

以「探索－論證－評價」為基礎的 探究教學模式在國中自然科之教學成效

洪振方 封中興*

國立高雄師範大學科學教育研究所

*fenghd@tn.edu.tw

(投稿日期：2010.12.16；修正日期：2011.1.24；接受日期：2011.1.27)

摘 要

本研究旨在建立以「探索－論證－評價」為基礎的探究教學模式(簡稱 EAE 探究教學模式)，並分析此教學模式在國中自然科之教學成效。以準實驗研究法進行設計，研究樣本($N=62$)取自某國中二年級學生。實驗組($N=31$)實施 EAE 探究教學模式，對照組($N=31$)則依照教科書內容進行教學。以國中自然與生活科技第三冊為教材，共有六個教學活動。以科學學習動機量表、科學探究能力測驗卷、自然科學期總成績等研究工具，蒐集資料進行分析。研究結果顯示在科學學習動機與科學探究能力兩個方面，實驗組平均得分高於對照組。在自然科學期總成績方面，兩組並無顯著差異。

關鍵字：探究教學模式、科學探究能力、科學學習動機

壹、緒論

科學家從事科學研究活動，對於「自然現象是如何運作的？」這個問題尋求科學性的解答。當研究有了成果，要對外界作出科學宣稱，此宣稱必須透過期刊、研討會等公開的媒體，對科學社群其他成員作發表。在發表的歷程中，由科學社群的其他研究者扮演領域的守門員，挑戰此科學宣稱的可信度。因此，對於「實驗設計的適當性、對證據的解釋是按照哪一個替代理論」等議題，科學社群成員開始進行論證，就是透過這種論證的過程來對科學宣稱作檢驗及批判，科學知識的「品質」才得以被維持。因此，Driver、Newton 與 Osborne (2000) 指出：「對於科學事業的本質，現今的觀點是把論證和論證的實踐視為是科學家的核心活動。」基於這個論點，許多學者均有以下的共識：「科學即是論證」(science as argument) (Kim & Song, 2005; Kuhn, 1993; Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar, & Duschl, 2003; Sandoval & Millwood, 2005; Yore & Hand, 2003)。而美國《國家科學教育標準》(National Research Council [NRC], 1996)中指出「學校的科學教育必須要反映出當代科學實踐的理性傳統與文化傳統」。因此，依據上述學者的觀點，既然，「論證是科學家的核心活動」，那麼，在學校的科學教育中，就應當要反映出這個「當代科學實踐的理性與文化傳統」，換言之，在學校的科學教學與學習活動中，也應當讓學生練習作論證。

目前，國內、外的科學教育課程改革，普遍認同探究教學模式是科學教學的主流。在國內，自從教育部 2003 年公佈《92 年國民中小學九年一貫課程綱要，簡稱 92 課綱》之後，迄今已經過了七年，教育部在 2008 年公布微調後的《97 年國民中小學九年一貫課程綱要，簡稱 97 課綱》，預計在 100 學年度要實施。比對《92 課綱》與《97 課綱》，在自然與生活科技領域並沒有重大改變。在新、舊課綱都提到：「學習科學與技術的探究方法和基本知能，是自然領域的課程目標；學習科學，要學會如何去進行探究活動，學會觀察、詢問、規劃、實驗、歸納、研判，培養批判、創造等各種能力」。綜言之，不論新、舊課綱，都依舊強調：「自然與生活科技領域之學習，應以探究和實作的方式來進行」。而在國外，美國《國家科學教育標準》(NRC, 1996)亦主張「學生要獲得科學與自然世界的豐富知識，就必須熟悉科學探究的形式」。因此，為了回應上述之觀點，本研究擬發展一具有論證特色的探究教學模式，命名為：以「探索-論證-評價」為基礎的探究教學模式(簡稱 EAE 探究教學模式)，進行準實驗研究，實

驗組以 EAE 探究教學模式進行教學，對照組學生則依照教科書內容進行教學，比較兩組學生在不同教學模式下的學習成效。基於此研究目的，本研究的研究問題如下：

- 經歷不同教學模式的實驗組與對照組學生，
- (一)科學學習動機是否有差異？實驗效果量為何？
 - (二)科學探究能力是否有差異？實驗效果量為何？
 - (三)自然科學期總成績是否有差異？實驗效果量為何？

貳、文獻探討

以下分別對探究式教學及論證的相關研究作回顧，然後綜合此兩類文獻，說明如何將論證融入探究教學中，形成本研究自行發展的：以「探索—論證—評價」為基礎的探究教學模式。

一、探究式教學的文獻回顧

(一)探究(Inquiry)的定義：

美國《國家科學教育標準》(NRC, 1996)對於探究(Inquiry)的定義，有以下的描述：「探究是一種思考方式，是用以瞭解事物的過程，它包含許多面向的活動，例如：觀察、發現問題、尋找資料、設計實驗、蒐集分析並解釋數據、提出可能的假說、解釋與預測等活動。」而我國的《國民中小學九年一貫課程綱要》，也對探究一詞有以下的描述：「學習科學，讓我們學會如何去進行探究活動，包括：學會觀察、詢問、規劃、實驗、歸納、研判，也培養出批判、創造等各種能力」(教育部，2003，2008)。本研究以上述觀點，作為探究(inquiry)一詞的定義。此外，在中文裡，有另一個與「探究」(inquire)很類似的詞彙「探索」(explore)，但兩者的英文詞彙並不相同。這兩個詞彙的差異，以 Bybee 與 Landes (1988)提出的「5E 學習環」探究模式為例，該探究教學模式包括「投入、探索、解釋、精緻化、評價」五個階段，他們將探索(explore)定義為「學生針對有興趣的現象，實際進行調查活動。」因此，據此觀點，探索(explore)是整個探究(inquire)活動的其中一個面向，探究還包括其他面向的活動，兩者的含意必須先予以區分。

(二)探究教學模式的歷史回顧與轉變：

從 1950 年代開始，以探究的方式來進行科學教學，逐漸形成趨勢。在當時，由美國國家科學基金會支持的三個科學課程：「Science—A Process Approach, SAPA」、「Elementary Science Study, ESS」、「Science Curriculum Improvement Study, SCIS」都發展得很成功。當時的探究教學模式是依據許多不同學者的理論而形成。例如：Bruner (1960)提倡的「發現學習」，強調應鼓勵學生藉著探究科學活動來發展直觀和分析的技巧。Schwab (1962)則提倡以開放的實驗方式來上課，鼓勵學生多發問、觀察、記錄、轉換資料，並發展出暫時性的解釋。而 Gagne (1963)提出的學習階層則強調「探究」的方法，他的科學過程方法課程，就是用來培養學生的科學過程技能。之後，隨著認知心理學的興起，發展出著名的學習環(Learning Cycle)探究教學模式。學習環的發展是淵源於Piaget的認知發展理論，Karplus和Their (1967)提出的學習環，其教學模式分三個教學階段：探索、概念引介與概念運用，可以循環進行(Science Curriculum Improvement Study [SCIS], 1974)。而Lawson、Abraham與Renner (1989)則提出探索、名詞引介、概念應用三階段的學習環。此三個階段的內涵如下：

1. 探索(exploration)：指的是讓學生先觀察某個現象或實驗，然後請學生用自己的概念來解釋或預測。在此階段，教師只扮演傾聽和觀察的角色，儘量讓學生發表自己的看法，激起疑惑，由學生發覺值得研究的問題。
2. 概念介紹(concept introduction)或名詞引介(term introduction)：指的是由教師適時的向學生引介新的方法、新的概念或科學術語，讓學生能以更合理的方式來解釋他們先前觀察到的現象，形成新概念。
3. 概念應用(concept application)：指的是教師提供不同的情境，讓學生將學到的新概念，應用到新的情境，解決新的問題，使學生的心智結構更加穩固。

從前述探究教學的文獻探討中，強調探究應始於學生有興趣的問題，讓學生投入「動手作」的活動中，即應從「探索」開始(Karplus & Their, 1967; Lawson et al., 1989)。

學習環經過多年演變，經不同學者添加不同成份，演變出許多進一步的類型。例如，隨著認知心理學對後設認知的研究，發現若沒有提供機會讓學生回顧整個探究過程，並對探究過程作反思，將導致學生無法對整個探究活動形成完整與全面的理解。因此，Bybee和Landes (1988)在美國生物課程改進計畫提出具有建構主義特性的 5E學習環教學模式，即是以「評價」作為探究活動結束前

