



建模導向的探究模式對八年級學生辨識科學探究成份能力之影響

封中興 自然與生活科技領域教師
◎ 臺南市立海佃國民中學

摘要

本研究旨在探討建模導向的探究模式，對八年級學生辨識科學探究成份能力之影響。以準實驗研究法進行設計，研究對象取自臺南市某國中八年級學生。實驗組以「建模導向探究模式」進行教學，對照組以「教科書導向探究模式」進行教學。從國中自然與生活科技第三冊教科書中，選取四個教學單元來進行本研究。以「辨識研究問題、辨識研究假設、辨識操縱變因、辨識應變變因、辨識控制變因」代表辨識科學探究成份的能力。分析實驗組與對照組的表現，研究結果如下：實驗組表現優於對照組，在「辨識研究問題、辨識操縱變因、辨識應變變因、辨識控制變因」四個向度及整體表現，在統計上達顯著差異，具有中度或大的實驗效果量。但是「辨識研究假設」向度，在統計上未達顯著差異。依據研究結果，研究者對後續的研究提出相關建議。

關鍵詞：建模導向探究模式、教科書導向探究模式、科學探究成份

Analyzing the Effect of Modeling-oriented Inquiry Model on 8th Grade Students' Ability to Identify the Elements of Scientific Inquiry

Chung-Hsing Feng Science Teacher

© Tainan Municipal Haidian Junior High School

Abstract

The purpose of this research is to analyze the effect of Modeling-oriented Inquiry Model on 8th grade students' ability to identify the elements of scientific inquiry. A quasi-experimental design was used in this study. The research samples were 8th grade students of a junior high school in Tainan City. The experimental group was instructed in the "modeling-oriented inquiry model", while the contrast group was instructed in the "textbook-oriented inquiry model". Four teaching units were adopted from the Junior High School Science Textbook Volume III for this research. "Identify research problem, identify hypothesis, identify manipulated variable, identify responding variable, identify controlled variable" were used to represent the ability to identify the elements of scientific inquiry. The performance of the experimental group and the contrast group was analyzed. The research results are as follows: The experimental group performed better than the contrast group. Statistically significant differences are found in "identify research problem, identify manipulated variable, identify responding variable, identify controlled variable, and total performance". The effect size is moderate or large. But no significant difference is found in "identify hypothesis". The researcher proposes some recommendations to future research according to the research results.

Keywords: modeling-oriented inquiry model, textbook-oriented inquiry model, the elements of scientific inquiry

壹、緒論

一、研究動機

自從教育部在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，迄今已經歷八年的時間，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學年度實施。比對《92課綱》與《97課綱》，自然與生活科技領域的內容並無重大改變。新、舊兩份課綱都提到：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。因此，不論新、舊兩份課綱，都強調：「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」。

《美國國家科學教育標準》(National Research Council, [NRC], 1996) 指出：科學探究是科學與科學學習的核心。因此該標準強調要培養學生「對科學探究的理解」及「進行科學探究所需要的能力」。而「對科學探究的理解」這意味著學生必須先能夠辨識科學探究活動包括哪些成份，瞭解這些成份的內涵，然後才能進一步培養學生進行科學探究的各項能力。此外，該文件亦指出：科學家透過觀察、做實驗，建構理論模型、物理模型和數學模型等方式，藉此產生科學知識。對於這一點，回顧科學史即可找到許多例子(王溢然, 2001、洪振方, 2000；馬文蔚、唐玄之、周永平, 1987；張瓊、于

祺明、劉文君, 1994；張光熙、宋加麗, 2002)。例如：在天文學的領域，對於天體運動，托勒密提出地心說模型、哥白尼提出日心說的圓形軌道運轉模型、克普勒則提出橢圓軌道的運轉模型。上述科學家在從事科學研究的歷程中，是藉由建構模型(model building 或 modeling, 簡稱建模)來幫助自己思考與推理，其目的是為了瞭解「大自然的運作方式」。因此，科學知識的建構與科學模型是分不開的(Justi & Gilbert, 2000)。既然科學家是透過建模來理解科學現象，學校的科學教育也應該讓學生透過建模來學習科學知識(Clement, 2000; Clement & Rea-Ramirez, 2008)。

基於上述理由，本研究試著從科學知識發展的本質——建模來作為切入點，設計「建模導向的探究模式」，探討此教學模式對八年級學生辨識科學探究成份有何影響。

二、研究目的與研究問題

本研究旨在發展「建模導向的探究模式(modeling-oriented inquiry model)」，分析此教學模式對學生辨識科學探究成份的能力有何影響。基於此研究目的，本研究的研究問題如下：

經過教學處理之後，實驗組與對照組學生，

- (一) 辨識研究問題的能力，是否有差異？
實驗效果量為何？
- (二) 辨識研究假設的能力，是否有差異？
實驗效果量為何？

- (三)辨識操縱變因的能力，是否有差異？
實驗效果量為何？
- (四)辨識應變變因的能力，是否有差異？實
驗效果量為何？
- (五)辨識控制變因的能力，是否有差異？實
驗效果量為何？
- (六)辨識科學探究成份的整體能力，是否有
差異？實驗效果量為何？

貳、文獻探討

以下，在第一、二小節先分別對建模與探究教學之文獻，進行探討。然後在第三小節，陳述建模導向的探究模式與辨識科學探究成份能力的可能關係。

一、建模的文獻分析

(一) 模型 (model) 與建模 (modeling) 的定義

在日常生活中，模型這個名詞通常是被用來描述某個真實物體的複製品，例如飛機、火車的模型，但它的意義並不侷限於此。在科學領域，模型一詞還具有其他更豐富的含意。Gilbert 和 Boulter (1995) 指出模型是某個想法、物體、事件、過程或系統的表徵。Rubinstein 和 Firstenberg (1995) 指出在科學中，模型被視為是對真實世界的一個抽象的描述；它是科學家對複雜現象提出的合理且簡化的形式。綜合上述看法，本研究把模型定義為：「模型是一種表徵

