

第壹章 緒論

本研究是從概念改變的觀點出發，針對我國國小學生所擁有之酸鹼相關概念進行收集與分析，為找出我國國小學生所存有的酸鹼心智模式，並探討概念改變教學對國小學生心智模式的改變。本章分為四個部份，第一節將介紹本研究之研究背景與動機；第二節則由第一節所延伸而出的研究目的與研究問題；第三節將本研究所涉及之相關名詞加以解釋；第四節則說明本研究之適用推論範圍與研究限制。以下將分別撰述之。

第一節 研究背景與動機

在科學教育的範疇中，科學概念的習得與建立一直是科教人相當重視的一個基本議題，這其實也牽涉到許多複雜的歷程，除了個人心理認知歷程外，還會有社會建構的歷程。而概念則是學生學習科學時的重要因素，在學生建構科學知識的過程中，他們會以既有的日常直觀經驗、既有的知識、甚至是想像等，結合老師的教學而形成概念，並運用這些既有的概念、經驗等再去接收組織新的訊息。因此，在學習新的科學知識前，學生既有的概念與想法在學習過程中扮演相當重要的角色，不但影響學生的認知程度，也會影響學生對新資訊的接受度。

然而，學生在學習科學的過程中，這些先前的經驗、想法往往是有別於科學專家的迷思概念。而這些迷思概念卻很可能直接或間接影響接下來的學習。也因此，探究學生的先前概念與迷思概念是科學教育中首要的工作。關於迷思概念的研究在早期就已經受到高度的重視，近十年在國內外也相當的普遍。國外學者 Helm & Novak 1983 年的研究也指出，這些迷思概念有很大的部份是來自於學生在日常生活中所感受的直觀經驗；除此之外，也很有可能來自於教學過程中，教師本身所持有的迷思概念，或是學生在學習過程中所產生的誤解(White & Tisher, 1985)。

近年來，認知科學家們更將迷思概念的研究，擴及更深的心理層面，迷思概

念不僅是片面或是破碎的，許多迷思概念的背後，事實上是可能存在某些心智模式(mental model)所控制。Vosniadou(1994)即指出，心智模式可以說是表徵的特殊形式，是個體在認知過程中所產生的一種類比，而這種類比就像是模型一樣，具有提供表徵之事務的結構。個體運用這樣的模式，可以針對現象做因果解釋、甚至是用來作對現象的預測。當時，Vosniadou 針對幼稚園與小學生所做出的一系列研究，也證實孩童對地球的形狀存在不同的心智模式，而這些初始心智模式也隨著年齡增長，個體在教學或日常經驗接受新的科學知識，而開始經由混合模式，漸漸演化成科學模式。

根據 Vosniadou 的觀點，除了孩童在地球科學上發現了心智模式後，心智模式的研究也開始應用在其他科學領域。國內研究者姚錦棟(2002)針對我國中學生化學酸鹼鹽的研究也發現，我國中學生在溶液酸鹼性迷思概念之心智模式，以現象模式、名稱模式及化學組成模式為主；在酸鹼中和的心智模式主要有解離度模式、電中性模式；在氣體溶解溶液酸鹼性上的主要心智模式則有溶劑種類模式、完全解離模式以及離子引力模式；在酸鹼性與氫離子濃度主要心智模式共有：濃度模式、濃度和體積模式、pH 值模式、溶劑種類模式、溶液酸鹼性模式、溫度上升模式，及導電模式等。

Lin & Chiu(2007)指出我國中學生酸鹼鹽概念整理成四大心智模式：現象模式(Phenomenon Model)、符號特徵模式(Character-Symbol Model)、推理模式(Inference Model)，以及科學模式(Scientific Model)。而吳怡嫻(2007)更應用 Toulmin(1972)的概念族群理論與生物學之系統分類學為工具，縱貫的研究從小學到大專生氣體心智模式的演變歷程。

筆者在醞釀本研究時，深感現今的概念改變研究，勢必將深究至心智模式的發展，尤其我們關注的是概念改變教學策略，能否幫助學生修正原有的心智模式，並建立正確的科學模式。筆者也發現，化學的酸鹼概念是從國小一直到大學，一直是必學的化學重要單元之一，但科教界中有關酸鹼心智模式的研究卻主要集中在國中與高中階段。筆者身為國小自然與生活科技領域之專科教師，學生在國小階段可說是第一次接受到酸鹼的概念，於是開啟了筆者的興趣。本研究將先探

究小學生對酸鹼的心智模式，經由建模教學後，調查學生所持有的酸鹼心智模式是否經過修正，是否建立正確的科學模型，並試圖找出學生藉由建模教學後，其心智模式的發展歷程。使往後科學教師在設計酸鹼的課程與教學時，不僅有迷思概念與心智模式可供參考，更可以掌握國小學生心智模式的發展狀況，教師也能更精確的了解學生學習的困難，設計出更有效的教學策略以協助學生更有效率的學習正確的科學概念。

第二節 研究目的與研究問題

本研究旨調查國小五年級學生所持有的酸鹼心智模式，並檢測學生酸鹼心智模式之內容種類，經由建模教學後，綜觀分析這些心智模式在教學過程中可能的改變。根據本研究目的所衍生而出的研究問題如下：

一、國小高年級學生所持有的酸鹼心智模式類型。

1-1 國小五年級學生在學習酸鹼概念前所持有之酸鹼心智模式有哪些類型？比例為何？

1-2 國小五年級學生在學習酸鹼概念後所持有之酸鹼心智模式有哪些類型？比例為何？

二、國小高年級學生接受教學後，酸鹼心智模式的改變。

2-1 接受建模教學之國小五年級學生，其酸鹼心智模式的改變情況為何？

2-2 接受一般教學之國小五年級學生，其酸鹼心智模式的改變情況為何？

2-3 接受建模教學之國小五年級學生，與接受一般教學之學生，其酸鹼心智模式改變之差異為何？

2-4 國小五年級學生在回答二階層酸鹼概念診斷式前後測問卷是否有差異？

第三節 相關名詞釋義

1. 心智模式(mental model)

「心智模式」一詞最早的起源，是由 Kenneth Craik 在 1943 年即提出，他所賦予心智模式的意義為「人類的心智會對外再的真實世界建構一個『縮小尺度的模型(small-scale model)』，使用這樣的模型來預測或解釋某些事件(引自 John-Laird & Byrne, 2000)。事實上，這樣的說法似乎比較像是「心智模型」。但隨著認知心理學的研究發展，Vosniadou & Brewer (1992)則認為心智模式是為了問題解決，或是處理某種狀況所產生的一種動態結構，其源自概念結構，並受其限制。Rabardel(1995)則認為人類受限於記憶和處理能力無法處理情境中所有的資訊，故僅能依據情境來建立用來理解或預測未來情境的心智模式(引自林靜雯，2006)。根據以上的學說，本研究所謂的心智模式係指受試者在回答本研究各項測驗試題、晤談題目時，研究者從這些所收集到的資料分析整理而出受試者當時所持有的知識架構。

2. 酸鹼科學模式

依據民國九十五年五月教育部修正發布的國民中小學九年一貫課程綱要所編定的國中小教科書，其中國小階段所使用的酸鹼概念為酸鹼科學概念。主要學習目標概念如表 1-3.1(整理自國民中小學九年一貫課程綱要)。由表 1-3.1 中可發現，我國現行課程綱要國小階段的酸鹼主要學習概念均只在於現象層面，本實驗研究旨在探究國小階段學生之心智模式，並使用建模教學，設計一個小學生可以接受的模型，作為學習國中以阿瑞尼士解離說模型前的中介模型。

也因此，本研究所謂的科學模式，除了九年一貫課程綱要所列之學習目標概念外，本研究再以國中階段的科學模式：阿瑞尼士解離說模型為範本，考量國小五年級學生的心智發展，捨棄複雜的離子概念，並將氫離子定義為酸性微粒；氫氧根離子定義為鹼性微粒，以此模型作為橋接阿瑞尼士解離說

模型之中介模型，並將此模型視為本研究之科學模型。

表 1-3.1 九年一貫課程綱要所列之酸鹼概念主要學習目標

階段	主題	主要學習概念
國小	常見食物的酸鹼性	2a.能利用氣味、觸覺、味覺簡單區分常見食物的酸鹼性。
	物質的酸鹼性	3a.由實驗了解鹽類溶於水的酸鹼性與酸鹼鹽的操作型定義，並知道常用酸鹼溶液的特性，以了解它們在生活上的應用及如何區辨。
	酸鹼中和	3b.能利用指示劑鑑別溶液的酸、鹼或中性，並能利用簡單材料製作指示劑。
	酸鹼指示劑	3c.能運用指示劑觀察酸、鹼溶液混合的酸鹼性變化情形。
國中	電解質與非電解質	4a.認識離子的特性，並進而了解電解質水溶液是以離子的方式導電。 4b.以實驗區別電解質與非電解質，並由實驗說明酸鹼鹽類的溶液為電解質。
	酸鹼鹽的定義及其作用	4c.能說明酸鹼鹽的定義、特性及其溶液中氫離子與氫氧離子的關係，並由實驗了解酸性溶液對金屬與大理石的反應。
	物質的酸鹼性	4d.由實驗探討金屬與非金屬氧化物之水溶液的酸鹼性。
	酸鹼指示劑	4e.能認識實驗室中常用的指示劑(例如石蕊、酚酞、酚紅)及在不同酸鹼環境下所呈現的顏色，並利用廣用指示劑的顏色變化說明 pH 值數字大小的關係。
	酸鹼中和	4f.以實驗觀察酸(鹼)溶液中加入鹼(酸)的變化(放熱過程、會產生鹽)，並能依據鹽的通性討論日常生活中鹽類的用途(例如調味、醃製、清洗、消毒)與危險性。
	pH 值的簡介	4g.了解 pH 值的定義以及其數值大小與氫離子濃度(不涉及計算)、酸鹼程度之間的關係。

3. 二階層診斷式問卷(two tier diagnostic instrument)

二階層診斷式問卷設計主要是根據 Treagust(1995)提出的二階層診斷測驗方法。這種方法包含三個階段與十個步驟，再加以修訂而成的工具。與一般選擇題方式不一樣的是，二階層診斷測驗每一測驗題包含兩

層，第一層的選擇係針對題目可能結果進行判斷，在回答完第一層試題後，接著回答第一層的答題理由。如此的設計可以藉由紙筆測驗的方式，探究學生的概念架構與心智模式，也能進行大規模的施測，便於取得大量量化的資料。

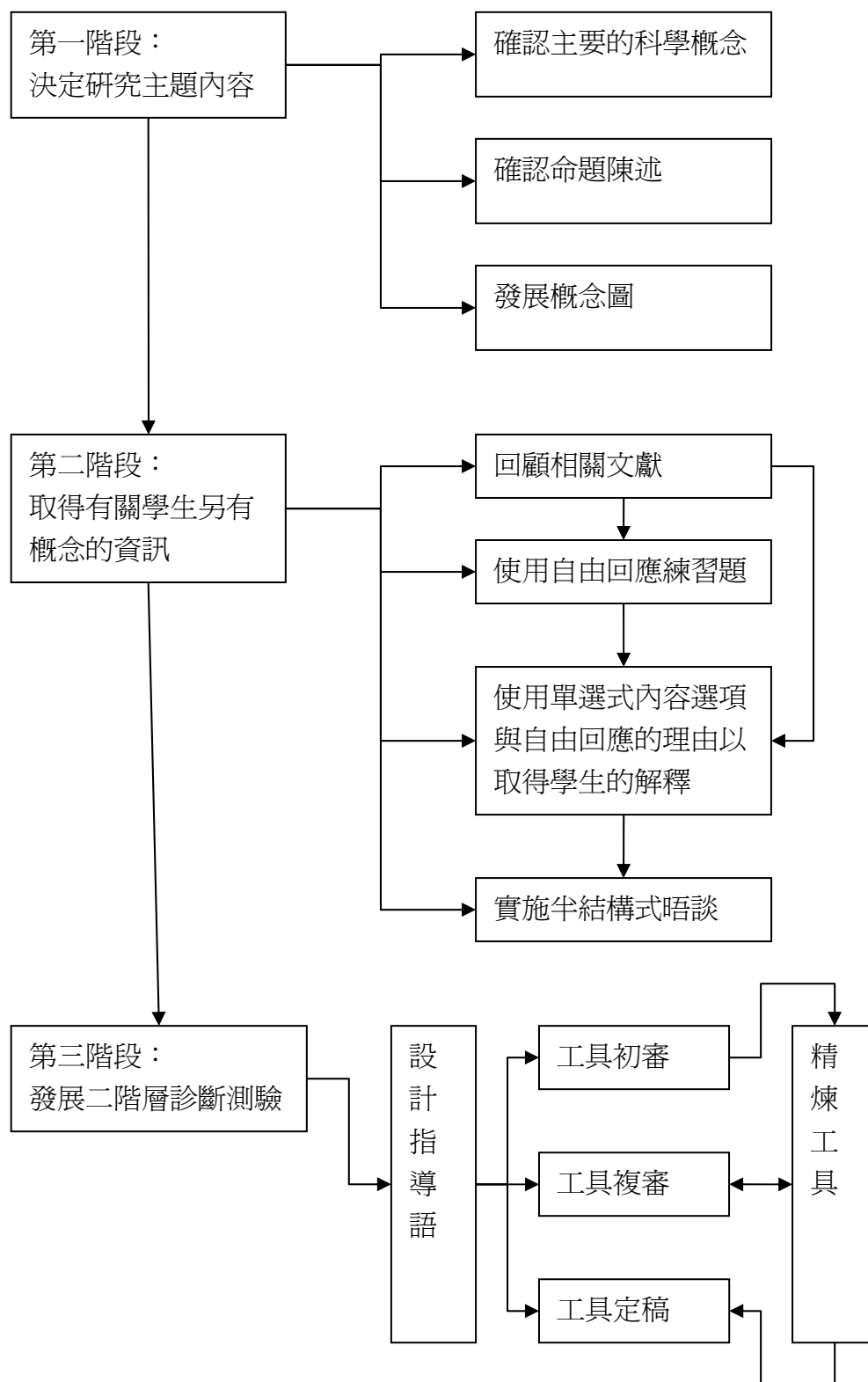


圖 1-3.1 二階層診斷測驗編製流程圖(Treagest , 2007)

第四節 研究範圍與限制

本研究之研究範圍與限制有以下數點：

1. 本研究只限定於酸鹼概念與其相關概念所組成的心智模式，無法推論到其他的化學概念。
2. 本研究之研究工具為書面問卷及半開放式晤談，其所得之心智模式為筆者本身所推測所得。在類型上有所限制，即本研究結果並非涵蓋所有與酸鹼有關的心智模式。
3. 本研究所採用的「科學模式」，為參考現今國內國民中小學九年一貫課程綱要與教育部各審定版教科書及相關文獻所建立的，因此具有一定的時效性，引用本研究前，必須先確認本研究所使用之「科學模式」是否仍為科學教育界所使用。
4. 本研究之研究對象為台北市文山區某國民小學五年級學生，因此本研究結果僅針對本研究對象加以分析與推論。其他縣市學生則可能因為城鄉差距或是環境資源限制的不同而有所差異。
5. 本研究之實驗為尊重受試學校的規定，執行教學者為該校五年級自然與生活科技領域之任課老師與筆者本人共同擔任，筆者本人僅能參與部份重點課程之教學活動。因此，研究設計者與執行教學者之間可能存在一些不可避免的差異。

第貳章 文獻探討

本章節將介紹本研究所使用的相關學說與研究之文獻整理，第一節將介紹概念改變與概念演化的各家理論；第二節將介紹心智模式的定義；第三節將回顧近期科學教育界對酸鹼概念所做的研究；第四節將綜結以上文獻並說明對本研究之啟發。

第一節 概念改變

科學教育的研究發展，一直以來最主要的宗旨就是為了提供科學教師更好的教學策略來幫助學生更有效率的學習科學知識。因此，幾乎所有的科學教育研究者最在乎的問題就是：學生的學習困難究竟在哪裡？為什麼學習科學知識是困難的？究竟問題是出現在這些科學概念的本質上呢？還是從認知心理學的角度上來看，是學習者本身『發展』階段的問題呢？或是在於教材教法上，老師的教學是否能順利表徵並傳達科學知識，學生是不是能吸收老師對科學概念的表徵方式呢？

近代教育思潮的發展，可以說跟心理學的演進息息相關。最早的教育觀點來看，只是把學習當作知識的傳達，老師是把知識「灌輸」給學生。甚至行為學派更把學習當成是一種有系統的刺激-反應的聯結。然而，隨著認知學派的興起，學者開始認為：學生的學習並不單純只是知識的傳遞，在學習的過程中，學生的腦海中事實上有所謂的「運思過程」。最著名的就是認知心理學家皮亞傑的理論，他認為，運思(operation)是孩童學習時認知操作基本單元基模(schema)的歷程。主要透過同化(assimilation)與調適(accommodation)的方式來平衡認知失衡的狀態。由此，認知心理學家已經不在把學習當成知識的「灌輸」，而是個體主動的「建構」。

然而，在科學的學習上，學生在學習時會碰到的問題主要有兩種：一種是學生本身即缺乏該領域的經驗與概念；另一種則是學生在學習新知識的時，已經具備了一些相關的直觀經驗或先前概念。在第一類的情況下，就好比先前所說的概念從無到有的取得，較不容易發生學習的困難；但如果第二種狀況，學生在學

習之前就已經獲得了一些先前概念，學生就會使用這些先前概念作為基礎，從這個基礎上去進行運思。如果這些先前概念與科學概念是有差距的時候，往往就造成學習上的困難，甚至產生更多的迷思概念。由此，科學的學習也可以視為一系列概念改變的歷程(邱美虹，2000)，於是概念改變的研究便漸漸成為了科學學習心理學的研究重點。

事實上，概念改變研究的起源，可說是在 1980 年代，最為教育界所知的應該是 Posner, Strike, Hewson, & Gertzog 在 1982 年所提出的概念改變模式(CCM, conceptual change model)。Posner 等學者提出，概念改變有四個條件：

1. 學習者必須對現有概念感到不滿意(dissatisfaction)
2. 新的概念是可以被理解的(intelligible)
3. 新的概念必須是合理的(plausible)
4. 新的概念必須是豐富的(fruitful)

這個著名的概念改變理論提出後，也開啟了概念改變的研究大門。Chi(1992)從本體論的角度來探討概念改變，並且比較學生在領域內與領域間的概念改變表現，也提出概念不相容假說(incompatibility hypothesis)，也提出概念改變的難易是與概念的本質有極大的相關性(邱美虹，2000)。Chi 從本體論(ontology)的觀點，他指出概念可分為三個類別(category)：物質類別(matter)、過程類別(process)，以及心智狀態(mental state)(Chi，1992；Chi, Slotta, & de Leeuw，1994；邱美虹，2000)。「物質」是指具有特定屬性(attributes)的東西，像是雞蛋、石頭、植物等。而「過程」則是指事件的發生，具有序列性、因果性，也可能是機率問題，但它可以反映出自己特定的屬性(邱美虹，2000)；而「心智狀態」指的是情意的部分，例如情緒性的與意圖性的。根據 Chi 的觀點，概念均可以歸類在這三種本體類別下，並在這個本體類別中形成次概念，並構成此類別的本體樹。因此 Chi 也指出，從本體樹的觀點上看概念改變分為兩種，一種是發生在類別內的概念改變，另一種則是發生在類別間的概念改變。所謂類別內的概念改變，是指概念改變發生在同一個本體類別中，概念位置的錯置。這樣在本體類別內的改變可以視為信念的修正(belief revision)，因為這樣的迷思概念通常是由於

知識的缺乏或是缺少練習所致(邱美虹, 2000)。常見的例子就是把鯨魚歸類在魚類, 如果學生增加了對哺乳類的認識, 或是對鯨魚的了解, 自然就會修正本體樹內的位階。

另一種是發生在類別間的概念改變, 根據 Chi 的理論, 科學概念從一個本體樹遷徙到另一個本體樹, 這種類別間的轉移才能稱為根本的概念改變。如果僅是本體樹中位置的改變, 充其量只能認定為一般信念的修正, 還不足以構成根本的概念改變(邱美虹, 2000)。常見的例子像是許多物理學上的概念: 電學、熱、溫度等。較難感生概念改變的原因, 其實就是學生容易將這些概念歸類於物質類別; 但科學家究其概念卻應該是界定在過程類別中, 因此這樣的概念衝突是發生在不同本體樹之間, 學生的概念改變必須跨越本體類別才能修正為正確的科學概念。Chi 認為這樣的概念改變是較為困難的, 因此稱之為根本的概念改變。

幾乎在 Chi 由本體論的觀點提出概念改變的看法同時, 1990 年代也相繼有其他概念改變學者提出不同的觀點。較有名的有 Vosniadou(1992)研究兒童對地球模型的心智模式。他針對不同年齡層的孩子去做研究後發現, 不同文化的孩子所發現的心智模式不盡相同, 但隨著年齡的增加, 其心智模式從由初始心智模式漸漸的開始混合一些具有科學概念的心智模式, 最後才達成科學模式。而對於概念改變觀點, Vosniadou 也提出了他一套的認知架構理論。他認為學生的信念是受制於一組本體論和認識論的預設。她認為知識的架構並不是由許多小的概念經由相似性所連結而成, 而是先有一個大的架構之後才慢慢填入其中細部的概念。這樣的大架構稱為素樸的架構理論(naive framework theory)。這個架構主要源自於兒童早期的日常生活經驗。另外細部的概念稱為特定理論(specific theory), 這是源自於個體的觀察與文化脈絡。當個體去解釋觀察到的新現象新訊息時, 他們會不斷的去豐富(enrich)或修正(revision)理論。Vosniadou 將孩童豐富與修正理論的過程, 稱之為概念改變。豐富(enrich)簡單說就是增加與原本知識架構沒有衝突的訊息到既有的知識架構中; 而修正(revision)則是修改既有的知識架構。Vonsiadou 的概念改變理論中, 他也認為概念改變較困難的地方是必須修改架構

理論的預設。也就是說，如果只需修正特殊理論(表示新概念與素樸的架構理論不衝突時)概念改變是容易的；如果新概念衝擊到素樸的架構理論時，則概念改變就較難發生。

另外，剛提到 Vosniadou 的概念改變理論中，一個很特別的地方是 Vosniadou 是利用心智模式來說明心智表徵。他在特定科學概念如：地球形狀、日夜循環、熱和力四個主題進行跨年齡的研究後，他認為心智模式隨著年齡的增加，學習者獲得新的知識後，將會慢慢的修正自己的心智模式，或是接受新的心智模式與舊的模式並存。最後才達成科學模式。

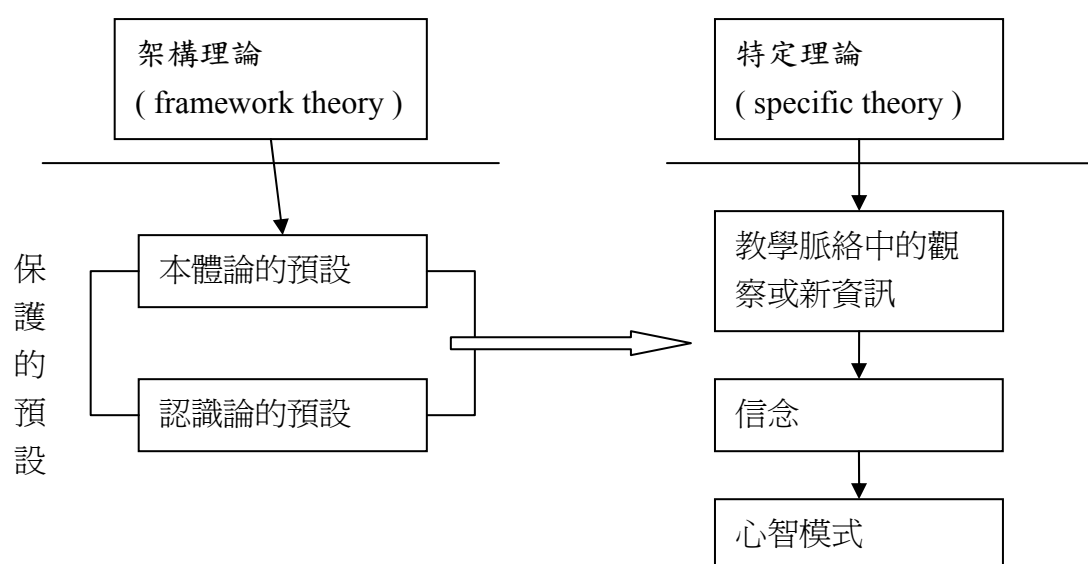


圖 2-1：Vosniadou(1994)的架構理論

第二節 心智模式

「心智模式」一詞最早的起源，是由 Kenneth Craik 在 1943 年即提出。然而在概念改變的研究上，卻是 Vosniadou(1992, 1994)針對學生地球形狀、日夜循環、熱和力四個主題進行跨年齡的研究後，首先主張心智模式是心智表徵的特別形式，是個人在認知過程中所產生的類比表徵，而這樣的類比表徵像是模型一樣可以表徵標的事物的結構。甚至 Vosniadou 更在跨年齡的研究後發現，個體在接受一個新知識時，個體會先產生一個初始模式(Initial mental model)，漸漸的個體接受科學概念時，往往會產生一個以上的心智模式，或是同時使用兩個心智模式來解決問題，此時 Vosniadou 稱之為混合模式(Synthetic mental model)，最後才到達與科學原理或科學家相同的科學模式(Scientific mental model)。另外，在 Vosniadou 的認知架構理論中也提到心智模式的形成牽涉到兩大部分，一部分為「架構理論」，另一部分為「特殊理論」。在前一小節介紹 Vosniadou 的認知架構理論中也曾提到，由圖 2-1 可說明 Vosniadou 在研究中所發現孩童各種不同的心智模式，這些心智模式的形成，主要是在特殊理論下，孩童在文化脈絡下所觀察到的飾物，加上原本所持有的信念所組成。另外架構理論下的本體預設及認識論的預設也會對特殊理論中的信念產生限制。而心智模式就是在些元素交互作用下所產生的。

除了了解心智模式是如何產生之外，還要能掌握使用心智模式的一套關鍵屬性。Franco & Colinviaux(2000)以 Vosniadou 的研究為主，對心智模式相關的研究進行回顧，獲得了以下幾項心智模式屬性：

1. 心智模式是衍生性的(generative)：

在以心智模式作為基礎的推理中，人會產生新的預想與新的想法。

心智模式是具有衍生性的，即是指個體可以利用心智模式的操作產生新的想法。

2. 心智模式是牽涉到漠視的知識(tacit knowledge)：

心智模式的持有者本身其實不能察覺到他自己心智模式的每個面

向。亦即個體雖然擁有心智模式，但他並不能察覺自己是如何運用心智模式，也不能體察心智模式不同的組成觀點。

3. 心智模式是綜合的(synthetic)：

心智模式是對目標系統或事件簡化過之表徵所組成的模型。在 Vosniadou(1994)的研究中也指出初始模式、綜合模式與科學模式的不同。

4. 心智模式是被個人的世界觀所限制的：

根據 Vosniadou(1992, 1994)的研究，人的信念會限制模式被建立的範圍，跨文化的研究資料顯示，心智模式是被世界觀所限制的。

除此之外，Rabardel(1995)則認為人類受限於記憶和處理能力無法處理情境中所有的資訊，故僅能依據情境來建立用來理解或預測未來情境的心智模式(引自林靜雯，2006)。本研究所謂的心智模式係指受試者在回答本研究各項測驗試題、晤談題目時，研究者從這些所收集到的資料分析整理而出受試者當時所持有的知識架構。事實上，學習者通常不會像科學家一樣，他們未必可以了解心智模式在科學上的所扮演的角色，但透過心智模式的了解，科學教師可以更完整的掌握學生對於新知識可能有的想法、預測甚至操作，如此科學教師能深入的設計適合的模型幫助學生學習科學模型，學生也能透過建模的過程，反覆的在不同的情境下運思並解決問題。當學生能運用科學心智模式成功的在不同的情境下解決問題時，這樣的教育就成功了。因此，心智模式的研究與建模教學的研發，相信是科學教育研究上重要的一頁。

第三節 模型與建模教學

在我們生活中，常可以聽到模型這個詞，事實上，我們人類也在許多領域中都在使用模型。我們最耳熟能詳的就是模型在設計領域上的運用。像是在室內設計或是家具設計中，家具設計師會先將心中的想法，先透過草圖呈現出雛形，再經由草圖把所設計的原案按比例、系統結構做出所謂的模型，家具設計師檢視這些模型之後，在進行模型的評估、修改與選擇，最後把確定的家具成形設計而出。而室內設計師更是運用模型在空間中的擺設，來幫助他們進行室內空間設計的參考。

事實上，我們在教育上也是無時無刻的在使用模型進行教學的輔助。學生也無時無刻的運用模型來幫助其學習。只是在教育上，傳統我們習慣是將教學模型歸類於「教具」中。但近年來，教育文獻中已經開始獨立針對模型（models）進行相關的論述，甚至除了對於模型的探討，也開始注意建構模型（modeling）的過程能力上。尤其在科學教育的領域，模型與建模已經受到廣大的國外學者競相研究。畢竟在科學的知識，有相當份量是屬於微觀系統，例如：物理的電場、磁場、原子模型等；化學的反應動態平衡、氣體粒子、氧化還原及電化學的反應機制等；生物方面的循環系統。這些主題通常都是微觀的抽象概念，是人們無法透過直接感官經驗而得，而要理解這些無法使用人類直接感官經驗而得的知識系統時，科學模型的使用就相形重要了。而現在，國內也有學者開始注意到這個環節上，雖然相關文獻的產出仍然很少，但模型與建模在科學教育上的意義已經不容忽視。

什麼是模型？當我們要了解什麼是建模之前，我們勢必得先將掌握住模型的意義。「模型」一詞通常習慣描述成物體或系統的複製實體（Cartier, Roudolph & Stewart, 2001）。一個模型可以被定義為一個想法、一個事件的表徵，甚至是一個過程、一個系統的表徵（Gilbert & Boulter, 1998）。而什麼是科學模型呢？有學者指出：科學模型是描述一個自然過程一連串的想法。一個科學模型是可以在心智中運作，賦予一些限定條件，針對自然現象去做解釋與預測（Cartier, Roudolph &

Stewart, 2001)。在 Cartier, Roudolph & Stewart (2001) 所著作的《科學模型的結構與本質》中，就針對科學模型整理出以下幾點特性：

1. 科學模型是描述一個自然過程的一連串想法。
2. 模型受限於經驗與理論的目標物以及它們所參與其中的過程。
3. 模型可以用來解釋與預測自然現象。
4. 從經驗上與概念上的判準來評估，模型是具有一致性的。
5. 模型在引導未來研究是相當有用的。

另外，Halloun 在 1996 年的研究論文中也有一段特別說明「什麼是科學模型？」，他在文中指出：當物理學家研究某物理系統時，他們會聚焦在系統中他們認為主要結構的一些特徵，這些特徵是有關他們研究目標的時候，他們會建立一個科學概念模型(例如：數學模式的或是實體模式的)，用來敘述這些特徵。而這樣的科學模型是由四個主要層面所組成：1.領域(Domain) 2.組成成分(Composition) 3.組成結構(Structure) 4.組織(Organization)

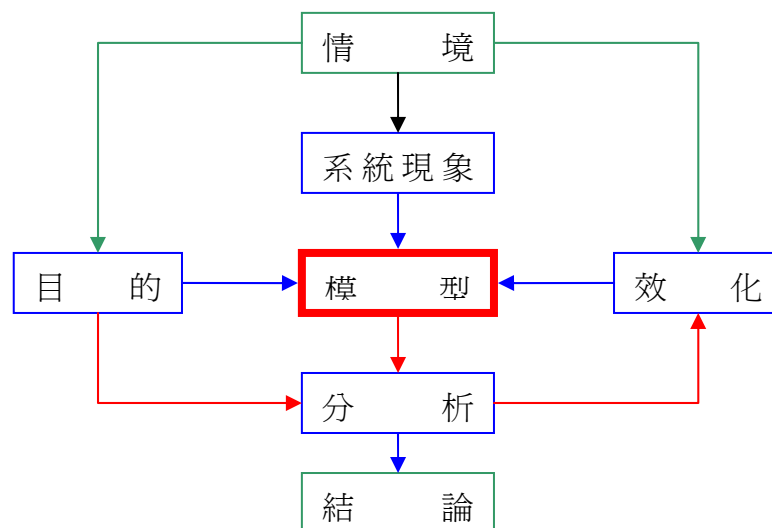
然而，模型有什麼重要性呢？而科學模型為什麼在科學教學上如此重要呢？我們從科學知識理論的本質來看：發展科學知識最主要的價值在於對於自然世界的理解，而為了達到這個目的，對於實體、現象、甚至科學家所產生的想法則是必得藉由某種形式表徵出來 (Justi & van Driel, 2005)。而許多學者也指出，科學模型最重要的特色之一就是在於模型本身「表徵」的能力 (Giere, 1999; Morrison and Morgan, 1999; Nersessian, 1999；引自 Justi & van Driel, 2005)。也正因為模型可以針對某個目標對象(或許是個自然現象、或許是一個事件、一個過程)進行表徵，科學家才得以藉由模型進行推論並產出知識 (Justi & van Driel, 2005)。藉由這個科學概念模型，他們可以進行模型的分析，並針對物理系統描繪出他們的推理並表徵在模型上。

那什麼是建模(modeling)呢？顧名思義，建模就是建構或修改模型的動態過程 (Justi and van Driel, 2005)。既然科學模型在科學學習上是那麼重要的，那麼教師與學生建模的能力則勢必重要。在教師方面，教師若沒有足夠的建模能力，

則當他在教導科學中抽象或微觀的概念時，就無法依照課程主題與學生能力建立起適合的模型來輔助教學，理所當然的學生的學習成就將不如預期。另外，教師若不能培養學生建模的能力，學生在學習科學上，尤其遇到那些微觀且抽象的概念時，勢必將無法建立起正確的科學模型幫助他的學習。甚至可能因此產生如 Vosniadou 所提出的綜合型心智模式。

而建模(modeling)的過程包含哪些呢？在 Halloun (1996) 的論文中則引述 Hestenes (1995) 所提出的建模過程，如圖一。在建模的第一個階段，主要是由確認(identifying)與描述(describing)情境中每個系統的組成份(compositions)，及其各自的現象(respective phenomenon)。然後，建模的目標就會被確立(例如：在教科書中的問題目標)，除此之外，結果之預測效度(validity)，包涵像是近似值與精密度也同時被建立。在這些步驟後就可以在情境中選擇適合的理論來進行建構模型的動作，一個合適的模型(實體或概念)就在此時被選擇建構而出。但此時建模還不算完全完整。這時候的模型還需經過分析與處理，當這個模型呈現持續一致的預測效度後，才能運用這個科學模式在系統情境中推論出結論，並證明這個科學模式是有效的(引自 Halloun, 1996)。

介紹完建模的歷程，當然，在科學教育上的宗旨是培養學生思考與解決問題的能力，而建模即是解決問題的一個重要方法。Halloun(1996)也提出建模運用在問題解決上有五個階段，分別為：模型的選擇(model selection)、模型的建構(model construction)、模型的效化(model validation)、模型的分析(model analysis)及模型的調度(model deployment)。分述如下(引自 Halloun, 1996)：



圖一：建模過程的圖示表徵(Hestenes, 1995；引自 Halloun, 1996)

1. 模型的選擇(model selection)

在問題解決的一開始，針對問題本質來選擇合適的模型是無庸置疑的。當我們在解決科學問題時，勢必先檢視問題本身是屬於哪個領域知識範疇，從這個特定的知識理論中找出一最能接近問題本質的模型。

2. 模型的建構(model construction)

在這個階段，學生將被引導去建構一個模型(此模型通常具有操弄或運算功能)來幫助他們解決這個問題。

3. 模型的效化(model validation)

這個階段有時可以與模型的建構同時進行，特別是著重在內在一致性時。其中也包含提供學生不同的評估方式，使他們有機會能達成科學教育中的一個主要目標：批判思考。

4. 模型的分析(model analysis)

當模型經過效化後，學生將引導思考並分析模型的各部份與結構，使學生能清楚明白此模型的特性。

5. 模型的調度(model deployment)

一旦一個模型被分析完成後，且具有足夠的效化，學生就可以使用以效化的模型，應用在新的情境中進行問題解決。

而什麼是建模教學呢？上述提到建模可以是模型的建立，也可以是模型的修正過程。因此，廣義來說，能幫助學生達到建立或修改原本所持有之心智模型目的之教學方式，即可算是建模教學。但建模也包含個體的建模能力，因此，近來的建模教學研究則更強調，教師除了要有能力針對學習目標建立適合學生心智的目標模型，透過各種表徵方式如視覺、動態表徵等方式，讓學生可以清楚並建立這個科學模型的運作方式外，還能在過程中訓練學生的建模能力，使學生在往後面臨新的科學知識系統時，可以自行運用建模能力，對新的知識系統建立科學模型，並在不同的情境下運用科學心智模型解決問題。對於建模能力，Grossligh 等人(1991)提出建模能力之層次有三：

Level 1：認為模型與實體間是以1：1 的相對應關係存在，或是真實物體縮小的複製品。直覺模型應該就是正確的，不會去想過尋找模型的形式或模型存在的目的。

Level 2：可以專注於實體的構成元素，但此階段仍相信模型保持真實世界的物體或事件，而不是想法的表徵。此階段認為模型存在的主要目的是作為溝通的工具，不是探索想法。

Level 3：可以接受模型的使用是用來發展和檢驗。可以是抽象的想法，而不是實體的描述。而且可以接受模型是多重的，可用於思考的工具，並著重於模型的解釋和預測能力。

Grossligh 等人(1991)即根據學生對於模型的理解，來判斷他們的建模能力。張淑女(2008)也以真實評量方式來探究學生的建模能力。這樣的結果似乎也意謂著教學的過程中應協助學生建立、發展、修正模型的觀念(邱美虹，2008)。本研究所設計之建模教學，即將國中教材之酸鹼科學模型(阿瑞尼士解離模型)作為科學目標模型，考量國小學生心智發展做適當的修改，作為本研究教學設計所使用的科學模型。並以此模型設計成power point動畫「酸與鹼的秘密」與「酸鹼中和的秘密」以及角色扮演教學活動「酸鹼配」透過視覺化與動態表徵方式，達成修正學生初始心智模式，進而到國中後對學習阿瑞尼士解離模型時，能快速有效的掌握科學模型之概念。

