

國立臺灣師範大學教育心理與輔導學系  
教育心理學報，民94，37卷，2期，147—171頁

# 影響中小學學生科學學習成就的因素之 比較研究

吳坤璋

黃台珠

吳裕益

國立高雄師範大學  
科學教育研究所

國立高雄師範大學  
特殊教育研究所

本研究旨在探討中小學學生，其所知覺的科學教室學習環境、科學學習動機和對科學的態度之差異情形，以及探討教師教學、學習環境、科學學習動機、對科學的態度和科學學習成就之徑路關係。本研究以分層隨機抽樣方式選取高雄地區45所學校共1516名學生，包含14所國小共421人、15所國中462人、16所高中623人。研究資料以結構方程模式進行潛在變項間之徑路分析。研究結果發現對科學的態度以國小學生之得分最高。國小、國中及高中學生學習環境知覺對學習成就的全體效果（含直接及間接）分別是 .34, .35 和 .40；科學學習動機對學習成就的全體效果分別是 .42, .49 和 .34。國小和國中學生對科學的態度會直接影響其學習成就，標準化效果分別是 .22 和 .35。根據研究結果，本研究對科學教師提出若干建議。

**關鍵詞：**學習環境、對科學的態度、理論模式、結構方程模式

科學教育的目標在提升國民的科學素養，DeBoer（1991）提出的科學教育有三項目標：智性能力（intellectual skills）的發展；科學方法、價值的理解和欣賞；和科學事實概念的精熟（p.191）。林煥祥（民91）指出為達到全民科學素養的目的，學生的科學教育應包括知識、能力和態度三個向度：（一）科學知識和概念的理解：學生接受科學教育期間，教師應營造適切的學習環境，讓學生針對本身既有的知識與經驗，發展其批判思考及創造力，以建構其科學知識及能力；（二）科學探究能力的訓練：如各種實驗操作技巧、提出假設、設計實驗過程、收集證據、作圖、推論、反思以及批判思考等能力；（三）科學態度：如好奇心、團隊合作、開放溝通及科學倫理道德的培養。

建構主義的學習觀點是重視學習者的主動參與、主動建構知識的過程，有別於傳統的學習者接受知識的概念，Von Glasersfeld（1990）就指出從建構主義的觀點來看學習，學生的學習經驗必須對其有所意義。黃鳳琴（民91）認為符合建構論的教學重點就在於以學生的經驗為基礎來訂定教學目標，佈置適當的學習環境來鼓勵學生反思和思考，透過師生同儕對話來分享彼此的經驗。Fraser（1998）認為學生對學習環境的知覺是影響學生科學學習成果的主要預測變項之一。

Tsai（2005）分析Science Education, Journal of Research in Science Teaching 和International Journal of Science Education 三項國際性科教期刊，從1998到2002的802篇研究論述中，以學習情境中的師生

同儕互動、學習者特質、學習環境等相關議題的研究在這三種期刊的刊登比率都是前二強。Fazey 和 Fazey (1998) 認為學習動機與學習環境之間有著動態的交互作用，Oliver 和 Simpson (1988) 的研究發現科學教室中學生對科學的態度、成就動機和能否成功的自我概念，這三種情意向度的變項彼此之間有高度的相關。National Research Council (NRC, 2000) 認為學生對於科學的動機是激勵學生科學學習的持續性興趣所必須的，但是 Deci, Ryan 和 Koestner (1999) 也認為動機興趣對學習的影響效用，尚未充分理解，仍有值得深入研究的必要，Reeve (2002) 認為什麼樣性質的學習環境和學生的動機興趣有關，仍然有許多未明之處。因此深入探討學生對科學學習環境的感受與其對科學的態度間之關係，並了解影響此關係的可能因素，諸如老師的教學、學生的學習動機等。

由於態度是不易改變的、態度是學習來的，而且態度是與行為有關的，行為的發生是反映了對事物的喜好觀感，所以 Koballa (1988) 認為進行學生對科學的態度相關議題研究是重要的。Gauld (1982) 指出學生對科學的正向態度提供一個良好的動機，讓學生將科學知識技能轉化為實際行動，並使學生樂於使用所學得的科學方法。Haladyna 和 Shaughnessy (1982) 發現學生對科學的態度受到教師特質、學生特質、和學習環境三個因素的影響，而教室環境是教師所能經營塑造的。

多數的研究是以國小或國中固定一個階段從橫斷面來看學生的態度、學習環境知覺和學習成就的關係，有限的研究文獻是進行國小階段學生的科學學習表現，來和國中、高中階段是否有相對應的科學學習成就做比較性研究，或是進行國小、國中和高中不同學習階段的科學學習成就的縱貫性研究 (Fraser, 1994; Fraser, Walberg, Welch, & Hattie, 1987)。Zsolnai (2002) 認為應該以多元的觀點來分析科學成就，例如學生對學校課程的態度、對學習的態度和自我概念等因素，會對學習成就有直接的影響效果，彼此之間也有交互作用。因此本研究的主要研究目的是在比較不同層級的學生所知覺的教師的教學表徵和學習環境氣氛，影響科學學習動機和對科學的態度的程度，進而影響科學學習成就，將此相互影響的關係釐清以提供現場科學教師經營良善學習環境的參考。

本研究為探討高雄地區國小、國中和高中學生在科學教室所知覺的教師教學是否會影響學習環境知覺、科學學習動機、對科學的態度，進而影響學生的學習成就，本研究目的如下：(一) 了解不同層級的學生，其所知覺的科學教室學習環境、科學學習動機和對科學的態度差異情形。(二) 探討學生所知覺的教師教學對於學習環境知覺、科學學習動機、對科學的態度和學習成就的直接和間接影響效果。

基於上述研究目的，本研究問題如下：(一) 國小、國中和高中的學生其學習環境知覺、科學學習動機和對科學的態度是否有顯著差異？(二) 國小、國中和高中的學生，所知覺的教師教學對於學習環境知覺、科學學習動機、對科學的態度和學習成就的直接影響效果為何？(三) 國小、國中和高中的學生，所知覺的教師教學對於學習環境知覺、科學學習動機、對科學的態度和學習成就的間接影響效果為何？(四) 國小、國中和高中的學生，所知覺的教師教學對於學習環境知覺、科學學習動機、對科學的態度和學習成就的全體影響效果為何？

## 一、文獻探討

### (一) 教師的教學對於學生學習成就影響之相關研究

張春興 (民 85) 認為學習成就指個人在學業上實際所能為者，亦即個人目前在學習行為上所能實際表現的心理能力。本研究的「學習成就」定義為「學科成績」也就是國小自然與生活科技領域、國中自然與生活科技領域和高中生物科任課教師所提供學生的自然與生活科技領域、生物科的學期成績。

在教師教學因素影響學生對科學的態度、學習環境的研究成果方面，Haladyna 和 Shaughnessy (1982) 的研究發現，教師教學專業素養和教學風格等變項，所形塑的學習環境會影響學生對科學的

態度。Hegarty-Hazel (1990) 也認為教師的教學活動型態和教學策略的運用，與學生對學習環境的知覺和對科學的態度之可能有所關聯，Schibeci (1981) 的研究指出教師的教學是導致學生的學習興趣維持或是消退的主要原因。國內陳石峰 (民87) 研究發現教師採取符合建構論的科學教學對學生所感受到的學習環境知覺有正向的影響。林世娟 (民90) 植物的生長為教學活動設計單元，可提昇學童對活動的投入程度，進而可增強學童「對科學的態度」。而朱淑吟 (民91) 以國小自然科STS專題式教學來改變學生的學習環境，以提升學生對科學的態度。

在教師教學角色的轉變方面，郭重吉 (民85) 指出學生的科學學習是以過去的經驗知識為基礎之下，對新的概念主動建構意義的過程，教師的角色也應從傳統的知識傳輸方式轉變成為提供資源，引導學習的角色。熊召弟 (民85) 認為在符合建構論的教學中，教師的角色要經營一個建構論理念的學習環境，安排學習活動，讓學生參與學習歷程，有機會分享彼此的觀念。范毓娟 (民83) 探討一位國中理化教師嘗試將建構論理念融入教學中的實施情形，研究結果發現，教師教學的特色包括：提出問題後讓學生討論以促進學生彼此交換意見及思考的機會，以開放性問題讓學生想像另外的答案，這樣的教學轉變之下，學生的學習表現越趨良好。國內的陳丁瑜 (民92) 的研究發現以符合建構論的教學模式後對於學生的學業成就有正向的影響，尤其是對學業成就中低程度的學生有顯著且正向的影響。黃鳳琴 (民91) 也同樣發現符合建構論理念的教學對國小學生的學習成就優於一般教學。

綜合上述文獻發現教師的教學表徵會影響學生的學習環境知覺、對科學的態度和學習成就。教師的教學表徵對於學生學習成就的影響有多大，是直接影響還是透過其他變項而間接影響，變項之間交互影響程度為何，是本研究想要釐清的變項，在所建構的理論模式中將教師的教學表徵設定為自變項。

## (二) 學生的學習環境知覺和學習成就之研究

黃台珠, Aldridge 和 Fraser (民87) 在台灣和西澳的科學教室學習環境的跨國研究中，將學習環境定義為教室中教師與學生共享的感受。在學習環境的相關效益研究方面，許多研究指出學生所知覺的學習環境氣氛對於學習成就有顯著影響 (Fraser, 1994; McRobbie & Fraser, 1993)。Wubbels 和 Levy (1993) 發現良好正向的師生互動關係可以促進學生學習科學的興趣與學業成績。Talton 和 Simpson (1985) 的研究發現學習環境裡的同儕態度會明顯的影響學生對科學的態度，Koballa (1988) 也認同學習環境有此影響，但是指出並非是直接影響效果。郭淑禎 (民92) 營造符合建構論理念的學習環境，結果發現可以促進學生中心的探究式學習，並增進學生對教室環境正向的知覺感受。莊雪芳與鄭湧涇 (民92) 的研究發現班級學習環境感受較佳的學生，其所持對生物學的態度也較佳。

蘇懿生與黃台珠 (民88) 探討高中學生所知覺的實驗室氣氛對於學生對科學的態度和學習成就的關係，研究結果發現實驗次數和實驗室氣氛合計可以預測 10% 至 24% 學生對科學的態度，而對科學的態度、實驗次數和實驗室氣氛等變項合計，可以預測 5% 至 27% 的學習成就。從文獻的研究結果發現學生的學習環境知覺與其對科學的態度和學習成就有密切的關係，所以本研究將學生的學習環境知覺列為影響學生科學學習成就的重要變項之一。

