

小學至高中「能量」概念發展及深廣度之比較研究

王澄霞・楊永華

本研究收集並分析中、美、英、日諸國之各階段（小學至高中）的影響力較大的自然科學教材中有關「能量」主題單元概念之實驗活動，研討其所包含的化學概念，建立其主題概念的發展順序。分析與比較其所含的科學過程和科學態度，並探討本主題單元實驗活動與概念的銜接問題。特別針對有「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。

壹、前言

物質與能量之運用為人類文明之重要動力。為增進人類文明與改善人類生活，自然科學課程之設計重視能量與物質之關係。化學屬於自然科學範疇，其課程內容中涉及能量的概念學習活動甚多。而化學概念較抽象，須藉助實驗活動的實施以協助學習者形成具體的概念，並將概念延展擴大來建立解決問題的能力。

化學領域中的「能量」概念教材，其內容包含社會大眾日常生活中熟悉的現象（如加熱、燃燒、相變化等）及概念（如能、熱等）；再者，它也包含科學研究的要素——“量”（如熱量），能夠藉著“量化”的實驗活動經由「做中學」的過程培育學生的科學概念、科學過程與科學態度，從而培育其科學素養，符合現代科學教育重視「培養全民科學素養」的教育理念。

本研究收集中、美、英、日諸國各階段（小學至高中）的影響力較大的教材（見參考資料）中有關「能量」主題單元之實驗活動，分析其所含的化學概念，建立其主題概念發展體系。並分析與比較實驗活動所含的科學過程和科學態度，進而探討本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「能量」主題單元中有關「量的處理」的實驗活動，根據下列原則評鑑其連貫性與實用性：(1)實驗活動的結果能否提供足夠的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)實驗內容能否和學生的舊經驗（含技能）相配合？(4)實驗的安全性？(5)實驗所需器材是否容易獲得且價廉？(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成果，提供實驗改進之依據，及編寫各級學校「能量」主題單元教材之參考。

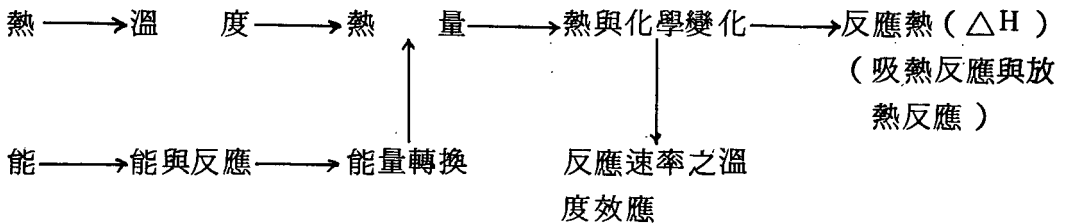
貳、實施方式

1. 收集國內外（中、美、英、日）各階段（小學至高中）關於本主題單元之實驗活動，分析各實驗活動所包含的化學概念，建立其主題概念發展體系。
2. 分析並比較各實驗活動所含的技能、科學過程和科學態度、異同分類處理方法等，建立各國實驗活動內容分析表。
3. 探討主題概念在各階段的適用性和實用性，評估概念的銜接問題。
4. 選出或設計適合本主題單元之各階段實驗活動。
5. 經由試做、小組試教及班級試教等實做過程，評估實驗活動的成效。

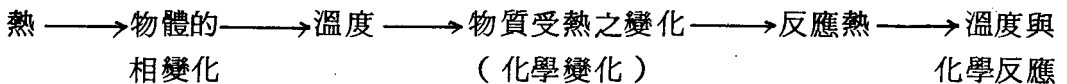
參、結果與討論

一、經由分析與整理各國各階段之本主題單元實驗活動內容，分列於表 1、2、3 與 4。茲由各表中列舉各國「能量」主題單元中概念的發展順序如下：

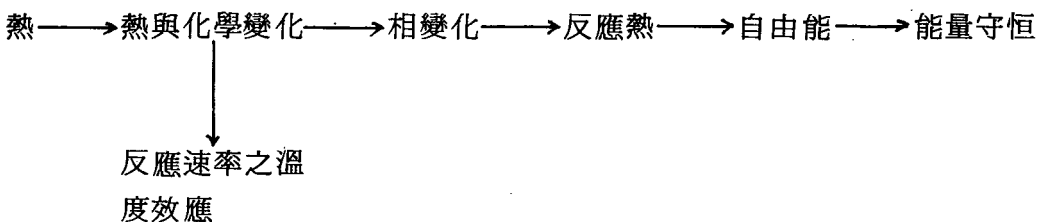
1. 我國：



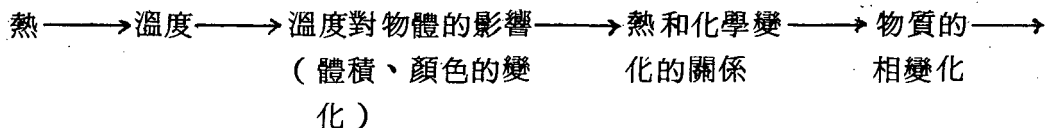
2. 美國：



3. 英國：



4. 日本：



反應熱 (ΔH) \longrightarrow 溫度與反應速度

各國「能量」主題概念發展順序之流程對照圖如圖 1，由此圖可知各國本主題概念之發展順序雖然細節有些不同，但主要概念大致相同。

二、針對「能量」單元各實驗活動涉及「量的處理」者，特別列舉於表 5。茲說明該表的特點於下：

1. 針對「能量」單元，各國初始階段皆以溫度計為量的判斷工具，以溫度高低為決定數量的基準。因此，溫度計讀數判讀為測量的依據。
2. 各國在國小階段皆只讓兒童認識現象，使兒童體會到「能」的存在，不從事有關量的實驗活動。因為處理熱量須涉及質量、比熱等概念，這些概念在國中階段始行導入。因此，到達國中階段才開始發展此方面的實驗活動。
3. 在本單元中有些概念在量的處理方面，如熱量的測定，須與物理學科取得密切聯繫。因此，在科際課程統合方面須妥善安排概念的橫向聯繫。
4. 對於量的處理可經由各種實驗技術來導入同一概念，例如化學反應熱的測定，可使用卡計測定，亦可由電池化學反應測定，此等技術的異同優劣，可分別實施於不同程度的學生。