第四節 國內外酸鹼概念的研究

有關酸鹼概念的研究，國內外學者近年來也有一些迷思概念研究的成果，以下就國內外研究，簡要說明研究的方法與發現的結果，最後針對國內外有關迷思概念的研究進行彙整，作為開發問卷工具的參考。

一、國內研究

(一) 黃萬居(1992, 1994, 1995)

「國小師生對酸鹼概念認知之研究」是使用問卷並搭配晤談的方式，針對國小學生與教師進行對酸鹼概念認知的調查。研究發現國小三年級以前，學生較少接觸有關酸鹼的問題，較缺乏科學概念。四年級的課程中，有酸鹼的相關課程，因此表現較三年級學生理想；五六年級的學生，其認知發展與酸鹼概念的理解具有正相關。在小學教師方面，研究發現約有三到四成非六年級老師不知如何分辨物質的酸鹼性，只會使用感官(味覺或嗅覺)來辨別，另外教師對酸鹼混合大多也沒有定量等的概念。

(二) 陳姍姍(1992)

「我國國三學生酸鹼概念之研究」是針對我國國三學生的酸鹼概念認知程度進行調查，研究結果發現學生對於酸鹼概念之理解程度極可能存在之迷思概念如下：

1. 學生對酸鹼之定義可分為描述性定義、操作型定義與離子模型三種。
學生普遍對於酸的了解多於鹼。部分學生仍以味覺來判斷物質的酸鹼性。
2. 在強酸與弱酸的定義上，學生大多認為只是腐蝕性的不同，強酸的腐蝕性強，弱酸的腐蝕性是弱的。不過也有部分學生會以 pH 值得大小來判斷酸鹼的強弱。
3. 學生對離子和溶液的酸鹼性以及 pH 值三者概念之間的關係並不是很

4. 學生大多了解酸鹼中和之意義，也確定中和反應為放熱反應，但針對鹽類的生成與鹽類的種類判斷、中和反應之方程式與靜離子方程式之表達與反應計算上，皆發現有相當程度的困難。部分學生對於酸鹼中和後容易之酸鹼性判斷，會由參與中和反應之各酸鹼之強弱來考慮，並以為中和反應在原先分別由酸與鹼解離出來的離子作用完後就停止，並由反應結束時的氫離子和氫氧根離子之多寡來決定最後溶液之酸鹼性。
5. 學生大多可以知道使用指示劑測試溶液的酸鹼性，也了解酸雨和空氣汙染有關，但若要舉出酸鹼中和原理在日常生活中的應用實例或說明酸雨對生態之影響，就普遍感到困難。

(三) 李詩閔(2000)

「以微量實驗裝置的教學活動探討學生對酸鹼概念的學習情況」，本研究以研究者自行設計的酸鹼概念診斷工具探究學生對酸鹼概念的了解情況，藉此找出學生的酸鹼錯誤概念。此外，並設計酸鹼概念的微量實驗裝置，希望藉由教學活動促進學生對酸鹼概念的轉變。研究對象主要包括國中一至三年級學生，共計 698 人。

本研究所採用的工具包括三個部份：(1)「酸鹼概念前測及教學活動工具」，內容涵蓋有酸鹼性強度概念與酸鹼溶液導電性概念等兩大主要概念。(2)「酸鹼概念後測工具」，內容包括有日常生活酸鹼概念、酸鹼性強度概念與酸鹼溶液導電性概念等三大主要概念，以此測驗結果探討教學之成效。(3)「比例推理能力測驗工具」，主要在於評定學生基本比例推理能力的認知發展層次，以比較學生的比例推理能力與其酸鹼概念的關係。

主要研究發現如下：

一、學生對物質酸鹼性之推理模式大致可分為以下十三個類型：「感官知覺」、「中和作用」、「指示劑」、「離子觀念」、「腐蝕性」、「反應產物」、「導

電性」、「清潔作用」、「美容作用」、「脫水性」、「外觀」、「稀釋」、「其他」等。

二、對於「酸鹼性強度」之判斷，多數學生以「濃度」為考量的依據，少數會結合「解離度」概念，這是許多學生錯誤概念產生的主因。此外，經由統計分析得知，就教學前的前測結果而言，學生在「酸鹼性強度概念」的瞭解，在年級與性別的交互作用皆未達統計上的顯著水準，但在年級間則有達到統計上顯著差異($p < .001$)，顯示在此概念的理解，學生有隨年級的增加而成長的趨勢，而男女生並無顯著差異。三、對於酸鹼物質水溶液的導電性，一般學生所持的想法，大致有以下八點概念特徵：「外觀」、「離子觀點」、「能源大小」、「物質之酸鹼性」、「濃度」、「屬性」、「生活經驗」、「狀態」等。另外，學生在「酸鹼溶液導電性概念」的理解，在年級與性別的交互作用皆未達統計上的顯著水準，但在年級間仍達到統計上的顯著差異($p < .001$)顯示學生在此概念的理解亦有隨年級成長的趨勢。

四、針對教學成效而言，不管是實驗組與控制組間的比較，或者是實驗組本身在教學前後的比較，其平均值皆達到統計上的顯著差異($p < .001$)，由此，我們可以確定本研究利用微量實驗裝置的教學活動有助於學生在酸鹼概念上的成長。

五、由「酸鹼性強度概念」與「酸鹼溶液導電性概念」的相關分析發現，不管是實驗組或控制組，學生在此二項酸鹼概念上的相關性，皆達到統計上的顯著水準($p < .01$)，可見這兩種概念在酸鹼概念的學習中息息相關。

六、從比例推理能力與酸鹼相關概念之各子概念間的 χ^2 檢驗發現，多數酸鹼概念與比例推理的相關有達到統計上的顯著水準($p < .01$)，因此，可以推論學生在酸鹼概念的成長，與其本身所具備的比例推理能力有相當程度的關聯性。

(四) 邱喚文(2001)

本研究是基於建構主義的教學理念，強調學生的概念學習其實就是科學

知識的建構歷程，配合 Ausubel 認知心理學中「有意義的學習」理論，強調學生的概念架構具有個人的特質，並利用 Novak & Gowin(1984)在「Learning how to learn」一書中所提出的概念構圖的方法，配合晤談，深入分析 12 位國三學生在教學前、後，「酸與鹼」的概念架構之差異、概念觀的轉變、概念學習與迷思概念的分析；同時因概念構圖具有讓學生自我監控、掌握、省思學習的特性，請學生在教學後以後設認知的觀點回顧其概念學習或概念改變的歷程；最後再進行延宕晤談以追蹤學生的概念學習成果和了解的情形。研究資料是採用質性的方式進行分析，分析的主軸是依 Nakhleh & Krajcik (1994)所提出的四個相關的化學知識表徵概念層次，比對學生的教學前、後概念圖和筆者晤談資料的轉譯。主要研究結果發現：

- 一、教學前國三學生所持的另有架構或另有概念偏向生活中常見事物的探討，深受環境、媒體的影響，對物質的酸鹼性之判斷偏向望文生義、非此即彼的二分法、道聽塗說或自行推理的方式認定，所持有的知識概念表徵屬於巨觀的。
- 二、教學後國三學生的概念架構豐富了不少，但概念架構中已較少生活中常見事物，概念觀的詮釋仍存自我推理，但二分法和望文生義已不存在；教學前因錯誤解讀資訊所形成的概念觀多已自我澄清；概念學習受是否具有微觀概念知識表徵所影響，具有者，或能以微觀觀點思考者，所學的「酸與鹼」主題概念較完整而有架構；僅具巨觀觀點者之概念學習侷限於性質、分類的探討，較難深入，且多偏向以記憶的方式學習，常因類似的名稱或指示劑檢驗顏色的多樣化而產生混淆，而所持的概念觀或學習後的迷思概念較難獲得澄清。
- 三、概念構圖的歷程有助於學生思考、建構與再建構自我的學習。進行分類和思考連接詞時也有概念澄清的功用，學生若能善加利用，可成為相當有效的後設認知策略。
- 四、延宕晤談發現，具微觀概念知識表徵的學生比僅具巨觀概念之學習者，相關概念的學習受時間影響的程度較小，且不易發生混淆現象。

(五) 姚錦棟(2002)

本研究的主要目的在於探討我國國中及高中學生有關酸鹼鹽概念之理解程度、迷思概念及心智模式的類型。研究對象是取自台北縣立甲國中生合計共 330 人、高級中學學生共 240 人。研究重點以國中理化、高中基礎理化教材為主，統整其中的酸鹼鹽概念，建立重要的教學目標，據此完成概念圖及命題陳述以發展相關工具(包含開放式紙筆測驗及晤談)，並根據所得的資料再發展成二階段診斷測驗及作定性及定量的分析，找出學生的迷思概念及其背後所隱含之心智模式類型。茲將主要研究結果摘錄如下：

一、在溶液酸鹼性質單元中迷思概念類型共有九種，其主要之心智模式類型共有五種，比例較高的有三種分別是：現象模式、名稱模式、化學組成模式。且此三種模式以國中學生為主，高中學生比例較低。

二、在酸鹼混合單元中迷思概念類型共有五種，其主要之心智模式類型共有四種，比例較高的有二種即：解離程度模式、電中性模式。解離程度模式除高一學生外比例隨年級增加而下降；電中性模式國三到高二隨年級增加而比例下降。

三、在氣體溶解溶液酸鹼性單元迷思概念類型共有七種，其主要之心智模式類型共有四種，比例較高的是：溶劑種類模式及壓力模式。溶劑種類模式中認為溶液無關溶解度的比例由國一到高二隨年級有上升之趨勢；壓力模式之壓力變大溶解度變小之概念比例由國一至高二隨年級而降低。

四、在電解質解離單元中迷思概念類型共有七種，四種迷思概念之心智模式，比例較高的是：不解離模式、完全解離模式及離子引力模式。不解離模式國一至高二比例隨年級增加並無明顯之上升或下降趨勢；完全解離模式中國一至高二比例隨年級而降低。離子引力模式之特徵中，以離子引力大，溶液中離子多的比例，國一至高二隨年級而增加。

五、在酸鹼強度與氫離子濃度單元中迷思概念類型共有十九種，有八種心智模式，比例較高的是：濃度模式、濃度和體積模式、pH 值模式、溶

劑種類模式、溶液酸鹼性模式、溫度上升模式及導電模式。這些主要模式國一到高二比例隨年級上升並無明顯之上升或下降趨勢。

六、弱酸弱鹼稀釋單元迷思概念類型共有十種，其主要之心智模式類型共有四種，比例較高的是體積改變模式，而國一至高二比例隨年級上升並無明顯之上升或下降趨勢。

(六) 余淑君(2002)

本研究以建構主義觀點為基礎，並利用概念構圖之動態評量（Concept Mapping with Dynamic Assessment, CMDA）作為教學策略，來探究國小五年級學童在「生活中的酸與鹼」單元的概念改變機制。本研究為質的研究，研究樣本直接以研究者所任教的班級學生進行資料蒐集，接著從中選取十位學童進行筆者所設計的相關研究活動，最後再從十位研究對象中找出三位學童作延宕性學習成效的探究。研究結果與發現如下：

一、學童的酸鹼迷思概念分析：迷思概念一向是學習的絆腳石，研究中發現，學童的酸鹼迷思概念成因大致有四個方向：受學科知識不足的影響、受先前經驗的影響、受教師教學的影響、受同儕影響。至於學童在「生活中的酸與鹼」單元教學前所持有的迷思概念則有三種類型：（一）藍色指示劑變色時機的認知混淆、（二）鹹鹹的等於鹼性溶液、（三）對溶液性質分辨不清。

二、CMDA用在教學上的可行性：CMDA運用在教學上，讓教學者更清楚學童的想法、供教學者掌握教學目標以作最適切的引導；對學童而言，則增加了學童的學習自信與成效、凝聚學童的學習方向以監控學習主題、提供學童主動建構以釐清迷思概念的機會；對師生而言，還可促進師生間的良性互動；種種的優點，鞏固了CMDA用在教學上的可行性。

三、學童的概念學習與概念改變機制：不同的學習方式，是造成學童彼此間個別差異的原因之一，而學童的概念學習類型，經研究者歸納共有三種，分別是：概念接受型、概念重組型、概念建構型，其中，概念建構型的學童，能進行概念的建構與再建構，而達到有意義的學習；至於學童的概念改變機制，受學童概念學習類型的影響頗深，如概念接受型的學童，通常只能達到

筆者所歸納的概念改變機制II，亦即只有表面的概念結構改變；而較高階的概念建構型的學童，不僅可達到表面的概念結構改變，更可完成根本的概念結構改變的挑戰，也就是機制I。

四、學童的延宕性學習成效：CMDA讓學童對於概念修正部分能加深印象，而概念構圖技巧成功的讓學童達到認知監控，使學童在教學完一個月後，對教學內容仍有深刻的印象。

(七) 陳景期(2003)

本研究以人本建構主義為理論基礎，目的在探究國小五年級學生在「生活中的酸與鹼」單元中，水溶液酸鹼概念的概念架構、迷思概念及其來源及概念改變機制。

本研究的方法主要包括三個部份：

- 1.利用開放式紙筆測驗、概念圖，搜集學童在水溶液酸鹼概念。
- 2.晤談。
- 3.三層次（three-tier test）診斷性測驗工具。

質性研究，依據立意取樣，以研究樣本以五年級 139 位學生中進行資料收集，選取其中 13 位學童進行晤談等相關研究活動瞭解學童的概念。

研究結果與發現如下：

一、概念改變的分析：

（一）關於水溶液酸鹼性質的判斷：除利用五官的感官知覺判斷外，增加利用酸鹼指示劑判斷。

（二）酸鹼指示劑的相關概念的建立及應用：石蕊試紙與藍色指示劑相關概念的建立及應用

（三）對酸鹼中和概念的認知建立及應用

二、水溶液酸鹼概念之概念改變機制

本研究中發現影響學童概念改變機制的重要關鍵主要有：

（一）新的資訊經個人選擇分析詮釋與理解而建構新的概念。所造成概念改變關鍵有：1.教師的引導 2.同儕的互動 3.個人經驗的同化、調適及重組。

(二) 新的探究工具使用所造成概念改變，重要的關鍵有：

- 1.開啟問題探究的新方法
- 2.成為解釋判斷的依據
- 3.成為社群之間溝通與建構的基礎。

(三) 新的概念引導衝擊原先概念，所造成概念改變重要關鍵有：

- 1.從原有的概念架構選擇不同的概念
- 2.學童原有的概念架構中概念的消長。

(四) 新的概念與原先概念競爭的結果。

(八) 楊鵬耀(2004)

在科學的課程中，酸鹼概念是相當重要的科學概念，本研究的主要目的在於探討我國國三學生在使用有關酸鹼鹽概念的電腦多媒體教材教學後，其對於酸鹼鹽概念之理解程度、迷思概念及心智模式的類型之改變情形。本研究中，採取了FLASH軟體製作動畫教材，呈現酸鹼鹽單元中抽象的概念，例如：酸性溶液與鹼性溶液的解離情形及中和情形，及酸鹼中和後的水及鹽類的水解情形，並維持教學內容的一致性。

研究對象是以台北縣某高中之國中部國三學生，隨機抽取出二個常態編班之班級共 74 人。研究重點以國中理化教材為主，統整其中的酸鹼鹽概念，建立重要的教學目標，據此完成電腦教學動畫及教學投影片，將教材分成A、B兩組實施，並採用二階段診斷測驗進行前測、後測、延宕測驗，亦在此兩組各抽取六人，於後測及延宕測驗時進行半結構性晤談，並根據所得的資料，找出學生的迷思概念及心智模式類型的轉變取向。

研究的結果發現：在後測與前測答對率的比較中，A組的學生答對率達顯著差異($p=0.012$)；B組的學生答對率亦達顯著差異($p=0.000$)，因此實驗教材的實驗可有效地提昇學生在酸鹼鹽單元中概念的學習。但在不同教材上的實施後，A組及B組之組間比較中，兩次測驗答對率的差異並未達顯著水準，也就是說，這兩份教材的不同並不影響學生學習的結果。在延宕測驗與後測答對率的比較中，A組的學生答對率未達顯著差異；B組的學生答對率亦未達

顯著差異，因此概念變化的現象並不明顯。在後測六週後進行的延宕測驗，A組及B組之組間之答對率的差異並未達顯著水準，即表示教材的不同，不影響學生在教材實施後，其概念改變的情形。

在兩次晤談的結果比較分析，我們可以看到在不同的題型中，學生在後測訪談與延宕測驗之間的表現相當不一致，在中低成就的學生中，具有迷思概念維持或是迷思概念的型態發生改變的情形較明顯；在高成就的同學中，於弱酸及弱鹼之解離度變化概念、酸鹼中和概念、氣體溶解之酸鹼概念等相關題型中，亦具有迷思概念維持或是迷思概念的型態發生改變的情形。但無論同學們的成就如何，皆會發生迷思概念改變的情形。

在各項迷思概念類型中，其主要的心智模式如下：在溶液酸鹼性質單元有：現象模式、名稱-符號模式。在酸鹼混合單元有：強度模式、量的模式、電中性模式、名稱模式。在氣體溶解溶液酸鹼性單元有：溶液模式、壓力模式。在電解質解離單元有：解離度錯置模式、濃度模式及通電模式。在酸鹼強度與氫離子濃度的有：強度模式、量的模式、溫度錯置模式。在弱酸弱鹼稀釋單元有：恆定模式、體積改變模式、濃度模式、平衡方向錯置模式。

(九) 張萬居(2004)

本研究旨在探討建構取向的概念改變教學模式對國小學童酸鹼概念改變的影響。研究目的有三點：(1)探討概念改變教學對學童酸鹼相關概念之學習成效的影響；(2)探討概念改變教學對學童酸鹼相關概念之本體樹的影響；(3)探討概念改變教學對學童酸鹼相關概念改變之歷程。

本研究對象為台北縣某國小五年級的學童，再從中隨機挑選一個班(33人)為實驗組，接受建構教學模式，另一班為控制組(33人)，接受一般教學模式，進行四週的實驗教學。

在教學前和教學後，兩組學童都要接受「三層次酸鹼概念問卷」的施測，依據其分數分成高、中、低三種程度，再分別自其中隨機抽取二位，共十二個學童在教學前及教學後均接受「半結構性晤談問卷」的晤談。另外，實驗組的六位學童再作概念圖的比較。

資料分析包括：(1)根據兩組學童在後測「三層次酸鹼概念問卷」得分，作單因子共變數分析來解釋不同教學模式的影響；(2)用曼-惠特尼檢定來解釋學童在「半結構性晤談問卷」中使用述詞次數的結果；(3)從概念圖的分析來看學童概念改變的歷程。

研究結果發現：

1、接受建構教學模式的學童在「三層次酸鹼概念問卷」的得分顯著高於接受一般教學模式的學童 ($F=12.082$, $p<.05$)。

2、(1)接受建構教學模式的學童在「半結構性晤談問卷」物質述詞的使用次數顯著的多於接受一般教學模式的學童($U=2.0$, $p<.05$)。

(2)接受建構教學模式的學童在「半結構性晤談問卷」CBI述詞的使用次數顯著的多於接受一般教學模式的學童($U=0$, $p<.05$)。

3、接受建構教學模式的 6 位學童在概念圖的表現上：(1)教學後比教學前具有更豐富的概念架構，並且有微觀粒子的概念。(2)教學後的概念圖可看出學生概念的轉變十分明顯。

筆者依據上述研究結果，對酸鹼相關概念的教學與未來相關研究提出若干建議。

(十) 游清福(2006)

本研究採質量並重的研究法進行研究，研究方法中以「預測-觀察-解釋 (Prediction-Observation-Explanation, POE)」教學策略探究台北縣偏遠濱海地區國小六年級學生學習『酸鹼概念及指示劑』物質性質區分迷思概念類型及概念改變的情形，研究內容分為「酸鹼的性質」、「指示劑物質性質」、「酸鹼混合性質」、「生活中酸鹼之研究」四個部分。

研究對象以方便取樣選取台北縣二間偏遠濱海小學，其中一所小學六年級的學生（10 人）做預試問卷，並整理出其迷思概念後，再發展出學習單。另外一所小學六年級的學生（12 人）則進行現場教學活動，再輔以作者所編寫之「酸鹼POE教學設計學習單」進行二個月的POE教學。

本研究的資料來源有：教學過程蒐集之評量問卷前後測、學生的POE活動單、課堂錄音與錄影資料、學生的晤談資料、教學過程中之教室觀察及教師省思札記，並完整呈現出兒童對「酸鹼」概念所持之想法以及概念改變的情形。結果顯示：(1) 接受POE教學策略後，學生在「酸鹼指示劑概念二階層測驗評量問卷」中的「酸鹼性質」、「酸鹼混合」、「指示劑」、「生活中的酸鹼」四單元，正確的答題比例結果比原先來得多。(2) 多數原有迷思概念的學生，經POE教學後，可修正其原有概念轉變至正確的科學概念。(3) 經由與學生晤談發現學生的問題，並讓學生再次進行POE教學，也能藉此改變教學前的迷思概念。(4) POE教學活動可以培養學生自主學習，如在自製酸鹼指示劑單元，學生能通力完成一個酸鹼指示劑的學習。

本研究得三個結論：(1) 學生在酸鹼學習主題中容易有迷思概念，而這些迷思概念可分成五類。而這些迷思概念部分也與國內相關研究結果一致，如：中性概念、互補模式及生活經驗誤用等。而有部分則有些許差異，如：推理或聯想不當模式、猜測模式及教學途徑誤導。(2) POE教學適用於國小偏遠濱海地區學生學習國小六年級酸鹼課程，可以用來解釋學生的迷思概念，達到概念改變。(3) 學生在進行POE教學時，對他們而言解釋階段是比較複雜，因此學生常會簡略地回答問題，故要進行學生晤談了解學生較多的概念陳述。

(十一) 林忠立(2007)

本研究目的以問題解決教學進行自然與生活科技領域「酸鹼單元」教學，並以Chi本體論為概念理論架構，探究分析國小五年級學童在「生活中的酸與鹼」單元中，酸與鹼概念改變與機制。本研究屬質性研究，研究對象為嘉義市某國小五年級的三十四位學童。「問題解決」教學中教學過程主要有四個階段：「瞭解問題」、「激發構想」、「執行策略」、及「評鑑與回顧」。研究工具為前後認知圖、教學前後二階段測試題學習單與非結構晤談。學童前、後認知圖與教學前後二階段測試題，結果作為分析概念本體樹內的改變

依據；前、後認知圖與學習單，結果作為分析概念本體樹間的改變依據；非結構晤談則深入探討學童概念改變的機制。研究結果做為教師日後教學參考，本研究的結論有三項：一、問題解決教學後，學童明顯發生概念本體樹內發生明顯的概念增減或改變；二、問題解決教學後，學童明顯發生概念本體樹間的改變與跨越；三、影響學童酸鹼概念改變機制，共有生活經驗、同儕溝通、教師的引導、問題解決教學、學童自我認知衝突、個人主動建構等。

二、國外研究

(一) Cros(1986，1988)

Cros 的研究主要針對法國大一新生對酸鹼的先備概念以及大二學生酸鹼概念的發展情形進行檢測。本研究之預試是以大一新生進行無結構式的晤談，再以半結構式晤談決定最後施測問卷之題目，最後以此問卷進行大一及大二學生之正式施測。在酸鹼概念部分的研究結果最後顯示：

1. 對於酸鹼的定義，一半以上的大一學生使用布忍斯特-羅瑞 (Bronsted-Lowry) 的定義。使用阿瑞尼士 (Arrhenius) 定義或描述性定義 (例如： $\text{pH} < 7$) 大約各佔 20%。大二的學生使用描述性定義的人數明顯減少，相對的以布忍斯特-羅瑞定義的人數增加。但在鹼的部份學生表現不如酸，且以使用阿瑞尼士定義的學生竟有稍增的趨勢。關於這個結果，Cros 等人認為法國的中等教育課程不宜再列入阿瑞尼士定義，避免加深學生印象。
2. 對於酸鹼的認識，他們在 1986 年的研究中發現學生對於酸的認識遠強於對鹼的認識。根據其研究結果，大部分的學生均可以輕易的回答出超過三種以上的酸，回答率最高的依序為鹽酸 (HCl ，93%)、硫酸 (H_2SO_4 ，61%)、醋酸 (CH_3COOH ，56%) 以及硝酸 (HNO_3 ，36%)；然而對於鹼的認識卻有 43% 難以認出超過兩種以上的鹼，其回答主要的減為氫氧化鈉 (NaOH ，90%)、氨水 (NH_3 ，46%)、醋酸根 (CH_3COO^- ，25%)、氫氧化鉀 (KOH ，15%) 甚至有 9% 認為水是鹼性等。
3. 在 1988 年後續研究中，關於酸的認識，學生仍然能舉出三種以上酸的名

(二) Nakhleh & Krajcik(1994)

Nakhleh & Krajcik(1994)主要針對中學生對酸鹼、pH 值概念進行檢測。所發現學生存在迷思概念類型如下：

1. 酸和鹼具有自身特定的顏色或顏色的強度，如明亮或暗沉。
2. 酸的顏色是粉紅色，鹼是藍色。
3. 酸包含自由氫原子。
4. 酸具有氣味可以聞。
5. 酸可以熔化金屬。
6. 酸鹼強度是引起傷害或反應的能力。
7. 氣泡或起泡代表化學反應或強度。
8. 酸有氣泡，或是鹼有氣泡，是物質是否為酸或鹼的決定條件。
9. 酸是強烈的；鹼不是強烈的。
10. 酸嚐起來是苦的；鹼的味道是甜的。
11. 若酸有顏色，此時鹼就沒有顏色。
12. 若酸有害，鹼則無害。
13. 鹼為分子所形成
14. 鹼是由 OH 和其他元素的建捷力而生成分子，他們被連結在一起。
15. 鹼不含氫，化學式中沒有氫。
16. 酸鹼反應經由指示劑之加入，為分子的戰爭和組合，可幫助中和。
17. 酸鹼滴定顏色的改變是因酸或鹼本身已變化其顏色所造成。

(三) Schmid(1997)

Schmid(1997)的研究是針對 4300 到 7500 個德國中學生進行氧化還

原、酸鹼、中和反應、共軛酸鹼等概念之迷思概念進行探討。其研究方法是使用單選題測驗，但學生必須對所回答的答案說明理由。主要的研究結果如下：

1. 學生常見對化學名詞的定義有些不同，例如：酸鹼反應後容易必成中性；對共軛酸鹼具有迷思。
2. 建議學校教師在教學時主義自己是否也對概念本身具有迷思，也鼓勵多使學生透過討論降低迷思概念的發生率。

(四) Lin & Chiu(2007)

Lin & Chiu(2007)運用二階層診斷式問卷檢測台灣地區國中學生酸鹼鹽的概念，並將酸鹼鹽概念整理出四大心智模式：現象模式(Phenomenon Model)、符號特徵模式(Character-Symbol Model)、推理模式(Inference Model)，以及科學模式(Scientific Model)。在主要模式下，也發現所謂的次級模式，例如在符號特徵模式下，有中文字體模式、化學符號模式；推論模式下也可分為：一般推論模式、慣用規則模式、溶質屬性模式、濃度推論模式及體積推論模式。此研究也詳列這些主要心智模式的特徵，見表 2-4.1。

根據上述回顧之國內外酸鹼之科學教育相關研究，筆者將這些研究所發現之迷思概念彙整成表 2-4.2，由表 2-4.2 可看出國內外酸鹼概念的科學教育研究之成果多在於迷思概念的層次。本研究亦參考這些研究成果，作為編製半結構式晤談題本以及酸鹼概念二階層診斷式問卷的重要依據。

表 2-4.1 學生酸鹼概念上心智模式的特徵

主要模式	主題	次級模式	特徵
現象模式	溶液的酸鹼性		學生使用一些巨觀的特徵，像是有毒的、具腐蝕性的，或是強烈的味道作為判斷溶液酸鹼性的依據。
符號特徵模式	溶液的酸鹼性	中文字體模式	學生使用特殊的文字或是名稱去定義溶液的酸鹼性。
		化學符號模式	學生考量化學式中 H 或 OH 的數量作為定義溶液的酸鹼性及其強度的判準。
	酸鹼中和	中文字體模式	學生認為任何種類的酸與鹼的混合都會變成中性溶液。
推論模式	酸鹼中和	一般推論模式	中和反應會產生鹽類，而鹽的水解會影響溶液的酸鹼性。學生在決定溶液的酸鹼性時，主要是以 $[H^+]$ 與 $[OH^-]$ 的濃度作為判斷。
		慣用規則模式	決定酸鹼的強度，學生只強記幾個規則： 1. 強酸加上弱鹼則產生酸性溶液 2. 弱酸加上強鹼則產生鹼性溶液 3. 強酸加上強鹼則產生中性溶液 4. 弱酸加上弱鹼則產生中性溶液
	弱酸弱鹼的稀釋	溶質屬性模式	解離度是依據溶質的種類。只要溶質是一樣的，不管你加入多少的水，離子化的程度都將會一樣。
		濃度推論模式	解離度是依據溶液的濃度。如果我們加水，溶液的濃度就會降低，因此離子化的程度會降低。
		體積推論模式	解離度是依據溶液的體積。如果我們加水，溶液的體積就會增加，因此離子化的程度就會增加。

表 2-4.2 國內外各項酸鹼概念研究所發現之迷思概念

酸鹼的定義

國內研究者	國外研究者	迷思概念
	Ross(1991)	1.酸性溶液中不存在氫氧根離子；鹼性溶液中不存在氫離子
	Ross(1991)	2.不明白強酸與弱酸的區別
	Nakhleh(1994)	3.以產生氣泡來作為判別酸鹼的決定條件
	Nakhleh(1994)	4.酸是強烈的(strong);鹼不是強烈的
	Nakhleh(1994)	5.若酸有顏色，此時鹼就沒顏色
	Nakhleh(1994)	6.酸嚐起來苦；鹼嚐起來甜
	Nakhleh(1994)	7.若酸有害，鹼則無害
施朱娟(1998)		8.醋酸和氫氧化鈉水溶液都可以解離出氫氧根離子

酸的共同性質迷思概念

國內研究者	國外研究者	迷思概念
陳姍姍(1993)	Ross(1991)	1.酸含有氫氧根離子
	Ross(1991)	2.所有的酸都是強酸
	Ross(1991)	3.酸具有毒性
	Ross(1991)	4.酸嚐起來具有苦味和辣味
	Ross(1991)	5.在水溶液狀態時，酸包含氫
	Ross(1991)	6.凡具有強烈刺激味道的物質即為酸
	Ross(1991)	7.酸不能嚐
	Ross(1991)	8.會灼傷皮膚的物質為酸
	Ross(1991)	9.酸雨是雨水和氯氣或氫氣所形成的
	Ross(1991)	10.酸與金屬反應會形成氣體，是因反應放熱將溶液蒸發成氣體
宋志雄(1993)	Ross(1991)	11.鹽酸和鎂反應較醋酸和鎂反應劇烈，所以產生較多的氫氣
	Ross(1991)	12.當鹽酸和醋酸分別與鎂反應，醋酸因具有氫鍵所以與鎂反應出較少的氣體
	Ross(1991)	13.酸與鎂混合時，氫由酸中被取代出來
宋志雄(1993)		14.銅與濃硝酸或稀硝酸，均有產生中和鹽類
	Ross(1991)	15.土壤不可能是酸性的，因為沒有生物可以在酸中成長
宋志雄(1993)		16.氯化銨在空氣中之霧氣中呈現鹼性反應
	Nakhleh(1994)	17.酸和鹼具有自身特定的顏色或顏色強度，如明暗
	Nakhleh(1994)	18.酸的顏色為粉紅色
	Nakhleh(1994)	19.酸均包含自由氫原子
	Nakhleh(1994)	20.酸均有味道可聞
	Nakhleh(1994)	21.酸均可以鎔化金屬
施朱娟(1998)		22.稀鹽酸與碳酸鈣反應會生成氧氣
施朱娟(1999)		23.大理石無法分辨鹽酸和氫氧化鈉

施朱娟(2000)	24.酸雨主要和二氧化碳的含量有關
施朱娟(2001)	25.大理石和稀鹽酸無法生成鹽類；貝殼放入檸檬之中會生成氫氣
施朱娟(2002)	26.NaOH; NH ₃ 皆為鹽類
施朱娟(2003)	27.硫粉燃燒後溶入水中會呈鹼性

酸的強度

國內研究者	國外研究者	迷思概念
	Ross(1991)	1.強酸較弱酸反應為慢
	Ross(1991)	2.因強酸較弱酸含較多之氫鍵，固強酸中可取代出較多之氫氣
	Ross(1991)	3.在強酸中有較多之氫可被取代，固強酸與金屬反應時比弱酸放出更多之氫氣
	Ross(1991)	4.弱酸不可能形成強酸
	Ross(1991)	5.酸的濃度與強度是一致的
宋志雄(1993)		6.一個硫酸分子遇水則必可解離出兩個氫離子
宋志雄(1993)		7.硫酸在水中能完全解離是因酸性強度較鹽酸強
宋志雄(1993)		8.碳酸之解離可放出氫離子及氫氧根離子
宋志雄(1993)		9.鹽酸中的 H ⁺ 可使水解出較多的 H ⁺ 離子
宋志雄(1993)		10.銨根離子在水溶液中呈現鹼性反應
宋志雄(1993)	Ross(1991)	11.將弱酸加水稀釋其酸性強度逐漸變小
陳姍姍(1993)		12.碳酸根離子和氫離子是二氧化碳溶解之主要產物
	Nakhleh(1994)	13.強酸(鹼)及弱酸(鹼)最大的區別在於腐蝕性或傷害性的不同，因此月可怕者為強酸(鹼)
	Nakhleh(1994)	14.酸鹼強度是「引起傷害或反應的能力」
	Nakhleh(1994)	15.氣泡或起泡代表化學反應或強度

鹼的共同性質

國內研究者	國外研究者	迷思概念
	Ross(1991)	1.水果是鹼性的
	Ross(1991)	2.氨水及漂白水是酸
	Nakhleh(1994)	3.鹼不包含氫
宋志雄(1993)		4.鈣離子為鹼性，故意與酸作用
宋志雄(1993)		5.碳酸氫鈉可使水遊離出較多的氫氧根離子
宋志雄(1993)		6.碳酸氫鈉因含有氫離子，易與氫氧根離子作用
宋志雄(1993)		7.碳酸氫鈉因還有氫離子，故易與酸結合
陳姍姍(1993)		8.碳酸鈉之水溶液成酸性
陳姍姍(1993)		9.碳酸氫鈉水溶液成酸性
宋志雄(1993)		10.碳酸溶液很容易解離出碳酸根離子

宋志雄(1993)		11.硫酸和鹽酸之解離度相同
宋志雄(1993)		12.氨易與氧氣化合
黃萬居(1992)		13.鹼性物質具有苦味或鹹味
陳姍姍(1993)		14.氫元素之氧化物之水溶液，具有鹹味之食鹽水及洗衣粉等都是鹼性溶液
	Nakhleh(1994)	15.鹼是藍色的
	Nakhleh(1994)	16.鹼為分子所形成
	Nakhleh(1994)	17.鹼是由 OH 和其他元素的鍵結力而產生分子，他們被連結在一起
	Nakhleh(1994)	18.鹼的化學式中沒有氫
施朱娟(1998)		19.氨氣的噴泉實驗是因氨氣易與氧氣作用
施朱娟(1998)		20.一個氫氧化鈣分子在水中會解離成一個 Ca 原子，兩個 H 原子
施朱娟(1998)		21.鹼性物質在水溶液中可解離出氫離子，酒精化學式中有 OH，為鹼性
施朱娟(1998)		22.一個氫氧化鈣分子在水中會解離成一個氫氧根離子
施朱娟(1998)		23.食鹽水是中性是因為 1.溶液是電中性 2.溶液中沒有氫離子及氫氧根離子

鹼的強度

國內研究者	國外研究者	迷思概念
宋志雄(1993)		1.碳酸鈉無法使水解離出 OH ⁻
宋志雄(1993)		2.在水中的氨之氮原子，能脫離出來成為自由氫離子
	Nakhleh(1994)	3.氣泡或起泡代表化學反應的強度

酸鹼中和

國內研究者	國外研究者	迷思概念
	Ross(1991)	1.酸和作用形成溶液
	Ross(1991)	2.鹽酸和氫氧化鈉中和時產生氣體
	Ross(1991)	3.酸鹼混合不會發生反應，因為是單純的物理結合
宋志雄(1993)		4.酸鹼反應式：硫酸+鎂-->水+硫酸鎂
宋志雄(1993)		5.氯化銨鹽類解離成中性反應
宋志雄(1993)		6.水能完全解離為氫離子及氫氧根離子
宋志雄(1993)		7.碳酸鈣中含有碳酸成分故易與鹼反應
陳姍姍(1993)		8.同濃度體積的酸與鹼進行反應，中和後溶液即為中性
陳姍姍(1993)		9.酸鹼中和反應不一定會產生鹽類
陳姍姍(1993)		10.酸鹼中和產生之鹽類即為食鹽
陳姍姍(1993)		11.碳酸氫鈉和硫酸反應生成白色沉澱
陳姍姍(1993)		12.中和反應在原先各自酸與鹼所解離出之離子作用，完成後

		即停止，由結束時之氫離子及氫氧根離子知多少決定最後溶液之酸鹼性
陳姍姍(1993)		13.檸檬汁加水或糖為酸鹼中和
陳姍姍(1993)		14.溶液太鹹加酸即可中和
	Cros(1998)	15.酸鹼中和反應溫度不變
	Ross(1991)	16.不明白化學反應方程式所提供的資訊
	Schmidt(1991)	17.中和必形成一中性溶液，弱鹼和弱酸一樣形成中性溶液
	Nakhleh(1994)	18.酸鹼反應經由指示劑的加入，為分子的戰爭和組合，可幫助中和
施朱娟(1998)		19.酸鹼中和時溶液中的氫離子和氫氧根離子反應莫耳數不同
施朱娟(1998)		20.氫氧化鈉是一種鹽類
施朱娟(1998)		21.中和不會產生鹽類
施朱娟(1998)		22.一莫耳硫酸中和時須和一莫耳的氫氧化鈉反應

酸鹼滴定

國內研究者	國外研究者	迷思概念
	Nakhleh(1994)	1.酸鹼滴定顏色的改變是因酸或鹼本身已變化其顏色所造成
陳昭錦(1993)		2.酸鹼滴定之終點即為當量點
陳昭錦(1993)		3.強酸滴定弱酸與強酸滴定強鹼之滴定曲線相同

