科學教育學刊
2003, 第十一卷第四期, 407-430

Chinese Journal of Science Education
2003, 11(4), 407-430

創造性問題解決化學單元教學活動設計與評估

洪文東
國立屏東師範學院 自然科學教育學系

（投稿日期：民國 91 年 3 月 26 日，修訂日期：92 年 4 月 15 日，接受日期：92 年 6 月 26 日）

摘要：本研究旨在設計創造性問題解決化學單元教學活動與評測工具，並以準實驗研究法對國小五年級學童 32 名進行實驗教學處理。採單組前後測實驗設計方式，比較國小學童在實驗教學處理前後，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活動及評測工具之有效性。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「水溶液的酸鹼性」爲主題之單元教學活動，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。結果發現如下：學童在「水溶液的酸鹼性」單元教學活動後科學創造力與問題解決能力有顯著之進步。本研究據此對科學教育上之教學評量與研究設計提出一些建議。

關鍵詞：科學創造力、問題解決能力、教學活動設計。

壹、緒論

晚近，科學教育的目的走向培養解決問題的人，即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爲一種高階思考（High order thinking），並主張透過問題解決之思考歷程培養學生的創造力（陳龍安, 1995; 張玉成, 1993; Parnes, 1967; Sternberg & Lubart, 1995）。

從 STS 科學教育理念來看，Yager（1996）曾指出科學的核心在科學概念與科學過程，因此學習者必須透過科學過程理解科學概念，才能發揮科學創造力，進而能應用於日常生活問題之解決。足見科學創造力與科學過程及問題解決能力之關係至爲密切。晚近的教育趨勢趨向於學習者獨立思考與解決問題能力的啓發與培養，教育部（2001）所公佈九年一貫課程大綱有關「自然與生活科技」學習領域目標亦將「培養獨立思考與解決問題」列爲重要的基本能力之一。

從心理學的觀點而言，人類根據各種不同

的需要進行創造，創造的過程可說是一種解決問題的過程，而創造力也是解決此類問題的關鍵。在科學方面的創造須包含科學的領域相關知識及跳脫出原有思考窠臼的發散性思考和縝密嚴格的收斂性思考才能很有創意的解決科學上的問題。因此，科學的創造力之不同於一般創造力，主要在其科學探究過程中強調的邏輯一致性（洪文東, 2001a），透過「科學的問題解決過程」才能突顯科學創造力之獨特性。

有鑑於此，本研究之目的主要分爲下列四點：

1. 研擬國小自然科創造性問題解決化學單元教學活動與評測工具設計。
2. 依所設計之教學活動方案，進行教學實驗處理，並以所設計之國小學童問題解決能力與科學創造力評測工具，調查了解國小學童在實驗教學處理前後科學創造力與問題解決能力之表現情況及其中之關聯性。
3. 調查了解不同性別學童在實驗教學處理前後，其科學創造力與問題解決能力之表現情況及其中之關聯性。
4. 根據實驗教學與評估結果，探討出適切可行之教學活動方案與評測工具設計，並提出科學教學與評量及研究設計上的一些建議。

貳、文獻探討

一、科學創造力之意涵

創造的本意，依韋氏大字典的注釋，有「賦予存在」的意思（Gove, 1986）。心理學家則主張創造是一種能力，它包含著敏覺力（Sensitivity）、流暢力（Fluency）、變通力（Flexibility）、獨創力（Originality）、精進力（Elaboration）等基本能力（Guilford, 1967; 1977）。科學上的創造，更是具有這些能力特性（洪文東, 1997）。

創造力之核心在於人的心智運作，因此，一般人只要能夠以正常的心智運思，便能發揮其創造力，並且在層次上有不同程度的發展與表現。然而不同領域的創造有其特殊的條件及要求；科學領域的創造，須憑藉其個人的科學素養、適切的思考方式，經由歸納、演繹、假設之邏輯推理歷程，理性而客觀地進行實驗探究與驗證，並對於結果進行嚴格的批判，然後發現新事實、發明新理論、或形成概括性結論，從中表現出獨特的科學創造力。(Torrance, 1972; Wiles & Bondi, 1980; 陳英豪等, 1980; 洪文東, 1997)。

有關創造力的指標，學者有諸多的看法（Guilford, 1971; Torrance, 1972; Torrance & Orlow, 1986; 陳龍安, 1985; 賈馥茗, 1976），但是其內容皆大同小異。大部分學者主張以下列五種能力爲主：(一)流暢力：思考靈敏，心智活動少有阻礙，能在短時間內產生許多新的構想和觀念。(二)變通力：思考能夠變化萬千、隨機應變、舉一反三，不受原有的功能固著心智所限制，而能提出新的觀念和方法。(三)獨創力：思考與衆不同，對事情表現出超乎尋常獨特的見解和思想。(四)精進力：在原有的思想或方法上，能增添更好的改革使構想能精益求精，更上一層樓。(五)敏覺力：對於問題或情境的變化具有覺察的能力，很快就能發現缺失和不尋常的地方。以小學生而言，可能由於心智發展尚未完全成熟，以往的紀錄中其精進力和敏覺力上表現並不明顯。創造性的思考不外乎兩種基本的思考形式：「邏輯性」的和「非邏輯性」的思考，「邏輯性」的思考較偏向於收斂性的思考，尤其是科學創造性的思考更需要邏輯論證之能力。因此，Yager（1996）強調學習者必須透過科學邏輯推理過程去理解科學概念，才能發揮科學創造力。至於「非邏輯性」的思考則較偏向於發散性思考的方式，尤其面臨開放性問題，更是創造過程中展現創新

的核心部分，其主要的表現的形式是靈感、想像、直覺與變通。而收斂式和發散式思考方式對於創造過程都是必須的（洪振方, 1998）。因此科學創造力必須是植基於既有的科學領域專門知識之上，進一步加以創新想出別人所想不出的科學觀念，產生別人所製造不出的新奇事物的能力（洪文東, 1997）。

綜合以上的說法，研究者認爲科學創造思考至少包含兩種主要的的成分：「發散性」及「邏輯性」。而以小學生而言，表現於外的特質便是流暢、變通、獨創和適切合理化能力。

二、問題的表徵與問題解決的步驟

一個問題的表徵方式往往會影響問題的難易，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（鄭麗玉, 1993）。若五條件具備則爲良好的問題，否則爲不良的問題。前者由於定義良好，比較容易求得一個正確答案；後者，則往往由於定義不清楚，較不容易得到圓滿的解答（洪文東, 2000a, 2001a, 2001b）。

從問題事件之存在狀態，我們可將問題情境分爲明顯的、隱含的、潛在的三種情況(Dillon, 1982)。也有人將問題從問題變項、問題基體及問題解答三個成分來分析處理問題（Belnep & Steel, 1975; 洪文東, 2000a, 2001; 張華夏, 1989）。

當我們目前狀態與所想達成的狀態存有差異時，問題於是產生，而問題解決就是設法將其中差異去除（Anderson, 1990; 鄭麗玉, 1993）。問題解決在本質上是一種高層次的認知活動，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，提出「遭遇困難」、「界定困難所在」、「建議問題的解答—提出假設」、「演繹推理出解答之結論」、「驗證假設」五個步驟，有條理的將問題解決過程系統化。Wallas（1926）則將解決問題時個人思考的步驟分成「準備」、「蘊釀」、「豁朗」、「驗證」四個步驟，可說是最早由內省法分析解決問題者（Mayer, 1992）。因此後來的學者研究創造力時，常常引用 Walas（1926）的觀點，將此四步驟看成爲一種"創造"的歷程(Wiles & Bondi, 1981; Gallagher, 1975; 洪文東, 2000a, 2001; 陳龍安, 1995; 張玉成, 1993)。

