科學教育學刊
1996, 第四卷第一期， 59-92

EJ51-1996-59

職前科學教師學科教學知識發展之研究

張惠博

國立彰化師範大學　物理系

（投稿日期：84 年 12 月 7 日，接受日期：85 年 3 月 28 日）

摘要：本研究旨在探討國立彰化師範大學八十三學年度物理系三年級 23 位經由選修「科學教育」與「科學教育研究」這兩科目的學習，探究其對於科學教學本質的認知及對於教學知識的體驗。這一類的知識皆屬於職前教師學科教學知識的範疇。本研究的待管問題爲：職前教師對於教學與教師的知識之認知與改變。

在研究過程中，「科學教育」的授課，大多根據科教研究的成果或文獻，並以講義提供職前教師課前閱讀，然後，在課堂中討論及講解。也曾以科學示範活動、討論等，提供職前教師對於科學概念學習情境的理解。在學期初，每位職前教師皆需填寫「教學知識」、「教師知識」及「科學本質」等三種問卷。期末並與每位職前教師進行大約 20 分鐘的晤談。「科學教育研究」的授課，則以職前教師親赴國中試教爲主軸，藉以探究其關於科學教學知識的實際表現。試教之前，先以四種錄影帶介紹教學的內涵，包括：合作學習的教學、教室觀察要領、大四職前教師及實習教師的實地教學。再將 23 位職前教師分爲五組，進行試教的準備與實施。每組皆先由一位職前教師在「科學教育研究」課中試教，再由同組的另一位職前教師赴國中試教一小時。期末，同樣再進行問卷填寫，以及與各組大約一小時的晤談。

本研究的主要資料，包括 23 位職前教師完成的問卷、學習歷程檔案，晤談及職前教師對於試教的準備過程與試教的實際表現。爲提高研究的效度，逐一完成前述各項資料的分析，並依據三角交叉法，交互審核職前教師在不同學習情境中對於教學的認知、表現與反省，藉此確認這些職前教師學科教學知識之改變及成長之風貌。

大部分的職前教師對於教學的認知尚屬於理論式的認知，少數的職前教師能達到實踐的程度。甚且，這些職前教師對於學生的關注、學習責任的歸屬與教師應具備的知識之認知，與國外研究文獻相較，顯現有趣的差異。此外，職前教師對於授課內容的認知與感受常深受傳統積習與文化的影響，對於與教學有關的知識之獲得仍習於被動接受，缺少主動的追求。職前教師雖能認眞於試教，但是，其學科教學知識仍明顯不足，尤其，多以“蒸餾或稀釋的形式”，即簡化零碎的方式呈現科學概念。試教與教室觀察對於職前教師教學的認知與表現的影響最爲顯著。應如何培養職前教師的學科教學知識應是師資培育不能忽視的課題。

關鍵詞：師資培育、科學教學、學習情境、學習歷程檔案、反省思考。

壹、前言

當前科教與教學理論的研究，不僅給予中學科學教學許多的啓示，也常使得科教工作者亟思如何將其應用於師資培育課程，提供職前教師熟練這些被認爲是有助於學習科學的有效方法或策略。此一想法來自於一項假定：假如職前教師在師資培育的過程中，能在以依據或符合科教理論的學習情境、 實況 (Context) 之中進行學習，俟這些職前教師成爲正式教師時，應較能合適地應用有關的科教理論與方式於課室教學之中 (National Research Council, 1996) 。前述這些科教與教育之研究中，尤以建構主義 (Stofflett, 1994; 郭重吉、江武雄， 1992; 熊召弟， 1994) 概念改變、反省思考 (Baird, Fensham, Gunstone, & White, 1991; Clarke, 1994; Hatton & Smith, 1995; Johnston, 1994; Pultorak, 1993) 、學習歷程檔案 (Collins, 1992, 1993; Craig & Yore, 1994) ，及教師的知識 (Abell & Smith, 1994; Aguirre, Haggerty & Linder, 1990; Aguirre & Haggerty, 1995; Gess-Newsome & Lederman, 1993; Hewson, Kerby, & Cook, 1995) 等最爲人所熟悉，也是科教研究／工作者高度關切與感興趣的焦點問題。國內學者王澄霞 (1995) 也曾指出：數理教師的教學常由其本身的信仰與理念所引導，而其所持信念則是由他們本身所受的教育模式、教師訓練、教學經驗等逐漸建構累積而成。綜合而言，前述這些理論與研究的主要特色在於能擺脫以往實證主義的論點，重視學習者的差異性，提供學生主動學習，了解與解釋自己的學習歷程，及參與教師教學的機會。學生在這種教學情境下進行科學的學習，其所獲知的科學應較能符合人類追求科學知識的面相。

一般而言，國內師資培育的學程，對於科學教學知識與能力的培養似尚有欠缺。尤其，在職前教師修習「教材教法」與「教學實習」之前，對於有關科學教學的基本見解與獲得科學教學知識的過程與方法，並未給與足夠的經驗與啓發。這樣的作法，對於職前教師學科教學知識的成長至爲不利。根據美國全國科學教育標準 (National Science Education Standards) 所言，傳統的科學師資訓練，常僅著重於學科內容與教學技術的訓練，其實，教學決定、有關的理論及思考，才是當前師資培育不能忽視的重點，甚且，學習如何教科學，需要進入一些能發生師生互動的實際的情境，例如：班級或學校等，職前教師才能確實獲得這些知識與能力。另一方面，有歷練的科學教師能將學科知識與課程、學習、教學及對於

學生的了解等知識加以統整，這些知識也使得教師能針對個別的或小組的學生之需要進行教學。前述這些科學教學的知識就是學科教學知識 (Pedagogical content knowledge)。它不僅可作爲科學家所具有的知識與科學教師的知識之分野， 也可作爲科學教師專業程度的指標 (National Research Council, 1996)。有鑑於科學教師學科教學知識的重要與專業成長的培育應自職前教師階段即開始，以及針對我國現行師資培育較爲不足的地方進行新的嘗試，本研究擬提供職前教師學科教學知識的學習與成長的機會，並藉以探討國立彰化師範大學八十三學年度物理系三年級 23 位選修「科學教育」與「科學教育研究」的職前教師，對於科學教學的本質的認知及教學知識的體驗與成長。研究問題爲：職前教師對於教學與教師的知識之認知與改變。