酸鹼指示劑

國內研究者	國外研究者	迷思概念
	Nakhleh(1994)	1.指示劑本身為加入酸和鹼
	Nakhleh(1994)	2.酸破壞鹼利用指示劑以變化顏色

酸鹼值(pH)

國內研究者	國外研究者	迷思概念
	Ross(1991)	1.強酸比弱酸具有較高的 pH 值
	Ross(1991)	2.pH 值所測得的數字為酸度非鹼度
宋志雄(1993)		3.氫離子之濃度主要是與溶液之公升數大小有關
宋志雄(1993)		4.弱酸在水之酸性與其濃度成正比
宋志雄(1993)	Ross(1991)	5.鹽酸在水中之 pH 值比醋酸大
陳姍姍(1993)		6.水溶液之 pH 值=10 表示氫離子之莫耳數為 10 的負 10 次方莫耳
陳姍姍(1993)		7.pH 值小於 7 為強酸，越接近 7 就越酸；pH 值大於 7 為強鹼，越接近 7 則越鹼
	Cros(1988)	8.溶液的 pH 值為 7 時可以飲用，溶液的 pH 值在 5~9 之間時可以飲用

Nakhleh(1994)	9.pH 值是傷害性的相反，因此鹼不具有傷害性
Nakhleh(1994)	10.不同的 pH 值具有不同的顏色
Nakhleh(1994)	11.不同分子組成不同的 pH 值
Nakhleh(1994)	12.pH 值和蛋白質有關
Nakhleh(1994)	13.pH 值就是 pH paper
Nakhleh(1994)	14.pH 值就是一種被稱為酸鹼指示劑的化合物
Nakhleh(1994)	15.pH 值是和強度有關的數字
Nakhleh(1994)	16.pH 值是一種化學反應
陳昭錦(1993)	17.弱酸稀釋後半當量點及緩衝區之 pH 值也會變動

離子濃度與電解質

國內研究者	國外研究者	迷思概念
宋志雄(1993)		1. $[H^+] + [OH^-] = 10^{-14}M$
宋志雄(1993)		2.溶液中之氫離子及氫氧根離子濃度必相同
宋志雄(1993)		3. $[H^+] \times [OH^-]$ 之大小和溶液的酸鹼性有關
宋志雄(1993)		4.酸性溶液中，只有 H^+ 而無 OH^- 離子存在
陳姍姍(1993)		5.具有甜味之果汁、水，都是中性溶液
陳姍姍(1993)		6.酒精、純水都是電解質
陳姍姍(1993)		7.因為純水是中性的，所以難以導電
陳姍姍(1993)		8.電解質能導電是和水溶液中之電子有關
陳姍姍(1993)		9.氯化鈉水溶液是中性的是因為溶液呈電中性，溶液中缺少氫離子及氫氧根離子或含有相同數目之鈉離子及氯離子
陳姍姍(1993)		10.純水因無雜質，所以為中性
陳姍姍(1993)		11.純水為電解質，故可導電
陳姍姍(1993)		12.食鹽水因具鹹味，故為鹼性溶液
陳姍姍(1993)		13.甘蔗汁因具有甜味，為中性溶液
陳姍姍(1993)		14.牛奶為中性溶液
陳姍姍(1993)		15.電中性溶液和中性溶液是相同的
陳姍姍(1993)		16.中性溶液中沒有氫離子及氫氧根離子
陳姍姍(1993)		17.純水加氫氧化鈉可助導電是因為氫氧化鈉為電解質

第五節 文獻探討對本研究之啟示

科學教育的研究最終之目的仍是回歸到教學面上，教師如何設計適合學生的課程教學以促進學生更有效率的學習科學概念。因此，筆者在回顧了這些相關科學教與文獻後，所思考的即時如何將這些新的研究發現與教學結合，實際的用在科學教學上。建模理論在近幾年來開始受到科學教育的學者們重視，但國內運用建模理論來設計教學實驗研究的仍相當少；而科學教育研究上，有關於酸鹼概念的研究國內外也有不少資料了，但大多都還是停留在迷思概念的檢測上，深入心智模式的研究也僅有 Lin & Chiu(2007)與姚錦棟(2002)。教學對心智模式改變的研究也僅有楊耀鵬(2002)，而這些研究主要對象都集中在中學階段的學生。筆者在醞釀本研究時，正好執教於國小高年級階段之自然與科技領域，於是把中學階段酸鹼心智模式的研究延伸至國小階段，使酸鹼心智模式的研究能從小學階段到高中階段有個完整的對照，也促成了本研究之設計。

第參章 研究方法

本章介紹本研究之設計架構，研究對象、使用之研究工具，以及研究實施流程與收集資料之分析方式，分別以下六節介紹。

第一節 研究設計

本研究所探討的是我國國小五年級學童在接受酸鹼建模教學後，其心智模式與概念的發展情形。因此主要的研究方法包含了適當的教材教法的設計，如電腦多媒體投影片(power point)、學習單等。在資料收集部分先使用半結構式晤談題本進行抽樣晤談，運用晤談結果整理出五年級學童可能存在之迷思概念與可能心智模式之類型，並用以發展酸鹼概念二階層診斷式問卷。最後使用酸鹼概念二階層診斷式問卷收集前測及後測各項資料加以量化分析。

第二節 研究對象

本研究以台北市某國小之五年級學生作為研究對象，以四個班的學生進行前測。在前測的測試班級中，以筆者與授課教師立意抽取配合意願較高的其中兩班作為實驗組，另一般則設定為對照組。以我國國民教育之規定，國小階段班級是以常態編班方式形成，每班人數約 25 人左右，男女生比例接近 1：1。實驗組在前測過後進行酸鹼概念建模教學；對照組則使用教育部審訂教科書所提供之教學指引進行教學。表 3-2.1 即呈現本研究對象之樣本人次分配。

表 3-2.1 研究樣本人次分配

年級	地區	班別	組別	人數	研究工具	備註
小五	台北市	A	預試組	19	半結構式晤談	發展測驗工具
小五	台北市	B	實驗組	24	前測、後測	進行建模教學
小五	台北市	C	實驗組	26	前測、後測	進行建模教學
小五	台北市	D	對照組	26	前測、後測	進行一般教學
小五	台北市	E	對照組	24	前測、後測	進行一般教學
小五	台北市	F	信度組	25	前測、後測	信效度評估

第三節 研究工具

本研究之研究工具主要分為兩類，第一部份是酸鹼概念半結構式晤談，第二部份則是酸鹼概念二階層診斷測驗。以下分別說明之：

一、酸鹼概念半結構式晤談：

酸鹼概念半結構式晤談是為了設計酸鹼概念二階層診斷式測驗的第二層選項而設計，因此半結構式的晤談題本也是針對國小五年級學生進行設計。題目的內容是亦以酸鹼概念二階層診斷測驗題目為主，設計成開放式問題。而半結構式晤談的對象，將從受試學校班級中，挑選其中較具代表性或是特殊代表性的學生進行晤談，參與晤談學生總共有 19 人。

二、酸鹼概念二階層診斷測驗式問卷：

酸鹼概念二階層診斷測驗式問卷主要是根據 Treagust(1995)提出的二階層診斷測驗方法進行設計。筆者首先以測試國小所選用的教科書(國民小學五上自然與生活科技教學指引)繪製國小五年級酸鹼概念圖，另外也根據教科書及國民中小學九年一貫課程綱要所編列之酸鹼概念學習目標整理為命題陳述。最後搭配酸鹼概念半結構式晤談所整理出的答題模式及回顧整理的國內外酸鹼相關研究所提出之迷思概念作為題目的第二層選項。本問卷的設計配合國小五年級學童之認知程度與學習目標。

三、工具效度

本研究之效度委請一位主攻化學教育之大學教授以及二位現職國小自然與生活領域專科教師進行檢定與修改，修改後的題目經由一所台北市立國民小學五年級學生進行測試後，前測問卷與後測問卷分別以 SPSS 軟體計算信度 Cronbach $\alpha=0.79$ 、 0.76 ，達一般信度標準。

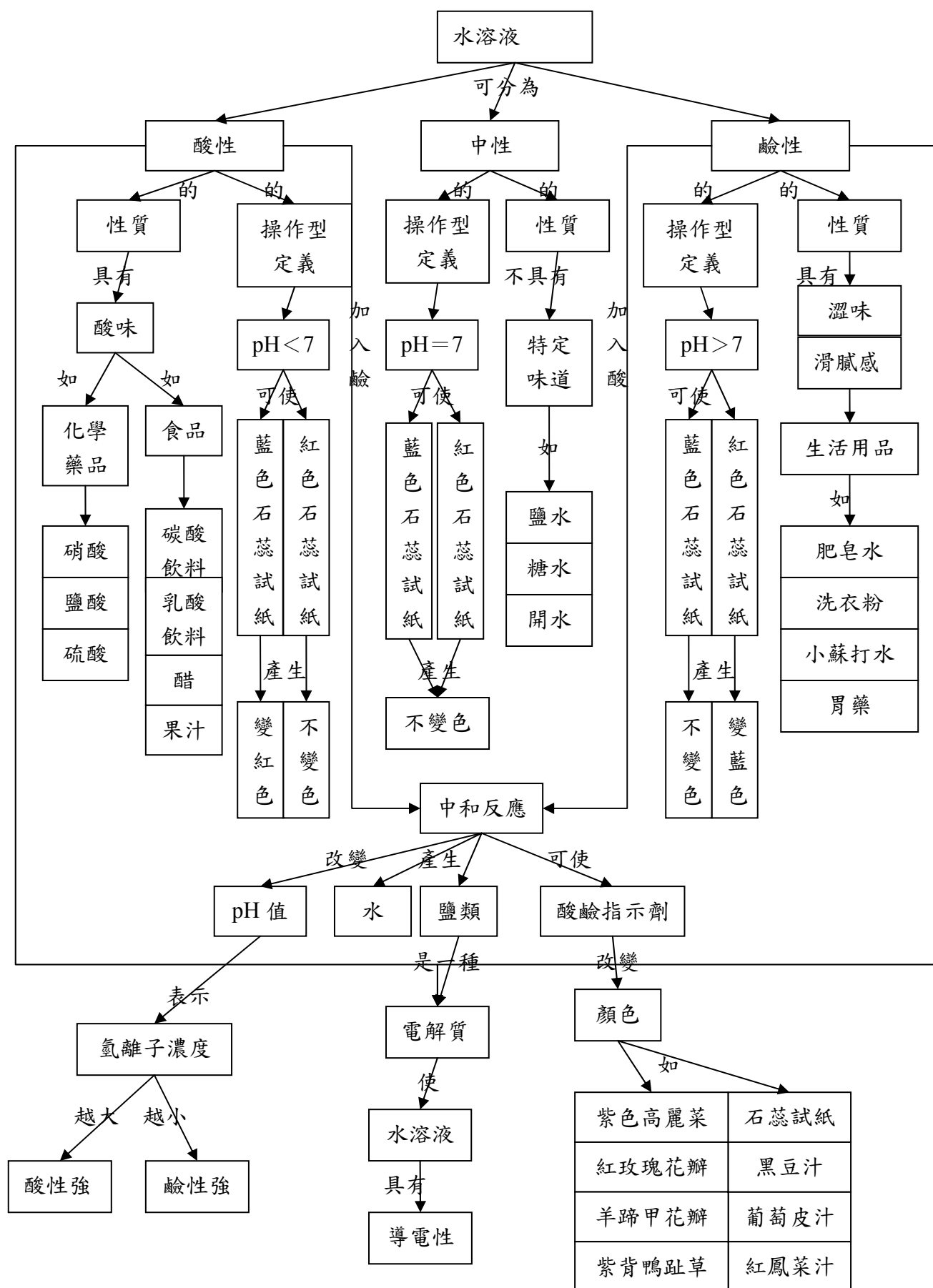


圖 3-3.1 國小五年級酸鹼概念圖

表 3-3.1 國小酸鹼概念二階層診斷測驗試題雙向細目表

主題	半結 構式 晤談 預試 題號	半結 構式 晤談 預試 題數	命題陳述	二階 層前 測試 題編 號	二階 層後 測試 題編 號
一、酸的意義 及其性質：	1、5	2	在水溶液中可以生成 H^+ 的物質，或使水溶液中氫離子增加的物質為酸。	4-3 4-4	5-1 5-2
			酸性物質具有酸味。	3-1 3-2	2-1 2-2
					3-1
					3-2
二、鹼的意義 及其性質：	2、4	2	在水溶液中可以生成 OH^- 的物質，或使水溶液中氫氧根離子增加的物質為鹼。	4-1 4-2 4-5 4-6	7-1 7-2
			鹼性物質具有澀味，摸起來具有滑膩感。	1-1 1-2 3-3 3-4	4-1 4-2
三、酸鹼中和：	3、6	2	中和反應是指酸性溶液和鹼性溶液相遇，各自失去原有的酸性和鹼性。	3-5 3-6	1-1 1-2
			酸性溶液與鹼性溶液反應後，溶液最後的酸鹼性是根據溶液中氫離子與氫氧根離子的濃度何者較多。	3-7 3-8	6-3 6-4
四、酸鹼指示劑：	7	1	酸鹼指示劑是指酸可以使石蕊試紙顏色隨溶液酸值呈現紅色或其他指改變之物質，用示劑呈現酸性顏色。來指示溶液的酸鹼值。	2-1 2-2 3-9 3-10	6-1 6-2 6-5 6-6
			鹼可以使石蕊試紙呈現藍色及或他指示劑呈現鹼性顏色。	1-3 1-4	4-3 4-4

第四節 研究教學設計

本研究之教學設計根據建模教學策略，先參考國中部分所使用之酸鹼科學模式(阿瑞尼士解離模型)，在參酌國小五年級酸鹼單元之教材(翰林出版社五上自然與生活科技)，配合國小五年級學生之心智發展，以阿瑞尼士解離模型作為範本，設計出本研究目標之科學模型。本研究即以此模型發展建模教學設計教案(見附錄四)。

實驗組所使用之教學為筆者所設計之建模教學教案，共八節課 320 分鐘。其中建模重點活動為第五節課〔酸與鹼的秘密〕、第七節課〔酸鹼中和的秘密〕與第八節課〔角色扮演之酸鹼配〕。第五節課與第七節課分別透過筆者設計之 power point 動畫，以動態視覺表徵方式讓學生建立酸與鹼的微觀模型，在教學活動〔酸與鹼的秘密〕中，先建立酸性物質在水溶液中能釋放酸性微粒(氫離子)與鹼性物質在水溶液中能釋放鹼性微粒(氫氧根離子)的微觀模型。再接下來第七節課的教學活動〔酸鹼中和的秘密〕中，則呈現在酸鹼中和的過程中，看不見的酸性微粒與鹼性微粒結合成水分子，建立中和的動態模型。並於最後一節課的教學活動〔角色扮演之酸鹼配〕讓學生透過扮演酸性微粒與鹼性微粒的動態表徵，在酸鹼中和的過程中，體驗溶液中粒子隨機碰撞並結合成安定的水分子之過程。

對照組則直接使用翰林出版社五上國小自然與生活科技教學指引所呈現的課程。

第五節 研究實施流程

本研究的實施流程雖然與一般教育研究大同小異，但在諸多細節上相當的繁瑣與複雜。反覆的閱讀相關文獻後產生研究動機，緊接著形成研究目的與研究問題後，在反覆的整理相關文獻以在設計研究工具前能完善各階段學生可能之迷思概念。在研究主題的醞釀與研究工具的設計上，可說是最耗費時間與腦力的階段。畢竟各階段的問卷設計必須符合各階段的認知能力以及所學習過的概念等，還需經過專家審核與學生預試後，再進行修改研究工具才得以開發完成。

研究的進行分為三階段，第一階段為準備階段，此階段主要為文獻探討、研究問題的訂立、概念圖的繪製、雙向細目表、研究工具的研發等。第二階段為研究進行階段，主要包含半結構式晤談、實施前測問卷(一週)、進入教學(二週)、實施後測問卷(一週)。第三階段為資料分析與論文撰寫，為本研究之最後完成階段(見表 3-4.1)。資料回收後，使用 SPSS、EXCEL 等統計軟體進行資料統計分析，最後才得以撰寫研究結果並完成本論文。研究流程請見圖 3-2。

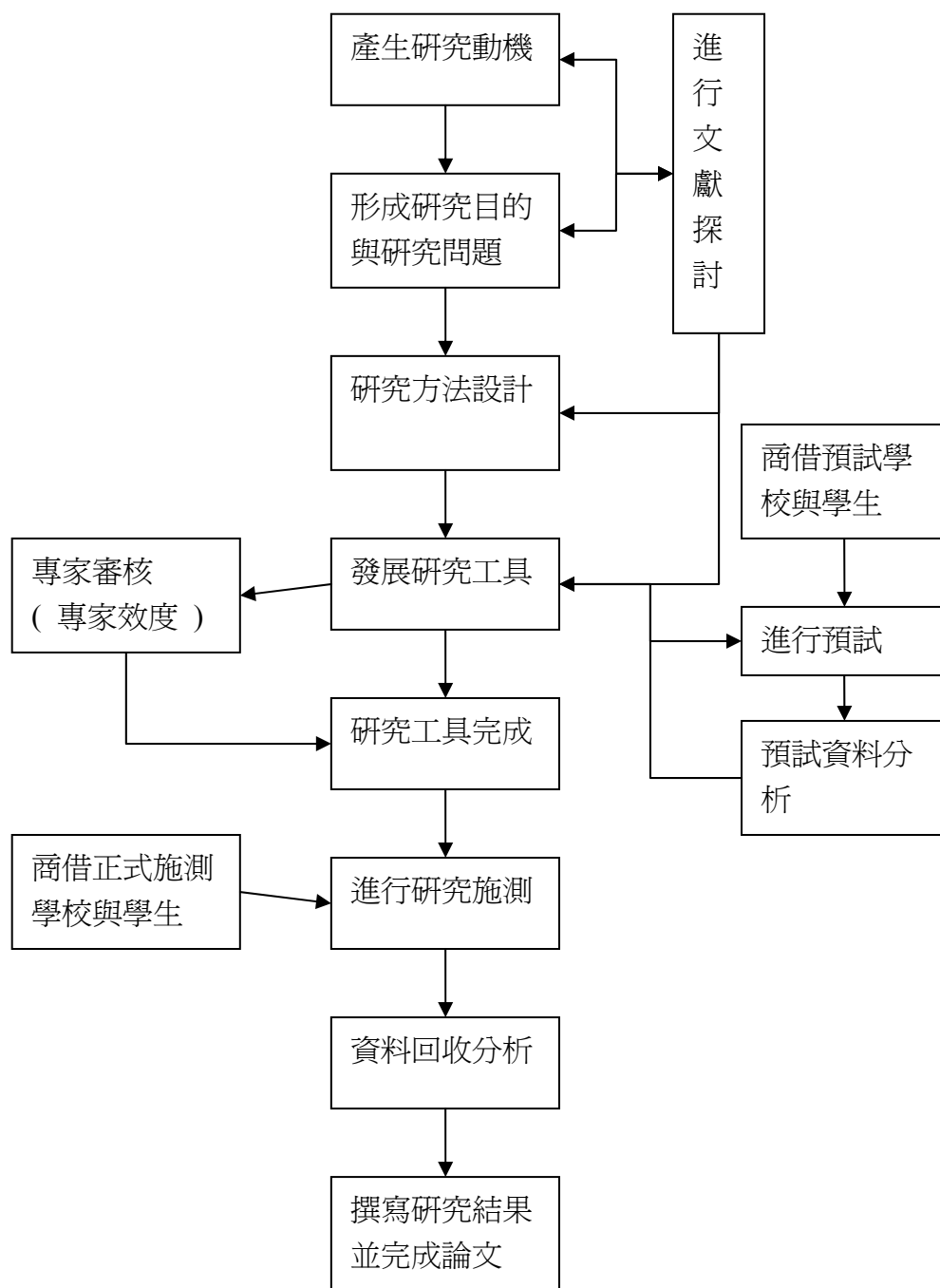


圖 3-2 研究實施流程圖

表 3-4.1 研究進度時程

年月	Jul-08				Aug-08				Sep-08				Oct-08				Nov-08				Dec-08				Jan-09			
週別	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
事項																												
文獻探討																												
研究題目																												
概念圖																												
命題陳述																												
初步晤談																												
工具開發																												
教學設計																												
前測																												
教學進行																												
後測																												
資料分析																												
撰寫論文																												

第六節 資料處理與分析

一、 答對率

本研究之二階層診斷測驗記分方式與一般選擇題不同，本研究給分方式為第一層問題答對給 1 分，第二層依據第一層的結果，第一層答對之後第二層答對才給 1 分。若第一層答錯，即使第二層答對亦不給分。計算學生二階層診斷測驗之答對率則以總分數除以總題數而得之。

另外，各組測驗所得分數研究者使用 SPSS 12.0 版進行 ANOVA 與 ANCOVA 分析，分析結果可知組別間是否具有顯著差異。並在 ANOVA 分析後則進行 Tukey SHD、Scheffe、LSD 分析，以確定差異主要落在何處。

二、 心智模式

本研究所探求之心智模式主要由半結構式晤談而來，在半結構式晤談後，江晤談資料以逐字稿謄錄，並參考 Lin & Chiu(2007)所指出的我國中學生酸鹼鹽概念整理成四大心智模式：現象模式(Phenomenon Model)、符號特徵模式(Character-Symbol Model)、推理模式(Inference Model)，以及科學模式(Scientific Model)與姚錦棟(2002)之研究結果，其心智模式的特性，將本研究晤談所得之資料整理出國小五年級心智模式之類型。

國小五年級心智模型確立後，以此發展酸鹼概念二階層診斷式問卷，在前後測試題中設計安排各種心智模式的選項，以利大量求得國小學生持有酸鹼心智模式之比例與分布情形。最後對照前後測所得之分布比例情況，即可得知在經由建模教學後，學生所持有之心智模式之改變情形以及建模教學與一般教學心智模式之改變差異為何。

第肆章 結果與討論

本章將針對半結構式晤談以及二階層診斷問卷結果加以分析與討論，以探究國小學童在酸鹼概念上的心智模式類型，並了解在進行建模教學後，實驗組學童與對照組學童在概念改變與心智模式的發展上的差異情形。因此，本章第一節將針對酸鹼概念二階層診斷前測問卷結果進行逐題分析。第二節將針對酸鹼概念二階層診斷後測問卷結果進行逐題分析。第三節則計算國小學童對酸鹼相關概念之整體表現。第四節則描述整理出的國小酸鹼概念心智模式。第五節則分別討論在進行教學後，學童心智模式的發展情形。第六節則說明本研究結果與文獻之間的對應與比較。

第一節 酸鹼概念二階層診斷測驗前測問卷分析

本節主要針對酸鹼概念二階層診斷測驗前測問卷部份進行逐題的統計分析，以下分別將針對每一的檢測概念與各組的答題結果分布進行陳述與說明：

前測試題 1-1 1-2：

1. 這學期的校外教學去了烏來，當地的解說老師告訴大家，烏來的溫泉是屬於無色無味的碳酸氫鈉泉，是俗稱的「美人湯」，洗起來皮膚會感覺滑滑的，甚至飲用適當的碳酸氫鈉泉可以中和胃酸引起的不適感。
 - ()1-1.根據以上的線索，這種碳酸氫鈉泉可能屬於酸性、鹼性，或中性呢？
 - (1)酸性 (2)鹼性 (3)中性
 - ()1-2.承上題您所選的答案，理由是：
 - (A)因為洗後皮膚會感覺滑滑的。
 - (B)因為碳酸氫鈉名稱中有「酸」字作為命名。
 - (C)因為可以中和胃酸所引起的不適感。
 - (D)因為碳酸氫鈉名稱中有「氫鈉」作為命名。
 - (E)因為可以飲用。
 - (F)因為為無色無味的水溶液。
 - (G)因為可以沖淡胃酸所引起的不適感。
 - (H)其他，請寫出你的理由：

表 4-1.1.1、前測試題 1-1 和 1-2 答題選項百分比分布

總學生									
選項	A	B	C	D	E	F	G	H	小計
1	3	11	3	7	1	4	5	0	34
2	4	2	8	0	2	1	12	1	30
3	11	1	2	2	5	7	6	2	36
	18	14	13	9	8	12	23	3	100

本題主題為酸鹼中和，係命題陳述：**中和反應是指酸性溶液和鹼性溶液相遇，各自失去原有的酸性和鹼性**所發展出來的檢測試題。學生必須從題目所提供的線索，來判斷碳酸氫鈉的酸鹼性。本題最接近科學概念的選項分別為第一層：(2) 鹼性；第二層：(C)因為可以中和胃酸所引起的不適感。在本題的測驗結果中發現，第一層選擇酸性的有 34%，鹼性的有 30%，中性的有 36%。選擇酸性的學生中，有 11%的學生選擇(B)選項，認為是因為碳酸氫鈉名稱中有「酸」字作為命名。有 7%的學生選擇(D)選項，認為是因為碳酸氫鈉名稱中有「氫鈉」最為命名。有 5%的學生選擇(G)選項，認為是因為可以沖淡胃酸所引起的不適感。有 4%的學生選擇(F)因為為無色無味的水溶液。另外有 3%的學生分別選擇(A)因為洗後皮膚會感覺滑滑的。(C)因為可以中和胃酸所引起的不適感。可發現造成學生錯判為酸性的原因，最主要是學生根據符號特徵模式進行判斷，只見碳酸氫鈉中有「酸」字，即判斷為酸性。事實上(B)(D)選項均屬於符號特徵的判斷模式，若將所有選擇(B)(D)選項的學生加總，可發現確實有 23%的學生是直覺使用符號特徵模式來進行判斷。

第一層 36%判斷為中性的學生，有 11%第二層的理由為(A)因為洗後皮膚會感覺滑滑的。有 7%第二層的理由為(F)因為為無色無味的水溶液。有 6%理由為(G)因為可以沖淡胃酸所引起的不適感。有 5%理由為(E)因為可以飲用，其它選項均僅 1%~2%。可看出 36%判斷為中性的學生中有 23%(A 選項 11%+F 選項 7%+E 選項 5%)是使用現象模式進行判斷；(G)選項屬於推論模式的理由，有 6%的學生選擇此選項，而此選項是「沖淡」胃酸，雖然這組選擇有錯誤的部份，但若他的判斷為中性，如此由其理由推之，其為稀釋概念的推論。

第一層正確判斷為鹼性的學生中，最高比例的理由是 12%選擇(G)因為可以沖

淡胃酸所引起的不適感。另外有 8%正確選擇(C)因為可以中和胃酸所引起的不適感。4%選擇(E)因為可以飲用。顯然正確選擇鹼性的學生，有相當大的比例是用推論模式而來，但卻有較多的學生是使用「沖淡胃酸」而非「中和胃酸」，雖然題目也提到中和的字眼，但學生還是較多認為鹼性沖淡酸性的方式，可以發現在這些小學生會認為酸與鹼是互相獨立而不會互相反應，當酸鹼中和時，僅是以「沖淡」的方式使酸與鹼的特性不會如此明顯。另外也可能是小學生尚未接觸過「中和」字眼，對於「沖淡」較為熟悉，因此較多選擇使用「沖淡胃酸」。

本題中，二階層均正確選擇的僅有 8%。但此為前測問卷，原本預期回答狀況就會較為多元。見表 4-1.1.2 表 4-1.1.3。

表 4-1.1.2、實驗組前測試題 1-1 和 1-2 答題選項百分比分布

選項	A	B	C	D	E	F	G	H	小計
1	2	8	2	6	0	6	10	0	34
2	0	2	6	0	4	2	6	2	22
3	10	2	4	4	6	10	6	2	44
	12	12	12	10	10	18	22	4	100

表 4-1.1.3、對照組前測試題 1-1 和 1-2 答題選項百分比分布

選項	A	B	C	D	E	F	G	H	小計
1	4	14	4	8	2	2	0	0	34
2	8	2	10	0	0	0	18	0	38
3	12	0	0	0	4	4	6	2	28
	24	16	14	8	6	6	24	2	100

前測試題 1-3 1-4：

- () 1-3. 如果將碳酸氫鈉泉滴在石蕊試紙上，石蕊試紙的變色狀況會是？
(1) 紅色石蕊試紙變藍 (2) 藍色石蕊試紙變紅 (3) 都不變色
- () 1-4. 承上題你的選擇，你的理由是？
(A) 因為碳酸氫鈉泉是酸性的，所以會讓藍色石蕊試紙變成紅色。
(B) 因為碳酸氫鈉泉是鹼性的，所以會讓紅色石蕊試紙變成藍色。
(C) 因為碳酸氫鈉泉是中性的，所以會使藍色石蕊試紙變成紅色。
(D) 因為碳酸氫鈉泉是中性的，所以不會讓石蕊試紙變色。
(E) 因為碳酸氫鈉泉沒有所謂的酸鹼性，不會讓石蕊試紙變色。
(F) 其他，請寫出你的理由：

表 4-1.2.1、前測試題 1-3 和 1-4 答題選項百分比分布

選項	A	B	C	D	E	F	小計
1	7	7	1	0	0	3	18
2	25	20	8	0	2	1	56
3	1	0	0	15	7	3	26
	33	27	9	15	9	7	100

本題之主題為酸鹼指示劑，為命題陳述：**酸鹼指示劑是指顏色隨溶液酸值改變之物質，用來指示溶液的酸鹼值。(鹼可以使石蕊試紙呈現藍色及或他指示劑呈現鹼性顏色。)**本題檢測學生對酸鹼指示劑的了解，在本單元前，學生亦未曾接觸過酸鹼指示劑的概念，但有部分學生表示在校外安親補習班的實驗活動中有接觸過石蕊試紙，也有部分學生在電視廣告中見過石蕊試紙，因此本題亦針對學生對石蕊試紙的想法進行初步了解。

表 4-1.2.1 中可發現，正確的選項為 7% 的學生認為因為碳酸氫鈉泉是鹼性的，所以會讓紅色石蕊試紙變成藍色。但有 25% 的學生認為因為碳酸氫鈉泉是酸性的，所以會讓藍色石蕊試紙變成紅色。有 15% 的學生認為因為碳酸氫鈉泉是中性的，所以不會讓石蕊試紙變色。如果只針對石蕊試紙的特性來說，這些學生在石蕊試紙的概念上並沒有錯，僅是在於碳酸氫鈉泉的判斷有誤而導致錯誤。如此說來，以未進教學的前測問卷來說，國小五年級學生似乎有 47% 已經初步擁有石蕊試紙的概念了。另外較有趣的是也發現有 9% 的學生認為碳酸氫鈉泉沒有所謂的酸鹼性，不會讓石蕊試紙變色。的確存在近一成的學生是認為水溶液不一定具有所

謂的酸鹼性，甚至不認為不變色是因為中性溶液，而是溶液本身根本沒有酸鹼性。

我們再細分為實驗組與對照組來看，在教學前兩組雖然有些差異，但分布比例差異也並沒有很顯著。

表 4-1.2.2、實驗組前測試題 1-1 和 1-2 答題選項百分比分布

選項	A	B	C	D	E	F	小計
1	8	6	2	0	0	2	18
2	22	14	12	0	2	2	52
3	0	0	0	20	10	0	30
	30	20	14	20	12	4	100

表 4-1.2.3、對照組前測試題 1-1 和 1-2 答題選項百分比分布

選項	A	B	C	D	E	F	小計
1	6	8	0	0	0	4	18
2	28	26	4	0	2	0	60
3	2	0	0	10	4	6	22
	36	34	4	10	6	10	100

前測試題 2-1 2-2：

這天，小柏老師又帶大家到陽明山國家公園進行校外教學。看到了著名的陽明山溫泉，老師想起前陣子介紹的烏來溫泉，特別停下腳步，告訴大家：「陽明山國家公園是屬於典型的火山地形，這邊的溫泉與烏來不一樣，他有一股濃濃的硫磺味，是屬於硫磺泉，可以使藍色石蕊試紙呈現紅色。泡這種溫泉時要特別注意，因為這種溫泉帶有點刺激性，所以皮膚較乾燥或較易過敏起疹子的人，是不建議浸泡這種溫泉的！而且這種溫泉也不能像碳酸氫鈉泉可以中和胃酸，甚至不能飲用！」

()2-1.根據以上的線索，請問這種硫磺泉的酸鹼性是屬於哪一種呢？

(1)酸性 (2)鹼性 (3)中性

()2-2.承上題您所選的答案，理由是：

- (A)因為可以使藍色石蕊試紙呈現紅色。
(B)因為硫磺泉名稱中有「硫」字作為命名，與硫酸一樣是酸性。
(C)因為不能中和胃酸所引起的不適感。
(D)因為具有刺激性，會使皮膚過敏起疹子。
(E)因為具有濃濃的硫磺味。
(F)因為硫磺泉名稱中有「硫磺」作為命名。
(G)因為洗後皮膚會感覺滑滑的。
(H)因為不能飲用。
(I)因為為無色無味的水溶液。
(J)因為不可以沖淡胃酸所引起的不適感。
(K)其他，請寫出你的理由：

表 4-1.3.1、前測試題 2-1 和 2-2 答題選項百分比分布

選項	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	小計
1	16	8	7	12	3	4	0	3	1	1	0	55
2	7	2	0	21	3	0	1	4	0	1	1	40
3	1	0	1	1	0	0	0	2	0	0	0	5
	24	10	8	34	6	4	1	9	1	2	1	100

本題之主題為酸鹼指示劑，為命題陳述：**酸鹼指示劑是指顏色隨溶液酸值改變之物質，用來指示溶液的酸鹼值。(酸可以使石蕊試紙呈現藍色及或他指示劑呈現酸性顏色。)**所設計出來的題目。此題將各種判斷模式巧妙的安排在敘述中，本題正確答案為第一層：(1) 酸性；第二層：(A) 因為可以使藍色石蕊試紙呈現紅色。

本題的統計結果有 16% 的學生正確選擇此兩者答案。有 21% 的學生認為硫磺泉為鹼性，因為具有刺激性，會使皮膚過敏起疹子。也有 12% 的學生認為硫磺泉為酸性，是因為具有刺激性，會使皮膚過敏起疹子。顯示總共有 33% 的學生是以刺激性作為判斷酸鹼性的依據，是屬於現象模式的判斷。雖然對皮膚的刺激性的確是酸鹼的特性，但由於酸與鹼均同時具備這項特性，因此使用刺激性來判別酸鹼是很不恰當的。正確用來判斷酸鹼的應該使用酸鹼指示劑，在本題中應選擇石蕊試紙的判斷方式為最科學的模式。

表 4-1.3.2、實驗組前測試題 2-1 和 2-2 答題選項百分比分布

實驗組												
選項	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	小計
1	4	12	6	16	4	6	0	2	0	2	0	52
2	12	0	0	22	2	0	2	2	0	2	0	42
3	0	0	2	2	0	0	0	2	0	0	0	6
	16	12	8	40	6	6	2	6	0	4	0	100

表 4-1.3.3、對照組前測試題 2-1 和 2-2 答題選項百分比分布

選項	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	小計
1	28	4	8	8	2	2	0	4	2	0	0	58
2	2	4	0	20	4	0	0	6	0	0	2	38
3	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	4
	32	8	8	28	6	2	0	12	2	0	2	100

前測試題 3-1 3-2：

2. 很多人喜歡喝綠茶，但卻不喜歡綠茶中的澀味，為了去除這種澀味，商家發展出許多特別的產品，像是葡萄柚綠茶，在綠茶中加入些果汁就可以去除綠茶的澀味，比例適當時，也剛好會失去果汁原本的酸酸的味道。

()3-1.你覺得葡萄柚汁，它的酸鹼性是哪一種？

(1)酸性 (2)鹼性 (3)中性

()3-2.承上題你的選擇，你的理由是？

- (A)因為梅子汁、葡萄柚汁的味道都是酸的。
(B)因為可以消除綠茶的澀味，所以果汁是酸性的。
(C)因為吃起來酸酸的食物，到身體中會變鹼性的
(D)因為植物的汁液具有植物鹼，果汁也是植物的汁液，所以是鹼性。
(E)因為果汁中大部分都是水，水是中性的。
(F)因為可以飲用。
(G)其他，你的理由是：

表 4-1.4.1、前測試題 3-1 和 3-2 答題選項百分比分布

選項	A	B	C	D	E	F	G	小計
1	18	28	2	6	0	2	0	56
2	1	2	5	12	2	1	0	23
3	1	2	1	1	14	1	1	21
	20	32	8	19	16	4	1	100

本題之主題為酸鹼中和，為命題陳述：**中和反應是指酸性溶液和鹼性溶液相遇，各自失去原有的酸性和鹼性**所設計出來的題目。本題第一層的選項中，有 56% 的學生做出正確判斷為酸性。但仍有 23% 的學生認為酸酸的果汁是鹼性，有 21% 的學生認為果汁為中性。

所有學生中，有 28% 的學生運用推論模式((B)可以消除綠茶的澀味，所以果汁是酸性的)做出正確判斷。18% 的學生選擇(A)因為梅子、葡萄又知的味道都是酸的。事實上在國小的教材中的確是將酸味作為判斷為酸性的其中一種依據。但這樣的判斷方式仍屬於現象模式的判斷。

第一層選擇鹼性的學生中，其理由主要集中在(D)因為植物的汁液具有植物

鹼，果汁也是植物的汁液，所以是鹼性。在全部學生中佔了 12%。另外有 5%的學生認為(C)因為吃起來酸酸的食物，到身體中會變鹼性的。選擇這兩種理由的學生應是在生活中具備了一些片段的酸鹼知識，在經由這些酸鹼知識進行推論而得。因此這兩種選項均屬於推論模式，只是這兩種選項所依據的酸鹼概念是相當片段且不甚正確的。

在判斷為中性的學生中，其理由主要集中在(E)，有 14%的學生認為水果中大部分為水，水是中性的所以果汁為中性的。由此可發現此類的學生對於水溶液酸鹼性的概念並不是很正確。認為加入酸性果汁並不會影響水溶液的酸鹼性。至於其他的選項雖然都有學生選擇，但均僅有 2%左右的比例，顯示雖然存在有些這樣想法的學生，但出現的比例並不高。

將實驗組與對照組班及分開來看，其分布的比例也與總受試對象的分布相仿。

表 4-1.4.2、實驗組前測試題 3-1 和 3-2 答題選項百分比分布

選項	A	B	C	D	E	F	G	小計
1	20	26	2	6	0	2	0	56
2	0	2	2	10	4	0	0	18
3	0	2	2	0	18	2	2	26
	20	30	6	16	22	4	2	100

