

國立台灣師範大學科學教育研究所  
碩士論文

指導教授：邱美虹 博士

探討建模教學對八年級學生酸鹼  
概念發展與建模能力的影響

Investigating the Effectiveness of Model-based  
Teaching on Eighth Graders' Conceptual Development  
and Modeling Ability in Acid and Base

研究生：黃文田

中華民國 102 年 6 月

## 摘要

本研究選取國民中學教科書自然與生活科技第四冊『酸與鹼』單元為研究主題，依課程內容擷取『酸鹼的定義與通性』、『酸鹼濃度與 pH 值』和『酸鹼中和與鹽類』三個主題概念設計教學活動。分別進行『建模教學』、『建模合作教學』和『一般教學』三種不同教學模式，探討不同教學法對學生酸鹼概念與建模能力的影響，並進一步探討兩者間的相關性。

本研究的研究對象為國中八年級三個班共 88 位學生，所使用的研究工具為研究者針對主題概念所研發的『酸鹼概念診斷測驗』與『建模能力分析試題』，據此工具以量化的形式來分析學生的酸鹼概念與建模能力。研究結果如下：

- 一、兩種建模教學(實驗組)在教學後酸鹼概念的後測及延宕測表現，都顯著優於一般教學(控制組)，在兩實驗組間的比較上，『建模合作組』在後測和延宕測的表現皆優於『建模教學組』。建模教學與建模合作教學在『酸鹼的定義與通性』和『酸鹼濃度與 pH 值』主題概念的學習，都能顯著優於一般教學。但在較為複雜的『酸鹼中和與鹽類』概念學習上，建模教學無法顯著優於一般教學，而建模合作教學依然能顯著優於一般教學。
- 二、教學前三組學生在『酸鹼中和』心智模式皆以現象模式、直覺濃度模式與不一致的混合模式、競爭模式和散亂模式為主。教學後『一般教學組』達類科學模式的比為 25%，『建模教學組』的類科學模式比為 35.7%，『建模合作組』有 34.7%的類科學模式，且有 9.4%達科學模式。延宕測後『建模教學組』與『建模合作組』在類科學模式以上的比例稍增加，但『一般教學組』卻減少，顯示建模教學較一般教學能幫助學生建構出正確的科學心智模式。
- 三、兩種建模教學(實驗組)在教學後建模能力的後測及延宕測表現，都顯著優於一般教學(控制組)，在兩實驗組間的比較上，『建模合作組』後測的表現優於『建模教學組』。延宕測後『建模合作組』在三組間仍然保有最佳表現。建模教學在各個建模歷程的後測和延宕測表現上都優於一般教學，顯示建模

教學較一般教學更能有效提升學生的建模能力。研究中亦發現，兩實驗組在前三個歷程的建模能力表現上差異不大，但在後二個建模歷程，『建模合作組』的表現明顯優於『建模教學組』。可見透過合作式的建模教學，對於學生高階認知與推論能力的培養具有較佳的成效。

四、教學前三組中僅『建模合作組』的酸鹼概念與建模能力達顯著相關( $p < .01$ )，其餘兩組的相關性低。教學後三組均達顯著正相關( $p < .001$ )，顯見三種教學模式均能同時提升學生的酸鹼概念與建模能力。而建模教學比一般教學較能同時提升教學成效與學生的建模能力，且透過合作式學習，更能增進整體的成效。

關鍵字：模型與建模、酸與鹼、心智模式、合作式建模教學

## Abstract

The topic of this research was chosen from “Acid and Base”, Science and Technology, Book IV in junior high school. It contained three subconcepts of “definition and generality of acid and base”, “concentration and pH value of acid and base”, and “neutralization and salts” to design the instruction. It conducted three different teaching models of “modeling teaching”, “cooperative modeling teaching”, and “general teaching” to investigate the effectiveness on students’ concepts of acid and base and modeling ability and further explored the correlation between them.

The participants in this research included 88 8<sup>th</sup> graders from three classes. The research instruments included “diagnostic test of concepts of acid and base” and “analytic test of modeling ability” which were designed by researcher to analyze students’ concepts of acid and base and modeling ability quantitatively. The research results were mentioned as below:

1. The performance of posttest and retention test in the concepts of acid and base of the two modeling teachings (experimental groups) were significantly superior to the general teaching (control group) after teaching. Compared with the two experimental groups, “cooperative modeling teaching group” was superior to “modeling teaching group” in both posttest and retention test. The modeling teaching group and the cooperative modeling teaching group were also significantly superior to the general teaching group in the subconcepts of “definition and generality of acid and base” and “concentration and pH value of acid and base”. However, in the learning of more complicated subconcept of “neutralization and salts”, the modeling teaching group was not able to be superior to the general teaching group, but the cooperative modeling teaching group still did.
2. Before the teaching, students’ “mental model of neutralization ” in the three groups all came with phenomenon model, intuitive concentration model, mixed model,

competitive model, and messy model. After the teaching, there were 25% students could reach to scientific-like model in the “general teaching group”, 35.7% students in the “modeling teaching group”. There were 34.7% students could reach to scientific-like model and 9.4% students could reach to scientific model in the “cooperative modeling teaching group”. In the retention test, the “modeling teaching group” and the “cooperative modeling teaching group” both slightly increased the rate of scientific-like model, but the “general teaching group” decreased. It revealed that modeling teaching could help students constructing more correct scientific mental model than general teaching did.

3. The performance of posttest and retention test in modeling ability of the two modeling teachings (experimental groups) were significantly superior to the general teaching (control group) after the teaching. Compared with the two experimental groups, the “cooperative modeling teaching group” was superior to the “modeling teaching group” in the posttest. The “cooperative modeling teaching group” still had the best performance among the three groups in the retention test. In every modeling process, modeling teachings were superior to general teaching in both posttest and retention test. It showed that modeling teachings could efficiently promote students’ modeling ability than general teaching. It also found that there was not significant difference on modeling ability between the two modeling teachings in the first three modeling processes, but the “cooperative modeling teaching group” was superior to the “modeling teaching group” in the last two modeling processes. As we can see that through the cooperative modeling teaching could promote students’ high level cognition and deductive ability.
4. Before the teaching, only the “cooperative modeling teaching group” had a significant and positive correlation ( $p < .01$ ) between the concepts of acid and base and modeling ability. After the teaching, there were significant and positive

correlations ( $p < .001$ ) in the three groups. It showed that the three teachings could simultaneously promote students' concepts of acid and base and modeling ability. Modeling teachings could simultaneously facilitate teaching effects and students' modeling ability than general teaching. Through the cooperative learning, it could enhance even more in the whole effects.

Keywords : model and modeling, acid and base, mental model, cooperative modeling teaching

# 目次

<b>第壹章 緒論</b> .....	<b>1</b>
第一節 研究背景與動機.....	1
第二節 研究目的與研究問題.....	3
第三節 名詞釋義.....	4
第四節 研究範圍與限制.....	6
<b>第貳章 文獻探討</b> .....	<b>7</b>
第一節 概念改變.....	7
第二節 心智模式.....	17
第三節 模型與建模.....	22
第四節 合作學習的基本概念.....	37
第五節 酸鹼概念研究.....	39
<b>第參章 研究方法</b> .....	<b>49</b>
第一節 研究設計.....	49
第二節 研究對象.....	52
第三節 研究工具.....	53
第四節 研究流程.....	58
第五節 資料處理與分析.....	60
<b>第肆章 研究結果與討論</b> .....	<b>63</b>
第一節 酸鹼概念學習成效分析.....	63
第二節 酸鹼主題概念學習成效分析.....	67
第三節 酸鹼中和心智模式分析.....	78
第四節 酸鹼建模能力分析.....	88
第五節 各建模歷程之建模能力分析.....	93

第六節 酸鹼概念和建模能力的相關性.....	109
<b>第五章 結論與建議.....</b>	<b>119</b>
第一節 結論.....	119
第二節 建議.....	122
參考文獻.....	125
一、中文部分.....	125
二、西文部分.....	127
附錄一 酸、鹼、鹽概念圖.....	133
附錄二 酸鹼概念命題陳述.....	134
附錄三 建模教學組教學設計.....	135
附錄四 建模合作組教學設計.....	138
附錄五 一般教學組教學設計.....	141
附錄六 建模教學組與建模合作組課程學習單.....	143
附錄七 一般教學組課程學習單.....	156
附錄八 酸鹼概念診斷測驗.....	166
附錄九 酸鹼建模能力分析試題.....	170
附錄十 酸鹼建模能力試題計分標準.....	175

## 表次

表 2-1-1	概念改變相關理論的特質.....	8
表 2-1-2	Thagard 概念改變的階層.....	9
表 2-1-3	直接過程與突現過程的演變程.....	12
表 2-1-4	直接過程和突現過程的本體屬性.....	13
表 2-3-1	Harrison 與 Treagust 的類比模型分類.....	24
表 2-3-2	類比模型的分類.....	25
表 2-3-3	建模能力分析指標－MAAI(6x6 矩陣).....	35
表 2-4-1	學生酸鹼心智模式的特徵.....	45
表 2-4-2	酸鹼相關概念之迷思概念與心智模式.....	46
表 3-1-1	三組之教學活動內容.....	51
表 3-2-1	本研究參與對象人員分布.....	52
表 3-3-1	研究工具的設計要點.....	53
表 3-3-2	酸鹼概念命題陳述與題號對照表.....	54
表 3-3-3	酸鹼中和概念認知特徵編碼表.....	55
表 3-3-4	酸鹼中和概念認知特徵內容.....	56
表 3-3-5	酸鹼中和概念心智模式.....	57
表 4-1-1	『酸鹼概念診斷測驗』前測 ANOVA 分析.....	64
表 4-1-2	『酸鹼概念診斷測驗』前測 vs 後測相依樣本 t 考驗分析.....	64
表 4-1-3	『酸鹼概念診斷測驗』前測 vs 後測 ANCOVA 事後比較分析.....	65
表 4-1-4	『酸鹼概念診斷測驗』前測 vs 延宕測相依樣本 t 考驗分析.....	65
表 4-1-5	『酸鹼概念診斷測驗』前測 vs 延宕測 ANCOVA 事後比較分析.....	66
表 4-1-6	三組酸鹼概念前、後、延宕測平均分數與標準差.....	66
表 4-2-1	三組酸鹼主題概念前測 ANOVA 分析.....	68
表 4-2-2	『酸鹼的定義與通性』前測 vs 後測相依樣本 t 考驗分析.....	69

表 4-2-3	『酸鹼的定義與通性』前測 vs 後測 ANCOVA 事後比較分析.....	70
表 4-2-4	『酸鹼濃度與 pH 值』前測 vs 後測相依樣本 t 考驗分析.....	70
表 4-2-5	『酸鹼濃度與 pH 值』前測 vs 後測 ANCOVA 事後比較分析.....	71
表 4-2-6	『酸鹼中和與鹽類』前測 vs 後測相依樣本 t 考驗分析.....	71
表 4-2-7	『酸鹼中和與鹽類』前測 vs 後測 ANCOVA 事後比較分析.....	72
表 4-2-8	『酸鹼的定義與通性』前測 vs 延宕測相依樣本 t 考驗分析.....	73
表 4-2-9	『酸鹼的定義與通性』前測 vs 延宕測 ANCOVA 事後比較分析.....	73
表 4-2-10	『酸鹼濃度與 pH 值』前測 vs 延宕測相依樣本 t 考驗分析.....	74
表 4-2-11	『酸鹼濃度與 pH 值』前測 vs 延宕測 ANCOVA 事後比較分析.....	74
表 4-2-12	『酸鹼中和與鹽類』前測 vs 延宕測相依樣本 t 考驗分析.....	75
表 4-2-13	『酸鹼中和與鹽類』前測 vs 延宕測 ANCOVA 事後比較分析.....	75
表 4-3-1	『酸鹼中和』概念之心智模式認知內容.....	78
表 4-3-2	建模教學組之『酸鹼中和』心智模式分布(%).....	79
表 4-3-3	建模合作組之『酸鹼中和』心智模式分布(%).....	82
表 4-3-4	一般教學組之『酸鹼中和』心智模式分布(%).....	85
表 4-4-1	『酸鹼建模能力』前測 ANOVA 分析.....	89
表 4-4-2	『酸鹼建模能力分析試題』前測 vs 後測相依樣本 t 考驗分析.....	89
表 4-4-3	『酸鹼建模能力分析試題』前測 vs 後測 ANCOVA 事後比較分析....	90
表 4-4-4	『酸鹼建模能力分析試題』前測 vs 延宕測相依樣本 t 考驗分析.....	91
表 4-4-5	『酸鹼建模能力分析試題』前測 vs 延宕測 ANCOVA 事後比較分析..	91
表 4-4-6	三組建模能力前、後、延宕測平均分數與標準差.....	92
表 4-5-1	三組各建模歷程之建模能力前測 ANOVA 分析.....	94
表 4-5-2	『模型選擇』前測 vs 後測相依樣本 t 考驗分析.....	95
表 4-5-3	『模型選擇』前測 vs 後測 ANCOVA 事後比較分析.....	95
表 4-5-4	『模型建立』前測 vs 後測相依樣本 t 考驗分析.....	96
表 4-5-5	『模型建立』前測 vs 後測 ANCOVA 事後比較分析.....	96

表 4-5-6	『模型效化』前測 vs 後測相依樣本 t 考驗分析.....	97
表 4-5-7	『模型效化』前測 vs 後測 ANCOVA 事後比較分析.....	97
表 4-5-8	『模型應用』前測 vs 後測相依樣本 t 考驗分析.....	98
表 4-5-9	『模型應用』前測 vs 後測 ANCOVA 事後比較分析.....	99
表 4-5-10	『模型調度』前測 vs 後測相依樣本 t 考驗分析.....	99
表 4-5-11	『模型調度』前測 vs 後測 ANCOVA 事後比較分析.....	100
表 4-5-12	『模型選擇』前測 vs 延宕測相依樣本 t 考驗分析.....	101
表 4-5-13	『模型選擇』前測 vs 延宕測 ANCOVA 事後比較分析.....	101
表 4-5-14	『模型建立』前測 vs 延宕測相依樣本 t 考驗分析.....	102
表 4-5-15	『模型建立』前測 vs 延宕測 ANCOVA 事後比較分析.....	102
表 4-5-16	『模型效化』前測 vs 延宕測相依樣本 t 考驗分析.....	103
表 4-5-17	『模型效化』前測 vs 延宕測 ANCOVA 事後比較分析.....	103
表 4-5-18	『模型應用』前測 vs 延宕測相依樣本 t 考驗分析.....	104
表 4-5-19	『模型應用』前測 vs 延宕測 ANCOVA 事後比較分析.....	104
表 4-5-20	『模型調度』前測 vs 延宕測相依樣本 t 考驗分析.....	105
表 4-5-21	『模型調度』前測 vs 延宕測 ANCOVA 事後比較分析.....	105
表 4-6-1	三組前測之酸鹼概念 vs 建模能力的相關性分析.....	109
表 4-6-2	三組前測之酸鹼概念 vs 各歷程建模能力的相關性分析.....	111
表 4-6-3	三組後測之酸鹼概念 vs 建模能力的相關性分析.....	112
表 4-6-4	三組後測之酸鹼概念 vs 各歷程建模能力的相關性分析.....	113
表 4-6-5	三組延宕測之酸鹼概念 vs 建模能力的相關性分析.....	114
表 4-6-6	三組延宕測之酸鹼概念 vs 各歷程建模能力的相關性分析.....	116
表 4-6-7	三組酸鹼概念 vs 建模能力的相關性分析.....	116

## 圖次

圖 2-1-1	知識改變分類方法論.....	10
圖 2-1-2	Chi 本體樹的組織架構.....	11
圖 2-1-3	Chi 本體樹內階層的分類.....	13
圖 2-1-4	Vosniadou 的概念改變架構理論.....	15
圖 2-1-5	RAINBOW 的理論架構.....	16
圖 2-2-1	Johnson-Laird 概念與心智模式關係圖.....	19
圖 2-2-2	地球形狀的心智模式.....	21
圖 2-3-1	Hestenes 的一般性建模歷程.....	28
圖 2-3-2	建模模型的架構.....	30
圖 2-3-3	學生模型觀點的三面向示意圖.....	31
圖 2-3-4	模型為基礎學習的基本理論架構.....	33
圖 2-3-5	科學建模的學習發展.....	33
圖 3-1-1	研究設計架構.....	50
圖 3-1-2	實驗組與控制組研究流程.....	51
圖 3-4-1	研究流程圖.....	60
圖 4-1-1	三組酸鹼概念前、後、延宕測平均分數.....	67
圖 4-2-1	三組『酸鹼的定義與通性』前、後、延宕測平均分數.....	76
圖 4-2-2	三組『酸鹼濃度與 pH 值』前、後、延宕測平均分數.....	76
圖 4-2-3	三組『酸鹼中和與鹽類』前、後、延宕測平均分數.....	77
圖 4-3-1	建模教學組之『酸鹼中和』心智模式分布圖.....	80
圖 4-3-2	建模教學組『酸鹼中和』心智模式分布與轉變情形.....	81
圖 4-3-3	建模合作組之『酸鹼中和』心智模式分布圖.....	83
圖 4-3-4	建模合作組『酸鹼中和』心智模式分布與轉變情形.....	84
圖 4-3-5	一般教學組之『酸鹼中和』心智模式分布圖.....	86

圖 4-3-6	一般教學組『酸鹼中和』心智模式分布與轉變情形.....	87
圖 4-4-1	三組建模能力前、後、延宕測平均分數.....	92
圖 4-5-1	三組『模型選擇』建模能力前、後、延宕測平均分數.....	106
圖 4-5-2	三組『模型建立』建模能力前、後、延宕測平均分數.....	106
圖 4-5-3	三組『模型效化』建模能力前、後、延宕測平均分數.....	107
圖 4-5-4	三組『模型應用』建模能力前、後、延宕測平均分數.....	107
圖 4-5-5	三組『模型調度』建模能力前、後、延宕測平均分數.....	108
圖 4-6-1	建模教學組學生前測之酸鹼概念 vs 建模能力分佈圖.....	110
圖 4-6-2	建模合作組學生前測之酸鹼概念 vs 建模能力分佈圖.....	110
圖 4-6-3	一般教學組學生前測之酸鹼概念 vs 建模能力分佈圖.....	110
圖 4-6-4	建模教學組學生後測之酸鹼概念 vs 建模能力分佈圖.....	112
圖 4-6-5	建模合作組學生後測之酸鹼概念 vs 建模能力分佈圖.....	112
圖 4-6-6	一般教學組學生後測之酸鹼概念 vs 建模能力分佈圖.....	113
圖 4-6-7	建模教學組學生延宕測之酸鹼概念 vs 建模能力分佈圖.....	114
圖 4-6-8	建模合作組學生延宕測之酸鹼概念 vs 建模能力分佈圖.....	115
圖 4-6-9	一般教學組學生延宕測之酸鹼概念 vs 建模能力分佈圖.....	115

# 第壹章 緒論

本章共分四節，第一節介紹本研究之研究背景與動機，第二節提出研究目的與研究問題，第三節闡述本研究使用之專有名詞，第四節說明本研究的研究範圍與限制。

## 第一節 研究背景與動機

概念是人類思考和理解的工具，學生在學習新知識之前，心中已具有一套既有想法，但此想法往往與科學概念不甚相符。學生對於科學概念的認知，容易因為某些因素而產生另有概念。產生另有概念的原因很多，一般而言，大多為學習者和環境之間交互作用所造成。陳均伊等人(2004)結合Fisher (1985)、Galili & Lavrik (1998)、Lewis & Linn (1994)以及Stavridou & Solomonidou (1998)對學生的另有概念，探究其成因，將另有概念的可能來源歸納如下：1.日常生活的經驗與觀察；2.類比造成的混淆；3.生活用語或隱喻的使用；4.同儕與社會文化。另有概念的來源是多面向的，因此，教師在進行教學前，應該多方面地探討學生可能的另有概念。瞭解學生的先前知識後，設計有利於概念改變的教學活動，逐步引導學生修正自己的概念，達到有意義學習，俾利於增進教學成效。

學習可視為概念改變的過程，在科學教育的領域中，許多著名學者提出種種的概念改變理論( Posner, Strike, Hewson, & Gertzog, 1982; Thagard, 1992; Chi, 1992; Vosniadou, 1994)。各理論的觀點雖然不盡相同，但相關研究所提出的觀點、教學策略或思考方向有助於教學者思考如何有效促進學生的學習(邱美虹，2000)。學生許多認知概念的背後，可能存在著許多心智模式的運作。根據Vosniadou (1994)的觀點，心智模式是一種特別的心智表徵，是個體在認知過程中所產生的類比表徵，可以保存所表徵事物的結構。Vosniadou (1994)針對學齡前與小學生天文相關概念的研究指出，孩童對於地球形狀與日夜循環存在著不同的心智模式，而這些初始的心智模式(initial mental model)隨著年齡增長，個體藉由教學或生活經驗接收到相關的科學知識後，漸漸轉化為綜合的心智模式(synthetic mental model)，最

後再演成爲科學心智模式(scientific mental model)。關於心智模式的研究，也開始不斷地擴及其他科學領域。基於此，研究者擬以Vosniadou (1994)概念改變的架構理論/framework theory)爲基礎，設計一套教學，試圖從中瞭解學生關於酸鹼概念學習前後的心智模式演變情形。

近年來，關於「模型(model)」與「建模(modeling)」的研究深受科學教育所重視。Gilbert (1991)認爲「科學」是建構模型的過程，而「學習科學」則是學習建構模型的過程。由於許多科學理論非常抽象，學習者在學習過程中如果缺乏良好的引導，難以發展出正確的科學概念。對科學教育而言，模型與建模是科學發展的元素，也是科學學習中不可缺少的認知與能力(邱美虹，2008)。因此，教學者若能在教學過程中將科學概念利用模型來呈現，並培養學生建構模型的能力，將知識和能力結合在一起，如此一來，科學理論的學習將變得更加完善。

研究者在國民中學執教數年，發覺理化課程中的部分化學單元，總是困擾著學生，例如酸鹼鹽、化學平衡、電化學……等等。學生對於抽象的內容難以完全掌握概念，因而往往在學習過程中產生許多不符合科學的心智模式。關於酸鹼概念的研究，國內外許多文獻（宋志雄，1992；陳姍姍，1993；李詩閔，2001；姚錦棟，2002；楊鵬耀，2005；邱柏融，2009；Nakhleh & Krajcik, 1994；Lin & Chiu, 2007, 2010）指出，學生存在著許多的迷思概念。例如：學生會以味覺來判斷物質的酸鹼性、以腐蝕性或 pH 值判斷強酸(鹼)或弱酸(鹼)、酸鹼中和的鹽類即爲食鹽、酸鹼中和是因爲正負離子電量相同而呈電中性……等等，顯示學生對於酸鹼概念的學習難以完全掌握，缺乏系統性和融貫性。

周金城(2008)的研究指出，國內中學生對於模型本質的認識仍存有部分的不確定性。而在教師方面，Van Driel 與 Verloop (2002)指出，教師對於學生在模型與建模的知識非常有限，無法有效地運用到他們的教學活動中，如此將難以引導學生關於模型的認識與如何使用模型。因此，加強教師對建模教學的認識與運用是刻不容緩的議題。身爲現職中學科學教師，應當瞭解當前科學教育的脈動，試圖精進教學以幫助學生科學概念的發展並提升其問題解決的能力。

基於上述，研究者擬參照Halloun (1996)的建模歷程理論，設計一套以模型為基礎的建模教學活動，試圖瞭解八年級學生透過建模教學後，對於酸鹼的概念改變情形與心智模式的演變，並藉以探討此建模教學法對於學生建模能力提升的成效。以期能培育出知識與能力兼具的學生，進而能靈活運用概念知識來幫助其往後的問題解決。

## 第二節 研究目的與研究問題

本研究針對國民中學自然與生活科技之「酸與鹼」單元為研究主題，擬以Halloun (1996)所提出之科學模型建模歷程為基礎，輔以邱美虹(2007)所提出的觀點，將建模歷程歸類為五個面向：模型選擇、模型建立、模型效化、模型應用、和模型調度，並將其納入教學活動。研究中設計『建模教學組』、『建模合作組』與『一般教學組』三組作為比較，藉此探討不同教學模式對學生學習酸鹼概念的概念改變情形和建模能力提升的差異情形。基於本章第一節所述之研究背景與動機，本研究的研究目的與欲探討的問題說明如下：

目的 1：探討不同教學模式對學生酸鹼概念學習成效的影響。

- 1-1 三組學生教學前之酸鹼概念異同為何？
- 1-2 三組學生教學後之酸鹼概念異同為何？
- 1-3 三組學生延宕測後酸鹼概念異同為何？
- 1-4 三組學生教學前後酸鹼概念學習成效的異同為何？是否達顯著差異？

目的 2：探討不同教學模式對學生『酸鹼中和』心智模式的影響。

- 2-1 三組學生教學前之『酸鹼中和』心智模式類型為何？
- 2-2 三組學生教學後之『酸鹼中和』心智模式類型為何？
- 2-3 三組學生延宕測後『酸鹼中和』心智模式類型為何？
- 2-4 三組學生教學前後『酸鹼中和』心智模式的改變情形為何？

目的 3：探討不同教學模式對提升學生建模能力的影響。

3-1 三組學生教學前之酸鹼建模能力異同為何？

3-2 三組學生教學後之酸鹼建模能力異同為何？

3-3 三組學生延宕測後酸鹼建模能力異同為何？

3-4 三組學生教學前後酸鹼建模能力的異同為何？是否達顯著差異？

目的 4：探討不同教學模式下學生『酸鹼概念』和『建模能力』的相關性。

4-1 三組學生教學前『酸鹼概念』和『建模能力』的相關性為何？

4-2 三組學生教學後『酸鹼概念』和『建模能力』的相關性為何？

4-3 三組學生延宕測後『酸鹼概念』和『建模能力』的相關性為何？

4-1 三組學生教學前後『酸鹼概念』和『建模能力』相關性的異同為何？

## 第三節 名詞釋義

### 一、酸鹼概念

本研究之酸鹼概念係針對國民中學自然與生活科技課程，採用阿瑞尼斯 (Arrhenius)的電離說理論來定義。學習概念內容包括『酸鹼的定義與特性』、『酸鹼濃度與 pH 值』和『酸鹼中和與鹽類』，各概念之相關命題陳述請參照附錄一。

### 二、心智模式(mental model)

Vosniadou 與 Brewer (1992)認為，心智模式是爲了回答或解決問題，並藉以處理某種狀況所產生的一種動態結構。本研究中的心智模式是藉由教學前後學生在『酸鹼概念診斷測驗』的作答情形作爲連結，以推論學生在回答問題時所具有的認知特徵。

### 三、概念改變

學習本身是一種概念改變的過程，Vosniadou (1994)認為概念改變應該從豐富(enrichment)和修正(revision)兩方面來探討。本研究採用 Vosniadou (1994)的架構理

論，將學生概念(conception)所統整出的心智模式分為三大類，依初始模式(initial model)→綜合模式(synthetic model)→科學模式(scientific model)的演變情形作為概念改變的依據。

#### **四、建模教學組**

本研究之建模教學組是以 Halloun (1996)所提出之科學模型建模歷程為基礎，輔以邱美虹(2007)所提出的觀點所設計之教學組別。教師藉由模型選擇、模型建立、模型效化和模型應用的建模歷程，引導學生進行教學活動。

#### **五、建模合作組**

邱美虹(2008)指出，透過互動(interactive)和辯證( dialectic)的歷程，有助於學生在建模的歷程中發展其模型的有效性和調度性。本研究建模合作組的教學設計同樣運用建模歷程進行教學活動，過程中將學生分為六組進行教學，以學生為主體，由教師適時引導，讓學生能夠透過分組討論與發表主動建構科學模型。

#### **六、一般教學組**

本研究之一般教學組的教學活動由教師引導依一般教學學習單進行教學，教學內容與實驗組相同，包含實驗活動、影片和動畫。

#### **七、建模能力(modeling ability)**

本研究所定義之建模能力是將學生在『酸鹼建模能力分析試題』中各建模歷程的作答情形，依據『建模能力試題計分標準』判定，以量化的形式呈現學生的建模能力。

#### **八、模型選擇**

本研究所定義之模型選擇能力係指當學生面對酸鹼問題時，能先決定目標，根據個人經驗選擇模型來解決問題，屬於建模歷程的第一步。

#### **九、模型建立**

本研究所定義之模型建立能力係指學生能依第一步所選擇模型之相關成份

作歸納推理(Inductive Reasoning)，瞭解酸鹼水溶液中所含離子的概念，建立以阿瑞尼斯(Arrhenius)電離說理論為基礎的模型。

## 十、模型效化

本研究所定義之模型效化能力係指學生在建立阿瑞尼斯(Arrhenius)的酸鹼模型後，能利用實驗實際操作或以日常生活實例說明，以檢驗模型的正確性，藉以判斷是否須修正模型。

## 十一、模型應用

本研究所定義之模型應用能力係指學生在效化或修正酸鹼模型之後，能利用已效化的模型對相似情境的問題加以詮釋，求得問題的解答，藉此證實模型的適切性。

## 十二、模型調度

本研究所定義之模型調度能力係指當學生證實模型的適切性後，能試圖利用此模型自行設計實驗用以解決新情境的問題，將模型作適度的推論。

# 第四節 研究範圍與限制

茲將本研究的研究範圍與限制陳述如下：

- 一、本研究針對國民中學『酸鹼概念』設計教學活動，由研究者親自教學，所得的結果不宜過度類推至其他概念的學習與教學。
- 二、本研究所得之心智模式為研究者根據學生作答之概念連結所得，在類型上有其限制，研究結果並未涵蓋所有酸鹼心智模式。
- 三、本研究之研究對象為新北市某市立國民中學八年級學生，屬方便取樣，樣本並非隨機所得，故研究結果不宜過度推論至其他地區或不同年齡層學生。
- 四、本研究的建模教學活動為研究者自行設計，學生在新的教學情境下有可能產生霍桑效應進而影響實驗的外在效度。

## 第貳章 文獻探討

本章共分爲五節，針對與本研究相關的文獻進行探討與分析。第一節介紹關於概念改變的相關理論；第二節說明心智模式的意義；第三節描述模型與建模理論及其在教學上的運用；第四節論述合作學習的基本概念；第五節回顧國內外對於酸鹼概念的相關研究。

### 第一節 概念改變

在科學概念的學習中，概念的構成是最基本也最重要的課題。認知心理學家認爲，學習是學習者本身既有知識結構與生活經驗相互平衡的過程。學習者在建構知識的過程中，其所持有的概念往往會與新的概念進行交互作用，產生一連串難以預測的學習結果。因此，瞭解概念改變的機制，教學者方能提供適宜的教學環境，幫助學習者克服學習困難。

#### 一、概念改變的相關理論

在科學概念的認知上，學習者往往會因爲生活經驗或直覺的判斷而對一些現象建構出一套屬於自己的解釋觀點，例如孩童會以味覺來判斷物質的酸鹼性，認爲酸性物質有酸味，鹼性物質有鹹味(陳姍姍，1992)。自1970年代以來，科教領域開始致力於學生素樸概念與另有概念的研究，也因爲這方面的研究累積了相當多的文獻，因而促使概念改變相關理論的發展。許多科教學者經由研究，對概念改變的特質提出不同看法，例如Posner、Strike、Hewson與Gertzog (1982)提出的CCM模式；Chi (1992)的本體論；Thagard (1992)的概念革命；Vosniadou (1994)的架構理論與特定理論；Chiu (2007)所提出「以研究和教學爲基礎/導向的工作(Research And Instruction-Based/Oriented Work)」，簡稱『RAINBOW』的整合面向觀點。眾多的理論當中，主要在探討概念改變的機制與概念改變的難易，其相關內容如表2-1-1所示。以下就相關的概念改變理論予以探討與分析。

表 2-1-1 概念改變相關理論的特質

研究者	概念改變特質
Posner等人 (1982)	1.對舊概念不滿意 2.新概念是可理解 3.新概念是合理的 4.新概念是豐富的
Chi (1992, 1994)	本體分類論：本體類別內、跨本體類別的概念改變
Thagard (1992)	概念改變的九個階層： 1.增加新例子 2.增加弱原則 3.增加強原則 4.增加新的部份關係 5.增加新的種類關係 6.增加新概念 7.瓦解部份種類的階層 8.藉由分枝跳躍重組階層性 9.樹的轉變
Vosniadou (1994)	架構理論、特定理論：概念改變是藉由豐富(enrichment) 和修正(revision)逐步演進的過程
Chiu (2007)	概念改變的多重面向考量： 1.發展面向 2.本體論面向 3.認識論面向 4.情意面向 5.演化面向 6.教學面向

## 二、Posner 等人的 CCM 模式

Posner、Strike、Hewson 與 Gertzog (1982)以科學史哲的理論為基礎，認為要使學習者的概念發生改變，必須達到以下四個條件：

- 1.學習者對舊概念感到不滿意(dissatisfaction)：舊有的概念無法解釋面臨的問題。
- 2.新概念是可以理解的(intelligible)：新概念對於現象的解釋能使學習者瞭解。
- 3.新概念是貌似真實的(plausible)：新概念和學習者過去的經驗相符，可以合理解釋面臨的問題。
- 4.新概念是豐富的(fruitful)：新概念可以解釋更多問題，使用的範圍更廣。

因此，學習者在學習過程中，會經由同化(assimilation)處理一些訊息，當面

臨到難以解決的問題時，再透過調適(accommodation)的過程將概念重新組織(reorganization)而達到概念改變。

### 三、Thagard 的概念革命

Thagard (1992)在概念革命(Conceptual revolution)一書中，將概念改變的機制分為九個階層，如表2-1-2所示。在不同的階層中，知識架構的改變程度也不同，前三種只是信念的修正，較容易發生；第四到第七種是將概念增加、刪減和簡單的重組(既有關係的延伸)；而第八、九種的分枝跳躍(branch jumping)和樹的轉換(tree switching)牽涉到種類關係的變動或重新界定階層關係，在科學知識的發展中較不易發生。

表 2-1-2 Thagard概念改變的階層

階層	特質	範例
1.增加新例子	瑣碎的	如遠處的小斑點是鯨魚
2.增加弱原則	強弱視其實用性	如鯨魚可在北冰洋發現
3.增加強原則	強弱視其實用性 (實用性指解題和解釋)	如鯨魚吃沙丁魚
4.增加新的部份關係 (part relations)	分解	如鯨魚有脾臟
5.增加新的種類關係 (kind relations)	利用上階關係來結合兩個概念	如海豚是鯨魚的一種
6.增加新概念	有助於科學知識的發展	如電學與磁學合成電磁學
7.瓦解部份種類的階層	放棄原有的辨別方式	如牛頓放棄亞里斯多德的觀點
8.藉由分枝跳躍 (branch jumping) 重組階層性	從一階層樹的分枝轉移到另一分枝	如哥白尼認為地球應是行星之一而非自成一類的觀點(日心說)

Thagard也就科學發展史的演變提出範例，藉以說明其概念改變階層理論，例如：拉瓦錫以氧化論來取代燃素論，刪除了燃素概念，增加了氧氣概念，屬於分枝跳躍階層；而達爾文的演化論刪除上帝創造萬物的觀念，增加天擇概念，將人類視為動物之一並提出了物種分類的新方法，涉及分枝跳躍和樹的轉換。

另外，Thagard (1992)以一個認識改變(epistemic change)的理論架構來說明概念改變，如圖 2-1-1 所示。

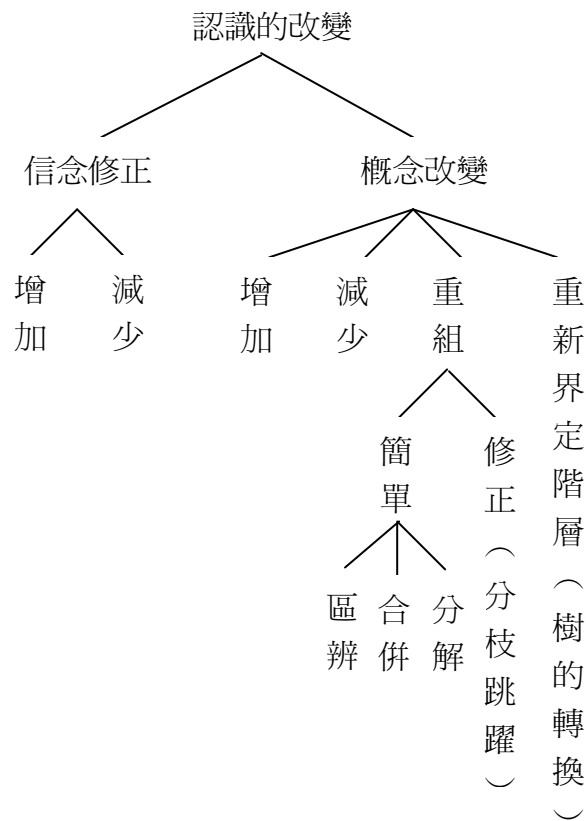


圖 2-1-1 知識改變分類方法論(Thagard, 1992)

Thagard認為信念修正包含增加(addition)或刪減(deletion)，而概念改變所必須的特質，則包含了增加、刪減、重組概念或重新定義階層的本質。簡單的概念重組包含區辨、合併與分解，而分枝跳躍的修正則不同，它包含在階層中移動概念和拒絕舊種類或部份關係，同時也增加新的關係。至於樹的轉變，必須重新界定階層，做類別階層性或部份階層性根本的改變。

#### 四、Chi 的本體分類論

Medin 與 Smith (1981)認為概念知識是依據分類而階層性的組織起來，新的概念學習是依據既有概念的相似性而被分類的，所以在概念階層的分類中，相同的類別應該享有共同的屬性(引自何佳燕，2002)。Chi 承襲了 Medin 與 Smith 的想法，從本體類別的觀點談論概念改變，將概念分為物質(matter)、過程(process)和心智狀態(mental state)三個類別(category)，如圖 2-1-2 所示(Chi, 1992; Chi, Slotta, & deLeeuw, 1994; Chi & Roscoe, 2002 )。

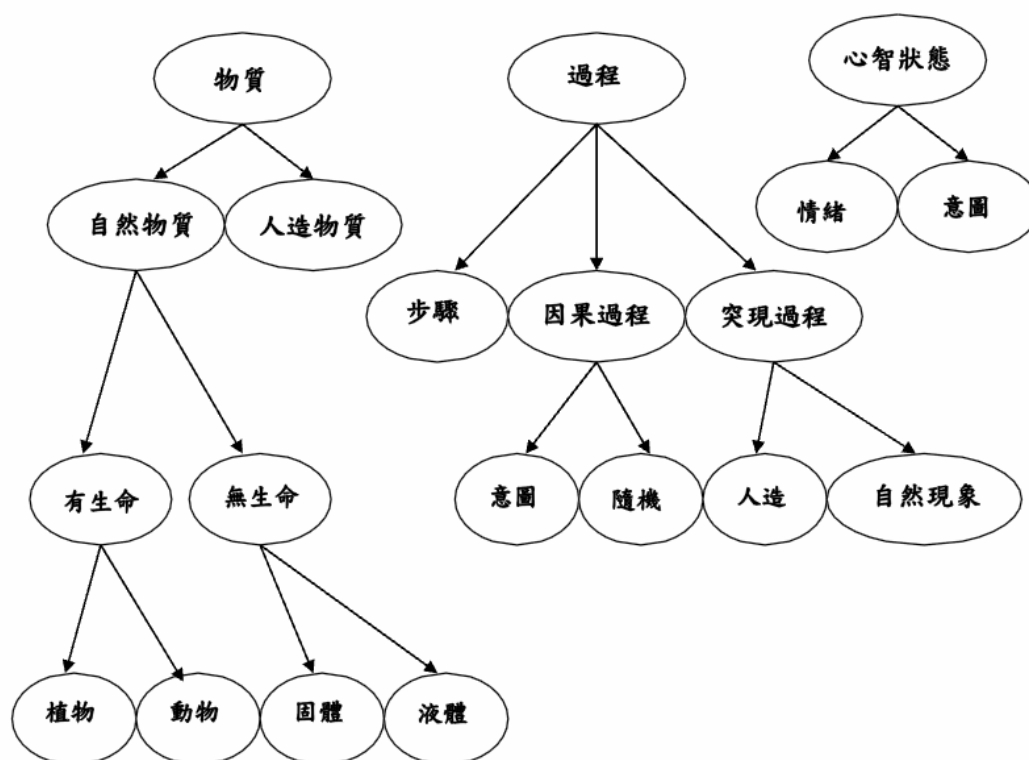


圖 2-1-2 Chi 本體樹的組織架構(引自邱顯博，2002)

所謂的「物質」，指的是含有特定屬性(attributes)的東西；「過程」指的是事件的發生可能具有序列性或因果關係，或是突現的現象；「心智狀態」則是指情意的部份，分為情緒和意圖兩個次類別。每個樹狀圖內的類別在本質上與另一個樹狀圖是不相同的，它們存在著不同的本體屬性。

Chi (1992)將概念改變的發生分為兩種形式：

- 1.本體類別內的概念改變(within ontological conceptual change)：概念改變發生在同一本體樹內次類別之間的轉換，只是樹狀的重組和重建，概念本身的意義並不變，屬於非根本的概念改變，較容易發生。例如：學習者將鯨魚為魚類的概念轉為哺乳類，只是『物質』類別內的轉變。
- 2.跨本體類別的概念改變(across ontological conceptual change)：概念改變從一棵本體樹遷移到另一棵本體樹，將概念原來所歸屬的類別移至另一個類別，屬於根本的概念改變，較不易發生。例如：學習者必須將熱的概念由『物質』類別轉移到『過程』類別才能獲得正確的科學知識。

Chi (2002, 2003)將因果過程改為直接過程(direct process)，非因果過程改為突現過程(emergent process)，其演變過程如表 2-1-3 所示。

表 2-1-3 直接過程與突現過程的演變過程

直接過程的演變	突現過程的演變
事件(event, 1992)	事件(event)的次類別(1992)
→因果過程(causal process, 2002)	→條件為主的交互作用(CBI, 1994)
→直接過程(direct process, 2003)	→突現過程(emergent process, 2002)

Chi (2005)的研究中，利用血液循環系統和擴散現象來解釋過程屬性中直接過程和突現過程的差異。研究結果顯示，循環系統的概念是屬於直接過程，其組成成分的行爲會直接影響呈現出來的型態；擴散現象的概念屬於突現過程，其組成成分是各自獨立的，最後的型態是所有成分聚集後呈現出來的結果。Chi 認為將概念從直接過程轉變為突現過程雖然屬於同一類別內的概念改變，但許多學生

普遍缺乏突現過程的觀念，因此從直接過程轉變為突現過程仍然歸屬於困難或較為根本的概念改變。直接和突現兩種次類別，其本體屬性如表 2-1-4 所示。

表 2-1-4 直接過程和突現過程的本體屬性(修改自 Chi, 2005)

	直接過程	突現過程
成分的交互影響	有區別的	一致的
	強制的	沒有強制(隨機的)
	連續的	同時發生的
	相依的	獨立的
	有終止的	連續不斷的
成分－型態的關係	小組(分類)	所有的成分(成分的聚集)
	直接的	不直接的
	一致的	分離的
	不同地位	相同地位
	總體的目標或意圖	局部的目標或沒有意圖

Chi (2008)再次修正了三個本體類別為實體(entity)、過程(process)和心智狀態(mental state)的架構(如圖 2-1-3)。「實體」泛指可被控制，佔有空間、具有重量的東西，次類別分為具體物體和物質；「過程」指的是事件隨時間發生，次類別分為直接和突現；而「心智狀態」為情意的部分，包括情緒和意圖。由此可見，Chi 對於概念改變的觀點隨著研究結果不斷地進行修正，使其理論能更臻完善。

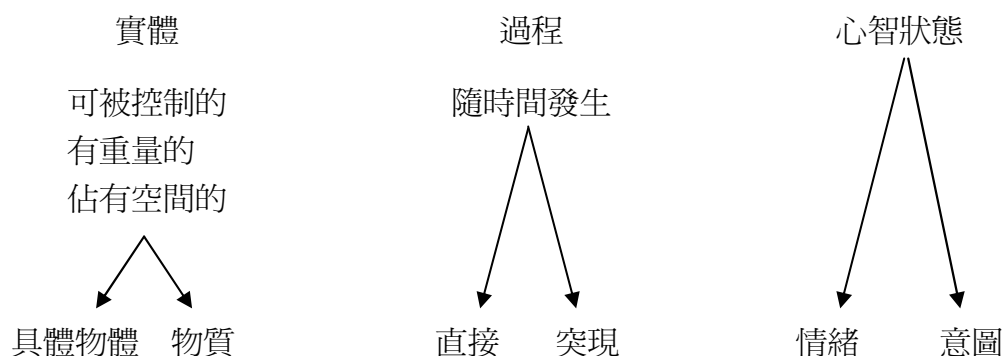


圖 2-1-3 本體樹內階層的分類(修改自 Chi, 2008)

## 五、Vosniadou 的架構理論

diSessa (1993)認為兒童的知識結構是由許多現象原詞 p-prims (phenomenal primitives)的小單元所組成，而這些小單元都是個體抽象化自身的經驗所獲得。diSessa 表示 p-prims 是某種最早的基模，特別的 p-prims 會引起迷思概念。兒童的直覺知識是零碎的(fragmented)、片段的(knowledge in pieces)，缺乏一致性和連貫性的理論。要達到概念改變，便要將 p-prims 的功能改變，終止自我解釋，再與複雜的知識結構連結。

Vosniadou (1994)對此不表示贊同，她認為概念並非由許多相似性的片段知識連結所成，而是在幼年時期便建立出一個素樸架構(naïve framework)，主要是源自於早期的生活經驗所致，可分為本體論(ontological)和認識論(epistemological)兩種預設(presupposition)。素樸架構中的預設會限制孩童正確概念的發展，孩童在學齡前因為日常生活經驗的累積，對於一些現象已經存有基本的認知，這些根深蒂固的觀念有時難以改變，致使往後對於正確概念的學習受到阻礙。而個體經由觀察或文化脈絡的影響下所衍生的概念，會形成特定理論(specific theory) (如圖 2-1-4)。架構理論和特定理論使個體產生個人信念(belief)，在問題解決情境時可提供心智模式的產生，並成為特定表徵的基礎(邱美虹、林靜雯，2002)。

Vosniadou (1994)認為概念改變是藉由豐富(enrichment)和修正(revision)逐步演進的過程。所謂的豐富是增加資訊到既有的概念架構中；修正是個體對信念或預設的改變，當個體試著同化和自己預設矛盾的科學概念時，易產生迷思概念。因此，對於概念的修正，Vosniadou認為是預設難以改變，不是迷思概念本身。學生無法自我察覺到預設和信念的假設限制著他們的學習，是因為他們傾向於將它視為物理世界運作的方式而非預設(Vosniadou & Ioannides, 1998)。

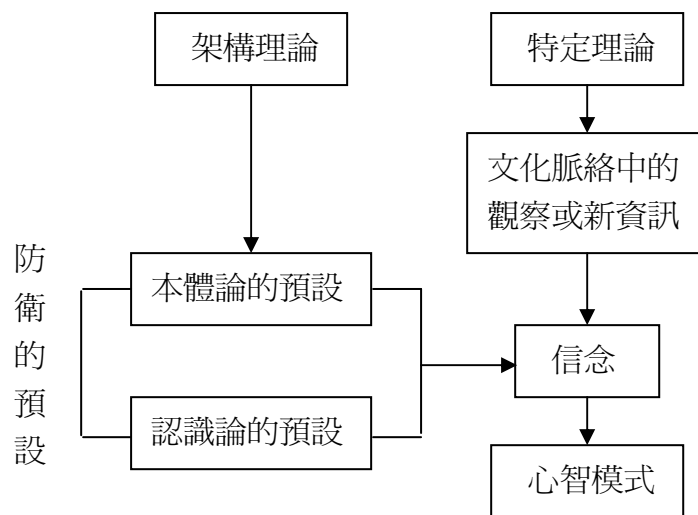


圖 2-1-4 Vosniadou (1994)的概念改變架構理論

## 六、Chiu 的多重向度觀點

國外學者中，Duit 與 Treagust (2003)曾對概念改變過程提出多重觀點的架構，他們主要是以認識論、本體論和社會/情感三個面向來瞭解概念改變的本質。在認識論的觀點中，以 Posner、Strike、Hewson 與 Gertzog (1982)的 CCM 模式和 Vosniadou 與 Ioannides (1998)強調的後設認知學習來論述；在本體論的觀點中，以 Chi 等人 (1992, 1994)本體類別轉變和 Vosniadou (1994)架構理論中本體預設的修正來說明；而社會/情感面向則引述 Pintrich、Marx 與 Boyle (1993)所提，概念改變的發生不僅需要合理性(Rationality)，也要有動機(Motivation)，必須將學習環境和學習者個人特質的因素同時加以考慮。

在國內學者的研究當中，Chiu (2007)對概念改變提出「以研究和教學為基礎/導向的工作(Research And Instruction-Based/Oriented Work)，簡稱『RAINBOW』的整合面向觀點，其架構如圖 2-1-5 所示。Chiu 與 Lin (2008)認為概念改變可以從六個面向(approach)來作考量，其相關內容如下：

- 1.發展面向(Developmental approach):以 Toulmin (1972)的概念生態觀點解釋概念的發展是漸進的，此觀點能夠解釋為何長久以來某些概念依然存在，與 Kuhn 的概念革命觀點相左。