的最後階段。此五個階段的內涵如下：

1. 投入(Engage)：由教師佈置情境，激發學生的興趣與好奇心，使他願意投入活動中。
2. 探索(Explore)：讓學生針對有興趣的現象，實際進行調查活動。
3. 解釋(Explain)：鼓勵學生對上階段的探索結果作出合理的解釋，澄清其觀點。
4. 精緻化(Elaborate)：學生將領悟到的概念，應用到新的情境中，重點放在將學到的概念，應用於日常生活或是和其他科目互相連結。
5. 評價(Evaluate)：鼓勵學生回想從活動中學到的概念或能力，藉由此過程讓學生對學習環的不同階段作反思，促進其成長。

到了 1990 年代，探究教學的內涵又開始產生轉變。NRC (1996)的第六章中指出，隨著時代的進步，科學內容的標準也跟著演進(p. 113)，探究活動的內涵有以下的轉變，如表 1 所示。

表 1 的內容顯示當代美國科學教育與以往的探究教學之區別，它更強調在進行探究活動後，必須「彼此交流對該科學現象的解釋」、「在經過辯護之後，再由小組對數據進行分析和綜合」、「要學生把想法及結論與同學討論、作交流」、「要把實驗結果應用於科學論證和解釋」，上述的這些內容顯示，它更加強調知識建構的「社會面向」。產生此轉變的理由，是因為大家越來越能察覺到科學知識的產生是包含有社會歷程的，科學知識是科學社群的產品，是一種社會的實踐(Driver et al., 2000)。因此，《美國國家科學教育標準》告訴我們當今之探究教學的重大的轉變，即必須突顯「論證」在探究活動中扮演的重要性。

表 1 探究內涵改變之摘要表

比較不強調	更加強調
找出問題的答案	使用證據和策略來發展或修正解釋
科學即為探索、作實驗	科學即為作論證、作解釋
對問題找出科學的答案	溝通科學的解釋
在沒有對結論進行辯護的情況下，就由個人或小組對資料進行分析和綜合	在經過辯護之後，再由小組對數據進行分析和綜合
作出實驗結果就結束探究活動	要把實驗結果應用於科學論證及解釋
如何處理實驗材料和儀器	如何處理我們的想法和訊息
學生只將想法和結論告訴教師	要學生把想法及結論與同學討論、作交流

從上述探究教學模式的歷史回顧與轉變的分析中，為本研究點出探究教學模式的三個重要面向，即：「探索、論證、評價」。

(三) 探究活動的向度：

Wellington、Henderson、Lally、Scaife、Knutton 與 Nott (1994)指出，有關探究活動的向度，可以由「學生導向相對於教師導向」、「開放式相對於封閉式」、「及「非結構式相對於結構式」三個向度來作考量，如圖 1 表示。

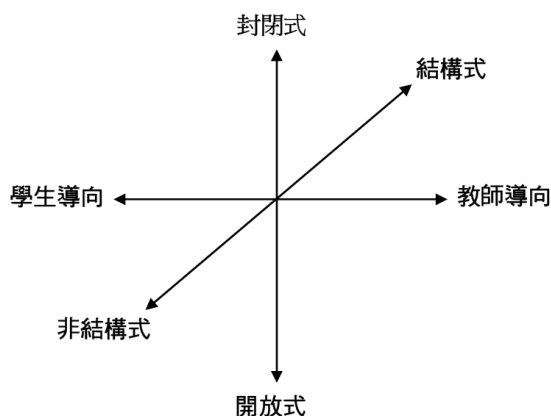


圖 1 探究活動的三向度架構圖

圖 1 的三個向度並不是互為獨立的，在「學生導向相對於教師導向」的向度中，所謂「教師導向」是指由教師提供探究問題給學生，「學生導向」則是由學生自己提出探究問題。而在「開放式相對於封閉式」的向度中，所謂「開放式」指的是在探究或解題活動的過程中，有很多可能的答案與解題的路徑，「封閉式」則指的是答案與路徑皆只有一個。而在「非結構式相對於結構式」的向度，所謂「結構式」指的是由教師給予學生引導、壓力和一個有組織的活動，例如探究活動的計劃、設計、實施和評量上是有組織的；「非結構式」則指的是學生沒有受到引導、壓力與一個設計好具有組織的活動。依據上述觀點，傳統的食譜式實驗就是偏向「教師導向、封閉式、結構式」的探究活動，本研究即以食譜式實驗方式作為對照組的教學模式，而實驗組使用的 EAE 探究教學模式，則是偏向「學生導向、開放式、非結構式」的探究活動。

二、論證的文獻回顧

(一) 論證的定義

有關論證(argument)一詞，牛津英文辭典(The Oxford English Dictionary, 1989)對它的解釋是：「提出理由來支持一個想法、行動或理論」，若把字典中的說法當作是對此字詞的通俗解釋，則論證是用來使別人相信自己所提出的論點的有效性。

在學術研究的領域中，Kuhn (1991)把論證定義為：「對不同主張或觀點進行辯證的過程」。洪振方(1994)認為：「論證就是提出足夠形成推論判斷的證據，以形成結論」。Browne 和 Keeley (1998)把論證定義為「理由+結論」(argument = reasons + conclusion)，他們認為使理由和結論產生合理的連結，就是論證。Driver 等人(2000)則把論證定義為「經由對談來檢視彼此不同的觀點，最後產生有共識的宣稱的歷程」。

比較上述學者對論證的定義，有些學者(例如：洪振方，1994；Browne & Keeley, 1998)是從論證的「內容是否合理」來對論證下定義。有些學者(例如：Driver et al., 2000; Kuhn, 1991)是從論證的「歷程是否合理」來對論證下定義。本研究綜合論證的「內容」與「歷程」的觀點，將論證定義為：「論證是一種推理的歷程，藉著提出具有合理性的理由及支持理論，使資料與結論之間，產生合理的連結」。

(二) 在探究活動中「論證」的進行形式

分析教學活動中，教師與學生的對話與互動情況，可將論證分為兩種類型：第一種類型可被稱之為「教導式的」(didactic)論證 (Boulter & Gilbert, 1995)。此類型的論證，其進行的形式常常是由教師對全班學生提供科學解釋，目的是要使學生相信他所講述的知識宣稱的有效性。Russell (1983)指出這種形式的論證，常常是依賴教師的權威性，忽略了要讓學生自行蒐集證據和推理。此類型的論證，比較常出現在「教師導向、封閉式、結構式」的探究活動中(Wellington et al., 1994)。研究發現，以這種形式進行探究活動的學生，對於要如何「整理證據來建立論證、連結探究活動的各個程序、區分問題與假說、理解控制變因的價值、區分觀察與結果所代表的意義、使用對該主題的理解來組成論證以支持自己的宣稱」等方面都遭遇困難(Jimenez-Aleixandre, Rodriguez & Duschl, 2000;

Richmond & Striley, 1996)。

第二種類型可稱之為「對話式的」論證(Driver et al.,2000)。此類型的論證，其特色是在建構論證時會藉由「對話」來考量不同的替代觀點。這種形式的論證，可能發生在個人身上，也可以發生在群體之中。因為，即使是個人在建構論證，也會藉著和自己對話，在心中對不同觀點作考量，最後才決定要採用哪一個觀點，這種發生在個人身上的論證，可稱為「自我論證」。而這種「對話式的」本質，在群體中的論證則更為明顯，即由抱持不同立場的個體，提出自己的宣稱來彼此論證。在這個歷程中，它強調的是論證具有「社會建構」的面向，可稱之為「社會論證」。此類型的論證，比較常出現在「學生導向、開放式、非結構式」的探究活動中(Wellington et al., 1994)。研究顯示，以這種形式進行探究活動的學生，比較能夠從不同的觀點來考量相同的資料、會在比較不同觀點之後才作出決定、能夠產生較多且較為精緻的對話(Driver et al., 2000; Kuhn, Shaw, & Felton, 1997)。

三、本研究自行發展的：以「探索—論證—評價」為基礎的探究教學模式

NRC (2000)出版的《探究與國家科學教育標準》，指出探究取向的教學模式應有下述五個共同階段：

階段一：先使學生接觸某個科學事件或現象，讓學生表達他對此現象的想法，然後由教師佈局製造認知衝突，促使學生投入學習。

階段二：讓學生藉由動手作的方式，來形成假說、測試假說、解決問題，對他所觀察到的現象形成合理的解釋。

階段三：讓學生練習分析及詮釋在探究活動中獲得的實驗數據，綜合各部分的想法、建立模型、澄清概念。

階段四：把前面幾個階段獲得的理解，應用到新的情境。

階段五：回顧之前的探究歷程、評估學到什麼知識以及如何獲得的。

NRC (2000)指出上述的五個階段，只是科學探究教學模式應有的共同階段，實際上在進行教學時，可依據教學目標加入其他成份作彈性的改變。以 NRC 的這個標準來檢視 5E 學習環(Bybee & Landes, 1988)，則 5E 學習環與 NRC 的五個階段完全一致對應，換言之，5E 學習環並沒有超越 NRC 的內涵。

