

第二節 學生所持的認識論

一、形式認識論

本研究採用黃俊偉（2004）測量國小五年級學生科學本質觀的「國小學生科學本質觀問卷」中屬於「科學知識本質」及「科學探究本質」部分的題目施測，試題共有二十三題，為封閉式題目，採用四點量表計分，將兩班學生前、後測結果各68份，以統計套裝軟體SPSS 12進行成對樣本t考驗來分析前後測是否達顯著。從表4-2-1可知，就量化前後測整體而言，學生形式認識論前後測並未達顯著差異 $p > 0.01$ ($t = -0.971$)。

表4-2-1 形式認識論問卷整體之前後測結果

前測總 和平均	前測 S.D.	後測總 和平均	後測 S.D.	平均 差數	t 值	p 值 (雙尾)
71.64	6.662	72.48	7.078	0.84	0.97	0.36

Note：* $p < .05$ ，** $p < .01$ 。

以下將形式認識論問卷結果分為科學知識本質和科學探究本質兩部分詳述之。

(一)、科學知識的本質

從表4-2-2可知，第3、9、19題前後測有達顯著差異，其中，第三題是詢問學生是否認為「科學可以解決人類所有的問題」，為反向題，結果顯示，於本探究活動之後，學生偏向於認為科學並非可以解決人類所有問題，第九題的題目則是「這世界有許多人類不確定的事情，這些事情不容易取得證據，無法以科學的實驗來證明」，從結果可知，在本探究活動後，學生偏向於認為世界上仍是有很多科學無法確定和證明的事情，而這兩題主要是想要知道學生是否認為科學並非萬能，而是有極限的。第十九題「整個自然界太複雜、太奧妙，人類沒辦法了解」則是欲探討學生是否認為世界是可以理解的，結果顯示，在經過本探究活動後，學生更加偏向於認為人類是無法瞭解整個自然界的。然而，雖然有三題前後測有達顯著差異，但是整體而言，科學知識本質分量表的前後測並未達顯著差異，其表示經過本探究課程

後，學生科學知識本質的觀點未有明顯地改變。另外，從表4-2-2可發現，除了第9題的後測平均分數略小於2.5以外（2.5為四分量表之平均值），其餘的題目的前測與後測平均分數皆很接近3（高於2.5），其表示學生形式認識論中的科學知識本質較偏向於建構主義的認識論。

表4-2-2 形式認識論問卷中科學知識本質之前後測結果

題號	前測平均	前測 S.D.	後測平均	後測 S.D.	平均差數	t 值	p 值 (雙尾)	合計 t 考驗值
1	3.37	0.76	3.39	0.80	0.02	0.142	0.89	S.D.= 3.94 t = -0.93 p= 0.34
2	3.12	0.83	3.06	0.97	-0.06	-0.497	0.62	
3	2.70	0.94	3.01	0.77	0.31	2.60	0.01*	
4	3.36	0.81	3.37	0.67	0.01	0.12	0.90	
7	2.91	0.83	2.96	0.90	0.04	0.35	0.73	
8	3.18	0.80	3.12	0.71	-0.06	-0.51	0.60	
9	2.67	0.84	2.31	1.03	-0.36	-2.55	0.01*	
13	3.61	0.60	3.63	0.71	0.01	0.14	0.89	
14	3.04	0.77	3.18	0.74	0.13	1.04	0.30	
15	2.99	0.84	2.99	0.98	0.00	0.00	1.00	
19	2.79	1.02	3.18	0.76	0.39	2.72	0.00**	

Note : *p<.05. **p<.01 .

（二）、科學探究的本質

在二十三題中，以下十二題涉及「科學探究本質」的觀點，從表4-2-3可知，第16、17、23題前後測有達顯著差異，其中，第十六題為反向題，題目為「研究自然科學的方法，比研究其他學問的方法更好更重要」，從結果可知，在經過本探究活動後，學生偏向於認為科學方法科學探究的方法不一定比其他方法獨特。第十七題則是欲探求學生是否認為「一個科學問題，只有一個方法可以解決」，從結果得知學生經過本探究課程後更加偏向於認為科學問題並非只有一種方法可以解決。第二十三題為「雖然實驗儀器在進步，但仍沒有辦法使每個實驗的測量活動都能達到百分之百準確」，欲知道學生是否對於實驗誤差的觀點，結果顯示，學生後測的平均分數低於前測，但平均分數仍大於2.5，其表示學生在經過本探究過程之後，學生雖仍傾向於認為並非科學實驗都是準確的，但是其傾向有減弱的現象。然而，雖然有三題前後測有達顯著差異，但整體而言，科學探究本質分量表的前後測並未達顯著差異，

其表示經過本探究課程後，學生對於科學探究本質觀點並沒有明顯地改變。另外，從表4-2-3可發現，所有的題目的前測與後測平均分數皆很接近3，其表示學生形式認識論中的科學探究本質較偏向於建構主義的認識論。

表4-2-3 形式認識論問卷中科學探究本質之前後測結果

題號	前測平均	前測S.D.	後測平均	後側S.D.	平均差數	t 值	p 值 (雙尾)	合計t考驗值
5	2.79	0.90	2.96	0.91	0.16	1.18	0.24	S.D.= 4.57 t= -0.70 p= 0.46
6	3.13	0.72	3.22	0.62	0.09	0.75	0.46	
10	3.46	0.59	3.36	0.87	-0.10	-1.02	0.31	
11	3.31	0.68	3.20	0.76	-0.12	-1.07	0.29	
12	3.04	0.86	3.22	0.85	0.18	1.69	0.10	
16	2.46	0.99	2.78	0.95	0.31	2.24	0.03*	
17	3.37	0.74	3.58	0.50	0.21	2.12	0.04*	
18	3.01	0.77	3.04	0.81	0.03	0.29	0.77	
20	3.39	0.74	3.46	0.50	0.07	0.70	0.49	
21	3.39	0.70	3.33	0.70	-0.06	-0.53	0.60	
22	3.37	0.62	3.34	0.62	-0.03	-0.30	0.77	
23	3.15	0.74	2.79	0.93	-0.36	-2.64	0.01**	

Note : *p<.05. **p<.01 .

由上述各結果可知，在本探究課程中，學生的形式認識論前後測並未達顯著差異，在侯香伶（2002）及陳映辛（2004）的研究中也呈現出相同的結果。另外，本問卷中的題目是以建構主義認識論為基準來命題及評分，而從結果可發現，學生的平均在每題的平均分數幾乎都高於2.5，其表示學生的形式認識論較偏向於建構主義的認識論。

二、實務認識論

將實務認識論前後晤談資料歸納整理後，將學生的實務認識論分為科學知識的本質及科學探究本質兩個向度，再加以歸納分析，以下將做進一步探討。

（一）、科學知識本質

根據晤談資料，本研究將科學知識分為科學問題的類型、什麼是科學、科學家

在做什麼、科學知識的本質四個面向來探討：

(1) 科學問題的類型

歸納整理學生晤談的資料後發現，學生所認為的科學問題可分為解釋性的問題、有關事物如何運作的問題、可觀察的問題三大類，以下將做詳細描述：

1. 在「解釋性的問題」中，學生會提到有關「事情為什麼會發生」的問題，例如：「為什麼蘋果會掉下來？」、「為什麼汽水會有氣泡？」等問題。
2. 在「有關事物如何運作的問題」中，學生會提到一些有關「事情如何運作(works)」的問題，並且可以舉出例子，例如：「如何使槓桿兩邊平衡？」、「電燈是如何亮起來的？」
3. 在「可觀察的問題」中，學生認為科學問題就是和一些具體、可觀察的問題，學生會提到一些有關事情在何時、或何地發生等很容易觀察到的問題，或是學生問題的答案就是很簡單的「是」與「否」，而沒有更深層的問題，例如：「顯微鏡可不可以觀察到小東西？」、「保特瓶裡面的水越多可以滾越遠嗎？」

本研究將前後晤談資料歸納整理後，將學生所認為的科學問題類型以百分比的圖表呈現如圖4-2-1。

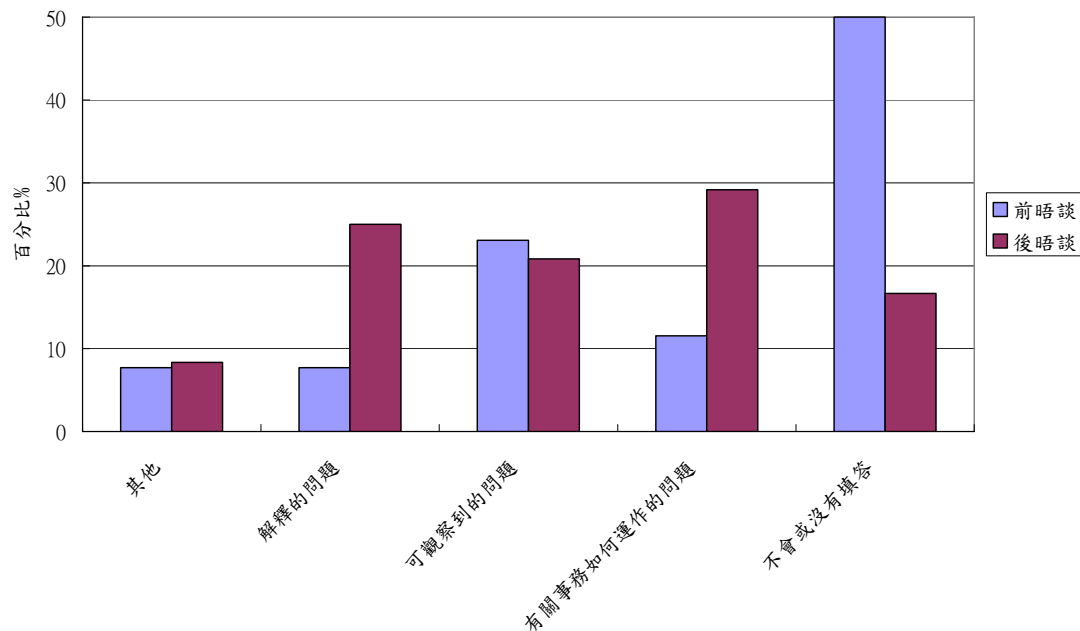


圖 4-2-1 科學問題的類型之前後晤談比較圖

由圖 4-2-1 中可知，在前晤談中，學生所提出的科學問題類型集中於「可觀察

到的問題」，約有 22%，而次為「有關事物如何運作的問題」，也就是「如何(how)」的問題，佔 11%，第三為「解釋性的問題」約佔 8%；然而，在後晤談中，學生所提出的科學問題類型則有約 30%的學生集中於「有關事物如何運作的問題」，次之為「解釋性的問題」，約佔 25%，第三則為「可觀察到的問題」，所佔人數約 20%，另外於後晤談中，學生回答不知道的人數前晤談中的 60%減為 16%。在學生所提出的科學問題類型中「解釋性的問題」及「有關事物如何運作的問題」這兩類的為問題是屬於比較好的科學問題(Smith, & Hennessey, 2000)，而其在後測中的比例也增加，其可能代表學生在經過本探究課程後，對於所謂的科學問題有較多的認識。

