

## 第貳章 文獻探討

當代認知心理學認為雖然人是一個訊息傳遞的系統，但絕不是被動的(passive)接受訊息的系統，而是一個主動(active)詮釋外來訊息的系統。個人的知識和經驗在這方面扮演了一個相當重要的角色。個人的心智能力與新知識的吸收，受制於其既存的觀念與知識是非常明顯的。

所以，學生原來具備的先備知識，不論是同領域或跨領域的先備知識對於學生新概念的學習是有一定的影響程度。除了先備知識之外，學生對於概念的學習也會受到教師呈現的教學表徵形式不同而有所影響。因此，在進行概念教學時，教師對於教學表徵的選取是教師專業中很重要的能力，又稱為學科教學知識(pedagogical content knowledge, PCK)。

不同的教學表徵給予學生內在概念結構的刺激程度不同，進而造成學生不同的概念學習成效。本研究將探究教師在進行「化學反應」和「反應速率和化學平衡」呈現的教學表徵與學生概念學習的影響，因此本章文獻探討共分為三節，第一節為學科教學知識—教學表徵。第二節為學生概念學習的探討。第三節為「化學反應」、「反應速率和化學平衡」迷思概念的相關研究探討。

### 第一節 學科教學知識—教學表徵

教學表徵就是教師教學時呈現概念的方式，每位教師進行概念教學所選擇的教學表徵不盡相同，如何依照學科內容、學生的性向和教學的情境的不同選擇適當的教學表徵與教師的「學科教學知識」有關。以下就學科科學知識的意涵、發展和相關研究進行文獻探討。

## 一、學科教學知識

Shulman(1987)指出教師的專業知識包含學科內容知識(content knowledge, CK)與學科教學知識(pedagogical content knowledge, PCK)。其中，學科內容知識又區分為實質知識(substantive knowledge)與章法知識(syntactic knowledge)，以自然科領域為例：「實質知識」指的是科學的事實、概念、原理、原則等；「章法知識」指的是科學知識發展歷史層面與哲學層面，相當於科學本質知識。科學教師必須具備豐富的科學教學知識，才能將科學內容知識與科學本質知識轉換為學生可以接受的形式，也就是教學表徵。

Anderson(1987)針對 Shulman 的學科教學知識，進一步闡明教師還要具備學科科學知識(disciplinary scientific knowledge)才能將科學知識轉換為學生可以接受的知識。Anderson 所提出的學科科學知識包含三個要素：知識的結構、知識的功能與知識的發展。為了瞭解知識的結構，教師要先組織科學概念、事實與過程的關係，進而將組織好的知識的結構做為了解科學概念的整體性與經驗性的基礎；知識的功能就是幫助個人生活和社會活動產生關係，因此把學生的日常生活經驗與科學知識串連起來，同時也包含了科學的社會性；知識發展的概念有二，其一是科學知識發展的動態演變，其次是個人知識的發展，因此科學知識的發展與科學知識的暫時性、歷史性、個人主觀創思及社會價值有關，同時也涵蓋了學生對科學的另有概念或表徵。

Marks (1990) 提出 PCK 的定義就是對於一群特定學生，為了達到傳授某一特定學科內容，概念和技巧所使用的教學法。如何選擇、批判、接受和使用課程教材和資源以便教授某一學科。由此可知，一位效能的科學教師，必須對科學知識的結構、科學本質和教學方法應該要有充份的瞭解，才能將科學知識轉換為學生可以接受的表徵形式呈現在教學活動中。接下來探討科學教學知識在教學上的應用。

## 二、學科教學知識在教學上的應用

Grossman(1988)認為一位具有學科教學知識的教師應該含有以下四個要件：  
(1)教師具有任教某特定科目的目的與信念；(2)能了解學生在不同學科中某些單元的先備知識；(3)能統整教導某學科的課程教材，包括：水平課程(與各相關科目的聯接)與垂直課程(了解學生所學過與將學之事物)；(4)教師必須熟悉對於教導某些概念或主題時，最有效的教學與表徵方式，並能在適當時機運用。綜合以上四個要件 Grossman 認為 P.C.K 應加入對課程知識的重視。

Geddis(1993)強調 P.C.K.應重視概念改變的教學策略與教學表徵內涵。他認為學科教學知識是將學科知識轉換成學生能接受的形式。由於一般的教師在學習教學中，只著重一般的教學法與情意的向度(如：關心學生，熱忱耐心)，但常忽略了教學中有關學業的考量，因此他強調教師應該了解學科教學知識的重要性，以便轉換其學科知識於學生能瞭解的地步。Geddis 提出學科教學知識是學科與一般教學知識交互作用的產物，是一種由學科知識轉變為最適當的教授方式的知識。當教師在進行對於某一學科主題，他所使用的學科教學知識應該包含：

