

# 理化科學概念及過程技能之研究回顧與分析

廖焜熙

國立臺灣師範大學 化學系

## 摘要

本文乃蒐集我國近 20 年來，國內學者對於中學理化教材中，有關科學概念及科學過程技能之研究文獻，作統整分析的工作。試圖了解有關這兩部分的研究情況，作為教學及研究之參考。分析結果發現：科學概念部分，國內學者所作的研究有：科學概念之階層性發展、科學概念迷思診斷及教學成效等；科學過程技能研究部分，則以科學過程技能工具的開發及實施為主。本文呈現分析結果之後所得八個科學概念，學生的理解情形及常出現的另有架構，這些結果將可作為教學上的參考。

關鍵詞：科學概念、科學過程技能、迷思概念、理化教材。

## 壹、前言

我國中學理化教科書歷屆的版本內容，不外乎包含科學概念及科學技能方面的知識。這些內容是科學教育目標所要達成的項目，也是理化教學目標的重要成分。歷年來有許多學者，針對這些科學知識及科學過程技能做過詳細的研究。其目的不外忽想了解，理化教科書中有哪些概念是比較難理解的，有哪些概念是比較容易產生迷思的？以便在教學時產生注意。本文蒐集我國近 20 年來【自民國 65 年至 86 年止】，從事中學理化科學概念及科學過程技能之研究文獻，作整理分析的工作，以便整理一些資料，供給教師教學之參考及後續研究之用。以下分別介

紹這些成果。

## 貳、科學概念理解之研究

有關這一部分的研究，國內學者所作的，主要是以診斷學生對於物理、化學教科書中，某些科學概念的理解情形以及「迷思」(misconception)情形，〔或稱「另有架構」(alternative framework)〕。經由所收集到的資料，分析結果發現這些主題包括：一、光、影；二、熱、溫度與能量；三、直流電路；四、牛頓力學；五、物質變化；六、粒子模型；七、酸鹼及氧化還原；八、化學平衡。以下針對這些文獻的內容、研究對象及研究結果，作一簡單整理。詳見表一。

表一 科學概念常見的研究主題文獻摘要

主題	研究者	研究內容	研究對象	研究結果
光、影	黃湘武和黃寶鈿 (1989)	投影理解	國中、高職大學、教師	大部分學生，投影概念不符幾何光學原理。
	黃湘武、黃寶鈿和段宏昌 (1990)	針孔成像理解	國中、五專大學	大部分學生，針孔成像概念不符幾何光學原理。
	王進基和郭重吉 (1992)	光的理解與迷思	國二、國三	光的例子、針孔成像、折射及暗中視物概念易迷思。

熱、溫度 與能量	黃寶鈿和黃湘武 (1987)	熱、溫度理解	國一、 大三	不知熱為一外延性質。
	黃寶鈿和黃湘武 (1989)	比熱及熱 平衡理解	國中、高中 高職、大學 教師	理解不清楚，答對率均低。
	郭重吉(1991)	熱與溫度的 另有架構	國中	缺乏熱平衡概念，視熱與溫度意義相同，熱是氣體，忽略熱對組成分子的影響。
	郭重吉(1992)	能量與波動 另有架構	國中	以人為中心的方式理解能量，視波為力的傳播。
直流 電路	陳啟明和陳瓊森 (1992)	基本電學理解	高一	對於電流、燈泡、電池、電路等概念有迷思。
	陳瓊森(1993)	電路結構分類	高一	電路結構有三大類型。
牛頓 力學	郭重吉(1989)	壓力、重力、 的另有架構	國中	壓力定義只考慮重量不考慮面積，視重力為磁力，力學概念有許多迷思。
	楊其安和郭重吉 (1989)	牛頓力學詮釋	國中	物體受力必須接觸，重力與地心引力是不同的兩種力。
	謝詠印和徐順益 (1992); 徐順益 (1992)	力學概念 的發展	國中	力學概念發展分為五個層次。國中生停留於前三個層次比例，合佔88%。
	江新合(1992)	浮力教學	中學生	浮力教學：國二應教記憶及理解層次，國三應教應用層次，高一應教分析層次。
	陳恆迪和徐順益 (1994)	浮力及牛頓 力學學習	國中	閱讀類比教材有益於浮力及牛頓力學的學習。
	王建造(1996)	阿基米德 問題解題	國中	解題時以密度考慮類型居多，排水法解題類型較少。
物質 變化	黃湘武和黃寶鈿 (1990)	溫度蒸發沸騰 概念理解	國中、 高中	具有正統學科之蒸發及沸騰概念者極少，錯誤者極多。
	王春源、郭重吉 和黃曼麗(1992)	物質變化相 關概念理解	小六、 國中	選答迷思概念者達20%。
	謝志仁、郭重吉 和江武雄(1993)	化學變化的 另有架構	國一至 國三	國中生化學變化的另有架構共分五類：變化、化學交互作用、修正、置換、消失。
	黃寶鈿和陳世雄 (1993)	物質變化 錯誤類型	國中	物質變化有三種錯誤類型：錯誤的物質概念、不當的物質變化、物理變化與化學變化混淆。
粒子 模型	黃湘武和黃寶鈿 (1985)	空氣粒子 性理解	中小學、 大學	空氣的粒子性答對率14%，粒子遇熱膨脹充滿空間迷30%~60%。
	黃寶鈿和黃湘武 (1985)	莫耳概念	國中、 高中	認為莫耳只和量有關，分子數會受外在因素影響。
	黃寶鈿、洪振方 和黃湘武(1986)	粒子概念解 釋壓力體積	國中、 高中	利用粒子模型，解釋體積及壓力，正確者佔極少數。

