

國立臺灣師範大學教育心理與輔導學系
教育心理學報，民 97，39 卷，4 期，533-554 頁

CISC 教學策略與國中生微粒概念 學習成效之相關研究

林 小 慧

國立台灣師範大學
教育心理與輔導學系

本研究旨在探討具體影像空間教學策略 (CISC) 對國中生微粒概念學習成效的影響。參與研究對象為台北縣 85 位八年級學生，經由分配成實驗組 (CISC 教學) 及控制組 (類比教學)。所有學生均接受「微粒概念理解測驗」的前測及後測，以檢驗 CISC 教學策略對國中生微粒概念學習成效的影響。研究結果以單因子共變數分析 (ANCOVA) 進行統計分析。本研究主要發現：1. 實驗組受試學生其微粒概念之學習成效優於控制組。2. 實驗組男女生其微粒概念之學習成效未達顯著差異。依據統計結果發現，CISC 策略不僅能提升學習者心像操作能力，使二維與三維表徵產生互動，並能透過辨認轉換以洞悉複雜抽象之化學分子結構，減少學習者的認知負荷，且能降低抽象概念的複雜度，有助於學生建構正確心像，以利科學概念的理解。

關鍵詞：具體影像空間教學策略、迷思概念、微粒概念

教育部自 91 年開始推動國中小學資訊融入教學起，各種資訊融入教學模式即獲得廣泛地應用，並且已然成為當今教學的新趨勢。Chou 和 Tsai (2002) 指出，數位課程乃結合了文字、圖像、聲音、動畫、影像等多元性之媒體系統，因此，比傳統課程設計擁有較多的資料表徵結構。是以，教學者可有較多教學表徵 (instructional representation) 的選擇，以規劃適合學習者的學習型態。

就研究者過去的教學經驗，發現學生對於微粒概念的學習甚感困難，並易產生迷思概念 (misconception)，例如微粒概念包含許多需要記憶的學說、定律、符號和事實，因此學生必須以微觀的變化來解釋巨觀的現象。然而，學生既存之先備概念 (preconception) 常會與科學理論發生衝突，由於拒絕放棄先備概念，致使學生排斥、扭曲新概念而產生迷思概念 (Carey, 1985)。為力求學生理解，教師常以類比教學 (analogical instruction) 引導學生進行微觀粒子的想像，促使能與既有概念產生較多屬性的對應與連結，並發展高階關係之對應，而成就正確的科學認知模式 (cognitive model)。然邱美虹、高淑芬 (民 88) 研究指出類比策略固可輔助科學概念心智模式的建構，卻也受限學生先備知識的差異而影響類比對應結果，致使未能達成正確之科學思維。是故，本文深知教學策略對於學生建構科學心智模式具有舉足輕重的影響。

廖焜熙指出(民 88):「化學是一門探討物質結構的科學,許多概念牽涉到微觀世界的抽象思考,不易於感官觸摸學習,只能憑想像思考加以理解。因此,化學學習具有獨特性及侷限性」。基此,圖解(diagram)、圖形(graphical)、動畫(animation)及影像(video)等表徵將有助於學生理解科學概念。Barke 和 Engida (2001) 認為建立抽象概念之心智路徑包括三步驟,依序為:(1) 觀察自然或實驗現象;(2) 自行建立結構的想像;(3) 理解化學符號表徵與理論,其中步驟(2)即屬學生個人認知歷程,然對科學學習的影響卻為甚巨且首要。廖焜熙亦指出(民 88)空間能力(spatial ability)會影響有機立體化學學習成就,凸顯空間能力對於學生理解微粒理論的重要性。有鑑於之前研究結果驗證了具體影像空間教學策略對於空間能力的發展具有正相關的影響(林小慧、熊召弟、林世華,民 95)。是以,本研究爲了探討 CISC 對國中生微粒概念理解的影響,將嘗試釐清 CISC 教學策略輔助學生由素樸概念(naive conceptions)發展至科學概念(scientific conceptualizations)之心智模式建立的成效。

「微粒概念」涵攝「物質的變化」及「氣體微粒」兩大主軸之科學概念,對中學生而言,常因無法直觀微粒現象及其交互作用,而產生迷思概念。本文首先將回顧國內、外有關微粒迷思概念的研究,並分析導致迷思概念的成因。其次,論述 CISC 教學策略之理論基礎暨實徵研究,以期彰顯研究問題癥結與研究價值。

一、微粒迷思概念的研究回顧與分析

(一) 國內、外「物質的變化」迷思概念之回顧與分析

「物質的變化」所牽涉之科學概念包括物理及化學變化,物理變化的理解會影響學生對水蒸發和溶解等概念的學習,而燃燒、生鏽等氧化反應則植基在化學變化的理解,然而上述科學概念均必須築基在分子概念之上。是以,研究指出國中生常因分子概念的發展不完整,致使主題概念下之核心概念與結構產生迷思概念或另有概念(詹耀宗、邱鴻麟,民 93),例如學生常會以日常生活經驗之巨觀觀點來解釋溶解概念之微觀狀態(許良榮、劉政華,民 93; Driver & Russell, 1982; Andersson, 1984; Ebenezer & Erickson, 1996; Nieswandt, 2001)。

另林振霖(民 81、民 82)對國中生進行分子概念發展之診斷研究,歸納出學生對以分子概念爲基礎的理論存有迷思概念,例如:(1) 誤認硫或空氣爲化合物;(2) 誤將一滴水以物理方法分割後,會形成氫氧根離子;(3) 誤認水加熱變成水蒸氣時,水分子體積增大;(4) 誤將「 H_2 」表示一個氫原子,「 $2H$ 」表示二個氫分子;(5) 誤認空氣是由氮與氧原子結合成一多原子分子的化合物,或是 NO 與 N_2 分子組成的混合物;(6) 誤認一大氣壓下 1 克的固態冰、液態水與水蒸氣的體積中,以固態冰的體積最大,或三者體積均相同;(7) 誤認兩種元素僅可構成一種化合物;(8) 誤認原子均如分子可獨立存在於自然界等,此與 Osborne 與 Cosgrove (1983) 以及 Bar 與 Gaglioli (1994) 的研究顯示學童無法理解微觀之蒸發現象,而有蒸發是水消失、水變成雲,或者是水變成氫氣和氧氣現象的結果一致。

再者,研究結果亦發現國中生對於化學變化之燃燒反應(許良榮、王瓏真,民 92; Happs, 1980; Boujacude, 1988; Ross, 1991)、生鏽反應(Schollum, 1981, 1982; Driver, 1985) 普遍無微觀之氧化反應的概念。此外,學生對於化學變化(謝志仁、郭重吉,民 82; 黃寶鈿、陳世雄,民 82; 陳世雄,民 81; Meheut, Saltiel, & Tiberghien, 1985; Driver, 1985; Stavy, 1990)、氣泡以及沈澱(Schollum, 1982)的生成緣由均容易產生另有概念(alternative conception)或存在迷思概念(misconception)。另有關國中生「粒子與化學平衡」概念之心智模式與成因的研究(邱美虹,民 92),則發現學生並不瞭解微觀動態平衡的觀念,以致持有粒子靜態觀點來解釋現象。茲將上述研究文獻歸納整理如表 1。

