

中小學化學領域中的「酸與鹼」概念的深廣度與其化學實驗之連貫

理學院 化學系

楊 永 華

摘要

本研究收集並分析國內外（中、美、英、日）各階段（小學、國中及高中）自然科學教材中有關「酸與鹼」主題概念之實驗，研討實驗活動所包含的化學概念，建立主題概念的發展順序，分析與比較其所含的科學過程與科學態度，並探討「酸與鹼」主題單元實驗活動與概念的銜接問題。特別針對「酸與鹼」有關量的處理之實驗活動進行評鑑，經由實做過程獲得具體結果並提供建議。

前言

化學領域中的「酸與鹼」單元，其教材內容包含社會大眾日常生活中熟悉的物質（如醋、胃藥等）及概念（如酸鹼指示劑、pH 值等）；再者，此一主題概念的實驗活動也包含科學研究的要素——“量”，可以藉“量化”的實驗活動經由「做中學」的過程培育學生的科學知能、科學技能與科學過程，進而培養其科學素養。

本研究收集國內外（中、美、英、日）各階段（小學、國中及高中）有關「酸與鹼」主題概念之實驗活動，分析實驗活動所包含的化學概念，建立其主題概念發展順序。並分析與比較實驗活動所含的科學過程與科學態度，進而探討「酸與鹼」主題概念在各階段的連貫性、實驗的適用性，以及討論主題概念的銜接問題。

特別針對「酸與鹼」有關量的處理（如滴定）的實驗活動，根據下列七項原則評鑑其連貫性與適用性：(1)實驗活動的結果能否提供足夠的實驗證據以形成主題概念？不同階段的主題概念是否連貫？(2)實驗內容（程度）能否配合學生的認知能力？(3)實驗內容能否與學生的舊有經驗（含技能）配合？(4)實驗的安全性？(5)實驗所需的器材是否容易獲得而且價廉？(6)實驗能否在適當時間內完成？(7)實驗費用是否合乎經濟原則？

本研究經由實做過程提供具體研究結果，以供改進實驗之依據，及編寫各級學校「酸與鹼」主題單元教材之參考。

研究步驟：

1. 搜集各國各階段有關「酸與鹼」單元之實驗活動。
2. 分析實驗活動所含之科學知能、技能、活動內容、科學過程與科學態度等，並以前言中(1)至(7)點原則分析實驗活動的適用性。
3. 根據各國各階段實驗活動所包含的酸、鹼概念，建立各國之主題概念發展順序。
4. 依據教材分析研究的結果，重新排列理想的主題單元概念發展順序。
5. 選出或設計適合各國各階段之實驗活動（根據前言(1)至(7)點原則）。
6. 試做與修訂。

結果與討論：

本研究經由分析與整理各國各階段實驗活動之分析內容，分別列於表 1、2、3、4。茲由各表列舉各國「酸與鹼」主題概念發展順序如下：

1. 我國：

酸鹼物質的交互作用 \Rightarrow 酸性和鹼性 \Rightarrow 酸鹼指示劑 \Rightarrow 電解質與非電解質 \Rightarrow 氫離子（酸鹼學說） \Rightarrow 中和反應 \Rightarrow 鹽 \Rightarrow 酸鹼強度 \Rightarrow PH 值 \Rightarrow 酸鹼滴定

2. 美國：

酸鹼物質的交互作用 \Rightarrow 酸性、鹼性與中和 \Rightarrow 酸鹼指示劑 \Rightarrow 鹽 \Rightarrow 中和反應 \Rightarrow 氫離子 \Rightarrow PH 值 \Rightarrow 酸鹼滴定

3. 日本：

酸鹼指示劑 \Rightarrow 酸鹼性質 \Rightarrow 酸鹼理論（ H^+ ， OH^- 離子） \Rightarrow 中和反應 \Rightarrow 鹽 \Rightarrow 酸鹼性強弱 \Rightarrow 滴定 \Rightarrow 鹽之水解

4. 英國：

酸鹼指示劑 \Rightarrow 酸性與鹼性 \Rightarrow 電解質 \Rightarrow 氫離子 \Rightarrow PH 值 \Rightarrow 滴定 \Rightarrow 中和反應 \Rightarrow 鹽

各國「酸與鹼」主題概念發展順序之流程對照圖如圖 1。由圖 1 可知各國本單元主題概念之發展順序雖然不一致，但概念發展所根據的原則相同：即由具體至抽象，巨觀至微觀，定性至定量。