表 4-1.4.3、對照組前測試題 3-1 和 3-2 答題選項百分比分布

選項	A	B	C	D	E	F	G	小計
1	16	30	2	6	0	2	0	56
2	2	2	8	14	0	2	0	28
3	2	2	0	2	10	0	0	16
	20	34	10	22	10	4	0	100

前測試題 3-3 3-4：

()3-3.你覺得像綠茶、烏龍茶這種喝起來有點澀澀的茶，可能是茶水中哪一種成分引起的？

(1) 茶胺酸 (2)茶鹼 (3)水

茶胺酸：酸性物質。

茶鹼：鹼性物質。

()3-4.承上題你的選擇，你的理由是？

(A)因為只要有不好的味道就是酸性的。

(B)因為澀味是屬於酸性溶液的其中一種性質。

(C)因為鹼性的物質通常帶有澀味。

(D)因為植物的汁液具大量植物鹼，茶也是植物的汁液，所以是鹼性。

(E)茶中大部分都是水。

(F)茶葉中的物質與水反應所產生的味道。

(G)其他，你的理由是：

表 4-1.5.1、前測試題 3-3 和 3-4 答題選項百分比分布

選項	A	B	C	D	E	F	G	小計
1	1	29	6	1	2	4	1	44
2	1	1	21	11	1	5	0	40
3	0	3	1	6	2	4	0	16
	2	33	28	18	5	13	1	100

本題為鹼的意義及其性質之概念檢測，為命題陳述：**鹼性物質具有澀味，摸起來具有滑膩感**所設計而成的題目。由表中得知，近 3 成的學生(29%)的學生認為茶葉中的澀味是酸性物質所產生，他們認為澀味是屬於酸性溶液的其中一種性質。有 21%的學生正確的認為茶葉中的澀味是鹼性物質茶鹼所造成的，認為鹼性物質通常帶有澀味。但也有 1 成(11%)的學生雖然認為是茶鹼所造成的，但其理由是因為植物的汁液具有大量植物鹼，茶也是植物的汁液，所以是鹼性。如此推論的判斷，亦是建立在片段的知識上，因此筆者認定此為推論模式。

在這兩題中也發現較難以解釋的現象，像是有 6%的學生在第一層選擇酸性的茶胺酸，但其理由竟然是選擇(C)因為鹼性物質通常帶有澀味。另外也有 6%的學生第一層選擇中性的水，但在其第二層的理由中卻表示(D)因為植物的汁液具大量植物鹼，茶也是植物的汁液，所以是鹼性。像這類出現第一層選擇與第二層選擇

沒有相互關係的現象，在本次測驗中卻也佔了大約 1 成左右。本研究發現在小學生中，在第一層初步的判斷時，可能使用一種心智模式進行思考，當在回答第二層題目時，卻又選擇另一種心智模式。由此也發現，當國小五年級學童在第一次遇到生活中有關酸鹼問題時，可能同時使用不同的心智模式進行判斷。對於同一件問題，他的回答模式也可能不具有一致性。

當我們在細看實驗組與對照組所回答的分布情形，本題在前測時兩組的主要回答也是均集中在茶氨酸-澀味為酸性溶液的其中一種性質(實驗組 30%；控制組 28%)；與茶鹼-鹼性物質通常帶有澀味(實驗組 22%；控制組 20%)。其他選項組合差異並不大。顯示本題概念兩組學生在教學前並無太大差異。

表 4-1.5.2、實驗組前測試題 3-3 和 3-4 答題選項百分比分布

選項	A	B	C	D	E	F	G	小計
1	2	30	8	0	2	4	0	46
2	2	0	22	8	0	4	0	36
3	0	6	2	4	2	4	0	18
	4	36	32	12	4	12	0	100

表 4-1.5.3、對照組前測試題 3-3 和 3-4 答題選項百分比分布

選項	A	B	C	D	E	F	G	小計
1	0	28	4	2	2	4	2	42
2	0	2	20	14	2	6	0	44
3	0	0	0	8	2	4	0	14
	0	30	24	24	6	14	2	100

前測試題 3-5 3-6：

- () 3-5. 你覺得這時候的葡萄柚綠茶，還會具有原本綠茶的酸鹼性嗎？
(1) 酸鹼性的強度是不變的 (2) 會改變酸鹼性的強度
- () 3-6. 承上題你的選擇，你的理由是？
(A) 鹼性的強度不會因為加入了其他物質(如果汁或水)而改變。
(B) 因為果汁是中性的水溶液，不會改變原本的鹼性。
(C) 雖然果汁是酸性的水溶液，但酸與鹼是獨立不受影響的，所以鹼性是不變的。
(D) 因為果汁是酸性的，與鹼性的綠茶產生中和，而失去原有的鹼性強度。
(E) 因為果汁是中性的，與鹼性的綠茶不會產生反應，但因為溶液量增加了，所以鹼性的強度就被沖淡了。
(F) 因為果汁是酸性的，但酸與鹼是獨立不會反應的，會改變鹼性強度是因為溶液量增加，鹼性的強度就被沖淡。
(G) 其他，你的理由是：
-

表 4-1.6.1、前測試題 3-5 3-6 答題選項百分比分布

選項	A	B	C	D	E	F	G	小計
1	3	5	3	1	3	2	0	17
2	11	10	1	40	4	15	2	83
	14	15	4	41	7	17	2	100

本題主要概念為酸鹼中和，是由命題陳述：**中和反應是指酸性溶液和鹼性溶液相遇，各自失去原有的酸性和鹼性**所設計而成的題目。當兩種不同的水容易混合時，混合後的水溶液將會失去原有的酸鹼性。在本題測驗結果發現，83%的學生認為混合後的溶液會改變原本的酸鹼強度。但仍有 17%的學生認為混合後並不會改變原本綠茶的酸鹼強度。

所有學生中，有 40%的學生相信酸性的果汁，與綠茶中鹼性的物質發生中和，因而失去原本的酸鹼性。但有 15%的學生認為果汁雖然是酸性的，但酸與鹼是獨立不會反應的，會改變鹼性強度是因為溶液量增加，鹼性的強度就被沖淡。可以窺探這類的學生，其酸鹼的初始心智模式是酸與鹼互相獨立並不會發生反應，而是因為溶液的量增加，而分別使得溶液中的酸性強度變弱、鹼性強度也變弱。這

樣的模式與稀釋的概念相當類似，筆者將此命名為併存模式之酸鹼並存模式 2。

另外，也有 14% 的學生認為酸鹼性的強度不會因為加入了其他物質(如果汁或水)而改變。他們也認為酸鹼性是同時存在，甚至不會因為溶液量的增加而降低酸性與鹼性的強度。這類模式又與上述稀釋模式有些許不同點，筆者將此發現命名為併存模式之酸鹼並存模式 1。

將實驗組與對照組分開細看，我們也發現比例差異也不會太大。只有發現對照組選擇 2A 比實驗組選擇 2A 高出 10%；實驗組選擇 2B 比控制組選擇 2B 高出 16%。這部份可以再與後側部分進行詳細的比較。

表 4-1.6.2、實驗組前測試題 3-5 和 3-6 答題選項百分比分布

選項	A	B	C	D	E	F	G	小計
1	4	4	4	0	6	2	0	20
2	6	18	0	34	4	16	2	80
	10	22	4	34	10	18	2	100

表 4-1.6.3、對照組前測試題 3-5 和 3-6 答題選項百分比分布

選項	A	B	C	D	E	F	G	小計
1	2	6	2	2	0	2	0	14
2	16	2	2	46	4	14	2	86
	18	8	4	48	4	16	2	100

前測試題 3-7 3-8：

()3-7.當小華在調製葡萄柚綠茶時，不小心加了太多的葡萄柚汁，使葡萄柚綠茶太酸，請問這時候的溶液是酸性或是鹼性呢？

(1) 酸性 (2) 鹼性 (3) 中性

()3-8.承上題你的選擇，你的理由是？

(A)因為明顯的酸味表示溶液已經變成是酸性的。

(B)因為加了太多的酸性果汁，酸性的量比鹼性多，溶液就呈酸性。

(C)因為果汁是酸性的，與鹼性的綠茶產生中和，中和後酸性的量還有時，溶液就呈酸性

(D)鹼性的強度不會因為加入了其他物質(如果汁或水)而改變。

(E)因為果汁是中性的水溶液，不會改變原本的鹼性。

(F)雖然果汁是酸性的水溶液，但酸與鹼是獨立不受影響的，所以鹼性是不變的。

(G)因為果汁是中性的，所以加再多的果汁，溶液最多呈現中性。

(H)因為果汁是弱酸，所以加再多的果汁，溶液最多呈現中性。

(K)其他，你的理由是：

表 4-1.7.1、前測試題 3-7 和 3-8 答題選項百分比分布

選項	A	B	C	D	E	F	G	H	I	小計
1	23	47	8	0	0	0	1	0	0	79
2	2	1	1	3	1	1	1	1	0	11
3	1	0	1	0	1	0	3	4	0	10
	26	48	10	3	2	1	5	5	0	100

本題主概念為酸鹼中和，由命題陳述：**酸性溶液與鹼性溶液反應後，溶液最後的酸鹼性是根據溶液中氫離子與氫氧根離子的濃度何者較多所設計而成**。本題結果發現，有近八成的受試對象在第一層選擇酸性，選擇中性與鹼性的學生僅各約一成。在全部的學生中，有近五成的學生(47%)第二層的理由是(B)因為加了太多的酸性果汁，酸性的量比鹼性多，溶液就呈酸性。在小學的教科書中，即將此概念作為科學概念。在小學的酸鹼單元中，並沒有去討論有關濃度與酸鹼強度的問題，僅在實驗中表示在酸鹼中和，酸性溶液的量大於鹼性溶液的量時，最後溶液呈現酸性；若鹼性溶液的量大於酸性溶液的量時，中和後的溶液即呈現鹼性。但根據本題前測的結果，在教學前就已經有近五成的學生已經具備這樣的知識

了。但本題中這選項並不是最接近科學的選擇，這是因為本選項中並無提到酸與鹼相互產生中和反應，所以這之中可能包含酸鹼併存模式的學生。本題最接近科學概念的答案是為(C)因為果汁是酸性的，與鹼性的綠茶產生中和，中和後酸性的量還有時，溶液就呈酸性。但在前測結果顯示，僅有 8%的學生選擇此選項。另外，也有 23%的學生認為當溶液具有明顯酸味的時候，溶液應該即呈現酸性。使用現象模式進行判斷的學生仍佔一定的比例。

若再將實驗組與對照組分開來看，我們仍可以發現在本題中，實驗組與對照組的答題模式還頗為類似的。顯示兩組在進行實驗教學前，差異並不大。

表 4-1.7.2、實驗組前測試題 3-7 和 3-8 答題選項百分比分布

選項	A	B	C	D	E	F	G	H	I	小計
1	28	46	8	0	0	0	0	0	0	82
2	2	2	0	0	0	0	0	2	0	6
3	2	0	2	0	2	0	2	4	0	12
	32	48	10	0	2	0	2	6	0	100

表 4-1.7.2、控制組前測試題 3-7 和 3-8 答題選項百分比分布

選項	A	B	C	D	E	F	G	H	I	小計
1	18	48	8	0	0	0	2	0	0	76
2	2	0	2	6	2	2	2	0	0	16
3	0	0	0	0	0	0	4	4	0	8
	20	48	10	6	2	2	8	4	0	100

前測試題 3-9 3-10：

()3-9.如果將太酸的葡萄柚綠茶滴在石蕊試紙上，石蕊試紙的變色狀況應該會是？

(1) 紅色石蕊試紙變藍色 (2)藍色石蕊試紙變紅色 (3)都不變色

()3-10.承上題你的選擇，你的理由是？

- (A)因為此時葡萄柚綠茶是酸性的，所以會讓藍色石蕊試紙變成紅色。
(B)因為此時葡萄柚綠茶是鹼性的，所以會讓藍色石蕊試紙變成紅色。
(C)因為此時葡萄柚綠茶是中性的，所以會使藍色石蕊試紙變成紅色。
(D)因為此時葡萄柚綠茶是酸性的，所以會讓紅色石蕊試紙變成藍色。
(E)因為此時葡萄柚綠茶是鹼性的，所以會讓紅色石蕊試紙變成藍色。
(F)因為此時葡萄柚綠茶是中性的，所以會讓紅色石蕊試紙變成藍色。
(G)因為葡萄柚綠茶是中性的，所以不會讓石蕊試紙變色。
(H)因為葡萄柚綠茶沒有所謂的酸鹼性，不會讓石蕊試紙變色。
(I)其他，你的理由是：

表 4-1.8.1、前測試題 3-9 和 3-10 答題選項百分比分布

選項	A	B	C	D	E	F	G	H	I	小計
1	9	3	2	28	8	2	0	0	0	52
2	22	7	3	5	1	0	0	0	1	39
3	1	0	0	0	0	0	5	2	1	9
	32	10	5	33	9	2	5	2	2	100

本題測驗主題為酸鹼指示劑之部分，結果顯示有 22%的學生認為因為此時葡萄柚綠茶是酸性的，所以會讓藍色石蕊試紙變成紅色。28%的學生認為因為此時葡萄柚綠茶是酸性的，所以會讓紅色石蕊試紙變成藍色。有 8%的學生認為此時葡萄柚綠茶是鹼性的，所以會讓紅色石蕊試紙變成藍色。有 7%的學生認為因為此時葡萄柚綠茶是鹼性的，所以會讓藍色石蕊試紙變成紅色。

由上可綜觀之，在尚未正式學過石蕊試紙概念的小五學生，有 30% (22%+8%) 的學生選擇了正確的石蕊試紙的變色概念：酸性使藍色石蕊試紙變紅；鹼性使紅色石蕊試紙變藍。但絕大部分對於酸鹼性對石蕊試紙的變色仍不具有科學概念。而石蕊試紙的概念是屬於記憶性的知識，在學生尚未接觸石蕊試紙時，可預期有大部分的學生會選擇錯誤的答案。我們也預期在石蕊試紙的基本概念上，後測結果將會較少發生酸鹼性與所呈現顏色錯置的情形。

若將實驗組與對照組學生分開來檢視，我們仍可發現兩組學生主要回答仍為 1D 與 2A，顯示本題概念在教學前，實驗組學生與對照組學生亦無太大差異。

表 4-1.8.2、實驗組前測試題 3-9 和 3-10 答題選項百分比分布

選項	A	B	C	D	E	F	G	H	I	小計
1	6	2	4	34	4	2	0	0	0	52
2	22	8	4	6	0	0	0	0	0	40
3	0	0	0	0	0	0	6	2	0	8
	28	10	8	40	4	2	6	2	0	100

表 4-1.8.3、對照組前測試題 3-9 和 3-10 答題選項百分比分布

選項	A	B	C	D	E	F	G	H	I	小計
1	12	4	0	22	12	2	0	0	0	52
2	22	6	2	4	2	0	0	0	2	38
3	2	0	0	0	0	0	4	2	2	10
	36	10	2	26	14	2	4	2	4	100

前測試題 4-1 4-2：

3. 水是中性的，但不同物質溶解在水中時，水溶液也可能具有不同的酸鹼性，像是小蘇打水、檸檬水等。

() 4-1.你覺得小蘇打水的酸鹼性是哪一種？

(1)酸性 (2)鹼性

() 4-2.承上題你的選擇，你的理由是？

(A)因為小蘇打粉的顆粒中有某種特別的結構可使水溶液呈現鹼性。

(B)因為小蘇打粉會使水產生化學反應，使水溶液呈現鹼性。

(C)因為小蘇打粉含有鹼性微粒，溶解在水中後，使蘇打水呈現鹼性。

(D)因為小蘇打粉的顆粒中有某種特別的結構可使水溶液呈現酸性。

(E)因為小蘇打粉會使水產生化學反應，使水溶液呈現酸性。

(F)因為小蘇打粉含有酸性微粒，溶解在水中後，使蘇打水呈現酸性。

(G)其他，你的理由是：

表 4-1.9.1、前測試題 4-1 和 4-2 答題選項百分比分布

選項	A	B	C	D	E	F	G	小計
1	2	2	2	4	8	12	0	30
2	14	13	34	2	2	2	3	70
	16	15	36	6	10	14	3	100

本題之主概念為鹼的意義及其性質，為命題陳述：**在水溶液中可以生成OH⁻的物質，或使水溶液中氫氧根離子(鹼性微粒)增加的物質為鹼**所設計而成的題目。目的在於檢視國小五年級學童對於酸與鹼是否具有微觀粒子的心智模式。在本題結果中呈現出，有 34%的學童認為小蘇打粉中含有鹼性微粒，溶解在水中後可以使小蘇打水呈現鹼性。另外也有 14%的學生認為小蘇打粉的顆粒中有某種特別的結構可使水容易呈現鹼性。認為小蘇打是酸性的學生，也有 12%認為小蘇打粉含有酸性微粒，溶解在水中後可使小蘇打水呈現酸性。其實如不管第一層是否判斷正確，在第二層理由中，學生使用微觀模式進行回答的比例並沒有想像中的低。有 46%的學生相信溶液之所以會呈現不同的酸鹼性，是可能存在酸性微粒或是鹼性微粒與水產生反應而使溶液產生酸鹼性。另外，筆者也認為，選擇A或D選項的學生，在他們心智中也呈現另一種微觀模型，他們認為這些酸性物質或是鹼性物質同樣具有某種相同的結構，這個相同的結構是使水溶液變成具有酸鹼性的主因。而這類的學生總共也有為數不小的 22%。在以往回顧文獻時，筆者並未發現有文

獻指出國小學生在酸鹼概念上可能具有如此微觀的心智模式，甚至現階段的國小自然與生活科技教科書中，均無提及酸與鹼在微觀層面的陳述，現行九年一貫課程綱要也並未要求教師或教科書編輯需在小學講授有關酸與鹼在微觀層面的概念。但本題結果發現，小學生事實上在此時即具備了一些微觀的心智模式，也許他們僅只是猜想，但已勢必存在這樣的心智模式，讓他們做出這樣的判斷。

除此之外，有部分學生也能想像當物質溶解於水中時，物質本身會與水產生反應而使水溶液具有不同的酸鹼性，在本題的結果中(B)(E)選項即是，且選擇此理由者總共也有 25%。這也顯示在教學前，他們對於水溶液會具有酸鹼性，也能猜想出應該發生了某種化學反應。

前測試題 4-3 4-4：

- ()4-3.將維他命 C 片溶解在開水中，嚐起來跟檸檬汁一樣酸酸的，請問你覺得維他命 C 水溶液的酸鹼性是哪一種？
(1)酸性 (2)鹼性 (3)中性
- ()4-4.承上題你的選擇，你的理由是？
(A)因為維他命 C 中有某種特別的結構可使水溶液呈現酸性。
(B)因為維他命 C 會使水產生化學反應，使水溶液呈現酸性。
(C)因為維他命 C 與水結合後，會產生酸性微粒使小蘇打水呈現酸性。
(D)因為維他命 C 中有某種特別的結構可使水溶液呈現鹼性。
(E)因為維他命 C 會使水產生化學反應，使水溶液呈現鹼性。
(F)因為維他命 C 與水結合後，會產生酸性微粒使小蘇打水呈現鹼性。
(G)其他，你的理由是：

表 4-1.10.1、前測試題 4-3 和 4-4 答題選項百分比分布

選項	A	B	C	D	E	F	G	小計
1	26	27	16	1	2	1	2	75
2	1	1	0	8	5	4	1	20
3	0	1	3	0	0	0	1	5
	27	29	19	9	7	5	4	100

本題測驗主題為酸的性質及其意義，是由命題陳述：**在水溶液中可以生成OH⁻的物質，或使水溶液中氫氧根離子(鹼性微粒)增加的物質為鹼**所設計而成的題目。本題與 4-1 4-2 目的相同，4-1 4-2 是以鹼性物質作為命題；4-3 4-4 則以酸性物質(維他命C片)作為命題，均為檢測國小五年級學童對於水溶液的酸鹼性是否具有微觀想法。

本題測驗結果顯示，在未經教學的狀況下就有 75%的學生認識維他命 C 片為酸性物質，至於其第二層的理由則顯示有 27%的學生認為(B)因為維他命 C 會使水產生化學反應，使水溶液呈現酸性。有 26%的學生認為(A)因為維他命 C 中有某種特別的結構可使水溶液呈現酸性。另外也有 16%的學生認為(C)因為維他命 C 與水結合後，會產生酸性微粒使小蘇打水呈現酸性。

認為維他命 C 片為鹼性物質的國小五年級學生中，有 8%認為(D)因為維他命 C 中有某種特別的結構可使水溶液呈現鹼性。4%認為(F)因為維他命 C 與水結合後，會產生酸性微粒使小蘇打水呈現鹼性。若將此二選項一並納入具有微觀模式

的話，全部受測學生中，則實有 54% 的學童相信在他們看不見的水溶液微觀世界中，是可能存在某種酸性微粒或是在溶解的物質小顆粒上具有某種相同的結構使水溶液產生變化，帶有酸性或鹼性。

若將實驗組與對照組細分來看，實驗組學生有 32% 認為(A)因為維他命 C 中有某種特別的結構可使水溶液呈現酸性，稍高於控制組學生的 20%。但在(B)選項則呈現不相上下的狀況(26%，28%)；(C)選項也呈現差異不大的 18%與 14%。

綜觀之，具有酸鹼微粒子想法的學生(不管為酸性或鹼性微粒)佔全體學生約 20%。本題以酸性物質作為命題的測驗主題，與 4-1 4-2 題的結果均顯示有相當比例的學生在第一次學習酸鹼單元之前，已經會建立微觀的心智模式來思考水溶液的酸鹼性。這個新發現在未來小學的課程設計與教學設計上，可提供課程編寫的自然科學教師們一個參考資料。

表 4-1.10.2、實驗組前測試題 4-3 和 4-4 答題選項百分比分布

選項	A	B	C	D	E	F	G	小計
1	32	26	18	2	4	2	2	86
2	0	0	0	4	6	2	0	12
3	0	0	2	0	0	0	0	2
	32	26	20	6	10	4	2	100

表 4-1.10.3、對照組前測試題 4-3 和 4-4 答題選項百分比分布

選項	A	B	C	D	E	F	G	小計
1	20	28	14	0	0	0	2	64
2	2	2	0	12	4	6	2	28
3	0	2	4	0	0	0	2	8
	22	32	18	12	4	6	6	100

前測試題 4-5 4-6：

- ()4-5.石灰水與肥皂水都可以使紅色石蕊試紙變藍色。請問它們的酸鹼性是？
(1)酸性 (2)鹼性
- ()4-6.承上題你的選擇，兩種不同的水溶液為什麼會呈現相同的酸鹼性？
(A)因為酸性的溶液中有某種特別的結構可使水溶液呈現酸性。
(B)因為酸性的物質會使水產生化學反應，使水溶液呈現酸性。
(C)因為石灰與肥皂都含有酸性微粒，溶解在水中後，使水溶液呈現酸性。
(D)因為鹼性的溶液中有某種特別的結構可使水溶液呈現鹼性。
(E)因為鹼性的物質會使水產生化學反應，使水溶液呈現鹼性。
(F)因為石灰與肥皂都含有鹼性微粒，溶解在水中後，使水溶液呈現鹼性。
(G)其他，你的理由是：
-

表 4-1.11.1、前測試題 4-5 和 4-6 答題選項百分比分布

選項	A	B	C	D	E	F	G	小計
1	8	9	16	1	1	1	1	37
2	2	5	8	8	11	28	1	63
	10	14	24	9	12	29	2	100

本題的主題為鹼的意義及其性質，為命題陳述：在水溶液中可以生成OH⁻的物質，或使水溶液中氫氧根離子(鹼性微粒)增加的物質為鹼所發展而成的題目。本題與 4-1 4-2 之目的相同，同樣為檢測學生在尚未進行教學之前，對鹼性物質是否具有微觀的想法。

本題整體的結果(見表 4-1.11.1)，在第一層的回答部分，有 63%的學生正確判斷為(2)鹼性；有 37 則判斷為酸性。在第二層的理由選項中，有 29%選擇正確的(F)因為石灰與肥皂都含有鹼性微粒，溶解在水中後，使水溶液呈現鹼性。有 24%的學生選擇(C) 因為石灰與肥皂都含有酸性微粒，溶解在水中後，使水溶液呈現酸性。14%的學生選擇(B)因為酸性的物質會使水產生化學反應，使水溶液呈現酸性。12%的學生選擇(E)因為鹼性的物質會使水產生化學反應，使水溶液呈現鹼性。10%的學生選擇(A)因為酸性的溶液中有某種特別的結構可使水溶液呈現酸性。9%的學生選擇(D)因為鹼性的溶液中有某種特別的結構可使水溶液呈現鹼性。整體看

來，雖然選擇正確選項(F)的學生有近三成，但也發現選擇其他理由選項的學生也有一成以上，顯示本題所設定的理由選項，均有一定的誘答力，也表示這些選項的確有一定的小學生在教學前即存在如此的想法。

再將實驗組與對照組分而視之(見表 4-1.11.2、表 4-1.11.3)，在第一層的表現中，實驗組選擇正確選項(2)鹼性的有 66%，稍高於對照組的學生 60%。主要差異仍在第二層的理由選項，實驗組學生有 36%的學生正確選擇(F)，明顯高於對照組的 22%。實驗組其他主要的理由選擇為(C)(E)(B)，有 24%的學生選擇(C)，16%選擇(E)，10%選擇(B)，其餘有 8%選擇(D)，6%選擇(A)。

相對於實驗組，對照組在前測的主要選擇理由為(C)(B)(A)(D)，分別有 24%的學生在第二層選擇(C)理由選項，有 18%選擇(B)理由選項，14%選擇(A)理由選項，10%選擇(D)理由選項，而(E)理由選項也有 8%的學生選擇。

本題的測驗結果可發現，學生在未經教學前，即對鹼性物質存在微觀想法，如將具有微觀性質的選項集合，可以發現以酸性微粒或鹼性微粒作為回答的(選項 C 與選項 F)的即有 51%(見表 4-1.11.1)；以特定結構作為回答的(選項 A 與選項 D)也有 19%。此兩類選項均屬於微觀模型，整體看來竟有 70%的小學五年級學生持有如此微觀的想法，可見國小高年級的學生及存在微觀的心智模式，且相當重要。

表 4-1.11.2、實驗組前測試題 4-5 和 4-6 答題選項百分比分布

選項	A	B	C	D	E	F	G	小計
1	6	6	16	2	2	2	0	34
2	0	4	8	6	14	34	0	66
	6	10	24	8	16	36	0	100

表 4-1.11.3、對照組前測試題 4-5 和 4-6 答題選項百分比分布

選項	A	B	C	D	E	F	G	小計
1	10	12	16	0	0	0	2	40
2	4	6	8	10	8	22	2	60
	14	18	24	10	8	22	4	100

第二節 酸鹼概念二階層診斷測驗後測問卷分析

酸鹼概念二階層診斷測驗後測問卷於單元 4-2 水溶液的酸鹼性之教學課程結束後次週進行。共施測台北市文山區某國小五年級學生共四班，其中實驗組兩班，對照組兩班。以下就針對酸鹼概念二階層診斷測驗後測問卷進行逐題分析說明。

後測試題 1-1 1-2：

一、在爬七星山的時候，小玲不小心被紅蟻螫傷了，小偉告訴大家別慌，一邊請男生去公廁取一些洗手乳來，一邊說：「紅蟻的毒液中，造成腫痛的主要是一種叫做蟻酸的酸性成分與皮膚產生了反應，等會兒在傷口上塗了點洗手乳，就可以消除些腫痛感。」果然，幾分鐘後，小玲的腫痛感就漸漸消失了。

()1-1.你覺得洗手乳的酸鹼性是哪一種？

(1)酸性 (2)鹼性 (3)中性

()1-2.承上題你的選擇，你的理由是？

(A)因為洗手乳中有酸成分，所以是酸性的。

(B)因為洗手乳與蟻酸都是酸性的，才可以以毒攻毒。

(C)因為洗手乳有檸檬香味，所以是酸性的。

(D)因為鹼性的物質可以把酸性的毒素吸出來。

(E)因為鹼性的物質可以消除腫痛。

(F)因為蟻酸是酸性，洗手乳可以中和掉蟻酸，所以是鹼性。

(G)因為洗手乳的成分幾乎都是水，所以是中性。

(H)因為可以沖淡蟻酸所引起的不適感。

(I)其他，你的理由是：

表 4-2.1.1、後測試題 1-1 和 1-2 答題選項百分比分布

選項	A	B	C	D	E	F	G	H	I	小計
1	4	1	0	1	0	1	0	0	0	7
2	0	0	0	11	11	59	0	2	2	85
3	0	0	0	0	0	0	6	2	0	8
	4	1	0	12	11	60	6	4	2	100

本題為酸鹼中和主題下，命題陳述：中和反應是指酸性溶液和鹼性溶液相遇，各自失去原有的酸性和鹼性所設計而成的題目。由表 4-2.1.1 中可看出全體學生有

近 60%的學生選擇了正確的答案(2, F)。但仍有 11%的學生認為是(E)因為鹼性物質可以消腫；有 12%的學生認為(D)因為鹼性的物質可以將酸性的毒素吸出來。至於第一層選擇中性的學生中，其第二層的原因主要其一為(G)因為洗手乳的成分幾乎都是水，所以是中性(6%)；其二為(H)可以沖淡蟻酸引起的不適感(4%)。

另外，再將實驗組與對照組分開來細看(見表 4-3.1.2，表 4-3.1.3)，先以第一層的選擇來看，事實上兩組學生在第一層的選擇分布差異並不大，主要差異在於第二層的選項中。實驗組學生有 70%選擇正確答案(2, F)，對照組學生選擇正確答案(2, F)雖然也是最高比例，但比起實驗組的學生仍較少，只有 48%。至於實驗組發現的主要錯誤為選(D)的學生也有 12%，認為本題的酸鹼中和是因為鹼性的物質可以將酸性的毒素吸出來；相對的對照組選擇(D)選項的學生也是 12%。實驗組與對照組在這個選項的差異並不大。在選擇(E)選項的情況上，實驗組僅有 4%的學生選擇(E)鹼性物質可以消除腫痛，但對照組卻有高達 18%的學生選擇此選項。這也是實驗組與對照組差異的地方之一。

表 4-3.1.2、實驗組後測試題 1-1 和 1-2 答題選項百分比分布
實驗組

選項	A	B	C	D	E	F	G	H	I	小計
1	4	0	0	2	0	0	0	0	0	6
2	0	0	0	10	4	70	0	0	2	86
3	0	0	0	0	0	0	8	0	0	8
	4	0	0	12	4	70	8	0	2	100

表 4-2.1.3、控制組後測試題 1-1 和 1-2 答題選項百分比分布
對照組

選項	A	B	C	D	E	F	G	H	I	小計
1	4	2	0	0	0	2	0	0	0	8
2	0	0	0	12	18	48	0	4	2	84
3	0	0	0	0	0	0	4	4	0	8
	4	2	0	12	18	50	4	8	2	100

後測試題 2-1 2-2：

市面上有許多飲料都是水溶液，請問：

()2-1.喝起來酸酸的又可以刺激胃蠕動的優酪乳，你覺得它的酸鹼性可能是那一種？

(1)酸性 (2)鹼性 (3)中性

()2-2.承上題你的選擇，你的理由是？

(A)因為酸性溶液通常帶有酸味。

(B)因為標示屬於乳酸飲料，所以是酸性的。

(C)因為可以刺激腸胃蠕動，刺激性是酸性溶液的性質之一。

(D)因為味道酸酸的食品，對身體是鹼性的。

(E)因為可以刺激腸胃蠕動，刺激性是鹼性溶液的性質之一。

(F)因為標示上有一些化學添加劑，所以是鹼性的。

(G)因為可以喝的飲料都是中性的。

(H)因為成分中大部分是牛奶，牛奶是中性的。

(I)其他，你的理由是：

表 4-2.2.1、後測試題 2-1 和 2-2 答題選項百分比分布

總學生

選項	A	B	C	D	E	F	G	H	I	小計
1	29	14	42	1	0	1	0	0	2	89
2	0	0	0	1	6	1	0	0	1	9
3	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2
	29	14	42	2	6	2	1	1	3	100

本題主題為酸的意義及其性質，係由命題陳述：**酸性物質具有酸味**。所發展出的題目。在國小階段，對於酸性物質特性的介紹第一點就是酸性物質具有酸味，而酸味也是感官最直接可以判斷的方式，其實在測驗前一般人很直接可以預期這一題應該不會太難，國小學童回答應該幾乎都在(A)選項：因為酸性溶液通常帶有酸味。在第一層的選擇中，也的確反應出選擇酸性的學童高達 89%(見表 4-2.2.1)，但在第二層的選擇中可看出，最高比例卻不是(A)，最高比例卻是在(C)因為可以刺激腸胃蠕動，刺激性是酸性溶液的性質之一。有 42%的學生選擇此答案。而(A)卻只是第二高，只佔了 29%。這似乎是個有趣的現象，我們將會在下一段繼續討論。另外，(B)選項也佔了 14%，顯示也有一成多的學生會使用名稱來做

判斷酸鹼的依據。

我們再將實驗組與對照組分開來看(見表 4-2.2.2, 表 4-2.2.3), 實驗組第一層選擇酸性的有 92%, 略高於控制組的 86%。實驗組認為(A)的有 44%明顯高於對照組 14%。對照組學生有 58%選擇(C)因為可以刺激腸胃蠕動, 刺激性是酸性溶液的性質之一。而實驗組選擇(C)的也有為數不小的 26%。這其實可能是國小老師在介紹酸鹼性質時, 大部分都是將酸與鹼分開介紹, 因此當學生面對單一問題時會將刺激性當成判斷酸鹼的特性之一, 殊忘了酸與鹼都可能具有刺激性。另外, 也可能教師在介紹鹼性物質時, 強調鹼性物質的滑膩感, 而疏於介紹鹼性濃度較強時也會具有刺激性, 甚至學生可能會直覺有滑膩感就不會帶有刺激性, 因此會將刺激性當成酸性的判斷特性之一。

另外, 實驗組也有 20%選擇(B)因為標示屬於乳酸飲料, 所以是酸性的。相對對照組只有 8%的學生選擇(B), 但也表示在教學後, 實驗組與對照組均有少數學生會以符號名稱來進行判斷。另外, 對照組有 8%選擇(E)因為可以刺激腸胃蠕動, 刺激性是鹼性溶液的性質之一。實驗組也有 4%選擇此選項。顯示仍有一小部分的學生也是以刺激性來判斷是否為鹼性。

表 4-2.2.2、實驗組後測試題 2-1 和 2-2 答題選項百分比分布

實驗組										
選項	A	B	C	D	E	F	G	H	I	小計
1	44	20	26	0	0	0	0	0	2	92
2	0	0	0	2	4	0	0	0	0	6
3	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
	44	20	26	2	4	0	0	2	2	100

表 4-2.2.3、控制組後測試題 2-1 和 2-2 答題選項百分比分布

對照組										
選項	A	B	C	D	E	F	G	H	I	小計
1	14	8	58	2	0	2	0	0	2	86
2	0	0	0	0	8	2	0	0	2	12
3	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
	14	8	58	2	8	4	2	0	4	100

後測試題 3-1 3-2：

3. 有些食品像是泡菜、酸菜吃起來都是酸酸的味道。

()3-1.請問酸菜的汁液的酸鹼性可能是那一種？

(1)酸性 (2)鹼性 (3)中性

()3-2 承上題你的選擇，你的理由是：

(A)因為酸菜的味道是酸的。

(B)因為酸菜是發酵過的食物，發酵過就是酸性的。

(C)因為可能是製作過程中有加入酸性的物質。

(D)因為酸菜的名稱中有個酸字。

(E)因為吃起來酸酸的食物，到身體中會變鹼性的

(F)因為植物的汁液具有植物鹼，泡菜也是植物的汁液，所以是鹼性。

(G)因為果汁中大部分都是水，水是中性的。

(H)因為可以飲用。

(I)其他，你的理由是：

表 4-2.3.1、後測試題 3-1 和 3-2 答題選項百分比分布
總學生

選項	A	B	C	D	E	F	G	H	I	小計
1	37	27	19	2	0	0	1	0	0	86
2	0	1	0	0	5	7	0	0	0	13
3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	37	28	19	2	5	7	2	0	0	100

本題亦是由命題陳述：**酸性物質具有酸味**。所發展出來的題目。整體來看，第一層也有 86%的學生正確選擇酸性，但也仍有 13%的學生選擇鹼性。選擇鹼性的理由有 7%為(F)因為植物的汁液具有植物鹼，泡菜也是植物的汁液，所以是鹼性。有 5%的學生認為(E)因為吃起來酸酸的食物，到身體中會變鹼性的。而第一層選擇酸性的學生，有 37%第二層理由選擇(A)因為酸菜的味道是酸的。有 27%的學生選擇(B)因為酸菜是發酵過的食物，發酵過就是酸性的。另外也有 19%的學生選擇(D)因為可能是製作過程中有加入酸性的物質。

若再將實驗組與對照組分開來細看(見表 4-2.3.2，表 4-2.3.3)，在第一層選擇中，實驗組與對照組學生的差異並不大，選擇(1)酸性的均佔 86%；選擇(2)鹼性的分別佔 14%與 12%。主要差異也是出現在第二層中，實驗組學生選擇正確答案(A)

有 50%，對照組僅有 24%的學生選擇(A)。對照組學生有 36%的學生選擇(B)因為酸菜是發酵過的食物，發酵過就是酸性的。實驗組學生選擇(B)的相對較少，有 18%。選擇(C)因為可能是製作過程中有加入酸性的物質。則分別有 18%與 20%，實驗組與對照組在(C)選項上差異並不大。

表 4-2.3.2、實驗組後測試題 3-1 和 3-2 答題選項百分比分布
實驗組

選項	A	B	C	D	E	F	G	H	I	小計
1	50	18	18	0	0	0	0	0	0	86
2	0	0	0	0	8	6	0	0	0	14
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	50	18	18	0	8	6	0	0	0	100

表 4-2.3.3、控制組後測選項 3-1 和 3-2 答題選項百分比分布
對照組

選項	A	B	C	D	E	F	G	H	I	小計
1	24	36	20	4	0	0	2	0	0	86
2	0	2	0	0	2	8	0	0	0	12
3	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
	24	38	20	4	2	8	4	0	0	100