- 2.本體論面向(Ontological approach)：採用 Chi 等人的不相容理論，認為概念改變是概念的轉移跨越本體界線的過程，必須學習者能完全瞭解概念所屬的不同本體類別。
- 3.認識論面向(Epistemological approach)：此面向的闡述包含兩個主要理論，一個是 Posner、Strike、Hewson 與 Gertzog (1982)的 CCM 理論；另一個是 Vosniadou (2002)的架構理論，更討論了關於學生後設認知的概念學習。
- 4.情意面向(Affective/Social approach)：學習不能只考慮合理性和認知的因素(Strike & Posner, 1992 ; Pintrich, Marx, & Boyle, 1993 ; Pintrich & Sinatra, 2003)。必須同時將自我效能、教室中的社會情境、意向、期待和動機納入影響概念學習的因素。
- 5.演化面向(Evolutional approach)：此面向採用許多科學學習上的演化理論，應用了生物分類學的觀點，將概念的演變以演化樹的圖形來表徵呈現(Lin & Chiu, 2007a)，藉此研究學生的概念發展路徑和學習困難之處。
- 6.教學面向(Instructional approach)：引進 Meheut (2004)所提出的教學序列(TLS)教學法為基礎來討論教學面向。TLS 是一種利用漸進的方式，步驟式地將學生和科學概念之間搭起橋樑，幫助學生學習。也提及其它的教學方式，包括建模活動(modeling activities)和 POEC (Prediction-Observation-Explanation-Comparison)。



圖 2-1-5 RAINBOW 的理論架構(Chiu, 2007)

爲了瞭解學習者如何方能達到較佳的科學學習，Chiu 認爲需要從多重面向的觀點來探討。因此，她將此六種面向整合起來提出 RAINBOW 理論，因應不同的研究目的，以整合面向(approach with integration)的觀點，將各個面向做不同的組合來進行教學設計，藉以幫助學習者進行概念發展與概念改變。

## 七、概念改變對本研究的啓發

在科學學習的過程中，學習者難免會因爲個人認知或外在因素的影響而產生另有概念。綜合以上文獻，各學者所提之概念改變理論各有其特質，觀點雖有所差異，但對於教育研究而言，實則提供了更多面向的觀點作爲教學設計的參考，能幫助教學者發展出更具完整性的概念改變教學活動，以有助於學習者學習正確的科學概念。

本研究的研究工具中設計一份『酸鹼概念診斷測驗』，目的在探討三種不同教學模式下，學生的後測和延宕測與前測比較的概念改變情形。對於研究資料的分析，研究者擬以Vosniadou的架構理論探討學生酸鹼概念的概念改變情形，從中瞭解學生日常生活中對酸鹼概念的預設或教學脈絡中所得資訊對其概念學習的影響。

## 第二節 心智模式

人的心中存有一些內在模式並用以處理所面臨的問題，此種內在模式，研究者將其通稱爲『心智模式(mental model)』。心智模式具有獨特性與不可共量性，是個體在認知過程中所產生的心像元素，是一種有別於他人的個人模式。心智模式的相關研究，在近年來的科教領域中，相當普遍與活絡，而許多科教學者對於心智模式的看法，其詮釋觀點也存有一些差異。

### 一、心智模式的定義與特性

有關心智模式的陳述，Kenneth Craik 於1943年主張人類會自動轉譯外來的事件成爲內在的模式，並藉由操弄這些符號表徵來進行推理、產生行動，或覺察到

這些符號和外在世界的一致性(引自邱美虹、林靜雯，2002)。

Norman (1983)則認為心智模式是個人與事物互動後所產生的內在表徵，具有五種不同特性：

- 1.不完整的(incomplete)：心智模式通常是人類在處理某些資訊時所產生，適合於當時的情境或內在知識，此種表徵具有不完整性。
- 2.不穩定的(unstable)：心智模式是一種不穩定的動態知識結構，當一段時間未曾使用，容易因此而遺忘其產生的過程。
- 3.沒有完整定義限制的(no well defined limits)：心智模式在操作的過程中，並沒有完整的定義限制，因此，在一些類似情境的運作會產生混淆。
- 4.不科學的(unscientific)：心智模式所呈現的表徵，是個體對外在物理世界的理解而產生的信念，然而此信念通常不符合科學的概念。
- 5.省力的(parsimonious)：人類會使用最少的心智複雜度，快速地運作心智模式以減輕額外的操作負擔。

Norman 認為心智模式可以反應出個體對外在物理世界的理解與信念，並以之解釋和預測外在物理系統。心智模式可以不斷地修正與精緻化，逐漸達到具一致性的心智模式系統。

Johnson-Laird (1989)認為心智模式代表著事物的狀態，扮演著直接表徵或類比的角色，其結構反應了世上事物的相關狀態。Johnson-Laird (1994)的研究進一步指出，心智模式可經由知覺、想像或是對話語的理解所形成的概念作用而建立；模式中可能包含視覺圖像、聲覺訊息，也可以是抽象的符號或無法視覺化的表徵情境所組成，其關係如圖2-2-1所示。由此可知，心智模式內含許多階層性連結而成的單元概念，是由許多概念所組成的複合體。

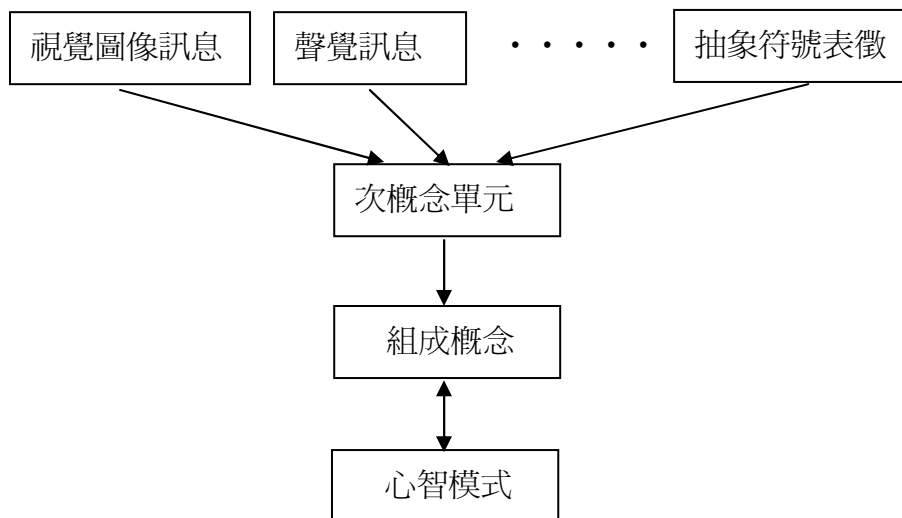


圖 2-2-1 Johnson-Laird (1994)概念與心智模式關係圖

關於心智模式中的概念是否能形成融貫且一致的知識系統，許多學者持有不同的看法。以Carey (1985)的觀點而言，她認為兒童種種的素樸概念已經組成了系統性、一貫性的知識系統(引自陳婉茹, 2004)。而diSessa (1993)所提出的 p-prims 概念，則認為孩童對物理世界的直覺概念是零碎的，並沒有被整合成系統化知識，缺乏一致性。Vosniadou (1994)對於心智模式的研究中提出和diSessa不同的看法，認為迷思概念的形成並非缺乏融貫性，而是孩童想主動建構出心智連貫性(coherent)的結果，概念改變是一種藉由豐富和修正轉化心智模式的漸進歷程。

Chi 與 Roscoe (2002)認為心智模式是一組鑲嵌在某一結構中相互關聯概念的表徵。Chi對於心智模式是否具融貫性採較為中立的看法，她在針對血液循環的研究中，將心智模式分為『非融貫性心智模式(incoherent mental model)』與『融貫性心智模式(coherent mental model)』。其中融貫性心智模式又細分為『瑕疵心智模式(flawed mental model)』和『正確心智模式(correct mental model)』。由此可知，學生心智模式中對於概念的命題可能是正確的，但概念之中會因為含有不正確但自己卻未知覺的錯誤連結，因而產生瑕疵心智模式。

## 二、Vosniadou 心智模式的研究

Vosniadou 與 Brewer (1992)認為心智模式是爲了回答、解決問題或是處理某種狀況所產生的一種動態結構，源自於概念結構，並受其限制。Vosniadou 與 Brewer 針對60名小一、小三和小五(各20名)的學生，進行關於地球形狀概念的訪談。從資料中分析出孩童具有六種心智模式，包括方形模式、圓盤形模式、雙地球模式、中空模式、扁形模式和球形模式(如圖2-2-2所示)。

六種模式又區分爲三大類，初始模式(Initial Models)、綜合模式(Synthetic Models)和科學模式(Scientific Models)。分述如下：

- 1.初始模式：基於日常生活經驗所產生的模式，不受文化背景或科學模式影響。因爲平常所看見的地球是平面的，所以衍生出方形模式(A)和圓盤形模式(B)。
- 2.綜合模式：初始模式在文化脈絡下相互作用所結合而成的模式。在雙地球模式(C)中，學生增加科學資訊進入既存概念架構，不需改變信念和預設；中空模式(D)中，接受地球是球形的，但依然受到重力概念的限制，無法理解爲何在地球外的人和物體不會往下掉，爲了解決這問題，認爲人住在地球內部的平坦地面；扁圓形模式(E)中，修正了重力的預設，但依然相信人走在平坦的地面。
- 3.科學模式：與科學觀點一致的模式。地球是球形的，球形地球模式(F)便是科學中的正確概念。

Vosniadou (1994)進一步針對地球形狀、日夜循環的概念進行研究，發現不同年齡層兒童擁有的心智模式有所差異。學齡前兒童擁有的初始心智模式種類較少，透過教學後的兒童產生的綜合心智模式種類較多。Vosniadou 將兒童的概念架構區分爲素樸架構理論(naïve framework theory)和特定理論(specific theory)。素樸理論是源自於日常生活經驗，分爲本體論和認識論兩種預設；特定理論則是藉由觀察或文化脈絡的影響所形成。兩者使個體構成自我信念(belief)，進而形成心智模式，其架構如前一節圖 2-1-4 所示。另外，Vosniadou (2002)對於力學的研究中指出，孩童關於科學學習的過程是緩慢地將科學知識增加到既有的知識架構中，

過程中可能會打破架構的一致性，最後再重新架構出與現今科學知識一致的心智模式。

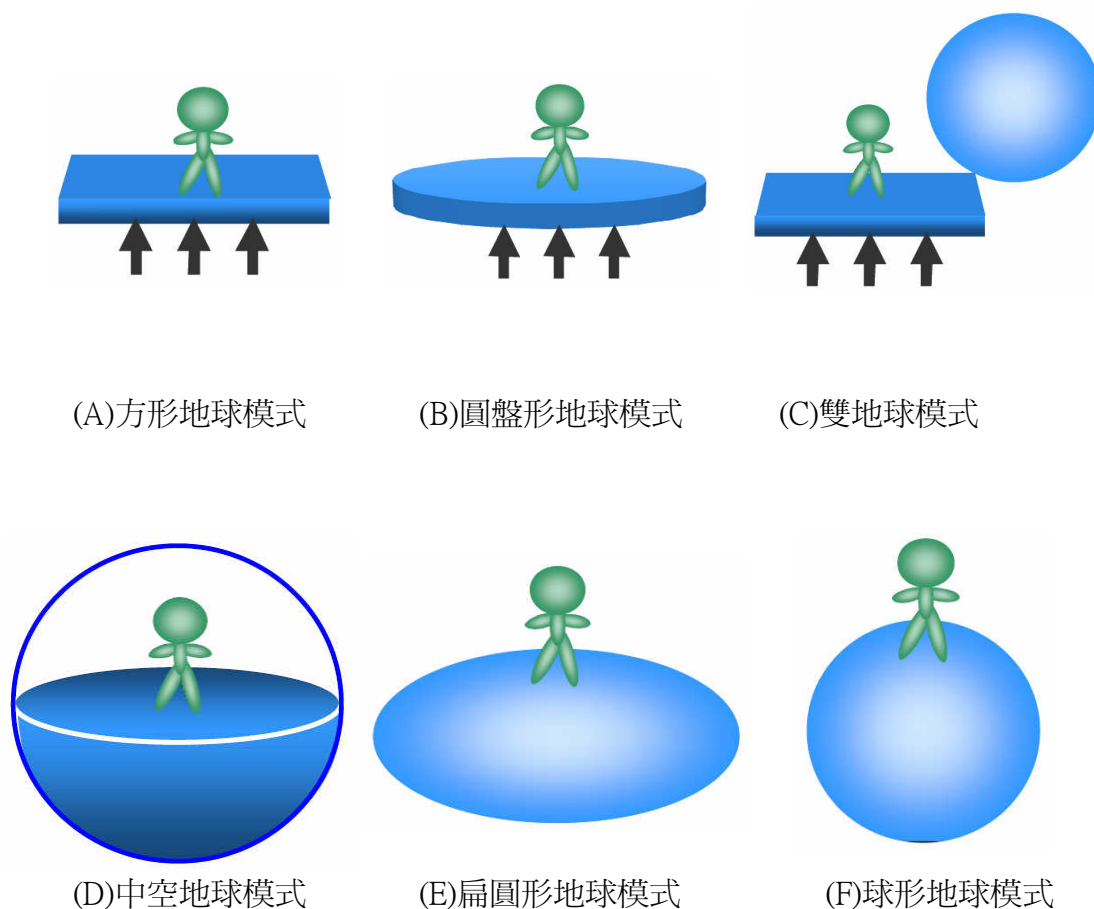


圖 2-2-2 地球形狀的心智模式(Vosniadou, 1992)

Vosniadou 認為心智模式是一種特殊的心智表徵，是個體在認知過程中所產生的類比表徵，可以保存所表徵事物的結構。心智模式也是一種動態表徵，可以經由心智處理來提供現象的因果解釋，且能對自然世界中事件的狀態作預測。大部分的心智模式是在處理特別的問題解決情況下所創造的，個體在認知活動中產生或取回心智模式，便是將新資訊融入原本的知識基礎。因此，學生在概念改變的過程中，容易因為特定因素而引發迷思概念，產生許許多多不同的綜合心智模式，這方面值得教學者從各角度作探討與分析，以提升學生的學習成效。

### 三、心智模式對本研究的啟發

綜觀上述學者對心智模式的陳述與研究，多數學者認為，心智模式是一種動態結構的內在表徵。瞭解學生心智模式的發展對概念改變的研究十分重要。就教學取向而言，心智模式是命題表徵的集合，它包含一連串的命題和相互關係的連結。透過對心智模式的統整與分類，可以幫助教學者瞭解學生對概念的認知特徵與思考型態，再從中尋求方法進行概念改變，使學生能獲得正確的科學模式。

研究者在本研究的研究工具『酸鹼概念診斷試題』中，對於酸鹼中和概念部分，從中選取相關試題，將各試題的選項作連結，以推論出學生在回答問題時所具有的認知特徵，再進一步歸納出其酸鹼中和概念的心智模式。分析學生在三種不同教學模式下，前測、後測和延宕測的心智模式轉變情形。依Vosniadou對心智模式的分析，探討學生透過不同教學後從初始模式轉變為綜合模式和科學模式的情形。

## 第三節 模型與建模

建構主義的學習觀點強調學生為知識建構的主體，學習過程中必須主動探索，澄清概念，方能達到有意義學習的目的。對於科學教育而言，模型(model)與建模(modeling)是科學發展的元素，也是科學學習中不可缺少的認知與能力(邱美虹，2008)。因此，科學學習的過程，也是學習建構模型的歷程，學生若能確實瞭解模型的本質與意義，並培養建構模型的能力，將有助於科學概念的理解與問題解決能力的提升。

### 一、模型的定義、本質與類型

在科學發展的過程中，模型的建立與試驗扮演了相當重要的角色，關於『模型』，通常學生會直覺式地認為它只是一個實體或人工複製品。然而，科學家對於模型的使用，更加考慮了圖像、符號、現象和抽象概念的表徵。根據Gilbert、Boulter 與 Elmer (2000)的觀點，認為模型通常被視為是一個物件、現象、過程、

想法和系統的表徵。因此，模型的存在是藉由建模者對目標物(target)的解釋和建立模型的目的。在實務面上，模型時常被視為橋樑(bridge)或介質(mediator)，因為它扮演著連接或轉換理論與現象的角色(Koponen, 2007; Morrison & Morgan, 1999; Rotbain et al., 2006；引自 Oh & Oh, 2011)。因此，模型連結了理論和現象，可幫助我們從數據發展理論且將理論轉換到自然世界。

科學模型會以不同的方式呈現，許多學者嘗試利用一些原則作為分類，來幫助我們對模型的瞭解。Gilbert等人 (2000)根據模型的本體地位來區分模型，並針對每一種模型的特點說明與解釋(引自邱美虹、劉俊庚，2008)。

- 1.心智模式(mental model)：心智模式是私人且個人化的認知表徵，它是由個人所形成。
- 2.表達模型(expressed model)：為了使個人的心智模式能夠與他人溝通，在與他人的互動過程中，透過模型予以表徵和使用，此即為表達模型。
- 3.共識模型(consensus model)：不同的群體經由討論與實驗之後，均同意表達模型是有用的，原有的表達模型即成為一個共識模型。
- 4.歷史模型(historical model)：這些共識模型是在特殊的歷史情境下產生，隨後可能會被取代。若是模型發生取代的過程，則被取代的模型可稱為歷史模型。
- 5.課程模型(curricular model)：若是將歷史或是科學模型予以簡化，包含入正式課程中，即為課程模型。
- 6.教學模型(teaching model)：通常共識、歷史和課程模型的產生非常困難，可藉由教師或學生來發展以促進這些歷程，稱為教學模型。
- 7.混合模型(hybrid model)：藉由合併每個不同模型的特徵，而用於課程與課堂的教學，使它成為具一致性的整體。
- 8.教育學模型(model of pedagogy)：教師考量科學的本質、科學教學的本質、和科學學習的本質，在教學活動中所使用的模型。

Buckley 與 Boulter (2000)則是依據表徵的方式，將模型區分為：

- 1.具體的(concrete)：三度空間的實體模型。

- 2.言語的(verbal)：是指被聽到、讀到或是描述的、解釋的、陳述的、辯論的、類比的和隱喻的模型。
- 3.視覺的(visual)：是指被看到的模型，例如圖表、動畫、模擬、影像。
- 4.數學的(mathematical)：是指公式、方程式或是一些模擬。
- 5.動作的(gestural)：身體或部分身體的移動。例如：角色扮演。
- 6.混合的(mixed)：將上述模型混合使用的模型。

Harrison 與 Treagust (2000)文獻分析後將類比模型分爲四大類型：科學和教學模型(Scientific and teaching models)、建立概念知識的教學類比模型(Pedagogical analogical model that build conceptual knowledge)、描述多重概念和過程的模型(Model depicting multiple concepts and/or processes)、實體、理論和過程的個人化模型(Personal models of reality, theories and process)。接著又從中細分出十種次類型，茲將各模型的描述整理如表2-3-1。

表 2-3-1 Harrison 與 Treagust (2000)的類比模型分類

類型	次類型	描述
科學和教學模型	1.尺度模型 (scale models)	尺度模型反映外在的比例，但很少展現出內在的結構、功能和使用。
	2.教育的類比模型 (pedagogical Analogical Models)	所有在教學和學習所使用到的都稱爲類比模型，包括尺度模型。
建立概念知識的教學類比模型	3.圖像與符號模型 (iconic and symbolic models)	化學反應式中的化學式和方程式即爲符號模型的表徵。
	4.數學模型 (mathematical modes)	數學公式和圖表可以用來表徵物理性質與過程，因爲它可以精緻描述概念間的關係。
	5.理論的模型 (theoretical models)	理論模型是由人類所建構用來合理地描述理論實體。
描述多重概念和過程的模型	6.地圖、圖表和表格 (map, diagrams and tables)	這些模型表徵型態、路徑與關係，使學生容易透過視覺化來瞭解。

實體、理論和過程的 個人化模型	7.概念－過程模型 (concept-process models)	許多科學概念屬於『過程』而非『物體』，教師使用模型有助於學生瞭解過程。
	8.模擬 (simulations)	模擬是多重動態模型的獨特類別，模擬模型是複雜的過程。
	9.心智模式 (mental models)	心智模式是一種特殊的心智表徵，是個人認知過程中所產生的類比表徵。
	10.綜合模型 (synthetic models)	綜合模型是學生的直覺模型與教師所教的科學模型交互作用所形成的模型。

在國內的研究方面，陳瑞麟(2004)認為模型可分為『理論模型』與『可落實模型』。理論模型是一個較高層次的架構，可落實模型則是一個較低層次可接近具體的小架構，理論模型必須藉由可落實模型的實行才能達成。陳瑞麟由科學哲學的觀點依科學模型的存有狀態，將科學模型分類如下(表2-3-2)。

表 2-3-2 模型的分類 (修改自陳瑞麟，2004)

模型類型	實例	存有狀態	特別的模映關係	被模映事物實例
實物模型	模型玩具	三度空間的實體物	再現、模倣與類比	建築物、汽車
圖像模型	原子結構、DNA的心中形像	二度空間的圖案或心像	再現、類比	原子、DNA、各種人造物體
概念模型	概念系統、動物行為、社會學理論	概念	解釋、類比	人類或生物的行為、社會
數學模型	運動定律、供需定律	數學存目	量化模擬	物體運動、自然現象、經濟現象
邏輯模型	兩集合間一般性的關係結構	集合論存目	函應或函射	各種關係性的對象系統
電腦模型	螢幕模擬駕駛、飛行	程式	模擬	飛行、駕駛、天氣種種動態事物

綜合上述，各學者依不同觀點對模型所做的分類雖有所差異，然而這些模型的表徵有其共通性。模型的來源(source)通常並非直接相對應於目標(target)，形成時必須透過部分性質的轉換，在目標與來源之間尋找相似度可被接受或被理解程度，此即模型性質轉移的程度(邱美虹，2008)。模型的定義在特定領域(科學領域)和普適領域(生活經驗)屬於兩種截然不同的觀點，大部分學生無法察覺關於模型的抽象功能，而將模型視為複製品或事物。事實上，科學模型更具有描述和預測未知事物結構和過程的功能。因此，若能增進學生對模型的認識，瞭解模型與對應物之間的轉換關係，將有助於科學概念的理解。另一方面，教師也必須先對科學模型的本質與功能有所瞭解，方能在教學過程中協助學生建立、發展與修正模型，將學生的日常生活模型轉換為科學模型，以達到有意義的科學學習。

## 二、建模與建模能力

科學知識的發展過程中會形成許多理論，若將科學理論視為模型，那麼科學的學習即為建構模型的歷程。在科學上，建模的目的是描述、解釋和預測自然世界的特定觀點(Halloun, 2004)，使內外(mentally and externally)能模擬所關注的現象，藉以解決面臨的問題。科學的模型和建模不僅僅是傳達模型的知識內容(model content-oriented)，更應強調模型的思考和產出(model-thinking- and model-production-oriented)，如此可幫助學生利用模型來解釋現象以及創造他們自己的模型(Henze et al., 2007)，模型思考上應重視模型的功能和推論；而模型的產出則關係到模型的重建。邱美虹和劉俊庚(2008)認為建模即是產出模型的過程，建模是一種動態的歷程，企圖去協助學生瞭解知識是人們所建構，具有促進科學理解的潛能。

關於建模，Hestenes (1995)曾提出『一般性建模歷程』的模型(如圖 2-3-1)，認為建模歷程是一個反覆循環的過程。首先，必須辨認和描述每個物理系統的組成物和個別現象，接著(或同時)定義建模的目的和效化預期的結果。藉由這些步驟在情境中選擇適當的理論，合適的模型即被選擇和建立，接下來便是分析模型和

持續效化模型，最後推論出適當的結論(Halloun, 1996)。

Halloun (1996)以 Hestenes 的理論為基礎，在教學上提出解決典範性問題(Paradigm Problems)的建模歷程，包含五個步驟：模型選擇(selection)、模型建立(construction)、模型效化(validity)、模型分析(analysis)和模型調度(deployment)。茲將各歷程的內容分述如下：

- 1.模型選擇：要解決教科書中的問題時常牽涉到基本模型(basic models)和突現模型(emergent models)所組成的特殊基本模型(specific basic models)。因此，建模的歷程應該先從所有特定理論中熟悉的模型選擇出適當模型。
- 2.模型建立：此階段，引導學生建構出數學模型(mathematic model)以幫助他們解決問題，建立每一個組成模型的組成和結構。有些問題需要藉由描述性模型(descriptive models)，有些問題需要解釋性模型(explanatory models)，最佳的典範問題必須同時包含描述性和解釋性的綜合模型。
- 3.模型效化：此階段有時可與模型建構同時一起進行，特別是關於內部一致性。效化包括許多不同形式的評估，提供學生機會去執行一個科學教育的主要目標－批判思考(critical thinking)。
- 4.模型分析：模型分析在於解決課本上數學模型(mathematic model)的問題，尋求問題的答案，並且解釋(interpreting)和校準(justifying)答案。
- 5.模型調度：此階段可幫助學生發展學習遷移，包括：使用已知模型來描述、解釋和預測新的物理情況；推論模型中其他事物的關聯性；推斷目前模型以建立出一個新模型。模型調度也包括反思活動，學生可以藉此新的建模經驗檢視與精緻化他們學得的知識。

Halloun (2007)進一步指出，建模教學是以學生為中心，讓個別的學生有足夠的機會建立(construction)與調度(deployment)模型以發展概念。學生在五步驟建模學習環的學習過程中，經由教師的引導和調停，能更有效提升學習成就，特別是應用在高中和大學的物理課程。

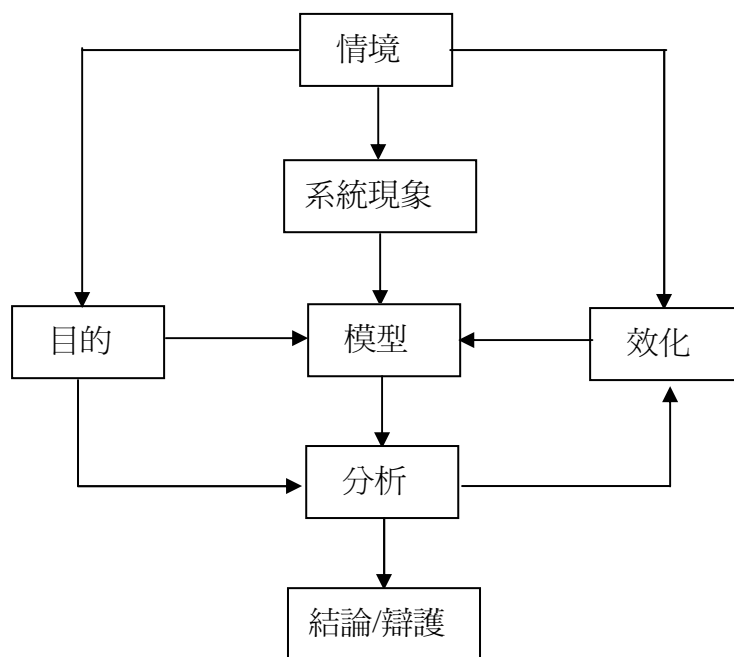


圖 2-3-1 Hestenes(1995)的一般性建模歷程(修改自 Halloun, 1996)

張志康與邱美虹(2009)整理研究各學者對建模歷程的分類分式，基於『科學與建模實務』的考量，以Halloun (1996)的建模歷程為基礎，輔以循環作用的觀點，將建模的歷程分為六個階段。包括模型選擇、模型建立、模型效化、模型應用、模型調度和模型重建 (reconstruction)。前五項是以Halloun的架構為主，第六項是來自邱美虹(2007)。其內容說明如下：

- 1.模型選擇：當學生面對某一特定的問題時，會自動從腦袋中選出能解決該問題的模型；意即學生從自己熟悉的模型中，選擇一個合適的模型來解決問題 (Halloun, 1996)。在這個階段中，必須透過選擇的方式澄清問題的導向或是分析問題的源頭。
- 2.模型建立：在覺察問題之後，接著確認第一階段所選擇模型相關的成分和結構，產生科學假設，以表徵具體的模型。此階段必須建立個人解題的初步模型，藉以解決眼前的問題。
- 3.模型效化：建立初步模型後，便可使用各種不同的方式檢驗初步模型的內在一致性，以判斷是否須修正模型。

- 4.模型應用：利用以效化的模型求得問題解決的答案，並對相似的情境問題加以詮釋，以證實答案的適切性。
- 5.模型調度：當個人運用的模型具有適切性，並可利用此模型來描述、解釋和預測新的情境，藉以評估此模型適用的廣度。
- 6.模型重建：邱美虹(2007)認為模型重建是個體擴大或精緻其模型解釋力時，相當重要的一個元素，唯有模型重建，透過修正、強化、或延伸其結構或功能，才能使建模變成持續循環作用的一套思考歷程及漸趨科學化(引自張志康、邱美虹，2009，p.323)。

爲了促進建模教學的發展，Justi 與 Gilbert (2002)以Clement (1989)的架構爲基礎，發展出一個建模模型的架構(model of modeling framework)，如圖2-3-2所示。他們認爲所有的建模必須基於其目的，對於所描述的現象去建立其組成，並從已有的資源或經驗來形成心智模式、修正心智模式或是重新形成新的模式(邱美虹和劉俊庚，2008)。

在學習的過程中，爲了理解與應用模型，發展建模能力是很重要的。關於建模能力的發展，Grosslight 等人(1991)訪談了 33 位七年級學生，22 位十一年級學生和 4 位專家關於模型的相關問題，包括模型的種類、模型的目的、設計和創造模型、改變模型和多重模型。研究結果顯示，學生和專家對模型的想法存在許多差異，學生普遍存在著素樸的實在認識論(naïve realist epistemology)，認爲模型是真實物體的複製；專家則表現出架構的一致性，能瞭解抽象與物理模型的區別與模型可使用來建構和試驗想法。最後，Grosslight 等人由學生對模型所反映出的不同認識論觀點與在科學上的使用來判斷他們的建模能力，將建模能力分爲三個層次的理解。

層次一：模型被視爲真實世界中的玩具或簡單的複製品，可以提供對實際物體或動作的複製以幫助瞭解。

層次二：瞭解模型的建構是基於特定、明確的目的，建模者必須知覺如何達到此目的。模型不再只是對應到真實世界的事物，可以透過強調或簡化表示

出特定觀點。

層次三：包含三個重要因素：第一，模型的建構是爲了發展與試驗想法而非只是真實世界的複製；第二，建模者扮演主動的角色建構模型並且評估有幾種方式可以達到模型的目的；第三，模型可以被運用和支配來試驗它對想法的效用。

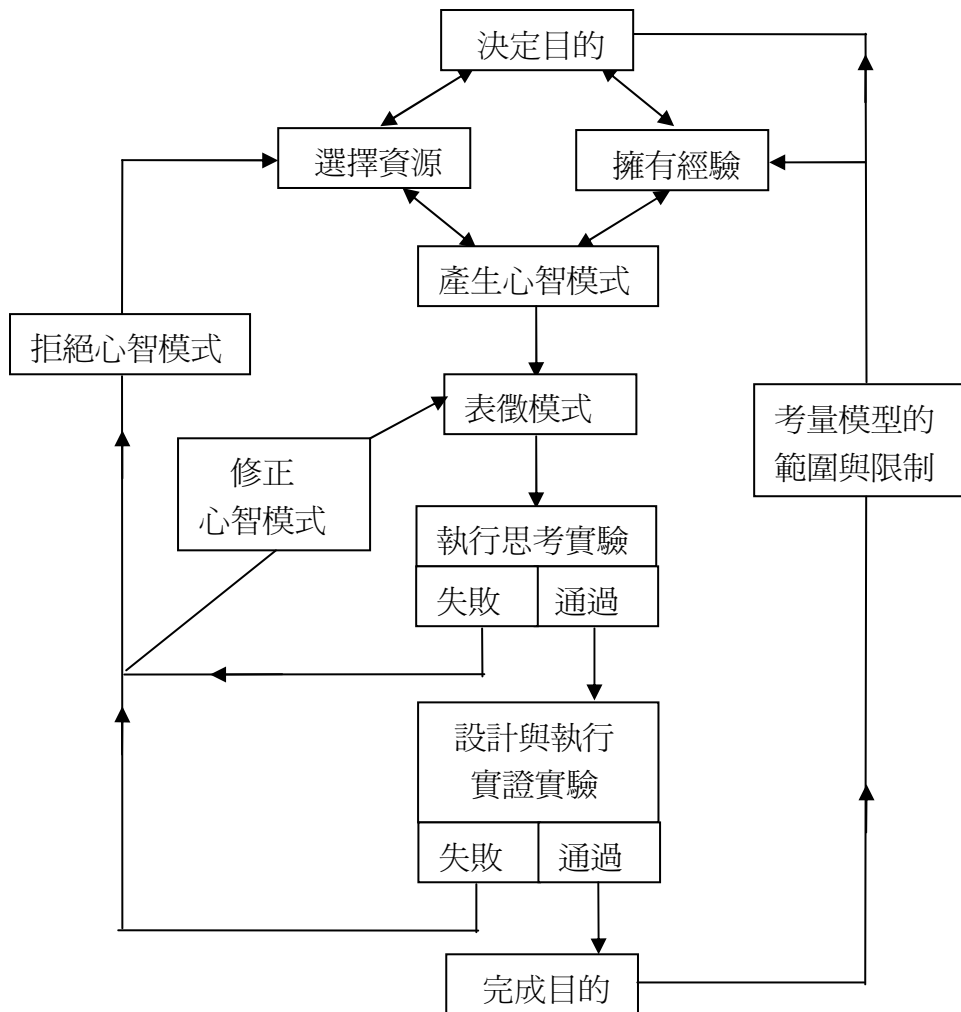


圖 2-3-2 建模模型的架構 (Justi & Gilbert, 2002；引自邱美虹、劉俊庚，2008)

Grosslight 等人的研究認爲個體對模型的想法不同，便表示不同的建模能力。另外，Saari 與 Viiri (2003)對 31 名 13 歲學生的研究設計中也發現，學校科學模型和學生日常生活對模型的觀點有所差異，學生普遍認爲模型只是一個物件或行爲，模型的目的是複製，而科學模型的目的是表徵一個目標，並且協助來予以概

念化，模型能夠被檢驗，並且根據檢驗而修正。因此，教學者在教學過程中應強調模型的觀念，致力於協助學生建立和發展模型，以提升學生建模能力的層次，使學生對模型可以建立出較為抽象化的概念，並且能更精確地運用模型以解決面臨的問題。

此外，國內學者邱美虹等人(2008)從本體論、認識論和認知/方法論三個面向來探討學生對於模型的觀點，提出『模型與建模能力的理論架構』。其中本體論指的是模型本體、模型本質，是一種外在的實體，一種真實世界的外在現象；認識論是指認知個體的內在心智模式對於模型本體的認識，是一種因人而異，難以量測的內在認知；認知/方法論則是指認知個體的外在行為表現，對模型本體的操弄，屬於外顯行為，是一種可供量測的個人行為(張志康，2009)。在本體論方面，學生對模型本質的觀點可區分為三個構念，包含本質、呈現形式和變化關係；認識論方面有三個構念，分別是個體表徵、過程和情境；最後，在認知/方法論方面，學生認為模型功能有四個主要構念：現象解釋、推理、建模歷程，以及連結和發展新想法。其架構如圖2-3-3所示。

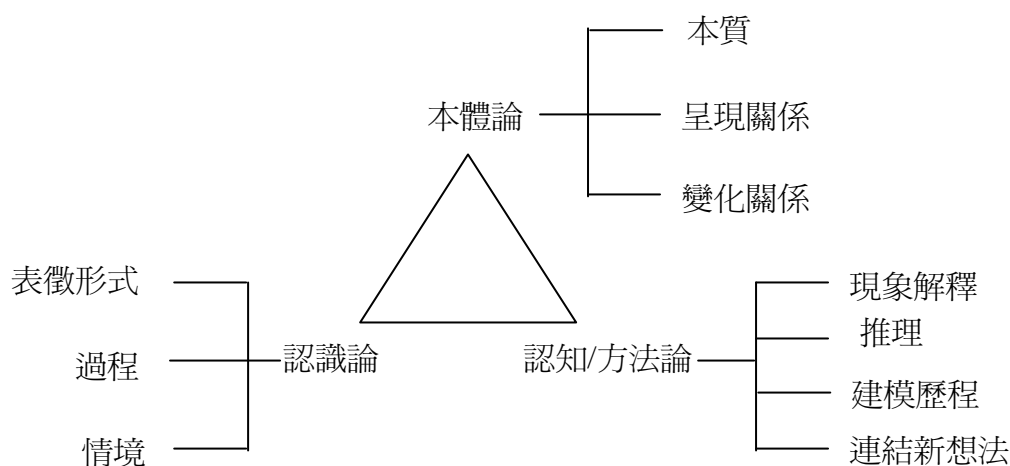


圖 2-3-3 學生模型觀點的三面向示意圖(邱美虹，2008)

由此模型觀點的架構可知，教學者在教學活動中，可運用適當的教學設計，幫助學生建構出多面向的模型觀點。使學生不只是外在瞭解模型的本體和本質，更能內在產生正確心智模式的表徵，並且運用模型去推理、解釋現象。當學生對模型能有較全面性的瞭解，對於科學概念的學習將有莫大的幫助。

### 三、模型與建模在教學上的應用

科學教師在一般教學過程中，會運用到推理或類比的觀念來教導學生科學概念，這其中已包含許多模型的選擇與建立，因此，教師時常使用到模型而不自覺。模型在科學教育中扮演著極為重要的角色，學生建模能力的提升也有賴於教師適時地引導。以學生為中心的建模是一種漸進的學習過程，類似於科學家發展和測試解釋性的假設，以達到對自然世界的精通理解。

Van Driel 與 Verloop (2002)的研究指出，教師對於學生在模型與建模的知識非常有限，因此無法有效的整合到他們教學活動的經驗中，如此將難以引導學生有關模型的認識與使用模型的機會。因此，應加強科學教師對於模型與建模的瞭解，方能有效提升科學教育的發展。另外，許多研究者指出，若以多重表徵的形式來呈現模型，可以促進有效學習(Adadan, Irving, & Trundle, 2009; Ainsworth, 2008; Tsui & Treagust, 2003；引自 Oh & Oh, 2011)。多重表徵時常以照片、公式、圖形、表格的方式呈現，在教學上，科學教師和學生應該發展他們的視覺素養(visual literacy)或後設視覺能力(meta-visual capability)，以適度解釋不同模型和進一步建構模型(Oh & Oh, 2011)。教學中若學生能被允許建立他們擁有的心智表徵並公開呈現，將可對目標物(target)的現象和過程產生更好的理解(Ainsworth, 2008)。由此可知，強化教師視覺化表徵的呈現能力與學生對表徵的理解力，也是促進模型與建模教學的要素之一。

Clement (2000)提出以模型為基礎的學習(modeling-based learning)理論架構(如圖2-3-4)。在此架構中，學生一開始的先前概念包括與目標模型不符的另有概念和能與科學模型相容的有用概念，學習過程中學生經歷一個或多個中間模型

(M1、M2…)的引導，透過模型的使用與修正，學生將有用概念整合新訊息或是將另有概念進行概念改變，最後達到目標模型(Mn)。因此，對於學生教學前的先前概念與自然推理能力的瞭解非常重要，它將會影響整個建模歷程的成效。

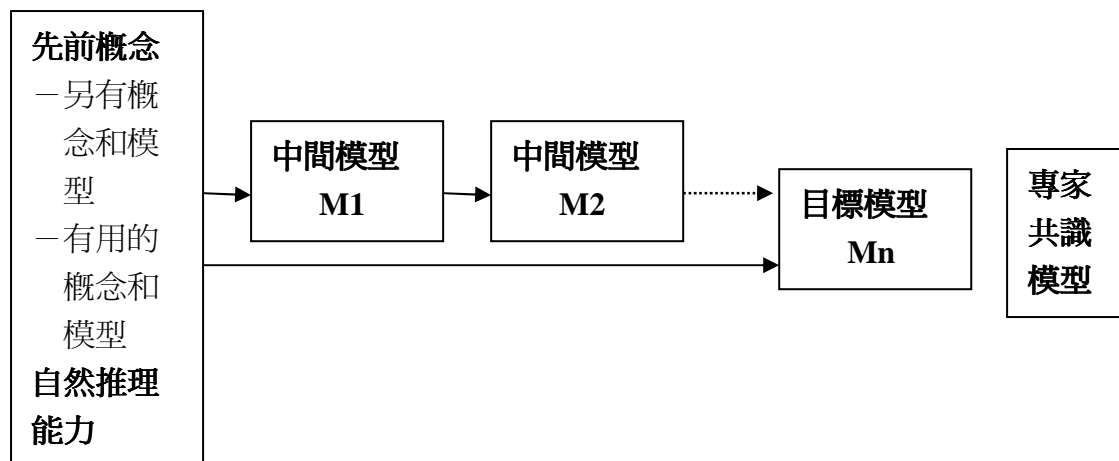


圖 2-3-4 模型為基礎學習的基本理論架構(Clement, 2000)

Schwarz等人(2009)的研究指出，科學建模的學習發展必須先瞭解學習目標，找出內含的成分元素，並將其組織成一致性的架構。包含兩個重要的面向：後設知識(metaknowledge)和學習元素(elements of the practice)的整合，意識(sensemaking)和溝通(communicative)的整合(如圖2-3-5)。

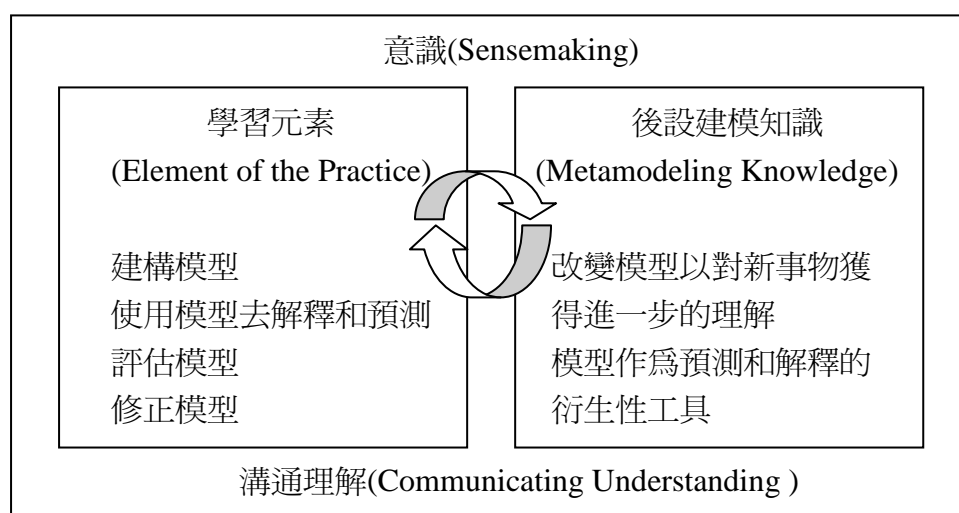


圖 2-3-5 科學建模的學習發展(Schwarz et. al., 2009)

Schwarz等人認為模型的使用不只可以幫助學習者對現象產生進一步的理解，同時也可以將他們對事物的理解與他人溝通。在意識上，當個體自己建立出一個模型，試著用來瞭解現象成爲表達模型(expressed model)，並以此幫助澄清想法以發展出共識(consensus)；在溝通上，學習者會試著與他人分享想法，看看他人是否同意自己的模型，試著說服他人或幫助他人瞭解現象。

張志康與邱美虹(2009)整合『Halloun(1996)的建模歷程』、『Hempel (1958)的科學理論結構』與『Biggs 與 Collis (1982)的SOLO分類法』，分析建模歷程和建模能力層次兩種面向，發展出『建模能力分析指標(modelling ability analytic index)，簡稱MAAI』(如表2-3-3)。該指標由『六種建模歷程』與『六種能力層次』形成6 × 6的矩陣表格，將其運用於電化學概念的探究，以量化的形式分析學生的建模能力。將建模能力的層次分成Level 0~5，內容分述如下：

- 1.經驗反應—Level 0：學生對於各階段的建模歷程，都無法回達出與理論結構相關的因素(factor)。對於問題的情境無法瞭解，或答出非理論性的經驗想法。
- 2.單一因素—Level 1：學生對於特定問題能藉由過去的經驗學習回答或使用一種與科學理論相關的因素。
- 3.多重因素—Level 2：學生對於特定問題開始理解理論中相關的組成元素，能回答或使用二種以上與科學理論相關的因素。
- 4.關係層次—Level 3：對於特定問題學生能運用相關理論知識建構出元素的關係層次，已能對問題反應出各因素間的關係、交互作用或影響。
- 5.延伸關係—Level 4：學生能將相關理論中的知識作進一步抽象概念的延伸以解決相關的情境問題。
- 6.科學理論—Level 5：學生能以幾近完整的科學理論回答問題，或使用延伸抽象概念間的交互關係解決相關的情境問題。

此研究中以MAAI爲基礎設計電化學建模試題與相對應的分析編碼表，將79位高一學生的質性晤談資料轉化成量化數據來檢視學生的建模能力。研究結果顯示，學生各項建模能力表現中，只有『模型選擇』與『模型建立』達 Level 3，

其餘各項建模能力明顯不足。不過由統計資料中發現學生建模能力與在校數理科分數有顯著相關性。由此可知，教師在設計教學時，若能在教學流程中加強學生對科學模型的認識與建模能力的培養，將有助於學生在科學學習的成效。

表 2-3-3 建模能力分析指標－MAAI(6x6矩陣)(張志康、邱美虹，2009)

		Level 0 經驗	Level 1 單一 因素	Level 2 多重 因素	Level 3 關係 層次	Level 4 延伸 關係	Level 5 科學 理論
建模 歷程	定義	無法反應相關且正確的因素	反應出一種與理論相關的因素	反應出兩種以上與理論相關的因素，但無論及因素間的關係	反應出因素間的關係、交互作用或影響	將多個因素關係間的概念作進一步延伸抽象的反應	<b>更多高階、複雜延伸抽象的反應層次</b>
模型 選擇	從熟悉的模型中，選擇出一個合適的模型以解決問題	無指出	指出 <u>單一特徵</u> ，據此選擇模型	指出 <u>兩個以上特徵</u> ，據此選擇模型	指出 <u>兩個以上特徵之因果關係</u> ，據此選擇模型	找出 <u>數種因果關係</u> ， <u>判斷各因果關係的合適性</u> ，據此選擇模型	找出 <u>多重因果關係的交互關係</u> ，據此選擇模型
模型 建立	<b>確認</b> 所選模型的相關成分與結構	無確認	確認 <u>單一特徵</u> 的模型	確認 <u>兩個以上特徵</u> 的模型	確認 <u>因果解釋</u> 的模型	確認 <u>數學(抽象)形式</u> 的模型	確認 <u>多重抽象型式</u> 的模型
模型 效化	利用模型的相關成分進行不同形式的評估， <b>檢驗或修正</b>	無利用	利用 <u>單一變數</u> 做評估，進行模型的效化	利用 <u>兩個以上變數</u> 作評估，進行模型的效化	利用各 <u>變數間的因果關係</u> 作評估，進行模	利用各 <u>因果關係的交互作用</u> 作評估，進	利用 <u>多重因果關係的交互關係</u> 作評估，進

	模型的內部一致性		化	型的效化	行模型的效化	行模型的效化
模型應用	使用已效化的模型	無使用	使用已效化模型中的	使用已效化模型中的	使用已效化模型中的	使用已效化模型中的
	<b>解決相似情境的問題</b>		<b>單一結構</b> 解決相似情境的問題	<b>多重結構</b> 解決相似情境的問題	<b>關係結構</b> 解決相似情境的問題	<b>重結構</b> 解決相似情境的問題
模型調度	使用已效化的模型	無使用	使用已效化模型中的	使用已效化模型中的	使用已效化模型中的	使用已效化模型中的
	<b>解決新情境的問題</b>		<b>單一結構</b> 解決新情境的問題	<b>多重結構</b> 解決新情境的問題	<b>關係結構</b> 解決新情境的問題	<b>重關係結構</b> 解決新情境的問題
模型重建	覺察模型的限制(如除錯)，再發展新模型	無察覺	察覺模型的限制，藉此修正原模型	察覺模型的限制，藉此修正原模型	察覺模型的限制，藉此修正原模型	察覺模型的限制，藉此修正原模型
			中 <b>單一物件特徵</b>	中 <b>兩個物件以上特徵</b>	中的 <b>關係結構</b>	中 <b>多重關係結構</b> 的 <b>交互作用</b>

#### 四、模型與建模對本研究的啟發

綜觀上述研究顯示，國內外學生對於『模型』的本質普遍缺乏瞭解，以致於在學習過程中對概念所包含的成分和結構無法有效地統整或連結，造成學習困難或產生不一致的心智模式。

本研究擬參照邱美虹(2007)所提出的建模歷程針對八年級學生設計一套酸鹼

概念的建模教學；並參酌張志康與邱美虹(2009)的 MAAI 理論設計一份建模能力分析試題。考量國中酸鹼課程和學生心智發展，教學活動只進行四個建模歷程，依序為模型選擇、模型建立、模型效化和模型運用。在酸鹼建模能力分析試題中訂定評分標準，以量化的形式評斷學生的建模能力，試題中多增加了模型調度的歷程，以瞭解不同教學模式下學生學習遷移的成效。

一般教學上使用模型，包含教師引導和以學生為中心(teacher-led and student-centred)，科學教師在課室中應該在兩者之間取得平衡以助於教學(Oh & Oh, 2011)。本研究除了控制組，尚包含兩組實驗組，分別進行以教師引導為主的建模教學和以學生為中心的建模合作教學，以從中探討學生在酸鹼概念學習和建模能力的差異。希冀能在國中的教學階段中，探尋出教師引導和學生為中心的最佳教學脈絡，以提升教學成效。

