

# 教育部九十七年度中小學科學教育專案期中報告大綱

計畫名稱：設計多重表徵的模型教學活動以增進高二學生對於化學反應速率的科學學習與概念改變

主持人：鍾曉蘭

執行單位：國立三重高中

## 一、計畫目的

本計畫的目的主要分為四部分：

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、電腦動畫的開發與角色扮演活動、師生討論等，將抽象的微觀粒子運動及化學反應的碰撞學說概念轉為實體或動畫，可以幫助學生對於粒子微觀運動及化學反應機制等概念的理解，並進一步提升學生學習動機。
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，以提升學生學習動機及多重表徵轉換的能力。
3. **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微觀現象（特別是粒子的隨機運動及粒子之間的交互作用所產生的化學反應的微觀機制）納入試題之中，從一連串的動態評量中，瞭解學生對化學反應速率相關概念的認知發展歷程，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。
4. **比較模型教學活動中的多重表徵與傳統文本表徵的差異性**：分析實驗組（多重表徵的模型教學）與控制組（傳統教學）兩組學生學習的歷程，以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，可以作為未來教科書表徵方式修改的參考。

## 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(註冊組謝進生組長)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，胡劍鋒校長對於本研究亦十分的重視。謝進生組長及設備組鄭重慶組長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、步驟及預定進度

研究方法分五點說明，第一為研究設計，說明研究的方向及教學組別、活動/教材的設計內容；第二為預試對象與未來多重表徵的模型教學對象的介紹；第三為研究工具，包含動態評量試題、學習單、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：

