

以認知架構為基礎的教學模式 進行國小學童水溶液概念改變之研究

黃萬居¹ 葉欣儒² 張萬居³

¹台北市立教育大學 ²台北縣樹林國小 ³台北縣江翠國小
(投稿日期:94年11月21日;修正日期:94年12月5日;接受日期:94年12月6日)

摘要

本研究旨在探討以認知架構為基礎的教學模式對：(1) 國小學童水溶液相關概念本體樹的差異；(2) 國小學童水溶液相關概念本體樹的改變；(3) 國小學童水溶液相關概念學習成就的影響。本研究採準實驗研究法，實驗組接受「以認知架構為基礎的教學模式」，而對照組則接受「一般的教學模式」，教學時間為期三週，在教學前一週進行前測，教學後一週進行後測與晤談。研究對象為台北縣樹林市某國民小學三年級的學生實驗組學生 32 人，控制組學生 32 人。研究工具包括「水溶液概念二階段診斷式測驗問卷」與「水溶液概念半結構式訪談問卷」兩種，並輔以「述詞分析」探討學生概念改變的情況。進行時以質的研究為主，量的研究為輔。在質的方面，以臨床晤談 36 位學生，進行述詞的分析，進而探究兒童水溶液概念本體樹的改變情形。在量的方面，依據兒童「水溶液概念二階段診斷式測驗問卷」進行實驗組之前、後測比較。研究結果發現：(1)以認知架構為基礎的教學模式有助於學童發展出更豐富的事件本體樹與以限制條件為主的交互作用本體樹；(2)以認知架構為基礎的教學模式能使學童產生跨越本體類別的概念改變；(3)以認知架構為基礎的教學模式有助於提昇學童水溶液概念的學習成效。

關鍵詞：概念改變、水溶液概念、本體樹

壹、研究背景與重要性

學生在進入學習前，就已經有自己的想法，這些想法在科學學習中，扮演相當重要的地位和角色。若這些想法不被科學家或教師所接受時，我們稱之為迷思概念 (misconception) (Driver & Oldham, 1986)。這些想法的來源很多，主要來自於日常生活中的經驗，例如學生會相信如果不經攪拌，方糖就很難溶解、物質加入水中會變輕、食鹽溶解的量並沒有一定的限度等想法 (陳淮璋, 2002、鄭一亭, 2003)，這些迷思概念自成一個系統，學童或許可以運用這些想法解釋部分日常生活中遇到的現象，但卻無法解釋全部的現象，這將會影響日後兒童的科學學習。依建構主義觀點，學童在學習之前並非一張白紙，而是透過學習活動將所得的新知自我統整於原先的架構之中，如此不斷的精緻、豐富其原先的概念架構和知識體系。

認知心理學派的學者認為，人類知識的取得，是認知主體主動建立的過程。其中 Piaget 認為，當兒童發現外在的客觀知識，和其認知結構不同時，其認知狀態會失去平衡，為了恢復平衡，認知結構會進行同化與調適兩種作用，若同化、調適成功則會學得新知識，若失敗則無法學會。Ausubel (1968) 認為兒童會運用自己原有的要領概念去核對面對的新事物，並試圖納入自己的認知架構中，同化成為自己的知識 (引自張春興, 1994)。所以了解學生已有的概念、想法，是教師在教學前所應具備的條件之一，察覺學生先前真正的想法，也才能加以適當的啟發，使教學事半功倍的最佳途徑 (鄭一亭, 2003)。

與生命息息相關的水，是生活中不可缺少的物質，它提供了日常飲用與使用，兒童在未接受正式教學前即常常接觸水溶液的概念；如果汁、汽水、湯汁、牛奶的飲用、用肥皂水清洗、以食鹽水漱口……等。教育部 (1993) 所頒布的「國民小學自然課程標準」中，針對「水的探討」學習主題，提到因水溶解其他物質所引發出的相關概念，例如：水能溶解一些物質、物質的溶解速率、溫度與溶解量的關係、溶液的濃度與重量、溶液的導電性、酸鹼性、水污染的檢驗與防止。在教育部 (2003) 「國民中小學九年一貫課程自然與生活科技學習領域」課程綱要中，針對溶液主題的學習內容，亦佔有很重要的份量。是故瞭解學童對物質溶解後的概念，有其重要性與必要性。目前已經有學者、專家，針對兒童有關水溶液的迷思概念進行研究，也有相當豐碩的成果與發現，而針對水溶液概念改變的教學模式之研究並不多 (江新合、洪良玉, 1992; 黃萬居, 1996; 黃寶鈿, 1996)。研究者將兒童有關水溶液的概念本質依據 Chi (1992) 的本體論觀點加以分類，發現大部分兒童的迷思概念皆停留在「物質類別」的本體樹中，而溶解的概念應屬於「過程類別」。Chi 指出若要從「物質類別」的本體樹中跨越到「過程類別」的本體樹中，稱為根本的概念改變，而這種概念改變是難以發生的，所以必須直接告訴學生有些物理概念屬於不同的本體類別，若是讓他們自己去發現是相當困難的。所以，在教學前，教師可以先瞭解學生的先前概念及知識背景，並以此為基礎設計教學情境，進行問題的探究，以澄清學生的迷思概念，再以新的概念擴

展學生的知識架構並加強知識連結，應該能達到概念改變的目的。

基於上述的研究背景與重要性，本研究的目的有三項：(1)接受不同教學模式，學童水溶液相關概念本體樹的差異；(2)探討以認知架構為基礎的教學模式，對國小學童水溶液概念本體樹改變的情形；(3)探討以認知架構為基礎的教學模式，對國小學童水溶液概念學習成就的影響。

貳、文獻探討

本節分別就認知結構的探究、迷思概念與概念改變、概念改變的教學策略、以認知架構為基礎的教學模式、水溶液相關迷思概念之研究，依序說明如下：

一、認知架構的探究

在認知心理學的理論方面，Piaget 著重於智能或思考能力的發展。Piaget (1964)以臨床診斷法研究特殊年齡兒童的認知能力，該理論的精義有兩點：(1)個體內在認知的發展是由具體到形式，可以劃分為若干階段，由感覺動作期、前操作期、具體操作期至形式運思期，顯現出循序漸進的現象；因此兒童智能的發展並非數量上的增加，而是在智能行為品質上的改變（引自張春興、林清山，1982）。(2)個體是依其內在基模所感覺的外在認知素材進行組織、建設與操作，使個體能在環境中適應。認知在本質上，即是一種建構作用，不時地在進行組織的一種作用，故要實施以學生為主的教學活動，讓學生充分的和環境中的事物互動，透過對經驗的同化與適應，使心智成長更結實（引自郭丁熒，1995）。

在建構主義的教學模式方面，深受到 Piaget 的理論影響，Wheatly (1991)曾提出一貼切的論述，認為知識是由個體組織、統整後，建構至內在認知架構中。每個個體均有一套屬於自己建構的方法，個體會基於自己的先備概念及生活經驗，主動的建構新知識，在這建構過程中經過了「同化」、「調適」作用，而在認知結構中達到「平衡」的狀態。Piaget 認為學習者需透過原有認知架構與事實間相互調整而取得平衡，才能獲得知識。建構主義是奠基在下列兩個主要的原理：(1)知識並非被動的接受，而是由具有認知能力的個體所主動建構出來的。(2)認知的功能是具有適應性的，其作用是把我們所經歷的事物加以組織，而不是去發現客觀存在的現實世界（王美芬、熊召弟，1995）。

依 Piaget 認知發展論的觀點來看，個人內在有其認知基模（scheme），在個體與外在進行的認知作用中，其認知基模會和外在認知素材進行組織、作用和建構，而形成一認知架構，藉著此種作用，使個體能在環境中適應。認知結構的內在機制（mechanism），可以簡單的說是從不平衡狀態到平衡狀態，而涉及到同化和順應作用的一連串歷程。

對教師而言，瞭解學生的「認知結構」有下列好處（吳穎泫，2002）：(1)瞭解學生的先備知識，以利教學的安排；建構主義強調知識是學習者主動建構的，學習者的先備知識會影響後續學習，先備知識會支配學習者對於知識的再建構及外來刺激的訊息處理（Tsai, 2001），換言之，每一個學習者都有不同的方

式去表徵、組織、理解及提取知識，而學習者所建構的知識具有個別性（Anderson & Demetrius, 1993）。因此，透過瞭解學生的認知結構，教師可以瞭解學生的起點行爲，給予個別化、適性的方式引導學生學習。

(2) 可以用以評量學生的學習成效：建構主義者認為傳統的紙筆測驗無法真正評量出學生的學習成效，應該採用「多元評量」(multiple assessment)的方式。Shavelson 等人認為評量應該要提供兩個效標 (valid indicator)：「認知正確性」(cognitive fidelity) 和「過程關聯性」(process relevance)，「認知正確性」和概念理解的一致性有關，而「過程關聯性」則評量學生如何在日常生活中應用所學到的概念或技巧，他們認為「認知結構的評量」也是「多元評量」的一種方式（引自 Tsai & Huang, 2002）。Tsai 與 Huang (2002)也認為「認知結構的評量」比傳統的紙筆測驗能提供更多和上述兩種效標有關的訊息。

