科學教育學刊
2002, 第十卷第四期, 341-372

Chinese Journal of Science Education
2002, 10(4), 341-372

以科學過程技能融入動手做工藝教材培養國小學童科學創造力

李賢哲[1]　李彥斌[2]
[1]國立屏東師範學院　自然科學教育學系
[2]屏東縣立烏龍國民小學

（投稿日期：民國90年11月1日，修訂日期：91年6月11日，接受日期：91年7月24日）

摘要：當前科學教育的重要目標之一乃在於提高全體國民之科學素養，藉此培養科學創造力，以提昇國家整體的競爭力；而科學創造力的培養，應可從小做起。本研究藉著實際動手做的課程教材，透過科學過程技能之訓練，應用創造性活動與評量工具之設計，來培育與提昇國小學童之科學創造力。本研究之科學活動過程技能，主要包括：觀察學習、統整分類、選擇決定、設計繪圖、使用工具材料、實驗操作、測量記錄、查看描述、比較分析、和命名等十項。透過自行研發之飛行創作活動學習單元與科學過程技能測驗，來評量學童之科學過程技能。科學創造力則分為：開放性、變通性、獨創性、流暢性、精密性與標題等六項，以「科學創造思考活動」與「威廉斯創造性思考活動」，作為前測與後測之工具；並相對搭配國小「看一看、想一想、比一比、說一說、畫一畫、做一做、寫一寫」等各種活動。國小學童在歷經科學過程技能訓練後，於科學創造力之評量，實驗組與對照組之前測平均分數相近；但後測時，實驗組平均分數明顯高於對照組；尤其在科學創造力之精密性部分，實驗組顯著高於對照組。

關鍵詞：科學創造力、科學過程技能、國小學童、動手做、評量工具。

研究背景

人類為了生存，往往必須磨練生活技能，以適應週遭之環境；具備科學創造力的人，較容易藉觀察事物中尋得條理，並創造出有利於生活、生存和延續生命的物件。隨著人類的演化進入二十一世紀，所謂「科技之時代」；台灣也隨著加入WTO而真正成為地球村（Global Village）一員，面對著蜂擁而至的衝擊與競爭，我們的如何教育出具備高競爭力的國民，是值得大家審思的問題；目前雖有許多入學方式試著減輕傳統教育帶來之弊端，但是升學主義的作祟，猶未達到讓小孩將自己融入文明的生產創造過程（黃武雄, 1995），也意味著學童的學習，依舊被進入第一高等學府的迷思所牽引，

這不僅漸使學童讀書終日，也影響到整體國民競爭力之提升，因此培養學童之科學創造力已成為目前科學教育努力重要目標之一。

科學創造力對社會發展具有奠定未來優質生活基礎之重要性，但是綜觀國內有關科學創造力的研究，起步要比國外來得晚，大多數研究又較偏重於科學創造力的理論研究，也有專家學者朝向科學過程技能、問題解決的方向進行研究（王澄霞和謝昭賢, 1998; 許榮富, 1991; 張俊彥和翁玉華, 2000），為科學創造力的研究，開啟了許多樂觀的前景。但對國小學童而言，以問卷作答或選擇題測驗的方式作答，或有可能限制答題者開放性的思考，並且缺乏直接而明顯的表達的方式，也較少一連貫的科學技巧和科學方法的表達。目前國民小學的實際教學過程中，培養科學創造力並不只是強調興趣的問答選項而已。對一般國小教師而言，自然教學太重於機械化的制約學習，學生只能自己領悟，學生的學習習慣仍舊不容易改變（原孝怡, 1980）；這情況甚至延續到二十一世紀，填鴨式、被動、接受方式的科學教育，仍然存在這種舊式的教學觀念，並且引發經濟、社會問題（王澄霞等, 1998）。這種舊式的觀念已持續了數十年而急求改變，奈何筆者曾聽聞某國中因為升學率下降，有人藉此倡議要回復到昔日能力分班之升學路線，這不僅忽略由啟發學生本身能力，卻反過來再度迫使學生走向填鴨式教育的教育策略，將使國內中小學的科學教育大開倒車，恐更加扼殺了許多學生的科學創造力。

國外的高中學生也出現與國內相類似的情況，Hurd（1989），Resnick 和 Wirt（1996）的研究論文中分別指出：高中畢業生全部都面臨了準備工作的壓力之中，但是只有一半的學生知道其工作目標，這顯示高中學生還需要磨練其思考層次，並學習有關現代化社會、經濟、科技的課程。以利於未來之社會，謀取合宜之生活；而這也就是目前科學教育強調培養具備反省與思考的科學素養（scientific literacy）。

許多科學活動中，藉由科學過程技能的培養與科學創造力的啟發，是通往提昇國民科學素養的路徑之一，而且兩者之間關係密切。以國小學童科學創造力之研究，發展創造性活動與評量工具，確實進行科學過程技能之訓練，期望國內的科學教育能提昇或發展學童之科學創造力，以培養較多科學探索與發明的人才，並使其學以致用，貢獻國家社會（李賢哲、李彥斌和樊琳, 2001a）。Yager（1990）曾將科技（technology）當做科學（science）與社會（society）的橋樑，科技是否能興盛，基礎科學的發展是否穩固，科學創造力的培養扮演了一個相當重要的角色。目前許多國家，例如歐、美、日等國，以及中國大陸（Jiang, 2000），均以發展科學為要務，而科學創造力的培養更是科學發展過程中的重要關鍵。我國在國民小學的自然科課程中，就以「培養國小學童的科學創造力」為主要目標；在國民中小學九年一貫課程綱要中，自然與生活科技學習領域方面，課程目標也提及「激發創造潛能」，分段能力指標之首項則是要教學生「過程技能」（教育部, 1998）。

在一片振興科學文化素養的呼聲中，我們應可藉提升學童科學創造力，找到新希望。因為科學創造力之研究，扮演著國家基礎科學誕生之催化劑，是以有計劃的探討國小學童的科學創造力之相關研究，並逐步發展培育與檢測的工具，確實施行科學過程技能之訓練，以提昇我國國民的科學素養，正是目前科學教育研究重點之一（國科會, 2001）。

然而，科學過程技能訓練，是否能夠增進科學創造力呢？李賢哲（2001b）認為，能夠透過國小學童動手做的興趣培養來增進學童的科學創造力，應有長遠的影響，而且時代的巨輪是不斷往前轉動的，政府對於教育的改革，

尤其於國中小學童科學創造力的特性與開發的部份，具有其正面的意義，應該值得嘉賞。期盼國內的科學教育能夠開創一個讓學生真正感興趣的天地，不僅可以達成國民科學素養的提昇，更加對於全民創造力的增長有所助益。有鑑於此，為配合九年一貫課程統整的精神，因而研究設計一系列的科學學習活動，結合自然科與美勞科課程，來探討經由動手作 (hands-on) 學活動中過程技能的學習，是否能用來訓練和開發國小學童的科學創造力。

相關文獻探討

一、關於科學、技學、社會（STS）的教育目標

探討科學創造力，應先了解科學發展的基本目標。目前國內致力發展的，較偏重於應用科學，觀摩學習他國的科技，而企業的經濟收穫大部分投資於擴建廠房，增設機器，甚至轉移投資於其他賺錢的行業；卻較少投資於基礎科學，致力研發（Research & Development, R&D）新的產品。因此，探究美國近年來對於 STS 的教育目標，有其必要性。美國國家科學基金會（NSF），為了讓科學朝向培育具有科學素養的國民，委託 Harms 和 Yager 為科學教育作綜合診斷的研究，提出未來的科學教育應包含四個目標（林顯輝, 1992; 許榮富, 1991; 黃達三, 1992; Harms & Yager, 1981）：

(一)滿足學生個人需要的科學。
(二)培養學生能處理解決現實社會議題的科學。
(三)用來作職業選擇或生涯規劃的科學。
(四)為以後學術做準備的科學。

科學、技學、社會的教育理念，強調所有的國民都需具備對科學與技學之基本瞭解，這不僅是「現代人」之基本素養，對於整體國民科學素養的提升，更有其推廣之意涵。

目前 STS 的教育理念在許多科學領域有其正向的教育意義，而且對於社會教育亦有其相當的影響。例如：以當前世界潮流之所需及未來之發展，我們勢必應於生存環境與科技發展之間做一個明智抉擇，所要思考的不只是以人類無窮盡的需要做取決的依歸，而是與整體生存環境的配合。為了達到上述的目標，人類必須具備科學與技學的素養，才能作出正確的決定，教師也必須能教授孩子發展澄清價值的技巧與態度，以思考歷程做決定並解決問題。其中較重要的是以問題解決（problem solving）的技巧成為首要的訴求（Yager, 1989, 1990）。

STS 強調以科學方法來獲取日常生活中需要的資訊，運用之方法類似於科學實驗過程：收集資料、發掘、辨認、實驗設計、資料評估及解決問題等循序漸進與探索（approach）之過程。有鑑於此，Yager（1994）提出 STS 科學教育六大領域，包括：

(一)科學概念知識領域（concept domain）。
(二)過程技能領域（process domain）。
(三)創造力領域（creativity domain）。
(四)態度領域（attitude domain）。
(五)應用與結合領域（applications and connections domain）。
(六)科學本質的世界觀領域（world view domain）。

藉由上述之論點也可窺見科學創造力的培養與問題解決和 STS 教育理念密不可分之關係。

二、創造力與科學創造力

從人類已有的多元文化與文明成就而言，每一個體都具有某種程度的創造力，但這種潛力必須在容許其發展與助長其發展的條件下，方能有適切的表現。於學校教學過程，教師應安排其教學的情境，鼓勵學生在學習活動中，自己去領悟或發現事物的脈絡與關係。教師扮

演的角色責任應著重於啟發、協助、鼓勵學生，設法培養學生樂於自己去探索、猜測、懷疑、獨立思考，繼而培養創造發明的能力。強調學生學習過程之重要性，而較不以學習的結果為取決之標的，應認為「學習如何學」本身，要比「學什麼」來得重要。換言之，應較重視學習過程中的評量，而不必太過於重視針對學習內容考試的結果（王克先, 1987）。

提昇創造力一直是教育重要的目標之一，但是在學校系統的運作下，許多學生在同一個組織的環境下學習，經常會阻礙他們的創造力發展。雖然某些科學活動確實可以鼓勵學生發展創造思考方式，例如：合作學習（王千倖, 1999），但是傳統的科學教學較著重於有系統的方式傳授、協助學生得到科學知識（scientific knowledge）。因此，於僅有之科學活動中，教師可藉要求學生提出較具創意的問題及解決該問題的方法，試著來提昇學生的創造力。教師本身也應將重心置於學生所提的意見上，這種對學生想法的重視，將會完全改變傳統科學教學的氣氛（熊召弟, 王美芬、段曉林和熊同鑫譯, 1996, Glynn, S. M., Yeany, R. H. & Britton, B. K.原著）。

