

具有區分性教學特性的科學探究 課程設計——以熱學為例

鄭志鵬 教師

◎ 臺北市立龍山國民中學

壹、前言

在科學課程中，常常把課程的核心放在科學知識、科學事實上，甚至花許多時間來做知識的反覆鑽研，精熟練習而忽略了科學教育應有的其他面相。事實上，科學教育的價值除了科學家留下來的，珍貴的科學成果外，科學的觀察、思考、操作、回答問題的方式，是更有價值，更值得學習的。

筆者嘗試在八年級上學期理化課的「熱學」課程，用原本的教學時數，在課程中加入了科學探究教學與區分性教學兩大元素。讓學生除了記憶課本的知識外，還要探究課本的知識。並且依照學生學習的屬性不同，安排不同的學習路徑，以符合學生的學習需求。

貳、動機與目的

擔任科學教育教師已近十年，在這個過程中，我最常思考的問題就是：「為什麼要教這個？」「學生為什麼要學這個？」這個問題同時也是在問科學教育的價值是什麼？

目的是什麼？回顧自己求學的歷程，發現自己受到的科學教育中，完全只強調科學的知識與計算的技能，對於科學其他面向的教育是付之闕如的。科學家做研究的動機、發想、不斷的嘗試與挫敗、不屈不撓的嘗試、獨特的觀察力、獨特的創見，這些特殊珍貴的思想與精神，在完全強調知識的課程中，是無法傳遞給學生的。

在我求學的過程中，就一直在吸取大量的科學知識。從國小、國中、高中到大學。甚至到了研究所還是接收到了相同的教育模式。在這過程中，我常常會懷疑那些看起來這麼簡單顯而易見的定律：定比定律、質量守恆定律、能量守恆定律、歐姆定律、萬有引力定律等等到底有什麼偉大的？這些定律描述的現象是這麼的直覺容易看到，為什麼那些科學家因為發現了這些定律而偉大？我完全無法體會。

直到我開始教書，閱讀了更多課本以外的資料並且自己真正動手做了許多許多的實驗之後，才慢慢了解到那些科學家的偉大之處。他們都不滿足於當時時代的主流知識，對主流知識充滿疑惑並且勇敢挑戰，終於獲

得重大成果，並改變了人類對自然的認知。這樣撼動人心的成就，卻沒有在課程中表現出來，真是非常的可惜。

看看今日的課程中，看似是有把這些活動擺入課程，但是仔細分析可以發現，這些觀察、思考、探究的課程都還是指向科學知識。例如說實驗課程應該是很有科學面貌的課程吧？可是我們的實驗課全部都有著標準答案，實驗的目的是要讓你看到課本想讓你了解的知識，而不是在實驗中去探索未知的東西（McComas,1998）。Domin（1999）和翁秀玉（1997）則認為這樣的實驗方式像食譜一樣，僅是讓學生依循特殊步驟去收集資料，並沒有讓給學生有機會思考、設計實驗或解釋資料，因此 Domin 認為這樣的實驗方式學生是沒有思考的。（Lederman,2000; Matthews）。認為雖然學生可以從實驗課程中學到許多科學探究技巧，實驗課中的教學內容和方法仍舊是以「科學結果」為主，而非「科學過程」。所以學生在實驗課中，仍然無法體驗到科學的活動。

於是我想把科學教育的課程變得更有科學樣貌，將科學的發想與思考、科學的探索與求知的過程放回在科學教育的過程中。讓學生真的去體會與經歷科學家的感受。

參、文獻探討

科學的本質是什麼？科學的活動包含了哪些層面？雖然對許多科學家來講，這些都不是問題。他或許說不出來，也不清楚。他只是自己有一套科學研究的準則、判讀資料

的方式。但對於一個科學教師來說，卻必須把科學的本質釐清，必須了解科學活動包含的各種面向，才有辦法進行科學教育。就像一個人學會游泳之後，可以不需要知道他的手腳是如何協調動作的，他的身體已經學會了如何去協調。於是他的大腦理性意識，就不需要那麼清楚所有的協調過程。但對一個游泳教練來說，他要教一個學生學會游泳，就必須回頭去檢視游泳的過程中，所有肢體是如何協調的，然後將這個過程拆解成一步步的教學流程，讓學生慢慢學會整個協調方式。