創造性的問題的解決自「問題的發現」至「問題的解決」爲止，其創造力的歷程，乃著重在"思考"的作用，Parnes（1967）即強調「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）模式，包括五個步驟：(一)發現事實(二)發現問題(三)發現構想(四)發現解決方案(五)接受所發現的解決方案。實證性的研究認爲 CPS 模式是相當好的問題解決方案，此模式不只是創造的過程，也可靈活運用解決實際遭遇到的問題（Davis, 1986）。Treffinger & Isaksen（1992）將 Parnes 之 CPS 流程加以改良提出六個步驟：(一)發現困難(二)發現資料(三)發現問題(四)發現構想(五)發現解決方案(六)接受所選擇的解決方案。

然而，事實上人們在應用 CPS 於眞實情境中時，並不會依序使用這六個步驟，而會是自然的將之組合。Isaksen 等人（1987）注意到人們在進行解題活動時會傾向於把這六個步驟組合成三個階段：「準備問題」（getting the problem ready）、「激發構想」（generating ideas）、「行動的計畫」（plan for taking action）。準備問題包含「發現困難」、「發現資料」、「發現問題」。激發構想即儘可能找出各種解決方法。行動的計畫包含「找出解決方案」、「接受所選擇的解決方案」。Treffinger 等人發現解題者並非每次解題都按既定的步驟執行，也並不一定會使用到每一個步驟。此外，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步驟中，皆表示個體主要的思考方式爲發散式思考與收斂式思考，能把握此二種思考方向，就可把握住 CPS 的精神（洪文東, 2000a）。

三、由問題解決中培養學童的科學創造力

不同於以往傳統的解題研究只注重分析和量化的方式，一些問題解決之研究者最近開始強調"創造力"也是問題解決的關鍵（Higgins, 1994）。換句話說，傳統的解題研究較注重"推理性"思考特性，而較不注重"創造性"思考特性，並將其與"批判性"思考視爲與其對立的思考方式；而 CPS 研究者，則認爲完整的問題解決思考過程不只是運用推理性思考，也必須並用創造性思考與批判性思考（Treffinger & Isaksen, 1992; 洪文東, 2000a, 2001a, 2001b）。在 1988 年，英國牛津技巧教學計劃（The Oxfordshire Skill Programme）中以促進兒童思考能力爲目的。把思考定義爲個體從事決定時的心智活動，其內涵包括批判思考、創造思考、推理思考和問題解決。其關係圖如圖 1（Coles & Robinson, 1989, p.81）：

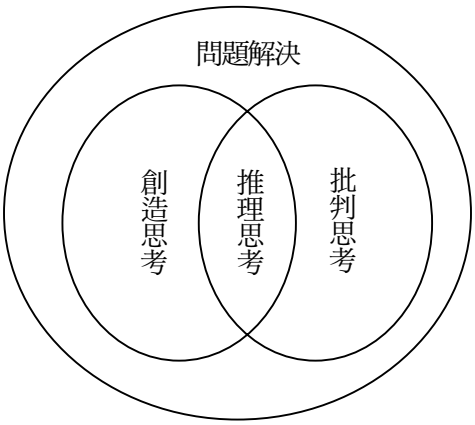


圖 1：問題解決與創造力之關係（Coles & Robinson, 1989）

從內容分析來看，推理亦稱邏輯推理。推理是以某種原則爲基礎，由已知之事項，推求未知之結果。Guilford（1967）視推理是一種心理能力，他認爲收斂思考與推理有關，此種思考形式是個體在憑思考解決問題時，總是根據已有知識，循邏輯規則去尋求唯一的正確答案。而張玉成（1993）在「思考技巧與教學」書中所提推理思考包含「理解」、「應用」及「分析」等三項能力爲主要內涵。其中理解技巧共分成:分類思考、演繹思考、歸納思考、預測思考和預測結果意義。

批判思考力根據張玉成教授的歸納共分爲五個思考過程:檢視、比較判斷、歸納和選擇。美國「康乃爾批判思考測驗」（X 級）定義其批判思考能力應包括：歸納、考察可信度、演繹與確定假設（Ennis, Millman & Tomko, 1985; 毛連塭, 吳清山和陳麗華, 1991）。而美國學者 Gartenhaus（1984）認爲批判思考應包含分析、聯結、評鑑。綜合上述的定義內容，批判思考至少包含了下列思考過程:檢視、比較、判斷、歸納、考察可信度、演繹、確定假設、選擇、分析、聯結、評鑑等思考過程。

從上述分析中可發現，科學的創造思考、推理思考、批判思考三者之間都有一些相關的因子存在，研究者因此認爲「問題解決能力」所需必備之三種思考能力應包括：創造思考力、批判思考力與推理思考力，而推理思考力並不是完全包含於創造思考力和批判思考力中，其本身亦有其獨立的部份。換言之，創造思考乃解決問題所必備；因此，創造力是解決問題能力之關鍵因素，完整的創造的過程可看成一種解決問題之過程，但解決問題的歷程卻不全然只是一種創造的歷程，兩者有若干重疊，但不完全等同（洪文東, 2000a; 2001a, 2001b）。此外不管是科學創造力或科學問題解決能力都必須植基於其領域相關之科學的概念和知識（Science Concept and Knowledge, 簡

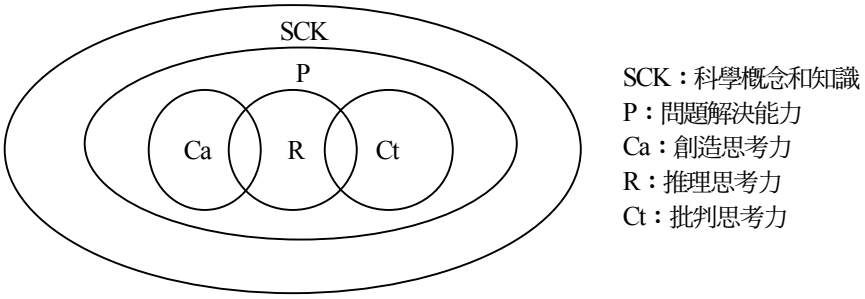


圖 2：問題解決力與創造力之關係（改自洪文東, 2000a）

稱 SCK）。因此，研究者試圖將彼此間之關係，表示如圖 2：

本研究試圖由學童面對問題思索解決歷程培養其科學的創造力，在評測工具設計上，應可由學童對科學問題思考所表現之創造性、批判性與推理性之思考來評估學童之問題解決能力及其中之科學創造力。而由於三項能力各有互相含涉，因此根據上述對三項思考能力的內容分析結果將其歸納爲六項思考特性，即流暢性、變通性、獨創性、分析性、邏輯性和評鑑性。以此六項特性來代表科學問題解決能力。

自 Parnes（1967）以至 Treffinger 和 Isaksen（1992）以降，有關 CPS 模式的研究，都認爲創造性活動自「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。從以往的實徵研究發現上述"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（Torrance, 1984），可說是一種非常有效的問題解決模式。

雖然創造性問題解決模式（簡稱 CPS）早在 1960 年代就已發展出來，並普受重視，但在科學教育上的應用較爲少見。以國外的研究而言，Shepardson（1991）曾以八年級學生在五項不同的生活化科學問題解決活動，進行長達一年的觀察。他詳細的記錄學生的解題步驟與學生間相關的互動和思考技巧，並採用路徑分析（path analysis procedures）的方式以推測其因果關係。結果發現解題步驟對所採用思考技巧的影響大於學生間的互動所產生的影響，學生間的互動並不會增進在解決問題時學生所採用思考方法的變異程度。假如學生在解決問題過程中使用了不適當的思考技巧，他們將無法充分的計劃以解決問題，並且無法有效評估其資料的收集過程是否正確。此外學生在解決問題活動中，會將其科學知識結合到他們進行的分析過程和提出的推論之評估與解釋。Shepardson 的研究雖然道出了思考技巧與解決問題之關係，然而可惜的是並未道出科學問題解決與創造力的關係。

此外，從文獻上來看性別對於解決問題的表現是否有差異？所得的答案是相當分歧的。一些研究發現國小學生在性別上其問題解決能力並無顯著差異（王萬清, 1987; Yelland, 1995; Zambo & Follman, 1993）。但也有一些研究發現國小學生性別與問題解決有顯著相關（詹秀美, 1989; Aho, 1989）。因此這一方面的問題時值得進一步加以探討。

