

## 第四章 研究結果與討論

本章共分四節說明，第一節為化學反應學習成就測驗之試題反應；第二節為化學反應學習成就測驗之前、後測結果概述；第三節則分析不同前置組織對化學反應成就測驗表現之影響，針對「整體」與「化學反應基礎理論」、「原子與分子計量」、「化學式」、與「化學反應方程式計量」四個主分項概念進行統計上的分析；最後第四節則針對研究假說檢定與研究問題作回應。

### 第一節 化學反應學習成就測驗之試題反應

#### 一、「化學反應」學習成就測驗之整體表現

##### (一) 化學反應學習成就測驗前、後測得分分佈

全體受試者化學反應學習成就測驗前、後測得分分佈如表 4-1 所示：

表 4-1 化學反應學習成就測驗前、後測得分分佈

樣本群	項目	前測		後測	
		平均數	標準差	平均數	標準差
全體受試者	A 前置組織	18.00	3.30	18.53	3.34
	B 前置組織	18.26	3.65	20.71	2.91

再針對前、後測全體受試者得分分佈情形分析如下：

##### 1. 全體受試者「前測」得分分佈情形分析

表 4-1 顯示 B 前置組織受試者其前測平均得分較 A 前置組織受試者略高；A 前置組織受試者的「前測」平均分數為 18.00 (SD=3.30)，而 B 前置組織受試者其「前測」平均分數為 18.26 (SD=3.65)。

## 2. 全體受試者「後測」得分分佈情形分析

表 4-1 顯示 B 前置組織受試者其後測平均較 A 前置組織受試者為高；B 前置組織受試者的「前測」總平均分數為 18.53(SD=3.34)，而 A 前置組織受試者其「前測」總平均分數為 20.71(SD=2.91)。

全體受試者(樣本群)在「前測總分」的表現上，B 前置組織的平均得分為 18.26，與 A 前置組織的平均得分 18.00 差異不大，表示所選擇的受試者對象，在「化學反應」及其相關概念的「前測」表現上無差異；而全體受試者(樣本群)在「後測總分」的表現上，B 前置組織的平均得分為 20.71，與 A 前置組織的平均得分 18.53，有 2.18 分的差距。

## (二) 不同前置組織之化學反應成就測驗答對率比較

使用 A 前置組織在前測平均答對率為 60.0%、後測平均答對率為 64.0%，前、後測答對率差異為 4.1%；而使用 B 前置組織在前測平均答對率為 59.3%、後測平均答對率為 69.0%，前、後測答對率差異為 9.7%；詳細情形請見表 4-2。

表 4-2 不同前置組織化學反應成就測驗答對率與進步情形

題號	A 前置組織			B 前置組織		
	前測 答對率(%)	後測 答對率(%)	進步幅度(%)	前測 答對率(%)	後測 答對率(%)	進步幅度(%)
1	60.5	60.5	0	59.5	73.8	14.3
2	84.2	76.3	-7.9	85.7	92.9	7.2
3	78.9	89.5	10.6	83.3	90.5	7.2
4	68.4	76.3	7.9	64.3	76.2	11.9
5	65.8	71.7	5.3	66.7	71.4	4.7
6	60.5	68.4	7.9	71.4	85.7	14.3

題號	A 前置組織			B 前置組織		
	前測	後測	進步幅度(%)	前測	後測	進步幅度(%)
	答對率(%)	答對率(%)		答對率(%)	答對率(%)	
7	60.5	60.5	0	61.9	64.3	2.4
8	81.6	84.2	2.6	78.6	83.3	4.7
9	68.4	78.9	10.5	66.7	85.7	19.0
10	63.2	73.7	10.5	73.8	85.7	11.9
11	21.1	63.2	42.1	11.9	50.0	38.1
12	42.1	50.0	7.9	42.9	61.9	19.0
13	44.7	65.8	21.1	47.6	76.2	28.6
14	36.8	31.6	-5.2	42.6	45.2	2.6
15	86.8	86.8	0	76.2	81.0	4.8
16	63.2	68.4	5.2	61.9	76.2	14.3
17	86.8	86.8	0	90.5	83.3	-7.2
18	86.8	31.6	-55.2	78.6	88.1	9.5
19	65.8	81.6	15.8	81.0	92.9	11.9
20	68.4	65.8	-2.6	61.9	64.3	2.4
21	28.9	26.3	-2.6	28.6	19.0	-9.6
22	76.3	65.8	-10.5	64.3	69.0	4.7
23	13.2	21.1	7.9	14.3	16.7	2.4
24	21.1	28.9	7.8	31.0	19.0	-12
25	57.9	71.1	13.2	61.9	76.2	14.3
26	68.4	73.7	5.3	69.0	83.3	14.3
27	86.8	89.5	2.7	85.7	88.4	2.7
28	65.8	73.7	7.9	78.6	71.4	-7.2

題號	A 前置組織			B 前置組織		
	前測	後測	進步幅度(%)	前測	後測	進步幅度(%)
	答對率(%)	答對率(%)		答對率(%)	答對率(%)	
29	60.5	73.7	13.2	66.7	78.6	11.9
30	60.5	63.2	2.7	78.6	90.5	11.9
平均	60.0	64.0	4.0	59.3	69.0	9.7

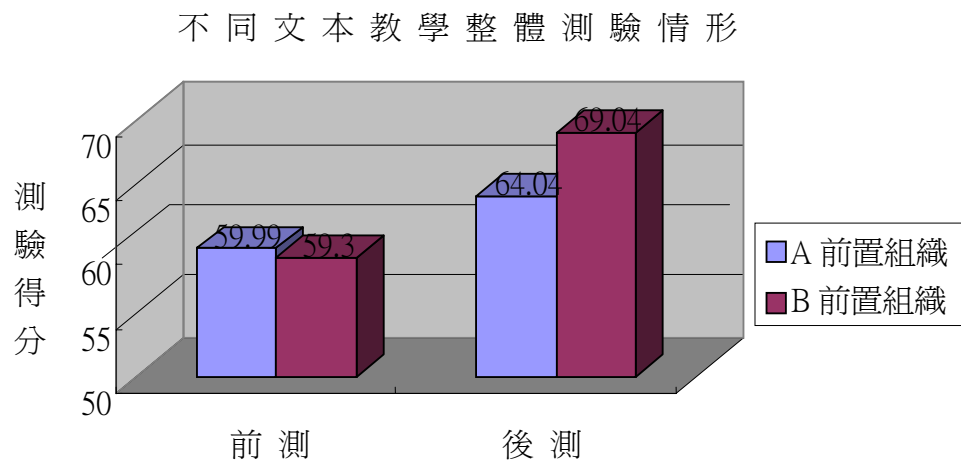


圖 4-1 不同前置組織化學反應成就測驗得分分佈情形

使用 A 前置組織教學的「前測」平均答對率為 60.0%，而使用 B 前置組織教學的「前測」平均答對率則為 59.3%，兩前置組織「前測」答對率很接近，且答對率將近 60.0%；在進行不同前置組織的前置組織教學後，A 前置組織「後測」平均答對率為 64.0%，進步了 4.0%，而 B 前置組織「後測」平均答對率為 69.0%，進步了 9.7%，兩不同前置組織的學習效益差距為 5.7%。

由表 4-2 可知，進行 B 前置組織在整體答對率上，進步幅度較 A 前置組織來得大，且大部分試題(20 題)的答對率是以進行 B 前置組織教學的表現較佳(進步幅度與差異性較大，>5%)，其中僅有 5 題的是 A 前置組織教學表現較佳(進步幅度與差異性較大，>

5%)。

## 二、化學反應學習成就測驗不同內容概念向度表現

以下主要就四個不同的內容概念向度，「化學反應基礎理論」、「原子與分子計量」、「化學式」、與「化學反應方程式計量」，分別以 A 前置組織與 B 前置組織在「前測」\*「後測」答對率與進步幅度差異較大的相關題目，來討論受試者作答結果分佈情形與分析其描述統計之相關意涵。

### (一) B 前置組織表現「優於」A 前置組織各概念向度表現分析

#### 1. 「化學反應基礎理論」概念向度

在 B 前置組織表現「優於」A 前置組織表現中，「化學反應基礎理論」向度進步幅度較大(>5%)有 2 題，以下就第 1、2 題進行討論。

##### (1) 第 1 題：

在第 1 題中，A 前置組織在前、後測的答對人數上並無差異，但 B 前置組織在前、後測的答對人數上有增多的趨勢(如表 4-3 所示)，進步幅度百分比為 14.3%，由進步幅度顯示以 B 前置組織進行教學的效益要比 A 前置組織來得有成效。

值得比較的是 B 前置組織在另有概念選項的人數上有下降的趨勢，受到「粒子基本定律」前導組織的影響，調整過去的學習概念而正確選答；但 A 前置組織在另有概念選項(A)與選項(B)，人數卻有上升的趨勢，其原因可能是因為 A 前置組織是以「三態變化」的粒子行為引介來解釋相關化學反應，而在「氣體」與「熱化學」反應的相關化學反應介紹上並未提及，不適當的「前導組織」無法與舊有知識做連結，容易產生學生另有概念，詳細情形請見表 4-3。

表 4-3 不同前置組織教學在「第 1 題」化學反應學習成就前、後測人數分布情形

題目		A 前置組織(N=38)			B 前置組織(N=42)		
		前測 N (%)	後測 N (%)	進步 幅度 N (%)	前測 N (%)	後測 N (%)	進步 幅度 N (%)
※	概念內容：「質量守恆定律」						
	基本定義與內涵						
	(A) 產生氣體化學反應	6(15.8)	8(21.1)	-2(5.3)	7(16.7)	3(7.1)	4(9.6)
另有	(B) 吸(放)熱化學反應	4(10.5)	5(13.2)	-1(2.7)	6(14.3)	4(9.5)	2(4.8)
概念	(C) 所有化學反應	5(13.2)	2(5.3)	3(7.9)	4(9.5)	4(9.5)	0(0)
正確	(D) 須在密閉容器化學反應	23(60.5)	23(60.5)	0(0)	25(59.5)	31(73.8)	6(14.3)
概念							

