

教育部九十八學年度中小學科學教育專案期中報告大綱

計畫名稱：**設計建模與多重表徵的模型教學活動以增進高二學生的科學學習－以化學鍵、分子混成軌域、分子形狀與結構為例**

主持人：**鍾曉蘭老師** 共同主持人：**謝進生老師**

執行單位：**國立三重高中**

一、計畫目的

根據 99 年高中化學課綱在教材及教法之要領：教師教學時，應本因材施教之原則，重視個別輔導；注重班級經營，活用教學技術，以提高學生學習興趣；善用發問的技巧與小組討論的方式，以激發學生之思考；教師應運用各種評量方法，適時評量教學過程與結果，並據以輔導學生學習及改進教學。除設備標準中規定必備之視聽教學媒體（包括電腦、光碟、錄影帶、影片、幻燈片、投影片、掛圖、模型等）外，分子三度空間概念的建立尤須藉由電子視覺媒體及模型幫助學生學習，各校之教學研究會，應鼓勵教師使用或製作教學媒體，並推廣之，擴大其教學效能。本計劃的目的主要分為五部分：

1. **設計多重表徵的模型教學活動**：教學活動設計主要包括具體模型教具、電腦動畫的開發(自由軟體)與角色扮演活動、師生討論、建模活動等，將抽象的微觀的化學鍵結、混成軌域、分子形狀分子結構等概念由具體的概念逐漸探討到抽象概念，幫助學生深層的理解。
2. **設計多重表徵的教材**：將多媒體教學軟體與課程內容結合，設計電子化教材，讓科學課室的教學多元化、活潑化，並鼓勵學生自行設計各種模型、應用模型及評價個人模型的適用範圍與限制，以提升學生學習動機、多重表徵轉換能力與建模能力。
3. **設計小組活動(動手自製分子模型)**：開放式動手自製分子模型的小組活動，藉由動手做與小組協商的歷程讓學生主動學習與從事探究活動，不僅可以讓學生對於科學概念的學習達到深層的瞭解，也提升學生解決問題的能力。
4. **設計建模教學活動**：將建模歷程融入課室活動中，讓學生在活動中了解理論模型是如何建立、選擇、分析、效化、重建，並學習如何將理論模型用以解決問題。
5. **評量方式的改進**：本研究採用一系列的動態評量，在試題的設計上則採用一般靜態測驗的模式，但是將教學中所探討的概念分為陳述性知識(並細分為知識、理解、分析、應用、綜合)與程序性知識納入試題之中，從一連串的動態評量中，瞭解學生對的認知發展歷程，不僅可以增進師生互動，也可以隨時修正教學方法與教材，為現行的評量方式提出改進的參考。

