

第三章 研究方法

本章共分為四節，分別為研究流程、研究對象、研究課程設計、資料收集與分析，主要是在說明本研究之研究設計及研究流程，在以下各章節分別詳細說明之。

第一節 研究流程

本研究目的是要探討國小五年級學生在科學探究活動中，科學解釋能力的成長，分析學生在科學探究活動中所呈現的科學認識論，進而討論學生在進行探究活動計畫中學生所持有的科學認識論和科學解釋能力間的關係。為了達到此研究目的，研究者邀請有經驗且有興趣的教師。在活動前，與參與教師一起討論如何改編課程內容，安排科學探究活動；同時，研究者也參考過去相關文獻，以形成晤談及科學解釋能力前後測的試題；並在試題設計完後，請專家提升效度，並進行預試。之後，由參與教師正式進行科學探究課程，研究者則多方蒐集資料；本研究所收集資料包括科學解釋能力測驗前後測、形式認識論問卷前後測、科學解釋能力及實務認識論前後晤談、教室錄影、學習單。研究者將科學解釋能力測驗前後測、形式認識論問卷前後測以量化與質性的方法分析，其他資料則主要以質性方法分析，希望能具體地了解學生在進行探究活動的過程中科學解釋能力的成長歷程及所呈現的科學認識論，以期能夠得到更完整、確實的研究結果。研究流程整理如下：

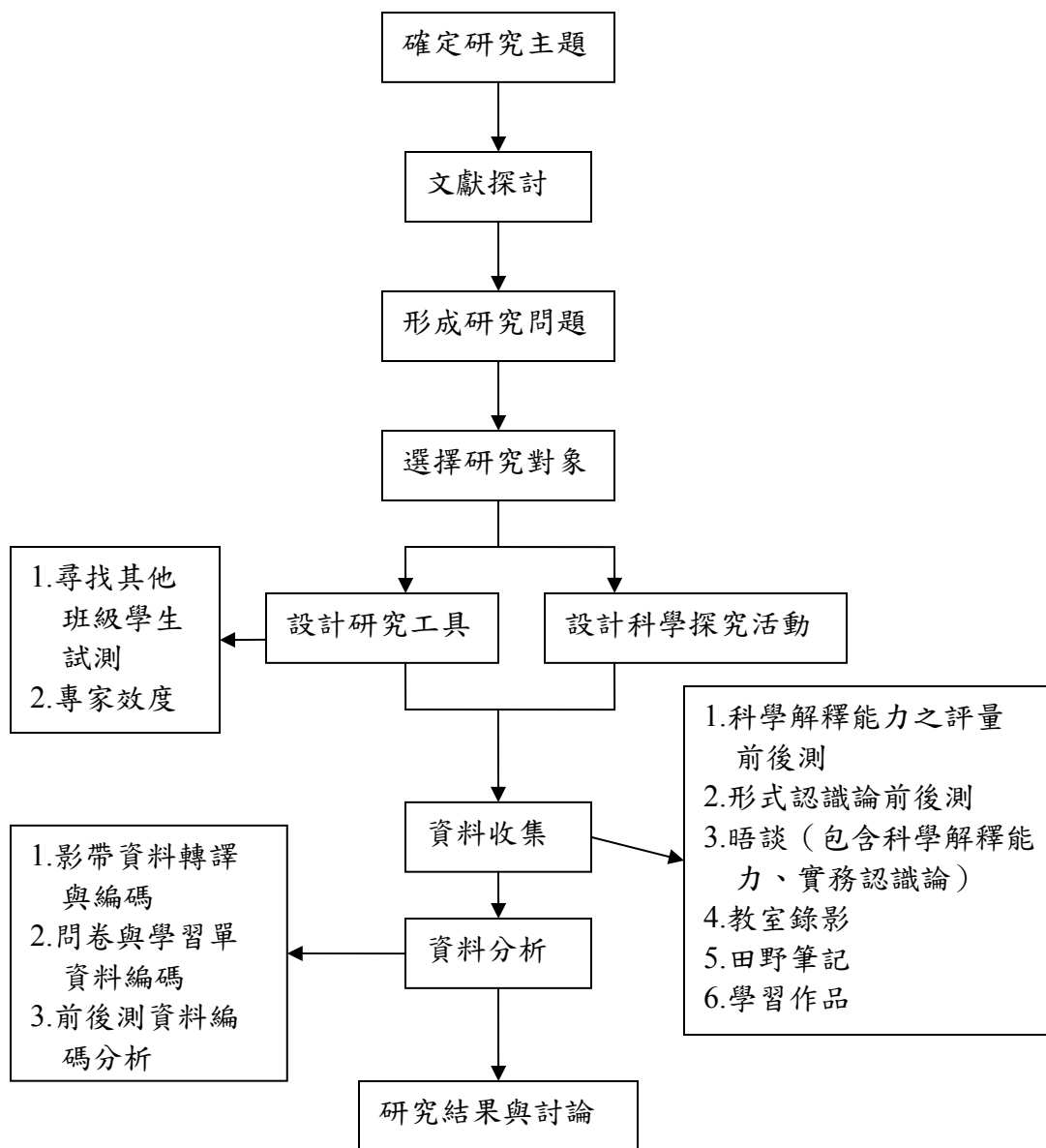


圖3-1-1 研究流程圖

第二節 研究對象

一、學校簡介

本研究之參與學校為台北縣的自然國小(匿名)，位於工業區，全校班級數有六十三班，學生人數約為兩千多人，教師有一百人，五年級有十一個班級。學校已有

十八年的歷史，94年度學校增設了不少硬體設備，硬體設備充足；而學生家長社經地位普遍大多從事工、商及自由業。

二、教師簡介

參與本研究之教師為陳教師(匿名)，畢業於師範大學生物系，目前正在攻讀教育科技研究所碩士班，過去陳教師曾任教於國中，授課的科目包括理化和生物，也曾經在台北縣網工作，對於科技融入教學有極高的興趣和經驗，目前則是擔任國小五年級自然與生活科技課程的科任教師，並在課餘時間指導學生進行科學展覽的工作。由於陳教師在指導學生進行科學探究活動是相當有經驗的，因此研究者請陳教師當本研究計畫的個案教師。

