

第肆章 研究結果及分析

本章旨在透過多媒體多重表徵教材的實施，來瞭解我國國三學生對酸鹼概念之迷思概念及心智模式類型，並藉此分析國三學生心智模式在前測、後測、延宕測驗之間的改變情形。因此，本章節在分析時第一節將對實驗 A 組及實驗 B 組的前測結果分別進行分析，第二節就對實驗 A 組及實驗 B 組的後測結果分別進行分析，第三節就對前測、後測的統計量數進行檢定考驗分析，第四節乃針對後測之半結構訪談進行分析，第五節對實驗 A 組及實驗 B 組的延宕測驗結果分別進行概念迴歸分析，第六節針對延宕測驗後之半結構晤談進行分析及與後測晤談間進行比較分析，第七節針對各概念類型中的心智模式來分析說明。

第一節 前測結果及分析

一、實驗 A 組及實驗 B 組於前測之整體答對率及概念模式分析：

在測驗總題數 32 題的問卷之中，實驗 A 組在前測部份，其有效樣本為 39 件，其中二階段的評分是第一層答對的就有一分，而第二層又答對者再給一分，若第一層未答對但第二層答對者不給分，因此整體平均答對題數為 9.256 題，標準差為 4.371，答對率為 28.926%，這 32 題中，共有十六個題組，每一題組皆有兩層問題。現依下表 4-1 中，以各題組之第一層答對率來比較，以題 A、題 K、題 M、題 N 較佳，普遍來說第二層答對率都不佳。學生在題 A、K、M、N 較容易表達的概念模式，以「硫酸與鹽酸的比較」、「導電度與解離度的比較」、「氣體溶解後的酸鹼變化」等尚佳，但學生較無法選出最適合的理由。

表4-1. 實驗 A 組及實驗 B 組各題組前測中第一、二層答對人數及百分比

	題 A	題 B	題 C	題 D	題 E	題 F	題 G	題 H
題型	硫酸與鹽酸比較	鹽酸解離	弱酸強鹼混合	鹼解離後稀釋	氣體溶解及酸鹼中和	雙質子及單質子酸(濃度)	氣體溶解度及 pH 值	強酸及弱鹼混合
第一層答對百分比(人數)	74.36 (29) 77.14 (27)	30.77 (12) 25.71 (9)	17.95 (7) 14.29 (5)	48.72 (19) 42.86 (15)	35.90 (14) 14.29 (5)	20.51 (8) 42.86 (15)	30.77 (12) 34.29 (12)	20.51 (8) 25.71 (9)
第二層答對百分比(人數)	20.51 (8) 51.43 (18)	35.90 (14) 28.57 (10)	10.26 (4) 14.29 (5)	23.08 (9) 20.00 (7)	25.64 (10) 17.14 (6)	23.08 (9) 34.29 (12)	35.90 (14) 37.14 (13)	10.26 (4) 11.43 (4)
	題 I	題 J	題 K	題 L	題 M	題 N	題 O	題 P
題型	弱酸解離再稀釋	純水解離溫度再上升	導電度與解離度	弱電解質解離情形	氣體溶解之酸鹼值變化	酸鹼中和後的純水解離	命名之現象模式	鹽類解離、導電情形
第一層答對百分比(人數)	43.59 (17) 31.43 (11)	30.77 (12) 25.71 (9)	58.97 (23) 45.71 (16)	43.59 (17) 48.57 (17)	61.54 (24) 82.86 (29)	66.67 (26) 68.57 (24)	23.08 (9) 40.00 (14)	35.90 (14) 34.29 (12)
第二層答對百分比(人數)	17.95 (7) 17.14 (6)	17.95 (7) 14.29 (5)	33.33 (13) 48.57 (17)	15.38 (6) 17.14 (6)	28.21 (11) 60.00 (21)	28.21 (11) 51.43 (18)	30.77 (12) 45.71 (16)	30.77 (12) 28.57 (10)

註：格內上方為實驗A組、格內下方為實驗B組

而實驗 B 組的前測部份，有效樣本為 35 件，其中二階段的評分是雙層皆答對者兩分，只有第一層答對的一分，若第一層未答對但第二層答對者不給分，整體平均答對率為 33.48%，答對題數為 10.71 題，標準差為 4.270，依下表各題組之第一層答對率來比較，以題 A、題 D、題 F、題 K、題 L、題 M、題 N、題 O 較佳，在第二層答對率來比較，以題 A、題 K、題 M、題 N、題 O 都不佳。學生在題 A、D、F、K、L、M、N、O 較容易表達的概念模式，以「硫酸與鹽酸的比較」、「鹼解離後稀釋」、「雙質子及單質子酸的比較」、「弱電解質的解離情形」、「氣體溶解後溶液的酸鹼變化」、「導電度與解離度的比較」、「中和後水的解離」、「命名的現象模式」等尚佳，而學生在選擇第二層理由的正確性以題 A、題 K、題 M、題 N、題 O 較佳，其餘較無法選出最適合的理由，見表 4-1。兩組來看以 B 組的答對率較 A 組佳，代表的是 B 組同學其先備知識水準較高。

二、由概念類型來說明各題組答題結果及分析：

(一) 概念類型 1—溶液酸鹼性基本概念：(A、O)

1、題組 A：

實驗 A 組在第一層就答對的百分比為 74.36%，但在第二層選項時，除了有 17.95% 的學生選擇正確的解釋之外見表 4-2，另有 17.95% 的學生選擇以「氫原子的數目及灼傷能力」來判斷酸性見表 4-3，有 15.38% 的學生選擇以「侵蝕性的強度」來判斷，有 12.82% 的學生選擇以「毒性來加以判斷」。由雙項選擇分析表來看，第一層選擇正確的學生只有 17.95% 具有正確的科學概念，但有 56.41% 的學生具有迷思概念。而實驗 B 組的學生在前測題組 A 的各選項雙向分析表中，有 77.14% 的學生可以在第一層就出正確的選擇，其中有 40% 的學生在第二層做出了正確的選擇見表 4-2，另外各有 11.43% 的學生認為考量酸性的強弱是來自於「侵蝕性」與「灼傷能力」。由雙項選擇分析表來看，第一層選擇正確的學生有 40.00% 具有正確的科學概念，但有 37.14% 的學生具有迷思概念，兩層皆錯的有 11.43%。

表4-2. 前測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 A 雙層選擇率分析表

學生的回答 (%)		第二層回答	
		對	錯
第一層 回答	對	17.95 40.00	56.41 37.14
	錯	2.56 11.43	23.08 11.43

註：格內左方為實驗A組、格內右方為實驗B組

表4-3. 前測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 A 各選項雙向分析表

Choice on first tier	Reason(%)									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A	15.38 11.43	12.82 8.57	2.56 0.00	17.95*# 40.00*#	0.00 0.00	17.95# 11.43	0.00 2.86	0.00 2.86	2.56 0.00	5.13 0.00
B	2.56 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	2.56 0.00	2.56 5.71	2.56 0.00	0.00 0.00	2.56 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00
C	0.00 2.86	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 11.43	2.56 0.00	2.56 0.00	0.00 0.00	2.56 0.00	2.56 2.86	0.00 0.00
D	0.00 0.00	2.56 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00

註：格內左方為實驗A組、格內右方為實驗B組 *代表正確解答 #代表最多人選擇的解答

2、題組 O：

在判斷酒精、碳酸氫鈉的性質上，實驗 A 組的作答情況下，有 13.16% 的學生選擇正確的答案(見表 4-4)，認為兩者皆非酸性溶液，理由是酒精是中性的、碳酸氫鈉是鹼性的。在表 4-5 中，有 44.74% 的學生認為碳酸氫鈉是酸性，分別各有 10.53% 的學生認為是化學式中有氫原子、中文名稱中有酸字。而實驗 B 組中，有 31.43% 的學生選擇正確的答案(見表 4-4)，認為兩者皆非酸性溶液，理由是酒精是中性的、碳酸氫鈉是鹼性的。但有 31.43% 的學生認為碳酸氫鈉是酸性(見表 4-5)，其理由各分別有 8.57% 認為化學式中有氫原子、中文名稱中有酸字、中文名稱中有氫字，另有 8.57% 的學生認為酒精是鹼性、碳酸氫鈉是具有碳酸根離子才有酸性。

表4-4. 前測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 O 雙層選擇率分析表

學生的回答 (%)		第二層回答	
		對	錯
第一層回答	對	13.16 31.43	10.53 8.57
	錯	18.42 14.29	57.89 45.71

註：格內左方為實驗 A 組、格內右方為實驗 B 組

表4-5. 前測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 O 各選項雙向分析表

Choice on first tier	Reason(%)						
	A	B	C	D	E	F	G
A	5.26 0.00	0.00 0.00	2.63 0.00	0.00 5.71	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 2.86
B	10.53 8.57	10.53 2.86	2.63 2.86	7.89 8.57	10.53 8.57	2.63 0.00	0.00 0.00
C	2.63 5.71	5.26 0.00	2.63 0.00	0.00 2.86	7.89 5.71	0.00 0.00	0.00 0.00
D	2.63 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	13.16*# 31.43*#	5.26 5.71	2.63 2.86
E	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	5.26 5.71

註：格內左方為實驗A組、格內右方為實驗B組 *代表正確解答 #代表最多人選擇的解答

(二) 概念類型 2—解離基本概念：(B、K、L、P)

1、題組 B：

實驗 A 組在第一層就答對的百分比為 30.77%(見表 4-7)，但在第二層選項時，除了有 17.95%的學生選擇正確的解釋之外，另有 5.13%的學生選擇以「鹽酸解離後的粒子是不移動的」來判斷，在第二層的選擇部份具有正確的理由有 35.90%，認為「需通上電才會解離的」有 12.82%。由雙項選擇分析表來看，第一層選擇正確的學生只有 17.95%具有正確的科學概念(見表 4-6)，但有 12.82%的學生具有迷思概念，兩層皆錯的有 58.97%。

表4-6. 前測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 B 雙層選擇率分析表

學生的回答 (%)		第二層回答	
		對	錯
第一層 回答	對	17.95 14.29	12.82 11.43
	錯	10.26 14.29	58.97 60.00

註：格內左方為實驗A組、格內右方為實驗B組

表4-7. 前測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 B 各選項雙向分析表

Choice on first tier	Reason(%)						
	A	B	C	D	E	F	G
A	5.13 8.57	0.00 2.86	17.95* # 14.29 *	2.56 0.00	0.00 0.00	2.56 0.00	2.56 0.00
B	2.56 0.00	2.56 0.00	10.26 8.57	10.26 2.86	7.69 11.43	0.00 8.57	7.69 0.00
C	2.56 2.86	5.13 2.86	7.69 5.71	0.00 0.00	2.56 17.14#	5.13 14.29	5.13 0.00
D	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00

註：格內左方為實驗A組、格內右方為實驗B組 *代表正確解答 #代表最多人選擇的解答

而實驗 B 組在第一層就答對的百分比為 25.72%(見表 4-7)，但在第二層選項時，除了有 14.29%的學生選擇正確的解釋之外，另有 8.57%的學生選擇以「鹽酸解離後的粒子是不移動的」來判斷，本題最多人選擇的是有 17.14%的學生以部分解離及鹽酸又結

合成分子的理由來做出另有概念的解釋。由雙項選擇分析表來看，第一層選擇正確的學生只有 14.29% 具有正確的科學概念(見表 4-6)，但有 11.43% 的學生具有迷思概念，兩層皆錯的有 60.00%。

2、題組 K：

在導電度與解離度的瞭解上，實驗 A 組有 31.58%(見表 4-8) 的學生認為同濃度下解離度高的物質其導電度也較高，另有 28.95% 的學生雖認為硝酸鈉導電程度大於氯化鉀，有 13.16%(見表 4-9) 的理由是氯離子會影響的大，有 10.53% 的理由是溶液的氫離子為主要的影響因素。而實驗 B 組中，有 45.71%(見表 4-8) 的學生認為同濃度下解離度高的物質其導電度也較高；但有 31.44% 的學生認為硝酸鈉與氯化鈉的導電程度一樣，有 14.29%(見表 4-9) 的理由是二者都是鹽類，且濃度相同，故具有一樣多的離子數目。

表4-8. 前測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 K 雙層選擇率分析表

學生的回答 (%)		第二層回答	
		對	錯
第一層 回答	對	31.58 45.71	28.95 0.00
	錯	2.63 2.86	36.84 51.43

註：格內左方為實驗 A 組、格內右方為實驗 B 組

表4-9. 前測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 K 各選項雙向分析表

Choice on first tier	Reason(%)						
	A	B	C	D	E	F	G
A	31.58*# 45.71*#	13.16 0.00	10.53 0.00	5.26 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00
B	0.00 2.86	2.63 8.57	0.00 0.00	0.00 0.00	2.63 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00
C	2.63 0.00	7.89 0.00	7.89 11.43	0.00 2.86	5.26 14.29	0.00 2.86	0.00 0.00
D	0.00 0.00	0.00 0.00	2.63 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	5.26 0.00	0.00 0.00
E	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	2.63 11.43

註：格內左方為實驗A組、格內右方為實驗B組 *代表正確解答 #代表最多人選擇的解答

3、題組 L：

在有關弱電解質的解離中，實驗 A 組有 13.16%(見表 4-10)的學生選擇正確，其他選擇的學生比例雖不高，但幾乎都有，顯示學生對於弱電解質解離的想法較分歧。而實驗 B 組中，有 11.43%(見表 4-10)的學生選擇正確答案，認為弱電解質僅能部分解離，但有 17.14%(見表 4-11)的學生認為有弱電解質是以分子狀態存在，其理由是正離子與負離子又因電性相反而再結合成分子，另各有 14.29%(見表 4-11)的學生分別認為解離速率與結合速率會相互影響，其他的部份幾乎都有，顯示學生對於弱電解質解離的想法較分歧。

表4-10. 前測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 L 雙層選擇率分析表

學生的回答 (%)		第二層回答	
		對	錯
第一層回答	對	13.16 11.43	31.58 37.14
	錯	2.63 5.71	52.63 45.71

註：格內左方為實驗 A 組、格內右方為實驗 B 組

表4-11. 前測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 L 各選項雙向分析表

Choice on first tier	Reason(%)							
	A	B	C	D	E	F	G	H
A	5.26 5.71	7.89 5.71	5.26 2.86	0.00 0.00	10.53 5.71	5.26 2.86	2.63 5.71	0.00 2.86
B	0.00 0.00	5.26 0.00	5.26 17.14 #	2.63 0.00	2.63 2.86	2.63 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00
C	5.26 0.00	7.89 0.00	7.89 5.71	2.63 0.00	2.63 14.29	2.63 14.29	13.16*# 11.43 *	2.63 2.86
D	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00

註：格內左方為實驗A組、格內右方為實驗B組 *代表正確解答 #代表最多人選擇的解答

4、題組 P：

在食鹽溶液導電時的粒子分佈情形上，實驗 A 組中有 16.22%(見表 4-12)的學生選擇正確的答案及理由，以第一層來看，

學生對於判斷食鹽溶液中，其粒子分佈情形的認知有相當大的差異，但仍以完全解離及均勻分佈為最多人選擇，但所持的理由仍屬分歧。而實驗 B 組的作答情況，則有 17.14% 的學生選擇正確的答案及理由(見表 4-12)，在判斷正負粒子的部份有 17.15% 的學生將鈉離子與氯離子電性判斷有誤，另有 14.28% 的學生認為水中的食鹽仍以分子狀態存在。(見表 4-13)

表4-12. 前測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 P 雙層選擇率分析表

學生的回答 (%)		第二層回答	
		對	錯
第一層 回答	對	16.22 17.14	21.62 17.14
	錯	16.22 11.43	45.95 51.43

註：格內左方為實驗 A 組、格內右方為實驗 B 組

表4-13. 前測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 P 各選項雙向分析表

Choice on first tier	Reason(%)								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
A	2.70 0.00	2.70 0.00	2.70 5.71	16.22*# 17.14*#	5.41 11.43	8.11 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00
B	0.00 2.86	5.41 0.00	0.00 2.86	8.11 8.57	5.41 2.86	2.70 5.71	2.70 2.86	0.00 0.00	0.00 2.86
C	2.70 2.86	8.11 0.00	0.00 2.86	8.11 2.86	0.00 2.86	5.41 8.57	5.41 5.71	2.70 5.71	0.00 2.86
D	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	2.70 0.00	0.00 0.00	2.70 0.00

註：格內左方為實驗A組、格內右方為實驗B組 *代表正確解答 #代表最多人選擇的解答

(三) 概念類型 3—弱酸、弱鹼之解離度變化概念：(D、I)

1、題組 D：

實驗 A 組的同學認為在鹼性溶液中，加水稀釋的解離程度是否會改變時，有 48.72% 的學生在第一層就答對，但只有 23.08% 的學生在第二層也答對見表 4-14，另有 10.62% 的同學認為平衡方向會向反方向移動。更有 46.15% 的學生認為稀釋不會造成解離程度的移動，其中 28.21% 的學生認為濃度會變小但解離程度不變，有

15.38%的學生認為解離程度是不會改變的，因此解離數目不變。

而在實驗 B 組中，學生在本題中第一題就答對的有 42.86%的比例，但只有 20.00%的學生在第二層也答對(見表 4-14)；有相當比例的學生佔該組的 48.57%(20.00%+28.57%)認為稀釋之後溶液的解離不會變化見表 4-15，其中有 28.57%認為加水只是濃度變小，但溶質數目不變，解離程度不變，另有 20.00%的同學認為分子數目固定解離程度是不會改變的，因此解離數目不變。

表4-14. 前測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 D 雙層選擇率分析表

學生的回答 (%)		第二層回答	
		對	錯
第一層 回答	對	23.08 20.00	25.64 22.86
	錯	0.00 28.57	51.28 28.57

註：格內左方為實驗 A 組、格內右方為實驗 B 組

表4-15. 前測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 D 各選項雙向分析表

Choice on first tier	Reason(%)					
	A	B	C	D	E	F
A	2.56 5.71	5.13 2.86	5.13 2.86	23.08 * 20.00*	10.26 8.57	2.56 2.86
B	0.00 0.00	15.38 20.00	28.21 # 28.57#	0.00 0.00	2.56 0.00	0.00 0.00
C	0.00 0.00	0.00 0.00	2.56 0.00	0.00 0.00	2.56 0.00	0.00 8.57

註：格內左方為實驗A組、格內右方為實驗B組 *代表正確解答 #代表最多人選擇的解答

2、題組 I：

實驗 A 組在本題弱酸溶液的稀釋水解題意下作答時，只有 18.42%的學生選擇了正確的答案(見表 4-16)，認為弱酸的水解在稀釋後會產生改變，其理由是稀釋後會使平衡向右移動，使粒子數增加。另有 21.05%的學生認為稀釋不會使解離程度改變是因為加水只是濃度發生改變，不影響解離度；有 13.16%的學生認為稀

釋不會使解離發生改變，原因是分子數固定，解離度固定，所以溶解生成的粒子數亦不會發生改變。(見表 4-17)

而實驗 B 組在作答時，只有 17.14% 的學生選擇了正確的答案(見表 4-16)，認為弱酸的水解在稀釋後會產生改變，其理由是稀釋後會使平衡向右移動，使粒子數增加。另有 37.14% 的學生認為稀釋不會使解離程度改變是因為分子數固定，解離度固定，所以溶解生成的粒子數亦不會發生改變；另有 17.14% 的學生認為加水只是濃度改變，但溶質不變，故溶解度不變。(見表 4-17)

表4-16. 前測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 I 雙層選擇率分析表

學生的回答 (%)		第二層回答	
		對	錯
第一層 回答	對	18.42 17.14	26.32 14.29
	錯	0.00 0.00	55.26 68.57

註：格內左方為實驗 A 組、格內右方為實驗 B 組

表4-17. 前測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 I 各選項雙向分析表

Choice on first tier	Reason(%)							
	A	B	C	D	E	F	G	H
A	18.42* 17.14 *	7.89 0.00	13.16 8.57	0.00 5.71	2.63 0.00	2.63 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00
B	0.00 0.00	2.63 0.00	5.26 2.86	13.16 37.14 #	2.63 2.86	21.05# 17.14	0.00 5.71	0.00 0.00
C	0.00 0.00	0.00 0.00	5.26 0.00	2.63 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	2.63 2.86

註：格內左方為實驗A組、格內右方為實驗B組 *代表正確解答 #代表最多人選擇的解答

(四) 概念類型 4—酸鹼中和概念：(C、H、N)

1、題組 C：

本題實驗 A 組在第一層的答對率為 17.95%，其中只有 10.26% 的學生能做出正確理由的選擇(見表 4-18)。在各選項分析表中，有 20.51% 的學生認為「等量的醋酸與氫氧化鈉」混合之後呈現中性，

其理由為「電量相同，仍呈電中性」，但另有 15.38% 的學生認為「氫離子和氫氧根離子剛好用完，溶液中不再有這兩種離子產生」，有 12.82% 的學生認為「正電的粒子數及負電的粒子數相同，故呈中性」。(見表 4-19)

而實驗 B 組在第一層的答對率為 14.28%，其中只有 5.71% 的學生能做出正確理由的選擇(見表 4-18)。在各選項分析表中，有 17.14% 的學生認為「等量的醋酸與氫氧化鈉」混合之後呈現酸性，其理由為「醋酸的酸性較氫氧化鈉的鹼性強」，另各有 14.29% 的學生分別認為混合之後溶液呈現中性，其理由分別是「氫離子和氫氧根離子剛好用完，溶液中不再有這兩種離子產生」及「帶正電的粒子及帶負電的粒子電量相同，故呈電中性」，而這代表學生將電中性及中性的概念有相混淆的情況。(見表 4-19)

表4-18. 前測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 C 雙層選擇率分析表

學生的回答 (%)		第二層回答	
		對	錯
第一層 回答	對	10.26 5.71	7.69 8.57
	錯	0.00 20.00	82.05 65.71

註：格內左方為實驗 A 組、格內右方為實驗 B 組

表4-19. 前測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 C 各選項雙向分析表

Choice on first tier	Reason(%)						
	A	B	C	D	E	F	G
A	10.26 17.14 #	2.56 2.86	0.00 0.00	2.56 0.00	2.56 0.00	0.00 2.86	2.56 0.00
B	2.56 0.00	15.38 14.29	20.51# 14.29	12.82 11.43	7.69 11.43	0.00 5.71	0.00 0.00
C	0.00 0.00	2.56 0.00	2.56 0.00	0.00 2.86	0.00 0.00	10.26* 5.71*	2.56 5.71
D	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	2.56 5.71

註：格內左方為實驗A組、格內右方為實驗B組 *代表正確解答 #代表最多人選擇的解答

2、題組 H：

實驗 A 組在本題鹽酸與氫氧化銨的混合溶液題意下作答時，有 7.89% 的同學選擇了正確的答案(見表 4-20)，認為最後水溶液呈酸性的原因是氯化銨的水解造成，但同樣認為是酸性溶液的學生中有 10.53% 認為兩者溶液都是酸性的，而且混合後酸性變強了。另有 28.95% 的同學認為混合後呈現中性，原因是酸鹼中和產生後，其鹽類不改變酸鹼性。(見表 4-21)而實驗 B 組在作答時，只有 11.43% 的同學選擇了正確的答案(見表 4-20)，認為最後水溶液呈酸性的原因是氯化銨的水解造成，但同樣認為是酸性溶液的學生中有 14.29% 認為兩者溶液都是酸性的，而且混合後酸性變強了。最多人選擇的是有 22.86% 的同學認為混合後呈現中性，原因是酸鹼中和產生是因為溶液中酸中的氫離子數目與鹼中的氫氧根離子數目相同，所以產生中性。(見表 4-21)

表4-20. 前測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 H 雙層選擇率分析表

學生的回答 (%)		第二層回答	
		對	錯
第一層 回答	對	7.89 11.43	13.16 14.29
	錯	2.63 0.00	76.32 74.29

註：格內左方為實驗 A 組、格內右方為實驗 B 組

表4-21. 前測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 H 各選項雙向分析表

Choice on first tier	Reason(%)							
	A	B	C	D	E	F	G	H
A	10.53 14.29	7.89* 11.43*	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	2.63 0.00
B	2.63 0.00	2.63 0.00	28.95 # 11.43	10.53 8.57	10.53 14.29	7.89 22.86#	2.63 0.00	2.63 0.00
C	2.63 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	5.26 8.57	0.00 0.00
D	0.00 2.86	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	2.63 5.71

註：格內左方為實驗A組、格內右方為實驗B組 *代表正確解答 #代表最多人選擇的解答

3、題組 N：

在酸鹼中和反應後所生成的水解離上，實驗 A 組中有 26.32% 的學生認為水仍會解離成氫離子與氫氧離子(見表 4-22)，但 23.68% 的學生認為此時酸、鹼仍會解離出離子，使溶液呈電中性。而在實驗 B 組的作答情形中，有 51.43% 的學生認為水仍會解離成氫離子與氫氧離子，但有 14.29 % 的學生認為此時酸、鹼反應已經結束了，不會繼續產生離子了。(見表 4-23)

表4-22. 前測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 N 雙層選擇率分析表

學生的回答 (%)		第二層回答	
		對	錯
第一層 回答	對	26.32 51.43	42.11 17.14
	錯	2.63 0.00	28.95 31.43

註：格內左方為實驗 A 組、格內右方為實驗 B 組

表4-23. 前測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 N 各選項雙向分析表

Choice on first tier	Reason(%)				
	A	B	C	D	E
A	26.32*# 51.43 *#	10.53 8.57	7.89 0.00	23.68 8.57	0.00 0.00
B	2.63 0.00	13.16 8.57	2.63 14.29	5.26 0.00	0.00 0.00
C	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	2.63 0.00	5.26 8.57

註：格內左方為實驗A組、格內右方為實驗B組 *代表正確解答 #代表最多人選擇的解答

(五) 概念類型 5—氣體溶解之酸鹼概念：(E、G、M)

1、題組 E：

在實驗 A 組中，只有 36.84% 的學生認為鹼性溶液所溶解的二氧化碳最多，但只有 13.16% 的學生會選擇正確的答案(見表 4-24)，最多人選擇的組合是認為三個容器溶解二氧化碳是一樣多的，其理由是溶劑的酸鹼性無關氣體的溶解度。

而在實驗 B 組中，只有 14.29% 的學生認為鹼性溶液所溶解的二氧化碳最多(見表 4-24)，且是選擇正確答案的，最多人選擇的組合也是認為三個容器溶解二氧化碳是一樣多的，其中有 34.29% 的學生認為理由是溶劑的酸鹼性無關氣體的溶解度。有 14.29% 的學生認為中性溶液溶解的多，理由是中性溶液易溶解物質，另有 14.29% 的學生認為酸性溶液中有較多的氫離子數目，可和二氧化碳中的氧結合形成水，這題組中學生所具有的迷思概念是「溶劑的酸鹼性無關氣體溶解度」最多。(見表 4-25)

表4-24. 前測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 E 雙層選擇率分析表

學生的回答 (%)		第二層回答	
		對	錯
第一層 回答	對	13.16 14.29	23.68 0.00
	錯	13.16 2.86	50.00 82.26

註：格內左方為實驗 A 組、格內右方為實驗 B 組

表4-25. 前測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 E 各選項雙向分析表

Choice on first tier	Reason(%)					
	A	B	C	D	E	F
A	7.89 5.71	10.53 14.29	0.00 0.00	7.89 2.86	0.00 0.00	2.63 0.00
B	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 14.29	2.63 0.00	0.00 0.00	0.00 5.71
C	5.26 0.00	10.53 0.00	2.63 0.00	13.16* 14.29 *	5.26 0.00	0.00 0.00
D	2.63 0.00	0.00 2.86	0.00 2.86	2.63 0.00	26.32# 34.29 #	0.00 2.86

註：格內左方為實驗A組、格內右方為實驗B組 *代表正確解答 #代表最多人選擇的解答

2、題組 G：

實驗 A 組中在討論氣體的溶解度時，有 23.68% 的學生認為氣體的溶解度受壓力的影響(見表 4-26)，而且二氧化碳的溶解會使溶

液的酸鹼值變小。但是有 15.79%的學生卻認為溶解度同樣受壓力的影響，會使溶液的酸鹼值變大(見表 4-27)。而實驗 B 組在討論氣體的溶解度時，有 34.29%的學生認為氣體的溶解度受壓力的影響(見表 4-26)，而且二氧化碳的溶解會使溶液的酸鹼值變小。但是有 22.86%的學生卻認為溶解度不受壓力的影響，因此溶液的酸鹼值不會變化。(見表 4-27)

表4-26. 前測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 G 雙層選擇率分析表

學生的回答 (%)		第二層回答	
		對	錯
第一層 回答	對	23.68 34.29	7.89 0.00
	錯	13.16 2.86	55.26 62.86

註：格內左方為實驗 A 組、格內右方為實驗 B 組

表4-27. 前測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 G 各選項雙向分析表

Choice on first tier	Reason(%)					
	A	B	C	D	E	F
A	15.79 14.29	7.89 0.00	0.00 0.00	5.26 0.00	5.26 0.00	0.00 0.00
B	2.63 0.00	23.68 *# 34.29 *#	0.00 0.00	2.63 0.00	0.00 0.00	2.63 0.00
C	0.00 0.00	5.26 2.86	13.16 22.86	7.89 8.57	7.89 14.29	0.00 2.86
D	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00

註：格內左方為實驗A組、格內右方為實驗B組 *代表正確解答 #代表最多人選擇的解答

3、題組 M：

在碳酸飲料在開瓶前後的酸鹼值比較上，實驗 A 組有 26.32%的學生選擇正確的答案(見表 4-28)，認為酸鹼值會改變，理由是因為二氧化碳會散逸，使溶液的二氧化碳減少，使溶液的酸鹼值變大。有 28.95%的同學選擇酸鹼值會變小(見表 4-29)，理由是空氣的二氧化碳會溶入溶液中，所以酸鹼值會變小。而實驗 B 組中，有 57.14%的學生選擇正確的答案(見表 4-28)，認為酸鹼值會改

變，原因是因為二氧化碳會散逸，使溶液的二氧化碳減少，使溶液的酸鹼值變大。另有 25.71% 的同學卻認為是壓力變小，反而空氣的二氧化碳會溶入溶液中，所以酸鹼值會變小。(見表 4-29)

表4-28. 前測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 M 雙層選擇率分析表

學生的回答 (%)		第二層回答	
		對	錯
第一層 回答	對	26.32 57.14	36.84 25.71
	錯	2.63 2.86	34.21 14.29

註：格內左方為實驗 A 組、格內右方為實驗 B 組

表4-29. 前測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 M 各選項雙向分析表

Choice on first tier	Reason(%)					
	A	B	C	D	E	F
A	26.32* 57.14*#	28.95# 25.71	2.63 0.00	5.26 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00
B	2.63 2.86	0.00 0.00	10.53 8.57	5.26 2.86	5.26 0.00	0.00 0.00
C	0.00 0.00	7.89 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	5.26 2.86

註：格內左方為實驗A組、格內右方為實驗B組 *代表正確解答 #代表最多人選擇的解答

(六) 概念類型 6—酸鹼強度與氫離子濃度概念：(F、J)