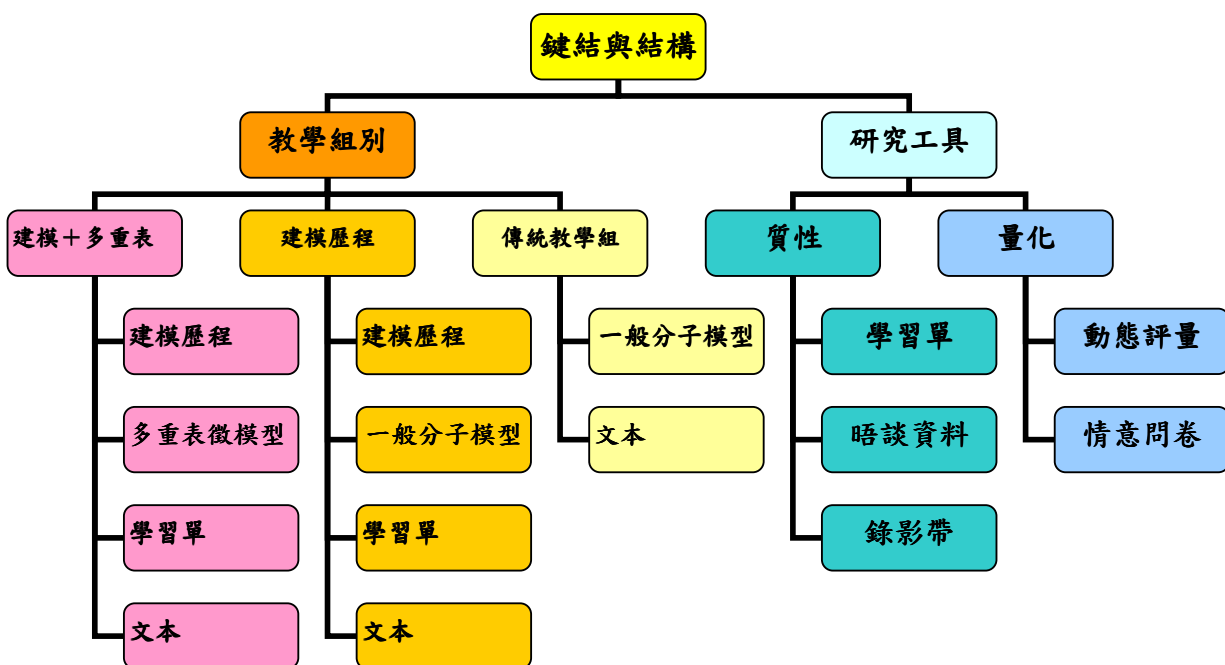
二、執行單位對計畫支持(援)情形與參與計畫人員

參與計畫人員主要為協同計畫主持人謝進生老師及行政助理賴麗玉小姐，國立三重高中對於本計畫大力支持，對於教學活動不僅提供足夠的設備，江家珩校長對於本研究亦十分的重視。謝進生老師在教具與動畫設計方面提供專業而具體的幫助，彭立浩老師參與對照組教學，行政人員(包括行政助理賴麗玉小姐、教學組、設備組與會計、出納組)提供行政支援，讓本計畫能夠順利進行。

三、研究方法

研究方法分四點說明，第一為研究架構，說明研究的方向及設計內容；第二為預試對象與未來教學對象的介紹；第三為研究工具，包含動態評量試題、晤談問題與情意問卷的內容；第四為研究流程，描述整個研究進行的步驟及預定的進度；第五為資料處理與分析，所收集的量化/質性資料的分析方式。

研究架構如圖 1，說明本計劃的教學組別與研究工具的設計架構。



1. 教學組別設計

實驗組與對照組的設計如圖 2

	動態評量 1	動態評量 2 教學中晤談	動態評量 3
建模+多重表徵模型	教學前晤談	建模+多重表徵模型活動(10 小節)	教學後晤談
建模教學	教學前晤談	建模+一般分子模型活動(10 小節)	教學後晤談
傳統教學組	教學前晤談	傳統教學(10 小節)	教學後晤談

圖 2 實驗組與對照組的設計

2. 多重表徵模型教材/活動設計

教材與教具方面則分為傳統文本、學習單、電子化投影片、分子模型(具體模型)與電腦動畫(視覺模型)。多重表徵的模型教學活動設計則依據模型表徵的方式與模型表徵性來設計一系列的教學活動，其中應用了具體混合、視覺混合、數學混合、動作混合與語言混合等五種混合式的模型教學，模型的表徵屬性則與所欲觀察或建立的現象相同。教學策略則分為六大類：具體模型(自製分子模型) 電子化投影片教學、推導數學公式、學生動手自製分子模型、

電腦動畫教學(自由軟體)、角色扮演、小組/師生團體討論等(詳見表 1)。

表 1 多重表徵的模型教學的教學活動設計

教學策略	模型表徵方式	探討及說明的相關概念
電子投影片教學	視覺混合	以自由軟體畫出相關分子模型再製成投影片，說明各種分子模型的特性與限制
分子模型(教師自製)	具體混合	以具體模型探討混成軌域與分子結構/形狀
推導數學公式	數學混合	說明同電子律、VSEPR 理論的數學關係式
電腦動畫教學	視覺混合	以動畫探討混成軌域與 VSEPR 理論
學生動手自製分子模型	具體混合	自製模型了解分子模型的功用與限制
角色扮演	動作混合	以學生當成原子說明鍵結形成過程與分子形狀
小組/師生團體討論	語文混合	討論各種模型的適用性與限制

3. 建模教學活動設計

建模的歷程分為模型的選擇、模型建立、模型效化、模型調度與應用(Halloun, 1996；邱美虹, 2008)。小組活動是藉由開放式動手自製分子模型的歷程讓學生主動學習與從事探究活動，不僅可以讓學生對於科學概念的學習達到深層的瞭解，也提升學生解決問題的能力；學生藉著小組合作的方式進行建模活動，建立與人相處、協商的經驗與技巧，從經歷的研究過程中瞭解科學社群中協商的意義；教師的角色也由知識的傳授者演變為引導學生學習的角色(Marx, Blumenfeld, Krajcik, & Soloway, 1997；Krajcik, Czerniak, & Berger, 1999；引自王靖璇, 2000)。

(二) 研究對象

1. 預試階段

預試對象為台北縣某國立高中高三自然組共計兩班總計 80 位，於高二已學過化學鍵結與分子結構的相關概念，預測階段的施測對象與正式研究的對象背景相似。預測階段的研究工具與正式階段相同，由研究者親自參與，藉此修正題目，做為正式階段之研究工具。

