

非制式奈米科學教學提升中小學 學生科學學習興趣之研究

何宗穎¹、鄭瑞洲¹、謝佩妤²、陳東煌³、黃台珠^{2*}

¹ 國立高雄師範大學科學教育研究所

² 國立中山大學通識教育中心

³ 國立成功大學化學工程學系

*taichu@mail.nsysu.edu.tw

(投稿日期：2012.4.10；修正日期：2012.4.22；接受日期：2012.5.21)

摘 要

興趣在學習上扮演重要角色，且學生對非制式科學課程有較高興趣。本研究目的為探討非制式奈米科學營隊中小學學生的科學學習興趣提升與教師教學的關係，作為學校科學課程教學激發學生學習興趣的參考。研究對象為台灣南部學生國小 94 位、國中 93 位及高中 130 位。以問卷測量學習興趣變化，採 paired-t test 及 ANCOVA 分析興趣變化及差異；錄影觀察教師教學表徵與師生互動的時間比例，採內容分析法分析。研究結果發現，非制式奈米科學營隊課程確實能提升中小學學生之科學學習興趣，並對國小、國中及高中三階段學生有不同影響，以國小學生興趣提升最多，進一步發現教師採用之教學表徵多元性、師生互動頻率及教學內容概念深度及多寡，可能與激發學生對科學課程學習興趣有關。

關鍵字：非制式奈米科技課程、師生互動、教學表徵、學習興趣

壹、前言

一、研究背景與動機

科學教育三大內涵，包含對情意－科學的態度(attitudes toward science)；技能－科學探究能力及科學過程技能(process of science)；知識－科學知識及概念理解(product of science)。我國亦於科學教育白皮書上宣示科學教育的目標為：「使每位國民能夠樂於學習科學，瞭解科學之用，喜歡科學之奇，欣賞科學之美。」，而在中小學教育的展望目標上，即希望能培養學生具有對科學的好奇心與科學倫理道德之良好科學態度(教育部, 2003)，說明科學情意培養的重要性。

根據 1999、2003 及 2007 年 Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS)及 2006 年 The Programme for International Student Assessment (PISA)等國際性的科學教育調查研究，我國國中生在科學知識及技能的學習表現上優異，但對學校科學學習的興趣與自信心卻沒有很高，仍待改善(李哲迪, 2009；林煥祥、劉聖忠、林素微、李暉, 2008；丁信中, 2009)。此外，TIMSS 國際性科學教育調查研究結果顯示學生對學校科學學習興趣相對不高；PISA 的調查結果則顯示學生對校外非正式管道的科學學習較吸引人，兩國際性科學教育調查研究結果的差異，凸顯學生對學校科學及校外科學學習喜愛程度的差異(李哲迪, 2009)。

為何學生的科學學習興趣不高？余民寧和韓珮華(2009)分析 TIMSS 的資料發現，在台灣此類學習上「高成就伴隨低興趣」的學生人數有逐年提高的趨勢，而其原因可能與教師的教學方式有關。此外，邱美虹(2005)認為亞太地區國家以考試成績作為升學主要依據，經常在乎學生的成績，而教學過程中常以考試及填鴨式教學為主，使得高中以下的科學評量成績一直很優秀，但在往後的研究發展過程中卻沒有優秀的表現。

國外研究也有類似結論，例如，Neathery (1997)強調隨著學生在學校就學年級增加，學生對科學的興趣有逐漸下滑的趨勢，Greenfield (1997)和 Hoffmann (2002)則觀察到，隨著學生在學校就學年級的增加，科學課程考試的表現也有下滑的趨勢，顯示年紀較大的學生在科學課程低的成就表現，部分原因可能是對科學有較低落的興趣。

興趣對於學生在學習及生涯上有何影響？Wolk (2007)認為在學校科學教育過程中學生逐漸喪失其對科學的熱忱與興趣，使學生普遍不想投入研究的工作或即使投入科學也無法從其中體驗探究科學的樂趣。Wolk 研究也發現，學生對於學校科學課程低落的學習興趣與自信心，會導致學生於學校教育過程中較低的學習成就表現，及離開學校後不想投入科學研究的相關工作，面對以上所提問題，除了瞭解成因外，我們更應積極改進學校的教育環境及尋找更適合的學習資源，以提升學生對學校科學的學習興趣。

二、研究目的與問題

基於上述研究背景與動機，本研究目的在藉由觀察一個營隊的教學活動，探索提升學生學習興趣的原因，提出對制式科學教學的建議。特別針對於博物館中實施高中、國中及國小的非制式奈米科學課程中，哪些因素可以提升學生的學習興趣，並專注在教師的教學表徵、師生互動模式及教學內容概念等教學因素，研究結果預期能作為學校制式科學教學之參考。據此，提出下列研究問題：

- (一) 中小學學生期望能提升其科學課程學習興趣的教學方式為何？
- (二) 非制式奈米科學課程教學是否能提升中小學學生的科學學習興趣？
- (三) 非制式奈米科學課程中，不同階段教師的教學表徵及師生互動頻率為何？
- (四) 非制式「奈米磁」主題課程中教師的教學表徵、師生互動頻率及教學內容概念與中小學學生科學學習興趣關連為何？

貳、文獻探討

一、科學學習與興趣

興趣經常被定義為個人致力於或傾向致力於對某一學科、事件、想法的心理狀態，其由個人與情境環境間之互動而產生(Krapp, 2005; Schiefele, 1991)。Renninger、Hidi 與 Krapp (1992)提出有關興趣理論的分類，將興趣典型的區分為個人興趣(individual interest)與情境興趣(situational interest)兩類。個人興趣指

個人的特質，為穩定持久，不隨情境改變的個人狀態；相對的，情境興趣為個人受情境環境刺激，而感覺有趣，此與特別的主題或情境有關。Hidi 與 Renninger (2006)指出個人興趣一直被發現能提升學生學習上的專注力、認知、回憶、持續努力、學業動機和學習的層次等。Eccles 與 Wigfield (2002)發現個人興趣是一個區分深度與表面學習的重要因素。Mitchell (1997)指出情境興趣雖然是短暫的，但其在學習上是有重要的意義，例如，學生在數學課程中經歷多樣且多次的愉快情境興趣經驗，能增加其發展成對數學課程喜愛的個人興趣，說明情境興趣是個人興趣發展中的重要元素。Hidi 與 Renninger (2006)研究指出，情境興趣能正向影響學生學習上認知的表現，如閱讀的理解和使用電腦的工作。Shen、Chen 與 Guan (2007)研究也發現，在學習過程中學生具高情境興趣者，較能引出較高的學習上的努力。此外，情境興趣對學習的正面影響對科學教育是非常重要的，因為現今許多學生對學校科學學習的興趣和動機低落，假如學校老師能於課堂中多致力於對學生興趣的啟動及運用，引發學生在科學學習上的情境興趣，將會減少學生的學習焦慮、增加學習動機、快樂及自我知覺，此對學生的科學學習及對科學的態度的提升將會有所幫助。

