

教 育 研 究

「合作學習」和「問題導向學習」 ——培養教師及學生的科學創造力

王千倬

國立彰化師範大學教育研究所副教授

壹、前言

人民的創造力是提升國家競爭力的主要關鍵，缺乏創造力將導致國家社會發展的遲滯，整個國家終將被淘汰，所以，提升學生的創造力成為當前教育的重要目標，「培養中小學學生的科學創造力」的相關研究也因此開始受到國內科學教育界的重視。近來，不少教育學者認為「合作學習」和「問題導向學習」應可以培養學生的批判性及創造性思考能力，對於提升學生科學創造力有相當的助益，因而大力鼓吹，然而，其推廣成效卻未達預期的標準，究其原因主要是長久以來這些相關研究都是由大學教授一手策劃，由教授們發展教學模組，中小學科學教師只是將教授們所發展的教學模組當作「食譜」，「依樣畫葫蘆」罷了，卻鮮少深入思考教學活動背後的精神、教育理念及實施的技巧，更不知道實施時應「把握原則並依照個人教學環境作適度的修正及改變」，因此，往往於實施後，無法獲得預期的成效，換言之，多數的國內中小學科學教師在教學上實在是缺乏教學創造力。

此外，長久在層層聯考的競爭壓力下，聯考就像孫悟空頭上的金箍圈，將許多教師、家長及莘莘學子的思考能力緊緊的夾住，不留絲毫空間，在「追求唯一標準答案」的僵化教學體制下，早已不知「創造」是何物，個人的創造力也被扼殺而消失殆盡。更嚴重的是，教師本身也是聯考制式下產品，多數教師的創造力早已在他們「過關斬將」的過程中，成為「聯考」巨輪下的犧牲者，這群「聯考常勝軍」所付出的代價就是——將「創造力」深鎖在最陰暗的角落，不讓它有絲毫的表現空間，此乃當今教育上最大的悲劇。

因此，要培養學生的科學創造力，必須從改進教學活動及學習環境著手，而要改進科學學習環境和教學活動，則必須以啟發教師創造性教學能力為起點。換言之，科學教師們若要幫助被聯考荼毒已久的學子解開「標準答案」的枷鎖，重新尋回上天所賦予人類最寶貴的智慧財產——創造力，教師們就必須親身體驗創造在科學領域的重要性，進而發揮教師個人的教學創造力，思考「如何在聯考的牢籠裡，覓得一絲絲『創造』的空間。」缺乏教學創造力的教師是無法設計及實施創造性的科學教學，而缺乏創造性的科學教學正是戕害學生科學創造力的元凶；

要培養學生的科學創造力，教師必須先為自己「解套」，透過教師的在職進修活動，以「合作學習」和「問題導向學習」的方式，幫助教師開啓自己塵封已久的「創造」之門，讓教師的創造力重新獲得自由，進而共同發揮創造力，發展真正可以培養學生創造力的教學活動及策略，運用創造性的教學幫助學生重新點燃創造力的火花，享受創造的學習樂趣。

貳、科學教育以培養學生科學創造力為標的

科學教育不僅止於學習科學知識 (scientific factual knowledge)，更需要培養學生創造能力；科學學習不是技巧的模仿而是創造，教材不應侷限在教科書的內容，而應將學生生活中所遭遇的科學相關問題視為科學教育的活教材，讓學生有機會運用既有的科學知識解決真實世界中的問題，同時，在問題解決過程中，創造新的科學知識。中小學的科學教育應該使學生們能靈活應用科學家探究科學的方法：(1)提出好的科學探究問題，(2)深入瞭解所提出的問題，(3)選擇能獲得解決方案的實驗、觀察及分析活動，(4)根據前項選擇而實際操作，(5)從實驗結果中瞭解問題，(6)發表實驗結果；幫助學生在科學探究的活動中養成應有的「科學態度」：(1)願意根據新獲得的資料而修正既有的觀念及想法，(2)放棄成見，努力追求真理，(3)瞭解因果關係，(4)實事求是，(5)能分辨理論及科學事實 (Gallagher, Sher, Stepien & Workman, 1995)；提升學生的科學創造力，使其能夠以創造性的方法解決人類在變動的社會中所面臨的問題 (Reid, 1994)，同時創造新的科學知識。