(representation)，是人類發明出來，用以表徵他想要瞭解的現象」。例如可以用牙籤和保力龍球來建構分子的結構模型；也可以用燈泡代表太陽，用不同大小的球來象徵不同的行星，建構太陽系的模型；也可以使用圖像、圖表或數學公式來表徵一個系統。上述的表徵方式，都可被稱之為模型。

至於建模的定義，Gilbert和Boulter (2000) 提出一個架構來描述建模。他們指出建模的歷程可以描繪為：從個人內隱的心智模型 (Mental models)、轉換成表達出的模型 (Expressed models)、最後形成有共識的模型 (Consensus models) 的歷程。其中，心智模型的產生是始於人類認知的建構歷程，是用來描述及解釋個人所經歷的現象。當心智模型透過外顯的行動，例如：說出來、寫出來或其他的象徵形式被表達出來，這個外顯的模型就被稱之為表達出的模型。當表達出的模型通過社群的考驗之後，就被稱為有共識的模型。Gilbert和Boulter是從模型的「發展歷程」來描述建模。此外，也有些學者是從「模型的結構」來定義建模。採取此觀點的學者 (Doerr & Tripp, 1999; Lee, 1999; Márquez, Izquierdo, & Espinet, 2006; Wotawa, 1999) 認為，模型是用來表徵某個複雜的自然現象或系統，當找出該自然現象或系統的組成成分 (或稱為組成元素、重要參數)，並找出這些組成成份之間的關係，就建構出可以表徵該科學現象的模型了。因此，找出模型的組成元素和元素之間的關

係，此即為建模。根據上述建模的「歷程」和「結構」這兩個面向，本研究將建模定義如下：「建模是因為個人嘗試要對複雜的現象進行瞭解，它始於個人內隱的心智模型，在外顯出來之後轉變成被表徵出來的模型，若此外顯的模型能通過社群守門員的檢驗，它才能成為科學模型。此外，模型的建構必須要把複雜的現象予以簡化，從複雜的現象抽取出能描繪出該現象的主要因素（元素或參數），並找出這些因素之間正確的組合關係，就能形成具有正確結構的模型。」

（二） 建模的教學模式

本研究旨在設計一個建模導向的探究模

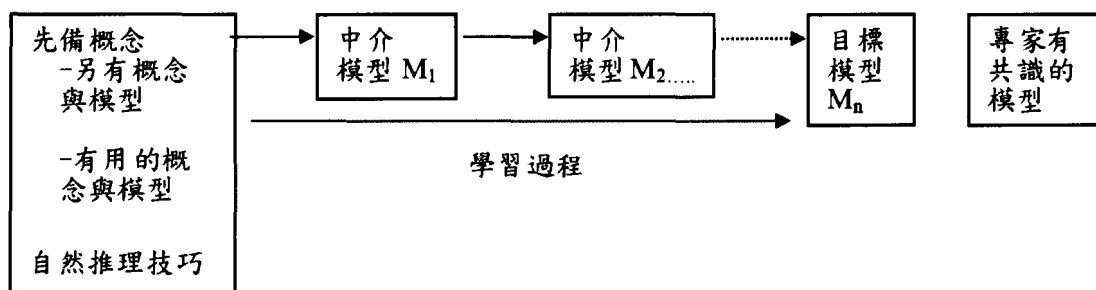


圖1 在課室的學習過程中，模型發展的架構圖（Clement, 2000）

2. Taylor, Barker, & Jones (2003) 提出四階段的建模策略

Taylor等人認為在建模的歷程中，心智模型扮演重要的角色。因此，他們提出一個四階段的建模策略，協助教師在教學活動中以模型來促進學生建構符合科學社群觀點的心智模型。各階段的內容分述如下：

(1)階段一「分享」：由老師建立情境，

因此，以下先回顧兩個以建模為本的教學模式，以前人之研究成果，形成本研究的基石。

1. Clement (2000) 提出以模型為基礎的學習 (Model based learning) 模式

Clement提出的教學模式，架構如圖1所示。他主張建模是始於個人的先備概念，在教學中由教師提供一系列的中介模型，促使學生的心智模型不斷地朝向目標模型演進，最後希望能使學生發展出的目標模型，能接近科學家已有共識的科學模型。

提供機會讓全班學生彼此分享自己的心智模型。

(2)階段二「建立與批判」：教師引介科學家的模型，讓學生把自己原有的心智模型、其他同學分享的模型以及科學家的模型互相做比較與批判。

(3)階段三「應用」：讓學生選擇他喜好的模型去解決問題並做預測。

(4)階段四「反思」：對剛才自己或是班

上其他學生所使用的模型，在第三階段的運作情況，做出評價與反思。

分析Clement（2000）及Taylor等人（2003）所提出教學模式，有兩點值得借鏡，第一點是他們提出的教學模式都是從學生心中內隱的心智模型或先備概念作為初始模型來展開教學活動。第二點是他們提出的教學模式都包括不同模型之間彼此競爭，藉此促使原本的初始模型不斷地演進。這兩點與Gilbert和Boulter（2000）主張的建模歷程觀點，看法是一致的：從個人的心智模型、轉換成表達出的模型、最後形成有共識的模型。因此，本研究將綜合上述學者提出的建模觀點與教學模式，形成本研究自行發展的建模導向探究模式。

二、探究教學的文獻分析

回顧美國的科教發展歷史，探究教學法大約是從1950年代開始蔚為風潮，Piaget、Bruner、Schwab、Gagne和Ausubel都為探究教學課程的發展，提供了重要的理論依據（黃台珠等人譯，2002）。研究顯示在探究取向的活動中，學生有較高的學習動機，批判思考、邏輯思考、問題解決等能力都獲得提升（洪振方，2003）。因此，許多團體、學者均對科學探究教學之推廣，不遺餘力。

