

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

技職院校創意教學表徵之研究 (1/3)

計畫編號：96-2511-S-276-003-MY3

執行期限：2007年8月1日至2008年7月31日

主持人：林顯輝 美和技術學院經營管理研究所

E-mail: x0019@meiho.edu.tw

摘要

本研究第一年計畫邀請教師參與創意教學研究小組，並藉由教學應用中嘗試去探討培養學生創造力問題解決能力的相關因素。三位大專院校的科學教師與346位學生受邀參與研究，學生均來自多元科系。實驗與控制組各隨機選取六項教學活動進行資料蒐集與分析，分析工具則參考學者提出之有關創造力問題解決理論，編擬成「學生作業評量判準」與「教師創意教學評量判準」，此兩項研究工具各為五個等級，每項等級均有描述與實例說明。

在兩個學期，教學節數共324節，學生作業約1868份的資料分析後。在教師創意教學方面，發現兩組之教學經平均數獨立樣本T檢定後達顯著差異；學生之作業表現方面，兩組學生作業表現方面，經獨立樣本T檢定後發現亦達顯著差異（ $T=15.9$ ， $P=.000$ ），表示學生的創意思維在實驗教學下有顯著的成長。由回歸與相關的統計分析顯示，教師創意教學與學生創意表現的相關程度達0.391顯著相關（ $P=.000$ ）以及教師教學可以預測學生作業表現15.3%的變異量。

關鍵字：創意教學、創造力問題解決、相關的統計分析、大學生

壹、緒論

一、研究背景與動機

近年來教育改革在許多國家正如火如荼展開，儘管各國的改革內容或稍有不同，但都具有一項共同的特點，就是注重科學與人文教育，提升國民的科學素養及人文素養，並把科學教育列為學校課程的主要內涵，視科學教育與人文教育一樣重要，因此各級學校科學教育教學的成效將是這波教育改革成敗的關鍵。科學是人類文化中具最大成就之一環，科學揭開人類與整個自然界的面紗、提升了人類的生活水準、改變了社會結構、也將人類帶往未知的未來。身為現代 e 化科技社會的國民，必需具備相當的科學素養。

由於科學素養所含的層面甚廣，Colletta 及 Chiappetta (1989) 即指出「科學素養最重要的屬性 (attribute) 即是在使學生能充分了解科學的本質 (the nature of science) 和知道科學、技學、社會三者相互結合影響之關係 (how science, technology, and society influence one another, 簡稱 STS)」。Yager (1990) 對科學、技學、社會三者相結合的科教新理念 (STS) 有如下之定義：「將技學當作科學與社會間之橋樑，以地方、全國或全球性與科學有關的社會問題來設計課程，讓學生對這些與科學有關的社會問題，產生興趣及好奇心，而以科學的態度 (attitude)、科學的過程技能 (process) 和科學的概念知識 (concept) 尋找解決之道，讓學生有創造力 (creativity) 產生，並將之應用於社會上 (application)」。故 Yager (1994) 提出科學的六個領域 (six domains of science) (1) 科學的概念知識領域 (concept domain)；(2) 過程技能領域 (process domain)；(3) 創造力領域 (creativity domain)；(4) 態度領域 (attitude domain)；(5) 應用與結合領域 (applications and connections domain)；以及 (6) 科學本質的世界觀領域 (world view domain)。他認為若能充分了解科學的六大領域，才是具有科學素養的國民。上述六大領域中之創造力領域是我國目前科學教育政策重要的研究課題。

國民創造力之培養，不論在國內外，一直以來都被教育當局與學者所關注。教育部與國家科學委員會在2002年底召開全國第一次科學教育會議，凝聚共識編訂科學教育白皮書，對我國科學教育的發展有深遠的影響，其宣示以創造力教育作為貫穿日後教育改革之重點 (教育部，2002)。在培養學生創造力活動中，教師角色的重要性是無庸置疑的 (毛連溫，2000)，然而更須關注的是學生在活動中實際做了什麼？怎麼思考？以及怎麼安排他自己主導的學習活動，例如發現問題、設計實驗、溝通分享以及歸納結果等 (Marx, Blumenfeld, Krajcik, & Soloway, 1997; McNeill & Krajcik, 2008)。學生在探究活動中，哪些教學因素可以激發學生的創造力問題解決能力的表現，而學生的表現情形是否可由活動中的及時問答、實做評量或文章序寫中去發現具備哪些與教學相關的特徵，若學生具備科學創意之能力，是否可以給予程度、等級而區分，本研究藉由實際的科學教學中去蒐集資料，一方面藉由創意課程的設計與應用，培養學生科學創造力，一方面亦探究學生的創意表現具備哪些特徵，以即與教師的教學如何聯繫。

二、研究目的與問題

本研究藉由創意課程的設計與實際教學的過程，試圖理解在探究教學活動中，有哪些因素能促進學生創意思維、學生的表現情形如何，以及這些創造性的思維與教師的引導是否有聯繫。因此於實際的科學教學中觀察記錄，蒐集與分析：教師之創意教學之內容、學生探索歷程與作業成果，並試圖詮釋教與學二者有何關連。依上述目的延伸出的研究問題有三，分述如下：

- (一) 以培養創造力為基礎的探究活動中，學生的創意表現的情形為何？
- (二) 學生的探索歷程中，有哪些因素能促進學生創意思維？
- (三) 教師的創意教學與學生的創意表現有何關聯？

貳、文獻探討

一、創造力的定義與科學創造力的培養

創造力的定義為何，不同學者的說法各異，存在多元的概念，Sternberg(1999)在「創造力手冊」(Hand Book of Creativity)中整理出幾個研究創造力的取向，如早期的神秘取向(mystical)、實用取向(pragmatic)、心理動力取向(psychodynamic approach)、心理計量取向(psychometric approach)等，至近期的認知取向(cognitive approach)及社會人格取向(social-personality approach)，最後則以綜合取向(confluence approach)來說明創造力包含著多元因素，不同學術領域有著不同的發展。就科學創造力的培養而言，亦有不少文獻建議將學生安排於探究情境，並藉由問題的發現與解決，來激發學生思考出且有效的方法。如Young(2003)研究學生在戶外露營情境中，如何發揮創造力來進行探索與實做活動；Grindstaff & Richmond(2008)對同儕之間的討論與協商做了仔細的觀察與分析，發現學生創意思維較易在輕鬆氣氛以及同儕的討論間萌芽；Sullivan(2008)亦指出學生可以在嘗試錯誤中獲得修正假設的機會，亦可精緻創意的解決方案，學生在許多變項的應用與取捨中，除了可以調整策略來更符合問題之外，更可以在解決問題的過程中想出創新的解決途徑。因此教師若能提供學生探索的情境，並提供適時的協助，使學生投入所學，則學習過程中不難發現學生具備創意的問題解決方法(Hoover & Feldhusen, 1994; Hu & Adey, 2002)。

科學創造力的教學方面，Sternberg(1996)提出二十五項培養學生創造力問題解決的教學策略，其中包含：激發學生創意的技巧、建構支持創意的環境、發展學生創意的人格特質、激發學生的學習動機等。洪振方(1998)則從科學創造性思考的角度指出了四項科學創造力的培養途徑：「問題的發現與探索」、「豐富的舊有知識」、「靈感、想像、與直覺」以及「邏

輯地論證」，並整合國內外研究，提出「創造性探究模式」，該模式應用「探索」、「解釋」、「交流」、以及「評價」等概念，說明學生在探究活動中，如何表現創造力問題解決之能力。

二、科學教室中培養創造力的因素

在課堂中的教學互動總存在複雜、多元與動態的因素，如要針對這些教學因素進行系統的分析，實為不易的任務，值得後續學者進行研究（Shin, 2000）。如 Heller（2007）嘗試詮釋專家與生手之間的溝通協商，視此協商為創意萌發的歷程，尤其生手在定義問題時如何有別於專家，而不同的問題定義將導致隨後的解決方法不同。專家或教師得兼顧學生個人因素與環境因素來進行引導，方更有機會培養學生創造力。與創造力有關的其他因素如學生興趣、信心、批判思考的能力、特定領域知識，與和諧的學習氣氛等亦被後來的學者所關注。如 Hensley, Arp 與 Woodard,（2004）發現好奇心豐富的學生將有以下表現，不但可以讓其更投入於思考某問題，亦可養成應用創造力的習慣，這些表現為喜於與他人交談、客氣地分享所知、專注於互動過程、以及幽默的表現。Cole, Sugioka 與 Yamagata-Lynch（1999）則認為，建構一個多元、支持的環境，的確有益於正向的師生關係。Peterson（2002）亦指出適度的自由與挑戰權威的風氣，勇於表達想法與不受限於特定的學習方法等，是值得後續學者對創造力進行研究的部份。

在問題的探索與解決中，要兼顧創意的品質是不易的，研究發現學生的想法往往難以兼顧創意、問題核心、與技術層面（Sullivan, 2008）。若關注於學生問題解決的動態歷程（dynamic），如個體發現問題、思考解決的方法、設計相關實驗、與同儕溝通協商等過程中，創意的思維幾乎可融入於每一個問題解決的階段，亦與當下的情境關係密切，本研究抱持如此觀點，嘗試對學生的創意表現與教師的教學做探討與分析。

三、大學生的創造力培養

研究發現，隨著大學學習年級的增加，創造力的表現更是缺乏，原因可能是在校內與校外都鮮少機會應用創意來解決問題（Cheung, et al., 2003; NACCCE, 1999）。近期的創意教學文獻中，發現多數研究以關注學生學習與行為表現居多（Grindstaff & Richmond, 2008; Han, 2003; Hensley, Arp & Woodard, 2004; Petrowski, 2000），研究發現教師創意的教學雖然不能直接預期學生即可以有創意的思維表現，但大部分研究均肯定可以提升學生的興趣與學習動機（Fisher, 2006; Mayer, 1999）。而