(3) 作為改進教學策略的參考：透過評量學生的認知結構，教師可以檢視自己使用教學策略的成效，以達到自我省思，作為改善教學策略促進學生認知發展的參考。而學生也可以透過評量認知結構的過程，監控自己的學習成果，透過這樣的過程可以增進自我「後設認知」(metacognition) 的能力。

Stewart (1980) 曾就評估認知結構的方法加以分類，將其分為臨床性晤談 (clinical interview) 的方法、評估陳述性知識 (declarative knowledge) 的方法及評估程序性知識 (procedural knowledge) 的方法三類。

由以上認知心理學理論及評估認知架構的實務可知，每位學生的認知架構會因日常經驗的不同而有所不同，因此，本研究進行半結構式晤談，以探究學生對水溶液概念存在的迷思概念。

二、迷思概念與概念改變

(一) 迷思概念與科學學習

在概念學習中，如果有迷思概念，會妨礙正確學習的進展。若要改變迷思概念，必須花費極大的力氣，而且仍不能確定是否會成功。迷思概念會阻礙科學學習，然而學生是很難放棄原有的概念，因為他們常會使用防衛機制來維護自身的認知平衡，對於自己的想法總認為是對的，因此亦常造成學生在科學概念學習的困難（鄭一亭，2003）。

(二) 概念改變的理論

在科學教育中有關概念改變的理論，最為大家熟知的是 Posner, Strike, Hewson 和 Gertzog (1982) 所提出的概念改變模式 (conceptual change model, CCM)，他們嘗試說明兒童的概念是如何進行改變的，提出學童的概念改變必須滿足下列條件：(1)要對自己原有的概念覺得不滿意；(2)新概念必須是可理解的；(3)新概念必須是合理的；(4)新概念必須是可廣泛應用的。要符合上述四條件，並且透過調適的過程，才能使概念重組而達到概念改變的目的。

Chi、Slotta 和 deLeeuw(1994)曾經從本體論的觀點來探討概念改變的內涵，提出了本體樹的組織架構。指出所有實體 (entity) 可分為三種類別：物質 (matter)、

過程(process)和心智狀態(mental state)。所謂「物質」是指所有含有特定屬性的東西，如紅色的太陽、有生命的東西和固體等。所謂「過程」指的是事件的發生，可能有序列性、及因果關係，也可能是機率問題。所謂「心智狀態」，則指情意的部分。Chi (1998) 指出概念改變可分為兩種：(1) 本體類別內的改變(with ontological conceptual change)是指概念改變的發生是在於同一本體樹內概念上下的轉變，而不是跨越本體樹的概念改變；這種改變可視為信念修正(belief revision)。(2) 跨越本體類別間的概念改變(across ontological conceptual change)，這種類別間的轉移才可稱為根本之概念改變，學習者必須跨越本體類別才能學習到正確的科學知識。但是跨越本體間的概念改變是難以發生的，在 Chi 的相關研究中指出，在過程類別中有兩個重要的觀念：一般事件 (event) 與限制條件為主的交互作用(constrain-based interaction, CBI)。事件具有明顯的起點與終點、明確的行動，而 CBI 則沒有一般事件所具有的特質，它無起點也無終點，是一不斷進行之活動。

概念若在本體類別內做上下的轉移，這對學生而言僅是信念之修正，且較容易發生。但概念若牽涉到跨越本體類別之改變，是一個概念由原先指定類別轉移到另一新的指定類別，其改變機制和結果將和前者不同。故 Chi (1998) 類別間的概念改變過程是概念在兩不相容的樹中逐漸發展，但發展的結果可能是突然的。若我們可以將 CBI 之本體論的類別運用於教學上，以澄清學生之相關類別的概念，再以新的類別概念進行學習，應該能達到概念改變的目的。

三、概念改變的教學策略

建構主義之教學理念，能充分的提供概念衝突的情境，以促使學生進行概念的澄清與重組。雖然建構主義之教學理念，能充分的提供概念衝突的情境，以促使學生進行概念的澄清與重組，但仍有少部分的概念，仍無法被學生完全接受以取代既有的迷思概念。可能有以下原因：

1、 每位學生的生活經驗、學習方法不盡相同，所以各擁有獨特的認知結構，而且有些概念過於抽象，並不適合讓學生自行建構。

2、 抽象的概念雖然適合用類比進行教學，但基於類比並非具備有完全一對一的關係，在加上學生會私下使用自認為適當的類比，而造成迷思概念(邱美虹，1993)。

3、 教學者視建構理念之教學活動為唯一的教學方法，而導致教學不易具有明顯的效果。Clement設計了搭橋類比的方式，協助學生瞭解力的概念，他提出類比是幫助學生學習科學概念的有效途徑，但是若輔以蘇格拉底的討論法，其效果將更加顯著(引自張川木，1996)。另外，劉純興、林建隆與徐順益(1999)以小組討論的類比學習進行物理概念轉變的研究，發現「強討論小組」的概念改變情形比「弱討論小組」來得明顯。可見，若能融合多種策略於建構理念的教學模式中，應能提升概念改變教學之成效。

4、 學生的認知架構因年齡而有異，故使用概念構圖的教學模式時，宜考慮

兒童的認知發展，所以若對較低年級的學生進行概念構圖之活動時，宜多加注意。

楊龍立（1998）提出，當建構教學是眾多教學法當中的一種，可以由教師自由選擇使用時，可以發揮其正面功效。但是當建構主義被視為唯一的教學理念或教學方法時，則容易產生後遺症。他認為建構主義被視為一種認知的理論是不恰當的，因為新發展的知識可視為主動建構，但許多時候我們許多的看法是取自於別人智慧的結晶（經深思後才接受），此時是別人為我們建構了知識概念，而我們也輕易的接受了，亦即被動接受與主動建構都是認知的方式。

經對以上研究的分析，研究者發現，雖然以此理念進行教學能有不錯的成效，但仍有少部分的概念，仍無法被學生完全接受以取代既有的迷思概念。或許是因為每位學生的生活經驗、學習方法不盡相同，所以各擁有獨特的認知結構，而且有些概念過於抽象，並不適合讓學生自行建構，故擬以「認知結構為基礎的教學模式」進行概念改變的教學，在此教學模式中可依學生的個別差異及欲教概念的本質來選擇教學策略，以進行概念改變的學習。

四、以認知架構為基礎的教學模式

在認知心理學的研究中發現：教學是透過改變學生思考、組織等方式來影響成就，即教導學生如何把訊息和其經驗知識相連結，進而將這些訊息運用到日常生活中。此處以認知心理學為基礎所發展「以學生認知架構為基礎的教學模式」著重教學歷程中個體的認知架構，特別重視學生的先前經驗、形成迷思概念的成因，教師依此為基礎，對症下藥，進行教學活動設計，以達到概念改變的目的。

國內相關以認知架構為基礎之教學模式的文獻中，郭丁熒（1995）曾採 Joyce 等人所提的教學模式設計原理，設計「以學生認知架構為基礎的教學模式」，在此模式中共包含了五個階段，分別為：確定學科的內容知識結構、評估學生的先前知識、設計情境、探究問題及擴展學生知識架構與加強知識連結。

由以上相關的認知理論可知，因為每位學生的生活經驗、學習方法不盡相同，所以各擁有獨特的認知結構，而且有些概念過於抽象，並不適合讓學生自行建構，在此教學模式中可依學生的個別差異及欲教概念的本質來選擇教學策略或模組，並將已決定好的教學策略或模組融入此模式中。

五、水溶液相關迷思概念之研究

為了進一步瞭解學童的概念屬性，研究者擬以本體樹的觀點，採用述詞分析的方式，將學童的概念加以分類。藉由對兒童話語的分析，可以將其所述概念分類至所屬的本體類別內，進而探究教學前後概念類別改變的情形。茲分別以本體論觀點整理水溶液概念相關之研究，並說明如下。

（一）學童的相關概念（物質類別）

1. 撞擊屬性：有學童認為攪拌可以幫助溶解，因為水一直旋轉，就會一直撞擊鹽巴，鹽被撞擊就會一直變小，就會比較容易被吸收。

2. 包含屬性：Kruger & Summers（1989）的研究發現，小學教師認為糖溶解

於水是屬於化學變化，因為他們認為在溶解過程中，糖分子會進入水分子的空隙中，或是與水產生化學鍵。鄭一亭（2003）的研究當中發現，兒童認為水分子會將物質包圍起來，水是氫氧，鹽會卡在氫氧中，所以就看不到了。

3.休息屬性：Prieto、Blanco 和 Rodriguez 等人(1989)的研究中指出，20%~30%的六到八年級學生認為溶質在溶液中並未均勻的分佈，因為學生每天生活的經驗告訴他們，若是加入過多的溶質於溶劑裡，則會有大部份的溶質沈積在容器的底部，因此學生會認為溶解後，因此溶質也會沈積在容器的底部。鄭一亭（2003）的研究當中發現，兒童認為食鹽溶解後，幾乎大部分或全部的鹽會沈在水底下或浮在水面上。