## (三) 學生的科學學習動機與學習成就之相關研究

動機是促使個人在完成目標的一種內在動力，個人在行動時，所憑藉而成為具體表現的行為，詹志禹 (民91) 認為一個學生如果對某個科目或領域的學習具有內在動機，則會在學習活動當中覺得有趣，並且願意接受問題挑戰，他會很專注甚至忘記時間的流逝，從中獲得滿足感和成就感，不需要獎品、比賽等外在獎酬也會主動學習。Nolen 和 Haladyna (1990) 的研究發現學習積極參與的學生有較高的學習成就，但是 Osborne (2003) 的研究發現學生的態度動機和學業成就的相關不高。

Nolen 和 Haladyna (1990) 指出高中學生表現出高度學習任務導向特質，部份是因為學生的自我概念，部分是來自教師教學的影響。Roser, Midgley 和 Urdan (1996) 認為學生對於學習任務的參與努

力情形，會受到其所知覺到的教師期望和策略而做調整，例如教師的評分策略、教師所表達的對於學習成功的看法，都會影響學生的學習動機。Johnson 和 Johnson (1985) 指出三種不同的學習環境會影響學生的學習動機，此三種分別為競爭性的、合作性的與個別性的。在競爭性的情境中，因表現好而獲得獎賞的人只是少數人，因此大部分的人的學習動機是低落的。李嘉祥 (民 88) 研究發現個案班級的國中學生在同儕合作的學習環境之中，能夠增進科學學習動機、提高生物科的學習效果。陸美靜 (民 91) 符合建構論的教學，教師所經營的學習環境，引發學生積極的參與投入學習，在良善的教室氣氛中國小學生的自然課變得活潑有趣，表現出樂於學習的正向對科學的態度。

研究者好奇科學學習動機高的學生會有積極正向的對科學的態度，這是屬於直接對個人影響的部分，但是班級是一種團體性活動，學習環境包括師生和同儕的互動，是否影響學生的科學學習動機以致於影響學生的學習成就，影響程度為何，因此本研究將科學學習動機設定為科學學習成就理論模式的中介變項。

#### (四) 學生對科學的態度與學習成就之相關研究

Haladyna 和 Shaughnessy (1982) 認為對科學的態度是指對科學的興趣以及對科學或學科特定的人、事、物和議題等的態度。Oliver 和 Simpson (1988) 則將學生對科學的態度定義成對科學喜歡的程度。Koballa 和 Crawley (1985) 認為對科學的態度可視為學生對科學相關事物的總結性正面或負面的觀點，研究發現學生對科學的態度可以預測學生與科學相關的行為 (Schibeci & Riley, 1986)。國內，鄭湧涇與楊坤原 (民 87) 認同對科學的態度之重要性，研究指出學生的「對生物學的態度」不但會影響生物的概念學習的其他相關表現，同時本身也是學習成果之一。在對科學的態度影響學習成就的研究成果方面，鐘培齊 (民 92) 的研究發現國小六年級學生學習環境知覺與其對科學的態度、自然科學業成就有顯著相關；對科學的態度與自然科學業成就，也達統計學上的顯著相關。林喬偉 (民 93) 指出對生物學的態度強弱不同的國中學生在「細胞與微小生物」的學習成就上具有顯著差異，對生物學的態度積極正面的學生，能主動進行學習且樂於參與討論，對於學習過的事物會存有深刻的印象；反之，態度消極負面的學生不熱衷於學習，也不喜歡與人討論，對於所學的概念模糊不清而易形成另有概念。但是也有研究發現學生對科學態度和科學成就之間呈現低到中度的正相關 (龍麟如, 民 86; Schibeci, 1984; Salta & Tzougraki, 2004)。

在影響對科學的態度可能因素的相關研究方面，Talton 和 Simpson (1985) 的研究發現科學教室裡的同儕態度會明顯的影響學生對科學的態度，而 Simpson 和 Oliver (1985) 的研究也有同樣的發現。Schibeci (1989) 則歸納出影響科學態度的因素為個人背景特性、家庭、學校 (含老師) 與同儕等四大因素。研究指出學生對科學態度和學習成就有正相關 (Peterson & Carlson, 1979; Schibeci, 1984; Simpson & Oliver, 1985)，亦即學生的學習興趣表現成為對科學的態度，與學習成就就是具有相關。學習者的興趣是學習的原動力，也就是科學學習的一項正向動機，因此，培養學習者適當的對科學的態度具有其重要性。國內黃慧琳 (民 84) 的研究發現國小自然科的學習環境教學有助於發展學生對自然科學的喜好態度。林志彥 (民 87) 探討國中生物教師之教學策略對學生對科學態度的影響，研究結果發現教師多樣化的教學策略對學生對科學的態度產生正向的影響。陳柏聰 (民 91) 探討國小自然課的班級氣氛與學生對科學的態度關係，發現對自然科班級氣氛感受較佳的學生，其對科學的態度亦較為積極正向，但是 Koballa (1988) 認為學生的學習環境和同儕的意見支持是影響學生態度的重要變項，但是並非直接影響效果。蘇懿生 (民 83) 研究高中實驗室氣氛與學生對科學態度的關係，研究結果發現二者有顯著的相關，而且學生對科學的態度則與學習成就間也有顯著的相關。Hanrahan (1998) 進行高中學生生物教室學習環境知覺對學生學習動機的影響，研究發現教師在教室裡教學活動及學生在此情境的學習信念會影響學生的學習動機，致使學生努力的嘗試，形成正向學習的對科學的態度。

因為學生對科學的態度和學習成就之間的相關情形存在著不一致的結果，因此本研究以整合性的方法來探討教師的教學表徵、學生的學習環境知覺、學習動機是否影響到學生對科學的態度，進而影響學生的學習成就。

## 方 法

根據前述文獻探討，影響中小學學生的科學學習成就的理論模式包含學生所知覺的教師教學和學生的科學學習動機、學習環境知覺、對科學的態度等潛在變項，變項之間存在著程度不等的相關情形，以往的研究並無法解答複雜變項之間的因果關係，本研究考慮到影響學習成就涉及多層面因素及動態特性，所以採結構方程模式（Structural Equation Modeling, SEM）的分析方法，建構一個影響中小學學生科學學習成就之理論模式，並探討潛在變項之間的徑路關係，以下針對模式所涉及的變項依序加以說明：

### 一、研究架構

根據前述文獻探討中假定會影響學生科學學習成就的因素，提出圖1的理論模式。影響學生學習成就的理論模式包含教師的教學表徵、學生的學習環境知覺、科學學習動機、對科學的態度和學習成就這五個潛在變項（latent variable），以架構圖中的橢圓形來代表。在這五個潛在變項中，教師的教學表徵是潛在自變項（latent independent variable），學習環境知覺、科學學習動機、對科學的態度和學習成就則是潛在依變項（latent dependent variable），其中學習環境知覺、科學學習動機和對科學的態度在理論模式中也是中介變項。潛在自變項教師的教學表徵包含兩個觀察變項：教師的挑戰性問題和教學表徵，以架構圖中的長方形來代表，其他潛在變項的觀察指標參見表1之說明。

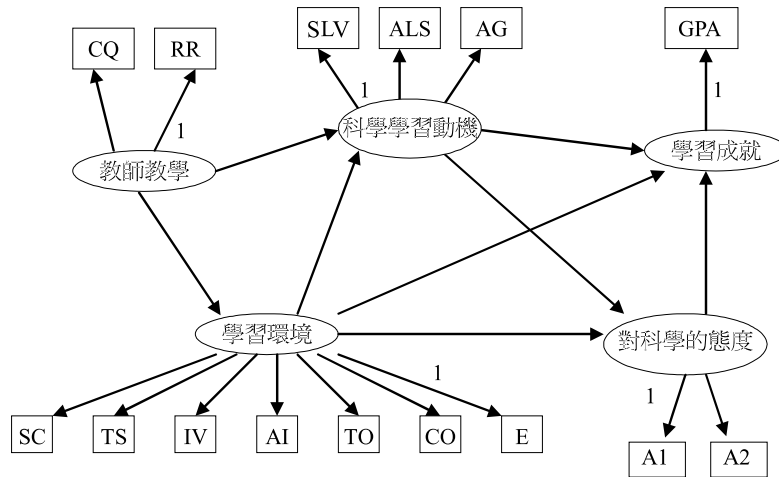


圖1 影響學生學習成就之理論模式

### 二、研究工具

為評測學生在教師教學、學習環境、科學學習動機、對科學的態度等知覺，本研究採用其他問卷之分量表，其問卷出處及說明如同表1所表示。

挑戰性問題（CQ）是歸納自范毓娟（民83）探討一位國中理化教師嘗試將建構論理念融入教學中的實施情形，教師教學的特色包括：提出問題後讓學生討論以促進學生彼此交換意見及思考的機

會，以開放性問題讓學生想像另外的答案。教師教學 (RR) 是歸納自謝秀月 (民90) 所進行的自然科教師教學之詮釋性研究，發現個案教師用以促進學生理解的教學表徵有解說、類比、示範、隱喻、模擬、圖示、圖示、問題討論和問答引導等教學表徵。也參考自陸美靜 (民91) 的實施符合建構論的教學以故事化的問題情境，來讓學生呈現出原有的想法或概念、運用閱讀、觀察、角色扮演等教師實施建構論理念的教學表徵。

主動學習策略、科學學習價值和成就目標是引用自Tuan, Chin和Shieh (2002) 所發展的科學學習動機問卷 (students' motivation towards science learning, SMTSL) 當中的三個分量表，其研究指出如果學生認為概念改變的科學學習是值得參與，學習目標是為培養學習能力，那麼學生會主動持續性的致力於學習，Von Glaserfeld (1998) 指出激勵學生建構科學知識的學習目標是植基於建立科學學習價值和主動積極的學習策略，Pintrich和Schunk (1996) 指出當學生覺得課堂學習是有價值，有意義時，那麼學生會主動參與，以積極學習策略來建構統整所學知識，反之則否。Pintrich (2000) 認為成就目標導向的學生會致力於從事與學習成就相關的行為。Deemer (2004) 認為成就目標導向的學生會以發展自身的學習能力為目標，教師所經營的成就目標導向的學習環境，會激勵學生設定自我表現的成就標準，視新能力的學習是一種學習成果，並且堅持致力於挑戰性的學習任務中。