1、題組 F：

實驗 A 組中，在有關於同體積的稀硫酸溶液及稀鹽酸溶液的問題上，當鹽酸的濃度為硫酸的兩倍時，有 13.16% 的學生在本題的選擇是正確(見表 4-30)，但卻有 42.1% 的學生認為鹽酸強，有 36.84% 的學生認為硫酸強(見表 4-31)。而實驗 B 組中，在本題作答時，有 31.43% 的學生選擇正確(見表 4-30)，在選擇硫酸強的學生有 14.29% 認為氫離子的解離程度高，有較多氫離子的酸，其酸性強；在選擇鹽酸強的學生中有 14.29% 認為鹽酸的氫離子大於硫酸。(見表 4-31)

表4-30. 前測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 F 雙層選擇率分析表

學生的回答 (%)		第二層回答	
		對	錯
第一層 回答	對	13.16 31.43	7.89 11.43
	錯	10.53 2.86	68.42 54.29

註：格內左方為實驗 A 組、格內右方為實驗 B 組

表4-31. 前測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 F 各選項雙向分析表

Choice on first tier	Reason(%)						
	A	B	C	D	E	F	G
A	10.53 14.29	5.26 0.00	2.63 0.00	2.63 0.00	5.26 0.00	10.53 0.00	0.00 5.71
B	10.53 14.29	13.16# 11.43	5.26 2.86	5.26 0.00	5.26 2.86	0.00 2.86	2.63 0.00
C	0.00 0.00	5.26 2.86	0.00 0.00	0.00 2.86	0.00 5.71	13.16*# 31.43 *#	2.63 0.00
D	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 2.86	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00

註：格內左方為實驗A組、格內右方為實驗B組 *代表正確解答 #代表最多人選擇的解答

2、題組 J：

在純水的解離的部份，探究在溫度上升時其解離程度的變化情形時，在實驗 A 組的答題情況中，有 15.79% 的學生選擇了正確的答案(見表 4-32)，認為氫離子濃度會變大，理由是平衡向右移動，使水的解離程度增大。但有 38.27% 的學生認為氫離子濃度是不變的，有 13.16% 的學生認為只有氫氧離子變大，各有 10.53% 的學生分別認為只有氫離子變大及兩者都不變(見表 4-33)。而實驗 B 組在答題情形中，有 14.29% 的學生選擇了正確的答案(見表 4-32)，認為氫離子濃度會變大，理由是平衡向右移動，使水的解離程度增大。但有 40.00% 的學生認為氫離子濃度是不變的，理由是溫度上升並不影響氫離子至氫氧離子的濃度。(見表 4-33)

表4-32. 前測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 J 雙層選擇率分析表

學生的回答 (%)		第二層回答	
		對	錯
第一層 回答	對	15.79 14.29	15.79 11.43
	錯	2.63 0.00	65.79 74.29

註：格內左方為實驗 A 組、格內右方為實驗 B 組

表4-33. 前測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 J 各選項雙向分析表

Choice on first tier	Reason(%)								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
A	15.79*#	0.00	5.26	2.63	2.63	5.26	0.00	0.00	0.00
	14.29 *	2.86	2.86	5.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B	0.00	10.53	5.26	13.16	2.63	10.53	2.63	2.63	0.00
	0.00	8.57	0.00	2.86	2.86	40.00#	2.86	0.00	0.00
C	0.00	2.63	2.63	5.26	0.00	0.00	2.63	2.63	0.00
	0.00	0.00	5.71	2.86	0.00	0.00	5.71	0.00	0.00
D	2.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.63
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.86

註：格內左方為實驗A組、格內右方為實驗B組 *代表正確解答 #代表最多人選擇的解答

小結：由前測的表現來看，我們發現實驗 A 組的整體答對率表現較 B 組低了 4.55%，由兩班的國二、國三理化學業成績來看，A 組的學業成績亦較 B 組為低，但這樣的現象不影響本研究的進行，這樣的情形代表的是學生在進行本實驗教學前的先備知識有所不同而已。由本小節所述，A 組的同學只有在弱酸、弱鹼之解離度變化概念的群組較 B 組高，其餘的五個群組皆是 B 組的表現高於 A 組。而這代表兩班的同學，其先備知識的水準不同，B 組的先備知識較 A 組來得多。

第二節後測結果及分析

一、實驗 A 組及實驗 B 組後測之整體答對率及概念模式分析：

在實驗 A 組的後測部份中，有效樣本為 39 件，其中二階段的評分是第一層答對的就有一分，而第二層又答對者再給一分，若第一層未答對但第二層答對者不給分，而 A 組整體平均答對題數為 12.03 題，標準差為 5.980，答對率為 37.58%，依下表各題組之第一層答對率來比較，以題 A、題 M、題 N 較佳，以題 B、題 D、題 G、題 I、題 K、題 L、題 P 尚佳；以第二層答對率來看，以題 M、題 N 較佳，以題 B、題 G、題 K 尚佳。學生在題 M、N 較容易表達的概念模式，以「氣體溶解度改變後酸鹼值的變化」、「酸鹼中和後的純水解離」中的第一、二層的表現較佳，學生選出的理由較接近科學模式；整題的答對率較前測增加 8.65%（見表 4-34）。

而在實驗 B 組的後測部份，有效樣本為 35 件，其中二階段的評分是第一層答對的就有一分，而第二層又答對者再給一分，若第一層未答對但第二層答對者不給分，整體平均答對題數為 13.66 題，標準差為 5.406，平均答對率為 42.86%，依下表各題組之答對率來比較，在第一、二層都答對的比例，以題 A、題 B、題 G、題 M、題 N 較佳，而只在第一層答對率來看，以題 D、題 K、題 L、題 P 有尚佳的表現。學生在題 A、B、G、M、N 中大都可容易表達的觀念中有「硫酸與鹽酸比較」、「鹽酸解離」、「氣體溶解度及 pH 值」、「氣體溶解度改變後酸鹼值的變化」、「酸鹼中和後的純水解離」，而在題 D、K、L、P 中尚能清楚表達的概念模式，以「鹼解離後稀釋」、「導電度與解離度」、

「弱電解質解離情形」、「鹽類解離、導電情形」等；整題的答對率較前測增加 9.18%(見表 4-32)。

表4-34. 實驗 A 組及實驗 B 組於後測各題組中第一、二層答對人數及百分比

	題 A	題 B	題 C	題 D	題 E	題 F	題 G	題 H
題型	硫酸與鹽酸比較	鹽酸解離	弱酸強鹼混合	鹼解離後稀釋	氣體溶解及酸鹼中和	雙質子及單質子酸(濃度)	氣體溶解度及 pH 值	強酸及弱鹼混合
第一層答對百分比(人數)	71.79 (28)	46.15 (18)	20.51 (8)	48.72 (19)	35.90 (14)	38.46 (15)	46.15 (18)	30.77 (12)
	77.14 (27)	60.00 (21)	20.00 (7)	57.14 (20)	31.43 (11)	57.14 (20)	65.71 (23)	22.86 (8)
第二層答對百分比(人數)	30.77 (12)	48.72 (19)	25.64 (10)	28.21 (11)	41.03 (16)	30.77 (12)	48.72 (19)	20.51 (8)
	54.29 (19)	60.00 (21)	20.00 (7)	48.57 (17)	25.71 (9)	48.57 (17)	71.43 (25)	11.43 (4)
	題 I	題 J	題 K	題 L	題 M	題 N	題 O	題 P
題型	弱酸解離再稀釋	純水解離溫度再上升	導電度與解離度	弱電解質解離情形	氣體溶解後酸鹼值之變化	酸鹼中和後的純水解離	命名之現象模式	鹽類解離、導電情形
第一層答對百分比(人數)	43.59 (17)	33.33 (13)	41.03 (16)	51.28 (20)	79.49 (31)	79.49 (31)	33.33 (13)	48.72 (19)
	31.43 (11)	34.29 (12)	40.00 (14)	80.00 (28)	88.57 (31)	74.29 (26)	34.29 (12)	60.00 (21)
第二層答對百分比(人數)	20.51 (8)	15.38 (6)	41.03 (16)	25.64 (10)	53.85 (21)	51.28 (20)	35.90 (14)	33.33 (13)
	22.86 (8)	20.00 (7)	42.86 (15)	34.29 (12)	65.71 (23)	68.57 (24)	37.14 (13)	31.43 (11)

註：格內上方為實驗A組、格內下方為實驗B組

二、由概念類型來說明各題組答題結果及分析：

(一) 概念類型 1—溶液酸鹼性基本概念：(A、O)

1、 題組 A：

實驗 A 組在第一層就答對的百分比為 71.79%(見表 4-36)，但在第二層選項時，除了有 25.64%的學生選擇正確的解釋之外，有 15.38%的學生選擇以「侵蝕性的強度」來判斷，而以「氫原子的數目及灼傷能力」來判斷酸性的較前測下降了 10.26%，有 12.82%(5.13%+7.69%)的學生選擇以「毒性來加以判斷」。由雙項選擇分析表來看，第一層選擇正確的學生只有 25.64%具有正確的科學概念，但有 46.15%的學生具有迷思概念，這題中，兩層皆對的比例較前測增加了 7.69 %的比例(見表 4-35)。

而實驗 B 組的學生在後測題組 A 的各選項雙向分析表(見表

4-36)中，有 77.14%的學生可以在第一層就出正確的選擇，其中有 48.57%的學生在兩層都做出了正確的選擇，較前測同組的部份增加了 8.57%的比例；另外 17.14%的學生認為考量酸性的強弱是來自於「侵蝕性」；而認為以「灼傷能力」來判斷的學生下降至 5.71%較前測減少 5.72%的比例。由雙項選擇分析表來看，第一層選擇正確的學生有 48.57%具有正確的科學概念，但有 28.57%的學生具有迷思概念，兩層皆錯的有 17.14%(見表 4-35)。

表4-35. 後測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 A 雙層選擇率分析表

學生的回答 (%)		第二層回答	
		對	錯
第一層回答	對	25.64 48.57	46.15 28.57
	錯	5.13 5.71	23.08 17.14

註：格內左方為實驗 A 組、格內右方為實驗 B 組

表4-36. 後測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 A 各選項雙向分析表

Choice on first tier	Reason(%)									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A	15.38 17.14	5.13 0.00	7.69 0.00	7.69 2.86	25.64*# 48.57*#	7.69 5.71	0.00 0.00	0.00 0.00	2.56 0.00	0.00 2.86
B	0.00 2.86	0.00 0.00	0.00 0.00	2.56 2.86	5.13 0.00	2.56 0.00	0.00 0.00	2.56 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00
C	2.56 0.00	2.56 0.00	0.00 2.86	2.56 5.71	0.00 5.71	7.69 0.00	0.00 0.00	0.00 2.86	0.00 0.00	0.00 0.00
D	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00

註：格內左方為實驗A組、格內右方為實驗B組 *代表正確解答 #代表最多人選擇的解答

表 4-35 與表 4-2 相較發現，A 組雙層皆對的部分，後測中提高了 7.69%，而第一層對及第二層錯的較前測下降了 10.26%，顯示出變化的學生中，大部份有概念改變成正確概念的現象。B 組的雙層皆對的部份中，後測中提高了 8.57%，而第一層對及第二層錯的較前測下降了 8.57%，顯示概念變化的學生中，有概念改變成正確概念的現象。

2、題組 O：

在判斷酒精、碳酸氫鈉的性質上，實驗 A 組中有 23.08% 的學生選擇正確的答案(見表 4-37)，認為兩者皆非酸性溶液，理由是酒精是中性的、碳酸氫鈉是鹼性的；但分別各有 10.26% 的學生認為是化學式中有氫原子就是酸性物質、中文名稱中有酸字也是酸性物質以及認為酒精的氫離子會被氫氧離子所取消，碳酸氫鈉溶液則為鹼性溶液(見表 4-38)。而實驗 B 組中有 22.86% 的學生選擇正確的答案(見表 4-37)，認為兩者皆非酸性溶液，理由是酒精是中性的、碳酸氫鈉是鹼性的，較前測減少了 8.57%；共有 37.16% 的學生認為碳酸氫鈉是酸性，即第一層選項為 B 者，其理由分別有 11.43% 化學式中有氫原子、中文名稱中有酸字、中文名稱中有氫字，另有 11.43% 的學生認為酒精是鹼性、碳酸氫鈉是具有碳酸根離子才有酸性，另有 8.57% 的學生認為酒精為非電解質，加水後成中性溶液；碳酸氫鈉溶入水中會生成氫氧根離子，使溶液呈鹼性(見表 4-38)。

表4-37. 後測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 O 雙層選擇率分析表

學生的回答 (%)		第二層回答	
		對	錯
第一層回答	對	23.08	10.26
	錯	22.86	11.43
		12.82	53.85
		14.29	48.57

註：格內左方為實驗 A 組、格內右方為實驗 B 組

表4-38. 後測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 O 各選項雙向分析表

Choice on first tier	Reason(%)											
	A		B		C		D		E		F	
A	2.56	8.57	0.00	0.00	0.00	0.00	5.13	2.86	7.69	2.86	0.00	0.00
B	5.13	11.43	10.26	0.00	0.00	2.86	10.26	11.43	5.13	8.57	2.56	0.00
C	5.13	5.71	7.69	0.00	0.00	0.00	0.00	2.86	0.00	2.86	2.56	0.00
D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.08*#	22.86*#	10.26	0.00
E	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.57	2.86

註：格內左方為實驗A組、格內右方為實驗B組 *代表正確解答 #代表最多人選擇的解答

在表 4-37 與表 4-4 的比較中，我們可以發現 A 組的雙層皆對的答對率中，後測較前測提高了 9.92%，顯示出概念改變有向正確概念提昇的現象，而 B 組的部分卻下降了 8.57%，可能的原因是動畫教材中較強調鹽類的水解，而且是以原子符號型態來呈現，使動畫的影響力較大於投影片中所描述的概念，因此學生選擇以化學符號來判斷酸鹼的比例增加。

(二) 概念類型 2—解離基本概念：(B、K、L、P)

1、題組 B：

實驗 A 組在第一層就答對的百分比為 46.15%，但在第二層選項時，有 33.33%(見表 4-39)的學生選擇正確的科學解釋之外，另有 7.69%(見表 4-40)的學生選擇以「帶電粒子形成速率大於分子結合的速率，以致水中大部份是氯及氫的粒子」來判斷，在第二層的選擇部份具有正確的理由有 15.38%，其他兩層皆錯的中認為「離子形成速率與結合成分速率會影響」有 33.33%。由雙項選擇分析表(見表 4-39)來看，第一層選擇正確的學生有 33.33%具有正確的科學概念，但有 12.82%的學生具有迷思概念，兩層皆錯的有 38.46%，這題中，兩層皆對的比例較前測增加了 15.38 % 的比例。

而實驗 B 組在兩層都答對的百分比為 48.57%(見表 4-39)，較前測同組增加了 34.28%的比率；有 14.29%的學生選擇以「物質部分解離及鹽酸又結合成分子」的理由來做出另有概念的解釋；有 11.43%的學生選擇錯誤的圖形表徵，但又選擇了正確的解釋(見表 4-40)。由雙項選擇分析表來看，第一層選擇正確的學生有 48.57%具有正確的科學概念，但有 11.43%的學生具有迷思概念，兩層皆

錯的有 28.57%(見表 4-39)。

表4-39. 後測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 B 雙層選擇率分析表

學生的回答 (%)		第二層回答	
		對	錯
第一層 回答	對	33.33 48.57	12.82 11.43
	錯	15.38 11.43	38.46 28.57

註：格內左方為實驗 A 組、格內右方為實驗 B 組

表4-40. 後測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 B 各選項雙向分析表

Choice on first tier	Reason(%)						
	A	B	C	D	E	F	G
A	2.56 0.00	2.56 2.86	33.33 *# 48.57 *#	0.00 0.00	0.00 2.86	7.69 5.71	0.00 0.00
B	0.00 0.00	0.00 2.86	5.13 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	5.13 2.86	2.56 0.00
C	0.00 5.71	0.00 0.00	10.26 11.43	2.56 0.00	10.26 2.86	15.38 14.29	0.00 0.00
D	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	2.56 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00

註：格內左方為實驗A組、格內右方為實驗B組 *代表正確解答 #代表最多人選擇的解答

在表 4-39 與表 4-6 的比較中，我們可以發現 A 組的雙層皆對的答對率中，後測較前測提高了 15.38%，而 B 組的部分上升了 34.28%，顯示出概念改變有向正確概念提昇的現象，原因是動畫教材中所強調的解離情形及離子的表徵能幫助同學的理解與學習因此答對的比例增加。

2、題組 K：

在導電度與解離度的瞭解上，實驗 A 組的回答中有 35.90%的學生(見表 4-41)認為同濃度下解離度高的物質其導電度也較高；有 12.82%的學生(見表 4-42)認為兩者的導電程度一樣，其理由是溶液的濃度相同，故溶解度相同，使溶液中的氫離子數目不變，而具有相同的導電效果。

而實驗B組的回答中有 28.57%的學生(見表 4-41)認為同濃度下解離度高的物質其導電度也較高，較前測減少了 17.14%；在同樣是認為硝酸鈉導電性較佳的同學中，有 8.57%選擇了「溶液濃度相同，但兩物質的溶解度不同，氯化鋰(LiCl)中因含有氯離子，故溶解後會生成較多的離子」，選擇這個部份的學生對氯離子有過度的推論，認為氯離子的概念會優先於解離度本身，另有 2.86%選擇了「溶液的濃度相同，故溶解度相同，使溶液中的氫離子數目不變，而具相同的導電效果」，這個選項與其第一層選項矛盾；但有 37.15%的學生認為硝酸鈉與氯化鈉的導電程度一樣，較前測增加了 5.71%；其中有 14.29%的理由是「二者都是鹽類，且濃度相同，故具有一樣多的離子數目」(見表 4-41)。

表4-41. 後測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 K 雙層選擇率分析表

學生的回答 (%)		第二層回答	
		對	錯
第一層 回答	對	35.90 28.57	5.13 11.43
	錯	5.13 14.29	53.85 45.71

註：格內左方為實驗 A 組、格內右方為實驗 B 組

表4-42. 後測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 K 各選項雙向分析表

Choice on first tier	Reason(%)						
	A	B	C	D	E	F	G
A	5.13 0.00	7.69 8.57	2.56 8.57	5.13 5.71	0.00 0.00	2.56 0.00	0.00 0.00
B	0.00 0.00	2.56 8.57	2.56 2.86	35.90 *# 28.57*#	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00
C	5.13 2.86	5.13 2.86	12.82 14.29	0.00 8.57	5.13 8.57	0.00 0.00	0.00 0.00
D	2.56 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	2.56 0.00	0.00 0.00
E	0.00 0.00	0.00 0.00	2.56 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00

註：格內左方為實驗A組、格內右方為實驗B組 *代表正確解答 #代表最多人選擇的解答

在表 4-41 與表 4-8 的比較中，我們可以發現 A 組的雙層皆對的答對率中，後測較前測上升了 4.32%，但皆錯的部分卻也上升了 17.01%，而 B 組的部分下降了 17.14%，但皆錯的部分卻也下降了 5.72%，顯示出 A 組的概念改變有向兩個極端增加，但 B 組的概念改變卻向中間靠攏，原因是動畫教材及投影片教材中，未提及導電度與解離度之間的對應關係，因此造成兩組同學的回答很離散且不一致，有可能是臆測的成份較高。

3、題組 L：

在有關弱電解質的解離中，實驗 A 組的回答裡，有 25.64% 的學生(見表 4-43)選擇正確，認為弱電解質僅能部份解離；有 17.95% 的學生(見表 4-44)認為是以分子狀態存在，理由是正、負離子電性相反而相互吸引，在水中全結合成分子的狀態。而實驗 B 組中有 31.43% 的學生(見表 4-43)選擇正確答案，認為弱電解質僅能部份解離，較前測同組增加了 20.00%；但有 22.86% 的學生(見表 4-44)認為有弱電解質是以分子狀態存在，其理由是「正離子、負離子完全解離，因電性相反相互吸引，但解離的速率小於分子結合的速率，使在水中大部分是分子」，較前測增加了 8.57%；另有 11.43% 的學生分別認為「正離子、負離子完全解離，因電性相反相互吸引，但解離的速率大於分子結合的速率，使在水中大部分是離子」，顯示學生對於弱電解質解離的想法，能接受部份解離的事實，惟解釋的理由，以再結合成分子的想法有增加的趨勢。

表4-43. 後測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 L 雙層選擇率分析表

學生的回答 (%)		第二層回答	
		對	錯
第一層 回答	對	25.64	25.64
	錯	0.00	48.72
		31.43	48.57
		2.86	17.14

註：格內左方為實驗 A 組、格內右方為實驗 B 組

表4-44. 後測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 L 各選項雙向分析表

Choice on first tier	Reason(%)							
	A	B	C	D	E	F	G	H
A	2.56 2.86	0.00 0.00	2.56 0.00	0.00 0.00	10.26 2.86	0.00 0.00	0.00 2.86	0.00 0.00
B	5.13 2.86	0.00 0.00	17.95 8.57	0.00 0.00	5.13 0.00	2.56 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00
C	5.13 0.00	2.56 2.86	7.69 8.57	0.00 0.00	5.13 11.43	5.13 22.86	25.64*# 31.43*#	0.00 2.86
D	0.00 0.00	0.00 0.00	2.56 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00

註：格內左方為實驗A組、格內右方為實驗B組 *代表正確解答 #代表最多人選擇的解答

在表 4-43 與表 4-10 的比較中，我們可以發現 A 組的雙層皆對的答對率中，後測較前測提高了 12.48%，而 B 組的部分上升了 20.00%，顯示出概念改變有向正確概念提昇的現象，原因是動畫教材中所強調的弱酸與弱鹼的解離情形及弱電解質中離子與分子的表徵能幫助同學的理解與學習因此答對的比例增加。相對的在錯的部分，A 組下降了 3.91%，B 組下降了 28.57%，顯示本題中 B 組的概念改變成正確概念的成效高於 A 組，是因為 B 組的動畫教材中有使用弱酸、弱鹼等弱電解質的解離情形，而 A 組無，因此於本題中 B 組概念改變的情形受 B 組動畫的影響相當地明顯。

4、題組 P：

在食鹽溶液導電時的粒子分佈情形上，實驗 A 組中有 28.21% 的學生(見表 4-45)選擇正確的答案及理由，認為食鹽完全溶解生成帶電的粒子，且在水中會因電極吸引，使氯粒子向正極移動，鈉粒子向負極移動；另有 10.26% 的學生(見表 4-46)認為水溶液將正、負電荷的吸引力隔開，使氯及鈉粒子分別在溶液的二側。而實驗 B 組的回答中有 22.86% 的學生(見表 4-45)選擇正確的答案及理由，其認為「食鹽完全溶解生成帶正電及負電的鈉粒子及氯粒子，在水中會因電極吸引力，使氯的粒子向正極移動；而鈉粒

子會向負極移動」，較前測同組部份增加了 5.72%；同樣在第一層選 A 的情況下，各有 8.57% 的學生(見表 4-46)分別認為水將正、負電荷的吸引力隔開，使氯及鈉的粒子分開位於溶液的二側，以及食鹽完全溶解，氯粒子及鈉粒子在水中呈均勻分佈狀態。

表4-45. 後測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 P 雙層選擇率分析表

學生的回答 (%)		第二層回答	
		對	錯
第一層回答	對	28.21 22.86	20.51 37.14
	錯	5.13 8.57	46.15 31.43

註：格內左方為實驗 A 組、格內右方為實驗 B 組

表4-46. 後測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 P 各選項雙向分析表

Choice on first tier	Reason(%)								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
A	0.00 5.71	10.26 8.57	7.69 8.57	28.21*# 22.86*#	0.00 2.86	2.56 5.71	0.00 2.86	0.00 2.86	0.00 0.00
B	7.69 0.00	2.56 0.00	0.00 2.86	2.56 0.00	0.00 2.86	5.13 0.00	2.56 5.71	2.56 0.00	0.00 0.00
C	5.13 2.86	2.56 0.00	2.56 0.00	2.56 8.57	7.69 5.71	2.56 2.86	2.56 8.57	2.56 0.00	0.00 0.00
D	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00

註：格內左方為實驗A組、格內右方為實驗B組*代表正確解答 #代表最多人選擇的解答

在表 4-45 與表 4-12 的比較中，我們可以發現 A 組的雙層皆對的答對率中，後測較前測提高了 11.99%，而 B 組的部分上升了 5.72%，相對的在皆錯的部分，A 組卻上升了 0.2%，而 B 組卻下降了 20.00%，顯示出雖有概念改變成正確概念的現象，但 A 組卻有兩極化的情形，而 B 組的皆錯部份下降了 20.00%，但在第一層對與第二層錯的部分也增加了 20.00%，顯示出 B 組的部分同學雖然能選擇第一層正確的答案，但不知道背後的理由。可能的原因是 B 組的動畫教材中有介紹鹽類的解離情形，但無介紹溶液離子幫助導電的表徵，所以 B 組的同學對鹽類的解離有所理解，但對於其

如何幫助導電較少認知。因此在後續的研究上，建議可發展電解質溶液之導電情形的模擬動畫，來進行探索學生在本題的概念學習上是否會進步。

(三) 概念類型 3—弱酸、弱鹼之解離度變化概念：(D、I)

1、題組 D：

本題中，在鹼性溶液裡，加水稀釋的解離程度是否會改變的部份，實驗 A 組同學的回答中，有 48.72% 的學生在第一層就答對，其中有 25.64% 的學生(見表 4-47)在第二層也答對，較前測同組高出 2.56%；另有 12.82% 的同學認為水量加倍，鹼性溶液所生成的氫氧根離子數目為原來的二倍。更有 51.27% 的學生認為稀釋不會造成解離程度的移動，其中 25.64% 的學生認為濃度會變小但解離程度不變，有 12.82% 的學生認為解離程度是不會改變的，因此解離數目不變(見表 4-48)。

表4-47. 後測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 D 雙層選擇率分析表

學生的回答 (%)		第二層回答	
		對	錯
第一層 回答	對	25.64 20.00	23.08 25.71
	錯	2.56 5.71	48.72 48.57

註：格內左方為實驗 A 組、格內右方為實驗 B 組

表4-48. 後測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 D 各選項雙向分析表

Choice on first tier	Reason(%)					
	A	B	C	D	E	F
A	12.82 8.57	5.13 2.86	2.56 8.57	25.64*# 20.00 *	2.56 5.71	0.00 0.00
B	7.69 0.00	12.82 37.14 #	25.64 # 11.43	2.56 5.71	0.00 0.00	2.56 0.00
C	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00

註：格內左方為實驗A組、格內右方為實驗B組 *代表正確解答 #代表最多人選擇的解答

而實驗B組中，有 45.71%的學生在第一層就答對，但只有 20.00%的學生(見表 4-47)在第二層也答對；有相當比例的學生佔該組的 54.28%認為稀釋之後溶液的解離不會變化，其中有 11.43%認為加水只是濃度變小，但溶質數目不變，解離程度不變，另有 37.14%的同學認為分子數目固定解離程度是不會改變的，因此解離數目不變(見表 4-48)。

在表 4-47 與表 4-14 的比較中，我們可以發現 A 組的雙層皆對的答對率中，後測較前測提高了 2.56%，而 B 組的部分卻持不變，相對的在皆錯的部分，A 組卻下降了 2.56%，而 B 組卻上升了 20.00%，顯示出 A 組雖有概念改變成正確概念的現象但不明顯，而 B 組的正確概念比例有維持的現象，但皆錯的部分卻上升了 20.00%。可能的原因是 B 組的動畫教材中有介紹弱酸、弱鹼的解離情形時，比 A 組的同學多看了兩個動畫，所接受到粒子觀點的刺激較 A 組多，所以 B 組的同學受限於粒子及分子數目的影響，因此在弱電解質於稀釋後的影響，是以「溶質分子數的多寡不變，解離度不變」這個迷思概念來加以考量的。因此，在後續的研究上，建議可以發展弱電解質於稀釋前後的解離情形之模擬動畫，來進行探索學生在本題的概念學習上是否會進步。

2、題組 I：

在弱酸溶液的稀釋水解中，實驗 A 組中只有 15.38%的學生(見表 4-49)選擇了正確的答案，認為弱酸的水解在稀釋後會產生改變，其理由是稀釋後會使平衡向右移動，使粒子數增加；有 12.82%的學生認為稀釋會使解離程度改變是因為加水讓濃度變小，使解

離度因水量而變大，且離子粒子數為原來的二倍；有 28.21% 的學生認為稀釋不會使解離發生改變，原因是濃度雖改變，但溶質不變，故解離度亦不會發生改變(見表 4-50)。

而實驗 B 組有 20.00% 的學生(見表 4-49)選擇了正確的答案，認為弱酸的水解在稀釋後會產生改變，其理由是稀釋後會使平衡向右移動，使粒子數增加，較前測同組增加了 2.86%；有 31.43% 的學生認為稀釋不會使解離程度改變是因為分子數不變，解離度固定，所以溶解生成的粒子數亦不會發生改變，較前測時減少了 5.71%；另有 11.43% 的學生認為醋酸為弱電解質，本身難解離，解離度是固定的，較前測時增加了 8.57% 的比例(見表 4-50)。

表4-49. 後測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 I 雙層選擇率分析表

學生的回答 (%)		第二層回答	
		對	錯
第一層 回答	對	15.38 20.00	28.21 11.43
	錯	5.13 2.86	51.28 65.71

註：格內左方為實驗 A 組、格內右方為實驗 B 組

表4-50. 後測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 I 各選項雙向分析表

Choice on first tier	Reason(%)							
	A	B	C	D	E	F	G	H
A	2.56 0.00	0.00 2.86	5.13 2.86	15.38 31.43 #	0.00 11.43	28.21 # 8.57	2.56 2.86	2.56 0.00
B	7.69 5.71	12.82 5.71	15.38* 20.00*	0.00 0.00	2.56 0.00	2.56 0.00	2.56 0.00	7.69 0.00
C	0.00 2.86	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 2.86	0.00 0.00	0.00 0.00	2.56 0.00	0.00 2.86

註：格內左方為實驗A組、格內右方為實驗B組 *代表正確解答 #代表最多人選擇的解答

在表 4-49 與表 4-16 的比較中，我們可以發現 A 組的雙層皆對的答對率中，後測較前測下降了 3.04%，而 B 組的部分上升 2.86%，相對的在皆錯的部分，A 組下降了 2.56%，B 組下降了 2.86%，顯示出 B 組雖有概念改變成正確概念的現象但不明顯，而

A 組的正確概念比例有下降的現象。可能的原因是課程的內容較少談及弱電解質稀釋後的解離情形之變化，因此，可在後續的研究上，建議可以提及這個部份的概念，或設計出相關的動畫以幫助學生學習。

(四) 概念類型 4—酸鹼中和概念：(C、H、N)

1、題組 C：

本題實驗 A 組在第一層的答對率為 20.51%，其中只有 15.38% 的學生(見表 4-51)能做出正確理由的選擇。在各選項分析表中，有 17.95% 的學生認為「等量的醋酸與氫氧化鈉」混合之後呈現中性，其理由為「正電粒子數與負電粒子數相同，所以呈中性」，有 12.82% 的學生認為「正、負電的電量相同，所以呈電中性」，但另有 10.26% 的學生認為「醋酸的酸性比氫氧化鈉的鹼性強，所以呈酸性」(見表 4-52)，這題中，兩層皆對的比例較前測增加了 5.12 % 的比例。