二、非制式科學學習與興趣

Stocklmayer、Rennie 與 Gilbert (2010)指出非制式教育(informal setting)對於學習之影響，在於學生在非制式教育經驗的獲得，對於其在就學期間養成對科學的興趣，並確立其從事未來科學研究之志趣，具有關鍵性之影響地位。Hooper-Greenhill (2007)指出非制式學習成果是多元的，且有很多是關於態度、價值觀、情感、信念等「軟性」的成果。Falk、Dierking 與 Storksdieck (2005)也指出非制式科學學習不同於學校制式科學學習，其不強調食譜式科學書本知識的獲得，而是讓參與者能自由選擇，並對於真實的科學進行探究，而關於學習內容可能是，也可能不是學校課程內容。Falk 等(2005)進一步指出，非制式科學學習很容易討論興趣，因興趣被認為是對科學有高度的情感，以及對科學會再次投入的傾向。興趣非只有吸引或正向的感覺，興趣還包含了知識、價值和感覺，能影響個人投入、提問及參與活動。

此外，Renninger (2007)的研究也發現，非制式科學學習對於興趣發展良好的學生，提供真實情境的活動比鼓勵或鷹架或連結學生的先備知識來的重要，

例如：應用真實的科學幫助辨識問題、設計及精緻實驗等活動；但對於學生只帶有一點或完全沒有興趣，則可提供明確的指引，使其投入扮演科學家的角色和享受樂趣，使其理解從事科學活動是重要且可行的。因此，本研究認為對於不同程度科學學習興趣的學生，非制式科學學習課程能提供學生較為適性的學習，以解決學校制式課程無法解決的問題。

三、提升科學學習情境興趣的因素

學生願意在學習上持續投入，根基於是否有濃厚的學習興趣；興趣愈高，學習困難愈低。學生在認知上、情緒上、價值上相信其學習工作是有趣及重要，將會對學習活動更投入，並會表現得更主動、更積極、更有效能。

早期研究情境興趣的影響因素，專注在文本為基礎的興趣，主要讓學生閱讀文本後，檢測文本中的特徵如何預測學生的興趣與投入(Schraw & Lehman, 2001)。最近，專注於什麼樣的情境性因素能普遍性的影響情境興趣 (Durik & Harackiewicz, 2007; Hoffmann, 2002; Krapp, 2002; Renninger & Hidi, 2002)。

影響學生學習情境興趣的因素，如新奇的刺激(Stipek, 1998)、課程對學生是有意義及能參與的，均能提高學生的情境興趣(Mitchell, 1997)。所謂有意義指的是教材或活動能符合學生直覺上的需求；能參與指的是學生在課程中主動參與的程度。其他影響學生情境興趣因素包含小組學員互動、個人的特色、給學生選擇的機會、探索、即時的享樂及各種資訊來源的使用等(Hidi & Harackiewicz, 2000, Pintrich & Schunk, 1996)。所以教師可經由改變某些學習環境和教學策略(Iyengar & Lepper, 1999)、工作的呈現(Isaac, Sansone, & Smith, 1999)和學習經驗的結構等情境因素，以促進學生的情境興趣 (Mitchell, 1993; Chen, Darst, & Pangrazi, 2001)。但很少研究提及普遍性的情境因素，例如：教室的環境或教學的形式如何促進特定主題的興趣，因此本研究以學生科學學習興趣與教師教學策略之關係進行探討。

四、非制式奈米科技教學

近年來奈米科技發展迅速，從日常生活食、衣、住、行、育樂等各式各樣的產品宣稱應用奈米科技可窺知，為使目前在學的中小學學生能面對目前及未

來的「奈米科技社會」，實有必要培養學生之奈米科技素養(蔡元福、吳佳瑾、胡焯淳，2004)。此外提供學生真實的奈米科技學習情境，誘發對奈米科技的好奇心與興趣，培養主動探索動態奈米科技發展過程，探究奈米科技對人類的影響，培養我國未來的奈米科技人才，實是當前我國科學教育需要面對的重要課題(李世光、吳政忠、蔡雅雯、林宜靜、黃圓婷，2003)。

然而我國目前要將此新興奈米科技知識經由現有中小學學校制式課程傳授給學生卻碰到許多的困難，主要因為奈米科技與目前制式科學學科相比較，其學習概念是屬於跨學科領域及跨學習年段的知識，例如其可包含在現有的國中小學自然與生活科技領域、高中物理、化學、生物及生活科技等學科課程中，且限於現有學科之分立，並無法單獨由一學科來教導奈米科技知識；此外奈米科技目前尚在新興發展階段，所產生的知識是一個動態的過程，會不斷產生新的知識，且目前我國尚未訂定出中小學學生學習奈米科技的核心概念及學習指標，而其該如何發展適合的課程以融入現有科學課程中？還有現有科學教師的奈米科技知識及學科教學知能是否足夠？以及教師該採用何種教學策略以突破奈米尺度無法直觀的問題？學生對奈米科技知識是否有興趣(Chang, 2008)？以上問題，皆需要奈米科技專家、科教學者、科學教師合作來解決中小學學生所面臨的奈米科學教學問題。

因此本研究由奈米科技專家、科教學者及科學教師合作開發三階段以動手做為主的非制式奈米科技中小學教育活動，並於2010年寒假期間於高雄國立科學工藝博物館實施，其目的在使參與之中小學學生能增進奈米科技知能及培養對奈米科學的學習興趣。

五、教師教學表徵與興趣

教師進行教學時會展現許多表徵，讓學生可以藉由表徵瞭解概念的意義，所謂表徵是指某種東西的信號，代表某種事物並傳遞某種事物的訊息(彭聃齡、張必隱，2000)，而這樣的表徵概念引申到教學上就是教學表徵(instructional representation)。而教師應用表徵於教學的目的就是要協助學生理解學科內容，因此所謂教學表徵是指教師為了達到教學目標，將欲學生學習的學科內容知識，以學生能理解的形式呈現。在教學的過程中，教師擔任主動溝通的角色，其必須有效的使用表徵、建立豐富的表徵資料庫，將自己已知的學科知識，適

當的轉換成語言、符號、圖片、具體事物或活動等訊息作為學生概念建構的來源(黃永和, 1997)。

從相關研究發現, 學生能覺知教師使用的教學表徵, 並能因教師的教學表徵刺激學生的學習動機, 進而促進學生的學習成效(林美淑, 2005)。面對教學, 教師的教學表徵不該只有一種, 應具備豐富且多元的教學表徵資料庫, 除了引起學生對學科內容的興趣外, 也需因應學生的個別差異與教學情境的需求, 並使用有效的教學表徵幫助學生進行有意義的活動(黃永和, 1997)。此外, 教師教學面對的是複雜的教學情境(饒見維, 1996), 尤其是學生特質的不同, 因此教師該思考的是如何讓每位學生都能有效學習, 都能對所學習的內容有興趣。程度超前的學生能發展其創造力, 而程度比較落後的學生也能夠有機會迎頭趕上, 或讓他們也有發展的空間。因此在面對這樣多元特質的學生, 教師能做的, 其實就是增加教學表徵的多樣化, 讓每位學生都有學習發展的空間。其中 Iyengar 與 Lepper (1999)研究又指出, 學生帶著各自不同的個人興趣來到學習環境, 要老師直接改變學生個人興趣是困難的, 然而老師可以控制及操作學習環境及教學策略來激發學生學習的情境興趣。Mitchell (1997)也指出, 課程的呈現若對學生有意義和能參與的, 可以提升學生學習的情境興趣。