二、針對「酸與鹼」單元各實驗活動涉及「量的處理」者，特別列舉於表 5。茲說明如下：

1. 對於量的處理，各國皆由半定量進入定量，由精密度要求水準較低者發展至較高者，並以滴定測定酸鹼濃度的方式實施。
2. 國中階段，中國與美國皆有半定量的滴定活動，日本與英國則無。高中階段則各國皆實施傳統的滴定技術，而英國另行設計電導滴定。
3. 中國小學階段使用半定量方式來形成「酸鹼中和」的操作型定義，是小學階段唯一有關量的教材。但因超越學生操作能力，不易獲得正確的結果。

三本主題單元之實驗活動，各國教材各具特色。茲以我國的實驗活動為中心，外國教材則只列舉其特點的方式研討各階段的實驗活動。

1. 小學階段：

1) 我國：小學二年級以「物體之間會有交互作用」來認識醋和白色粉末（小蘇打）的特性。三年級則讓學生認識一種物體（酸或鹼溶液）和另一種物體（酸鹼指示劑）之間會產生顏色變化，以物體的特性做為認識「酸與鹼」的基礎。六年級則以「水溶液的反應」來學習酸、鹼與酸鹼中和的操作型定義。

本階段是以觀察顏色變化的現象做為概念學習的基礎，但不包含有關酸鹼濃度的概念。其學習方式是由對具體現象之認識引入操作型定義。

2) 美國：使用剛果紅做為酸鹼指示劑。

3) 日本：使用碳酸水（兒童喜愛常喝的汽水之原料）當做酸，及紅色甘藍菜之汁液做為酸鹼指示劑。

4) 英國：從缺。

2. 國中階段：

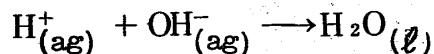
1) 我國：國中階段擴展小學階段的學習特徵：讓學生注意並比較物體的相異點，使用五官去辨認物體，即運用感覺去瞭解與學習物質或現象的變化。國中階段讓學生由感覺領域延伸至概念領域，並開始以物質的粒子性（離子）觀點來學習酸鹼概念。本階段的特點為：

①由巨觀漸進至微觀，以粒子觀點認識酸鹼的特性與反應。

②以半定量的方式處理酸鹼中和的現象。

③從操作型定義發展至 H^+ 離子、 OH^- 離子與中和反應的離子方程式

：



等抽象符號與定義。

2) 英國、美國：使用家庭中的日常用品（如胃藥）做為酸鹼中和的教材。

3) 日本：在石蕊試紙上添加酸或鹼，使石蕊試紙變色，並以電泳方式觀察顏色變化區域移動情形，以體會 H^+ 離子與 OH^- 離子存在與游動的事實，並能以物質的粒子觀點領悟酸鹼性質。

3. 高中階段：

1) 我國：分為「基礎理化」與「高中化學」兩階段：

①基礎理化：以強酸強鹼的滴定來學習酸鹼中和、滴定和塩等概念，並以定

中小學化學領域中的「酸與鹼」概念的深廣度與其化學實驗之連貫性與實驗適用性之研究量分析決定中和反應的酸與鹼之間量的關係式： $N_A V_A = N_B V_B$ ，進而引入 pH 值的概念。

②高中化學：注重培養學生自行設計實驗方法與操作的能力，能自行測定胃酸劑片中所含的制酸量，進而具有分析未知物的能力。在此階段並安排比色法來測定溶液中的氫離子濃度。

2)美國：使用傳統滴定技術，但並不分成兩階段學習。

3)英國：傳傳統滴定外，並設計使用電導計的酸鹼中和滴定技術，但也不分成兩個階段學習。

4)日本：和我國一樣，分為「理科 I」與「化學」兩階段。

①理科 I：全部屬於定性分析領域。

②化學：其特色為定量分析領域，使用一定量的鎂帶和濃度相同的各種酸溶液反應，觀察其反應所需時間；或電解濃度相同的各種酸溶液，觀察其所釋出氣體的體積，以說明並測量酸之強度。

4.就本單元各實驗活動所發展的技能而言，涉及溶液的混合，滴定技術及天平的使用。這些技術所要求的精密度水準隨學生年級之增加而提高。

5.各國之本單元實驗活動所需器材屬於容易獲得而且價廉的玻璃器皿（除英國高中使用的電導計外），使實驗活動容易推展。

6.就實驗活動所需時間而言，因本單元實驗所用藥品大多為溶液，容易操作。因此，實驗活動可在一至二節課的時間內完成。

7.由於各國教材選用的藥品為強酸與強鹼，因此，必須指導學生注意實驗安全。

四經由分析與比較，歸納各階段「酸與鹼」實驗活動，選出或設計理想教材，其所含知能、技能、精密度及性質異同分類方法列於表 6。此理想教材以定性至定量，巨觀至微觀的原則編排而成，以銜接自小學至高中等各階段的知能與技能。

