

Chapter

8

質量守恆定律的驗證

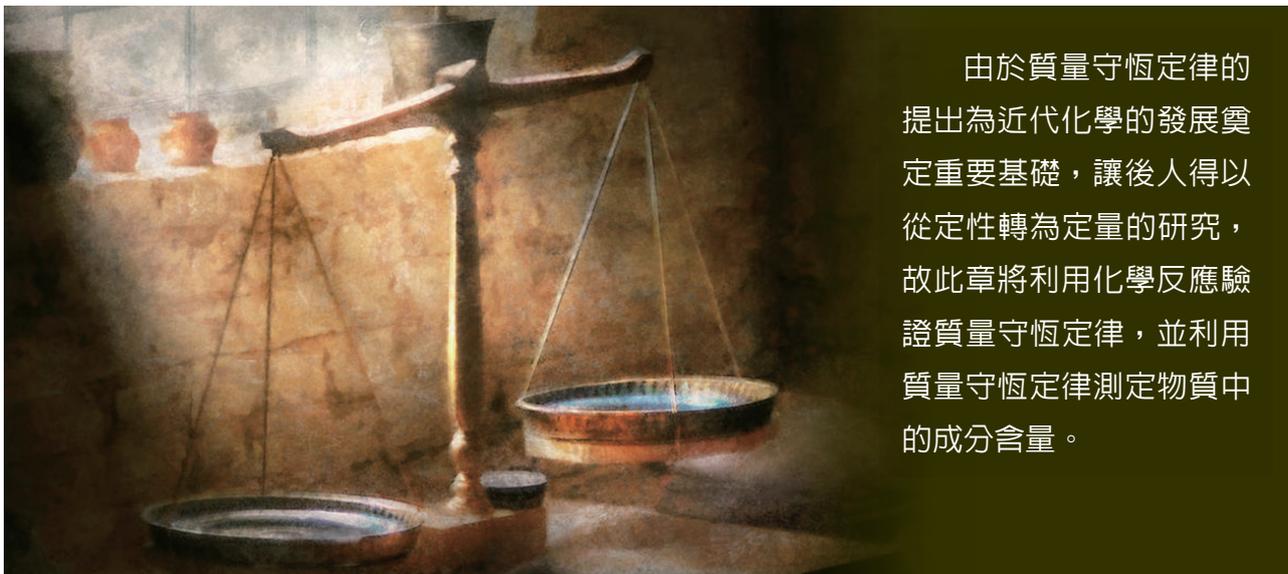
學習目標

1. 認識質量守恆定律。
2. 學習由不同的化學反應驗證質量守恆定律。
3. 認識質量守恆定律的應用。

授課節數 4

本章綱要

- 8-1 理論基礎
 1. 化學反應驗證質量守恆定律
- 8-2 實習活動



由於質量守恆定律的提出為近代化學的發展奠定重要基礎，讓後人得以從定性轉為定量的研究，故此章將利用化學反應驗證質量守恆定律，並利用質量守恆定律測定物質中的成分含量。

8-1 理論基礎

☛ 化學反應驗證質量守恆定律

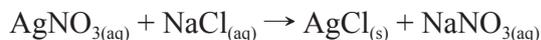
一、質量守恆定律之驗證

西元 1787 年，拉瓦節 (A. Lavoisier, 1743-1794) (如圖 8-1 所示)，利用大量的試驗而提出**質量守恆定律** (law of conservation of mass)，即反應過程中雖然型態可能改變，但反應前的反應物總質量與反應後的生成物或未反應物總質量必然相同。西元 1803 年，道耳頓 (J. Dalton, 1766-1844) (如圖 8-2 所示)，其原子學說提出化學反應的過程只是原子的重新排列組合，原子不會無中生有或消失不見，故反應前後的總質量不會改變。

