

教育部九十六年度中小學科學教育專案期中報告大綱

計畫名稱：以科展進行高二學生氣體動力論之科學學習及概念改變
——氣體粒子運動模型組 VS 電腦動畫組

主持人：鍾曉蘭

執行單位：國立三重高中

一、計畫目的

本計畫的研究目的主要分為兩部分：

1. 藉著科展活動，發展出氣體粒子運動模型及電腦動畫教學軟體，並進一步藉著科展的研究過程中幫助參與的學生進行氣體動力論的科學學習及概念改變。
2. 藉由氣體粒子運動模型及電腦動畫教學軟體設計多重表徵的模型教學活動，以探究高二學生經由模型教學在氣體動力論概念的演變歷程。

二、執行單位對計畫支持(援)情形與參與計畫人員

國立三重高中對於本計畫大力支持，對於科展不僅提供部分經費支援，對於學生的科學知識與技能的訓練也多有幫助。參與計畫人員主要為協同計畫主持人(註冊組謝進生組長)及電腦科實習教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

研究方法分五點說明，第一為研究設計，說明研究組別設計的理由與原則；第二為研究對象、預試對象與未來多重表徵的模型教學對象的介紹；第三為多重表徵的模型教學設計；第四為研究工具，包含理想氣體概念的試題、晤談問題的內容；第五為資料處理與分析，所收集的量化資料的分析方式。

(一) 研究設計

1. 專題導向的科學學習(project-based science)方式進行科展研究：分為氣體粒子運動模型組 4 人及電腦動畫組 4 人等兩組，定期進行引導問題、探究活動、學習社群的小組合作等。
2. 採用個案研究法，探討八位學生經過不同研究方法的科展訓練的歷程中，有關理想氣體的科學學習與概念改變的歷程。
3. 利用科展所發展出的模型及電腦軟體設計多重表徵的模型教學活動，預計 6 節課程設計。
4. 採用準實驗法探討多重表徵的模型教學的教學成效，以及經由模型教學前、後，高二學生有關理想氣體的概念與心智模式改變的歷程。

(二) 研究對象

1. 預試階段

預試對象為台北縣某縣立高三共計兩班總計 82 位，於高二已學過理想氣體的相關概念，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. 科展階段

科展階段的研究對象為台北縣某國立高中為對象，選取高二自然組的八位學生，氣體粒子運動模型組 4 人(皆為女生)，電腦動畫組 4 人(皆為男生)，八位學生在高二以傳統教學法學習過理想氣體的相關概念。以科展前測、科展研究中的測驗及科展後的測驗探討八位學生經過不同研究方法的科展訓練的歷程中，有關理想氣體的科學學習與概念改變的歷程。

3. 多重表徵的模型教學對象

此階段的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，選取高二自然組二班學生總計 86 位，其中 43 位學生為實驗組，進行模型的多重表徵的教學；另外 43 位學生則為控制組，進行傳統教學。兩組皆進行為期二週，共計 5 節課的教學。藉以探討多重表徵的模型教學的教學成效，以及經由模型教學前、後，高二學生有關理想氣體的概念與心智模式改變的歷程。

(三) 多重表徵的模型教學設計

表 1 多重表徵的模型教學的教學活動設計

教學節次	教學策略	模型表徵方式	探討及說明的相關概念
第一節	電子投影片教學 粒子運動模型	視覺混合 具體混合	以投影片說明理想氣體模型 以模型探討氣體體積的定義與壓力的成因、影響壓力的因素
第二節	肺部呼吸模擬器 及推導公式、關係圖	具體混合 數學混合	以模型探討波以耳定律 以關係圖探討 P-N、P-T 的關係式
第三節	推導公式、關係圖	數學混合	推導理想氣體方程式及應用
第四節	電腦動畫教學	視覺混合	以動畫探討蒸發平衡及蒸氣壓
第五節	推導公式、關係圖	數學混合	推導道耳吞分壓定律及應用

