

科學玩具遊戲教學對國小五年級學生 學習成效之研究

賴慶三^{1*} 王錦銘²

¹ 國立臺北教育大學自然科學教育學系

² 臺北市太平國小

*clai@tea.ntue.edu.tw

(投稿日期：2009.9.24；修正日期：2009.10.20；接受日期：2009.11.6)

摘 要

本研究之目的旨在探討科學玩具遊戲教學對國小五年級學生科學學習成效的影響。實驗組實施科學玩具遊戲教學，對照組進行一般教學。研究工具包括：「空氣與燃燒學習成就測驗」、「力與運動學習成就測驗」、「科學過程技能測驗」和「科學態度量表」等。研究工具的信度分別為 .73、.72、.79 和 .94；效度則經三位教育大學教授完成專家效度考驗。研究的主要發現包括：(1) 科學學習成就：實驗組學生在兩個單元的科學學習成就表現，皆顯著優於對照組；(2) 科學過程技能：實驗組學生在全測驗及五個分測驗的得分皆高於對照組，其中全測驗及「觀察」及「傳達」等分測驗並達顯著差異；(3) 科學態度：在全量表及四個分量表的得分，實驗組學生皆顯著優於對照組。

關鍵字：科學玩具遊戲教學、科學過程技能、科學態度、科學學習成就

壹、緒論

如何促進學生科學素養的提升，是當前推展科學教育的重要目標。黃郁文（1972）指出，玩具是一種教育的工具，是科學世界的縮影，玩具是啟發兒童智慧不可缺少的重要工具。其次，有不少的科學玩具本來就是科學家為了展示科學原理而發明的，余岳川（2003）強調，科學玩具非常適合用來當作自然、物理或化學的教具，以探究科學操作原理，並可用來探究基本科學定律。藉由科學玩具的把玩可以幫助學童獲取科學知識，利用科學玩具來進行教學，可以讓學童在快樂中學習科學原理（方金祥，2009；方金祥、劉奕萱，2007；Harlan & Rivkin, 2004; Sarquis, Sarquis, & Williams, 1995）。許多研究發現玩具可以提供學童很好的科學探究體驗與學習，並能增進孩童在認知、情意、技能、語言的學習（方金祥，2009；方金祥、劉奕萱，2007；Eisert & Lamorey, 1996; Gutfried, 1986; Kelly, 2002）。另外，Piaget (1962) 指出，遊戲乃是操作外在世界以使其符合個體現有組織化基模的一種方法，它不但是兒童認識外界的方式，也是兒童認知發展的指標。Vygotsky (1976) 並認為，遊戲可直接促進兒童的認知發展。許多研究發現，遊戲教學可以促進學童良好的身心發展與科學探究體驗，能提升孩童在認知、情意、技能、語言等層面的發展與成長 (Eisert & Lamorey, 1996; Frost, 1992; Gutfried, 1986)。陳忠照（2003）歸納，科學遊戲教學提供兒童在自發性的科學活動中，增進兒童發現的喜悅和創造性的思考，並培養兒童對人對物的尊重態度。

因此，在科學教學活動過程，如果教師能以學生既有之背景知識為基礎，扮演支持、導引和擴展的角色，營造適當的學習情境，透過科學玩具與科學遊戲引導學生進行學習，讓學生自我建構所要學習的概念，將有助於科學教學活動的實施，並能有效提升學生的科學素養。

基於科學玩具遊戲教學對提升學生科學素養的價值，本研究之目的，係針對自然領域的原有課程架構，將科學玩具遊戲活動融入課程之中，希望藉由科學玩具遊戲教學活動之實施，來探討對學生科學素養（科學學習成就、科學過程技能及科學態度）的影響。依據研究目的，本研究之待答問題，包括：透過科學玩具遊戲教學活動的實施，（一）探討國小五年級學生的科學學習成就的表現為何？（二）探討國小五年級學生的科學過程技能的表現為何？（三）探討國小五年級學生的科學態度的表現為何？

貳、文獻探討

一、科學玩具遊戲教學

(一) 科學玩具

所謂的科學玩具，是指能讓兒童透過觀察現象以及簡易的操作，培養孩子對大自然的情感、學習細心的觀察，進而漸漸啟發其認知、推理、思考等能力的玩具。科學玩具的素材有水、沙、光、雲、植物、動物等大自然素材，以及普通的玩具；只要輔導正確，原本普通的玩具也都可以成為科學性的玩具（游淑芬、陳麗月，1987）。成映鴻（1997）進一步說明，無論一草一木，只要兒童能利用其去做各項有意義的活動和遊戲，都可稱為玩具；這些玩具，只要具有科學教育意義，或利用其進行活動時能啟迪科學精神，都可以稱之為科學玩具。

許多研究發現玩具可以提供學童很好的科學探究體驗與學習，並能增進孩童在認知、情意、技能、語言的學習（方金祥，2009；方金祥、劉奕萱，2007；Eisert & Lamorey, 1996; Gutfried, 1986; Kelly, 2002）。藉由科學玩具的把玩可以幫助學童獲取科學知識，利用科學玩具來進行教學，可以讓學童在快樂中學習科學原理（方金祥，2009；方金祥、劉奕萱，2007；Harlan & Rivkin, 2004; Sarquis et al., 1995）。Sarquis 和 Sarquis (2005) 進一步說明，有一些化學概念，透過科學玩具作為教學輔具進行教學，能提供學童在一個友善的環境中，獲得有意義的學習。

基於上述，本研究將科學玩具定義為「利用科學原理製成，讓兒童可以經由觀察現象，以及簡易的操作，激發兒童產生發現的喜悅及對事物的尊重，並啟發其科學認知、推理、思考等能力的器具。」

然而，玩具的種類眾多，並非每件玩具都適合學生玩，有些玩具可能對學生的身心健康造成影響，甚至導致不良的後果。所以，教師運用科學玩具進行教學時，應謹慎選擇及製作學生所需要的科學玩具。成映鴻（1973）指出，輔導兒童自製科學玩具，應注意以下事項：1.從簡單玩具開始；2.與教學單元配合；3.輔導兒童利用課餘時間製作；4.素材儘量資源再利用和 5.鼓勵兒童創作。鄭守道（1974）強調，優良的科學玩具應具備以下的條件：1.玩具的構想好，並利用