創造力——創造性思考＋批判性思考

「創造」是創造性思考 (creative thinking) 與批判性思考 (critical thinking) 的結晶。創造性思考與批判性思考二者是緊密地交織在一起 (Paul, 1993)，創造性思考與批判性思考的緊密結合，使人類能夠創造新的事物、促進人類文明的進步；突如其來、異想天開的靈感雖是一種創造性思考，可是若經不起批判性思考的挑戰，只是一堆缺乏組織、漫無目標的隨意想法，毫無意義也稱不上是「創造」。因此，創造性思考的產物必須經得起批判性思考的批判評鑑 (critical assessment) 才能成為真正的創造。

Paul (1993) 認為在學習過程中，學生先創造出對事物新見解，同時依據既有的認知對所新創造的認知進行批判性思考——對新、舊認知進行批判性的評鑑，達到對既有認知的再創造 (re-creation)。因此，創造性思考與批判性思考的邏輯是無法透過「給 (give)」、「轉移 (transfer)」或「灌輸 (inject)」的過程，烙印到學生的腦中，這類的思考能力是必須持續不斷地修正 (modified) 及重新整理 (reshaped)。所以，教學過程中應刺激學生主動地從衝突的觀點 (conflicting perspectives) 中創造新論理 (logics)，同時批判經由創造性思考所產生的論理。因此，要提升學生的創造力，就必須使學生成為批判思考者及創造思考者。

Paul (1993) 認為批判思考者能意識到自己是正在何種情況下創造出概念，以及根據這些概念所做的一切推論，此外，他們也不斷地改進自己的推論法則，訓練自己的推論能力使其更完美；他們對自己在智力方面的自我改善保持高度的敏銳性及興趣。Downs-Lombardi (1996) 認為批判思考者重視清晰 (clarity)、正確性 (accuracy)、明確性 (precision) 及相關性 (relevance)，因此，在

創造及推論的過程中強調深度（depth）、廣度（breadth）、邏輯性（logic）及重要性（significance）；深度即是指對事物複雜性的瞭解，廣度則是指從多元的角度切入，邏輯性則偏重概念是否有意義及其連結的順序是否合理，重要性則是能指出關鍵性的概念。所以，批判性思考者在解決問題或決策過程中，不會受到長期性窒礙，他們能夠找到新的方向；他們瞭解每個議題都具有多面性，每一個觀念都不完全，因此他們尊重且歡迎不同、異於常態甚至相反的觀點；用堅毅的態度不斷地澄清疑點，以追求更深入、更透徹的瞭解，因此知識是無限的，每個觀念或思想都是在追求更完整的知識領域。

而創造思考者則具備下列的特質：敏銳的覺察力（sensitivity）及抽絲剝繭的分析能力，能突破「習以為常」、「理所當然」的習慣，從混亂中理出頭緒；勇於嘗試及面對批判的冒險精神，視失敗為創造的一部份，對自創的事物積極尋求批判；不受制於習慣羈絆的變通力（flexibility），喜歡嘗試用不同的方法解決問題；批判性的評鑑能力（critical assessment），能從回饋及實際的測試中，找到最好的解決策略；充滿了好奇心，及豐富的想像力；自發性的學習動機，且拒絕接受環境的限制；多元化的流暢力（fluency）、與眾不同的獨創力（originality）、具延展性的精密力（elaboration）和重新組合的綜合能力（synthesis）（Downs-Lombardi, 1996；中華創造力中心，1997）。

不幸地，我們的學生對批判性思考及創造性思考毫無所知，他們認為自己只不過是不斷地從教師、教科書或經驗中吸取事物所代表的「意義」，卻不知道事物的「意義」是由他們自己所創造的，因此他們覺得要熟練或重新定義概念的關係是相當困難的，這種缺乏批判性思考及創造性思考訓練的現象是非常平常的，學生的創造力也因而無法充分展現。假如學校的學習能鼓勵學生在各個學科中練習推論，教師能藉由問題幫助學生養成對自己的思考進行自我檢視的習慣，就能幫助學生發展其創造性思考和批判性思考的能力。所以，教師的職責在設計發展有助於提升學生進行批判性及創造性推理的活動及環境。Downs-Lombardi（1996）強調在教學過程中教師指導學生保持開放的思考空間，引導學生反思，對自己潛在的偏見保持高度的警覺性，常常自我檢視思考模式，並且透過思考能夠提昇批判思考能力的問題，不斷地自我改善。