三、本主題單元之實驗活動，中外教材各具特色。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：

我國小學四年級在「冷與熱」單元中使用溫度計測量水溫，以各種顏色表示溫度的高低（不直接判讀溫度計讀數）；並探究肥皂粉在冷水或溫水中溶解快慢的情形，從而學習控制實驗變因的方法。以上的實驗活動皆是使用五官觀察現象，認識現象所具有的特徵，進而學習如何獲得操作型定義。

(2) 美國：

使學生觀察並從事實驗：

- ① 以蠟燭加熱使水變成水蒸氣——認識「相變化」的操作型定義。
- ② 以熱水加熱氣球——認識「氣體因為受熱而膨脹」的現象。
- ③ 加熱食鹽水以製備食鹽。

(3) 日本：

使學生觀察有顏色的物質在熱水中的擴散現象。

2. 國中階段：

(1) 我國：

開始從事量化的實驗活動，例如：以溫度計讀數大小表示溫度的高低，探究物質的相變化所需的熱量與其質量、溫度變化的關係、探究溫度與物質溶解度的關係、研討化學反應所產生的熱量變化以區分放熱反應和吸熱反應，瞭解化學可逆反應、結晶水等概念。本階段的實驗活動屬於巨視性質，不涉及物質的粒子性

；再者，本階段的實驗活動多為探究物質（或物質變化）和能量的關係，但極少涉及反應速率。

(2)美國：

使用各種化學藥品進行反應，測量系統所發生的溫度變化——瞭解物質之間的交互作用會有能量伴隨而生。

(3)英國：

英國國中階段有關本單元具有特色的實驗活動為：

- ①從岩鹽溶液製鹽，分餾原油，此為與日常生活有關的實驗活動。
- ②測定甲醇、乙醇、正丙醇與正丁醇的燃燒熱數值。
- ③在不同的溫度下，使氫氣和氯氣反應生成氯化氫，測量此一反應的熱變化，瞭解能量守恒原理。

(4)日本：

- ①使碳酸鈉溶液和過錳酸鉀溶液加熱反應，生成二氧化碳，認識物質受熱而發生化學反應的現象。
- ②以蒸餾裝置測定液體的沸點。

3.高中階段：

(1)我國：

分為「基礎理化」和「高中化學」兩個階段。

- ①「基礎理化」：研討化學能轉變為熱能和光能的原理及現象。
- ②「高中化學」：研討能量（溫度）變化和反應速率的關係，以定量方式測定溫度對反應速率的影響。

高中階段的特色為定量實驗並使用微觀的粒子觀念去探討現象。

(2)美國：

不分階段實施。其特色為測定酸鹼反應的反應熱。

(3)英國：

不分階段。其特色為由電池反應測定反應熱與自由能之變化數值。

(4)日本：

其比較不同的實驗活動是將硫酸銨溶液與水分別恒溫後混合，測量此混合溶液的溫度。

4.就本單元各實驗活動所發展的技能，包含配製各種溶液、設計控制變因的實驗活動、使用計時工具、聚光技能、蒸餾技能等。這些實驗技能所要求的精密度水準隨學生年級之提高而增高。

5.本單元實驗活動所需器材除了一般玻璃器皿外，尚須特殊之器材，如我國「基礎理化」教材中將化學能轉變為光能的「氙光棒」，英國高中階段測定自由能所需的電壓計。因此，宜參照經濟能力選用適合的教材。

再者，為提高實驗的精確性，宜使用比較精密的溫度計。

6. 本單元實驗活動所使用的藥品多為溶液形態，操作容易並節省時間，實驗可在一節課的時間完成。
7. 本主題單元中有少數實驗活動使用強鹼（如氫氧化鉀、氫氧化鈉）、氯氣及氫氣等，在操作時必須特別注意指導並維護學生的安全。

四、經由分析與比較各階段「能量」主題單元的實驗活動，選出適用實驗，並建立主題概念發展流程。這些適用教材在實驗室及各階段學校小規模實施，並評鑑其成效。

1. 本主題單元所選出適用教材，其所含知能、技能、精密度及性質異同處理方法列於表 6。

此適用教材是依「定性至定量、具體至抽象、巨觀至微觀」的原則編排而成，以銜接國中與高中兩階段的知能和技能，使教材連貫一致。

2. 本主題單元適用教材經學校實施後，其成效如下表：

其平均值相當高，堪供課程設計者參考。

項目 階段	實驗活動內容	學生數	平均值	標準差
國	燃 燒 熱	15	85.5	2.8
	放熱反應與吸熱反應	15	94.2	3.8
中	化學反應和能量	20	88.2	3.1
高中	反應速率——溫度的效應	10	81.4	2.9

