬正確，而第二敘述句為第一敘述句的合理解釋。

B 兩敘述句均屬正確，但第二敘述句並非第一敘述句的合理解釋。

C 第一敘述句錯誤，但第二敘述句正確。

D 兩敘述句均屬錯誤。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按章練習 (頁149)

	第一述句	第二述句	
12	固體檸檬酸能與鎂反應，生成氫氣。	固體檸檬酸含有氫離子。	答案：D

題解：

固體檸檬酸不能與鎂反應。固體檸檬酸不含氫離子。

13	1 mol dm^{-3} 硫酸能與銅反應，1 mol dm^{-3} 乙酸卻不能。	硫酸是較乙酸強的酸。	答案：C

題解：

1 mol dm^{-3} 硫酸和 1 mol dm^{-3} 乙酸均不會與銅反應。

14	要完全中和 1 摩爾的 HCl(aq)，所需 NH_3(aq) 的摩爾數較所需 KOH(aq) 的摩爾數為多。	NH_3(aq) 是一個較 KOH(aq) 弱的鹼。 *(HKDSE, Paper 1A, 2018, 24)*	答案：C
15	所有酸性氣體能與 CaO(s) 反應只生成鹽和水。	所有酸性氣體含有氫作為其中一個組成原子。 *(HKDSE, Paper 1A, 2014, 24)*	答案：D

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按章練習 (頁149)

第二部分 結構性問題

16 一名學生建議用以下方法來完成三項工作，但這些方法均被視為不恰當。

	工作	建議方法
1	中和花槽內土壤的酸性。	把固體氫氧化鈉加入土壤中。
2	製備氯化鉀。	把過量的鉀加入稀氫氯酸中。
3	弄乾氨氣樣本。	把氨氣樣本通入濃硫酸中。

就每項工作，

a) 舉出一個理由說明為甚麼建議的方法並不恰當；

b) 提出一個適當的方法來完成工作。

工作 1 a) 氫氧化鈉具腐蝕性。 (1)

b) 使用氫氧化鈣取代氫氧化鈉。 (1)

工作 2 a) 鉀與稀氫氯酸產生爆炸性反應。 (1)

b) 通過滴定，利用氫氧化鉀溶液與稀氫氯酸的反應來製備氯化鉀。 (1)

工作 3 a) 氨氣與濃硫酸產生反應。 (1)

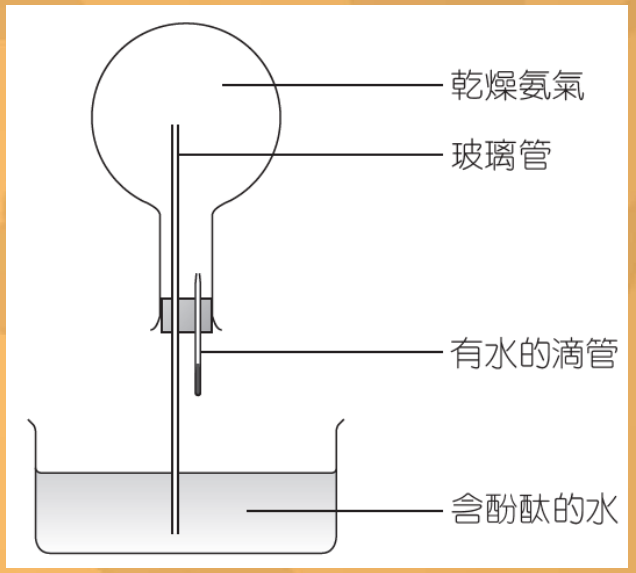
b) 使用氧化鈣。 (1)

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按章練習 (頁149)

