

# 教育部 102 學年度中小學科學教育專案期中報告大綱

計畫名稱： 探討模型化與 E 化教學融入高中化學教學之效益—以分子與晶體結構概念為例

主持人： 鍾曉蘭老師 電子信箱：[chshirley2007@yahoo.com.tw](mailto:chshirley2007@yahoo.com.tw)

共同主持人： 謝進生主任、彭立浩老師

執行單位： 新北市立新北高中

## 一、計畫目的

1. 瞭解學生的先前概念與學習歷程中的概念改變：從學生教學前的答題情形，可以深入了解學生在分子與晶體結構的先前概念，了解學生學習的困難所在，進而探討迷思概念產生的原因，教師可設計相對應的教學活動幫助學生的科學學習，促進學生建立科學概念，並在教學過程中從形成性評量中探討學生概念改變的情形。
2. 教師自行研發各種表徵的模型與多媒體/E 化教學活動：模型活動設計主要包括具體模型教具、電腦動畫的開發與角色扮演活動、師生討論等，將抽象的微觀的分子/晶體結構與化學鍵結情形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。
3. 設計多重表徵與 E 化教材：將多媒體教學軟體與課程內容結合，設計 E 化教材，讓科學課室的教學多元化、活潑化，以提升學生多重表徵轉換能力。
4. 設計小組活動(動手自製分子與晶體模型)：開放式動手自製晶體模型的小組活動，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，鼓勵學生自行設計各種模型、應用模型及評價個人表徵的適用範圍與限制，不僅可以讓學生對於科學概念的學習達到深層的瞭解，亦可提升學生建模能力與表達/溝通的能力。
5. 評量方式的改進：本研究採用一系列的形成性評量，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)與知識納入試題之中，從一連串的評量中，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。此外在模型實作上採取小組活動與小組發表，讓評量方式更多元。
6. 以多元的活動提升學生學習動機：設計多元的活動讓學生們學習以不同的表徵與策略來學習抽象的化學概念，能夠提升概念理解與學習的動機。

## 二、執行單位對計畫支持(援)情形與參與計畫人員(四位教師)

參與計畫人員主要為協同計畫主持人謝進生主任(圖書館主任)、彭立浩老師(化學老師)及實習老師呂慧伶老師，本校行政單位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。彭立浩老師在教材設計、呂慧伶老師

幫忙課室觀察、教室活動拍攝與試題批改、謝進生主任老師在資料分析方面提供專業而具體的幫助，行政人員(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

#### 1. 研究理論背景

Mayer(2001,引自陳盈吉,2004)則認為深層理解不只是記憶知識，也要能解決其他學習遷移的問題，若學生能夠自由轉化不同的表徵，可以不同的向度來呈現知識的完整面貌，達到整合知識層次的有意義的學習。因此在表徵之間做連結是一種知識過程，需要深層概念的了解。但大部分的學生不能在巨觀表徵、微觀表徵與化學表徵之間作表徵的轉換，代表他們內在概念知識也難以進行連結。教師將多重表徵與教學內容、教材與教法作巧妙的融合及精心的設計後，呈現在課室的學習活動中，將有助於學生增進多重表徵轉換的能力，讓學生達到知識整合的有意義的科學學習。

隨著科技的日新月異，新興的學習科技可以幫助學生與教師完成一些傳統教學中較無法達成的活動，教師使用電腦軟體與營造電腦學習環境，做為激發與提升學生思考與創造力的知識建構工具與認知環境，更多元的E化教材與多媒體教學活動是一個值得嘗試而且有別於一般傳統的電子書應用在教學與學習上的方式。

然而不同孩子有著不同的學習風格，有些孩子需要操弄具體模型或藉著肢體動作的感知才能理解抽象的知識，因此課室活動若能善加利用多重表徵的模型活動(如有機分子模型、角色扮演等)將有助於科學概念的學習。Buckley 等人(2000)指出，呈現模式(或教學模型)是一種外在表徵，選擇合適表徵的教學模式可以形成教學情境和學習脈絡之間的聯繫，幫助學生心智模式的形成和精緻化，進而建立正確的科學概念。科學家常透過不同的表徵和建構模型來研究、解釋現象，因此在課室的教學活動中，教師可善用適當的呈現模型來幫助學生理解科學模型，例如說文章中具有隱喻或對話的圖像、數學關係式或化學反應方程式、或者呈現微觀粒子運動的動畫等皆有助學生理解抽象或微觀的概念。有關呈現模型、現象與心智模式之間的交互作用的關係如圖1。