- (1) 是何種原因造成此主題較易或較難理解—這包含學生在學習對此主題之前的概念
- (2) 能有效的重組學生對此主題的理解，以減少其迷思概念的教學策略
- (3) 有效呈現主題中所涵蓋概念的方法例如類比、說明、舉例、解釋和示範

Tamir(1988)認為學科教學知識應強調「特定學科」(subject matter specific)的教學知識，這包含了教師必需了解學生的學習動機與興趣。而且，在某一學科之特定主題下，教師必須了解校外的教學環境與教學特定主題間的關係與應用；對於學科領域知識中，有關測驗內容應該要與學生學習的知識相呼應。在此 Tamir

強調學科教學知識中診斷、評量學生與教學資源的重要性。

一位效能教師在教學前應該考量所教學對象的年齡層、學科領域中的概念與技巧之範圍和先後順序(Hewson & Hewson, 1989)，也就是了解學生在學習某一學科知識時所已具備之知識、技巧、能力和興趣。例如：

- (1) 在某些學科領域單元中，學生已具備的概念或可能有的迷思概念
- (2) 在學科領域中學生對於自己能否成功之自信心
- (3) 學生的學業自我概念(academic self-concept)
- (4) 學生對學科領域的概念如何隨著時間改變
- (5) 學生的認知、情意和外在的身體型態(Physical styles)
- (6) 學生的非口語和社會語言方面的背景，亦即潛在的社會背景
- (7) 在教育方面，家長對學生的期望及學生從家庭中得到的支持
- (8) 學生的個人經驗

(Arreaga-Mayer & Greenwood,1986；Confrey,1990；Corno & Snow,1986；Swisher & Deyhle,1987；Wallace,1986)

### 三、教學表徵

McDiarmid, Ball, & Anderson(1989)提出學科教學知識的內涵，應著重學科知識應該如何的表徵(例如：類比、角色扮演、模型、問題解決等方式)才能幫助學生在概念上的理解。由於適切的教學表徵取決於教師的學科知識、學習知識、對學習者之知識與情境之知識，因此教師會自行發展出不同的教學表徵並其決定在不同教學主題、內容和情境中的適用性。

教學表徵的選用是一種教學策略與方法，優良教學表徵形式之目的在使學科內容易於被學生瞭解且能夠引起其興趣，培育學生對科學內容做概念性的瞭解

(Grossman,1989 ; Leinhardt & Smith,1985) 對於特定的一群學生，如何使用最適當的表徵呈現學科內容。例如：類比、圖解、舉例、解釋等，使學科內容呈現的讓學生瞭解且有興趣(McDiarmid,Ball & Anderson,1989 ; Willson,Shulman & Richert,1987)。由建構主義觀點來看學科教學知識的本質，研究者認為學科教學知識是教師在教學情境中與情境內之學生、教室文化交互作用產生。之後教師個人會依照個人的學科教學知識選取認為最適合教學對象的教學表徵方式表現出來。一位效能教師學科教學知識所形成的教學表徵就是本研究所欲探究的部分。

#### 四、學科教學知識相關研究

近十年來，學科教學知識在科教領域之研究，主要分成學科教學知識發展、學科教學知識與教室教學、專家與生手之學科教學知識三方面，其中後兩個研究方向與本研究中觀察一位效能教師教學表徵有關。在此將相關研究與發現整理後分述如下。

##### (一) 學科教學知識與教室教學之相關研究

Lederman,Gess-Newsome,& Latz(1994)繼續以晤談和問卷的方式探究十二位科學教師經過一年的師資培育課程，其學科知識與教學知識結構的發展與改變。發現學科與教學知識仍分別影響其課室教學，尤其在教學中做決策時，教學知識佔的份量非常的重，而學科知識結構的複雜性似乎決定其架構是否直接的影響課室教學。這些研究再一次的支持學科教學知識並非單獨存在的知識體系，且學科與教學知識分別的影響教師的課室教學。

高榮成，段曉林(1995)利用質的研究，探究一位大五化學教師在一年國中理化教學的實習期間，其學科教學知識的發展。結果顯示個案教師概念表徵的呈現包含提出名詞、舉出現象、引發動機、解釋、解釋定義、概念與公式的介紹、舉例印證、定義解釋、概念介紹、解題或應用、評鑑。這些呈現的方式屬於接受中心的概念達成模式。研究者認為在長期的觀察研究中，教師所增加的學科教