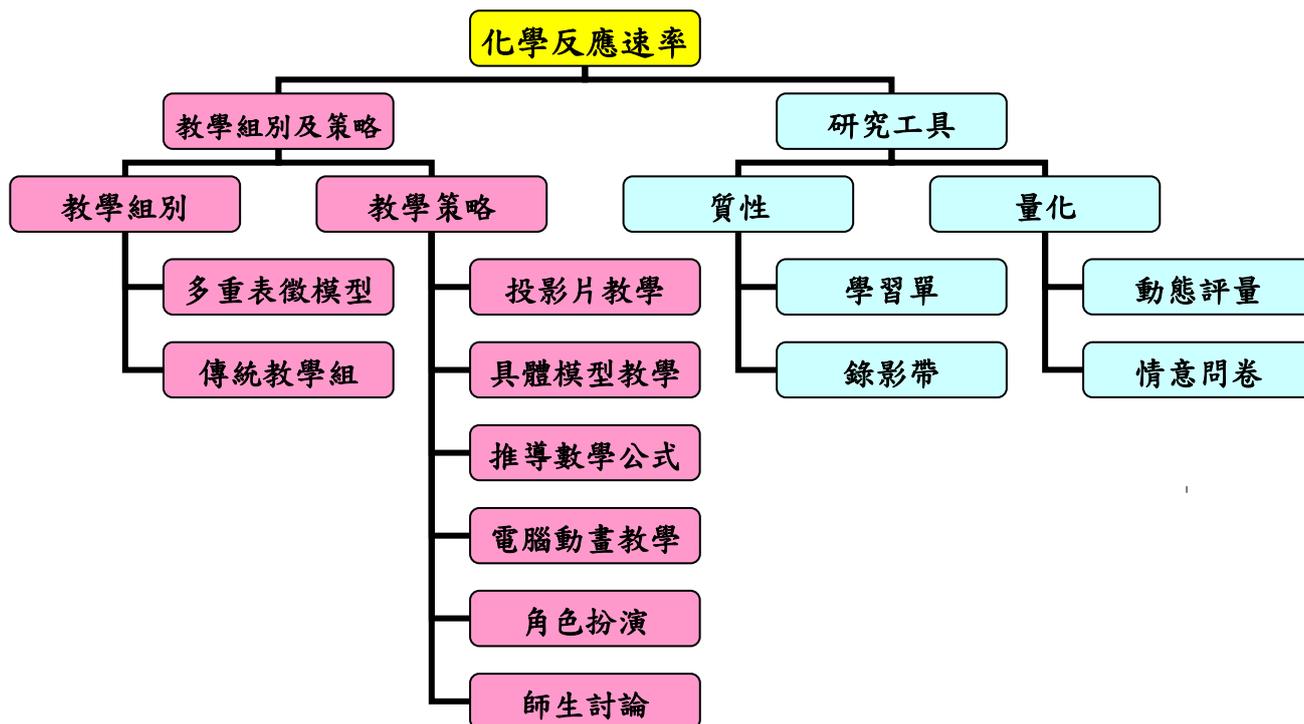


圖 1 本計劃研究架構圖

### (一) 研究設計

#### 1. 教學設計



圖 2 實驗組與控制組的設計

#### 2. 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、粒子運動模型(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(粒子運動的動態模型)、電子化投影片教學、推導數學公式、電腦動畫教學、角色扮演、師生討論等(詳見表一)。

表一 多重表徵的模型的教學活動設計

節次	教學策略	模型表徵方式	模型表徵屬性	說明內容
第一節	投影片教學	視覺混合	量化—靜態—決定的	反應速率的定義與計算公式
	師生討論	語言混合	量化—靜態—決定的	如何藉由現象的變化測其反應速率
第二節	投影片教學	視覺混合	質性—靜態—決定的	碰撞學說及有效碰撞的定義
	具體模型	具體混合	質性—動態—機率的	低限能、活化能、活化複體的定義
第三節	投影片教學	視覺混合	量化—靜態—決定的	物質本性、濃度如何影響反應速率
	粒子模型	具體混合	質性—動態—機率的	濃度影響反應速率的機制
第四節	投影片教學	視覺混合	量化—靜態—決定的	濃度影響反應速率的機制及速率定律式
	推導數學公式	數學混合	量化—動態—決定的	學生練習推導出速率定律式及速率常數
第五節	投影片教學	視覺混合	量化—靜態—決定的	溫度影響反應速率的機制
	動畫教學	視覺混合	量化—動態—機率的	溫度如何影響分子動能及分布曲線
第六節	投影片教學	視覺混合	質性—靜態—決定的	溫度、催化劑影響反應速率的機制
	具體模型	具體混合	質性—靜態—機率的	溫度、催化劑如何影響反應速率及速率
	師生討論	語言混合	質性—靜態—決定的	常數
第七節	投影片教學	視覺混合	量化—靜態—決定的	總結影響反應速率與速率常數(k 值)的
	師生討論	語言混合	量化—靜態—決定的	因素及機制
第八節	投影片教學	視覺混合	質性—靜態—決定的	總結影響反應速率因素及機制
	角色扮演	動作混合	量化—動態—機率的	溫度、濃度如何影響反應速率

## (二) 研究對象

### 1. 預試階段

預試對象為台北縣某國立高三自然組共計兩班總計 75 位(男/女:46/29)，於高二已學過化學反應速率的相關概念，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

教學階段的研究對象詳見表二。

表二 教學組別與人數分布

教學組別	多重表徵的模型教學組	傳統教學組
教學人數	35	34
男	17	19
女	18	15

## (三) 研究工具

研究工具為化學反應速率相關概念動態評量試題、學習情意問卷以及學習單等三部分。

### 1. 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，但是將教學中所探討化學反應的微觀現象（特別是氣體粒子的隨機運動及粒子之間的交互作用）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。

動態評量試題主要內容為：「如何測量反應速率？」、「有效碰撞的定義與條件為何？」、「活化錯合物的意涵及受哪些因素影響？」、「濃度的大小如何影響反應速率，與碰撞學

說之間的關連性？」、「溫度的高低如何影響反應速率，與碰撞學說之間的關連性？」、「催化劑如何影響反應速率，與碰撞學說之間的關連性？」等。

動態評量試題已由二名任教多年的高中化學教師審核，就題目的內容適當性、學科概念上，做進一步的修正。預試的對象為本校已學過(經由傳統教學)理想氣體的相關概念的高二學生共計 75 位，試題信度( $\alpha$  值)為 0.731。