科學原理製作；2.玩具的造型新穎，能陶冶兒童的審美能力；3.色彩調合不刺眼，並合乎兒童心理；4.能啟發兒童的科學思考和想像力，並能培養創造力；5.玩具的結構堅固、耐用，易於收拾沒有危險性和 6.富有教育性等等。歸納上述，優良的科學玩具應具備以下的條件：材料簡易、富教育性、製作容易、易於操作、安全性高、效果神奇...等等。

Frost (1992) 指出，好的科學玩具，應具有簡易靈巧的設計，能激發想像力，並能提供學童在學校與家裡的使用與學習。方金祥 (2009) 指出，自製科學玩具在設計上應具備簡易性、安全性、趣味性及啟發性等特性；使用材料亦需具備器材簡易、取得容易以及操作簡便等原則。

O'brien (1993) 認為，科學玩具可以提供學生對基本問題充滿趣味性的解釋，幫助學生了解科學玩具背後隱藏的科學原理與概念，並提供學生設計及建立計劃的刺激。O'brien (1993) 進一步闡述使用科學玩具教學，具有以下功能：1.增進學生課外的經驗；2.使深奧的科學觀念更具體；3.讓學生和生活上的科學理論相互印證；4.在教師的教學活動中，解決問題時能更積極、更深入的投注注意力和 5.在操作過一些比較商業化的玩具後，學生也能自己製作玩具。

Stein 和 Miller (1997) 的研究發現，利用玩具來教學獲得以下的結果：1.玩具可以建構概念；2.玩具可以作為實物示範；3.玩具有助於記憶和 4.玩具可以幫助說明科學與技學的整合。另外，楊忠樵 (2001) 指出，教師如果能夠配合經過設計的科學玩具進行教學，使科學原理應用在科學實驗和自然科學學習上，有助於兒童建構科學概念。

綜合上述，可知科學玩具在自然科教學活動上，具有以下教育功能：1.可以建構概念；2.使科學觀念具體化；3.有助於記憶；4.提高兒童學習興趣；5.印證科學理論；6.培養兒童的創造力和 7.幫助說明科學與技學的整合。然而科學玩具雖然融入科學原理於玩具之中，但若僅是由兒童自行透過觀察及操作過程來探索，缺乏教師或家長的協助與輔導，則在探索的過程中學生可能不得其門而入，而止於玩樂的體驗。因此，教學時教師應研究如何透過日常生活中易於取得的素材，將科學原理融入其中，輔導學生由科學玩具的製作過程，或透過科學玩具的操作，體會其中所蘊含的科學原理。

(二) 科學遊戲教學

Piaget (1962) 指出，遊戲不但是認識外界的方式，也是認知發展的指標，可以幫助小孩去熟練新的心智技巧。Bruner (1972) 認為，遊戲可增加孩子對行

為的選擇，促進其對問題解決的能力，孩子在遊戲中可嘗試不同的行為，這些行為可幫助其日後解決問題的能力。Vygotsky (1976) 指出，兒童在佯裝遊戲中使用象徵性事物，可幫助其學習抽象思考。許多研究發現，遊戲教學可以促進學童良好的身心發展與科學探究體驗，能提升孩童在認知、情意、技能、語言等層面的發展與成長 (Eisert & Lamorey, 1996; Frost, 1992; Gutfried, 1986)。

科學遊戲就是把科學玩具或科學活動與遊戲結合在一起，寓教於樂讓學童可以從遊戲當中體會到科學原理 (方金祥, 2009; 方金祥、劉奕萱, 2007; 蕭次融、羅芳晁、房漢彬、施建輝, 1999)。陳忠照 (2003) 指出，科學遊戲是指利用週遭環境的生活素材，進行的科學性遊戲，不同於一般的玩耍嬉戲，具有以下四項特質：1. 趣味性、2. 規律性、3. 創造性和 4. 分享性。許良榮 (2004) 認為，科學遊戲就是蘊含科學原理或科學概念的活動，能提供學生玩科學的機會；科學遊戲的重要關鍵，就是讓參與的兒童覺得好玩，並且有高度的意願參與。楊蕎安 (2007) 指出，科學遊戲就是將科學活動與遊戲相結合，它既是科學活動的一種，也是遊戲的形式之一，然而它並不像科學實驗那樣在意操作過程的嚴謹度，也不必過度強調實驗步驟，但是它也不似遊戲那般的隨意，因此，科學遊戲必須包含科學原理，活動過程中也必須運用到科學過程技能。

針對科學遊戲教學，陳忠照 (2003) 進一步闡述，科學遊戲教學的流程包括：情境關注、探索發現及創造省思。科學遊戲教學的重點，在於教師有計畫地在所安排的教學活動中，提供學生機會學習科學過程技能，並從中獲取概念性的知識，同時也讓學生在主動參與的知識挑戰活動中獲得學習的樂趣。其次，吳燈山 (2003) 指出，科學遊戲教學活動的重要策略，包括：1. 觀察情境，察覺問題；2. 引導討論，確定問題；3. 同心協力，進行研究；4. 分享經驗，整合效果和 5. 綜合評鑑，推廣運用。此外，黃嫵樺與賴慶三 (2009) 指出，科學遊戲教學時，應與日常生活經驗相結合，引起學生的興趣，並注意學生的安全，老師先示範一次，學生再仿作，多給兒童操作的機會，指導時不急於說出科學原理，讓學生慢慢探索，並培養學生正確的科學方法，啟迪兒童的科學態度及創造力。

綜合上述，科學玩具遊戲教學並不只是單純的讓學生盡情的去玩而已，教師仍然是學生整個學習歷程中的重要關鍵，教師應藉由提供必要的器具與協助，連結各學習要素之間的關聯，激發學生參與活動和推理思考，以學生的興趣為出發點，透過教師有計畫的教學活動，藉由科學玩具和科學遊戲為媒介，引導學生從活動中發展科學概念，並從中精熟科學過程技能、涵養建立科學態度，同時，也讓學生在主動參與的知識挑戰活動中，獲得學習的成就與樂趣。

