

「以建模為基礎的論證教學模式」之初探研究

封中興¹ 洪振方²

¹台南市立海佃國民中學

²國立高雄師範大學 科學教育研究所

(投稿日期：民國 100 年 01 月 17 日，修訂日期：100 年 04 月 25 日，接受日期：100 年 05 月 31 日)

摘要：本研究旨在發展融合「建模」與「論證」的教學模式—命名為「以建模為基礎的論證教學模式」，以此教學模式設計教學活動，進行初探研究。以準實驗研究法進行設計，研究對象取自台南市某國中二年級學生，實驗組及對照組分別用「以建模為基礎的論證(MBA)教學模式」及「教導的論證(DA)教學模式」進行教學。蒐集「科學教室環境(WIHIC)量表、對論證的態度量表、對科學模型的理解(SUMS)量表、論證能力測驗卷(ATSAA)」等資料，進行分析。研究結果發現，實驗組表現均優於對照組：(1)WIHIC 量表($p=.000$, $\eta^2=.470$)，(2) 對論證的態度量表($p=.032$, $\eta^2=.069$)，(3)SUMS 量表($p=.003$, $\eta^2=.129$)，(4)ATSAA 測驗卷($p=.000$, $\eta^2=.315$)，以上數據顯示 MBA 教學模式為一可行之教學模式，可用於國中自然科之教學。依據本次初探研究之成果，對未來之研究提出建議。

關鍵詞：建模、論證、以建模為基礎的論證教學模式、教導的論證教學模式

壹、前言

一、研究背景與動機

用做實驗的方式來進行教學，這是科學課與其他學科有所不同的重要特徵(White, 1996)。長久以來，台灣中小學的科學課程，是依照教科書的內容進行教學，並搭配做課本內的「食譜式」實驗(Chiu, 2007; Chiu, Guo, & Treagust, 2007)。一般的看法是認為做實驗

就像煮菜一般，按照「食譜」的步驟來進行，學生就可以獲得科學知識。然而，這種實驗方式，是否真的有助於促進學生對科學現象的理解？幫助學生學習科學知識？國外的研究結果，有以下的發現：學生常常覺得食譜式實驗是無聊的，只想趕快做出結果；常常都在實驗室玩耍，不認真做實驗(Rath & Brown, 1996; Schauble, Klopfer, & Raghavan, 1991)。因此，我們認為「食譜式」實驗是比較低層次的活動，對於促進學生理解科學現

象、學習科學知識，其功效是有限的。

如果接受「必須改變實驗課的進行方式」這個主張，那麼接下來要思考的問題就是要把它改成哪一種方式？對於此問題，可從科學家是如何從事科學活動來做切入。Hacking(1983)指出科學家進行科學研究，試圖對「自然現象是如何運作的？」這個問題發展出科學性的理解，此理解通常是透過把種種自然現象轉化為科學模型的方式而完成的。對此，可以從科學史發現許多例證。例如：在天文學領域，對於天體運動，托勒密提出地心說模型，哥白尼則提出日心說的圓形軌道運轉模型，而克普勒則在日心說的基礎之下提出橢圓軌道的運轉模型。對於原子的結構，有湯木生的布丁模型、拉塞福的行星軌道模型、波爾的軌域模型。綜觀上述科學史的例證，科學家在進行思考與推理的方式有一個很重要的特徵，即「建構模型(modeling, 簡稱建模)」。因此，許多學者提出：「科學即是建模(science as modeling)」的看法。(Fretz et al., 2002; Justi & Gilbert, 2002; Stewart, Hafner, Johnson, & Finkel, 1992; Zhang, Liu, & Krajcik, 2006)

當科學家的研究有了成果，他必須透過期刊、研討會，對科學社群的其他成員做發表。在發表歷程中，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，進行論證。就是因為透過論證的考驗，才得以維持科學知識的「品質」。因此，「論證」也就被視為是科學活動的核心。(Driver, Newton, & Osborne, 2000)。

美國《國家科學教育標準》(NRC, 1996)指出：「學校的科學教育應該要呈現出當代科學實踐的理性與文化傳統」，因此，該標準主張「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、使用證據

的規則、形成問題的方式、和提出解釋的方法」(p.21)。引用美國《國家科學教育標準》的觀點，既然科學家從事「建模」與「論證」的活動，那麼，學校的科學教育，就應當反映出這個「當代科學實踐的理性與文化傳統」，換言之，在科學教學中，也應當使用建模及論證的方式。

二、研究目的、研究假設與待答問題

基於上述之研究背景與動機，本研究旨在發展融合「建模」與「論證」的教學模式，命名為「以建模為基礎的論證教學模式(Modeling-Based Argumentation teaching model)」，以此教學模式設計教學活動，進行初探研究，依據初探研究之結果，驗證運用此教學模式在國中自然科教學之合適性與有效性。基於此目的，研究者希望探討不同的論證教學模式，對學生在「對科學教室環境的知覺、對論證的態度、對科學模型的理解、論證能力的表現」等四個面向之影響。研究者的研究假設是：不同的論證教學模式，將會引發學生對科學教室環境產生不同的知覺，進而促使學生對論證產生不同的態度，接著造成學生在「對科學模型的理解、論證能力的表現」產生差異。基於此研究假設，本研究的四個待答問題如下：

- 經過實驗處理後，實驗組與對照組在
- (一) 「對科學教室環境的知覺」，是否有差異？實驗效果量為何？
 - (二) 「對論證的態度」，是否有差異？實驗效果量為何？
 - (三) 「對科學模型的理解」，是否有差異？實驗效果量為何？
 - (四) 「論證能力的表現」，是否有差異？實驗效果量為何？

貳、文獻探討

本研究旨在發展融合「建模」與「論證」的教學模式，因此，分別對此兩類之文獻，分析如下：

一、建模的文獻回顧

(一) 模型(model)與建模(modeling)的定義

在日常生活中，模型通常是被用來代表某個真實物體的複製品，例如飛機、火車的模型。但在科學的領域，模型還具有其他更豐富的含意。學者指出：模型是某個想法、物體、事件、過程或系統的表徵(Gilbert & Boulter, 1998; Seel, 2003)；是對真實世界的抽象描述(Develaki, 2007; Rubinstein & Firstenberg, 1995)；是對複雜現象提出合理且簡化的形式(Acher, Arca, & Sanmarti, 2007; Magnani, 2004)。綜上所述，本研究把模型定義為：「模型是一種表徵(representation)，是人類發明用來表徵他想要瞭解的現象」。因此，可用牙籤和保力龍球來建構分子結構模型；也可用燈泡代表太陽，用不同大小的球來象徵不同行星，藉此建構太陽系模型；也可以用圖像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。

對於建模的定義，有些學者是從模型的「發展歷程」來描述建模(Gilbert & Boulter, 2000; Greca & Moreira, 2000; Justi & Gilbert, 2000)，他們主張：模型的建構是始於個人的心智模型，當心智模型被以任何形式，外顯表達出來之後，就轉變成被表達出來的模型，當此被表達出來的模型，通過科學社群的測試檢驗之後，就成為科學模型，或稱為有共識的模型。另外有些學者(Doerr & Tripp, 1999; Lee, 1999; Márquez, Izquierdo, & Espinet, 2006; Wotawa, 1999)則是從模型的

「結構」來描述建模，他們主張：當找出某複雜系統的組成成分(組成元素、重要參數)並找出這些組成成分之間是如何產生連結的，即為建模。本研究綜合上述建模的「歷程」和「結構」兩個面向，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，若此外顯的模型通過社群守門員的檢驗，就成為科學模型。此外，建模必須從複雜的現象，抽取能描繪該現象的主要因素(元素或參數)，並找出這些因素之間正確的組合關係，以形成具有正確結構的模型。」

(二) 模型與建模在科學教學中的實徵研究

1. 焦點放在「教師」對模型及建模的看法的研究

教師本身對模型與建模的看法，將影響該教師採用不同的教學模式，進而影響學生對模型及建模產生不同的理解程度。Justi 和 Gilbert(2002)，以及 Van Driel 與 Verloop (1999, 2002)的研究發現，大部分教師是採用邏輯實證論的知識論觀點，認為模型是某個實體的表徵。因此，常把模型當作是靜態知識，聚焦於講述某個特定模型的內容。對於模型具有理想化、暫時性、多元性的本質，以及在科學活動中的建模歷程，這些老師們往往沒有和學生詳細討論。

2. 焦點放在「學生」對模型及建模的看法的研究

學生在學校接受科學教育，他們在上課之後對模型與建模有何看法？研究發現：學生大多能察覺到科學模型有各種不同表徵方式，但仍有部分學生認為模型與實體應該有1:1的相似性，即模型是某個實體縮小的複製品(Grosslight, Unger, Jay, & Smith, 1991; Treagust, Chittleborough, & Mamiala, 2002)。