所以我認為對一個科學教師來講，他必須很清楚的知道科學活動中所包含的科學本質和科學活動中包含的各種面向，才能帶領學生真的去經歷、體驗科學的歷程。但是長久以來，或許因為升學主義的關係，包含實驗課程在內的科學課程，都極度的強調科學知識層面的教學和學習成果，而忽略了科學活動的其他面向。

一個科學家在探索一個現象時，會經歷一些很複雜的過程和思考，經由嚴謹的邏輯推論或是嚴謹的實驗活動後，最後得出一個自己認為具有說服力的論點。並且在提出這個論點後經由他人大量、嚴格的檢核，慢慢形成一個眾人所信服的論點。在現行的科學課程中強調的知識層面，正是那個最後被眾人接受的論點。但是前面所有形成這個論點的過程，在科學教育上是付之闕如的。

九年一貫課程實施至今已逾十年，檢視九年一貫的課程綱要可以發現科學本質、科學方法等觀念在當時就已經被列為正式



課程。但如何將科學的複雜面向傳遞給學生呢？許多學者都認為探究式的教學可以達成這個目標（侯香伶、段曉林，2002；翁秀玉、段曉林，1997；張清濱，2000；Domin,1999）。

然而許多科學教師和筆者一樣，在求學的階段中，都沒有受過探究式的訓練。或許在科學知識、運算、儀器操作上，我們非常熟悉。但是在科學的思考、發想、研究、數據的判讀及推論--也就是研究與發現新事物--的部份，是非常不熟悉的（侯香伶、段曉林，2002）。所以筆者希望這次的行動研究，除了讓自己檢視探究課程對學生的影響外，也希望可以提供科學教師對未來研發課程的一些參考。

此外「區分性教學」，是近年來教育領域強調的一個重點。區分性教學在資優教育上，通常會談論的主軸分成兩個層面：針對資優班重新設計與普通班不同的課程與針對每個學生的差異，設計適合該學生的課程。

以前者而言，教師要思考的是當你面對的學生有能力學的更快、更深、更廣時，我們要給他們什麼課程？當我們可以教的更快時，多出來的時間，是要進行更多的精熟練習，讓他們考試考的更高分？還是要進行一些需要時間思考、討論、實作、創造的課程？當我們可以教的更深、更廣時，是要不斷的超前，教高中程度甚至大學程度的課程，還是要讓他們針對國中的課程，去做更敏銳的觀察，更深入的思考。讓學生學會學習的方法，學會主動蒐集資訊，主動思考，提出問題與解決問題？

這些課程設計的方式，是大多數接受傳統教育的老師比較不擅長的。所以對於一個不熟悉資優教育的教師來說，最直接想到可以在資優班這邊進行的教學，就是加強精熟練習或者是超前學習。但其實在科學教育上，其實有許多更有價值的層面值得教導。

對另外一個層面的區分性教學而言，要針對每個學生的差異設計課程是很困難的。這代表教師要在同時、同地對不同學生進行不同的教學模式。教師只有一個，教室只有一個，學生卻可能會有十個。如何同時讓這十個資優生都能依照自己的特性，獲得適性的教學模式呢？這讓教師常會認為區分性教學「似乎仍只是一個教育理念，還無法呈現出一些具體的實施程序讓教師來遵循」（高振耀，2010）。

但在資優教育中，區分性教學確實是很重要的課程精神。課程應盡可能的適才適性的為每一個資優生設計教學模式。常見的區分性教學模式設計，郭靜姿（2009）提到，可以用分組教學、教師提供學生不同層次的問題與作業、合約學習、獨立研究等方式。