## (2) 第 2 題：

在第 2 題中，A 前置組織在前、後測的答對人數上有「退步」的傾向，而 B 前置組織在前、後測的答對人數上則有增多的趨勢(如表 4-4 所示)，進步幅度百分比為 7.2%，雖然進步幅度不大，但相對比較下以 B 前置組織進行教學的效益要比 A 前置組織來得有效。

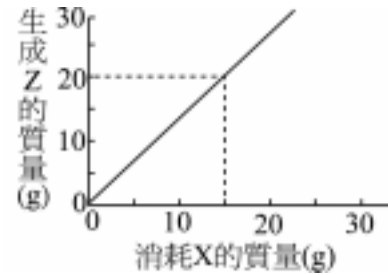
值得注意的是，本題不論是 A 前置組織或是 B 前置組織，在前測的答對率上都有偏高的趨勢(A 前置組織前測答對率=84.2%；B 前置組織前測答對率=85.7%)，代表此題有所謂「天花板效應」，使得 B 前置組織與 A 前置組織受試者在前測的答對率上都有優異表現，也可能是 A 前置組織在後測的答對人數統計數據上會有退步表現的原因。

A 前置組織前、後測另有概念選項(A)與選項(B)，人數均有上升的趨勢，但人數不多，其可能原因是因為 A 前置組織是以「物質的三態變化—粒子行為」做為引介，來解

釋相關的化學反應，而未提及化學反應方程式係數比(係數比=莫耳數比)與反應方程式「質量守衡」的相關概念，雖然國中部分內容已有學習過，但仍易引起受試者遺忘，因而產生另有概念；相關詳細情形請見表 4-4。

表 4-4 不同前置組織教學在「第 2 題」化學反應學習成就前、後測人數分布情形

題目	A 前置組織(N=38)		B 前置組織(N=42)		進步 幅度 N (%)	進步 幅度 N (%)	
	前測 N (%)	後測 N (%)	前測 N (%)	後測 N (%)			
2. 有一反應，由 X 與 Y 化合生成 Z。其反應如下： $2X + 3Y \rightarrow 2Z$ ，而反應物 X 與生成物 Z 的質量關係圖如右。試問當有 4 克的 Z 生成時，需要多少克的 Y？							
※ 概念內容：「質量守恆定律」計 量應用							
另有	(A)3/2	2(5.3)	4(10.5)	-2(5.3)	3(7.1)	2(4.8)	1(2.4)
概念	(B)2	1(2.7)	2(5.3)	-1(2.7)	2(4.8)	0(0)	2(4.8)
	(D)3/2×4	3(7.9)	3(7.9)	0(0)	1(2.4)	1(2.4)	0(0)
正確 概念	(C)1	32(84.2)	29(76.3)	-3(7.9)	36(85.7)	39(92.9)	3(7.2)



## 2. 「原子與分子計量」概念向度

「原子與分子計量」向度之命題一共有 12 題，以下分別就第 5、7、19(原子量概念向度)、8、10、14、18(分子量概念向度)、6、26、28(莫耳數計量概念向度)、9、16(重量百分組成概念向度)題，在 B 前置組織表現「優於」A 前置組織表現中，「原子與分子計量」向度進步幅度較大(>5%)有 6 題，以下就第 14、18、6、26、9、16 題進行討論。

## (1) 第 14 題：

在第 14 題中，A 前置組織在前、後測的答對人數上有「退步」的傾向，相較於 B 前置組織(如表 4-5 所示)在前、後測的答對人數上有增加的表現，惟進步幅度不大。

值得注意的是，本題屬於較複雜的觀念計算題，在「後測」各選項選答情形上，B 前置組織(45.2%)與 A 前置組織(31.6%)答對率並不高，代表全體受試者在兩種前置組織的教學上，對於「定溫」、「定壓」下，氣體體積與莫耳數、分子量比例關係的概念學習效益差異不大。

另外值得注意的是在(A)選項的選答上，在 A 前置組織與 B 前置組織的後測選答上，人數並無變化太大的情形，且選答人數也偏多(A：15 人；B：19 人)，並無因教學改變其選答意向。探究其因素可能是在 A 前置組織在描述定溫、定壓氣體粒子行為時，對於「氣體體積」與「莫耳數」、「分子量」的相關轉換並無明顯比較與分辨，導致受試者在使用「原子量」作為氧氣的莫耳數計算，而非「分子量」，因而產生另有概念，所以在(A)選項的選答上人數仍呈現不變的現象；而使用 B 前置組織的受試者在(A)選項的選答上，亦可能是使用「原子量」作為氧氣的莫耳數計算，而非「分子量」，因而產生另有概念；相關詳細統計分佈情形請見表 4-5。

表 4-5 不同前置組織教學在「第 14 題」化學反應學習成就前、後測人數分布情形

14. 在同溫、同壓下，V 升的氧氣，質量為 0.8 克，3V 升的某氣體，質量為 1.2 克，已知氧原子量為 16，則某氣體的分子量為多少？							
※ 概念內容：定溫、定壓下，氣體體積與莫耳數、分子量的比例關係							
		A 前置組織(N=38)			B 前置組織(N=42)		
		前測	後測	進步 幅度 N (%)	前測	後測	進步 幅度 N (%)
另有	(A) 8	15(39.5)	15(39.5)	0(0)	20(47.6)	19(45.2)	1(2.4)



概念	(C) 24	9(23.7)	8(21.1)	1(2.7)	3(7.1)	1(2.4)	2(4.8)
	(D) 28	0(0)	3(7.9)	-3(7.9)	1(2.4)	3(7.1)	-2(4.8)
正確 概念	(B) 16	14(36.8)	12(31.6)	-2(5.2)	18(42.6)	19(45.2)	1(2.6)

## (2) 第 18 題：

在第 18 題中，A 前置組織在前、後測的答對人數上有「退步」的傾向，相較於 B 前置組織在前、後測的答對人數上有增加的表現(如表 4-6 所示)，顯示出使用 B 前置組織進行教學的效益要比 A 前置組織來得有效，且 A 前置組織在後測表現上答對率下降 55.2%，表示 A 前置組織在此概念的教學上出現嚴重問題。

本題屬於觀念題，在「前測」各選項選答情形上，B 前置組織(78.6%)與 A 前置組織(86.8%)答對率都很高，表面上顯示全體受試者在受試前對於此概念有一定程度的了解；但在「後測」表現上，B 前置組織有持續改變學生另有概念的趨勢外，A 前置組織卻相對引導學生產生錯誤的概念，導致學習 A 前置組織的受試者在後測的選答上，認為「定溫」、「定壓」下的任何氣體均具有相同的「體積比」，而忽略了「分子數量」與「原子數量」的內部差異，致使受試者轉而選答錯誤概念；學生在不了解相關內容敘述與定義時，只能以記憶與背誦的方式解決問題，對於背後所代表的化學概念意義並不了解，容易產生概念上的誤解。

數據顯示在兩種前置組織教學上，B 前置組織「粒子基本定律」的論述，對於「定溫」、「定壓」下，氣體體積與分子、原子數量比例關係的概念學習遠較 A 前置組織僅介紹氣體體積與分子數量的比例關係來得有幫助；相關詳細統計分佈情形請見表 4-6。

表 4-6 不同前置組織教學在「第 18 題」化學反應學習成就前、後測人數分布情形

題目		A 前置組織(N=38)			B 前置組織(N=42)		
		前測	後測	進步 幅度 N (%)	前測	後測	進步 幅度 N (%)
※ 概念內容：定溫、定壓下，	18.在 <u>同溫</u> 、 <u>同壓</u> 下，NO <sub>2</sub> (二氧化氮)與 N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (聯胺)具有相等的原子數，則 NO <sub>2</sub> 與 N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> 兩者的體積比(V <sub>NO2</sub> ：V <sub>N2H4</sub> )為多少？						
任何氣體「體積」的基本定義與轉換應用	(B) 3：2	2(5.3)	5(13.2)	-3(7.9)	4(9.5)	5(11.9)	1(2.4)
另有概念	(C) 1：1	3(7.9)	20(52.6)	-17(44.7)	4(9.5)	0(0)	4(9.5)
	(D) 1：2	0(0)	1(7.9)	-1(7.9)	1(2.4)	0(0)	1(2.4)
正確概念	(A) 2：1	33(86.8)	12(31.6)	-21(55.2)	33(78.6)	37(88.1)	4(9.5)

## (3) 第 6 題：

在第 6 題中，A 前置組織與 B 前置組織在前、後測的答對人數上均有「進步」的傾向(如表 4-7 所示)，B 前置組織進步幅度百分比(14.3%)較 A 前置組織進步幅度百分比(7.9%)高出 6.4%，雖然進步幅度比較值不大，但顯示出以 B 前置組織進行教學的效益要比 A 前置組織來得有效。

值得注意的是，本題屬於計算題，在後測各選項選答情形上，B 前置組織與 A 前置組織在部分選項選答人數上有下降趨勢，代表全體受試者在兩種前置組織教學上，不論是「粒子行爲」或是「粒子基本定律」的前導組織，均有助於加強「莫耳數」與「原子數量」的計量概念應用。特別是 B 前置組織後測答對率更高達 85.7%，顯示 B 前置組織更有助於此概念的學習。