粒子模型	林振霖(1992)	分子概念	國中	分子概念具有多種迷思。
	許健將、郭重吉和李成康(1992)	共價鍵與分子結構	高三	共價鍵與分子結構的迷思，以穿鑿附會方式解題。
	林振霖(1993)	分子概念發展	小學、國中、高中	國中階段有5種概念，高中階段有21個概念已發展穩固。
酸鹼及氧化還原	陳姍姍和方泰山(1992)	酸鹼概念	國三	集中於日常生活現象的描述，pH值概念較難理解。
	林振霖(1994)	氧化還原工具發展效化	國一至國三	氧化還原概念包括九個次概念共19題，信度 $\alpha = .81$ 。
化學平衡	林宏一、李成康和曾淑容(1991)	化學平衡解題	高中、大一	改變化學平衡系統的變因，對平衡常數的影響是此部份最困難的
	邱美虹(1992)	化學平衡解題	高中	教科書化學平衡解題過程資料不完整，造成解題困難。
	蔡玟錦和陳瓊森(1992)	化學平衡的迷思類型	高三	最常出現者：反應速率、平衡常數，錯合物活位能等。
	邱美虹(1994)	化學平衡學習	高中	學習化學平衡的推論共分六大類，推論有助於學習。

### 參、科學概念之另有架構分析

從表一的摘要看出，在「光、影」；「熱、溫度與能量」；「直流電路」；「牛頓力學」；「物質變化」；「粒子模型」；「酸鹼及氧化還原」；「化學平衡」等八種主題的研究，是學者認為比較有興趣的主題。這些主題也是學生學習起來比較困難的部分，因此學生的理解或多或少都會出現一些錯誤的觀念，這些錯誤的想法稱為「迷思概念」，或稱為「另有架構」。為使得學生在這些方面的認知有所突破。教師在教學時應注意這些單元的困難性所在，應了解迷思概念的類型，以及使用具體的方法來改進教學。茲整理出這些主題所涵蓋的相關概念，學生理解的情形以及常出現的迷思類型，以供教學的參考。結果如下所示：

#### 一、光、投影概念

在國、高中階段學生對於光及投影概念的理解，顯示有許多想法，並不符合幾何光學原理。例如：對於在完全黑暗中視物的問題，有許多學生認為貓眼本身能發光，所以貓在黑暗環中能視物，然而人類的眼睛，則不具有此現象。對投影概念的迷思，認為投影係由光照射物體後，物體再發射出的影像所形成，也認為投影是由於光只能照射到物體的前方，因此，在物體鄰近後方即產生一陰影，此陰影再投射於屏幕上而形成，此即投影現象產生的原因。

學生在解釋針孔成像的現象時，認為針孔大小會影響像的大小，當針孔大小超過光源大小時，像能直接通過針孔，因此會產生正立的像。當針孔很小時，像則成倒轉，因此會形成倒立的像。當針孔的形狀改變時，

