

巢狀探究教學模式對國二學生理化學習 動機影響之探討

蔡執仲¹ 段曉林^{1*} 靳知勤²

¹國立彰化師範大學 科學教育研究所

²國立台中教育大學 自然科學教育系

(投稿日期：民國 94 年 11 月 1 日，修訂日期：95 年 7 月 24 日，接受日期：95 年 8 月 29 日)

摘要：本研究主旨在九年一貫國二「自然與生活科技」課程領域中，發展「巢狀探究教學模式 (Nested inquiry-based instruction model)」，並比較此教學模式 (實驗組) 與以教科書為主的教學 (對照組) 對於學生科學學習動機的影響。研究歷時近一個學期，計有實驗組 155 人與對照組 140 人參與，合計 295 人。在學期前後，分別在實驗組與對照組施測科學學習動機問卷 (Tuan, Chin & Shieh, 2005) 以評估兩組教學之實施成效。研究結果顯示，實驗組與對照組對學生的科學學習動機影響主要在「主動學習策略」、「科學學習價值」、「自我效能」以及「成就目標」等四個向度並有顯著提升；以巢狀探究教學為主的教學，在所有動機向度以及整體問卷表現達顯著成長 ($p < 0.01$)，並以「主動學習策略」為主要提升層面，而「教科書教學組」所影響的動機層面以「科學學習價值」為主要提升層面，在「學習環境誘因」向度的成長未達顯著差異。

關鍵詞：探究教學、探究學習、學習動機

註：* 為通訊作者

壹、前言

晚近許多從教學、學習、評量以及課程發展等相關領域的科教研究均重視探究為主的教與學，因為探究教學可協助學生將以往著重事實記憶的學習轉為對學科知識與技能進行深層理解與應用的學習 (Hodson, 1990, 1992; Gibson & Chase, 2002)。Abd-El-Khalick, Boujaoude, Duschl, Lederman, Mamlok-Naaman,

Hofstein, Niaz, Treagust 和 Tuan (2004) 指出“探究”不僅是一種教學方法，同時也是一種重要的精神。透過探究教學除了能幫助學生學習到科學知識以及技能之外，同時也能夠使其經歷科學家探究自然界以形成科學知識的過程，從中理解科學的本質，促進科學態度的正向發展，以進行有意義且主動的學習，並能將所學應用在日後的生活經驗中。

近年來，一些學者專家認為探究教學除了培養學生具有基本的科學技能與理解外，亦

能達成培養學生具有批判性思考、問題解決、觀察自然以及提升科學素養等教育目的（教育部, 2000; American Association for the Advancement of Science [AAAS], 1993; National Research Council, [NRC], 1996, 2000）。這些能力必須以多元的教學策略與情境加以促進，學生獲得資料的來源並不僅限於做實驗後所收集的數據，亦可透過其他的來源（如圖書館、網路等）獲得，因此以探究為主的教學已不再只侷限於實驗室的情境（Norris & Phillips, 1994; Rowell & Ebberts, 2004）；學生探究的成果除了以紙筆的方式進行評量外並可透過口頭以及寫作的方式展現；教學的場域同時可在「實驗室」與「課室」場景中實施；教學方式可同時包含歸納（inductive）與演繹（deductive）的方式（Lott, 1983），藉此學生方能將整個科學學習的經驗視為一個知識建構與應用的歷程。

有關探究教學的研究誠如 Abd-El-Khalick 等人（2004）所指出，大都著重學生學習成就、認知及技能的發展，較少著墨學生理化學習之意願，亦少有學者評估進行長時期的科學探究活動之實施成效。此外許多探究教學強調開放式探究，但是此種教學方式未必符合學生對於課程所涵蓋學科知識的學習需求與探究過程中所需的協助（Yerrick, 2000）。

有鑑於此，本研究的主要目的有二：設計符合國內情境需求的巢狀探究教學模式；以近一學期的時間實施巢狀探究教學模式，並與以教科書為主的教學模式比較，評估此模式對學生科學學習動機之影響。

貳、文獻探討

一、影響科學學習的動機面向

Kleinginna 和 Kleinginna（1981）指出，動機是使個體產生以及導引行動的方向，並

促使個體朝向某一目標的行為，其中影響動機的因素包含需求的影響、欲求的強度以及引導行為方向的內在心理歷程。從目標理論來看，學生會因不同的學習目標而有不同的學習表現，例如學生若以精熟學習為導向，所表現出來的學習行為是努力的工作、選擇挑戰性的任務以及對學習活動的堅持（Ames, 1987; Nicholls, 1984），學生會應用深層認知以及自我調節的策略；反觀以表現學習為導向的學生，則是傾向於使用表層策略（Ames & Archer, 1988; Elliott & Dweck, 1988; Nolen & Haladyna, 1990）。Brophy（1987）、Lee 和 Anderson（1993）以及 Lee 和 Brophy（1996）指出不同的動機傾向會影響學生的學習，如果學生將學習的動機轉變為內在動機，則會進行持續的學習不斷地追求新知與精熟知識。這些學者的論點已說明動機、學習與認知之間的關聯。

Hogan（1999）指出學生學習科學時會受到個人架構（personal frameworks）的影響，而這些架構包含了動機與知識論的部分。換言之，當學生詮釋其學習任務時，因為個人的差異造成需求有所不同，對學習有不同覺知，進而影響學生對學習的投入。這些覺知的面向包含有：(1)與自我相關的覺知（self-referenced perspectives）：包括學生個人的目標、自我效能、自我歸因、對於學習的投入是以表現或精熟目標為導向、對學習任務的興趣以及對學習環境的感受等；(2)與學習相關的覺知（learning-referenced perspective）：包含學生以何種學習策略幫助自己進行概念的深層學習，和將新舊經驗加以連結的學習策略；(3)與學科相關的覺知（discipline-referenced perspectives）：包含對於科學本質的認識以及對於科學知識與技能形成的認識。而這些對自我、學習以及學科相關覺知的關係構成影響學生以何種方式形成整個概念生

態的架構 (Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982)。因此在探討學生如何進行科學學習時，必須對進行後設概念以及影響動機的認知面向其相互關係的討論。

有關學習動機與科學學習之間的關聯，是探討學生學習科學的動力以及持續進行學習的意願，當學生有意願且持續的學習時，能夠發展出自我監控的學習策略以及影響後設認知的能力。就此，Hartman (2002) 提出 BACEIS 的模型，此模型包含以下成分：行為 (Behavior, B)，情意 (Affect, A)，認知 (Cognition, C)，環境 (Environment, E)，互動 (Interacting, I)，與系統 (System, S) 等六個成分。此六成分可歸類於認知系統 (cognitive system) 以及情意系統 (affective system)。其中認知系統包含了認知與後設認知兩部分：後設認知是學生在「認知系統」中最終的產物包含有「認知的知識 (knowledge of cognition)」以及對於「認知的調節 (regulation of cognition)」。在情意系統方面則包含「動機」、「情意上的自我調節」以及「態度」，而「動機」是在情意系統中最終的產物。這些系統並非完全獨立而是相互作用的。因此藉由對學習動機的提升，能促進後設認知能力的培養。換言之，如果教學活動提升了學生的學習動機，在 BACEIS 模式中便能增進學生的後設認知能力，增加學生進行主動且自我調節的學習。

有關動機方面的研究，其焦點由早期著重於機制層面，注重學業成就的傳統動機的模式，轉向為以社會認知理論為主的動機模式，強調動機表現的穩定性 (Pintrich & Schunk, 2002; Weiner, 1990)。Linnebrink 和 Pintrich (2002) 指出現今必須加入社會認知理論於動機模式之中，其原因有三：1. 社會認知與傳統的動機模式相較之下，以社會認知為理論的動機模式所顯現的樣貌具有動態性質，

並且擁有多重面向，其中包含自我效能、內在動機、自我歸因以及學習目標等。2. 在社會認知模型中，動機對個人而言，並非穩定不變，而是具有情境化以及特定領域的 (domain-specific) 特質。此論點意味動機會隨環境或情境而發生改變，並且學生的動機可能受學科內容影響。3. 以社會認知的層面來論述動機模式，強調影響學生動機的概念，必須融合文化、社經背景、個人特質等直接影響學生動機表現和學習成就等因素。此外 Pintrich, Marx 和 Boyle (1993) 指出要理解學生在學習歷程中所具之多元、變動以及互動的成分，必須以整體性的方式檢視學生動機的整體樣貌。

有鑒於上述的論述，本研究將採用 Tuan, Chin 和 Shieh (2005) 所發展出的「學生科學動機量表 (Students' Motivation Toward Science Learning, SMTSL)」(附件一) 做為研究工具。本份問卷探討影響學生科學學習動機的面向，計有「自我效能」、「主動學習策略」、「科學學習價值」、「表現目標」、「成就目標」以及「學習環境誘因」等六項。基本上，如果將表現目標轉換記分方式成為非表現目標，則整份問卷所著重的是內在動機的提升。問卷中所涵蓋的向度符合 Hogan (1999) 所提出「與個人相關的覺知」、「與學習相關的覺知」與「學科相關的覺知」等三面向。例如：「個人相關的覺知」有「自我效能」、「非表現目標導向」、「成就目標」與「學習環境誘因」等四個向度；「與學習相關的覺知」則有「主動學習策略」；「與學科相關的覺知」則包含「科學學習價值」。由於本研究中探究教學最終目標是協助學生提升內在動機與自主的學習，SMTSL 問卷不但可讓研究群檢視動機的多元面向並能將動機與認知學習結合。據此，本研究所採用之 SMTSL 應具備評估

探究教學實施成效的有效工具。

二、探究中的教與學

AAAS (1993)、NRC (1996, 2000) 以及我國九年一貫課程總綱 (教育部, 2000) 均強調在進行課程設計或是教學時，應包含以探究為主的教學策略。NRC (1996, p. 23) 指出「探究是一種具多面向的活動，其中包含進行觀察、界定問題、驗證書本以及其他的資訊來源、瞭解已知的知識、計畫進行探索活動、重複察看實驗得來的證據、使用工具進行收集與分析、以及對資料進行詮釋並提出結果」，所以科學探究是一種過程，以及多面向的活動，因此探究必須成為課程內容中的主要元素。此外進行探究活動需要使用批判和邏輯思考，並且思考可能的解釋以及對假設的確認。Hofstein 和 Lunetta (1982, 2004) 將探究定義為，「科學家在研究自然界所採用的方法、提出的想法與解釋以及基於科學研究所獲得的證據」。此論點強調學習者能以真實的方法探索自然界，提出自己的想法以及依循證據進行解釋，並對所提出的主張加以辯護，在探究過程中顯現出科學的精神。Tjosovold 和 Marino (1977) 指出探究教學能夠幫助學生去調查、探索、發現問題與情境，並運用自己的直覺去發掘問題和進行理解。在此強調學習者獲得科學知識的方法與策略，而非僅限於對既定學科內容進行學習。在探究的過程中，學生經驗科學家如何發現以及創造科學知識的過程，包含閱讀、寫作、動手做以及溝通的方式。