（一）探究教學的共同特徵與階段

探究式教學並沒有固定的形式，普遍

的看法是只要是以學生為主體、讓學生在發現問題之後，主動投入探究的歷程，解決問題，發現規律性，具有上述特徵的教學模式就被認為是探究取向的教學模式（王美芬和熊召弟，1995；張清濱，2000；張靜儀，1995）。

NRC（2000）提出的《科學探究與國家科學教育標準》對探究教學有更詳細的描述，NRC指出探究取向的活動具有以下五個共同特徵：

- 1.學習者是圍繞著科學性的問題展開探究活動。
- 2.學習者要能從活動中獲取可幫助他們解釋和評量該科學問題的證據。
- 3.學習者要根據證據來形成解釋以回答該科學問題。
- 4.學習者要透過比較其他可能的替代解釋來評價自己所提出的解釋。
- 5.學習者要對自己提出的解釋作交流與論證。

因此，NRC（2000）指出，探究取向的教學模式，應有下述五個共同階段：

- (1)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。
- (2)階段二：讓學生藉由動手做的方式，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。



(3)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、澄清概念。

(4)階段四：把前面幾個階段獲得的理解，應用到新的情境。

(5)階段五：回顧之前的探究歷程、評估學到什麼知識以及是如何獲得的。

(二) 辨識科學探究成份的能力

科學探究活動應包括哪些成份，Windschitl、Thompson及Braaten（2008）指出：探究式教學在科學課室中呈現的方式，常包括以下的成份：在觀察之後發展問題、發展假設、執行實驗、分析資料、陳述結論、形成新的問題。而Hofstein、Navon、Kipnis和Mamlok-Naaman（2005）則指出，探究活動的教學，包含兩個階段，第一階段為前探究階段，活動內容包括：實驗的操作、觀察與紀錄；第二階段為探究階段，活動內容包括：在觀察現象之後，針對現象提出問題、釐清與定義問題、選擇可研究的問題、做假設、計畫實驗；而計畫與實驗操作包含：控制與操作實驗及分析資料。

綜合上述學者的看法，他們共同提到科學探究活動的成份包括：「在觀察之後提出研究問題、提出研究假設、作實驗」。而這三個共同成份的詳細內涵，可從《美國國家科學教育標準》（NRC, 1996）及我國的《九年一貫課程自然與生活科技領域97年課程綱要》（教育部, 2008），來尋找答案。

《美國國家科學教育標準》第六章「科學內容標準」提到，進行科學探究需要的能力包括：要培養從定義不清的大量資料中找出研究問題的能力，確定哪些是可以透過科學探究來回答的問題；要培養設計和進行科學實驗的能力，例如進行系統性的觀察、進行精確的測量、確定和控制變因。應該培養從研究問題提出可以驗證的假說的能力，並展示此假說所依賴的科學概念與實驗設計之間的關係。

而我國《九年一貫課程自然與生活科技領域97年課程綱要》，提出與上述科學探究活動成份有關的能力指標如下：

2-3-1-1提出問題、研商處理問題的策略、學習操控變因、觀察事項的變化並推測可能的因果關係。學習資料整理、設計表格、圖表來表示資料。學習由變量與應變量之間相應的情形，提出假設或做出合理的解釋。

2-4-1-2由情境中，發現問題、提出解決問題的策略、規劃及設計解決問題的流程，經由觀察、實驗，或種植、搜尋等科學探討過程獲得資料，做變量與應變量之間相應關係的研判，並對自己的研究成果，做科學性的描述。

1-2-3-2能形成預測式的假設

1-4-4-1藉由資料、情境傳來的訊息，形成可試驗的假設。

3-4-0-7察覺科學探究的活動並不一定要遵循

固定的程序，但其中通常包括蒐集相關證據、邏輯推論及運用想像來構思假說和解釋數據。

6-4-5-1能設計實驗來驗證假說。

1-2-3-3能在試驗時控制變因，做定性的觀察。

1-3-3-1實驗時，確認相關的變因，做操控運作。

1-3-3-2由主變數與應變數，找出相關關係。

1-4-2-3能在執行實驗時，操控變因，並評估「不變量」假說成立的範圍。

7-4-0-6在處理問題時，能分工執掌、操控變因，做流程規劃，有計畫的進行操作。

綜合《美國國家科學教育標準》提出進行科學探究需要的能力，及《九年一貫課程自然與生活科技領域課程綱要》對能力指標的說明，本研究認為科學探究活動至少應包括以下三個成份：「通過自己的觀察找出研究問題、對研究問題提出可以驗證的假說、針對要檢驗的假說設計受控的實驗（controlled experiment）」。而第三個成份「受控的實驗」，意味著學生在設計實驗的時候，必須要能夠區分出「操縱變因、應變變因、控制變因」。基於上述兩份文件都共同強調：「研究問題、研究假說、設計受控的實驗（操縱變因、應變變因、控制變因）」對科學探究的重要性。因此，本研究將辨識科學探究成份的能力界定為：「辨識研究問題、辨識研究假說、辨識操縱變因、辨識應變變因、辨識控制變因」等五個成

份，而學生在上述五個面向的整體表現，即代表學生辨識科學探究成份的整體能力。

三、建模導向的探究模式與辨識科學探究成份能力的可能關係

依據Windschitl et al. (2008), Hofstein et al. (2005)、《美國國家科學教育標準》(NRC, 1996)及我國的《九年一貫課程自然與生活科技領域97年課程綱要》(教育部, 2008)的觀點，本研究將科學探究活動界定為：「研究問題、研究假說、操縱變因、應變變因、控制變因」等五個成份，以下用建模的觀點來詮釋上述五個科學探究活動的成份。

科學探究是始於個人對某個科學現象產生好奇心，先找出該科學現象所包含的可能變因，猜測變因之間可能的因果關係，藉此形成研究問題、研究假說、再透過受控的實驗來進行探究活動。

