

## 高中學生參與物理人才培育課程的學習成效之研究

陳均伊

國立嘉義大學 科學教育研究所

(投稿日期：民國 98 年 11 月 09 日，修訂日期：99 年 01 月 06 日，接受日期：99 年 01 月 19 日)

**摘要：**本研究旨在探討高中學生參與大學所舉辦的物理人才培育課程前後，其科學本質觀點、科學探究技能的轉變，以及學生對於培育課程的感受。本研究以 96 學年度嘉義地區的 13 位高中一年級學生為研究對象，資料收集方式包括：科學本質觀問卷、科學探究技能問卷、學生所撰寫的課程參與心得報告、以及晤談等。研究發現參與培育課程後，學生的科學本質觀更趨向當代觀點，能瞭解科學方法的多元性，以及科學研究的進行會受科學家的以往經驗或知識影響等內容，且更有信心確定自己的想法。其次，學生選用實驗器材、操縱與控制變因與圖示裝置圖等技能，皆有接近滿分的表現，而規劃實驗步驟與設計數據紀錄表兩項技能，雖有進步，但仍須再加強。此外，學生對於培育課程的內容普遍給予正面的肯定，不僅從中學習到與物理相關的知能、學習態度，亦有助於開拓視野，看到科學不同層面的應用與重要性。

**關鍵詞：**物理人才培育、科學本質、科學探究技能

### 壹、緒論

資訊科技迅速發展的廿一世紀，社會進步的腳步加快，且朝向多元化的方向發展。18 世紀中葉，工業革命在西方展開，機器逐漸取代人力，對當時的農業、紡織業等皆造成不小的衝擊，各種機械的發明，使得科學與技術亦隨之快速發展，同時亦提昇了人民的生活水準。隨後，電晶體的出現則造就了第二次工業革命。近年來，蓬勃發展的奈米科技，亦足以稱為第四波的工業革命。綜觀

國際發展的趨勢，不管是綠色企業、綠色管理或綠色生產力，都代表新一波的工業革命已經來臨，公民必須重視國際社會議題、具備科學素養與問題解決的能力，才能擁有競爭力。這種社會型態的轉變為科學教育帶來了重大的衝擊，除了強調系統化科學知識的理解之外，亦重視科學探究技能的培養，包括：實驗設計、提問、科學推理與問題解決等能力。所以，隨著社會的多元發展、當代科學教育思潮的轉變等，科學探究知能的培育顯得格外重要，如何培養學生進行科學研

究的知識與能力，使其能進行獨立思考與解決問題，儼然成為教育行政人員、科學教育學者與社會大眾所關切的議題。有鑒於此，教育部為發掘具科學潛能的高中學生，培養未來科學研究人才，積極推動大學發展高中科學人才培育課程，以提供高中學生更多元的學習機會。在教育部的促成之下，本研究規劃一系列的課程，稱為「物理人才培育課程」，以嘉義地區的高中學生為對象，旨在激發其科學學習興趣，並發展從事科學探究的相關技能。而本文則在此情境中，探討高中學生參與培育課程後的學習成效，包括：科學本質觀點與探究技能的轉變，以及他們對於培育課程的感受。所以，本文的待答問題如下：

1. 參與培育課程前後，學生的科學本質觀點為何？
2. 參與培育課程前後，學生的探究技能表現為何？
3. 參與培育課程後，學生對於培育課程的感受為何？

## 貳、文獻探討

科學探究是科學家用以研究自然世界的方法，甚且，是人們進行學習的基本方式（Anderson, 2000），能引導人們探索世界的運作與奧秘，並從中建構科學理論與知識。在全美科學素養（American Association for the Advancement of Science, [AAAS], 1989）、全美科學教育標準（National Research Council, [NRC], 1996）、探究與全美科學教育標準（NRC, 2000）與九年一貫自然與生活科技領域課程綱要（教育部，2007）等教育改革的文件中，皆強調科學素養的培養，並主張學生必須具備觀察、詢問、規劃、實驗、歸納、研判、創造與問題解決等能力，以及養成重

視證據與批判思考的習慣，進而促使學生將所學的科學知能應用於未來。據此，本研究旨在透過物理人才培育課程，協助高中學生建立當代的科學本質觀點與發展科學探究技能。這兩個部分的相關文獻收集與探討敘述如后。

### 一、科學本質觀點

科學本質的意涵大抵涉及 what is science 與 what is about science 的範疇，Dornal（1974）曾指出科學本質應包括：科學的方法與目的、科學家的特質、科學的假設、科學過程技能、以及科學、社會與科技的交互作用等五類。Collette 與 Chiapetta（1994）主張科學的本質是：（1）探究自然世界的思考模式，（2）探究的方式，（3）知識的集合。在 2061 計畫（AAAS, 1989）一書中則曾將科學本質分為三個領域，分別為：科學世界觀、科學探究與科學事業。從建構主義的觀點，當代科學教育學者對於科學本質的觀點大致如下（翁秀玉、段曉林，1997；郭重吉、許玫理，1992；AAAS, 1989）：

#### （一）科學知識

1. 科學知識的確認：科學家所發展的理論，需受到科學社群的認同，以決定其價值。
2. 科學知識的地位：科學知識具有暫時性與可被修改的特質，可能因異例的出現或工具的進步，而被修改或取代。
3. 科學知識的成長：科學知識無法成為絕對真理，但會愈來愈趨近於精確、真實。

#### （二）科學方法

1. 觀察活動：觀察是理論負載（Theory-laden），不可能有絕對客觀、價值中立的觀察。
2. 科學方法：沒有單一一套固定的科學方法，不同的情境、背景，有不同的方式。

### (三) 科學事業

1. 科學家的角色：科學知識是人類的創作，科學家的任務是發明，而非發現。
2. 科學社群的重要性：不同的派典對於研究結果可能有不同的解釋，然而，在同一派典所發展出來的知識，必須由科學社群共同決定其價值。

在研究工具方面，過去較常使用問卷調查的方式來探討學生對於科學本質的理解，然而，個體對科學本質的認識是複雜的，使用標準化與答案收斂的紙筆測驗，所獲得的資訊有時會因為測驗方式過於簡化，以致，難以真確測量學生的想法與觀點。Lederman, Abd-El-Khalick, Bell 與 Schwartz (2002) 和 Moss, Abrams 與 Robb (2001) 等人皆曾指出過去許多研究採用量化問卷的方式測量學生的科學本質觀，並發現學生大多無法瞭解科學知識的暫時性，但是，近年來隨著測量工具的多元化，可以發現過去的研究結果可能受到工具的限制，誤認為學生沒有抱持當代的科學本質觀點。因此，除了採用標準化與答案收斂的紙筆測驗之外，尚須配合長期的觀察、晤談、開放式問卷等，廣泛收集學生對科學本質的想法，以豐富我們對學生的認識。