## 2. 學習情意問卷

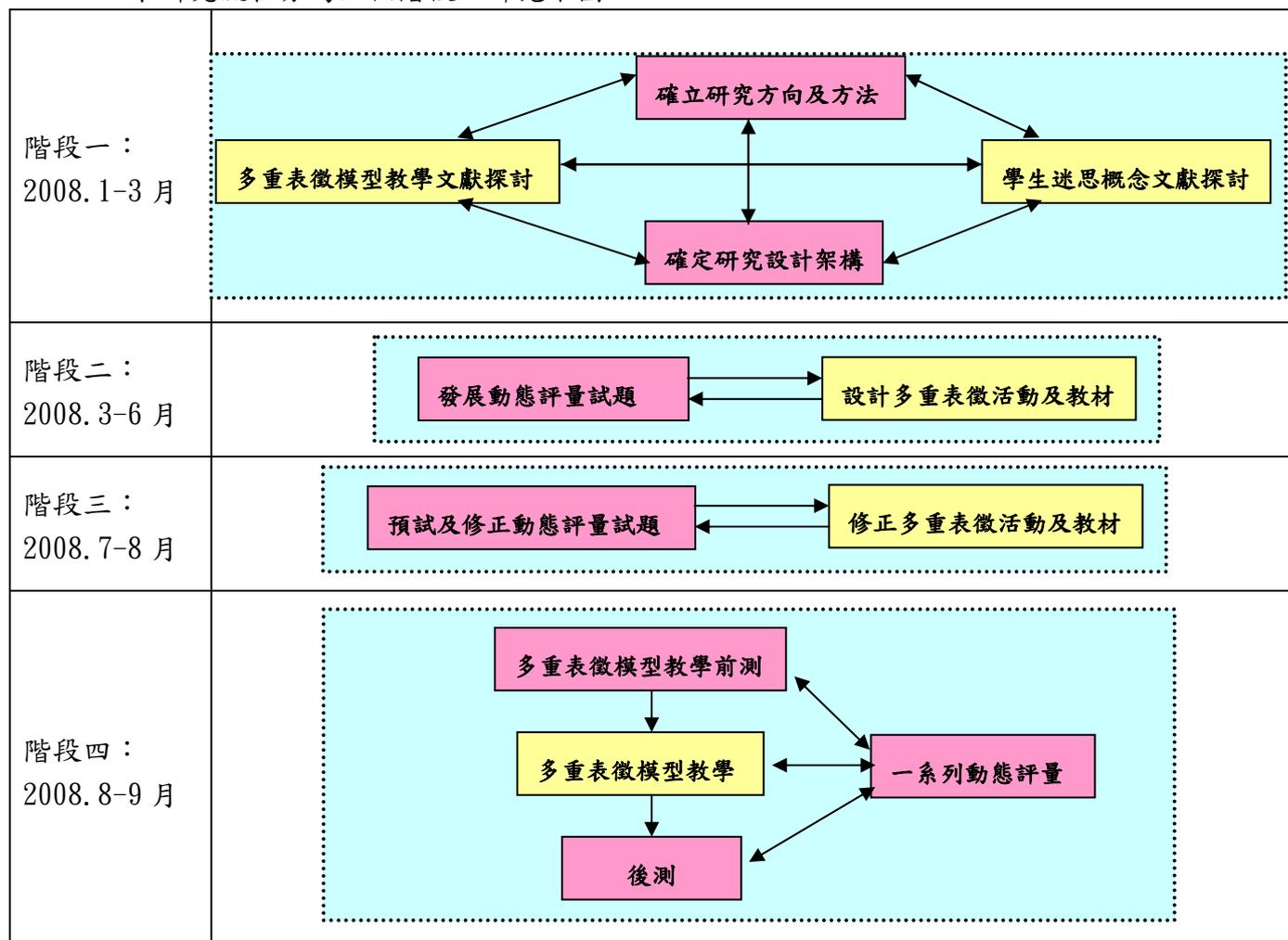
學習情意問卷預計改編自相關研究之情意問卷，藉由問卷來瞭解實驗組學生經過不同教學活動的歷程中的學生情意面向的影響，問卷內容參考鍾曉蘭(2006)建立之。

