

# 非制式與制式科學教育之連結-以國立科學工藝博物館館校合作為例

陳正治

國立科學工藝博物館科技教育組

電郵：[nelson@mail.nstm.gov.tw](mailto:nelson@mail.nstm.gov.tw)

劉嘉茹

國立高雄師範大學科學教育研究所

電郵：[chiaju1105@gmail.com](mailto:chiaju1105@gmail.com)

收稿日期：二零一四年十月三十一日

(於二零一四年十二月廿三日再修定)

---

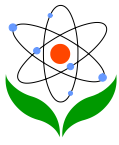
## 內容

- [摘要](#)
- [一、前言](#)
- [二、研究動機](#)
- [三、研究問題](#)
- [四、研究方法](#)
- [五、實驗研究結果](#)
- [六、結論與建議](#)
- [參考文獻](#)

---

## 摘要

提供非制式科學教育的國立科學工藝博物館(科工館)本於傳播科普教育的使命，為了增進科學教育活動的廣度與深度，特別與鄰近國民小學合作，前往一所學校五年級分散式資優班 20 名學生教室，協助其辦理探究式科學實驗活動。



一般學校制式科學教育因教學進度與班級人數多等限制，大多以課本內容為授課範圍，科學實驗變因的深入探究與經驗比較欠缺。科工館結合學校自然與生活科技領域高年級的簡單機械單元，以動手做旋轉汽球火箭的施作，探究影響汽球火箭飛行穩定度的可能變因(如尾翼的形狀、面積、配置、傾斜角度及飛行體的長度等)，以飛行穩定度與距離作為判準，藉實驗找出最佳變因組合，設計出最佳飛行能力的轉動汽球火箭。

本研究藉博物館非制式的科學教育聯結學校制式科學教育，融入自然與生活科技領域，轉化成變因探究，輔以科工館動力與機械展示廳內簡單機械單元介紹，研究結果顯示：聯結科工館提供的非制式科學教育方法與學校內制式科學教育，轉化成探究式的科學學習，對學生的基本科學探究能力，確有實效。

**關鍵字：**汽球火箭；動手做；實驗；科學博物館；探究

## 一、前言

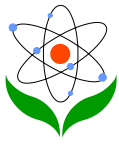
科學教育的實施，可以透過一般在學校期間有既定場域、進度、內容與評量的所謂制式(formal)，與另一類依賴展示、自由參與及無固定評量機制的非制式(informal)等兩大類教育體系進行，以求達成科學教育的目標(黃嘉郁, 2000)。科學類博物館就屬於非制式的科學教育場域，位於台灣高雄的國立科學工藝博物館(簡稱科工館)，自從於 1997 年開館迄今，已有 17 年的光景，其中蒞科工館參觀或使用的民眾，以國小學童及其陪同家長為大宗，另外國中以上的學生，基於課業較多，自由參觀比例較少，得依賴辦理科學園遊會或科展等活動，始能有較多的參訪人數。因此，科工館的展示或科教活動，無疑得考慮到參觀者顧客的需要，始能達到既定的目標。

非制式的科教活動，為了滿足各級學校學生參觀時，需有一個主題明確的內容，始能吸引參觀者的主動聯繫與需求。因此，科工館所設計的活動品質就不能置外於學校學生的期望，從企業管理角度而言，所謂好的服務品質，就是要滿足顧客的需要(劉鵬, 2005)。科工館的科教活動，不只在館內設計迎合顧客的需要，在受邀到館外辦理活動時，也得因應學校或學生的需要，量身訂製活動內容。

台灣的一般學校班級採常態編班，但對於資賦優異的學生(Gifted Students)，另有一套資優教育評量機制篩選成班，平常時段分散在各個班級上課，但在不影響一般普通班級教學的情況下，會利用每日早自習或週三半天課的下午，將該批資優班學生集合，另安排一專任特教老師，特別規劃設計額外多元的活動或課程，本文即在探討科工館鄰近的一所國小五年級分散式資優班的學生，如何結合科工館的資源(含科普專業與師資)，為其量身訂製一個科學獨立研究的 12 節活動(分 6 次授課)，每節上課 40 分鐘。