表 1 國內、外「物質的變化」迷思概念研究一覽表

研究者	研究對象	研究內容	研究結果
林振霖 (民 81、民 82)	國二學生	分子概念	<ul style="list-style-type: none"> * 沒有原子、分子與離子的粒子模型 * 無法區分元素與化合物的分子模型 * 無法以正確分子式表示粒子模型 * 無法以粒子觀點解釋物理或化學變化
邱美虹 (民 92)	國中學生 高中學生	粒子與化學 平衡	<ul style="list-style-type: none"> * 不瞭解微觀動態平衡的觀念 * 以粒子靜態層次來解釋一些現象
許良榮、王瓏真 (民 92)	國中學生 國小學生	燃燒概念	<ul style="list-style-type: none"> * 誤解燃燒即是熔化 * 無法以粒子觀點解釋燃燒現象
許良榮、劉政華 (民 93)	高中學生 國中學生 國小學生	溶解概念	<ul style="list-style-type: none"> * 以「生活經驗」(巨觀觀點)取代「學校經驗」(粒子觀點)進行溶解判斷 * 過渡推論「油、密度與溶解的關係」及「所有的酸溶於水」。
陳世雄 (民 80)	國中學生	蒸發、凝結	<ul style="list-style-type: none"> * 學生對蒸發現象沒有質量守恆概念
黃寶鈿、陳世雄 (民 82)	國中學生	溶解、蒸發 昇華、燃燒 生鏽、沈澱	<ul style="list-style-type: none"> * 學生有錯誤的物質概念 * 不正確物質變化概念 * 無法辨別物理和化學變化
詹耀宗、邱鴻麟 (民 93)	國二學生 國三學生 高二學生	氧化還原	<ul style="list-style-type: none"> * 對氧化還原及燃燒概念的命題陳述理解的不完整 * 對氧化還原及燃燒的相關概念有不當的錯置與連結 * 概念發展尚未達到形式發展階段
謝志仁、郭重吉 (民 82)	國中學生	燃燒、生鏽 加熱、沈澱	<ul style="list-style-type: none"> * 學生對化學變化存在另有概念
Andersson (1984)	15 歲	溶解概念	<ul style="list-style-type: none"> * 糖溶解隨即消失或仍存在但質量變輕 * 混淆體積和質量的觀念。
Bar & Gaglioli (1994)	學生	氣體概念 粒子概念	<ul style="list-style-type: none"> * 水蒸發形成氫氣和氧氣的迷思概念 * 存在「凝結=冷=水=物質」和「蒸發=熱=水蒸氣=物質」的模糊概念
Boujacude (1988)	國二學生	化學變化 (燃燒)	<ul style="list-style-type: none"> * 物理和化學變化可交互發生 * 有助燃效果的氧，在反應中不會耗損 * 鋼絲絨燃燒後的質量不變
Driver & Russell (1982) Driver (1985)	8~14 歲 學生	溶解概念 鐵釘生鏽 質量守恆	<ul style="list-style-type: none"> * 溶液重量少於糖加水重量之迷思 * 鐵釘生鏽質量增加乃因鏽的產生所致 * 誤解鐵釘生鏽後質量不變 * 鐵釘生鏽質量減少乃因鏽腐蝕鐵所致 * 物質不可見則不存在 * 以物理觀點解釋化學變化
Ebenezer & Erickson (1996)	11 年級	溶解概念	<ul style="list-style-type: none"> * 糖溶解過程會產生新物質
Meheut et al. (1985)	小五學生 小六學生	化學變化 (燃燒)	<ul style="list-style-type: none"> * 物質在化學變化前後其性質不變
Nieswandt (2001)	11-14 歲	溶解概念	<ul style="list-style-type: none"> * 溶解過程會產生新物質
Osborne & Cosgrove (1983)	學生	蒸發概念	<ul style="list-style-type: none"> * 蒸發是水乾掉不見的現象 * 蒸發是水變成氫氣和氧氣 * 蒸發是水跑到空氣中變成雲

(續下頁)

表 1 (續)

Ross (1991)	一般人	化學變化 (燃燒)	* 誤解蒸發和燃燒是同義字 * 氧氣只是協助角色並非反應物 * 火焰是破壞過程的主要物質 * 燃料可轉變能量而消耗
Schollum (1981, 1982)	國中學生 國小學生	鐵釘生鏽 氣泡生成 沈澱生成	* 無微觀之氧化反應的概念 * 誤解氣泡生成是物理變化 * 學生無法以微觀層次解釋，僅能巨觀陳述事實
Stavy (1990)	學生	質量守恆	* 物質不可見則不存在 * 氣體無重量或重量比液體、固體輕 * 以物理觀點解釋化學變化等

(二) 國內、外「氣體微粒」迷思概念之回顧與分析

1980 年代，美國科學教師陸續反應「物質之微粒理論（或模式）的教學」對很多不同年齡層的學習者而言均非常困難（林財庫，民 93）。依據林財庫、林慧潔（民 92）的研究顯示，多數中小學生非但沒有「氣體微粒基本組成要素或結構單元」的本體論信念，並且無法區辨「原因與結果」，是以，對於氣體微粒的結構和性質普遍存在錯誤認知，包括空氣不具重量、氫氣重量為負並會上浮、空氣即是灰塵、細菌和煙霧，以及氣體無法切割成更小粒子等謬誤（史嘉章，民 91；蘇育任，民 90；鄭志鵬，民 86；黃湘武、黃寶鈿，民 74a、民 74b；Stavy, 1988）。

另有關氣體微粒運動的研究發現，學生普遍存在迷思概念，包括：（1）學生傾向直觀推論微粒氣體的本性與密閉容器內之氣體壓力有關（邱美虹，民 90）；（2）學生普遍認為空氣運動來自外力推動，並常以擬人化方式想像空氣的運動模式（黃寶鈿，民 91）；（3）學生存在加熱後的氣體微粒會膨脹的迷思認知（李明中，民 82；李秀芬，民 84）；（4）多數學生沒有粒子動力的概念，普遍存在靜態粒子模型的迷思（洪振方，民 76；Novick & Nussbaum, 1978, 1981；Stavy, 1988）；（5）對氣體微粒傾向巨觀模型，如連續性模型、混亂性模型（鄭志鵬，民 86）。

此外，關於氣體微粒模型概念的研究顯示（Stavy, 1988），僅有 15% 之中學生（7-8 年級）具有動態粒子觀點，能以微觀粒子層次解釋巨觀之蒸發或昇華現象，此與 Bar（1986）及 Bar 與 Travis（1991）的研究結果一致。Benson、Witrock 與 Baur（1993）研究小學 2 年級到大學學生其氣體概念的發展程序，結果依序為連續緊密型（continuous/concentrated）→ 連續分散模型（continuous/expanded）→ 粒子連續模型（particulate/continuous）→ 粒子分散模型（particulate/expanded），並僅有 48% 主修化學的大學生有氣體微粒間是真空狀態，以及 37% 有氣體微粒會自由分佈與不斷運動的概念。Lin、Cheng 及 Lawrenz（2000）對高二進行氣體定律理解的研究，發現三種關於動力學的迷思：（1）大氣壓力將氣體分子壓至瓶子底部；（2）加熱瓶子會使氣體粒子遠離火源且上升；（3）溫度增加促使氣體分子的體積膨脹。茲將上述研究文獻歸納整理如表 2。

表 2 國內、外氣體微粒迷思概念研究一覽表

研究者	研究對象	研究內容	研究結果
史嘉章（民 91）	國中學生 高中學生	氣體粒子	* 空氣不具有重量 * 氫氣具有減輕重量與上浮力的性質 * 密閉容器內沒有氣壓
李秀芬（民 84）	高一學生	氣壓概念	* 氣體粒子加熱後體積會膨脹
李明中（民 82）	國三學生	氣體粒子	* 氣體粒子加熱後體積會膨脹 * 無法理解氣體均勻分佈的意義

(續下頁)

表 2 (續)

林財庫、林慧潔 (民 92)	國小學生 國中學生	空氣基本性 質氣體微粒 特徵 蒸發、凝結	* 沒有氣體基本組成概念 * 無法區分基本空氣組成與起源 * 認為「物性 = 物質」 * 無法區辨原因與結果
邱美虹 (民 90)	國中學生 高中學生	氣體粒子	* 體積較大，造成擠壓較嚴重。 * 大分子量的物質，所產生的重量及壓力均較大。 * 誤認為活性即是運動速度的大小
洪振方 (民 76)	國中學生	空氣體積 空氣壓力 粒子模型	* 學生傾向靜態的粒子模型 * 學生沒有粒子動力的概念 * 學生無法以粒子觀點解釋巨觀之物理或化學變化的現象
黃湘武、黃寶鈿 (民 74a、民 74b)	國中學生 國小學生	空氣概念	* 誤認空氣為灰塵、細菌和煙霧 * 無法想像空氣的粒子性
黃寶鈿 (民 91)	國小學生 國中學生	粒子概念 氣體運動	* 誤認空氣的運動來自於外力的推動 * 以擬人化方式想像空氣的運動模式
鄭志鵬 (民 86)	高一學生 高二學生	氣體概念 粒子概念	* 對氣體微粒多採巨觀模型 * 排斥質量守恆概念 * 誤解氣體體積、分子量等概念
蘇育任 (民 90) Lin et al. (2000)	國小學生 高二學生 中學教師	粒子概念 氣體定律	* 氣體無法切割成更小粒子 * 大氣壓力將氣體分子壓至瓶子底部 * 加熱瓶子會使氣體遠離火源且上升 * 溫度增加促使氣體分子的體積膨脹。
Bar (1986)	學生	氣體狀態轉 化概念	* 沒有質量守恆概念 * 密閉中的水沒有蒸發或汽化現象 * 無法以微觀粒子層次解釋巨觀現象
Bar & Travis (1991)	學生	氣體狀態轉 化概念	* 物質蒸發變成氣體就是消失 (沒有質量守恆概念) * 密閉中的水不會發生蒸發或汽化現象 * 無法以微觀粒子層次解釋巨觀現象
Benson et al. (1993)	二年級到 大二學生	氣體概念	* 氣體概念的發展順序為： 連續緊密型→連續分散模型→ 粒子連續模型→粒子分散模型 * 主修化學大學生僅 48%有氣體間存在真空，37%有氣體 動態概念。
Stavy (1988)	國二學生 國三學生	氣體概念 粒子概念	* 僅 15% 7-8 年級學生會用粒子理論解釋蒸發或昇華的過程 * 九年級學生能以粒子層次解釋氣體概念，但鮮少能推及 於固體及液體概念 * 學生持有氣體=呼吸=生命=思想=靈魂的模糊聯想 * 學生存在氣體沒有重量 (質量) 或重量 (質量) 為負的 迷思概念
Novick & Nussbaum (1981)	五年級到 大二學生	氣體概念 粒子概念	* 多數學生對氣體的思維： 宏觀、連續、靜態和沒有真空存在 * 少數學生對氣體的思維： 微觀、斷續、動態、和有真空存在
Novick & Nussbaum (1978)	國二學生	氣體概念 粒子概念	* 學生普遍認為容器中的氣體顆粒會聚集在容器的氣嘴 口或底部 * 存在氣體顆粒均勻分佈後即停止運動的迷思 (靜態觀 點)