4.消耗屬性：大部分的學童會認為，物質溶解後就消失了，溶質消失，所以重量也消失、物質加入水中後，就消失不見了（黃寶鈿，1990、陳淮璋，2002、鄭一亭，2003）。

5.吸收屬性：在鄭一亭（2003）的研究中指出，有學童認為，不管加多少溶質，都可以溶解。因為攪拌，讓水分子受到的面比較大，可以吸收比較多的溶質。

6.數量屬性：大部分的學童認為，溶解後，溶質重量會減輕，因為他們認為溶解和燃燒一樣，在溶解過程會跑掉一些東西（黃寶鈿，1990、陳淮章，2002、鄭一亭，2003）。

（二）科學家的相關概念（過程類別）

1.事件屬性中明顯的行動：即將溶解事件分成幾個次要構成要素，對於個體而言，所受到的影響不一樣。將不同的物質放於水中，並非每種物質都會溶解。

2.CBI 屬性中不具有起點和終點：物質溶於水後，因為物質變得非常小，所以看不見，並非物質消失了，物質仍然存在，溶解的行為持續在發生。

3.事件屬性中的序列性的：事件中，要先發生某行動，另一情境才有可能發生。例如食鹽溶於水中時，除非水蒸發掉，否則食鹽不會沈澱出來。

4.CBI 屬性中非因果關係的：例如溶質沒有攪拌還是會溶解。

5.CBI 屬性中非序列性的：CBI 本身是同時發生的，在此情境能發生，在另一情也能發生。例如同時放入重量相同但是顆粒大小不同的方糖，會同時溶解，且待完全溶解後，甜味會相同。

6.事件屬性中因果關係的：例如水量固定，能溶解的量也固定，及水量會影響溶解的量；在完全溶解的條件下，果糖放越多，溶液就越甜也越濃；溫度的升高可以增加糖在水中的溶解量。

經過以上的分析，我們可以發現學童溶解的相關概念，大多屬於物質類別，而科學家的相關概念是屬於過程類別。而要使兒童產生概念改變，需使兒童溶解概念本體樹從物質類別跨越到過程類別，概念若在本體類別內做上下的轉移，這對學生而言僅是信念之修正，且較容易發生。但概念若牽涉到跨越本體類別之改變，是一個概念由原先指定類別轉移到另一新的指定類別，其改變機制和結果將較前者困難且不易發生。

參、研究方法

本節分別就研究設計、研究對象、研究工具、研究程序、資料蒐集與分析、研究的效、信度依序說明如下。

一、研究設計

本研究採取以質為主，量為輔的研究方法進行研究。在質的方面，以臨床晤談的方法，進行述詞的分析，以探究兒童水溶液概念本體樹的改變情形。研究者依據兒童「水溶液概念二階段診斷式測驗問卷」前測得分情形，分為低、中、高三種程度，從每一程度中隨機選取 12 位（實驗組、控制組各 6 位），共選取 36 位學童，進行團體焦點晤談，每組學童晤談時間為 15-20 分鐘。

在量的研究，採取準實驗研究法，將兩組學童在瑞文氏標準圖形推理測驗之平均數，進行單因子變異數分析（one-way ANOVA）考驗，以進一步確認兩組受試者程度上的一致性。

在教學前一週，兩組皆進行前測，並以前測成績為共變數，進行共變數分析，以去除前測效應，再輔以晤談，以瞭解學生的認知結構與先前概念；接著進行為期三週的教學活動。最後，在教學後一週進行後測與晤談，以深入瞭解兒童水溶液概念的認知結構與概念改變的情形，實驗設計如表 3-1：

表 3-1 實驗設計表

組別	前測	實驗處理	後測
實驗組	Y1	以認知架構為基礎的教學模式	Y2
控制組	Y1	一般教學模式	Y2
施行時間	教學前一週	共三週	教學後一週

二、研究對象

本研究對象是台北縣樹林市某國民小學之三年級學童，從三年級十三個班級，選取兩個班級，隨機分派一班為實驗組 32 位，另外一班為控制組亦為 32 位，實驗組接受以認知架構為基礎之教學模式；控制組則接受一般的教學模式。晤談對象的選取則依據兒童「水溶液概念二階段診斷式測驗問卷」前測得分情形，分為低、中、高三種程度，從每一程度中隨機選取 12 位（實驗組、控制組各 6 位），共選取 36 位學童，進行半結構式晤談，以探討學童經過教學後之水溶液概念本體樹述詞使用之情形。研究學校位於工、商、住宅混和區內，校齡 104 年，全校班級數為 74 班。

三、研究工具

本研究的研究工具主要分為以下兩種：

- (一)水溶液概念二階段診斷式測驗問卷

由於本研究主要針對水溶液迷思概念之改變情形進行探究，對迷思概念之成因採鄭一亭（2003）所發展的「水溶液概念三階段診斷式測驗電腦線上試題」但改為「水溶液概念二階段診斷式測驗問卷」，對三年級的學童進行預試和晤談，以蒐集學童的想法，再蒐集相關文獻並與專家進行討論，修改後的工具，在信度方面， $N=63$ ，庫李信度（KR20）為 0.65。

(二)水溶液概念半結構式問卷

本研究使用的晤談工具為水溶液概念半結構式問卷(修改自鄭一亭，2003)，此問卷內容的設計主要以「水溶液概念二階段診斷式測驗問卷」的次概念的命題陳述為主，主要採取半結構式晤談。

四、研究程序

本研究主要分為三個階段，即準備階段、實驗階段與報告撰寫階段，主要的工作內容如下：

(一)準備階段

在此階段中，首先確認研究的主題，在閱讀相關文獻時，發現科學概念的學習乃是科學學習的重點之一，而國內外有許多研究針對兒童水溶液迷思概念的類型與成因進行探究，但國內學童仍舊對水溶液概念存有許多迷思概念。因此研究者希望能以這些研究為基礎，進行概念改變教學之研究。並選用適合的研究工具與教學模式，以確保研究工具的信、效度。

(二)實施階段

選取台北縣樹林市某國民小學之三年級兩個班的學童，實施「水溶液概念二階段診斷式測驗問卷」之前測，將學童問卷作答的情形進行分析並進行晤談，以深入探討學童迷思概念的類型，作為修正教學模式的依據，接著進行教學活動，之後再進行後測與晤談。

五、資料蒐集與分析

本研究所蒐集的資料有兩種，分別為水溶液概念二階段診斷式測驗問卷及個別晤談資料，分別說明如下：

(一)晤談資料

本研究晤談的資料來自於「水溶液概念半結構式問卷」，將晤談內容轉錄成逐字稿，為了求其客觀性，晤談後的資料經研究者轉錄後，均再請求兩位自然科專任教師進行晤談資料的檢視，以提高其客觀性。其資料分析要點如下所述：

1、晤談資料的述詞分析

依據述詞分析技術，將學童晤談時所說過的每一句話，逐一分析，找出學生的想法，並找出其想法的屬性，將其歸類。研究者依據 Chi, Slotta, and deLeeuw (1994) ; Ferrari and Chi (1998) 發展之述詞分析技術，製作本體類別屬性說明與舉例表格，如表 3-2、表 3-3、表 3-4 所示：

表 3-2 物質類別屬性說明與舉例

代碼	物質屬性	述詞範例	說明	實例
Bk	撞擊 (block)	彈回、碰撞、中 止、阻止	物質可以互相碰 撞、擠壓、或反 彈	水分子和鹽巴相互碰 撞
Ct	包含 (contain)	儲存、不出外、包 含	物質內可以包含 其他物質	水分子會把鹽巴包起 來
Mo	移動 (move)	流動、來、去、離 開	物質可以由甲地 移動到乙地	鹽巴分子會由最底部 移動到頂部
Re	休息 (rest)	停止、停留、位於	物質是停留在某 一地方的	鹽巴分子一直停留在 容器底部
Cs	消耗 (consume)	用完、耗盡	物質是會被消耗 掉的	鹽巴分子溶解是因為 被消耗掉，而消失了
As	吸收 (absorb)	接受、吸引	物質間是可以相 互吸收、吸引的	鹽巴能力弱，被水吸收 了
Qt	數量 (quantity)	一些、很多、很 少、完全沒有	物質的數量是會 改變的	鹽巴分子溶於水後，數 量變少了，所以看不見
Ac	增加顏色 (color add)	紅加藍變成紫 色、就像畫畫一樣	物質的顏色會改 變	鹽巴溶於水，水會便白 色
Am	累積 (accumulate)	被填滿、增加、使 增大	物質可以加成	鹽巴溶解後，被水吸 收，水分子變多了
Sp	供給 (supply)	發散、提供、來自	物質可以提供能 量給別的物質	攪拌時，水分子給鹽巴 能量，讓它融化
Ea	等量 (equivalent amounts)	平均分配、電池的 能量是會很平均 的傳遞的	物質是可以平均 分配到各個空間 的	鹽巴分子會被切割成 好幾等分，再溶解