而實驗 B 組在兩層都答對的比率為 17.14%(見表 4-51)，較前測同組的部分增加了 11.43% 的比例；在各選項分析表中，有 22.86% 的學生認為「等量的醋酸與氫氧化鈉」混合之後呈現酸性，其理由為「醋酸的酸性較氫氧化鈉的鹼性強」；另有 17.14% 的學生認為混合之後溶液呈現中性，其理由是「氫離子和氫氧根離子剛好用完，溶液中不再有這兩種離子產生」，各有 11.43% 的學生卻認為「帶正電的粒子及帶負電的粒子電量相同，故呈電中性」及「正電的粒子數與負電的粒子數數目相同，故呈中性」，而這代表學生將電中性及中性的概念有相混淆的情況(見表 4-52)。

表4-51. 後測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 C 雙層選擇率分析表

學生的回答 (%)		第二層回答	
		對	錯
第一層 回答	對	15.38 17.14	5.13 2.86
	錯	10.26 2.86	69.23 77.14

註：格內左方為實驗 A 組、格內右方為實驗 B 組

表4-52. 後測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 C 各選項雙向分析表

Choice on first tier	Reason(%)						
	A	B	C	D	E	F	G
A	10.26 22.86 #	5.13 0.00	10.26 0.00	0.00 0.00	0.00 2.86	7.69 0.00	0.00 0.00
B	2.56 2.86	7.69 17.14	12.82 8.57	17.95# 11.43	2.56 11.43	2.56 2.86	0.00 0.00
C	0.00 0.00	2.56 0.00	2.56 2.86	0.00 0.00	0.00 0.00	15.38* 17.14*	0.00 0.00
D	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00

註：格內左方為實驗A組、格內右方為實驗B組 *代表正確解答 #代表最多人選擇的解答

在表 4-51 與表 4-18 的比較中，我們可以發現 A 組的雙層皆對的答對率中，後測較前測上升了 5.12%，而 B 組的部分上升 11.43%，相對的在雙層皆錯的部分，A 組下降了 12.82%，B 組卻上升了 11.43%，顯示出 A 組的同學其概念改變有正向增加的現象，但 B 組部份卻呈現兩極化的現象，皆對的與皆錯的都有增加的趨勢，在表 4-52 中可以看到 B 組中最多人回答是 22.86%，其代表學生仍是以強度模式來做為判斷的依據。雖然 B 組的教材上，有介紹弱酸與強鹼的混合，但學生仍是以自己經驗法則、及自我邏輯的概念來判斷，這說明有些迷思概念是根深蒂固的、不易改變的。

2、題組 H：

在鹽酸與氫氧化銨的混合溶液中，實驗 A 組中有 17.95% 的同學選擇了正確的答案(見表 4-53)，認為最後水溶液呈酸性的原因是氯化銨的水解造成；有 15.38% 的同學認為混合後呈現中性，原因是酸鹼中和產生後，其鹽類不改變其氫離子的濃度，所以呈現中性(見表 4-54)。而實驗 B 組中只有 11.43% 的同學選擇了正確的答案(見表 4-53)，認為最後水溶液呈酸性的原因是氯化銨的水解造成，但同樣認為是酸性溶液的學生中有 8.57% 認為兩者溶液都是酸性的，而且混合後酸性變強了。最多人選擇的是有 20.00% 的同學認為「酸鹼中和，生成中性的水及鹽類，鹽類(即食鹽)水解後，不改變溶液中氫離子濃度及氫氧根離子濃度，故溶液呈中性。」；有 17.14% 的學生認為混合後呈現中性，原因是「由於酸生成的氫離子和鹼生成的氫氧根離子反應完全用完，溶液中不會再生成這二種離子，故呈中性。」；有 14.29% 的學生認為混合後呈現中性，是因為「溶液中正離子和負離子電量相同，使溶液呈電中性，而電中性溶液為中性溶液。」；有 11.43% 的學生認為「溶液中酸生成的氫離子和鹼生成的氫氧根離子數目相同，使溶液呈中性。」由這個部份得知，學生對於鹽類水解後的銨根離子再度水解成氫離子，使溶液呈現酸性的概念較為薄弱，僅有 11.43% 的學生回答正確，較前測同組的 11.43% 部分沒有差異(見表 4-54)。

表4-53. 後測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 H 雙層選擇率分析表

學生的回答 (%)		第二層回答	
		對	錯
第一層 回答	對	17.95 11.43	12.82 11.43
	錯	2.56 0.00	66.67 77.14

註：格內左方為實驗 A 組、格內右方為實驗 B 組

表4-54. 後測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 H 各選項雙向分析表

Choice on first tier	Reason(%)							
	A	B	C	D	E	F	G	H
A	0.00 8.57	17.95*# 11.43*	2.56 0.00	2.56 0.00	0.00 0.00	2.56 0.00	5.13 2.86	0.00 0.00
B	2.56 2.86	2.56 0.00	15.38 20.00 #	7.69 17.14	12.82 14.29	12.82 11.43	0.00 0.00	0.00 0.00
C	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 2.86	0.00 0.00	12.82 8.57	0.00 0.00
D	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	2.56 0.00

註：格內左方為實驗A組、格內右方為實驗B組 *代表正確解答 #代表最多人選擇的解答

在表 4-53 與表 4-20 的比較中，我們可以發現 A 組的雙層皆對的答對率中，後測較前測上升了 10.06%，而 B 組的部分卻維持不變，相對的在雙層皆錯的部分，A 組下降了 9.65%，B 組卻上升了 2.85%，顯示出 A 組的同學概念改變有正向增加的現象，但 B 組的概念改變現象並不明顯著，代表著學生仍是以強度模式、中和名稱模式、電中性模式來做為判斷的依據。雖然 B 組的教材上，有介紹強酸與弱鹼的混合，但學生仍是以自己經驗法則、及自我邏輯的概念來判斷，這說明有些迷思概念是根深蒂固的、不易改變的。

3、題組 N：

酸鹼中和反應後所生成的水及其再度解離的情況，實驗 A 組的同學回答中有 48.72% 的學生認為水仍會解離成氫離子與氫氧離子(見表 4-55)，但 25.64% 的學生認為中和後，此時酸仍會解離出氫離子、鹼仍會解離出氫氧根離子，使溶液呈電中性(見表 4-56)。而實驗 B 組的回答中有 65.71% 的學生認為水仍會解離成氫離子與氫氧離子(見表 4-55)，較前測增加了 14.28% 的比例；有 11.43 % 的學生認為此時酸鹼中和時溶液變中性，溶液中存在的氫離子和

氫氧根離子數目相同，無法再生成新的離子(見表 4-56)。

表4-55. 後測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 N 雙層選擇率分析表

學生的回答 (%)		第二層回答	
		對	錯
第一層 回答	對	48.72 65.71	30.77 8.57
	錯	2.56 2.86	17.95 22.86

註：格內左方為實驗 A 組、格內右方為實驗 B 組

表4-56. 後測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 N 各選項雙向分析表

Choice on first tier	Reason(%)				
	A	B	C	D	E
A	0.00 2.86	5.13 2.86	48.72 *# 65.71 *#	25.64 2.86	0.00 0.00
B	2.56 8.57	2.56 11.43	2.56 2.86	5.13 0.00	0.00 0.00
C	2.56 0.00	2.56 0.00	0.00 0.00	2.56 0.00	0.00 2.86

註：格內左方為實驗A組、格內右方為實驗B組 *代表正確解答 #代表最多人選擇的解答

在表 4-55 與表 4-22 的比較中，我們可以發現 A 組的雙層皆對的答對率中，後測較前測上升了 22.40%，而 B 組的部分上升了 14.28%，相對的在雙層皆錯的部分，A 組下降了 11.00%，B 組下降了 8.57%，顯示出兩組的同學概念改變皆有正向增加的現象。其意義在於兩組的教材，對水中的水分子仍會有解離出氫離子及氫氧離子的情形皆有強調，因此學生在本題的概念改變有明顯正向的改變。

(五) 概念類型 5—氣體溶解之酸鹼概念：(E、G、M)

1、題組 E：

實驗 A 組中有 33.33% 的學生認為鹼性溶液所溶解的二氧化碳最多(見表 4-57)，且會選擇正確的答案，第二多的選擇組合是「第一層選項 A-第二層選項 B」的組合有 23.08% 的比例，其認為酸性

溶液所溶解的二氧化碳較多，理由是酸性溶液中有較多的氫離子數目，可和二氧化碳的氧結合形成水(見表 4-57)。

而實驗 B 組中有 20.00% 的學生是選擇正確的(見表 4-57)，認為鹼性溶液所溶解的二氧化碳最多，較前測上升了 5.71%；最多人選擇的組合是認為酸性溶液所溶解二氧化碳最多的，其中有 28.57% 的學生認為理由是溶液中有較多的氫離子數目，可和二氧化碳中的氧結合形成水，這題組中學生所具有的迷思概念是「酸性溶劑能使氣體的溶解度」最多(見表 4-58)。

表4-57. 後測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 E 雙層選擇率分析表

學生的回答 (%)		第二層回答	
		對	錯
第一層回答	對	33.33 20.00	2.56 11.43
	錯	7.69 5.71	56.41 62.86

註：格內左方為實驗 A 組、格內右方為實驗 B 組

表4-58. 後測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 E 各選項雙向分析表

Choice on first tier	Reason(%)					
	A	B	C	D	E	F
A	7.69 8.57	23.08 28.57#	0.00 2.86	5.13 2.86	0.00 0.00	2.56 0.00
B	0.00 0.00	0.00 0.00	7.69 8.57	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00
C	0.00 2.86	2.56 2.86	0.00 2.86	33.33*# 20.00 *	0.00 2.86	0.00 0.00
D	0.00 0.00	0.00 5.71	2.56 0.00	2.56 2.86	12.82 8.57	0.00 0.00

註：格內左方為實驗A組、格內右方為實驗B組 *代表正確解答 #代表最多人選擇的解答

在表 4-57 與表 4-24 的比較中，我們可以發現 A 組的雙層皆對的答對率中，後測較前測上升了 20.17%，而 B 組的部分上升了 5.71%，相對的在雙層皆錯的部分，A 組卻上升了 0.7%，B 組下降

了 19.4%，顯示出兩組的同學概念改變皆有正向增加的現象，但在雙層皆錯的部分，B 組的同學減少的部份，應是轉為第一層對而第二層錯的比例，此格增加了 11.43% 表示學生。其可能的原因在於兩組的同學對於二氧化碳氣體溶解於不同酸鹼性的溶液中的量，應是由對酸鹼中和的性質，遷移到本題的氣體溶解度上，尤其是在 A 組增加的幅度較大，而 B 組雙層皆錯所減少的比例，應是轉變成學生會選擇第一層正確的答案，但不知道支持這個答案的意義為何。以本題總括來看，多媒體的教材對於本題的概念改變有正向增加的影響。

2、題組 G：

在討論氣體的溶解度時，實驗 A 組中有 38.64% 的學生正確地認為氣體的溶解度受壓力的影響(見表 4-59)，而且二氧化碳的溶解會使溶液的酸鹼值變小。但是有 15.38% 的學生卻認為溶解度同樣受壓力的影響，反而使二氧化碳釋放出來，使溶液的酸鹼值變大；另有 10.26% 的學生認為同溫下氣體溶解度相同，所以溶解於水中的離子數亦相同，因此酸鹼值不變(見表 4-60)。

而實驗 B 組中有 62.86% 的學生選擇正確(見表 4-59)，認為氣體的溶解度受壓力的影響，而且二氧化碳的溶解會使溶液的酸鹼值變小，較同組前測上升了 28.57% 的比率。但是有 14.29% 的學生卻認為溶解度不受壓力的影響，因此溶液的酸鹼值不會變化(見表 4-60)。

表4-59. 後測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 G 雙層選擇率分析表

學生的回答 (%)		第二層回答	
		對	錯
第一層 回答	對	38.46 62.86	7.69 2.86
	錯	10.26 8.57	43.59 25.71

註：格內左方為實驗 A 組、格內右方為實驗 B 組

表4-60. 後測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 G 各選項雙向分析表

Choice on first tier	Reason(%)					
	A	B	C	D	E	F
A	15.38 8.57	7.69 8.57	5.13 2.86	2.56 0.00	2.56 0.00	0.00 0.00
B	5.13 0.00	38.46 *# 62.86 *#	0.00 0.00	2.56 0.00	0.00 0.00	0.00 2.86
C	0.00 2.86	2.56 0.00	2.56 5.71	10.26 2.86	0.00 0.00	0.00 2.86
D	0.00 0.00	0.00 0.00	2.56 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	2.56 0.00

註：格內左方為實驗A組、格內右方為實驗B組 *代表正確解答 #代表最多人選擇的解答

在表 4-59 與表 4-26 的比較中，我們可以發現 A 組的雙層皆對的答對率中，後測較前測上升了 14.78%，而 B 組的部分上升了 28.57%，相對的在雙層皆錯的部分，A 組下降了 11.67%，B 組下降了 37.15%，顯示出兩組的同學概念改變皆有正向增加的現象，但在雙層皆錯的部分，兩組的同學都有減少的現象，兩組分別來看 B 組的進步幅度較大。其可能的原因在於兩組的同學對於二氧化碳氣體溶解於純水中的情形，比題組 E 中少了情境的複雜因素，使同學們在回答問題較能聚焦在二氧化碳本身的溶解上。以本題總括來看，多媒體的教材雖未對本題組中所涉及的概念有直接的陳述，但對於本題的概念改變有正向增加的影響。

3、題組 M：

碳酸飲料在開瓶前後的酸鹼值比較上，實驗 A 組中有 51.28% 的學生(見表 4-61)選擇正確的答案，認為酸鹼值會改變，理由是因為二氧化碳會散逸，使溶液的二氧化碳減少，使溶液的酸鹼值變大；有 17.95% 的同學選擇酸鹼值會變小(見表 4-62)，理由是空氣的二氧化碳會溶入溶液中，所以酸鹼值會變小。而實驗 B 組的情況是有 62.86% 的學生選擇正確的答案(見表 4-61)，認為酸鹼值會改變，理由是因為二氧化碳會散逸，使溶液的二氧化碳減少，使溶液的酸鹼值變大，較前測增加了 5.72% 的比例；有 25.71% 的同學卻認為是壓力變小(見表 4-62)，反而空氣的二氧化碳會溶入溶液中，所以酸鹼值會變小，與前測的比例相同。

表4-61. 後測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 M 雙層選擇率分析表

學生的回答 (%)		第二層回答	
		對	錯
第一層 回答	對	51.28 62.86	28.21 25.71
	錯	2.56 2.86	17.95 8.57

註：格內左方為實驗 A 組、格內右方為實驗 B 組

表4-62. 後測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 M 各選項雙向分析表

Choice on first tier	Reason(%)					
	A	B	C	D	E	F
A	2.56 0.00	2.56 2.86	5.13 5.71	2.56 0.00	2.56 2.86	0.00 0.00
B	2.56 0.00	17.95 25.71	2.56 0.00	5.13 0.00	51.28 *# 62.86 *#	0.00 0.00
C	2.56 0.00	2.56 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00

註：格內左方為實驗A組、格內右方為實驗B組 *代表正確解答 #代表最多人選擇的解答

在表 4-61 與表 4-28 的比較中，我們可以發現 A 組的雙層皆對的答對率中，後測較前測上升了 24.96%，而 B 組的部分上升了

5.72%，相對的在雙層皆錯的部分，A 組下降了 16.26%，B 組下降了 5.72%，顯示出兩組的同學概念改變皆有正向增加的現象，但在雙層皆錯的部分，兩組的同學都有減少的現象，兩組分別來看 A 組的進步幅度較大。其可能的原因在於兩組的同學對於碳酸飲料中，開瓶後其中的二氧化碳氣體由溶液中釋放出來的情形，本題如同題組 G 也比題組 E 中少了情境的複雜因素，使同學們在回答問題較能聚焦在二氧化碳本身的釋放上，而題組 G 及題組 M 皆以實驗 B 組的答對率較佳，但進步的幅度卻以實驗 A 組的較佳，可能是由於在前測時，A 組同學在本題的答對率與 B 組差異甚多，而當適當的刺激出現時，讓相對多數的同學有了較佳的成績表現，也就是說，A 組的同學可進步的空間較大。以本題總括來看，多媒體的教材雖未對本題中的概念有直接的陳述，但對於本題的概念改變有正向增加的影響。

(六) 概念類型 6—酸鹼強度與氫離子濃度概念：(F、J)

1、題組 F：

關於同體積的稀硫酸溶液及稀鹽酸溶液，鹽酸的濃度為硫酸的兩倍時，實驗 A 組中有 23.08% 的學生選擇正確(見表 4-63)，較前測同組高出 9.92% 的比例；在認為硫酸的酸性較強的學生中，分別有 12.82% 的學生選擇「氫離子的解離程度高(見表 4-64)，所以擁有較多的氫離子」以及「溶液的濃度間同，化合物中含氫原子較多的，解離度較大，有較多的氫離子」。

而實驗 B 組中有 45.71% 的學生選擇正確(見表 4-63)，認為「一個硫酸分子解離出的氫離子數目為一個鹽酸分子解離出的氫離子數目的二倍，故二杯具有相同的氫離子數目。」；另共有 17.14%

的學生選擇硫酸的酸性強，有 22.85%的學生選擇鹽酸的酸性，可見受濃度概念及可解離氫離子數的概念，仍是學生在本題迷思概念的主要來源(見表 4-64)。

表4-63. 後測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 F 雙層選擇率分析表

學生的回答 (%)		第二層回答	
		對	錯
第一層 回答	對	23.08 45.71	15.38 11.43
	錯	7.69 2.86	53.85 40.00

註：格內左方為實驗 A 組、格內右方為實驗 B 組

表4-64. 後測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 F 各選項雙向分析表

Choice on first tier	Reason(%)						
	A	B	C	D	E	F	G
A	12.82 5.71	12.82 2.86	5.13 5.71	0.00 2.86	5.13 0.00	2.56 2.86	0.00 0.00
B	0.00 8.57	7.69 5.71	2.56 0.00	2.56 5.71	5.13 2.86	5.13 0.00	0.00 0.00
C	5.13 0.00	2.56 2.86	0.00 0.00	5.13 2.86	2.56 2.86	23.08*# 45.71*#	0.00 2.86
D	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00

註：格內左方為實驗A組、格內右方為實驗B組 *代表正確解答 #代表最多人選擇的解答

在表 4-63 與表 4-30 的比較中，我們可以發現 A 組的雙層皆對的答對率中，後測較前測上升了 9.92%，而 B 組的部分上升了 14.28%，相對的在雙層皆錯的部分，A 組下降了 14.57%，B 組下降了 14.29%，顯示出兩組的同學概念改變皆有正向增加的現象，但在雙層皆錯的部分中兩組的同學都有減少的現象。其可能的原因在於兩組的多媒體教材讓同學對於同濃度、同體積的稀硫酸與稀鹽酸的比較上，有了判斷的依據。以本題來看，多媒體的教材雖未對本題中的概念有直接的陳述，但對於本題的概念改變有正向增加的影響，若能增加不同質子數的酸類物質之解離情形的描

述，將會更明顯的增加同學們的正向概念改變之幅度。

2、題組 J：

在純水的解離的部份，溫度上升時其解離程度的變化中，實驗 A 組的同學回答中有 12.82% 的學生選擇了正確的答案(見表 4-65)，認為溫度上升後，氫離子濃度會隨著變大，理由是平衡向右移動，使水的解離程度增大；有 28.21% 的學生認為氫離子濃度是不變的(見表 4-66)，其理由為溫度上升後，對於氫離子濃度及氫氧根離子濃度都不具影響。而實驗 B 組的回答裡，有 14.29% 的學生選擇了正確的答案(見表 4-65)，認為氫離子濃度會變大，理由是平衡向右移動，使水的解離程度增大。但有 28.57% 的學生認為氫離子濃度是不變的，理由是溫度上升並不影響氫離子至氫氧離子的濃度，較同組前測部份減少了 11.43%(見表 4-66)。

表4-65. 後測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 J 雙層選擇率分析表

學生的回答 (%)		第二層回答	
		對	錯
第一層 回答	對	12.82 14.29	20.51 20.00
	錯	2.56 5.71	64.10 60.00

註：格內左方為實驗 A 組、格內右方為實驗 B 組

表4-66. 後測實驗 A 組及實驗 B 組於題組 J 各選項雙向分析表

Choice on first tier	Reason(%)								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
A	0.00 0.00	5.13 2.86	0.00 8.57	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	7.69 8.57	10.26 0.00	0.00 0.00
B	28.21# 28.57#	5.13 5.71	2.56 0.00	0.00 0.00	0.00 2.86	2.56 2.86	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00
C	0.00 2.86	5.13 8.57	5.13 5.71	5.13 2.86	2.56 0.00	12.82* 14.29*	0.00 0.00	0.00 0.00	2.56 0.00
D	2.56 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 2.86	0.00 0.00	2.56 0.00	0.00 2.86

註：格內左方為實驗A組、格內右方為實驗B組 *代表正確解答 #代表最多人選擇的解答

在表 4-65 與表 4-32 的比較中，我們可以發現 A 組的雙層皆對的答對率中，後測較前測下降了 2.97%，而 B 組的部分維持不變，相對的在雙層皆錯的部分，A 組下降了 16.90%，B 組下降了 14.29%，顯示出 A 組的同學概念改變有正向增加的現象，但在雙層皆錯的部分中兩組的同學都有減少的現象。可能的原因在於兩組的多媒體教材對於溫度對解離度的效應中並無如此的描述與介紹，以致讓溫度對解離度的效應上無基本的知識結構來做判斷，因此做了臆測的可能。

小結：由本小節所述，實驗 B 組的整體答對率表現仍是高於實驗 A 組 1.63%，但 A 組的進步程度為 2.77%，B 組的進步程度為 2.95%。在題組 K 中，實驗 B 組的表現其答對率較前測下降了 17.14%，經由表 4-41 及表 4-42 中可以發現學生可能受教材中強調「鹽類的水解反應」的影響，所以有 14.29%的學生選擇了「二者都是鹽類，且濃度相同，故具有一樣多的離子數目」的答案，而忽略了對解離度本身的影響。由後測與前測的比較中可以發現 A 組在溶液酸鹼性基本概念、解離基本概念、酸鹼中和概念等群組中，其答對率進步程度的表現較 B 組來得佳。而實驗 B 組僅在弱酸、弱鹼之解離度變化概念、酸鹼強度與氫離子濃度概念等群組中，其答對率進步程度的表現較 A 組來得佳。教材的不同的確仍會影響學生在不同的類型的群組概念的表現。

第三節前、後測平均數顯著性分析

一、單組前、後測分析

研究者利用關聯樣本(相依樣本)兩平均數差異顯著性檢定的方式，來檢驗本研究中實驗 A 組及實驗 B 組的前、後測答對題數上是否有差異。我們使用這個公式，來作為關聯樣本中兩平均數差異顯著檢

定的方式：
$$t = \frac{\bar{D}}{\sqrt{\frac{\sum D^2 - \frac{(\sum D)^2}{n}}{n(n-1)}}} \quad (df=n-1)$$

其中 $D = X_1 - X_2$ ， $\bar{D} = \frac{\sum D}{n} = \bar{X}_1 - \bar{X}_2$ ，而分母的

$$\sqrt{\frac{\sum D^2 - \frac{(\sum D)^2}{n}}{n(n-1)}}$$
 為 $\bar{D}$ 的標準差，即 $S_{\bar{D}}$ 。

(一)、在實驗 A 組及實驗 B 組的前、後測數據比較分析

研究者將實驗 A 組及實驗 B 組的前、後測的相關數據陳列在表 4-67

中：其中 $H_0: \mu_1 = \mu_2$ ； $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$

查表後， $\alpha=0.05$ ，雙尾檢定，而實驗 A 組的自由度為 38(df=39-1)，其臨界值為 $t=\pm 2.021$ ，而 t 分配計算值為 $2.745 > 2.021$ (見表 4-67)，因此拒絕 H_0 ，即前測與後測之間，學生答對的題數達顯著差異。同樣地，在實驗 B 組中的自由度為 34(df=35-1)，其臨界值為 $t=\pm 2.021$ ，而 t 分配計算值為 $3.589 > 2.021$ (見表 4-67)，因此拒絕 H_0 ，即前測與後測之間，學生答對的題數達顯著差異。經由統計學初步驗證的結果，可以知道無論是實驗 A 組或是實驗 B 組的教材，皆能對學生產生顯著性的差異。

表4-67. 實驗 A 組的前、後測各項數據表

項 目	數據值		備註
	實驗 A 組	實驗 B 組	
前測答對率總和($\sum X_1$)	11.281	11.719	百分率和
前測答對率平均值($\bar{X}_1$)	0.289	0.335	
後測答對率總和($\sum X_2$)	14.656	14.938	百分率和
後測答對率平均值($\bar{X}_2$)	0.376	0.427	
後測減前測之答對率差異和($\sum D$)	3.375	3.219	
差異的平方和($\sum D^2$)	1.764	1.077	
樣本數(n)	39	35	
標準差(S_D)	0.032	0.026	
t 分配計算值(t)	2.745	3.589	

表4-68. 實驗 A 組及實驗 B 組於 SPSS 軟體之前測與後測答對題數各統計量數表

項 目		SPSS 運算數據值		備註
		實驗 A 組	實驗 B 組	
前 測	答對率之平均數	0.289	0.335	
	答對率標準差	0.138	0.143	
	平均數標準誤	0.022	0.024	
	樣本數(n)	39	35	
後 測	答對率之平均數	0.376	0.427	
	答對率標準差	0.189	0.181	
	平均數標準誤	0.030	0.031	
	樣本數(n)	39	35	
後測-前測	平均數	0.087	0.092	
	標準差	0.192	0.152	
	平均數標準誤	0.030	0.026	
	95%信賴區間的上界/下界	0.149/0.024	0.144/0.040	
	t 值	2.820	3.589	
	自由度	38	34	
	顯著性 p 值 (雙尾)	0.008	0.001	

(二)、以 SPSS 軟體試算實驗 A 組及實驗 B 組的前、後測之答對率的差異性：

在利用 SPSS 軟體作運算實驗 A 組的部分，得 t 值為 2.820 仍大於 2.021，其 p 值為 0.008 小於 0.05 故達顯著水準。若利用 SPSS 軟體計算 B 組的部分時，得 t 值為 3.589 仍大於 -2.021，其 p 值為 0.001 小於 0.05 故達顯著水準。見表 4-68 所示，其軟體運算結果(見表 4-68)與檢驗顯著性公式算法之結果相吻合。其結果表示電腦教學也顯著地使學生做概念改變成正確概念，與相關研究在其他概念的學習上有一致的結果(吳昌家, 2002；李秀貞, 2002；邱志強, 2003；邱美子, 2002)。

二、各題組前、後測之間比例分析

為了能夠瞭解各題組在前後測的答對情形，研究者按各題組分類，將各組答對的百分整理如表 4-69，由此可以得知，實驗組 A 組的答對情形，後測較前測有增加的題組為題組 A、B、C、D、E、F、G、H、K、L、M、N、O、P，但在題組 I、J 有下降的趨勢；實驗 B 組的答對情形中，後測較前測有增加的題組為題組 A、B、C、E、F、G、I、L、M、N、P，維持比例的有題組 D、H、J，而比例下降的有 K、O。在實驗 A 組中，題 I 的答對率下降的原因在於弱酸液在稀釋後其解離度的變化是牽涉到其解離常數的應用及平衡方向的影響，而學生在這個概念是很較少接觸到的，而國中的階段亦較無提及此一概念，而題 J 的答對率下降的原因在於純水的解離中，氫離子的濃度受到溫度變化的影響而有所不同，而使 pH 值亦會改變，但學生在國中階段所接受到的正規教育中，並無此概念的安排及接觸，而本研究的教材對此概念亦無涉及，因此學習的成效較低。在 B 組中的題組 K 中，其答對率較前測下降了 17.14%，發現學生可能受教材中強調「鹽類的水解反應」的影響，而忽略了對解離度本身的影響。

表4-69. 前、後測中題組兩層皆答對的比例及差異示意表

概念 群組	題組	前測 A 組 (%)	前測 B 組 (%)	後測 A 組 (%)	後測 B 組 (%)	A 組後-前 (%)	B 組後-前 (%)
1 溶液酸鹼 性基本概念	A	17.95	40.00	25.64	48.57	7.69	8.57
	O	13.16	31.43	23.08	22.86	9.92	-8.57
	平均	15.56	35.72	24.36	35.72	8.81	0.00
2 解離 基本概念	B	17.95	14.29	33.33	48.57	15.38	34.29
	K	31.58	45.71	35.90	28.57	4.32	-17.14
	L	13.16	11.43	25.64	31.43	12.48	20.00
	P	16.22	17.14	28.21	22.86	11.99	5.71
	平均	19.73	22.14	30.77	32.86	11.04	10.72
3 弱酸、弱鹼 之解離度變 化概念	D	23.08	20.00	25.64	20.00	2.56	0.00
	I	18.42	17.14	15.38	20.00	-3.04	2.86
	平均	20.75	18.57	20.51	20	-0.24	1.43
4 酸鹼中和 概念	C	10.26	5.71	15.38	17.14	5.13	11.43
	H	7.89	11.43	17.95	11.43	10.05	0.00
	N	26.32	51.43	48.72	65.71	22.40	14.29
	平均	14.82	22.86	27.35	31.43	12.53	8.57
5 氣體溶解 之酸鹼概念	E	13.16	14.29	33.33	20.00	20.18	5.71
	G	23.68	34.29	38.46	62.86	14.78	28.57
	M	26.32	57.14	51.28	62.86	24.97	5.71
	平均	21.05	35.24	41.02	48.57	19.98	13.33
6 酸鹼強度 與氫離子濃 度概念	F	13.16	31.43	23.08	45.71	9.92	14.29
	J	15.79	14.29	12.82	14.29	-2.97	0.00
	平均	14.48	22.86	17.95	30.00	3.48	7.15

由表 4-69 可知，兩組的表現上在解離基本概念、酸鹼中和概念、氣體溶解之酸鹼概念中，能較容易且明顯的概念改變；但在溶液酸鹼性基本概念、弱酸及弱鹼之解離度變化概念、酸鹼強度與氫離子濃度概念，卻不易有明顯的概念改變。

在實驗 A 組中，以各題組相關的概念來分析，由溶液酸鹼的基本概念、

解離基本概念、酸鹼中和概念、氣體溶解之酸鹼概念上看來(見表 4-69)，A 組的同學有著明顯的進步；而實驗 B 組中，在氣體溶解之酸鹼概念、酸鹼中和的部分概念及解離的部份概念等，有著較佳的改變。而兩組在第 J 題組的應答上，均未能有明顯的改變，在第 J 題是在溫度上升時，判斷純水的氫離子變化，在結果中指出顯示同學們在本題上是不甚瞭解的。整體來看，大致上正向的改變是居多的。