17 本題涉及在實驗室製備氨氣及探究氨氣的性質。

a) 氫氧化鈣固體與氯化銨固體反應生成氨氣。繪畫一個顯示所涉及的裝置和怎樣把氨氣收集的標示圖。



該圓底燒瓶起初盛滿了乾燥氨氣。從滴管把數滴水注入燒瓶內，含酚酞的水便自動地經玻璃管被吸入燒瓶內。

i) 簡略解釋為甚麼含酚酞的水被吸入燒瓶內。

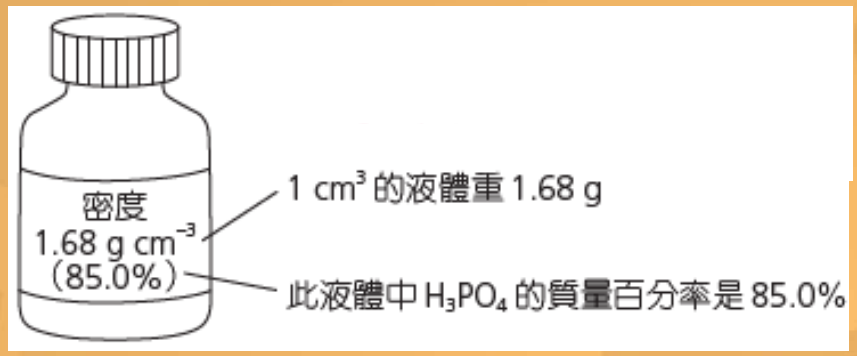
ii) 寫出在燒瓶內與酚酞有關的一項觀察，並加以解釋。

香港公開考試試題答案從略 (如適用)。 *(HKDSE, Paper 1B, 2018, 2)*

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按章練習 (頁149)

18 下圖展示一瓶濃磷酸 $H_3PO_4(aq)$：



a) 圈出濃磷酸瓶上須張貼的危險警告標籤。

(2)

b) 提出在實驗室內使用濃磷酸時應採取的安全措施。

配戴安全眼鏡 / 穿上防護手套 / 在煙櫥中使用。 (1)

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按章練習 (頁149)

18 (續)

c) 根據標籤上的資料，計算該瓶濃磷酸的濃度（以 mol dm^{-3} 為單位）。
（相對原子質量：H = 1.0，O = 16.0，P = 31.0）

1 000 cm^3 的酸的質量 = 1.68 g cm^{-3} x 1 000 cm^3
= 1 680 g
1 000 cm^3 的酸中 H_3PO_4 的質量 = 1 680 g x 85.0%
= 1 430 g (1)
H_3PO_4 的摩爾質量 = (3 x 1.0 + 31.0 + 4 x 16.0) g mol^{-1}
= 98.0 g mol^{-1}

1 000 cm^3 的 H_3PO_4 的摩爾數
$= \frac{\text{質量}}{\text{摩爾質量}}$
$= \frac{1\ 430\ g}{98.0\ g\ mol^{-1}}$
= 14.6 mol (1)

濃磷酸的濃度
$= \frac{H_3PO_4 \text{ 的摩爾數}}{\text{酸的體積}}$
$= \frac{14.6\ mol}{\frac{1\ 000}{1\ 000}\ dm^3}$
= 14.6 mol dm^{-3} (1)
∴ 該瓶濃磷酸的濃度是 14.6 mol dm^{-3}。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按章練習 (頁149)

19 甲酸（HCOOH）可溶解水煲中的水垢。用於這用途的甲酸樣本的濃度，可藉以氫氧化鈉溶液進行滴定而得知。

為測定甲酸樣本的濃度，把 25.00 cm^3 的甲酸稀釋至 250.0 cm^3。用 0.224 mol dm^{-3} NaOH(aq) 滴定多個 25.00 cm^3 經稀釋的甲酸，平均需加入29.90 cm^3 的 NaOH(aq) 來達到滴定的終點。

a) 描述應如何進行滴定。

b) 建議一種適用於該滴定的指示劑，並寫出達到滴定終點時預期的顏色變化。

c) 甲酸與 NaOH(aq) 根據以下方程式發生反應：

$HCOOH(aq) + NaOH(aq) \longrightarrow HCOONa(aq) + H_2O(l)$

i) 從滴定結果，計算完全中和 25.00 cm^3 經稀釋的甲酸所需的 NaOH 的摩爾數。

ii) 計算原來的甲酸的濃度（以 mol dm^{-3} 為單位）。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按章練習 (頁149)

19 (續)

a) • 把 NaOH(aq) 注入滴定管，記錄滴定管的起始讀數。 (1)
• 用移液管量度 25.00 cm^3 的稀甲酸，並小心移放至錐形瓶內。 (1)
• 把數滴指示劑加入錐形瓶，把錐形瓶放在白瓦片上及滴定管下。 (1)
• 把滴定管內的 NaOH(aq) 加入稀甲酸，直至指示劑出現顏色變化，表示酸已被中和。記錄滴定管的最終讀數。 (1)

b) 酚酞試液 (1)
由無色變成粉紅色 (1)

c) i) $HCOOH(aq) + NaOH(aq) \longrightarrow HCOONa(aq) + H_2O(l)$

25.00 cm^3 0.224 mol dm^{-3}

↓ 29.90 cm^3

250.0 cm^3

↓

(使用) 25.00 cm^3

完全中和 25.00 cm^3 經稀釋的甲酸的 NaOH 的摩爾數 = 溶液的摩爾濃度 x 溶液的體積

$$= 0.224 \text{ mol dm}^{-3} \times \frac{29.90}{1\,000} \text{ dm}^3$$

$$= 6.70 \times 10^{-3} \text{ mol} \quad (1)$$

按章練習 (頁149)