筆者發現使用探究式的教學模式，可以很自然的達成區分性教學的精神。這是由於探究的目標高低、執行探究的歷程與結果的判讀等都是可以依照學生的狀況來規劃的，所以在探究式的課程中，很自然的可以因應學生的狀況隨時加以調整，以達成適才適性的教學模式。此外在探究式教學的歷程中也很容易可以引進動態評量、檔案評量、實作評量等多元的評量方式，讓區分性教學能夠更加的完備。

肆、課程實施環境及課程結構分析

- 一、**課程內容**：本課程是將八年級上學期的熱學課程重新設計成具有科學探究及區分性教的課程。
- 二、**課程實施對象**：本校八年級的數理資優生，共計18名。分為三組，每組6名學生，每次上課有一組學生。本校資優班為分散式資優班，課程採同步抽離方式進行，在原班進行理化課時，學生就會

抽離到資優班來上課。

- 三、**課程實施時間**：每週共有四堂理化課。共進行四週。每節課為45分鐘。
- 四、**上課地點**：資優班理化教室。教室佈置情境如下圖1所示。設計的理念是，教室內要能夠做課程討論、動手實作、查詢資料與閱讀。所以大致上在教室前半部，設計為較靜態的閱讀、討論與講授課程的區域；教室後方則規劃為動手實作的區域，如圖2。