其次，長期以來，已有不少協助學生發展當代科學本質觀點的實徵性研究，Flick 與 Lederman (2004)、Irwin (2000)、Solomon 與 Duveen (1994) 等人，曾採用科學史融入的方式教導學生科學本質的概念，主張透過歷史事件的閱讀，能促使學生體會科學家對於現象解釋的態度與處理方式。Colburn 與 Bianchini (2000) 和 Gunstone, Loughran, Berry 與 Mulhall (1999) 運用實驗活動，讓學生在操作過程中學習科學本質概念。Crawford, Bell, Blair 與 Lederman (1999) 則採師徒制方

式，由一位大學教授帶領一位高中學生進行研究，讓學生透過研究歷程的實際參與，建構當代科學本質的觀點。綜合上述，科學發展歷程的介紹、實驗活動的操作，以及透過大學教授帶領學生從事研究等教學方式，皆有助於學生發展當代的科學本質觀點，在本研究中，培育課程的設計統整這些教學方式，在理論課程中融入科學概念發展的介紹，並透過實驗課程，讓學生於實驗操作中體驗科學本質。甚且，在與大學教授的互動中，瞭解科學研究工作的意涵，雖受限於師生的人數比例，但略能展現師徒制應用於科學本質提升的精神。

## 二、科學探究技能

Hinrichsen 與 Jarrett (1999) 和 Martin-Hansen (2002) 曾指出科學探究是科學家在研究自然時所進行的工作，包括：確認假設、證據蒐集、應用批判和邏輯思考、考量與提出另有的解釋等。Reiff, Harwood 與 Phillipson (2002) 進一步分析科學家進行研究時經常從事的活動，提出：問題、定義問題、形成問題、探討已知知識、闡明預測、進行研究、檢視結果、反思發現、溝通表達與觀察等十項內容。所以，在進行科學學習時，除了概念的理解，科學家進行研究工作所使用的科學探究技能，亦是學習的重點之一。Carin, Bass 與 Contant (2005) 曾指出在中小學 (K-9 年級) 的科學教學中，教師應協助學生發展科學探究技能，其內容如表 1。

在高中階段，從國內外的教學目標觀之，在探究與全美科學教育標準 (NRC, 2000) 一書中，曾指出 9 至 12 年級學生應學習的科學探究技能包括：

1. 能確認引導科學研究的問題與概念。
2. 能設計與進行科學研究。

表 1：學生應發展的科學探究技能

技能	內容
觀察	應用各種合適的感官與工具收集訊息。
測量	應用各式工具、標準化或非標準化單位量化變項。
分類	依據物體或生命體的性質進行。
推論	基於先前知識，針對所觀察的內容提出暫時性的結論。
假設	針對自然界中可以經由研究探討的可能關係，提出敘述。
實驗控制	在維持所有相關變項固定不變的情況下，一次僅操弄一個變項，並觀察應變變因的變化。
預測	基於研究所得的數據，預測可能發生的結果。
解釋	有邏輯的聯結證據與科學知識，以理解令人困惑的事件。
傳達	以多元的方式記錄與呈現研究結果。

3. 能應用科技與數學提昇研究與溝通的品質。
4. 能應用邏輯與證據修正科學解釋或模型，或者加以公式化呈現。
5. 能識別與分析另有的解釋與模型。
6. 能傳達科學論據，並為其做辯護。

而我國的普通高級中學課程綱要（教育部，2007）中亦提及，物理教學應重視學生自行設計實驗的能力，且課程核心能力包括：定性與定量的分析能力、以歸納及演繹方法來界定並解決問題的能力，以及安排及執行實驗的能力。所以，呼應我國高中物理課程的教學目標，本研究所指的科學探究技能著重於實驗設計的能力，包括：實驗器材、步驟與紀錄表的規劃等面向。

其次，培養學生科學探究技能的教學設計方面，Solano-Flores（2000）曾設計主題為「肥皂泡」的科學活動，讓學生設計實驗來觀察與比較不同肥皂水所製作的肥皂泡，以探討學生的科學探究技能。Germann, Aram 與 Burke（1996）則利用開放式問題，請學生針對研究者所提供的情境與問題，形成自己的

假設，並據以設計實驗。而 keys（1999）和 Zachos, Hick 與 Doane（2000）則讓學生在實驗活動中，透過產生問題與解決問題的過程，學習科學探究技能。從這些實徵研究中不難發現，協助學生發展科學探究技能的教學方式，就是讓學生參與實驗，並思考實驗目的與設計。所以，本培育課程的規劃中，有一部份即是讓學生實際操作的實驗課程，希冀學生在實作的情境中學習科學探究技能。

## 參、研究方法與步驟

### 一、研究對象

於 2007 年 12 月，針對嘉義縣市各級高中的高一學生進行招生，甄選方式包括：筆試與資料審查。筆試旨在瞭解學生的物理概念學習情形，試題內容以生活化現象與問題解決策略為主。資料審查則以學生的基測成績、在校成績以及各項科學相關比賽的經驗為評分基礎。由於本研究所提供的培育課程內容，包含實驗操作活動，為提供學生充足

的實驗室空間與實驗設備，僅招收 16 名學生，分別來自嘉義縣市四所公、私立高中。課程實施期間，陸續有 3 名學生因學校於週末增開輔導課的因素，無法持續參與本培育課程。所以，參與本研究的研究對象計有 13 位，男生 6 位，女生 7 位，皆為高中一年級的學生。

## 二、物理人才培育課程內容

課程實施期間為 2008 年 3 月至 8 月，內容有：理論課程（基礎概念與科技新知）、實驗課程、實驗室參訪與專題演講等。理論課程與實驗課程係利用星期六的時間授課，扣除學生段考時間，共計上課 15 次，其主題如表 2 所示。理論課程的教學進行，先以教師提問的方式引發學生思考，再針對概念內容進行解說，以及學術專有名詞的介紹，最後，再引導學生到概念的應用。過程中，倘有合適展現科學發展歷程的概念，亦會加以介紹，俾協助學生建構相關科學本質的想法。在實驗課程部分，教師會先說明實驗目的，讓學生思考實驗設計的內容，經教師給予指導與修正後，學生才開始進行實驗操作。過程中，教師會講解實驗變因控制、步驟與裝置，以及實驗記錄方式等內容，以協助學生發展相關科學探究技能。

其次，Moss (2001) 曾指出為教導學生認識科學本質，使用外顯的 (explicit) 方式較有明顯的成效，所以，課程規劃時，學生除了有充分的時間與大學中從事物理研究的教授互動，從中體驗科學研究進行的方式之外，亦於校外教學時，藉由博物館的參觀，帶領學生討論科學知識發展的歷程與影響層面。

