

國小創造性問題解決化學單元教學與學習材料設計及評估

洪文東*

摘要

本研究旨在設計國小創造性問題解決化學單元教學與學習材料，並以準實驗研究法對國小六年級學童 39 名進行實驗教學。採單組前後測實驗設計方式，比較國小學童在實驗教學前後，科學創造力與問題解決能力之表現情況，藉此評估所設計之教學及學習材料之有效性。本研究是依據 Treffinger 和 Isaksen (1992) 改自 Parnes (1967) 所提出的創造性問題解決模式加以修正提出 RCPS (Revised Creative Problem Solving) 創造性問題解決的基本教學模式，設計「溶解」、「酸與鹼」、「空氣與燃燒」三個主題教學活動，期能藉由創造性問題解決之教學活動歷程，激發學童科學創造力並促進其科學問題解決能力。結果發現學童經由 RCPS 主題教學活動後科學創造力有顯著之進步。本研究據此對科學教育上教學活動與評測工具設計提出一些建議。

關鍵詞：科學創造力、問題解決能力、教學活動設計

*美和科技大學護理系專任教授

壹、研究背景與目的

教育部(2003)公佈國民中小學九年一貫課程綱要，指出「培養獨立思考與解決問題能力」為課程目標之一，而在「自然與生活科技學習領域」之分段能力指標中，將別注重「思考智能」之啟發，在國小階段更強調「創造思考」與「解決問題」能力之培養。Treffinger 與 Isaksen(1992)所提之創造性問題解決(Creative Problem Solving, 簡稱 CPS)模式，主張從問題解決的過程培養學生創造力與解決問題能力，正符合此一需要。

Torrance(1984)以後設分析(Meta Analysis)以往有關 CPS 之實徵研究，發現 CPS 策略之成功率在 1972 年有 90%以上，而在 1983 年亦有 88%成功率，可說是一種非常有效之問題解決教學模式。研究者過去從事國科會研究計畫，進行「創造型兒童思考特性研究」、「從問題解決能力培養學童科學創造力」、「國小學童思考智能的探究」、「提升國小學童思考智能研究」、「以探究式教學活動設計提升學童科學探究能力」等主題研究計畫之經驗，深覺 CPS 模式十分適合於國小階段學生。因而利用 CPS 教學設計於國小進行實驗教學，結果發現 CPS 確實是一項可以激發國小學生由觀察與探究之過程，培養其創造力與解決問題能力之教學模式。

有鑑於此，本研究針對現行國小「自然與生活科技」實際教學時間（每節只 40 分鐘）提出修正的創造性問題解學模式（Revised Creative Problem Solving, 簡稱 RCPS），進一步設計與開發一系列國小化學單元教學與學習材料。藉由教材分析，文獻探討、問卷調查、小組討論、設計 RCPS 教學，並進行試教與評估，期能藉由 RCPS 教學與學習活動設計，增進國小學童解決問題能力與創造力。

貳、文獻探討

(一)科學教學目標與問題解決的歷程

科學教育的目的走向培養解決問題的人(Howe, 1989)，即在強調教育的目的主要在訓練學生如何思考問題，運用所學得的科學知識以解決問題。學生的學習過程其實可說是一種解決問題的思考歷程。因此，一些教育學者乃將解決問題視為一種高級思考(High order thinking)，並主張透過問題解決等思考智能培養學生的科學素養(陳龍安, 1995; 邱美虹, 1994; 張玉成, 1993; Parnes, 1967; Sternberg, 1995)科學的探索源自於好奇心，而好奇心引發出問題，從問題的發現到問題解決，此過程促進了今日的科學發展。許多的重大科學發明與發現，都是一種由問題的發現到問題的解決之成果。由此可見，科學的解決問題對於科學發展是重要的，從教學的歷程與設計觀點來看，更要將教師的教學活動與學生的思考活動結合在一起，以培養學生解決問題的能力，這樣才能造就出更傑出的科技人才投入國家建設，以促進國家未來的科學發展。

Dewey (1910; 1933) 在「我們如何思考」一書中表示：「一切思考起源於疑難、困擾或問題。如果沒有遇到問題，我們思考便靜如止水，一點作用都不發生；唯有在問題環生的情況下，我們思考才會波濤起伏，殫思竭慮，力謀問題之解決。」(引自單繩武，1978)。教育部(2003)所頒佈的九年一貫課程綱要中之基本能力強調「主動探索與研究」以及「獨立思考與解決問題」。在這兩個基本能力中分別明白地指出：「希望學生能夠激發好奇心及觀察力，主動探索和發現問題，並積極運用所學的知能於生活中」、「養成獨立思考及反省的能力與習慣，有系統地研判問題，並能有效解決問題和衝突。」從這兩個基本能力的敘述之中，我們即可清楚瞭解到，解決問題能力亦是近年來教育改革的重點之一。

題目要成為難題 (problem) 或問題 (question) 並不是由題目來決定，而是由「解題者本身起始狀態」與「問題的目標」兩者間之差距來決定，國內學者黃茂在與陳文典(2004)提出問題的結構如下，對於問題有較詳盡的剖析，茲引述如下：

- 1、宗旨：從事這些活動的基本信念、原則(如「教育」在於「開展學生的潛能」)。
- 2、目的：處理此「問題」的原始動機、企圖(如「實驗課」是要學生學習「科學」)
- 3、目標：以目前的狀態、在某些條件的限制下、利用某種運作，企圖要達成某些結果(如某單元教學在於期望學生學到什麼教材)
- 4、運作：利用某些策略及實地操作，促使狀態發生改變(如用實驗、講述、演示、討論等方法去教學)
- 5、限制條件：依現實狀況或自己設定之可使用的資源下處理問題(例如授課時間2小時，課堂內每人一本教本、...)
- 6、事前評估：尋求本「問題」在整體事件中的定位和價值，預估在此限制條件下，如此的運作可達到的目標(例如在整個課程進度的規劃中，本單元教學可能達成的教學目標)
- 7、即時評量：評量伴隨著運作來執行，隨時瞭解進行的狀況，以便做及時的調整(教學的時候作評量，正如開車的時候看路況一般)
- 8、事後評鑑：評量整個「問題」處理的得失，做為規劃處理下一個「問題」的參考(例如察覺某教學方法成效不彰，或某次教學進度落後...)
- 9、問題的動力性：藉由評量瞭解「問題」所處環境情況的改變對它的影響，或是「問題」因發展而本身發生的改變(例如因季節或颱風而更改教學內容，因學生學習興趣提昇而延伸這方面的教學...)
- 10、「問題」的解析與組合：一個「問題」可以拆成好幾個「小問題」分開來處理。許多相關的「問題」可以組合成一個「大問題」。但不管是解析或組合，每個對「問題」看法雖然不同。

但多數的心理學家皆同意問題有固定的特性 (Mayer, 1992)：

- (1)指定 (Givens)：問題開始於一定條件之一種狀態。
- (2)目標 (Goals)：問題想要達到之目標，須由思考將問題由現況轉化到目

標狀態。

(3)障礙(Obstacles):思考者以其某種方式改變問題的目前狀態或目標狀態。

問題的呈現(presentation)有多種方式,而表徵(representation)的方式往往會影響問題的難易,鄭麗玉(1993)綜合心理學家看法,認為一個好的問題表徵應具備:初始狀態、目標、物件、操作規則和限制五條件。若五條件具備即為良好的問題(well-defined problems)否則為不良的問題(ill-defined problems),前者由於定義良好,比較容易求得一個正確答案;後者,則往往定義不清楚,較不容易有圓滿的解答。從認知心理學觀點來看,問題解決本質上是很重要的高層次的認知活動,一個問題的存在,乃由於我們目前狀態與所想達成的狀態存有差異,而解決問題就是設法將此差異去除(Anderson, 1990; 鄭麗玉, 1993)。Dillo(1982)曾依據問題事件(events)之存在狀態,將問題情境(situation)分為明顯的(evident)、隱含的(implicit)、潛在的(potential)三種情況。邏輯學家一般將問題從問題變項(variable)、問題基體(reality)及問題解答(result)三個成分來分析處理問題(Belnep& Steel, 1975; 張華夏, 1989)。

近年來,解決問題是許多研究者感興趣的領域,因此有許多的學者,皆根據其研究,提出解決問題的步驟。本研究針對解決問題領域有所貢獻的幾位學者,其所提出的步驟,加以說明之:

1、Dewey的解決問題歷程

Dewey(1933)在其「思維術」(How we think?)中提出了著名的解決問題五大步驟(引自吳坤銓,1997):

- (1)遭遇問題:對事物的情境產生認知上的失衡、疑惑、困惑的現象。
- (2)界定問題:從疑難的情境中找出問題的癥結。
- (3)提出假設:根據呈現的問題情境,嘗試提出問題的可能解決方案。
- (4)驗證假設:對解題的假設逐一檢驗,以探究其可行性。
- (5)選用最佳假設:在有效解決方案中,選擇最佳者並應用到實際的情境。

2、Wallas(1926)的解決問題歷程

Wallas由創造性心理歷程觀點提出問題的解決必須經四個歷程:

- (1)準備期(preparation):蒐集解決問題相關資訊與對問題作試探性解答。
- (2)醞釀期(incubation):解決問題者對所遭遇的問題,進行各方面的嘗試,以尋求解決的答案,對於問題作深層的思考,所經歷的一段醞釀解決問題方式的時期。
- (3)豁朗期(illumination):經歷的一段醞釀解決問題方式的時期後,問題解決者突然靈機一動,對於解決問題的關鍵有所頓悟,悟得久而不得其解之答案。
- (4)驗證期(verification):豁朗期所得之答案,僅是問題解決者對於問題解決形成的一個初步觀念,尚須加以驗證,以確定其合理性或可行性。

3、Parnes與Osborn的解決問題歷程

Osborn(1963)將解決問題整理為三個階段:1.發現問題;2.發現點子;3.