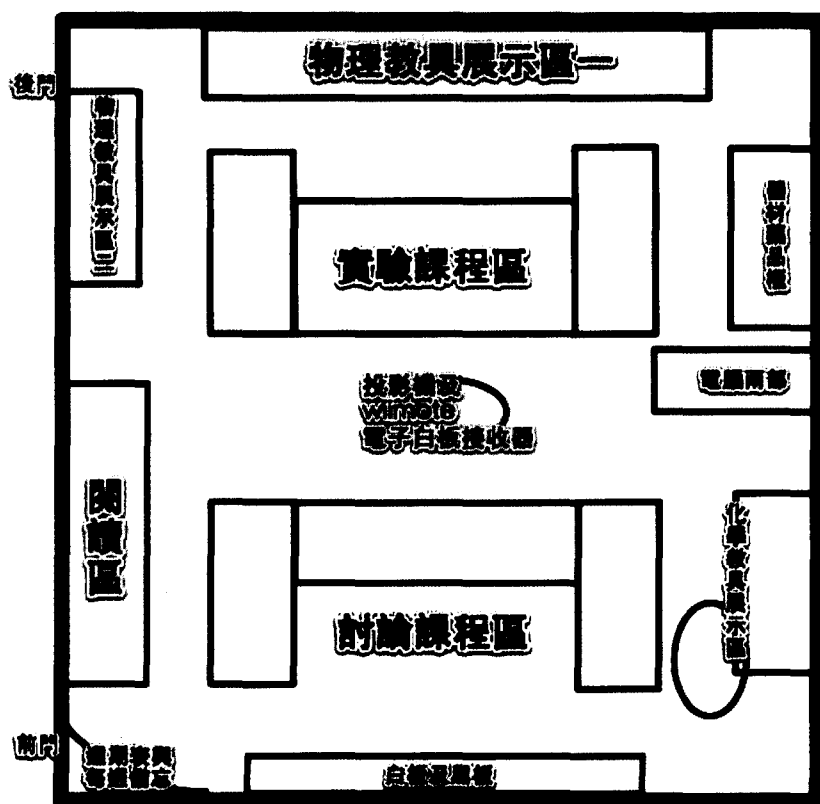


圖1 教室擺設設計圖

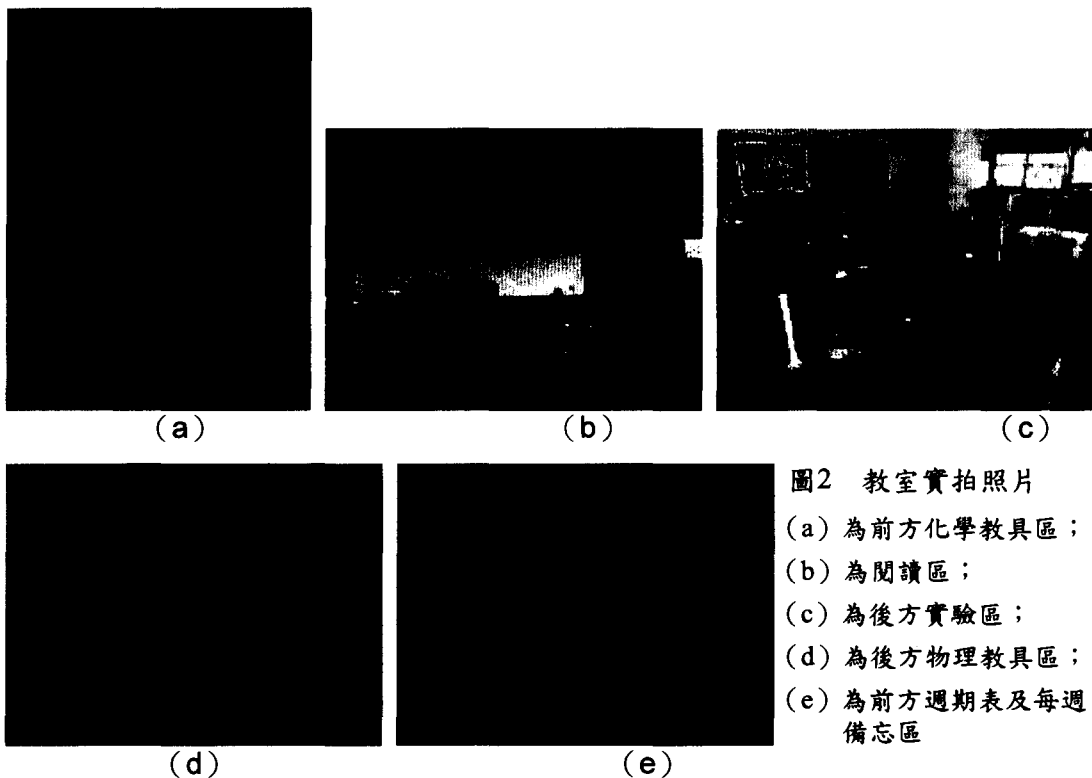


圖2 教室實拍照片

- (a) 為前方化學教具區；
- (b) 為閱讀區；
- (c) 為後方實驗區；
- (d) 為後方物理教具區；
- (e) 為前方週期表及每週備忘區

五、課程設計的限制

(一)由於學生是利用正規的理化課程來上課，所以課程的設計上不能完全開放，讓學生完全依照自己的喜好去進行探究。探究的歷程中，必須讓學生將課內的內容學好，同時還要有大量探究式的學習課程。

(二)許多學生對於探究式的學習並不熟悉，對於科學研究的歷程也不熟悉，所以在課程的設計上必須要設計許多清楚的引導。才能視學生的能力給予不同程度的指引。當學生能力強、自主性高的時候，可以提供較少的指引。當學生能力較弱、自主性較差的時候，教師也要能

提供充足的引導，否則就失去了區分性教學的意義了。

(三)學生的先備能力：由於本課程的設計，是讓學生進行一次完整的科學探究歷程。所以有一些困難度較高的相關技巧，已經在之前的課程先行訓練。像是酒精燈加熱的技巧、使用溫度計的技巧、實驗規劃的方式、記錄表格的設計方式、數據處理的知能（平均數與趨勢線的使用時機和方式），學生在進行本課程之前，必須具備這些能力。

(四)當然，如果學生相關的能力不足，可以在課程中再做調整，以適應不同能力狀況的學生。

伍、課程設計方式

- 一、**目標**：熱是一個重要且常見的能量形式。也是我們學到的第一個予以量化，可以計算的能量。本課程希望學生可以認識溫度與溫標、了解我們如何將熱能量化、熱與質量、溫度、比熱的關係、熱對物質的影響以及熱的傳播方式。
- 二、**課程時數**：課程進行共四週半，16節課。
- 三、**課程設計方式**：本課程是以區分性教學的精神來設計規劃的，希望能夠提供不