學知識是否真能將學科知識有效的表徵，亦即微觀的學科教學知識部份，是未來研究的方向。

Brickhouse(1990)探究三位理化教師(兩位有經驗的教師與一位新老師)所具有的科學本質的看法如何影響到他們的課室教學的研究中，以及教師如何幫助學生建構科學知識的方法。首先利用晤談三位理化教師對於科學知識本質的看法，及對教師角色、學生扮演學習者角色的看法，以便找出對科學有不同章法結構知識的教師，並進行每人三十五小時的教室觀察。研究發現當受訪所具備不同的科學理論、科學過程和科學產物時，會影響其教學及其要求學生學習的方式。因此，教師對於自然科學的看法可能表現在其教學中，而其對於科學家如何的應用科學知識與其對於學生該如何的學習科學之態度一致。最後，Brickhouse 建議未來可以朝向探究教師的科學信念和教學策略，以便瞭解教師的科學信念如何轉換為學科教學知識，進而以教學表徵的形式表現在實際教學中來影響學生的學習。本研究在教學前也會對受試教師進行「教學前的晤談」，之後才會進行教學。

Magnusson,Borko,Krajcik,& Layman(1992)探究在微電腦實驗室進行熱能與溫度的單元時，教師的學科與教學知識和學生知識的關聯。研究者對 6 位有經驗的八年級自然科教師與 22 學生進行半結構式晤談以收集資料，爾後按教師與學生的學科知識，學科教學知識(教師提到有關學生可能知道的，有困難的，需要知道的等)做歸納與分析。結果顯示，當教師的學科知識很豐富，但能展示的機會不多時，學生的學科知識並沒有增加。如果教師的學科知識很好且能有充分的機會展示，則學生的學科知識有所進展。反之，教師的學科知識不足而能展示的機會非常的多，則學生的學科知識不但沒有增加反而有錯誤的概念形成。

林曉雯(1994)在其博士論文中以詮釋研究的方法，探究一位資深的國中生物教師之教學表徵。作者所謂的教學表徵界定為所教授的內容知識和形式的結合，事實上即屬於學科教學知識。研究結果顯示，個案教師的教學表徵方式計有類比、隱喻、因果說明、展示說明、示範說明、問題討論等，個案教師深具教學經

驗，且具有非常豐富的教學表徵。至於影響個案的教學表徵知識則包括教師的學科教學知識(包含關於生物教學目標的知識，關於學生學習生物的知識，以及教學表徵的知識)，學科知識與教師的教學信念。

以上研究的面向，大多是由教師的學科知識如何影響教師之課室教學來探討學科教學知識，其研究的結果對於我們了解教師在課室教學中如何的表現其學科教學知識有所助益，但是研究的重心均偏向於教師的角度，只有一篇從學生的理解角度探討。由於學科教學知識所強調教師的教學表徵需達到學生能理解的地步，未來研究方向宜收集學生方面的資料，以探討教師的學科教學知識是否有效，而這也是本研究欲進行的研究方向。

## (二) 專家與生手之學科教學知識之相關研究

Cochran,DeRuiter,& King(1993)整理出一些關於 P.C.K.發展的研究，在 Stanford 研究群的計畫中指出，生手教師所當依賴的學科內容知識是從教材與課程指引中取出的，且經常是未曾組織成完整的架構。他們也經常使用廣泛的教學策略，但是卻疏忽學生的先前知識與學生的能力或是學習策略。Grossman(1989)發現一個具有碩士學位而沒受過完整師資教育的初任教師，比一個受過完整師資訓練的教師更常忽略學生的需要。雖然受過完整師資教育的初任教師能注意學生的需要，但是對於學生先前知識、學生程度、能力的瞭解仍然會疏忽，在教學中也難以決定最適當的步驟。

Geddis,et al.(1993)以其的文章的理論架構，說明初任與有經驗教師教授同位素單元時其學科教學知識的本質。研究發現教師的學科教學知識可分為四類：學生的先前知識，有效的教學策略，學科的另有呈現方式，和課程的要點(Curricular Saliency)。初任教師相對於有經驗的教師分別在上述的類別中有所差異：

- (1) 初任教師不了解學生學習此單元之先前概念，常以課本的單元目標為主，舉例不恰當。

- (2) 教師們皆著重名詞的定義介紹，解釋概念間的關係。初任教師較重視陳述性知識的教導而不重視概念性知識的教導。
- (3) 教師們皆使用各種化學符號，實驗式等呈現學科。其中初任教師較以正確的方式呈現事實的概念教學，而有經驗教師則會考量學生的需求使用假設的數據教學。
- (4) 初任教師對於課程中的主題，如何的轉換以配合學生的需求，較有經驗教師缺乏，造成所教授約主題過於深入，不符合學生的需求。