(四) 研究工具

研究工具包括理想氣體相關概念二階式試題的紙筆測驗、理想氣體相關概念半結構式晤談等二部分。

1. 理想氣體相關概念試題

研究工具主要是發展出一套相關於理想氣體中混合氣體粒子相關概念的二階試題(two-tiered test)，概念內容主要分為二大部分：(試題設計參考邱美虹(2006)，鍾曉蘭(2007))

- (1)、理想氣體體積、壓力與氣體粒子分布、運動的關係
- (2)、理想氣體中一般氣體與水的蒸氣壓，壓力與氣體粒子運動的關係

研究工具中將試題分為：情境題與非情境題，巨觀與微觀，來探討理想氣體中氣體體積、壓力、蒸氣壓與微觀世界中氣體粒子分布與運動的關係。

試題已由六位專家審核，二名科教研究所教學碩士班理化背景的研究生，二名任教多年的高中化學教師，一名化學相關背景教授，一名生物相關背景的博士後研究生，就題目的內容適當性、學科概念上，做進一步的修正。

科展階段的紙筆測驗分前測、研究中的測驗、科展完成後的後測及等三次的二階試題測驗。多重表徵的模型教學階段的紙筆測驗分前測、後測及延宕後測等三次的二階試題測驗。

表 2 理想氣體概念與測驗題號雙向細目表

主要概念	情境/ 非情境	題數
同溫、同體積下，氣體的總壓與總莫耳數成正比與氣壓形成的原因	情境	4
	非情境	
同溫、同壓下，氣體的分壓與其莫耳數成正比與氣壓形成的原因	情境	4
	非情境	
同溫下，壓縮體積後，氣體的分壓的變化情形與原因	非情境	4
密閉容器內混合氣體某種氣體的體積與其粒子數目的關係	情境	6
	非情境	
密閉容器內混合氣體粒子分布、運動情形	情境	8
	非情境	
同一液體在定溫時，飽和蒸氣壓為定值與容器體積無關，及探討飽和蒸氣壓形成的原因。	情境	4
	非情境	
定溫下，若壓縮或增加體積時，蒸氣會產生凝結或蒸發現象，當達到平衡時，其蒸氣壓仍為飽和蒸氣壓。	情境	4
	非情境	
定溫下，不同種類液體的飽和蒸氣壓與液體的分子間引力有關	情境	4
	非情境	
共計四大題，38 小題		

2. 半結構式晤談

以相同的半結構式晤談方式，請學生就有關氣體的粒子模型觀是連續的或不連續的，密閉容器氣體壓力的成因，溫度對氣體壓力、體積與粒子運動之間的關係等，解釋其答案的意義，藉此瞭解學生一系列概念的心智模式的種類與演變。前測的晤談內容主要是讓學生描繪出心中所建構出有關氣體粒子行為的心像與想法，除了引導學生口頭詳細說明之外，在訪談時配合晤談問卷，並進一步請學生畫出其想法，以幫助瞭解學生的想法，以瞭解學生概念與心智模式的演變歷程。

(五) 資料處理與分析

1. 理想氣體相關概念試題(量化分析，分析方法參考邱美虹(2006)，鍾曉蘭(2007))。

(1) 概念的正確性(correctness)

①計算學生答對的題數，除以總題數，即可得到答對率。若計算所有題目的答對率，則為總答對率，但是只計算某個子概念的答對率，則為子概念答對率。

②利用 SPSS 進行成對 t-test，比較位八學生三次紙筆測驗(前測、研究中的測驗、科展完

成後的後測)之間是否有顯著的進步。

③將實驗組與控制組兩組學生的紙筆測驗的成績，利用 SPSS 進行共變數分析(ANCOVA)。

(2) 概念一致性(consistence)

①將實驗組與控制組兩組學生的概念一致性係數，利用 SPSS 進行共變數分析(ANCOVA)。

②分析實驗組與控制組兩組學生教學前、後及延宕測驗中心智模式演變的情形。

四、目前完成程度

目前預試階段與科展階段已經完成, 預試的對象為 82 名高三學生, 於高二時已學過理想氣體的相關概念, 試題信度為 0.913。科展階段則分為科展的研究成果及兩組學生研究過程中概念改變的情形兩方面說明。