肆、結 論

- 一、綜觀世界各國「能量」主題單元的實驗活動，在小學階段以物體的特性（冷或熱）及現象為學習對象。由認識具體並可感覺的物體（如氣體、液體）和能量之間的交互作用，進而發展此種交互作用的操作型定義。國中階段則以物質的特性（巨觀方面）為學習基礎，認識物質與物質交互作用所產生的能量變化與種類，以及物質與能量交互作用所發生的現象，並以定量方式描述能量的變化（如吸熱或放熱反應）。高中階段則探討能量的轉換，以及運用定量方式測定反應熱與自由能，並探討反應速率與溫度的關係。
- 二、本主題單元實驗活動與其所包含概念配合方式是由「具體至抽象、巨觀至微觀、定性至定量」方式實施，以符合學生認知能力。其對精密度要求水準也循粗至細的方式發展。

- 三、因爲「能量」主題單元和日常生活的關係十分密切，所以本單元教材不僅要注重學理結構，而且其內容須能和日常生活需要結合，其實驗材料可運用日常生活物品爲對象。如此，可以使所學習的知能、技能在生活環境中實際應用，以符合「培養全民科學素養」的現代教育思潮。
- 四、各國本單元有關「量的處理」之實驗活動在國中階段開始實施，而且各國教材內容差異不大。高中階段所發展之概念呈分化現象，其中以英國發展至「自由能」概念最爲深奧（一般將其列入大一普通化學的教材）。
- 五、我國本主題單元教材由「熱」與「能」兩種概念並行發展而成，此與英、美、日等國的直線概念發展順序不同。
就教材組織方面，我國的教材組織嚴密；就內容而言，我國的教材分量充足；英國教材內容較爲深奧，大多爲定量的實驗活動，而且包含探討自由能的教材。
- 六、本單元的實驗活動與其他主題概念單元須安排連繫者爲溶液、酸與鹼、氧化與還原等，對於物質的粒子性則較少涉及。
- 七、本研究所建議之適用教材，經實做並評估其成效，其平均值高於一般水準，堪供各階段課程設計之參考。

致謝：

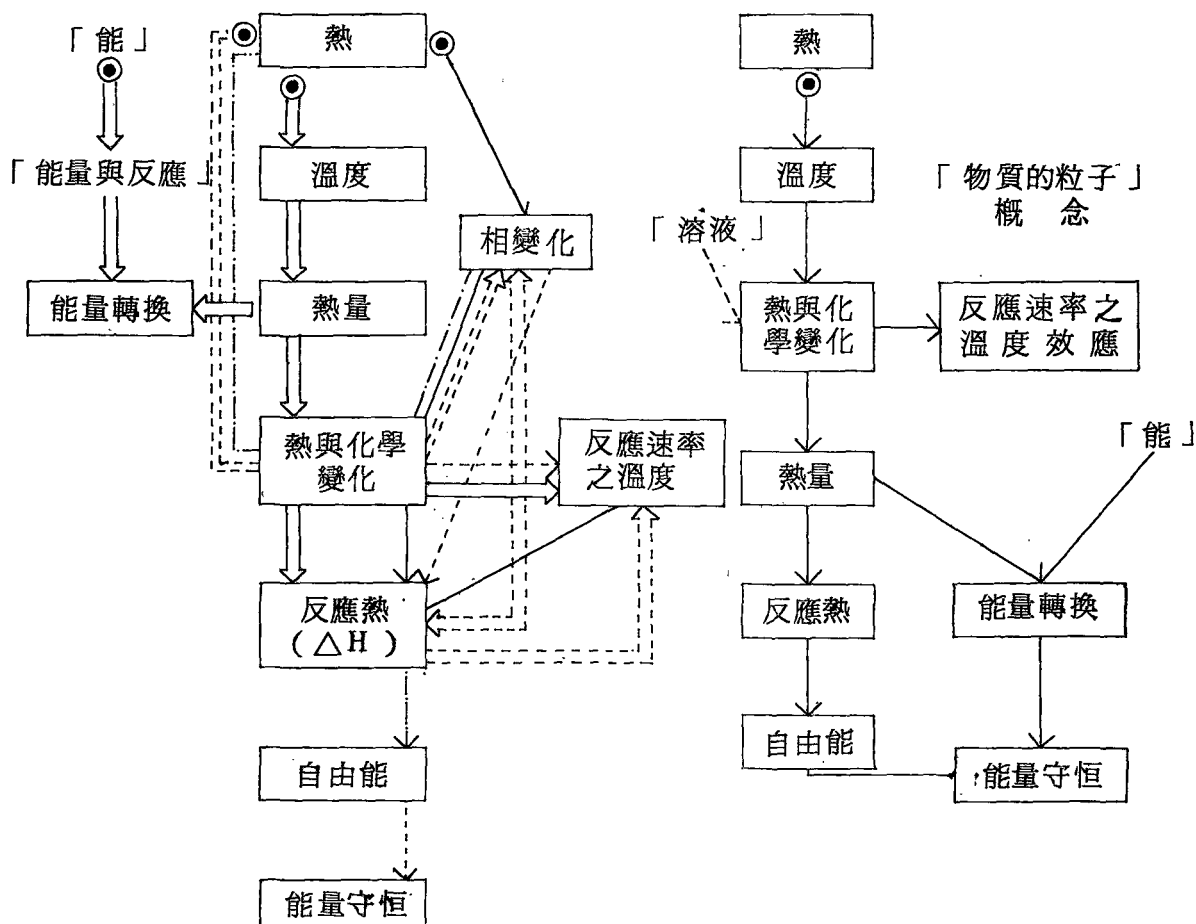
本研究承蒙國科會專案補助，計劃編號：NSC 73-0111-S003-05。
謹此致謝