在大學或技職院校學生部分，不少研究(Cromwell, 1994; Chao, 2000; Candy, 2000; Dass, 2000; 賴劭穎, 2006; 黃麗娟, 2006) 將創意教學融入該科系的專業技能，期望學生在未來的職業領域中，更能擁有競爭力，發揮創意來突破經濟瓶頸，為舊的市場帶來新的商業途徑。而在不同系所背景的大學生中，研究發現屬於非科學相關背景的學生，如文學院、商學院的學生等，他們在實驗教學後的創意表現高於那些屬於科學相關背景的系所學生，理由可能為這些非科學背景的學生更有機會去發現他們自己的創意潛能，而完成作品(Cheung, et al., 2003)。創意的思維不僅僅代表個體能發揮想像力來對問題作多元的詮釋，更重要的是個體能察覺問題的核心，而思考出兼具品質與效率的方法，進而解決問題(Reid & Solomonides, 2007; Sternberg & Lubart, 1995)。

參、研究方法

本研究採準實驗研究法，邀請三位大專院校的科學教師參與，而研究者為其中之一，編列為實驗組，在教學之中蒐集資料與進行反思，另兩位為對照組之教師，經同意參與本實驗研究與提供教學資料。實驗組的教學共兩個學期，控制組的教學則安排在第二學期。

一、研究對象與時間

參與研究之學生就讀兩所南部大專院校，包含位於市區的國立大學與位於郊區的私立技術學院。國立大學的學生共三班，均為大學部學生，共105位；私立大學之學生為五班，其中大學部學生兩班共88位、五專二年級學生三班共153位。總計參與學生數346位。所有參與的學生均來自不同科系，並以非科學系所為主。教學與資料蒐集的期間為一年(2007年2月至2008年2月)。五專部的課程名稱為「生活科技」，此科目為該班必修；大學部的則為「自然科學概論」與「科學史」，二者為選修之通識教育課程。三位教學者均為科學教育研究所博士生，所撰寫之論文與科學教育息息相關，教學活動後研究者藉由教學反思，且將教學心得回饋於下次的教學。

二、教材單元之設計與決定

實驗組之教材單元是由個案教師設計，經研究群共同討論精製而成。研究群的組成為中小學教師約12位，其中有3位為科學教育研究所博士生，其他則為碩士班研究生。課程設計以探究取向為核心，提供機會讓學生針對不同主題進行探究，如動手操作、控制變因、合作討論、蒐集資料、觀察紀錄、解釋評量等。學生的學習方式以小組合作為主，約五個人一組，每項主題活動均涵蓋科學概念

的探討，學生的評量活動多元，目的除讓學生能進行探索與過程紀錄外，對教學者而言，亦可搜集到較多的創意表現。附錄一舉例六項主題式的教學活動以做說明，包含：平衡桿活動、地震的探究、葉子活動、表面張力、水果酒、爭議性議題。教師在參與學生的探索過程中，發現學生們除了將自己決定的主題作一番探究外，也涉及了其他相關的科學知識，因此教師的課程發展亦配合學生的探究，引導學生能做更深入的探討。控制組之教材單元則為個案教師決定，主要為某出版社所出版之《生活科學概論》，教材內容以介紹科學知識的起源與應用，研究者隨機選取六項教學單元作為分析，分別為：大氣圈與水圈、岩石圈與能源、電器原理簡介、光學與聲音、氧化還原、環境保護與汙染防治。

三、資料蒐集

本研究對實驗組與控制組均有做資料蒐集，資料包含教學設計分析、教學錄影、晤談錄音、學生評量等。實驗組的教學資料以研究者所設計的六個教學活動為主（附錄一），控制組的教學資料亦包含隨機選取的含六個教學活動。每項教學活動後，每位學生均被要求繳交相關作業，為求學生更用心的完成作業，此作業成績均列入學期成績之重要參考。

四、資料分析

分析資料時，本研究關注教學活動中的師生互動情形、學生的作業表現、學生的探索過程與合作討論等，存在哪些創意的思維。並同時編擬「學生作業評量判準（表一）」與「教師創意教學評量判準（表二）」作為資料分析時的工具，目的為量化資料，同時亦可以將教師的教學與學生表現做為聯繫。以「教師創意教學評量判準」量表檢核教師教學時，研究者以一節課劃分為三個階段進行檢核與計分，即教學初、教學中與教學結束前，檢核的範疇包含的教學事件有：教材呈現、教師引導、師生互動、活動總結等。

計分時，將由實際教學中截出教學初、教學中與教學結束前的教學事件，以作為三角校正的依據。因此我們得到一節課有三項計分，每一項均代表一項教學事件，而此教學事件符合評分判準的範疇。學生作業計分方面，亦以「學生作業評量判準表」進行檢核，無論學生作業的形式為何，如文字、圖片、表格與資料撰寫與整理等，研究者分析時關注學生是否認真投入學習歷程，是否在學習歷程中存在創意的問題解決思維或方法。

五、研究工具的編擬與效化

為了能客觀分析教師的創意教學與學生的創意表現有何聯繫，本研究參考專家學者的教學與評量判準建立方法（Lizotte et al., 2004; McNeill & Krajcik,

2008)，將蒐集之教學資料與學生作業，分別依創造力教學理論（Treffinger & Isaksen, 1992；洪文東 2000），與學生具備創意表現的特徵（Torrance, 1972; Torrance & Orlow, 1986; 陳龍安, 2000），做漸層式的分類（Miles & Huberman, 1994）。亦即隨機選取本研究所有科學教師教學的三分之一（約108節），與所有學生作業的三分之一（約660份），進一步釐析教師創意教學，與學生創意表現的各項特徵，再將各項特徵配合創意教學與創意表現理論作層次性的排列，最後歸納出五項創意教學與六項學生創意表現等級判準（表一、二）。

（一）學生作業評分判準

學生作業分析的指標依序有四個：第一，與主題相契合：意味學生所探索的內容並無偏離該主題內容；第二，包含當代的科學概念：學生探索的主題包括了正確的當代科學概念；第三，包含個人探索過程：學生能主動設計與進行與該主題相關的探索活動，並蒐集資料或操作實驗；第四，個人探索過程中蘊含創新的見解：除能設計與進行與該主題相關的探索活動外，學生能對蒐集的資料與實驗提出新的見解。依此四個指標，可以定出五個不同等級，所擬出之表格與例舉說明如下。

表一：學生作業評量判準

等級	一般性描述	例舉說明（以葉子觀察活動為例）
0	缺交或遺漏	缺交或遺漏
1	與主題關聯模糊	教師邀請學生對葉子作觀察記錄與資料蒐集，學生只繳交校園植物介紹的報告。
2	與教學主題相契合但存在缺乏證據的意見	學生能對不同環境所生長植物的葉子做一番整理，但只是學生的意見為主，缺乏與當代科學知識的支持。
3	包含個人或小組的探索過程	學生能詳細記錄個人的觀察與發現，如整理出觀察紀錄表。
4	應用當代的科學知識解釋個探索結果或對蒐集資料針對議題做省思與討論	能整理相關資料，且資料的整理有針對探究問題作回應，如包含了實驗、觀察紀錄等實徵資料或有對議題做討論與省思。如應用葉綠素解釋葉正面與反面色澤的差異。
5	個人探索過程中蘊含創新的見解	把葉子乾燥或製成葉脈書籤，以方便觀察，亦可作裝飾。

（二）教師創意教學評量判準

創意教學判準之編擬方法為將探究活動的形式分為高等級的「學生導向」與「開放式」，以及次等級的「教師導向」、「封閉式」，在定義高等級的創意教學時，則參考創造性探究模式（洪振方, 2003）之建議，與鷹架教學理論（Vygotsky,

1978)，說明若需期望學生能具備高層問題解決的創意思維，教師必須以與引導、示範與支持。編擬之結果如下表二。

表二：教師創意教學評量判準

等級	一般性描述	例舉說明（以葉子觀察活動為例）
1	教學以講述為主，關注科學知識之學習，並無強調學生理解所學。	教師教學內容關注於科學知識的習得，學生的學習活動主要為聆聽教師的報告與嫻熟教學內容。
2	教學以講述為主，關注科學知識系統的學習，並將科學知識連結至生活情境。	教師在全是科學概念之時的同時，亦提供學生機會將科學知識連結至生活情境。
3	教學除講述之外，亦提供機會讓學生動手操作，操作的過程與結果多為食譜式的。	教學活動除包含講述，亦提供學生到實驗室操作，問題、方法與材料都是事先準備好的，目的讓學生驗證科學知識。
4	引導學生對開放性的問題進行一序列的探究。	教師視科學為解決問題的方法之一，教學活動中有提供學生不同意見的機會，並嘗試提供學生開放性的問題情境，讓學生主動蒐集資料、實驗記錄、而獲得解決方法。
5	教師示範應用創意來解決問題並提供機會讓學生應用多種方法探索。	教師在教學活動中除提供學生探索之機會外，在解釋資料的過程中，對具創意的學生作業進行表揚並示範創意的解決方法。

之後我們將教師教學與學生作業評量判準（表一與表二）應用於所有研究資料，並邀請一位博士生與一位碩士生進行三角校正，發現有約87%的教學評分與約88%的學生作業評分達一致，評分不一致者則透過討論，最後均達一致。

肆、研究結果

學生在創意思維教學活動中的成長情形為何？研究結果首先呈現統計結果，此包含實驗組與控制組教師教學等級與次數分析，以及學生作業表現等級與次數分析。我們將使用描述性統計與獨立樣本 T 檢定來進行分析與比較。在量的分析比較後，將接續呈現教學實例，以瞭解學生的創意思維的萌芽歷程，以及與教師或同儕的互動以精緻創意思維的歷程，同時也呈現實驗組與控制組學生在教學活動中所面臨的問題。最後以相關與回歸的統計方法詮釋教師的創意教學與學生的創意表現的關聯所在。

一、教師創意教學分析

表三：實驗組教師教學等級與次數分析

活動 個數	葉子探究 (6節)		槓桿製作 (4節)		水果酒製 作(6節)		爭議問 題(6節)		表面張力 (4節)		地震探 究(4節)	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
等級												
1	2	1.7	4	5.5	0	0	3	2	5	7	2	2.3
2	20	18	11	15.	2	1.3	35	24	0	0	17	20.2
3	3	2.6	14	19	16	11	25	17	29	40	0	0
4	73	64	36	50	87	69	69	48	24	33	52	61.8
5	16	14	7	9.8	27	18	12	8	14	20	13	15.5

