高中新舊化學實驗教材比較研究

（十）探討“金屬元素及其化合物”新舊實驗教材之異同

許丹瓊

台北市立第一女子高級中學

王澄霞

國立臺灣師範大學化學系

本文針對新舊高中化學教材中，有關「金屬元素及其化合物」主題概念之實驗整理於表中，並就實驗前後順序、實驗項目及內容之異同，加以比較研究[1,2,3]。

一、實驗前後順序：

新實驗教材：

鎂的燃燒和燃燒產物的水解 ⇒ 兩性金屬鋁與強酸、強鹼的反應及兩性化合物氫氧化鋁的性質 ⇒

鈉及其化合物氫氧化鈉、碳酸鈉、碳酸氫鈉之性質 ⇒ 定性分析：鎂、鈣、鍶、鋇化合物之溶解度及焰色試驗

舊實驗教材：

第三列元素：鈉、鎂、鋁，其氫氧化物之酸鹼性 ⇒ 定性分析：鎂、鈣、鍶、鋇化合物之溶解度及焰色試驗

(十)"金屬元素及其化合物"主題概念之新舊實驗教材要目

		實驗活動名稱	與課本有關概念(知能)	實驗主要內容	科學過程、技能	藥品
新教材	基礎化理	〔基化-10.2〕 金屬元素和化合物—— 鎂的燃燒和燃燒產物的水解。	13-5-(8) 鹼土金屬 1. 鎂在空氣中燃燒會產生氧化鎂和氮化鎂。 2. 氧化鎂較不易溶於水，氮化鎂可溶於水並水解，使溶液呈鹼性。	1. 點燃鎂帶移到盛水的蒸發皿正上方。 2. 鎂帶完全燃燒後，殘餘物投入蒸發皿內，並用紅色石蕊試紙，觀察溶液的顏色變化。	鎂帶燃燒時不要直視。	鎂帶 紅色石蕊試紙
		〔基化-10.3〕 兩性元素和化合物—— 鋁在強酸和強鹼中的反應及氫氧化鋁的性質。	13-1 週期表總說 1. 少數元素既可溶於強酸中，又可溶於強鹼中稱爲兩性元素如鋁。 2. 鋁與鹽酸、氫氧化鈉作用均可產生氫氣。	1. 加1 M HCl 於鋁粉，以點燃火柴，注意聽聲音的產生。 2. 加1 M NaOH 於鋁粉，以點燃火柴，注意聽聲音的產生。 ※實驗名稱有"氫氧化鋁的性質"但實驗內容却沒有。	點燃氫氣，傾聽其發出的微爆聲。	1 M HCl 1 M NaOH 鋁粉或鋁片

		實驗活動名稱	與課本有關概念（知能）	實驗主要內容	科學過程、技能	藥品
新教材	高中化學	〔化三・5〕鈉及其化合物	12-1-1 鹼金族的性質及製取 1. 鈉的化性活潑，質軟且密度小須貯於煤油中。 2. 鈉與冷水、酒精作用產生H_2(g)。 12-1-2 鹼金族化合物 1. 氫氧化鈉腐蝕性強，潮解性強，水溶液呈強鹼性，其與銨鹽共熱會產生NH_3(g)。 2. 碳酸鈉易溶於水呈鹼性。 3. 碳酸氫鈉溶解度，鹼性比碳酸鈉弱，可用作制酸劑。	1. 鈉的性質 (1)置玻片上觀察變化。 (2)以多孔鋁箔包住，投入水中觀察現象。以點燃火柴試驗生成的氣體，以石蕊檢驗酸鹼性。 (3)投入酒精中，觀察變化。 2. 氫氧化鈉的性質 (1)置錶玻璃上，觀察外觀。 (2)加水溶解，以石蕊檢驗酸鹼性。 (3)氯化銨加水溶解，再加入氫氧化鈉微熱，以濕石蕊檢驗，並聞其氣味。 3. 碳酸鈉與碳酸氫鈉 (1)比較溶解度、酸鹼性。 (2)分別加熱，觀察是否產生氣體，且以點燃火柴試驗。 (3)碳酸鈉溶於水，分盛於三試管，一支加入HCl，一支加入$CaCl_2$，一支加入$MgSO_4$，觀察變化。 (4)碳酸氫鈉溶於水，重覆(3)之步驟。	1. 鈉之貯存與取用。 2. 未反應完的鈉要用酒精處理。 3. 氫氧化鈉之貯存與拿取：絕對不可用手拿取，取出後立即將瓶蓋蓋住。 4. 氫氣之檢驗。 5. 氨之檢驗。	鈉 鋁箔 石蕊試紙 NaOH(s) NH_4Cl(s) 10 % NaOH Na_2CO_3(s) 1 M $CaCl_2$ 1 M $MgSO_4$ $NaHCO_3$(s) 1 M HCl 95 %酒精