從建模的觀點來詮釋科學探究活動，當我們要建構模型來表徵某個科學現象，必須先找出模型的主要組成元素以及這些元素之間的關係。例如：要研究單擺運動，科學家建立的單擺運動模型，是不計擺繩的質量、忽略空氣阻力、把擺錘視為是一個質點，所有的質量都集中在質點上，只探討5度以內小的擺角，單擺擺長與擺動週期的關係。觀察這樣簡化的單擺運動，可以提出的研究問



題是：「單擺的擺長和擺動週期之間有什麼關係？」而提出這樣的研究問題也就同時找出單擺模型的兩個組成元素：「繩子長度（L）、擺動週期（T）」，而單擺模型的這兩個元素也就是單擺運動的變因。在還沒作實驗收集數據之前，我們先猜測這兩個元素之間的可能關係是：「繩子長度越長，單擺週期也越長」。而這個猜測的關係，即為對單擺運動提出的研究假設。若是能夠準確地執行受控的實驗，就可以發現這兩個元素之間具有精確的數學關係， $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ 此即為伽利略為單擺運動建構的數學模型。因此本研究認為，在探究活動中提出研究問題，這就是在尋找模型的組成元素；而在探究活動中提出研究假設，就是在猜測模型元素之間的可能關係。而設計並執行受控的實驗（操縱變因、應變變因、控制變因），即為對模型進行測試的過程。

參、研究方法

一、研究設計

本研究依據準實驗研究法進行研究設計，設計模式如表1：

表1 本研究的設計模式

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

在表1中，X₁代表「建模導向探究模式」，X₂代表「教科書導向探究模式」，O₁是辨識科學探究成份前測問卷、O₂是辨識科學探究成份後測問卷（光）、O₃是辨識科學探究成份後測問卷（溫度與熱）。前測問卷皆在教學處理之前施測，後測問卷則分別在「光」、「溫度與熱」單元教學結束之後施測。

二、研究對象的選取

以方便取樣選取本文作者所任教的臺南市某國中八年級學生為研究對象，一班為實驗組（n=35）、一班為對照組（n=41）。對照組比實驗組人數多的原因是因為該校為臺南市新設立之學校，校舍尚在興建中，因教室不足所以有部分班級人數超編，但編班方式仍然是由電腦以S型進行常態編班。

三、教學活動設計

（一）活動模式

本研究的取樣學校所使用的自然科教科書為康軒版（2009），在第三冊第一章基本測量單元，第23頁有一段文字介紹「控制變因」，內容如下：

實驗與測量是研究科學的重要過程，而在過程中，為了釐清不同因素對事件的影響，常會使用「控制變因」的實驗方法。實驗中，為了想知道某些因素（稱為變因）對該事件有什麼影響，通常一次只改變一個變因（稱為操縱的變因），其餘變因則保持不變（稱為控制

的變因)，如此才能知道該操縱的變因對事件產生的影響為何，而獲得的結果就成為應變的變因。

兩組學生在參與本研究之前就學過上述內容。因此假定兩組學生的學習起點相同，即兩組學生均了解「操縱變因、控制變因、應變變因」的意義。活動開始後，兩組學生以不同的活動模式進行學習。實驗組以本研究發展的「建模導向探究模式」進行學習，對照組則實施「教科書導向探究模式」。兩組的活動模式，分述如下：

1. 實驗組採用「建模導向探究模式」進行學習

本研究自行發展的五階段「建模導向探究模式」，如圖2所示。此探究模式與其他探究模式的主要不同，是學生在探究活動中必須建構科學模型（包括找出模型的組成元素及元素之間的組合關係），實際測試此模型是否足以呈現該科學現象。此活動模式經本研究的研究群共同討論，確定符合「建模導向」及「探究教學」的精神之後才定稿。研究群包括：某師範大學科學教育研究所的教授、該所的博士班候選人。

本研究的「建模導向探究模式」，進行方式如下：

(1)階段一「建構初始模型」：教師呈現某個科學現象給學生看，學生在觀察該現象之後，提出研究問題及研究假

設，建構初始模型。

此階段包括兩個子階段：

- 階段1-1「找出模型的組成元素」：當提出想探討的研究問題，也就是同時找出模型的組成元素。
- 階段1-2「猜測模型組成元素之間的關係」：提出研究假設，也就是在猜測模型組成元素之間的可能關係。