爲系統化的探討職前教師學科教學知識的成長，除了以問卷、晤談，了解職前教師對於教師知識、教學知識的概念之外，並提供職前教師本身的實際教學情境（試教），並觀察職前教師試教的實際表現，俾較能確認其所認知的教學與教師知識等各種實施科學教學所必須具備的知識與能力，藉以評鑑職前教師學科教學知識成長的程度與風貌。

貳、文獻探討

本研究的設計與進行，主要是參考當前有關的科學教學與師資培育的研究，嘗試建立適合於職前教師學習與體驗科學教學的教學情境，並經由此教學情境，研究分析職前教師的學習情形。欲建立前述教學情境及培養職前教師學科教學知識，必須進行包括學科教學知識、建構主義、概念改變、反省思考，評量與學習歷程檔案，以及職前教師對於教學與學習的認知等有關的師資培育研究文獻之內容與探討。在研究過程中，除了將下述文獻作爲本研究的理論基礎與研究的參考之外，亦曾選擇部份文獻作爲教學活動的設計與上課討論的題材。以下將分別敘述、分析、整理本研究有關的主要文獻。

一、學科教學知識的內涵

Tobin, Tippins, 和 Gallard (1994) 曾指出，有關內容知識與教學方法或策略的關聯皆屬於學科教學知識的範疇。教師知識就是學科知識 (Subject-matter knowledge) 與教學的結合。 Hashweh (1985) 也認爲學科教學的知識不只是概

念、原理及學科中的一些單元而已，它應包括如何教某些單元的知識。Shulman (1986) 曾將內容知識分爲㈠學科內容知識 (Subject-matter content knowledge) ㈡課程內容知識 (Curricular content knowledge) ㈢學科教學知識 (Pedagogical content knowledge) 。

Shulman (1987) 認爲教師知識應包括：㈠內容知識，㈡一般教學知識，㈢課程知識，㈣學科教學知識，㈤學習者的知識，㈥教學情境的知識，㈦教育哲學與歷史的基礎知識。Tamir (1988) 也曾指出，教師知識應包括：㈠人文教育通論 (General liberal education) ，㈡個人成就表現 (Personal performance) ，㈢學科領域 (Subject matter) ，㈣普通教學的 (General pedagogical) ，㈤學科領域的教學 (Subject matter-specific pedagogical) ，㈥教學專業的基礎 (Foundations of the teaching profession) 等知識。Hashweh 和 Shulman 對於教師知識的定義，確有甚多相似之處。Shulman (1987) 復指出學科教學知識 (PCK) 與學科知識 (SMK) 之差異，乃在於學科教學知識是在學科知識之外，還有教學知識。亦即，有關如何將學科知識教給學習者的知識，才是學科教學知識。根據 Cochran (1992) 對於科學家與科學教師區別之說法，也足以說明學科教學知識的意義與本質。Cochran 認爲一位有經驗的教師，是基於教學觀點組織其科學知識，且以這樣的知識作爲幫助學生了解科學概念的基礎。然而，科學家的科學知識之組織，則係以研究的觀點，並且，以此觀點發展此一領域的新知識。Grossman (1988) 認爲學科教學知識會影響及教師的教學內容與過程。Mason (1988) 認爲應提供機會，讓職前教師學到能應用其在教育課程的訊息於其學科內容的教學之中，使其學科內容知識與教育知識相結合，此一學習過程也有助於職前教師 PCK 的發展。Gallagher 和 Tobin (1985) 也認爲教師的學科知識，不僅能影響教師修正、重組教科書的材料與對於科學概念的解釋，對於教師呈現教學內容的順序與師生的互動也有影響。Leinhart 與 Smith (1985) 也曾定義教師的學科（物理）知識，就是教師的內容知識，包括：陳述性 (Declarative) 、程序性 (Procedural) 與對物理的概念性理解等。Magnusson, Borko, Krajcik, 和 Layman (1992) 認爲可由：㈠學生怎樣才會了解？㈡學生有什困難？㈢學生應該知道些什麼？等三方面，評量教師對於 PCK 的理解。若教師能掌握前述這些問題並作爲教學的重點，則應可認爲教師擁有合適的 PCK 。此一評鑑方式可作爲質的研究之參考。在對於六位有經驗的八年級教師與其二十二位學生的研究之後，研究者指出：

「教師的知識與學生的知識存在著一種關係。假若教師擁有很強的知識，卻少有機會展現，則學生的學習不會改變。倘若教師擁有很強的知識，也能經常展現，則學生的知識會得到提升。」由此可見，教師知識對於教學的影響。

Wilson, Shulman, 和 Richert (1987) 曾指出初任教師的學科教學知識成長是緩慢也是動態的，且與動機、創造力與反省思考技能很有關係。甚且，研究者也指出，教學的推理思考 (Pedagogical reasoning) 是學科教學知識成長的重要角色。所以，提供合宜的情境讓職前／初任教師歷練學科教學知識，應是師資培育所不能忽視的課題。 Shulman (1990) 即曾指出「在大學階段的學習模樣，將會影響及職前教師日後的教學」。 Shulman 這句話值得師資培育工作者的深思。倘若只是讓職前教師仍以其在中學階段的求學經驗去教學，則大學這一階段的求學經驗就如眞空，使得教師的學科教學知識難以成長，對於其有關的教學知能也缺少幫助。

二、建構主義、概念改變與反省思考在師資培育的應用

有關科學本質的論述， Louden 和 Wallace (1994) 認爲經由客觀的實驗方法並不會發現或保證知識的建立，反之，科學知識是由同一社群，具有相似見解的人所建構起來的。科學的進展，並非常是如科學家或學校教科書所呈現的線性與理性的過程。其實，根據 Kuhn (1970) 的主張，科學知識就是一群科學家經由主觀的互動，且得到同意的結果，這種對於科學實體的共識，是根據這些科學家所共同信奉的典範所達成的。所以，科學可視爲是人類思考活動的產物，假若有新的證據或思考，科學也必須加以改變，它不是一成不變的。有一些研究者 (Obsborne & Wittrock, 1985; Pines & West, 1986) 曾指出，科學教學應由學生所建構的實體出發，甚且，教師應鼓勵學生說出並挑戰自己的見解，讓學生嚐試產生不同的詮釋架構，終極目標則是讓學生能應用新的見解於不同的情境之中。因此，學習被認爲是學習者將現有的知識，經由個人與社會之間互動的牽引所必須面對的調適過程 (Wheatley, 1991) 。有關建構主義的理論，以往大多應用於與科學學習及概念改變這些方面，然而，經由有關建構主義研究的啓示，不少的師資培育研究即是應用了建構主義的理論，而且，更加上了概念改變與反省思考的意旨 (Baird, Fensham, & Gunstone, 1991; Clarke, 1994; Colton & Sparks-Langer, 1993; Gunstone, Slattery, Braid, & Northfield, 1993; Hatton & Smith,