綜上所述，學生普遍沒有正確的氣體微粒和質量守恆概念，並且無法以微觀變化來解釋物質狀態及空氣組成的巨觀現象，亦即學生從巨觀、連續、靜態與無交互作用的既有或迷思概念，逐次過渡並建構至微觀、斷續、動態與有交互作用之科學思維的歷程是有困難的。因此，本研究嘗試分析學習者迷思概念和概念結構之樣式（pattern）、層次和成因，為既有概念結構到科學概念結構提供橋樑，並發展有效教學模式與策略，以協助學生達成概念之理解、重建和改變。

二、CISC 教學策略之理論基礎與實徵研究

（一）CISC 教學策略之定義

Barke 和 Engida (2001) 研究指出：「結構想像 (structural imagination) 為現象和化學符號 (chemical symbols) 的中介者 (mediator)，而使用立體結構模型可使微觀原子或分子更加具體視覺化 (visualization)，不僅可發展學生的空間能力，也將使其更易理解分子式與化學平衡式」。是以，為協助學生建構微粒概念之心智模式，本研究擬藉融合質性靜態與量化動態之視覺圖像，並輔以立體模型和口語敘述所發展之具體影像空間教學策略 (Concrete Image Spatial Concepts instructional strategy; CISC) (林小慧、熊召弟，民 94) 融入理化場域，透過立體結構模型 (stereoscopic structure model) 或電腦動態圖像 (computer dynamic picture) 的呈現，協助學生對其無法直接觀察的微觀粒子世界或巨觀天文現象，建構三度空間的心智模式，以理解科學理論與概念，其空間策略融入教學之學習路徑參照圖 1。

（二）CISC 教學策略之內涵

CISC 教學策略的內涵乃植基於三維度視覺教學理論之上，若要探討 CISC 本質意涵，則必須論述三維度視覺教學理論，茲將闡釋如下：

1. 三維度視覺教學技能內涵

邱美虹及傅化文 (民 82) 研究分子結構表徵對學生之解題策略及學習成就的影響，發現分子表徵方式對學生解題及學習影響甚巨，實驗證明以具體分子模型表徵的學習成就最高。基此，具體分子模型有助大學生及研究生在化學方面的解題成就，並意味儘管空間能力發展健全的成年人，實際模型表徵仍然能夠提升其辨識洞察微觀現象的能力。基此，三維度視覺技能應用於微粒概念單元之教學，能協助學生建立正確科學認知，茲將其內涵分述如下：

（1）立體圖形法

立體圖像係由一對分子模型的圖畫或照片所構成，藉由右眼觀察其中之一種照片會出現一種圖像，左眼觀察另一照片又再出現另一種圖像的原理，透過左、右兩眼觀察一對分子圖形，依據視差產生不同圖像，而產生立體表徵是謂「立體圖形法」。研究結果指出 (廖焜熙、邱美虹，民 85；Nicholson, Seddon, & Worsnop, 1977)，立體圖形法可應用在分子模型上，藉由立體圖像的應用，將分子或晶體結構中原子之相對位置清楚地顯示出來。有鑑於目前教科書均以二維表徵書寫，使此法於研究之應用滯礙難行，又教育宗旨均期望透過引導，促使學生產生學習遷移，能夠自行建構想像與轉換能力，達到學習目標，故本研究之 CISC 教學策略之教學媒體應用並不採此方式。

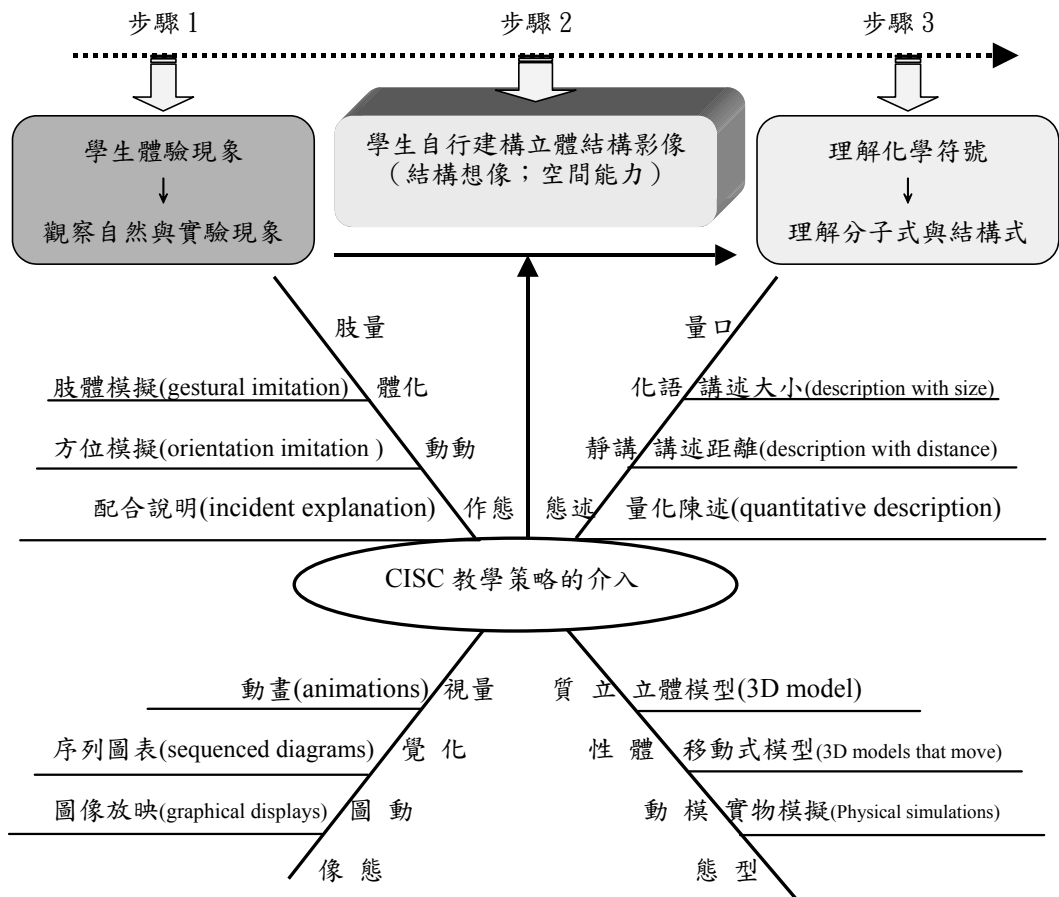


圖 1 具體影像空間策略 (CISC) 融入教學之學習路徑圖

(2) 模型

Sedden、Eniayeju 與 Jusoh (1984) 曾對奈及利亞中學生進行三種教學計畫，教導心像旋轉操作 (visualization of the rotation operations) 之學習，研究結果顯示，觀察轉動中之模型，有助於學生辨認分子旋轉過程及其深度線索變化情形。因此，模型融入教學有助於提升學習者對微觀分子或晶體結構 (crystal structure) 的理解，亦即透過立體原子、分子模型表徵之展示，有助於學生建構一個三度空間的心智模式。