教學表徵的形式涵蓋了教學中的隱喻、類比、圖形說明、範例、示範、模擬、動手操作、家庭作業、教室活動及不同形式的解說(Shulman & Sykes, 1986)。林曉雯(1994)的個案教師研究發現, 國中生物教師有類比、隱喻、因果說明、範例說明、名詞定義、圖表說明、展示說明、示範說明、問題引導、問題討論、學生操弄、模擬遊戲、家庭作業及其他(如閱讀或練習解題)等 14 種教學表徵方式, 並將此教學表徵分成三大類, 分別為教師為中心的教學表徵、教師與學生為中心的教學表徵及學生為中心的教學表徵, 詳如表 1。

表 1 以教師為中心、教師與學生為中心及學生為中心的教學表徵形式分類表

教師為中心	教師與學生為中心	學生為中心
類比	問題引導	學生操弄
隱喻	問題討論	模擬遊戲
因果說明		家庭作業
範例說明		閱讀
名詞定義		練習解題
圖表說明		
展示說明		
示範說明		

本研究參考表 1 之分類，並依實際教學觀察修正，以進行奈米科學課程中，課室錄影資料之教師教學表徵分類及統計分析，瞭解教學表徵與師生互動頻率對學生科學學習興趣的影響。

參、研究方法

一、研究對象

本研究之研究對象為，台灣南部地區參加 2010 年寒假期間於高雄國立科學工藝博物館舉行三階段中小學的奈米科學營隊活動，各階段參與學生分別為國小五、六年級($N=94$)、國中($N=93$)及高中($N=130$)，三組學生共計 317 位學生。

二、課程設計

本研究實施之非制式奈米科學課程是由高雄市路竹高中、三民國中及大同國小三所奈米科技種子學校自然科教師團隊設計開發及實施教學，其課程內容包括奈米科技簡介、動手做及不同奈米科技主題的分組課程，詳細課表見表 2。

中小學三階段教師分別實施一天的奈米科技課程，每天皆實施五小時不同主題的奈米科技教學，每位教師教的學時間約一小時，進行奈米科技單元主題課程(如下表 3 說明)。本次科學課程採用目前學校課程中未安排的奈米科學主題，以學生實際動手做及操作實驗為主的教學策略進行，以符合學生對科學課程期望進行的教學方式，來提升學生對科學學習的興趣。

表 2 三階段奈米科技主題課程實施統整表

國小		國中		高中	
單元課程主題	教學者	單元課程主題	教學者	單元課程主題	教學者
奈米洗禮	A 師	生物羅盤～ 奈米磁顆粒 DIY	F 師	小而美的奈米世界 產品體驗及講座	K 師
蓮葉效應～ 奈米紙 DIY	B 師	蓮葉效應～ 疏水與自潔	G 師	原子力顯微鏡實作	L 師
碳の一族～ 奈米碳球 DIY	C 師	明日之星奈米碳管 ～巴克球模型 DIY	H 師	奈米傘製作	M 師
小尺寸大表面積效 應～奈米表面結構 DIY	D 師	神奇的光觸媒～光 觸媒磁磚去污實作	I 師	光觸媒特性實驗	N 師
奈米磁 DIY 單元	E 師	進入奈米，世界大 不同～奈米金 DIY	J 師	奈米磁製作	O 師

選擇奈米科學主題進行學習興趣研究有以下幾項原因，(一)因奈米科學有其特殊性，當物質縮小至奈米尺度時會表現異於一般物質的特性與現象，如物質的物理性質(顏色、熔點、沸點等)及化學性質(反應速率、活性等)等改變，能激起學生的好奇心；(二)許多奈米尺度的特殊現象，如蓮葉效應、生物導航、壁虎效應、變色彩蝶等容易在大自然中發現，教師易於透過自然現象或實物教學來說明，學生容易觀察到奈米尺度所產生的特殊性質，且學生於自然觀察活動中學習較為輕鬆有趣；(三)目前日常生活中有許多奈米科技的應用產品，如奈米紡織品、奈米家電及奈米食品等，非制式奈米科學教學能提供學生理解與其切身有關的科技應用，引發其學習動機及興趣，並提升其對奈米科學及科技應用的素養。

三、研究設計

本研究採量化及質性方法。量化方法採用問卷蒐集學生有興趣的課程進行方式以及對奈米課程的興趣評價，於每一課程教學前後讓學生填寫學習興趣問卷，以進行後續統計分析學生科學學習興趣的變化；質性分析採用觀察法搜集教師教學表徵與師生互動過程，採用教學錄影觀察，並依教學錄影資料分析教師的教學表徵、師生互動頻率及教學內容概念，以瞭解其是否為學生情境興趣產生相關因素。

學習興趣問卷分前、後測。前測問卷主要為兩部份，第一部分欲瞭解學生所感興趣之課程進行方式為何？題目為：「你覺得目前學校的科學課程，如何進行才能引起你的學習興趣？」。可複選，選項有「能動手做」、「能操作實驗」、「要教與日常生活有關」、「我有興趣的」、「要教我沒學過的」、「要教我沒經驗過的」。第二部份詢問學生對學校自然課程的興趣，題目為：「我對現在學校的自然科學課程，感覺如何？」，採用 Likert 四等量表(4=很有興趣、3=大部分有興趣、2=不太有興趣、1=完全沒興趣)。

後測問卷主要詢問學生對每一個奈米課程主題單元的學習興趣，如其中題目為「你是否對本主題單元課程安排感到很有興趣呢？」，亦請學生從很有興趣、大部分有興趣、不太有興趣以及完全沒興趣的選項中作選擇，以瞭解其對此課程的情境興趣程度。

四、資料分析

本研究主要以問卷調查資料輸入 SPSS 統計軟體進行量化分析，以及運用內容分析法進行教學錄影質性分析。量化分析為取得問卷數據並以 SPSS 進行相依樣本 t 檢定來進行分析。此外為了瞭解教學影響學習興趣的實際效果量，以 Cohen (1988)所提出以教學前、後之學生科學學習興趣平均值與標準差進行計算。在實驗效果量(Cohen's d)的判斷上，若其值小於 .2 表示實際顯著性為低，介於 .2 至 .5 表示實際顯著性為低至中等，而 .5 至 .8 表示實際顯著性為中至高等，高於 .8 表示具有相當大的實際顯著差異。進一步為瞭解教學對於三階段學生科學學習興趣影響的差異性，則進行 ANCOVA 分析及 Scheffe 事後多重比較。教學錄影內容分析法是透過量化技巧與質的分析，以客觀和系統態度，對

