

第參章 研究方法與步驟

本章共分為六節，第一節為研究設計，說明研究組別設計的理由與原則；第二節為研究對象、預試對象與實測對象的介紹；第三節為教學與教材設計，包含多重表徵的模型教學的設計，教材內容訂定的依據，動畫、模型教學等教材發展的過程；第四節為研究工具，包含理想氣體相關概念的診斷式測驗、氣體本質小測驗、動態評量的形式與內容、晤談問題與情意問卷的內容；第五節為研究流程，描述整個研究流程進行的順序；第六節為資料處理與分析，所收集的量化與質性資料的分析方式。

第一節 研究設計

本研究的架構如圖 3-1-1，實驗組與控制組的設計如圖 3-1-2。

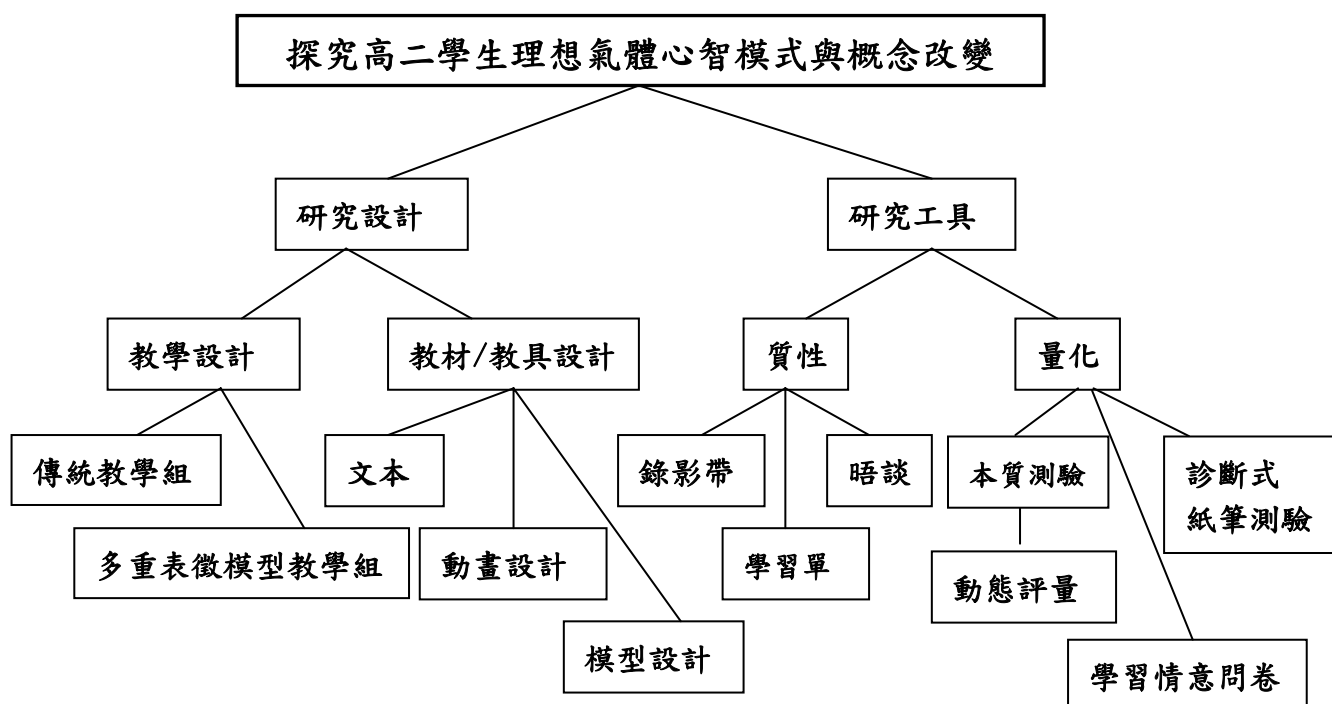


圖 3-1-1 研究架構

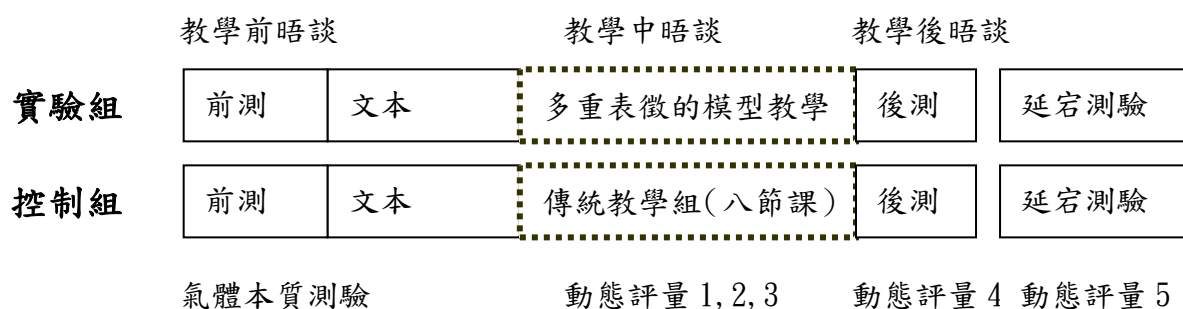


圖 3-1-2 實驗組與控制組的設計

第二節 研究對象

研究對象分為預測階段、正式階段的教學對象、晤談等三大部分：

一、預測階段

預測對象為台北縣某縣立高三共計二班(男：45，女：37，共計 82 人)，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。