結 論

一綜觀世界各國的「酸與鹼」實驗活動，在小學階段以物體的特性（現象）做為學習的對象，來認識物體間所發生的變化，進而形成操作型定義。國中階段則以物質的特性（巨觀）為基礎，進而引入物質的粒子（離子）概念，來認識酸與鹼性質，並以半定量方式處理酸鹼中和現象。高中階段則深入至抽象化概念的學習，以及使用定量分析方式的滴定技術。

二各國各階段的實驗活動與概念配合方式由巨觀至微觀，由定性至定量，符合學生的認知發展。

三各國本主題單元教材除注重學理結構外，為兼顧學生學習興趣，趨向使用與日常生活有關的物質做為學習對象，並期望學生將所學習的知能與技能應用於日常生

活方面，俾能符合「培育全民科學素養」的教育思潮。

四各國同一階段的有關「酸與鹼」量的處理實驗活動所要求的精密度皆相似，顯示各國各階段對學生的學習成就之期望水準相同。

五我國本主題單元的實驗活動內容相當完整，但在小學階段則對酸鹼中和實驗不易正確實施（小學生使用滴管取滴數相同的酸鹼中和，實驗時因學生對液滴大小的控制無法完全相同，不能產生正確結果）。美國的實驗活動內容在層次與數量方面均遜於我國同一階段的教材；英國教材組織嚴密完整，惟其教材選用電導滴定，涉及電導計原理與操作技術，超出一般高中學生的學習能力；日本使用電泳實驗使抽象的微觀現象成爲巨觀現象，在本主題單元中極具特色。

六本主題單元教材在橫的聯繫方面，涉及溶液、離子、電解質等概念，因此，本單元的概念發展順序須和其他主題單元所包含的概念密切聯繫。

致謝

本研究承蒙國科會專案補助，計畫編號：NSC 73-0111—S 003—05，謹此致謝。

表 5：各國有關「酸與鹼」量的處理之實驗內容

國別 \ 階段	小 學	國 中	高 中
中 國	以滴管滴數來處理酸鹼中和的操作型定義（即酸鹼溶液的滴數相同）。	使用滴定管，使相同體積的鹽酸和氫氧化鈉溶液中中和。	1. 「基礎理化」：運用傳統滴定技術及標準溶液。 2. 「高中化學」：自行設計實驗方法與技術，測定胃酸劑片之制酸量。
美 國		1. 使用注射筒。 2. 半定量滴定。 3. 胃酸劑片制酸量的測定。	使用標準溶液，以傳統滴定技術測定酸鹼溶液的濃度。
英 國		酸鹼滴定，以廣用指示劑顏色的變化認識 pH 值的變化。	1. 電導滴定。 2. 傳統滴定技術。
日 本		*在石蕊試紙上添加酸或鹼，通電，觀察顏色帶移動現象，以證明 H^+ 及 OH^- 離子存在。	「化學 I」：傳統滴定技術。

註：1. 與本表中實驗活動有關之知能、技能、精密度、科學過程與科學態度等資料，請看表 1、2、3、4。

2.*：相關的實驗活動。

表 6：理想的「酸與鹼」實驗活動（量的處理）內容分析表

階段	項目	實驗活動名稱	知 能	實 驗 活 動 內 容	技 能	精 密 度	異同分類 處理方法
小 學		水溶液的反應	<ol style="list-style-type: none"> 1. 酸鹼指示劑 2. 中和反應 3. 塩 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 以石蕊試紙區分溶液的酸鹼性。 2. 以量筒（或定量注射筒）量取相等體積的酸鹼溶液進行中和反應。 3. 製塩 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 使用石蕊試紙 2. 測量體積 3. 加熱技術 	量筒體積： $\pm 1\text{ml}$	化學定性
國 中		酸鹼中和	<ol style="list-style-type: none"> 1. 酸鹼指示劑 2. 中和反應 3. pH 值 	由注射筒量取酸、鹼溶液（兩者的體積與濃度皆相等），以滴定方式看廣用指示劑顏色變化，推知溶液的 pH 值。	測量：體積與 pH 值。	注射筒體積： $\pm 1\text{ml}$ ΔpH 值： $\pm 1\text{pH}$	化學定量
高 中		「基礎理化」： 酸鹼滴定	<ol style="list-style-type: none"> 1. 酸鹼指示劑 2. 滴定終點 3. 中和反應 4. $N_A V_A = N_B V_B$ 5. 標準溶液 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 滴定管的使用與清洗。 2. 塩酸與氫氧化鈉溶液的滴定。 	滴定技術。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 天平：$\pm 0.1\text{g}$ 2. 滴定管讀數：$\pm 0.1\text{ml}$ 	化學定量
中		「高中化學」： 胃酸劑片中制酸量之測定	<ol style="list-style-type: none"> 1. 酸鹼指示劑 2. 滴定終點 3. 中和反應 4. $N_A V_A = N_B V_B$ 5. 標準溶液 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 以量瓶配製標準溶液。 2. 自行設計實驗方法。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 配製溶液。 2. 滴定技術。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 天平：$\pm 0.1\text{g}$ 2. 滴定管讀數：$\pm 0.1\text{ml}$ 	化學定量