尋求接受。而Parnes（1967）於「Creative behavior guidebook」一書中提出的解決問題模式，他認為有以下五個步驟：1.發現事實；2.發現問題；3.發現點子；4.發現解答；5.尋求接受。

4、Ausubel的解決問題歷程

Ausubel（1969）提出的解決問題模式，有以下幾個步驟：

- (1)呈現問題情境命題：從問題的情境中辨識出主要的問題，作潛在問題的陳述。
- (2)確認問題的目標與已知條件：使問題情境命題與他的認知揪夠連結起來，從而理解問題的性質和條件。
- (3)填補空隙的過程：解題認清了「已知條件」與「目標」之間的空隙或差距。解題者運用背景命題（background propositions）、推理規則（rules of reference）、問題解決的策略等方式來填補已知條件與目標之差距。
- (4)解答後的檢驗：解決問題後需實行檢驗，查明推理有無錯誤，或是填補「已知條件」與「目標」之間空隙的途徑是否為最簡短、最便利的途徑。

5、D'Zurilla和Goldfried的解決問題歷程

D'Zurilla與Goldfried（1971）提出的問題解決模式如下：

- (1)問題定向：指解決問題對於問題的心向或態度，問題解決者必須接受問題情境是日常生活的一部份，而去抑制放棄的傾向。
- (2)界定與說明問題：說明問題中情境的條件，找出相關的資訊，確定主要的目標。
- (3)產生可能解題途徑：產生合適解題的可能方案。
- (4)作決策：從所有的解題方式中找出最佳的。
- (5)驗證：評估解題方案的執行結果，以便自我修正。

6、Glass 和Holyoak的解決問題歷程

Glass 和Holyoak（1986）認為雖然解決問題的模式，會因問題形式的不同而有所差別，但其之間還是有一些共同的步驟。

7、Hayes的解決問題歷程

Hayes（1989）提出了更清楚的解決問題歷程，簡述如下：

- (1)發現問題：問題解決者發現一個待解決問題。
- (2)表徵問題：解題者瞭解問題的起始狀態至問題的目標狀態之差異。
- (3)解題者對問題的解決作一個計畫。
- (4)執行解決問題的計畫。
- (5)評鑑解決問題方式的優劣。
- (6)解題者可以由解決問題的過程中得到經驗。

8、Treffinger與Isaksen的創造性問題解決歷程

Treffinger 和 Isaksen修正了Parnes的理論，而分別在1985、1992、1994 年提出對「創造式問題解決」（creative problem solving，簡稱CPS）的模式。他們認為創造性問題解決的歷程有六大步驟（引自湯偉君，1999）：

- (1)發現困惑 (objective finding)：從各種經驗、角色、情境中找出挑戰 (challenge)；找到一挑戰，以有系統的方法解決。
- (2)發現事實 (fact finding)：收集資料，從許多不同的觀點、印象、感覺去考量情境；找出及分析最重要的資料。
- (3)發現問題 (problem finding)：激盪出各種可能的問題與次問題；篩選出一個可運作問題的敘述。
- (4)發現構想 (idea finding)：針對問題，發展出各種可能的點子；選出看起來最有趣與最有希望的點子。
- (5)發現解答 (solution finding)：找出各種可能的評量標準；選用一些重要的標準來評價點子好壞。
- (6)尋求接受 (acceptance finding)：考量可能的助力以及阻力來源，找出可能的執行步驟，找出最有希望的解決方案，形成計劃以執行並驗證之。

科學教學目標與問題解決的歷程習習相關，若能將問題解決的歷程進行有系統的分析，融入科學教學之中，設計出訓練問題解決的教材，培養能夠進行問題解決的人，進而達成科學教育的目的，本研究依此理念，試圖將以透過分析問題解決歷程，進而發展出相關的教材，並結合實驗教學，提升學生實作技能，以提升學生的科學素養。

(二)創造性問題解決(creative problem solving)教學與學習活動設計

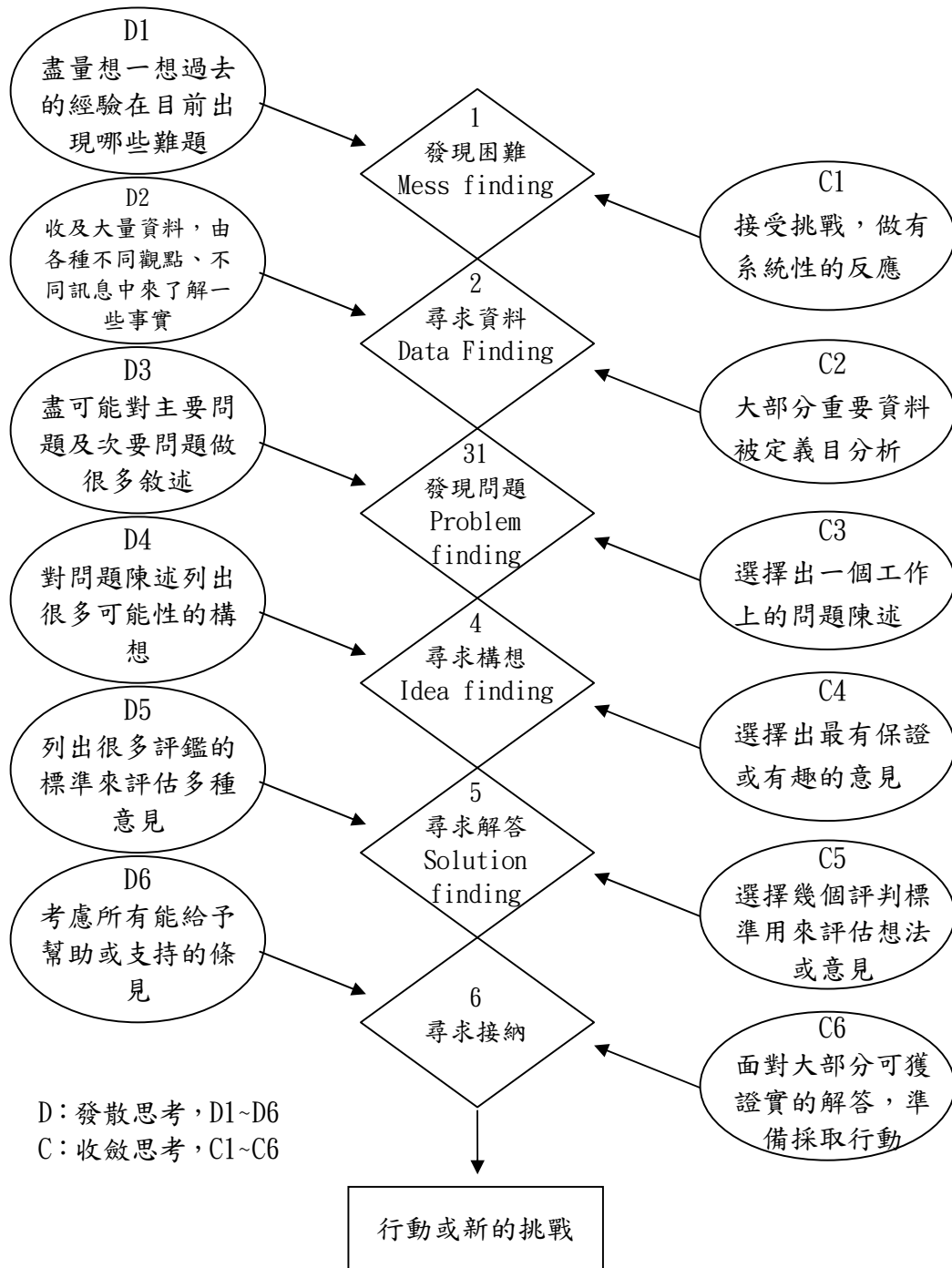
Dewey (1933) 在「我們如何思考」(How we think) 一書中邏輯分析了思考的心理活動歷程，引出如下五個步驟：1. 遭遇困難(A felt difficulty) 2. 界定困難所在 (Location and definition of the difficulty) 3. 建議問題的解答—提出假設 (Suggested Solutions of the problem-hypothesis) 4. 演繹推理出解答之結論 (Deductively reasoning out the consequences of the suggested solutions) 5. 驗證假設 (Testing the hypothesis by action)。解決問題既是思考的心理活動歷程，顯然的 Dewey 之五步驟觀點，是最有系統的解決問題方法，Wallas(1926)分析解決問題時個人思考的步驟有四：準備(preparation) 蘊釀(Incubation) 豁朗(Illumination) 驗證(Verification)，可說是最早由內省法(Introspection)分析解決問題的步驟 (Mayer, 1992)。此種問題解決的歷程，乃著重在「思考」的作用，自「問題的發現」至「問題的解決」為止。