其次，帶領學生進行兩次的實驗室參訪，參訪地點分別為：新竹科學園區探索館

表 2：課程主題與類別

單元	主題	類別
一	基礎物理與數學	基礎概念
二	力學	基礎概念
三	第二運動定律與碰撞實驗	實驗課程
四	轉動慣量	實驗課程
五	波動	基礎概念
六	簡諧振盪與弦振盪實驗	實驗課程
七	電磁學	基礎概念
八	交流 RC 電路	實驗課程
九	光學	基礎概念
十	光干涉與繞射	實驗課程
十一	光電工程	科技新知
十二	液晶實驗	實驗課程
十三	近代物理	科技新知
十四	電子學與半導體工程	科技新知
十五	電子學實驗	實驗課程

與國家奈米元件實驗室。新竹科學園區探索館以介紹台灣高科技產業的發展歷史與現況為主，並展示晶圓、IC 元件、TFT 和 LCD 螢幕、半導體等常見材料的製程與成品。國家奈米元件實驗室則以介紹矽晶片的製程為主，從鍍膜、蝕刻、洗淨、乾燥、切割到裝配，做一詳盡的說明，並參觀相關儀器整個生產線。這些參訪內容恰與課程中光電工程、近代物理、電子學與半導體工程等主題有關，使學生不僅能學習相關的概念，亦可透過實驗室的參訪，豐富親身觀察與實地操作的經驗。

此外，利用暑假期間安排校外教學，帶領學生參觀生態農場、科學博物館與地震博物館，透過討論的方式促使學生瞭解科學發展歷程、科學與社會間的關係、科學家扮演的角色等，使學生能有多元的學習。同時，

亦安排專題演講，主題有：「物理學的應用」、「生物中的物理」、「探討物體的擺動實驗」與「天文物理解說與觀星」等。

### 三、資料收集與分析

本研究所探討的學習成效包括：科學本質觀、科學探究技能，以及對於培育課程的感受。囿於學生人數僅有 13 人，為真確瞭解學生的表現，資料收集採質量合併的方式，俾真確描述學生的表現。其內容敘述如后。

#### (一) 科學本質觀問卷

依據文獻探討，同時使用質性與量化的問卷，瞭解學生的科學本質觀點。所以，科學本質觀問卷內容(附件一)分為兩個大題，第一大題為選擇題，以侯香伶(2002)整理林煥祥(2001)的「科學本質量表」、林陳涌(1996)的「了解科學本質量表」與楊榮祥(1997)的「科學和科學教學的本質」問卷，所發展的科學本質問卷，進行評量。該份問卷分為三個向度，包括：科學知識、科學方法與科學事業，各向度均有 10 道題目，總計 30 題，採 Likert 五點記分方式填答。其次，每道試題下方均要求學生針對前述的作答指出其確定程度，選項有：用猜的、不太確定、蠻確定與非常確定四種，並依序給予 1 至 4 分。該份問卷的重測信度為 0.576 ( $p < 0.01$ )，各子題皆達顯著 ( $p < 0.05$ ) 相關。

問卷的第二大題為開放式試題，參考 Schwartz, Lederman, Khishfe, Lederman, Matthews 與 Liu(2002)所發展的 VOSI(VIEWS of Scientific Inquiry) 問卷，並考量問卷填答時間，以及研究對象初次接觸與科學本質相關問題，僅從中挑選兩道題目讓學生填答，將其內容翻譯成中文，並由兩位熟悉科學本質與教學評量內容的科學教育學者確認試題內容，以建立專家效度。

#### (二) 科學探究技能問卷

參考陳美玲與王淑琴(2004)所發展的開放式實驗設計試卷，修改試題的概念主題，用以評量學生實驗設計的能力。問卷內容如附件二，前測部分，與電磁學的概念有關，請學生依據實驗假設：「電流的大小和產生磁場的強弱有關」，規劃實驗設計與實驗數據紀錄表。後測時，實驗假設則改為「物質加熱時，其加熱時間與溫度變化的大小有關」。

評分項目分為五個面向，包括：選用實驗器材、操縱與控制變因、圖示實驗裝置、規劃實驗步驟與設計實驗紀錄表，其評分的標準如表 3。評分時，邀請一位具物理背景的科學教育學者、一位高中物理教師與研究者分別進行評分，再針對有爭議的評分做討論，以確認評分者間的一致性。

#### (三) 學生感受心得報告

為瞭解學生參與培育課程的態度與感受，於課程結束後，請學生針對課程內容、教師授課方式，以及自己的成長與學習等，撰寫心得報告，以提供教師與研究者作為未來修正和精煉課程的參考依據。

此外，為深入瞭解培育計畫的成效，亦採用晤談的方式，隨機挑選 4 名學生進行訪談，並進入課室中，長期進行課室觀察，以進一步瞭解學生於各方面的學習感受與表現。學生的各項資料皆建檔與分析，以進行長期的比較，甚且，這些資料亦能作為評鑑

表 3：實驗設計試卷評分標準

計分	標準
3	正確合理且完整清楚
2	少部分需補充或修改
1	大部份需補充或修改
0	完全錯誤或空白未寫

培育課程實施成效的依據，並據以修正與精煉課程內容。

## 肆、研究結果與討論

### 一、科學本質觀

在培育課程實施前後，學生於科學知識、科學方法與科學專業三個向度的科學本質觀點的平均值與標準差如表 1 和圖 1 所示，其信心程度的平均值與標準差如表 2 和圖 2 所示。

前測時，學生在科學知識、科學方法與科學專業三個向度的平均分數為：3.67、3.87 與 3.87，其信心程度為 2.92、2.93 與 2.90。後測時，科學本質觀點的分數則為：4.08、4.43 與 4.11，信心程度為 3.66、3.82 與 3.75。

表 4：學生科學本質觀點前後測的平均數變化表

問卷向度	前測 (M/SD)	後測 (M/SD)	改變量 ( $\Delta$ M)
向度一 科學知識	3.67/0.35	4.08/0.39	0.41
向度二 科學方法	3.87/0.36	4.43/0.33	0.56
向度三 科學事業	3.87/0.45	4.11/0.42	0.24

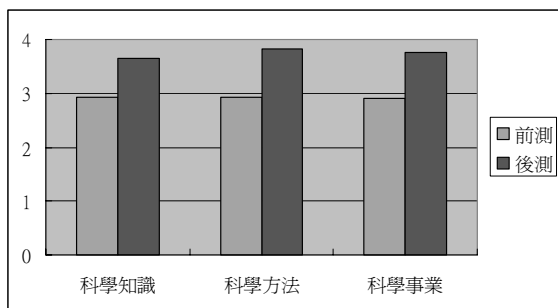


圖 1：學生科學本質觀點前後測折線圖

以平均分數觀之，無論是哪一個向度，學生的平均分數皆有提升，其中，科學方法的分數增加幅度最高，提昇了 0.56 分，其次是科學知識提昇 0.41 分，增加幅度最小的是科學事業 0.24 分。在信心程度部份，增加幅度最高的是科學方法 0.89 分，最低的是科學知識 0.74 分。