19 (續)

c) ii)

從方程式可知，要完全中和 1 摩爾的 HCOOH，需用 1 摩爾的 NaOH。

即是，25.00 cm^3 經稀釋的甲酸中 HCOOH 的摩爾數 = 6.70×10^{-3} mol (1)

250.0 cm^3 經稀釋的甲酸中 HCOOH 的摩爾數 = $10 \times 6.70 \times 10^{-3}$ mol

= 6.70×10^{-2} mol

= 25.00 cm^3 原來的甲酸中 HCOOH 的摩爾數

$$\text{原來的甲酸的濃度} = \frac{\text{HCOOH 的摩爾數}}{\text{溶液的體積}}$$

$$= \frac{6.70 \times 10^{-2} \text{ mol}}{\frac{25.00}{1\,000} \text{ dm}^3}$$

$$= 2.68 \text{ mol dm}^{-3} \quad (1)$$

∴ 原來的甲酸的濃度是 2.68 mol dm^{-3}。

按章練習 (頁149)

*20 輔以一化學方程式，解釋為甚麼 $NH_3(aq)$ 被視為弱鹼。提出你會怎樣通過實驗以顯示 $NH_3(aq)$ 是一個較 $NaOH(aq)$ 弱的鹼。

(HKDSE, Paper 1B, 2015, 5)

香港公開考試試題答案從略 (如適用)。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按章練習 (頁149)

*21 概述由碳酸鋅製備硝酸鋅的各步驟。你要寫出所需的各額外化學試劑，但毋須說明所涉及的儀器。

- 把過量的碳酸鋅加進稀硝酸中，讓兩者進行反應。(1)
- 用過濾分離出剩餘的固體，並收集濾液。(1)
- 把濾液慢慢加熱，讓水分蒸發以增加硝酸鋅溶液的濃度。(1)
- 讓濃硝酸鋅溶液冷卻至室溫，晶體得以形成。(1)
- 用過濾從溶液分離出晶體。用少量的冷去離子水沖洗晶體，並以兩張濾紙夾住晶體把它們弄乾。(1)

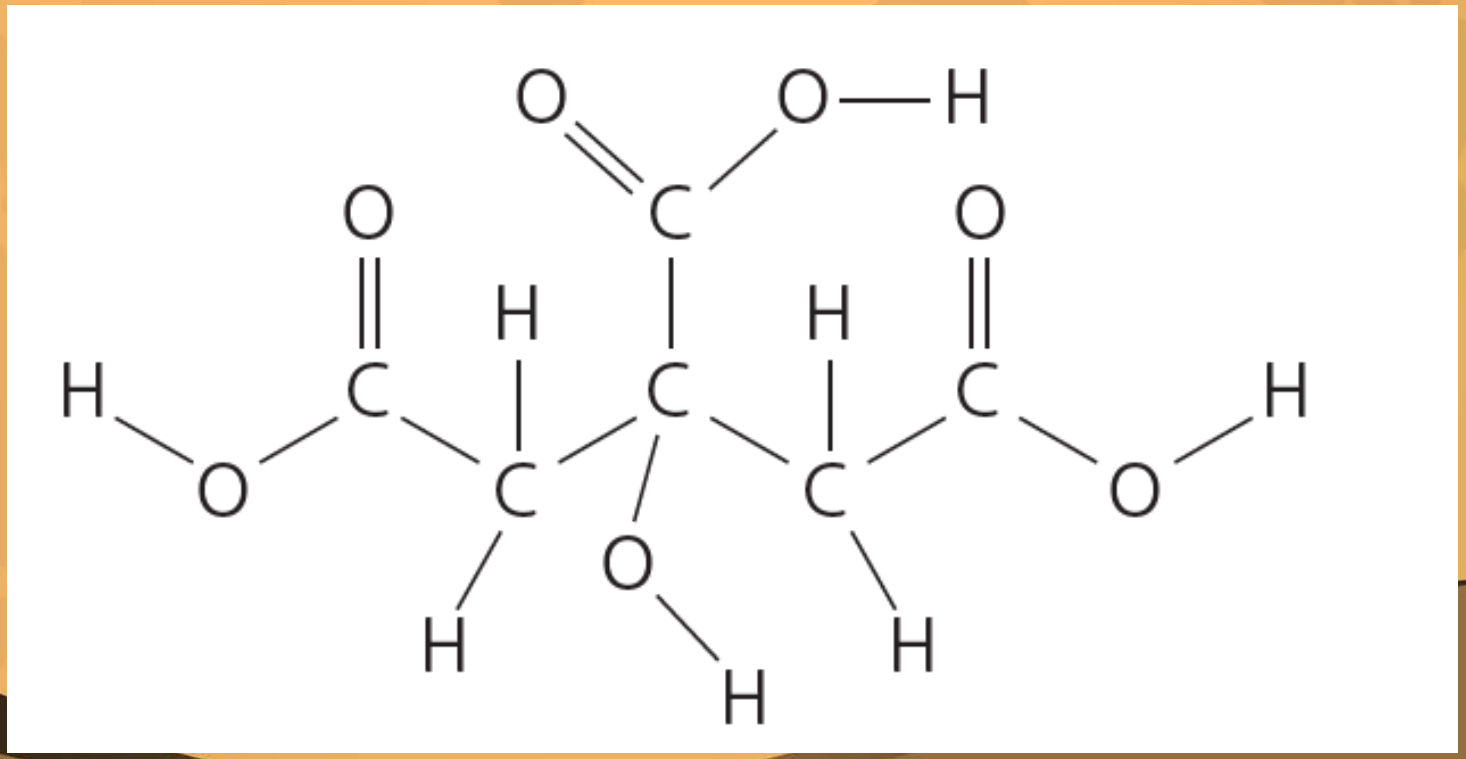
傳意分數 (1)