此外，研究也發現：許多學生會把在教科書中所提到的每個模型的內容，都背誦下來，然後在考試中把這些所謂的「事實」寫出來。學生們會認為，在這些模型中會有最正確的一個，並試著找出所謂「最正確的」模型(Harrison & Treagust, 2000b; Justi & Gilbert, 2000; Treagust, Chittleborough, & Mamiala, 2004)。從上述的研究可以發現，處於傳統教學模式下的學生，對模型及建模在科學中扮演的角色，看法是有限且質樸的。因此，本研究試圖讓學生對某科學現象進行建模活動，並在建模的歷程中，融入論證的活動，藉此促進學生對該科學現象及模型與建模的本質之理解。

二、論證的文獻回顧

(一) 論證的定義

英語字彙，argument 和 argumentation 都代表論證，牛津英文辭典(The Oxford English Dictionary, 1989)對 argument 的解釋是：「用來支持想法、行動或理論的理由(a reason or set of reasons given in support of an idea, action or theory)」，上述文字是描述論證的「內容」。而牛津英文辭典對 argumentation 的解釋是「系統性地進行推理來支持想法、行動或理論的過程(the process of reasoning systematically in support of an idea, action, or theory)」，上述文字是描述論證的「過程」。因此，論證的定義包括「內容」與「過程」兩個面向。若從「內容」面向對論證下定義，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。而 Browne 和 Keeley (1998)則把論證定義為「理由+結論(argument = reasons + conclusion)」，他們認為提出合理的理由和結論，就是論證。若從「歷程」面向來對論證下定義。Kuhn (1991)把論

證定義為：「對不同主張或觀點進行辯證的過程」。而 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，最後產生一個有共識的宣稱的歷程」。本研究綜合上述論證的「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，產生合理的聯結。

(二) 論證在科學教學中的實徵研究

1. 焦點放在分析「課室中論證進行形式」的研究

教室的成員是由教師及學生組成，因此，論證的發展會隨著人際互動方式的不同而隨之改變。Russell(1983)以及 Boulter 和 Gilbert(1995)研究發現：在教師導向的教學活動，論證的形式常常是由教師對全班學生提供科學解釋，藉此使學生相信教師所講述的知識宣稱的有效性。這種形式的論證，被稱為「教導的(didactic)」論證，它在傳統的科學教學中比較常見。此外，在 Driver 等人(2000)的研究發現，在建構主義取向的教學活動中，論證是以「對話」或「多人發言」的方式來進行，即由抱持不同立場的個體，各自提出宣稱，互相對談，檢視彼此不同的觀點，最終目的是要獲得一個大家可以共同接受的宣稱。它在傳統講述式的科學課程中比較少見。

2. 焦點放在分析「學生進行論證時遭遇的困難」的研究

Richmond 和 Striley(1996)研究發現，學生在進行論證時常會遭遇困難，例如：(1)學生的對話，常聚焦在討論要如何做出實驗結果，他們很少討論到實驗活動與要支持的知識宣稱之間有何關係。(2)對於要如何「建立論證以連結活動中的各個不同觀點、區分問題與假說、理解控制變因的價值」等等，學

生們都遭遇困難。而 Jimenez-Aleixandre、Rodriguez 和 Duschl(2000)的研究發現，學生常不知如何整理證據組成論證來支持自己的宣稱、講述的內容很有限、論證所依據的理由也不夠明確、使用的科學概念常會彼此混淆而影響到論證的品質。

3. 焦點放在發展「提升學生論證表現的教學策略」的研究

Ratcliffe(1997)發展一個六階段的架構，作為支持學生的鷹架，該研究發現，如果教師能夠介入並教導學生如何用這個架構來進行協商，小組的論證表現會隨著這項教學介入而提升。Herrenkohl 和 Guerra(1998)研究發現：當提供學生進行科學交談的規則，以明示的方式指導學生如何進行論證，讓學生逐步練習上述規則，然後對全班進行發表，學生就能夠產生較多且精緻的對話。而 Thier 和 Daviss(2002)主張應該培養學生在「

讀、寫、說、聽」這四個面向的語文能力，藉此可提升學生的論證表現。在此理念下，他們設計出「表現期望表」這個輔助工具，來提示學生在「讀、寫、說、聽」這四個面向的卓越表現應該是什麼樣子。綜合上述的研究成果，帶給本研究的啟示是：想要培養學生的論證能力，教師必須要提供學生進行論證的輔助工具，才有助於提升學生的論證表現。

三、MBA 教學模式

(一) MBA 教學模式的理論基礎

本研究旨在融合建模與論證，形成「MBA 教學模式」。以下先回顧兩個以模型為基礎的教學模式，然後再說明如何把建模與論證做融合，形成本研究自行發展的 MBA 教學模式。

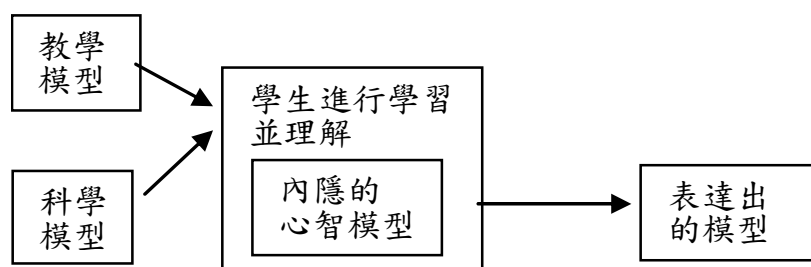


圖 1：Chittleborough 等人(2005)提出的多元模型教學模式

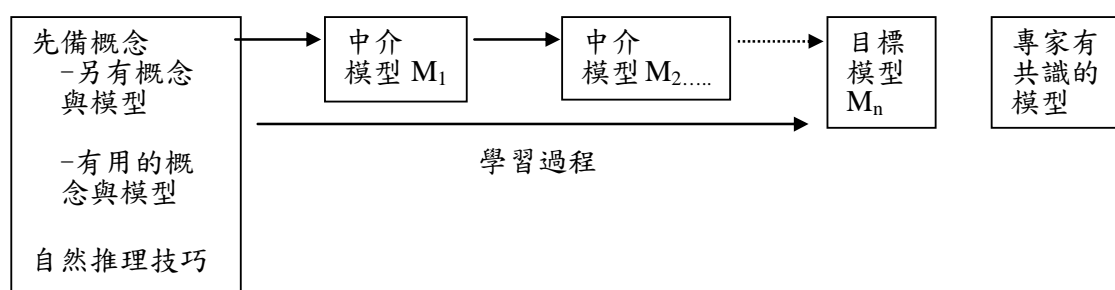


圖 2：Clement(2000)提出的多元模型教學模式

Harrison 和 Treagust(2000a)提出一個模型分類法，把在科學教學中常使用到的教學類比模型分爲：尺度模型、圖像符號模型、數學模型、理論模型、圖形與表格、概念—過程模型、模擬等。他們建議教師應該使用多元模型來教學，有系統地呈現所使用的模型之意義，逐漸引進精緻化的模型。

以 Harrison 和 Treagust(2000a)的分類法爲基礎，Chittleborough、Treagust、Mamiala 和 Mocerino(2005)提出一個教學模式，架構如圖 1 所示。此教學模式是由教師使用多元的教學類比模型及科學社群公認的科學模型，藉此影響學生的心智模型，然後觀察學生表達出來的模型，判斷不同教育階段的學生對科學模型以及建模在學習上扮演的角色的看法。

而 Clement (2000)在回顧「以模型爲基礎的學習(Model based learning)」的研究之後，提出另一個教學模式，其架構如圖 2。Clement 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，藉此促使學生的心智模型不斷朝向目標模型演進，最後希望使學生發展出的目標模型，能夠接近科學家已有共識的科學模型。

分析 Chittleborough 等人 (2005) 及 Clement(2000)所提出教學模式，有兩點值得進一步討論。首先，他們認爲要由學生自行產生或選擇適當的類比模型是有困難的，所以他們的教學模式都是由教師提供多元的類比模型，藉此促使學生的心智模型產生演變，這是偏向教師導向的教學模式。其次，他們的教學模式比較著重探討在個人的認知發展歷程中，心智模型的轉變情況。他們並沒有探討在建模的歷程中，有關社會互動的面向。然而，在科學知識的建構歷程中，社會論證是扮演非常重要的角色。

本研究從建模與論證的文獻分析，形成「MBA 教學模式」。此教學模式，是融合了下列學者的觀點而形成：

1. Gilbert 和 Boulter (2000)主張模型的建構歷程是從個人建構的心智模型、轉換成表達出的模型、最後形成一個有共識的模型的歷程。此歷程是由個人的(private)轉變爲公眾的(public)，其特徵就是要經過「論證」的考驗。
2. Thier 和 Daviss (2002)認爲提供「表現期望表」給學生，明確引介學生了解所謂的「卓越表現」指的是要做到哪些行爲。
3. Clement (2000)提出的「模型發展理論架構」。
4. Chittleborough 等人(2005)提出的「心智模型、教學模型、科學模型、表達出的模型的交互作用架構」。

MBA 教學模式的基本架構圖，如圖 3。它與上述兩個教學模式的主要不同處，在於 MBA 教學模式是採用社會建構論的觀點，因此，由不同個體彼此分享建構的初始模型 $M_{11} \sim M_{n1}$ ，經過社會論證之後演進爲中介模型 $M_{12} \sim M_{n2}$ ，直到形成有共識的模型 $M_{123} \dots$ 。

