科學教育學刊
2009, 第十七卷第一期, 69-90

Chinese Journal of Science Education
2009, 17(1), 69-90

科學學習歷程模式之建構及驗證

何仕仁[1]　黃台珠[2]　吳裕益[3]
[1]靜宜大學　師資培育中心
[2]國立高雄師範大學　科學教育研究所
[3]國立高雄師範大學　特殊教育研究所

（投稿日期：民國 97 年 12 月 31 日，修訂日期：98 年 3 月 10 日，接受日期：98 年 3 月 17 日）

摘要：本研究主要目的在統整相關理論與文獻，建構一個以科學為特定領域的學習歷程模式，並以實際所得資料進行模式驗證，探討影響科學學習歷程的相關因素與因果關係。本研究以台灣中部地區（台中縣、台中市、彰化縣、南投縣）之公立國中八年級學生為研究母群體，採分層隨機抽樣法，有效問卷數為 520 份。研究工具包括科學問題解決測驗（甲、乙式）、科學學習環境知覺量表、科學自我效能量表、科學行動控制覺察量表、科學行動控制量表、科學學習策略覺察量表、科學學習策略量表等。資料蒐集結果以結構方程模式（SEM）方法進行統計分析。研究結果顯示本研究所建構的科學學習歷程模式和觀察資料可以適配，支持了目前關於學習歷程的相關研究結果。本研究並根據研究結果在發現上進行討論與建議。

關鍵詞：科學自我效能、科學學習歷程模式、結構方程

壹、緒　論

自我調整學習是近代教育心理學之重要研究焦點（Pintrich, 2000, 2003; Wolters, 1998, 1999, 2003; Zimmerman, 1998, 2000a, 2000b），該理論強調學習者的動機、情感、行動控制與學習策略等學習歷程變項，而且認為這些變項是由學習者主動建構、覺察與控制調節而來。雖然該理論之相關研究對於學習歷程有其一定成果，但何仕仁（2007）的研究發現，學習歷程中除了前述的相關變項外，學習環境知覺在學習歷程中對於自我效能與學習成效更有著顯著的影響與因果關係，可見學習環境知覺對學習歷程的影響性與重要性。學者 Lodewyk 與 Winne（2005）的研究指出：「學習是有意義的認知歷程，學習者在歷程中應該理解所學內容，知覺反應出效能目標，並主動策略性的參與學習。」，意指教育目的不再只侷限於傳遞課文中的知識與技能，而是在於培養學生成為一位懂得主動、有效學習的學習者，換句話說，學生在求學過程中需要學習如何學習，將所學知識帶著走，方能提升學習成效。因此，學習是

人類成長的必經歷程，對於生涯發展的優劣存在著決定性影響。

近年來，學習歷程相關研究的影響因素中，多數研究學者（何仕仁、吳裕益與黃台珠，2007; Pintrich, 2000, 2003; Wolters, 1998, 1999, 2003; Zimmerman, 1998, 2000a, 2000b）都認為學習歷程是一自我建構的過程，學習者會在特定的階段性工作任務完成後，透過學習環境中之情境知覺反應出自我效能，並依此效能信念設定工作目標，以意志（volition）進行監督、控制與管理自己認知行動，而此過程最後仍需使用多元學習策略來完成學習成就之表現（何仕仁、吳裕益與黃台珠，2007）。所以學習環境知覺（learning environment perception）、自我效能（self-efficacy）、行動控制（action control）、學習策略（learning strategies）應是目前學習歷程非常重要的四個因素。在學習歷程中，學習環境知覺會反應出學習者的自我效能，據此設立工作目標，選擇合適的控制與學習策略以達成就表現。因此，考慮學習歷程的多面向特性，探討學習環境知覺、自我效能、行動控制、學習策略與學習成就表現的關係是本研究的重要動機。

再者，Mayer（1987）的研究提出，學習歷程的學習成效有特定領域的遷移性，所以科學領域的特定情境學習已是重要的研究主題，況且這方面的統整性研究在目前學界是較缺乏的，科學學習歷程是一段心理活動，也是人們運用既有的知識、經驗、技能，藉各種效能提昇及行動控制來處理問題的策略方法，使情況能變遷到預期達到的狀態的心智歷程（張美玉，2001；Sternberg, 1996），因此科學學習歷程的完整建構實有其迫切必要。

有鑑於此，本研究以 Bandura（1986）的「交互決定論」探討個人在學習歷程中的學習環境知覺及自我效能信念在學習行為上的表現，並以 Kuhl（1985）的「行動控制理論」探討學習歷程中的行動控制與學習策略對學習目標表現的重要性。最後希望藉由學習歷程的相關理論進行探索與討論，建立學習上更多層次的見解與方向。

基於前述，本研究目的是考量科學學習歷程的多層面因素與動態效果，以科學領域為特定情境，建構一個包含科學學習環境知覺、科學自我效能、科學行動控制、科學學習策略與科學學習成就表現等潛在變項的科學學習歷程模式，除驗證其與觀察資料的適配性外，也進一步探討科學學習歷程模式中重要因素的關係及這些因素如何交互影響學習者的科學學習成就表現。以下分別針對模式所涉及的變項做相關文獻探討。

貳、文獻探討

一、科學學習環境知覺

目前關於學習環境的許多研究（何仕仁，2007；黃台珠、Aldridge 與 Fraser, 1998; 黃煜程，2001；翁敏婷，2000；楊榮祥、Fraser，1998；Paris & Byrnes, 1989; Wolters, 2003）都指出教師所營造的學習環境確實會影響學生的自我效能。所以，教師們若能為學生營造正向的學習環境，不但能使學生們瞭解如何與我們的社會互動，並能嘗試在學校教室中學習如何解決當前的社會問題，強化其自我效能，進而透過師生間的互動，能夠在整個教與學的歷程中，共同建構出知識與技能，提升其學習成效。

關於學習環境互動要素，國外學者 Smith, Neisworth 與 Greer（1978）提出了學習環境的基本三大要素：課程安排、教學互動和教材內容，說明三者的情境互動會造成個體在環境中的知覺反應，也會造成班級甚至學校

層級的多元變化。Bull 與 Solity（1987）也提出了學習環境的互動要素分為目標、心理與教育層面，這些層面對於個體與群體的歷程學習充滿不同層面的影響性。張煌熙（1993）則認為學習環境包括有形的物質環境和無形的心理－社會環境。有形的物質環境包含教師、同學與工作間的互動表現；而無形的心理－社會環境指的是班級團體互動所形成的氣氛、結構與規範等潛在特質。國內學者楊榮祥與 Fraser（1998）則界定學習環境為師生在科學教學與學習歷程中的知覺、情感及態度的綜合表現，歷程中會提升不同層級的效能感，故學習者在學習環境中的知覺反應可見一般。

科教學者黃台珠、Aldridge 與 Fraser（1998）研究台澳學習環境差異時，將上述過去在學習環境上的研究基礎，更廣泛的應用與引用，提出了探討學生在環境知覺互動的因素指標，這些指標包含工作取向（Task Orientation）、平等（Equity）、教師支持（Teacher Support）、合作（Cooperation）、同學親和（Student Cohesiveness）、探究（Investigation）、學生參與（Student Involvement）等七個向度。至此，關於學習環境知覺在科學學習的互動因素發展已較為完全，本研究所探討的面向也是在學習環境知覺部分，知覺涉及情境中的情意與情感反應，進而表現在態度與信念上，於是採用此七個向度指標為學習環境知覺的探討方向，探討其對自我效能的影響力，茲將班級學習環境知覺的意義略述如下：工作取向，是指學生看重完成預期的活動以及專注於課業上。平等，是指教師以平等的方式對待學生。教師支持，是指教室的幫助、友善、信任以及對學生感興趣。合作，是指學習上學生之間是以合作代替競爭。同學親和，是指學生彼此幫助並彼此支持。探究，是指強調探究的技巧和過程，以及將之用於問題的解決。學生參與，是指學生有參加的興趣，參與討論，做額外的學習並以上課為樂。

在學習環境知覺與自我效能的相關研究上，陳亞鈴（2002）探討學習環境知覺與自我效能的關係時發現，「自然領域」學習環境知覺與自我效能具顯著相關。其不僅能有效預測學生自我效能，也因而預測了自然領域的學習表現。另外，翁敏婷（2000）在對學習環境知覺與自我效能的研究發現，學生在理化環境知覺愈高，自我效能愈高，同時理化學習成就也較優秀。這也說明了學習環境知覺對自我效能在科學學習上的影響性，也間接透露了對科學學習的成就表現預測。

