

適合師院使用之物理 教材與教法之發展初探

張自立*

摘 要

本研究旨在探討適合師院使用的物理教材與教法。在之前的研究中，研究者已調查過在職國小教師對物理的態度及對物理教學與學習之意見，其中有九成以上的人贊成能結合生活經驗並以實驗闡釋概念為主的物理教學方式，最適合師院生及國小進修教師（張自立、辛懷梓，2003）。這個結果明顯地指出了在職國小教師的需求，以及師院物理教學的一個改進方向。本研究即朝此方向努力，首先設計具有統整性且依物理概念發展的完整課程，並在適當處融入科學史。此外，每個章節之後皆包含相關的概念問題、生活化實例問題，以及演示實驗等以提供作為上課時分組討論的內容。接著，再以所設計之教材針對職前師資進行教學試驗。初步試驗的結果顯示學生對這樣的教材呈現方式頗能接受，而且學習成效良好。惟仍有需改進之處，譬如：（1）以多媒體方式呈現科學史融入教材；（2）僅就每個章節中易有迷思概念以及富啟發性的問題進行討論，以求能含蓋完整的教材；（3）結合科博館常設展資源，引導學生進行探究式的學習。待將這些不足處改善後，預期應可進一步提昇學生的興趣、動機、與學習成效。

關鍵詞：物理教材與教法、師院

* 張自立：國立臺北師範學院自然科學教育學系副教授

投稿收件日：93 年 09 月 30 日；修正日：93 年 12 月 22 日；接受日：93 年 12 月 29 日

適合師院使用之物理 教材與教法之發展初探

張自立*

壹、緒論

個人自 1992 年進入國北師數理教育學系（已分爲自然科學教育學系和數學與資訊教育學系）服務以來，每學期都會擔任有關普物方面的授課工作。這些課的學生來自初教、語教、社教、音教、體育...等除了數理教育學系之外的其他不同科系。我之所以會進行適合師院使用之物理教材與教法之研究，應是一路走來，動機與信念不斷增強所使然。故以下即針對動機與目的加以敘述。

一、研究動機

記得剛進國北師時，是上初教系和語教系大二同學的課，當時數理教育學系大一普物所使用的教材是 Halliday and Resnick（1988）所編寫的 Fundamentals of Physics（3rd ed），教其他系的同仁所使用的是自編的教材。我呢？跑到書局大肆搜尋比較一番的結果，挑到了一本自覺還不錯的由 Benson（1991）所編寫的 University Physics 作為教材（其實這本教材跟 Halliday & Resnick 的難易相當），便以滿腔的熱忱展開授課工作，當然我也很注意同學的學習反應與成效。現在想起來這些同學的程度還真不錯，姑且不論學得是否輕鬆，在測驗成績上一般都表現得還不錯，每次考試都有些人考到很高的分數。但是，當我比對由教務處提供的全校各班前一學期全班前三名的資料中，察覺出在我班上這些成績優秀同學中，其中除了一位表現失色之外，其餘在物理測驗中仍能保持名列前茅。從表現失色同學的課堂觀察中，發現她很安靜，沒有什麼表情，下課時就匆匆離去。難道這是一種冷漠無言的抗議嗎？我想我用的教材對學生而言是有些難度的。幸好國內書商不久後引入 Hewitt（1993）所編寫的 Conceptual Physics（7th ed），此書

* 張自立：國立臺北師範學院自然科學教育學系副教授

旋即被本系的物理教學同仁採用為對外系學生的教科書。這本教材偏重概念而不強調計算，著重與生活相關實例的探討，且書中有不少的插畫與插圖，憑添不少趣味，頗為適合師院非數理系學生的使用。使用較適合的教材，應是我對自己教學反省的第一步改革。

另外一件令我至今仍記憶猶新的事是有一次考完期末考之後，有一位社教系的同學跑來找我問成績，雖然她學期成績過關了，但仍抱怨說：「當初她就是不想讀理化，所以才考第一類組，為什麼上了大學還要修物理？」我當然費了一番唇舌向她解釋：「國小係採包班制，而且常有教自然的老師非數理系畢業的情形，因此師院中不是只有數理系的同學才需要修自然科學方面的課程，非數理系的學生也需要加強這方面的教學知能。」此事令我回想起自己在大學時唸物理系的情形，由於當時有些課的教授已放出風聲要當掉全班 1/2 或 1/3，所以大家為了應付考試，通常會通宵達旦地苦讀，但大家普遍關心的是有無被當或成績高低的問題，而從未出現有人質疑「為什麼要修這門課？」的聲音。或許我和我的大學同窗們由於是就讀自己所選填的系，因此求仁得仁，沒得抱怨。但學生抱怨這件事始終令我印象深刻，縈繞心中的問題是：師院生不喜歡物理是一個普遍的現象嗎？可是從上課時學生的出席率（我甚少用點名作為勉強同學出席就範的手段），以及一般上課態度表現而言，似又得不到學生不喜歡物理的佐證。但這個問題終於在自然科學教育學系的課程變動之後被凸顯出來，而答案也變得不言而喻。

在師資培育多元化的教育政策衝擊下，全國各師院無一不積極尋求轉型或定位，本校自亦不例外。在高唱朝專門科目發展的潮流趨勢下，為強調自己的特色，本校各系無不調整課程的架構，而造成刪減外系所開必修學分數之情形。本系在開給外系必修學分數必須減少情形下，所採取的因應之道就是將原本必修的普物、普化、普生等三科開放給外系學生，讓其從中自由挑選兩科修習。沒料到這樣的作法使得外系學生每逢選課時，由於當時尚未實施電腦選課，因此往往大排長龍，蔚為奇觀；且間或傳出同學間因秩序問題而起的爭執，究其因則不外乎是同學普遍地都想要搶修到生物課而排斥物理課，遂產生了後面隊伍的人因生物、化學課已額滿，不得已只好選修物理的情形。這樣的事實逼得身為物理教師之一的我不得不捫心自問，問題到底出在那裡呢？雖然同仁中有一位鼎鼎大名的大刀（係眾多被當同學對他所取的雅號），但事情恐亦不可單純地用「同學因怕被當，故而不選物理」的理由來解釋。因為畢竟開了很多不同班別的物理課，而開放選課時普遍地所有普物選課清單前面排隊的同學總是零零落落，場面可真是冷冷清

清的呢！

值得一提的是目前本系已於 91 學年度為因應課程再度調整，對外系所開必修學分數必須再度刪減，已將所有普物、普化、普生等課程名稱刪去，改以「自然科學概論」代之。此一舉措雖然無法避免學生修習科學課程時數的下降，但優點倒是使得外系學生無從逃避物理、化學或生物任何一科，就整個自然科學範疇的學習而言，反而較為周全。另外，自改成電腦選課後，排隊等選課的情形當然亦不復見了。可是如前述所言縈繞心中的問題依然徘徊不去。因此，我決定以這幾年的教學經驗，加上參考科教的理論與實務，具體地嘗試來回應問題，亦即嘗試發展適合師院使用之物理教材與教法來改進自己的教學。

二、研究目的

基於上述動機，本研究企圖研發一套適合師院生使用之物理教材與教法，並期望能使用它來破除學生對物理的隔閡並進而產生興趣，使物理學習變得有趣又有意義，且可從中培養學生的科學素養、落實學習成效，以及有助於他們未來在國小的教學。

貳、文獻探討

在文獻探討方面，共包含三個面向。首先，從之前在職進修國小教師的調查問卷中，發現其中有七、八成表示自己從中學或大學後，變得不喜歡物理。這種態度當然不利於學習，因此如何改變其情意態度與增進學習動機，以提昇學習成效，便是本研究所必須探討的。其次，鑑於科學教育的最終目標為培育具有科學素養的公民（楊榮祥、Fraser, 1998），而培養學生在各個向度上的科學素養與教材的內涵與呈現方式，以及教學方法息息相關，因此科學素養的探討也是不可少的探究議題。最後，所謂「他山之石，可以攻錯」，在思索如何發展教材與教法之際，國內外研究學者的一些觀點亦有值得借鏡參考之處。以下即針對（一）情意態度與動機、（二）科學素養、（三）國內外科學教育改革概況等三點分述之。