文件內容進行研究與分析，藉以產生該項文件內容的環境背景，及其意義的一種研究方法(高明，2006)。研究者在開始分析之前，先依實際教學觀察修正林曉雯(1994)教學表徵形式分類表以決定教學表徵類別，因而本研究採用教師為中心(含概念說明、範例說明、展示說明及示範說明等教學表徵)，教師與學生為中心(含問題引導、問題討論及作業評量等教學表徵)，以及學生為中心(含學生操弄及運用模擬遊戲等教學表徵)的分類方式進行分析教師教學表徵，執行不同階段教師教學表徵描述與後續的比較，來說明研究的內容。詮釋內容分析資料的方式是採用計時教師使用不同教學表徵，及師生互動時間所佔整體課程時間的百分比呈現，因此本研究將呈現教師不同教學表徵佔其整堂課程的時間與比例來詮釋。

肆、研究結果

一、中小學學生期望能提升科學課程學習興趣的教學模式

以描述性統計分析中小學學生期望能提升其科學課程學習興趣的教學方式。當詢問學生「你覺得現在學校的科學課程，如何進行才能更引起你的興趣」，研究結果發現，在教學方法方面，84~91%中小學學生選擇以動手做或能操作實驗為主的課程；在課程內容上，32~73%中小學學生選擇教學內容需與日常生活有關、有趣的、沒經驗過及沒學習過的(詳見表 3)。

表 3 中小學學生感興趣的科學課程進行方式(%)

教學方式	國小	國中	高中
能動手做	88	84	87
能操作實驗	91	84	84
要教與日常生活有關	40	32	73
我有興趣的	46	48	68
要教我沒學過的	49	47	48
要教我沒經驗過的	39	38	42

根據以上資料顯示，中小學學生對教學方式的需求大於教學內容的需求，所以教師對教學方式的改進與提高學生的學習興趣，相對於教學內容的改進將會有較大的助益。進一步分析顯示中小學學生最希望能夠於科學課程中進行動手做或實驗操作的活動，以提高其學習興趣，其次在課程內容上，則希望教師能夠教授未學習過，且能與日常生活有關及可實用的知識來增進所學。課程內容與日常生活有關及有趣性部分，三階段學生中尤其以高中學生的期望最高。

二、非制式奈米科學課程教學能顯著提升三階段中小學學生學習興趣

非制式奈米科學課程教學前後，中小學學生的「對奈米科技課程興趣」前後測問卷結果，以成對樣本 t 檢定進行統計分析，探討非制式奈米科學課程教學是否能提升中小學學生的學習興趣。結果發現，非制式奈米科學課程教學後，三階段中小學生對奈米科學課程的學習興趣增加，且國小及高中階段實驗效果量(Cohen' d)接近中型效果，國中階段為低至中型效果(詳見表 4)。

表 4 中小學學生對奈米課程學習興趣之改變

學習興趣	國小	國中	高中
教學前	3.07	3.19	3.0
教學後	3.56	3.47	3.36
教學前後差	0.49	0.28	0.36
成對樣本 t 檢定	10.11 ^{***}	7.88 ^{***}	12.62 ^{***}
Cohen's d	0.47	0.36	0.49

註：^{***} $p < .001$ (學習興趣以 Likert Scale 1~5 來表示，分數越高表示越有興趣)

此外，ANCOVA 分析三組學生在參與非制式奈米科學課程教學後所產生的科學學習興趣的差異，分析結果發現三組學生的科學學習興趣有差異 ($F(2,1592)=10.771, p < .001$ ；Scheffe 多重比較：國小 > 國中，國小 > 高中，國

中>高中)。研究結果顯示，非制式奈米科學課程能提升中小學學生的科學課程學習興趣，特別是對國小及國中階段的學生有較大的幫助，較高於高中階段學生。

三、非制式奈米科學課程中三階段中小學教師的教學表徵及師生互動模式

本研究為瞭解三階段教師教學表徵，與師生互動模式是否造成三階段學生科學學習興趣提升的差異，進一步採用內容分析法進行教學錄影分析，以瞭解奈米科學課程中三階段教師採用的師生互動模式及教學表徵使用頻率。教學表徵內容分析架構參考林曉雯(1994)提出的教學表徵分類表，並依實際教學觀察修正如表 5，以進行三階段教師教學表徵之分析與比較。

內容分析法分析奈米科學課程中三階段教師的教學表徵及其使用頻率，以各階段教師於其授課單元採用之教學表徵所佔整體課程教學時間比例，來呈現比較各階段教師教學表徵使用情況，以國小教師使用「操作實驗」教學表徵為例，國小教師在一堂課程 50 分鐘，奈米營隊五堂課程共計 250 分鐘，內容分析教師在課程中使用操作實驗教學表徵總共佔 42.25 分鐘，故國小教師使用此教學表徵頻率為 16.9% (42.25/250)，奈米科學課程中三階段教學表徵使用頻率及師生互動頻率結果詳見表 5 及圖 1。

表 5 奈米科學課程中三階段教學表徵使用頻率及師生互動頻率(%)

師生互動模式	教學表徵型式	國小	國中	高中
教師為中心	概念說明	23.6	57.8	58.3
	範例說明	3.2	—	1.3
	展示說明	9.5	7.5	8.1
	示範說明	12.9	7.7	16.6
	合計	49.2	72.9	84.7
教師與學生為中心	問題引導	15.8	1.0	6.1
	問題討論	0.3	6.1	—
	作業評量	15.7	0.7	—
	合計	31.8	7.8	6.1
學生為中心	學生操弄	16.9	19.3	9.4
	模擬遊戲	2.1	—	—
	合計	19.0	19.3	9.4

註：教學表徵使用頻率以所佔時間百分比平均值顯示

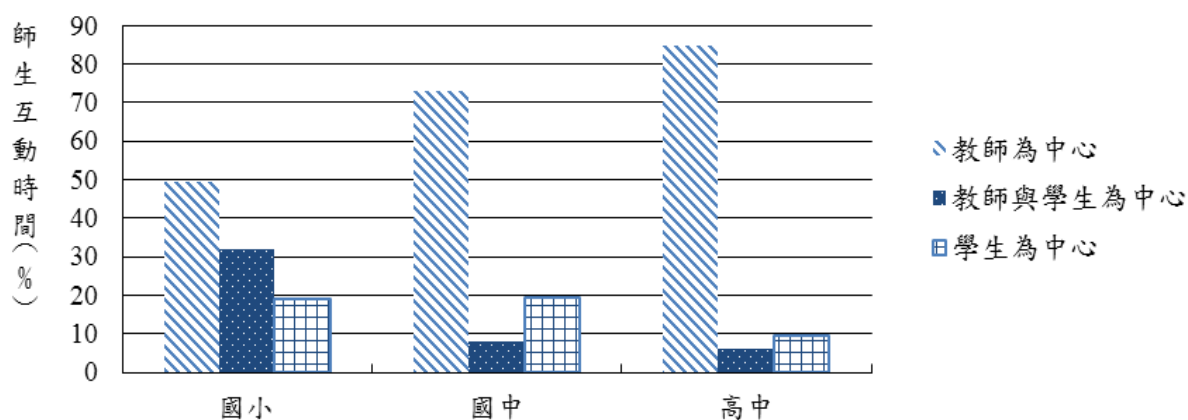


圖 1 奈米科學課程中三階段教學之師生互動時間頻率(%)