Parnes(1967)則從「創造」的觀點，針對問題解決之歷程提出創造性問題解決 (Creative Problem Solving, 簡稱 CPS) 教學模式，包括五個階段：1. 發現事實 2. 發現問題 3. 發現構想 4. 發現解決方案 5. 接受所發現的解決方案。Davis(1986)認為 CPS 教學模式是最佳的解決問題教學設計，此模式不只是教學的過程，也可靈活運用解決實際遭遇到的問題。

Treffinger 和 Issaksen(1992)修正 CPS 流程，主要有六個階段：1. 發現困難 2. 發現資料 3. 發現問題 4. 發現構想 5. 發現解決方案 6. 接受所發現的解決方案。值得一提的是，這些 CPS 模式中，階段步驟或有多少的不同，但基本上每種模式

之各種階段中，皆表示個體主要的思考方式取向為「發散式」思考與「收斂式」思考，能把握此二種思考方式取向原則，就可抓到 CPS 的精神。本研究主要擬參考此 CPS 模式，進行「自然與生活科技」學習領域解決問題的教學活動設計。

自 Parnes(1967)以至 Treffinger 與 Issaksen(1992)有關 CPS 教學模式，皆主張教學活動設計自發現問題開始至解決問題結束，皆強調其中之問題發現與問題解決成份，而且是一種目標導向的「循環」歷程。Torrance(1984)分析 1972 年的 142



圖一 創造性解決問題的步驟 (改自 Treffinger & Issakseen, 1992)

篇研究及1983 年的166 篇研究有關教學策略，發現上述”Parnes”的”創造性問題解決”策略之成功率在1972 年有90%以上，而1983 年亦有88%成功率。因此，本研究擬參考Parnes(1967)的CPS 教學模式及Treffinger和Issaken(1992)修正的CPS 模式，設計不同主題單元教學活動，依圖一所示之步驟進行，期能由CPS 教學活動中培養學生解決問題的能力。

(三)實驗式探究(Enquiry by Experimentation)教學活動設計

近年來，隨著教育的改革與開放，許多文獻提出不同提升學習效果的策略與方法，提升學生在科學課室的學習。李秀晟、楊棠皓及鍾崇燊(2009)指出，在科學探究過程，科學家由於好奇，會不斷出問題，再用科學方法解決這些問題，而在問題解決過程中，發展出各種巧妙的思考方式，所謂的科學方法(或稱為科學過程技能)，包括四個重要步驟。(1)觀察：觀察是借助一種或多種感官和儀器從環境中獲得資訊的歷程。各種問題都來自觀察，觀察的結果可能是定性的或定量的，定性的觀察不包含數學，定量的觀察則包含數字與單人(2)假設與推論：假設是科學家對觀察結果提出的解釋。一個觀察到的現象可能有很多不同假設，它們不一定都正確。推論是指以現有的資訊為基礎，運用邏輯思考推導出的結論，它們不一定是正確的。(3)預測：科學家根據假設與推論，再運用想像力對可能發展的結果做出猜測，稱為預測。(4)實驗與驗證：科學家以觀察或進行實驗來蒐集新的訊息，以決定假設是否恰當，預測是否正確。易言之，科學家從觀察或實驗得到的新訊息，來判斷假設與預測的正確性，科學實驗活動的設計也應參與合這個程序。

陳甲辰(2001)分析自然科教材教法，認為國小自然課程重視科學過程，以實驗為導向，因此教師應適時調整實驗活動的程序及細節，讓學生由「做中學」，從實驗的操作中，學習科學過程技能，培養科學的態度。教師於教學時，應讓學生有更大的思考空間，刺激學生的好奇心，鼓勵學生探究思考，避免照本宣科，以提高單元的實驗活動層次，並提升學生的思考能力。

王美芬和熊召弟(2005)認為科學實驗教學對於自然科的學習十分重要，實驗是透過學生親自動手做，以活動方式來引導學生進行學習科學，以活動導向的教學改進傳統的科學教學方式，希望學生運用創造和邏輯思考過程設計實驗，以系統的觀察執行實驗，來支持或推翻原有的假設，使學習者的科學失得以擴展。

賴慶三和高汶旭(2004)認為科學實驗教學在「自然與生活科技」領域是非常重要的，科學實驗教學可以透過真實過程的實驗操作，將理論與事實結合，幫助學生了解科學中複雜抽象的概念，加深對課程內容的認識。一個有周詳計畫的科學實驗活動，能夠提供良好的學習情境，引發學生參與的動機，進行個體知識的建構。在科學實驗教學中，科學教師要做好科學實驗室的班級經營，在學生進行科學實驗的過，適當的運用各種分組和教學策略，提高學生參與科學實驗的動機，解決科學實驗教學過程遭遇到的問題，促成學生合作學習，提供學生機會發表發現，並使用適切的評量方式，讓學生從科學實驗中得到有意義的學習，發揮科學實驗教學功能。

在實驗活動設計方面，賴慶三(2009)曾提出「i Pod」科學實驗探究模式，包含「邀請(invitation)-預測(Prediction)-實作(Operation)-討論(Discussion) 簡稱 i Pod」等要項，包含教學活動設計細項有 1.科學實驗名稱 2.科學實驗設計的理念 3.科學實驗目的 4.科學實驗器材 5.邀請 invitation(準備活動)6.預測 prediction(發展活動)7.操作 operation(發展活動)8.討論 discussion(綜合活動)9.科學原理分析 10.給教師的建議(含替代性器材討論、實驗技巧討論、其他教學注意事項)11.生活小常識(科學應用之探討說明)12.給家長的建議。陳忠照(2003)將科學、遊戲和創意三者融合為一，介紹有創意的科學遊戲教學理論與活動，由此改為科學教學，不再囿限於傳統教學，避免灌輸、難懂、呆板、無趣而望之生畏，科學遊戲化，使教學生重活潑。內容符合九年一貫課程所強調的「創新教學」改革目前。教學創新是指：(一)教師從事教學，其方法有突破，其策略有求變，過程呈現生動活潑、有變化，足以引起學習興趣和熱烈參與(二)教學過程中，教師不忘求取生動中有認知，活潑中有啟發，學習成果不但使知識增加，思考能力也獲得啟發而提升。

Esler 和 Esler(1989)提出實驗式探究教學法(Inquiry by Experimentation)，此種方法須根據具體擬定實驗計劃步驟進行操作，並據以發最佳的假設，或改進既有的假設。實際上，在此種學習過程中，兒童必歷經發現問題、指出變因、形成假設並根據控制變因的則自行設計實驗、執行實驗以驗證假設，猶如科學家的探討過程。因為兒童在此探究過程中須用到的過程能力較為複雜，因此這種教學法適用於高年級。層次較低實驗教學法，則是一種食譜式的實驗教學法。亦即課本或實驗手冊已有現成實驗步驟。這種教學法易令學生於知其然不知其所以然的困境，也是一種被動的學習方式。

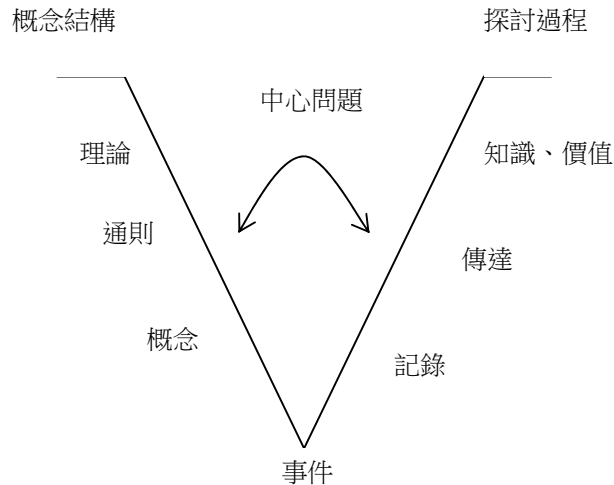
探究式教學法可以說明最佳的概念形成教學法，更可以說是重視培養科學過程技能與科學能力之課程教學活動所必須採用的教學法。以上這些教學的旨在於使學習內容配合學生自發的興趣，引起學生積極的關心，從而獲得解決問題能力與科學的探究能力，培養自行解決問題的思考智能與科學態度，深受大多數科學教育專家的支持。