		實驗活動名稱	與課本有關概念（知能）	實驗主要內容	科學過程、技能	藥品
新教材	高中化學	〔化三・6〕鎂、鈣、鍶、鋇及其化合物	12-2 鹼土金族元素及其重要化合物 1. 鹼土元素化性相近，很難分離，可選擇適當陰離子，利用溶解度不同加以分離。 2. 利用焰色鑑別鹼土元素。	1. 沈澱反應 (1) 0.1 M $Mg(NO_3)_2$ 放入5支試管中。 (2) 再分別加入 0.5 M K_2CrO_4，1 M $(NH_4)_2SO_4$、0.2 M $(NH_4)_2C_2O_4$、2 M $(NH_4)_2CO_3$、6 M NH_3 觀察是否沈澱，並記錄顏色。 (3) 重覆(1)、(2)改用 $Ca(NO_3)_2$、$Sr(NO_3)_2$、$Ba(NO_3)_2$ 2. 焰色試驗 (1) 將清潔鉑絲浸入 0.1 M $MgCl_2$ 中，取出在火焰上加熱，記錄焰色。 (2) 重覆(1)改用 $CaCl_2$、$SrCl_2$、$BaCl_2$。 3. 未知物鑑別 利用1、2之分析結果，鑑別未知物所含的陽離子。	1. 焰色試驗及鉑絲的處理。 2. 未知物的鑑別。 3. 離心機之使用。	0.1 M $Mg(NO_3)_2$ 0.1 M $Ca(NO_3)_2$ 0.1 M $Sr(NO_3)_2$ 0.1 M $Ba(NO_3)_2$ 0.1 M $MgCl_2$ 0.1 M $CaCl_2$ 0.1 M $SrCl_2$ 0.1 M $BaCl_2$ 2 M $(NH_4)_2CO_3$ 0.2 M $(NH_4)_2C_2O_4$ 1 M $(NH_4)_2SO_4$ 0.5 M K_2CrO_4 6 M NH_3 12 M HCl 6 M HCl

		實驗活動名稱	與課本有關概念（知能）	實驗主要內容	科學過程、技能	藥品
舊教材	高中化學	〔二十五〕 第三列元素——鈉、鎂、鋁	13-4 第三列元素氫氧化物的酸性和鹼性	1. 將Na_2O或Na_2O_2溶於水中。 2. 將MgO溶於水中。 3. 6 MNH_3(aq)滴入$Al(NO_3)_3$，產生之沈澱物加水。 4. 用橙IV或廣用指示劑測溶液或懸浮液的〔H^+〕。 5. 將懸浮液一部分滴入6 MHCl，一部分滴入6 MNaOH，觀察變化。	1. 配製溶液。 2. 氫氧化物懸浮液滴加強酸、強鹼。	$Na_2O(s)$ $Na_2O_2(s)$ MgO(s) 6 MNH_3 1 M $Al(NO_3)_3$ 6 MHCl 6 MNaOH 橙IV或廣用指示劑
		〔二十六〕 用鹼土金族化合物之溶解度作定性分析	14-6-2 鹼土金族化合物的溶解度 利用鹽類溶解度的差異和離子的焰色反應，鑑別鹼土金族各金屬離子。	1. 0.1 M$Mg(NO_3)_2$、$Ca(NO_3)_2$、$Sr(NO_3)_2$、$Ba(NO_3)_2$放入試管中，各加入2 M$(NH_4)_2CO_3$觀察是否沈澱，並記錄顏色。 2. 重覆1，各加入0.2M$(NH_4)_2C_2O_4$、1 M$(NH_4)_2SO_4$、0.5MK_2CrO_4、6 MNH_3。 3. 碳酸鹽沈澱，以6 MHCl溶解，供焰色試驗使用。 4. 探討記錄表資料，然後分析未知溶液所含的陽離子。	1. 焰色試驗及鉑絲的處理。 2. 未知溶液之鑑別。 3. 離心機之使用。	0.1 M$Mg(NO_3)_2$ 0.1 M$Ca(NO_3)_2$ 0.1 M$Sr(NO_3)_2$ 0.1 M$Ba(NO_3)_2$ 含NH_3之2M$(NH_4)_2CO_3$ 0.2M$(NH_4)_2C_2O_4$ 1 M$(NH_4)_2SO_4$ 0.5 MK_2CrO_4 6 MNH_3 12 MHCl 6 MHCl