二、科學玩具遊戲教學之相關研究

國內外近年來有關科學玩具遊戲教學相關之研究，日益增多，其重要發現包括如下：在科學學習成就的表現方面，具有建立科學概念的成效（江淑瑩，2005；林義修，2006；徐麗雪，2002；Butta, 1998; Fisher, Gerdes, Logue, Smith, & Zimmerman, 1998; Veith, 1993）；在科學過程技能的表現方面，具有發展精熟科學過程技能的成效（江淑瑩，2005；徐麗雪，2002；張淑慧，2002；潘怡吟，2002）；在科學態度的表現方面，具有提升正向科學態度的成效（林義修，2006；柯虹如，2006；徐麗雪，2002；張淑慧，2002；楊蕎安，2007；潘怡吟，2002；蘇秀玲，2005；Fisher et al., 1998; Horn, 1986）；具有啟發創造力與創造性思考表現的成效（李社頡，2007；曹志隆，2004；許順欽，2003；楊忠樵，2001；楊蕎安，2007；蔡宜穎，2007；Fisher et al., 1998; Garrett, Busby, & Pasnak, 1998）；具有啟迪與強化問題解決能力的表現（潘怡吟，2002；蘇秀玲，2005）。綜合上述研究可知，科學玩具遊戲教學之實施，確實有助於促進學生的科學學習，多數研究顯示這樣的教學活動與策略，對學生建構科學概念、學生的科學過程技能、科學態度及學生的問題解決能力是有正面影響的。

然而實施科學玩具遊戲的教學，也有若干限制與困難之處，包括下列事項：1.注意時間的掌握；2.瞭解學生的起點行為；3.活動設計要符合學生的能力；4.教學材料要準備充分；5.足夠的場地空間；6.突發狀況的處理；7.教學流程應事先演練；8.注意製作時的安全和9.小組成員工作分配事宜...等（江淑瑩，2005；張淑慧，2002；黃熾樺、賴慶三，2009）。因此，教學者實施科學玩具遊戲活動融入自然領域教學時，宜注意與克服上述問題。

參、研究方法

本研究採用準實驗研究法，針對國小學生於自然與生活科技五年級「空氣與燃燒」及「力與運動」兩個單元，透過科學玩具遊戲教學活動之實施，來探討學生的科學學習成就、科學過程技能及科學態度的學習表現。研究對象為四個五年級班級（台北市都會區 39 班的中型小學，採方便取樣，直接選取教學者所任教的 4 個班級），兩班為實驗組（52 人）實施為期兩個月的科學玩具遊戲教學，另兩班為對照組（55 人）進行一般教學（依教學指引之教學活動設計進行教學），二組皆由同一位自然科任教師擔任教學，教材為康軒版教科書。

實驗組實施科學玩具遊戲教學，在「空氣與燃燒」單元，融入的科學玩具遊戲教學活動，包括有：「奇妙的蠟燭」、「變色魔法藥水」、「自製仙女棒」、「不著火的紙杯」、「魔法蠟燭」等五個活動；而在「力與運動」單元，融入「投擲大賽」及「懸崖勒馬」等兩個科學玩具遊戲教學活動。實驗組與對照組的教學對照表，以燃燒三要素為例，請參見附錄一。科學玩具遊戲教學活動進行時，首先安排與學生生活經驗相衝突的情境，或透過玩具所產生的特殊效果激發學生的好奇心與學習動機，再由製作及操作科學玩具的過程中，讓學生達到觀察及親身體驗的目的，經由資料收集、小組討論、學習經驗分享等來完成小組的作業，同時協助學生複習單元的概念，以遊戲競賽的方式提高學生學習興趣，同時培養學生對科學與科學學習的價值持正向的態度。

研究工具，包括：

一、科學學習成就測驗

為自編的成就測驗，「空氣與燃燒」成就測驗題目共 20 題，試題難度為 .42 ~ .89，鑑別度為 .23 ~ .77，信度為 .73；「力與運動」成就測驗題目共 18 題，試題難度為 .57 ~ .93，鑑別度為 .27 ~ .80，信度為 .72。

二、科學過程技能測驗

參考 Burns、Okey 和 Wise (1985) 的「統整科學過程技能測驗」(TIPS II)、洪信德 (2001) 的「統整科學過程技能開放性問卷」及吳紀蓉 (2003) 的「科學過程技能量表」來進行編製；全測驗包含「觀察」、「比較與分類」、「組織與關連」、「歸納、研判與推斷」、「傳達」等五個分測驗，各分測驗的題數分別為 5、6、5、6、5 題，全測驗計有 27 題，全測驗的信度為 .79。

三、科學態度量表

為參考王貴春 (2000) 及郭琪瑩 (2003) 的量表來編製，全量表共分成「對自然科課程的態度」、「自然科學習動機」、「自然科學習策略」、「對自然

科教師的態度」等四個分量表，每一分量表有 8 題，合計 32 題，全量表的 Cronbach α 為 .94。

科學學習成就測驗之效度考驗，透過雙向細目表，進行內容效度考驗；後二項研究工具之效度考驗，經三位教育大學的科學教育專家完成專家效度考驗；上述三項研究工具，均具有良好的效度。上述三項研究工具的施測，均於教學前及教學後一週，分別進行前後測的施測；施測結果資料經輸入電腦後，以 SPSS 中文版第 12 版套裝軟體，進行平均數差之統計分析考驗。

肆、研究結果

一、學生的科學學習成就表現

實驗組與對照組學生，在「空氣與燃燒」及「力與運動」教學前實施「科學學習成就測驗」前測，並於教學結束後隔週進行後測，測驗結果之平均數與標準差摘要表，如表 1。

表 1 兩組學生「科學學習成就測驗」之平均數與標準差摘要表

單元名稱	測驗時機		實驗組 (N=52)		對照組 (N=55)	
			平均數	標準差	平均數	標準差
空氣與燃燒	前	測	11.52	3.56	11.93	3.16
	後	測	16.90	2.82	14.71	3.95
力與運動	前	測	12.77	2.86	11.87	3.34
	後	測	15.60	2.42	13.71	2.85

註：極大值和極小值=(18,0)

由表 1 結果發現，兩組學生在「空氣與燃燒」與「力與運動」科學學習成就測驗的施測結果，後測平均數皆高於前測平均數，顯示兩組學生皆有進步；但兩組學生在二個單元的進步幅度，並不相同。因此，針對學生在「空氣與燃燒」及「力與運動」兩個單元的科學學習成就，做進一步的分析，以不同的教