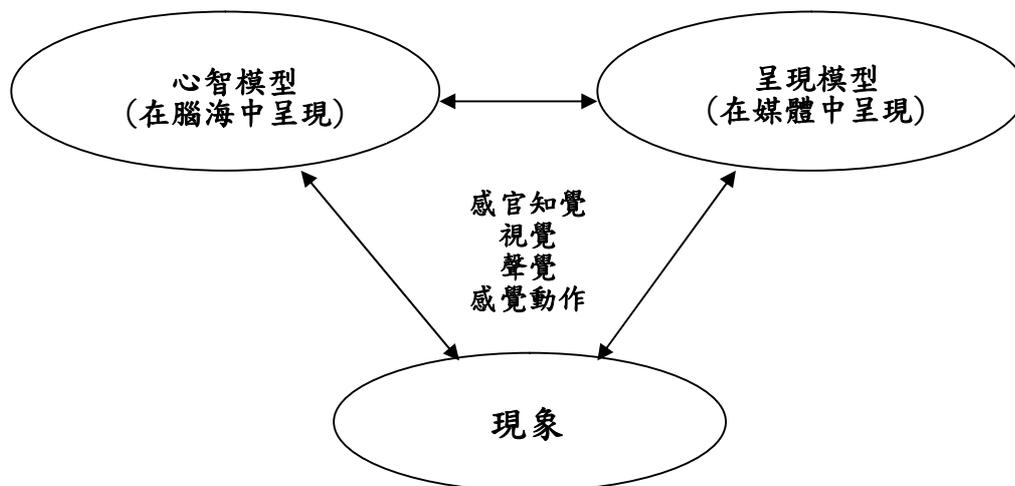


圖1 現象、心智模式和呈現模型的交互作用  
Buckley & Boulter(2000)

本研究將多重表徵的想法融入教學活動設計，目的是開發出具體模型教具、電腦動畫與角色扮演活動、師生討論等，將抽象的化學概念轉為實體或動畫，可以幫助學生建立 3D 分子結構的空間概念。並將 E 化教材或多媒體教學軟體與課程內容結合，設計多元的而有趣的電子化教材，讓科學課室的教學多元化、活潑化，以提升學生學習動機及多重表徵轉換的能力。

## 2. 研究設計

採用準實驗法，設計四種不同的教學法，分別為**動畫組**、**動畫組+具體模型**、**多媒體組+具體模型**、**多媒體+多重表徵模型組**，教學與評量設計如下表 1：

表 1 教學組別與研究流程

教學組別	教學與評量				
動畫組	前測	9 節課	中測	6 節課	後測
動畫組+具體模型組					
多媒體+具體模型組					
多媒體+多重表徵模型組					

四組的教學設計差異如下表 2：

組別 教材	動畫組	動畫組+具體模型	多媒體組+具體模型	多媒體+多重表徵模型組
電子書+動畫	V	V		
多媒體教學			V	V
具體模型		V	V	V
多重表徵模型				V

註 1:電子書是書商所做的 E 化教材，動畫是採 Chems sketch 軟體(可畫分子結構與立體模型)

註 2:多媒體教學引自台北市 93 年度中小學多媒體教材甄選佳作作品，主題是探討分子軌域與形狀(沈俊卿、李偉新、林世明, 2004)

## 3. 研究對象

### (1)預試階段

預試對象為本校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

教學對象為本校高三自然組共計四班總計 138 位，於高二已學過化學鍵結與有機化合物異構物相關初步概念。

表 3 教學組別與人數

組別	動畫組	動畫組+具體模型	多媒體組+具體模型	多媒體+多重表徵模型組
人數	36	35	32	35

#### 4. E 化教學



圖 2 探討分子軌域與形狀多媒體教材的主要介面與內容

#### 5. 模型化活動

教師自製 3D 模型教師以保麗龍自製混成軌域模型(見圖 3a-3c)。一般教科書是以圖片呈現混成軌域，較缺乏 3D 的真實感，也無法真實地呈現鍵角的差異性。有些市售的 3D 具體模型雖然具有 3D 效果，但較昂貴且模型過小，不適合上課時展示使用。鑑於以上的缺點，研究者自製大型的 3D 模型，以具體模型配合語文解釋，讓學生了解混成軌域的形狀、方向與鍵角等概念