表 3-3 事件類別屬性說明與舉例

代碼	事件屬性	說明	實例
Da	明顯的行動(distinct actions)	將事件分成幾個次要構成要 素，對於個體而言，所受到的 影響不一樣	不同的物質放入水中，並非每 種物質都會溶解
Bo	有界線的(bounded)	事件本身是有終點和起點 的，當達到了終點，則所有行 動就停止了	溶解的過程，溶質沈到容器底 部，溶解行為就不再進行了
Tm	終止的(terminate)	事件本身是可以停止的	溶解的活動是會停止的
Sq	序列性的(sequential)	事件的次要構成要素是有序 列性的發生的，要先發生某行 動，另一情境才有可能發生	溶質會先從和水分子相接觸 的表面先溶解
Ca	因果關係的(causal)	事件本身有一連串的条件限 制或因果關係	顆粒大小會影響溶解的快慢
Gd	目的導向 (goal-directed)	事件的進行是有特定目標的	溶質會想從濃的地方到淡的 地方

研究者與一位自然科專任教師，一起逐題分析兒童使用述詞的情況，分析後進行比對。例如分析第一題時，研究者認為，該位兒童的想法屬於物質類別，之後和自然科教師進行比對，若發現兩者分析的結果皆相同，則確認該生的想法確實為物質屬性；若分析結果不符合，二人進行討論，最後再請專家逐題檢視。

表 3-4 限制條件為主 (CBI) 類別屬性說明與舉例

代碼	CBI 屬性	說明	實例
Nda	不具有明顯的行動(distinct actions), 他是一致性的	CBI 沒有可以分解的次要構成要素, 對於個體而言, 所受到的影響是相同的	任何一種溶質都會因為溫度的升高而影響溶解的量
Nbo	不具有起點(beginning)、終點(end)	CBI 是有沒有終點和起點的, 不會因為行動的結束而停止內部的活動	即便是看不到溶質, 溶質仍然存在, 且溶解仍在進行中
Ntm	他是不斷進行的(ongoing)	CBI 本身是持續進行的	溶解的行為是持續不斷在進行的
Nsq	它不是序列性(sequential), 而是同時發生的(simultaneous)	CBI 本身是同時發生的, 行動能在此情境發生, 在另一情境也能同時發生	同時放入不同的溶質, 兩種溶質會同時溶解
Nca	它不是因果關係的(causal), 而是隨機的(random)	CBI 本身沒有因果關係而是隨機發生的	溶質不會因為沒攪拌而不溶解
Ngd	它不是目的導向(goal-directed), 而是淨效應(net effect)	CBI 的進行是沒有特定目標的, 而是所有行動的總和, 顯示出一個整體的方向	溶質溶解時會均勻的擴散, 是分子不斷運動產生的一個結果

2、晤談資料述詞的計算方法

在晤談過程中, 將兒童的想法依照不同本體類別的屬性加以分類, 並將其使用述詞的次數記錄在述詞記錄表中。

為了瞭解接受不同教學模式的兒童之水溶液概念本體樹的差異情形, 運用述詞記錄表進行統計。由於樣本資料是屬於次序變數時, 可使用曼-惠特尼 U 考驗 (Mann-Whitney U test), 相當於考驗兩個獨立樣本平均數差異的 t 考驗 (林清山, 1992)。故將兒童使用述詞的次數, 用曼-惠特尼檢定, 以探究兩組之水溶液概念本體樹是否有顯著差異。

研究者進行前後測逐題之分析, 將晤談過程中, 實驗組與控制組的兒童可能呈現物質類別中的 11 個屬性、事件類別中的 6 個屬性和限制條件為主 (CBI) 子類別中的 6 個屬性, 以百分比的方式呈現出來, 以比較兩組間的差異。

本體樹改變的情形可能會有以下列情況, 第一種是同類別內的改變, 例如, 前測時的述詞屬於物質類別, 後測時仍屬於物質類別; 第二種是不同類別間的改變, 包括了物質類別到事件類別的改變、物質類別到 CBI 類別的改變、事件類別到 CBI 類別的改變。研究者, 將針對參加晤談之 36 位學童, 進行逐題分析, 並分析進行同類別內的改變、物質類別到事件類別的改變、物質類別到 CBI 類別的改變和事件類別到 CBI 類別改變的人數分佈情形, 進而比較接受不同教學模式的學童, 水溶液概念本體樹改變的情形。

(二)水溶液概念二階段診斷式測驗問卷

「水溶液概念二階段診斷式測驗問卷」的測驗題目中共有十一題，每一題二分，滿分為 22 分。每一題的第一層是單一選擇題的形式，第二層是理由或想法陳述的選項，兩層皆答對得二分，若第一層答對而第二層的理由選錯則得一分，若第一層答錯而第二層的理由選對則該題不算分。將其測驗結果的得分情形，以 SPSS11.0 進行量化資料的分析。採用共變數分析 (ANCOVA)，用以比較學童在不同的教學模式下，其「水溶液概念二階段診斷式測驗問卷」的得分情形。

六、以認知架構為基礎的教學模式

根據 Piaget 的認知發展理論，在教學上應該要配合學生認知發展的順序，使用適合學生的教學策略，並提供適合學生學習的情境。教師藉由營造適當的刺激情境，刺激學生進行主動學習；配合教學活動之操作或示範，讓兒童進行像科學家探究的活動，經由此探究過程，可將學習到的知識納入自己的認知基模中，這樣就能將知識遷移到其他的問題情境中；讓兒童經由合作學習或小組磋商的過程進行學習，並修正自己原有的認知基模以達到概念改變的目的。研究者參考郭丁熒 (1995) 所提出「以認知結構為基礎的教學模式」的教學模式於水溶液概念改變的教學中，在探究問題後進行概念的澄清與重組活動，期能有助於迷思概念的改變而成為正統的科學概念，並以修改後的教學模式進行概念改變的教學，此模式如表 3-5。

表 3-5 認知架構為基礎的教學模式

階段	階段名稱	活動內容重點
階段一	* 評估學生的先備知識	經由前測及晤談，瞭解學生的認知架構及迷思概念。
階段二	* 設計情境	依據其迷思概念，選擇適當的教學策略並設計教學情境。
階段三	* 探究問題	以問題為中心，讓學生進行探究
階段四	概念衝突	運用教學策略，使學生產生矛盾，而開始懷疑自己的想法。
階段五	概念重組	學生能親自操作、體驗、思考驗證並重新建構自己的想法
階段六	* 擴展知識架構與加強知識連結	將新想法應用於其他現象

(* 引自郭丁熒，1995)

七、研究的效、信度

(一) 效度

由於本研究著重於質的研究，本部分主要說明如何增進本研究的效、信度。

1、內在效度

爲了提升內在效度，研究者將所蒐集的資料，包括測驗結果、晤談資料、教學內容，與研究者所屬研究小組成員互相討論，彼此交叉檢核，進行三角校正。

2、外在效度

爲了提高本研究的外在效度，研究者提供：研究的對象、晤談對象、人數、抽樣的方法、晤談逐字稿、資料蒐集分析的方法等詳細的資料，並且力求兩組學童的同質性、教學與施測環境一致，以避免干擾。另外爲了摒除實驗效應造成之外在效度降低，學童在實驗過程中並不知道自己正在接受實驗。

二、信度

爲建立評分者信度，本研究將水溶液概念二階段診斷式測驗之結果，交由同校兩位自然與生活科技領域教師檢查。另外，研究者也將教學過程以錄影方式做紀錄，教學後進行教案內容與錄影內容之比對與檢視，如果觀察一致性高，則信度高，力求教學過程符合以認知架構爲基礎之教學模式的教學流程。

爲了提高述詞分析的信度，在進行分析前，先和自然與生活科技領域專任教師說明本體樹下各個屬性的意義和分類方法，並且從晤談資料中隨機抽取一樣本，進行述詞分析，兩人一起進行述詞訓練若干回，直到分析結果之一致性達到.80，即兩人的評分者信度達到.80 以上，才正式進行述詞分析，以提高述詞分析結果的一致性。

肆、結果與討論

本節第一部分爲接受不同教學模式之後，學童水溶液相關概念本體樹的差異；其次爲接受不同教學模式對學童水溶液相關概念本體樹的改變；最後是接受不同教學模式對學童水溶液相關概念學習成就的影響。

一、接受不同教學模式，學童水溶液相關概念本體樹的差異

爲了探究接受不同教學模式之後，學童水溶液相關概念之本體樹是否有差異，本研究依據 Chi, Slotta, and deLeeuw (1994) ; Ferrari and Chi (1998) 發展之述詞分析技術，分析 36 位學童「水溶液概念半結構式晤談問卷」述詞使用的情形，進一步分析學童水溶液概念之本體樹。