學方式（實驗組接受科學玩具遊戲教學，對照組進行一般教學）為自變項，「科學學習成就測驗」後測得分為依變項，「科學學習成就測驗」前測分數為共變項，進行共變數分析，共變數分析摘要表如表 2。

表 2 兩組學生「科學學習成就測驗」之共變數分析摘要表

單元名稱	變異來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	F 值
空氣與燃燒	組 間	157.13	1	157.13	19.07**
	誤 差	857.06	104	8.24	
力與運動	組 間	51.80	1	51.80	12.10**
	誤 差	445.28	104	4.28	

註：**表示 $p < .01$

從表 2 得知，排除兩組學生「科學學習成就測驗」前測分數（共變量）的影響之後，實驗效果顯著，在「空氣與燃燒」及「力與運動」兩個單元之 F 值分別為 19.07 及 12.10，均達 $p < .01$ 的顯著水準。研究結果顯示，藉由科學玩具遊戲教學策略進行教學，確實有助於提升國小五年級學生的科學學習成就。

經進一步探討，實驗組學生表現優異的可能原因，係由於科學玩具遊戲教學策略，比一般教學更能激發學生的學習興趣，在科學玩具遊戲活動的教學情境中，例如「奇妙的蠟燭」、「變色魔法藥水」、「不著火的紙杯」、及「懸崖勒馬」的競賽活動，實驗組學生的參與情況熱烈積極，對科學現象與科學原理的探討也更加投入，所以實驗組學生的科學學習成就表現也就相對提高。

二、學生的科學過程技能表現

實驗組與對照組學生，在教學前實施「科學過程技能測驗」前測，並於教學結束後隔週進行後測，測驗結果之平均數與標準差摘要表，如表 3。

表 3 兩組學生「科學過程技能測驗」之平均數與標準差摘要表

測驗	測驗時機		實驗組 (N=52)		對照組 (N=55)	
			平均數	標準差	平均數	標準差
全測驗	前	測	16.73	4.99	16.16	4.67
	後	測	19.85	4.35	17.60	4.82
(一) 觀察	前	測	2.88	1.23	3.00	1.09
	後	測	3.71	1.09	3.00	1.00
(二) 比較與分類	前	測	3.60	1.39	3.20	1.43
	後	測	3.73	1.46	3.33	1.53
(三) 組織與關連	前	測	3.29	1.26	3.36	1.38
	後	測	3.73	1.03	3.64	1.25
(四) 歸納、研判與推斷	前	測	3.69	1.64	3.49	1.48
	後	測	4.54	1.45	4.00	1.48
(五) 傳達	前	測	3.27	1.24	3.11	1.05
	後	測	4.13	1.01	3.64	1.08

註：極大值和極小值=(18, 0)

由表 3 結果發現，兩組學生在「科學過程技能測驗」的施測結果，全測驗與各分測驗的後測平均數皆高於前測平均數，顯示兩組學生皆有進步；但兩組學生的進步幅度，並不相同。因此，針對學生在「科學過程技能測驗」的表現，做進一步的分析，以不同的教學方式（實驗組接受科學玩具遊戲教學，對照組進行一般教學）為自變項，「科學過程技能測驗」後測得分為依變項，「科學過程技能測驗」前測分數為共變項，進行共變數分析，共變數分析摘要表如表 4。

表 4 兩組學生「科學過程技能測驗」之共變數分析摘要表

測驗	變異來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	F 值
全測驗	組間	90.64	1	90.64	9.51**
	誤差	991.80	104	9.54	
(一) 觀察	組間	14.84	1	14.84	15.13**
	誤差	102.03	104	0.98	
(二) 比較與分類	組間	1.06	1	1.06	0.62
	誤差	179.90	104	1.73	
(三) 組織與關連	組間	0.46	1	0.46	0.50
	誤差	95.47	104	0.92	
(四) 歸納、研判與推斷	組間	5.30	1	5.30	3.21
	誤差	171.56	104	1.65	
(五) 傳達	組間	4.98	1	4.98	5.65*
	誤差	91.75	104	0.88	

註：*表示 $p < .05$ ，**表示 $p < .01$

兩組學生在「科學過程技能測驗」全測驗的表現，由表 4 得知，排除兩組學生前測分數的影響之後，後測分數經共變數分析結果，其 F 值為 9.51， $p < .01$ ，表示實驗效果顯著。研究結果顯示，藉由科學玩具遊戲教學策略進行教學，確實對於國小五年級學生整體科學過程技能的培養有顯著的提升。其次，兩組學生在「科學過程技能測驗」調整後之平均數摘要表，如表 5。

表 5 兩組學生「科學過程技能測驗」調整後之平均數摘要表

測驗	組別	前測		後測		調整後	
		平均數	標準差	平均數M	標準差	平均數	標準誤
全測驗	實驗	16.73	4.99	19.85	4.35	19.64	0.43
	對照	16.16	4.67	17.60	4.82	17.80	0.42
(一) 觀察	實驗	2.88	1.23	3.71	1.09	3.73	0.14
	對照	3.00	1.09	3.00	1.00	2.98	0.13
(二) 比較與分類	實驗	3.60	1.39	3.73	1.46	3.63	0.18
	對照	3.20	1.43	3.33	1.53	3.43	0.18
(三) 組織與關連	實驗	3.29	1.26	3.73	1.03	3.75	0.13
	對照	3.36	1.38	3.64	1.25	3.62	0.13
(四) 歸納、研判與推斷	實驗	3.69	1.64	4.54	1.45	4.49	0.18
	對照	3.49	1.48	4.00	1.48	4.05	0.17
(五) 傳達	實驗	3.27	1.24	4.13	1.01	4.10	0.13
	對照	3.11	1.05	3.64	1.08	3.67	0.13

註：全測驗及 5 個分測驗的極大值和極小值=(27, 0)(5, 0)(6, 0)(5, 0)(6, 0)(5, 0)