表1 科學學習成就理論模式潛在變項的觀察指標及測量

代碼	變項名稱	變項種類	取材量表	題數	M	SD	Cronbach $\alpha$	說明
	教師教學	潛在變項						評測教師能否挑戰性問題，以實例類比等解釋科學概念。
CQ	挑戰性問題	觀察變項	余曉清 (民87) 師生互動問卷	8	3.54	.11	.89	老師問我的問題，我必需運用我的判斷能力來回答
RR	教學表徵	觀察變項	段曉林、王國華和張惠博 (民87) 學生對教師學科教學知覺問卷	9	3.70	.30	.76	我的老師使用適當的圖解和圖表，來解釋科學的概念
	科學學習動機	潛在變項						評測學生對於科學課程的主動積極態度
ALS	主動學習策略	觀察變項	Tuan, Chin 和 Shieh (2002)	5	3.58	.13	.83	我在學習自然新知識時，會企圖理解它
SLV	科學學習價值	觀察變項	Tuan, Chin 和 Shieh (2002)	7	3.60	.06	.91	我認為在自然課中學習解決問題的方法是很重要
AG	成就目標	觀察變項	Tuan, Chin 和 Shieh (2002)	4	3.68	.23	.81	在學習自然時，我覺得最有成就感的時候是當我解決一個難題時
	學習成就	潛在變項						
GPA	學期成績	觀察變項	學期成績					任課教師所提供的自然科學期成績，以各班為單位，加以標準化。
	學習環境	潛在變項						科學教室中，教師和學生所共享的氣氛感受
SC	同學親和	觀察變項	Fraser, McRobbie 和 Fisher (1996) 教室環境量表	8	3.82	.27	.84	在班上我和同學間彼此很友善



各分量表之間的相關係數如同表3 所表示，相關係數皆達 .001 的統計顯著水準，提供了科學學習成就理論模式的統計基礎。

表3 各分量表之間的相關係數

	SC	TS	IV	AI	TO	CO	E	CQ	RR	ALS	SLV	AG	A
TS	.532***												
IV	.557***	.670***											
AI	.468***	.587***	.718***										
TO	.560***	.542***	.566***	.591***									
CO	.657***	.530***	.606***	.552***	.696***								
E	.561***	.609***	.576***	.503***	.582***	.618***							
CQ	.509***	.522***	.569***	.590***	.657***	.588***	.634***						
RR	.470***	.520***	.489***	.493***	.537***	.526***	.593***	.659***					
ALS	.518***	.487***	.578***	.600***	.657***	.603***	.599***	.672***	.537***				
SLV	.444***	.474***	.531***	.558***	.593***	.523***	.541***	.585***	.500***	.741***			
AG	.416***	.428***	.481***	.471***	.496***	.477***	.468***	.501***	.415***	.625***	.651***		
A	.286***	.428***	.365***	.391***	.437***	.324***	.448***	.419***	.446***	.457***	.506***	.346***	
GPA	.164***	.100***	.210***	.197***	.248***	.217***	.168***	.227***	.161***	.302***	.152***	.189***	.131***

\*\*\*  $p < .001$

### 三、研究樣本

本研究以高雄縣市地區的國小、國中和高中學生為對象，採分層隨機抽樣方式，以高雄縣市都市化等級指標一覽表為依據，如同表4 所表示（引自吳慧珠, 民91, p.121），高雄縣市各地區的都市化等級分布從二級到十級，研究者將二至四級地區之學校歸為第一群學校，隨機抽取6 所國小、6 所國中；都市化等級五至七級學校為第二群，也隨機抽取4 所國小、4 所國中進行施測，八到十級則為第三群則抽取4 所國小、5 所國中。

表4 高雄縣市之都市化等級指標（引自吳慧珠, 民91, p.121）

等級	二級	三級	四級	五級	六級	七級	八級	九級	十級
人口數(萬)	50	10	5	2	1	0.5	0.2	0.1	0.05
區域	高雄市	鳳山市	林園 岡山 (前鋒)	梓官 仁武 橋頭	大樹 (九曲堂) (南燕)	燕巢 彌陀	六龜 大樹 (羨腳)	旗山 (大山) 大寮	茂林 岡山 (復興)
			大寮 (中庄)	茄定 路竹 鳥松 旗山 (永和)	阿蓮		燕巢 (鳳雄)	田寮 永安	
				湖內 大社			甲仙 杉林 美濃 內門	三民 桃源	



高中學校樣本的抽取則不同於國小國中的抽樣方式，由於高中學生的入學方式並未如同國中小所採取的學區制，而是以高中入學成績做為分發依據，因此依據學生的入學成績所填寫的就讀志願，作為學校分群取樣的依據。第一群是入學第一志願學校，共抽樣5所高中。第二群學校則是許多學生在第一志願沒有錄取後，依自己的通學方便所選擇的第二志願學校，但是有部分學生是以第三四志願入學的，第二群共抽樣3所學校。第三群學校則是第三志願以後的學校，共抽樣7所學校，此類型學校幾乎沒有學生以第一二志願入學。第四群則是遠離都會區的學校，共抽樣1所學校。

#### 四、資料處理與分析

有421名國小學生參與問卷調查，剔除掉作答不完整和有邏輯順序填答情形的問卷，國小部分有效問卷為407份。15所國中共462名學生參與，剔除掉前述作答不良問卷，有效問卷有453份。此外，共623名高中學生參與作答，剔除掉作答不良問卷12份，高中部分有效問卷有611份。

本研究採用的統計方法除了前述的Cronbach  $\alpha$  係數及探索性因素分析之外，還包括多變量變異數分析 (MANOVA) 及結構方程模式 (SEM)。MANOVA 用來檢定國小、國中及高中生母群的學習環境、科學學習動機和對科學的態度是否有差異。SEM 則用來分析潛在變項之徑路模式與實際資料之適配程度。

林清山 (民81) 認為多樣本分析 (multi-sample analysis) 適宜考驗不同群體之觀察資料的因素結構相等性，邱皓政 (民92) 認為此必需使用多樣本結構方程模式 (multi-group structural equation modeling) 來進行共變結構關係的分析。由於本研究的樣本有國小、國中及高中，其測量模式及徑路模式可能不同，因此研究者先以多群體SEM來檢定三個群體之測量加權及結構加權是否有顯著差異。首先本研究將國小、國中及高中測量模式的測量加權 (因素負荷量) 限制為相等，來與未加限制 (unconstrained) 的模式適合度加以比較。分析結果發現未限制模式的  $\chi^2=1090.61$ ,  $df=249$ ,  $\chi^2/df=4.38$ , 限制測量加權相等的  $\chi^2=1123.77$ ,  $df=269$ , 比較結果發現自由度增加20,  $\chi^2$  增加33, 已達到顯著水準 ( $p=.032$ ), 亦即跨樣本的觀察變項的因素負荷量並非是常數。另外, 如果假定測量加權相同可以接受, 那增加結構加權限制後, 自由度增加16,  $\chi^2$  增加106, 已經達顯著水準 ( $p=.00$ )。由於多群體分析結果顯示三個群體之理論模式相同的虛無假設被拒絕, 因此結果與討論部份分開說明。

## 結 果

### 一、對科學的態度以國小學生之得分最高

本研究以國小、國中和高中不同階段學生作為分組變項，以學生的學習環境知覺、科學學習動機和對科學的態度為依變項，進行單因子多變量變異數分析，以推論不同學習階段的學生其學習環境知覺、科學學習動機和對科學的態度是否有所差異。國小、國中和高中生三組的學習環境、科學學習動機和對科學的態度描述統計如同表5所表示。

表5 中小學學生學習環境、科學學習動機和對科學的態度的平均數和標準差

變項		學習環境		科學學習動機		對科學的態度	
		M	SD	M	SD	M	SD
國小	N=407	187.58	37.62	57.72	12.31	28.42	5.97
國中	N=453	190.12	39.56	57.64	13.47	26.82	6.59
高中	N=611	185.26	32.09	59.46	10.82	27.32	5.89

單因子多變量變異數分析整體考驗之Wilks'  $\lambda = .948$ ，達到 .001 的顯著水準，可以得知國小、國中和高中生在學習環境、科學學習動機和對科學的態度三個層面有顯著差異，繼續進行個別單變量F考驗，分別對三個依變項進行顯著檢定（陳正昌、程炳林、陳新豐和劉子鍵，民92），分析結果如同表6所表示。

表6 中小學學生學習環境、科學學習動機和對科學的態度之單變量變異數及事後比較摘要表

變異來源	層面名稱	SS	df	MS	F	P	Scheffé
學校層級	學習環境	6167.571	2	3083.79	2.37	.094	
	科學學習動機	1136.91	2	568.46	3.84	.021	
	對科學的態度	571.73	2	285.866	7.59*	.001	國小>國中
誤差	學習環境	1910087.05	1468	1301.15			
	科學學習動機	214849.61	1468	146.36			
	對科學的態度	55256.80	1468	37.64			

\* $p < .01$

由於多變項變異數分析有達到 .05 之顯著水準，研究者進一步進行單變量變異數分析，以確定國小、國中和高中生在哪些依變項的平均數有顯著差異。為了使三個單變項檢定的總  $\alpha$  不超過 .05，研究者將單變項檢定的  $\alpha$  設為  $.05/3 = .0167$ 。表6的結果顯示，國小、國中和高中生在學習環境、科學學習動機上並無顯著差異。在對科學的態度的差異比較方面，F 值是 7.59，不但達到  $.05/3 = .0167$ ，也達  $.01/3 = .0033$  的統計顯著水準。事後多重比較結果，發現國小學生對科學態度的得分顯著高於國中。

## 二、不同層級學校科學學習成就理論模式的適配度評鑑結果

不同層級學校科學學習成就理論模式的徑路係數如圖2至4所表示，整體模式適合度的評鑑指標：例如  $\chi^2$ 、適配度指數 (goodness of fit index, GFI)、調整後適配度指數 (adjusted goodness of fit index, AGFI)、常態適配度指數 (normed fit index, NFI)、增值適配度指數 (incremental fit index, IFI)、標準化殘差均方根 (standardized residual mean root, SRMR) 等，其功能是在評鑑整個模式與觀察資料的適配程度，科學成效理論模式評鑑結果如同表7所表示：

表7 不同層級學校科學成效理論模式的適配度評鑑結果

評鑑指標	$\chi^2$	df	p	GFI	AGFI	NFI	IFI	TLI	SRMR	RMSEA
國小	357.29	85	.000	.90	.85	.92	.94	.92	.04	.09
國中	346.82	85	.000	.91	.87	.94	.95	.94	.03	.08
高中	418.12	85	.000	.92	.88	.93	.94	.93	.04	.08