另外，從晤談的資料中發現，在前晤談中有三位學生認為科學家研究的問題才是科學問題，而於後晤談則有六位學生有這樣的想法，而除了學生 428、216 以外，大多數的學生都認為他們在課堂中所進行的問題也算是科學問題，其可能表示學生認為他們自己在課堂中所進行的問題和活動是科學家們已經研究過的問題或活動。

(2) 什麼是科學

歸納整理學生晤談的資料後發現，學生所認為「什麼是科學」主要可被分為科學是發明東西、做實驗、幫助人類、研究，以下將詳加描述：

1. 科學是「發明東西」：學生認為科學就是發明出本來沒有的東西，而所發明的東西可能是為了要使人類進步或生活更便利，或是為了實驗需要等不同原因。例如：「我會覺得說科學很奇妙，然後可以發明很多不同的東西」。
2. 科學是「做實驗」：學生認為只要是做實驗就是科學，而對於實驗沒有作更深層的說明及解釋。例如：「科學就是做一些...一些實驗...就像是觀測太陽，還有植物生長的情形還有一些二氧化碳那些」。
3. 科學是「幫助人類」：學生認為科學就是要幫助人類解決生活上的問題、幫助人類生活更進步便利。例如：「科學就是可以幫助別人的東西，就可以讓未來的文化發達」、「科學是讓我們方便的東西...就是可以解決我們問題的東西」。
4. 科學是「研究」：學生認為科學家在作研究，研究人類不知道或尚未發現的事，或是研究人類的問題，而有些學生會認為只有科學家們才會去作的研究或知識，而這些知識或研究一般人不會於一開始並不知道就是科學，而有些學生則沒有特別指出作研究的主體。例如：「科學就是研究我們一般人還沒有發現的東西」、「科

學就是我們人類原本不知道的事情，然後科學家去把他..想辦法研究，讓我們人類知道」。

本研究將前後晤談資料歸納整理後，將學生所認為的科學問題類型以百分比的圖表呈現如圖4-2-2。

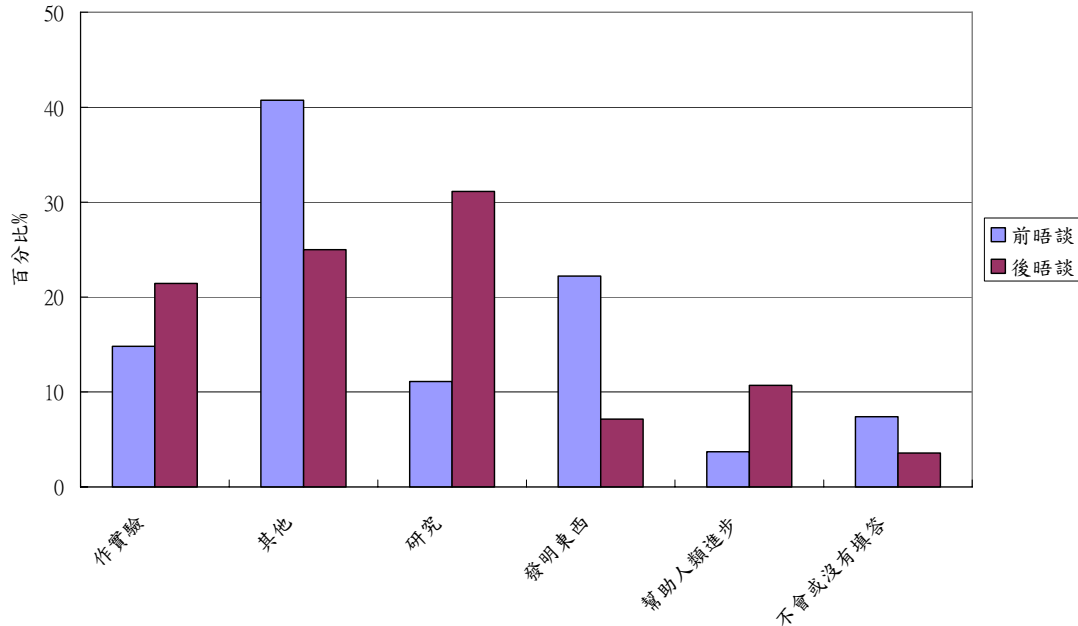


圖 4-2-2 什麼是科學之前後晤談比較圖

從圖 4-2-2 可知，在前晤談中，學生認為科學是發明東西的比例約 22%為最高，次之為做實驗，約為 15%，而認為科學是作研究的學生則約為 11%；在後測中，學生認為科學就是做研究的比例最高，約為 31%，次之為科學是做實驗，約佔 21%，而認為科學是及科學是幫助人類進步、解決問題為第三，約佔 11%，而回答不知道的學生則由前晤談的 7%減為約 4%，而在其他的類別中，有五位學生直接舉例來說明他所認為的科學，例如：地心引力、電視、飛機、製造二氧化碳等；另外，有學生認為「在一般家庭很少見的東西才算是科學」或是「日常生活中所需要的物品不算是科學」，不過因為其總次數皆少於三次，因此將這些類別歸於其他。

在上述的資料中，當學生認為科學是做實驗、發明東西、或發現解決事情的方法或做研究時，其表示學生認為科學僅是簡單的活動或過程，而這樣的想法較偏向於實徵主義的認識論。在後晤談中，認為科學是在做研究的學生有明顯增加，且回答不知道的學生有減少，雖大多數學生仍認為科學僅是簡單的活動或過程，但是學

生對於所謂的科學有較多的認識。

(3) 科學家在做什麼

歸納整理學生晤談的資料後發現，學生所認為的「科學家在做什麼」主要可以被分為科學家在「做實驗」、科學家在「發明東西」、科學家在「觀察」，這些類別非常相似於「科學是什麼」，其可能表示學生認為科學家所做的是科學：

1. 科學家在「做實驗」：學生認為科學家都在做實驗，但是對於科學家所做實驗的性質和目的都沒有太多描述，都只是回答科學家就是在做實驗阿，只有一位學生回答科學家是在作的實驗很多，有生物的實驗或是為了檢驗或研發而作的實驗。
2. 科學家在「發明東西」：學生認為科學家在發明東西，對於所發明東西的性質沒有作太多描述，只有兩位學生有提到發明的東西可能是科家需要的，或是像電視、電燈的生活用品。
3. 科學家在「作研究」：學生認為科學家在作研究，研究人類不知道或尚未發現的事，或是問題，看如何使人類生活更方便，例如：研究電燈、汽車，使其能更先進，其中有一位學生 215 有提到科學家們會探討其他科學家所研究過，而科學家自己覺得不對的問題。以下為該學生接受晤談時的回答。

R：那你覺得科學家平常都在做哪些事？

215：研究一些新的科學問題

R：新的科學問題是什麼意思？

215：就譬如說那些幹細胞阿之類的

R：那他們研究過的問題是別人研究過的嗎？

215：應該算吧，應該有一些些吧

R：什麼意思？

215：因為有的科學家可能會覺得別人研究的不對，所以他自己再研究一次

R：喔

R：那他覺得別的科學家研究的東西不對的時候，他在做研究的時候，會跟原來那個科學家用一樣的方法嗎？

215：可能用他自己的方法吧

R：那有可能不一樣嗎？

215：恩

從上述資料中可以發現，該生認為科學家所研究的問題可能是重複的，而在研究時，所使用的方法應該是科學家自己的方法，而其方法可能與其他科學家相同或不同，代表學生有意識到科學家的想法會影響他們的工作，這樣的想法較偏向於建

構主義的認識論。

本研究將前後晤談資料歸納整理後，將學生所認為的科學問題類型以百分比的圖表呈現如圖4-2-3。

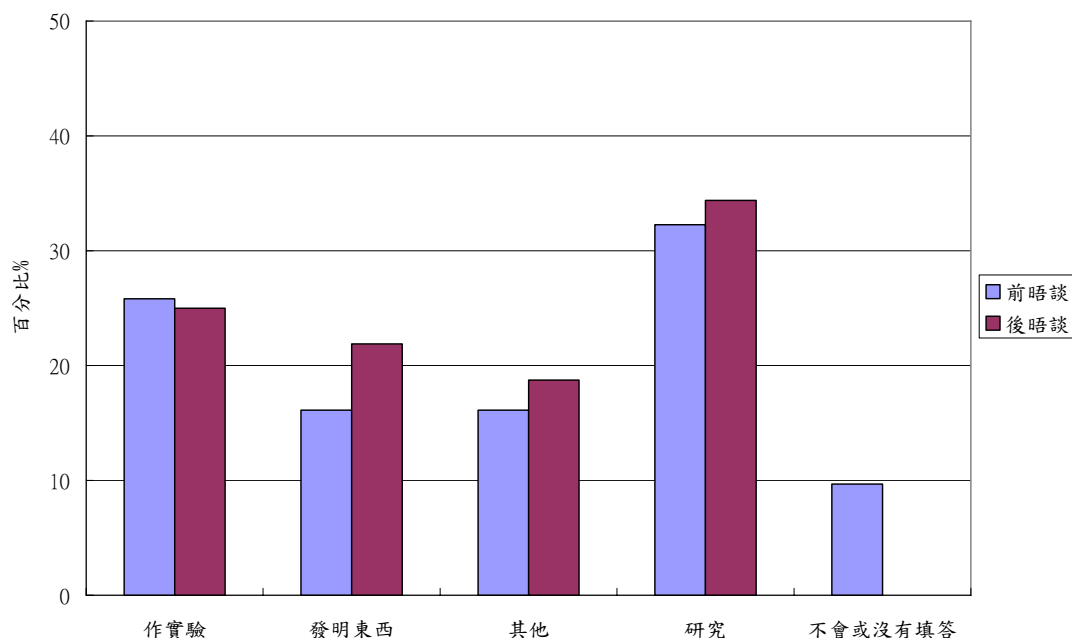


圖 4-2-3 科學家在做什麼之前後晤談比較圖

從圖 4-2-3 可知，在前晤談中，認為科學家是在作研究的比例最高約為 33%，次之為科學家在做實驗，所佔比例約為 26%，再次之則為科學家是在發明東西，所佔比例約為 17%；在後晤談中，認為科學家是在作研究的比例最高，所佔比例約為 34%，次之為科學家在做實驗，所佔比例約為 25%，再次之則為科學家是在發明東西，所佔比例約為 22%，而於回答不知道或沒有回答的學生從前晤談中的 10%減為 0%，另外，有學生認為「科學家有在觀察東西」、「科學家在檢驗東西」、「科學家會和其他人討論」，或是「科學家也會睡覺、看書」，不過因為其總次數皆少於三次，因此將這些類別歸於其他。整體而言，學生對於所謂的「科學家在做什麼」有較多的認識。

上述的資料中，當學生認為科學家在實驗室中工作、做實驗、試試看東西能不能運作或發明東西、或研究發現解決問題的方法，其表示學生認為科學家所做的事僅是簡單的活動或過程，而這樣的想法較偏向於實徵主義的認識論，只有在後晤談 215 和 216 兩位學生有意識到科學家的想法會影響他們的工作，但並沒有再針對科