另外在學習環境知覺對學習成就的表現上，黃惠卿（2004）探討國中教室情境結構和學習成就之關係時也發現，國中學生本身愈是對環境知覺表現不錯，其學習成就愈高。研究科教的學者羅珮華（2004）也利用TIMSS 1999資料探討台灣、新加坡、日本、韓國、美國、義大利和智利等七個國家的國中學生特質與學習成就的關係，發現科學學習環境知覺是強烈影響科學學習成就之重要因素。這些研究也都說明了科學學習環境知覺對科學學習成就的重要性。

綜合上述，科學環境知覺在科學學習歷程模式中，確實是扮演著非常重要的角色。所以科學學習環境中，情意知覺通常來自學習者對於學習結果的自我評鑑，其反應會影響學習者對其後行動的效能確立、策略運用與學習成就表現。

二、科學自我效能

Bandura（1977）最早提出自我效能（self-efficacy）的概念，同時在1986年的社會學習理論提出自我效能的核心價值，該研究認為自我效能高者會全心投入工作，獲得

高成就，低自我效能者無法全心投入工作，而導致失敗。他認為人類的行為不僅受到學習環境知覺的影響，而且也受通過人的認知所形成對結果期望的先行因素影響。所以，根據 Bandura（1977, 1986, 1997）對自我效能的定義，自我效能可解釋為「一個人判斷其執行一連串行動的能力，強調並非一個人所擁有的技術能力，而是這個人運用這些知識與技能達成任務的能力判斷」。

在 Bandura 的自我效能概念基礎下，何仕仁、吳裕益與黃台珠（2007）對科學自我效能的研究發現，科學自我效能的構念可從效能程度、類化與強度進行探討，如此即符合自我效能特定領域研究的訴求，進而強調科學學習的動態歷程，非只是單純的特質而論。

所以，根據 Bandura（1977, 1986, 1997）對自我效能的定義及何仕仁、吳裕益與黃台珠（2007）對科學自我效能的研究發現，在科學學習的歷程中，當學習者面臨成功的科學經驗、失敗科學經驗的累積或科學學習的無力感時，個人是容易將熟練的科學經驗或貫徹執行的科學能力訴諸於科學工作的困難度，同時在將同類但困難度不同的行為依序排列時，個人會因此面對難度不同的行為而有不同的行為效能程度表現。而學習者在學習與自己狀況類似、目標相同之人的成功經驗及解決問題的方法上或看見與聽見條件優秀的人成功的事情時，他們會模擬實境學習的科學經驗，個人會將對於科學情境所評估的自我效能，類化至其他相似情境的情形，而使目標達成。但若具有說服性的科學狀況或生理自然法則的導引，例如由優秀的專業人士或對其具吸引力的人加以鼓勵、評價及讚美，在言語及態度上支持，同時，在精神上認同其支援對象，而且從事科學活動時，自覺生理及心理所產生的良好反應下，便會強化學習者確信完成特定科學行為的把握度。

自我效能對學習策略、行動控制的研究方面，相關研究（何仕仁、吳裕益與黃台珠，2007；程炳林，2000，2002）指出，自我效能對學習者學習策略的使用有正向增強效果，且在意志的行動控制上，能堅持使用策略與達到目的，並進而直接或間接提高其學習成效之表現。

自我效能對學習成就的影響方面，羅珮華（2004）探討國中學生特質與科學學習成就的關係，指出自我效能感是強烈影響科學學習成就之因素。許德發（2000）的研究發現生物學科自我效能與學業成績呈現顯著正相關。黃惠卿（2004）指出科學自我效能愈高，科學學習成就愈高。這些研究都說明了自我效能對科學學習成就的影響。

綜合上述對自我效能的討論，科學自我效能在科學學習歷程模式中，佔有重要地位。它會影響科學學習歷程模式中目標確立的行動意志、策略使用與學習表現。

三、科學行動控制

從上述的文獻討論可發現自我效能對科學學習歷程模式的重要性，因為學習者在效能判斷後就會採取必要的行動，並能預期結果的產生（Bandura, 1986）。但持行動控制觀的學者 Kuhl（1985, 2000, 2005）與 Corno（1989, 1993, 1994）皆認為效能的判斷並不一定確保行動的完成，因為個人設定某個目標後，容易受到其它行動意向或分心物的干擾，經常會放棄原有設定之目標，半途而廢之情形。所以，學者 Zimmerman（2000a）進一步指出，效能判斷之後必須應用行動控制策略與學習策略來保護目標，方能促使目標達成，所以行動控制策略是用來保護行動意向，使個體在追求效能判斷的過程中，能

不受其它分心物的干擾。Kuhl（1985）提出以下六種行動控制策略，可作為科學行動控制的基準：1.主動注意的選擇性策略（active attentional selectivity）。2.編碼控制（encoding control）。3.情緒控制（emotion control）。4.動機控制（motivational control）。5.環境控制（environment control）。6.訊息處理的精簡（parsimony of information processing）。

接著，Corno（1989）將 Kuhl（1985）的行動控制策略引用到學習情境中。根據他對學習情境的特性描述，可將科學行動控制策略區分為內隱和外顯控制策略兩類。其中內隱控制策略包含認知、情緒、動機控制三個策略；而外顯控制策略則包含工作情境控制與他人控制兩個策略。

研究學習歷程的學者 Wolters（1998）在探究學習者的學習調整策略時，將行動控制策略區分為環境控制、注意控制、意志力控制（堅持）及情感控制。而 Pintrich（1999）的研究則將行動控制策略區分為動機控制、情感與情緒控制、行為控制與環境控制。這些研究也都在特定領域中加以證實（Kuhl, 2005; Wolters, 2003），所以科學行動控制策略包含了這些成份因子的存在。

近年來的研究（林清山、程炳林，1996；程炳林，2000；Pintrich, 2003; Wolters, 2003；Zimmerman, 2000b）大致都支持前面論述，即行動控制表現愈擅長者，傾向較能多元使用學習策略，其學習成就表現也較優秀。

從上述文獻整理可知，科學行動控制會影響科學學習策略的使用，因此也直接或間接影響著學習成就。

依據上述文獻，本研究綜合上述各家學者的行動控制觀點之論點，認為科學學習歷程模式中涉及的科學行動控制應包含注意力控制、情緒控制、動機控制、環境控制與他人控制。前三者為內隱層面的控制歷程，後兩者為外顯層面的控制歷程。這些科學行動控制策略能排除外在干擾，保護學習者的科學自我效能之判斷確立，並直到成效出現為止。所以科學行動控制的使用將直接導致學習者能更專心使用科學學習策略，並且學習成就表現也會提高。

四、科學學習策略

科學學習策略是指學習者用來促進科學學習成效的安排且可定義為促進學習者處理訊息技能的有意義活動和計畫，而其方法的使用為解題策略中的一種特殊技巧。根據 Wolters（2003）的研究分類為認知與後設認知策略，認知策略涉及為完成行動意向所採取的策略，包括複誦、組織與精緻化，後設認知策略泛指個體對自己的認知歷程與結果的覺察、反省能力，包括計畫、監控、修正與評鑑。

所以科學學習策略是指一套有計畫的學習決策系統，它能幫助學習者在面對學習目標時，主動投入學習工作，增進學習成效。一般而言，強調學習歷程的學習策略都是與訊息處理論及後設認知論相關的研究（Pintrich, 2000; Wolters, 1999, 2003; Zimmerman, 2000a）。

因此研究者認為科學學習策略的形成應包括下列五個步驟：首先，學習者可以從問題探究和科學教材中，產出知識，並從內容中知道「什麼東西」、「何時」、「何地」、「如何」、「誰」、「為何」等條件，如此可以使學生認定學習材料中重要的部份，了解學習的準則如何，並幫助學習者了解自己的特質及學習的方法。再者，學習者若能從上述科學分析中獲得各種條件訊息後，就能訂出一個計畫來，例如他會考慮哪些材料與條件可用哪種方法學習與注意，需要何時、何地完成，需要考慮到哪些個人特質等等，然後訂出一個計畫來。接著，在計畫擬定後，學生會技

巧的使用一種或多種科學方法，去增進對科學學習材料的理解和記憶。而學生使用某些科學方法後，會評估這些方法的成效如何。最後，一旦發現科學學習方法有效，那麼就不需要去更改科學學習方法；但若發現方法不理想，學生就會去修正或重新評估分析、計畫等綜合步驟安排和實行。因此，科學學習策略可定義為一種技術、原則或原理，而其能在訊息通過不同情境、階段時，幫助學習者獲得、處理、整合、儲存和檢索，使其獨自學習、解決問題並完成作業。