其次，兩組學生在「科學過程技能測驗」各分測驗的表現：

1. 分測驗一「觀察」方面：從表 4 得知，在排除前測分數的影響之後，後測分數經共變數分析結果，其 F 值為 15.13, $p < .05$ ，表示實驗效果顯著。研究結果顯示，經排除前測影響的共變數分析，實驗組學生表現明顯優於對照組，並達顯著差異。由此可知，實驗組學生透過科學玩具遊戲教學策略，在科學過程技能「觀察」分測驗的表現上優於對照組，表示科學玩具遊戲教學策略確實有助於提升國小五年級學生的科學過程技能「觀察」能力的表現。
2. 分測驗二「比較與分類」方面：從表 4 得知，在排除前測分數的影響之後，後測分數經共變數分析結果，其 F 值為 0.62, $p > .05$ ，顯示實驗組學生在「比較與分類」分測驗之後測分數雖高於對照組，但未達顯著差異，表示透過科學玩具遊戲教學策略進行教學，實驗組學生的比較與分類能力的分數雖高於對照組，但是尚未達到明顯的差別。

3. 分測驗三「組織與關連」方面：從表 4 得知，在排除前測分數的影響之後，後測分數經共變數分析結果，其 F 值為 0.50， $p > .05$ ，顯示實驗組學生在「組織與關連」分測驗之後測分數雖高於對照組，但未達顯著差異，表示透過科學玩具遊戲教學策略進行教學，實驗組學生的組織與關連能力的分數雖高於對照組，但是尚未達到明顯的差別。
4. 分測驗四「歸納、研判與推斷」方面：從表 4 得知，在排除前測分數的影響之後，後測分數經共變數分析結果，其 F 值為 3.21， $p > .05$ ，顯示實驗組學生在「歸納、研判與推斷」分測驗之後測分數雖高於對照組，但未達顯著差異，表示透過科學玩具遊戲教學策略進行教學，實驗組學生的歸納、研判與推斷能力的分數雖高於對照組，但是尚未達到明顯的差別。
5. 分測驗五「傳達」方面：從表 4 得知，在排除前測分數的影響之後，後測分數經共變數分析結果，其 F 值為 5.65， $p < .05$ ，表示實驗效果顯著。研究結果顯示，經排除前測影響的共變數分析，實驗組學生表現明顯優於對照組，並達顯著差異。由此可知，實驗組學生透過科學玩具遊戲教學策略，在科學過程技能「傳達」能力的表現上優於對照組，表示科學玩具遊戲教學策略確實有助於提升國小五年級學生的科學過程技能「傳達」能力的表現。

綜合兩組學生在科學過程技能測驗的各分測驗的表現，發現接受科學玩具遊戲教學的學生，在五個分測驗的得分皆優於對照組，其中在「觀察」、「傳達」兩個分測驗能力更達到顯著的進步。

經進一步探討，實驗組學生表現優異的可能原因，包括：

1. 科學玩具遊戲教學活動，有更多實驗與實作的體驗學習機會，實驗組學生對科學玩具製作的學習情緒高昂，包括「自製仙女棒」、「投擲大賽」、及「魔法蠟燭」等活動的實作歷程，動手操作與動腦思考的練習增多，對科學過程技能的運作也更加熟練，所以實驗組學生的科學過程技能表現也就比對照組學生相對提高。
2. 然而實驗教學進行過程，正值學校舉辦校內科展活動，教師對於對照組亦有進行科展活動之實驗規劃與設計指導，所以對照組學生在科學過程技能的表現也有相當的成長，這可能是造成實驗組學生在科學過程技能的三個分測驗「比較與分類」、「組織與關連」、「歸納、研判與推斷」成績雖高於對照組，但未達顯著差異的原因。

三、學生的科學態度表現

實驗組與對照組學生，在教學前實施「科學態度量表」前測，並於教學結束後隔週進行後測，施測結果之平均數與標準差摘要表，如表 6。

表 6 兩組學生「科學態度量表」之平均數與標準差摘要表

量 表	測驗時機	實驗組 (N=52)		對照組 (N=55)	
		平均數	標準差	平均數	標準差
總 量 表	前 測	124.42	16.73	130.89	17.67
	後 測	134.94	17.24	124.75	17.92
(分量表一) 對自然科課程的態度	前 測	31.62	4.38	33.36	4.60
	後 測	34.62	4.59	30.60	5.06
(分量表二) 自然科學學習動機	前 測	30.81	4.55	32.05	4.48
	後 測	32.88	5.05	31.78	4.99
(分量表三) 自然科學學習策略	前 測	31.10	4.82	32.22	4.79
	後 測	32.50	4.63	31.38	5.01
(分量表四) 對自然科教師的態度	前 測	30.90	4.92	33.25	5.14
	後 測	34.94	4.67	30.98	5.99

註：總量表及 4 個分量表的極大值和極小值=(160, 32)(40, 0)(40, 0)(40, 0)(40, 0)

由表 6 結果發現，兩組學生在「科學態度量表」的施測結果，實驗組學生後測平均數高於前測平均數，但是對照組學生的後測平均數卻低於前測平均數。因此，針對國小五年級學生在「科學態度量表」的表現，做進一步的分析，以不同的教學方式（實驗組接受科學玩具遊戲教學，對照組進行一般教學）為自變項，「科學態度量表」後測得分為依變項，「科學態度量表」前測分數為共變項，進行共變數分析，共變數分析摘要表如表 7。

表 7 兩組學生「科學態度量表」之共變數分析摘要表

量表	來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	F 值
總量表	組間	5268.07	1	5268.07	27.35 ^{***}
	誤差	20034.47	104	192.64	
(分量表一) 對自然科課程的態度	組間	565.57	1	565.57	27.41 ^{**}
	誤差	2146.29	104	20.64	
(分量表二) 自然科學習動機	組間	103.74	1	103.74	6.89 [*]
	誤差	1565.80	104	15.06	
(分量表三) 自然科學習策略	組間	85.14	1	85.14	5.68 [*]
	誤差	1559.74	104	15.00	
(分量表四) 對自然科教師的態度	組間	671.77	1	671.77	29.56 ^{**}
	誤差	2363.48	104	22.73	

註：* 表示 $p < .05$ ，** 表示 $p < .01$ ，*** 表示 $p < .001$

兩組學生在「科學態度量表」全量表的表現，由表 7 得知，排除兩組學生前測分數的影響之後，後測分數經共變數分析結果，其 F 值為 27.35， $p < .01$ ，表示實驗效果顯著。研究結果顯示，藉由科學玩具遊戲教學策略進行教學，確實有助於提升國小五年級學生的正向科學態度。