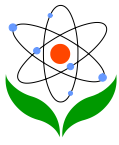
## 二、研究動機

科工館為一般國小學生設計的活動，依時段不同，採取不同的處理策略，說明臚列於下：



1. 科工 FUN 學趣：專為學校團體利用學期間，蒞館參觀時所規劃辦理的科教活動，活動依年級別，配合學校現況自然與生活科技之課綱所策辦，計有：急速『凍』感超導體、發光二極體、愛水尖兵、風向儀、力學神功、奇妙的光、鳴響飛輪、義大利麵條造屋、星座的故事、快樂風姐、就是要「虎」你、食物冒險工廠、雨量計、來電真好、化學紅綠燈、奈米新世紀、節能減碳知多少、DNA 雙螺旋的奧秘、平衡高手、永續發展作伙來、彩蝶效應及凹凸魔鏡等 20 項。
2. FUN 心學科學：專為一般學生於星期例假日設計規劃的研習活動，供具興趣的學生自由報名參加。
3. 冬夏令營：一天以上的冬、夏令營活動，是符合家長與孩子在長假期裡長天期活動，活動性質有物理、生物科技、館外探索、奈米科技、化學、食品科技、機器人、應用科學及電腦軟體應用等，並再依年齡別區分，以符合多元的需要。
4. 假日現場動手做活動：本類型活動分別有大廳現場體驗活動，以及內容有空氣的奧妙、共振共震及水科學等科學演示活動，供入館民眾無需事先辦理報名且自由參與的活動。
5. 應邀到校服務：考量部份學校因經費或交通上的限制，學校依其活動需要，請求本館派專業科教人員前往學校進行科教活動。科教專業人員應邀赴學校辦理科教活動，但因時間考量，使用其專業的科學動手做(Learning Science with Hands-on)，供學生親身體會體驗科學之奧妙與趣味。但對於指導資優班學生獨立研究次數少，經驗與資料比較不足，茲因本研究對象為分散式資優班學生，因此，研究者想要藉此瞭解，學員的科學探究能力，學生會不會藉輸入操縱變因(Input Variable)的不同，在多項控制變因(Control Variables)不變的情形下，會作紀錄並觀察輸出反應變因(Output Variable)的改變，如此科教活動設計，始能達到本研究要探討的如何建構非制式與制式科學教育之聯結與轉化的預期效果。

本研究基於一般科教活動大多以科學認知及技能(Cognition and Technology of Science)教導為主(張美珍, 王裕宏, & 鄭宇鈞, 2011)，且動手做體驗式的科學教育，已有許多證據顯示學習效果較佳(于瑞珍, 2002; 朱耀明, 2011; 李賢哲, 樊琳, & 李文慶, 2006; 周建和, 2007; 季榮臻, 2009; 陳正治, 2002)，例如不同實驗操作變因會有不同的反應變因出現、不再迷思科學教育裡有所謂的標準答案或最佳答案及啟迪具科學研究鑽研的學生更多進一步學習動機與渴望等等，但因時間、班級人數與經費的限制，鮮少有機會進行探究(Enquiry)的活動，僅有部份資優資源班有機會安排探究的活動，然而，探究式教學的方法，已有許多論述(唐智松, 2001; 管建祥, 2006)，其優點已有諸多肯定(李松柏, 2005; 李松濤, 林煥祥, & 洪振方, 2010)，例如引導學習者討論(Discuss)、思考(Think)、參與(Engage)、問題(Question)、假說(Hypothesis)、研究(Investigation)、分析(Analysis)、模型(Model)與評鑑(Evaluation)，除了強調參與的動機因素之外，每個階段再透過產生(Generation)、評鑑以及修正(Modification)的歷程，形成可檢驗與回溯的探究階段程序，唯其所需耗費時間比較多。