學生於實驗教學中主要從事的活動為合作討論、資料蒐集與分享、嘗試提出問題解決方案，而教師扮演引導的角色或參與小組成員討論，如此之教學互動被列為等級三與四，如葉子探究、槓桿製作、水果酒製作、爭議問題、表面張力等活動。由上表可發現教學等級次數分析表較集中於等級三與四，而等級一與二意味這在活動中教師進行全班性的指導，例如活動結束前的歸納總結，此目的是希望學生將所學連結至科學知識與生活情境。在第五等級方面，指學生的討論互動中，教師示範應用創意思維來解決問題，希望能引導與啟發出更多問題解決的創意方法。活動依次數多寡排列為：水果酒製作（27次，約18%）、葉子探究（16次，約14%）、表面張力活動（14次，約20%）、地震探究（13次，約15.5%）、爭議問題（12次，約8%）與槓桿製作（7次，約9.8%）。其他實驗組的教師教學等級，與次數分析可由表三中得知。

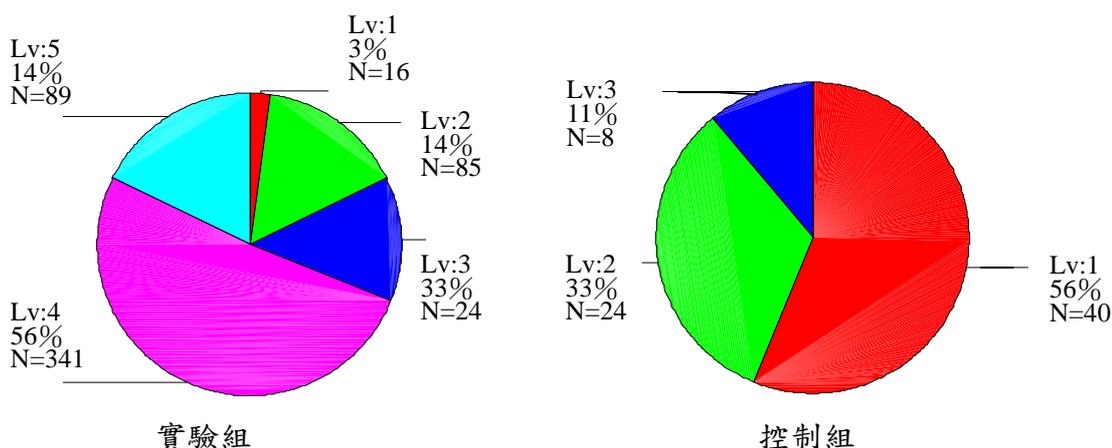
表四：制組教師教學等級與次數分析

活動 個數	大氣圈、水 圈 (4 節)		岩石圈 (4 節)		電器原理 (4 節)		光與聲 音(4 節)		氧化還原 (4 節)		環境保 護(4 節)	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
1	6	50	6	50	6	50	8	66	6	50	8	66
2	4	33	6	50	4	33	2	17	4	33	4	33
3	2	17	0	0	2	17	2	16	2	17	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

由表四之數據，可推測控制組之教學設計由個案教師主導，然由觀察紀錄發現教師以提供系統之科學知識與生活例舉較多，有時亦融入科學歷史故事，並較少有讓學生從事開放探究的機會，因此研究者在分析教學時，將如此之學活動列為等級一與二，例如岩石圈與環境保護等活動，教學活動均已在教室討論課本內容為主。而在大氣圈、水圈、電器原理、氧化還原、光與聲等教學活動，教師除與學生討論課本之科學知識外，亦邀請學生攜帶相關教材進行實際操作，或到圖書館蒐集資料。例如電器原理活動教師邀請學生攜帶一項小型電器，操作中教師引入相關之科學知識與學生討論分享；氧化還原活動則師生共同探討日常生活常見的生鏽現象。教師系統有序的呈現科知識，也有不少學生參與討論。

表五：教學等級平均表

百分比／次數	等級1		等級2		等級3		等級4		等級5	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
實驗組	3%	16	14%	85	13%	87	56%	341	14%	89
控制組	56%	40	33%	24	11%	8	0%	0	0%	0



圖一：實驗教學等級分佈圓餅圖

教學等級平均方面（表五，與圖一），實驗組之教學活動有 56% 集中於等級四，即教師提供開放或半開放探究題目，讓學生嘗試完成任務，但提供創意的

示範教學並不多，約有 14%，此 14% 的創意思維的示範經分析後，發現均是在與學生互動中產生的。因教師無法事先得知學生會採取何種方法進行探究，故不能在教學設計中事先規劃將採取何種創意的示範教學。控制組而言，約有 89% 等教學等級集中於等級一與二，並無任何創意教學的示範。次數比較方面，因實驗組每項活教學活動時約四至六節，班級共六班，而控制組為兩班，教學活動各約四節，因此所評量之次數 (N) 次數，實驗組多於控制組。

表六：實驗組與控制組教學得分T檢定

	教學節數	每節平均等級	SD	T	P
實驗組(六班)	180	3.58	1.5	18	.000
控制組(兩班)	144	1.5	0.7		

在實驗組 180 節 (六班、六個活動) 與控制組 144 節 (兩班、六個活動) 的教學資料分析後，發現實驗組每節平均等級為 3.58，控制組為 1.5，標準差控制組為 0.7 低於實驗組 1.5，意味著實驗組雖然有較高的等級，但並不如控制組穩定。實驗組教學中存在較多的變化，教師如何引導與提示，須依學生的回應而定，而教師不一定能預期學生將如何進行探究而進行指導。兩組之教學經平均數獨立樣本 T 檢定後達顯著差異 (T=18, P=.000) (表六)。

二、學生作業分析

表七：實驗組學生作業分析 (六個班共244人)

等級	活動一： 葉子觀察		活動二： 平衡桿製作		活動三： 水果酒製作		活動四： 爭議問題		活動五： 表面張力		活動六： 地震探究	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
0	12	4.91	2	0.81	6	2.45	4	1.62	5	2.04	4	1.63
1	10	4.09	16	6.55	0	0	26	10.6	11	4.5	5	2.04
2	64	26.2	30	12.2	21	8.6	131	53.7	65	26.6	139	56.9
3	90	36.8	138	56.5	174	71.3	67	27.4	94	38.5	72	29.5
4	60	24.5	40	16.3	24	9.83	12	4.91	60	24.5	18	7.37
5	8	3.27	18	7.37	19	7.78	4	1.62	9	3.68	6	2.45

分析實驗組學生的作業報告時 (表七)，發現亦有一些缺交或遺失的部分，約在 2% 左右，列為等級零。有少數學生所繳交的作業與教學活動關係模糊，如爭議性問題活動，有一些學生蒐集外星人資料，探討的問題不具爭議性，且無指出對立的意見與自己見解；槓桿製作活動，一些學生繳交民俗玩具的介紹；葉子觀察活動，學生介紹自己喜歡的或自己種的植物，此列為等級一。多數學生的作

業表現為蒐集與整理相關之科學知識，但整理的資料並無對探究的問題作解釋，亦無包含個人的實驗、觀察紀錄等實徵資料，此等作業表現列為等級二，如地震探究活動與爭議性問題，有超過半數的學生作業只呈現相關科學知識，而自己卻無省思與感想。然在葉子觀察、平衡桿製作、水果酒活動中，有約半數的學生仔細地將觀察與操作的過程結果記錄於報告中，此等作業表現列為等級三。若學生將觀察與紀錄內容結合所蒐集之科學知識內容，此將列為等級四，例如葉子觀察（60次，約24.5%）、表面張力（60次，約24.5%）、平衡桿製作（40次，約16.3%）、水果酒製作（24次，約9.83%）等活動，學生的作業存在這樣的表現。在作業表現方面，等級四次數較高的活動中，亦包含了少數富有創意的問題解決方法。如學生對葉子形狀的推理與解釋、表面張力的問題解決等，此資料可見於教學實例分析，而這些學生高層的討論，大多是課堂上與教師互動或分組討論的結果。

表八：控制組學生作業分析（每個班平均，共兩個班共102人）

學生數 百分比	活動一：大氣圈、水圈		活動二：岩石圈		活動三：電器原理		活動四：光與聲音		活動五：氧化還原		活動六：環境保護	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
等級												
0	1	0.98	1	0.98	2	1.96	1	0.98	4	3.9	1	0.98
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	101	99	101	99	92	98	67	65.6	90	88.2	89	87.2
3	0	0	0	0	8	7.84	34	33.3	8	7.84	12	11.7
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

分析控制組作業評量形式（表八），發現以試卷為主，試卷內容主要包含選擇題、填充題與問答題，一般均為封閉性的題目。然在光與聲音活動中，教師提供機會讓學生操作色光的合成，讓學生能藉由觀察與紀錄，並討論光與聲音的差別，所以學生有較多元的表現與思考；在電器原理、氧化還原與環境保護單元，教師嘗試讓學生將所學連結生活，亦有部份學生（約9%）舉出不少生活實例，以及對現象做仔細的觀察與繪圖，此均呈現於學習單中，這些等級三的作業表現從中也被分析出來。檢視等級零的次數，發現控制組的學生作業缺交的數量甚少，也無與主題關係模糊的作業表現，意味學生均能按照教師設計的問題做回應，而設計的問題期望反映出學生在課堂所學。

表九：學生表現等級百分比

等級百分比	等級0	等級1	等級2	等級3	等級4	等級5
實驗組	2%	4.6%	26.3%	48%	14%	4.3%
控制組	1.63%	0%	88.5%	10.1%	0%	0%

表十：實驗組與控制組學生得分T檢定

	學生人數	平均得分	SD	T	P
實驗組	244	2.86	0.718	15.9	.000
控制組	102	2.05	0.225		

六個教學活動的學生作業表現相互比較下（表九），發現實驗組共 244 位學生的表現內容中，約有 66.3%能達到等級三以上，等級四以上佔約 18%，而等級五約有 4.3%。而控制組 102 位學生的表現內容中，約有 88.5%集中於等級二、10.1%有等級三表現。實驗組學生平均得分 2.86，標準差 0.718 而控制組學生平均得分 2.05，標準差 0.225。獨立樣本 T 檢定方面達顯著（ $T=15.9$ ， $P=.000$ ）。表示學生的創意思維在實驗教學下有顯著的成長（如表十）。

