

第五章 結論與建議

本研究以台北縣某國立高中高二自然組的二個班級共 79 人為研究對象，將兩個班級分派為多重表徵的模型教學組及傳統文本教學組。利用研究者自編的研究工具診斷式紙筆測驗以及教學前、中、後的晤談，探討高二學生經不同教學法之後理想氣體相關概念的正確性、一致性及完整性(3C)的演變情形，並進一步探究學生心智模式種類、分布情形及心智模式的演變途徑，並利用氣體本質小測驗及五次動態評量測驗來分析學生關於理想氣體本體概念的改變，研究者也希望從學習情意問卷深入了解實驗組學生對於參與多重表徵的模型教學多面向的看法，希望從質性及量化的資料分析，回答在本研究中所提出的問題。本章將綜合陳述研究結論、本研究對科學教育的啟示與建議、未來研究方向與問題三方面，提出研究者的想法。

第一節 結論

本研究根據研究目的及研究結果，歸納出以下六點的結論：

一、學生心智模式的使用是情境相依的，深受題意變因不同的影響

從一系列的答題情形分析，可以觀察出學生心智模式的使用是情境相依的，如果學生對題目的內容熟悉程度相近時，學生對於題幹與題意描述簡短的非情境題答題表現稍佳。反之如果學生平日對於情境題中所描述的現象十分熟悉，則學生對於情境題答題表現稍優於非情境。因此我們可以善加利用平日可以觀察到的巨觀現象，設計成有趣而又具有統整性的情境題，讓學生藉由熟悉的情境中，多思考微觀世界的影響因素，進而推論出合理的微觀機制。學生即使是在同一個時空下，其答題的表現是極容易受不同的變因而影響其想法，而產生概念不一致的情形，學生或許擁有正確的命題，卻因為不瞭解使用的條件限制而作了錯誤的連結。學生在判斷水平狀況下粒子運動時，會認為粒子呈現隨機運動，但在判斷垂直狀況下粒子運動時，則會受重力的影響而認為密度小的氫氣會往上飄動，密度大的氯化氫氣體則往下運動。

二、多重表徵的模型教學有助於學生科學概念的學習

實驗組學生在後測及延宕測驗的正確性的總平均(巨觀、微觀、平均三方面)均顯著優於控制組，微觀的部分更是呈現明顯的差異。分析結果顯示多重表徵的模型教學在建立學生理想氣體的相關科學概念上，的確明顯優於傳統文本的教學。後測的一致性的差異性比較上，七個子概念中實驗組全部都顯著優於控制組，特別是在氣體體積、壓力與粒子運動三個子概念的一致性方面。在概念記憶保留的測驗中兩組一致性的差異性分析與正確性呈現相似的情形，實驗組的學生經由多重表徵的模型教學後，對於理想氣體的本質與主要概念漸漸形成融貫而正確的科學/接近科學模型。實驗組後測及延宕測驗中概念的完整性皆顯著優於控制組。

三、學生對於密閉容器內影響氣壓因素的心智模式的種類

學生在診斷式試題回答六題相關氣體壓力微觀的解釋理由，藉以判斷學生的心智模式，因此判斷出學生的心智模式共有十大類型：科學模式、科學有瑕疵、科學+其他、分子量模式、體積模式、引力模式、動能模式、活性模式、兩種心智模式並存的雙模式，以及不一致的混合模式。

1. 科學模式：同溫、同體積時，氣體壓力與莫耳數成正比。
2. 科學有瑕疵：在不同的情境中，學生大部分使用科學模式，僅及小部分使用其他類型的解釋。
3. 科學+其他：在不同的情境中，學生一半使用科學模式，另一半則使用不同類型的解釋。
4. 分子量模式：學生認為氣體的分子量越大或運動速率越快則壓力越大。
5. 體積模式：容器體積相同，碰撞機率相同，壓力相同或者分子體積大，碰撞機率多，壓力較大。
6. 引力模式：混合氣體間引力變大，碰撞機率多，壓力較大。
7. 動能模式：溫度相同，動能就相同，故混合氣體的總壓相同。
8. 活性模式：分子活性大，運動速率快，壓力較大。