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按章練習 (頁149)

22 檸檬酸是一個在檸檬中找到的三元酸。它是白色固體並可溶於水。

a) 在以下所示檸檬酸的結構中，圈出使之為三元酸的所有可電離氫原子（一個或多個）。



精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按章練習 (頁149)

22 (續) 香港公開考試試題答案從略 (如適用)。

b) 某固體樣本含檸檬酸及其他可溶惰性物質。把 1.65 g 的該樣本溶於去離子水中，並在儀器 X 內稀釋至 250.0 cm^3。然後抽取 25.00 cm^3 的該已稀釋溶液，以酚酞作指示劑，用 0.123 M NaOH(aq) 來滴定，需用 18.45 cm^3 的該 NaOH(aq) 達到終點。

（檸檬酸的摩爾質量 = 192.0 g）

i) 儀器 X 是甚麼？

ii) 計算在該固體樣本中檸檬酸的質量百分率。

c) 把數滴檸檬汁加進碳酸氫鈉粉末。

i) 寫出預期的觀察。

ii) 寫出所涉及反應的離子方程式。

(HKDSE, Paper 1B, 2016, 6)

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按章練習 (頁149)

23 濃硫酸是實驗室中常見的試劑。

為測定一個濃硫酸樣本的濃度，把 5.00 cm^3 的該樣本以去離子水稀釋至 1 000.0 cm^3。用甲基橙為指示劑，把幾個 25.00 cm^3 等分的該稀釋樣本與 0.189 mol dm^{-3} NaOH(aq) 進行滴定，平均用了 22.20 cm^3 的NaOH(aq) 來達到終點。

a) 解釋為甚麼不應以 NaOH(aq) 直接滴定濃硫酸。

b) 寫出在滴定終點的顏色變化。

c) 計算該濃硫酸樣本的濃度（以mol dm^{-3} 為單位）。

(HKDSE, Paper 1B, 2017, 6(b))

香港公開考試試題答案從略 (如適用)。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按章練習 (頁149)

24 一名學生進行一項實驗，以辨認某未知碳酸鹽。

為此，該學生通過以下步驟，製備該未知碳酸鹽的溶液。

- 把碳酸鹽固體樣本置於稱量瓶中並稱量。
- 把該碳酸鹽倒入燒杯中，然後稱取空稱量瓶的質量。
- 以大約 50 cm^3 的去離子水溶解燒杯中的碳酸鹽，然後把溶液移放至容量瓶，再以去離子水把溶液稀釋至 100.0 cm^3。

a) 另一名學生提出兩項可能導致誤差的原因：

- 稱量瓶內殘留少量固體。
- 燒杯內殘留少量溶液。

i) 指出另一名學生的陳述是否正確。

ii) 應如何改善涉及的步驟？

i) 有關稱量瓶內殘留少量固體（量度重量的差異）是不正確。(1)
有關燒杯內殘留少量溶液是正確。(1)

ii) 用去離子水把溶液稀釋至100.0 cm^3 前，以去離子水充分清洗燒杯，把所有洗液倒入容量瓶內。(1)