二、正式階段

本研究對象為台北縣某國立高中為對象，選取高二自然組的二個班級。兩個班級是以高一成績 S 型的方式分班，故二班平均成績差異不大，人數如表 3-2-1。此二班於研究開始前分派為「多重表徵的模型教學組」、「傳統教學組」兩組，實驗組由研究者本身親自進行教學，控制組則由另一位校內化學教師進行教學(兩位教師性別相同)，在教學前研究者與控制組教師進行傳統教學方法及教材進行討論，教學過程中也不斷的就兩組之間應控制相同的文本、動態評量等進行討論，以達成共識。

表 3-2-1 本研究參與對象人數分布

教學組別	人數	男	女
多重表徵的模型教學組	39	27	12
傳統文本教學組	40	32	8
晤談對象(來自實驗組)	14	8	6

三、晤談對象

依據前測時氣體本質小測驗學生的答案，將實驗組的學生區為「連續氣體觀」(選取 5 人，皆男生)、「氣體粒子觀」(選取 9 人，男生 3 人、女生 6 人)。進行教學前、教學中及教學後共三次的半結構式晤談，每人每次晤談約 10-15 分鐘，回答相同的情境/非情境的理想氣體的相關問題(分為巨/微觀)，以深入瞭解學生認知的發展與心智模式的類型及演變途徑。

第三節 教學與教材設計

依據模型表徵的方式與模型表徵性來設計教學的八大單元，其中應用了具體混合、視覺混合、數學混合、動作混合等四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。教學策略則分為八大類：具體模型(粒子運動的動態模型、肺部呼吸模擬器)、電子化投影片教學、推導數學公式、電腦模擬實驗、動手作實驗、電腦動畫教學、角色扮演、小組討論等(詳見表 3-3-1)。

教材方面則分為文本、學習單、粒子運動模型與蒸氣壓動畫(研究者自行設計, 圖 3-3-1、圖 3-3-2)、POWERPOINT 教學、電腦模擬實驗(圖 3-3-3)、及部分電腦動畫教學，則採用氣體動力論多媒體教學軟體(潘冠錡和陽季吟, 2006)。其中圖 3-3-2 的活動在邱美虹(2006)粒子研究中已被使用過，用來觀察學生經由觀察具體混合模型後，對於學生增進壓力成因與粒子隨機分布/運動等理想氣體概念的教學成效。文本部分則為學校資深教師依據教科書所編寫的講義，在該校已試行三年，內容的適當性與正確性經校內化學科教師共同討論後修定。

表 3-3-1 實驗組模型多重表徵的教學設計

教學節次	教學策略	模型表徵方式	模型表徵屬性
第一節	粒子運動的動態模型 電子化投影片教學	具體混合 視覺混合	質性—動態—隨機的 質性—動態—隨機的
探討與說明的相關概念： ● 密閉容器內，以隨機運動的寶麗龍球碰撞容器壁說明氣體粒子碰撞容器壁形成氣壓 ● 密閉容器內，以隨機運動的寶麗龍球碰撞容器壁說明影響氣壓的因素為粒子數目、溫度與體積，並說明氣壓大小與分子量、活性、分子體積無關 ● 以電子化投影片配合口語講述說明理想氣體模型：氣體粒子是隨機運動的，理想氣體粒子之間是無吸引力，理想氣體粒子是剛性粒子、其體積是可以忽略不計的。			
第二節	肺部呼吸模擬器等 推導公式、關係圖	具體混合 數學混合	質性—靜態—決定的 量化—靜態—決定的
探討與說明的相關概念： ● 以肺部呼吸模擬器說明密閉容器內，定溫下，壓縮體積則壓力變大（波以耳定律），並探討微觀世界中氣體粒子的變化，進一步推導→$PV=K$ ● 定壓下，針筒受熱體積膨脹；遇冷體積收縮（查理定律），並探討微觀世界中氣體粒子的變化，進一步推導→$V=KT$ ● 畫出 $P-V$，$1/V-P$，$PV-V$，$PV-P$，$PV-T$，$V-t$，$V-T$ 等關係圖			
第三節	電腦模擬實驗 動畫教學	視覺混合 視覺混合	量化—動態—決定的 質性—動態—隨機的
探討與說明的相關概念： ● 電腦模擬波以耳定律及查理定律的實驗，瞭解定壓與定容溫度計的設計及原理 ● 請同學以波以耳定律、查理、給呂薩克、亞佛加厥定律等公式，推論出理想氣體方程式：$PV=nRT$ ● 以電腦動畫配合口語講述說明布朗運動的成因與影響因素 ● 以電腦動畫配合口語講述說明理想氣體粒子的動能、平均速率與絕對溫度之間的關係式			
第四節	電子化投影片教學 推導公式、關係圖	視覺混合 數學混合	質性—動態—隨機的 量化—靜態—決定的
探討與說明的相關概念： ● 以電子化投影片配合口語講述氣體動力論：說明氣壓與氣體粒子動量變化的關係(微觀) ● 以電子化投影片配合口語講述說明氣體粒子重量所造成的壓力是可以忽略的(微觀) ● 推導氣體壓力與氣體粒子動能、動量變化之間的關係式(微觀)			
第五節	推導公式、關係圖	數學混合	量化—靜態—決定的
探討與說明的相關概念： ● 導引學生練習語文、數學公式與關係圖等表徵之間的轉換 ● 練習運用 $PV=K$、$V=KT$、$PV=nRT$ 等數學關係式			
第六節	動畫教學 推導公式、關係圖	視覺混合 數學混合	量化—動態—隨機的 量化—靜態—決定的
探討與說明的相關概念： ● 以蒸發過程的電腦動畫說明蒸發平衡與飽和蒸氣壓的定義 ● 以飽和蒸氣壓與溫度的關係圖說明飽和蒸氣壓受溫度與分子間引力影響 ● 推導道耳吞分壓定律公式			
第七節	角色扮演	動作混合	質性—動態—隨機的
探討與說明的相關概念： ● 配合肢體活動及口語講述說明蒸氣壓的成因與影響因素（溫度與分子間引力） ● 配合肢體活動及口語講述說明何謂蒸發平衡與飽和蒸氣壓的定義 ● 配合肢體活動及口語講述說明擴散運動是隨機的，突現的過程 ● 配合肢體活動及口語講述說明質量(分子量)與運動速率的關係			
第八節	動畫教學 推導公式	視覺混合 數學混合	質性—動態—隨機的 量化—靜態—決定的
探討與說明的相關概念： ● 以電腦動畫配合口語講述說明擴散時氣體粒子是隨機運動的(微觀) ● 擴散後氣體粒子分布是均勻的，不受氣體密度或分子數目影響(微觀) ● 擴散時氣體粒子的分子量小者，運動速率較快(微觀) ● 以電腦動畫配合由口語及數學公式推導並說明格銳目氣體擴散定律			