三、兩組組間於後測減前測測驗答對率之分析比較：

如下表 4-70 所示，兩組之組間差異以 SPSS 軟體進行檢定，兩組在後測與前測的答對率差值(後測減前測)其平均值為 A 組 0.087、B 組 0.097，變異數同質性的 Levene 檢定未達顯著 ($F=0.749$ ， $p=0.390>0.05$ ，n.s.)，表示兩樣本的離散情形並無明顯差別。而由假設變異數相等的 t 值與顯著性考驗，發現結果並未達顯著，兩組實驗組的學生們在實驗課程實施後，在兩組之間的比較並未達顯著差異($t_{(72)}=-0.134$ ， $p=0.894>0.025$ ，n.s.)。

表4-70. 實驗 A 組及 B 組之組間後測減前測答對率之差異性檢定表

		變異數相等的 Levene 檢定		平均數相等的t檢定						
		F檢定	顯著性	t	自由度	顯著性 (雙尾)	平均數異	標準誤 差異	差異的95% 信賴區間	
									下界	上界
後 測 減 前 測	假設變異數 相等	0.749	0.390	-0.134	72	0.894	-0.005	0.040	-0.086	0.075
	不假設假設 變異數相等			-0.136	70.965	0.892	-0.005	0.040	-0.085	0.074

若使用 SPSS 軟體及利用單因子共變數(ANCOVA)分析來看，以前測答對率視為共變量，固定因子為組別，後測答對率為依變數，當採取同質性檢定(Levene 檢定)時，得 F 值為 0.468，而 P 值為 $0.496>0.05$ 未達顯著。因此接受虛無假設，即認為依變數是相等的。再由受試者間效應項的檢定

來看，組別之間的 F 值為 0.358，其 P 值為 $0.552 > 0.05$ 未達顯著。因此組間的效果未達顯著水準。另由成對的比較中來看，得知兩組之間比較的 P 值來看，其 P 值為 $0.552 > 0.05$ ，未達顯著水準，因此，兩組組間在前測答對率與後測答對率中差異量的比較下，是無顯著差異的。

綜上所述，可知實驗 A 組及實驗 B 組之組間，在不同教材上的實施後，其前測與後測測驗成績的差異在兩組間並未達顯著水準，也就是說，這兩份教材的不同不影響學生學習的結果，但由表 4-67 及表 4-68 中的研究結果發現，在教材的實施後，學生的後測成績較前測成績進步，具有顯著性的差異。因此，這兩組的教材內容可以讓學生學習得更好，但在其組合上不能使兩組學生學得有明顯的不同。

但由我們可以看到實驗 A 組及實驗 B 組在不同的教材實施後，在 A 組教材使用的群組概念有溶液酸鹼性基本概念、解離基本概念、酸鹼中和概念等，由後測與前測的比較中可以發現 A 組在溶液酸鹼性基本概念、解離基本概念、酸鹼中和概念等群組中，其答對率進步程度的表現較 B 組來得佳。而在 B 組中所使用的教材有溶液酸鹼性基本概念、酸鹼中和概念、酸鹼強度與氫離子濃度概念及酸鹼中和概念等，由後測與前測的比較中可以發現 B 組僅在弱酸、弱鹼之解離度變化概念、酸鹼強度與氫離子濃度概念等群組中，其答對率進步程度的表現較 A 組來得佳。在兩組整體的表現來看，以其在解離基本概念、酸鹼中和概念、氣體溶解之酸鹼概念中，能較容易且明顯的概念改變；但在溶液酸鹼性基本概念、弱酸及弱鹼之解離度變化概念、酸鹼強度與氫離子濃度概念中，卻不易有明顯的概念改變。

第四節後測訪談結果及分析

在研究實驗階段中，研究者分別在實驗 A 組及實驗 B 組分別隨機抽取各六名學生，共十二名學生參與本次的訪談，訪談的題綱以部份問卷的題目及姚錦棟(2002)所發表的論文中所使用的晤談題綱，經過部份修改後，成為本晤談所使用的半結構式晤談題綱。在後測實施後的訪談過程，實驗 A 組有六位同學接受訪談，實驗 B 組有六位同學接受訪談。在本次訪談中亦發現低學習成就的學生在訪談過程中，大都以「不知道」、「用猜的」、「憑感覺」來回應，呈現學習者無法將自己內心想法表達的狀態，增加本次訪談資料收集的困難度，而學習成就中等的學生，容易在提問的過程中，引發其對學習內容的印象，在訪談的過程修改答案，而高學習成就的學生，在部分的題目中，在有顯矛盾的狀況，亦會做答案的修正，但在部分題目中縱使有異例出現，仍會尋找出其理由，如以合理化的解釋，不做任何的修正。

由於第三節的資料分析，我們可以知道兩組組間的整體比較並未有顯著的差異，因此本節的結果將不以兩組的組別為變數，而以直接以個案個別的身份及學習狀況來探論晤談內容。因此宜採各群組概念及各題綱及其小題的方式進行分析，並依各群組概念順序分析如下：

一、溶液酸鹼性基本概念：(一、四、七)

(一)、題綱一：

本題在十二位接受訪談的學生中，只有一位回答正確且認為全部(甲至庚)都不是事實，若按照題幹中每位人物的說明來看，全部的學生認為甲說的都不是事實，有六位同學選擇乙說的是對的，依訪談內容來觀察其具有認為酸鹼是有毒的迷思概念特徵；有三位同學選擇丙

是對的；有八位同學認為丁是對的，具有認為酸、鹼會灼傷的迷思概念特徵；有八位同學認為戊是對的，但是有四位同學經過使用異例的提問法，將其答案修正後，認為戊說的不是事實；有六位同學認為己說的是對的；另有八位同學認為庚是對的，但是有二位同學經過異例的提問法將其答案修正，但乃有一位雖使用異例提問，不過仍認為即使是弱的酸鹼在很高濃度的狀況下仍會具有腐蝕性，而這是帶有條件的答案說明。

《題綱一晤談節錄》

1、答案正確的判斷依據及想法：

T：這些同學那些說的不是事實？
B02：甲乙丙丁戊己庚。
T：為什麼？
B02：甲的話，它也可能是弱的，譬如說是弱酸、弱鹼的。
T：乙呢？
B02：乙的話，它不一定具有毒性。
T：丙呢？
B02：丙的話，像有些中性溶液也有含 H 及 OH；它們不一定有氫的就是酸，有氫氧的也不一定就是鹼。
T：能不舉例呢？

B02：像酒精它有 H 也有 OH，但它不是酸也不是鹼。
T：丁呢？
B02：這個不一定會有灼傷吧？
T：那戊呢？
B02：弱的酸與鹼就不一定會解離。
T：己的話呢？
B02：不一定都有強烈的刺激味！
T：庚呢？
B02：有的不具腐蝕性。
T：譬如說是那些？
B02：像是很稀的酸或鹼。

2、酸鹼性之迷思概念特徵一：酸鹼都是具有毒性的。

T：你沒有選乙，所以你認為乙是對的，為什麼？
B06：就算是醋酸也有毒性啊！
T：那你吃不吃醋酸？
B06：不常吃！
T：但有吃過嗎？
B06：好像有吧？
T：你吃過之後有沒有中毒？
B06：那只有一點點啊。
T：那水果中的果酸你有沒有吃

過？
B06：有啊。
T：你吃過之後有沒有中毒？
B06：因為它是水果，所以不會中毒。
T：那果酸是酸，它卻沒有毒性，你覺得有沒有與你的答案有矛盾？
B06：沒有。果酸是特例。

3、酸鹼性之迷思概念特徵二：酸鹼都是具有腐蝕性的、灼傷能力的。

T：你為什麼認為丁說是事實？
A01：它們會灼傷皮膚。
T：可否舉例？
A01：像硫酸、氫氧化鈉都會造成灼傷。

T：至於庚，你認為酸與鹼都會有腐蝕性嗎？
B06：如果是弱酸的話，在濃度很強的時候也會有腐蝕性。
T：所以你認為是濃度造成的程度上差異嗎？

B06：是的。

4、酸鹼性之迷思概念特徵三：酸鹼都是具有刺激味的。

T：至於己呢？

A01：聞起來都會有刺激味。

T：全都的酸鹼都會有嗎？

A01：是啊。

T：你認為己原因呢？

A04：因為它們都會有味道。

T：是什麼味道？

A04：很難聞的味道。

5、酸鹼性之迷思概念特徵四：酸的氫原子、鹼的氫氧原子在水中都會解離。

T：那戊說的也是對的原因是什麼？

A01：因為老師上課時有上到，酸就是會有氫離子，鹼就是會有氫氧根離子。

T：那戊呢？你為什麼認為它是對的？

B06：都會，要看解離程度的大小，那要看醋酸就沒有解離出那麼多，然後硫酸及鹽酸就會全部解離。但是都會解離。

T：但是醋酸的氫都會解離嗎？

B06：不是醋酸，是硫酸及鹽酸

會完全解離。

T：那一個醋酸會有幾個氫？

B06：一個。

T：請你列出它的化學式？

B06： CH_3COOH 。

T：那他的有幾個氫？

B06：4個。

T：那它的氫都會解離嗎？

B06：不會。

T：那酸的氫是否會全部解離？

B06：不會。

T：那與你的答案會不會矛盾？

B06：會。

6、酸鹼性之迷思概念特徵五：物質含有氫的就是酸、含有氫氧的就是鹼。

T：你為什麼丙說的是事實？

A01：因為有氫的就是酸；有氫氧的就是鹼。

T：你是怎麼知道的？

A01：看化學式啊。

T：你認為丙說是事實的原因是什麼？

A05：因為酸會產生有氫離子，所以有氫的就是酸，而鹼會產生氫氧離子，所以有氫氧的就是鹼。

(二)題綱四：

本題綱中，酸性溶液的答案應為乙(硫酸)、丁(食用醋)，中性溶液應為甲(純水)、丙(氯化鈉)、辛(酒精)、癸(硝酸鉀)，鹼性溶液應為戊(氫氧化鈉)、己(碳酸鈉)、庚(碳酸氫鈉)、壬(氨水)，其中發現有二位學生作答正確而解釋也正確，有二位學生認為名稱有酸字就是酸，其中有一位更認為有鈉的就是鹼，有一位認為化學式中有 H 的就是酸、有 OH 的就是鹼，有三位可以清楚的說出在水溶液中可以解離出氫離子的是

酸、可解離出氫氧離子的是鹼，但是其答案卻無法正確地選擇，有一位認為要利用指示劑才知道，但說不出為何知道，另有兩位無法深入地說明。

《題綱四之晤談節錄》

1、物質酸鹼性之迷思概念一：名稱引導判斷。

T：在第四題中，哪些是酸性溶液？

A05：乙、丁、癸。

T：那些是中性？

A05：甲、辛。

T：那些是鹼性？

A05：丙、戊、己、庚、壬。

T：那你判斷的依據是什麼？

A05：直覺上，有酸字的就是酸。有氫氧的就是鹼。

T：你分類的依據是什麼？

SA02：看它們的化學符號，也有看字。

T：你是怎麼看的？

SA02：如何有鈉的話，大概都是鹼性。

T：酸性的依據？

SA02：也是看字。

T：是如何看的。

SA02：像硫酸、碳酸、硝酸鉀，這些都是酸類。

T：那你認為碳酸氫鈉是酸的原因是什麼？

B04：它有氫。

T：那你認為硝酸鉀是酸的原因呢？

B04：它的中文有酸。

2、物質酸鹼性之迷思概念二：化學式引導判斷。

T：你的判斷的依據是什麼？

B04：用有 H 及有 OH 來判斷。

T：有 H 的是什麼？

B04：酸。

T：有 OH 的呢？

B04：鹼性。

T：你指的是化學式中的 H 及 OH 嗎？

B04：是的。

三、題綱七：

在本題綱中，共有七種物質提供學生做判斷，其中有三種物質(銅、硫、碳)不溶於水，而酸性的物質有二氧化硫及二氧化碳等二種物質，鹼性物質有鈉、氧化鈉等二種物質。只有一位學生回答正確，其理由也相當的完整；另有五位同學回答的不夠深入；其他的六位同學中，有一位主要是用中文名稱及化學符號來判斷，與第四題綱的回答有一致性，有五位同學具簡單基本的判斷，其認為酸就是在水中有 H^+ 離子，鹼就是在水中有 OH^- 離子，但是涉及各項的判斷時，會將銅、硫、碳加入判斷，甚至會將硫、二氧化硫加入了鹼類的判斷，認為硫會於水的學生中，有的是因為有硫磺溫泉的存在，使得學生認為硫會

溶於水中。

《題綱七之晤談節錄》

1、答案正確時的判斷及想法：

T：在第七題中，那些是酸性？
B06：戊、庚。(二氧化碳、二氧化硫)
T：鹼性的呢？
B06：甲、乙。(鈉、氧化鈉)
T：你是如何選出這幾個為什麼是酸？
B06：因為二氧化硫溶於水之後，雖然忘了它的產物，但有印象它是酸雨的來源之一，而二氧

化碳溶於水之後，它會變成碳酸，而且它們在水溶液中會有氫離子。

T：鹼的依據是什麼？

B06：鈉是金屬，它的活性很大，遇到水會有反應，使水溶液呈鹼性，而氧化鈉溶於水，也會呈鹼性，它是金屬氧化物的特性，而且在水溶液中會有氫氧離子。

2、物質酸鹼性的迷思概念一：名稱、化學式引導判斷。

T：在第七題，那些物質溶於水呈現酸性？
SA02：丁庚。(硫、二氧化碳)
T：鹼性的呢？

SA02：甲乙丙戊己。(鈉、氧化鈉、銅、二氧化硫、碳)

T：那你分類的依據是什麼？

SA02：看中文字及化學符號。

3、物質酸鹼性的迷思概念二：錯判難溶物質的性質。

T：那丁呢？
B03：硫是酸性。
T：它會溶於水嗎？
B03：它會變成SO₂。
T：是這樣子嗎？
B03：嗯，是。
T：那戊呢？
B03：二氧化硫是鹼性。
T：那SO₂與二氧化硫一樣或不一樣呢？
B03：一樣。
T：那二氧化硫還會鹼性嗎？
B03：不知道。

T：硫會不會溶於水中？
B04：會
T：你有泡過硫磺溫泉嗎？
B04：有。
T：有看到石頭旁邊有黃色的硫嗎？

B04：有時候有。

T：那你覺得硫會直接溶於水中嗎？

B04：會，不然的話，怎麼有硫磺溫泉！

T：因為這個原因，你認為硫會溶於水嗎？

B04：對。

T：那你為什麼認為它是鹼性？

B04：猜的。

T：那二氧化硫會溶於水中，為什麼你認為是鹼性？

B04：不知道！

T：那己(碳)會溶於水中嗎？

B04：會。

T：那烤肉用的碳會溶於水嗎？

B04：會呀，有時候水會黑黑的。

T：二氧化碳溶於水會變成什麼？

B04：不知道。

二、解離基本概念：(八、九、十)

(一)、題綱八：

在本題綱中的五種物質，主要是依照鹽類、酸類、鹼類的代表性物質再加上一個難溶鹽類，以求來瞭解學生是不是知道溶液的電中性、解離、正負離子是需「在物質溶於水的條件下才能探討。」在對

電中性的判斷上，有八位同學認為這五種物質的溶液皆會呈電中性，其中有六位同學經過研究者的提問，使學生回憶起昔日上課的內容，發現碳酸鈣不會溶於水而修改答案；在詢問至在水中解離成離子時，這八位同學一開始的答案也是認為全部都會，經提問後亦將原本有選擇的丁(碳酸鈣)刪除，顯示這二小題的一致性；在詢問溶液中的正負離子相同時，有六位同學選擇氯化鈉、鹽酸、氫氧化鈉，另有兩位同學只選擇鹽酸，但不能深入地說明原因，亦有二位同學在選項中出現了硫酸，經提問後讓同學說出硫酸解離後的離子分別為何及離子個數後，都將其選項修正，另有一位同學未能深入地說明原因。本題組中，只有一位同學能正確地回答及說明原因。

《題綱八之晤談節錄》

1、答案正確時的判斷及想法：

T：第八題呢？
B03：甲乙丙戊有電中性。
T：那些物質在水中會解離出離子？
B03：甲乙丙戊。
T：那些的正、負離子數目相同？
B03：甲丙戊。
T：你分別的判斷依據是什麼？像是電中性是怎麼判斷的？
B03：它因為會解離出正負離子，而正負離子的電量會消去。

T：第3小題中，被你排除的乙(硫酸)為什麼它的正負離子數目不同？
B03：一個硫酸可以解離出二個氫離子、一個硫酸根離子，所以它的正離子總數與負離子總數會不一樣。
T：那它為什麼還是電中性？
B03：因為硫酸根是二個負電，而氫離子是一個正電但它有兩個，所以電量會抵消。

2、解離性質的迷思概念一：錯判難溶物質的性質。

T：第八題呢？
B06：全都是。
T：那些物質在水中會解離出離子？
B06：全都是。
T：那些的正、負離子數目相同？
B06：甲丙丁戊。
T：你的判斷依據呢？
B06：不管酸、中、鹼的溶液，

都應該是電中性。
T：是否都會產生離子呢？
B06：全部都是電解質。
T：那碳酸鈣會溶於水嗎？
B06：不會。
T：那它會有水溶液嗎？
B06：不會。
T：那它會解離出離子嗎？
B06：啊。。不會。

3、解離性質的迷思概念二：認為正負離子數目不同，就不是電中性。

T：在第八題，那些物質具有電中性？
SA02：甲、丙、丁、戊。(氯化鈉、氫氧化鈉、碳酸鈣、鹽酸)

T：被你排除的物質有那些？
SA02：硫酸。
T：會什麼它不是電中性？
SA02：因為它不能解離出成雙

成對的離子。

(二)、題綱九：

本題組中有九位同學認為鹽酸溶液可使燈泡變得比較亮，其中有六位回答正確，其認為鹽酸的解離程度較高，在水溶液中有較多的離子能幫助導電，有三位同學認為是強度本身的不同，來認為鹽酸會比較亮；另有二位同學認為一樣亮，原因是濃度一樣；另有一位同學認為醋酸比較亮，因為醋酸的離子數目較多，但未能深入地說明原因。

《題綱九之晤談節錄》

1、答案正確時的判斷及想法：

T：第九題的答案呢？

B01：鹽酸會較亮。

T：為什麼？

B01：因為它的解離程度較高，產生的離子的濃度較高，比較容易幫助導電。

T：第九題的答案呢？

B05：鹽酸。

T：為什麼？

B05：因為醋酸是弱酸，它不會完全解離；而鹽酸是強酸，它會完全解離。

T：為什麼完全解離時，燈泡會比較亮？

B05：因為比較容易幫助導電。

2、解離度與導電度之迷思概念一：物質的強度為依據。

T：在第九題中，那一杯溶液可使燈泡比較亮？

A06：鹽酸。

T：為什麼？

A06：因為鹽酸它是酸性。

T：那醋酸有沒有酸性？

A06：也有，只是鹽酸的酸性較強。

3、解離度與導電度之迷思概念二：物質濃度一樣，導電度一樣。

T：第九題的答案呢？

B06：一樣。

T：為什麼？

B06：濃度一樣。

T：跟強度有關嗎？

B06：無關。

4、解離度與導電度之迷思概念三：物質本性的誤判。

T：在第9題中，哪一個燈泡會比較亮？

A01：醋酸

T：為什麼？

A01：因為醋酸的離子比較多。

T：為什麼醋酸的離子比鹽酸多？

A01：不太知道，就是知道比較多。

(三)、題綱十：

在本題綱中，有十位同學能回答強電解質在水中是會完全解離且會均勻地分佈，但其有一位同學確畫出六個氯離子及三個氫離子，且與其第八題綱中正負離子數目問題時有明顯地不一致，且在第二小

題中，其未能說出氫離子的帶電荷但能知氫離子的電性，其餘同學大都能正確地說明原因；有二位同學在第一小題中，畫出的圖形包含了氫離子、氯離子及氯化氫分子，經與其在第九題綱的作答相比較，亦發現了不一致，這二位學生在第九題綱中，認為鹽酸是屬於強酸會完全解離，但在本題中卻認為就算解離度很強，還是有部份仍未解離的氯化氫分子。在第二小題中，通電之後，全部同學都認為氫離子會向負極移動，氯離子會向正極移動，有十位同學認為移動之後，仍會在附近移動，有二位同學認為會停留在電極附近。

《題綱十之晤談節錄及繪圖節錄》

1、答案正確時的判斷及想法：

T：第十題，鹽酸在水中的離子分佈圖應該是如何？

B03：因為鹽酸是屬於強酸，它會全部解離，它會均勻分佈在溶液中，因為離子間會互相碰撞，所以它會均勻分佈在水中。

T：為什麼它們是乖乖地等在你畫的地方嗎？

B03：不會，它們會隨便亂跑。

T：如果通電之後呢？

B03：氫離子帶正電，所以會跑到負極，因為正負相吸，而氯離子帶負電，會跑到正極。這樣就會通電。

T：還會移動嗎？

B03：會。

2、解離現象之迷思概念一：鹽酸的解離後的正負離子數目不同。

T：在第十題中，整杯鹽酸水溶液的氯離子與氫離子是如何分佈的？請您劃出來。

A01：是均勻分佈的。

T：你劃的氯離子有幾個？氫離子有幾個？

A01：氯離子有 6 個，氫離子有 3 個。

T：這樣子，你覺得這杯溶液是否具有電中性？

A01：有的。

T：你知道氫離子、氯離子所帶的電荷數為何？

A01：氫離子不知道、氯離子是負一。

T：請你劃出來這杯溶液在通電之後，其粒子分佈的情形？

A01：氫離子會向負極跑，氯離子會向正極跑。



圖 4-1 解離現象之迷思概念一：鹽酸的解離後的正負離子數目不同(A01)

3、解離現象之迷思概念二：鹽酸並非能完全解離。

T：在第十題，請你劃出鹽酸在水中的分佈狀態。

A03：有水分子，有氫離子、氯離子，有氯化氫分子。

T：你剛剛提到鹽酸是強酸，又知道它的解離度很強。那這樣子可以代表它是強酸嗎？

A03：我可以把氫離子、氯離子劃多一點。

T：若將這杯溶液通電，請問它們的分佈情形？

A03: H 會向負極, CL 會向正極。
T: 這時候, 它們會完全解離了嗎?
A03: 是的。
T: 會停在這個位置嗎?
A03: 不會, 會留在上面。

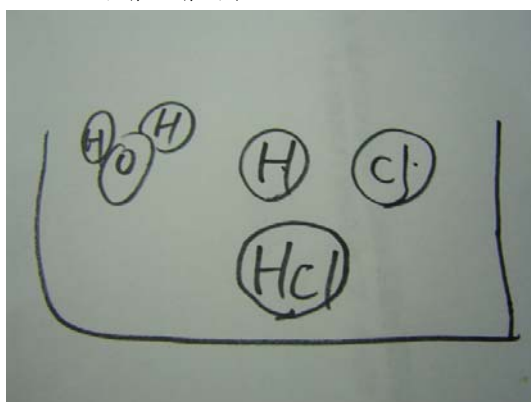


圖 4-2 解離現象之迷思概念二: 鹽酸並非能完全解離(A03)

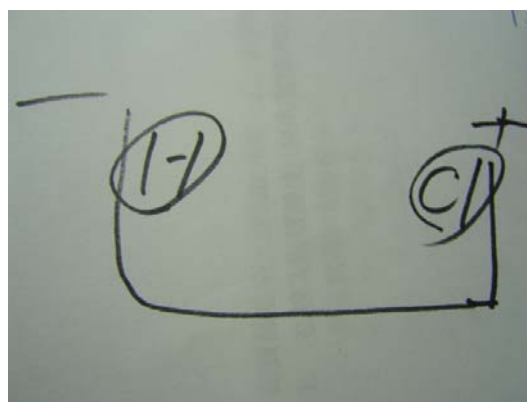


圖 4-3 A03 認為通電之後就能完全解離了

三、弱酸、弱鹼之解離度變化概念: (六)

● 題綱六:

本題主要是欲瞭解學生判斷醋酸分子在水中的解離度是否因水量多寡而改變, 研究中發現學生有九位同學認為水量不影響弱電解質的解離度, 其中有七位同學認為是溶質的分子數目固定, 所以解離度固定, 不受水量的影響, 有一位同學認為弱電解質本身是較難解離, 所以解離程度固定, 另有一位同學認為與溫度有關, 但無法深入說出原因; 有三位同學認為 200 毫升水中的醋酸分子解離程度較多, 有二位認為有足夠的空間可以讓它們溶出來, 另有一位無法深入地說出原因。

《題綱六之晤談節錄》

1、答案正確時的判斷及想法:

T: 第六題的答案呢?
B01: 200 毫升的解離會比較多。
T: 為什麼?
B01: 這個跟濃度有關係。

T: 是什麼關係?
B01: 因為濃度愈稀, 愈有足夠的空間, 可以讓它們解離出來。

2、弱電解質解離之迷思概念一: 溶質的分子數目固定, 所以解離度固定。

T: 第六題的答案呢?
B03: 會溶得一樣多。

T: 為什麼?
B03: 因為醋酸根離子它是固定

的，然後不管在 100 毫升或是 200 毫升中所解離出來的都會一樣多。

T：水不會使它們解離的更多

嗎？

B03：因為醋酸分子也是固定的，水再多也不會去改變它。

3、弱電解質解離之迷思概念二：弱電解質本身是較難解離，所以解離程度固定。

T：在第六題中，你認為醋酸分子在不同水量中的解離程度上有沒有差異？

A04：應該差不多。

T：為什麼？

A04：因為同樣是醋酸，不管水的多少，都不會影響它的解離。

T：如果沒有水呢？

A04：它就不會解離。

T：那水不會影響它的解離嗎？

A04：因為它是弱酸，所以不管水多少，它都只有解離出一點點。

四、酸鹼中和概念：(三)

● 題綱三：

在這個題綱中，是以酸鹼中和的概念來對學生的學習情形及判斷依據來做來瞭解，在第 2 小題中，有九位同學答對了，大部分同學能回答出是酸鹼中和為放熱反應，所以溫度會上升，而有三位同學認為溫度會不變。在第 1 小題中，有八位回答是鹼性，而答案中有一位顯示出是因為鹼會剩得比較多，有一位認為醋酸及氫氧化鈉都有 OH，有五位是以強度來做判斷，有一位認為要看氫的個數但未能說明得清楚；有四位回答是中性，其中有三位認為濃度及體積一樣所以反應後是中性，另有一位認為既然是中和，就應該是中性，對於會產生什麼鹽類，大都無法清楚的說出。在第 3 小題中，有一位認為是酸性，其認為氫氧化鈉是弱鹼，有一位認為是鹼性，其認為鹽酸是弱酸，有十位認為是中性，其中有一位是利用產生的鹽類來判斷，有一位認為酸鹼中和後應該就是中性，有二位是利用濃度及體積來判斷，有二位認為是利用濃度來判斷，有三位未能深入的說明原因。在第 4 小題中，有二位認為是鹼性，但都未能深入的說明原因；有四位認為是中性，有一位是酸鹼中和後應該就是中性，有一位認為氫離子及氫氧離子用

完了，形成水之後就是中性，有一位是用強度來判斷，但判斷鹽酸時卻認為是弱酸，有一位是用濃度來判斷；有六位認為是酸性，有一位認為這二個物都含有酸，有三位是用強度來判斷，但其中的一位在判斷碳酸氫鈉時認為是中性物質，有二位未能深入的說明原因。

《題綱三之晤談節錄》

1、酸鹼中和之迷思概念一：強度引導判斷中和後的溶液性質。

T：第 1 小題的原因是什麼？

A04：就是強鹼加上弱酸，如果中和的話，它們會變成鹼性。

T：第 3 小題的原因是什麼？

A04：就是兩個者一樣強，一個是強酸、一個是強鹼，所以中和後，會變成中性。

T：第 4 小題的原因是什麼？

A04：因為鹽酸是強酸、碳酸氫鈉是弱鹼，所以它們中和後是酸性。

T：那你做這些判斷的最重要考慮因素是什麼？

A04：它們的強度。

2、酸鹼中和之迷思概念二：名詞涵義引導判斷依據。

T：第 3 小題呢？

B06：中性。

T：為什麼？

B06：因為酸鹼中和後，當然是中性。

T：第 4 小題呢？

B06：是中性。

T：為什麼？

B06：還是一樣，因為酸鹼中和了，然後就是中性。

T：這幾題中你的判斷是什麼？

B06：因為變色了嘛，而且酸鹼中和已經完成了，所以應該是中性的。

T：為什麼？

B01：因為滴定終點，是中性的。

T：你為什麼認為滴定終點就是中性的？

B01：應該吧！我認為是的。

3、酸鹼中和之迷思概念三：剩餘離子影響溶液的性質。

B03：在第 1 題是鹼性。

T：為什麼？

B03：因為氫氧化鈉是完全解離、而醋酸是部分解離，所以在混合之後，有的會變成水，另外氫氧化鈉所解離的 OH 會多出來，因此呈現鹼性。

.....