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按章練習 (頁149)

24 (續)

該學生用 0.108 mol dm^{-3} 氫氯酸滴定四個體積為 10.00 cm^3 等分的該稀釋碳酸鹽溶液，滴定結果如下表所示：

讀數(cm^3)	滴定號數			
	1（試驗）	2	3	4
最終讀數	30.55	28.75	28.75	28.75
起始讀數	0.00	0.05	0.00	0.00
滴定值	30.55	28.70	28.75	28.75

b) 提出一種適用於該滴定的指示劑，並寫出達到滴定終點時預期的顏色變化。甲基橙試液 (1)
由黃色變成橙色 (1)

c) 提出為何該學生要進行一次試驗（粗略的滴定）。
以下任何一項：
- 在進行準確滴定時，可迅速加入較粗略滴定值少數 cm^3 的酸，然後逐滴加入 HCl(aq)。(1)
- 節省進行準確滴定前的時間。(1)
- 得悉滴定值的大約數值。(1)

d) 計算平均滴定值。

$$\text{平均滴定值} = \frac{28.70 + 28.75 + 28.75}{3}\ cm^3 = 28.73\ cm^3 \quad (1)$$

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按章練習 (頁149)

24 (續)

e) 碳酸鹽與氫氯酸反應的方程式顯示如下：

$M_2CO_3(aq) + 2HCl(aq) \longrightarrow 2MCl(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$

i) 計算在滴定中所用的 M_2CO_3 的摩爾數。

ii) 該學生稱量時的記錄顯示如下：

稱量瓶 + 碳酸鹽的質量 (g)	16.92
稱量瓶 + 任何殘留碳酸鹽的質量 (g)	14.78

利用學生所得的結果，辨認該碳酸鹽 M_2CO_3（可參考週期表）。（相對原子質量：C = 12.0，O = 16.0）

i) $M_2CO_3(aq)$ + $2HCl(aq)$

$100.0\ cm^3$ $0.108\ mol\ dm^{-3}$

↓ $28.73\ cm^3$

（使用）$10.00\ cm^3$

$\longrightarrow 2MCl(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$

$28.73\ cm^3$ 的溶液中 HCl 的摩爾數

= 溶液的摩爾濃度 x 溶液的體積

$= 0.108\ mol\ dm^{-3} \times \frac{28.73}{1\,000}\ dm^3$

$= 3.10 \times 10^{-3}\ mol$ (1)

從方程式可知，要與 1 摩爾的 M_2CO_3 完全反應，需用 2 摩爾的 HCl。

即是，滴定中所用的 M_2CO_3 的摩爾數

$= \frac{3.10 \times 10^{-3}}{2}\ mol$

$= 1.55 \times 10^{-3}\ mol$ (1)