Clermont, Borko, & Krajcik(1994)以兩個特定的實驗示範單元—密度與壓力，來探究有經驗與生手教師在此方面的學科教學知識之差異。研究者依據教師們評論錄影帶中有關密度與壓力的示範教學，做為教師們所具備的學科教學知識之依據。經質與量的資料分析結果顯示，有經驗與生手示範者對於示範實驗有下列相異處：對於特定概念的化學示範知識、示範活動的變異性(variations)、額外的例子、化學示範系統的複雜性、分析關鍵的教學事件、探究的示範教學法、概念解釋的正確性與提出示範教學活動之建議。

Clermont 指出，有經驗的示範者較生手擁有較廣而豐富的**教學表徵庫**，因此他們能對所看到的示範錄影帶教學能做深入的討論並提供不同的教法。這種教學表徵庫(representational repertoires)貯存了許多特定教學的訊息，而有經驗的示範者較生手的教學表徵庫發展的更為完備。另外有經驗的示範者較生手提供更多示範活動中的變異性，顯示他們較生手能認知到示範活動系統的複雜性，且了解這些複雜性可能干擾學生的學習。

這種有關相同示範活動中可變異的知識屬於教師的**接受教學庫(adaptational repertoire)**，這是學科教學知識的一種向度，是轉移學科知識的過程(Shulman, 1987)。同樣的，有經驗示範者其接受教學庫亦較生手發展的完備。有經驗的示範者相對於生手對於錄影帶教學表現有不同的評論。前者較重視探究式的示範教學，且較重視概念解釋的正確性。這些結果皆支持過去研究中發現生手教師在一



般教學知識、學生知識、教室事件知識和學科教學知識之不足。而研究者則強調，有經驗與生手示範者在學科教學知識和教學推論技巧之差異。

由上述研究發現可看出，初任與有經驗教師的學科教學知識的差異在於教師對學科知識的理解能力和產生有效的教學表徵的學科知識，可以解決學生的學習困難，進而改變學生的先前概念。本研究將分析一位效能教師的教學表徵希望能給予初任教師在教學上有所幫助。

## 第二節 概念學習

概念改變的研究是經由 1980 年代研究另有架構(alternative Framework)題材快速擴展而來，概念改變不同於其它學習理論是因為概念改變是由建構者認識論而來，認為知識的獲得可以視為是一種建構的過程(Tyson, 1997)。

本研究對於概念生態的分析從學生概念學習到概念改變，將從認識論的角度；認知心理學的角度一如概念的增加、調整、重建；知識本體分類論的角度——即概念知識階層本體樹分類（物質類別、過程類別、心智狀態類別）等三層面，詮釋學生的另有概念或迷思概念，而後再以概念構圖說明學生的概念學習過程。

### 一、概念改變

概念 (Concept) 是人類思考和瞭解的工具，亦是學習的基本單位。人類感官對外事物的知覺，不是片段經驗的組合，而是使用特定的原則，對感官經驗選擇、組合、給予意義的過程。當人類將某些事物共有的重要屬性或特徵歸為一類，就形成一概念。藉著概念的學習，我們將訊息按概念分類處理，進行推理、批判、問題解決等思考活動。學習概念幫助我們簡化、分類、聯合各種不同的事與物，使我們能更方便、更有效的處理周遭的事物，

近年來，學者以認知心理學的觀點來探討學生的學習，甚至已將學生的學習視為概念的改變，強調學生在學習過程中積極主動的角色 (Posner, Strike, Hewson, & Gertzog, 1983)。有些研究指出學生現有概念的不同是值得探討的，這些不同的概念常常拒絕接受其他觀點，在教學上似乎也不受重視。

孔恩科學革命的論點可類比至概念上的改變，亦相同於皮亞傑在同化上及調適上的概念。學習應該是一種為了平衡而形成的理性活動概念改變過程：即將新知識納入原本不足的概念體系中，取代或修正原有概念體系，進而挑戰原有的、貫以賴用的概念體系，或者是改變舊有概念模式的一連串動態思絡方式。

科學概念的學習對許多同學而言是相當困難的。學生不能清楚分辨在科學上及在每天生活中所用的概念和推理。另外，學生上課前，他們對科學的概念有相當基礎的認識，但是在許多情況下，往往學生的認知是不同於在科學領域中已被接受的認知。雖然如此，學生還是拒絕改變從傳統指導模式所學的概念，更進一步，學生經常不斷使用他們。這樣的結果是有許多的原因，其中主要的因素跟教師的教學方式有關。