根據質量守恆定律的敘述，反應前後的總質量應要相等，故驗證方式為稱量反應前的反應物總質量，接著使反應物相混並發生反應，再稱量反應後之產物總質量，比較反應前後的物料總質量有無改變，即可驗證質量守恆定律。本實驗將以兩種反應驗證，其一為利用氯化鐵溶液與氫氧化鈉溶液的反應，可生成氫氧化鐵沉澱與氯化鈉溶液，其反應式如下。



另一個驗證的方式則是利用硝酸銀溶液與氯化鈉溶液的反應，可生成氯化銀沉澱與硝酸鈉溶液，其反應式如下。



▲圖 8-1 拉瓦節



▲圖 8-2 道耳頓

二、質量守恆定律之應用

質量守恆定律的提出，得以使後人由定性轉為定量的研究，對於化學反應可更清楚了解，如預測該反應的生成物量、估算需要的反應物量或測定物質中的成分含量。本實驗將藉由質量守恆定律測定碳酸鈣中 CO_2 的含量，故會利用碳酸鈣與鹽酸的反應，可產生二氧化碳而逸散導致重量減輕，因此可推算碳酸鈣中 CO_2 的含量，其反應式如下。



另一個應用的方式是針對未知濃度的碳酸鈣試樣與鹽酸反應，其重量會減輕是因為二氧化碳的逸散造成，故可由減輕的重量推算碳酸鈣在試樣中的含量。

8-2

實習活動

實驗目的

1. 能夠利用不同的化學反應驗證質量守恆定律。
2. 能利用質量守恆定律推算物質中的成分含量。

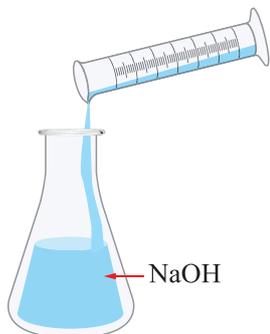
器材藥品

名稱	規格	數量	名稱	規格	數量
錐形瓶	250 mL	1 個	電子天平	精密度 0.01 g	1 臺
鑷子		1 支	氫氧化鈉	1 M	10 mL
橡皮塞	配合錐形瓶大小	1 個	氯化鐵	1 M	5 mL
小試管	10 mL	1 支	氯化鈉	1 M	10 mL
量筒	10 mL	1 個	硝酸銀	1 M	5 mL
燒杯	50 mL	1 個	鹽酸	3 M	40 mL
稱量紙		數張	碳酸鈣		1 g
刮勺		2 支	試樣	碳酸鈣 + 氯化鈉	2 g