## 3. 學習單

學習單分為四大單元，單元一的內容為反應速率的定義與反應速率的測量，單元二則探討影響反應速率的因素及微觀機制，單元三則探討濃度、溫度與催化劑對分子動能分布曲線與活化能的影響，單元四為以角色扮演活動探討濃度、溫度與催化劑如何影響碰撞次數、有效碰撞次數、有效碰撞次數分率，並進行反應速率教學的整合性的討論。

### (四) 研究流程

本研究流程分為五個階段，詳見下圖：



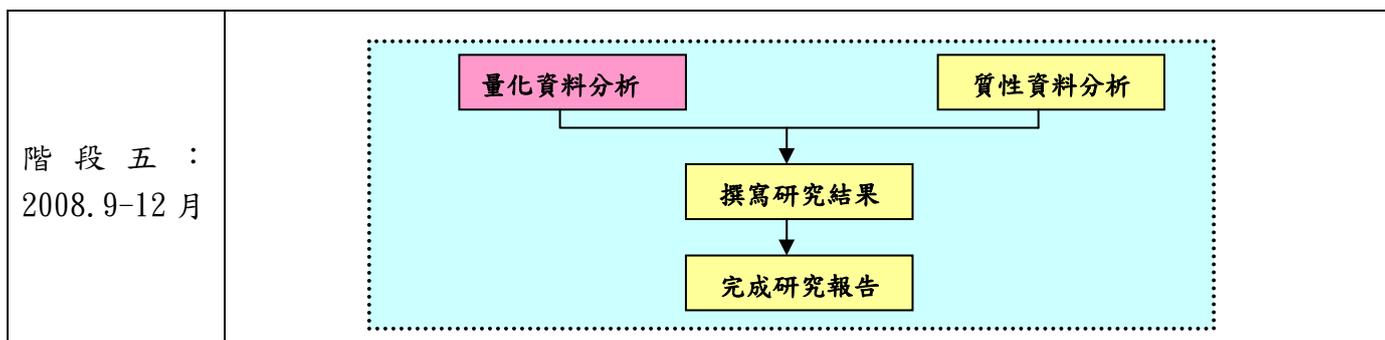


圖 3 研究流程圖

### (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。

### 四、已完成之工作項目、具體成果及效益

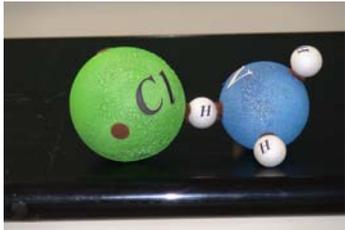
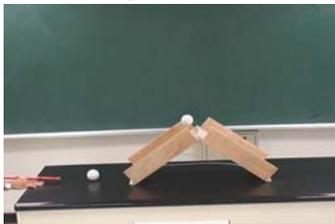
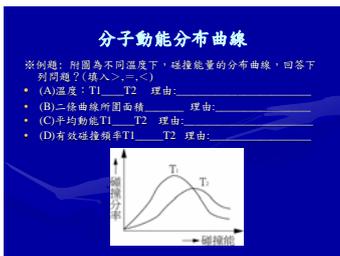
目前已完成的工作項目、具體成果及效益分為設計多重表徵的模型的教材與教學活動、教學成效比較教學成效較二部分說明之：

