

教育部九十八年度中小學科學教育專案期中報告大綱

計 畫 名 稱：

探討以模型為基礎的建模教學對於高二學生學習氣體動力論之影響

主 持 人：劉俊庚、賴俊文

執 行 單 位：臺北市立中崙高級中學

一、計畫目的

（一）研究計畫之背景

在科學教育中，已有許多概念改變議題的研究，並已獲得相當不錯的成果，然概念改變在教學上仍面臨許多的困難。取而代之是「模型」和「建模」之研究取向，關於模型與建模的相關性研究也正快速地擴展。建模是包含許多複雜活動的過程，並且它也伴隨著許多不同的能力緩慢地發展，因此，它不僅能解釋學生概念改變歷程，而且增添許多概念改變研究所缺乏之額外元素（Shen & Confrey, 2007）如學生對於模型本質之認識，或是推理、預測和解釋等能力之培養。Shen 和 Confrey（2007）即認為建模可透過多重表徵的方式來確認學生的推理過程，因此建模理論不僅可用來描述概念改變的機制與動態外，並可提供改進學生在概念學習之教學策略。

臺灣現行的高中教科書在氣體動力論的敘述上，均從巨觀的角度出發，忽略微觀的氣體粒子概念或行為（陳郡鳳，2005）。de Berg 和 Treagust（1993）分析澳洲的化學教科書在氣體粒子課程內容呈現和教師的教學程序也發現，大多數的教材是以數字、圖形或代數的方式來呈現，並沒有說明這些氣體定律的質性關性。此外，教師在教學上也著重於學生演算的能力，忽略了氣體粒子的行為，未能闡明氣體粒子相關概念，對於氣體粒子和動力論模型之建立與運用也常付之闕如，因此，學生無法使理論與現象之間產生連結，他們對於這些經過簡化或是去情境化的模型也感到非常地困惑，導至他們也無法理解模型的表徵與現象之間的本質（Boulter & Buckley, 2000）。

模型在科學教學扮演非常重要的角色，特別是在化學課程中，教師常利用模型來解釋或闡述化學變化或公式，如使用化學方程式來描述化學變化，利用分子模型來解釋有機化合物的鍵結情形，或是化學課程我們常會使用原子模型或化學符號，均可說明模型在教學中所扮演的角色。而在模型的建立方面，建模也強調學習者在操弄與建構模型時扮演主動的角色，因此在建模教學過程中，學習者即可透過建模歷程所強調的學習模式來認識模型，與模型所扮演的角色，並且建構、分析、調度（deployment）和修正精煉原有的心智模式。

然將「建模」導入課程中仍有許多問題存在。建模教學對於大多數的教師來說，

雖然教師在課堂教學中使用模型，但許多老師仍無法了解建模的想法。綜合上述，我們企圖使用以模型為主的建模教學策略，來彌補學生學習上的困難，探討學生在學習氣體動力論的建模歷程，並分析以模型為基礎之建模教學策略對於學生在氣體動力論的學習成效與差異。此外，也希望此教學模式能廣泛被應用至教師的科學教學。

（二）研究目的

本研究主要是探討學生以模型為基礎的建模教學對氣體動力論概念學習的影響。研究目的如下：

1. 探討「建模教學」對於學生氣體動力論概念之影響。
2. 探討「建模教學」對於學生模型本質之認識。
3. 探討不同教學策略對於學生建模能力之影響，並進一步探討概念改變的機制。

（三）文獻探討

科學學習的過程中，為理解與應用模型，發展建模的能力是很重要的。建模（modeling）是什麼呢？許多研究者均有不同的看法，如Justi和Gilbert（2002）認為建模是一個相當複雜的歷程，包括許多的活動與技能，並且獲得這些能力是相當緩慢的。Gilbert（1991）則將科學定義為建構可預測概念模式的過程，認為模型的建構是一種較為進階的過程技能。在如此的架構下，研究的目的即是產生模型，而來表徵其一致性和可預測的關係。綜合上述的觀點，建模可說是產出模型的過程，它是一個動態的歷程，必須牽涉到個體如何設定假說、建立模型所需要的達到的目的、確認模型的組成成分、確認它可能衍生出的來源、選擇模型、操弄模型中的變因、建立適當的模型（產生一個表徵）並進行檢驗與修正，進而發展出新的模型。換句話說，建模是企圖去協助學生了解知識是人們所建構的，並且具有促進科學理解和科學本質的潛能（邱美虹和劉俊庚，2008）。