另外也值得注意的是在(B)選項的選答上，在 A 前置組織的選答上卻有人數增加(2人)的情形，探究其因素可能是在 A 前置組織在描述氣體粒子行爲時，對於「分子」與

「原子」的相關定義並無明顯比較與分辨，導致受試者在(B)選項選答上有另有概念的產生；相關詳細統計分佈情形請見表 4-7。

表 4-7 不同前置組織教學在「第 6 題」化學反應學習成就前、後測人數分布情形

題目	A 前置組織(N=38)			B 前置組織(N=42)		
	前測 N (%)	後測 N (%)	進步 幅度 N (%)	前測 N (%)	後測 N (%)	進步 幅度 N (%)
※ 概念內容：原子數量與「莫耳數」計量應用						
另有概念 (B) 3.2 克	7(18.4)	9(23.7)	-2(5.2)	7(16.7)	3(7.1)	4(9.5)
(C) 0.16 克	4(10.5)	1(2.6)	3(7.9)	2(4.8)	3(7.1)	-1(2.4)
(D) 0.40 克	4(10.5)	2(5.2)	2(5.2)	3(7.1)	0(0)	3(7.1)
正確概念 (A) 1.6 克	26(60.5)	28(68.4)	3(7.9)	30(71.4)	36(85.7)	6(14.3)

(4) 第 26 題：

在第 26 題中，A 前置組織與 B 前置組織在前、後測的答對人數上均有「進步」的傾向(如表 4-8 所示)，B 前置組織進步幅度百分比(14.3%)較 A 前置組織進步幅度百分比(5.3%)高出 9.0%，B 前置組織進步幅度比例遠大於 A 前置組織，顯示出以 B 前置組織進行教學的效益要比 A 前置組織來得有助益。

值得注意的是，本題屬於觀念計算題，在「後測」各選項選答情形上，B 前置組織與 A 前置組織在部分選項的選答人數上有下降趨勢，代表全體受試者在兩種前置組織教學上，不論是「粒子行爲」或是「粒子基本定律」的前導組織，均有助於加強「莫耳數」與「原子數目」、「分子數目」間的計量概念。特別是 B 前置組織「後測」答對率更高達 83.3%，進步幅度高達 14.3%，顯示 B 前置組織的前導組織更有助於此概念的學習；相

關詳細統計分佈情形請見表 4-8。

表 4-8 不同前置組織教學在「第 26 題」化學反應學習成就前、後測人數分布情形

題目		A 前置組織(N=38)			B 前置組織(N=42)		
		前測	後測	進步 幅度 N(%)	前測	後測	進步 幅度 N(%)
※ 概念內容：「莫耳數」、「原子 數目」、「分子數目」計量定義 與應用	26.某一容器中含有 CH <sub>4</sub> 和 C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> 的混合氣體，其原子總數為分子總數的 7 倍，則 CH <sub>4</sub> 和 C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> 的莫耳數比為若干？						
	(A) 1 : 1	2(5.2)	2(5.2)	0(0)	2(4.8)	1(2.4)	1(2.4)
另有概念	(C) 2 : 1	5(13.2)	5(13.2)	0(0)	8(19.0)	3(7.1)	5(11.9)
	(D) 3 : 1	5(13.2)	3(7.9)	2(5.2)	3(7.1)	3(7.1)	0(0)
正確概念	(B) 1 : 2	26(68.4)	28(73.7)	2(5.2)	29(69.0)	35(83.3)	6(14.3)

(5) 第 9 題：

在第 9 題中，A 前置組織與 B 前置組織在前、後測的答對人數上均有「進步」的傾向(如表 4-9 所示)，B 前置組織進步幅度百分比(19.0%)較 A 前置組織進步幅度百分比(5.3%)高出 13.7%，B 前置組織進步幅度比例遠大於 A 前置組織，顯示出以 B 前置組織進行教學的效益要比 A 前置組織來得有助益。

值得注意的是，本題屬於觀念計算題，前測各選項選答情形上，B 前置組織(66.7%)與 A 前置組織(68.4%)答對率都很平均，表面上顯示超過半數受試者在受試前對於此概念有一定程度的了解；在後測各選項選答情形上，雖然 B 前置組織與 A 前置組織在正確答案的選答人數上均有上升趨勢，但 A 前置組織進步幅度相較 B 前置組織來的不明顯，也間接顯示 B 前置組織的「粒子基本定律」有助連結學生學習「重量百分組成」計

量定義與應用的概念，特別是 B 前置組織後測答對率更高達 85.7%，進步幅度高達 19.0%，顯示 B 前置組織更有助於此概念的學習；相關詳細統計分佈情形請見表 4-9。

表 4-9 不同前置組織教學在「第 9 題」化學反應學習成就前、後測人數分布情形

題目		A 前置組織(N=38)			B 前置組織(N=42)		
		前測 N (%)	後測 N (%)	進步 幅度 N(%)	前測 N(%)	後測 N(%)	進步 幅度 N(%)
※ 概念內容：「重量百分組成」	9.某有機化合物一分子中含有 2 個硫原子，取該化合物 3.05 克分析得知硫重 0.80 克，由此推測該化合物之分子量為多少(S=32)？						
計量定義與應用	(A) 1 : 1	1(2.6)	2(5.2)	-1(2.6)	8(19.0)	2(4.8)	6(14.3)
另有概念	(C) 2 : 1	6(15.8)	4(10.5)	2(5.2)	6(14.3)	2(4.8)	4(9.5)
	(D) 3 : 1	5(13.2)	2(5.2)	3(7.9)	0(2.4)	2(4.8)	-2(4.8)
正確概念	(B) 1 : 2	26(68.4)	30(78.9)	4(10.5)	28(66.7)	36(85.7)	8(19.0)

(6) 第 16 題：

在第 16 題中，A 前置組織與 B 前置組織在前、後測的答對人數上均有「進步」的傾向(如表 4-10 所示)，B 前置組織進步幅度百分比(14.3%)較 A 前置組織進步幅度百分比(5.2%)高出 9.1%，B 前置組織進步幅度比例大於 A 前置組織，顯示出以 B 前置組織進行教學的效益要比 A 前置組織來得有助益。

值得注意的是，本題屬於計算題，前測各選項選答情形上，B 前置組織(63.2%)與 A 前置組織(61.9%)答對率都很平均，表面上顯示超過半數受試者在受試前對於此概念有一定程度的了解；在「後測」各選項選答情形上，雖然 B 前置組織與 A 前置組織在正確答案的選答人數上均有上升趨勢，但 A 前置組織進步幅度相較 B 前置組織來的不明顯，

也間接顯示 B 前置組織的「粒子基本定律」有助於連結受試者學習「重量百分組成」計量定義與應用的概念，特別是 B 前置組織後測答對率更高達 76.2%，進步幅度高達 14.3%，顯示 B 前置組織更有助於此概念的學習；相關詳細統計分佈情形請見表 4-10。

表 4-10 不同前置組織教學在「第 16 題」化學反應學習成就前、後測人數分布情形

16. 自然界的鐵礦有赤鐵礦( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )、磁鐵礦( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )、和黃鐵礦( $\text{FeS}_2$ )，請排列 題目 這三種鐵礦中含鐵的重量百分率之高低順序(原子量：Fe=55.8，S=32.0，O=16)？		A 前置組織(N=38)			B 前置組織(N=42)		
		前測 N (%)	後測 N (%)	進步 幅度 N(%)	前測 N(%)	後測 N(%)	進步 幅度 N(%)
※ 概念內容：「重量百分組成」 計量定義與應用	(A) $\text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{Fe}_3\text{O}_4 > \text{FeS}_2$	5(13.2)	5(13.2)	0(0)	11(26.2)	8(19.0)	3(7.1)
	(C) $\text{FeS}_2 > \text{Fe}_3\text{O}_4 > \text{Fe}_2\text{O}_3$	4(10.5)	4(10.5)	0(0)	0(0)	1(2.4)	-1(2.4)
	(D) $\text{FeS}_2 > \text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{Fe}_3\text{O}_4$	5(13.2)	3(7.9)	2(5.3)	5(11.9)	1(2.4)	4(10.5)
另有 概念	(B) $\text{Fe}_3\text{O}_4 > \text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{FeS}_2$	24(63.2)	26(68.4)	2(5.2)	26(61.9)	32(76.2)	6(14.3)
正確 概念							

### 3. 「化學式」概念向度

「化學式」向度之命題一共有 5 題，以下分別是第 17(實驗式)、11、12(分子式)、15(結構式)、13(示性式)題，在 B 前置組織表現「優於」A 前置組織表現中，「原子與分子計量」向度進步幅度較大(>5%)有 1 題，以下就第 12 題進行討論。

## (1) 第 12 題：

在第 12 題中，A 前置組織與 B 前置組織在前、後測的答對人數上均有「進步」的傾向(如表 4-11 所示)，B 前置組織進步幅度百分比(19.0%)較 A 前置組織進步幅度百分比(7.9%)高出 11.1%，B 前置組織進步幅度比例大於 A 前置組織，顯示出以 B 前置組織進行教學的效益要比 A 前置組織來得有幫助。

值得注意的是，本題屬於觀念計算題，在後測各選項選答情形上，B 前置組織與 A 前置組織在(C)選項選答人數上均有下降趨勢，但在後測的選答人數上仍有偏多的趨勢，其原因可能是受試者不了解定溫、定壓下，氣體反應物的體積比例應與反應方程式中反應物的係數比例呈現「正比」關係，導致在分子式的轉換上呈現出「反比」的錯誤概念，學生對於化學式旁的數字(Subscript)仍不大了解其意涵；但經由教學後導正其另有概念，特別是 B 前置組織後測進步幅度達 19.0%，顯示 B 前置組織的「基本粒子定律」更有助於此概念的學習。