二、實驗項目之異同

將新舊實驗項目之異同比較如下：

實驗項目	項目之異同
鎂及其化合物	新教材之實驗 舊教材只有氫氧化鎂溶液呈鹼性之項目
兩性金屬鋁之反應及氫氧化鋁之性質	新教材之實驗 舊教材只有氫氧化鋁懸浮液性質之項目
鈉及其化合物	新教材之實驗 舊教材只有氫氧化鈉溶液呈強鹼性之項目
鎂、鈣、鍶、鋇化合物之溶解度	此實驗新舊教材都有

三、實驗內容之異同

實驗內容之異同，依實驗項目加以比較如下：

1. 鎂及其化合物

新實驗教材〔高一基化-10.2〕鎂的燃燒和燃燒產物的水解：其實驗內容是點燃鎂帶使其完全燃燒後，將燃燒產物投入盛水的蒸發皿內，用紅色石蕊試紙，觀察溶液所呈的顏色。所導引的概念是：鎂帶在空氣中燃燒可發出強烈的白光和大量熱能，並生成氧化鎂和氮化鎂。將此燃燒產物投入水中，會與水作用，方程式如下：

$$MgO + H_2O \rightarrow Mg(OH)_2$$
$$Mg_3N_2 + 6H_2O \rightarrow 2NH_3 + 3Mg(OH)_2$$

生成之氫氧化鎂和氨在水中呈鹼性，因此會使紅色石蕊試紙變成藍色。

舊實驗教材〔二十五〕第三列元素——鎂：將氧化鎂溶於水中，生成氫氧化鎂，以指示劑測溶液中之〔H^+〕，觀察其呈鹼性。此實驗新教材的優點是：實驗過程容易引起學生學習的興趣。而舊教材的實驗過程較缺乏趣味性，因氧化鎂不是自己製得的。

2. 兩性金屬鋁之反應及氫氧化鋁之性質

新實驗教材〔高一基化-10.3〕鋁在強酸和強鹼中的反應及氫氧化鋁的性質：其實驗內容是分別將1 MHCl(aq)、1 MNaOH(aq)加於鋁粉中，觀察所發生的反應。又約10秒後，以點燃的火柴試驗，注意聽聲音的產生。所導引的概念是：鋁是兩性元素，可溶於強酸中產生氫，也可溶於強鹼中產生氫，方程式如下：

$$2Al(s) + 6H^+(aq) \rightarrow 2Al^{3+}(aq) + 3H_2(g)$$
$$2Al(s) + 2OH^-(aq) + 6H_2O \rightarrow 2Al(OH)_4^-(aq) + 3H_2(g)$$