有關建模的學習活動則可分為兩種形式，分別是表達活動和探索活動，學生可利用模型去表達他們的想法，隨後即可探討這些想法是否與原有的模型相符合或衝突，他們能夠試驗模型，修正去表徵另有的想法（Bliss, 1994）。而學生向其他人表達自己的模型與解釋後，則是將自己原有的心智模式外顯化。

1. 建模歷程之發展

依 Halloun（1996）的研究指出解決問題的建模歷程有五個步驟，分別是：模型選擇（model selection）模型建構（model construction）模型效化（model validation）、模型分析（model analysis）和模型調度（model deployment）。第一階段包含在情境中確認與描述每個現象中系統的組成。隨後，建模的目的將會被確認，而且期望結果能有效。在這些步驟之後，選擇適當的理論來評論，並選擇和建構一個適當的模型。隨後，此模型被處理與分析，若是它持續地有效，隨著這些分析，則可推論問題的結論。然而，在傳統的教學歷程中，有兩個步驟卻常被忽略，分別是：模型的效化和調度，因此，他認為互動（interactive）和辯證（dialectic）的過程對於學生發展建模歷

程中的效化和調度特別地具有效益。此外，Halloun（1996）認為這些過程並沒有等級的關係，中間的三個步驟是相互重疊的，並且某些步驟是同步建構的。教師不應該規定建模的步驟，而應當引導學生在問題解決的歷程中慢慢地發展。

2.以模型為基礎的建模教學

圖 1 是以模型為基礎學習之歷程的說明，透過新舊訊息的交互作用，個體產生新的心智模式，經過精煉、強化、修正的過程，決定模型是否需要被保留或拋棄；在進入模型被使用的階段，面對學習新知識或問題解決的情境。而經歷學習和問題解決的過程，又可回饋給個體進行模型的精煉、效化、修正、或重建。

由於心智模式可以整合不同來源的知識、對現象的直接經驗、或是與許多表徵的交互作用，來促成模型的建立。因此在與他人討論的過程中，我們即可以利用它去獲得不同形式的模型，我們也可以利用心智模式去理解與評估其他人的模型，檢驗所表達的模型與我們自己的心智模式是否有異同，以及其是否可以進行理解、描述、解釋和預測。假如答案是否定的，則模型必須改變、修正，或是被拒絕。然而，當模型符合我們的需求時，它們將會被強化，或是變得更為穩定。