同特質的學生在課堂上有不同的學習路徑，以利學生適性的學習和發展。本課程提供三種學習路徑：

- (一)教師傳授知識、實驗主題和方法。學生整理彙整知識，執行老師安排的探究主題。
- (二)學生閱讀課本，將知識消化整理，並由教師提供科學探究的主題，進行研究。
- (三)學生閱讀課本，將知識消化整理，並提出自己想研究的主題，進行研究。

四、課程進行方式：

- (一) 流程圖

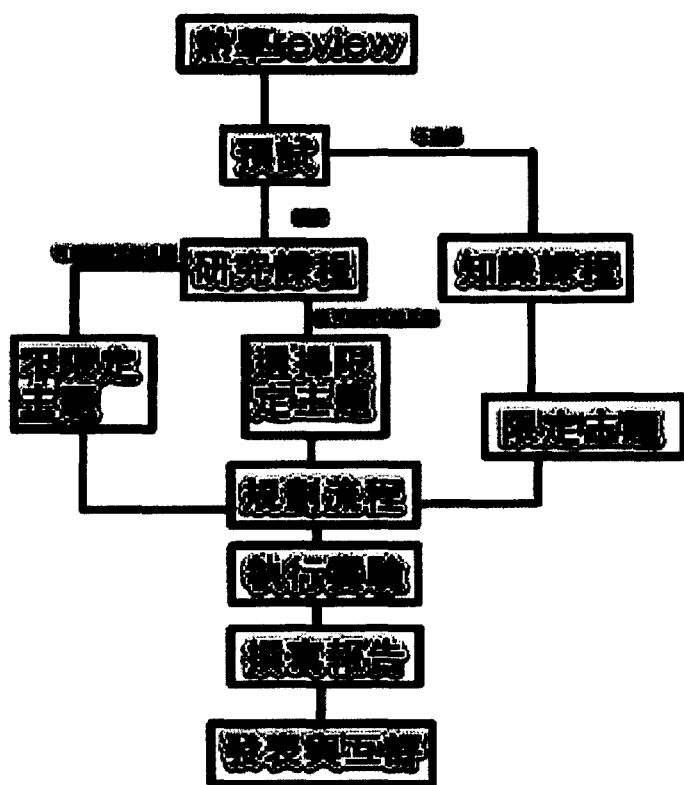


圖3 課程流程圖

(二) 課程進行方式

第一週：教師指導學生自行學習課本知識，發現可研究的主題。並由預試

的方式來分析學生的學習情況，以作為區分性教學的依據，請見表1。

表1 第一週課程進行方式

流程	節數	學生扮演的角色	老師扮演的角色
review 熟學課程	3	主動閱讀課本內容，讀懂後加以整理，寫成自己的熟學筆記，如果在閱讀的過程中，有不懂的部分，就請教老師或者查閱網路資料。程度較好的學生，可以自行針對課本內容找到延伸資料，列進自己的review中。	1.講解何謂「課程review」。 2.讓學生閱讀一小段課本文字後，示範如何將課本內容濃縮變成一篇review文章 3.學生在閱讀課本的過程中，如果有遇到看不懂的部分，要加以解說或者提供網路、參考資料等資源讓學生能夠清楚課本內容。
預試	1	完成預試試卷	1.事先準備好預試問題，題目必須包含熟學內容全部的重點。 2.分析學生的考試內容，和學生的review作業進行綜合分析，了解學生的程度和錯誤觀念。以此為依據，將學生分組。 3.通過預試者，可制訂自己想要的研究主題或是選擇老師設定好的主題。 4.未通過預試者，則進行所需的教學。 5.老師也可以做更細的分析，例如在前兩個單元通過，第三個單元沒通過的學生，可以先進行研究，等到課程進行到相關單元時，再回來聽課。