(四)科學概念之知識 V 圖

傳統的課室教學，學生只要依著課本的標準教材與習作內容，足以應付考式，這種學習的方式給了學生的觀念是習作至上，但卻抹煞學生的思考能力、創造力外，也會限制學生問題解決的能力(顏龍源，2000)。因此，傳統的教學與學習模式在科學教育上引發許多討論，諸如學生對科學的學習興趣低落，科學教育內容與學生生活脫節、學生無法將所學的科學概念和科學過程技能應用於實際的情境中，學生缺乏學科間的統整概念，和學生學習後無法參與處理科技引出的社會問題。

為設計學生學習材料(習作)內容架構，並符合學生相關科學概念學習，進行各層次思考能力的訓練，本研究以 NoVak 和 Gowin (1984)於”Learning how to learn”一書中所提示之 V map 為學生學習材料(習作)之內容架構參考，有關 V map 的學習材料內容設計，何寶珠(1989)說明知識 V 圖的模式 (V map 如圖二)

的使用方式，V 的尖端是事件(習作主題/問題)，它是指用以探討問題的器材及現象，是研究知識的焦點。所探討的中心問題置於 V 上方的架橋上，表示由研究過程通往概念理論必經的途徑。V 圖的左臂是將知識依階層高低由上而分成理論，通則和主要概念。理論是用來解釋研究結果的普遍性敘述。通則是指兩個或兩個以上觀念相關聯而形成的敘述。主要概念是指關鍵性的字詞。V 的右臂是依探討過程由先而後，自下而上列出記錄事項、資料傳達、知識及價值的宣告，這些相當於操作的方法、結果與結論。



圖二.知識的 V 圖，引自何寶珠(1989)

(五)「自然與生活科技」學習領域主題單元概念知識

- 1、本研究將從「自然與生活科技」教材中有關化學單元概念知識，設計一些開放性問題，參考前述圖一之C.P.S 流程，由於CPS流程有六個步驟，因考慮國小自然與生活科技課程每週只三節課、每節只40分鐘，故修正CPS六步驟為五步驟，進行RCPS化學單元教學活動設計，並配合教學活動設計開發出有關化學單元之學生學習活動模組。
- 2、由九年一貫新課程標準（教育部，2003）觀之，現行國小階段有關之主題教學單元名稱如表1。
- 3、本研究擬依表1中「自然界的組成與特性」課題所包含之「1、地球的環境」、「2、交互作用」、「3、物質的特性」三大主題，就國小階段有關化學單元教學內容如表2，設計以RCPS教學模式為依據之學生學習模組，教師教學素材與適切的教學活動與策略，期能藉此增進國小學童「自然與生活科技」學習領域之創造力與解決問題能力。

表 1 「自然與生活科技」學習領域主題內容

課題	主題
一、自然界的組成與特性	1.地球的環境 2.地球上的生物 3.物質的特性
二、自然界的作用	1.改變與平衡 2.交互作用 3.構造與功能
三、演化與延續	1.生命的延續 2.地球的歷史 3.時空關係
四、生活與環境	1.生活科技 2.生態保育 3.環境保護 4.永續發展 5.科學與人文

表 2 「自然與生活科技」領域化學單元教學主要內容

課題	主題
一、地球的環境	1.地球上的水 2.空氣中的重要成份與其性質 3.岩石的組成與性質
二、交互作用	1.水與水溶液 2.酸、鹼鹽 3.氧化與還原
三、物質的特性	1.探測物質的性質 2.物質的形態與性質

參、研究方法

(一)研究流程

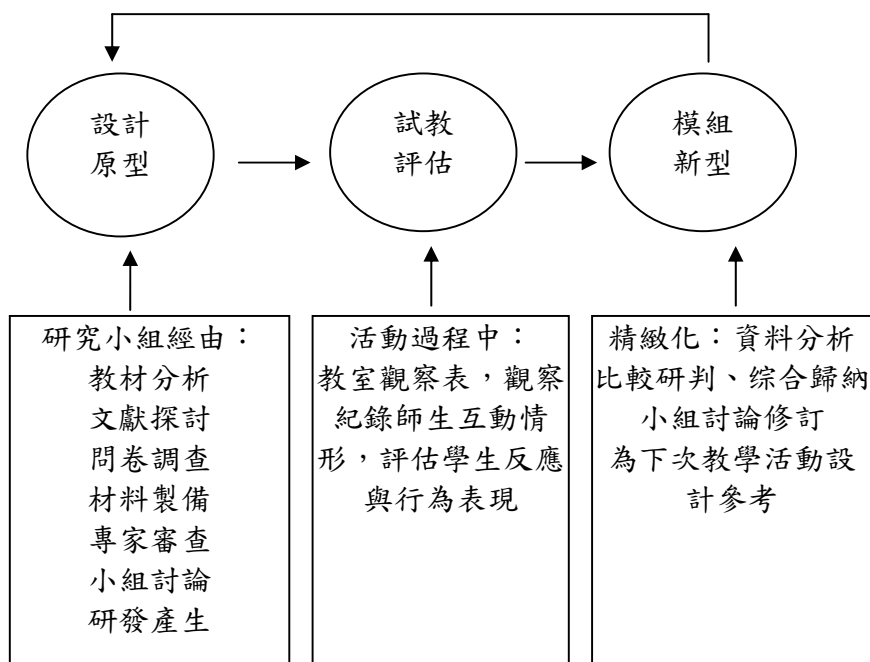
本研究先進行教材分析，藉以了解國小中、高年級課程中哪些單元屬於化學領域範圍，適合於以本研究所發展的 RCPS 教學模式進行教學。

本研究於國小 6 年級，選定一班學生 39 人進行試探性實驗教學，然後藉由研究小組討論修訂加以精緻化教學模組，其研究流程所圖三所示：

依圖三之流程進一步說明本研究之進行步驟為：

- 1、界定研究目的及範圍；
- 2、文獻探討；
- 3、教材內容分析與單元概念分析；
- 4、設計「自然與生活科技」領域化學單元教學活動內容；
- 5、前測；

- 6、試教觀察及評估；
- 7、後測；
- 8、資料轉錄分析；
- 9、小組討論及修訂；
- 10、結論與建議。

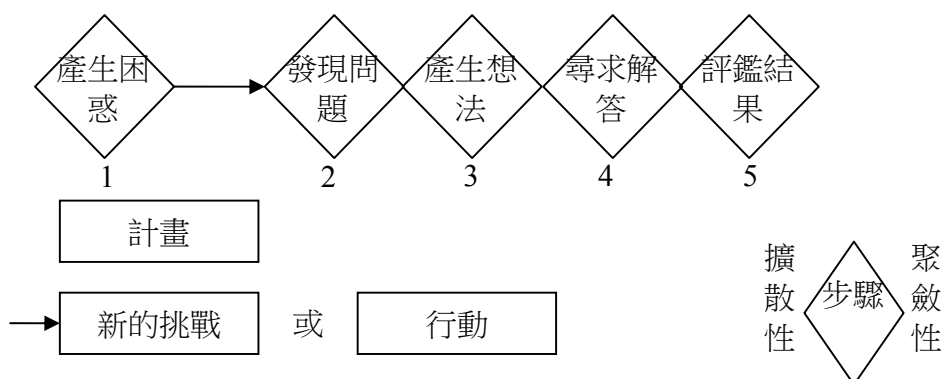


圖三 研究流程圖

教學活動設計與評測工具

1、教學活動設計理念

本研究基於上述之文獻評述，主要以 CPS 教學模式為依據，因國小階段每節課只 40 分鐘，故將原 CPS 之六步驟縮短為五步驟，並提出修正的創造性問題解決模式(Revised Creative Problem Solving，簡稱 RCPS)設計教學活動，有關 RCPS 教學步驟如圖四：