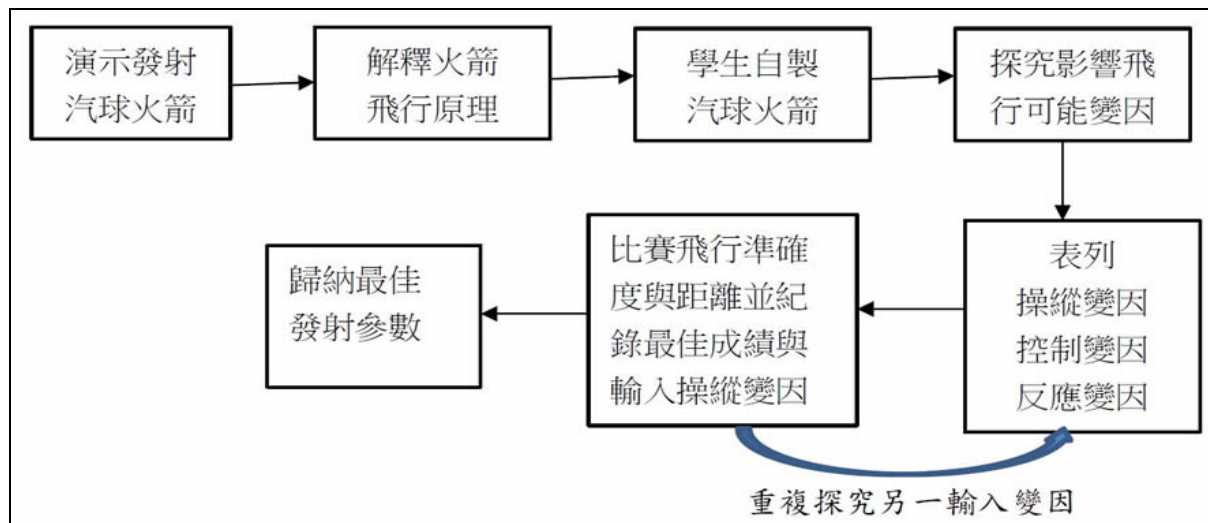
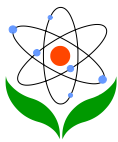
### 三、研究問題

研究者本身在科學類博物館工作，主要任務是從事科技教育之研究、規劃與歸廣執行，無論服務對象是參與教師研習活動的學校教師，或是一般學生參與科學活動，累積經驗觀察所得，講授式的科學教育往往使人意興闌珊，演示式的科學秀(Science Show)也總停留在煙火式的驚豔，不易評量實際活動成效。受服務對象普遍喜愛互動且可親自體驗操作的科學活動，但是學習者，特別是學生，在操作的過程中往往一直問這樣做對不對，好像只有教學者所提供的操作方式是唯一不變的真理，更遑論改變實驗變因的探究式科學教育。因此，選擇探索活動可使用時間較長的資優班學生(Gifted Students)，始能有機會進行深入的探討或探究式科學學習。

本研究以科工館鄰近學校五年級資優班的為對象，教導該班 20 名學生獨立研究的技巧與應用，期能藉由觀察、實驗假設、實驗變因的設計、實驗設計、比賽、資料收集與紀錄、小組討論、變因分析與歸納結論等方式，設計規劃了 6 次活動，每次上課 2 節課，活動主題為設計一枚汽球火箭，並研究怎樣設計的汽球火箭能夠飛得既準又遠。因此，本研究的研究問題是：如何有效建構非制式與制式科學教育聯結與轉化。

### 四、研究方法

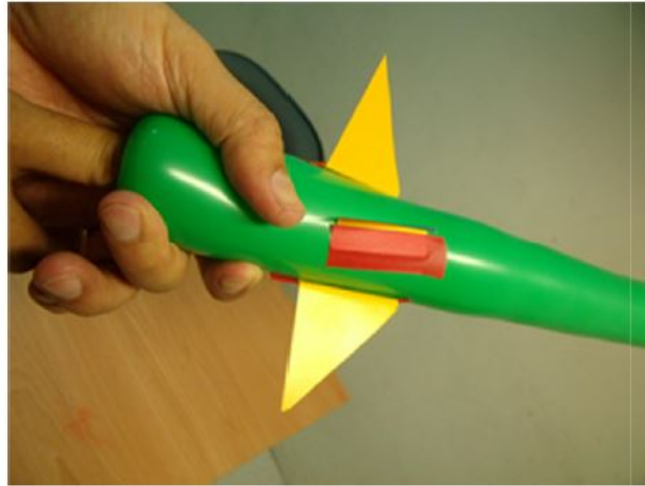
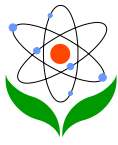
探究實驗教學可以提升學生的探究能力，學生在探究情境下的探究能力多數有提升，尤其是在形成問題、預測結果、控制變因、設計實驗、分享發表等部份(黃淑卿, 2004)。本研究以一枚汽球火箭為例，引導學生如何設計一枚飛得既準又遠的汽球火箭。當授課者第一次上課時，示範汽球火箭如何製作、發射後，就有學生表示曾在類似科學園遊會玩過或看過，但是，當授課者續問學生，誰知道如何讓汽球火箭能飛得既準又遠，頓時全班鴉雀無聲，人人面面相覷，顯見學生對汽球火箭的概念，僅停留在看過或做過，但卻無法進一步解析如何改善火箭飛行能力，且在相關的論文發表中，甚少以汽球火箭當作探究式科學實驗案例，因此，本研究以實驗方法探究影響汽球火箭飛得準與遠的可能變因，並冀能找到統整各式變因，讓學生能自製一枚既飛得準又飛得遠的汽球火箭。研究架構如圖一所示：