## 第四節 合作學習的基本概念

合作學習(cooperative learning)是一種具有組織性、結構性和系統性的教學策略，能適用於不同年級與不同的學科領域，合作學習的過程中，教師依學生的能力、性別、種族、背景等將學生分配到異質小組中，鼓勵其彼此協助進行問題解決，以提高個人的學習成效並達成團體目標(黃政傑、林佩璇，1996)。合作學習在世界各國的教學上都有所應用，對學生學業成就的表現、同儕關係、自尊心、態度與減輕焦慮方面都有正向的成效，且這套方法對於特殊學生的融合教育也很有幫助(Johnson & Johnson, 1989)。以下針對合作學習的基本概念與教學模式予以論述與說明。

### 一、合作學習的意義

因時代背景的不同，許多國內外學者對於合作學習觀點稍有差異。國外學者方面，Slavin(1979)指出，合作學習是一種教學策略，讓學生在一個小型合作團隊中學習以精熟學習教材。Nattiv(1986)認為合作學習是鼓勵學生達成團體目標的一

種教學方式，可以適用於任何學科與任何年級。基於社會心理學的觀點，爲了達成共同目標而一起工作，能激勵學生做出最佳表現，並幫助他人學習。Hikke(1990)亦指出，學生經由團隊合作的過程追求知識，在小團體中共同學習，貢獻每一個人的力量，且能相互幫忙完成共同工作，此教學法能同時增進學生之間的關係、良好的溝通技巧和高層次的思考能力。因此，學生在合作學習的氛圍中相互溝通、彼此尊重、並分享學習成果，無形中也同時增進了多方面的能力。

Johnson 與 Johnson (1994)認爲合作學習有下列五種特質：積極的相互依賴(positive interdependence)、個人績效責任(individual accountability)、面對面互動(face-to-face interaction)、社會技巧(social skills)和團體歷程(group processing)，在合作學習時必須落實，才能確保合作學習的成功。合作學習的教學方式會如此盛行，Slavin(1995)提出三個重要因素：合作學習能有效提升學生的學習成效、促進同儕關係並提升學生的自尊心；合作學習能增進學生思辯能力、解決問題能力與統整運用的能力；合作學習能促使不同背景的學生之間人際關係的學習以及培養合宜的社會技能。

在國內學者方面，黃政傑與林佩璇(1996)認爲合作學習是一種有結構、有系統的教學策略，能適用於不同年級與不同學科領域。從社會依賴論的觀點而言，簡妙娟(2003)認爲合作學習必須建立在團體成員間積極互賴的關係之中，才能發揮成效，進而達成團體目標。因此，學習過程中，應強調將合作目標當作達成學習的誘因。認知心理學的觀點認爲，如果學習者要將學習資料保留在記憶中，與舊有知識連結，學習者必須對教材的認知進行再建構以達精熟。合作學習可提供教學相長的學習情境，在相互表達與傾聽的過程中，不僅有助於被教導者，更有利於教導者將自己所學知識的再精緻化(黃政傑、吳俊憲，2006)。若將皮亞傑(Piaget)的理論運用於合作學習上，曹美惠(2008)認爲個人在團體合作的過程中，因參與討論所出現的認知衝突(同化或調適)，都有助於激發個人在認知上的發展。

## 二、合作學習對本研究的啓發

至 1970 年起，合作學習已發展出數十種學習策略，而各種學習策略依學生年齡、程度、教材性質或其他特殊需要，進而發展出不同的教學設計。常見的教學模式包括：學生小組成就區分法(STAD)、小組遊戲競賽法(TGT)、小組協力教學法(TAI)、拼圖法(Jigsaw)、共同學習法(LT)、團體探究法(GI)、協同合作法(Co-op Co-op)、學術辯論法(AC)等等。其中共同學習法是 D. W. Johnson 與 R. T. Johnson 所發展，適用年級為國小五年級至高中。此方法是將學生分配到異質性小組中，根據教師分派的工作單一起學習，以團體作業方式進行，強調共同完成並呈現團體學習成果。

綜合國內外學者的觀點，合作學習能有效提升教學成效，使學生在相互教學中受益，也能促進同儕關係，提升學生的自尊心與思辯能力。本研究擬將合作學習模式中的共同學習法稍作修正融入建模教學中，設計一『建模合作組』為實驗組。將班級學生分配到 5 至 6 人的異質性小組中，並分派給每一位學生一份建模學習單，再依研究者所設計的建模歷程教學引導學生進行小組討論，共同合作完成學習單。期望學生藉由互動的過程培養思考能力、溝通能力，也能彼此尊重，共同分享學習成果。

### 第五節 酸鹼概念研究

在化學的發展史上，酸鹼概念的定義，曾經歷許多次模型的修正。1680 年波以耳(Robert Boyle)發現酸類液體可使天然染料顏色發生改變。十八世紀中葉，發現酸性物質可與灰石作用產生二氧化碳，認為酸是一種含有氧的化合物。到了 1811 年，戴維(Sir Humphry Davy)證明鹽酸具有酸性，但不含氧，得到氫才是酸類物質本質的結論。阿瑞尼斯(Arrhenius)致力於電解理論，於 1884 年提出電離說，隨後提出酸鹼概念，認為酸溶於水會解離出氫離子，鹼溶於水會解離出氫氧根離子；接著在 1923 年有布忍司特-羅瑞(Bronsted-Lowry)提出共軛酸鹼對概念，以及

其後美國化學家路易斯(Gilbert Newton Lewis)的廣義酸鹼理論。經過多次模型的發展後，對於酸鹼定義與特性的描述也愈加完善，能將理論擴展用以解釋和預測更多現象。而學生對於酸鹼概念的認知，也因為學習階段的差異，而呈現不同的模型。對於酸鹼概念，現行國民中學九年一貫自然與生活科技課程中所提及的能力指標內容為：『認識酸、鹼、鹽與水溶液中氫離子與氫氧根離子的關係，及 pH 值的大小與酸鹼反應的變化』。許多酸鹼概念的相關研究中指出，學生對於酸鹼的定義與相關概念仍不甚清楚，存有迷思概念及不正確心智模式。本研究擬設計建模教學以探究國中學生的酸鹼概念學習情形，因國民中學階段的學習內容僅達阿瑞尼斯的電離說理論，本研究將其視為學生所擁有的科學模型。以下針對國內外酸鹼鹽概念的相關研究進行探討與統整。

## 一、酸鹼概念的相關研究

酸鹼的概念與日常生活息息相關，例如：可樂碳酸飲料，常喝會侵害牙齒；胃酸分泌過多，可食用蘇打餅乾中和酸性舒解疼痛。學生因為生活經驗的接觸，對於酸鹼概念已存有一些本體的認知，但其中含有許多不符科學的另有概念，再經由學校教育的知識傳達，因而產生了複雜的心智模式。

宋志雄(1993)的研究中探討 838 位國三學生的酸鹼概念，發現大部分學生存有以下迷思概念：

- 1.鹽酸在水中的 pH 值較醋酸為大。
- 2.電解質溶液呈電中性，正負離子濃度相同。
- 3.一個硫酸分子必可解離出兩個氫離子，酸性程度比鹽酸強。
- 4.電解質溶液中正負離子的數目一定相等。

陳姍姍(1993)也針對國三學生酸鹼概念的認知程度進行調查，研究發現學生對於酸鹼概念的理解程度及可能存在的迷思概念如下：

- 1.學生對於酸鹼的定義，可分為描述性定義、操作型定義和離子模型三類。學生對酸之瞭解多於鹼，部分學生會以味覺來判斷酸鹼性，將酸味、鹹味及甜味物

質視爲酸性、鹼性和中性。

- 2.在強酸與弱酸的定義上，大多學生會以腐蝕性作爲判斷，認爲強酸腐蝕性強，弱酸腐蝕性弱。另外，也有部分學生以 pH 值大小來判斷酸鹼的強弱。
- 3.學生對離子、溶液酸鹼性和 pH 值三者之間的關係不清楚，存在著不同類型的迷思概念。
- 4.學生大多瞭解酸鹼中和的定義，也確定其屬於放熱反應。但對於鹽類的生成和鹽類的種類判斷、中和反應之方程式和淨離子方程式之表達與中和反應計算上有其困難。部分學生對酸鹼中和後溶液之酸鹼性判斷，會以參與中和之各酸鹼強弱來判斷。認爲中和反應在原先酸和鹼所解離出之離子反應完即停止，由結束時之氫離子或氫氧根離子數量的多寡來決定溶液的酸鹼性。
- 5.學生大多知道可利用指示劑來測溶液酸鹼性，也瞭解酸雨和空氣污染有關，但要舉出日常生活中酸鹼中和的實例和說明酸雨對生態的影響有其困難。

另外，李詩閔(2001)以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，研究對象包括國一至國三學生共 698 人。研究發現：

- 1.學生對物質酸鹼性之推理模式大致可分爲以下十三個類型：「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。
- 2.對於「酸鹼性強度」之判斷，多數學生以「濃度」爲考量的依據，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。
- 3.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。

姚錦棟(2002)的研究中，除了研究迷思概念外，也探討我國國中及高中學生有關酸鹼鹽概念的心智模式類型。研究對象包括國中學生 330 人，高中學生 240

人，發現學生在各單元具有的迷思概念繁多，例如：酸鹼都有毒性、酸鹼都會受傷、酸鹼都具腐蝕性、名稱中有酸的是酸性、名字中有氫字的是酸性、酸類都有氫原子、物質含有氫氧原子的是鹼、只要是酸(鹼)其酸(鹼)性都相同、中性溶液的正負離子必然抵消，或是不產生任何離子、溶液的濃度和體積相同時則酸鹼性相同、酸和鹼具有特定的顏色或是利用其顏色深淺判斷強弱、酸是可聞的，具有刺激味、酸是含有自由氫原子，而非解離出氫原子、酸嚐起來有酸味，鹼嚐起來是苦澀、酸的顏色是粉紅色，鹼是藍色、酸鹼強度是引起傷害或反應的能力、同濃度多質子酸的強度和單質子酸相同、對於多質子酸的強度或弱酸的解離不甚了解、酸鹼中和是因為正負離子電量相同而呈電中性、電解質溶液要通電才能解離和酸鹼中和後一定會產生中性溶液。據此將這些概念連結以探討學生的心智模式。研究結果如下：

- 1.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，此三種模式以國中學生為主，高中學生比例較低。
- 2.在酸鹼混合單元中迷思概念類型共有共有五種，其主要之心智模式類型共有四種，比例較高的有二種：解離程度模式、電中性模式。解離程度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。
- 3.在氣體溶解溶液酸鹼性單元迷思概念類型共有共有七種，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。
- 4.在電解質解離單元中迷思概念類型共有共有七種，包含四種心智模式，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。

5.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。

6.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。

在酸鹼概念的教學研究中，楊鵬耀(2005)探討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，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。在各項迷思概念類型中，其主要的心智模式如下：

- 1.在溶液酸鹼性質單元有現象模式、名稱-符號模式。
- 2.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。
- 3.在氣體溶解溶液酸鹼性單元有溶液模式、壓力模式。
- 4.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。
- 5.在酸鹼強度與氫離子濃度有強度模式、量的模式、溫度錯置模式。
- 6.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。

關於建模教學方面，邱柏融(2009)曾針對國小階段的酸鹼概念，設計一套建模教學方案。研究發現國小五年級學生在各概念的心智模式如下：

- 1.酸與鹼的意義及其性質之心智模式有五種，包括現象模式( 38% )；關鍵字模式( 23% )；推論模式( 36% )；微觀結構模式( 36% )；微觀粒子模式( 34% )。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。
- 2.酸鹼中和的部份，在教學前所發現的有酸鹼並存模式 1( 33% )；酸鹼並存模式 2( 17% )；抵銷模式( 41% )。教學後，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

移到抵銷模式之外，有 38%的學生可以達到科學模式。

3.酸鹼指示劑部分，發現特定顏色模式( 29% )與科學模式( 65% )。

在國外的文獻方面，Nakhleh 與 Krajcik (1994)利用概念構圖的方式對中學生進行酸鹼和 pH 值概念的檢測，發現學生存在許多迷思概念。在酸性物質方面，認為酸包含自由氫原子、酸具有氣味可以聞、酸可以熔化金屬；在鹼性物質方面，認為鹼為分子所形成、鹼是由 OH 和其他元素的鍵結力而生成分子，它們被連結在一起、鹼不含氫，化學式中沒有氫；在酸鹼的判斷與強度方面，酸的顏色是粉紅色，鹼是藍色、若酸有顏色鹼就沒有顏色、若酸有害鹼則無害、酸嚐起來苦鹼嚐起來甜、酸是強烈的，鹼不是強烈的、酸鹼強度是引起傷害或反應的程度；在酸鹼混合方面，認為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、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。

Lin 與 Chiu (2007)針對 38 位九年級學生進行酸鹼概念測驗，並從中各選出 3 位高成就和低成就學生進行訪談，最後將學生的酸鹼概念統整出四個主要心智模式，分別為現象模式(phenomenon model)、符號特徵模式(character-symbol model)、推論模式(inference model)和科學模式(scientific model)。在主要模式下，尚存有次模式，例如符號特徵模式下包含中文字體模式和化學符號模式；推論模式下包含一般推論模式、慣用規則模式、溶質屬性模式、濃度推論模式和體積推論模式。各模式的認知特徵如表 2-4-1 所示。Lin & Chiu (2010)在進一步的研究中也將教師所預期和學生心智模式的特徵和來源比較，以探討學生學習失敗的可能性解釋。研究結果指出教師的教學強化了低成就學生錯誤的心智模式，因此針對不同學習成就的學生，應使用不同的教學方式以幫助其獲得有效的學習。

表 2-4-1 學生酸鹼心智模式的特徵(Lin & Chiu, 2007)

主要模式	主題	次模式	特徵
現象模式	溶液的酸鹼性	—	學生使用一些巨觀特徵, 像是有毒的、腐蝕的或是具有強烈味道作為判斷溶液酸鹼性的標準
特徵-符號 模式	溶液的酸鹼性	中文特徵模式	學生使用特定的字或名稱判斷溶液酸鹼性
		化學符號模式	學生視化學式中H或OH的量作為判斷溶液酸鹼性或強度的標準
推論模式	酸鹼中和	中文特徵模式	學生認為任何種類的酸和鹼混合都會變成中性溶液
	酸鹼中和	一般推論模式	中和反應會產生鹽類, 鹽類的水解會影響溶液的酸鹼性, 學生認為 $[H^+]$ 或 $[OH^-]$ 是主要的判斷標準
		簡練規則模式	酸鹼強度的判斷, 學生只強記: 『強酸加弱鹼產生酸性溶液』、 『弱酸加強鹼產生鹼性溶液』、 『強酸加強鹼產生中性溶液』、 『弱酸加弱鹼產生中性溶液』
		溶質性質模式	解離度是依據溶質種類。如果溶質相同, 不管加多少水解離程度皆相同
弱酸弱鹼稀釋	濃度推論模式	解離度是依據溶液濃度。如果加水, 溶液的濃度減少, 因此解離程度將減少	
	體積推論模式	解離度是依據溶液體積。如果加水, 溶液的體積增加, 因此解離程度將增加	

## 二、酸鹼研究對本研究的啟發

綜觀上述文獻所呈現之迷思概念和心智模式得知, 學生對於酸鹼的定義與相關特性, 普遍以巨觀的現象、文字符號或強記一些原則作為判斷依據, 缺乏微觀的粒子概念或心智模式的融貫性, 如此對往後的學習發展將造成阻礙。

本研究欲探討建模教學對八年級學生酸鹼概念心智模式和建模能力的影響，教學概念包括『酸鹼的定義與通性』、『酸鹼濃度與 pH 值』和『酸鹼中和與鹽類』。茲將本研究欲探討之酸鹼概念與文獻所發現之迷思概念與心智模式整理如表 2-4-2 所示。

本研究的研究工具『酸鹼概念診斷測驗』在三種主題概念下分為十個命題陳述，文獻中所發現之迷思概念與心智模式可供各命題陳述中試題選項之參考，以從中瞭解學生在學習前後的概念改變情形，並藉由相關概念的連結，探尋學習前後心智模式的轉變情形。

表 2-4-2 酸鹼相關概念之迷思概念與心智模式

主題概念	迷思概念/心智模式	研究者
酸鹼的定義與通性	以一些巨觀的現象來定義酸鹼，例如酸性水溶液有酸味；鹼性水溶液有鹼味。	(陳姍姍，1993)；(李詩閔，2001)；(姚錦棟，2002)；(楊鵬耀，2005)；(邱柏融，2009)；(Nakhleh & Krajcik, 1994)；(Lin & Chiu, 2007)。
	以中文名稱中有『酸』字來定義酸或以化學符號中有 H 或 OH 來定義酸鹼。	(姚錦棟，2002)；(楊鵬耀，2005)；(邱柏融，2009)；(Nakhleh & Krajcik, 1994)；(Lin & Chiu, 2007)。
	以腐蝕性或脫水性等巨觀現象來定義強酸。	(陳姍姍，1993)；(李詩閔，2001)；(Nakhleh & Krajcik, 1994)。
	以濃度的高低來定義強酸(鹼)和弱酸(鹼)。	(李詩閔，2001)；(姚錦棟，2002)；(楊鵬耀，2005)。
	以體積的多寡來定義強酸(鹼)和弱酸(鹼)。	(姚錦棟，2002)；(楊鵬耀，2005)。

---

酸鹼濃度 認為中性水溶液中不含  $H^+$  或 (陳姍姍, 1993); (姚錦棟, 2002)。

與 pH 值  $OH^-$ ; 酸性水溶液只含有  $H^+$ , 不含  $OH^-$ ; 鹽類水溶液只含有其解離出的離子, 不含  $H^+$  或  $OH^-$ 。

對於離子、pH 值定義和溶液 (宋志雄, 1993); (陳姍姍, 1993)。  
酸鹼性的關係不清楚。

---

酸鹼中和 認為酸鹼中和是因為水溶液 (姚錦棟, 2002); (楊鵬耀, 2005)。

與鹽類 中正負離子電量相等而呈電  
中性。

認為酸鹼中和後的水溶液會 (姚錦棟, 2002); (Lin & Chiu, 2007)。  
呈中性。

認為鹽類水溶液的酸鹼性要 (楊鵬耀, 2005); (Lin & Chiu, 2007)。  
視酸鹼中和時酸和鹼的濃度  
而定。

---



## 第參章 研究方法

本章共分爲五節，第一節爲研究設計，說明研究組別的設計理念和實施原則；第二節爲研究對象，說明預試和實測對象的來源和人數；第三節爲研究工具，包含各組別之教學活動學習單、酸鹼概念診斷測驗、酸鹼建模能力分析試題；第四節爲研究流程，詳述整個研究進行的次序；第五節爲資料處理與分析，闡述所收集到之量化與質性資料的分析方式。

### 第一節 研究設計

科學學習的過程，也是學習建構模型的歷程，學生若能確實瞭解模型的本質與意義，並培養建構模型的能力，將有助於科學概念的理解與問題解決能力的提升。本研究以「酸與鹼」概念作爲研究主題，探討建模教學對學生概念發展與建模能力的影響。研究設計中將學生依不同學習模式分爲『建模教學組』、『建模合作組』和『一般教學組』三組進行教學。『一般教學組』進行傳統的文本教學搭配一般學習單；『建模教學組』的教學活動爲建模歷程教學和一份以建模歷程設計的學習單；而『建模合作組』的教學活動則是以學生合作學習爲主的建模歷程設計，搭配建模歷程學習單。建模歷程學習單的設計構念是依模型選擇、建立、效化和應用的歷程進行教學活動，學生先依生活經驗或先備知識選擇模型，分辨生活中的酸鹼物質與現象，然後透過教師引導建立模型，瞭解酸鹼相關的定義與概念，接著透過實驗效化模型，以釐清自己的概念是否正確，最後應用自己所建立的模型解答學習單上相關情境的問題。學生建構模型的過程中，在模型效化階段強化了概念，使學生更加確信自己所建立模型的正確性或選擇修正模型。各組之教學活動設計與學習單內容詳見附錄三～附錄七。

『建模教學組』和『建模合作組』皆爲本研究之實驗組，『建模教學組』的教學活動主要由教師依建模歷程引導學生學習。『建模合作組』的教學活動則以學生爲主體，教師引導學生相互討論依建模歷程主動建構模型。邱美虹(2008)指出，透過互動和辯證的歷程，有助於學生在建模的歷程中發展其模型的有效性和

調度性。基於此觀點，研究者欲探討學生藉由同儕間的互動，主動探索去選擇與建立模型，並透過討論的過程效化和應用模型，是否有助於建模能力的提升。因此，另設計了以合作學習為主的『建模合作組』，教學活動直接在教室中以分組方式進行，依據前一學期理化成績將學生按 S 形排列作異質性分組，教學過程中透過教師適時引導流程，由學生分組互動討論以完成建模學習單，最後再藉由分組發表和教師總結以釐清概念。

教學前，三組學生均接受酸鹼概念診斷測驗與酸鹼建模能力分析試題之前測與晤談，以瞭解學生教學前的先備概念與建模能力；教學後再分別進行後測與晤談，以分析學生的概念改變情形與建模能力提升的成效；三週後再對學生施以延宕測，以探討其概念學習和建模能力提升的整體成效。因學生缺乏模型與建模的相關知識，為避免增加學生認知負荷或產生恐懼感，建模教學組和建模合作組兩組學生在正式教學前，研究者預先利用一節課親自對學生進行模型本質與建模歷程相關概念的介紹，以降低情境因素對本研究的影響。

本研究旨在比較不同教學法下，三組學生之酸鹼概念學習成效差異、心智模式演變和建模能力提升情形，並進一步探討學生概念學習和建模能力之間的相關性。研究設計架構如圖 3-1-1 所示，實驗組與控制組研究流程設計如圖 3-1-2 所示。

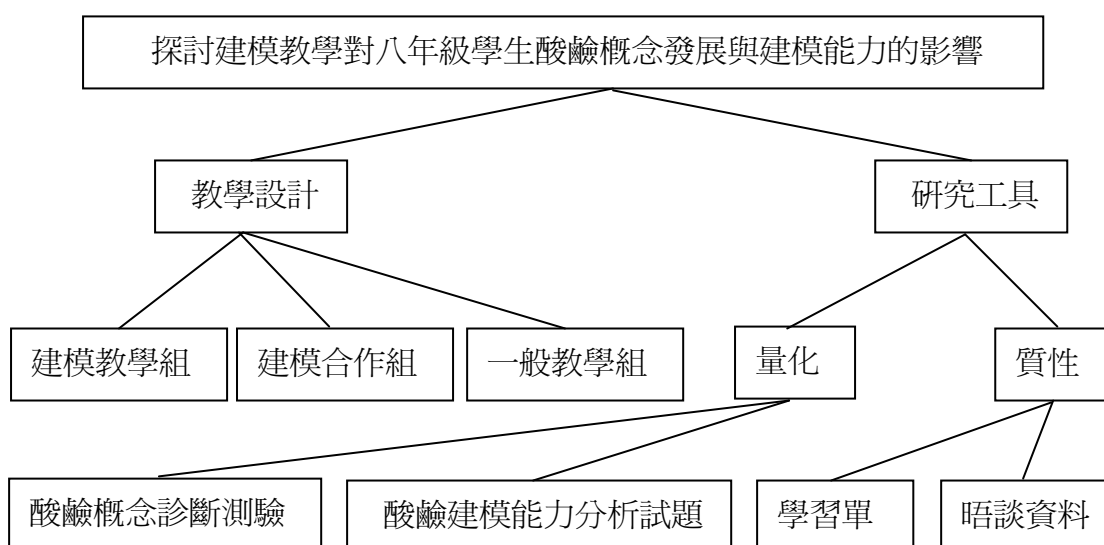


圖 3-1-1 研究設計架構

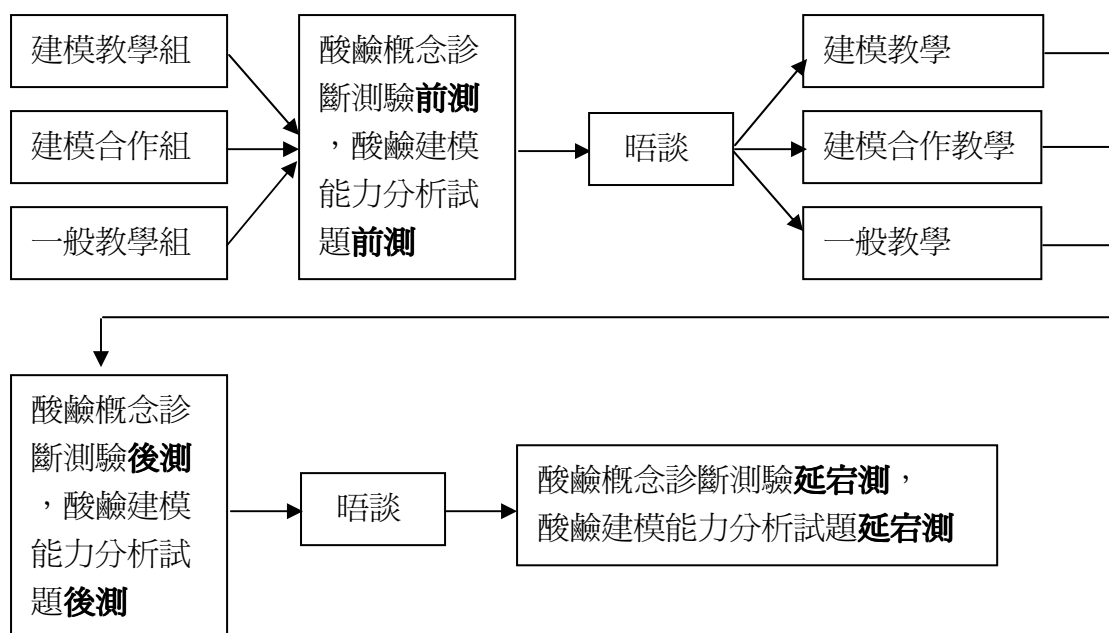


圖 3-1-2 實驗組與控制組研究流程

各組學生皆進行六堂課的教學(每堂 45 分鐘)，主要學習內容包括『酸鹼的定義與通性』二堂；『酸鹼濃度與 pH 值』二堂；『酸鹼中和與鹽類』二堂。各組之教學活動內容如表 3-1-1 所示。

表 3-1-1 三組之教學活動內容

組別	教學活動內容	教學方式
建模教學組	文本教學、實驗活動、影片、動畫、建模教學學習單	由教師引導依建模教學學習單之建模歷程進行教學
建模合作組	文本教學、實驗活動、影片、動畫、建模教學學習單、分組討論發表	以學生為主體，由教師引導依建模教學學習單之建模歷程進行小組討論和實驗操作
一般教學組	文本教學、實驗活動、影片、動畫、一般教學學習單	由教師引導依一般教學學習單進行教學

## 第二節 研究對象

本研究的研究對象包括預試階段的施測對象和正式階段的教學對象：

### 一、預試階段

預試對象分為兩組，預試對象 1 為新北市某市立國中九年級某一班學生，在八年級時已學習過酸鹼概念的相關知識。預試完成後從中挑選測驗表現高、中、低的學生各 2 名進行訪談，以瞭解學生對題意敘述的理解程度及其酸鹼概念知識的想法，從中獲得相關資訊作為題目修改的依據。預試對象 2 為同校九年級另三個班的學生，預試完成後的研究工具經研究者親自修訂作為正式階段之用。

### 二、正式階段

正式研究對象為新北市某市立國中八年級三個班級的學生，三個班分別作為本研究之『建模教學組』、『建模合作組』和『一般教學組』。三組皆由研究者親自教學，以避免因教學者不同對研究結果造成影響。研究對象的人數分布如表 3-2-1 所示。

表 3-2-1 本研究參與對象人員分布

教學組別	男生	女生	總人數
建模教學組	11	17	28
建模合作組	12	20	32
一般教學組	12	16	28

### 第三節 研究工具

本研究所使用之研究工具皆由研究者自行研發，包含『酸鹼概念診斷測驗』和『酸鹼建模能力分析試題』。研究工具的設計要點如表 3-3-1 所示。

表 3-3-1 研究工具的設計要點

研究工具	內容	設計目的
酸鹼概念 診斷測驗	分爲三個概念，共包含十個 命題陳述，各命題陳述設計 三題平行試題，共三十題。 每題 1 分，總分 30 分。	探討不同教學模式對學生酸鹼概 念學習成效的影響。將試題中相關 概念的選項進行認知特徵編碼，以 統整出學生的心智模式。
酸鹼建模能 力分析試題	分爲三個概念，依模型的選 擇、建立、效化、應用和調 度的建模歷程設計試題，共 二十四題。各歷程 6 分，總 分 30 分。	探討不同教學模式對提升學生建 模能力的影響。

研究工具內容詳述如下：

#### 一、酸鹼概念診斷測驗(附錄八)

本研究將酸鹼概念分爲『酸鹼的定義與通性』、『酸鹼濃度與 pH 值』和『酸鹼中和與鹽類』三個學習主題，概念下共分十個命題陳述，學習內容之概念圖詳見附錄一。各命題陳述設計酸鹼概念之平行試題三題，總題數爲選擇題(單選)三十題，命題陳述與題號對應表如表 3-3-2 所示。試題編製完成後由九年級一個班的學生進行第一次預試，預試完成後從中挑選六名學生進行訪談，從中獲得相關資訊作爲試題修正之用。試題修正後由一名科教所教授、一名科教所博士後研究助理和二名教學資歷十年以上之中學教師(亦爲科教所博士班之在學生)進行專家效度審查。專家就題目之題意表達、命題陳述與概念正確性惠予指教與修正，

試題修正完成後由同校九年級另三個班學生共 86 人進行第二次預試，其信度之 Cronbach's Alpha = .776。

表 3-3-2 酸鹼概念命題陳述與題號對應表

主題概念	命題陳述	對應題號
酸鹼的定義與通性	1. 酸類為溶於水(或與水作用)可產生氫離子( $H^+$ )的化合物，使水溶液可導電，為電解質。與活性大金屬反應產生氫氣；與碳酸鹽類反應產生二氧化碳。	1, 4, 21
	2. 鹼類為溶於水(或與水作用)可產生氫氧根離子( $OH^-$ )的化合物，使水溶液可導電，為電解質。水溶液有滑膩感，可溶解油脂。	2, 5, 22
	3. 強酸(鹼)與弱酸(鹼)的區別在於解離度不同，強酸(鹼)水溶液幾乎完全解離；弱酸(鹼)水溶液部分解離。	7, 8, 9
酸鹼濃度與 pH 值	4. 一公升溶液中所含溶質莫耳數，稱為(容積)莫耳濃度，以 M 表示。	11, 24, 28
	5. $25^{\circ}C$ 時，任何水溶液中 $[H^+] \times [OH^-] = 10^{-14}(M^2)$ 。酸性溶液中 $[H^+]$ 和 $[OH^-]$ 同時存在，且 $[H^+] > [OH^-]$ ；鹼性溶液中 $[H^+]$ 和 $[OH^-]$ 同時存在，且 $[H^+] < [OH^-]$ ；中性溶液中 $[H^+]$ 和 $[OH^-]$ 同時存在，且 $[H^+] = [OH^-]$ 。	12, 16, 27
	6. 可以用 pH 值表示溶液中 $[H^+]$ ，例： $[H^+] = 10^{-x}M$ ，則 pH 值 = x， $[H^+]$ 愈大，pH 值愈小。	6, 10, 13

酸鹼中和 與鹽類	7.酸鹼中和產生鹽類和水，並同時放出熱量。	3，15，29
	8.酸鹼中和的條件為酸中 $H^+$ 數量 = 鹼中 $OH^-$ 數量。	18，20，30
	9.鹽類是由一種金屬離子或銨根離子( $NH_4^+$ )與另一種非金屬離子或酸根離子所結合而成的離子化合物。鹽類不一定溶於水，若溶於水，其水溶液可能為中性、弱酸性或弱鹼性。	17，23，26
	10.強酸和強鹼酸鹼中和所生成的鹽類水溶液呈中性；強酸和弱鹼酸鹼中和所生成的鹽類水溶液呈弱酸性；弱酸和強鹼酸鹼中和所生成的鹽類水溶液呈弱鹼性。	14，19，25

Lin 與 Chiu (2007)對九年級學生所進行的酸鹼概念測驗所得結論顯示，學生對於『酸鹼中和』概念存有許多錯誤的心智模式。本研究亦欲探討建模教學對學生『酸鹼中和』心智模式的影響，因此，研究者從酸鹼概念診斷測驗中選取部分試題進行編碼，以從中瞭解學生的認知特徵，再藉由認知特徵組成心智模式，據此瞭解學生教學前後概念的改變情形。酸鹼中和概念的認知特徵編碼如表 3-3-3 所示；相對應的認知特徵內容如表 3-3-4 所示。

表 3-3-3 酸鹼中和概念認知特徵編碼表

主題概念	次概念	題號	認知特徵編碼	題號及選項
酸鹼中和 與鹽類	酸鹼中和 反應	15，20，29	1-a	15(D)，20(C)，29(C)
			1-b	15(B)，29(D)
			1-c	20(D)，29(B)
			1-d	15(A)，29(A)
			1-e	15(C)，20(A)

鹽類溶液的	23, 25, 26	2-a	23(C), 25(A), 26(A)
酸鹼性		2-b	23(A), 26(D)
		2-c	23(B), 26(B)
		2-d	23(D), 25(B)
		2-e	25(D), 26(C)

表 3-3-4 酸鹼中和概念認知特徵內容

認知特徵編碼	認知特徵內容
1-a	酸鹼中和反應產生鹽類和水，並同時放出熱量；酸鹼中和的條件為酸中 $H^+$ 數量 = 鹼中 $OH^-$ 數量。
1-b	認為酸鹼中和是因為酸和鹼的強度相同而抵銷。
1-c	認為酸鹼中和是因為酸解離出的 $OH^-$ 和鹼解離出的 $H^+$ 數量相等。
1-d	認為酸鹼中和反應不一定會產生鹽類和產生的鹽類即為食鹽。
1-e	認為酸鹼中和是因為酸中的 $H^+$ 濃度和鹼中的 $OH^-$ 濃度相等。
2-a	鹽類是由一種金屬離子或銨根離子( $NH_4^+$ )與另一種非金屬離子或酸根離子所結合而成的離子化合物；鹽類不一定溶於水，若溶於水，其水溶液可能為中性、弱酸性或弱鹼性。
2-b	以一些巨觀的現象來定義鹽類，例如鹽類水溶液像食鹽一樣有鹹味，必可溶於水。
2-c	認為鹽類水溶液中不含 $H^+$ 和 $OH^-$ 。
2-d	認為酸鹼中和後的水溶液會呈中性。
2-e	認為鹽類水溶液的酸鹼性要視酸鹼中和時酸和鹼的濃度而定。

Vosniadou 與 Brewer (1992)認為心智模式是爲了回答、解決問題或是處理某種狀況所產生的一種動態結構。Vosniadou 對心智模式的分析可區分爲三大類：基於日常生活經驗所產生的『初始模式』；在文化脈絡下相互作用所結合而成的『綜合模式』以及與科學觀點一致的『科學模式』。研究者依酸鹼中和的認知特徵組合歸納出學生所具有的六種心智模式，其中『初始模式』包含現象模式和直覺濃度模式；『綜合模式』包含定義錯置模式和通性錯置模式；『科學模式』再區分爲類科學模式和完整的科學模式。類別關係如表 3-3-5 所示。

表 3-3-5 酸鹼中和概念心智模式

心智模式類別	心智模式	認知特徵	題號及選項
初始模式	現象模式	1-b, 2-b	15(B), 29(D), 23(A), 26(D)
	直覺濃度模式	1-e, 2-e	15(C), 20(A), 25(D), 26(C)
綜合模式	定義錯置模式	1-c, 2-c	20(D), 29(B), 23(B), 26(B)
	通性錯置模式	1-d, 2-d	15(A), 29(A), 23(D), 25(B)
科學模式	類科學模式	1-a, 2-a	15(D), 20(C), 29(C)
	科學模式	1-a, 2-a	23(C), 25(A), 26(A)

茲將各心智模式的認知內容分述如下：

- 1.現象模式：以生活經驗中的巨觀現象和素樸的強度觀念判斷酸鹼中和。例如：學生認爲酸鹼中和是因爲酸和鹼強度相同抵銷，所產生的鹽類有鹹味。
- 2.直覺濃度模式：直覺式地認爲酸鹼中和必須濃度相同，但缺乏數量與計算的觀念。例如：學生認爲酸鹼中和是因爲酸性和鹼性物質濃度相同，所產生鹽類的酸鹼性由酸和鹼的濃度決定。
- 3.定義錯置模式：學習後誤將酸、鹼或鹽類溶液中所含的離子錯置。例如：學生認爲酸鹼中和是因爲酸中的  $\text{OH}^-$  和鹼中的  $\text{H}^+$  數量相等，所產生鹽類水溶液中只含有其解離之離子，不含  $\text{H}^+$  和  $\text{OH}^-$ 。

- 4.通性錯置模式：學習後認為酸鹼中和所產生鹽類的性質與食鹽相同。例如：學生誤認為酸鹼中和所產生的鹽類為食鹽或鹽類水溶液必為中性。
- 5.類科學模式：學生學習後擁有大部分正確的酸鹼中和科學概念。例如：酸鹼中和為酸中的  $H^+$  和鹼中的  $OH^-$  數量相等，所產生鹽類的水溶液可能為中性、弱酸性或弱鹼性。
- 6.科學模式：學生學習後擁有完整正確的酸鹼中和科學概念。

前四種心智模式的判斷依據為學生在表 3-3-5 中各模式所對應之 4 種題號及選項中選答其中 3 種以上；若學生的答案中最多只對應到某一心智模式的 2 種題號及選項歸類為混合模式；若學生的答案中同時對應到某二種心智模式的 2 種題號及選項歸類為競爭模式；若學生答案所對應之心智模式的題號及選項都只有一種，則歸類為競爭模式；類科學模式的判斷依據為學生在 6 種相對應的題號及選項中選答其中 4 或 5 種，而科學模式則必須 6 題相對應的題號及選項完全符合。

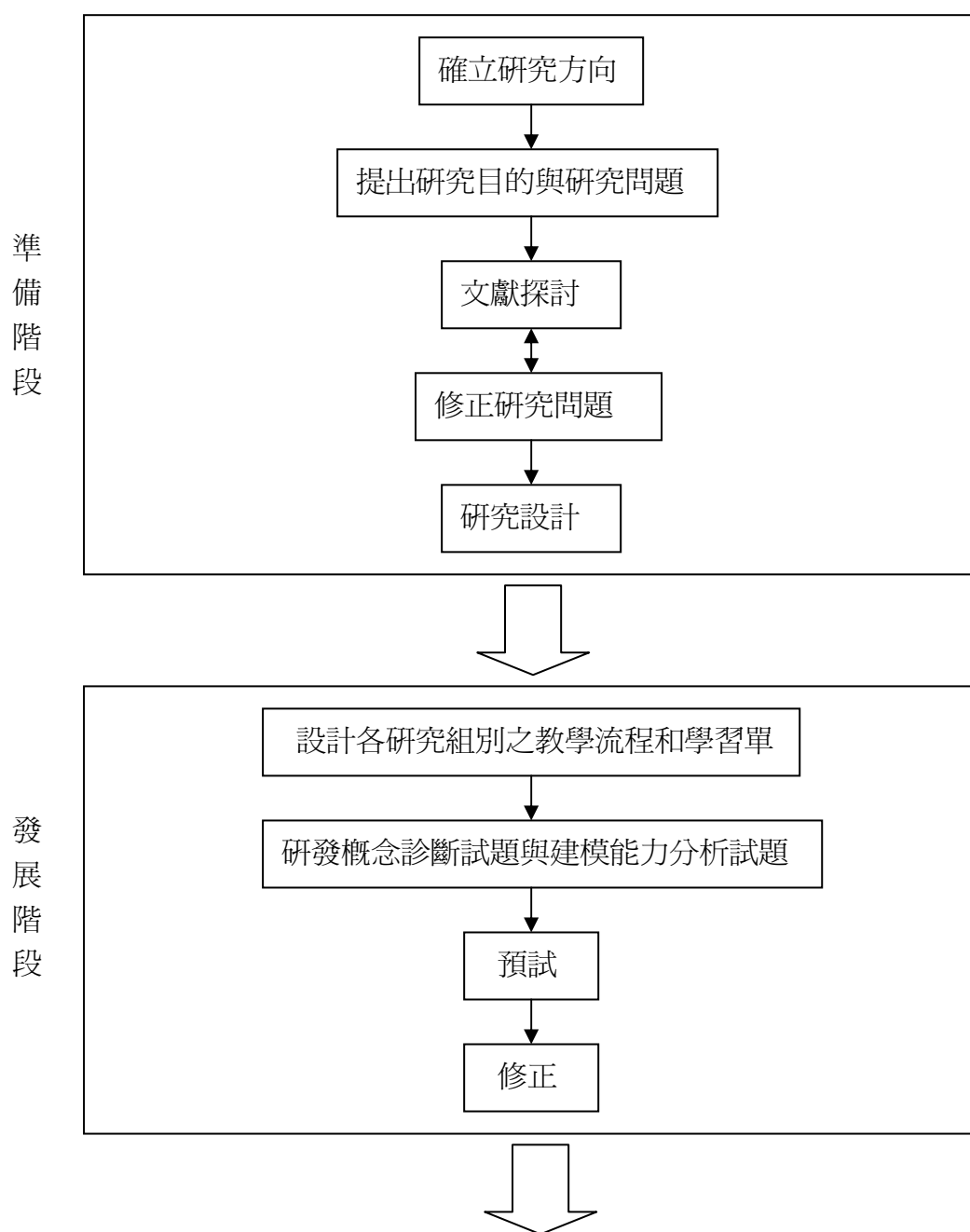
## 二、酸鹼建模能力分析試題(附錄九)

為探討建模教學對學生建模能力提升的成效，研究者參考張志康與邱美虹(2009)所發展之建模能力分析指標(MAAI)設計一份『酸鹼建模能力分析試題』。試題設計選定 MAAI 建模歷程中的模型選擇、模型建立、模型效化、模型應用和模型調度等五個歷程，各歷程至少出三題以上之試題，試題類型主要為開放式問答題，各歷程總分 6 分，五個歷程共 30 分，以量化的形式作為學生建模能力的判斷依據，其計分標準參照附錄十。試題內容同樣由一名科教所教授、一名科教所博士後研究助理和二名教學資歷十年以上之中學教師協助進行專家效度審查。

## 第四節 研究流程

本研究之研究流程主要分為四個階段：第一階段為『準備階段』，先確立研究方向，提出研究目的與研究問題，接著對相關文獻進行查閱與探討，修正研究問題並進行研究設計；第二階段為『發展階段』，設計各研究組別之教學流程和

學習單，研發概念診斷試題與建模能力分析試題並進行預試和修正；第三階段為『正式階段』，在教學前各組先進行概念診斷試題與建模能力分析試題前測與晤談，三組依設計之教學流程進行六節課的『酸、鹼、鹽』概念教學，教學後進行兩份試題之後測與晤談，三週後各組再進行延宕測；第四階段為『分析階段』，針對量化與質性資料進行分析，撰寫研究結果與討論，最後完成論文。研究流程如圖 3-4-1 所示。



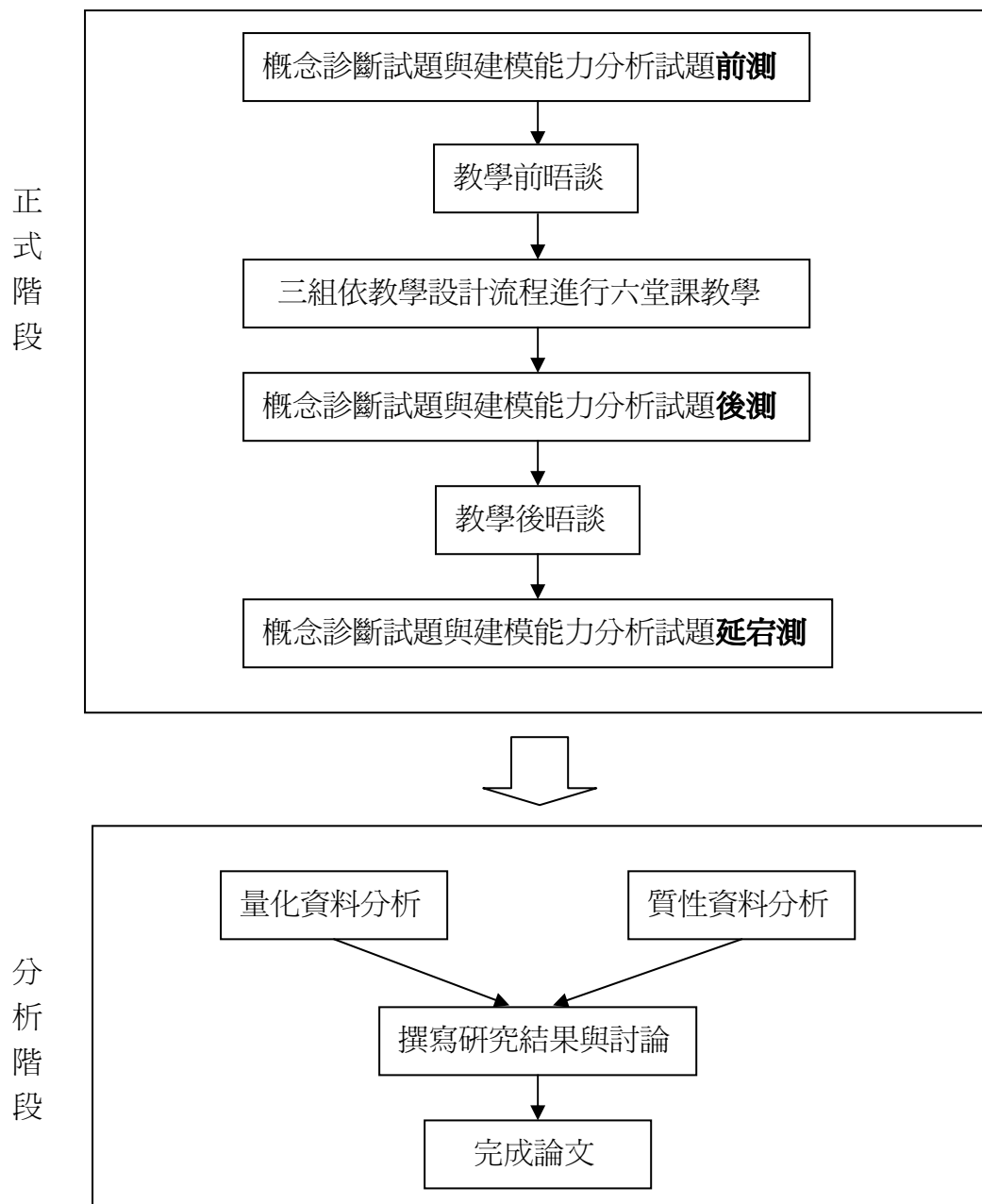


圖 3-4-1 研究流程圖

## 第五節 資料處理與分析

本研究所收集的資料，包括酸鹼概念診斷試題前測、後測和延宕測驗，建模能力分析試題前測、後測和延宕測驗以及晤談資料，主要分成四種處理方式來回應四個研究目的。茲將各資料處理與分析的方法分述如下：

- 一、利用酸鹼概念診斷試題探討不同教學模式對學生酸鹼概念的學習成效。
  - (一)計算三組學生前、後和延宕測的分數，利用 SPSS-19 進行相依樣本  $t$  考驗，分別比較三組學生酸鹼概念的後測、延宕測與前測的比較是否有顯著進步。
  - (二)利用 SPSS-19 將三組學生的前測做變異數分析(ANOVA)，後測和延宕測以前測為共變量進行共變數分析(ANCOVA)，以比較三組間酸鹼概念的學習成效是否達顯著差異。
- 二、將酸鹼概念診斷測驗的試題進行編碼分析，以探討不同教學模式對學生『酸鹼中和』心智模式的影響。
  - (一)利用酸鹼概念診斷測驗前、後和延宕測作答情形，將部分試題的各選項進行編碼，分析各組學生教學前後『酸鹼中和』心智模式的轉變情形。
  - (二)計算三組學生『酸鹼中和』各類心智模式的分佈情形，以比較不同教學模式下所形成心智模式的差異。
- 三、利用酸鹼建模能力分析試題探討不同教學模式對提升學生建模能力的影響。
  - (一)將酸鹼建模能力分析試題的量化資料利用 SPSS-19 進行相依樣本  $t$  考驗，分別比較三組學生酸鹼建模能力的後測、延宕測與前測的比較是否有顯著進步。
  - (二)利用 SPSS-19 將三組學生的前測做變異數分析(ANOVA)，後測和延宕測以前測為共變量進行共變數分析(ANCOVA)，以比較三組間酸鹼建模能力是否達顯著差異。
- 四、將酸鹼概念診斷測驗和酸鹼建模能力分析試題的分數進行相關性分析，以比較不同教學模式下學生『酸鹼概念』和『建模能力』的相關性。
  - (一)利用 SPSS-19 將三組學生『酸鹼概念測驗前、後、延宕測』和『酸鹼建模能力試題前、後、延宕測』進行 Pearson 積差相關計算，以探討三組酸鹼概念與建模能力的相關性。
  - (二)比較三組學生教學前後『酸鹼概念』和『建模能力』的相關性，以比較不同教學模式下學生酸鹼概念與建模能力間相關性的差異。