(一) 述詞使用次數及顯著性考驗

進行水溶液概念之教學後，進行「水溶液概念半結構式晤談問卷」的述詞分析，發現在物質述詞的使用上，實驗組 18 位學童使用了 30 個物質述詞，控制組 18 個使用了 44 個；在事件述詞的使用上，實驗組使用了 109 個，控制組使用了 68 個；而在 CBI 述詞的使用上，實驗組出現 26 個 CBI 述詞，控制組出現了 9 個，如表 4-1。

而且實驗組 18 位學童「水溶液概念半結構式晤談問卷」述詞使用的情形，述詞總數爲 165 次，大於控制組的 121 次，這說明了實驗組學童在晤談時，能用較多的述詞進行其所觀察的現象或已知的概念。實驗組學童在過程類別使用之述詞（事件述詞與 CBI 述詞）使用次數爲 135 次，高於控制組學童在過程類別（事

件述詞與 CBI 述詞) 使用之述詞次數 77 次。但兩組學童「水溶液概念半結構式晤談問卷」述詞使用的次數是否達統計上的顯著差異，則需進行曼-惠特尼檢定 (Mann-Whitney U Test)。

表4-1 「水溶液概念半結構式晤談問卷」的述詞次數使用情形

		物質述詞	事件述詞	CBI 述詞	合計
實驗組	述詞次數 (N=18)	30	109	26	165
控制組	述詞次數 (N=18)	44	68	9	121

爲了比較兩組共 36 位學童「水溶液概念半結構式晤談問卷」述詞使用的次數是否有差異，研究者以曼-惠特尼檢定 (Mann-Whitney U Test)，其檢定結果如表 4-2。

表4-2 「水溶液概念半結構式晤談問卷」述詞使用的曼-惠特尼檢定

組別		人數	Mean Rank	Mann-Whitney U	Asymp. Sig. (2-tailed)
物質述詞	實驗組	18	15.33	105	.062
	控制組	18	21.67		
事件述詞	實驗組	18	24.14	60.5*	.001
	控制組	18	12.86		
CBI 述詞	實驗組	18	23.75	67.5*	.001
	控制組	18	13.25		

p* $<$.05

由表 4-2 可知，兩組學童在「水溶液概念半結構式晤談問卷」述詞使用的次數，在物質述詞 U 統計量， $U=105$ ， $p=.062>.05$ ，在統計上未達顯著差異；在事件述詞 U 統計量， $U=60.5$ ， $p=.001<.05$ ，已達統計上的顯著差異；在 CBI 述詞 U 統計量， $U=67.5$ ， $p=.001<.05$ ，已達統計上的顯著差異。現歸納如下：(1) 兩組學童「水溶液概念半結構式晤談問卷」述詞使用的情形，實驗組學童在物質述詞使用的次數與控制組學童並無顯著差異；(2) 兩組學童「水溶液概念半結構式晤談問卷」述詞使用的情形，實驗組學童在事件述詞使用的次數多於控制組學童；(3) 兩組學童「水溶液概念半結構式晤談問卷」述詞使用的情形，實驗組學童使用 CBI 述詞的次數多於控制組學童。

(二) 兩組學童正確使用述詞的情形

研究者除了針對使用述詞的次數進行探究外，更針對學童使用正確述詞與錯誤述詞進行百分比分析，分析結果如表 4-3。

由表4-3可看出，在物質述詞方面，實驗組與控制組學童出現錯誤述詞的次數分別爲8次與19次；使用正確述詞的次數分別爲22次與25次。在事件述詞方面，實驗組與控制組學童出現錯誤述詞的次數均爲3次；使用正確述詞的次數分別爲106次與65次，在CBI述詞方面無錯誤述詞的出現。

表4-3 「水溶液概念半結構式晤談問卷」的正確與錯誤述詞使用次數與百分比

		物質述詞	事件述詞	CBI 述詞	合計
實驗組	正確述詞出現次數	22	106	26	154
	錯誤述詞出現次數	8	3	0	11
控制組	正確述詞出現次數	25	65	9	99
	錯誤述詞出現次數	19	3	0	22

由此可知，控制組在物質述詞的使用上雖然次數多於實驗組，但並非完全使用正確的物質述詞。而兩組學生在CBI述詞使用上，雖然少於物質述詞與事件述詞，但卻能正確的使用CBI述詞。

(三) 次概念的述詞使用情形逐項討論

爲了瞭解接受不同教學模式之後，學童「水溶液概念半結構式晤談問卷」述詞使用的差異情形，研究者將 36 位學童「水溶液概念半結構式晤談問卷」在物質述詞、事件述詞及在 CBI 述詞可能出現的屬性，以述詞百分比的方式呈現，例如要計算「消耗的 (Cs)」述詞出現之百分比，即將「消耗的 (Cs)」述詞出現的次數除以物質類別述詞的總次數；要計算「不具起點與終點 (Nbo)」述詞出現之百分比，即將「不具起點與終點 (Nbo)」述詞出現的次數除以 CBI 類別述詞的總次數。

本研究之水溶液概念包括三個次概念分別爲「物質溶於水後，溶質的狀態與保留」、「物質是否溶於水」與「影響物質溶解速率和溶解量的因素」，在此進行逐項次概念之分析與討論，並將上述結果整理成表 4-4、4-5 與 4-6。

表4-4學童「水溶液概念半結構式晤談問卷」次概念1~3物質述詞使用的情形

		物質述詞 (%)										
		Bk	Ct	Mo	Re	Cs	As	Qt	Ac	Am	Sp	Ea
實驗組	次概念一	0	10	0	20	6.7	3.3	23.3	6.7	20	0	10
	次概念二	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	次概念三	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
控制組	次概念一	0	0	3.6	13.6	18.2	0	34.1	5.8	5.8	3.6	3.6
	次概念二	0	0	0	5.9	0	0	0	5.8	0	0	0
	次概念三	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表4-5學童「水溶液概念半結構式晤談問卷」次概念1~3事件述詞使用的情形

		事件述詞 (%)					
		Da	Bo	Tm	Sq	Ca	Gd
實驗組	次概念一	0	0	0	0	13.8	0
	次概念二	16.5	0	0	0	0	0
	次概念三	0	0	0	11.9	57.8	0
控制組	次概念一	0	0	0	0	0	0
	次概念二	25	0	0	0	0	0
	次概念三	0	0	0	5.9	69.1	0

表4-6學童「水溶液概念半結構式晤談問卷」次概念1~3CBI述詞使用的情形

		CBI 述詞 (%)					
		Nda	Nbo	Ntm	Nsq	Nca	Ngd
實驗組	次概念一	11.5	61.5	0	0	0	0
	次概念二	0	0	0	0	3.9	0
	次概念三	23.1	0	0	0	0	0
控制組	次概念一	0	100	0	0	0	0
	次概念二	0	0	0	0	0	0
	次概念三	0	0	0	0	0	0

在次概念一「物質溶於水後的狀態與保留」，兩組學童皆有使用物質述詞、事件述詞與 CBI 述詞。在次概念二「物質是否溶於水」中，實驗組學童沒有使用物質述詞，僅使用事件述詞與 CBI 述詞；控制組學童僅使用物質述詞與事件述詞，完全沒有使用 CBI 述詞。在次概念三「影響溶解量與溶解速度之因素」中，實驗組學童在教學後具有 CBI 子類別與事件子類別的概念，而控制組學童只具有事件子類別的概念。

由上述結果可看出接受不同教學模式後，兩組學童在水溶液相關概念本體樹上：(1) 在物質述詞的使用上並沒有顯著差異；(2) 在事件述詞與 CBI 述詞的使用上有顯著差異，而且實驗組在事件述詞與 CBI 述詞的使用上顯著多於控制組。

實驗組學童與控制組學童在「物質述詞」使用次數上沒有顯著的差異，探究其原因，研究者推論可能是因為次概念一「物質溶於水後的狀態與保留」的概念，在本質上大部分是屬於物質類別，所以兩組學童皆容易出現物質述詞，故兩組無顯著差異。

二、接受不同教學模式，學童水溶液相關概念本體樹的改變

為了探究接受不同教學模式之後，學童水溶液相關概念改變之歷程情形，本研究主要根據 36 位學童「水溶液概念半結構式晤談問卷」教學前與教學後訪談的結果，分析其概念本體樹改變之歷程。此部分依本研究所分之三項次概念進行分析，研究者將概念本體樹改變的歷程分為本體類別內的改變、跨越本體類別的改變與維持原想法之零改變。另外，也就學童概念改變的類型進行分類，以深入探究學童概念改變的情形。

(一) 次概念一「物質溶於水後，溶質的狀態與保留」

此部分主要根據學童對於次概念一的主問題「看不見食鹽，食鹽消失了嗎？」之回答陳述進行分析，實驗組 18 為學童中，有 2 人是屬於本體類別內的改變，7 人則進行跨越本體類別的改變，有 8 人維持原本正確的想法，1 人則仍保持原本錯誤的想法。控制組 18 位學童中，有 1 人是屬於本體類別內的改變，2 人則進行跨越本體類別的改變，有 7 人維持原本正確的想法，8 人則仍保持原本錯誤的想法，如表 4-7。

