科學教育學刊
2005, 第十三卷第三期, 289-315

Chinese Journal of Science Education
2005, 13(3), 289-315

探究式實驗教學對國二學生理化學習動機之影響

蔡執仲　段曉林
國立彰化師範大學科學教育研究所

（投稿日期：民國 92 年 7 月 22 日，修訂日期：93 年 9 月 30 日，接受日期：93 年 12 月 15 日）

摘要：本研究主要探討探究式實驗教學對國二學生理化學習動機之影響。研究方法採量、質合併的方式進行，主要研究工具為 Tuan 等人（2002）所發展的動機問卷。實驗組進行前測、後測和延宕測三次，而對照組實施前測與延宕測兩次。除此之外，從四個實驗班班級中，各挑選八位學生進行晤談收集質性資料，作為回應與深入詮釋量化資料的分析結果。在資料分析部分，先以 t-test 比較實驗組與對照組的差異，再針對實驗組資料進行各向度表現的分析，以 MANOVA 和 Scheffe 方法討論實驗組三次施測結果的差異。本研究結果顯示，在實驗組與對照組的問卷資料比較中，「自我效能」（p = 0.008）、「主動學習策略」（p = 0.01）兩個向度達極顯著差異，而「成就目標」（p = 0.04）也達顯著差異。另一方面比較實驗組三次施測資料，實驗組學生整體動機問卷表現以及「自我效能」、「主動學習策略」、「表現目標」、「成就目標」四個分向度的表現上，均達到提升或維持學習動機的成效，但「學習環境誘因」向度略微下降。有關本研究對教學上的啟示將在文章中說明。

關鍵字：理化學習、探究式實驗教學、學習動機。

壹、前言

學生從國小進入國中階段，其學習動機、學習表現以及對科學的學習興趣會隨著年級的增加而呈現下降的趨勢（段曉林和靳知勤, 2000; Eccles & Midgley, 1989; Schumacher, 1998）。Weldy（1991）認為此現象之原因為學生從國小進入國中階段時，其生理、心理層面的轉變以及學習任務（task）的困難度增加。本研究之對象為國二學生，同時在此階段所修習的科學知識結構，較以往更具邏輯性及抽象性；面臨此種與以往截然不同的科學學習經驗，使得學生學習動機持續下降。此外教師採用傳統的講述教學以知識傳輸的方式進行教學，所產出的僅限於刻板的科學知識與科學概念的記憶，忽略科學探究能力與問題解決能力的養成，造成學生在進行實驗活動時，無法學習到相關的科學知識與技能，亦使得學生的學習動機低落（Hart,

Mulhall, Berry, Loughran, & Gunstone, 2000）。Polman（1999）與 Straits 和 Wilke（2002）指出倘若教師以建構主義取向的引導探究方式進行教學，學生能夠由合作學習的方式學習到真實的科學，則上述問題可獲得解決。

現今許多探討促進學生學業成績與動機的相關研究，強調個人與情境對於學生學習的影響，其中大部分仍集中於個人的層次，並未考慮課室情境相關的經驗，尤其是課室中與實驗相關（lab-liked）的經驗，這些經驗能夠影響學生學習動機的許多層面（Linnebrink & Pintrich, 2002; Maethr & Midgly, 1996; Patrick, Anderman, Ryan, Edelin, & Midegley, 2001; Turner, et al., 2002）。

Tobin（1990）認為，在實驗活動中，學生能發展同儕間相互的支援系統，而同儕的合作程度與學習動機對其學習理化有很大的影響。因此，如何在實驗教學中，提升學生的學習動機，對於科學的學習是非常重要的。此外 Staer, Goodrum 和 Hacking（1998）指出，科學實驗教學中的教與學都必須以學生為主，發展探索（investigation）與問題解決的能力。Kempa 和 Diaz（1990）則指出學生不同的動機特徵（trail）與學習表現具有強烈的關係，透過具開放性探究的實驗活動進行教學，不同學習類型的學生，不論其學業成就高或低，會受影響而提升其學習成就。因此，實驗教學對於讓學生能夠熟悉相關的科學概念以及技能扮演非常重要的角色。Hurd（1983）針對美國各州數學及科學實驗課程進行探討，許多高中學生反映在實驗室中的學習經驗是困難的，Hurd 亦發現食譜式的科學實驗並無法引起學生學習的動機，也未能將科學的真實面貌呈現於日常生活之中。

在目前科學教學中，實驗教學是必要的教學方式，並且為當代教育改革的重心之一，因為科學教學必須包含對科學本質的探究，而實驗的經驗通常被視為是教學上最佳的方法，可達成培養批判性思考、問題解決、觀察自然現象以及科學素養等教育改革的目的（American Association for the Advancement of Science, [AAAS], 1993; National Research Council, [NRC], 1996, 2000）。對於探究，NRC（1996, 2000）和 AAAS（1993）以及我國之國民中小學課程綱要（2000）均提出科學是一種探究的過程，探究必須成為課程內容中的中心元素（element），經由教學的方法及學生參與課室內的探究任務，發展出一系列的相關技能。

Hammer（1997）指出探究式學習，其學習的形式有多種方式，例如以問題為主的學習、發現式學習以及案例為主的學習等。這些形式共同強調在教學過程中，必須包含不同的問題及任務，讓學生在解決問題或完成學習任務的過程中，將所學的課程概念延伸應用。由學生自行設計實驗程序解決教師所提出的問題，結果呈現出當學生運用以探究為主的教學時，對科學所抱持的態度與傳統的教學相較之下持正面的態度（Gibson, 1998; Gibson & Chase, 2002; Shrigley, 1990），並能藉此提升學生學習理化的內在動機。但是，這些研究僅著重於學習成就、認知及技能的發展討論，對於影響學生學習理化的情意相關因素，並未加以闡述。

本研究選定以國中理化第二冊（國立編譯館, 2002）第七、八章「物質的變化」與「進入原子的世界」單元進行探究式實驗教學的活動單元。設計理念除採取融入情境與個人經驗的因素之外，並讓學生在進行實驗活動中經驗科學的探究。因此本研究欲探討，藉由探究式實驗教學的實施，維持或提升學生學習動機的成效。

貳、文獻探討

本節文獻探討針對影響學生學習理化之動機面向論述，再提出科學探究之相關理論，最後針對本研究所實施的探究式實驗教學之活動設計理念加以說明。

一、學習動機

一般認為「動機」是一個內在的狀態，為一種個人投入與產出的中間過程，無法直接以儀器來測得；動機就是使個體產生行動以及導引行動的方向，企求該行動朝向某一個具有目標的行為，其中影響動機的因素包含有需求的影響、欲求的強度以及行為方向的內在心理歷程（張春興, 1990; Kleinginna & Kleinginna, 1981）。Brophy（1987）研究學生學習動機時指出，在學習中具有持續性學習動機，其所呈現的普遍特質（general trait），會持續不斷地追求知識與精熟，並且將學習的動機轉變為內在酬賞（intrinsically rewarding）的性質，或是將學習視為一種義務。而 Lee 和 Anderson（1993）以及 Lee 和 Brophy（1996）針對國小學童科學學習動機的研究結果指出，學生在科學學習動機上持有正向態度時，能將學習視為享受科學的過程，並能主動建構知識。他們的學習態度是正向、積極、主動的。在學習表現上，能真正的理解並解釋科學概念，嘗試應用科學知識去理解、解釋或預測周遭的事物。此外學生若具有正向的學習動機，便能主動且持續的參與教學活動而完成學習任務。

而另一方面，Nicholls, Nolen 和 Patashnick（1985）研究發現，以精熟目標為取向的學習者在學習過程中，通常比較努力的投入，也擁有較高的學習興趣，並且在參與學習中獲得滿足感，產生良好的學習成效。因此針對學生獲得成就的來源，從動機的目標理論來看，學生會自我設定學習的目標，並認為此學習目標會影響獲取知識的動機，而獲得知識的動機將影響其學習成效。

關於動機方面的研究，由以往僅強調學業成就的傳統動機模式，著重於機制層面的探討，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, 1996; Weiner, 1990）。其中探討的動機面向包含能力、努力、作業難度、運氣、身心狀況、他人幫助等（吳幸宜, 1994）。Linnebrink 和 Pintrich（2002）再深入分析動機相關研究的轉向有三個方面：1.社會認知的動機模式與傳統的動機模式相較之下，其所顯現的動機樣貌具有動態性質，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。因此，為了整體性的論述學生學習動機，必須轉變單一面向為多元面向的角度探討學生整體動機所呈現的樣貌；2.在社會認知的模式中，動機對個人而言，並非穩定不變，而是具有情境化（situated）、脈絡化（contextual）和具特定領域的（domain-specific）特質。換言之，雖然學生的動機能夠藉由不同的教學方式引發，但是學生的動機仍依賴學校或是課室中的情境及脈絡，意味動機會隨環境或情境而發生改變，學生的動機可能受學科內容或不同的課室環境影響；3.以社會認知的層面論述動機理論模式，影響學生動機的中心概念，必須融合文化、社經背景、個人特質等等直接影響學生動機表現和學習成就等因素，這些因素雖然是外在的影響因素但仍是由個人主動地控制。此自主的控制過程對個人、情境、總結性學業成就、和未來學習成就皆具重要的影響，所以情意因素在影響個人學習上扮演重要的角色。因此，本研究藉由探討學生持有不同的學習動機，說明探究式實驗教學對學生情意方面產生的不同學習

成效。

綜上所述，具有正向學習動機的學生，其學習應是一種自然且自願的過程。因此，本研究探討影響學生科學學習動機的影響層面，乃基於 Tuan, Chin 和 Shieh（2002）發展的學生科學動機量表（SMTSL）問卷的內容進行探討，在其研究中呈現影響國中學生的科學學習動機，包含下列幾個向度：1.「自我效能」（self efficacy，SE）：學生學習理化相關知識時，對自己理化學習能力的把握，有信心獲得好成績以及能有信心面對未來學習任務的挑戰；2.「主動學習策略」（active learning strategy，ALS）：學生學習理化時，主動採用一些學習策略，將新知識與以往的經驗或知識加以連結，建構新的知識，並主動對於無法理解的知識及概念進行深入的學習；3.「科學學習價值」（science learning value，SLV）：學生在科學學習的過程中，能夠體會科學的價值，如對科學知識的運用、探究的重要性以及體會科學是另外的一種思考方式等；4.「表現目標導向」（performance goal，PG）：學生學習理化的主要目的，不僅是為了能比同儕有好的外在表現或能吸引教師的注意力，而是內心的自我滿足為主；5.「成就目標」（achievement goal，AG）：學生在科學活動當中，藉由對於學習任務的挑戰來滿足自己的成就感；6.「學習環境誘因」（learning environment stimulation，LES）：學生在學習理化的過程中，對於理化課程的改變以及對教師所營造課室氣氛的感受。