ii) 所用的 M_2CO_3 的質量 = (16.92 − 14.78) g

= 2.14 g

$100.0\ cm^3$ 的溶液中 M_2CO_3 的摩爾數

$= 10 \times 1.55 \times 10^{-3}\ mol$

$= 1.55 \times 10^{-2}\ mol$

= 2.14 g 樣本中 M_2CO_3 的摩爾數

假設 M 的相對原子質量是 m。

M_2CO_3 的摩爾質量

$= (2m + 12.0 + 3 \times 16.0)\ g\ mol^{-1}$

$= (2m + 60.0)\ g\ mol^{-1}$

2.14 g 樣本中 M_2CO_3 的摩爾數 =

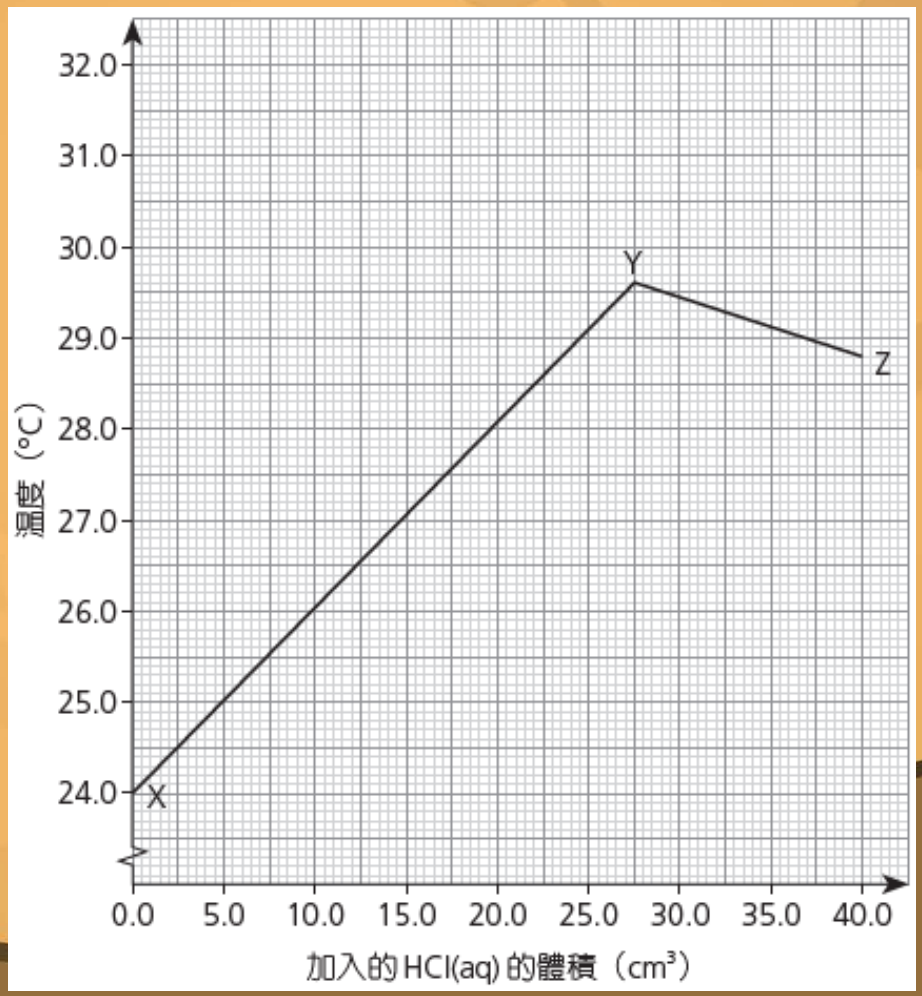
$1.55 \times 10^{-2}\ mol = \frac{2.14\ g}{(2m + 60.0)\ g\ mol^{-1}}$ (1)

$m = 39.0$ (1)

∴ M 是鉀。 (1)

按章練習 (頁149)

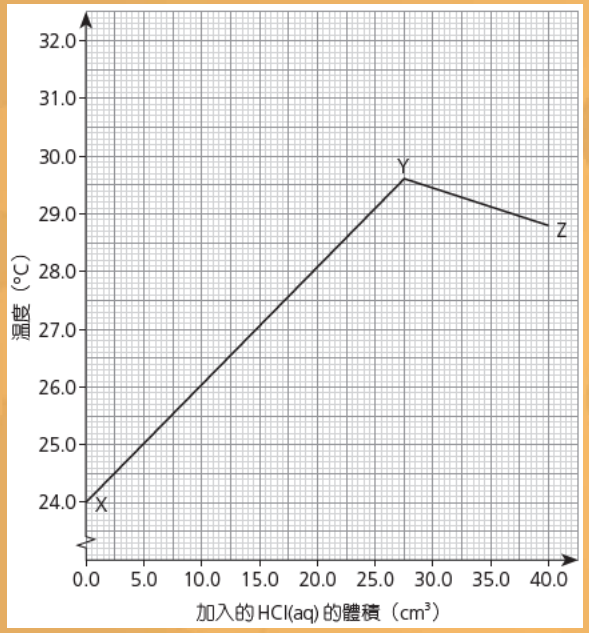
25 在一實驗中，把 40.0 cm^3 的 1.20 mol dm^{-3} 氫氯酸以每次 5.0 cm^3 的分量，加入盛載 50.0 cm^3 的氫氧化鈉溶液的聚苯乙烯杯子中。每次加入氫氯酸後，記錄溶液混合物的温度。以下的坐標圖展示實驗的結果：



精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按章練習 (頁149)

25 在一實驗中，把 40.0 cm^3 的 1.20 mol dm^{-3} 氫氯酸以每次 5.0 cm^3 的分量，加入盛載 50.0 cm^3 的氫氧化鈉溶液的聚苯乙烯杯子中。每次加入氫氯酸後，記錄溶液混合物的溫度。以下的坐標圖展示實驗的結果：



a) 解釋以下各階段溫度的變化：

i) 由X 至Y

ii) 由Y 至Z

b) 計算所用的氫氧化鈉溶液的摩爾濃度。

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按章練習 (頁149)