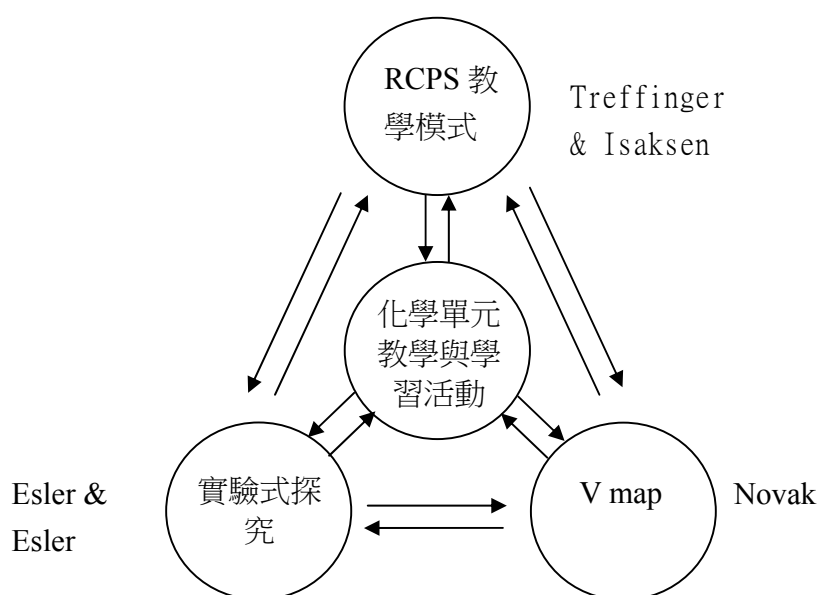


圖四 RCPS 教學模式

在化學單元教學活動歷程中，有時學生由「發現問題」到「發現構想」必須歷經設計實驗，擬訂實驗步驟進行操作，以「發現解答」。因而有時會融入「實驗式探究」方式，在活動過程中學童歷經發現問題、指出變因、形成假設、控制變因、執行實驗以驗證假設，從中培養解決問題能力與探究能力。

學生經由 CPS 教學活動，並融入實驗式探究過程，將可學習獲得與單元活動相關之科學概念，故在學習活動單(習作)設計上，主要以 Novak 的 V map 理念，針對各單元活動(事件)設計一系列有關之問題，由學生對事件(問題)之想法 (thinking)與作法(doing)，來評估學生是否獲得應有之科學概念。

茲以圖五表示本計畫所依據三種理論，彼此間之關聯性，而本計畫進行活動設計之構想說明如圖六所示。



圖五 國小 RCPS 教學與學習材料設計基本理念

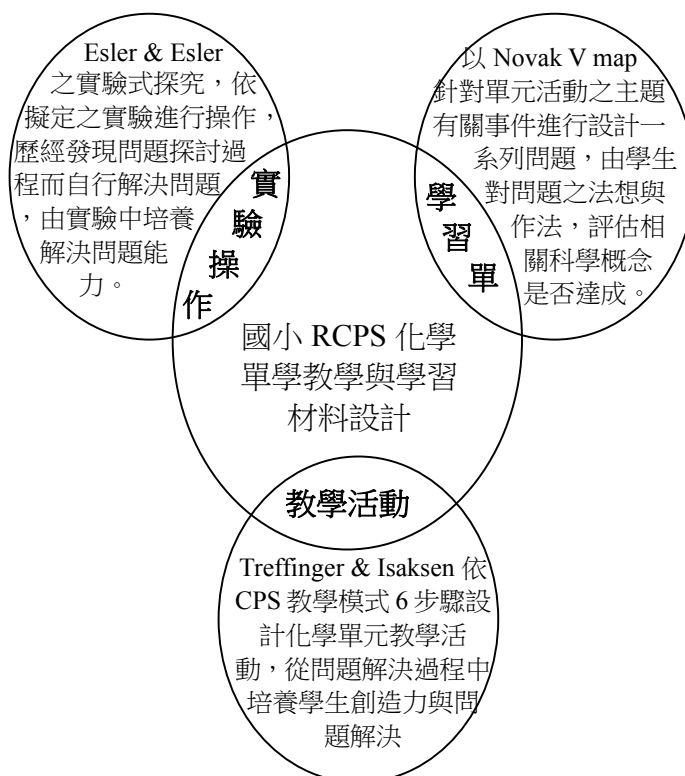
Yager(1996)提出 STS 理念時，指出科學的核心在科學概念與科學過程，必須透過科學過程理解科學概念，才能發揮科學創造力。基於上述之研究理念與構想，本計畫期能由 RCPS 之活動過程中，讓學生獲得正確科學概念，進而培養科學創造力與問題解決能力！

2、教學活動設計

本研究之教學活動目標在增進國小學童學童的科學創造力與問題解決能力，本研究依據教學目標，進行教材分析，由現行國小教材中整理化學概念之單元後，藉由小組討論提出教學計畫，再逐步修訂與精緻化，並設計出以「化學」為主題之相關概念活動，實施初步試探性教學活動，在試教活動後對教學計畫、實施過程、學生感受進行反思、討論與修正，最後發展出主要教學活動，含括水溶液、酸鹼、氧化三個主要化學概念。

本研究進一步藉由概念分析結果，本研究所設計 RCPS 教學活動共三個主題，「空氣與燃燒」、「酸鹼鹽」、以及「溶解」。此外，本研究為進一步了解學生

在教學處理時，觀察學生在實際教學現場的學行進程，發展「創造性問題解決化學單元活動觀察檢核表」作為檢核學生在 RCPS 教學模式下的學習情形。



圖六 教學與學習材料設計示意圖

3、評測工具

本研究根據研究目的與研究問題採用洪文東(2003)所發展的「國小學童問題解決能力測驗」與「國小學童科學創造力測驗」等二份研究問卷，作為評測學童於 RCPS 課程之教學後，學生在「創造性問題解決能力」以及「科學創造力」是否改變的研究工具，評測工具包括「國小學童科學問題解決評測(前測)」、「國小學童科學創造力評測(前測)」、「國小學童科學創造力評測(後測)」等，並根據「國小學童問題解決能力評測試題給分標準」與「國小學童科學創造力評測試題給分標準」，進行教學處理後的評測。

信度方面，國小學童科學問題解決能力測驗之評分者信度相關係數介於.73~.96， $r=.93\sim.93(p<.05)$ ，國小學童科學創造力測驗之評分者信度相關係數介於.70~.91 之間 $r=.91\sim.93(P<.05)$ ，顯示具有相當高的信度。

效度方面，以一般問題解決能力(王萬清，1987)做為效標，國小學童科學問題解決能力測驗，相關係數介於.48~.46($p<.05$)，國小學童創造力測驗，相關係數介於.41~.35($p<.05$)，具有基本工具效度。

(二)資料處理與分析

本研究以上述「國小學童科學問題解決評測(前測)」、「國小學童科學創造力評測(前測)」、「國小學童科學創造力評測(後測)」等評測工具，對於學生在教學處理前進行前測、教學處理後進行後測，根據「國小學童問題解決能力評測試題

給分標準」與「國小學童科學創造力評測試題給分標準」酌量給分。

經蒐集與彙整上述評量所得之數據，評測分數高者表示「創造性問題解決能力」或「科學創造力」較高，以相依樣本 t 檢定，藉此了解學生在教學處理後，學生在「創造性問題解決能力」或「科學創造力」的表現是否優於教學處理前。

肆、研究結果與討論

(一) 國小兒童科學創造力及問題解決能力表現

研究者以 SPSS 統計軟體進行進行相依樣本 t 考驗，分析學童在實驗教學前、後創造力及問題解決能力的表現情況。

1、國小學童科學創造力表現

國小學童科學創造力表現結果如表 3 顯示，在 $\alpha=.01$ 的水準下，前、後測的總分有顯著的差異($t=6.25$ $p=.00$)，平均數之差異為 8.08，顯示就整份紙筆測驗而言，教學過程對於學生提升創造力方面是有明顯幫助。就創造力的分項能力而言，學生在流暢性的表現前後測分數亦有顯著的差異($t=6.36$ $p=.00$)，平均數之差異為 5.08，而學生在變通性的表現前後測分數亦有顯著的差異($t=7.45$ $p=.00$)，平均數之差異為 3.23。而獨創性的前後測表現則未達顯著($t=-1.43$ $p=.16$)。

表 3 國小學童科學創造力表現成對樣本檢定摘要表

	成對變數差異			t	自由度	顯著性(雙尾)
	平均數	標準差	平均數的標準誤			
總分	8.08	7.73	1.24	6.52	38.00	0.00**
流暢	5.08	4.99	0.80	6.36	38.00	0.00**
變通	3.23	2.71	0.43	7.45	38.00	0.00**
獨創	-0.15	0.67	0.11	-1.43	38.00	0.16

** $P<.01$

2、國小學童問題解決能力表現

國小學童問題解決能力表現結果如表 4 顯示，在 $\alpha=.05$ 的水準下，前後測的總分差異未達顯著($t=1.00$ $p=.33$)，顯示學生在問題解決能力無明顯改變。就問題解決能力的分項能力而言，學生在流暢性、變通性、獨創性、分析性、適切性、評鑑性的表現前後測分數亦無顯著的差異。