陳教師平時大致按照教材中的順序進行教學，常採用生活中或身邊的用具引導學生進入教學情境，平時上課會使用影片、電腦軟體、電腦動畫、使用概念圖、線上測驗、做實驗等不同的方法，幫助學生理解科學知識，建立科學概念間的連結。陳教師很喜歡帶領學生進行實驗課程的學習，在設計課程時，總以能夠讓每位學生動手做實驗為最先考量，其實驗課程的上課方式主要是小組合作。當有實驗活動時，陳教師會先和學生討論實驗內容，並且以發問問題的方式引導學生去思考實驗的方法，提醒學生操作要注意的安全之後，再請每個組集合領取實驗器材，之後在讓學生進行實驗活動。在活動中，陳教師會讓學生盡情的參與實驗活動。如果時間允許的話，則在學生進行完實驗後，立刻討論實驗問題，並且提出與實驗相關的延伸問題，讓學生能做更深層的思考，若時間不足時，則留待下節課討論。從教師的實驗室教學可知，他會引導學生主動討論實驗問題、實驗方式和實驗結果，雖然他在教學時是依據課程大綱的計畫進度及內容，但其教學上已包含幾項探究教學的要素，例如：在活動中會與學生討論研究主題，和實驗設計，而非直接給予學生食譜式的實驗，在實驗完後請學生討論提出主張並發表，讓學生在科學內容所構成的情境中學習做探究（doing inquiry），因此陳老師的教學呈現出科學探究的精神。

三、班級簡介

在陳教師負責五年級八個班級的自然與生活科技課程，每個班都按照座號分為六組，男女生不同組，男生為一至三組，女生為四至六組，本研究中的課程則同時於八個班級中實施，但由於時間和研究資源限制上的考量，本研究則從八個班級中選擇兩個班級做更仔細的觀察和研究，其相關背景敘述如下：

1. 五年二班：全班共三十五位學生，男生十七人，女生十八人，分成六組，只有第三組為五人，其他五組皆為六人。此班學生的上課態度很認真，在參與探究活動時，參與意願很高，十分投入。
2. 五年四班：全班共三十四位學生，男生十六人，女生十八人，分成六組，只有第三組為四人，其他五組皆為六人。此班級學生上課注意力較差，常常在上課時私下聊天，平時上課時，教師需要花比較多的時間在班級秩序的控制上。

四、焦點學生

焦點小組的選擇是由研究者於課程實施前之前兩週進入教學現場觀察學生上課的情形，詢問個案教師之意見，在選擇時考量在各組中能夠包含高中低不同學習成就的學生，以及焦點組男女生的人數能夠相近的因素，研究者從兩班中各選擇兩組，兩組為男生，兩組為女生，共選擇二十三位焦點學生。

五年二班所選的組別為第一、二兩組，這兩組於活動進行時都相當投入，學生程度分佈亦很平均，其中在第一組的小組在實驗及活動中，學生彼此相互討論、表達想法的次數較多，雖然在決定結果時常由學生207、學生208為主導，但每個人都有機會發表自己的想法或意見，而學生學生209的表現慾很強，在上課時常發表意見，因此，當需要小組發表時，第一組經常會由學生209做為代表；而在第二組中，學生215有參與科學展覽的活動，學業成績也很好，在進行實驗、討論、或寫學習單時，幾乎完全由學生215主導，組員間討論的機會較少，同組其他組員也認為學生215的答案或意見是較正確的，其中學生217在實驗活動時，常常坐在一旁做自己的事情，而很少參與組內的實驗和討論。

在五年四班所選的組別為第三、四兩組，於活動進行時，第三組很投入，第三組的學生在實驗或討論時，學生427、學生429和學生430常常被排除在外，活動則是

由其餘三人討論決定；而第四組在小組實驗或討論時，學生431、學生433則常常被排除在外，尤其他四人討論決定，且第四組的學生在實驗進行時，較其他三組個案小組較不投入，常常在教師說明時，或小組活動進行中聊天，進度常落後其他小組。活動的進行經常受到組員情緒的影響而中斷，上課也常在聊天，因此，學生討論和發表的機會都較他組為少。

下表3-2-1將呈現焦點學生自然科學學習成績來自教師平時評量及段考結果。其中將學生成績平均達九十五分以上列為成績「高」，九十到九十五分為「中上」，八十五到九十為「中」、八十到八十五為「中下」，低於八十分為「低」，供本研究參考。

表3-2-1 焦點學生自然科學學習成績

班級	組別	學生代號	性別	自然科學學習成績
五年二班	第一組	207	男	中上
		208	男	中上
		209	男	中上
		210	男	高
		211	男	中
		212	男	中
	第二組	213	男	中上
		214	男	中
		215	男	高
		216	男	中上
		217	男	中
五年四班	第三組	425	女	中上
		426	女	低
		427	女	中
		428	女	中
		429	女	中下

第四組	430	女	中上
	417	女	中上
	418	女	中
	431	女	中上
	432	女	中上
	433	女	低
	434	女	中上

這四組焦點小組相較於班上其他學生，除了探究活動有較完整的錄影外，將於探究課程之前後晤談。本研究因為受到時間上的限制，所以小組中一半（十二位）學生進行一對一的半結構式晤談，每位學生的晤談時間約為四十到五十分鐘，另外十一位學生則分成兩次，一次為五人，一次為六人在電腦上作答，以相同晤談問題使用電腦測錄軟體測錄學生作答的情形，而研究者在學生作答時在一旁巡視，如果對於學生所寫的答案有問題，可以馬上詢問學生。但在電腦晤談中由於時間上的限制，以致於研究者只能就有問題的答案提出詢問，因此所得資料而無法像一對一的半結構式晤談那麼豐富完整。

第三節 研究課程設計

一、研究設計考量

考慮到研究對象所熟悉的教學方式及有限的上課時數，研究者認為若欲採用完全開放的探究式教學法(open inquiry)是有困難的，因此以引導探究(guided inquiry)之模式來設計課程。本研究從五年級上學期自然科康軒版教科書中的第四單元力與運動進行改編，盡可能使教學情境更符合探究教學的精神，除此之外，研究者另外設計了斜面運動及槓桿滑輪的兩個科學探究活動，以培養學生的科學解釋能力。而採用力與運動單元的教學原因如下：