T：第 4 小題呢？

B03：是酸性。

T：為什麼？

B03：因為碳酸氫鈉是弱鹼，鹽酸是強酸。然後就是弱鹼會部份解離，強酸會全部解離，所以混合後鹽酸還會多一些 H⁺，使溶液變成酸性。

4、酸鹼中和之迷思概念四：濃度引導判斷依據。

T：第 3 小題呢？

B05：中性。

T：為什麼？

B05：因為鹽酸、氫氧化鈉的濃度都一樣。

T：第 4 小題呢？

B05：是中性。

T：為什麼？

B05：因為濃度一樣。

T：這幾題的判斷，你考量只有濃度嗎？還有沒有其他的？

B05：是，只有看濃度。

五、氣體溶解之酸鹼概念：(五、十二)

(一)、題綱五：

在本題中，主要的考量是要瞭解學生是否瞭解二氧化碳氣體溶於水後能與鹼性溶液產生酸鹼中和反應，使二氧化碳溶得較多。在十二位同學的回答中，有五位同學認為是一樣多，有四位認為主要的原因在於壓力相同，所以氣體會溶得一樣多，有一位認為因為都是水溶液，所以溶得都要一樣多；有六位同學認為是鹼性溶液中溶得多，有五位會用正確的科學概念來回答，有一位無法深入地說明原因；有一位同學認為是酸性溶液中溶得多，主要的原因是酸的溶液會使酸溶得更多。

《題綱五之晤談節錄》

1、答案正確的判斷依據及想法：

T：在第五題中，那一杯二氧化碳溶的最多？

A04：應該是丙瓶。

T：為什麼？

A04：因為鹼的溶液會比較容易。

T：為什麼比較容易？

A04：會比較容易反應。

T：為什麼會反應。

A04：會有酸鹼中和吧，會有反應，會溶入二氧化碳比較多。

T：是什麼會與二氧化碳反應？

A04：是氫氧離子吧。

T：氫氧根離子是直接與二氧化碳反應嗎？

A04：應該會吧！

T：那二氧化碳溶在水中是什麼性質？

A04：酸性的。

T：那二氧化碳溶於水後會不會有離子產生呢？

A04：會有氫離子吧。

T：你仍認為氫氧根離子會直接與二氧化碳反應嗎？

A04：氫氧離子應該會與氫離子有反應。

2、氣體溶解之迷思概念一：壓力為影響氣體的主要原因。

T：在第五題，二氧化碳在那一個杯子溶得比較多？

A06：三瓶一樣多。

T：為什麼？

A06：因為它們在三個都是在相

同的活塞的壓力下，所以溶得都一樣。

T：還有要補充的嗎？

A06：沒有了。

3、氣體溶解之迷思概念二：溶劑相同使氣體溶解的量也相同。

T：第五題的答案呢？

B06：都一樣多。

T：為什麼？

B06：因為溶解的時候都需要水

啊，那溶液的組成主要是水，而且水量一樣多，所以這三瓶溶液所溶解的應該一樣多。

4、氣體溶解之迷思概念三：酸性溶液使酸性物質溶得更多。

T：第五題的答案呢？

B02：甲會溶得比較多。

T：為什麼？

B02：二氧化碳是酸性的，是因為二氧化碳溶解之後會呈酸性。

T：你是認為酸性溶液會使二氧化碳溶得更多嗎？

B02：是的。

T：請你把題意再看一次，這題指的是溶的最多，而不是溶解之後的性質？

B02：還是 A，酸性溶液溶得比較多。

(二)、題綱十二：

本題綱中，仍延續題綱五的問題想法，想要瞭解學生對氣體溶解在不同溶劑中產生出的氫離子會有何差異，在本題中氯化氫氣體會與乙醇溶液產生反應形成氯乙烷，因此並不會產生氯離子及氫離子，所以本題的答案仍要選擇氯化氫氣體在水中溶解的比較多。在十二位同學的回答中，有九位同學認為在水中時，氯化氫氣體溶解出的氫離子較多，其中的一位指出解離需在水中才會發生，其中的四位認為因為水中有氫離子所以會比較多，其中的三位未能深入地說明原因，其中的一位認為有機溶劑溶得較水少，但亦未能說明深入原因；另外，有二位學生認為酒精與水溶得一樣多，理由是以濃度及體積來判斷；另有一位認為是酒精中溶的氫離子數目較多，但未能深入地說明原因。

《題綱十二之晤談節錄》

1、較接近正確答案的想法及判斷：

T：在第十二題中，同體積的氯化氫氣體分別溶入 100ml 的水及酒精中，那杯的氫離子數目較多？

A04：水。

T：為什麼？

A04：因為水會解離。

T：那與氯化氫的解離有關係嗎？

A04：會有關係，解離在水中才會有。

2、溶液解離度之迷思概念一：與體積、濃度或是量有關，與本性無關。

T：在第十二題中，氯化氫分別溶於水及酒精中，那一杯會溶的比較多？

SA02：二個都一樣。

T：為什麼呢？

SA02：依據體積與濃度來講。

T：第十二題，那一種溶的比較多？

B05：一樣多。

T：為什麼？

B05：因為兩者都是中性溶液，所以它們溶的量都是相同的。

3、溶液解離度之迷思概念二：不論鹽酸解離，水的解離比酒精來得

多。

T：第十二題，那一種溶的比較多？

B06：水。

T：為什麼？

B06：因為水就算是在溶液中，

水還會解離出氫離子及氫氧根離子，而不管鹽酸的解離，水的解離會比酒精所產生的氫離子來得多。

六、酸鹼強度與氫離子濃度概念：(二、十一、十三)

(一)、題綱二：

在本題中，主要是瞭解學生在酸的可解離氫離子個數、酸的濃度、體積上，其判斷的依據為何。發現有五位學生能清楚地說出，硫酸及鹽酸在解離個數的差異；在涉及濃度及體積的條件時，有很多學生會忽略其中任一條件，造成判斷有誤，其中有二位同學認為濃度決定一切，有二位的同學先會以可解離的氫離子個數來做判斷，再以濃度來做第二判斷依據，但卻會忽略濃度的重要；有二位同學是以猜測或以直覺來做答；以下針對學生的回答類型來作說明：

《題綱二之晤談節錄》

1、答案正確時的判斷依據及想法：

T：在第二題的第1小題中你的判斷原則是什麼？

B03：第1小題是硫酸，因為是硫酸是 H_2SO_4 它有二個 H，鹽酸是 HCl 它只有分解出一個 H 離子，所以是硫酸的會比較多。

T：第2小題呢？

B03：是一樣多，因為硫酸是 1M 而且它的 H 有 2 個，而鹽酸是 2M 而且它的 H 有 1 個，所以最後會是一樣多。

T：第3小題的答案呢？

B03：是鹽酸，因為它的體積比較大，利用體積及莫耳濃度來相乘，再利用分解出的粒子數來判斷。

T：可不可以說明這幾題的判斷原則？

B03：當它們的體積及濃度是一樣時，就看氫離子的個數；如果只有體積一樣時，就看莫耳濃度及可分解的氫離子個數；如果都不一樣，就要看莫耳濃度與體積

相乘，再乘上氫離子個數來判斷。

T：在第二題中你的判斷原則是什麼？

B01：在第1小題中，因為是同樣的體積及濃度，硫酸有二個 H，鹽酸有一個 H，溶進去之後，會發現硫酸的 H 是鹽酸的 H 的二倍。

T：第2小題呢？

B01：應該是一樣多，因為鹽酸的濃度是硫酸的兩倍，雖然它只有一個 H，但是硫酸有二個 H，所以乘出來的結果是一樣多。

T：你說的乘出來是什麼相乘？

B01：可解離的 H 個數乘上濃度，再乘上體積，而且當它們的體積一樣時，將它再乘出來時是一樣的。

T：第3小題呢？

B01：鹽酸的體積是 500 毫升，

而硫酸是 100 毫升，將它們乘進去時，鹽酸會比較多。
T：可不可將它們的換算說的再詳細一點？

B01：就是將莫耳濃度，公升分之莫耳，乘上體積，再乘上 H 的個數，跟上面的算法一樣。

2、氫離子濃度比較之迷思概念一：單以濃度為判斷。

T：在第二題的第 1 小題中你的答案及判斷原則是什麼？
B05：第 1 小題是一樣多，因為它們的濃度是一樣。
T：第 2 小題呢？
B05：是鹽酸，因為鹽酸的濃度比較高。

T：第 3 小題呢？
B05：是一樣多，因為它濃度一樣。
T：那你的判斷依據是什麼？
B05：濃度。
T：還有沒有其他的判斷依據？
B05：沒有了。

3、氫離子濃度比較之迷思概念二：只以物質本身解離數判斷。

T：請您就第 2 題的第 1 小題作答。
A01：答案是 A。
T：第 2 小題、第 3 小題的答案為何？
A01：第 2 題是 B、第 3 題是 A。
T：根據這三小題，請你說出你的判斷原則。

A01：鹽酸是 HCl，硫酸是 H₂SO₄，硫酸它的氫個數比較多，
T：你的想法及換算機制？有關濃度及體積的想法是什麼？
A01：硫酸比鹽酸的氫個數多，只考慮與濃度有關，體積沒想到！

4、氫離子濃度比較之迷思概念三：只以體積來考量。

T：在第 3 小題的答案是什麼？
A06：鹽酸比較多。
T：為什麼？
A06：因為它的量比較多。

5、氫離子濃度比較之迷思概念四：以物質的強度來判斷。

T：在第二題中的第 1 小題你的答案是什麼？
A06：硫酸溶液有較多的氫離子。
T：為什麼？
A06：因為它是強酸。

T：在第 2 小題的答案是什麼？
A06：還是硫酸。
T：它們的濃度不一樣，你有注意到嗎？
A06：有，但它不影響。

6、氫離子濃度比較之迷思概念五：不考慮體積，只考慮濃度及解離個數。

T：這三小題中，你的判斷依據是什麼？
A03：先看濃度，再來是看裡面的氫原子的個數。
T：那麼體積您有沒有考慮？
A03：沒有。

T：第二題的第 1 小題中，你的

答案是什麼？
A04：硫酸的氫離子比較多。
T：第 2 小題中呢？
A04：鹽酸的氫離子比較多。
T：第 3 小題呢？
A04：一樣多。
T：你的判斷標準是什麼？
A04：是看濃度和解離個數。

(二)、題綱十一：

本題綱中，有一位同學選擇了正確的答案及想法，有五位同學認為 pH 值不會隨著溫度來變化，而會一直維持在 7，有四位同學認為 pH 值會隨著溫度上升而上升，且下降而下降，另有一位同學是這兩種迷思概念的綜合，他認為溫度上升時 pH 值會不變，但溫度下降時 pH 值會較小，有一位同學認為溫度愈高 pH 值愈小的原因是溫度愈高酸性愈強。

《題綱十一之晤談節錄》

1、答案正確時的判斷及想法：

T：在第十一題，在溫度上升或下降時，中性溶液的 pH 值會改變？

B01：會，溫度上升時 pH 會變小，溫度下降時 pH 會變大。

T：溫度變化時，中性溶液還是維持中性嗎？

B01：不會。

T：為什麼？

B01：因為溫度上升或下降時，溶液會有不同量的 H^+ 與 OH^- 會被解離出來。

T：解離出來的量兩者一樣嗎？

B01：應該一樣。

T：那溶液性質會變成如何？

B01：溫度變低時，會變鹼性。

T：那兩者離子數目一樣，為什麼還是鹼性？

B01：因為與溫度有關係。

T：在不管溫度時，兩者離子數

目一樣時，溶液性質會變成如何？

B01：是中性。

T：在溫度上升時，兩者解離出離子的數目都會增加，溶液性質會變成如何？

B01：中性。

T：那 pH 值與那一離子濃度有關？

B01：氫離子。

T：這時，雖然溫度上升，氫離子濃度變大，但氫氧離子的濃度是不是也變大？

B01：是的。

T：請你再想一下，pH 值、溫度、氫離子濃度之間的關係？

B01：我想應該是 pH 值會因為溫度變化，而兩種離子數目一樣，所以應該還是中性才對。

2、pH 值的迷思概念一：pH 值與溫度無相關。

T：在第十一題中，溫度的上升或下降，是否會影響 pH 值？

A05：都一樣，不變。

T：為什麼？

A05：因為 pH 值是檢測酸、鹼性的，與溫度沒有直接的關係。

3、pH 值的迷思概念二：pH 值會隨溫度上升而上升(下降而下降)。

T：在第十一題，在溫度上升，中性溶液的 pH 值會改變？

B06：會大於 7。

T：在溫度下降，中性溶液的 pH 值會改變？

B06：會小於 7。

T：為什麼？

B06：因為溫度上升，pH 值好像會隨上升一點點，沒有很多；下降時好像會隨著減少一點點，我還是按照自己印象中的想法。

4、pH 值的迷思概念三：溫度愈高，酸性愈強。

T：在第十一題中，中性溶液在溫度下降時，你認為它的 pH 值會大於 7 及在溫度上升時 pH 值會

小於 7，為什麼？
A04：因為酸性會隨著溫度上升而增高。
T：那鹼性的呢？
A04：會在溫度比較低一點的，會比酸性低一點。

T：你認為酸鹼度會與溫度直接相關嗎？
A04：不一定。
T：你是如何認為它們之間是如何相關的？
A04：不知道耶。

(三)、題綱十三：

在本題綱中的答案是，酸鹼中和完後的水仍會產生氫離子。在十二個同學的回答中，有八位選擇了會解離出氫離子，其中有七位能正確地的說明出原因，這包括了實驗 A 組的三位及實驗 B 組的四位，其中的一位雖然選擇正確，但未能深入地說明原因；另外，有四位同學選擇不會解離出氫離子，主要的原因是認為已經滴定完成了，不會再有離子產生了。

《題綱十二之晤談節錄》

1、正確答案的想法及判斷：

T：在第十三題中，在強酸滴定強鹼之後，溶液中還會不會有氫離子？
A03：會。
T：為什麼？
A03：就算剩下鹽類與水，水還是會解離出氫離子。

T：第十三題中，會再解離出氫

離子嗎？
B01：會的。
T：為什麼？
B01：因為在滴定完成後，水會再度解離出氫離子、氫氧離子。
T：為什麼？
B01：就算是純水它還是會解離。
T：兩種離子的量一樣多嗎？
B01：一樣多。

2、酸鹼中和後的迷思概念一：已經將離子用完了，不會產生氫離子。

T：第十三題中，會再解離出氫離子嗎？
B05：不會。
T：為什麼？
B05：因為不會有多的離子產生，不會繼續再反應。
T：為什麼？
B05：因為中和的時候用完了。

T：第十三題中，會再解離出氫離子嗎？
B03：不會。
T：為什麼？
B03：因為強酸、強鹼反應完成後，不會有氫離子。
T：為什麼？
B03：因為用完了。

3、酸鹼中和後的迷思概念二：中和反應完成後，反應會停止。

T：在第十三題中，滴定完成後，是否還會解離出氫離子？
A05：不會。
T：為什麼？
A05：因為滴定完成了，中和也

完成了，原本解離了都用了差不多了。
T：你認為中和完後，還會有其他的反應進行嗎？
A05：不會，都會停止了。

小結：雖然本小節所分析出來的學生在酸鹼概念的迷思概念並未增加許多，但在對學生學習成效的瞭解上，半結構式的晤談的確能提供教師及學習者對問題的回答及回答時的依據上，有更深一層的瞭解。在教學上，教師除了進行診斷式的二段式問卷，更可利用晤談的形式，來隨時獲得學生的迷思概念來源，並得隨時修正教學策略及教學技巧。在學生的學習上，可讓學生自我思考其所選擇選項的依據，並經由與教師之間的互動，闡述自己心中的想法，讓教師明白學生的心中想法，並由教師依此修正教學策略，以提高教學成效。

第五節延宕測驗結果及分析

一、整體答對率及概念模式結果及分析：

實驗 A 組的後測部份，有效樣本為 39 件，整體平均答對題數為 11.82 題，較後測下降 0.21 題，標準差為 5.505，答對率為 36.94%較後測下降了 0.64%，依表 4-73 各題組之第一層答對率來比較，以題 A、題 M、題 N 較佳，以題 B、題 D、題 F、題 G、題 I、題 K、題 L、題 P 尚佳；以第二層答對率來看，以題 M、題 N 較佳，以題 B、題 G、題 K 尚佳。學生在題 A、M、N 較容易表達的概念模式，以「氣體溶解度改變後酸鹼值的變化」、「酸鹼中和後的純水解離」中的第一、二層的表現較佳，學生選出的理由較接近科學模式。整體來說，除了題 F、題 H、題 J、題 K、題 L 在雙層有較後測的答對百分比為高之外，其餘各題的百分比有下降或維持的情形，顯示在後測進行後的一個月之後所進行的延宕測驗，學生在部分題型有概念迴歸的現象(見表 4-71)。

在實驗 B 組中的前測部份，有效樣本為 35 件，整體平均答對題數為 13.03 題，較後測下降 0.63 題，標準差為 6.423，答對率為 40.71%較後測下降了 2.15%，依表 4-72 各題組之第一層答對率來比較，以題 A、題 L、題 M、題 N 為較佳，而以題 E、題 G、題 H、題 I、題 K、題 P 尚佳，在第二層答對率來比較，以題 A、題 B、題 G、題 K、題 M、題 N、題 P 較佳，其餘都不佳。學生在題 A、G、K、M、N 為較容易表達的概念模式，以「硫酸與鹽酸的比較」、「氣體溶解度及 pH 值」、「導電度與解離度的比較」、「氣體溶解度改變後酸鹼值的變化」、「酸鹼中和後的純水解離」、「鹽類解離、導電情形」等較佳。再者，除了在題 C、題 H、題 K 有較後測為高的比率之外，其餘各題的雙層

答對百分比比較後測的比率低，顯示學生在後測實施完成後一個月，在部分的題型有概念迴歸的現象(見表 4-71)。

表4-71. 實驗 A 組及 B 組各題組延宕測驗中於第一、二層答對人數及百分比

	題 A	題 B	題 C	題 D	題 E	題 F	題 G	題 H
題型	硫酸與鹽酸比較	鹽酸解離	弱酸強鹼混合	鹼解離後稀釋	氣體溶解及酸鹼中和	雙質子及單質子酸(濃度)	氣體溶解度及 pH 值	強酸及弱鹼混合
第一層答對百分比(人數)	82.05 (32) # 82.86 (29) #	41.03 (16) 34.29 (12)	25.64 (10) # 34.29 (12) #	48.72 (19) 31.43 (11)	30.77 (12) 42.86 (15) #	41.03 (16) # 28.57 (10)	41.03 (16) 57.14 (20)	33.33 (13) # 40.00 (14) #
第二層答對百分比(人數)	23.08 (9) 42.86 (15)	33.33 (13) 40.00 (14)	20.51 (8) 28.57 (10) #	12.82 (5) 20.00 (7)	41.03 (16) 34.29 (12)	33.33 (13) # 34.29 (12)	41.03 (16) 60.00 (21)	23.08 (9) # 25.71 (9) #
	題 I	題 J	題 K	題 L	題 M	題 N	題 O	題 P
題型	弱酸解離再稀釋	純水解離溫度再上升	導電度與解離度	弱電解質解離情形	氣體溶解後酸鹼值之變化	酸鹼中和後的純水解離	命名之現象模式	鹽類解離、導電情形
第一層答對百分比(人數)	43.59 (17) 42.86 (15) #	30.77 (12) 25.71 (9)	56.41 (22) # 51.43 (18) #	56.41 (22) # 62.86 (22)	79.49 (31) 88.57 (31)	71.79 (28) 68.57 (24)	25.64 (10) 37.14 (13) #	56.41 (22) 54.29 (19)
第二層答對百分比(人數)	25.64 (10) # 17.14 (6)	10.26 (4) 17.14 (6)	46.15 (18) # 51.43 (18) #	30.77 (12) # 28.57 (10)	64.10 (25) # 57.14 (20)	61.54 (24) 65.71 (23)	28.21 (11) 34.29 (12)	28.21 (11) 42.86 (15) #

註：格內上方為實驗A組、格內下方為實驗B組 #：較後測高

二、各題組雙層答對率趨勢分析：

在實驗 A 組中，各題題組分別在前測、後測、延宕測驗之間的答對百分比的比較中，我們不難發現在實驗 A 組中，除了題組 I、J 之外，大部份的題型裡的「後測」成績有較「前測」的答對百分比有上升的現象。在延宕測驗與後測成績的比較中發現，在題組 A、B、D、E、G、J、O、P 中有「概念迴歸」的現象(如圖 4-4)；在題組 F、H、I、K、M、N 中，正確的概念比例有增加的趨勢。

在後測與前測的比較中(見表 4-72)，後測較前測的答對百分比為低的比例中，題型為酸液的稀釋及純水的解離。在酸液的稀釋中，學生在對弱酸的解釋中發現認為『溶質的分子數目固定，所以解離度固定』，而這與後測晤談的結果中的弱電解質解離的迷思概念之一有相同的現象。在純水於不同溫度下的解離討論其 pH 值中，發現學生傾

向解釋 pH 值與溫度的改變無關，這與後測晤談的結果中的 pH 值的迷思概念—『pH 值與溫度無相關』有相同的現象。由於這兩題的動態平衡觀念對於學生的接受程度較低，且經過晤談時，發現學生在選擇時，並無法深入地說明其選擇的原因。在後測與延宕測驗的比較中(見表 4-72)，在題組 A、B、D、E、G、J、O、P 中有「概念迴歸」的現象，相關的題型為硫酸與鹽酸的比較、鹽酸的解離、鹼解離後的稀釋、氣體溶解及酸鹼中和、氣體溶解度及 pH 值、純水在不同溫度下解離、命名之現象模式、鹽類解離及導電情形等。

而在實驗 B 組中，各題題組分別在前測、後測、延宕測驗之間的答對百分比的比較中，我們發現在實驗 B 組中，除了題組 D、H、J 的雙層答對百分比一樣及題組 K、O 的雙層答對百分比下降之外，大部份的題型裡的「後測」成績有較「前測」的答對百分比有上升的現象。在延宕測驗與後測成績的比較中發現，在題組 A、B、F、G、I、L、M、N 中有「概念迴歸」的現象(如圖 4-5)；在題組 C、E、H、J、K、O、P 中，正確的概念比例有增加的趨勢。

在後測與前測的比較中(見表 4-72)，後測較前測的答對百分比為低的比例中，題型為導電度與解離度的比較及命名現象模式的比較。在研究數據，若只單看第一層的答對百分比來比較，後測的確是較前測高的，但在雙層的答對人數百分比上，後測卻較前測來的低，以命名現象模式為例，其主要的原因在於學生在經過教學實施之後，學生對酸及鹼的判斷，改以化學式的符號為判斷依據的人數有增加的趨勢，雖然教材中有出現並強調有氫原子的不一定是酸，但未舉出這些異例的實例來挑戰學生的想法，使得學生停留在氫原子有可能為酸的想法；若以導電度及解離度的比較為例來看，其主要的原因在於學生

過分的依賴濃度為判斷依據，而忽略物質本身解離度的特性。

表4-72. 實驗 A 組及 B 組於前、後、延宕測驗中答對率比相較一覽表

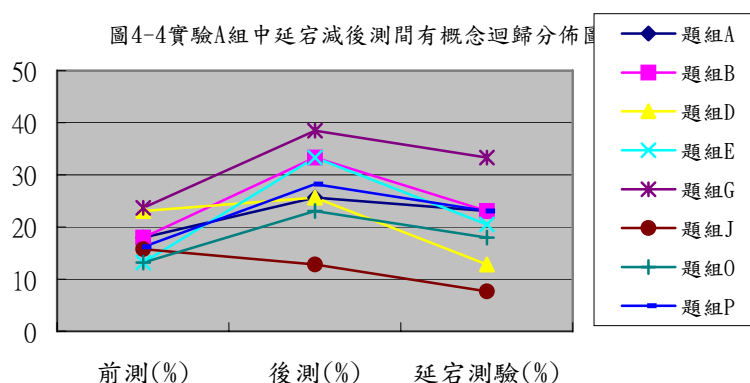
群組概念 類型	雙層皆對 百分比 題組編號	前測 (%)	後測 (%)	延宕 測驗 (%)	後測-前測 (%)	延宕-後測 (%)	教材提及之 概念群組
1 溶液酸鹼性 基本概念	A	17.95 40.00	25.64 48.57	23.08 37.14	7.69 8.57	-2.56 -11.43	◆ ✦
	O	13.16 31.43	23.08 22.86	17.95 28.57	9.92 -8.57	-5.13 5.71	
	平均	15.56 35.72	24.36 35.72	20.52 32.86	8.81 0	-3.85 -2.86	
2 解離 基本概念	B	17.95 14.29	33.33 48.57	23.08 22.86	15.38 34.28	-10.25 -25.71	◆
	K	31.58 45.71	35.90 28.57	41.03 40.00	4.32 -17.14	5.13 11.43	
	L	13.16 11.43	25.64 31.43	25.64 28.57	12.48 20	0 -2.86	
	P	16.22 17.14	28.21 22.86	23.08 34.29	11.99 5.72	-5.13 11.43	
	平均	19.73 22.14	30.77 32.86	28.21 31.43	11.04 10.72	-2.56 -1.43	
3 弱酸、弱鹼 之解離度變 化概念	D	23.08 20.00	25.64 20.00	12.82 17.14	2.56 0	-12.82 -2.86	✦
	I	18.42 17.14	15.38 20.00	17.95 17.14	-3.04 2.86	2.57 -2.86	
	平均	20.75 18.57	20.51 20.00	15.39 17.14	-0.24 1.43	-5.13 -2.86	
4 酸鹼中和 概念	C	10.26 5.71	15.38 17.14	15.38 25.71	5.12 11.43	0 8.57	◆ ✦
	H	7.89 11.43	17.95 11.43	20.51 25.71	10.06 0	2.56 14.28	
	N	26.32 51.43	48.72 65.71	58.97 54.29	22.4 14.28	10.25 -11.42	
	平均	14.82 22.86	27.35 31.43	31.62 35.24	12.53 8.57	4.27 3.81	
5 氣體溶解之 酸鹼概念	E	13.16 14.29	33.33 20.00	20.51 34.29	20.17 5.71	-12.82 14.29	
	G	23.68 34.29	38.46 62.86	33.33 54.29	14.78 28.57	-5.13 -8.57	
	M	26.32 57.14	51.28 62.86	53.85 57.14	24.96 5.72	2.57 -5.72	
	平均	21.05 35.24	41.02 48.57	35.90 48.57	19.97 13.33	-5.13 0.00	
6 酸鹼強度與 氫離子濃度 概念	F	13.16 31.43	23.08 45.71	28.21 42.86	9.92 14.28	5.13 -2.85	✦
	J	15.79 14.29	12.82 14.29	7.69 17.14	-2.97 0	-5.13 2.85	
	平均	14.48 22.86	17.95 30.00	17.95 30.00	3.48 7.14	0.00 0.00	

註：格內上方為A組、格內下方為B組、◆：實驗A組提及內容、✦：實驗B組提及內容

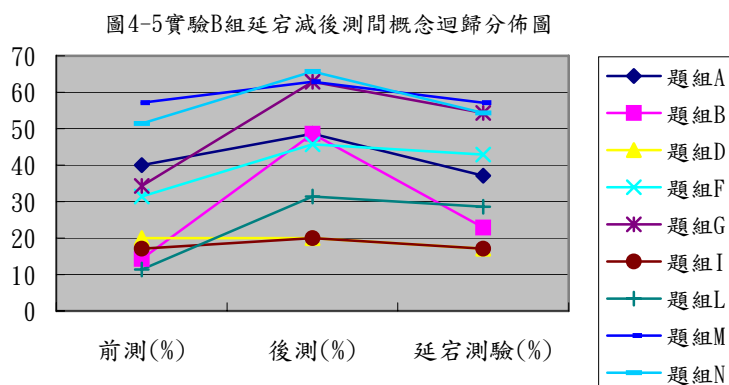
同樣地在表 4-72 中，我們可以看到實驗 A 組及實驗 B 組在不同的教材實施後，在 A 組教材使用的群組概念有溶液酸鹼性基本概念、解離基本概念、酸鹼中和概念等，在表 4-72 所示，由後測與前測的比較中可以發現 A 組在溶液酸鹼性基本概念、解離基本概念、酸鹼中和概念等群組中，其答對率進步程度的表現較 B 組來得佳，在延宕測驗與後測的比較中可以發現 A 組的同學產生概念迴歸的現象亦較 B 組明顯，顯示同學產生正確概念維持現象的比例較不高。而在 B 組中所使用的教材有溶液酸鹼性基本概念、酸鹼中和概念、酸鹼強度與氫離子濃度概念及酸鹼中和概念等，在表 4-72 中所示，由後測與前測的比較中可以發現 B 組僅在弱酸、弱鹼之解離度變化概念、酸鹼強度與氫離子濃度概念等群組中，其答對率進步程度的表現較 A 組來得佳，在延宕測驗與後測的比較中可以發現 B 組的同學產生概念迴歸的現象亦較 A 組不明顯，顯示同學產生正確概念維持現象的比例較 A 組高。因此，我們可以發現在題組的內容上，有涉及到較抽象的，有較複雜的概念時，學生的概念學習較不佳，或是正確概念維持的時間不象，亦產生概念迴歸的現象，而這與邱美虹(2000)指出在科學教學中，其概念學習困難的原因其中的概念本身是抽象的及複雜的，有一致性的結果。

在後測與延宕測驗的比較中(見表 4-72)，在題組 A、B、F、G、I、L、M、N 中有「概念迴歸」的現象，相關的題型為硫酸與鹽酸的比較、鹽酸的解離、雙質子酸及單質子酸的比較、氣體溶解度及 pH 值、弱酸的解離與再稀釋、弱電解質的解離情形、氣體溶解度改變後酸鹼值的變化、酸鹼後的純水解離等。在實驗 A 組中的各題題組分別在前測、後測、延宕測驗之間的答對百分比的比較中，我們發現在題組 A、B、D、E、G、J、O、P 中有「概念迴歸」的現象(如圖 4-4)；在題組 F、H、I、K、M、N 中，正確的概念比例有增加的趨勢。而題組 J 是以

溫度來判斷純水中的 pH 值高低，在本研究的實驗教材並未涉及到此一單元的概念，因此學生的答對率，受其他概念的影響而下降。



而在實驗 B 組中，各題題組分別在前測、後測、延宕測驗之間的答對百分比的比較中，我們發現在題組 A、B、F、G、I、L、M、N 中有「概念迴歸」的現象(如圖 4-5)；在題組 C、E、H、J、K、O、P 中，正確的概念比例有增加的趨勢。題組 B 在延宕測驗時下降的程度相當大，選擇第二多的是認為鹽酸的解離是分子及離子同時存在，其選項是鹽酸會完全溶解形成帶電的氫及氯的粒子，因電性相反相互吸引結合形成分子，但形成帶電粒子的速率大於分子結合的速率，使在水中大部分是氯及氫的粒子。由此推論，B 組的同學在接受後測之後，適逢國三的課程進行到靜電單元的教學，使學生有著不適合的學習遷移的情況發生。



三、單組後測、延宕測驗之顯著性分析：

在第參章的研究假設有提到，後測及延宕測驗之間的虛無假設及統計假設計：

- 虛無假設 H_0 ：

- 1、實驗 A 組的後測與延宕測驗的概念變化沒有差異。

- 2、實驗 B 組的後測與延宕測驗的概念變化沒有差異。

- 統計假計 H_1 ：

- 1、實驗 A 組的後測與延宕測驗的概念變化有差異。

- 2、實驗 B 組的後測與延宕測驗的概念變化有差異。

因此研究者將實驗 A 組及實驗 B 組的前、後測的相關數據陳列在

表 4-73 中：其中 $H_0: \mu_1 = \mu_2$ ； $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$

查表後， $\alpha=0.05$ ，以 SPSS 軟體進行成對樣本 t 分配之雙尾檢定，而實驗 A 組的自由度為 38(df=39-1)，其臨界值為 $t=\pm 2.021$ ，而 t 分配計算值為 $-0.314 > -2.021$ ，無法拒絕 H_0 ，因此接受 H_0 ，即後測與延宕測驗之間，學生答對率未達顯著差異，其 $p=0.756 > 0.05$ 亦未達顯著水準。同樣地，在實驗 B 組中的自由度為 34(df=35-1)，其臨界值為 $t=\pm 2.021$ ，而 t 分配計算值為 $-0.818 > -2.021$ ，因此接受 H_0 ，即後測與延宕測驗之間，學生答對率未達顯著差異，其 $p=0.419 > 0.05$ 亦未達顯著水準(見表 4-73)。

表4-73. 實驗 A 組及 B 組之組內延宕測驗減後測答對率之差異性檢定表

	成對變數差異					t	自由度	顯著性 (雙尾)
延宕－後測 答對率(%)	平均數	標準差	平均數的 標準誤	差異的 95%信賴區間				
				下界	上界			
實驗 A 組	-0.006	0.128	0.020	-0.048	0.035	-0.314	38	0.756
實驗 B 組	-0.020	0.142	0.024	-0.068	0.029	-0.818	34	0.419

雖然在圖 4-4 及圖 4-5 中，可看到學生在部份的題組中發生了概

念迴歸的比例，但由上表 4-73 可知，自後測至延宕測驗之間，兩組學生的概念變化未達顯著水準，表示學生在這段時間中，無論是概念迴歸或概念修正皆未能達顯著水準，亦說明了在教學實施後的一個多月的時間裡，學生在本研究的概念改變的發生並未達顯著性。