表 4 國小學童問題解決能力表現成對樣本檢定摘要表

	成對變數差異			t	自由度	顯著性(雙尾)
	平均數	標準差	平均數的標準誤			
總分	2.05	12.86	2.06	1.00	38.00	0.33
流暢性	0.79	5.09	0.82	0.97	38.00	0.34
變通性	0.51	3.08	0.49	1.04	38.00	0.30
獨創性	-0.23	1.06	0.17	-1.36	38.00	0.18
分析性	0.05	2.16	0.35	0.15	38.00	0.88
適切性	0.51	1.85	0.30	1.73	38.00	0.09
評鑑性	0.59	2.14	0.34	1.72	38.00	0.09

(二)教學者對 RCPS 化學單元實驗教學之教學省思

教學者並針對 RCPS 化學單元實驗教學，提出教學後之自我省思，茲就「溶解」、「酸與鹼」、「空氣與燃燒」三主題，各單元活動之教學內容與教學省思分別說：

1、溶解

(1)不消失的糖

水可以溶解許多物質，是常見的溶劑，塩與糖則是常見的溶質，塩水和糖水則是常見的溶液。本次教學活動以 RCPS 為架構進行設計，透過實作方式，讓學生對於生活中無所不在的溶解現象進行探究與學習。

溶解單元活動中，為讓學習者容易觀察到物質的溶解過程中外在可觀察型態從有到無，針對此一變化，使用方糖來作為溶解的物質可以明顯觀察方糖崩解塌壞的過程，消失的過程巨細靡遺呈現，既可以具體看到從有到無的經過，糖水濃度高時，可以觀察到糖溶化為糖漿之後高濃度液體的流動，到濃度平均分散之後消散無形的畫面。

(2)溶解現象

溶解的現象除了固體溶於液體，也可見於液體與液體、氣體與液體之間。日常生活中，運用溶解的方式，我們可以解決許多問題，包括飲食、清潔、飲料等等。本次教學活動以 RCPS 為架構進行設計，透過實作方式，讓學生對於生活中無所不在的溶解現象進行探究與學習。

第二單元中有關氣體溶解現象，將 20mL 的水加入針筒，將針筒中的多餘空氣排出，接著針筒拉桿往後拉（體積變大、壓力變小）即可發現：大量的氣泡(二氧化碳與其他空氣溶於水中的氣體)逸出。

溶解主題有關氣體溶解現象中，以「(1)把裝有 15mL 水的注射筒，按住針孔，向後拉動活塞。你會看見什麼現象？請畫出來。」、「(2)說明你看見的現象。你看到注射筒中發生的現象，代表了什麼？為什麼會這樣？寫出你的解釋。」、「(3)使用什麼方法可以讓溶解在液體(汽水)中的氣體(二氧化碳)釋放出來？」等題目來評量學生對於氣體在水中溶解此一現象的相關概念、原理的瞭解程度。

(3)神秘水溶液

水可以溶解許多物質，形成的水溶液性質也因溶解物質的特性與量有所不同。本次教學活動以 RCPS 為架構進行設計，透過實作方式，讓學生對於生活中無所不在的溶解現象進行探究與學習。

第三單元中活動溶鹽燈，油水分層的杯子中，當我們灑入細微鹽粒後，隨著鹽粒下沉，附著鹽粒的油，產生下沉的油泡。當油泡沉底後，再因為鹽粒的溶解，油泡因為比重較，而緩緩上升至上層的油層。

(4)教學省思

計畫使用糖水飽和溶液加入方糖，但是飽和溶液調製要耗費教學者一段時間與食材。而使用高濃度溶液上場在教學上也有很好的探究意義，是有意義的問題情境，因此做此修改。

使用針筒示範水中空氣因為壓力降低，從水裡面釋放出氣泡。原先規畫由教學者示範並簡單的討論。然而實際課堂上，在討論與探究這個現象時，需要更充分的時間，所以將這部份規畫出完整的時間來探究。

整個活動主要就是當學生探究，遇到不夠清楚或準確的問題時，教師可以依據不同情境與例子，提出反思，讓學生進行比較與分析。

2、酸與鹼

(1)酸鹼性質

酸鹼的性質早已存於兒童的先備知識之中，透過神奇變色杯、開水變草莓汁、與形形色色等活動，以趣味與日常生活用品為科學活動之素材，並以問題解決能力(CPS)為本所設計的酸鹼檢驗活動來引起科學學習動機，並藉此培養學童的問題解決能力。

(2)天然指示劑

本課程設計採用紫羅蘭花茶、紅鳳菜汁、紫色高麗菜等飲料或食材，分別加入檸檬汁、小蘇打粉、食用醋、鹽或糖水等溶液，這些食材除可觀看其顏色變化外，尚包括可觸摸、可嘗、可聞與富饒趣味性，提供學生以視覺、觸覺、嗅覺、味覺等多元的觀察方式辨識這些水溶液的酸鹼性，並加以歸納而內化為酸鹼鹽的概念系統。

(3)酸鹼中和與其產物性質

酸鹼中和主要產物為鹽類與水，且屬於放熱反應。因此，本課程設計旨在讓學童發現溫度的變化、鹽類的產生，我們利用自動氣球進行趣味活動，除了提升學童的科學學習動機之外，主要培養其發現問題以及問題解決能力、並且有些酸鹼中和反應尚會產生氣體(如二氧化碳)。因此，本課程設計提供簡易的素材，如短筒蠟燭、鋁箔、探索醋酸與小蘇打的酸鹼中和反應所產生的鹽類、簡易且安全的活動設計而得到鹽類。

在檢驗二氧化碳的活動中，除了以澄清石灰水進行檢驗外，尚提供學童進一步採用隔空滅火。

(4)教學省思

經具體將課程設計之教材付諸於實際教學後，受試者在科學創造力評測，達顯著水準，表示學生在實驗處理後，其科學創造力都有顯著的進步。

後續研究可選取教較大的學生樣本進行實驗處理，並精鍊課程內容與透過更完整的實驗教學設計加入其他對照組比較學習效果。並配合教案設計開發教科書內容，以增進學童之科學學習成效、科學創造力與問題解決能力。

3、空氣與燃燒

(1)燃燒的條件

燃燒的三要素包括燃點、可燃物與助燃物，在兒童前備概念之中，燃點與可燃物是最易理解的，由於助燃物(氧氣)是無法以肉眼看見，研究者以悶熄蠟燭的活動來引導學生開始進行觀察活動與思考推理，並刻意安排出高低蠟燭的設計，以 POE 的方法，使兒童進一步思考不同空氣的特別性質。

以趣味性的活動來引起學習的興趣，是本研究的特色，教學者先燃燒一個不加水的氣球，然後再燃燒一個加水的氣球，藉此增加戲劇性張力，吸引學生的注意力，從而讓學生投入本主題研究，探討燃燒的條件。

(2) 氧氣的特性

少量化、安全化的實驗是目前國小化學實驗的發展趨勢，本研究開發出利用安全塑膠針筒來進行相關的氣體實驗，除了可以使實驗進行更加不佔空間、安全之外，目的就是讓學生可以方便實驗的操作，更容易體會氣體體積變化時所產生的情況，也進一步進行定量的分析與計算。教學者先以針筒的特性說明密閉空間與大氣壓力概念，再引導學生在以針筒混合二種物質(雙氧水與胡蘿蔔)，使其產生化學反應生成氧氣，產生體積的變化，感受無中生有的神奇效果。

驗證氧氣的助燃性，本研究以針筒中的氧氣，讓原本無火苗的線香產生火焰並引燃蠟燭，讓學生了解氧氣助燃的特性並體驗森林火災是如何引起。

本研究以安排競賽活動的方式，提高學生的參與度，從競賽中讓學生思考要如何操作各項細節，再由教師引導討論，了解科學操作技能並培養細心的態度。

(3) 二氧化碳的特性

魔術表演常常可以達到吸引觀眾的效果，也可以帶動研究的氣氛，本活動先以隔空滅火的表演活動，讓學生體會二氧化碳的特性，加深學習印象，再以針筒的實驗讓學生了解醋(或檸檬酸)和小蘇打的混合可以產生二氧化碳，並感受到針筒體積在瞬間明顯的變化，最後再藉用二氧化碳的特性去進行滅火的競賽活動。

本研究在檢驗二氧化碳的活動，加入了更嚴謹的實驗設計，以打氣筒及清水做為對照組，讓學生清楚比較二氧化碳與空氣的不同，清水與澄清石灰水的不同，增加邏輯思考與推理能力的訓練，提升學生對於實驗設計的了解。