要如何在探究活動中加入新的成份使探究教學發揮更大的作用，不同的學者有不同作法。舉例來說：洪振方(2003)整合 NRC (2000)的科學探究模式以及 Treffinger、Isaksen 與 Dorval (1994)的創造性問題解決模式，把發散思考和收斂思考與探究式活動結合而形成「創造性探究模式」，即為一例。其他有些研究是聚焦於分析探究活動中不同面向的表現，例如：吳百興、張耀云與吳心楷(2010)對科學推理在科學探究活動中扮演的角色進行探討；而秦爾聰、林勇吉、林晶珮與段曉林(2009)則針對數學探究教學對數學解題能力之提升進行探討。本研究則以「論證」來作切入點，將 NRC (2000)的五階段探究與論證的理論，融合成三個重要成份：探索(Exploration)、論證(Argumentation)、評價(Evaluation)，形成：以「探索-論證-評價」為基礎的探究教學模式，其架構如圖 2 所示：

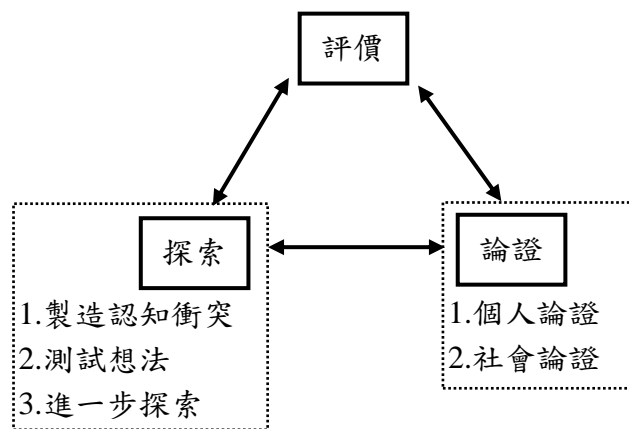


圖 2 EAE 探究教學模式的架構圖

以下分別介紹 EAE 探究教學模式三個成份的內容，及其運作方式：

(一)EAE 探究教學模式的三個成份：

1.探索：此成份又分為三個階段

(1)製造認知衝突：

讓學生先對某個科學現象表達他對此現象的想法，偵測出學生的先備概念，然後由教師佈局製造認知衝突，引起學生動機，促使學生投入學習。此階段與 5E 學習環(Bybee & Landes, 1988)及 NRC (2000)的第一階段內涵相同。

(2)作實驗來測試想法：

讓學生針對認知衝突點，設計實驗並實際執行，收集資料來測試自己的想法。此階段與 5E 學習環及 NRC 的第二階段內涵相同。

(3)進行進一步的探索：

在初次探索有了成果之後，讓學生將探究所得應用到新的情境。此階段若時間不足，無法在課堂上進行，可作為課外活動，讓有興趣的學生自行探索。此階段與 5E 學習環及 NRC 的第四階段內涵相同。

2.論證：此成份又分為兩個階段

(1)自我論證：

讓學生針對探究活動中獲得的實驗資料，進行分析及詮釋，藉此形成內在邏輯一致的個人解釋與主張。此階段與 5E 學習環及 NRC 第三階段的內涵相同。並與論證理論中 Browne 和 Keeley (1998)及 Driver 等人(2000)的觀點一致。

(2)社會論證：

讓學生發表探究所得，由不同立場的個體提出自己的宣稱，互相討論交流。此階段與論證理論中 Driver 等人(2000)的觀點一致。

3.評價：

回顧整個探究歷程、評估學到什麼知識以及是如何獲得的。此階段隨時可進行。此階段與 5E 學習環及 NRC 的第五階段內涵相同。

(二)「EAE探究教學模式」的運作方式：

EAE 探究教學模式與 5E 學習環的不同點在於運作方式的不同。5E 學習環是以「投入、探索、解釋、精緻化、評價」的順序來進行活動，而 EAE 探究教學模式的運作方式，是交替使用「發散思考」和「收斂思考」來進行活動，在各成份轉換的過程中，並沒有固定順序。使用發散思考之目的是要產生多元性的想法或論點，接著進行收斂思考，目的是要從多元的想法或論點，產生一個最合理且有效的想法或論點。整個探究活動在「探索、論證、評價」三個成份之間不斷轉換，直到活動結束。

因此，發散思考與收斂思考在 EAE 探究教學模式之運作方式如下：「先讓個人作發散思考→再讓個人作收斂思考→然後進行小組內的討論交流，作小組內的發散思考、收斂思考→接著作全班的發表、交流→然後進行組間的評價」。本研究發展的 EAE 探究教學模式的所有活動，都是依照上述理念設計及進行的。

以「探索—論證—評價」為基礎的探究教學模式在國中自然科之教學成效

參、研究方法

一、研究設計

本研究涉及的變項如表 2，研究設計模式如表 3。

表 2 本研究的變項

實驗處理 (自變項)	1. 以「探索—論證—評價」為基礎的探究教學模式(EAE 探究教學模式) 2. 食譜式實驗教學模式
控制變項	1. 相同程度的學生(常態編班) 2. 相同的教學單元(國中自然與生活科技第三冊，共六個單元) 3. 相同的活動時間(每個單元均以三節課進行活動)
共變項	1. 科學過程技能測驗成績(針對科學探究能力和自然科學期總成績的分析)
依變項	1. 科學學習動機測驗成績 2. 科學探究能力測驗成績 3. 自然科學期總成績

表 3 研究設計模式

組別	前測	實驗處理	後測
實驗組	O ₁	X ₁	O ₃
對照組	O ₂	X ₂	O ₄

註：表 3 的符號，X 代表學生接受實驗處理，O 代表觀察的(測量)依變項。其中，X₁ 代表：EAE 探究教學模式，X₂ 代表：食譜式實驗教學模式
O₁、O₂ 代表：科學過程技能測驗。
O₃、O₄ 代表：科學學習動機量表、科學探究能力測驗、自然科學期總成績。

在開學第一週施測科學過程技能測驗，在學期最後一週施測科學學習動機量表。科學探究能力測驗共有六份子測驗卷，分別依國二上學期自然科各章的

內容設計而成，在教科書每一章課程結束之後施測。自然科學期總成績則以國二上學期三次段考的平均成績來作代表。本研究以「科學過程技能測驗成績」作為共變數，以比較實驗組與對照組在科學探究能力和自然科學期總成績的表現，理由是因為本研究是在國二上學期實施，課程內容屬於理化，而國一課程內容屬於生物，知識屬性並不相同，在此情況下，若以國一的生物單元設計成科學探究能力前測，作為分析科學探究能力後測的共變數，進行統計考驗，並不合適。同理，若以國一下學期生物的學期總成績作為分析國二上學期理化的學期總成績的共變數，進行統計考驗，亦不合適。因此，採用與科學探究能力和科學知識產出具有相關性的科學過程技能作為共變數，較為合適。再者，未實施科學學習動機量表前測，以作為分析科學學習動機量表後測的共變數，是因為若在國二上學期第一週實施科學學習動機量表前測，則學生在前測的表現並非反映理化課的學習動機，此與反映理化課學習動機的後測並不相同。

二、研究對象基本資料

基於便利取樣，以本文第二作者任教之高雄縣某國中二年級學生為研究對象。該國中實施常態編班，實驗組及對照組學生人數均為 31 人。隨機分配其中一班為實驗組，另一班為對照組。

三、教學單元與活動進行方式

(一)教學單元

本研究是在國二上學期進行，教材是某版本國中自然與生活科技第三冊。考量到必需配合取樣學校的教學進度，無法將整本教科書的內容都轉換成 EAE 探究教學模式來進行活動，因此從每一章挑選一小節改編為 EAE 探究教學模式的活動，如表 4。