1995)，以改變職前教師對於教學的見解，從而提高其學習如何教學的意願。Baird *et al.* (1991) 一項三年爲期的自然探究式個案研究，是在探索合作式的反省是否能有效地提昇職前教師的科學教學與學習，個人與團體皆被要求針對課室教學實務和科學教學與學習的現象進行反省。在認知、後設認知與情意這三方面，獲得令人滿意的研究成果。同時，研究者肯定個人生活經驗與專業這二層面的反省，以及經由合作式反省的重要性。因爲，只有經由後設認知的反省，才能有助於教學專業的增長。研究者也指出：對於事物成因的探討，經常蔓延於科學之中，可是，許多的學校其科學教學與學習經常是信奉一元論的，著重於一成不變的一致性與絕對的不變性之觀念。換言之，針對某一個科學現象，找出僅有的一個正確的解釋，尋求一個最合適的步驟，期盼能超越時間、情境與內容，放諸四海而皆準，是科學給人們的慣常印象，這也是實證主義者的主要論點。然而，探討教學與學習的因 (Cause)，卻與上述科學給人的印象大不相同，教與學的因，倒是較有可能具備多元的論點，常隨著內容、情境與時間有所不同，亦即，教學具有相對性的特質。然而，職前科學教師可能由於長期學習科學的影響，使得其對於與教學有關的學習，也具有以尋求唯一的答案，建立唯一的想法之傾向，甚且，這種傾向也可能嚴重影響其對於教與學的認知。所以，欲建立職前教師對於教與學的認知，恐須考慮其本身長期深受科學學習與對於科學本質的見解之影響。

Clarke (1994) 曾根據 Schön (1983) 對於反省式的實務之定義，針對四位參與十三週教學實習的職前教師，探討其反省的實質內涵。研究者指出這種職前教師的教學反省，在質的方面，確有本質上之差異，此一差異的特徵在於「對於自身的實習狀況進行反省」與「對於自身整體的實習進行反省」。若對於自身的實習狀況進行反省，則對於自身的實習成長會有所助益。然而，若能對於自身整體的實習進行反省，則對於自身的實習能獲得清楚的定義。顯然，職前教師若能針對教學實習進行反省，及對於教學的事務進行界定與省思，進而形成知識，這才是眞實的知識，也才能確切的了解教學面相。研究者進一步指出，某些職前教師能夠很快就能針對其教學實習進行整體性的反省，甚且，在教學實習的初期，即能夠對其實習予以定義。可是，其餘的職前教師，卻常在教學實習的後期才能進入定義的階段。亦即，不同的職前教師其的反省內涵，確實存在著差異。Colton 和 Sparks-Langer (1993) 指出師資培育對於國家的重要性，並說明所面臨的日益

高漲的師資培育改進與學校改革之呼聲與壓力，師資培育正要進入歷史上的關鍵時刻。研究者曾以六年的時間，經由合作的方式，獲得一項包含實習教學之前、實習教學與教師成長的學程之理論架構。在此一架構中，教師被視爲具有「反省能力的決策者」。未來的教師應是一位能思考的個體，願意發自內心的分析狀況、設定目標、準備及監控行動與評量結果，並能對其自身的專業思考進行反省。甚且，教師也須站在社會與倫理的角度，並針對其決定，考慮所造成的立即或是長期的效應。研究者復指出，認知心理學研究的建構理論，包括有經驗的學習，以及生手、專業教師的思考等三個領域之論點，這也可以作爲培育具有反省能力的教師之理論基礎。

Hatton 和 Smith (1995) 曾爲文說明二種反省的類型。 這兩種反省就是：㈠行動中的反省，其反省的本質就是將許多的觀點實況化。㈡行動後的反省， 其反省的本質包括⑴敘述；⑵對話；⑶批判的反省。研究者復說明，有各式各樣的不同途徑，可作爲引起實習教師的反省及意欲達到的專業成長。可是，並非所有的方式皆能發揮效能。研究者舉出四種一般可以區別的的策略：㈠行動研究方案，㈡有關學生、教師、班級與學校的個案及俗民誌研究，㈢微試教與其他視導的實習經驗，㈣有結構的課程任務與學習如何教學的反省策略。研究者也指出，所有上述的策略，雖具有可能引起反省的潛力，惟，卻少有實徵性的證據可資支持。爲此，亟須針對前述各項策略進行可行性的研究，以辨認能幫助職前教師進行反省思考的有效方法，並說明反省思考是在什麼情況下發生，這是值得師資培育學程與有關的科學教學課程實施之參考。

Gunstone *et al.* (1993) 在 1987 年即開始的一項有關職前科學教師發展的研究報告中，說明 Monash （澳洲）的七項師資培育學程的主張與假設：㈠規劃與執行學程時，應顧慮職前教師的需求，此類需求，將會隨著他（她）們在師資培育學程的階段而有所改變。㈡從學習者轉變成教師的角色是重要的也是困難的，倘若實習教師與其同僚密切地合作，則較能獲得最大的助益。㈢實習教師就是一個基於其個人的經驗與其在進入師資培育學程之前即已形成的感受，主動建構「教學與學習」的學習者。㈣在革新的學程中，塑造教學與學習的模式，遠比提供模擬的教學與學習情境來得重要。㈤實習教師應將職前學程視爲一項有價值的教育經驗。㈥根據定義而言，「職前訓練」就是「不足」的意思。㈦ Schön 關於“反省的從業人員”之見解，對於職前師資培育學程的教育工作者而言，是很重

要的模式。

上述的七項關於師資培育的指導原則，應可作爲我國改進師資培育學程、課程安排與教學方式等的參考。尤其，能針對職前教師的學習特質。建立適合於職前教師成爲一位科學教師的教學情境，更值得我國師資培育工作的借鏡。