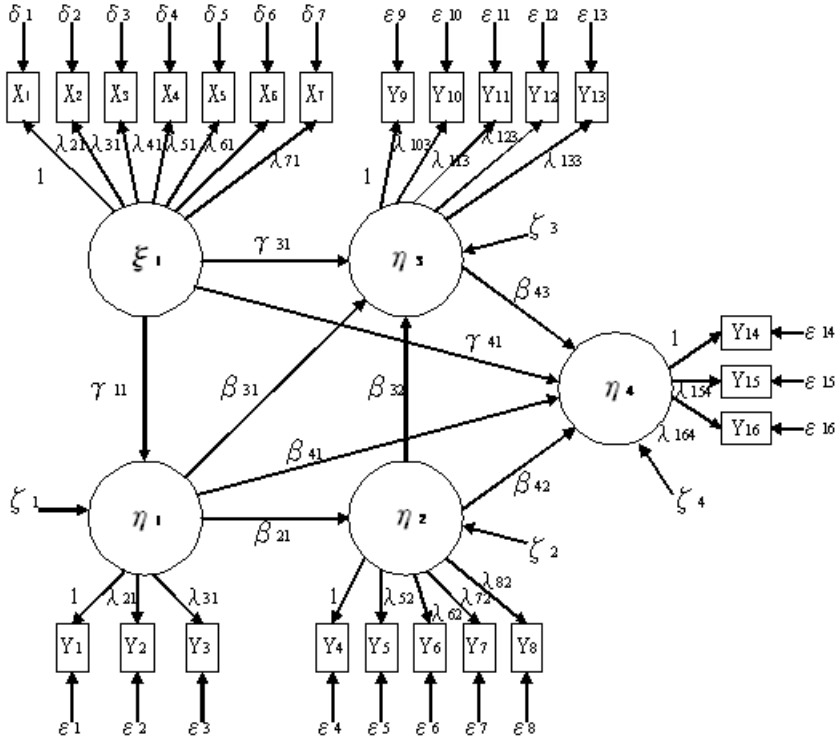
最後，本研究根據上述文獻討論結果，挑選五種使用於科學問題解決方面的策略，分別是計劃策略、訊息選擇策略、精緻化策略、監控策略及調整策略。就解題的時段而言，計劃策略是使用於解題前的策略，訊息選擇與精緻化策略是使用於解題中的策略，監控與調整策略則同時可使用於解題中與解題後的策略。就認知處理而言，訊息選擇與精緻化策略是與解題條件的訊息處理有直接關聯的認知策略，計劃、監控和調整策略是協助訊息處理後的後設認知策略。

五、科學學習成就

本研究以科學為特定領域，並以科學問題解題測驗表現為學習成就，內容架構根據Mayer（1987）所提出的問題轉譯、問題整合監控與解題執行三部份作為分類。而學習成就是本研究科學學習歷程模式中最後的依變項，如前述與各相關變項的關係與影響甚鉅。

綜合本節所述，可發現近年來關於學習歷程的研究在特定領域的確有所發展（王明傑，2003；吳青蓉，2003；程炳林，2000；藍雅慧、張景媛，2004），而這些研究的共通性在於學習歷程中的情意反應是潛在自變項，它會引起一連串的歷程變化，深刻影響意志所支配的行動，並能透過策略的使用，達成學業表現。除此之外，這些研究尚有另一共通處，即學習歷程的模式變化是透過學習者自我調整各潛在變項的測量指標，以達最適表現。

所以綜合上述文獻分析，本研究認為科學學習歷程模式會涉及科學環境知覺、科學自我效能、科學行動控制、科學學習策略與學習成就等成份。科學環境知覺會影響科學學習策略與學習成就，科學學習策略也會影響學習成就表現。但若依交互決定論的觀點，科學環境知覺會影響學習者的科學自我效能，而科學自我效能的結果判斷可透過科學學習策略的運用而影響學習成就表現，所以科學自我效能的結果判斷將直接影響科學學習策略的使用及科學解題學習成就。根據行動控制論，科學自我效能的結果判斷後之科學學習歷程管理者可使用科學行動控制以保護效能目標的達成，因此科學自我效能會影響科學行動控制的使用，所以科學行動控制將直接影響科學學習策略，學習成就也將會更好。所以本研究所建構的科學學習歷程模式假定為：受到學習者先前學習結果影響的科學環境知覺反應會直接影響學習者遭遇類似的科學學習任務時的科學自我效能、科學學習策略及學習成就；科學自我效能的結果判斷將直接影響科學行動控制、科學學習策略與學習成就；科學行動控制會直接影響科學學習策略的使用和學習成就表現；最後，科學學習策略的使用則直接影響學習成就表現。以下是本研究所提出的科學學習歷程模式架構，如下圖1所示，共有五個潛在變項、二十三個觀察指標。五個潛在變項中，本研究假定科學學習環境知覺為潛在自變項，以 ξ 表示，並以 X 代表潛在自變項的測量指標，共七個觀察指標；科學自我效能、科學行動控制、科學學習策略與學習成就則為潛在依變項，以 η 表示，並以 Y 代表潛



ξ_1：科學學習環境知覺

η_1～η_4：科學自我效能、科學行動控制、科學學習策略、科學學習成就

X_1～X_7：代表 ξ_1的七個向度指標

Y_1～Y_{16}：代表 η_1～η_4的個別向度指標

λ：變項與觀察指標的因素負荷量

γ、β：變項間的迴歸係數

δ、ε：觀察變項的測量誤

ζ：殘差值

圖 1：科學學習歷程模式之因果徑路圖

在依變項的測量指標，共十六個觀察指標。

參、研究方法

一、研究對象

本研究以中部地區（台中縣、台中市、彰化縣、南投縣）之公立國中八年級學生為研究母群體，採分層隨機抽樣法，按學校地區及學校規模的比例做抽樣，研究區分中部四縣市的市區型學校及郊區型學校（以座落於市為市區型，座落於鄉鎮核心處並近臨市為郊區型），大小型規模的學校分層以30班為分界。各分層的抽樣個數，市區型學校抽取8個班（17 × 45.6%），其中30班以上規模的學校抽取6個班（8 × 75%），30班以下規模的學校抽取2個班（8 × 25%）；郊區型學校抽取9個班（17 × 54.4%）其中30班以上規模的學校抽取5個班（9 × 56%），30班以下規模的學校抽取4個班（9 × 44%）。共抽取17個班，600名學生為樣本，回收問卷543份，經剔除

無效問卷後，有效問卷數為520份，有效問卷回收率為87%。

二、研究工具

本研究使用的工具包括科學學習環境知覺量表、科學自我效能量表、科學行動控制覺察量表、科學行動控制量表、科學學習策略覺察量表、科學學習策略量表、科學問題解決測驗（甲、乙式）。分別說明如下：

(一)科學學習環境知覺量表

本研究採用科學教育學者黃台珠、Aldridge 與 Fraser（1998）效化之科學教室環境量表，但因考量學生作答專注持續程度及減低題項問答重複狀況，以避免學生認知負荷，故將各分量表之題數降至5題，共七個分量表，總題數35題，重整為「科學學習環境知覺量表」，採 Likert 四點量表形式作答，依「非常同意」、「同意」、「不同意」、「非常不同意」予以4分至1分區間尺度衡量之。

本量表編製完成後，以國中八年級學生300人為對象進行預試，並以預試資料進行信、效度考驗。

首先，信度考驗方面，求其內部一致性與折半信度，結果顯示：工作取向（.90；.93）、平等（.87；.90）、教師支持（.88；.90）、合作（.91；.92）、同學親和（.86；.88）、探究（.89；.91）、學生參與（.87；.89）。

效度考驗方面，進行因素分析，本量表採主軸分析法萃取共同因素，並以斜交轉軸處理之，共抽出七個上述的向度，總變異量達58.25%。

(二)科學自我效能量表

本研究採用何仕仁、吳裕益與黃台珠（2007）編製的科學自我效能量表來測試受試者的科學自我效能。該量表是何仕仁、吳裕益與黃台珠根據自我效能在學習上的相關研究（Bandura, 1986; Bong, 2001, 2004; Pintrich, 1999, 2000, 2003; Smith, Sinclair, & Chapman, 2002; Wigfield & Eccles, 2000; Wolters, 2003）所編製，研究發現效能程度、效能類化與效能強度會影響學習者對學習任務的判斷選擇與堅持，也影響學習者行為上的自信心及信念表現。有鑑於此，本研究選用此三個向度做為測量。全量表共25題，採 Likert 四點量表形式作答，依「非常符合」、「符合」、「不符合」、「非常不符合」予以4分至1分區間尺度衡量之。

