

教育部九十九學年度中小學科學教育專案期中報告大綱

計畫名稱：**建模歷程與多重表徵模型融入高中化學教學以提升學生表徵與建模能力**
—以晶體與分子間作用力為例

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，本計畫的目的主要分為七部分：

1. **瞭解學生的迷思概念**：從學生教學前的答題情形，可以深入了解學生在晶體與分子間作用力的先有概念，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，並促進學生發展科學概念。
2. **教師自行研發各種表徵的模型與教學活動**：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，將抽象的微觀的晶體結構與堆積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，以提升學生多重表徵轉換能力。
4. **設計小組活動(動手自製晶體模型)**：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。
5. **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、調度、重建，並學習如何將理論模型用以解決問題，提升學生的解釋能力與建模能力。
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

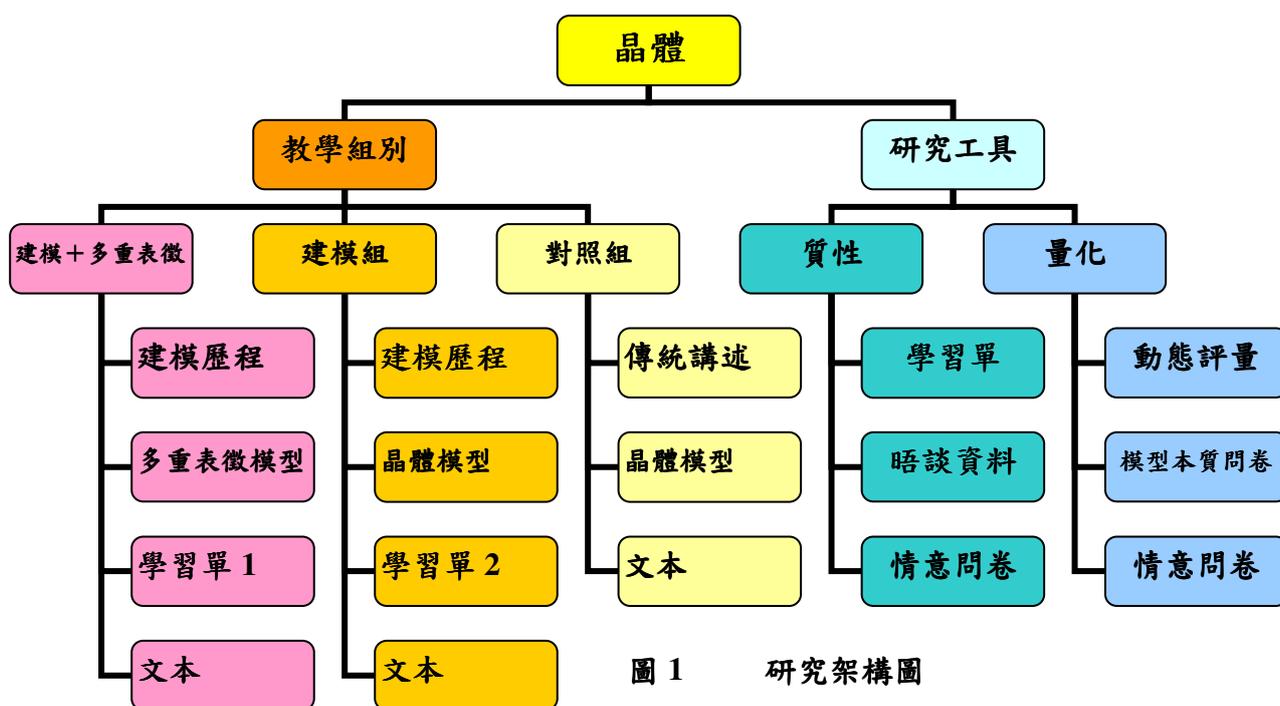
參與計畫人員主要為協同計畫主持人謝進生老師及行政助理賴麗玉小姐，國立三重高中對於本計畫大力支持，對於教學活動不僅提供足夠的設備，江家珩校長對於本研究亦十分的重視。謝進生老師在教具與動畫設計方面提供專業而具體的幫助，彭立浩老師參與對照組教學，行政人員(包括行政助理賴麗玉小姐、教學組、設備組與會計、出納組)提供行政支援，讓本計畫能夠順利進行。

三、研究方法

本研究架構如圖 1。研究者計劃以三種不同的課室教學活動，觀察高三學生在學習晶體與分子間引力等相關概念的過程中是如何看待模型本質研究，在學習的歷程中是如何改變/不改變他們對模型本質的看法，並進一步探究學生表徵與建模能力的演變情形。