## 第肆章 研究結果與討論

本章就研究工具所收集到的資料進行分析與討論，以回應本研究的研究問題。本章共分七節，第一節分析三組學生在酸鹼概念診斷測驗的表現情形，以探討其酸鹼概念的學習成效；第二節進一步分析學生在三種酸鹼主題概念的表現情形，探討學生各酸鹼主題概念的學習成效；第三節分析三組學生在酸鹼概念診斷測驗的答題情形，以探討不同教學模式下學生『酸鹼中和』概念的心智模式轉變情形；第四節分析三組學生在酸鹼建模能力分析試題的表現，以探討不同教學模式對學生建模能力提升的情形；第五節進一步分析學生在各建模歷程的表現，以探討學生在不同建模歷程之建模能力提升情形；第六節分析三組學生在教學前後酸鹼概念和酸鹼建模能力的相關性。

### 第一節 酸鹼概念學習成效分析

本節旨在探討三組學生在不同教學模式下，酸鹼概念學習成效的差異。利用變異數分析法(ANOVA)分析三組學生在酸鹼概念診斷測驗前測的表現，後測和延宕測則以前測為共變量，採用共變數分析法(ANCOVA)以瞭解三種不同教學模式下學生在酸鹼概念學習成效的異同之處。

#### 一、酸鹼概念診斷測驗『前測』分析

爲了瞭解『建模教學組』、『建模合作組』和『一般教學組』學生在教學前對於酸鹼概念的先備知識是否有所差異，將三組學生的酸鹼概念診斷測驗前測分數進行變異數分析(ANOVA)，分析結果如表 4-1-1 所示。三組變異數分析未達顯著差異 $F=.355$ ， $p=.702>.05$ ，此結果顯示三組學生在教學前對於酸鹼概念的認知差異不大。

表 4-1-1 『酸鹼概念診斷測驗』前測ANOVA分析

組別	分數(總分30分)	標準差	標準誤	<i>F</i>	顯著性
建模教學組(N=28)	8.46	1.688	.323	.355	.702
建模合作組(N=32)	8.28	2.372	.419		
一般教學組(N=28)	8.75	2.367	.447		

\* $p < .05$

## 二、酸鹼概念診斷測驗『後測』分析

教學後對三組學生進行酸鹼概念診斷測驗後測，三組的平均分數在直觀上有明顯差異，平均分數最高為『建模合作組』=22.25分；其次為『建模教學組』=19.04分；最低為『一般教學組』=15.79分。分別將三組學生前、後測成績進行相依樣本 *t* 考驗分析，如表 4-1-2 所示。此結果顯示三組學生在教學後對於酸鹼概念的認知皆有顯著進步。

表 4-1-2 『酸鹼概念診斷測驗』前測 vs 後測相依樣本 *t* 考驗分析

組別	前測	後測	後-前	標準差	標準誤	<i>t</i>	顯著性
建模教學組 (N=28)	8.46	19.04	10.57	6.113	1.155	9.151	.000***
建模合作組 (N=32)	8.28	22.25	13.97	4.425	.782	17.858	.000***
一般教學組 (N=28)	8.75	15.79	7.04	6.653	1.257	5.596	.000***

\*\*\*  $p < .001$

為了排除前測成績對後測所造成的影響，以三組的前測成績為共變量，後測成績為依變量，進行共變數分析(ANCOVA)。分析結果顯示三組組間效果的考驗達顯著  $F=11.168$ ， $p < .001$ ，表示三種不同教學模式會影響學生酸鹼概念的學習成效。

接著進一步對三組後測成績進行事後比較，以探討兩兩之間的差異性，分析結果如表 4-1-3 所示。研究結果顯示三組間後測成績的比較皆達顯著差異，兩實驗組顯著優於控制組。除此之外，兩實驗組中『建模合作組』的表現亦顯著優於『建模教學組』。

表 4-1-3 『酸鹼概念診斷測驗』前測 vs 後測 ANCOVA 事後比較分析

組別	平均數差異(前組-後組)	標準誤	顯著性
建模教學組 vs 建模合作組	-3.20	1.352	.020*
建模教學組 vs 一般教學組	3.21	1.398	.024*
建模合作組 vs 一般教學組	6.41	1.356	.000***

\* $p < .05$     \*\*  $p < .01$     \*\*\*  $p < .001$

### 三、酸鹼概念診斷測驗『延宕測』分析

教學後三週對三組學生進行酸鹼概念診斷測驗延宕測，分別將三組學生前測、延宕測成績進行相依樣本  $t$  考驗分析，如表 4-1-4 所示。此結果顯示三組學生在教學經過一段時間後，對於酸鹼概念的認知較教學前仍有顯著進步。

表 4-1-4 『酸鹼概念診斷測驗』前測 vs 延宕測相依樣本  $t$  考驗分析

組別	前測	延宕測	延宕-前	標準差	標準誤	$t$	顯著性
建模教學組 (N=28)	8.46	18.64	10.18	4.571	0.864	11.783	.000***
建模合作組 (N=32)	8.28	21.50	13.22	4.353	0.77	17.177	.000***
一般教學組 (N=28)	8.75	15.54	6.79	7.983	1.509	4.498	.000***

\*\*\*  $p < .001$

爲了排除前測成績對延宕測所造成的影響，以三組的前測成績爲共變量，延宕測成績爲依變量，進行共變數分析(ANCOVA)，並對三組延宕測成績進行事後比較，以探討兩兩之間的差異性，分析結果如表 4-1-5 所示。研究結果顯示三組間延宕測成績的比較皆達顯著差異，兩實驗組的表現皆顯著優於控制組。且兩實驗組間亦達顯著差異，『建模合作組』的表現優於『建模教學組』。

表 4-1-5 『酸鹼概念診斷測驗』前測 vs 延宕測 ANCOVA 事後比較分析

組別	平均數差異(前組-後組)	標準誤	顯著性
建模教學組 vs 建模合作組	-2.84	1.388	.044*
建模教學組 vs 一般教學組	3.04	1.436	.037*
建模合作組 vs 一般教學組	5.89	1.393	.000***

\* $p < .05$     \*\*  $p < .01$     \*\*\*  $p < .001$

#### 四、小結

綜合上述分析結果，將三組學生在酸鹼概念測驗前、後、延宕測資料整理如表 4-1-6，其所對應的圖形如圖 4-1-1 所示。

表 4-1-6 三組酸鹼概念前、後、延宕測平均分數與標準差

組別	前測(總分=30)		後測(總分=30)		延宕測(總分=30)	
	分數	標準差	分數	標準差	分數	標準差
建模教學組(N=28)	8.46	1.688	19.04	5.480	18.64	4.262
建模合作組(N=32)	8.28	2.372	22.25	4.529	21.5	4.311
一般教學組(N=28)	8.75	2.367	15.79	5.607	15.54	7.047

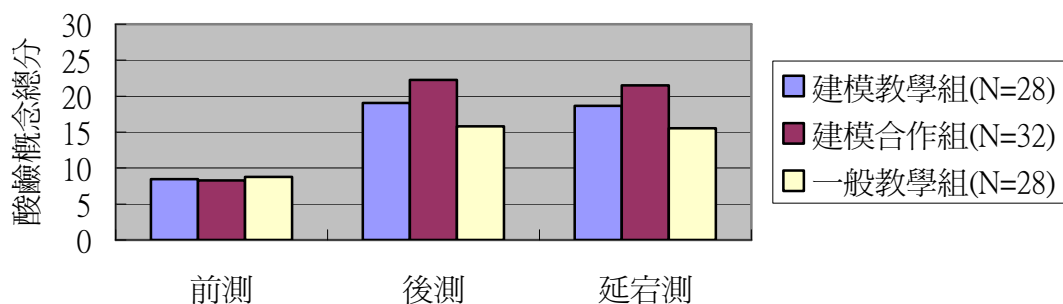


圖 4-1-1 三組酸鹼概念前、後、延宕測平均分數

教學前，三組學生的前測分數差異不大，無顯著差異。表示三組學生在教學前所擁有的酸鹼概念和先備知識是相近的。教學後及教學三週後，三個組別各自的後測和延宕測表現和前測比較之下，皆達顯著進步( $p < .001$ )。可見三種教學方式對於學生酸鹼概念的學習，皆有一定的教學成效。

在組別間的比較上，兩種建模教學(實驗組)在教學後的後測及延宕測表現，都顯著優於一般教學(控制組)。可見透過建模教學，對於學生在酸鹼概念的學習上有正向的幫助，能讓學生在科學學習的過程中，建立較為完整的學習架構，提升學習成效。此結果與 Halloun(1996, 2007)及張志康與邱美虹(2009)的研究相似，建模教學能幫助學生概念的理解，促進科學的學習。在兩實驗組間的比較上，『建模合作組』在後測和延宕測的表現皆優於『建模教學組』，且達顯著差異( $p < .05$ )，可見透過學生間的合作學習與教師的適時引導，能更進一步提升建模教學的教學成效。

## 第二節 酸鹼主題概念學習成效分析

在第一節中初步比較三組前測、後測和延宕測，研究結果顯示出三組酸鹼概念的後測和延宕測比起前測皆有顯著進步。其中以『建模合作組』的表現最佳，『建模教學組』次之，『一般教學組』的進步相對較少。而三組在兩兩間的比較，也具有顯著差異，尤其『建模合作組』更是明顯優於『一般教學組』。本節將酸鹼概念診斷測驗依試題進行分類，將其類分為『酸鹼的定義與通性』、『酸鹼濃度

與 pH 值』以及『酸鹼中和與鹽類』三個主題概念(對應題號如表 3-3-2 所示)，進一步探討三個組別在各酸鹼主題概念上的學習成效。

## 一、酸鹼主題概念『前測』分析

爲了進一步瞭解三組學生在教學前對於各酸鹼主題概念的認知是否有所差異，將三組學生在『酸鹼的定義與通性』、『酸鹼濃度與 pH 值』以及『酸鹼中和與鹽類』的前測分數進行變異數分析(ANOVA)，分析結果如表 4-2-1 所示。由表可知，三組學生在各酸鹼次概念的顯著性皆未達顯著差異，顯示學生在教學前對於酸鹼定義、酸鹼濃度與酸鹼中和等主題概念的認知差異不大。

表 4-2-1 三組酸鹼主題概念前測 ANOVA 分析

次概念	建模教學組		建模合作組		一般教學組		F	顯著性
	分數	標準差	分數	標準差	分數	標準差		
酸鹼的定義與通性 (9 分)	2.82	1.056	2.50	1.047	2.82	1.249	.842	.434
酸鹼濃度與 pH 值 (9 分)	2.50	1.036	2.78	1.338	3.21	1.449	2.186	.119
酸鹼中和與鹽類 (12 分)	3.11	1.286	3.00	1.320	2.71	1.357	.665	.517

\* $p < .05$

## 二、酸鹼主題概念『後測』分析

爲了瞭解三組學生教學後在『酸鹼的定義與通性』、『酸鹼濃度與 pH 值』以及『酸鹼中和與鹽類』等主題概念的學習成效，分別對三組學生在各主題概念的前後測成績進行相依樣本  $t$  考驗。

接著欲探討三組學生間各酸鹼主題概念學習成效的差異性，爲了排除前測成

績對後測所造成的影響，以三組的前測成績為共變量，後測成績為依變量，分別對三種酸鹼主題概念前、後測進行共變數分析(ANCOVA)，並進一步進行事後比較，以瞭解兩兩間的差異。

### (一) 『酸鹼的定義與通性』

三組前後測相依樣本 *t* 考驗分析如表 4-2-2 所示。研究結果顯示，三組學生教學後，在『酸鹼的定義與通性』此主題概念的學習成效皆有顯著進步。

表 4-2-2 『酸鹼的定義與通性』前測 vs 後測相依樣本 *t* 考驗分析

組別	前測	後測	後-前	標準差	標準誤	<i>t</i>	顯著性
建模教學組 (N=28)	2.82	7.36	4.54	1.915	.362	12.536	.000***
建模合作組 (N=32)	2.50	7.31	4.81	1.975	.349	13.787	.000***
一般教學組 (N=28)	2.82	5.82	3.00	2.596	.491	6.114	.000***

\*\*\*  $p < .001$

以三組的前測成績為共變量，後測成績為依變量，進行共變數分析(ANCOVA)，分析結果顯示三組組間效果的考驗達顯著  $F=5.901$ ， $p < .01$ ，表示三種不同教學模式會影響學生『酸鹼的定義與通性』主題概念的學習成效。接著進一步對三組後測成績進行事後比較，以探討兩兩之間的差異性，分析結果如表 4-2-3 所示。研究結果顯示『建模教學組』與『建模合作組』在此主題概念的差異不大，而此兩實驗組的學習成效相較於一般教學組(控制組)達顯著差異。

表 4-2-3 『酸鹼的定義與通性』前測 vs 後測 ANCOVA 事後比較分析

組別	平均數差異(前組-後組)	標準誤	顯著性
建模教學組 vs 建模合作組	.01	.506	.982
建模教學組 vs 一般教學組	1.54	.519	.004**
建模合作組 vs 一般教學組	1.52	.506	.003**

\*\*  $p < .01$

## (二) 『酸鹼濃度與 pH 值』

三組前後測相依樣本  $t$  考驗分析如表 4-2-4 所示。研究結果顯示，三組學生教學後，在『酸鹼濃度與 pH 值』此主題概念的學習成效皆有顯著進步。

表 4-2-4 『酸鹼濃度與 pH 值』前測 vs 後測相依樣本  $t$  考驗分析

組別	前測	後測	後-前	標準差	標準誤	$t$	顯著性
建模教學組 (N=28)	2.50	6.25	3.75	2.533	.479	7.833	.000***
建模合作組 (N=32)	2.78	7.16	4.38	2.166	.383	11.424	.000***
一般教學組 (N=28)	3.21	4.96	1.75	2.591	.490	3.574	.001***

\*\*\*  $p < .001$

以三組的前測成績為共變量，後測成績為依變量，進行共變數分析 (ANCOVA)，分析結果顯示三組間效果的考驗達顯著  $F=8.629$ ， $p < .001$ ，表示三種不同教學模式會影響學生『酸鹼濃度與 pH 值』主題概念的學習成效。接著進一步對三組後測成績進行事後比較，以探討兩兩之間的差異性，分析結果如表 4-2-5 所示。研究結果顯示『建模教學組』與『建模合作組』間的差異未達顯著，而此兩實驗組的學習成效相較於一般教學組(控制組)達顯著差異，其中又以『建模合作組』和『一般教學組』間的差異較大。

表 4-2-5 『酸鹼濃度與 pH 值』前測 vs 後測 ANCOVA 事後比較分析

組別	平均數差異(前組-後組)	標準誤	顯著性
建模教學組 vs 建模合作組	-.94	.514	.073
建模教學組 vs 一般教學組	1.21	.542	.028*
建模合作組 vs 一般教學組	2.15	.517	.000***

\* $p < .05$     \*\*  $p < .01$     \*\*\*  $p < .001$

### (三) 『酸鹼中和與鹽類』

三組前後測相依樣本  $t$  考驗分析如表 4-2-6 所示。研究結果顯示，三組學生教學後，在『酸鹼中和與鹽類』此主題概念的學習成效皆有顯著進步。

表 4-2-6 『酸鹼中和與鹽類』前測 vs 後測相依樣本  $t$  考驗分析

組別	前測	後測	後-前	標準差	標準誤	$t$	顯著性
建模教學組 (N=28)	3.11	5.43	2.32	3.312	.626	3.709	.001***
建模合作組 (N=32)	3.00	7.78	4.78	2.459	.435	10.998	.000***
一般教學組 (N=28)	2.71	5.00	2.29	2.787	.527	4.340	.000***

\*\*\*  $p < .001$

以三組的前測成績為共變量，後測成績為依變量，進行共變數分析 (ANCOVA)，分析結果顯示三組間效果的考驗達顯著  $F=10.180$ ， $p < .001$ ，表示三種不同教學模式會影響學生『酸鹼中和與鹽類』主題概念的學習成效。接著進一步對三組的後測成績進行事後比較，以探討兩兩之間的差異性，分析結果如表 4-2-7 所示。研究結果顯示『建模合作組』的表現優於其他兩組且達顯著差異，而『建模教學組』與『一般教學組』在此主題概念的表現差異不大。

表 4-2-7 『酸鹼中和與鹽類』前測 vs 後測 ANCOVA 事後比較分析

組別	平均數差異(前組-後組)	標準誤	顯著性
建模教學組 vs 建模合作組	-2.36	.668	.001***
建模教學組 vs 一般教學組	.41	.695	.559
建模合作組 vs 一般教學組	2.77	.671	.000***

\*\*\*  $p < .001$

### 三、酸鹼主題概念『延宕測』分析

爲了瞭解三組學生教學後在『酸鹼的定義與通性』、『酸鹼濃度與 pH 值』以及『酸鹼中和與鹽類』等主題概念的學習成效，教學後三週對三組學生進行延宕測，對各主題概念的前測、延宕測成績進行相依樣本  $t$  考驗，以瞭解不同教學模式的教學成效。

接著欲探討三組學生間各酸鹼主題概念學習成效的差異性，爲了排除前測成績對延宕測所造成的影響，以三組的前測成績爲共變量，延宕測成績爲依變量，分別對三種酸鹼主題概念前測和延宕測進行共變數分析(ANCOVA)，並進一步進行事後比較，以瞭解三組兩兩間的差異。

#### (一) 『酸鹼的定義與通性』

三組前測和延宕測相依樣本  $t$  考驗分析如表 4-2-8 所示。研究結果顯示，三組學生在教學三週後，『酸鹼的定義與通性』此主題概念的學習成效仍較前測有顯著進步。

表 4-2-8 『酸鹼的定義與通性』前測 vs 延宕測相依樣本 *t* 考驗分析

組別	前測	延宕測	延宕-前	標準差	標準誤	<i>t</i>	顯著性
建模教學組 (N=28)	2.82	6.46	3.64	1.565	.296	12.923	.000***
建模合作組 (N=32)	2.50	7.41	4.91	1.594	.282	17.417	.000***
一般教學組 (N=28)	2.82	5.46	2.64	2.542	.480	5.502	.000***

\*\*\*  $p < .001$

以三組的前測成績為共變量，延宕測成績為依變量，進行共變數分析(ANCOVA)，結果顯示三組組間效果的考驗達顯著  $F=10.031$ ， $p < .001$ ，表示三種不同教學模式會影響學生『酸鹼的定義與通性』此主題概念的學習成效。接著進一步對三組延宕測成績進行事後比較，以探討兩兩之間的差異性，分析結果如表 4-2-9 所示。研究結果顯示『建模教學組』與『建模合作組』在此主題概念的教學成效未達顯著差異，而此兩實驗組的學習成效相較於一般教學組(控制組)達顯著差異，其中『建模合作組』的表現優於『建模教學組』。

表 4-2-9 『酸鹼的定義與通性』前測 vs 延宕測 ANCOVA 事後比較分析

組別	平均數差異(前組-後組)	標準誤	顯著性
建模教學組 vs 建模合作組	-0.82	0.448	0.07
建模教學組 vs 一般教學組	1.18	0.459	.012*
建模合作組 vs 一般教學組	2.00	0.448	.000***

\* $p < .05$     \*\*  $p < .01$     \*\*\*  $p < .001$

## (二) 『酸鹼濃度與 pH 值』

三組前測和延宕測相依樣本 *t* 考驗分析如表 4-2-10 所示。研究結果顯示，三組學生教學三週後，在『酸鹼濃度與 pH 值』此主題概念的學習成效皆有顯著進

步。『一般教學組』進步的顯著性小於兩建模教學的實驗組。

表 4-2-10 『酸鹼濃度與 pH 值』前測 vs 延宕測相依樣本 *t* 考驗分析

組別	前測	延宕測	延宕-前	標準差	標準誤	<i>t</i>	顯著性
建模教學組 (N=28)	2.50	5.71	3.21	1.969	.372	8.637	.000***
建模合作組 (N=32)	2.78	6.78	4.00	1.723	.305	13.135	.000***
一般教學組 (N=28)	3.21	4.86	1.64	3.118	.589	2.788	.010**

\*\*  $p < .01$       \*\*\*  $p < .001$

以三組的前測成績為共變量，延宕測成績為依變量，進行共變數分析 (ANCOVA)，結果顯示三組組間效果的考驗達顯著  $F=7.162$ ， $p < .001$ ，表示三種不同教學模式會影響學生『酸鹼濃度與 pH 值』此主題概念的學習成效。接著進一步對三組延宕測成績進行事後比較，以探討兩兩之間的差異性，分析結果如表 4-2-11 所示。研究結果顯示『建模合作組』顯著優於『建模教學組』與『一般教學組』(控制組)，『建模教學組』在此主題概念的學習成效和『一般教學組』比較之下未達顯著差異。顯示進行建模教學的過程中，若能讓學生主動探索與討論，有助於增進學生『酸鹼濃度與 pH 值』概念的理解。

表 4-2-11 『酸鹼濃度與 pH 值』前測 vs 延宕測 ANCOVA 事後比較分析

組別	平均數差異(前組-後組)	標準誤	顯著性
建模教學組 vs 建模合作組	-1.06	.512	.042*
建模教學組 vs 一般教學組	.88	.540	.107
建模合作組 vs 一般教學組	1.94	.515	.000***

\* $p < .05$       \*\*  $p < .01$       \*\*\*  $p < .001$

### (三) 『酸鹼中和與鹽類』

三組前測和延宕測相依樣本  $t$  考驗分析如表 4-2-12 所示。研究結果顯示，三組學生教學三週後，在『酸鹼中和與鹽類』此主題概念的學習成效皆有顯著進步。

『一般教學組』進步的顯著性略小於兩建模教學的實驗組。

表 4-2-12 『酸鹼中和與鹽類』前測 vs 延宕測相依樣本  $t$  考驗分析

組別	前測	延宕測	延宕-前	標準差	標準誤	$t$	顯著性
建模教學組 (N=28)	3.11	6.29	3.18	2.790	.527	6.029	.000***
建模合作組 (N=32)	3.00	7.31	4.31	2.967	.524	8.222	.000***
一般教學組 (N=28)	2.71	5.25	2.54	3.585	.677	3.743	.001**

\*\*  $p < .01$       \*\*\*  $p < .001$

以三組的前測成績為共變量，延宕測成績為依變量，進行共變數分析 (ANCOVA)，結果顯示三組組間效果的考驗達顯著  $F=3.982$ ， $p < .05$ ，表示三種不同教學模式會影響學生『酸鹼中和與鹽類』此主題概念的學習成效。接著進一步對三組延宕測成績進行事後比較，以探討兩兩之間的差異性，分析結果如表 4-2-13 所示。研究結果顯示只有『建模合作組』顯著優於『一般教學組』(控制組)，其他兩種組合皆未達顯著。三種酸鹼概念主題中，以『酸鹼中和與鹽類』所包含的認知概念較為複雜，此結果顯示建模合作教學能有效促進學生複雜概念的學習。

表 4-2-13 『酸鹼中和與鹽類』前測 vs 延宕測 ANCOVA 事後比較分析

組別	平均數差異(前組-後組)	標準誤	顯著性
建模教學組 vs 建模合作組	-1.02	.732	.166
建模教學組 vs 一般教學組	1.05	.761	.172
建模合作組 vs 一般教學組	2.07	.735	.006**

\*\*  $p < .01$

#### 四、小結

將三組學生在『酸鹼定義與通性』主題概念測驗前、後、延宕測資料統整繪製如圖 4-2-1 所示。兩個建模教學實驗組後測和延宕測的表現皆優於控制組，且達顯著差異；『建模教學組』與『建模合作組』的後測表現差異不大，延宕測『建模合作組』優於『建模教學組』。可見透過建模合作教學，能有效促進學生科學概念的保留。

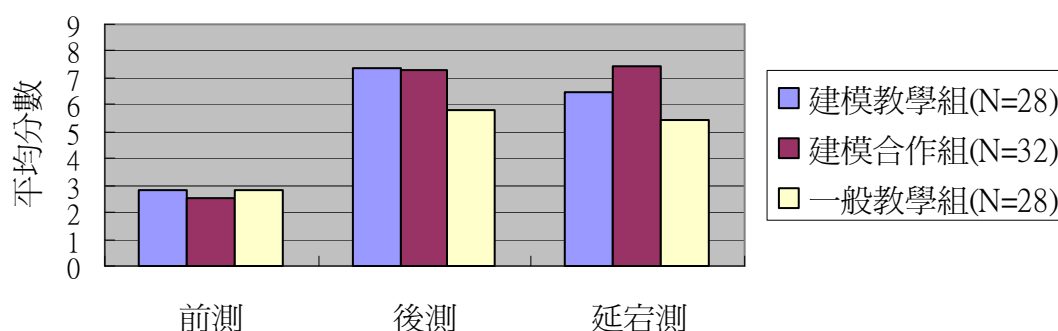


圖 4-2-1 三組『酸鹼的定義與通性』前、後、延宕測平均分數(總分 9 分)

將三組學生在『酸鹼濃度與 pH 值』主題概念測驗前、後、延宕測資料統整繪製如圖 4-2-2 所示。此主題概念兩實驗組表現依然優於控制組，且達顯著差異；建模合作組表現最佳，但兩實驗組間的差異並未達顯著。

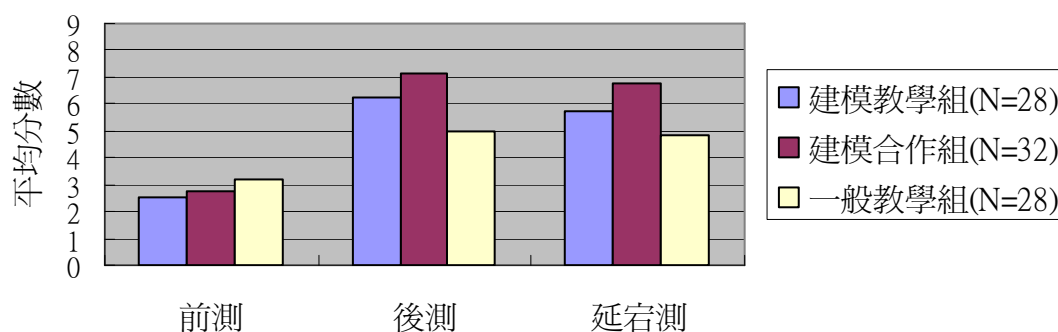


圖 4-2-2 三組『酸鹼濃度與 pH 值』前、後、延宕測平均分數(總分 9 分)

將三組學生在『酸鹼中和與鹽類』主題概念測驗前、後、延宕測資料統整繪製如圖 4-2-3 所示。在此主題概念後測中，建模合作組明顯優於建模教學組與一般教學組，且皆達顯著差異；而建模教學組與一般教學組間的差異性未達顯著。由此可知，建模教學組在『酸鹼中和與鹽類』此主題概念的表現和一般教學組相較之下，並未凸顯其教學成效。

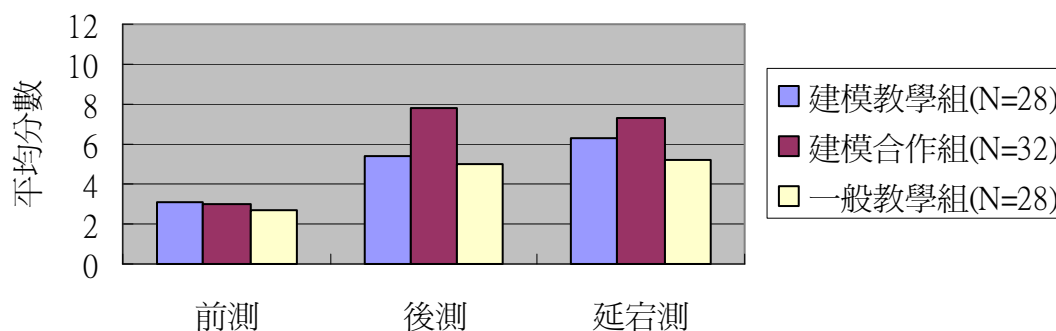


圖 4-2-3 三組『酸鹼中和與鹽類』前、後、延宕測平均分數(總分 12 分)

三個酸鹼主題概念中，『酸鹼的定義與通性』主要為知識記憶的概念；『酸鹼濃度與 pH 值』涉及理解與計算；『酸鹼中和與鹽類』除了必須計算之外，尚包含應用與分析的能力。因此，對學生而言，三種主題概念的學習，以『酸鹼中和與鹽類』較困難，『酸鹼的定義與通性』較為容易。

綜合上述分析結果，三組學生在各主題概念的後測和延宕測，都較前測有顯著進步，顯示三種教學法都有一定的學習成效。建模教學與建模合作教學在『酸鹼的定義與通性』和『酸鹼濃度與 pH 值』的概念學習，都能顯著優於一般教學。但在較為複雜的『酸鹼中和與鹽類』概念學習上，建模教學無法顯著優於一般教學，而建模合作教學依然能顯著優於一般教學。Halloun (2007)指出，建模教學是以學生為中心，讓個別的學生有足夠的機會建立(construction)與調度(deployment)模型以發展概念，經由教師的引導和調停，能更有效提升學習成就。本研究的建模合作教學主要以學生為主體，經由教師引導，讓學生藉由動手操弄主動建構概念，研究結果顯示合作式建模教學能有效提升學生對於複雜概念的學習。

### 第三節 酸鹼中和心智模式分析

本節針對『酸鹼中和與鹽類』主題概念，探討三組學生教學前後心智模式的分布與轉變情形。本研究選取酸鹼概念診斷測驗的部分試題(第 15、20、23、25、26、29 題)，將各試題選項進行認知特徵編碼，再藉由認知特徵進而組成心智模式，最後將『酸鹼中和』概念區分為六種主要的心智模式，相關的編碼內容如前章表 3-3-5 所示。

本研究在『酸鹼中和』心智模式中，將『現象模式』與『直覺濃度模式』歸類為初始模式，受學生日常生活本體論與認識論的預設所影響；『定義錯置模式』與『通性錯置模式』歸類為綜合模式，為學生在經由教學後與原有想法交互作用所產生；而『類科學模式』與『科學模式』則較為接近或符合現今的科學知識。若學生的答題情形不一致但偏向某一心智模式，將其歸類為混合模式；若有兩種心智模式的答題比例相同，則歸類為競爭模式。酸鹼中和各心智模式的認知內容如表 4-3-1 所示。

表 4-3-1 『酸鹼中和』概念之心智模式認知內容

心智模式類別	心智模式	心智模式認知內容
初始模式	現象模式	學生以生活經驗中的巨觀現象和素樸的強度觀念判斷酸鹼中和。
	直覺濃度模式	學生直覺式地認為酸鹼中和必須濃度相同，但缺乏數量與計算觀念。
綜合模式	定義錯置模式	學生誤將酸、鹼或鹽類水溶液中所含的離子錯置。
	通性錯置模式	學生誤以為酸鹼中和所產生的鹽類為食鹽或認為鹽類必為中性。
科學模式	類科學模式	學生擁有大部分正確的科學概念。
	科學模式	學生擁有完整正確的科學概念。
不一致	混合模式 1	學生答題情形偏向於現象模式
	混合模式 2	學生答題情形偏向於直覺濃度模式
	混合模式 3	學生答題情形偏向於定義錯置模式

混合模式 4	學生答題情形偏向於通性錯置模式
競爭模式	學生答題情形有兩種心智模式比例相同
散亂模式	學生答題情形無重複的心智模式

## 一、『建模教學組』的心智模式轉變情形

爲了瞭解『建模教學組』學生在教學前後『酸鹼中和』心智模式的分布，將 28 位學生的答題情形所配對出的心智模式整理如表 4-3-2，心智模式的分布如圖 4-3-1 所示。

圖表中顯示教學前學生普遍存在現象模式與直覺濃度模式，屬於較爲素樸想法的初始模式，概念不一致的混合模式、競爭模式和散亂模式的比例也偏高。

教學後學生存有初始模式的比例大爲降低，而屬於綜合模式的定義錯置與通性錯置模式的比例增加，概念不一致的比例大爲降低，可見學生透過建模教學後能產生較爲一致的概念，有 35.7%的學生擁有類科學模式。

延宕測後發現綜合模式的人數比例減少，初始模式比例較後測時稍有提升，產生概念回歸的現象，但情形並不嚴重，依然有 35.7%的學生擁有類科學模式，且有 1 人(3.6%)達科學模式，可見透過建模教學，學生能長時間保有較正確的科學概念。

表 4-3-2 建模教學組之『酸鹼中和』心智模式分布(%)

心智模式	前測	後測	延宕測
A1.現象模式	32.1(9/28)	3.6(1/28)	7.1(2/28)
A2.直覺濃度模式	21.4(6/28)	7.1(2/28)	14.3(4/28)
B1.定義錯置模式	0	14.3(4/28)	3.6(1/28)
B2.通性錯置模式	0	10.7(3/28)	7.1(2/28)
C1.類科學模式	0	35.7(10/28)	35.7(10/28)
C2.科學模式	0	0	3.6(1/28)
S1.混合模式 1	0	0	7.1(2/28)

S2.混合模式 2	0	7.1(2/28)	0
S3.混合模式 3	14.3(4/28)	10.7(3/28)	7.1(2/28)
S4.混合模式 4	10.7(3/28)	3.6(1/28)	7.1(2/28)
S5.競爭模式	14.3(4/28)	0	3.6(1/28)
S6.散亂模式	7.1(2/28)	7.1(2/28)	3.6(1/28)

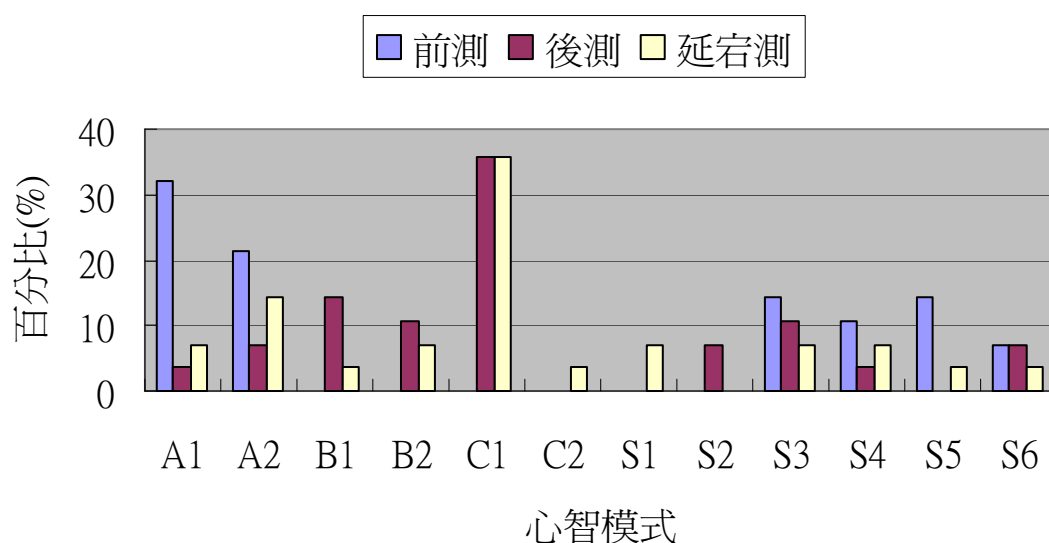


圖 4-3-1 建模教學組之『酸鹼中和』心智模式分布圖

爲了瞭解『建模教學組』學生在教學前後『酸鹼中和』心智模式的轉變情形，將學生前測、後測和延宕測主要心智模式的分佈和轉變情形描繪如圖 4-3-2 所示，圖中並未顯示概念較不一致的混合模式、競爭模式與散亂模式。

圖形顯示『建模教學組』在前測→後測『酸鹼中和』心智模式的轉變過程中，大多數學生能由初始模式(現象與直覺濃度模式)直接轉變爲類科學模式，有一部份學生轉變爲綜合模式(通性錯置模式)。整體而言，學生在酸鹼中和概念的學習有明顯提升。在後測→延宕測的轉變情形不明顯，可見大多數學生在教學一段時間後仍能維持穩定的心智模式。

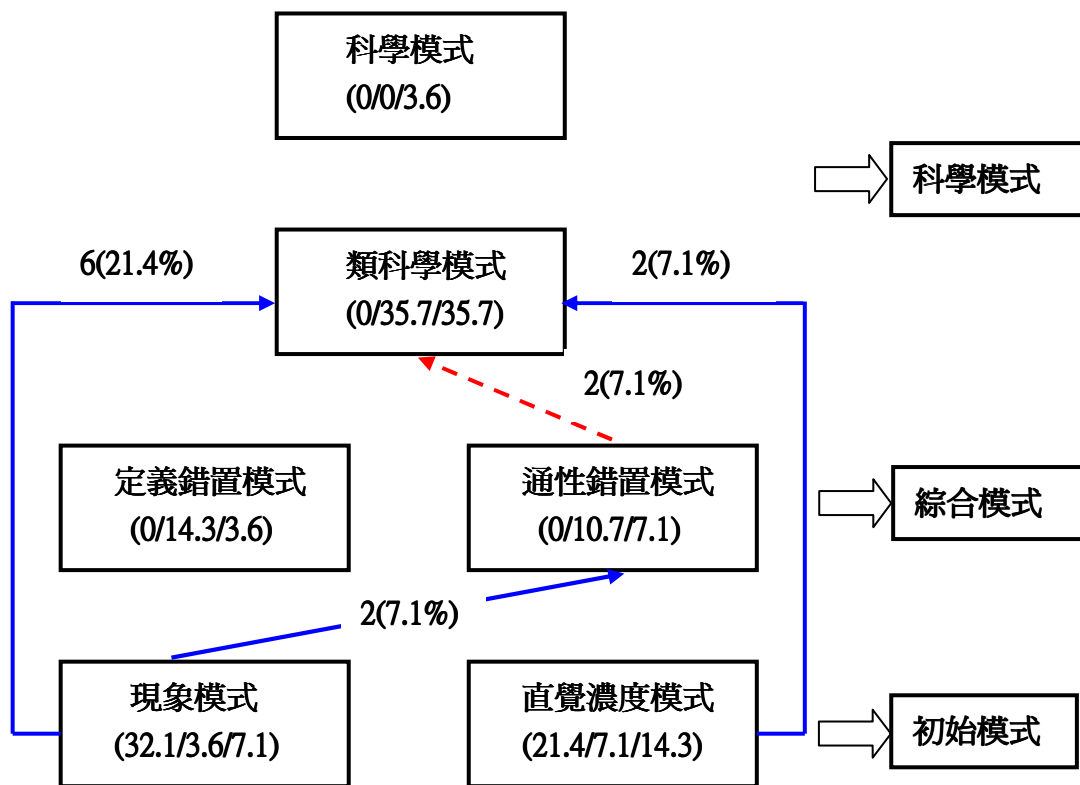


圖 4-3-2 建模教學組『酸鹼中和』心智模式分布與轉變情形

註 1：方塊的刮號內分別為前測、後測和延宕測的學生百分比

註 2：不一致模式及 5% 以下的變動不顯示，刮號前的數字為人數

註 3：——→：前測→後測；- - - -→：後測→延宕測

## 二、『建模合作組』的心智模式轉變情形

為了瞭解『建模合作組』學生在教學前後『酸鹼中和』心智模式的分布，將 32 位學生的答題情形所配對出的心智模式整理如表 4-3-3，心智模式的分布如圖 4-3-3 所示。

圖表中顯示教學前學生普遍存在現象模式與直覺濃度模式，屬於較為素樸想法的初始模式，有高達一半以上的比例屬於概念不一致的混合模式、競爭模式和散亂模式。

教學後學生存有初始模式的比例大為降低，已沒有學生存有現象模式，但一部份學生仍保有直覺濃度模式。屬於綜合模式的定義錯置與通性錯置模式的比例增加，概念不一致的模式比例大為降低。有三分之一比例的學生達類科學模式，

更有 9.4%的學生達科學模式，顯現出透過建模合作教學，約有一半比例的學生能獲得較為正確的科學概念，且概念不一致的情形也相對性減少。

延宕測後發現初始模式的學生比例不變，與建模教學組比較之下，無概念回歸的現象，依然有 15.6%的比例保有直覺濃度模式。類科學和科學模式模式的比列也較後測有些微提升，顯見透過建模合作學習，學生經過長時間後依然能保有較為正確的科學概念。

表 4-3-3 建模合作組之『酸鹼中和』心智模式分布(%)

心智模式	前測	後測	延宕測
A1.現象模式	18.8(6/32)	0	0
A2.直覺濃度模式	28.1(9/32)	15.6(5/32)	15.6(5/32)
B1.定義錯置模式	0	9.4(3/32)	6.3(2/32)
B2.通性錯置模式	0	9.4(3/32)	6.3(2/32)
C1.類科學模式	0	34.4(11/32)	40.6(13/32)
C2.科學模式	0	9.4(3/32)	6.3(2/32)
S1.混合模式 1	9.4(3/32)	0	0
S2.混合模式 2	3.1(1/32)	6.3(2/32)	3.1(1/32)
S3.混合模式 3	9.4(3/32)	0	0
S4.混合模式 4	0	6.3(2/32)	0
S5.競爭模式	18.8(6/32)	6.3(2/32)	9.4(3/32)
S6.散亂模式	12.5(4/32)	3.1(1/32)	12.5(4/32)

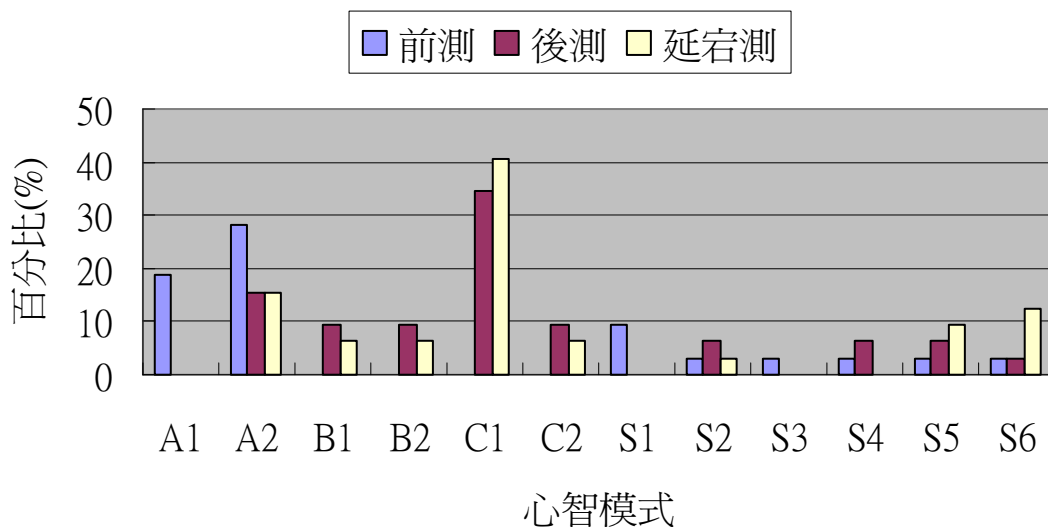


圖 4-3-3 建模合作組之『酸鹼中和』心智模式分布圖

爲了瞭解『建模合作組』學生在教學前後『酸鹼中和』心智模式的轉變情形，將學生前測、後測和延宕測主要心智模式的分布和轉變情形描繪如圖 4-3-4 所示，圖中並未顯示概念較不一致的混合模式、競爭模式與散亂模式。

圖形顯示『建模合作組』在前測→後測『酸鹼中和』心智模式的轉變過程中，多數學生能由初始模式(現象與直覺濃度模式)直接轉變爲類科學模式，有一部份學生轉變爲綜合模式(定義錯置模式)。整體而言，學生在酸鹼中和概念的學習上有明顯的提升。後測→延宕測有一部份學生由定義錯置模式再轉變爲類科學模式，可見建模合作教學在教學一段時間後除了能維持穩定的心智模式外，尙能因概念內化而有自我提升的效能。

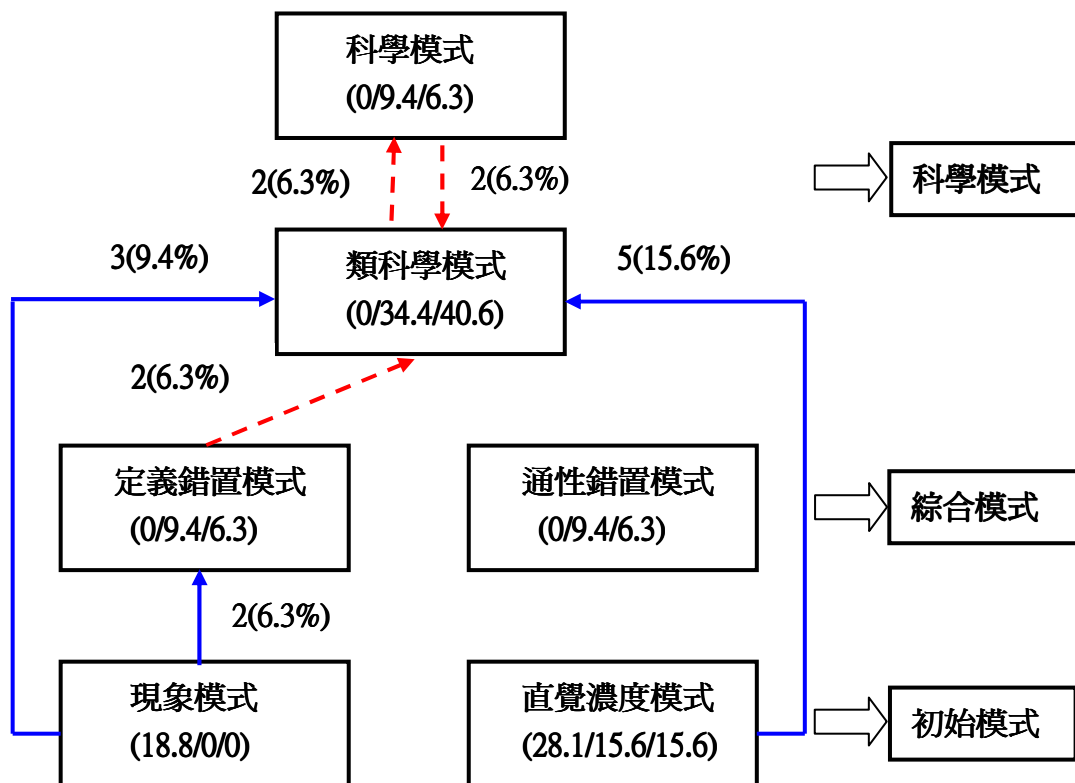


圖 4-3-4 建模合作組『酸鹼中和』心智模式分布與轉變情形

註 1：方塊的刮號內分別為前測、後測和延宕測的學生百分比

註 2：不一致模式及 5% 以下的變動不顯示，刮號前的數字為人數

註 3：——→：前測→後測；- - - -→：後測→延宕測

### 三、『一般教學組』的心智模式轉變情形

為了瞭解『一般教學組』學生在教學前後『酸鹼中和』心智模式的分布，將 28 位學生的答題情形所配對出的心智模式整理如表 4-3-4，心智模式的分布如圖 4-3-5 所示。

圖表中顯示教學前學生普遍存在現象模式與直覺濃度模式，屬於較為素樸想法的初始模式，概念不一致的混合模式、競爭模式和散亂模式的比例約達一半。

教學後學生存有初始模式和概念不一致的比例大為降低，但屬於綜合模式的定義錯置與通性錯置模式的比例增加較兩實驗組為高。能達到類科學模式的學生比例為 25%，較兩實驗組為低。由此可見一般教學較建模教學不易獲得正確的科學概念，且較容易將概念混淆而產生綜合心智模式。

延宕測後發現學生概念不一致的情形與實驗組差異不大，但保有初始模式和綜合模式的學生比例較兩實驗組為高，擁有類科學模式的學生稍微減少。整體而言，一般教學組的表現明顯低於建模教學組與建模合作組。

表 4-3-4 一般教學組之『酸鹼中和』心智模式分布(%)

心智模式	前測	後測	延宕測
A1.現象模式	17.9(5/28)	3.6(1/28)	3.6(1/28)
A2.直覺濃度模式	39.3(11/28)	14.3(4/28)	21.4(6/28)
B1.定義錯置模式	0	14.3(4/28)	17.9(5/28)
B2.通性錯置模式	0	17.9(5/28)	7.1(2/28)
C1.類科學模式	0	25.0(7/28)	21.4(6/28)
C2.科學模式	0	0	0
S1.混合模式 1	10.7(3/28)	10.7(3/28)	0
S2.混合模式 2	3.6(1/28)	0	3.6(1/28)
S3.混合模式 3	3.6(1/28)	3.6(1/28)	14.3(4/28)
S4.混合模式 4	3.6(1/28)	0	0
S5.競爭模式	17.9(5/28)	3.6(1/28)	3.6(1/28)
S6.散亂模式	3.6(1/28)	7.1(2/28)	7.1(2/28)

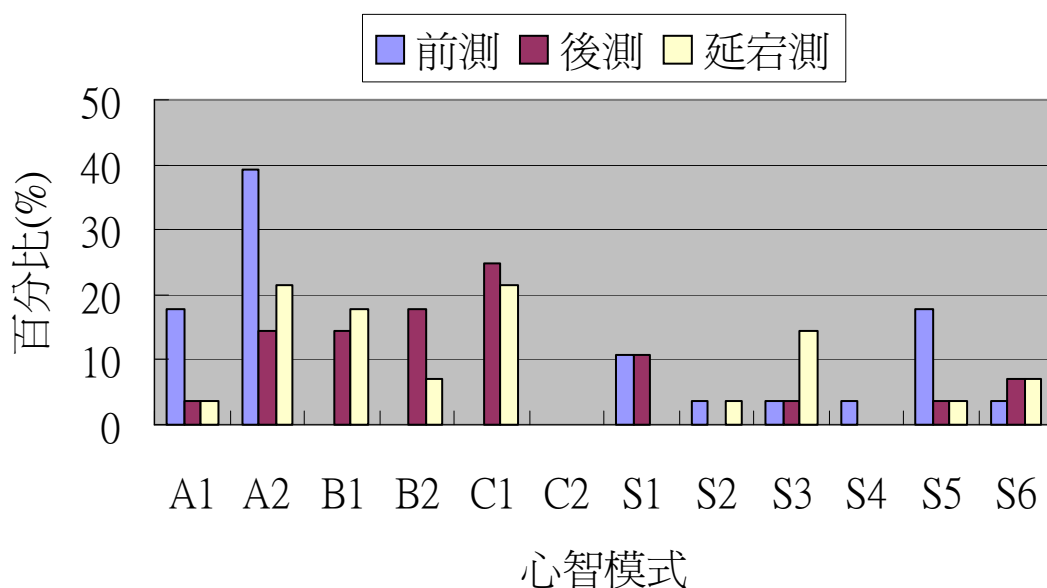


圖 4-3-5 一般教學組之『酸鹼中和』心智模式分布圖

爲了瞭解『一般教學組』學生在教學前後『酸鹼中和』心智模式的轉變情形，將學生前測、後測和延宕測主要心智模式的分布和轉變情形描繪如圖 4-3-6 所示，圖中並未顯示概念較不一致的混合模式、競爭模式與散亂模式。