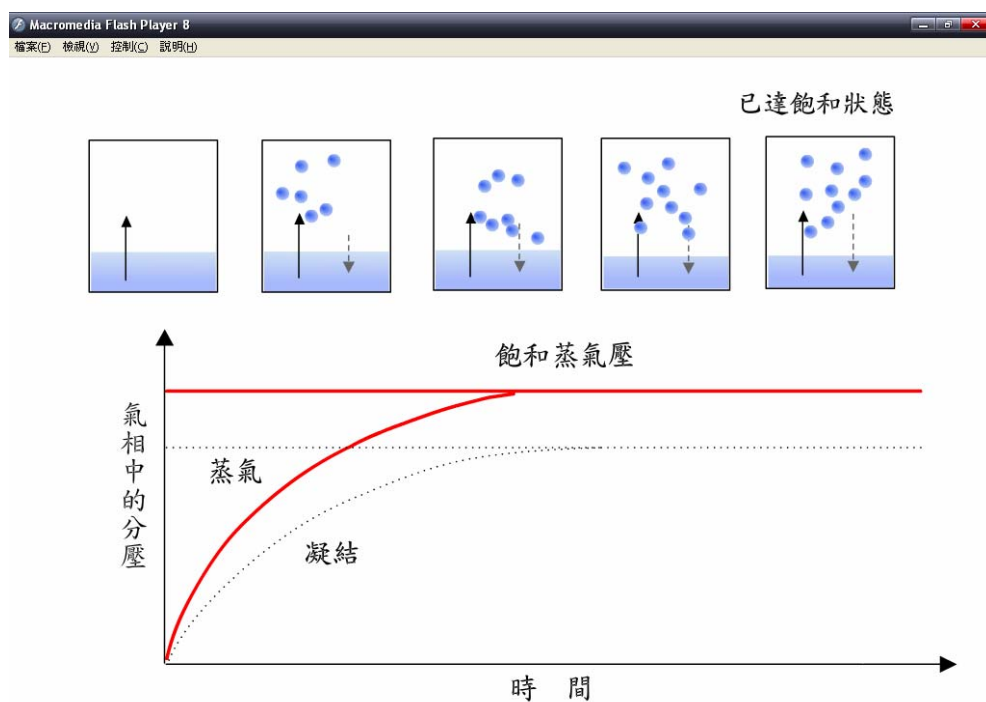
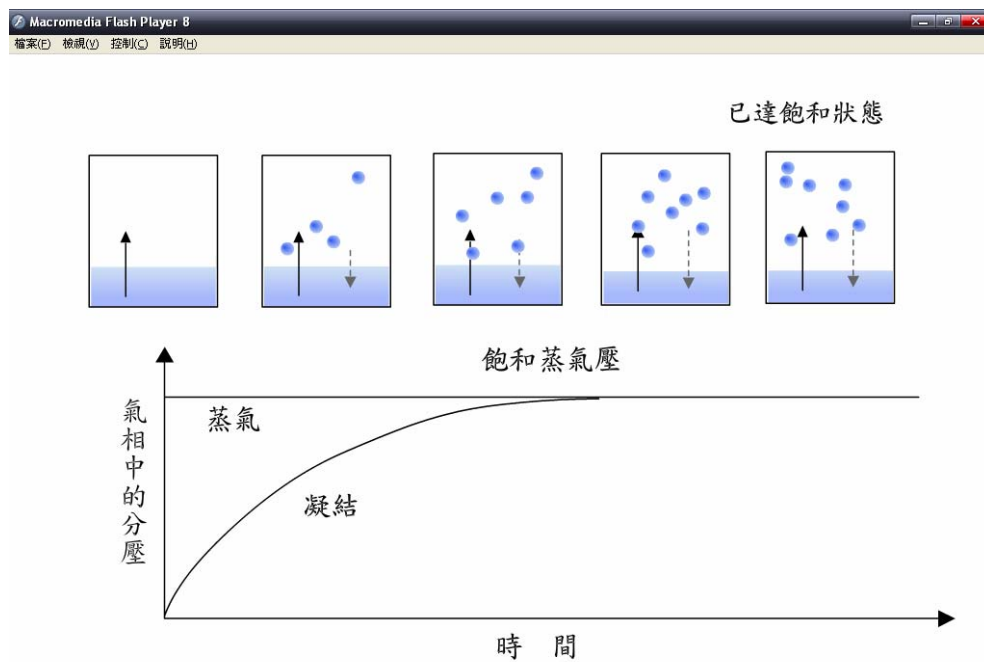


圖 3-3-1 溫度影響蒸氣壓大小的電腦動畫



圖 3-3-2 粒子運動模型(左圖)及肺部呼吸模擬器(右圖)
(引用自邱美虹, 2006)