屏幕上的像也會隨著改變，燈光的強弱也會影響屏幕上成像大小。

在教學這部分教材時，教師應給予學生較多的機會運思，使他們能藉由實物的操弄，消除部分的迷思想法。

## 二、熱、溫度與能量

學生對溫度概念的了解方面，不知溫度為一非外延性質，因此，在不同溫度的兩種液體混合時，學生會利用加成法解題。對熱與溫度概念的理解，持有幾種另有架構：認為溫度不同的兩種物體互相接觸很久之後，仍分別維持原有溫度；又認為熱與溫度的意義相同，或成正比或互為因果的關係；並且認為熱為一種實體，係一種氣體(水蒸氣或煙等)，因此常會忽略物質吸熱後，對組成分子所產生的影響。

對能量的概念，是以人類為中心和貯存方式的能量方式理解。並認為能量是活動的，是具實用功能的。學生常把能量和力混為一談，或視為存有一定正比的關係。在波動和聲音概念方面，認為波為力在介質中的傳播，而不是能的傳播，在波傳播過程中空氣分子會隨聲音的傳播而流動；並誤以為外來的一些變因(如丟石頭或撥弦)所用的力量大小和波的特性(如頻率和波速等)之間存有簡單的正比關係。

從以上的敘述可知，在國中階段，學生對於熱、溫度、能量、波動等概念的理解，有他們自己的想法，這些想法往往是錯誤的，也與專家的想法有很大的差別。

## 三、直流電路

在直流電路的理解上，學生最主要的迷

思概念如下：學生會認為電流在電路中經過電阻、燈泡等元件時會被部份耗損；又認為電池所提供的總電流是定值的(不隨元件的變化而改變)；一個電池與一個燈泡形成通路的條件是：電池的兩端接到燈泡的一端時(不論底端或側邊)即可。在電路的推理方面，常受限於局部性，而忽略部份電路的變化對整體電路的影響，常以電流逐步覆蓋電路的想法(上游電路元件的電流、電壓不受下游電路元件改變的影響)來推理。

## 四、牛頓力學

有關牛頓力學中的力學、密度、壓力、重力及浮力等概念，是學生學習最感困難的部分，因此在學習時學生的學習成果不佳，並容易出現迷思情形。茲分述如下：

### 力學：

學生對力學現象的理解有其私人的、獨特的詮釋方式，它和課本力學概念有很大的差別。例如，學生會認為物體運動必須靠接觸受力；當受力原因消除，物體的運動會減慢，最後停止。

### 密度：

學生認為物體受到壓縮時，其密度仍不變或變小；在高山空氣稀薄，表示空氣密度較大。熱空氣比冷空氣密度大。不論物體是否均質，密度定義都是質量／體積。

### 壓力：

學生認為壓力是物體表面所承受的重量，不考慮表面積的問題。一個物體的重量會隨著其放置的方向改變而改變。認為容器內液體的壓力和深度無關，和容器形狀有關。容器中液體或氣體對器壁所施的作用

力，不一定是沿垂直的方向。大氣壓力就是所有空氣在物體表面的重力，高度愈高，大氣壓力越大。

#### 重力：

學生認為地心引力是一種磁力作用，手持球時，球即不受到地心引力，手放下球時，才受到地心引力的作用。對重力現象，學生認為重力和地心引力是不同的兩種力，前者 and 物體重量有關，後者則影響物體下落的速度；地心引力和物體與地面的距離有關，此距離愈大，地心引力愈小。

#### 浮力：

中學生浮力概念的迷思相當嚴重，不分性別、年級、地區及認知層次，均相當普遍且無規則可言。例如，學生認為物體浮在水面，是因為它是中空的、是因為它所受的浮力大於它的重力，水越多物體浮出水面的部分也越多；物體浸入水中時，頂部所受的向下壓力等於其底部所受的向上壓力；物體浸在水中時，頂部所受的向下作用力和物體所受的浮力剛好抵消。熱氣球上升，是由於熱空氣向上升的關係和浮力無關。綜合起來，浮力概念的迷思常犯的四大類型為：(一)相關定理或公式錯誤的迷思；(二)生活中原有概念取代課本正確概念的迷思；(三)利用所學新概念，來解釋不相干的浮力概念形成迷思；(四)浮力變因分析不清，而形成的迷思。