Anderson (2002) 指出探究能夠幫助有效教學以及學習的發生，他對 NRC (1996) 中所提到探究的意義加以詮釋如下：

1. 科學的探究 (Scientific Inquiry)：由於與社會相關的科學議題無法藉由單一層面的科學目標來解決，科學探究必須強

調多元與全面性，才能解決生活環境內所發生的問題。所以用來解決問題的科學知識以及科學方法，也必須朝向一個整合的目的，因為藉由多面向的科學教學才能夠發展個別化的學習 (Martin & Brouwer, 1991)。除了強調科學概念內容的多元性以及統整性之外，還必須加入科學知識的形成過程，其中最重要的是對於知識的論辯過程，足以讓學生瞭解科學本質並形成自己的知識論。

2. 探究學習 (Inquiry Learning)：強調探究成為學習的重心，重視科學探究的本質。學習的過程中，學生討論自然界中的實體以及事件、問問題、獲得知識、對自然現象提出可能的解釋、能以許多方式測試這些解釋以及與其他人溝通他們的想法。此種“主動的過程”包含身體以及心理的活動，因此傳統“動手做”的經驗並不足夠，而是需要更多“用心想”的經驗。這種強調主動的科學學習是重視學生在學習的歷程中，主動找尋議題進行探究進而建構知識的歷程。
3. 探究教學 (Inquiry Teaching)：探究教學可以不同的方式來進行教學，所進行的探究問題，必須具真實性並且是從學生的經驗中所形成。因此，探究教學不僅是一些過程而是教師所提供的活動能夠讓學生發展知識，理解科學想法以及體會探究的本質。有鑑於此，教師必須能夠設計探究教學活動、引導學生、評量學生、掌握與提供學習環境、建構學習社群、規劃課程。

由上可知，當前科學教育領域所倡導的科學探究，除可以將其融入為我國目前九年一貫課程的發展重心之外，亦可做為教學模式的設計依據以及成為學生學習的方式。因此在本研究中將比較以探究精神為主的教學

及以九年一貫教科書為主的教學，兩者對學生學習動機的影響。

三、探究教學的實施與成效

由於探究教學的目的是協助學生主動建構有意義的科學知識，此目標與建構主義的理念相同，因此有些學者們 (Carin, Bass & Contant, 2005; Gibson & Chase, 2002; Hodson, 1990; Welch, 1981) 指出，融合探究與建構主義的理念進行探究教學是更有效的教學方法。此外，Bybee (2000) 提出在進行探究教學時應思考學生能做到什麼以及對於科學探究的本質應有的理解，以便設計合宜的教學。

實驗室中的「動手做」經驗通常被視為是探究教學最佳的方式 (AAAS, 1993; NRC, 1996, 2000)，但是許多學者 (Norris & Phillips, 1994; Rowell & Ebberts, 2004) 指出在實驗室的情境，許多學生僅培養出科學過程技能，並無法讓其歷經科學知識之社會建構的完整歷程；他們主張在課室中的教學應讓學生由實驗中所獲得的證據進行論辯，以形成新的知識和探究議題的歷程，因此探究教學應同時在課室與實驗室的情境中進行。

至於探究教學要如何進行以及提供學生開放的程度如何？Herron (1971) 和 Windschitl (2003) 依據探究問題、操作程序以及解答提供與否，將探究分為四個探究層次：確認 (confirmation/verification) 層次，結構性探究 (structured inquiry) 層次，引導性探究 (guided inquiry) 層次，以及開放性探究 (open inquiry)。一般學者雖傾向開放性探究，因為此種方式最能夠讓學生進行主動探究知識，但是 Rogoff (1994) 指出教師在指導開放性探究時常保持被動消極的態度或是捨棄他們身為專家的角色，因此該方式並不符合 Vygotsky (1978) 所提出潛在發展區 (zone of

proximal development, ZPD) 的理論。再者依據教師在課程進度上的壓力與一般班級學生的數量，若進行開放式探究，並無法與本研究所進行以「單元」為主的課程設計需求相配合，因此本研究將以引導性探究為主。

研究結果顯示探究教學能提升學生對科學本質的理解、科學學習成就、科學過程技巧、科學知識的建構等 (Bybee, 1997; Ertepinar & Geban, 1996; Gibson & Chase, 2002; Ryder, Leach & Driver, 1999)。在情意方面則顯示，當學生運用以探究為主的學習時，對科學所抱持的態度較傳統教學為正向 (Gibson, 1998; Gibson & Chase, 2002; Shrigley, 1990)。至於動機部分的研究則較少學者涉獵，少數幾篇如 Tuan, Chin, Tsai 和 Cheng (2005) 指出探究教學能提升不同學習風格學生的學習動機。蔡執仲和段曉林 (2005) 指出在實驗室的探究教學能提升學生的學習動機。至於長期實施並將探究教學延伸到課室中的教學對於學習動機的影響面貌則較少探討，因此本研究將依所設計的探究教學模式探討對動機的影響。以下分別列出本研究所著重的探究教學理念以及依其要點所設計出的巢狀探究教學模式。

四、巢狀探究教學設計的理論架構

過去的科學課程，首重學生在「科學方法」上的學習，但學習者卻無法從這些教學方式中培養出對科學的態度、探究的精神，以及應用探究的能力進行學習 (Harms & Yager, 1980)。White 和 Frederiksen (1998) 亦指出以往的科學課程所著重的是對於定義、事實、公式的記憶，學生是以背誦而非理解的方式學習科學，因此所學到的科學概念無法在情境間產生遷移的作用。而此種課程設計的方式，多以邏輯實證主義或經驗主義為主，教學活動必須依照一定的步驟，來驗證

既存的科學知識，忽略科學探究能力、問題解決以及後設認知等能力的養成，與日常生活情境脫離，使得學生認為科學知識是無法在生活中加以應用是枯燥且乏味的，造成學習動機的低落（DeBoer, 1991; Eccles & Midgley, 1989; Hart, Mulhall, Berry, Loughran & Gunstone, 2000; Schumacher, 1998）。

為了解決經由背誦學習（rote learning）所產生的上述問題，DeVries（2000）提出在教學時，應該同時融合 Piaget 以及 Vygotsky 的理論，亦即認為學生是主動的學習者，強調在學習過程中溝通的重要性。DeVries（2000）、Matusov 和 Hayes（2000）以及 Shayer（1999, 2003）認為，Piaget 和 Vygotsky 的建構理論，兩者之間雖有其差異存在，但是均強調融入社會的因素對於學生知識的成長的重要性，並認為學習是一個轉換的過程，視發展為一個減少在心智結構與個人行動之間差距的過程。其間的差異在於 Piaget 強調以科學的邏輯（scientific logic）做為溝通的基礎，而 Vygotsky 所強調的是以文化進行媒介的符號互動論。前者是從個人學習的觀點出發，後者則強調社會因素的重要性，但兩者都重視心智結構/功能是個人從活動進行中所獲得的，因此在學習過程中必須同時重視個人及社會的層次。有鑑於此在教學設計時必須針對各個特殊的心智功能加以設計，以及由生物性和社會性的發展程序來共同促進學生的發展。Matthews（1994）認為除上述的論點之外，在課程的設計上也應該同時包含社會學的建構主義（sociological constructivism）觀點，也就是強調科學知識的建構成果是受到社會性因素影響，並造成其建構過程的變動性。因此本教學模組除強調學生個人認知發展的重要性之外，也重視在課室中形成一個學習的社群幫助學生建構知識，營造認知衝突的情境，以小組合作方式進行

學習，重視在學習過程中的社會性因素。

在活動的設計方面，Taconis, Ferguson-Hessler 和 Broekkamp（2001）主張為了能使學生增加長期記憶，以及形成新知識表徵的方法，首先必須讓學生擁有該實驗單元的基本知識及操作技能，而後再經由實驗活動中的動手操作，進而形成新的知識及技能，如此學生既能對該單元相關的知識形成長期記憶，也能形成深層的後設認知策略。因此本探究教學模式設計將配合科學概念以及技能的階層性來設計科學的活動。

而在探究教學過程中，Lott（1983）提出兩種引導方式，其一是以歸納（inductive）為導向的教學方式，讓學生從所獲得的經驗以及證據形成結論；其二是以演繹（deductive）為導向的教學方式，讓學生將形成的結論運用至解釋其它的事件上。雖然演繹比以歸納為主的教學更具結構性，但是歸納則比演繹為主的教學更具有探究的成分。同時探究教學強調學生延伸應用能力的養成，亦著重知識的形成，因此同時採用以上兩種方式更能協助學生在探究過程中建構知識，據此，在本研究之教學模式將同時採用兩種引導方式來進行教學。

至於對課程的看法，本研究認為現行課程走向是朝向後現代的觀點。如同 Doll（1989）指出，後現代的課程設計必須具有內在性（internality）、自發性（spontaneity）以及不確定性（indefiniteness）的特徵。所謂的「內在性」強調教學者在進行教學設計時依課程本身的架構及實際的需要加以重組，以致於課程內容加以轉變，在此乃須強調自我組織與重新建構的能力；至於「自發性」所強調的是提供一個不穩定的狀態，營造學習者主動建構知識的歷程；而「不確定性」所強調的則是在課程設計時，課程目標只是教學實施過程的引導方向，而不是只為了達到目標

的封閉性系統。這些觀點與 Carin, Bass 和 Contant (2005) 所提探究教學中，教師依據學生的背景將課本的知識重新組織與結構並設計出一系列的教學活動歷程，使學生得以親身經歷知識的建構過程相仿。因此符合探究式教學的課程模組亦需符合後現代的課程觀點。