上述影響學生科學學習動機的層面，其中涵蓋「自我效能」、「主動學習策略」「科學學習價值」、「表現目標導向」、「成就目標」、「學習環境誘因」等多種層面，有鑑於 SMTSL 能涵蓋學生對自我能力的認知、對活動價值的判斷、學習目標的設定以及學習環境的影響，能全面性的探討學習動機的層面，因此本研究以此做為探討學生進行理化學習時的動機影響因素。

二、探究式實驗教學

在 AAAS（1993）以及 NRC（1996, 2000）中，強調不論在進行課程設計或是教學時，應主動包含以探究為主的教學策略。許多關於中學與探究相關的科學活動研究指出，探究式實驗教學對學生在科學成就、認知發展、實驗技巧、科學過程技能以及對於科學知識的整體性理解，遠較傳統上著重於記憶的教學為佳（Ertepinar & Geban, 1996; Gibson & Chase, 2002; Raghubir, 1979; Saunders & Shepardson, 1987; Spears & Zollman, 1977）。Gibson 和 Chase（2002）與 Hodson（1990）指出科學教育在教學上的改變，是將以往在傳統上著重事實記憶的學習，轉為以探究為主的學習，學生能在此過程中尋求問題的解答，以探究為主的學習是更有效的科學學習方式，而實驗教學常被做為討論探究學習的教學情境。

回顧科學課程中實驗教學的發展歷史，可發現實驗教學歷經不同階段，從這些發展的歷程，可呈現教學理論的轉移。依據 Martin（1999）指出，實驗教學的課程發展可分為三個階段：

第一階段是從工業革命開始，這個階段所提倡的教育目的為培養工業經濟成長中需要的工作人力。不論學生是否預備進入大學，所有的學生都以相同的課程來教導，讓學生感受實驗教學為教授科學的一種教學方法，並以鍛鍊學生的智力為目的。

第二階段從 19 世紀末至第二次世界大戰結束，此時期的實驗教學是學生透過教師進行精確的示範實驗，或是食譜式實驗來理解科學概念，進而達到心智的發展。實驗教

學完全藉由老師進行示範實驗以及學生將既定科學事實加以記憶，實驗教學的角色成為達成傳授知識的輔助教學模式。

第三階段的改變是肇因為 1957 年蘇聯 Sputnik 號事件，促使科學家開始投入科學課程的發展，其目的在培養更多的未來科學家。這一波實驗課程的改革，將以往的食譜式實驗課程，轉由引導性探究以及發現式教學方式取代。此階段強調學生學習需如同科學家一般，收集資料、從事觀察、進行問題的解決等，因而藉由實驗教學可培養學生發展高階的科學過程技能，提供學生探究與發現的機會。

然而上述階段均遭遇到發展上的困境，其中最主要面臨的問題在於學生並不具有足夠的動機持續進行學習。如 Hurd（1983）針對當時美國各州數學及科學課程所提出的報告中指出，許多高中學生在進行實驗的經驗中，覺得學習科學是非常困難的，從他們的學習經驗裡無法產生足夠的動機，促使他們繼續從事與科學相關的學習，此外學生無法將所學習到的科學相關知識及技能運用在日常生活中。

劉宏文和張惠博（2001）指出從我國現行的理化教材來看，停留在邏輯實證主義的知識觀點上，因此仍將科學探究定義為對科學概念與理論的發現與驗證的過程。此結果導致現行學校的科學實驗活動普遍以「食譜式實驗」的方式呈現，造成學生認為科學有一種固定的方法可以遵循，窄化了科學家在真實性科學探究活動中的豐富情境。在此情形下，目前我國國中理化課程中的實驗活動大多重視學科知識，脫離日常生活情境，呈現過於高度組織化的現象。鐘敏綺和張世忠（2002）以及 Bouillion 和 Gomez（2001）針對「食譜式實驗」類型的實驗活動所預定達成的學習成效提出質疑，認為如果藉由高度組織化的任務進行學習，即使其任務符合學生日常生活情境，但學生仍因為實驗活動過於組織化的設計，無法與校外所觀察或實際參與的生活經驗相連結，此類型的實驗教學造成大多數學習者無法具有主動探究與問題解決的能力。

Ausubel 於 1968 年時指出實驗教學提供學生機會接觸科學精神與方法，促進解決問題、分析與推演的能力，以及提供學生了解科學本質的機會；老師也可藉此瞭解學生學習目標與成效之間的差異，幫助學生構建其知識（Hofstein & Lunetta, 1982, 2004）。而實驗教學在科學教育中會扮演重要的角色，其原因不外乎源於實驗教學必須融入「探究」的因素。NRC（1996）針對探究做出以下的闡述，認為「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（p. 23）」。所以，探究需要使用批判和邏輯思考，並且思考其它的解釋以及對假設的確認；另外，Hofstein 和 Lunetta（2004）對探究提出的定義則為，科學家在研究自然世界中使用的方法、提出的想法與解釋以及基於科學研究所獲得的證據；顯示學習者能以真實的方法探索自然世界，提出想法以及依循證據進行解釋，並對提出的主張加以辯護，在此過程中顯現出科學的精神。由上述定義，Herron（1971）指出探究活動是一個動態的過程，過程中包含可用來作為判別假設成立或正確與否的科學知識、用來解決問題的可能方法、針對學科內容所產生特定問題的內容、問題的形成過程、實驗方法的選擇、數據（資料）的收集與詮釋、假設的成立以及最後形成知識等階段。但是這些階段的關係並非呈現直接的線性關係，

而是不斷進行回饋的網狀動態系統。

針對探究的開放程度，Herron（1971）提出探究的四個層次，由問題、操作程序以及解答提供與否，做為在探究層次上區別的依據：

1. Level 0：確認（confirmation/verification）層次。在這個層次中，學生透過事先給予解答的既定活動確認對定理的理解，其中問題、操作方法、操作步驟以及答案均提供給學生，學生只需依步驟進行操作，驗證已知的結果；
2. Level 1：結構性探究（structured inquiry）層次。教師提供學生問題、操作的方法及步驟，學生依步驟進行操作，就可以得到原本未知的結果。
3. Level 2：引導性探究（guided inquiry）層次。學生探索教師所展示的問題，與前者不同的是，學生必須自己設計或選擇的步驟解決問題，以學得其中的科學相關知識。
4. Level 3：開放性探究（open inquiry）層次。學生探索與主題相關的問題，而不論問題的形成或解決的步驟與方法皆由學生自己設計或選擇。

Staer，Goodrum 和 Hacking（1998）則採用 Hegarty-Hazel 於 1986 所提出的看法，針對實驗活動的開放程度加以分類，在分類的項目上更進一步的加入了「實驗器具」一項，並將 Level 2 細分為二個次層次（如表 1）。本研究採取 Level 2b（開放引導性探究）的方式，由學生自行設計實驗來解決教師所提出具挑戰性的任務。而 Level 1（表 1）所指的引導性探究，與 Herron 所言結構性探究（Level 1）相同，兩者皆強調在整個實驗活動中探究的開放程度，僅有「解答」未提供給學生，所有的實驗步驟和實驗程序由老師明確地表列給學生，與其他層次相較之下，該層次的開放程度較為不足，雖然能夠培養學生的過程技能，但較不符合以學生為主的建構主義教學理念，並不符合研究目的。

此外本研究不採用 Level 3 的開放性探究活動，而以 Level 2b（開放引導性探究）為設計探究活動的依歸。其原因之一是在於，所進行的探究實驗教學，是在一般的課室教學當中進行，考量探究活動主題需與課程內容相為呼應；其二為，研究對象為國二學生，其實驗技巧及理化相關知識仍待養成，學生在進行探究活動時，需由老師形成問題或任務，以及學生試圖解決問題的過程中，教師必須搭「鷹架」來幫助學生學習，在實驗器具的部分，開放學生在解決問題的過程中自行選擇使用，讓學生運用來自行設計實驗。

劉宏文與張惠博（2001）指出，引導性探究與開放性探究活動的差異，除了研究主題是否由教師或課程設計者預先訂定之外，其他相關的內涵是相當一致的。並且未經引導的探究方式，雖然期盼學生能夠主動探究知識，但是教師常保持被動消極的態度或是捨棄他們身為專家的角色，事實上並不符合 Vygotsky（1978）所提出潛在發展區（zone of proximal development）的社會建構的學習理論（Rogoff, 1994）。所以，本研究的探究式實驗教學活動是依據 Staer，Goodrum 和 Hacking（1998）所提出的 Level 2b-開放引導性探究的實驗活動為定義，做為教案設計時之依據。因此，引導性探究最大的特質在於全班共同探究同一主題，而且在此主題下，其探究題目由師生共同討論決定，學生可避免在開放探究性活動中可能遭遇的困境，如缺乏探究主題、不知如何形成探究題目等等；而且教師也可運用全班共同討論的時間，進行與此探究主題相關概念的教學。

表 1：實驗活動中的開放層次（引自 Staer, Goodrum 與 Hacking, 1998）

開放層次（LEVEL）	問題	實驗器具	操作程序	解答	一般名稱
0	√	√	√	√	確認
1	√	√	√	—	引導性探究
2a	√	√	—	—	開放引導性探究
2b	√	—	—	—	開放引導性探究
3	—	—	—	—	開放性探究

如此，學生可以免於單獨面對探究活動挑戰的壓力，一方面教師也可以掌握探究活動進行的動態情形，在有限的教學時間內，讓學生經驗到真實的科學活動。

三、教案設計理念

本研究所進行的教學改變單元是以國中理化第二冊（國立編譯館, 2002）做為實驗單元，而教案的設計除了以開放引導性探究做為理念外，研究者認為，還必須依建構主義的教學理念來進行設計。因為，建構主義強調應將人視為有機的個體，擁有主動吸收、組織與調適並精緻化知識的能力，同時也強調知識的產生是建構的過程；認為知識不僅是發現存於自然中的既存事實，而是經由創造後所產生的。