其次，兩組學生在「科學態度量表」各分量表的表現，從表 7 得知，經排除前測分數的影響之後，後測分數經共變數分析結果，科學態度量表的四個分量表之 F 值分別為 27.41、6.89、5.68、29.56， p 值均小於 .05，達統計上之顯著差異，實驗效果顯著。研究結果顯示，透過科學玩具遊戲教學策略進行教學，確實有助於提升國小五年級學生的「對自然科課程的態度」、「自然科學習動機」、「自然科學習策略」、及「對自然科教師的態度」各分項科學態度的培養。

經進一步探討，實驗組學生表現優異的可能原因，包括：

1. 科學玩具遊戲教學活動引起實驗組學生濃厚的學習興趣，對自然課充滿期待，學習過程充滿歡欣與成就感的氣氛，這種透過親自動手操作尋求解答的學習方式，對於實驗組學生整體科學態度的培養相當有幫助，所以實驗組學

生的科學態度表現也就比對照組學生相對提高。

2. 然而對照組學生在無意中得知，實驗組學生參與了科學玩具遊戲學習活動，但他們卻沒能參與相關科學玩具遊戲活動，只是依課本內容進行上課，質疑老師教學偏心不公平，這可能是影響對照組學生在科學態度的後測得分降低的原因。

四、討論

本研究實驗組與對照組學生，由「空氣與燃燒」與「力與運動」科學學習成就測驗、「科學過程技能測驗」、及「科學態度量表」的施測與分析發現，整體而言，實驗組學生的各項表現均優於對照組學生。其次，對於科學玩具遊戲教學之實施，本研究歸納以下幾點意見。

- (一) 對於實施科學玩具遊戲教學的對象，本研究認為原則上以高年級學生最為適宜，尤其是科學玩具製作的部份。因為進行科學玩具遊戲教學的過程，學生需要經歷發現問題、提出假設、設計實驗、驗證假設、分析結果和歸納結論的學習歷程，學生需要具備相當的先備知識；在科學玩具的製作上，高年級的學生手眼協調能力較佳，且具備電腦基礎的查詢資料及實驗數據處理能力。因此，整體而言實施對象仍以高年級的學生最為適合。
- (二) 對於科學玩具遊戲教學之材料選擇及製作科學玩具的注意事項，本研究經由 2 個月 7 個科學玩具遊戲教學後，認為教師在實施科學玩具遊戲教學時，至少應注意下列事項：1. 安全性，活動的首要考量即是安全性；2. 材料的可替代性，若能提供兒童思考是否有替代材料的機會則更佳；3. 價格低廉，易於取得，組合多變化，可激發兒童的想像力與創造力；4. 製作方法簡單，且毋需使用太複雜的工具便能製作；5. 教學者於教學前應事先試做，了解材料的適切與否；6. 遵循資源再利用的原則。
- (三) 本研究經由科學玩具遊戲教學的辦理，發現教師可以針對教學時所製作的科學玩具加以延伸成為校內科學展覽研究的素材，以擴大學生參與校內科學展覽活動的辦理成效。教師可以引導學生做更深入的研究與探討，透過發現問題、形成假設、設計實驗以印證假設的歷程，激發學生對科學學習之興趣與獨立研究之潛力，激發學生對科學之思考力、創造

力、與技術創新能力及培養學生對科學之正確的觀念與態度。

- (四) 最後，對教學活動設計所需考慮的事項，在未來的教學活動設計宜更加注意對照組學生的內心感受，並事先做好適切的規劃與安排，假若時間、經費及其他條件允許狀況下，宜安排對照組學生在實驗教學完成之後，能夠補上科學玩具遊戲教學之課程，以避免對照組學生在科學態度產生負面影響。

伍、結論

一、學生「科學學習成就」的表現

「空氣與燃燒」單元科學學習成就測驗之結果顯示，以科學玩具遊戲教學策略進行教學的實驗組學生，其「空氣與燃燒」學習表現，優於一般教學策略的對照組學生，實驗效果顯著。其次，「力與運動」單元科學學習成就測驗之結果顯示，以科學玩具遊戲教學策略進行教學的實驗組學生，其「力與運動」學習表現，優於一般教學策略的對照組學生，實驗效果顯著。

由上述結果可知，實驗組學生經科學玩具遊戲教學後，在「空氣與燃燒」及「力與運動」兩個單元之學習成就表現皆明顯優於對照組，充分顯示科學玩具遊戲教學策略確實有助於國小五年級學生的科學概念發展，所以實驗組學生顯露出優異的科學學習成就表現。

二、學生「科學過程技能」的表現

在科學過程技能全測驗的表現，實驗組學生的科學過程技能全測驗的得分，顯著優於對照組學生，實驗效果顯著。充分顯示科學玩具遊戲教學策略確實有助於國小五年級學生的整體科學過程技能培養，所以實驗組學生顯露出優異的科學過程技能表現。

其次，在科學過程技能各分測驗的表現，以科學玩具遊戲教學策略進行教學的實驗組學生，在「觀察」、「比較與分類」、「組織與關連」、「歸納、研判與推斷」、「傳達」等五個分測驗之得分皆優於對照組學生，其中「觀察」、

「傳達」兩個分測驗並達統計之顯著水準，實驗效果顯著。然而在本研究進行過程，正值學校舉辦校內科展活動，教師對於對照組的學生亦有進行實驗規劃、設計指導，所以對照組學生在科學過程技能的表現也有相當的成長，這可能是造成實驗組學生在「比較與分類」、「組織與關連」、「歸納、研判與推斷」等三個分測驗成績雖高於對照組，但未達顯著差異的原因。

整體而言，實驗組學生在科學過程技能測驗全測驗之表現，顯著優於對照組學生，實驗效果顯著，充分顯示科學玩具遊戲教學策略確實有助於國小五年級學生的科學過程技能的提升，所以實驗組學生顯露出優異的科學過程技能表現。

三、學生「科學態度」的表現

在整體科學態度的表現，以科學玩具遊戲教學策略進行教學的實驗組學生，其「科學態度量表」的得分優於對照組學生，實驗效果顯著，充分顯示科學玩具遊戲教學策略確實有助於國小五年級學生的整體科學態度的培養。

其次，在科學態度各分量表的表現，以科學玩具遊戲教學策略進行教學的實驗組學生，在「對自然科課程的態度」、「自然科學習動機」、「自然科學習策略」、「對自然科教師的態度」等四個分量表之得分皆優於對照組學生，並達統計之顯著水準，實驗效果顯著。