為達到學生在探究的過程中能夠靈活運用知識的目的，課程設計必須符合 Brown, Collins 和 Duguid (1989, 1996) 主張之知識本身具有透過真實活動而逐漸發展的情境特性。知識就如工具一樣，惟有使用它，方能發揮功能，甚而創造出新的衍生功能。因此，巢狀探究教學將提供真實的情境，讓學生在真實情境中建構出有意義且能再運用的知識以及技能。

Driver 和 Bell (1986) 指出多面向的科學教學所代表的是個別化的學習，其中包含了以下幾點特性：1. 學習是基於個別學習者的經驗；2. 科學是具個人導向的，並須包含更多有關人在環境中的價值成分；3. 每一位學生都有機會藉由自己的選擇與設計去進行科學的探索。在本研究的探究教學中也將重視不同學生的學習需求，並營造機會提供其不同的探究方向。

綜合上述論點，本研究所設計的教學模式同時融合了 Piaget、Vygotsky 和社會學的建構理論，並考慮到學生的個人認知發展以及藉由互動過程所產生的認知改變，以及在知識建構過程中的社會性因素。在學生知識的形成的過程中，本研究亦將以歸納和演繹的引導方式協助學生思考，使能重視知識的情境因素，並符合後現代的課程觀所要求之多面向科學教學的理念。

五、「巢狀探究教學模式」的設計

為了提昇學生之科學學習動機，本研究

在探究的層次上交叉運用引導以及開放式探究的精神來進行設計，並為保持概念體系的完整性以及考慮學校既定的教學進度，乃以「單元」做為「巢狀探究教學模式」的設計單位。

本教學模式以 Bybee 和 Landes (1988) 與 Bybee (1997) 提出的「建構教學模式」，包含：參與(engagement)、探索(exploration)、解釋(explanation)、精緻化(elaboration)以及評鑑(evaluation)等五個階段，做為整個教學流程的設計依據。而在不同階段可以專題、POE 或是以科學史等等方式理念來進行。但在本研究加入教師所在意的達成教授課程中學科內容的目標以及對學生的迷思概念加以改變。因此在「探索」與「精緻化」階段再融入 Driver 和 Oldham (1986) 所提建構主義的概念改變教學步驟：確定探討方向、引發學生的想法、學生想法的重組、應用新的想法、回顧想法的改變等階段來進行活動設計。整個教學模式可分為三個情境來實施，現敘述如下(見圖1)：

(一)情境 I (Context I)：此階段主要為引導性探究的層次(Herron, 1971; Windschitl, 2003)，課程的設計涵蓋 Bybee 「建構教學模式」中的「參與」以及「探索」兩個階段，在「探索」階段融入以 Driver 和 Oldham (1986) 為理念的「學習環 Type-I[LCT-I]」，以下敘述情境中各階段的實施方式：

1. 「參與」階段：為整個探究活動的初始階段，教師對整個教學單元中所涵蓋的科學概念充分理解後加以重組，著重學科概念的關連性。此外教師亦進行文獻的閱讀，找出學生在此單元重要概念的迷思概念。

此階段的教學重點包含引入單元中新的科學概念。依據上述另有概念設計教學活

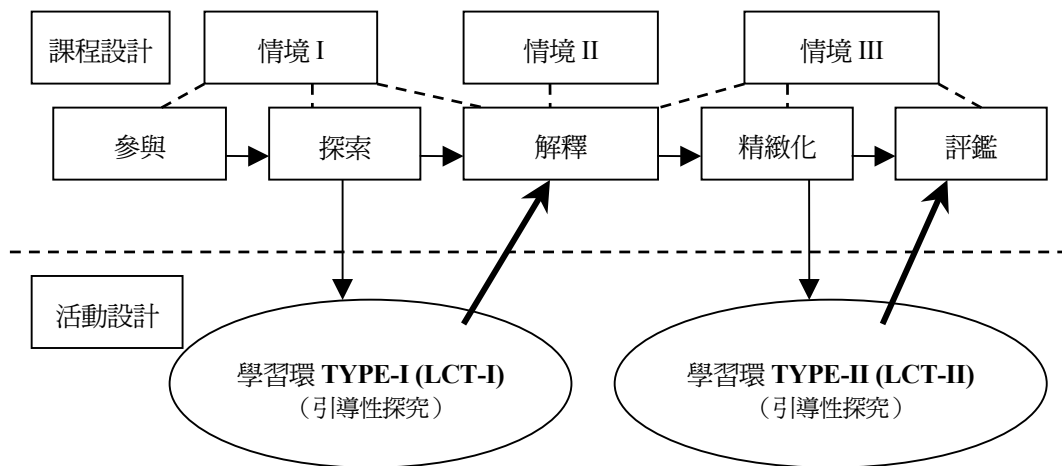


圖 1：巢狀探究教學模式 (Nested inquiry-based instruction model)

動，以預先設計的活動單或是課堂講解，將學生過去和現在的學習經驗加以連接，使得學習者在原有「基模」上引入新的概念。教師在講解時可在適當時機營造成認知衝突，引起學生進行探究的興趣。當學生產生認知衝突時，教師協助學生進行概念重組，使學生能夠重新對科學概念、科學過程和實驗操作技巧進行理解與精熟，做為下一個階段時學習的認知基礎。

2. 「探索階段」：本階段的活動內容主要是從教科書中原有的活動加以改編而來，藉由動手做的實地操作過程，解決學生在此單元重要迷思概念，並精熟上一階段所形成的新知識、概念以及探究技能。但是與教科書中原有活動不同的是，教師賦予學生更多操作上的自主性以及讓學生依照教師所設計的表格，自行記錄實驗數據，並針對所收集到的證據進行小組討論以形成結論，並且將其探究整個結果在「情境 II」中，與全班同學共同分享。在教師引入新的概念後，修改教科書中原有的實驗教案，讓學生以在「參與」階段所形成新的知識及概

念做為經驗基礎，在解決問題的過程當中，對所學習到的新概念、實驗過程和技能能夠重新加以確認。本階段依據課本的內容加入數個相同類型的活動以「學習環類型-I (Learning Cycle Type-I, [LCT-I])」方式設計學習活動。例如在「溫度與熱」這個單元的設計中，就包含了三個活動，其中「活動一」主要是為了解決學生對於「熱質」上的迷思；「活動二」主要探討的是相同重量不同物質其溫度變化的情形；「活動三」在本活動中共分為兩個部分，其一是將相同物質但是質量不同的兩物品，在加熱一定時間後，將其混合測量溫度；以及將不同物質放置於水中加熱一定時間後丟入室溫的水中，紀錄其溫度變化情形。本活動能夠讓學生能夠理解到不同的物質所含的熱量不同，並非具有相同溫度的物質其比熱均相同。具體的「LCT-I」的實施方式如下所述：

- (1)確定探討方向：在本研究中，教師一開始首先以提問的方式介紹本活動所進行的任務，提升學生探索的興趣，

其提問的問題包含一系列與活動任務有關的學科知識，以生活上的例子進行提問，讓學生想想這些活動彼此之間的關連性以及為何要進行這些活動。學生藉由腦力激盪思考解決的方式，在此教師並未直接引導學生的操作方向，而是請學生紀錄其想法，然後在學習單上針對各個任務進行個人的實驗設計。

(2)引出學生的想法：在這個階段中學生將自己設計的實驗流程，藉由在小組內的討論形成共識，在這個過程中學生除了能夠瞭解別人的想法外，還能夠覺察到自己想法的合適性，最重要的是形成小組的共識以及能夠依任務的需要，進行工作的分配。

(3)學生想法的重組：讓學生依照自己所設計的引導性探究活動。例如在研究中，參照教科書的活動加以修改後，由學生實際操作不同的兩個活動，在第一個任務是讓學生察覺到，雖然是相同的物質，但是當其達到熱平衡時，其溫度並非只是單純的相加減，而是必須考慮到質量的變因，而第二個任務則是進一步讓學生考慮到雖然不同物質的溫度相同，但是其所包含的熱量並不相同，進而考慮到不同物質其比熱值不同的因素。本階段是以實驗的方式驗證學生自己的想法，當學生收集到實驗數據進行分析形成結論的過程中，學生形成對結果的詮釋，其中包含了下列幾個階段：

①澄清和交換：當學生面對所收集的數據時，即進行小組內討論，其中包含對自己想法的澄清，因為學生在討論的過程中，會以先前知識以及詮釋方式，將想法表達給同儕，

而在交換想法的同時，會對其他不同的想法以及特定觀點進行挑戰。

②引入衝突的情境：學生在小組內形成共識時，老師所扮演的是提供另類想法的角色。當小組內進行討論時，通常希望尋求其它組員或是教師的解答，但是這時教師應該針對學生的想法提出質疑而非進行解答，此過程促使學生產生認知上的衝突以便進行深層的思考。

③建構新的想法：當小組形成共識時，不論其結論是否正確，教師都必須瞭解到，學生所建構的知識可能不符合科學社群的想法，為此教師必須提供機會讓學生去檢視其想法，這些想法可做為下個階段的討論。

④評鑑：因為學生的解釋，可能是從以往的生活經驗來進行詮釋，因此教師在課堂上可請學生參考教科書所提及的概念，做為學生概念參照的資料來源，如此學生才能以不同的觀點來呈現以及測試所形成的結論，並且加以重新建構。

(4)應用新的想法：教師回到「參與」階段所提出的問題，例如在不同的情境中，問學生如何應用前述活動所得到的結果，藉此協助學生能在不同的情境中進行知識轉化以及應用新形成的想法。

(5)回顧想法的改變：這個階段主要是讓學生比較實驗前的預測與實驗後的結果的差異，讓學生瞭解前後概念的改變。而 LCT-I 的活動所獲得的結果，先經由小組討論後，進一步的由小組加以整理，在「情境 II」中對全班進行公開展示與發表。

(二)情境 II (Context II)：屬於「建構教學模式」中的「解釋」階段，在本情境學生所進行的活動主要目的是達到知識的共同建構，因為學生經由「情境 I」中小組內所形成的結論，其結果未符合科學社群的規準。因此在情境 II 中，讓各小組呈現其成果，再透過各組間論證的過程達成共識，此過程讓學生經歷知識的產生以及其合法性確立的歷程。另外透過論證的過程亦會形成進一步探究的議題作為後續的探究活動，而議題中所包含的後續探究的面向，事由學生經由討論所形成的，因此是學生感到興趣以及有待進行解答的，而當這些面向形成後教師將其組織設計新的探究活動，做為情境 III 的探究活動。