（一）情意態度與動機

Ringness（1975）認為孩童一般皆渴望上學，但當他們年紀漸長之後，卻變得對學校教學產生負面的感覺；Krathwohl et al.（1964），Mager（1984），以及 Keller（1983）亦指出，很多學生對學習的好奇心、興趣及動機最後都被教室中

所採用的教學過程給熄滅了，這些態度上負面的改變凸顯出教學上情意目標的重要性。情意目標在針對學習者對所學科目的感覺方面，主要即是在引發學習者的動機去精熟被教導的知識和技能。鑑於動機影響認知與技能的成就，所以在作教學設計與發展時，應對動機付予更多的關切，因為唯有學習具有動機才能擁有學習動力，才能在學習過程中，維持高度的興趣與正面的學習態度，進而達成有效且有意義的學習；再者，影響學習動機的因素很多，且錯綜複雜，教師應考慮學生的學習需求及反應，竭力營造一個讓學生充分發展自我、尋獲自我價值的環境，並使學生可連接其舊有知識、技能、經驗，如此方可協助學生建構知識（Main, 1993；引自黃淑菁，1999）。

Hanrahan（1998）指出，學生的學習動機包含內在與外在因素：外在因素如良好的師生關係和考試得佳績的目標等，這些所產生的外在動機，其效應只是驅使學生試著更努力，因此造成事倍功半，且所能達到的認知層次較為窄小，此外，外在動機隨時可能被噪音、作白日夢或教師定的目標似乎太高等因素干擾而削弱；相反地，內在因素如先備知識和感興趣等，所產生的內在動機，能讓學生富有熱忱，願意多花額外的時間、精力去學習，因此可事半功倍，所能達到的認知層面是既深且廣的，但若課程缺少選擇、缺少探索個人想法的機會、缺乏提供自主的支持等，則會削弱內在動機，妨礙達到深層認知的學習（引自黃淑菁，1999）。

鑑於興趣與動機在學習上的重要性，我們在設計教材與教法上，就必須以其為主要考量。從在職進修國小教師的調查中顯現，學生對物理有負面感覺的理由可歸納為：物理內容太理論化、實驗太少和教師的教法無法激發學習動機。因此，改進之道在教材上明顯地就是要多包含一些概念的澄清、生活化實例的闡釋與簡易有趣的實驗，如此，將可增進學習與生活經驗的結合，減輕學生感覺物理太理論化及實驗不足的缺失。另外，在教法上應揚棄以教師為中心的單向式教學，改採以學生學習為中心的互動式教學，多鼓勵討論，這種方式才可真正地幫助學生建構知識，讓學生產生主動學習的動機（張自立、辛懷梓，2003）。

（二）科學素養

國小教師應如何學習以勝任在國小培養學童科學素養的能力呢？欲回答此問題，應先瞭解國小有關自然科方面的課程。我國國小自然科課程主要參考了美國最受重視的 SAPA（Science-A Process Approach）、SCIS（Science Curriculum Improvement Study）和 ESS（Elementary School Science）三種課程（毛松霖，1994）。此三種課程的共同特色為活動導向，其中 SAPA 課程以「科學過程技能」為主體，依序進行特定目標的教學，所包含的十三項科學過程技能為：觀察、分類、應用

數字、應用時空關係、測量、推理、傳達、預測等八項基本過程技能，以及形成假說、解釋資料、下操作型定義、控制變因和設計實驗等五項統整的過程技能。這些過程技能在我國國小自然科課程中，被架構成一螺旋狀組織，以期能使學生在過程技能訓練方面，能隨年級增長而逐步擴展，例如：一年級強調觀察；二年級除觀察外，亦強調傳達與分類；...

此種活動本位、強調實務活動或由做中學的課程，符合七〇年代西方世界的科學教育潮流，也使教學更為活潑，但許良榮（1998）指出，由近代科學哲學觀點而言，此種課程結構隱含了如下的問題：強調科學活動與探究的課程與教學，本質上屬於經驗—歸納的實證觀點。Kirschner（1992）指出實證觀點的課程基本上假定科學知識最好經由實驗或實務活動來教，藉以培養科學態度、過程技能、了解科學本質...等等，但活動本位或重視實驗驗證理論的教學，存在的問題是容易混淆「做科學」（doing science）與「學科學」（learning science）。「做科學」強調的是科學過程技能的學習，例如觀察、分類、測量...等等，「學科學」是指科學理論或概念的學習，強調的是科學知識的建構歷程，這是兩種不同層面的學習。此外，Carey and Smith（1993）評論現行的科學課程指出，雖然強調實做的過程技能有可能使學生學習到實驗的設計及操作能力，但是這些過程技能對於學生建構科學知識未必有幫助，也就是沒有提供學生認識科學探討的本質。總而言之，科學方法不只包含實驗、活動的經驗歷程，也包含論證、思辯的理性方式（引自許良榮，1998）。

在九年一貫新課程中，原國小之「自然科」被整合為七大學習領域中之「自然與生活科技」。從過程技能在新舊課程所扮演的角色與地位，可分析出課程改革之重點所在。新課程強調「課程活動化、活動課程化」，足證其仍欲沿續實證論的優點。但是新課程也有與舊課程不同之處，比如新課程的目標是培養學生八項科學素養，所以不僅強調「過程技能」，同時也重視「科學與技術認知」、「科學本質」、「科技的發展」、「科學態度」、「思考智能」、「科學應用」和「設計與製作」等等，此與舊課程將「過程技能」倚之為核心主軸的地位不同。

舊課程由於倚重「過程技能」的方式教學，因此著重在實驗、活動的經驗歷程，而由於九年一貫「自然與生活科技」對科學過程技能和科學概念的學習並無偏廢或有輕重之分，因此當我們在設計師院物理教材與教法時，也必須兼顧「做科學」與「學科學」的考量，以批判方式討論物理概念以及加強實驗。希望最後經由不斷試教所修正的教材、教法，以及多元的課程實施方式，能培養師院職前與在職國小教師在各個向度上的科學素養，俾有助於他們未來在國小的教學。

(三) 國內外科學教育改革概況

美國全國科學教師學會的報告《美國科學全民化》(Science for All American)指出：目前的科學教科書及教學法無法幫助學生達到良好的科學素養，有時，反而是一種妨礙！它們強調尋求答案更甚於問題的發現，強調記憶，忽略批判思考，零星知識的記憶而非理解，複述而非辯思，不做只唸。它們未鼓勵學生一起工作、分享觀念及資料、利用現代工具去拓展學生的知能。(Glynn & Yeany, 1989/1996, p.14)。此報告中所提出的缺失，適足以提供我們在設計教材和教法時作為針砭之用。

在美國國家科學院所提出之國家科學教育標準(National science education standards)內容中指出：對 K-8 年級的中小學教師而言，他們學習過的科學內容，主要就是由他們在大學時期所修過的科學課程所決定，而且這些課程也影響了他們對教科學的方法與模式；由於大學科學課程具有關鍵性的角色，因此有關其內容及教學的改革便是迫切且必要的(National Academy of Sciences, 1995)。美國國家科學教育標準亦指出：在大學中職前與在職進修教師應經由探究式的方式來修習科學課程，而且應要有與他們未來的學生在拓展理解上相同的機會，因此大學科學教師必須著重設計探究式的課程，使在職與未來師資能直接接觸現象，能使用適當的科技收集和解釋數據，並能在團體中合作學習，以解決實際的、具多種不同解決辦法的問題。科學課程必須讓教師深化對已被接受的科學想法及形成這些想法的方法與過程的理解，並含蓋對科學、社會和教師重要的問題、議題、事件和課題(National Academy of Sciences, 1995)。以上美國國家科學院對美國大學科學教師的呼籲，也可提供我們作為在設計課程時的參考。