#### (一) 設計多重表徵的模型的教材與教學活動

此部份就模式設計、教學活動及說明的相關概念等面向，詳見表三。

表三 多重表徵的模型設計原理

模型類型	模型設計	教學活動	說明的相關概念
視覺混合模型	投影片 		1. 反應速率的定義與反應速率的測量 2. 影響反應速率的因素及微觀機制 3. 探討濃度、溫度與催化劑對分子動能分布曲線與活化能的影響
	電腦動畫(1) 		1. 分子動能分布曲線的意涵 2. 溫度如何影響分子動能分布曲線 3. 溫度影響反應速率的機制
	電腦動畫(2) 	與投影片合併使用	1. 有效碰撞的意涵 2. 正確位向的意義 3. 低能與活化能的區別 4. 活化複體的意義 5. 活化能圖與活化複體的關係

具體混合模型	<b>分子模型</b> 		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 有效碰撞的意涵</li> <li>2. 正確位向的意義</li> <li>3. 低限能與活化能的區別</li> <li>4. 活化複體的意義</li> <li>5. 活化複體與正、逆反應的關係</li> </ol>
	<b>粒子模型</b> 		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 有效碰撞的意涵</li> <li>2. 有效碰撞與正、逆反應的關係</li> <li>3. 濃度影響反應速率的機制</li> <li>4. 溫度影響反應速率的機制</li> </ol>
	<b>活化能模型</b> 		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 有效碰撞的意涵</li> <li>2. 低限能與活化能的區別</li> <li>3. 活化複體的意義</li> <li>4. 活化能與反應速率的關係</li> <li>5. 催化劑與溫度對反應速率與活化能的影響</li> </ol>
動作混合模型	<b>角色扮演</b> 		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 請四位同學手拿魔鬼粘板當 A 分子，另外四位同學手拿球當 B 分子，了解碰撞頻率與有效碰撞頻率與有效碰撞頻率分率的意涵</li> </ol>
語言混合模型	<b>師生團體討論</b> 		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 從分子動能分布曲線來探討溫度對平均運動速率、平均動能、分子數目、活化能、碰撞頻率與有效碰撞頻率的影響</li> </ol>

## (二) 教學成效比較

兩組學生在三次動態評量中的顯著性比較見圖 4 及表四、五，評量一是在教學前進行的，從顯著性比較中我們可以了解到兩組學生在教學前對於反應速率的相關概念上並已達到顯著差異(paired-t test,  $t=2.415$ ,  $p=.021$ )，因而兩組在評量二與評量三之間的顯著比較則以評量一為共變數，進行 ANCONA TEST，分析結果顯示，實驗組經過投影片教學、粒子模型活動、角色扮演與師生討論等多重表徵的模型活動之後，在動態評量二的答題表現大幅度的進步，而且與控制組之間達到顯著性的差異( $F=18.67$ ,  $p=.000$ )。教學之後兩組再進行動態評量三的測