實驗組以改編的內容進行探究活動，對照組則依照教科書內容作「食譜式實驗」。實驗組及對照組均以小組的方式進行活動，每組人數約 5 人，每個單元的活動時間均為三節課。

以「探索—論證—評價」為基礎的探究教學模式在國中自然科之教學成效

表 4 教學單元名稱及活動時間

教科書章節	各章小節名稱	活動時數(節)
第一章：認識物質的世界	1-2 物質的密度	3
第二章：波動與聲音的世界	2-4 多變的聲音	3
第三章：光與色的世界	3-5 光與色	3
第四章：冷暖天地	4-2 熱量與水的溫度	3
第五章：純物質的奧秘	5-2 元素分類	3
第六章：化學反應	6-1 質量守恆定律	3

(二)活動進行方式

1. 實驗組：

實驗組以 EAE 探究教學模式進行活動，在活動中先由教師呈現某個科學現象或事件，讓學生對此現象表達想法，藉此偵測其先備概念，然後再由教師佈局製造認知衝突，引起動機，促使學生針對認知衝突點設計實驗並實際執行，收集資料來測試自己的想法。在作實驗收集資料後，對資料作分析及詮釋，進行自我論證，藉此形成具有內在邏輯一致的個人解釋與主張。然後讓學生輪流發表自己的發現，互相討論交流，進行社會論證。接著讓學生回顧上述的探究歷程、評估學到什麼知識以及是如何獲得的。最後，讓學生討論本次的探究所得，可以作哪些進一步的研究。以「多變的聲音」單元為例，說明實驗組的活動流程，如表 5。

表 5 實驗組的活動流程(以「多變的聲音」單元為例)

教學階段	活 動 內 容	活動時間
探索— 製造 認知 衝突	<p>教師提問一：各位同學應該都有被蚊子騷擾的經驗，有時候我們會聽到蚊子在我們耳朵旁邊飛來飛去，發出嗡嗡的聲音，請大家寫出為什麼蚊子在飛，會發出聲音的原因。</p> <p>教師提問二：為什麼我們能聽到蚊子飛行時嗡嗡的聲音，可是卻聽不到蝴蝶揮動翅膀的聲音？同樣是翅膀的振動，結果卻不同。請問是什麼原因造成這樣的結果？請把你想得到的原因都寫下來。</p> <p>→藉由上述兩個問題佈局，製造認知衝突，藉此瞭解學生對聲音的先備概念</p>	5 分鐘
探索— 測試 想法	<p>請每位同學都拿一支尺出來，把尺放在桌面上，用手壓住尺的一端，使尺的另一端能夠懸空在桌子外面，接著用手撥動這支尺懸空在桌子外面的那一端。請學生注意觀察尺的振動情況，並且注意聽尺在振動時所發出的聲音，然後把尺的震動情況與聲音的特色，整個操作過程和結果記錄下來。</p> <p>→此階段的活動目的，是要讓學生進行個人的探索，從事觀察、測試想法。</p>	10 分鐘
論證— 自我 論證	<p>學生在進行個人探索之後，接著輪流示範讓同組同學觀看，要求學生注意觀察別人的操作過程，並聽別人的尺所發出的聲音，察覺出和自己的不同之處。</p> <p>→此階段的活動目的，是希望藉由比較來發現差異性，進一步發現物體振動與聲音之間的關係組型(pattern)。</p>	10 分鐘
論證— 社會 論證	<p>學生在觀察過小組內每一位成員的操作之後，進行小組內的討論交流，然後依照小組討論後的結論，把影響尺發出不同聲音的所有因素(例如：撥動尺的力量大小、懸空部分的長度、尺振動的頻率、尺的材質、寬度、厚度，這些因素都會影響到尺，使它發出不同聲音)，按照其重要的程度，依序寫下來。然後把小組討論的結果，寫在小組的白板上，向全班同學報告。</p> <p>→此階段的活動目的，是要讓學生進行小組內的發散思考與收斂思考。藉此讓學生對上一階段的探究活動所得到的資料作評價、澄清及聚焦。</p>	20 分鐘

以「探索—論證—評價」為基礎的探究教學模式在國中自然科之教學成效

表 5 實驗組的活動流程(以「多變的聲音」單元為例)(續)

教學階段	活 動 內 容	活動時間
探索— 進一步 探究	<p>在學生經歷第一階段的探索活動之後，體驗到影響聲音的三個最主要的因素是響度、音調及音色。從這三個因素中，選擇其中一個小組想要研究的因素來設計實驗，進行第二階段的探索，驗證自己的想法。</p> <p>→此階段的活動目的，是要讓學生學會如何自行設計探索活動、學習如何控制變因進行實驗、記錄並分析實驗資料、整理實驗資料，為第二次的發表交流作準備。</p>	20 分鐘
論證— 社會 論證	<p>學生在進行第二階段探究活動之後，將探究所得資料，整理好之後寫在各組的小白板上，進行班級的發表交流。</p> <p>→此階段的活動目的，是要提供機會給學生，讓他學習為自己的想法、實驗結果作辯護，嘗試說服其他同學相信自己的發現，並學習其它組的優點。</p>	25 分鐘
評價	<p>在兩次的探究及兩次的發表交流之後，請學生回顧他們的探究過程，回想自己從活動中獲得哪些科學知識，並思考是如何獲得。</p> <p>→此階段的活動目的，是要讓學生對自己在活動的過程作評價，訓練後設認知的思考能力。</p>	20 分鐘
探索— 進一步 探究	<p>請學生思考這個單元還有哪些可進一步研究的問題。</p> <p>→此階段的活動目的，是要延伸本單元的學習效果。時間若是不夠讓學生真的進行探究，本題可作為學生的家庭作業。</p>	25 分鐘

2. 對照組：

對照組以「食譜式實驗」教學模式進行活動，所謂「食譜式實驗」是指課本中的實驗，由教師依照教師手冊的指引，將課本實驗的內容(包括實驗器材、步驟等)講解給學生聽，學生聽完教師講解之後，按照課本設計的方式作實驗。做完實驗之後，將實驗數據及分析結果登錄在實驗紀錄簿上，並回答課本中的討論問題，然後交由老師批改分數，教學活動即結束。這種食譜式實驗，即為Wellington 等人(1994)所謂的「教師導向、封閉式、結構式」的探究活動。以「多變的聲音」單元為例，說明對照組的活動流程，如表 6。

表 6 對照組的活動流程(以「多變的聲音」單元為例)

教學階段	活動內容	活動時間
講解課本	課本在本單元設計的食譜式實驗使用器材包括：吉他、硬紙盒、橡皮筋、砝碼、量筒、玻璃棒、附有共鳴箱的音叉。 活動方式為：以吉他示範不同粗細的弦、張力不同的弦會發出不同音調的聲音。用不同大小的力量來撥弦，會發出不同音量的聲音。而橡皮筋則綁在硬紙盒上來模擬吉他。量筒裝水以玻璃棒敲擊，可發出不同音調的聲音。音叉則是為了示範共振現象。 →課本以此活動演示聲音有音量、音調、音色等三個要素。	45 分鐘
作食譜式實驗	請學生依照課本設計的方式作實驗，作出課本所描述的現象	45 分鐘
寫實驗記錄簿	把食譜式實驗得到的結果當作證據，記錄在實驗紀錄簿上，並且回答課本提出的實驗討論問題，然後交給老師批改分數，教學活動即結束。	45 分鐘

四、研究工具

(一)工具來源

1. 科學過程技能量表：

本量表為朱淑吟(2002)翻譯自 Liu、Veronesi、Lieu 與 Yager (1994)編製的科學過程技能測驗。測驗內容涵蓋 13 項過程技能：

- (1) 觀察：指的是藉助儀器(如顯微鏡)或人的感官(如眼睛的視覺)來觀察。
- (2) 應用時間空間關係：指的是學童在觀察時，須注意某一段時間和某個空間的變因關係。
- (3) 分類：能把雜亂無章的物體或概念，依照其共同屬性進行分類。
- (4) 應用數字：把觀察所得的結果，用數字表達出來。
- (5) 測量：能進行距離、重量、時間、速度、長度等的測量與比較。
- (6) 傳達：以語言、文字等方式，將所知表達出來。

- (7) 推論：能由已呈現的結果(包括觀察到的現象)去推想造成這種結果的原因。
- (8) 預測：依據觀察到的或是現有的資料，預測未來可能發生的事。
- (9) 控制變因：能在進行實驗時控制變因。
- (10) 解釋資料：對觀察所得能給予合理的解釋。
- (11) 形成假設：能對所要探討的問題提出暫時性的解釋，藉由這種解釋去核對實際觀察所提的結果，判斷觀察的結果是否支持原有的理論或概念。
- (12) 下操作型定義：能對研究的對象，描述如何進行操作的定義。
- (13) 實驗：能組裝器材，進行實驗操作。