圖3a.  $sp$ 混成軌域模型



圖3b.  $sp^2$ 混成軌域模型



圖3c.  $sp^3$ 混成軌域模型

## 6. 教學活動—自製串珠 C<sub>60</sub> 分子模型(具體模型)

此活動目標：實驗組學生藉由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。(見圖 4)



圖 4.串珠 C<sub>60</sub> 分子模型

## 7. 研究工具

表 4 研究工具的設計要點

研究工具	設計重點/內容	使用的目的	
模型本質 問卷	紙筆測驗 (李克氏量表)	從模型本質、表徵、功用、建模歷程四個面向(共計 32 題)與三大題開放式問題分析學生關於分子/晶體模型的看法	以李克氏量表的問卷形式瞭解學生對分子與晶體結構模型、以何種方式認識分子/晶體模型、模型用途與建模歷程的想法
概念試題一 (前/後測)	紙筆測驗	單一選擇題、多重選擇題、非選擇題(包括簡答、計算及繪圖)，主要內容為分子與晶體結構與鍵結相關概念	1. 瞭解學生認知發展的過程 2. 修正教學內容的依據 3. 分析學生分子/晶體結構概念的演變情形 4. 比較不同教學法成效異同
概念試題二 (中測)	紙筆測驗	單一選擇題、多重選擇題、非選擇題(包括簡答、計算及繪圖)，主要內容為晶體相關概念	1. 分析學生分子/晶體結構概念的演變情形 2. 比較不同教學法成效異同 3. 修正教學內容的依據

## 8. 模型本質問卷

分為兩部分，第一部分主要參考自邱美虹(2008b)、周金城(2008)、吳明珠(2008)、林靜雯與邱美虹(2008)，從本體論、認識論、方法論三個面向分析學生關於一般(domain-general)模型本質的觀點，施測對象為四個班級的高三學生。邱美虹(2008b)的整合型研究以本體論、認識論、方法論三個面向的理論基礎探究學生對於模型本質的觀點(圖5)，研究發現在本體論方面，學生對模型本質的觀點可區分為三類：對應關係、呈現形式、變化關係(周金城，2008)，在認識論方面有三個類別；個體表徵、過程、情境(吳明珠，2008)；在認知與方法學方面，根據因素分析可以發現學生認為模型功能有三個主要構念：問題解決、了解觀察的現象、連結和發展想法(林靜雯與邱美虹，2008)。

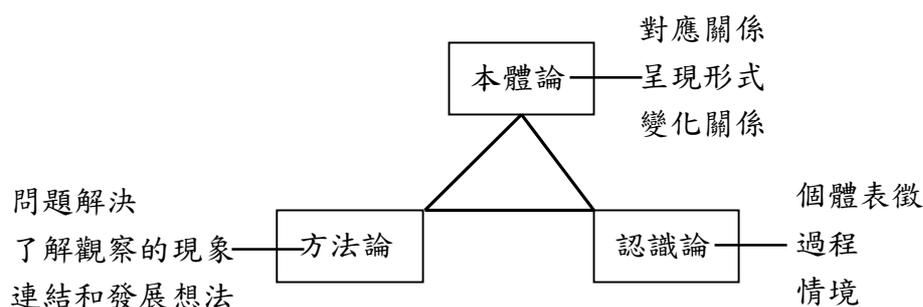


圖 5 學生模型觀點的三面向示意圖  
(引自邱美虹, 2008b)

本研究則聚焦在學生對於分子與晶體模型 (domain-specific) 的看法，問卷共四個面向：模型本質(本體論修改為模型本質)、模型表徵(認識論修改為模型表徵)、模型功用(方法論修改為模型功用)，再加入第四個面向—建模歷程，修改後問卷共 24 小題(每一個面向 8 小題)(修改自鍾曉蘭, 2010)。所設計之量表為 4 分點式李克氏量表，其分別為「非常同意」、「同意」、「不同意」、及「非常不同意」。其中，非常同意記為 4 點，同意記為 3 點，以此類推。使用 4 點量表之主因乃強迫學生表示意見，避免學生選擇中立選項。

第二部份則為開放式簡答題，以質性的方式探討學生對酸鹼模型本質的想法，問題如下：

- 你認為「分子/晶體模型」是什麼？—模型本質面向
- 什麼型態的表示方式可以稱為「分子/晶體模型」？—模型表徵類型
- 你能舉出一些日常生活或是書中所謂「分子/晶體模型」的例子？並說明它為什麼可以稱為「分子/晶體模型」？—模型表徵面向
- 我們平常會使用一些「分子/晶體模型」，你為什麼要使用這些「分子/晶體模型」呢？—模型功用的面向