學家的想法加以詳細描述，而這樣的想法較偏向於建構主義的認識論（Smith, & Hennessey, 2000）。

（4）科學知識的本質

歸納整理學生晤談的資料後發現，學生所認為的科學知識的本質主要可以被分為科學知識是「從實驗結果中得到的結果」、科學知識是「科學家研究的知識」、科學知識是「教科書或教師教的知識」：

1. 科學知識是「從實驗結果中得到的結果」：學生認為從實驗結果中所得到的答案或學到的知識就是科學知識，而其中只有一位學生有提到實驗知識是需要經過多次實驗結果後才能確定的，其餘的學生則沒有詳加描述。
2. 科學知識是「科學家研究的知識」：學生認為科學知識是科學家們知道的知識，而這些知識可能是科學家研究出來的，於一開始時只有科學家知道，而一般人不知道的知識就是科學知識。
3. 科學知識是「教科書或教師教的知識」：學生認為只要教科書上寫的知識，或是自然老師所教過的知識就是科學知識。

從上述三種類別中可發現，學生認為的實驗結果就是科學知識，而且其有明確的對或錯，強調科學知識的正確性，較偏向實徵主義。本研究將前後晤談資料歸納整理後，將學生所認為的科學問題類型以百分比的圖表呈現如圖 4-2-4。

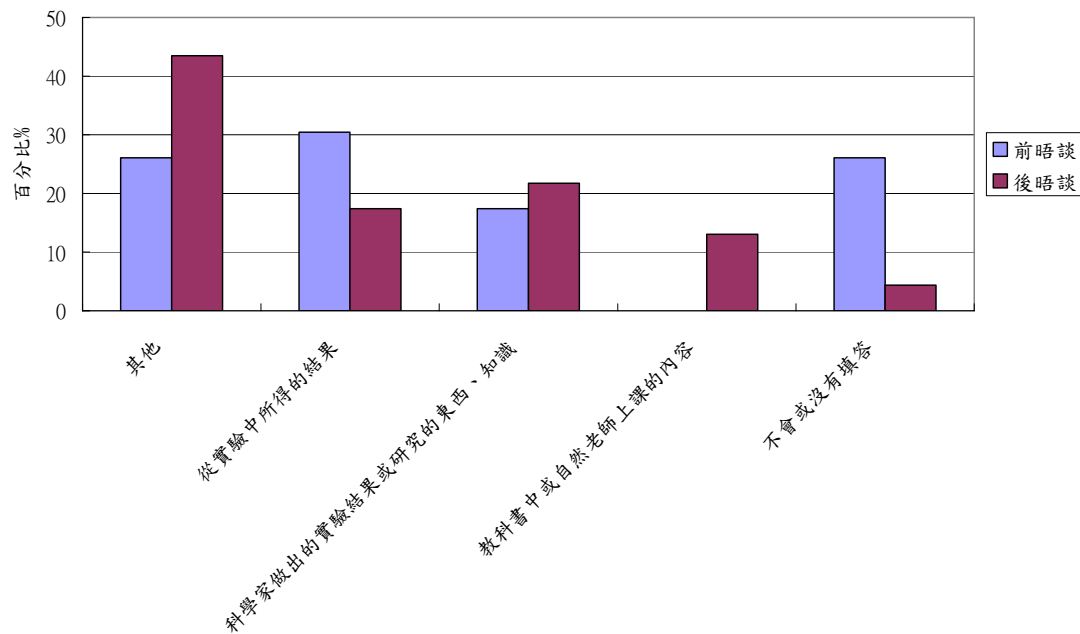


圖 4-2-4 科學知識的本質之前後晤談比較圖

從圖 4-2-4 可知，在前晤談時，學生認為科學知識是從實驗所得結果比例最多，約有 31%；而認為科學家做出的實驗結果或研究的東西和知識是科學知識的學生為次之，約有 18%；在後晤談中，學生認為科學知識是科學家做出的實驗結果或研究的東西和知識比例最多，約有 21%，而次之為學生認為科學知識是從實驗所得結果，約有 18%，而於後晤談中有 12% 的學生則認為科學知識是教科書中或老師教授的內容，而此觀點是在前晤談中學生所沒有提到的。另外，有六位學生在前晤談時，都不太清楚科學知識的意思，在後晤談時這部分的情形有改善。整體而言，上述資料呈現出學生對於科學知識的看法是傾向於實驗結果就是科學知識，認為科學知識有明確的對或錯的答案，科學是事實的累積，這類型的想法是較偏向實徵主義的 (Tsai, 1998)。

在其他的類別中，大部分的學生都是直接舉例來回答他們所認為的科學知識，例如：「地心引力」、「黑洞的形成」、「燈泡是怎麼亮起來的」、「二氧化碳可以滅火」等。而有兩位學生經過證實的知識才算是科學知識，另外，有兩位學生認為經過研究出來的知識就是科學知識。

(二)、科學探究的本質

根據晤談資料，本研究將科學探究的本質分為科學實驗與學校實驗之異同、實驗誤差的來源、改進實驗的方法、決定實驗結果正確性的標準、實驗與假說不同時所採取的行動、實驗的方法、支持證據的主張七個面向來探討。

(1) 科學實驗與學校實驗之異同

歸納整理學生晤談的資料後發現，學生所認為的科學實驗與學校實驗之異同主要可以分為認為學校實驗和科學實驗相同，及學校實驗和科學實驗不同兩大類，而於這兩類之下可加以分類，以下將詳述之：

1. 學校實驗和科學實驗相同：

- a. 內容相同：學生認為他們作的實驗科學家也會作，例如：「都是在製造氧氣和二氧化碳」、「和實驗空氣和燃燒有關」、「作斜面實驗科學家和學生作的事應該都一樣」。
- b. 工具相同：學生認為科學家們和他們所使用的實驗用具是一樣的，例如：「科學家也會用顯微鏡」、「都會用化學藥品」、「都會使用槓桿」。

2. 科學實驗和學校實驗不同：

- a. 內容不同：學生認為自己在做實驗時是在玩，而科學家則會很認真的做實驗，例如：「科學家會用顯微鏡觀察，但是不會把顯微鏡拿來玩」、「科學家會用保特瓶作斜面實驗，但是不會拿保特瓶來玩」，而有些學生則是認為他們和科學家作的實驗內容有不同，例如：「在槓桿實驗中，學生使用槓桿是要測量平衡，科學家有可能測量砝碼裡面為什麼會有這樣的重量」。
- b. 工具不同：學生認為工具不同的學生覺得科學家們所用的實驗用具比學生還要精準和專業，例如：「科學家用的是光學顯微鏡，學校用的普通的顯微鏡」，有學生認為實驗內容一樣，可是科學家會用不同的工具來替代，例如：「用其他東西來取代學生們所用的砝碼」。
- c. 實驗性質不同：學生認為科學家們所做的實驗較困難、或是較為複雜，或較危險，或者規模和學校作的實驗不同，例如：「科學家作的實驗較危險，我們作的實驗不會危險」、「他們作滅火器實驗比較大型，我們作的是小型的實驗」、「科學家作的實驗比較難」。

本研究將前後晤談資料歸納整理後，將學生所認為的科學問題類型以百分比的

圖表呈現如圖4-2-5及圖4-2-6。

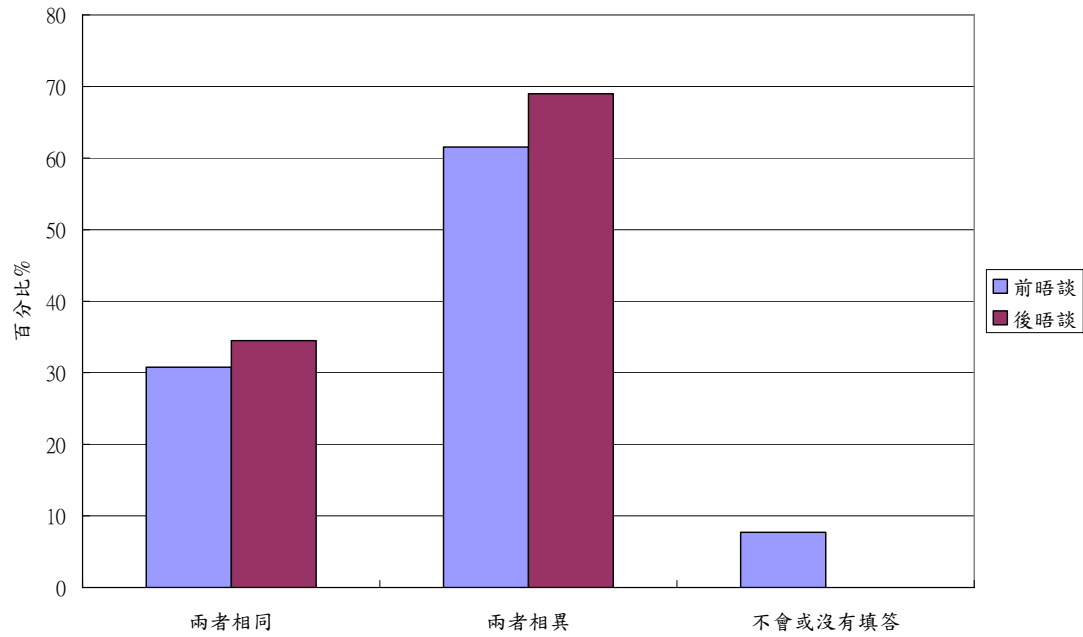


圖 4-2-5 科學實驗與學校實驗之異同之前後晤談比較圖

從圖 4-2-5 中，在前晤談中，約有 61% 的學生認為學校實驗和科學實驗是有差異的，在後晤談中認為學校實驗和科學實驗有差異的亦 69%，也就是說整體而言，不論前後晤談，大部分的學生都認為學校實驗和科學實驗是有差異的，其原因可能是因為在本探究活動中，教師所介紹的探究活動不全然和科學家們相同，因此學生會有這樣的想法。