本量表根據何仕仁、吳裕益與黃台珠的研究，在信度方面，內部一致性與折半信度為效能程度（.91；.95）、效能類化（.92；.94）、效能強度（.90；.94）。

效度部分，進行因素分析，該量表採主軸分析法萃取共同因素，並以斜交轉軸處理之，共抽出三個上述的向度，總變異量達82.41%。

(三)科學行動控制覺察量表

本研究之科學行動覺察量表修改自國內外學者（林清山、程炳林，1997；Corno, 1989, 1993, 1994；Kuhl, 1985, 2000, 2005）對行動覺察的研究與分類，包含注意力控制、情緒控制、動機控制、環境控制與他人控制等五個分量表。每個分量表各有四個描述科學解題時受到干擾的情境，每個題目都有三個選項，這三個選項都是描述克服干擾的短句。三個選項中，一個是不正確的反應，選答得零分，一個是恰當但是非行動控制的反應，選答得1分，另一個則是表現出行動控制的反應，選答得2分。

本量表編製完成後，以國中八年級學生156人為對象進行預試，並以預試資料求其內部一致性與折半信度，結果顯示：注意力控制（.80；.83）情緒控制（.84；.84）動機控制（.79；.80）環境控制（.85；.86）他人控制（.77；.81）。

效度部分，進行因素分析，本量表採主軸分析法萃取共同因素，並以斜交轉軸處理之，共抽出五個上述的向度，總變異量達73.20%。

(四)科學行動控制量表

本研究之科學行動控制量表亦修改自國內外學者(林清山、程炳林，1997；Corno, 1989, 1993, 1994；Kuhl, 1985, 2000, 2005）對行動控制的研究與分類，包含注意力控制、情緒控制、動機控制、環境控制與他人控制等五個分量表。採 Likert 四點量表形式作答，依「非常同意」、「同意」、「不同意」、「非常不同意」予以4分至1分區間尺度衡量之。

本量表編製完成後，以國中八年級學生156人為對象進行預試，並以預試資料進行信、效度考驗。

信度考驗方面，求其內部一致性與折半信度，結果顯示注意力控制（.82；.85）情緒控制（.85；.86）動機控制（.76；.80）環境控制（.81；.84）他人控制（.79；.81）。

效度考驗方面，進行因素分析，本量表採主軸分析法萃取共同因素，並以斜交轉軸處理之，共抽出五個上述的向度，總變異量達68.55%。

(五)科學學習策略覺察量表

本研究參考 Wolters（2003）對學習策略的分類與定義，並參考向天屏（2002）的「學習策略量表」、邱上真（1990）的「學習策略調查表」、程炳林（1991）的「激勵的學習策略量表」和黃淑娟（2002）的「國中生學習策略量表」，自編科學學習策略覺察量表來測量學習者對科學問題解決的覺察與使用能力。

科學學習策略覺察量表共分為精緻化策略、訊息選擇策略、調整策略、計劃策略及監控策略等五個分量表，每個分量表各有五題描述科學問題解決策略的語句，總共25題，每個題目都有三個選項，分別是選（1）非常有害的，得零分；選（2）沒有影響的，可得一分；選（3）非常有幫助的，可得二分。總分得分愈高，表示其科學學習策略覺察能力愈高。作答時，要求學習者針對每一個描述科學解題策略的語句，評定該種策略或活動進行是非常有害的、沒有影響的或非常有幫助的。

本量表編製完成後，以國中八年級學生156人為對象進行預試，並以預試資料求其內部一致性與折半信度，結果顯示：精緻化策略（.78；.79）、訊息選擇策略（.83；.83）、調整策略（.80；.81）、計劃策略（.71；.73）、監控策略（.73；.73）。

效度部分，進行因素分析，本量表採主軸分析法萃取共同因素，並以斜交轉軸處理之，共抽出五個上述的向度，總變異量達70.58%。

(六)科學學習策略量表

本研究根據 Wolters（2003）對學習策略的分類與定義，並參考向天屏（2002）的「學習策略量表」、邱上真（1990）的「學習策略調查表」、程炳林（1991）的「激勵的學習策略量表」和黃淑娟（2002）的「國中生學習策略量表」，自行編製「科學學習策略量表」來測量國中生的精緻化策略、訊息選擇策略、調整策略、計劃策略及監控策略的解題使用情形。

全量表共30題，採 Likert 四點量表型式，反應選項從「非常不符合」、「有點不符合」、「有點符合」、「非常符合」依序給1～4分，分數愈高，表示該受試者愈常使用該策略。

本量表編製完成後，以國中八年級學生156人為對象進行預試，並以預試資料進行信、效度考驗。

信度考驗方面，求其內部一致性與折半信度，結果顯示：精緻化策略（.79；.80）、

訊息選擇策略(.84;.85)、調整策略(.82;.84)、計劃策略(.73;.74)、監控策略(.74;.76)。。

效度考驗方面，進行因素分析，本量表採主軸分析法萃取共同因素，並以斜交轉軸處理之，共抽出五個上述的向度，總變異量達67.96%。

(七)科學問題解決測驗

本研究參照教育部（2003）所頒佈的國民中小學九年一貫課程綱要–自然與生活科技學習領域相關內容，並以解題策略教學為根據，自編科學問題解決測驗（甲、乙式）來測量學習者的科學學習成就。

本測驗每一式測驗題皆為25道題目，施測時間為20分鐘。計分時，答對一題給一分，答錯零分。本量表編製完成後，請兩位資深科學教師與兩位國文教師進行評估測驗內容與文句語法。學習者在這兩式測驗上都可以獲得三項分數：問題轉譯、問題整合監控與解題執行。將這三項分數加總便是學習者的科學問題解決之學習成就分數。

本測驗編製完成後，以國中八年級學生156人為對象進行預試，並以預試資料進行信、效度考驗。

信度考驗方面，求其內部一致性與折半信度，結果顯示甲式測驗：問題轉譯（.88；.90）、問題整合監控（.92；.93）、解題執行（.90；.92），乙式測驗：問題轉譯（.89；.91）、問題整合監控（.93；.93）、解題執行（.91；.92）。

效度考驗方面，進行因素分析，本測驗採主軸分析法萃取共同因素，並以斜交轉軸處理，共抽出三個上述的向度，總變異量達82.15%。

三、實施程序

(一)資料蒐集

本研究在決定研究目的之後即進行文獻探討之工作。從相關文獻分析各家理論模式的觀點，最後提出科學學習歷程模式作為本研究的理論架構。

(二)編擬研究工具

本研究根據相關資料，在提出科學學習歷程模式後即開始編擬研究所需工具，包含科學問題解決測驗（甲、乙式）、科學學習環境知覺量表、科學自我效能量表、科學行動控制覺察量表、科學行動控制量表、科學學習策略覺察量表、科學學習策略量表等。工具編製完成後即進行預試項目分析與信、效度考驗。

(三)進行施測

本研究的工具預試分析結束後，就開始進行正式施測。施測時委由取樣學校之任課教師進行施測。施測在同一下午的時間，分為兩個階段實施：

首先，施測科學問題解決測驗甲式，作答時間20分鐘。施測完畢後即進行訂正，回饋學生自己的學習成就表現。接著施測科學學習環境知覺量表，作答時間約10分鐘，完成後，再施測科學自我效能量表，作答時間約10分鐘。至此第一階段結束。

第二階段開始時，先施測科學行動控制覺察量表及科學學習策略覺察量表，作答時間各10分鐘。之後，施測科學行動控制量表10分鐘。作答完成後，施測科學問題解決測驗乙式20分鐘，再完成後，讓受試者以回想方式測量他作答科學問題解決測驗時所使用的學習策略，即科學學習策略量表10分鐘。全部施測時間歷時100分鐘。

四、資料分析

本研究以 LISREL8.50版進行模式之統計考驗。

肆、結果與討論

一、科學學習歷程模式的適配度考驗

本研究先以相關係數矩陣顯示科學學習歷程模式中23個觀察指標所呈現的相關值及關聯強度，如表1所示。接著，對於結構方程模式的評估，本研究從基本模式適配度、整體模式適配度及內在結構適配度等三方面加以分析。

(一)科學學習歷程模式的基本適配度

基本適配度方面，依據陳正昌、程炳林、陳新豐與劉子鍵（2003）的建議，基本適配指標需沒有負的誤差變異、誤差變異都達顯著、參數間相關的絕對值未太接近1、而且沒有很大的標準誤。從表2得知，所有估計的因素負荷量都達統計的顯著水準，且參數間相關的絕對值沒有太接近1、而且沒有很大的標準誤。該模式完全符合基本模式適合度的評鑑標準。

(二)科學學習歷程模式的整體適配度

整體模式適合度在於評鑑整個模式與觀察資料的適配程度，也就是評量模式的外在品質。本研究從絕對適配指標（Absolute Fit Measures）、相對適配指標（Relative Fit Measures）及簡效適配指標（Parsimonious Fit Measures）等三方面評鑑科學學習歷程模式