Zoller (1990) 的研究顯示，模型表徵適合進行抽象、非直覺或邏輯上不具高相關概念的教學。其次，Gabel 與 Sherwood (1980) 亦指出，教學時提供學生模型的操作與使用，將有助於化學鍵、化學平衡、和酸鹼理論的學習表現。而根據 Sedden 等人 (1984) 的研究顯示，教學上若同時使用模型和圖形，其學生表現會較僅使用圖形者為佳。邱美虹、傅化文 (民 82) 則提出不同成就族群學生在面對具體分子模型問題時，其解決問題的表現較二維表徵者為佳，尤其是對低成就組的學生幫助更大，此見解亦與 Sedden 等人的看法一致。

Barke 和 Engida (2001) 對德國與依索比亞 7 年級到 12 年級學生，進行不同文化層面下結構化學與空間能力之研究，其研究結果建議使用立體結構模型 (stereoscopic structure model) 有助於初學

者的化學理解。Barke (1993) 曾對德國中學生進行何時才有能力理解分子模型的立體結構、男女生的空間能力上是否有差異，以及空間能力是否可藉模型之操作訓練而有所增進的研究，結果顯示德國中學生大部分在 14 歲以後，才有能力理解化學分子模型的立體結構問題，同時以結構性分子模型進行教學及適當舉例對男女生空間能力發展均有正相關的影響。是以，透過立體結構模型展示之教學策略，可協助學生建構或操弄一個三度空間的心智模式，並確實提升其微粒概念的學習成效。基此，本文將擬藉物質粒子模型 (particulate model of matter)，作為 CISC 教學策略之教學媒體之一。

3. 動態圖

Seddon 與 Moore (1986) 運用一組動態圖，來表現分子連續旋轉之型態，其旋轉順序圖像，可藉由幻燈片投射呈現 (廖焜熙、邱美虹，民 85; Bodner, Cutler, Greenbowe, & Robinson, 1984; Rozzelle & Rosenfeld, 1985)，此過程乃經由假想步驟，將分子的反射圖像顯示出來，而其旋轉操作所產生之連續圖形，在每次轉動角度為「10°」的效果最佳。由於個人電腦操作之普適性，利用電腦動畫教學，不論是在分子旋轉的操控性上，或是立體結構視覺化之效果，均比幻燈片更為方便有效 (廖焜熙、邱美虹)，本研究考量電腦動態圖教學媒體應用之方便性與有效性，將電腦動畫教學 (animational instruction) 作為 CISC 教學策略之輔助教學媒體。

(三) 三維度視覺教學理論之實徵研究

邱美虹、傅化文 (民 82) 指出：「由於分子結構存於微觀世界，學生學習立體化學 (stereochemistry) 時，對於分子中原子間的相對位置或特性的理解，著實感到困難。是以，要瞭解原子間的立體關係必須具備想像力，然而這對初學者而言，並非易事，因此教學上必須藉助模型以協助學生瞭解其空間相對位置。」研究結果顯示 (邱美虹、傅化文，民 82; Talley, 1973) 接受微粒模型教學的學生，在立體化學解題的表現較佳，高低成就組的差異也最少。又廖焜熙 (民 88) 提出藉由媒體輔助教學，如立體圖像、模型、動態圖、鏡子、影像等，有利於初學者操控分子結構心像，並建議動畫或分子模型 (molecule model) 的教學，有助於矯正初學者的迷思概念。而 Paivio (1986, 引自 Rohr & Reimann, 1998) 也指出教學表徵型式 (representational formats) 的呈現會影響學生的學習理解，例如文字 (textual) 可闡述命題表徵 (propositional representation)、圖形能提供心像，而動畫/影像則可輔助動態心智模式的建立。Newell (1982, 引自 Rohr & Reimann, 1998) 則建議動畫教學 (animational instruction) 不僅有助於初學者建立正確的科學概念，協助克服理解這些概念的認知困難，且能夠建構知識層次 (資訊) 與表徵層次 (符號) 間的連結，以及提升本體理解 (ontological comprehension) 和計算問題 (computational problem) 的能力。Holford 與 Kempa (1970) 的研究亦提出使用實體操弄的學生較使用二維表徵的學生，擁有較佳之結構透視與解釋的能力。

綜上所述，CISC 教學策略融入微粒概念單元教學，不但能藉由微粒模型產生明確的巨觀層次 (macroscopic level) (例如：水分子的蒸發、體積的膨脹) 以降低抽象概念的複雜度，同時對於較難以文字方式描述與理解之微觀交互作用的現象 (例如：化學反應)，透過視覺描述 (visual description) 將有助於學習者建構正確心像，以利其微粒概念的理解。依據上述動機，本研究有二個目的：

- (1) 探討「CISC 教學策略」對國中生微粒概念學習成效的影響。
- (2) 探討「CISC 教學策略」對男女學生微粒概念學習成效的影響。

基此，本研究的主要問題包括：

- (1) CISC 教學策略對國中生微粒概念學習成效的影響為何？
- (2) CISC 教學策略對男女學生微粒概念學習成效的影響為何？

針對上述問題，本研究所提出之假設如下：

- (1) 接受 CISC 與類比教學策略之國中生其微粒概念之學習成效未達顯著差異。
- (2) 接受 CISC 之男女學生其微粒概念之學習成效未達顯著差異。

方 法

本研究採準實驗設計，茲將研究對象、研究工具、研究設計與研究步驟說明如下：

一、研究對象

研究對象為台北地區某縣立國民中學八年級學生，共有二個班級參與此研究，有效樣本共 85 人（男生 46 人，女生 39 人）。班級選取是透過相識學校的理化老師，在可配合之情形下進行研究，屬便利樣本性質。參與研究的 T 老師畢業於師大化學系，為資深在職理化教師，教學資歷 9 年，現今於師大科學教育研究所進修。施測年級與男女生人數統計，如表 5 所示。

表 5 受試者各變項彙整結果摘要表

組 別	性別	性別人數(N)	總人數(N)	百分比	累積百分比
實驗組	男生	24	44	51.8%	51.8%
	女生	20			
控制組	男生	22	41	48.2%	100%
	女生	19			
總 和	男生	46	85	54.1%	54.1%
	女生	39		45.9%	100%

二、研究工具

（一）國中八年級「物質的構造」單元之 CISC 教學活動

CISC 教學活動旨在協助學生對於抽象之微粒概念建立心像，以發展其空間能力，促使更易瞭解原子或分子結構。是以，本研究依據課程之單元教學目標、內容與活動，發展 CISC 教學策略，並編擬國中八年級「物質的構造」單元之 CISC 教學活動，其本質含括三大教學主軸，其一，控制教學變項為口語/文字講述教學活動；其二，操作教學變項則涵攝移動式立體模型、3D 視覺圖像、實務模擬動畫以及序列圖表等表徵模型的呈現；其三，教師引導學生以肢體動作模擬原子結構或分子運動，並配合比例、方位及大小等量化的陳述，實驗操作架構乃植基於 Boulter 與 Buckley（2000）所建構之模型類別（typology of models）發展而成（參照圖 2）。

（二）微粒概念理解測驗

本研究工具之編製，係根據「物質的構造」之單元教學目標、內容與活動，並配合微粒概念所涵攝之化學符號表徵暨相關科學理論，發展「微粒概念理解測驗」共 55 題。測驗內容之撰擬涵攝微觀粒子特性、結構、表徵與變化之概念理解，以確實檢視學生微粒概念學習歷程與認知模式是否完備。測驗構面包括「微觀粒子的特性」、「元素符號與分類」、「原子學說與結構」、「微粒構造與表徵」以及「動態粒子觀點」五個分測驗（參照表 6）。

2. 信度檢驗

（1）Cronbach's α 信度

各分測驗 Cronbach's α 的係數介於 .54 至 .85，總測驗之 Cronbach's α 的係數為 .94（參照表 7），顯示本測驗之分測驗與總測驗其 Cronbach's α 信度良好。

（2）重測信度

本研究選擇一班受試者（ $N=35$ ）進行兩次相同之「微粒概念理解測驗」，前後間隔四週。所得資

料以皮爾森積差相關進行分析，結果顯示二次施測結果相關為.96，達.01之顯著水準，各分測驗之重測信度值則介於.66至.88，依序為「微觀粒子的特性」為.79、「元素符號與分類」為.66、「原子學說與結構」為.87、「微粒構造與表徵」為.84、「動態粒子觀點」為.88（參照表7），顯示本測驗之穩定性尚在可接受的範圍。