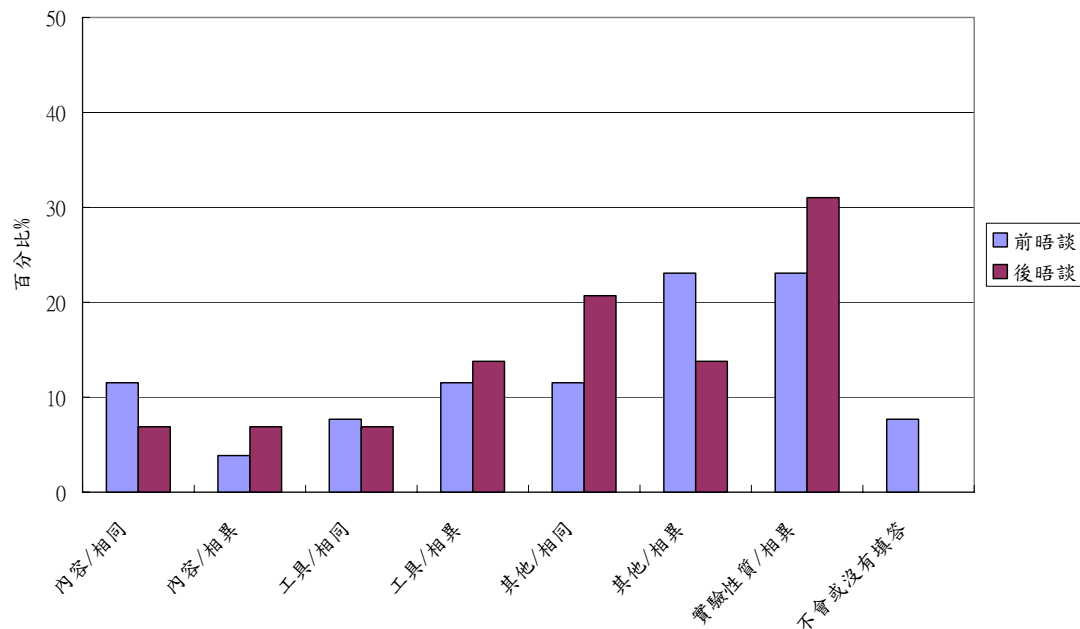


圖 4-2-6 學校實驗與科學實驗異同之前後晤談比較圖

根據圖 4-2-6 可知，在前晤談中，學生認為學校實驗和科學實驗之間的差異依據比例排序最多為實驗性質、次之為工具和內容；在後晤談中，學生認為學校實驗和科學實驗之間的差異依據比例排序，最多為工具的差異，而內容差距則次之，而認為兩者間的差異依據比例排序最多為實驗性質、次之為工具，再次之則為內容。而在前晤談中，學生認為學校實驗和科學實驗兩者相同的學生，則是認為相同的部分在於內容和工具；在後晤談中，認為兩者相同的部分除了工具和內容外，有一位學生認為兩者所使用的原理相同，這部分是前晤談中學生所沒有提到的。

(2) 實驗誤差的來源

歸納整理學生晤談的資料後發現，學生所認為科學家和自己所做實驗的不準確是因為誤差所造成的，誤差的來源主要可以分為人為造成的誤差和工具造成的誤差兩種：

1. 人為造成的誤差：學生認為人為誤差是因為是因為實驗者本身在實驗過程中有所疏失，而導致誤差的產生，例如：「在滅火器實驗中，瓶蓋沒有鎖緊」、「斜面實驗中，有同學在旁邊用嘴巴吹瓶子」、「在斜面實驗中，推瓶子的力道不一樣」、「因為不小心，所以拿錯工具或零件」

2. 工具造成的誤差：學生認為工具所造成的誤差是因為在實驗時，實驗工具的損壞所造成的，例如：「槓桿在一開始沒有掛東西時就歪一邊」、「實驗到一半時天平壞掉」，學生沒有提到有關實驗工具的精準度所造成的誤差。

學生所認為的誤差來源，本研究將前後晤談資料歸納整理後，將學生所認為的科學問題類型以百分比的圖表呈現如圖 4-2-7。

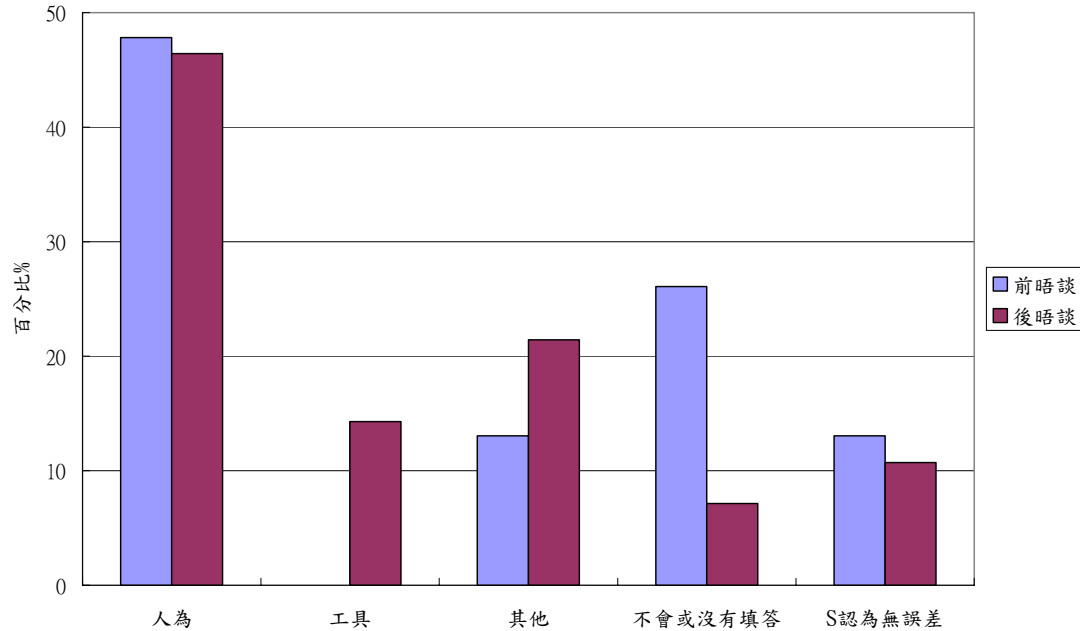


圖 4-2-7 實驗誤差來源之前後晤談比較圖

由圖 4-2-7 中可知，在前晤談，學生所認為實驗誤差來源集中於人為因素，沒有學生認為實驗工具會導致實驗誤差；在後晤談時，學生所認為實驗誤差來源集中於人為因素，而有部分比例學生認為實驗所用的工具亦是實驗誤差的來源，其可能表示學生在經過本探究課程後，學生認為有更多不同的來源會導致實驗誤差的產生。前後晤談中都有少數（三位）學生認為實驗結果是準確的，沒有誤差。上述資料可知，學生在經過本探究活動後，有意識到實驗的誤差除了人為之外，工具亦會造成誤差。另外，教師在探究活動中，也有說明因為工具所產生的誤差，稍後在教室觀察資料中再做詳述。

另外，在其他的類別中，在後晤談中有 207、418 兩位學生認為有時因為被研究事物的不可預測性，因此研究結果不會完全相同，而這類型的想法則傾向於建構主義的認識論。以下為學生 207 接受晤談時的回答。

R：那你覺得科學家作的實驗都是準確的嗎？
 207：不一定
 R：為什麼？
 207：有些會不準確阿
 R：為什麼會不準確？
 207：有些實驗是天然的、自然的
 R：什麼意思？
 207：就是像豆子一樣阿，有些實驗他自然發育，就自然的
 R：為什麼這樣會不準確？
 207：因為不可能每顆豆子都長得一樣高一樣
 R：什麼意思？
 207：不可能有些豆子長的一樣高
 R：為什麼這樣會不準確？你可以再說清楚一點嗎？
 207：因為有些東西會變化，所以不準確
 R：你可以舉一個例子嗎？
 207：豆子會變化阿
 R：為什麼豆子變化會讓實驗不準確？你可以再說清楚一點嗎？
 207：就是他會用豆子實驗嘛，在相同的地方嘛，曬的太陽時間都一樣嘛，他想證明豆子阿曬的小時一樣就會長的比較一樣高，但是有些變化有些變化會影響豆子的生長過程。

從上述資料可發現，除了後晤談中 207、418 兩位學生以外，其他的學生似乎認為實驗會誤差主要是因為工具和人為因素誤差所造成的，若實驗沒有誤差的話，則該實驗就會是準確的，其代表學生似乎認為實驗會有相同的結果，而這類型的想法則較偏向於實徵主義的認識論觀點。

(3) 改進實驗的方法

歸納整理學生晤談的資料後發現，學生所認為的可以改進實驗的方法主要可分為減少誤差、問老師或其他人、重複實驗，以下將詳加描述：

1. 減少誤差：學生認為只要減少實驗中所產生的誤差，即可使實驗更準確；其中誤差的來源就如上所說源自於工具和人為誤差，而其中大多數的學生仍是認為只要做實驗時要專心，將當初做實驗時的人為疏失改進就可以使實驗準確，而在後晤談中，有兩位學生有提到在做實驗時如果使用精確的工具則可以使實驗更準確，例如：「用尺量距離，不要用腳步測量」、「跟科學家借比較精準的工具」。
2. 問老師或其他人：學生認為問老師、或請教其他人，可以藉由他人的指導或示範

獲得正確的方法，使實驗更準確。

3. 重複實驗：學生認為只要再多做幾次實驗就可以讓實驗更準確了，但沒有對於為什麼要重複做實驗的原因多加描述，其中有三位學生認為需要先查詢實驗相關資料，再重新做實驗，就可以讓實驗結果更準確。

另外前後晤談中都有少數（三位）學生認為實驗結果是準確的。本研究將前後晤談資料歸納整理後，將學生所認為的科學問題類型以百分比的圖表呈現如圖

4-2-8。

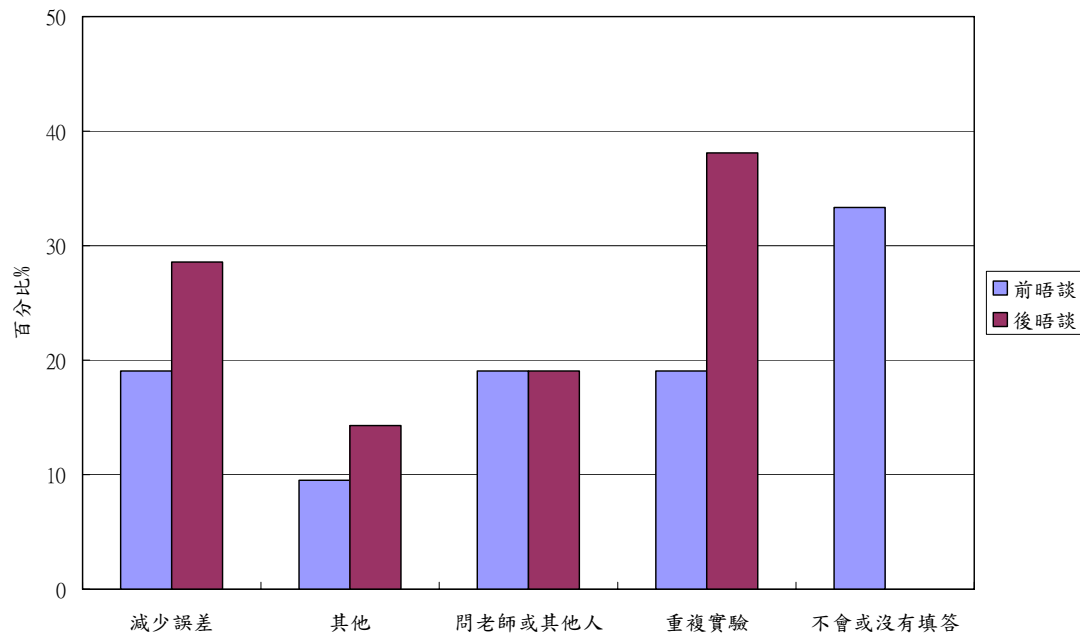


圖 4-2-8 改進實驗的方法之前後晤談比較圖

從圖4-2-8可知，在前晤談中，學生認為能夠改進實驗使實驗更準確的方法就是減少誤差、問老師或其他人，及重複實驗的比例最高；在後晤談中，學生認為能夠改進實驗使實驗更準確的方法則為重複實驗為最高，次之為減少誤差，再次之為問老師或其他人，也就是說，在前後晤談中，差異最大就是學生認為能夠使實驗更準確的方法為重複實驗的比例增多，雖然沒有對於為什麼要重複做實驗的原因多加描述，但其可能的是因為學生認為只要重複實驗就可以改正之前實驗出錯的地方，而可以使實驗更準確；另有部分學生認為詢問老師或其他人就可以獲得正確答案。從上述的資料可以發現，學生傾向於實驗是有一個正確答案的存在，認為會有不同的理論產生是因為科技上的限制或是觀察不足夠，也就是說學生覺得科學知識是正確