(2)階段二「測試模型」：學生針對自己建構的模型，設計受控的實驗（提出操縱變因、應變變因、控制變因），實際進行探究活動，蒐集實驗數據，驗證所建構的模型的正確性。

(3)階段三「形成有共識的模型」：讓學生進行全班討論，形成有共識的模型，然後由教師引介科學術語，以建立符合科學社群觀點的模型。

(4)階段四「應用模型」：請學生思考如何把上階段形成的有共識的模型，運用在新的情境中。

(5)階段五「評價模型」：讓學生回想從活動中學到的概念或能力，是如何學到的，並對上述不同階段做反思，以促進其成長。

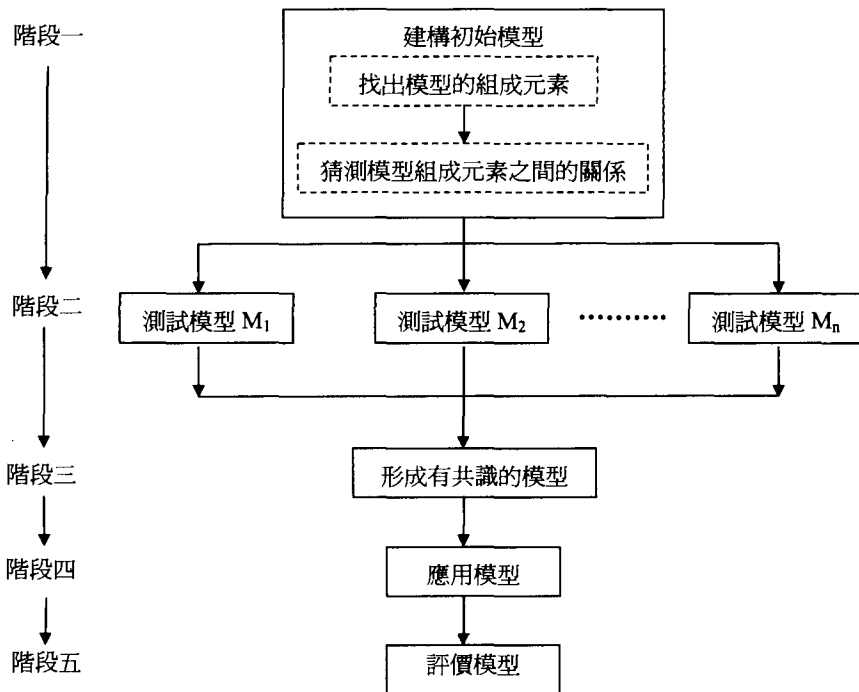


圖2 五階段的「建模導向探究模式」

2. 對照組採用「教科書導向探究模式」進行學習

依照教科書的內容與順序來進行教學，是大多數教師所使用的教學模式。學者 (Millar, 1989; Schauble, Klopfer, & Raghavan, 1991) 指出此教學模式的特徵是把學生所要做的實驗的「實驗目的、操縱變因、控制變因、應變變因、要記錄的表格、要畫的圖形、要回答的問題」，由教科書來提供。Wellington 等人 (1994) 指出此探究模式是偏向「教師導向、封閉式、結構式」的探究模式。White (1996) 指出這種形式的探究活動，有助於促使學生發展出某些科學過程技能。因此，本研究的對照組即是

使用此模式來進行活動。

「教科書導向探究模式」的進行方式如下：

由教師將教科書內容講解給學生聽，學生聽完教師講解之後，按照教科書所設計的實驗方式，一步一步地執行實驗步驟，做出教科書描述的現象即可。在做完實驗之後，將實驗數據及分析結果登錄在實驗記錄簿上，並且回答書上所提出的討論問題，然後交給老師批改分數，教學活動即結束。

(二) 活動設計與進行方式

基於學校有固定的教學進度，學生能參與本研究的時間有限。因此，本次研究挑選教科書的第四章「光」其中三個小節，及第

五章「溫度與熱」的一個小節，作為活動單元，每週進行一個活動，每個單元的活動時間為1~2節課，總時數為七節課，如表2所示。

表2 各教學單元的名稱及活動時間

活動單元	活動名稱	教科書的章節名稱	使用時間(節)
單元一	我們是如何看到東西的	4-1光的傳播與光速	1
單元二	潛望鏡的秘密	4-2光的反射與面鏡	2
單元三	水進錢出	4-3光的折射與透鏡	2
單元四	熱量與物質溫度變化	5-2熱量與比熱	2

1. 實驗組的活動流程

實驗組的活動，依照本研究的五階段「建模導向探究模式」進行改編。以

「熱量與物質溫度變化」單元為例，說明實驗組的活動流程，如表3所示：

表3 實驗組的活動流程(以「熱量與物質溫度變化」單元為例)

教學階段	活動內容	使用時間
階段一：建構初始模型 1-1找出模型的組成元素 1-2找出模型組成元素的可能關係	請學生思考「煮開水」的現象涉及哪些因素，可以產生哪些研究問題，請學生進行小組討論，挑選他們最想研究的問題。 →當學生找出他想研究的問題，就自然找出他想建構的模型的元素。 接下來，請學生思考他們所提出的研究問題要印證的研究假設是什麼？請學生進行小組討論，寫出研究假設。 →當學生寫出他的研究假設，就代表他已經對模型元素之間的可能關係，做出猜測。	20分鐘
階段二：測試模型	學生針對他想測試的模型，設計實驗，實際進行探究活動，各自蒐集實驗數據，驗證他所挑選的模型的正確性。	25分鐘
階段三：形成有共識的模型	讓學生進行全班討論，形成有共識的模型，然後由教師引介科學術語，以建立符合科學社群觀點的模型。本單元的科學術語，包括：「熱量、熱平衡、比熱」等等。	20分鐘



階段四：應用模型	請學生把上一階段形成共識的模型，應用在新的情境中。	15分鐘
階段五：評價模型	讓學生回想他們從活動中學到的概念或能力，是如何學到的，並對上述不同階段做反思，以促進其成長。	10分鐘

2. 對照組的活動流程

對照組的活動，則是依照教科書的內容與順序來進行教學。以下以「熱量與物

質溫度變化」單元為例，說明對照組的

活動流程，如表4所示：

表4 對照組的活動流程（以「熱量與物質溫度變化」單元為例）

教學階段	活動內容	使用時間
	<p>教科書在本小節包括「熱量、熱平衡、比熱」三個科學概念。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 熱量：溫度不相同的物體之間會轉移能量，這種因為溫度差而轉移的能量，稱為熱量。 2. 熱平衡：熱量會從溫度高的物體轉移到溫度低的物體，直到兩者的溫度相等，才停止熱量的轉移。 3. 比熱：使一公克的物質，溫度升高（或下降）1°C，所需要吸收（或放出）的熱量。 <p>教科書介紹完上述三個科學概念後，就直接描述這三個概念有以下的講解教科書關係：「某物質的質量M、比熱S，若該物質溫度上升（或下降）$\Delta T^{\circ}\text{C}$，則該物質會吸收（或放出）的熱量$H=MS\Delta T$」。教科書針對上述科學概念，設計的實驗，其內容簡述如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 用燒杯裝100公克的水，用溫度計紀錄水的初溫。 2. 用酒精燈加熱水，加隔一分鐘測量溫度一次，連續紀錄五次後停止加熱。 3. 把水換成200公克，重做上述實驗。 4. 用燒杯裝100公克的甘油，重做上述實驗。 <p>→教師將教科書的內容及實驗操作方式（包括：器材、步驟等），以一節課的時間詳細地講解給對照組的學生聽。</p>	45分鐘
做實驗	學生依據教科書設計的實驗方式做實驗，做出教科書所描述的結果	25分鐘
寫實驗記錄簿	把實驗結果當作證據，記錄在實驗記錄簿，回答教科書提出的討論問題，然後交給老師批改分數，教學活動即結束。	20分鐘