此次概念主要是讓兒童瞭解物質溶解於水後的狀態與保留情形，藉由食鹽在水中溶解而看不見的情形下，讓學童推論食鹽到哪裡去了，以探察學童對於物質保留的觀點，探究學童是否瞭解當物質溶解後，雖然看不見，但物質是仍存在水中的。在教學開始前，進行二階段診斷式測驗問卷前測，進行晤談，以蒐集學童

之迷思概念。接著進行教學，與後測及晤談，以瞭解學童概念改變的情形。由於參與晤談的學童共有 36 位，此部分不進行逐位的分析，僅挑選想法較特別的學童進行分析與說明。

表 4-7 次概念一「物質溶於水後，溶質的狀態與保留」改變之歷程的分佈情形

概念本體樹的改變歷程		實驗組 (N=18 人)	控制組 (N=18 人)
本體類別內的改變	物質本體樹內的改變	1 人 (5.6%)	1 人 (5.6%)
	CBI 本體樹內的改變	1 人 (5.6%)	0 人
跨越本體類別的改變	物質跨越到 CBI 的改變	7 人 (38.8%)	2 人 (11.2%)
維持原想法之零改變	維持正確想法	8 人 (44.4%)	7 人 (38.8%)
	維持錯誤想法	1 人 (5.6%)	8 人 (44.4%)

1. 教學前的概念

研究者參考學童「水溶液概念二階段診斷式測驗問卷」前測（第二題、第三題、第五題、第四題與第十題）與教學前「水溶液概念半結構式晤談問卷」次概念一之晤談記錄，來瞭解在教學前學童對此概念的瞭解情形，經過歸納整理，結果發現學童的另有概念有以下類型：（1）物質加入水後，就消失不見了。（2）鹽會變成水，重量會變重。（3）食鹽消失了，所以沒有重量。（4）食鹽很輕，所以沒有重量。

經過研究者分析並請兒童進一步說明後，發現兒童在教學前傾向用日常生活中直接所看到的或感受到的現象，去解釋科學概念，兒童認為看不到就是消失了，和鄭一亭（2003）的研究結果相同。在重量保留概念方面，發現兒童對重量的概念不是很完整。廖婉君（2001）曾做過中年級兒童重量認知的研究，發現對國小中年級的兒童而言，對於「重量守恒」的概念，在三年級時僅有 50% 擁有，但四年級時則有 80% 已建立此概念，隨著年級的增加比例大幅增加。此一研究結果與 Piaget 的認知發展理論相符合，三年級的兒童屬於具體運思前期（七、八歲）尚認為形狀改變重量也會改變。兒童的重量守恒概念要至具體運思後期（九、十歲）才可完成（王文科，1991）。

針對以上迷思概念，研究者在教學活動中，強調讓兒童親身體驗，讓兒童嚐嚐食鹽水，以產生認知衝突。並且實際操作天平，讓兒童在觀察與操作的過程中，能瞭解食鹽也是有重量的，就算加入食鹽水中，重量仍然是存在的。

2. 教學後的概念

經過歸納整理，發現在概念改變方面，可分成三種類型，第一種是概念完全改變成正確概念，第二種類型是概念改變但產生新的迷思概念，第三種類型為概念未完全改變，以下就此三種類型說明如下：

（1）概念完全改變成正確概念：此類型的兒童認為食鹽仍在水裡面，看不見是因為食鹽變得太小了。

（2）概念改變但產生新的迷思概念：此類型學童有正確的概念，但同時有擁有其他之迷思概念，由於此處只有讓兒童使用放大鏡進行觀察，而動畫中也未提及這些溶解後的食鹽粒子是連用顯微鏡也看不見的，所以兒童有關溶解後物質狀態與保留的迷思概念雖然改變了，但是卻也產生了新的迷思概念。

(3) 概念未完全改變：此類型的學生，並不會因為水鹹鹹的，就認為食鹽還在水裡面，而且其想法有時充滿的矛盾，雖認為加了食鹽在水中後，會變重，但是仍認為食鹽並不在水裡面。

(二) 次概念二「物質是否溶於水」

此部分主要根據學童對於次概念二之主問題「這些日常生活用品都能溶解在水中嗎？」之回答陳述進行分析，實驗組 18 為學童中，有 16 人是屬於本體類別內的改變，有 2 人維持原本正確的想法。控制組 18 位學童中，有 13 人是屬於本體類別內的改變，有 5 人維持原本正確的想法，如表 4-8。

表4-8 次概念二「物質是否溶於水」改變之歷程的分佈情形

概念本體樹的改變歷程	實驗組 (N=18 人)	控制組 (N=18 人)
本體類別內的改變	錯誤的事件類別到 正確的事件類別	16 人 (88.9%) 13 人 (72.2%)
跨越本體類別的改變	物質跨越到 CBI 的 改變	0 人 (0%) 0 人 (0%)
維持原想法之零改變	維持正確想法	2 人 (11.1%) 5 人 (27.8%)
	維持錯誤想法	0 人 (0%) 0 人 (0%)

此概念主要是讓兒童瞭解並非每一種物質都能溶解於水中，我們也無法從物質的外觀直接來判斷它是否可以溶解在水中。在此部分，研究者準備了日常生活用品，包括食鹽、味精、糖、奶油、蕃茄醬等，讓兒童進行判斷其是否能溶解於水中，現就教學前的概念與教學後的概念進行說明：

1. 教學前的概念

研究者參考學童「水溶液概念二階段診斷式測驗問卷」前測（第一題）與教學前「水溶液概念半結構式晤談問卷」次概念二之晤談記錄，來瞭解在教學前學童對此概念的瞭解情形，經過歸納整理，結果發現學童具有「所有物質全都可以溶解在水中」的另有概念。經深入瞭解發現，兒童會因為科學知識的不足、概念不清楚，因此遇到問題時就會用猜想的方式來解決，但這些想像常常是沒根據的（鄭一亭，2003）。可見兒童若沒有親自操作，就會用猜測模式來解釋自己的概念，所以在此部分，研究者安排了同屬液體的沙拉油，與食鹽、糖、味精、太白粉與胡椒粉，讓兒童進行實作，並觀察其溶解與否。

2. 教學後的概念

經過歸納整理，發現學童皆能擁有正確的概念。學生在教學後都能瞭解物質因為性質不同，有的能溶解，有的不能，並非所有物質都能溶解，並能正確的說出何種物質能溶解，何種物質不能溶解。

(三) 次概念三「影響溶解量與溶解速度之因素」

此部分主要根據學童對於次概念三之主要問題「要怎樣增加溶解的速度和溶解的量？」之回答陳述進行分析。實驗組中有 3 人是屬於本體類別內的改變，13 人是屬於跨越本體類別的改變，有 2 人維持原本的想法；控制組中有 8 人是屬於本體類別內的改變，1 人是屬於跨越本體類別的改變，其中 9 人維持原來之想法，如表 4-9。

表4-9 次概念三「影響溶解量與溶解速度之因素」改變之歷程的分佈情形

概念本體樹的改變類型		實驗組 (N=18 人)	控制組 (N=18 人)
本體類別內的改變	事件類別到事件類別	3 人 (16.7%)	8 人 (44.4%)
跨越本體類別的改變	物質跨越到事件的改變	11 人 (61.1%)	1 人 (5.6%)
	事件跨越到 CBI 的改變	2 人 (11.1%)	0 人 (0%)
維持原想法之零改變	維持正確想法	2 人 (11.1%)	9 人 (50%)
	維持錯誤想法	0 人 (0%)	0 人 (0%)

此概念主要是讓兒童瞭解影響溶解量與溶解速率的因素有哪些，現在就教學前與教學後的概念來說明。

1. 教學前的概念

研究者參考學童「水溶液概念二階段診斷式測驗問卷」前測（第六、七、八、九、十一題）與教學前「水溶液概念半結構式晤談問卷」次概念三之晤談記錄，來瞭解在教學前學童對此概念的瞭解情形，經過歸納整理，結果發現學童另有概念的類型有以下幾種：（1）攪拌可以增加溶解的量，（2）放很久可以增加溶解的量：在國小階段的自然與生活科技的課程中，並沒有直接教導兒童認識「濃度」、「溶解度」與「飽和」等名詞，因此在晤談的過程中，只探究兒童對影響溶解量與溶解速度因素的理解，兒童並不一定要瞭解這些科學名詞。研究者針對此概念的教學，首先先讓兒童提出認為可以增加溶解量與溶解速度的方法，接著讓兒童進行實作與觀察，最後進行歸納並比較和之前預測之因素不同的地方。

2. 教學後的概念

經過歸納整理，發現在概念改變方面，分成三種類型，第一種是概念完全改變成正確概念，第二種類型是概念改變但產生新的迷思概念，第三種類型為增加正確的新概念，以下就此三種類型說明如下：

（1）概念完全改變成正確概念：此類學童，原本認為攪拌能增加溶解的量，經過教學後想法有了改變。

（2）概念改變但產生新的迷思概念：此類學童雖然擁有正確的概念但同時也產生了新的迷思概念，雖然能正確說出影響溶解量與溶解速度的因素，但是卻認為敲碎可以增加溶解量，而加水可以增加溶解速度。