9. 雙模式：在不同的情境中，學生使用兩種模式的解釋次數相等。
10. 混合模式：在不同的情境中，學生會依照情境不同而使用三種以上的模式。

四、多重表徵的模型教學有助於學生建立科學的心智模式

實驗組學生藉由觀察具體模型、電腦動畫及理想氣體粒子模型的投影片、角色扮演的活動，藉由視覺、聽覺、肢體動作等感官刺激來建立與觀察現象相同的心象，並逐步修正或精緻化個體的心智模式而趨近科學模式。教學後學生關於粒子分布、運動、擴散運動方向及分布等概念的心智模式有九成以上是科學模式，即使教學經過五週後幾乎全部的學生仍能維持或繼續演變成科學模式。

五、多重表徵的模型教學與動態評量有助於學生建立突現過程本體

實驗組學生經由視覺混合、具體混合、數學混合與動作混合等多重表徵的模型教學後，建立了完整的剛性粒子的概念，並進一步瞭解粒子微觀的運動是隨機的，瞭解氣壓的成因是粒子對容器壁碰撞時的單位體積內動能轉移(或單位時間內的動量變化/單位面積)，因此有 48.7%的實驗組學生在最初的二節課教學後隨即產生跨越本體及從直接過程轉變成突現過程等較困難的概念改變，另外有 20.5%的實驗組學生在學習過程中逐漸演變成突現過程。從以上的分析顯示出：當學生透過教學理解了完整的剛性粒子概念及微觀世界中粒子與環境的交互作用，則較容易形成突現過程的本體類別，而進行根本的概念改變。換言之，當學生已具備突現過程的概念時，要進行根本的概念改變就不是非常困難的。

六、學生對於多重表徵的模型教學的看法

從學生開放式的問卷中，我們可以瞭解到大部分的學生對於多重表徵模型教學的情意面向是正面的反應居多。實驗組學生最同意「幫助學生理解理想氣體的相关概念」的教學方式為粒子運動模型(51.3%非常同意、48.7%同意，平均分數為 1.51)，認為「使得學習化學變得有趣」的教學方式為作實驗(48.7%非常同意、

41.0%同意、10.3%普通，平均分數為 1.38），覺得「造成了學習的負擔」的教學方式為電子化投影片（2.6%非常同意、7.7%同意、46.2%普通、30.8%不同意、12.8%非常不同意，平均分數為-0.44）。

「如果可以選擇，你喜歡老師運用何種教學方式？」：實驗組學生最喜歡教師使用電腦動畫(64.1%)，其次是教具/具體模型(61.5%)，第三則為作實驗(56.4%)。實驗組學生教學活動中認為最有趣的部分是角色扮演(48.7%)，印象最深刻的部分仍然是角色扮演(41.0%)，主要是角色扮演的活動可以讓全班同學一起參與，同學們覺得藉著個人肢體的活動，讓自己對於氣體粒子擴散的運動及蒸發過程印象十分深刻，也覺得用動作配合老師口語解釋活動的內容，可以將抽象而且微觀的粒子世界變得具體而易懂，因此近四成的學生對角色扮演印象深刻。

實驗組學生認為多重表徵模型教學中需要改進的部分的理由是時間不夠、上課太趕、沒有足夠的時間可以吸收新知，這種想法的學生佔了 30.8%，小部分的學生認為投影片教學/推導公式及關係圖/小組討論等部分需要改進的主要原因也是因為進行以上活動時間不足。

第二節 本研究對科學教育的啟示與建議

一、模型教具與電腦動畫的開發

在本研究中，研究者自行設計的粒子動態模型與蒸氣壓動畫，將抽象的微觀粒子運動概念轉為實體或動畫，可以幫助學生對於粒子微觀運動概念的理解，並進一步提升學生學習動機。

二、教材的設計

本研究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。尤其是模擬實驗的部分，讓學生進行電腦模擬實驗，提升了學生學習動機。