因此以點燃的火柴試驗時，都可聽到微爆聲。至於氫氧化鋁之性質，雖然有此實驗項目，但實驗內容並沒有安排出來。

舊實驗教材〔二十五〕第三列元素——鋁：將6 MNH_3(aq)滴入$Al(NO_3)_3$(aq)中，產生氫氧化鋁的膠狀懸浮液，以指示劑測其〔H^+〕。再將其懸浮液分成二部分，在其中一部分滴入6 MHCl(aq)，在另一部分滴入6 M NaOH(aq)，隨滴隨搖，膠狀物都漸漸溶解，方程式如下：

$$Al(OH)_3(s) + 3H^+(aq) \rightarrow Al^{3+}(aq) + 3H_2O(l)$$
$$Al(OH)_3(s) + OH^-(aq) \rightarrow Al(OH)_4^-(aq)$$

所導引的概念是：難溶性的氫氧化鋁是兩性的氫氧化物，因此加入強酸或強鹼時均會溶解。

此實驗新教材的項目較多，不但有兩性金屬鋁之反應，且有兩性氫氧化鋁性質之實驗項目。但是事實上有關氫氧化鋁性質之實驗，內容並沒有安排出來。舊教材項目較少，只有氫氧化鋁性質之實驗。

3. 鈉及其化合物

新實驗教材〔化三・5〕鈉及其化合物：其實驗內容分成三部分：

〔第一部分〕鈉的性質：將鈉置玻片上觀察變化。一部分以多孔鋁箔包住，投入水中，觀察發生的現象；另一部分投入酒精中，觀察發生的現象，並分別以點燃的火柴試驗。所導引的概念是：鈉的化性活潑，常溫時易與空氣、水作用，因此必須貯存於煤油中。鈉與冷水和酒精均迅速反應產生氫氣，方程式如下：

$$2\,Na(s) + 2\,H_2O(l) \rightarrow 2\,NaOH(aq) + H_2(g)$$

$$2\,Na(s) + 2\,C_2H_5OH(l) \rightarrow 2\,C_2H_5ONa(l) + H_2(g)$$

此實驗的優點是能考慮到學生實驗時的安全性，將鈉以多孔鋁箔包住，觀察其與水作用的情形，如此可避免鈉與水劇烈的反應所發生的危險。舊教材沒有此方面的實驗。

〔第二部分〕氫氧化鈉的性質：將氫氧化鈉置玻片上，觀察外觀。加水溶解，以石蕊試紙檢驗其酸鹼性。所導引的概念是：氫氧化鈉爲白色、潮解性強的固體，在空氣中吸收二氧化碳形成碳酸鈉而變質，方程式如下：

$$2\,NaOH(s) + CO_2(g) \rightarrow Na_2CO_3(s) + H_2O(l)$$

其水溶液呈強鹼性，有強烈腐蝕作用。另外取氯化銨加水溶解後，再加入氫氧化鈉微熱，以濕石蕊試紙檢驗之，並聞其氣味。所導引的概念是：銨鹽與強鹼氫氧化鈉共熱時，會產生氨氣，因而使濕紅色石蕊試紙變成藍色，方程式如下：

$$NH_4Cl(aq) + NaOH(aq) \xrightarrow{\triangle} NaCl(aq) + NH_3(g) + H_2O(l)$$

舊實驗教材〔二十五〕第三列元素——鈉：將氧化鈉或過氧化鈉溶於水中，形成氫氧化鈉溶液，以指示劑測其〔H^+〕知道呈強鹼性。此實驗新教材的優點是：實驗項目較多，除了觀察氫氧化鈉置於空氣中的變化外，並以石蕊試紙檢驗其水溶液之呈鹼性。另外提供檢驗銨鹽快速而便捷之方法。而舊教材只將氧化鈉或過氧化鈉溶於水中，得知其呈強鹼性。

〔第三部分〕碳酸鈉與碳酸氫鈉：其實驗內容是比較二者的溶解度、酸鹼性，受熱後變化是否有氣體產生。所導引的概念是：碳酸鈉與碳酸氫鈉能溶於水中，且呈鹼性，但碳酸氫鈉比碳酸鈉溶解度小，且鹼性較弱。受熱時碳酸氫鈉會分解產生二氧化碳，而在同樣條件時碳酸鈉則否，方程式如下：

$$2\,NaHCO_3 \xrightarrow{\triangle} Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O$$