國內對於 CPS 的相關研究也是近年才陸續在研發中。如張俊彥和翁玉華（1998）的研究指出，高一學生問題解決的能力與科學

探究的過程技能中的「解釋資料」、「觀察」、「形成假設」之表現有顯著的中度的相關。余瑞虔和方泰山（1999）發現利用 CPS 教學有助於學生在創造力的提昇。湯偉君和邱美虹（1999）、湯偉君（1998）的研究曾以探討 CPS 的教學模式是否適用於學校的科學教學，並以「學習成果」、「學習行爲」、「學習態度」和「創造力」等四個向度來評估此模式運用在科學教學的可行性。綜觀國內科學教育的研究上，目前尚缺乏以思考特性的角度所設計之創造性問題解決的教學活動，及較爲嚴謹有效之科學創造力及科學問題解決能力之評測工具。

綜上所述，本研究主要依據 Coles 和 Robinson（1989）於英國牛津思考技巧教學活動計畫中認爲問題解決能力包括創造思考力推理思考力與批判思考力（p.81），並參酌 Lumsdaine 和 Lamsdaine（1995）於 Creative Problem Solving 一書中所提解決問題包括創造思考、分析思考與批判思考，再根據本研究先前研究（洪文東, 1999; 2000b; 2001a, 2002）發現創造力以流暢性、變通性、獨創性最爲凸顯，且是問題解決能力之關鍵。依據文獻探討科學之問題解決力除創造思考力外，亦應包括分析、批判、推理等思考力，故研究者綜合歸納成創造力以流暢性、變通性、獨創性爲三項指標，而問題解決能力除創造力外，再加上推理力及批判力爲三項指標。其中推理性本研究改稱之邏輯性，批判性本研究改稱之評鑑性，以符合本研究工具設計之需要。至於教學活動設計則參考 Parnes（1967）的 CPS 模式及後來 Treffinger 和 Isaken（1992）所修正的 CPS 模式之精神，依照實際教學之需要，提出 RCPS 創造性問題解決的基本教學模式，設計國小自然科有關「酸鹼」化學單元之教學活動方案與其相關的評測工具，期能由問題解決過程中培養學童的科學創造力。

叁、研究設計理念及研究方法

一、創造性問題解決教學模式（RCPS）的設計理念

本研究希望從問題解決的方式增進學童之科學創造力。然而從文獻上來看並沒有直接的科學問題解決模式，然而科學的問題解決並非祇有被動地解決既有的問題而已，應包括主動地發掘相關問題。因此各種問題解決的過程中以創造性問題解相關之模式較爲符合科學問題解決的模式，Treffinger 和 Isaksen（1992）之 CPS 流程，主要有六個步驟：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。這些過程具有一般性，並不一定完全符合科學性的問題解決的需求，筆者先前的研究（洪文東, 2000c）亦證實了這一點。因此，筆者認爲有必要對於 CPS 的各階段進行調整，以配合科學性的問題解決的特性。教學者在課堂的時間是很有限的，短時間內要提高學生解動機，應將「發現困難」改爲利用一些有趣的情境使其產生「產生困惑」。學童往往從經驗及資料中發現問題，因此 CPS 的「發現資料」和「發現問題」是一體的，筆者以「發生問題」來表示。至於「發現構想」也就是產生新想法，因此用「產生想法」較爲貼切，至於「發現解決方案」和「接受所發現的解決方案」階段以課室中的實驗活動而言就是要小朋友去「選擇想法」、「評鑑結果」。因此，筆者根據主題教學流程之需要將 CPS 流程修正（revise）爲「產生困惑」、「發生問題」、「產生想法」、「選擇想法」、「評鑑結果」，稱之爲修正的創造性問題解決教學模式，簡稱之爲 RCPS。並以此模式設計「酸鹼」主題式教學活動。

此外，對於學童科學創造力的評測，並沒有公認的測驗方式，究其原因，除了評量的困難性之外，有其領域相關性，也就是說，受試

者必須對該領域有足夠的基本知識，才能發揮其科學創造力。因此本研究擬開發一套「酸鹼」主題的科學創造力及問題解決能力評測工具。

(一)教學活動方案設計

本研究之教學活動方案依現行國小五年級有關之化學教學單元:酸鹼性、沉澱，分別設計不同單元之教學與學習活動。共有「酸鹼物質的分類」、「介紹酸鹼物質溶於水後表現出不同特性」和「另類的指示劑--紫色高麗菜汁」三個教學單元（各單元教學活動目標見附錄一）。

本研究爲符合研究之要求，儘量依 RCPS 之精神設計教學活動，然而亦會依主題之內容性質不同而對整個程序略作修正，以提高學生之學習效果。有關於教學活動設計之詳細內容，因限於篇幅，筆者僅舉例「另類的指示劑--紫色高麗菜汁」單元教學中之活動三（見附錄二）加以說明。

由於此活動係依創造性問題解決模式的精神加以設計，因此在每一個階段都會要求學生提出各種想法及歸納出最有可能結論，以充分激發其發散性與收斂性思考能力，並依學習活動需要設計學習單。茲概述如下：

首先，提供一生活中常見之問題，引起學童動機並激發他們對問題或困難的思考，如：拿出搾好的紫色高麗菜汁和不同的無色透明酸鹼水溶液，問學童若將紫色高麗菜汁倒入各水溶液中會有何變化？此爲產生困惑部份。將紫色高麗菜汁倒入不同的水溶液，由水溶液變色或顏色稀釋的現象？並讓學生自由發表看法，並由學生報告所觀察到的現象並提出問題，此爲發生問題部份。其次由學生討論出幾個主要的可能原因，問學生有哪些方法可以將這些溶液加以分類，並產生有關酸鹼特性的想法，此爲產生想法部份。接下來要求學生實地設計實驗來證明自己的假設。這部份要求學生以小組爲單位，經由討論，依研究者所能提供之材料及設備，鼓勵盡量設計多個實驗以找出適當的水溶液分類法，並描述其特性，教師提供學習活動單，以利其紀錄。此爲選擇想法部份。最後，請各組上台發表其討論結果，並接受質疑及辯論，以凝聚共識。此部份爲評鑑結果。

此教學活動方案之設計不同於一般實作課程設計的地方，在於研究者在每個步驟都要求學生進行發散性與收斂性思考，並且實驗的設計是開放由學生自行討論設計，並非傳統由教師預先設計之罐頭式統一化實驗變項及步驟。從中發揮其思考之流暢性、變通性及獨創性，因此更可以激發學生之創意，藉以培養其科學創造力，並且從活動中訓練其推理、批判思考能力和對整個實驗過程所發生問題的處理能力。

(二)評測工具設計

1. 設計理念

評測工具之編製，其問題發展之流程亦以 RCPS 之架構爲主，爲使學生在測驗過程中，不會因爲題目太多而生負面效果，因此予以適當的簡化，以三個主要架構來安排問題科學創造力部分是依據三個創造力問題解決三步驟：發生了什麼→什麼原因使它發生？→提出解決之道，據此原則設計題目。

至於科學問題解決評測工具的設計，筆者以 Isaksen 和 Treffinger（1992）所提「準備問題」、「激發構想」、「行動的計畫」爲基礎，依其精神和研究上的需要加以融合，「準備問題」包含發現困難、發現資料和發現問題，這一部分事實上的目的在於釐清問題，因此筆者將這個階段名爲「了解問題」，「激發構想」階段目的在找出各種有用的點子來解決問題，因此筆者用比較口語的方式將這個階段稱爲「激發點子」以利於了解。「行動的計畫」階段包括發現解決方案、接受所發現的解決方案法，而這一階段最重要的目的在於篩選最有效的策略，才能對未來的行動有所規劃，因此將這一階段

名爲「策略評鑑」，並以這三大階段作爲設計題目的原則。

2.評測工具之發展

在評測工具的形成中，本研究安排了預試活動。藉由預試活動，了解學生的反應情況，再依預試過程結果，對評測工具進行修正，以期研究更爲精進。研究者設計 A 卷與 B 卷（複本）做爲科學創造力及問題解決能力之評測工具（限於篇幅僅列出兩種測驗 A 卷之題目，如附錄三與附錄四），並藉由預試及專家修正來增加效度及複本信度。本評測工具之功能除上述之外，另可做爲發展半結構式晤談工具之參考。以上二種測驗所需時間皆爲 40 分鐘。