三、眞實的評量與學習歷程檔案

Anderson, *et al.*, (1994) 指出，在過去的數年間，評量已由常模與效標參照評量轉移至實作或眞實的評量。如此的改變，對於教與學造成了徹底的影響，由原來孤立的知識與技能之教導，轉移至能賦予意義與應用知識到眞實狀況的學習。對於實作或眞實的評量，也許有不同的定義，然而，其基本的概念是學生必須在從事眞實的生活任務中接受評量。例如：若要評量學生寫作的能力，就要學生寫一篇故事、文章或是一封信，而不是叫他（她）們以選擇的方式，選出正確的句子、文法結構或是指出那一段話組織得最好。顯然，相較於傳統的評量，實作評量不僅可以測得「學習」的不同面相，也可以測量學生是否能應用知識與技能以產生有意義的成果。甚且，實作評量也能作爲提升學生反省其學習過程的基礎。學習歷程檔案 (Portfolios) 就是實作評量的一種，學生可經由其完成的學習歷程檔案，解釋其學習歷程或進行有目標的反省。

研究者 (Barton & Collins, 1993; Collins, 1992) 說明，不論是職前師資培育或是在職教師進修，建立學習歷程檔案的觀念、作法，已經在很多的師資培育機構使用了。由所建立的學習歷程檔案，可以顯示一位教師所完成的教學工作的品質。檔案的各種不同成分，可以提供每位教師對於學科內容知識、對於中學生的了解、課程的建立、與有關的教學及研究，進行檢討與反省。對於職前教師而言，任課教授也可根據檔案內容作爲評量成就的依據。最有意義的，應在於提供職前教師對於教學及科學教學自我的了解與反省。

Dana, Tippins, 和 Kaman (1994) 分別在三所大學任教，且皆擔任與教材教法有關的課程。他（她）們認爲，職前教師須瞭解學習歷程檔案的本質與其對培養教學知能的影響。教材教法的課程，應提供機會讓職前教師思考與教學有關的知能。此一研究的過程著重於找尋合適的途徑及方式，讓學生親自實踐，建立對於學習歷程檔案的認知。這樣的認知與實踐過程，對於職前教師是十分重要的訓練，因爲它能使抽象理論化的教育名詞，變成可行的教學方案與策略。本研究的

另一特性，就是利用個案研究的特質，在三所不同文化環境的大學進行研究。研究的結果發現職前教師最初對於學習歷程檔案毫無所悉，或無法把握其眞正的意涵，然而，學期末，大多數的職前教師認爲經由所建立的學習歷程檔案，對於與教學有關的觀念之學習很有助益。

其次，利用學習歷程檔案的評量，可以取代傳統的評鑑方式。學習歷程檔案的評鑑，含有替代性評鑑 (Alternative assessment) 、以實作爲基礎的評鑑 (Performance-based assessment) 及眞實性評鑑 (Authentic assessment) 的三種特性。 這樣的評鑑是尊重學生的學習意願與能力，學生的成績可由學生與教師共同商討。可以試行的作法就是，在學期之初，教授告訴學生應完成的學習工作，倘學生能一一完成，則可以得到「 A 」。 因此，若學生決心得 A ，學生就必須依其承諾達到目標。在學期當中，教師應觀察學生是否投入，對於一些原本目標定的較低的學生，也可鼓勵其改定較高的目標。

Craig 和 Yore (1994) 也曾分別以相似的方法，在不同的學校進行研究。他們認爲以學習歷程檔案的方式評鑑職前教師，會受到學校情境、教學內容、教學目標及教學的影響。這也造成二位研究者在不同學校，對於不同學科，獲得了不同的結果。倘若任課教授能提供學生系統化的教學進度，學生將較易於掌握自己的學習進程。甚且，班級討論時，若播放有關的錄影帶，鼓勵同儕會商，則對於預訂課業的完成，精煉或修正學習的內容也較有幫助。教授與學生共同會商學業成績的評定，也證實藉著學習歷程檔案，給予學生成績的做法，是有效的評鑑方式。研究者也指出學習歷程檔案就是學生工作的集合品，它包含了學生在不同階段的發展，也能展現學生工作的優劣點，並容許學生與教師一起來評量的歷程。

學習歷程檔案及以實作爲基礎的評量，近幾年來常被應用於師資培育之中。Collins (1993) 曾在高級中學生物教師的評鑑方案 (BioTAP) 中，開發了三種以實作爲基礎的評量模式：學習歷程檔案，模擬 (Simulations) ，及以學習歷程檔案爲基礎的擬態 (Portfolio-based simulations) 。上述這些評量工具，除了由任教於大學的研究者與中學教師共同設計完成，也有 15 位來自不同教學環境的高中生物教師參與這項研究，除了共同完成評量工具的撰寫，也完成了全部 11 項的評量，包括：背景資料，單元準備，實驗教學活動，課外題材的教學，對於學生學習的評量，專業學術活動的參與，與社區的交流，利用電腦作爲教學工具，經由錄影帶的教學反省，對於教科書的調適，及問題的處理等。

整體而言，Collins 認爲這些被評量的教師的表現遠比所預期的還缺乏創造力。事實上，在教室之中總會有一些“創造”的事情會發生，卻少有教師在所填寫的資料中加以顯現。教師也習於被告知做些什麼，寫些什麼。在學習歷程檔案與擬態的資料中，這些教師僅常以耳熟能詳的方式進行教學或對學生的評量，卻少有自己的想法。研究者也自承，以實作爲基礎的評量工具之設計過程，使他更了解生物科教學及優良的教學之本質與特徵。經由這些在職教師的學習歷程檔案，也可提供職前教師決定他們在師資培育學程之中應該學習些什麼，及如何證明職前教師已學會了這些。只是，有關以實作爲基礎的評量，對於欲成功地擔負測驗任務所必須具備的特性而言，尚有待加強。例如：信、效度及推廣性方面之探討，即須進一步的研究與改進。