(二)MBA 教學模式的輔助工具

從上述的文獻分析發現，學生對建模的理解是質樸且有限的，而學生在論證時又常遭遇困難。爲了促使學生的心智模型，最後能夠轉換成科學社群接受、有共識的模型，本研究自行研發「建模表現期望表」及「論證表現期望表」，作爲協助學生建模及論證的輔助工具。其作用在於要向學生傳達何謂「卓越的建模表現」與「卓越的論證表現」，藉此幫助學生注意進行建模與論證的重要事項。

「建模表現期望表」，如表 1；「論證表現期望表」，如表 2。

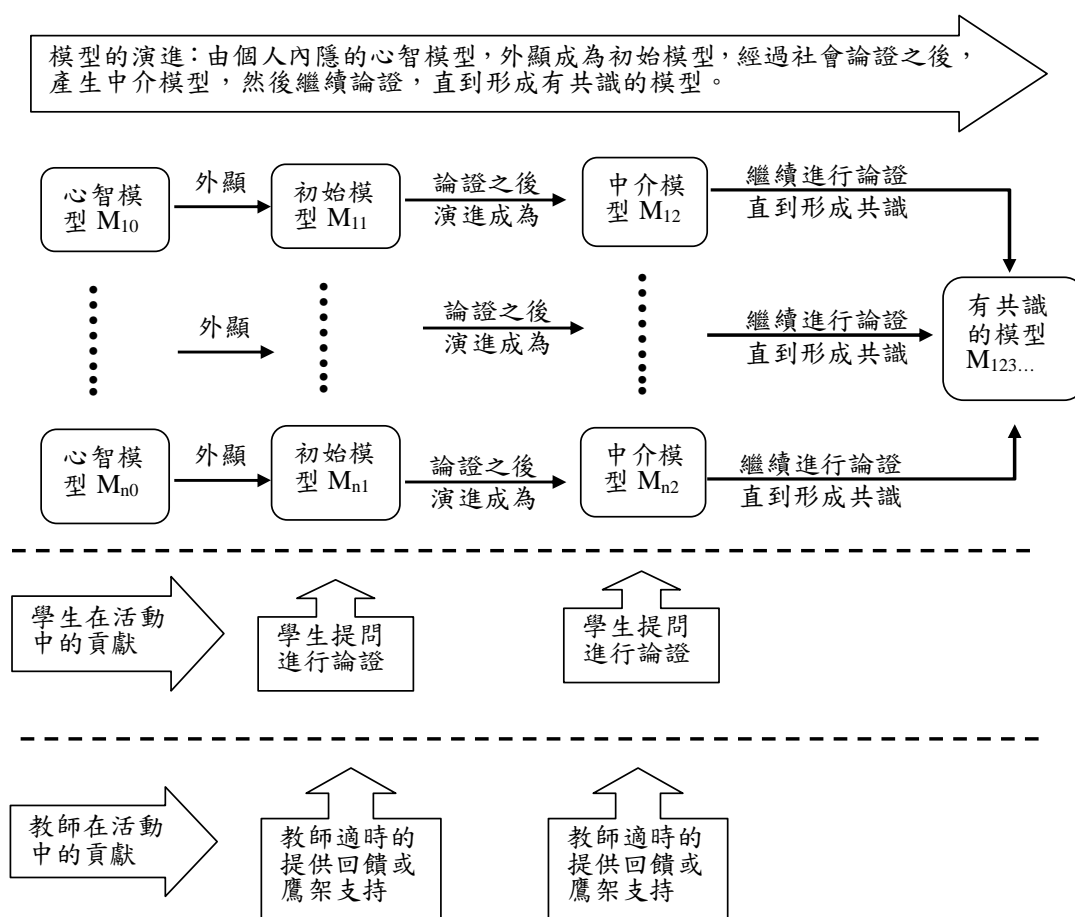


圖 3：MBA 教學模式的基本架構圖

參、研究方法

一、研究設計

本研究以準實驗研究法進行設計，研究設計如表3。

表 3 的符號，X 代表「以建模為基礎的論證(MBA)教學模式」。C 代表「教導的論證(DA)教學模式」。O₁ 代表「科學教室環境知覺量表、對論證的態度量表、對科學模型的理解量表」的前測成績。O₂ 代表上述三份量表及論證能力表現測驗卷的後測成績。後

測才施測論證能力表現測驗卷，理由是因為測驗卷的題目是依據教科書內容而設計，為了避免受試者在接受前測之後，因此知道他們要被評量論證能力的高低，影響到研究結果，因此論證能力測驗卷僅於後測施測。前測在活動前一週施測，後測在活動結束後一週施測。

二、研究對象

以立意取樣選取台南市某國中二年級兩個班級為研究對象，一班為實驗組、一班為對照組，兩組均由本文第一作者擔任該班之

表 1：建模表現期望表

建模表現期望表	
1.	你所建構出來的模型，要能夠幫助你瞭解你想要研究的科學現象。
2.	這個科學現象的模型，可以分解成哪幾個重要的組成元素？請找出來。
3.	這些元素之間有什麼關係？請找出來。
4.	要怎麼正確地組合這些元素，才能呈現出你想要瞭解的科學現象？
5.	你所建構的模型，要能夠描述其他類似的科學現象。
6.	你所建構的模型，要能夠解釋這個科學現象的發生原因。
7.	你所建構的模型，要能夠預測有哪些可能會發生的類似現象。

表 2：論證表現期望表

論證表現期望表(如何作小組與全班討論)	
1.	每個人都要參與討論、提供合適的建議。
2.	從你有疑問、聽不懂的地方開始討論。
3.	你問的問題，要與現在討論的主題有關。
4.	使用你學過的科學知識來做討論的證據，不能說我覺得...應該就是這樣
5.	除非每個人都同意這個觀點，否則就不算是達成結論。
6.	不要打斷別人的發言。
7.	報告者在報告結束後，要主動詢問是否還有人要提問題。

論證表現期望表(如何說)

1.	要組織好報告的內容，按照重要性，一點一點的講清楚。
2.	報告的時候，音量要適中，確定每位同學都能聽得到。
3.	用適當的語調、肢體語言來強調你所要說的重點。
4.	適當的使用圖表或圖畫，把它們寫在白板上或黑板上，來輔助你的說明。
5.	要與觀眾有互動。

論證表現期望表(如何聽)

1.	開始要報告的時候，你就不要和其他人聊天。
2.	在聽別人報告的時候，聽到重要地方，你要把它記錄在筆記本上。
3.	在聽別人報告的時候，當你聽到有疑問、沒道理的地方，你要把它記錄在筆記本上。
4.	在聽別人報告的時候，聽到和你的研究有關連的部分，你要把它記錄在筆記本上。
5.	聽完全部的報告之後，你要找出他所講的最重要的主張。

表 3：本研究的設計模式

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

表 4：國二上學期第一次自然科段考成績的描述性統計資料

組別	人數	平均數	標準差
實驗組	34	74.74	15.833
對照組	35	75.06	21.248

任課教師。本研究在國二上學期第一次段考之後實施，因此以該次自然科段考成績，進行獨立樣本 t 檢定。統計考驗結果，如表 4 及表 5。從表 5 的數據 ($t=-.071, p=.943>.05$) 顯示，此兩組學生在國二上學期第一次自然科段考成績無顯著差異，因此可推論在本研究進行前，實驗組與對照組具有同質性。

三、教學模式及活動規劃與流程

(一) 實驗組的 MBA 教學模式

實驗組使用的 MBA 教學模式，其內涵已敘述於前，如圖 3 所示。在活動中，學生針對該單元的主題，進行建模與論證的活動。先找出模型的組成元素與其關係，建構出「初始模型」，然後經歷社會論證的過程，透過與社群成員的溝通與交流，使建構的初始模型，逐步精緻化，成為有共識的模型。

(二) 對照組的 DA 教學模式

使用教科書，依照教師手冊的建議進行教學，是多數教師採用的教學方式。在傳統講述式的教學中，常見的教學形式是由教師對全班學生講解課本，提供科學解釋，目的是要使學生相信教師講述的知識的有效性。這種形式的論證被稱為「教導的(didactic)」論證 (Russell, 1983; Boulter & Gilbert, 1995)。本研究對照組使用的 DA 教學模式，

表 5：國二上學期第一次自然科段考成績的獨立樣本 t 檢定摘要表

	變異數相等的 Levene 檢定		平均數相等的 t 檢定		
	F 檢定	顯著性	t	自由度	顯著性(雙尾)
假設變異數相等	3.908	.052	-.071	67	.943
不假設變異數相等			-.071	62.828	.943

指的是由教師把課本內容講解給學生聽，然後讓學生做課本的「食譜式」實驗，實驗完成之後，將結果登錄在實驗記錄簿，然後對課本及實驗記錄簿中的問題進行論證，藉此作為證據，使學生相信教師講述的科學知識的有效性。這種形式的教學，在現今台灣中小學的科學教學現場，是很常見的。因此，以此模式作為對照組的教學模式。