中小學化學領域中的「酸與鹼」概念的深廣度與其化學實驗之連貫性與實驗適用性之研究
參考資料：

1. 師大科教中心：高中化學實驗手冊第二冊（修訂本），PP. 13 ~ 19，1983。
2. 師大科教中心：高中基礎理化實驗手冊上冊（第二次修訂本），PP. 29 ~ 34，1983。
3. 師大科教中心：國中課程改進計劃試用教材理化第四冊，第二十章，1983。
4. 國立編譯館：小學自然第三冊、第五冊、第十一冊，1983。
5. CHEM STUDY：Chemistry (Laboratory Manual)，PP. 50 ~ 52；PP. 61 ~ 64，1963。
6. ISCS：Probing the Natural World，PP. 227 ~ 253，Silver Burdett Co. 1971。
7. Jinn：Elementary Science，1980。
8. Nuffield Foundation：Nuffield Chemistry, The Sample Scheme Stage I and II，1967。
9. Nuffield Foundation: Nuffield Chemistry, The Sample Scheme Stage III，1967。
10. 日本東京書籍株式會社：新しソ科學，1983。
11. 大日本圖書：太のしソ理科第六冊，1983。

各國各階段實驗活動內容、概念、技能、科學過程與科學態度等之分析表及說明表 1：中國

概念發展順序	實驗活動名稱	知 能
交互作用 ↓ 酸性和鹼性 ↓ 酸鹼指示劑 ↓ 電解質與非電解質 氫離子(酸鹼學說) ↓ 中和反應 ↓ 塩 ↓ 酸鹼強度 ↓ pH 值 ↓ 酸鹼滴定	小)〔3-11〕白色粉末	小)醋能使小蘇打冒氣泡
	小)〔5-8〕認識氣水 高)〔四〕硫酸及硝酸	小)認識硼酸水、醋、氨水的特性及與溴瑞香草藍的變化。 高)硫酸能使石蕊變色。
	小)〔11-3〕水溶液的反應。 基)〔十〕數種重要元素和化合物的性質。 高)〔五〕鈉及其化合物。	小)認識酸性溶液、鹼性溶液與石蕊試紙的變色。 基)Mg 燃燒後之氯化物使石蕊變色 高)鈉的水溶液具有鹼性。
	中)〔20-2〕磷酸、塩酸和醋酸	中)1.石蕊試紙可分別酸。 2.酸和磷酸鈣反應生成氣體。
	中)〔20-1〕那些物質的水溶液可以導電?	中)1.電解質。 2.非電解質。 3.離子。 4.酸性溶液可導電並生氣體。
	小)〔11-3〕水溶液的反應。	小)酸性溶液和鹼性溶液的交互作用叫做中和。
	中)〔20-4〕酸鹼中和	中)1.中和反應。 2.塩。 3.酸鹼指示劑。
	基)〔5〕酸鹼滴定與氧化還原反應	基)1.中和。 2.酸鹼指示劑。 3. $N_a V_a = N_b V_b$ 4.當量點。 5.滴定。
	高)〔12〕酸鹼性質。	高)1.標準溶液。 2.酸鹼指示劑。 3.pH 值。 4.比色法。
	高)〔13〕胃酸劑片中制酸量的測定	高)1.中和。 2.酸鹼指示劑。 3. $N_a V_a = N_b V_b$ 4.pH 5.當量點。 6.滴定。
	大)〔8〕酸與鹼濃度之標定。	大)1.中和。 2.酸鹼指示劑。 3. $N_a V_a = N_b V_b$ 4.當量點。 5.滴定 6.標定濃度。