(4) 教學省思

教學者認為教學時學生反應大致不錯，活潑大方，思考相當活躍，但是仍有少數學生不受引導，對教學進行略有影響，所幸尚能控制與輔導。學生對於助燃與燃燒有時會混淆，例如瓦斯與氧氣的性質，學生會以為氧氣可以像瓦斯一樣可以燃燒，可再設法引導。

後續研究可以選取教較大的適當樣本數，並透過更完整的實驗教學設計加入其他對照組比較學習效果。並配合教案設計發展教科書內容，以增進學習效果。

伍、結論與建議

(一) 結論

1、教學活動設計上

- (1) 本研究經實驗教學結果發現，經由所設計之RCPS教學與學習活動後，確能提升學生之科學創造力。
- (2) RCPS教學設計旨在激發學生發揮與運用創造力，進而提升科學的問題解決能力，不僅僅是科學教學或概念學習為本的教學模式。引導學生在發現問

題、產生想法、尋求解答等教學過程中，由於教學時間的限制，在教學流程進行節奏的掌握的壓力下，在活動中，教學者限制了學生灑脫發揮的自由度，對於一些可能的發展方向就必須取捨割愛，無可避免的在教學與學習的思考方向上做了相當的限制與修正。

- (3) RCPS教學活動中，在發現問題階段中，對於相關資料的尋求時，透過教師引導觀察，比較差異，學生通常可以天馬行空發揮想像，可以發表不少自己的片面想法，然而，當需要聚焦，明確的將遇到的情境困惑轉為具體的問題陳述時，在適切性與評鑑性上表現較弱，需要更多嘗試與情境練習。
- (4) RCPS教學歷程中，學生從發現問題到產生想法需要嘗試設計試驗步驟，著手進行試驗以尋求解答。因此需要實驗式探究教學作為鷹架學生學習如何在發現問題後，找出相關變因，進而形成假設，並控制變因，進行試驗以尋求驗證相關假設。然而學生在探究此方面，相關的科學技能較薄弱。教學時，對於實驗式探究善加強調與練習，對於學生在問題解決時，相關的分析能力，分析的合理性與解決問題的能力應有更好的潛在發展的空間與進展。
- (5) 在學生習作與學習單的設計上，使用V-map，針對學生對於相關學習科學主題的想法與做法來評估學生學習相關科學概念的狀況。學生在相關情境科學知識概念的學習上大致能夠接受，但是當涉及相關理論與通則的議題時，學生參照的情境概念造成學習遷移的障礙。
- (6) 學生在生活化的問題情境中都感覺興趣學習動機高昂，透過RCPS學生面對問題情境時，善用自己本身的知識、經驗與技能，對某項問題情境尋求獲得可行解答或結果的過程中，過程中的體驗、經驗與方法以及獲得的結果對學生來說，是一個全新的、未有的經驗。
- (7) 對個別學生的舊經驗來說，情境問題的解決的過程與獲得的成果就是一種創造。像是與神對話書中所說：「一個最深的秘密就是，生命並非一個發現的過程，而是一個創造的過程」。科學知識的獲得透過問題解決就是一個創造的過程。學生對於科學過程技能與科學概念不盡然精熟與完全掌握，但是對於科學過程的有初步的體驗與啟蒙。
- (8) 學生具有不同程度之創造力，透過實例與練習可以增強創造行為，教師可以透過教學活動教導學生發展創造能力。透過適當的示範教學，運用問題與情境，引導學生透過細心敏銳對蛛絲馬跡鉅細靡遺的觀察、善加的比較與分類，適時組織與關連、不斷歸納與推斷、使用語言表達，培養喜歡探討的態度，鷹架學生學習進而激發創意思考。

2、研究方法上

- (1) 受到學校資源、研究人力因素限制與影響，研究的樣本數不多，因此樣本學習後的表現容易受到研究樣本的本身因素干擾影響。
- (2) 活動課程編排緊湊，學生在短短時間密集接受RCPS教學洗禮，可能沒有充裕時間與機會對於學習過程中相關的學習主題進行足夠的探討與討論，以

獲得心中疑問的釋懷。

- (3)實施RCPS教學受限於僅是對於某主題單元進行相關的課程設計，因此學習者可以說是接受較短期的創造性問題解決的訓練，學生經歷運用創造力以從事進行問題解決，與平日可能以科學教學或概念學習為本的教學模式有所差異。
- (4)應該可以增加至適當大小的研究樣本，以提高研究評測工具的信度。對於研究挑選的樣本的同質性與所選樣本的學習特性可以考慮列入研究的控制變數。

3、評測工具上

- (1)本研究用來進行教學評估的評測工具，在信度的考驗上，本次使用的評測工具具有相當的信度水準。
- (2)RCPS教學課程為因應短期科學營活動時間的限制，將科學創造力與問題解決能力兩種評測工具於接連兩天實施，且每次分別實施兩種評測，又評測時間可能不足，評量結果易受到受試者厭倦因素影響，致使學生問題解決能力表現不如預期。
- (3)評測工具以文字作為回答方式，與發揮創造力或問題解決能力相關的題目上，學生或許在想法上有靈感之處，受限於表達能力與書寫能力，只能以簡單文字寫出簡略的答案，沒有機會使用多做闡述表達，影響回答表現。
- (4)為提高評量的效果，評測前可以加強對受試者解說，以求充份了解，並給予較充份的作答時間。

(二)建議

1、教學活動的研究設計

- (1)這次研究主要為開發化學單元創造性問題解決教學設計之探索性研究，是一個初步的研究起點。在人力運用、可用資源與教學環境的條件限制下，在研究過程仍採取比較完整的研究設計進行實驗研究。使用較小樣本進行實驗教學與施測，並將所得進行分析獲得初步結果。在後續研究中，可以選取較大的適當樣本數，透過更完整的研究設計與課程設計與課程教學實施相關環節細節的關照與不斷適時省視調整，以探究更顯著的創造性問題解決的教學學習成效。
- (2)在RCPS教學活動中，學生在創造及思考時間上，會因為課程時間的限制，所以沒有辦法進行更多不一樣的可能性的嘗試，這部份是需增加時間的。對於可以更深入探究的部份（認知層次中的評鑑與綜合向度層面），或可在學習單中設計引導式問題，讓學生對於問題做更深入的探究。
- (3)此次研究設計使用單組前後測，為求較嚴謹的研究設計架構，在後續研究進行時，可以採用實驗組與對照組前後測表現差異的比較，讓教學效果的探究更加明確回饋與比較。
- (4)在特定條件允許下，或可以實施較長時間的多單元主題之縱貫性課程設計，促進學生相關的創造性解決問題能力明顯增長。

2、評測工具

評測實施中，施測工具為文字題型之紙筆測驗且題目難度與份量有一定程度，學生在回答各項測驗題目，需要耐住性子，並對於施測問題維持較高度的回應興趣。學生較易產生的受測厭倦是後繼研究時，是應加以關照，並設法改進的地方。

誌謝

本研究承行政院國家科學委員會專題研究計畫(NSC100-2511-S-276- 005)補助經費，特此致謝。在此並感謝高志明老師、楊志強老師、謝甫宜老師參與討論設計與協助實驗教學與施測，使本研究得以順利完成。

參考文獻

- 行政院國家科學委員會(2010)：100 年度「科學教育」實作型成品設計製作研究計劃邀請徵求書。
- 王美芬(2005)：國小階段自然與生活科技教材教法。台北市：心理出版社。
- 王萬清(1987)：電腦補助問題解決課程對兒童問題解決能力及程序思考能力之影響。台北市：國立台灣師範大學輔導研究所碩士論文(未出版)。
- 吳坤銓(1997)：國小學生認知能力、問題解決能力與創造力傾向之相關研究。國立高雄師範大學教育學系碩士論文(未出版)。
- 何寶珠(1989)：心理學與哲學在科學教育上的應用—概念圖與 V 圖的理論、製作與應用，*科學教育月刊*，第 120 期，16-23。
- 李田英譯，何威(R. W. Howe)主講(1989)：美國的科學教育及數學教育對 21 世紀因應之道。*國民教育*，29(11, 12)，3-7。
- 邱美虹(1994)：高層次思考能力與學科學習。*科學教育月刊*，169，20-34。
- 洪文東(2007)：探究式化學單元教學活動設計與評估：以「水溶液的性質」為例。*美和技術學院學報*，26(1)，15-42。
- 洪文東(2006)：國小創造性問題解決教學模組設計：以「土地」主題為例。*屏東教育大學學報*，24，471-494。
- 洪文東(2006)：以創造性問題解決教學活動設計提升學生解決問題能力。*科學教育研究與發展*，43，26-42。
- 洪文東、楊志強(2007)：以 5E 學習環模式進行科學探究教學之實驗研究。論文發表於中華民國第二十三屆科學教育學術研討會。高雄市：國立高雄師範大學。
- 洪文東、徐慶雲(2007)：國小「自然與生活科技」探究式教學活動設計之推廣與省思。論文發表於中華民國第二十三屆科學教育學術研討會。高雄市：國立高雄師範大學。
- 洪文東、黃毓琪(2007)：國小「自然與生活科技」探究式教學活動設計之試教與評估：以「力與運動」單元為例。論文發表於中華民國第二十三屆科學教育學術研討會。高雄市：國立高雄師範大學。
- 洪文東、吳玲綺、鄭嘉裕(2007)：國小「自然與生活科技」探究式教學活動設計之試教與評估：以「廚房裡的科學」單元為例。論文發表於中華民國第二十三屆科學教育學術研討會。高雄市：國立高雄師範大學。
- 洪文東、潘淑琦(2007)：以 5E 學習環探究教學活動設計提升學生科學學習興趣：以「奇妙的雲雨霧」單元為例。論文發表於中華民國第二十三屆科學教育學術研討會。高雄市：國立高雄師範大學。
- 洪文東(2003)：創造性問題解決化學單元教學活動設計與評估。*科學教育學刊*，11(4)，407-430。