(三) 活動規劃與流程

依照所能運用的教學時間的長短，Clement & Rea-Ramirez(2008)針對不同教學時間的建模活動，提出以下的建議：

1. 在一堂課以內的時間：讓學生對某個科學現象，各自建構出自己的初始模型，然後對初始模型做評估與修正的活動。例如：人體的呼吸作用。
2. 有一到兩堂課的時間：讓學生各自建模，然後互相比較自己建構的模型，進行討論，讓這些多元模型，彼此競爭、融合或演進。例如：讓全班學生對人體的呼吸作用，建構多元模型，互相比較。
3. 有 3 到 15 天的時間(以週為單位)：針對某個章節進行建模，讓學生對同一章節涉及的科學現象，建構一系列相關的模型，並把這些模型整合起來。例如：生物體的呼吸、血液循環等各種系統。
4. 有 2 到 6 個月的時間(以月為單位)：把整學期的課程，分成幾個區塊，各自建模，然後再把各區塊的所有模型，形成統整的系統。例如：生物可分為動物、植物，而動植物又再區分成小區塊的知識單元，先

表 6：對照組與實驗組的活動流程

組別	對照組 (DA 教學模式)	實驗組 (MBA 教學模式)
活動 流程	1. 引起動機：教師以日常生活中的對流現象舉例，引起學生動機。	1. 使心智模型外顯：請學生以畫圖及文字敘述的方式，把對流現象的形成原因，記錄在筆記本上。
	2. 教師講解：教師將課本內容及實驗操作方式，包括實驗器材、步驟等，詳細地為學生講解。	2. 建構初始模型：請學生進行小組討論，要建構對流現象的模型，需要哪些組成元素，及這些元素之間的關係。並實際建構初始模型。
	3. 學生實作：請學生依照課本設計的實驗方式，做對流現象實驗，然後將實驗結果填寫在實驗記錄簿上。	3. 測試初始模型：請學生測試初始模型。
	4. 小組討論：學生分組討論在教科書及實驗記錄簿上的問題。	4. 發表及論證：各組學生輪流發表初始模型的測試結果，進行論證，藉此形成有共識的模型。
	5. 進行教導式的論證：以課本的食譜式實驗的結果當作證據，由教師為學生再次講述對流現象，使學生相信教師講述的科學知識的有效性。	5. 歸納與結論：建模與論證活動結束之後，若學生的用語不符合科學社群的術語，則由教師引介對流現象的相關科學術語，例如：「流體、熱源、溫差、密度」等等。藉此使學生的日常用語能轉換到科學社群的專業用語。

分區塊建模，然後再融合成一個系統。考量到本研究能夠運用的授課時數，並在取樣學校的許可下，本次研究挑選「光的色散現象」、「流體的對流現象」兩個單元，讓學生進行「建模」與「論證」的活動。每個單元的活動時間均為四堂課，總計八堂課。以對流現象為例，兩組的活動流程如表 6。

四、研究工具

本研究使用下列四項研究工具，各項工具的來源、信效度，分述如後：

(一) 科學教室環境知覺量表

本量表是由黃台珠、Aldridge和Fraser(1998)發展而成，包括七個向度：

1. 同學的親和關係(SC)：本分量表用來探知學生與同學間的相處情況，是否友好。
2. 教師支持(TS)：本分量表用來探知學生是否能察覺教師對學生提供的幫助。
3. 學生參與(SI)：本分量表用來探知學生是否樂於參加科學學習活動、進行討論。
4. 探究(I)：本分量表用來探知學生在從事探究活動的過程，是否具有相關技能。
5. 工作取向(TO)：本分量表用來探知學生對投入科學活動與對達成預期課業活動的重視程度。
6. 合作(C)：本分量表用來探知學生與同儕在學習時的合作關係。
7. 平等(E)：本分量表用來探知教師是否有平等的對待學生。

此量表為李克特氏五點量表，各分量表都有 8 個題目，共 56 題，均為正向題。依照學生勾選的選項：從來沒有、很少發生、偶爾發生、經常發生、總是如此，分別給 1~5 分。原量表以 1879 位台灣國中生為施測對象。本研究以研究對象以外的四個國二班級，共 134 名學生，作為本量表的預試樣本，

表 7：「科學教室環境知覺量表」原量表與預試樣本的 α 值

分量表名稱	原量表的 α 值	預試樣本的 α 值
SC	.91	.88
TS	.95	.89
SI	.90	.76
I	.96	.80
TO	.94	.88
C	.92	.81
E	.95	.90
總量表	.95	.94

進行信度分析。原量表及預試樣本的 α 值，如表 7。

(二) 對論證的態度量表

本量表是由Infante和Rancer(1982)所發展，用來分析個人對論證的態度。此量表經研究者將英文翻譯為中文後，送請兩位具有科學教育博士學位的教授及三位某師範大學科教所博士班之研究生(物理、化學、生物領域各一位)進行審查，並請取樣學校的一位自然科教師，就題目敘述方式、題目數量、測驗時間等，提供修訂建議，藉此建立專家效度及內容效度。然後，再請三位國二學生閱讀本項量表，針對學生認為會造成閱讀困難的語句進行修飾，最後完成本量表的翻譯修訂工作，建立表面效度。

本量表分為兩個向度：

1. 接近論證的傾向(ARGap)：本向度代表當個人面對爭論性的議題時，他會願意接受進行論證的傾向。
2. 避免論證的傾向(ARGav)：本向度代表當個人面對爭論性的議題時，他會避免進行論證的傾向。

每個向度各有 10 個題目，把受試者 ARGap 的得分，減去 ARGav 的得分，就代表受試者對論證的態度(ARGgt)。即：對論證的態度(ARGgt) = 接近論證的傾向(ARGap)

一 避免論證的傾向(ARGav)

本量表為李克特氏五點量表，原量表是以美國的 692 名大學生作為施測樣本。本研究以研究對象以外的四個國二班級，共 134 名學生，作為本量表的預試樣本，進行信度分析。原量表及預試樣本的 α 值，如表 8。

(三) 對模型的理解量表

本量表是由 Treagust、Chittleborough 和 Mamiala (2002)發展而來，是用來研究學生對於模型在科學學習上扮演的角色的理解程度。如前所述，此量表經研究者將英文翻譯為中文後，均送請專家進行專家審查，以建立專家效度及內容效度。再請三位國二學生閱讀該量表，針對學生認為閱讀困難的語句作修飾，建立表面效度。

本量表包括五個向度：

1. 模型是多樣化的表徵(MR)：本分量表用來瞭解學生對於同時使用不同表徵的接受度，以及他們對於這個多樣化的必要性的理解情況。
2. 模型是精確的複製品(ER)：本分量表用來探討學生是否察覺到模型與實體的相似程度。
3. 模型是解釋的工具(ET)：本分量表用來探討學生對模型的意義及作用的理解情況。
4. 科學模型的用途(USM)：本分量表用來研究學生對模型的意義及作用的理解情況。
5. 模型具有可變性的本質(CNM)：本分量表用來研究學生對於模型具有「可變性」本質的理解程度。

此量表為李克特氏五點量表，正向題給 5~1 分，反向題則反之，在「模型是精確的複製品」向度的題目(9~16 題)皆為反向題。五個分量表(MR、ER、ET、USM、CNM)之題數分別為：8、8、5、3、3。將分量表的總分除以該分量表的題數，即為各分量表的平

表 8：「對論證的態度量表」原量表與預試樣本的 α 值

分量表名稱	原量表的 α 值	預試樣本的 α 值
ARGap	.91	.79
ARGav	.86	.68

表 9：「對科學模型的理解量表」原量表與預試樣本的 α 值

分量表名稱	原量表的 α 值	預試樣本的 α 值
MR	.81	.77
ER	.84	.72
ET	.71	.65
USM	.72	.61
CNM	.73	.74

均得分。

原量表以澳洲 228 名中學生作為施測樣本。本研究以研究對象以外的四個國二班級，共 134 名學生，作為預試樣本進行信度分析。原量表及預試樣本的 α 值，如表 9。

(四) 論證能力表現測驗卷

本測驗卷由研究者自行發展而成，用來測量在教學活動後，學生對「光的色散現象」、「流體的對流現象」這兩個單元的理解程度，每個單元各出 5 題，整份試卷共有 10 題。本測驗卷是半開放式的測驗卷，以「流體的對流現象」其中一題為例，說明該題目要測量的科學構念，如表 10。學生必須從 A~D 這四個選項，選擇一個來代表自己的看法，然後還要寫出選擇它的原因，作為支持自己看法的理由或證據，依據學生所提出的理由或證據的合理性來給分。因此，學生在本測驗卷的作答情況，可代表學生針對文本進行論證的能力表現。試題內容及評分標準，均經過科教專家審查及學生試做，逐步修訂完成。評分標準如表 11 所示。

本測驗卷的內部一致性信度分析，在「光的色散現象」單元， α 值為 .66。在「流體的對流現象」單元， α 值為 .79。至於，評分者

信度之分析，在「光的色散現象」及「流體的對流現象」單元，隨機選取各五份測驗卷，敦請兩位物理背景的科教所博士班研究生擔任評分者，依據評分表評分。結果在「光的色散現象」單元，Pearson 積差相關係數為.946， $p=.000(<.01)$ ，達顯著水準。而在「流體的對流現象」單元，Pearson 積差相關係數為.977， $p=.000(<.01)$ ，亦達顯著水準。