另外也值得注意的是在(B)與(C)選項的選答上，在 A 前置組織與 B 前置組織的選答上都有人數增加的情形，但總選答人數並不多，探究其因素可能是學生直接將反應物套用所學過之氣體( $A_{2(g)}:H_2; B_{2(g)}:O_2$ )，致使在(B)與(C)選項選答上，將產物直接聯想成  $H_2O$ ，產生另有概念；相關詳細統計分佈情形請見表 4-11。

表 4-11 不同前置組織教學在「第 12 題」化學反應學習成就前、後測人數分布情形

題目		A 前置組織(N=38)			B 前置組織(N=42)		
		前測	後測	進步 幅度 N(%)	前測	後測	進步 幅度 N(%)
※ 概念內容：「分子式」定	12.同溫、同壓下， $A_{2(g)}$ 20ml 與 $B_{2(g)}$ 60ml 完全反應生成新氣體，若欲以 A、B 表此新氣體，則新氣體的分子式可能為下列何者？						
義延伸結合化學反應方		N (%)	N (%)		N(%)	N(%)	
程式之應用							
另有概念	(B) $AB_2$	2(5.3)	1(2.6)	1(0)	1(2.4)	2(4.8)	-1(2.4)

	(C) A <sub>2</sub> B	4(10.5)	6(15.8)	-2(0)	3(7.1)	4(9.5)	-1(2.4)
	(D) A <sub>3</sub> B	16(42.1)	12(31.6)	4(5.3)	20(47.6)	10(23.8)	10(23.8)
正確概念	(A) AB <sub>3</sub>	16(42.1)	19(50.0)	3(7.9)	18(42.9)	26(61.9)	8(19.0)

#### 4. 「化學反應方程式計量」概念向度

「化學反應方程式計量」概念向度之命題一共有 9 題，以下分別就第 20、21(化學反應式基本定義)、22、24、25、29、30(化學反應方程式計量概念)、23、27(化學反應方程式限量試劑理論)題，在 B 前置組織表現「優於」A 前置組織表現中，「化學反應方程式計量」向度進步幅度較大(>5%)有 2 題，以下就第 22、30 題進行討論。

##### (1) 第 22 題：

在第 22 題中，A 前置組織在前、後測的答對人數上有「退步」的傾向，相較於 B 前置組織在前、後測的答對人數上有增加的表現(如表 4-12 所示)，雖然 B 前置組織進步幅度百分比僅只有 4.7%，進步幅度不大，但顯示出以 B 前置組織進行教學的效益要比 A 前置組織來得有效。

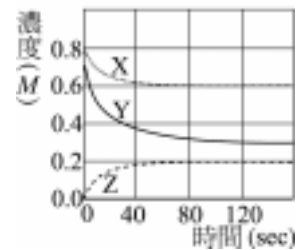
值得注意的是，本題屬於較複雜的觀念題，在「前測」各選項選答情形上，B 前置組織(64.3%)與 A 前置組織(76.3%)答對率都超過半數，顯示全體受試者在受試前對於此概念有一定程度的了解；在「後測」各選項選答情形上，A 前置組織(65.8%)在答對率上有退步的現象，代表接受 A 前置組織的學生在此概念的學習上產生另有概念，推究其原因可能是 A 前置組織在引介化學反應方程式的係數關係時，並無提及其與莫耳數、溶液濃度的轉換關連性，僅以粒子數量描述反應方程式概念，致使學生無法產生連結，在化學反應式的計量上，需要結合相互關係的計算與比較與反應方程式中的平衡係數關係，學生往往僅能藉由代數與公式來解決簡單的化學反應相關問題，面對更高層的「莫耳濃度計量」、「限量試劑」…等計量問題只能以記憶與背誦的方式解決，對於背後所代表的化學概念意義並不容易了解。



相對在 B 前置組織上也發生類似情形，所以接受 B 前置組織教學的學生在後測的答對率上也無大幅度的成長，但 B 前置組織至少在論述上有提及化學反應方程式係數關係與莫耳數轉換間的關連性，可引起學生連結相關概念。相關詳細統計分佈情形請見表 4-12。

表 4-12 不同前置組織教學在「第 22 題」化學反應學習成就前、後測人數分布情形

22. 在固定體積的密閉容器內，置入 X 和 Y 兩種氣體反應物後，會生成一種 Z 氣體產物，右圖表示反應物和產物的濃度隨反應時間的變化關係。試根據上文，判斷下列哪一項可表示 X 和 Y 的化學反應式？		A 前置組織(N=38)			B 前置組織(N=42)		
		前測 N (%)	後測 N (%)	進步 幅度 N(%)	前測 N(%)	後測 N(%)	進步 幅度 N(%)
題目	(A) $X+Y\rightarrow Z$	1(2.6)	1(2.6)	0(0)	6(14.3)	3(7.1)	3(7.1)
	(C) $2X+Y\rightarrow Z$	5(13.2)	5(13.2)	0(0)	7(16.7)	10(23.8)	-3(7.1)
	(D) $X+Y\rightarrow 2Z$	3(7.1)	7(18.4)	-4(5.3)	2(4.8)	0(0)	2(4.8)
正確概念	(B) $X+2Y\rightarrow Z$	29(76.3)	25(65.8)	-4(10.5)	27(64.3)	29(69.0)	2(4.7)



(2) 第 30 題：

在第 30 題中，A 前置組織與 B 前置組織在前、後測的答對人數上均有「進步」的傾向(如表 4-13 所示)，B 前置組織進步幅度百分比(11.9%)較 A 前置組織進步幅度百分比(2.7%)高出 9.2%，B 前置組織進步幅度比例大於 A 前置組織，顯示出以 B 前置組織進

行教學的效益要比 A 前置組織來得有助益。

值得注意的是，本題屬於觀念計算題，前測各選項選答情形上，B 前置組織(78.6%)與 A 前置組織(60.5%)答對率都很平均，表面上顯示超過半數受試者在受試前對於此概念有一定程度的了解；在「後測」各選項選答情形上，B 前置組織與 A 前置組織在正確答案的選答人數上均有下降趨勢，特別是 B 前置組織後測答對率更高達 90.5%，進步幅度高達 11.9%，顯示 B 前置組織的「基本粒子定律」前導組織更有助於此概念的學習；相關詳細統計分佈情形請見表 4-13。

表 4-13 不同前置組織教學在「第 29 題」化學反應學習成就前、後測人數分布情形

題目		A 前置組織(N=38)			B 前置組織(N=42)		
		前測 N (%)	後測 N (%)	進步 幅度 N(%)	前測 N(%)	後測 N(%)	進步 幅度 N(%)
※ 概念內容：「化學反應方程式」係數與分子量計量關係	(A)44	6(15.8)	2(5.3)	4(10.5)	0(0)	1(2.4)	-1(7.1)
	另有概念 (B)46	6(15.8)	8(21.1)	-2(5.3)	6(14.3)	2(4.8)	4(9.5)
	(C)76	3(7.1)	4(10.5)	-1(2.6)	3(7.1)	1(2.4)	2(4.8)
	正確概念 (D)30	23(60.5)	24(63.2)	1(2.7)	33(78.6)	38(90.5)	5(11.9)

## (二)A 前置組織表現「優於」B 前置組織各概念向度表現分析

### 1. 「化學反應基礎理論」概念向度

在 A 前置組織表現「優於」B 前置組織表現中，「化學反應基礎理論」向度進步幅度較大(>10%)有 1 題，以下就第 3 題進行討論。

## (1) 第3題：

在第3題中，A前置組織在前、後測的答對人數上有進步的傾向，進步幅度百分比為10.6%；而B前置組織在前、後測的答對人數上也有增多趨勢，進步幅度百分比為7.2% (如表4-14所示)。

值得注意的是，本題不論是A前置組織或是B前置組織，在前測的答對率上都有偏高的趨勢(A前置組織前測答對率=78.9%；B前置組織前測答對率=83.3%) (如表4-13所示)，代表此題有所謂「天花板效應」，在此題的表現上可以看出其具備相關的「先備知識」，使得B前置組織與A前置組織學生在前測的答對率上都有優異表現，也致使B前置組織在後測的答對人數與進步幅度的統計數據上較A前置組織的人數與進步幅度來得小；詳細情形請見表4-14。

表4-14 不同前置組織教學在「第3題」化學反應學習成就前、後測人數分布情形

題目		A 前置組織(N=38)			B 前置組織(N=42)		
		前測	後測	進步 幅度 N(%)	前測	後測	進步 幅度 N(%)
3.化學反應式為 $2A + B \rightarrow 2R$ ，今有 a 公克的 A，恰與 b 公克的 B 完全反應生成 r 公克的 R，則下列何者是 <u>正確的</u> ？		※ 概念內容：「質量守恆定律」計量應用與化學方程式係數辨別					
另有概念	(A) $2a + b = 2r$	4(10.5)	1(2.7)	3(7.9)	6(14.3)	3(7.1)	3(7.1)
	(C) $a + b = 2r$	1(2.7)	1(2.7)	0(0)	1(2.4)	0(0)	1(2.4)
	(D) $a + 2b = r$	3(7.9)	2(5.3)	1(2.7)	0(0)	1(2.4)	-1(2.4)
正確概念	(B) $a + b = r$	30(78.9)	34(89.5)	4(10.6)	35(83.3)	38(90.5)	3(7.1)

## 2. 「原子與分子計量」概念向度

在 A 前置組織表現「優於」B 前置組織表現中，「原子與分子計量」向度進步幅度較大(>5%)有 2 題，以下就第 19、28 題進行討論。

(1) 第 19 題：

在第 19 題中，A 前置組織在「前測」答對人數與比例上較 B 前置組織來得低(如表 4-15 所示)；A 前置組織進步幅度百分比為 18.4%，而 B 前置組織進步幅度百分比為 11.9%，探究其原因為 B 前置組織的學生在背景知識上(前測答對率較高)較 A 前置組織對於「原子與分子」的基本概念來得好，所以 B 前置組織學生在前測時，其答對比例相對偏高，以致於在進步幅度上 A 前置組織較 B 前置組織來得大，但也不要忽略 A 前置組織以引述粒子運動行為理論為基礎，亦會影響其在「原子與分子」定義上的學習效益。