表6 微粒概念理解測驗之構面與檢測能力摘要表

分測驗	主要測驗能力	題號	題數
微觀粒子的特性	元素與化合物組成粒子的區別、金屬與非金屬在日常生活應用、金屬與非金屬的性質與通性	1,2,3,4,6,8,9,10	8
元素符號與分類	元素分類方式與化學性質； 元素分類方式與物理性質； 元素符號表徵與性質。	12,13,14,18	4
原子學說與結構	道耳吞原子說、原子組成粒子；判定原子種類依據、原子結構； 反應前後原子之物性與化性； 週期表的由來。	19,20,22,23,24,25,27, 28,29,31,34	11
微粒構造與表徵	原子形成離子之組成粒子變化；化合物形成之組成粒子變化； 物質分子之化學式表徵； 原子與離子構造差異。	35,36,37,38,39,40,41, 42,43,44,45,46,47,48	14
動態粒子觀點	以粒子觀點解釋元素與化合物、物理變化、化學變化、混合物、純物質、溶解現象、物質三態。	49,50,51,52,53,54,55, 56,57,58,59,60,61,62, 63,64,65,66	18
合計			55

(3) 個別項目信度 (individual item reliability)

此指標乃以 Amos 5.0 進行二階驗證性因素分析，以評估測量變項對該潛在變項之指標信度 (indicator reliability)，第一階因素負荷量的平方 (λ^2) 介於.28~.87，除了「元素符號與分類」(C4) 外，其餘因素負荷量的平方均高於.50。此外，五個一階因素能被第二階共同因素解釋的百分比，分別為.71、.80、.86、.87、.76 (即徑路係數 λ^2)，所有因素負荷量的平方均高於.50 且呈顯著性 (參照表7)，符合李茂能 (民95) 與 Hair、Black、Babin、Anderson、與 Tatham (2006) 之建議值。

(4) 成分信度與組合信度

本研究以 Amos 5.0 進行二階驗證性因素分析，結果顯示五個一階因素之成分信度 ($P_c = (\sum\lambda)^2 / [(\sum\lambda)^2 + (\sum\epsilon)]$) 依序：「微觀粒子的特性」為.74、「元素符號與分類」為.58、「原子學說與結構」為.83、「微粒構造與表徵」為.85、「動態粒子觀點」為.87；二階因素之組合信度 (composite reliability, CR) 為.95，除「元素符號與分類」外，其餘均高於.70，符合李茂能 (民95) 之建議值，顯示本測驗之成分信度與組合信度尚 (參照表7) 在可接受範圍內。

表7 微粒概念理解測驗之信度一覽表

	微觀粒子的特性	元素符號與分類	原子學說與結構	微粒構造與表徵	動態粒子觀點	全測驗
Cronbach's α (N=356)	.80	.54	.80	.83	.85	.94
重測信度 (N=35)	.79	.66	.87	.84	.88	.96

(續下頁)

表 7 (續)

個別項目信度 (N=356)	.71	.80	.86	.87	.76
組合信度 (N=356)	.74	.58	.83	.85	.87

3.效度檢驗

(1) 效標關聯效度

本研究以國二上學期第二次理化段考成績為效標，與「微粒概念理解測驗」之得分求相關以建立效標關聯效度中的同時效度，受試樣本 35 位。結果得相關為.91，達 $p < .01$ 之顯著水準。

(2) 探索性因素分析

本研究為了驗證每一分測驗試題所測驗的能力相同，以五個分測驗的單數題與偶數題得分之加總為新變項，共產生十個新變數，依序為「微觀粒子的特性」單數 (C1)、「微觀粒子的特性」偶數 (C2)、「元素符號與分類」單數 (C3)、「元素符號與分類」偶數 (C4)、「原子學說與結構」單數 (C5)、「原子學說與結構」偶數 (C6)、「微粒構造與表徵」單數 (C7)、「微粒構造與表徵」偶數 (C8)、「動態粒子觀點」單數 (C9)、「動態粒子觀點」偶數 (C10) (如表 8 所示)。



圖 2 實驗組與控制組教學策略架構比較對照圖

表 8 十個新變項摘要表

分測驗	題號	題數
微觀粒子的特性測驗單數(C1)	1、3、9	3
微觀粒子的特性測驗偶數(C2)	2、4、6、8、10	5
元素符號與分類測驗單數(C3)	13	1
元素符號與分類測驗偶數(C4)	12、14、18	3
原子學說與結構測驗單數(C5)	19、23、25、27、29、31	6
原子學說與結構測驗偶數(C6)	20、22、24、28、34	5
微粒構造與表徵測驗單數(C7)	35、37、39、41、43、45、47	7
微粒構造與表徵測驗偶數(C8)	36、38、40、42、44、46、48	7
動態粒子觀點測驗單數(C9)	49、51、53、55、57、59、61、63、65	9
動態粒子觀點測驗偶數(C10)	50、52、54、56、58、60、62、64、66	9
合計		55

本研究利用上述十個變項進行因素分析，並使用主軸法（Principal Axis Factoring），依據測驗向度萃取五個因素，並使用正交轉軸法之最大變異法（varimax）進行分析，由表 9 所示，各因素負荷量皆大於.70，因素分析後解釋量佔測驗總變異數的 84.10%，顯示本研究測驗檢具良好的建構效度。

表 9 轉軸後的成分矩陣

分測驗	因素1	因素2	因素3	因素4	因素5
原子學說與結構測驗單數(C5)	.72	.31	.27	.15	.18
原子學說與結構測驗偶數(C6)	.76	.22	.25	.08	.11
微粒構造與表徵測驗單數(C7)	.75	.20	.30	.24	.10
微粒構造與表徵測驗偶數(C8)	.78	.20	.25	.22	.16
微觀粒子的特性測驗單數(C1)	.25	.85	.20	.07	.18
微觀粒子的特性測驗偶數(C2)	.30	.76	.26	.25	.01
動態粒子觀點測驗單數(C9)	.43	.25	.78	.15	.10
動態粒子觀點測驗偶數(C10)	.37	.29	.80	.15	.13
元素符號與分類測驗單數(C3)	.21	.13	.12	.1	.95
元素符號與分類測驗偶數(C4)	.29	.21	.18	.90	.1
特徵值	2.88	1.73	1.68	1.07	1.06
解釋量	28.77%	17.26%	16.78%	10.70%	10.60%
總累積變異量84.10%					

（3）驗證性因素分析

研究者進一步透過 Amos 5.0 軟體最大似法（maximum likelihood method, ML）進行二階驗證性因素分析，以考驗「微粒概念理解測驗」之五因素模式是否與資料適配。為了簡化假設模式並降低個別題項措辭所造成的影響，本研究將五個微粒概念理解構面題項隨機分成 2 組，並加總形成測量指標，整份測驗計有 10 個觀察變項，可提供 55（10×11÷2）個資料點，實際估計參數為 25 個，自由度 30，整體模式可辨識。二階驗證性因素分析結果如圖 1 所示，茲從「基本的適配標準」（preliminary fit criteria）、「整體模式適配度」，及「模式內在結構適配度」三方面來進行模式適配度的評鑑，以考驗測驗模式是否能解釋實際觀察值，適配評鑑結果如表 10 所示。

首先，模式基本適配度的檢驗結果，各觀察變項之誤差變異數皆無負值，因素負荷量均介於.53~.93 之間。其次，為了釐清模式之外在品質，本研究進一步考驗整體模式適配度，所得之 $\chi^2 =$

53.368, $p = .004$, 達顯著水準, 表示必須拒絕理論上共變數矩陣與觀察資料矩陣相符之假設, 但由於 χ^2 值會隨樣本數而波動, 只要樣本數夠大, 幾乎所有模式都可能被拒絕。是以, 本研究將參酌 Amos 5.0 所提供的其他適配指標, 包括絕對適配指標之適配度指標 (GFI)、 RMR 、平均近似值誤差平方根 ($RMSEA$), 增值適配指標之調整後適合度指標 ($AGFI$)、 NFI 、比較適合度指標 (CFI)、 TLI , 以及精簡適配指標之 $PNFI$ 、 $PCFI$ 、卡方自由度比 (χ^2/df) 來考驗模式的適配度。其次, 除了誤差變異之 r^2 未達顯著水準外, GFI 、 RMR 、 $RMSEA$ 等絕對適配指標指數皆在理想數值範圍內, 是以模式與觀察值尚稱相符。在增值指標方面, $AGFI$ 、 NFI 、 CFI 、 TLI 之適配指數亦在理想範圍內, 假設模式與獨立模式比較起來適配良好。另精簡適配指標方面, $PNFI$ 、 $PCFI$ 以及卡方自由度比 (χ^2/df) 等適配指數皆在理想數值範圍內。基此, 就整體模式而言, 不同構面之「微粒概念理解測驗」的假設模式與實際觀察值尚且符合。