在國小課程中，奈米課程教師採用的教學表徵時間頻率，「概念說明」佔 23.6%，「範例說明」佔 3.2%，「展示說明」佔 9.5%，「示範說明」佔 12.9%，加總後國小教師採用教師為中心師生互動模式為 49.2%；「問題引導」佔 15.8%，「問題討論」佔 0.3%，「作業評量」，佔 15.7%，加總後國小教師採用教師與學生為中心師生互動模式為 31.8%；「學生操弄」佔 16.9%，「模擬遊戲」佔 2.1%，加總後國小教師採用學生為中心師生互動模式為 19.0%。

在國中課程中，奈米課程教師採用的教學表徵時間頻率，「概念說明」佔 57.8%，「展示說明」佔 7.5%，「示範說明」佔 7.7%，加總後國中教師採用教師為中心師生互動模式為 72.9%；「問題引導」佔 1.0%，「問題討論」佔 6.1%，「作業評量」佔 0.7%，加總後國中教師採用教師與學生為中心師生互動模式為 7.8%；「學生操弄」佔 19.3%，有關學生為中心師生互動模式為 19.3%。

在高中課程中，奈米課程教師採用的教學表徵時間頻率，「概念說明」佔 58.3%，「範例說明」佔 1.3%，「展示說明」佔 8.1%，「示範說明」佔 16.6%，加總後高中教師採用教師為中心師生互動模式為 84.7%；「問題引導」佔 6.1%，因而高中教師採用教師與學生為中心師生互動模式為 6.1%；「學生操弄」佔 9.4%，有關高中教師採用學生為中心師生互動模式為 9.4%。

結果顯示，在教師使用教學表徵頻率上，越往國小階段教師的教學表徵越多元，國小教師會有較多元的表徵使用來教導奈米科學概念，且概念說明時間比例較少於國中及高中階段，增加較多時間於問題引導學生回答，及學習單式之作業評量等「教師與學生為中心」的教學表徵。而國中及高中階段教師使用一半以上課程時間於奈米科學概念說明，花費較少時間於問題引導、討論及作業評量等「教師與學生為中心」師生互動的教學表徵。此外，加總教學表徵而得之師生互動模式上，三階段課室中教師皆以教師為中心的師生互動模式頻率最高，國小佔 49.2%、國中佔 72.9%及高中佔 84.4%，以教師為中心的師生互動模式所佔時間頻率以國小最低，越往上至國中及高中階段越高；相對上，以學生為中心或教師與學生為中心的師生互動模式所佔時間頻率漸少，越往下至國小階段則頻率增加，國中階段次之，高中階段則最少，顯示年段較高教師所採用的教學模式以教師為中心模式為主，逐漸減少以學生為中心或師生為中心之教學表徵。

四、非制式「奈米磁」主題課程中三階段教師的教學表徵及師生互動頻率與學生學習興趣關連

本研究進一步採用內容分析法進行三階段但同一「奈米磁」單元主題課程的教學錄影分析，以探討教師的教學表徵、師生互動頻率及教學內容概念與學生學習興趣成長關連，研究結果分述如下：

(一)非制式「奈米磁」主題課程教學能顯著提升三階段中小學生的科學學習興趣

本研究以成對樣本 *t* 檢定分析非制式「奈米磁」主題課程教學是否能提升中小學學生的科學學習興趣。結果發現，非制式奈米科學課程教學後，三階段中小學學生對科學的學習興趣均增加，且國小及國中階段的實驗效果量(Cohen's *d*) 接近中型效果，高中階段則為低至中型效果(詳見表 6)。

表 6 中小學學生參與非制式「奈米磁」課程教學前後的科學學習興趣改變情形

學習興趣	國小	國中	高中
教學前	3.07	3.18	2.98
教學後	3.55	3.53	3.19
教學前後差	0.48	0.34	0.21
成對樣本 <i>t</i> 檢定	5.09 ^{***}	4.29 ^{***}	3.38 ^{***}
Cohen's <i>d</i>	0.52	0.45	0.30

註：*** $p < .001$ (學習興趣以 Likert Scale 1~5 來表示，分數越高表示越有興趣)

進一步統計考驗教學前三階段學生科學學習興趣無差異後，以 ANCOVA 分析三階段學生在非制式「奈米磁」主題課程教學後的科學學習興趣差異，結果三階段學生在教學後的科學學習興趣表現有差異($F(2,314)=11.729, p < .001$ ；Scheffe 多重比較國小 > 國中，國小 > 高中，國中 > 高中)。分析結果顯示，排除三組學生教學前對科學課程興趣後，非制式奈米磁主題課程能提升中小學學生的科學學習興趣，依序為國小學生的科學學習興趣提升最多、國中階段學生次之，此兩階段學生亦都高於高中階段學生。

(二)非制式奈米磁主題課程中三階段教師之教學表徵及師生互動模式

本研究為瞭解奈米磁主題課程中三階段教師在教學表徵與師生互動模式，是否造成三階段學生科學學習興趣提升的差異，以內容分析三階段教師奈米磁課程中教學表徵及所佔時間頻率，如下表 7 及圖 2。

表 7 三階段奈米磁主題課程中教師的教學表徵使用頻率及師生互動頻率(%)

師生互動模式	教學表徵	國小	國中	高中
教師為中心	概念說明	32.0	68.9	64.2
	範例說明	—	—	2.7
	展示說明	11.5	3.2	2.0
	示範說明	2.5	10.6	12.2
	合計	45.9	82.7	81.1
教師與學生為中心	問題引導	10.7	—	—
	問題討論	—	2.5	—
	作業評量	26.2	2.1	—
	合計	36.9	4.6	—
學生為中心	學生操弄	14.7	12.7	18.9
	模擬遊戲	2.5	—	—
	合計	17.2	12.7	18.9

結果顯示，國小教師會有較多元的表徵使用來教導奈米科學概念，且國小教師之概念說明時間比例 32.0%；較少於國中教師之概念說明時間 68.9%；高中教師之概念說明時間 64.2%，且國小教師增加較多時間於問題引導，及學習單式之評量討論等師生互動為主的教學表徵，尤其國小教師採用事先規劃設計的學習單於教學中，內容包含奈米現象原理說明、科技應用及社會影響等問題，透過師生問題討論，來讓學生思考及統整課程中所學的重要概念，所佔時間甚