三、教學實例分析

除上述量的檢定分析之外，本研究亦例舉些許實驗教學實錄，呈現科學教室中師生互動情形，以輔助說明學生創意思維的啟發與成長之歷程。

（一）葉子觀察活動

活動中學生將觀察的葉子拿與教師討論為何葉子的正面比反面綠，教學節錄如下：

1. 師：...你想到了葉子正面較反面綠的原因嗎？
2. 生：一般葉子不都是這樣嗎？...我想跟葉綠素有關係吧！就是正面葉綠素較多。
3. 師：為什麼正面葉綠素較多？
4. 生：因為要正面要行光合作用阿，所以葉綠素較多，比反面綠，是這樣嗎？
5. 生：...那為什麼葉子反面較無光澤呢？
6. 師：恩恩，這是很好的問題，你觀察真仔細。為什麼葉正面較反面更有光澤？其實我也不太清楚，有光澤代表有油份或蠟...
7. 生：我知道了，是因為正面受陽光的照射比較多，所以植物就分泌較多的油脂或蠟在葉正面，以避免被曬傷。好像防曬油的原因耶！就是植物會自己分泌防曬油，以免自己被曬傷...真是厲害！
8. 師：恩恩，可能是喔，也可能不是。你不妨去找找相關資料，或設計實驗，說明我們人用的防曬油與植物分泌的油脂或蠟有相同的效果...不過你真的很有想法！
9. 生：恩恩。（一個星期之後，該為學生主動提供老師相關資料，是參考網路資源的，內容為有關於葉子的蒸散作用，說明葉的正面分泌蠟或油脂的原因是因為要避免水分的蒸散，也發現處於熱帶的植物葉面均較多光澤，如橡膠樹、榕樹、樟樹、菩提樹）

在教師的引導與詢問中，學生藉由回憶先備知識，得知葉子正面因需行光和作用而有較多葉綠素（編號3、4），因此顏色較深，然而學生在思考之中，也發現了另一項新的問題（編號5）。教師得知學生的問題之後，除肯定學生的仔細觀察外，一時之間也不知如何回答此問題，只說明有光澤代表有油份或蠟，然而學生在得知教師的分析後，自信滿滿地推想葉子正面呈現光澤的原因可能是植物會分泌較多的油脂或蠟在葉正面，以避免被曬傷，並以防曬油的原理做為支持的證據（編號7）。學生類比生活中的科學知識（防曬油）解決了自己觀察中出現的疑問，即使學生的想法不精緻，但卻頗具獨創的特徵，故將之列為創意表現的實例之一。教師希望學生能找更多的證據支持自己的類比想法，甚至能設計實驗，但學生似乎肯定自己的解答，也上網找了相關的科學證據佐證，並無進一步地設計實驗。另一堂教學活動中，另一位學生在課堂中向教師分享觀察記錄的結果與推理，其中也發現了一些問題，討論的過程節錄如下：

10. 生：我推想葉子肥厚的原因可能是植物為了要保存更多的水分，我還去那一株植物的附近調查了一下，發現那邊周遭的土壤很乾，所以推想應該是像仙人掌一樣，要保存水分...正反面有細毛的原因我想可能跟露珠兒有關係，因為清晨的時候，細毛可以讓露珠而形成，這樣水就可以順著平行的葉脈流入根部讓根部吸收，大概是這樣吧！
11. 師：你的推理似乎有道理，你怎麼知道細毛能讓露珠而形成呢？你怎麼知道水可以順著平行的葉脈流入根部？你能設計相關實驗證明嗎？
12. 生：我想想看...
13. 生：我...我就直接去調查就好了阿...其實也不需要實驗證明...
14. 師：對壓，你可以直接去調查，但是你要清晨爬起來去調查而且不一定每天都有露珠...那要怎麼辦呢？
15. 生：...我想看看...是做實驗嗎？（學生將問題與小組同學一起討論，三分鐘後）
16. 生：...可以用噴霧的方式來分別對光滑的樹葉與帶有細毛的樹葉噴霧，然後看看哪一片樹葉附著的水較多...再噴多一點，看看葉子的平行脈是否會讓水流下去...
17. 師：這是很好的設計，你們可以做看看。

（教師協助學生準備材料進行實驗，實驗完畢後發現帶有細毛的葉面的確被觀察有較多的水珠形成，而水會沿著平行葉脈而流下）

此例中，學生嘗試對其觀察到的現象作推理與解釋，有些解釋學生應用類比，亦回憶了自己的先備科學知識，如認為葉子肥厚的原因是植物為了要保存水分，就像仙人掌一樣，以及葉面有細毛的原因是清晨的實後有助於露珠而的形成（編號10）。如此之推理雖有些許不精緻，但教師更好奇的是學生如何設計相關

實驗或親自調查，為自己的理由找出證據（編號 11）。起先學生的想法是直接去調查，但教師提醒了他們此任務實不容易，而學生才另尋他法（編號 13、14）。經短暫的討論後，學生想到用噴霧的方法來進行實驗（編號 16），此構想所需的材料簡單，方法容易，而且隨時隨地都可以進行，相較於清晨直接去調查的方法，噴霧實驗的方法更有效率，也可以解決「葉面有細毛的原因到底是否為有利於露珠的形成」的問題。學生應用科學的知識推理，亦想出簡單有效率的方法進行，可列為創意思維的表現。

（二）表面張力活動

在葉子觀察的活動中，有位學生選擇水中植物—睡蓮，作為觀察的對象，在他資料蒐集的過程中，發現台南縣有人家種植大王蓮花，它的葉子浮於水面而能乘載約兩個成人的重量，遊客們都絡繹不絕。老師回去之後仔細閱讀學生的報告，發現大王蓮花所以能乘載人類體重的原因，除了浮力之外，還有一項秘密。於是教師特別設計「大王蓮花的秘密—表面張力」的教學活動，讓學生藉由漆包線浮於水面的操作活動探索表面張力。教學前教師吩咐學生攜帶等任何小型的金屬製品例如文具、工具或材料，然而學生攜帶的有鋁尺、迴紋針、鋼筆、圖釘、湯匙、鋼製筷子等。教學初教師提出一項問題，即「要如何讓金屬製品浮在水面上？」，並提供一節課的時間讓學生操作、試驗與討論。一節課之後，學生似乎並不能成功完成教師的任務，但有幾位學生提出他的想法，此教學互動節錄如下：

18. 生 1：金屬不能浮在水面上啦
19. 生 4：可以在旁邊綁東西嗎？
20. 生 3：老師，我帶的是湯匙，我也差一點成功了呢，但是還是不行...
21. 生 2：金屬可以，譬如船、戰艦，不都是金屬做的，但我今天沒帶，嘻嘻。
22. 師：你們帶的金屬製品好像都不能成功耶，可是有人說能成功，我發現有人帶迴紋針，我來問問他們...
23. 生：老師，我使用的是迴紋針，我覺得如果我的迴紋針如果能細一點的話，說不定就能成功了，但是要很小心平衡
24. 師：真的嗎？為什麼？
25. 生：因為迴紋針比較輕吧
26. 師：我今天有準備比迴紋針更細的漆包線，你們來試看看漆包線能不能浮在水面上，就好像這位同學講的，比較輕，說不定能成功...

（學生們將漆包線剪成小段，將之曲折並嘗試浮於水面（圖二），起初因曲折得太密集而不成功，但約 10 分鐘後，有小組嘗試成功了，其他學生紛紛跑到那一組參觀，並覺得不可思議，也發現要讓漆包線浮在水面的訣竅。當大家陸續成功地將漆包線浮於水面後，最先成功的那組同學似乎不滿意自己的作品，重新將漆包線曲折成更複雜多元的圖形，其他同學發現後也紛紛跟進，不落人後。更

有學生發揮想像力製作立體的圖形、動物的圖形，學生在操作中樂此不疲。操作後的師生討論中，學生也成功地將所學連結表面張力的科學知識，並發現水中昆蟲—水黽，即是利用表面張力原理而能站在水面上滑行。）

在師生討論中，並不一定每位學生都願意發言，此現象的確存在於許多實驗班級之中，如上例利用迴紋針進行實驗的同學並無主動發言，而是在教師的邀請下才分享他們的想法（編號 22、23）。例中發現學生解決問題的想法傾向在操作與試驗之中漸漸明朗。起初學生對於教師提出的問題並無法成功的解決，但仍有幾位學生仍認為金屬是可以浮在水面上的，如船、戰艦（編號 21），此時學生們似乎並無聯想到表面張力的原理而進行問題解決。教師引導的方式為提供學生適合的材料，讓學生由操作中發現表面張力的現象。在進一步的操作中，學生們起先因將漆包線曲折的太密集而失敗，需不斷的嘗試才能漸漸掌握訣竅。解決問題的創意想法是須經過操作與試驗，並漸漸修正而成，突如其來的想法，則可以當作試驗的材料，並非是最精緻的。



圖二：表面張力學生操作活動

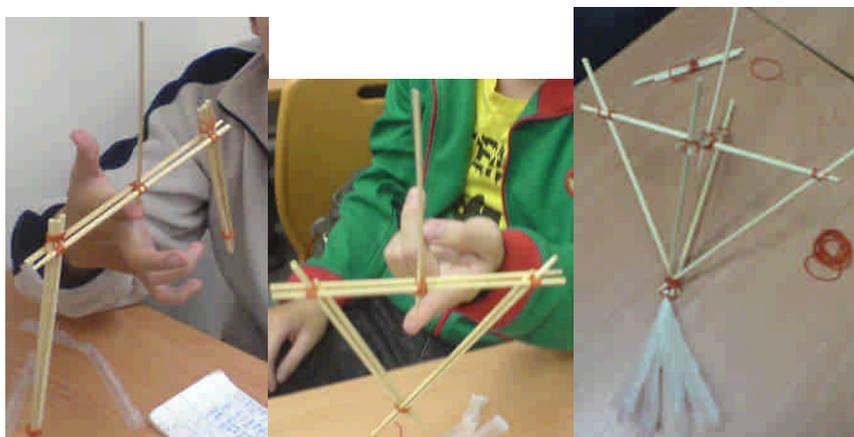
（三）平衡桿製作活動

學生剛開始的嘗試與操作表現其實並不理想，不難發現一些導致創意思維停滯的特徵：第一，學生們並無仔細的規劃再進行實做，唯有在實做中調整修正；第二，製作技巧的不精細，如銜接鬆落，而導致成品失敗；第三，學生的觀察不仔細，如衛生筷的頭尾重量不一，許多學生並無發現。第四，雖然知道槓桿原理與降低重心等科學知識，確有應用於實際的困難。第五，將問題思考的太複雜，導致耐心不足。然而在教師的鼓勵與提示之下，約一節課之後一位學生成功了，他組紛紛過去參考。研究者也在下課時間約此同學到別的教室晤談。