本階段所使用的論證方式是以 Toulmin (1958)所提的論證模式(Toulmin's argument pattern, [TAP])進行，包含主張 (claim)、資料 (data) 或是證據 (evidence)，以及驗證 (qualifier)、相異的主張 (counterclaim) 和反證 (rebuttal)。此外 Osborne, Erduran 和 Simon (2004)以及 Simon, Erduran 和 Osborne (2006) 提出在論辯過程中，應該重視如何運用證據形成解釋，並且對於數據進行檢視與質疑，讓學生在科學的想法與理論的建立歷程中，形成個人信念的實質基礎 (substantive basis)，並且理解到在科學社群中以何種標準去評估證據。而此歷程如 Piaget (1971) 所提出的「辯證建構論 (dialectic constructivism)」所指科學知識係透過辯證的過程才形成的。在本研究中採用上述的論點，目的是讓學生在解決問題時面對特定面向或探索的經驗，藉由小組討論，以公開發表及辯論的方式進行，培養學生對談的技巧，讓學生的想法接受挑戰。學生於是將初步形成的概念

體系再度進行重組，進而再一次的檢視與歸納資料，協助其獲得在科學概念上的理解與澄清，在學習過程中，透過師生與同儕的互動歷程形成新的知識基模。此外藉由教師與學生討論過程中，也能瞭解學生的學習狀況，綜合他們所提出的後續探究議題後，做為下一步在「情境 III」的探究議題。

(三)情境 III (Context III)：則包括了「建構教學模式」中「精緻化」以及「評鑑」階段，主要目的是以學生新培養的知識以及技能做為基礎，在「精緻化」的階段中以「學習環 Learning Cycle Type-II, [LCT-II]」的探究活動，讓學生自行設計方法進行問題解決為引導性探究的層次 (Herron, 1971; Windschitl, 2003)。為了結合生活的議題以及讓學生對於學科知識的應用有更多的體會，針對學生所自行提出的議題，師生共同討論後形成新的探究主題。例如師生共同討論後，教師歸納出學生的議題引導學生測試不同食物的熱量。在此活動流程中，學生自行設計實驗計算食物的熱量，並與產品標示之熱量進行比對，透過兩者數據的差異進行討論。在此探究過程中學生精煉其在「情境 I」與「情境 II」所獲得的知識及技能，將這些所學習到的加以重組，除能進行生活議題的延伸應用外，並能評估自己的學習成效。

1.精緻化階段：這個階段進行「學習環 Learning Cycle Type-II, [LCT-II]」的活動，主要是針對學生新形成的概念再加以挑戰，讓在前面情境所建構的概念與技能加以延伸、統整與應用，以便能更完整的建構出知識體系，並將

所學運用在生活情境中，其活動設計如在「情境 I」中所採用的概念改變教學步驟 (Driver & Oldham, 1986)。但 LCT-II 不同於 LCT-I 乃在於教師提供三個檢核學習成效的表格給學生進行自評，第一個是「實驗分析表」，讓學生在進行實驗設計時，瞭解在進行本探究實驗，所應具備的學科概念以及變項之間可能的關係。第二是「實驗設計表」所重視的是整個進行操作的流程以及探討變因之間關係的合理性。第三是「實驗討論表」則是讓學生討論研究的成果，並且詳列其數據分析及計算的方式，並紀錄其他組的研究成果，便於進行評鑑階段的任務。

2. 評鑑階段：藉由在精緻化階段所獲得的結果，進行小組內以及小組間討論，並公開展示各組的研究設計流程及結果，使得學生們能夠自我與彼此檢核其所建構的新知識是否合宜及能否解決生活上的議題。透過這些方式幫助學生評估自己的理解和探究能力，讓學生回顧探究前後想法的改變，使學生能注意其學習歷程並培養後設認知的學習能力。另一方面，這些過程亦能提供老師機會去評鑑學生在學習過程中的表現，做為之後教學改進的參考。

透過上述的巢狀探究教學模式，學生主動經驗探究歷程，探究過程中與同儕進行合作、辯證與對話建構有意義的知識，並能將所建構的知識再一次的運用在生活情境中並有機會加以精煉，在此過程學生的角色從知識的接受者轉換為知識的創造者。而教師不但營造一個探究的環境與探究的社群，亦提供課程單元中必要的探究知識與技能，並刺激學生認知衝突與思考，增進其後設認知的能力。相信這些設計要素能提升學生的學習

動機，並發展自我的學習策略。

參、研究方法

為驗證巢狀探究教學模式對學生學習動機的影響，本研究選擇在五個個案班級 (155 人) 進行將近一學期的研究，進行動機問卷前後測的收集。另外亦選擇與個案班級同校同年級，具相同教學資歷的老師所任教的國二常態班級學生，共五個班級 (140 人) 作為「教科書教學組」，進行學期前後測動機問卷的收集。教科書教學組的教師基本上遵照九年一貫課本的內容進行教學。兩組的學生均為常態編班，且其自然與生活科技的學習表現相當。

對於實施巢狀探究教學模式的五班學生而言，在開學後的一個月作為準備期，在這期間讓師生之間能夠建立課室常規，並且進行編組讓學生熟悉小組合作的學習方式，而後依照段考的範圍施行「巢狀探究教學模式」。所教授的單元分別為「物質的變化」、「浮力」與「溫度與熱」等三個單元。

參與本研究的個案教師共計 5 位，分別為三位女老師和兩位男老師，其教學年資平均為 5 年，他們依循本研究的「巢狀探究教學模式」進行教學。研究進行的過程中，個案教師每兩周參與研究群會議，報告教案實施進度以及分享其教學心得。研究群則協助個案教師設計符合其學生學習特質以及教師教學風格的教案，並進行每週課室教學攝影及記錄，以確認教師依照本教案的設計進行教學，並提供下一個階段的修正依據。個案教師亦會依照在單元中不同概念的性質，以多元的表徵方式進行教學，並且在學生的學習回饋中，修正其教學方式以及設計挑戰題。「教科書教學組」的教師教學方式以九年一貫課程中既定的教案以及實驗活動為

主。由於九年一貫課程深受探究的影響，因此這些教師在教學時，也會以提問的方式刺激學生思考，以小組方式進行驗證性的實驗的操作。

本研究採用的問卷為「學生科學動機量表 (SMTSL)」(Tuan, Chin & Shieh, 2005) (附表 1)，包含向度有「自我效能」(SE, 7 題)，「主動學習策略」(ALS, 8 題)，「科學學習價值」(SLV, 5 題)，「表現目標導向」(PG, 4 題)，「成就目標」(AG, 5 題)，以及「學習環境誘因」(LES, 6 題)。其中為檢視學生的內在動機將表現目標導向的題目進行反向計分，在本文中稱為「非表現目標導向，NPG」。問卷填答以李克特式五分等第分為非常同意(5)、同意(4)、無意見(3)、不同意(2)、非常不同意(1)等。此份動機問卷的 α 值為 0.89，各向度 α 值介於 0.70 至 0.89。在本研究中，整體問卷的 α 值為 0.84，各向度 α 值分別為 SE (0.47)、ALS (0.91)、SLV (0.81)、NPG (0.85)、AG (0.81) 以及 LES (0.71)，其中 SE 在本樣本中雖偏低，但是 Cuieford (1965) 認為 α 值高於 0.35 其信度可以接受。

前測在開學一個月後施測，後測則於學期末進行施測。本研究以 SPSS 10 作為統計分析的工具，其中針對問卷各向度的前、後測進行 MANOVA 分析以探求不同教學方法的實施成效。另外進行前後測的 MANCOVA 分析，檢視動機在前後測的改變是否達到顯著的差異。因實驗組與對照組在 NPG 的起始狀態不同，選取 NPG 做為共變量進行 ANCOVA 分析，瞭解 NPG 是否會造成其他向度在起始狀態的差異。以問卷分數的變化量進行相關 (correlation) 分析，對於向度之間的相關做初步分析；為瞭解影響學生動機的主要因素，再以多元線性迴歸 (multiple-regression) 方法以逐步進入方式分析，探討造成動機整體改變的主要影響因素。

肆、研究發現

本研究主要在檢驗「巢狀探究教學模式」對學生學習動機的影響，因此先比較「巢狀探究教學組」與「教科書教學組」兩組的學習動機之差異，以及利用多元線性迴歸法分析兩種教學方式對學習動機的主要解釋度，再深入討論「巢狀探究教學組」在動機前後測中各向度的表現來討論教學策略與動機的相關性。

一、「巢狀探究教學組」與「教科書教學組」對學習動機之影響

研究首先以 MANOVA 進行「巢狀探究教學組」與「教科書教學」兩組在研究初始狀態的比較，以及在後期的學習動機的表現 (見表 1)。由表 1 顯示，僅 NPG 向度在教學前兩組的分數有顯著的差異。

因此本研究分別針對各向度以 NPG 為共變量進行 ANCOVA 分析 (見表 2)，結果呈現「巢狀探究教學模式」在研究初期，在 SLV 與 NPG 兩個向度顯著高於「教科書教學」組，為了減低 NPG 對於研究成果的影響，探討動機表現時以 NPG 前測分數為共變量進行 MANCOVA 分析 (見表 3) 以及相關性分析 (見表 4) 與多線性迴歸分析 (見表 5、表 6)，透過統計分析瞭解不同教學策略對於學習動機各向度的影響。並以 T 檢定探討個題前後的差異以及應用多元線性迴歸分析對個題進行分析，結果呈現於附表 2。

以 MANOVA 進行學習成效的探討 (見表 1) 顯示，「巢狀探究教學組」經由融入探究教學後學習動機得到顯著的提升，而「教科書教學組」除了 LES 在前後測不具顯著差異外，其餘各向度皆具顯著差異。「巢狀探究教學組」的整體學習成效以及各向度的表現以 NPG 前測分數為共變量進行 MANCOVA