五、資料分析方式

「科學教室環境知覺量表、對論證的態度量表、對科學模型的理解量表」均進行前後測。以前測成績為共變數，後測分數為依變項，進行組內迴歸係數同質性考驗。在確定兩組學生同質後，將兩組學生後測成績進行單因子共變數分析，藉此了解實驗組與對照組是

表 10：「論證能力表現測驗卷」的題目內容與要測量的科學構念之範例

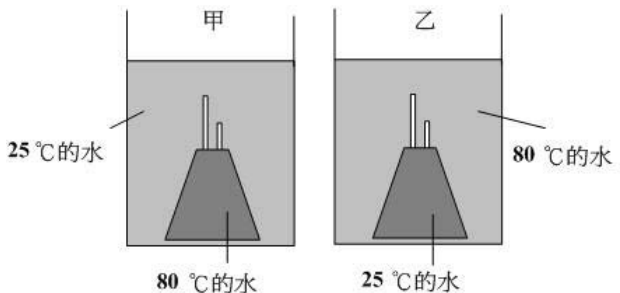
題目內容	要測量的科學構念
 <p>毓婷為了觀察水的熱量是以何種形式傳播，於是她準備了如上圖的器材：兩錐形瓶內分別裝滿 80°C 與 25°C 的水，並在內部滴三滴紅墨水，塞上瓶塞後，各插上兩支高低不同的玻璃管，而後置入甲、乙兩個大燒杯中，並在甲、乙燒杯中分別加入 25°C 和 80°C 的水。請問在燒杯中加入水後，哪一個燒杯中的水會被染紅？ (A)甲燒杯 (B)乙燒杯 (C)甲、乙都會 (D)甲、乙都不會。</p> <p>答：_____，並請說明你選擇此答案的理由：</p>	<p>本題目的正確答案是 A</p> <p>本題目要測量的科學構念是：因為甲燒杯的錐形瓶裡面裝 80°C 的水，溫度比外面的水 25°C 高，熱水的密度小，所以錐形瓶裡面的紅水會向上流動，外面的冷水會向下流動，產生對流，所以整杯水就被染紅了。</p> <p>這個題目是用來測量學生是否真的理解「對流現象」的運作機制。</p>

表 11：「論證能力表現測驗卷」的評分標準與範例

分數	評分標準	學生作答內容舉例
0	① 勾選答案錯誤 ② 勾選答案正確，但只勾答案，沒有寫出選擇它的理由 ③ 勾選答案正確，說明的理由完全錯誤（學生回答的理由與已知的科學概念不同，具有迷思概念、超自然現象等不合理之假設，或是回答的理由，與題目情境無關）	① 選到錯誤的答案：B 或 C 或 D ② 勾選到正確答案：A，但只勾答案，沒有寫出選擇它的理由（即空白未作答） ③ 勾選到正確答案 A，但作答內容錯誤。例如：因為乙燒杯外面的水溫較高，會使得裡面的水溫也慢慢升高，就會使容器裡面的水被染紅。
1	勾選答案正確，說明的理由，部分正確、部分錯誤	冷水會比較重，所以甲燒杯的水往下壓，錐形瓶的紅水被擠到噴出來，甲燒杯的水就變紅了。
2	勾選答案正確，說明的理由也正確，但是作答內容太簡略、不夠完整	因為熱平衡，所以 80°C 的水會從錐形瓶往外排。
3	勾選答案正確，說明的理由也正確，而且作答內容完整	因為甲燒杯的錐形瓶裡面的溫度比外面高，熱水的密度小，會往上跑，外面的冷水會對流跑進來，所以水就被染紅了。

否有差異。論證能力表現測驗卷則採用獨立樣本 t 考驗進行統計考驗。上述四份工具的統計考驗若達顯著水準，再求出其效果量。效果量強度之判準，依據 Cohen(1988)的建議分為三等級(引自吳明隆，2007)：大的效果量($\eta^2 \geq .138$)；中度的效果量($.138 > \eta^2 \geq .059$)；小的效果量($.059 > \eta^2$)。

肆、研究結果與討論

本研究的研究假設是：不同的論證教學模式(MBA教學模式和DA教學模式)，將會引發學生對科學教室環境產生不同知覺，進而促使學生對論證產生不同態度，再進而造成學生在「對科學模型的理解、論證能力的表現」產生差異。研究者針對此研究假設，以量表收集資料，進行統計考驗。結果如下：

一、實驗組與對照組「對科學教室環境的知覺」之統計考驗結果及討論

以教學模式為自變項，科學教室環境知覺總量表的前測成績為共變項，後測成績為依變項，進行組內迴歸係數同質性考驗。統計考驗之結果， $F=.104$ ， $p=.748(>.05)$ ，未達顯著水準，符合組內迴歸係數同質性檢定，因此，繼續進行單因子共變數分析。結果如表12與表13。單因子共變數統計考驗結果 $F=59.356$ ， $p=.000(<.001)$ ，達顯著水準。調整後之實驗組總分為190.593，優於對照組總分142.155。實驗效果量為.470，達大的效果量。以上數據顯示，整體而言，以MBA教學模式來學習的實驗組，對科學教室環境的知覺，比對照組感受更強烈。此結果顯示「要能夠佈置出適於從事建模與論證的教室氛圍的重要性」。

科學教室環境知覺量表分為「同學的親和關係、教師支持、學生參與、探究、工作取向、合作、平等」七個分量表，實驗組與對照組在各分量表的組內迴歸係數同質性考驗，p值均 $>.05$ ，分別為.531、.439、.913、.296、.775、.477、.523，符合組內迴歸係數同質性檢定的假設。因此，繼續進行單因子共變數分析。分析結果，如表14與表15。從表中數據顯示，實驗組與對照組僅在「同學的親和關係」一個向度未達顯著差異，其他六個分量表均達顯著差異，實驗組平均分數高於對照組，均達大的實驗效果量。

科學教室環境知覺量表為李克特氏五點量表，依照學生勾選的選項：從來沒有、很少發生、偶爾發生、經常發生、總是如此，分別給1~5分。各分量表都有8個題目，因此，將分量表的總分除以8，即為各分量表的平均得分。將表15各向度調整後的總分除以8，實驗組在「同學的親和關係、教師支持、學生參與、探究、工作取向、合作、平等」等七個向度的平均得分為：3.68、3.17、3.18、3.23、3.71、3.70、3.19。對照組則為3.44、2.47、2.02、1.66、2.99、2.79、2.44。在「同學的親和關係」向度，實驗組的平均得分3.68，對照組3.44，均高於3分(代表偶爾發生或經常發生)，這顯示同學之間的關係已很融洽。推測其原因，可能是因為本研究的研究對象為國二學生，從國一開始起算，至少相處超過一年，彼此已經很熟悉，因此，使得實驗組與對照組在「同學的親和關係」向度，沒有顯著差異。此結果與蔡執仲、段曉林和靳知勤(2009)的研究，有相同的發現。

至於其他六個向度，實驗組與對照組均有顯著差異，實驗組的平均得分介於3~4分(代表偶爾發生或經常發生)，其中在「工作取向、合作」兩個向度為3.71與3.70，很

表 12：「科學教室環境知覺」總量表的單因子共變數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F 值	Sig	效果量 η^2
組間	6969264.069	1	6969264.069	59.356	.000***	.470
誤差	7866718.281	67	117413.706			

***p < .001

表 13：「科學教室環境知覺」總量表的描述性統計資料摘要表

組別	調整前		調整後		總分的差異	Sig
	總分	SD	總分	SD		
對照組(n=35)	142.15	309.754	142.155	4.462	-48.438	.000***
實驗組(n=34)	190.59	373.537	190.593	4.429	48.438	.000***

***p < .001

表 14：「科學教室環境知覺」各分量表單因子共變數分析摘要表

分量表	變異來源	SS	df	MS	F 值	Sig	效果量 η^2
同學的親和關係 (SC)	組間	1923.943	1	1923.943	1.928	.170	.028
	誤差	66842.647	67	997.651			
教師支持 (TS)	組間	13413.394	1	13413.394	11.353	.001**	.145
	誤差	79156.813	67	1181.445			
學生參與 (SI)	組間	31360.525	1	31360.525	44.077	.000***	.397
	誤差	47670.365	67	711.498			
探究 (I)	組間	49143.073	1	49143.073	117.296	.000***	.636
	誤差	28070.829	67	418.968			
工作取向 (TO)	組間	15539.218	1	15539.218	14.246	.000***	.175
	誤差	73082.444	67	1090.783			
合作 (C)	組間	909.237	1	909.237	26.276	.000***	.285
	誤差	2283.834	67	34.604			
平等 (E)	組間	612.026	1	612.026	14.586	.000***	.181
	誤差	2769.316	67	41.959			

p < .01 *p < .001

表 15：「科學教室環境知覺」各分量表的描述性統計資料摘要表

分量表	組別	調整前		調整後		總分的差異	Sig
		總分	SD	總分	SD		
同學的親和關係 (SC)	對照組	27.50	33.255	27.498	.997	-1.966	.170
	實驗組	29.46	29.768	29.463	1.004	1.966	
教師支持 (TS)	對照組	19.75	37.539	19.751	1.169	-5.587	.001**
	實驗組	25.34	30.771	25.338	1.176	5.587	
學生參與 (SI)	對照組	16.18	19.086	16.184	.995	-9.219	.000***
	實驗組	25.40	32.699	25.403	.968	9.219	
探究 (I)	對照組	13.25	17.238	13.251	.867	-12.593	.000***
	實驗組	25.84	23.338	25.844	.775	12.593	
工作取向 (TO)	對照組	23.89	40.184	23.892	1.060	-5.790	.000***
	實驗組	29.68	23.472	29.681	1.108	5.790	
合作 (C)	對照組	22.23	6.357	22.294	1.000	-7.344	.000***
	實驗組	29.71	5.289	29.638	1.015	7.344	
平等 (E)	對照組	19.54	6.469	19.543	1.095	-5.957	.000***
	實驗組	25.50	6.397	25.500	1.111	5.957	

p < .01 *p < .001

表 16：「對論證的態度」量表的單因子共變數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F 值	Sig	效果量 η^2
組間	275.230	1	275.230	4.790	.032*	.069
誤差	3734.887	67	57.460			