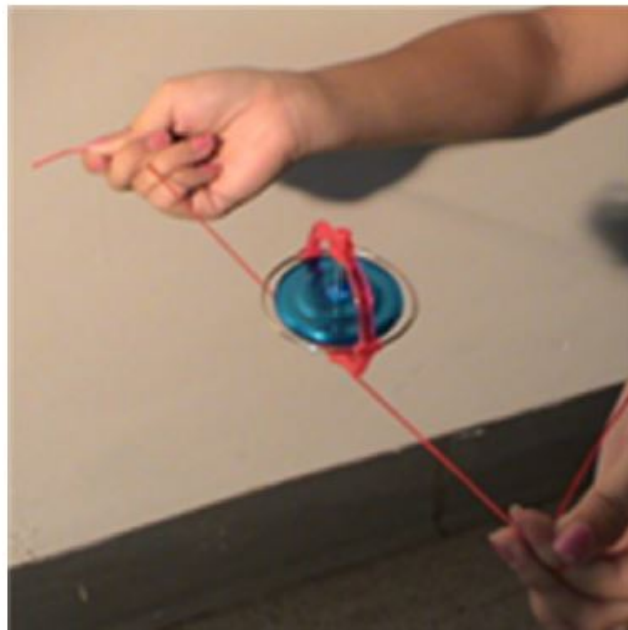
圖一：研究架構

說明：

1. 演示發射汽球火箭：原長約 13 公分的汽球，利用打氣筒灌滿球體，使其飽滿，長度約 60 公分，黏上尾翼斜貼約 20 度與前端電工膠布配重，左手持汽球後段(在尾翼後面)，右手食指頂入汽球底部，使其內凹(圖二)，當雙手同時放開汽球火箭，汽球火箭即會有旋轉運動(Spinning Motion)，且飛得準又遠。
2. 解釋汽球火箭飛行原理：灌滿氣的汽球本身具有彈性，當受食指外力往內推擠做功(Work)時，汽球球體就會產生彈性能(Elastic Potential Energy)，且汽球內部空氣被擠壓，空間變小，壓力就變大(波義耳定律 Boyle's law)。而當手釋放汽球後，汽球彈性能轉換成汽球往前飛行所需的動能(Kinetic Energy)。斜貼尾翼，讓汽球飛行時會有旋轉運動，使其穩定度增加。另外佐以陀螺儀(Gyroscope)的動手做演示(如圖四)，解釋轉動體在旋轉運動(Spinning Motion)是如何達到平衡與穩定。基於國小版自然與生活科技領域的能力指標裡，對能量轉換與簡單機械的應用，尚無理論的推導，僅提供一些實例參考，並預告該領域的動力學知識，將在國、高中時期的物理學科中的力學領域中有較多的著墨與解析。