高，約 26.2%。相對的，國中及高中階段教師使用一半以上課程時間於奈米科學概念說明，而花費較少時間於教師與學生為中心的問題引導、討論及學習單式的討論。

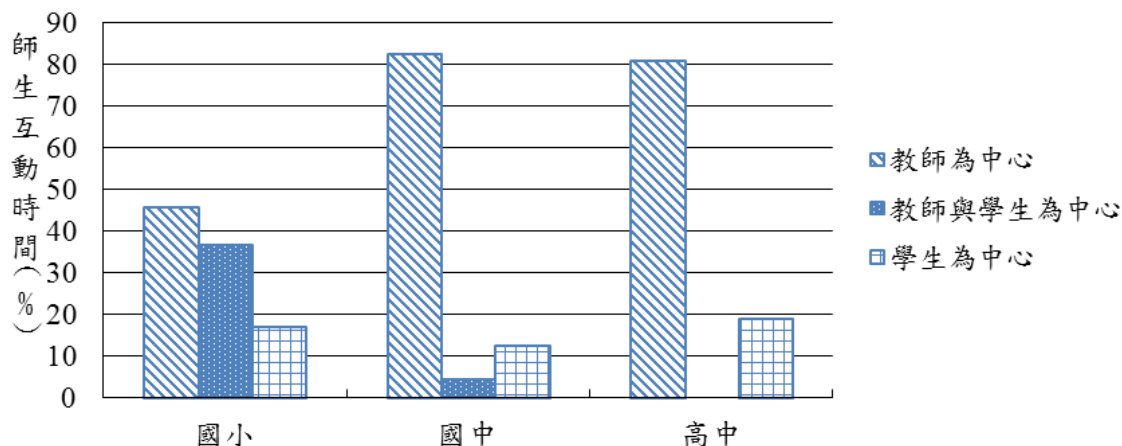


圖 2 「奈米磁」主題課程中三階段教學之師生互動時間頻率(%)

結果顯示，三階段奈米磁主題課程教師皆以教師為中心的師生互動模式頻率最高，國小約佔 45.9%、國中約佔 82.7%及高中約佔 81.1%，以教師為中心教學模式所佔時間頻率國小較低，國中及高中階段皆達 80%上課的時間；相對上，以學生中心或教師與學生為中心的師生互動模式所佔時間頻率，國小階段約佔 55%，國中及高中階段皆很少，顯示年段較高教師所採用的教學模式以教師為中心模式為主，逐漸減少以學生為中心或師生為中心的互動教學模式。

三階段奈米磁主題課程中以「時間序列」為 X 軸，「師生互動模式」及「國小國中及高中三階段」分別為 Y 軸的兩側，呈現三階段教師於課程進行中的教學表徵及及師生互動情形分佈圖，如圖 3。

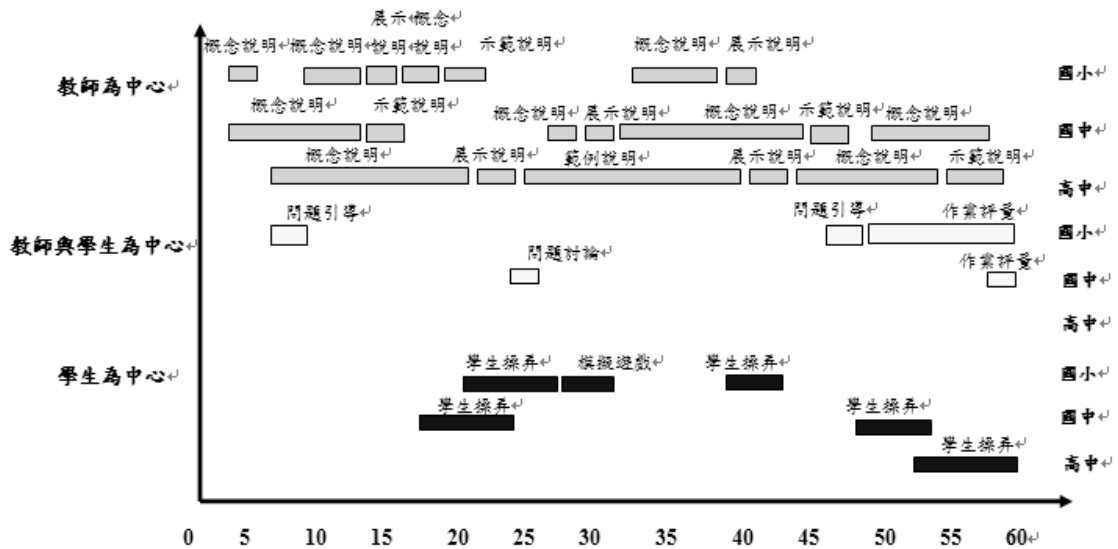


圖 3 三階段教師於奈米磁主題課程教學中採用的教學表徵及師生互動頻率

圖 3 顯示國小階段教師的教學表徵及師生互動模式最多元；國中階段次之；高中階段相對較少。此部分也與三階段課程教學的內容有關，國小階段說明之奈米科學概念最少；國中階段次之；高中階段說明最多奈米科學概念。合理說明高中及國中階段教師利用較多教師為中心的概念說明表徵及時間頻率來進行課程教學。

綜合前述結果發現，三階段學生對奈米科學的學習興趣變化與教師教學表徵與師生互動模式可能有所關連，如表 7 及圖 3，越往國小教師的教學表徵越多元，種類越多；三階段奈米磁課程中教師皆以教師為中心的師生互動模式比例最高，越往上階段，教師教學表徵以教師為中心的比例越高；越往國小階段，教師與學生為中心的教學互動表徵越高，尤其透過教師提問及學習單的作業討論的表徵，可能影響其學習興趣。

(三) 三階段非制式奈米磁主題課程中之教學策略及內容概念之差異

本研究為瞭解奈米磁主題課程中三階段教師在教學策略及教學內容概念是否有差異？及其是否影響學生科學學習興趣？因此以內容分析法分析三階段教師於奈米磁課程的教學策略及內容概念。結果顯示，國小奈米磁課程，教師先以生物磁導航影片帶入奈米磁實際現象，進而介紹奈米磁羅盤概念，再進一步引申出奈米磁顆粒觀念，並經由模擬，帶出奈米磁顆粒的實際運用，最後再以

動手做讓學生實際加深了解奈米磁顆粒觀念，並因奈米磁理論概念超越國小學生背景，對國小學生較難深入探討現象背後的成因，因此課程概念多著重於奈米特殊現象的描述，且國小教師採用影片或實物的觀察來進行奈米現象的介紹，並經由模擬遊戲帶出奈米磁顆粒在醫學上的實際應用。國中奈米磁課程，教師先以基礎的磁學來引入，進一步介紹磁學中地磁的作用及影響，並引入奈米磁羅盤及奈米磁顆粒概念，且概念介紹過程中輔以實際的動手做操作來理解此奈米現象，最後介紹奈米磁顆粒目前的實際運用。高中奈米磁課程，教師先以奈米基礎的概念來引入，介紹奈米磁相關的概念，如奈米磁原理、現象觀察及檢測奈米磁儀器等，過程中並示範何謂膠體粒子及介紹檢測工具原子力顯微鏡的操作及原理，最後教師透過實驗的解說及實際操作來理解奈米磁科學概念。