1. 相較於其他教學單元，在此單元中學生有較多動手實際操作，及實際測量數據以及探索的機會。

2. 此單元中的活動所需要的器材較安全不具危險性，且學生在活動中有機會能夠學習如何做假設，並且學習測量數據、處理分析數據的方法。

此外，本研究另外設計的兩個活動主要是因為第四單元的活動中較偏重於學生特定解釋的探究能力的培養，因此希望能藉由研究所另外設計的兩個活動能讓學生實際運用建構解釋所需要的各種能力。

二、活動設計簡述

本研究的課程共計五週，有十個活動，活動一是期望透過丟保力龍球、射橡皮筋的活動，引導學生察覺力的存在。活動二到四是期望學生透過這些活動，能練習設計活動、將數據轉換成圖表、產生解釋的推裡過程、及指出變數間關係、提出證據支持主張的能力，並能瞭解當彈簧受力越大時，彈簧的長度會越長的概念。活動五、六是期望學生能夠瞭解力的大小及方向，活動七、八是藉由使用電腦軟體幫助學生更瞭解不同的力，以及物體受到力，形狀或位置會改變的概念，並能夠運用時間和距離圖表來說明運動速度的快慢，並期望學生能藉由瞭解交通工具的發展過程和影片觀賞幫助學生對於科學及科技發展有更深的瞭解。活動九、十則是較完整的科學探究活動，讓學生能夠整合所學過的探究過程及能力。

以下將呈現活動內容簡介與探究過程、科學解釋之探究能力、及認識論的關係：

（詳案請看附錄A）

（一）活動一：力的作用

目的：以丟保力龍球、射橡皮筋的活動，引導學生察覺力的存在，引起學生對於所發生現象的好奇心。

課程說明：因為力單元的第一堂課，因此教師希望藉由此活動引起學生的動機。

活動內容	探究過程	科學解釋能力	實務認識論
1.教師說明橡皮筋以及丟保力龍球的活動	討論研究主題		
2.學生進行活動	進行實驗		
3.請學生回答保麗龍球和橡皮筋的比較等相關問題			

4.請學生設計別的玩法可以不用手而讓保力龍球浮起來	計畫和設計實驗	
5.學生進行活動	進行實驗	
6.教師與學生討論橡皮筋之形變，和力量大小的關係，及比較保麗龍球和橡皮筋的差別並，問學生：「為什麼保力龍球會往下掉？」引導說明地球引力的觀念（配合課本 56 頁內容）	與他人分享	指出變數間關係、解釋中的科學原理

（二）活動二：測量力的大小

目的：希望學生能根據實驗數據來解釋兩變數間的關係。

課程說明：此活動是讓學生利用彈簧來測量砝碼數重量和硬幣重量兩者間重量的關係。

活動內容	探究過程	科學解釋能力	實務認識論
1.教師請學生自由進行彈簧實驗，引導學生瞭解各種力的對物體所造成的變化	討論研究主題		
2.教師簡單說明彈簧實驗	計畫和設計實驗		*誤差來源（人為誤差）
3.學生開始做實驗並將實驗數據記錄於習作上	進行實驗	產生解釋的推理過程	*實驗的困難解決 *誤差來源（人為誤差） *說明異常數據
4.請各組學生討論砝碼數和硬幣的關係，以及其與彈簧的關係	使資料有意義	產生解釋的推理過程、指出變數間關係	
5.請學生說明實驗的紀錄及設計，及實驗發現	與他人分享	指出變數間關係、提出證據支持主張	
6.教師對實驗做總結			

（三）活動三：彈簧秤與彈簧

目的：期望學生能夠瞭解彈簧秤的原理，且能根據實驗數據來解釋兩變數間的關係

課程說明：延續活動二，活動三則是讓學生使用彈簧秤找出砝碼數和彈簧長度的關係。

活動內容	探究過程	科學解釋能力	實務認識論
1.教師說明彈簧秤和彈簧的差異及使用秤台做實驗時須注意的事項	討論研究主題		
2.學生使用彈簧秤測量砝碼數和彈簧長度的關係	進行實驗		*說明異常數據
3.學生將其測量的數據寫在習作上，找出砝碼數和彈簧長度的關係	使資料有意義	產生解釋的推理過程	
4.教師詢問學生所測量之數據結果，並說明實驗的有不同的方法	與他人分享	指出變數間關係、提出證據支持主張	*實驗的方法

(四) 活動四：怎麼測量力的大小

目的：期望學生透過此活動，能練習設計活動、將數據轉換成圖表、產生解釋的推理過程、指出變數間關係、及提出證據支持主張的能力，並能瞭解當彈簧受力越大時，彈簧的長度會越長的概念。

課程說明：此活動則是希望學生能利用電腦軟體將實驗所得數據轉換成適當的圖表，找出彈簧長度的改變和力量間的關係。

活動內容	探究過程	科學解釋能力	實務認識論
1.教師約略說明實驗，請學生找出彈簧長度的改變和力量的關係	討論研究主題		
2.教師簡單說明測量砝碼及彈簧長度的實驗步驟	計畫和設計實驗		*誤差來源(人為誤差)
3.學將紀錄實驗所使用的測量工具及測量方法	計畫和設計實驗		
4.學生開始做實驗	進行實驗		*誤差來源(人為誤差) *說明異常數據

5.教師和學生討論實驗所得的數據，並說明為什麼只懸掛一個砝碼時，彈簧長度改變非常不明顯	使資料有意義	產生解釋的推理過程	*說明異常數據
6.教師指導學生要如何使用電腦將數據轉成適合的圖表			
7.各組處理實驗數據數據，將數據畫成折線圖	使資料有意義	產生解釋的推理過程、指出變數間關係、提出證據支持主張	
8.教師說明不同數據的紀錄方式（計算彈簧的伸長量），作總結			*實驗的方法

（五）活動五：物體所受的力

目的：期望透過活動可以幫助學生瞭解物體受到兩個大小不同方向相反的力時，物體的運動情形。

課程說明：此活動主要是讓學生透過實驗瞭解力量是具有大小和方向性。

活動內容	探究過程	科學解釋能力	實務認識論
1.教師問：從哪裡可以知道拔河獲勝？	引起動機		
2.教師使用彈簧和橡皮筋示範，問學生兩邊施力或一邊施力時，橡皮筋之位移有何改變？	討論研究主題		
3.教師引導學生思考在拔河時所施的力，並請學生思考在彈簧所受到的力	討論研究主題		
4.教師簡單說明實驗如何操作，並請學生在實驗時需注意力量造成物體移動的關係？隨著力量的大小會有怎樣的變化？	計畫和設計實驗		
5.學生開始動手實做	進行實驗		*實驗結果與假說不同