根據表7，不同層級學校科學學習成就理論模式在整體模式適配標準上， $\chi^2$ 皆達 .000 統計顯著水準，但是  $\chi^2$ 值容易因大樣本的影響而達顯著水準，而認定理論模式與觀察資料不適配，因此必須參照其他多種指標來做合理的判斷，如GFI、AGFI、NFI...等（吳裕益，民93）。分析結果發現科學學習成就理論模式的GFI、AGFI、NFI、IFI、TLI等皆在理想的數值 .9 以上，標準化殘差均方根反應的是殘差的大小，所以其值越小，表示模式的適合度越佳，適配標準是小於 .05，計算結果發現科學學習成就理論模式的SRMR 值是 .026，符合小於 .05 的理想範圍要求。吳裕益（民93）指出均方根近似誤差 (root mean square error of approximation, RMSEA) 是作為每個自由度差距量數，均方根近

似誤差的值小於 .05 之間是屬於「適配度良好」(good fit)，就此項指標而言，不同層級學校科學成效理論模式是適配度良好。

### 三、教師教學對學生學習環境知覺、科學學習動機、對科學的態度和學習成就的直接效果

理論模式包含潛在自變項和潛在依變項，Bollen (1989) 認為需討論潛在變項之間的效果，而潛在變項之間的效果包括直接效果 (direct effect)、間接效果 (indirect effect) 和全體效果 (total effect) 三方面，才能理解變項之間的關係，以下從潛在自變項對潛在依變項，潛在依變項對潛在依變項兩方面來討論。

#### (一) 國小學生所知覺的教師教學對潛在依變項間的直接效果

在科學學習成就理論模式中，本研究以教師教學為潛在自變項，學習環境、科學學習動機、對科學的態度和學習成就則是潛在依變項。圖 2 顯示國小學生科學學習成就理論模式中各潛在變項之間的直接效果，也就是變項間的徑路係數，此為完全標準化解 (completely standardized solution)。

從實際所得的觀察資料顯示，教師教學對於國小學生科學學習動機的直接效果值是 .37，已經達 .001 的統計顯著水準；教師教學對於學生學習環境知覺的直接效果值是 .89，也是達 .001 的統計顯著水準。

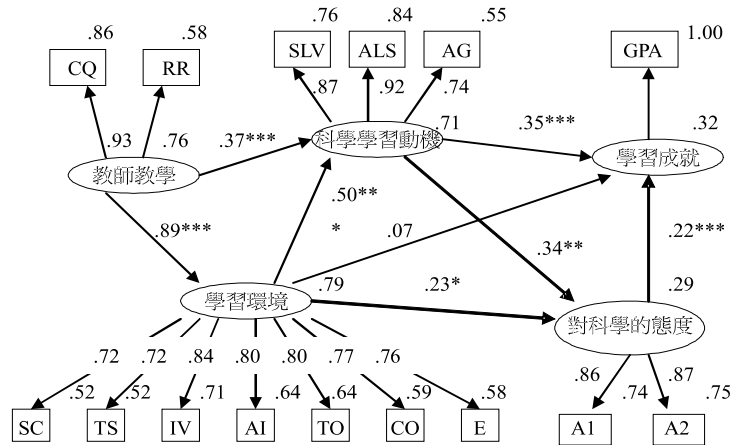


圖 2 國小學生科學學習成就理論模式徑路係數 (標準化解)

在國小學生科學學習成就理論模式潛在依變項對潛在依變項的直接效果方面，本研究假定學生的學習環境知覺對科學學習動機、對科學的態度和學習成就有直接效果；科學學習動機對於學生對科學的態度和學習成就有直接效果；學生的對科學的態度對於學習成就也有直接效果。從圖 2 的徑路係數結果顯示，國小學生的學習環境知覺對科學學習動機具有直接效果，標準化徑路係數是 .50，達 .01 的顯著水準，亦即在科學教室所知覺的學習環境班級氣氛比較高的學生會有比較高的科學學習動機；學習環境對科學的態度的直接效果徑路係數是 .23，達 .05 的顯著水準。

此外，科學學習動機對科學的態度的影響具有直接效果，標準化徑路係數是 .34，達 .01 的顯著水準，科學學習動機對科學成就的影響也有直接效果，標準化徑路係數是 .35，達 .001 的顯著水準，也就是科學學習動機高的學生會表現出對科學積極正向的態度和正向的學習成就。學生對科學的態度對於學習成就的直接效果徑路係數是 .22，達 .001 的顯著水準，亦即學生對科學的態度愈是積極正向，學生的科學學習成就也愈佳。

綜合科學學習成就理論模式各潛在變項的直接效果可以發現，在所有的直接效果值中，以教師教學對學習環境知覺的 .89 最高，其次是學習環境對科學學習動機的直接效果 .50，最小者是學習環境

對學習成就的 .07，未達統計顯著水準。國小學生的學習環境知覺對於學習成就似乎並不具有直接影響效果，而是以科學學習動機和對科學的態度為中介來影響科學學習成就。

(二) 國中學生所知覺的教師教學對潛在依變項間的直接效果

從圖3的徑路係數結果顯示，教師教學對於國中學生科學學習動機的直接效果是 .40，已經達 .05 的顯著水準，對於學生的學習環境知覺的直接效果值是 .94，達 .001 的顯著水準。

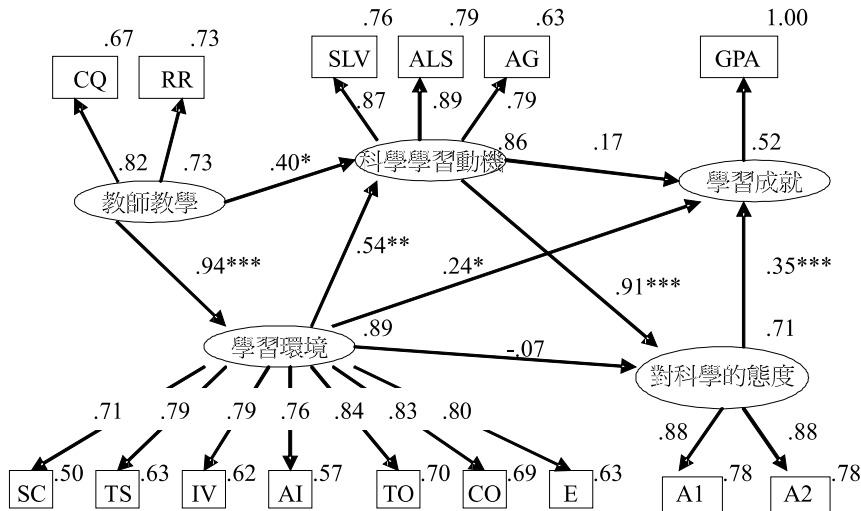


圖3 國中學生科學學習成就理論模式徑路係數 (標準化解)

在國中學生科學學習成就理論模式潛在依變項對潛在依變項的直接效果方面，從圖3的徑路係數結果顯示，國中學生的學習環境知覺對科學學習動機和學習成就具有直接效果，標準化徑路係數分別是 .54 和 .24 皆達統計顯著水準，亦即國中學生的學習環境知覺愈是正向，則其科學學習動機和學習成就也愈佳。學習環境對科學的態度的直接效果是 -.07，未達統計顯著水準。

科學的學習動機對科學的態度的影響具有直接效果，標準化徑路係數是 .91，達 .001 的顯著水準；科學學習動機對科學成就的直接效果是 .17，未達統計顯著水準，國中學生的科學學習動機對科學的態度直接效果遠大於對學習成就的直接效果。此外，學生對科學的態度對於學習成就的直接效果是 .35，達 .001 的顯著水準。

綜合科學學習成就理論模式各潛在變項的直接效果可以發現，在所有的直接效果值中，以教師教學對學習環境知覺的影響是 .94 最高，其次則是科學學習動機對學生對科學的態度的影響是 .91，最小者是學習環境對學生對科學的態度的影響是 -.07，但是未達統計顯著水準。

(三) 高中學生所知覺的教師教學對潛在依變項間的直接效果

從圖4的徑路係數可以發現高中學生所知覺的教師教學對於學生科學學習動機的直接效果值是 .26，已經達 .001 的統計顯著水準；對於學生的學習環境知覺的直接效果是 .80，也是達 .001 的統計顯著水準。

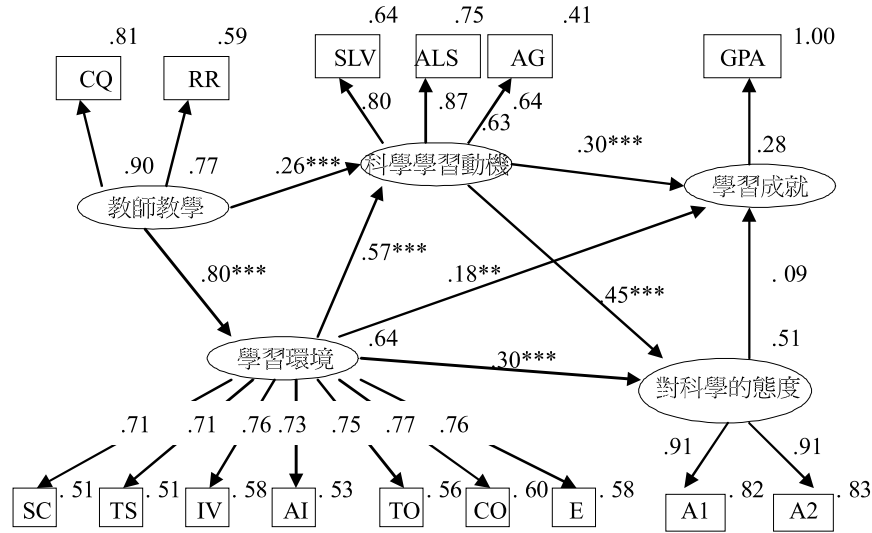


圖4 高中學生科學學習成就理論模式徑路係數（標準化解）

在高中學生科學學習成就理論模式潛在依變項對潛在依變項的直接效果方面，學習環境對科學學習動機、對科學的態度和學習成就具有直接效果，標準化徑路係數分別是 .57、.30 和 .18，亦即高中學生的學習環境知覺愈是正向，則其科學學習動機、對科學的態度和學習成就三者也愈佳。此外，科學學習動機對於學生對科學的態度的影響具有直接效果，標準化徑路係數是 .45，達 .001 的顯著水準；科學學習動機對科學成就的影響也有直接效果，標準化徑路係數是 .30，達 .001 的顯著水準，高中學生的科學學習動機愈高，則其對科學的態度和學習成就也愈佳。此外，高中學生的對科學的態度的直接效果則是未達統計顯著水準。綜合科學學習成就理論模式各潛在變項的直接效果可以發現，在所有的直接效果中，以教師教學對學習環境知覺的影響是 .80 最高，其次是學習環境對科學學習動機的影響是 .57，最小者是學生對科學的態度的直接效果 .09。