由此可知，在培育課程實施之前，學生對於科學本質的認識略為偏向於當代的科學本質觀點。在培育課程實施之後，學生對於科學本質的認識更趨向於當代的科學本質觀，更重要的是，他們對於自己的想法變得較有信心，能肯定自己的想法。

在開放式試題方面，由學生的作答內容，其科學本質觀點的轉變如下：

表 5：學生對於科學本質觀作答的信心程度之平均數變化表

問卷向度	前測 (M/SD)	後測 (M/SD)	改變量 ( $\Delta$ M)
向度一 科學知識	2.92/0.39	3.66/0.37	0.74
向度二 科學方法	2.93/0.54	3.82/0.41	0.89
向度三 科學事業	2.90/0.56	3.75/0.45	0.85

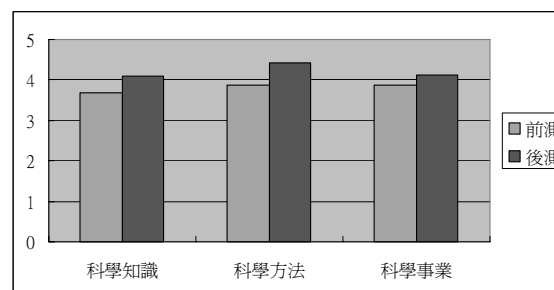


圖 2：學生對於科學本質觀作答的信心程度前後測折線圖

提出問題 → 設計實驗 → 實驗 → 比照自己所預想  
 如相同歸納出結論, 如不同重新實驗

圖 3：學生 S12 所描述的科學方法

### （一）由單一科學方法的觀點轉變為科學家能應用多元的方法從事科學研究。

在參與培育課程之前，13 位學生皆表示科學家在進行研究工作時，會遵循一套固定的研究方法，這套方法起始於現象觀察以發現問題，且必須經由實驗證實。由這些學生的回答可以發現，他們認為科學方法的第一步驟皆是提出問題，過程中需透過實驗做驗證，甚且，具有固定的順序，例如：學生 S12 在問卷中所描述的方法如圖 3。

所以，前測時，學生的觀點傾向於「眼見為憑」的概念，主張科學理論的建立，必須經由實驗收集資料，以確切的數據來支持理論的正確性。甚且，學生所認為的科學方法是一個固定、線性的流程，不容有其他的排序組合。

在參與培育課程之後，學生的想法則產生轉變，13 位學生中有 12 位指出科學家進行研究工作時，除了透過實驗的操作獲得佐證的資料，亦可運用推理、資料查詢或思維實驗等方式。其中，2 位學生寫到：

蒐集很多資料，仔細去分析，用可以使人信服的方法做出研究結果，都屬於科學方法。(N-post-01S05)

愛因斯坦的相對論，那時候沒有辦法做出實驗，他用想的、用推理的。  
(N-post-02S09)

而剩餘的那位學生雖然表示科學方法沒

有固定的步驟或形式，但，卻沒有進一步對科學方法提出一些描述或想法。顯示該位學生對於科學本質的觀點已發生衝擊，能摒棄先前想法，只是尚未建構新的、完整的概念。

### （二）由科學家是客觀的想法轉變為科學家本身可能影響科學理論的建立

在培育課程實施前，當學生被問及「科學家獨立進行研究工作時，如採用相同的方法與程序進行資料收集，是否會獲得相同的結論」，13 位學生中有 10 位認為這些科學家們的結論一定會相同，他們的理由是科學知識僅有單一種，只要方法和步驟相同，就會得到同樣的結果。3 位主張會獲得不同結論的學生中，2 位認為科學家進行實驗時難免會有誤差產生，導致獲得結論不同。另外 1 位學生則屬於當代的科學本質觀點，表示科學家在做結論時，會受到他個人背景的影響，以不同的觀點來解釋資料。

後測時，除了 2 位學生沒有填寫此題之外，其餘的 11 位學生皆表示即使科學家使用相同的研究方法與程序，仍可能得到不一樣的結論，他們的理由有：

個人觀點不同。(N-post-01S02)  
 每個人處理數據的想法不同。  
(N-post-02S07)

每個人所持的科學主張可能不同。(N-post-01S10)

可能會因為個人知識、以往的經



驗、宗教、倫理價值所影響。  
(N-post=02S13)

2 位未填答的學生在訪談時表示，因時間不足，才沒有填寫。他們的想法分別是：

有時候會有誤差，即使沒有，他們受的教育、想法等，也會有影響。  
(N-I -02S03)

科學家會有不同的學派，大家立場不同，對結論的說明也會不同。(N-I -02S11)

由此可見，學生在參與培育課程後，能體認科學家在進行科學研究時，無法做到完全的客觀。在詮釋資料提出結論時，會因著每個人想法、背景、宗教或理論派典等的差異，而對資料有不同的解釋，進而形成不同的結論。

## 二、培養高中學生進行科學探究的技能

將學生進行科學探究的技能分為：選用實驗器材、操縱與控制變因、圖示裝置圖、規劃實驗步驟與設計數據紀錄表等五個面向。學生於培育課程實施前後，科學探究技能的平均值與標準差如表 6、圖 4 所示。各面向的分析內容如下：

表 6：學生科學探究技能前後測的平均數變化表

問卷向度	前測 (M/SD)	後測 (M/SD)	改變量 ( $\Delta M$ )
器材	2.38/0.92	2.92/0.27	0.54
變因	0.77/0.89	2.62/0.52	1.85
裝置圖	1.38/1.21	2.92/0.27	1.54
步驟	1.31/0.99	2.08/0.43	0.77
記錄表	0.85/1.17	1.54/0.72	0.69

### (一) 選用實驗器材：

前測的平均分數為 2.38，後測的平均分數為 2.92。在前後測中，其平均分數皆較其他面向高，顯示學生在進行實驗設計時，大多能正確選用合適的器材，尤其在參與培育課程之後，平均分數幾乎接近滿分（3 分）。

### (二) 操縱與控制變因：

前測的平均分數 (M=0.77) 是五個面向中最低的一項。雖然學生在學校課程中曾學習過變因的概念，然而，在實際進行實驗設計時，卻難以正確指出實驗的操縱與控制變因。在本培育課程中，實驗課程是主要的特色之一，經過一個學期的訓練之後，學生辨識操縱變因與控制變因的能力已發生改變，並展現於後測的成績上，該面向的平均分數提升至 2.62，增加幅度最多。