27. S：起先我也是做不出來阿，很容易失敗，但是老師給提示說要把重心放低，我就知道我不能往上綁（筷子），就往下綁，但是還是不成功，但是我做了一些調整與修正，最後就漸漸成功了。
28. T：你做怎樣的調整與修正？
29. S：把筷子左右先調整平衡阿，然後前後很難調，不知道要怎麼調，用很久。後來不知怎麼的，就成功了。
30. T：你可以說的更詳細一點嗎？你調整的時候應該有些技巧吧，應該不是隨便亂調的吧！

31. S：恩，就是如果平衡桿右邊重的時候，（右邊）就會往下，哪我就需要把右邊的距離調的更少一點，讓左邊較重。
32. T：你拿出平衡桿示範一下好了。
33. S：就如果右邊重阿，平衡桿就會往右邊倒，我就這樣（把支點移項右邊），這樣左邊看起來就會較重。阿如果調整後左邊過重的話，就調回右邊，一直慢慢找出平衡的那個地方。
34. T：這樣的方式你是怎麼想的阿？
35. S：用猜的阿，沒有啦，好像跟槓桿原理有關係。
36. T：恩，如果是上下的呢？（拿出平衡桿示範上下的平衡）
37. S：上下的我就...可能是這樣吧！（上下轉動支點）
38. T：可能喔，你試試看。
39. S：好，（做一番嘗試），好像有效耶，可是這樣整體會怪怪的。
40. T：平衡的不是很端正
41. S：對壓，那怎麼辦？（繼續調整），好像跟整體有關係耶。
42. T：整體？
43. S：就是這兩邊的重量與連接觸要相互對稱，這個（指著連接觸），綁在不同邊，就有可能平衡，但是有時候還是不一定，巧合吧，我也不太清楚，可能要靠運氣吧。

學生在晤談中說明製作平衡桿的過程，以及所遇到困難而進行修正與調整的，雖然修正的方法參考了槓桿原理，但有些方法學生自己揣摩出來的，如綁橡皮筋的技巧、微調的技巧等（編號 33、35）。學生甚至認為成功有運氣的成分（編號 43），但其主要成功的策略仍在於對每一項可以調整修正的地方慢慢修正，以及參考槓桿原理與重心放低的科學知識（編號 35）。這位學生創意思維傾向漸進式的萌發，雖然起初的成品並不精緻，只要能持續的思考與操作訣竅就不難掌握。其他同學陸續抓住製作的要領之後，即能隨意地創作各式各樣的成品亦將原先粗糙的成品做更精緻與穩固的改良（圖三）。



圖三：平衡桿製作學生操作活動

(四) 水果酒活動

在水果酒活動中，教師並無任何的建議方法，只是說明自己也願意親自製作一瓶與大家分享。而學生的評量主要為：製作的材料方法、每週的觀察記錄、相關資料的蒐集等。經過兩週之後大部分學生已經製作完成，並有妥善保存，教師邀請學生討論製作的過程與問題，一些學生提出他們的想法，逐字稿節錄如下：

44. 生：如果失敗發霉怎麼辦？
45. 師：你說有霉菌嗎？
46. 生：有霉菌是正常的嗎？
47. 師：有霉菌是正常嗎？你們其實可以去找尋相關資料，說不定會有意外的發現。
48. 生：老師你做的有加糖嗎？
49. 生：老師水果要加多滿呢？要不要搗碎呢？
50. 師：我的是加滿，我沒有搗碎耶，你可以參考，但不保險我的就是對的...

上例中發現學生在親自製作的過程中，面臨許多問題，分別有「有霉菌是正常的嗎？」、「可以加水嗎？」、「需不需要加糖？」、「老師水果要加多滿呢？要不要搗碎呢？」，而教師並無直接給予答案，要求學生主動蒐集資料。本例顯現學生在投入與富有動機的學習狀態下，可以發現問題，而這些問題需要學生發揮創意解決。再過一週後（第三週），師生又有一番討論。

51. 生1：老師我的已經發霉了，失敗了，要怎麼辦？
52. 生2：老師我的也是。
53. 師：真的嗎？你是怎麼做的呢？
54. 生1：我只有加水其他都沒加
55. 生2：我加了水果還有水
56. 師：喔，原來是這樣，那現在還來得及重做，時間還充裕...，那我問那些沒發霉的同學看他怎麼做，給你們重做的參考。
57. 生3：老師我加糖還有水果，老師我覺得加糖比較不會發霉。我是從資料蒐集而來的，也有問我媽媽，而且也不要加水，加水會發霉，我自己做的就沒有發霉...
58. 師：那我們上禮拜談的，有霉菌是正常的嗎？有沒有人可以告訴我？
59. 生：...不正常的吧，長霉菌就表示壞了長細菌了...

經過幾個禮拜後，有些學生製作的葡萄酒發霉了，在共同討論之下，學生互相分享成功的製作方法與過程，得知要避免發霉的方法為加糖與不加水。但是學生製作過程的方法仍然是靠嘗試錯誤的方法，或者向長者諮詢，並無可靠的科學證據支持（編號57）。教師收齊學生蒐集的相關資料，發現雖有幾位同學蒐集酒

發酵的過程，但學生仍然直觀地認為有霉菌即是不成功 (Talanquer, 2008)，因為長霉菌就表示壞了長細菌。學生仍然無法理解與應用所蒐集的科學知識來解釋與解決面臨的問題。教師隨後提醒學生蒐集資料時須針對自己所面臨的問題，例如需釐清霉菌是否會破壞發酵的過程，或者有益於發酵的過程。

在另一次的分組的報告中，學生說明他們製作的方法與原因，以及如何解決遇到的問題，透過相互合作蒐集相關的科學知識佐證，其中也存在一些獨特的想法與思維。

第二組：...我們這一組發現在釀製酒的過程中，要注意酵母菌的品質，天然的酵母菌不一定比較好，一些釀酒公司都有保存他們特定的酵母菌，這樣可以維持酒的品質...，我們這一組沒有去買酵母菌，但我們選用的水果是葡萄，葡萄皮表面有天然的酵母菌，所以不用額外加...

第三組：我們這一組製作的酒有許多種，我們發現要加糖比較不會發霉，而且要封緊，不然發酵的過程中如果有過多的氧氣，就會變酸，反應式為：
 $C_6H_{12}O_6 \rightarrow C_2H_5OH + CO_2$ 而醋的發酵，是把『酒』再發酵成『醋』其反應式為： $C_2H_5OH \rightarrow CH_3COOH + H_2O$ 。所以酒精在『有氧』的環境下將由醋酸菌（細菌）發酵成醋，如果我們不要喝醋，就要封好，讓發酵至於無氧的環境下。

第四組：...我們這組除了知道發酵的過程需要隔絕空氣外，就如上組所說的，也發現其實霉菌的存在並不一定代表釀製失敗，其實霉菌在發酵的過程中意有協助發酵的角色，因為霉菌會分解澱粉成糖，而酵母菌會將糖轉成酒精，所以霉菌也不是全然的壞菌...

第五組：我們這一組跟上一組一樣，知道釀酒必須密封的很好，市面上有賣很好的瓶子，但是很貴，要上百塊，但我們這一組選用的瓶子是裝礦泉水的保特瓶，我們測試過好幾次，它的密合度很好，而且就算不小心摔到也不會破，所以我們把水果搗碎放入，再加一點糖，放在冰箱，兩個月後真的很好喝，我自己都不敢相信呢...你知道為什麼要放冰箱比較好嗎？位在溫度較低的地方發酵的品質較好，就像金門高粱要放在溫度很低的山洞一樣...

第二組學生由資料蒐集中發現釀製水果酒需選用好的酵母菌，但要購得好的酵母並不容易，於是該組想出另一項方法，就是選用葡萄做為材料，因為葡萄皮上面含有天然酵母菌。此方法不但解決了酵母菌選購的問題，且葡萄乃非常適合釀製水果酒。此方法一舉數得，實屬創意表現之一。第三組與第四組學生應用化學知識解決了「發霉了怎麼辦？」的問題，除發現加糖可以降低霉菌滋生外，第四組學生更得知霉菌在發酵過程中扮演益菌角色。學生能應用文獻資料來解釋所面臨的問題，而獲致製作的技巧，實屬用心的結果，亦可歸為創意表現之一。第五組同學選用保特瓶來當釀製的瓶子，一方面解決釀酒需選購密封瓶的問題，更兼顧了資源回收與取得方便，實為明智之舉，故將之歸為創意的表現。期末時，

學生們依約定把自己的釀製的帶來，並把酒打開分享給班上師生品嚐，教師也帶來了許多餅乾，邀請學生品嚐，大家舉杯小酌，不亦樂乎。

(五) 地動儀的解謎

在地震的探究活動中，學生好奇地動儀的發明者張衡的故事，因此在小組資料蒐集報告中提到，然而並無說明地動儀的結構與原理，教師認為此問題值得全班合作一起討論，故安排時間全班討論「為何能地動儀測得地震方位？」。

60. 師：你們這組報告的很詳細，但卻無說明清楚地動儀的原理，你們可以說明清楚一點嗎？就是針對地動儀為何可以測出地震？還有它又是如何得知地震是源於那個方位？
61. 生：...我們不知道耶！我們只知道地動儀可以測量地震的強度與方位...
62. 生：對壓！那地震的強度與深度地動儀要怎麼測呢？
63. 師：我也不清楚地震的強度與深度地動儀要怎麼測，它好像不能測強度與深度，只能測地震的方向。地動儀可以測地震的強度與深度嗎？
64. 生：好像不可以，因為資料上沒寫（地動儀可以測地震的強度與深度）。只能測方向！
65. 師：但是地震來的時候是四面八方，全部搖動的阿，應該會球全部一起掉下來，怎麼只會掉一顆呢？而且那顆球就是地震的方向？這麼神奇？
66. 生：...不知道！
67. 師：那我們全班分組來一起討論看看，地動儀為何能測出地震方向的來源？看哪組能想出答案。討論 10-15 分鐘左右好了，開始吧！