表 1：科學學習歷程模式中 23 個觀察指標的相關係數矩陣（N＝300）

變項	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1.效能程度	1																					
2.效能類化	.75	1																				
3.效能強度	.70	.69	1																			
4.注意力控制	.57	.52	.66	1																		
5.情緒控制	.71	.67	.63	.64	1																	
6.動機控制	.72	.70	.61	.72	.65	1																
7.環境控制	.77	.72	.75	.69	.67	.69	1															
8.他人控制	.43	.49	.51	.42	.60	.35	.48	1														
9.精緻化策略	.54	.59	.55	.60	.30	.28	.45	.40	1													
10.訊息選擇策略	.66	.61	.59	.66	.39	.48	.63	.38	.70	1												
11.調整策略	.55	.59	.51	.58	.29	.49	.67	.58	.59	.57	1											
12.計劃策略	.60	.64	.59	.38	.26	.46	.54	.40	.55	.52	.53	1										
13.監控策略	.62	.59	.60	.70	.47	.50	.61	.58	.59	.62	.49	.60	1									
14.問題轉譯	.59	.62	.51	.48	.44	.46	.57	.25	.55	.63	.58	.51	.49	1								
15.問題整合監控	.63	.54	.57	.49	.51	.49	.55	.28	.55	.58	.60	.54	.45	.48	1							
16.解題執行	.55	.49	.53	.60	.30	.26	.47	.59	.44	.43	.48	.56	.50	.52	.44	1						
17.同學親和	.58	.48	.49	.44	.50	.57	.43	.44	.50	.55	.42	.41	.51	.53	.60	.50	1					
18.教師支持	.50	.54	.69	.48	.28	.43	.44	.41	.45	.52	.50	.40	.55	.51	.66	.49	.51	1				
19.學生參與	.65	.54	.53	.57	.46	.40	.51	.48	.49	.52	.59	.50	.52	.64	.58	.51	.47	.39	1			
20.探究	.59	.52	.61	.58	.54	.47	.47	.35	.55	.64	.48	.61	.59	.65	.55	.47	.39	.46	.44	1		
21.工作取向	.63	.64	.57	.42	.55	.57	.40	.28	.42	.60	.62	.47	.50	.58	.52	.40	.47	.51	.35	.48	1	
22.合作	.55	.49	.56	.62	.33	.27	.48	.55	.48	.45	.49	.54	.55	.52	.50	.45	.50	.48	.39	.30	.40	1

表 2：科學學習歷程模式參數估計表

參數	非標準化參數值	標準誤	*t* 值	標準化參數值	參數	非標準化參數值	標準誤	*t* 值	標準化參數值
λy11	1.00	----	----	0.75	ε8	0.53	0.06	7.89*	0.53
λy21	1.11	0.03	27.33*	0.89	ε9	0.55	0.06	7.34*	0.55
λy31	0.99	0.05	21.69*	0.84	ε10	0.38	0.06	5.92*	0.38
λy42	1.00	----	----	0.83	ε11	0.47	0.06	6.81*	0.47
λy52	0.92	0.05	19.21*	0.78	ε12	0.51	0.06	7.48*	0.51
λy62	0.89	0.05	18.00*	0.76	ε13	0.53	0.06	7.68*	0.53
λy72	0.78	0.05	15.47*	0.69	ε14	0.48	0.06	6.99*	0.48
λy82	0.77	0.05	14.99*	0.69	ε15	0.16	0.06	3.17*	0.16
λy93	1.00	----	----	0.67	ε16	0.11	0.06	2.49*	0.11
λy103	0.97	0.03	29.88*	0.78	δ1	0.24	0.07	3.96*	0.24
λy113	0.88	0.05	22.78*	0.73	δ2	0.01	0.07	1.66	0.01
λy123	0.81	0.04	20.77*	0.70	δ3	0.17	0.07	3.38*	0.17
λy133	0.71	0.03	18.45*	0.69	δ4	0.26	0.07	4.25*	0.26
λy144	1.00	----	----	0.72	δ5	0.24	0.07	3.99*	0.24
λy154	0.95	0.02	34.38*	0.92	δ6	0.37	0.07	5.82*	0.37
λy164	1.06	0.04	41.32*	0.94	δ7	0.45	0.07	6.34*	0.45
λx11	1.00	----	----	0.87	ψ1	0.92	0.02	36.77*	0.93
λx21	1.11	0.02	43.26*	0.99	γ11	0.78	0.02	37.32*	0.80
λx31	0.94	0.03	37.99*	0.91	γ31	0.06	0.05	1.43	0.07
λx41	0.88	0.04	26.97*	0.85	γ41	0.24	0.06	4.01*	0.25
λx51	0.91	0.03	32.28*	0.87	β21	0.67	0.03	9.88*	0.65
λx61	0.84	0.04	23.18*	0.79	β31	0.40	0.05	6.40*	0.42
λx71	0.79	0.04	20.08*	0.74	β32	0.26	0.03	4.68*	0.28
ε1	0.44	0.06	6.87*	0.44	β41	0.33	0.03	5.48*	0.33
ε2	0.22	0.06	3.99*	0.22	β42	0.45	0.04	6.80*	0.45
ε3	0.30	0.06	5.01*	0.30	β43	0.39	0.03	6.15*	0.41
ε4	0.31	0.06	5.12*	0.31	ζ1	0.25	0.05	4.38*	0.36
ε5	0.39	0.06	6.08*	0.39	ζ2	0.47	0.06	7.47*	0.58
ε6	0.43	0.06	6.59*	0.43	ζ3	0.50	0.06	7.98*	0.51
ε7	0.53	0.06	7.87*	0.53	ζ4	0.21	0.04	3.70*	0.21

註 1：未列標準誤者為參照指標。*$p < .05$

註 2：λyij：代表第 i 個潛在依變項與第 j 個觀察指標的因素負荷量，其中 y 為圖 1 中的潛在依變項。
λxij：代表第 i 個潛在自變項與第 j 個觀察指標的因素負荷量，其中 x 為圖 1 中的潛在自變項。

的整體模式適合度。

絕對適配指標方面，目的在確定整體模式可以預測共變數或相關矩陣的程度。本研究所得之 $\chi^2=6.293$，$p=.203 > .05$，未達顯著性；GFI（goodness of fit index）＝0.996，AGFI（adjusted GFI）＝0.994，符合介於0～1之間，且愈大愈好；ECVI（expected cross-validation index）＝0.1834，符合比獨立模式

2.698值小；標準化 RMR（root mean residual）＝0.020，RMSEA＝0.015，符合低於0.05之評鑑標準。

相對適配指標方面，目的在於檢視理論模式與基準模式比較之結果。本研究所得之 NNFI（non-normed fit index）＝0.989，NFI（normed fit index）＝0.970，RFI（relative fit index）＝0.968，CFI（comparative fit index）＝0.965，IFI（incremental fit index）＝0.965，都大於.90的評鑑標準。

簡效適配度方面，目的在診斷是否因係數太多以致過度適配資料而達成所要的模式適合程度。本研究所得 Normed chi-square＝2.17符合介於1.00～3.00之間，AIC（akaike information criterion）＝48.372，符合比獨立模式值806.732小，PNFI＝0.93，PGFI＝0.94，Critical N＝476.66皆達到檢定標準。

綜合整體適合度的評鑑結果，本研究所建構之科學學習歷程模式具有理想的內、外在品質與評鑑結果。

(三)科學學習歷程模式的內在結構適配度

模式內在結構適合度在於評鑑模式內估計參數的顯著性、各指標與潛在變項的信度等，也是模式的內在品質，模式內在品質可從個別項目信度、平均變異抽取量來加以估計，其評鑑標準皆在0.5以上。從表3可知，以個別指標信度而言，觀察變項指標信度除少部份略低於0.5外，其它都大於0.5；在潛在變項的平均變異抽取量部份則都在0.5以上。整體而言，本研究的科學學習歷程模式之內在品質大致良好。

二、科學學習歷程模式潛在變項間的效果

本研究尚須進一步比較各潛在變項間的效果，而潛在變項間的效果值包含直接效果、間接效果和全體效果三方面，以下分別說明之。

表 3：科學學習歷程模式之個別指標信度及潛在變項之平均變異抽取量

變項	個別指標信度（R^2）	潛在變項的平均變異抽取量
科學自我效能		.71
效能程度	.56	
效能類化	.78	
效能強度	.70	
科學行動控制		.56
注意力控制	.69	
情緒控制	.61	
動機控制	.57	
環境控制	.47	
他人控制	.47	
科學學習策略		.51
精緻化策略	.45	
訊息選擇策略	.62	
調整策略	.53	
計劃策略	.49	
監控策略	.47	
科學問題解決		.75
問題轉譯	.52	
問題整合監控	.84	
解題執行	.89	
科學學習環境知覺		.75
同學親和	.76	
教師支持	.99	
學生參與	.83	
探究	.74	
工作取向	.76	
合作	.63	
平等	.55	