我國教育部與國科會於 72 學年度起，合作進行為期五年之「大一普物、普化實驗教學及設備改進計畫」，以期能改進基礎科學教學，提升科學教育品質，進而達成培育未來科技人才及培養全民科學素養之目標(洪文東、曾憲屏，1986)。以上計畫有關普通物理及普通物理實驗之改進，係以大學、專科和師院為對象進行規畫，計畫中並針對師院自然科學教育相關科系以培育國小級任及自然科科任為目標之特性，建議其普物課程目標應兼顧：(1) 教育學生正確及完整的物理知識及其發展過程；(2) 藉由系統化結構的實驗教學，以培養學生正確的科學方法和嚴謹的科學態度，奠定獨立推理思考及處理科學問題之能力；(3) 使學生獲得應有的基本物理能力，以能勝任國民小學級任(與科任)制教學；(4) 培養學生主動探究物理現象的興趣，養成自學習慣，以能於擔任教職後，繼續其對物理新知的探索及傳授(陸業堯、許榮富，1988)。近年來，教育部再度推動

大專基礎科學改進計畫，補助全國各師院添購科學儀器及教學設備，以幫助師院提升教學品質，落實培育國小自然科方面師資之目標。然而光憑硬體設備的改善，並不足以保證師院生的科學素養就必然得以提升。陸業堯、許榮富（1988）根據問卷調查結果指出，超過 40% 的學生認為學習效果不好的原因是對教師不適應，而許多教師無法誘導學生主動學習便是可能的原因之一。研究者亦從先前研究中發現有超過七、八成以上的國小進修教師在中學或大學變得不喜歡物理，且其中不乏人歸咎為物理課程沈悶、考試領導教學與教師教學態度與技巧等等。因此教師應具備怎樣的素養方能激發學生的學習興趣便是一個很重要的關鍵問題了。Pratt 即曾言：「一位好的老師可以超越平凡的課程，然而一位平凡的教師卻可以使一個設計完善的課程變得毫無價值。」（黃銘惇、張慧芝，2000）。

張慧貞等（Chang et al., 2002）最近在逢甲大學針對大一普物進行傳統講授教學和互動式教學之比較。講授式教學基本上是教師以其已知知識為主，向學生做單向表達，是一種以教師為中心式的教學；互動式教學則是在每節 50 分鐘的課程中，藉提供學生 4-7 個概念問題使得學生有充分時間思考及討論，所以是一種以學生為中心，可集中和保持學生注意力，指出學生迷思概念，和教師扮演學習促進者角色的教學。張慧貞等（Chang et al., 2002）所嘗試的互動式教學雖然教得少，但學生學得多，此與史耀如認為可培養學生獨立思考習慣的教學方法一致。史耀如（1999）認為當今教育界普遍認同培養能力比傳授知識更為重要，而能力其實與習慣二者間具有「毛與皮」的關係，獨立思考習慣是多種能力賴以生長的皮；為使學生養成獨立思考的習慣，則（1）教師在教學內容上，就必須少而精，以保證學生有充分獨立思考的時間和空間，（2）教師要營造「教學相長」的氛圍，（3）要常用身邊事例鼓勵獨立思考，以及（4）要有一些促使學生不得不獨立思考的措施。我們所設計的教材與教法，與以上物理教師的看法，亦頗為相符。譬如，我們也是以互動式的方式進行教學，在教學時間考量上，實驗的操作與討論部分將占有約相等的份量。另外，在鼓勵發問上，當然本身會熱忱地回答學生提問，但為培養學生獨立思考的習慣，可考慮讓學生先提出自己的看法、與同學討論得到的結果、或給予提示讓其先試圖解決，而不要將答案立即公布，失去了培養問題解決能力的機會；在教材整體設計上，也將注重含蓋範圍的完整性，以期能讓學生建構出整個概念架構，並對物理定律、原理的發展過程有一清晰的理解。

參、研究方法

一、研究架構與研究法

本研究主要是以在職國小教師對物理的態度及對物理教學與學習意見之調查結果為基礎，並參考相關科教文獻、物理教科書，以及結合研究者在師院的教學經驗，來設計可提昇師院生與在職進修國小教師對物理方面興趣及增進其專業素養的教材與教法，然後進行試教並經檢討、修正，最後發展出一套適合師院使用的物理教材與教法。整個研究（如圖 1）包含兩個階段：第一階段設計教材與教法；第二階段進行試教及修訂。研究依第一、第二階段之順序進行。

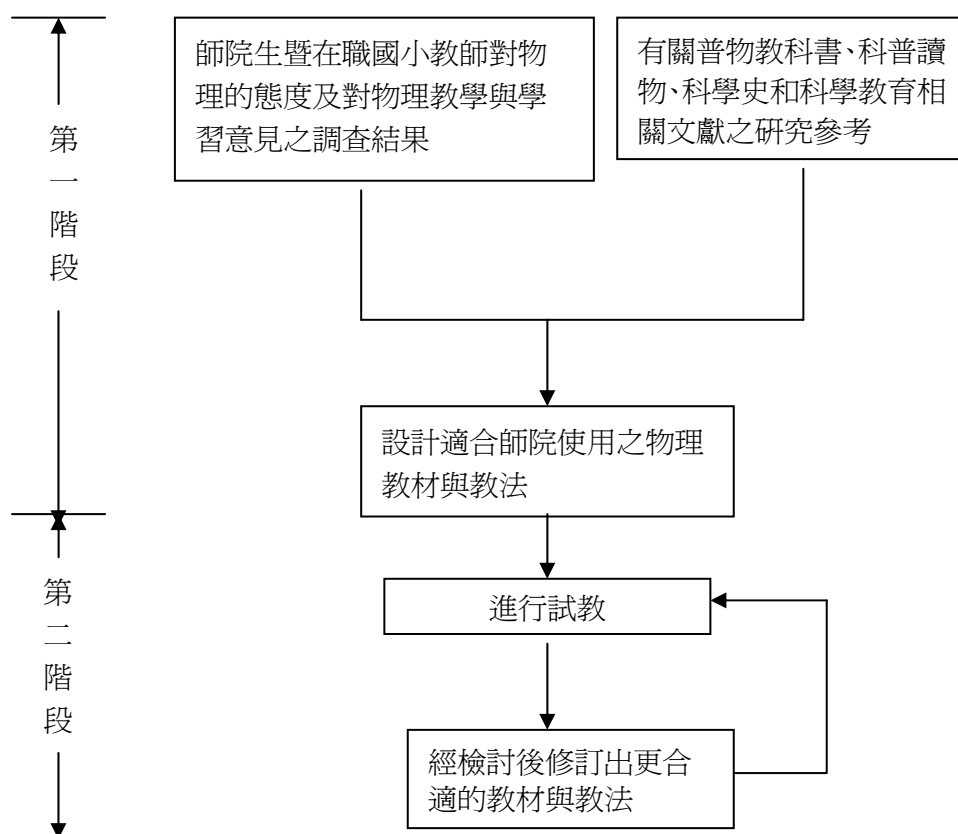


圖 1 研究架構圖

本研究主要採用「文獻分析法」、「問卷調查法」、「參與觀察法」和「晤談法」。在「文獻分析法」方面，首先參考科教文獻發展「對物理的態度」問卷和採用林

煥祥與陳忠志（Lin & Chen, 2002）所發展的「科學本質」問卷，以作為對試教對象實施前後測之準備。研究對象包含施予試教的師資班一班、兒英系一班（實驗組）和語教系一班（對照組）。有關受測者「對物理的態度」和「科學本質」的問卷調查資料，因限於篇幅，故擬另文分析。本文之探討聚焦於描述所研發之教材與教法，及實驗組學生對它的意見與建議。

針對本文探討內容，研究所使用之「文獻分析法」即為參考科教文獻和物理教科書等以設計教材與教法，以及參考相關研究方法文獻與專書等以規畫研究。

「問卷調查法」是用來在教材設計之前，先針對自然科學教育系選修「科學史」的學生，探詢他們對科學史融入教材的看法；並在試教後針對實驗組學生，探詢他們對試教所使用之教材與教法之意見與建議，以資作為修正的依據。「參與觀察法」是藉觀察學生參與討論問題和實驗的態度來蒐集情境資料，以瞭解教學現場所面臨的種種問題以及影響因素。「晤談法」是用來蒐集個別學生關於教材與教法合適性、課堂時間的分配、教學評量的方式、學生的感受、潛在問題的影響等深層的反應意見。

原則上，修訂、再試教、再修訂...是一個不斷循環的過程，一旦有任何合適的教材與創新優良的教法出現，都應考慮嘗試融入原來的課程之中，因此理論上永遠有修正教材與教法的空間，只要仍擔任教學的工作，研究最適合學習者學習的教材與教法的工作，就必須持續下去。