參考資料：

1. 師大科教中心：高中基礎理化實驗手冊下冊，1983。
2. 師大科教中心：國中課程改進計劃試用教材理化第一冊、第二冊。
3. 國立編譯館：小學自然第四冊，1983。
4. CHEM STUDY：Chemistry (Laboratory Manual)，1963。
5. ISCS：Probing the Natural World，Silver Burdett Co. 1971。
6. Jinn：Elementary Science，1980。
7. Nuffield Foundation：Nuffield Chemistry，The Sample Scheme Stage I and II，The Sample Scheme Stage III，1967。
8. 日本東京書籍株式會社：新しい科學，1983。
9. 大日本圖書：化學，1983。

圖 1 各國「能量」主題單元概念發展順序流程圖

理想的「能量」概念流程圖



說明：◎：概念發展起點

→：中國；—→：美國；- - - ->：英國；□ - - - ->：日本；

表 1 中國

概念發展順序	實 驗 活 動 名 稱			知 國 小
	國 小	國 中	基礎理化	
<p>熱</p> <p>溫度</p> <p>能與反應</p> <p>能量轉換</p> <p>熱量</p> <p>熱與化學變化</p> <p>速率</p> <p>反應熱 (ΔH) (吸熱反應與放熱反應)</p>	[4 冊— 4] 冷和熱			溫度之高低
		[五— 1] 溫度與溫度計		
		[三— 2] 水之電解		
			[12] 能量之轉換	
		[五— 2] 熱 量		
		[六— 5] 熱和化學變化		
		[七— 3] 蠟燭之燃燒熱		
		[六— 4] 溫度與溶解度		

能		實 驗 主 要	
國 中	基 礎 理 化	國 小	國 中
		以溫度計測量水溫、氣溫，並以顏色代表溫度之高低	
水之膨脹與收縮與溫度之關係			以水之膨脹與收縮來製作溫度計
水是由氫和氧組成			通電流使水〔加入氫氧化鈉〕分解
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 化學能轉成熱能 2. 光能轉成熱能 3. 化學能轉成光能 		
<ol style="list-style-type: none"> 1. 物質之熱變化受質量與溫度之影響 2. $\Delta H = M \cdot S \cdot \Delta H$ 			測量水溫變化之吸收或放出之熱量大小
<ol style="list-style-type: none"> 1. 熱和化學變化之關係 2. 可逆反應 3. 結晶水 			硫酸銅晶體受熱時之顏色變化及其可逆反應
燃燒熱 (Cal/gm)			燃燒蠟燭，計算鋁罐中水吸收之熱量
<ol style="list-style-type: none"> 1. 溶解之熱效應 2. 吸熱反應 3. 放熱反應 			測量硝酸鉀、氫氧化鈉、氯化鈣、氯化銨溶於水是吸熱反應或放熱反應？

內 容	技 能		
基 礎 理 化	國 小	國 中	基礎理化
	1. 測量並比較溫度 2. 溫度計用法		
		1. 觀察水之收縮與膨脹 2. 定刻度	
		1. 電解技術 2. 氣體性質檢驗	
1. 氫氧化鈉加水生熱 2. 凸透鏡聚光生熱 3. 氚光棒之發光			1. 測量溫度 2. 聚光
		測量水溫變化	
		1. 觀察顏色變化 2. 加熱技術 3. 去結晶水之方法	
		加熱技術 測量水溫	
		溫度計用法	

科學過程	科學態度	精密度	異同分類 處理方法	時間 (min)
1. 觀察溫度計 2. 傳達：以顏色表示溫度之高低。	好奇心 客觀	50 °C 之溫度計： $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 以顏色表示溫度之高低	物理定性方法	40
1. 觀察水之收縮與膨脹 2. 傳達資料	1. 尊重事實 2. 客觀 3. 耐心		物理定量方法	50
1. 觀察氣體生成 2. 傳達資料 3. 推理「水由氫和氧組成」	1. 尊重事實 2. 耐心 3. 精明		1. 物理定性 2. 化學定性	50
1. 觀察光、熱及溫度計 2. 傳達資料 3. 解釋資料	1. 客觀 2. 精明 3. 尊重學理結構	溫度計讀數： $\pm 1^{\circ}\text{C}$	1. 物理定性 2. 化學定性	60
1. 觀察溫度計 2. 測量：熱量 3. 推理： $H = MST$	1. 尊重事實 2. 精明 3. 耐心	溫度計讀數： $\pm 1^{\circ}\text{C}$	物理定量	50
1. 觀察：硫酸銅顏色 2. 傳達 3. 解釋化學變化資料	1. 客觀 2. 耐心 3. 尊重學理結構		物理、化學定性總合	50
1. 觀察：溫度計 2. 測量：水溫 3. 傳達資料	1. 客觀 2. 精明 3. 耐心	溫度計讀數： $\pm 1^{\circ}\text{C}$	物理、化學定量總合	50
1. 觀察 2. 傳達資料 3. 測量	1. 尊重事實 2. 精明 3. 耐心	溫度計讀數： $\pm 1^{\circ}\text{C}$	物理、化學定性總合	50

器 材	安 全	合乎學生能力	備 註
溫度計 (0~50°C) 燒杯	+	+	
玻璃管 燒杯	+	+	
電流計	1. 使用氫氧化鈉 溶液 2. 氫氣檢驗 (要 注意安全)	+	
氰光棒 (不易供應) 凸透鏡	使用 NaOH 溶液	+(對化學發光 原理不易了 解)	
燒杯 溫度計	+	+	
蒸發皿 酒精燈	+	+	
酒精燈 鋁罐	+	+	
+	+	+	