國小學生的學習環境知覺對學習成就的直接效果不顯著，但是國中和高中學生的直接效果皆達顯著水準。

#### 四、教師教學對學生學習環境知覺、科學學習動機、對科學的態度和學習成就的間接效果

##### (一) 國小學生所知覺的教師教學對潛在依變項間的間接效果

在潛在自變項對潛在依變項的間接效果方面，從圖2的徑路係數結果顯示，教師教學對於學生科學學習動機除了有直接效果之外，也有間接效果，其影響路徑是教師教學→學習環境→科學學習動機，教師教學對科學學習動機的影響可由學生的學習環境知覺作為中介，其間接效果值是  $.89 \times .50 = .44$ ，達統計顯著水準。至於教師教學對於學生對科學的態度的影響則有三條間接效果路徑：其一是教師教學→科學學習動機→對科學的態度，其間接效果是  $.37 \times .34 = .13$ ；其二是教師教學→學習環境→對科學的態度，其間接效果是  $.89 \times .23 = .20$ ；其三是教師教學→學習環境→科學學習動機→對科學的態度，間接效果是  $.89 \times .50 \times .34 = .15$ ，合計三條路徑的間接效果是 .48。

本研究假定教師教學可以藉由學習環境、科學學習動機、對科學的態度的等變項的中介而影響到學生的學習成就，亦即教師愈傾向發問挑戰性問題、使用學生熟悉的類比或比喻來解釋科學概念，學生的學習環境知覺愈是正向，科學學習動機高昂，會有較好的學習成就。根據圖2的結果發現教師教學對學習成就的間接效果是透過四條路徑：其一是教師教學→學習環境→科學學習動機→學習成就，此

部份間接效果是  $.89 \times .50 \times .35 = .16$ ；其二是教師教學→學習環境→科學學習動機→對科學的態度→學習成就，此部分間接效果是  $.89 \times .50 \times .34 \times .22 = .03$ 。其三是教師教學→科學學習動機→學習成就，間接效果是  $.37 \times .35 = .13$ 。此外，教師教學影響科學學習動機、對科學的態度而影響到學習成就，其影響路徑是教師教學→科學學習動機→對科學的態度→學習成就，此部分間接效果是  $.37 \times .34 \times .22 = .03$ 。加總這四條路線所構成的標準化間接效果是  $.35$ ，此一標準化徑路係數為正值，且達顯著水準，由此可見教師教學對於國小學生科學學習成就影響的重要性。

在潛在依變項對潛在依變項的間接效果方面，本研究假定學生的學習環境知覺對於學生對科學的態度有間接效果，其影響路徑是學習環境→科學學習動機→對科學的態度，間接效果值是  $.50 \times .34 = .17$ ，達統計顯著水準。標準化徑路係數是正值且達顯著水準，再次印證教師的教學對於國小學生科學學習成就影響的重要性。

### (二) 國中學生所知覺的教師教學對潛在依變項間的間接效果

從潛在自變項對潛在依變項的間接效果方面，從圖3的徑路係數結果顯示，教師教學對於學生科學學習動機除了有直接效果之外，也有間接效果，其影響路徑是教師教學→學習環境→科學學習動機，其間接效果是  $.94 \times .54 = .51$ ，達統計顯著水準。至於教師教學對於學生對科學的態度的影響則有二條影響路徑：一是教師教學→科學學習動機→對科學的態度，其間接效果是  $.40 \times .91 = .36$ ；其次是教師教學→學習環境→科學學習動機→對科學的態度，其間接效果是  $.94 \times .54 \times .91 = .46$ ，合計兩條路線的間接效果是  $.82$ 。

國中部份的結果顯示，教師教學可以藉由學習環境、科學學習動機、對科學的態度等變項的中介而影響到學生的學習成就。根據圖3教師教學對學習成就的間接效果是透過三條路徑：其一是教師教學→學習環境→學習成就，此部份間接效果是  $.94 \times .24 = .23$ ；其二是教師教學→學習環境→科學學習動機→對科學的態度→學習成就，間接效果是  $.94 \times .54 \times .91 \times .35 = .16$ 。其三是教師教學→科學學習動機→對科學的態度→學習成就，間接效果是  $.40 \times .91 \times .35 = .13$ 。加總這三條路徑所構成的標準化間接效果是  $.52$ ，此一標準化徑路係數大於  $.5$ ，為正值。

在潛在依變項對潛在依變項的間接效果方面，本研究假定學生的學習環境知覺對於學生對科學的態度有間接效果，從觀察資料可以得知其藉由科學學習動機對於學生對科學的態度有間接影響，其影響路徑是學習環境→科學學習動機→對科學的態度，間接效果值是  $.54 \times .91 = .49$ ，達統計顯著水準。學生的學習環境知覺對科學態度的直接效果並無法在觀察資料中呈現，而是以科學學習動機為中介來影響學生對科學的態度。

### (三) 高中學生所知覺的教師教學對潛在依變項間的間接效果

在潛在自變項對潛在依變項的間接效果方面，從圖四的徑路係數結果顯示，教師教學對於學生科學學習動機除了有直接效果之外，也有間接效果，其影響路徑是教師教學→學習環境→科學學習動機，其間接效果是  $.80 \times .57 = .46$ ，達統計顯著水準。至於教師教學對於學生對科學的態度的影響則有三條影響路徑：一是教師教學→科學學習動機→對科學的態度，其間接效果是  $.26 \times .45 = .12$ ；其二是教師教學→學習環境→對科學的態度，其間接效果是  $.80 \times .30 = .24$ ；其三是教師教學→學習環境→科學學習動機→對科學的態度，其間接效果是  $.80 \times .57 \times .45 = .21$ ，合計三條路線的間接效果是  $.57$ 。

此外，教師教學可以藉由學習環境、科學學習動機、對科學的態度等變項的中介而影響到學生的學習成就，此間接效果是透過三條路徑：其一影響路徑是教師教學→學習環境→學習成就，間接效果是  $.80 \times .18 = .14$ ；其二是教師教學→學習環境→科學學習動機→學習成就，間接效果是  $.80 \times .57 \times .30 = .14$ ；其三是教師教學→科學學習動機→學習成就，間接效果是  $.26 \times .30 = .08$ 。加總這三條路線所構成的標準化間接效果是  $.36$ ，此一標準化徑路係數為正值且達顯著水準，由此可見教師教學對於學生科學學習成就影響的重要性。

在潛在依變項對潛在依變項的間接效果方面，從觀察資料可以得知其藉由科學學習動機來對科學的態度有間接影響，其影響路徑是學習環境→科學學習動機→對科學的態度，間接效果是  $.57 \times .45 = .26$ ，達統計顯著水準。

## 五、學生科學學習成就理論模式各潛在變項間的全體效果

### (一) 國小學生科學學習成就理論模式的潛在變項間的全體效果

全體效果等於直接效果加上間接效果。教師教學對學習環境、科學學習動機、對科學的態度和學習成就的四個潛在變項全體效果值依序是 .89, .82, .48, .35。本研究假定教師教學對於學習環境沒有直接效果，所以教師教學對學習環境的全體效果 .89，等於其直接效果。而教師教學對於學生對科學的態度只有間接效果，沒有直接效果，所以教師教學對於學生對科學的態度的全體效果 .48 則等於其間接效果。此外，教師教學對於學生學習成就的全體效果則是來自於間接效果，其值為 .35。

在潛在依變項對潛在依變項的全體效果上，學習環境對科學學習動機、對科學的態度和學習成就三個潛在變項的全體效果值依序是 .50, .40, .34。從圖2的徑路係數圖可以發現學習環境對科學學習動機只有直接效果，所以學習環境對科學學習動機的全體效果 .50 就是等於其直接效果。就學習環境對於學生對科學的態度而言，觀察資料顯示標準化全體效果是 .40，是由其直接效果的 .23 加上間接效果的 .17，所以學習環境對科學的態度影響主要是來自直接效果，間接效果的影響則較小。

另外，科學學習動機對於學生對科學的態度及學習成就的標準化全體效果分別是 .34 和 .42。由於本研究假定科學學習動機對於學生對科學的態度並沒有間接效果，所以其對於學生對科學的態度全體效果也等於其直接效果的 .27。而科學學習動機對學習成就有直接效果也有間接效果，所以標準化全體效果是 .42，是由其直接效果的 .35 加上間接效果的 .07 而得，此結果顯示科學學習動機對學習成就的影響中，直接效果要大於間接效果。最後，本研究假定學生對科學的態度對學習成就沒有間接效果，所以對科學的態度對學習成就的全體效果也等於其直接效果，標準化徑路係數值為 .22。

綜觀理論模式各潛在變項的全體效果，發現教師教學對學習環境的全體效果值 .89 最高，其次是教師教學對科學學習動機和對科學的態度的全體效果值 .82。

### (二) 國中學生科學學習成就理論模式的潛在變項間的全體效果

教師教學對學習環境、科學學習動機、對科學的態度和學習成就的四個潛在變項全體效果值依序是 .94, .91, .82, .52。本研究假定教師教學對於學習環境沒有直接效果，所以教師教學對學習環境的全體效果 .94，等於其直接效果。而教師教學對於學生對科學的態度只有間接效果，沒有直接效果，所以教師教學對於學生對科學的態度的全體效果 .82 則等於其間接效果。此外，教師教學對於學生學習成就的全體效果則是來自於間接效果，其值為 .52。

在潛在依變項對潛在依變項的全體效果上，學習環境對科學學習動機、對科學的態度和學習成就三個潛在變項的標準化全體效果依序是 .54, .42, .48。從圖三的徑路係數可以發現學習環境對科學學習動機只有直接效果，所以學習環境對科學學習動機的全體效果 .54 就是等於其直接效果。就學習環境對於學生對科學的態度而言，觀察資料顯示標準化全體效果是 .42，是由其直接效果的 -.07 加上間接效果的 .49。