四、兩組組間於延宕測驗減後測測驗答對率之分析比較：

如下表 4-74 所示，兩組之組間差異以 SPSS 軟體進行檢定，兩組在後測與前測的答對率差值(後測－前測)其平均值為 A 組 0.006、B 組 0.020，變異數同質性的 Levene 檢定未達顯著 ($F=0.271$ ， $p=0.605>0.05$ ，n.s.)，表示兩樣本的離散情形並無明顯差別。而由假設變異數相等的 t 值與顯著性考驗，發現結果並未達顯著，兩組實驗組的學生們在實驗課程實施後，在兩組之間的比較並未達顯著差異 ($t_{(72)}=0.422$ ， $p=0.674>0.025$ ，n.s.)。

表4-74. 實驗 A 組及 B 組之組間延宕測驗減後測答對率之差異性檢定表

		變異數相等的 Levene 檢定		平均數相等的 t 檢定						
		F 檢定	顯著性	t	自由度	顯著性 (雙尾)	平均數異	標準誤差異	差異的 95% 信賴區間	
									下界	上界
後測減前測	假設變異數相等	0.271	0.605	0.422	72	0.674	0.013	0.031	-0.049	0.076
	不假設假設變異數相等			0.420	68.818	0.676	0.013	0.032	-0.050	0.076

由上所述可知，兩組實驗組的學生們在實驗課程實施後，在兩組組間的延宕測驗答對率與後測答對率之間的比較並未達顯著差異。代表的意義是整體的來看學生不因教材的不同，而使概念迴歸的程度有差異。雖然組間的差異不明顯，但由表 4-72 可知，教材的不同的確仍會影響同學在不同概念群組的學習。

第六節延宕晤談結果分析及與後測晤談間之比較

由於研究者在訪談十二位學生之後，有對本研究中的半結構式的晤談題綱中，進行觀念澄清及標準答案的說明，因此部份的題綱的表現有較後測晤談為佳，但仍有觀念迴歸或是既有概念固著的現象。由於晤談的學生採取自願參加的方式，又適逢後測晤談時間為寒假下午時間，許多學生參加課後補習不克參加，因此晤談的學生成就較無法控制其分配的比例。在下表 4-75 中，是指在不同的學生中，其在各題綱後測訪談及延宕訪談之間概念改變情形的一覽表，其中成就等級之低、中、高成就是以學生在該班的理化科學業成績的後三分之一、中間三分之一及前三分之一來做區別。

表4-75. 後測-延宕測驗訪談之間學生概念改變情形一覽表

	學生成就	低成就				中等成就				高成就				教材提及之概念
概念類型	學生代號 題綱	A06	A04	B04	A05	A02	A01	A03	B02	B05	B01	B06	B03	
1 溶液酸鹼性基本概念	一	○	●	○	○	○	▲	▲	◎	○	○	○	○	◆ ✦
	四	▲	▲	●	●	▲	●	▲	●	●	◎	◎	◎	
	七	●	●	●	●	●	▲	●	●	○	○	◎	●	
2 解離基本概念	八	●	●	●	●	●	●	●	●	○	●	●	◎	◆
	九	◎	◎	●	◎	◎	○	◎	◎	◎	◎	○	◎	
	十	◎	◎	◎	◎	◆	●	●	◎	◎	◎	◎	◎	
3 弱酸、弱鹼之解離度變化概念	六	●	▲	●	●	●	▲	○	●	●	▲	▲	●	✦
4 酸鹼中和概念	三	▲	●	▲	●	●	●	▲	●	●	●	●	●	◆ ✦
5 氣體溶解之酸鹼概念	五	○	◎	●	○	○	◎	○	○	◎	◎	●	◎	
	十二	●	●	●	●	●	●	▲	▲	●	▲	▲	●	
6 酸鹼強度與氫離子濃度概念	二	●	●	●	●	●	○	○	◎	○	◎	◎	◎	✦
	十一	●	▲	●	●	●	○	●	●	▲	▲	○	○	
	十三	◆	◆	◆	●	◎	◎	◎	◎	○	◎	◎	○	

註：◎：正確概念的維持、○：迷思概念修正為正確概念、●：迷思概念的維持、

▲：迷思概念類型的改變、◆：迷思概念的迴歸 ◆：實驗 A 組提及內容、✦：實驗 B 組提及內容

由上表 4-75 中的研究發現，在不同的題型中，學生在後測訪談與延宕測驗之間的表現相當不一致，在題綱一、五、九、十中，有較多的學生是具有正確的概念的，其中題綱九、十是指不同酸性的溶液中導電的程度、及鹽酸的解離情形，而這四條可視為較基本的題綱。而迷思概念迴歸的題綱主要是在於題綱十三及十，而題綱十三是指酸鹼中和後水溶液是否具氫離子，由於本研究的教材有特別提供此一概念，因此大部分的同學在後測時，其回答的答案是正確的，但經過六週的時間，可能學生會遺忘這一個題綱的正確概念，而產生概念迴歸的現象。至於其餘各題的表現是不一的，為了深入瞭解各題的表現情形，研究者分別就各概念類型及各小題的答題及說明情形來探討：

一、溶液酸鹼性基本概念

(一)、題綱一：

本題綱中的題意「究竟酸、鹼的性質是什麼」，旨在探討學生在物理現象及化學現象中，對酸鹼性質的判斷。在十二位學生的訪談中，有九位選擇了正確的答案，有三位認為有些選項說的是對的，其中有一位同學是屬於正確概念維持的現象，有八位同學是屬於原有迷思概念改變為正確概念的現象，有三位同學是屬於迷思概念維持或是改變其原有選項的現象。

《題綱一之晤談節錄》

1、 原有迷思概念改變為正確的概念：

有八位同學將其原有的迷思概念改變為正確概念的現象，因為題綱中的說明皆是屬於同學們容易誤判的看法，但經後測晤談後，研究者曾檢討正確的答案，在十二位同學中有多數的同學即獲得了修正，並能維持正確概念的人數有八位。B06 的同學回答為例：

後測時：

T：你沒有選乙，所以你認為乙是對的，為什麼？

B06：就算是醋酸也有毒性啊！

．．．

T：那戊呢？你為什麼認為它是對的？

B06：都會，要看解離程度的大小，那要看醋酸就沒有解離出那麼多，然後硫酸及鹽酸就會全部解離。但是都會解離。

．．．

T：至於庚，你認為酸與鹼都會有腐蝕性嗎？

B06：如果是弱酸的話，在濃度很強的時候也會有腐蝕性。

T：所以你認為是濃度造成的程度上差異嗎？

B06：是的。

延宕測驗時：

T：你認為那些同學說的不是事實？

B06：甲乙丙丁戊己庚。

T：甲的原因是什麼？

B06：不一定啊，例如：醋酸及氫氧化銨就是弱的。

T：乙的原因是什麼？

B06：不一定，例如：醋酸就是沒有毒性的。

T：丙呢？

B06：不一定啊，像酒精就不是鹼性。

T：丁呢？

B06：不一定，像弱酸及弱鹼就不會灼傷。

T：戊呢？

B06：不一定啊，像弱酸及弱鹼就不會完全解離。

T：己呢？

B06：不一定，像像弱酸及弱鹼比較沒有刺激味。

T：庚呢？

B06：不一定，像醋酸是弱酸就不具腐蝕性。

2、迷思概念的維持：

有三位同學有迷思概念維持的現象，這些同學主要是低成就的學生為主，這些同學們的做法通常是以直覺來做為其判斷的依據。以 A04 的同學回答為例：

後測時：

T：在第一題中，這七位同學那一位說的不是事實？

A04：甲、乙。

T：甲的原因是為什麼？

A04：酸跟鹼都還有弱酸和弱鹼。

T：乙的原因是什麼？

A04：有的可能會沒有毒性。

T：你認為丙說是事實的原因是什麼？

A04：因為有氫的應該是酸，有氫氧的就是鹼。

T：你認為丁說是事實的原因呢？

A04：因為酸、鹼會灼傷，像是實驗時碰到時，就要趕快沖水。

T：你認為戊的原因是什麼？

A04：因為有氫的應該是酸，有氫氧的就是鹼。

T：你認為己原因呢？

A04：因為它們都會有味道。

T：是什麼味道？

A04：很難聞的味道。

T：那麼呢？

A04：因為它們會腐蝕東西。

T：會腐蝕什麼？

A04：像洗廁所的時候，用鹽酸可以把污垢腐蝕掉。

延宕測驗時：

T：在第一題中，這七位同學那一位說的不是事實？

A04：甲、乙。

T：為什麼？

A04：甲：酸跟鹼有可能有弱酸和弱鹼的存在；乙：不一定有毒性。

T：其他的都是事實嗎？

A04：應該是吧。我也不太知道。

(二)、題綱四：

這題的選項共有十個不同的物質提供選擇分類，在分成三類的過程中，請同學回答為何分類的依據。在十二位學生的訪談中，有三位選擇了正確的答案，有三位同學是屬於部分為正確概念與迷思概念綜合的類型現象，例如在其他選項判斷時是正確的，但在硝酸鉀的判斷上會認為是鹼性的，另有三位同學是屬於迷思概念類型改變的現象，有三位同學是屬於原有迷思概念維持的現象。

《題綱四之晤談節錄》

1、中性概念的澄清概念：是【 H^+ 】=【 OH^- 】

有學生認為物質會解離出氫離子是呈酸性、會解離出氫氧根離子的物質是鹼性物質，而中性是兩種離子的濃度會相等。以 B02 學生的回答為例：

後測時：

T：為什麼你會這樣做分類？

B02：酸性的是含氫離子，硫酸有氫離子；食用醋是包含醋酸，所以有包含氫離子；壬是氨水也有氫離子。中性是都不會產生。鹼性是有氫氧離子。

延宕測驗時：

T：為什麼你會這樣做分類？

B02：酸性物質的是會解離出氫離子；鹼性是會解離出氫氧離子；中性：是氫離子與氫氧離子的濃度會相同。

2、新類型迷思概念的出現：學生認為硝酸鉀可中和土壤酸性，所以是鹼性。

有學生認為硝酸鉀是鹼性的，是因為學生認為硝酸鉀可中和土壤酸性，可能的原因是來自於教科書，以部編版(民 91)第三冊理化教科書及康軒版(民 92)的教科書為例，在涉及到硝酸鉀的使用時，是將硝酸鉀當成鉀肥加入土壤中使用，而另有草木灰(碳酸鉀)加入土壤中以中和酸性，而這兩種敘述在課本的前後出現，使得學生可能將兩種訊息來源錯置，誤將硝酸鉀當成碳酸鉀來使用，因此才會衍生出這類的迷思概念。以 B02 及 B01 學生的回答為例：

延宕測驗時

T：那硝酸鉀為什麼是鹼性的？

B02：因為它好像可以加在土壤中，中和酸性。

T：你確定你記的沒有錯嗎？

B02：不確定，課本好像是這樣說。

T：那你為什麼認為硝酸鉀是鹼性的呢？

B01：印象中它好像會與土地中和酸性。

3、迷思概念類型的轉變：由強度的分類判斷至名稱模式。

有學生原本認為酸、鹼物質的酸鹼判斷中，是以強度的強弱來判斷物質的酸鹼性，但在延宕測驗中的晤談中，卻認為是以物質的名稱中是否具有酸字、氫氧字，及化學式是否具有 H、OH 來判斷物質的酸鹼性。以 A04 學生的回答為例，是具有兩種迷思概念類型交互使用的現象：

後測時

T：在第四題中，那些是酸性物質？

.

T：你的分類依據？

A04：是看它們的解離，看它們有沒有解離出氫跟氫氧根離子。

T：還有嗎？

A04：要不然就是看它們的強度一樣或不一樣，看它們是不是酸或鹼。

延宕測驗時

T：在第四題中，那些是酸性物質？(迷思概念的轉變)

.

T：你的分類依據呢？

A04：是看它們有沒有氫以及氫氧離子。

T：是看化學式嗎？
A04：有，也有看它們的名稱。

4、迷思概念的維持：名稱模式的維持。

有同學在原本認為酸、鹼物質的酸鹼判斷是以物質的名稱及化學式來判斷物質的酸鹼性，而延宕測驗中的晤談中，卻仍認為是以物質的化學式是否具有 H、OH 來判斷物質的酸鹼性。以 B04 學生的回答為例：

後測時

T：你的判斷的依據是什麼？
B04：式子中有 H 及有 OH 來判斷。
T：有 H 的是什麼？
B04：酸。
T：有 OH 的呢？
B04：鹼性。

延宕測驗時

T：在第四題中，你的判斷的依據是什麼？
B04：用有 H 是酸，及有 OH 是鹼的來判斷。
T：你指的是化學式中的 H 及 OH 嗎？
B04：是的。
T：那中性的特徵呢？
B04：都沒有吧。

(三)、題綱七：

在題綱七中，有七項物質在溶於水後，詢問受試者各物質的酸性、鹼性的分類，但其中有三項物質是不能溶於水的。因此，在十二位學生的訪談中，有三位選擇了正確的答案，其中有一位同學是屬於正確概念維持的現象，有二位同學是屬於原有迷思概念改變為正確概念的現象，有八位同學是屬於迷思概念維持的現象，其中具有迷思概念的同學中，有三位認為硫會溶於水，原因在於其生活經驗中有接硫磺溫泉，因此認為硫會溶於水，而呈現酸性。

《題綱七之晤談節錄》

1、有迷思概念改變為正確的概念：

在十二位學生的訪談中，有二位同學是屬於原有迷思概念改變為正確概念的現象。在本題的設計中，有部分的物質不溶於水，因

此判斷上要注意是否能溶於水才能判斷酸鹼性，因此有二位同學做

出修正成正確概念的看法，以 B05 的同學回答為例：

後測時

T：在第七題中，那些是酸性？

B05：丁、戊、庚。

T：鹼性的呢？

B05：乙。

T：你是如何選出這幾個為什麼是酸？

B05：我認為。

T：那你認為的依據是什麼？

B05：是用以前學到的印象來判斷的。

T：還有要補充的嗎？

B05：應該沒有。

延宕測驗時

T：在第七題中，那些是酸性？(修正成正確的科學概念)

B05：戊、庚。

T：鹼性的呢？

B05：乙、甲。

T：你是如何選出這幾個為什麼是酸？

B05：會有氫離子解離出來。

T：那鹼的呢？

B05：氫氧離子會解離出來。

T：丙、丁、己不選的原因是什麼？

B05：因為不溶於水。

2、迷思概念的維持：

在十二位學生的訪談中，有八位同學是屬於迷思概念維持的現象，其中具有迷思概念的同學中，有三位認為硫會溶於水，原因在於其生活經驗中有接硫磺溫泉，因此認為硫會溶於水，而呈現酸性。

以 A04 的同學回答為例：

後測時

T：在第七題中，那些物質溶於水是酸性？

A04：丁、戊。(硫、二氧化硫)

T：那些物質溶於水是鹼性？

A04：甲、乙、丙、己、庚。(鈉、氧化鈉、銅、碳、二氧化碳)

T：為什麼？

A04：因為直覺上應是這樣子，沒有特別的想法。

延宕測驗時

T：在第七題中，那些物質溶於水是酸性？(迷思概念的維持)

A04：丁、戊。(硫、二氧化硫)

T：為什麼？

A04：因為酸是會有氫離子的。

T：那些物質溶於水是鹼性？

A04：甲、乙。(鈉、氧化鈉)

T：為什麼？

A04：因為鹼是會有氫氧離子的。

.

T：那硫為什麼會溶於水？

A04：因為硫溶於水，會產生溫泉，所以呈酸性。

二、解離基本概念：

(一)、題綱八：

在題綱八中，有五項物質提供選項，其中碳酸鈣是難溶鹽類，另有硫酸、鹽酸、氫氧化鈉、氯化鈉等，欲詢問學生對於溶液的電中性、是否解離及正負離子是否相同的問題。在十二位學生的訪談中，有二位選擇了正確的答案，其中有一位同學是屬於正確概念維持的現象，有一位同學是屬於原有迷思概念改變為正確概念的現象，另有十位同學是屬於迷思概念維持的現象，在迷思概念類型的學生中，有許多學生誤判碳酸鈣也溶於水，因此這三小題的選項中，可能會部分包含碳酸鈣，部分則否。

《題綱八之晤談節錄》

1、原有迷思概念改變為正確的概念：

在十二位學生的訪談中，有二位選擇了正確的答案，其中有一位同學是屬於正確概念維持的現象，有一位同學是屬於原有迷思概念改變為正確概念的現象，其在物質溶於水後的判斷中將選項做了修正。以 B05 的同學回答為例：

後測時

T：第八題呢？

B05：全都有。

T：那些物質在水中會解離出離子？

B05：全部都有吧(不太確定)。

T：那些的正、負離子數目相同？

B05：甲。

T：那你認為在這一題中，所有的東西都可以溶嗎？

B05：呃！都會。

T：那這題中你的判斷依據是什麼？

B05：我覺得的。

. . . 略

延宕測驗時

T：第八題呢？(修正成正確的科學概念)

B05：甲、乙、丙、戊。

T：為什麼？
B05：除了丁，只要是溶於水就是電中性。
T：那些物質在水中會解離出離子？
B05：甲、乙、丙、戊。
T：為什麼？
B05：電解質只要溶於水就會解離。
T：那些的正、負離子數目相同？
B05：甲、丙、戊。
T：為什麼？
B05：乙的氫離子會有兩個、但硫酸離子只有一個。

2、迷思概念的維持一：(部分維持)

在十位同學是屬於迷思概念維持的現象中，有部分同學仍不考慮碳酸鈣的難溶特性，在第一小題中仍認為是其會溶於水，其他的部分已修正為正確的概念。以 A04 的同學回答為例：

後測時

T：在第八題中，那些是物質是具有電中性？
A04：全部都是。
T：那些會解離出離子？
A04：都會。
T：那些物質的正離子數目與負離子相同？
A04：只有戊。
T：為什麼？
A04：直覺上戊是相同的。
T：你認為碳酸鈣會溶於水中嗎？
A04：碳酸鈣會吧！

延宕測驗時

T：在第八題中，那些是物質是具有電中性？(部份迷思概念的維持，部分修正成正確概念)
A04：全部都是。
T：那些會解離出離子？
A04：甲乙丙戊。
T：那些物質的正離子數目與負離子相同？
A04：甲丙戊。
T：為什麼丁(碳酸鈣)的溶液是電中性？
A04：只要是物質它都是電中性的。
T：你認為碳酸鈣會溶於水中嗎？
A04：碳酸鈣會吧！
T：會解離出離子的原因是什麼？
A04：因為是電解質。
T：為什麼甲丙戊的正負離子數目相同？
A04：因為乙的硫酸根只有 1 個，氫離子有 2 個，是不一樣的，其他的都一樣。

3、迷思概念的維持二：

在十位同學是屬於迷思概念維持的現象中，仍有同學不考慮碳酸鈣的難溶特性，在三個小題中仍認為是其會溶於水，與後測晤談

中相同，但經研究者的提問後，將碳酸鈣的選項刪除。以 B06 的同

學回答為例：

後測時

T：第八題呢？

B06：全都是。

T：那些物質在水中會解離出離子？

B06：全都是。

T：那些的正、負離子數目相同？

B06：甲丙丁戊。

T：你的判斷依據呢？

B06：不管酸、中、鹼的溶液，都應該是電中性。

T：是否都會產生離子呢？

B06：全部都是電解質。

．．．略

延宕測驗時

T：第八題呢？(迷思概念的維持)

B06：全都是。

T：為什麼？

B06：因為這些都是電解質，故均呈電中性。

T：那碳酸鈣是電解質嗎？

B06：它好像不能溶解於水。

T：那它是電解質嗎？

B06：不是，那要把丁劃掉。

T：第 2 小題中，物質在水中會解離出離子？

B06：只有丁不是。(把丁劃掉)

T：為什麼？

B06：因為電解質在水中都會解離，而丁不是。

T：第 3 小題中，那些正、負離子數目相同？

B06：甲丙戊。(把丁劃掉)

T：為什麼？

B06：1 莫耳的甲解離成 1 莫耳的 Na^+ 及 Cl^- ，數目相同，以此類推，丙戊相同的看法，但是乙是 H_2SO_4 ，它會解離出 2 莫耳的 H^+ 及 1 莫耳的 SO_4^{2-} 。

(二)、題綱九：

本題的題意是測試兩杯鹽酸及醋酸的水溶液，在同濃度下的導電時何者會使燈泡較亮。在十二位學生的訪談中，有十一位選擇了正確的答案，其中有九位同學是屬於正確概念維持的現象，有二位同學是屬於原有迷思概念改變為正確概念的現象，有一位同學是屬於迷思概念維持的現象。

《題綱九之晤談節錄》

1、原有迷思概念改變為正確的概念：

在十二位學生的訪談中，有二位同學是屬於原有迷思概念改變

為正確概念的現象，原本其認為醋酸的離子數比鹽酸多，在延宕晤

談中修正為鹽酸較多。以 A01 的同學回答為例：

後測時

T：在第 9 題中，哪一個燈泡會比較亮？

A01：醋酸。

T：為什麼？

A01：因為醋酸的離子比較多。

T：為什麼醋酸的離子比鹽酸多？

A01：不太知道，就是知道比較多。

延宕測驗時

T：在第 9 題中，哪一個燈泡會比較亮？(修正成正確的概念)

A01：鹽酸。

T：為什麼？

A01：因為鹽酸是強酸，它的離子會比較多。

T：為什麼？

A01：因為它會完全解離，可以幫助導電。

2、迷思概念的維持：

在十二位同學有十一位同學已有正確的科學概念，卻只有一位同學是屬於迷思概念維持的現象，他認為只要濃度一樣，其導電程度也要一樣，以 B04 的同學回答為例：

後測時

T：第九題的答案呢？

B04：一樣亮。

T：為什麼？

B04：因為濃度相等。

延宕測驗時

T：第九題的答案呢？(迷思概念的維持)

B04：一樣亮。

T：為什麼？

B04：因為濃度都一樣。

(三)、題綱十：

本題為作圖題，是要瞭解學生在強電解質溶於水中後及通電之後的粒子分佈情形。在十二位學生的訪談中，有九位選擇了正確的答案，且是屬於正確概念維持的現象，有二位同學是屬於迷思概念維持的現象，有一位同學有概念迴歸的現象。

《題綱四之晤談節錄》

1、原有正確概念迴歸為迷思概念：

在十二位學生的訪談中，有一位同學有概念迴歸的現象，他在延宕晤談中認為鹽酸在解離時會有一對一對的分子產生，與其在後測晤談中有概念迴歸的現象。以 SA02 的同學回答為例：

後測時

T：第十題，解離出來的現象為何？

SA02：是有連在一起的分子，還有分開的離子。

T：為什麼？

SA02：都有吧！會跑來跑去。

T：通電後呢？

SA02：會分開，氫離子會向負極，氯離子會向正極。

延宕測驗時

T：第十題，解離出來的現象為何？(概念迴歸)

A02：是一對一對的分子。

T：為什麼？

A02：因為還沒有通電。

T：通電後呢？

A02：通電後，正離子會往負極，負離子會往正極，而且會在電極附近聚集。

2、迷思概念的維持：

在十二位學生的訪談中，有二位同學是屬於迷思概念維持的現象，即是認為鹽酸是強電解質會完全解離，但其在畫圖上仍是將氯化氫分子畫出來，其認為還是有部分的氯化氫分子會形成。以 A03 的同學回答為例：

後測時

T：在第十題，請你劃出鹽酸在水中的分佈狀態。

A03：有水分子，有氫離子、氯離子，有氯化氫分子。

T：你剛剛提到鹽酸是強酸，又知道它的解離度很強。那這樣子可以代表它是強酸嗎？

A03：我可以把氫離子、氯離子劃多一點。

T：若將這杯溶液通電，請問它們的分佈情形？

A03：H 會向負極，Cl 會向正極。

T：這時候，它們會完全解離了嗎？

A03：是的。

T：會停在這個位置嗎？

A03：不會，會留在上面。

延宕測驗時

T：在第十題，請你畫出鹽酸在水中的分佈狀態。(迷思概念的維持)

A03：因為它是強電解質，所以會解離得多，會有水分子、氫離子、氯離子，還有一點點的氯化氫(分子)。

T：你說鹽酸是強電解質，為什麼它還會有分子的氯化氫存在？

A03：總是會有那麼一點吧。

T：若將這杯溶液通電，請問它們的分佈情形？

A03：正離子會向負極，負離子會向正極。

T：這時候，還會有分子嗎？
A03：不會。

三、弱酸、弱鹼之解離度變化概念

●題綱六：

在十二位學生的訪談中，有一位選擇了正確的答案，是因為將其原有迷思概念改變為正確概念的現象，有四位同學是屬於迷思概念類型改變的現象，有七位同學是屬於迷思概念維持的現象。

《題綱六之晤談節錄》

1、原有迷思概念改變為正確的概念：

在十二位學生的訪談中，有一位選擇了正確的答案，是因為將其原有迷思概念改變為正確概念的現象，其考量到在稀釋時濃度的變化，會影響整個反應的平衡，據晤談的結果得知學生是因為在國三階段，於複習相關題目時有看到相類型的題型，因此學會了判斷。以

A03 的同學回答來看：

後測時

T：第五題中，同樣壓力下的二氧化碳在那一杯溶液中溶解的比較多？

A03：一樣多。

T：為什麼？

A03：因為壓力一樣，它們就一樣多。

延宕測驗時

T：在第六題中，醋酸分子在不同量的水中，那一杯解離出來的比較多？(修正為正確的概念)

A03：在 200 毫升中的比較多。

T：為什麼？

A03：溶劑加量後，濃度變小，平衡向右移，使解離的粒子會增加。

T：你是從何知道的？

A03：是在複習理化時，有看到類似的題目。

2、迷思概念的維持：

在十二位學生的訪談中，有四位同學是屬於迷思概念類型改變的現象，是選項的選擇有所不同，在後測時是認為稀釋後空間變大，所以解離度會變大，但還是迷思概念的類型；有七位同學是屬於迷思概念維持的現象，以上的同學大都屬於認為稀釋前後，因為醋酸分子的

數目不變，所以解離度不變。以 B06 的同學回答為例：

後測時

T：第六題的答案呢？

B06：一樣。

T：為什麼會一樣多？

B06：因為它只有 100 個醋酸分子，所以跟水應該沒有關係。

延宕測驗時

T：第六題的答案呢？(迷思概念維持)

B06：一樣。

T：為什麼會一樣多？

B06：因為醋酸它的分子有 100 個是不變的。

四、酸鹼中和概念

●題綱三：

在十二位學生的訪談中，有一位同學是利用鹽類的水解來作做出正確的解釋，但其餘的同學未能完全選擇正確的答案，雖有同學在部分小題中選出了對的選項，但其理由具有部份的迷思概念，全部的同學是屬於將其原有迷思概念繼續維持的現象，雖有同學兩次的選項不同，但其判斷的理由仍是相同類型的迷思概念，顯示在後測與延宕測驗之間，同學在酸鹼中和的判斷上，仍是以酸與鹼的強弱來判斷中和後溶液的酸鹼性。在第二小題，針對酸鹼中和是否為放熱反應，全部的同學都選擇了正確的回答，並具有正確的概念。

《題綱三之晤談節錄》

1、原有迷思概念改變為正確的概念：

在十二位學生的訪談中，有一位同學是利用鹽類的水解來作做出正確的解釋，以 B06 的同學回答例：

後測時：

T：第三題中有四個小題，你的答案分別是什麼呢？

B06：在第 1 題是中性。

T：為什麼？

B06：因為它們已經酸鹼中和了，所以是中性。

T：混合後的溫度會如何變化呢？

B06：混合後會升高。

T：為什麼？

B06：因為是酸鹼中和會放熱。

T：第 3 小題呢？

B06：中性。

T：為什麼？

B06：因為酸鹼中和後，當然是中性。
T：第 4 小題呢？
B06：是中性。
T：為什麼？
B06：還是一樣，因為酸鹼中和了，然後就是中性。
T：這幾題中你的判斷是什麼？
B06：因為變色了嘛，而且酸鹼中和已經完成了，所以應該是中性。

延宕測驗時：

T：第三題中有四個小題，你的答案分別是什麼呢？
B06：在第 1 題是酸性。
T：為什麼？
B06：因為解離後的醋酸鈉會解離出氫離子。
T：為什麼醋酸鈉會離出氫離子？
B06：因為醋酸根離子會與水產生反應，產生氫離子。
T：醋酸根離子與水分子解離出來的 H^+ 及 OH^- 中，會與那一個反應，產生什麼產物？
B06：．．應該是 H^+ ，產生醋酸。
T：會有什麼離子產生出來？
B06：會剩下氫氧離子。
T：酸鹼性為何呢？
B06：會呈現鹼性。
T：在第 2 小題中，混合後的溫度會如何變化呢？
B06：混合後會升高。
T：為什麼？
B06：因為是酸鹼中和為放熱反應。
T：第 3 小題呢？
B06：中性。
T：為什麼？
B06：因為混合後， $NaCl$ 水溶液為中性。
T：第 4 小題呢？
B06：是酸性。
T：為什麼？
B06：混合後，產生碳酸，所以呈酸性。
T：這幾題中你的判斷是什麼？
B06：要看到它們鹽類的水解。
T：那碳酸是鹽類嗎？
B06：這一題的鹽類是氯化鈉，另外還碳酸，所以是酸性。

2、迷思概念維持的類型：強度模式的判斷原則。

在十二位學生的訪談中，有同學是屬於將其原有迷思概念繼續維持的現象，其中在酸鹼中和的判斷上，仍是以酸與鹼的強弱來判斷中和後溶液的酸鹼性。在第二小題，針對酸鹼中和是否為放熱反應，全部的同學都選擇了正確的回答，並具有正確的概念。以 B03 的同學回答為例：

後測時：

T：第三題中有四個小題，你的答案分別是什麼呢？
B03：在第 1 題是鹼性。
T：為什麼？

B03：因為氫氧化鈉是完全解離、而醋酸是部分解離，所以在混合之後，有的會變成水，另外氫氧化鈉所解離的 OH 會多出來，因此呈現鹼性。

T：混合後的溫度會如何變化呢？

B03：會升高。

T：為什麼？

B03：酸鹼中和後，溫度一定會升高，因為 H 與 OH 相加反應變成水是放熱反應。

T：第 3 小題呢？

B03：中性。

T：為什麼？

B03：因為鹽酸是屬於強酸，氫氧化鈉是屬於強鹼，它們兩個都會完全解離，當它們混合之後，它們的氫離子與氫氧根離子都完全會變成水。

T：第 4 小題呢？

B03：是酸性。

T：為什麼？

B03：因為碳酸氫鈉是弱鹼，鹽酸是強酸。然後就是弱鹼會部份解離，強酸會全部解離，所以混合後鹽酸還會多一些 H，使溶液變成酸性。

延宕測驗時：

T：第三題中有四個小題，你的答案分別是什麼呢？(迷思概念的維持)

B03：在第 1 題是鹼性。

T：為什麼？

B03：因為氫氧化鈉是強鹼、而醋酸是弱酸，所以在混合之後呈現鹼性。

T：混合後的溫度會如何變化呢？(正確概念的維持)