（起先學生討論時並無頭緒，他們並不知道此問題需用震波（縱波、橫波）的科學知識來說明，因此縱使報告資料中對地動儀內部有清楚的剖析圖，學生仍然不知道為何地動儀能偵測地震方位的原因，更有的學生還誤會地動儀能測地震的強度，或能測地震的深度。約 10 分鐘討論後，教師走到台下聆聽學生的想法...）

68. 生：我們這組討論結果就是地動儀的第一顆球掉下來時，下面的蟾蜍的嘴巴中有機關，譬如說這樣的機關可以使上面的龍球不在掉下來或是探針不在晃動...
69. 生：地震有方位嗎，地震的方位是什麼意思呢？可是地震都會左右上下移動不是嗎...
70. 生：我們這組認為地動儀的第一顆球掉下來時不一定下面蟾蜍有機關，上面的龍嘴在第一顆球掉下來時就會啟動機關，讓其他方向龍嘴的球不再掉下來，但是第一顆掉下來的球就是地震方向嗎？為什麼？...
71. 生：就是地震是一種波，包含縱波與橫波，當地震時，某一震央發出震波，就是（畫圖）它從這邊地震（指震央），然後擴張到地動儀這邊，當第一個震動傳到地動儀時，地動儀會啟動機關，讓第一個龍珠掉下來，這樣就可以

辨認它的方位，這就是地震的方位，當然還有隨之而來的搖晃，但第一個龍珠掉下後也啟動機關，讓其他龍珠不能掉下來...，這樣就可以測得地震的方位...我用水杯裝滿水搖晃給你看...（實驗結果呈現裝滿水的杯子在進行第一次晃動時，水溢出的方向即是晃動的反方向，此為慣性的應用）

上例中，學生蒐集地震相關史料，但卻對地動儀的運作原理缺乏仔細的察覺與解釋（編號 61、62）。在教師的協助之下，學生發現了問題，試圖解釋理解地動儀為何能測量地震的方向（編號 64、65）。分析教師提出的問題「地動儀為何能測出地震方向的來源？」此問題包含了兩項子問題，即「地動儀為何能只讓一顆球掉落」，與「此顆球掉落的方向就是地震的來源」。學生在討論後，發現大部分學生有能力解釋第一個子問題，而且想法不只一種，有的學生認為底部的蟾蜍有機關，有的則認為上面的龍嘴有機關，此可以視為創意思考的表現。大部分學生對第二個子問題感到困難，如學生會把地震來源的方向與地震晃動的方向錯亂，這些學生缺乏對問題有清楚的定義，故難以解決問題。在第一個子問題解釋後，學生漸漸發現與釐清第二個子問題，如學生會對第一顆掉下來的球就是地震方向產生疑問，而進一步思索地震方位的意義。如此階段性的發現與思索對創意思考提供了不錯的解釋歷程，亦即創意思考傾向一步步的產生萌發，而學生能清楚定義問題與連結相關科學知識是交互影響的。最後此問題由一位物理系的學生用震波的知識來解釋，他亦利用搖晃裝滿水的水杯做試驗，並觀察溢出水方向與搖晃方向的相對性說明，並獲得全班的肯定，此問題也獲得解決。學生能聯想搖晃水杯的試驗與說明，的確表現了相當的創意思維。

四、小結

本研究整理實驗組與控制組學生在學習活動中面臨的問題，以及學生使用何種問題解決的方法與策略，做為更深一層的比較與分析（表十一）。由此表中發現實驗組學生有較多機會從事實際觀察記錄、設計實驗、實地調查與動手操作，這些活動提供了學生在多元的情境下進行思考的機會，同時亦可與同儕互動溝通，以相互激發不同想法，並進一步精緻而產生創意的問題解決方法。但是本研究也發現學生們在討論中並不是持續地針對所面臨的問題討論，他們會穿插一些生活的趣事，此現象是否有益於學生創意的表現，值得進一步探究。於控制組而言，教師則提供參考書目讓學生從事系統的學習，發現也有不少學生認真地翻閱書籍，在測驗時力求高分，相對的學生並無較多機會去面臨學習中自己發現的問題，亦較少機會進行開放地思考而相互激發創意的想法。

表十一：實驗組學生面臨問題與解決的方法策略例舉

	活動中學生面臨問題例舉	問題解決的方法與策略
活動一： 葉子活動	<ol style="list-style-type: none"> 1. 葉子正面較反面顏色、光澤不同的原因？ 2. 葉子肥厚的原因？ 3. 葉面有細毛的原因？ 4. 不同葉脈能支撐的重量為何？ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 相關科學資料蒐集與閱讀。 2. 實地調查植物生長環境。 3. 設計噴霧實驗。 4. 設計實驗，比較不同葉脈撐重強弱。
活動二： 平衡桿製作	<ol style="list-style-type: none"> 1. 如何使用橡皮筋、黏著劑等材料工具建製平衡桿。 2. 如何建製重心低、左右上下對稱的平衡桿。 3. 如何對做好的平衡桿作微調與修正。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 嘗試不同材料，由比較中做選擇。 2. 由操作中思考、修正與再嘗試或進行合作思考。 3. 由實做中嘗試不同的方法。
活動三： 水果酒製作	<ol style="list-style-type: none"> 1. 如何選擇材料、工具與製作方法。 2. 如何克服霉菌滋生的問題。 3. 每週的觀察與紀錄。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 科學資料蒐集或請教父母親。 2. 科學資料蒐集，得知霉菌並非全無益於發酵，或加糖以降低霉菌滋生。 3. 定時觀察記錄
活動四： 爭議問題	<ol style="list-style-type: none"> 1. 理解爭議性問題定義。 2. 調節兩方的對立觀點。 3. 選擇自己的觀點，並尋求理由證據支持。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 文獻資料蒐集與閱讀。 2. 資料統整與撰寫心得。
活動五： 表面張力	<ol style="list-style-type: none"> 1. 如何讓金屬製品浮在水面上？ 2. 如何將漆包線曲折而使其能浮貼於水面。 3. 將漆包線曲折成更複雜、更多樣的圖案。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 回憶舊經驗與相關科學知識，以及親自嘗試。 2. 嘗試與修正。 3. 發揮想像力與製作技術，與持續的嘗試。
活動六： 地震探究	<ol style="list-style-type: none"> 1. 地動儀為何能只讓一顆球掉落 2. 為何此顆球掉落的方向就是地震的來源。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 參考地震的科學知識與推理思考。

表十二：控制組學生面臨問題與解決的方法策略例舉

	活動中學生面臨問題例舉	問題解決的方法與策略
活動一： 大氣圈、水圈	<ol style="list-style-type: none"> 1. 大氣可分為哪幾層？ 2. 請描述大氣中水循環的過程。 3. 說明蒸發、沸騰的差異。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 參考教科書。 2. 參考教科書與小組討論。 3. 參考教科書。
活動二： 岩石圈	<ol style="list-style-type: none"> 1. 板塊學說的提出者是誰。 2. 全世界有幾大板塊，分別為何？ 3. 板塊運動包含哪三種類型。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 參考圖書資料。 2. 參考教科書與圖書資料。 3. 參考教科書。
活動三： 電器原理	<ol style="list-style-type: none"> 1. 介紹與電學有關的科學家。 2. 寫出五項家庭生活電器。 3. 說明電流的磁效應。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 參考圖書資料。 2. 小組討論。 3. 參考教科書。
活動四： 光與聲音	<ol style="list-style-type: none"> 1. 聲音的三種要素。 2. 寫出光的三元色。 3. 解釋霓、虹、海市蜃樓的原理。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 參考教科書。 2. 參考教科書。 3. 參考教科書與圖書資料。

表十二：控制組學生面臨問題與解決的方法策略例舉（續）

活動五： 氧化還原	1. 生鏽的條件有哪些。 2. 自身氧化還原的定義是？ 3. 防止生鏽的秘訣為何。	1. 實地調查與小組討論。 2. 參考教科書。 3. 實地調查與小組討論。
活動六： 環境保護	1. 寫出生活中可以資源回收的物品。 2. 請寫出近期有關環境保護的新聞。 3. 解釋溫室效應與溫室氣體。	1. 實地調查與小組討論。 2. 參考新聞報紙或電視新聞。 3. 參考教科書。

五、教師教學與學生表現之關聯與預測

表十三：相關與解釋力表

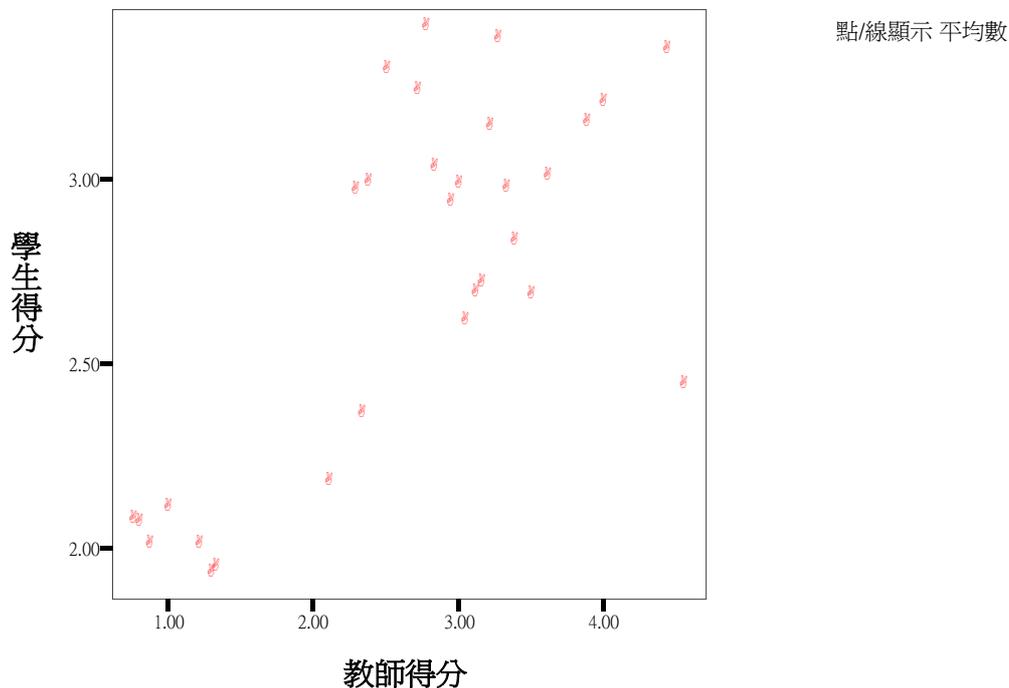
學生與教學個數	Pearson相關	顯著性	R平方（解釋力）	估計標準誤
2076	.391	.000	.153	.8279