本題屬於觀念計算題，在後測各選項選答情形上，B 前置組織與 A 前置組織在所有選項上均有人數減少的情形，顯示 B 前置組織與 A 前置組織均有提升學生在此概念學習的效果，但因 B 前置組織之「天花板效應」，致使其學習成效比例相對較低；相關詳細統計分佈情形請見表 4-15。

表 4-15 不同前置組織教學在「第 19 題」化學反應學習成就前、後測人數分布情形

19.在 <u>同溫</u> 、 <u>同壓</u> 下，NO <sub>2</sub> (二氧化氮)與 N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (聯胺)具有相等的原子數，則 題目 NO <sub>2</sub> 與 N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> 兩者的氮原子數比(N <sub>NO<sub>2</sub></sub> ：N <sub>N<sub>2</sub>H<sub>4</sub></sub> )為多少？		A 前置組織(N=38)			B 前置組織(N=42)		
		前測	後測	進步 幅度 N(%)	前測	後測	進步 幅度 N(%)
※ 概念內容：定溫、定壓	下，任何氣體「分子數」 的基本定義與轉換應用						
	(A) 4：3	2(5.3)	2(5.3)	0(0)	2(4.8)	2(4.8)	0(0)
另有概念	(B) 3：4	5(13.2)	3(7.9)	2(5.3)	4(9.5)	0(0)	4(9.5)
	(D) 2：3	6(15.8)	2(5.3)	4(10.5)	2(4.8)	1(2.4)	1(2.4)

正確概念 (C) 1 : 1	25(65.8)	31(81.6)	6(15.8)	34(81.0)	39(92.9)	5(11.9)
----------------	----------	----------	---------	----------	----------	---------

## (2) 第 28 題：

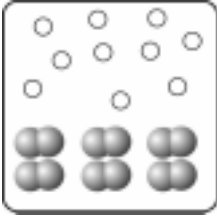
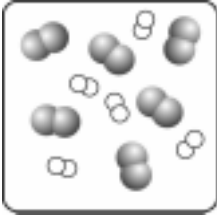
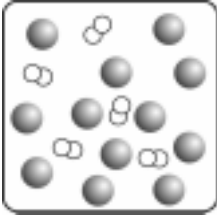
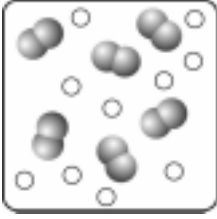
在第 28 題中，B 前置組織在前、後測的答對人數上有「退步」的傾向，相較於 A 前置組織在前、後測的答對人數上有增加的表現(如表 4-16 所示)，顯示出以 A 前置組織進行教學的效益要比 B 前置組織來得有效，且 B 前置組織在後測表現上答對率下降 7.2%，表示 B 前置組織在此概念的教學上出現問題。

本題屬於觀念題，在前測各選項選答情形上，B 前置組織(78.6%)與 A 前置組織(65.8%)答對率都很高，表面上顯示全體受試者在受試前對於此概念有一定程度的了解；但在後測表現上，A 前置組織有持續改變學生另有概念的趨勢外，B 前置組織卻相對引導學生產生另有概念，導致學習 B 前置組織的受試者在「後測」的選答上，忽略了氣體粒子在固定空間內的分布情形，以及「單原子」氣體與「雙原子分子」氣體間的差異，致使受試者轉而選答錯誤選項。

數據顯示在兩種前置組織教學上，A 前置組織「粒子行為」的論述，對於「單原子」與「雙原子分子」混合氣體，其粒子空間概念學習遠較 B 前置組織「粒子基本定律」來得有幫助，這也是少部分 A 前置組織表現較 B 前置組織來得好的地方；相關詳細統計分佈情形請見表 4-16。

表 4-16 不同前置組織教學在「第 28 題」化學反應學習成就前、後測人數分布情形

28.下列四圖中，小白球代表氦原子，大灰球代表氮原子，哪一圖最適合表 題目 示標準溫壓(S.T.P.)時，氦氣與氮氣混合氣體的狀態？						
※ 概念內容：「單原子」與 「雙原子分子」混合氣 體概念表示方式	A 前置組織(N=38)			B 前置組織(N=42)		
	前測	後測	進步	前測	後測	進步
	N (%)	N (%)	幅度	N (%)	N (%)	幅度

		N(%)			N(%)		
(B)							
		8(21.1)	6(15.8)	2(5.3)	3(7.1)	7(16.7)	-4(9.5)
(C)							
另有概念		3(7.9)	3(7.9)	0(0)	4(9.5)	1(2.4)	3(7.1)
(D)							
		2(5.3)	1(2.6)	1(2.6)	2(4.8)	4(9.5)	-2(2.4)
(A)							
正確概念		25(65.8)	28(73.7)	3(7.9)	33(78.6)	30(71.4)	-3(7.2)

### 3. 「化學式」概念向度

在 A 前置組織表現「優於」B 前置組織表現中，「分子式」概念向度進步幅度較大(>5%)有 1 題，以下就第 17 題進行討論。

## (1) 第 17 題：

在第 17 題中，A 前置組織在前、後測的答對人數上無任何差異，進步幅度百分比為 0%；反而是 B 前置組織在前、後測的答對人數上有「退步」的趨勢，退步幅度百分比為 7.2%(如表 4-17 所示)。

值得注意的是，本題屬於概念計算題，不論是 A 前置組織或是 B 前置組織，在前測的答對率上都有偏高的趨勢(A 前置組織前測答對率=86.8%；B 前置組織前測答對率=90.5%)，代表此題亦有所謂「天花板效應」，使得 B 前置組織與 A 前置組織受試者在前測的答對率上都有優異表現。

相對於 A 前置組織的進步幅度，雖然 B 前置組織後測答對率相較於前測答對率是退步的，但總體後測答對人數 B 前置組織(35 人)仍優於 A 前置組織(33 人)，顯示「天花板效應」影響此概念的受試者答題分佈；相關詳細統計分佈情形請見表 4-17。

表 4-17 不同前置組織教學在「第 17 題」化學反應學習成就前、後測人數分布情形

17. 某有機物含 C、H、N 三元素，其中含 C 與 H 重量比 4：1，又知含氮重量百分率 24%，則其實驗式為(N=14)？		A 前置組織(N=38)			B 前置組織(N=42)		
※ 概念內容：「實驗式」與 「重量百分組成」概念 應用		前測	後測	進步 幅度	前測	後測	進步 幅度
		N (%)	N (%)	N(%)	N(%)	N(%)	N(%)
另有概念	(A) C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> N	2(5.3)	1(2.7)	1(2.7)	1(2.4)	2(4.8)	-1(2.4)
	(B) CH <sub>2</sub> N	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)
	(C) C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> N <sub>2</sub>	3(7.9)	4(10.5)	-1(2.7)	3(7.2)	5(11.9)	-2(4.8)
正確概念	(D) C <sub>3</sub> H <sub>9</sub> N	33(86.8)	33(86.8)	0(0)	38(90.5)	35(83.3)	-3(7.2)

## 4. 「化學反應方程式計量」概念向度

在 A 前置組織表現「優於」B 前置組織表現中，「化學反應方程式計量」概念向度進步幅度較大(>5%)有 2 題，以下就第 24、23 題進行討論。

## (1) 第 24 題：

在第 24 題中，B 前置組織在後測的答對人數上有「退步」的傾向，相較於 A 前置組織在後測的答對人數上有增加的表現，雖然 A 前置組織進步幅度百分比僅只有 7.8%，進步幅度不大(如表 4-18 所示)，但顯示出以 A 前置組織進行教學的效益要比 B 前置組織來得有效。

值得注意的是，本題屬於觀念題，不需要複雜的計算過程，在後測各選項選答情形上，B 前置組織(19.0%)與 A 前置組織(28.9%)答對率並不高，代表全體受試者在兩種前置組織教學上，對於區辨何種氣體是屬於「單原子」氣體粒子或是「雙原子分子」氣體粒子的基本定義概念學習助益不大。

另外也值得注意的是在(A)選項的選答上，在 A 前置組織與 B 前置組織的選答上人數並無增加或減少的情形，選答人數也偏多，並無因教學改變其選答意向。探究其因素可能是兩種前置組織在氣體粒子行爲時，對於何種氣體是屬於「單原子」氣體粒子或是「雙原子分子」氣體粒子之基本定義並無明顯比較與分辨，導致受試者將氧氣(雙原子分子)與氦氣(單原子)都認知成「單原子」型態的氣體，將「原子如同分子，可在自然界獨立存在」(引自林振霖，1992)，因此產生迷思概念，所以在(A)選項的選答上人數仍呈現不變且偏多的現象；相關詳細統計分佈情形請見表 4-18。

表 4-18 不同前置組織教學在「第 24 題」化學反應學習成就前、後測人數分布情形

24.在 25°C、1atm 下，5 公升的氧氣含有 N 個分子，則在同狀況下 10 公升的氦氣含有若干個分子？		
※ 概念內容：「化學反應方	A 前置組織(N=38)	B 前置組織(N=42)



程式」計量應用		前測	後測	進步	前測	後測	進步
		N (%)	N (%)	幅度 N(%)	N(%)	N(%)	幅度 N(%)
另有概念	(A) 2N	22(57.9)	20(52.6)	2(5.3)	21(50.0)	30(71.4)	-9(21.4)
	(C) 4N	3(7.9)	5(13.2)	-2(5.3)	6(14.3)	3(7.1)	3(7.1)
	(D) N/2	5(13.2)	2(5.3)	3(7.9)	2(4.8)	1(2.4)	1(2.4)
正確概念	(B) N	8(21.1)	11(28.9)	3(7.9)	13(31.0)	8(19.0)	-5(12.0)