整體而言，實驗組學生經科學玩具遊戲教學後，在「科學態度量表」總量表及「對自然科課程的態度」、「自然科學習動機」、「自然科學習策略」、「對自然科教師的態度」等四個分量表的表現皆優於對照組，實驗效果顯著，充分顯示科學玩具遊戲教學策略確實有助於國小五年級學生科學態度的提升。

綜合上述，本研究發現對國小五年級學生施以科學玩具遊戲教學策略，運用在「空氣與燃燒」及「力與運動」兩個單元教學上，確實有助於提升學生的科學學習成就、培養良好的科學過程技能及提升學生正向的科學態度；亦即以科學玩具遊戲教學策略進行教學，確實有助於提升國小五年級學生之科學素養。

此外，經由上述研究結果與討論，本研究提出下列兩點建議：

- (一) 本研究經由科學玩具遊戲教學的辦理，發現科學玩具的教學，可以加以延伸成為校內學生的科學展覽研究的素材，以擴大學生參與校內科學展覽活動的辦理成效。教師可以引導學生做更深入的研究與探討，透過發

現問題、形成假設、設計實驗以印證假設的歷程，激發學生對科學探究之興趣與獨立研究之潛力，並激發學生對科學之思考力、創造力與技術創新能力，及培養學生對科學之正確的觀念與態度。

- (二) 對於教學活動設計所需考慮的事項：在未來的教學活動設計時，教師宜更加注意對照組學生的內心感受，並應事先做好適切的規劃與安排，假若時間、經費及其他條件允許狀況下，宜安排對照組學生在實驗教學完成之後，能夠補上科學玩具遊戲教學之課程內容，以避免對照組學生在科學態度產生負面影響。

參考文獻

- 方金祥(2009)。幼兒創意安全科學玩具之設計與在科學遊戲創意教學上之應用研究—以「潛水夫與蟬鳴器」為例。南台人文社會學報，1，55-74。
- 方金祥、劉奕萱(2007)。創意童玩設計及在幼兒科學遊戲創意教學上之應用研究。幼兒保育學刊，5，75-86。
- 王貴春(2000)。STS 教學與國小學生創造力及學習態度之研究。台北市立師範學院科學教育研究所碩士論文，未出版，台北市。
- 成映鴻(1973)。漫談輔導兒童自製科學玩具。國教輔導，12(8)，3-5。
- 成映鴻(1997)。兒童科學實驗。台北市：台灣書店。
- 江淑瑩(2005)。以科學遊戲融入教學探究國小四年級學童學習成效之研究。台北市立教育大學科學教育研究所碩士論文，未出版，台北市。
- 余岳川(2003)。科學玩具實驗2。台北市：眾光文化。
- 吳紀蓉(2003)。偏遠小學專題式學習之行動研究—以蝴蝶養殖為例。國立花蓮師範學院國小科學教育研究所碩士論文，未出版，花蓮市。
- 吳燈山(2003)。擋不住的科學魔力。台北市：天衛文化。
- 李祉頡(2007)。以創造性問題解決法進行科學玩具製作教學對國小五年級學生創造力之影響。國立新竹教育大學應用科學系碩士論文，未出版，新竹市。
- 林義修(2006)。趣味科學活動對學童學習成就與科學態度之影響研究。國立新竹教育大學人資處應用科學系教學碩士班碩士論文，未出版，新竹市。

- 游淑芬、陳麗月（1987）。探索、觀察的科學玩具。載於學前教育雜誌社編，**玩具與幼兒**（100-107頁）。台北市：信誼基金出版社。
- 柯虹如（2006）。從科學玩具遊戲教學探討國小學童的科學相關態度。國立台北教育大學自然科學教育學系碩士論文，未出版，台北市。
- 洪信德（2001）。國小五、六年級學童統整科學過程技能心智模式之研究。國立嘉義大學國民教育研究所碩士論文，未出版，嘉義市。
- 徐麗雪（2002）。國小科學遊戲教學活動成效分析。台北市立師範學院科學教育研究所碩士論文，未出版，台北市。
- 張淑慧（2002）。科學玩具遊戲教學之成效研究。台北市立師範學院科學教育研究所碩士論文，未出版，台北市。
- 曹志隆（2004）。以科學創意遊戲教學訓練方案激發國小資優班學生創造力之研究。國立嘉義大學特殊教育學系碩士論文，未出版，嘉義市。
- 許良榮（2004）。從科學遊戲到科學教學。**國教輔導**，44（2），6-11。
- 許順欽（2003）。科學玩具融入國小自然科教學以促進學童創造性問題解決能力之行動研究。國立花蓮師範學院國小科學教育研究所碩士論文，未出版，花蓮市。
- 郭琪瑩（2003）。戶外鄉土教學活動實施及其對國小學童科學態度影響之研究--以象山生態探索為例。台北市立師範學院科學教育研究所碩士論文，未出版，台北市。
- 陳忠照（2003）。科學遊戲創意教學：致盛先師 vs. 至聖先師。台北市：心理。
- 黃郁文（1972）。漫談科學玩具。**台灣教育**，260，5。
- 黃嫻樺、賴慶三（2009，6月）。科學玩具遊戲教學對國小三年級學童「空氣」單元學習的影響。論文發表於華人地區社會變遷與科學師資培育國際學術研討會。台北市：國立台北教育大學。
- 楊忠樵（2001）。以「製作科學玩具」輔助國小兒童自然科學學習之研究--以電磁單元為例。國立臺中師範學院自然科學教育學系碩士論文，未出版，台中市。
- 楊蕎安（2007）。趣味科學活動融入自然與生活科技學習領域教學之研究。國立台北教育大學自然科學教育學系碩士論文，未出版，台北市。
- 潘怡吟（2002）。遊戲型態教學對國小學生「自然與生活科技」學習之研究。台北市立師範學院科學教育研究所碩士論文，未出版，台北市。