表 1：「巢狀探究教學組」與「教科書教學組」前、後測比較

		SE	ALS	SLV	NPG	AG	LES	整體表現
巢狀探究教學組 ^a	前測	19.83/5.10	20.73/5.78	13.21/3.77	12.22/4.34	14.53/4.43	17.63/4.19	98.14/15.74
	後測	24.15/4.42	29.61/4.75	19.03/3.03	14.32/3.39	18.12/3.50	20.76/3.38	125.98/1.97
	F 值	57.12***	212.45***	210.34***	61.04***	88.20***	40.71***	247.67***
教科書教學組 ^a	前測	19.81/4.34	20.73/5.27	12.89/3.58	9.89/3.99	13.78/4.28	17.89/4.27	94.97/15.14
	後測	21.98/4.48	26.66/6.10	17.04/3.71	13.90/3.57	17.05/3.57	18.24/4.12	114.87/15.91
	F 值	18.14***	84.93***	102.08***	89.95***	51.75***	0.88	22.64***
巢狀探究教學組 ^b VS 教科書教學組	前測	2.77	1.57	2.59	19.26***	2.73	0.07	0.14
	F 值							
	後測	8.79***	10.87***	12.74***	0.53	4.92**	17.15***	19.03**
	F 值							

註：^aMANOVA; ^bMANCOVA, NPG 前測為共變量; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

表 2：「巢狀探究教學組」與「教科書教學組」前測 ANCOVA 分析 (以 NPG 為共變量)

	SE	ALS	SLV	AG	LES
F 值	1.35	0.00	3.71	2.71	3.66
顯著性	0.26	1.00	0.03*	0.07	0.06

註：* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

分析，除 NPG 不具顯著的差異外，其他的表現均優於「教科書教學組」。從成長幅度來看 (見表 3)，「巢狀探究教學組」其整體提升成效較「教科書教學組」為高，但針對向度成長幅度的分析上，在 NPG 則是「教科書教學組」的成長幅度高於「巢狀探究教學組」。對於此項結果，必須考慮 NPG 以及 SLV 在起始狀態的差異 (見表 2)，由於「巢狀探究教學組」因研究需要，先行培養學生以小組合作的方式進行學習，其同儕間競爭降低，所以起始分數較「教科書教學組」為高，因此前後測提升的幅度雖比「教科書教學組」為低，但其表現仍優於「教科書教學組」。而 SLV 雖然在前測時因 NPG 的因素，在起始狀態上有顯著的影響，「巢狀探究教學組」高於「教科書教學組」，但提升程度仍是以「巢狀

探究教學組」顯著優於「教科書教學組」，因此藉由「巢狀探究教學模式」的實施，學生對於學習科學的價值有較高的體認。

雖然實施探究教學及以九年一貫教科書為主的教學都能夠顯著的提升學習動機，但是兩者影響動機的面向為何是本研究所感到興趣的。因此本研究接著依其提升情形(前後測差異)進行相關分析 (見表 4) 以及利用多元線性迴歸方法 (見表 5、表 6) 找出主要影響因素。本向度的相關係數方面(見表 4)，上為「巢狀探究教學組」，下為「教科書教學組」。從分析結果中顯示不同的教學法與各向度的相關有所不同，在「巢狀探究教學組」中的 NPG 與「整體表現」、SE、SLV 並無顯著的相關，而與 ALS、AG、LES 則呈現顯著的負相關。而在「教科書教學組」中 NPG 除與 ALS、SLV 無顯著相關，與 LES 有顯著負相關外，對其它向度則達顯著正相關，因此 NPG 在兩種的教學法與其它向度其相關性較低。

研究者繼續對提升動機成效方面進行多元迴歸分析 (見表 5、表 6)，探討不同教學法對動機向度的影響 (解釋度 $> 5\%$)，結果

表 3：巢狀探究教學組與教科書教學組成長幅度差異比較（MANCOVA，以 NPG 前測為共變量）

	SE	ALS	SLV	NPG	AG	LES	整體表現
巢狀探究教學組	4.33/7.48	8.88/8.28	5.81/4.90	2.10/5.64	3.59/5.75	3.14/5.33	27.84/21.33
教科書教學組	2.17/6.72	5.93/9.03	4.16/5.86	4.01/5.91	3.27/6.03	0.36/5.97	19.90/24.35
F 值	3.60	4.92	16.79	4.83	263.32	25.65	28.45
顯著性	0.03*	0.008**	0.000***	0.009**	0.000***	0.000***	0.000**

註：* $p < 0.05$ ；** $p < 0.01$ ；*** $p < 0.001$

表 4：兩組 SMTSL 各向度相關係數：（巢狀探究教學組在上 教科書教學組在下）

	整體表現	SE	ALS	SLV	NPG	AG	LES
整體表現		0.70***	0.77***	0.71***	0.09	0.48***	0.55***
SE	0.65***		0.57***	0.34***	-0.03	0.07	0.16**
ALS	0.77***	0.45***		0.42***	-0.14**	0.20***	0.29***
SLV	0.81***	0.40***	0.60***		0.02	0.33***	0.43***
NPG	0.23**	0.18*	-0.07	0.08		-0.21**	-0.22***
AG	0.63***	0.17*	0.30***	0.46***	0.03		0.34***
LES	0.53***	0.08	0.30***	0.42***	-0.24***	0.44***	

註：* $p < 0.05$ ；** $p < 0.01$ ；*** $p < 0.001$

表 5：巢狀探究教學對動機影響（多元線性迴歸分析）

	個別解釋量 (R^2)	累積解釋量 (R^2)	F 值	顯著性
ALS	0.60	0.60	225.02	0.000***
SLV	0.19	0.79	127.99	0.000***
SE	0.07	0.86	68.41	0.000***
AG	0.07	0.93	100.67	0.000***

註：* $p < 0.05$ ；** $p < 0.01$ ；*** $p < 0.001$

表 6：教科書教學對動機影響（多元線性迴歸分析）

	個別解釋量 (R^2)	累積改變量 (R^2)	F 值	顯著性
SLV	0.65	0.65	257.95	0.000***
ALS	0.13	0.78	79.22	0.000***
AG	0.08	0.86	76.43	0.000***
SE	0.07	0.93	139.46	0.000***

註：* $p < 0.05$ ；** $p < 0.01$ ；*** $p < 0.001$

顯示不論是以探究或是以教科書為主的教學，主要以 ALS、SLV、SE 及 AG 等四個向度為主。但不同的教學法影響面向並不相同，以「巢狀探究模式」為主的教學（見表 5），對於學習動機的整體影響以 ALS 為最主要，其個別解釋量達 60%，其次是 SLV 達 19%，SE 及 AG 分別達 7%，這些向度到達總解釋量的 93%。此結果顯示「巢狀探究教學模式」對於動機的最主要影響是提升學生的主動學習策略（ALS），學生能以不同的學習策略來進行學習，並發展精熟學習的能力，理解新舊概念的差異並將這些概念重組形成新的概念體系，進行持續性的學習，此結果與當初設計的理念相吻合。

而「教科書教學組」對整體動機提升的解釋度亦達 93%（如表 6），其影響程度依序為 SLV、ALS、AG、SE，其中 SLV 解釋度為 65%，ALS 為 13%，AG 為 8% 和 SE 為 7%，這些向度達到總解釋量的 93%。由此表示以教科書為主的教學對於學習成效的影響主要是讓學生能體會科學學習的價值（SLV），體會到學習科學與日常生活是息息相關的，刺激學生進行思考，進而滿足好奇心，但其提升成果並不如「巢狀探究教學」顯著。

整體而言，學生參與「巢狀探究教學」的活動後，其動機逐漸內化，學習理化的成就感來源，從外在因素（如教師、與同儕的相互競爭、考試成績或家長的期望）的影響，轉為個人內心的自我滿足（如解決理化的難題、在日常生活中的應用或是對於課程中知識的精熟），他們能持續地學習理化知識，其同儕成為學習時的支持力量以及學習伙伴，在社會建構的情境中進行知識形成以及轉移的過程。

二、巢狀探究教學模式對動機各向度表現之影響

本節將以影響整體動機的程度，以 ALS、

SLV、SE、AG 以及其它向度（NPG、LES）呈現探究教學的影響，並以 T 檢定與多元迴歸方法（見附表 2）進行探討個題提升程度分析以及影響，現分述如下：

（一）主動學習策略（ALS）

從研究結果中顯示，進行「巢狀探究教學」對於 ALS 的影響，整體而言達到顯著的提升（見表 1），並且其提升程度也顯著高於以教科書為主的教學（表 3）。檢視單題對向度的影響（附表 2），初始狀態為負面的動機表現，但是經由「巢狀探究教學」後呈現顯著的提升為正面的表現。藉由對單題差異進行多元線性迴歸分析，以探討「巢狀探究教學」對於主動學習影響最大的因素，結果顯示影響最大者為學生能對所學習到的新概念加以理解（第 12 題，解釋度達 59%），其次為能對所面臨的問題擬定解決策略（第 14 題，解釋度達 20%），再者為有能力理解在解題的過程中所犯的錯誤（第 13 題，解釋度達 9%）。相較蔡執仲和段曉林（2005）僅針對實驗室進行探究教學，對於學生的 ALS 並無法提升僅能維持的成果，本研究融合課室以及實驗室中所進行的巢狀探究學模式，則能顯著提升學生的主動學習能力。

此結果符合 Tjosvold 和 Marino（1977）所言，探究教學能夠幫助學生進行對問題的評估、探索、發現新的問題。除此之外亦驗證 Ames 和 Archer（1988），Elliott 和 Dweck（1988）以及 Nolen 和 Haladyna（1990）所指進行探究教學時，學生能經驗到發現以及創造知識的過程，並可以應用深層認知以及自我調節的策略。

此外從結果中（第 12 題，附表 2）顯示經由「巢狀探究教學」，學生發問與討論狀況有所提升，其提問對象不限於教師而是擴及同儕，學生藉由發問能導引他們學習的方向，並能夠在提出問題時，嘗試對先前知識、

新獲得的訊息和新形成的想法產生意義。此外教師藉由學生的提問除了能瞭解學生的思考外，並能夠評鑑其對概念理解的品質、概念的架構以及對於概念所提出的另有解釋。Pizzini 和 Shepardson (1991) 以及 Zoller (1987) 指出發問在進行問題解決的歷程中是必要的，能顯著的促進學生進行有意義學習與提升學習動機，藉由發問除了能夠讓學生進行深入的思考之外，還能夠促進學生思考在日常生活情境中的關連。