四、研究工具

本研究使用的研究工具，其來源、評分方式及評分者信度，分述如下：

(一)工具來源

本研究使用的「辨識科學探究成份前測問卷」是翻譯自Pearson Prentice Hall (2000) 出版之《Integrated Science Laboratory Manual》書中的一個有關執行實驗的測驗。前測問卷的情境為「海水結冰」，其知識屬性屬於教科書第二章：「物質世界：水溶液的溶解度與其性質」的範圍，內容如圖3所示。本研究是以教科書

的第四章「光」其中三個小節，及第五章「溫度與熱」其中一個小節作為活動單元。因此，以進行教學處理之前第二章的內容作為前測問卷。此外，基於Justi和Gilbert (2000) 的觀點：「科學知識與其對應的科學模型是不可分割的」。因為「光學」及「溫度與熱」的知識屬性不同，所以，後測問卷分別依據光、溫度與熱兩個單元的內容，參考前測問卷的格式設計而成。前、後測問卷均經由兩位科學教育專家審查後，再挑選一班八年級學生試作修訂而成。內容如圖4及圖5所示。

<p style="text-align: center;">辨識科學探究成份前測問卷</p> <p>閱讀下列敘述，然後回答有關問題：</p> <ol style="list-style-type: none">1. 有一個科學家想要找到海水結冰的溫度比淡水溫度低的原因。2. 這個科學家進入圖書館，閱讀了若干有關溶液物理性質方面的資料。3. 科學家還閱讀了與海水相關的文章。4. 科學家到了海邊，觀察那裡的環境條件，記下了海水的味道以及周圍的環境因素，如風、海浪、壓力、溫度、及濕度。5. 收集完上述資料與數據後，科學家作出這樣的假設：因為海水中含有鹽，所以海水結冰的溫度要低於淡水。6. 科學家回到實驗室，做了以下實驗：<ol style="list-style-type: none">6-1 在兩個燒杯中，分別注入 1L 淡水。6-2 在其中一個燒杯中放入 35g 鹽。6-3 將這兩個燒杯一同置於 -1°C 的環境中 24 小時。7. 在 24 小時後，科學家檢查了這兩個燒杯，發現淡水結冰，而鹽水依然是液體。 <p>請在下面每一問題之後，以上面敘述的數字標號，回答底下問題：</p> <ol style="list-style-type: none">1. 上面敘述中，提出問題的是哪一條？ 答：2. 上面敘述中，包含假設的有哪一條？ 答：3. 在這個實驗中，描述操縱變因的是哪一條？ 答：4. 在這個實驗中，描述應變變因的是哪一條？ 答：5. 在這個實驗中，描述控制變因的有哪幾條？ 答：

圖3 辨識科學探究成份前測問卷

辨識科學探究成份後測問卷（光）

小明與幾位同學借助下圖所示的實驗裝置，把手電筒正對黑板擦由近及遠先後放在距離黑板擦的不同位置，保持其他因素不變，分別測量影子在牆面上的高度，記錄數據如下表所示。



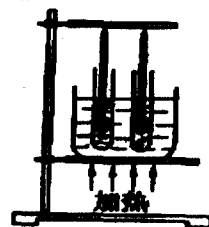
手電筒到黑板擦距離 L/cm	20	30	40	50	60	70
黑板擦影子高度 H/cm	20	17	14.5	13.5	13	12.6

1. 在這個實驗，小明提出的研究問題是什麼？
2. 在這個實驗，小明提出的研究假設是什麼？
3. 在這個實驗，操縱變因是什麼？
4. 在這個實驗，應變變因是什麼？
5. 在這個實驗，控制變因是什麼？

圖4 辨識科學探究成份後測問卷（光）

辨識科學探究成份後測問卷（溫度與熱）

小明進行右圖的實驗，他在兩個相同的試管中分別裝入質量 and 溫度均相同的水和煤油，並在水和煤油中分別插入兩支溫度計，然後將兩試管同時放入 100°C 的沸水中加熱。實驗時，小明利用溫度計和計時器，通過測量得到了試管中水和煤油在不同時刻的溫度值，記錄的數據如下表所示。



時間(s)	0	2	4	6	25	90	130
$t_{\text{水}}(^{\circ}\text{C})$	10	15	27	34	60	85	92
$t_{\text{油}}(^{\circ}\text{C})$	10	20	40	50	80	95	98

1. 在這個實驗，小明提出的研究問題是什麼？
2. 在這個實驗，小明提出的研究假設是什麼？
3. 在這個實驗，操縱變因是什麼？
4. 在這個實驗，應變變因是什麼？
5. 在這個實驗，控制變因是什麼？

圖5 辨識科學探究成份後測問卷（溫度與熱）

(二) 評分方式及評分者信度

前測問卷翻譯改編自 Pearson Prentice Hall (2000) 出版之《Integrated Science Laboratory Manual》一書中的問卷，依據該書提供的解答進行評分，表5所示，前測問

卷共有五題，分別代表「辨識研究問題、辨識研究假設、辨識操縱變因、辨識應變變因、辨識控制變因」五個向度。每答對一題給一分，各小題的答案全對，該小題才給分，因此，學生在前測問卷的總分為0~5分。