再者, 模式內在結構適配度 (fit of internal structure of model) 評鑑部分 (參照圖 3), 所有估計的參數均達顯著水準, 第一階因素負荷量 λ 分別是 .74、.79、.71、.53、.93、.76、.83、.89、.89、.87, 因此, 一階因素對指標變項之個別項目信度 (Standardized Regression Weights, 類似回歸係數的 R^2) 依序為 .55、.62、.50、.28、.87、.57、.69、.79、.79、.76 (因素負荷量的平方), 除 C4 外, 其餘皆大於 .5 的理想門檻值。第一階因素被第二階因素解釋的因素負荷量 (即徑路係數 γ) 分別為 .84、.89、.93、.93、.87, 是以五個一階因素能被第二階共同因素所解釋之百分比, 依序為 71%、80%、86%、87%、76% (徑路係數 γ^2), 綜上所述, 本研究之假設模式的內在品質尚在可接受範圍內。

最後, 依據「微粒概念理解測驗的因素效度考驗: 二階 CFA 模式」檢驗結果顯示, 五因素之「微粒概念理解測驗」二階模式與資料之適配度尚稱符合。

表 10 二階驗證性因素分析適配度評鑑

評估項目		理想評估結果	本研究徑路模式	模式適配度評估	
基本 合適	誤差變異	1.無負值	是	佳	
		2.達顯著水準	除 r^2 外, t 值大於 2.58	未盡理想	
	因素負荷量	介於 .5~.95	.53~.93 之間	佳	
模式 外在 品質	絕對 適配 指標	χ^2 值	不顯著	$\chi^2 = 53.368$ ($p = .004$)	未盡理想
		GFI	$\geq .90$	.971	佳
		RMR	$\leq .05$	.048	佳
		$RMSEA$	$\leq .05$	.049	佳
	增值 適配 指標	$AGFI$	$\geq .90$	.946	佳
		NFI	$\geq .90$	.975	佳
		CFI	$\geq .90$	.989	佳
		TLI	$\geq .90$	.982	佳
	精簡 適配 指標	$PNFI$	$\geq .50$	.629	佳
		$PCFI$	$\geq .50$	.637	佳
	卡方自由度比	1~3 之間	$\chi^2/df = 1.840$	佳	
模式 內在 品質	所估計的參數	均達顯著水準	是	佳	

(4) 成分效度與組合效度

成分效度與組合效度係指抽取變異比，亦即潛在建構可以解釋指標變異量的比率，為聚斂效度的指標，建議值最好大於.50（李茂能，民 95）。本研究以 Amos 5.0 進行二階驗證性因素分析，結果顯示五個一階因素之成分效度（ $P_r=(\Sigma\lambda)^2/[(\Sigma\lambda)^2+(\Sigma\epsilon)]$ ）依序：「微觀粒子的特性」為.59、「元素符號與分類」為.39、「原子學說與結構」為.72、「微粒構造與表徵」為.74、「動態粒子觀點」為.77；二階因素之組合效度為.80，除「元素符號與分類」外，其餘均高於.50，符合李茂能（民 95）之建議值，顯示本測驗之成分效度與組合效度尚在可接受範圍內。

三、研究設計

本研究採用準實驗設計，將台北地區共二班八年級學生，進行微粒概念理解之前測與後測，以探討「CISC 教學策略」融入「物質的構造」單元對國中生微粒概念學習成效的影響。其中，實驗組接受「CISC 教學策略」，而控制組則接受「analogy 教學策略」，藉以檢視二種策略對受試者之微粒概念理解表現的差異。

首先，「CISC 組」與「類比組」均涵攝口語/文字講述之控制教學變項。其次，在操作變項部分，類比組援引繪圖、圖解、2D 視覺圖像、類比及隱喻等表徵模型（models of representation）進行教學，而 CISC 組所採用之表徵模型則包括移動式立體模型、3D 視覺圖像、實務模擬動畫、以及序列圖表。此外，CISC 組學生還以肢體動作模擬原子結構或分子運動，並配合比例、方位或大小等量化的陳述，然而控制組僅單純肢體的質性模擬，其研究設計彙整如圖 2 及表 11 所示。

表 11 研究設計架構

實驗組	C1	X1	L1	C2
控制組	C1	Y1	T1	C2
註：	C1：微粒概念理解前測	C2：微粒概念理解後測		
	X1：CISC教學策略	Y1：類比教學策略		
	L1：研究者擔任教學	T1：原班理化老師擔任教學		

四、研究步驟

(一)「微粒概念理解測驗」前測

由於本研究採用準實驗設計，是以無法使用實驗控制法來完全控制無關之干擾變項，因而擬用共變數分析（analysis of covariance；ANCOVA）之統計控制方法，將微粒概念理解測驗之前測結果作為共變量（covariances），試圖控制排除最初實驗組與控制組間變項的差異，再進行後測結果之統計分析，以增加實驗內在效度（吳明隆，民 92）。基此，研究步驟首先進行微粒概念理解前測並採團體施測，每位受試者均有一份測驗試題，作答時間合計 40 分鐘，加上測驗指導共計 45 分鐘完成。施測步驟首先請受試者填寫答案紙上的基本資料，其次由研究者進行作答說明，最後確認受試者了解作答方式後，才正式進行測驗。微粒概念理解測驗之計分方式為每題 1 分，預計每位受試者得分範圍介於 0 分至 55 分之間。

(二)「物質的構造」單元教學

實驗組與控制組分別由研究者與 T 老師擔任教學（參照表 11），並進行為期四週之「物質的構造」單元教學活動，其中，實驗組接受「CISC 教學策略」，而控制組則接受「analogy 教學策略」，教學活動均請隨班實習教師協助拍攝與記錄。此外，二位老師均互相觀摩上課情形，以求控制教學變項的

一致性，藉以檢視二種策略（CISC Vs. analogy）對受試者之微粒概念理解表現的差異。

（三）「微粒概念理解測驗」後測

完成四週教學活動後，再進行微粒概念理解後測，測驗時間、作答與計分方式均與前測一致。

（四）結果分析

本階段主要將紙筆測驗結果進行統計分析，藉以驗證 CISC 教學策略對國中生微粒概念學習成效的影響，故首先將原始資料整理、編碼並輸入電腦，其次，再度檢核資料，並以 SPSS 統計套裝軟體進行分析，並驗證本研究所提出之假設，藉以說明 CISC 教學策略對國中生微粒概念理解表現的影響。

結 果 與 討 論

一、CISC 教學與類比教學對微粒概念學習成效的影響

本節根據單因子共變數分析來比較 CISC 教學與類比教學對微粒概念理解表現的影響是否存在顯著差異，其分析結果如下：

（一）共變數分析的基本假定之檢測

將資料進行檢視，其變異數同質性檢定之 $F=0.737$ ， $p=0.393 > .05$ ，未達顯著水準，是以滿足變異數同質性的假定條件。在迴歸係數同質性檢定之 $F=0.441$ ， $p=0.508 > .05$ ，未達顯著水準，可將兩組斜率視為相等，符合組內迴歸係數同質的基本假定，因此本研究資料適合進行共變數分析。

（二）獨立樣本單因子共變數分析之檢定

首先由表 12 發現，「教學法」因子 $F=5.574$ ， $p=0.021 < .05$ ，排除微粒概念理解前測評量之影響後，兩種教學法之間達顯著差異，代表 CISC 教學能夠有助於學生微粒概念的學習。是以，研究假設接受 CISC 與類比教學策略之國中生其微粒概念之學習成效未達顯著差異，未獲得統計資料的支持（參照表 12、13）。

表 12 微粒概念理解測驗之教學法共變數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	p
組間（教學法）	549.272	1	549.272	5.574	.021
組內（誤差）	8080.313	82	98.540		
全體	109213.000	85			

* $p < .05$

表 13 微粒概念理解前測、後測及調整後之平均值摘要表

組別	人數	微粒概念理解前測		微粒概念理解後測		調整後的分數	
		平均值	標準差	平均值	標準差	平均值	標準差
實驗組	44	21.66	7.256	37.66	11.297	36.376(a)	1.519
控制組	41	18.41	5.805	29.76	11.204	31.133(a)	1.575
總和	85	20.09	6.757	33.85	11.870		

二、CISC 教學對男女學生微粒概念學習成效的影響

本研究之另一目的為探討實驗組男女學生其微粒概念學習成效的差異，茲詳述如下。

（一）共變數分析的基本假定之檢測

將資料進行檢視，其變異數同質性檢定之 $F=3.302$ ， $p=.586 > .05$ ，未達顯著水準，是以滿足變異數同質性的假定條件。在迴歸係數同質性檢定之 $F=.741$ ， $p=.395 > .05$ ，未達顯著水準，可將兩組斜率視為相等，符合組內迴歸係數同質的基本假定，因此本研究資料適合進行共變數分析。