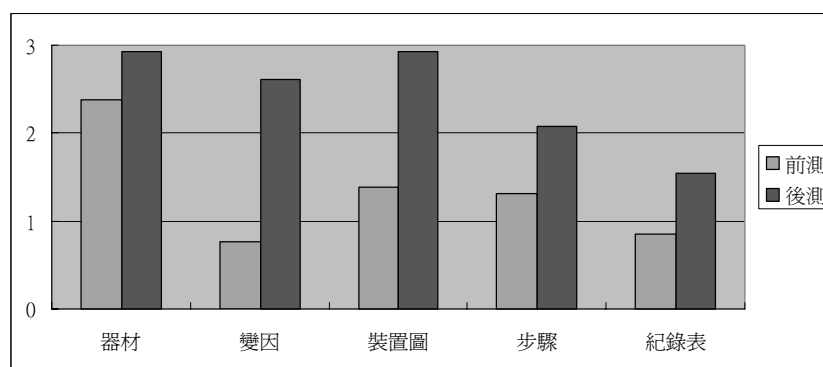


圖 4：學生科學探究技能前後測平均分數折線圖

### (三) 實驗裝置圖：

前測的平均分數為 1.38，後測的平均分數為 2.92。學生在前測時，所繪製的實驗裝置圖大多是不完整的，以學生 S03（圖 5）為例，圖中的電路不是一個完整的迴路，亦無法使用公認的符號來繪製電路圖。在後測部分，學生 S03 則能考慮到較多的細節，如圖 6 所示，她不僅繪出實驗裝置，亦考慮到必須使用隔水加熱的方式。

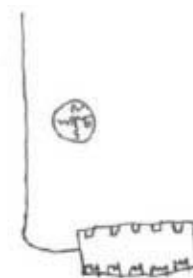


圖 5：學生 S03 所繪製的電路圖

### (四) 規劃實驗步驟：

學生在前測時，所撰寫的實驗步驟較為簡略，經常有遺漏重要步驟或是操作錯誤的情況產生，例如：學生 S08 僅寫到讓電流通過導線，並觀察磁場強弱，卻未描述如何產生電流，以及透過何種方式來判斷磁場強弱。全部的學生於該面向所得的平均分數為 1.31。後測時，平均分數為 2.08，有小幅度的提升。然而，由學生撰寫的內容觀之，雖然沒有明顯的錯誤產生，惟，步驟描述仍欠缺完整。例如：學生 S11 指出記錄金屬隨時間的溫度變化，然而，詳細的步驟或流程等，則沒有進一步的說明與描述。

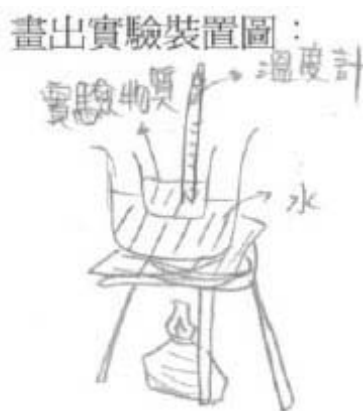


圖 6：學生 S03 所繪製的實驗裝置圖

### (五) 設計實驗紀錄表：

學生的前測平均分數為 0.85，多數學生未設計實驗數據紀錄表，或者，僅畫出簡單的 3x3 或 3x4 的表格，而未填寫任何變項名稱、單位等。所以，無法直接由學生所設計的紀錄表中得知，其所欲紀錄的數據。在後

物質	初溫	末溫
油		
水		

圖 7：記錄表較簡略

(4) 設計實驗數據的紀錄表：

時間	0	1	2	3
溫度	25°C	30°C	35°C	40°C
(°C)	↓			
	室溫			

時間	0	1	2	3
溫度	25°C	40°C	55°C	70°C
(°C)				
	↓			
	室溫			

空白處不敷使用，請填寫於背面，並註明題號。

圖 8：記錄表較完整

測中，學生的平均分數為 1.54，顯然，學生所設計的紀錄表尚有進步的空間。這些紀錄表大多僅針對不同物質的初始溫度和最後的溫度做記錄（圖 7），卻忽略實驗的主要目的，只有少數幾位學生呈現出依據時間間隔紀錄溫度的觀點（圖 8）。

綜合上述，學生在參與培育計畫的過程中，經由實驗課程的教學，在設計實驗、操作實驗、收集與分析資料的演練中，已習得進行實驗設計的能力，能針對實驗主題規劃合適的實驗，以驗證其想法的正確性。雖然，規劃實驗步驟與設計數據紀錄表的能力未達精熟，未來，學生應能以此為基礎，進行獨立研究與問題解決。

### 三、高中學生對於培育課程普遍有正向的感受

歷經 6 個月的培育課程之後，學生對於課程內容、實施方式等的知覺與感受，大致如下：

**（一）肯定培育課程的內容，不僅從中獲得學習，並表示未來願意再參與類似課程。**

學生對於此次的培育課程，皆抱持肯定的態度，他們指出培育課程所提供的教學，無論在教學內容、教學方式或師生互動等，皆與學校的科學課不同。一位學生曾指出：

整個物理研習營讓我感觸最深的是上課模式、老師與學生間的互動方法，和我們之前所接觸的不同。上課時，知識傳達的方式不像之前，只是單方面的傳輸、只是被動的吸收老師所給的知識。而是透過不斷的討論與推導，在過程中去思考前因後果，而不是盲目的死記。對於這樣的上課方式我覺得既輕鬆又有趣。(Report02S07)

學生是培育課程的主體，透過親身的參與，更加能從中體會本課程對其學習的助益。對於學生而言，這是有別於以往、相當特別的，學習科學不再是記憶與背誦，而是真正的理解，也因此增進了學生對於物理的學習興趣。所以，學生也都表達未來倘有機會，他們非常樂意再參與本課程。

**（二）實驗課提供學生動手操作的機會，從中探索科學知識，並培養進行科學研究的能力。**

本計畫所設計的培育課程，包含許多實驗課，專題演講的安排亦有探索活動，希冀透過實作的方式，協助學生學習科學概念，並建立執行實驗的基本能力。在培育課程實施後，學生表示實驗課帶給他們的收穫最多，能動手自己操作實驗，並接觸許多學校未曾見過的實驗器材。學生曾提到：

豐富的實驗課程，真是新奇的初體驗。譬如第一次接觸麵包板，雖然笨手笨腳，但彌足珍貴的經驗，是國高中難得有的呢！  
(Report02S12)