6.教師和學生討論實驗中 體所受的力以及力的方向	與他人分享	指出變數間關係
-----------------------------	-------	---------

(六) 活動六：拔河比賽

目的：期望透過拔河活動可以幫助學生親身體驗物體受到兩個大小不同方向相反的力時，物體的運動情形，並且藉由此活動讓學生能將生活經驗運用至課堂中。

課程說明：此活動是延續活動五，讓學生能夠透過拔河遊戲體驗力的大小和方向。

活動內容	探究過程	科學解釋能力	實務認識論
1.教師示範拔河遊戲，並說明遊戲規則	討論研究主題 計畫和設計實驗		
2.學生到室外作遊戲	進行實驗		
3.教師請學生分享心得	與他人分享	指出變數間關係	
4.教師做總結			

(七) 活動七：不同的力

目的：藉由使用電腦軟體幫助學生更瞭解不同的力，以及物體受到力，形狀或位置會改變的概念，而觀賞牛頓及各星球引力的影片能夠協助學生瞭解科學的發展。

課程說明：教師在課程中使用不同的電腦軟體來呈現課程內容，期望能夠提高學生的學習意願，並增進對力的概念的理解。

活動內容	探究過程	科學解釋能力	實務認識論
1.教師與學生討論物體的運動速度、速度的大小、及快慢		指出變數間關係	
2.教師運用不同電腦軟體說明物體受到力，形狀或位置會改變			
3.教師播放地球引力的影片，引導學生瞭解各星球間都有引力			
4.播放牛頓發明地球引力之影片，使學生瞭解牛論的生平事蹟			

5.教師對剛才播放的影片 作說明

(八) 活動八：誰的速度快

目的：期望學生能夠運用時間和距離圖表來說明運動速度的快慢，並能夠藉由瞭解交通工具的發展過程幫助學生對於科學及科技發展有更深的瞭解。

課程說明：藉由此活動可以複習之前活動四中所介紹的圖表的使用，課程的後半段可以讓學生更瞭解科學及科技的發展。

活動內容	探究過程	科學解釋能力	實務認識論
1.教師請各組討論要怎樣測量快慢？，並請學生比較[相同時間跑得快]和[相同距離跑得遠]差異			
2.教師與學生討論課本六十五頁中的 s-t 圖，不同動物跑一百公尺所需時間的圖是什麼圖？為什麼要用長條圖？			
4.教師請學生比較課本 65.66 頁的圖表，說明圖表		產生解釋的推理過程	
5.教師使用教學媒體說明交通工具的發明史			
6.請教師先對斜面實驗稍作說明，[若有兩部車，兩個斜面，車子要怎麼樣才會跑得比較快？]	討論研究主題		
7.各組學生討論實驗設計	計畫和設計實驗		
8.播放萊特兄弟發明飛機的影片			

(九) 活動九：斜面實驗

目的：期望學生透過此完整的探究活動幫助能夠統整之前活動所學過的探究能力，如：設計和計畫活動、紀錄及處理數據，使用數據進行推理過程，進而能夠指出變數間關係，及提出證據支持主張各項探究能力。

課程說明：藉由設計斜面實驗可以讓學生瞭解科學實驗中的專用名詞，並複習如何

使用電腦將數據轉換成圖表。

活動內容	探究過程	科學解釋能力	實務認識論
1.教師引導學生討論學習單一之 1.2,舉例介紹「實驗假設」、操縱變因、應變變因、控制變因的概念的名詞	討論研究主題		
2 各組開始討論自己所要做的實驗和假設及變因	計畫和設計實驗	指出變數間關係	
3.學生開始做實驗	進行實驗		
4.教師和各組討論測量時的問題和數據，並給予建議	使資料有意義	產生解釋的推理過程	*改進實驗的方法
5.教師說明要如何使用電腦將數據化成圖表			*誤差來源(人為誤差) *改進實驗的方法
6.學生將數據輸入電腦，使用電腦軟體處理數據		產生解釋的推理過程	
7.請兩組學生發表說明自己的實驗和實驗結果	與他人分享	指出變數間關係、提出證據支持主張	
8.教師作總結			*誤差來源(人為誤差) *實驗的方法

(十) 活動十：槓桿原理

目的：期望透過這個較完整的科學探究活動，學生能夠再次練習設計活動、處理數據、經由推理過程提出主張、使用證據支持主張，檢驗主張的能力。

課程說明：期望學生藉由槓桿實驗能夠根據實驗數據來解釋基本的槓桿原理，並能夠瞭解槓桿原理的應用。

活動內容	探究過程	科學解釋能力	實務認識論
1.教師請學生以最省力的辦法移動裝有重物之行李箱	引起動機		

2.教師說明力量不但可以使物體的運動狀態改變或者是改變外型,善用力量的方向,適當的出力或施力也可以減少出力和施力	討論研究主題		
3.各組討論自己的實驗假設和變因,寫在學習單上	計畫和設計實驗	指出變數間關係	
4.學生開始實驗,並將數據記錄下來。教師到各組巡視,並協助學生	進行實驗		
6.教師請各組討論所得實驗數據,看學生是否能找到規則	使資料有意義	產生解釋的推理過程	*支持主張的證據
7.教師給予學生提示引導學生發現槓桿原理的規則(左邊掛在五的位置掛一,那右邊是不是可以在二的地方掛一,三的地方掛一,那有什麼規則呢)		產生解釋的推理過程、指出變數間關係	*支持主張的證據
8.請學生發表說明自己的看法。	與他人分享	指出變數間關係、提出證據支持主張	
9.教師歸納統整學生的回答,並請學生驗證自己之前所做的實驗數據是否符合該規則			*實驗的方法
10.教師說明槓桿和輪軸在日常生活中的應用			