二、研究方法

(一)研究架構

本研究爲一探索性研究（Exploratory Study）旨在探討由「創造性問解決模式」設計化學單元教學活動與評測模式之可行性。藉由教材分析、文獻探討、設計國小自然科化學單元教學活動方案，並自行開發科學創造力與問題解決能力之評測工具，最後根據所研擬之國小自然科化學單元教學活動方案，融入實作評量之精神，進行準實驗教學處理。「酸鹼」三個單元預計九堂課完成。配合所開發之評測工具進行前後測（相隔三週）及事後之實作評測，以調查瞭解學童之科學創造力與問題解決能力之表現情況，並加以分析研判，期能從中提出適切可行之由問題解決能力培養學童科學創造力之教學活動方案與教學模式，以及有效之問題解決能力與科學創造力評測工具。圖 3 表示本研究架構：

(二)研究樣本

研究與調查對象以屏東地區一所國小五年級學童共 32 名爲樣本。

(三)研究範圍

本研究是嘗試從國小五年級自然科教材中有關化學單元概念領域教材內容爲範圍（如表 1），設計一些開放性問題，依前述之 RCPS 流程，開發出有關化學單元之教學活動設計，並配合教學活動，設計問題解決能力與科學創造力之評測工具，從中探討國小學童經由 RCPS 教學活動後之問題解決能力與科學創造力的表現。

(四)研究工具

本研究依前節之設計理念，自行開發在化學領域方面之科學創造力評測 A 卷

與 B 卷，施測時間各爲 40 分鐘；另外研究者再依前節 RCPS 之設計理念，自行開發在化學領域方面之問題解決能力評測工具 A 卷與 B 卷，施測之時間亦各爲 40 分鐘；有關評測工具內容因篇幅有限僅列出其中的 A 卷如附錄三與附錄四供參考。同時，研究者依 RCPS 模式進行自然科化學單元教學活動設計、並配合實驗教學設計教學觀察評估表和學童學習活動之學習單，由此反應情況檢視學童在教室中進行科學活動之表現，並進行教學後之省思。根據研究工具之評測結果進行統計分析，並與教室觀察之質性資料交叉比對，以確認本研究進行 RCPS 模式實驗教學之成效。此外，本研究並收集學童之學業成績，與林幸台和王木榮（1994）所修訂之 Williams（1980）創造力測驗，以及王萬清（1987）所編的問題解決能力測驗進行所開發之研究工具的效標關聯效度（Criterion-related validity）考驗，以確認研究工具之有效性。