根據鄭昭明（1997）的觀點，創造力係指產生新奇事物、理念或成果的能力，而且必須是適切、有意義、有價值與對社會有益的能力。在表現上，根據 Williams（1979）的觀點，認為創造力具有流暢、變通、獨創、精進等特性。毛連塭、郭有遹、陳龍安和林幸台（2000）則對創造力之各項特性做出解釋，諸如流暢性，通常指的是對於一個任務，能夠以各種不同的方式來達成的能力；變通性，指的是有別於自己想法的能力，以及在一些相似的資料中，找出新的解決方式的能力；原創性，指的是對事物有獨特而不尋常反映的能力；精密性，指的是提供相關資料的能力。Clark（1992）提出創造力的「統合模式」（Integrative Model），他的「創造力環」（creativity cycle）理論，認為創造力乃是直覺、情意、感覺和思考等功能的統合作用。

多位學者曾分析了將近 50 種創造力的定義，認為「創造四P」可以涵蓋創造力的定義，分別是創造者（person）、創造歷程（process）、創造產品（product）、創造環境（press）與個人的交互作用（interactions）（柳秀蘭, 1994; 陳淑娟, 1991; Davis, 1986）。關於創造的過程，洪振方（1998）認為收斂式思考（convergent thinking）與發散式思考（divergent thinking）兩者都是必須的，前者利用一般智力和邏輯思考，對於解決方案或已經確定情況的基本程序，具有重要的意義；後者主要是運用創造性思考，以發散性思考方式解決問題，它需要自由而無確定解決方案的情況，這正是創造過程中實現「創新」的中心部分，主要的表現方式便是靈感、想像、與直覺。

陳龍安（1984）指出，創造力是指個體在支持的環境下，結合敏捷、流暢、變通、獨創、精進的特性，透過思考的歷程，對於事物產生分歧性觀點，賦予事物獨特新穎的意義。而關於科學創造力乃是在既有的科學知識、技能之上、加以創新研發，產生新的科學概念或製造出新奇事物的能力。由於本研究對象為國小學童，其所知的科學知識技能有限，較難以由學童能否產生新的科學概念，或者製造出新奇事物來評定其科學創造力的高低（李賢哲, 1999）。洪文東（1999）也認為科學上的創造力必須是在科學領域內，有獨特的想法，或新奇的事物產生，才是有價值、有意義的創造力。科學是一套有組織、有系統的知識體系，它是探索自然的心智結晶，也是人類文明進展的智慧工具。在科學發展的歷程中，科學的創造更佔有關鍵性的地位。科學的創造者，憑藉個人素養，運用適切思考方法，經由歸納、演繹、假設之邏輯推理歷程，理性而客觀的進行實驗

探究與驗證，然後發現新事實，發明新理論，或形成概括性新理論，從中表現獨特的科學創造力。若從創造的心理活動而言，創造力的核心著重於心智的運作，只要個人能進行正常的運作思考，就能發揮其創造力，只是在程度上有不同的層次和表現（陳英豪、吳鐵雄和簡真真, 1990; Rhodes, 1961; Torrance, 1972; Wiles & Bondi, 1980）。而學者也認為科學創造力需以「豐富的舊有知識與經驗」為能源（洪振方, 1998；陳英豪、何華國和吳昆壽, 1991），但因國小學童有其年齡與認知、心智發展之限制，較難具體表現其科學創造力；也因為有此特性，更加顯示出從小培養科學創造力之重要性與其關鍵的影響。

三、過程技能與科學創造力

曾有研究者針對以「問題導向學習」來培養學生的科學創造力（王千倖, 1999），其中認為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），也較無法提升學生科學創造力。創造力應不只是與生俱來，更須經由創造思考教學活動的啟迪，使創造力得以發芽、成長及茁壯（Middleton, 1991）。

美國科學促進會(AAAS, 1970) 提出科學過程教學的基本理念，可分為：觀察、應用時間或空間的關係、分類、應用數字、測量、傳達、預測、推理等八項；而統整過程主要植基於上述基本理念，包含控制變因、解釋資料、形成假設、下操作型定義及實驗等步驟(process)，形成具複合性與統整性之科學過程。

美國中小學科學課程中，認為科學過程技能是一種可轉移（transferable）的能力，適合多種科學領域，也可反映出研究科學的過程。這技能又可分為基本（basic ）及統整（integrated）兩種層次，共包含十三個執行項目，分述如下（Padilla & Padilla , 1986）：

(一)基本層次：觀察、測量、分類、數字傳達、應用時空關係、預測、推理等七種技能。

(二)統整層次：形成假設、控制變因、解釋資料、下操作型定義、建立模型、實驗等六種技能。

而創造活動部分，Aihara（1998）也曾提及創造活動(creative activity)包含了四個過程（processes）分別是準備期（preparation），培育期（incubation），明朗期（illumination）以及確定期（verification）。

國內學者魏明通（1987）對於科學過程的研究中，操作科學實驗應是值得鼓勵的方式之一，他認為培養實驗的能力應從下列三點來著手：

(一)設計實驗的能力；

(二)使用器具的能力；

(三)處理實驗結果的能力。

根據洪文東（1994）所述，科學探究的過程所涉及的心智技能，由較低階之觀察到較高階之實驗，具有由下而上之階層關係，而實驗的執行即包括所有基本與統整過程的綜合能力。可見「實驗」在國小自然科課程與教學中，扮演舉足輕重的地位，而如何透過趣味化，生活化之實驗設計，帶給國小學童由操作中學習得到抽象之科學概念，更是目前國小自然科課程與教學急待努力的方向之一。

運用科學的條理和活用有趣的變化，以科學過程技能培養學童的創造力，其規劃應著眼於：

(一)能在過程技能的訓練中，探索其中的原則與邏輯，並能加以發揮，應用於新事物上。

(二)生活化的學習，其內容與理念可用來解決生活遭遇之問題，能降低遭遇之困難或直接將狀況排除。

(三)經思考後，能將發生之事物分類、整理、分析、利用和再利用。

(四)學習過程的條理化，強調流程與結果之間的相物依賴與變化。

(五)動手做的技巧與應用工具，使完成事物的效率事半功倍；加上設計圖與實驗測量，能達成預期目標。

四、創造力開發與課程

以創造思考教學開發創造力，學者毛連塭等人（2000）認為應配合課程運用創造思考的策略，提供學生想像的機會與空間，以培養學生流暢、變通、獨創及精密的思考能力。若藉此探究科學創造力，應融入科學過程技能，設計系列的科學活動，發展教學教案、學習活動單與學習評量表，對於質與量之評量，有實際的助益。

本研究之科學創造力課程之發展，包含項目如理論架構、教學與教案之設計、創意活動學習單、實物觀察操作、教學評量與工具等，謹簡述如下：

(一)理論架構：設計教材和教法，用以促進提昇學生創造性思考能力，其教學目標，應可分為認知目標與情意目標，而其創造行為的表現，也可藉創造能力、技術、和動機三個面向來觀察（張玉成，1993）。馬勝利等人（馬勝利、叢莉、高毅和劉玉俐譯，沙布爾．拉塞克和喬治．維迪努原著，1992）認為學校教育的目標層次，應該顛倒傳統趨勢，轉為新的趨勢，先確立態度和技能，再者為實用技術，最後才是獲得知識。對於現行學校課程內容部分，江新合和唐偉成（1999）認為，應可區分為三個層面：各種學科、教師教學方法與學生行為等。以課程設計來開發科學創造力，可從培育先備能力著手，分別是觀察與分類之能力。而一般增強學生創造力的創造思考教學方式有兩種：1.以創造思考技巧為主要教材，實施創造力訓練的獨立式課程；2.將創造思考技巧融合在學生課餘的生活教材中，實施融合式創造思考教學（鍾協衡，2000）。從教學繼而能進行創造性的問題解決（Creative Problem Solving），其訓練之程序應包括：發現混亂之處（mess finding）、蒐集資料（data finding）、發現問題（problem finding）、蒐集構想（idea finding）、尋找對策（solution finding）、及接受構想（acceptance finding）等（李大偉和張玉山，2000）。

參照一般之教學活動設計，張祖忻、朱純和胡頌華（1995）認為應具備「引起注意」、「刺激對先前學習的回憶」、「告訴學習者目標」、「提供回饋」與「評定行為」等項目；透過教學內容、教學對象的分析和學習目標，應審慎考慮如下之問題：

1.起點：學習的宗旨？

2.目標：教學的最終要求？

3.內容：將學習者的起點能力轉換成教學目標所描述的終點能力，需要教什麼？

(二)教學與教案之設計：教師於課堂中可能使用之教學方法，陳英豪等人（1990）列出矛盾法、歸因法、類比法、辨別法、激發法、變異法、習慣改變法、重組法、探索法、容忍曖昧法、直觀表達法、發展法、創造過程分析法、評鑑法、創造的閱讀技巧、創造的傾聽技巧、創造的寫作技巧與視像法等十八種。對學生思路之啟發，毛連塭等人（2000）於「創造力研究」書中提到「加一加、減一減、擴一擴、縮一縮、改一改、變一變、搬一搬、學一學、代一代、聯一聯、反一反、定一定」等個項目，這也是中國大陸的創造教育工作者，指導上海市和田路小學進行創造力啟發教育後，提出的總結之一。

教師除應具備教學方法，對教學原理的也應熟捻，學者蓋聶（Gagne, 1985）曾提到教學

是一系列之事件，用來提供給學習者的外在表現，並且設計用以輔助內在學習的歷程。其學習歷程包含引起注意、告知學習者目標、刺激先備的回憶、呈現刺激材料、提供學習指導、引發行為表現、提供回饋、評估表現、增進學習的保留與遷移等項目。教學課程內容部分，陳龍安（1989）曾提供系列教案，提供教學者參考，教案的活動流程包含：課前準備 演示、觀察、發問、自由反應、操作、進行實驗、分組討論、歸納和發表等項目。樊琳和李賢哲（2001）則舉出國小與國中適用之教案實例，說明了科學創造思考教學的可行性，也強調科學創造力可經由適當之教學方法來提昇。有關創造性思考教學也有所謂之「ATDE」模式，即問（Asking）、想（Thinking）、做（Doing）和評（Evaluation）等四個要素組成，這四個步驟建立在學生的知識及經驗之上，以學生原有的基礎，提供擴散思考的機會，讓學生能充分的發揮其潛能（陳龍安, 1989; 蔡東鐘, 1994; 鍾協衡, 2000）。

(三)創意學習活動：陳英豪等人（1990）提供了三百個遊戲化處理之教學單元，而且單元內容曾經過國內或國外中小學教師進行實際教學或實驗，繼而歸納整理，應較屬實證性之教材。以「蜂鳥和直昇機」的單元為例，著眼於啟發學生的好奇心，運用歸因、類比、激發等教學方法，由教師先提出一系列的問題，讓學生比較蜂鳥和直昇機的異同。

美國學者泰德等人（Tiedt, Carlson, Howard, & Watanabe, 1989）於「中小學思考教學」（Teaching thinking in K-12 classroom）一書中，也列舉許多教學單元活動，訓練學童之流暢性、變通性、獨特性及類比等特質，並藉此鍛鍊腦力激盪，來培養變通性思考的態度，尤其特別重視新奇、獨特意見的提出與展現（張玉成, 1993; Akin & Akin, 1998）。