第四節 資料收集與分析

在資料收集的過程中,研究者在教室中所扮演的角色為參與的觀察者(observer as participant)的角色,也就是說在現場情景中的參與者知道研究者的觀察活動(Merriam, 1988),即研究者在現場情境作觀察,學生視研究者為陳老師的助教,偶爾在課餘時間問研究者問題,但整體而言並不影響現場的社會系統,研究者透過教室觀察、晤談和文件等資料收集的方式,收集質性資料。本研究所收集的資料有:科學解釋能力測驗前後測、教室錄影、形式認識論問卷前後測、晤談、學生成品、

學習單等，採用以質為主、以量為輔（Creswell, 1994）的分析方式，以求深入了解在科學探究活動中學生科學解釋能力的成長歷程，及科學解釋能力和學生的科學認識論信念之間的關係。

一、資料收集類別

本研究的資料主要資料來源可分為下列各項：

1. 教室觀察錄影帶及錄音：以數位攝影機拍攝五週教學過程中的教室活動、師生問答互動及個案小組互動情形，做為教學活動過程的紀錄，之後將錄影內容分段轉譯後編碼分析。
2. 焦點學生晤談：以半結構訪談模式，分別於探究活動前後進行訪談錄影，全程以數碼攝影機拍攝。本研究之晤談內容分成兩個部分（詳如附錄 B），第一部份是為了更加瞭解學生的科學解釋能力而設計，第二部份則是為了探求學生的實務認識論；第一部份則是給學生一個情境問題和數據表，在請學生根據所給予的資料回答問題，第二部分一開始先詢問學生經歷過真實實驗情境，在再依循學生所給予的實驗情境予以發問，而實務認識論的問題和形式認識論問卷的題目都只探索學生對於科學知識及科學探究本質的信念，而不探討學生對於科學事業本質的想法，因為縮小範圍除了能夠更清楚地思考在科學探究中學生在培養科學實務的瞭解時所扮演的角色，還能夠探索學生對於科學知識本質的想法和產生科學知識的方法是如何影響學生的探究。其中科學解釋方面的晤談問題，主要是根據學生建構科學解釋時所需的能力而設計。實務認識論的晤談問題主要參考資料為：科學本質問卷、國內外相關實徵性研究和國內外課程標準（Sandoval, 2003; AAAS, 1993; NRC, 1996; Sandoval, 2003 ; Smith & Hennessey, 2000; Sandoval, 2003），主要是詢問學生對於科學知識及科學探究的想法。因為受到時間上的限制，所以將二十三個晤談學生分成兩組，十二位學生進行一對一的半結構式晤談，每位學生的晤談時間約為四十到五十分鐘，另外，研究者將晤談問題改為開放式問答試卷的形式，讓其餘的十一位學生則分成兩次，一次為五人，一次為六人在電腦上作答，以側錄軟體 Camtasia 以及麥克風紀錄十一位焦點學生使用電腦的過程與對

話，而研究者在學生作答時在一旁巡視，如果對於學生所寫的答案有問題，可以馬上詢問學生。然而，電腦晤談的學生接受在晤談者晤談的時間較單獨一對一晤談的時間較少，因此晤談者只能就晤談者有問題的部分進行晤談，而無法每個問題都得到學生的回答。

3. 形式認識論問卷（詳如附錄C）：形式認識論問卷於進行科學探究活動之前及結束後，針對參與探究活動的學生進行施測。本問卷是採用黃俊偉（2004）測量國小五年級學生科學本質觀的問卷，該問卷是參考高慧蓮（2002）的「國小學童科學本質問卷」與李悅美（2001）的「科學本質問卷」以及林陳涌（1996）所開發的「了解科學本質量表」，編製成「國小學生科學本質觀問卷」，其信度之Cronbach α 係數為 .889；另外，該問卷是以高慧蓮(2002)所主持國科會計劃「國民小學九年一貫課程『自然與生活科技』領域教學與學習材料之研究與發展－提昇中小學生對科學本質的認識（I）」所編製的「國小學童科學本質問卷」（Cronbach α 值為 .707）作為效標，用來測量效標效度，結果該份問卷之相關值 $r = .660$ ，達 .001顯著水準。而本研究只採用黃俊偉（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。希望問卷能夠提供研究者有關學生科學本質的具體改變之資料，並透過質性資料互相對照，能進一步瞭解學生形式認識論。下表為問卷中各向度所包含之題目分配。

表3-4-1 形式認識論問卷

概念組成	問卷題號
科學知識的本質	科學知識是暫時性的 7. 13
	科學知識是公開性的 1. 14
	科學知識是可複製性的 2
	科學知識是累積性的 8
	科學有其極限 3. 9. 15.
	世界是可以理解的 4. 19
科學探究的本質	科學探究的過程與方法具 16 . 20

非獨特性	
科學探究的方法具多元性	10. 17. 21
科學探究過程的主觀性	5.11. 22
科學探究過程誤差的存 在性	6. 12. 18. 23

Note：題號加上粗體表示該題為負向敘述題

4. 科學解釋能力測驗試題（詳如附錄D）：科學解釋能力測驗試題於進行科學探究活動之前及結束後，針對參與科學探究活動的學生進行施測。此評量是本研究之解釋能力的評量是依據Songer & Gotwals（2004）和 Songer & Ho（2005）的評量架構所發展的；然而，由於科學解釋屬於較高層次能力，不能僅以選擇題方式加以測出，最好用開放性的試題來評量，由學生根據所給予之情境，充分將其能力呈現出來，再分析之（毛松霖，1990）。因此，本研究的評量試題主要為開放式問答為主，結合科學內容知識和探究思考技能（解釋的建構），評量的特性是評量特定的科學探究技能（或設計模式），而非評量整個科學研究（full scientific investigations）。此評量的內容為共七大題，而評量內容概念為物理領域中力的範圍，在研究者設計完評量題目後，請一位師範大學教授、一位國小資深教師，就題目與量表架構的符合情形及題目用語的清晰度、流暢度加以審查，依據專家之建議修正題目，修正後，本研究選取台北縣某國小93學年已經學過試題範圍中有關力的相關概念的六年級學生共100名成員作為預試對象，針對「科學解釋能力之評量」進行預試，以確定問卷之修正方向。在評分者信度方面，研究者將學生的答案加以分類，訂定評分標準，請師範大學碩士班研究生一位與研究者分開評二十份試題，之後將兩個人所給的分數輸入SPSS12.0，結果顯示評分者信度達 .949。另外，本研究採用Cronbach α 係數來估量評量試題間之內部一致性，經預試結果得其總量表之Cronbach α 係數為 .769，屬於可接受之高信度係數。