(一)科學學習歷程模式各潛在變項間的直接效果

本研究的潛在自變項為科學學習環境知覺，潛在依變項為科學自我效能、科學行動控制、科學學習策略及學習成就表現。本模式中的完全標準化徑路係數值，如圖2所示。

首先，從潛在自變項對潛在依變項的直

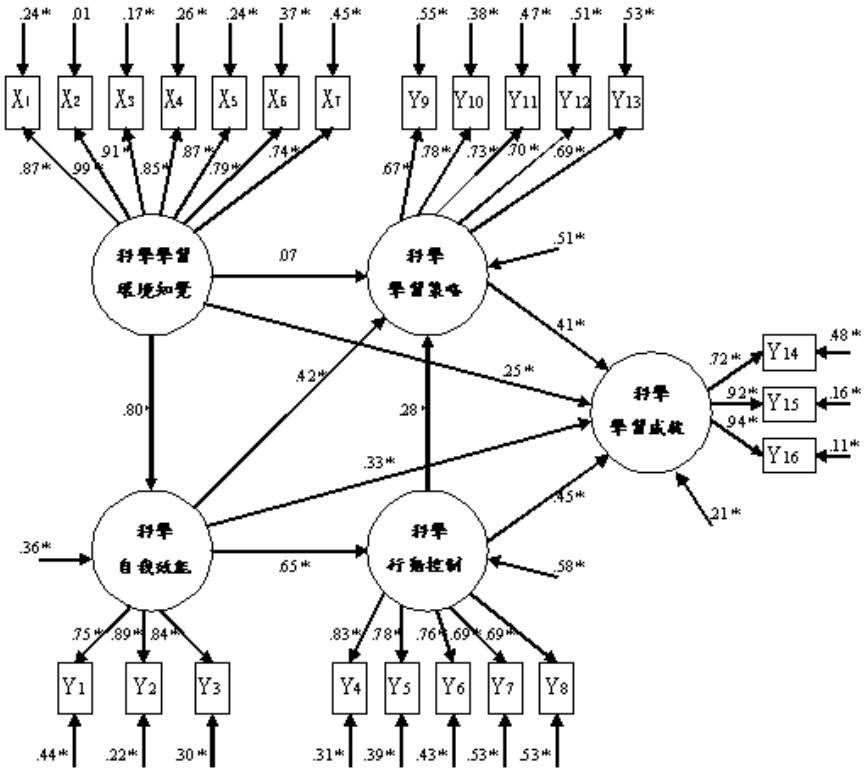


圖 2：科學學習歷程模式之因果徑路係數圖

接效果討論，從實際所得之觀察資料顯示科學學習環境知覺對科學自我效能（γ_{11}＝.80*）、科學學習環境知覺對學習成就（γ_{41}＝.25*）的直接效果都達顯著水準，僅科學學習環境知覺對科學學習策略（γ_{31}＝.07）未達顯著。比較三個標準化係數值可知，科學學習環境知覺對科學自我效能的直接效果大於對科學學習策略、學習成就的直接效果。

接著從潛在依變項對潛在依變項的直接效果討論，科學自我效能對科學行動控制（β_{21}＝.65*）、科學學習策略（β_{31}＝.42*）與學習成就（β_{41}＝.33*）都有顯著直接效果，而且科學自我效能對科學行動控制的直接效果大於科學自我效能對科學學習策略、學習成就的直接效果。科學行動控制對科學學習策略（β_{32}＝.28*）、學習成就（β_{42}＝.45*）有顯著直接效果，而且科學行動控制對科學學習策略的直接效果小於科學行動控制對學習成就的直接效果。科學學習策略對學習成就（β_{43}＝.41*）亦達顯著直接效果。

就潛在依變項的殘差變異量來看，科學自我效能的殘差變異量（ζ_1）為 .36，表示科學學習環境知覺可以解釋科學自我效能的總變異量是64%。同理，科學自我效能大約可以解釋科學行動控制（ζ_2＝.58）總變異量的42% 左右。本研究也假定科學學習策略（ζ_3＝.51）受到科學學習環境知覺、科學自我效能和科學行動控制的直接效果，所以這三個潛在依變項共可解釋科學學習策略總變異量的49% 左右。而學習成就（ζ_4＝.21）在本研究的假定是受到科學學習環境知覺、科學自我效能、科學行動控制及科學學習策略的直

接效果影響，所以這四個潛在依變項共可解釋學習成就總變異量的79% 左右。

(二)科學學習歷程模式各潛在變項間的間接效果

在潛在自變項對潛在依變項的間接效果上，由表4可知科學學習環境知覺對科學行動控制、科學學習策略及學習成就的間接效果都達 .05的顯著水準，具有較高科學學習環境知覺者傾向高科學自我效能，也因而提高了科學行動控制的使用，此間接效果的標準化值為 .52。再來，科學學習環境知覺對科學學習策略的間接效果是以科學自我效能及科學行動控制為中介，所以從觀察資料中發現：從科學學習環境知覺到科學自我效能而影響科學學習策略的間接效果值為 .34（$\gamma_{11} \times \beta_{31} = .80 \times .42$），科學學習環境知覺到科學自我效能、科學行動控制而影響科學學習策略的間接效果值為 .15（$\gamma_{11} \times \beta_{21} \times \beta_{32} = .80 \times .65 \times .28$），合計兩條路線的間接效果值可得科學學習環境知覺對科學學習策略的間接效果值為 .49。接著是科學學習環境知覺對學習成就的間接效果是以五條路線的間接效果值為主，分別是科學學習環境知覺到科學自我效能、到科學行動控制而影響學習成就的間接效果值為 .23（$\gamma_{11} \times \beta_{21} \times \beta_{42} = .80 \times .65 \times .45$），科學學習環境知覺到科學自我效能、到科學行動控制、到科學學習策略而影響學習成就的間接效果值為 .06（$\gamma_{11} \times \beta_{21} \times \beta_{32} \times \beta_{43} = .80 \times .65 \times .28 \times .41$），科學學習環境知覺到科學自我效能、到科學學習策略而影響學習成就的間接效果值為 .14（$\gamma_{11} \times \beta_{31} \times \beta_{43} = .80 \times .42 \times .41$），科學學習環境知覺到科學自我效能而影響學習成就的間接效果值為 .26（$\gamma_{11} \times \beta_{41} = .80 \times .33$），科學學習環境知覺到科學學習策略而影響學習成就的間接效果值為 .03（$\gamma_{31} \times \beta_{43} = .07 \times .41$），合計五條路線的間接效果值可得科學學習環境知覺對學習成就的間接效果值為 .72。

在潛在依變項對潛在依變項的間接效果上，由表4可知科學自我效能對科學學習策略、學習成就，科學行動控制對學習成就等的間接效果皆達 .05顯著水準，科學自我效能是以科學行動控制為中介，間接使用較多的科學學習策略，此一間接效果值為 .18（$\beta_{21} \times \beta_{32} = .65 \times .28$）。另有三條路線促使科學自我效能對學習成就的間接影響，分別為科學

表 4：科學學習歷程模式潛在變項間之間接效果值、顯著性考驗及標準化效果值

潛在變項		科學學習環境知覺	科學自我效能	科學行動控制
科學行動控制	效果值	0.49		
	標準誤	0.04		
	t 值	14.41*		
	標準化效果值	0.52		
科學學習策略	效果值	0.47	0.17	
	標準誤	0.06	0.07	
	t 值	13.38*	4.98*	
	標準化效果值	0.49	0.18	
學習成就	效果值	0.70	0.45	0.10
	標準誤	0.06	0.08	0.05
	t 值	17.24*	12.11*	3.63*
	標準化效果值	0.72	0.53	0.11

*$p < .05$

自我效能對科學學習策略而影響學習成就的間接效果值為 .17（$\beta_{31} \times \beta_{43} = .42 \times .41$），科學自我效能對科學行動控制、對科學學習策略而影響學習成就的間接效果值為 .07（$\beta_{21} \times \beta_{32} \times \beta_{43} = .65 \times .28 \times .41$），科學自我效能對科學行動控制而影響學習成就的間接效果值為 .29（$\beta_{21} \times \beta_{42} = .65 \times .45$），合計三條路線的間接效果值可得科學自我效能對學習成就的間接效果值為 .53。而科學行動控制對科學學習策略而影響學習成就的間接效果值為 .11（$\beta_{32} \times \beta_{43} = .28 \times .41$）。

綜合科學學習歷程模式的間接效果值發現，科學學習環境知覺透過科學自我效能、科學行動控制、科學學習策略等五條路線對學習成就的間接效果值（.72）最大，而科學行動控制透過科學學習策略對學習成就的間接效果值（.11）最小。