註：1.「小」：小學
 2.「中」：國中
 3.「基」：高中基礎理化
 4.「高」：高中化學

中小學化學領域中的「酸與鹼」概念的深廣度與其化學實驗之連貫性與實驗適用性之研究

實驗主要內容	技能	科學過程	科學態度
小) 醋和小蘇打的交互作用	小) 觀察氣泡	觀察、分類	好奇心
小) 硼酸水、醋、氨水與溴瑞香草藍的反應。	小) 觀察溴瑞香草藍的顏色變化。	觀察、分類	好奇心，尊重事實。
小) 以石蕊試紙區分酸性溶液、鹼性溶液、中性溶液。 基) $2Mg + O_2 \rightarrow 2MgO$ $MgO + H_2O \rightarrow Mg(OH)_2$	小) 觀察石蕊試紙的顏色變化。 基) 1. 燃燒技術。 2. 觀察石蕊試紙變色。	觀察、分類 操作型定義	好奇心，尊重事實。
中) 1. 以石蕊試紙檢驗酸。 2. 酸和碳酸鈣的反應。	中) 1. 稀釋酸。 2. 觀察石蕊試紙變色。 3. 觀察酸和碳酸鈣反應冒泡。	觀察，操作型 定義	客觀，尊重事實。
中) 區別蔗糖、硫酸、硝酸、硫酸鈉的導電性。	中) 1. 觀察溶液導電與冒氣泡。 2. 下操作型定義：「酸性溶液可導電並冒氣泡」。	觀察，分類 操作型定義	客觀，尊重事實，精明
國) 5 滴鹽酸和 5 滴氫氧化鈉的交互作用。	小) 1. 觀察石蕊試紙的顏色變化。 2. 「中和」的操作型定義。 3. 加熱蒸乾技術。	觀察，操作型 定義	客觀，尊重事實，精明
中) 鹽酸和氫氧化鈉的中和反應。	中) 1. 觀察酚酞變色。 2. 蒸發製鹽。 3. 滴定管的使用技術。	觀察，操作型 定義、測量	客觀，尊重事實，精明，尊重學理結構。
基) 鹽酸與氫氧化鈉的滴定。	基) 1. 觀察酚酞變色。 2. 滴定管使用技術。	觀察，測量， 推理，實驗解釋資料	客觀，尊重事實，尊重學理結構，耐心
高) 1. 配製酸性、鹼性標準溶液。 2. 未知氫離子溶液的測定。 3. 醋酸溶液中氫離子濃度的測定。	高) 1. 溶液配製技術。 2. 比色技術。 3. 觀察指示劑的顏色。	觀察，測量， 推理，實驗解釋資料	客觀，尊重學理結構，耐心
高) 測量胃酸劑片中的制酸量。	高) 1. 觀察指示劑的顏色變化。 2. 滴定管的使用技術。	觀察，測量， 推理，實驗解釋資料	客觀，尊重學理結構，耐心 信心
大) 1. 配不含 Na_2CO_3 的 $NaOH$ 溶液 2. 以 KHP 標定 $NaOH$ 溶液。 3. 以 $NaOH$ 標定 HCl 溶液。 4. 未知物濃度的標定。	大) 1. 觀察酚酞的顏色變化。 2. 抽濾技術。 3. 滴定管的使用技術。	觀察，測量， 推理，實驗解釋資料	尊重事實，客觀，精明，尊重學理結構， 耐心，信心

精密度	異同分類處理方法	時間(分)	器材	安全	合乎學生能力	備註
	化學定性方法一種：氣泡	30	燒杯	+	+	
	化學定性方法一種：顏色變化	30	燒杯	+	+	
	化學定性方法一種：顏色變化	30	燒杯、滴管、蒸發皿	+	-	
	化學定性方法二種：顏色變化，氣泡	50	燒杯	硫酸，安全上須注意	+	
	化學定性方法二種：導電性及冒氣泡 化學定量方法一種：燈光明暗程度	50	導電裝置，燈泡	+	+	
半定量	物理、化學定性方法綜合：顏色變化，蒸乾	30	燒杯、滴管、蒸發皿	強酸(HCl)，強鹼(NaOH)要注意安全	+	
半定量	物理、化學定性方法綜合：顏色變化，蒸乾	50	滴定管	+	+	
滴定管讀數： ± 0.1 ml	物理、化學定性定量方法總合：顏色變化	50	滴定管、錐形瓶	+	+	
pH 讀數： ± 1 pH	物理、化學定性定量方法總合	50	試管	+	+	
滴定管讀數： ± 0.1 ml	物理、化學定性定量方法總合	50	滴定管、錐形瓶	+	+	
稱量：± 0.01 g 滴定管讀數： ± 0.01 ml	物理、化學定性定量方法總合	150	滴定管、錐形瓶、抽氣過濾瓶及漏斗	+	+	