25 (續)

a) i) 中和作用是放熱反應，所以把氫氯酸加入氫氧化鈉溶液時，溶液混合物的温度上升。(1)
氫氧化鈉完全反應時，不再有熱放出，温度達致最大值。(1)

ii) 完全中和該鹼後，加入過量的冷氫氯酸，會令溶液混合物的温度下降。(1)

b) $NaOH(aq) + HCl(aq) \longrightarrow NaCl(aq) + H_2O(l)$

? mol dm^{-3} 1.20 mol dm^{-3}

50.0 cm^3 27.50 cm^3

27.50 cm^3 的溶液中 HCl 的摩爾數

= 溶液的摩爾濃度 x 溶液的體積

$= 1.20 \text{ mol dm}^{-3} \times \frac{27.50}{1\,000} \text{ dm}^3$

$= 0.0330 \text{ mol}$ (1)

從方程式可知，要完全中和 1 摩爾的 NaOH，需用 1 摩爾的 HCl。

即是，50.0 cm^3 的溶液中 NaOH 的摩爾數 = 0.0330 mol (1)

$$\text{氫氧化鈉溶液的摩爾濃度} = \frac{\text{NaOH 的摩爾數}}{\text{溶液的體積}}$$

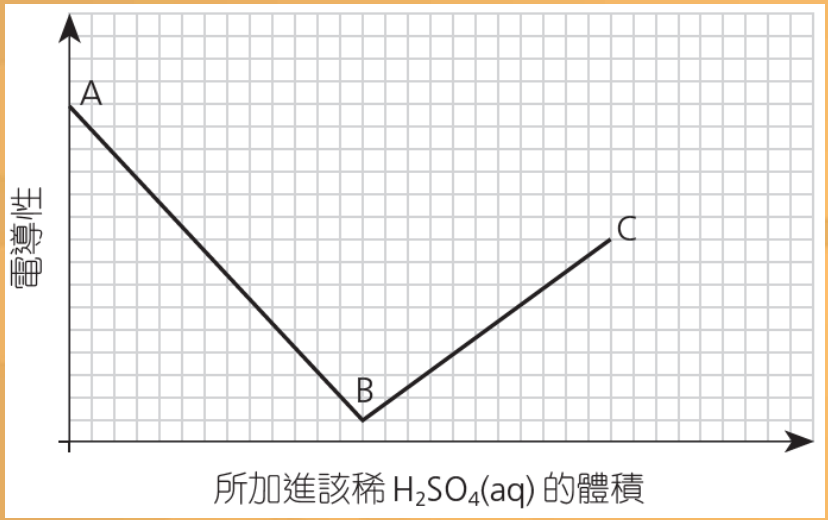
$$= \frac{0.0330 \text{ mol}}{\frac{50.0}{1\,000} \text{ dm}^3}$$

$$= 0.660 \text{ mol dm}^{-3} \quad (1)$$

∴ 所用的氫氧化鈉溶液的摩爾濃度是 0.660 mol dm^{-3}。

按章練習 (頁149)

26 進行了一實驗以研習當把稀 $H_2SO_4(aq)$ 徐徐加進一固定體積的稀 $Ba(OH)_2(aq)$ 時所生成混合物的電導性的變化。以下坐標圖顯示這實驗的結果。



香港公開考試試題答案從略 (如適用)。

a) 寫出當稀 $H_2SO_4(aq)$ 加進稀 $Ba(OH)_2(aq)$ 時的預期觀察。

b) 解釋以下各階段電導性的變化：

i) 由 A 至 B

ii) 由 B 至 C

(HKDSE, Paper 1B, 2017, 1(c))

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按章練習 (頁149)

27 進行以下實驗，以測定某品牌的牙膏中碳酸鈣的質量百分率

步驟 1 把0.170 g 的牙膏放進錐形瓶。

步驟 2 把10.0 cm^3 的0.160 mol dm^{-3} 氫氯酸加進錐形瓶。

步驟 3 把錐形瓶內的混合物放在電熱板上温和地加熱 5 分鐘。

步驟 4 把錐形瓶內的混合物冷卻至室温，再加入兩滴甲基橙試液。

步驟 5 用 0.0800 mol dm^{-3} NaOH(aq) 滴定錐形瓶內剩餘的氫氯酸，需加入 11.75 cm^3 的 NaOH(aq) 來達到滴定的終點。

a) 寫出在*步驟 2* 中應用來轉移 10.0 cm^3 的氫氯酸的儀器名稱。

移液管 (1)

b) 寫出達到滴定終點時指示劑的顏色變化。

由紅色變成橙色 (1)

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按章練習 (頁149)