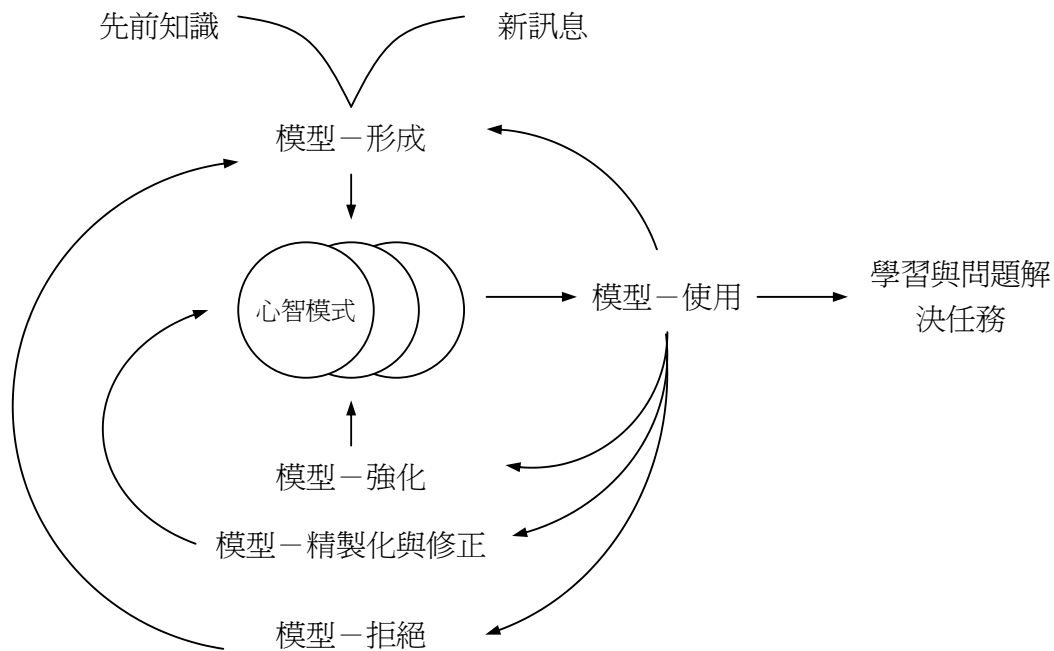


圖 1. 以模型為基礎學習的模型（譯自 Buckley & Boulter, 2000）

3.如何在將模型與建模應用在教學之意涵

根據 Grosslight 等人（1991）的研究發現，學生在一般的教學後仍無法發展建模的觀念，除非特別強調建模的概念。因此，為了使模型在教學中更有成效，教師不僅應該知道學生關於建模的知識，教師的角色即是協助學生修正已存在的科學知識，建立科學的模型。而為了理解科學，學生也必須知道科學模型是如何建構的。

從科學本質觀之，科學本質的暫時性，強調理論應該會不斷地修正與被評估。然而，學生卻將模型、科學理論與定律視為絕對的知識。因此，了解模型的暫時性，在建立模型扮演著非常重要的角色，換言之，學生在面對相同的現象時，他們須能發展一個以上的模型，以及科學現象或理論有本質上更深的認識。

二、執行單位對計畫支持(援)情形與參與計畫人員

(一) 執行單位對計畫支持的情形

本校對於本計畫持完全支持的態度，不論是在經費、人力或場地部分，均大力支持，使本研究能順利進行。

(二) 本研究參與計畫人員

1.研究主持人：劉俊庚、賴俊文

2.專家學者：

(1)邱美虹教授（國立臺灣師範大學 科學教育研究所）：協助本計畫之研究方法與各項進度之輔導。

(2)張志康老師（國立臺灣師範大學 科學教育研究所博士）：協助本計畫之測驗工具之審查。

三、研究方法

為探討高中學生氣體動力論概念的學習，本研究受試者為台北市某高中高二學生，分成二組，分別是：「建模組」及「控制組」（傳統教學組），為了評估學生學習之後的差異情形，本研究也設計學習前後測驗和模型本質測驗，並且透過半結構訪談，藉以深入了解與比較不同學習策略對於學生學習在氣體動力論概念、模型本質、建模歷程與能力之差異。

(一) 研究設計

本研究分為兩種不同教學策略，分別是：「建模組」及「控制組」（傳統教學組）。研究設計如圖 2 所示。

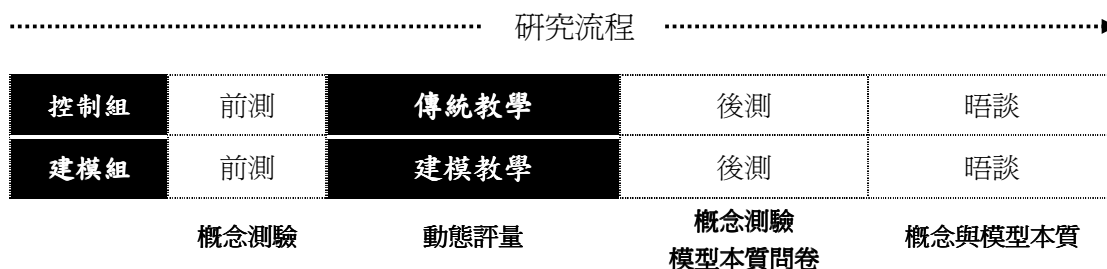


圖 2. 「建模組」與「控制組」之研究設計

二、研究工具

本研究所使用之研究工具分為量化與質化兩個部分，量化部分主要是診斷式紙筆測驗（包括氣體動力學概念問卷和動態評量）與模型本質問卷（語意、本體論、認識

論和方法論)；質化部分則包括晤談、學習單。

表 1. 研究工具與使用目的

研究工具	設計重點	使用目的
診斷式紙筆測驗	概念性問卷（前、後和延宕測驗）	- 探討學生氣體粒子和氣體動力論相關概念與心智模式演變。 - 比較不同教學策略對於學生學習之影響。
模型本質問卷	模型本質認識（本體、認識和方法論）	探討不同教學策略後學生對於模型本質之認識與改變（本研究工具修改 Chiu & Liu (2007) 問卷）。
動態評量問卷	動態評量（繪圖、計算）。	了解學生心智模式動態發展歷程。
晤談	半結構式晤談	- 深入分析學生對於氣體動力論相關概念。 - 了解學生心智模式動態發展歷程。 - 分析透過不同教學策略後學生所建構之模型與建模歷程之差異。
學習單	學生上課學習單。	分析學生對於氣體動力論相關概念理解。