此量表共有 33 題選擇題，每題有 4~5 個選項，皆為單選題，答對給 1 分，答錯給 0 分。

2. 科學學習動機量表：

本量表是由 Tuan、Chin 與 Shieh (2005)發展而來，用以探討影響學生科學學習動機的六個面向：

- (1) 自我效能：目的是要探知學生對自己是否能在科學學習工作中有好的表現，具有信心。
- (2) 主動學習策略：目的是要探知學生是否能基於已有的理解，主動採取學習策略，建構新的知識。
- (3) 科學學習價值：目的是要探知學生是否能夠察覺到學習科學的價值在於獲得問題解決的能力，體驗探究活動，激發自己的思考，並發現科學與日常生活的相關性。
- (4) 表現目標導向：目的是要探知學生學習科學的目標，是否在於與其他同學競爭，獲得老師的注意。
- (5) 成就目標：目的是要探知學生在科學學習的過程中，能力增強而獲得成就的時候，是否會產生內心的滿足。
- (6) 學習環境誘因：目的是要探知在課室中，課程內容、教師的教學方式及同學間的互動等學習環境，是否會影響學生學習科學的動機。

此量表為李克特氏五點量表，共有 35 題，其中有九題反向題，包括：2、4、5、6、7、21、22、23、24，其餘 26 題為正向題。正向題依序給 5、4、3、2、1 分，反向題給 1、2、3、4、5 分。

3. 科學探究能力測驗卷：

本工具是由本研究團隊(成員包括某師範大學科學教育研究所教授及該所之三位博士候選人)自行發展而成，試題內容及評分標準，均經過科學教育專家

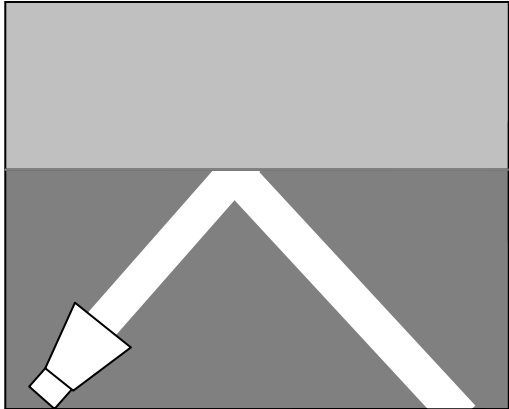
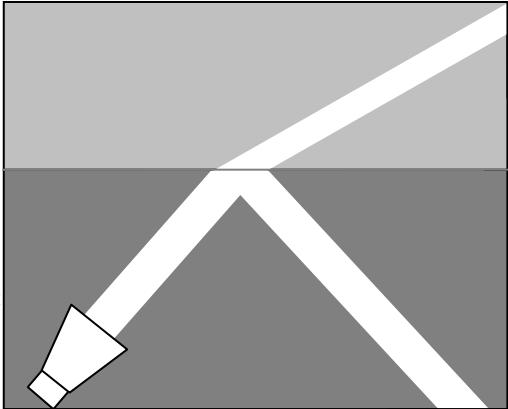
的審查及學生試作，逐步修訂完成。本工具依據 Lawson (1995) 提出的思考模式來設計，Lawson 提出的元素有六項，包括：「提出因果問題、形成另有假設、設計實驗的測試條件、根據選擇的假設及實驗條件預測可觀察的結果、觀察實際結果並比較預測結果、形成支持或不支持假設的結論」。但是，由於本問卷是紙筆測驗，不是實作評量，因此只使用 Lawson 的前四個元素作為本測驗卷的架構。此外，增加「評價及選擇假設」這項元素，其原因在於「形成另有假設」涉及「發散思考」，而接下來應該進行「收斂思考」，所以加入「評價及選擇假設」這項元素。本測驗卷的探究能力分成五個向度，包括：(1)發現問題、(2)形成另有假設、(3)評價及選擇假設、(4)設計實驗、(5)預測實驗結果及解釋。

本測驗卷分為六份子測驗卷：A、B、C、D、E、F 卷。命題內容取自國中二年級上學期自然教科書第三冊的第一章到第六章。測驗卷名稱與對應的教學活動單元及章節及其屬性，如表 7。科學探究能力測驗卷的內容，以 C 卷為例，如表 8。

表 7 科學探究能力測驗卷

問卷名稱	教學活動單元	單元屬性	課本章節
A 卷：燒杯中的雞蛋	密度	物理	第一章：認識物質的世界
B 卷：聲音的變化	聲音	物理	第二章：波動與聲音的世界
C 卷：投射燈的光束	折射	物理	第三章：光與色的世界
D 卷：自然冷卻	熱量	物理	第四章：冷暖天地
E 卷：金屬元素	辨別金屬元素	化學	第五章：純物質的奧秘
F 卷：消失的金鋼石	質量守恆	化學	第六章：化學反應

表 8 科學探究能力測驗卷「C 卷：投射燈的光束」的內容

	
投射燈 A 玻璃容器 A	投射燈 B 玻璃容器 B
圖 A	圖 B
問題一：比較圖 A 和圖 B，你發現到什麼可疑的問題呢？	
問題二：針對這個可疑的問題，請你提出至少二個不同的假設，來暫時解釋這個可疑的問題。	
問題三：在你所提出的不同假設中，你認為哪一個假設最有可能解釋這個可疑的問題？為什麼？	
問題四：如何設計一個實驗來測試你所選擇的假設是不是對的？請將你的實驗設計寫在下面，若有必要，可以用文字和圖形一起說明。	
問題五：根據你所選擇的假設和設計的實驗，你預期實驗的結果是什麼？請詳細說明你的理由。	

A~F 這六份測驗卷，是分散在教科書每一章的課程結束之後施測。計分方式是依答案的合理程度，每小題給 0~4 分。為了讓各小題的配分權重相同，每小題配分均為 4 分，滿分為 20 分。以 C 卷為例，其評分標準如表 9。將每份子測驗卷五個小題的分數加總，即代表實驗組和對照組在該份子測驗卷的表現。此外，本測驗卷又分為五個向度：(1)發現問題、(2)形成另有假設、(3)評價及選擇假設、(4)設計實驗、(5)預測實驗結果及解釋，若把每份子測驗卷在同一向度的得分加總，則可以比較實驗組和對照組在不同向度的能力表現。

表 9 評分標準

題項	評 分 標 準	舉 例 (以 C 卷為例)
第一題	<p>本題要測量學生是否有「發現問題」的能力。本題滿分為4分。學生在比較圖A和圖B之後，若能夠發現問題寫出可疑之處，就給4分。若學生沒有發現問題可疑之處，或空白沒作答，就給0分。因此，第一題只有全對(4分)或全錯(0分)兩種情況。</p>	<p>例如：某生回答「B圖的光有折射，A圖沒有」，就給4分。如果學生沒有發現問題可疑之處，或是空白沒作答，就給0分。</p>
第二題	<p>本題「要求學生針對第一題的情境，提出至少二個不同的假設，來解釋問題一」。本題滿分為4分。學生若能提出合理、明確的假設，每寫出一個「觀念不重覆」的假設，就給1分，最高給4分。若提出的是迷思概念、超自然現象等不合理之假設，則不給分。因此，學生在第二題的作答情況，可以細分成0~4分。</p>	<p>例如：某生提出「液體種類不一樣」；「投射燈的角度不一樣」；「光的顏色不一樣」；「介質不同」。只要提出上述一個合理的假說就給一分，直到滿分四分為止。</p>
第三題	<p>本題分為兩個階段來給分，第一階段及第二階段各為2分，把第一階段(0或2)和第二階段(0~2)的得分相加，就產生0~4的得分。本題滿分為4分。</p> <p>在第一階段，如果學生能針對他在第二題所提出的所有假設，挑選出最有可能的一個，就給2分。空白沒作答給0分。因此，在第一階段，只有2分或0分的情況，沒有得到1分的情況。</p> <p>在第二階段，學生必須對他覺得最可能的假設，作出解釋，依據學生的解釋，是否符合科學社群的看法來給分(0~2分)。</p>	<p>在第一階段的作答，某生提出「我覺得是因為投射燈的角度不同造成的」，此學生有針對他所提出的所有假說收斂到最有可能的一個，就加兩分。空白沒有寫，就給0分。</p> <p>在第二階段的作答，例如學生回答「因為投射燈的角度不同，就會造成反射角及折射角也跟著不同」，此為完全合理的解釋，就給兩分。若學生所寫的內容太簡略不夠明確，例如「角度不一樣」，就只獲得1分。如果學生空白沒有作答，或者沒有用科學知識來解釋他的假設，例如學生寫「不知道」，就給0分。</p>