5. 田野筆記：研究者教室觀察時，會紀錄當天課堂中的活動大綱、學生學習情形以及教室中所發生的特殊事件、注意事項及研究者心得，以協助研究者之後資料分析。

6. 學生作品：所收集資料包括學生上課的筆記、研究報告、學習單等。希望透過文件收集，能夠對學生如何進行探究活動及建構科學解釋能夠有更深入的了解。

由上述可知，本研究的資料來源來包括：教室觀察錄影帶、錄音帶和田野筆記、晤談錄影帶、形式認識論問卷、科學解釋能力測驗評量、學生作品；而表3-4-2為本研究的待答問題與本研究使用的研究資料之間的關係：

表3-4-2 待答問題與資料來源之交互對應表

待答問題	收集資料
1.學生經過探究課程後科學解釋能力的成長情形為何？	教室觀察錄影帶、田野筆記、科學解釋晤談錄影帶、科學解釋能力評量、電腦側錄
2-1在探究情境下學生所呈現的形式認識論為何？	形式認識論問卷
2-2在探究情境下學生所呈現的實務認識論為何？	教室觀察錄影帶、田野筆記、實務認識論晤談錄影帶、學生作品、電腦側錄
2-3.在探究情形下，學生的實務認識論和形式認識論彼此間的關係為何？	比較問題2-1及問題2-2
3-1.學生的科學解釋能力和形式認識論的關係為何？	比較問題1及問題2-1
3-2.學生的科學解釋能力和實務認識論的關係為何？	比較問題1及問題2-2

二、資料分析

本研究是採以質為主，量為輔的方式。在每次教室觀察或晤談後，首先將錄影(音)帶轉錄成的文字資料，並參考當天的教室觀察的田野筆記，及Erickson（1998）產生編碼的過程來進行初步編碼的工作，之後將書面資料與陳老師進行分享、討論，並澄清觀察資料中有疑問的地方，最後依據資料收集時間和資料類別進行分類，以利於資料管理和往後的資料分析。而量的部份，於科學探究活動前，使用SPSS軟體將前測的科學解釋能力評量進行信度的分析；而在科學探究活動後，將科學解釋能

力評量及形式認識論問卷的前測與後測進行描述性統計量分析。以下將詳述各種資料之分析方法：

1. 科學解釋能力評量前後測驗結果的比較

研究者先將學生的答案分類，分成學生的解釋提出主張、使用證據支持主張、產生解釋的推理過程三項作分析，訂定出評分標準（詳如附錄E），以SPSS12.0 視窗版進行統計分析，以成對樣本t檢定比較學生在前、後測各科學解釋能力的成長變化。評分標準的舉例說明如表3-4-3。

另外，為了檢測科學解釋能力是否能應用於未學過的概念範圍，研究者將此評量的題目分為教師教過的概念，及尚未教過的概念，以SPSS12.0視窗版進行統計分析，以成對樣本t檢定比較學生在前、後測各科學解釋能力的成長變化。

表3-4-3 科學解釋能力測驗之評分標準舉例說明

科學解釋能力	題號	評分標準
指出變數間關係	4.1	1.提到重量和彈簧伸長量成正比，給予 3 分 2.提到重量每增加十克則彈簧伸長二公分，給予 2 分 3.提到重量越重彈簧長度越長，給予 1 分 4.答案不正確，給予 0 分

2. 形式認識論問卷前後測結果的比較

形式認識論問卷共23題，為封閉式題目，採用四點量表計分，選項分為「非常同意」、「同意」、「不同意」、「非常不同意」，正向題得分分別為4、3、2、1 分，反向題反之，加總後為形式認識論得分。以SPSS 12視窗版進行統計分析形式認識論問卷分數與科學解釋能力測驗之間的相關，並將學生的形式認識論和實務認識論做比較，觀察兩者間的關係為何。

3. 科學解釋能力前後晤談

將錄影帶轉錄成的文字資料後，再將資料依據科學解釋能力編碼，將學生的各項科學解釋能力為階層一到階層四，再與教室觀察、田野筆記及科學解釋能力評量做整合。科學解釋能力的編碼如下：

表 3-4-4 科學解釋能力晤談之編碼

指出變數間關係		
學生程度	說明	舉例
Level 4	學生 主動 且明確的指出變數間的關係	學生能 主動地 根據圖表，明確說出豆子大小、曬太陽時間兩個變數和植物生長高度間的關係
Level 3	學生能指出變數間的關係	學生在 晤談者的提示下 ，能根據圖表說出豆子大小、曬太陽時間兩個變數和植物生長高度間的關係
Level 2	學生只能指出部分變數間的關係	學生能根據圖表，說出豆子大小或曬太陽時間其中一個變數間的關係，和植物生長高度間的關係
Level 1	學生無法指出變數間的關係	學生無法根據圖表說出變數間的關係，或是只能根據直覺或生活經驗，而非圖表說出變數間的關係
產生解釋的推理過程		
學生程度	說明	舉例
Level 4	學生能夠精確地說明/描述產生因果關係的推理過程，並能排除其他資料或排除無關變因的原因	學生能夠說明其是如何從圖表得到曬太陽時間和植物生長高度有關，以及豆子大小與植物生長高度無關
Level 3	學生能夠說明/描述產生因果關係的推理過程，但 無法完整地 排除其他資料或排除無關變因	學生能夠說明其是如何從圖表得到曬太陽時間和植物生長高度有關，以及豆子大小與植物生長高度無關，但在說明豆子大小時，推理過程有誤（例如：所使用的數據是不正確的）
Level 2	學生能夠說明/描述產生因果關係的推理過程，但無法排除其他資料或排除無關變因的原因	學生能夠說明其是如何從圖表得到曬太陽時間和植物生長高度有關，但卻無法說明豆子大小與植物生長高度無關
Level 1	學生無法說明/描述產生因果關係的推理過程，亦無法排除其他資料或排除無關變因的原因	學生無法說明其是如何從圖表得到曬太陽時間及豆子大小與植物生長高度間的關係
提出證據支持主張		
學生程度	說明	舉例
Level 4	學生有比較資料，並能提出三組以上證據支持所提出的主張	學生有比較資料，並能夠提出圖表中的三組以上數據作為證據，支持主張
Level 3	學生有比較資料，並能	學生有比較資料，並能夠提出圖表中的二

