

# 教育部 100 學年度中小學科學教育專案期中報告大綱

計畫名稱：探究不同表徵(視覺、具體)模型之學習效益—以化學反應速率與平衡為例

主持人：鍾曉蘭

E-mail：chshirley2007@yahoo.com.tw

共同主持人：謝進生

執行單位：國立三重高中

## 一、計畫目的

1. 瞭解學生迷思概念演變情形：從學生教學前的答題情形，可以深入了解學生在化學反應速率與平衡的先有概念，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，再藉由一系列教學中與教學後的評量，分析學生迷思概念的演變情形。
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、視覺模型(電子投影片與電腦動畫)的設計、語言模型(師生討論、小組討論)等，將抽象的微觀的碰撞學說與平衡等概念由具體的表徵逐漸探討到抽象表徵，幫助學生深層的理解。
3. 設計小組活動：學生動手操作具體模型並探討碰撞學說與勒沙特列原理。
4. 設計與生活相關的小實驗，從生活情境中理解並建立化學知識：從生活化的小實驗進行巨觀(macro)、次微觀(sub-micro)與符號(symbol)三個表徵的連結。
5. 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，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

研究方法預計採用準實驗法，設計三種不同的教學法，分別為視覺模型組、具體模型組與多重表徵模型組(包含視覺與具體模型)，三組同時進行一個月(約 12 節課，每節課為 50 分鐘)化學反應速率與化學平衡的教學。三組使用相同的文本，三組學生在教學前先測驗評量 1/晤談 1，教學 4 節課後實施評量 2/晤談 2，教學 8 節課後實施評量 3/晤

談 3，教學 12 節後一周內實施評量 4/晤談 4(見表 1)，由於之前的研究結果顯示多重表徵的模型教學顯著優於一般講述式教學，故本次研究不設計對照組。

表 1 研究設計

教學組別	教學與評量						
視覺模型	評量(1 <sup>st</sup> ) 晤談 1	4 節課	評量(2 <sup>nd</sup> ) 晤談 2	4 節課	評量(3 <sup>rd</sup> ) 晤談 3	4 節課	評量(4 <sup>th</sup> ) 晤談 4
具體模型組							
多重表徵模型組							

### 3. 研究對象

研究對象為本校高二自然組(年齡在 16-17 歲)三班學生總計約 120 位，學生於國中理化課程中學過化學反應速率與平衡等初步概念(詳見表 2)。其中 40 位學生為實驗組 1(多重表徵模型教學組，代號：MM)，進行多重表徵模型教學活動，教學過程中同時使用視覺模型與具體模型；40 位學生為實驗組 2(視覺模型組，代號：V)，進行視覺模型(電子畫投影片與電腦動畫)的教學；另外 40 位學生則為實驗組 3(具體模型組，代號：C)，進行具體模型(粒子運動的動態模型)的教學。三組學生使用相同文本，均進行數學模型(推導數學關係式與關係圖)、語文模型(師生團體與小組討論)、一般的版書教學，三組皆進行為期四週(12 節課)的教學活動。藉以探討不同表徵模型活動的教學成效，並探討教學過程中，三組學生有關化學反應速率與平衡的概念改變、對不同表徵模型教學的評價。

選取班上化學學期成績高、中、低(男女各 1 名，每組各選取 6 名學生)，且有意願參與晤談的學生做為晤談對象，進行教學前、教學中(二次)與教學後共計四次晤談，每次晤談時間約 30 分鐘，晤談目的是瞭解學生在解題的過程中如何使用不同的表徵，及其對不同表徵模型活動的評價。

表 2 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
多重表徵模型組(MM)	40	6
視覺模型組(V)	40	6
具體模型組(C)	40	6

### 4. 不同表徵模型教材/活動設計

教材與教具方面則分為傳統文本、學習單、電子投影片(參考自鍾曉蘭，2008)、動畫設計(詳見表 3)。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、數學混合與語言混合等四種混合式的模型教學(Boulter & Buckley, 2000)，模型的表徵屬性則與所欲觀察的現象或建立的模型相同，由與此次研究主要是探討視覺模型與具體模型兩者的教學效益是否有差異(詳見表 4)，因此沒有設計動作模型(角色扮演)活動。

表 3 部分動畫設計說明

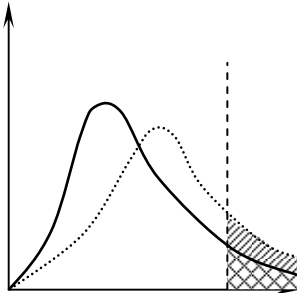

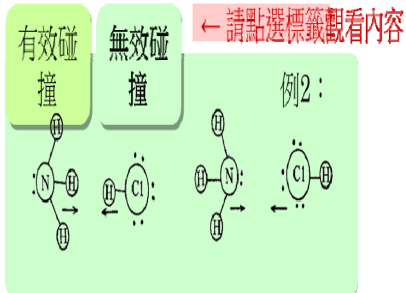
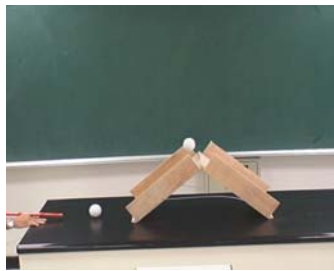
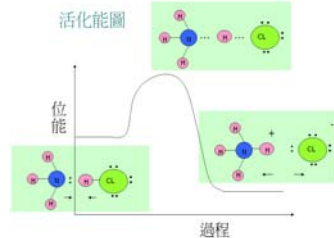