(三)科學學習歷程模式各潛在變項間的全體效果

表5為科學學習歷程模式五個潛在變項的全體效果值、顯著性考驗及標準化效果值，全體效果值是由直接效果加間接效果而得，由表中可知五個潛在變項共十個全體效果值皆達.05的顯著水準。

在潛在變項自變項對潛在依變項的全體效果方面，科學學習環境知覺對科學自我效能、科學行動控制、科學學習策略及學習成就等四個潛在依變項的標準化全體效果值依序為 .80、.52、.56、.97。

在潛在變項依變項對潛在依變項的全體效果方面，科學自我效能對科學行動控制、科學學習策略及學習成就三者的標準化全體效果值依序為 .65、.60、.86。科學行動控制對科學學習策略及學習成就的標準化全體效果值依序為 .28、.56。最後，科學學習策略對學習成就無間接效果，所以直接效果同時是全體效果值，其值為 .41。

綜觀理論模式各潛在變項間的全體效果值，發覺科學學習環境知覺對學習成就的全體效果 .97最大，其次是科學自我效能對學

表 5：科學學習歷程模式潛在變項間之全體效果值、顯著性考驗及標準化效果值

潛在變項		科學學習環境知覺	科學自我效能	科學行動控制	科學學習策略
科學自我效能	效果值	0.78			
	標準誤	0.02			
	t 值	37.32*			
	標準化效果值	.80			
科學行動控制	效果值	0.49	0.69		
	標準誤	0.04	0.03		
	t 值	14.41*	18.23*		
	標準化效果值	0.52	0.65		
科學學習策略	效果值	0.54	0.61.	0.30	
	標準誤	0.04	0.03	0.03	
	t 值	16.21*	23.43*	7.46*	
	標準化效果值	0.56	0.60	0.28	
學習成就	效果值	0.98	0.88	0.56	0.43
	標準誤	0.02	0.02	0.03	0.03
	t 值	48.34*	44.56*	18.76*	13.45*
	標準化效果值	0.97	0.86	0.56	0.41

*$p < .05$

習成就的 .86，最小者為科學行動控制對科學學習策略的 .28。

最後，針對模式適配度與變項間相互影響的效果進行討論。本研究根據相關理論與文獻提出一個包含科學學習環境知覺、科學自我效能、科學行動控制、科學學習策略及學習成就等成分的科學學習歷程模式，並以520位國中八年級學生為觀察對象進行模式驗證。模式適配度考驗結果顯示：科學學習歷程模式有理想的基本模式適合度、整體模式適合度與模式內在結構適合度，各項指標都能指出本研究所建構的理論模式可以用來解釋實際的觀察資料，意即科學學習歷程涉及學習者依據科學學習環境知覺的反應確立科學自我效能，並以此效能目標監督、控制、調整自己的科學行動及科學學習策略，因而提高學習成就表現。

就科學學習歷程模式五個潛在變項彼此間的效果觀之，有幾項重要的討論需提出：

本研究從觀察資料中發現科學學習環境知覺對科學自我效能有很強的直接效果，其標準化效果值達 .80，顯示科學學習環境中的知覺情感會影響學習者的科學自我效能表現，其效能目標的確立便是以此為重要影響因素。再者，本研究建構之科學學習歷程模式假定科學學習環境知覺對科學學習策略有直接也有間接效果，雖然實際資料呈現科學學習環境知覺對科學學習策略的全體效果達顯著，但科學學習環境知覺對科學學習策略的效果是來自間接效果而非直接效果，根據相關文獻（Pintrich, 2000; Wolters, 1999, 2003）的實際教學研究發現，認為策略教學須在情感知覺的反應上，提升自我效能，確立並掌握目標方向，才能提高學習策略的實施成效，因此本研究發現科學學習環境知覺對科學學習策略的效果似乎不是直接的，而是透過科學自我效能及科學行動控制為中介變項所影響的。另外，觀察資料發現科學學習環境知覺對學習成就表現有很強的全體效果，其標準化效果值達 .97，顯示在複雜的學習工作上，學習者對科學學習環境知覺反應後，會確立其科學自我效能的結果判斷，並控制、調整科學行動步驟，妥善運用其認知、後設認知的科學學習策略，完成其學習成就表現。而本研究的觀察資料也呈現科學自我效能對學習成就表現有很強的全體效果，其標準化效果值達 .86，表示科學自我效能的結果判斷不僅能透過科學學習策略對學習成就產生間接效果，透過科學行動控制對學習成就的間接效果更大。最後，本研究觀察資料顯示科學行動控制對學習成就表現不只顯著的間接效果，同時有著更強的直接效果，其標準化效果值為 .45，根據持行動控制論的研究學者 Kuhl（1985, 2000, 2004）與 Corno（1989, 1993, 1994）發現科學行動控制目的在保護效能目標，所以不會直接影響學習表現，只會間接影響學習表現。所以本研究根據觀察資料認為科學行動控制的使用促使學習者排除干擾，讓自己有效的使用科學學習策略，間接的提高了學習成就表現。

伍、結　論

一般學生在科學學習上的困難是來自於學習歷程出了問題，如果能改善影響學生學習歷程的相關因素，則其科學學習上的困難就會降低。本研究在理論模式的建構上，統整交互決定論與行動控制論建構了科學學習歷程模式。在該模式中，本研究根據有關的理論文獻認為科學學習歷程至少包含科學學習環境知覺或科學自我效能的情意反應、科學行動控制、科學學習策略及科學學習成就表現等五個成份。根據研究結果與討論，本

研究呼應了交互決定論，認為學習者所處的環境與前一次的行為表現會影響這一階段的自我概念的期望與價值，即科學學習環境知覺或科學自我效能的情意反應，該情意反應也會與所處的環境交互影響行為的強度、方向與結果，如此週而復始影響著科學學習歷程。另外，行動控制論也支持了本研究結果，認為學習者的情意反應會對接下來欲動作的事件產生意圖，但為了確定動作能持續並完成事件的結果，學習者必須透過意志的努力與保護方能更專心於使用學習策略，學習成就表現也將更好。

接著，本研究所提出之科學學習歷程模式顯示學習者從事某項科學學習工作或任務後所產生的情意反應，會直接影響下一次遭遇類似科學學習工作或任務時的科學行動控制、科學學習策略及科學學習成就表現。學習者在確定欲執行的工作或任務後，會採取有效的科學行動控制來確保工作或任務目標的完成，並且使用有效的科學學習策略來提高科學學習成就表現，所以此情意反應會直接影響科學行動控制與科學學習策略。科學行動控制對情意反應的工作或任務目標保護會使自己更專注於目標上，因而更能專心的使用科學學習策略，科學學習成就的表現也會更好。最後，有效的科學學策略將直接導致學習者有更好的科學學習成就表現。

最後，本研究科學學習歷程模式的建立是希望在從事相關研究與教學時，能拓展多元思維，瞭解真正影響學生學習成效的相關變項或因素，對症下藥，並在擬定相關教育政策時，能考量影響基層學生的學習變因，不管是從學習環境知覺的情意氛圍改進，或者自我效能提升等，都應多方考量，並在課程與教法上，能將影響學習歷程的相關因素涉入作為編制與改善的重要考量，以增進學生的科學學習成效。

參考文獻

1. 王明傑（2003）。**國小學生自我調整學習模式之驗證暨應用性向與事件評量融入社會領域之自我調整閱讀理解教學效果之研究**。國立台灣師範大學教育心理與輔導博士論文，未出版，台北市。
2. 向天屏（2002）。國中小學生成就目標導向、學習策略使用與學業成就關係之研究。**彰師大教育學報，2**，123-170。
3. 何仕仁（2007）。學習環境知覺對自我效能及知識創造之影響－個人與班級層次在科學學習上的分析。**教育與心理研究，30**（4），199-223。
4. 何仕仁、吳裕益、黃台珠（2007）。科學自我效能量表之發展。**科學教育學刊，15**（6），613-626。
5. 林清山、程炳林（1996）。國中生自我調整學習因素與學習表現之關係暨自我調整的閱讀理解教學策略效果之研究。**教育心理學報，28**，15-58。
6. 吳青蓉（2003）。**英語學習歷程模式之驗證暨「主題建構式語言學習策略」對國中生英語學習表現影響之研究**。國立台灣師範大學教育心理與輔導博士論文，未出版，台北市。
7. 邱上真（1990）。**學習策略教學的理論與實際**。行政院國家科學委員會專題研究成果報告（編號：NSC-79-0301-H018-02），未出版。
8. 翁敏婷（2000）。**國中生理化學習環境知覺及其學習地位、自我效能關係之探討**。國立台灣師範大學科學教育研究所碩士論文，未出版，台北市。
9. 陳正昌、程炳林、陳新豐、劉子鍵（2003）。**多變量分析方法－統計軟體應用**。台北市：五南出版社。
10. 陳亞鈴（2002）。**國小「自然科」學習環境**