	提出兩組證據支持所提出的主張	組數據作為證據，支持主張
Level 2	學生有比較資料，並能明確的提出一組的證據支持所提出的主張，或者只說從表中知道，而未確實指出數據	1.學生有比較資料，並能夠提出圖表中的數據一組作為證據，支持主張 2.學生指出從圖表中的數據可知，而未明確指出數據
Level 1	學生無法提出證據支持所提出的主張	1.學生無法提出圖表中的任何數據作為證據支持主張 2.證據無法支持主張
設計實驗以驗證主張		
學生程度	說明	舉例
Level 4	學生能設計實驗以驗證主張，且能明確的說出實驗所需控制及操作之變因，清楚說明實驗步驟	學生能設計實驗以驗證主張，並能指出 實驗所需控制的變因 （例如豆子種類、澆水時間、擺放位置等）及操縱的變因，清楚說明作實驗的步驟。
Level 3	學生能設計實驗以驗證主張，且學生能清楚描述實驗步驟，具操縱變因之概念，但卻沒有意識到實驗中所需控制的變因	學生能設計實驗以驗證主張，且有 操縱變因之概念（實驗有兩組以上） ，但沒有指出 實驗所需控制的變因 （例如豆子種類、澆水時間、擺放位置等），並清楚說明作實驗的步驟。
Level 2	學生能設計實驗以驗證主張，且學生能清楚描述實驗步驟，但對於實驗的操縱變因不太清楚	學生能設計實驗以驗證主張，且學生能清楚說明作實驗的步驟，但 實驗只有一組，也沒有指出實驗所需控制的變因
Level 1	學生無法設計實驗以驗證主張，無法描述實驗步驟，或實驗無法支持主張	1.學生無法設計實驗以驗證主張，無法描述實驗步驟 2.學生所設計的實驗無法支持主張

4. 實務認識論前後晤談

首先將錄影帶轉錄成的文字資料，將學生的回答分類，再給予編碼，評分者信度為 89.61%。在本研究中，編碼所產生的方式是將學生的晤談資料加以分類後，再根據學生的晤談資料產生編碼，給予各個編碼定義，而編碼的名稱主要是取自學生晤談中的回答（Corbin, & Strauss, 1998）；實務認識論的編碼主要分為；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、實驗與與假說不同時所採取的行動、實驗的方法、支持主張的證據幾大類；在編碼時，若該碼在學生前後晤談中加起來的次數少於三次，因次數太少不具代表性，因此將該碼歸併入「其他」的碼中，不將其獨立出來，編碼完後，先統計焦點學生實務認識論前後晤談各個編碼之總次數，再使用某個編碼的次數除以該向度前後編碼的總次數，以百分比的圖表呈現，之後在作質性分析，以瞭解學生在探究活動所呈現的實務認識論，及其改變的情形。

5. 教室錄影

首先先將教室活動中和科學解釋和學生實務認識論有關的師生對話和小組對話內容轉譯成的文字資料之後，再將師生及學生小組對話內容依活動區分成小節（episode），每個小節代表學生活動內容的轉換，同一小節中學生討論的內容是一致的。小節之間通常為要進行下一單元或是因老師、其他組員介入造成。之後再加以編碼，編碼主要分為科學解釋能力及實務認識論兩大部分，其中科學解釋能力又分為指出變數間的關係、產生解釋的推理過程及提出證據支持主張三個能力，而實務認識論的編碼則與實務認識論晤談中的編碼相同，以瞭解學生科學解釋能力的成長及學生的實務認識論，並且可以深入探討兩者間的關係為何；而由於本研究中所收集到的教室觀察資料不如預期豐富，在活動中並非每組學生都有機會呈現出其科學解釋的能力，而晤談中的資料較豐富，學生能夠清楚地呈現自己科學解釋的能力，因此本研究中，晤談的編碼和教室活動中的編碼不同。在本研究中，由於活動二、九、十，學生較具有探究特性，且較能完整呈現學生的科學解釋能力及實務認識論，因此本研究的第四章將針對這些活動的資料來分析與探討；至於其他的活動可視為學生學習科學解釋能力的過程，學生科學解釋能力的訓練較為片段，於本研究不進行分析。科學解釋能力的教室觀察編碼下表 3-4-5：

表 3-4-5 科學解釋能力教室觀察之編碼

指出因果關係		
學生程度	說明	舉例
高	學生主動指出變數間的關係	(第三組於活動十槓桿實驗進行時) 215：咦！我知道了(動手去掛，在三掛二，二掛一)，就平了 215：ㄟ我知道了拉這樣子不是四乘於二就八，然後這邊不是三乘於就是六，然後這邊再一個二，六加二等於八 213：哦 216：看那個數據阿如果數據相同的話就會平行(平衡) ... 215：所以我現在終於瞭解了，<u>第幾個洞然後乘以數量</u>
中	學生經教師引導才能指出完整變數間的關係	學生於活動九中做完斜面實驗後上台發表 S：就是我們是用那個那個木板的斜度，然後用時間的秒數來測量的，然後然後... <u>T：然後角度越大，然後呢？</u> <u>S：然後角度越大，然後什麼..恩那個瓶子就滾得越快</u>
低	學生經教師引導才能指出變數間的關係，但是沒有完整的說明出變數間的關係	(學生於活動九中做完斜面實驗後上台發表) S：(照著學習單中所寫的內容念)實驗的變因，操縱變因 XXX，控制變因控制瓶子的力量不讓斜面，應變變因距離，實驗步驟先把瓶子放在板子上，再調板子的高度之後，再把瓶子放手，再讓他滾下去，報告完畢 T：好來看他們的圖表，跟你的假設吻合嗎？ T：他們是調什麼？ <u>T：角度對不對，角度越大，那滾動的距離就怎麼樣？</u> S：<u>越遠</u>[沒有完整的說明出變數間的關係]
無	學生在測量完數據後，沒有討論數據說明變數間的關係	
產生解釋過程		
學生程度	說明	舉例
高	學生能夠精確地說	(第三組學生在活動二中將砝碼懸掛於彈簧下