表 2 美國

概念發展順序	實 驗 活 動 名 稱			
	小 學	國 中	高 中	
<p>熱</p> <p>↓</p> <p>相變化</p> <p>↓</p> <p>溫 度</p> <p>↓</p> <p>物質受熱變化</p> <p>↓</p> <p>反應熱</p> <p>↓</p> <p>溫度與反應速率</p>	[三、單元 3] 液體變為氣體			
	[三、單元 3] 吸熱與放熱之測量			
	空氣之加熱與冷卻			
	[五、單元 8] 鹽能收回嗎？			
		[探究 9-3] 操作模型		
		[8] 原子受熱		
		[19] 能量從那裏來？		
			[17] 酸鹼反應熱	
			[14]— 第二部分溫度效應	

知 能			實 驗 主 要		
小 學	國 中	高 中	小 學	國 中	
相變化			水加熱成爲蒸汽 (以蠟燭加熱)		
溫度			以溫度計測水溫		
擴張現象			以熱水加熱灌汽球		
1. 蒸發 2. 晶體			加熱食鹽水回收食鹽晶體		
	1. 反應熱			硫酸鎂與碳酸鈉反應生熱，以溫度計測量	
	1. 反應產生新物質 2. 溫度變化			$Zn + CuSO_4 \rightarrow Cu$ 及溫度變化	
				硝酸鉛溶液與碘化鉀反應，測量溫度	
		放熱反應			
		溫度會影響反應速率			

內 容		技 能			科 學 過 程
高	中	小 學	國 中	高 中	
		加熱			1. 觀察：蒸汽 2. 傳達 3. 推理
		使用溫度計			1. 觀察：溫度計 2. 傳達
		加熱			1. 觀察：汽球 2. 傳達
		加熱			1. 觀察：蒸汽 2. 傳達 3. 推理
			測量溫度計		1. 觀察：溫度 2. 測量：溫度 3. 傳達
			測量反應熱		1. 觀察 2. 測量：溫度 3. 傳達
			使用溫度計 測反應熱		1. 觀察 2. 傳達 3. 測量 4. 操作型定義
	1. 鹽酸與氫氧化鉀 2. 氫氧化鈉與醋酸 3. 硝酸與氫氧化銅 (氫氧化鉀)			測量反應熱	1. 觀察 2. 測量：溫度 3. 傳達 4. 分類
	IO ₃ 與 H ₂ SO ₄ 分別在室溫及室溫 ± 20 °C 範圍測定反應速率			測定反應時間	1. 觀察：I ₂ 顏色 2. 測量：時間 3. 傳達 4. 推理

科學態度	精密度	異同分類 處理方法	時 間 (min.)	器材	安全	學生能力	備 註
1. 好奇心 2. 尊重事實		物理定性	20	+	+	+	
1. 好奇心 2. 信心		物理定性	30	+	+	+	
1. 好奇心 2. 客觀		物理定性	30	+	+	+	
1. 好奇心 2. 信心 3. 耐心		物理定性	30	+	+	+	
1. 好奇心 2. 耐心	溫度計： $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$	化學定量	50	+	+	+	
1. 好奇心 2. 客觀	溫度計： $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$	化學定量	50	+	+	+	
1. 客觀 2. 精明 3. 信心	溫度計： $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$	化學定性	50	+	+	+	
1. 客觀 2. 精明 3. 信心	溫度計： $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$	化學定量	50	卡計	+	+	
1. 客觀 2. 耐心 3. 尊重學理 結構	錶： ± 1 秒	化學定量	50	+	+	+	

表 3 英國

概念發展順序	實驗活動名稱		知 能		
	Stage I III	Stage III	Stage I II	Stage III	
<p>物質 ↔ 熱</p> <p>↓</p> <p>熱與化學變化</p> <p>↓</p> <p>相變化</p> <p>↓</p> <p>反應熱</p> <p>↓</p> <p>自由能</p> <p>↓</p> <p>能量守恒</p> <p>↓</p> <p>溫度效應</p>	[A1、1] 從岩鹽製鹽		1. 蒸發 2. 晶體		
	[A1、5] 原油分餾		分離法		
	[A2、2] 硫酸銅晶體加熱		1. 分解 2. 無水物		
	[B、5、1] 物質受熱		化學變化		
	[B9、1] 燃燒之化學 燃燒之化學變化		1. 燃燒 2. 化學變化		
	[II 15-1] 沸騰與凝固		相變化		
	[II 23-1] 化學與能		燃燒熱		
	[II 23-2] 吸熱與放熱之反應		1. 吸熱反應 2. 放熱反應		
		[5、5] 測電池反應之 ΔH 與 ΔG		1. ΔH 2. ΔG	
		[II 23-6] 化學變化之能量		能量守恒	
	[II-18、3] $S_2O_3^{2-} + H^+ \rightarrow$ $H_2O + SO_2(g) + S$		1. 反應效率 2. 溫度效應		