另外，科學學習動機對於學生對科學的態度及學習成就的標準化全體效果分別是 .91 和 .49，學生對科學的態度全體效果也等於其直接效果的 .91。而科學學習動機對學習成就有直接效果也有間接效果，但是直接效果的影響未達顯著水準，所以科學學習動機對學習成就的全體效果就等同其間接效果的 .32 加上直接效果的 .17 成爲 .49。學生對科學的態度對學習成就的全體效果也等於其直接效果，標準化徑路係數值為 .35。

綜觀理論模式各潛在變項的全體效果值，發現教學表徵對學習環境的全體效果 .94 最高，其次是

教學表徵對科學學習動機的全體效果 .91。

### (三) 高中學生科學學習成就理論模式的潛在變項間的全體效果

教師教學對學習環境、科學學習動機、對科學的態度和學習成就的四個潛在變項全體效果依序是 .80, .72, .57, .36。本研究假定教師教學對於學習環境沒有直接效果，所以教師教學對學習環境的全體效果 .80，等於其直接效果。而教師教學對於學生對科學的態度只有間接效果，沒有直接效果，所以教師教學對於學生對科學的態度的全體效果 .57 則等於其間接效果。此外，教師教學對於學生學習成就的全體效果則是來自於間接效果，其值為 .36。

在潛在依變項對潛在依變項的全體效果上，學習環境對科學學習動機、對科學的態度和學習成就三個潛在變項的全體效果依序是 .57, .56, .40。從圖4的徑路係數圖可以發現學習環境對科學學習動機只有直接效果，所以學習環境對科學學習動機的全體效果 .57 就是等於其直接效果。就學習環境對於學生對科學的態度而言，觀察資料顯示標準化全體效果是 .35，是由其直接效果的 .18 加上間接效果的 .17。

另外，科學學習動機對於學生對科學的態度及學習成就的標準化全體效果分別是 .45 和 .34，學生對科學的態度全體效果也等於其直接效果的 .45。而科學學習動機對學習成就有直接效果也有間接效果，但是間接效果的影響未達顯著水準，其全體效果就等同其直接效果的 .30 加上直接效果的 .04。科學學習動機內涵，包含科學學習價值、成就動機、主動學習策略等向度，這是屬於個人的內在動機的部份，而學生在班級中與教師同儕主動，如來自於教師言語的鼓勵、同儕的肯定，這是屬於情境的、外在動機的部份，本研究中教師的教學表徵是環境因子的一部分，除了影響學生的外在動機之外，在研究中也發現對學生的內在動機會有正向的助益，而學生內在動機一旦高昂，如果能到 Csikszentmihaly (1990) 所論述的酣暢經驗 (flow experience) 狀態，那麼學生會樂於學習，不以為苦，廣義而言，學習成就當然會提升。

綜觀理論模式各潛在變項的全體效果值，發現教師教學對學習環境的全體效果 .80 最高，其次是教學表徵對科學學習動機和對科學的態度的全體效果 .72。國內的教學研究也有類似的發現，例如：呂耀宗 (民90) 探討國小六年級自然科所實行符合建構論的教學，研究結果發現實施建構論理念教學的學生在自然科學學習態度、科學學習成就皆高於控制組學生。

## 討論與建議

### 一、討論

#### (一) 國小、國中與高中生的學習環境和科學學習動機沒有顯著差異,對科學的態度則是以國小學生表現最佳

本研究發現國小、國中與高中生的學習環境和科學學習動機沒有顯著差異。什麼樣的條件可以提升學生的科學學習動機呢？Brophy (1987) 所提出支持性的學習環境可以提升學生的學習動機，例如教師提供難度適中而有挑戰性的教材，引導學生設定學習目標，學習歷程中自我肯定與增強，激勵學生將成功視為努力的成果，表現高度的學習動機。林建平 (民83) 指出教師要激發學生的內在學習動機，策略為師長能夠以身作則，表現強烈的內在學習動機。說明課業的價值目的，提供豐富挑戰性的學習活動，並且鼓勵學生新奇有創意的作業，給予兒童自由選擇活動的機會。Müller 和 Louw (2004) 認為教師教學能夠提升學生學習動機的理由有三：1. 在學習過程中學生有空間作選擇，存在著自主學習的可能性；2. 過程中，學生獲得自我成功與教師正向的訊息回饋；3. 教師能接納學生，同儕能夠合作學習建立和諧友善的學習氣氛。國內的實徵性研究中，郭淑禎 (民92) 的研究發現以教



師進行建構論理念教學精神所形塑的學習環境，可以提升學生的科學學習動機。黃鈺雯（民93）的研究發現國小高年級教師教學態度、師生互動與學生科學學習動機有顯著相關，由此可見教師的教學與師生互動所經營的學習環境對於科學學習的重要。

本研究發現對科學的態度則是以國小學生表現最佳，Simpson 和 Oliver（1990）的研究發現學生早期的學習經驗是影響學習興趣和學習成就的重要因素，國小階段科學課程的成功學習感受會影響到日後國中、高中階段的科學態度。Pell 和 Farvis（2001）研究英國地區國小到高中學生對科學態度的變化情形，結果發現隨著學生年齡愈長，對於科學的熱情逐年降低，並且感覺科學課程愈來愈困難。

### （二）教師教學對學生的學習環境知覺影響最大，對科學學習動機的影響則次之

教師教學對學生學習環境知覺、科學學習動機、對科學的態度和學習成就的全體效果，國小階段是 .89, .82, .48, .35；國中階段是 .94, .91, .82, .52；高中階段則是 .80, .72, .57, .36。教師教學是影響學生學習環境知覺、科學學習動機和對科學的態度重要因素，從國小、國中和高中的實徵性資料可以發現教師教學對此三項因素的影響效果幾乎都超過 .5。

教師教學對學生學習成就的影響效果皆在 .3 以上，其中以國中階段的 .52 最大，說明教師的教學對於學生的學習成就有很大的影響力。此結果亦支持 Rosenholtz, Bassler 和 Hoover-Dempsey（1986）的研究發現教師是積極正向學習環境的主要塑造者，藉由合宜的師生互動，可以增加學生的學習成就，Henderson, Fisher 和 Fraser（2000）也認為班級教室環境因素是影響學生學習成就的重要因素。吳穎泫（民92）也發現國小高年級學生經過建構論理念的科學學習活動後，不論是高學業成就或是低學業成就學生都比較能從建構論理念的科學學習活動中受益，認知結構的「量」與「質」都能獲致較佳的效果。

至於何種教學方式是符合建構論的教學？目前並沒有符合建構論教學的操作性定義，其概念性定義是以學生為學習主體，學生的學習是一種主動建構意義的歷程，教師能以此精神為理念所進行的教學就是符合建構論理念的教學。NRC（1996）則倡導以學生為主體的探究式教學，如此學生可以學會實驗操作技能，並且主動建構意義。Beisenherz 和 Dantonio（1996）認為能夠整合動手做和探究的教學就是學習環（learning cycle）的教學策略，符合建構論理念的精神。Parker（2000）以學習環為教學策略，發現能夠有效提升中等程度學生的學習成就和對科學的態度。吳坤璋（民89）以學習環為教學策略在國小實施教學研究，發現學習環亦能有效提升學生對自然科學的學習興趣和成就。陸美靜（民91）實施建構論理念的教學研究，所運用的教學策略則有閱讀、觀察、角色扮演、課後作業等方式，以畫圖、討論的方式讓學生呈現原有的想法或概念。

### （三）國小、國中和高中生的學習環境知覺和科學學習動機對於學習成就具有重要的影響

國小、國中和高中生的學習環境知覺會透過科學學習動機、對科學態度的中介而來影響學生的學習成就，此部分的全體效果值分別是 .34, .35 和 .40。無論是國小、國中和高中生，學習環境對於學習成就有 .30 以上的影響效果，Haertel, Walberg 和 Haertel（1981）針對四個國家 17805 名學生進行學習成就的後設分析，發覺學習成就較佳的班級學生表達師生間關係緊密，滿意同儕互動情形，彼此間較少爭執摩擦發生。Kim, Fisher 和 Fraser（1999）的研究指出學生如果的學習環境知覺愈正向，那麼學生藉由參與科學探究的歷程會學到更多的科學概念。國內實徵性研究方面，陳石峰（民87）的研究發現符合建構論的教學所經營的學習環境可以增加學生學習生物的動機及能力，可改善師生互動，促進學生課堂參與學習。

國小、國中和高中生的科學學習動機以對科學態度為中介來影響學生的學習成就，此部分的全體效果值分別是 .42, .49 和 .34，其中國中生科學學習動機對學習成就的影響最大，幾乎是五成的影響效果，其次是國小生，最小的是高中生。同時科學學習動機也是中介變項，教師教學、學習環境會以科學學習動機為中介來影響對科學的態度和學習成就。學生的科學學習動機會受到來自於教師教學和學

習環境知覺的作用，而影響學生對科學的態度和學習成就。Prawat (1989) 認為有動機興趣的學習者在學習歷程中會注意到學習內涵，以差異化和條理清楚的方法 (differentiated and coherent) 來獲得知識，而且學習保留長久，和其他同儕相比則能夠應用所學知識於日常生活，在高昂學習動機的情況下，學習成就表現較佳，所以學習者會感覺到自己在該學科是有競爭力的 (Grässmann, Schulthesis 和 Brunstein, 1998; Vallerand, Fortier 和 Guay, 1997)。林殷如 (民88) 研究生物課室的國中學生投入學習程度對學習成效的影響，發現學生對於學習活動愈投入，在生物概念的學習上所獲得的幫助也就愈大。什麼策略可以提升學生的學習動機，Müller 和 Louw (2004) 的研究發現在學習初始階段，老師對學生的學習要求就能定下明確的準則，較能夠維持學生的初始學習動機。

#### (四) 國小和國中學生對科學的態度會直接影響其學習成就

Koballa (1988) 指出態度是對環境中人事物的一種喜歡和不喜歡的感覺，就因為態度是表達出一個人對於該學科的興趣喜好傾向，許多有關科學學習的研究都會把態度視為重要的研究焦點之一，或是視為學習成就的證據之一。國小和國中學生的對科學的態度對於學習成就會有直接影響效果，標準化效果值分別是 .22 和 .35，高中學生的直接影響效果則未達顯著，Schibeci (1984) 綜合多篇文獻後指出態度與成就之間的相關介於 .3 至 .5 之間。Weinburgh (1995) 針對學生的對科學的態度和學習成就的研究成果作後設分析，發現兩者之間是中度的相關。此外，在本研究中對科學的態度本身也是中介變項，國小和國中學生的學習環境和科學學習動機會以對科學的態度為中介來影響學習成就。Dalgety, Coll 和 Jones (2003) 認為高中學生的化學課程的學習經驗會影響學生對化學的喜好態度。Reiss (2004) 也認為學生對學校科學的態度是受到學科內容安排與該學科如何教學與學生自身學習經驗的影響。Freedman (1997) 的研究指出學生對科學的態度會影響其學習成就。