因此以學生為主的開放自主環境對學生的學習十分重要，重視與他人互動的過程中學習，強調藉由參與者彼此相互作用形成知識，所以真正探究精神的實施，必須倡導將建構知識的主體回歸到學生身上，科學學習的目標也就不再僅只於背誦科學知識與科學概念的記憶，更強調科學探究能力與問題解決能力的養成（丁信中、洪振方和楊芳瑩, 2001）。將學生的角色從知識的接受者轉換為知識的創造者時，學生的學習更能適應時代，並且促使學生發展自我的學習策略。

郭重吉（2002）指出以往舊有的課程設計，多以邏輯實證主義或經驗主義為主，認為科學知識的發展是命題的累積，知識是固定不變的，而科學活動的設計必須依照一定的研究步驟，不含任何主觀判斷，與觀察的世界毫不相干；如此的教學方式是以灌輸知識，不把問題解決、探究活動與概念改變視為課程原則，或當作課室中學習導向的教學策略。李暉（1993）提出傳統傳輸式教學與建構主義的教學兩者的差異，可分為六項：(一)在教師扮演的角色方面，傳輸式教學中的教師，其主要功能為傳達知識；而建構主義的教師則是提供經驗幫助學生建構意義，有如扮演幫手的角色；(二)在學生的角色方面，受傳輸式教學的學生是被動地接受知識；而建構主義強調讓學生主動的建構意義；(三)在學生的心智狀態方面，傳輸式教學認為學生的心智有如空容器，裝進新的想法；而建構主義的教學觀點則認為每位學生皆具固有的先前經驗；(四)在學習方面，傳輸式教學認為學習主要受外在的學習環境刺激；而建構主義的教學則認為學生學習受內在心理狀態的刺激所引發；(五)在學習的過程方面，傳輸式教學認為學習是注滿容器的過程；而建構主義教學則著重修正或改變學生先前的想法/概念；(六)對知識觀點方面，傳輸式教學認為知識存在於學習者經驗之外，與學習者個體無關；而建構主義則認為知識是被每一個體所建構出來的。所以，以建構主義精神為主的教學應重視學生固有的經驗，依此為基礎讓學生對原有的想法主動修正或改

變，形成由個人建構的新概念。

本研究為了提昇學生之科學學習動機，因此依循開放引導性探究的精神來設計探究式實驗教案，並融入建構主義強調以學生為學習以及知識建構的主體之教學模式。Resnick（1989）提出探究式教學具備三項原則：(一)學習是知識主動建構的過程，不是吸收與記憶片段資訊；(二)學習必須基於先前知識做為新知識產生的主要工具及基礎；(三)學習與所處的情境有密切的關係。而 Bybee 和 Landes（1988）與 Bybee（1997）提出的 5E 教學模式強調學習者的主動建構知識，並且在教學設計上必需與學生的先前知識加以連結，並強調情境脈絡之重要性，這些特色將融入本研究教案設計的依據。除此之外本研究亦參酌 Driver 和 Oldham（1986）所提出建構主義教學模式的理念，強調學生在學習時概念改變的動態歷程，其教學模式包含五個階段：(一)確定探討方向：藉由活動的實施以及任務的挑戰，激發學生對科學的學習興趣；(二)引出學生的想法：透過小組報告，讓老師與學生以及學生同儕間，能夠注意到學生間彼此原有的想法；(三)學生想法的重組：包含學生的概念澄清與交換，將學生置於衝突的情境，讓學生覺察到其中概念的差別，然後經過修正和擴充，建構出新的想法，最後再經由小組討論後，評鑑新想法的合適性；(四)應用新的想法：利用不同的情境來增強學生對新建構想法的應用，並且能夠在新情境中，發展出新的技能及概念體系；(五)回顧想法的改變：注意到學生想法的改變並使學生熟悉其學習歷程，而能省察自己想法改變的程度。我們認為探究活動本身即為了能協助促進學生概念的改變，因此亦融入 Driver 和 Oldham 的教學模式來設計。綜合言之，本研究結合 Bybee 等人（1988, 1997）以及 Driver 和 Oldham（1986）的建構主義教學模式以形成符合本研究建構主義理念的探究式實驗教學模式。

其中依 Bybee（1997）所提出的 5E 教學模式五個階段在本研究教案設計中，扮演角色分述如下（範例詳見附件一）：(一)參與（engagement）階段：在整個教案中扮演學習任務的起始階段，主要以預先設計的活動或任務，將學生過去和現在的學習經驗加以連接，並且其設計流程著重學生在學習過程中的思考歷程。此思考歷程呈現在為了解決老師所提出的任務之探索過程中，學生對科學概念、科學過程和實驗操作技巧能重新加以審視，並基於學習者的舊有概念體系，進行概念重組。本研究教案讓學生針對教師所提出的問題，自行進行實驗設計來解決問題，確定其探討的方向，在動手做的過程中，進而提升學生的科學學習動機及興趣；(二)探索（exploration）階段：本階段希望藉由學生所形成的科學知識及概念，做為其經驗基礎，讓學生在對問題進行解決的過程中，基於過去的這些經驗基礎，對所學習到的新概念、過程和技能能夠重新加以確認而進行發展；在本教案中透過實際的活動，學生能夠主動地探討他們的問題並操作實驗來進行探索的活動，再經由小組討論後提出報告，引出同組學生彼此的想法，並獲得小組的共同結論；(三)解釋（explanation）階段：本階段是讓學生能夠將在進行問題解決時所面對的特定面向或探索的經驗，讓學生有機會去歸納資料，協助其概念上的理解。同時藉由小組間討論，在小組的報告及討論時，以公開發表及辯論的方式進行，培養學生對談的技巧及行為，將學生置於衝突情境中，讓學生的想法接受挑戰進而將初始形成的概念體系再度進行重組，此外在討論過程中，亦能提供機會引導學生對新學習到的概念、過程及技能重新確認；(四)精緻化（elaboration）

階段：這個階段是對學生新形成的概念重新加以挑戰，除了讓學生能夠將其概念加以延伸發展外，還希望學生有機會去應用所產生的新想法。學生由對活動所產生的結果進行解釋的過程，能幫助學生重新進行確認、定義並形成新的概念體系，發展出較為深廣的新想法，並能經由對概念的理解，收集到更多的資訊以及培養出合適的技能；(五)評鑑（evaluation）階段：學生雖經由上述的階段建構出新知識，於本階段中則鼓勵學生去評估他們自己的理解和能力；另一方面提供老師機會去評鑑學生在學習過程中所獲得的成就，並做為之後教學改進的參考。此外讓學生回顧想法的前後改變，得以使學生能注意其學習歷程並培養其後設認知的能力。

此模式與 Loving（1997）所提有關探究的面向吻合，認為探究過程的面向應包含有形成問題與假說、設計研究與資料處理、資料分析、詮釋、概念統整、建立論證與社群溝通。因此本研究教案設計依照建構主義理念，以五階段建構主義教學模式作為科學探究教學的過程，並時時注重 Resnick（1989）所提的原則作為符合探究式教學的依據。藉由增加參與者的互動性以及動手操作的機會，發展同儕間相互支援的體系，以符合探究的精神，來提升學生進行科學學習的動機。

Tamir（1989）指出，許多中學生發展基本的實務技能時遭遇困難，如觀察、量的估計、設計實驗以及產生推理，其主要原因源於學生無法將學科中的理論性概念與實驗的經驗相連結；而以探究導向的實驗教學則能讓學生將相似學科的功能性（functional）知識予以應用，熟練實驗技巧和智力上的探究技巧（如形成假設）來解決所遭遇的困難。Brown，Collins 和 Duguid（1989）宣稱知識本身具有包括透過真實活動而逐漸發展的情境特性。知識就如工具一樣，如果不使用它，那知識所代表只是一種物質的儲存，惟有使用它，才能夠發揮其原本設計的功能，甚而再創造出新的衍生功能。所以，知識必須在情境中使用，才能具有知識的意義。換言之，除非知識在對個人有意義的情境下派上用場，否則知識並不具存在的價值，於是本研究設計著重提供學生適當的情境，能夠針對教師所設計的問題提出解決方案，藉由親自動手實驗收集資料，進行同儕的討論並形成結論，在操弄知識的情境中，讓學生進行有意義的學習。Taconis, Ferguson-Hessler 和 Broekkamp（2001）主張使學生能夠增加長期記憶以及形成新知識表徵的方法，必須讓學生擁有該實驗單元的基本知識及操作技能，再經由實驗活動中動手操作的任務，形成新的知識及技能，如此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。

綜合上述，本研究實施的探究式實驗教學，實驗活動的開放性程度以 Staer, Goodrum 與 Hacking（1998）採用 Hegarty-Hazel 於 1986 所提出的 Level 2b 層次之開放引導性探究，教師以建構主義的教學模式來進行探究教學有關教案參見附件一，學生對特定問題進行動手操作來驗證其預測的結果，並透過教師與同儕共同討論溝通後，形成新知識的共識。此種方式所形成的知識，不僅僅只是一個記憶性的知識，而且學生能夠在情境間轉移的知識及技能方具實用性。在設計流程方面，在教學前先由教師參考課本分析內容，列出在該單元學生應具備的基本知識（純物質與混合物的物理性質）及操作技能（溶解、過濾、加熱、結晶等）；教學時，教師闡述相關理化知識以及說明實驗的要點和注意事項，引導學生進行既定程序的實驗，並由老師檢核其學習成效，作為學生建立本實驗所

需的基本知識與操作技能，接著進行探究式實驗教學教案，其設計以「7-2 純物質與混合物」單元為例，列出教案中「建構主義教學模式」各階段的目的（說明參見附件一），在教案實施的流程中，教師給定一個具有情境背景的任務，讓學生將不同物質混合的粉末分析出來，判斷其物質為何，並且讓小組上台進行成果報告與分享，其內容包含實驗設計的流程、過程的操作、數據的收集和分析以及結果的呈現、討論等，這些步驟能讓學生運用所學的知識解決問題，所需要的能力，不只是實驗過程的操作，還需推理、判斷、運用其所得的證據加以解釋、分析等等後設認知能力。