二、研究設計與步驟

（一）第一階段

本階段之工作是設計教材與教法，而教材與教法的內涵與特色基本上是由研發設計原則所決定，故以下即針對教材和教法的研發設計原則與設計模式與步驟分述之。

1. 教材與教法的研發設計原則

(1) 教材融入科學史並注重概念的統整

教材除物理原理之外，包含富啟發性的討論、現象的闡釋、概念的澄清、及不可少也不會少的實驗操作。此外，並在適當章節處融入科學史。科學史中將介紹大科學家的生平及其對物理發展的貢獻，使學生瞭解物理發展的過程及物理的發展史與物質文明甚至人類社會其他層面的演進關係。概念發展將以連貫統整的方式呈現，以期能將突兀的物理觀念聯結起來，幫助學生在腦海中建構出輪廓清楚的完整架構。

(2)以增強學生學習動機為主要考量

就學習效果而言，動機無可諱言地扮演著很重要的角色。然而，該從何處著手以增強學生的學習動機呢？事實顯示超過九成以上的在職國小教師贊同「能結合生活經驗並以實驗闡釋概念為主」是最適合師院的物理教學方式（張自立、辛懷梓，2003），故將依此作為教材設計的方向。加強及並重概念的批判思考和實驗操作，將可兼顧「做科學」與「學科學」的學理考量，另外再配合一些生活化的實例說明及實驗活動，則更可提昇學生的學習興趣，促進學習動機，使同學在概念思考與實證能力上齊頭並進。這樣的教材應有利於學習者未來在國小的施教，落實教師專業自主。

(3)含蓋小學自然與生活科技相關內容

以一般學生心態而言，總是希望學將來到國小能用得到的知識與技能。站在教學者的立場，這絕非意謂著只需挑與小學相關的教材作為設計重點，而是應在所設計的完整教材架構中，適當地在與小學教材相關部分加強探討，使得學生未來在施教時，能得心應手，避免掉一些可能會產生的迷思概念，如重量與質量單位的混淆、燭火燃燒與水面上升的關係、銅片圓孔熱膨脹的現象、電動機的原理等（張自立，1995；1999；2002）。

(4)採用討論開放的方式進行互動式的教學

在教學方式上，採用以學生學習為中心式的教學，多鼓勵討論及發問，以互動的方式來幫助學生建構知識。為配合以討論的方式進行教學，所有概念以及相關的生活化實例和實驗，皆以問題的方式呈現，而答案則是在討論的互動過程中產生。

(5)評量採多元化方式，不以紙筆測驗成績為唯一標準

多元評量應用在學習過程中是以多元的方式，由不同的角度去瞭解學生的學習情形，發現學習的困難，以改變教學策略，促進學生的學習成果，並提供學生預定的評量標準，讓學生在學習的歷程中能自我評量、自我校正、自求檢討改進，以促進教學目標（簡茂發，1999）。由於教學強調互動性的討論，因此學生在課堂上參與討論的態度便可作為學習評量的參考之一。作法上擬先將同學分組，並以組作為考評單位，以鼓勵組內同學互相討論，再由組內人員輪流擔任報告人，如此可讓一些不喜發言的人也有表達的機會。另外，在實驗方面，除了研究者上課的演示實驗外，亦包含學生分組實驗和學生自行設計的實驗等等；因此實驗報告、作業、資料蒐集整理、設計製作、實作等亦皆是在紙筆測驗之外的其他評量方式。

2. 教材與教法的設計模式與步驟

(1) 擬定章節順序

章節順序是以物理概念的發展性、統整性與含蓋範圍作為主要考量。

(2) 發展各章節的內容

內容包含與章節相關的科學史、物理定律、原理、概念相關問題、生活化實例與實驗。

(3) 規畫實際教學活動

針對各章節慎選所搭配之教學方法、評量方式、時間規畫以及實驗材料之準備。規畫原則在於保持適度的彈性，以適應調整需求。

(二) 第二階段

本階段工作為針對任教班級（師資班與兒英系同學）進行試教，目的在於從學生的態度反應、教學與學習意見、成就測驗等來判斷教學的成效，進而作為修正所設計教材與教法的依據。以下即針對這方面的資料蒐集工作敘述之。

1. 試教前，先針對實驗組和對照組同學進行「對物理的態度」和「科學本質」的前測資料蒐集。

2. 教學過程中利用問卷或晤談方式，瞭解學生對教學與學習方面的意見與建議。教室觀察中若有發現或心得亦紀錄下來，作為改進參考。

3. 蒐集評量的資料以研判教學成效。

4. 在試教後，進行「對物理的態度」和「科學本質」後測，並將結果與前測作分析比較。

最後，參考上述資料進行對所設計教材與教法的修正。修正後的教材與教法亦將進行下一波的試教及修正，如此循環不已，以達精益求精。

肆、結果與討論

本研究所完成之教材有兩點特色：(1)強調科學史的融入；(2)注重物理概念的發展順序與統整性。為什麼要強調融入科學史呢？

建構論（constructivism）主張知識是由學習者所主動建構而來，而不是靠著傳輸而來的，因此科學教學不是一個填滿學習者空白心智的過程，而是一個概念重建的過程（Driver & Oldham, 1986）。由建構論的觀點可知，學生學習的關鍵因素是其本身的先存知識；教師在科學教學中須設法瞭解學生所持有的想法，如

此才能協助學生克服學習的困難與障礙。事實上，學生的許多想法和科學發展初期的某些迷思概念是雷同的。譬如十七世紀義大利的物理學家伽利略利用實驗，確立了「力是物體運動狀態改變的原因」，打破亞里斯多德派學說保持了約二千年的觀點—「力是物體運動的原因」。但是倘若教師未詳盡剖析「力不是物體運動的原因，而是物體運動狀態改變的原因」的話，就算學生學過了牛頓三大運動定律，當他們被問及「力是不是物體運動的原因？」時，他們中仍會有很多人會回答「是」。學生即使已學過牛頓力學，仍可能會認為「力是物體運動的原因」是正確的這一事實，即明白驗證了 Wandersee (1985) 的看法：學生隱含的迷思概念通常與過去在發展過程中遭否定或修正的科學概念有關，因此他倡言科學史在預測學生的概念學習困難上是一項有用的啟發式工具。

而當前推動科學史於科學教學。除須配合課程標準及另編教材外，最大的問題是甚多年輕一代的教師本身即缺乏科學史的背景知識（劉廣定，1997），是故建立一套科學史融入科學教學的師資培育模式，即為一個師範院校重要的研究課題（洪振方，1997）。

建構論以及諸多研究學者的觀點支持本研究擬將科學史融入教學的作法。但我在編寫教材前，為求謹慎起見，仍於 92.5.27 針對選修「科學史」的 12 位自然系同學進行問卷調查，以探詢他們對科學史融入教學之可行性的意見。令人鼓舞的是這 12 位同學全部贊成將科學史融入教學，並認為其優點如下（代碼：N 代表自然系，後 3 位阿拉伯數字之第一個數字代表年級，後 2 個數字代表學號最後 2 碼）：

- 科學史包含人類探索大自然的歷程，可幫助學生建立科學的思維（例如怎麼知道地球是球狀的？）（N208）。
- 教某些原理和概念時，可以從科學史中典範轉移的過程，帶給學生多元的思考空間，並發現問題（迷思概念），進而對目前被接受的原理和概念，產生更深刻的印象（N220）；另外，亦可從多元的刺激，使學生了解科學精神，並將其融入於自己的生活哲學之中（N313）。
- 科學史融入教學能讓學習者循序漸進地去了解整個脈絡，比較容易接受和較能進入學習的情境，也使整個教學具連貫性與邏輯性，有時更增添許多的趣味感（N212，N236，N338）。
- 國中、高中學到的知識稱不上理解，往往只是對公式、定律反覆的計算應用，而根本不曉得由何而來？科學史教學可以引起動機，增進學生的

理解 (N209)。例如，牛頓的三大定律，國中學一次，高中學一次，大學又學一次，但問問學了那麼久的牛頓定律，又有誰知道牛頓這個人的生平事蹟，又是在什麼情形下找出發現他所提出的定律。學習科學不只要學知識，更要學科學的精神。介紹一個人的生平不就是介紹這個人的思想和精神嗎？所以科學教育應從科學史中告訴學生科學的演進，以及後人又是如何將前人的思想推翻的 (N247)。