甚且，更有學生指出：「我學習到如何操作儀器，透過實驗的程序把數據歸納出來，透過不斷的反覆思考和實驗過程後，能把課本所學的知識和所做的實驗對照，並將知識內化」。所以，除了實驗的操作之外，更重要的是學生學會如何設計實驗、進行實驗與分析數據，這些都學生未來進行獨立研究與問題解決所需的能力。

**（三）透過與大學教授、研究生的接觸，有助於學生建立正確的學習態度與方法。**

大學是學術的殿堂，學生在參與本培育課程的過程中，即浸淫在學術研究的氛圍中，感染大學教授從事研究以及對待學習的

熱忱和態度。在此情境下，多數學生表示他們從培育課程中所獲得的不僅止於科學知識與能力，影響其甚著的是學習態度。學生提到的有：

*瞭解大學是什麼方式在上課，什麼方式在做學問，讓我改變平常的讀書態度，也對大學產生嚮往。*

(Report01S02)

*物理研習營真的讓我學到蠻多的，教授所教的讀書方法很實用。*

(Report01S04)

*從當中得到許多知識寶典，而且學到的不只如此，還有對課業的態度。(Report02S13)*

正向學習態度的體驗與建立，是相當寶貴的，難以透過直接教授的方式教導給學生。培育課程的實施發揮大學與高中合作的優勢，提供學生機會提早接觸學術研究社群，在耳濡目染之下，建立正向的學習態度。

#### **(四) 培育課程提供學生開拓視野的機會，使其瞭解科學知識不單侷限於教科書。**

本培育課程的規劃，除了科學理論與實驗課程之外，亦安排實驗室參訪與校外教學，包括：國家奈米元件中心、新竹科學園區探索館、科學博物館、地震博物館、生態農場等，以提供學生多元的學習情境。這些課程對於學生而言，是相當特別與珍貴的。學生 S06 指出：「參觀活動和以前國、高中的校外教學活動，有著很大的不同，這次是以知識學習為主，讓我覺得自己目前所擁有的知識真是太渺小了，也增加了我對科技產業應用的認知，瞭解到學習知識也可以是快樂的」。

其他學生則以古諺「讀萬卷書，行萬里路」，來描述他們對參訪課程的感受。確實，對於嘉義地區的學生而言，並無在地的大型

博物館、國家級實驗室或科學園區，學生甚少有機會接觸到教科書以外的科學知識，相較於大城市，更少了一些科學方面的學習刺激。所以，學生從培育課程中得到的收穫是無法衡量的，他們對於科學、對於這個世界的視野更加寬廣，能從不同面向看到科學的應用與重要性。

## **伍、結論與討論**

在多元、快速變遷的社會，能力的培養日益受到重視，學生需要具備科學探究的技能，以參與社會議題、關懷環境，並處理生活中面臨的問題，俾成爲具有科學素養的現代公民 (AAAS, 1993; NRC, 2000)。由前述的討論可知，經由本培育課程的教學，學生進行實驗設計的能力已有提昇，尤其是變因的控制。在國高中課程中，學生已學習過變因控制的概念，然而，當他們進行實驗設計時，卻難以將概念與實務作連結。經過培育課程的訓練後，學生則能依據實驗目的，正確判斷操作變因、控制變因與應變變因。雖然，學生規劃實驗步驟與設計數據紀錄表的表現仍不甚理想，但已有進步，畢竟，能力的建立非一蹴可幾。

其次，學生的科學本質觀點亦發生轉變，相較於參與課程之前，學生能認識到科學家和平常人一樣，有其個人觀點、宗教、文化背景，這些皆會影響科學理解的建立，甚且，科學家在進行研究工作時，會依據其研究目的採用不同的方法，並沒有一套固定、線性的科學方法。所以，他們的想法更趨向於當代的科學本質觀，且對於自己答題的信心是增加的。這與 Bell, Blair, Crawford 與 Lederman (2003)、Sandoval 與 Morrison (2003) 的研究結果相似，透過實驗活動的參與、與科學家的接觸等，能促進學生理解當

代的科學本質觀點。

此外，學生對於培育課程的感受，真實的展現了他們的學習不單只是科學知識或能力的獲得，學生的視野因此而拓展，學習態度的養成將成爲他們未來進行學習的基本要素。嘉義地區地幅廣大，有些高中位於偏遠山區，有些高中則座落於以農、漁業爲主的小鄉鎮，社區教育資源較爲缺乏，學生對於科學知識的認識與學習，大多來自學校教育。所以，本培育課程的實施恰能爲這群熱愛物理的孩子提供一扇窗，接觸到另一個面向的物理學習，充分運用大學實驗室的資源，規劃一系列的實驗課，培養學生實驗設計與操作的能力，並帶領學生參訪實驗室與校外教學，拓展他們的視野，藉由實地參訪進行學習。

### 誌謝

本研究的進行與撰寫，蒙教育部計畫經費支助，參與研究的嘉義縣市高中學生、教師，以及本校物理系教師，亦一併致謝。

### 參考文獻

- 侯香伶 (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。
- 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。
- 陳美玲、王淑琴 (2004)：發展九年一貫自然與生活科技領域教材模組與分對能力指標評量工具：浮力與壓力。國科會專題研究計畫成果報告，NSC 92-2522-S-018-002。
- 教育部 (2007)：國民中小學九年一貫課程總綱綱要。台北：教育部。
- 教育部 (2007)：普通高級中學課程綱要。台北：教育部。
- 郭重吉、許玫理 (1992)：從科學哲學觀點的演變探討科學教育的過去與未來。彰化師範大學學報，3，531-560。
- American Association for the Advancement of Science. (1989). *Science for all Americans: A Project 2061 report on scientific literacy goals in science, mathematics, and technology*. Washington, DC: Author.
- American Association for the Advancement of Science. (1993). *Benchmarks for science literacy*. New York: Oxford University Press.
- Anderson, R. D. (2000). Are assessment, certification and licensure the path to excellent science teaching? *Proceeding of the National Science Council, Part D, 10*, 40-49.
- Bell, R. L., Blair, L. M., Crawford, B. A., & Lederman, N. G. (2003). Just do it? Impact of a science apprenticeship program on high school students' understandings of the nature of science and scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching, 40*, 487-509.
- Carin, A. A., Bass, J. E., & Contant, T. L. (2005). *Teaching science as inquiry* (10<sup>th</sup> ed). Upper Saddle River, NJ: Pearson Education, Inc.
- Collette, A. T. & Chiapetta, E. L. (1994). *Science instruction in the middle and secondary schools* (4th Ed.). New York: Merrill.