第二週、第三週：依據學生預試的以及學生自我評估的結果，將學生進行分組，進行不同路徑的教學。請見表2及表3。請注意學生的學習路徑，在表1

中，是共同進行的課程。接著就分為表2和表3兩種途徑，其中表3課程進行的方式，又分為「自訂研究主題」和「或依據老師制定主題兩種層次」。

表2 未通過預試學生的課程進行方式

流程	節數	學生扮演的角色	老師扮演的角色
知識課程	3	未通過預試者，進行知識課程，並由老師限定研究主題和教導研究方法。	老師必須針對相關主題，將知識結構化，快速確實的傳授給學生。但由於學生已經進行過相關的預習工作，所以這邊的課程速度可以加速。 另外老師可以提供已經通過預試的學生該堂課程的課程綱要。如果學生覺得這個地方不熟悉，則可選擇先聽課，再做研究。在每堂課開始時，也可以提供5分鐘的問答時間。以確保進行研究的學生能有更多機會釐清錯誤觀念。
限定主題研究	1	了解老師分配的主題，並了解研究的流程，	老師將相關主題分配給學生，解說研究的主題，並盡可能讓學生自行分析變因、設計研究流程
執行實驗 撰寫報告	4	依據主題和自己設計的研究方式進行實驗、蒐集整理數據，並和組員討論實驗結果。 然後將實驗結果寫成報告	提供諮詢、建議、器材與資訊設備。
發表與評論	2	將自己的實驗結果與想法整理好之後發表	老師再彙整相關知識，並對實驗報告建議與評價

表3 通過預試學生課程進行的方式，其中學生又可分成自訂研究主題或依據老師制定主題兩種層次。

流程	節數	學生扮演的角色	老師扮演的角色
研究課程	1	制訂自己想研究的主題，並規劃流程。包含日期和想完成的事項。共要完成的事項有：1.制訂（或選擇）主題、2.設計實驗、3.進行實驗蒐集數據、4.整理數據、5.做出推論驗證假設、6.整理結果寫出報告。	提供諮詢和建議



執行實驗	3	依據主題和自己設計的研究方式進行實驗、蒐集整理數據，並和組員討論實驗結果。	提供諮詢和建議，提供器材與資訊設備。
撰寫報告	4	將實驗結果寫成報告	指導學生研究報告的書寫方式，提供資訊器材與相關所需設備。
發表與評論	2	將自己的實驗結果與想法整理好之後發表。請同學聆聽後在評分表上給予評價。	老師彙整相關知識，和課本相互呼應，並對實驗報告建議與評價

(三) 材料

教師必須準備充足的熱學實驗所需基本設備，包含足夠的酒精燈、三腳架、陶瓷纖維網、燒杯等材料。詳細的實驗器材，則在學生訂好自己想研究的主題後，由老師或學生將器材準備齊

全。

(四) 評量方式

以學生的研究報告作為主要的評量項目。評量的表格如表4，學生可以參考評分表格來了解研究報告需要包含的內容重點。

表4 評量指標

評分項目	5等地評分，寫的很清楚得5分，很不清楚得1分，沒有寫得0分	具體建議
研究主題明確清楚		
研究相關的文獻清楚完整		
變因分析		
假設性問題明確		
實驗流程清楚		
實驗結果圖表		
實驗結果描述		
與文獻做比較		
整理歸納成結論		
綜合意見		