(二) 獨立樣本單因子共變數分析之檢定

首先由表 14 發現，「性別」因子 $F=.012$ ， $p=.912 > .05$ ，排除微粒概念理解前測評量之影響後，男女學生之間未達顯著差異，是以，研究假設接受 CISC 教學策略之男女學生其微粒概念之學習成效未達顯著差異，獲得統計資料的支持。

表 14 微粒概念理解測驗之性別共變數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	p
組間(性別)	1.097	1	1.097	.012	.912
組內(誤差)	3632.485	41	88.597		
全體	6789.000	44			

結 論 與 建 議

一、CISC 教學有助於國中生微粒概念的學習

本研究透過單因子共變數分析發現，排除微粒概念理解前測之影響效應後，實驗組與控制組之間存在顯著差異($p=.021 < .05$)，顯示接受 CISC 教學的學生其微粒概念之學習成效優於類比教學組。是以，本研究驗證 CISC 教學策略有助於國中生微粒概念的學習，對於科學理解與心智模式的建立檢具相當之影響成效。

二、接受 CISC 教學之男女學生其微粒概念之學習成效相似

藉由單因子共變數分析進行統計控制，排除微粒概念理解前測之影響效應後，結果顯示男女學生對微粒概念理解的表現沒有差異存在($p=.912 > .05$)，表示接受 CISC 教學法之男女學生其微粒概念的學習成效相似。

三、教學建議與未來研究方向

(一) 教學建議

1. 以 CISC 教學輔助學生建立微觀粒子之心智模式

依據 Barke 和 Engida (2001) 的研究發現，具體視覺化 (visualization) 之立體結構模型為微觀原子和分子，以及化學符號 (chemical symbols) 提供一個「結構想像 (structural imagination)」的空間，促使學生發展其空間能力，並更易理解分子式或化學平衡式等抽象符號。基於本研究結果發現，CISC 教學策略有助於學生微粒概念的理解表現，是以，CISC 之動態圖像與立體模型等巨觀化輔助工具均能協助學生建立正確心像，理解抽象科學概念，因此，本研究建議援引 CISC 教學策略以協助學生建立微粒概念之心智模式。

2. 為不同單元或學習背景發展適切之 CISC 創意教材與教學輔具

雖然表徵和模型教具大量廣泛地應用於科學教室，但是由於國內目前對於教材與教具並沒有一套有系統之課程研究的類別 (typology) 整理，教師往往只是就出版社所提供之教材和教具進行教學，缺乏對學生認知發展歷程的考量以及忽略學生是否能對教具所表徵之現象建構一個強而有力且融貫

(coherence) 的心智模式。基此，本研究建議歸納並比較不同單元或學習背景的認知特性，作為建置一個有系統之 CISC 創意教材與教學輔具之分類依據，以發展 CISC 創意教材與教學輔助。如此，不僅促使教師能夠瞭解 CISC 教材與輔具的特性，更能協助學生理解 CISC 輔具所表徵之理論與現象，達到建立正確科學概念的目的。

3. 加強學生空間能力的培養

依據廖焜熙的研究指出(民 88)，空間能力 (spatial ability) 會影響學生有機立體化學的表現，顯示空間能力對於學生理解微粒理論的重要性。其次，過去的研究亦發現(林小慧、熊召弟、林世華，民 95)，CISC 教學策略對於空間能力的發展具有正相關的影響。再者，本研究結果直接論證 CISC 教學策略有助於學生微粒概念的理解，是以，空間能力對於科學概念的理解檢具重要的影響力。因此，植基於 CISC 之理論架構，透過視圖呈現與空間訓練以發展學生的空間能力是可行且必要的策略，亦即加強學生空間能力的培養是今後科學教育的重要方向與任務。

(二) 未來研究方向

1. 在研究工具方面

建議進一步將微粒概念理解測驗常模化，以提供未來國中教師進行「物質的構造」單元教學時，擬編教學活動與輔具應用的參考依據。

2. 在研究內容方面

低、中、高成就組學生其微粒概念之學習成效是否存在差異，在各種研究結果均顯示不同的觀點。是以，本研究建議未來可繼續探討低、中、高成就組學生在接受 CISC 教學後，其微粒概念之學習成效是否存在顯著差異，以便瞭解 CISC 教學策略對於不同學習程度學生其微粒概念之學習成效的影響。

3. 在研究主題方面

由於本研究僅探討 CISC 融入國二理化「物質的構造」單元教學場域對國中生微粒概念之學習成效的影響，因此不宜有過度推論上的限制。是以本研究建議可進一步擴大範圍，探討 CISC 教學策略對國中其他科學概念的學習影響，以便進一步深入瞭解 CISC 教學與科學學習間的關聯。

4. 在研究設計方面

為使實驗教學設計趨於完備，本研究建議在進行實驗教學時，研究者能突破現實教育環境的束縛，爭取更多配合資源，以完整的四組設計(二班實驗組、二班控制組)之架構進行研究，以求更客觀、準確之研究結果。

參 考 文 獻

- 史嘉章(民 91)：發展二階層 (two tiers) 試題以探討國高中氣體迷思概念。國立台灣師範大學科學教育研究所碩士論文。
- 吳明隆(民 92)：SPSS 統計應用學習實務—問卷分析與應用統計。台北：知城數位科技。
- 李秀芬(民 84)：高中學生氣壓概念另有架構之研究。國立成功大學地球科學研究所碩士論文。
- 李明中(民 82)：從基模理論探討學生對氣體粒子行為的批判思考。國立台灣師範大學物理研究所碩士論文。
- 李茂能(民 95)：結構方程模式軟體 Amos 之簡介及其在測驗編製上之應用。台北：心理。
- 林小慧、熊召弟(民 94 年)：協助國中生理解「物質的構造」教學研究：CISC 策略。國立政治大學主辦「學習與創新教育與創新—國際學術研討會」宣讀之論文(台北)。
- 林小慧、熊召弟、林世華(民 95)：具體影像空間教學策略與中學生空間能力之相關研究。教育心理

- 學報，37卷，4期，393-409頁。
- 林振霖（民81）：我國學生分子概念發展與診斷教學的研究：（一）我國學生分子概念的理解與解題之間的關係的研究。彰化師範大學學報，3期，407-478頁。
- 林振霖（民82）：我國學生分子概念發展與診斷教學的研究：（二）我國學生分子概念發展的研究。彰化師範大學學報，4期，337-398頁。
- 林財庫（民93）：中小學生物質微粒模式之迷思概念的診斷工具和分析方法。科學教育學刊，12卷，2期，183-218頁。
- 林財庫、林慧潔（民92）：高雄市國中小學生氣體迷思概念的認知類型、層次、頻率分佈及認知發展的分析研究。科學教育學刊，11卷，3期，297-330頁。
- 邱美虹（民90）：台灣地區中學生「粒子、化學平衡、酸鹼」概念之心智模式與成因之探討(II)。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告（編號：NSC90-2511-S-003-092）。
- 邱美虹（民92）：子計畫三：台灣地區中學生「粒子與化學平衡」概念之心智模式與成因之研究(IV)(2/2)。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告（編號：NSC92-2522-S-003-010）。
- 邱美虹、高淑芬（民88）：類比對應對學生建構“原子結構”心智表徵之影響。師大學報，44卷，1、2期，31-59頁。
- 邱美虹、傅化文（民82）：分子模型與立體化學的解題。科學教育月刊，1卷，2期，161-188頁。
- 洪振方（民76）：學生空氣體積及壓力之粒子模型概念與推理能力之相關研究。國立台灣師範大學化學研究所碩士論文。
- 許良榮、王瓏真（民92）：中小學生對物質「燃燒」的迷思概念之研究。科學教育研究與發展季刊，2003專刊，1-17頁。
- 許良榮、劉政華（民93）：中小學生之溶解概念的形成與發展。科學教育學刊，12卷，3期，265-287頁。
- 陳世雄（民80）：利用示範式實驗群測法探究國中學生的物質變化概念與重量守恆推理。國立台灣師範大學化學研究所碩士論文。
- 黃湘武、黃寶鈿（民74a）：我國中小學生科學概念與推理能力發展之相關研究：(1)浮力原理與粒子概念。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告（編號：NSC74-0111-S-003-009）。
- 黃湘武、黃寶鈿（民74b）：學生空氣概念、粒子性質及動力平衡。中華民國第一屆科學教育學術研討會論文彙編。
- 黃寶鈿（民91）：中小學化學概念發展與個別化單元教學的理論與實務研究：粒子及其相關概念之教材設計與學習成效。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告（編號：NSC91-2511-S-003-079）。
- 黃寶鈿、陳世雄（民82）：從重量守恆推理能力探究學生對物質變化的錯誤概念。師大學報，38期，175-201頁。
- 詹耀宗、邱鴻麟（民93）：以多元觀點探討中學生氧化還原迷思概念。高雄師範大學學報，17期，337-358頁。
- 廖焜熙（民88）：有機立體化學成就影響因素及解題模式之研究。國立台灣師範大學科學教育研究所博士論文。
- 廖焜熙、邱美虹（民85）：立體化學與空間能力。化學，54卷，2期，145-151頁。
- 鄭志鵬（民86）：探究高中學生之氣體概念及相關粒子概念。國立台灣師範大學化學研究所碩士論文。
- 謝志仁、郭重吉（民82）：國中學生化學變化相關概念另有架構之探究。科學教育月刊，4期，25-51