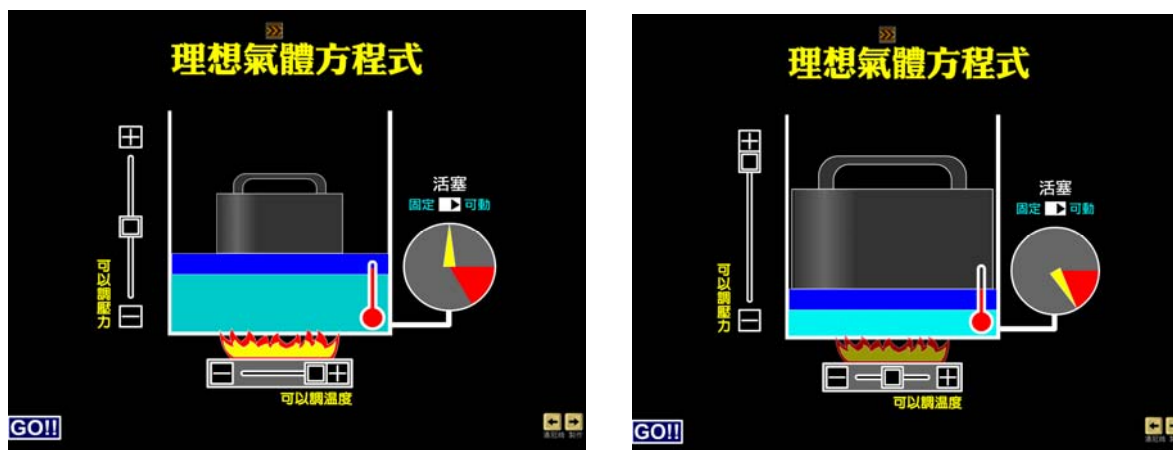


圖 3-3-3 電腦模擬實驗：查理定律(左圖)及波以耳定律(右圖)

第四節 研究工具

本研究所使用的研究工具分為量化及質性兩大部分：量化部分包含診斷式紙筆測驗、氣體本質小測驗、五次動態評量測驗、情意動機問卷等，質性部分包含晤談的內容、學習單與教學錄影帶內容分析等，詳見表 3-4-1。

表 3-4-1 量化研究工具的設計要點

研究工具	設計重點	內容	使用的目的
診斷式紙筆測驗	two-tier 型式 情境/非情境 巨觀/微觀	七個子概念： 氣體體積/壓力、 粒子分布/運動、 氣體擴散/擴散運動	1. 比較前、後即延宕測驗的正確性、一致性與完整性的演變情形 2. 探討心智模式的類型的分布與演變途徑
氣體本質小測驗	開放式問題 繪圖回答	氣體粒子/連續觀 氣體壓力的成因 溫度對壓力、粒子分布/運動的影響	1. 瞭解學生在教學前對於氣體粒子的本質想法 2. 作為一系列動態評量分析的起點
動態評量測驗	形成性評量 單一、多重選擇題、非選擇題	氣體粒子微觀運動的探討、理想氣體相關概念、壓力的成因與影響的因素	1. 瞭解學生認知發展的過程 2. 修正教學內容的依據 3. 分析學生氣體粒子本體觀的改變情形 4. 比較兩組教學成效
學習情意問卷	學習態度量表、複選的問題、開放式問題	探討不同教法對於增進概念理解、提升學習興趣、造成學習負擔的想法有何不同	1. 瞭解多重表徵的模型教學對學生學習情意面向的影響 2. 作為改進教學設計的依據

一、理想氣體診斷式紙筆測驗

試題由一名化學相關背景的大學教授及一名生物背景的博士後研究員、二名任教多年的高中化學教師，及二名教學資歷豐富的國中理化老師，共六位專家審查，就題目的內容適當性、語句的合宜性、學科概念上，進行多次的討論與修正，以建立專家效度。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。

診斷式紙筆測驗中將相同變因的題目設計成一般紙筆測驗的題型(非情境題)以及融入日常生活或實驗觀察的情境描述的題型(情境題)，並將試題設計成two-tier型式，第一層的問題聚焦在巨觀現象的判斷，第二層則說明造成巨觀現象的微觀理由，相關的概念與相對應的題號、題數等詳見表 3-4-2，其中試題 2.1~2.4 及 5.1~5.6 是引用自邱美虹(2006)粒子研究的電腦診斷式試題，每一個試題的微觀解釋理由對應的心智模式則見表 3-4-3。

表 3-4-2 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	題號	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	5.5, 5.6,	4
	非情境	2.1, 2.2,	
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	5.3, 5.4,	4
	非情境	2.5, 2.6,	
同溫下，壓縮體積後，氣體的分壓的變化情形與原因	非情境	2.7, 2.8, 6.5, 6.6,	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	1.1, 1.2, 5.1, 5.2	6
	非情境	2.3, 2.4,	
密閉容器內混合氣體粒子分布、運動情形	情境	3.1, 3.2, 3.9, 3.10, 5.7, 5.8,	10
	非情境	2.9, 2.10, 7.4, 7.5	
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	3.3, 3.4,	4
	非情境	6.1, 6.2,	
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	3.5, 3.6, 3.7, 3.8	6
	非情境	6.3, 6.4,	
同溫、同壓下氣體擴散速率與其密度（或分子量）平方根成反比與原因。	情境	1.3, 1.4, 1.5, 1.6	10
	非情境	4.1, 4.2, 4.3, 7.1, 7.2, 7.3,	
密閉容器內兩種氣體粒子擴散的運動情形	非情境	4.4, 4.5, 4.6, 4.7	4
共計 7 大題，總題數			52