表5 「辨識科學探究成份前測問卷」評分標準

問題	標準答案
一、辨識研究問題	1
二、辨識研究假設	5
三、辨識操縱變因	6-2
四、辨識應變變因	7
五、辨識控制變因	6-1、6-3

後測問卷分成「光」、「溫度與熱」兩份問卷，每份問卷各有五個題目，分別代表「辨識研究問題、辨識研究假設、辨識操縱變因、辨識應變變因、辨識控制變因」等五個向度。依照學生作答內容的合理性與詳細程度，每小題給0~2分。以「溫度與熱」單元為例，評分標準如表6所示，兩份後測問

卷均以此架構進行評分。

將兩份後測問卷對應的題號分數加總，即代表學生在該向度的得分，因此，學生在後測問卷各向度的得分為0~4分。五個向度的總分則代表辨識科學探究成份的整體能力，因此，學生在後測問卷的總分為0~20分。

表6 「辨識科學探究成份後測問卷（溫度與熱）單元」評分標準

問題	評分標準	學生作答內容舉例
一、辨識研究問題	0分：空白未答 或作答內容不合理	空白未答 加熱的速度，油比水高的原因
	1分：作答內容正確，但內容太簡略者	水和煤油不同時刻的溫度值多少
	2分：作答內容正確，且內容詳細者	加熱相同時間，不同物質上升溫度會相同嗎？



	0分：空白未答或作答內容不合理	空白未答
二、辨識研究假設	1分：作答內容正確，但內容太簡略者	油的溫度上升的比水快
	2分：作答內容正確，且內容詳細者	假設「物質種類」不同，則「溫度變化」不一樣
	0分：空白未答或作答內容不合理	空白未答
三、辨識操縱變因	1分：作答內容正確，但內容太簡略者	煤油
	2分：作答內容正確，且內容詳細者	物質的種類（一個是煤油、一個是水）
	0分：空白未答或作答內容不合理	空白未答
四、辨識應變變因	1分：作答內容正確，但內容太簡略者	溫度
	2分：作答內容正確，且內容詳細者	煤油和水的溫度（煤油和水在不同時刻的溫度）
	0分：空白未答或作答內容不合理	空白未答
	1分：作答內容正確，但內容太簡略者	熱源、物質的質量、吸收的熱量或加熱時間
五、辨識控制變因		（三者只有寫出其中一個）
	2分：作答內容正確，且內容詳細者	熱源、物質的質量、吸收的熱量或加熱時間 （三者至少寫出其中兩個或三個都寫出來）

依據表6的評分標準，由本研究團隊的31、36號的學生的問卷，進行評分者信度的兩位科教所博士候選人進行評分，挑選實驗組及對照組每班的1、6、11、16、21、26、分析，結果如表7所示，均達顯著水準及中度以上的相關性。

表7 評分者信度分析結果

問題	Pearson積差相關係數
一、辨識研究問題	.77***
二、辨識研究假設	.92***
三、辨識操縱變因	.89***
四、辨識應變變因	.54*
五、辨識控制變因	.71**
總分	.87***

$p < .05$ ** $p < .01$ *** $p < .001$

五、資料分析方式

本研究以「辨識科學探究成份前、後測問卷」收集資料，藉此探討實驗組與對照組學生在「辨識科學探究成份」的表現是否有差異。在教學處理前實施前測，在「光」、「溫度與熱」兩單元的活動結束後，各自實施該單元的後測。辨識科學探究成份問卷分為「辨識研究問題、辨識研究假設、辨識操縱變因、辨識應變變因、辨識控制變因」等五個向度，將兩份後測問卷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。此外，將五個向度的得分加總，即代表辨識科學探究成份的整體能力。以前測分數作為共變數，後測分數為依變項，先進行組內迴歸係數同質性考驗。在確定兩組學生同質之後，將兩組學生後測成績

進行單因子共變數分析，瞭解實驗組與對照組學生是否有差異。若達到統計考驗上的顯著水準，再進一步求出其效果量。效果量強度之判準，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、組內迴歸係數同質性考驗的統計分析結果

組內迴歸係數同質性考驗。結果如表8所示。五個向度及整體能力的p值均 $> .05$ ，此結果符合組內迴歸係數同質性考驗的假設，因此，繼續進行單因子共變數分析。

表8 組內迴歸係數同質性考驗分析摘要

向度	F值	p值	是否通過組內迴歸係數同質性考驗
辨識研究問題的能力	.442	.508	通過
辨識研究假設的能力	.562	.456	通過
辨識操縱變因的能力	1.070	.304	通過
辨識應變變因的能力	.465	.498	通過
辨識控制變因的能力	.014	.905	通過
辨識科學探究成份的整體能力	.756	.387	通過

二、單因子共變數的統計分析結果

單因子共變數分析之結果如表9所示。

表9 單因子共變數分析摘要

向度	實驗組 (N=35) 平均分數	對照組 (N=41) 平均分數	F值	p值	效果量 η^2
辨識研究問題的能力	2.55	1.80	7.403**	.008	.09中度效果量
辨識研究假設的能力	.861	1.143	1.267	.264	.017
辨識操縱變因的能力	2.90	2.04	8.771**	.004	.11中度效果量
辨識應變變因的能力	2.36	1.45	12.079**	.001	.14大的效果量
辨識控制變因的能力	2.26	1.71	4.455*	.038	.06中度效果量
辨識科學探究成份的整體能力	10.92	8.14	11.499**	.001	.14大的效果量

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

根據以上的統計數據，在「辨識研究問題、辨識操縱變因、辨識應變變因、辨識控制變因」四個向度及整體能力，實驗組與對照組達到統計上的顯著差異，實驗組得分高於對照組。這表示本研究自行發展的「建模導向探究模式」，能夠對上述四個向度能夠產生正向的影響。

三、綜合討論

為何實驗組能比對照組在上述四個向度有較佳的表現。研究者推測是因為實驗組以「建模導向探究模式」進行活動，在構思模型的組成成分的活動中，提升了他們辨識研究問題的能力；在猜測模型組成元素的可能關係的活動中，提升了他們辨識研究假設