### 五、物質變化

有關物質變化的另有架構，可分為：蒸發及沸騰、相變化、化學變化、物質變化等幾個次主題來加以說明：

#### 蒸發及沸騰：

物質蒸發及沸騰之概念，以及蒸發與沸騰過程質量守恆之概念，各年級學生具有正統學科想法的人非常少。主要的迷思想法有：認為蒸發現象只限於水或水溶液的蒸發，其他種類之溶液或溶體不會發生蒸發。對蒸氣壓與大氣壓的概念最易混淆。認為蒸發只與大氣壓力有關，而與溶液的蒸氣壓無關。學生沒有分子動平衡的概念，認為蒸發時只有粒子的逸出，而無粒子的返回；認為溶劑的粒子會運動，但溶質的粒子並不會運動。水溶液蒸發時，學生認為溶質粒子及溶劑粒子都會一齊逸出液面。不瞭解溫度和分子動能的關係，認為溫度不會影響蒸發速率，液體或溶液沸騰時，若繼續加熱或換以更強烈之熱源，液體或溶液之溫度會繼續升高，而不了解沸騰時能量的平衡現象。不能區分密閉空間和開放空間的蒸發現象，而忽略在兩種情形下，液面蒸氣變化的差異性。

#### 相變化：

學生對於相變化相關概念的瞭解，並不清楚。例如，學生認為咖啡溶解是咖啡受熱變成液體，就好像冰變水一樣；鐵生鏽鐵鏽原來就存在，只是不確定在什麼地方。鐵生鏽是一種腐蝕現象，所以鐵生鏽後質量會減少。固體加熱冷卻後質量變少，是因為一些固體分散融入試管壁內的緣故。塞緊錐形瓶之瓶塞使之不漏氣，加熱使瓶內的火柴燃燒，燃燒後的質量比燃燒前的質量減少。食鹽內部構造，有白色不定形晶體粒子，粒子間有白色物。麵包烤焦部份，為麵包加熱蒸發後所殘留的物質。

#### 化學變化：

國中學生對化學變化相關概念的理解，有下列五種想法：(一)以變化(transmutation)來說明物質的出現；(二)以化學交互作用(chemical interaction)來說明物質的出現。認為水產生的唯一途徑是透過氫氣與氧氣化合而成的；(三)以修正(modification)來推論物質變化時質量守恆。認為只有在密閉系統中，物質沒有流失的情況下，質量守恆才會成立；(四)以置換(displacement)來說明物質變化時系統質量的增加。認為物質反應產生沈澱時，因增加了新物質，所以其總質量才增加；(五)以消失(disappearance)來說明物質變化時系統質量減少原因。

物質變化：

國中理化有關物質變化的迷思概念，可歸納成三種錯誤思考類型：(一)錯誤的物質概念；(二)不正確或不適當的物質變化概念；(三)物理變化與化學變化之混淆。

## 六、粒子模型

在粒子模型這個主題之下，研究者所研究的相關單元有：空氣的粒子性、體積與壓力、分子概念、以及莫耳概念。研究目的是在確認國、高中生對這些單元的理解情形以及發展情形。茲說明如下：

空氣的粒子性：

學生對於空氣具有粒子性、運動性、擴散性的理解並不理想。一般中小學生及少部份的大學生，不具有空氣是粒子模型的概念。對「空氣具有粒子性質，在各種情況下皆能重新分佈，隨意充滿容器」這個概念的正確理解率小於14%，約有30%~60%的學生認為「空氣粒子遇熱體積可膨脹，而佔滿

空間」；學生認為空氣粒子是花粉、細菌、微生物等的大有人在。總之，學生對於空氣粒子可以隨時運動，永遠充滿容器的概念是很難理解的。

體積壓力：

學生對體積壓力的迷思：認為氣體體積是指粒子本身的總體積。認為氣體壓力是因為粒子不斷的互相擠壓或是粒子堆疊佔據了空間所產生的。

分子概念：

國中生的分子概念有下列幾種類型的迷思：認為空氣為化合物、為NO及N<sub>2</sub>的混合物。原子如分子，在自然界可以獨立存在。同溫同壓下，氣體的原子數多則體積大。反應物總重量必等於生成物總重量，沒有限量試劑與過量反應物的概念。組成化合物分子的各原子總質量比，等於組成化合物分子各原子和原子量比，組成分子的原子數愈多則此原子的原子量愈大。充滿氫氣的密閉容器中，溫度降低時，氫分子會集中於容器的中央部分。認為CO<sub>2</sub>分子的幾何結構與H<sub>2</sub>O分子相同。