傳統的科學教育教學，基本上是以教師為中心，專注於直接傳輸知識和定理，學生則是成了消極的接受者，聽講、作筆記和強記所有的事實或理論，為了獲得這客觀的知識和通過考試，學生就必須記住所有的定理，並反覆練習背誦，如此，在許多教室中，大部分的教師，上課方式就是用演講去講解主要科學概念或內容，接下來就是指定學生練習作業。因此，許多學生就強記所聽講的，而不去理解它。Hewson (1980) 指出，從許多的研究發現，不同學生從相同的訊息中建構另有概念，更甚者，學生常認為他們的概念是唯一合理的。

## 二、概念改變模式

概念改變模式 (Conceptual Change Model, CCM) 最早是由 Posner, Strike, Hewson 於 1978-1979 年在 Cornell 大學發展，由 Hewson 推廣，他們基於 Kuhn 所提出「科學革命的結構」與 Lakatos 知識論的哲學觀發展出這個概念改變模式 (Duschl & Gitomer, 1991)，他們將科學知識發展過程中，知識典範轉移 (paradigm shift) 的過程類比於學生學習的過程，認為科學知識的革命過程裡，新的典範出現取代舊有典範的過程，就如同學童在進行科學概念的學習是放棄一個舊有概念轉移到接受另一個概念的過程，而這個過程就叫做「概念改變」。

後來，Posner 等人 (1982) 提出概念改變模式的理論後，更針對學生念改變的學習提出了影響概念改變的兩要素：概念的狀態 (status of concepts) 和提供概念改變環境—概念生態 (conceptual ecology)。本研究在概念改變的論述上，主要採 Posner 概念生態及 Chi 本體分類論的觀點，以下就更進一步來看 Posner 等人所提出的概念狀態和概念生態。

### (一) 概念的狀態 (status of concepts)

無論是領域專業的科學概念或是學生日常生活的概念，每一個概念都具有高低層級不同的概念狀態 (status)，擁有較高層級的概念狀態的概念比較容易被學習者接受，並且用來解釋日常生活之中的各種現象，通常較低狀態的概念比較容易被遺棄或遺忘，這樣的一個觀念就如同科學理論中典範的轉移，其實也就是所謂的概念改變。然而，這樣的觀念改變要發生則必須要滿足「概念改變的條件 (conditions of conceptual change)」，促使進一步概念的狀態 (status) 發生改變，以完成概念的改變過程。影響這些概念的狀態的就是概念改變的四個條件，不滿足 (dissatisfaction)、可理解的 (intelligible)、合理的 (plausible)、豐富的 (fruitful)。

概念符合上述四個條件的「程度」謂之個體的概念「狀態 (status)」。若一概念能符合更多的條件，其狀態則位於較高層級。CCM 認為，沒有狀態伴隨改變，概念改變不可能發生，學習新概念意味此概念的狀態提昇（例如，學習者理解、接受，並認為這個概念是有用的）。當學習者看到一新概念與現有概念衝突（現有概念有較高層狀態），則學習者將無法接受新概念，直到現有概念的狀態下降，當學習者對現有概念不滿意時，這將發生。在決定概念狀態時，概念生態系扮演關鍵角色，因為概念生態系提供學習者決定「被給予的條件」是否符合的準則

## （二）概念生態 (conceptual ecology)

Posner 等人在提出概念狀態的同時也提到了「概念生態」這個觀念，這個名詞最早出現在 Toulmin (1972) 所提出心智環境 (intellectual environment)，Toulmin 認為知識的發展是個人與環境之間不斷的交互作用所得到的，他將這樣的一個交互作用的環境比喻為一個「知識生態」。他認為知識的系統或是概念架構，如同生物適應某些特定環境一般，會適用於某些特定的環境。Posner 等人根據這樣的理論，提出概念生態是指學生所擁有的概念所形成的一個環境，這個概念生態會影響概念改變的條件，也會使學生決定要不要接受新的概念，以致於決定願不願意改變原有的舊概念，概念生態的組成元素包含：異例 (anomalies)、類比和隱喻 (analogues and metaphors)、知識論的認同 (epistemological commitments)、形上學的信念與概念 (metaphysical beliefs and concepts)、其他知識 (other knowledge) 等等。