後測試題 4-1 4-2：

有一天，小柏跟原住民的朋友勞馬去登山，勞馬看到路邊的檳榔樹，告訴小柏說：「雖然常吃檳榔是有害身體的，但如果在野外缺乏水分的時候，可以摘取新鮮的檳榔，因為檳榔跟椰子一樣是含有不少水分的果實。」勞馬摘了一顆檳榔給小柏試試，小柏一咬，的確有許多水份從檳榔中流出來，但味道卻是又澀又麻。

()4-1.請問這種又澀又麻的檳榔汁，它的酸鹼性是哪一種？

(1)酸性 (2)鹼性 (3)中性

()4-2.承上題你所選擇的答案，你的理由是：

- (A)因為只要有不好的味道就是酸性的。
- (B)因為澀味是屬於酸性溶液的其中一種性質。
- (C)因為酸性的汁液可以解渴。
- (D)因為鹼性的物質通常帶有澀味。
- (E)因為植物的汁液具有植物鹼，檳榔汁也是植物的汁液，所以是鹼性。
- (F)因為檳榔汁中大部分都是水，水是中性的。
- (G)因為可以飲用。
- (H)其他，你的理由是：

表 4-2.4.1、後測試題 4-1 和 4-2 答題選項百分比分布
總學生

選項	A	B	C	D	E	F	G	H	小計
1	1	19	2	0	1	0	0	0	23
2	1	5	0	46	14	2	0	0	68
3	0	2	0	0	1	6	0	0	9
	2	26	2	46	16	8	0	0	100

本題主題為鹼的意義及其性質，為命題陳述：**鹼性物質具有澀味，摸起來具有滑膩感**所設計而成。在題目敘述中隱藏鹼性物質判斷依據，讓學童選擇其判斷的關鍵。在本題中，檳榔汁具有檳榔鹼，會刺激舌頭上味蕾使我們感覺又澀又麻，因此為鹼性的水溶液。本題中，整體學生看來(見表 4-2.4.1)，第一層正確判斷為鹼性的有 68%，有 23%的學生判斷檳榔汁為酸性，也有 9%的學生判斷檳榔汁為中性水溶液。然而，在第二層選項中，有 46%的學生選擇正確答案(D)因為鹼性的物質通常帶有澀味。選擇鹼性的學生中，也有 14%選擇(E)，他們認為因為植物的汁液具有植物鹼，檳榔汁也是植物的汁液，所以是鹼性。第一層選擇酸性的學生，主要理由為(B)因為澀味是屬於酸性溶液的其中一種性質。佔了也為數不小的

19%。顯示似乎有部分學生將澀味錯記為酸性的判別性質。

若將實驗組與對照組兩組分開來看(見表 4-2.4.2, 4-2.4.3)，在第一層中，實驗組正確選擇(2)鹼性的有 74%，略高於對照組 62%；選擇(1)酸性的則是對照組 28%略高於實驗組的 18%。至於選擇中性的學生則相差並不多，分別為 8%與 10%。在第二層中，實驗組選擇正確選項(D)的有 54%，也高於對照組的 38%。(E)選項的情況則是差不多，兩組均為 14%。第一層選擇酸性的學生，第二層理由主要為(B)因為澀味是屬於酸性溶液的其中一種性質；對照組 22%略高於實驗組的 16%。其它選項則差異並不大。

表 4-2.4.2、實驗組後測試題 4-1 和 4-2 答題選項百分比分布

實驗組									
選項	A	B	C	D	E	F	G	H	小計
1	0	16	2	0	0	0	0	0	18
2	0	4	0	54	14	2	0	0	74
3	0	2	0	0	2	4	0	0	8
	0	22	2	54	16	6	0	0	100

表 4-2.4.3、控制組後測試題 4-1 和 4-2 答題選項百分比分布

對照組									
選項	A	B	C	D	E	F	G	H	小計
1	2	22	2	0	2	0	0	0	28
2	2	6	0	38	14	2	0	0	62
3	0	2	0	0	0	8	0	0	10
	4	30	2	38	16	10	0	0	100

後測試題 4-3 4-4：

()4-3.如果將檳榔中的水分滴在石蕊試紙上，石蕊試紙的變色狀況應該是下列那一種？

(1)藍色石蕊試紙變紅 (2)紅色石蕊試紙變藍 (3)都不變色

()4-4.承上題你的選擇，你的理由是？

- (A)因為檳榔汁是酸性的，所以會讓藍色石蕊試紙變成紅色。
(B)因為檳榔汁是鹼性的，所以會讓藍色石蕊試紙變成紅色。
(C)因為檳榔汁是中性的，所以會使藍色石蕊試紙變成紅色。
(D)因為檳榔汁是酸性的，所以會讓紅色石蕊試紙變成藍色。
(E)因為檳榔汁是鹼性的，所以會讓紅色石蕊試紙變成藍色。
(F)因為檳榔汁是中性的，所以會讓紅色石蕊試紙變成藍色。
(G)因為檳榔汁是中性的，所以不會讓石蕊試紙變色。
(H)因為檳榔汁沒有所謂的酸鹼性，所以不會讓石蕊試紙變色。
(I)其他，你的理由是：

表 4-2.5.1、後測試題 4-3 和 4-4 答題選項百分比分布
總學生

選項	A	B	C	D	E	F	G	H	I	小計
1	17	9	1	0	0	0	0	0	1	28
2	4	9	0	6	48	0	0	0	1	68
3	0	0	0	0	0	0	3	1	0	4
	21	18	1	6	48	0	3	1	2	100

本題的主題為酸鹼指示劑，係由命題陳述：**鹼可以使石蕊試紙呈現藍色及或他指示劑呈現鹼性顏色**所發展而成。本題正確答案為(2)紅色石蕊試紙變藍，與(E)因為檳榔汁是鹼性的，所以會讓紅色石蕊試紙變藍。在後測整體表現看來(見表 4-2.5.1)，第一層有 68%的學生正確選擇紅色石蕊試紙變藍，但也有 28%的學生選擇藍色石蕊試紙變紅；選擇都不變色的僅有 4%。再從第二層選項中觀之，48%選擇正確選擇(E) 因為檳榔汁是鹼性的，所以會讓紅色石蕊試紙變成藍色。但也有 21%的學生選擇(A)因為檳榔汁是酸性的，所以會讓藍色石蕊試紙變成紅色。18%的學生選擇(B)因為檳榔汁是鹼性的，所以會讓藍色石蕊試紙變成紅色。也有 6%的學生認為(D)因為檳榔汁是酸性的，所以會讓紅色石蕊試紙變成藍色。顯然仍有部分學生(24%)會錯記石蕊試紙遇到酸性與鹼性時，其分別呈現的顏色(鹼性

時，藍色石蕊試紙變紅色；酸性時，紅色石蕊試紙變藍色)。

在分別從實驗組與對照組的統計數據上看(見表 4-2.5.2，表 4-2.5.3)，實驗組在第一層選項中有 70%選擇正確的(2)紅色石蕊試紙變藍。略高於對照組的 66%。相對的對照組選擇(1)藍色石蕊試紙變紅的有 30%，也略高於實驗組的 26%。主要差異還是再於第二層的理由選項，實驗組選擇正確選項(E)的學生有 54%，相對高於對照組的 42%；對照組選擇(A)的學生有 28%，亦高於實驗組的 14%。如此顯示事實上對照組有 28%、實驗組有 14%的學生是錯在檳榔汁酸鹼性的判斷，她們對於石蕊試紙酸鹼性的呈色概念並沒有錯。但實驗組有 20%的學生選擇(B)，對照組也有 16%選擇(B)，兩組也分別各有 6%的學生選擇(D)，選擇(B)或(D)選項的學生問題就並不是出在檳榔汁酸鹼性的判斷上，而是在於酸鹼指示劑在不同酸鹼性上的呈色有記憶錯置的現象。若將(B)與(D)的學生合併計算，兩組均有 26%與 22%的學生有如此的問題。以現今每班約 25 人的狀況下，在教學後每班仍約有 4~5 人可能出現這樣的錯誤，而且實驗組與對照組似乎差異不大。而其它選項看來，兩組的差異也並沒有很大。

表 4-2.5.2、實驗組後測試題 4-3 和 4-4 答題選項百分比分布

實驗組										
選項	A	B	C	D	E	F	G	H	I	小計
1	12	12	2	0	0	0	0	0	0	26
2	2	8	0	6	54	0	0	0	0	70
3	0	0	0	0	0	0	2	2	0	4
	14	20	2	6	54	0	2	2	0	100

表 4-2.5.3、控制組後測試題 4-3 和 4-4 答題選項百分比分布

對照組										
選項	A	B	C	D	E	F	G	H	I	小計
1	22	6	0	0	0	0	0	0	2	30
2	6	10	0	6	42	0	0	0	2	66
3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	4
	28	16	0	6	42	0	4	0	4	100

後測試題 5-1 5-2：

新聞曾經報導，在工業區或大城市附近常會發現「酸雨」。

() 5-1.你認為酸雨的酸鹼性是哪一種？

(1)酸性 (2)鹼性 (3)中性

() 5-2.承上題你的選擇，你的理由是？

(A)因為酸雨有刺激性，會刺激頭皮，甚至會發生掉髮或禿頭。

(B)因為酸雨的名稱中有「酸」字作為命名。

(C)因為工廠或車輛排放出酸性微粒，與空氣中的水結合後，使雨水呈現酸性。

(D)因為工廠或車輛排放出鹼性微粒，與空氣中的水結合後，使雨水呈現鹼性。

(E)因為酸雨有刺激性，會刺激頭皮，甚至會發生掉髮或禿頭。

(F)雖然稱為「酸」雨，但是因為空氣中有化學物質，所以是鹼性的。

(G)因為酸雨是臭氧層破洞所引起的，所以是中性的。

(H)因為酸雨為無色無味的水溶液。

(I)因為酸雨是紫外線照射使水蒸氣產生變化所引起的。

(J)其他，你的理由是：

表 4-2.6.1、後測試題 5-1 和 5-2 答題選項百分比分布
總學生

選項	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	小計
1	54	6	32	0	0	0	0	0	0	1	93
2	4	0	1	1	0	0	0	0	0	0	6
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	58	6	33	1	0	0	0	0	0	2	100

本題的主題為酸的意義及其性質，為命題陳述：在水溶液中可以生成 H^+ 的物質，或使水溶液中氫離子(酸性微粒)增加的物質為酸所設計而成的題目。本題正確答案為(1)酸性；(C)因為工廠或車輛排放出酸性微粒，與空氣中的水結合後，使雨水呈現酸性。在實驗組與控制組的教學中，教師均未刻意的在課堂中介紹酸雨，原意讓學生應用所學過的酸鹼概念去針對生活上的情境問題作解決。在整體的表現中(見表 4-2.6.1)，第一層有 93%的學生正確的判斷為酸性，僅有少數 6%的學生判斷為鹼性。在第二層的理由選項中，有 58%的學生選擇(A)因為酸雨有刺激性，會刺激頭皮，甚至會發生掉髮或禿頭。正確選擇(C)因為工廠或車輛排放出酸

性微粒，與空氣中的水結合後，使雨水呈現酸性的學生有 32%。顯然特意在此應用情境之下，本題完整答對的學生為數並不多。另外，有 6%的學生以(B) 因為酸雨的名稱中有「酸」字作為命名作為判斷理由。

再將實驗組與對照組分而觀之，實驗組在第一層以答對率以 96%略高於控制組的 90%；主要差異仍在第二層理由選項，正確選項(C)實驗組有 46%的學生選擇此答案，高於控制組學生 18%。而錯誤的理由主要為(A)，控制組有 74%的學生選擇此答案，實驗組學生也有 42%的學生選擇。顯示學生仍將刺激性視為為酸性物質重要的判別性質。另外，實驗組選擇(B)選項理由也有 10%，也明顯高於控制組的 2%。也許是因為教學後測的緣故，本題其他的理由選項則幾乎沒有學生選擇了，答題理由呈現集中的現象。

表 4-2.6.2、實驗組後測試題 5-1 和 5-2 答題選項百分比分布
實驗組

選項	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	小計
1	38	10	46	0	0	0	0	0	0	2	96
2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	42	10	46	0	0	0	0	0	0	2	100

表 4-2.6.3、控制組後測試題 5-1 和 5-2 答題選項百分比分布
對照組

選項	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	小計
1	70	2	18	0	0	0	0	0	0	0	90
2	4	0	2	2	0	0	0	0	0	0	8
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
	74	2	20	2	0	0	0	0	0	2	100

後測試題 6-1 6-2：

剛泡好的薰衣草花茶是淡淡的紫色，滴在紅色及藍色石蕊試紙上，試紙都不變色；在薰衣草茶中加入幾滴檸檬原汁後，顏色馬上變成桃紅色。請問：

() 6-1.剛煮好還沒加入檸檬汁的薰衣草花茶的酸鹼性是？

(1)酸性 (2)鹼性 (3)中性 (4)不一定

() 6-2.承上題，你的理由是？

(A)因為不能使藍色石蕊試紙呈現紅色。

(B)因為植物的汁液像是果汁通常是酸性，薰衣草花茶也是植物的汁液，所以是酸性。

(C)因為呈現紫色，通常酸性水溶液會帶有顏色。

(D)因為具有濃濃的香味。

(E)因為不能使紅色石蕊試紙呈現藍色。

(F)因為植物的汁液具有植物鹼，薰衣草花茶也是植物的汁液，所以是鹼性。

(G)因為呈現紫色，通常鹼性水溶液會有帶有藍紫色。

(H)因為具有香味，通常具有香味的水溶液是鹼性。

(I)因為不能使紅色石蕊試紙與藍色石蕊試紙變色。

(J)因為成分幾乎都是水的水溶液。

(K)因為可以飲用。

(L)其他，你的理由是：

表 4-2.7.1、後測試題 6-1 和 6-2 答題選項百分比分布
總學生

選項	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	小計
1	2	4	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	8
2	0	1	0	0	3	12	0	2	0	0	0	0	18
3	11	0	1	1	2	0	1	0	45	6	3	2	72
4	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	14	5	2	2	5	12	1	2	45	7	3	2	100

本題主題為酸鹼指示劑，為命題陳述：**酸鹼指示劑是指顏色隨溶液酸值改變之物質，用來指示溶液的酸鹼值所設計而成的。**本題正確答案為(3)中性；(I)因為不能使紅色石蕊試紙與藍色石蕊試紙變色。本題整體學生回答狀況如表 4-2.7.1，整體學生在第一層中有 72%正確選擇(3)中性，但有 18%選擇(2)鹼性，另外有 8%選擇酸性。事實上本單元進行時，石蕊試紙的使用無論是實驗組與對照組均是作

為判斷酸鹼的重要依據之一，也是課本重點內容。本題雖無說明剛泡好的薰衣草花茶是什麼性質，但仍透露此時薰衣草花茶並無法使紅色石蕊試紙與藍色石蕊試紙呈現變色狀態，因此，此時溶液應為中性。在第二層理由選項中，正確選擇(I)選項的學生有 45%。其他錯誤選項中，有 14%的學生選擇(A)因為不能使藍色石蕊試紙呈現紅色。有 12%選擇(F)因為植物的汁液具有植物鹼，薰衣草花茶也是植物的汁液，所以是鹼性。也有 7%的學生選擇(J)因為成分幾乎都是水的水溶液。

若將實驗組與對照組分而視之(見表 4-2.7.2，表 4-2.7.3)，在第一層的答對率中，實驗組學生以 78%的答對率優於對照組的 66%。選擇(1)酸性的實驗組學生有 10%；控制組有 6%。選擇(2)鹼性的實驗組學生有 12%，控制組則有 24%。在第二層理由選項中，實驗組學生選擇正確答案(I)選項的有 48%，略高於控制組學生的 42%。實驗組學生錯誤選擇理由主要集中在(A)(J)(F)選項，分別有 14%、12%與 10%；而控制組學生主要的錯誤集中在(A)(F)，均為 14%，其他有 8%學生選擇(B)因為植物的汁液像是果汁通常是酸性，薰衣草花茶也是植物的汁液，所以是酸性。8%選擇(E)因為不能使紅色石蕊試紙呈現藍色。6%選擇(K)因為可以飲用。綜而觀之，本題在各選項中，實驗組與對照組表現差異似乎並不大。

表 4-2.7.2、實驗組後測試題 6-1 和 6-2 答題選項百分比分布
實驗組

選項	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	小計
1	4	2	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	10
2	0	0	0	0	0	10	0	2	0	0	0	0	12
3	10	0	2	2	2	0	0	0	48	10	0	4	78
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	14	2	4	2	2	10	0	2	48	12	0	4	100

表 4-2.7.3、控制組後測試題 6-1 和 6-2 答題選項百分比分布
對照組

選項	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	小計
1	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
2	0	2	0	0	6	14	0	2	0	0	0	0	24
3	12	0	0	0	2	0	2	0	42	2	6	0	66
4	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	14	8	0	2	8	14	2	2	42	2	6	0	100

後測試題 6-3 6-4：

- () 6-3.如果將加入檸檬汁的薰衣草花茶滴在藍色石蕊試紙上時，你認為藍色石蕊試紙會不會變色呢？
(1)會變紅色 (2)不會變色 (3)不一定
- () 6-4.承上題你的選擇，你的理由是？
(A)因為水溶液已經變成桃紅色，是酸性的顏色。
(B)因為水溶液已經變成桃紅色，會有色素把試紙染紅。
(C)只要是無法讓紅色石蕊試紙變藍的水溶液，就會讓藍色石蕊試紙變紅。
(D)因為原本是鹼性的物質最多只能變成中性，不會變成酸性。
(E)因為只有加了幾滴，還不會變成酸性。
(F)雖然溶液顏色變成桃紅色，並不代表水溶液已經變酸性。
(G)會不會變色必須看溶液中酸性微粒是否比鹼性微粒多。
(H)會不會變色必須看溶液中檸檬汁的濃度是否比薰衣草花茶高。
(I)會不會變色必須看溶液中檸檬汁的量是否比薰衣草花茶多。
(J)其他，你的理由是：_____

表 4-2.8.1、後測試題 6-3 和 6-4 答題選項百分比分布
總學生

選項	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	小計
1	31	4	6	0	1	0	1	1	2	2	48
2	6	0	1	4	1	1	0	0	0	2	15
3	0	0	0	0	3	0	21	4	9	0	37
	37	4	7	4	5	1	22	5	11	4	100

本題主題為酸鹼中和，為命題陳述：**酸性溶液與鹼性溶液反應後，溶液最後的酸鹼性是根據溶液中氫離子與氫氧根離子的濃度何者較多所設計而成**。本題由於並未說明所加入的檸檬汁其量與濃度，因此本題應選擇(3)不一定。(G) 會不會變色必須看溶液中酸性微粒是否比鹼性微粒多。本題牽涉到微觀層面的酸鹼中和，因此，以一般國小學生來說，此題確實較為困難。而整體表現來看(見表 4-2.8.1)，第一層選擇(1)的學生有 48%，選擇(2)的有 15%，選擇(3)的有 37%。似乎在第一層就呈現雙峰。再由第二層理由選項觀之，學生主要有 37%選擇(A)因為水溶液已經變成桃紅色，是酸性的顏色。有 22%選擇正確的(G)會不會變色必須看溶液中酸性微粒是否比鹼性微粒多。另外有 11%的學生選擇(I)會不會變色必須看

溶液中檸檬汁的量是否比薰衣草花茶多。學生選擇其他選項的比例均在 10% 以下。

若再將實驗組與對照組分而視之(見表 4-2.8.2, 表 4-2.8.3), 實驗組在第一層的表現中, 有 60% 的學生選擇(3)不一定。有 34% 選擇(1)。對照組則有 62% 的學生選擇(1), 24% 選擇(2), 選擇(3)的僅有 14%。顯然在第一層的表現中, 實驗組的學生以優於對照組的學生。然而在第二層的理由選項中, 實驗組有 38% 的選擇正確理由選項(G), 對照組僅 4%。實驗組學生在錯誤選項中, 主要集中在(A)因為水溶液已經變成桃紅色, 是酸性的顏色。有 26% 的學生選擇此理由。選擇(I)會不會變色必須看溶液中檸檬汁的量是否比薰衣草花茶多的學生則有 16%。其它選項的選擇比例均未高於 10%。對照組則主要集中在(A), 有 48% 的控制組學生選擇此答案, 其他答案則分布頗為平均, 均在 4%~8% 之間。

本題不管在實驗組或對照組均有相對較高的比例選擇(A)理由, 選擇此理由的學生應該是想到在實驗課中, 使用紫色高麗菜汁、紅鳳菜汁等天然植物色素汁液作為酸鹼指示劑進行酸鹼中和實驗的情景, 她們可能想到加入酸性物質時, 這些指示劑均有顏色的變化, 藉此判斷酸鹼性的改變, 故選此答案。選擇(I)理由選項的學生則可能想起實驗時, 加入量的多寡會影響顏色變化的深淺, 而表示此時具有不同的酸鹼性, 故而選之。在課本的實驗中, 實際上並未強調酸鹼中和時, 酸性溶液與鹼性溶液的濃度, 對照組教師也未詳說明濃度可能產生的問題, 因此導致學生僅有量的概念。選擇此選項的學生, 其思考層面似乎也僅在於巨觀層面。本次教學中, 實驗組有較著重在微觀層面的建模教學, 對照組僅對於微觀層面進行敘述式教學。在本題測驗的結果中即顯現出差異。雖然實驗組學生選擇正確的理由(G)僅 38%, 但在只強調巨觀層面的小學自然科學教材中, 本題的結果似乎可以帶給小學課程設計者與小學自然科學教師一種不一樣的思維。在小學高年級的科學概念上, 已經可以透過建模教學的方式, 帶入一些微觀層面的科學概念了。而小學生也具有一定的接受能力了。

表 4-2.8.2、實驗組後測試題 6-3 和 6-4 答題選項百分比分布

實驗組											
選項	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	小計
1	22	2	6	0	0	0	2	0	2	0	34
2	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	6
3	0	0	0	0	6	0	38	2	14	0	60
	26	2	8	0	6	0	40	2	16	0	100

表 4-2.8.3、控制組後測試題 6-3 和 6-4 答題選項百分比分布

對照組											
選項	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	小計
1	40	6	6	0	2	0	0	2	2	4	62
2	8	0	0	8	2	2	0	0	0	4	24
3	0	0	0	0	0	0	4	6	4	0	14
	48	6	6	8	4	2	4	8	6	8	100

後測試題 6-5 6-6：

()6-5.如果將檸檬汁直接滴在藍色石蕊試紙與紅色石蕊試紙上時，你認為石蕊試紙的變色狀況應該為下列哪一種？

(1)藍色石蕊試紙變紅 (2)紅色石蕊試紙變藍 (3)都不變色

()6-6.承上題你的選擇，你的理由是？

(A)因為檸檬汁讓水溶液變成桃紅色，是酸性的顏色。

(B)因為檸檬汁味道很酸，是酸性的，所以可以使藍色石蕊試紙變紅。

(C)因為檸檬汁是鹼性的，鹼性會使藍色石蕊試紙變成紅色。

(D)因為檸檬是植物的汁液，通常是鹼性，所以會讓紅色石蕊試紙變藍。

(E)因為檸檬汁的味道很酸，是酸性的，所以可以使紅色石蕊試紙變紅。

(F)因為檸檬汁酸酸的是鹼性食物，所以可以使紅色石蕊試紙變藍。

(G)因為檸檬汁不具有酸鹼性。

(H)因為檸檬汁可以喝，所以是中性的。

(I)檸檬汁要加在薰衣草花茶裡才會使石蕊試紙變色。

(J)其他，你的理由是：

表 4-2.9.1、後測試題 6-5 和 6-6 答題選項百分比分布
總學生

選項	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	小計
1	36	30	3	1	3	1	0	0	2	3	79
2	9	2	1	1	1	3	0	0	1	1	19
3	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2
	45	32	5	2	4	4	1	0	3	4	100

本題主題為酸鹼指示劑，為命題陳述：**酸可以使石蕊試紙呈現紅色或其他指示劑呈現酸性顏色**所設計而成的題目。本題正確選項分別為(1)與(A)(B)。本題原本第二層正確答案為(A)，但(B)選項學生雖然運用感官感受酸味現象來判斷檸檬汁的酸鹼性，在國小課程中亦是將此視為科學概念，因此，亦將之視為正確答案。本題第二層雖調整為兩個正確答案，但兩者選項其代表的意義是有所不同的。選擇(A)選項則是以酸鹼指示劑的概念來判斷；選擇(B)選項則是以感官感受酸味特性而判斷。整體表現來看(見表 4-2.9.1)，第一層的回答表現有 79%的學生正確選擇(1)，有 19%的學生選擇(2)，選擇(3)的僅有 2%。顯示大部分的學生均能再第一層

選擇正確的選擇。在第二層的理由選項中，則顯示集中在(A)(B)兩個選項，有 45% 的學生選擇(A)，有 32%的學生選擇(B)。其餘選項選擇比例約在 4%上下。

若將實驗組與對照組分開來看(見表 4-2.9.2，表 4-2.9.3)，實驗組在第一層的答對率為 84%，高於對照組的 74%。再從第二層理由選項的選擇表現來看，實驗組選擇(A)選項理由的有 50%，高於對照組的 40%；相對的選擇(B)選項的學生，對照組有 36%，高於實驗組的 28%。如此顯示實驗組的學生使用酸鹼指示劑的概念來判斷的比例高於對照組學生；而對照組學生則較傾向用感官判斷酸鹼特性的方式來進行判斷。

表 4-2.9.2、實驗組後測試題 6-5 和 6-6 答題選項百分比分布

實驗組											
選項	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	小計
1	42	28	2	2	4	2	0	0	2	2	84
2	8	0	0	0	2	4	0	0	2	0	16
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	50	28	2	2	6	6	0	0	4	2	100

表 4-2.9.3、控制組後測試題 6-5 和 6-6 答題選項百分比分布

對照組											
選項	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	小計
1	30	32	4	0	2	0	0	0	2	4	74
2	10	4	2	2	0	2	0	0	0	2	22
3	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	4
	40	36	8	2	2	2	2	0	2	6	100

後測試題 7-1 7-2：

() 7-1. 石灰水與小蘇打水都可以使紅色石蕊試紙變藍色。請問它們的酸鹼性是？

(1)酸性 (2)鹼性

() 7-2. 承上題你的選擇，兩種不同的水溶液為什麼會呈現相同的酸鹼性？

(A) 因為酸性的溶液中有某種特別的結構可使水溶液呈現酸性。

(B) 因為酸性的物質會使水產生化學反應，使水溶液呈現酸性。

(C) 因為石灰水與小蘇打水都含有酸性微粒，溶解在水中後，使水溶液呈現酸性。

(D) 因為鹼性的溶液中有某種特別的結構可使水溶液呈現鹼性。

(E) 因為鹼性的物質會使水產生化學反應，使水溶液呈現鹼性。

(F) 因為石灰水與小蘇打水都含有鹼性微粒，溶解在水中後，使水溶液呈現鹼性。

(G) 其他，你的理由是：

表 4-2.10.1、後測試題 7-1 和 7-2 答題選項百分比分布

總學生

選項	A	B	C	D	E	F	G	小計
1	3	0	4	1	0	2	0	10
2	0	1	5	15	14	51	4	90
	3	1	9	16	14	53	4	100

本題之主題為鹼的意義及其性質，為命題陳述：在水溶液中可以生成OH⁻的物質，或使水溶液中氫氧根離子(鹼性微粒)增加的物質為鹼所設計而成的題目。後測的結果發現，在整體的表現中(見表 4-2.10.1)，第一層的選擇已有 90%的學生選擇正確的(2)鹼性。在第二層的表現中，也有 53%的學生選擇的(F)選項，相信石灰水與小蘇打水都含有鹼性微粒，溶解在水中後，使水溶液呈現鹼性。其他選擇(D)選項的有 16%，選擇(E)選項的有 14%，選擇(C)選項的有 9%。

若將實驗組與對照組的表現分開來看的話(見表 4-2.10.2，表 4-2.10.3)，在第一層的表現中，實驗組的答對率有 92%，略高於對照組的 88%，實驗組表現雖然較好，但事實上差異並不大。主要差異即在於第二層的理由選項，實驗組有 74%的學生選擇(F)，明顯高於對照組的 32%。實驗組在其他錯誤選項中，除了選擇(C)選項的學生達 10%外，其餘均不到 10%。相對的對照組的學生，除了友 32%的學

生選擇(F)外，主要集中在(D)與(E)，分別有 26%的學生選擇(D)，相信鹼性的溶液中有某種特別的結構可使水溶液呈現鹼性。另外有 24%的學生選擇(E)，認為鹼性的物質會使水產生化學反應，使水溶液呈現鹼性。由此可知，在經由建模教學後的實驗組學生，有七成的學生以會使用正確的酸鹼粒子模型來回答問題。顯示國小高年級的學生，在經由建模教學後是可以有效改變原有的心智模式，建立正確的酸鹼粒子模型。

表 4-2.10.2、實驗組後測試題 7-1 和 7-2 答題選項百分比分布

實驗組								
選項	A	B	C	D	E	F	G	小計
1	2	0	2	0	0	4	0	8
2	0	0	8	6	4	70	4	92
	2	0	10	6	4	74	4	100

表 4-2.10.3、控制組後測試題 7-1 和 7-2 答題選項百分比分布

對照組								
選項	A	B	C	D	E	F	G	小計
1	4	0	6	2	0	0	0	12
2	0	2	2	24	24	32	4	88
	4	2	8	26	24	32	4	100

第三節 國小學童對酸鹼概念之整體表現

國小五年級學生教學酸鹼概念之整體表現是依據酸鹼概念二階層前測問卷分析而得。本研究之二階層診斷測驗記分方式與一般選擇題不同，本研究給分方式為第一層問題答對給 1 分，第二層依據第一層的結果，第一層答對之後第二層答對才給 1 分。若第一層答錯，即使第二層答對亦不給分。各組測驗所得分數筆者使用 SPSS 12.0 版進行 ANOVA 分析，分析結果可知組別間是否具有顯著差異。以下分別就教學前酸鹼概念之整體表現、教學後酸鹼概念之整體表現，及教學前與教學後之差異，分而述之：

一、國小五年級學生教學前酸鹼概念之整體表現

在教學前測的部份，參與前測的學生共有 4 班，每班人數約 25 人。實驗組班別為五年 2 班與五年 3 班，對照組班別為五年 4 班與五年 5 班。由表 4-3.1 得知，以實驗組與對照組比較，兩組在教學前並無顯著差異。由表 4-3.2 得知，若再看班別間之變異數分析，四個班的表現亦無顯著差異。最後以 Tukey HSD、Scheffe 法、LSD 法進行後續成對分析，以上三種後續分析方式之結果均顯示任兩個班級間均無顯著差異。

表4-3.1 實驗組與對照組酸鹼概念前測總分ANOVA分析

	平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性(P)
組間	.160	1	.160	.012	.911
組內	1260.080	98	12.858		
總和	1260.240	99			

P值小於.05，表示具有顯著差異

表4-3.2 受試班級酸鹼概念前測總分ANOVA分析

	平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性(P)
組間	11.118	3	3.706	.285	.836
組內	1249.122	96	13.012		
總和	1260.240	99			

P值小於.05，表示具有顯著差異

表4-3.3 受試班級後續Tukey HSD、Scheffe、LSD分析

	(I) 班級	(J) 班級	平均差異 (I-J)	標準誤	顯著性	95% 信賴區間	
						下界	上界
Tukey HSD	2	3	-.81731	1.02108	.854	-3.4870	1.8524
		4	-.12500	1.02108	.999	-2.7947	2.5447
		5	-.58333	1.04130	.944	-3.3059	2.1393
	3	2	.81731	1.02108	.854	-1.8524	3.4870
		4	.69231	1.00045	.900	-1.9235	3.3081
		5	.23397	1.02108	.996	-2.4357	2.9037
	4	2	.12500	1.02108	.999	-2.5447	2.7947
		3	-.69231	1.00045	.900	-3.3081	1.9235
		5	-.45833	1.02108	.970	-3.1281	2.2114
	5	2	.58333	1.04130	.944	-2.1393	3.3059
		3	-.23397	1.02108	.996	-2.9037	2.4357
		4	.45833	1.02108	.970	-2.2114	3.1281
Scheffe 法	2	3	-.81731	1.02108	.887	-3.7230	2.0884
		4	-.12500	1.02108	1.000	-3.0307	2.7807
		5	-.58333	1.04130	.957	-3.5466	2.3799
	3	2	.81731	1.02108	.887	-2.0884	3.7230
		4	.69231	1.00045	.923	-2.1547	3.5393
		5	.23397	1.02108	.997	-2.6717	3.1397
	4	2	.12500	1.02108	1.000	-2.7807	3.0307
		3	-.69231	1.00045	.923	-3.5393	2.1547
		5	-.45833	1.02108	.977	-3.3640	2.4474
	5	2	.58333	1.04130	.957	-2.3799	3.5466
		3	-.23397	1.02108	.997	-3.1397	2.6717
		4	.45833	1.02108	.977	-2.4474	3.3640
LSD法	2	3	-.81731	1.02108	.425	-2.8441	1.2095
		4	-.12500	1.02108	.903	-2.1518	1.9018
		5	-.58333	1.04130	.577	-2.6503	1.4836
	3	2	.81731	1.02108	.425	-1.2095	2.8441
		4	.69231	1.00045	.491	-1.2936	2.6782
		5	.23397	1.02108	.819	-1.7929	2.2608
	4	2	.12500	1.02108	.903	-1.9018	2.1518
		3	-.69231	1.00045	.491	-2.6782	1.2936
		5	-.45833	1.02108	.655	-2.4852	1.5685
	5	2	.58333	1.04130	.577	-1.4836	2.6503
		3	-.23397	1.02108	.819	-2.2608	1.7929
		4	.45833	1.02108	.655	-1.5685	2.4852

* 在 .05 水準上的平均差異很顯著

二、國小五年級學生教學後酸鹼概念之整體表現

在教學後測的部份，所參與的班級與受試學生均不變，記分方式也與前測部份相同，只答對第一層只給 1 分，兩層均答對才給 2 分。各班所得結果進行 ANOVA 分析，再運用 Tukey HSD、Scheffe 法、LSD 法進行後續分析。

由表 4-3.5 受試班級酸鹼概念後測總分 ANOVA 分析之結果，P 值小於.05 顯示參與後測之四個班級間具有顯著差異。再由表 4-3.4 實驗組與對照組之分析結果顯示兩組間 P 值小於.05，達顯著水準，顯示實驗組與對照組間具有顯著差異。

表 4-3.4 實驗組與對照組酸鹼概念後測總分 ANOVA 分析

	平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性(P)
組間	240.250	1	240.250	21.374	.000
組內	1101.540	98	11.240		
總和	1341.790	99			

P值小於.05，表示具有顯著差異

表4-3.5受試班級酸鹼概念後測總分ANOVA分析

	平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性(P)
組間	241.572	3	80.524	7.026	.000
組內	1100.218	96	11.461		
總和	1341.790	99			

P值小於.05，表示具有顯著差異

最後將受試班級成績進行後續Tukey HSD、Scheffe、LSD分析(見表4-3.6)，成對比較的結果可以清楚發現，實驗組之班級(2班與3班)；控制組之班級(4班與5班)三種後續分析方式均呈現無顯著差異。然而，實驗組之班級與控制組之班級成對比較(2班與4班、2與5班、3班與4班、3班與5班)，三種後續分析方式均呈現具有顯著差異。

表4-3.6 受試班級後續Tukey HSD、Scheffe、LSD分析

						95% 信賴區間	
	(I) 班級	(J) 班級	平均差異 (I-J)	標準誤	顯著性	下界	上界
Tukey HSD	2	3	.17308	.95829	.998	-2.3325	2.6786
		4	3.05769(*)	.95829	.010	.5521	5.5632
		5	3.33333(*)	.97727	.005	.7782	5.8885
	3	2	-.17308	.95829	.998	-2.6786	2.3325
		4	2.88462(*)	.93893	.014	.4297	5.3395
		5	3.16026(*)	.95829	.007	.6547	5.6658
	4	2	-3.05769(*)	.95829	.010	-5.5632	-.5521
		3	-2.88462(*)	.93893	.014	-5.3395	-.4297
		5	.27564	.95829	.992	-2.2299	2.7812
	5	2	-3.33333(*)	.97727	.005	-5.8885	-.7782
		3	-3.16026(*)	.95829	.007	-5.6658	-.6547
		4	-.27564	.95829	.992	-2.7812	2.2299
Scheffe	2	3	.17308	.95829	.998	-2.5540	2.9001
		4	3.05769(*)	.95829	.021	.3307	5.7847
		5	3.33333(*)	.97727	.012	.5523	6.1144
	3	2	-.17308	.95829	.998	-2.9001	2.5540
		4	2.88462(*)	.93893	.029	.2127	5.5565
		5	3.16026(*)	.95829	.016	.4332	5.8873
	4	2	-3.05769(*)	.95829	.021	-5.7847	-.3307
		3	-2.88462(*)	.93893	.029	-5.5565	-.2127
		5	.27564	.95829	.994	-2.4514	3.0027
	5	2	-3.33333(*)	.97727	.012	-6.1144	-.5523
		3	-3.16026(*)	.95829	.016	-5.8873	-.4332
		4	-.27564	.95829	.994	-3.0027	2.4514
LSD	2	3	.17308	.95829	.857	-1.7291	2.0753
		4	3.05769(*)	.95829	.002	1.1555	4.9599
		5	3.33333(*)	.97727	.001	1.3935	5.2732
	3	2	-.17308	.95829	.857	-2.0753	1.7291
		4	2.88462(*)	.93893	.003	1.0209	4.7484
		5	3.16026(*)	.95829	.001	1.2581	5.0624
	4	2	-3.05769(*)	.95829	.002	-4.9599	-1.1555
		3	-2.88462(*)	.93893	.003	-4.7484	-1.0209
		5	.27564	.95829	.774	-1.6265	2.1778
	5	2	-3.33333(*)	.97727	.001	-5.2732	-1.3935
		3	-3.16026(*)	.95829	.001	-5.0624	-1.2581
			-.27564	.95829	.774	-2.1778	1.6265

* 在 .05 水準上的平均差異很顯著

三、國小五年級學生教學前與教學後之差異

在前測與後測比較的部份，由表4-3.7 受試的四個班級後測平均分數均高於前測平均分數，由表4-3.8 得知全體學生在不分組的情況下，前測與後測ANOVA分析的結果顯示具有顯著差異，表示後測的結果明顯優於前測的結果，初步顯示經由教學後，對於國小五年級酸鹼概念有提升的效果。若在搭配前段所述之後測分析的結果(見表4-3.4)，建模教學之成效更顯著優於一般教學。