(一) 科展的研究成果

1. 氣體粒子運動模型組：

氣體粒子運動模型組的四位女同學經過科展研究後發展出四種粒子運動模型，及量化分析的關係圖，用以探討粒子數目、風速大小(代表溫度)與碰撞次數的關係，如圖 1、2. a 及 2. b。



圖 1 四種粒子運動模型(由上圖左至右，分別是模型 I、II、III、IV)

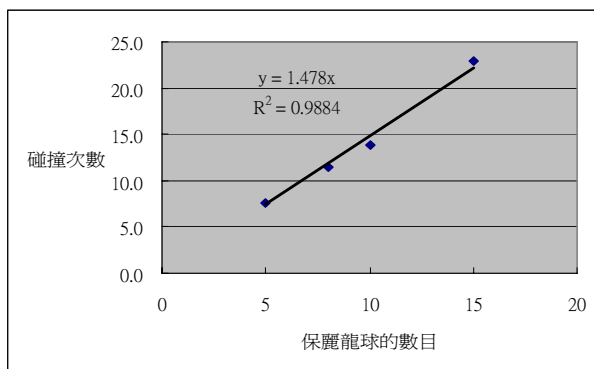


圖 2. a 粒子數目與碰撞次數的關係圖

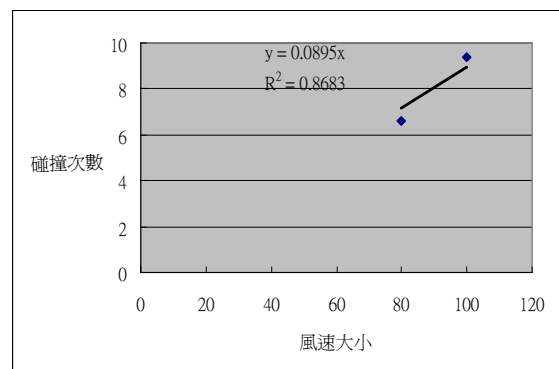


圖 2. b 風速大小與碰撞次數關係圖

2. 電腦動畫組：

電腦動畫組的四位男同學經過科展研究後發展出有關溫度與液體種類影響蒸氣壓大小的蒸發平衡的動畫，如圖 3。

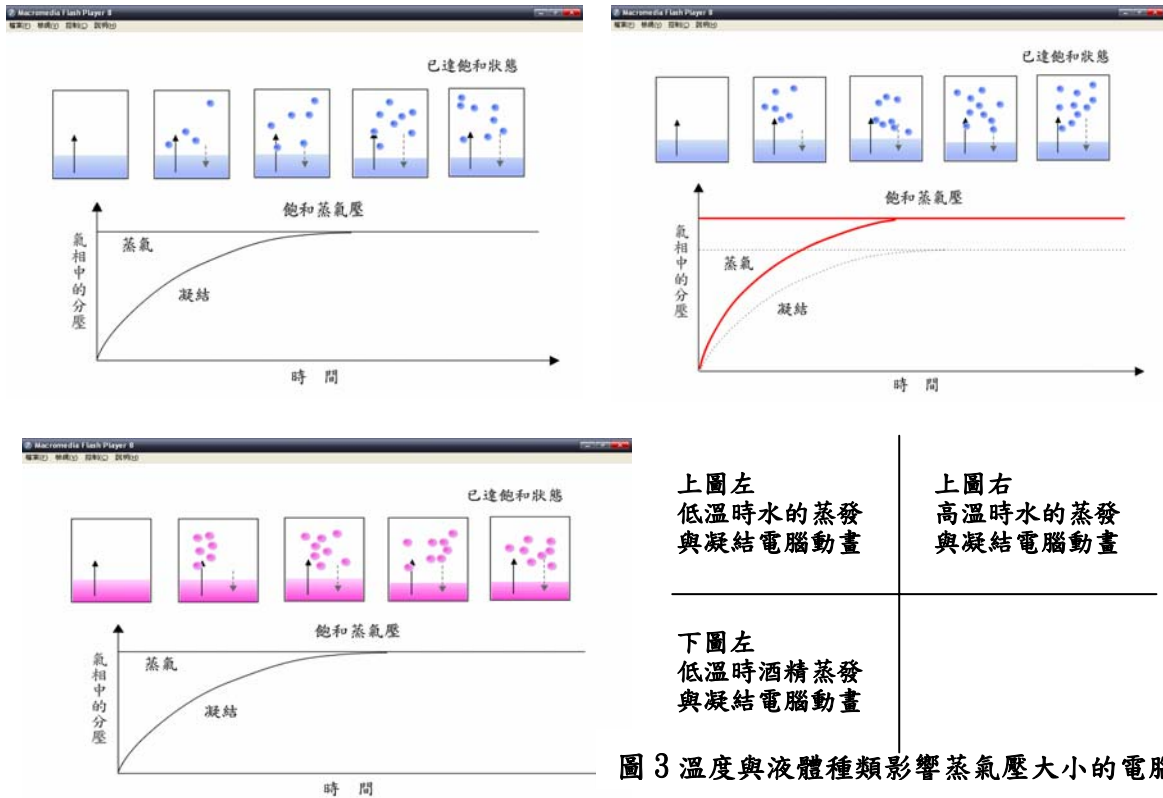


圖 3 溫度與液體種類影響蒸氣壓大小的電腦動畫

(二) 模型組與動畫組學生概念改變的分析

1. 氣體粒子運動模型組 VS 電腦動畫組：

表 3 氣體粒子運動模型組四位學生在科展前、中、後正確率

學生	1			2			3			4		
	前	中	後	前	中	後	前	中	後	前	中	後
體積	50.0	100.0	83.3	33.3	66.7	100.0	66.7	100.0	100.0	66.7	83.3	83.3
壓力	33.3	75.0	66.7	25.0	66.7	83.3	50.0	75.0	83.3	33.3	50.0	58.0
蒸氣壓	20.0	40.0	100.0	30.0	40.0	100.0	80.0	100.0	100.0	30.0	40.0	60.0
分布	50.0	100.0	100.0	0.0	50.0	100.0	75.0	100.0	100.0	25.0	50.0	100.0
運動	50.0	100.0	100.0	25.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	50.0	100.0	100.0
平均	36.1	75.0	86.1	25.0	61.1	94.4	69.4	91.6	94.4	38.9	58.3	72.2

表 4 電腦動畫組四位學生在科展前、中、後正確率

學生	A			B			C			D		
	前	中	後	前	中	後	前	中	後	前	中	後
體積	50.0	66.7	66.7	50.0	66.7	66.7	33.3	33.3	66.7	66.7	83.3	83.3
壓力	33.3	50.0	58.3	25.0	41.6	33.3	25.0	41.6	50.0	50.0	66.7	75.0
蒸氣壓	40.0	80.0	100.0	30.0	60.0	80.0	40.0	60.0	80.0	60.0	100.0	100.0
分布	25.0	50.0	75.0	50.0	75.0	75.0	50.0	75.0	75.0	50.0	100.0	100.0
運動	50.0	50.0	75.0	50.0	75.0	75.0	50.0	75.0	100.0	75.0	100.0	100.0
平均	38.8	61.1	75.0	36.1	58.3	61.1	36.1	58.3	69.4	58.3	75.0	88.8