*p < .05

表 17：「對論證的態度」量表的描述性統計資料摘要表

組別	調整前		調整後		總分的差異	Sig
	總分	SD	總分	SD		
對照組(n=35)	4.20	6.206	4.271	1.286	-4.001	.032*
實驗組(n=34)	8.29	8.615	8.281	1.305	4.001	

*p < .05

接近 4 分(代表經常發生),這顯示以 MBA 教學模式來學習的實驗組,比較能從活動中覺察該活動的學習目標、主動設法了解該活動、認為自己在上課時很用心、認為完成該堂課的學習是很重要的事、能以團隊合作的方式達成目標。而對照組在此六個向度平均得分都低於三分,尤其是在「學生參與、探究」兩個向度為 2.02、1.66,很接近 2 分(代表很少發生),這顯示以 DA 教學模式來學習的對照組,很少和同學討論不同的想法、很少對同學發表或解釋自己的想法、也很少以探究的方式來蒐集證據找答案。在同樣採用「科學教室環境量表」的研究中(陳鴻明、張文華和張惠博,2002;蔡執仲、段曉林和靳知勤,2009),也發現使用教科書進行傳統講述式教學的對照組,在此兩個向度的表現較差。

二、實驗組與對照組「對論證的態度」之統計考驗結果及討論

以教學模式為自變項,對論證的態度量表前測成績為共變項,後測成績為依變項,進行組內迴歸係數同質性考驗。統計考驗之結果, $F=.131$, $p=.719(>.05)$,未達顯著水準,符合組內迴歸係數同質性檢定,因此,繼續進行單因子共變數分析。結果如表16與表

17。單因子共變數統計考驗結果 $F=4.790$, $p=.032(<.05)$,達顯著水準。調整後之實驗組總分為8.281,優於對照組總分4.271。實驗效果量為.069,達中度的效果量。以上數據顯示,整體而言,實驗組(MBA教學模式)比對照組(DA教學模式)更能以正面態度來看待論證。推究其原因,研究者認為是因為教導式的論證,其形式常常是由教師對全班學生提供科學解釋,教學活動的目的,是要使學生相信教師講述的知識宣稱的有效性(Boulter & Gilbert,1995),這種教師導向的教學,常常是依賴教師的權威性來進行教學(Russell,1983),忽略了要讓抱持不同立場的學生,各自提出自己的宣稱,檢視彼此不同的觀點,經過對談之後才形成結論(Driver et al,2000)。因此,使得對照組(DA教學模式)的學生,對論證抱持負面的態度。而實驗組(MBA教學模式),讓學生以建模為基礎,然後進行社會論證的教學方式,比較貼近科學社群在建構科學知識的方式,因此,使得實驗組對論證抱持正面的態度。

依據研究者的研究假設,經過實驗處理之後(以不同的論證教學模式進行學習),將會使實驗組與對照組在對科學教室環境的知覺上產生差異,然後影響實驗組與對照組對論證的態度。回顧科學教室知覺量表的「學

生參與」分量表的統計分析數據，該分量表是用來探知學生是否樂於參加科學學習活動、進行討論。該分量表所問的問題，包括：「在上課時，是否會發表自己的看法、是否會與其他同學討論自己不同的想法」。實驗組在該向度的平均得分為3.18(介於偶爾發生到經常發生之間)，對照組的得分則為2.02，很接近2分(代表很少發生)，這顯示以DA教學模式來學習的對照組，很少和同學討論不同的想法、也很少對同學發表或解釋自己的想法。因此，從科學教室知覺量表的「學生參與」分量表的發現，也可和對論證的態度量表的發現，互相印證。

三、實驗組與對照組「對科學模型的理解」之統計考驗結果及討論

以教學模式為自變項，對科學模型的理解總量表的前測成績為共變項，後測成績為依變項，進行組內迴歸係數同質性考驗。統計考驗結果， $F=1.154$ ， $p=.219(>.05)$ ，未達顯著水準，符合組內迴歸係數同質性檢定，因此，繼續進行單因子共變數分析。結果如表18與表19。單因子共變數統計考驗結果 $F=9.751$ ， $p=.003(<.01)$ ，達顯著水準。調整後之實驗組總分為99.179，優於對照組總分91.512。實驗效果量為.129，達中度效果量。以上數據顯示，整體而言，以MBA教學模式來學習的實驗組，對科學模型的理解程度，優於對照組。

對科學模型的理解量表分為「模型是多樣化的表徵、模型是精確的複製品、模型是解釋的工具、科學模型的用途、模型具有可變性的本質」五個向度。實驗組與對照組在各分量表的組內迴歸係數同質性考驗， p 值均 $>.05$ ，分別為.709、.170、.135、.172、.378，符合組內迴歸係數同質性檢定的假設。因

此，繼續進行單因子共變數分析。統計分析結果，如表20與表21。從表中數據顯示，在五個分量表，實驗組與對照組均達顯著差異，實驗組在各向度的總分均高於對照組，可達中度或大的實驗效果量。

從總量表及五個分量表的統計考驗均達顯著水準來看，以MBA教學模式來學習的實驗組，比對照組更能對科學模型產生較佳的理解、比較能接受不同表徵的模型、不會執著地認為模型是某真實物品的複製品、比較能瞭解科學模型是用來說明我們對科學事件的想法、用來解釋科學現象、用來對某個科學事件做預測、比較能體會模型具有可變性、多元性的本質。

將表21各向度調整後的總分，除以各向度的題數，在「模型是多樣化的表徵、模型是精確的複製品、模型是解釋的工具、科學模型的用途、模型具有可變性的本質」等五個向度，實驗組的平均得分為：3.98、3.41、3.72、4.27、4.43。對照組則為：3.88、2.65、3.57、3.77、3.68。其中，在「模型是多樣化的表徵、模型是解釋的工具、科學模型的用途、模型具有可變性的本質」等四個向度，實驗組得分很接近或超越4分，表示實驗組對此四個向度的看法處於同意到非常同意的狀態，對照組在此四個向度的得分介於3~4分，表示對照組對此四個向度的看法，是處於不確定到同意之間的狀態。這顯示以MBA教學模式來學習的實驗組，對模型及建模的意義、功用與本質的看法，與科學社群的觀點比較接近。

而實驗組與對照組差異最大之處，是在「模型是精確的複製品」向度。實驗組平均得分為3.41，對照組2.65。此向度為反向題，將得分還原為原始選項，則實驗組平均得分為1.59(代表不同意或非常不同意)，對照組

則為 2.35(代表不同意或不確定)。這顯示，以 MBA 教學模式來學習的實驗組，並不會執著認為模型必須是某真實物品的複製品。而以 DA 教學模式來學習的對照組，則是處於不同意到不確定之間的状态。對於上述統計結果，研究者推論其原因，使用「教導的論證(DA)教學模式」的對照組，是由教師使用教科書中的教學類比模型，例如：尺度模

型、圖像符號模型、數學模型、理論模型、圖形表格、概念-過程模型、模擬等模型，把課本內容講解給學生聽。從建模的理論來分析 DA 教學模式，DA 教學模式是屬於以「多元模型」來講解課本的教學模式。而在同樣以多元模型來進行教學的研究中發現，既使經歷以多元模型為基礎的教學，還是有學生認為在這些不同的模型之中，有最正確的一

表 18：「對科學模型的理解」總量表的單因子共變數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F 值	Sig	效果量 η^2
組間	1004.571	1	1004.571	9.751	.003**	.129
誤差	6799.641	67	103.025			

**p < .01

表 19：「對科學模型的理解」總量表的描述性統計資料摘要表

組別	調整前		調整後		總分的差異	Sig
	總分	SD	總分	SD		
對照組(n=35)	91.51	6.491	91.512	1.720	-7.667	.003**
實驗組(n=34)	99.18	12.753	99.179	1.745	7.667	