「合作學習」及「問題導向學習」——培養學生的科學創造力

偏重講述的教學雖然可以使學生獲得科學知識，但是不足以培養學生在真實世界中，應用知識解決問題的技巧和能力（West & Watson, 1996），也無法提升學生創造力。創造能力不單只是天生的，更須經由創造思考教學活動的啓迪，使創造力得以發芽、成長及茁壯（Middleton, 1991），而有助於提升學生創造力的學習環境特質是：充滿「愛」與「接納」的學習氣氛，讓學生在「無壓力」及「相互尊重」的狀態下，充分發表自己的意見、觀念和想法，同時傾聽及思考他人觀點，進而統整成為新的思想；提供思考性的開放問題，挑戰學生既有的觀念及思想，讓學生盡情地發揮自己的想像力，創造思考新的解決方法；鼓勵主動學習，容許失敗及錯誤，重視運用批判性思考的技巧，從失敗的經驗中學習及自我改善（中華創造力中心，1997）。

「合作學習」給學生自由創造的空間，提升學生個人的創造力，「競爭式的學習」扼殺學生的創造力。許多人迷信「競爭是進步的原動力」的神話，認為競爭是克服人類惰性的最佳武器，「適者生存，不適者淘汰」是一切進步的法則，

學校爲了使學生的學習達到巔峰甚或超越巔峰，乃以競爭爲策略，結果是以多數學生的學習失敗造就了少數學生的學習成功，同時也扼殺了學生的創造力，因爲創造力必須在學生毫無恐懼及充滿自信的情況下才會展現，而「競爭式」的學習只會讓學生陷入了莫名的焦慮、恐懼和自我放棄。

相反地，「合作學習」提供學生「愛」與「支持」的學習環境，除去學生心中的焦慮和恐懼；藉由同儕的合作和彼此的分享，豐富學生的學習經驗，從自我表達和聆聽他人觀點的過程中，開拓學生的視野，學生藉由批判性的思考，從眾多的觀點中，選擇最合理而恰當的論點，同時學習人際互動所必須的傾聽、接納與尊重的溝通技巧；尊重學生表達自己的想法和觀點的權利，學生有更大的自由空間從事學習活動（李錫津，民79），鼓勵學生適時而合宜地提出他人的錯誤，並提出建設性的建議，幫助學生以誠懇的態度接納建設性的批評，其最終目的在於解決問題，達成共同的學習目標，給予學生成就感，使學生不會自我放棄。所以，藉由「合作學習」可以讓學生在「愛」與「支持」的學習環境中磨練個人批判性思考及創造性思考的技巧（Downs-Lombardi, 1996）。

「合作學習」提升學生的學習成效，增進學生的學習遷移，培養學生批判性思考的能力，Holubec, Johnson & Johnson (1993) 及 Vasquez, Johnson & Johnson (1993) 同樣以海軍指揮官爲研究對象，針對procedure knowledge的訓練所進行的兩個「合作學習」研究，研究者特地挑選最困難的單元「Charts and Pubs」作爲學習主題，學習活動包括三種合作學習的學習型態：informal cooperative activities、formal cooperative activities及cooperative base groups。探究「合作學習」與記憶性成就測驗、應用性成就測驗、退訓率、及口語互動（verbal interaction）的關係。

研究結果顯示：「合作學習」小組成員彼此間的學習成就差異比控制組的小；「合作學習」小組在應用性的成就測驗的表現則顯著優於控制組，且在學習遷移上的表現亦優於控制組；就退訓率而言，「合作學習」小組無一人退訓，而控制組的退訓率約爲18%；「合作學習」的經驗讓受訓情境與受訓人員日後的工作情境更相近，使受訓人員在實際工作場合更能運用所學達到學習遷移的目標。此外，「合作學習」小組口語互動次數與學習成就測驗是相關連的，解釋性的口語互動有助於受訓者記憶學習內容，因而與記憶性的成就測驗有正相關，離題性的口語互動次數則與成就測驗呈現負相關的現象。Vasquez, Johnson & Johnson更發現，記憶性的成就測驗與表同意的口語互動次數呈現負相關的現象，而與表不同意的口語互動次數成正相關，亦即經由批判性思考的不同意或爭議比同意更能提升學習成就；最後，Vasquez, Johnson & Johnson根據受訓後的訪談資料發現，「合作學習」小組的受訓者較能夠知覺自己對學習內容瞭解比自己所想像的還少，亦即對自己的學習歷程與成就有所瞭解，表示「合作學習」有助於提升學生的批判性的反思技巧。