教學的歷程中的概念生態分為兩種，一種為學生內在的概念環境所形成的內在概念生態 (inner conceptual ecology)，這個概念生態影響著學生訊息處理過程中認知發展的歷程。另一種為教師在教學時所經營的教學概念生態 (teaching conceptual ecology)，這個概念生態是教師為了將科學概念教給學生時所呈現出的概念生態，這個由教師所經營的概念生態在課堂中提供給學生一個概念改變的環

境，進一步影響著學生的概念發展。以下分兩個部份分別介紹這兩個概念生態的組成。

### 1. 內在概念生態的組成

學生的內在概念生態是由學生自我的概念所架構而成，這樣的概念生態存在於學生的認知架構中，經由學生與外界訊息接觸的生活經驗形成，在概念的發展過程中不同的科學概念會逐漸擁有不同的概念生態組成，它會在學生的認知歷程中影響著學生的訊息處理，並幫助學生解釋接觸到的現象與建構意義，並進一步影響學生概念的發展，內在概念生態分為三個部份來探討，認知部份 (cognitive part) 依其特性可以分為五種不同的方面：語意 (semantic) 知識、經驗 (experiential) 知識、異例 (anomalies)、類比和隱喻 (analogies and metaphors)、圖像 (images)，哲學部份 (philosophical part)：學生的知識論的認同 (epistemological commitments)、學生形上學的信念與概念 (metaphysical beliefs and concepts)，情意部份 (affective part)。(Hewson, 1988; Hewson & Thorley, 1989)

### 2. 教學概念生態的組成

在教學的過程中根據該科學概念各個面向的資料，以各種不同的形態呈現給學生，因此可以將這些不同形態的概念呈現方式視為教師在教學中所經營出一個教學概念生態，透過這個概念生態提供給學生一個適當的概念改變的環境，幫助學生在科學概念的學習過程能夠順利的達成概念的發展。在此教學概念生態的組成分為三個部份來探討，認知部份：類比、隱喻、和圖形、先備知識、另有概念、和異例、科學邏輯陳述，哲學部份：知識論的認同傾向、哲學上的信念，情意的部份：科學的歷史背景、社會與應用、和範例 (STS approach、life experiences、exemplars)。(Strike & Posner, 1992; Jones, Carter, & Rua, 2000)。

綜合上述中概念的生態的組成元素為概念的適應發展提供較為廣泛的動因。因此，概念的改變，合著新知識的建構，不是僅來自學生概念改變的發生，有時也不是單純的「合理性」就可解釋的，許多非理性因素也必須要考慮在內。本研究所欲探討的教學表徵就是屬於概念生態中的一部份，研究者利用 Posner 提出概念生態的組成元素中的異例、類比與隱喻、範例與圖像、先備經驗和教師

觀察的線索建構出教師教學表徵的種類。

#### 四、概念改變與本體分類論

由「知識本體分類論」(ontological categories)出發的學者，則認為每個概念都有其本體屬性。所謂本體分類論指的是將概念知識依階層分類，相同的類別擁有共享的屬性，不同的類別則幾乎沒有共享的屬性，屬性是知識概念所具備之最重要的本質(Chi, 1992; Chi, 1994)。Chi 人認為根據本體屬性的不同，可區分出三個本體樹類別(categories)：物質(matter)、過程(process)、心智狀態(mental state)。

本體分類論認為概念改變就是對既存概念或知覺的改變：強烈的概念改變指的是本體樹類別間的改變；弱的概念改變則是本體樹類別內的改變。進一步從本體分類論的角度來說明概念結構，所謂「物質」是意指含有特定屬性(attributes)；所謂「過程」，指的是事件的發生，因此可能有序列性、有因果關係、也可能只是機率問題，但它反映出自己特定的屬性；所謂「心智狀態」，則是指情意的部份，如情緒或傾向。Chi 認為物質、過程、心智狀態三大分類在本質上是相互獨立，其也說明了在概念層系的階層上，不同類別有著本體分類論上的差異，因為不同類別的成員幾乎沒有共的屬性，所以本體分類論的屬性是指概念最重要的本質。兩個本體樹類別之間的概念改變對學生而言是困難的，因為兩個本體樹類別之間有不可共量性，所以這種概念改變為根本的概念改變(radical conceptual change)(邱美虹，2000)。

學生在學習科學概念時，若誤將本體類別中過程的概念歸在物質的本體類別內，會造成概念改變上的困難，概念改變發生的原因是要做整個本體樹類別的遷移及轉換。因此，在本研究中將教師欲教學的科學概念先依照屬性的不同分成「物質概念」和「過程概念」，然後再進一步分析教師在不同屬性的科學概念上所呈現的教學表徵類別，以及學生面對不同屬性的科學概念之學習成效。