圖形顯示『一般教學組』在前測→後測『酸鹼中和』心智模式的轉變過程中，有不少比例學生由直覺濃度模式轉變爲綜合模式(定義錯置與通性錯置模式)，部分學生能由直覺濃度模式直接轉變爲類科學模式。整體而言，一般教學組學生教學後在酸鹼中和概念的學習上有所提升，但進步情形不如實驗組。後測→延宕測有部份學生由類科學模式回復爲定義錯置模式，可見一般教學組在教學一段時間後較實驗組不易維持正確的科學概念。

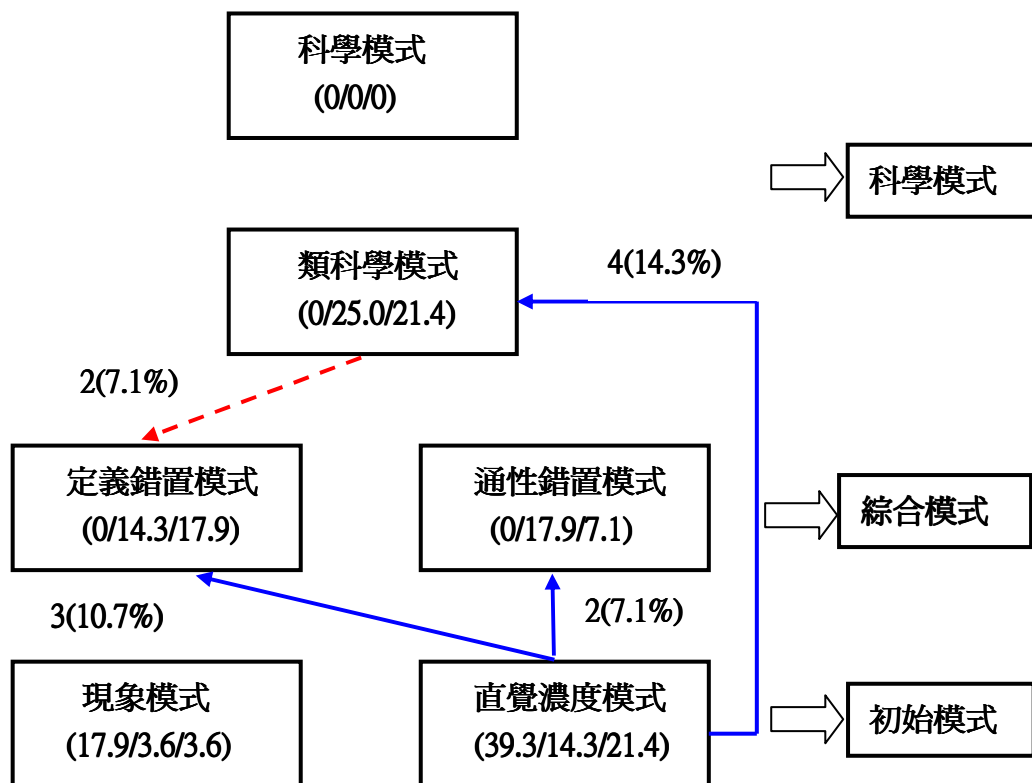


圖 4-3-6 一般教學組『酸鹼中和』心智模式分布與轉變情形

註 1：方塊的刮號內分別為前測、後測和延宕測的學生百分比

註 2：不一致模式及 5%以下的變動不顯示，刮號前的數字為人數

註 3：——→：前測→後測；- - - -→：後測→延宕測

#### 四、小結

綜合上述研究分析，三組學生教學前關於『酸鹼中和』概念所存有的心智模式皆為初始模式(現象模式與直覺濃度模式)和不一致的混合模式、競爭模式與散亂模式。教學後三組學生的初始模式都大大減少，綜合模式(定義錯置模式與通性錯置模式)的比例增加，此結果與 Vosniadou(1994)架構理論中所提的觀點相同。學生在學習科學概念之前，受到日常生活中本體論與認識論預設的影響存有較為素樸的初始心智模式(initial mental model)，例如：認為酸鹼中和所產生的鹽類像食鹽一樣有鹹味且可溶於水。再經由教學所習得的知識與素樸概念交互作用下，轉化為綜合心智模式(synthetic mental model)。概念改變是一種藉由豐富和修正轉化心智模式的漸進歷程，教學後三組有不同比例的學生因為概念改變而達到類科

學或科學心智模式。

在三組學生『酸鹼中和』心智模式的比較上，教學前差異不大，教學後『一般教學組』達類科學模式的比例為 25%，『建模教學組』的類科學模式比例為 35.7%，『建模合作組』有 34.7%的類科學模式，且有 9.4%達科學模式。延宕測後『建模教學組』與『建模合作組』的類科學模式以上的比例稍增加，但『一般教學組』卻減少。顯現建模教學較一般教學能幫助學生建構出正確的科學心智模式，且概念保留的成效亦佳。在兩實驗組的比較上，『建模合作組』的表現優於『建模教學組』，可見在學習過程中以學生為主體，讓學生主動建構概念，較有助於轉化出正確的心智模式。

本研究中發現，在三種教學模式下，學生教學後或延宕測後現象模式的比例都較教學前大大減少甚至消失，但直覺濃度模式的比例卻容易產生概念回歸的現象。雖然建模合作教學明顯有助於學生建構正確的心智模式，但教學後其直覺濃度的比例仍高，其原因有待進一步地探討。往後的研究可針對此點將教學做適度修正，或可在教學活動中加入一些認知衝突的設計，以幫助學生摒棄此非科學的心智模式。

## 第四節 酸鹼建模能力分析

本節旨在探討三組學生在不同教學模式下，對酸鹼建模能力提升的影響。首先，利用變異數分析法(ANOVA)分析三組學生在酸鹼建模能力分析試題前測的分數，以瞭解學生在教學前建模能力的差異。後測和延宕測則以前測為共變量，採用共變數分析法(ANCOVA)，以探討三組學生在不同教學模式下建模能力提升成效的差異。

### 一、建模能力分析試題『前測』分析

爲了瞭解『建模教學組』、『建模合作組』和『一般教學組』學生在教學前酸鹼建模能力是否有所差異，將三組學生的酸鹼建模能力分析試題前測分數進行

變異數分析(ANOVA)，分析結果如表 4-4-1 所示。三組學生在前測成績的變異數分析未達顯著差異 $F=1.552$ ， $p=.218>.05$ ，此結果顯示三組學生在教學前酸鹼建模能力的差異性不大。

表 4-4-1 『酸鹼建模能力』前測ANOVA分析

組別	分數(總分30分)	標準差	標準誤	$F$	顯著性
建模教學組(N=28)	1.52	1.554	.294	1.552	.218
建模合作組(N=32)	1.14	1.015	.179		
一般教學組(N=28)	.98	.859	.162		

\* $p<.05$

## 二、建模能力分析試題『後測』分析

教學後對三組學生進行酸鹼建模能力分析試題後測，三組的後測分數以『建模合作組』最高=13.68分；其次為『建模教學組』=11.63分；最低為『一般教學組』=6.51分。分別將三組學生的前後測成績進行相依樣本  $t$  考驗，分析結果如表 4-4-2 所示。由表之數據顯示，三組學生教學後在酸鹼建模能力上皆有顯著進步。

表 4-4-2 『酸鹼建模能力分析試題』前測 vs 後測相依樣本  $t$  考驗分析

組別	前測	後測	後-前	標準差	標準誤	$t$	顯著性
建模教學組 (N=28)	1.52	11.63	10.11	5.197	1.084	9.326	.000***
建模合作組 (N=32)	1.14	13.68	12.54	7.951	1.261	9.945	.000***
一般教學組 (N=28)	.98	6.51	5.53	6.533	1.096	5.049	.000***

\*\*\*  $p<.001$

爲了排除前測成績對後測所造成的影響，以三組酸鹼建模能力分析試題的前測成績爲共變量，後測成績爲依變量，進行共變數分析(ANCOVA)。分析結果顯示組間效果的考驗達顯著差異  $F=9.545$ ， $p<.001$ ，表示不同的教學模式會影響學生建模能力的表現。

接著進一步對三組後測成績進行事後比較，以探討兩兩之間的差異性，分析結果如表 4-4-3 所示。研究結果顯示三組間的後測成績皆達顯著差異，兩實驗組中以『建模合作組』表現較佳，『建模合作組』的表現亦較『建模教學組』更顯著優於『一般教學組』。

表 4-4-3 『酸鹼建模能力分析試題』前測 vs 後測 ANCOVA 事後比較分析

組別	平均數差異(前組-後組)	標準誤	顯著性
建模教學組 vs 建模合作組	-3.15	1.549	.045*
建模教學組 vs 一般教學組	3.56	1.612	.030*
建模合作組 vs 一般教學組	6.72	1.537	.000***

\* $p<.05$     \*\*  $p<.01$     \*\*\*  $p<.001$

### 三、建模能力分析試題『延宕測』分析

教學後三週對三組學生進行建模能力分析試題延宕測，分別將三組學生的前測、延宕測成績進行相依樣本  $t$  考驗分析，如表 4-1-4 所示。此結果顯示三組學生在教學經過一段時間後，其建模能力較教學前仍有顯著進步。

表 4-4-4 『建模能力分析試題』前測 vs 延宕測相依樣本 *t* 考驗分析

組別	前測	延宕測	延宕-前	標準差	標準誤	<i>t</i>	顯著性
建模教學組 (N=28)	1.52	14.22	12.70	5.197	.982	12.934	.000***
建模合作組 (N=32)	1.14	15.60	14.47	7.951	1.406	10.291	.000***
一般教學組 (N=28)	0.98	9.11	8.13	6.533	1.235	6.584	.000***

\*\*\*  $p < .001$

爲了排除前測成績對延宕測所造成的影響，以三組的前測成績爲共變量，延宕測成績爲依變量，進行共變數分析(ANCOVA)，並對三組延宕測成績進行事後比較，以探討兩兩之間的差異性，分析結果如表 4-4-5 所示。研究結果顯示兩實驗組延宕測的表現皆顯著優於控制組，其中又以『建模合作組』表現較佳。而兩實驗組間的表现未達顯著，將於下一節對各建模歷程建模能力作進一步分析。

表 4-4-5 『建模能力分析試題』前測 vs 延宕測 ANCOVA 事後比較分析

組別	平均數差異(前組-後組)	標準誤	顯著性
建模教學組 vs 建模合作組	-2.50	1.661	.136
建模教學組 vs 一般教學組	3.53	1.729	.044*
建模合作組 vs 一般教學組	6.04	1.649	.000***

\* $p < .05$     \*\*  $p < .01$     \*\*\*  $p < .001$

#### 四、小結

綜合上述分析，將三組學生在酸鹼建模能力診斷測驗前、後、延宕測資料整理如表 4-4-6，其所對應的圖形如圖 4-4-1 所示。

表 4-4-6 三組建模能力前、後、延宕測平均分數與標準差

組別	前測(總分=30)		後測(總分=30)		延宕測(總分=30)	
	分數	標準差	分數	標準差	分數	標準差
建模教學組(N=28)	1.52	1.554	11.63	6.595	14.22	5.948
建模合作組(N=32)	1.14	1.015	13.68	7.579	15.60	8.378
一般教學組(N=28)	0.98	0.859	6.51	6.02	9.11	6.894

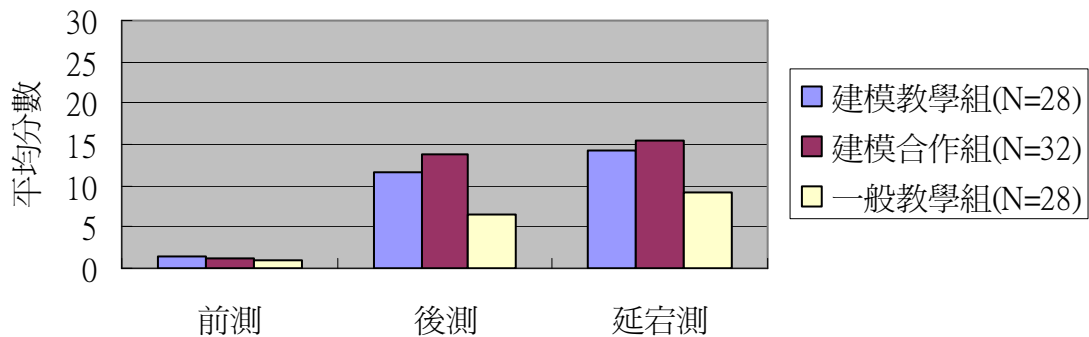


圖 4-4-1 三組建模能力前、後、延宕測平均分數

教學前，三組學生在酸鹼建模能力測驗的表現相近，無顯著差異。在教學後及教學三週後，三組學生後測及延宕測的表現和前測比較之下，皆有顯著進步 ( $p < .001$ )。可見三種教學方式對於學生酸鹼建模能力的提升，皆有一定的教學成效。

在組別間的比較上，兩種建模教學(實驗組)在教學後的後測及延宕測表現，都顯著優於一般教學(控制組)。可見透過建模教學，對於學生建模能力的提升上有正向的幫助，能有效促進學生對科學概念的理解，並運用模型去推理、解釋現象。在兩實驗組間的比較上，『建模合作組』後測的表現優於『建模教學組』，且達顯著差異( $p < .05$ )，延宕測後在三組間仍然保有最佳表現。

『建模合作組』與『建模教學組』的差異之處在於『建模合作組』教學過程中，除了建立學生模型的概念之外，也讓學生藉由分組討論的方式表達自己的想

法，主動建構和修正模型。Ainsworth(2008)亦認為，教學中若學生能被允許建立他們擁有的心智表徵並公開呈現，將可對目標物(target)的現象和過程產生更好的理解。由此可知，教學過程中教師若能適度地分配一些時間，提供學生表達想法的機會，據此修正概念，能讓建模教學發揮更大的功效。

## 第五節 各建模歷程之建模能力分析

在第四節中初步比較三組酸鹼建模能力分析試題前測、後測和延宕測，研究結果顯示三組的後測和延宕測比起前測皆有顯著進步。其中以『建模合作組』的表現最佳，『建模教學組』次之，『一般教學組』的進步較少。三組在兩兩間的事後比較，也具有顯著差異，尤其以『建模合作組』的表現更明顯優於『一般教學組』。本節將進一步探討酸鹼建模能力分析試題中，三個組別在『模型選擇』、『模型建立』、『模型效化』、『模型應用』和『模型調度』等建模歷程的建模能力提升情形是否有所差異。先對前測採用變異數分析法(ANOVA)，以瞭解三組在教學前各歷程建模能力是否有所差異。後測和延宕測則以各歷程的前測分數為共變量，採用共變數分析法(ANCOVA)，探討三組學生在教學後酸鹼建模能力提升的差異為何。

### 一、各建模歷程『前測』之建模能力分析

爲了瞭解三組學生教學前在『模型選擇』、『模型建立』、『模型效化』、『模型應用』和『模型調度』等建模歷程的建模能力是否有所差異，將三組學生在各歷程的前測分數進行變異數分析(ANOVA)，分析結果如表 4-5-1 所示。由表可知，三組學生在教學前皆缺乏模型調度的能力，在各歷程的表現也都未達顯著差異，顯示三組學生教學前在各歷程的酸鹼建模能力差異不大。

表 4-5-1 三組各建模歷程之建模能力前測 ANOVA 分析

建模歷程	建模教學組		建模合作組		一般教學組		F	顯著性
	平均	標準差	平均	標準差	平均	標準差		
模型選擇 (6分)	.98	.998	.60	.620	.56	.785	2.281	.108
模型建立 (6分)	.30	.375	.24	.203	.23	.202	.551	.579
模型效化 (6分)	.16	.464	.20	.389	.04	.189	1.625	.203
模型應用 (6分)	.09	.207	.09	.317	.16	.263	.568	.569
模型調度 (6分)	0	0	0	0	0	0	X	X

\* $p < .05$

## 二、各建模歷程『後測』之建模能力分析

爲了瞭解三組學生教學後在『模型選擇』、『模型建立』、『模型效化』、『模型應用』和『模型調度』等建模歷程的建模能力提升情形，分別對三組學生在酸鹼建模能力分析試題的前、後測成績進行相依樣本  $t$  考驗。

接著欲探討三組學生間各建模歷程之建模能力的差異性，爲了排除前測成績對後測所造成的影響，研究者以三組的前測成績爲共變量，後測成績爲依變量，分別對各建模歷程前後測進行共變數分析(ANCOVA)，並進一步進行事後比較，以瞭解三個教學組別兩兩間的差異。

### (一) 『模型選擇』

建模能力分析試題中『模型選擇』的前後測相依樣本  $t$  考驗分析如表 4-5-2 所示。研究結果顯示，三組學生教學後，在『模型選擇』建模能力的提升上皆達顯著進步。

表 4-5-2 『模型選擇』前測 vs 後測相依樣本 *t* 考驗分析

組別	前測	後測	後-前	標準差	標準誤	<i>t</i>	顯著性
建模教學組 (N=28)	.98	3.94	2.96	1.210	.229	12.984	.000***
建模合作組 (N=32)	.60	4.04	3.44	1.416	.250	13.731	.000***
一般教學組 (N=28)	.56	2.68	2.12	1.843	.348	6.072	.000***

\*\*\*  $p < .001$

以三組學生的前測成績為共變量，後測成績為依變量，進行共變數分析 (ANCOVA)，分析結果顯示三組間效果的考驗  $F=6.061$ ， $p < .01$ ，表示三種不同教學模式會影響學生『模型選擇』建模能力的提升情形。接著進一步對三組後測成績進行事後比較，以探討兩兩之間的差異性，分析結果如表 4-5-3 所示。研究結果顯示『建模教學組』與『建模合作組』間的差異未達顯著，但此兩實驗組的學習成效皆優於『一般教學組』(控制組)且達顯著差異，其中又以『建模合作組』表現較佳。

表 4-5-3 『模型選擇』前測 vs 後測 ANCOVA 事後比較分析

組別	平均數差異(前組-後組)	標準誤	顯著性
建模教學組 vs 建模合作組	-.38	.397	.337
建模教學組 vs 一般教學組	.95	.411	.023*
建模合作組 vs 一般教學組	1.33	.390	.001***

\* $p < .05$     \*\*  $p < .01$     \*\*\*  $p < .001$

## (二) 『模型建立』

建模能力分析試題中『模型建立』的前後測相依樣本 *t* 考驗分析如表 4-5-4 所示。研究結果顯示，三組學生在教學後，在『模型建立』建模能力的提升上皆

達顯著進步。

表 4-5-4 『模型建立』前測 vs 後測相依樣本  $t$  考驗分析

組別	前測	後測	後-前	標準差	標準誤	$t$	顯著性
建模教學組 (N=28)	.30	2.94	2.64	1.852	.350	7.553	.000***
建模合作組 (N=32)	.24	3.2	2.96	1.757	.311	9.506	.000***
一般教學組 (N=28)	.23	1.51	1.28	1.923	.363	3.538	.001***

\*\*\*  $p < .001$

以三組學生的前測成績為共變量，後測成績為依變量，進行共變數分析 (ANCOVA)，分析結果顯示三組間效果的考驗  $F=7.041$ ， $p < .001$ ，表示三種不同教學模式對學生『模型建立』建模能力提升的影響達顯著。接著進一步對三組後測成績進行事後比較，以探討兩兩之間的差異性，分析結果如表 4-5-5 所示。研究結果顯示『建模教學組』與『建模合作組』間的差異未達顯著，而此兩實驗組的學習成效皆優於一般教學組(控制組)且達顯著差異。

表 4-5-5 『模型建立』前測 vs 後測 ANCOVA 事後比較分析

組別	平均數差異(前組-後組)	標準誤	顯著性
建模教學組 vs 建模合作組	-.26	.477	.591
建模教學組 vs 一般教學組	1.42	.493	.005**
建模合作組 vs 一般教學組	1.68	.475	.001***

\*\*  $p < .01$       \*\*\*  $p < .001$

### (三) 『模型效化』

建模能力分析試題中『模型效化』的前後測相依樣本  $t$  考驗分析如表 4-5-6 所示。研究結果顯示，三組學生在教學後，在『模型效化』建模能力的提升上皆達顯著進步。

表 4-5-6 『模型效化』前測 vs 後測相依樣本 *t* 考驗分析

組別	前測	後測	後-前	標準差	標準誤	<i>t</i>	顯著性
建模教學組 (N=28)	.16	2.50	2.34	1.493	.282	8.294	.000***
建模合作組 (N=32)	.20	2.64	2.44	1.898	.336	7.275	.000***
一般教學組 (N=28)	.04	1.13	1.09	1.044	.197	5.519	.000***

\*\*\*  $p < .001$

以三組學生的前測成績為共變量，後測成績為依變量，進行共變數分析(ANCOVA)，分析結果顯示三組間效果的考驗  $F=6.497$ ， $p < .01$ ，表示三種不同教學模式對學生『模型效化』建模能力提升的影響達顯著。接著進一步對三組後測成績進行事後比較，以探討兩兩之間的差異性，分析結果如表 4-5-7 所示。研究結果顯示『建模教學組』與『建模合作組』間的差異未達顯著，而此兩實驗組的學習成效皆優於『一般教學組』(控制組)且達顯著差異，其中又以『建模合作組』表現較佳。

表 4-5-7 『模型效化』前測 vs 後測 ANCOVA 事後比較分析

組別	平均數差異(前組-後組)	標準誤	顯著性
建模教學組 vs 建模合作組	-.10	.401	.805
建模教學組 vs 一般教學組	1.24	.417	.004**
建模合作組 vs 一般教學組	1.34	.408	.001***

\*\*  $p < .01$

\*\*\*  $p < .001$

#### (四) 『模型應用』

建模能力分析試題中『模型應用』的前後測相依樣本  $t$  考驗分析如表 4-5-8 所示。研究結果顯示，三組學生在教學後，在『模型應用』建模能力的提升上皆達顯著進步。其中『建模教學組』與『建模合作組』的進步情形優於『一般教學組』，和前三種建模歷程相較之下，控制組在此歷程的表現相對提升較少。

表 4-5-8 『模型應用』前測 vs 後測相依樣本  $t$  考驗分析

組別	前測	後測	後-前	標準差	標準誤	$t$	顯著性
建模教學組 (N=28)	.09	1.25	1.16	1.413	.267	4.321	.000***
建模合作組 (N=32)	.09	2.23	2.14	1.838	.325	6.589	.000***
一般教學組 (N=28)	.16	.83	.67	1.410	.266	2.533	.017*

\* $p < .05$     \*\*  $p < .01$     \*\*\*  $p < .001$

以三組學生的前測成績為共變量，後測成績為依變量，進行共變數分析 (ANCOVA)，分析結果顯示三組間效果的考驗  $F=6.397$ ， $p < .01$ ，表示三種不同教學模式對學生『模型應用』建模能力提升的影響達顯著。接著進一步對三組後測成績進行事後比較，以探討兩兩之間的差異性，分析結果如表 4-5-9 所示。研究結果顯示『建模合作組』在『模型應用』的建模能力優於其他兩組，且達顯著差異，與『一般教學組』的差異性高於『建模教學組』。而『建模教學組』在此建模歷程的表現與『一般教學組』的差異性不大，未達顯著。由此可知，兩實驗組中以『建模合作組』在較高階建模能力的提升效果表現較佳。

表 4-5-9 『模型應用』前測 vs 後測 ANCOVA 事後比較分析

組別	平均數差異(前組-後組)	標準誤	顯著性
建模教學組 vs 建模合作組	-.99	.409	.018*
建模教學組 vs 一般教學組	.44	.424	.307
建模合作組 vs 一般教學組	1.42	.411	.001***

\* $p < .05$     \*\*  $p < .01$     \*\*\*  $p < .001$

### (五) 『模型調度』

建模能力分析試題中『模型調度』的前後測相依樣本  $t$  考驗分析如表 4-5-10 所示。研究結果顯示，三組學生在教學後，學習成效皆有顯著進步。其中『建模教學組』與『建模合作組』的進步情形優於『一般教學組』。

表 4-5-10 『模型調度』前測 vs 後測相依樣本  $t$  考驗分析

組別	前測	後測	後-前	標準差	標準誤	$t$	顯著性
建模教學組 (N=28)	.00	1.00	1.00	.980	.185	5.378	.000***
建模合作組 (N=32)	.00	1.54	1.54	1.434	.258	5.974	.000***
一般教學組 (N=28)	.00	.37	.37	.672	.127	2.896	.007**

\*\*  $p < .01$     \*\*\*  $p < .001$

以三組學生的前測成績為共變量，後測成績為依變量，進行共變數分析 (ANCOVA)，分析結果顯示三組間效果的考驗  $F=9.087$ ， $p < .001$ ，表示三種不同教學模式對學生『模型調度』建模能力提升的影響達顯著。接著進一步對三組後測成績進行事後比較，以探討兩兩之間的差異性，分析結果如表 4-5-11 所示。研究結果顯示三組在兩兩間的比較皆達顯著差異，『建模合作組』表現較其他兩組為佳，由此可推斷兩實驗組的教學成效在模型選擇、建立、效化等歷程差異不大，

但在較高階的模型應用和調度上則有明顯差異，可見透過合作學習能有效提升學生較高階的建模能力，以幫助其問題解決。

表 4-5-11 『模型調度』前測 vs 後測 ANCOVA 事後比較分析

組別	平均數差異(前組-後組)	標準誤	顯著性
建模教學組 vs 建模合作組	-.57	.282	.045*
建模教學組 vs 一般教學組	.63	.291	.034*
建模合作組 vs 一般教學組	1.20	.282	.000***

\* $p < .05$     \*\*  $p < .01$     \*\*\*  $p < .001$

### 三、各建模歷程『延宕測』之建模能力分析

爲了瞭解三組學生教學一段時間後在『模型選擇』、『模型建立』、『模型效化』、『模型應用』和『模型調度』等建模歷程的建模能力差異情形，分別對三組學生在酸鹼建模能力分析試題的前測和延宕測成績進行相依樣本  $t$  考驗。

接著欲進一步探討三組學生在各建模歷程之建模能力的差異性，爲了排除前測成績對延宕測所造成的影響，研究者以三組的前測成績爲共變量，延宕測成績爲依變量，分別對各建模歷程前測和延宕測進行共變數分析(ANCOVA)，並進一步進行事後比較，以瞭解三個教學組別兩兩間的差異。

#### (一) 『模型選擇』

建模能力分析試題中『模型選擇』的前測和延宕測相依樣本  $t$  考驗分析如表 4-5-12 所示。研究結果顯示，三組學生教學後三週，在『模型選擇能力』的提升上皆達顯著進步，其中以『建模合作組』進步最多，『建模教學組』其次，『一般教學組』進步較少。

表 4-5-12 『模型選擇』前測 vs 延宕測相依樣本 *t* 考驗分析

組別	前測	延宕測	延宕-前	標準差	標準誤	<i>t</i>	顯著性
建模教學組 (N=28)	.98	4.28	3.30	1.281	.242	13.629	.000***
建模合作組 (N=32)	.60	4.28	3.68	1.474	.261	14.105	.000***
一般教學組 (N=28)	.56	3.30	2.74	1.712	.324	8.476	.000***

\*\*\*  $p < .001$

以三組學生的前測成績為共變量，延宕測成績為依變量，進行共變數分析(ANCOVA)，分析結果顯示三組組間效果的考驗  $F=2.963$ ， $p=.057 > .05$ ，表示在三種不同教學模式下學生『模型選擇能力』的提升情形未達顯著。接著進一步對三組延宕測成績進行事後比較，以探討兩兩之間的差異性，分析結果如表 4-5-13 所示。研究結果顯示『建模教學組』與『建模合作組』間的差異未達顯著，兩實驗組的『模型選擇能力』以『建模合作組』的表現較佳，相較於『一般教學組』達顯著差異。

表 4-5-13 『模型選擇』前測 vs 延宕測 ANCOVA 事後比較分析

組別	平均數差異(前組-後組)	標準誤	顯著性
建模教學組 vs 建模合作組	-0.32	.396	.42
建模教學組 vs 一般教學組	0.62	.410	.135
建模合作組 vs 一般教學組	0.94	.389	.018*

\* $p < .05$

## (二) 『模型建立』

建模能力分析試題中『模型建立』的前測和延宕測相依樣本 *t* 考驗分析如表 4-5-14 所示。研究結果顯示，三組學生教學後三週，在『模型建立』建模能力的

提升上仍達顯著進步，以『建模合作組』進步最多，『建模教學組』其次，『一般教學組』進步較少。

表 4-5-14 『模型建立』前測 vs 延宕測相依樣本  $t$  考驗分析

組別	前測	延宕測	延宕-前	標準差	標準誤	$t$	顯著性
建模教學組 (N=28)	0.30	3.26	2.96	1.398	.264	11.22	.000***
建模合作組 (N=32)	0.24	3.54	3.30	1.700	.301	10.971	.000***
一般教學組 (N=28)	0.23	2.34	2.11	1.914	.362	5.846	.000***

\*\*\*  $p < .001$

以三組學生的前測成績為共變量，延宕測成績為依變量，進行共變數分析(ANCOVA)，分析結果顯示三組組間效果的考驗  $F=3.784$ ， $p < .05$ ，表示在三種不同教學模式下學生『模型建立能力』的提升情形達顯著差異。接著進一步對三組延宕測成績進行事後比較，以探討兩兩之間的差異性，分析結果如表 4-5-15 所示。三組中『建模合作組』的表現優於『一般教學組』，且達顯著差異，而『建模教學組』相對於其他兩組的差異性皆未達顯著。

表 4-5-15 『模型建立』前測 vs 延宕測 ANCOVA 事後比較分析

組別	平均數差異(前組-後組)	標準誤	顯著性
建模教學組 vs 建模合作組	-.33	.340	.45
建模教學組 vs 一般教學組	.85	.456	.066
建模合作組 vs 一般教學組	1.18	.439	.008**

\*\*  $p < .01$

### (三) 『模型效化』

建模能力分析試題中『模型效化』的前測和延宕測相依樣本  $t$  考驗分析如表

4-5-16 所示。研究結果顯示，三組學生教學後三週，在『模型效化能力』的提升上仍達顯著進步，其中以『建模合作組』進步最多，『建模教學組』其次，『一般教學組』進步較少。

表 4-5-16 『模型效化』前測 vs 延宕測相依樣本 *t* 考驗分析

組別	前測	延宕測	延宕-前	標準差	標準誤	<i>t</i>	顯著性
建模教學組 (N=28)	.16	2.92	2.76	1.677	.317	8.711	.000***
建模合作組 (N=32)	.20	3.04	2.84	1.879	.332	8.545	.000***
一般教學組 (N=28)	.04	1.86	1.82	1.677	.317	5.757	.000***

\*\*\*  $p < .001$

以三組學生的前測成績為共變量，延宕測成績為依變量，進行共變數分析 (ANCOVA)，分析結果顯示三組組間效果的考驗  $F=2.945$ ， $p=.058 > .05$ ，表示在三種不同教學模式下學生『模型效化能力』的提升情形未達顯著差異。接著進一步對三組延宕測成績進行事後比較，以探討兩兩組間的差異性，分析結果如表 4-5-17 所示。『建模合作組』與『一般教學組』兩個實驗組的表現優於『一般教學組』(控制組)且達顯著差異；兩實驗組間的差異則未達顯著。

表 4-5-17 『模型效化』前測 vs 延宕測 ANCOVA 事後比較分析

組別	平均數差異(前組-後組)	標準誤	顯著性
建模教學組 vs 建模合作組	-.08	.457	.860
建模教學組 vs 一般教學組	.95	.415	.049*
建模合作組 vs 一般教學組	1.03	.465	.029*

\* $p < .05$

#### (四) 『模型應用』

建模能力分析試題中『模型應用』的前測和延宕測相依樣本  $t$  考驗分析如表 4-5-18 所示。研究結果顯示，三組學生教學後三週，在『模型應用能力』的提升上仍達顯著進步，其中以『建模合作組』進步最多，『建模教學組』其次，『一般教學組』進步較少。

表 4-5-18 『模型應用』前測 vs 延宕測相依樣本  $t$  考驗分析

組別	前測	延宕測	延宕-前	標準差	標準誤	$t$	顯著性
建模教學組 (N=28)	.09	2.31	2.22	1.608	.304	7.287	.000***
建模合作組 (N=32)	.09	2.90	2.81	2.117	.374	7.516	.000***
一般教學組 (N=28)	.16	1.05	.89	1.22	.231	3.872	.001***

\*\*\*  $p < .001$

以三組學生的前測成績為共變量，延宕測成績為依變量，進行共變數分析 (ANCOVA)，分析結果顯示三組組間效果的考驗  $F=9.178$ ， $p < .001$ ，表示在三種不同教學模式下學生『模型應用能力』的提升情形達顯著差異。接著進一步對三組延宕測成績進行事後比較，以探討兩兩組間的差異性，分析結果如表 4-5-19 所示。『建模合作組』與『一般教學組』兩個實驗組的表現優於『一般教學組』(控制組)且達顯著差異；兩實驗組間的差異則未達顯著。

表 4-5-19 『模型應用』前測 vs 延宕測 ANCOVA 事後比較分析

組別	平均數差異(前組-後組)	標準誤	顯著性
建模教學組 vs 建模合作組	-.60	.444	.18
建模教學組 vs 一般教學組	1.29	.461	.006**
建模合作組 vs 一般教學組	1.89	.447	.000***

\*\*  $p < .01$

\*\*\*  $p < .001$

### (五) 『模型調度』

建模能力分析試題中『模型調度』的前測和延宕測相依樣本  $t$  考驗分析如表 4-5-20 所示。研究結果顯示，三組學生教學後三週，在『模型調度能力』的提升上仍達顯著進步，其中以『建模合作組』進步最多，『建模教學組』其次，『一般教學組』進步較少。

表 4-5-20 『模型調度』前測 vs 延宕測相依樣本  $t$  考驗分析

組別	前測	延宕測	延宕-前	標準差	標準誤	$t$	顯著性
建模教學組 (N=28)	0	1.46	1.46	.898	.170	8.587	.000***
建模合作組 (N=32)	0	1.76	1.76	1.806	.324	5.419	.000***
一般教學組 (N=28)	0	.55	.55	.842	.159	3.480	.002**

\*\*  $p < .01$       \*\*\*  $p < .001$

以三組學生的前測成績為共變量，延宕測成績為依變量，進行共變數分析 (ANCOVA)，分析結果顯示三組組間效果的考驗  $F=6.880$ ， $p < .01$ ，表示在三種不同教學模式下學生『模型調度能力』的提升情形達顯著差異。接著進一步對三組延宕測成績進行事後比較，以探討兩兩組間的差異性，分析結果如表 4-5-21 所示。『建模合作組』與『一般教學組』兩個實驗組的表現優於『一般教學組』(控制組)且達顯著差異；兩實驗組間的差異則未達顯著。

表 4-5-21 『模型調度』前測 vs 延宕測 ANCOVA 事後比較分析

組別	平均數差異(前組-後組)	標準誤	顯著性
建模教學組 vs 建模合作組	-.30	.335	.370
建模教學組 vs 一般教學組	.90	.344	.01**
建模合作組 vs 一般教學組	1.20	.335	.001***

\*\*  $p < .01$       \*\*\*  $p < .001$

#### 四、小結

將三組學生在『模型選擇』建模能力測驗前、後、延宕測資料統整繪製如圖 4-5-1 所示。兩個建模教學實驗組後測和延宕測的表現皆明顯優於控制組，不過兩實驗組在此建模歷程的建模能力表現差異不大。

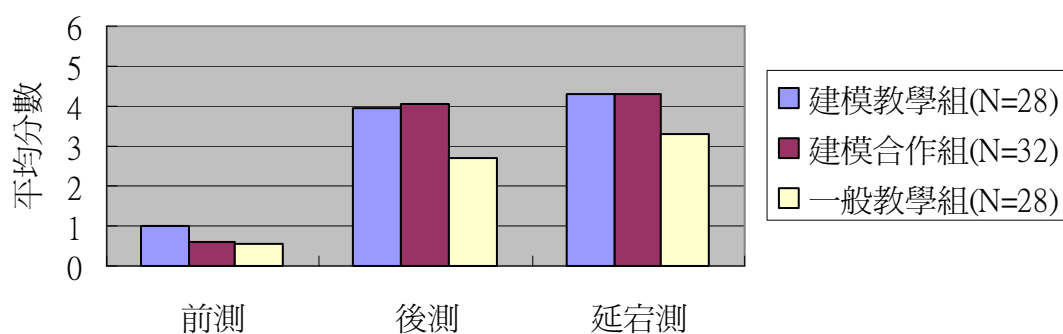


圖 4-5-1 三組『模型選擇』建模能力前、後、延宕測平均分數(總分 6 分)

將三組學生在『模型建立』建模能力測驗前、後、延宕測資料統整繪製如圖 4-5-2 所示。兩個建模教學實驗組後測和延宕測的表現皆優於控制組，不過兩實驗組在此建模歷程的建模能力仍無顯著差異。

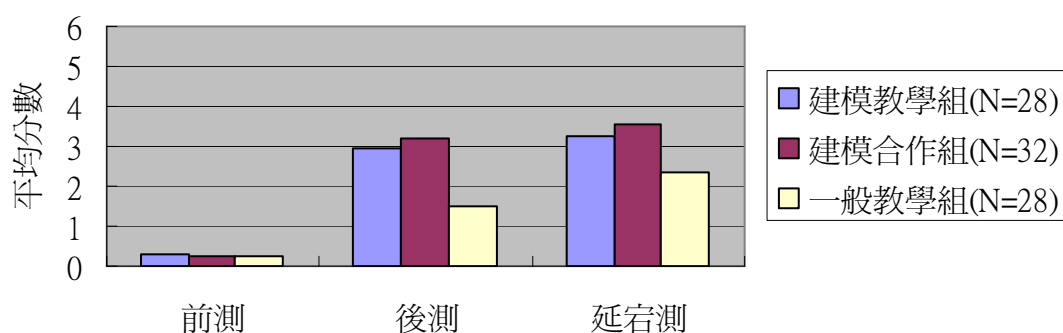


圖 4-5-2 三組『模型建立』建模能力前、後、延宕測平均分數(總分 6 分)

將三組學生在『模型效化』建模能力測驗前、後、延宕測資料統整繪製如圖 4-5-3 所示。兩個建模教學實驗組後測和延宕測的表現皆優於控制組且達顯著差異，兩實驗組在此建模歷程的建模能力依然無顯著差異。

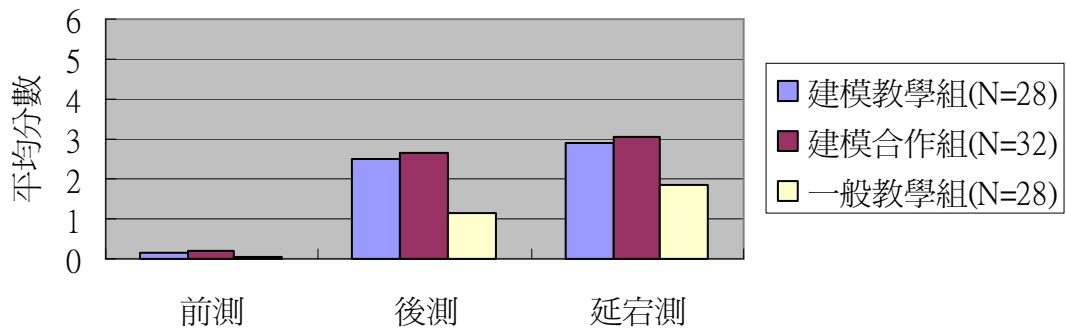


圖 4-5-3 三組『模型效化』建模能力前、後、延宕測平均分數(總分 6 分)

將三組學生在『模型應用』建模能力測驗前、後、延宕測資料統整繪製如圖 4-5-4 所示。由圖中可看出，一般教學組在此建模歷程的表現明顯較前三個歷程低落，『模型應用』屬於較高階層的建模能力，由此可知，一般教學法對於學生較高階建模能力的提升有其困難。在實驗組中，『建模合作組』的後測顯著優於『建模教學組』和『一般教學組』，顯見建模合作教學對於較高階建模能力的提升有明顯助益。延宕測後『一般教學組』(控制組)的模型應用能力和後測相較之下差異不大，而兩實驗組的模型應用能力持續提升，可見建模教學能使學生將習得的能力內化，以幫助往後的問題解決。

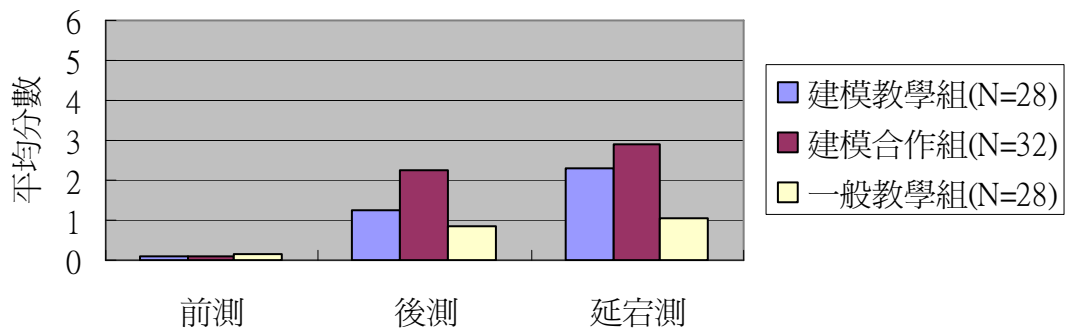


圖 4-5-4 三組『模型應用』建模能力前、後、延宕測平均分數(總分 6 分)

將三組學生在『模型調度』建模能力測驗前、後、延宕測資料統整繪製如圖 4-5-5 所示。『模型調度』為本研究最高階建模能力，因此三組學生在此建模歷程的表現相對較其他歷程低落。由圖中可看出，一般教學組在此建模歷程仍然表現

不佳，兩實驗組在後測和延宕測表現皆優於一般教學且達顯著。兩實驗組中『建模合作組』的後測和延宕測也都優於『建模教學組』，再次顯見建模合作教學對學生較高階建模能力的提升有所幫助。

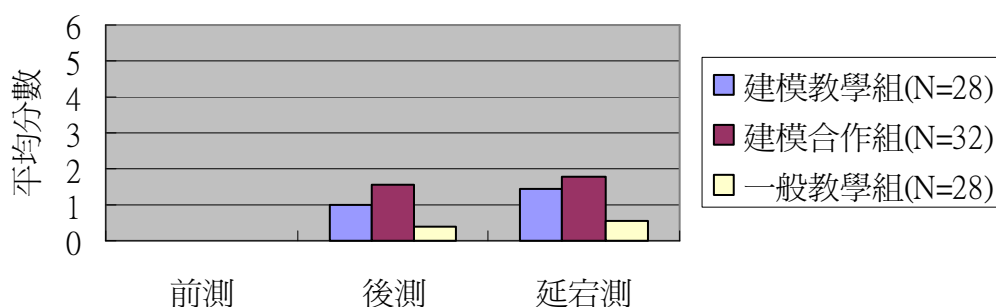


圖 4-5-5 三組『模型調度』建模能力前、後、延宕測平均分數(總分 6 分)

在本研究的建模歷程中，由『模型選擇』、『模型建立』、『模型效化』、『模型應用』到『模型調度』能力，所需的認知概念與推論能力逐漸提升，由圖 4-5-1 至圖 4-5-5 可看出，三組學生在建模能力上的表現，隨著建模歷程的提升而逐漸下降。

綜合上述分析結果，三組學生在各歷程建模能力的後測和延宕測，都較前測有顯著進步，顯示三種教學法對學生建模能力的提升，都有一定的幫助。建模教學在各個歷程的後測和延宕測表現上都優於一般教學，顯示建模教學較一般教學更能有效提升學生的建模能力。此驗證教學過程中強調模型的觀念，協助學生建立和發展模型，以提升學生建模能力的層次，能幫助學生對模型建立出較為抽象的概念，並且能更精確地運用模型以解決面臨的問題。

研究中亦發現，兩實驗組在前三個歷程的建模能力表現上差異不大，但在後二個建模歷程，『建模合作組』的表現較『建模教學組』突出許多。此結果邱美虹(2008)的觀點一致，認為透過互動和辯證的歷程，有助於學生在建模的歷程中發展其模型的有效性與調度性。可見透過合作式的建模教學，對於學生高階認知與推論能力的培養具有較佳的成效。由此再次印證 Halloun (2007)所言，建模教學

若以學生為主體，讓個別的學生有足夠的機會建立(construction)與調度(deployment)模型以發展概念，經由教師的引導和調停之下，不只能有效增進學習成效，對於較高認知與推論能力的提升，亦有顯著幫助。

## 第六節 酸鹼概念和建模能力的相關性

本節將探討三組學生在不同教學模式下，酸鹼概念學習成效和建模能力間的相關性。因『酸鹼概念診斷測驗』與『建模能力分析測驗』均為量化的連續變數，故採用『Pearson 積差相關』進行統計分析。

本研究除了分析酸鹼概念前測、後測和延宕測分數與建模能力前測、後測和延宕測相關性之外，將進一步探討酸鹼概念學習成效與各歷程建模能力的相關性，以瞭解三種不同教學模式下學生的酸鹼概念與各歷程建模能力相關性之間的差異性。

### 一、酸鹼概念和建模能力『前測』的相關性分析

爲了瞭解三組學生教學前酸鹼概念和建模能力的相關性，分別將學生酸鹼概念診斷測驗前測成績與建模能力分析測驗前測成績進行『Pearson 積差相關』分析，分析結果如表 4-6-1 所示。由表可知，三組學生在酸鹼概念前測與建模能力前測均具有正相關，其中僅『建模合作組』具有顯著相關，其餘兩組未達顯著。顯示大部分學生在教學前的酸鹼概念與問題解決能力並無明顯相關，三組學生前測的酸鹼概念與建模能力成績分佈如圖 4-6-1、圖 4-6-2 和圖 4-6-3 所示。

表 4-6-1 三組前測之酸鹼概念 vs 建模能力的相關性分析

組別	建模教學組(N=28)	建模合作組(N=32)	一般教學組(N=28)
相關	.083	.498	.116
顯著性	.673	.004**	.556

\*\*  $p < .01$

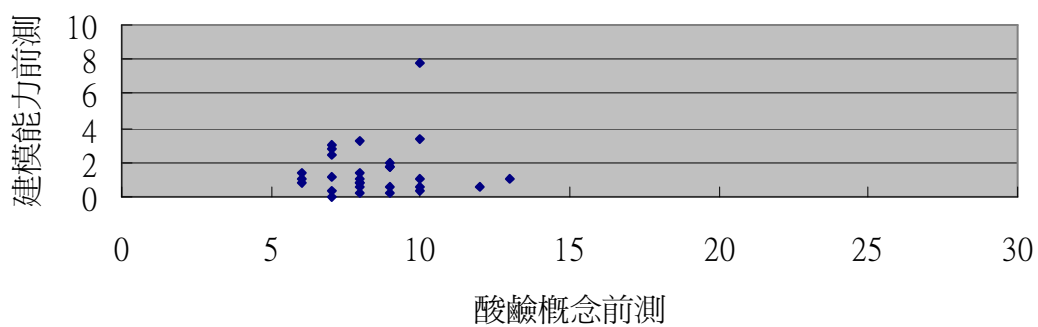


圖 4-6-1 建模教學組學生前測之酸鹼概念 vs 建模能力分佈圖(N=28)

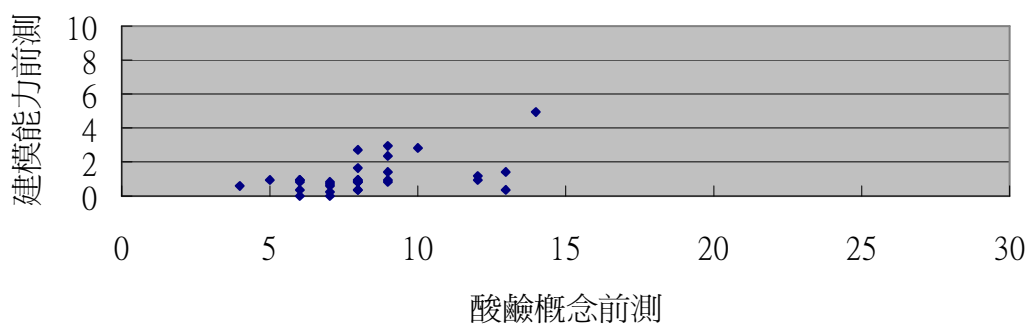


圖 4-6-2 建模合作組學生前測之酸鹼概念 vs 建模能力分佈圖(N=32)