「合作學習」除了讓學生在「愛」與「支持」的學習環境中，透過討論活動，培養學生的批判思考能力之外，更需要提供學生具有挑戰性與創造性的問題，以「問、想、做、評」的教學策略（中華創造力中心，1997），讓學生從解決問題的過程中磨練創造性及批判性的思考，方能真正提升學生的科學創造力。因此，教師必須安排問題情境，從師生的問答互動中，讓學生澄清自己的思緒；讓學生有充分的時間傾聽他人觀點及思考，以增進學生思考的深度及廣度，同時，提供

「做中學」的學習經驗，讓學生將思考的成果化為實際行動，從實際的執行中驗證推論的正確性及縝密性，最後要求學生運用批判性的評鑑，自我評鑑，提升自己的批判創造思考能力。然而，國內的科學教育長久以來都是「先教內容，再做實驗」，實驗只是為了求得與課本裡的理論相同的結果，因此，實驗必須照著課本所描述的步驟進行，毫無任何的創造空間，也無任何的挑戰性，實驗所探究的問題也不一定與學生的生活有密切的相關。

這樣的科學教育與科學家的科學探究完全不同，甚至是本末倒置。科學家的科學研究是在發現人類所面臨的問題之後，為了解決問題，蒐尋相關資料，經由實驗，找到解決的方法，創造新的科學理論。因此，若要培養學生像科學家一樣具備以科學方法解決問題及創造新知識的能力時，科學教育的教學方式就必須摒棄「先教內容，再做實驗」的方式，取而代之的應是，先以真實生活中的科學相關問題引發學生對學習科學知識的興趣，再以問題為中心，將科學知識逐步導入，讓學生從做中學，而這樣的教學法也就是所謂的「問題導向學習」。

「問題導向學習」可以培養學生批判性思考及反思的技巧，從問題解決中，提升學生的創造力。「問題導向學習」源自於醫學教育，在國外早已行之有年，且普及至法律、商業教育及行政管理等學科領域（Beebe, 1994; Cordeiro & Campbell, 1995; West & Watson, 1996）。「問題導向學習」的主要特徵：(1)以問題為學習的起點；(2)問題必須是學生在其未來的專業領域可能遭遇的非結構式的問題（ill-structured problems）；(3)學生的一切學習內容是以問題為主軸所架構的；(4)偏重小組合作學習，較少講述法的教學；(5)學生必須擔負起學習的責任，教師的角色是指導後設認知學習技巧的教練（Cordeiro & Campbell, 1995; Gallagher, Sher, Stepien & Workman, 1995; West & Watson, 1996）。「問題導向學習」非常符合「情境學習理論」所強調的「提供學習者『真實的學習情境（authentic learning contexts）』」，「情境學習理論」的學者認為，惟有提供學習者「真實的學習情境」，才能增進學習者的學習遷移，幫助學生學以致用（Brown, Collins & Duguid, 1989; Lave & Wenger, 1991; Young & Kulikowich, 1992; McLellan, 1993; Young, 1993; Achilles & Hoover, 1996）。

「問題導向學習」非常強調以「問題」為學習的起點，而不是像傳統的教學——先學習學科內容，再嘗試解決問題。因為「問題導向學習」的原創者認為從「問題」開始的學習過程，才是真正反映出日常生活中實務工作者的學習歷程——為解決問題而學習。科學家是先發現問題現象，為解決科學問題，蒐尋並閱讀相關理論，進行實驗，以獲得解決問題的方法，在這過程中，其科學知識同時獲得成長。所以，一切的學習活動都是與所要解決的問題相關，以解決問題為目標，因此，以問題為起點的「問題導向學習」，符合「提供學習者『真實的學習情境』」的精神。此外，「問題導向學習」非常重視學習問題的複雜性，以「非結構性的問題」取代傳統教學常用的「結構性問題（well-structured problems）」，因為「結構性問題」通常是有「標準答案」，但學生在生活中所面臨的科學問題是「非結構性問題」，也是「沒有標準答案」的。Pavelich, Olds & Miller（1995）在其所設計的EPICS（Engineering Practices Introductory Course Sequence）的課程實驗研究顯示，大學裡的科學及工程學科的入門課程，以這種「運用真實的問題，給予學生真實的解決問題經驗」的方式教學，