表 3-4-3 理想氣體相關概念與心智模式對應表(表格內為題號及選項)

概念\心智模式	科學模式	分子量	分子/容器 體積	動能	引力	活性	其他
同 T、V 下， $P(\text{分壓}) \propto n$ 題號：2.6；5.4	2.6-(1)-B 5.4-(1)-B	2.6-(1)-A 2.6-(3)-A 5.4-(1)-A 5.4-(3)-A	2.6-(2)-B 2.6-(3)-B 5.4-(2)-B 5.4-(3)-B	2.6-(2)-C 5.4-(2)-C	2.6-(1)-C 5.4-(1)-C	2.6-(3)-C 5.4-(3)-C	2.6-(2)-A 5.4-(2)-A
同 T、V 下， $P_t \propto n$ 題號：2.2；5.6	2.2-(2)-A 5.6-(2)-A	2.2-(1)-C 2.2-(3)-B 5.6-(1)-C 5.6-(3)-B	2.2-(1)-A 2.2-(2)-B 5.6-(1)-A 5.6-(2)-B	2.2-(2)-C 5.6-(2)-C	2.2-(3)-A 5.6-(3)-A	2.2-(1)-B 5.6-(1)-B	2.2-(3)-C 5.6-(3)-C
同 T，V↓，P↑ 題號：2.8；6.6	2.8-(2)-A 6.6-(2)-A	2.8-(1)-A 6.6-(1)-A	2.8-(1)-B 6.6-(1)-B	2.8-(3)-B 6.6-(3)-B	2.8-(3)-A 6.6-(3)-A	2.8-(1)-C 6.6-(1)-C	2.8-(2)-B 6.6-(2)-B
同 T、V 下，氣體的體積是粒子活動的空間 題號：2.4；5.2	2.4-(2)-B 5.2-(2)-B	2.4-(1)-B 2.4-(3)-A 5.2-(1)-B 5.2-(3)-A	2.4-(2)-A 2.4-(3)-B 5.2-(2)-A 5.2-(3)-B	2.4-(2)-C 5.2-(2)-C	2.4-(1)-C 5.2-(1)-C	2.4-(3)-C 5.2-(3)-C	2.4-(1)-A 5.2-(1)-A
同 T、P 下， $V \propto n$ 題號：1.2	1.2-(2)-A	1.2-(1)-C 1.2-(3)-B	1.2-(2)-B 1.2-(3)-C	1.2-(2)-C	1.2-(1)-B	1.2-(1)-A 1.2-(3)-A	
同 T，飽和蒸氣壓為定值 題號：3.4；6.2	3.4-(2)-B 6.2-(2)-B	3.4-(1)-B 6.2-(1)-B	3.4-(3)-D 6.2-(3)-D	3.4-(3)-A 6.2-(3)-A	3.4-(1)-C 3.4-(2)-A 6.2-(1)-C 6.2-(2)-A	3.4-(3)-C 6.2-(3)-C	3.4-(1)-A 3.4-(3)-B 6.2-(1)-A 6.2-(3)-B
V↓，蒸氣壓仍為飽和蒸氣壓 題號：3.6；6.4	3.6-(2)-A 6.4-(2)-A	3.6-(3)-A 6.4-(3)-A	3.6-(3)-D 6.4-(3)-D	3.6-(2)-B 6.4-(2)-B	3.6-(1)-B 6.4-(1)-B	3.6-(3)-C 6.4-(3)-C	3.6-(1)-A 3.6-(3)-B 6.4-(1)-A 6.4-(3)-B
V↑，蒸氣壓仍為飽和蒸氣壓 題號：3.8；	3.8-(3)-A	3.8-(1)-A	3.8-(1)-D	3.8-(1)-E	3.8-(3)-B	3.8-(1)-C	3.8-(1)-B 3.8-(2)-A 3.8-(2)-B
同 T、P 下，氣球體積變小的因素 題號：1.4；1.6	1.4-(2)-A 1.6-(3)-B	1.4-(2)-B 1.6-(1)-B 1.6-(2)-B	1.4-(5)-A 1.4-(5)-B 1.6-(3)-E	1.4-(4)-A 1.4-(4)-B 1.6-(1)-D 1.6-(2)-D 1.6-(3)-D	1.4-(3)-A 1.4-(3)-B 1.6-(1)-C 1.6-(2)-C 1.6-(3)-C	1.4-(1)-A 1.4-(1)-B 1.6-(1)-A 1.6-(2)-A 1.6-(3)-A	
同 T，擴散速率反比於分子量的平方根 題號：4.3；7.3	4.3-(2)-A 7.3-(2)-B	4.3-(2)-B,C 7.7-(2)-A,C	4.3-(3)-A,B,C 7.3-(3)-A,B,C	4.3-(4)-A,B,C 7.3-(4)-A,B,C	4.3-(5)-A,B,C 7.3-(5)-A,B,C	4.3-(1)-A,B,C 7.3-(1)-A,B,C	

註：P為壓力、V為容器體積、T為溫度、n為莫耳數、 P_t 為分壓

二、學習情意問卷

學習情意問卷改編自相關研究之情意面向問卷(邱顯博, 2002; 陳婉茹, 2004; 陳盈吉, 2004), 研究者希望藉由問卷來瞭解多重表徵的模型教學對學生學習情意面向的影響, 問卷內容分為學習態度量表(李克氏量表, 相關的雙向細目表為表 3-4-4)、一題可複選的問題、三題開放式問題。

複選的問題的主要內容為「如果可以選擇, 你喜歡老師運用何種教學方式?」, 研究者藉此題複選的問題來瞭解哪些教學策略是學生希望未來能夠持續使用的, 以作為將來設計教學活動的依據。