表4-3.7 實驗組與對照組各班前測與後測之平均

組別	班別	前測平均	前測標準差	後測平均	後測標準差
實驗組	A班	7.79	3.26	13.26	3.71
	B班	9.23	3.03	13.08	3.39
對照組	C班	8.50	3.66	10.19	3.26
	D班	8.96	4.12	9.91	2.79

表4-3.8 全體學生前測與後測ANOVA分析

	平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
組間	406.125	1	406.125	30.904	.000
組內	2602.030	198	13.142		
總和	3008.155	199			

P值小於.05，表示具有顯著差異

前段分析我們僅能初步知道以全體四班學生而言，後測與前測具有顯著差異，尚不能肯定建模教學之成效，因此，我們再將各班前後測分別進行ANCOVA分析，則可更明顯發現，實驗組的兩個班學生後測成績與前測成績均具有顯著差異。而控制組的兩個班級學生，在分數上雖然有進步，發現進步結果並沒有達顯著水準(見表 4-3.9)。

表4-3.9 實驗組與對照組教學前後之ANCOVA表

Dependent Variable: 分數

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	646.535(a)	3	215.512	17.886	.000	.215
Intercept	698.562	1	698.562	57.976	.000	.228
組別	43.218	1	43.218	3.587	.060	.018
測驗時間	406.125	1	406.125	33.706	.000	.147
組別 * 測驗時間	114.005	1	114.005	9.462	.002	.046
Error	2361.620	196	12.049			
Total	23755.000	200				
Corrected Total	3008.155	199				

a. R Squared = .215 (Adjusted R Squared = .203)

第四節 國小學童在酸鹼概念上之心智模式

本研究中，受試學生在回答二階層診斷式測驗、解釋現象或解決問題時，會產生一個心智模式。本研究為探求國小五年級學生在酸鹼概念上之心智模式，設計半結構式晤談及二階層診斷式測驗，本研究就二階層診斷式測驗及半結構式晤談的學生中，歸納出國小五年級學生在酸鹼概念上可能持有之心智模式類型。詳述如下：(晤談原案範例中，「研」指筆者本人，「生」只接受晤談學生，()括弧內的數字為學生代號)

一、 酸與鹼的意義及其性質之心智模式

(1) 現象模式

現象模式並非本研究所新發現的心智模式，Lin & Chiu(2007)即發現我國中小學生具有現象模式。所謂現象模式是指學生在判斷酸鹼性時，會使用感官感觸酸與鹼的現象特性，如：嗅覺酸味、香味、澀味或觸覺之刺激性、滑膩感等。利用這些特性來作為判斷酸鹼性的主要關鍵。在國小階段，由於學生所接觸的幾乎都是巨觀現象，一般小學的課程也均以現象為主，小學教師也很少有補充微觀概念，因此，現象模式所發現的比例為最高。

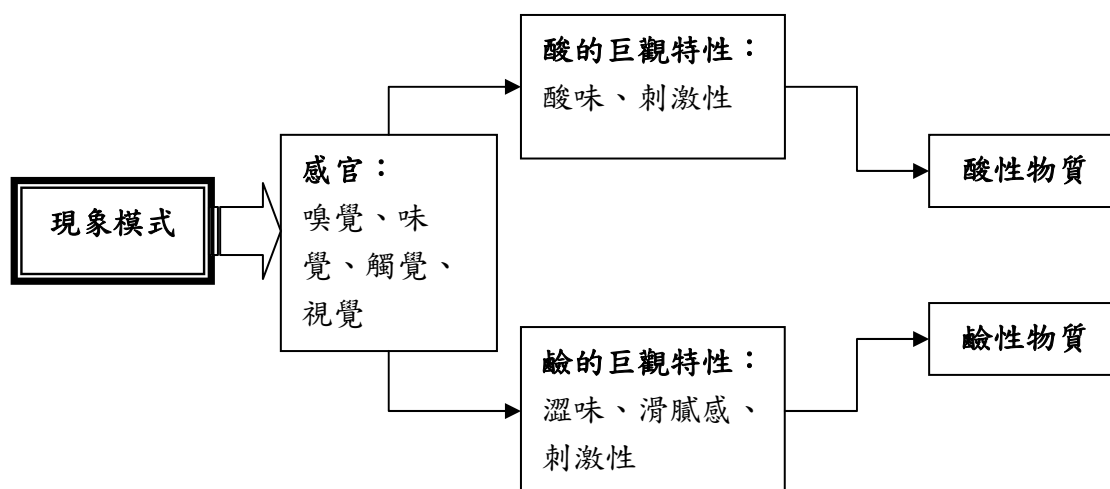


圖 4-4.1 現象模式示意圖

現象模式原案範例如下：

曉明和幾位好朋友在討論有關酸性溶液的問題，以下是幾位同學的想法？

甲說：有酸味的水溶液就一定是酸性溶液。

乙說：酸性溶液具有腐蝕性。

丙說：酸性溶液具有毒性。

丁說：只要名稱中有酸的，就是酸性的，像是鹽酸、碳酸氫鈉。

戊說：酸性溶液會灼傷皮膚，或對皮膚產生刺激感。

己說：廣告中，用來檢測酸性溶液的是試紙，試紙只要呈現紅色的就是酸性。

庚說：酸性的水溶液中，都含有一種令水溶液變酸性的粒子。

研：你覺得上面幾位同學中，哪些同學的想法是對的？對的理由是什麼？那些同學的想法是不對的？不對的理由是什麼？

生(1)：乙跟戊應該是對的。因為曾經聽過洗廁所的清潔劑是酸性的，以前老師還告訴我們洗廁所的時候皮膚不可以碰到清潔劑，會腐蝕皮膚！有一次我不小心噴到一點點，真的覺得有點刺刺癢癢的！

研：那麼你覺得腐蝕性或對皮膚的刺激性可以是酸性溶液的一種判斷的特性嗎？

生(1)：嗯！是吧！

研：那你認為其他的想法哪裡不對呢？

生(1)：甲他說有酸味的水溶液就一定是酸性溶液，但檸檬水它也有酸味，但是可以喝，調味用的醋也是可以吃的，他們都沒有刺激性，所以有酸味的水溶液不一定是酸性溶液。……

(2) 關鍵字模式

所謂名稱模式是指學生在判斷酸鹼性時，主要依據其名稱中是否具有某個關鍵字眼，如名稱中有「酸」字的，不論是碳「酸」，或是碳「酸」氫鈉均判定為酸性。在國小階段，小朋友較常接觸酸性的物質，而且通常名稱中也的確具有酸字，如醋酸、尿酸、乳酸等，這些物質若具有較明顯的酸味，就會使學生產生錯誤的連結，認為只要有酸字的，即使沒有聞過、沒有嘗過、沒有聽過，但只要有酸字就一定是酸性的。

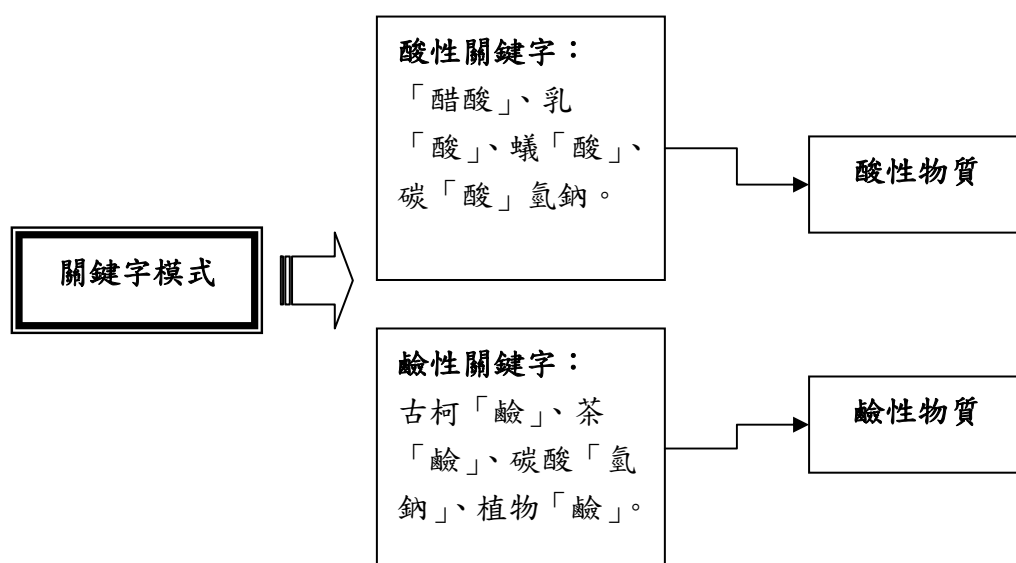


圖 4-4.2 關鍵字模式示意圖

關鍵字模式原案範例如下：

曉明和幾位好朋友在討論有關酸性溶液的問題，以下是幾位同學的想法？

甲說：有酸味的水溶液就一定是酸性溶液。

乙說：酸性溶液具有腐蝕性。

丙說：酸性溶液具有毒性。

丁說：只要名稱中有酸的，就是酸性的，像是鹽酸、碳酸氫鈉。

戊說：酸性溶液會灼傷皮膚，或對皮膚產生刺激感。

己說：廣告中，用來檢測酸性溶液的是試紙，試紙只要呈現紅色的就是酸性。

庚說：酸性的水溶液中，都含有一種令水溶液變酸性的粒子。

研：你覺得上面幾位同學中，哪些同學的想法是對的？對的理由是什麼？那些同學的想法是不對的？不對的理由是什麼？

生(2)：丁。會用酸這個字來命名的，應該就是酸性的吧！對啊！像鹽酸、硫酸都有個酸字，爸爸說那都是酸性溶液。那個什麼碳酸氫鈉，中間也有個酸字，應該也是酸性的吧！

研：那麼當你看到飲料瓶上的成分欄中，有用酸來命名的化學成分的物質，雖然你不知道是什麼，那你也會認為它具有酸性嗎？

生(2)：嗯！是吧！化學成分的名稱應該都是化學家命名的吧！他應該不會在不是酸的東西上用酸這個字來命名吧！這樣不是不好記嗎？

研：嗯嗯！那你認為其他的想法哪裡不對呢？

生(2)：.....

(3) 推論模式

所謂推論模式則是學生在判斷酸與鹼時，是以某些既有的片段知識所推論而得，如他們在日常生活中聽過「酸鹼中和」一辭，因此認為洗手乳能減緩蟻酸帶來的刺痛感，蟻酸是酸性的，那麼洗手乳就是鹼性的。

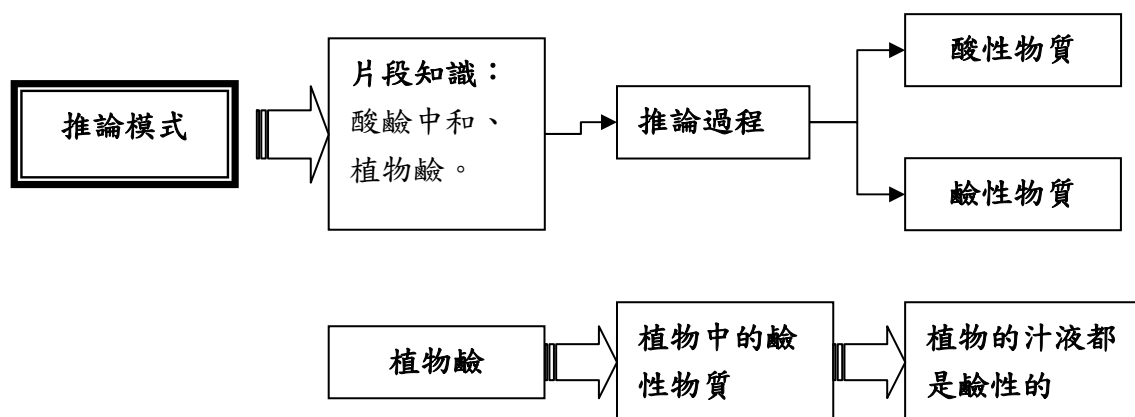


圖 4-4.3 推論模式示意圖

推論模式原案範例如下：

在爬大屯山的時候，小玲不小心被蜜蜂螫傷了，小柏老師告訴大家別慌，一邊請男同學去取些尿液來，一方面告訴大家：「蜜蜂的毒液中，造成腫痛主要是一種叫做蟻酸的酸性成分與皮膚產生了反應，等會兒老師會在傷口上塗了點尿液，就可以消除些腫痛感。」

研：你覺得尿液為什麼可以消除蟻酸所引起的腫痛感呢？

生(3)：酸鹼中和吧！蟻酸既然是酸性的，那能消除酸性帶來的腫痛，應該就是鹼性的物質吧！尿液應該就是鹼性的，它才可以消除腫痛感。

研：你聽過酸鹼中和這個詞啊？你怎麼知道的？

生(3)：就好像有聽過啊！好像是安親班老師有講過的樣子。

研：那你明白酸鹼中和的意義嗎？

生(3)：嗯~應該是酸性的物質跟鹼性的物質會產生反應，變成~嗯~忘了！好像會變成對身體無害的東西吧！.....

(4) 微觀模式

微觀模式是以微觀概念的心智模式進行判斷，認為不同的酸性(或鹼性)物質溶解在水中時，水溶液會呈現相同的酸性(或鹼性)，是因為在物質溶解在水溶液中，如果具有某種粒子，或是具有某種結構時，水溶液則會具有相同的酸性(或鹼性)，本研究首次發現國小學生在酸鹼概念上具有如此微觀心智模式，甚至還可分為兩種：

1. 微觀結構模式

微觀結構模式係指當物質溶解在水溶液中時，會有看不見的微小粒子，其粒子上具有某種特定的結構使得水溶液變成特定的酸性或鹼性。

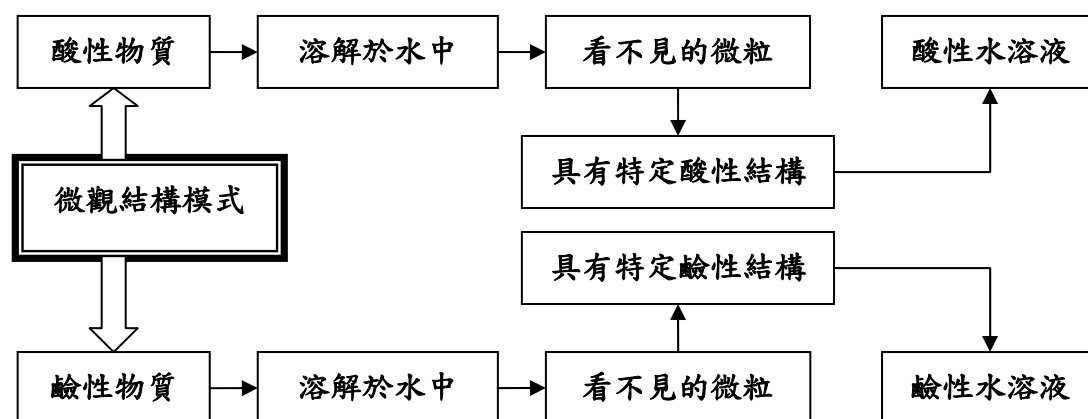


圖 4-4.4 微觀結構模式示意圖

微觀結構模式原案如下：

研：你說檸檬水、梅子醋都是酸性的溶液，都可以使紅色石蕊試紙變紅色，有沒有想過它們是不同的物質，但為什麼都可以讓紅色石蕊試紙都變成紅色的？

生(7)：我覺得可能是檸檬或梅子的果汁，它們都會有我們看不見的小顆粒，這些不同的小顆粒可能有某種結構可以使石蕊試紙產生紅色。

研：檸檬汁跟梅子醋的小顆粒是同一種東西嗎？

生(7)：不同的，但是我相信它們身上有同一種結構。

研：你認為溶液會呈現酸性就是因為這個結構嗎？

生(7)：我想是的！

2. 特定粒子模式

特定粒子模式係指當物質溶解在水中時，會有產生某種看不見的特​​定粒子，使水溶液產生特定的酸鹼性。這種模式相當接近阿瑞尼士 1894 年所提出的解離說模型，事實上本研究的教學目標也是將阿瑞尼士的解離說模型改良，以酸性微粒代替氫離子，以鹼性微粒代替氫氧根離子，以此模型作為教學之目標模型。但前測所發現的特​​定粒子模式其發展並不完備，在未經教學前，孩子有的會認為酸性微粒與鹼性微粒是獨立不會互相產生反應的，與科學模式稍微不同。

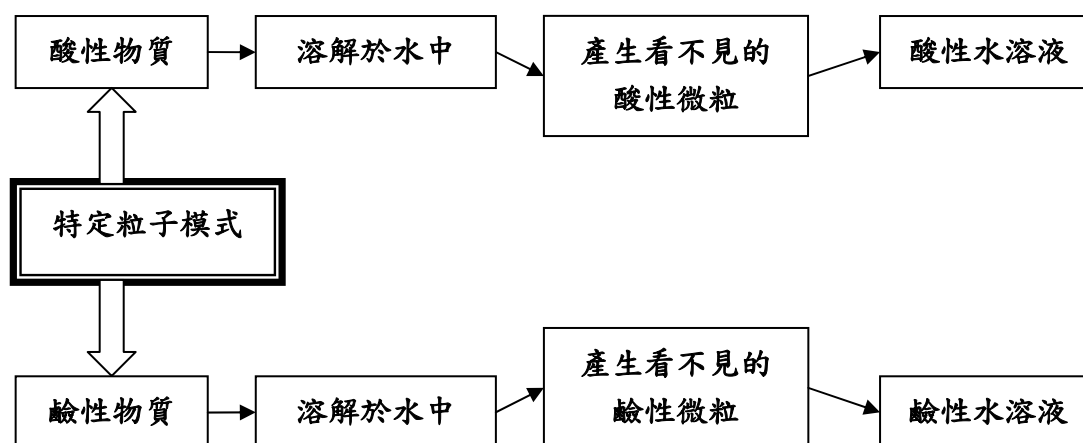


圖 4-4.5 特定粒子模型示意圖

特定粒子模型原案如下：

研：石灰水與小蘇打溶液都可以使紅色石蕊試紙呈現藍色，它們是不同的物質，卻具有相同的鹼性，你覺得它們為什麼都可以使紅色石蕊試紙變藍色？

生(9)：因為石灰粉跟小蘇打在還沒溶解在水溶液前都是粉末小顆粒，所以它們溶解在水中時應該都具有某種相同的微小顆粒，因為有這種顆粒存在，所以水溶液就變成鹼性，我想石蕊試紙應該也是在檢查是否有這樣的顆粒存在吧！

二、酸鹼中和之心智模式

(1) 酸鹼並存模式

所謂酸鹼並存模式亦是本研究中首次發現的心智模式，具有此模式的學生認為，酸性與鹼性是獨立存在的，而且並不會互相發生反應。酸鹼並存模式有兩種情形：一種是當酸性水溶液與鹼性水溶液混合後，混合後的水溶液同時具有酸性與鹼性，且酸性與鹼性的強度並不會變。另一種則是混合後的水溶液也同時具有酸性與鹼性，但孩子有注意到水溶液的體積增加，因此酸性或鹼性的濃度會變淡，但酸性與鹼性仍然不會產生反應。

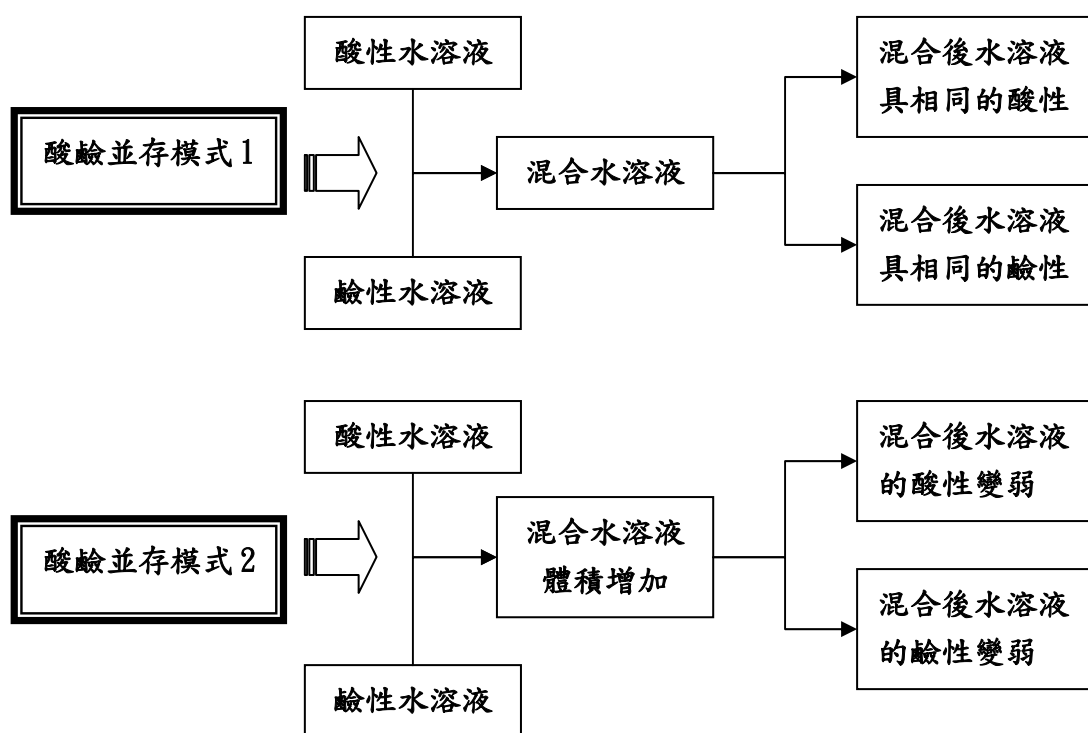


圖 4-4.6 酸鹼並存模式示意圖

酸鹼並存模式 1 原案如下：

研：加了葡萄柚汁的綠茶，綠茶還會具有原本的酸鹼性嗎？

生(8)：還會啊！它的鹼性還在啊！

研：那葡萄柚綠茶中，有果汁的酸性嗎？

生(8)：當然有啊！它們應該不會變化！

酸鹼並存模式 2 原案如下：

研：加了葡萄柚汁的綠茶，綠茶還會具有原本的酸鹼性嗎？

生(15)：不會了！

研：為什麼不會呢？

生(15)：因為溶液量增多啦，酸性跟鹼性自然都被稀釋了！

研：那它們同時存在酸性跟鹼性嗎？

生(15)：是的！它們不是獨立來看的嗎？

(2) 抵銷模式

所謂抵銷模式是相對於酸鹼並存模式，持有此心智模式的學生所表現的特徵是，他們認為當酸性水溶液與鹼性水溶液混合之後，會產生某種化學反應，使混合後水溶液的酸鹼性強度變弱或消失，但在繼續深入探究後發現，學生僅知酸與鹼發生反應，但如何發生反應，反應後產生什麼產物則完全不清楚。事實上，九年一貫課程綱要中所定的學習主要目標概念為：能運用指示劑觀察酸、鹼溶液混合的酸鹼性變化情形。並沒有繼續深入酸鹼中和反應之細微概念，在本研究中，因為嘗試加入微觀概念，因此將反應模式與科學模式分開。

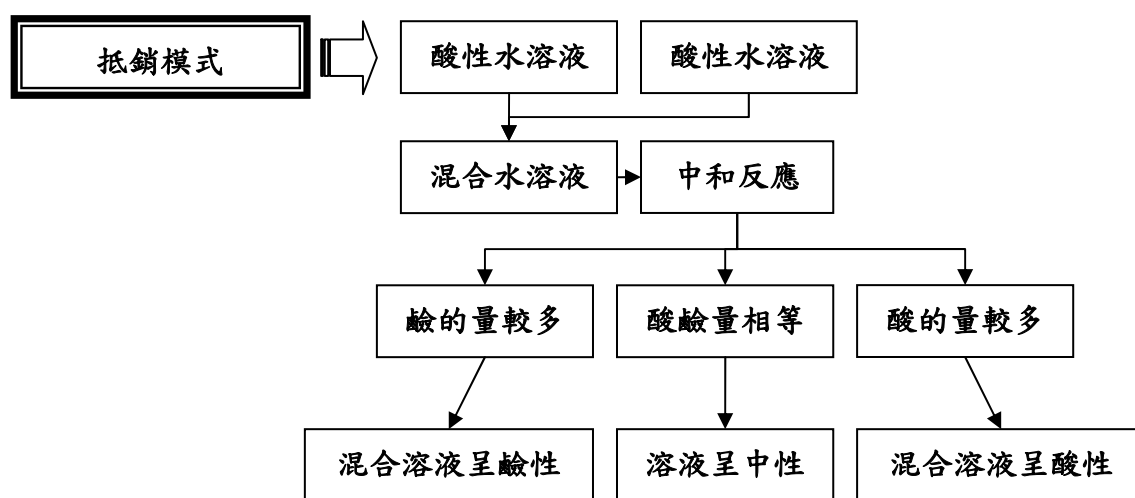


圖 4-4.7 抵銷模式示意圖

抵銷模式原案如下：

當小華在調製葡萄柚綠茶時，不小心加了太多的葡萄柚汁，使葡萄柚綠茶太酸，請問這時候的溶液是酸性或是鹼性呢？如果你覺得是酸性？那有沒有辦法再讓它回覆原本的鹼性呢？該怎麼做呢？

研：當小華不小心加了太多的葡萄柚汁，使葡萄柚綠茶太酸時，你覺得這時候的溶液是酸性或是鹼性呢？

生(6)：酸性啊！

研：那有沒有辦法再讓它回復原本的酸鹼值呢？

生(6)：就看剛剛他加了多少的葡萄柚汁，在加入等量的綠茶，應該就會回覆原本的酸鹼性了吧！

(3) 科學模式

在此所謂的科學模式，除了九年一貫課程綱要所列之學習目標概念外，本研究再以國中階段的科學模式：阿瑞尼士解離說模型為範本，考量國小五年級學生的心智發展，捨棄複雜的離子概念，並將氫離子定義為酸性微粒；氫氧根離子定義為鹼性微粒，以此模型作為橋接阿瑞尼士解離說模型之中介模型，並將此模型視為本研究之科學模型。

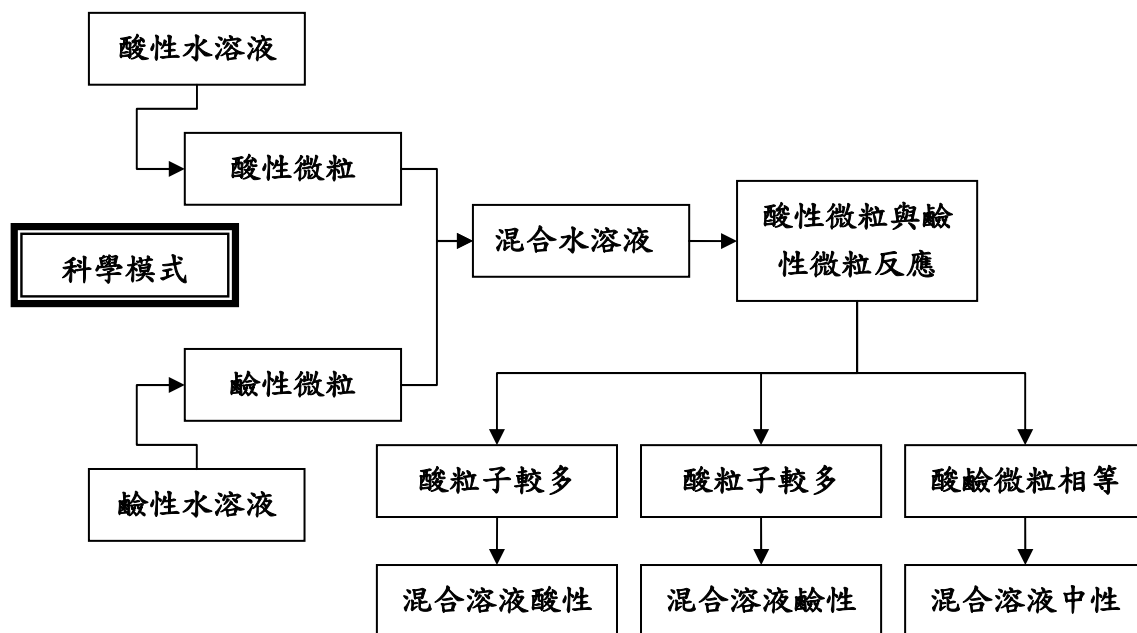


圖 4-4.8 本研究酸鹼中和之科學模式示意圖

三、酸鹼指示劑之心智模式

(1) 特定顏色模式

在酸鹼指示劑的部份，主要發現異於科學模式的心智模式為特定顏色模式，持有此心智模式的學生認為所有的酸鹼指示劑只要呈現藍色系，即表示水溶液為鹼性；若呈現紅色系，即表示水溶液為酸性。因此，持有此心智模式的學生以特定顏色作為酸鹼性的判斷。

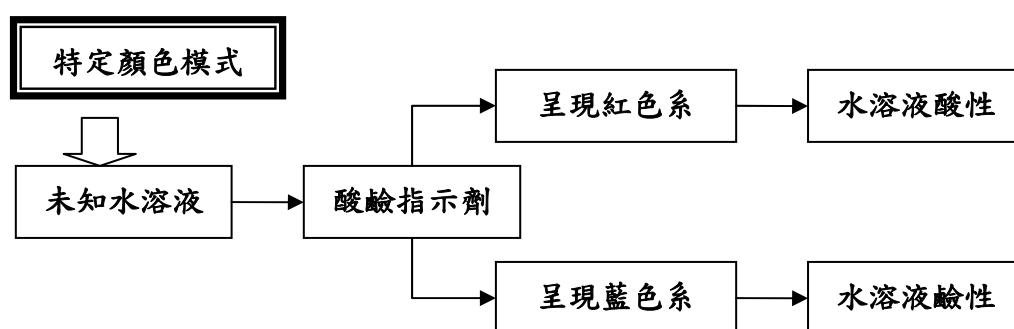


圖 4-4.9 特定顏色模式示意圖

特定顏色模式原案如下：

廣告中，用來測試酸鹼性的通常是石蕊試紙，當藍色石蕊試紙變紅色時，則顯示溶液為酸性；當紅色石蕊試紙變藍色時，則溶液為鹼性；當兩者都不變色，此時溶液呈現中性。至於酸鹼指示劑的變色的討論，你覺得哪些人說的比較有道理？

甲：因為酸是紅色的，所以會使藍色石蕊試紙變紅。

乙：因為鹼是藍色的，所以會使紅色石蕊試紙變藍。

丙：試紙會變色是因為溶液中具有酸粒子或鹼粒子，會與石蕊試紙中的色素產生反應而變為紅色或藍色。

丁：因為藍色石蕊試紙是鹼性的，會與酸產生中和反應而變色。

戊：因為紅色石蕊試紙是酸性的，會與鹼產生中和反應而變色。

己：只要是酸鹼指示劑，酸性一定會變紅色；鹼性一定會變藍色。

庚：不同的酸鹼指示劑，遇到酸性不一定呈現紅色，遇到鹼性也不一定呈現藍色，所呈現的顏色跟酸鹼指示劑的種類有關。

研：看看以上這幾個人的說法，關於酸鹼指示劑的變色的討論，你覺得哪些人說的比較有道理呢？

學(2)：甲、乙、己。印象中酸好像都有點點偏紅色的感覺，而且藍色石蕊試紙遇到酸會變紅色，那酸的原色應該是紅色的吧！

研：嗯！印象中的酸有偏紅色的感覺？可以舉個例子嗎？

學(2)：嗯~~那個醋就紅紅的。

研：嗯嗯！你說的是烏醋？

學(2)：我們家自己釀的梅子醋也有點紅紅的！

研：嗯嗯！那乙呢？你的意思是鹼也具有顏色嗎？

學(2)：嗯~~不是很清楚耶！不過它能使紅色石蕊試紙變藍，那他的原色應該是藍色的吧！

研：嗯嗯！你也認為己是對的，說說你的想法吧！

學(2)：我想應該是吧！因為酸的原色應該是紅色，酸鹼指示劑應該就是讓它顯現出它的原色出來，所以不管那一種酸鹼指示劑，遇到酸應該都是會讓它呈現紅色吧！

研：那鹼呢？

學(2)：應該也是這樣吧！不知道啦！我不是很確定！那都是我猜的！

研：呵呵！不錯啊！你猜的似乎還有點道理呢！

學(2)：老師我猜的真的是對的嗎？

研：想知道嗎？嘿嘿~~先賣個關子，下次上課的時候專心一點，也許你要的答案就在下次的課程中！

(2)科學模式

在酸鹼指示劑的主題上之科學模式為：可以檢驗出水溶液的酸鹼性之物質即為酸鹼指示劑，酸鹼指示劑遇到酸性物質時，會顯示酸性顏色；遇到鹼性物質時，會呈現鹼性顏色。不同的酸鹼指示劑其酸性顏色與鹼性顏色是不一樣的。

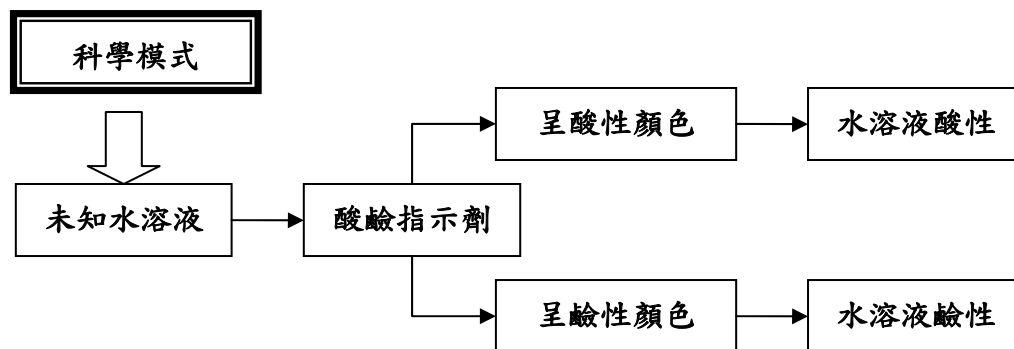


圖 4-4.10 酸鹼指示劑科學模式示意圖

第五節 國小學童在建模教學後心智模式的改變情形

根據第四節半結構式晤談所初步發現的酸鹼概念心智模式類型，是做為二階層試題的命題選項依據。本節將酸鹼概念二階層診斷測驗前測問卷以及後測問卷診斷結果加以分析，探討前測問卷所發現各心智模式的類型分布情況，以及經由一般教學與建模教學後，兩組心智模式的發展狀況有何差異。

一、酸與鹼的意義及其性質之心智模式

國小五年級學生對於酸與鹼的意義及其性質之心智模式主要類型分別為：現象模式、關鍵字模式、推論模式、微觀結構模式與特定微粒模式。表 4-5.1 為實驗組與對照組在前測與後測所呈現主要心智模式百分比分布。由於微觀結構模式與特定粒子模式屬於微觀層面，因此特別使用不同題目測之，結果呈現在表 4-5.2 與圖 4-5.2。

表 4-5.1 實驗組與對照組前測與後測酸鹼概念主要心智模式百分比分布

		心智模式類型			
組別		現象模式	關鍵字模式	推論模式	其他
前測	實驗組	40	22	34	4
	對照組	36	24	38	2
後測	實驗組	42	10	46	2
	對照組	74	2	20	4

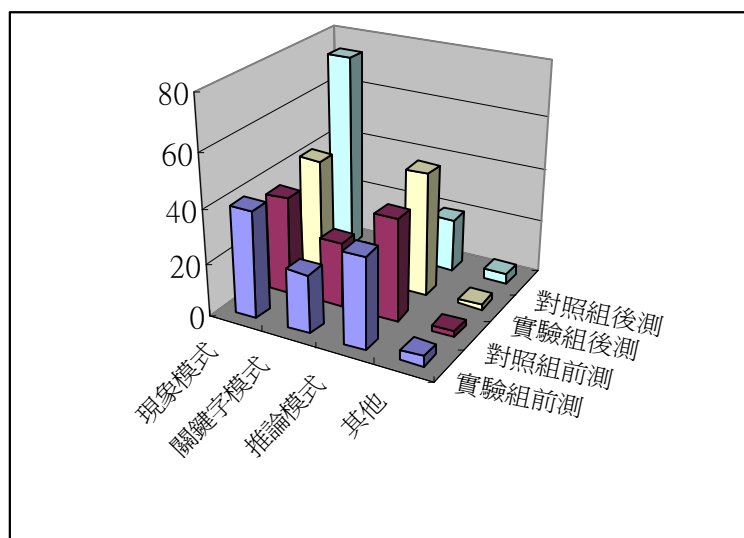


圖 4-5.1 實驗組與對照組前測與後測酸鹼概念主要模式分布圖

先從表 4-5.1 來看，實驗組學生在前測持有現象模式的比例約為 40%，推論模式則有 34%，關鍵字模式較少，但也有大約 22% 的學生。對照組學生在前測的部分，現象模式較實驗組學生稍少，大約有 36% 的學生，推論模式則稍多，約為 38%，關鍵字模式比例是較少的，但也有約 24% 的學生持有。事實上以前測兩組主要心智模式的持有比例看來，其實相差並不大。但可確定的是主要是落在現象模式與推論模式，關鍵字模式的學生相對較少。

在進入教學後，較明顯的可以看出來，關鍵字模式的學生兩組都減少了。實驗組的學生以現象模式回答的與前測部分差不多，有大約 42% 的學生；關鍵字模式的學生下降到約 10%，主要增加到推論模式，後測的部分有約 46% 的學生。而對照組後測的情況是現象模式明顯增加到 74%，關鍵字模式減到剩下 2%，而推論模式也降到 20%。

在微觀模式的檢測方面，在前測的部份，由表 4-5.2 可發現，在前測部分實驗組有 38% 選擇使用微觀結構模式回答，使用特定粒子模式的也有 30%，使用微觀模式回答的就佔了 68%；而對照組的前測看來，使用微觀結構模式的有 34%，使用特定粒子模式的有 38%，兩者總加有 72% 的學生選擇使用微觀模式。但在後測的部份，其消長就很明顯的看的出來，實驗組微觀結構模式在建模教學的修正後，在後測已只剩下 8%，而特定粒子模型持有比例也升高至 84%，另外也只剩下 8% 的學生使用其他非微觀模式。然而相對的，對照組微觀結構模式僅微微降至 30%，特定粒子模型則也微升至約 40%，其他非微觀模式也微升至約 30%，其實並沒有顯著差異。因此，在國小五年級階段，建模教學的確可以將微觀結構模式修正至特定粒子模式，甚至接受微觀模式的學生也明顯增加。顯示建模教學對國小五年級微觀心智模式的發展有正向的影響。