**p < .01

表 20：「對科學模型的理解」各分量表單因子共變數分析摘要表

分量表	變異來源	SS	df	MS	F 值	Sig	效果量 η^2
模型是多樣化的表徵(MR)	組間	11.345	1	11.345	6.949	.010*	.095
	誤差	107.742	67	1.632			
模型是精確的複製品(ER)	組間	624.841	1	624.841	29.818	.000***	.311
	誤差	1383.027	67	20.955			
模型是解釋的工具(ET)	組間	9.816	1	9.816	9.681	.003**	.128
	誤差	66.918	67	1.014			
科學模型的用途(USM)	組間	38.269	1	38.269	23.711	.000***	.264
	誤差	106.523	67	1.614			
模型具有可變性的本質(CNM)	組間	87.384	1	87.384	24.162	.000***	.268
	誤差	238.691	67	3.617			

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

表 21：「對科學模型的理解」各分量表的描述性統計資料摘要表

分量表	組別	調整前		調整後		總分的差異	Sig
		總分	SD	總分	SD		
模型是多樣化的表徵(MR)	對照組	30.34	3.464	31.029	.218	-.824	.010*
	實驗組	32.56	4.627	31.853	.221	.824	
模型是精確的複製品(ER)	對照組	21.14	3.821	21.212	.775	-6.040	.000***
	實驗組	27.32	5.330	27.252	.786	6.040	
模型是解釋的工具(ET)	對照組	17.89	2.632	17.860	.170	-.754	.003**
	實驗組	18.59	3.377	18.615	.173	.754	
科學模型的用途(USM)	對照組	11.34	1.371	11.324	.215	-1.490	.000***
	實驗組	12.79	1.452	12.814	.218	1.490	
模型具有可變性的本質(CNM)	對照組	11.03	2.135	11.035	.322	-2.253	.000***
	實驗組	13.29	1.605	13.288	.326	2.253	

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

個，會執著要找出最正確的模型(Harrison & Treagust, 2000b)。也有學生把每個模型都視為是要學習的對象，把每個模型的內容都記下來(Treagust, Chittleborough & Mamiala, 2004)。因此，根據上述的統計分析結果，可宣稱本研究發展的「以建模為基礎的論證(MBA)教學模式」，更能夠促進學生對科學模型的理解。

四、實驗組與對照組「論證能力表現」之統計考驗結果及討論

在本次的初探研究，研究者是以「光的色散現象」、「流體的對流現象」這兩個活動，來測試MBA教學模式的可行性。因此，本研究所謂「論證能力表現」指的是，學生在這兩個單元的論證能力測驗卷的表現。

為了避免研究對象提早知道他們將被評定論證能力的高低，而影響到研究結果，因此，在全部教學活動結束後，於後測施測論證能力測驗卷，並以獨立樣本t 檢定進行統計考驗。

實驗組及對照組進行「變異數相等的Levene檢定」，結果如表22。在「光的色散現象」單元， $F=1.187$ ， $p=.182(>.05)$ ；在「流體的對流現象」單元， $F=.972$ ， $p=.328(>.05)$ ，此結果顯示在上述兩個單元，實驗組與對照組的變異數具有同質性，即兩組學生在進行教學之前的論證能力具有同質性，符合獨立樣本 t 考驗的基本假設，因此繼續進行獨立樣本 t 考驗，統計考驗結果如表23。

在「光的色散現象」單元， $t=-5.557$ ， $p=.000(<.001)$ ，達顯著水準，實驗效果量為.315，達大的效果量，實驗組的總分8.29高於對照組的總分5.69。在「流體的對流現象」單元， $t=-3.974$ ， $p=.000(<.001)$ ，達顯著水準，實驗效果量.191，達到大的效果量，

實驗組總分10.94高於對照組總分8.03。以上統計數據顯示，以MBA教學模式來學習的實驗組，在論證能力的表現上，優於對照組的學生。

研究者推測造成此差異的原因，因為本測驗卷是半開放式的測驗卷，學生必須從題目的選項中選出一個答案，然後還要寫出選擇它的原因，依據學生所寫之理由與證據的合理性來給分。根據Boulter和Gilbert(1995)及Russell(1983)的研究結果：在教師導向的講述式教學中，教師常是以本身在地位上的優勢來支持他所講述的知識宣稱，這種依賴權威性的「教導式論證」，往往會忽略了推理和尋求證據的歷程。因此使採用DA教學模式的對照組，在「必須寫出理由或證據，以支持自己的宣稱」的論證能力測驗，表現不佳。而MBA教學模式讓實驗組以建模為基礎，然後再進行社會論證的方式，比較貼近科學社群建構科學知識的方式，因此有助於促進實驗組在此測驗中，有較佳的表現。

論證能力表現測驗卷包括「光的色散現象」、「流體的對流現象」兩個單元，每個單元各有5題，整份測驗卷共有10題。若將兩個單元得分合併，來代表兩組學生的論證能力表現，則實驗組總分為19.23，對照組總分為13.27。將此分數除以總題數10題，則代表每個題目的平均分數。因此，實驗組的平均分數為1.91，對照組則為1.37。比對表11的評分標準，實驗組的平均作答水準屬於「勾選答案正確，說明的理由也正確，但是作答內容太簡略、不夠完整」，對照組的平均作答水準則是屬於「勾選答案正確，說明的理由，部分正確、部分錯誤」。從這一點亦可顯示，以MBA教學模式來學習的實驗組，其論證能力的表現，優於對照組。

表 22：論證能力測驗卷「變異數相等的 Levene 檢定」摘要表

		變異數相等的Levene檢定	
		F檢定	顯著性
光的色散現象	假設變異數相等	1.817	.182
	不假設變異數相等		
流體的對流現象	假設變異數相等	.972	.328
	不假設變異數相等		

***p <.001

表 23：論證能力測驗卷「獨立樣本 t 考驗」分析摘要表

組別	學生人數	總分	標準差	自由度	t 值	顯著性	效果量 η^2
光的色散現象	對照組	35	5.69	2.097	67	-5.557	.000***
	實驗組	34	8.29	1.784			
流體的對流現象	對照組	35	8.03	3.167	67	-3.974	.000***
	實驗組	34	10.94	2.912			

***p <.001

伍、結論與建議

有關本研究發展的MBA教學模式，在國中自然科教學之合適性與有效性，分別從「科學教室環境知覺、對論證的態度、對科學模型的理解、論證能力表現」四個面向之初探成果，提出結論及後續的研究建議：

一、結論

(一) 從「科學教室環境知覺量表」的統計分析獲得之結論

在總量表及「教師支持、學生參與、探究、工作取向、合作、平等」六個分量表，實驗組表現優於對照組，均達大的效果量。實驗組在上述各向度的得分，均介於3~4分(代表偶爾發生或經常發生)，對照組則均低於3分(代表偶爾發生或很少發生)。這顯示MBA教學模式，比較能夠促使學生從活動中覺察該活動的學習目標、促使學生主動設法了解該活動、體會完成該堂課的學習是很重要的事、能以團隊合作的方式達成目標。

(二) 從「對論證的態度量表」的統計分析獲得之結論

依據「對論證的態度量表」的統計分析結果，經歷不同論證教學模式的實驗組與對照組，是以MBA教學模式進行學習活動的實驗組，比較願意和同學討論彼此不同想法。因此，MBA教學模式比較能促使學生對論證抱持正面態度，可達中度的效果量。

(三) 從「對科學模型的理解量表」的統計分析獲得之結論

在總量表及五個分量表，實驗組表現優於對照組，可達中度或大的效果量。這顯示MBA教學模式，比較能促使學生對科學模型產生較佳的理解、接受不同表徵的模型、不執著於模型必須是真實物品的複製品、瞭解科學模型是用來說明對科學事件的想法、用來解釋科學現象、做預測、體會模型具有可變性、多元性的本質。因此，MBA教學模式是比較貼近科學社群建構知識的教學方式。

(四) 從「論證能力表現測驗卷」的統計分析獲得之結論

在「光的色散現象」及「流體的對流現

象」單元的論證能力表現測驗成績，實驗組優於對照組，均達大的效果量。這顯示以MBA教學模式進行教學活動，更有助於促進學生在該單元的論證能力表現

依據上述四個面向之研究結果，本研究的研究假設獲得支持，因此，本次初探研究的總結論是：MBA教學模式是一個可行的教學模式，有助於促進學生在上述四個面向的表現。

二、建議

根據本次初探研究的結論，作者提出以下三點建議，作為後續研究的參考：

- (一)、基於便利取樣，本次初探研究，是以本文第一作者任教之台南市某國中二年級學生，共兩個班級做為研究樣本。因研究樣本較少，就研究的生態效度而言，還不夠充分。因此，建議在後續研究，可將研究樣本擴大，把都會區的大型、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。
- (二)、本次初探研究，是以單一的科學現象：「光的色散現象」及「流體的對流現象」作為活動單元。建議後續研究以一個完整章節來進行研究，例如以整個光的章節(包括光的直線前進、反射、折射等科學概念)。甚至將教學處理時間延長到整學期，內容包括整本教科書不同性質的科學概念，例如：物質、能量、光、熱等等。
- (三)、本次研究是以「科學教室環境知覺、對論證的態度、對科學模型的理解、論證能力表現」作為依變項，探討運用此教學模式在國中自然科的教學成效。然而對教學成效的評估，

不能只侷限於上述四個面向，因此，建議後續研究可探討其他面向的表現，例如：以「問題解決能力、科學推理能力」作為依變項，藉此可對MBA教學模式在國中自然科的教學成效，產生更廣泛的瞭解。

參考文獻

1. 吳明隆(2007)。SPSS 操作與應用變異數分析。台北：五南。
2. 洪振方(1994)。從孔恩異例的認知與論證探討科學知識的重建。國立臺灣師範大學科學教育研究所博士論文。未出版。
3. 陳鴻明、張文華和張惠博(2002)：試行自然與生活科技教學模組下學生知覺的教室社會心理環境之研究。師大學報：科學教育類，47(2)，83-104。
4. 黃台珠、Aldridge J. M. & Fraser B. J. (1998)。台灣和西澳科學教室環境的跨國研究：結合質性與量的研究方法。科學教育學刊，6(4)，343-362。
5. 蔡執仲、段曉林、靳知勤(2009)。進行「巢狀探究教學模式」對國二學生學習環境感知之影響。屏東教育大學學報，29，79-112。
6. Acher, A., Arca, M., & Sanmarti, N. (2007). Modeling as a teaching learning process for understanding materials: A case study in primary education. *Science Education*. 91(3), 398-418.
7. 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.