(四)實物觀察操作：為能有效促進創意思考，李堅萍（1998）曾以製作「百寶箱」為例，利用西卡紙為素材，畫出展開圖，剪裁及黏貼完成，並利用屬性列舉法、檢核表法、合成聯結法、與棋盤法等方法，列出材料大小、粗細、長短、寬窄、厚薄、高矮、顏色、材質、位置等項目，藉由橫向與縱向的條件，運用鏤空、捲摺、塗抹、剪裁、黏貼、浮雕等作加工，交叉組合而成。

國外對科學創造思考能力，於應用科學設計方面的展現非常重視；例如：有關飛機（Young, 2000）、汽車（Kajanjian, Drazian, & Glynn, 2000）等應用科學實物的設計，都曾列入其研究中。國內學者（陳淳, 1994; 鄧美雲和周世宗, 2000）也曾編列較簡易的科學遊戲，例如紙飛機、竹蜻蜓、風車、風箏、吹泡泡、降落傘等等，介紹如何教孩子們玩科學遊戲，以及如何創作等。

(五)教學評量與工具：創造力的評量方式可包括擴散思考測驗、態度與興趣量表、人格量表、傳記量表、教師推薦、同伴提名、視導者評定、作品的判斷、名人研究、創造活動及成就的自我報告等（陳龍安, 1989），而創造思考評量的指標則包含認知和情意兩部分：

1. 認知方面：流暢性、變通性、獨創性、精進性。
2. 情意方面：冒險心、挑戰心、好奇心、想像心。

學者 Wiles 和 Bondi（1981）認為簡化創造評量應是新趨勢，不能只以成人的尺度及觀點來衡量兒童之創造力，因此發展出組合性之創造力測驗；其中包括於三分鐘內，讓兒童將十件物品做組合變化，採用的評量指標包括：反應的次數、反應的複雜性與反應的獨特性。張玉成（1984）曾提出教師發問技巧對於學生創造思考能力之影響，其中採用教學實驗法，以創造性發問技巧為獨立變項，分實驗組和控制組，進行實驗教學。實驗法在科學研究中普

遍被採用，頗值得應用在科學過程技能與科學創造力之研究。以目前較常用的學童創造力評量，包括「威廉斯創造性思考活動」、「威廉斯創造性傾向量表」及教師與家長填寫之「威廉斯創造性思考和傾向評定量表」（林幸台和王木榮, 1994a, 1994b）。

「放聲思考」的口頭報告也曾被用於學生解決問題時，進行評估與了解（陳正昌、孫志麟、鄭明長、陳秀碧、樊雪春、劉子鍵和郭俊賢, 1996; Greeno, 1978; Gagne, 1985）。針對國小資優學生創意潛能之研習方案，陳龍安（1999）採用「前後測實驗設計」，為有別於對照組，實驗組另接受「活動意見調查問卷」。在探究高中生問題解決能力部分，張俊彥等人（2000）曾就其與科學過程技能之相關性，採用相關研究法的實驗相對應設計（correlation design），試著了解學生問題解決能力與其科學過程技能之間的相關性，並運用「問題解決能力測驗」與「科學過程技能測驗」；施測結果之量化分析主要採皮爾遜積差相關（Pearson correlation）及 T 考驗（T-test），結果之顯著性呈中度相關。這方式除進行實驗教學，加入了相關變項之相關性研究，也拓展了研究之面向，值得相關學者參考與應用。

研究過程

一、研究目的

本研究中結合自然科與美勞課程，規劃較活潑並具彈性的內容，進行過程技能之培養訓練。主要透過飛行課程–製造紙飛機與自行設計之活動學習單，從認知學習（飛行概念）、原理解析、進而基本結構介紹，相對實際活動由基本的畫圖模仿到較複雜的飛行性能呈現。主要目的如下：

(一)經由科學活動培訓過程技能，探究學童科學創造力之表現。

(二)強調科學活動過程，應是學習創造思考的歷程之一。

(三)希科學過程技能被應用於日常生活，以達成九年一貫課程培育學生之基本能力之目標。

二、研究架構

本研究之架構如圖 1 所示（註 1），主要以科學過程技能來培養國小學童之科學創造力，在教學過程中，運用美勞科之創作與自然科之實驗研究方法，將國小課程的感官活動，融入科學過程技能，並將其項目加以整合，以「威廉斯創造性思考活動」中的六項能力指標（林幸台等, 1994a, 1994b; Williams, 1979）來評量，直接對應於科學創造力中。教學實驗使用之「科學的創造性思考活動」評量測驗，主要是參照「威廉斯創造性思考活動」，為避免精熟學習影響施測結果，分別採用兩活動來評量國小學童科學創造力之變化。。

國小學童在本研究中科學創作思考活動之過程技能，可分為：觀察學習、統整分類、選擇決定、設計繪圖、使用工具材料、實驗操作、測量記錄、查看描述、比較分析、命名等項，配合國小自然科課程中之感官活動：看一看、想一想、比一比、說一說，畫一畫、做一做和寫一寫。科學創造力評量部分，則分成：開放性、變通性、獨創性、流暢性、精密性、標題等項目。

教學活動中對於科學過程技能之訓練，首先是「觀察」之技能，這與「查看描述」屬性相同；若對應於國小自然科學領域學習活動，應可歸於「看一看」感官活動。相對應於科學創造力部分，或可作為「開放性」能力指標。「統整分類」與「選擇決定」之技能，在國小自然科學領域，則分別屬於「分一分」與「想一想」，以比較分析的層次應是「比一比」，這三種技能對應到科學創造力可視為「變通性」

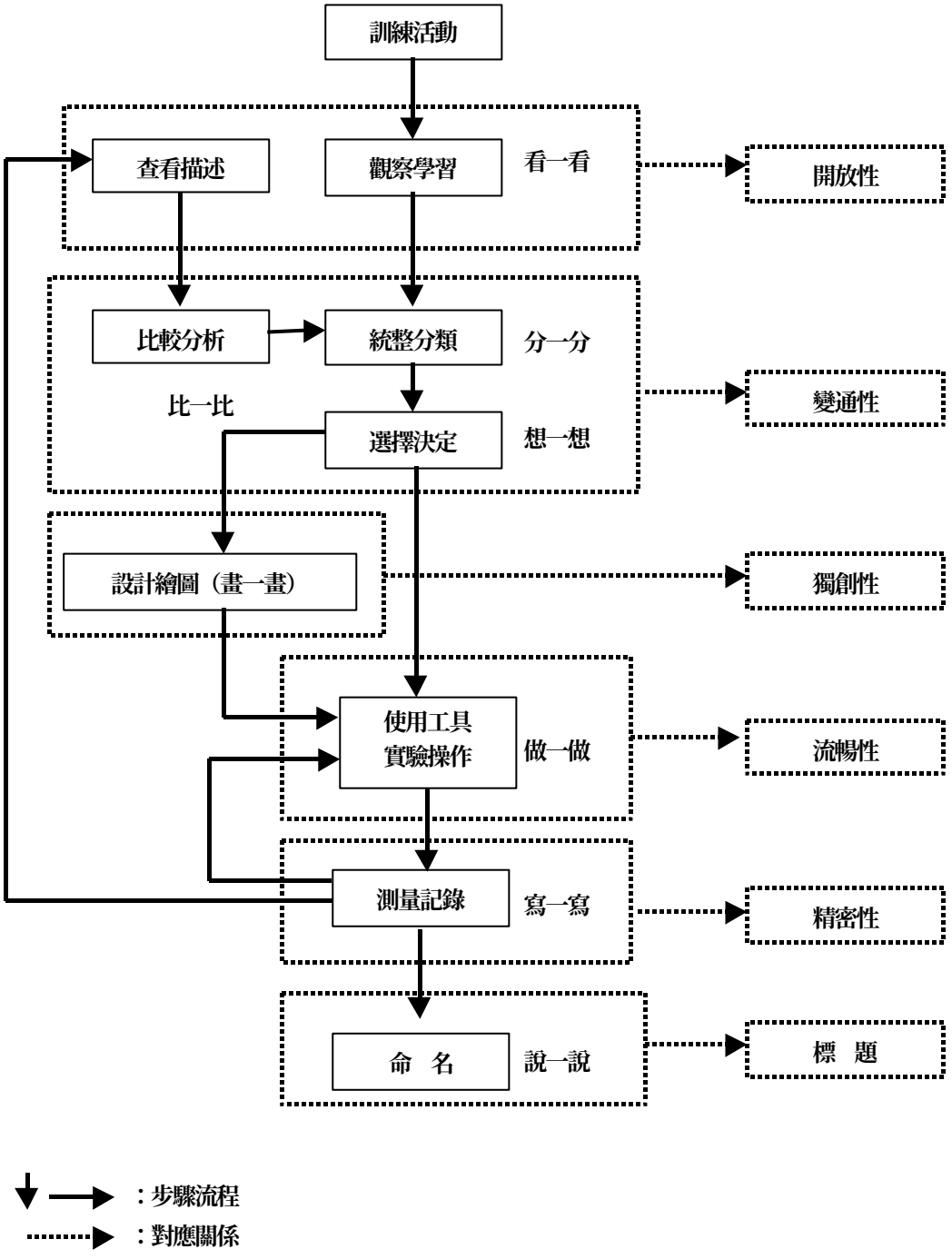

訓練活動
查看描述
觀察學習
看一看
開放性
比較分析
統整分類
分一分
比一比
選擇決定
想一想
變通性
設計繪圖（畫一畫）
獨創性
使用工具
實驗操作
做一做
流暢性
測量記錄
寫一寫
精密性
命 名
說一說
標 題
：步驟流程
：對應關係

圖 1：研究架構圖

之能力指標。第三層次是設計繪圖之技能，於國小自然科學領域屬於「畫一畫」，對應科學創造力之「獨創性」能力指標。第四層次是使用工具與實驗操作之技能，在國小自然科學領域屬「做一做」，對應科學創造力之「流暢性」能力指標。第五層次是測量記錄，在國小自然科學領域方面屬於「寫一寫」，對應到科學創造力為「精密性」之能力指標。第六層次是命名之技能，在國小自然科學領域方面屬於「說一說」，對應到科學創造力之「標題」能力指標。為闡述這六項指標與創造力之關係，筆者認為以中心（創造力）與六邊形（指標）結構如圖 2 所示，而各項指標與創造力之間又會彼此之間相互影響形成類似蜂巢狀組成一稠密之相依圖形，如圖 3。