(五)資料處理與分析

1.創造力評分要點

(1)本研究評測工具共有三個題目，藉由學生答題反應，測出學生創造力的三項指標，即「流暢性」、「變通性」、「獨創性」。

(2)對於學生的答題反應，本研究採二人共評給分。由二位研究者對同一份評

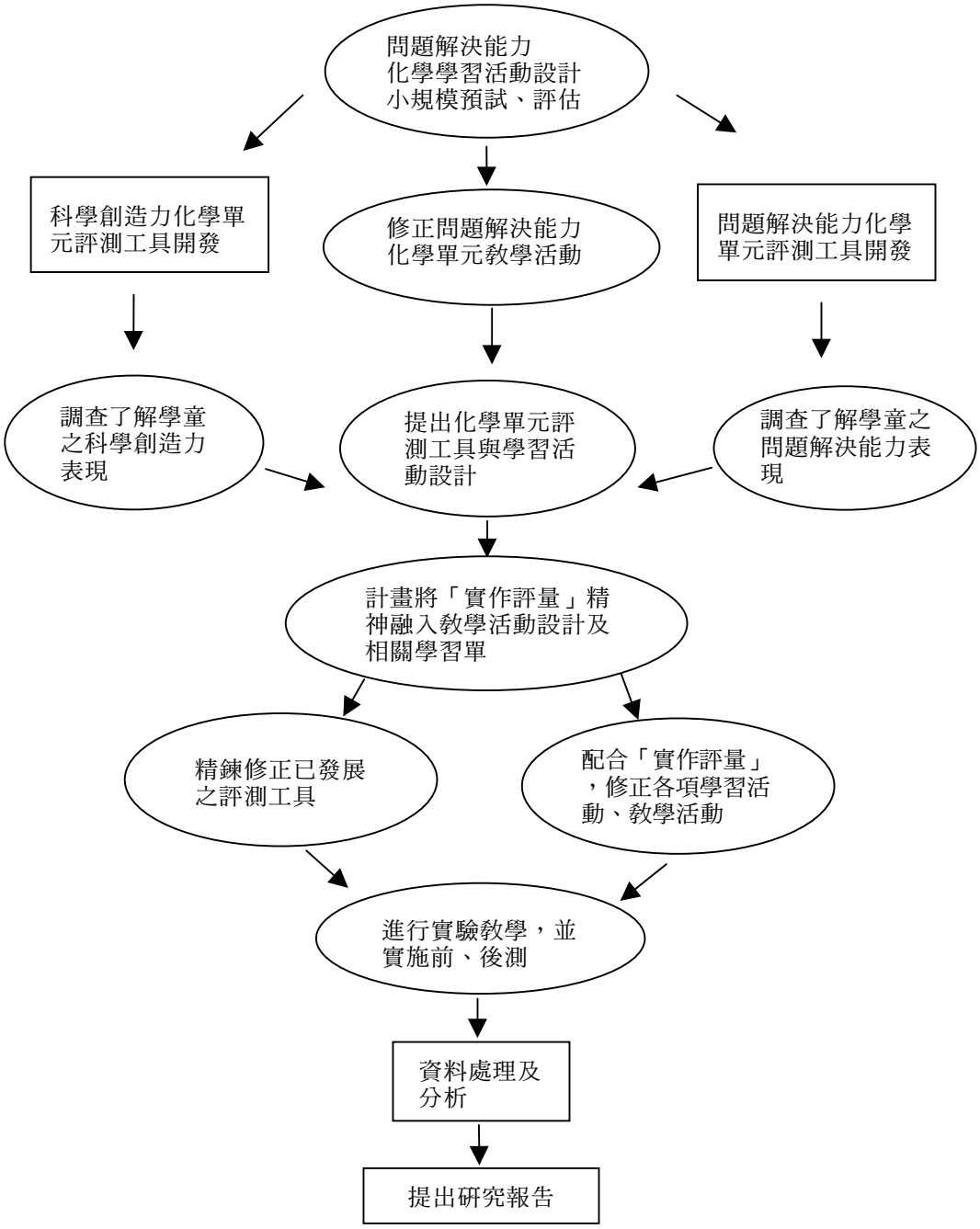


圖 3：研究架構

測工具測驗的結果評分。

(3)每個題目最多有十二個答案，若答案符合應項指標之特質，即給予一分，（除獨創性外）最多十二分。

(4)二位研究者所評的每個題目的分數，若分數差距在三分以內，則該題分數則爲二位研究者所評分數之平均；若差距超過三分則由專家裁決。

表1：國小五年級自然科課程有關化學之基本概念及教學單元名稱

年級	册別	基本概念	單元名稱
五	九	酸鹼性	水溶液的酸鹼性質

(5)關於三項指標評分標準分述如下：

流暢性：

1 分：答案針對題目來回答。

0 分：答案文句不通順，或完全不合題意。

變通性：

1 分：答案的類別的總合。

0 分：答案完全與主題無關。

獨創性：

2 分：答案低於全體回答出現率 2 %。

1 分：答案佔全體回答出現率 2 %-5 %。

0 分：答案高於佔全體回答出現率 5 %。

2. 問題解決能力評分要點

(1)本研究評測工具共有三個題目，藉由學生答題反應，分別用以測出學生問題解決能力三項指標，包括了問題分析能力、邏輯思考能力、評鑑思考能力。

(2)對於學生的答題反應，本研究採二人共評給分。由二位研究者對同一份評測工具測驗的結果評分。

(3)每個題目最多有個答案，若答案符合應項指標之特質，即給予分數。

(4)二位研究者所評的每個題目的分數，若分數差距在三分以內，則該題分數則爲二位研究者所評分數之平均；若差距超過三分則由專家裁決。

(5)關於三項指標評分標準分述如下：

問題分析能力：

1 分：答案與題意相關，並明確的指出訊自的重點，每寫出一個「合理」的訊息，且不可重覆提及即可得一分。

0 分：答案文句不通順，或完全不合題意。

邏輯思考能力：

1 分：針對問題所提出的方法合乎邏輯，與主題相關且實際可行。

0 分：提出方法完全與主題無關或方法不合邏輯。

評鑑思考能力：

1 分：檢視學生提出評鑑的「理由」，理由若合乎邏輯即給分。

0 分：所提出的理由不合乎邏輯、不可行或違反題義。

信度部份由於本研究之測驗可能受評分找主觀因素之影響，爲確定不同評分者依評分原則所評分數的一致性，故進行評分者信度考驗。計劃有兩位對自然科教學有經驗的國小老師，依據上數的評分方式進行評分，評分後求取兩人所評分數在三個問題中六個分數的積差相關係數。

內容效度方面，評測題目構想依據學生生活上常遇到的問題或最感到困惑的問題來設計題目。並依照解決問題所需知基本步驟及解決問題所需之各項能力加以分析，並做成雙向細目表。由國立屏東師範學院一爲自然科學教育系教授及二位對於自然科有經驗的國小教師相互討論後修正內容，並選擇一班學生先行測試以修正不適當部分。同時效度方面以 Williams 創造力測驗 (林幸台和王木榮, 1994)、學業成績及王萬清 (1987) 所編問題解決測驗爲效標。

3. 質的觀察

本研究依據 RCPS 模式進行實驗教學，由於實驗教學教師係研究小組成員，經定期的小組會議溝通觀念與做法，已清楚理解本研究之目的與 RCPS 教學模式及設計理念。研究者與小組成員配合教學活動設計教學觀察評估表和學童學習活動之學習單，研究小組人員並參與觀察教室中學童之反應情況，同時錄影以便事後回溯分析。研究小組根據觀察評估表與學童學習單之作品資料，並請教學者進行實驗教學前、後之省思，由其省

思心得紀錄對照所錄影之師生對話紀錄，研究者將這些觀察及蒐集所得之質性資料與小組成員進行小組討論分析研判，RCPS 實驗教學前、後學童的反應與表現。由質的觀察所得之質性資料對照施測結果統計分析的量化資料，交叉檢視相互印證，以確認研究的結果與發現，增進本研究的效度。

肆、結果與討論

研究者將所開發之「酸鹼」主題教學活動設計及相關評測工具對有效樣本（32 人）進行實驗教學及施測，由教室中質的觀察所得之質性資料及評測資料分析統計結果，試圖探討本 RCPS 教學活動之效果及求出自編評測工具的信度及效度，並求得性別因素在解題能力及創造力是否有差異，以及在教學活動前後，學生之解題能力與科學創造力是否有顯著性的差異。限於篇幅，在質的觀察部份僅將教學者之省思重點配合研究小組討論所得就有關實驗教學之處理與發現加以說明之，在量化分析方面，先呈現評測工具之信度與效度，再討論學童（包括性別因素）於實驗教學前、後問題解決能力與科學創造力之表現差異情況：

一、實驗教學之處理與發現

由本次實驗教學的學生反應情況看來，使用 RCPS 的教學模式教學，上課的學生反應似乎比平常好，無論是學習興趣或在實驗操作上，都比以往在課堂上的表現反應熱烈一些。由於事前並未將各種溶液的性質直接告知學生，學生嘗試依自己的方式將各種溶液分類，這種方法比起以前直接告知學生，當不同酸鹼性質的溶液與指示劑接觸是會有何種反應，再將之分類的方法要好。經由 RCPS 教學，學生會自行發展出分類的方式，將溶液分類之後，再進一步地說明溶液是何種性質，如此一來學生會主動探索出分類的方法，並從中了解到酸鹼之鑑別與指示劑變色的關係。

雖然本單元主要是以「溶液的酸鹼性」爲其主軸，但是教學活動上卻分成了「物質的分類」、「介紹物質溶於水後表現出不同特性」和「另類的指示劑-紫色高麗菜」三個單元教學活動，先導入學生「如何分類」的基礎，再銜接到酸鹼的性質，學習的主軸乃以「分類」爲主軸，以漸進方式引導學生分類的方式，比起以往之教學方式較能完整的建構酸鹼概念。

研究者參與觀察發現學生對紫色高麗菜汁加入原本無色的溶液後，竟會使之變成黃綠色或紅色感到相當好奇，也或許是因爲如此，無形中增加了學生學習的興趣。因爲酸鹼這個主題在國小教學中常有的問題，就是學生不了解「酸鹼」在生活中有何重要性，扮演什麼角色，由各組學生之學習單中，發現學生會激盪出各式各樣分類的點子，也可以清楚地感到學生參與感增加和興趣的提昇，學生分組報告上的表現大致上比起以前明顯進步。由這些學生之表現，研究者認爲 RCPS 教學是一項可以激發國小學生由觀察與探究之過程，培養創造思考與解決問題能力的教學法。

二、施測的結果

(一)研究工具之信度

1. 研究者以 Alpha 值計算研究工具之內在一致性，結果問題解決前、後測 Cronbach α值分別爲 .63 和 .60，科學創造力前、後測 Cronbach α分別爲 .62 和 .57，尚稱滿意。
2. 研究者對二位評分者的分數進行相關統計，以求得研究工具之評分者信度，結果如表 2 和表 3。

由研究結果可看出「問題解決能力」評測工具，前測評分者評分之相關係數，介於 .89~ .96

之間，總分爲 r = .93（$p < .05$）。後測之相關係數介於 .73~ .98 之間總分爲 r = .96（$p < .05$）。「科學創造力」評測工具前測之相關係數介於 .70~ .91 之間，總分爲 r = .91（$p < .05$），後測之相關係數介於 .81~ .99 之間，總分爲 r = .93（$p < .01$），基本上顯示評分者信度相當高。至於科學創造力的獨創性方面，由於前、後測是採用複本，前測部份第三題的問法讓評分者對樣本的答案略有不同的意見，因此，其相關略低（r = .70）。

(二)研究工具之效度

研究者以王萬清之一般問題解決能力問卷及自然科成績做爲本研究工具之效標，以對單元教學活動之科學問題解決能力與科學創造力與效標進行相關統計，結果如表 4 與表 5。

由研究結果可看出問題解決能力總分與王萬清一般問題解決工具測驗在前、後測的的結果爲中相關，且皆達顯著，可見本研究工具在測得學生之解題能力上有相當的效度。科學創造力之總分與王萬清一般問題解決工具在前後測的結果亦爲中相關亦達顯著，與研究者當初的假設相符。科學問題解決能力和科學創造力與一般問題解決能力與創造力，本有一些使用到共同的能力，亦有一部份是因領域相關因素而不相同的。至於其與自然科成績相關有些未達顯著，表示所設計之評測工具評量創造力與解題能力與自然科學科成績並沒有很大的關聯，這可能是因爲學校的自然科學習評量所評測的並不是這方面的能力，或是受其他非認知因素的影響，這一點有待做更深入的研究。

(三)性別因素是否影響學生的問題解決能力與創造力

研究者在進行教學前後，分別以自行開發的研究評測工具與其他評測工具對樣本進行施測，在資料整理並收集後進行獨立樣本 t 檢定，以了解性別因素是否會影響學生問題解決能力與創造力，統計結果如表 6。