四、職前教師對於科學、科學教學、學習的認知與培育

Johnston (1994) 曾連續三年利用問卷及面談資料的收集，針對 35 位實習教師進行研究，意欲從實習教師本身的觀點，探討實習經驗對於學習如何教學 (Learning to teach) 的功能。研究結果發現，實習教師對試教所抱持的態度，在參與意願上，多半是處於被動的狀態，鮮少能夠對自己即將投入的試教工作，預設較清楚的學習目標。而且，大多數的實習教師皆希望能從指導教師的示範教學中，得到更多觀摩的機會。另一方面，實習教師認爲由教科書中所學到的教學知識與實際的教學並不相同。面臨實際的教學情境時，總是爲了忙於處理教室常規的問題感到慌亂，無法顯現指導教師那樣的合宜處理與態度。在試教中，實習教師一方面覺得失敗的經驗最能夠令他（她）從中獲得成長的機會，然而，由於校外實習是師資培育課程中的一部分，隨時得接受教授的評鑑，實習教師們常須顧慮教室中的失敗經驗，可能會破壞教授對他（她）們的教學印象，以致，實習教師認爲學校或教授所提供的教學指導方針或規範，對他（她）們而言是一種羈絆，限制了他（她）們能夠以自己的方式自由發揮其教學的機會。實習教師認爲教學應該是一種較個別化的情境，能夠學習使用革命性的教學技巧，創造新的教學材料或資源的方式，這才是他（她）們所須要的對於教學的學習經驗。然而，實習教師不能夠體認花了許多時間在教室中觀看示範教學，與學生的互動，教學準備與進行教學等等，其實，也是一個教學的學習歷程。

Gess-Newsome 和 Lederman (1993)，曾利用職前教師在師資培育課程的最

後一年，選擇十位職前生物教師參與研究。以開放式的問卷讓實習教師利用文字或圖形等表達方式，自由展現其所認知的學科內容知識，並藉此探究職前生物教師的學科內容知識結構的本質及其來源。

研究結果顯示，職前生物教師的學科內容知識缺乏結構性的理解，他（她）們大多是呈現在高中或大學所修習的各獨立單元、片斷的知識，而未能將概念與概念之間彼此的關聯性展現出來。另一方面，由於研究者的問卷中，曾要求實習教師：“以文字或任何圖形表達你（妳）所知的學科內容”。這是一個實習教師多半未曾想過或曾被要求回答的問題。職前教師除了認爲難以回答這一問題之外，也可能使得實習教師在整學年的教材教法課程中，對此問題進行反省思考，這也是職前生物教師在完成師資培育學程過程中，其學科內容知識結構常呈現不穩定狀態的原因。換言之，在研究過程中，職前教師因獲得試教機會，並經由教學準備的實施與反省，使得職前教師的學科內容知識結構與其教學及教學準備之間存在著互動的影響。

Harrington (1994) 認爲知識的建構是建立於先前知識與伴隨著的經驗，並經由轉換、演化與程序性的結果。換言之，教學就是關於孩子、內容與方法等許許多多的事情。她進一步指出：教學就是關於「㈠教師是怎麼知道？㈡學生怎麼知道？㈢教育工作者如何知道？等這些問題，及前述其中的任一問題對於其餘的問題，又有那些幫助」的求知。職前教師須要經由各式各樣的方法獲得這些專門的知識。在許多教學的重要事項當中，應幫助職前教師了解「我們怎麼知道」及「求知的重要性」。前述這些教學的面相，不僅很能彰顯教學的本質，也能反映教育具備了「改造學生，我們要做什麼樣子的人，及我們要過什麼樣生活」的發展潛能。 Harrington 認爲「有教養的教師之教育」具有很深的意涵。她認爲師資培育不只是一項技藝訓練或是知識的傳遞而已。甚且，雖然有許許多多的教育工作者努力定義、構築教學的知識基礎，卻往往只是導向封閉的意義，而忽視了其他可能的定義。其實，教學的教育意義並不侷限於知識，反倒是在於求知。教育工作者在培育教師的過程中對於求知的感受與反映，將會影響及於這些教師與其教師所編織成的世界，甚至及於我們所共同分享的環境。在充斥著制式、規範的想法之世界裡， Harrington 的見解與主張，眞是值得科教工作者／研究者的省思。

Aguirre *et al.* (1990) 的一份 11 題的問卷，其中第 1 ～ 4 題是關於科學本

質，5～7題是關於教學，8～11題則是關於學習的題目。在上課之初，研究者請74位修習科學教學法的實習教師填寫前述問卷，以找出這些職前教師對於前述三個領域的見解。本研究是建立在建構主義的論點：學習者乃是個人的先備知識或經驗與其現時觀察的互動，並針對新的訊息或事件賦予意義。根據以往的研究 (Lederman, 1986; Hewson & Hewson, 1987, 1988) 的建議，研究者認爲必須了解職前教師關於科學、科學教學與學習的看法，才能有效幫助職前教師進行科學教學的準備。Hewson 和 Hewson 認爲職前教師對於科學教育的另有想法，使其無法主動建構知識，這與以建構式的師資培育課程之進行可能會有相互衝突的地方。這種對於教學存在著另有想法之情形，恰如小孩對於科學，亦常存在另有想法。研究者總結這些職前教師對於科學的見解，計有五類：㈠抱持天眞看法的科學：認爲科學是一套知識體系，它包括了對於宇宙間發生的一些現象進行觀察與解釋。㈡實驗—歸納的科學：科學是由已經被證明爲眞的主張所組成。持此一見解者，認爲科學是直接經由實驗與觀察所獲得，藉著理論與假說進行實驗，加以驗證，以確定這些主張是否爲眞。㈢實驗－否證論的科學：科學知識是由無法加以否證的主張所組成。㈣技術取向的科學：科學的活動是爲了改善人類的生活。㈤科學具有三相的過程：所謂的三相，就是⑴先有發展中的理論，⑵針對這些發展中的理論進行檢驗，與⑶被科學社群所接受的說法。其實，科學哲學家對於科學知識的形成與變遷另有其他的見解。例如：孔恩 (Kuhn) 的典範理論，拉卡脫斯 (Lakatos) 的研究綱領及勞丹 (Laudan) 的問題解決之論點，是職前教師較爲陌生的。在總共105個回答（因有些學生的回答超過了一種以上）對於科學的見解之中，有33個回答是屬於天眞的想法，有38個想法認爲科學是具有實驗－歸納的特性。13位職前教師認爲科學知識是經由實驗—否證論的方法而形成，有17位職前教師認爲科學具有改善人類生活的目的，只有4位職前教師認爲科學知識的建立是經由三相的過程。

其次，職前教師對於科學教學的見解分爲二類：㈠教師是知識的源頭，教學就是知識的傳遞。㈡教師是一個引導者，並使得教學成爲影響與介入了解的活動。74位的回答之中，36位職前教師認爲教學就是將知識由教師的頭殼與教科書，傳送到小孩空空的心靈。檢查這些職前教師對於科學與科學教學的見解發現，創造性與想像力似乎皆被忽視了。這些職前教師，基本上，認爲一位有能力的教師，必須準備把知識教給學生。當然，研究者也發現了令人振奮的結果，其