實驗步驟

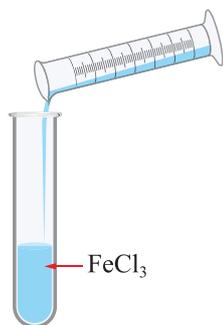
一、氯化鐵與氫氧化鈉作用的質量變化

步驟 1



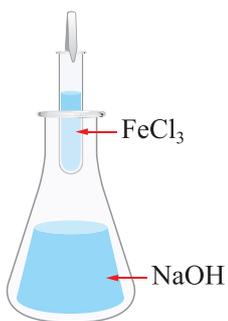
取一個 250 mL 錐形瓶，加入 1 M NaOH 10 mL。

步驟 2



取一支小試管，加入 1 M FeCl₃ 5 mL。

步驟 3



以鑷子夾取小試管放入錐形瓶中，先不讓 FeCl₃ 流出。

步驟 4



將錐形瓶口塞入橡皮塞，稱量錐形瓶重並記錄為 W_0 。

步驟 5



讓小試管傾倒以流出 FeCl_3 ，使其混合反應。

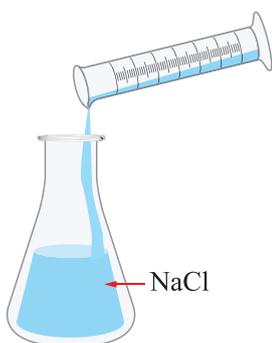
步驟 6



靜置片刻，稱量錐形瓶重並記錄為 W_1 。

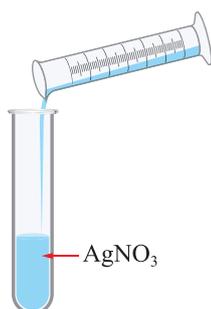
二、硝酸銀與氯化鈉作用的質量變化

步驟 1



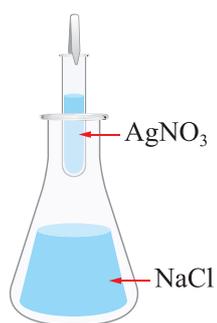
取一個 250 mL 錐形瓶，加入 1 M NaCl 10 mL。

步驟 2



取一支小試管，加入 1 M AgNO_3 5 mL。

步驟 3



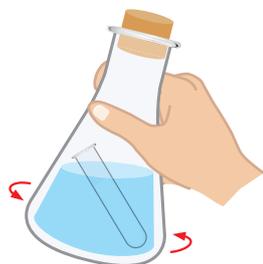
以鑷子夾取小試管放入錐形瓶中，先不讓 AgNO_3 流出。

步驟 4



將錐形瓶口塞入橡皮塞，稱量錐形瓶重並記錄為 W_0 。

步驟 5



讓小試管傾倒以流出 AgNO_3 ，使其混合反應。

步驟 6



靜置片刻，稱量錐形瓶重並記錄為 W_1 。

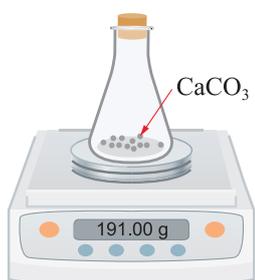
三、測定碳酸鈣中 CO_2 的含量

步驟 1



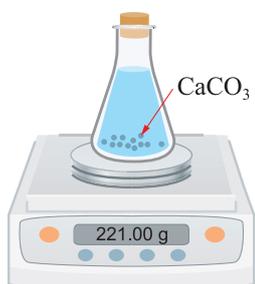
準備橡皮塞並塞入 250 mL 錐形瓶中，稱重並記錄為 W_0 。

步驟 2



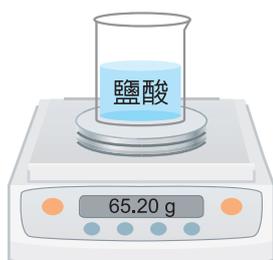
以稱量紙 (先折對角線) 稱量 1 克碳酸鈣粉末，倒入上述錐形瓶中，塞入橡皮塞後，稱量錐形瓶重並記錄為 W_1 。

步驟 3



加 20 mL 蒸餾水至上述錐形瓶中，塞入橡皮塞後，稱重並記錄為 W_2 。

步驟 4



- (1) 取一 50 mL 燒杯加入 20 mL 3M HCl，稱重並記錄為 W_3 。
- (2) 將 HCl 每次約 2 mL 分數次緩緩加入上述錐形瓶內，每次加入 HCl 後小心搖勻，待瓶內氣泡消失後再加 HCl 並小心搖勻，如此重複操作，直到加完 20 mL HCl 後，塞入橡皮塞。
- (3) 將倒掉 HCl 之 50 mL 燒杯稱重並記錄為 W_4 。
- (4) 將加完 HCl 的錐形瓶 (含橡皮塞) 稱重並記錄為 W_5 。

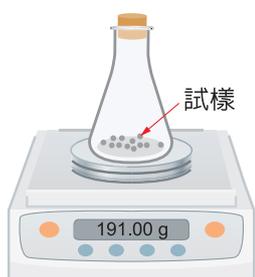
四、測定試樣中碳酸鈣含量

步驟 1



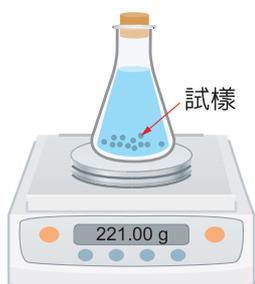
準備橡皮塞並塞入 250 mL 錐形瓶中，稱重並記錄為 W_0 。

步驟 2



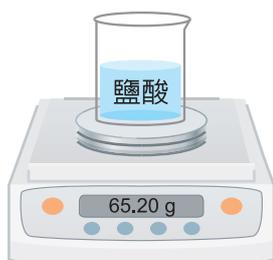
以稱量紙 (先折對角線) 稱量 1 克試樣，倒入上述錐形瓶中，塞入橡皮塞後，稱量錐形瓶重並記錄為 W_1 。