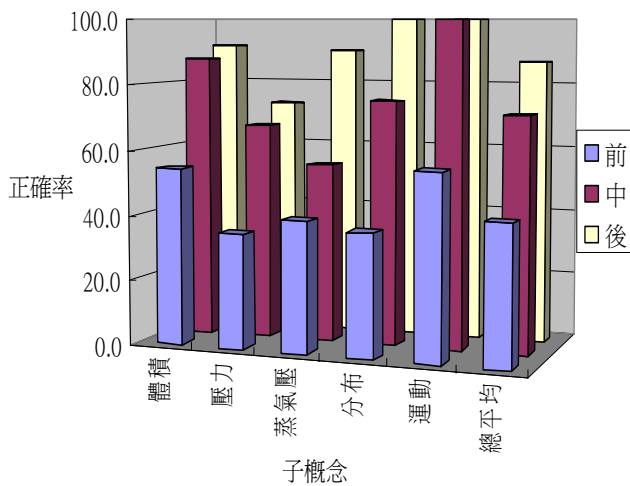


圖 4.a 模型組子概念正確率演變情形

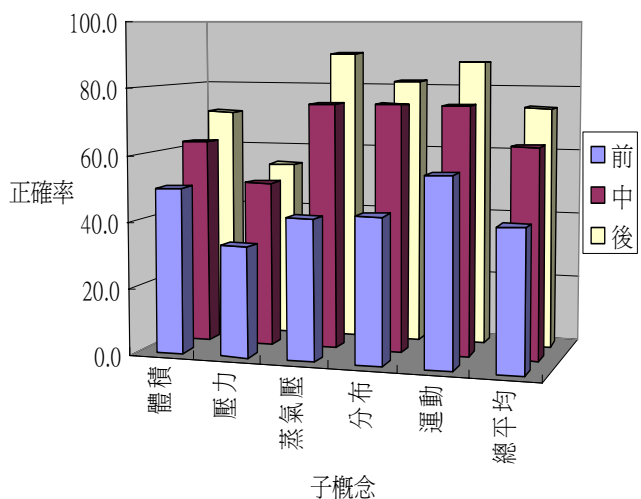


圖 4.b 動畫組子概念正確率演變情形

兩組學生正確率的總平均皆有明顯的進步，模型組在科展中及科展後體積、壓力、粒子分布/運動子概念的進步優於動畫組，主要是模型組的設計主要是針對氣壓與分子數目、容器體積與溫度關係的探討，在科展進行及分組討論上，的確能夠有效引起學生概念的改變。動畫組由於電腦能力不足僅研究出蒸發平衡的動畫，因此在體積、壓力兩個子概念的進步不如模型組。但有兩個現象值得提出：其一，雖然模型組的研究並未涉及蒸氣壓概念，但完成科展研究後，蒸氣壓的概念仍明顯進步；其二，動畫組雖然未能設計出其他動畫，但從蒸氣壓動畫中，仍逐漸理解氣體粒子隨機分布、運動的概念。分析結果顯示：經由科展的研究、設計及小組討論的過程，的確有助於兩組學生在理想氣體相關概念的科學學習。

五、預期成果

預計未來完成之工作項目、具體成果及效益分為二部分：

- (一) 將科展發展出氣體粒子運動模型及電腦動畫教學軟體融入教學之中，設計出多重表徵的模型教學，幫助高二學生在氣體動力論的科學學習與概念改變。預期實驗組學生在概念的正確性與一致性兩方面會有顯著的進步，而且在理想氣體相關概念上，實驗組學生的心智模式會趨向於科學模式。
- (二) 精緻第IV代氣體粒子運動模型：針對科展所設計的氣體粒子運動模型無法有效計數的部分，繼續修正現有的粒子運動模型，預計能有效解決測量碰撞頻率的計量問題。未來預計進一步將新的氣體粒子運動模型研究過程拍攝成教學錄影帶，將研究成果轉為視覺化的教材。

六、檢討

從目前完成的工作部分分為科展研究過程及科展參賽結果兩部分進行檢討：

- (一) 科展研究過程：動畫組學生由於缺乏電腦軟體應用及設計能力，在參於科展研究的過程中，小組討論及分工合作情形不如預期，因此動畫組僅完成蒸發平衡動畫。未來應確實瞭解學生的能力再選擇研究的主題。
- (二) 科展參賽結果：模型組參加北區科展並未得獎，針對研究的內容加以檢討，未來在科展控制變因的設計及量化數據的研究上應更嚴謹的研究。