餘的 38 位職前教師即能留意學生的想法。這些職前教師認爲，科學教學應嘗試改變學生的另有想法，提昇學生對於科學的了解。其次，這些職前教師認爲學習是：㈠將知識吸進去，心靈就宛如白板。㈡以現有的理解，企圖將新的訊息或資料賦予意義。㈢一種情意，諸如被引發動機，激發興趣與好奇，或是對於需要的反應。有 31 位職前教師認爲學習是知識的吸入。

持前述見解的職前教師雖並不都同時認爲科學具有發現 (Discovery) 的特性，但二者之間卻有隱藏性的關聯。亦即，有部份職前教師同時認爲科學具備「發現」的特性，卻同時認爲學習就是知識的吸入，個中原因值得深究。然而，亦有 20 位職前教師具有「似建構主義」的見解，這些職前教師認爲爲了使學習發生，新的訊息應與現實的了解有關。

以往職前師資的研究，較少探究職前教師在其進入師資培育學程之際，所帶著的對於學習 (Learning) 之見解。 Agurirre 和 Haggerty (1995) 曾採用了 Hewson 和 Hewson (1987, 1988) 關於職前教師或在職教師可能擁有的教學見解及建構主義的理論作爲其理論基礎，進行研究職前教師對於學習的見解。研究者也引用了 Driver 和 Oldham (1986)「人總是依據其目的與主動建構意義的方式了解事物的道理」的說法。建構主義論者關切的是一個人的意圖、信念、情緒與認知的方式，及辨認先備知識對於現象的感受與詮釋之影響。研究者認爲教學專業應包括教與學，可是，教學總是比學習易於被重視。教育工作者通常認爲如果教得好的話，學習自然會發生。在師資培育學程中，教學也比較受重視。職前教師在歷經八個月的師資培育過程，研究者針對具有大學物理、生物、化學背景的八位職前教師，配合自然科學教學法的進行，針對同一職前教師進行三次的唔談，以找出職前教師在教育過程中，對於教學與學習的見解，及辨認其可能的改變。

Agurirre 和 Haggerty 將前述八位職前教師對於學習的體驗與見解以七個不同的向度表示。這七種向度就是：㈠覺知－未覺知，㈡個人的—公衆的，㈢情意的—中立的，㈣背誦的—有意義的，㈤未外顯的—可溝通的，㈥與情境無關－與情境有關，㈦自動提取—非提取。研究者針對前述這些向度，分別提出以下的解說，這對於職前教師學習觀點的了解甚有幫助。在第一向度中，大部份的職前教師認爲學習具備了非意識的本質，學習是自自然然的發生。有職前教師說：「你做的每一件事都是學習」。「任何一件小事，都是學習」。另外，有一些職前教

師提及「學習是一種有意識覺知的活動」，需要有學習的意願，也需要努力去學。第二向度包括了由個人到較爲社會的特徵，並不是由教師的教導即能學到的。一位職前教師認爲：「百分之九十五是自己學來的，而不是來自教師。」另一位職前教師說：『我們由經驗學到東西，這是不能由教學中得到的。」有幾位職前教師也提到學習是因人而異的，是決定於學習者。另外，也有一些職前教師認爲「學習是一種主觀也是相對的活動，每一個人有他自己的學習方式，對不同的人，學習的意義也可能不一樣。」此外，還存在著較屬於公衆的兩種類型。第一種就是爲了成長，個人必須將已經社會接受的觀念或概念作個人的統整。有一位職前教師認爲將大概念進行整合就是最重要的學習。此一向度的另一種類型認爲「學習就是一種社會責任，也是一種可以傳承的活動」。第三向度是「情意的—中立的」，這有二種非常不同的類型。一半的職前教師認爲學習與情緒有很強的關聯，這些職前教師認爲若是你（妳）能學到一些東西，感覺就很好，反之，若沒有學會，感覺就很不好，覺得失望。另外的職前教師則認爲學無止境，必須有一顆開放的心，甚且，興趣高低也能影響學習效果。「背誦的—有意義的」是學習的第四向度，由涵蓋單純的記憶到觀點的改變皆是學習。「內隱的—外顯的」是學習的第五向度。有一些職前教師認爲學習是內隱的過程，甚至，自己也難以明白到底學到了什麼，只是知道自己的腦袋裡有哪些東西。其餘的職前教師則認爲「當我能教的時候，我才知道我學到了；若我能表達出來，即表示我已經學到了某些東西」。「無關情境－與情境有關」是第六向度。職前教師在此向度的見解可分爲兩類：㈠對於一般的觀念、思考、認知技能、理性／邏輯思考，若沒有情境或內容的幫助，也可以學會，一旦學會之後，也可應用於任何情境、內容。㈡若是經由特定的情境、內容學習前述的認知技能，則由於不同情境間的關聯，及對於有關的訊息與細節之間互動的過程，使得這種情境對於學習者而言較爲眞實，也讓學習者較易於學習。「自動提取－非提取」是第七向度，亦有兩種很明顯的類型。若回憶能自動反應，甚至成爲人的第二天性，即表示學習已經發生。然而，當一個人無法快速的提取，即表示學習尚未發生，也還沒有學好。

五、總結

以上的文獻探討， 除了可作爲本研究的「科學教育」及「科學教育研究」這兩門課程的教學內容與教學策略的理論基礎之外，對於職前教師教學知識與能

力之培育，前述文獻亦能提供具體可用的資料與經驗。例如：職前教師經由建立學習歷程檔案、反省思考，或是經由同儕合作與討論，親自進行試教與教室觀察等以培養其教學知能，這些文獻皆曾作了深入的研究。另外，綜合 Shulman (1986; 1987), Wilson, Shulman 和 Richert (1987) 及 Grossman (1988) 等對於學科教學知識的結構與成份之研究，學科教學知識至少應包括：學習者的知識，教學的知識，課程的知識，教學環境的知識，學科知識等主要成份。可是，職前教師對於這些知識的認知至爲有限。若只是在課堂上講述，沒有經過實際試教或在其他環境下的體驗，職前教師對於與教學有關的知識之認識將至爲薄弱。所以，倘若能安排職前教師實際前往國中試教，提供其廓清和重建科學教學有關的知識之機會，對於職前教師的學習，將很有助益。尤其，任課教授的教學重點，除了在教授「科學教育」的論點之外，也必須著重於示範、解說學科內容知識的教學方式，及相關教學知識的啓發，藉以幫助職前教師體會應如何進行科學教學。倘能如此，職前教師較有可能獲得將理論與實際相互印證的機會，並能有助於其學科教學知識的成長或發展。這種教學情境的實施成效，及對於我國職前教師學科教學知識成長的影響，則是本研究首要研究的問題。