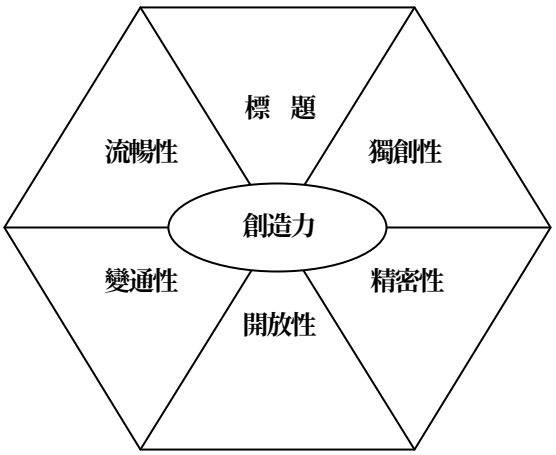


圖 2：創造力之六項特性組合

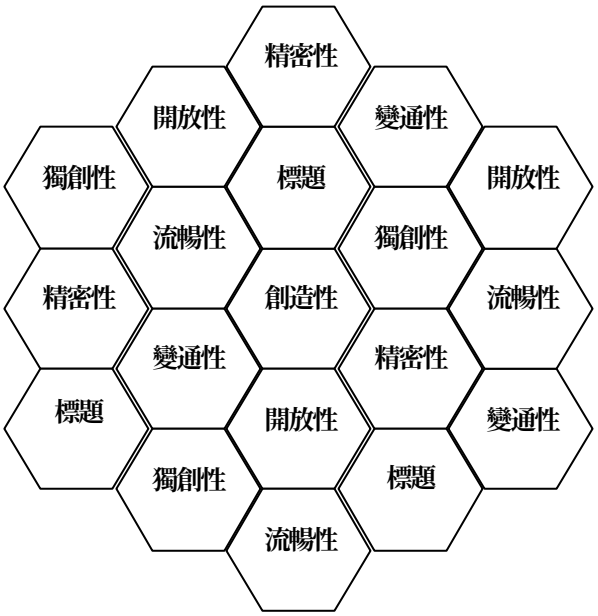


圖 3：創造力與六項特性之蜂巢結構

三、研究流程

本研究流程如圖 4 所示，主要工作項目如下：

(一)文獻蒐集：研究背景與文獻探討。

(二)規劃工作內容及進度：擬定工作計劃進度表。

(三)設計單元活動及發展評量工具：設計飛行創作與設計的活動學習單，並發展有關科學創造力與過程技能之評量。

(四)調查學生資料：先行調查學生興趣與家庭等背景。（附錄一）

(五)進行前測：使用科學創造性思考活動測驗。

(六)單元學習活動與觀察：進行科學活動過程技能之訓練，錄影拍照。（教案如附錄二；摺紙飛機活動學習單如附錄三）

(七)進行後測：使用威廉氏創造性思考活動測驗。

(八)過程技能評量：使用科學過程技能評量卷，來評量學童學習的成果。

(九)資料分析整理：各項分數統計與整理。

(十)討論、結論及報告：各項結果之討論，歸納結論與建議。

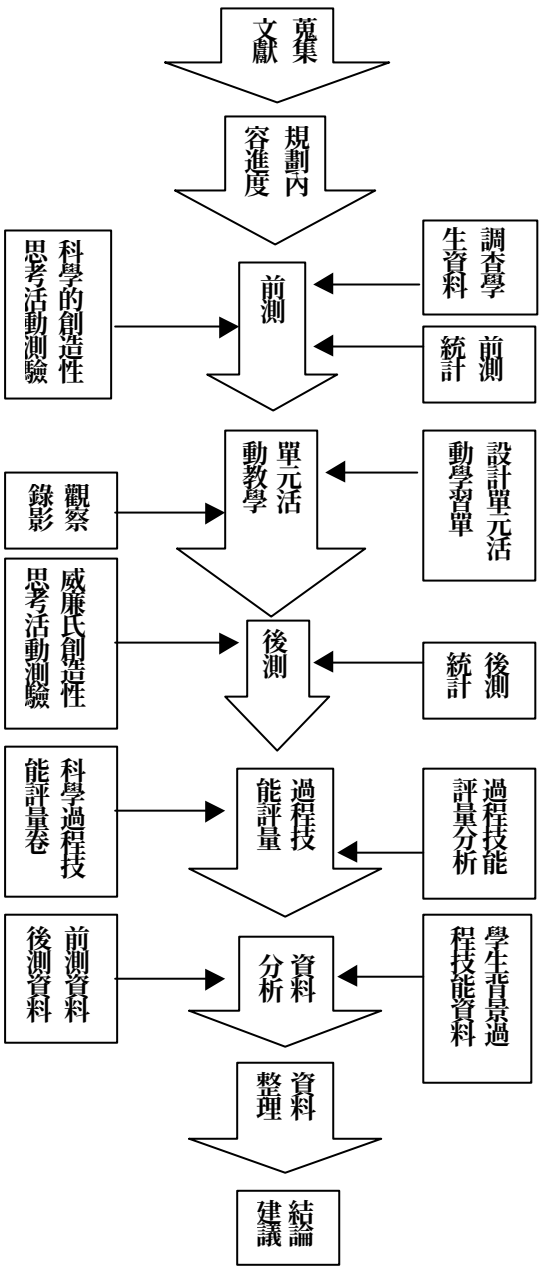


圖 4：研究流程圖

四、實驗組之教學方法

實驗組教學主要採用如附錄二之教學教案與科學創造思考活動學習單。教案中包括：單元名稱、教材來源、教材分析、學生經驗、器材，以及教學目標之單元目標與具體目標，並且說明教學活動要點，介紹教學活動、時間分配、教學資源和學習效果評量等。教案中也註明班級狀況，包含實驗國小、班級、教師、人數、時間、地點等。

教學過程分成兩部份：第一部份主要講解飛機外型及結構，並且於課堂教室中進行初步機形設計與紙飛機製作；第二部份進行教室外的實際操作為主，以完成紙飛機之變化與調整，實際進行飛行。教學實驗發展過程可分為：準備期、發展期與綜合發表期，分述如下：

(一)準備期：旨在激發學童的先備經驗，藉由觀賞鳥類與飛機的圖片，運用其看一看之感官活動，以訓練學童觀察學習之技能。

(二)發展期：由學童自由發表飛機各部位結構之看法，並且由老師進一步講解其功能，引導學童進行分一分的活動，加深其心中之印象，以訓練統整分類的技能。學童畫圖設計前應先想一想，最喜歡哪種類型的摺紙飛機，以訓練其選擇決定的技能。部份學童確定後，會使用筆和紙畫一畫，表現其設計繪圖的能力，再開始動手做一做；另部份學童則選擇馬上動手做一做。作品完成後，老師帶領學童做使用工具之測量，訓練其使用工具與實驗操作的技能。完成實驗操作之前，請學童寫一寫，將摺紙飛機主要特徵之數據記錄下來，訓練其測量記錄之技能。

(三)綜合發表期：學童如果對實驗操作與成品感到滿意，鼓勵以說一說的方式，將主要結構及其功能表現出來，並且將成品加以命名；如果不滿意，可再看一看本身的紙飛機狀況，進行再察看複驗的訓練，並且與同儕的作品比一比，試發掘他人作品的優點，尋求

自我改進，繼而訓練「比較分析」的技能。

五、研究工具信效度

本研究使用之威廉斯創造性思考活動」（林幸台等，1994a）、科學的創造性思考活動和科學過程技能評量單等三種評量研究工具簡單介紹如下：

(一)威廉斯創造力測驗

本測驗是由林幸台等人（1994a）依據F. E. Williams（1980）編製的「Creativity Assessment Pocket」修訂而成，內容為「威廉斯創造性思考活動」，其中包括12題未完成的刺激圖形，受試者利用格內已有之線條完成有意義的圖畫，並為畫好的圖取個名字。本活動在評定六種分數：流暢性、開放性、變通性、獨創性、精密性及標題，計分方法依下述原則逐項進行，首先求得原始分數後，再依受試者之年段，對照「常模對照表」換算成百分位數。

1. 流暢性：每畫出一圖給1分，最高12分。
2. 開放性：0分（封閉未加內容），1分（無封閉，封閉內有圖），2分（封閉外有圖）3分（封閉內外有圖），最高36分。
3. 變通性：將圖歸為18類，共出現幾類，即得幾分，最高可得12分。
4. 獨創性：0分（5%以上出現之圖形），1分（2-4.9%以上），2分（2%以下出現之圖形），3分（其它未列入之圖形）。
5. 精密性：0分（內部、外部左右皆對稱），1分（外部不對稱），2分（內部不對稱），3分（內外部皆不對稱）。
6. 標題：0分（未命名，只畫圖），1分（單純命名），2分（標題加內容），3分（具想像力，且名稱超越所畫內容）。

(二)科學的創造性思考活動（如附錄四）

本測驗是參考「威廉斯創造性思考活動」發展而成，參照的評分標準，在流暢性、開放性、變通性、精密性及標題等五項，計分方法如同「威廉斯創造性思考活動」；而獨創力則依照屏東縣某國小八十八學年度之學童，所測試樣本為背景，批閱方法則類似「威廉斯創造性思考活動」。

關於過程技能之訓練，主要運用飛行創作之活動，以國小學童所設計之作品為主。科學創造力特性的評量，取「威廉斯創造性思考活動」中的流暢性、開放性、變通性、獨創性、精密性及標題等六項特性之相關，形成複本信度。成績批閱流程中，亦請與創造力研究相關之專家學者審批，以取得專家效度。

六、研究對象

根據屏東縣某國小於八十八學年度，四年級上學期，兩個普通班的學生參加實驗教學，分別為實驗組四年甲班29位學生，對照組四年丙班原有32位學生，抽樣選取29位學生參與實驗，使用「科學創造力思考活動」與「威廉斯創造思考活動」兩份測驗，做為前測與後測之分數。

七、資料處理

研究過程中，列入評量的資料有三種，分別是：科學的創造性思考活動、威廉斯創造力測驗和科學過程技能評量。其中前兩項測驗為常模參照測驗（郭生玉，1996），施測完成後，先求得原始分數後，再依受試者之年段，對照「常模對照表」換算成百分位數，再採用SPSS統計軟體加以分析，分別比較創造力各項特質及總分，並求其平均數與相關性；科學過程技能評量則為標準參照測驗，根據科學單元學習活動，所能達到之精熟學習程度，採取預測樣本之分數，作為實驗組學童應達到之標準，僅計達成百分比率。評量工具分述如下：

(一)科學的創造性思考活動

測量科學創造力之六項特質，流暢性、開放性、變通性、獨創性、精密性及標題，以SPSS求出各項單項分數之平均數與六項分數總分之平均數，並計算各項分數間之相關性。本項測驗所得分數，作為科學創造力之前測分數。

(二)威廉斯創造力測驗

本項測驗所得分數，統計方式參照前測，以作為科學創造力實驗之後測分數；並與前測比較，求其分數變化與相關性。

(三)科學過程技能評量

本項測驗主要用來作為教師教授學生科學過程技能教學實驗中，各項特性所應學習到該項特性的達成率。本項之分數比率若換算成百分比，可與前二項測驗分數比較，確定科學過程技能的學習達成率，是否與科學創造力之進退步分數相關？也可進行逐項分析科學過程技能的各分項特質之學習，與學童科學創造力的六項特性間之相關。