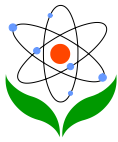


圖二：手持汽球火箭發射示意圖

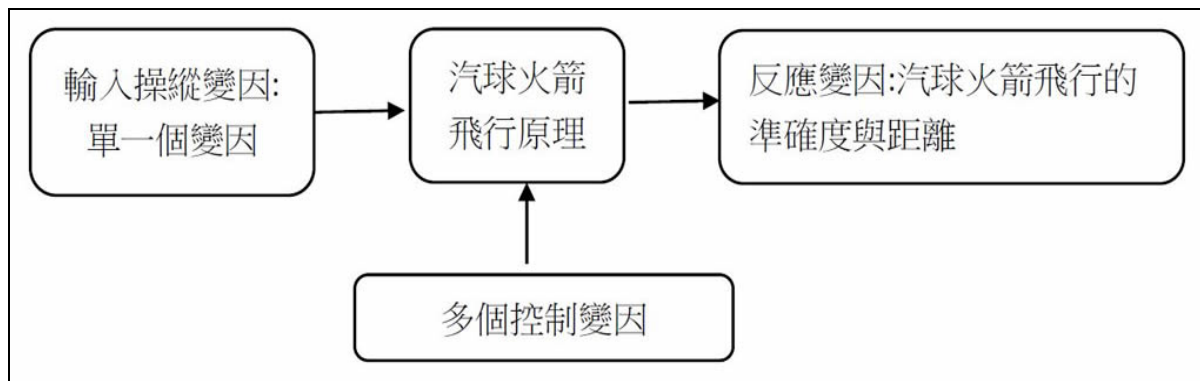


圖三：利用陀螺儀動手做實驗演示轉動可體平衡站立在細繩

3. 學生自製汽球火箭：經由授課者教導如何做一枚汽球火箭，學生依樣畫葫自製一枚汽球火箭並練習發射。
4. 探究影響飛行各種變因：影響汽球火箭飛行穩定度的重要條件是汽球球體因斜貼尾翼，使其會旋轉，灌滿氣的汽球長度，尾翼斜貼角度、尾翼的配置、前端配重、尾翼的面積與形狀等等，均是影響汽球火箭飛行是否既準又遠的重要的變因。
5. 表列操縱變因(Input Variables)、控制變因(Controlled Variables)與反應變因(Output Variables)：為了要探究影響汽球火箭飛行的主要因素為何，因此每次實驗僅能選單一操縱變因進行測試實驗，其他保持不變的變因稱為控制變因，例如，要探究汽球長度(如長度 40 公分、50 公分、60 公分與 80 公分四款)對飛行的準度與距離



關係，在測試時，其他的變因就要維持不變，如四款尾翼黏貼角度、尾翼配置位置、尾翼形狀等，均需維持固定的式樣，就連發射者也要同一個人，其間函數因果關係如圖三。本研究將 20 名學生平均分成 4 個小組(依高雄市路名分為一心、二聖、三多與四維等 4 小組)，每組 5 人，因時間之限制，各小組每次負責一個操縱變因，例如一心小組負責做長度 40 公分的汽球火箭、二聖小組做 50 公分，依此類推。



圖四：操縱變因、控制變因與反應變因之間函數因果關係圖

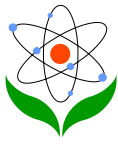
6. 比賽飛行準確度與距離：因是採比賽制，各組負責發射火箭參賽學生要同一人，每隊代表發射三次，汽球火箭得在預期的方向落地始稱有效發射，擇飛行距離最遠者作為比賽紀錄。
7. 歸納最佳發射參數：每進行一次單元競賽，登錄最佳成績，即可歸納出一個最佳反應變因，當進行下一個操縱變因實驗時，上一個操縱變因最佳參數值就轉成控制變因，依此類推，即可獲得各式操縱變因的最佳組合參數值。

## 五、實驗研究結果

本獨立研究活動，以汽球火箭的施作為例，學生藉由動手做探究影響汽球火箭飛行準度與距離，讓提供非制式科學教育的科工館，聯結融入制式科學教育的學校課程內，彼此間互補有無。因在示範的教學時，學生已知黏貼尾翼的角度約 20 度，飛行效果較佳，因此黏貼尾翼的角度不再做為操縱變因進行討論或探究，其餘影響汽球火箭飛行的可能變因經學生討論，計有裝滿氣的汽球長度、尾翼形狀及尾翼黏貼位置配置等，特將實驗設計與實驗結果表列如表一。

表一：汽球火箭飛行最佳化實驗參數值

探究的問題	實驗設計			最佳實驗結果
	操縱變因	控制變因	反應變因(有效的飛行距離)	



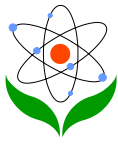
灌滿氣的汽球火箭長度與飛行準確度及距離關係	灌滿氣汽球長度 1. 一心小組: 40 公分 2. 二聖小組: 50 公分 3. 三多小組: 60 公分 4. 四維小組: 80 公分	尾翼形狀: 三角形 尾翼斜貼角度: 20 度 尾翼位置: 後半部	1. 9.90 公尺 2. 9.10 公尺 3. <b>10.57 公尺</b> 4. 8.50 公尺	裝滿氣的汽球火箭以長度為 60 公分時飛行距離最遠
尾翼形狀與飛行準確度及距離關係	尾翼形狀(面積約 18cm <sup>2</sup> ) 1. 一心小組: 三角形 2. 二聖小組: <b>正方形</b> 3. 三多小組: 梯形 4. 四維小組: 半圓形	汽球長度: 60 公分 尾翼位置: 後半部 尾翼斜貼角度: 20 度	1. 5.00 公尺 2. <b>10.90 公尺</b> 3. 9.60 公尺 4. 8.30 公尺	正方形尾翼飛行效果較佳
尾翼黏貼位置配置與飛行準確度及距離關係	尾翼黏貼位置配置 1. 一心小組: <b>平均環繞後汽球後段</b> 2. 二聖小組: 分散在汽球前、中、後段 3. 三多小組: 平均環繞後汽球前段部 4. 四維: 小組 平均環繞後汽球中段	汽球長度: 60 公分 尾翼形狀: 正方形(面積 18cm <sup>2</sup> ) 尾翼斜貼角度: 20 度	1. <b>15.60 公尺</b> 2. 14.10 公尺 3. 12.50 公尺 4. 9.30 公尺	尾翼置於後段飛行效果較佳