- 蔡宜穎 (2007)。科學遊戲教學方案對幼兒創造力影響之研究。樹德科技大學幼兒保育學系碩士論文，未出版，高雄縣。
- 鄭守道 (1974)。對科學玩具製作的淺見。國教天地，7，13-16。
- 蕭次融、羅芳晁、房漢彬、施建輝 (1999)。動手玩科學。台北市：遠哲科學教育基金會。
- 蘇秀玲 (2005)。科學遊戲融入國小自然學童的科學態度與問題解決能力之研究。國立台南大學自然科學教育研究所碩士論文，未出版，台南市。
- Bruner, J. S. (1972). The nature and uses of immaturity. *American Psychologist*, 27, 687-708.
- Burns, J. C., Okey, J. R., & Wise, K. C. (1985). Development of an integrated science process skill test: TIPS II. *Journal of Research in Science Teaching*, 22, 169-177.
- Butta, J. L. (1998). *A comparison of traditional science instruction to hands-on science instruction*. (ERIC Document Reproduction Service No. ED436362)
- Eisert, D., & Lamorey, S. (1996). Play as a window on child development: The relationship between play and other developmental domains. *Early Education and Development*, 7(3), 221-234.
- Fisher, N., Gerdes, K., Logue, T., Smith, L., & Zimmerman, I. (1998). *Improving students' knowledge and attitudes of science through the use of hands-on activities*. (ERIC Document Reproduction Service No. ED436352)
- Frost, J. L. (1992). *Play and playscapes*. Albany, NY: Delmar Publishers.
- Garrett, K. N., Busby, R. F., & Pasnak, R. (1998). *Cognitive gains from extended play at classification and seriation*. (ERIC Document Reproduction Service No. ED423047)
- Gutfried, A. W. (1986). The relationships between play materials and parental involvement to young children's cognitive development. In A. W. Gutfried & C. C. Brown (Eds.), *Play interaction: The contribution of play materials and parental involvement to children's development* (pp. 327-334). Lexington, MA: Lexington book.
- Harlan, J. D., & Rivkin, M. S. (2004). *Science experiences for the early childhood years: An integrated affective approach* (8th ed.). Upper Saddle River, NJ: Merrill/Prentice Hall.

- Horn, P. J. (1986). *Are you game? Science games in the classroom*. (ERIC Document Reproduction Service No. ED309923)
- Kelly, K. (2002). Science toys you can make with your kids. *Whole Earth*, 110, 73.
- O'Brien, T. (1993). *School of education and human development*. State University of New York at Binghamton. Binghamton, New York.
- Piaget, J. (1962). *Play, dreams, and imitation in child-hood*. New York: Norton.
- Sarquis, J. L., & Sarquis, A. M. (2005). Toys in the Classroom. *Journal of Chemical Education*, 82(10), 1450-1453.
- Sarquis, J. L., Sarquis, A. M., & Williams, J. P. (1995). *Teaching chemistry with toys, activities for grades K-9*. New York: McGraw-Hill.
- Stein, M., & Miller, D. (1997). Teaching with toys. *Science Teacher*, 64(4), 22-25.
- Veith, A. (1993). *Santa's scientific Christmas: A school play with music for grades K-6, plus eight fun toy-based science activities*. Middletown, OH: Terrific Science Press.
- Vygotsky, L. S. (1976). Play and its role in the mental development of the child. In J. S. Bruner, A. Jolly, & K. Sylva (Eds.), *Play: Its role in development and evolution* (pp. 537-554). New York: Basic Books.

附錄：科學玩具遊戲教學與一般教學活動對照表（以「燃燒三要素」之活動為例）

單元主題	如何滅火？	自製仙女棒
教學組別	對照組	實驗組
教學策略	一般教學	科學玩具遊戲教學
活動 相關概念	燃燒三要素	燃燒三要素
教 學 流 程	<p>【引起動機】： ◆ 說一說：蠟燭要怎麼點燃？</p>	<p>【情境關注】： 教師點燃一根蠟燭，在燭火的上方灑下一些細的鐵粉，藉著鐵粉一邊燃燒一邊散發出閃亮的光芒，吸引兒童的目光。</p>
	<p>【發展活動】： ◆ 討論： · 只有蠟燭和氧氣，就能使蠟燭燃燒嗎？ · 為什麼要點火，才能使蠟燭燃燒？</p> <p>◆ 說明： · 可燃物、氧氣和燃點是燃燒的三個條件，只要缺少一個條件，就無法燃燒。 · 蠟燭、木材等可以燃燒的物質，稱為可燃物。 · 不同的可燃物，所需要的燃點也不相同，當溫度低於燃點時，可燃物不會燃燒</p> <p>◆ 想一想：一堆營火具有哪些燃燒條件？</p> <p>◆ 說明：控制燃燒的三個條件，就可以滅火。</p> <p>◆ 想一想：如果要把地上的一堆營火熄滅，可以怎麼做？是根據什麼原理？</p> <p>◆ 討論：看過哪些滅火的方法？分別利用什麼原理滅火？</p>	
	<p>【歸納】： 燃燒需要有可燃物、氧氣和燃點三個條件。 燃燒的條件不足，就無法燃燒；利用這個原理就能滅火。</p>	<p>【創造省思】： · 學生學習心得發表與經驗分享。(教師引導學生發表參與整個活動的心得) · 教師歸納： 物質燃燒的三要素是要有可燃物、有助燃物及溫度須達到燃點以上；鐵釘與周圍空氣中的氧氣（助燃物）接觸的面積較小，而鐵粉可以與氧氣充分的接觸，可以完全充分的燃燒。</p>

A Study of Science Play Instruction in Conjunction with Scientific Toys for 5th Graders

Ching-San Lai^{1*} Ching-Ming Wang²

¹Department of Science Education, National Taipei University of Education

²Tai-Ping Elementary School

*clai@tea.ntue.edu.tw

Abstract

The purpose of this study is to evaluate the effectiveness of science play instruction in conjunction with scientific toys for 5th graders. This study adopts a quasi-experimental design involving four research instruments: an “Air & combustion” learning achievement test, a “Force & motion” learning achievement test, a science process skills test, and a science attitudes questionnaire. The major findings of this study are summarized as the following: (1) The results of the natural science achievement tests indicate that students in the experimental group got higher scores in “Air & combustion” and “Force & motion” than students in the control group; (2) The results of the science process skills test indicate that students in the experimental group got higher scores on observation, communication, and total scores than students in the control group, but there were no significant differences on other subtests; (3) The results of the science attitudes questionnaire indicate that students in the experimental group got higher scores than control group for four subscales and overall.

Keywords: science play instruction in conjunction with scientific toys, science process skills, scientific attitudes, science learning achievement