透過此教案的設計及實施，讓學生覺知到所學的知識並不是無用的，因而能夠維持其理化的學習動機；並藉由小組合作的解決問題歷程，使學生不會覺得學習是無助、孤單的。學生從學習的互動以及知識形成的歷程中，體會科學家社群內互動及知識產出的過程，能夠提升其對科學學習的動機，使學生自發、自主且持續性的學習。藉由從事任務過程中不斷精練解決問題的能力與技巧，使學生能夠達到學習的目標，得到成就感以及對自己的學習負責。

叁、研究方法

胡幼慧（1996）指出以多元的方法進行研究，能夠找尋更值得信賴的詮釋。因此本研究主要以量、質合併的方式進行資料分析。量化資料方面，以問卷方式收集學生學習理化動機的面貌，為主要的資料收集來源；而質性資料方面，則晤談個案班級學生，晤談焦點著重其問卷的回答以及其動機變化之原因，深入瞭解，做為詮釋量化資料結果的依據，並探討影響學生動機的深層因素。此外參與研究的教師，每隔兩周參與研究群的會議，除進行研究理念及教學成果的分享外，並參與教案設計及修訂，會議均錄影並轉錄以多元角度檢核學生動機改變之因素。

本研究樣本有實驗組和對照組各四班，分別位於台中市（1 所，實驗組與對照組各 1 班）、台中縣（1 所，實驗組與對照組各 2 班）以及彰化縣（1 所，實驗組與對照組各 1 班），選擇的方式是由四位個案教師各選擇其任教學校兩班進行常態編班的班級，其學習成就、學習意願與學習意願相當。當個案教師在實驗班進行開放引導式探究實驗教學時，其授課時數與進度均與其在對照班進行傳統教學時相仿。對照班依據國中理化第二冊（國立編譯館, 2002）的版本進行傳統講述式教學，在實驗室則採用傳統的分組進行食譜式實驗，而在實驗班則利用本研究所設計的教案進行教學（參見附件一）。由於本探究教學活動並不需要昂貴器材，因此在實驗室的設備和器材提供方面，實驗組與對照組均相同。而參與研究的科學教師，則需在實施教案時，對研究群報告其教案實施方式以及進度，並分享其教學心得，適時修正其教學方式，以符合探究教學的精神。在教師進行探究式實驗教學活動的過程，對每一個實驗班級進行攝影及記錄，以確認教師依照本教案的設計進行教學。

量化資料收集包含前測、後測及延宕測。前測於上學期開學後一個半月進行施測；後測於下學期初實施探究式實驗教學後，只對實驗組班級進行施測；而於下學期的期末，再對實驗與對照組進行延宕測驗。研究樣本規模，在實驗組方面，包含共 4 班計 135 人參與，實施前測、後測及延宕測；對照組則有 4 班，收集前測（129 人）及延宕測（136 人）的問卷施測資料。另外質性資料方面，針對實驗組的學生進行晤談，分

別於前測、後測及延宕測後實施共三次。研究者對各實驗班分別挑選八位口頭表達能力佳的學生進行晤談，男女各半共有 32 位，均涵蓋高（每一個個案班兩位，男女各一）、中（每一個個案班四位，男女各二）、低（每一個個案班兩位，男女各一）學習動機的學生。而學習動機的高低是以學生施測 SMTSL 問卷的前測分數為判定標準，學生其動機分數高於平均值的一個標準差為高動機表現，而低於平均值一個標準差則為低動機，其分數在正負一個標準差之間則為中動機。

本研究採用的問卷為學生科學動機量表（SMTSL）（Tuan, Chin & Shieh, 2002），包含向度有：1.「自我效能」（self efficacy，SE，7 題），2.「主動學習策略」（active learning strategy，ALS，8 題），3.「科學學習價值」（science learning value，SLV，5 題），4.「表現目標導向」（performance goal，PG，4 題），5.「成就目標」（achievement goal，AG，5 題），以及 6.「學習環境誘因」（learning environment stimulation，LES，6 題）。此份動機問卷的 α 值為 0.89，各向度值介於 0.70 至 0.89。於本研究樣本中，其 α 值為 0.88。SMTSL 以李克特式五分等第作為等級區分，分為非常同意(5)、同意(4)、無意見(3)、不同意(2)、非常不同意(1)等五個尺度，其問卷內題目範例見表 2。

本研究使用 SPSS 中文 10.0 版作為統計分析的工具，進行 T 檢定、多變量分析（MANOVA）以及 Scheffe 法等分析方法，呈現分析數據包含平均值（Mean）、標準差（SD）、F 值、T 值以及顯著性（Sign）。除了比較實驗組與對照組之間的差異之外，特別針對實驗組的三次測驗，以 Scheffe 法排序，分析學生在不同學習階段，其動機表現的差異程度。針對延遲效應的問題，研究者採用之檢核方式為對於對照組進行前測以及延宕測比較，實驗組在前測與後測、後測與延宕測以及前測與延宕測均進行比較，發現向度之間所呈現的效應並不相同，並無一致的結果。此外從分析方法中採用 Scheffe 的分析方法，進行前、後以及延宕測的兩兩分析，因此，在本文所呈現的研究成果中，已考慮延遲效應的部分並加以分析與呈現。

而在質性資料方面，採取半結構式晤談題目的設計，由研究者進行一對一的方式進行晤談。研究者轉錄所有晤談資料配合課室觀察資料，透過分析與歸納，對質性資料與量的資料進行比較、對照寫出詮釋的內涵。文章中代碼部分，如 *(Interview-C-2002/06/14)*，其中 Interview 代表晤談，C 表示實施的班級代號，2002/06/14 為實施日期。在晤談資料中，R 為研究參與人員，S 則為接受晤談的學生。

肆、研究發現

本研究以「實驗組與對照組比較」及「實驗組各向度表現」兩方面論述分析結果。實驗組與對照組比較方面，主要以實驗組與對照組的施測資料進行 T 檢定分析，以顯示兩者間之差異。接著再針對實驗組資料進行各向度表現分析，以 MANOVA 和 Scheffe 的分析工具，比較實驗組三次施測結果，討論學生於不同學習階段時各向度表現情形。

一、實驗組與對照組比較

本研究學生的整體與各向度動機表現，其量化分析結果呈現在表 3。從表 3 的資料可顯示，實驗組與對照組在研究初期，其動機各向度及整體表現沒有顯著差異（119.13：119.67），可視為兩組學生於前測時有相同的學習動機。但是，實驗組班級經由融入探究

表 2：SMTSL 各向度內容概述

向度	題數	概略敘述
自我效能	7	1. 不論理化內容簡單或困難，我都有把握能學會。
		2. 不管我多努力也沒有把握學好理化（負向題）。
主動學習策略	8	1. 我在學習理化新知識時，會企圖去理解它。
		2. 在學習理化的過程中，我會企圖瞭解所學到的知識的關連性。
科學學習價值	5	1. 我認為學習理化很重要，因為能在日常生活中可用到。
		2. 我認為理化課中參與科學探究活動是很重要的。
表現目標導向	4	1. 我參與理化課的活動主要是為了得到好成績。
		2. 我參與理化課的活動是希望老師重視我。
成就目標	5	1. 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。
		2. 在學習理化時，我覺得最有成就感的時候是，當我想法被同學接受時。
學習環境誘因	6	1. 我願意參與理化課，是因為理化課本內容生動。
		2. 我願意參與理化課，是因為課程的挑戰性高。

表 3：實驗組與對照組 T 檢定差異分析（Mean/SD）

		SE	ALS	SLV	PG	AG	LES	TOTAL
前測	實驗組（M/SD）	22.17/3.64	29.18/4.35	18.53/2.63	9.70/2.57	18.86/2.55	20.69/3.12	119.13/11.60
	對照組（M/SD）	22.13/3.81	29.12/4.87	18.84/2.89	9.94/3.23	18.89/3.53	20.75/3.25	119.67/13.80
	T 值	0.08	0.12	-0.92	-0.65	-0.09	-0.16	-0.35
	顯著性	0.94	0.91	0.36	0.52	0.93	0.87	0.73
延宕測	實驗組（M/SD）	23.76/4.83	29.56/4.61	18.40/2.82	9.53/2.74	17.48/2.30	20.36/3.47	119.08/14.15
	對照組（M/SD）	22.18/4.89	28.11/4.84	18.34/2.72	10.23/2.95	17.07/2.59	20.08/3.61	116.01/13.75
	T 值	2.66	2.52	0.18	-2.03	1.37	0.66	1.81
	顯著性	0.008**	0.01**	0.86	0.04*	0.17	0.51	0.07

1. Self Efficacy (SE); Active Learning Strategy (ALS); Science Learning Value (SLV); Performance Goal (PG); Achievement Goal (AG); Learning Environment Stimulation (LES)
2. *, $p < 0.05$; **, $p < 0.01$; ***, $p < 0.001$

式實驗教學後，其整體動機表現優於對照組（119.08：116.01）。而對各動機向度分析，前測時不具顯著性差異，而經由探究式實驗教學的實施，在延宕測的資料中顯示（見表 3），實驗組於「自我效能」、「主動學習策略」、「表現目標導向」向度的表現比對照組高，並達顯著性差異（$p < 0.01$）。其他「表現目標導向」、「科學學習價值」以及「學習環境誘因」向度雖未達到顯著性差異，但其最低分數都能夠維持在前測時的動機水準（見表 4），顯

表 4：實驗組各向度單題平均 MANOVA 及 Scheffe 法分析結果（Mean/SD, F-Value, Sign.）

Tests	SE	ALS	SLV	PG	AG	LES	TOTAL
前　測	3.16/0.53	3.60/0.57	3.68/0.52	2.43/0.67	3.80/0.52	3.42/0.55	3.38/0.35
後　測	3.45/0.74	3.59/0.58	3.63/0.59	2.37/0.63	3.65/0.60	3.37/0.63	3.40/0.44
延宕測	3.38/0.72	3.66/0.62	3.68/0.62	2.38/0.73	3.50/0.46	3.38/0.61	3.39/0.42
F　值	5.15	0.51	1.89	1.36	7.75	0.20	0.03
顯著性	0.006**	0.60	0.24	0.18	0.006**	0.82	0.97
Scheffe	PT、（POT、DT）				（PT, POT）、（POT、DT）		