## 二、建議

教師應善用適當的教學表徵，經營良善學習環境，來激發學生的科學學習動機和對科學的態度，進一步提升學生的學習成就。

在本研究中國小、國中和高中學生的學習環境、科學學習動機和對科學的態度三項潛在變項，共可以解釋學習成就的變異量分別是 .32, .52 和 .28，其中影響程度最大的部分是國中學生，國中生必須經過學測等一定程度的升學競爭，如果以爭取優秀學習成就為學習目的之一，那麼教師如何經營教學環境，來促進學生科學學習動機、對科學的態度有正向的發展實屬重要。Bloom (1976) 認為學生的學習態度、學習環境知覺和自我信念可以解釋學習成就變異量的25%，而Rennie和Punch (1991) 提出學生的情意態度可以解釋學習成就變異量的5%，但是本研究所建立的科學學習成就理論模式，則包括教學與學習多因素的組成和交互作用，著重教師教學策略的實施，對於學生學習特質的動態變化。教學、環境、動機、態度和成就等組成因素所構成的科學學習成就理論模式 (a theoretical model of teaching, environment, attitude, motivation and achievement, TEAMA)，能夠將科學教室的複雜現象系統化，推斷出組成因素之間的直接間接影響效果。

國中學生的TEAMA可以解釋學習成就變異量的52%，此應是「系統性的變異」，另一則是「非系統性的變異」，是由隨機效果所引起的變異。科學學習成就理論模式是以教師的教學為影響之起源，所形塑的學習環境氣氛，影響並透過學生的科學學習動機和對科學的態度來影響學生的學習成就，此系統性的變異應該是由教師所積極掌握的，中小學教師應善用適當的教學表徵，經營良善學習環境，來激發學生的科學學習動機和對科學的態度，進一步提升學生的學習成就，例如，Brophy (1987) 指出教師教學時配合當時學生的學習興趣程度，增加新奇性教材的比重促進學習成就。陳懿芬 (民89) 的研究結果發現教師實施符合建構論理念的教學有助於學生的學習理解、能引起學生的學習興趣、能促進學生的思考，讓學生覺得理化就在生活中，同時，符合建構論的教學中師生關係的

正面改善及良好的學習情境，對學生的學習都有相當正面的影響。至於非系統性的變異可能來自學生人格特質、家庭因素的影響，或可說是「隨機變異」，這是教師難以掌握的一部分，所以教師應該重視的是科學學習成就理論模式中的教學、環境、動機、態度和成就的直接、間接效果所組成的動態系統，根據組成因素的互動關係及影響權重作為調整教學的參考，最後以提升學生的科學學習成就為目的。

### 參 考 文 獻

- 朱淑吟（民91）：利用網頁專題製作引導STS專題式教學對學生學習影響之研究。國立花蓮師範學院國小科學教育研究所碩士論文。
- 余曉清（民87）：科學教室師生互動量表發展與研究。科學教育學刊，6卷，4期，403-416頁。
- 吳慧珠（民91）：國民中小學學生生命概念發展之研究。國立高雄師範大學教育學系博士論文。
- 吳坤璋（民89）：結合電腦網路與學習環於國小自然科之行動研究。國立高雄師範大學科學教育研究所碩士論文。
- 吳明隆（民89）：SPSS統計應用實務。台北：松崗。
- 吳穎洳（民92）：建構主義式的科學學習活動對國小高年級學生認知結構之影響。國立交通大學教育研究所碩士論文。
- 吳裕益（民93）：線性結構模式的理論與應用。高雄師範大學特殊教育研究所線性結構模式上課講義。
- 呂耀宗（民90）：國小六年級自然科學建構式教學之研究。國立中正大學教育研究所碩士論文。
- 李嘉祥（民88）：合作學習對國中學生生物學習動機之影響。國立高雄師範大學科學教育研究所碩士論文。
- 邱皓政（民92）：結構方程模式：LISREL的理論技術與應用。台北：雙葉書廊。
- 林建平（民83）：整合學習策略與動機的訓練方案對國小閱讀理解困難兒童的輔導效果。國立台灣師範大學教育心理與輔導研究所博士論文。
- 林清山（民81）：多樣本LISREL分析的理論及應用—男女兩組學生在WISC-R的反應之因素結構相等性考驗研究。中國測驗學會測驗年刊，39輯，187-208頁。
- 林志彥（民87）：教學策略與學生對科學的態度之關係：一位國中生物教師的個案研究。國立高雄師範大學科學教育研究所碩士論文。
- 林殷如（民88）：國中生物課室教學活動面貌與學生對教學活動的知覺之個案研究。國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文。
- 林煥祥（民91）：科學教育目標、現況與前瞻。第一次全國科學教育會議公聽會提案資料，8-13頁。
- 林世娟（民90）：國小學童「科學態度」及「對科學的態度」之研究—以植物的生長教學活動為例。國立台北師範學院數理教育研究所碩士論文。
- 林喬偉（民93）：國一學生語文能力及認知風格和細胞與微小生物的另有概念關係之研究。國立台北師範學院數理教育研究所碩士論文。
- 范毓娟（民83）：在國中理化課程中試行建構主義教學之個案研究。國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文。
- 段曉林、王國華和張惠博（民87）：學生對教師之學科教學知覺問卷之發展。科學教育學刊，6卷，2期，129-147頁。

- 陳石峰(民87)：一位高中生物教師施行建構主義取向教學之個案研究—成長與省思。國立高雄師範大學科學教育所碩士論文。
- 陳懿芬(民89)：建構式教學策略應用於國中理化課程之行動研究。國立高雄師範大學物理學系碩士論文。
- 陳柏聰(民91)：台中市國小自然科班級氣氛與學生對科學的態度關係之研究。國立台中師範學院自然科學教育學系碩士論文。
- 陳丁瑜(民92)：符合建構主義取向的教學模式對國一自然與科技領域教室環境、對科學的態度及學習成就影響之探討。國立高雄師範大學生物科學研究所碩士論文。
- 陳正昌、程炳林、陳新豐和劉子鍵(民92)：多變量分析方法—統計軟體之應用。台北：五南。
- 陸美靜(民91)：一位國小三年級自然老師實施符合建構論的教學的歷程與反思。國立屏東師範學院數理教育研究所碩士論文。
- 張春興(民85)：教育心理學：三化取向的理論與實踐。台北：東華。
- 郭重吉(民85)：從建構主義談數理師資培育的革新。科學發展月刊，24卷，7期，555-562頁。
- 郭淑禎(民92)：從建構取向教學的教室環境營造提昇學童科學學習動機之行動研究。國立花蓮師範學院國小科學教育研究所碩士論文。
- 莊雪芳和鄭湧涇(民92)：國中學生對生物學的態度與學習環境之研究。科學教育學刊，11卷，2期，171-194頁。
- 黃慧琳(民84)：學習環在國小自然科教學之研究。國立高雄師範大學科學教育研究所碩士論文。
- 黃鳳琴(民91)：建構主義教學對國小五年級學生「看星星」單元學習成就及概念分析研究。臺北市立師範學院科學教育研究所碩士論文。
- 黃台珠, Aldridge, J. M.和Fraser, B. (民87)：台灣和西澳科學教室環境的跨國研究：結合質性與量的研究方法。科學教育學刊，6卷，4期，343-362頁。
- 黃鈺雯(民93)：嘉義地區國小高年級教師教學態度、師生互動與學生學習動機之關係。國立嘉義大學國民教育研究所碩士論文。
- 詹志禹(民91)：影響科學創造力的因素—從小學教育環境與脈絡來考量。學生輔導，79卷，32-47頁。
- 熊召弟(民85)：建構者觀的自然科教學。科學教育研究與發展，3卷，3-11頁。
- 鄭湧涇和楊坤原(民87)：國中學生對生物學的態度。師大學報：科學教育類，43卷，2期，37-54頁。
- 謝秀月(民90)：國小自然教師科學教學實踐知識與科學教學表徵之個案研究。國立彰化師範大學科學教育研究所博士論文。
- 龍麟如(民86)：國小學生對科學的態度與相關變項關係之研究。國立臺灣師範大學生物學系碩士論文。
- 鐘培齊(民92)：國小六年級學童學習風格、知覺學習環境、對科學的態度與自然科學業成就之相關研究。國立嘉義大學國民教育研究所碩士論文。
- 蘇懿生(民83)：高雄市立高中實驗室氣氛與學生對科學的態度之關係研究。國立高雄師範大學科學教育研究所碩士論文。
- 蘇懿生與黃台珠(民88)：實驗室氣氛與學生對科學的態度之關係研究。科學教育學刊，7卷，7期，393-410頁。
- Beisenherz, D. C., & Dantonio, M. (1996). *Using the learning cycle to teach physical science*. Portsmouth, NH: Heinemann.