*預測變數：教師教學得分；依變數：學生作業表得分

學生得零分意味作業缺交或遺失，若排除此遺漏值，則教師的教學得分全距即可與學生之評量得分相同，均介於一分與五分之間，研究者即可把每項教學活動的教師平均得分與學生作業表現相配合，試圖求兩者之間的相關程度，經由統計發現（表十三）兩者之關連度達0.391顯著正相關（ $P=.000$ ）。我們把學生創意表現與教師創意教學分別畫出縱軸與水平軸，並以兩者在每班、級活動得分平均數為一點，可以畫出相關點陣圖如圖（四），意味教師的教學表現與學生的作業表現有正向關連。進一步進行回歸分析，由上表（十三）得知R平方為0.153，此亦可以說明教師教學可以預測學生作業表現15.3%的變異量，再由回歸分析摘要表（表十四）得知教師得分每增加一分，其學生得分很可能增加0.329分。

表十四：回歸分析摘要表

預測變項	未標準化係數		T	顯著性
	B之估計值	標準誤		
常數	1.801	.046	38.927	.000
教師教學得分	.329	.017	19.317	.000



圖四：學生創意表現與教師創意教學相關點陣圖

六、討論

(一) 由操作與嘗試中醞釀的創意思維

於本研究中，發現學生在面臨問題解決時，最初傾向由嘗試錯誤來找尋答案，在嘗試錯誤的過程中，學生可以漸漸對問題熟悉、了解影響問題因素，甚至將回憶相關的經驗與知識，以利於問題解決。學生在思考、嘗試、修正的過程中，將持續的醞釀問題解決的創意的思維，若此時同儕或教師提供提示，學生將更有機會想出不同於傳統的問題解決方法 (Hasirci & Demirkan, 2003; Cheung, Tse & Tsang, 2003)。如在表面張力、地動儀解謎、與平衡桿製作活動中，學生花費相當多的時間進行思考與嘗試錯誤，他們將錯誤的方法與同儕或教師分享，並期待能得到回饋，即使是錯誤的回饋，學生也願意嘗試，因為在嘗試與修正的過程中，學生們同時也獲得了充裕的時間對問題重新分析，或回憶舊經驗與知識來對問題重新定義。當豁然開朗地解決問題之後，本研究發現學生往往太過欣喜而忘卻了解決問題的過程，因此有些學生將自己的解決方法視為運氣、或巧合，此時若教師能夠引入科學相關知識來讓學生參考，使其明白應用科學知識定義問題與無應用科學知識定義問題的差別，則學生將更有可能將所學連結科學知識，如地動儀解謎活動中，學生得知地震是波的傳動，則所有迷霧幾乎都化解了。除了將問題解決之外，更重要的是學生在問題解決過程中能發現新的問題，在水果酒製作活

動中，本研究發現學生在解決發霉的困擾時，除了知道增加糖濃度能抑制霉菌生長外，亦發現必須要密封才能避免水果酒酸化，甚至得知如何選用最佳的製作材料等，而這些方法都有科學知識的支持。因此學生在嘗試與操作中，能對問題有更清楚的察覺，許多細部的、易被忽略的事項，均可以在演練中重新獲得關注，而創意的思維，亦可能在細部事項被排除或被關注中獲得啟蒙。

（二）師生與同儕互動中醞釀的創意思維

由本研究統計分析，發現教師教學能預測與解釋學生表現的變異量雖只有 15.3%，但實際觀察卻發現，大部分能表現創意思維的學生，都在活動中期待與教師進行討論，如此證據支持學生的創意思維需要教師的引導。另一方面，雖然教師在討論中則分別來回於小組之中，以提供學生方向與意見，但當教師離去時，卻發現部分學生們的討論內容圍繞於一些與主題無關的生活趣事(Krystyniak & Heikkinen, 2007)，當學生發現教師走近時，才紛紛停止交談。這樣的結果可解釋學生們在一堂創意活動中，表現欠佳的結果，如實驗教學六個教學活動平均學生創意的作業表現僅為 14%，但此也意味著在活動之中，學生紛紛抱持輕鬆的態度來面臨問題。如何能營造輕鬆的氣氛而不失於隨便，的確值得進一步研究 (Russ, 2003)。

（三）控制組的表現

控制組而言，學生的創意思維並無在作業中發現，實因作業的形式並無提供發揮創意的空間，例如在岩石圈活動中，作業大部分為問答、填充的形式。在分析教學錄影中，部分學生們在完成作業時也顯得很認真，檢視學生的作答情形，發現約有 90% 達 60 分及格、18% 超過 80 分。在教師教學方面而言，雖無提供機會讓學生由探究中發現與解決問題，但個案教師卻系統地介紹科學知識，並將摘要重點整理紀錄於黑板，作為測驗時的參考，的確有部分學生（多為班上前幾名）願意認真地聆聽與抄錄，晤談其因，則回應認真的目的是為求更好的成績，此與學者 (Kuhn, 2000) 的發現類似。除系統整理科學知識的教學策略外，在氧化還原、電器原理等活動中，教師也應用不同的教學策略，提供機會讓學生對現象分組進行操作與調查，但學生在活動後並無發現問題，僅有依照活動單的指示做食譜式的調查與操作，然在隨後的師生討論中，若仔細的分析師生討論內容，則不難發現教師的確有不少機會可引導學生提出假設，進而設計實驗，驗證假設，如讓學生由觀察中提出防鏽或生鏽的條件，進而設計實驗檢視學生想法等。但教師並無把握這樣的機會，只有參考教科書內容而進行補充說明。因此即使在控制組，若教師能讓學生從事科學的探究，便不難發現學生對觀察的現象抱持多樣的看法，進而要求學生設法驗證該想法，則創意思維的發展與培養，則更有機會在活動中涉及 (Russ, 2003)。

伍、結論與建議

經過兩學期的教學資料蒐集，由分析結果得知雖然實驗組學生之創意表現優於控制組，但多數的實驗組學生（86%）的作業表現不易超過等級四，意味學生在探究活動中，有能力進行觀察記錄、小組合作、問題發現與蒐集相關之科學知識之能力，但若要在解決問題的嘗試與修正過程中發現新的問題，或得到創意的問題解決方法卻是並不容易，因此實驗組學生平均每項教學活動可能只有1至3項的創造力問題解決表現，而且往往集中於較積極投入的小組。就控制組而言，因學生的學習活動並無特別關注於創造力問題解決培養，所以並無任何的創造力問題解決表現，但教師仍然提供了一些機會讓學生親自的對現象進行觀察與紀錄，如此活動中，猶如實驗組一般，也發現的確有一些機會可以讓教師引導學生發現問題，進而設想問題解決方法，並從中激發學生的創意表現。因此學生的創意表現，可以在問題的發現與解決中獲得培養（Okuda, Runco, & Berger, 1991; Rostan, 1994; Young & Wittig, 2003），或者說學生在親自的觀察與紀錄中，將更有機會提出疑問，若不想讓這些學生的疑問流失，教師須鼓勵學生主動提出想法，這些初步的想法即是培養創意問題解決能力的開端。接續的設計實驗或蒐集科學資料支持該想法的過程，也是學生表現創意思維的好機會，若學生能力不足，教師或同儕是提供支持的最佳人選。影響學生的創意問題解決表現尚有哪些因素，如教師對於輕鬆而不隨便的氣氛將如何拿捏，以及教師對學生提出的多樣且複雜問題要如何協助，或者教師提供的協助需達何種程度才最有利於學生的創意表現等，這些問題的確值得進一步探究。

教師的創意教學與學生的創意表現是否有所聯繫，由統計分析顯示兩者之關連度達 0.391 顯著正相關（ $P=.000$ ），意味教師的教學表現與學生的作業表現有正向關連。說明教師教學可以預測學生作業表現 15.3% 的變異量，再由回歸分析得知教師得分每增加一分，其學生得分很可能增加 0.329 分。教與學之間存在許多的變項，雖然本研究發現的關聯度不高，然培養學生創造力問題解決能力的確屬不易的任務，要讓長期適應傳統教學的學生主動地在探究活動中發現問題，進而發揮創意解決問題，的確是項挑戰（Kaufmann, 2003; Schack, 1993; Fisher, 2006），本研究以六項教學活動作為示範，也得知不同的材料主題將蘊含者不同的學習表現機會，而學生們表現也在一次次的探索中漸入佳境，想法也日趨成熟，此發現提供了本研究甚大的意義，亦相信學生之創意問題解決能力可以廣泛地培養。

上述為本研究計畫三年期第一年之研究結論與建議。第二年本研究將建立學生創意表徵之心智模型，並藉由編擬檢核表及實驗教學進行資料之蒐集與分析。

陸、參考文獻

- 毛連塏(2000)。創造力研究。台北：心理出版社。
- 洪振方(1998)。科學創造力之探討。高雄師大學報，9，P289-302。
- 洪振方(2003)。探究式教學的歷史回顧與創造性探究模式之初探。高雄師大學報，15，641-662。
- 洪文東(2000)。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。
- 陳龍安(2000)。創造思考教學。輯於毛連塏、郭有適、陳龍安、林幸台等著，創造力研究，頁211-262，台北：心理出版社。
- 黃麗娟(2006)。創造思考教學活動對高職學生生涯決策影響效果之研究。國立彰化師範大學碩士論文。未出版。
- 教育部(2002)：創造力教育白皮書。台北：教育部。
- 賴劭穎(2006)。實施商學創造力教學策略於高職商科之實驗研究-以中部某高商為例。國立彰化師範大學碩士論文。未出版。
- Chao, C. Y. (2000). *The creative thinking oriented instructional strategy for the course of mechanical product design and manufacturing*. 3rd UICEE annual Conference on Engineering Education. Hobart, Australia. 9-12 February. 101-103.
- Cole, D. G., Sugioka, H. L., & Yamagata-Lynch, L. C. (1999). Supportive Classroom Environments for Creativity in Higher Education. *Journal of Creative Behavior*, 33(4), 277-293.
- Cheung, C. K., Rudowicz, E., Yue, X., Kwan, A. S. F.(2003). Creativity of University Students: What Is the Impact of Field and Year of Study? *Journal of Creative Behavior*, 37, 42-63
- Cheung, W. M., Tse, S. K., & Tsang, H. W. (2003) Creativity in Learning Environments: The Case of Two Sixth Grade Art-Rooms. *Journal of Creative Behavior*, 37, 77-98
- Colletta, A.T. and Chiappetta, E.L.(1989). *Science Instruction in the Middle and Secondary School*. Columbus , Ohio , Merrill publishing company.
- Chao, C. Y., & Hsiao, H. C. (2000, August). *The evaluation and improvement for a creative thinking oriented course of mechanical product design and manufacturing*. International Conference of Engineering and Computer Education, Sao Paulo, Brazil.
- Cromwell, R. R. (1994). Creativity enhances learning in college classes: The importance of artists and poets. In K. Richard(Ed), *Theories of learning: Teaching for understanding and creativity*. (ERIC Document Reproduction Services No. ED394 408).