2. 教學對象

表二 教學組別與人數分布

教學組別	建模+多重表徵模型組	建模+一般分子模型組	傳統文本+一般分子模型組
教學人數	40	44	43
晤談人數	6	6	6

(三) 研究工具

研究工具包括化學鍵結與分子結構相關概念半結構式晤談、動態評量試題以及情意量表等三部分。

1. 半結構式晤談

以相同的半結構式晤談方式，請學生就有關以開放式的問答題方式，請學生仔細說明「混成軌域、分子結構與形狀」的相關概念，用以了解學生是否會以基模或命題網路形式來表徵陳敘性知識。並設計程序性知識的題目(同電子律、VSEPR 理論，畫出分子形狀以

判斷極性等)，以了解學生建模的歷程，藉由晤談的質性資料分析學生建模能力的變化情形。

2.動態評量試題

本研究除了採用 Campione 等人所提倡的漸進提示模式之外，在試題的設計上則採用一般靜態測驗的模式，但是將化學鍵結與分子結構相關的陳述性知識(並細分為知識、理解、分析、應用、綜合)與程序性知識納入試題之中，藉由「測驗—介入—再測驗」的方式讓學生在師生、生生互動的情境脈絡中，不斷的發展學習、增廣知識、培養思考技能及後設認知的能力，並藉著具體模型活動、角色扮演與師生討論讓學生進行聚焦的練習，以期激發學生認知的潛能。

動態評量試題主要是發展出一套於關共價鍵、混成軌域、分子形狀與結構方面於的雙層式試題(two-tiered test)，工具內容主要分為二大部分：

(1)陳敘性知識部分:(詳見表三)

依子概念又細分為共價鍵、 σ 鍵與 π 鍵、分子結構與分子形狀等四部份；依認知歷程向度又細分為知識、理解、分析、應用與綜合等五部份；依表徵類型分為命題、圖像、序列與綜合(命題+圖像)。

表三 共價鍵結與混成軌域相關概念命題與測驗題號雙向細目表(陳述性知識)

主要概念	能力指標 (概念內容)	認知歷程向度					表徵類型				題號	小題數
		知識	理解	分析	應用	綜合	命題	圖像	序列	綜合		
共價鍵	氫氣分子鍵結		*				*				單選 1	10
	乙炔分子鍵結		*							*	單選 8	
	價鍵原理					*				*	非選 1	
σ 鍵與 π 鍵	π 鍵與 σ 鍵的定義	*					*				單選 3	8
	σ 鍵與 π 鍵的重疊	*						*			單選 10	
	π 鍵的共振		*							*	單選 4	
	與混成軌域的關係	*					*				單選 7	
分子結構	分子結構的判斷				*					*	單選 2	10
	分子結構的表徵			*				*			單選 6	
	順反異構物			*				*			非選 2	
分子形狀	分子形狀的判斷		*							*	單選 5	8
	分子形狀與鍵角				*				*		單選 9	
	分子形狀與鍵角				*				*		非選 3	
	分子形狀與鍵角				*				*		非選 5	
小計		6	8	8	8	6	6	10	6	14	小計	36

註:單選題含選擇與說明，以兩小題計算；非選 2 包含 3 個問題及說明部份，故以 6 小題計算

(2)程序性知識部分:(詳見表四)

依解題所需的程序性知識再分為同電子律、VSEPR 理論。

表四 混成軌域、異構物與製備、檢驗等概念命題與測驗題號雙向細目表(程序性知識)

主要概念	概念內容	題號	小題數
------	------	----	-----

混成軌域、分子形狀與極性	依同電子律來判斷分子的形狀	非選 4	8
	依 VSEPR 來判斷鍵結數與孤對電子數目	非選 6	3
	依 VSEPR 來判斷混成軌域的類型	非選 6	3
	依 VSEPR 來判斷分子的形狀	非選 6	3
	依 VSEPR 來判斷分子的極性	非選 6	3
小計			20

3.學習情意量表

學習情意問卷預計改編自相關研究之情意問卷，藉由問卷來瞭解實驗組學生經過不同教學活動的歷程中的學生情意面向的影響，問卷內容參考鍾曉蘭(2006, 2009)建立之，問卷內容主要分為兩部分—量化部分與質性部分。

建模+多重表徵模型組的問卷內容:量化的第一部份概分為 12 個問題，其中七個問題分別針對投影片教學、師生討論活動、具體模型活動、電腦動畫教學、推導數學關係式/關係圖、角色扮演、傳統講述教學等七個教學活動，學生以勾選的方式（非常同意、同意、普通、不同意、非常不同意）表示對於「幫助我理解化學鍵結、混成軌域、分子形狀分子結構等概念的相關概念」、「使得我覺得學習化學鍵結、混成軌域、分子形狀分子結構等概念有趣」、「提升我解決化學鍵結、混成軌域、分子形狀分子結構等概念的能力」三個面向的想法，藉以了解實驗組學生對於各種活動的評價。