1. 前測 PT，後測：POT，延宕測：DT

2. *, $p < 0.05$; **, $p < 0.01$; ***, $p < 0.001$

表 5：對照組各向度單題平均 T 檢定差異分析（Mean/SD）

Tests	SE	ALS	SLV	PG	AG	LES	TOTAL
前　測	22.13/3.81	29.12/4.87	18.84/2.89	9.94/3.23	18.89/3.53	20.75/3.25	119.67/13.80
延宕測	22.18/4.89	28.11/4.84	18.34/2.72	10.23/2.95	17.07/2.59	20.08/3.61	116.01/13.75
T　值	-0.10	1.69	1.47	0.76	4.80	1.59	2.39
顯著性	0.92	0.09	0.14	0.45	0.000***	0.11	0.02*

1. *, $p < 0.05$; **, $p < 0.01$; ***, $p < 0.001$

示學生能夠持續維持對理化學習的正向態度。因此，整體而言，融入探究式實驗教學的班級，其動機表現比進行傳統式教學的班級高。而對照組的表現（見表 5），所呈現的是在「自我效能」、「主動學習策略」、「科學學習價值」、「表現目標」、「學習環境誘因」等在學期末時並無顯著的變化產生，「成就目標」以及問卷整體表現方面，均呈現下降的趨勢；其中「成就目標」向度如同實驗組，呈現下降的趨勢，換言之面對學科內容難度的增加，學生在學習理化時，其成就感無法單由考試成績來獲得滿足。此外對照組的整體表現是呈顯著的下降（$p < 0.02$），此表示的是學生在傳統灌輸式的教學中，學習科學的內在動機明顯下降。

以實驗組本身的表現來看（見表 4），問卷的整體表現在後測與前測之間的差異，雖未達統計上的顯著差異（$p = 0.07$），但實驗組在延宕測時的整體表現，仍維持在前測的水平，從此三個不同階段所得的單題平均分數，也呈現出穩定的情形。反觀對照組的總體分數（見表 5）則有下降的趨勢，此結果表示實驗組的學生對科學學習的動機仍維持一開始接觸理化課程時的水準，相較於對照組的動機分數下降，實驗組學生並不因學科內容或考試壓力增加，而降低其對理化的學習動機。事實上，從表 4 所呈現實驗組在各階段（前測、後測、延宕測）的單題平均分數，均維持 3.38 以上，顯示學生的學習動機一直維持正向的表現。

從表 4 來看，「自我效能」、「成就目標」兩個向度達顯著差異（$p < 0.005$），「自我效能」顯示學生對理化學科知識的態度，傾向更生活化，並且提升學生對自我能力的信心，有意願和毅力面對更複雜的理化實驗任務。學生將科學的思考內化為本身思考的一部分，降低日常生活知識與學校科學知識之間的差距，減少學習的困難度以及排拒的心

理，提升對學習理化的信心以及幫助概念的記憶，讓學生有意願從事更複雜的理化實驗任務以及對概念學習上的挑戰；在「成就目標」向度上的差異，學生接受本研究實施的探究式實驗教學進行理化的學習後，其學習的動機逐漸由外在轉為內在，學習理化的成就感來源，從外在因素（如教師、同儕、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），持續地學習理化知識，降低外在酬賞因素的影響。而「主動學習策略」及「表現目標導向」兩個向度呈現動機維持初測水準的狀態，相對的對照組呈現下降的趨勢。在影響學生「主動學習」策略方面，因為探究式實驗強調以生活化議題達到與日常生活經驗相結合，學生容易與舊有經驗結合或比較，因而對學習理化有自信心，並且主動學習、保持對未知事物的興趣、學習到有用的知識、解決問題的過程中有成就感產生與保持對於事物的好奇心。不但如此，在實施教學的各個階段，學生必須與同儕相互合作，透過與他人溝通的互動歷程，學習尊重別人的意見，以證據來說明主張或論證個人想法的適切性，進而形成一個科學學習社群。

二、實驗組各向度表現

本節以另一角度分析探究式實驗教學影響動機的成效。針對實驗組進行的三次問卷施測資料（前測、後測、延宕測），以 MANOVA 和 Scheffe 的方法進行各向度之前、後和延宕測的分析。學生在「自我效能（SE）」以及「成就目標（AG）」兩項動機向度上的表現達顯著差異（$p < 0.006$）（見表 4），再細探各單題之差異，呈現達 8 題，在統計上呈現顯著差異（$p < 0.001$）（見表 6），包含第 3、5、7、17、25、32、33、35 題，各單題內容列於表 7。而其它向度，如「主動學習策略（ALS）」、「科學學習價值（SLV）」、「表現目標導向（PG）」、「學習環境誘因（LES）」等，皆呈現平穩的趨勢，並無顯著的差異。以下就各向度輔以質化資料深入分析。

(一)自我效能（SE）

「自我效能」方面（見表 4），學生於此向度的平均分數由前測（3.16）至後測（3.45）和延宕測（3.38），均維持正向；並且從分析中，「自我效能」在前測至後測時，以 Scheffe 分析具有明顯的差異產生，並且其上升的成效延續到延宕測。由此可見，學生經過探究式實驗教學的實施，在自我效能方面的動機能立即提升並持續至後測。影響本向度的原因，可檢視單題分析以及質性資料進行討論。

從表 6 可見，在「自我效能」向度中的第 3 題呈現出顯著的差異，在前測（2.72）與後測（3.16）的比較，呈現顯著的差異，而此顯著的差異能維持至延宕測（3.16）時；結果分析顯示，學生在進行探究式實驗教學時，能夠從面對理化的考試時，沒有信心能夠得到好成績，轉為有信心能取得好成績。

從質性資料中可以發現，學生增加信心的原因，主要在於進行本研究所設計的實驗活動，能夠幫助學生瞭解課本的學科知識，並且學生能夠運用科學方法來解決複雜的理化問題情境，使學生對自己的學習更有信心。從對學生的訪談中，我們可以發現學生普遍認知到探究式教學活動的設計，是與日常生活有密切關連，這些與課本實驗為主的教學有明顯的不同。

R：那老師這種上課方式你覺得是比較好還是比較不好？

S：比較好。

R：原因能不能敘述一下。

S：就之前講的啊，操作、討論、歸納，這

表 6：實驗組動機問卷單題 MANOVA 及 Scheffe 法分析結果（Mean/SD, F-Value, Sign.）

	第 3 題	第 5 題	第 7 題	第 17 題	第 25 題	第 32 題	第 33 題	第 35 題
前　測	2.72/0.99	2.66/1.00	3.33/0.89	3.79/0.76	3.62/0.98	3.78/0.98	3.36/0.97	3.34/1.01
後　測	3.16/1.04	3.23/1.09	3.69/0.98	3.46/0.88	3.55/0.98	3.58/0.98	3.03/1.03	3.60/ 0.93
延宕測	3.16/0.92	3.31/1.05	3.49/1.02	3.33/0.95	2.36/0.97	3.41/0.97	3.16/0.93	3.73/ 0.90
F　值	6.69	13.27	3.48	7.53	53.28	3.60	2.97	4.36
顯著性	0.001***	0.000***	0.03*	0.001***	0.000***	0.03*	0.05*	0.01**
Scheffe	(PT)	(PT)	(DT, PT)	(DT,POT)	(PT, POT)	(DT, POT)	(PT)、(POT)	(POT., PT)
	(DT, POT)	(POT, DT)	(POT, DT)	(PT)	(DT)	(POT, PT)	(DT)	(POT, DT)
向度	SE	SE	SE	SLV	AG	LES	LES	LES

1. 前測：PT，後測：POT，延宕測：DT

2. *, $p < 0.05$; **, $p < 0.01$; ***, $p < 0.001$

表 7：各單題意義敘述

題次	敘　　述	向度
第 3 題	我有信心在理化科的考試中取得好的成績。	SE
第 5 題	理化課中所進行的活動（或作業）有點難時，我不會放棄或就是只做簡單的部分。	SE
第 7 題	對於較難的理化內容，我不會跳過而不碰它。	SE
第 17 題	我認為學習理化很重要，因為可以刺激我的思考。	SLV
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。	AG
第 32 題	我願意參與理化課，因為老師沒給我壓力。	LES
第 33 題	我願意參與理化課，因為老師重視我。	LES
第 35 題	我願意參與理化課，因為同學能互相討論。	LES

些如果是這樣的話觀念就會很清楚…

（Interview-B-2002/02/18）

「自我效能」呈現學生在理化實驗情境中的自我期望，以及認為自己能夠感受到對於精熟學科知識及過程技能的經驗。從下一段的晤談資料中，學生體認到實驗對學習科學的影響。因此，當面對理化學習時，學生增加自己對成就的渴望，所以在認知策略上轉變為以自我監控的學習為主，並且能夠讓學生在學習理化時有成就感產生，對未來的學習有信心。

R：你這一學期有沒有信心理解老師所教的理化知識？

S：我覺得？

R：比上學期來講？

S：有吧！

R：是更加的聽得懂，還是…。

S：我覺得更加的聽得懂。

R：好。你覺得你有信心學習理化，是在討論課、實驗課、還是講述課的時候？

S：實驗課。（Interview-A-2002/05/28）

另外從第 5 題呈現，從前測（2.66）到後測（3.23）時呈現顯著的差異，此效果與第 3 題相同延至延宕測（3.31）時；學生對於完成學習任務的堅持度增加，在面對困難任務的挑戰時，不採取逃避的態度。在第 7

題中，則呈現前測（3.33）與後測（3.69）間有顯著的差異，雖然在延宕測（3.49）時，學生的表現分數下降，但從前測與延宕測之間的比較，仍呈現顯著的差異（$p < 0.001$）。此結果顯示學生面對學科內容難度提升時，仍然會嘗試去瞭解學科的知識，挑戰高難度的課程內容。

在段考結束後，晤談學生對於進行實驗對其考試的幫助時，學生普遍認為實驗能夠協助其進行深層的學習以及記憶，並且能夠幫助其面對考試的挑戰。所以，藉由老師進行探究式實驗教學，學生對任務的挑戰或未來的升學考試，都有把握理解理化概念且加深記憶，也提升了學習的持續性。