13. Colburn, A. & Bianchini, J. A. (2000). Teaching the nature of science through inquiry to prospective elementary teacher: A tale of researchers. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 177-209.
14. Crawford, B. A., Bell, R. L., Blair, L. M., & Lederman, N. G. (1999). *The impact of science apprenticeships on student conceptions of the nature of science and scientific inquiry*. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Boston, MA.
15. Flick, L. B., & Lederman, N. G. (2004). *Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning, and teacher education*. Boston: Kluwer Academic.
16. Germann, P. J., Aram, R., & Burke, G. (1996). Identifying patterns and relationships among the responses of seventh-grade students to the science process skill of designing experiments. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 79-99.
17. Gunstone, R. F., Loughran, J. J., Berry, A., & Mulhall, P. (1999). Inquiry in science classes-Do we know "how, when and why"? ERIC document Reproduction Service No. ED 430 808.
18. Hinrichsen, J. & Jarrett, D. (1999). *Science inquiry for the classroom: A literature review*. Portland: Northwest Regional Educational Laboratory.
19. Irwin, A. R. (2002). History case studies: Teaching the nature of science in context. *Science Education*, 8 (1), 5-26.
20. Keys, C. W. (1999) A study of grade six students generating questions and plans for open-ended science investigations. *Research in Science Education*, 28, 301-316.
21. Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 497-521.
22. Martin-Hansen, L. (2002). Defining inquiry: Exploring the many types of inquiry in the science classroom. *The Science Teacher*, 69(2), 34-37.
23. Moss, D. M., Abrams, E. D., & Robb, J. (2001). Examining student conceptions of the nature of science. *International Journal of Science Education*, 23, 771-790.
24. National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academic Press.
25. National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
26. Reiff, R., Harwood, W. S., & Phillipson, T. (2002). *A scientific method based upon research scientists' conceptions of scientific inquiry*. Paper presented at the Association for the Education of teachers of Science, Greenville, NC.
27. Sandoval, W. A. & Morrison, K. (2003). High school students' ideas about theories and theory change after a biological

- inquiry unit. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 369-392.
28. Schwartz, R. S., Lederman, N. G., Khishfe, R., Lederman, J. S., Matthews, L., & Liu, S. Y. (2002). *Explicit/reflective instructional attention to nature of science and scientific inquiry: Impact on student learning*. ERIC document Reproduction Service No. ED 465 622.
  29. Solano-Flores, G. (2000). Teaching and assessing science process skills in physics: The bubbles task. *Science Activities*, 37(1), 31-37.
  30. Solomon, J. & Duveen, J. (1994). The great evolution trial: Use of role-play in the Classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 575-582.
  31. Zachos, P., Hick, T. L., Doane, W. E. J., & Sargent, C. (2000). Setting theoretical and empirical foundations for assessing scientific inquiry and discovery in educational programs. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 938-962.

## 附件一 科學本質觀問卷內容

### 壹、選擇題

填答說明：

1、請用下列的指標（5，4，3，2，1）來代表你對以下所有陳述的意見，請你用圓圈將你所認為適當的答案圈選出來

5=幾乎完全同意

4=大致同意

3=同意與不同意的程度幾乎相同

2=大致不同意

1=幾乎完全不同意

2、請在每個陳述前之號碼中圈選出你的意見，例如 5 ⊕ 3 2 1，代表你大致同意這項敘述。

如果你想更改答案，你可以直接劃掉原有的答案並圈選另一個新答案，例如 5 ⊗ ⊕ 3 2 1。

3、在每個陳述後，對於你所選的指標反應，請誠實回答你是用（1）用猜的（2）不太確定（3）蠻確定的（4）非常確定。請將你的答案填在此問題前的括弧內，例如（3）代表你對於你所選的指標是蠻確定的。

**請注意，這些問題是沒有特定答案的，並請仔細思考後再作答，謝謝！**

### 一、科學知識方面

- 5 4 3 2 1 1.現在的科學知識是暫時性的，未來可能被修改。  
 ( ) 對於前述的作答，我是（1）用猜的（2）不太確定（3）蠻確定的（4）非常確定。
- 5 4 3 2 1 2.除非一種科學的知識是完全沒有錯誤，否則我們不會接受它。  
 ( ) 對於前述的作答，我是（1）用猜的（2）不太確定（3）蠻確定的（4）非常確定。
- 5 4 3 2 1 3.科學知識不是人類想像力的產品。  
 ( ) 對於前述的作答，我是（1）用猜的（2）不太確定（3）蠻確定的（4）非常確定。
- 5 4 3 2 1 4.科學知識可用來預測某些自然現象的發生。  
 ( ) 對於前述的作答，我是（1）用猜的（2）不太確定（3）蠻確定的（4）非常確定。
- 5 4 3 2 1 5.現今的科學知識已久被證實，其正確性毋庸置疑。  
 ( ) 對於前述的作答，我是（1）用猜的（2）不太確定（3）蠻確定的（4）非常確定。
- 5 4 3 2 1 6.科學知識是可以在被考驗的。  
 ( ) 對於前述的作答，我是（1）用猜的（2）不太確定（3）蠻確定的（4）非常確定。
- 5 4 3 2 1 7.科學知識可能隱含錯誤。  
 ( ) 對於前述的作答，我是（1）用猜的（2）不太確定（3）蠻確定的（4）非常確定。
- 5 4 3 2 1 8.科學學說如同藝術作品，兩者的形成過程均展現出人類的創造。



- ( ) 對於前述的作答，我是(1)用猜的(2)不太確定(3)蠻確定的(4)非常確定。
- 5 4 3 2 1 9.科學家對科學知識的評價是一定的，不因時空觀點變換而改變。
- ( ) 對於前述的作答，我是(1)用猜的(2)不太確定(3)蠻確定的(4)非常確定。
- 5 4 3 2 1 10.只要做足夠的實驗和觀察，就可導致科學學說產生。
- ( ) 對於前述的作答，我是(1)用猜的(2)不太確定(3)蠻確定的(4)非常確定。