綜上分析，國小教師多採用影片或實物的觀察帶領學生認識奈米磁現象，較少探討奈米現象背後的成因，說明奈米科學概念最少，教師亦利用教具模擬遊戲來引出其應用性；國中教師說先說明地磁概念，進而解釋奈米磁顆粒參與磁導航的原理概念，課程中提及奈米科學概念數量次之；高中教師深入介紹奈米尺度下奈米磁具有新特性及其衍生現象，並說明有關奈米磁的檢測工具及其應用性，課程中說明的奈米科學概念既多且廣。

伍、結論與建議

本研究發現非制式奈米科學課程教學能增進三階段學生對奈米科學課程的學習興趣，並進一步探討學生激發出的學習興趣與教師採用教學表徵、師生互動及教學內容概念的關係，有以下的發現：

- (一) 三階段學生認為，最能引起學習興趣的科學課程進行方式為以動手做，及操作實驗為主的方式，顯示學生喜愛能自己動手參與或有機會自我選擇或挑戰的方式進行學習。
- (二) 三階段學生對科學課程的學習興趣，於非制式奈米科學課程教學後皆呈現顯著性增加，以國小學生增加最多，國中及高中學生較少，顯示國小學生的科學學習興趣提升受此非制式科學課程教學影響最大。
- (三) 分析奈米科學課程中教師採用的教學表徵及師生互動模式。教學表徵上，國小組教師採用為最多元；國中組教師次之；高中組教師最少。師生互動模式上，國小以師生為中心的互動教學模式時間較長，國中及高中組師生

為中心的互動時間較少。

- (四) 分析三階段奈米磁科學課程的教學策略與奈米學習概念發現，教師會以不同方式建構有效的教學策略、教學表徵與概念內容，以解決奈米教學的困境，讓教學對學生的學習有意義的，並進而提升學生的學習興趣。

由以上研究發現，此非制式奈米科學活動對於提升學生學習興趣上，研究者有以下幾點對科學課程教學上的建議：

- (一) 學生喜愛的科學課程進行方式為動手做及能操作實驗，且教學內容的安排儘量與學生切身相關的，例如：高中階段課程中「奈米傘製作」主題單元採用較多時間於動手做，且能實作具蓮葉效應雨傘帶回去，使得學生覺得此課程安排與其切身相關，因此表現較高之學習興趣。Stohr-Hunt (1996) 研究發現，使用動手做為教學策略的活動能增進學生學習興趣，與科學課程成就表現。因此為提升學生的學習興趣，教師可於課程中選擇與課程相關的簡易動手做活動，且課程內容是學生認為重要或切身相關的，以提升學生的學習興趣。
- (二) 教師教學表徵應更多元，因為多元能增加學習的趣味性及活潑性，且能兼顧到每位學生的不同學習風格，讓不同學習者能夠滿足其個別需求，透過較為適性的學習提升其學習興趣。
- (三) 教學應提供更多師生為中心的互動機會，如引導學生發問、討論問題或學習單討論等，鼓勵學生思考、交流及表達意見，因為良好的師生互動能讓學生有機會參與、選擇與發展的機會增加，此會增加學生對該學習的自信及動機，進而影響其學習興趣。此外，教師也可藉由師生互動過程，瞭解教學中學生的學習狀況或學習困難點，適時的調整教學策略，避免學生因學習落後而減低學習興趣。
- (四) 教學應提供更多以學生為中心的教學模式，如讓學生有機會動手做、操作實驗或同儕合作式學習等機會，如同教育學家杜威所提出從實作中學習，強調以學生為中心的實際動手操作，在過程中，學生主動參與學習以獲得具體經驗，形成科學過程技能，因此教師可以將科學概念以及過程技能整合在一個動手操作的科學活動層面上，以強化學生科學概念的理解，亦即教學過程配合學習概念，強調過程技能以及實際操作的學習能力，能讓學習者對概念理解更明確。Sturm 與 Bogner (2008) 也提出動手操作可以提高學生的學習動機，藉由實際參與活動，擴展學生對科學知識概念的理解與興趣，提高學生學習科學的內在動機，進而增進學習成就。

(五) 本研究中所探討提升學生科學學習興趣屬於情境興趣，因其為課程結束後學生對此課程的立即反應，其受情境環境所影響，其特性為短暫性、不穩定且容易消失，但 Mitchell (1997) 提出，教師如能經常讓學生接觸此類引發興趣的情境環境，就能逐漸培養出學生較為穩定之個人興趣。因此教學能以較多元之教學表徵、師生互動及學生中心為主的教學模式，相信對學生科學興趣培養會有所幫助。

最後，本研究雖然發現，非制式的奈米科學課程能引發各階段學生對科學的學習興趣，且與教師所採用的教學表徵、師生互動頻率及教學內容概念可能有關，但較明確之相關證據值得往後進一步探討。

致謝

本研究承蒙國科會及國立成功大學微奈米科技研究中心的經費支助(NSC 99-2120-S-006 -001 -NM)，高雄市路竹高中、三民國中及大同國小三所學校自然科教師團隊參與非制式奈米科學課程設計及教學，以及高雄師範大學科學教育研究所程重鳴、羅茂彰、郭伯彰研究生研究資料蒐集與分析上的協助，特此致謝！

參考文獻

- 丁信中(2009)。芬蘭中學生 PISA 科學成就優異表現及其相關因素之探討：2007 歐洲科學教育學術參訪反思。**科學教育月刊**，**316**，2-19。
- 李世光、吳政忠、蔡雅雯、林宜靜、黃圓婷(2003)。奈米科技人才培育計畫之推動規劃與展望：從 K-12 奈米人才培育試行計劃談起。**物理雙月刊**，**25(3)**，435-443。
- 李哲迪(2009)。臺灣國中學生在 TIMSS 及 PISA 的科學學習成果表現及其啟示。**研習資訊**，**26(2)**，73-88。
- 林美淑(2005)。國中自然科教師學科教學知識成長之行動研究(未出版之碩士論文)。國立彰化師範大學，彰化市。
- 林曉雯(1994)。國中生物教師教學表徵的詮釋性研究(未出版之博士論文)。國立臺灣師範大學，臺北市。