步驟 3



加 20 mL 蒸餾水至上述錐形瓶中，塞入橡皮塞後，稱重並記錄為 W_2 。

步驟 4



- (1) 取一 50 mL 燒杯加入 20 mL 3 M HCl，稱重並記錄為 W_3 。
- (2) 將 HCl 每次約 2 mL 分數次緩緩加入錐形瓶內，每次加入 HCl 後小心搖勻，待瓶內氣泡消失後再加 HCl 並小心搖勻，如此重複操作，直到加完 20 mL HCl 後，塞入橡皮塞。
- (3) 將倒掉 HCl 之 50 mL 燒杯稱重並記錄為 W_4 。
- (4) 將加完 HCl 的錐形瓶 (含橡皮塞) 稱重並記錄為 W_5 。
- (5) 重複步驟再測定一次試樣中碳酸鈣含量。

實驗數據記錄與分析

一、氯化鐵與氫氧化鈉作用的質量變化

1. 反應前錐形瓶重， W_0 ：_____ g
2. 反應後錐形瓶重， W_1 ：_____ g
3. 是否符合質量守恆定律：_____。
4. 反應前的反應物 $\text{FeCl}_{3(\text{aq})}$ 之顏色：_____。
5. 反應後的生成物 $\text{Fe}(\text{OH})_{3(\text{s})}$ 之顏色：_____。

二、硝酸銀與氯化鈉作用的質量變化

1. 反應前錐形瓶重， W_0 ：_____ g
2. 反應後錐形瓶重， W_1 ：_____ g
3. 是否符合質量守恆定律：_____。
4. 反應前的反應物 $\text{AgNO}_{3(\text{aq})}$ 之顏色：_____。
5. 反應後的生成物 $\text{AgCl}_{(\text{s})}$ 之顏色：_____。

三、測定碳酸鈣中 CO_2 的含量

1. 數據記錄

含橡皮塞之錐形瓶重， W_0 (g)	
裝有碳酸鈣之錐形瓶重， W_1 (g)	
裝有碳酸鈣與水之錐形瓶重， W_2 (g)	
裝有鹽酸之燒杯重， W_3 (g)	
倒掉鹽酸之燒杯重， W_4 (g)	
反應後的錐形瓶重， W_5 (g)	

2. 數據整理

加入的碳酸鈣重， a (g)		$a = W_1 - W_0$
加入的鹽酸重， b (g)		$b = W_3 - W_4$
損失的二氧化碳重， c (g)		$c = W_2 + W_3 - W_4 - W_5$
此實驗中，碳酸鈣含 CO_2 的重量百分率， d (%)		$d = \frac{c}{a} \times 100\%$
理論上，碳酸鈣含 CO_2 的重量百分率， e (%)		$e = \frac{44.01}{100.09} \times 100\%$
相對誤差， f (%)		$f = \frac{ d - e }{e} \times 100\%$

計算過程：

四、測定試樣中碳酸鈣含量

1. 數據記錄

	第一次	第二次
含橡皮塞之錐形瓶重， $W_0(g)$		
裝有試樣之錐形瓶重， $W_1(g)$		
裝有試樣與水之錐形瓶重， $W_2(g)$		
裝有鹽酸之燒杯重， $W_3(g)$		
倒掉鹽酸之燒杯重， $W_4(g)$		
反應後的錐形瓶重， $W_5(g)$		