## 二、科學探究方面

- 5 4 3 2 1 11.只要遵循特定的科學方法便能解決科學問題。
- ( ) 對於前述的作答，我是(1)用猜的(2)不太確定(3)蠻確定的(4)非常確定。
- 5 4 3 2 1 12.嚴謹的科學方法不能保證科學研究必定會成功。
- ( ) 對於前述的作答，我是(1)用猜的(2)不太確定(3)蠻確定的(4)非常確定。
- 5 4 3 2 1 13.科學研究報告的內容是科學家取自他認為是新發現的部分。
- ( ) 對於前述的作答，我是(1)用猜的(2)不太確定(3)蠻確定的(4)非常確定。
- 5 4 3 2 1 14.一個科學問題通常只有一個適當的研究方法能解決。
- ( ) 對於前述的作答，我是(1)用猜的(2)不太確定(3)蠻確定的(4)非常確定。
- 5 4 3 2 1 15.做實驗時，科學家不會預期某些實驗結果。
- ( ) 對於前述的作答，我是(1)用猜的(2)不太確定(3)蠻確定的(4)非常確定。
- 5 4 3 2 1 16.兩個科學家各自觀察同一件自然現象，他們一定做出相同的報告。
- ( ) 對於前述的作答，我是(1)用猜的(2)不太確定(3)蠻確定的(4)非常確定。
- 5 4 3 2 1 17.科學家的觀察會受到他(她)以往的經驗和既有的知識所影響。
- ( ) 對於前述的作答，我是(1)用猜的(2)不太確定(3)蠻確定的(4)非常確定。
- 5 4 3 2 1 18.探究科學問題時，科學家都遵照相同的標準來選用研究方法。
- ( ) 對於前述的作答，我是(1)用猜的(2)不太確定(3)蠻確定的(4)非常確定。
- 5 4 3 2 1 19.在科學探討中，科學家的「想像力」扮演著相當重要的角色。
- ( ) 對於前述的作答，我是(1)用猜的(2)不太確定(3)蠻確定的(4)非常確定。
- 5 4 3 2 1 20.實驗結果的解釋是固定的，不會因為不同人而有不同的解釋。
- ( ) 對於前述的作答，我是(1)用猜的(2)不太確定(3)蠻確定的(4)非常確定。

## 三、科學事業方面

- 5 4 3 2 1 21.科學的發展常會導致社會的改變。
- ( ) 對於前述的作答，我是(1)用猜的(2)不太確定(3)蠻確定的(4)非常確定。

- 5 4 3 2 1 22.如果科學知識足夠的話，科學家就會進行複製人的工作。  
 對於前述的作答，我是(1)用猜的(2)不太確定(3)蠻確定的(4)非常確定。
- 5 4 3 2 1 23.科學家通常很注意相關領域內其他科學家的研究。  
 對於前述的作答，我是(1)用猜的(2)不太確定(3)蠻確定的(4)非常確定。
- 5 4 3 2 1 24.科學家的新發現，馬上就成為社會大眾共同認可的科學知識。  
 對於前述的作答，我是(1)用猜的(2)不太確定(3)蠻確定的(4)非常確定。
- 5 4 3 2 1 25.科學家的科學研究不會被他們的宗教及倫理觀所影響。  
 對於前述的作答，我是(1)用猜的(2)不太確定(3)蠻確定的(4)非常確定。
- 5 4 3 2 1 26.科學家不一定比其他人更為客觀。  
 對於前述的作答，我是(1)用猜的(2)不太確定(3)蠻確定的(4)非常確定。
- 5 4 3 2 1 27.核能電廠是否設立，應完全由核能科學家決定。  
 對於前述的作答，我是(1)用猜的(2)不太確定(3)蠻確定的(4)非常確定。
- 5 4 3 2 1 28.科學家的工作本質，使他們不會受社會和政治的影響。  
 對於前述的作答，我是(1)用猜的(2)不太確定(3)蠻確定的(4)非常確定。
- 5 4 3 2 1 29.科學研究是專業的，毋須理會社會大眾的認可。  
 對於前述的作答，我是(1)用猜的(2)不太確定(3)蠻確定的(4)非常確定。
- 5 4 3 2 1 30.由於科學家的特殊訓練，其對「社會任何議題」的意見，應給予特別的重視。  
 對於前述的作答，我是(1)用猜的(2)不太確定(3)蠻確定的(4)非常確定。

**貳、論述題**（請詳細寫下你的看法，並舉例說明之，倘有需要，亦可利用繪圖說明。）

一、有些人主張所有的科學研究皆必須遵循相同的方法或步驟，有些人則主張科學研究有不同的研究方法。

(a)針對上述內容，你的看法為何？進行科學研究時，是否只有單一的科學方法或步驟？請圈選出一個答案。

- 有，有單一的科學方法。
- 沒有，不只有一種科學方法。

如果你選擇「有」，請接著回答第(b)題

如果你選擇「沒有」，請接著回答第(c)題

(b)如果你認為有單一的科學方法，請寫下這個方法的步驟。

(c)如果你認為科學方法不只一種，請描述兩個使用不同方法的研究，並說明這兩個方法的差異，以及為什麼你認為這兩個方法皆屬於科學方法。

二、(a)如果科學家獨立工作、探討相同的問題（例如：他們皆想要探討一萬年前台灣的樣貌，或者，一個原子的結構），並採用相同的方法與程序來收集資料，這些科

學家將會獲得相同的結論嗎？請說明理由。

(b) 如果 (a) 題中的科學家「一起」進行研究，則你的答案會有何改變？請說明理由。

## 附件二 科學探究技能問卷

### 科學探究技能前測問卷

已知通有電流的導線附近會產生磁場。如今小勇想以實驗驗證「電流的大小和所產生磁場的強弱有關」。請幫小勇設計一個實驗來驗證他的假設。

實驗假設：電流的大小和所產生磁場的強弱有關。

- (1) 請列出實驗時所需之器材：
- (2) 實驗的操縱變因為 \_\_\_\_\_  
應變變因為 \_\_\_\_\_  
控制變因為 \_\_\_\_\_
- (3) 畫出實驗裝置圖：
- (4) 寫出實驗步驟：
- (5) 設計實驗數據的紀錄表：

### 科學探究技能後測問卷

已知物質加熱時，其溫度會升高。如今小健想以實驗驗證「不同物質在加熱時，其加熱時間與溫度變化的大小有關」。請幫小健設計一個實驗來驗證他的假設。

實驗假設：不同物質在加熱時，其加熱時間與溫度變化的大小有關。

- (1) 請列出實驗時所需之器材：
- (2) 實驗的操縱變因為 \_\_\_\_\_  
應變變因為 \_\_\_\_\_  
控制變因為 \_\_\_\_\_
- (3) 畫出實驗裝置圖：
- (4) 寫出實驗步驟：
- (5) 設計實驗數據的紀錄表：

## **Investigating high school students' learning outcome in the physics curriculum on fostering prospective scientists**

**Jun-Yi Chen**

National Chiayi University

### **Abstract**

The purpose of this study was to investigate students' NOS perspectives, inquiry skills and perceptions of the curriculum after they took this physics curriculum. Thirteen grade 10 students participated in this study. Data were gathered by NOS questionnaire, scientific inquiry skill questionnaire, interviews and documents which were written by students. It was found that the students' NOS perspectives were correspondent with contemporary scientific philosophy after taking the curriculum. They realized multiple scientific methods and scientists are subjective. They also became more confident to identify their ideas. In the skill aspect, students' skills on experimental devices, controlled experiment and design figure were improved by a wide range. But, they need to practice how to plan experimental procedures and design recording charts more. In addition, students showed the positive attitude toward the physics curriculum.

**Key words:** foster prospective scientist in physics; nature of science; scientific inquiry skill