的 (unproblematic)，這樣的想法則較偏向於實徵主義的認識論 (Tsai, 1998)。

(4) 決定實驗結果正確性的標準

歸納整理學生晤談的資料後發現，學生所認為的決定實驗結果正確性的標準主要可分為問老師或其他人、重複實驗、實驗過程錯誤、和他人比較、相信自己：

1. 問老師或其他人：學生認為在決定實驗正確與否時，直接去問老師或科學家就可以得到正確答案。
2. 重複實驗：學生認為多作幾次實驗，如果實驗結果都是相同的，那麼結果就是正確的，但是學生都無法回答如果實驗結果不相同的話要怎麼處理，其可能是因為學生似乎都沒有思考過完是重複做實驗後實驗結果仍是不同的情形。
3. 實驗過程錯誤：學生認為只要實驗過程中的錯誤導致實驗不準確，如果在實驗過程中沒有錯誤則該實驗就是正確的。
4. 和他人比較：學生認為當其他人的實驗結果和自己的實驗結果相同時，代表自己的實驗結果是準確的。
5. 相信自己：學生認為做實驗時，要相信自己所做的結果。

本研究將前後晤談資料歸納整理後，將學生所認為的科學問題類型以百分比的圖表呈現如圖4-2-9。

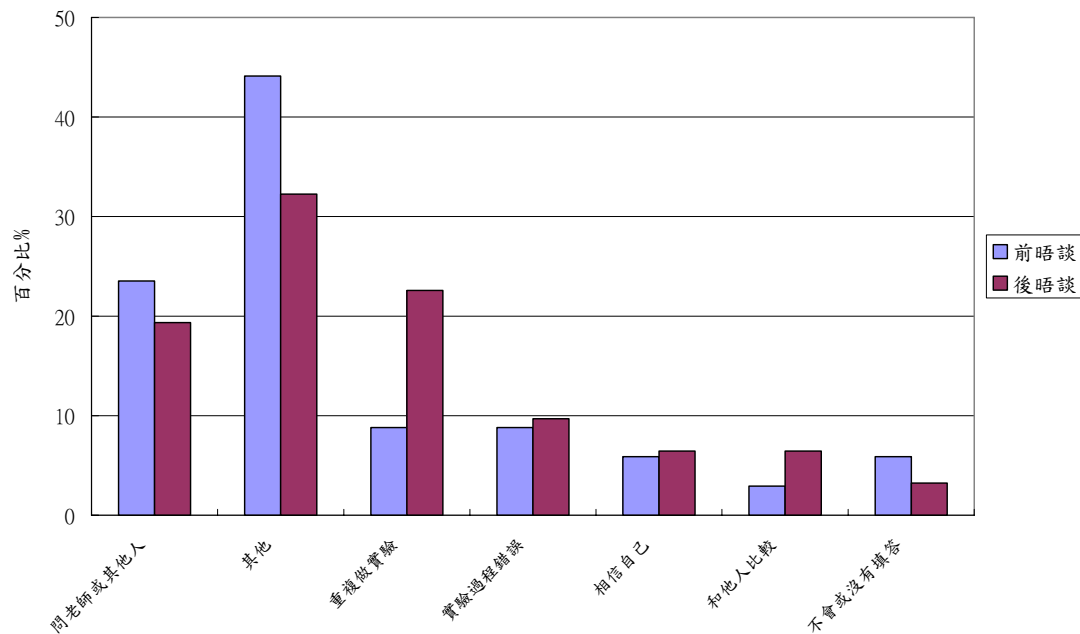


圖 4-2-9 決定實驗結果正確性的標準之前後晤談比較圖

從圖 4-2-10 可知，在前晤談，學生決定實驗正確與否的標準為問老師或其他人的比例為最高，次之為重複實驗比較實驗結果，和檢查實驗過程是否有誤；在後晤談中，學生決定實驗正確與的標準為重複做實驗，然後比較實驗結果的比例為最高，次之為問老師或其他人，再次之則為檢查實驗過程是否有誤。而在其他的類別中，有些學生都直接舉例說明如何決定實驗準確性，例如：「火有氧氣會燒得更旺盛阿，我們噴出來的是二氧化碳，二氧化碳可以把火熄滅掉」、「因為槓桿平衡時會是一條線」等，只有一位 430 學生認為「自己或他人做的實驗可能都是準確的」。整體而言，除了 430 學生認為自己或他人做的實驗可能都是準確的以外，其餘的學生似乎都傾向於認為實驗有一個正確答案的存在，而這樣的想法較偏向於實徵主義的認識論。

(5) 實驗與假說不同時所採取的行動

歸納整理學生晤談的資料後發現，學生所認為的實驗與假說不同時所採取的行動可分為重複實驗、問老師或其他人、及認為實驗過程中錯誤：

1. 重複實驗：學生認為當實驗和假說不同時，就重複實驗就可以了，其中有三分之二學生，只回答就重做實驗而已，沒有作更多說明，另外，有三位學生認為只要重複實驗，然後再做比較就可以知道假說正確與否。

2. 問老師或其他人：學生認為當實驗和假說不同時，去請教老師的話，老師會告訴他們問題所在，而此時有些學生會選擇在作一次實驗，而有些學生則會認為只要問老師就可以了。
3. 實驗過程中錯誤：學生認為如當實驗和假說不同時，可能是實驗過程中某個步驟或地方出錯才會導致實驗和假說不同。

本研究將前後晤談資料歸納整理後，將學生所認為的科學問題類型以百分比的圖表呈現如圖4-2-10。

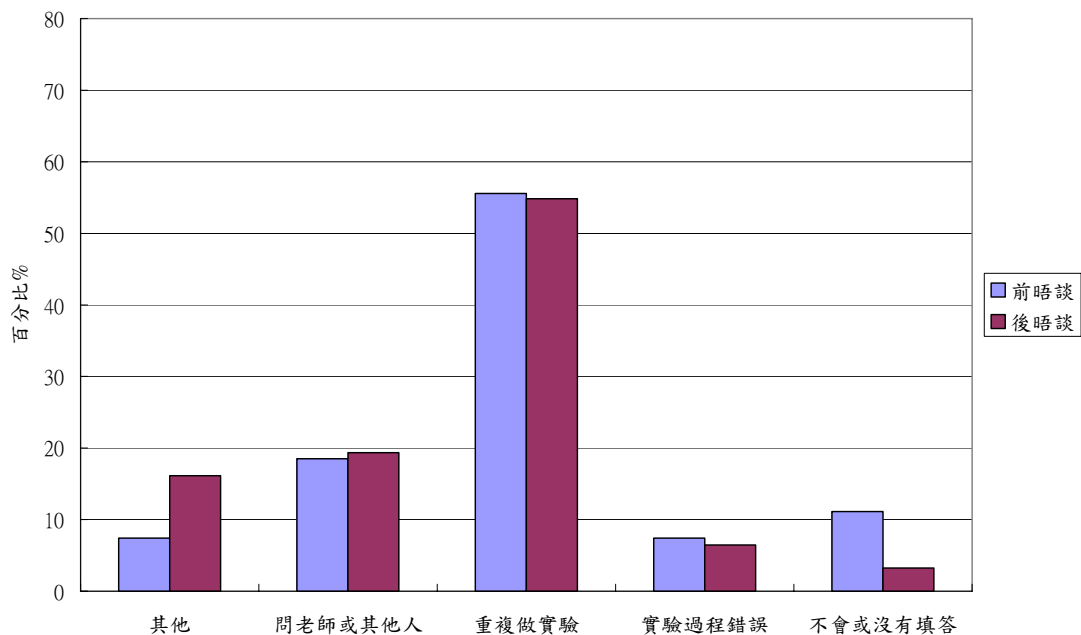


圖 4-2-10 實驗與假說不同時所採取的行動之前後晤談比較圖

從圖 4-2-10 中可發現，在前後晤談中，學生認為當實驗和假說不同時會選擇重複做實驗的比例明顯地為最多，次之為問老師或其他人，不到 10% 的學生認為是實驗過程有誤；另外，在其他的類別中，有些學生則是認為當實驗和假說不同時，實驗結果才是正確答案；但整體而言，前後晤談學生的觀點並沒有太大改變。不論是學生認為實驗結果才是答案，或是實驗過程錯誤，又或者是問老師或其他人，學生都傾向於認為實驗結果只有一種答案，而這樣的想法較偏向於實徵主義的認識論。

(6) 實驗的方法

歸納整理學生晤談的資料後發現，學生所認為的實驗方法可分為實驗只有一種

方法、有不同種實驗方法兩種；而認為實驗只有一種實驗方法的學生認為只有一種方法才能做出該實驗，屬於實徵主義認識論；認為實驗有不同種實驗方法的學生則認為有很多種實驗方法可以完成該實驗，屬於建構主義認識論。

本研究將前後晤談資料歸納整理後，將學生所認為的科學問題類型以百分比的圖表呈現如圖4-2-11。

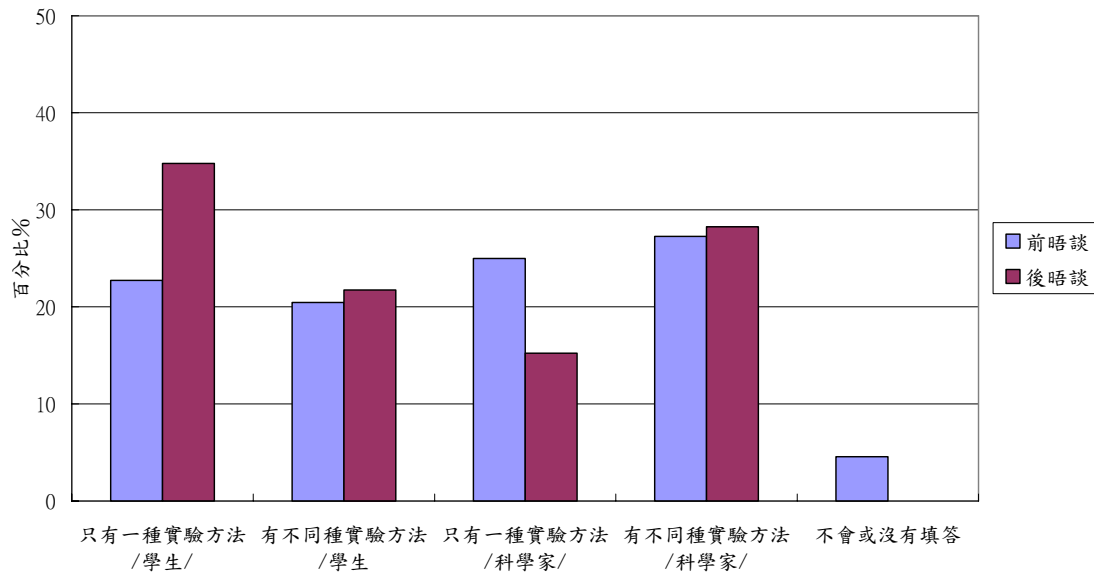


圖 4-2-11 實驗方法之前後晤談比較圖

從圖 4-2-11 中可知，在前晤談中，學生認為自己在做實驗時只有一種方法，和學生認為有不同的方法的人數很相近；在後晤談中，學生認為自己在做實驗時只有一種方法的比例增加，而學生認為有不同實驗方法的比例則減少。