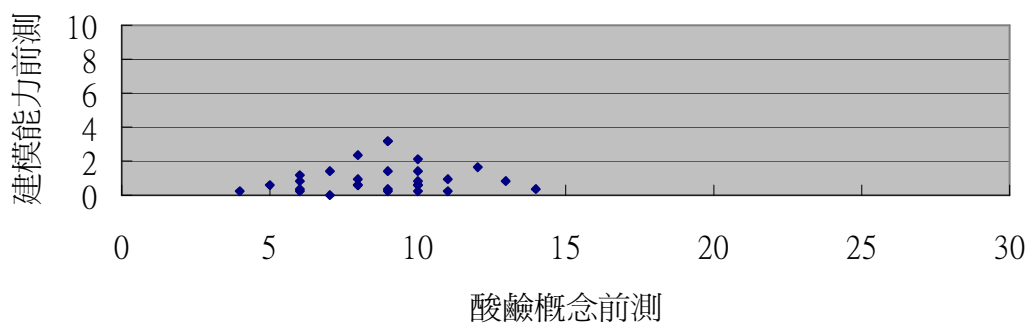


圖 4-6-3 一般教學組學生前測之酸鹼概念 vs 建模能力分佈圖(N=28)

爲了進一步瞭解三組學生教學前酸鹼概念和各歷程建模能力的相關性，分別將學生酸鹼概念前測成績與各歷程建模能力前測成績進行『Pearson 積差相關』分析，分析結果如表 4-6-2 所示。三組學生在建模能力前測時模型調度能力的分數皆爲 0 分，因此無法分析其相關性。表中顯示，除『建模合作組』在模型選擇與模型效化能力上達中度相關外，其他部分皆爲低度相關甚至負相關。

表 4-6-2 三組前測之酸鹼概念 vs 各歷程建模能力的相關性分析

組別	建模教學組(N=28)		建模合作組(N=32)		一般教學組(N=28)	
	相關	顯著性	相關	顯著性	相關	顯著性
模型選擇	-.056	.775	.448	.01**	.084	.607
模型建立	.162	.411	.121	.510	.248	.202
模型效化	.216	.271	.520	.002**	.021	.917
模型應用	.197	.314	.004	.984	-.077	.696
模型調度	X	X	X	X	X	X

\*\*  $p < .01$

## 二、酸鹼概念和建模能力『後測』的相關性分析

爲了瞭解三組學生教學後酸鹼概念和建模能力的相關性，分別將學生酸鹼概念診斷測驗後測成績與建模能力分析測驗後測成績進行『Pearson 積差相關』分析，分析結果如表 4-6-3 所示。由表可知，三組學生在酸鹼概念後測與建模能力後測均具有顯著高相關，顯現三組學生經過教學後其酸鹼概念與建模能力皆有相對性的提升，『建模合作組』也較前測時有更高的相關性與顯著性。

表 4-6-3 三組後測之酸鹼概念 vs 建模能力的相關性分析

組別	建模教學組(N=28)	建模合作組(N=32)	一般教學組(N=28)
相關	.914	.806	.850
顯著性	.000***	.000***	.000***

\*\*\*  $p < .001$

三組學生後測的酸鹼概念與建模能力成績分佈如圖 4-6-4、圖 4-6-5 和圖 4-6-6 所示。由圖形分佈可看出『建模教學組』的相關性最高；『一般教學組』其次，但其整體酸鹼概念與建模能力的表現偏低；『建模合作組』相關性雖較其他兩組略低，其大部分學生在酸鹼概念與建模能力上的提升優於其他兩組。

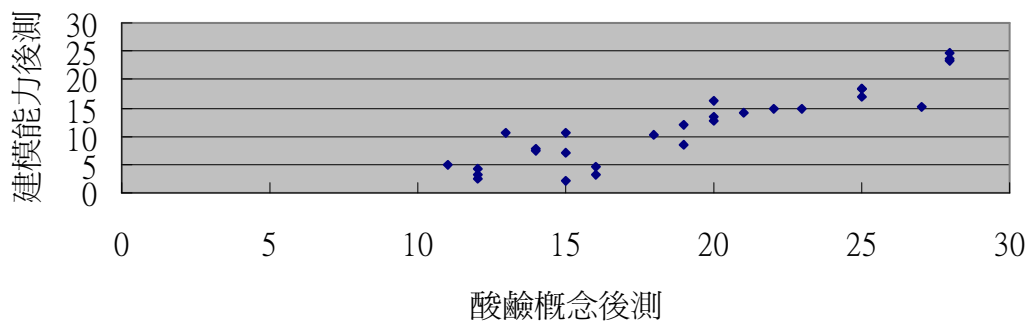


圖 4-6-4 建模教學組學生後測之酸鹼概念 vs 建模能力分佈圖(N=28)

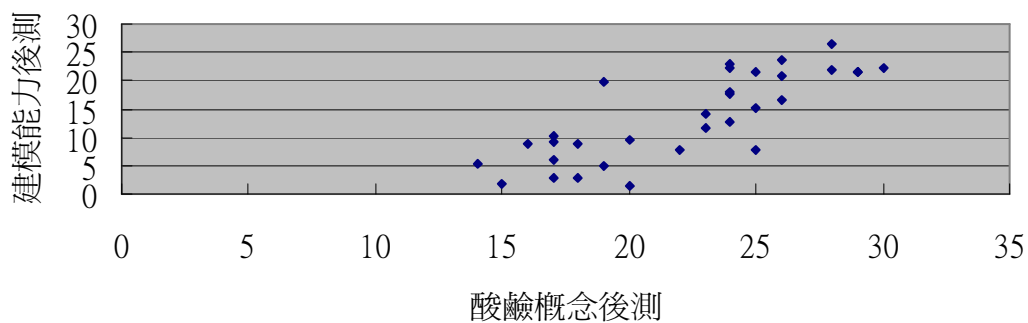


圖 4-6-5 建模合作組學生後測之酸鹼概念 vs 建模能力分佈圖(N=32)

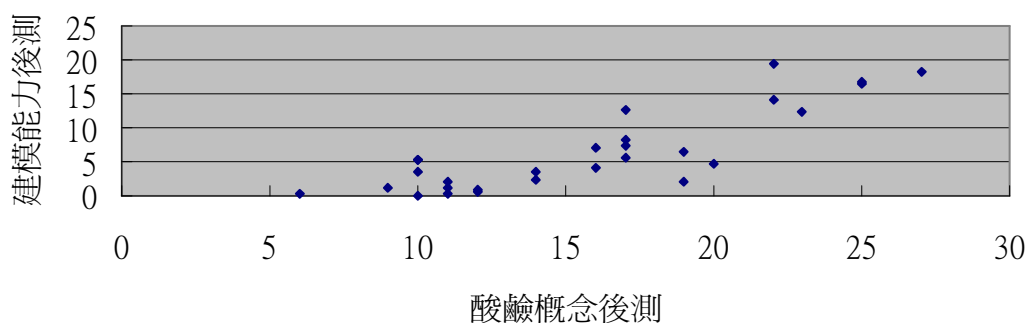


圖 4-6-6 一般教學組學生後測之酸鹼概念 vs 建模能力分佈圖(N=28)

爲了進一步瞭解三組學生教學後酸鹼概念和各歷程建模能力的相關性，分別將學生酸鹼概念後測成績與各歷程建模能力後測成績進行『Pearson 積差相關』分析，分析結果如表 4-6-4 所示。三組學生在後測之酸鹼概念與各歷程建模能力相關性皆達顯著正相關，顯現三種教學模式下學生各歷程建模能力與酸鹼概念皆能獲得相對性的提升。表中僅『一般教學組』在模型調度能力的相關性低於其他部分，由此可推論，建模教學法比一般教學法在較高階建模能力相對於酸鹼概念的提升上較具效果。

表 4-6-4 三組後測之酸鹼概念 vs 各歷程建模能力的相關性分析

組別	建模教學組(N=28)		建模合作組(N=32)		一般教學組(N=28)	
	相關	顯著性	相關	顯著性	相關	顯著性
模型選擇	.803	.000***	.683	.000***	.815	.000***
模型建立	.825	.000***	.749	.000***	.801	.000***
模型效化	.878	.000***	.732	.000***	.792	.000***
模型應用	.827	.000***	.705	.000***	.670	.000***
模型調度	.790	.000***	.714	.000***	.498	.007**

\*\*  $p < .01$     \*\*\*  $p < .001$

### 三、酸鹼概念和建模能力『延宕測』的相關性分析

爲了瞭解三組學生教學一段時間後酸鹼概念和建模能力的相關性，分別將學生酸鹼概念診斷測驗延宕測成績與建模能力分析測驗延宕測成績進行『Pearson 積差相關』分析，分析結果如表 4-6-5 所示。三組學生在酸鹼概念延宕測與建模能力延宕測的相關性均略低於後測，但仍達顯著相關，顯現三組學生在教學一段時間後其酸鹼概念與建模能力仍具有相對性的提升。

表 4-6-5 三組延宕測之酸鹼概念 vs 建模能力的相關性分析

組別	建模教學組(N=28)	建模合作組(N=32)	一般教學組(N=28)
相關	.664	.761	.875
顯著性	.000***	.000***	.000***

\*\*\*  $p < .001$

三組學生延宕測的酸鹼概念與建模能力成績分佈如圖 4-6-7、圖 4-6-8 和圖 4-6-9 所示。由圖形分佈可看出『一般教學組』的相關性較高，但有許多學生在教學一段時間後整體酸鹼概念與建模能力的表現偏低；『建模教學組』大部分學生的酸鹼概念與建模能力多集中在中等程度以上；『建模合作組』雖有少部分學生的建模能力仍然偏低，但其酸鹼概念與建模能力高等程度的學生數較多。

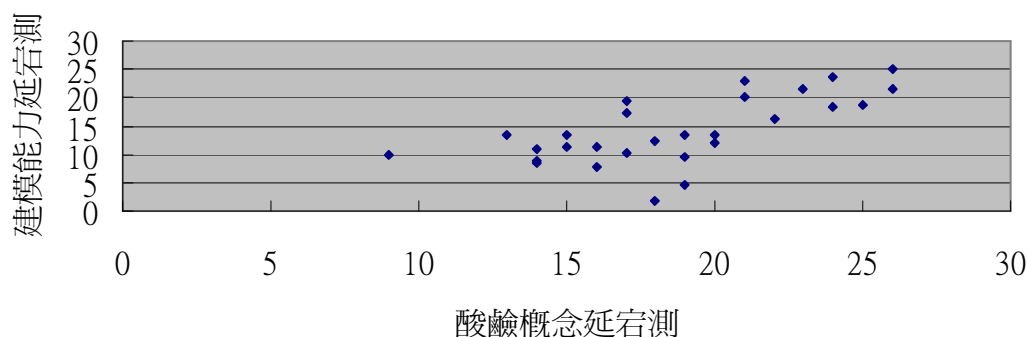


圖 4-6-7 建模教學組學生延宕測之酸鹼概念 vs 建模能力分佈圖(N=28)

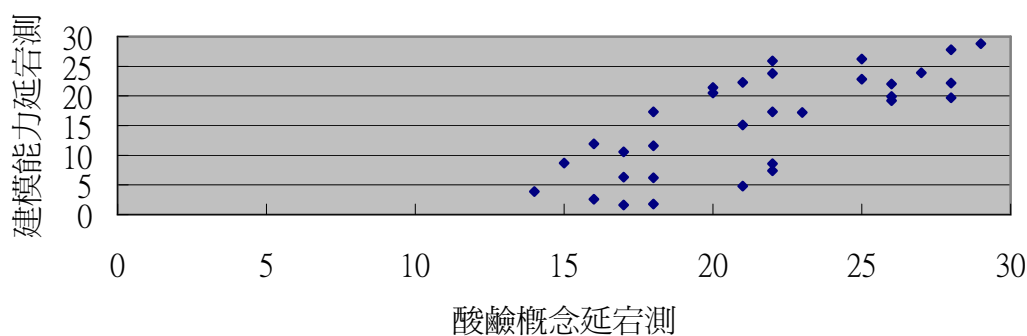


圖 4-6-8 建模合作組學生延宕測之酸鹼概念 vs 建模能力分佈圖(N=32)

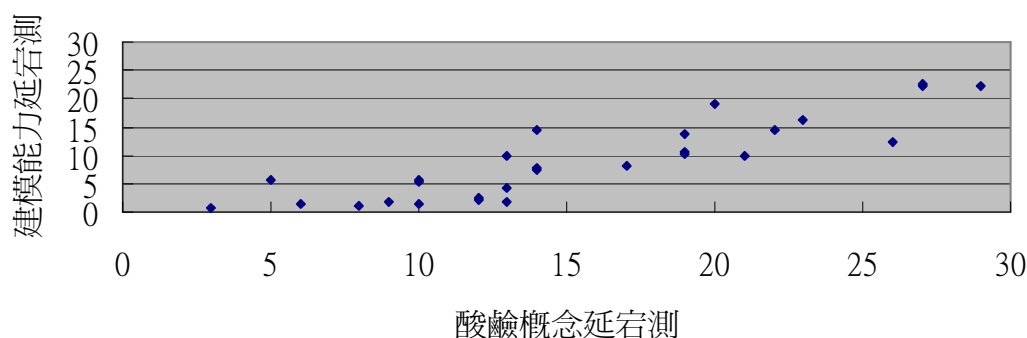


圖 4-6-9 一般教學組學生延宕測之酸鹼概念 vs 建模能力分佈圖(N=28)

爲了進一步瞭解三組學生在教學一段時間後酸鹼概念和各歷程建模能力的相關性，分別將學生酸鹼概念延宕測成績與各歷程建模能力延宕測成績進行『Pearson 積差相關』分析，分析結果如表 4-6-6 所示。三組學生在延宕測之酸鹼概念與各歷程建模能力相關性皆達顯著正相關，顯現在教學一段時間後，三組學生酸鹼概念與各歷程建模能力的提升仍具有一定程度的相關性。由於『建模教學組』學生的程度大多集中於中等以上程度，酸鹼概念與建模能力程度低的學生相對較少，表中顯現出其在模型選擇、模型建立與模型調度的顯著性低於其他兩組。

表 4-6-6 三組延宕測之酸鹼概念 vs 各歷程建模能力的相關性分析

組別	建模教學組(N=28)		建模合作組(N=32)		一般教學組(N=28)	
	相關	顯著性	相關	顯著性	相關	顯著性
模型選擇	.507	.006**	.681	.000***	.839	.000***
模型建立	.465	.013*	.756	.000***	.839	.000***
模型效化	.668	.000***	.680	.000***	.834	.000***
模型應用	.644	.000***	.726	.000***	.789	.000***
模型調度	.422	.025*	.596	.000***	.657	.000***

\* $p < .05$     \*\*  $p < .01$     \*\*\*  $p < .001$

#### 四、小結

綜合上述研究結果，將三組學生酸鹼概念對建模能力的前、後、延宕測的相關性分析整理如表 4-6-7 所示。

表 4-6-7 三組酸鹼概念 vs 建模能力的相關性分析

組別	前測		後測		延宕測	
	相關	顯著性	相關	顯著性	相關	顯著性
建模教學組(N=28)	.083	.673	.914	.000***	.664	.000***
建模合作組(N=32)	.498	.004**	.806	.000***	.761	.000***
一般教學組(N=28)	.116	.556	.850	.000***	.875	.000***

\*\*  $p < .01$     \*\*\*  $p < .001$

教學前三組中僅『建模合作組』的酸鹼概念與建模能力達顯著相關( $p < .01$ )，其餘兩組的相關性低。教學後三組均達顯著正相關( $p < .001$ )，顯見三種教學模式均能同時提升學生的酸鹼概念與建模能力。此結果與 Halloun(1996)觀點一致，認為學生經由學習之後其概念表現與建模能力會呈現一定程度的相關性；張志康與

邱美虹(2009)的電化學概念探究也指出高一學生的建模能力與在校數理科分數具有顯著的相關性。在教學三週後的延宕測，『建模教學組』與『建模合作組』的相關性略微下降，但依然達顯著( $p < .001$ )，而『一般教學組』的相關性仍高。

進一步探討三組後測及延宕測的酸鹼概念對建模能力分佈圖發現，『建模教學組』和『建模合作組』的建模能力在教學一段時間後依然能穩定提升，酸鹼概念的表現些微下降，致使延宕測的相關性低於後測。反觀『一般教學組』，其酸鹼概念與建模能力延宕測的表現與後測差異不大，所以後測與延宕測的相關性才沒有太大的變化。

綜觀三組學生教學後酸鹼概念與建模能力分佈圖發現，『一般教學組』仍有高比例的學生保有相對較低的酸鹼概念與建模能力；『建模教學組』大部分學生的建模能力相對較高，其學生程度大多集中在中等酸鹼概念與中等建模能力；和『建模教學組』相較之下，『建模合作組』有少部分學生的建模能力偏低，但其高酸鹼概念與高建模能力的人數較多，整體表現優於『建模教學組』。

綜合上述分析，建模教學比一般教學較能同時提升教學成效與學生的建模能力，且透過合作式學習，更能增進整體的成效。本研究中發現，雖然合作式學習提升了整體成效，但低建模能力的學生數仍偏多。因此，教師在進行合作式教學的過程中，應多加關注各組學生組內的互動情形，避免高成就學生相互討論時，低成就學生無從參與的情況發生。



## 第五章 結論與建議

本研究選取國民中學教科書自然與生活科技第四冊『酸、鹼、鹽』單元為研究主題，依課程內容擷取『酸鹼的定義與通性』、『酸鹼濃度與 pH 值』和『酸鹼中和與鹽類』三個主題概念設計教學活動。分別進行『建模教學』、『建模合作教學』和『一般教學』三種不同教學模式，探討不同教學法對學生酸鹼概念學習成效與心智模式的影響。建模教學與建模合作教學是奠基於 Halloun(1996)所提的建模歷程教學，參考張志康與邱美虹(2009)建模能力分析指標中模型選擇、模型建立、模型效化、模型應用和模型調度的建模歷程設計教學，再進一步以量化的形式探討不同教學法對學生建模能力的影響。最後再探討不同教學法之下學生酸鹼概念與建模能力間的相關性。

本研究的研究對象為國中八年級三個班共 88 位學生，所使用的研究工具為研究者針對主題概念所研發的『酸鹼概念診斷測驗』與『建模能力分析試題』，據此工具以量化的形式來分析學生的酸鹼概念與建模能力。本章依研究目的將各項研究結果予以歸納總結，最後說明本研究對科學教育的啟示，並針對研究設計提出檢討與改進，作為未來在教學研究上的建議。

### 第一節 結論

本節根據研究目的將本研究的結論歸納如下：

#### 一、三組『酸鹼概念』學習成效分析

##### (一)酸鹼整體概念分析

兩種建模教學(實驗組)在教學後酸鹼概念的後測及延宕測表現，都顯著優於一般教學(控制組)。而在兩實驗組間的比較上，『建模合作組』在後測和延宕測的表現皆優於『建模教學組』，且達顯著差異( $p < .05$ )。可見建模教學，對於學生在酸鹼概念的學習上有正向的幫助，能讓學生在科學學習的過程中，建立較為完整的學習架構。另外，透過學生間的合作學習與教師的適時引導，能更進一步提

升建模教學的教學成效。

## (二)酸鹼主題概念分析

建模教學與建模合作教學在『酸鹼的定義與通性』和『酸鹼濃度與 pH 值』主題概念的學習，都能顯著優於一般教學。但在較為複雜的『酸鹼中和與鹽類』概念學習上，建模教學無法顯著優於一般教學，而建模合作教學依然能顯著優於一般教學。此結果顯示若在建模教學過程中以學生為主體，經由教師引導進行合作學習，讓學生藉由動手操弄主動建構概念，能有效提升學生對於複雜概念的學習成效。

## 二、三組『酸鹼中和心智模式』分析

在三組學生『酸鹼中和』心智模式的比較上，教學前皆以現象模式、直覺濃度模式與不一致的混合模式、競爭模式和散亂模式為主。教學後『一般教學組』達類科學模式的比率为 25%，『建模教學組』的類科學模式比率为 35.7%，『建模合作組』有 34.7%的類科學模式，且有 9.4%達科學模式。延宕測後『建模教學組』與『建模合作組』在類科學模式以上的比例稍增加，但『一般教學組』卻減少。顯示建模教學較一般教學能幫助學生建構出正確的科學心智模式，且概念保留的成效亦佳。在兩實驗組的比較上，『建模合作組』的表現優於『建模教學組』，可見在學習過程中以學生為主體，讓學生主動建構概念，較有助於轉化出正確的心智模式。

## 三、三組『建模能力』分析

### (一)整體建模能力分析

兩種建模教學(實驗組)在教學後建模能力的後測及延宕測表現，都顯著優於一般教學(控制組)。可見透過建模教學，對於學生建模能力的提升上有正向的幫助，能有效促進學生對科學概念的理解，並運用模型去推理、解釋現象。在兩實驗組間的比較上，『建模合作組』後測的表現優於『建模教學組』，且達顯著差異( $p < .05$ )，延宕測後在三組間仍然保有最佳表現。由此可知，建模教學的過程中，

若教師能適度地分配一些時間，提供學生表達想法的機會，據此修正概念，能幫助學生提升建模能力。

#### (二)各歷程建模能力分析

建模教學在各個歷程的後測和延宕測表現上都優於一般教學，顯示建模教學較一般教學更能有效提升學生的建模能力。教學過程中強調模型的觀念，能幫助學生對模型建立出較為抽象的概念，以提升學生建模能力的層次，並且能更精確地運用模型以解決面臨的問題。研究中亦發現，兩實驗組在前三個歷程的建模能力表現上差異不大，但在後二個建模歷程，『建模合作組』的表現明顯優於『建模教學組』。可見透過合作式的建模教學，對於學生高階認知與推論能力的培養具有較佳的成效。

### 四、三組『酸鹼概念』與『建模能力』的相關性分析

教學前三組中僅『建模合作組』的酸鹼概念與建模能力達顯著相關( $p < .01$ )，其餘兩組的相關性低。教學後三組均達顯著正相關( $p < .001$ )，顯見三種教學模式均能同時提升學生的酸鹼概念與建模能力。在教學三週後的延宕測，『建模教學組』與『建模合作組』的相關性略微下降，但依然達顯著( $p < .001$ )，而『一般教學組』的相關性仍高。

進一步探討三組後測及延宕測的酸鹼概念對建模能力分佈圖發現，『建模教學組』和『建模合作組』的建模能力在教學一段時間後依然能穩定提升，酸鹼概念的表現些微下降，致使延宕測的相關性低於後測。反觀『一般教學組』，其酸鹼概念與建模能力延宕測的表現與後測差異不大，所以後測與延宕測的相關性才沒有太大的變化。綜合上述分析，建模教學比一般教學較能同時提升教學成效與學生的建模能力，且透過合作式學習，更能增進整體的成效。

## 第二節 建議

本節根據研究設計與結果，對本研究提出檢討與改進，作為未來在教學研究上的建議。

### 一、本研究對科學教育的啓示

#### (一)建模歷程融入教學

本研究參酌 Halloun 所提建模歷程設計教學，配合國中所學酸鹼概念，修正各歷程的定義，使課程學習形成有條理的教學序列。藉由教師的引導，由生活經驗做『模型選擇』切入酸鹼概念；『模型建立』瞭解酸鹼定義並修正概念；實際示範實驗『模型效化』強化概念；『模型應用』將習得概念運用於類似情境；最後學生能將所學概念做『模型調度』延伸至其他不同情境的問題解決。

#### (二)合作式建模教學

本研究運用分組合作學習融入建模歷程教學，學習過程中以學生為主體，經由教師引導進行組間討論與發表主動建構知識。各組學生亦能在實際操作實驗的過程中效化概念，以提升學習成效。

#### (三)教材的設計

本研究配合建模教學，設計建模歷程學習單，教學過程中學生依教師引導完成學習單上各建模歷程的教學活動。活動內容包括電腦動畫模擬、實作實驗、科學遊戲競賽等等，以多元的方式進行教學使教學活潑化，提升學生的學習動機與學習成效。

### 二、教學上的建議

本研究中發現，建模教學確實能提升學生酸鹼概念的學習成效，亦有助於建構正確的心智模式。但在教學後發現，學生對酸鹼中和概念持有直覺濃度的比例仍偏高，概念改變的成效有限。往後的研究可針對此點將教學做適度修正，或可在教學活動中加入一些認知衝突的設計，以幫助學生摒棄此非科學的心智模式。

此外，本研究亦發現，雖然合作式建模學習提升了學生酸鹼概念與建模能力的整體成效，但教學後低建模能力的學生數仍偏多。因此，教師在進行合作式教學的過程中，應多加關注各組學生組內的互動情形，避免高成就學生相互討論時，低成就學生無從參與的情況發生。

### 三、未來研究展望

在本研究的研究結果發現，建模教學能提升學生在『酸鹼的定義與通性』、『酸鹼濃度與 pH 值』和『酸鹼中和與鹽類』等主題概念的整體學習效果。但卻無法得知學生在各主題概念內的次概念改變情形。未來的研究中可進一步將研究工具中各試題選項的認知特徵內容條列編碼，再針對學生選答的結果將學生的概念改變情形做更精細的判斷。

本研究礙於研究工具的設計不夠完善，依試題選項的認知特徵進行編碼，最後只整合出『酸鹼中和』心智模式的判斷依據。未來在研究工具的設計上，應更加審慎嚴謹，以期能將研究中各個主題概念做更完整的統合與分析。

本研究為瞭解學生建模能力，以量化的形式設計『酸鹼建模能力分析試題』，在題目的設計上或有疏漏，致使部分試題測得的是學生的概念而非能力。另外，學生在各建模歷程試題的文字敘述上，可能有部分學生無法以書寫方式完整表達自己的想法，致使研究者誤判其建模能力。未來對於建模能力的研究，可輔以其他質性資料，以期能更深入瞭解學生的想法，更精確地判斷其建模能力。



## 參考文獻

### 一、中文部分

- 何佳燕(2002)。探討粒子概念對國二學生學習溫度與熱的學習成就與心智模式之影響(未出版之碩士論文)。國立臺灣師範大學，台北市。
- 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(未出版之碩士論文)。國立彰化師範大學，彰化市。
- 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(未出版之碩士論文)。國立臺灣師範大學，台北市。
- 周金城(2008)。探究中學生對科學模型的分類與組成本質的理解。科學教育月刊，306，10 - 17。
- 邱柏融(2009)。建模教學對國小五年級學生酸鹼心智模式改變之探究(未出版之碩士論文)。國立臺灣師範大學，台北市。
- 邱美虹(2000)。概念改變的省思與啓示。科學教育學刊，8(1)，1 - 34。
- 邱美虹(2007)。建模能力分析指標的應用－以電化學為例。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告，NSC 95-2511-S-003-024-MY2。
- 邱美虹(2008)。模型與建模能力之理論架構。科學教育月刊，306，2 - 9。
- 邱美虹與林靜雯(2002)。以多重類比探究兒童電流心智模式之改變。科學教育學刊，10，2，109 - 134。
- 邱美虹與劉俊庚(2008)。從科學學習的觀點探討模型與建模能力。科學教育月刊，314，2 - 20。
- 邱顯博(2002)。國二、國三學生的擴散作用概念與概念改變之研究(未出版之碩士論文)。國立臺灣師範大學，台北市。
- 姚錦棟(2002)。我國中學生酸鹼鹽迷思概念和心智模式之研究(未出版之碩士論文)。國立臺灣師範大學，台北市。

- 張志康(2009)。從概念改變理論探討建模教學對學生力學心智模式與建模能力之影響(未出版之博士論文)。國立臺灣師範大學，台北市。
- 張志康與邱美虹(2009)。建模能力分析指標的發展與應用－以電化學為例。科學教育學刊，17，4，319－342。
- 陳均伊、張惠博與郭重吉(2004)。光反射與折射的另有概念診斷工具之發展與研究。科學教育學刊，12(3)，311－340。
- 陳姍姍(1993)。我國國三學生酸鹼概念之研究(未出版之碩士論文)。國立臺灣師範大學，台北市。
- 陳婉茹(2004)。探討動態類比對於化學平衡概念學習之研究－八年級學生概念本體及心智模式之變化(未出版之碩士論文)。國立臺灣師範大學，台北市。
- 陳瑞麟(2004)。科學理論版本的結構與發展。台北市：台灣大學。
- 曹美惠(2008)。國中國文科實施合作學習之研究(未出版之碩士論文)。國立臺灣師範大學，台北市。
- 黃政傑、林佩璇(1996)。合作學習。台北市：五南圖書。
- 黃政傑、吳俊憲(2006)。合作學習發展與實現。台北市：五南圖書。
- 楊鵬耀(2005)。探究電腦多媒體教學對於國三學生學習酸鹼概念與概念改變之歷程(未出版之碩士論文)。國立臺灣師範大學，台北市。
- 簡妙娟(2003)。合作學習理論與教學應用。載於張新仁(主編)，學習與教學新趨勢(403-463頁)。臺北市：心理出版社。

## 二、西文部分

- Ainsworth, S. (2008). The educational value of multiple-representations when learning complex scientific concepts. In J. K. Gilbert, M. Reiner, & M. Nakhleh (Eds.), *Visualization: Theory and practice in science education* (pp. 191-208). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Buckley, B. C. & Boulter, C. J. (2000). Investigating the Role of Representations and Expressed Models in Building Mental Models. In J. K. Gilbert & C.J. Boulter (Eds.), *Developing Models in Science Education* (pp.119-135.). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Chi, M. T. H. (1992). Conceptual change within and across ontological categories: Implications for learning and discovery in sciences. In R. Giere (Ed.), *Cognitive models of science: Minnesota studies in the philosophy of science* (pp.129-186). Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Chi, M.T.H. (2005). Common sense conceptions of emergent processes: Why some misconceptions are robust. *Journal of the Learning Sciences, 14*: 161-199.
- Chi, M.T.H. (2008). Three types of conceptual change: Belief revision, mental model transformation, and categorical shift. In S. Vosniadou (Ed.), *Handbook of research on conceptual change*(pp. 61-82).Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Chi, M. T. H., & Hausmann, R. G. M. (2003). Do radical discoveries require ontological shifts? In L. Shavinina & R. Sternberg (Eds.) *International Handbook on Innovation* (Vol. 3, pp. 430–444). New York: Elsevier Science.
- Chi, M. T. H., & Roscoe, R. D. (2002). The processes and challenges of conceptual change. In M. Limon and L. Mason (Eds.), *Reconsidering Conceptual Change: Issues in Theory and Practice*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, pp 3-27.

- Chi, M. T. H., Slotta, J. D., & deLeeuw, N. (1994). From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts, *Learning and instruction, 4*, 27-43.
- Chiu, M. H. (2007b). *Research And Instruction-Based/Oriented Work (RAINBOW) for Conceptual Change in Science Learning*. Paper present at the second NICE Symposium, July 30-31, Taipei, Taiwan.
- Chiu, M. H., & Lin, J. W. (2008). Research on learning and teaching of student's conception in science. *Science Education in the 21<sup>st</sup> Century*. Editor: Ingrid V. Eriksson, pp. 291-316.
- Clement, J. J. (2000). Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education, 22*(9), 1041-1053.
- diSessa, A. (1993). Towards an epistemology of physics. *Cognition and instruction, 10*(2 & 3), 105-225.
- Duit, R., & Treagust, D. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education, 25*(6), 671-688.
- Gilbert, S. W. (1991). Model building and a definition of science. *Journal of Research in Science Teaching, 28*(1), 73-79.
- Gilbert, J. K., Boulter, C., J., & Elmer, R. (2000). Positioning models in science education and in design and technology education. In J. K. Gilbert and C. J. Boulter (Eds.) *Developing Models in Science Education* (pp. 3-17). Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers.
- 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.

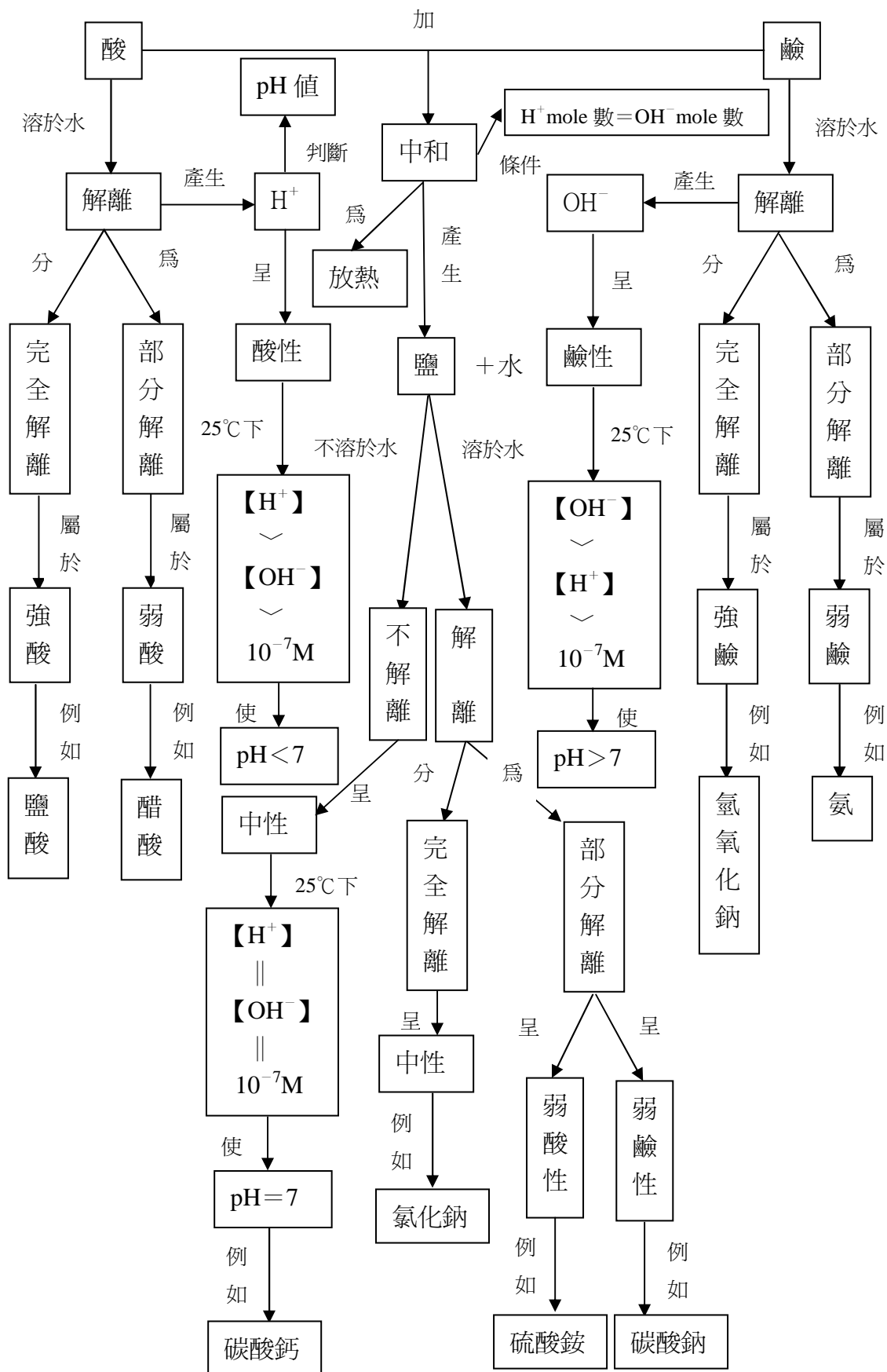
- Halloun, I. A. (1996). Schematic modeling for meaningful learning of physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(11), 1365-1378.
- Halloun, I. A. (2004). *Modeling theory in science education*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic.
- Halloun, I. A. (2007). Mediated Modeling in Science Education. *Science & Education*, 16, 653-697.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026.
- Henze, I., van Driel, J. H., & Verloop, N. (2007). Science teachers' knowledge about teaching models and modelling in the context of a new syllabus on public understanding of science. *Research in Science Education*, 37, 99-122.
- Hestenes, D. (1995). Modeling software for learning and doing physics. In Bernardini, C., Tarsitani, C., & Vincentini, M. (Eds.). *Thinking physics for teaching*. 25-66. New York: Plenum.
- Hilke, E. V. (1990). *Cooperative learning*. Bloomington, IN: Phi Delta Kappa Educational Foundation.
- Johnson, D. W. & Johnson, R. T. (1989) *Cooperation and competition: Theory and Research*. Edina, MN: Interaction Book Company.
- Johnson, D. W. & Johnson, R.T. (1994). *Learning together and alone* (4th ed.), Needham Heights, MA: Allyn and Bacon.
- Johnson-Laird P. N. (1994). Mental models, Deductive Reasoning, and the Brain. In M. S. Gazzaniga (Ed.), *The Cognitive Neural Science* (pp. 999-1008). Cambridge: The MIT. Press.
- Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2002a). Modelling, teachers' views on the nature of modeling, and implications for the education of modelers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369-387.

- Lin, J. W., & Chiu, M. H. (2007a). Exploring the Characteristics and Diverse sources of students' Mental models of Acids and Bases. *International Journal of Science Education*, 29(6), 771-803.
- Lin, J. W., & Chiu, M. H. (2010). The Mismatch between Students' Mental Models of Acids/Bases and their Sources and their Teacher's Anticipations thereof. *International Journal of Science Education*, 32(12), 1617-1646.
- Nakhleh, M. B., & Krajcik, J. 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.
- Nattiv, A. (1986). *The effects of cooperative learning instruction strategies on achievement among six grade social studies students*. University of California, Santa Barbara.
- Norman, D. A. (1983). Some observations on mental models. In D. Gentner and A. Stevens (Eds.), *Mental Models* (pp. 7-14). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Oh, P. S., & Oh, S. J. (2011). What Teachers of Science Need to Know about Models: An overview. *International Journal of Science Education*, 33(8), 1109-1130.
- 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.
- Saari, H. & Viiri, F. (2003). A research-based teaching sequence for teaching the concept of modelling to seventh-grade students. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1333-1352.
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Ache' r, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B., & Krajcik, J. (2009). Developing a Learning Progression for Scientific Modeling: Making Scientific Modeling Accessible and Meaningful

- for Learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632-654.
- Slavin, R. E. (1979). Effects of biracial learning teams on cross-racial friendships. *Journal of Educational Psychology*, 71, 381-387.
- Slavin, R. E. (1995a). *Cooperative learning: Theory, research, and practice* (2nd ed.). Boston: Allyn & Bacon.
- Thagard, P. (1992). *Conceptual revolutions*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Van Driel, J. H. & Verloop, N. (2002). Experienced teachers' knowledge of teaching and learning of models and modeling in science education. *International Journal of Science Education*, 24(12), 1255-1272.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. [special issue]. *Learning and instruction*, 4, 45-69.
- Vosniadou, S.(2002). On the nature of naïve physics. In M. Limon & L.Mason(Eds.), *Reconsidering conceptual change. Issues in theory and practice*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 61-76.
- 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., & Ioannides, C. (1998). From Conceptual Development to Science Education: A Psychological Point of View. *International Journal of Science Education*, 20(10), 1213-1230.



# 附錄一 酸、鹼、鹽 概念圖



## 附錄二 酸鹼概念命題陳述

主題概念	命題陳述	對應題號
酸鹼的定義與通性	<p>1.酸類為溶於水(或與水作用)可產生氫離子(H<sup>+</sup>)的化合物，使水溶液可導電，為電解質。與活性大金屬反應產生氫氣；與碳酸鹽類反應產生二氧化碳。</p> <p>2.鹼類為溶於水(或與水作用)可產生氫氧根離子(OH<sup>-</sup>)的化合物，使水溶液可導電，為電解質。水溶液有滑膩感，可溶解油脂。</p> <p>3.強酸(鹼)與弱酸(鹼)的區別在於解離度不同，強酸(鹼)水溶液幾乎完全解離；弱酸(鹼)水溶液部分解離。</p>	1, 4, 21  2, 5, 22  7, 8, 9
酸鹼濃度與pH值	<p>4.一公升溶液中所含溶質莫耳數，稱為(容積)莫耳濃度，以M表示。</p> <p>5. 25°C時，任何水溶液中〔H<sup>+</sup>〕x〔OH<sup>-</sup>〕= 10<sup>-14</sup>(M<sup>2</sup>)。酸性溶液中〔H<sup>+</sup>〕和〔OH<sup>-</sup>〕同時存在，且〔H<sup>+</sup>〕&gt;〔OH<sup>-</sup>〕；鹼性溶液中〔H<sup>+</sup>〕和〔OH<sup>-</sup>〕同時存在，且〔H<sup>+</sup>〕&lt;〔OH<sup>-</sup>〕；中性溶液中〔H<sup>+</sup>〕和〔OH<sup>-</sup>〕同時存在，且〔H<sup>+</sup>〕=〔OH<sup>-</sup>〕。</p> <p>6.可以用pH值表示溶液中〔H<sup>+</sup>〕，例：〔H<sup>+</sup>〕= 10<sup>-x</sup>M，則pH值=x，〔H<sup>+</sup>〕愈大，pH值愈小。</p>	11, 24, 28  12, 16, 27  6, 10, 13
酸鹼中和與鹽類	<p>7.酸鹼中和產生鹽類和水，並同時放出熱量。</p> <p>8.酸鹼中和的條件為酸中H<sup>+</sup>數量=鹼中OH<sup>-</sup>數量。</p> <p>9.鹽類是由一種金屬離子或銨根離子(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)與另一種非金屬離子或酸根離子所結合而成的離子化合物。鹽類不一定溶於水，若溶於水，其水溶液可能為中性、弱酸性或弱鹼性。</p> <p>10.強酸和強鹼酸鹼中和所生成的鹽類水溶液呈中性；強酸和弱鹼酸鹼中和所生成的鹽類水溶液呈弱酸性；弱酸和強鹼酸鹼中和所生成的鹽類水溶液呈弱鹼性。</p>	3, 15, 29 18, 20, 30  17, 23, 26  14, 19, 25

### 附錄三 建模教學組教學設計

節次	教學概念	建模步驟	教學活動
第一節	酸鹼的定義與通性	模型選擇	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.教師請學生根據日常生活的經驗，說明生活中有哪些物質的水溶液呈酸性？哪些物質的水溶液呈鹼性？</li> <li>2.教師再舉例說明一些生活中常見溶液的酸鹼性，進而引導學生酸鹼的概念？</li> <li>3.教師條列出一些物質的水溶液，請學生<u>選擇</u>何者為強酸、弱酸？何者為強鹼、弱鹼？</li> </ol>
		模型建立	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.請學生說明如何定義酸和鹼。</li> <li>2.教師說明酸鹼定義的歷史由來，<u>建立阿瑞尼斯的電離說模型</u>。</li> <li>3.教師以鹽酸和氫氧化鈉實作(紫色高麗菜汁)介紹酸鹼指示劑。並以生活中常見酸鹼物質(檸檬汁、肥皂水)為實例，<u>建立學生對酸性與鹼性物質特性的瞭解</u>。</li> <li>4.請學生說明如何判斷酸鹼的強弱。</li> <li>5.教師說明酸鹼強度的判斷依據，並藉由動畫教學，<u>建立學生對強酸弱酸或強鹼弱鹼概念的瞭解</u>。</li> </ol>
第二節	酸鹼的定義與通性	模型效化	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.藉由實驗教學，讓學生能進一步<u>確認</u>酸性與鹼性物質的特性。</li> <li>2.教師請學生以生活中的酸或鹼為例，說明(<u>確認</u>)它所具有的特性是否與教學概念相符。</li> <li>3.教師請學生以生活中的酸或鹼為例，說明(<u>確認</u>)相同濃度下的強酸弱酸或強鹼弱鹼的差異之處。</li> </ol>
		模型應用	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.教師提出一情境問題，請學生<u>應用</u>所學之酸鹼概念，判斷出物質的種類，並說明其判斷依據。</li> </ol>

第三節	酸鹼濃度與 pH 值	模型選擇	<p>1.教師請同學根據日常生活經驗，說明檸檬原汁和稀釋後的檸檬原汁有何不同。從中引導學生濃度和酸鹼性(pH 值)的觀念。</p> <p>2.教師條列出一些不同莫耳濃度的水溶液，請學生判斷(選擇)其酸鹼性和 pH 值的大小關係。</p>
		模型建立	<p>1.教師介紹化學反應中常用的濃度表示法—體積莫耳濃度(莫耳/公升)，<u>建立</u>學生對莫耳濃度概念的瞭解。</p> <p>2.教師說明 25°C 下，任何水溶液中，都存在氫離子與氫氧根離子，兩者的莫耳濃度乘積為一定值，等於 <math>10^{-14}M^2</math>。<u>建立</u>學生任何酸鹼程度的水溶液中所含氫離子和氫氧根離子成反比的概念。</p> <p>3.教師說明 pH 值是一種表示氫離子濃度的方式，並說明 pH 值和 <math>[H^+]</math> 的關係式，<u>建立</u>學生對 pH 值的進一步認識。</p>
第四節	酸鹼濃度與 pH 值	模型效化	<p>1.教師請學生說明<u>模型選擇</u>中所條列出之水溶液 pH 值大小的判斷依據。</p> <p>2.教師請學生利用 pH 計實際測量，以<u>確認</u>自己的判斷是否正確。</p> <p>3.教師準備莫耳濃度 1M 的鹽酸，按比例加水稀釋成 10 倍和 100 倍，請學生說明其所含氫離子與氫氧根離子莫耳濃度和 pH 值。</p> <p>4.教師請同學利用 pH 計實際測量，以<u>確認</u>自己的答案是否與實際相符。</p>
		模型應用	<p>1.教師提出一情境問題，請學生<u>應用</u>所學概念說明如何調配濃度為 0.01M 的氫氧化鈉水溶液 500ml。並說明其所含氫離子與氫氧根離子莫耳濃度和 pH 值。</p>
第五節	酸鹼中和與鹽類	模型選擇	<p>1.教師利用吸管對紅色的氫氧化鈉(含酚酞指示劑)水溶液吹氣，使溶液變為無色。並說明其所含酸鹼中和的原理。</p> <p>2.教師條列出一些生活事件，請學生判斷(選擇)何者與酸鹼中和的原理相關。</p> <p>3.教師條列出一些物質的水溶液，請學生判斷(選擇)何者屬於鹽類。</p>

		模型建立	<p>1.藉由酸鹼中和的滴定實驗影片，<u>建立</u>學生對酸鹼中和的認識。</p> <p>2.教師說明酸鹼中和過程中所伴隨的現象與化學反應式，並介紹鹽類。<u>建立</u>學生對酸鹼中和進一步的認識。</p> <p>3.藉由動畫，教師說明達酸鹼中和的條件為水溶液中氫離子和氫氧根離子的數量相等，<u>建立</u>學生對粒子概念的瞭解。</p> <p>4.藉由動畫，教師說明酸鹼中和之鹽類的酸鹼性，<u>建立</u>學生對鹽類酸鹼性的瞭解。</p>
第六節	酸鹼中和與鹽類	模型效化	<p>1.教師事先準備不同濃度的鹽酸和氫氧化鈉，請學生說明如何混合恰可達酸鹼中和，並利用 pH 計<u>確認</u>其 pH 值。</p> <p>2.教師事先準備不同種類的鹽類水溶液，請學生判斷其酸鹼性，並說明理由。</p> <p>3.教師請學生利用 pH 計實際測量，以<u>確認</u>自己的判斷是否正確。</p>
		模型應用	<p>1.教師實際在錐形瓶中裝入 0.02M 的氫氧化鉀水溶液 50ml 和 2 滴酚酞，並以 0.1M 的鹽酸滴定。請學生<u>應用</u>所學概念預測達酸鹼中和時所需之鹽酸體積，並說明產物中的鹽類名稱與酸鹼性。</p>

## 附錄四 建模合作組教學設計

節次	教學概念	建模步驟	教學活動
第一節	酸鹼的定義與通性	模型選擇	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.教師請學生根據日常生活的經驗，<b>分組討論</b>生活中有哪些物質的水溶液呈酸性？哪些物質的水溶液呈鹼性？</li> <li>2.教師再舉例說明一些生活中常見溶液的酸鹼性，進而引導學生酸鹼的概念？</li> <li>3.教師條列出一些物質的水溶液，請學生<b>分組討論</b><u>選擇</u>何者為強酸、弱酸？何者為強鹼、弱鹼？</li> </ol>
		模型建立	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.請學生<b>分組討論</b>如何定義酸和鹼。</li> <li>2.教師說明酸鹼定義的歷史由來，<u>建立阿瑞尼斯的電離說模型</u>。</li> <li>3.教師以鹽酸和氫氧化鈉實作(紫色高麗菜汁)介紹酸鹼指示劑，並以生活中常見酸鹼物質(醋酸、檸檬汁、小蘇打水、肥皂水)為實例，<u>建立</u>學生對酸性與鹼性物質特性的瞭解。</li> <li>4.請學生<b>分組討論</b>如何判斷酸鹼的強弱。</li> <li>5.教師說明酸鹼強度的判斷依據，並藉由動畫教學，<u>建立</u>學生對強酸弱酸或強鹼弱鹼概念的瞭解。</li> </ol>
第二節	酸鹼的定義與通性	模型效化	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.藉由實驗教學，讓學生能進一步<u>確認</u>酸性與鹼性物質的特性。</li> <li>2.教師請學生以生活中的酸或鹼為例，<b>分組討論</b><u>(確認)</u>它所具有的特性是否與教學概念相符。</li> <li>3.教師請學生以生活中的酸或鹼為例，<b>分組討論</b><u>(確認)</u>相同濃度下的強酸弱酸或強鹼弱鹼的差異之處。</li> </ol>
		模型應用	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.教師提出一情境問題，請學生<u>應用</u>所學之酸鹼概念，<b>分組討論</b>判斷出物質的種類，並說明其判斷依據。</li> </ol>