莫耳概念：

國、高中生的莫耳概念之迷思中，認為分子的莫耳只和量有關，不受其它因素之影響。分子數的迷思概念中，認為密閉系統中分子數會因外在因素改變而增減。

## 七、酸鹼概念

有關酸鹼概念理解方面，學生對酸鹼的定義，大都集中在日常生活現象之描述，對酸的了解甚於鹼。對酸鹼強弱差別，認為是腐蝕性或濃度不同所致。pH值概念是國中生

較難理解的部分。pH值大小存有不同類型的迷思，較易發生問題的酸鹼概念是電解質的解離及酸鹼中和的問題，特別是中和產物及反應式的表示法。大部份學生了解酸雨與空氣污染有關，也知道指示劑是用來偵測酸鹼，但對周遭生活中酸鹼的應用，普遍存有困難。

## 八、化學平衡

學生在化學平衡最常產生的迷思概念為：當置入反應物，開始進行反應之初，逆反應速率不為零，正反應速率與逆反應速率比值等於平衡常數，催化劑與反應物所形成的錯合物位能，比原先的錯合物位能可能升高，也可能降低。改變化學平衡系統的變因對平衡常數的影響，是學生覺得最困難的部份。在高中教科書中，有關化學平衡的解題範例中，發現教科書中對解題過程所提供的資料不完整，使化學平衡的解題，更增加其困難。

## 肆、科學過程技能之研究

有關中學物理、化學教材中「科學過程技能」的研究，主要可分二部分來說明：一、科學過程技能評量工具的開發研究；二、科學過程技能發展階層研究。以下針對這二部份的研究加以說明：

### 一、科學過程技能評量工具的開發研究

陳素貞和謝惠珠（1990），曾以酸與鹼為主題，發展一套實驗能力之評量工具。這套工具經102位高中生預測結果，發現高中生基礎性的科學過程技能成就較高，統整性的科學過程技能成就較低，尤其是設計實驗

能力，約只10%的學生能綜合應用酸鹼理論、沈澱生成、滴定或電解等方法以分辨未知物及估計未知濃度。在概念與技能學習成就水準方面，余瑞琳和楊美惠（1989）曾以原子結構，分子間之作用力為主題，發展科學過程技能之評量工具。洪文東和楊寶旺（1990），也以化學概念為主題，發展解釋資料及形成假說之科學過程技能之評量研究。蕭次融和鍾文光（1989）以實驗群測法，發展實驗群題之測試工具。以實驗群測法命題，不但可了解學生作答情形，而且可診斷學生錯誤的推理方法及困難所在，為一良好的科學過程技能評測工具。總之，在科學過程技能工具的研發及診斷上，國內的研究，主要是以工具的發展為主。這些工具，除可供評量科學過程之用外，對於教科書中有關實驗教材的編寫，亦有正面的參考價值。

### 二、科學過程技能發展階段研究

國中階段學生的科學過程技能發展，已到達到那些階層，許榮富（1987, 1988, 1989, 1992）曾作過以下的實證研究：1987年，他以選擇題及問答題的命題方式，測試國一至國三學生的「實驗設計能力」。結果顯示，我國國三與國二學生在實驗設計能力上，未表現成長。另外，1988年，他從小學到高中，又再測試一次「實驗設計能力」的研究，這次的測試結果顯示，只在問答方式的命題中，各年級學生的實驗設計才隨年級而增加，但在選擇方式命題中，僅發現國三優於高一學生，其他年級並無階層性的增長。