頁。

蘇育任 (民 90): 國小學生原子/分子/與粒子的迷思概念及其成因之研究(III)。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告 (編號: NSC91-2522-S-142-003)。

Andersson, B. (1984). *Chemical reaction*. EKNA, University of Gothenburg, Sweden.

Bar, V. (1986). The development of the conception of evaporation. *The Amos de Shalit Science Teaching Center*, The Hebrew University of Jerusalem, Israel.

Bar, V., & Gaglili, I. (1994). Stages of childrens' views about evaporation. *International Journal of Science Education*, 16, 157-174.

Bar, V., & Travis, A. S. (1991). Children's views concerning phrases. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 363-382.

Barke, H. D. (1993). Chemical education and spatial ability. *Journal of Chemical Education*, 70, 968-971.

Barke, H. D., & Engida, T. (2001). Structural chemistry and spatial ability different cultures. *Chemistry Education: Research and practice in Europe*, 2(3), 227-239.

Benson, D. L., Wittrock, M. C., & Baur, M. E. (1993). Students' preconceptions of the nature of gases. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(6), 587-597.

Bodner, G. M., Cutler, A. R., Greenbowe, T. J., & Robinson, W. R. (1984). Multi-images or lap-dissolve slide techniques and visual images in the large lecture section. *Journal of Chemical Education*, 61(5), 447-449.

Boujacude, S. B. (1988). A study of conceptual change in junior high school science students during instruction about the concept of burning. (UMI Document NO 8903612).

Boulter, C. J., & Buckley, B. C. (2000). Constructing a typology of models for science education. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Eds.), *Developing models in science education* (pp. 25-42). Holland: Kluwer Academic Publishers.

Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MA: MIT Press.

Chou, C., & Tsai, C. (2002). Developing web-based curricula: issues and challenges. *Journal of curriculum studies*, 34(6), 623-636.

Driver, R. (1985). Beyond appearances: The conservation of matter under physical and chemical transformations. In R. Driver, E. Guesne, & Tiberghien (Eds.), *A Children's ideas in science* (pp. 145-169). Philadelphia: Open University Press.

Driver, R., & Russell, J. (1982). *An investigation in the idea of heat, temperature and change of state, of children between 8 and 14 years*. Leeds: University of Leeds.

Ebenezer, J. V., & Erickson, G. L. (1996). Chemistry students' concepts of solubility: A phenomenography. *Science Education*, 80(2), 181-201.

Gabel, D. L., & Sherwood, R. D. (1980). The effect of student manipulation of molecular model on chemistry achievement according to piagetian level. *Journal of Research in Science Teaching*, 17(1), 75-81.

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., & Tatham, R. L. (2006). *Multivariate data analysis* (6th ed.). New York: Macmillan.

Happs, J. (1980). *Particles* (Report No. 18). Learning in Science Project. Hamilton: Universidad de Waikato. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 235026)

Holford, D. G., & Kempa, R. F. (1970). The effectiveness of stereoscopic viewing in the learning of spatial

- relationships in structural chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 7(3), 265-270.
- Lin, H. S., Cheng, H. J., & Lawrenz, F. (2000). The assessment of students and students' understanding of gas laws. *Journal of Chemical Education*, 77(2), 235-238.
- Meheut, M., Saltiel, E., & Tiberghien. (1985). Pupils' (11-12 year olds) conceptions of combustion. *European Journal of Science Education*, 7(1), 83-93.
- Nicholson, J. R., Seddon, G. M., & Worsnop, J. G. (1977). Teaching the understanding of pictorial spatial relationships to Nigerian secondary school students. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 8, 401-414.
- Nieswandt, M. (2001). Problems and possibilities for learning in an introductory chemistry course from a conceptual change perspective. *Science Education*, 85(5), 158-179.
- Novick, S., & Nussbaum, J. (1978). Junior high school pupils' understanding of the particulate nature of matter: An interview study. *Science Education*, 62(3), 73-281.
- Novick, S., & Nussbaum, J. (1981). Pupils' understanding of the particulate nature of matter: A cross-age study. *Science Education*, 65(2), 187-196.
- Osborne, R. J., & Cosgrove, M. M. (1983). Children's conceptions of the changes of state water. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(9), 825-838.
- Rohr, M., & Reimann, P. (1998) Reasoning with multiple representations when acquiring the particulate model of matter. In M. W. van Someren, P. Reimann, H. P. A. Boshuizen, & T. de Jong (Eds.), *Advances in learning and instruction series learning with multiple representations* (pp. 41-66). Oxford: Elsevier Science Ltd.
- Ross, K. J. (1991). Burning: A constructive not a destructive process. *School Science Review*, 72, 39-50.
- Rozzelle, A. A., & Rosenfeld, S. M. (1985). Stereoscopic projection in organic chemistry: Bridging the gap between two and three dimensions. *Journal of Chemical Education*, 62(12), 1084-1085.
- Schollum, B. (1981). *Chemical change* (Report No. 27). Learning in Science Project. Hamilton: Universidad de Waikato. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 236010)
- Schollum, B. (1982). *Reaction* (Report No. 37). Learning in Science Project. Hamilton: Universidad de Waikato. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 236020)
- Sedden, G. M., Eniaijeju, P. A., & Jusoh, I. (1984). The visualization of rotation in diagrams of three-dimensional structures. *American Education Research Journal*, 21(1), 25-38.
- Seddon, G. M., & Moore, R. G. (1986). The structure of abilities in visualizing the rotation of three-dimensional structures presented as models and diagrams. *British Journal of Educational Psychology*, 56, 138-149.
- Stavy, R. (1988). Children's conception of gas. *International Journal of Science Education*, 10(5), 553-560.
- Stavy, R. (1990). Children's conception of change in the state of matter from liquid (or solid) to gas. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(3), 247-266.
- Talley, L. Y. (1973). The use of three-dimensional visualization as a moderator in the higher cognitive learning of concepts in college level chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 10(3), 263-269.
- Zoller, U. (1990). Students' misunderstanding and misconception in college freshman chemistry (General and Organic). *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10), 1053-1065.

一稿修訂日期：2007 年 07 月 16 日

二稿修訂日期：2007 年 09 月 27 日

接受刊登日期：2007 年 09 月 28 日

Bulletin of Education Psychology, 2008, 39 (4), 533-554
National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan, R.O.C.

Effect of the CISC Instructional Strategy on the Particle Concepts Learning Achievement of Junior High Students

Hsiao-Hui Lin

Department of Educational Psychology
and Counseling
National Taiwan Normal University

The purpose of this study was to investigate the effect of the Concrete Image Spatial Concepts (CISC) instructional strategy on the particle concepts learning achievement of junior high students. The sample consisted of 85 junior high, eighth-grade students in the Taipei area. The experimental group received a 3-week CISC treatment, whereas the control group received a 3-week non-CISC teaching. The Particle Concepts Comprehension Test was used in pre- and post-test. The results showed significant difference in particle concepts comprehension between the two groups, and the particle concepts learning achievement of experiment was better than the control group. However, no significant difference was found between male and female students in the experimental group. From the qualitative data collected from field observations, it was observed that CISC not only elevated the learners' operational abilities with mental images, but also catalyzed the interactions between 2D/3D representations. It appears that CISC strategy was effective in lowering students' cognitive load and the complexity of abstract concepts. CISC also demonstrated its effectiveness in elevating students' comprehension through ease in mental images construction.

KEY WORDS: Concrete Image Spatial Concepts (CISC) instructional strategy, misconception, particle concepts