研究者設計的研究情境為半自然主義，情境的主要變因為不同的課室教學活動(建模+多

重表徵模型教學組、建模組、對照組)，研究假說是課室活動中明白指出模型選擇、模型的建立過程、模型的適用範圍、模型的分析與效化、模型應用、模型調度、模型重建等建模歷程，較一般傳統文本與講述式教學更能改變學生對模型本質的看法、其表徵與建模能力。研究工具分為質性(學習單、晤談資料、情意問卷)與量化(動態評量、模型本質問卷、情意問卷)。就觀察的角度而言，研究者本人作為參與者的觀察者(擔任兩組實驗組的教學者)。然而，研究者也希望藉著晤談的過程中描述並理解學生是如何改變他們對模型本質的看法，表徵與建模能力是如何演變的。



研究對象

研究方法預計採用準實驗法，研究對象為台北縣某國立高中高三自然組(年齡在 17-18 歲)三班學生總計 126 位，學生於高二化學課程中學過化學鍵與分子結構等初步概念(詳見表一)。其中 40 位學生為實驗組 1(建模+多重表徵模型教學組，代號：MM，高二時曾以同樣的教學活動學習理想氣體、分子結構與酸鹼概念)，進行多重表徵模型教學活動，並在教學中納入建模的歷程(包括模型選擇、模型建立、模型分析/效化、模型應用、模型調度與模型重建)；43 位學生為實驗組 2(建模組，代號：M，高二時曾以同樣的教學活動學習理想氣體、分子結構與酸鹼概念)，進行建模歷程的教學，建模歷程與實驗組 1 相同，課室活動中輔以一般晶體模型，並進行一般版書教學與師生團體討論；另外 43 位學生則為對照組，進行傳統教學(代號：C)，三組皆進行為期二週(8 節課)的教學活動。藉以探討多重表徵的模型與建模教學活動的教學成效，並探討教學前、後，三組學生有關晶體與分子間引力的概念改變、對晶體模型的看法、表徵與建模能力的改變。

晤談學生的選取則採取「效標抽樣」，選取在班上化學學期成績前 25%，口語表達能力佳，且有意願參與晤談的學生，每組各選取四名學生(男女各 2 名)進行教學前、教學中與教學後共計三次晤談，每次晤談時間約 1 小時。

表一 本研究參與教學對象及晤談對象的人數

教學組別	人數	晤談人數
建模+多重表徵模型教學組(MM)	40	4
建模組(M)	43	4
對照組(C)	43	4

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、一般課室中常使用的晶體模型。多重表徵的模型教學活動則依據模型表徵的方式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(Boulter & Buckley, 2000)，並增加一種符號混合模型，模型的表徵屬性則與所欲觀察的現象或建立的模型相同。教學策略則分為五大類：具體模型(晶體模型、自製模型)、圖像教學、推導數學公式/關係圖、角色扮演、表徵晶體模型、師生團體討論與小組討論等(詳見表二)。

表二 多重表徵的模型教學的教學活動設計

教學策略	表徵方式	探討及說明的相關概念
保麗龍分子模型	具體混合	1. 以保麗龍球當作粒子，說明不同類型的晶體堆積情形 2. 學生自行操弄保麗龍球，了解不同類型堆積方式的異同
圖像教學	視覺混合	1. 以微觀的粒子圖，說明不同類型的晶體堆積情形 2. 以週期表圖形說明晶體的類型與週期的空間關係
角色扮演	動作混合	1. 請學生擔任粒子，說明晶體的排列規則與堆積情形 2. 請學生擔任粒子，說明分子結構與分子極性關係
數學公式/關係圖	數學混合	1. 以數學關係式推論離子晶體的堆積的類型 2. 以數學關係式推論出密度與單位晶格半徑、原子量之間的關係
表徵晶體模型	符號混合	從符號的表徵中辨識出化學式與晶體類型的關係
師生團體討論	語文混合	1. 探討影響不同類型的晶體熔、沸點的因素 2. 探討分子間引力的類型與大小如何影響分子晶體的熔、沸點
小組討論	語文混合	1. 各種類型的晶體的特色與分類方式 2. 以不同表徵的模型呈現晶體模型的適用性與限制 3. 學生自製晶體模型或分子模型