### 第三節 「化學反應」、「反應速率和化學平衡」 迷思概念的相關研究

本節分成迷思概念的意義與成因、化學反應迷思概念相關研究和「反應速率和化學平衡」迷思概念相關研究三部分探討，分述如下：

#### 一、迷思概念的意義與成因

所謂的迷思概念是指學生對某一科學概念的解釋與教材內容部分相同或完全不同，也就是與科學社群所定義的意涵有所出入者。

由於學生在認知發展過程中所建構的知識，有很大的比例是與專家、教師和課本所不同的，因此科學教育的學者將這些學生所持有不同於專家知識的概念統稱為迷思概念(misconceptions)，此一名詞最早出現在1940年(陳啟明,1991)。此後，由於不同的研究目的與研究者不同的理念，迷思概念一詞所使用在各研究的定義和用語也發生改變，例如 Novak 使用「Preconceptions」(前期概念)；Driver 使用「Alternative frameworks」(另有架構)和兒童科學(children's science)等等，但可以確定的是這些不同的名詞要表現的，均是學生有別於一般科學界所認同的知識架構。

然而，這些迷思概念究竟是哪些因素造成的？經過多年來的探究發現形成的原因很複雜，但仍可歸納出幾個方向，根據 Blosser (1987)、Head (1986)、Osborne, Bell 和 Gilbert (1983) 和 Solomon (1987) 的研究歸納出有以下幾個來源：

- (1) 來自教科書的內容。
- (2) 來自教師教學的過程。
- (3) 由日常生活的經驗而來。
- (4) 受到同儕的影響。

- (5) 由日常生活的用語誤解或隱喻而來。
- (6) 知識的缺乏。
- (7) 兒童喜歡對於一有興趣的事物獨到的解釋。
- (8) 自我中心的觀點看事情。

迷思概念研究方法最常見的有：開放式紙筆測驗、單字聯想法、示範式群測及示範觀察、臨床晤談、事例晤談、事件晤談、二段式測驗等等。而 Treagust (1992) 曾設計出二段式測驗診斷工具，學生必須同時答對某道題目內容知識部分(即第一層事實選答)和理由部分(即第二段理由選項)，才表示有具正確的認知。本研究主要是要探討學生對於科學概念的學習成效，因此在前測採用開放式紙筆測驗去檢測學生的先備概念，然後再用試卷晤談的方式得學生概念學習後的成績藉此反映出學習的成效，再將試卷中錯誤的題目進行概念晤談瞭解學生的迷思概念，進一步得到學生教學前後內在概念結構的轉變歷程。

## 二、「化學反應」迷思概念相關研究

化學反應是一個使反應物的原子重新排列組合的過程，經過重排後產生了新的物質，其生成物的物理與化學性質已經和原來的反應物完全不同，這就是「科學家」對於「化學反應」的解釋。Ahtee 和 varjola(1998)認為有關構成化學反應的條件，比較完整的概念應該包含以下四點：

1. 原子重新排列
2. 化學鍵的斷裂與新化學鍵的形成
3. 反應物的物理或化學性質發生改變
4. 電子從一物質轉移到另一物質上

從以上需具備的條件中不難發現這些現象都是以微觀的角度，我們很難用巨觀的角度得到上述的論證，因此讓學生產生學習上的困難。



研究者認為「原子」、「分子」或者「鍵結」的科學術語，對於理化的初學者而言相當陌生，因為它們看不到、摸不到，對於認知層次尚未達到抽象思考階段或者科學知識與經驗不知的學生而言，只能靠機械式的記憶或內在的質樸(naive)想法來理解。所以，「化學反應」才會成為在本研究中欲探討的單元。

Ahtee 和 varjola(1998)為了瞭解學生是否真能利用科學知識而不是單憑直覺來解釋自然現象，並試圖發現不同層級的學生對於「化學反應」的概念到什麼理解程度。研究結果發現只有極少數比例的高中與大學的學生能夠很適當地描述一個化學反應的條件，所以 Ahtee 和 varjola 就主張科學教師不宜過早教導原子理論，教師在教學過程中應該讓學生參與多樣性的自然現象和活動，從各種科學現象的變化和活動中體會其差異。

另外，Hesse 和 Anderson (1992)的研究也指出，即使學生能使用這些專業的科學術語來回答問題或解釋現象，也並不保證學生真的瞭解化學反應中當化學變化產生原子會重新排列組合的觀念。