表 9 評分標準(續)

題項	評 分 標 準	舉 例 (以 C 卷為例)
第 四 題	<p>本題「要求學生設計一個實驗來測試他所選擇的假設是不是對的?」。本題滿分為4分。依照學生「是否能依據他所挑選的假設來設計實驗、設計的實驗是否有作到操縱變因與控制變因」來給分,實驗設計越詳細的,得分就越高。因此,學生在第四題的作答情況,可細分成0~4分。</p>	<p>給4分的範例,例如:「準備一個玻璃容器、一個手電筒和不同顏色的玻璃紙。把水裝到玻璃容器中,然後輪流用不同顏色的玻璃紙包在手電筒上,把燈光照射進裝水的容器中,改變手電筒照射的角度,比較結果」。這樣的描述有配合其假設,且有分成實驗組及對照組,就給4分。</p>
	<p>有配合假設設計實驗,並有明確的操縱變因與控制變因,給4分。</p>	<p>給3分的範例,例如某學生認為是因為角度的關係影響的。他的設計是「準備一個水晶球,因為水晶球每一個切面的角度都不同因此會有不同的結果,把燈光照射到水晶球上,看看結果如何」。此學生把實驗組和對照組都混合在一起操作,因此給3分。</p>
	<p>配合假設設計實驗,有操縱變因但無控制變因,或操縱變因與控制變因不明確者,給3分。</p>	<p>給2分的範例,例如:某學生認為是因為A圖的液面有一層油,所以光無法穿透。他的設計是「把油倒在水面上,然後用手電筒照照看結果如何」。只有實驗組的操作,因此給2分。</p>
	<p>配合假設設計實驗,僅有操縱變因或控制變因,但不夠明確者,給2分。</p>	<p>給1分的範例,例如:「用不同顏色的光照進水中就知道結果了」。如此簡單的描述就只給1分。</p>
	<p>無實驗設計或未針對假設設計者,給1分。</p>	<p>空白未作答或無效答案,給0分。</p>
	<p>空白未作答或無效答案,給0分。</p>	<p>空白未作答或無效答案,給0分。</p>

表 9 評分標準(續)

題項	評 分 標 準	舉 例 (以 C 卷為例)
第五題	<p>本題分為兩個階段來給分，第一階段及第二階段各為2分，第一階段要求學生針對自己所設計實驗作預測，依其預測的合理性，給2~0分。第二階段要求學生針對其預測的結果作解釋，依其解釋的合理性，再給2~0分。把第一階段和第二階段的得分相加，就產生0~4的得分。本題滿分為4分。</p> <p>在第一階段，請學生預測他設計的實驗可能產生何種結果。如果學生能夠預測出可能產生的實驗結果，就給2分。空白沒有寫就給0分。</p> <p>在第二階段，要學生解釋為何他所設計的實驗可以產生這樣的結果。依據學生的解釋，是否符合科學社群的看法來給分(0~2分)。</p>	<p>在第一階段的作答，例如：某生提出「我預測在不同的角度，會有不同的光從不同的地方照出來」，此學生有針對他所設計的實驗作出預測，就加兩分。空白沒有寫就給0分。</p> <p>在第二階段的作答，例如：學生解釋說：「就像鑽石就是一個很好的例子，鑽石會從不同的角度把光折射出來」，此為合理的解釋，就給2分。</p> <p>若學生所寫的說明太簡略不夠明確，例如：「是因為角度不一樣」，寫得太簡略了，就只給1分。如果學生空白沒有作答，或者並沒有用科學知識來解釋他的假設，例如：學生寫「我覺得應該就是這樣」，就給0分。</p>

4. 自然科學期總成績：

自然科學期總成績是以國二上學期三次自然科段考成績之平均作為代表。

(二) 信效度

1. 信度：

科學過程技能量表，原量表是以國小六年級為施測對象($N=258$)，其 Cronbach α 值為 .72(朱淑吟, 2002)。本研究的樣本之 Cronbach α 值為 .80 ($N=62$)。

科學學習動機量表，原量表以國一、國二、國三學生為施測對象($N=1407$)。原量表及本研究之 Cronbach α 值，如表 10。

表 10 「科學學習動機量表」原量表與本研究樣本的 α 值

分量表名稱	原量表(N=1407)的 α 值	本研究(N=62)的 α 值
自我效能(SE)	.82	.80
主動學習策略(ALS)	.87	.78
科學學習價值(SLV)	.70	.75
表現目標導向(PG)	.81	.76
成就目標(AG)	.80	.84
學習環境誘因(LES)	.75	.87
總量表	.89	.84

至於科學探究能力測驗卷的信度分析，本文的第二作者負責教學，研究團隊另外兩位博士候選人負責評分。A 到 F 卷都隨機抽取實驗組與對照組各五份問卷，合計十份問卷，依據表 9 之評分表來評分，進行評分者信度分析。結果 A 到 F 卷的 Pearson 積差相關係數分別為 .92、.84、.81、.89、.75、.87，顯示評分者的評分過程具有可信度。

2. 效度：

研究者將上述研究工具，送請兩位具有科學教育博士學位之教授進行專家審查，並請取樣學校的另一位自然科教師，對題目內容之語意敘述、作答時間提供建議，藉此建立專家效度與內容效度。然後找研究對象以外的三位國三學生試讀本量表，確定學生能理解試題的內容，以建立表面效度。

五、資料分析方式

本研究以上述研究工具蒐集數據，以 SPSS13.0 中文版進行統計考驗。其中，「科學學習動機」是進行單因子多變量變異數分析。「科學探究能力」是以「科學過程技能測驗」作為共變項，進行單因子多變量共變數分析。而「國二上學期自然科總成績」亦以「科學過程技能測驗」作為共變項，進行單因子共變數分析。

效果量強度之判準，則依據 Cohen (1988)的建議(引自吳明隆，2007)分為三等級：大的效果量($\eta^2 \geq .14$)；中度的效果量($.14 > \eta^2 \geq .06$)；小的效果量($.06 > \eta^2$)。

肆、研究結果與討論

一、實驗組與對照組在「科學學習動機」的差異

如表 11，實驗組和對照組在科學學習動機的得分，以單因子多變量變異數分析進行考驗，結果在整體考驗上 Wilk's λ 值 .88，達顯著水準($p = .02 < .05$)，整體實驗效果量為 .08，具有中度的實驗效果。接著以單變項變異數分析各分量表之差異，「自我效能」、「科學學習價值」、「學習環境誘因」達顯著，實驗組平均分數高於對照組，具有中度的實驗效果。

表 11 兩組學生在「科學學習動機」之多變量變異數分析摘要表

項 目	實驗組(N=31)		對照組(N=31)		多變量 Wilk's λ	多變量 F	單變量 F	效果量 η^2
	Adj M	SD	Adj M	SD				
多變量檢定					.88	1.25*		.08
自我效能	20.58	4.01	17.65	3.81			8.15**	.12
主動學習策略	27.84	4.90	25.53	5.74			2.85	.05
科學學習價值	19.26	2.44	17.60	3.62			4.44*	.07
表現目標	15.81	2.79	15.50	3.53			0.14	.00
成就目標	17.35	3.34	16.17	4.28			1.47	.02
學習環境誘因	18.16	2.97	15.10	3.67			9.10**	.13

* $p < .05$ ** $p < .01$

上述統計數據顯示 EAE 探究教學模式，比較能提升學生在「自我效能」、「科學學習價值」、「學習環境誘因」三個向度的學習動機，即實驗組對於「自己是否能在科學學習工作中有好的表現」，比對照組有信心。實驗組比較能覺

察「學習科學的價值是要獲得問題解決的能力，激發自己的思考，並發現科學與日常生活的相關性」。實驗組在「課程內容、教師的教學方式及同學間的互動」等學習環境方面，比對照組有更高的知覺。

至於在「主動學習策略」、「表現目標」、「成就目標」三個向度，實驗組與對照組在統計上無顯著差異。對此結果，研究者推測其可能原因是：「不同類型的教學模式，對不同向度的學習動機，各自有不同的提升效果」，此說法可由其他類似的研究結果得到呼應。例如：蔡執仲、段曉林和靳知勤(2007)發展「巢狀探究教學模式」，並比較該教學模式(實驗組)與以教科書為主的教學模式(對照組)對學生科學學習動機的影響，該研究與本研究使用同一份科學學習動機量表。該研究的結果顯示「巢狀探究教學模式」能使實驗組在「主動學習策略」、「科學學習價值」、「自我效能」及「成就目標」四個向度的平均得分高於對照組。因此，雖然在積極層面，無法宣稱 EAE 探究教學模式可以全面提升實驗組各向度的學習動機，但在消極的層面，從實驗組的得分均高於對照組這一點來看，至少 EAE 探究教學模式並不會降低學生的學習動機。