R：做實驗呢？

S：做實驗也很喜歡，因為實驗過程，有時候我們在課本上的東西。老實說，課本上也不一定是完全正確的東西，有時候在實驗的時候，你會發現特別的地方，會更加去注意，有時候在考試的時候會突然想到，ㄟ在課本上是這樣子，可是做實驗是另外一回事，你會突然去想要把實驗的內容融到考試裡面去。（Interview-A-2002/05/24）

Schunk（1981）以及 Pajares 和 Miller（1994）指出，當提升學生的自我效能時，學生面對學習任務會產生更強的持續力。因此，探究式實驗教學對「自我效能」向度的影響，提昇了學生學習成就的自信心，面對困難任務的自我挑戰以及面對困難理化內容的持續力也有顯著的效益。另外，學生除了認為學習理化的目的能夠在日常生活中運用之外，還有助於適應考試文化的需求以及做為未來選擇職業的依據。

(二)主動學習策略（ALS）

在「主動學習策略」方面，學生由前測（3.60）至後測（3.59）和延宕測（3.66）時，均維持穩定的狀態（見表 4）。此向度強調自主學習的重要性，學生能主動地將所學的理化知識與日常生活經驗相連結，並且嘗試解決在學習過程中遇到的困難。雖然針對此向度進行的單題分析，並沒有發現顯著的差異，但從表 3 的實驗組與對照組比較，該向度在延宕測時有顯著的差異（$p < 0.01$）。對照組的學生於此向度上的表現呈現下降的趨勢，而實驗組的學生能夠維持原本對理化學習的態度。

從質性的資料顯示，藉由探究式實驗教學，學生認為在學校所學的知識為解決問題時應具備的基本知識，學生能夠依據這些知識，於課後進行自我學習，在面對困難的學習任務時，能運用課堂上所獲得的理解進行延伸性的學習。

S：其實在上課學的時候…就是…嗯…學的都是一些基本的觀念，然後再回家自己寫，就是一些觀念複習一下，然後就是寫一些那些比較那種…就是那種延伸題…延伸題思考，就考那種題目。

///

R：那如果它整理出來的資料是我們課堂上…沒有…沒有做到實驗或是沒有討論到的，這時候你的處理方式是什麼？

S：沒有看過的哦？

R：就是…你會用背呢？還是說…？

S：先理解！因為只是背下來的話，其實你不了解是沒有辦法應用的。（Interview-B-2002/02/18）

在本研究中，探究式實驗教學對於「主動學習策略」向度的影響，雖然在單題表現上，並無突出的面向產生，其顯著差異是由整體的改變累積造成，因此學生的理化學習策略需要藉由實驗操作來幫助其與概念連結並增加其精熟學習的經驗。

(三)「科學學習價值」（SLV）

在「科學學習價值」的向度中，本研究

所實施的實驗教案融入探究的精神，以及強調理化知識在日常生活中應用的重要性。本教案設計依「開放指導性探究」的精神，由老師指定問題或是任務讓學生達成。雖然學生藉由此過程學習到與學科內容相關的知識及技能，雖然在第 17 題（見表 6）中呈現，學生對於「自我思考」的刺激呈現下降的趨勢，在延宕測時達到最低點（3.33），其差異達顯著性（$p < 0.001$），但仍保持平均分數大於 3 的水準，屬於正向的回應。從晤談資料得知，其可能原因是學生受到補習文化的影響，缺少進行自我思考的鍛鍊，此外在考試的壓力下，學生普遍著重考試成績和對知識立即的加以記憶；對於進行實驗的認知，也集中於幫助進行理解或是記憶，造成在刺激學生主動自我思考的層面上呈現下降的趨勢。藉由本研究所進行的探究式實驗教學，學生體認到學習科學的價值，必須與日常生活中的事例結合，能夠加以運用。

R：那你這種方式跟剛開學的時候有沒有不一樣？

S：就剛開始的時候就死記課本重點，然後有在操作，可是沒有記住。

R：是什麼原因讓你有這樣的改變，原本是操作完就死記是不是？

S：哦，現在認為操作比死記好用多了，死記就記得要死要活的，然後操作過一遍就完全記起來

R：但是你上學期也常操作的啊？

S：就是操作之後完全沒再去想。

R：哦，了解你的意思，那你剛講說為什麼你學期初會用這種方式也就是操作後沒有深入去了解，然後到最後用強記的，可是現在你改變方式操作完以後你會再深入一點，這樣才比較好記？

S：因為操作完後就很容易忘掉，然後如果你很用心去操作的話，你就很容易記住，然後日常生活看到就不會忘掉，然後…因為操作過後記得住。（Interview-B-2002/02/18）

Ecceles（1983）指出學生在學習時，對學科的重要性或是價值受他們覺知何者為重以及他們的興趣所影響，因此學生在乎的是如何面對並完成學校的功課，以及記憶老師所教授的知識。本研究中的學生，在二年級下學期時普遍感受到升學考試的壓力，雖在學習上以考試導向為重，但是藉由本研究體認到科學是與日常生活相關的，並且進行實驗有助於學習，進而影響學生對科學學習價值的觀點。

(四)表現目標導向（PG）

在「表現目標導向」向度方面，進行單題平均分析結果（見表 4、6），並無顯著差異，呈現維持穩定的趨勢。學生學習理化時，不以受到老師重視為促進參與學習的主要動力，而傾向以自我滿足為學習的動力，而自我滿足的來源則是考試成績或是同儕的回饋。從質性的資料中可顯示，學生更能體會實驗與日常生活之間的關係。此結果反應本研究設計探究式實驗教學教案，強調以小組合作學習的方式，著重於組間及組內的溝通互動，學生能夠彼此分享自己的想法以及討論收集到的資料，這些表現並非由成績導向而來。

R：妳覺得這學期的理化課程，你願意參與的原因是什麼？

S：實驗吧。

R：那你為什麼覺得實驗讓你願意參與？

S：因為很有趣啊。

R：怎麼有趣？

S：實驗，可以培養同學的感情…

R：你覺得啊，你就自己講你覺得的。

S：實驗哦，應該與日常生活有關吧。

R：就會讓你覺得想參與這樣子。

S：對啊。（Interview-C-2002/06/14）

另一方面，學生偏好的教學程序為實驗、檢討實驗結果，然後進行小組討論，同儕的競爭關係與對照組（如表 3）相較下是朝向正面的發展。此表示學生不僅僅只是專注於個人的升學以及考試成績而已，也會注意同儕之間互助合作以及溝通協調的關係。

R：那你覺得上課整節課都是在講課比較好，還是做實驗比較好，還是小組討論比較好？還是你覺得三者怎麼子地排列會比較好？

S：就是一開始大家就做實驗，然後後來老師來檢討，然後之後再小組一起討論，這樣比較好。

R：你比較喜歡那個…就是那個階段你會特別喜歡？

S：大概實驗的時候還有小組討論的時候。

R：你覺得這兩種比較能夠幫助你學比較多東西哦？

S：嗯。（Interview-A-2002/05/24）

Greene 和 Miller（1996）指出，以表現目標導向的學習，影響學生對學習的投入，學生如果要在表現上比其他同學好，其學習策略會只注重對學科的理解，採取如記憶等表面的學習策略為主。在本研究中，學生雖然維持與同儕間學業成就的比較，但會藉由小組合作的方式來幫助認知策略上的改變以及進行深層的學習。

(五)成就目標（AG）

在「成就目標」向度方面，到延宕測（見表 4）時才呈現顯著差異。前測（3.80）與後測（3.65）的表現維持穩定，不具顯著差異，至延宕測（3.50）時，才呈現出顯著性（$p < 0.01$）的改變。這表示學生在學習理化時，對學習成就的感受，因為面臨未來的升學考試壓力，開始重視考試成績。學生普遍認為本研究所設計的探究式實驗教學活動有助於學習理化的概念，並能提升考試成績。在「成就目標」向度的單題分析方面，則有第 25 題呈現延宕測（2.36）時達顯著性（$p < 0.001$）差異（見表 6），顯示本研究所實施探究式實驗教學，學生參與活動的原因部分是在於能夠提升學業成績，欲使學生完全擺脫考試及升學的影響，認為學習理化的目的不是為了考試或升學，而是能夠在日常生活中運用，需要實行長時間的教學改變，才能達到此目標。

R：現在下學期快要結束了!你認為你自己現在學習理化的目的是什麼？

S：為了考試，還有更進步，吸收一些知識。

R：你覺得上學期學習理化的目的，只是為了考試嗎？

S：上學期不是。

R：你上學期的目的是什麼？二年級上學期。

S：為了吸收知識而已。

R：所以還不會把考試的成績當作很重要的原因？

S：嗯，對。

R：為什麼下學期突然會覺得學習理化目的，把考試得到好成績當作目的之一？以前沒有這樣想，現在為什麼這樣想？

S：升學壓力吧！哈哈(苦笑)。（Interview-A-2002/05/24）

從晤談資料發現，學生無法避免其在乎升學考試，而此壓力隨著年級的增加不斷的提升。儘管如此，但學生不再僅僅依賴外在的刺激，經探究式實驗教學後其學習動力主要取決於學習者內在的動機。

(六)學習環境誘因（LES）

探討「學習環境誘因」向度，可從表 4 中得知，此向度呈現略微下降的趨勢，其差異並不顯著，但學生於此向度的動機表現仍呈正向。分析其可能原因為，原本個案老師的教學已注重與學生日常生活經驗結合，而學生普遍表示理化課本的學科內容越來越具

困難性，並且學生也反映面臨升學壓力的外在社會因素，因此無法提升學習動機，僅能維持原本表現水準。

在「學習環境誘因」向度的單題分析（見表 6）中，則有第 32、33、35 題達到統計上顯著差異（$p < 0.05$）。其中，第 32 題呈現持續下降，在延宕測時達到最低點（3.41），可以發現本研究採用的開放指導性探究，以學生為主體的學習方式，雖具有開放性，但仍要求遵循某些一定的步驟，而且加上教師有進度上和成績上的壓力，這些壓力不可避免的轉移給學生，造成學習上的壓力。此外影響學生理化學習的因素，在知識傳輸上，教師扮演的角色不再那麼突出，而是由學生自主進行學習，如第 33 題呈現下降的趨勢，表示教師在教學中扮演的角色，漸漸從主導者轉變為協助者，所以學生的學習逐漸不以獲得老師的關注為學習重心。另外，在第 35 題中呈現同儕的互動成為影響學習理化的因素，藉由建構主義理念設計的教案，其中所強調的社會互動理念，在此單題的呈現出其成效。