表 2：美國

概念發展順序	實驗活動名稱	知 能	實驗主要內容
交互作用 ↓ 酸性、鹼性與中性 ↓ 酸鹼指示劑 ↓ 塩 ↓ 中和反應 ↓ 氫離子 ↓ pH值 ↓ 酸鹼滴定	小)〔觀察1〕 顏色變化的觀察	小) 1.剛果紅 2.檸檬酸 3.碳酸氫鈉	小) 檸檬酸、碳酸氫鈉和剛果紅所發生的顏色變化
	中)〔第十六章〕 1.氨氣和乾石蕊試紙 2.氨氣和濕石蕊試紙 3.氯化銨和石蕊試紙	中) 1.石蕊試紙 2.氨是鹼性 3.氯化銨是中性的化合物	中) 氨氣、氯化銨與石蕊試紙之顏色變化
	中)〔第十六章〕 氯化銨的水解	中) 1.塩 3.酸鹼指示劑 2.水解	中) 由氯化銨和氫氧化鈉反應製造氣
	中)〔第十七章〕 胃酸制酸劑	中) 1.酸鹼指示劑 2.中和反應	中) 1.用塩酸中和氫氧化鈉溶液 2.以氫氧化鈉溶液測定醋酸所含的酸量
	高)〔第十八章〕 溶液氫離子濃度之測定	高) 1.酸鹼指示劑 2.標準溶液 3.中和反應 4.氫離子濃度	高) 測定醋酸、塩酸所含的氫離子濃度
高)〔第廿三章〕 定量滴定	高) 1.酸鹼指示劑 2.滴定 3.中和反應 4. $N_a V_a = N_b V_b$	高) 1.標準鹼性溶液 2.標定未知溶液 3.試樣之標定	

註：1.「小」：小學
2.「中」：國中
3.「高」：高中化學

技 能	科 學 過 程	科 學 態 度	精 密 度	異同分類處理方法
小) 混合物體	觀察：顏色	1.好奇心 2.尊重事實		化學定性
中) 檢驗物質的酸鹼性質	1.觀察：顏色 2.分類 3.傳達	1.好奇心 2.尊重事實		化學定性
中) 1.水解技術 2.檢驗物質的酸鹼性質	1.觀察：顏色 2.傳達 3.操作型定義	1.客觀 2.耐心		化學定性
中) 1.測量酸之含量 2.繪圖	1.觀察：顏色 2.測量：體積 3.傳達 4.解釋資料	1.客觀 2.耐心 3.精明		化學定性定量
高) 比色技術	1.觀察：顏色 2.傳達 3.推理	1.客觀 2.信心 3.精明	pH：± 1 pH	化學定量
高) 滴定技術	1.觀察：顏色 2.應用數字 4.傳達 3.測量 5.推理	1.客觀 2.信心 3.耐心 4.精明	滴定管讀數： ± 0.1 ml	化學定量

中小學化學領域中的「酸與鹼」概念的深廣度與其化學實驗之連貫性與實驗適用性之研究

時間(分)	器 材	安 全	合乎學生能力	備 註
30	+	+	+	
50	+	- (氨氣揮發)	+	
50	+	- (氨氣)	+	
50	+	+	+	
50	+	+	+	
50	+	+	+	