二、實驗組與對照組在「科學探究能力」的差異

(一)在六份子測驗卷的差異情況

以科學過程技能前測得分作為共變數，科學探究能力 A 至 F 卷得分為依變量，進行多變量組內迴歸係數同質性檢定，Wilk's λ 值 .94，未達統計上的顯著水準($p = .85 > .05$)，未違反多變量共變數分析的統計假定。因此，繼續進行共變數分析。

表 12 兩組學生在六份子測驗卷得分之多變量共變數分析摘要表

項 目	實驗組(N=31)		對照組(N=31)		多變量	多變量	單變量	效果量
	Adj M	SD	Adj M	SD	Wilk's λ	F	F	η^2
多變量檢定					.63	4.29**		.37
探究能力 A 卷	12.46	3.55	11.27	3.76			2.21	.04
探究能力 B 卷	13.18	3.96	11.48	4.06			3.06	.05
探究能力 C 卷	13.17	4.73	10.44	4.05			8.25*	.13
探究能力 D 卷	13.77	4.89	9.18	4.92			16.11*	.22
探究能力 E 卷	5.29	2.09	3.58	1.76			13.75*	.19
探究能力 F 卷	12.10	4.80	11.16	5.30			0.57	.01

* $p < .05$ ** $p < .01$

如表 12，多變量共變數分析結果，在整體考驗上 Wilk's λ 值 .63，達顯著水準($p = .001 < .01$)，整體實驗效果量為 .37，達大的效果量。接著進行單變量共變數分析，在排除共變數的影響後，比較實驗組與對照組在科學探究能力 A 至 F 卷調整後的平均分數，統計分析結果顯示：科學探究能力 C、D、E 卷達顯著水準($p < .05$)，且實驗組的平均得分高於對照組，具有中度到大的實驗效果(η^2 介於 .13 至 .22)。對於上述統計結果，研究者推測可能的原因，有以下兩點：

- (1) 本研究共有六個實驗活動，學生在每個活動結束之後，填寫一份該單元的科學探究能力測驗卷。因為實驗組學生在進入本研究之前，只有作過課本設計的食譜式實驗，因此，學生一開始並不熟悉如何以本研究的EAE探究教學模式來作實驗，有可能是這個因素，使得實驗組與對照組在前兩份測驗卷(A卷及B卷)的得分，統計分析未達顯著差異。但是，隨著學生對EAE探究教學模式越來越熟悉，在後續單元(C卷、D卷、E卷)的表現，就顯現出差異。此外，這一點也可以從效果量從小($\eta^2 = .04$)逐漸增加到大($\eta^2 = .22$)而得到佐證。
- (2) 至於為何在最後一個單元(F卷)，兩組學生的得分，統計分析又未達顯著差異。研究者推測可能的是因為活動單元的屬性不同所導致。前四個單元(A卷~D卷)是屬於物理領域的活動單元，後兩個單元(E卷及F卷)是屬於化學領域的活動單元。當單元的屬性從物理轉換為化學，有可能影響學生在該單元的測驗表現。

(二)在五個子向度的差異情況

以科學過程技能前測得分為共變數，依變項為科學探究能力的五個子向度：「發現問題、形成另有假設、評價及選擇假設、設計實驗、預測實驗結果及解釋」，進行多變量之組內迴歸係數同質性檢定，Wilk's λ 值為 .88，未達統計上的顯著水準($p = .23 > .05$)，未違反多變量共變數分析的統計假定。因此，繼續進行共變數分析。

表 13 兩組學生在各個子向度之多變量共變數分析摘要表

項 目	實驗組(N=31) 對照組(N=31)				多變量 Wilk's λ	多變量 F	單變量 F	效果量 η^2
	Adj M	SD	Adj M	SD				
多變量檢定					.61	6.82***		.39
發現問題	15.92	3.81	13.45	3.82			6.74*	.11
形成另有假設	8.46	2.94	6.86	2.38			8.27*	.13
評價及選擇假設	15.17	4.32	14.39	4.92			0.51	.01
設計實驗	18.89	6.52	14.01	5.56			14.67*	.20
預測實驗結果 及解釋	11.52	5.74	8.41	5.53			5.80*	.09

* $p < .05$ *** $p < .001$

如表 13 所示，多變量共變數分析考驗結果，在整體考驗上 Wilk's λ 值 .61， $p = .000 < .001$ 達顯著水準，整體實驗效果量 η^2 為 .39，達大的效果量。此結果顯示，整體而言，EAE 探究教學模式比食譜式實驗教學模式，更能提升學生的科學探究能力。接著進行單變量共變數分析，在排除共變數的影響後，比較實驗組與對照組在「發現問題、形成另有假設、評價及選擇假設、設計實驗、預測實驗結果及解釋」等五個子向度，只有「評價及選擇假設」未達顯著水準($p = .47 > .05$)，其餘皆達顯著水準($p < .05$)，且實驗組平均得分高於對照組，在「設計實驗($\eta^2 = .20$)」達到大的實驗效果量；在「發現問題」、「形成另有假設」、「預測實驗結果及解釋」(η^2 分別為 .11、.13、.09)，達中度的實驗效果量。此結果顯示 EAE 探究教學模式比較能提升學生的「發現問題、形成另有假設、設計實驗、預測實驗結果及解釋」等四個向度的表現。

至於在「評價及選擇假設」向度的比較，統計考驗未達顯著水準。推究其原因，可能是因為學生必須在上一階段先產生各種可能的另有假說，並對這些另有假說有所理解，然後才能在本階段依據每個另有假說的「合理程度」來對它作評價，然後作出選擇。因此，「評價及選擇假設」這個向度是屬於後設認知的層次，而這種比較高階的思考能力，學生是比較缺乏的。此結果與 Ben-David 和 Zohar (2009) 在提升學生「形成假設」能力的實徵研究中，有同樣的發現。

三、實驗組與對照組在「自然科學期總成績」的差異

以科學過程技能前測得分為共變數，以學生的國二上學期自然科學期總成績為依變量，進行組內迴歸係數同質性檢定， $p = .311 > .05$ 並未違反單因子共變數分析的統計假定。因此，實驗組與對照組可視為同質，繼續進行單因子共變數分析。在排除共變數的影響後，兩組學生在自然科學期總成績的統計分析 $p = .34 > .05$ ，未達顯著水準。

對此結果，研究者推測其可能原因是：本研究的活動是從課本各章挑選其中一小節，依據 EAE 探究教學模式來改編該小節的內容，進行實驗活動。但是段考試題的範圍與內容，均大於本研究活動的範圍與內容。可能是這個因素，使得實驗組與對照組的自然科學期總成績在統計上無顯著差異。儘管如此，這並不代表 EAE 探究教學模式對提升學生的學業成績沒有貢獻。從自然科學期總成績的全班平均數來看，實驗組的平均成績為 49.32，高於對照組的平均成績 46.07，此結果顯示，至少在消極的層面上，EAE 探究教學模式並不會降低學生的成績，而在積極層面上，是否存在提升學生成績的可能性，則有待進一步的研究。

伍、結論與建議

有關本研究發展的「EAE 探究教學模式」在國中自然科的教學成效，以下分別就科學學習動機、科學探究能力、自然科學期總成績之實施成果來下結論，並提出後續研究之建議：

一、結論

(一)從科學學習動機的統計分析數據顯示

以 EAE 探究教學模式學習的實驗組學生，對於自己是否能在科學學習工作中有好的表現具有信心。比較能察覺到學習科學的價值在於獲得問題解決的能力，體驗探究活動，激發自己的思考，並發現科學與日常生活的相關性。能夠在探究活動的過程中，察覺到自己能力增強而獲得成就，產生內心的滿足。因此，EAE 探究教學模式比較能促使實驗組學生對學習科學產生較高的學習動機。

(二)從科學探究能力的統計分析數據顯示

EAE 探究教學模式比食譜式實驗教學模式更能提升學生的科學探究能力。在 C、D、E 卷(光的折射、熱量、辨別金屬元素)這三個單元，能使實驗組比對照組有更好的表現。