陸、課程執行記錄

一、學生閱讀完相關課程後，就進行預試，預試後分組進行課程。預試通過，且沒

有進一步想詢問的問題的學生就分成一組，討論想研究的主題。預試沒有通過，或有進一步問題的學生就進行相關的課程。見圖4。



圖4-1 未通過預試的，在教室前方繼續鑽研相關主題

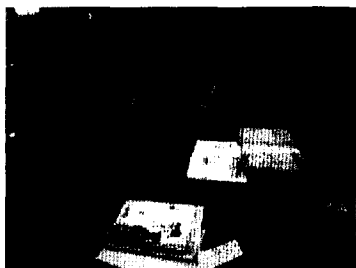


圖4-2 通過預試的三位學生分為同一組，進行研究主題的討論



圖4-3 通過預試的三位學生到電腦教室進行相關主題的資料搜尋

二、查閱完相關資料，並且設計好實驗的學生，就可以開始進行實驗。實驗的進行

方式由學生規劃，然後由老師進行評估檢核後執行。見圖5

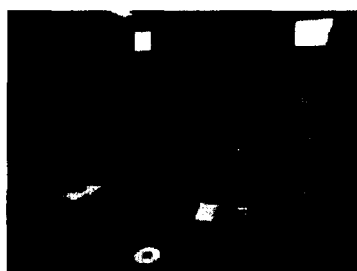


圖5-1 學生研究的情況

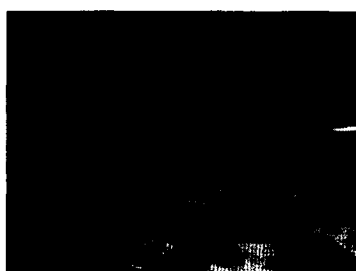


圖5-2 學生研究的情況

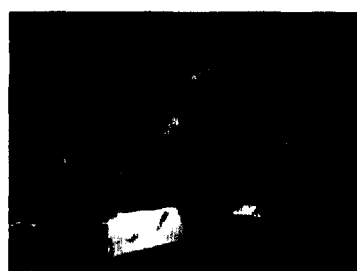


圖5-3 學生研究的情況

三、完成研究後，在電腦教室進行資料的整理與報告撰寫。報告撰寫的過程中，教師要常介入和學生討論研究結果和分析討論數據的方式，引導學生能觀察數據，對照文獻的內容產生自己的新想

法。這部份是研究過程中最困難，也是教師最需要著力的地方。多和學生討論，多對學生提出適當的問題挑戰學生，讓學生多思考，是最重要的。歷程記錄請見圖6。



圖6-1 報告的撰寫與和老師的討論

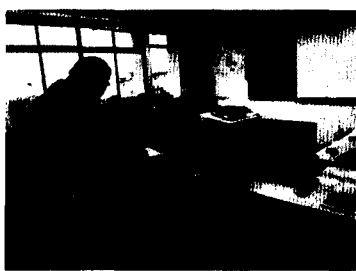


圖6-2 報告的撰寫與和老師的討論



圖6-3 報告的撰寫與和老師的討論



四、學生完成自己的作品後，就要練習將自己的研究成果與想法上台發表。提出自己的觀點與想法和台下的老師和學生進行討論。最後再由老師針對實驗中，跟

熱學相關的各個面相加以統整，並且和課本的內容相互呼應，做出完整的整理和歸納，歷程記錄如圖7。



圖7-1 學生報告自己的作品

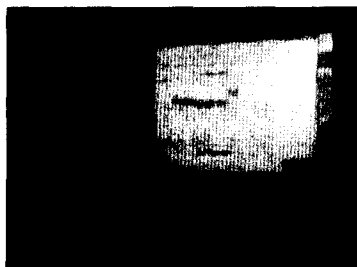


圖7-2 針對圖表提出觀點

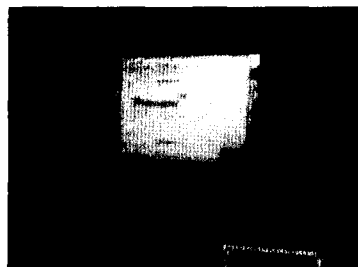


圖7-3 教師的評論分析

柒、成果

本課程的目的，在於營造一個自學與科學探索的環境，並且能依據學生的學習風格和速度的差異，做適性的課程調整。課程的進行的流程，則分成三個層次的難度以適應不同程度的學生。