建模歷程的定義與教學活動設計

建模的歷程為模型選擇、模型建立、模型分析/效化、模型應用、模型調度與模型重建(Halloun, 1996；邱美虹, 2008)，建模主要歷程的定義如表三。小組活動是藉由開放式動手自製晶體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)。建模教學活動設計詳見表四。

表三 建模主要歷程的定義

建模主要歷程	定義
模型選擇 (Model Selection, MS)	從熟悉模型中，選擇出一個合適的模型以解決問題。
模型建立 (Model Construction, MC)	確認所選擇模型的相關成分與結構。
模型效化 (Model Validity)	利用模型的相關成分進行不同形式的評估，檢驗或修正模型的內部一致性。
模型調度 (Model Deployment, MD)	利用已效化的模型解決新情境的問題。
模型重建 (Model Reconstruction, MR)	察覺模型的限制(如：異例)，再發展新模型。

表四 建模+多重表徵模型組教學策略及教學活動設計(精簡版)

節次	教學策略	表徵方式	建模歷程活動
第一節	師生團體討論 圖像教學 角色扮演	語言混合 視覺混合 動作混合	模型建立、模型選擇、模型效化、 模型應用、模型調度
	探討與說明的相關概念： 1. 說明晶體的類型與特性—師生團體討論 2. 以週期表圖形說明晶體的類型與週期的空間關係— 圖像教學 3. 說明何謂呈現模型：以化學式、一般晶體模型、圖 形來說明氯化鈉晶體		模型建立
	4. 說明模型表徵的方式：分為具體、語言、視覺、數 學、動作等五種，並加上符號(化學式、反應式)— 以角色扮演說明動作模型(請同學扮演水分子)		模型選擇(表徵方式)
	5. 說明模型的用途：溝通概念、解決問題...		模型應用
	6. 說明模型的可變性：說明理論應用的限制，科學理 論的修正或變遷為例		模型調度與模型重建

研究工具

研究工具分為半結構式晤談試題、晶體模型本質問卷、動態評量與情意問卷四大部分，分別就工具的設計重點/內容與使用的目的說明之(詳見表五)，半結構式晤談試題的研究對象為 12 位參與晤談學生，模型本質問卷及動態評量測驗的研究對象則是三班學生(126 位)。情意問卷的研究對象是兩班實驗組學生(83 位)。

表五 研究工具的設計要點

研究工具	設計重點/內容	使用的目的
晶體概念	網狀共價、離子、金屬、分子晶體的定義、特性、結構、堆積方式，分子間作用力對熔、沸點的影響等子概念	以半開放式問答方式瞭解學生對晶體概念的概念正確性
半結構式晤談試題	晶體模型建模歷程	從學生對晶體概念的模型選擇、模型建立、模型分析/效化、模型應用、模型調度、模型重建等面向來分析學生建模歷程與建模能力的類型與演變情形
晶體表徵形式及呈現模型	以 Boulter 與 Buckley (2000) 提出以表徵的方式和表徵的屬性兩個維度來分類學生呈現模型的類型	從學生呈現晶體模型的表徵類型以瞭解學生使用表徵與多重表徵模型(呈現模型)能力的演變

晶體模型本質問卷	紙筆測驗 (李克氏量表)	從本體論、認識論、方法論三個面向(共計 24 題)分析學生關於晶體模型本質的看法	以李克氏量表的問卷形式瞭解學生對模型本體、以何種方式認識晶體模型及晶體模型用途的看法
動態評量測驗	紙筆測驗 (形成性評量)	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.動態瞭解學生認知發展的過程 2.修正教學內容的依據 3.分析學生晶體概念的演變情形 4.比較三組教學成效
情意問卷	紙筆測驗	量化部份(李克氏量表)與質性部份(開放式問答題)	以李克氏量表的問卷形式瞭解學生對建模與多重表徵模型教學活動的想法

1. 半結構式晤談試題

分為教學前、教學中、教學後的晤談試題，教學前晤談的問題是請學生定義晶體的類型與特性(模型建立)，並舉出相關的實例(模型選擇與模型應用)，說明個人表徵的方式，依據的理論或原理(模型選擇)，再進一步分析個人想法的正確性(模型分析與效化)，將個人的想法應用於新的情境(模型調度)，最後提出其他的理論或修正原來的想法(模型重建)。

教學中晤談的問題是請學生從試題中提供的化合物或元素，利用不同晶體的特性將其適當分類，請同學依照自己的想法分類並說明理論依據；另一部份則是依據理論判斷各種晶體的堆積方式與結構(其他部分與教學前晤談相同)。