(三)從科學探究能力五個子向度的統計分析數據顯示

除了「評價及選擇假設」這個子向度未達顯著水準，在「發現問題、形成另有假設、設計實驗、預測實驗結果及解釋」四個子向度均達顯著水準，且均達中度以上之效果量。此結果顯示 EAE 探究教學模式比食譜式實驗教學模式更能提升學生在上述四個子向度的科學探究能力。

(四)從自然科學期總成績的統計分析結果顯示

經過教學處理後的實驗組與對照組，在國二上學期自然科學期總成績並無達到統計上的顯著差異。

(五)實施成果之總結論

依據結論(一)、(二)、(三)，本研究可宣稱：EAE 探究教學模式比食譜式實驗教學模式更能提升學生在科學學習動機及科學探究能力這兩個方面的表現。

二、研究建議

根據本次研究的結論，作者提出以下兩點建議，作為後續研究的參考。

- (一)基於便利取樣，本次研究是選取本文第二作者所任教之高雄縣某國中二年級學生，共兩個班級作為研究樣本。因研究樣本較少，就研究的生態效度而言，還不夠充分。因此，建議後續的研究將研究樣本擴大，把都會區的大型學校、中型學校及鄉鎮區的小型學校都列為研究樣本，如此將可收集到更完整的樣本資料。並邀請該校的教師參與研究團隊，使用 EAE 探究教學模式進行教學，藉由教學實踐的過程中，對 EAE 探究教學模式在自然科的教學成效，產生更廣泛的瞭解。
- (二)本次研究是以國二學生作為研究樣本，教學活動是在國二上學期進行。學生在國一自然科的學習內容是屬於「生物」的科學知識，而國二上學期的學習內容是屬於「物理」及「化學」的科學知識，因為知識屬性不同，所以在本次研究，並沒有將科學知識列為共變項。然而，科學知識也是會影響學生在科學探究活動表現的重要因素。因此，建議後續研究，以同樣屬性的科學知識(例如：生物、物理、化學、地球科學)，作為活動單元，藉此探討學生的科學知識對其在科學探究活動的表現之影響。

致謝

本研究承蒙國科會的經費支助(NSC 93-2511-S-017-003)及審查委員精闢的評論與建議，特此致謝！

參考文獻

- 朱淑吟(2002)。利用網頁專題製作引導 STS 專題式教學對學生學習影響之研究(未出版之碩士論文)。國立花蓮師範學院，花蓮市。
- 吳百興、張耀云、吳心楷(2010)。科學探究活動中的科學推理。*科學教育研究與發展季刊*，56，53-74。
- 吳明隆(2007)。SPSS 統計應用學習實務：問卷分析與應用統計。臺北市：知城。
- 洪振方(1994)。從孔恩異例的認知與論證探討科學知識的重建(未出版之博士論文)。國立臺灣師範大學，臺北市。

- 洪振方(2003)。探究式教學的歷史回顧與創造性探究模式之初探。《高雄師大學報》，15，641-662。
- 秦爾聰、林勇吉、林晶珮、段曉林(2009)。數學探究教學對數學解題能力提升之個案研究。《科學教育研究與發展季刊》，55，83-116。
- 教育部(2003)。92年國民中小學自然與生活科技學習領域課程綱要。臺北市：教育部。
- 教育部(2008)。97年國民中小學自然與生活科技學習領域課程綱要。臺北市：教育部。
- 蔡執仲、段曉林、靳知勤(2007)。巢狀探究教學模式對國二學生理化學習動機影響之探討。《科學教育學刊》，15(2)，119-144。
- Ben-David, A., & Zohar, A. (2009). Contribution of meta-strategic knowledge to scientific inquiry learning. *International Journal of Science Education*, 31(12), 1657-1682.
- Boulter, C. J., & Gilbert, J. K. (1995). Argument and science education. In P. S. M. Costello & S. Mitchell (Eds.), *Competing and consensual voices: The theory and practice of argumentation*. Clevedon, UK: Multilingual Matters.
- Browne, M. N., & Keeley, S. M. (1998). *Asking the right questions: A guide to critical thinking*. (5th Ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Bruner, J. (1960). *The process of education*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Bybee, R. W., & Landes, N. M. (1988). The biological science curriculum study (BSCS). *Science and Children*, 25(8), 36-37.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287-312.
- Gagne, R. (1963). The learning requirements for enquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 1, 144-153.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., Rodríguez, A. B., & Duschl, R. A. (2000). “Doing the lesson” or “doing science”: Argument in high school genetics. *Science Education*, 84(6), 757-792.

- Karplus, R., & Their, H. D. (1967). *A new look at elementary school science*. Chicago, IL: Rand McNally.
- Kim, H., & Song, J. (2005). The features of peer argumentation in middle school students' scientific inquiry. *Research in Science Education*, 36(3), 211-233.
- Kuhn, D. (1991). *The skills of argument*. New York: Cambridge University Press.
- Kuhn, D. (1993). Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. *Science Education*, 77(3), 319-337.
- Kuhn, D., Shaw, V., & Felton, M. (1997). Effects of dyadic interaction on argumentative reasoning. *Cognition and Instruction*, 15(3), 287-315.
- Lawson, A. E. (1995). *Science teaching and the development of thinking*. Belmont, California: Wadsworth Publishing Company.
- Lawson, A. E., Abraham, M. R., & Renner, J. W. (1989). A Theory of instruction: Using the learning cycle to teach science concepts and thinking skills. *Monographs of the National Association for Research in Science Teaching*, 1, 1-57.
- Liu, C., Veronesi, P. D., Lieu, J., & Yager, R. E. (1994). *1994-95 Iowa assessment handbook*. Iowa City: Science education center, The University of Iowa.
- National Research Council. (1996). *The national science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschl, R. (2003). What ideas-about-science should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692-720.
- Richmond, G., & Striley, J. (1996). Making meaning in classrooms: Social processes in small group discourse and scientific knowledge building. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(8), 839-858.
- Russell, T. L. (1983). Analyzing arguments in science classroom discourse: Can teachers' questions distort scientific authority? *Journal of Research in Science Teaching*, 20(1), 27-45.
- Sandoval, W. A., & Millwood, K. A. (2005). The quality of students' use of evidence in written scientific explanations. *Cognition and Instruction*, 23(1), 23-55.

- Schwab, J. (1962). The teaching of science as enquiry. In J. Schwab & P. Brandwein (Eds.), *The teaching of science*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Science Curriculum Improvement Study. (1974). *Science curriculum improvement study (SCIS): Teacher handbook*. CA: University of California.
- The Oxford English Dictionary. (1989). *The Oxford English Dictionary*. Oxford, NY: Oxford University Press.
- Treffinger, D. J., Isaksen, S. G., & Dorval, K. B. (1994). Creative problem solving: An overview. In M. A. Runco (Ed.), *Problem solving and creativity*. New Jersey: Ablex.
- Tuan, H. L., Chin, C. C., & Shieh, S. H. (2005). The development of students' motivation toward science learning questionnaire. *International Journal of Science Education*, 27(6), 639-654.
- Wellington, J., Henderson, J., Lally, V., Scaife, J., Knutton, S., & Nott, M. (1994). *Secondary science—Contemporary issues and practical approaches*. London & New York: Routledge.
- Yore, L. D., & Hand, B. M. (2003). Examining the literacy component of science literacy: 25 years of language arts and science research. *International Journal of Science Education*, 25(6), 689-725.

An Analysis of the Teaching Effectiveness by Using “Exploration-Argumentation-Evaluation” Inquiry Teaching Model in Junior High School Science Class

Jeng-Fung Hung Chung-Hsing Feng*

Graduate Institute of Science Education, National Kaohsiung Normal University

[*fenghd@tn.edu.tw](mailto:fenghd@tn.edu.tw)

Abstract

The purpose of this research was to develop an Exploration-Argumentation-Evaluation (EAE) inquiry teaching model and to analyze the teaching effectiveness using it in junior high school science class. A quasi-experimental design was conducted in this study. The research samples ($N=62$) were 8th graders. The experimental group ($N=31$) was instructed with the EAE inquiry teaching model, while the control group ($N=31$) was instructed based on the textbook. The contents of teaching material in both groups were the Junior High School Science Textbook Volume III, and there were six teaching units in it. The data of Students' Motivation toward Science Learning Scale, scientific inquiry abilities test, and semester scores were collected and analyzed. The results have shown the average scores of Students' Motivation toward Science Learning Scale and scientific inquiry abilities test in the experimental group are both higher than those in the control group. As to students' semester scores, there was no significant difference between these two groups.

Keywords: inquiry teaching model, scientific inquiry abilities, motivation toward science learning