## (2) 第 23 題：

在第 23 題中，A 前置組織與 B 前置組織在前、後測的答對人數上均有「進步」的傾向(如表 4-19 所示)，A 前置組織進步幅度百分比(7.9%)較 A 前置組織進步幅度百分比(2.4%)高出 5.5%，A 前置組織進步幅度比例稍大於 B 前置組織，但後測答對率對兩前置組織而言相對偏低，顯示以 B 前置組織與 A 前置組織進行教學的效益差異性不大。

值得注意的是，本題屬於觀念計算題，前測各選項選答情形上，B 前置組織(14.3%)與 A 前置組織(13.2%)答對率都很低，顯示超過八成的受試者在受試前對於此概念不了解；而在後測(A)選項選答情形上，B 前置組織與 A 前置組織在正確答案的選答人數上均有上升趨勢，表示學生可能僅以「猜測」的心態回答此問題，完全忽略以方程式及限量試劑概念回答此問題，因此後測 B 前置組織(16.7%)與 A 前置組織(21.1%)的答對率不超過三成，顯示 B 前置組織與 A 前置組織對於此概念的學習並沒有幫助；相關詳細統計分佈情形請見表 4-19。

表 4-19 不同前置組織教學在「第 23 題」化學反應學習成就前、後測人數分布情形

題目	23.在 50ml 的氧氣(O <sub>2</sub> )中，進行高壓放電反應，使部份的氧氣吸收電能生成臭氧(O <sub>3</sub> )，於 <u>同溫</u> 、 <u>同壓</u> 時，氣體最終體積縮為 45ml，則產生臭氧多少
----	--

毫升？		A 前置組織(N=38)			B 前置組織(N=42)		
※ 概念內容：「化學反應方 程式」限量試劑概念	前測	後測	進步 幅度 N(%)	前測	後測	進步 幅度 N(%)	
	N (%)	N (%)	N(%)	N(%)	N(%)	N(%)	
(A)5ml	16(42.1)	21(55.3)	-5(13.2)	19(45.2)	18(42.9)	1(2.4)	
另有概念 (C)15ml	7(18.4)	7(18.4)	0(0)	15(35.7)	12(28.6)	3(7.1)	
(D)45ml	10(26.3)	3(7.9)	7(18.4)	2(4.8)	5(11.9)	-3(7.1)	
正確概念 (B)10ml	5(13.2)	7(21.1)	2(7.9)	6(14.3)	7(16.7)	1(2.4)	

## 第二節 兩種前置組織教學之「化學反應」成就測驗結果比較

教學前兩種不同前置組織(A 前置組織、B 前置組織)是以研究者任教之班級任挑選二班來進行教學研究，為從化學反應學習成就測驗平均值顯示教學前使用兩種前置組織之受試者學習起始點相同，而教學後有顯著差異，因此進行以下考驗。

### 一、 使用不同「前置組織」前置組織之受試者「前測得分」統計分析

以 T 考驗比較全體受試者使用 A 前置組織與 B 前置組織的「化學反應」學習成就測驗「前測得分」平均值，分析結果如下表 4-20 所示：

表 4-20 全體受試者化學反應成就測驗「前測得分」T 考驗

	平均得分	標準差	人數	自由度	T 值	P 值
A 前置組織	18.00	3.30	38	78	.336	.738
B 前置組織	18.26	3.65	42			

\*變異數同質性 Levene 檢定(5%信賴區間)：F=1.015，P=.317

由表 4-20 可知，準備接受在 A 前置組織與 B 前置組織教學上，兩班受試學生在化學反應成就測驗「前測得分」無顯著差異( $P = .738 > .05$ )，這顯示接受 A 前置組織與 B 前置組織教學之兩班受試學生的學習起始點，從測驗得分平均值來看是相同的。

## 二、 使用不同「前置組織」前置組織之受試者「後測得分」統計分析

以 T 考驗比較全體受試者使用 A 前置組織與 B 前置組織的「化學反應」學習成就測驗「後測得分」平均值，分析結果如下表 4-21 所示：

表 4-21 全體受試者化學反應成就測驗「後測得分」T 考驗

	平均得分	標準差	人數	自由度	T 值	P 值
A 前置組織	18.53	3.34	38	78	3.135	.002
B 前置組織	20.71	2.91	42			

\*變異數同質性 Levene 檢定(5%信賴區間)： $F = .440$ ， $P = .509$

由表 4-21 可得知，在準備接受在 A 前置組織與 B 前置組織教學後，兩班受試學生在化學反應成就測驗「後測得分」有顯著差異( $P = .002 < .05$ )。雖然 B 前置組織受試者在後測得分顯著高於 A 前置組織受試者，但並不能宣稱 B 前置組織的效果顯著優於 A 前置組織，須進一步以共變數分析去除「前測」影響，才能確定 B 前置組織的效果。

## 三、 不同前置組織在內容概念向度上進步情形

在四個不同概念向度上，B 前置組織表現均較 A 前置組織表現為佳；其中以「原子與分子計量」概念向度上進步幅度差異較大。在「化學反應基礎理論」概念向度上，A 前置組織的平均答對率進步幅度為 4.7%，而 B 前置組織的平均答對率進步幅度則為 7.2%；在「原子與分子計量」概念向度上，A 前置組織的平均答對率進步幅度為 1.5%，而 B 前置組織的平均答對率進步幅度則為 12.6%；在「化學式」概念向度上，A 前置組

織的平均答對率進步幅度為 14.2%，而 B 前置組織的平均答對率進步幅度則為 16.7%；而在「化學反應方程式計量」概念向度上，A 前置組織的平均答對率進步幅度為 1.5%，而 B 前置組織的平均答對率進步幅度則為 3.2%，詳細情形請見表 4-22 與圖 4-2 所示。

表 4-22 不同前置組織在內容概念向度上進步情形

平均 答對率 (%)	化學反應 基礎理論			原子與分子計量			化學式			化學反應 方程式計量		
	前	後	進	前	後	進	前	後	進	前	後	進
	測	測	步	測	測	步	測	測	步	測	測	步
A 前置 組織	73.0	77.7	4.7	62.1	63.6	1.5	56.3	70.5	14.2	53.5	55.0	1.5
B 前置 組織	73.2	80.4	7.2	60.8	73.4	12.6	53.8	70.5	16.7	54.2	57.4	3.2

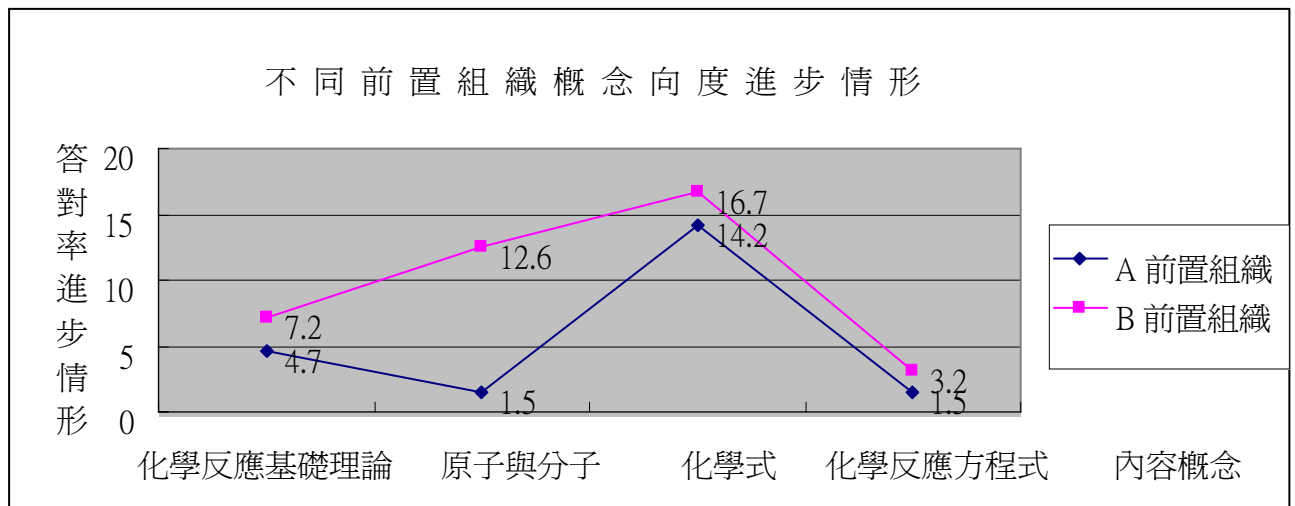


圖 4-2 不同前置組織在內容概念向度上進步情形比較圖

### 第三節 不同前置組織對化學反應成就測驗表現之影響

#### 一、使用不同「前置組織」之受試者化學反應學習成就測驗「後測得分」

##### 共變數分析

##### (一) 共變數分析基本假定

##### 1. 常態分佈

以 Skew 和 Kurtosis 方式檢驗受試者母群體之常態分布情形，其數值均在正負 2 之間 (A 前置組織偏態統計量 = -1.12，A 前置組織峰度統計量 = .88；B 前置組織偏態統計量 = -1.57，B 前置組織峰度統計量 = .46)，因此將兩前置組織受試者母群體之化學反應學習成就測驗「後測得分」視為常態分佈。

##### 2. 變異數同質性考驗

由 Levene 變異數同質性考驗分析結果 ( $F=1.84$ ， $P=.179 > .05$ ) 可知兩前置組織受試者之母群體在化學反應學習成就測驗「後測得分」的離散程度沒有顯著差異。