教學後晤談的問題則請學生試題中提供的化合物或元素，自行選擇與建構模型來說明各種晶體的類型、特性與堆積方式，並進一步說明分子間作用力如何影響晶體熔、沸點(其他部分與教學前晤談相同)。

2. 晶體模型本質問卷

分為兩部分，第一部分主要參考自邱美虹(2007)、周金城(2007)、吳明珠(2007)，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。邱美虹(2007)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3)，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，2007)，在認識論方面有三個類別；個體表徵、過程、情境(吳明珠，2007)；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，2007)。

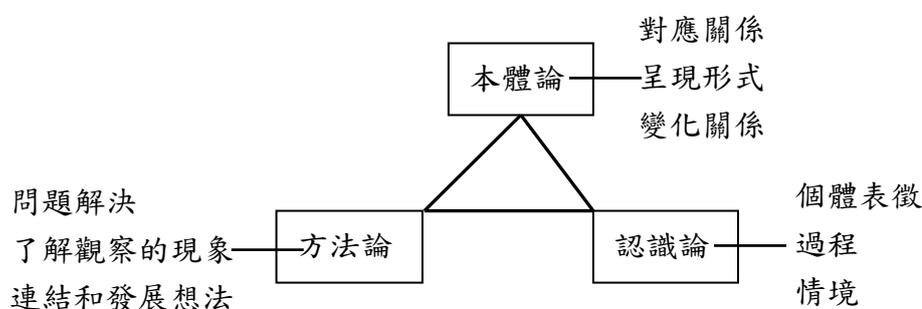


圖 3 學生模型觀點的三面向示意圖

(邱美虹，2007)

本研究則聚焦在學生對晶體模型本質的觀點，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。修改後問卷共 24 小題(每一個面向 8 小題)。

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：

- (1) 你認為「晶體模型」是什麼？——本體論面向
- (2) 什麼型態的表示方式可以稱為「晶體模型」？——模型表徵類型
- (3) 你能舉出一些日常生活或是書中所謂「晶體模型」的例子？並說明它為什麼可以稱為「晶體模型」？——認識論面向
- (4) 我們平常會使用一些「晶體模型」，你為什麼要使用這些「晶體模型」呢？——方法論的面向

概念評量

概念評量的試題主要是參考文本後，以一般的紙筆測驗(形成性評量)的方式進行三次評量(教學前、中、後)。預試對象預計為 74 位高三自然組學生(高三時以傳統教學法學習過晶體概念)。試題雙向細目表見表六，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)與五個認知向度(知識、理解、分析、應用、綜合)。

表六 晶體與分子間作用力動態評量試題雙向細目表

主要概念	知識	理解	分析	應用	綜合	題數
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						
分子晶體的特性						
分子間作用力						
熔點與沸點的影響因素						

4.情意問卷

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對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 24 個問題，其中 21 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，另外 3 題則針對建模教學活動對於「幫助我理解晶體與分子間作用力等概念的相關概念」、「使得我覺得學習晶體與分子間作用力等概念有趣」、「提升我解決晶體與分子間作用力等概念的能力」三個面向的想法，藉以了解實驗組學生對於各種教學活動的評價；問題 25 與 26 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。