上述所呈現的學習成果，應與「巢狀探究教學模式」的「情境 I」中，引發學生「參與」的階段有所關連。在本階段教師除了先行讓學生瞭解新的科學名詞及概念外，並以 LCT-I 幫助學生進行結構性探究實驗，藉由「動手做」讓學生以先前的經驗為基礎體驗科學探究的過程，形成屬於自己的知識。在「情境 II」中，以 TAP 的模式，讓學生透過知識的社會建構過程，以論證的方式尋找錯誤的原因，當學生面對學習的困難時，會有探求未知答案的動機並持續進行問題解決的歷程。而藉由「情境 III」中的 LCT-II 中的引導性實驗，讓學生實際操作問題解決的程序，瞭解知識的關連性，並且能夠延伸新的知識。因此藉由「巢狀探究教學模式」，能夠培養具有後設認知以及自我監控能力的學生。

(二)「科學學習價值」(SLV)

從研究結果中顯示，進行探究教學對於 SLV 的影響達到顯著的提升(見表 1)，並且其提升程度也顯著高於以教科書為主的教學(見表 3)。探究教學對於單題方面的影響(見附表 2)，在其初始的狀態上除第 20 題外，其他題均小於 3。此結果顯示學生在進行本研究之前，對於學習科學所蘊含的價值並沒有正向的體驗，但經過探究教學後，所有單題的表現分數均提升為正面的傾向。從附表 2 中顯示，最大的影響是讓學生體認到能夠

將學習到的知識或技能，加以重組形成對解決問題的探究能力(第 18 題，解釋度達 62%)；讓學生經驗科學的探究歷程，體認到動手做的重要性(第 19 題，解釋度為 19%)；學生覺得所學習到的知識以及技能是能夠在情境間進行轉移的，不是一種僵化的知識體系，是能夠在日常生活中加以運用的(第 16 題，解釋度為 19%)；學習科學的過程不是索然無味的，而是具有挑戰性能夠刺激思考，此外科學也是對於生活現象的詮釋方式的其中一種(第 17 題，解釋度達 5%)以及對於自然現象所提出的疑問，可藉由科學的探究過程提出解釋，滿足自己的好奇心(第 20 題，解釋度達 5%)。在先前蔡執仲和段曉林(2005)僅針對實驗進行探究教學的研究中並無法提升學生的 SLV，然而本研究則是在向度中所有個題得到全部顯著的成長。

Reif 和 Larkin (1991) 曾指出在進行教學或學習時，因教學情境與科學家工作的情境有所差距，學生常無法體會到科學的價值。但是「學校科學」是融合科學工作與日常生活的兩種情境特徵，因此建議探究教學的議題需在真實生活情境中尋找，如此學生方能體會到科學學習的目的以及提升學生的學習興趣，並覺知到科學的重要性及其價值(Eccles, 1983)。

從上述成果顯示，研究所進行的探究教學模式，在「情境 II」中的「解釋」階段的 LCT-I 以及「情境 III」的 LCT-II 的活動，以生活議題讓學生將所學習的知識及技能加以連結，並進行問題解決，讓學生能夠瞭解知識會在情境間進行轉移以及培養學生移轉與建構知識的能力，並在過程中能提升學生學習興趣以及重視科學的學習價值，頗符合 Eccles (1983) 的看法。

(三)自我效能(SE)

探究教學對於本向度的影響(見表 1)

具顯著性提升。而針對個題分析(見附表 2)，僅有第 2 題未達顯著性，統計顯示該題僅能維持原本正向的動機水準；第 1、3、4、5 以及 7 等五題，由原本負面的傾向轉為正向的動機；第 6 題起始狀態為正向，經由探究教學後獲得更佳的提升。針對個題對於本向度的貢獻，從附表 2 中可以發現，學生感受到學科概念的難度增加，但是藉由探究教學能夠讓學生去面對難度增加的挑戰(第 7 題，解釋度達 56%)，維持學生的學習信心(第 2 題，解釋度達 21%)以及提升學習理化的信心(第 1 題，解釋度達 6%)，與面對學習任務時增加其學習的持續力(第 5 題，解釋度達 6%)。本研究結果與蔡執仲和段曉林(2005)於實驗課進行探究教學的成效比較，發現只在實驗課中融入探究教學，便能立即提升學生的 SE，並幫助學生瞭解課本的學科知識，解決複雜的理化問題情境，以及具備精熟學科知識及過程技能的經驗。本研究的成果除與上述有相同成效之外，在提升學生面對困難的自我挑戰意願以及增加學習持續力方面亦有顯著的效益。因此以「巢狀探究教學模式」實施探究教學更有助 SE 面向之提升。誠如 Pajares 和 Miller (1994)、Pintrich 和 Schunk (2002)、Schunk (1981) 與 Schunk 和 Handson (1989) 所指出，提升學生的自我效能，能夠讓其更進一步評估自己的學習成效，然後以適當學習策略與行為進行後續的學習，從中改變學生對於學習的信念，使之認為自己有能力充分理解學科知識，且有信心完成學習活動，如此對於學習任務會有更強的持續力產生。

本研究的教學設計圍繞著課本單元所涵蓋的學科概念，不斷的進行概念的重組與應用，並有同儕不斷的支持與協助。經此過程，學生能從探究中感受到精熟學科知識及過程技能對於學習的重要性。在知識的建構與分

享的過程中，學生增加自己對成就的渴望，並且對進一步的學習具有信心，面對困難任務時會在解決問題的過程中進行對自我的挑戰並且能持續。

(四)成就目標 (AG)

從表 1 中可知探究教學對 AG 的影響整體上獲得顯著的提升。針對個題的分析(見附表 2)顯示，在實施探究教學之前，有四題(26、27、28 以及 29 題)呈現負向反應，顯示以往學生所經歷的科學學習對學生而言常是挫折感的來源。實施探究教學後，經由後測結果顯示，學生成成感是從學習活動本身而來，在解決問題的歷程中獲得成就感(第 27 題，解釋度 62%)；其次學生成成感的獲得是想法被老師接受並獲得肯定(第 28 題解釋度，解釋度 21%)，此乃因本研究之「巢狀探究教學模式」是透過在組內以及組間互動過程中，學生能夠充分的論述自己的想法並且對小組內所形成之知識有所貢獻；此外透過探究活動能夠幫助學生科學概念的學習，提升其考試成績(第 25 題，解釋度為 10%)。

蔡執仲和段曉林(2005)的研究成果中顯示，實施探究式實驗教學，學生參與活動的大部分原因是能夠提升學業成績。但本研究發現，在實施較長時間的探究教學之後，學生體悟到其必須精熟知識與技能，才能在各種辯證過程中進行知識的分享與溝通。誠如 Roth 和 Roychoudhury (1993) 以及 Roth 和 Bowen (1994) 所指，學生如果對於符合建構主義理念的教學有更多的體悟，在學習的過程中，能以更多的實驗活動去獲得他們自己的知識，體驗到科學的變動性，並經由同儕以及老師的回饋增加其知識，則會傾向於主動形成原理進行解釋與整合他們的想法，並以科學的推理方式產生更多具有預測性質的想法(假設)，這些就是學習科學時

其成就感的內在來源。

本向度所探討的整個「巢狀探究教學」活動對學生成就感的影響程度，雖然學生無可避免必須面對升學以及考試的壓力，但是長期實施「巢狀探究教學」是能增加學生的內在動機。

(五)其他向度 (NPG, LES)

在研究中，探究教學對於 NPG 以及 LES 的影響雖然低於 5% (見表 5)，但從表 1 的分析結果中顯示，探究教學能顯著提昇學生在 NPG 以及 LES 兩個動機向度，而這結果與蔡執仲和段曉林(2005)的研究成果相較，發現僅在實驗室中進行探究教學對於學生 NPG 的影響並無顯著差異，只呈現維持的趨勢。而本研究發現「巢狀探究教學模式」能夠促進學生的學習表現，從受到外在因素的影響改為受到內在動機的誘發。

Greene 和 Miller (1996) 指出，以外在表現為目標導向的學生，其學習策略採取如記憶等表面的學習策略。而在本研究中學生不以外在表現目標為主，並且在在前面向度中也相同顯示學生能夠採取深層的學習策略。

而探究教學在 LES 方面，蔡執仲和段曉林(2005)的研究顯示因學生普遍表示理化課本的學科內容越來越困難，且升學壓力的外在社會因素對動機的影響高過探究實驗教學。本研究的「巢狀探究教學模式」所營造出的學習環境，則能夠讓學生體會到與以往充滿競爭的環境顯著的不同的一面。從附表 2 顯示學生之前對於科學課室的感受是無趣、充滿壓力，冷漠的學習環境，但是經過長期實施巢狀探究教學後，學生體會到的一個吸引他們並具有挑戰性的學習環境，且學習過程是生動活潑的，感受到教師能以不同的教學表徵來詮釋學科知識，以及培養學生具有多樣的學習策略。

根據上述的結果，Dunkhase (2003) 指出如果以學生為中心建立探究的學習環境，以辯論的方式參與探究議題，讓學生自行進行探究歷程，最後師生共同分享結果，在整個過程中教師能看到學生學習的熱誠。長期實施巢狀探究教學，使學生經歷自我探究與對話的歷程，激發其學習熱誠與教師的教學動機，讓學生理解科學的本質是活潑生動而不是索然無味的，從中也感受到教師在探究教學中教學表徵的多元化。

伍、結論與建議

本研究所進行的「巢狀探究教學模式」，涵蓋探究教學、探究學習以及科學探究的歷程，並融入建構主義、情境認知、科學論證等理念進行教學設計。本教學模式與符合九年一貫課程精神之「教科書教學組」對於學生學習動機的影響相互比較，發現不論是「巢狀探究教學」或是以「教科書為主」的教學均能夠提升學生主動學習策略、科學學習價值、自我效能以及成就目標。此結果說明不論在教科書中或是課室教學中，只要融入探究精神就能提升學生的學習動機。然而進一步的分析發現，巢狀探究教學模式對學生的學習動機有更明顯的提升成效，特別是在於主動建構知識的後設認知策略上。

Bezzi (1996) 指出透過充滿對話的學習，學生因為在學習歷程中不斷進行溝通及互動，會不斷的測試自己的想法，將別人想法內化發展成為思考的一部份，運用新形成的知識來獲得新的訊息及解決問題。此外學生經由提出質疑、反覆檢視實驗程序以及證據，或是以另有想法(反證)來檢視論點的合適性之過程，能夠修正所形成新的主張或是認知基模。本研究所設計的「巢狀探究教學模式」，在「情境 I」中培養學生基本學科