實 驗 主 要 內 容			技 能	
Stage I	II	Stage III	Stage I II	Stage III
從岩鹽製鹽			蒸發技術	
原油分餾			分餾技術	
硫酸銅晶體加熱→水及硫酸銅			加熱	
CuSO ₄ 、NaCl、CuCl ₂ 、CuNO ₃ 、pbNO ₃ 受熱之變化			加熱	
紙、木材、石蠟、糖、PE、澱粉、酒精等之燃燒			加熱	
水沸騰及凝固時，溫度與時間之關係			1. 加熱 2. 冷凝	
甲醇、乙醇、正丙醇、正丁醇之燃燒熱			1. 使用溫度計 2. 測燃燒熱	
1. 中和反應， $\Delta H = ?$ 2. $Ca^{2+} + CO_3^{2-} \rightarrow CaCO_3$ 之 $\Delta H = ?$			1. 使用溫度計 2. 測燃燒熱	
		$Cu + 2Ag \rightarrow Cu^{2+} + Ag$ 之 ΔG 與 ΔH		使用電壓計
$H_2 + Cl_2 \rightarrow HCl$ 不同溫度時之 ΔH			測 ΔH	
$S_2O_3^{2-} + 2H^+ \rightarrow H_2O + SO_2 + S$ 在不同溫度下做			測反應時間	

科學過程	科學態度	精密度	異同分類 處理方法	時間 (min)	器材	安全
1. 觀察：蒸發 2. 傳達	1. 客觀 2. 信心		化學定性	50	+	+
1. 觀察：液體 2. 傳達 3. 分類	1. 客觀 2. 耐心		化學定性	50	+	+
1. 觀察：顏色 2. 分類 3. 傳達 4. 操作型定義	1. 客觀 2. 耐心		化學定性	50	+	+
1. 觀察：物體 2. 傳達 3. 形成假說	1. 客觀 2. 耐心		化學定性	50	+	+
1. 觀察：燃燒 2. 傳達 3. 推理	1. 客觀 2. 耐心		化學定性	50	+	+
1. 觀察：液體 2. 傳達 3. 形成假說	1. 客觀 2. 耐心	時間： $\pm 1 \text{ min}$	化學定量	50	+	+
1. 觀察：溫度計 2. 測量：溫度 3. 傳達	1. 客觀 2. 耐心	溫度： $\pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$	化學定量	50	+	+
1. 觀察：溫度計 2. 測量：溫度 3. 傳達	1. 客觀 2. 耐心	溫度： $\pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$	化學定量	50	+	+
1. 觀察：電壓 2. 測量：電壓 3. 傳達 4. 推理	1. 客觀 2. 耐心 3. 精明	電壓： $\pm 0.1 \text{ V}$	化學定量	50	+	+
1. 觀察：溫度計 2. 測量：溫度 3. 傳達 4. 形成假說	1. 客觀 2. 耐心 3. 精明	溫度計： $\pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$	化學定量	50	+	+
1. 觀察 2. 測量：時間 3. 傳達 4. 推理	1. 客觀 2. 耐心 3. 精明	時間： $\pm 1 \text{ 秒}$	化學定量	50	+	+

學 生 能 力	備 註
+	
+	
+	
+	
+	
+	
+	
+	
+	
+	
+	
+	
+	
+	

表 4 日本

概念發展順序	實 驗 活 動 名 稱			知	
	小 學	國 中	高 中	小 學	
熱 ↓ 溫 度	[3 , 2-3] 水的溫度			溫度計	
↓ 溫度對物質 的影響	[4下, 4-8] 熱與物質變化			1. 熱 2. 擴散	
↓ 熱與化學變化		[1上, 1-4] 物質受熱變化			
↓ 相變化		[1上, 3-1] 液體之沸點			
↓ 反應熱(ΔH)			[1-19] 反應熱		
↓ 溫度與反應 速率			[II-4] 吸熱反應		
			[I-20B] 溫度對反應 速率之影響		

能		實 驗 主 要 內 容		
國 中	高 中	小 學	國 中	高 中
		以溫度測量水溫		
		1. 冰塊在水中的體積變化 2. 染料在熱水中擴散		
熱能使物質發生變化			碳酸氫鈉和高錳酸鉀反應生成二氧化碳	
1. 沸點 2. 蒸發熱			以蒸餾裝置測定液體沸點	
	1. 放熱反應 2. 吸熱反應 3. 黑斯定律			濃氨水，氯化銨水等溶液之溫度變化
	1. 吸熱反應 2. 反應速率			1. 氯化鐵+碳酸鈉之溫度變化 2. 碳酸銨與水分別恒溫至80℃，混合測其溫度
	1. 反應速率 2. 溫度影響反應速率			硫酸鈉溶液受溫度影響其反應速率

技 能			科學過程	科學態度	精密度	異同分類 處理方法
小 學	國 中	高 中				
使用溫度計			1. 觀察 2. 測量：溫度 3. 傳達	1. 好奇心 2. 信心	以顏色表示溫度	物理定性
使用溫度計			1. 觀察 2. 測量 3. 傳達	1. 好奇心 2. 客觀		化學定性
	加熱		1. 觀察：沈澱 2. 傳達 3. 操作型定義	1. 好奇心 2. 客觀 3. 信心		化學定性
	使用蒸餾裝置		1. 觀察：沸點 2. 測量：沸點 3. 傳達 4. 操作型定義	1. 客觀 2. 信心 3. 精明	溫度計： ± 1 °C	化學定量
		測反應熱	1. 觀察：溫度 2. 測量 3. 傳達 4. 推理	1. 客觀 2. 精明	溫度計： ± 1 °C	化學定量
		使用溫度計	1. 觀察：溫度 2. 測量：溫度 3. 傳達 4. 推理	1. 客觀 2. 耐心 3. 精明	溫度計： ± 1 °C	化學定量
		測定反應時間	1. 觀察：顏色 2. 測量：時間 3. 傳達 4. 推理	1. 客觀 2. 耐心 3. 精明	時間： ± 1 秒	化學定量

	時 間 (min)	器 材	安 全	學生能力	備 註
	20	+	+	+	
	30	+	+	+	
	50	+	+	+	
	50	+	+	+	
	50	+	+	+	
	50	+	+	+	
	50	+	+	+	