另外，在前晤談中，學生認為科學家只有一種實驗方法的人數從九人增為十人，認為有不同方法的則從十二人增為十三人，也就是說，整體而言，學生對於科學家做實驗時的實驗方法的概念沒有太大改變。而在後晤談中，約三分之二學生認為自己做實驗時只有一種實驗方法，而學生認為科學家只有一種方法和認為有不同方法約各佔二分之一比例；由此可推測，在經過此課程後，學生認為自己在學校的實驗和科學家所做的實驗仍是有所差異。

(7) 支持主張的證據

歸納整理學生晤談的資料後發現，學生用來支持主張的證據可以分為做實驗、其他及學生認為沒有證據可以支持主張：

1. 做實驗：學生認為只要親自作一次實驗就可以證明自己所提出的主張是正確的。
2. 其他：在學生所提出的證據中除了做實驗以外的證據，例如：數據或圖表
3. 沒有證據：學生認為沒有證據可以支持他所提出的主張。

本研究將前後晤談資料歸納整理後，將學生所認為的科學問題類型以百分比的圖表呈現如圖 4-2-12。

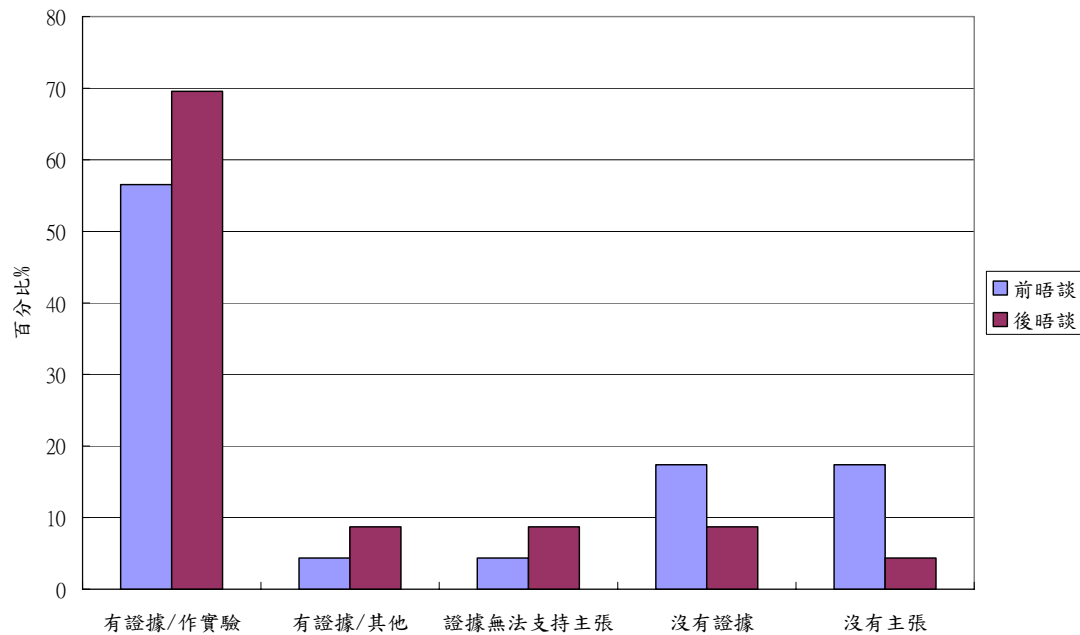


圖 4-2-12 支持主張證據之前後晤談比較圖

從圖 4-2-12 可知，在前後晤談中，學生認為實驗就可以用來支持他們所提出的主張所佔的比例明顯較其他為多，也就是說，在前後晤談中，學生整體的觀點沒有太大的改變，大部分的學生都認為只要作一次實驗就可以用來支持他們所提出的主張。在其他的類別中，後晤談 215、208 認為支持主張的證據是實驗中的數據；整體而言，除了 215 和 208 以外，在後晤談中，學生認為經由做實驗就可以作為證據的比例略增，其可能代表學生在經過本探究課程之後趨於實徵主義的觀點。

由上表中也可以看到，雖然能夠提出證據支持主張的學生的比例有略增，但大多數學生認為做實驗本身可作為證據支持主張，只有兩位學生提到會使用實驗所得的數據或圖表做為證據支持主張，結果和科學解釋晤談中學生三分之二的學生是使

用圖表做為證據略有差異，其原因可能是在實務認識問的晤談中，學生是憑空回想之前活動中的實驗，沒有明確的數據，學生認為只要重做一次實驗解可以得到相同的結果，如此就可以做為支持主張證據，而在科學解釋晤談中是直接給予學生圖表，且學生需要從圖表中歸納整理數據來回答晤談問題，其有這樣的情形發生可能表示學生對於證據本身的定義及其品質瞭解不足。

（三）小結

從上述資料發現，整體而言，所有的焦點學生中，只有九位學生 209、210、211、216、217、425、432、433、434 所持有的實務認識論為實徵主義的認識論，其他的學生的實務認識論皆是混合型的認識論，而在學生所持的混合認識論中大部分的想法都偏向於為實證主義的認識論，只有少部分想法屬於建構主義的認識論。

就認識論各個向度而言，本研究發現學生對於科學問題的類型及實驗方法的觀點較偏向於建構主義的認識論，但於其他的認識論向度而言，學生的認識論觀點都偏向於實徵主義。而在經過本探究活動之後，學生所提出的科學問題類型有明顯的改善，都較偏向於建構主義的認識論。

另外，在經過此探究活動之後，認為自己做實驗時所使用的方法只有一種方法的學生人數增多，偏向於實徵主義的認識論，其可能是在本探究過程中，雖然教師沒有給予學生食譜式的實驗，但是在大部分的活動中，各組所做的實驗和活動幾乎都完全相同，而使學生認為自己的實驗方法只有一種。而其中，學生 428、210、211、216、217 的認識論幾乎都沒有改變，而其他的學生有改變的認識論主要是在實驗方法和科學問題類型的部分，及 208、215 在提出證據支持主張的部分由實證主義改變為偏向建構主義，而其餘的認識論也幾乎都沒有改變，皆偏向於實徵主義的認識論。

三、教室資料分析

除了晤談資料以外，本研究亦分析學生教室探究活動以瞭解學生在探究活動中所呈現的實務認識論，並將與晤談資料做為比對，以探討學生的實務認識論及其改變。

（一）學生在探究活動中所呈現的實務認識論

以下將探討學生在探究活動實驗中所呈現的實務認識論：

(1) 學生在實驗進行中，會注意到異常數據，所採取的措施為：

- a. 實驗過程有錯誤：學生認為有異常數據是因為實驗過程有錯誤，因此選擇重做實驗，而學生 208 有兩次這樣情形發生。(實徵)
- b. 學生未注意到異常數據：若學生對於異常數據視若無睹，則表示學生認為實驗結果就是答案，而從教室觀察資料中可以發現學生 425 有這樣的情形發生。(實徵)
- c. 對異常數據做出說明：學生發現異常數據時馬上提出疑問，此時如果其他組員知道原因則會給予說明。學生尋求教師或同儕幫助只是為了求得一個答案，而非一定要得到解釋，而從教室觀察資料中可以發現學生 215 及 208 有這樣的情形發生。(實徵)

在四組焦點學生中，除了第三組之外，其他三組都有這樣的情形，學生在測量彈簧長度與重量關係的實驗中，學生將砝碼懸掛於彈簧下方，每次增加一個，測量彈簧長度，當學生於彈簧下方懸掛第一個砝碼時，彈簧的長度和彈簧原長幾乎相同，沒有改變。

215：零個(砝碼)是 4.3(公分)

215：(掛一個砝碼)，不要碰(儀器)

215：4.3(公分)

214：為什麼(第一個和原長一樣)是 4.3？

215：因為第一個(砝碼)沒有什麼重量阿，(所以彈簧長度沒有變)

由上述資料可以發現，當學生發現異常數據時馬上提出疑問，此時如果其他組員知道原因則會給予說明，另外，也可以發現學生在做實驗時，要求其他組員不要干擾實驗的進行，其可能是因為學生認為這樣會導致實驗誤差的產生。第一組中的 207、213、第二組中的 216，及第三組中的 426 的學生中在後晤談中，認為除了人為誤差之外，實驗工具本身也會造成誤差。

(2) 學生在實驗中有注意到因為人為疏忽所造成的誤差

在四組焦點組的學生在實驗進行中，都有注意到在實驗中不要讓其他組員的疏忽

而影響實驗的準確性。在測量彈簧長度與重量關係的實驗中，第四組學生 434 在測量懸掛一個砝碼所造成彈簧的長度時，要求其他組員不要撞桌子，因為這樣會使桌子晃動，可能會影響其觀察尺的刻度，及測量長度時的準確性。

434：不要碰桌子

434：不要撞拉

T：要量到小數點第一位喔

434：唉叻！不要一直撞拉！會不準拉，要撞你們自己量嘛！

431：是他撞的

434：叫你們不要撞拉

434：（測量完）四點二

由上述資料可以發現，學生在測量懸掛砝碼的彈簧長度時，要求其他組員不要撞桌子，以免造成桌子晃動而影響其所測量的彈簧長度，導致誤差的產生。在實務認識論的晤談中，第三組的學生 430 在前後晤談中無法說出影響實驗準確的原因，在後晤談中已能提出因為人為誤差而使實驗不準確；其餘的學生大多知道人為因素會導致誤差的產生。

（3）學生在實驗過程中遭遇困難時，會馬上尋求教師的幫助

從教室觀察資料中發現，當四組焦點組的學生在進行實驗時，或是在設計實驗時，若遭遇到困難時，會馬上尋求教師的協助。當第二組在活動二開始時，由於學生一直無法將量彈簧長度的尺掛在實驗所用的桿子上時，學生立刻就尋求教師的協助。

215：（一直想辦法要把尺裝在桿子上）尺裝不上去

215：老師，我們的尺裝不上去

T：沒有關係阿，裝不上去用手量

（215 改用手拿著尺直接測量）

由上述資料亦可以發現，學生遇到困難時的解決方法就是尋求教師的協助，而不會試著自己解決問題，另外，教師對於學生實驗過程中遭遇到困難時，教師會馬上給予協助，並告訴學生解決困難的方法。