27 (續)

c) 根據滴定所得的數據，計算錐形瓶內剩餘的 HCl 的摩爾數。

$$NaOH(aq) + HCl(aq) \longrightarrow NaCl(aq) + H_2O(l)$$

$0.0800\ mol\ dm^{-3}$

$11.75\ cm^3$

$11.75\ cm^3$ 的溶液中 NaOH 的摩爾數 = 溶液的摩爾濃度 x 溶液的體積

$$= 0.0800\ mol\ dm^{-3} \times \frac{11.75}{1\ 000}\ dm^3$$

$$= 9.40 \times 10^{-4}\ mol \quad (1)$$

從方程式可知，要完全中和 1 摩爾的 HCl，需用 1 摩爾的 NaOH。

即是，錐形瓶內剩餘的 HCl 的摩爾數 = $9.40 \times 10^{-4}\ mol$ (1)

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按章練習 (頁149)

27 (續)

d) 假設牙膏內的其他物質對酸和鹼都呈惰性，計算牙膏內碳酸鈣的質量百分率。
（相對原子質量：C = 12.0，O = 16.0，Ca = 40.1）

在*步驟 2* 加入的 HCl 的摩爾數 = 溶液的摩爾濃度 x 溶液的體積

$$= 0.160 \text{ mol dm}^{-3} \times \frac{10.0}{1\,000} \text{ dm}^3$$
$$= 1.60 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

與牙膏中 $CaCO_3$ 反應的 HCl 的摩爾數 $= (1.60 \times 10^{-3} - 9.40 \times 10^{-4})$ mol
$= 6.60 \times 10^{-4}$ mol (1)

$CaCO_3(s) + 2HCl(aq) \longrightarrow CaCl_2(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$

從方程式可知，要與 1 摩爾的 $CaCO_3$ 完全反應，需用 2 摩爾的 HCl。

即是，牙膏中 $CaCO_3$ 的摩爾數 $= \frac{6.60 \times 10^{-4}}{2}$ mol
$= 3.30 \times 10^{-4}$ mol (1)

$CaCO_3$ 的摩爾質量 $= (40.1 + 12.0 + 3 \times 16.0)$ g mol^{-1}
$= 100.1$ g mol^{-1}

牙膏中 $CaCO_3$ 的質量 = 摩爾數 x 摩爾質量
$= 3.30 \times 10^{-4}$ mol x 100.1 g mol^{-1}
$= 0.0330$ g

牙膏中 $CaCO_3$ 的質量百分率 $= \frac{0.0330 \text{ g}}{0.170 \text{ g}} \times 100\%$
$= 19.4\%$ (1)

∴ 牙膏中碳酸鈣的質量百分率是 19.4%。

按章練習 (頁149)

*28 三個沒有標籤的試劑瓶，分別盛載下列的其中一種白色固體

$ZnSO_4$　　$MgSO_4$　　$MgSO_4 \cdot 7H_2O$

概述怎樣進行測試來辨別這三種固體。

香港公開考試試題答案從略 (如適用)。

(HKDSE, Paper 1B, 2016, 9)

精工出版社 • 版權所有 不得翻印

按章練習 (頁149)

*29 學生進行分組，以辨別四種不同的溶液。

每種溶液含有下列其中一種化合物：

- 硫酸銨（$(NH_4)_2SO_4$）；
- 硫酸鈉（Na_2SO_4）；
- 碳酸鈉（Na_2CO_3）；
- 氯化鉀（KCl）。

你所屬的組別，獲提供紅色石蕊試紙及下列試劑：

- 氯化鋇溶液；
- 硝酸銀溶液；
- 稀氫氯酸；
- 稀氫氧化鈉溶液。

描述你如何辨別該四種溶液。在你的測試中，每種溶液必須有至少一項呈陽性的結果。

辨別硫酸銨溶液

每種溶液分別與稀氫氧化鈉溶液共熱。(1)

硫酸銨溶液釋出的氣體令濕潤的紅色石蕊試紙變成藍色。

其餘三種溶液沒有可觀察到的變化。 (1)

辨別碳酸鈉溶液

把稀氫氯酸分別加入餘下的三種溶液。(1)

碳酸鈉溶液產生泡騰。

其餘兩種溶液沒有可觀察到的變化。 (1)

辨別氯化鉀溶液

把硝酸銀溶液分別加入餘下的兩種溶液。(1)

氯化鉀溶液生成白色沉澱物。

硫酸鈉溶液沒有可觀察到的變化。 (1)

辨別硫酸鈉溶液

把氯化鋇溶液加入餘下的溶液。(1)

硫酸鈉溶液生成白色沉澱物。(1)

傳意分數 (1)

精工出版社 • 版權所有 不得翻印