- 洪文東(2000)：師院生典範式思考與敘述式思考之取向方式與表徵特性。屏東師院學報，13，251-280。
- 洪振方、謝甫宜(2010)：科學學習成效理論模式的驗證與分析。國立政治大學。教育與心理研究季刊，33(3)，47-76。
- 張玉成(1993)：思考技巧與教學。台北市：心理出版社。
- 教育部(2003)：國民教育九年一貫課程綱要：「自然與生活科技」學習領域。台北市：教育部。
- 黃茂在和陳文典(2004)：「問題解決」的能力。載於科學素養的內涵與解析。台北：教育部。
- 單繩武(1978)：慎思與明辨。台北市：大海文化事業公司。
- 郭有遜(1994)：創造性的問題解決方法。台北市：心理出版社。
- 陳龍安(1995)：創造思考教學的理論與實務。台北市：心理出版社。
- 張華夏(1989)：波普爾和科學問題的研究(15)。分析哲學與科學哲學論文集，新亞學術集刊第九期，香港中文大學新亞學院出版。
- 湯偉君、邱美虹（1999）。創造性問題解決模式(CPS)的沿革與應用。科學教育月刊，223，2-20。
- 湯偉君(1999)：創造性問題解決模式對國三學生科學學習的影響。國立台灣師範大學科學教育研究所碩士論文(未出版)。
- 鄭麗玉(1993)：認知心理學-理論與應用。台北市：五南。
- Anderson, J. R. (1990). *Cognitive psychology and its implication* (3rd ed.). New York: W. H. Freeman and Company.
- Ausubel, D. P. (1969). *School learning*. New York : Holt, Rinehart & Winston.
- Belnep, N., & Steel, T. (1975). *The logic of questions and answers*. Yale University Press.
- Davis, G. A. (1986). *Creativity is forever*. Iowa : Kendall/Hunt Publishing Company.
- Dewey, J. (1933). *How we think*. Boston: D. C. :Heath.
- Dillon, J. T. (1982). Problem fining and solving. *Journal of Creative Behavior*, 16, 97-111.
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84, 287-312.
- D’Zurilla, T. J. & Goldfried, M. R. (1971). Problem solving and behavior modification. *Journal of Abnormal Psychology*, 78(1), 112-119.
- Glass, A. L., & Holyoak, K. J. (1986). *Cognition*(2nd ed.) . Singapore : McGraw-Hill.
- Hayes, J. R. (1989). *The complete problem solver* (2nd). N. J. : Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Hogan, K., & Fisherkeller, J. E. (2000). *Dialogue as data: Assessing students’ scientific reasoning with interactive protocols*. In Mintz, J., Wandersee, J. H., & Novak, J. D., (Eds.), *Assessing science understanding*, 96-124.
- Hung, W. T.(2006). *A Study of Inquiry-Based Instructional Design and Assessment in the Chemistry Course at Elementary Level*. Paper presented at the 19th International Conference on Chemical Education , August 12-17 , 2006, Seoul, Korea.

- Hung, W. T. (2004). *A Study of "Acid-Base" and "Oxidation-Reduction" Teaching Module Design and Performance Assessment on Student Science Creativity and Problem Solving Ability*. Paper presented at the 18th International Conference on Chemical Education, August 3-8, 2004, Istanbul, Turkey.
- Hung, W. T. (2002). *A Study of Creative problem Solving Instruction Design and Assessment in chemistry Courses*. Paper presented at the 17th International Conference on Chemical Education, August 6-10, 2002, Beijing, China.
- Kopcak, T. (2007). Applying thinking tools to high school seniors' research papers. *Creative Learning Today*, 15(3), 3.
- Kuhn, D. (2005). *Education for thinking*. Harvard University Press.
- Kuhn, L., & Reiser, B. (2004). *Students constructing and defending evidence-based scientific explanations*. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Dallas, TX.
- Lawson, A. E. (2003). *The neurological basis of learning, development and discovery*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Mayer, R. E. (1992). *Thinking, problem solving, cognition*. New York: W. H. Freeman Company.
- Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge, London: Cambridge University Press.
- Osborn, A. F. (1963). *Applied imagination* (3rd.ed.). New York : Scribners.
- Padilla, M. J., Okey, J. R., & Gerrard, K. (1984). The effects of instruction on integrated science process skill achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 21, 277-287.
- Parnes, S. T. (1967). *Creative behavior guidebook*. New York: Charles Scribner's Sons.
- Sandoval, W. A. (2005). Understanding students' practical epistemologies and their influence on learning through inquiry. *Science Education*, 89, 634-656.
- Scott, G. S., Leritz, L. E. & Mumford, M. D. (2004a). The Effectiveness of Creativity Training: A Quantitative Review. *Creativity Research Journal*, 16(3), 61-88.
- She, H. C. (2006). *Keynote speech (in English): Promoting students' scientific reasoning ability and conceptual change through SCCR digital learning program*. Paper presented at International Workshop of Argumentation in Science Teaching and Learning. Taipei, NTNU, Science Education Center. 27
- She, H. C. & Lee, C. Q. (2006. Dec.). *Development and evaluation of SCCR digital learning system for improving scientific conceptual change and scientific reasoning*. Paper presented at ICS conference: International Workshop on Human-Computer Interaction and Learning 15 Technologies, Taipei, Taiwan.
- Sternberg, R. J. & Lubart, T. I. (1995). *Defying the : cultivating creativity in a culture of conformity*. New York : The Free Press, A Division of Simon & Schuster Inc.
- Torrance, E. P. (1984). *Teaching Creative and Gifted Learners*. In M. C. Wittrock (Ed.). *Handbook of Research of Teaching* (pp. 603-640). New York: Macmillan Publishing Co.
- Treffinger, D. J. (2007). Applying CPS tools in school: Thinking in action. *Creative Learning Today*, 15(3), 2.
- Treffinger, D. J. (2008). *Understanding problem-solving styles and their implications in adolescence*. Presentation at the Third International VIEW Networking Conference, Sarasota, FL.

- Treffinger, D. J., Isaksen, S. G., & Stead-Dorval, K. B. (2006). *Creative problem solving: An introduction* (4th ed.). Waco, TX: Prufrock Press.
- Treffinger D. J., & Isaksen, S. G. (1992). *Creative Problem Solving: An Introduction*. Sarasota, FL: Center for Creative Learning, Inc.
- Wallas, G. (1926). *The Art of Thought*. New York : Harcourt, Brace Jovanovich.
- Yager, R. E. (1996). *Teaching science in the elementary school*. Boston, Mass: Allyn and Unwin.

A Study of Creative Problem Solving Teaching and Learning Modules Design and Assessment in Elementary School Chemistry Courses

Wen-Tung Hung*

Abstract

This study tried to develop revised creative problem solving (abbrev. RCPS) teaching and learning modules in elementary school chemistry courses. The treatment was studied using a quasi-experimental design including the pre and post testing of 39 sixth graders.

The RCPS instructional unit was “Solutions”, “Acids and Bases”, “Air and Combustion”. The assessment tools were “Test of Scientific Problem Solving” and “Test of Scientific Creativity”. The major finding was that RCPS instruction can increase students’ scientific creativity because there was significant difference between the pre-test and post-test scores in scientific creativity. Based on the findings of this study, the researcher proposes that RCPS instruction may apply in elementary school natural science instruction and also provides suggestions for science instruction and future science education research.

Key words: Instructional design, Problem solving, Scientific creativity.

* Professor, Dept. Nursing, Meiho University