可以提升學生在其專業領域上的問題解決能力。所以，爲了讓學生瞭解真實的科學世界中並無真正的「標準答案」，只有符合目前科學認知的「真理」，跳脫「追求唯一標準答案」的僵化思考模式，培養學生真正解決問題的能力，「問題導向學習」所重視的「非結構性問題」是絕對必須的。

再者，「問題導向學習」強調以解決問題爲目標的學習，給予學生解決問題的實際經驗（act on problems）。在學習過程中，教師必須給學生實際驗證自己想法的機會，讓學生處理自己從實驗中所得的資料，及發表其解決的方法，讓學生有充裕的學習時間，像科學家研究科學問題一樣，經歷「界定問題→驗證假設→評估→再次界定問題→提出新的假設→評估」的螺旋性研究歷程。在這過程中必須重視學生的群體智力投入（group intellectual involvement）以及學生的批判性反思（reflective thinking），藉由群體的討論中，讓學生突破個人學習的極限，此即Vygotsky的「zone of proximal development」概念的應用（Cordeiro & Campbell, 1995），激盪出對問題的新認知及對學習內容的深入瞭解。更藉由批判性反思的技巧，分析已知、未知及如何得知（what do we know, what do we need to know, and how do we find out），以洗煉學生問題解決能力（Cordeiro & Campbell, 1995; Gallagher, Sher, Stepien & Workman, 1995）。Pavelich, Olds & Miller (1995) 的EPICS研究也顯示：學生們覺得教師們跳脫講述的上課方試，讓他們有更多時間彼此分享交換意見，對他們的學習有顯著的益處。此外，學生投入群體智力討論學習內容對「問題導向學習」的重要性也可由Yarnall & Kafai (1996) 的研究獲得支持。

Yarnall & Kafai (1996) 設計一爲期四個月、名爲「從設計中學科學」的科學活動，讓二十個五年級的學生利用Logo個別設計一個可以教導更小的學生有關海洋生物環境的電腦遊戲，此活動有別於一般的科學遊戲，其理論基礎來自建構主義：當學生從自己主動建構具體且可與人分享的實物中學習時，其學習效果最好。從學生所設計的遊戲內容顯示：學生對海洋生物環境的學科內容涉入不深，但對電腦的知識則有較大的進步，此點與學生在電子佈告欄的討論內容有相互呼應的效果，因爲學生的討論偏向解決電腦技術問題，較少針對科學知識討論。因此，Yarnall & Kafai認爲，若學生在電子佈告欄上也能針對海洋生物環境的科學知識討論，則其所設計的電腦遊戲必能涵蓋更深入的科學知識。由Yarnall & Kafai的研究得知，討論和交換意見在「問題導向學習」中亦扮演極重要的角色，學生對學習內容討論的機會愈多、愈透徹，學習成效愈好，反之，若學生無法對學習內容有效討論，則學習成效不彰。然而，爲什麼學生只針對電腦技術問題討論而忽略了科學內容呢？

從電子佈告欄的討論資料發現，活動初期曾有學生提出「海洋中有多少的哺乳動物？」，然而，教師卻在佈告欄上以含有責備的語氣回應該生的問題，自此之後，再也沒有學生主動在佈告欄上提出科學方面的問題。此種現象顯示出教師的引導技巧及態度在學習過程的重要性，Cordeiro & Campbell (1995) 強調：教師是「問題導向學習」成功與否的重要關鍵人物。他們認爲，實施「問題導向學習」時，教師的角色是教練（coach），指導學生合作的技巧、學習的技巧及溝通的技巧，使學生的群體討論活動能更有效的運作；教師是資源提供者（resource provider），指引學生尋找解決問題所必須的資訊，減少學生盲目摸索的機會；教師也是共同學習者（co-learner），教師不再把學科內容視爲教