第三節	酸鹼濃度與 pH 值	模型選擇	<p>1.教師請同學根據日常生活經驗，說明檸檬原汁和稀釋後的檸檬原汁有何不同。從中引導學生濃度和酸鹼性(pH 值)的觀念</p> <p>2.教師條列出一些不同莫耳濃度的水溶液，請學生分組討論判斷(選擇)其酸鹼性和 pH 值的大小關係。</p>
		模型建立	<p>1.教師介紹化學反應中常用的濃度表示法－體積莫耳濃度(莫耳/公升)，<u>建立</u>學生對莫耳濃度概念的瞭解。</p> <p>2.教師說明 25°C 下，任何水溶液中，都存在氫離子與氫氧根離子，兩者的莫耳濃度乘積為一定值，等於 <math>10^{-14}M^2</math>。<u>建立</u>學生任何酸鹼程度的水溶液中所含氫離子和氫氧根離子成反比的概念。</p> <p>3.教師說明 pH 值是一種表示氫離子濃度的方式，並說明 pH 值和 <math>[H^+]</math> 的關係式，<u>建立</u>學生對 pH 值的進一步認識。</p>
第四節	酸鹼濃度與 pH 值	模型效化	<p>1.教師請學生分組討論說明<u>模型選擇</u>中所條列出之水溶液 pH 值大小的判斷依據。</p> <p>2.教師請學生利用 pH 計實際測量，以<u>確認</u>自己的判斷是否正確。</p> <p>3.教師準備莫耳濃度 1M 的鹽酸，按比例加水稀釋成 10 倍和 100 倍，請學生分組討論說明其所含氫離子與氫氧根離子莫耳濃度和 pH 值。</p> <p>4.教師請同學利用 pH 計實際測量，以<u>確認</u>自己的答案是否與實際相符。</p>
		模型應用	<p>1.教師提出一情境問題，請學生<u>應用</u>所學概念分組討論說明如何調配濃度為 0.01M 的氫氧化鈉水溶液 500ml。並說明其所含氫離子與氫氧根離子莫耳濃度和 pH 值。</p>

第五節	酸鹼中和與鹽類	模型選擇	<p>1.教師利用吸管對紅色的氫氧化鈉(含酚酞指示劑)水溶液吹氣，使溶液變為無色。並說明其所含酸鹼中和的原理。</p> <p>2.教師條列出一些生活事件，請學生<u>分組討論</u>判斷(選擇)何者與酸鹼中和的原理相關。</p> <p>3.教師條列出一些物質的水溶液，請學生<u>分組討論</u>判斷(選擇)何者屬於鹽類。</p>
		模型建立	<p>1.藉由酸鹼中和的滴定實驗影片，<u>建立</u>學生對酸鹼中和的認識。</p> <p>2.教師說明酸鹼中和過程中所伴隨的現象與化學反應式，並介紹鹽類。<u>建立</u>學生對酸鹼中和進一步的認識。</p> <p>3.藉由動畫，教師說明達酸鹼中和的條件為水溶液中氫離子和氫氧根離子的數量相等，<u>建立</u>學生對粒子概念的瞭解。</p> <p>4.藉由動畫，教師說明酸鹼中和之鹽類的酸鹼性，<u>建立</u>學生對鹽類酸鹼性的瞭解。</p>
第六節	酸鹼中和與鹽類	模型效化	<p>1.教師事先準備不同濃度的鹽酸和氫氧化鈉，請學生<u>分組討論</u>說明如何混合恰可達酸鹼中和，並利用 pH 計<u>確認</u>其 pH 值。</p> <p>2.教師事先準備不同種類的鹽類水溶液，請學生<u>分組討論</u>判斷其酸鹼性，並說明理由。</p> <p>3.教師請學生利用 pH 計實際測量，以<u>確認</u>自己的判斷是否正確。</p>
		模型應用	<p>1.教師實際在錐形瓶中裝入 0.02M 的氫氧化鉀水溶液 50ml 和 2 滴酚酞，並以 0.1M 的鹽酸滴定。請學生<u>應用</u>所學概念<u>分組討論</u>預測達酸鹼中和時所需之鹽酸體積，並說明產物中的鹽類名稱與酸鹼性。</p>

## 附錄五 一般教學組教學設計

節次	教學概念	教學活動
第一節	酸鹼的定義與通性	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.教師請學生根據日常生活的經驗，說明生活中有哪些物質的水溶液呈酸性？哪些物質的水溶液呈鹼性？</li> <li>2.教師再舉例說明一些生活中常見溶液的酸鹼性，進而引導學生酸鹼的概念？</li> <li>3.教師請學生說明如何定義酸和鹼。</li> <li>4.教師說明<u>阿瑞尼斯</u>的酸鹼定義。</li> <li>5.進行實驗教學，讓學生從中認識酸鹼物質的特性。</li> </ol>
第二節	酸鹼的定義與通性	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.教師利用紫色高麗菜汁的顏色變化引發學習動機。介紹常見的酸鹼指示劑，藉由實際操作，讓學生認識生活中常見物質的酸鹼性。</li> <li>2.教師請學生說明如何判斷酸鹼的強弱。</li> <li>3.教師說明酸鹼強度的判斷依據，並藉由動畫教學，使學生瞭解解離度的意義。</li> <li>4.進行課後練習。</li> </ol>
第三節	酸鹼濃度與pH值	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.教師請同學根據日常生活經驗，說明檸檬原汁和稀釋後的檸檬原汁有何不同。從中引導學生濃度和酸鹼性(pH值)的觀念。</li> <li>2.教師介紹化學反應中常用的濃度表示法－體積莫耳濃度(莫耳/公升)，並讓學生練習濃度的計算。</li> </ol>
第四節	酸鹼濃度與pH值	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.教師說明 25°C 下，任何水溶液中，都存在氫離子與氫氧根離子，兩者的莫耳濃度乘積為一定值，等於 <math>10^{-14}M^2</math>。使學生瞭解任何酸鹼程度的水溶液中所含氫離子和氫氧根離子成反比的概念。</li> <li>2.教師說明 pH 值是一種表示氫離子濃度的方式，並說明 pH 值和 <math>[H^+]</math> 的關係式，並讓學生練習 pH 值的計算。</li> <li>3.進行課後練習。</li> </ol>
第五節	酸鹼中和與鹽類	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.教師利用吸管對紅色的氫氧化鈉(含酚酞指示劑)水溶液吹氣，使溶液變為無色。並說明其所含酸鹼中和的原理。</li> <li>2.教師說明日常生活中哪些事件與酸鹼中和的原理相關。</li> <li>3.藉由酸鹼中和的滴定實驗影片，使學生對酸鹼中和概念有進一步的認識。</li> <li>4.教師說明酸鹼中和過程中所伴隨的現象與化學反應式，並介紹鹽類。</li> </ol>

第六節	酸鹼中和與鹽類	<ol style="list-style-type: none"><li>1.教師說明達酸鹼中和的條件為水溶液中氫離子和氫氧根離子的數量相等，並讓學生練習酸鹼中和的計算。</li><li>2.藉由動畫，使學生瞭解中和反應過程中粒子的反應情形。</li><li>3.藉由動畫，教師說明酸鹼中和之鹽類的酸鹼性，使學生對鹽類的酸鹼性有進一步瞭解。</li><li>4.進行課後練習。</li></ol>
-----	---------	---

## 附錄六 建模教學組與建模合作組課程學習單

### ～酸鹼的定義與通性～

班級：\_\_\_\_\_ 座號：\_\_\_\_\_ 姓名：\_\_\_\_\_

#### 一、模型選擇

1.根據你的日常生活經驗，下列物質的水溶液，你認為何者為強酸弱酸？何者為強鹼弱鹼呢？請將代號填入表格中。

(A)檸檬汁 (B)水管疏通劑(氫氧化鈉) (C)汽水 (D)硫酸 (E)氨水 (F)石灰水 (G)醋  
(H)硝酸 (I)胃藥(氫氧化鎂) (J)鹽酸 (K)肥皂水 (L)食鹽水 (M)糖水 (N)小蘇打水

強酸		強鹼	
弱酸		弱鹼	

2.除了上述物質，你還知道有哪些物質的水溶液呈酸性或鹼性呢？請寫下來。

酸性	
鹼性	

#### 二、模型建立

1.關於酸和鹼，古人認為，**酸性物質**具有**酸味**，**鹼性物質**具有**苦澀味**。

西元 1680 年英國科學家波以耳(Boyle)認為酸是一種含有氧的化合物。

西元 1811 年英國科學家戴維(Davy)發現鹽酸不含氧，認為酸類物質都含有氫。

西元 1884 年瑞典科學家阿瑞尼斯(Arrhenius)提出電離說，說明電解質在水中會產生帶電的離子而導電。酸和鹼皆為電解質，因而對酸和鹼訂立了另一種定義：

**酸類**：溶於水(或與水作用)可產生\_\_\_\_\_ ( )的化合物，使水溶液可導電。

**鹼類**：溶於水(或與水作用)可產生\_\_\_\_\_ ( )的化合物，使水溶液可導電。

**[例 1]**：請寫出下列**酸類物質**溶於水的解離方程式：

(1)鹽酸(HCl) (2)硫酸(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

(3)醋酸(CH<sub>3</sub>COOH)

(1)\_\_\_\_\_

(2)\_\_\_\_\_

(3)\_\_\_\_\_

**[例 2]**：請寫出下列**鹼類物質**溶於水的解離方程式：

(1)氫氧化鈉(NaOH) (2)石灰水(Ca(OH)<sub>2</sub>)

(3)氨水(NH<sub>4</sub>OH)

(1)\_\_\_\_\_

(2)\_\_\_\_\_

(3)\_\_\_\_\_

2.看完老師的實作和解釋，同學對**酸類**和**鹼類**物質是不是有了更進一步的瞭解？請把它記錄下來。

		酸類	鹼類
定義		溶於水可分解出_____的化合物	溶於水可分解出_____的化合物
特性		1.嘗起來有_____味。 2.與活性大的金屬（例如：鎂、鋅、鋁、鐵）反應會產生_____氣體。 3.與碳酸鹽（例如：碳酸鈣、碳酸鈉）類反應會生成_____氣體和水。	1.嘗起來有_____味。 2.水溶液有_____感。 3.可溶解_____。
指示劑	石蕊試紙	_____色	_____色
	酚酞	_____色	_____色
	廣用試紙	_____色	_____色

[註]：酚酞指示劑在中性溶液中呈\_\_\_\_\_色；廣用試紙在中性溶液中呈\_\_\_\_\_色。

3.看完動畫後，你認為強酸和弱酸是依據水溶液的何種要素什麼來判斷呢？是濃度？體積？解離度？還是其他要素呢？請說明原因。

●：氫離子  $H^+$   
●：氯離子  $Cl^-$

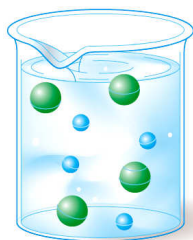


圖 3-5 鹽酸的解離示意圖

●：氫離子  $H^+$   
●：醋酸根  $CH_3COO^-$   
●●：醋酸  $CH_3COOH$

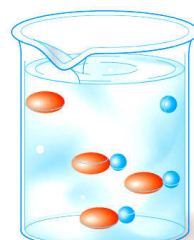


圖 3-6 醋酸的解離示意圖

我認為強弱酸的判斷是依據\_\_\_\_\_。

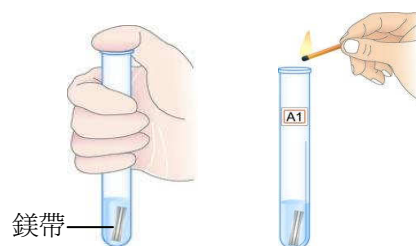
強酸：\_\_\_\_\_。

弱酸：\_\_\_\_\_。

### 三、模型效化

#### 1.[實驗]：酸鹼物質的特性

(1)在 A1、B1 和 C1 試管中分別加入相同濃度 (1M)的鹽酸、醋酸和氫氧化鈉水溶液 5ml，取 2 公分鎂帶分別放入三試管中。戴上橡皮手套用拇指封住管口，觀察有何變化？

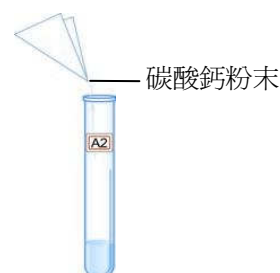


A1	B1	C1

(2)以點燃的火柴接近試管口，觀察有何現象發生。

A1	B1	C1

(3)在 A2、B2 和 C2 試管中分別加入相同濃度(1M)的鹽酸、醋酸和氫氧化鈉水溶液 5ml，取半刮勺的碳酸鈣粉末分別放入三試管中。戴上橡皮手套用拇指封住管口，觀察有何變化？

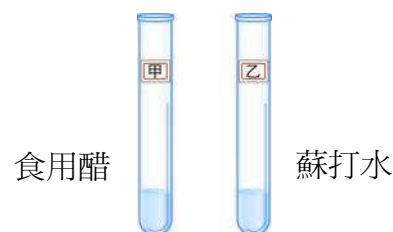


A2	B2	C2

(4)以點燃的火柴接近試管口，觀察有何現象發生。

A2	B2	C2

(5)取相同濃度的稀**食用醋**與**蘇打水**置於乾淨杯中，以手觸摸感覺有何差異？用手指沾少許嚐一嚐，其味覺有何差異？取 5 毫升裝入甲、乙試管中並各滴入一滴沙拉油並攪拌，觀察有何差異？



	觸覺	味覺	沙拉油溶解情形
食用醋			
蘇打水			

2.透過實驗的驗證，請你再各舉一種生活中的酸鹼物質為例，說明它所具有的特性是否與教學概念相符？

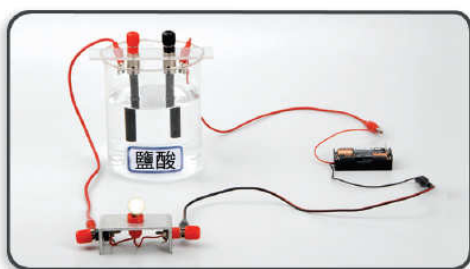
酸	實例
鹼	實例

3.圖 3-7 和圖 3-8 為相同濃度的鹽酸和醋酸水溶液的導電情形，你能說明為何濃度相同，燈泡的亮度卻有所差異呢？

因為\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



⬆ 圖 3-7 強酸燈泡亮度較大



⬆ 圖 3-8 弱酸燈泡亮度較小

#### 四、模型應用

1. 桌面上四個燒杯中分別盛有相同濃度的鹽酸、檸檬酸、燒鹼(氫氧化鈉)和食鹽水溶液，將四個燒杯任意標示為甲、乙、丙、丁，進行如下表之檢測，請在表格中寫出四個燒杯的溶液分別為何？並寫出你的判斷依據。

燒杯	滴入酚酞	放入小貝殼	導電性測試	我的答案
甲	紅色	無反應	燈泡亮度大	
乙	無色	冒泡	燈泡亮度小	
丙	無色	無反應	燈泡亮度大	
丁	無色	冒泡	燈泡亮度大	

我的判斷依據是：

**滴入酚酞：** \_\_\_\_\_。

**放入小貝殼：** \_\_\_\_\_。

**導電性測試：** \_\_\_\_\_。

#### 五、課後練習

- ( ) 一般來說，下列何種性質不是酸性溶液的共同性質？(A)使石蕊試紙呈紅色 (B)使廣用試紙呈紅、橙或黃色 (C)使酚酞呈無色 (D)遇鎂帶時會產生二氧化碳氣體。
- ( ) 下列何者不是鹼性溶液的共同性質？(A)使石蕊試紙由紅色變藍色 (B)可溶解脂肪或油 (C)與碳酸鈣反應產生二氧化碳氣體 (D)摸起來具有滑膩感。
- ( ) 下列有關氨氣( $\text{NH}_3$ )的性質，何者正確？(A)化學式中含H，是一種酸 (B)氨氣外洩時可大量噴水減少危險 (C)氨氣是鹼性的 (D)氨氣易溶於水，比空氣輕，可用排水集氣法收集。
- ( ) 下列哪一種化合物溶於水不呈鹼性？(A)NaOH (B)CO<sub>2</sub> (C)NH<sub>3</sub> (D)Ca(OH)<sub>2</sub>。

5. ( ) 家榛要做無殼蛋，請問她要用何種溶液？  
(A)食醋 (B)米酒 (C)食鹽水 (D)肥皂水。
6. ( ) 有關酸的敘述哪些正確？(甲)在同體積時，純硫酸中的  $H^+$  比稀硫酸的  $H^+$  多；(乙)凡是酸水溶液均可以解離出氫離子；(丙)溶解度大的酸叫作強酸；(丁)紅色石蕊試紙遇酸不會變色。  
(A)甲乙丁 (B)乙丁 (C)乙丙丁 (D)甲乙丙。
7. ( ) 根據下列 X、Y、M、N 四種物質的解離情況，何者可以確定屬於鹼類？  
(A)  $X \rightarrow Ba^{2+} + 2 Cl^-$  (B)  $Y \rightarrow H^+ + NO_3^-$  (C)  $M \rightarrow 2 K^+ + SO_4^{2-}$   
(D)  $N \rightarrow Ba^{2+} + 2OH^-$ 。
8. ( ) 電熱水瓶使用數月後，其內壁常附著一層含碳酸鈣和碳酸鎂成分的鍋垢，應使用下列哪一種物質浸泡煮沸，去除鍋垢的效果最佳？  
(A)肥皂水(B)食鹽水(C)檸檬汁(D)米酒。
9. ( ) 有關氯化氫分子與醋酸分子加入水中的情形，下列何者錯誤？  
(A)氯化氫氣體極易溶於水，水溶液呈強酸性 (B)醋酸分子極易溶於水，但水溶液呈弱酸性 (C)醋酸分子不易溶於水，所以水溶液呈弱酸性 (D)同濃度的兩杯水溶液分別丟入等量的鎂帶，則氯化氫的水溶液所產生的氣體快且多。
10. ( ) (甲)鎂帶加入稀鹽酸中；(乙)大理石加入稀鹽酸中；(丙)二氧化錳加入雙氧水中；(丁)銅片加入濃硝酸。以上各實驗所產生的氣體，何者具有可燃性？ (A)甲 (B)乙 (C)丙 (D)丁。

## ～酸鹼濃度與 pH 值～

班級：\_\_\_\_\_ 座號：\_\_\_\_\_ 姓名：\_\_\_\_\_

### 一、模型選擇

1. 直接嚐一下市售的檸檬原汁和加水稀釋後的檸檬原汁，兩者的滋味有何異同？每個人的感覺相同嗎？你覺得應該如何客觀地表示檸檬汁的酸鹼性呢？

	滋味	每個人感覺相同嗎	如何客觀表示酸鹼性
檸檬原汁			
稀釋檸檬汁			

2. 日常生活中，我們常使用 pH 值來表達水溶液的酸鹼性。在  $25^\circ C$  時，酸性水溶液的 pH 值\_\_\_\_\_7；中性水溶液的 pH 值\_\_\_\_\_7；鹼性水溶液的 pH 值\_\_\_\_\_7。
3. 桌面上的燒杯中裝有下列水溶液：(甲)1M 的鹽酸 (乙)0.1M 的鹽酸 (丙)0.1 M 的醋酸 (丁)1M 的硝酸鉀 (戊)0.1M 的硝酸鉀 (己)1M 的氫氧化鈉 (庚)0.1M 的氫氧化鈉 (辛)0.1M 的氨水。請你判斷出這些水溶液的酸鹼性，並用代號將這些水溶液按 pH 值由大而小排列。

酸性	中性	鹼性	pH 值由大而小排列

## 二、模型建立

1.常見濃度的表示法：

(1)重量百分濃度：每 100 公克的\_\_\_\_\_中，所含\_\_\_\_\_的公克數，以百分比(%)表示。

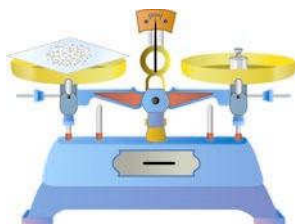
(2)體積百分濃度：每 100 毫升的\_\_\_\_\_中，所含\_\_\_\_\_的毫升數，以百分比(%)表示。

(3)容積莫耳濃度(莫耳濃度)：1 公升的\_\_\_\_\_中，所含\_\_\_\_\_的\_\_\_\_\_數。

(a)公式：莫耳濃度 (M) =  $\frac{\text{溶質莫耳數 (莫耳)}}{\text{溶液體積 (公升)}}$

(b)莫耳濃度的單位為\_\_\_\_\_，以\_\_\_\_\_表示。一般用中刮號[ ]表示，例如[C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>]=0.5M，表示每 1 公升的葡萄糖溶液中含有 0.5 莫耳的葡萄糖分子。

2.溶液配製的步驟：



Ⓐ計算並稱取  
溶質質量



Ⓑ將溶質溶於  
適量水中



Ⓒ將溶液倒入  
容量瓶中

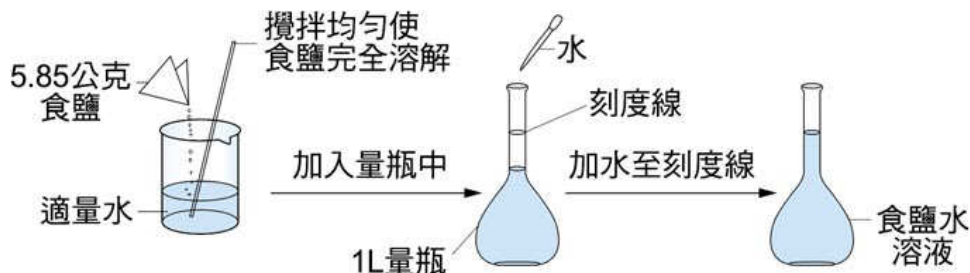


Ⓓ加水至所需  
體積

例如：如何配製 0.1M 的 NaCl 水溶液 1000ml ? (NaCl=58.5)

(1)先計算出所需 NaCl 的莫耳數 = \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_ mole = \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_ 克。

(2)稱取\_\_\_\_\_克的 NaCl 倒入燒杯中，加入適量的水攪拌溶解，倒入量瓶中再加水直到溶液體積為 1000ml。



3. 純水雖為非電解質，但水中仍能解離出極微量的  $H^+$  和  $OH^-$ ，其解離式為：  
 $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$ 。在常溫下（ $25^\circ C$ ），1 公升的純水（約有  $1000/18 = 55.6$  莫耳），其中只有  $10^{-7}$  莫耳的水解離成  $10^{-7}$  莫耳的  $H^+$  和  $10^{-7}$  莫耳的  $OH^-$ ，故  $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7} M$ 。
4. 科學家發現， $25^\circ C$  時，任何水溶液中  $[H^+]$  和  $[OH^-]$  的乘積為定值 =  $10^{-14} M^2$ 。  
 當水溶液中  $[H^+] = [OH^-]$  時呈 中性 性； $[H^+] > [OH^-]$  時呈 酸性 性； $[H^+] < [OH^-]$  時呈 鹼性 性。
5. pH 值表示水溶液中  $H^+$  濃度的大小，可據以判斷溶液的酸鹼性。  
 (1) 當  $[H^+] = 10^{-X} M$  時，pH 值 = X。例如：某鹽酸（HCl）水溶液中  $[H^+] = 10^{-2} M$ ，則 pH 值 = 2。  
 (2) 中性溶液中  $[H^+] = 10^{-7} = [OH^-]$ ，pH 值 = 7；酸性溶液中  $[H^+] > 10^{-7} > [OH^-]$ ，pH 值  $< 7$ ；鹼性溶液中  $[H^+] < 10^{-7} < [OH^-]$ ，pH 值  $> 7$ 。  
 (3) pH 值愈小 酸性 性愈強，pH 值愈大 鹼性 性愈強。pH 值可能為 0、正整數、小數或負數。

表 3-2  $25^\circ C$  時，溶液中  $[H^+]$ 、 $[OH^-]$  和 pH 值的關係

$[H^+]$	$10^{-1} M$	$10^{-2} M$	$10^{-3} M$	$10^{-4} M$	$10^{-5} M$	$10^{-6} M$	$10^{-7} M$	$10^{-8} M$	$10^{-9} M$	$10^{-10} M$	$10^{-11} M$
pH 值	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$[OH^-]$	$10^{-13} M$	$10^{-12} M$	$10^{-11} M$	$10^{-10} M$	$10^{-9} M$	$10^{-8} M$	$10^{-7} M$	$10^{-6} M$	$10^{-5} M$	$10^{-4} M$	$10^{-3} M$
酸鹼性	酸性愈強 ←						中性	→ 鹼性愈強			

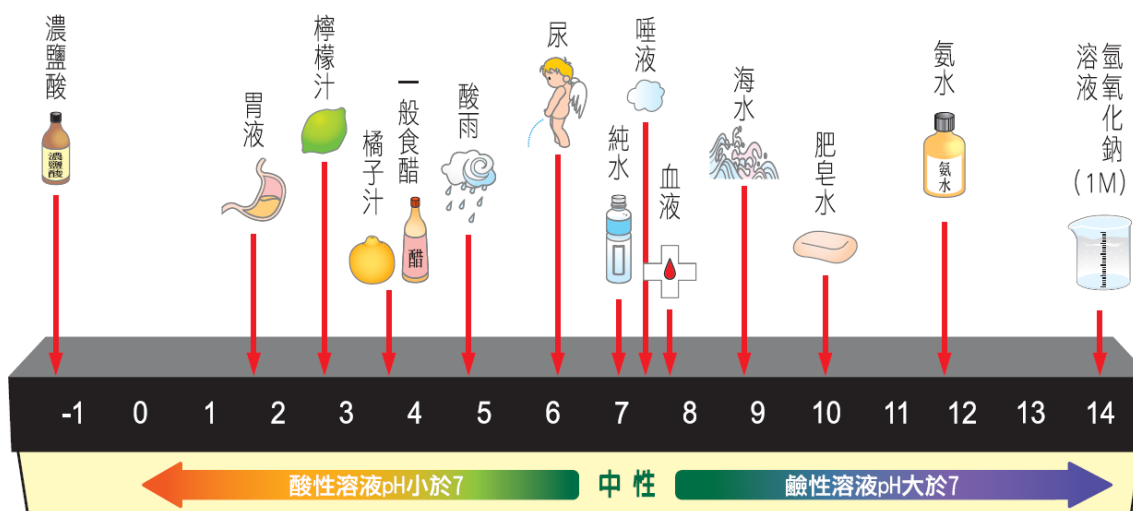


圖 3-25 常見物質的 pH 值（約略值）

### 三、模型效化

1. 桌面上的燒杯中裝有下列水溶液：(甲)1M 的鹽酸 (乙)0.1M 的鹽酸 (丙)0.1 M 的醋酸 (丁) 1M 的硝酸鉀 (戊) 0.1M 的硝酸鉀 (己) 1M 的氫氧化鈉 (庚)0.1M 的氫氧化鈉 (辛)0.1M 的氨水。請你用代號將這些水溶液按 pH 值由大而小排列，

並說明你的理由。

pH 值由大而小排列	我的理由
以 pH 計實際測量結果	是否與自己的判斷相符

2. 桌面上甲、乙兩個燒杯中皆裝有濃度為 1M 的鹽酸 10ml，分別加水稀釋成 100ml 和 1000ml 的水溶液。請你判斷甲、乙兩杯中所含氫離子與氫氧根離子莫耳濃度和 pH 值各為多少？

燒杯	[H <sup>+</sup> ] (M)	[OH <sup>-</sup> ] (M)	pH 值	實際 pH 值	自己判斷是否正確
甲					
乙					

#### 四、模型應用

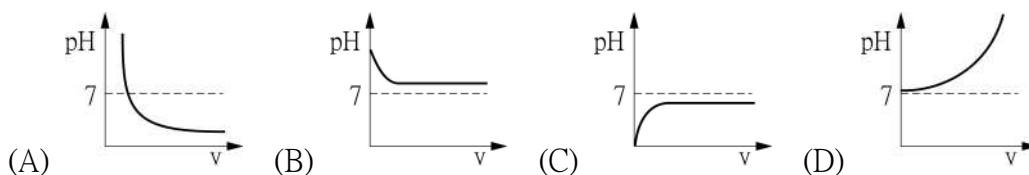
1. 如果你是理化小老師，在實驗課前老師請你幫忙調配 0.01M 的氫氧化鈉(NaOH = 40)水溶液 500ml。請你應用所學概念，計算出所需氫氧化鈉的質量，說明你會如何調配。並寫出水溶液中所含氫離子與氫氧根離子的莫耳濃度和 pH 值。

計算 NaOH 的質量	寫出你的調配步驟	[H <sup>+</sup> ] (M)	[OH <sup>-</sup> ] (M)	pH 值

#### 五、課後練習

- ( ) (甲)莫耳濃度；(乙)溶液的質量；(丙)溶質的質量；(丁)溶質的莫耳數。  
將 2 M 的鹽酸加水稀釋，則上述有幾項會變小？  
(A) 1 (B) 2 (C) 3 (D) 4。
- ( ) 將 36 公克的葡萄糖 (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) 以水溶解並稀釋至 500 毫升，則其莫耳濃度為 (原子量：C=12，H=1，O=16)：  
(A) 0.1 M (B) 0.2 M (C) 0.3 M (D) 0.4 M。
- ( ) 0.3 M 的氫氧化鈉水溶液 0.2 升中，含有多少公克的 NaOH？(分子量 NaOH = 40) (A) 2.4 (B) 4 (C) 6 (D) 8。
- ( ) 將濃度 2 M 之硫酸一瓶，倒去半瓶，再用水加滿，又再倒去 3/4 瓶，然後再用水加滿，則此溶液最後濃度為何？  
(A) 0.05 M (B) 0.25 M (C) 0.5 M (D) 0.75 M。

5. ( ) 有濃度為 3 M 的氫氧化鈉溶液 10 mL，需加多少 mL 的水，才可將其濃度稀釋為 1 M？ (A) 10 (B) 20 (C) 30 (D) 40。
6. ( ) 當翊翊拿一個燒杯，說杯子裡水溶液的酸鹼性是「中性」的，意思是指：  
(A) 水溶液中沒有  $H^+$  也沒有  $OH^-$  (B) 水溶液中的正離子數目等於負離子的數目 (C) 水溶液中的正離子所帶的正電總電量等於負離子所帶之負電總電量 (D) 水溶液中  $[H^+]$  等於  $[OH^-]$ 。
7. ( ) 在室溫下，一杯濃度為 0.1 M 的氫氧化鈉水溶液，加水稀釋後，使其總體積變為原來的 10 倍。關於稀釋後此水溶液性質的敘述，下列何者正確？ (A)  $H^+$  的濃度變小 (B)  $Na^+$  的濃度變大 (C) pH 的數值變小 (D)  $H^+$  與  $OH^-$  濃度的乘積變小。
8. ( ) 下列相同濃度的酸性溶液，何者的 pH 值最大？  
(A) HCl (B)  $CH_3COOH$  (C)  $H_2SO_4$  (D)  $HNO_3$ 。
9. ( ) 食鹽(NaCl)水溶液的濃度為 1 M，則氫離子的濃度為多少 M？  
(A) 0 (B) 1 (C)  $10^{-7}$  (D)  $10^{-14}$ 。
10. ( ) 下列敘述何者錯誤？ (A) 氫氧化鈉水溶液為鹼性，因為水溶液中解離出  $OH^-$ ，沒有  $H^+$  的存在 (B) 水中加入食鹽，對於 pH 值沒有影響 (C) 氫氧化鈉加水稀釋後，最後的 pH 值大於 7 (D) pH 值愈高，表示水溶液的酸性愈弱。
11. ( ) 在純水中加入石灰後，水溶液中離子變化情形為：  
(A)  $H^+$  濃度變大， $OH^-$  濃度不變 (B)  $OH^-$  濃度變大， $H^+$  濃度不變 (C)  $H^+$  濃度變大， $OH^-$  濃度變小 (D)  $OH^-$  濃度變大， $H^+$  濃度變小。
12. ( ) 下列有關酸鹼濃度的觀念，何者錯誤？ (A)  $[H^+] = 10^{-3} M$ ，則  $pH = 3$  (B)  $25^\circ C$  下，若  $[H^+] = 10^{-3} M$ ，則  $[OH^-] = 10^{-11} M$  (C) pH 值可以等於 0，但絕不可能小於 0 (D)  $25^\circ C$  下，酸性溶液其 pH 值一定小於 7。
13. ( ) 甲溶液的  $pH = 2$ ，乙溶液  $pH = 4$ ，則甲溶液的氫離子濃度是乙溶液的多少倍？ (A) 100 (B) 0.01 (C) 2 (D) 0.5。
14. ( ) 在  $25^\circ C$  時，將  $10^{-8}$  莫耳的氯化氫 (HCl) 氣體全溶於 1 公升的水，則此溶液：  
(A)  $[H^+] = 10^{-8} M$  (B)  $[OH^-] = 10^{-8} M$  (C)  $[OH^-] > 10^{-7} M$  (D)  $[H^+] > 10^{-7} M$ 。
15. ( ) 將一定濃度的 NaOH 溶液，加水稀釋，則其 pH 值與溶液體積 (V) 的關係圖，可用下列哪一圖表示？



## ～酸鹼中和與鹽類～

班級：\_\_\_\_\_ 座號：\_\_\_\_\_ 姓名：\_\_\_\_\_

### 一、模型選擇

1.將酚酞滴入氫氧化鈉水溶液中，會使溶液呈現紅色(如圖 A)。利用吸管對試管內的溶液持續吹氣(如圖 B)。一段時間後，溶液的顏色有何變化？你能說明原因嗎？



溶液顏色變化	說明原因

2.日常生活中，我們會運用到酸鹼中和的原理來解決一些問題。下列生活中的事件，你認為與酸鹼中和相關者打 O，無關打 X。

O 或 X	生活事件
	小中利用乾粉滅火器滅火。
	小華被蜜蜂或螞蟻螫到，用肥皂水清洗患處。
	小民吃完炸雞後用牙膏刷牙。
	小國跑步跌倒，用雙氧水幫傷口消毒。
	小萬清洗廁所時，鹽酸不小心滴到大理石地板而冒泡。
	小歲胃痛不舒服，媽媽拿蘇打餅乾給他吃。

3.常見的電解質水溶液，除了酸類與鹼類之外，還有鹽類。下列物質中，你認為哪些屬於鹽類？\_\_\_\_\_。

(甲)小蘇打(碳酸氫鈉) (乙)食鹽(氯化鈉) (丙)石灰(氧化鈣) (丁)硫酸銨 (戊)酒精  
(己)碳酸 (庚)硝酸鉀 (辛)氫氧化鉀 (壬)碳酸鈣 (癸)氨水

### 二、模型建立


1.看完影片後，對於酸鹼中和的化學反應，應該有所認識了吧！當酸性溶液與鹼性溶液混合時，會發生化學變化，產生\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_，又稱為\_\_\_\_\_反應，其通式為：\_\_\_\_\_。

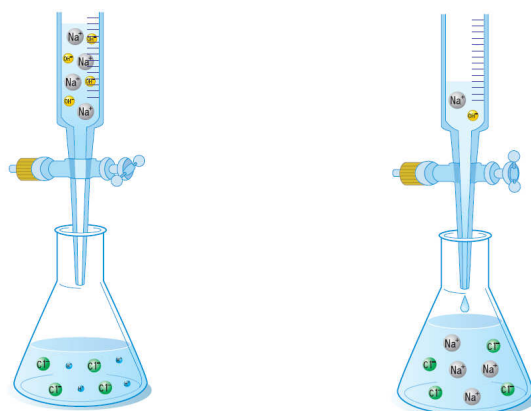
酸鹼中和的過程中溶液的溫度會\_\_\_\_\_，恆為\_\_\_\_\_熱反應。

例如： $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow$ \_\_\_\_\_。離子反應為：\_\_\_\_\_。

2.看完動畫後，對於酸鹼中和過程中各種粒子的反應情形，應該有了進一步的認識了吧！過程中  $H^+$  和  $OH^-$  結合反應成\_\_\_\_\_， $Na^+$  和  $Cl^-$  在溶液中並未參與反應，將中和後的溶液蒸乾後會得到\_\_\_\_\_色的\_\_\_\_\_。

$H^+$  : 氫離子  $H^+$   
 $Cl^-$  : 氯離子  $Cl^-$   
 $OH^-$  : 氫氧根離子  $OH^-$   
 $Na^+$  : 鈉離子  $Na^+$

 圖 3-27 酸鹼中和反應示意圖



**A** 以氫氧化鈉中和鹽酸      **B** 中和後， $Na^+$ 、 $Cl^-$  離子並未參與反應

3.酸鹼中和原理：當酸中  $H^+$  的莫耳數 = 鹼中  $OH^-$  的莫耳數時，俗稱等當量中和，即  $[H^+] \times V_{酸} = [OH^-] \times V_{鹼}$ 。

**[例題]**：利用 0.2M 的鹽酸 ( $HCl$ ) 滴定 50ml 未知濃度的氫氧化鈉 ( $NaOH$ )，若滴入鹽酸 100ml 後恰可完全中和，請你判斷氫氧化鈉的濃度為多少 M？

4.鹽類為鹼中的正離子與酸中的負離子結合而成之化合物。

例如：碳酸( $H_2CO_3$ ) + 氫氧化鉀( $KOH$ ) → 碳酸鉀( $K_2CO_3$ ) + 水( $H_2O$ )。

碳酸為弱酸，氫氧化鉀為強鹼，其所形成之鹽類碳酸鉀會因水解而使水溶液呈鹼性。因此，不同的酸鹼混合所產生的鹽類水溶液可能為酸性、鹼性或中性。

根據上述概念，請你判斷出下列鹽類水溶液的酸鹼性。

- (甲)碳酸鈉( $Na_2CO_3$ ) (乙)氯化鈣( $CaCl_2$ ) (丙)硝酸鈉( $NaNO_3$ )  
 (丁)氯化銨( $NH_4Cl$ ) (戊)硫酸鈣( $CaSO_4$ ) (己)醋酸鈉( $CH_3COONa$ )

酸性	鹼性	中性

### 三、模型效化

1.桌面上的兩個燒杯中分別裝有 1M 的鹽酸和 0.2M 的氫氧化鈉各 200ml，取 20ml 的鹽酸倒入另一燒杯，若想讓此燒杯的水溶液呈中性，你應該取多少 ml 的氫氧化鈉加入此燒杯呢(寫出計算過程)？

計算過程	實際測得之 pH 值

2. 桌面上的燒杯中分別裝有硝酸鉀(KNO<sub>3</sub>)、小蘇打(NaHCO<sub>3</sub>)、氯化鎂(MgCl<sub>2</sub>) 和硫酸銨 ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 水溶液，請你判斷各溶液的酸鹼性，並說明理由。

水溶液	酸鹼性	我的理由	實際測得之 pH 值
硝酸鉀(KNO <sub>3</sub> )			
小蘇打(NaHCO <sub>3</sub> )			
氯化鎂(MgCl <sub>2</sub> )			
硫酸銨 ((NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )			

#### 四、模型應用

1. 桌面上的錐形瓶中裝有 0.02M 的氫氧化鉀水溶液 50ml 和 2 滴酚酞，現在以 0.1M 的鹽酸進行滴定實驗。請你應用所學概念寫出其化學反應式，並預測達酸鹼中和時所需之鹽酸體積，且說明產物中的鹽類名稱與酸鹼性。

化學反應式	所需鹽酸體積(ml)	產生之鹽類名稱	酸鹼性

#### 五、課後練習

- ( ) 下列何者為中和反應？ (A) CaCO<sub>3</sub> + HCl (B) CH<sub>3</sub>COOH + NH<sub>4</sub>OH (C) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + Mg (D) CH<sub>3</sub>COOH + C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH。
- ( ) 下列何者屬於鹽類？  
(A) 硝酸鉀 (B) 氫氧化鈉 (C) 氯化氫 (D) 二氧化硫。
- ( ) 日常生活中，哪一個現象沒有牽涉酸鹼中和反應？ (A) 製造香腸時加入硝酸鉀 (B) 農夫燃燒稻草，將草灰再翻入農地中 (C) 被昆蟲叮咬後塗上氨水減輕疼痛 (D) 口含吸管對著氫氧化鈉溶液吹氣。
- ( ) 有關酸鹼中和反應的敘述，下列何者正確？ (A) 中和反應之後，溶液必為中性 (B) 中和反應必產生水 (C) 中和反應後，加熱水蒸發必產生食鹽晶體 (D) 中和反應的過程中，pH 值將逐漸增加。

- ( ) 右圖為酸鹼中和實驗，以酚酞作指示劑，下列敘述何者正確？ (A) 指示劑加在上方鹽酸中才能明顯看到由無色變粉紅色 (B) 在滴入過程中不可搖晃溶液，否則會影響反應的進行 (C) 滴至酚酞顏色變化時，表示所加氯化氫與氫氧化鈣莫耳數相等 (D) 中和完成後，燒杯內



的溶液溫度會上升乃因反應放熱。

6. ( ) 在一杯氫氧化鈉 (NaOH) 溶液中，滴入數滴酚酞指示劑，再用稀硫酸 ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 做酸鹼滴定實驗，當溶液變色時，溶液中的何種離子數目最多？ (A)  $\text{H}^+$  (B)  $\text{OH}^-$  (C)  $\text{Na}^+$  (D)  $\text{SO}_4^{2-}$ 。
7. ( ) 用 0.2 M 的氫氧化鈉滴定未知濃度的硫酸 20 mL，如果在酸鹼指示劑變色時，共用掉氫氧化鈉 30 mL，試問硫酸的濃度？  
(A) 0.15 M (B) 0.20 M (C) 0.30 M (D) 0.45 M。
8. ( ) 氯化鈉、硫酸鈣、硫酸銨、碳酸鈣、碳酸鈉、碳酸氫鈉皆為日常生活中常見的鹽類，以上鹽類溶於水呈鹼性的有幾項？  
(A) 1 (B) 2 (C) 3 (D) 4。
9. ( ) 今有碳酸、鹽酸、氫氧化鈉、氫氧化鈣四種溶液，任意貼上標籤甲、乙、丙、丁之後，各滴入一滴酚酞指示劑，結果乙、丙不變色，甲、丁均呈粉紅色，再將丙、丁加在一起產生白色沉澱，則哪一瓶內裝有鹽酸？  
(A) 甲 (B) 乙 (C) 丙 (D) 丁。

## 附錄七 一般教學組課程學習單

### ～酸鹼的定義與通性～

班級：\_\_\_\_\_ 座號：\_\_\_\_\_ 姓名：\_\_\_\_\_

#### 一、酸鹼的定義

1.西元 1884 年瑞典科學家阿瑞尼斯(Arrhenius)提出電離說，說明電解質在水中會產生帶電的\_\_\_\_\_而導電。酸和鹼皆為電解質，酸和鹼的定義：

**酸類**：溶於水(或與水作用)可產生\_\_\_\_\_ ( )的化合物，使水溶液可導電。

**鹼類**：溶於水(或與水作用)可產生\_\_\_\_\_ ( )的化合物，使水溶液可導電。

2.寫出下列各物質的解離式：

(1) 鹽酸 (HCl)：\_\_\_\_\_。

(2) 硫酸 (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)：\_\_\_\_\_。

(3) 醋酸 (CH<sub>3</sub>COOH)：\_\_\_\_\_。

(4) 氫氧化鈉 (NaOH)：\_\_\_\_\_。

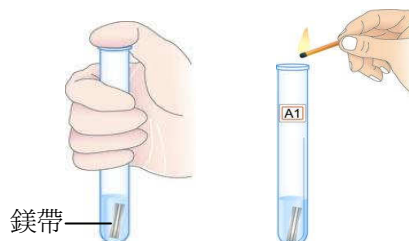
(5) 氫氧化鈣 (Ca(OH)<sub>2</sub>)：\_\_\_\_\_。

(6) 氨水 (NH<sub>4</sub>OH)：\_\_\_\_\_。

#### 二、酸鹼的性質

##### 1. [實驗]：酸鹼物質的特性

(1)在 A1、B1 和 C1 試管中分別加入相同濃度 (1M)的鹽酸、醋酸和氫氧化鈉水溶液 5ml，取 2 公分鎂帶分別放入三試管中。戴上橡皮手套用拇指封住管口，觀察有何變化？

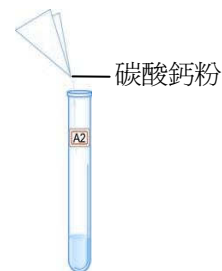


A1	B1	C1

(2)以點燃的火柴接近試管口，觀察有何現象發生。

A1	B1	C1

(3)在 A2、B2 和 C2 試管中分別加入相同濃度(1M)的鹽酸、醋酸和氫氧化鈉水溶液 5ml，取半刮勺的碳酸鈣粉末分別放入三試管中。戴上橡皮手套用拇指封住管口，觀察有何變化？

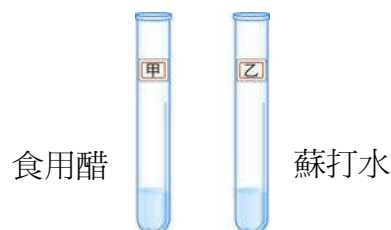


A2	B2	C2

(4)以點燃的火柴接近試管口，觀察有何現象發生。

A2	B2	C2

(5)取相同濃度的稀**食用醋**與**蘇打水**置於乾淨杯中，以手觸摸感覺有何差異？用手指沾少許嚐一嚐，其味覺有何差異？取5毫升裝入甲、乙試管中並各滴入一滴沙拉油並攪拌，觀察有何差異？



	觸覺	味覺	沙拉油溶解情形
食用醋			
蘇打水			

2.酸類與鹼類物質通性：

(1)酸類：溶於水可分解出\_\_\_\_\_的化合物。嚐起來有\_\_\_\_\_味；與活性大的金屬（例如：鎂、鋅、鋁、鐵）反應會產生\_\_\_\_\_氣體；與碳酸鹽類（例如：碳酸鈣、碳酸鈉）反應會生成\_\_\_\_\_氣體和水。

(2)鹼類：溶於水可分解出\_\_\_\_\_的化合物。嚐起來有\_\_\_\_\_味；水溶液有\_\_\_\_\_感；可溶解\_\_\_\_\_。

### 三、酸鹼的強弱與指示劑

1.強酸和弱酸的判斷是依據酸類物質在水中的\_\_\_\_\_。例如：鹽酸(HCl)為強酸，分子在水中幾乎\_\_\_\_\_解離；醋酸(CH<sub>3</sub>COOH)為弱酸，分子在水中只有\_\_\_\_\_解離。

●：氫離子 H<sup>+</sup>  
●：氯離子 Cl<sup>-</sup>

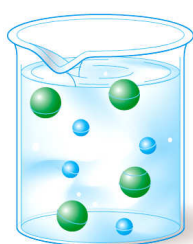


圖 3-5 鹽酸的解離示意圖

●：氫離子 H<sup>+</sup>  
●●：醋酸根 CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup>  
●●●：醋酸 CH<sub>3</sub>COOH

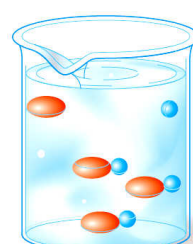


圖 3-6 醋酸的解離示意圖

2.我們可以利用指示劑來判斷水溶液的酸鹼性，常見的指示劑包括：

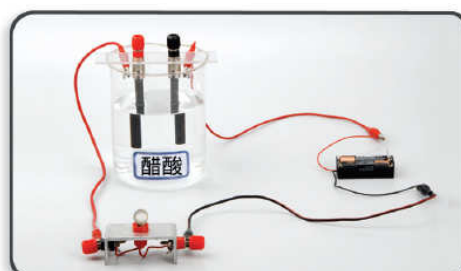
指示劑	酸性顏色	鹼性顏色
石蕊試紙	_____色	_____色
酚酞	_____色	_____色
廣用試紙	_____色	_____色

[註]：酚酞指示劑在中性溶液中呈\_\_\_\_\_色；廣用試紙在中性溶液中呈\_\_\_\_\_色。

3.圖 3-7 和圖 3-8 中，**相同濃度**的鹽酸和醋酸水溶液皆能導電而使燈泡發光，但\_\_\_\_\_水溶液的亮度較大，是因為\_\_\_\_\_。



⬆ 圖 3-7 強酸燈泡亮度較大



⬆ 圖 3-8 弱酸燈泡亮度較小

#### 四、課後練習

- ( ) 一般來說，下列何種性質不是酸性溶液的共同性質？(A)使石蕊試紙呈紅色 (B)使廣用試紙呈紅、橙或黃色 (C)使酚酞呈無色 (D)遇鎂帶時會產生二氧化碳氣體。
- ( ) 下列何者不是鹼性溶液的共同性質？(A)使石蕊試紙由紅色變藍色 (B)可溶解脂肪或油 (C)與碳酸鈣反應產生二氧化碳氣體 (D)摸起來具有滑膩感。
- ( ) 下列有關氨氣 (NH<sub>3</sub>) 的性質，何者正確？(A)化學式中含 H，是一種酸 (B)氨氣外洩時可大量噴水減少危險 (C)氨氣是鹼性的 (D)氨氣易溶於水，比空氣輕，可用排水集氣法收集。
- ( ) 下列哪一種化合物溶於水不呈鹼性？(A) NaOH (B) CO<sub>2</sub> (C) NH<sub>3</sub> (D) Ca(OH)<sub>2</sub>。
- ( ) 家榛要做無殼蛋，請問她要用何種溶液？(A)食醋 (B)米酒 (C)食鹽水 (D)肥皂水。
- ( ) 有關酸的敘述哪些正確？(甲)在同體積時，純硫酸中的 H<sup>+</sup> 比稀硫酸的 H<sup>+</sup> 多；(乙)凡是酸水溶液均可以解離出氫離子；(丙)溶解度大的酸叫作強酸；(丁)紅色石蕊試紙遇酸不會變色。(A)甲乙丁 (B)乙丁 (C)乙丙丁 (D)甲乙丙。
- ( ) 根據下列 X、Y、M、N 四種物質的解離情況，何者可以確定屬於鹼類？(A) X → Ba<sup>2+</sup> + 2 Cl<sup>-</sup> (B) Y → H<sup>+</sup> + NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (C) M → 2 K<sup>+</sup> + SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (D) N → Ba<sup>2+</sup> + 2OH<sup>-</sup>。
- ( ) 電熱水瓶使用數月後，其內壁常附著一層含碳酸鈣和碳酸鎂成分的鍋垢，應使用下列哪一種物質浸泡煮沸，去除鍋垢的效果最佳？(A)肥皂水(B)食鹽水(C)檸檬汁(D)米酒。
- ( ) 有關氯化氫分子與醋酸分子加入水中的情形，下列何者錯誤？(A)氯化氫氣體極易溶於水，水溶液呈強酸性 (B)醋酸分子極易溶於水，但水溶液呈弱酸性 (C)醋酸分子不易溶於水，所以水溶液呈弱