此外，在科學史融入教學的具體作法上，有四位同學提到可以採說故事的方式呈現 (N220, N222, N235, N247)。

- 介紹科學史就像是在說故事，故事裡包含科學家生平、背景、環境，還有發表理論的心路歷程、內容等，可以讓學生更了解科學家究竟是什麼人，他們不平凡之處，研究科學的方法，及克服困境的毅力等等。科學史教學可採講述、扮演、相聲、話劇、自行閱讀等的方式呈現 (N235)。老師要扮演一個好導演的角色，將科學史這部好戲呈現出來 (N209)。

另外，還有一些建議作法如下：

- 科學史中一些簡單的實驗可應用於教學中 (N204)。
- 因為科學史教學的目的是為了讓學生藉由科學家的經驗，而學會探究問題的方法，知識反而是次要的，所以並不需要將科學史中科學家的名字和成就直接教給小學生，而是應該在課程中試著提出問題，和列出解答的可能方向，讓學生用自己的方式思考直觀的答案，再告訴他們意見，必要時提出答案 (N242)。
- 找出與課程相關的小遊戲，讓學生覺得有魔術般的驚奇與感受。課本內容探究完後，介紹提出相關原理的科學家，使學生從不同角度切入科學、喜歡科學 (N338)。

以上同學的意見，增強了我編寫科學史融入教材的信心，同時也提供了一些在設計教材與教法上的參考方向。接下來要面對的是該如何融入呢？

科學史融入教學的基本類型有二：第一種為以科學史的發展為主軸，再將科學概念融入；第二種則為以課本的科學概念為主軸，再以事件的方式將科學史融入 (洪振方, 1998)。本研究對這兩種類型皆予以採用。當在介紹十六、十七世紀「科學革命」期間歐洲在天文學與物理學上卓越的成就時，便採用第一種類型，

以科學史的發展為主軸，從亞里斯多德、托勒密、哥白尼、第谷、克卜勒、伽利略、培根、笛卡兒、虎克、和牛頓等，依序介紹這些科學家對自然和宇宙的觀察與見解，以及這些見解和當代社會、宗教、宇宙觀、文化的交互影響，再從中將誤謬的「地球中心說」、「天動說」、「亞里斯多德的運動觀」等學說、概念，如何演變成「太陽中心說」、「地動說」、「牛頓的運動觀」等過程一一闡述清楚。至於第二種類型則就如在探討流體（液體與氣體）中的浮力原理時，適時融入阿基米德其人其事，以及分別在其他合適章節處，融入拉瓦謝、焦耳、歐姆、法拉第...等科學家。

不管使用何種類型，個人認為在剖析科學家所做出的突破性貢獻之餘，也應該談及他們本身所受到迷思的限制。可惜一般教科書在此方面著墨不多，或許這些作者們認為科學教科書只需論及科學家的成就與貢獻即可，而無需浪費篇幅去敘述錯誤的概念、失敗的經驗、和已被接受的概念與理論從發展到被確立的歷程。殊不知如此精省，從學習的角度而言，反而有害於學生的多元思考與批判力和態度的養成。因此，在融入科學史的教學中，不僅須介紹科學家的偉大成就，也須略為交代科學家本身是受到何種觀念所束縛，以至於不能更進一步地有所貢獻，而後人又是如何突破這些限制，才創立了目前被確立的觀念與理論。譬如在談到科學革命期間，亞里斯多德的物理觀與托勒密的天文體系遭到全面的推翻，取而代之的新理論，其發展係經由當時多位科學家的努力，並經科學社群的檢驗獲得共識，而卒底於成。在這些革命者中，如哥白尼、克卜勒、笛卡兒和伽利略等大科學家皆有傑出的貢獻，但他們也各具有有一些迷思，最後由牛頓將前人之看法作出了統一的解釋，為科學革命的成功劃下了完美的休止符。從探討前人在科學發展上，在作出巨大貢獻之餘所具有某些方面的迷思，也許可讓學習者更清楚科學發展與科學知識形成的過程是由科學家提出理論互相競逐，並經科學社群的辯證，才獲得共識，以及使學習者澄清在學習中可能產生的迷思概念。

茲針對所研發教材的前兩章章節名稱略作敘述，以示科學史的融入概況。第一章為「科學革命首部曲」，共包含兩個部分：第一部分為「科學史」，包含「科學革命簡介」、「哥白尼-改變宇宙觀念的革命者」、「克卜勒-行星運動定律的發現者」、和「伽利略-突破舊科學傳統的創新者」；第二部分為「科學理論的發展過程、相關概念和實驗」，包含「亞里斯多德的物理觀」和「伽利略的假說、演繹與實驗」。第二章為「科學革命末部曲」，其中包含兩個部分：第一部分為「科學史」，包含「培根-學問方法的改革者」、「笛卡兒-我思故我在的機械論者」、「皇家學會與機械論的世界觀」、「牛頓-站在巨人肩膀上的巨人」、和「結論」；第二部分為「牛

頓力學的發展過程、相關概念和實驗」，包含「牛頓的故事-生平簡介和軼聞啓示」、「牛頓第一定律-定義與概念說明實例」、「牛頓第二定律-定義與概念說明實例」、「牛頓第三定律-定義與概念說明實例」、「萬有引力定律-定義與概念說明實例」、以及「牛頓的其他貢獻-光學、數學」。

以上科學史融入教材所強調的是科學革命時期科學理論形成的過程，其中呈現了當時的文化背景，以及以前的爭論及質疑，這些可以使學生避免一些科學理論發展過程中的迷思概念，有效地達成概念改變教學的目標。尤其在第一章中藉重複伽利略的假說、演繹與實驗，讓學生循伽利略的腳步，重新走過一次科學發展的足跡，這樣不是要比讓學生硬生生地接受冷冰冰的科學事實，更能啓迪學生的心智嗎？！另外，在科學本質方面，學生也可增進對科學理論的暫時性與不確定性的了解。

科學史教學中的另一種價值，即在於其中所描述的一些科學大師的言行和人格特質，可以感動人心，而令人心嚮往之，這種心裡逐漸發酵，遂能鼓舞人心、啓發見賢思齊般的心態，並進而產生模仿的楷模效應。

- 講科學家的小故事，可提高興趣，也有勵志作用（N220）。
- 科學家對於他們感興趣、好奇的問題，會全心全力投入研究。他們由於具有鍥而不舍的精神，才有輝煌的成就！如巴斯德能發現細菌、發明接種，就是因為他整天在實驗室裡做研究，才得以成功！如果一個人可以發現自己的性向所在，朝此方向努力並持之以恆，則有朝一日，在這一方面（並不是只有科學）一定也會卓然有成（N209）。

鑑於科學史教學可讓學生見習科學家求真、求實，嚴謹、認真、和堅持不懈的工作態度，以及在逆境中不屈不撓的奮鬥精神，尤其是大科學家們一生中所呈現對生命的熱情與活力，對教育的洞見與熱忱，特別適合做為師範院校學生的楷模。因此如焦耳、歐姆...等科學家的這方面特質也被予以融入於教材之中。

除融入科學史外，教材亦特別著重概念發展與統整的呈現。譬如在第三章「力學觀念的發展-動量、衝量與功、能」中共包含三個部分，第一部分總結科學革命中物理力學的發展，其中包含「從哥白尼到牛頓」、「牛頓的萬有引力定律」、和「牛頓力學的確立與影響」；第二部分探討由牛頓定律衍生出來的觀念「線動量與衝量」，其中包含「質量的定義與牛頓定律」、「線動量守恒」、「衝量」、和「相關實例討論」；第三部分介紹牛頓並未提及的觀念，是在他之後才逐漸發展出來的「功與能量」，其中包含「功」、「能量」、「機械與效率」、和「相關實例討論」。

第四章談論物體運動除平移之外的另兩種型式-「轉動與振動」。第五章延續第四章物體對一固定點的振動，針對隨時間由一處延伸至另一處的振動-波，以及特別是聲音和音樂作一探討，...。由於篇幅所限，各章內容不再贅述。