（4）學生認為要改進實驗，使實驗更準確

在本次探究活動中，只有第一組的學生 208 在活動九斜面實驗結束後，向研究者建議要將斜面中所使用的六百毫升保特瓶改為圓球，如此可以使實驗更準確。

208：老師，這個實驗有點怪，應該要用圓球，(數據)會比較準，不要用保特瓶，(瓶子)會歪掉，數據會不準。

從學生的建議中可以發現，他認為改進實驗的方法是減少因為工具所產生的誤差。而學生 208 在後晤談中能提出因為實驗工具誤差而使實驗不準確。除了上述資料外，在本探究活動中，學生對於自己所做的活動或實驗，都沒有主動提出與實驗相關的建議或改進方法，其可能表示學生認為只要做完實驗就可以了，缺乏評鑑自己或其他人實驗的想法。

(5) 在學生實驗中，若遇到和預期的結果不同時，學生會重複做實驗：其可能表示學生認為學生認為實驗結果就是答案，而沒有更進一步去解釋為什麼會這樣發生。而從教室觀察資料中可以發現學生 215、434、432 有這樣的情形發生。(實徵)

從教室觀察資料中發現，在進行活動五的實驗時，學生需兩人一組，於繩子中綁上筆做為中心點，繩子兩端各鉤住彈簧秤，各於兩端施力，即可由刻度中看見自己施力的大小，當學生在做實驗時，對於彈簧刻度中所出現的數據和自己所預期的不同時，學生會選擇重複做實驗，而在四組焦點組，第二、三、四組有類似的情形發生。

431：250

434：250

434：你不要動，換我拉

431：250

434：耶！是喔，一樣耶！

(換另一隊學生)

432：20，(對 433 說)你拉我不動

432：40 耶

418：(問 434)你剛多少？

434：20，阿他(433)拉變 40

434：(對 417 說)你看他拉

從上述實驗中可以發現，雖然學生於實驗中遇到實驗結果和預期所預期的結果

不同時，學生會重複做實驗，但是學生在重複實驗後，卻沒有做任何相關的討論或解釋，其可能表示學生認為實驗結果就是答案，而沒有更進一步去解釋為什麼會這樣發生。而在實務認識論的晤談資料中，可以發現，第一組的學生 209、第二組的學生 215 和第三組學生 425、427、428 在後晤談中認為，實驗時若和預期的結果不同時，會重複做實驗。

(6) 在探究活動中學生呈現出與支持主張的證據有關的認識論

1. 學生有提出數據做為證據和和主張連結：其表是學生可能會認為結果是由資料所建構的，從教室觀察資料中可以發現學生 215、208、426 有這樣的情形發生。

(偏建構)

2. 學生認為只要親自作一次實驗就可以證明自己所提出的主張是正確的：學生認為只要親自作一次實驗就可以證明自己所提出的主張是正確的，其可能表示學生認為實驗結果就是答案。從教室觀察資料中可以發現學生 215 有這樣的情形發生。(實徵)

在活動十中，當學生完成槓桿實驗，並提出主張後，學生在重複將砝碼懸掛在槓桿上，欲證明自己的主張是對的，而在四組焦點組中，第一組、第二組都有這樣的情形發生。

... (實驗完成)

216：看那個數據阿，如果（距離乘以砝碼數量）數據相同的話就會平行（平衡）

215：五跟三也可以（在五掛一，三掛一），五跟三也可以

216：真的耶

...

215：等一下，我們來做個實驗，你看這邊是十嘛（在五上面掛兩個）！然後這邊是十三，太重了

（15 取下另一邊較重的砝碼）

215：四、三、二（在四、三、二上各掛一個砝碼，共九），剩下一

215：再掛一個就平衡了，信不信（15 在一上掛一個砝碼）

216：如果拿定一個的話勒

215：拿掉一個就不平衡了

215：所以我現在終於瞭解了，第幾個洞然後乘以數量

213：那第五題不就寫「第幾個洞乘以數量就等於平衡」？

從上述所有教室觀察資料可以發現，學生在活動中所呈現的實務認識論皆屬於科學探究的本質方面，而完全沒有涉及科學知識本質的實務認識論，另外，第二組 216、第四組 434、432 學生在後晤談中認為做實驗即可作為證據支持主張。本研究將各組學生在本探究活動過程，所呈現的實務認識論整理如下表 4-2-4。

表 4-2-4 學生所呈現的實務認識論

	第一組	第二組	第三組	第四組
活動二	*說明異常數據	*實驗中的困難 解決 *說明異常數據 *誤差來源(人為 誤差)		*誤差來源(人為 誤差)
活動五		*實驗與假說不 同	*實驗與假說 不同	*實驗與假說 不同
活動九	*實驗中的困難 解決 *實驗改進方法	*說明異常數據 *誤差來源(人為 誤差)	*實驗中的困 難解決	*實驗中的困 難解決
活動十	*支持主張之證 據	*支持主張之證 據		

(二) 教師在活動中所呈現的實務認識論

除了分析學生的小組活動之外，教師透過教學的引導也有可能引發學生在認識論的改變，以下將探討教師在探究活動實驗中所呈現的實務認識論：

(一) 科學知識本質

(1) 科學知識和科技發明都是慢慢累積發展而成的

在活動八中，教師在和學生討論交通工具的發明史時，告訴學生現代車子是由過去慢慢發展而來的，最早是利用動物，而之後有人發明了輪子，一直演進才有今日的車子，而科學和科技都是慢慢累積發展而成的，這些發展使得人類生活更進步。

T：一開始我們世界上並沒有車子，是我們慢慢的研究跟發展還有發明的結果，那最早最早呢各位不要忘記的一件事情就是這個的發明，不是這部車子喔，我說的是這個（T 展示出輪胎圖）

S：輪胎

T：圓形的輪子才是最早人類第一個科技的對汽車工業有幫助的大發明，對不對，你有輪子之後才能順利的滾動

S：老師，輪子是誰發明的？

T：這個是個好問題，這要查查看，下次再告訴你

...

T：（展示教學媒體）那最早是利用動物來進行拉車，例如說馬拉，驢子阿

S：牛，牛

T：對牛車也有

...

T：現在的科技也是很多人努力出來的結果

T：那有一個最大的發現也就是在工業時代時促成的，就是瓦特先生發明什麼？

S：蒸氣機

T：對發明蒸氣機，接著帶動火車的發展，那我們要讓大家看的（影片）是飛機

S：萊特兄弟

T：對，那萊特兄弟呢，他們本來家裡是開腳踏車店的...

從上述資料中發現，教師常會提到某些人發明的哪些東西，而帶動其他的發展和進步，其可能會使學生認為科學家是在發明東西，或是科學家是在研究人類的問題，看如何讓人類生活更方便，例如：研究電燈、汽車，使其能更先進。

（2）科學家常喜歡思考，而且會注意到一般人不會注意到的事

在觀賞完牛頓發明地球引力及牛頓生平的影片後，陳老師向學生說明科學家不管做什麼事情都很專注，且很喜歡思考，常會想到一般人沒注意到的事，例如：牛頓被蘋果砸到後，發現了地球引力。

T：他（牛頓）就很喜歡去發現或去思考一些東西阿

T：（影片中牛頓被蘋果砸到時）有沒有跟上次那個孟德爾很像，他去掃地的時候撞到頭，而想到遺傳的知識。

...

T：雖然我們現在做的實驗大家都知道跟力的存在有關，但是實際上最早提出這個說法和證明的就是剛才大家看的牛頓先生。阿你也不要忘記，裡面看起來有很多像笑話的地方，其實都表示他是一個很專心專注的小朋友

從上述資料中發現，教師常會提到科學家做事情都很專注，且很喜歡思考，常會思考一般人沒注意到的問題，其可能會使學生認為所謂的科學問題就是科學家他們所思考的問題，是一般人不會發覺的問題。

（二）科學探究的本質

（1）教師提醒學生要注意實驗中因人為及工具所造成的誤差

在探究活動中，教師在學生進行實驗前，及進行實驗中或完成實驗後，經常會提醒學生實驗中會發生的誤差。在學生測量彈簧長度和重量間關係的活動之前，教師先提醒學生可能會在使用尺測量彈簧長度所可能會產生的問題。

T：來把你的尺拿出來，把尺和彈簧先放好

T：請注意囉，這個彈簧兩端是不是還有一個小圓勾

S：對

T：所以待會你自己要有一個確定說：好，我待會做實驗要把他掛東西，會把它伸長，到底你的刻度是要對著圓勾，還是對著這個圓圈的第一條線？

S：圓圈的第一條線

T：好，都沒有關係，我的意思是說你要從頭到尾都保持一致，懂意思嗎？你不要一下量下面，一下量上面，這樣一差就會差了一公分了ㄟ，待會你在實驗的時候要特別小心

...

T：你們在量的時候，如果去碰到或撞倒你的設備，這樣你的數據就會不準拉，雖差一點點看不太到，但是還是不準了

由上述資料可以發現，教師請學生在測量時的基準點要保持一致，且測量過程中不要碰撞儀器，否則就會因為人為的疏失而導致實驗誤差的產生。

此外，學生在活動九斜面實驗完成後，教師引導學生討論在實驗中可能會發生問題。

T：我們現在先說明一下各組的狀況，剛才第一組們是測量角度，不同的角度滾下去的時間，所以他們跟老師借了碼表，那結果呢，因為這個板子是彎的對不對，有一點彎，所以他們明明就拿這麼高在量，但是因為這個板子是彎在地上，結果會發生什麼事？

S：他會有誤差

S：（板子）會低一點

T：他量的角度有一樣嗎？

S：沒有

T：那這樣是不是就會不準了

從上述資料可以發現，在斜面實驗中，教師是以引導的方式讓學生瞭解因為板子等工具本身的問題使實驗產生誤差，而可能導致實驗結果的不準確。而教師在本探究活動中，常會提醒學生要注意實驗誤差的產生。

(2) 教師說明實驗中的異常數據

在實驗進行中或學生在處理數據時，若學生有發現異常數據，教師會學生說明為什麼會有異常數據的產生。在學生測量彈簧長度和重量間關係的活動中，學生發現懸掛一個彈簧時，彈簧長度不變，此時，教師會在適當的時間對異常數據做出說明。

S：4.5 耶，沒什麼變耶！怎麼會這樣？老師為什麼拉了還是一樣？

T：你們有沒有發現掛一個的時候長度改變很不明顯？

S：對阿

...（教師請學生暫停實驗）

T：沒有砝碼的時候彈簧本身不是四點多公分了，那掛一個砝碼呢？

S：4.5（公分）

T：好像變化不大對不對？

S：對

T：為什麼？

S：因為那個砝碼不重

T：因為這個彈簧秤上次不是說裡面的彈簧是比較大還是比較小？

S：比較小（有些學生回答大或不一定）

T：對阿，彈簧秤比較小

T：那我們要研究的問題就是我們掛一兩個砝碼時，彈簧的長度改變比較不明顯對不對？

T：阿我們之前也說過這個彈簧和彈簧秤的彈簧哪一個比較大？

S：那個（學生指著自己剛剛使用的彈簧）

T：是不是你們手邊的彈簧比較大？

S：對阿

T：那他如果沒有受到明顯大一點的力的話他可能改變的比較少，像這個（彈簧秤）如果掛十元硬幣大概都可以量到十公分左右，這是第一個。

上述資料顯示，當學生發現異常數據時，教師會以引導的方式說明產生異常數據的原因，並且把學生之前所學的彈簧秤概念彈簧做比較，讓學生瞭解異常數據會產生的原因。

(3) 教師指出實驗可以用不同方法

在活動九斜面實驗結束後，教師和學生一起討論剛才實驗中各組學生的優缺點，教師指出第一組測量保特瓶滾至地面的時間時，因為時間太短，因此，也可以讓保特瓶滾遠一點，再測量時間；另外第三組，和其他組不同，是先使用步伐來測量距

離。

...