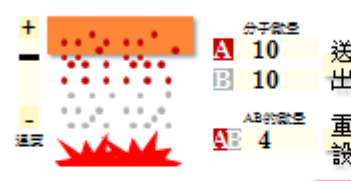
教學元件名稱	設計說明							
影響反應速率的因素	以 <b>投影片與聲音</b> 配合師生討論出影響反應速率的因素為：物質本性、濃度與接觸面積、溫度、催化劑(畫面可先出現問題,經師生討論後,再出現答案。)							
溫度	<p>以<b>投影片、動畫、影片與聲音</b>說明溫度影響反應速率的機制</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.原則：溫度增高，不論放熱或吸熱反應，其反應速率均變大；反之，降低溫度，反應速率均變小(<b>投影片+聲音</b>)</li> <li>2.原因：溫度升高，分子動能變大，超越低能之分子數增多，有效碰撞頻率變大，反應速率增快(<b>投影片+聲音，旁邊配合動畫呈現粒子微觀情形</b>)</li> <li>3.馬克斯威耳-波茲曼(Maxwell Boltzman)動能分佈曲線            ⇒溫度升高，分子動能分佈曲線向右移動，而使高能量的分子增多，超過低能以上的分子增多而易產生有效碰撞，故速率加快(<b>配合動畫與聲音呈現，若能讓學生自行操作溫度的變化更佳</b>)</li> <li>4.室溫附近，溫度每升高 10°C，反應速率約為原來的 2 倍，即：<math>\frac{R_2}{R_1} = 2^{(t_2-t_1)/10}</math>            (此部分可配合實驗影片配合聲音，如硫沉澱實驗或草酸與過錳酸鉀反應，說明溫度升高反應速率變快)</li> </ol> 							
綜合討論	<p>以<b>投影片、圖片與聲音</b>配合師生綜合討論各種因素對反應速率的影響</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 催化劑與溫度影響效應之比較(<b>投影片+聲音旁邊輔以兩個分子動能分布曲線圖比較之</b>)            溫度升高⇒改變分子動能分佈曲線，分子動能分布曲線圖往右下角移動⇒有效碰撞次數增加            催化劑之加入⇒降低活化能(低能)，讓低能能在分子動能分布曲線圖左移⇒有效碰撞次數增加</li> <li>2. 濃度、溫度、催化劑對反應速率的影響之綜合比較(<b>投影片可配合師生討論</b>)</li> </ol>							
	因素	R	k	Ea	分子動能曲線	反應物的碰撞頻率	有效的碰撞頻率	有效的碰撞莫耳分率
	濃度	○				○	○	
	溫度	○	○		○	○	○	○
	催化劑	○	○	○			○	○

表 4 視覺模型與具體模型設計

說明的相關概念	具體模型	視覺模型
1.有效碰撞的意涵 2.正確位向的意義 3.低限能與活化能的區別 4.活化複體的意義 5.活化能圖與活化複體的關係		
1.有效碰撞的意涵 2.正確位向的意義 3.低限能與活化能的區別 4.活化複體的意義 5.活化能圖與活化複體的關係		
1.有效碰撞的意涵 2.有效碰撞與正、逆反應的關係 3.濃度影響反應速率的機制 4.溫度影響反應速率的機制		<p>如下圖</p>

元件名稱：溫度與催化劑 / 元件呈現方式：動畫 / 檔名：chem35\_01

序號	重要內容	重要描述	聲白/音效
11	<p>&gt; 溫度升高，分子動能增大，超越活化能之分子數增多，有效碰撞頻率增大，反應速率增快。</p>  <p>送出 重設</p> <p>第 10 頁 / 共 12 頁</p>	<p>1. 畫框內為分子A與B... 可以設定分子的數量... 畫出之後畫框內開始反應... 溫度愈高結合的數量愈多且運動速度也愈快... 溫度愈低結合的數量愈少且運動速度也愈慢... 畫框則畫面停止並顯示字樣... 分子A: 分子B: 結合:</p>	chem35_01_e10 溫度升高，分子動能增大，超越活化能之分子數增多，有效碰撞頻率增大，反應速率增快。
12	<p>&gt; 催化劑影響反應速率的機制：以金雙氧水加二氧化錳為例。 &gt; 反應物必須先吸附(adsorption)於金屬表面的活性部位(active site)。</p>  <p>影片</p> <p>雙氧水加二氧化錳</p> <p>第 11 頁 / 共 12 頁</p>	<p>1. 出現文字並播放聲白 2. 出現動畫(影片P11) 3. 同時出現影片</p>	chem35_02_e11 催化劑影響反應速率的機制，以雙氧水加二氧化錳為例，反應物必須先吸附於金屬表面的活性部位。