	明/描述產生因果關係的推理過程，並能說明實驗中的異常數據	方，每次增加一個，測量彈簧長度) 215：零個是 4.3 215：(掛一個砝碼碼)，不要碰 215：4.3 <u>214：為什麼(第一個和原長一樣)是 4.3?</u> <u>215：因為第一個沒有什麼重量阿[說明異常數據]</u> ... 215：(兩個砝碼)5.1 216：ㄟ不要亂動拉 215：(三個砝碼)6.6 215：(四個砝碼)8.1 <u>214：每一個都加 1.5 就好了阿</u> <u>215、216、217：不一定阿</u> <u>214：從 5.1 開始全部都加 1.5</u> <u>215：不一定阿</u> <u>217：第五個多少</u> <u>214：一定是九點六</u> 215：(測量完)對 ...
中	學生能夠在推理過程中沒有意識到異常數據	(第五組學生於活動九中進行完斜面實驗後，處理數據時) 428：230 428：361 428：250 428：268 425：咦！怎麼是 368？是 268 吧 426：你看錯了吧是 368 拉 425：268 拉 426：蝦！才 268 而已，368 拉 425：不要拉，268 拉 425：369[沒有意識到異常數據] 425：292 425：沒了喔，阿(數據)那麼少喔 428：隨便掰拉，就比這個多比這個少就對拉(角度越高滾越遠)
低	學生能夠在描述產生變數間關係的推理過程是錯誤的	(第六組的學生在活動十進行槓桿實驗時，除了 431，其他組員好像仍不懂，432 在五掛二，另一邊的二掛五) 434：<u>你看這個五加二等於七，然後這個五加二也是七[推理過程錯誤]</u> 417：可是那這個為什麼(學習單中的不符合的

數據)？		
432：沒有阿，因為你們在每個地方都有掛阿， 阿我們只有掛這樣，所以不一樣		
418： <u>只要寫五加二就好了喔</u>		
無	學生在測量完數據 後，沒有討論數據	
提出證據支持主張		
學生程 度	說明	舉例
高	學生能提出兩組以 上數據支持所提出 的主張	(第三組於活動十中進行槓桿實驗時) 215：咦！我知道了(動手去掛，在三掛二，二掛一)，就平了 215：<u>我知道拉這樣子不是四乘於二就八，然後這邊不是三乘於就是六，然後這邊再一個二，六加二等於八</u> 213：哦 216：看那個數據阿如果數據相同的話就會平行(平衡) 215：<u>五跟三也可以(在五掛一，三掛一)，五跟三也可以[共提出兩組數據]</u> 216：真的耶 216、215：這個四乘二是八，然後這個五加三也是八
中	學生能提出數據支持所提出的主張，但所提出的數據只有一組	(第二組於活動十中進行槓桿實驗時) 207：我知道為什麼了，四個二個這就是八 208：我知道，對阿 207：所以要是八 <u>(211 懸掛法碼試試看，在二的位置掛三個)</u> <u>208：再掛一個[只有一組數據]</u> 211(槓桿平衡)：好了你看
低	學生能提出證據支持所提出的主張，但沒有提出明確的數據	(第三組於活動九中進行斜面實驗後，上台發表) 215：<u>(指著圖的橫座標)這個是我們是我們瓶子裡面的水量，然後這最後量的距離(指著圖的縱座標)。</u>[學生認為證據為圖表] T：然後勒？實驗假設是什麼？ 215：實驗假設是..水越多瓶子會滾得越遠 T：那你有沒有驗證你的假設？ 215：有
無	學生沒有提出證據支持主張，或學生	S： <u>(照著學習單中所寫的內容念)實驗的變因，操縱變因XXX，控制變因控制瓶子的力量不讓斜</u>

所提出證據無法支持主張	面，應變變因距離，實驗步驟先把瓶子放在板子上，再調板子的高度之後，再把瓶子放手，再讓他滾下去，報告完畢。[沒有證據] T：好來看他們的圖表，跟你的假設吻合嗎？ T：他們是調什麼？ T：角度對不對，角度越大，那滾動的距離就怎麼樣？ S：越遠 T：有越遠嗎？ S 點頭
--------------------	---

三、資料整合

以下將描述本研究如何整合資料以回答研究問題：

（一）科學解釋能力

研究者將整合科學解釋能力評量前後測驗、教室錄影、田野筆記、科學解釋能力前後晤談、科學解釋能力評量的資料以回答研究問題，（1）首先研究者先以量化方式比較科學解釋能力評量前後測驗的結果中是否科學解釋能力有達顯著水準。（2）將學生科學解釋能力前後晤談的資料作編碼，依能力的高低分為四個階層，以瞭解學生各能力的成長情形。（3）將科學解釋能力評量前後測驗及科學解釋能力前後晤談兩類資料中學生科學解釋能力成長的情形是否相符。（4）再將教室觀察資料以小組的方式編碼，將各組的科學解釋能力分階層，結合學生科學解釋能力前後晤談的資料以分析各小組在科學探究活動中科學解釋能力成長的情形。

（二）學生的形式認識論

為了回答研究問題，研究者先以量化方式分析學生的形式認識論問卷前後測的結果是否有達顯著水準，之後再將學生的形式認識論和實務認識論的晤談、教室錄影做比較，觀察學生的形式認識論和實務認識論兩者間的關係為何。

（三）學生的實務認識論

為了瞭解學生所持有的實務認識論，研究者將整合實務認識論前後晤談、教室

錄影、田野筆記的資料，（1）首先研究者先將學生晤談的回答分類，再給予編碼，統計焦點學生實務認識論前後晤談各個編碼之總次數，再使用某個編碼的次數除以該向度前後編碼的總次數，以百分比的圖表呈現學生前後晤談所持有的實務認識論及其變化的情形。（2）再將教室觀察小組對話中與實務認識論有關的資料加以分類編碼。（3）再將實務認識論前後晤談與教室觀察小組對話資料結合，以瞭解各小組在科學探究活動中學生的實務認識論為何以及其改變的情形。

（四）認識論與科學解釋間的關係

為了瞭解認識論與科學解釋間的關係，研究者先以量化的方式分析形式認識論問卷和科學解釋能力測驗之間的相關為何，再分析焦點學生晤談中科學解釋能力的成長情形式否與學生實務認識論的改變有關係，接著，整合教室觀察與田野筆記中小組的資料以進一步瞭解學生在建構科學解釋的過程中所呈現的實務認識論為何。