謝志仁(1992)對於國一至國三的學生進行紙筆測驗與事件晤談，來分析國中生對於化學反應中化學變化相關概念的另有架構，發現學生會使用「變化」來解釋化學反應中新物質的出現；但也會誤以為物質只能透過某種特定的化學反應才能產生，並認為化學反應中質量守恆的現象只有在密閉系統中才會成立。可見學生雖然學過原子與分子的理論，仍無法使用該理論解釋化學變化的原因是學生對於化學變化的理解主要還是受視覺觀察所限制。

### 三、「反應速率和化學平衡」迷思概念相關研究

Finley、Stewart 和 Yarroch(1982)提出在化學領域中「化學平衡」、「莫耳數」「化學計量」和「氧化還原反應」是學生在學習時最感到困難的，而其中「化學平衡」則是學生認為最困難的主題。Huddle 和 Pillay(1996)發現學生之所以會覺

得化學平衡很難理解的原因有兩個：

1. 化學平衡包含許多抽象概念
2. 此主題內科學名詞與日常生活上的名詞有「同名詞異義」的情形

而 Quilez-Pardo 和 Solaz-Portroles(1995)則認為學生對化學平衡之所以有許多的誤解是因為學生不知如何運用化學平衡的原則，且不能將這些原理轉換到新的或不熟悉的情境。然而，化學平衡是學生瞭解其他化學概念如酸鹼反應、氧化還原和溶解度積等概念的基礎，所以學生若能習得化學平衡的概念將有助於其他重要化學概念的學習。

對於教師而言，Banerjee(1995)研究發現許多高中化學老師認為高中化學課程中以化學平衡和熱力學最難，這是因為教師必須面臨如何將非常多的抽象且複雜的概念轉變成學生可以理解的形式。因此，有許多學者常常針對「化學平衡」進行概念研究分析，有些則朝向設計出更好的教學方法來矯正學生的迷思概念或幫助學生學習，以提供教師教學的參考。本研究中的對受試學生進行教學的國中教師就提出「化學平衡」連高中生都很難理解更何況國中生，這也就是為何研究者想要探究這個主題的原因。

國外有許多學者以不同的方法對於學生「化學平衡」概念作深入的研究。列舉如下：Gorodetsky 和 Hoz(1985)列舉 21 個化學平衡的次概念，請大一工學院學生在學習普化課程之前和之後將這些次概念自由分類，然後對照學生學習前後的分組認知結構 (group cognotive structure)。教師由學生分類的概念類別來了瞭解學生在解題或概念形成過程的困難。Gussarsky 和 Gorodesky(1986)則針對高中生進行研究，他們將高中生分成三組，給予不同深度的教材進行化學平衡的概念教學，然後給 18 個化學平衡的次概念，要求學生進行文字聯想測驗(work association test) 及概念的自由分類，教師則由學生的文字聯想找出學生概念理解的障礙。

Gamacho 和 Good(1989)曾用放聲思考(think-aloud)的方法，研究學生「化學平衡」問題上的解題行為；他們指出成功解題的受試者對於問題會細心分析、推理，而且會使用相關理論和概念來作答，並且還會確定答案和確定理由是一致性的。而作答失敗者對於化學平衡則是因為具有太多的迷思概念導致。

劉嘉茹(2000)研究台灣高中生化學平衡迷思概念的概念改變，她在研究中綜合國內外數十位研究學生「化學平衡」迷思概念的研究者整理出四個核心概念和 20 個次概念，茲列出如下所示

1. 反應速率
  - (1) 質量與濃度
  - (2) 正逆反應間速率的關係
  - (3) 速率定律式
  - (4) 碰撞學說
  - (5) 催化劑
2. 化學平衡
  - (1) 可逆反應
  - (2) 動態反應
  - (3) 平衡的完成度
  - (4) 限量試劑
  - (5) 化學計量
3. 平衡常數
  - (1) 區分不同的平衡常數  $K_a$  和  $K_p$
  - (2) 平衡常數的恆定與否
  - (3) 非均相系統
4. 勒沙特列原理
  - (1) 平衡的移動
  - (2) 濃度對平衡的影響
  - (3) 壓力對平衡的影響

- (4) 溫度對平衡的影響
- (5) 同離子效應
- (6) 競爭理論
- (7) 非均相系統

上面的國內外研究都是以高中為對象，這是因為過去國中理化的舊課程並沒有「化學平衡」的單元，現今教改的同時，將高中「化學平衡」單元簡化提早到國中教學，對於國中教師在科學概念的教學上是一大挑戰，簡化後沒有呈現的一些概念是否會影響到其他概念的連結和學習？這是本研究研究的方向。