2. 數據整理

	第一次	第二次	計算參考
加入的試樣重， $a(g)$			$a = W_1 - W_0$
加入的鹽酸重， $b(g)$			$b = W_3 - W_4$
損失的二氧化碳重， $c(g)$			$c = W_2 + W_3 - W_4 - W_5$
試樣中碳酸鈣質量， $d(g)$			$d = c \times \frac{40.08 + 12.01 + 16.00 \times 3}{12.01 + 16.00 \times 2}$
試樣中碳酸鈣的重量百分率， $e(\%)$			$e = \frac{d}{a} \times 100\%$

計算過程 (寫第一次即可)：

3. 試樣中平均碳酸鈣含量：_____ %

計算過程：

問題與討論

1. 什麼是「質量守恆定律」？為什麼會遵守質量守恆定律？
2. 本實驗為何要使用橡皮塞塞入錐形瓶中？
3. 此實驗中碳酸鈣與稀鹽酸的反應，是否可改成使用濃鹽酸？為什麼？
4. 此實驗中碳酸鈣與稀鹽酸的反應，為什麼反應前後的錐形瓶重量不同？
5. 實驗中，為何鹽酸要分數次加入與碳酸鈣混合？



重點整理

1. 拉瓦節提出質量守恆定律，即反應前的反應物總質量與反應後的生成物或未反應物總質量必然相同。
2. 道耳頓的原子學說提出化學反應的過程只是原子的重新排列組合，原子不會無中生有或消失不見，故反應前後的總質量不會改變。
3. 質量守恆定律的提出，對於化學反應可更清楚了解，如預測該反應的生成物量、估算需要的反應物量或測定物質中的成分含量。

學後評量

- () 1. 反應前後的總質量應會相等，此為下列哪一個定律的敘述？
(A) 倍比定律 (B) 亞佛加厥定律 (C) 質量守恆定律 (D) 黑斯定律
- () 2. 「化學反應的過程只是原子的重新排列組合，原子不會無中生有或消失不見」，這是誰提出的？
(A) 史塔耳 (B) 給呂薩克 (C) 門得列夫 (D) 道耳頓
- () 3. 質量守恆定律 (law of conservation of mass) 由何人提出？
(A) 普勞斯特 (B) 貝克勒 (C) 查兌克 (D) 拉瓦節
- () 4. 氫氧化鐵沉澱物之顏色應為下列何者？
(A) 白 (B) 紅 (C) 黃 (D) 綠
- () 5. 碳酸鈣與鹽酸反應後，質量會減輕，是因為產生了什麼？
(A) 氯化鈣 (B) 氧氣 (C) 二氧化碳 (D) 氯氣
- () 6. 實驗中以稀鹽酸與碳酸鈣反應測得二氧化碳的含量，若改以濃鹽酸取代稀鹽酸，則二氧化碳的含量與實際值相比，會有何影響？
(A) 較大 (B) 較小 (C) 不變 (D) 不一定
- () 7. 若取 2 克碳酸鈣置於錐形瓶中並溶於適量水，在加入過量稀鹽酸反應後，理論上錐形瓶的重量於加入稀鹽酸前後應有何變化？
(A) 不變 (B) 增加 0.88 g (C) 減輕 0.88 g (D) 減輕 0.44 g
- () 8. 將 10 g 氯化鐵溶液與 10 g 氫氧化鈉溶液置於 180 g 的錐形瓶內反應並塞入 30 g 的橡皮塞，已知反應完的錐形瓶內溶液有產生固體沉澱物，請問反應完的錐形瓶重 (含溶液與橡皮塞) 可能為多少克？
(A) 225 g (B) 230 g (C) 235 g (D) 240 g
- () 9. 將 20 g 硝酸銀溶液與 20 g 氯化鈉溶液加入燒杯內使其混合反應，已知燒杯重 50 g，請問混合後的溶液與燒杯之總重量可能為下列何者？
(A) 88 (B) 90 (C) 92 (D) 不一定
- () 10. 硝酸銀與氯化鈉反應生成的沉澱物顏色為？
(A) 黑 (B) 紅 (C) 白 (D) 黃