問卷中針對實驗組學生對於多重表徵的模型教學的看法設計了三題開放式問題: 其一為你覺得本次教學最有趣的單元/部分為何呢? 其二為你對於本次教學印象最深刻的單元/部分為何呢? 其三為你覺得本次教學需要改進的單元/部分為何呢? 並進一步請學生說明簡單的理由。研究者藉著開放式的回答來瞭解學生對於多重表徵的模型教學中覺得有趣及印象深刻的教學活動的進一步想法, 以及學生對於多重表徵的模型教學中需要改進的部分, 藉此修正教學活動的設計。

表 3-4-4 學習態度量表問題內容與相關題號的雙向細目表

問題內容	相關題號
教學策略對於增進概念理解的影響	1, 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25
教學策略對於提升學習興趣的影響	2, 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23, 26
教學策略對造成學習負擔的影響	3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27

三、晤談

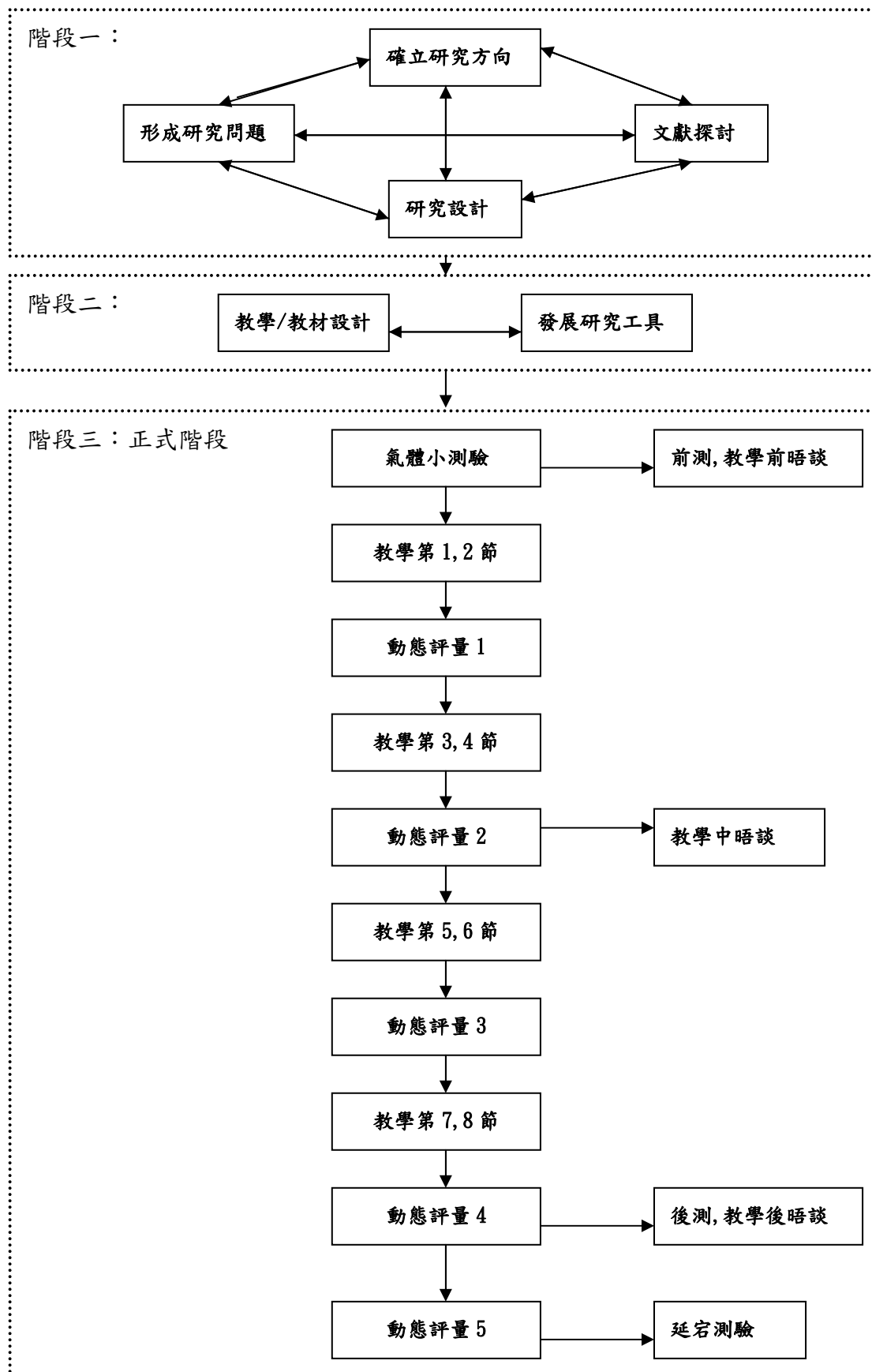
晤談方式採半結構式，分為教學前、教學中及教學後三次晤談，每次晤談每位學生 10—15 分鐘，每位學生回答相同的問題，主要探究學生對於氣體的本質看法為何，問題設計如下表 3-4-5。