B03：會升高。

T：為什麼？

B03：酸鹼中和後，是放熱反應。

T：第 3 小題呢？

B03：中性。

T：為什麼？

B03：因為鹽酸是屬於強酸，氫氧化鈉是屬於強鹼，反應之後會變成中性。

T：第 4 小題呢？

B03：是酸性。

T：為什麼？

B03：因為碳酸氫鈉是弱鹼，鹽酸是強酸。中和反應之後會變成酸性。

3、迷思概念類型間的轉換：由強度模式至中和名詞模式。

在十二位學生的訪談中，有同學是屬於將其原有迷思概念繼續維持的現象，其中在酸鹼中和的判斷上，在後測晤談時認為是以酸與鹼的強弱來判斷中和後溶液的酸鹼性，但在延宕測驗晤談時，卻以「因為中和，所以為中性」來認為混合後的溶液為中性。以 A06 的同學回答為例：

後測時：

T：在第三題中，第 1 小題的醋酸與氫氧化鈉中和後，溶液的性質會如何？

A06：鹼性。

．．．略．．．．

T：第 3 小題中，鹽酸與氫氧化鈉中和後，溶液的性質會如何？

A06：酸性。

T：第 4 小題中，鹽酸與碳酸氫鈉中和後，溶液的性質會如何？

A06：鹼性。

T：這幾題中，你的判斷依據是那些？

A06：是因為它們的強弱來看。

T：那些是弱鹼？那些是弱酸？

A06：氫氧化鈉是弱鹼，鹽酸是強酸，碳酸氫鈉它是弱酸。

T：這樣子，你如何去解釋第 4 小題的答案？

A06：我覺得它們反應完會變成鹼性。

延宕測驗時：

T：在第三題中，第 1 小題中和後，溶液的性質會如何？(迷思概念類型的改變，由強度至名稱)

A06：中性。

T：為什麼？

A06：因為兩個溶液已完全中和了。

．．．略．．．．

T：第 3 小題中，鹽酸與氫氧化鈉中和後，溶液的性質會如何？

A06：中性。

T：為什麼？

A06：因為已經完全中和了。

T：第 4 小題中，鹽酸與碳酸氫鈉中和後，溶液的性質會如何？

A06：中性。

T：為什麼？

A06：因為已經完全中和了。

T：這幾題中，你的判斷依據是那些？

A06：是因為它們已經中和了，所以會呈現中性。

五、氣體溶解之酸鹼概念

(一)、題綱五：

在十二位學生的訪談中，有十位選擇了正確的答案，其中有五位同學是正確概念的維持，有五位是將迷思概念修正為正確概念，而另有二位同學是屬於迷思概念維持的現象。

《題綱五之晤談節錄》

1、原有迷思概念改變為正確的概念：

在十二位學生的訪談中，有五位是將迷思概念修正為正確概念，其原認為因為酸性所以溶得多，在延宕晤談中，以酸鹼中和的觀點來

考量會在鹼性溶液中，二氧化碳會溶得比較多。以 B05 的同學回答為

例：

後測時

T：第五題的答案呢？

B02：甲會溶得比較多。

T：為什麼？

B02：二氧化碳是酸性的，是因為二氧化碳溶解之後會呈酸性。

T：你是認為酸性溶液會使二氧化碳溶得更多嗎？

B02：是的。

T：請你把題意再看一次，這題指的是溶的最多，而不是溶解之後的性質？

B02：還是 A，酸性溶液溶得比較多。

延宕測驗時

T：第五題的答案呢？(修正成正確的概念)

B02：丙會溶得比較多。

T：為什麼？

B02：二氧化碳是酸性的，然後丙中可以酸鹼中和，所以溶得比較多。

2、迷思概念的維持：

在十二位學生的訪談中，有二位同學是屬於迷思概念維持的現象，這些同學認為無論溶液中的酸鹼性，只要水量一樣多，就會溶得一樣多。以 B06 的同學回答為例：

後測時

T：第五題的答案呢？

B06：都一樣多。

T：為什麼？

B06：因為溶解的時候都需要水啊，那溶液的組成主要是水，而且水量一樣多，所以這三瓶溶液所溶解的應該一樣多。

延宕測驗時

T：第五題的答案呢？(迷思概念的維持)

B06：都一樣多。

T：為什麼？

B06：因為等體積的水所溶解的二氧化碳會一樣多。

(二)、題綱十二：

本題題意在瞭解學生對氯化氫氣體能否溶解於水中產生離子，而氯化氫氣體在酒精中卻是會進行乙醇的鹵化反應產生鹵乙烷。在十二位學生的訪談中，有八位同學是屬於迷思概念維持的現象，有四位同學是屬於原有迷思概念改變類型的現象，研究發現學生的答案仍偏向

以水為選擇，其次是二者相同，再來是酒精。

《題綱十二之晤談節錄》

1、原有迷思概念改變類型：

在十二位學生的訪談中，有四位同學是屬於原有迷思概念改變類型的現象，這些同學在回答上雖然是改變了選項，但還是屬迷思概念的類型，原本是水，但後來卻認為二者一樣多，以 B01 的同學回答為例：

後測時：

T：第十二題，那一種溶的比較多？

B01：水會溶得比較多。

T：為什麼？

B01：因為酒精是有機溶劑，溶得比較少。

T：為什麼有機溶劑溶得比較少？

B01：不知道。

延宕測驗時：

T：第十二題，那一種溶的比較多？(迷思概念類型的改變)

B01：一樣多。

T：為什麼？

B01：因為都是中性的溶液。

2、迷思概念的維持：

在十二位學生的訪談中，有八位同學是屬於迷思概念維持的現象，雖然這同學的選擇是正確的，但無法正確的回答出氯化氫氣體在酒精中的情形，以 B03 的同學回答為例：

後測時：

T：第十二題，那一種溶的比較多？

B03：水會溶得比較多。

T：為什麼？

B03：因為溶在水中，應該會比較容易解離。

延宕測驗時：

T：第十二題，那一種溶的比較多？(部分科學概念的維持)

B03：水會溶得比較多。

T：為什麼？

B03：因為鹽酸的氣體極易溶於水。

T：那酒精呢？

B03：不知道。

六、酸鹼強度與氫離子濃度概念

(一)、題綱二：

在十二位學生的訪談中，有七位選擇了正確的答案，其中有四位同學是屬於正確概念維持的現象，有三位同學是屬於原有迷思概念改變為正確概念的現象，有五位同學是屬於迷思概念維持的現象。

《題綱二之晤談節錄》

1、原有迷思概念改變為正確的概念：

在十二位學生的訪談中，有三位同學是屬於原有迷思概念改變為正確概念的現象，原本認為是以濃度為主要的考量，但在延宕測驗時，是以氫離子個數、濃度、體積來當做判斷的依據。以 B05 的同學回答為例：

後測時：

T：在第二題的第 1 小題中你的答案及判斷原則是什麼？

B05：第 1 小題是一樣多，因為它們的濃度是一樣。

T：第 2 小題呢？

B05：是鹽酸，因為鹽酸的濃度比較高。

T：第 3 小題呢？

B05：是一樣多，因為它濃度一樣。

T：那你的判斷依據是什麼？

B05：濃度。

T：還有沒有其他的判斷依據？

B05：沒有了。

延宕測驗時：

T：在第二題的第 1 小題中你的答案及判斷原則是什麼？(概念改變)

B05：硫酸，因為濃度一樣時，硫酸可解離出二個氫離子，而鹽酸只可以解離出一個。

T：第 2 小題呢？

B05：一樣多，因為硫酸濃度為鹽酸的一半，但每個硫酸分子可解離出的氫離子是鹽酸的兩倍，所以兩杯是一樣多。

T：第 3 小題呢？

B05：是鹽酸，因為將可解離出的氫離子個數、濃度、體積相乘之後，可得到氫離子的莫耳數，由此可知道，甲杯為 0.2mole、乙杯為 0.5mole。

2、迷思概念的維持：

在十二位學生的訪談中，有五位同學是屬於迷思概念維持的現象，以強度為主要的判斷依據。以 A06 的同學回答為例：

後測時：

T：在第二題中的第 1 小題你的答案是什麼？

A06：硫酸溶液有較多的氫離子。

T：為什麼？

A06：因為它是強酸。

T：在第 2 小題的答案是什麼？

A06：還是硫酸。
T：它們的濃度不一樣，你有注意到嗎？
A06：有，但它不影響。
T：在第 3 小題的答案是什麼？
A06：鹽酸比較多。
T：為什麼？
A06：因為它的量比較多。

延宕測驗時：

T：在第二題中的第 1 小題你的答案是什麼？(迷思概念的維持)
A06：硫酸溶液有較多的氫離子。
T：為什麼？
A06：因為它是強酸。
T：在第 2 小題的答案是什麼？
A06：還是硫酸。
T：為什麼？
A06：因為它是強酸。
T：在第 3 小題的答案是什麼？
A06：硫酸比較多。
T：為什麼？
A06：因為它是強酸。
T：你不考慮濃度與體積嗎？
A06：它們不會影響。

(二)、題綱十一：

本題中是要瞭解，在常壓下，一中性溶液在溫度變化時，其酸鹼值(pH 值)的變化。在十二位學生的訪談中，有三位選擇了正確的答案，且是屬於原有迷思概念改變修正為正確概念的現象，有六位同學是屬於迷思概念維持的現象，有三位同學是屬於迷思概念類型改變。

《題綱十一之晤談節錄》

1、原有迷思概念改變為正確的概念：

在十二位學生的訪談中，有三位選擇了正確的答案，且是屬於原有迷思概念改變修正為正確概念的現象，其原本認為溫度上升，溶液的酸鹼值(pH 值)亦會隨之上升，下降時亦隨之下降，但在延宕晤談時，其認為溫度上升後，pH 值反而會變小，原因是解離度增加，氫離子的濃度亦會增加。以 B06 的同學回答為例：

後測時：

T：在第十一題，在溫度上升，中性溶液的 pH 值會改變？
B06：會大於 7。
T：在溫度下降，中性溶液的 pH 值會改變？
B06：會小於 7。
T：為什麼？

B06：因為溫度上升，pH 值好像會隨上升一點點，沒有很多；下降時好像會隨著減少一點點，還是按照自己印象中的想法。

延宕測驗時：

T：在第十一題，在溫度上升，中性溶液的 pH 值會改變？(原迷思概念的澄清)

B06：會大於 7。

T：為什麼？

B06：因為溫度下降，溶液中的 H⁺溶解度會減少，所以 pH 值會變大。

T：在溫度下降，中性溶液的 pH 值會改變？

B06：會小於 7。

T：為什麼？

B06：因為溫度上升，溶液中的 H⁺溶解度會增加，所以 pH 值會變小。

2、迷思概念的維持：

在十二位學生的訪談中，有六位同學是屬於迷思概念維持的現象，其仍認為中性溶液的 pH 值會隨溫度上升而上升，溫度下降而隨之下降。以 B04 的同學回答為例：

後測時：

T：在第十一題，在溫度上升或下降時，中性溶液的 pH 值會改變嗎？

B04：溫度上升，pH 值會大於 7，下降時會小於 7。

T：為什麼？

B04：猜的。

延宕測驗時：

T：在第十一題，在溫度變化時，中性溶液的 pH 值會改變嗎？(迷思概念的維持)

B04：溫度上升，pH 值會大於 7，溫度下降時，它會小於 7。

T：為什麼？

B04：因為溫度會影響 pH 值，溫度上升，它也會隨著上升。

3、迷思概念類型的轉換：

在十二位學生的訪談中，有三位同學是屬於迷思概念類型改變，其原本認為溫度不會影響 pH 值的變化，但在延宕晤談中，卻認為溫度上升，pH 值會隨之上升，溫度下降時會隨之下降。以 B05 的同學回答為例：

後測時：

T：在第十一題，在溫度上升或下降時，中性溶液的 pH 值會改變？

B05：都不會。

T：為什麼？

B05：因為溫度上升，不會對氫離子及氫氧根離子的濃度無關，所以它不會影響 pH 值。

T：若以解離度來說，溫度上升時水溶液中的解離度會上升還是會減少？

B05：不變。

延宕測驗時：

T：在第十一題，在溫度上升或下降時，中性溶液的 pH 值會改變？(另一種迷思概念)

B05：溫度上升時會大於 7，溫度下降時會小於 7。

T：為什麼？

B05：猜的。

(三)、題綱十三：

本題題意是在瞭解強酸滴定強鹼後，其水溶液是否會有氫離子存在，實際上只要是水溶液都會有水本身的解離，更何況中和完成時，會產生鹽類及水，而水本身亦會解離出氫離子及等量的氫氧離子。在十二位學生的訪談中，有八位選擇了正確的答案，其中有六位同學是屬於正確概念維持的現象，有二位同學是屬於原有迷思概念改變為正確概念的現象，另有一位同學是屬於迷思概念維持的現象，另有三位同學是屬於概念迴歸的現象。

《題綱十三之晤談節錄》

1、原有迷思概念改變為正確的概念：

在十二位學生的訪談中，有二位同學是屬於原有迷思概念改變為正確概念的現象，原認為中和後不會有多的離子產生，不會繼續再反應，但在延宕晤談中認為水還會解離，產生氫離子及氫氧根離子。以

B05 的同學回答為例：

後測時：

T：第十三題中，會再解離出氫離子嗎？

B05：不會。

T：為什麼？

B05：因為不會有多的離子產生，不會繼續再反應。

T：為什麼？

B05：因為中和的時候用完了。

延宕測驗時：

T：第十三題中，會再解離出氫離子嗎？(修正成正確概念)

B05：會。

T：為什麼？

B05：因為水還會解離，產生氫離子及氫氧根離子。

2、迷思概念的維持：

在十二位學生的訪談中，有一位同學是屬於迷思概念維持的現象，其認為中和反應完成後，溶液中不會有離子繼續解離出來。以

A05 的同學回答為例：

後測時：

T：在第十三題中，滴定完成後，是否還會解離出氫離子？

A05：不會。

T：為什麼？

A05：因為滴定完成了，中和也完成了，原本解離了都用了差不多了。

T：你認為中和完後，還會有其他的反應進行嗎？

A05：不會，都會停止了。

延宕測驗時：

T：在第十三題中，滴定完成後，是否還會解離出氫離子？(迷思概念的維持)

A05：不會。

T：為什麼？

A05：因為滴定完成了，如果還有氫離子的話，會變成酸性。

3、概念的迴歸：

在十二位學生的訪談中，有三位同學是屬於概念迴歸的現象，原本認為會有水中繼續產生氫離子，但在延宕晤談中，其認為中和反應完成後，無法再解離出氫離子。以 B04 的同學回答為例：

後測時：

T：第十三題中，會再解離出氫離子嗎？

B04：會。

T：為什麼？

B04：反應完成後，應該還會有氫離子。

T：氫離子是從哪裡來的？

B04：原本的。

T：原本指的是什麼？

B04：強酸、強鹼或水。

T：強酸、強鹼會不會用完了呢？

B04：用完了！

T：那水會不會自己產生氫離子？

B04：會。

延宕測驗時：

T：第十三題中，會再解離出氫離子嗎？(迷思概念的迴歸)

B04：不會。

T：為什麼？

B04：中和反應完成後，無法再解離出任何東西。

第七節各概念類型中的心智模式

一、溶液酸鹼性的基本概念

在二階段測驗問卷題組 A、O 及半結構晤談題綱一、四、七中，研究者將十二位晤談學生中發生的類型及心智模式，以概念結構圖來做一呈現，以延宕測驗及延宕晤談的表現人次為主，見圖 4-6 所示。

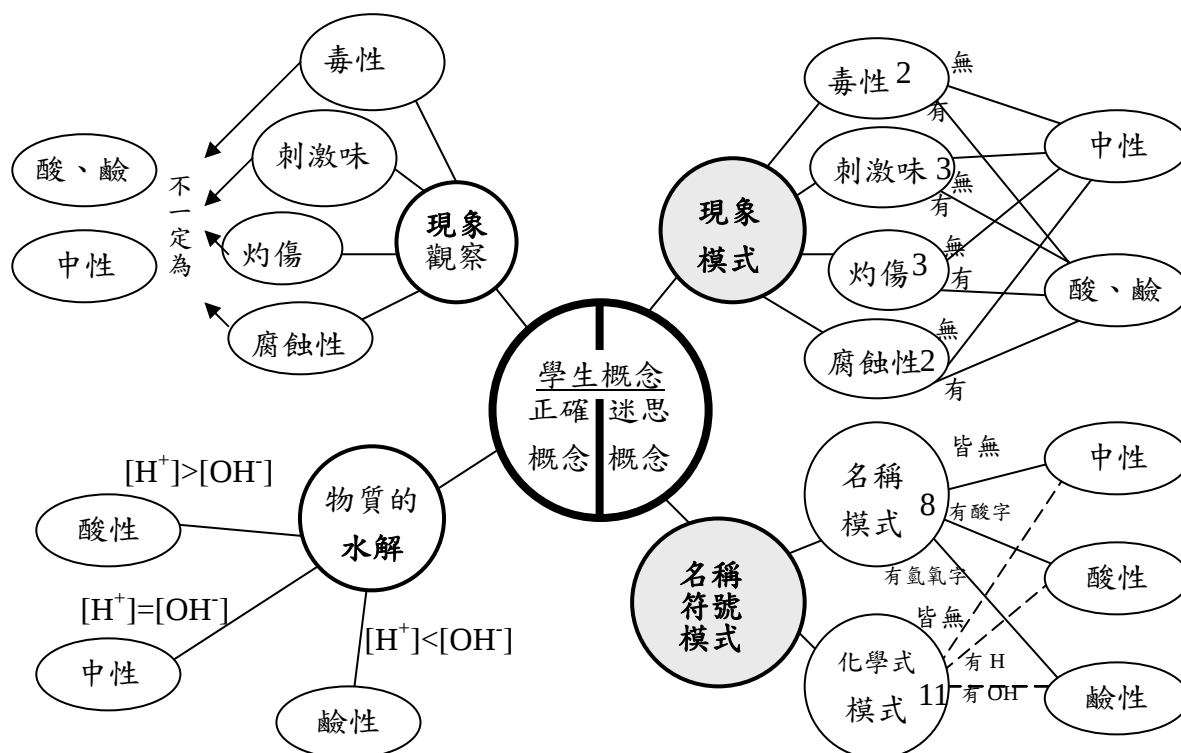


圖 4-6 學生在溶液酸鹼性中之正確概念及迷思概念結構圖

註：右下角為延宕測驗及延宕晤談表現人次為主

在上圖 4-6 中，研究者將學生在本次研究中溶液酸鹼性的基本概念裡，可能發生的概念類型羅列出來，圖的中心是一個圓代表是學生的概念，右半圓為學生的迷思概念，左半圓為學生的正確概念，在溶液酸鹼性基本概念中的迷思概念類型大致上可分為有關現象模式及名稱符號模式。在現象模式的迷思概念部分，發現學生在面對物質的物理性質及化學性質時，容易為物質的外在表徵所影響，例如：在表 4-76 中的 A01 同學回答部分，學生認為物質的灼傷能力愈大，其代表的酸性或鹼性也愈強；另外，也有

其他學生認為毒性的有無、刺激性的有無、腐蝕性的有無為判斷酸鹼性的依據。除此之外，學生也會使用名稱-符號模式來判斷酸鹼，有學生會認為有「酸」字是酸性物質、有「氫氧」字的是鹼性物質，也有學生認為化學式中有 H 的是酸性物質，有 OH 的是鹼性物質，都沒有的是中性物質。

在圖的左半圓中是學生的正確概念，同樣的，研究者分成分為有關現象觀察及物質的水解部份來說明。在現象觀察的正確概念部分，認為物質的外在現象表徵不足影響酸鹼性的判斷；在物質的水解部份，認為仍需將其溶入水中後，視其解離後的離子濃度來判斷其酸鹼性，在觀察水中的氫離子濃度(以 $[H^+]$ 表示)及氫氧根離子濃度(以 $[OH^-]$ 表示)，若 $[H^+]$ 大於 $[OH^-]$ ，則水溶液中呈現酸性，若 $[H^+]$ 等於 $[OH^-]$ ，則水溶液中呈現中性，若 $[H^+]$ 小於 $[OH^-]$ ，則水溶液中呈現鹼性。

以其中一位學生 A01 為例，觀察其在前測、後測及晤談、延宕測驗及晤談中的心智模式及概念類型的變化情形來做探討。由表 4-76 中可知，學生 A01 的溶液的酸鹼性基本概念中，在現象模式的解釋部份出現了以灼傷能力來判斷酸鹼性的強弱，另有涵蓋了以氫原子數目的多寡來表示酸性的強弱，兩種模式架構合併應用，研究中可發現前測、後測、延宕測驗中，學生一直使用灼傷能力來解釋酸鹼性的概念，這與 Fisher(1985)的研究指出迷思概念拒絕改變的特性相吻合。

在名稱符號模式中，該生較少使用中文模式，只有在後測問卷回答中，認為因為有碳酸根離子，才具有酸性。但在化學式模式中，該生具有明顯的迷思概念特徵，其認為在化合物的化學式中，只要具有氫原子的物質為酸性物質，而會在水中會解離出氫離子，有氫氧粒子的物質即為鹼性物質，例如：酒精有氫氧原子，該生認為酒精是鹼性物質。但在延宕測驗

時，該生修正為酒精為非電解質，故呈中性，而這屬於修正成正確概念的改變。

表4-76. A01 學生的溶液酸鹼性概念變化情形一覽表

階段 心智模式		前測	後測	後測晤談	延宕測驗	延宕晤談
現象模式		認為化學式中的氫原子數較多，更會灼傷、酸性愈強	同前測	強酸、強鹼會灼傷，所有的酸鹼都有刺激味。	同前測	強的酸鹼會灼傷，都會腐蝕及刺激味
名稱 符號模式	中文名稱	未使用	碳酸氫鈉含碳酸根離子為酸性。	未使用	未使用	未使用
	化學式	化學式中有氫原子為酸性物質，在水中產生氫離子。	酒精有氫氧原子，為鹼性溶液。	看化學式，因為有氫的就是酸；有氫氧的就是鹼。	①酒精為非電解質，加水後成中性溶液。②碳酸氫鈉溶入水中會生成氫氧根離子，使溶液呈鹼性。	①化學式中有氫就是酸，有氫氧原子的就是鹼。②都沒有的就用猜的。

在這裡可以看到該生在這裡答題的迷思概念中心為「在化學式中有氫的就是酸、有氫氧的就是鹼」。而其亦會將正確的概念即物質的水解，與迷思概念中心做部分的結合；一方面認為在化學式中有氫的就是酸、有氫氧的就是鹼，另一方面又認為溶入水中會生成氫氧根離子的為鹼性物質，生成氫離子的為酸性物質，這是兩性模式的合併使用。這與 Tytler (1998) 的研究中指出在討論小學生對於現象的建構與解釋中認為其概念本質是具有多重概念的使用，是相同的解釋。這也與 Taber 主張利用“多重架構 (multiple frameworks)” (Pope & Denicolo, 1986) 來描述學生在科學思考有著相同特徵。

二、解離基本概念

在二階段測驗問卷題組 B、K、L、P 及半結構晤談題綱八、九、十中，研究者將十二位晤談學生中發生的類型及心智模式，以概念結構圖來做一呈現，以延宕測驗晤談的表現人次為主，見圖 4-7 所示。

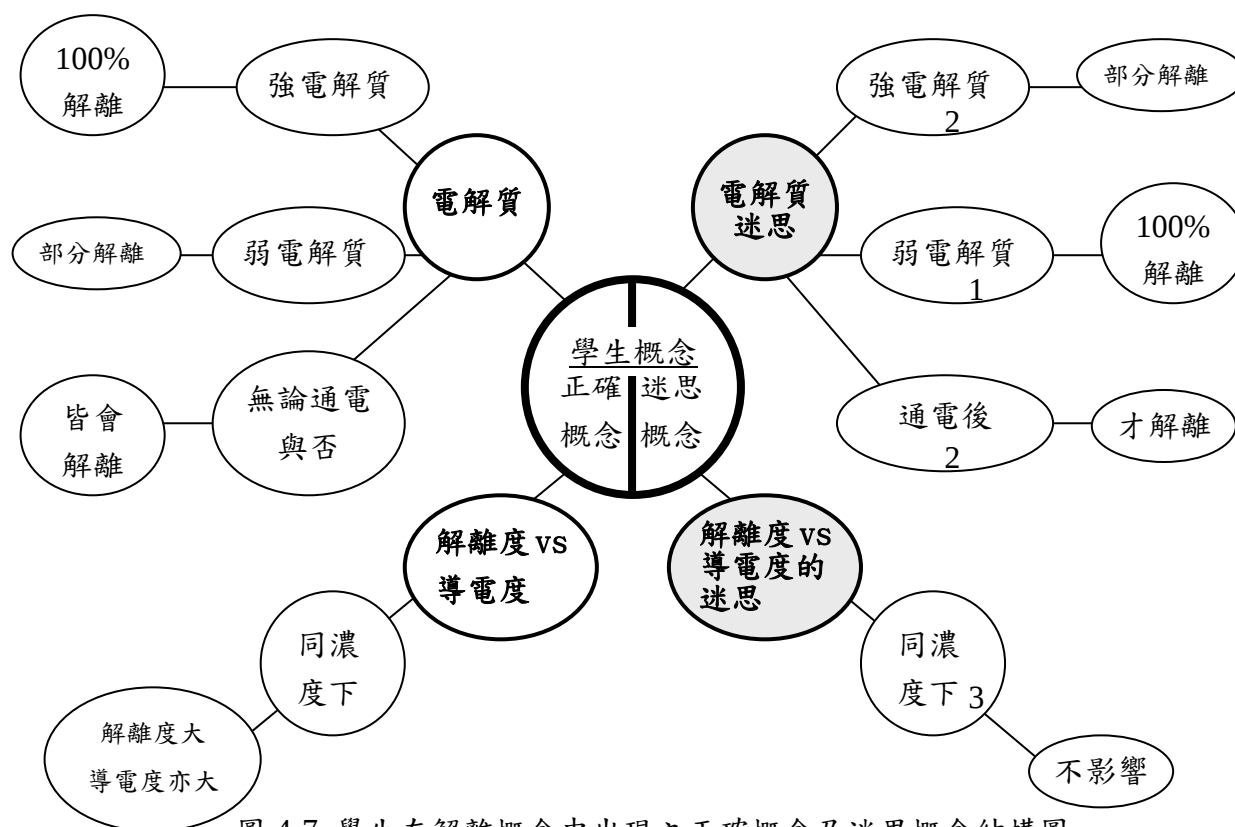


圖 4-7 學生在解離概念中出現之正確概念及迷思概念結構圖

註：右下角為延宕測驗及延宕晤談表現人次為主

在上圖 4-7 中，研究者將學生在本次研究中解離的基本概念裡，可能發生的概念類型羅列出來，圖的中心是一個圓代表是學生的概念，右半圓為學生的迷思概念，左半圓為學生的正確概念，在解離基本概念中的迷思概念類型大致上可分為有關電解質部份、解離度與導電度相關的概念。在電解質的迷思概念部分，發現學生在電解質的強弱判斷定義上可以很清楚的說對，但是在圖解說明時卻往往與其在定義的說明互相矛盾，例如：在表 4-77 中的 A03 同學回答部分，他可以清楚的說出認為鹽酸是強酸能完全解離，但畫圖時卻將分子及離子同時畫出，他認為雖然是百分百的解離，

但還是有一、兩個會形成為分子，而針對弱電解質的解離時，其認為離子會完全解離後，再漸漸形成分子；除此之外，有學生(A06)認為必須通電之後，才會解離成離子。在解離度與導電度相關的概念部分，有學生認為濃度相同時，解離度的大小不會使導電度有所改變，也就是而濃度的判斷依據層次高於物質本身的解離度。

在圖的左半圓中是學生的正確概念，同樣的，研究者分成電解質部份、解離度與導電度相關的概念部份來說明。在電解質的正確概念部分，強電解質會完全解離，弱電解質會部分解離，而無論通電與否，電解質溶液皆會解離且維持電中性。在解離度與導電度相關的概念部分，有學生(A03)具有正確的回答，其認為解離度大者，解離出來的粒子數會愈多，使得導電度變高，而其溶液在通電時，亦具有負離子往正極移動及正離子往負極的正確概念。

以其中一位學生 A03 為例，觀察其在前測、後測及晤談、延宕測驗及晤談中的心智模式及概念類型的變化情形來做探討。由下表 4-77 中可知，學生 A03 的解離基本概念中在電解質的解釋部份出現了兩種架構合併應用，在強電解質的解釋上，一方面認為可以完全解離，另一方面又認為有分子、離子同時存在，這與 Tytler (1998) 的研究中指出在討論小學生對於現象的建構與解釋中認為其概念本質是具有多重概念的使用，是相同的解釋。這也與 Taber 主張利用“多重架構(multiple frameworks)” (Pope & Denicolo, 1986) 來描述學生在科學思考有著相同特徵。

表4-77. A03 學生的解離基本概念變化情形一覽表

階段 心智模式		前測	後測	後測晤談	延宕測驗	延宕晤談
電解質模式 (迷思)	強電解質	①認為強酸(HCl)的解離是離子與分子同時存在的。 ②但未通上電，無法生成帶電的氫及氯的粒子。(與①矛盾)	①同前測 ②認為鹽酸的離子會因電性相反相互吸引結合形成分子，但形成帶電粒子的速率大於分子結合的速率，使在水中大部分是氯及氫的粒子。	①認為碳酸鈣會溶於水，會解離呈現電中性。 ②認為鹽酸是強酸能完全解離。(正確) ③畫圖時卻將分子及離子同時畫出。(與②矛盾)	①同前測。 ②同後測。	與後測晤談同
	弱電解質	認為部分解離，是因為正離子、負離子完全解離，因電性相反相互吸引，但解離的速率小於分子結合的速率，使在水中大部分是分子。(迷思)	認為有離子及分子共同存在，因為弱電解質僅能部分解離。(正確)		同前測，但不同於後測(迷思概念迴歸)	
解離度 vs 導電度模式 (正確)		①濃度相同時，解離度大的可以解離較多的離子，所以導電度較大。 ② 食鹽完全溶解生成帶正電及負電的鈉粒子及氯粒子，在水中會因電極吸引力，使氯的粒子向正極移動；而鈉粒子會向負極移動。	同前測	強酸的解離度大所以通電後燈泡較亮。	同前測	與後測晤談同

三、弱酸、弱鹼之解離度變化概念

在二階段測驗問卷題組 D、I 及半結構晤談題綱六中，研究者將十二位晤談學生中發生的類型及心智模式，以概念結構圖來做一呈現，以延宕測驗及延宕晤談的表現人次為主，見圖 4-8 所示。