- Dass, M. P. (2000). Preparing coaches for the changing game of science: Teaching in multiple domains. Csikszentmihalyi, M. (1988). *Society, culture, and person: A systems view of creativity*, 74, 39-41.
- Fisher, R.(2006). Whose writing is it anyway? Issues of control in the teaching of writing. *Cambridge Journal of Education*. 36, 193–206.
- Grindstaff & Richmond(2008). Learners' perceptions of the role of peers in a research experience: Implications for the apprenticeship process, scientific inquiry, and collaborative work. *Journal of Research in Science Teaching* ,45, 251 – 271.
- Hasirci, D., & Demirkan, H. (2003). Creativity in Learning Environments: The Case of Two Sixth Grade Art-Rooms. *Journal of Creative Behavior*, 37, 17-41.
- Han, K-S. (2003). Domain-Specificity of Creativity in Young Children: How Quantitative and Qualitative Data Support It. *Journal of Creative Behavior*, 37, 117-42.
- Hensley, B. R., Lori, A. & Woodard, B. S. (2004)Curiosity and Creativity as Attributes of Information Literacy. *Reference & User Services Quarterly*, 44, 31-36
- Heller, K, A.(2007). Scientific ability and creativity. *High Ability Studies*,. 18, 209-234.
- Hoover, S. M. & Feldhusen, J. F. (1994) . Scientific Problem Solving and Problem Finding: A Theoretical Model. In Mark A. Runco (Ed.) ,*Problem Finding, Problem Solving, and Creativity*. (p.201-219) . New Jersey : Ablex Publishing Corporation.
- Hu, W. P. & Adey, P. (2002) .A scientific creativity test for secondary school students. *International Journal of Science Education*, 24, 389-403.
- Kaufmann,(2003) Geir What To Measure? A New Look at the Concept of Creativity. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 47, p235-51 Jul
- Krystyniak, R. A., & Heikkinen, H. W. (2007) Analysis of verbal interactions during an extended, open-inquiry general chemistry laboratory investigation. *Journal of Research in Science Teaching*. 44, 1160-1186
- Kuhn, D. (2005). *Education for thinking*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, London, Englan
- Lizotte, D. J., McNeill, K.L., & Krajcik, J. (2004). Teacher practice that support students' construction of science explanations in middle school classroom. In Y. Kafai, W. Sandoval, N. Enyedy, A. Nixon, & F. Herrera (Eds.), *Proceedings of the Sixth International Conference of the Learning Sciences* (pp.310-317). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Mayer, R.E.(1999) .*Fifty years of creativity research*, In R.J.Sternberg (Ed.),*Handbook of creativity*. New York:Cambridge University Press. Marx,

- R.W., Blumenfeld, P.C., Krajcik, J.S., & Soloway, E. (1997). Enacting project-based science. *The Elementary School Journal*, 97, 341-358.
- McNeill, K. L. Krajcik, J. (2008) .Scientific explanations: Characterizing and evaluating the effects of teachers' instructional practices on student learning. *Journal of Research in Science Teaching* ,45, 53 – 78
- Miles, M., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An explanation in science teaching*. (2nd ed.) Thousand Oaks, CA: Sage.
- National Advisory Committee on Creative and Cultural Education. (1999). *All our futures: creativity, culture and education* (London, DfEE).
- Okuda, S. M., Runco, M. A., & Berger, D. E. (1991). Creativity and the finding and solving of real world problems. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 9, 145-153.
- Peterson, R. E. (2002). Establishing the Creativity Environment in Technology Education. *The Technology Teacher*,7-10.
- Petrowski, M.J. (2000). Creativity research: Implication for teaching, learning, and thinking. *Reference Services Review*, 28(4), 304-312.
- Reid, A & Solomonides, I. (2007). Design students' experience of engagement and creativity. *Art, Design & Communication in Higher Education*, 6, 27-39.
- Rostan, S. M. (1994).Problem finding, problem solving, and cognitive controls: An empirical investigation of investigation of critically acclaimed productivity. *Creativity Research Journal*, 7, 97-110.
- Russ, Sandra W (2003) Play and Creativity: Developmental Issues. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 47, p291-303 Jul
- Schack, G. D. (1993). Effects of a creative problem solving curriculum on students of varying ability levels. *Gifted Child Quarterly*, 37(1), 32-38.
- Shin, M. K. (2000). *A study of effectiveness of the Iowa Chautauqua staff development model for reform of science teaching in Korea*. Unpublished doctoral dissertation, The University of Iowa, IowaCity, IA.
- 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.
- Sternberg, R. J., & Lubart, T. I. (1999). The concept of creativity: Prospects and paradigms. In R. J. Sternberg (Eds.). (1999) *Handbook of Creativity*. NY : Cambridge University Press. 3-15.
- Sternberg, R. J., & Lubart, T.I.(1996). Investing in Creativity. *American Psychologist*, 51(7), 677-688.
- Sullivan, F. R. (2008). Robotics and science literacy: Thinking skills, science process skills and systems understanding. *Journal of Research in Science Teaching*, 45,

373-394.

- Treffinger, D. J., Sortore, M. R., & Cross, J. A. (1993). Programs and strategies for nurturing creativity. In K. L. Heller(ed.). *International handbook of research and development of gifted and talented*. N.Y. : Pergamon.
- Torrance, E. P. (1972). Can we teach children to think creativity? *Journal of Creative Behavior*, 6, 114-143.
- Torrance, E. P. (1986). Teaching creative and gifted learners. In M. Wittrock(Ed.), *Handbook of research on teaching*. (3rd ed. pp. 630-647). New York: Macmillan.
- Talanquer(2008). Students' predictions about the sensory properties of chemical compounds: Additive versus emergent frameworks. *Science Education*. 92, 96-114.
- Young, W (2003). Camp Invention: A Creative, Inquiry-Based Summer Enrichment Program for Elementary Students. *Journal of Creative Behavior*, 37, 64-74
- Yager, R.E.(1990). *Workshop Science/Technology/Society As Reform in Science Education*. Science Education Center, National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan, R.O.C.

柒、附錄

附錄一：教學活動說明

一、水果酒DIY

邀請學生親自製作水果酒。材料為水果、瓶子等，時間為三個月，教師在活動中並無特別建議的方法，邀請學生主動研發自己的方法，但須做持續的觀察與記錄，亦可蒐集相關資料。嘗試將製作過程中觀察到的現象提出問題，並與同學進行合作討論，學期末則將自己的觀察紀錄、釀製過程與成果分享給全班體驗品嚐。

二、平衡桿活動

學生在本活動中被要求自由製作一平衡玩具，除由教師提供橡皮筋、竹筷、小刀等基本工具材料外，學生可以額外自由添加任何材料，成功條件是此平衡玩具只有一個支撐點，且能夠左右搖晃而不落地。學生的活動有小組討論、蒐集資料、結合科學理論、自由操作、解釋現象、連結生活等，活動後教師亦提供每個成員分享各自的成果作品，亦選出最具創意的平衡桿。

三、表面張力—大王蓮花的秘密

本活動是由葉子觀察活動的衍伸，讓學生理解水面間的表面張力。材料為提供學生漆包線、紙杯，並讓學生發揮創意編製可以浮在水面上的漆包線，學生的學習活動包含小組競賽，所編製的漆包線越精緻、越複雜、高度越高分數越高，評分者為班上同學。而教師也引入浮力、表面張力等科學概念，在競賽活動後，學生討論影響表面張力的因素，如漆包線長度、水溶液的種類等，並提供機會讓學生主動設計實驗與探究。

四、爭議性議題探討

本活動由教師設計投影片，讓學生了解當今社會所發生的爭議性的議題，如工廠建設與溫室效應、核能發電的方便與衝擊、奈波水的迷惑、中國氣功初探等。教師在設計爭議性議題時，除了提出兩難的問題讓學生設法解決外，意配合當代科學概念的介紹，配合上述議題所引介的科學概念如溫室氣體、原子與電子、奈米與電磁波、功與能等。本活動歷時約 10 個星期，為時較長。學生參與的活動除合作討論外，亦到本校與鄰校圖書館，或網路進行資料蒐集。

五、地震的探究

本活動藉由地震的生活經驗為始，介紹地震的可能原因，涉及的科學理論有板塊學說、地球的組成、以及偵測地震的儀器，如張衡的地動儀等。學生除了學習科學概念之外，亦探討歷史與各國文化對於地震的解釋。張衡的地動儀亦包含

在內，教師亦邀請學生到博物館參訪，更深刻地了解地動儀的與中國古代對地震的偵測與解釋。

六、葉子構造的探究

教師邀請學生到戶外拾一片葉子，做詳細的觀察與紀錄，之後推理葉子的構造特徵與其生長環境間的聯繫。如葉面的光滑與粗操、厚度、形狀等，如何有利於所在的生長環境。學生分組進行，並將觀察之結果嘗試與生物科學知識相連結，亦可發揮創意，設計相關實驗來驗證發現，如學生推理葉面的纖毛有助於水氣的凝結故清晨到校園去做觀察紀錄。