實驗歸納: 一枚汽球火箭尾翼斜貼 20 度、球體長度約 60 公分、正方的尾翼及尾翼後置，可以讓汽球火箭飛得準又遠。

## 六、結論與建議

本研究以一所國小五年級分散式資優班學生 20 人進行探究式科學實驗，將科工館非制式的科學教育理念與科學動手做等實務經驗，融入一般學校制式科學教育內，作為非制



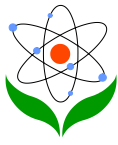


式與制式科學教育的聯結，可以有效改善學生科學探究能力。同時亦引導學生思考，探究式的科學實驗裡，無所謂的標準答案，任何一個操縱變因的改變，均會有不同的反應變因出現，此種探究的精神，貴在過程，不在結果，因此，就沒有所謂的最佳解答或標準答案。

由本獨立研究的過程中，雖歸納出一枚汽球火箭約 60 公分、尾翼斜貼 20 度、正方形的尾翼及尾翼後置，可以讓汽球火箭飛得準又遠，但這未必是最佳解，相反的，提供學生勇於挑戰現況並隨時保有探究的動機，始是科學教育傳播者無以為限的使命。

## 參考文獻

- 于瑞珍. (2002). 科學博物館輔助學校科技教育教學資源之探討－以國立科學工藝博物館為例. [Technology Education Resources in Science Museums-Using NSTM as an example]. *科技博物*, 6(6), 4-18.
- 朱耀明. (2011). 「動手做」的學習意涵分析－杜威的經驗學習觀點. *生活科技教育*, 44(2), 32-43.
- 李松柏. (2005). 在物理教學中實施探究式教學的探討. [On the Implementation of Research-style Teaching in Physics Teaching]. *阿壩師範高等專科學校學報*, 22(3), 96-98.
- 李松濤, 林煥祥, & 洪振方. (2010). 探究式教學對學童科學論證能力影響之探究. [An Investigation of the Influences of Inquiry Teaching Towards Children's Science Argumentation Abilities]. *科學教育學刊*, 18(3), 177-203.
- 李賢哲, 樊琳, & 李文慶. (2006). 九年一貫課程培養學生動手做能力課程規劃之探討－以手擲滑翔機為例. [A Curriculum to Facilitate Pupils' Hands-on Abilities: Building Hand Launch Glider]. *課程與教學*, 9(1), 81-98.
- 周建和. (2007). 街頭物理：動手做讓物理動起來. *物理雙月刊*, 29(4), 845-855.
- 季榮臻. (2009). 构建“理性课堂” 引领实践探索. *教育實踐與研究*, 2009(6A), 54-55.
- 唐智松. (2001). 探究式教學的基本原則. [On the Basic Principles of Exploratory Teaching]. *中國教育學刊*, 2001(5), 13-16.
- 張美珍, 王裕宏, & 鄭宇鈞. (2011). 博物館動手做活動增進觀眾對節水科技概念理解之研究. [A Study on Visitors' Understanding of Water-saving Technology through Museum Hands-on Activities]. *科技博物*, 15(1), 5-31.
- 陳正治. (2002). 從電影中引發與設計科學教育活動之探討－以獵殺 U-571 為例. [Discussion on the Stimulation of Motivation and Design of Science Educational Activities from Movies-A Case Study of U-571]. *科技博物*, 6(6), 31-41.
- 管建祥. (2006). 物理探究式教學的特征、模式及要求. [Physics Investigation the Characteristic, Mode of the Type Teaching and Its Request]. *南陽師範學院學報*, 5(12), 120-121.
- 劉鵬. (2005). 現代企業必須把滿足顧客需要作為行為準則. *商場現代化*, x(447), 70-70.



黃淑卿. 2004). 利用探究教學提昇國一學生科學探究能力之行動研究. *國立彰化師範大學科學教育研究所在職進修專班碩士論文*(全國博碩士論文摘要檢索系統編號: 92NCUE1231002).