表 5 各國有關「能量」主題單元之量的處理實驗內容

階段 國別	中	高 中
中 國	1. 溫度與溫度計 2. 熱量 ($H = M \cdot S \cdot T$) 3. 熱和化學變化：計算蠟燭的燃燒熱 4. 溫度與溶解度：吸熱反應和放熱反應	[化學] : 反應速率的溫度效應
美 國	1. 硫酸鎂溶液和碳酸鈉溶液的反應熱 2. 鋅與硫酸銅溶液反應的反應熱 3. 硝酸鉛溶液和碘化鉀溶液反應之溫度	反應速率的溫度效應 使碘酸鉀溶液和亞硫酸氫鈉溶液在不同溫度下反應
英 國	1. 甲醇、乙醇、丙醇及正丁醇的燃燒熱 2. 酸鹼中和反應的熱量 3. 氫氣和氯氣在不同溫度下反應；測 ΔH 4. 硫代硫酸鈉溶液和酸反應；測在不同溫度的速率	電池反應：測 ΔH 及 ΔG
日 本	各種物質沸點之測定	1. 測反應熱 2. 反應速率與溫度

國中生物各單元教學模式建議表

說明：本表係由五位實驗教師（分別以A、B、C、D、E為代號）根據其教學經驗，分別建議國中生物各單元最適當的教學模式以供國中生物教師選擇適當教學模式時之參考。表內A、B、C、D、E分別代表五位教師的建議模式，同一單元如有二個同一字號，表示該教師建議併用那二種模式施教。

單元教材名稱	建 議 教 學 模 式										
	主探	動討	引導式討	組因	織子	概達	念成	集探	體討	角扮	色演
第一章 我們的環境											
第一節 生物圈			ⒶⒷCDE	ⒶⒷ							
第二節 形形色色的生物	AⒺ		ⒷDⒺ	Ⓑ				C			
第三節 生物圈的隱憂			BDE					AC			
第四節 討論	A		E					ⒷCD		Ⓑ	
第二章 解決生物學問題的方法											
第一節 科學方法	A		ⒷC	ⒷDE							
• 實驗 2-1 顯微鏡的使用	ⒶCⒺ		D	ⒶBⒸⒺ							
• 實驗 2-2 水中的小生物	ⒶBCDE		Ⓐ								
第二節 實驗數據的整理和解釋	AE		BC	D							
• 實驗 2-3 根據數據製成圖形	AⒸ		BⒸE			D					
第三節 討論			ABCE					D			
第三章 生物體的構造											
第一節 器官				ABCDE							
第二節 細胞	Ⓒ			ABⒸDE							
• 實驗 3-1 動植物的細胞	AⒸⒺ		DⒺB	Ⓒ							
第三節 個體組成的層次			ⒷD	AⒷCE							
第四節 討論			ABCE					D			
第四章 營養											
第一節 養分和能量			ABⒹ	CⒹE							
• 實驗 4-1 食物中能量的測定	ⒷCD		AⒷE								
第二節 植物怎樣製造養分			ⒶⒹE	ⒶBCⒹ							
• 實驗 4-2 澱粉和葡萄糖的測定	ACDE		B								
• 實驗 4-3 光合作用的產物	AⒷⒸD		ⒷⒸE								
第三節 生物體內養分的轉變	C		AⒷDE	Ⓑ							
• 實驗 4-4 測定種子中的養分	ACE		ⒷD	Ⓑ							

單元教材名稱	建議教學模式										
	主探	動討	引導式	組因	織子	概述	念成	集探	體討	角扮	色演
第四節 物質怎樣進出細胞	A②		②E	CD							
• 實驗 4-5 澱粉還是葡萄糖能進出細胞	ABCD		E								
第五節 酵素			D	ABCE							
• 實驗 4-6 唾液和澱粉	ABCD②		②								
第六節 消化作用			②	A②CDE							
第七節 討論	AB		CE					D			
第五章 生物體內物質的運輸											
第一節 植物體內物質的運輸			②C	②BCDE							
• 實驗 5-1 植物體內水分的運輸	ABCDE										
第二節 葉與運輸作用的關係			②EC	②BD							
• 實驗 5-2 葉和水分散失的關係	ABCE		D								
第三節 血液			②CE	A②CD							
• 實驗 5-3 觀察血液的流動	②D		②BCE								
第四節 心臟和血管			C	ABCDE							
• 實驗 5-4 探測心音和脈搏	ADE②		②CE	②							
第五節 血液循環			A②E	B②D							
第六節 討論	②		CE					②BCD			
第六章 協調作用											
第一節 刺激和反應			②	②ABCDE							
• 實驗 6-1 反應時間的測定	A		BCDE								
• 實驗 6-2 膝反射	ACDE		B								
• 實驗 6-3 後像	ADE		BC								
• 實驗 6-4 對溫度的感覺	BCDE		A								
第二節 神經系統			C	ABCDE							
第三節 內分泌腺			②C	A②CDE							
第四節 動物的行為			BD	A		C		E			
第五節 植物的感應	②		A②D	②CE							
第六節 討論	②C		BE					②CD			
第七章 恆定性											
第一節 血液中糖分的恒定	②		②BCDE	②E							
第二節 生物體內水分的調節	②		②BCDE	②							
第三節 體溫的調節	②		②CDE	②				A			
第四節 呼吸	②		②BDE	②BC							