Bezzi（1996）指出，如果營造充滿社會對談的學習環境，學生在此環境中會彼此互動，在學習的歷程中，會不斷的測試自己的想法，並考慮別人的想法後內化發展成為思考的一個部份，並運用新形成的知識來獲得新的訊息及解決問題。從晤談資料中，可以發現本研究所實施的教案所營造的，也正是 Bezzi 所強調的一個重視社會對談的學習環境。

R：那你覺得就是像那樣小組討論，那樣的上課方式呀！對你在理解理化觀念上，有沒有什麼幫助？

S：就是…好像如果是以前的話，那都只有一個老師在講嘛！那我們大概就只能吸收老師的…就是單方面的那種觀念呀！

R：嗯！

S：那我覺得如果跟同學一起討論的話，就是可以了解每個人呀!和我的想法不是…不是說完全都一樣的呀！有時候有些同學的一些提出來的問題呀！也可以就是讓我們…就是…覺得…嗯…怎麼講呢？比較不會答，就會覺得：嗯！他怎麼會提出這種問題呀！就會去…比較…這樣子深刻去了，然後也會…就是之後對這種實驗會有比較深刻的這種感觸吧！（Interview-C-2002/02/02）

R：那在理化課的時候你是比較喜歡自己想出來的答案還是參考別人討論完的答案？

S：自己想出來的。

R:但是討論的時候如果你自己的想法錯呢？

S：再去跟別人討論啊。

R：在上課討論的過程裡面可能會有觀念上的改變，那你覺得這種過程…因為你覺得說你比較喜歡自己的答案，那如果自己的答案是錯的，別人經由討論之後你發覺我的想法好像比較不合理，那這樣你會接受別人的答案嗎？

S：會，當然會，因為錯了，你當然不能再錯。

R：你覺得如果別人的答案合理你就會接受就對了。

S：嗯，只要合理。（Interview-B-2002/02/18）

針對質性資料所呈現的成果，林雅慧、張文華與林陳涌（2003）指出，學生在課室中對於教師提問的問題，其回應的論點大部分源於具體的經驗或事實，所以藉由對談的過程中以質問、檢視證據，或是利用反證（例）的論述來檢視論點，並思辨同儕主張的論點與自己的經歷或是已存的認知基模是否相符合，做為判定此論點的接受度。此外學生在陳述對同一現象的各種不同論點時，若感受經驗過或與他人互動得知的論點，則

會顯得較有信心並且積極的參與學習。因此，在本研究中的探究式實驗教案中，融入以建構理念的教學模式，除了能增加師生以及學生彼此的相互討論及思辨的過程外，還能夠協助學生加深以及形成屬於自己的概念體系。

伍、結論與建議

本研究針對探究式實驗教學對學生在科學學習動機方面的影響，發現藉由探究式實驗教學的實施，學生在親自動手做的過程當中，能夠瞭解科學推理以及驗證的過程，並且有機會親自體驗科學知識的形成過程，將科學探究的過程與生活經驗相連結，成為其日常思考的一個部份。為了使學生將科學知識與日常生活連結，在教學設計上把生活化的議題融入任務之中，學生能從對日常事物的觀察，而以科學的方式理解蘊藏其中的科學知識。學生接受探究式實驗教學所提供的生活化議題，讓學生在學習上有熟悉經驗以及概念架構，而減少學習無助感產生，提升自己對學習科學能力的自信心，而體會到學習科學並非枯燥乏味，進而提升學生的學習興趣及學習動機。因此，學生形成的科學知識，必須歷經以日常生活經驗為基礎，透過教師所進行的教學活動，達到知識的建構（construction）、解構（deconstruction）及再建構（reconstruction）的過程。另一方面，科學過程技能的培養，也能促進學生在學習過程時的自我監控，提升後設認知能力，而有意義的接受科學的概念，並且面對學習任務的挑戰。

藉由探究式實驗教學，學生能夠從以往強調背誦的學習方式，轉變為經由理解後所產生的記憶，此種學習方式能夠增強學生後設認知的能力，加強對科學概念的理解與記憶，在日常生活之中，除了能夠運用之外，遇到類似的現象能探索其中所蘊含的科學知識。從實驗組學生的晤談資料中，可看出接受探究式實驗教學的學生，在期末時，他們仍然維持一開始對理化的興趣，而且更想瞭解理化課程的內容，認為實驗的方式可作為探求未知事物的方法。

當然，進行探究式實驗教學並不是容易的，如同 Tamir（1989）指出進行實驗活動最大的困難就是要使進行的活動與所要教授的理化概念之間達到有意義的連結。因此，本研究設計，學生能夠在實驗中親自操作實驗、操弄以及經歷與經驗相關的具體事物，體驗科學家研究過程和理論的建構過程，而增加學生與學習內容的互動，與概念之間加以連結，形成有意義的學習。因探究式實驗教學的實施，我們可以發現，學生從操作的過程中，對所學習到的科學概念及知識深入理解與記憶，發覺科學的概念與知識在日常生活中的用處，認為科學探究過程是真實的且是在解決問題時的必備技能。學生能夠運用所學的理化知識探索未知的事物，以滿足其瞭解未知事物的好奇心，進而培養探究的精神。Brown, Collins 和 Duguid（1996）曾指出，具有情境脈絡的知識，才能夠與學生日常生活經驗結合，並且在透過生活情境中活動的參與，學習者才能真正掌握知識，運用知識。而透過實驗的操作，能促使學生改變科學學習的態度，培養探究的精神，在日常生活情境與科學知識之間進行學習轉化及溝通。

此外從本研究中所獲得的結果，可以發現影響各個動機面向的因素是多樣的。因此，在提升學生的學習動機方面，無法以單一的講述或以傳輸為觀點的教學方法來達成。學生在整體動機的差異上，只要教師進行以學生及探究為主教學改變，其學習理化

動機應有顯著的成效；傳統的講述教學，使學生對理化的學習動機不斷的下降，而教師利用課本內原本的素材，進行探究式實驗教學，便能對學生的動機有正向的影響，能夠提升並維持學習動機。

另一方面，本研究也顯示學生呈現的動機改變，其影響因素不僅限於課室之內，也會受到外在因素的影響。所以，本研究所採用的探究式實驗教學，在「科學學習價值」、「表現目標」以及「學習環境誘因」等向度，與對照組相比較，並無明顯的差異，僅呈現小幅度地提升或是維持其原有表現的水準。由各階段向度間彼此的顯著性分析可以發現，學生動機的提升並非能顯現立即效果，需要教師長時間投入以探究為主的教學改變。其中「自我效能」較容易受到探究式教學方法影響，在實施探究式實驗教學後，此向度立即達到顯著性的差異。利用探究式實驗教學能立即提升學生在學習理化方面的自信，有把握在考試中獲得好成績，並且認為能夠完成教案中設計的艱難任務，甚至能夠增進對所學到的相關科學知識進行後設認知的處理。學生對學習成效的認知以及在學習歷程上的感受，不以考試或外在因素作為評判的唯一標準，也注重同儕的互動，重視彼此的分享，強調所學習的知識在日常生活中的運用，成為有意義的知識。其中所蘊藏影響學生對科學學習動機的因素應更為廣泛，因此，研究者將再深入研究探討相關問題，瞭解學生所處的學習環境對動機表現的影響。

誌　　謝

本研究承蒙國家科學委員會之研究計劃（NSC90-2511-S-018-030）補助得以順利完成，特此致謝。

參考文獻

1. 丁信中、洪振方和楊芳瑩（2001）：科學理論形成與精鍊過程對科學學習的意涵。科學教育月刊, **240**, 2-13。
2. 林雅慧、張文華和林陳涌（2003）：低年級學生參與科學對談之類型。科學教育學刊, **11**(1), 51-74。
3. 吳幸宜譯（1994）：學習理論與教學應用。台北市：心理出版社。
4. 李暉（1993）：國中理化教師試行建構主義教學之個案研究。彰化市：國立彰化師範大學碩士論文（未出版）。
5. 段曉林和靳知勤（1999）：提昇國中理化學習動機之行動研究計劃。行政院國家科學委員會研究計劃成果報告：彰化師大科學教育所（NSC 89-2511- S-018-011）。
6. 段曉林和靳知勤（2000）：提昇國中理化學習動機之行動研究。行政院國家科學委員會研究計畫成果報告：彰化師大科學教育所（NSC 89-2511-S-018-030）。
7. 胡幼慧（1996）：質性研究：理論、方法及本土女性研究實例。台北市：巨流出版社。
8. 國立編譯館（2002）：國民中學理化教科書第二冊。台北市：國立編譯館。
9. 張春興（1990）：心理學。台北市：東華書局。
10. 鍾敏綺和張世忠（2002）：奠基於建構主義的 STS 於自然與生活科技領域之應用。科學教育月刊, **254**, 2-15。
11. 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。
12. 郭重吉（2002）：建構論的哲學基礎。載於詹志禹主編：建構論：理論基礎與教育應用, (pp. 2-48)。台北市：正中書局。
13. 劉宏文和張惠博（2001）：高中學生進行開

放式探究活動之個案研究－問題的形成與解決。科學教育學刊, **9**(2), 169-196。

14. American Association for the Advancement of Science. (1993). *Benchmarks for science literacy*. New York: Oxford University Press.
15. Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology*. New York: Holt, Rinehart, Winston.
16. 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.
17. Bouillion, L. M., & Gomez, L. M. (2001). Connecting school and community with science learning: Real world problems and school-community partnership as contextual scaffolds. *Journal of Research in Science Teaching*, *38*(8), 878-898.
18. Brophy, J. (1987). Socializing students' motivation to learn. *Advances in Motivation and Achievement: Enhancing motivation*, *15*, 181-210.
19. Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, *8*(1), 32-41.
20. Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1996). *Situated cognition and the culture of learning: Situated learning perspectives*. New Jersey: Educational Technology Publication, Inc.
21. Bybee, R. W. & Landes, N. M. (1988). The biological sciences curriculum study (BSCS). *Science and Children*, *25*(8), 35-39.
22. Bybee, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Portsmouth, N.H.: Heinemann.
23. Driver, R. & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, *13*, 105-122.
24. 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.
25. 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* (Vol. 3, pp. 139-186). New York: Academic Press.
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 417 980).
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. Hammer, D. (1997). Inquiry learning and discovery teaching. *Cognition and Instruction*, *15*(4), 485-529.
31. Hanrahan, M. (1998). The effect of learning environment factors on students' motivation and learning. *International Journal of Science*

Education, *20*(6), 737-753.