酸性 (D)同濃度的兩杯水溶液分別丟入等量的鎂帶，則氯化氫的水溶液所產生的氣體快且多。

10. ( ) (甲)鎂帶加入稀鹽酸中；(乙)大理石加入稀鹽酸中；(丙)二氧化錳加入雙氧水中；(丁)銅片加入濃硝酸。以上各實驗所產生的氣體，何者具有可燃性？ (A)甲 (B)乙 (C)丙 (D)丁。

## ～酸鹼濃度與 pH 值～

班級：\_\_\_\_\_ 座號：\_\_\_\_\_ 姓名：\_\_\_\_\_

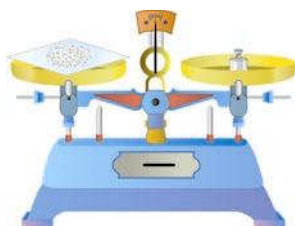
### 一、常見濃度的表示法

1. 重量百分濃度：每 100 克的\_\_\_\_\_中，所含\_\_\_\_\_的克數，以百分比 (%) 表示。
2. 體積百分濃度：每 100 毫升的\_\_\_\_\_中，所含\_\_\_\_\_的毫升數，以百分比 (%) 表示。
3. 莫耳濃度(容積莫耳濃度)：1 公升的\_\_\_\_\_中，所含\_\_\_\_\_的\_\_\_\_\_數。

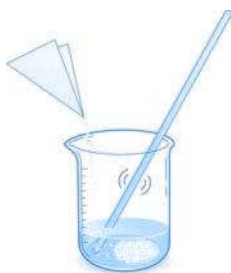
(1) 莫耳濃度的公式：

- (2) 莫耳濃度的單位為\_\_\_\_\_，以\_\_\_\_\_表示。一般用中刮號[ ]表示，例如  $[C_6H_{12}O_6]=0.5M$ ，表示每 1 公升的葡萄糖溶液中含有 0.5 莫耳的葡萄糖分子。

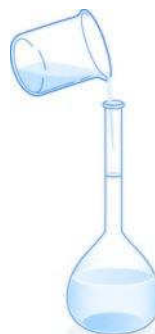
4. 溶液配製的步驟：



Ⓐ 計算並稱取  
溶質質量



Ⓑ 將溶質溶於  
適量水中



Ⓒ 將溶液倒入  
容量瓶中

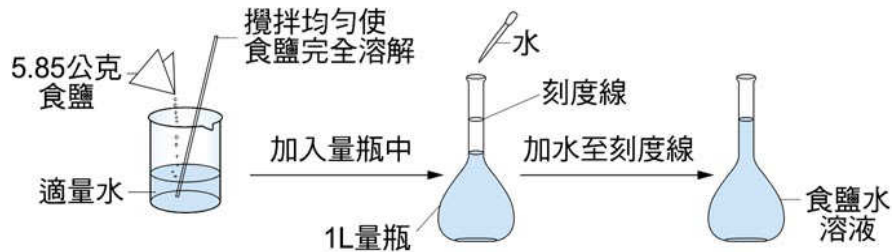


Ⓓ 加水至所需  
體積

例如：如何配製 0.1M 的 NaCl 水溶液 1000ml？(NaCl=58.5)

(1) 先計算出所需 NaCl 的莫耳數 = \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_ mole =  
\_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_ 克。

(2) 稱取 \_\_\_\_\_ 克的 NaCl 倒入燒杯中，加入適量的水攪拌溶解，倒入量瓶中再加水直到溶液體積為 1000ml。



**[例題 1]**：將 80 克的 NaOH 溶於水形成 200ml 的水溶液，莫耳濃度為多少 M？(Na=23)

**[例題 2]**：2M 的氯化鈉 (NaCl) 水溶液 500ml，含氯化鈉多少 mole？多少 g？(Na=23，Cl=35.5)

**[例題 3]**：5M 的食鹽水 3 公升，加水稀釋到 5 公升，則莫耳濃度變為多少？

## 二、純水的解離與水溶液的 pH 值

- 純水雖為非電解質，但水中仍能解離出極微量的  $H^+$  和  $OH^-$ ，其解離式為：  
 $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$ 。  
 在常溫下 ( $25^\circ C$ )，1 公升的純水 (約有  $1000/18 = 55.6$  莫耳)，其中只有  $10^{-7}$  莫耳的水解離成  $10^{-7}$  莫耳的  $H^+$  和  $10^{-7}$  莫耳的  $OH^-$ ，故  $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7} M$ 。
- 科學家發現， $25^\circ C$  時，任何水溶液中  $[H^+]$  和  $[OH^-]$  的乘積為定值 =  $10^{-14} M^2$ 。  
 當水溶液中  $[H^+] = [OH^-]$  時呈中性； $[H^+] > [OH^-]$  時呈酸性； $[H^+] < [OH^-]$  時呈鹼性。
- pH 值表示水溶液中  $[H^+]$  濃度的大小，可據以判斷溶液的酸鹼性。  
 (1) 當  $[H^+] = 10^{-X} M$  時，pH 值 = X。例如：某鹽酸 (HCl) 水溶液中  $[H^+] = 10^{-2} M$ ，則 pH 值 = 2。  
 (2) 中性溶液中  $[H^+] = 10^{-7} = [OH^-]$ ，pH 值 = 7；酸性溶液中  $[H^+] > 10^{-7} > [OH^-]$ ，pH 值  $< 7$ ；鹼性溶液中  $[H^+] < 10^{-7} < [OH^-]$ ，pH 值  $> 7$ 。  
 (3) pH 值愈小酸性愈強，pH 值愈大鹼性愈強。pH 值可能為 0、正整數、小數或負數。

表 3-2 25 °C時，溶液中 [H<sup>+</sup>]、[OH<sup>-</sup>] 和 pH 值的關係

[H <sup>+</sup> ]	10 <sup>-1</sup> M	10 <sup>-2</sup> M	10 <sup>-3</sup> M	10 <sup>-4</sup> M	10 <sup>-5</sup> M	10 <sup>-6</sup> M	10 <sup>-7</sup> M	10 <sup>-8</sup> M	10 <sup>-9</sup> M	10 <sup>-10</sup> M	10 <sup>-11</sup> M
pH 值	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
[OH <sup>-</sup> ]	10 <sup>-13</sup> M	10 <sup>-12</sup> M	10 <sup>-11</sup> M	10 <sup>-10</sup> M	10 <sup>-9</sup> M	10 <sup>-8</sup> M	10 <sup>-7</sup> M	10 <sup>-6</sup> M	10 <sup>-5</sup> M	10 <sup>-4</sup> M	10 <sup>-3</sup> M
酸鹼性	酸性愈強 ←						中性	→ 鹼性愈強			

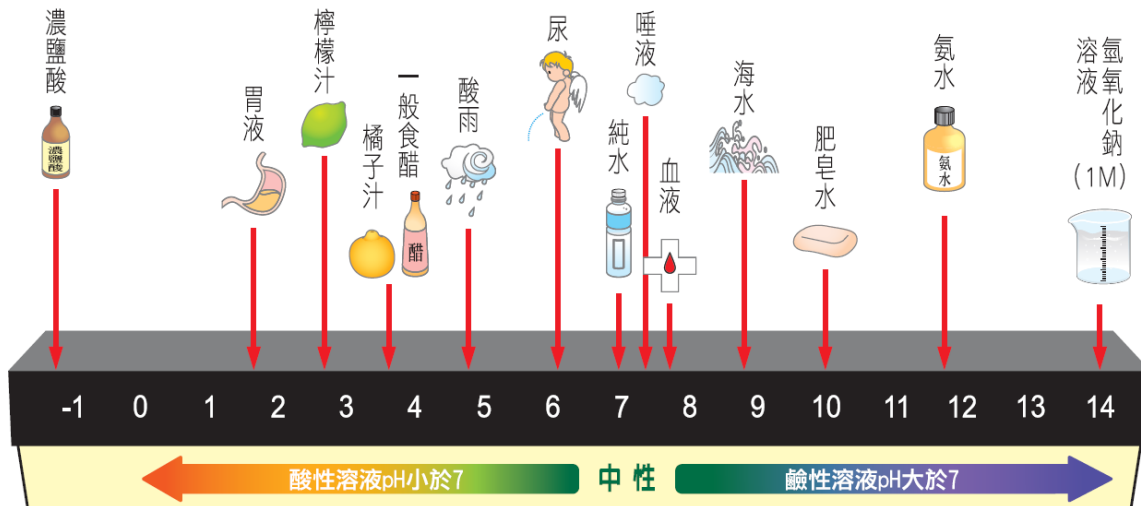


圖 3-25 常見物質的 pH 值 (約略值)

<p><b>[例題 4]</b>：將 3.65 克的氯化氫溶於水形成 10 公升的水溶液，則此鹽酸水溶液的 pH 值為多少？(HCl=36.5)</p>	<p><b>[例題 5]</b>：將氫氧化鈉 10 克加水溶解成 250 公升的水溶液，則溶液之 pH 值 = ？(NaOH=40)</p>
<p><b>[例題 6]</b>：25°C時，將 4.9 克的硫酸溶於水形成 10 公升溶液，則 pH 值 = ？(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>=98)</p>	<p><b>[例題 7]</b>：某氫氧化鈉(NaOH=40)溶液中含[OH<sup>-</sup>]=2 x 10<sup>-3</sup>M，則溶液的 pH 值 = ？(A)2~3 (B)3~4 (C)11~12(D)12~13。</p>

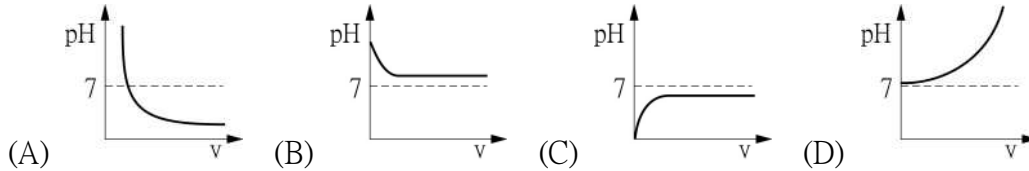
### 三、課後練習

- ( ) (甲)莫耳濃度；(乙)溶液的質量；(丙)溶質的質量；(丁)溶質的莫耳數。  
將 2 M 的鹽酸加水稀釋，則上述有幾項會變小？  
(A) 1 (B) 2 (C) 3 (D) 4。
- ( ) 將 36 公克的葡萄糖 ( $C_6H_{12}O_6$ ) 以水溶解並稀釋至 500 毫升，則其莫耳濃度為 (原子量：C=12，H=1，O=16)：  
(A) 0.1 M (B) 0.2 M (C) 0.3 M (D) 0.4 M。
- ( ) 0.3 M 的氫氧化鈉水溶液 0.2 升中，含有多少公克的 NaOH？(分子量 NaOH=40) (A) 2.4 (B) 4 (C) 6 (D) 8。
- ( ) 將濃度 2 M 之硫酸一瓶，倒去半瓶，再用水加滿，又再倒去 3/4 瓶，然後再用水加滿，則此溶液最後濃度為何？  
(A) 0.05 M (B) 0.25 M (C) 0.5 M (D) 0.75 M。
- ( ) 有濃度為 3 M 的氫氧化鈉溶液 10 mL，需加多少 mL 的水，才可將其濃度稀釋為 1 M？ (A) 10 (B) 20 (C) 30 (D) 40。
- ( ) 當翊翊拿一個燒杯，說杯子裡水溶液的酸鹼性是「中性」的，意思是指：  
(A) 水溶液中沒有  $H^+$  也沒有  $OH^-$  (B) 水溶液中的正離子數目等於負離子的數目 (C) 水溶液中的正離子所帶的正電總電量等於負離子所帶之負電總電量 (D) 水溶液中  $[H^+]$  等於  $[OH^-]$ 。
- ( ) 在室溫下，一杯濃度為 0.1 M 的氫氧化鈉水溶液，加水稀釋後，使其總體積變為原來的 10 倍。關於稀釋後此水溶液性質的敘述，下列何者正確？ (A)  $H^+$  的濃度變小 (B)  $Na^+$  的濃度變大 (C) pH 的數值變小 (D)  $H^+$  與  $OH^-$  濃度的乘積變小。
- ( ) 下列相同濃度的酸性溶液，何者的 pH 值最大？  
(A) HCl (B)  $CH_3COOH$  (C)  $H_2SO_4$  (D)  $HNO_3$ 。
- ( ) 食鹽 (NaCl) 水溶液的濃度為 1 M，則氫離子的濃度為多少 M？  
(A) 0 (B) 1 (C)  $10^{-7}$  (D)  $10^{-14}$ 。
- ( ) 下列敘述何者錯誤？ (A) 氫氧化鈉水溶液為鹼性，因為水溶液中解離出  $OH^-$ ，沒有  $H^+$  的存在 (B) 水中加入食鹽，對於 pH 值沒有影響 (C) 氫氧化鈉加水稀釋後，最後的 pH 值大於 7 (D) pH 值愈高，表示水溶液的酸性愈弱。
- ( ) 在純水中加入石灰後，水溶液中離子變化情形為： (A)  $H^+$  濃度變大， $OH^-$  濃度不變 (B)  $OH^-$  濃度變大， $H^+$  濃度不變 (C)  $H^+$  濃度變大， $OH^-$  濃度變小 (D)  $OH^-$  濃度變大， $H^+$  濃度變小。
- ( ) 下列有關酸鹼濃度的觀念，何者錯誤？ (A)  $[H^+] = 10^{-3} M$ ，則 pH=3 (B) 25 °C 下，若  $[H^+] = 10^{-3} M$ ，則  $[OH^-] = 10^{-11} M$  (C) pH 值可以等於 0，但絕不可能小於 0 (D) 25 °C 下，酸性溶液其 pH 值一定小於 7。
- ( ) 甲溶液的 pH=2，乙溶液 pH=4，則甲溶液的氫離子濃度是乙溶液的多

少倍？ (A) 100 (B) 0.01 (C) 2 (D) 0.5。

14. ( ) 在 25 °C 時，將  $10^{-8}$  莫耳的氯化氫 (HCl) 氣體全溶於 1 公升的水，則此溶液： (A)  $[H^+] = 10^{-8} M$  (B)  $[OH^-] = 10^{-8} M$  (C)  $[OH^-] > 10^{-7} M$  (D)  $[H^+] > 10^{-7} M$ 。

15. ( ) 將一定濃度的 NaOH 溶液，加水稀釋，則其 pH 值與溶液體積 (V) 的關係圖，可用下列哪一圖表示？



## ～酸鹼中和與鹽類～

班級：\_\_\_\_\_ 座號：\_\_\_\_\_ 姓名：\_\_\_\_\_

### 一、酸鹼中和的現象

1. 將酚酞滴入氫氧化鈉水溶液中，會使溶液呈現紅色(如圖 A)。利用吸管對試管內的溶液持續吹氣(如圖 B)。一段時間後，溶液的顏色有何變化？你能說明原因嗎？



溶液顏色變化	說明原因

2. 日常生活中，我們會運用到酸鹼中和的原理來解決一些問題。下列生活中的事件，你認為與酸鹼中和相關者打 O，無關打 X。

O 或 X	生活事件
	小中利用乾粉滅火器滅火。
	小華被蜜蜂或螞蟻螫到，用肥皂水清洗患處。
	小民吃完炸雞後用牙膏刷牙。
	小國跑步跌倒，用雙氧水幫傷口消毒。
	小萬清洗廁所時，鹽酸不小心滴到大理石地板而冒泡。
	小歲胃痛不舒服，媽媽拿蘇打餅乾給他吃。

3.看完影片後，對於酸鹼中和的化學反應，應該有所認識了吧！當酸性溶液與鹼性溶液混合時，會發生化學變化，產生\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_，又稱為\_\_\_\_\_反應，其通式為：\_\_\_\_\_。酸鹼中和的過程中溶液的溫度會\_\_\_\_\_，恆為\_\_\_\_\_熱反應。

例如： $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow$ \_\_\_\_\_。離子反應為：\_\_\_\_\_。

4.常見的電解質水溶液，除了酸類與鹼類之外，還有鹽類。下列物質中，你認為哪些屬於鹽類？\_\_\_\_\_。

(甲)小蘇打(碳酸氫鈉) (乙)食鹽(氯化鈉) (丙)石灰(氧化鈣) (丁)硫酸銨 (戊)酒精 (己)碳酸 (庚)硝酸鉀 (辛)氫氧化鉀 (壬)碳酸鈣 (癸)氨水





## 二、酸鹼中和的原理


1.酸鹼中和原理：當酸中  $\text{H}^+$  的莫耳數 = 鹼中  $\text{OH}^-$  的莫耳數時，溶液將完全中和，即  $[\text{H}^+] \times V_{\text{酸}} = [\text{OH}^-] \times V_{\text{鹼}}$

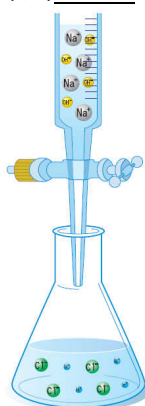
**[例題 1]**：桌面上有 1M 的氫氧化鈉溶液 100ml，欲用 2M 的鹽酸完全中和，需要鹽酸多少 ml？

**[例題 2]**：用 0.2M 的硫酸( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )滴定 50ml 未知濃度的氫氧化鈉( $\text{NaOH}$ )，若滴入硫酸 100ml 恰可完全中和，則氫氧化鈉為多少 M？

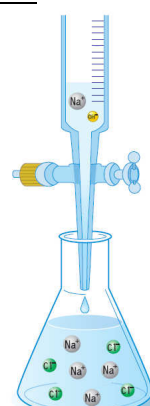
2.看完動畫後，對於酸鹼中和過程中各種粒子的反應情形，應該有了進一步的認識了吧！過程中  $\text{H}^+$  和  $\text{OH}^-$  結合反應成\_\_\_\_\_， $\text{Na}^+$  和  $\text{Cl}^-$  在溶液中並未參與反應，將中和後的溶液蒸乾後會得到\_\_\_\_\_色的\_\_\_\_\_。

- ：氫離子  $\text{H}^+$
- ：氯離子  $\text{Cl}^-$
- ：氫氧根離子  $\text{OH}^-$
- ：鈉離子  $\text{Na}^+$

 圖 3-27 酸鹼中和反應示意圖



**A** 以氫氧化鈉中和鹽酸



**B** 中和後， $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$  離子並未參與反應

3.鹽類為鹼中的正離子與酸中的負離子結合而成之化合物。

例如：碳酸( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) + 氫氧化鉀( $\text{KOH}$ )  $\rightarrow$  碳酸鉀( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) + 水( $\text{H}_2\text{O}$ )。

碳酸為弱酸，氫氧化鉀為強鹼，其所形成之鹽類碳酸鉀會因水解而使水溶液呈

鹼性。因此，不同的酸鹼混合所產生的鹽類水溶液可能為酸性、鹼性或中性。

根據上述概念，請你判斷出下列鹽類水溶液的酸鹼性。

(甲)碳酸鈉( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) (乙)氯化鈣( $\text{CaCl}_2$ ) (丙)硝酸鈉( $\text{NaNO}_3$ )

(丁)氯化銨( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) (戊)硫酸鈣( $\text{CaSO}_4$ ) (己)醋酸鈉( $\text{CH}_3\text{COONa}$ )

酸性	鹼性	中性

### 三、課後練習

1. ( ) 下列何者為中和反應？ (A)  $\text{CaCO}_3 + \text{HCl}$  (B)  $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NH}_4\text{OH}$  (C)  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Mg}$  (D)  $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 。

2. ( ) 下列何者屬於鹽類？

(A)硝酸鉀 (B)氫氧化鈉 (C)氯化氫 (D)二氧化硫。

3. ( ) 日常生活中，哪一個現象沒有牽涉酸鹼中和反應？ (A)製造香腸時加入硝酸鉀 (B)農夫燃燒稻草，將草灰再翻入農地中 (C)被昆蟲叮咬後塗上氨水減輕疼痛 (D)口含吸管對著氫氧化鈉溶液吹氣。

4. ( ) 有關酸鹼中和反應的敘述，下列何者正確？ (A)中和反應之後，溶液必為中性 (B)中和反應必產生水 (C)中和反應後，加熱水蒸發必產生食鹽晶體 (D)中和反應的過程中，pH 值將逐漸增加。

5. ( ) 右圖為酸鹼中和實驗，以酚酞作指示劑，下列敘述何者正確？ (A)指示劑加在上方鹽酸中才能明顯看到由無色變粉紅色 (B)在滴入過程中不可搖晃溶液，否則會影響反應的進行 (C)滴至酚酞顏色變化時，表示所加氯化氫與氫氧化鈣莫耳數相等 (D)中和完成後，燒杯內的溶液溫度會上升乃因反應放熱。



6. ( ) 在一杯氫氧化鈉 ( $\text{NaOH}$ ) 溶液中，滴入數滴酚酞指示劑，再用稀硫酸 ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 做酸鹼滴定實驗，當溶液變色時，溶液中的何種離子數目最多？ (A)  $\text{H}^+$  (B)  $\text{OH}^-$  (C)  $\text{Na}^+$  (D)  $\text{SO}_4^{2-}$ 。

7. ( ) 用 0.2 M 的氫氧化鈉滴定未知濃度的硫酸 20 mL，如果在酸鹼指示劑變色時，共用掉氫氧化鈉 30 mL，試問硫酸的濃度？

(A) 0.15 M (B) 0.20 M (C) 0.30 M (D) 0.45 M。

8. ( ) 氯化鈉、硫酸鈣、硫酸銨、碳酸鈣、碳酸鈉、碳酸氫鈉皆為日常生活中常見的鹽類，以上鹽類溶於水呈鹼性的有幾項？

(A) 1 (B) 2 (C) 3 (D) 4。

9. ( ) 今有碳酸、鹽酸、氫氧化鈉、氫氧化鈣四種溶液，任意貼上標籤甲、乙、丙、丁之後，各滴入一滴酚酞指示劑，結果乙、丙不變色，甲、丁均呈粉紅色，再將丙、丁加在一起產生白色沉澱，則哪一瓶內裝有鹽酸？

(A)甲 (B)乙 (C)丙 (D)丁。

## 附錄八 酸鹼概念診斷測驗

親愛的同學你(妳)好：

這是一份關於酸鹼概念的診斷試題，目的在於瞭解你（妳）對酸鹼概念的想法。測驗結果將作為學術研究的重要參考，不會公開，也不會影響你（妳）的學業成績，請安心作答。作答時請注意下列事項：

- (1) 請你(妳)確實填寫班級、性別、座號和姓名。
- (2) 請你(妳)依照自己的想法，在每一題中選出最適當的答案。

感謝你(妳)的作答，祝學業進步。

班級：\_\_\_\_\_ 性別：\_\_\_\_\_ 座號：\_\_\_\_\_ 姓名：\_\_\_\_\_

I. 炎熱的夏天，浩子和阿翔打完籃球後一起到冷飲店喝飲料，阿翔點了一杯酸梅汁，浩子點了一杯可樂（碳酸飲料），兩人迫不及待地喝了一大口，感到舒暢無比。

- ( ) 1. 阿翔認為酸梅汁和可樂一樣都是酸性水溶液，你(妳)認為阿翔應如何描述較能說明物質為酸性？
- (A) 嚐起來有酸味 (B) 中文名稱中含有『酸』  
(C) 化學式中含有氫原子 (D) 溶於水能釋放出氫離子。
- ( ) 2. 浩子聽了阿翔的解釋後接著問：『那要如何說明物質是鹼性的呢？』下列關於阿翔的敘述，何者較能說明物質為鹼性？
- (A) 嚐起來有鹹味 (B) 可與大理石反應產生氣泡  
(C) 化學式中含有氫氧原子 (D) 溶於水能釋放出氫氧離子。
- ( ) 3. 聽完阿翔的解釋，浩子稱讚說：『阿翔，你的化學知識不錯喔！那如果將酸性和鹼性溶液加在一起，會發生什麼事呢？』下列關於阿翔的回答，哪一項表示其酸鹼中和的概念正確？
- (A) 水溶液的溫度會下降 (B) 會產生水  
(C) 屬於吸熱的化學反應 (D) 會產生食鹽。
- ( ) 4. 阿翔對浩子說，其實你的理化成績也不錯啊！換我問你：『下列物質的水溶液，何者為酸性？』如果你是浩子，你的答案是：
- (A) 酒精( $C_2H_5OH$ ) (B) 氯化氫( $HCl$ )  
(C) 氫氧化鈉( $NaOH$ ) (D) 硝酸鉀( $KNO_3$ )。
- ( ) 5. 問完關於酸的問題，接著阿翔再問浩子：『下列物質的水溶液，何者為鹼性？』如果你是浩子，你的答案是：
- (A) 酒精( $C_2H_5OH$ ) (B) 氯化氫( $HCl$ )  
(C) 氫氧化鈉( $NaOH$ ) (D) 硝酸鉀( $KNO_3$ )。

II. 飲料店老闆聽到浩子和阿翔的對話後，覺得兩人很有研究精神，於是便說：『其實可以用指示劑或 pH 計來判斷飲料的酸鹼性啊！我來問你們一些關於 pH 值與酸鹼強度的問題，如果全答對，就免費再請你們喝喜歡的飲料。』浩子和阿翔聽了非常開心，兩人異口同聲地說：『謝謝老闆。』如果你是浩子或阿翔，會如何回答下列問題呢？

- ( ) 6. 我們可以用 pH 值來判斷水溶液的酸鹼性，關於 pH 值的敘述，下列何者正確？ (A) pH 值是根據水溶液中溶質的莫耳濃度計算而得 (B) pH 值是根據水溶液中  $H^+$  的莫耳濃度計算而得 (C) pH 值是根據水溶液中  $OH^-$  的莫耳濃度計算而得 (D) 只要是同一種酸或鹼，不管濃度如何，pH 值皆相同。
- ( ) 7. 以下各濃度不同的酸性水溶液，何者屬於強酸且酸性最強？  
(A) 1M 的硝酸( $HNO_3$ ) 500ml (B) 0.5M 的碳酸( $H_2CO_3$ ) 1000ml  
(C) 0.1M 的硫酸( $H_2SO_4$ ) 400ml (D) 10M 的醋酸( $CH_3COOH$ ) 300 ml。
- ( ) 8. 以下何者為判斷水溶液是強酸(鹼)或弱酸(鹼)的依據？  
(A) 濃度 (B) 體積 (C) 解離度 (D) 腐蝕性。
- ( ) 9. 桌上有三杯濃度同為 0.1M 的鹽酸( $HCl$ )、硫酸( $H_2SO_4$ )和醋酸( $CH_3COOH$ )水溶液各 500ml，三杯中所含氫離子( $H^+$ )濃度的多寡關係為何？  
(A) 硫酸 > 鹽酸 > 醋酸 (B) 硫酸 = 鹽酸 = 醋酸  
(C) 硫酸 = 鹽酸 > 醋酸 (D) 鹽酸 > 硫酸 > 醋酸。
- ( ) 10. 桌上有三杯 pH 值皆等於 3 的鹽酸( $HCl$ )、硫酸( $H_2SO_4$ )和醋酸( $CH_3COOH$ )水溶液各 500ml，三杯中所含氫離子( $H^+$ )濃度的多寡關係為何？  
(A) 硫酸 > 鹽酸 > 醋酸 (B) 硫酸 = 鹽酸 = 醋酸  
(C) 硫酸 = 鹽酸 > 醋酸 (D) 鹽酸 > 硫酸 > 醋酸。

III. 浩子和阿翔因為沒有全部答對而感到失望，老闆建議兩人回學校再好好詢問理化老師關於酸鹼濃度的觀念，下次再來挑戰。隔天，浩子和阿翔詢問理化老師關於莫耳濃度的觀念。經由老師講解，才知莫耳濃度是每公升溶液中所含溶質的莫耳數。老師說：『為了確實瞭解你們的學習成果，我也來問你們幾個問題吧！』如果你是浩子或阿翔，會如何回答下列問題呢？

- ( ) 11. 一杯莫耳濃度為 5M 的氫氧化鈉( $NaOH$ )水溶液 200ml 中，所含有的鈉離子( $Na^+$ )莫耳數為何？  
(A) 1 莫耳 (B) 10 莫耳 (C) 100 莫耳 (D) 1000 莫耳。
- ( ) 12. 將一杯純水倒入醋酸( $CH_3COOH$ )後，醋酸水溶液中離子變化情形為何？  
(A)  $H^+$  濃度變大， $OH^-$  濃度不變 (B)  $OH^-$  濃度變大， $H^+$  濃度不變  
(C)  $H^+$  濃度變大， $OH^-$  濃度變小 (D)  $OH^-$  濃度變大， $H^+$  濃度變小。
- ( ) 13. 有關 pH 值的觀念，何者正確？ (A) 同種類的酸，其 pH 值相同，與濃度無關 (B) 水溶液中所含有的  $H^+$  濃度愈大，pH 值愈小 (C) pH 值可能等於 0，但不會小於 0 (D) 相同濃度的鹽酸和硫酸，其 pH 值相同。

- ( ) 14. 酸性物質溶於水中呈酸性，鹼性物質溶於水中呈鹼性。若將酸鹼中和後的鹽類物質溶於水中，所呈現的酸鹼性為何？  
(A)酸性 (B)鹼性 (C)中性 (D)以上皆有可能。
- ( ) 15. 關於酸鹼中和反應的敘述，下列哪一項正確？(A)酸鹼中和反應不一定會產生鹽類 (B)酸鹼中和是因為酸和鹼的強度相同 (C)酸鹼中和是因為酸性和鹼性水溶液濃度相同 (D)酸鹼中和過程必定會放出熱量。

IV. 浩子和阿翔通過了理化老師的考驗，決定放學後再去找飲料店老闆討教。一進到店裡，兩人迫不及待地便請老闆出題。老闆說：『**酸鹼中和反應會產生鹽類，鹽類的性質會因不同的酸鹼而有所差異。**』以下是老闆出的考題，如果你是浩子或阿翔，這次會如何回答呢？好好加油，用心作答喔！

- ( ) 16. 桌上有一杯 200ml 的鹽酸(HCl)水溶液(25°C)，關於此溶液的敘述，以下何者正確？(A)此為酸性水溶液，水溶液含有  $H^+$  離子，不含  $OH^-$  離子 (B)水溶液中不含離子 (C)水溶液中所含有的  $H^+$  濃度大於  $OH^-$  濃度 (D)水溶液中  $H^+$  濃度 +  $OH^-$  濃度 =  $10^{-14}$  M。
- ( ) 17. 食鹽(NaCl)是鹽類的一種，下列各物質中哪一個也屬於鹽類？  
(A)葡萄糖( $C_6H_{12}O_6$ ) (B)硫酸銅( $CuSO_4$ )  
(C)氫氧化鉀(KOH) (D)氯化氫(HCl)。
- ( ) 18. 如果要將 0.5 M 的氫氧化鈉(NaOH)水溶液 20 mL 進行酸鹼中和反應，則必須加入 0.4 M 的鹽酸(HCl)水溶液多少 ml 才能恰好中和？  
(A)10ml (B)25ml (C)50ml (D)100ml。
- ( ) 19. 利用鹽酸(HCl)和氫氧化鈉(NaOH)進行酸鹼中和反應，當到達滴定終點後水溶液的酸鹼性為何？(A)鹼性 (B)中性 (C)酸性 (D)不一定，要視兩者的濃度大小才能判斷。
- ( ) 20. 承上題，鹽酸和氫氧化鈉酸鹼中和的條件為何？(A)酸中的  $H^+$  濃度和鹼中的  $OH^-$  濃度相同 (B)酸中的  $OH^-$  濃度和鹼中的  $H^+$  濃度相同 (C)酸中的  $H^+$  莫耳數和鹼中的  $OH^-$  莫耳數相同 (D)酸中的  $OH^-$  莫耳數和鹼中的  $H^+$  莫耳數相同。

V. 浩子和阿翔不負老師所望，這次終於全部答對了，兩人開心不已，老闆也馬上請他們喝自己喜歡的飲料。隔天浩子和阿翔告訴理化老師他們的成果，老師開心地告訴兩人：『下星期的校慶活動，學校有舉辦酸鹼知識闖關競賽，老師決定要推薦你們去參賽，內容包括**酸、鹼、鹽類的特性；莫耳濃度；酸鹼中和。**』以下是當天的試題，如果你是浩子或阿翔，會如何回答呢？

- ( ) 21. 下列何者為酸類物質的特性？  
(A)水溶液具有酸味 (B)水溶液摸起來有滑膩感 (C)水溶液與鐵、鎂等活性大金屬反應可產生氫氣 (D)水溶液與碳酸鹽類(如：碳酸鈉)反應會產生白色沈澱。

- ( ) 22.下列何者為鹼類物質的特性？  
(A)水溶液具有鹹味 (B)水溶液摸起來有滑膩感 (C)水溶液與鐵、鎂等活性大金屬反應可產生氫氣 (D)水溶液與碳酸鹽類（如：碳酸鈉）反應會產生白色沈澱。
- ( ) 23.下列何者為鹽類物質的特性？  
(A)鹽類水溶液具有鹹味 (B)鹽類水溶液中不含  $H^+$  和  $OH^-$   
(C)有部分鹽類不易溶於水 (D)鹽類水溶液呈中性。
- ( ) 24.鹽酸是氯化氫(HCl)的水溶液，如果將 7.3 克的氯化氫溶於水形成 2000ml 的水溶液，此水溶液的莫耳濃度為何？(HCl 分子量=36.5)  
(A)0.0001M (B)0.1M (C)0.02M (D)0.5M。
- ( ) 25.如果利用醋酸( $CH_3COOH$ )和氫氧化鈉(NaOH)進行酸鹼中和反應，當到達滴定終點後水溶液的酸鹼性為何？(A)鹼性 (B)中性 (C)酸性 (D)不一定，要視兩者的濃度大小才能判斷。
- ( ) 26.關於鹽類的相關敘述，下列哪一項正確？(A)氯化銨( $NH_4Cl$ )也是一種鹽類 (B)食鹽( $NaCl$ )水溶液中含有  $Na^+$  和  $Cl^-$ ，不含  $H^+$  和  $OH^-$  (C)鹽類水溶液的酸鹼性由濃度大小決定 (D)鹽類必可溶於水。
- ( ) 27.在  $25^\circ C$  時，關於 100ml 濃度為 1M 的食鹽( $NaCl$ )水溶液，以下敘述何者正確？(A)水溶液中只含有  $Na^+$  和  $Cl^-$  兩種離子 (B)水溶液中不含  $H^+$  和  $OH^-$ ，所以呈中性 (C)水溶液中同時含有  $H^+$  和  $OH^-$  (D)食鹽水溶液為中性，所以不含任何離子。
- ( ) 28.如果想調製一杯莫耳濃度為 0.1M 的氫氧化鈉(NaOH)水溶液 500 毫升，應該準備多少克的 NaOH 加水攪拌溶解至 500 毫升？(NaOH 分子量=40) (A) 2 克 (B) 4 克 (C) 8 克 (D) 10 克。
- ( ) 29.下列何者是酸鹼中和反應會發生的現象？(A)中和後加熱蒸發水溶液可得到食鹽 (B)中和是因為酸解離出的  $OH^-$  和鹼解離出的  $H^+$  莫耳數相等 (C)產物必生成鹽類 (D)中和是因為酸和鹼的強度抵消。
- ( ) 30.將一杯 2 公升的酸雨用 0.1M 的氫氧化鈉做酸鹼滴定，到達滴定終點時恰好用掉 20ml 的氫氧化鈉(NaOH)，則此杯酸雨中所含  $H^+$  的莫耳濃度為何？(A)0.1M (B)0.04M (C)0.001M (D) 0.0001M。

**試題結束，感謝你(妳)用心作答！**

## 附錄九 酸鹼建模能力分析試題

親愛的同學你(妳)好：

以下是一些關於酸鹼定義、濃度與酸鹼中和的概念試題，測驗結果將作為學術研究的重要參考，不會公開，也不會影響你(妳)的學業成績，請安心作答。

當你(妳)在作答時，請注意下列事項：

(1)請你(妳)確實填寫基本資料。

(2)題型為問答題，請你(妳)盡可能地詳細說明，內容的描述愈豐富愈好喔！

感謝你(妳)的作答，祝學業進步。

班級：\_\_\_\_\_ 性別：\_\_\_\_\_ 座號：\_\_\_\_\_ 姓名：\_\_\_\_\_

晚餐時媽媽煎了巧虎喜歡吃的糖醋魚，用餐完畢後巧虎雙手油膩膩，使用肥皂水清洗後，很快地便將油脂去除了。

在我們的日常生活中，充斥著許多酸類與鹼類的物質，它們各有不同的特性。此外，我們也時常利用酸鹼中和的原理來解決生活上的問題，例如：胃酸過多時，可以吃弱鹼性的制酸劑以中和胃酸；螞蟻的唾液含有甲酸，若被叮咬可塗抹少許肥皂水以舒緩症狀。

現在請你(妳)利用所學過的科學知識或生活常識回答下列的相關問題。

建模歷程	概念	題目
模型選擇 (6分)	酸鹼的定義與通性	<p>Q1：醋是家中常見的酸性物質，除了醋酸之外，你還知道哪些酸類物質，請<u>列舉</u>出來。其中哪些屬於強酸？哪些屬於弱酸？(每正確寫出一項給 0.2 分，最多 1 分)</p> <p>強酸：_____</p> <p>弱酸：_____</p> <p>Q2：肥皂水是生活中常見的鹼性物質，除了肥皂水之外，你還知道哪些鹼類物質，請<u>列舉</u>出來。其中哪些屬於強鹼？哪些屬於弱鹼？(每正確寫出一項給 0.2 分，最多 1 分)</p> <p>強鹼：_____</p> <p>弱鹼：_____</p>
	酸鹼濃度與 pH 值	<p>Q3：pH 值可以判斷水溶液的酸鹼性，請你說明酸性、鹼性和中性水溶液的 <u>pH 值大小有何差異</u>。</p> <p>Ans：_____</p> <p>_____</p>

		<p>Q4：承 Q3，請你說明水溶液的酸性愈強或鹼性愈強，<u>pH 值</u>會如何變化？</p> <p>Ans：_____</p>
	酸鹼中和與鹽類	<p>Q5：胃酸過多時，可以吃弱鹼性的胃藥以中和胃酸。請你說明酸鹼中和時<u>會發生什麼現象？產物是什麼？</u></p> <p>Ans(1)現象：_____</p> <p>Ans(2)產物：_____</p> <p>Q6：食鹽是常見的鹽類物質，除了食鹽之外，你還知道哪些物質也屬於鹽類，請<u>列舉</u>出來。 (每正確寫出一項給 0.2 分，最多 1 分)</p> <p>Ans：_____</p>
模型建立 (6分)	酸鹼的定義與通性	<p>Q7：請你說明酸類物質和鹼類物質各具有哪些特性。例如：<u>鹼性物質可以溶解油脂</u>。 (每正確寫出一項給 0.2 分，最多 1 分)</p> <p>酸類特性：_____</p> <p>_____</p> <p>鹼類特性：_____</p> <p>_____</p> <p>Q8：請你說明強酸弱酸或強鹼弱鹼的差別是<u>依據什麼</u>來判斷？</p> <p>Ans：_____</p>
	酸鹼濃度與 pH 值	<p>Q9：你認為酸性、鹼性和中性水溶液中的氫離子(<math>H^+</math>)和氫氧根離子(<math>OH^-</math>)數量的<u>大小關係</u>為何？</p> <p>酸性：_____</p> <p>鹼性：_____</p> <p>中性：_____</p> <p>Q10：你認為 pH 值的大小和水溶液中氫離子(<math>H^+</math>)或氫氧根離子(<math>OH^-</math>)的<u>數量有何關係</u>？</p> <p>Ans：_____。</p>
	酸鹼中和與鹽類	<p>Q11：請你說明若要達到酸鹼中和，酸與鹼的<u>數量有何關係</u>？</p> <p>Ans：_____</p> <p>Q12：承 Q6，請說明你所列舉<u>鹽類的酸鹼性</u>。 (每正確寫出一項給 0.2 分，最多 1 分)</p> <p>Ans：_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>

模型效化 (6分)	酸鹼 的定 義與 通性	<p>Q13：承 Q7，關於你所寫出酸類和鹼類物質的特性，請你舉<u>實例說明</u>生活中有哪些現象與此特性有關，例如：鹼性的肥皂可以洗去油脂。(每正確寫出一項給 0.2 分，最多 1 分)</p> <p>酸類： _____</p> <p>_____</p> <p>鹼類： _____</p> <p>_____</p> <p>Q14：請你說明？</p> <p>Ans： _____</p> <p>_____</p>																				
	酸鹼 濃度 與 pH 值	<p>Q15：承 Q9，請你<u>說明為何</u>食鹽水(NaCl)溶液會呈中性？</p> <p>Ans： _____</p> <p>_____</p> <p>Q16：請你說明 pH 值=3 的水溶液中氫離子(H<sup>+</sup>)和氫氧根離子(OH<sup>-</sup>)的<u>含量各為多少</u>？</p> <p>H<sup>+</sup>含量： _____</p> <p>OH<sup>-</sup>含量： _____</p>																				
	酸鹼 中和 與鹽 類	<p>Q17：你認為 0.1M 的鹽酸(HCl)<u>可不可以</u>恰好和 0.5M 的氫氧化鈉(NaOH)達酸鹼中和？請<u>說明原因</u>。</p> <p>Ans(1)： _____</p> <p>Ans(2)原因： _____</p> <p>_____</p> <p>Q18：你認為碳酸鈉(Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)水溶液為<u>酸性、鹼性或中性</u>？請<u>說明原因</u>。</p> <p>Ans(1)： _____</p> <p>Ans(2)原因： _____</p> <p>_____</p>																				
模型應用 (6分)	酸鹼 的定 義與 通性	<p>Q19：桌面上有甲乙丙丁四杯相同濃度的水溶液，檢測結果如下表所示。已知此四杯為<u>鹽酸、硝酸鉀、碳酸鈉</u>和<u>氫氧化鈣</u>水溶液，請你判斷甲乙丙丁分別為何？(請說明判斷依據)</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>甲</th> <th>乙</th> <th>丙</th> <th>丁</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>加入油脂</td> <td>互溶</td> <td>不互溶</td> <td>不互溶</td> <td>互溶</td> </tr> <tr> <td>加入鎂帶</td> <td>無反應</td> <td>冒泡</td> <td>無反應</td> <td>無反應</td> </tr> <tr> <td>加入 CO<sub>2</sub></td> <td>無反應</td> <td>無反應</td> <td>無反應</td> <td>沈澱</td> </tr> </tbody> </table> <p>Ans(1)甲： _____；乙： _____；</p> <p>丙： _____；丁： _____。</p>		甲	乙	丙	丁	加入油脂	互溶	不互溶	不互溶	互溶	加入鎂帶	無反應	冒泡	無反應	無反應	加入 CO <sub>2</sub>	無反應	無反應	無反應	沈澱
	甲	乙	丙	丁																		
加入油脂	互溶	不互溶	不互溶	互溶																		
加入鎂帶	無反應	冒泡	無反應	無反應																		
加入 CO <sub>2</sub>	無反應	無反應	無反應	沈澱																		

		<p>Ans(2)判斷依據：_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
	<p>酸鹼 濃度 與 pH 值</p>	<p>Q20：將 10 公克的氫氧化鈉(分子量=40)加水溶解，形成一杯 2500 毫升的水溶液(25°C)。請問此杯水溶液的莫耳濃度為多少 M？水溶液中所含有的氫離子(H<sup>+</sup>)和氫氧根離子(OH<sup>-</sup>)莫耳濃度各為多少 M？水溶液的 pH 值為多少？</p> <p>Ans：水溶液莫耳濃度=_____M；H<sup>+</sup>莫耳濃度=_____M；OH<sup>-</sup>莫耳濃度=_____M；pH 值=_____。</p>
	<p>酸鹼 中和 與鹽 類</p>	<p>Q21：桌面上有一杯裝有未知濃度的鹽酸 50 毫升，<u>巧虎</u>使用滴定管中濃度為 0.1M 的氫氧化鉀進行酸鹼滴定，當達酸鹼中和時共用掉 40 毫升的氫氧化鉀。請問：鹽酸的濃度為多少 M？最後水溶液為酸性、中性或鹼性？將溶液蒸乾，所得的產物是什麼？</p> <p>Ans：鹽酸莫耳濃度=_____M；水溶液呈_____性；溶液蒸乾所得的產物為_____。</p>
<p>模型調度 (6 分)</p>	<p>酸鹼 的定 義與 通性</p>	<p>Q22：桌面上有五杯未標示的無色透明水溶液，已知這五杯是相同濃度的<u>硝酸</u>、<u>碳酸</u>、<u>食鹽</u>、<u>蘇打水</u>和<u>氫氧化鈉</u>水溶液，請你寫出<u>2 種方法</u>來分辨它們。 (每寫出一種方法給 1 分，最多 2 分)</p> <p>方法 1：_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>方法 2：_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
	<p>酸鹼 濃度 與 pH 值</p>	<p>Q23：上理化實驗課時，若老師請你幫忙調配一杯 pH 值為 13 的氫氧化鈉(分子量=40)水溶液 500 毫升，請你算出需要多少克的氫氧化鈉？你會如何調配，請<u>說明步驟</u>。</p> <p>Ans(1)：需要氫氧化鈉_____公克。</p> <p>Ans(2)調配步驟：_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>

	酸鹼 中和 與鹽 類	Q24：台灣有許多地區會下酸雨，若想瞭解高雄雨水的酸化程度，你可以如何設計一個實驗來得知高雄雨水的 pH 值呢？ Ans： _____ _____ _____ _____ _____
--	---------------------	--

試題結束，感謝你(妳)用心作答！

## 附錄十 酸鹼建模能力試題計分標準

建模歷程	題號	計分標準
模型選擇 (6分)	Q1	每正確寫出一個答案給 0.2 分，最多 1 分
	Q2	每正確寫出一個答案給 0.2 分，最多 1 分
	Q3	正確寫出 25°C 時，酸性水溶液 $\text{pH} < 7$ ；中性水溶液 $\text{pH} = 7$ ；鹼性水溶液 $\text{pH} > 7$ ，給 1 分
	Q4	正確寫出酸性愈強， $\text{pH}$ 值愈小；鹼性愈強， $\text{pH}$ 值愈大。給 1 分。
	Q5	正確寫出溫度上升或放熱反應給 0.5 分，寫出產物為鹽類和水給 0.5 分
	Q6	每正確寫出一個答案給 0.2 分，最多 1 分
模型建立 (6分)	Q7	每正確寫出一個特性給 0.2 分，最多 1 分
	Q8	正確寫出解離度，給 1 分
	Q9	正確寫出酸性： $\text{H}^+ > \text{OH}^-$ ；中性： $\text{H}^+ = \text{OH}^-$ ；鹼性： $\text{H}^+ < \text{OH}^-$ 。給 1 分
	Q10	能寫出氫離子愈多， $\text{pH}$ 值愈低；或 $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$ ，給 1 分
	Q11	正確寫出酸釋放出的 $\text{H}^+$ 粒子數 = 鹼釋放出的 $\text{OH}^-$ 粒子數，給 1 分
	Q12	每正確舉例一個給 0.2 分，最多 1 分
模型效化 (6分)	Q13	每正確舉例一個給 0.2 分，最多 1 分
	Q14	能正確舉例出相同濃度下的不同酸或鹼，其解離程度不同，給 1 分
	Q15	能說明任何水溶液中 $\text{H}^+$ 和 $\text{OH}^-$ 同時存在，同一溶液中 $\text{H}^+$ 和 $\text{OH}^-$ 的數量多寡決定其酸鹼性，給 1 分
	Q16	正確說明 $\text{pH}$ 值 = 3 表示 $[\text{H}^+] = 10^{-3}\text{M}$ 給 0.5 分，瞭解 25°C 時水溶液中 $[\text{H}^+] \times [\text{OH}^-] = 10^{-14}\text{M}^2$ ，推導出 $[\text{OH}^-] = 10^{-11}\text{M}$ 再給 0.5 分
	Q17	寫出『可以』給 0.2，能說明理由給 0.8 分
	Q18	寫出『鹼性』給 0.2 分，能說明理由給 0.8 分
模型應用 (6分)	Q19	正確判斷甲乙丙丁溶液給 1 分，說明判斷依據再給 1 分
	Q20	正確算出莫耳濃度給 1 分，正確寫出 $[\text{H}^+]$ 和 $[\text{OH}^-]$ 濃度與 $\text{pH}$ 值再給 1 分
	Q21	正確算出鹽酸莫耳濃度給 1.5 分，正確說明水溶液酸鹼性給 0.2 分，正確說明產物再給 0.3 分
模型調度 (6分)	Q22	每寫出一種方法給 1 分，最多 2 分
	Q23	正確算出所需氫氧化鈉的量給 1 分，正確說明步驟再給 1 分
	Q24	正確說明可行之方式給 2 分