表 2：問題解決能力評分者信度

	總分	分析	邏輯	評鑑
前測相關係數	.93	.96	.91	.89
後測相關係數	.96	.98	.92	.73

表 3：科學創造力評分者信度

	總分	流暢性	變通性	獨創性
前測相關係數	.91	.84	.89	.70
後測相關係數	.93	.99	.81	.92

表 4：科學問題解決能力與王萬清一般問題解決測驗及自然科成績之相關

	一般問題解決能力	自然科成績
前測相關係數	.48**	.14
後測相關係數	.46**	.32*

*$p < .05$ **$p < .01$

表 5：科學創造力與王萬清一般問題解決測驗及自然科成績之相關

	一般問題解決能力	自然科成績
前測相關係數	.41**	.15
後測相關係數	.35*	.27

*$p < .05$ **$p < .01$

由表 6 可清楚地看出，男女童在各種評測工具上所表現的差異程度，由平均分數來看，都是女童分數優於男童的情況，但是經 t 考驗顯示其中只有研究者自行開發之科學問題解決及科學創造力之評測工具在後測上的表現有極顯著差異（$p < .001$），其他各項分數並不會因性別因素不同而有顯著的差異。從過去的研究中，男、女生在創造力及問題解決能力之表現大都發現無差異，然仍有少數發現有所差異的情形，因爲本研究樣本數不多，研究者亦不排除取樣的偏差或是評測工具的作答方式較需語文表達能力，在這部份可能具有性別優勢存在，需進一步加以探討和修正。

表6：不同性別在學生的問題解決能力與創造力及自然科成績之比較

評測工具	人數 n	平均數 M	標準差 D	t	P
一般問題解決能力前測	男 16	6.94	4.02	-1.13	.27
	女 16	8.25	2.27		
一般問題解決能力後測	男 16	7.38	3.26	.27	.79
	女 16	7.13	1.89		
科學問題解決能力前測	男 16	4.88	1.93	-1.76	.09
	女 16	6.38	2.80		
科學問題解決能力後測	男 16	8.31	2.57	-4.91	.00***
	女 16	12.25	1.91		
科學創造力前測	男 16	12.25	3.80	-1.74	.09
	女 16	14.56	3.72		
科學創造力後測	男 16	21.75	2.96	-4.75	.00***
	女 16	28.13	4.49		
自然科成績	男 16	73.50	18.78	.91	.93
	女 16	72.81	24.09		
一般創造力	男 16	63.56	7.15	1.58	.13
	女 16	59.94	5.78		

***$p < .001$

（四）實驗教學前後學童之科學創造力與問題解決能力表現

考驗學童經過研究者自行設計之單元教學活動實驗教學之後，在相關單元之科學問題解決能力與創造力二份問卷成績在教學之前、後測表現有無顯著差異，經 t 檢定，結果如表 7。

由表 7 可知，本教學單元之科學問題解決能力與科學創造力二份評測工具經實驗教學之後，評量學生問題解決能力及創造力之分數表現皆有進步，且達極顯著差異水準($p < .001$)。此結果與諸多創造性問題解決教學研究之成果相符（王精文, 1983; 王萬清, 1987; 余瑞虔和方泰山, 1999; 吳淑敏, 1992; 湯偉君, 1998; 湯偉君和邱美虹, 1999）。研究者推論 RCPS 之教學模式對於受試樣本之科學創造力及其問題解決能力有所幫助，然而，因本研究屬於探索性研究，在進行小規模測試上並未安排控制組加以比較，因此亦不能排除其他原因促使樣本在這方面的表現有所差異，然而本 RCPS 模式實值得更進一步加以研究發展。

伍、結論與建議

一、結論

綜合前述各節質性觀察所得資料與評測資料量化分析的研究結果與發現，研究者針對教學活動設計方面與實驗教學前後之省思以及相關評測工具方面的量化研究成果加以評估後認爲：

(一)在教學活動設計方面

1. 學童對於教學活動感到興趣，也能引起動機，課堂中的發表較以往爲多。然而，在內容上其變通性和獨創性較爲不足。此現象會隨著接觸課程活動次數的增加而改善。

表 7：科學問題解決能力與科學創造力之前、後測表現 t 檢定

評測工具	人數 n	前後測	平均數 M	標準差 D	t	P
科學問題解決能力	32	前測	5.63	2.49	-8.48	.00***
		後測	10.28	3.00		
科學創造力	32	前測	13.41	3.88	-13.44	.00***
		後測	24.94	4.94		

***$p < .001$

2. 大多數學童對於實驗的設計方面的能力較爲不足。此現象亦會隨著接觸課程活動次數的增加而改善。
3. 實驗結果的紀錄方式，提供範例採半開放式的紀錄方式。有助於學童實驗紀錄之質與量的提昇。

(二)在相關評測工具方面

1. 研究者藉由多種方法來進行評估教學成效之評測工具信度的考驗，在信度的考驗中，本單元教學活動之評測工具乃具有一定水準。
2. 在研究工具的效度方面，結果發現與王萬清之問題解決能力問卷之成績均達顯著中相關，表示本研究評測工具在問題解決能力的評測上有相當之效標關聯效度，這也同時顯示創造力可能與問題解決能力存在實質相關。但是與自然科成績之相關則可能與題目內容設計方向有所不同有關，研究者認爲這點值得做更深入的探究。
3. 在探討性別因素是否影響學生的問題解決能力與創造力上，只有小組開發的科學問題解決能力與科學創造力評測工具後測發現有所差異，其餘則未達顯著差異，這可能與樣本選取或評測題目設計較需要以語文表達，在經過教學活動之後，其題目對女童較易表現有關。此結果仍待進一步深入研究。
4. 本研究之樣本在進行實驗教學活動後在問題解決能力與創造力之後測的分數均有顯著的進步情況，符合當初之研究目的，也表示本單元教學活動設計是值得加以推廣並進一步進行實證性研究。

二、實驗教學前後之省思

(一) 學童對於教學活動的安排方式，感到很有興趣，學習動機強烈，課堂中的發表較以往爲多。然而，在內容上其變通性和獨創性較爲不足。也就是說學童所想到的答案或解釋不是雷同就是同屬某一領域，較缺乏創見。

(二) 大多數學童對於實驗的設計方面，較爲生疏，往往不夠嚴謹（例如忘了設立控制組來比較），可見以往的課程設計並不能提供學童針對自己所作的假設自行設計較完整有效的驗證方式之能力的培養。此問題值得科學教育研究者及教學者加以深入探討。

(三) 實驗結果的紀錄方式，若採用開放式的紀錄，學童紀錄之結果，在質、量上均不及提供學童適當範例，採半開放式的紀錄方式。可見國小學童在脫離制式實驗之後，並無法全然自行有條理的紀錄一項實驗結果。因此在這方面的能力仍須加以培養。

(四) 以上 1、2、3 項發現，會隨著教學活動次數的增加（本教學活動設計有三個單元）而逐漸改善。一方面可能是逐漸適

應教學活動的模式，另一方面可能是抓到了某些關鍵的要點，因此從本教學活動中，學童可以得到科學創造力及問題解決能力的培養。

三、建議

綜合上述的研究發現與結論，研究者根據研究過程的心得及感想，分別從研究設計、教學設計與評測工具三個方面對創造性問題解決教學活動設計的改進提出一些建議。

(一)關於研究設計方面

1. 評測工具信、效度的建立及教學設計的分開進行

由於本研究屬於探索性研究，迫於時間的因素，研究中將工具設計與教學、建立工具之信、效度等程序一併執行，對於實驗教學活動的設計與評測工具複之信、效度考驗並不夠完整，只能當作類似研究的一個起始點。因此建議進一步再加以精鍊修飾，再進行的實證性教學活動與施測，如此一來研究成果的品質必將能大大提升。

2. 研究架構中加入對照組的研究設計

本年度的研究設計主要以單組前、後測方式的準實驗研究爲主，但是就研究架構設計的嚴謹性而言，建議後續的研究設計可加入另一對照組，比較實驗組與對照組之間的前測與後測各項表現差異，如此較能使教學活動設計的實際效果獲得更爲正面的回應與比較。

3. 科學創造力和問題解決能力的培養

科學創造力和問題解決能力的培養需要長時期的努力，而非一蹴可幾。也很難在學童上過短短的幾堂課就有突飛猛進的效果，因此建議後續研究應採用一學期或一學年較長的時間進行教學實驗，以確立 RCPS 教學活動設計之效果。