知識以及技能的基礎，形成學生進行下一步探究活動的基礎；在「情境 II」中以 TAP (Toulmin, 1958) 的科學論辯模式進行之，透過溝通與對談能夠讓學生充分經驗到知識形成的論證歷程；在「情境 III」進行 LCT-II，由教師設計具挑戰性的議題，學生應用所培養的探究能力，自行設計實驗來進行問題的解決，並且提出論點，以社會建構的方式進行學習社群的溝通並能對自己的學習歷程加以檢核。這些歷程符合 Bezzi 論述，且此種後設認知能力的養成以及學生自主且持續學習正是以「教科書為主」的教學所無法獲得的。

整體而言，本研究所設計出的巢狀探究教學模式，能提升學生的科學學習動機，藉由對學生學習動機的提升，能夠促進後設認知能力的培養 (Hartman, 2002)。依 Hartman 的論點，動機的提升最後可促進學生問題解決的能力與有意義的知識建構。但是本研究目前僅就量化的資料對於動機的面向進行討論，且 SE 的信度值雖合理但如何加以提高等議題，建議未來可繼續收集質性的資料，對有關探究教學提升學生學習動機後，知識建構、問題解決能力以及自我效能等方面的提升加以佐證。

誌 謝

本研究承蒙國家科學委員會之研究計劃 (NSC 92-2511-S-018-003) 補助得以順利完成，特此致謝。

參考文獻

1. 教育部(2000)：國民中小學課程綱要——自然與生活科技學習領域。台北市：行政院教育部。
2. 蔡執仲和段曉林(2005)：探究式實驗教學對國二學生理化學習動機之影響。科學教育學刊, 13(3), 289-315。
3. Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D., & Tuan, H. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88, 397-419.
4. Ames, C. (1987). The enhancement of student motivation. In M. L. Maher & D. Kleiber (Eds.). *Advances in motivation and achievement: Enhancing motivation, Vol. 5* (pp. 123-148). Greenwich, CT: JAI Press.
5. Ames, C., & Archer, J. (1988). Achievement goals in the classroom: Student's learning strategies and motivation processes. *Journal of Educational Psychology*, 80, 260-267.
6. American Association for the Advancement of Science. (1993). *Benchmarks for science literacy*. New York: Oxford University Press.
7. Anderson, R. D. (2002). Reforming science teaching: What research says about inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 1-12.
8. Bezzi, A. (1996). Use of repertory grids in facilitating knowledge construction and reconstruction in geology. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(2), 179-204.
9. Brophy, J. (1987). Socializing students' motivation to learn. *Advances in Motivation and Achievement: Enhancing Motivation*, 15, 181-210.
10. Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 8(1), 32-41.
11. Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1996). *Situated cognition and the culture of learning*:

- Situated learning perspectives*. New Jersey: Educational Technology Publication, Inc.
12. Bybee, R. W., & Landes, N. M. (1988). The biological sciences curriculum study (BSCS). *Science and Children*, 25(8), 36-37.
 13. Bybee, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy*. N. H. Heinemann: Portsmouth.
 14. Bybee, R. W. (2000). Teaching science as inquiry. In J. Minstrell, & E. van Zee (Eds.), *Inquiring into inquiry learning and teaching in science* (pp. 20-46). Washington, DC: American Association for the Advancement of Science.
 15. Carin, A., Bass, J. E., & Contant, T. L. (2005). *Teaching science as inquiry*. New Jersey: Upper Saddle River.
 16. Cuieford, J. P. (1965). *Fundamental statistics in psychology and education*. New York: McGraw-Hill.
 17. DeBoer, G. E. (1991). *A history of ideas in science education*. New York. USA: Teachers Collage Press.
 18. DeVries, R. (2000). Vygotsky, Piaget, and education: a reciprocal assimilation of theories and educational practices. *New Ideas in Psychology*, 18, 187-213.
 19. Doll, W. E. (1989). Foundations for a post-modern curriculum. *Journal of Curriculum Studies*, 21, 243-253.
 20. Driver, R., & Bell, B. (1986). Students' thinking and the learning of science: a constructivist view. *School Science Review*, 69, 255-267.
 21. Driver, R., & Oldham, V. (1986). A constructive approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.
 22. Dunkhase, J. A. (2003). The coupled-inquiry cycle: a teacher concerns-based model for effective student inquiry. *Science Educator*, 12(1), 10-15.
 23. Eccles, J. S. (1983). Expectancies, values, and academic behavior. In J. T. Spencer (Ed.), *Achievement and achievement motivation: Psychological and sociological approaches* (pp. 75-146). San Francisco: Freeman.
 24. Eccles, J. S., & Midgley, C. (1989). Stage/environment fit: Developmentally appropriate classrooms for early adolescents. In R. E. Ames & C. Ames (Eds.), *Research on motivation in education* (3rd ed.) (pp. 139-186). New York: Academic.
 25. Elliott, E. S., & Dweck, C. S. (1988). Goals: An approach to motivation and achievement. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54, 5-12.
 26. Ertepinar, H., & Geban, O. (1996). Effect of instruction supplied with the investigative-oriented laboratory approach on achievement in a science course. *Educational Research*, 38, 333-344.
 27. Gibson, H. L. (1998). Case studies of an inquiry-based science programs' impact on students' attitudes towards science and interest science careers. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 417980)
 28. Gibson, H. L., & Chase, C. (2002). Longitudinal impact of an inquiry-based science program on middle school students' attitudes toward science. *Science Education*, 86, 693-705.
 29. Greene, B. A., & Miller, P. B. (1996). Influences on achievement: Goals, perceived ability, and cognitive engagement. *Contemporary Educational Psychology*, 21, 181-192.
 30. Harms, N., & Yager, R. (Eds) (1980). *What*

- research says to the science teacher (Vol. 3)*. Washington, DC: National Science Teacher Association (ERIC Document Reproduction Service No. ED 205367).
31. Hart, C., Mulhall, P., Berry, A., Loughran, J., & Gunstone, R. (2000). What is the purpose of this experiment? Or can students learn something from doing experiment? *Journal of Research in Science Teaching*, 37(7), 665-675.
 32. Hartman, H. J. (2002). Developing students' metacognitive knowledge and skills. In H. J. Hartman (Ed). *Metacognition in learning and instruction: Theory, research and practice*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
 33. Herron, M. D. (1971). The nature of science enquiry. *School Review*, 79(2), 171-212.
 34. Hodson, D. (1990). A critical look at practical work in school science. *School Science Review*, 70(256), 33-40.
 35. Hodson, D. (1992). In search of a meaningful relationship: An exploration of some issues relating of integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, 14(5), 541-562.
 36. Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (1982). The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 2(2), 201-217.
 37. Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88, 28-54.
 38. Hogan, K. (1999). Relating students' personal frameworks for science learning to their cognition in collaborative contexts. *Science education*, 83, 1-32.
 39. Kleinginna, P. J., & Kleinginna, A. (1981). A categorized list of emotion definitions, with suggestions for a consensual definition. *Motivation and Emotion*, 5, 263-291.
 40. Lee, O., & Anderson, C. W. (1993). Task engagement and conceptual change in middle school science classrooms. *American Educational Research Journal*, 30(3), 585-610.
 41. Lee, O., & Brophy, J. (1996). Motivational patterns observed in six-grade science classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(3), 303-318.
 42. Linnenbrink, E. A., & Pintrich, P. A. (2002). Motivation as an enabler for academic success. *School Psychology Review*, 31(3), 313-327.
 43. Lott, G. W. (1983). The effect of inquiry teaching and advance organizers upon student outcomes in science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(5), 437-451.
 44. Martin, B., & Brouwer, W. (1991). The sharing of personal science and the narrative element in science education. *Science Education*, 75, 707-722.
 45. Matthews, M. R. (1994). *Science teaching: The role of history and philosophy of science*. New York: Routledge.
 46. Matusov, E., & Hayes, R. (2000). Sociocultural critique of Piaget and Vygotsky, *New Ideas in Psychology*, 18, 215-239.
 47. National Research Council (1996). *National science education standards*. Washington DC: National Academy Press.
 48. National Research Council (2000). *Inquiry and national science education standards*. Washington DC: National Academy Press.
 49. Nicholls, J. G. (1984). Achievement motivation: Conceptions of ability, subjective experience, task choice, and performance. *Psychological*

- Review*, 91, 328-346.
50. Nolen, S. B., & Haladyna, T. M. (1990). Motivation and studying in high school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(2), 115-126.
 51. Norris, S. P., & Phillips, L. M. (1994). Interpreting pragmatic meaning when reading popular reports of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(9), 947-967.
 52. Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argument in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020.
 53. Pajares, F., & Miller, M. D. (1994). Role of self-efficacy and self-concept beliefs in mathematical problem solving: A path analysis. *Journal of Educational Psychology*, 86, 193-203.
 54. Piaget, J. (1971). *Biology and knowledge*. Chicago: University of Chicago Press.
 55. Pintrich, P. R., Marx, R. W., & Boyle, R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63, 167-199.
 56. Pintrich, P. R., & Schunk, D. H. (2002). *Motivation in education: Theory, research, and application* (2nd ed.). New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
 57. Pizzini, E. L., & Shepardson, D. P. (1991). Student questioning in the presence of the teacher during problem solving in science. *School Science and Mathematics*, 1, 348-352.
 58. Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
 59. Reif, F., & Larkin, J. H. (1991). Cognition in scientific and everyday domains: comparison and learning implications. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 733-760.
 60. Ryder, J., Leach, J., & Driver, R. (1999). Undergraduate science students' images of science. *Journal of Research in Science teaching*, 36(2), 201-219.
 61. Rogoff, B. (1994). Developing understanding of the idea of communities of learners. *Mind, Culture, and Activity*, 1(4), 209-229.
 62. Roth, W.-M., & Roychoudhury, A. (1993). The nature of scientific epistemologies, knowing and learning: The perspectives of four physics students. *International Journal of Science Education*, 15, 27-44.
 63. Roth, W.-M., & Bowen, G. M. (1994). Matematization of experience in a grade 8 open-inquiry environment: An introduction to the representational practices of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(3), 293-318.
 64. Rowell, P. M., & Ebbers, M. (2004). Shaping school science: competing discourses in an inquiry-based elementary program. *International Journal of Science Education*, 26(8), 915-934.
 65. Shayer, M. (1999). Cognitive acceleration through science education II: its effects and scope. *International Journal of Science Education*, 21(8), 883-902.
 66. Shayer, M. (2003). Not just Piaget; not just Vygotsky, and certainly not Vygotsky as alternative to Piaget. *Learning and Instruction*, 13, 465-485.
 67. Schumacher, D. (1998). *The transition to middle school*. (ERIC Digest, June 1998. EDO-PS-98-6).
 68. Schunk, D. H. (1981). Modeling and attribu-