驗，兩組成績亦達到顯著性的差異( $F=37.75, p=.000$ )。

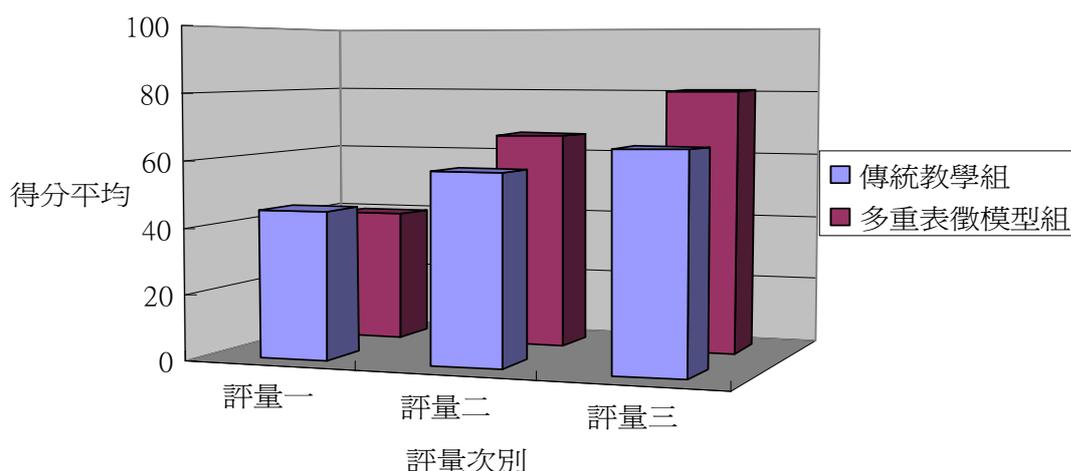


圖 4 多重表徵模型組與傳統教學組三次動態評量得分平均比

表四 多重表徵模型組與傳統教學組三次動態評量兩組間的顯著差異分析

評量次別	教學組別	得分平均	標準差	t/F 值	p value
動態評量一	多重表徵模型組	40.2	6.45	2.415	.021*
	傳統教學組	44.3	10.47	傳統教學組 > 多重表徵組	
動態評量二	多重表徵模型組	66.1	9.75	18.67	.000***
	傳統教學組	57.9	11.59	多重表徵組 > 傳統教學組	
動態評量三	多重表徵模型組	80.3	10.48	37.75	.000***
	傳統教學組	66.6	10.22	多重表徵組 > 傳統教學組	

\* :  $p < .05$     \*\* :  $p < .01$     \*\*\* :  $p < .001$

接著以 paired-t test 分析多重表徵模型組與傳統教學組不同動態評量組內成績是否達到顯著進步，分析結果顯示，兩組在教學的歷程中每次的動態評量成績皆達顯著進步，詳見表五。不論是進行傳統教學或是多重表徵模型教學，對於學生學習反應速率相關概念都有顯著的幫助。特別是多重表徵模型組的得分率在教學後大幅揚升至 66.1/80.3，顯示出模型教學活動將抽象的微觀粒子運動及化學反應的碰撞學說概念轉為實體或動畫，可以幫助學生對於粒子微觀運動及化學反應機制等概念的理解，因此在教學後實驗組達到八成以上的正確率。不過兩組學生在教學歷程中，究竟在哪些子概念上發生不同的演變途徑，仍有待研究者進一步分析。

表五 多重表徵模型組與傳統教學組不同動態評量組內的顯著進步分析

教學組別	不同評量的比較	得分平均差	標準差	t 值	p value
多重表徵組	評量二—評量一	25.86	10.89	14.05	.000***
	評量三—評量一	40.06	12.00	19.75	.000***
	評量三—評量二	14.20	11.33	7.42	.000***
傳統教學組	評量二—評量一	13.59	9.96	7.95	.000***
	評量三—評量一	22.35	10.54	12.37	.000***
	評量三—評量二	8.77	10.05	5.09	.000***

\* :  $p < .05$     \*\* :  $p < .01$     \*\*\* :  $p < .001$

## 五、預計發展/修改的成果

預計未來完成之工作項目、具體成果及效益分為五部分：

- (一) 將研究中所設計的多重表徵模型拍攝成教學錄影帶，配合原有的教學投影片，設計成教學多媒體，以供其他教學者參考或學生自學使用。
- (二) 將常見的小實驗(如不同濃度的鹽酸與鎂帶反應)拍攝成教學錄影帶，配合微觀的動畫，設計成教學多媒體，以供其他教學者參考或學生自學使用。
- (三) 進一步設計有趣而便於課室進行的小實驗，讓學生親自動手操作，藉由「做中學」了解各種變因(濃度、溫度、催化劑等)對反應速率的影響，以供其他教學者參考。
- (四) 進一步分析實驗組學生對於各種模型教學活動的評鑑與回饋意見，藉以改進並精製化模型活動與教材，提供其他教學者參考。
- (五) 進一步分析兩組學生經由多重表徵模型與傳統教學不同教學法的學習歷程，以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，可以作為未來教科書表徵方式修改的參考。

## 六、檢 討

目前整個計畫已完成 75% 的進度，在多重表徵模型、教學活動及教材的設計皆完成初步的成果。研究初步結果顯示，多重表徵模型教學不僅有效提升了學生學習成效，而且也明顯的提升學生的學習動機。未來研究者將更進一步精緻化模型教學的活動與教材，提供其他教學者參考。