結果與討論

筆者認為科學創造思考的能力，可以藉教學活動來啟迪與開發，這和王千倖（1999）的觀點有其共通之處。在訓練科學過程技能的教學實驗中，每個步驟和項目都有其必要性，並具備教學之特色。對於參加實驗的學童之成長和學習，科學創造力之六項特徵可用來作為評量的依據，科學創造力的分數並不足以代表未來成就之高低，卻可用來顯現對於科學過程技能之實驗教學課程，是否能用來改進傳統之教學方法，提供研發更合適實驗設計之參考。

筆者於文獻探討部分，歸納許多學者之觀點，發現學者所提的科學創造力之項目，並不一定同時出現流暢性、標題、開放性、變通性、獨創性、精密性。在這些項目中，流暢性與精密性、標題與開放性、變通性與獨創性等三組，也出現了巧妙的互補關係，其中一項表現強，會影響或抑制另一項能力的表現，反之亦然。例如，若繪圖太過於精密，則學童不容易即時完成創作，流暢性表現會受到影響；反之，繪圖簡單，則全部完成的圖畫數量增多。本研究結果統計分析顯示，在創造力評量項目中，標題、開放性、獨創性與精密性等四項特性出現較明顯之變化；而這些項目在科學過程技能的實驗與評量科學創造力的同時，也各具其值得參考之意涵，簡述如下。

一、多項平均部分

國小學童實驗組與對照組，前測、後測在科學創造力各項特性之相關性，如表1所示。實驗組前測總分，與開放性、精密性兩項呈現高度相關；而實驗組後測總分，與標題、開放性、獨創性和精密性四項呈高度相關。對照組前測總分，與開放性、精密性兩項呈現高度相關；而對照組後測總分，也與開放性、精密性兩項呈高度相關。實驗組在後測時，其流暢性全部皆為滿分，所有學童並無差別，因此SPSS統計軟體將其視之為常數，所以未列出相關係數。

表1結果顯示，創造力總分與標題、開放性、獨創性、精密性等四項呈高度相關，以下逕取此四項分數總和，當作評量創造力之主要依據。

測驗實施過程，或應考慮不同環境對學生素質之影響，例如城鄉差距與教學情境等，但本研究採用抽樣班級全部參與測驗，應可降低此等因素之影響，而且本研究之數據結果顯示，與鄭昭明（1997）與陳龍安（1999）等人所提出的研究結果相類似。

本研究中全部國小學童前測與後測四項平均值之間，呈現差異極為顯著；然而前、後測標準差並沒有顯著的改變，顯示全部的學童，在前、後測實驗成績分佈，並未有明顯的變動，

表 1：國小學童實驗組與對照組，前測、後測在科學創造力各項特性之相關性

	組　別	流暢性	標題	開放性	變通性	獨創性	精密性
前測	實驗組	0.62*	0.64*	0.88**	0.52*	0.68*	0.81**
	對照組	0.55*	0.31	0.88**	0.41*	0.59*	0.82**
後測	實驗組	—	0.84**	0.82**	-0.16	0.72**	0.80**
	對照組	0.49*	0.61*	0.81**	-0.28	0.60**	0.83**

實驗組：n1 = 29；對照組：n2 = 29

「—」：其中有一數值全部相同，SPSS 視為常數，並無差別。

「* 」：介 0.4 ~ 0.7，中相關。

「**」：介 0.7 ~ 1.0，高相關。

表 2：國小學童兩班學生前測、後測，創造力四項特性總平均與相關性

國小學童	M（SD）
兩班學生前測（n = 58）	59.77（11.59）
兩班學生後測（n = 58）	68.97（11.97）
T 值	5.62**
R 值	0.41*

實驗組：n1 = 29；對照組：n2 = 29 ， n = n1＋n2；* p < 0.05, ** p < 0.01

M：平均數，SD：標準差，R：相關係數。

表 3：國小學童實驗組與對照組，前測、後測平均數比較

國小學童	平均數	標準差	t 值
實驗組前測（n = 29）	62.04	13.14	4.65**
實驗組後測（n = 29）	73.72	11.67	
對照組前測（n = 29）	57.72	9.74	3.32**
對照組後測（n = 29）	64.66	10.67	
實驗組前測（n = 29）	62.04	13.14	-1.25
對照組前測（n = 29）	57.72	9.74	
實驗組後測（n = 29）	73.72	11.67	-3.27**
對照組後測（n = 29）	64.66	10.67	

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

如表 2 所示。值得一提的，前測與後測平均值之 Pearson 相關係數為 0.41，呈現中度相關。研究者所選取的樣本為普通班，每班約 30 人，實驗數據出現中度相關，這與林幸台等人（1994a, 1994b）提及四年級學童前、後測數值為中度相關有類似之情況，也顯示本實驗的數據，以統計部分之平均數如表 3 所示，能提供做進一步研究之參考。

表 4：科學創造力之標題，實驗組與對照組前測、後測平均數比較

標　題	平均數	標準差	t 值
實驗組前測（n = 29）	12.31	4.25	4.09**
實驗組後測（n = 29）	16.10	4.88	
對照組前測（n = 29）	12.53	1.14	4.00**
對照組後測（n = 29）	14.00	2.40	
實驗組前測（n = 29）	12.31	4.25	0.28
對照組前測（n = 29）	12.55	1.18	
實驗組後測（n = 29）	16.10	4.88	1.98
對照組後測（n = 29）	14.21	2.44	

*$p < 0.05$, **$p < 0.01$

本研究提出利用科學過程技能的訓練，來增進國小學童的科學創造力，因此設計了實驗組與對照組，讓實驗組接受科學過程技能的訓練，對照組則只與實驗組一同接受有關科學創造力的測驗。由於各有前測與後測，因此採用交叉比對之統計數據，用來檢驗其相關性。

結果發現，國小學童實驗組前後測平均值之間，呈現差異極為顯著；對照組前後測平均值之間，也呈現顯著的差異，而實驗組前後測平均值則比對照組進步較多。前測時，實驗組與對照組之平均值比較，並無顯著差異；但後測時，實驗組與對照組之平均值比較，呈現顯著的差異，實驗組平均（73.72）值明顯優於對照組之平均（64.66）。

上述的結果說明實驗組和對照組均出現進步的情形，但實驗組進步較多，此結果與熊召弟等人（1996）所提，「在科學活動中，可藉要求學生提出具創意的問題及解決該問題的方法來提昇學生的創造力」說法吻合。

二、各項平均部分

(一)標題：如表 4 所示，實驗組與對照組前後測平均值之間，差異均極為顯著，而實驗組前後測平均值，分數進步較多。但是實驗組與對照組前測平均值之間，並無顯著差異；實驗組與對照組後測平均值，差異並不明顯。顯示科學創造力之標題方面，實驗組與對照均有進步，但實驗組並未明顯優於對照組。

根據陳英豪等人（1991）認為個人只要能做正常的心智運作思考，便能發揮其創造力，但在程度上有不同的層次和表現；這見解應用在本研究中即為說一說之命名技能，相對於科學創造力應是構思寫出「標題」的能力。

本實驗於標題部分，雖然實驗組分數未明顯高於對照組，但對於標題命名之練習，能幫助學童在學習單元與動手做活動後，對於整體步驟是否完成，做最後確認之工作，因此有其必要性。

(二)開放性：如表 5 所示，實驗組與對照組前後測平均值之間，差異均極為顯著，而實驗組前後測平均值，分數進步較多。但是實驗組與對照組前測平均值之間，並無顯著差異；實驗組與對照組後測平均值，差異也不明顯。換言之，科學創造力之開放性方面，實驗組與對照均有進步，但實驗組並未明顯優於對照組。

開放性與標題之結果類似，實驗組與對照組同時進步，卻未達到筆者預估實驗組應該優

於對照組之期望。但誠如洪振方（1998）所提的見解，「以發散性思考方式解決問題，這正是創造過程中實現創新的中心部分，也是科學創造力實驗所必備的精神所在」，因此筆者認為這應可再以較多元化的教材設計，做更進一步之研究。

(三)獨創性：如表 6 所示，實驗組與對照組前後測平均值之間，均無顯著差異。實驗組與對照均沒有進步。科學創造力獨創性之前、後測平均分數差異不明顯，原因之一應為前測與後測實驗之時間不夠長所造成。兩次科學創造力測驗施測之時間，前後相距未達兩個月，學童於期間所接受的科學過程技能訓練，較不足造成對科學創造力之獨創性產生明顯的影響。原因之二是科學過程技能的反覆訓練，或造成學童的精熟學習，受到精熟學習模式的影響，因而降低了獨自創造發展的能力。原因之三是本實驗研究之獨創性評分方式是採計「威廉斯創造性思考活動」（林幸台等，1994a, 1994b）之評量方式，對於 95％以上學童繪畫出現的圖形，都視為類似（亦即獨創性低），因此獨創性之評量分數不容易出現明顯差別。

(四)精密性：如表 7 所示，國小學童科學創造力之精密性方面，實驗組於前後測平均值之間，差異極為顯著；而對照組前後測平均值，並無顯著差異。但是實驗組與對照組前測平均值之間，並無顯著差異；實驗組與對照組後測平均值，則差異極為顯著。換言之，在精密性這項目，對照組並沒有明顯進步，實驗組則出現明顯進步，實驗組結果明顯優於對照組。

表 5：科學創造力之開放性，實驗組與對照組前、後測平均數比較

開放性	平均數	標準差	t 值
實驗組前測（n = 29）	18.83	4.47	5.94**
實驗組後測（n = 29）	23.90	3.06	
對照組前測（n = 29）	17.813	4.69	5.33**
對照組後測（n = 29）	22.41	4.38	
實驗組前測（n = 29）	18.83	4.47	0.60
對照組前測（n = 29）	18.10	4.79	
實驗組後測（n = 29）	23.90	3.06	1.43
對照組後測（n = 29）	22.55	4.42	

*$p < 0.05$, **$p < 0.01$

表 6：科學創造力之獨創性，實驗組與對照組前、後測平均數比較

獨創性	平均數	標準差	t 值
實驗組前測（n = 29）	12.59	4.01	0.78
實驗組後測（n = 29）	11.97	3.36	
對照組前測（n = 29）	9.94	3.14	0.03
對照組後測（n = 29）	9.91	4.31	

*$p < 0.05$, **$p < 0.01$

表 7：科學創造力之精密性，實驗組與對照組前、後測平均數比較

精密性	平均數	標準差	t 值
實驗組前測（n = 29）	18.31	4.54	4.13**
實驗組後測（n = 29）	21.76	2.90	
對照組前測（n = 29）	17.44	4.02	1.13
對照組後測（n = 29）	18.34	3.52	
實驗組前測（n = 29）	18.31	4.54	0.90
對照組前測（n = 29）	17.41	4.18	
實驗組後測（n = 29）	21.76	2.90	4.13**
對照組後測（n = 29）	18.38	3.67	