- tional effects on children's achievement: A self-efficacy analysis. *Journal of Education Psychology*, 74, 93-105.
69. Schunk, D. H., & Hanson, A. R. (1989). Self-modeling and children's cognitive skill learning. *Journal of Education Psychology*, 81, 155-163.
70. Shrigley, R. L. (1990). Attitude and behavior correlates. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(2), 97-113.
71. Simon, S., Erduran, S., & Osborne, J. (2006). Learning to teach argumentation: Research and development in science classroom. *International Journal of Science Education*, 28, 235-260.
72. Taconis, R., Ferguson-Hessler, M. G. M., & Broekkamp, H. (2001). Teaching science problem solving: An overview of experimental work. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(4), 442-468.
73. Tjosovold, D., & Marino, P. M. (1977). The effect of cooperation and competition of student reactions to inquiry and didactic science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 14(4), 281-288.
74. Toulmin, S. E. (1958). *The use of argument*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
75. Tuan, H. L., Chin, C. C., Tsai, C. C., & Cheng, S. F. (2005). Investigating the effectiveness of inquiry-based teaching on the motivation of eighth graders with different learning styles. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 3(4), 541-566.
76. Tuan, H. L., Chin, C. C., & Shieh, S. H. (2005). The development of a questionnaire to measure students' motivation towards science learning. *International Journal of Science Education*, 27(6), 639-654.
77. Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
78. Weiner, B. (1990). History of motivation research in education. *Journal of Education Psychology*, 82(4), 616-622.
79. Welch, W. (1981). Inquiry in school science education. *Science Education*, 65, 33-50.
80. White, B. Y., & Frederiksen, J. R. (1998). Inquiry, modeling, and metacognition: making science accessible to all students. *Cognition and Instruction*, 16(1), 3-118.
81. Windschitl, M. (2003). Inquiry projects in science teacher education: What can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice? *Science Education*, 87, 112-143.
82. Yerrick, R. K. (2000). Lower track students' argumentation and open inquiry instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(8), 807-838.
83. Zoller, U. (1987). The fostering of question-asking capability: A meaningful aspect of problem-solving in chemistry. *Journal of Chemical Education*, 64, 510-512.

附表 1：學生科學動機量表（SMTSL）問卷內容（Tuan, Chin & Shieh, 2005）

向度	題數	單題內容
自我效能（SE）	7	第 1 題：不論理化內容簡單或困難，我都有把握能學會。 第 2 題：我對較難的觀念沒有把握學會（負向題）。 第 3 題：我沒有信心在考試中取得好的成績（負向題）。 第 4 題：不管我多努力也沒有把握學好（負向題）。 第 5 題：在課堂中所進行的活動(或寫作業)有點難時，我不是放棄就是只做簡單的部分（負向題）。 第 6 題：在進行活動（或寫作業）時，我喜歡直接問別人而不是自己想出答案（負向題）。 第 7 題：對於較難的內容，我會跳過不碰它（負向題）。
主動學習策略（ALS）	8	第 8 題：我在學習新知識時，會企圖理解它。 第 9 題：我在學新知識時，會嘗試跟自己以前的經驗做聯結。 第 10 題：當有一些觀念無法瞭解時，我會找相關資料來幫助理解。 第 11 題：當有一些觀念無法瞭解時，我會找人（老師或同學）討論來幫助理解。 第 12 題：在學習的過程中，我會企圖瞭解所學到的知識之間的關聯性。 第 13 題：當我寫錯答案時，我會努力了解寫錯的原因。 第 14 題：當我有一些觀念無法瞭解時，我會試著去弄懂這些觀念。 第 15 題：當所學的觀念，與我以前所了解的觀念有差別時，我會試著去弄懂兩者的差異
科學學習價值（SLV）	5	第 16 題：我認為學科學很重要，因為在日常生活中可用到。 第 17 題：我認為學科學很重要，因為可以刺激我的思考。 第 18 題：我認為在科學中學習解決問題的方法是很重要。 第 19 題：我認為學科學時參與活動是很重要的。 第 20 題：我認為學科學來滿足自己的好奇心是很重要的。
非表現目標導向（NPG）	4	第 21 題：我參與活動主要是為了得到好成績（負向題）。 第 22 題：我參與活動主要是為了表現比同學好（負向題）。 第 23 題：我參與活動是為了能讓同學認為我很聰明（負向題）。 第 24 題：我參與活動是希望老師重視我（負向題）。
成就目標（AG）	5	第 25 題：在學習理化時，我覺得最有成就感的時候是，當我考得很好時。 第 26 題：在學習時，我覺得最有成就感的時候是，當我對題目練習越做越有自信時。 第 27 題：在學習時，我覺得最有成就感的時候是，當我解決一個難題時。 第 28 題：在學習時，我覺得最有成就感的時候是，當我的想法被老師接受時。 第 29 題：在學習時，我覺得最有成就感的時候是，當我的想法被同學認可時。
學習環境誘因（LES）	6	第 30 題：我願意參與理化課，是因為理化課本內容生動。 第 31 題：我願意參與，因為老師教學有變化。 第 32 題：我願意參與，因為老師沒有給我壓力。 第 33 題：我願意參與，因為老師重視我。 第 34 題：我願意參與，因為課程的挑戰性高。 第 35 題：我願意參與，因為同學能互相討論。

附表 2：動機問卷單題分析

向度	題次	前測 (Mean/SD)	後測 (Mean/SD)	顯著性 ^a	解釋度 (R ²) ^b
SE	No.1	2.74/1.03	3.38/0.93	5.34***	6%
	No.2	3.21/1.04	3.18/1.01	0.19	21%
	No.3	2.87/0.93	3.12/0.97	2.02*	3%
	No.4	2.55/1.23	3.86/0.92	10.10***	3%
	No.5	2.92/1.23	3.38/1.13	3.19**	8%
	No.6	3.05/1.11	3.42/1.04	2.71**	3%
	No.7	2.64/1.13	3.66/0.94	7.91***	56%
ALS	No.8	2.57/1.05	3.72/0.86	9.95***	1%
	No.9	2.45/0.99	3.62/0.87	10.28***	4%
	No.10	2.87/1.04	3.43/0.93	4.82***	1%
	No.11	2.43/1.16	3.83/0.86	11.01***	4%
	No.12	2.69/0.95	3.57/0.90	7.52***	59%
	No.13	2.66/1.12	3.75/0.87	8.77***	9%
	No.14	2.64/1.01	3.75/0.84	9.63***	20%
	No.15	2.64/0.99	3.68/0.87	9.05***	2%
SLV	No.16	2.31/1.04	3.89/0.96	13.01***	10%
	No.17	2.66/1.10	3.60/0.90	7.59***	5%
	No.18	2.39/1.16	3.81/0.83	11.32**	62%
	No.19	2.87/1.27	3.85/0.87	8.64***	18%
	No.20	3.08/1.21	3.70/0.94	5.16***	5%
NPG	No.21	3.03/1.20	3.32/1.13	2.21*	4%
	No.22	3.03/1.26	3.65/0.97	4.71***	84%
	No.23	2.99/1.42	3.88/0.94	6.85***	3%
	No.24	3.10/1.37	3.52/1.07	2.94**	9%
AG	No.25	3.06/1.31	3.51/1.11	3.24**	10%
	No.26	2.77/1.23	3.77/0.95	7.97***	4%
	No.27	2.86/1.25	3.83/0.86	7.57***	62%
	No.28	2.96/1.13	3.50/0.93	4.28***	21%
	No.29	2.94/1.12	3.37/1.03	3.54**	3%
LES	No.30	3.01/1.08	3.37/0.98	2.85**	21%
	No.31	2.86/1.21	3.72/0.88	7.38***	11%
	No.32	2.75/1.17	3.34/0.99	4.90***	8%
	No.33	2.91/1.19	2.96/0.90	0.36	6%
	No.34	3.03/1.14	3.33/0.98	2.28*	51%
	No.35	3.14/1.24	3.84/0.91	5.70***	3%

註：^aT 檢定；^b多元線性迴歸分析；* $p < 0.05$ ；** $p < 0.01$ ；*** $p < 0.001$

Investigation of the Nested-inquiry Instruction Model on the 8th Graders' Motivation toward Learning Physical Science

Chih-Chung Tsai¹, Hsiao-Lin Tuan¹ and Chi-Chin Chin²

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

²Department of Natural Sciences Education, National Taichung University

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effect of nested-inquiry instruction on 8th graders' motivation toward physical science. There were 295 8th graders participated in the study; 155 in the experimental group and 140 in the control group. The students in the experimental group from five classes were taught with three lesson units of nested-inquiry instruction for eight months. In the control group, teachers taught with nine year curriculum textbook to five classes of students. The instrument of Students' Motivation Toward Science Learning (SMTSL) (Tuan, Chin & Shieh, 2005) were implemented to collect students' motivation toward science learning in both groups before and after eight months experimental treatment. Results showed both nested-inquiry and textbook instruction would significantly ($p < .05$) increase students' learning motivation. However, the nested-inquiry showed significantly higher scores ($p < 0.01$) than the textbook-based instruction, especially in the scales of self efficacy (SE), active learning strategy (ALS), science learning value (SLV), and learning environment stimulation (LES). Four scales, SE, SLV, ALS and AG, dominated students' motivation toward science learning in the nested-inquiry instruction. Although both instructions influenced students' learning motivation scales differently, the nested-inquiry instruction influenced ALS the most while textbooks instruction influenced SLV the most. Finally, this study validated that nested-inquiry instruction could enhance students' positive learning motivation.

Key words: Inquiry Instruction, Inquiry Learning, Learning Motivation