知覺與自我效能之關係研究。國立台灣師範大學科學教育研究所碩士論文，未出版，台北市。

11. 許德發（2000）。**專科學生對科學的態度、生物學科自我效能與其營養健康信念表徵、學業成就之關係研究**。國立台灣師範大學科學教育研究所博士論文，未出版，台北市。
12. 張美玉（2001）。從多元智能的觀點談學生學習歷程檔案在教學評量上的應用。**教育研究資訊雙月刊，9**（1），32-54。
13. 張煌熙（1993）。班級環境品質的改善。輯於黃政傑等編，**班級經營－理念與策略**（pp. 75-111）。台北市：師大書苑。
14. 黃煜程（2001）。**國中理化教師所營造的學習環境對學生成就動機的影響－個案研究**。國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文，未出版，彰化市。
15. 黃淑娟（2002）。**原住民國中生的學習動機、學習策略與學業成就關係之研究**。國立彰化師範大學教育研究所碩士論文，未出版，彰化市。
16. 黃台珠、Aldridge、Fraser（1998）。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**（4），343-362。
17. 黃惠卿（2004）。**國中數學教室目標結構、成就目標、自我效能、不適應學習行為及學習成就之相關研究**。大葉大學教育專業發展研究所碩士論文，未出版，彰化縣。
18. 許德發（2000）。**專科學生對科學的態度、生物學科自我效能與其營養健康信念表徵、學業成就之關係研究**。國立台灣師範大學科學教育研究所博士論文，未出版，台北市。
19. 教育部編印（2003）。**國民中、小學九年一貫課程正式綱要**。台北市：教育局。
20. 程炳林（1991）。**國民中小學生激勵的學習策略之相關研究**。國立政治大學教育研究所碩士論文，未出版，台北市。
21. 程炳林（2000）。國中生認知/意動成分與學習表現之相關研究。**師大學報，45**（1），43-59。
22. 程炳林（2002）。多重目標導向、動機問題與調整策略之交互作用。**師大學報:教育類，47**（1），39-58。
23. 楊榮祥、Fraser（1998）。台灣和西澳科學教室環境的合作研究--研究架構、方法及對台灣科學教育的啟思。**科學教育學刊,6**(4)，325-342。
24. 藍雅慧、張景媛（2004）。知情意整合的國中生數學學習歷程模式之建構。**教育心裡學報，35**（3），201-219。
25. 羅珮華（2004）。**從「第三次國際科學與數學教育成就研究後續調查（TIMSS 1999）」結果探討國中學生學習成就與學生特質的關係：七個國家之比較**。國立台灣師範大學科學教育研究所博士論文，未出版，台北市。
26. Bandura, A. (1977). Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review, 84*, 191-215.
27. Bandura, A. (1986). Social foundations of thought and action: A social cognitive theory. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Inc.
28. Bandura, A. (1997) . *Self-efficacy: The exercise of control.* New York: W. H. Freeman.
29. Bong, M. (2001). Role of self-efficacy and task-value in predicting college students' course performance and future enrollment intentions. *Contemporary Educational Psychology, 26*, 553-570.
30. Bong, M. (2004). Academic motivation in self-efficacy,task value, achievement goal orientations, and attributional beliefs. *The Journal of Educational Research, 97*(6), 287-297.
31. Bull, S., & Solity, J. (1987). *Classroom man-*

agement: Principles to practice. London: Croom Helm.

32. Corno, L. (1989). Self-regulated learning: A volitional analysis. In B. J. Zimmerman & D. H. Schunk (Eds.), *Self-regulated learning and academic achievement : Theory, research, and practive* (pp. 83-110). New York: Spring-Verleg.
33. Corno, L., & Kanfer, R. (1993). The role of volition in learning and performance. *Review of research in education, 19*, 301-341.
34. Corno, L. (1994). The best-laid plans: Modern conceptions of volition and educational research. *Educational Research, 22*(2), 14-22.
35. Kuhl, J. (1985). Volitional mediators of cognition-behavior consistency: Self-regulatory processes and actions versus state orientation. In J, Kuhl & J, Beckman (Eds.), *Action control: From cognition to behavior* (pp.101-128). N.Y.: Springer-Verlag.
36. Kuhl, J. (2000). The volitional basis of personality systems interaction theory: Appliction in learning and treatment contexts, *International Journal of Educational Research, 33*(7-8), 665-703.
37. Kuhl, J. (2005). How to resist temptation: The effects of external control versus autonomy support on self-regulatory dynamics. *Educational Researcher, 73*(2), 443-470.
38. Lodewyk, K. R., & Winne, P. H. (2005). Relations among the structure of learning tasks, achievement, and changes in self-efficacy in secondary students. *Journal of Educational Psychology, 97*(1), 3-12.
39. Mayer, R. E. (1987). Instructional variables that influence cognition processes during reading. In Britton, B. K., & Glynn, S. M. (Eds.), *Executive control processes in reading* (pp. 201-216). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
40. Paris, S. G., & Byrnes, J. P. (1989). The constructivistic approach to self-regulation and learning in the classroom. In B. Zimmerman & D. Schunk (Eds.), *Self-regulated learning and academic achievement: Theory research, and practice* (pp. 169-200). New York: Springer-Verlag.
41. Pintrich, P. R. (1999). The role of motivation in promoting and sustaining self-regulated *learning. International Journal of Educational Research, 31*, 459-470.
42. Pintrich, P. R. (2000). Multiple goals, multiple pathways: The role of goal orientation in learning and achievement. *Journal Educational Psychology*, *92*, 544-555.
43. Pintrich, P. R. (2003). A motivational science perspective on the role of student motivation in learning and teaching contexts. *Journal of Educational Psychology, 95*(4), 667-687.
44. Smith, L., Sinclair, K. E., & Chapman, E. S. (2002). Students' goals, self-efficacy, self-handicapping, and negative affective responses: An Austrailian senior high school student study. *Contemporary Educational Psychology, 27*(3), 471-485.
45. Smith, R. M., Neisworth, J. T., & Greer, J. G. (1978). *Evaluating educational environment.* Columbus, OH: Charles E. Merrill Publishing Company.
46. Sternberg, R. J. (1996). *Successful intelligence: How practical and creative intelligence determine success in life*. New York: Simon & Schuster.
47. Wigfield, A., & Eccles, J. S. (2000). Expectancyvalue theory of achievement motivation. *Contemporary Educational Psychology, 25*, 68-81.
48. Wolters, C. A. (1998). Self-regulated learning

and college students' regulation of motivation. *Journal of Educational Psychology, 90*, 224-235.

49. Wolters, C. A. (1999). The relation between high school students' motivational regulation and their use of learning strategies, effort, and classroom. *Learning & Individual Differences, 11,* 281-300.
50. Wolters, C. A. (2003). Understanding procrastination from a self-regulated learning perspective. *Journal of Educational Psychology, 95*(1), 179-187.
51. Zimmerman, B. J. (1998). Academic studying and the development of personal skill: A self-regulatory perspective. *Educational Psychologist, 33*(2/3), 73-86.
52. Zimmerman, B. J. (2000a). Attaining self-regulation: a social cognitive perspective. In M. Boekaerts & P. P. Pintrich (Eds.), *Handbook of self-regulation* (pp. 749-768). San Diego, CA: Academic Press.
53. Zimmerman, B. J. (2000b). Self-efficacy: An essential motive to learn. *Contemporary Educational Psychology, 25*, 82-91.

The Construction and Verification of a Science Learning Process Model

Shih-Jen Ho[1], Iris Tai-Chu Huang[2] and Yuh-Yih Wu[3]

[1]Center of Teacher Education, Providence University

[2]Graduate Institute of Science Education, National Kaohsiung Normal University

[3]Graduate Institute of Special Education, National Kaohsiung Normal University

Abstract

The main purpose of this study was to construct a model of the science learning process and to validate it with data from 520 eighth grade students. The instruments employed in this study included the Science Problem Solving Test A&B, Science Learning Environment Perception Inventory, Science Self-Efficacy Inventory, Awareness of Science Action Control Inventory, Science Action Control Inventory, Awareness of Science Learning Strategies Inventory, and the Science Learning Strategies Inventory. The data were analyzed with structural equation modeling, SEM. Results showed that the theoretical model fit the observed data well, and also supported other recent findings related to the learning process. Implications for theory and research are discussed.

Key words: Science Self-efficacy, Science Learning Process Model, Structural Equation