表 4-5.2 實驗組與對照組微觀心智模式前後測之分布

組別		心智模式類型		
		微觀結構	特定粒子	其他非微觀模式
前測	實驗組	38	30	32
	對照組	34	38	28
後測	實驗組	8	84	8
	對照組	30	40	30

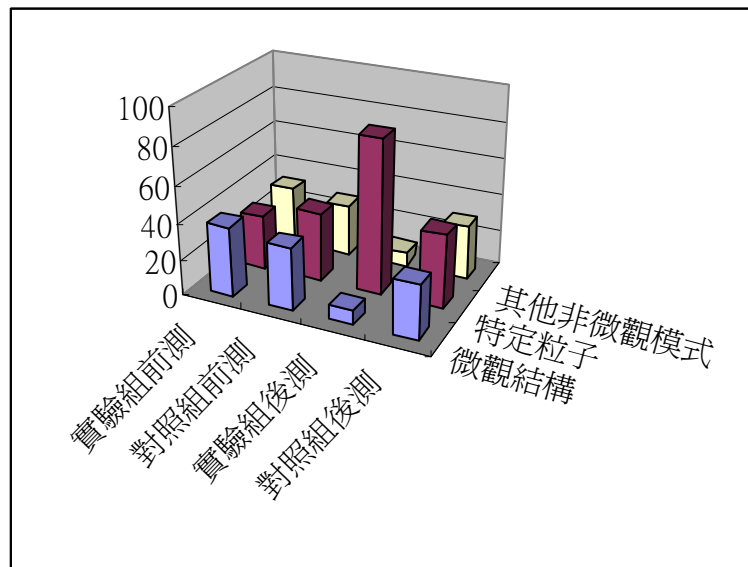


圖 4-5.2 實驗組與對照組微觀心智模式前後測之分布圖

三、 酸鹼中和之心智模式

國小五年級學生在酸鹼中和概念上的心智模式主要有酸鹼並存模式 1、酸鹼並存模式 2、抵銷模式及科學模式。由表 4-5.3 可看出，酸鹼中和之心智模式中，在前測的部份，實驗組有約 36%的學生使用酸鹼並存模式 1，約 18%的學生使用酸鹼並存模式 2，抵銷模式則有 34%，其他類型為 12%；而對照組在前測有 30%的學生使用酸鹼並存模式 1 回答，有約 16%的學生使用酸鹼並存模式 2，有 48%的學生使用抵銷模式，其他類型佔了 6%。

在經過教學後，由表 4-5.3 得知，無論建模教學的實驗組與一班教學的對照組，酸鹼並存模式 1 與酸鹼並存模式 2 均大幅下降至 10%以下。實驗組的學生使用抵銷模式升高了 10%到達 44%，且有 38%的學生是使用本研究之科學模式回答；對照組則是幾乎集中在抵銷模式，在教學後有 76%的學生使用抵銷模式，科學模式的僅有 4%。結果顯示在教學過後，無論一般教學與建模教學在酸鹼中和的部份均可以明顯降低酸鹼並存模式，但一般教學僅能達到抵銷模式，而建模教學卻能有 38%的達到本研究設定的科學模式。

表 4-5.3 實驗組與對照組前測與後測酸鹼中和概念主要心智模式百分比分布

		心智模式類型				
組別		酸鹼並存 1	酸鹼並存 2	體積反應	其他	科學
前測	實驗組	36	18	34	12	0
	對照組	30	16	48	6	0
後測	實驗組	7	8	44	3	38
	對照組	9	6	76	5	4

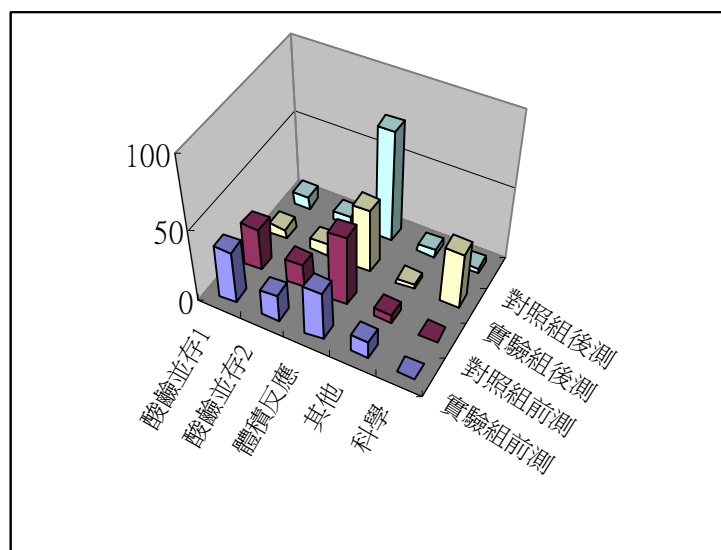


圖 4-5.3 實驗組與對照組前測與後測酸鹼中和概念主要心智模式百分比分布圖

四、 酸鹼指示劑之心智模式

本研究發現五年級學生在酸鹼指示劑之心智模式主要有特定顏色模式與科學模式。由表 4-5.4 可知前測的部份，實驗組持有特定顏色模式的學生有約 28%，控制組持有特定顏色模式的有 29%，兩者可說幾乎沒有差異。但在經由教學後，實驗組特定顏色模是降至 17%，科學模式升至 79%；控制組的學生特定顏色模式的甚至些為上升至 31%，科學模式也是些為上升至 66%。這個結果的產生可能是因為在酸鹼指示劑的實驗中，一般教學組教師所選用的指示劑為石蕊試紙、紫色高麗菜汁與紅鳳菜汁，這幾種酸鹼指示劑剛好在酸性時均呈現紅色系的顏色，在鹼性時則呈現藍綠色系，因此並沒有達成修改特定顏色模式的目標，如果老師為了讓學生方便記憶而使用同樣色系的酸鹼指示劑時，反而可能加深學生持有特定模式的比列。

表 4-5.4 實驗組與對照組前測與後測酸鹼指示劑概念主要心智模式百分比分布

組別		心智模式類型		
		特定顏色模式	科學模式	其他
前測	實驗組	28	66	6
	對照組	29	63	8
後測	實驗組	17	79	4
	對照組	31	66	3

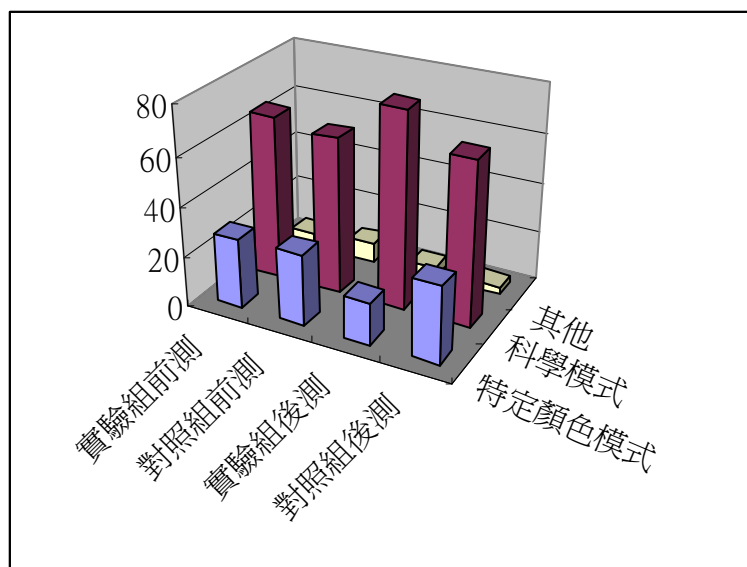


表 4-5.4 實驗組與對照組前測與後測酸鹼指示劑概念主要心智模式百分比分布圖

第五章 結論與建議

本研究旨在探究我國國小高年級學童在酸鹼概念上所存在的心智模式類型，並探討建模教學對國小高年級學童在酸鹼概念上的學習影響，以及檢視心智模式的發展情況。本研究對象以筆者所任教之台北市一所市立小學五年級學童為研究對象，先實施半結構式晤談，收集學生的口語資料，並輔以國內外酸鹼概念之相關研究文獻，整理出學生的迷思概念及可能持有之心智模式之類型，進而發展二階層診斷問卷試題。本章將綜歸各項研究結果，並就研究過程之改進以及未來研究結果提出建議。

第一節 結論

本研究之結果回應研究問題，以半結構式晤談與二階層酸鹼概念診斷式問卷前後測所得結果，分成以下幾點所論述：

- 一、國小高年級學生所持有的酸鹼心智模式類型上，本研究就國小之酸鹼概念分為三個主題，第一為酸與鹼的意義及其性質，第二為酸鹼中和，第三為酸鹼指示劑。在酸與鹼的意義及其性質之部分，本研究在教學前發現有 1.現象模式(38%)；2.關鍵字模式(23%)；3.推論模式(36%)；4.微觀結構模式(36%)；5.微觀粒子模式(34%)。在酸鹼中和的部份，本研究在教學前所發現的有 1.酸鹼並存模式 1(33%)；酸鹼並存模式 2(17%)；3.抵銷模式(41%)。在酸鹼指示劑部分，本研究則發現特定顏色模式(29%)與科學模式(65%)。
- 二、本研究發現，不論是建模教學組或是一般教學組，在教學後這些心智模式均有出現，但其分布的情況就有所差異。在酸與鹼的意義及其性質上，在教學後，兩組的關鍵字模式均明顯下降，建模教學組的學生主要轉移到推論模式；而一般教學組則主要轉移到現象模式。在酸鹼中和部份，建模教學組與一般教學組之酸鹼並存模式均明顯下降，一般教學組主要轉移到抵銷模式；而建模教學組的學生除了轉移到體積反應組之外，有 38%的學生可以達到筆者所設計的科學模式。可見本研究所設計之建模教學雖然不能完全的把所有的學生建構出正確的科學模式，但大部分的學生已經能有效的修改既有的心

智模式，以接近科學模式。

三、本研究接受建模教學之學生在後測表現與前測表現間具有顯著差異；而一般教學之學生後測雖較前測進步但並未達顯著差異。可見本研究所設計之建模教學能有效提升國小學生對於酸鹼科學概念之認識。

本研究在國小水溶液的酸鹼性單元上，嘗試運用建模教學方式，將國中阿瑞尼士解離說模型修改成本次教學之目標模型，以 Power Point 設計出視覺動態表徵模型，以解釋酸與鹼之微觀性質，並藉由角色扮演的活動，讓國小學生扮演氫離子與氫氧根離子在水溶液中隨機碰撞而結合成水的動態酸鹼中和過程。藉由這兩個主要建模教學活動，由後測結果也明顯看出，國小學生已經可以接受微觀模式的教學，甚至透過視覺與動作表徵的建模方式，可以有效的修改學生原有的心智模式。本研究結果也呼應了 Maskill & Cachapuz (1997) 的研究，國小高年級學生是可以有效的學習微觀概念的科學知識。

第二節 建議

基於本研究之結果，將對未來科學教育研究者、國中小自然科學教師、課程設計者提出以下建議：

一、教學設計

現今在國小自然與生活科技課程，各版本教科書中的設計均只著重在巨觀現象層面的學習，低估了學生在微觀概念層面的學習能力。事實上本研究發現，國小高年級學生在教學前就有能力建構各種微觀概念的心智模式進行思考操作，甚至本研究所設計的一些微觀概念的教學活動，學生當時在學習時的反應也相當不錯，在課堂中幾乎可以掌握老師所帶給他們的微觀模型，像是酸性微粒(氫離子) 與鹼性微粒(氫氧根離子) 的模型，甚至酸鹼中和的模型，酸性微粒與鹼性微粒的結合，在課堂上學生的反應相當不錯，在後測的表現也顯現出實驗組的學生之答對率也高於控制組的學生，顯示在國小階段，教師是可以運用建模教學策略，適度的引入微觀的科學模型，並設計適合國小學童的教學活動，可預期國小學生在學習後，能掌握更貼切的酸鹼概念。

二、課程編制

現行國中小九年一貫課程綱要，在國小自然與生活科技領域的部份，均僅在於巨觀現象的概念學習，各版本的教科書也不敢涉及微觀概念。但本研究發現，在國小高年級階段的學生，其迷思概念之背後確實有心智模式的影響，而且國小高年級學童已具備操弄心智模式來思考判斷問題的能力，如果只注意國小學童在巨觀概念上的表現，而忽略其心智模式可能的缺陷，也許學生在現行國小課程上足以應付，但等到學生上了國中，開始接觸微觀概念(像是氫離子與氫氧根離子) 時，將會發現其原本認為正確的心智模式無法再繼續使用，而產生認知衝突，此時要否定原有國小認為對的模型，勢必產生一大挑戰。

而本研究將酸鹼微觀的模型，運用 Power Point 設計教學動畫，將酸鹼微觀概念具象化、動態化，成功的將微觀概念視覺表徵，並搭配角色扮演的活動，讓小學生運用動態表徵的方式體驗酸鹼中和時，微觀粒子的動態過程。因此，在課程

編制上，相信在國小階段即可帶入一些初步的微觀概念，搭配適合國小學生心智發展的教學活動，應可作為跨越國中離子概念的橋接。

三、未來科學教育研究之建議

本研究已初步將國小階段學生酸鹼概念之心智模式整理出來，在國高中的部份，也有不少研究前輩如姚錦棟、楊耀鵬等，已有可觀的研究成果。未來研究方向可望朝著酸鹼概念跨年級心智模式發展著手，如此即可綜觀我國學生從國小階段至高中大學階段，可能心智模式的發展途徑，可供國家課程編制學者有個縱向系統的參考。

另外，本研究之研究對象僅限於台北市文山區某國民小學之五年級學生，未能全然代表我國各地區的小學學生。因此，未來研究方向可望考量城鄉差異，對於我國其他地區國小學生進行調查，以解決是否具有城鄉差距的問題，使本研究更具代表性。

本研究的分析著重在二階層診斷測驗，礙於時間並尊重實驗學校的作息，未能在教學後進行後續晤談，使本研究質性部份資料稍嫌不足，未來研究也期望在研究設計中增加後續質性晤談的部份，以更精確的掌握教學後心智模式的改變。

參考文獻

中文部份

- 余淑君 (2002)。以動態評量探究國小五年級學童酸鹼概念的概念改變機制，台北市，國立台北師範學院數理教育研究所碩士論文。
- 宋志雄 (1992)。探究國三學生酸與鹼迷思概念並應用以發展教學診斷工具，彰化縣，國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文。
- 李佩蓉 (2005)。國民中小學「自然與生活科技」領域教科書內容與能力指標呈現之分析—以「化學反應」、「氧化還原」及「酸鹼鹽」為例，台北市，臺北市立師範學院科學教育研究所碩士論文。
- 李詩閔 (2001)。以微量實驗裝置的教學活動探討學生對酸鹼概念的學習情況，台北市，國立臺灣師範大學化學系碩士論文。
- 林忠立 (2007)。問題解決融入教學對學童科學概念改變機制之研究—以酸鹼概念為例，嘉義縣，國立嘉義大學科學教育研究所碩士論文。
- 林靜雯 (2006)。由概念演化觀點探究不同教科書教-學序列對不同心智模式學生電學學習之影響。台北市，國立臺灣師範大學科學教育研究所博士論文。
- 林靜雯和邱美虹 (2008)。從認知/方法論之向度初探高中學生模型及建模歷程之知識。科學教育月刊，第 307 期，9-14。
- 邱美虹 (2000)。概念改變研究的省思與啟示。科學教育學刊，第八卷第一期，1-34。
- 邱美虹 (2008)。模型與建模能力之理論架構。科學教育月刊，第 306 期，2-9。
- 邱喚文 (2000)。利用概念圖探究國三學生酸與鹼的概念學習，台北市，國立臺北師範學院數理教育研究所碩士論文。
- 姚錦棟 (2002)。我國中學生酸鹼鹽迷思概念和心智模式之研究，台北市，國立臺灣師範大學化學系碩士論文。
- 施朱娟 (1998)。國中酸鹼概念教學之研究，台北市，國立臺灣師範大學化學系碩士論文。
- 張淑女 (2008)。以真實性評量探究建模能力。科學教育月刊，第 308 期，2-6。

- 張萬居 (2004)。國小學童酸鹼概念改變教學之研究，台北市，臺北市立師範學院科學教育研究所碩士論文。
- 教育部 (2000)。國民中小學九年一貫課程綱要：自然與生活科技學習領域。教育部。
- 許秋瑾 (2002)。學習風格與教材呈現對國小學童學習溶液酸鹼性之研究，臺南師範學院教師在職進修資訊碩士學位班碩士論文。
- 陳志銘 (2005)。以小組互動式動態評量探討國二學生在酸鹼鹽單元概念改變之研究，彰化縣，國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文。
- 陳姍姍 (1993)。探究國三學生酸與鹼的迷思概念並應用以發展教學診斷工具，台北市，國立臺灣師範大學化學系碩士論文。
- 陳美如 (2002)。以師生共同構築的教學模組探討學生在「酸與鹼」概念的學習成效，台北市，國立臺灣師範大學化學系在職進修碩士學位班碩士論文。
- 陳景期 (2003)。以人本建構教學策略探究國小五年級學童水溶液酸鹼概念之概念改變機制，台北市，國立台北師範學院數理教育研究所碩士論文。
- 陳舒嫻 (2004)。九年一貫課程自然與生活科技領域教師創意微型教學實驗之設計研究---酸鹼滴定實驗微型化之設計，高雄市，國立高雄師範大學化學系碩士論文。
- 陳詩芸 (2003)。多元評量模式對國小學童自然科認知能力之區辨性及預測性之研究—以「酸鹼」為例，嘉義縣，國立嘉義大學科學教育研究所碩士論文。
- 游清福 (2006)。POE 教學策略探究國小學童酸鹼概念改變之研究-以台北縣偏遠濱海地區為例，台北市，臺北市立教育大學自然科學教育學系碩士論文。
- 楊舒婷 (2005)。探討模式為基礎的教學對國二學生學習酸鹼概念影響之研究，高雄市，國立高雄師範大學科學教育研究所碩士論文。
- 楊耀鵬 (2005)。探究電腦多媒體教學對國三學生學習酸鹼概念與其概念改變之歷程。台北市，國立臺灣師範大學科學教育研究所碩士論文。
- 趙素敏 (2004)。國小學童酸鹼迷思概念類型與成因之研究，台北市，臺北市立師範學院科學教育研究所碩士論文。

蘇景進 (2004)。高三學生酸鹼鹽迷思概念之研究，台北市，國立臺灣師範大學科學教育研究所碩士論文。

西文部份

- Cartier, J., Rudolph, J., & Stewart, J. (2001). The nature and structure of scientific models.
- Chi, M. T. H. (1992). Conceptual change within and across ontological categories: Examples from learning and discovery in science. In R. Giere (Ed.), *Cognitive models of science*. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Chi, M. T. H., Slotta, J. D., & de Leeuw, N. (1994). From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts [special issue]. *Learning and Instruction*, 4, 27-43.
- Cros, D., Chastrette, M., & Fayol, M. (1988). Conceptions of second-year university students of some fundamental notions in chemistry. *International Journal of Science Education*, 10 (3), 331-336 .
- Cros, D., Maurice, M., Amouroux, R., Chastrette, M., Leber, J., & Fayol, M. (1986). Conceptions of first-year university students of the constituents of matter and the notions of acids and bases. *International Journal of Science Education*, 8 (3), 305-313 .
- Franco, C., & Colinvax, D. (2000). Grasping mental models. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Eds.), *Developing models in science education*. Dordrecht/ Boston/ London: Kluwer Academic Publishers.
- Gilbert, J., Boulter, C. J., & Rutherford, M. (1998). Models in explanations, Part 1: Horses for courses. *International Journal of Science Education*, 20(1), 83-97.
- Gilbert, S.W. (1991). Model building and definition of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 73-79.
- Grosslight, L., Unger, C., Jay, E., & Smith, C. (1991). Understanding models and their use in science conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 799-822.
- Halloun, I. (1996). Schematic modeling for meaningful learning of physics. *Journal of*

- Research in Science Teaching, 33(9), 1019-1041.
- Helm, H. & Novak, J. D. (1983). Proceedings of The International Seminar on Misconceptions of Science and Mathematics. Ithaca , N.Y. : Department of Education , Cornell university.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2002). Modelling, teacher's views on the nature of modelling, and implications for the education of modelers. International Journal of Science Education, 24, 369-387.
- Justi, R. & van Driel, F. (2005). The development of science teachers' knowledge on models and modelling: promoting, characterizing, and understanding the process. International Journal of Science Education, Volume 27 No. 4, Pages 549 –573 .
- Lin, J. W., & Chiu, M. H. (2007). Exploring characteristics and diverse sources of students' mental models in acids and bases. International Journal of Science Education. 29(6), 771-803.
- Nakhleh, Mary B.; Krajcik, Joseph S.(1994). Influence on Levels of Information as Presented by Different Technologies on Students' Understanding of Acid, Base, and pH Concepts. International Journal of Science Education, 31(10), 1077-1096.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. Science Education, 66(2), 211-227.
- Schmidt, Hans-Jurgen.(1991).A Label as a Hidden Persuader: Chemists' Neutralization Concept. International Journal of Science Education, 13 (4) , 459-72.
- Treagust, D. F. (1995). Diagnostic assessment of students' science knowledge. In S. M. Glynn, & R. Duit. (Eds.), Learning science in the schools: Research reforming practice, 327-346. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Treagust, D. F., Chandrasegaran, A. L. (2007). The Taiwan National Science Concept

- Learning Study in an International Perspective. *International Journal of Science Education*, Volume 29 No. 4, Pages 391 – 403.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 45-69.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24, 535-585.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth. *Cognitive Psychology*, 24, 535-538.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1994). Mental models of the day/night cycle. *Cognitive Science*, 18, 123-183.
- White, R. T. & Tisher, R.P. (1985). Research of Natural Sciences. In M. Wittrock (Ed.), *Handbook on Research on teaching* (3rd ed). New York : MacMillan. pp. 874-905.



附錄

一、 酸鹼概念半結構式晤談題本：

晤談題本

台北市國小五年_____班座號_____ 檔案編號_____

小朋友你好：

這是國立臺灣師範大學科學教育研究所的一個研究計畫，你是我們計畫中經過千挑萬選才選出的優秀學生。今天的訪談主要是要了解小學生的自然概念。接下來老師詢問你的問題，請就你所知道的想法盡量回答。你的回答不會影響你的課業成績，也不會告訴你的老師。但也請盡力的回答接下來的問題，你的想法將會提供許多同學未來在自然與生活科技領域學習上的幫助喔！如果對這次晤談有疑問的話，可以隨時發問。好！請放鬆心情，做個深呼吸，再翻開第一頁。Let's go~~~

唔談題目：

一、曉明和幾位好朋友在討論有關酸性溶液的問題，以下是幾位同學的想法？

甲說：有酸味的水溶液就一定是酸性溶液。

乙說：酸性溶液具有腐蝕性。

丙說：酸性溶液具有毒性。

丁說：只要名稱中有酸的，就是酸性的，像是鹽酸、碳酸氫鈉。

戊說：酸性溶液會灼傷皮膚，或對皮膚產生刺激感。

己說：廣告中，用來檢測酸性溶液的是試紙，試紙只要呈現紅色的就是酸性。

庚說：酸性的水溶液中，都含有一種令水溶液變酸性的粒子。

你覺得上面幾位同學中，哪些同學的想法是對的？對的理由是什麼？那些同學的想法是不對的？不對的理由是什麼？

除了以上幾位同學的說法之外，你覺得還有哪些應該是酸性溶液的特性？

二、明穎和幾位好朋友在討論有關鹼性溶液的問題，以下是幾位同學的想法？

甲說：有澀味的水溶液就一定是鹼性溶液。

乙說：鹼性物質具有滑膩感。

丙說：鹼性溶液具有毒性。

丁說：只要名稱中有鹼的，就是鹼性的，像是植物鹼、古柯鹼。

戊說：鹼性溶液對皮膚有刺激性，會傷害皮膚。

己說：廣告中，用來檢測鹼性溶液的是試紙，試紙如果呈現藍色的就是鹼性。

庚說：鹼性的水溶液中，都含有一種令水溶液變鹼性的粒子。

辛說：具有鹹味的水溶液就是鹼性的。

你覺得上面幾位同學中，哪些同學的想法是對的？對的理由是什麼？哪些同學的想法是不對的？不對的理由是什麼？

除了以上幾位同學的說法之外，你覺得還有哪些應該是鹼性溶液的特性？

三、在爬大屯山的時候，小玲不小心被蜜蜂螫傷了，小柏老師告訴大家別慌，一邊請男同學去取些尿液來，一方面告訴大家：「蜜蜂的毒液中，造成腫痛主要是一種叫做蟻酸的成分與皮膚產生了反應，等會兒老師會在傷口上塗了點尿液，就可以消除些腫痛感。」

請問為什麼小柏老師要在傷口上塗上尿液呢？

甲說：因為尿液中有尿酸的成分，是酸性溶液，可以以毒攻毒。

乙說：因為尿液中有氨水的成分，是鹼性溶液，可以中和蟻酸。

丙說：因為尿液是中性溶液，可以稀釋蟻酸。

你覺得以上三位同學的說法，那一個最有可能？為什麼呢？

除了以上三個人的說法，你還覺得還有可能是什麼原因呢？

四、這學期的校外教學去了烏來，當地的解說老師告訴大家，烏來的溫泉可以使紅色石蕊試紙呈現藍色，是屬於無色無味的碳酸氫鈉泉，是俗稱的「美人湯」，洗起來皮膚會感覺滑滑的，甚至飲用適當的碳酸氫鈉泉可以稍解胃酸引起的不適感。

根據以上的線索，這種碳酸氫鈉泉是屬於酸性、鹼性，或中性呢？
為什麼？

五、這天，小柏老師又帶大家到陽明山國家公園校外教學。看到著名的竹子湖溫泉，老師想起前陣子介紹的烏來溫泉，特別停下腳步，告訴大家：「陽明山國家公園是屬於典型的火山地形，這邊的溫泉與烏來不一樣，是屬於硫磺泉，可以使藍色石蕊試紙呈現紅色。泡這種溫泉時要特別注意，因為這種溫泉帶有點刺激性，所以皮膚較乾燥或較易過敏起疹子的人，是不建議浸泡這種溫泉的。而且這種溫泉也不能像碳酸氫鈉泉可以減緩胃酸，甚至不能飲用。

根據以上的線索，請問這種硫磺泉的酸鹼性是屬於哪一種呢？為什麼你這麼認為？

六、很多人喜歡喝綠茶，但卻不喜歡綠茶中的澀味，為了去除這種鹼性澀味，商家發展出許多特別的產品，像是梅子綠茶、葡萄柚綠茶，在綠茶中加入些果汁就可以去除綠茶的澀味，有時有會失去果汁原本的酸酸的味道。

請問這加了果汁的綠茶還會具有原本的鹼性嗎？為什麼？

你覺得這時候的溶液，是酸性、鹼性或是中性呢？你會怎麼判斷呢？

當小華在調製葡萄柚綠茶時，不小心加了太多的葡萄柚汁，使葡萄柚綠茶太酸，請問這時候的溶液是酸性或是鹼性呢？如果你覺得是酸性？那有沒有辦法再讓它回復原本的鹼性呢？該怎麼做呢？

七、廣告中，用來測試酸鹼性的通常是石蕊試紙，當藍色石蕊試紙變紅色時，則顯示溶液為酸性；當紅色石蕊試紙變藍色時，則溶液為鹼性；當兩者都不變色，此時溶液呈現中性。至於酸鹼指示劑的變色的討論，你覺得哪些人說的比較有道理？

甲：因為酸是紅色的，所以會使藍色石蕊試紙變紅。

乙：因為鹼是藍色的，所以會使紅色石蕊試紙變藍。

丙：試紙會變色是因為溶液中具有酸粒子或鹼粒子，會與石蕊試紙中的色素產生反應而變為紅色或藍色。

丁：因為藍色石蕊試紙是鹼性的，會與酸產生中和反應而變色。

戊：因為紅色石蕊試紙是酸性的，會與鹼產生中和反應而變色。

己：只要是酸鹼指示劑，酸性一定會變紅色；鹼性一定會變藍色。

庚：不同的酸鹼指示劑，遇到酸性不一定呈現紅色，遇到鹼性也不一定呈現藍色，所呈現的顏色跟酸鹼指示劑的種類有關。

二、 酸鹼概念二階層診斷前測問卷：

國小自然與生活科技領域水溶液的酸鹼性概念前測問卷

親愛的小朋友您好：

這是一份有關於國小自然與生活科技水溶液的酸鹼性的概念測驗，目的在了解小學生對於水溶液的酸鹼性之想法。這次的測驗結果將會作為學術研究與教師教學設計的參考。本次的測驗結果不會公開您回答的內容，也不會影響您的課業成績，請安心作答；但也請您認真的回答每個題目喔！謝謝您的參與！

國立臺灣師範大學科學教育研究所

邱柏融 敬上

題本共有七頁，請同學們記得翻面作答喔！

學 校：_____

班 級：_____ 年 _____ 班

座 號：_____

姓 名：_____

4. 這學期的校外教學去了烏來，當地的解說老師告訴大家，烏來的溫泉是屬於無色無味的碳酸氫鈉泉，是俗稱的「美人湯」，洗起來皮膚會感覺滑滑的，甚至飲用適當的碳酸氫鈉泉可以中和胃酸引起的不適感。

()1-1.根據以上的線索，這種碳酸氫鈉泉可能屬於酸性、鹼性，或中性呢？
(1)酸性 (2)鹼性 (3)中性

()1-2.承上題您所選的答案，理由是：
(A)因為洗後皮膚會感覺滑滑的。
(B)因為碳酸氫鈉名稱中有「酸」字作為命名。
(C)因為可以消除胃酸所引起的不適感。
(D)因為碳酸氫鈉名稱中有「氫鈉」作為命名。
(E)因為可以飲用。
(F)因為為無色無味的水溶液。
(G)因為可以沖淡胃酸所引起的不適感。
(H)其他，請寫出你的理由：

()1-3.如果將碳酸氫鈉泉滴在石蕊試紙上，石蕊試紙的變色狀況會是？
(2) 紅色石蕊試紙變藍 (2)藍色石蕊試紙變紅 (3)都不變色

()1-4.承上題你的選擇，你的理由是？
(A)因為碳酸氫鈉泉是酸性的，所以會讓藍色石蕊試紙變成紅色。
(B)因為碳酸氫鈉泉是鹼性的，所以會讓紅色石蕊試紙變成藍色。
(C)因為碳酸氫鈉泉是中性的，所以會使藍色石蕊試紙變成紅色。
(D)因為碳酸氫鈉泉是中性的，所以不會讓石蕊試紙變色。
(E)因為碳酸氫鈉泉沒有所謂的酸鹼性，不會讓石蕊試紙變色。
(F)其他，請寫出你的理由：

5. 這天，小柏老師又帶大家到陽明山國家公園進行校外教學。看到了著名的陽明山溫泉，老師想起前陣子介紹的烏來溫泉，特別停下腳步，告訴大家：「陽明山國家公園是屬於典型的火山地形，這邊的溫泉與烏來不一樣，他有一股濃濃的硫磺味，是屬於硫磺泉，可以使藍色石蕊試紙呈現紅色。泡這種溫泉時要特別注意，因為這種溫泉帶有點刺激性，所以皮膚較乾燥或較易過敏起疹子的人，是不建議浸泡這種溫泉的！而且這種溫泉也不能像碳酸氫鈉泉可以中和胃酸，甚至不能飲用！」

()2-1.根據以上的線索，請問這種硫磺泉的酸鹼性是屬於哪一種呢？

(1)酸性 (2)鹼性 (3)中性

()2-2.承上題您所選的答案，理由是：

- (A)因為可以使藍色石蕊試紙呈現紅色。
 - (B)因為硫磺泉名稱中有「硫」字作為命名，與硫酸一樣是酸性。
 - (C)因為不能中和胃酸所引起的不適感。
 - (D)因為具有刺激性，會使皮膚過敏起疹子。
 - (E)因為具有濃濃的硫磺味。
 - (F)因為硫磺泉名稱中有「硫磺」作為命名。
 - (G)因為洗後皮膚會感覺滑滑的。
 - (H)因為不能飲用。
 - (I)因為為無色無味的水溶液。
 - (J)因為不可以沖淡胃酸所引起的不適感。
 - (K)其他，請寫出你的理由：
-

6. 很多人喜歡喝綠茶，但卻不喜歡綠茶中的澀味，爲了去除這種澀味，商家發展出許多特別的產品，像是葡萄柚綠茶，在綠茶中加入些果汁就可以去除綠茶的澀味，比例適當時，也剛好會失去果汁原本的酸酸的味道。

() 3-1.你覺得葡萄柚汁，它的酸鹼性是哪一種？

(1)酸性 (2)鹼性 (3)中性

() 3-2.承上題你的選擇，你的理由是？

- (A)因爲梅子汁、葡萄柚汁的味道都是酸的。
(B)因爲可以消除綠茶的澀味，所以果汁是酸性的。
(C)因爲吃起來酸酸的食物，到身體中會變鹼性的
(D)因爲植物的汁液具有植物鹼，果汁也是植物的汁液，所以是鹼性。
(E)因爲果汁中大部分都是水，水是中性的。
(F)因爲可以飲用。
(G)其他，你的理由是：
-

() 3-3.你覺得像綠茶、烏龍茶這種喝起來有點澀澀的茶，可能是茶水中哪一種成分引起的？

(2) 茶胺酸 (2)茶鹼 (3)水

茶胺酸：酸性物質。

茶鹼：鹼性物質。

() 3-4.承上題你的選擇，你的理由是？

- (A)因爲只要有不好的味道就是酸性的。
(B)因爲澀味是屬於酸性溶液的其中一種性質。
(C)因爲鹼性的物質通常帶有澀味。
(D)因爲植物的汁液具大量植物鹼，茶也是植物的汁液，所以是鹼性。
(E)茶中大部分都是水。
(F)茶葉中的物質與水反應所產生的味道。
(G)其他，你的理由是：
-

- () 3-5.你覺得這時候的葡萄柚綠茶，還會具有原本綠茶的酸鹼性嗎？
(2) 酸鹼性的強度是不變的 (2)會改變酸鹼性的強度
- () 3-6.承上題你的選擇，你的理由是？
(A)鹼性的強度不會因為加入了其他物質(如果汁或水)而改變。
(B)因為果汁是中性的水溶液，不會改變原本的鹼性。
(C)雖然果汁是酸性的水溶液，但酸與鹼是獨立不受影響的，所以鹼性是不變的。
(D)因為果汁是酸性的，與鹼性的綠茶產生中和，而失去原有的鹼性強度。
(E)因為果汁是中性的，與鹼性的綠茶不會產生反應，但因為溶液量增加了，所以鹼性的強度就被沖淡了。
(F)因為果汁是酸性的，但酸與鹼是獨立不會反應的，會改變鹼性強度是因為溶液量增加，鹼性的強度就被沖淡。
(G)其他，你的理由是：

- () 3-7.當小華在調製葡萄柚綠茶時，不小心加了太多的葡萄柚汁，使葡萄柚綠茶太酸，請問這時候的溶液是酸性或是鹼性呢？
(2) 酸性 (2)鹼性 (3)中性
- () 3-8.承上題你的選擇，你的理由是？
(A)因為明顯的酸味表示溶液已經變成是酸性的。
(B)因為加了太多的酸性果汁，酸性的量比鹼性多，溶液就呈酸性。
(C)因為果汁是酸性的，與鹼性的綠茶產生中和，中和後酸性的量還有時，溶液就呈酸性
(D)鹼性的強度不會因為加入了其他物質(如果汁或水)而改變。
(E)因為果汁是中性的水溶液，不會改變原本的鹼性。
(F)雖然果汁是酸性的水溶液，但酸與鹼是獨立不受影響的，所以鹼性是不變的。
(G)因為果汁是中性的，所以加再多的果汁，溶液最多呈現中性。
(H)因為果汁是弱酸，所以加再多的果汁，溶液最多呈現中性。
(K)其他，你的理由是：

- () 3-9. 如果將太酸的葡萄柚綠茶滴在石蕊試紙上，石蕊試紙的變色狀況應該會是？
(1) 紅色石蕊試紙變藍色 (2) 藍色石蕊試紙變紅色 (3) 都不變色
- () 3-10. 承上題你的選擇，你的理由是？
(A) 因為此時葡萄柚綠茶是酸性的，所以會讓藍色石蕊試紙變成紅色。
(B) 因為此時葡萄柚綠茶是鹼性的，所以會讓藍色石蕊試紙變成紅色。
(C) 因為此時葡萄柚綠茶是中性的，所以會使藍色石蕊試紙變成紅色。
(D) 因為此時葡萄柚綠茶是酸性的，所以會讓紅色石蕊試紙變成藍色。
(E) 因為此時葡萄柚綠茶是鹼性的，所以會讓紅色石蕊試紙變成藍色。
(F) 因為此時葡萄柚綠茶是中性的，所以會讓紅色石蕊試紙變成藍色。
(G) 因為葡萄柚綠茶是中性的，所以不會讓石蕊試紙變色。
(H) 因為葡萄柚綠茶沒有所謂的酸鹼性，不會讓石蕊試紙變色。
(I) 其他，你的理由是：
-