##### 3. 組內回歸係數同質性考驗

由表 4-23 可知組內回歸係數同質性考驗分析結果 ( $F=15.95$ ， $P=.000 < .05$ )，前置組織與化學反應學習成就測驗「前測得分」間有交互作用。

表 4-23 「前置組織」對「化學反應學習成就測驗後測得分」影響之 ANCOVA 摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	P	Eta 平方
前測得分	11.98	1	11.98	1.51	.223	.02
前置組織	86.39	1	86.39	10.87	.001*	.13
前測*前置 組織	126.76	1	126.76	15.95	.000*	.17
誤差	603.90	76	7.95			

變異來源	SS	df	MS	F	P	Eta 平方
全體	31822.00	80				

\* $P < .01$  呈顯著差異

## (二) 化學反應學習成就測驗「後測得分」共變數分析

由於前置組織與化學反應學習成就測驗「前測得分」有交互作用，因此前置組織對化學反應學習成就測驗「後測得分」的影響必須以詹森-內曼(Johnson-Neyman)法來進行分析。根據詹森-內曼法之計算結果，對前測得分低於 17.57 之受試者而言，B 前置組織的教學效果顯著高於 A 前置組織；對前測得分高於 20.32 的受試者而言，A 前置組織的教學效果顯著高於 B 前置組織；對前測得分介於 17.57 與 20.32 之間的受試者，兩種前置組織的教學效果沒有顯著差異。

## 二、不同「前置組織」之受試者「分項概念得分」共變數分析

為更進一步探討「前置組織」在不同概念向度的學習效果，以下的分析是將化學反應學習成就測驗分為「化學反應基礎理論」、「原子與分子計量」、「化學式」、與「化學反應方程式計量」等四個概念向度分別進行共變數分析。為避免犯 Type I error 的機率，將共變數分析判斷顯著性的臨界值提高為.01，亦即  $p$  值小於.01 時才拒絕虛無假說。

### (一) 不同「前置組織」受試者之「化學反應基礎理論」概念向度共變數分析

#### 1. 共變數分析基本假定

##### (1) 常態分佈

以 Skew 和 Kurtosis 方式檢驗受試者母群體之常態分布情形，其數值均在正負 2 之間 (A 前置組織偏態統計量 = -.15，A 前置組織峰度統計量 = -.84；B 前置組織偏態統計量 = -1.03，B 前置組織峰度統計量 = .83)，因此將兩前置組織受試者母群體之「化學反應基

礎理論」概念向度「後測得分」視為常態分佈。

### (2) 變異數同質性考驗

由 Levene 變異數同質性考驗分析結果( $F=6.15$ ， $P=.015 < .05$ )可知兩前置組織之受試者母群體在化學反應學習成就測驗「後測得分」的離散程度不同質。經變數轉換(根號 2/3)後使其變異數為同質( $F=3.59$ ， $P=.062 > .05$ )。

### (3) 組內回歸係數同質性考驗

由表 4-24 可知組內回歸係數同質性考驗分析結果( $F=4.43$ ， $P=.039 > .01$ )，前置組織與「化學反應基礎理論」概念向度「前測得分」間無交互作用。

表 4-24 「化學反應基礎理論」概念向度組內回歸係數同質性考驗統計表

變異來源	SS	df	MS	F	P	Eta 平方
前測得分	.71	1	.71	3.09	.083	.04
前置組織	.84	1	.84	3.64	.060	.05
前測*前置 組織	1.02	1	1.02	4.43	.039	.06
誤差	17.52	76	.23			
全體	383.28	80				

\* $P < .01$  呈顯著差異

## 2. 「化學反應基礎理論」概念向度共變數分析

經過「化學反應基礎理論」概念向度「前測」之共變量(3.19)調整，進行 A 前置組織受試者的「化學反應基礎理論」概念向度後測平均得分為 3.16；而 B 前置組織受試者的「化學反應基礎理論」概念向度後測平均得分為 3.21。

共變數分析的結果如表 4-25 所示，顯示 A 前置組織與 B 前置組織教學組在「化學反應基礎理論」概念向度「後測得分」上沒有顯著差異( $F=.00$ ， $P=.99 > .01$ )。

表 4-25 「前置組織」對「化學反應基礎理論」概念向度後測之影響的 ANCOVA 摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	P	Eta 平方
前測得分	2.22	1	2.22	2.70	.10	.03
組間 (前置組織)	.00	1	.00	.00	.99	.00
組內(誤差)	63.33	77	.82			
全體	750.00	80				

\* $P < .01$  呈顯著差異

## (二) 不同「前置組織」受試者之「原子與分子計量」概念向度共變數分析

### 1. 共變數分析基本假定

#### (1) 常態分佈

以 Skew 和 Kurtosis 方式檢驗母群體受試者其常態分布情形，其數值(A 前置組織偏態統計量=-.46，A 前置組織峰度統計量=-.75；B 前置組織偏態統計量=-.21，B 前置組織峰度統計量=-.41)均在正負 2 之間，因此將兩前置組織之「原子與分子計量」概念向度「後測得分」視為常態分佈。

#### (2) 變異數同質性考驗

由 Levene 變異數同質性考驗分析結果( $F=6.64$ ， $P=.012 < .05$ )可知兩前置組織受試者之母群體在「原子與分子計量」概念「後測得分」離散程度不同質，經變數轉換(根號 1.85)後使其變異數離散程度同質( $F=3.89$ ， $P=.052 > .05$ )。

#### (3) 組內回歸係數同質性考驗

由表 4-26 可知組內回歸係數同質性考驗分析結果( $F=9.63$ ， $P=.003 < .01$ )，前置組織與「原子與分子計量」概念向度「前測得分」間有交互作用。



表 4-26 「前置組織」對「原子與分子計量」概念向度「後測得分」影響之 ANCOVA 摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	P	Eta 平方
前測得分	428.74	1	428.74	1.24	.269	.02
前置組織	1413.97	1	1413.97	4.08	.047	.05
前測*前置 組織	3336.04	1	3336.04	9.63	.003*	.11
誤差	26321.36	76	346.33			
全體	293036.98	80				

\*P<.01 呈顯著差異

## 2. 「原子與分子計量」概念向度「後測得分」共變數分析

由於前置組織與「原子與分子計量」概念向度「前測得分」有交互作用，因此前置組織對「原子與分子計量」概念向度得分的影響必須以詹森-內曼(Johnson-Neyman)法來進行分析。根據詹森-內曼法之計算結果，對前測得分低於 2.76 之受試者而言，B 前置組織的教學效果顯著高於 A 前置組織；對前測得分高於 7.32 的受試者而言，A 前置組織的教學效果顯著高於 B 前置組織；對前測得分介於 2.76 與 7.32 之間的受試者，兩種前置組織的教學效果沒有顯著差異。

## (三) 不同「前置組織」受試者之「化學式」概念向度共變數分析

### 1. 共變數分析基本假定

#### (1) 常態分佈

以 Skew 和 Kurtosis 方式檢驗受試者母群體其常態分布情形，其數值均在正負 2 之間 (A 前置組織偏態統計量 = -.15，A 前置組織峰度統計量 = .31；B 前置組織偏態統計量 = .57，B 前置組織峰度統計量 = .67)，因此將兩前置組織受試者母群之「化學式」概念

向度得分視為常態分佈。

### (2) 變異數同質性考驗

由 Levene 變異數同質性考驗分析結果( $F=.19$ ,  $P=.667 > .05$ )可知兩前置組織之受試者母群體在「化學式」概念向度「後測得分」的離散程度不同質。

### (3) 組內回歸係數同質性考驗

由表 4-27 可知組內回歸係數同質性考驗分析結果( $F=4.52$ ,  $P=.037 > .01$ )，前置組織與「化學式」概念向度前測得分間無交互作用。

表 4-27 「化學式」概念向度組內回歸係數同質性考驗統計表

變異來源	SS	df	MS	F	P	Eta 平方
前測得分	.10	1	.10	.09	.766	.00
前置組織	5.03	1	5.03	4.54	.036	.06
前測*前置 組織	5.02	1	5.02	4.52	.037	.06
誤差	84.33	76	1.11			
全體	1105.00	80				

\* $P < .01$  呈顯著差異

## 2. 「化學式」概念向度共變數分析

經過「化學式」概念向度「前測得分」共變量(2.75)的調整，使用 A 前置組織受試者的「化學式」概念向度後測平均得分為 3.61；而使用 B 前置組織受試者的「化學式」概念向度後測平均得分為 3.52。

共變數分析的結果如下表 4-28 所示，顯示 A 前置組織與 B 前置組織教學組在「化學式」概念向度「後測得分」上沒有顯著差異( $F=.13$ ,  $P=.72 > .01$ )。

表 4-28 「前置組織」對「化學式」概念向度「後測得分」之影響的 ANCOVA 摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	P	Eta 平方
前測得分	.21	1	.21	.18	.67	.002
組間 (前置組織)	.15	1	.15	.13	.72	.002
組內(誤差)	89.35	77	1.16			
全體	1105.00	80				

\* $P < .01$  呈顯著差異

#### (四) 不同「前置組織」受試者之「化學反應方程式計量」概念向度共變數分析

##### 1. 共變數分析基本假定

###### (1) 常態分佈

以 Skew 和 Kurtosis 方式檢驗受試者母群體其常態分布情形，其數值均在正負 2 之間(A 前置組織偏態統計量 = -.44，A 前置組織峰度統計量 = .82；B 前置組織偏態統計量 = -.31，B 前置組織峰度統計量 = .47)，因此將兩前置組織受試者母群之「化學反應方程式計量」概念向度得分視為常態分佈。