三、在課室的活動中結合實驗活動與小組討論以提升學生之間的合作與互動

本研究教學中設計了課室活動即可進行的實驗：以肺部呼吸模擬器探討波以

耳定律及以針筒加熱的小實驗探討查理定律，不僅器材簡單、操作過程方便而省時。學生對於實驗活動結合小組討論覺得新奇而有趣，給予做實驗能夠增進概念理解與提升學習興趣的評價極高。

四、設計動作混合模型(角色扮演)的教學活動有效提升學習興趣及對概念的理解

實驗組將近一半的學生對於以角色扮演的動作混合模型來學習擴散/蒸發平衡的過程，覺得新奇而有趣。在角色扮演的活動中，學生藉著個人肢體的活動加上教師不斷的以言語的方式解釋擴散、蒸發平衡的過程與影響因素，學生可以親身體驗氣體粒子的運動，深刻的瞭解到氣體粒子是隨機運動、隨機分布的，分子量小的氣體擴散速率較快、蒸氣壓大小會因分子間引力/溫度而不同，並進一步瞭解蒸發平衡(動態平衡)的過程。角色扮演這類型的動作混合模型不僅能提升學生參與教學活動及學習的興趣，且對於氣體粒子運動的動態—隨機的概念的理解有顯著的效果。

五、評量方式的改進

本研究採用一系列的動態評量，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，從一連串的動態評量中，瞭解學生對理想氣體認知發展的歷程，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。

六、將多重表徵的模型教學融入教學策略

本研究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方式修改的參考。特別對於氣體本質是粒子觀-隨機分布、隨機運動的概念，氣體粒子之間的空隙是真空的，理想氣體模型中剛性粒子等概念，建議未來教科書可以視覺化的圖片，輔以電子化的投影片教學，相信能夠建立學生正確的微觀機制與科學概念。本研究嘗試將多重表徵的模型教學融入理想氣體教學中，教學成效顯著優於傳統文本教學，建議科學教師在課室活動中可以在時間許

可下採用模型教學，幫助學生藉由呈現模型與不同表徵之間的交互作用，來觀察並進一步瞭解現象中所蘊含的科學模型，藉以動態修正或精緻化個人的心智模式。

第三節 未來研究的方向與問題

本研究根據研究設計與結果，做出對於本研究未來應該修正的問題與繼續探究的面向如下：

- 一、 本研究原本想要依照 Vosniadou (1994) 分析出哪些心智模式為學生的初始模式、教學後形成的合成模式，不過根據本研究結果無法回答此問題，建議未來可以進行跨年齡的研究，比較不同年齡學生的主要心智模式，應該可以明確回答此問題。此外也可以回答學生心智模式的一致性是否真的如 Vosniadou(2002)在力的意義的研究中指出：孩童學習科學的過程是緩慢，將科學的知識增加到初始的解釋架構中時，會破壞架構的一致性，最後以和現今科學一致的方式再度重建架構。
- 二、 本研究中對於學生關於分子量或分子大小會影響壓力大小的迷思概念一直無法有效的移除，研究者認為可以另行設計電腦動畫的視覺混合模型及角色扮演的動作混合模型，讓學生充分了解：分子量大者運動速率較慢，分子小者運動速率快，但是相同溫度時兩種不同大小的氣體粒子動能是相同的，碰撞容器壁造成的氣壓是相同的，藉著使用多種不同的模型與表徵來幫助學生瞭解微觀的粒子行為，應該能夠有效增進學生對於氣體壓力的概念改變。
- 三、 本研究中對於一半以上的學生關於氣體擴散的心智模式無法建立科學/科瑕模式，研究者建議應該從實驗及電腦動畫設計著手：可以讓學生動手操作氨氣與氯化氫兩種氣體擴散的實驗(若時間不夠可改以觀看實驗錄影帶)，然後再輔以電腦動畫說明為何氯化銨的白煙會在靠近氯化氫的那一端生成，藉以說明相同時間內，氨氣運動速率較快，接著請學生推論並整理出分子量較小擴散速率較快的概念，最後再以數學混合模型連結概念與計算公式，訓練學生連結整體的擴散概念，並融入情境的問題讓學生練習逐步解決問題的過程。