32. 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.
33. Hedarty-Hazel, E. (1986). *Lab work SET: research information for teachers, No. 1.* Canberra: The Australian Council for Educational Research.
34. Herron, M. D. (1971). The nature of science enquiry. *School Review*, *79*(2), 171-212.
35. Hodson, D. (1990). A critical look at practical work in school science. *School Science Review*, *70*(256), 33-40.
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. Hurd, P. D. (1983). State of pre-college education in the mathematics and sciences. *Science Education*, *67*, 57-67.
39. Kempa, R. F., & Diaz, M. (1990). Students' motivational traits and preferences for different instructional modes in science education: Part 2. *International Journal of Science Education*, *12*, 205-216.
40. Kleinginna, P. J., & Kleinginna, A. (1981). A categorized list of emotion definitions, with suggestions for a consensual definition. *Motivation and Emotion*, *5*, 263-291.
41. Lee, O., & Anderson, C. W. (1993). Task engagement and conceptual change in middle school science classrooms. *American Educational Research Journal*, *30*(3), 585-610.
42. Lee, O., & Brophy, J. (1996). Motivational patterns observed in six-grade science classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, *33*(3), 303-318.
43. Linnenbrink, E. A., & Pintrich, P. A. (2002). Motivation as an enabler for academic success. *School Psychology Review*, *31*(3), 313-327.
44. Loving, C. C. (1997). From the summit of truth to its slippery slopes: Science education's journey through positivist-postmodern territory. *American Educational Research Journal*, *34*(3), 421-452.
45. Maehr, M. L., & Midgley, C. (1996). *Transforming school cultures*. Boulder, CO: Westview Press.
46. Martin, S. S. (1999, April). *An investigation documenting secondary science teacher beliefs about laboratory experiences.* Paper presented at the NARST Annual Meeting, Boston, Massachusetts.
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., Nolen, S. B., & Patashnick, M. (1985). Adolescents' theories of education. *Journal of Educational Psychology*, *77*(6), 683-692.
50. Pajares, F., & Miller, M. D. (1994). Role of self-efficacy and self-concept beliefs in mathematical problem solving: A path analysis. *Journal of Education Psychology*, *86*, 193-203.
51. Patrick, H., Anderman, L. H., Ryan, A. M.,

Edelin, K. C., & Midegley, C. (2001). Teachers' communication of goal orientation in four fifth-grade classrooms. *Elementary School Journal*, *102*, 35-58.

52. Pintrich, P. R., & Schunk, D. H. (1996). *Motivation in education: Theory, research, and application* (2nd ed.). New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
53. Polman, J. L. (1999). *Designing project-based science: Connecting learners through guided inquiry*. New York: Teachers Collage Press.
54. Raghubir, K. P. (1979). The laboratory investigative approach to science instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, *16*(1), 13-17.
55. Resnick, L. (Ed.). (1989). *Knowing, learning, and instruction*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
56. Rogoff, B. (1994). Developing understanding of the idea of communities of learners. *Mind, Culture, and Activity*, *1*(4), 209-229.
57. Saunders, W. L., & Shepardson, D. (1987). A comparison of concrete and formal science instruction upon science achievement and reasoning ability of sixth grade students. *Journal of Research in Science Teaching*, *24*, 39-51.
58. Schumacher, D. (1998). "*The Transition to Middle School*" (Report No. EDO-PS-98-6).
59. Schunk, D. H. (1981). Modeling and attributional effects on children's achievement: A self-efficacy analysis. *Journal of Education Psychology*, *74*, 93-105.
60. Shrigley, R. L. (1990). Attitude and behavior correlates. *Journal of Research in Science Teaching*, *27*(2), 97-113.
61. Spears, J., & Zollman, D. (1977). The influence of structures versus unstructured laboratory on students' understanding the process of science. *Journal of Research in Science Teaching*, *14*(1), 33-38.
62. Staer, H., Goodrum, D., & Hacking, M. (1998). High school laboratory work in Western Australia: Openness to inquiry. *Research in Science Education*, *28*(2), 219-228.
63. Straits, W. J., & Wilke, R. R. (2002). Practical consideration for assessing inquiry-based instruction: Some guidelines for improving student assessment. *Journal of College Science Teaching*, *31*(7), 432-435.
64. 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.
65. Tamir, P. (1989). Training teachers to teach effectively in the laboratory. *Science Teacher Education*, *73*(1), 59-69.
66. Tobin, K. (1990). Research on science laboratory activities: in pursuit of better questions and answers to improve learning. *School Science and Mathematics*, *90*(5), 403-418.
67. 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.
68. Turner, J. C., Midgley, C., Meyer, D. K., Gheen, M., Anderman, E. M., Kang, Y., & Patrick, H. (2002). The classroom environment and students' reports of avoidance strategies in mathematics: A multi-method study. *Journal of educational Psychology*, 94, 88-106.
69. Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society*.

Cambridge, M A: Harvard University Press.

70. Weiner, B. (1974). *Achievement motivation and attribution theory*. Morristown, NJ: General Learning Press.
71. Weiner, B. (1990). History of motivation research in education. *Journal of Education Psychology*, *82*(4), 616-622.
72. Weldy, G. R. (1991). Stronger school transitions improve student achievement: A final report on a three-year demonstration project "*Strengthening School Transitions for Students K-13*." Reston, VA: National Association of Secondary School Principle. (ERIC Document Reproduction Service No. ED338 985).

附件一 教案範例-以「純物質與混合物」單元為例

階段	教學目的	學生活動	教案內容
Stage 1 參與	以預先設計的活動或是任務，將學生過去和現在的學習經驗加以連接，培養學生具備基本的實驗技巧以及理化概念，激發學生的興趣，並使學生了解下一階段任務，準備進行以學生為主的探究活動。	學生針對教師所提出的問題，自行進行實驗設計來解決問題，同時，對科學概念、科學探究過程和實驗操作技巧重新加以操練與精進。	1.教師說明純物質與混合物的概念。 2.教師示範利用溶解度以及熔點的原理，進行分離物質的方法。 3.將鹽巴和沙土混合，請學生思考如何才能分離，並由學生實地操作。
Stage 2 探索	以任務挑戰學生，請學生構思如何解決，並寫下理由。學生在問題解決的過程中，基於過去的經驗，對所學習到的新概念、過程和技能能夠重新建構。	學生主動地探討他們的問題並操作實驗來進行探索的活動，再經由小組討論後提出報告，引出同組學生彼此的想法，並獲得小組的共同結論。	1.以不同的混合粉末請學生進行自行設計的實驗，並依物理性質進行初步的猜測，並記錄其依據之理由。 2.設計實驗，找出其正確的物質的組成。 3.將結果記錄於學習單，進行小組討論，並準備進行小組報告。
Stage 3 解釋	藉由小組的相互報告及討論，將學生置於互動的情境，並讓其想法能表達出來與小組成員相互分享，進而建構出屬於自己的知識及想法。	學生在小組的報告及討論時，以公開發表及辯論的方式進行，培養學生對談的技巧及行為，學生將概念體系再度進行重組。	1.小組進行報告，報告的內容包含，預測成分以及判斷的依據，其中包含實驗設計、操作流程、資料分析以及結果。 2.接受其他同學的提問並針對同學問題提出解釋。
Stage 4 精緻化	藉由小組的相互報告及討論，將學生置於衝突情境，並讓其所建構的想法進行重組，以便精緻其所建構出的概念。除讓學生能夠將其概念加以延伸發展外，並希望學生有機會去應用所產生的新想法。	學生對結果的差異進行解釋，對概念及相關技能進行重新確認以及定義，並形成新的概念體系，發展出較為深廣的新想法。	1.教師提出各組混合物的正確組成，並提醒學生是否有更快或新的方式來進行任務。 2.請同學思考，如何幫結論錯誤的小組，找出問題的癥結，並提出解決方案。 3.小組針對別組所提的建議，重新設計實驗。
Stage 5 評鑑	學生評估他們對概念的理解程度和技能的應用能力。	請學生比較結果的前後差異，並指出其影響原因，生提出新的策略，並加以討論。此外經由對概念的理解，學生能收集到更多的資訊以及運用合適的技能。	1.教師請學生回顧並記錄其想法的前後改變歷程，並注意其學習的歷程，培養其後設認知的能力。 2.請學生寫下在本單元所學習到的科學概念以及心得感受，提供老師機會去評鑑學生在學習過程中所獲得的成就，做為教學改進的參考。

The Influence of Inquiry-Based Laboratory Teaching on 8th Graders' Motivation toward Learning Physical Science

Chih-Chung Tsai and Hsiao-Lin Tuan
Graduate Institute of Science Education,
National Changhua University of Education

Abstract

The purpose of this study was to investigate the influence of inquiry-based laboratory teaching on 8th graders' motivation toward physical science. Research methods combined both quantitative and qualitative methods into the investigation. Students' Motivation toward Science Learning (SMTSL) (Tuan, et al., 2002) questionnaire was implemented at the beginning of the semester (pre-test), after teaching two units (post test) and at the end of the second semester (delayed test) for the four experimental classes. The four classes of the control group only took the pre-test and the delayed test. Qualitative data included interviews with 32 students from 4 experimental classes. In the experimental classes, inquiry-based laboratory teaching was implemented in teaching chapters 7 & 8, while control classes maintained their traditional teaching methods. All the quantitative data were analyzed by MANOVA and Scheffe tests. All the qualitative data were analyzed by analytic induction methods. Findings of the study indicated that students in the experimental group showed significant differences ($p < 0.05$) in self-efficacy ($p = 0.008$), active learning strategies ($p = 0.01$), and achievement goals ($p = 0.04$) compared to the control group. The comparisons among the experimental group's pre, post and delayed test, showed that students' motivation had been maintained and promoted on the following scales: "self-efficacy", "active learning strategies", "performance goal", "achievement goal", and on the entire motivation questionnaire. Only one scale "learning environment stimulation" had been decreased. Discussion and implementation of the study will be addressed in the paper.

Key words: Inquiry Laboratory Teaching, Learning Motivation, Physical Science Learning.