教材中所有的物理原理、定律或觀念皆藉由概念問題、生活化實例問題，以及簡易的演示實驗，在課堂上以分組討論的方式進行教學。討論可鼓勵學生發表自己的看法，分組可提供機會讓學生充分溝通意見，共同合作來從事學習活動。如此，便可藉由師生或同儕間辯證、互動和協商的社會歷程來達成個別心智建構的歷程。

根據以上所發展之教材與教法，針對師資班（係由師資甲、乙班及英語師資班等三班的部分學生所組成，合計共 42 人）與兒英系一年級學生（共 35 人）進行試教，並於學期中施以開放性問卷調查，藉以蒐集他們對教材與教法的意見。問卷結果可依教材與教法兩方面來進行整理，教材又分為（一）融入科學史的教材和（二）與日常生活、小學自然科課程，以及和其相關之實驗等教材兩部分。

一、教材

（一）融入科學史的教材部分

師資班中有 37 人認為如第一、二章融入科學史的教材，有助於本身興趣的提昇，其餘 5 人持否定意見；兒英系班上則有 27 人持肯定意見，8 人持否定意見。茲將肯定與否定的意見彙整如下（代碼：師資班 T，兒英系 C，後兩位阿拉伯數字為學號後 2 碼，其中師資班中號碼下有短橫的代表英資班的學生，以有別於師資甲、乙班）：

1. 肯定的意見

(1)科學史像故事，從科學家的生平、背景，可以加深我對科學家的了解，提昇學習的興趣（T02，T18，T24，T25，T30，T58，T70，C03，C04，C06，C07，C09，C12，C13，C14，C20，C22，C23，C24，C29，C31，C33，C34，C36）。

科學家的生平或者一些軼事會吸引我去閱讀，例如牛頓投資股票失利等的小故事很吸引人（T25）；以往很少接觸到的科學史讓我覺得很有意思，它讓那些偉大的科學家更加貼近我們，而不是遙不可及如神話般的人物（T58）；這樣子唸下來，個人認為還滿有趣的，而且就和小時候唸偉人傳記一樣，很容易就能記住他曾經做了什麼功業，很不錯。而且了解他們的背景、家世和所遇到的人、事、物，每一個都是形成他個性或成就或思考

方式的關鍵，比較能讓我們親近科學，不再認為它只有冷冰冰的一面（C12）。講伽利略在教堂發現吊燈擺盪等時性...等例子，會加強我學習的慾望，且印象會更深（C33）。

(2)科學史介紹科學理論的發展過程與背景，可以使我更了解理論，提高學習的興趣（T03，T07，T11，T11，T12，T15，T17，T20，T22，T25，T26，T30，T35，T37，T52，T53，T58，T69，T73，T74，T78，C06，C15，C33）。

在考上師資班之前在補習班的一年時期，只是對理論與公式的認識，並不知道理論產生的背景、發展過程，與科學家人性化的一面（T37）；將科學史融入教學中，會讓我更了解科學理論的來龍去脈（T20，T35，T73）；閱讀科學史可以藉以瞭解物理學家觀察自然現象與創造理論的心路歷程，提高學習物理的興趣（T74）；科學史可以讓我們了解科學家研究的動機，以及如何發現問題和進而解決問題（C15）。

(3)科學史有鼓勵人心的作用（T12，T27，T30，C07）。

許多科學家研究起來廢寢忘食，真是令人敬佩（T12）；可從科學家身上學習追求理想的精神（T30）；科學史中提及科學家的生平故事或苦心追求科學理論時所經過的挫敗和付出的努力，相信這多少對學生有激勵之作用（C07）。

(4)科學史有聯繫科學與人文的效能（T26，C09，C13，C18，C22，C36）。

藉由當時的社會環境、宗教文化...等背景，更加了解科學理論在當時社會所掀起的波瀾，甚至改變人們驕傲自以為是的想法，這些都在第一、二章中感受到；另外，像對伽利略的讚美（科學經由伽利略的斜面從天堂降落到人間）、牛頓臨終說的話（海邊拾貝...）等都是很美的文字，我很喜歡這些小故事及對科學家性格描寫、對社會衝擊啟示的部分，會加深我對較冰冷的理論學說的印象，提供較軟性溫馨的一面（T26）。科學史的人文部分可以緩和物理觀念和複雜公式的論述，有放鬆的效果（C13，C22，C36），使文組學生降低對物理原先存有的排斥和距離感（C09）。讀科學史有助於對當代想法的了解，會對科學界有更多的認識，否則總覺得讀歷史只談歷史事件，上物理只講定理、現象，縱剖面地把學科分門別類，應該用橫剖面將每個時代發生的事一併介紹會更有概念（C18）。

(5)科學史可以提供多元的思考 (T45, C06)。

科學史中說明了科學家的迷思與後人的突破，使得觀念更清楚 (T45)。科學史可以幫助我多認識在那個時代環境影響下的不同的科學思想，進而吸收一些奇妙的科學概念與想法 (C06)。

2. 否定的意見

(1)除了物理之外，還要再多記憶與其相關的歷史 (T05, T43, C02, C30)。

史學的東西比較屬於背誦性，而且大部分是文字而非公式，背起來在運算時又用不到，比較枯燥 (T05)；科學史融入教學中，感覺好像回到國中時代，又要“背多分” (T43)；擔心要記住那個科學家發生什麼事蹟和提出那些理論 (C02)。科學史融入教材是否代表我們必須背誦那“歷史”？我覺得學物理是要了解根源沒錯，但若是想要記下那細節就有點困難了喲 (C30)。

(2)第一、二章科學史的內容太過冗長、集中 (C10, C11)。

講義第一、二章科學史內容太長了，若搭配以輕鬆有趣的錄影帶光碟，比較容易讓人吸收、記住 (C10)。前兩章一次列出太多科學家故事會讓人昏昏欲睡，我比較喜歡將科學史的部分分散 (C11)。

(3)科學史涉及的是過去，與現實生活關聯不大 (T07, T60, C16)。

科學史內容有些趣味又有些枯燥 (C16)，因為過去的歷史與生活與我們差距太遠 (T07)。科學史對於研究科學及方法有助益，但因隨時代之進展而更改，故對個人較無益處 (T60)。

(4)由於以往學習經驗不曾接觸或不重視科學史，所以沒有興趣 (C05, C08)。

雖然我喜歡歷史，但是科學史的內容大都沒學過，所以就了解不深；因為了解不深，就不會有興趣 (C05)。在國高中時，科學史往往是最被忽略的一部分，國中幾乎不提，高一所學的課本雖也融入科學史，但考試卻往往忽略，大家也都習慣跳過歷史的部分 (C08)。

3. 小結：

在所試教的兩班同學中，大部分人皆對將科學史融入教材抱持肯定的意見。綜觀持否定意見者的看法可發現，他們之中有人建議科學史採用多媒體影片的方

式呈現 (T07, C02, C05, C10)。最好的融入方式是看影片，一方面加深印象，一方面幫助了解，比如在介紹伽利略時，我真的希望看到有人在比薩斜塔上往下丟東西的畫面，這樣會提高興趣 (C05)。其實，持肯定意見者中，亦有許多人建議用實驗圖片、漫畫或影片等多媒體方式來呈現科學史教材 (T03, T08, T11, T12, T13, T15, T23, T25, T26, T36, T37, T74, C03, C04, C09, C12, C14, C22, C28, C33, C34)。播放科學家的影片或電影，看過之後，老師再針對其發現、成就或理論講解，將能更幫助同學理解各知名科學家之間的影響以及其研究領域間的關聯，以這種方式，將更能提昇學習的興趣 (T08)。以漫畫、電影或錄影帶的方式呈現科學史會比起文字更能吸引學生的興趣 (T23)。藉由看融入科學史的影片或紀錄片，會使得記憶更深刻 (T74, C12)。綜合以上的意見可看出將科學史融入教材以影音視聽多元化的方式來呈現，應是須考慮改進的方向。

(二) 與日常生活關聯的教材、小學自然科相關的教材和其有關的實驗部分

在「你（妳）認為如何才可提高學習動機及主動學習精神」的建議中，師資班 42 人中有 38 人，兒英系 35 人中有 34 人提及他們最有興趣的是與日常生活相關聯的教材，和（或）與小學課程相關聯的教材，以及相關的有趣實驗。