表 3-4-5 半結構式晤談的問題

第一次晤談(教學前)	1. 氣體在容器中呈現粒子狀或連續狀分布？ 2. 密閉容器中氣體壓力是如何形成的？ 3. 氣體體積的定義為何？ 4. 氣球加熱一段時間後，氣球的體積、氣球內部的氣壓、氣體粒子的大小、分布及運動情形為何？ 5. 密閉容器（體積不變）加熱一段時間後，容器內氣體的體積、氣壓大小、氣體粒子的大小、分布及運動情形為何？
第二次晤談(教學中)	1. 氣體在容器中呈現粒子狀或連續狀分布？氣體之間的空隙充滿著什麼？ 2. 密閉容器中氣體壓力是如何形成的？影響氣壓的因素為何？ 3. 密閉容器（體積、溫度不變）抽出一部分氣體後，容器內氣體的變化情形為何？ 4. 溫度相同時，將密閉容器的體積壓縮成原有的一半，氣體的變化情形為何？ 5. 密閉容器（體積不變）加熱一段時間後，容器內氣體的體積、氣壓大小、氣體粒子的大小、分布及運動情形為何？ 6. 氣球在乾冰中冷卻一段時間後，氣球的體積、氣球內部的氣壓、氣體粒子的大小、分布及運動情形為何？
第三次晤談(教學後)	1. 密閉容器內（體積、溫度不變），裝入 0.5 莫耳的氧氣及 0.5 莫耳的氫氣，兩種氣體的體積、分壓何者較大？ 2. 兩個空氣球分別裝入少量的水及酒精，綁緊後同時放入熱水中，經過一段時間後，哪一個氣球比較大？ 3. 在餐廳喝熱湯時，剛開始，湯碗的蓋子不容易打開，你認為造成的原因為何？ 4. 將氮氣與少量的水裝入密閉容器（體積、溫度不變，已知飽和蒸氣壓為 20mmHg），經過一段時間後，容器內的總壓為 1atm，則氮氣的分壓？再將容器壓縮一半達平衡時，容器內氣壓總壓與分壓變化情形為何？ 5. 老師在教室前方作實驗時，不慎將少量濃氨水潑在講桌上，同時在教室後方有位女同學將香水打翻，則坐在教室中間的同學先聞到臭味還是香味呢？請你說明原因？

第五節 研究流程

本研究流程主要分為四個階段，如圖 3-5-1：



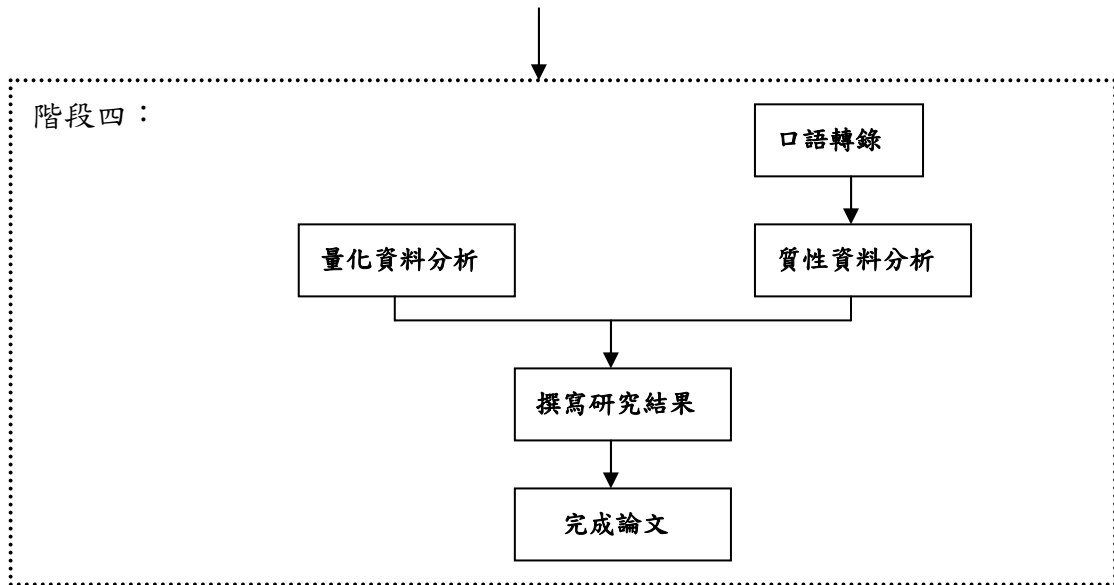


圖 3-5-1 研究流程圖

第六節 資料處理與分析

一、理想氣體診斷式紙筆測驗

(一) 正確性 (答對率)

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，則為正確性，但是只計算子概念的答對率，則是子概念的正確性。每一子概念的相關題數如表 3-6-1。
2. 利用 SPSS 進行成對 t-test，比較每一組學生前測、後測與延宕測驗之間是否有進步的關係。
3. 利用 SPSS 進行成對 t-test，比較實驗組與控制組兩組的前測是否達顯著差異。
4. 利用 SPSS 進行共變數分析，比較實驗組與控制組兩組的後測、延宕測驗與前測相比較是否有顯著進步。

表 3-6-1 分析正確性與一致性的相關題數 (表格內為題數)

子概念	正確性			一致性
	巨觀	微觀	平均	
體積	3	3	6	3
壓力	6	6	12	6
蒸氣壓	5	5	10	5
擴散	4	6	10	4
粒子分布	—	5	—	5
粒子運動	—	5	—	5
擴散運動	—	4	—	3
總平均	18	34	52	—

(二) 一致性

1. 計算學生在同一個子概念中的 CI 值，再將七個子概念的 CI 值平均則為總 CI 值。
CI 值計算的範例如下表 3-6-2，其他分析方法如正確性。

表 3-6-2 計算學生有關壓力概念一致性(CI 值)的範例

學生	壓力 1	壓力 2	壓力 3	壓力 4	壓力 5	壓力 6	S 值	CI 值	心智模式
1	分子量	科學	科學	科學	科學	科學	$\sqrt{26}$	0.746	科學有瑕疵
2	分子量	活性	活性	活性	活性	活性	$\sqrt{26}$	0.746	活性
3	動能	動能	活性	動能	動能	活性	$\sqrt{20}$	0.570	動能
4	體積	體積	科學	體積	體積	其他	$\sqrt{18}$	0.505	體積
5	科學	體積	科學	體積	體積	科學	$\sqrt{18}$	0.505	雙模式
6	科學	其他	其他	體積	科學	科學	$\sqrt{14}$	0.364	科學+其他
7	分子量	動能	科學	體積	分子量	引力	$\sqrt{8}$	0.107	混合