*$p < 0.05$, **$p < 0.01$

陳龍安等人（1989）之研究，頗強調精密性為科學創造力的重要項目之一。筆者分析國內外許多學者的觀點與本實驗結果後發現，精密性應為科學過程中重要的一環，尤其國內教育較重視學科成績，學童對於書寫練習與記事的方式較多著墨。本研究在架構中也說明測量記錄是一項重要的科學過程技能，學童能運用寫一寫的基本技能達成目標，也因此經過科學活動之練習後，出現明顯之進步。

值得一提的，科學創造力中精密性表現的方式，藉由「威廉斯創造性思考活動」與「科學的創造性思考活動」兩種活動中繪畫圖形來評量，評分高低主要正比於其精確、細緻、和複雜之程度。精密性分數較高者，也顯示其科學過程技能之測量記錄發揮了增長之作用。相對的，對照組較缺乏實驗過程之訓練，因此前、後測之差異不明顯，也顯示出科學過程技能的訓練對科學創造力有其影響。

結論與建議

一、結論

本研究以科學活動中應用之過程技能，藉助飛行創作與設計的活動學習單，將自然科與美勞結合，希能達成創造性思考，以幫助國小學童培養其科學創造力。實驗組之教學內容具推廣之普遍性（註 2），可提供教學之參考。

從本研究之流程，可歸納之結論如下：

(一)國小學童經科學過程技能的訓練之後，科學創造力可用流暢性、變通性、精密性、獨創性、開放性、標題等能力指標來評量。

(二)本研究中之科學創造力之統計總分與標題、開放性、獨創性、精密性等四項有直接的相關，因此以此四項分數總和作為科學創造力統計之依據。

(三)全部參與實驗研究之國小學童前測與後測四項特性總平均和之間，各呈現顯著差異，顯示全部學生成績均有明顯的進步。

(四)前測與後測平均值之 Pearson 相關為 0.41，呈現中度相關。經參考「威廉斯創造力測驗指導手冊」，顯示國小中年級學童測驗分數之相關性偏低，因此結果應屬合理。

(五)國小學童實驗組與對照組，在後測之成績相對於前測，均有進步；而實驗組前後測平均值則比對照組進步較

多。實驗組與對照組之前測平均值比較，分數相近；在後測時，實驗組平均值明顯高於對照組。

(六)國小學童創造力之標題方面，實驗組與對照組之後測分數平均值均有進步，而實驗組分數進步較多。但是實驗組後測平均值與相對於對照組沒有達成統計之顯著標準。

(七)國小學童創造力之開放性方面，實驗組與對照均有進步，但實驗組並未明顯優於對照組。

(八)國小學童創造力之獨創性方面，實驗組與對照組前後測平均值之間，均無顯著差異。實驗組與對照組均沒有進步。

(九)在國小學童創造力之精密性後測方面，對照組後測沒有顯著之進步，實驗組後測分數則有明顯的進步，因此實驗組增長優於對照組，這也是在科學創造力之六項特性中，最具有明顯增進的一項。

二、建議

(一)本研究中，「性別」未列入考量，或可再加以探討。

(二)本實驗研究以「威廉斯創造性思考活動」為後測，參照其型式發展而成的「科學的創造性思考活動」為前測，或有精熟學習的作用影響後測於「獨創性」與「變通性」的表現。若將施測次序互換或能使實驗更具有測驗科學創造力之意涵。

(三)本研究對象目前侷限於屏東縣立某國小學童，或可採取隨機抽樣的方式，選取較大範圍學童樣本，使研究結果能更普及應用。

(四)科學過程技能之養成並非一蹴可幾，應需持之以恆；若能從國小學童做起，應可培養訓練出具有科學創造力之國民。

(五)筆者再強調應重視學生學習的過程，「學習如何學」比「學什麼」來得重要。換言之，重視學習過程中的評量，或目前所謂之「多元評量」，筆者樂見其成。

(六)獨創性之評量分數不容易出現明顯差別，筆者將於進一步的研究（註 3）中予以改進，提出較確實評量計算分數之方式。

(七)科學創造力的分數並不等於未來之成就，然試以科學過程技能進行培育，或能改進教學方法，繼而開發更合適之實驗設計。

誌　謝

本研究承蒙行政院國家科學委員會專題研究計畫補助經費（計畫編號 NSC 88–2591-S-153-005），整合型計劃總主持人-林顯輝教授與共同主持人樊琳教授大力協助。研究初步成果曾於九十年度師範論文發表會中口頭報告，並承郭重吉教授與張惠博教授評論指正；加上論文評審委員提供許多卓見與指正，特此致謝！

附　註

註1：圖1 的研究架構中，使用黑色實心箭號是表示實驗的步驟流程項目，黑色虛線箭號則表示，實驗項目對應到科學創造力的六項能力指標，呈現相對應之關係，可用來在前測與後測，反應出科學創造力之程度高低，其評量結果更可藉由 SPSS 統計程式，計算科學創造力六項能力指標改變與相互之關連（correlation）。

註 2：本實驗研究之教學方法，曾經屏東縣東海國小自然老師之肯定與贊同。

註 3：筆者之一目前擔任國科會計畫「以科學過程開發國中小學生科學創造力，NSC 91-MOE-S-153-002-X3」共同主持人。

參考文獻

1. 王千倖（1999）：「合作學習」和「問題導向學習」–培養教師及學生的科學創造力。教育資料與研究, **28**, 31-39。
2. 王克先（1987）：學習心理學。台北：桂冠圖書公司。
3. 王澄霞和謝昭賢（1998）：STS 活動中共同創造以促進創造力之設計：水果電池。科學教育學刊, **6**(2), 169-189。
4. 毛連塭、郭有遹、陳龍安和林幸台（2000）：創造力研究。台北市：心理出版社。
5. 江新合和唐偉成（1999）：開發科學創造力的V-Map 教學策略實徵研究。科學教育學刊, **7**(4), 4367-391。
6. 李大偉和張玉山（2000）：科技創造力的意涵與教學（上）。生活科技教育, **33**(9), 9-16。
7. 李堅萍（1998）：如何調整教學策略增益學童美科學的創造力。研習資訊, **15**(1), 85-88。
8. 李賢哲（1999）：國小學童科學創造力特性及開發人格特質之研究。國科會研究報告。NSC87- 2511-S-153-018。
9. 李賢哲、李彥斌和樊琳（2001a）：從科學活動過程技能中培養國小學童科學創造力。九十年度師範院校論文集，第二輯，頁 993-1011。台中市：國立台中師範學院。
10. 李賢哲（2001b）：以動手做（DIY）工藝的興趣培養中小學童具科學創造力之人格特質。科學教育月刊, 243, 2-7。
11. 林幸台和王木榮（1994a）：威廉斯創造力測驗。台北市：心理出版社。
12. 林幸台和王木榮（1994b）：威廉斯創造力測驗指導手冊。台北市：心理出版社。
13. 林顯輝（1992）：依科學教育目標分析科學教科書之方法。教育研究法學術研討會論文集，頁 80-103。屏東市：國立屏東師範學院。
14. 洪文東（1994）：國小兒童趣味性科學實驗設計研究。教育部八十三會計年度中小學科學教育計劃專案, **14**。
15. 洪文東（1999）：科學的創造發明與發現。台北市：台灣書店。
16. 洪振方（1998）：科學創造力之探討。高雄師大學報, **9**, 289-302。
17. 柳秀蘭（1994）：創造四P。創造思考教育, **6**, 10-14。
18. 原孝怡（1980）：科學過程技能編序教材編製研究。台南市：台南師範專科學校。
19. 馬勝利、叢莉、高毅和劉玉俐譯（1992）（沙布爾 拉塞克和喬治 · 維迪努原著）：教育發展的趨勢。台北市：五南圖書出版公司。
20. 教育部（1998）：國民中小學九年一貫課程暫行綱要。台北市：教育部。
21. 陳正昌、孫志麟、鄭明長、陳秀碧、樊雪春、劉子鍵和郭俊賢（1996）：教學設計原理。台北市：五南圖書。
22. 陳英豪、吳鐵雄和簡真真編著（1990）：創造思考與情意的教學。高雄市：復文出版社。
23. 陳英豪、何華國和吳昆壽（1991）：美勞科創造思考教學方案對國小普通班兒童創造思考能力及美勞科成績之影響。特殊教育與復健學報, **2**, 181-204。
24. 陳淳（1994）：創意的摺紙活動。創造思考教育, **6**, 18。
25. 陳淑娟（1991）：創造性問題解決訓練課程高中學生創造能力、科學能力及科學相關態度的影響。國立台灣師範大學教育心理與輔導研究所研碩士論文（未出版）。
26. 陳龍安（1984）：創造思考教學的模式。台

北市江華國小教師研究專輯, 1-13。
27. 陳龍安（1989）：創造思考教學的理論與實際（三版）。台北市：心理出版社。
28. 陳龍安（1999）：國小科學資優學生創意潛能研習方案實施成效之研究。創造思考教育, **9**, 42-53。
29. 許榮富（1991）：從科學、技學與社會的整合談科學教育的未來發展。教師天地, **52**, 24-31。
30. 郭生玉（1996）：心理與教育測驗（十版）：台北市：精華書局。
31. 張玉成（1984）：教師發問技巧及其對學生創造思考能力影響之研究。教育計畫叢書之七十七。台北市：教育部。
32. 張玉成（1993）：思考技巧與教學。台北市：心理出版社。
33. 張祖忻、朱純和胡頌華（1995）：教學設計—基本原理與方法。台北市：五南圖書。
34. 張俊彥和翁玉華（2000）：我國高一學生的問題解決能力與其科學過程技能之相關性研究。科學教育學刊, **8**(1), 35-55。
35. 黃武雄（1995）：我們希望孩子長大成什麼樣子？載於蕭志強譯：創造活動與兒童：御茶水女子大學附屬小學主題教學課程（pp.1-17）。中和市：光佑文化。
36. 黃達三（1992）：科學／技學／社會（STS）和小學教育。國教月刊, **38**, 23-36。
37. 國科會（2001）：九十年度「國科會與教育部合作之目標導向研究計畫」邀請書。台北市：行政院國家科學委員會。
38. 熊召弟、王美芬、段曉林和熊同鑫譯（1996）：科學學習心理學（**The psychology of learning science**）, Glynn, S. M., Yeany, R. H., & Britton, B. K.原著。台北市：心理出版社。
39. 蔡東鐘（1994）：創造性思考策略及其在技學教學上的運用。創造思考教育, **6**, 25-32。
40. 樊琳和李賢哲（2001）：小小基因工程師—一個國小／國中科學創造思考教學之教案實例。科學教育月刊, **237**, 61-64。
41. 鄭昭明(1997)：什麼是創造力。臺大校訊, **4**版。
42. 鍾協衡（2000）：對技藝教育方案學生實施創造思考教學必要性之探討。創造思考教育, **10**, 39-44。
43. 鄧美雲和周世宗（2000）：繪本創作 **DIY**。台北市：雄獅美術。
44. 魏明通（1987）：科學探究教學法。台北市：大中國圖書公司。
45. AAAS (1970). Commission on science education, science process instrument, experimental education, Washington, DC: Author.
46. Aihara, K. (1998). Enhancing creativity through reorganizing mental space concealed in a research notes stack. *Knowledge-Based Systems*, *11*, 469-478.
47. Akin O., & Akin C. (1998). On the process of creativity in puzzles, inventions, and designs. *Automation in Construction*, *7* (2-3), 123-138.
48. Clark, B. (1992). *Growing up gifted: Developing the potential of children at home and at school, 4th ed.* New York: Maxwell Macmillan International
49. Davis, G. A. (1986). Creativity is forever. Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company.
50. Gagne, R. M. (1985). *The conditions of learning* (4th ed.). New York: Holt, Rinehart and Winston.
51. Greeno, J. G. (1978). A study of problem solving. In R. Glaser (Ed.), *Advance in instructional psychology*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
52. Harms, H., & Yager, R. E. (1981). What research says to the science teacher (Vol. 3), Washington, DC: National Science Teachers Association.
53. Hurd, P. D. (1989). Science education and the

nation's economy. In A. B. Champagne, B. E. Lovitts, & B. J. Calinger (Eds.), *This year in school science*: *Scientific literacy*. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science.