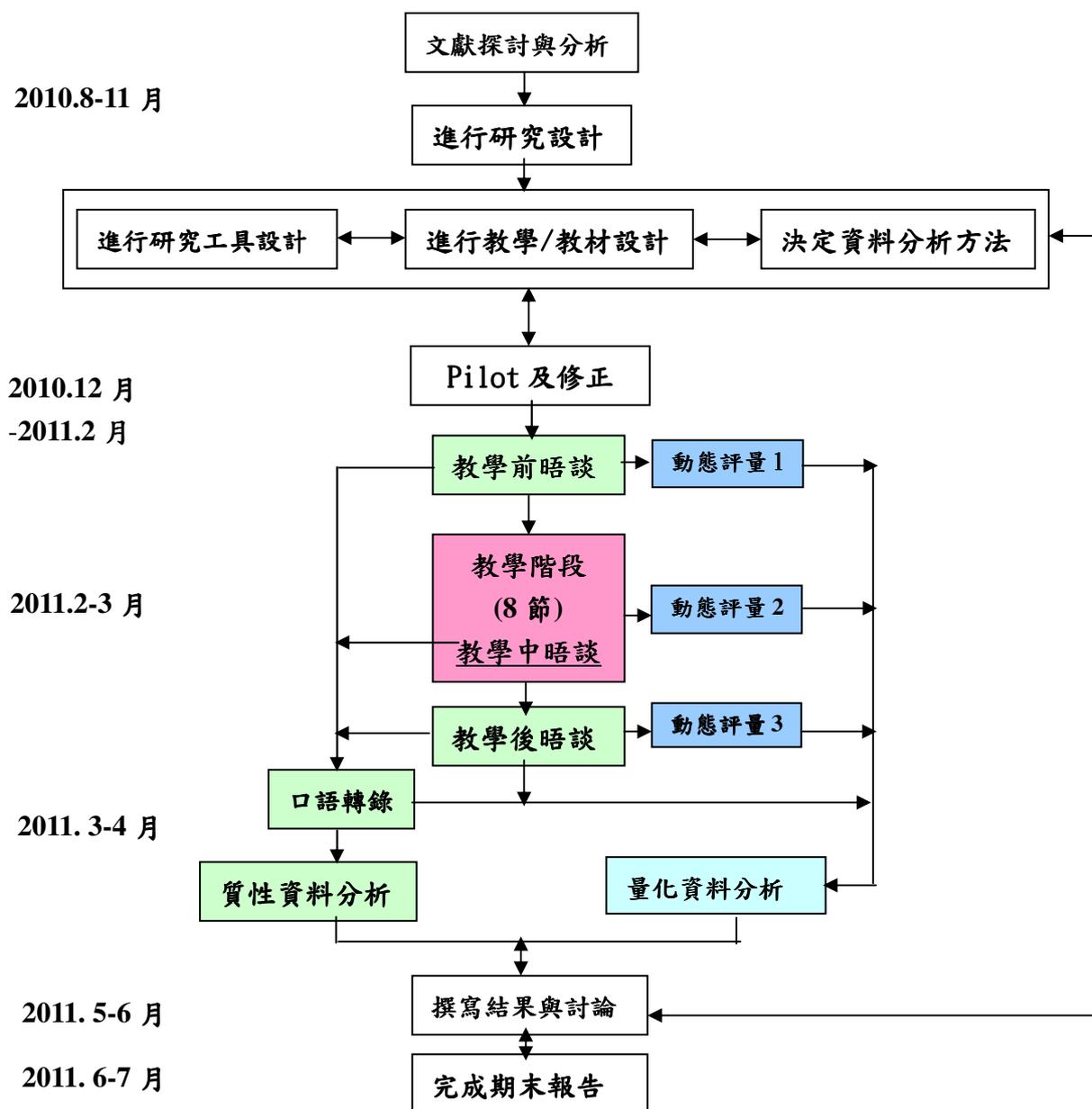
質性的部份為簡答題，主要針對「本次教學最有趣的單元/部分為何？」、「本次教學印象最深刻的單元/部分為何？」、「本次教學中對於學習晶體與分子間作用力概念最有幫助的活動為何呢？」、「本次教學中最需要再增加那一個活動的時間，能夠更有效學習晶體與分子間作

用力概念？」、「本次教學需要改進的單元/部分為何呢？」、「你對建模教學歷程融入教學的看法為何？」深入了解學生的想法，做為修正本研究教學活動的依據。

建模組僅探討建模教學的情意面向，故量化部份僅有 5 題(扣除關於多重表徵模型的 21 題)；質性的部分與建模+多重表徵模型組相同。

研究流程

本研究流程詳見下圖 4：



資料處理與分析

1. 分析動態評量

(1) 將三組學生一系列的動態評量成績利用 SPSS 進行顯著性分析(ANOVA test)

(2)分析分兩組學生一系列的動態評量認知發展的情形，藉以比較建模組、多重表徵模型的教學與傳統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概念評量、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。

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、預期完成之工作項目、具體成果及效益：

預計完成之工作項目、具體成果及效益分為七部分：

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，所設計特殊的教學活動將有助於促進學生科學學習與進行概念改變。
2. 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，預期能幫助高三學生在的晶體與分子間作用力相關概念科學學習與概念改變。
3. 設計多重表徵模型的教學活動將能有效提升學習晶體與分子間作用力相關概念的興趣及對概念的理解。
4. 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。
5. 設計建模歷程融入教學中，將能有效提升學生學習晶體與分子間作用力相關概念的理論模型的建立，並提升其建模能力。
6. 本研究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。

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開學後實施，使得整個研究進度較原計畫時程稍微落後。