三、教學活動設計

本研究受試者為台北市某高中的學生，分別施予不同的教學策略，分別是：「建模組」及「控制組」（傳統教學組），探討學生氣體動力論概念學習之影響。在建模教學策略方面，主要是著重於理解不同表徵系統之間相同或互補的地方（彌補多重表徵之不足），希望學生能夠在不同表徵系統之間做轉換（如粒子觀與公式之間轉換）即是學習者在不同形式的模型之間作調和，並且，在轉換的過程中，增加新的元素，尋找和獲得限制，解決不一致性，聯結它們，溝通想法而促成獲得新的模型。此外，建模教學策略也著重於模型之建立、效化、分析和調度等方面的工作，藉以提升學生的學習成效。

四、目前完成程度

目前已完成相關測驗工具之研發和教學單元之設計，茲分別敘述如下：

（一）教學單元設計

本計畫針對「建模教學」設計不同的教學模式，此外亦修改原有之文本，使之更適合於本研究使用。

（二）診斷式紙筆測驗

為探討學生氣體粒子和氣體動力論相關概念與心智模式演變，本研究設計診斷式紙筆測驗，其命題形式主要採取情境問題，希望學生能透過實際的問題，實地了解學

生之概念理解。詳如附件 2。

（三）模型本質問卷

爲比較不同教學策略後，學生對於模型本質之認識與改變，本研究模型本質問卷工具修正 Chiu 和 Liu（2007）所提出模型本質觀點，分別從語意（semantics）（模型的表徵性功能）、本體論（ontology）（什麼形式的物件屬於模型）、認識論（學生如何認識模型，或是模型如何促進學生理解）和方法論（模型的功能）等 4 個面向來探討學生對模型本質的觀點。此外，爲了解學生對於科學模型與一般非科學模型之差異，問卷範例之選用亦區分爲科學與非科學。詳如附件 2。

（四）動態評量問卷

爲了解學生在學習「氣體動力論」概念時之動態歷程，本研究設計「氣體動力論」概念動態評量與成就測驗，診斷學生在不同教學策略時「氣體動力論」概念之動態變化。

五、預期成果

模型在科學發現與教學扮演非常重要的角色，特別是在化學學習過程中，均可說明教師教學中已無法不使用模型，然關於建模之相關性研究在國內仍相當地缺乏。因此，本計畫以模型爲基礎之建模教學，期望本教學策略與課程能提供未來高中化學教師在教學之參考與依據。

（一）提昇教師與學生建模能力與模型本質之認識

透過本計畫實施，可加強學生對於模型本質認識，培養主動探究之能力，進而提學昇學生在推理、預測和調度等建模能力。教師亦可在教學歷程中，發展對於建模教學模式之認識。

（二）發展以模型爲基礎之建模科學課程之模式與經驗

本計畫發展以模型爲基礎之建模課程，其課程發展模式及相關經驗均可提供高中科學教育參考，各校與教師亦可運用相同模式，發展適合於其他概念之教學課程，進而認識建模教學策略。

表 2. 「講述教學」與「建模教學」之課程規劃

	教學內容	講述教學	電腦輔助建模
第 1 節	氣體性質	• 傳統講述教學	• 電腦模擬為媒介(不同表徵系統) • 講述教學
第 2 節	波以耳定律	• 傳統講述教學	• 電腦模擬為媒介 • 學生畫圖(粒子觀與公式之間轉換) • 小組討論(模型分析與評估) • 課堂演示實驗
第 3 節	波以耳定律	• 傳統講述教學 • 範例練習	• 傳統講述教學 • 範例練習
第 4 節	查理—給呂薩克	• 傳統講述教學	• 電腦模擬為媒介(不同表徵系統) • 學生畫圖(粒子觀與公式之間轉換) • 小組討論(模型分析與評估) • 課堂演示實驗
第 5 節	查理—給呂薩克	• 傳統講述教學 • 範例練習	• 傳統講述教學 • 範例練習
第 6 節	波查定律	• 傳統講述教學 • 範例練習	• 傳統講述教學 • 範例練習
第 7 節	亞佛加厥定律	• 傳統講述教學	• 電腦模擬為媒介(不同表徵系統) • 學生畫圖(粒子觀與定律之間轉換)
第 8 節	理想氣體方程式	• 傳統講述教學	• 學生畫圖 • 小組討論(模型分析與評估)
第 9 節	理想氣體方程式	• 傳統講述教學 • 範例練習	• 講述教學 • 範例練習