表 3：日本

概念發展順序	實驗活動名稱	知 能	實驗主要內容	技 能
酸鹼指示劑	小)〔6上, 4〕水溶液的性質	小) 1.石蕊試紙 2.酸性溶液 3.鹼性溶液 4.中性溶液	小) 以石蕊試紙檢驗鹽酸、硼酸水、醋、汽水、糖水、氫氧化鈉、氨水、石灰水等	小) 1.觀察 2.分類 3.操作型定義
	理)〔6〕食鹽與糖之性質與成分	理) 1.石蕊指示劑 2.鹽能被酸分解	理) H_2SO_4 和食鹽、糖分別反應, 以石蕊試紙檢驗 HCl	理) 1.觀察石蕊指示劑 2.加熱技術
酸鹼性質	化)〔12〕水素化合物的性質	化) 1.石蕊試紙 2.酸性、鹼性	化) 以石蕊試紙檢驗水溶液	化) 1.觀察石蕊試紙顏色 2.分類
	化)〔13〕金屬氧化物的性質	化) 鹵化物 + 水 → 水鹵化物	化) 以石蕊試紙檢驗 CaO , Al_2O_3 之水溶液	化) 1.觀察 2.實驗
酸鹼理論 (H^+ , OH^- 離子)	化)〔15〕硝酸和硫酸的性質	化) 酸性	化) 鋅和 H_2SO_4 , HNO_3 反應生成氣體	化) 1.觀察 2.配製溶液
	中)〔Ⅲ-4〕酸性水溶液的共同性質	中) 1. H^+ 離子 2.電氣分解	中) 在藍色石蕊試紙上通電觀察試紙顏色變化	中) 1.觀察石蕊試紙變色 2.電解
中和反應 ↓ 鹽	中)〔Ⅲ-5〕鹽酸和氫氧化鈉溶液混合	中) 1.中和反應 2.鹽	中) 以 $NaOH$ 中和 HCl 溶液, 並將溶液蒸乾取得結晶	中) 1.觀察石蕊溶液顏色 2.蒸發技術
酸鹼性強弱	化)〔22〕酸之強度	化) 1.強酸 2.弱酸	化) 鹽酸、碳酸、醋酸和 $1Mg$ 反應, 看氣體量 2.通電, 看氣體之量	化) 1.觀察 2.配製溶液 3.通電分析
	化)〔23〕中和滴定	化) 1.中和反應 2.當量點 3.滴定 4. $NaVa = NbVb$	化) 1. HCl 和 $NaOH$ 之滴定 2. $NaOH$ 和食醋之滴定	化) 1.配製石蕊溶液 2.滴定管用法
↓ 鹽之水解	化)〔24〕鹽之加水分解	化) 水解與酸性、中性、鹼性之變化的關係	化) $NaCl$, NH_4Cl , $FeCl_3$, $AlCl_3$ 等粉末分別加水, 以石蕊試紙檢驗溶液的酸鹼性	化) 1.配製溶液 2.檢驗酸鹼性

註：1.「小」：小學
2.「中」：國中
3.「理」：高中理科 I
4.「化」：高中化學

中小學化學領域中的「酸與鹼」概念的深廣度與其化學實驗之連貫性與實驗適用性之研究

科學過程	科學態度	精密度	異同分類處理方法	時間 (分)	器 材	安 全	合乎學生能力	備註
1.觀察石蕊試紙顏色 2.分類 3.操作型定義	1.好奇心 2.尊重事實 3.耐心		化學定性分析	40	1.試管 2.燒杯	注意HCl與NaOH之持用	+	
1.觀察石蕊試紙顏色 2.傳達 3.實驗	1.虛心 2.客觀 3.精明(用火燒溶液)		化學定性分析	10	1.試管 2.燒杯	避免試管內溶液噴出	+	
1.觀察 2.分類	1.客觀 2.信心		化學定性分析	10	1.試管 2.燒杯	+	+	
1.觀察 2.實驗	1.尊重事實 2.信心		化學定性分析	10	1.試管 2.燒杯	+	+	
1.觀察 2.分類 3.實驗	1.尊重事實 2.精明		化學定性分析	20	1.試管 2.燒杯	H ₂ SO ₄ 與HNO ₃ 之濃度為3 mole/e	+	
1.觀察 2.傳達 3.實驗	1.尊重事實 2.耐心		化學定性分析	30	1.電極、電池 2.石蕊試紙	+	+	
1.觀察 2.傳達 3.實驗	1.尊重事實 2.精明		化學定性分析	30	1.燒杯 2.蒸發皿	+	+	
1.觀察 2.傳達 3.控制變因(濃度) 4.實驗	1.尊重事實 2.耐心	時間：收集試管內氣體之所需時間如何？	化學定量分析	50	1.試管 2.燒杯 3.電流計	+	+	
1.觀察 2.傳達 3.控制變因(濃度) 4.實驗 5.推理	1.尊重事實 2.精明 3.耐心	精密度：±0.1ml，三次讀數平均	化學定性定量分析	60	1.燒杯 2.滴定管	+	+	
1.觀察 2.傳達 3.推理 4.實驗	1.客觀 2.精明		化學定性分析	50	1.試管 2.燒杯	+	+	