###### (2) 變異數同質性考驗

由 Levene 變異數同質性考驗分析結果( $F = .96$ ， $P = .330 > .05$ )可知兩前置組織受試者之母群體在「化學反應方程式計量」概念向度「後測得分」的離散程度沒有顯著差異。

###### (3) 組內回歸係數同質性考驗

由表 4-29 可知組內回歸係數同質性考驗分析結果( $F = 4.66$ ， $P = .034 > .01$ )，前置組織與「化學反應方程式計量」概念向度前測得分間無交互作用。

表 4-29 「化學反應方程式計量」概念向度組內回歸係數同質性考驗統計表

變異來源	SS	df	MS	F	P	Eta 平方
------	----	----	----	---	---	--------

變異來源	SS	df	MS	F	P	Eta 平方
前測得分	.68	1	.68	.34	.560	.00
前置組織	1.92	1	1.92	.98	.326	.01
前測*前置 組織	9.19	1	9.19	4.66	.034	.06
誤差	149.85	76	1.97			
全體	2266.00	80				

\* $P < .01$  呈顯著差異

## 2. 「化學反應方程式計量」概念向度共變數分析

經過「化學反應方程式計量」概念向度「前測得分」共變量(4.39)的調整，使用 A 前置組織受試者的「化學式」概念向度後測平均得分為 4.50；而使用 B 前置組織受試者的「化學反應方程式計量」概念向度後測平均得分為 5.64。

共變數分析的結果如下表 4-30 所示，顯示使用 A 前置組織之受試者表現優於 B 前置組織之受試者表現( $F = 12.63$ ,  $P = .001 < .01$ )。

表 4-30 「前置組織」對「化學反應方程式計量」概念向度後測之影響的 ANCOVA

摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	P	Eta 平方
前測得分	.10	1	.10	.05	.83	.001
組間 (前置組織)	26.10	1	26.10	12.63	.001*	.14
組內(誤差)	159.04	77	2.07			
全體	2266.00	80				

\* $P < .01$  呈顯著差異

## 第四節 研究假說檢定與研究問題回應

### 一、 研究假說檢定

(一) 虛無假說 1：A、B 前置組織對高一學生「化學反應」學習成就測驗的「整體」表現，無顯著差異。

研究結果顯示，A、B 前置組織對高一學生在「化學反應」學習成就測驗「整體」表現上有顯著差異( $P=.003<.01$ )，所以拒絕此虛無假設。

(二) 虛無假說 2：A、B 前置組織對高一學生「化學反應」學習成就測驗的「化學反應基礎理論」概念向度表現，無顯著差異。

研究結果顯示，A、B 前置組織對高一學生在「化學反應」學習成就測驗的「化學反應基礎理論」概念向度表現上沒有顯著差異( $P=.99>.01$ )，所以接受此虛無假設。

(三) 虛無假說 3：A、B 前置組織對高一學生「化學反應」學習成就測驗的「原子與分子計量」概念向度表現，無顯著差異。

研究結果顯示，A、B 前置組織對高一學生在「化學反應」學習成就測驗的「原子與分子計量」概念向度表現上有顯著差異( $P=.002<.01$ )，所以拒絕此虛無假設。

(四) 虛無假說 4：A、B 前置組織對高一學生「化學反應」學習成就測驗的「化學式」概念向度表現，無顯著差異。

研究結果顯示，A、B 前置組織對高一學生在「化學反應」學習成就測驗的「化學式」概念向度表現上無顯著差異( $P=.72>.01$ )，所以接受此虛無假設。

(五) 虛無假說 5：A、B 前置組織對高一學生「化學反應」學習成就測驗的「化學反應方程式計量」概念向度表現，無顯著差異。

研究結果顯示，A、B 前置組織對高一學生在「化學反應」學習成就測驗的「化學

式」概念向度表現上有顯著差異( $P = .001 < .01$ )，所以拒絕此虛無假設。

## 二、 研究問題回應

針對第一章緒論中所提出的研究問題，以下將藉由研究資料的分析提出說明與結論。

### 1. A、B 前置組織對高一學生「化學反應」學習成就測驗的「整體」表現上是否有差異？

研究結果顯示，使用 A 前置組織教學後的受試者，後測平均得分為 18.53；而使用 B 前置組織教學後的受試者，後測平均得分為 20.71。以化學反應學習成就測驗整體「前測得分」為共變數，前置組織為因子，整體「後測得分」為依變數，進行共變數分析得知，前置組織對受試者在「化學反應」學習成就上造成顯著差異( $P = .001 < .01$ )，但前置組織與受試者前測得分間有交互作用。

### 2. A、B 前置組織對高一學生「化學反應」學習成就測驗在「化學反應基礎理論」概念向度的表現上是否有差異？

研究結果顯示，使用 A 前置組織教學後的受試者，「化學反應基礎理論」概念向度後測平均得分為 3.16；而使用 B 前置組織教學後的受試者，後測平均得分為 3.21。以「化學反應基礎理論」概念向度之「前測得分」為共變數，不同前置組織為因子，「化學反應基礎理論」概念向度之「後測得分」為依變數，進行共變數分析得知，不同前置組織對全體受試者在「化學反應基礎理論」概念向度表現上無顯著差異( $P = .99 > .01$ )，顯示使用 A 前置組織教學之受試者與使用 B 前置組織教學之受試者在「化學反應基礎理論」概念向度學習上無顯著差異。

### 3. A、B 前置組織對高一學生「化學反應」學習成就測驗在「原子與分子計量」概念向

度表現上是否有差異？

研究結果顯示，使用 A 前置組織教學後的受試者，「原子與分子計量」概念向度後測平均得分為 8.00；而使用 B 前置組織教學後的受試者，後測平均得分為 9.33。以「原子與分子計量」概念向度之「前測得分」為共變數，前置組織為因子，「原子與分子計量」概念向度之「後測得分」為依變數，進行共變數分析得知，前置組織對受試者在「原子與分子計量」概念向度表現上有顯著差異( $P = .002 < .01$ )，但前置組織與受試者前測得分間有交互作用。

4. A、B 前置組織對高一學生「化學反應」學習成就測驗在「化學式」概念向度表現上是否有差異？

研究結果顯示，使用 A 前置組織教學後的受試者，「化學式」概念向度後測平均得分為 3.61；而使用 B 前置組織教學後的受試者，後測平均得分為 3.52。以「化學式」概念向度之「前測得分」為共變數，前置組織為因子，「化學式」概念向度之「後測得分」為依變數，進行共變數分析得知，前置組織對受試者在「化學反應基礎理論」概念向度表現上無顯著差異( $P = .72 > .01$ )。

5. A、B 前置組織對高一學生「化學反應」學習成就測驗在「化學反應方程式計量」概念向度表現上是否有差異？

研究結果顯示，使用 A 前置組織教學後的受試者，「化學反應方程式計量」概念向度後測平均得分為 4.50；而使用 B 前置組織教學後的受試者，後測平均得分為 5.64。以「化學反應方程式計量」概念向度之「前測得分」為共變數，前置組織為因子，「化學反應方程式計量」概念向度之「後測得分」為依變數，進行共變數分析得知，前置組織對受試者在「化學反應方程式計量」概念向度表現上有顯著差異( $P = .001 < .01$ )。事後比較顯示接受 B 前置組織教學之受試者在「化學反應方程式計量」概念向度表現上優於接受 A 前置組織教學之受試者。

由整體表現顯示，B 前置組織的「粒子基本定律」在提升學生整體後續概念學習較 A 前置組織的「物質三態變化—粒子行爲」來得有幫助，其可能原因在於粒子基本定律除了將之前所學過的部份加以複習外，更利用「氣體反應體積定律(給呂薩克定律)」與「亞佛加厥假說」確定了原子與分子的差異性，並建立起部分氣體屬於「雙原子分子」的概念系統，增進學生在學習或解決有關於氣體方程式計量問題上的能力；相較於「粒子基本定律」，「物質三態變化—粒子行爲」則強調微觀粒子的系統性與性質，對於解決方程式計量問題並無太大幫助，但倘若在學習微觀粒子動力理論前採用此前置組織，則效果可能較「粒子基本定律」來得好。

在由各分項概念向度上來分析，「化學反應基礎理論」與「化學式」在使用兩前置組織的效果不彰，探究其因素可能是針對兩極端概念的學習所造成的結果；就「化學反應基礎理論」而言，此概念系統與國中時期就已學過，對於高中學生再次遇到相同概念學習，前置組織的效果相對降低，因為所要學習的新知識與前置組織的內容太過相近，學生先備知識充足，造成此學習模式對於新概念的學習注意不大。相反的，就「化學式」而言，此概念系統在國中時期並無接觸，兩前置組織針對此概念的相關性亦低，因而造成受試者各自獨立學習的狀況，結果也顯示兩前置組織針對此概念學習毫無建樹，所以推測使用 A、B 二前置組織與這兩個概念並學習並無明顯上的影響或幫助，原因就是教材與前置組織內容過於相近或無關，都可能會造成前置組織的教學無效的結果。

另外由「原子與分子計量」與「化學反應方程式計量」二概念向度來觀察，A、B 兩前置組織均與此二概念有相關，但關聯性不大，換句話說仍有許多新知識需要學習，但都立基於兩前置組織的舊有知識系統下，利用 A、B 兩前置組織高階層概念的預先學習，建構後續對於「原子與分子」辨識與理解的能力，也增加對於化學反應方程式的理解。針對研究顯示，並非「物質三態變化—粒子行爲」的前置組織會造成學生學習的反效果，而相對是「粒子基本定律」前置組織更適合運用在學習「原子與分子計量」與「化學反應方程式計量」二概念前作為引介材料。所以前置組織的採用除了須針對學生先備知識能力進行評估外，對於所要學習的新教材進行適當分析與配合，才能使前置組織發揮其最大功效。