另外在「資料處理」及「下結論」的技能方面，1989年，他以TIPS(II)作為測試工

具，測試台北市 2,705 個國中生後，發現「資料處理」及「下結論」兩方面技能，學生的表現均隨年級的增加而增長。1992 年，他綜合十年來有關「形成假設」技能方面的研究作一番整理，發現我國國中生，在形成假設方面的技能表現，選擇格式優於作答格式。因此，國中生形成假設方面，「辨視能力」優於「產生能力」；在形成假設的思考型態方面，年級越高，越趨向於「經由科學知識或概念推論而形成假設」，而較「不經由直接觀察形成假設」。另外在我國中小學實驗教材安排設計方面，根據 SLSI 分析結果，我國中小學實驗教材之安排均需結構化之設計，此與各格式之形成假設技能表現一致。換言之，在教材組織類別上，幾乎都是閉鎖式結構，在實驗活動類別上，亦甚少提供機會要求學生形成假說的考驗，即科學探究過程中，僅強調假說的驗證流程，未真正強調產生假說能力的培養，此點發現與陳鏡潭和許健將（1985）連啟瑞和陳鏡潭（1985）的研究結果相符。

在評測工具的優劣方面，許榮富（1990）曾以 IRT 的方法，研究 TIPS(II) 中形成假設技能的試題特質。結果發現 TIPS(II) 大部份試題均集中在少數幾種能力的評量。

另外毛松霖（1987），以國小至國三為對測試對象，了解學生資料處理與解釋之能力。結果發現，我國中小學階段學生對資料處理、傳遞與解釋能力，均隨年齡增加而遞增，組織因子之間也有層次結構存在。

總結之，國內對理化教材中科學過程技能之研究，有工具的發展，課程的銜接，及

層級診斷，內容分析等項。可以說涵蓋了較廣泛主題及方向，足見國內對科學過程技能培養之重視，並不亞於對科學概念之培養，從研究的主題及方向可見一斑。

## 伍、結語

我國中學理化教材的實證研究，從民國 65 年至民國 86 年，經所蒐集到的文獻報告，大約可看出粗略的研究趨勢及重點。從這些實證研究文獻當中發現，近二十年來，國內有關中學理化課程的實證研究方向，主要以診斷某一科學概念的理解情形為主。實驗教材方面，主要以發展科學過程技能評量工具及診斷學習成果為主，而對於課程內諸多概念之銜接情形，以及物理、化學等科學課程與其他科學課程間之相關性研究，則較少涉獵。教材內容的安排，前後關係的銜接，以及與其他科目之連接是相當重要的，但國內相關之實證研究卻較少，這是值得加強的地方。

## 參考資料

- 1.毛松霖（1987）：我國中小學生資料處理與解釋能力之工具發展研究。中華民國第三屆科學教育學術研討會論文彙編，321~349。
- 2.王建造（1996）：學生認知發展、思考規則與逆思解題之研究。中華民國第七屆科學教育學術研討會記錄，46。
- 3.王春源、郭重吉和黃曼麗（1992）：物資變化相關概念診斷工具之發展。科學教育，3，241~265。王晉基和郭重吉（1992）：



- 利用選擇題的方式來探求國中學生對「光」的迷思概念之研究。科學教育月刊，3，73~92。
- 4.江新合(1992)：中學生浮力相關概念發展及其相關迷思概念的分析研究。高師學報，3，139~177。
- 5.余瑞琳和楊美惠(1989)：我國學生科學過程技能學習成就水準之研究—高三學生在化學方面學習成就水準之研究。中華民國第五屆科學教育學術研討會論文彙編，621~632。
- 6.林宏一、李成康、曾淑容(1991)：大一與高三學生「化學平衡」解題過程與行為之分析。科學教育，2，249~274。
- 7.邱美虹(1992)：從「自我解釋」的建構模式看範例在化學平衡解題中的角色。中華民國第八屆科學教育學術研討會記錄，705~721。
- 8.邱美虹(1994)從「自我解釋」所產生的推論探究高中生化學平衡的學習。師大學報，39，489~524。
- 9.林振霖(1992)：我國學生分子概念與診斷教學的研究。彰師學報，3，407~476。
- 10.林振霖(1993)：我國學生分子概念與診斷教學的研究：我國學生分子概念發展的研究。彰師學報，4，337~398。
- 11.林振霖(1994)：我國學生氧化還原概念發展評量工具的發展與效化。中華民國第十屆科學教育學術研討會論文彙編，871~900。
- 12.洪文東和楊寶旺(1990)：高中學生化學概念在解釋資料與形成假設上的應用。中華民國第六屆科學教育學術研討會手冊，24。
- 13.徐順益(1992)：發展—SEA 模式之群測工具診斷我國國中小學之力概念之發展。中華民國第八屆科學教育學術研討會論文彙編，599~615。
- 14.陳姍姍和方泰山(1992)：國中學生酸鹼概念之研究。中華民國第八屆科學教育學術研討會記錄，143。
- 15.郭重吉(1989)：利用晤談方式探究國中學生對重要力學概念的另有架構之研究。國科會計劃：NSC-79-0111-S-018-03-D。
- 16.郭重吉(1991)：國中學生熱與溫度概念的另有架構。彰師學報，2，435~463。
- 17.郭重吉(1992)：國中學生能量和波動概念另有架構之研究。彰師學報，3，505~529。
- 18.陳恒迪和徐順益(1994)：國中學生物理概念類比學習之研究，科學教育，5，141~165。
- 19.陳素貞、謝惠珠(1990)：我國學生科學過程技能學習成就水準高中化學：酸與鹼。中華民國第六屆科學教育學術研討會手冊，25。
- 20.陳啟明、陳瓊森(1992)：發展紙筆測驗以探究高一學生對直流電路的迷思概念。科學教育，3，21~70。
- 21.許健將、郭重吉和李成康(1992)：利用二段式測驗探查高三學生有關共價鍵及分子結構之迷思概念。科學教育，3，175~198。
- 22.許榮富(1987)：國中學生設計實驗技能學