T：另外第一組是測量時間，他們所測量的時間只是從上面到下面，這樣的時間非常的短，所以也可以測量他滾下來一兩公尺之後的才測量時間

T：第三組比較聰明喔，他們是測量距離，但是呢他們利用了腳來測量，先測量剛好等於走幾步，然後測量鞋子的大小之後，就到滾多遠的距離

上述資料顯示出，教師於學生實驗完後，會跟學生討論實驗的缺失，並告訴學生其他的實驗方法，而其可能會學生使瞭解實驗是有不同方法的。

（4）教師引導學生要如何才能使實驗更準確

在活動九，學生在處理數據前，教師先請學生決定數據要如何處理，並說明其原因。

T：但是我們發現在你把水瓶往下丟的時候他也許會有一些改變對不對，就是說滾動的方向不一樣，有時候會轉彎對不對，所以說有時候雖然說應變變因是跟著操縱變因有關係，但是你若多測量幾次也許我們來算平均，或是來不合理的數據刪掉，這就是為什麼剛才老師要你們應變變因多測量幾次的原因，這樣懂嗎？

T：你們所測量的數據是要平均呢？還是選其中一個數據？請各組討論看看

...

T：有哪一些組決定用平均？

（學生舉手）

T：為什麼考慮用平均？

S：因為隨便選一個落差太大

T：隨便選一個落差太大，所以用平均起來對不對

從上述資料可以發現，教師除了引導瞭解學生要如何處理數據才能使實驗較準確，還請說明了為什麼需要測量多次數據的原因。

（5）教師引導學生在做完實驗後，需檢驗自己所提出的主張

在探究活動中，教師常會提醒學生於實驗完後需檢驗自己所提出的主張是否和原來的假說相符。以下為活動十槓桿實驗中，學生提出主張後，教師請學生使試著驗證自己的主張是否正確。

T（對全班）：每個人掛的時候要去驗證自己的假設，驗證看看喔

...

T：那你們自己去驗證一下剛才說的方法，不管是加起來乘起來或是任何方

法，為什麼我剛說有十種以上的方法，你可以簡單的試試看

T：或者本來我們事先掛能不能平衡對不對，那先在請你先假設一個數據，那你再直接去掛，去看看是不是平衡，能不能成功，不要用一個砝碼一個砝碼隨便掛，再去看看有沒有平衡

由上述資料發現，教師雖有請學生需要驗證自己所做的假說是否正確，但是卻沒有說明如果假說不正確時，代表什麼意義，而學生可以處理。

(6) 在實驗進行中，教師會注意到異常數據，並會依情形請學生或教師自己對異常數據做出說明

不論在實驗中或實驗結束後，若有異常數據，教師請學生或是教師自己說明異常數據。在活動九斜面實驗中，當學生做完實驗後，在使用電腦處理數據時，教師發現了學生所沒注意到的異常數據。

T：這個數據怎麼差那麼多？

215：不知道

213：因為他會吹回來

215：(因為做實驗的地板傾斜)滾回來

從上述資料中發現，當教師發現了異常數據時，會請學生做說明，而學生指出是因為實驗中地板並非水平，因而保特瓶會滾回來，而使實驗數據有所異常。以下將教師在本探究活動過程，所呈現的實務認識論如下表 4-2-5。

表 4-2-5 教師所呈現的實務認識論

活動	實務認識論
活動二	*誤差來源(人為誤差) *實驗改進方法
活動三	*說明異常數據
活動四	*誤差來源(人為誤差) *說明異常數據 *實驗方法(不同方法)
活動七	*科學家會注意到一般人不會注意到的事
活動八	*科學知識和科技發明都是慢慢累積發展而成的 *科學家常很喜歡思考，而且會注意到一般人不會注意到的事

活動九	*實驗方法（不同方法） *誤差來源（人為、工具誤差） *實驗改進方法（減少誤差）
活動十	*實驗方法（不同方法） *檢驗主張

（四）、小結

歸納整理教室觀察資料後，發現學生完全沒有呈現與科學知識本質相關的實務認識論，而在教師所呈現實務認識論中，科學知識本質觀點較科學探究本質的觀點為少，且在探究活動中教師並未明確地指出活動中與認識論相關的觀點，這樣隱含性取向的教學（implicit teaching），可能是學生於實務認識論前後晤談並未有太大改變的原因之一。

另外，在教室觀察的部分，在教師所呈現有關科學探究本質的實務認識論和學生所持有的實務認識論在「說明異常數據」、「誤差來源」、「實驗改進方法」的部分有重疊，其可能表示教師和學生部分的實務認識論可能會相互影響。另外，由表 4-2-6 中可發現，當小組活動或教師在本探究活動中，所呈現的認識論信念，和部分學生在前後晤談中所改變的認識論有重疊，在教室觀察資料中，雖教師只於活動七及活動八中，呈現出與科學家及科學等相關的科學知識本質實務認識論，但是仍可能會對學生與科學知識本質相關的實務認識論產生影響，其表示教師和學生在探究活動中所呈現的實務認識論事件中似乎有助於學生在認識論信念的改變。以下將教室觀察中所呈現的認識論和學生實務認識論在前後晤談中有相關改變的部分呈現如表 4-2-6。

表 4-2-6 前後晤談中實務認識論的改變與教室中實務認識論的關係

探究活動中涉及的認識論	涉及該認識論的人	認識論的改變和活動中所呈現認識論相同的學生
實驗與假說不同（重覆實驗）	第二組、第三組、第四組	209（一）、215（二）、428（三）、425（三）、427（三）
誤差來源（人為誤差）	第二組、第四組、教師	207（一）、213（一）、430（四）
誤差來源（工具誤差）	第一組、第二組、教師	208（一）、213（一）、216（二）、426（三）、428（三）
實驗改進方法（減少誤差）	第一組、教師	208（一）、213（一）、217（二）、428（三）、429（三）

支持主張之證據（重覆實驗）	第一組、第二組	216（二）、417（四）、434（四）、418（四）、432（四）
實驗方法（有不同方法）	教師	212（二）、215（三）、425（五）、434（六）
科學家在做什麼（發明東西）	教師	214（三）、428（五）
科學是什麼（幫助人類進步）	教師	216（三）、429（五）

Note：學生代碼後方括弧表示學生組別

四、總結

從形式認識論中的晤談資料中顯示，學生的形式認識論較偏向於建構主義的認識論，且學生的形式認識論問卷前後測未達顯著差異，其可能表示，經過本探究活動後，學生所持的形式認識論並未有改變，其與過去研究的結果顯示即使研究中的學生所從事的探究實務已和科學實務很相近，但是學生所表現出的認識論信念卻沒有改變的研究結果（Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002; Meichtry, 1992; Sandoval & Millwood, 2003）。而學生認識論沒有改變的原因可能就是因為在過去的研究結果中所探得的是學生對於專業科學的信念和想法，而非學生在學習科學時，或是在從事科學實務時所持的認識論。

從實務認識論中的晤談資料中顯示，整體而言，所有的焦點學生中，只有九位學生 209、210、211、216、217、425、432、433、434 所持有的實務認識論為實徵主義的認識論，其他的學生的實務認識論皆是混合型的認識論，而在學生所持的混合認識論中大部分的想法都偏向於為實證主義的認識論，只有少部分想法屬於建構主義的認識論。

從教室觀察資料中學生所呈現的實務認識論中發現，當實驗結果與假說不同時，學生會重覆實驗，而其和學生在實務認識論晤談中當實驗和假說不同時會選擇重複做實驗的比例明顯地為最多的結果相符。另外，在教室觀察中也顯示，在實驗中學生會注意人為誤差的產生，而教師也會提醒學生需要注意人為和工具所造成的誤差，其也許可以解釋在實務認識晤談中，為何學生認為實驗誤差來源主要集中於人為因素，且也於後晤談中，有約 15% 的學生提出工具也是誤差的來源之一相符，

因此，也可能使學生認為只要減少實驗中所產生的誤差，即可使實驗更準確。此外，在晤談資料中發現，學生對於科學問題的類型及實驗方法的觀點較偏向於建構主義的認識論，但於其他的認識論向度而言，學生的認識論觀點都偏向於實徵主義，而從教室觀察的資料中也顯示，除了教師有提到實驗有不同的方法以外，其他所呈現的實務認識論似乎都較偏向於實徵主義的認識論信念。由此可發現，實務認識論晤談所呈現的認識論是和教室觀察的資料是相吻合的。

在教室觀察資料中顯示，教師在探究活動中有呈現出實驗有很多方法的觀點，但是學生所認為的當自己所做的實驗只有一種方法的觀點在後晤談中的比例增加，而認為科學家做實驗只有一種方法的比例卻減少，其可能是因為教師雖然跟學生說實驗有很多種方法，但是實際上學生在本探究活動中進行實驗時，學生都是只有使用一種方法來做實驗，因此學生認為自己的實驗只有一種方法，但科學家可能不只一種。實務認識論晤談中的資料亦顯示，大部分的學生都認為學校實驗和科學實驗是有差異的，其可能表示，學生在經過本科科學探究活動後，雖對於科學知識的本質和科學探究本質有較多的認識，但是事實上，學生對於自己和科學家所做的事可能抱持著兩種不同的看法，此點差異回應於 Sandoval（2005）所提出學生對於科學的看法和對建構自己的科學知識的觀點可能會有所不同。

從上述所有資料歸納整理可以發現，形式認識論問卷中所呈現的學生認識論是偏向於建構主義的認識論，學生對於題目的陳述多呈現高同意度（高於三分）。但是，本研究中的實務認識論晤談及教室觀察資料都顯示，在經過本探究過程後，學生個人的實務認識論各個向度雖有改變，但是，整體而言，學生所持有的認識論仍是多偏向實證主義的認識論，只有少部分想法屬於建構主義的認識論。這表示形式認識論問卷所評量到可能只是學生對於專業科學或正規科學所表達的信念或知識，並無法真實且全面的評量到學生所持有的科學認識論，而需要使用晤談及教室觀察等其他方式，使學生在真實情境下呈現出的認識論才是學生在學習科學知識時所持有的認識論。