學的唯一重點，而是重視思考、發現問題及探究的學習過程，與學生一起「學習如何學習」（Achilles & Hoover, 1996）。因此，在討論過程中，教師的職責應是鼓勵學生合作、知識交流，如果學生所提的問題不當，教師應當引導學生修改所提的問題，藉以引導所有學生做更深入的思考與討論，而不應對學生所提的問題做價值判斷，甚或責備，更不應將問題解決視為學生個人的職責，使提問題的學生陷入無助的困境，而其他的學生則養成「個人自掃門前雪，莫管他人瓦上霜」的學習心態。

「問題導向學習」以真實的複雜性問題開啓學生的學習動機，強調學生從解決問題的過程中主動學習，但是，在解決問題的過程中，更需要學生運用合作的技巧、批判性思考的能力，藉由討論活動，針對個人創造性思考所產生的觀點或思想，逐一審視，才能從眾多的策略，選擇最佳的解決方案，達到解決問題、創造科學新知的目的，因此，「問題導向學習」與「合作學習」在培養學生科學創造力上是相輔相成。雖然「問題導向學習」與「合作學習」有助於學生科學創造力的發展，但若教師本身無教學創造力，則一切終將枉然，因為在教學過程中，教師必須能夠欣賞學生的創造能力及批判能力，指導學生如何欣賞他人的創造力、發展自身的創造力，運用批判思考的技巧篩選所獲得的資訊，當學生在學習陷入僵局時，教師必須能以其自身的教學創造力，幫助學生突破困境。所以，教師的教學創造力是培養學生科學創造力的關鍵。

參、教師也需要「合作學習」與「問題導向學習」的在職訓練環境

要培養科學教師的創造性教學能力，必須讓科學教師們在「合作學習」環境中，嘗試以「問題導向學習」的方式，瞭解「何謂『合作學習』及『問題導向學習』」，進而發展「培養學生科學創造力」的教學活動及策略，以解決今日科學教師所面臨的「如何培養學生科學創造力」的問題。有創造力的教師才能夠透過個人的創造性教學，巧妙地運用創造思考教學策略，為學生建立有利於創造的環境，使學生的創造力在創造性的學習環境中得以萌芽、成長。因此，科學教育要培養學生的創造力，就必須先培養具有創造性教學能力的科學教師。

相關研究顯示：許多教師的教學模式多半是模仿其大學課程的學習經驗，所以若要改變在職科學教師的教學，就必須從教師在職訓練的教學模式著手，任何新教學策略或模式，都必須仰賴有效的教師訓練，讓教師充分學習實施技巧，除去教師害怕失敗的焦慮，才能推展成功，達到預期目標（Yager, Tamir & Huang, 1992; Achilles & Hoover, 1996）。Achilles & Hoover強調，這種教師訓練並不是所謂的「一蹴可幾（one-shot）」的訓練，而是必須給予教師「做中學」的實際經驗，所以，使教師學會使用「問題導向學習」策略的最佳方法就是，讓教師用「問題導向學習」的方式瞭解「什麼是『問題導向學習』？」讓教師在「合作學習」的環境中學習如何指導學生「合作學習」的技巧。

科學教師除了必須浸淫在以「合作學習」和「問題導向學習」為主的學習環境中，瞭解其精髓之外，更需要在此環境中研發以「合作學習」和「問題導向學習」為主，可以培養學生創造力的創造性科學教學活動。「合作學習」和「問題導向學習」成功的首要關鍵是發展學習任務（問題情境），教科書是死的，如何把冷冰冰、了無新意的文字敘述，轉變成耐人尋味、充滿挑戰的學習任務，是欲

採用「合作學習」和「問題導向學習」的教師所要面對的問題，俗云：「三個臭皮匠，勝過一個諸葛亮」，所以，首先必須成立科學教師們的「合作學習小組」，每位教師都是學科專家，對課程內容相當精熟，所以教師只要以腦力激盪的合作方式思考，給學生什麼樣的問題，學生便可在解決問題的過程中，逐步學習教科書中所欲傳達的概念，更重要的是，這些問題如何以生活化的方式呈現，不是選擇、是非，也不是問答題或申論題，而是與學生生活息息相關的真實問題，而且個個問題都是教科書中各個概念的應用。此外，科學教師們在實施教學的過程中，必須繼續「合作」，透過相互討論，交換彼此的教學經驗、成果及所遭遇的問題，以批判性及創造性的思考，發現問題的癥結、尋求改進教學的方法、創造更多樣的教學活動及策略。