我很喜歡老師透過問問題的方式導正我們一些迷思概念，並激勵小組思考，覺得這些問題很生活化也很有趣，比起學一些困難的計算有意義許多；再者，老師課堂上帶的小實驗也都很令人印象深刻哦！透過實地演練可讓我們更加了解它的原理與應用 (T20)。教材內容最好能與日常生活做結合，以物理的觀點來解讀日常生活中的現象，由生活經驗與做實驗來了解物理中的定律與原理 (T23)。從我們日常生活中不易發覺之處來引導學生思考，讓學習更生活化、樂趣化，教材內容多利用圖片，舉一些日常生活的小例子；另外，為提高學習動機與效能，可多連結到小學自然科課程以及實驗注意事項，使得我們以後去教小朋友時能更得心應手 (T30)。老師上課講述的內容有許多生活化的例子，更在課堂上做實驗呈現結果，我覺得很好，讓我有參與感，且對該內容有更深刻的了解，是一種有意義的學習 (T52)。我覺得像現在這樣很好，因為還蠻生活化的；有時看到某些現象，就會想到課堂上的內容，很有趣 (C03)。教材內容會吸引我的是與生活相關的，像“公車啟動時乘客會向哪傾斜”這類討論我就滿喜歡的，

偶爾在搭捷運時會想起上過這一段；提高學習動機的方法是：1. 生活化；2. 實驗；3. 利用影片輔助；4. 老師多強調基本概念，使學生因了解而產生更多興趣（C05）。用做實驗來呈現教材內容真的很有趣，因為人本來就喜歡玩遊戲，看到神奇的物理現象後，真的會對其原理產生好奇心，也對它的應用模式記憶較深刻；很多自然科學的現象，都和生活密不可分，只是平常沒去注意，唸文科的學生也對它背後複雜的計算感到厭煩；如果可以用提問作引導，多一點觀察，則必會增加學習的效果（C06）。和生活中常見的事物結合，再請老師帶出物理觀念，可消除對物理原先存有的排斥和距離感（C09）。老師上課所做的實驗都讓人印象深刻，就會比較想去看那部分的內容，而且很快就能瞭解那部分文字要傳達給我們的觀念是什麼；我想物理學到的東西就是要和生活結合，多觀察生活中的事物、現象，融入所學，就會發現這是很有趣的事，而自然也會有較大的學習動機想再去學（C14）。生活中的現象有時卻可以套上一艱深的物理知識，讓我覺得驚奇又奧妙，也會很樂意去學習（C15）。

小結：

從兩班學生的反應意見中，可知他們頗為肯定試教教材內容在與日常生活結合和富含相關實驗的部分。此與之前研究者調查在職國小教師，發現其中有九成以上的人贊成「能結合生活經驗並以實驗闡釋概念為主」的物理教學最適合師院生及國小進修教師的結果相符。這個由實證所支持的教材內涵在指出如何引發學生興趣、提高學習動機上具有相當的意義，因為興趣正是內在動機的因素，它的重要性可由學生自己的話來說明：讓學生產生興趣真的很重要，像我就是完全被抹殺掉對物理的信心與興趣，才會從自然組奔往社會組的，所以一定不能抹殺掉興趣，我個人覺得這種感覺真的粉不好（C28）。

雖然目前的教材普遍地被學生所認同，但仍應去蕪存菁、精益求精地朝內容生活化、趣味化，多結合實驗，以及呈現方式多元化的方向努力，以務求能使學生的興趣持續不斷地增加，學習的動機也能不斷地增強。

二、教法

關於教材的科學史部分以及物理原理、定律的闡釋部分，主要是採用講述

法。縱然大部分人同意科學史對提昇興趣有助益，但也有不少人建議若採用影片等多媒體方式來呈現，效果會更佳，關於此點可見前節所述。在此主要是探討教材有關相關概念和實驗等以問題形式呈現的部分。關於這部分的教學方式是將學生分組，由研究者提問，輪到的組先討論後回答，再由全班討論回答，最後由研究者作一總結。在兩班學生的問卷中，無人反對使用此種方法，對此法表示正面意見者倒是不少（師資班中有 21 位，兒英系有 17 位）。

講義上有許多觀念釐清的舉例與問題就很棒，透過學生觀點與老師講解，會更了解自己盲點所在（T45，T74）。上課討論後，觀念清楚很多（T02，T08，T21，T23，T25，T25，T35），以老師目前這種上課方式，我覺得接受度滿高的（T37，T73）。我很喜歡老師透過問問題的方式，激勵小組思考，導正我們一些迷思概念（T20）。我喜歡老師以每組問答的方式進行，在由老師解說完後，再依講義上的題目分組回答，我覺得很有趣，很期待聽見同學的答案及之後老師的講解，讓我印象會加深（T24）。建議小組共同討論的時間可以再長一些（T11，T27，T36，T58，T78）。老師先講基本的理論，配合問題作為互動來瞭解學生瞭解的程度，不清楚的地方做解釋，是個不錯的上課方式（T61）。講義的內容經上課討論後比自己自學時簡單，因為討論使頭腦有在思考，不會瞄一眼就得到答案（C04）。目前小組討論的方法，可使腦力激盪一下，很不錯（C02，C30）。我覺得問問題這不能少，因為探討這些日常生活的問題會加深對這主題的印象；很好！這已經是我上過挺不錯的物理課了（C33）。上課採討論方式很不錯，我們有機會可以思考，最重要的是，如果答錯也不會覺得很丟臉，就會十分踴躍，很有參與感，在老師講解完後會有「喔！原來如此。」的感覺，所以關於目前上課方式，我十分喜歡（C26）。經過同學間討論後，再由老師指導，會讓問題被了解的更深入、更徹底（C07，C09，C13，C14，C17）。

小結：

在探討概念相關問題與實驗時，所採用之分組討論法，基本上還頗能被學生所接受，因此以後教學時應可持續延用此法。但在成效上，有少數同學表示：部分內容經過討論後，雖然當時明白，但時間一久又搞迷糊了（C25，C36）；太難的問題不易消化，雖經討論仍無法完全理解，較易懂的問題，施以討論感覺很有效（C18）。這些同學普遍建議能附上問題的答案。當初我未附上解答是爲了讓學

生能有自我思考和討論的空間，或許在考試前把已教過內容的問題解答發給同學參考，是一個可行的辦法。

最後，綜觀本研究所發展之教材形式與教學法，經試教後，結果尚稱滿意，但看到如下同學的心聲，就知道離理想還有相當的距離。科學史的部分讓我覺得比較有趣，但讀到後來會發現有越來越多的思緒、理路是我無法釐清的，就覺得很頭痛！以前自然的科目就非常不好，基礎不好就是很難進入！其實老師的講義（教材）真的整理得很不錯，夠白話也夠清楚，但...可惜的是弟子就是腦袋不靈光，無法了解其深厚的精髓！上課時，我都會想專心地把它弄懂，但越到後來，就完全魂遊四海去了！我也不想這麼不專心，不知道是不是太久沒碰自然了，對它完全沒概念，充滿了陌生感！好無奈啊...（C21）。我想這位同學講的是真話，因為她的期中考成績不好。但是關於腦袋不靈光可能就令人質疑了，因為根據大學考試，分發英系公、自費同學的錄取百分等級（PR）可分別都高達 99 和 95 以上呢！能考得這麼好還說頭腦不好，實令人難以接受。因此，問題可能還是出在教材與教法上，下一步擬從教材呈現方式多元化，和增加學生同儕之間與師生之間的互動來加以改善。

伍、結論

本研究所發展之物理教材與教法，在經過試教後，發現大致上能被同學所接受與認同，學習成效由考試成績來看也堪稱良好。惟經蒐集同學意見與自我省思後，仍覺得有許多必須改善的空間。茲將未來擬改進之處臚列如下：

（一）此次問卷結果顯示有頗多的同學認為科學史融入採多媒體方式呈現會比講述或閱讀方式來得更生動、有趣，更能引起學生的學習興趣。此點應是本研究的一個收穫，它指出了未來在教融入科學史的教材部分時，宜考慮以影音視聽等多元化方式來呈現，這是一個可以設法改進的目標與方向。另外，此次試教也欠缺以影片或動畫來顯現一些不便於操作的實驗結果，相信若能適時提供這些來輔助教學，應對提昇學生興趣，動機與理解，皆會有所助益。