參、方法與步驟

本章主要在敘述研究的進行方法，包括簡介、個案、課程情境及資料收集與分析，分別敘述如下：

一、簡介

傳統的教育科目授課方式，大多僅停留於講述的方式，鮮少讓學生經由討論、撰寫、師生對話或實踐的方式進行學習。甚且，授課的內容大多爲原則式的概述，對於實際的課室情境，實際知識的應用也較少涉及，更由於職前教師對於教學尚缺乏實際體驗之前，即授以過多的教育的知識，常使得教育科目的學習流於形式，未能達到課程的預定目標。尤其，教育科目的內容，常無法與這些職前教師所熟悉的學科知識（物理）的背景相互結合，以致，常使得職前教師無法有效學習教育科目的知識，甚至於產生負面的印象。因此，本研究試圖建立一項新的學習「科學教育」的情境。針對職前教師的學科知識背景及昔日在中小學的學習經驗，並參酌當前的科教研究理論與趨勢，嘗試引導職前教師親身發現應具備

哪些知識與能力，進而努力學習，以具備一位勝任的科學教師所必須擁有的學科教學知識。

二、個案

由於「科學教育」是必修課程，所以八十三學年度第一學期全班有四十五位職前教師（物理系三年級學生）選修「科學教育」，第二學期，仍有二十三位職前教師繼續選修「科學教育研究」，這些職前教師在大一、大二的階段，皆曾修過「教育概論」與「教育心理學」，第二學期修課的學生之中有 15 位公費生，8 位自費生。公費生繼續修「科學教育研究」的比例爲 60 %，自費生則爲 40 %，這些職前教師將在大學四年級時修習「教材教法」與「教學實習」。

三、課程與研究情境

在「科學教育」的授課內容方面，大多採用現行的科教研究文獻加以組織與選擇，提供職前教師課前閱讀，並在課堂中討論及講解。爲了讓職前教師親身體驗科學科目的教學情境，任課教授的課室教學，包含說明、發問、討論、分組、示範、例子、實作、作業、收集資料、回饋等教學活動，並俟機說明爲何以這樣的方式進行教學，俾職前教師獲得一些關於科學教學全面的認識與反省。也曾示範多項科學活動，諸如：大氣壓力、壓力與浮力等，提供職前教師對於科學概念學習情境的理解。此外，在第一學期「科學教育」的上課之初，每位職前教師皆需逐次填寫三種問卷。「教學知識問卷」是提供職前教師對於其所擁有的「教學」知識進行自我省察。「教師知識問卷」則是爲提供職前教師思索教師所應具備的知識，並設定自我追求的學習目標。另外，每位職前教師也需填寫「科學本質問卷」，藉以探索職前教師對於科學的了解。事實上，這三份問卷除了收集這些職前教師對於「教學」、「教師知識」與「科學」的先前見解之外，也提供職前教師思考與發現，即使對於習以爲常的「教學」這一個概念，希欲具體化的表示或加以圖示，並不是一件容易的事。在「科學教育」的修習過程中，研究者（任課教授）也經常提及科學教師應該如何進行教學與教學的反省，「教師」應擁有哪些「知識」，及對於「科學」應有哪些認識，並提供職前教師反省思考與主動建構關於前述這三個領域知識的機會。此外，任課教授也自行撰寫一份「職前科學教師學習教學檔案的研究」講義，向職前教師說明這一學年「科學教育」

與「科學教育研究」的課程設計、教學目標，及每位職前教師應完成的作業、工作，及評量的依據等。在第一學期末，每位職前教師皆需繳交一份「學習教學的檔案」，內中收集的成品包括全學期所完成的問卷、作業，及自行收集的資料、整理、批判與反省。研究者在期末並與每位職前教師進行大約 20 分鐘的晤談，俾系統化的探求全學期的授課內容對於職前教師學科教學知識的影響。

爲提供職前教師「如何教科學」的學習情境，第二學期的「科學教育研究」的授課，係以安排職前教師親赴國中試教爲主軸。爲提昇職前教師對於教學情境之了解，在試教之前，進行四種錄影帶的教學，錄影帶的內容包括：合作學習的教學、教室觀察要領、大四學生及實習教師的實地教學。此外，爲減少赴校外試教的實地困難及提供職前教師進行小組合作學習的機會，將二十三位職前教師分派爲五組。關於試教的準備與實施，則分爲二階段。第一階段，每組中有一人必須在全組的討論同意之後選定某一單元，並進行教學準備，然後，由每組中的一位職前教師在「科學教育研究」課中進行三十分鐘的微試教，將擬赴國中試教的內容、要旨、擬用的教學方法及所必須考量的問題先向全體職前教師報告，並接受全體職前教師的批判與討論。此一程序除可提供擔任試教的職前教師學習與教學有關的知能之外，亦可提供同組內擬赴國中試教的職前教師觀摩，與試驗有關的教學想法、準備、內容、活動的機會。第二階段，是由每組的一位職前教師，以該組曾經在「科學教育研究」課中試教，且經批判過的教案，赴國中試教一小時。組內其他未擔任試教的職前教師則擔任教案撰寫、教學觀察與試教分析等工作。對於試教的安排與進行，每一組的職前教師在由任課教授處獲得願意提供試教班級的國中教師名單之後，即由各組的職前教師分別與擬前往試教的指導教師聯繫，並自行安排與前述的指導教師面談與教室參觀，藉由職前教師與國中教師的互動，提供職前教師對於國中教學的概況，包括：教學進度、內容，班級與學生的特性，特別是國中教師的想法與需求等之了解，並據此擬定試教的教學計畫。第二學期末，同樣，再進行「教學知識問卷」、「教師知識問卷」的問卷填寫，及任課教授與各小組大約一小時的期末晤談。