肆、結語

「合作學習」與「問題導向學習」的結合是培養學生科學創造力的最佳策略。「合作學習」以「愛」和「支持」的學習環境，摒去學生在聯考壓力下所導致的焦慮與恐懼，建立同儕間的生命共同體的關係，配合「問題導向學習」的策略，以解決真實的科學問題為主要學習目標，化解同儕間的惡性競爭，在「合作學習」的討論過程中，運用個人的創造性思考，提供多元化的問題解決策略，並以批判性的思考，審視彼此的學習心得、論點、觀念、思想及策略，選擇最佳的方法，達到解決問題的目的，使個人獲得成就感，使學生能更有自信地發揮個人的科學創造力。獲得進行批判性思考所必須的聆聽及自我表達的基本技巧，在「問題導向學習」的策略及技巧，發展科學教學活動，可以提供學生磨練批判性和創造性思考的機會，有助於提升學生的科學創造力。然而，若期待科學教師們運用這些策略進行科學教學時，他們必須親身體驗這些教學策略，讓這些教學策略先挖掘出科學教師們的教學創造力，使他們能以創意的方式，靈活應用這些策略，達成培養學生科學創造力的目標。所以，科學教育改革應先以「合作學習」與「問題導向學習」提升科學教師的創造性教學能力，教師們才能發揮其教學創造力，設計多樣的、有創意的科學活動，啓迪學生的科學創造力，「科學學習的過程不是技巧的模仿，而是一種創造」的科學教育精神才能真正落實。

參考文獻

- 中華創造力中心（民86）。創造思考工作坊。教育部八十六年大專院校教師「創意活力營」。
- 李錫津（民79）。合作學習之實施。教師天地，48-54。
- 黃政傑&林佩璇（民85）。合作學習。台北市：五南。
- Achilles, C. M., & Hoover, S. P. (1996). Transforming administrative praxis: The potential of problem-based learning (PBL) as a school-improvement vehicle for middle and high schools. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 397 471)
- Beebe, R. J. (1994). Problem based learning using student consultant teams. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 372 671)
- Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Research*, 18(2), 32-42.

- Cordeiro, P., & Campbell, B. (1995). Problem-based learning as cognitive apprenticeship in educational administration. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 386 800)
- Downs-Lombardi, J. (1996). Society's child: A mini-workshop in critical and creative thinking. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 400 726)
- Gallagher, S. A., Sher, B. T., Stepien, W. J., & Workman, D. (1995). Implementing problem-based learning in science classrooms. *School Science and Mathematics*, 95(3), 136-146.
- Holubec, E., Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1993). Impact of cooperative learning on naval air traffic controller training. *The Journal of Social Psychology*, 133(3), 337-346.
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimated peripheral participation*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- McLellan, H. (1993). Situated learning in focus: Instruction to special issue. *Educational Technology*, 33(3), 5-9.
- Middleton, J. L. (1991). Student-generated analogies in biology. *The American Biology Teacher*, 53(1), 42-46.
- Paul, R. W. (1993). the logic of creative and critical thinking. *American Behavioral Scientist*, 37(1), 21-39.
- Pavelich, M. J., Olds, B. M., & Miler, R. L. (1995). Real-world problem solving in freshman-sophomore engineering. *New Directions for Teaching and Learning*, 61, 45-54.
- Reid, R. K. (1994). Creative thinking exercise. *The American Biology Teacher*, 56(4), 226-228.
- Vasquez, B., Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1993). Impact of cooperative learning on naval air traffic controller training. *The Journal of Social Psychology*, 133(6), 769-783.
- West, D. J., & Watson, D. E. (1996). Using problem-based learning and educational reengineering to improve outcomes. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 400 242)
- Yarnall, L., & Kafai, Y. (1996). Issues in project-based science activities: Children's constructions of ocean software games. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 395 819)
- Yager, R. E., Tamir, P., & Huang, D. (1992). An STS approach to human biology instruction affects achievement & attitudes of elementary science majors. *The American Biology Teacher*, 54(6), 349-355.
- Young, M. F. (1993). Instructional design for situated learning. *Educational Technology Research and Development*, 41(1), 43-58.
- Young, M. F., & Kulikowich, J. M. (1992). Anchored instruction an anchored assessment: An ecological approach to measuring situated learning. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 354 269)