- 林煥祥、劉聖忠、林素微、李暉(2008)。臺灣參加 PISA 2006 成果報告。行政院國家科學委員會專題研究成果報告(NSC-95-2522-S-026-002)，未出版。
- 余民寧、韓珮華(2009)。教學方式對數學學習興趣與數學成就之影響：以 TIMSS 2003 台灣資料為例。測驗學刊，56(1)，19-48。
- 邱美虹(2005)。TIMSS 2003 臺灣國中二年級學生的科學成就及相關因素之探討。科學教育月刊，282，2-40。
- 高明(2006)。研究所教育研究法分類題庫。臺北市：鼎茂。
- 蔡元福、吳佳瑾、胡焯淳(2004)。奈米科技融入自然與生活科技領域教學之初探。科學教育研究與發展季刊，35，39-50。
- 教育部(2003)。科學教育白皮書。臺北市：教育部。
- 黃永和(1997)。教學表徵－教師的教學法寶。國教世紀，178，17-24。
- 彭聃齡、張必隱(2000)。認知心理學。臺北市：東華。
- 饒見維(1996)。教師專業發展：理論與實務。臺北市：五南。
- Chang, R. P. H. (2008). *Vision for global nanoscale science and engineering education*. Retrieved October 20, 2011, from <http://www.nclt.us/gnseews2008/presentation.shtml>
- Chen, A., Darst, P. W., & Pangrazi, R. P. (2001). An examination of situational interest and its sources. *British Journal of Educational Psychology*, 71, 383-400.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral science (2nd ed.)*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associate.
- Durik, A. M., & Harackiewicz, J. M. (2007). Different strokes for different folks: How individual interest moderates the effects of situational factors on task interest. *Journal of Educational Psychology*, 99, 597-610.
- Eccles, J. S., & Wigfield, A. (2002). Motivational beliefs, values, and goals. *Annual Review of Psychology*, 53, 109-132.
- Falk, J. H., Dierking, L. D., & Storksdieck, M. (2005). Lifelong science learning research. In J. Moon, (ed.), *Informal science research*. Washington, DC: Board on Science Education, National Academy of Science.
- Greenfield, T. A. (1997). Gender-and Grade-level differences in science interest and participation. *Science Education*, 81, 259-276.

- Hidi, S., & Renninger, K. A. (2006). The four-phase model of interest development. *Educational Psychologist, 41*, 111-127
- Hidi, S., & Harackiewicz, J. M. (2000). Motivating the academically unmotivated: A critical issue for the 21st century. *Review of Educational Research, 70*, 151-179.
- Hoffmann, L. (2002). Promoting girls' interest and achievement in physics classes for beginners. *Learning and Instruction, 12*, 447-465.
- Hooper-Greenhill, E. (2007). *Museums and education*. London: Routledge.
- Isaac, J. D., Sansone, C., & Smith, J. (1999). Other people as a source of interest in an activity. *Journal of Experimental Social Psychology, 35*(3), 239-265.
- Iyengar, S. S., & Lepper, M. R. (1999). Rethinking the value of choice: A cultural perspective on intrinsic motivation. *Journal of Personality and Social Psychology, 76*, 349-366.
- Krapp, A. (2002). Structural and dynamic aspects of interest development: Theoretical considerations from an ontogenetic perspective. *Learning and Instruction, 12*, 383-409.
- Krapp, A. (2005). Basic needs and the development of interest and intrinsic motivational orientations. *Learning and Instruction, 15*, 381-395.
- Mitchell, M. (1993). Situational interest: Its multifaceted structure in the secondary school mathematics classroom. *Journal of Educational Psychology, 85*, 424-436.
- Mitchell, M. (1997, March). *Situational interest in the statistics classroom*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association. Chicago, IL.
- Neathery, M. F. (1997). Elementary and secondary students' perceptions toward science and correlation with gender, ethnicity, ability, grade, and science achievement. *Electronic Journal of Science Education*(Online), 2(1). Available: <http://unr.edu/homepage/jcannon/ejse/ejsev2n1.html>
- Pintrich, P. R., & Schunk, D. H. (1996). *Motivation in education: Theory, research and applications (2nd ed.)*. Englewood Cliffs, NJ: Merrill Company.
- Renninger, K. A., Hidi, S., & Krapp, A. (1992). *The role of interest in learning and development*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

- Renninger, K. A., & Hidi, S. (2002). Student interest and achievement: Developmental issues raised by a case study. In A. Wigfield & J. S. Eccles (Eds.), *Development of achievement motivation* (pp. 173-195). San Diego, CA: Academic Press.
- Renninger, K.A. (2007). *Interest and Motivation in Informal Science Learning*. Retrieved Oct. 5, 2011, from http://www7.nationalacademies.org/bose/Renninger_Commissioned_Paper.pdf
- Schiefele, U. (1991). Interest, learning, and motivation. *Educational Psychologist*, 26, 299-323.
- Schraw, G., & Lehman, S. (2001). Situational interest: A review of the literature and discussions for future research. *Educational Psychology Review*, 13, 23-52.
- Shen, B., Chen, A., & Guan, J. (2007). Using achievement goals and interest to predict learning in physical education. *Journal of Experimental Education*, 75, 89-108.
- Shulman, L. S., & Sykes, G. (1986, May). *A national board for teaching? In search of bold standard*. Paper presented at the Task Force on Teaching as a Profession Carnegie Forum on Education and the Economy, Standford, CA.
- Stipek, D. J. (1998). *Motivation to learn: From theory to practice*. Boston: Allyn & Bacon.
- Stohr-Hunt, P. M. (1996). An analysis of frequency of hands-on experience and science achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 101-109.
- Stocklmayer, S. M. , Rennie, L. J., & Gilbert, J. K. (2010). The roles of the formal and informal sectors in the provision of effective science education. *Studies in Science Education*, 46(1), 1- 44
- Sturm, H., & Bogner, F. X. (2008). Student-oriented versus teacher-centred: The effect of learning at workstations about birds and bird flight on cognitive achievement and motivation. *International Journal of Science Education*, 30(7), 941-959.
- Wolk, S. (2007). Why go to school? *Phi Delta Kappan*, 88(9), 648–658.

Promoting the K-12 students' science interests with Nanometer-related activities

Tsung-Ying Ho¹ Jui-Chou Cheng¹
Pei-Yu Hsieh² Dong-Hwang Chen³
Tai-Chu Huang^{2*}

¹Graduate Institute of Science Education, National Kaohsiung University of Education

²Center for General Education, National Sun Yat-Sen University, Taiwan

³Department of Chemical Engineering, National Cheng Kung University

*taichu@mail.nsysu.edu.tw

Abstract

Student interest plays a vital role in science learning. In particular, K-12 students in Taiwan show higher interest in informal than formal science learning. Thus, this study investigates the relationship of K-12 students' interest and teaching in an informal nanoscience camp. A questionnaire of 317 students was administered and teaching activities were video-recorded. The data of students' interest were analyzed with paired sample t- test and ANCOVA. Teaching activities were adopted content analysis to explore the time of instructional representation and teacher-student interaction. The results showed that 85-90% students expressed that hands-on activities and experiments would increase their interest in science classes. After the informal nanoscience camp, the elementary school students' interest increased more than that of the middle and high school students. The findings suggest that the use of diverse instructional representation and high frequency of teacher-student interaction would enhance students' interest in nanoscience.

Keywords: informal nanoscience curriculum, teacher-student interaction, instructional representation, learning interest of science