表 4：英國

概念發展順序	實驗活動名稱	知 能	實驗主要內容	技 能
酸鹼指示劑 ↓ 酸性與鹼性	中) [B 2.1.] 測定酸性的方法	中) 1. 廣用指示劑 2. pH值 3. 酸性 4. 鹼性	中) 1. 使用廣用指示劑測定日常用品及植物的酸性 2. 以 pH值說明溶液的酸性	中) 1. 迴流 2. 使用廣用指示劑
	中) [20 1.] 常見的酸之酸性研究	中) 1. 廣用指示劑 2. 酸性	中) 研討醋酸、冰醋酸、酒石酸晶體等的酸性	中) 1. 配溶液 2. 使用廣用指示劑
↓ 電解質 ↓ 氫離子	中) [6.1.] 甚麼物質可以導電?	中) 1. 電極 2. 電解質	中) 試驗硫酸等的導電性	中) 操作導電裝置
	中) [202.] 水與酸性的關係	中) 1. 氫離子 2. 酸鹼指示劑	中) 試驗並比較氯化氫在水及甲苯中的酸性	中) 比較液性
↓ pH 值	中) [B 2.2.] 酸的用途如何?	中) 1. 滴定 2. pH值 3. 酸鹼指示劑	中) 使用醋與蘇打灰之滴定來測定 pH值	中) 滴定技術
	高) [10- 2] 1. 弱酸稀釋對 pH值的效應 2. pH值變化的測定	高) 1. pH值 2. 酸鹼指示劑 3. 中和反應 4. 滴定	高) 1. 比較相同濃度之酸的強度 2. 酸、鹼滴定來測定 pH值	高) 滴定技術
↓ 中和反應	高) [10- 5] 導電滴定	高) 1. 導電滴定 2. 反應終點	高) 酸、鹼溶液的酸鹼性質與氫離子及氫氧離子的關係	高) 使用電導計
	中) [20 3.] 酸鹼溶液反應	中) 1. 中和反應 2. 反應終點 3. 酸鹼指示劑	中) 鹽酸和氫氧化鈉反應，觀察指示劑顏色及燈光的變化	中) 中和反應的技術
↓ 鹽	中) [20- 4 a] 1. 由氧化銅製硫酸銅 2. 製硫酸鎂	中) 1. 中和反應 2. 鹽 3. 酸鹼指示劑	中) 由酸製備新的物質	中) 製備硫酸銅

註：1. 「中」：國中
2. 「高」：高中化學

中小學化學領域中的「酸與鹼」概念的深廣度與其化學實驗之連貫性與實驗適用性之研究

科學過程	科學態度	精密度	異同分類處理方法	時間(分)	器 材	安 全	合乎學生能力	備註
1.觀察：顏色 2.測量：pH 3.傳達	1.尊重事實 2.客觀 3.信心		化學定性	50	+	+	+	
1.觀察：顏色 2.分類 3.傳達	1.尊重事實 2.客觀 3.耐心	溶液管(10 ml)：±1 ml	化學定性	50	移液管	+	+	
1.觀察：燈光 2.分類 3.傳達	1.尊重事實 2.客觀 3.耐心		化學定性	50	導電裝置	+	+	
1.觀察：顏色 2.分類 3.控制變因 4.傳達	1.好奇心 2.尊重事實 3.信心		化學定性	50	+	+	+	
1.觀察：顏色 2.分類 3.傳達 4.測量：pH值	1.尊重事實 2.信心 3.耐心	1.量筒(25 ml)：±1 ml 2.蘇打灰以菜勺計量	化學定性	50	+	+	+	
1.觀察：顏色 2.測量：pH值 3.傳達	1.客觀 2.信心 3.耐心	滴定管：±0.1 ml	化學定性定量	50	+	+	+	
1.觀察 2.測量 3.傳達 4.控制變因	1.客觀 2.精明 3.耐心	滴定管：±0.1 ml	物理化學定性定量	100	電導計	+	- (電導滴定超出學生能力)	
1.觀察：顏色 2.測量 3.傳達 4.控制變因	1.客觀 2.信心 3.耐心 4.尊重學理結構	滴定管：±0.1 ml	化學定性定量	100	+	+	+	
1.觀察 2.傳達 3.操作型定義	1.客觀 2.信心 3.耐心		化學定性	100	+	+	+	

Investigating into Improvement of Chemistry

Experiments in Relation to Its Depth for

the Acid-base Concept

by

Cheng-Hsia Wang and Yong-Hwa Yang

Abstract

This is a research project which investigates into the improvement of experimental activities in the field of chemistry from primary school through senior high school. The correlation and suitability of each experiment was evaluated with the following points as basis: (a) Relevance of data produced to the concept for the particular learning level. (b) Correlation of experiments for the same concept at different learning level. (c) The level of cognitive development of the students. (d) Previously acquired learning of the students. (e) Safety, simplicity, economy (both of money and of class time).

The key experimental activities of the acid-base concept were reviewed on major curricula (R.O.C., Japan, U.S.A., England).