- Bloom, B. S. (1976). *Human characteristics and school learning*. New York: McGraw-Hill.
- Bollen, K. A. (1989). *Structural equations with latent variables*. New York: John Wiley & Sons.
- Brophy, J. (1987). Synthesis of research on strategies for motivation students to learn. *Educational Leadership*, 45, 40-48.
- Csikszentmihalyi, M. (1990). The domain of creativity. In M. A. Runco & R. S. Albert (Eds.), *Theories of creativity* (pp. 190-215). Newbury Park, CA: Sage.
- Dalgety, J., Coll, R. K., & Jones, A. (2003). Development of chemistry attitudes and experiences questionnaire. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 647-688.
- DeBoer, G. E. (1991). *A history of ideas in science education: Implications for practice*. New York: Teachers College Press.
- Deci, E. L., Ryan, R. M., & Koestner, R. (1999). A meta-analytic review of experiments examination the effects of extrinsic rewards on intrinsic motivation. *Psychological Bulletin*, 125, 627-668.
- DeVellis, R. F. (1991). *Scale development theory and applications*. London: SAGE.
- Deemer, S. A. (2004). Using achievement goal theory to translate psychological principles into practice in the secondary classroom. *American Secondary Education*, 32(3), 4-15.
- Fazey, D., & Fazey, J. (1998). Perspectives on motivation: The implications for effective learning in higher education. In S. Brown, S. Armstrong, & G. Thompson (Eds.), *Motivating students* (pp. 59-72). Kogan Page: Staff and Educational Development Association.
- Fisher, D. L., Fraser, B. J., & Wubbels, T. (1993). Interpersonal teacher behavior and school climate. In T. Wubbels, & J. Levy (Eds.), *Do you know what you look like? Interpersonal relationships in education* (pp. 103-122). London: Falmer Press.
- Fraser, B. J. (1981). *Test of science related attitudes handbook (TOSRA)*. Victoria: Australian Council of Education Research.
- Fraser, B. J., Walberg, H. J., Welch, W. W., & Hattie, J. A. (1987). Synthesis of educational productivity research. *International Journal of Educational Research*, 11, 145-252.
- Fraser, B. J. (1994). Research of classroom and school climate. In D. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 493-541). New York: Macmillan.
- Fraser, B. J., McRobbie, C. J., & Fisher, D. L. (1996, April). *Development, validation, and use of personal and class forms of a new classroom environment instrument*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, New York.
- Fraser, B. J. (1998). Science learning environments: Assessment, effects and determinants. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International handbook of science education* (pp. 527-564). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Freedman, M. P. (1997). Relationship among laboratory instruction, attitude toward science and achievement in science knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 343-357.
- Gauld, C. (1982). The scientific attitude and science education: a critical reappraisal. *Science Education*, 66(1), 109-121.
- Grässmann, R., Schulthesis, O. C., & Brunstein, J. C. (1998). Exploring the determinants of students' academic commitment. In P. Nenner, R. S. Jäger, A. Frey, & M. Wosnitza (Eds.), *Advances in Motivation* (pp. 103-109). Landau: Verlag Empirische Pädagogik.
- Haertel, G. D., Walberg, H. J., & Haertel, E. H. (1981). Socio-psychological environments and learning: A

- quantitative synthesis. *British Educational Research Journal*, 7, 27-36.
- Haladyna, T., & Shaughnessy, J. (1982). Attitudes toward science: A quantitative synthesis. *Science Education*, 66(4), 547-563.
- Hanrahan, M. (1998). The effects of learning environment factors on students' motivation and learning. *International Journal of Science Education*, 20(6), 737-753.
- Hegarty-Hazel, E. (1990). The Student laboratory and the science curriculum: A model. In E. Hegarty-Hazel (Eds.), *The student laboratory and the science curriculum* (pp. 27-30). New York: Routledge.
- Henderson, D., Fisher, D., & Fraser, B. (2000). Interpersonal behavior, learning environments and student outcomes in senior biology classes. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 26-43.
- Johnson, D. W. & Johnson, R. T. (1985). Motivational process in cooperative, competitive, and individualistic learning situation. In C. Ames & R. Ames (Eds.), *Research on Motivation in education: The Classroom Milieu*, Vol. 4, (pp. 249-286). New York: Academic Press.
- Kaiser, H. F. (1974). An index of factorial simplicity. *Psychometrika*, 39, 31-36.
- Kim, H., Fisher, D. L., & Fraser, B. J. (1999). Assessment and investigation of constructivist science learning environments in Korea. *Research in Science & Technological Education*, 17(2), 234-249.
- Koballa, T. R. (1988). Attitude and related concepts in science education. *Science Education*, 72, 115-126.
- Koballa, T. R., & Crawley, F. E. (1985). The influence of attitude on science teaching and learning. *School Science and Mathematics*, 85(3), 222-232.
- National Research Council [NRC] . (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academic Press.
- National Research Council [NRC] . (2000). *Inquiry and national science education standards*. Washington, DC: National Academic Press.
- McRobbie, C. J., & Fraser, B.J. (1993). Association between student outcomes and psychosocial science environment. *Journal of Educational Research*, 87(2), 78-85.
- Müller, F. H., & Louw, J. (2004). Learning environment, motivation and interest: Perspectives on self-determination theory. *South African Journal of Psychology*, 34(2), 169-190.
- Nolen, S. B., & Haladyna, T. M. (1990). Personal and environmental influences on students' beliefs about effective study strategies. *Contemporary Educational Psychology*, 15, 116-130.
- Oliver, J. S., & Simpson, R. D. (1988). Influence of attitude toward science, achievement motivation, and science self concept on achievement in science: A longitudinal study. *Science Education*, 72(2), 143-155.
- Osborne, F. (2003). Attitudes toward science: A review of the literature and implication. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049-1079.
- Parker, V. (2000). Effects of a science intervention program on middle-grade student achievement and attitudes. *School Science and Mathematics*, 100(5), 236-242.
- Pell, T., & Farvis, T. (2001). Developing attitude to science scales for use with children of ages from five to eleven years. *International Journal of Science Education*, 23(8), 847-862.
- Peterson, R. W., & Carlson, G. R. (1979). A summary of research in science education 1977. *Science Education*, 63, 429-550.
- Pintrich, P. R., & Schunk, D. H. (1996). *Motivation in education: Theory, research and applications* ( 2nd ed.). Englewood Cliffs, NJ: Merrill Company.

- Pintrich, P. R. (2000). An achievement goal theory perspective on issues in motivation terminology, theory, and research. *Contemporary Education of Psychology*, 82, 33-40.
- Prawat, R. S. (1989). Teaching for understanding: Three key attributes. *Teaching and Teacher Education*, 5(4), 315-328.
- Reeve, J. (2002). Self-determination theory applied to educational settings. In E. L. Deci & R. M. Ryan (Eds.), *Handbook of self-determination research* (pp. 184-203). Rochester: University of Rochester Press.
- Reiss, M. J. (2004). Students' attitudes towards science: A long-term perspective. *Canadian Journal of Science, Mathematics, & Technology*, 4(1), 97-109.
- Rennie, L. J., & Punch, K. F. (1991). The relationship between affect and achievement in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 193-209.
- Rosenholtz, S. J., Bassler, O., & Hoover-Dempsey, K. (1986). Organizational conditions of teacher learning. *Teaching and Teacher Education*, 2, 91-104.
- Roser, R. W., Midgley, C., & Urdan, T. (1996). Perceptions of the school psychological environment and early adolescents' psychological and behavioral function in school: The mediating role of goals and belonging. *Journal of Educational Psychology*, 88, 408-422.
- Salta, K., & Tzougraki, C. (2004). Attitudes toward chemistry among 11<sup>th</sup> grade students in high schools in Greece. *Science Education*, 88, 535-547.
- Schibeci, R. A. (1981). Do teachers rate science attitude objectives as highly as cognitive objectives? *Journal of Research in Science Teaching*, 18(1), 69-72.
- Schibeci, R. A. (1984). Attitudes to science: An update. *Studies in Science Education*, 11, 26-59.
- Schibeci, R. A., & Riley, J. P. (1986). Influence of students' background and perceptions on science attitudes and achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 23, 177-187.
- Schibeci, R. A. (1989). Home, school and peer group influences on student attitudes and achievement in science. *Science Education*, 73(1), 13-24.
- Simpson, R. D., & Oliver, J. S. (1985). Attitude toward science and achievement motivation profiles of male and female science students in grades six through ten. *Science Education*, 69, 511-526.
- Simpson, R. D., & Oliver, J. S. (1990). A summary of major influences on attitude toward science and achievement in science among adolescent students. *Science Education*, 74, 1-18.
- Talton, E. L., & Simpson, R. P. (1985). Relationship between peer and individual attitudes toward science among adolescent students. *Science Education*, 69, 19-24.
- Tsai, C.C. (2005). Research and trends in science education from 1998 to 2002: A content analysis of publication in selected journals. *International Journal of Science Education*, 27(1), 3-14.
- Tuan, H. L., Chin, C. C., & Shieh, S. H. (2002, April). *The development of a questionnaire for assessing students' motivation toward science learning*. Paper presented at the National Association for Research in Science Teaching, San Louis, USA.
- Vallerend, R. J., Fortier, M. S., & Guay, F. (1997). Self-determination and persistence in a real-life setting: Toward a motivational model of high school dropout. *Journal of Personality and Social Psychology*, 72, 1161-1176.
- Von Glasersfeld, E. (1990). An exposition of constructivism: Why some like it radical. *Journal for Research in Mathematics, Monograph in Mathematics, Monograph No.4*, 19-29.

- Von Glaserfeld, E. (1998). Cognition, construction of knowledge and teaching. In M. R. Matthews (Ed.), *Constructivism in Science Education* (pp. 11-30). Dordrecht: Kluwer Academic.
- Weinburgh, M. (1995). Gender differences in student attitudes toward science: A meta-analysis of the literature from 1970 to 1991. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 387-398.
- Wubbels, T., & Levy, J. (Eds.). (1993). *Do you know what you look like? Interpersonal relationships in education*. London: Falmer Press.
- Zsolnai, A. (2002). Relationship between children's social competence, learning motivation and school achievement. *Educational Psychology*, 22(3), 317-329.

收 稿 日 期：2005 年 07 月 19 日

一稿修訂日期：2005 年 11 月 14 日

接受刊登日期：2005 年 11 月 15 日



Bulletin of Educational Psychology, 2005, 37(2), 147-171

National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan, R.O.C.

## A Comparative Study of Factors Affecting Science Learning Achievement of Students in Different Grade Levels

KUN-CHANG WU

IRIS TAI-CHU HUANG

YUH-YIH WU

Graduate Institute  
of Science Education

National Kaohsiung Normal University

Graduate Institute  
of Special Education

National Kaohsiung Normal University

The purpose of this study was to investigate the differences of students' perceptions of their science learning environments, motivation toward science learning, attitudes toward science, also to examine the path coefficients of aforementioned variables among primary, junior-high and senior-high school students. A stratified random sampling method, cluster-sampling unit, was adopted to select the required student samples which included 421 students from 14 primary schools, 462 students from 15 junior-high schools, and 623 students from 16 high schools in Kaohsiung, Taiwan. The structural equation modeling was applied to estimate path coefficients of latent variables. The results of this study showed that the primary school students exhibited more positive attitudes toward science learning than senior-high school students. Among primary, junior-high and senior-high schools, the total effects of learning environment on achievement were .34, .35 and .40 which included direct effects and indirect effects. The total effects of motivation on achievement were .42, .49 and .34. Primary and junior-high school students' attitudes toward science on achievement had direct impact whose path coefficients were .22 and .35. Derived from the results, suggestions for science teachers were discussed.

**KEY WORDS:** learning environment, attitudes toward science, theoretical model, structural equation modeling