的能力。而在測試模型過程中，提升了他們辨識受控的實驗（操縱變因、應變變因、控制變因）的能力。反之，使用「教科書導向探究模式」的對照組，學生只須遵照「教科書」的設計去做實驗就好（Millar, 1989; Schauble et al., 1991）。因此，習慣依照教科書來做實驗的學生，常常只是按照課本步驟執行下去，做出課本的結果，但卻不知為何要這樣做（Rath & Brown, 1996; White, 1996）。因此使得採用「教科書導向探究模式」的對照組，在上述四個向度的得分低於實驗組。

至於為何實驗組與對照組學生在「辨識研究假設」向度，未達顯著差異。研究者對此結果的解釋如下：

Hackling (2004) 的研究發現，許多學生對於要如何撰寫可測試的研究問題及研究假設都遭遇過困難。研究問題是將自變項與依變項之間的可能存在關係，以問題的形式撰寫而成。其結構可用下列之形式來表達：「當自變項發生改變，將會對依變項產生何種變化？(What happens to , when we change?)」。例如：「當改變水的酸鹼性，對小麥幼苗的成長會有什麼影響？」就是一個可探究的科學性的研究問題。而研究假設指的是對自變項與依變項之間的關係的暫時性說明，相較於研究問題，研究假設具有更複雜的結構。研究假設可以下列形式來撰寫：「當自變項做這樣的改變，將會導致依變項產生那樣的改變(This change to the independent variable will cause this happen to the dependent variable)」。例如：「增加水的鹼性(自變項)將會抑制小麥幼苗的成長(依變項)」，就是一個可被檢驗的研究假設。Hackling認為提出研究假設比提出研究問題的困難度更高，因為，在能夠提出研究假設之前，學生需要具備關於該現象或變項之間關係的背景知識，並且還要具有大量探索研究問題的經驗。這表示「提出研究假設」是屬於較高層次的思考能力，學生是比較缺乏的。因此，要如何提升此向度的能力，仍需要進一步的研究來探討。

伍、結論與建議

一、結論

本研究設計建模導向的探究模式，探討此活動模式對八年級學生辨識科學探究成份能力的影響。以下就資料的統計分析結果來下結論，並提出教學反思：

(一)從辨識科學探究成份五個向度的統計分析數據顯示

除了「辨識研究假設」此向度未達顯著水準，其他四個向度均達顯著水準，且均達中度以上之效果量。此結果顯示「建模導向探究模式」比「教科書導向探究模式」，更能夠幫助學生在「辨識研究問題、辨識操縱變因、辨識應變變因、辨識控制變因」這四個向度有更好的表現。而「辨識研究假設」向度在統計上未達顯著水準，這顯示「辨識研究假設」是屬於較高層次的思考能力，學生是比較缺乏的。

(二)從辨識科學探究成份整體能力的統計分析數據顯示

以「辨識研究問題、辨識研究假設、辨識操縱變因、辨識應變變因、辨識控制變因」等五個向度的總分來代表辨識科學探究成份的整體能力。統計分析結果達顯著水準，且具有中度以上的實驗效果量。這顯示整體而言，「建模導向探究模式」比「教科書導向探究模式」更能提升學生辨識科學探究成份的能力。

(三)本研究成果之總結論

依據結論(一)、(二)，本研究可宣稱：整體上來說，「建模導向探究模式」有助於學生在辨識科學探究成份的表現，優於

「教科書導向探究模式」。本研究的「建模導向探究模式」，可藉由「構思模型的組成成分」的活動，來提升學生辨識研究問題的能力；並藉由「測試模型」的過程，提升學生辨識受控的實驗（操縱變因、應變變因、控制變因）的能力。至於如何藉由建模來提升學生辨識研究假設的能力，仍待後續研究來探討。

二、建議

依據本次的研究發現，對後續的研究，提出以下三點建議：

（一）延長教學時間

本次研究設計四個活動，每週做一個活動，每次活動時間為1~2節。研究結果顯示以「建模導向探究模式」來進行探究活動的學生，在「辨識研究問題、辨識操縱變因、辨識應變變因、辨識控制變因」都有較佳的表現。但是，在「辨識研究假設」向度，實驗組與對照組並沒有達到顯著差異。如同 Hackling（2004）的研究發現，在學生能夠開始對某個科學現象提出研究假設之前，他必需先具備該科學現象的背景知識，並且還需要具有一些探索研究的經驗。這表示「提出研究假設」是屬於較高層次的思考能力，無法一蹴可及。學生在接觸「建模導向的探究模式」之前，已經習慣依照教科書內的食譜式實驗模式來作實驗。因此，也許學生需要更長的時間接觸建模導向的探究模式，才能提升學生在辨識研究假設的表現。因此，建議後續研究，延長學生投入於「建模導向

的探究模式」的時間。

（二）增加研究樣本數量與來源

本研究是以方便取樣選取臺南市某國中八年級共兩班學生作為研究樣本。就樣本數的限制，本次研究成果不宜過度推論。後續的研究可增加樣本數量與來源，以提升「建模導向探究模式」的生態效度。

（三）與其他的建模探究模式做比較

本次研究是以「辨識科學探究成份的能力（辨識研究問題、辨識研究假設、辨識操縱變因、辨識應變變因、辨識控制變因）」作為依變項，藉此比較本研究自行設計的五階段「建模導向探究模式」與「教科書導向探究模式」，這兩種的探究模式在依變項的教學成效。然而對教學成效的評估，並不只侷限於此面向，而教學模式亦不只本次研究所使用的兩種教學模式。因此，後續的研究可探討不同的建模教學模式的教學成效，並以其他面向的能力表現做為依變項，例如：「問題解決、科學推理」等能力，藉此可對本研究自行發展的「建模導向探究模式」的教學成效，產生更廣泛的瞭解。

參考文獻

- 王美芬、熊召弟（1995）。國民小學自然科教材教法。臺北：心理。
- 王溢然（2001）。模型。臺北：凡異。
- 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。