（二）本研究的另外一個收穫就是有部分同學反應，上課討論問題時，來不及抄筆記，以致後來再試圖自行回答問題時，觀念又變得有點模糊，因此建議講義上附上答案。其實，研究者當初未附上答案的理念就是想讓同學藉著回答概念相關問題能先產生一個自己的想法，然後藉由與同儕間進行討論，吸收不同的觀

點，最後再由我的看法來比較得出最適合的解釋。如此，應可培養學生的思考習慣，以及讓學生自己發現並修正自己的迷思。正因為我太執著於此一信念，因此很忠實地對講義上的問題逐一討論，心想如此學生就必須專心參與討論了。但如此做也產生了一個弊病，即我無法在一學期內含蓋全部的教材，而教材教不完又會有物理概念不完整的缺憾！學生的建議適足以破解我這個盲點。我可以先不發解答給學生，所以仍可以維持原先的上課理念，待教完後再發參考答案給同學可以一方面滿足學生的要求，另一方面我也可以不必針對每個章節中的所有問題，而僅須就易有迷思概念以及富啟發性的問題進行討論，如此也就有可能含蓋整個所設計的教材範圍了。這也是一個未來擬改進的目標與方向。

（三）鑒於若欲期待職前師資未來能帶領他們的學生進行探究式的學習，在培育他們的階段，就應要給他們探究式的學習機會，而現代的博物館正提供了一個適當的探究式學習情境。科學博物館中有精美的展示說明圖片與模型、動態的模擬裝置、有趣的互動儀器，以及不易親身目睹的影片，妥善利用科博館的教學資源，應可提昇學生不同向度的科學素養。再加上本校位處台北市，離台北市立天文館與台灣科學教育館都在捷運可及的範圍內，因此，擬在每學期中挪出一週帶同學去上述二館中任一館進行探究式學習。目前已帶領一班同學去過天文館，正在蒐集他們的反應意見，以作為未來是否納入教學計畫的參考。

以上三點是目前考慮改進的方向與目標，修正後的教材與教法預期能進一步提昇學生的學習興趣與動機，以及增進他們的學習成效與科學素養。

致 謝

本研究承蒙國科會科教處之經費支助（NSC92-2511-S-152-007），特此致謝。

參考文獻

毛松霖（1994）。國民小學自然科新課程概說。台北市：台灣省國民學校教師研習會。

- 史耀如 (1999)。從物理奧林匹克談物理教學的改進。**建構與教學**，13。2002 年 7 月 31 日，取自：<http://scied.ncue.edu.tw/ct/v13-0.htm>
- 洪文東、曾憲屏 (1986)。「大一普通物理普通化學實驗教學及設備改進專案」工作報告。**科學發展月刊**，14 (6)，609-613。
- 洪振方 (1997)。科學史融入科學教學之探討。**高雄師大學報**，8，233-246。
- 洪振方 (1998)。**從科學史與科學哲學的探討反思學生社群知識的重建與問題**。發表於「科學哲學與科學史」學術研討會，清華大學。
- 許良榮 (1998)。國小自然科過程技能的潛在問題。**國教輔導**，38 (1)，19-22。
- 黃淑菁 (1999)。將動機融入教學設計過程之讀書心得報告。**建構與教學**，13。2002 年 7 月 31 日，取自：<http://scied.ncue.edu.tw/ct/v13-0.htm>
- 黃銘惇、張慧芝譯 (2000)。**課程設計：專業手冊**。台北市：桂冠。
- 陸業堯、許榮富 (1988)。「大學普通物理課程及實驗改進研究」之規劃與推動。**科學發展月刊**，16 (1)，48-58。
- 張自立 (1995)。與熱膨脹有觀的迷思概念。**國民教育**，35 (11/12)，15-20。
- 張自立 (1999)。燭火和氧關係的延伸探討-一個有關國小自然科第九冊第三單元教學活動二的定量研究。**國立臺北師院學報**，12，301-316。
- 張自立 (2002)。一個常見於國小學童的迷思概念-質量與重量單位的混淆。**國民教育**，43 (2)，59-61。
- 張自立、辛懷梓 (2003)。在職國小教師對物理的態度及對物理教學與學習意見之調查研究。**國立臺北師院學報**，16 (1)，167-192。
- 楊榮祥、Fraser, B. (1998)。台灣和西澳科學教室環境的合作研究-研究架構、方法及對台灣科學教育的啓思。**科學教育學刊**，6 (4)，325-342。
- 劉廣定 (1997)。科學史與科學教學。**科學教育月刊**，203，16-20。
- 簡茂發 (1999)。多元評量之理念與方法。**教師天地**，99，11-17。
- Benson, H. (1991). *University physics*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Carey S., & Smith, C. (1993). On understanding the nature of scientific knowledge. *Educational Psychologist*, 28(3), 235-251.
- Chang, W., Jones, A., & Kunnemeyer, R. (2002). Interactive teaching approach in year one university physics in Taiwan: Implementation and evaluation. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 3(1), Article 3.
- Driver, R., & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science education. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.
- Glynn, S. M., & Yeany, R. H. (1996)。**科學學習心理學** (熊召弟、王美芬、段曉林、熊同鑫等譯)。台北：心理出版社。(原作 1989 年出版)
- Halliday, D., & Resnick, R. (1988). *Fundamentals of physics* (3rd ed.). New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Hanrahan, M. (1998) . The effect of learning environment factors on student's motivation and

- learning. *International Journal of Science Education*, 20(6), 737-753.
- Hewitt, P. G. (1993). *Conceptual physics* (7th ed.). New York: Addison-Wesley.
- Keller, J. M. (1983). Motivational design of instruction. In C.M. Reigeluth (Ed.), *Instructional design theories and models* (pp. 383-434). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Kirschner, P. A. (1992). Epistemology, practical work and academic skill in science education. *Science and Education*, 1(3), 273-299.
- Krathwohl, D. R., Bloom, B. S., & Masia, B. B. (1964). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals, handbook II: Affective domain*. New York: Longman, 1964.
- Lin, H., & Chen, C. (2002). Promoting preservice chemistry teachers' understanding about the nature of science through history. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(9), 773-792.
- Mager, R. F. (1984). *Developing attitudes toward learning*. Belmont, CA: Pitman.
- Main, R.G. (1993). Integrating motivation into the instructional design process. *Educational Technology*, 33(12), 37-41.
- National Academy of Sciences (1995). *National science education standards*. Retrieved July 31, 2002, from <http://www.nap.edu/readingroom/books/nses/html/>
- Ringness, T. (1975). *The affective domain in education*. Boston: Little, Brown, and Company.
- Wandersee, J. H. (1985). Can the history of science help science education anticipate student's misconceptions. *Journal of Research in Science Teaching*, 23, 581-597.

A Pilot Study of the Development of the Appropriate Teaching Materials and Methods of Physics for Teachers College Students

Tzyh-lee Chang*

ABSTRACT

This research aimed to design the appropriate teaching materials and methods of physics in teachers college. In our previous study, a survey was made in respect of elementary school teachers' attitudes toward physics and their opinions about physics teaching and learning (Chang & Hsin, 2003). The results show that the best way to learn physics is to instruct physics by clarifying concepts with experiment and by including daily life experience, which clearly indicates what elementary school teachers' needs and also suggests a direction for how to improve physics teaching in teachers college. In this research, we firstly designed the integrated physics curriculum based on the development of concepts, and covered history of science at the place where it was appropriate. Furthermore, questions related to concepts, daily life applications, and demonstrations were collected at the end of each section for the purpose of panel discussion in the class. Then we used the designed materials to teach pre-service elementary school teachers. Our preliminary study indicated that the students liked the way the materials were presented, and they performed quite well. However, there are still a few problems which need to be improved. After these problems are improved, we expect that students' learning interest, motivation, and achievements can be further enhanced.

Key words: the teaching materials and methods of physics, teachers college

* Tzyh-lee Chang: Associate Professor, Department of Natural Science Education, National Taipei Teachers College.