所有的學生中，有一名學生在閱讀課本的內容時，提出了：「水的比熱是1，那水溶液的比熱會是多少呢？混合物的比熱和組成成分有什麼關係呢？」這樣的問題，所以他和他的小組，共三個人就研究了自己發想的主題。

其他大約有10名學生，能夠以自學的方式學會大約八成的課本內容。老師與學生在發現問題後，針對學生不清楚的部份加以補強，很快就進入實驗研究的階段。這10名學生，則是都挑選了教師指定的研究主題進行研究。

其他的5名學生，自學的部份表現較差，於是就用比較多的時間教授課本的內容。完成後，就依照老師指定的題目進行研究。

這18名學生，在學校段考的成績表現上，都有不錯的表現。在熱學部分的試題，大部分的學生答對率平均都有9成以上。表示學生的確能在這樣的課程下，仍然能夠將原本課內的知識學的不錯。

在科學探究歷程上，包含學生對相關內容的理解、實驗的規劃、執行、報告撰寫與發表，所有的學生在課程中都經歷了一次完整的科學探究歷程。由於在熱學之前的課程，已經對學生在探究歷程中，所需的能力進行過訓練，所以學生在設計實驗、執行實驗、蒐集數據和數據處理上都沒有太大的問題。但是在數據分析上，大多數的學生可以進行不錯的質化分析。例如：水越多溫度上升越慢；比熱越小的物質溫度上升越快等等。但是在量化的分析上就比較弱。像是當

水量為1:2時，溫度上升的速度應該為2:1，但是實際實驗的數據卻不是這樣。學生一方面比較不擅長從量化上去思考差異，熱學實驗由於絕熱的困難，經過提示後，也發現量化分析確實是困難的總有難以量化的熱散逸。

這次的課程中，設計了學生互評的流程。目的是爲了要讓學生能夠依據評分表去有條理的閱讀他人的研究報告。這樣比較能夠發現他人報告的優缺點。但是實際實施時，因爲時間不足而沒有進行互評的課程，殊爲可惜。整體而言，本課程能依照學生的差異性，在同樣的空間和時間中，進行不同的課程。從同一個點出發，分出不同的支線，最後則是再由教師將課本內容、學生的實驗結果做出一個完整的整理歸納與比較，以讓學生能夠釐清觀念。

捌、參考資料

- 翁秀玉 (1997)。國小自然科教師傳達科學本質之行動研究。國立彰化師範大學科學教育研究所，碩士論文，未出版。
- 翁秀玉、段曉林 (1997)。科學本質在科學教育上的啓示與作法。科學教育月刊，201，2-15。
- 侯香伶、段曉林 (2002)。科學探究活動中的科學本質面貌對國一生科學本質觀之影響。國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文。未出版。彰化市。
- 張清濱 (2000)。探究教學法。師友，5，45-49。
- 高振耀 (2010)。從資優教育的角度探討區分性教學。資優教育季刊，114，16-21。
- 郭靜姿 (2009)。普通班中的區分性課程設計。載於教育部：「校本質優教育適才務方案」執行推動手冊 (69-74頁)。臺北：編者。
- Finson K. D., Beaver, J. B., & Cramond, B. L. (1995). *Development and field test of a Checklist for the Draw-A-Scientist test. School Science and Mathematics*, 95 (4), 195-205.
- McComas, W. F. & Olson, J. K. (1998). *The nature of science in international science education standards documents.* In W. f. McComas (Ed.), *The Nature of Science in Science Education* (pp41-52). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- McComas, W. F. (1998). *The principal elements of the nature of science: dispelling the myths.* In W. f. McComas (Ed.), *The Nature of Science in Science Education* (pp53-70). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Domin, D. S. (1999). *A Review of Laboratory Instruction Styles.* *Journal of Chemical Education*, 76 (4), 543-547
- Lederman, N. G. (2000). *Problem solving and solving problems: inquiry about inquiry.* *School Science & Mathematics*, 100 (3), 113-16.