單元教材名稱	建議教學模式											
	主探	動討	引導	式討	組因	織子	概達	念成	集探	體討	角扮	色演
• 實驗 7-1 魚釋出的氣體	A①CD		E		①							
• 實驗 7-2 人呼出的氣體	A①CD		E		①							
• 實驗 7-3 植物的呼吸作用	ABC		DE									
第五節 排泄			A①C		①CDE							
第六節 討論	A		E						BCD			
第八章 生殖												
第一節 細胞分裂	AD		①		①CE							
第二節 無性生殖			A①C		A①CDE							
• 實驗 8-1 植物的營養繁殖	ABCE		D									
第三節 有性生殖			A①C		A①CDE	①						
• 實驗 8-2 花的構造	ADE		①		①C							
• 實驗 8-3 蛋的觀察	AE		①DC		①							
第四節 生殖行為			BD						ACE			
第五節 討論	A		E						BCD			
第九章 遺傳												
• 實驗 9-1 個體間的比較	CDB		AE									
第一節 染色體和遺傳					ABCDE							
第二節 基因和性狀					ABCDE							
• 實驗 9-2 耳垂位置的遺傳	AD①		①C①		①							
第三節 棋盤格方法			A①D		①CE							
• 實驗 9-3 受精和機率	CD		A①E		①							
第四節 性別的遺傳			①		A①CDE							
• 實驗 9-4 性別的決定	AC		①DE		①							
第五節 突變	①				A①BCDE							
第六節 遺傳諮詢和遺傳工程			A		BCDE							
第七節 討論	①		①						①①		A①C①①	
第十章 演化												
第一節 演化是怎樣發生的	AD		①E		①				C			
第二節 生命的起源			①		A①CDE							
第三節 演化的證據			A①C①		①D①							
第四節 生物的演化			①①		A①CD①							
• 實驗 10-1 天擇	ADE		BC									
• 實驗 10-2 天擇的模型	ADE		BC									

單元教材名稱	建議教學模式										
	主探	動討	引導式討	組因	織子	概達	念成	集探	體討	角扮	色演
• 實驗 10-3 天擇的模型(二)	ADE	BC									
第五節 討論	A	BE						CD			
第十一章 生物的分類											
第一節 生物命名的方法	Ⓐ	ⒹE		ⒶBCⒹ							
• 實驗 11-1 生物的命名	ABDE	C									
• 實驗 11-2 你怎樣分類	ⒶⒺ					ⒶBCDⒺ					
第二節 分類的方法	ⒶC			ⒶBDE							
第三節 怎樣鑑定生物	CE	ABD									
• 實驗 11-3 檢索表的應用	AC	BDE									
第四節 討論	AⒸ	E						BⒸD			
第十二章 生物圈的生物											
第一節 無維管束植物	Ⓔ	Ⓑ		ⒶBD		ⒶCDE					
第二節 維管束植物	Ⓔ	Ⓑ		ⒶBD		ⒶCDE					
• 實驗 12-1 蕨的觀察	ACE	BD									
第三節 常見的無脊椎動物				ⒶBD		ⒶCⒹ		E			
第四節 常見的脊椎動物				ⒶBD		ⒶCⒹ		E			
• 實驗 12-2 魚的觀察	AⒸDE	ⒷⒺ		ⒷC							
第五節 討論	AC	BE						D			
第十三章 生物和環境											
第一節 族群			AⒷD	ⒷCE							
• 實驗 13-1 估計豆數	ABDE	C									
第二節 族群大小的改變	ⒶⒷCⒺ	ⒶDE		Ⓑ							
第三節 生物間的交互作用	Ⓐ			ⒶBDE				C			
• 實驗 13-2 食物網	ACD	BE									
• 實驗 13-3 生物和環境的關係	BC	ADE									
第四節 生態系		Ⓑ		AⒷDE				C			
第五節 植物的傳播	C	BDE						A			
第六節 動物的播遷		BCDE						A			
第七節 討論	C	E						AⒷ		ⒷD	
第十四章 人類與環境											
第一節 汙染問題		B						ⒶCDE		Ⓐ	
• 實驗 14-1 廢物的腐敗	ACE	B				D					
第二節 人口問題		BD						ⒶCE		Ⓐ	

單元教材名稱	建議教學模式										
	主探	動討	引導式討	組因	織子	概達	念成	集探	體討	角色扮	色演
第三節 資源問題			BD					ACE			
第四節 有利或有害										ABCDE	
第五節 討論	Ⓐ		E					ⒶBCD			
* 合計單元數 (共 570 單元)	154.5		184		152		16.5	52			11
** 平均單元數 (共 114 單元)	30.9		36.8		30.4		3.3	10.4			2.2
百分比 (100%)	27.1		32.3		26.7		2.9	9.1			1.9

* 同一單元同一教師建議併用二種模式時，各算 $\frac{1}{2}$ 。

** 平均單元數 = 合計單元數 ÷ 5 (教師人數)

A COMPARATIVE STUDY ON ENERGY CONCEPT DEVELOPMENT AND
SLOPE FOR ELEMENTARY TO SENIOR HIGH SCHOOLS

by

Cheng-Hsia Wang & Yong-Hwa Yang

Abstract

This is a study on the improvement of experimental activities in the chemistry curricula of primary school through senior high school. The correlation and the suitability of each experiment were evaluated according to the following criteria: (a) Data relevant to the concept for the particular learning level, (b) Correlation of experiments for the same concept at different learning levels, (c) The level of cognitive development of the students, (d) Previously acquired learning of the students, and (e) Safety, simplicity and economy (both of money and of class time).

The key experimental activities of the energy concept in various major curricula (R. O. C., Japan, U. S. A., England) were reviewed.