8. Browne, M. N., & Keeley, S. M. (1998). *Asking the Right Questions: A Guide to Critical Thinking*. (5th Ed.). New Jersey: Prentice Hall.
9. Chittleborough, G. D., Treagust, D. F., Mamiala, T. L., & Mocerino, M. (2005). Students' perceptions of the role of models in the process of science and in the process of learning. *Research in Science & Technological Education*, 23(2), 195-212.
10. Chiu, M. H. (2007). A National Survey of Students' Conceptions of Chemistry in Taiwan. *International Journal of Science Education*, 29(4), 421-452.
11. Chiu, M. H., Guo, C. J., & Treagust, D. (2007). Assessing Students' Conceptual Understanding in Science: An Introduction about a National Project in Taiwan. *International Journal of Science Education*, 29(4), 379-390.
12. Clement, J. (2000). Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education*, 22, 1041-1053.
13. Clement, J. J., & Rea-Ramirez, M. A. (2008). *Model Based Learning and Instruction in Science*. Dordrecht: Springer.
14. Develaki, M. (2007). The model-based view of scientific theories and the structuring of school science programmes. *Science & Education*, 16(7), 725-749.
15. Doerr, H. M., & Tripp, J. S. (1999). Understanding How Students Develop Mathematical Models. *Mathematical Thinking and Learning*, 1, 231-254
16. Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287-312.
17. Fretz, E. B., Wu, H. K., Zhang, B., Krajcik, J. S., Davis, E. A., & Soloway, E. (2002). An investigation of software scaffolds supporting modeling practices, *Research in Science Education*, 32(4), 567-589.
18. Gilbert, J. K., & Boulter, C. J. (1998). Learning science through models and modelling. In B. Fraser and K. Tobin (eds), *International Handbook of Science Education* (Netherlands: Kluwer), 52-66.
19. Gilbert, J. K., & Boulter, C. J. (eds.) (2000). *Developing Models in Science Education* (Dordrecht: Kluwer).
20. Greca, I.M. & Moreira, M.A. (2000). Mental Models, Conceptual Models, and Modeling. *International Journal of Science* 22(1), 1-11.
21. Grosslight, L., Unger, C., Jay, E., & Smith, C. (1991). Understanding models and their use in science: conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 799-822.
22. Hacking, I. (1983). *Representing and Intervening*. Cambridge University Press.
23. Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000a). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22, 1011-1026.
24. Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000b). Learning about atoms, molecules and chemical bonds: a case-study of multiple

- model use in grade-11 chemistry. *Science Education*, 84, 352-381.
25. Herrenkohl, L.R., & Guerra, M.R. (1998). Participant structures, scientific discourse, and student engagement in fourth grade. *Cognition and Instruction*, 16, 431-473.
 26. Infante, D., & Rancer, A. (1982). A Conceptualization and Measure of Argumentativeness. *Journal of Personality Assessment*, 46, 72-80.
 27. 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.
 28. Justi, R. S., & Gilbert, J.K. (2000). History and philosophy of science through models: some challenges in the case of the 'atom'. *International Journal of Science Education*, 22, 993-1009.
 29. Justi, R. S., & Gilbert, J. K.(2002). Science teachers' knowledge about and attitudes towards the use of models and modelling in learning science. *International Journal of Science Education*, 24, 1273-1292.
 30. Kuhn, D. (1991). *The skills of argument*. New York: Cambridge University Press.
 31. Lee, M. H. (1999) On models, modelling and the distinctive nature of model-based reasoning. *AI Communications*, 12, 127-137.
 32. Magnani, L. (2004). Model-based and manipulative abduction in science, *Foundations of Science* 9(3): 219-247.
 33. Màrquez, C., Izquierdo, M., & Espinet, M. (2006). Multimodal science teachers' discourse in modeling the water cycle. *Science Education*, 90, 202-226.
 34. National Research Council. (1996). *The national science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
 35. Ratcliffe, M. (1997). Pupil decision-making about socio-scientific issues within the science curriculum. *International Journal of Science Education*, 19(2), 167-182.
 36. Rath, A., & Brown, D. E. (1996). Modes of engagement in science inquiry : A microanalysis of elementary students' orientations toward phenomena at a summer science camp. *Journal of research in science teaching*, 33 (10) 1083-1097.
 37. 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.
 38. Rubinstein, M. F., & Firstenberg, I. R. (1995). *Patterns of Problem Solving*. (2nd ed.). New Jersey: Prentice Hall.
 39. 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.
 40. Schauble, L., Klopfer, L. E., & Raghavan, K (1991). Students' transition from an engineering model to a science model of experiment. *Journal of research in science*

- teaching*, 28 (9) 859-882.
41. Seel, N. M. (2003). Model-centered learning and instruction. *Technology, Instruction, Cognition and Learning*, 1(1), 59-85.
 42. Stewart, J., Hafner, R., Johnson, S., & Finkel, E. (1992). Science as model building: Computers and high-school genetics. *Educational Psychologist*, 27, 317-336.
 43. The Oxford English Dictionary (1989). *The Oxford English Dictionary*. Oxford, NY: Oxford University Press.
 44. Thier, M. & Daviss, B. (2002). *The New Science Literacy: Using Language Skills to Help Students Learn Science*. Portsmouth NH: Heinemann.
 45. Treagust, D. F., Chittleborough, G. D., & Mamiala, T. L. (2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, 24, 357-368.
 46. Treagust, D. F., Chittleborough, G. D., & Mamiala, T. L. (2004). Students' Understanding of the Descriptive and Predictive Nature of Teaching Models in Organic Chemistry. *Research in Science Education*, 34, 1-20.
 47. Van Driel, J. H., & Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modelling in science. *International Journal of Science Education*, 21, 1141-1153.
 48. Van Driel, J. H., & Verloop, N. (2002). Experienced teachers' knowledge of teaching and learning of models and modelling in science education. *International Journal of Science Education*, 24(12), 1255-1272.
 49. White, R. T. (1996). The link between the laboratory and learning. *International science education*, 18 (7) 761-774.
 50. Wotawa, F. (1999). Model-based reasoning. *AI Communications*, 12, 1-3.
 51. Zhang, B. H., Liu, X., & Krajcik, J. S. (2006). Expert Models and Modeling Processes Associated with a Computer Modeling Tool. *Science Education*, 90(4), 579-604

A Preliminary Study of “Modeling-Based Argumentation Teaching Model”

Chung-Hsing Feng¹, Jeng-Fung Hung²

¹Tainan Municipal Haidian Junior High School

²National Kaohsiung Normal University

Abstract

The purpose of this research was to develop a teaching model integrating modeling and argumentation, named “Modeling-Based Argumentation teaching model”, and to design learning activities according to this teaching model. A quasi-experimental design was adopted in this preliminary study. The research samples were 8th grade students of a junior high school in Tainan City. The experimental group and the contrast group were instructed separately in the Modeling-Based Argumentation (MBA) teaching model and the Didactic Argumentation (DA) teaching model. The research data of “What Is Happening In this Class? (WIHIC) Scale”, “Argumentativeness Scale”, “Students’ Understanding of Models in Science (SUMS) Scale”, and “Achievement Test of Students’ Argumentation Ability (ATSAA)” were collected and analyzed. The results were as follows: The experimental group performed better than the contrast group in all the four scales (1) WIHIC Scale ($p=.000$, $\eta^2=.470$) (2) Argumentativeness Scale ($p=.032$, $\eta^2=.069$) (3) SUMS Scale ($p=.003$, $\eta^2=.129$) (4) ATSAA Scale ($p=.000$, $\eta^2=.315$). The data above shows the MBA teaching model is an operational teaching model which could be used in the junior high school science lesson. Suggestions for further research were proposed according to the results of this preliminary research.

Key words: modeling, argumentation, modeling-based argumentation teaching model, didactic argumentation teaching model