54. Jiang, Z. M. (2000). Science in China. *Science*, 288, 2317.
55. Kazanjian, R. K., Drazin, R., & Glynn, M. A. (2000). Creativity and technological learning: the roles of organization architecture and crisis in large-scale projects. *Journal of Engineering and Technology Management, 17*, 273-298.
56. Middleton, J. L. (1991). Student-generated analogies in biology. *The American Biology Teacher, 53*(1), 42-46.
57. Padilla, M. J., & Padilla, R. K. (1986). *Thinking in science: The science process skills*. (ERIC document Reproduction Service No.ED277549)
58. Resnick, L. B., & Wirt, J. G. (1996). *Linking school and work: Roles for standards and assessment*. San Francisco: Jossey-Bass.
59. Rhodes, M. (1961). An analysis of creativity. *Phi Delta Kappan, 42*, 305-310.
60. Tiedt, I. M., Carlson, J. E., Howard, B. D., & Watanabe, K. S. O. (1989). *Teaching thinking in K-12 classroom: Ideas, activities, and resources*. Boston: Allyn & Bacon.
61. Torrance, E. P. (1972). Can we teach children to think creatively? *Journal of Creative Behavior*, *6*, 114-143.
62. 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)
63. Wiles, J., & Bondi, J. (1980). Teaching for creative thinking in the intermediate grades. *A Journal on Gifted Education*, *3*(1), 4-6.
64. Wiles, J., & Bondi, J. (1981). *Skills clusters for creative thinking activity book*. Wiles, Bondi and Associates.
65. Williams, F. E. (1979). Assessing creativity across Williams' CUBE model. *Gifted Child Quarterly*, *23*, 748-756.
66. Yager, R. E. (1989). Toward quality textbooks to match science education goal. In T. P. Sachse (Ed.), Science education occasional paper series, (No.12). Sacramento, CA.
67. 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.
68. Yager, R. E. (1994). Science / Technology / Society as reform. Science Education Center, The University of Iowa, Iowa City, Iowa, U. S. A.
69. Young, T. M. (2000). Aircraft design education at universities: Benefits and difficulties. *Aircraft Design*, *3*(4), 207-216.

附錄一：學生興趣與家庭背景調查表

各位小朋友：

你好！這並不是一份考試卷，別緊張!老師希望你可以很用心的來寫這份問卷，充分的把你自己的想法寫下來，不用擔心你的答案對不對，或與別人一樣，因為它並沒有標準答案，請將答案寫在空格_____裡面，所以請你放鬆心情寫就可以啦！謝謝你的合作！

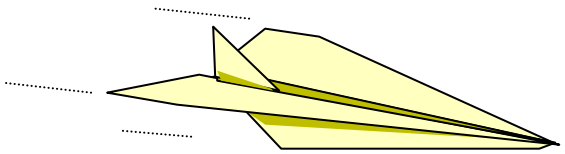
姓名：_____　性別：_____　時間：民國_____年_____月_____日

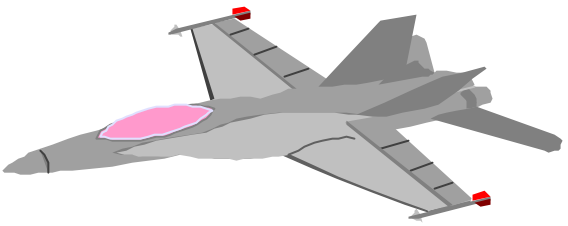
學校：_____國小　班級：_____年_____班　座號：_____

父母職業：父 _____　家中排行：_____

母 _____

父母管教方式：_____1.嚴格 2.民主 3.自由放任 4.其他 _____





1.我常看的科學雜誌、書，有_____

2.我常看的有關飛行的節目有_____

3.我認識的人中，有人從事飛行工作或做過模型飛機嗎？1.有 2.沒有

_____

4.我曾經玩過一些會飛的玩具（可以畫圖表示）嗎？　1.有 2.沒有

例如：

_____

5.我對飛行的感覺是：_____

6.我知道的各種飛行場所有：_____

_____

我的飛機或直昇機知識

7.我看到或聽到有關飛機或直昇機的消息，我會注意嗎？ 1.會 2.不會

例如：_____

8.我知道飛機或直昇機的一些功能嗎？ 1.我知道 2.我不知道

飛機：_____

直昇機：_____

9.我知道飛機或直昇機會飛,因為有翅膀或其他構造嗎？ 1.是 2.不是

飛機：_____

直昇機：_____

10.我會畫飛機或直昇機的構造

11.我認為飛機或直昇機是否有扁扁平平的翅膀嗎？ 1.有 2.沒有

原因：_____

12.我認為飛機或直昇機飛行需要一組或兩組翅膀呢？ 1.一組 2.二組

飛機：_____

直昇機：_____

小小飛機或直昇機專家

13.**我知道飛機或直昇機會產生氣流嗎？（白努力定理）** 1.**會** 2.**不會**

原因：_____

14.**我覺得重量大小會影響飛機或直昇機的飛行嗎？** 1.**會** 2.**不會**

原因：_____

15.**我認為飛機或直昇機如果沒有翅膀，還能飛嗎？** 1.**會** 2.**不會**

原因：_____

16.**我認為地心引力會影響飛機或直昇機的飛行嗎？** 1.**會** 2.**不會**

原因：_____

17.**我認為還有什麼因素會影響飛機與直昇機的飛行嗎？** 1.**有** 2.**沒有**

原因：_____

18.**我知道還有其他更多飛行器嗎？**1. _____ 2. _____

3. _____ 4. _____ 5. _____ 6. _____

19.**如果我是飛機或直昇機專家，你會把它設計成什麼樣子與功能？**

用圖表示：

功能：1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____

哇!時間過的真快，這份問卷已經到這結束了，非常感謝你（妳）的熱情贊助！

祝您　　學業進步

屏師創造力研究小組　　**李賢哲　陳怡伶　甘可齊　李彥斌　敬上**

附錄二：教學方法

單元名稱	小小飛機創造師	國小	烏龍國小	人數	29 人
教材來源	國科會：國小科學創造力特性及開發之研究	班級	四年甲班	時間	80 分鐘
		教師	李彥斌	地點	自然教室
教材分析	1.藉由科學實驗活動，啟發並探討國小學生之科學創造力。 2.國小學生經過科學過程技能教育，能提升其科學創造力。				
學生經驗	1.觀察過真實飛機或飛機模型或鳥類飛行。 2.玩過摺紙飛機的遊戲或放風箏的遊戲。				
器材	圖片、模型、紙張、直尺、細線、刀片、膠帶、天秤、手錶				

教學目標	單元目標	具體目標
	1.了解飛行的意義。	1-1 可以說出鳥類飛行的方式。 1-2 能夠舉例說明飛行或滑翔的例子。
	2.認識飛機的構造。	2-1 至少說明三樣飛機的構造。
	3.熟悉飛機的摺紙方式。	3-1 能夠畫出飛機基本外型。 3-2 正確完成摺紙飛機。
	4.了解飛機的基本性能。	4-1 正確利用線找出飛機的重心。 4-2 可以正確調整修正翅膀厚度。 4-3 正確記錄摺紙飛機各項特徵之數據。
	5.變化摺紙飛機的造型。	5-1 自行完成不同造型的飛機並命名。

教學活動要點	第一節	講解飛機外型及結構	第二節	變化摺紙飛機完成飛行

教學目標		教學活動	時間分配	教學資源	學習效果評量
單元目標	具體目標				
1.了解飛行的意義。	1-1 可以說出鳥類飛行的方式。 1-2 能夠舉例說明飛行或滑翔的例子。	(1) 第一節 一、準備活動： 1.給予鳥類圖片欣賞。 2.舉例說明鳥類飛行的方式。 3.給予飛機圖片欣賞。 4.舉例說明飛機飛行的方式。	2 分 3 分 2 分 3 分	圖片 模型	至少說出一項鳥類特徵。

		二、發展活動：			
2.認識飛機的構造。	2-1 至少說明三樣飛機的基本構造。	5.請小朋友自由發表飛機 各部位結構的名稱。	5 分	模型	至少說出一項飛機特徵。
		6.老師說明飛機各部位結構的功能。	5 分	黑板粉筆	
3.熟悉飛機的摺紙方式。	3-1 能夠畫出飛機的基本外型。	7.請小朋友在紙上畫出飛機的外觀結構。	10 分	紙張直尺	至少畫出主軸及翅膀。
		8.老師挑出幾位小朋友的飛機圖形，加以講解。	5 分		
	3-2 正確完成摺紙飛機。	9.請小朋友開始製作摺紙飛機模型。	5 分	紙張直尺	馬上動手製作。
		(2) 第二節			
4.了解飛機的基本性能。	4-1 正確利用手指與細線找出飛機的重心。	10.請學生先用手測試飛機模型前後左右的重心。	5 分		飛機能前後左右平衡。
		11.請學生再用線支撐測試飛機模型的重心。	7 分	細線	
	4-2 可以正確調整修正翅膀寬度與厚度。	12.請學生利用刀片、膠帶將摺紙飛機翅膀改良成有利飛行的長寬與厚度。	8 分	刀片膠帶	翅膀可以加工至少一樣。
	4-3 正確記錄摺紙飛機各項特徵之數據。	13.請學生正式記錄摺紙飛機重量、長度、寬度、飛行時間與飛行距離。	5 分	天秤直尺手錶	記錄二項特徵以上之數據。
		三、綜合活動：			
5.變化摺紙飛機的造型。	5-1 自行完成不同造型的飛機並命名。	14.請學生一自己的想像，自行創造完成心中最佳的摺紙飛機。	7 分	摺紙模型	完成完整的摺紙飛機模型。
		15.拿著摺紙飛機至室外試飛。	3 分		至少飛行 3 公尺。
		16.將重要構造及功能特徵表達出來，並且加以命名。	5 分		至少說出一項特徵與飛機名字。