（3）增加正確的新概念：此類學童在教學前表示不清楚影響溶解量與溶解速度的因素，在教學後能正確說出其因素。

(四)綜合討論

在次概念一「物質溶於水後的狀態與保留」中，實驗組學童有較多的學童是屬於跨越本體類別的概念改變（38.8%），高於控制組（11.2%），而控制組學童有較多是維持錯誤之想法（44.4%），即代表想法未產生改變。在次概念二「物質是否溶於水」中，兩組學童皆沒有產生跨越本體類別的概念改變，但實驗組有較多學童（88.9%）產生子類別內的概念改變，而控制組有（72.2%）產生子類別內的概念改變。在次概念三「影響溶解量與溶解速度之因素」中，實驗組學童有 72.2% 的學童產生跨越本體類別的概念改變，而控制組僅有 5.6%。

整體來看，接受「以認知架構為基礎之教學模式」的學童之水溶液概念本體樹較豐富，而在概念改變的類型中，也較明顯產生跨越本體類別的概念的改變。尤其在描述溶質溶解後的狀態時，實驗組學童較能以微觀的觀點來說明溶解現

象，而接受一般教學的學童，在概念的成長與改變上，其概念的本質較無顯著的改善。

三、接受不同教學模式對學童水溶液概念學習成就的影響

爲了探討接受不同教學模式之後，學童水溶液相關概念之學習成就，以「教學模式」爲自變項、「水溶液概念二階段診斷式測驗」（前測）爲共變項、「水溶液概念二階段診斷式測驗」（後測）爲依變項，進行共變數分析（Analysis of Covariance, ANCOVA），以考驗實驗組學童與控制組學童之學習成效是否有顯著差異。

（一）學童「水溶液概念二階段診斷式測驗問卷」的得分情形

兩組學生均爲 32 人，在教學前一週進行「水溶液概念二階段診斷式測驗」之前測，教學後一週進行後測。實驗組學童「水溶液概念二階段診斷式測驗」前測成績的平均數是 9.15，標準差是 2.96；對照組學童「水溶液概念二階段診斷式測驗」前測成績的平均數是 8.84，標準差是 2.81。接受不同教學模式之後，實驗組學童「水溶液概念二階段診斷式測驗」後測成績的平均數是 13.31，標準差是 3.55；對照組學童「水溶液概念二階段診斷式測驗」後測成績的平均數是 10.65，標準差是 3.23，如表 4-10。

表4-10 兩組學童在「水溶液概念二階段診斷式測驗問卷」前、後測得分情形

處理	實驗組 (N=32)		控制組 (N=32)	
	平均數	標準差	平均數	標準差
「二階段診斷式測驗問卷」前測	9.15	2.96	8.84	2.81
「二階段診斷式測驗問卷」後測	13.31	3.55	10.65	3.23
「二階段診斷式測驗問卷」之調整後平均數	12.17		9.81	

從表 4-10 中可知，兩組學童「水溶液概念二階段診斷式測驗問卷」後測成績的平均數皆高於前測成績的平均數，而實驗組學童「水溶液概念二階段診斷式測驗問卷」後測成績的平均數（ $M=13.31$ ）亦高於控制組學童後測成績的平均數（ $M=10.65$ ）。實驗組之調整後平均數（ $M=12.17$ ）也高於控制組（ $M=9.81$ ）。

（二）兩組學童「水溶液概念二階段診斷式測驗問卷」組內迴歸係數同質性檢定

研究者進行共變數分析（Analysis of Covariance, ANCOVA）前，先進行組內迴歸係數同質性檢定，檢定結果如表 4-11。由表可知迴歸係數同質性檢定的 $F=.187$ ， $p=.667$ ，未達統計上的顯著差異，表示實驗組和控制組迴歸係數的斜率可視爲相等，符合組內迴歸係數同質性的基本假定，即代表實驗處理與前測得分無交互作用存在，故可進行共變數分析。

表4-11 兩組學童在「水溶液概念二階段診斷式測驗問卷」之回歸係數考驗

變異來源	離均差平方和	自由度	平均平方和	F值	顯著性
組間	1.563	1	1.563	.187	.667
組內	518.438	62	8.362		

$p* < .05$

(三) 兩組學童「水溶液概念二階段診斷式測驗問卷」的共變數分析

分析結果如表 4-12 所示，其 F 值為 9.774，P 值為 .003，表示實驗處理後，兩組學生在「水溶液概念二階段診斷式測驗問卷」的得分情形有顯著差異。換句話說，以認知架構為基礎的教學模式有助於提昇學童水溶液概念的學習成效。

表4-12 兩組學童在「水溶液概念二階段診斷式測驗問卷」之共變數分析

變異來源	離均差平方和	自由度	平均平方和	F 值	顯著性
組間	112.891	1	112.891	9.774*	.003
組內	716.094	62	11.550		

p* < .05

(四) 綜合討論

本研究中，「以認知架構為基礎的教學模式」具有建構理念之精神，研究結果發現「以認知架構為基礎的教學模式」進行水溶液概念改變之教學活動之後，實驗組在「水溶液概念二階段診斷式測驗問卷」的得分情形顯著高於控制組。與下列三位學者研究結果一致：She (2004) 提出以具有建構理念精神之「雙重情境學習模式」(DSLM)，對不同本質理化概念的改變與重建之影響，發現能成功的促使學生產生具有保留性的概念改變；郭金美 (1999) 以 Driver 及 Oldham 所創建構主義之教學模式對五年級國小學童進行光學概念的教學，發現實驗組光學概念改變得分的情形明顯高於控制組，但在光直進與影子概念方面並沒有差異；廖經宏 (2001) 同樣以 Driver 及 Oldham 的教學模式對五年級國小學童的光學概念進行概念改變的教學，發現此教學模式進行教學時，實驗組的光學成就測驗及光學概念本體樹的改變得分情形皆高於控制組。根據上述，研究者發現「以認知架構為基礎的教學模式」之所以比一般教學模式的學習成就有顯著的效果，具有以下特徵：

1、以兒童迷思概念為起點，設計教學活動

在一般傳統之教學模式，教師角色是教學的主體，直接傳遞學童知識與如何解決問題，並且憑著自己多年的教學經驗與自己的學習經驗來評估學生的迷思概念。然而學童原有的概念是用來學習新概念的基礎，學童會根據自己的目標與周遭的環境而發生交互作用，最後建構新的概念 (Driver & Oldham, 1986)，所以學童的迷思概念是多樣的、動態的。此教學模式強調在教學前的訪談 (教師可依據文獻來蒐集迷思概念)，並依學生的迷思概念為基礎，設計活動進行概念改變。

2、製造衝突情境

在此教學的第四階段，目的就是讓兒童置於衝突之情境，讓學童考驗原有概念的正確性，使學童產生概念上的認知衝突 (conceptual conflict)，使學童的想法發生調適達成新的平衡狀態，藉此幫助學童重建其認知結構。在教學設計上需滿足不滿意、可理解、合理的、可應用的四個條件，以促進兒童概念的改變。

3、利用電腦模擬微觀世界

在進行次概念一「物質溶解後的狀態與保留」之教學活動，不同於一般教學模式，研究者設計了電腦動畫模擬物質溶解後的狀態，以刺激學童學習，並讓學童擁有微觀世界的微觀粒子概念。

4、親身體驗

此教學模式強調讓兒童親身體驗動手操作，以刺激概念衝突情境的產生，讓學童主動建構自己的知識，也就是學童的學習角色為教學的「參與者」，而非「旁觀者」，是學習情境中學習的主人。

伍、結論與建議

一、結論

根據研究結果，茲就本研究之結論分成三點說明：

(一) 在「水溶液半結構式晤談問卷」述詞使用的情形上，以認知架構為基礎的教學模式能使學童發展出更豐富的事件本體樹與 CBI 本體樹：

1. 實驗組學童與控制組學童在物質述詞的使用上沒有顯著的差異，但是實驗組比控制組能使用較多正確的物質述詞。

2. 實驗組學童與控制組學童在事件述詞的使用上有顯著差異，表示實驗組在事件述詞的使用上顯著多於控制組。

3. 實驗組學童與控制組學童在 CBI 述詞的使用上有顯著差異，表示實驗組在 CBI 述詞的使用上顯著多於控制組。

由上述結果可知，以認知架構為基礎的教學模式能幫助學童具有較正確且較豐富的水溶液概念本體樹。

(二) 以認知架構為基礎的教學模式能使學童產生跨越本體類別的概念改變

實驗組學童與控制組學童在接受不同的教學模式以後，在三個次概念的概念改變情形大部分有產生跨越本體類別的改變，其人數百分比且均比控制組高。這表示此教學模式能促進學童進行根本的概念改變。