## 9. 概念試題

### (1) 概念試題(一)

概念試題(一) 引自鍾曉蘭、謝進生(2009)教育部科教專案發展的工具，包括概念評量的試題主要是參考文本後，以一般的紙筆測的方式進行前、後測(教學前、後)。內容分為七個子概念(晶體的類型、網狀共價晶體的特性、離子晶體的特性、金屬晶體的特性、分子間作用力、熔點與沸點的影響因素)。試題形式分為雙層式選擇題 16 題(第一層為單一選擇題、第二層為解釋原因)，多重選擇題十題，非選擇題三大題組。預試對象為 80 位高三自然組學生(高三時以傳統教學法學習過晶體概念)，試題經預試後，**試題信度( $\alpha$  值)為 0.87**。雙層式試題由二名任教多年的高中化學教師(具科教背景)，與一位大學化學系教授，就題目的內容適當性、學科概念上，做進一步的修正，以建立研究工具的專家效度。

(2) 概念試題(二)

概念試題(二)引自鍾曉蘭、謝進生(2010)教育部科教專案發展的工具，包括化學鍵結與分子結構相關概念的試題，主要是發展出一套於共價鍵、混成軌域、分子形狀與結構方面於的雙層式試題(two-tiered test)。雙層式試題由二名任教多年的高中化學教師(具科教背景)，就題目的內容適當性、學科概念上，做進一步的修正，以建立研究工具的專家效度。試題經預試後，**試題信度( $\alpha$  值)為 0.92**。工具內容主要分為二大部分：

i. 陳敘性知識部分:(詳見表 5)

依子概念又細分為共價鍵、 $\sigma$  鍵與  $\pi$  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 5 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	
$\sigma$ 鍵與 $\pi$ 鍵	p 鍵與 s 鍵的定義	*					*				單選 3	8
	$\sigma$ 鍵與 $\pi$ 鍵的重疊	*						*			單選 10	
	$\pi$ 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，以 6 小題計算

ii. 程序性知識部分:(詳見表 6)

依解題所需的程序性知識再分為同電子律、VSEPR 理論。

表 6 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			17

## 10. 研究流程

本研究流程分為準備、預試、教學、分析與撰寫五個階段，詳見下圖 5：



圖 5 研究流程圖

## 11. 資料處理與分析

### (1) 分析形成性評量結果

- ① 將四組學生一系列的評量結果利用 SPSS 進行顯著性分析(ANOVA 與 ANCOVA test)
- ② 分析前後測的概念試題(一)中四組學生迷思概念的改變情形
- ③ 分析中測概念試題(二)中四組學生認知發展的情形，藉以比較不同教學法對於學生學習歷程的影響有何異同。

## (2)分析模型問卷

- ①將四組實驗組學生的模型問卷利用 EXCELL 進行分析，繪製各種關係圖與比較圖，並進一步使用 SPSS 進行因素分析。
- ②將四組學生模型問卷初步分析結果利用 SPSS 進行顯著性分析
- ③將四組學生模型問卷初步分析結果利用 SPSS 進行因素分析

## 四、執行進度（請評估目前完成的百分比）

目前計畫已完成 **60%**的進度，研究進度目前進展至階段四，已完成教學與初步學習成效分析。未來要進行模型問卷的分析與各組學生概念改變的分析，最後進行整體的資料分析與撰寫報告。

## 五、預期成果

預計完成之工作項目、具體成果及效益分為三部分：

1. 了解學生的先前知識、學生的知識表徵類型及對現象的解釋模式有助於教學活動的設計，所設計的教學活動應可促進學生科學學習與進行概念改變。
2. 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。
3. 教師將多重表徵與教學內容、教材與教法作巧妙的融合及精心的設計後，呈現在課室的學習活動中，將有助於學生增進多重表徵轉換的能力，讓學生達到知識整合的有意義的科學學習。

## 六、檢討

1. 因高三教學的時間較預期長，且教學內容較預期深入而複雜，研究人力不足下取消原本研究一具體模型對高二有機概念學習的影響。
2. 晤談學生不易找到合適的時間，故取消晤談的設計，改聚焦在學生概念試題的深入分析。
3. 目前初步試題分析發現學生的解釋能力亟待加強。