(二)關於教學設計方面

1. 以學童爲主體

利用生活化的主題以引起學童的參與動機和興趣，鼓勵其踴躍地發問、發表與獨創性的實驗設計。以小朋友爲主體，儘可能提供所有必要的器材和協助，學童就有機會從其過程中逐步的修飾與精鍊自己的科學創造力與問題解決能力。

2. 融入實作精神

由於科學創造力與問題解決能力不只侷限於紙筆測驗的表現，因此建議在後續研究的單元教學活動教學設計及評測工具設計中可融入實作評量的精神，強調多元評量，以現有發展的紙筆測驗爲輔，從多角度的方式來看學童科學問題解決能力及科學創造力的表現，如此將可望使研究成果更爲豐富。

3. 加強樣本及教學者的一致性

由於教師教學方式的不同可能造成學童表現的成果不同，考慮提高教學設計的內在效度，建議在後續進行教學實驗時，以相同的教學者爲首要原則，並注意控制研究樣本的同質性。

(三)關於評測工具方面

1. 尋找適切之領域相關效標

本次教學活動設計方案開發之研究中，自然科學業成績並不能有效作爲本評測工具之效標。因此研究者建議在往後研究中，可加入科學活動思考特性問卷（電路部分）（洪文東, 1999）做爲評測工具的效標。

2. 降低學童紙筆測驗次數

在各項評測工具施行過程中，紙筆測驗次數過多，學童容易產生厭煩心理，學生填答意願不高的情況有可能造成成績退步現象，這點值得後續研究施測時加以注意，並做爲改進後續研究設計的依據。

誌　　謝

本研究承蒙行政院國家科學委員會專題

研究計劃補助經費（計劃編號 NSC89-2519-S153-006）研究部份成果曾於九十學年度師範學院教育學術論文發表會中口頭報告，並承論文審查委員提供卓見指正，特此致謝。在此並感謝李震甌老師、楊志強老師、林心怡老師、林沂昇老師參予討論設計與協助施測，使本研究得以順利完成。

參考文獻

1. 行政院國家科學委員會（1999）：**九十年度「科學教育」計畫邀請書**。台北市：行政院國家科學委員會。
2. 王精文（1983）：**創造性問題解決訓練對創造思考，抗拒變革的影響**。新竹市：國立交通大學管理研究所碩士論文（未出版）。
3. 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）。
4. 毛連塭、吳清山和陳麗華（1992）：康乃爾批判思考測驗修訂報告。**初等教育學刊**, 11-28。
5. 吳淑敏（1992）：**創造性問題解決之心像教學方案對國小資優班學生問題解決能力、創造力、自我概念及認知風格之影響**。台北市：國立台灣師範大學特殊教育研究所碩士論文（未出版）。
6. 余瑞虔和方泰山（1999）：**創造性問題解決教學法用於國中理化方面對於學生創造力之影響與比較**。論文發表於中華民國第二屆化學教育學術研討會。台北市：國立台灣師範大學理學院。
7. 林幸台和王木榮（1994）：**威廉斯創造力測驗指導手冊**。台北市：心理出版社。
8. 洪文東（1997）：創造性思考與科學創造力的培養。**國教天地**, 123, 10-14。
9. 洪文東（1999）：**國小學童科學創造力特性及開發：創造型兒童思考特性研究**，行政院國家科學委員會專題計畫研究成果報告，NSC-87-2511-S-153-015。
10. 洪文東（2000a）：從問題解決的過程培養學生的科學創造力。**屏師科學教育**, 11, 52-62。
11. 洪文東（2000b）：**國小學童科學創造力特性開發之（2/2）---子計劃一：創造型兒童之思考特性研究**。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告，NSC89-2519-S-153-002。
12. 洪文東（2000c）：**國小學童科學創造教學模式之探討**。八十九學年度師範學校教育學術論文發表會論文集，29-51。教育部中等教育司主辦。
13. 洪文東（2001a）：**從問題解決能力培養學生的科學創造力--化學學習活動模組與教學活動設計**。行政院國家科學委員會專題研究成果報告，NSC89-2519-S-153-006。
14. 洪文東（2001b）：國小自然科學創造思考教學模組設計與評估。九十學年度師範學院教育學術論文發表會論文集。台中市：國立台中師範學院。
15. 洪文東（2002）：創造型兒童之思考特性與科學創造力的關聯性。**國立屏東師範學院學報**, **16**, 355-394。
16. 教育部（2001）：**國民中小學九年一貫課程暫行綱要，自然與生活科技學習領域**，台北市：教育部。
17. 張玉成（1993）：**思考技巧與教學**。台北市：心理出版社。
18. 張俊彥和翁玉華（2000）：我國高一學生的問題解決能力與科學過程技能之相關性研究。**科學教育學刊**, **8**(1), 35-55。
19. 陳英豪、吳鐵雄和簡眞眞編著（1980）：**創造思考與情意的教學**。高雄市：復文圖書出版社。

20. 陳英豪和吳裕益（1991）：**測驗與評量（修訂一版）**。高雄市：復文書局。
21. 陳龍安（1995）：**創造思考教學的理論與實際**。台北市：心理出版社。
22. 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。
23. 詹秀美（1989）：**國小學生創造力與問題解決能力的相關研究變項**。台北市：國立台灣師範大學教育心理與輔導研究所碩士論文（未出版）。
24. 湯偉君（1998）：**創造性問題解決模式對國三學生科學學習的影響**。台北市：國立台灣師範大學科學教育研究所碩士論文（未出版）。
25. 湯偉君和邱美虹（1999）：創造性問題解決（CPS）模式的沿革與應用。**科學教育月刊**, **223**, 2-17。
26. 董奇（1995）：**兒童創造力發展心理**。台北市：五南圖書出版公司。
27. 賈馥茗（1976）:**英才教育**。台北：開南書局。
28. 鄭麗玉（1993）：**認知心理學 – 理論與應用**。台北：五南。
29. Aho, L., Permikangas. T., & Lyyra, S. (1989). Finnish Primary School Children's Preferences in Environmental Problem Solving. *Science Education, 73(5)*, 635-642.
30. Anderson, J. R. (1990). *Cognitive psychology and it's implication* (3rd ed.). New York: W. H. Freeman and Company.
31. Belnep, N., & Steel, T. (1975). *The logic of questions and answers*, Yale University press.
32. Coles, M. J. & Robinson, W. D. (Eds) (1989). *Teaching Thinking*. Bristol: The Bristol Press.
33. Davis, G. A. (1986). *Creativity is forever*. Iowa Kendall/Hunt Publishing Company.
34. Dewey, J. (1933). *How we think*. Boston, Mass: P. C. Heath.
35. Dillon, J. T. (1982). Problem fining and solving. *Journal of Creative Behavior, 16*, 97-111.
36. Ennis. R. H., Millman, J. & Tomko, T. N. (1985). Cornell critical thinking tests. Level X & Level Z: Manual. CA.: Midwest Publications.
37. Gartenhaus, A. R. (1984). Museums and Critical Thinking Skills for Students. (ERIC Document Reproduction Service No. ED249128).
38. Gove, P. B. (1986). *Webster's 3rd International Dictionary of the English Language*. Springfield, Massachusetts: G. & C. Berrian Company Publishers.
39. Guilford, J. P. (1967). *The nature of human intelligence*. New York: McGraw-Hill.
40. Guilford, J. P. (1971). *Creative and its Caltiration*. New York: Harper and Row.
41. Guilford, J. P. (1977). *Way beyond the IQ*. Buffalo, New York: Creative Education Foundation.
42. Gallagher, J. J. (1975). *Teaching the gifted Child* (2nd. ed.). Boston , Mass: Allyn and Bacon.
43. Higgins, J. M. (1994). Creative problem solving techniques: *The hand book of new ideas for business.* New York: New Management Publishing Company, Inc.
44. Mayer, R. E. (1992). *Thinking, problem solving, cognition.* New York: W. H. Freeman and Company.
45. Parnes, S.J. (1967). *Creative behavior guidebook.* New York: Scribers.
46. Shepardson, D. P. (1991). Relationships among problem solving,student interactions, and thinking skills. Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching.