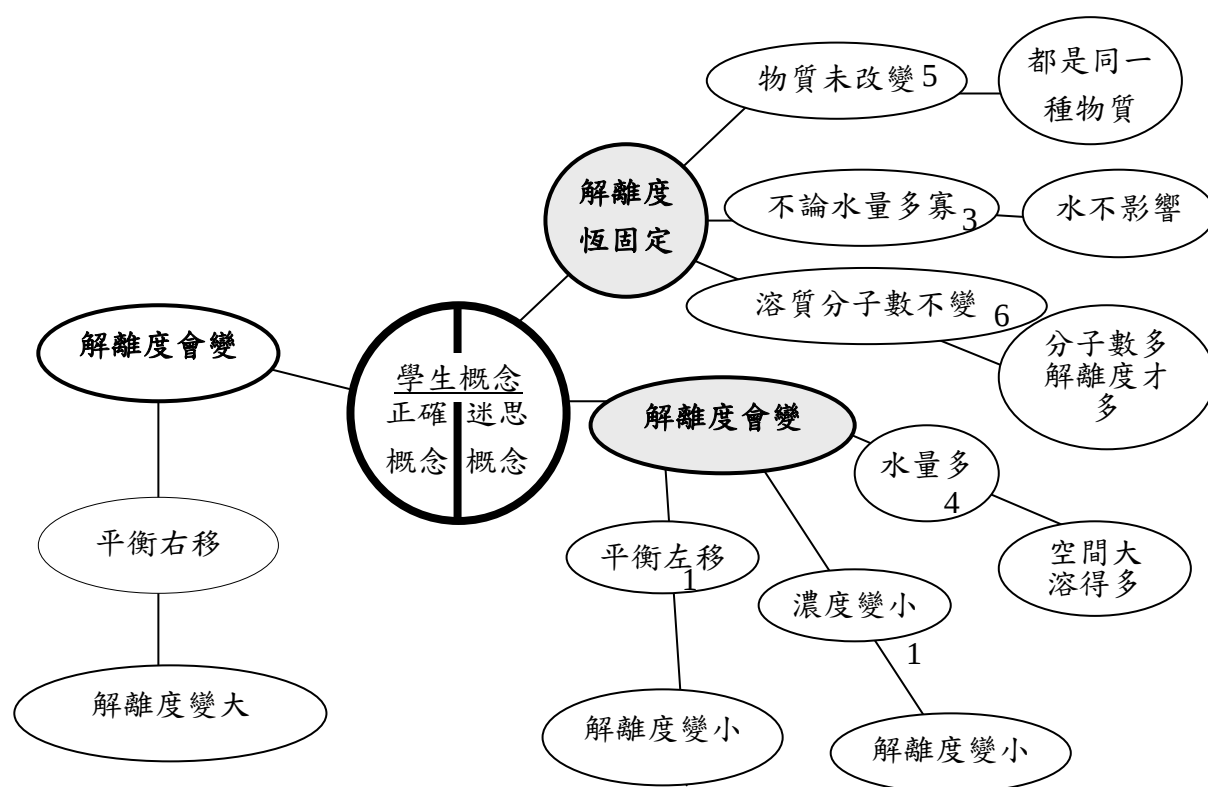


圖 4-8 學生在弱酸、弱鹼之解離度變化概念中之正確概念及迷思概念結構圖

註：右下角數字為延宕測驗及延宕晤談中表現人次

在上圖 4-8 中，對於學生在本次研究中弱酸、弱鹼之解離度變化的概念裡，研究者將可能發生的概念類型羅列出來，圖的中心是一個圓代表是學生的概念，右半圓為學生的迷思概念，左半圓為學生的正確概念，在弱酸、弱鹼之解離度概念中的迷思概念類型大致上可分為有關解離度恆固定的部份，及解離度會變時的迷思概念部份。

在有關解離度恆固定的部份，發現學生在解離度恆固定的解釋上，是

以「物質本性未改變」、「溶質分子數不變」、「水量多寡不影響」等三類為主要的判斷依據。在物質本性未改變中，主要認為都是同一種物質；在溶質分子數不變中，認為是分子個數並未減少，因此解離的個數會固定；在水量多寡不影響的回答中，主要是認為是加了水後不會有反應，純粹是稀釋。至於在解離度會變的迷思概念解釋上，認為加了水會有空間變大的效果，使解離度變大；或是認為濃度變小後，解離度也會跟著變小；或是認為會有平衡的移動，但卻向左移，使解離度變小。在圖的左半圓中是學生的正確概念，研究者以解離度會變的解釋來說明，在弱酸、弱鹼的稀釋後，整個平衡因為濃度變小，會使平衡向右移動，使解離度變大。

以其中兩位學生 B05、B01 為例，觀察其在前測、後測及晤談、延宕測驗及晤談中的心智模式及概念類型的變化情形來做探討。由下表 4-78 中，可以看出 B05 學生主要是以解離度恆定模式的使用來解釋問題，其認為弱酸、弱鹼的解離度是不變的，其理由是溶質的分子數不變，雖然在後測中其認為弱酸中是因為弱酸本身是屬於弱電解質，呈現了正確概念與迷思概念共用的情形，但在延宕測驗中，又再度迴歸到以溶質分子數的量固定來判斷解離度固定的情形。

而在 B01 的學生中其主要是以解離度會改變的模式來看問題，其在前測認為弱酸、弱鹼的解離度不變，理由是分子數不變及加水只是濃度變小而已；但在後測時認為解離度會變大，理由是濃度變小，平衡右移，解離度變大，此時做了概念的修正，而在晤談時，卻有矛盾的情形，其認為是空間變大的因素，這與前測的迷思概念類型不同，亦與後測問卷時的回答解釋有所不同；最後，在延宕測驗時其認為解離度又不變了，部分的理由與前測相較，產生了概念迴歸的現象，在延宕晤談中，亦產生了迷思概念迴歸的現象。這與 Tytler (1998) 提出的迷思概念特徵中，認為小學生通

常對於應用概念至不同的現象非常不固定，並且原始概念將會與一般化的概念共存，如此會成為在關於現象思考的障礙，與本項結果有相吻合之處。

表4-78. B05、B01 學生的弱酸、弱鹼之解離度概念變化情形一覽表

階段 心智 模式	前測	後測	後測晤 談	延宕測驗	延宕晤談
解離 度 恆定 模式 (B05)	①認為稀釋後弱鹼、弱酸液的解離不變。 ②濃度變小，但溶質數目不變，解離度不變。	①同前測 ②同前測 ③弱電解質本身難解離，因此解離度固定。	無論體積、濃度如何改變，解離度一定。	①同前測 ②同前測	與後測晤談同
解離 度 改變 模式 (B01)	①認為稀釋後弱鹼、弱酸液的解離不變。(迷思) ②弱鹼：濃度變小，但溶質數目不變，解離度不變。(迷思) ③弱酸：濃度變小，解離度因水量加倍而變大，生成離子粒子數為原來的二倍。(迷思)	①認為稀釋後弱鹼、弱酸液的解離會變。(修成正確) ②弱鹼：水量增加，濃度減少，平衡右移，使解離程度變大。(修成正確) ③弱酸：同②，修成正確。	濃度變小，愈有足夠空間使離子被解離出來。(與後測度變大。②矛盾)	①弱酸的稀釋(迴歸) ②弱鹼同前測(迴歸) ③弱酸：加水只是濃度改變，溶解度不變。(迷思類型改變)	濃度變小時，因為醋酸分子的數目一樣，所以解離度也要一樣。

四、酸鹼中和概念

在二階段測驗問卷題組 C、H、N 及半結構晤談題綱三中，研究者將十二位晤談學生中發生的類型及心智模式，以概念結構圖來做一呈現，以延宕測驗及延宕晤談的表現人次為主，見圖 4-9 所示。

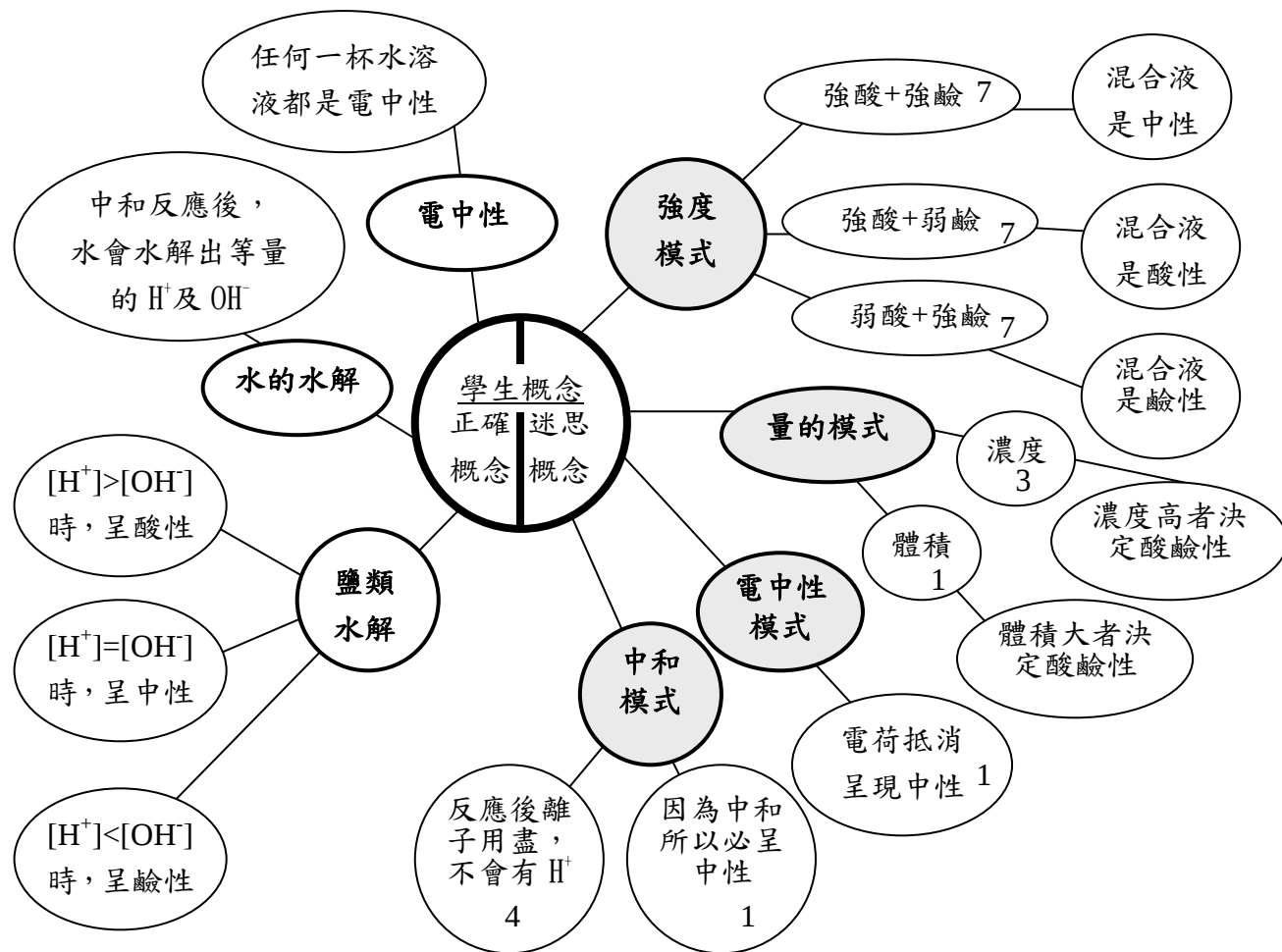


圖 4-9 學生在酸鹼中和概念中之正確概念及迷思概念結構圖

註：右下角數字為延宕測驗及延宕晤談中表現人次

在上圖 4-9 中，對於學生在本次研究中酸鹼中和概念裡，研究者將可能發生的概念類型羅列出來，圖的中心是一個圓代表是學生的概念，右半圓為學生的迷思概念，左半圓為學生的正確概念，在酸鹼中和概念中的迷思概念類型大致上可分為有關強度模式、量的模式、電中性模式、中和模式來討論。

在有關強度模式的部份，發現學生是以酸、鹼彼此強度的比較為主要的判斷依據，這樣的判斷在兩者濃度、體積、本身特性上皆未考量，加上學生本身在學習莫耳濃度及莫耳數的計算有所困難，易使迷思概念固著不

易發生改變。在量的模式中，主要是以濃度或體積或物質的氫原子數來考量，但這三者並非同時考量，而是以濃度、體積、氫原子數的順序來分別考量，易造成判斷上的盲點。在電中性模式中，是認為正離子的電性與負離子相互抵消，因此呈現中性。在中和模式中，主要是因為「中和」二字的影響，學生認為因為中和，所以產物包含了鹽類及水皆一定為中性。在圖的左半圓中是學生的正確概念，研究者以電中性、純水的水解、鹽類的水解來說明，在電中性的解釋，是指凡溶於水的物質，其皆呈電中性；在純水的水解上，是以中和反應完成後，所產生的水乃會有等量的 H^+ 及 OH^- 解離出來；在鹽類的水解上，是以鹽類在水中解離出根離子後，而根離子再度水解的效應，使溶液中的 $[H^+]$ 、 $[OH^-]$ 的量來判斷酸鹼性。

以其中一位學生 B06 為例，觀察其在前測、後測及晤談、延宕測驗及晤談中的心智模式及概念類型的變化情形來做探討。由下表 4-79 中，可以得知 B06 在強度模式上並未使用，但在強酸溶液加上弱鹼溶液後，認為是兩者所產生氫離子和氫氧根離子數目相同，使溶液呈中性，並在後測、延宕測驗中繼續使用此模式，但在後測晤談中，卻是使用中和模式，認為「中和」後就是中性溶液。而弱酸溶液加上強鹼溶液後的題型上，於前測時其使用中和模式，認為反應後會生成中性的水及中性的鹽類故呈中性，但在後測問卷中使用電中性模式，認為是兩者的正電粒子和帶負電的粒子數目相同故呈中性，延宕測驗中維持電中性模式，但在後測晤談中卻是使用中和模式。另外，在延宕測驗中發現該生此時皆修正為正確模式，據追蹤瞭解，該生在國三現階段的複習中，有特別針對這類的問題，將研究者的上課講義內容仔細閱讀瞭解後，才有概念的修正轉變。

該生在這類的問題解釋轉變上有著多重架構解釋的現象，這與 Taber 主張利用“多重架構(multiple frameworks)” (Pope & Denicolo, 1986)

來描述學生在科學的思考有著相同特徵。而其利用所獲得的資訊及現有的信念將其原有的想法修正，如同 Vosniadou (1994)提出的將特殊理論 (specific theory) 的修正比架構理論 (framework theory) 的修正要簡單，該生學會了利用產物的特性來解釋所面對的問題。

表4-79. B06 學生的概念變化情形一覽表

階段 心智模式	前測	後測	後測晤談	延宕測驗	延宕晤談
強度模式	該生在本階段未使用此模式				
量的模式	強酸加弱鹼 後，溶液中酸生成的氫離子和鹼生成的氫氧根離子數目相同，使溶液呈中性。	同前測	該生未使用	同前測	該生在本階段未使用此模式
電中性模式	該生未使用此模式	弱酸加強鹼 後，溶液中的正電粒子和帶負電的粒子數目相同，故呈中性。	該生未使用	維持後測答案	該生在本階段未使用此模式
中和模式	弱酸加強鹼 後，生成中性的水及中性的鹽類，故呈中性。	該生在本階段未使用此模式	都是呈現中性，因為是中和反應。	同前測	該生在本階段未使用此模式
正確模式	該生在本階段未使用此模式	該生在本階段未使用此模式	該生在本階段未使用此模式	該生在本階段未使用此模式	①醋酸與氫氧化鈉反應生成醋酸鈉之後，醋酸鈉水解出氫氧離子，呈鹼性。 ②鹽酸與氫氧化鈉中和後，會生成氯化鈉水溶液呈中性 ③鹽酸與碳酸氫鈉反應後，會有二氧化碳溶於水中，所以會呈現酸性。

五、氣體溶解之酸鹼概念

在二階段測驗問卷題組 E、G、M 及半結構晤談題綱五、十二中，研究者將十二位晤談學生中發生的類型及心智模式，以概念結構圖來做一呈現，以延宕測驗及延宕晤談的表現人次為主，見圖 4-10 所示。

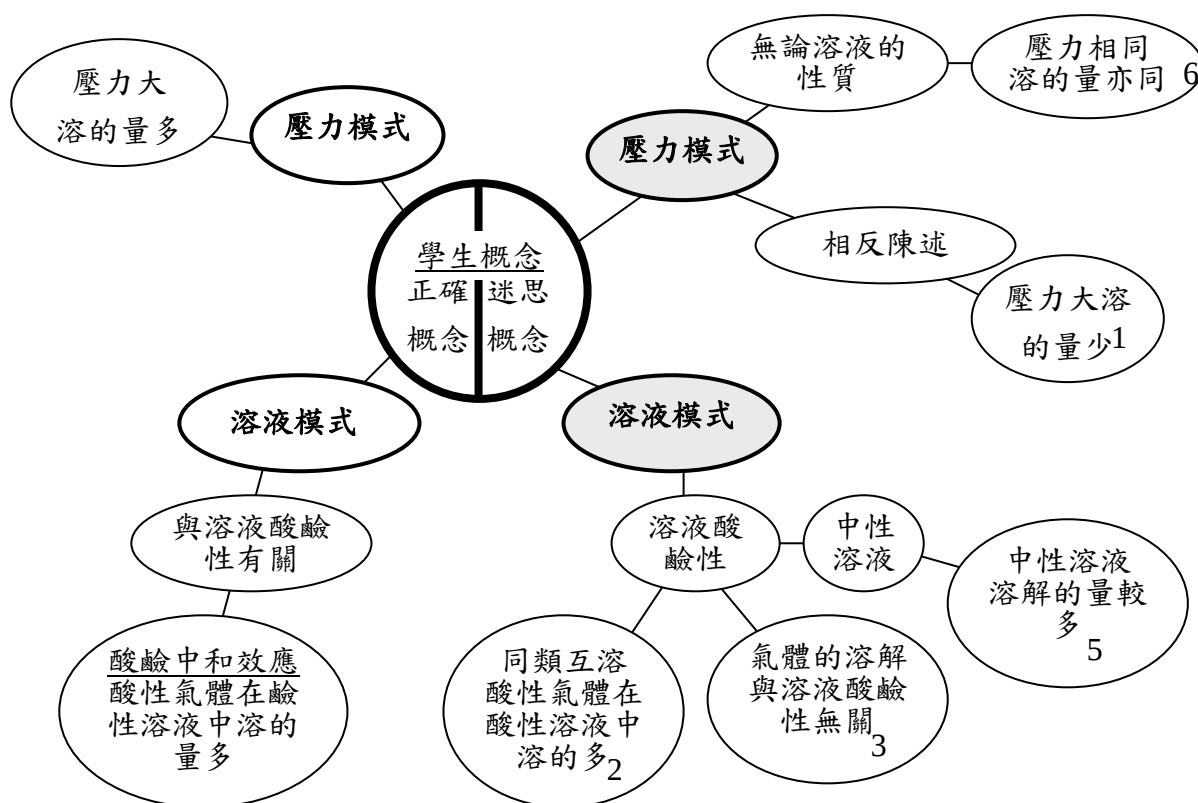


圖 4-10 學生在氣體溶解之酸鹼概念中之正確概念及迷思概念結構圖

註：右下角數字為延宕測驗及晤談中表現人次

在上圖 4-10 中，對於學生在本次研究中氣體溶解之酸鹼概念裡，研究者將可能發生的概念類型羅列出來，圖的中心是一個圓代表是學生的概念，右半圓為學生的迷思概念，左半圓為學生的正確概念，在氣體溶解之酸鹼概念中的迷思概念類型大致上可分為有關壓力模式、溶液模式來討論。

有關壓力模式的迷思概念部份，發現有學生是認為無論溶液的酸鹼性質為何，皆以壓力大小相同所能溶解氣體的量皆相同，另有學生是相反的陳述來說明，其認為壓力變小反而氣體溶解的量變少。在溶液模式的迷思概念中，主要是溶液的酸鹼性來考量，有學生認為中性溶液溶得最多；也

有學生認為同樣是酸性的溶液，較易溶解酸性的氣體；另有學生認為溶解度無關乎溶液的酸鹼性。

在圖的左半圓中是學生的正確概念，研究者仍以壓力模式、溶液模式來說明，在壓力模式的正確概念解釋上，是以壓力大溶得也較多，理由是壓力大，分子的碰撞會加劇，使溶入於溶液中的機率增加。在溶液模式的正確概念上，是與溶液的酸鹼性有關，認為酸性氣體在鹼性溶液中，所溶解的量會較多，理由是酸鹼中和的效應。以其中一位學生 B02 為例，觀察其在前測、後測及晤談、延宕測驗及晤談中的心智模式及概念類型的變化情形來做探討。(見表 4-80)

由表 4-80 中，可以得知 B02 在溶液模式的使用上，是以同類互溶為其解釋二氧化碳溶解現象的主軸，在前測、後測、後測晤談、延宕測驗中皆維持這個模式，但在延宕晤談中修正為正確概念。另在氯化氫氣體的溶解上，其在後測晤談中認為是在水中溶得多，在延宕測驗中認為是兩者所產生的氫離子量一樣多，是因為兩者是中性的溶液，所以溶解後產生的氫離子量一樣多。並沒有考量到氯化氫氣體在酒精中會反應成氯乙烷，而非溶解現象，因此在酒精中，並無氫離子產生。

該生在回答問題亦有使用壓力模式，認為壓力不影響及壓力效應的錯置，其同時認為二氧化碳不易溶於水，又認為壓力變小，空氣的二氧化碳會溶入水中，彼此有矛盾的現象，而這是代表兩種不同概念的使用；而在後測雖有一部分修正、也有迷思概念的維持；但在延宕測驗時，有一部分產生概念迴歸的現象，也有修正成正確概念的情形。研究中發現迷思概念雖然曾被改變修正成正確概念，但亦容易迴歸成迷思概念。這與 Novak (1988) 提出的迷思概念拒絕修正，及與 Fisher(1985)提出的許多迷思概

念拒絕改變之間有相吻合處。

表4-80. B02 學生的概念變化情形一覽表

階段 心智模式	前測	後測	後測晤談	延宕測驗	延宕晤談
溶液模式	①認為酸性溶液中溶解酸性氣體的量也愈多。 ②因為酸性溶液的氫離子與二氧化碳的 O_2 結合成水	①同前測 ②同類可互溶，二氧化碳為酸性，可溶於酸性溶液中。	①認為同類互溶 ②認為氯化氫氣體在水中溶得多	①同前測 ②同後測	①認為在鹼性溶液中溶得多，因為酸鹼中和使得二氧化碳溶得多。(修正) ②認為水與酒精都是中性溶液，所以可以溶解氯化氫氣體的量一樣多
壓力模式	①認為二氧化碳氣體本身不易溶於水，故與壓力大小無關。(迷思) ②認為打開汽水瓶後，因為瓶內壓力變小，溶解度變大，使空氣二氧化碳溶入水中，pH 值變小。(迷思)	①認為壓力愈大，二氧化碳氣體溶得愈多，形成碳酸後使 pH 值變小。(修正) ②同前測。	無提及壓力	①認為壓力大小與二氧化碳氣體溶解無關。(迴歸) ②瓶內壓力變小，氣體溶解度變小，二氧化碳氣體不易溶於水，使溶液中的二氧化碳釋放出來，pH 值變大。(修正)	無提及壓力

六、酸鹼強度與氫離子濃度概念

在二階段測驗問卷題組 F、J 及半結構晤談題綱二、十一、十三中，研究者將十二位晤談學生中發生的類型及心智模式，以概念結構圖來做一呈現，以延宕測驗及延宕晤談的表現人次為主，見圖 4-11 所示。

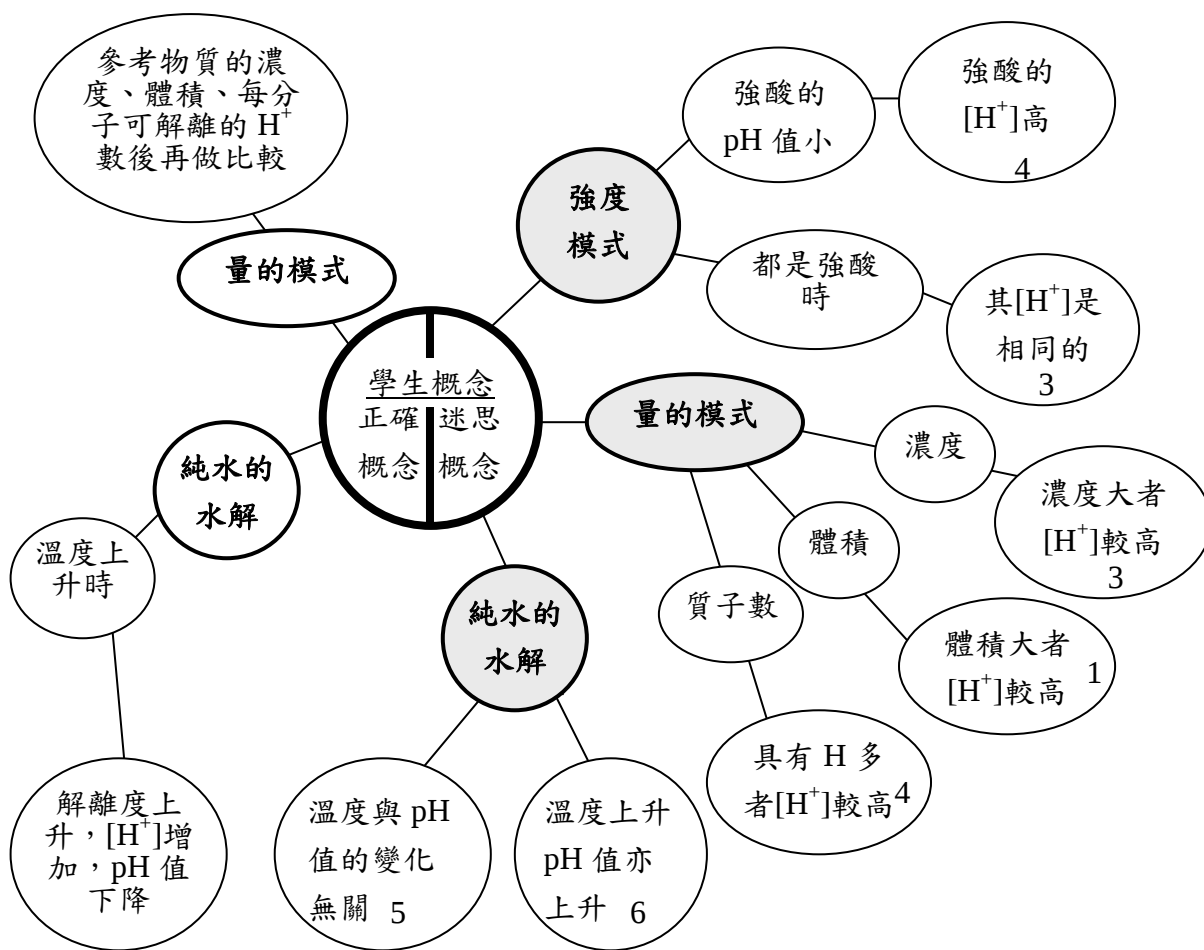


圖 4-11 學生在酸鹼強度與氫離子濃度概念中之正確概念及迷思概念結構圖

註：右下角數字為延宕測驗及晤談中表現人次

在上圖 4-11 中，對於學生在本次研究中酸鹼強度與氫離子濃度概念裡，研究者將可能發生的概念類型羅列出來，圖的中心是一個圓代表是學生的概念，右半圓為學生的迷思概念，左半圓為學生的正確概念，在酸鹼強度與氫離子濃度概念中的迷思概念類型大致上可分為有關強度模式、量的模式、純水的水解等方面來討論。

有關強度模式的迷思概念部份，發現有學生是認為強酸的 pH 值會比較小，所以 $[H^+]$ 較大，也有學生認為在都是強酸的情況時， $[H^+]$ 會彼此相等。在量的模式下，迷思概念的類型以濃度、體積、化學中具有質子數

來做考量，三種因素中或有單獨使用者，或有合併使用者，凡量較多者，其 $[H^+]$ 較大。在純水的水解上，一類的迷思概念類型是 pH 值與溫度無關，另一類是溫度上升者 pH 值亦上升。

在圖的左半圓中是學生的正確概念，研究者仍以量的模式、純水的水解來說明，在量的模式的正確概念解釋上，是參考物質的濃度、體積、每分子可解離的 H^+ 數後再做比較。在純水水解的正確概念上，是指溫度上升時，水中的解離度會上升， $[H^+]$ 會變大、 $[OH^-]$ 亦會變大，而水中的 pH 會變小。

以其中一位學生 A02 為例，觀察其在前測、後測及晤談、延宕測驗及晤談中的心智模式及概念類型的變化情形來做探討。

表4-81. A02 學生的概念變化情形一覽表

階段 心智模式	前測	後測	後測晤談	延宕測驗	延宕晤談
強度模式			以濃度及強度來判斷酸性溶液中含有氫離子的量。		濃度高者的強酸含有氫離子數多，但當濃度相同時看強度。
量的模式	無論濃度，只要化合物中含氫原子數較多者，解離度大，就有較多的氫離子。	同前測		化合物中含氫原子數較少，要分開離子鍵的力量較容易，有較多的氫離子。(迷思概念類型轉換)	
純水水解模式	溫度上升時，純水的 $[H^+]$ 不變，因為水的平衡移動時， $[H^+]$ 不變，但 $[OH^-]$ 變小。	溫度上升時，純水的 $[H^+]$ 變大，因為水的平衡移動時， $[H^+]$ 及 $[OH^-]$ 變大。(修正)	酸性隨溫度上升而上升，pH 值會下降。(修正)	溫度上升時，純水的 $[H^+]$ 不變，因為水平衡移動時， $[H^+]$ 不變，但 $[OH^-]$ 變大。(迴歸)	酸性與溫度應該無關。

由表 4-81 中，可以得知 A02 在量的模式的使用上，是以化合物中含氫原子數較多者，解離度大，就有較多的氫離子來判斷，但在延宕測驗中

反而是以含有氫原子數較少，要分開離子鍵的力量較容易，就有較多的氫離子來做考量。在後測晤談及延宕晤談中，是以濃度及強度來做考量。這表示學生在回答問題上，其所使用的概念是具有多重的概念來解釋。這與 Taber 主張利用“多重架構(multiple frameworks)” (Pope & Denicolo, 1986) 來描述學生在科學的思考有著相同特徵。

該生在純水水解的模式，於前測問卷時，其認為溫度上升會使純水的 $[H^+]$ 不變，因為水的平衡移動時， $[H^+]$ 不變，但 $[OH^-]$ 變小；而在後測問卷時，其認為溫度上升時，純水的 $[H^+]$ 變大，因為水的平衡移動時， $[H^+]$ 及 $[OH^-]$ 變大，此時做了概念的修正；但在延宕問卷時，其認為溫度上升時，純水的 $[H^+]$ 變大，因為水的平衡移動時， $[H^+]$ 及 $[OH^-]$ 變大，此時又產生了迷思概念，有了部份概念迴歸的現象。在延宕晤談時，其又認為溫度與 pH 值的變化無關。研究中發現迷思概念雖然曾被改變修正成正確概念，但亦容易迴歸成迷思概念，甚至會認為溫度這個因素是完全與 pH 值無關的。這與 Novak (1988) 提出的迷思概念拒絕修正，及與 Fisher(1985)提出的許多迷思概念拒絕改變之間有相同的特徵。