- 習層次分析研究。師大學報，32，425~451。
- 23.許榮富(1988)：中小學生設計實驗技能之學習層次變化分析研究。師大學報，33，377~414。
- 24.許榮富(1989)：資料處理及下結論技能之評量模式分析研究。師大學報，34，219~262。
- 25.許榮富(1990)：統整科學過程技能潛在結構分析之條件最大概度估計方法。師大學報，35，182~216。
- 26.許榮富(1992)：形成假說技能之評量模式及其測量本質的分析研究。師大學報，37，395~457。
- 27.陳瓊森(1993)：高一學生直流電路概念結構之研究。彰師學報，4，511~543。
- 28.黃湘武、黃寶鈿(1985)：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，3~18。
- 29.黃湘武和黃寶鈿(1989)：學生對投影及光性質之概念研究。中華民國第五屆科學教育學術研討會論文彙編，223~266。
- 30.黃湘武和黃寶鈿(1990)：學生對溶液之沸騰及蒸發概念的認知模式。中華民國第六屆科學教育學術研討會手冊，33。
- 31.黃湘武、黃寶鈿、段宏昌(1990)：學生針孔成像概念的研究。中華民國第六屆科學教育學術研討會手冊，34。
- 32.黃寶鈿、黃湘武(1985)：學生莫耳概念發展研究：不同物質的莫耳概念。中華民國第一屆科學教育學術研討會論文彙編，221~230。
- 33.黃寶鈿、洪振方和黃湘武(1986)：學生對空氣體積壓力概念與粒子模型關係之研究。中華民國第二屆科學教育學術研討會論文彙編，307~320。
- 34.黃寶鈿和黃湘武(1987)：熱與溫度概念診斷研究。中華民國第三屆科學教育學術研討會論文彙編，287~205。
- 35.黃寶鈿和黃湘武(1989)：學生比熱及熱平衡概念發展研究。中華民國第五屆科學教育學術研討會論文彙編，209~232。
- 36.黃寶鈿和陳世雄(1993)：從重量守恒推理能力探究學生對物資變化的錯誤概念。師大學報，38，175~201。
- 37.楊其安和郭重吉(1989)：利用晤談方式探查國中學生對重要物性概念的另有架構之研究(I)。中華民國第五屆科學教育學術研討會論文彙編，133~154。
- 38.蔡玟錦、陳瓊森(1992)：發展紙筆測驗以探討高三學生對化學平衡的迷思概念。科學教育，3，149~174。
- 39.謝志仁、郭重吉和江武雄(1993)：國中學生化學變化相關概念另有架構之探究。科學教育，4，25~51。
- 40.謝詠印和徐順益(1992)：應用SEA模式探討國中學生力的概念發展。科學教育，3，1~21。
- 41.蕭次融和鍾文光(1989)：實驗群題的命題與評量國三化學。中華民國第五屆科學教育學術研討會論文彙編，633~656。