另外將二者溶於水中後，再分別加入1 M HCl (aq)、1 M $CaCl_2$(aq)、1M$MgSO_4$(aq)等觀察發生之現象。所導引的概念是：二者之溶液加入稀鹽酸時皆產生二氧化碳氣體。加入氯化鈣溶液、硫酸鎂溶液時，碳酸鈉溶液會產生沈澱，而碳酸氫鈉溶液則否，方程式如下：

$$Na_2CO_3(aq) + CaCl_2(aq) \rightarrow CaCO_3(s) + 2\,NaCl(aq)$$
$$Na_2CO_3(aq) + MgSO_4(aq) \rightarrow MgCO_3(s) + Na_2SO_4(aq)$$

而舊教材無此方面的實驗。

4. 鎂、鈣、鍶、鋇化合物之溶解度

新實驗教材〔化三・6〕鎂、鈣、鍶、鋇及其化合物，舊實驗教材〔二十六〕用鹼土金族化合物之溶解度作定性分析，其實驗內容相同，皆探討Mg^{2+}、Ca^{2+}、Sr^{2+}、Ba^{2+}等離子與CO_3^{2-}、$C_2O_4^{2-}$、CrO_4^{2-}、SO_4^{2-}、OH^-等離子作用是否有沈澱生成，同時記錄沈澱顏色。並將這些陽離子之溶液作焰色試驗，也利用沈澱反應及焰色試驗分析未知溶液中所含的陽離子。所導引的概念是：鹼土金族元素化性相近，很難分離，但可以利用焰色試驗鑑別溶液中存在的鹼土金族離子，並且可選擇適當陰離子與其形成鹽類，利用鹽類溶解度的差異加以分離。

四、結　　語

總而言之，有關「金屬元素及其化合物」概念的實驗比較，可歸納爲下列幾點：1. 鎂及其化合物：新實驗教材除觀察鎂帶燃燒現象外，並以紅色石蕊試紙試驗燃燒產物在水中所呈之性質。而舊實驗教材只有氫氧化鎂溶液呈鹼性之項目。2. 兩性金屬鋁之反應及氫氧化鋁之性質：新實驗教材分別加強酸HCl、強鹼NaOH於鋁粉中觀察現象，至於氫氧化鋁之性質，雖然實驗名稱有，但實驗內容却沒有安排出來。而舊實驗教材只有氫氧化鋁懸浮液性質之項目。3. 鈉及其化合物：新實驗教材觀察鈉、氫氧化鈉、碳酸鈉及碳酸氫鈉之外觀、溶解度、溶液之酸鹼性、反應等。而舊實驗教材只有氫氧化鈉溶液呈強鹼性之項目。4. 定性分析鎂、鈣、鍶、鋇化合物之溶解度及焰色試驗：新舊實驗教材之實驗內容與所導引的概念完全相同。從以上可以看出新實驗教材項目較多，可以幫

助學生瞭解課本內容，且有一最大優點是先將金屬鈉以多孔鋁箔包住，再觀察與水之反應，如此可避免鈉與水作用太劇烈而發生危險。而舊實驗教材項目較少，且較注重理論之探討如研討週期表第三列元素鈉、鎂、鋁之氫氧化物之鹼性，由左至右變化之趨勢。

參考資料

1. 師大科教中心：高中基礎理化下冊第38頁至第41頁，第46頁至第52頁。
   高中基礎理化實驗手冊下冊，國立編譯館。
2. 師大科教中心：高中化學第三冊第73頁至第79頁。
   高中化學實驗手冊第三冊，國立編譯館。
3. a. 陳朝棟、王澄霞：高中化學（自然科組）下冊第142頁至第146頁，第162頁至第165頁。
   高中化學實驗（自然科組）下冊，商務印書館。
   b. 車乘會、吳德堡：高中化學（自然科組）下冊第144頁至第145頁，第160頁。
   高中化學實驗（自然科組）下冊，東華書局。
   c. 其他我國各書局出版的高中化學教科書。