(三) 以認知架構為基礎的教學模式能提升學童水溶液概念的學習成效

由不同教學法對學童水溶液概念改變成效的研究結果來看，發現實驗組學童在「水溶液概念二階段診斷式測驗問卷」的得分情形顯著高於控制組學童 ($F=9.774, p<.05$)。而且實驗組學童的後測也顯著高於前測結果，換句話說，此教學模式能提升學童水溶液概念之學習成效。

二、建議

研究者根據整個研究綜合檢討後提出四項建議，以期對後續教學提供改進之意見與參考：

1、教學前宜先瞭解學童的迷思概念，以融入課程中

在水溶液迷思概念與成因的研究已有相當成果，教師在教學前宜事先閱讀相關文獻或者進行訪談，以深入瞭解兒童所擁有的迷思概念類型與成因，據此設計一套良好的教學計畫或方案，以改變學童的迷思概念，提升學習成效。

2、結合資訊與生活經驗，隨機融入教學中

水溶液部分的概念本質是屬於微觀世界的概念，是兒童觀察不到卻又難以理解的概念，若能在教學過程中，播放電腦動畫或影片，藉此模擬微觀世界的微觀粒子概念，應能較一般教學法獲得更加的學習成效。

3、讓兒童親身體驗動手操作，有助概念的衝突與澄清

讓兒童親身體驗而非紙上談兵，不但能讓兒童印象深刻，更有助於學童產生概念衝突。概念一旦產生衝突，便可進一步澄清學童的迷思概念，以建構正確的

科學概念。教師在教學時不能應為怕麻煩、怕危險，而剝奪兒童親自操作的樂趣。

4、提升教師概念改變教學的能力

研究者建議可以設計概念改變教學模式檢核表，以作為自省之用，並作為下一個單元教學之參考，以確認自己的教學是否具有概念改變教學模式的精神。另外，應多參加相關概念改變教學之研習活動或工作坊，由專家、教授以及經驗豐富的教師提供理論上和實務上的寶貴經驗，將此理論融入教學中。

誌 謝

本研究為一項多年期之研究，首先由陳淮璋探討國小學童對溶液概念的認知與迷思，次由鄭一亭探討國小學童對水溶液的迷思概念類型與成因，最後由葉欣儒探討以認知架構為基礎的教學模式進行國小學童水溶液概念之改變，並感謝研究小組成員的協助，尤其張萬居的協助資料整理，使本研究得以順利完成，均此誌謝。

陸、參考文獻

- 王文科（1991）：**認知發展理論與教育—Piaget 理論的應用**。台北：五南。
- 王美芬、熊召弟（1995）：**國民小學自然科教材教法**。台北市：心理。
- 江新合、洪良玉（1992）：**我國學生自然科概念發展與診斷教學之研究：(II) 分析中學生具有迷思浮力相關概念的變項及補救教學策略**。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告。
- 吳穎泐(2002)：**建構主義式的科學學習活動對國小高年級學生認知結構之影響**。國立交通大學教育研究所碩士論文，未出版，新竹市。
- 林清山（1992）：**心理與教育統計學**。台北：東華書局。
- 郭丁熒（1995）：**「以學生認知架構為基礎的教學模式」之設計與應用**。**國立高雄師範大學教育學系教育學刊**，11，351-378。
- 郭金美（1999）：**建構主義教學方法-影響學童光學概念學習教學模式的研究**。**嘉義師院學報**，13，159-201。
- 邱美虹（1993）：**類比與科學概念的學習**。**教育研究資訊**，1(6)，79-90。
- 陳淮璋（2002）：**國小學童對水溶液概念的認知與迷思概念之研究**。台北市立師院科學教育研究所碩士論文，未出版，台北市。
- 教育部（1993）：**國民小學自然課程標準**。台北：教育部。
- 教育部（2003）：**國民教育九年一貫課程綱要－自然與生活科技領域課程綱要**。台北：教育部。
- 張川木（1996）：**促進概念改變教學法（II）**。**科學教育月刊**，186，10-18。
- 張春興（1994）：**教育心理學-三化取向的理論與實踐**。台北：東華。
- 張春興，林清山（1982）：**教育心理學**。台北：東華。
- 黃萬居（1996）：**國小中年級學生對酸鹼概念認知之研究**。**科學教育研究與發展**
- 黃寶鈿（1990）：**溶液相關概念之認知發展層次的研究（二）**。國科會專題研究報告。
- 黃寶鈿（1996）：**認知衝突教學與溶液相關概念的改變**。國科會專題

- 研究報告。
- 楊龍立 (1998)：建構教學的研究。台北市立師範學院學報，29，21-37。
- 廖經宏 (2001)：建構取向教學模式對國小學童光學相關概念之影響。國立花蓮師院科學教育研究所碩士論文，未出版，花蓮市。
- 鄭一亭 (2003)：國小學童對水溶液的迷思概念類型與成因之研究。市立台北師範學院科學教育研究所碩士論文，未出版，台北市。
- 廖婉君 (2001)：國民小學中年級學童對重量概念認知之研究。國立台北師範學院數理教育研究所碩士論文，未出版，台北市。
- 劉純興、林建隆、許順益 (1999)：小組討論的類比學習對物理概念轉變之研究。科學教育，10，176-193。
- Anderson, O. R., & Demetrius, O. J. (1993). A flow-map method of representing cognitive structure based on respondents' narrative using science content. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 953-969.
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational Psychology : A Cognitive View*. New York : Holt, Rinehart & Winston.
- Chi, M. T. H. (1992). Conceptual change within and across ontological categories: *Implications for learning and discovery in science* (pp.129-186) Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Chi, M. T. H. (1998). Personal communication at the learning and research development center. *In encyclopedia of psychology*, APA and Oxford University Press.
- Chi, M. T. H. & Slotta, J. D., & deLeeuw, N. (1994). From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*. 4, 27-43.
- Driver, R., Oldham (1986). A constructivist approach to curriculum development in science, *Studies in Science education*, 13, 105-122.
- Ferrari, M. & Chi, M. T. H. (1998). The Natural of Naïve Explanations of Natural Selection. *International Journal of Science Education*, 20(10), 1231-1256.
- Kruger, C., & Summers, M. (1989). An investigation of some primary teachers' understanding of changes in materials. *School Science Review*, 71(255), 17-27.
- Piaget, J. (1964) Cognitive development in children: development and learning. *Journal of Research in Science Teaching*. Vo12:176-186.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. & Gertzog, W. A. (1982) . Accommodation of Science Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*, 66 (2) ,211- 227.
- Prieto, T., Blanco, A., & Rodriguez, A. (1989). The ideas of 11 to 14-year-old students about the nature of solutions. *International Journal of Science Education*, 11(4),

451-463.

- She, H. C. (2004). Fostering Radical Conceptual Change through Dual-Situated Learning Model, *Journal of Research in Science Teaching*, 44 (2) ,142-164.
- Stewart, J. (1980). Techniques for Assessing and Representing Information in Cognitive Structure. *Science Education*, 64 (2) ,223- 235.
- Tsai, C. C. (2001). The interpretation construction design model for teaching science and its applications to Internet-based instruction in Taiwan. *International Journal of Educational Development*, 21, 401-415. (NSC 89-2511-S-009-005) **(SSCI journal)**
- Tsai, C. C., & Huang, C. M. (2002). Exploring students' cognitive structures in learning science: A review of relevant methods. *Journal of Biological Education*, 36, 163-169. (NSC 89-2511-S-009-027, NSC 90-2511-S-009-001) **(SCI journal, SSCI)**.
- Wheatley, G. H. (1991). Constructivist perspectives on science and mathematics learning. *Science Education*, 75(1), 9-21.

A Study of the Instruction of Conceptual Change on Aqueous Solution Concept at Elementary School

Wanchu Huang¹ Hsin-ju Yeh² and Wanchu Chang³

¹Taipei Municipal University of Education

²Shulin Elementary School, Taipei County

³Chiang-Tzu Elementary School, Taipei County

Abstract

The purposes of this study were to investigate: (1) the influences of the cognition structure-based instruction model on pupil's ontological tree of the aqueous solution concept. (2) the conceptual change of the cognition structure-based instruction model on pupil's ontological tree of the aqueous solution concept. (3) the influences of the cognition structure-based instruction model on pupil's learning achievement of aqueous solution concepts.

This was a quasi-experimental research of both qualitative and quantitative Design. The subjects were 64 third graders selected from an urban elementary school at Shulin City, Taipei. The experimental group was treated with cognition structure-based instruction model while the control group was treated with general instruction model. Before and after the treatment, pupils of both groups were administered a “Two-tier Questionnaire of Aqueous Solution Concepts (TQASC)”. In addition, pupils of both groups were interviewed with “Semi-Structured Interview Questionnaire of the Concept of Aqueous Solution (SSIQCAS)”.

Finding from this study were as following: (1) The cognition structure-based instruction model can help pupils develop variety ontological tree in event and CBI category of the aqueous solution concept. (2) The cognition structure-based instruction model can help pupils have the radical conceptual change. (3) The cognition structure-based instruction model was helpful for promoting pupils' learning achievement of aqueous solution concepts.

Key words: conceptual change, aqueous solution concepts, ontology tree.