Lake Geneva, WI, April 7-10, 1991. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 338494).

47. Sternberg, R. J. & Lubart, T. I. (1995). *Defying the crowd: cultivating creativity in a culture of conformity*. New York: The Free Press, A Division of Simon & Schuster Inc.
48. Torrance, E. P. (1972). Can we teach children to think creatively? *Journal of Creative Behavior, 6,* 114-143.
49. 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.
50. Torrance, E. P. & Orlow E. B. (1986). Torrance tests of creative thinking steamlined (revised) manual. Bensenville, IL: Scholastic testing Service.
51. Treffinger D. J., & Isaksen, S. G. (1992). Creative Problem Solving: *An Introduction.* Sarasota, FL: Center for Creative Learning, Inc.
52. Watkins, B. T. (1992). Teaching students to think like scientists: Software enables experiments to be conducted that would be impossible in a laboratory. *The Chronicle of Higher Education, March 25.*
53. Wallas, G. (1926). *The Art of Thought* New York: Harcourt Brace Janonovica.
54. Wiles, J. & Bondi, J. (1980). Teaching for creative thinking in the intermediate grades. *A Journal on Gifted Education*, 3(1). 4-6.
55. Wiles, J. & Bondi, J. (1981). *Skills Clusters for Creative Thinking Activity Book.* Wiles, Bondi and Associates.
56. Williams, P. E. (1980). *Creativity assessment packet(CAP): Manual*. Buffalo , NY: D. O. K. Publishers, Inc.
57. Yager, R. E. (1996). *Teaching science in the elementary school.* Boston, Mass: little, Brown and Company.
58. Yelland, N. (1995). Logo Experiences with Young Children: Describing Performance, Problem-Solving and Social Contexts of Learning. *Early Child Development and Care*, *109*, 61-74.
59. Zambo, R. & Follman, J. (1993). Gender-related differences in problem solving at the 6th and 8th grade levels. Annual meeting of the American Educational Research Association (Atlanta, GA, April 12-16). (ERIC Document Reproduction Service No. ED359236).

附錄一　各單元教學活動目標

活動一：酸鹼物質的分類（120 分鐘）

1. 由觀察酸鹼物質的外觀有不同的特性，並能依據其特性分類。
2. 能發表出多種酸鹼物質的分類標準。
3. 能瞭解藉由人類的感官來進行分類。

活動二：介紹酸鹼物質溶於水後表現出不同特性（120 分鐘）

1. 能了解不同酸鹼物質溶於水會有不同的性質。
2. 能發表出多種分辨酸鹼水溶液的方法。

活動三：另類的指示劑—紫色高麗菜汁（120 分鐘）

1. 認識紫色高麗菜汁與不同的酸鹼水溶液會有不同的顏色反應。
2. 瞭解紫色高麗菜汁是一種酸鹼水溶液指示劑。
3. 能利用紫色高麗菜汁測試出不同酸鹼水溶液的酸鹼性。

附錄二　創造性問題解決「水溶液的酸鹼性質」單元教學活動設計

（**活動三：**另類的指示劑--紫色高麗菜汁）

學習情境	教學過程（RCPS）	兒童活動	時間
	產生困惑（引起動機）		10 分
教師將各種透明的水溶液鹽酸、檸檬水、醋、氫氧化鈉及水分別加入燒杯中，再將紫色高麗菜汁置於一旁，並問學生如果將紫色高麗菜汁倒入後會有什麼變化？		兒童好奇疑惑 • 結果會怎麼樣？	
	發生問題		10 分
教師將紫色高麗菜汁倒入，讓學生看看結果！ ◎小朋友！有沒有發現什麼現象呢？		兒童發表 • 原本沒有顏色的水溶液變色了！ • 變的顏色不同！ • 有些溶液沒變，只是變淡！	
	產生想法		20 分
◎教師提出問題，引導學生產生想法。 ◎小朋友！爲什麼有些溶液會變色？ ◎小朋友！你猜原來每一杯無色的水都是一樣的嗎？ ◎老師給予一些不同的溶液 ◎小朋友！怎麼將這些溶液分類？		• 可能物質在無色的水裡面了。 • 在水溶液中的東西不同！ 兒童整組討論並記錄下來 （全組活動單 3） ◎我們可以依水溶液的加入紫色高麗菜汁後的顏色做分類。	
	選擇想法以解決問題		40 分
◎各組學童依討論結果進行實驗。 ◎將實驗結果加以紀錄。 ◎分組報告		可以用石蕊試紙先測試溶液的酸鹼性。 哪些是有顏色的？ 學童依其假設進行實驗。 分類、紀錄水溶液特性。	

	評鑑結果	40 分
◎小朋友！分類結束之後，請各組上台報告各分類測的結果。 ◎老師請各組小朋友將討論的結果記於 黑板上 ◎小朋友！剛剛各組發表的到底哪一組說的最有道理呢？ ◎小朋友！紫色高麗菜汁加入溶液色顏色的不同代表的是酸鹼的不同。	學童觀賞他組的看法 各組討論並提出問題 請小朋友依顏色來作溶液分類的標準並將它記錄下來。 • 我們可以利用紫色高麗菜汁來分辨不同的酸鹼溶液的性質！	

附錄三　國小學童問題解決能力評測試題

有一天，小智和皮卡丘去爬山，半路的樹上有了一個蜂窩，結果皮卡丘不小心碰到了，於是大批的蜜蜂把皮卡丘和小智二個追著跑了好遠好遠，後來他們二個終於躲過蜜蜂的攻擊了，但是小智看到皮卡丘身上卻被蜜蜂叮了滿身是包，而且好像有中毒快死亡的現象，如果你是小智的話，在這種情況之下，無法及時趕到醫院，又找不到電話通知別人。

一、小朋友，你能不能以簡單的幾句話，把剛才所想要問的問題再用你自己的話，把情況清楚地寫出來！

二、如果是你在現場的話，你能夠想出什麼辦法來救一救皮卡丘呢？把你想到的通通寫出來吧！

三、依你的判斷，你覺得那一個方法最好，爲什麼呢？那一個方法最不好，爲什麼呢？

附錄四　國小學童科學創造力評測試題

在很久很久以前，西方有一個偉大的哲學家叫蘇格拉底，也有人稱他爲西方的孔子，他的智慧比當時任何人都還要高，不過他卻非常謙虛地自稱自己是天下最無知的人。但是有一天，他喝下了一瓶不知名的飲料，並且說了：「好酸喔！」，結果就從此昏迷不醒了！

一、小朋友，你心裡是不是和我一樣產生了許多疑問呢？你有哪些問題想要問的，你覺得這個故事有什麼奇怪的地方，請你把它通通寫出來！

二、提出了這麼多問題後，你能不能想想看爲什麼這瓶飲料可以讓蘇格拉底昏倒呢？到底飲料可能有什麼呢？

三、如果你在現場，看蘇格拉底喝了飲料昏倒之後，你可不可以想一想法子來解救他呢？

A Study of Creative Problem Solving Instructional Design and Assessment in Elementary School Chemistry Courses

Wen-Tung Hung
Department of Natural Science Education, National Pingtung Teachers College

Abstract

This study tried to develop revised creative problem solving (abbrev. RCPS) instructional units and assessment tools in elementary school chemistry courses. The treatment was studied using a quasi-experimental design including the pre and post testing of 32 fifth graders.

The RCPS instructional unit was "Acid-base Properties of Aqueous Solutions". The assessment tools were "Test of Scientific Problem Solving" and "Test of Scientific Creativity". The major finding was that RCPS instruction of "Acid-base Properties of Aqueous Solutions" can increase students' scientific creativity and science problem solving ability because there was significant difference between the pre-test and post-test scores in scientific creativity and scientific problem solving. Based on the findings of this study, the researcher proposes that RCPS instruction of "Acid-base Properties of Aqueous Solutions" be used 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.