(三) 完整性

測驗中共有 15 個命題陳述(詳見表 3-6-3), 學生在答題時都有用到者, 完整性為 1, 使用到其中 12 個命題則為 0.8。若使用同一命題的 4 個相關試題中, 學生只有其中 2 題用到該命題, 則該命題的完整性為 0.5。將 15 個命題的完整性平均, 則為某位學生的概念完整性。其他分析方法如正確性。

表 3-6-3 試題中理想氣體概念相關的 15 個命題陳述

子概念	命題陳述	相關題數
體積	同溫、同壓下, 氣體的體積正比於氣體粒子的數目	1
	同溫下, 氣體的體積為氣體粒子活動的空間, 即容器的體積	2
壓力	同溫、同體積下, 氣體的總壓正比於氣體粒子的數目	2
	同溫、同體積下, 某種氣體的分壓正比於該氣體粒子的數目	2
	同溫、同分子數目下, 氣體的壓力與容器體積成反比	2
蒸氣壓	定溫時, 同一液體的飽和蒸氣壓為定值與容器體積無關	2
	定溫下, 若壓縮/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	3
擴散	某種氣體擴散時, 因隨機運動會自高濃度運動至低濃度處	2
	同溫、同壓下氣體擴散速率與其或分子量平方根成反比	4
粒子分布	密閉容器內, 氣體粒子呈現隨機分布	3
	密閉容器內, 壓縮/加大容器體積, 氣體粒子呈現隨機分布	2
粒子運動	密閉容器內, 氣體粒子隨機運動	3
	密閉容器內, 當壓縮/加大容器體積, 氣體粒子仍隨機運動	2
擴散運動	氣體擴散時, 全部的氣體粒子皆運動	1
	氣體擴散時, 全部的氣體粒子運動的方向是不規則的	3

(四) 分析學生在氣體壓力、氣體粒子分布/運動、氣體擴散/擴散運動心智模式的類型、分布及演變途徑，並進一步比較實驗組與控制組兩組學生的相異之處。

二、動態評量測驗

(一) 利用 SPSS 進行成對 t-test，比較實驗組與控制組兩組五次動態評量的成績是否達顯著差異。

(二) 將氣體小測驗與五次動態評量學生的答題情形，分析本體類別及演變情形。本體類別的分析方式如表 3-6-4，。

表 3-6-4 本體類別的分析方式

學生	粒子/連續觀	氣體壓力的成因	粒子分布	粒子運動	本體類別
1	粒子觀	快速運動的氣體粒子不斷撞擊容器壁	隨機分布	全部隨機運動	突現過程
2	粒子觀	氣體粒子互相撞擊	隨機分布	全部隨機運動	突現過程
3	粒子觀	氣體粒子互相撞擊	隨機分布	對流運動	直接過程
4	粒子觀	砝碼重或大氣壓力所造成	隨機分布	粒子向外擠壓	直接過程
5	粒子觀	氣體粒子的重量所造成	排列整齊	粒子向外運動	物質觀
6	連續觀	氣體的總重量壓在容器底部	氣體充滿整個空間	氣體整體運動	物質觀

三、晤談資料分析

晤談內容的分析主要是針對學生對於氣體本質與壓力成因、影響壓力因素及剛性粒子等方面心智模式的類型，以及探究學生經過多重表徵的模型教學後概念及心智模式類型的演變情形。將 14 位標的學生的晤談資料，經由編碼，試圖瞭解學生對於理想氣體的心智模式的類型及演變的過程，編碼的表示方法如圖 3-6-1，每一種概念心智模式類型的編碼詳見表 3-6-5。由兩位評分者共同進行編碼，計算方式為兩人評為相同模式的次數為分子，除以 168(14 人×3 次/人×4 種模式/次)，如下公式所示。編碼結果：相同編碼有 157 個，不同編碼有 11 個，評分者信度達 93.5%。兩位評分者意見不同的部分，在隨後的討論中達成一致。

$$\text{評分者信度} = \frac{\text{評為相同模式的次數}}{168} \times 100\%$$

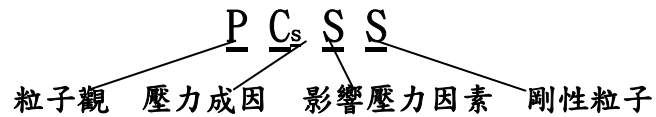


圖 3-6-1 晤談資料心智模式的編碼表示

表 3-6-5 理想氣體質性晤談心智模式類型的編碼方式

概念	粒子/連續觀	壓力成因	影響壓力的因素	剛性粒子
編碼方式	P：粒子觀	O：外在施壓模式	S：科學模式	S：科學模式
	C：連續觀	P：粒子擠壓模式	Si：科學有瑕疵	H：熱脹冷縮
		Ci：粒子互撞模式	W：重量/分子量	
		Cs：科學模式	V：體積模式	
		W：重量模式	A：活性模式	
		D：雙模式	I：引力模式	

四、學習情意問卷

本問卷採用的是李克氏量表的五等第——非常同意、同意、普通、不同意、非常不同意，非常同意給予二分、同意給予一分、普通為零分、不同意為－1 分、非常不同意為－2 分，問卷以量化的方式統計。開放式的部分則進行意見統計與分析整理，作為教學及教材的改進的意見。