問題八、九、十針對加入建模教學活動對於提升概念理解、學習興趣、解決問題能力等面向的評價。問題十一與十二則分別針對「在進行此次教學之前/之後，我認為學習化學是很有趣的」藉以了解學生對於學習化學的看法。第二部份則為「如果可以選擇，你喜歡老師運用何種的教學方式？」了解學生希望老師運用的教學方式，作為未來設計教學活動的參考。

質性的部份為簡答題，主要針對「本次教學最有趣的單元/部分為何？」、本次教學印象最深刻的單元/部分為何？」、本次教學中對於學習化學反應速率概念最有幫助的活動為何呢？」、本次教學中最需要再增加那一個活動的時間，能夠更有效學習化學反應速率概念？」、本次教學需要改進的單元/部分為何呢？」深入了解學生的想法，做為修正本研究教學活動的依據。

（四）研究流程

本研究流程分為五個階段，詳見下圖 3：

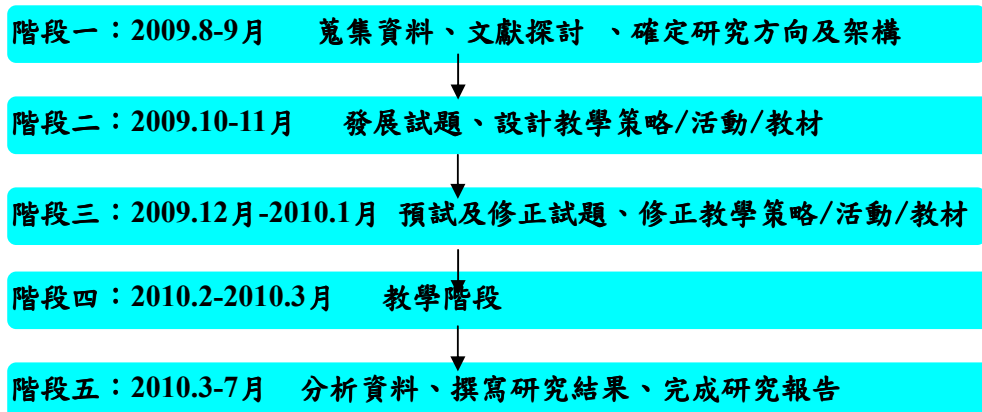


圖 3 研究流程圖

（五）資料處理與分析

1. 分析動態評量

- (1)將兩組學生一系列的動態評量成績利用 SPSS 進行成對顯著性分析(paired-t test)
- (2)分析分兩組學生一系列的動態評量認知發展的情形，藉以比較多重表徵模型的教學與傳統文本教學對於學生學習歷程的影響有何不同。

2.分析情意問卷

將兩組實驗組學生的情意問卷利用 EXCELL 進行分析，繪製各種關係圖與比較圖。

3.分析學習單

將兩組實驗組學生的學習單與學生的動態評量、情意問卷的結果合併分析，以呈現學生學習的歷程與學習成果之間的關係。

4.分析晤談資料

藉由晤談的質性資料分析學生知識表徵的類型與改變、建模能力的變化情形。

四、目前完成程度

目前已完成階段三的研究流程，完成的工作內容：研究工具設計、信效度、教學策略/活動/教材等設計，完成進度約 50%。

五、預期成果

預計完成之工作項目、具體成果及效益分為五部分：

- 1.完成多重表徵模型教學活動及教材設計並將成果應用在教學上，預期能幫助高二學生在的化學鍵結、分子結構相關概念科學學習與概念改變。
- 2.設計動作混合模型(角色扮演)的教學活動將能有效提升學習化學鍵結、分子結構相關概念的興趣及對概念的理解。
- 3.設計開放式動手自製分子模型的小組活動，藉由動手做與小組協商的歷程讓學生主動學習與從事探究活動，不僅可以讓學生對於科學概念的學習達到深層的瞭解，也提升學生解決問題的能力。
- 4.嘗試比較多重表徵模型教學與傳統教科書的表徵方式的不同之處，預期可以作為未來教科書表徵方式修改提供參考。
- 5.本研究嘗試將建模歷程(模型建立、模型選擇、模型分析、模型效化、模型應用、模型重建)納入課室活動中，預期能幫助學生在混成軌域、分子鍵結與 VSEPR 理論的科學學習，並有效提升學生問題解決的能力。
- 6.採用一系列的動態評量，在試題的設計上則採用一般靜態測驗的模式，但是將教學中所探討的陳述性與程序性知識納入試題之中，從一連串的動態評量中，瞭解學生對化學鍵結、分子結構相關概念認知發展的歷程，不僅可以增進師生互動，也可以隨時修正教學方法與教材，為現行的評量方式提出改進的參考。

六、檢 討

目前計畫已完成 50%的進度，僅完成研究工具、教學活動與策略的設計與修正，正式教學部份因學校教學進度稍落後而延至寒假與開學後實施，使得整個研究進度較原計畫時程稍微落後。