7. 水是中性的，但不同物質溶解在水中時，水溶液也可能具有不同的酸鹼性，像是小蘇打水、檸檬水等。

() 4-1.你覺得小蘇打水的酸鹼性是哪一種？

(1)酸性 (2)鹼性

() 4-2.承上題你的選擇，你的理由是？

(A)因為小蘇打粉的顆粒中有某種特別的結構可使水溶液呈現鹼性。

(B)因為小蘇打粉會使水產生化學反應，使水溶液呈現鹼性。

(C)因為小蘇打粉含有鹼性微粒，溶解在水中後，使蘇打水呈現鹼性。

(D)因為小蘇打粉的顆粒中有某種特別的結構可使水溶液呈現酸性。

(E)因為小蘇打粉會使水產生化學反應，使水溶液呈現酸性。

(F)因為小蘇打粉含有酸性微粒，溶解在水中後，使蘇打水呈現酸性。

(G)其他，你的理由是：

() 4-3.將維他命 C 片溶解在開水中，嚐起來跟檸檬汁一樣酸酸的，請問你覺得維他命 C 水溶液的酸鹼性是哪一種？

(1)酸性 (2)鹼性 (3)中性

() 4-4.承上題你的選擇，你的理由是？

(A)因為維他命 C 中有某種特別的結構可使水溶液呈現酸性。

(B)因為維他命 C 會使水產生化學反應，使水溶液呈現酸性。

(C)因為維他命 C 與水結合後，會產生酸性微粒使小蘇打水呈現酸性。

(D)因為維他命 C 中有某種特別的結構可使水溶液呈現鹼性。

(E)因為維他命 C 會使水產生化學反應，使水溶液呈現鹼性。

(F)因為維他命 C 與水結合後，會產生酸性微粒使小蘇打水呈現鹼性。

(G)其他，你的理由是：

() 4-5.石灰水與肥皂水都可以使紅色石蕊試紙變藍色。請問它們的酸鹼性是？

(1)酸性 (2)鹼性

() 4-6.承上題你的選擇，兩種不同的水溶液為什麼會呈現相同的酸鹼性？

(A)因為酸性的溶液中有某種特別的結構可使水溶液呈現酸性。

(B)因為酸性的物質會使水產生化學反應，使水溶液呈現酸性。

(C)因為石灰與肥皂都含有酸性微粒，溶解在水中後，使水溶液呈現酸性。

(D)因為鹼性的溶液中有某種特別的結構可使水溶液呈現鹼性。

(E)因為鹼性的物質會使水產生化學反應，使水溶液呈現鹼性。

(F)因為石灰與肥皂都含有鹼性微粒，溶解在水中後，使水溶液呈現鹼性。

(G)其他，你的理由是：

三、 酸鹼概念二階層診斷後測問卷：

國小自然與生活科技領域水溶液的酸鹼性概念測驗(後測)

親愛的小朋友您好：

這是一份有關於國小自然與生活科技水溶液的酸鹼性的概念測驗，目的在了解小學生對於水溶液的酸鹼性之想法。這次的測驗結果將會作為學術研究與教師教學設計的參考。本次的測驗結果不會公開您回答的內容，也不會影響您的課業成績，請安心作答；但也請您認真的回答每個題目喔！謝謝您的參與！

國立臺灣師範大學科學教育研究所

邱柏融 敬上

學 校：_____

班 級：_____年_____班

座 號：_____

姓 名：_____

8. 在爬七星山的時候，小玲不小心被紅蟻螫傷了，小偉告訴大家別慌，一邊請男生去公廁取一些洗手乳來，一邊說：「紅蟻的毒液中，造成腫痛的主要是一種叫做蟻酸的酸性成分與皮膚產生了反應，等會兒在傷口上塗了點洗手乳，就可以消除些腫痛感。」果然，幾分鐘後，小玲的腫痛感就漸漸消失了。

()1-1.你覺得洗手乳的酸鹼性是哪一種？

(1)酸性 (2)鹼性 (3)中性

()1-2.承上題你的選擇，你的理由是？

- (A)因為洗手乳中有酸成分，所以是酸性的。
 - (B)因為洗手乳與蟻酸都是酸性的，才可以以毒攻毒。
 - (C)因為洗手乳有檸檬香味，所以是酸性的。
 - (D)因為鹼性的物質可以把酸性的毒素吸出來。
 - (E)因為鹼性的物質可以消除腫痛。
 - (F)因為蟻酸是酸性，洗手乳可以中和掉蟻酸，所以是鹼性。
 - (G)因為洗手乳的成分幾乎都是水，所以是中性。
 - (H)因為可以沖淡蟻酸所引起的不適感。
 - (I)其他，你的理由是：
-

9. 市面上有許多飲料都是水溶液，請問：

()2-1.喝起來酸酸的又可以刺激胃蠕動的優酪乳，你覺得它的酸鹼性可能是那一種？

(1)酸性 (2)鹼性 (3)中性

()2-2.承上題你的選擇，你的理由是？

- (A)因為酸性溶液通常帶有酸味。
 - (B)因為標示屬於乳酸飲料，所以是酸性的。
 - (C)因為可以刺激腸胃蠕動，刺激性是酸性溶液的性質之一。
 - (D)因為味道酸酸的食品，對身體是鹼性的。
 - (E)因為可以刺激腸胃蠕動，刺激性是鹼性溶液的性質之一。
 - (F)因為標示上有一些化學添加劑，所以是鹼性的。
 - (G)因為可以喝的飲料都是中性的。
 - (H)因為成分中大部分是牛奶，牛奶是中性的。
 - (I)其他，你的理由是：
-

10. 有些食品像是泡菜、酸菜吃起來都是酸酸的味道。

()3-1.請問酸菜的汁液的酸鹼性可能是那一種？

(1)酸性 (2)鹼性 (3)中性

()3-2 承上題你的選擇，你的理由是：

(A)因為酸菜的口味是酸的。

(B)因為酸菜是發酵過的食物，發酵過就是酸性的。

(C)因為可能是製作過程中有加入酸性的物質。

(D)因為酸菜的名稱中有個酸字。

(E)因為吃起來酸酸的食物，到身體中會變鹼性的

(F)因為植物的汁液具有植物鹼，泡菜也是植物的汁液，所以是鹼性。

(G)因為果汁中大部分都是水，水是中性的。

(H)因為可以飲用。

(I)其他，你的理由是：

11. 有一天，小柏跟原住民的朋友勞馬去登山，勞馬看到路邊的檳榔樹，告訴小柏說：「雖然常吃檳榔是有害身體的，但如果在野外缺乏水分的時候，可以摘取新鮮的檳榔，因為檳榔跟椰子一樣是含有不少水分的果實。」勞馬摘了一顆檳榔給小柏試試，小柏一咬，的確有許多水份從檳榔中流出來，但味道卻是又澀又麻。

()4-1.請問這種又澀又麻的檳榔汁，它的酸鹼性是那一種？

(1)酸性 (2)鹼性 (3)中性

()4-2.承上題你所選擇的答案，你的理由是：

(A)因為只要有不好的味道就是酸性的。

(B)因為澀味是屬於酸性溶液的其中一種性質。

(C)因為酸性的汁液可以解渴。

(D)因為鹼性的物質通常帶有澀味。

(E)因為植物的汁液具有植物鹼，檳榔汁也是植物的汁液，所以是鹼性。

(F)因為檳榔汁中大部分都是水，水是中性的。

(G)因為可以飲用。

(H)其他，你的理由是：

- ()4-3.如果將檳榔中的水分滴在石蕊試紙上，石蕊試紙的變色狀況應該是下列那一種？
(1)藍色石蕊試紙變紅 (2)紅色石蕊試紙變藍 (3)都不變色
- ()4-4.承上題你的選擇，你的理由是？
(A)因為檳榔汁是酸性的，所以會讓藍色石蕊試紙變成紅色。
(B)因為檳榔汁是鹼性的，所以會讓藍色石蕊試紙變成紅色。
(C)因為檳榔汁是中性的，所以會使藍色石蕊試紙變成紅色。
(D)因為檳榔汁是酸性的，所以會讓紅色石蕊試紙變成藍色。
(E)因為檳榔汁是鹼性的，所以會讓紅色石蕊試紙變成藍色。
(F)因為檳榔汁是中性的，所以會讓紅色石蕊試紙變成藍色。
(G)因為檳榔汁是中性的，所以不會讓石蕊試紙變色。
(H)因為檳榔汁沒有所謂的酸鹼性，所以不會讓石蕊試紙變色。
(I)其他，你的理由是：
-

12. 新聞曾經報導，在工業區或大城市附近常會發現「酸雨」。

- ()5-1.你認為酸雨的酸鹼性是那一種？
(1)酸性 (2)鹼性 (3)中性
- ()5-2.承上題你的選擇，你的理由是？
(A)因為酸雨有刺激性，會刺激頭皮，甚至會發生掉髮或禿頭。
(B)因為酸雨的名稱中有「酸」字作為命名。
(C)因為工廠或車輛排放出酸性微粒，與空氣中的水結合後，使雨水呈現酸性。
(D)因為工廠或車輛排放出鹼性微粒，與空氣中的水結合後，使雨水呈現鹼性。
(E)因為酸雨有刺激性，會刺激頭皮，甚至會發生掉髮或禿頭。
(F)雖然稱為「酸」雨，但是因為空氣中有化學物質，所以是鹼性的。
(G)因為酸雨是臭氧層破洞所引起的，所以是中性的。
(H)因為酸雨為無色無味的水溶液。
(I)因為酸雨是紫外線照射使水蒸氣產生變化所引起的。
(J)其他，你的理由是：
-

13. 剛泡好的薰衣草花茶是淡淡的紫色，滴在紅色及藍色石蕊試紙上，試紙都不變色；在薰衣草茶中加入幾滴檸檬原汁後，顏色馬上變成桃紅色。請問：
- () 6-1. 剛煮好還沒加入檸檬汁的薰衣草花茶的酸鹼性是？
(1)酸性 (2)鹼性 (3)中性 (4)不一定
- () 6-2. 承上題，你的理由是？
(A)因為不能使藍色石蕊試紙呈現紅色。
(B)因為植物的汁液像是果汁通常是酸性，薰衣草花茶也是植物的汁液，所以是酸性。
(C)因為呈現紫色，通常酸性水溶液會帶有顏色。
(D)因為具有濃濃的香味。
(E)因為不能使紅色石蕊試紙呈現藍色。
(F)因為植物的汁液具有植物鹼，薰衣草花茶也是植物的汁液，所以是鹼性。
(G)因為呈現紫色，通常鹼性水溶液會有帶有藍紫色。
(H)因為具有香味，通常具有香味的水溶液是鹼性。
(I)因為不能使紅色石蕊試紙與藍色石蕊試紙變色。
(J)因為成分幾乎都是水的水溶液。
(K)因為可以飲用。
(L)其他，你的理由是：
-
- () 6-3. 如果將加入檸檬汁的薰衣草花茶滴在藍色石蕊試紙上時，你認為藍色石蕊試紙會不會變色呢？
(1)會變紅色 (2)不會變色 (3)不一定
- () 6-4. 承上題你的選擇，你的理由是？
(A)因為水溶液已經變成桃紅色，是酸性的顏色。
(B)因為水溶液已經變成桃紅色，會有色素把試紙染紅。
(C)只要是無法讓紅色石蕊試紙變藍的水溶液，就會讓藍色石蕊試紙變紅。
(D)因為原本是鹼性的物質最多只能變成中性，不會變成酸性。
(E)因為只有加了幾滴，還不會變成酸性。
(F)雖然溶液顏色變成桃紅色，並不代表水溶液已經變酸性。
(G)會不會變色必須看溶液中酸性微粒是否比鹼性微粒多。
(H)會不會變色必須看溶液中檸檬汁的濃度是否比薰衣草花茶高。
(I)會不會變色必須看溶液中檸檬汁的量是否比薰衣草花茶多。
(J)其他，你的理由是：_____

() 6-5.如果將檸檬汁直接滴在藍色石蕊試紙與紅色石蕊試紙上時，你認為石蕊試紙的變色狀況應該為下列哪一種？

(1)藍色石蕊試紙變紅 (2)紅色石蕊試紙變藍 (3)都不變色

() 6-6.承上題你的選擇，你的理由是？

(A)因為檸檬汁讓水溶液變成桃紅色，是酸性的顏色。

(B)因為檸檬汁味道很酸，是酸性的，所以可以使藍色石蕊試紙變紅。

(C)因為檸檬汁是鹼性的，鹼性會使藍色石蕊試紙變成紅色。

(D)因為檸檬是植物的汁液，通常是鹼性，所以會讓紅色石蕊試紙變藍。

(E)因為檸檬汁的味道很酸，是酸性的，所以可以使紅色石蕊試紙變紅。

(F)因為檸檬汁酸酸的是鹼性食物，所以可以使紅色石蕊試紙變藍。

(G)因為檸檬汁不具有酸鹼性。

(H)因為檸檬汁可以喝，所以是中性的。

(I)檸檬汁要加在薰衣草花茶裡才會使石蕊試紙變色。

(J)其他，你的理由是：

() 7-1.石灰水與小蘇打水都可以使紅色石蕊試紙變藍色。請問它們的酸鹼性是？

(1)酸性 (2)鹼性

() 7-2.承上題你的選擇，兩種不同的水溶液為什麼會呈現相同的酸鹼性？

(A)因為酸性的溶液中有某種特別的結構可使水溶液呈現酸性。

(B)因為酸性的物質會使水產生化學反應，使水溶液呈現酸性。

(C)因為石灰水與小蘇打水都含有酸性微粒，溶解在水中後，使水溶液呈現酸性。

(D)因為鹼性的溶液中有某種特別的結構可使水溶液呈現鹼性。

(E)因為鹼性的物質會使水產生化學反應，使水溶液呈現鹼性。

(F)因為石灰水與小蘇打水都含有鹼性微粒，溶解在水中後，使水溶液呈現鹼性。

(G)其他，你的理由是：

四、 國小酸鹼概念建模教學設計教案：

國立臺灣師範大學科學教育研究所 國小酸鹼概念教學設計

單元名稱	水溶液的酸鹼性	領域類別	自然與生活科技領域
教學年級	五年級	設計者	邱柏融
教材來源	翰林出版(五上)	教學者	邱柏融 李志鴻
教學節數	8 節(320 分鐘)	教學日期	2008/11/11~2008/11/28
設計理念： 酸鹼概念在化學中是相當重要的主題，從國小自然與生活科技領域課程到高中化學課程都有特定單元介紹。在科學發展史上，化學家為了解釋酸鹼概念也先後發展出不同的模型。從阿瑞尼士 1894 年提出解離說模型，布忍斯特-羅瑞 1923 年提出質子予體與受體模型，最後由路易士提出電子予體與受體模型來解釋酸鹼，同時涵蓋了阿瑞尼士與布忍斯特-羅瑞的酸鹼定義。酸鹼的科學模式也一直跟著科學家使用的心智模式解釋廣度而改變。 然而，學生在學習酸鹼概念時，其實也是透過教學過程而漸漸的修改自己本身的酸鹼心智模式。根據認知心理學家 Vosniadou 的學說，學生在認識自然界事物時往往會透過心智模式的操作，而科學教師的目標，就是設計一套教學使學生能修改自己初始的心智模式，建立正確的科學模式來解釋科學現象。本教學設計即以建模教學(modeling)作為設計教學活動的主要理論背景，並以阿瑞尼士的模型作為本次教學的科學模型。讓小學生透過模型的具象化、視覺化的教學活動，讓學生從巨觀進入微觀世界，了解酸鹼的化學意義。			
教學研究	教 材 發 展 國小部分 <pre> graph LR A[自然三下 二、水的變化] --> C[自然五上 (本單元) 四、水溶液 4-1 物質的溶解性 4-2 水溶液的酸鹼性 4-3 水溶液的導電性] B[自然三下 四、生活與天氣] --> C C --> D[自然六下 三、生物、環境與自然資源] </pre> 國中部分 自然二上 (八年級) 七、酸鹼鹽 7-1 電解質 pH 值 7-2 水溶液的酸鹼性 7-3 鹽的形成		

	高中部份 基礎化學 (高一) 三、物質的形成及期變化 3-4 物質的性質與變化 3-4.1 物質的導電與解離 3-4.2 電解質溶液之沉澱反應 3-4.3 酸鹼中和反應 3-4.4 氧化還原反應 物質科學化學篇下(高二) 第七章 酸與鹼 7-1 酸和鹼的定義與命名 7-2 水的解離、水的離子積常數與 pH 值 7-3 酸鹼中和 7-4 酸鹼滴定與常用的酸鹼指示劑。				
教學目標	對應九年一貫課程分段能力指標 1-3-1-1 能依規劃的實驗步驟來執行操作。 1-3-3-1 實驗時，確認相關的變因，做操控運作。 1-3-4-3 由實驗的結果，獲得研判的論點。 1-3-4-4 清楚的傳述科學探究的過程和結果。 1-3-5-3 清楚的傳述科學探究的過程和結果。 1-3-5-4 願意與同儕相互溝通，共享活動的樂趣。 1-3-5-5 傾聽別人的報告，並做適當的回應。 2-3-1-1 提出問題、研商處理問題的策略、學習操控變因、觀察事象的變化並推測可能的因果關係。學習資料整理、設計表格、圖表來表示資料。學習由變量與應變量之間相應的情形，提出假設或做出合理的解釋。 2-3-3-3 探討物質的溶解性質、水溶液的導電性、酸鹼性、蒸發、擴散、脹縮、軟硬等。 3-3-0-5 察覺有時實驗情況雖然相同，也可能因存在著未能控制的元素之影響，使得產生的結果有差異。 6-3-1-1 對他人的資訊或報告提出合理的求證和質疑。 6-3-2-1 察覺不同的辦法，常也能做出相同的結果。 7-3-0-1 察覺運用實驗或科學的知識，可推測「可能發生的事」。 7-3-0-2 把學習到的科學知識和技能應用於生活中。 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">單元目標：</th><th style="width: 50%;">行為目標：</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. 經由實驗操作，能利用石蕊試紙區別水溶液的酸鹼性，並說明酸鹼水溶液的操作型定義。</td><td> 1-1 能正確使用石蕊試紙區別水溶液的酸鹼性。 1-2 能指出能使紅色石蕊試紙變藍的是鹼性溶液。 1-3 能指出能使藍色石蕊試紙變紅的是酸性溶液。 </td></tr> </tbody> </table>	單元目標：	行為目標：	1. 經由實驗操作，能利用石蕊試紙區別水溶液的酸鹼性，並說明酸鹼水溶液的操作型定義。	1-1 能正確使用石蕊試紙區別水溶液的酸鹼性。 1-2 能指出能使紅色石蕊試紙變藍的是鹼性溶液。 1-3 能指出能使藍色石蕊試紙變紅的是酸性溶液。
單元目標：	行為目標：				
1. 經由實驗操作，能利用石蕊試紙區別水溶液的酸鹼性，並說明酸鹼水溶液的操作型定義。	1-1 能正確使用石蕊試紙區別水溶液的酸鹼性。 1-2 能指出能使紅色石蕊試紙變藍的是鹼性溶液。 1-3 能指出能使藍色石蕊試紙變紅的是酸性溶液。				

		1-4 能指出不能使藍色與紅色石蕊試紙變色的是中性溶液。			
2.	透過蒐集與閱讀資料，能利用簡單材料自製指示劑，區別水溶液的酸鹼性。	2-1 能自行收集至少一種天然酸鹼指示劑的資訊。 2-2 能利用簡單的材料自製酸鹼指示劑。 2-3 能利用自製的酸鹼指示劑檢測水溶液的酸鹼性。 2-4 能說明自製的酸鹼指示劑遇到酸性溶液的變色狀況。 2-5 能說明自製的酸鹼指示劑遇到鹼性溶液的變色狀況。 2-6 能藉由指示劑的變化了解酸鹼中和後，溶液的酸鹼性會改變。 2-7 能藉由指示劑的變化了解混合後已經變成鹼性的水溶液，在加入酸性溶液可以使最後的溶液再度回到酸性。			
3.	透過 power point 視覺模型教學與角色扮演等，理解酸與鹼的微觀意義，並了解酸鹼中和的情形。	3-1 能指出水溶液會變酸，是因為物質溶解在水中時產生了酸性帶電微粒(氫離子)。 3-2 能指出水溶液會變鹼，是因為物質溶解在水中時產生了鹼性帶電微粒(氫氧根離子)。 3-3 能指出酸鹼中和時，酸性微粒與鹼性微粒反應產生了中性的水。			
4.	認識酸性和鹼性水溶液在日常生活中的應用情形。	4-1 能指出至少三種酸性水溶液在日常生活中的應用情形。 4-2 能指出至少三種鹼性水溶液在日常生活中的應用情形。 4-3 能指出至少三種酸鹼中和在日常生活中的應用情形。			
教學活動		教學資源	教學時間	評量	備註

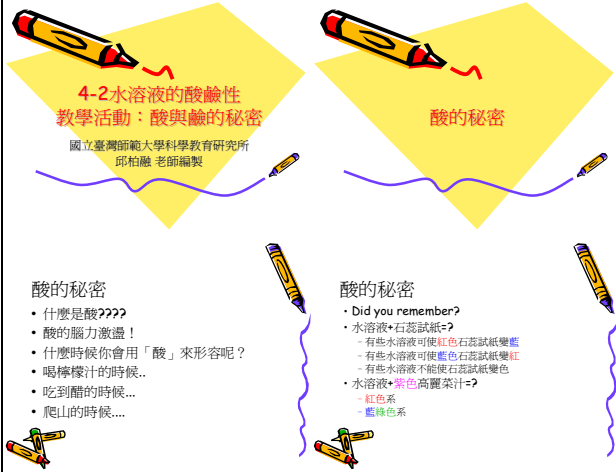
準備活動 教師準備： 材料： 各種水溶液，例如：鹽水、糖水、食用醋、小蘇打水、紫色高麗菜汁等。 器材： 試管架、試管、燒杯、石蕊試紙、廣用試紙 教學前老師將各種水溶液各滴三滴在準備好的試管中，並將試管編號，放在試管架中。 教師另外準備一大杯紫色高麗菜汁。 學生準備： 常見的水溶液，例如：運動飲料、清潔劑、花草茶等。 〔第一節課開始〕 引起動機活動： 以科學魔術引發小朋友的好奇與學習動機，並將溶解的概念帶入水溶液的酸鹼性。 科學魔術：神奇的變色墨水 老師：有沒有哪位同學還記得上一節課老師教了些什麼？ 學生：有些東西可以溶解在水中，形成水溶液。 教師先喚起學生單元 4-1 物質的溶解性之概念。 老師：嗯！很好！同學們表現的很棒！老師先變個魔術！接下來請仔細觀察喔！也許你可以發現這個魔術的秘密喔！ 老師在進行魔術前，請小朋友們檢查道具。 (讓小朋友有機會發現試管中有一點點透明液體)		40 分鐘	教師 課堂 觀察 評量	
---	--	-------	----------------------	--

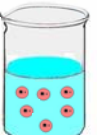
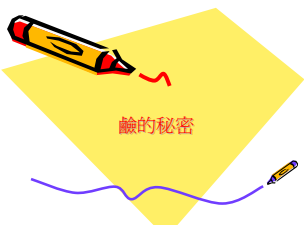
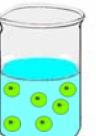
老師進行科學魔術，將紫色高麗菜汁依序倒入不同的試管中。學生觀察到同樣的紫色高麗菜汁在不同的試管中呈現不同的顏色。 教學活動：神奇紫墨水 老師：想想看，為什麼神奇墨水在不同的試管中會變成不同的顏色呢？ 學生：是墨水本身的問題嗎？ 老師：大家剛剛應該都看到，我使用的是同一杯墨水，會是墨水的問題嗎？ 學生：同一杯墨水倒入不同的試管，那秘密似乎是在試管中囉？ 老師：那你們回憶一下，你們在檢查試管時，有發現什麼線索嗎？ 學生：試管都是用玻璃做的。 學生：試管中似乎有些水(液體)。 老師藉由問答引導學生發現試管中少許的液體。 老師再拿另一組試管，再做一次科學魔術。 學生發現同樣號碼的試管所呈現的顏色是一樣的。 老師：既然想到問題可能在試管中，那同學們再檢查一次試管吧！ 老師：想想看，你們可以怎麼檢查試管呢？ 學生：仔細看、用聞的……。 老師示範正確聞試管的動作。 老師：1 號試管你們發現什麼線索？ 學生：有少許的透明液體。 學生：有酸酸的味道。	各種水溶液、紫色高麗菜汁、實驗器材		教師課堂觀察評量	
--	-------------------	--	----------	--

老師：2 號試管你們發現什麼線索？ 學生：沒有明顯的味道。 學生：有少許的透明液體。 老師：3 號試管你們發現什麼線索？ 學生：也有透明液體，但香香的。 老師：很好！看來你們發現每根試管中都有一點點不同的神秘液體，而這些液體雖然是透明的，但似乎具有不同的性質。 教師統整並引入水溶液具有酸鹼性的概念。 老師請學生在日常生活中收集一些常見的水溶液 〔第一節課結束〕 〔第二節課開始〕 老師：在上一節課中，我們發現水溶液可能具有不同的性質，有些我們可以用五官來分辨水溶液的顏色、氣味，但水溶液的酸鹼性可以完全靠五官來辨識嗎？ 老師拿出兩支裝有透明液體的試管，請小朋友用感官分辨兩種液體有什麼不同？ 試管 1：石灰水(鹼性) 試管 2：開水(中性) 試管 3：檸檬酸水(酸性) 學生：兩種液體用感官分辨不出來有什麼不同！ 老師：那有什麼方法可以分辨出這兩種液體的性質呢？ 學生：使用神奇的墨水。 老師：好！那我們把神奇的墨水加入溶液中，看看有沒有什麼變化？ 學生：試管 1 與試管 3 溶液的顏色改變了！顯然兩種液體的酸鹼性是不一樣的！ 〔學生原本對於酸鹼性的判斷是以感官現象模式進行判斷，由此造成衝突〕	石蕊試紙、紫色高麗菜汁、石灰水、檸檬酸水、開水	40 分鐘	教師課堂觀察評量	
--	--------------------------------	--------------	-----------------	--

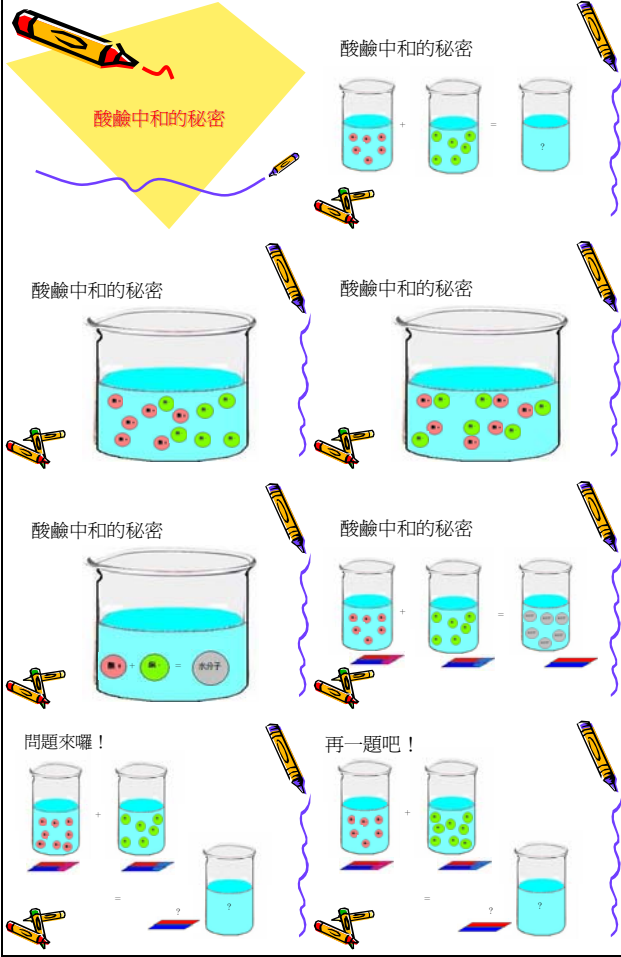
老師：回想一下上一節課中，我們用神奇墨水所做的實驗，你覺得 1 號試管與 3 號試管的酸鹼性應該跟上一節課的哪種溶液是一樣的？ 學生：1 號試管跟上一節課的肥皂水相同顏色，應該是相同的酸鹼性。 學生：3 號試管跟上一節課的食用醋相同顏色，應該是相同的酸鹼性。 老師：嗯！沒錯！通常我們會使用感官來判斷水溶液的酸鹼性質，但在對於未知的水溶液時，使用感官(觸覺、味覺)很可能造成危險，我們就必須藉由指示劑來確定水溶液的酸鹼性。 教學活動：石蕊試紙 〔教師引入酸鹼指示劑的概念〕 老師：這個神奇的墨水，就是一種酸鹼指示劑，它可以隨著水溶液酸鹼性的不同而呈現不同的顏色。而它的原料，其實就只是紫色高麗菜汁。 老師：為了攜帶與使用方便，科學家也發展出更便利的檢驗試紙(石蕊試紙、廣用試紙等) 〔教師介紹石蕊試紙的使用〕 老師：在使用石蕊試紙時，必須同時使用藍色與紅色石蕊試紙。當藍色石蕊試紙變紅色時，水溶液則為酸性；當紅色石蕊試紙變藍色時，水溶液則為鹼性；當兩種石蕊試紙都不變色時，則水溶液為中性。 老師：接下來，我們就使用石蕊試紙來檢測我們所準備好的水溶液，看看我們常見的水溶液的酸鹼性為何？並將結果記錄在習作 27 頁。 教師請各小組上台報告小組的檢測結果，教師並針對各小組檢測結果進行統整。 〔第二節課結束〕			教師 課堂 觀察 評量 習作 評量	
--	--	--	--	--

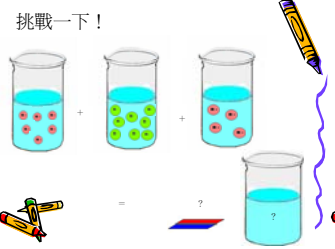
〔第三節課開始〕 科學家小傳：波義耳的故事 教師以波義耳的故事引起動機並介紹酸鹼指示劑的由來。 老師：上一節課中，我們也知道紫色高麗菜也是種能分辨水溶液酸鹼性的指示劑，試試看，紫色高麗菜汁在水溶液中有哪些不同的顏色變化？ 教師指導學生製備紫色高麗菜汁。 教師指到學生將水溶液裝至試管中，並將水溶液滴入紫色高麗菜汁，觀察水溶液變色情形，最後將結果記錄在習作 28 頁。 學生：發現不同的水溶液有顏色變化的差異。 教師歸納不同酸鹼性質的水溶液，滴入紫色高麗菜汁後出現的顏色變化結果。 教師：找找看，還有哪些材料也像石蕊試紙、紫色高麗菜汁一樣，可以作為酸鹼指示劑呢？ 教師請學生下課後查詢其他可作為酸鹼指示劑的材料，並準備好下一節課做實驗。 〔第三節課結束〕	紫色高麗菜汁、石蕊試紙、各種水溶液	40 分鐘	教師課堂觀察評量 習作評量	

〔第四節課開始〕 教師請各組同學分享回去所查詢到的指示劑材料，如何製備等。 各小組將所準備的指示劑材料進行製備。 將不同酸鹼性的水溶液裝到試管中，滴入各種製備好的指示劑，觀察顏色變化。並將結果記錄在習作 29 頁。 教師請各小組發表實驗結果。 〔第四節課結束〕	燒杯、酒精燈、陶瓷心網、三腳架	40 分鐘	教師 課堂 觀察 評量 習作 評量	
〔第五節課開始〕 活動：酸性溶液與鹼性溶液的秘密 教師提問：在上一節課中，我們發現了水溶液具有不同的酸鹼性，而且不同酸鹼性的水溶液可以使酸鹼指示劑呈現不同的顏色。那麼，到底酸性溶液與鹼性溶液中含有哪些秘密，可以使指示劑呈現不同的顏色？ 進行電子投影片教學  4-2 水溶液的酸鹼性 教學活動：酸與鹼的秘密 國立臺灣師範大學科學教育研究所 邱柏融 老師編製 酸的秘密 - 什麼是酸???? - 酸的腦力激盪！ - 什麼時候你會用「酸」來形容呢？ - 喝檸檬汁的時候... - 吃到醋的時候... - 爬山的時候.... 酸的秘密 - Did you remember? - 水溶液+石蕊試紙=? - 有些水溶液可使紅色石蕊試紙變藍 - 有些水溶液可使藍色石蕊試紙變紅 - 有些水溶液不能使石蕊試紙變色 - 水溶液+紫色高麗菜汁=? - 紅色系 - 藍綠色系	電子 投影 片	40 分鐘	教師 課堂 觀察 評量	

酸的秘密 • Why it change the color? • Is something changing the color? • What is that? • How do you think about it? 	酸的秘密 • Let us think.. • 當某些物質溶解於水中時，就形成了水溶液；原本不會使石蕊試紙變色的水，加了些物質後開始會使石蕊試紙變色了！ • 那是誰在搞鬼？ 			
酸的秘密 • Why? Why? Why? 	酸的秘密  			
酸的秘密 • 原來，這些酸性的水溶液中，都會有一種肉眼看不見但帶著正電的微小粒子產生！ • 當物質溶解在水中時，如果可以在水中產生了這種帶著正電的酸性微粒，我們就稱此物質為酸性物質！此時的水溶液我們就稱為酸性溶液！ 	酸的秘密 • 也正是因為這種帶電的酸性微粒，與酸鹼指示劑或藍色石蕊試紙上的色素產生化學反應，而改變了顏色！ 			
鹼的秘密 	鹼的秘密 • 什麼是鹼？ • Did you remember? • 水溶液+石蕊試紙=? - 有些水溶液可使紅色石蕊試紙變藍 - 有些水溶液可使藍色石蕊試紙變紅 - 有些水溶液不能使石蕊試紙變色 • 水溶液+紫色萬能菜汁=? - 紅色系 - 藍綠色系 			
鹼的秘密 • 同樣的問題，再想一次吧！ • Why it change the color? • Is something changing the color? • What is that? • How do you think about it? 	鹼的秘密 • Why? Why? Why?  			
鹼的秘密  	鹼的秘密 • 原來，這些鹼性的水溶液中，都會有一種肉眼看不見但帶著負電的微小粒子產生！ • 當物質溶解在水中時，如果可以在水中產生了這種帶著負電的鹼性微粒，我們就稱此物質為鹼性物質！此時的水溶液我們就稱為鹼性溶液！ 			
鹼的秘密 • 也正是因為這種帶電的鹼性微粒，與酸鹼指示劑或紅色石蕊試紙上的色素產生化學反應，而改變了顏色！ 				
〔 第五節課結束 〕				

〔第六節課開始〕 活動：特調高手(混合酸性溶液與鹼性溶液) 教師：很多人喜歡喝綠茶，但卻不喜歡綠茶中的澀味，為了去除這種鹼性澀味，商家發展出許多特別的產品，像是梅子綠茶、葡萄柚綠茶，在綠茶中加入些酸性的果汁就可以去除綠茶的澀味，有時有會消除果汁原本的酸酸的味道。 教師提問：請問這加了果汁的綠茶還會具有原本的酸鹼性嗎？為什麼？ 教師提問：你覺得這時候的溶液，是酸性、鹼性或是中性呢？你會怎麼判斷呢？ 教師提問：當小華在調製葡萄柚綠茶時，不小心加了太多的葡萄柚汁，使葡萄柚綠茶太酸，請問這時候的溶液是酸性或是鹼性呢？如果你覺得是酸性？那有沒有辦法再讓它回覆原本的鹼性呢？該怎麼做呢？ 教師提問：如果把酸性的水溶液和鹼性的水溶液加在一起，混合後的水溶液滴入指示劑後，指示劑會變成什麼顏色？酸鹼性改變了嗎？ 學生可能回答：不會有改變；加入指示劑可能出現與原來不同的顏色等。 實驗操作：酸鹼性變化 1. 準備依小杯小蘇打水、一杯醋和三支試管，並在試管上標示甲、乙、丙作為區別。 2. 在甲試管中裝少許的小蘇打水，乙試管中裝少許的醋，分別滴入紫色高麗菜汁，判斷水溶液的酸鹼性。 3. 在丙試管中先滴入幾滴醋，再加入紫色高麗菜汁，觀察水溶液的顏色。 4. 承步驟 3，繼續滴入幾滴小蘇打水，觀察水溶液顏色，並與甲、乙試管比較酸鹼性變化。 5. 承步驟 4，繼續滴入幾滴小蘇打水，觀察水溶液的酸鹼性變化。	40 分鐘 小蘇打水、醋、紫色高麗菜汁	教師課堂觀察評量	
--	-----------------------------------	-----------------	--

討論： 1. 小蘇打水和醋混合後的水溶液，其酸鹼性與原來的小蘇打水或醋有什麼不同？你是怎麼知道的？ 2. 加入小蘇打水的量會影響混合的水溶液的酸鹼性嗎？ 3. 如果混合的水溶液已經變成鹼性，要怎麼做才能使它變回酸性？ 〔第六節課結束〕				
〔第七節課開始〕 電子投影片教學活動：酸鹼中和的秘密 	電子 投影 片	40 分 鐘	教師 課堂 觀察 評量	

挑戰一下！  統整一下吧！ - 當酸性微粒遇上鹼性微粒時，酸性微粒上的正電會吸引帶有負電的鹼性微粒，兩者發生化學反應，結合後產生中性的水分子，這個反應過程我們就稱為酸鹼中和反應！ - 當高濃度的酸性微粒與低濃度的鹼性微粒中和時，中和後的溶液呈現酸性！ - 當低濃度的酸性微粒與高濃度的鹼性微粒中和時，中和後的溶液呈現鹼性！ 〔第七節課結束〕				
〔第八節課開始〕 教學活動：角色扮演 教師：想像在這個籃球場中，就是一杯水溶液，而我們每個人都代表一個酸粒子或鹼粒子，現在每個人抽取一張紙條，紙牌上會告訴你該扮演酸粒子或鹼粒子。 當老師哨音響起，你才可以把紙條打開，如果你是酸粒子，你該如何行動呢？如果你是鹼粒子，你該如何行動呢？ 如果你是酸粒子，請你找到扮演鹼粒子的同學，手牽手馬上蹲下。 教師可以重覆操作，讓學生模擬體驗酸鹼中和的動態表徵。 第一次：酸性濃度較強時，最後剩下扮演酸性粒子的同學站著。 第二次：鹼性濃度較強時，最後剩下扮演鹼性粒子的同學站著。 第三次：酸性濃度跟鹼性濃度相同時，最後場中的同學剛好全部蹲下。 教學活動：水溶液在生活中的應用 教師：酸性水溶液和鹼性水溶液混合後，水溶液的酸鹼性會改變。那麼在日常生活中，酸性溶液和鹼性溶液分別有哪些用途呢？ 教師：請指出至少三種酸性水溶液在日常生活中的應用情形。	籃球場、紙條	40 分鐘	教師課堂觀察評量 習作評量	

教師：請指出至少三種鹼性水溶液在日常生活中的應用情形。 教師：請指出至少三種酸鹼中和在日常生活中的應用情形。 請學生將同學們所發表的例子記錄在習作 30 頁。 教師最後提醒：使用水溶液之前，一定要看清楚水溶液的成份和使用事項，如果不小心沾到酸性或鹼性較強的溶液，記得用大量清水沖洗後，再視情況就醫。 〔 第八節課結束 〕				
---	--	--	--	--