## 5. 研究工具

研究工具分為半結構式晤談試題、形成性評量與情意問卷三大部分，分別就工具的設計重點/內容與使用的目的說明之(詳見表 5)，半結構式晤談試題的研究對象為 18 位參與晤談學生，形成性評量與情意問卷的研究對象則是三班學生(預計 120 位)。

表 5 研究工具的設計要點

研究工具	設計重點/內容	使用的目的	
半結構式晤談試題	化學反應速率與平衡概念	化學反應速率與平衡概念的十個子概念(見表 6)	以半開放式問答方式瞭解學生對化學反應速率與平衡概念的正確性
	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	從學生呈現表徵類型以瞭解學生使用表徵與呈現模型能力的演變
形成性評量	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、計算及解釋)，主要內容為化學反應速率與平衡相關概念	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)與質性部分(開放式問答題)	以李克氏量表的問卷形式瞭解學生對不同表徵模型教學活動的想法與評價

### (1) 形成性評量

形成性評量以一般的紙筆測驗的方式進行四次評量(教學前、教學中二次、教學後)。預試對象預計為 88 位高二自然組學生(以傳統教學法學習過相關概念)。試題雙向細目表見表 6，分為十個子概念：反應速率測量/有效碰撞、溫度對反應速率的影響、濃度對反應速率的影響、濃度對反應速率的影響、催化劑對反應速率的影響、反應速率定律式、溫度對平衡的影響、濃度對平衡的影響、催化劑對平衡的影響、影響反應速率的因素(綜合討論)、影響平衡的因素(綜合討論)與五個認知向度(知識、理解、分析、應用、綜合)。

表 6 形成性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
反應速率測量/有效碰撞						
溫度對反應速率的影響						
濃度對反應速率的影響						
催化劑對反應速率的影響						
反應速率定律式						
溫度對平衡的影響						
濃度對平衡的影響						

催化劑對平衡的影響						
影響反應速率的因素(綜合討論)						
影響平衡的因素(綜合討論)						

## (2) 學習情意問卷

學習情意問卷預計改編自相關研究之情意問卷，問卷內容修改自鍾曉蘭(2006)建立之，問卷內容主要分為兩部分—量化部分與質性部分。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，量化的第一部份概分為七個問題，其中五個問題分別針對電腦動畫教學、師生與小組討論、具體模型活動、推導數學關係式/關係圖、一般講述教學等五個教學活動，學生以勾選的方式（非常同意、同意、不同意、非常不同意）表示對於「幫助我理解化學反應速率/平衡的相關概念」、「增進我表達化學反應速率/平衡的相關概念」、「提升我解決化學反應速率/平衡問題的能力」、「使得我覺得學習化學反應速率/平衡有趣」、「提升我對學習化學反應速率/平衡的興趣」五個面向的想法，藉以了解多重表徵模型組學生對於各種模型活動的評價(視覺模型組的問卷中抽掉具體模型活動一題；具體模型組的問卷中抽掉電腦動畫教學一題)。問題六與七則分別針對「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/平衡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/平衡概念？」、「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。

## 6. 研究流程

本研究流程分為五個階段，詳見下圖 4：



圖 4 研究流程圖

## 7. 資料處理與分析

### (1)分析形成性評量結果

i 將三組學生一系列的評量結果利用 SPSS 進行顯著性分析(ANOVA test)

ii 分析一系列的形成性評量中三組學生認知發展的情形，藉以比較多重表徵模型、視覺模型與具體模型對於學生學習歷程的影響有何異同。

### (2)分析情意問卷

將三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，並進一步使用 SPSS 進行因素分析。

### (3)分析學習單

將三組實驗組學生的學習單與學生的形成性評量、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、對不同表徵模型教學活動的想法與評價。

## 四、執行進度（請評估目前完成的百分比）

目前計畫已完成 40% 的進度，僅完成研究工具、教學活動與策略的設計與修正，正式教學部份因課程內容是安排在下學期(3-4 月)，研究進度目前進展至階段三，動畫若能順利完成，將對研究有很大的助益。

## 五、預期成果

預計完成之工作項目、具體成果及效益分為六部分：

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. 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化學反應速率與平衡的科學學習與概念改變。
3. 設計生活中的小實驗，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. 在教學活動中，教師明確的連結巨觀、次微觀與符號三種不同層次的表徵，應可增進學生理解影響反應速/平衡的微觀機制，也讓學生學習以不同的表徵與策略來學習抽象的化學概念。
5. 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。
6. 瞭解不同表徵模型的教學效益與學生對不同表徵模型的評價，提供其他高中化學教師參考。

## 六、檢討

目前計畫已完成 40% 的進度，僅完成研究工具、教學活動與策略的設計與修正，正式教學部份因研究的主題是下學期的教學內容，主要的教學活動預計在 3-4 月進行。