附錄三：摺紙飛機活動學習單

小小工程師－成長學習記錄單

時間：　年　月　日

班級：　座號：　組別：　工程師姓名：

✧ 親愛的小朋友，你們應該都看過飛機吧！但是你有沒有動手畫過飛機呢？現在能不能動手簡單的畫出一架飛機。

現在我們來練習摺會飛的紙飛機吧！簡單記錄下列問題。

✧ 第一步：你選擇哪一種紙張？_____

_____

_____。

✧ 第二步：記錄你使用了哪些材料和工具？_____

_____

_____。

✧ 第三步：你在飛機上加了或畫了什麼東西嗎？_____

_____

_____。

✂✂✂✂✂✂✂✂✂✂✂✂✂✂✂✂✂✂✂✂

⇩⇩⇩⇩⇩⇩⇩⇩⇩⇩⇩⇩⇩⇩⇩⇩⇩⇩⇩⇩⇩⇩⇩⇩

✧　第四步：你怎麼摺紙飛機呢？簡單畫畫看。

(1)	(2)
(3)	(4)

✧　第五步：你的飛機飛行多遠？時間多久呢？_____

_____

_____。

✧　第六步：你最欣賞誰做的紙飛機？_____

他的優點：_____

_____。

你的優點：_____

_____。

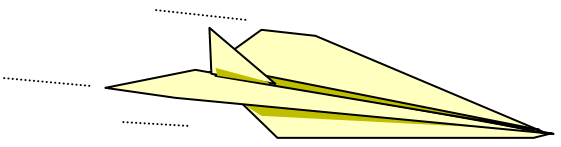
✧　第七步：你會如何改進呢？_____

_____

結果如何：_____。

希望對你們有所幫助,

謝謝合作！



屏師創造力研究小組　　李賢哲　李彥斌　敬上

附錄四：科學的創造性思考活動

科學的創造性思考活動

填寫時間：民國 89 年_____月_____日

學校：_____ 國小班級：_____年_____班

姓名：_____ 座號：_____ 性別：_____

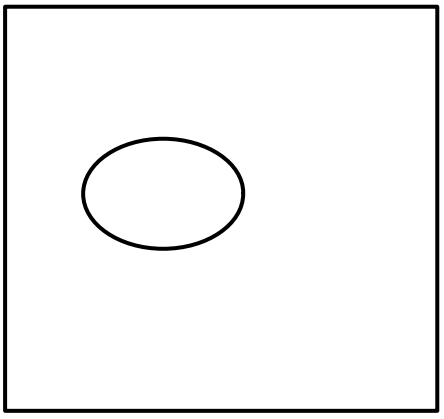
生日：民國_____ 年_____ 月_____日

各位小朋友，這個活動是要幫助瞭解你關於科學方面的創造能力，以及對飛行的感想。

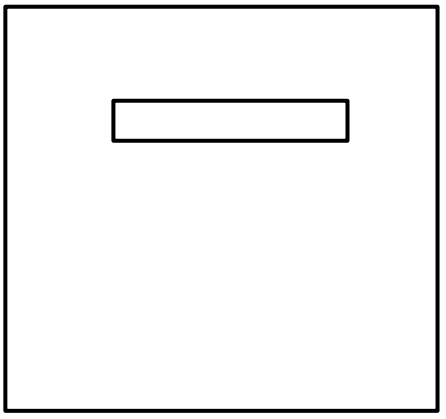
以下總共有十二幅圖形，請發揮你的想像力，在方格中畫出跟飛行有關的事物，同時在圖的下面加上你喜歡的標題。

在歷經過小小工程師的飛行創作後，希望這個課程對你的科學創造力之提昇有所幫助。

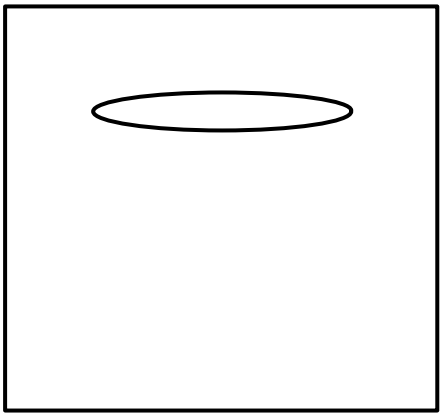
活動設計者：李賢哲、李彥斌



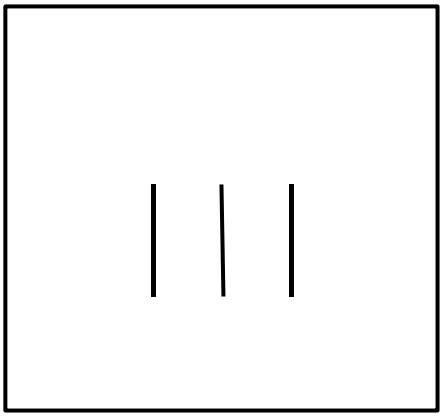
1. _____



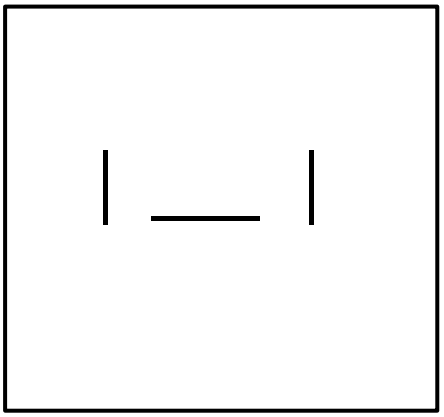
2. _____



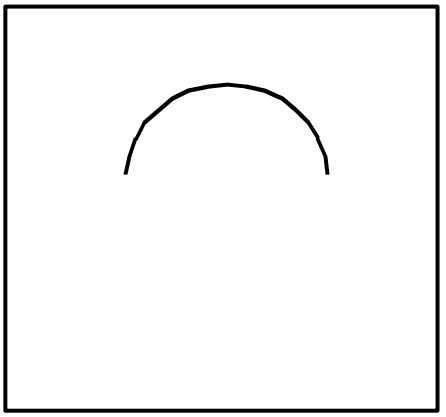
3. _____



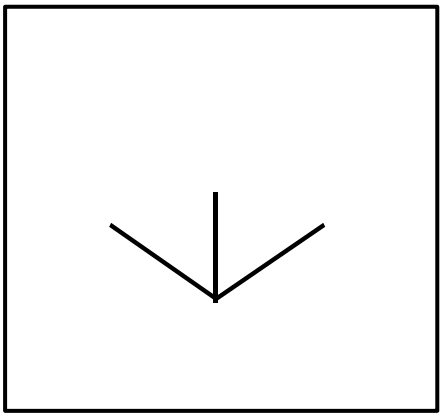
4. _____



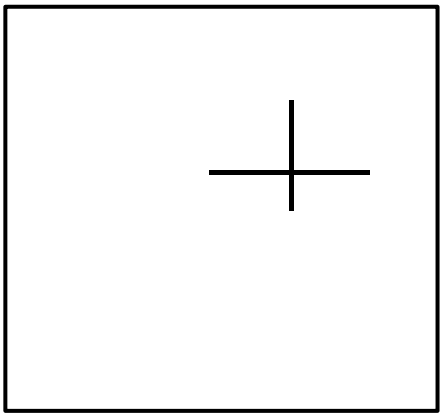
5. _____



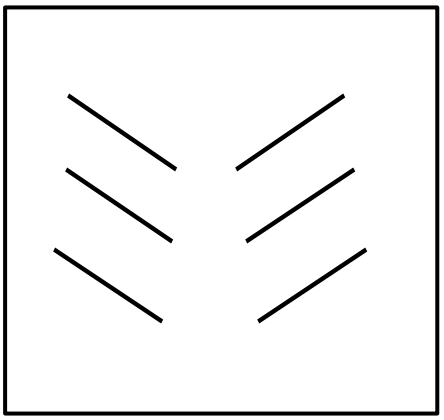
6. _____



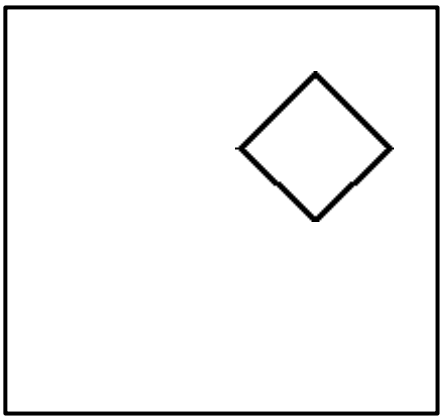
7. _____



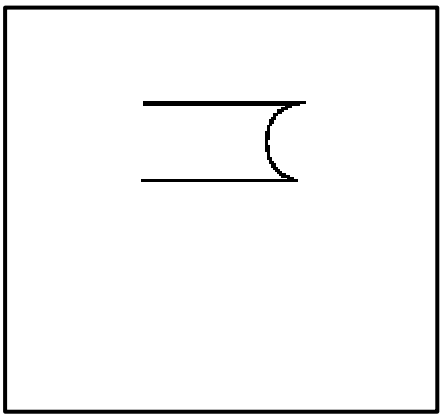
8. _____



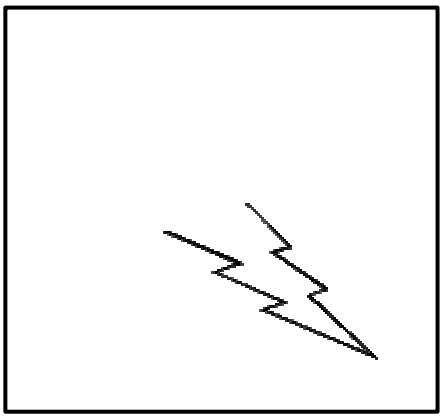
9. _____



10. _____



11. _____



12. _____

On Scientific Process Skill Training to Primary School Students' Scientific Creativity

Shyan-Jer Lee*[1] and Yen-Bin Lee[2]

*[1]Department of Natural Science Education, National Pingtung Teachers College, Pingtung, Taiwan 900

[2] Wu-Long Primary School, Pingtung County, Taiwan

Abstract

One of the main goals of our current science education is to increase everyone's scientific literacy and creativity. With that happening, national competence could be enhanced. Also, it is believed that one's scientific creativity can be developed in his or her childhood. The research found out how a hands-on curriculum, scientific process skill training, creativity activities and assessment tool design could develop and uplift primary school students' creativity. Ten scientific process skills consisted of observing, summarizing, selecting, designing and drawing, tool applying, experiment operating, measuring, depicting, comparing and analyzing, and naming. Students' scientific process skills were evaluated via a test designed by the researchers. Scientific creativity, which is mainly composed of openness, flexibility, originality, fluency, precision and entitling, was assessed with William's Creativity Assessment. The researchers found that, after given the scientific process skill training, students' average score of scientific creativity raised, especially in precision. Therefore, it was inferred that scientific creativity can be improved by conducting on students scientific process skill training.

Key words: Scientific Creativity, Scientific Process Skill, Elementary Students, Hands-On, Assessment Tools.