四、資料收集與分析

本研究的主要資料，包括㈠23 位職前教師所填寫的三種問卷，「教學知識問卷」、「教師知識問卷」、「科學本質問卷」㈡職前教師完成的學習檔案㈢研

究者與職前教師的兩次期末晤談，及不定時的非正式晤談㈣職前教師對於試教的準備與實際表現、試教後的分析，及國中指導教師對於試教與職前教師試教表現之見解㈤職前教師期末報告中有關於其組內同儕的分工合作，試教的教學準備與解決問題的過程㈥及職前教師在「科學教育」與「科學教育研究」的修課之學習情形。資料的分析主要包括下述三個面相：㈠在研究過程中，研究者即先根據職前教師所填寫的問卷加以分析，並藉以了解這些職前教師對於教學成份及教師知識的見解及有關的表達。倘有回答不夠具體或清晰時，即請職前教師再予補充，並請這些職前教師說明何以做這樣的補充回答。㈡晤談的目的與發問的問題，除了爲提供職前教師對於前述回答問卷的說明之外，也更深入的問到一些與教學、科學教學有關的問題，期能深入了解職前教師的想法，並藉以檢驗職前教師在問題與晤談所表現的一致性之程度。㈢此外，在第二學期的試教當中，在於擬發現職前教師是如何應用教學與科學教學的見解於實際的課室教學之中。凡此，皆可交互審核職前教師的想法與作法，這些想法與作法就是學科教學知識的內在與具體的呈現。所以，經過這些不同的資料來源與數據分析，有關職前教師的學科教學知識之內涵與表現才能獲得確認。

肆、結論與討論

經由八十三學年上、下學期，研究者（任課教授）在「科學教育」與「科學教育研究」授課過程所收集的資料，對於職前教師關於科學教學的認知與學習表現及對於科學教學的學習情境之反省，獲得下列的結論：

一、大部分的職前教師對於教學的認知尚屬於理論式的認知，少部份的職前教師能達到實踐的程度。

大多數的職前教師對於教學，不論在問卷填寫，晤談或參與試教的表現，皆呈現實證觀點的傾向。大多只是粗略的描述，對於教學有關的概念或實務，缺乏建構主義的意涵及深入解說的方式。另外，對於任課教授所安排的科學示範活動，這些職前教師認爲這樣的教學情境很能提供他們對於科學概念的理解與新的體驗，卻不見得能體會這些示範活動同時也是爲了提供這些職前教師建構新的科學教學見解之機會。誠然，欲提供職前教師合適的情境，建構教學、學習的見解，需要的時間長短不一 (Clarke, 1994) 。對於大部分的職前教師，往往須要一

段較長的時間，且應在合宜的情境中，才能學到一些與教學有關的知識或技能。Harrington (1994) 認爲提供不同的形式、情境的刺激，才能增強職前教師的反省。整體而言，這些職前教師對於科學教學的認知，大多尚停留於初期的階段。可喜的是，亦有少數的職前教師，表示對於「學習如何教學」獲得了新的體驗。小松在以實驗活動的方式進行試教後之期末報告即這樣寫著：

> 這個課程給我們的就是一個機會，一個實際上做驗證的機會。驗證我們自己所學的東西，發揮出來的功能是什麼。我們學了教育課程裡所講的方式和理論，我們就實際用來解決問題，看對學生有沒有什麼幫助？我驗證了上學期老師講的建構主義教學，對學生的實驗來講，會比現在傳統式的實驗方法來得有趣，而且會吸引學生的注意。

其實，小松是五位試教者之中唯一能安排實驗活動，提供國中學生學習的職前教師。換言之，在選擇與安排教學活動而言，他是一位實踐者，其餘的四位職前教師仍選擇以講述的方式，作爲其教學的主要活動。若以學科教學知識而言，大部分的職前教師只能做到講述學科知識，並無法將教學知識與學科知識做適宜的結合。

二、職前教師對於教學成分的先前認知，共可分爲下述幾項：學生程度（15 位）、教材內容（14 位）、教師的角色與功能（10 位）、教學成果與評量（10 位）、教師的學識與能力（6 位）、學習環境（6 位）、師生雙向交流（4 位）等主要項目。

在可以重複填寫的情況下，括號內的數字是表示提及該項的職前教師人數。在 23 位職前教師之中，有 13 位職前教師能以圖形表示教學所應包括的成分，其中又有 4 位以譬喻說明教學。另外，有 10 位係以文字敘述教學的成分，其中，有 5 位以譬喻表示教學的成分。這些譬喻有：作菜，教師有如程式設計師，放風箏，釣魚，師生之間像鎖鑰，開車等。職前教師所繪製的圖形，大多僅表示這些譬喻的內容，並未能以較有內涵或是較合適的模型顯現教學相互關聯的成分。整個而言，較令人注意的是，有 19 位職前教師認爲教學應考慮學生的程度 (15 位)、學習意願及先備知識 (4 位)，也有 12 位職前教師著重於教師在教學中的角色與功能 (10 位) 及應具備的能力 (2 位)。另有 14 位職前教師認爲教材內容與知識

的傳授是教學所不能忽視的環節。在 10 位提及教學成果與評量的職前教師之中，有 4 位認爲生活經驗與知識的應用至爲重要。此外，亦有 7, 6, 4 位職前教師分別提及教學方法、學習環境、教學目標皆是教學的成分。至於，這些職前教師教學知識的來源主要有：㈠家教經驗（ 7 位），㈡高中以前的求學經驗（ 13 位），大學的求學經驗（ 5 位）。其他的職前教師則表示，具有教育意義的電影，生活經驗，課外資料，及校園事件等亦能提供他們對於教學的認識。這些教師對於教學的先前認知尚稱豐富，然而，對於這些教學成分彼此間的關聯與相互影響的關係，則鮮少能如國外的文獻 (Lederman, Gess-Newsome, & Latz, 1994) 所呈現的圖示或敘述那麼地清楚與完整。亦即，職前教師對於教學成分間相互關聯的概念缺乏整體的了解與描繪，這些職前教師的教學知識仍屬於片斷或是事實概念的層次，沒有到達系統或結構化的的概念之程度。

三、大多數的職前教師對於與教學有關的知識之獲得，仍習於被動接受，缺乏主動的追求，少數的職前教師認爲經由示範與試教，其教學的見解能獲得顯著的改變。

雖然，學生缺乏主動學習的說法可適用於各不同的知識領域的學習。可是，科學教師的教學知識與能力應以能在課室中呈現出來最爲重要。甚且，師資培育的目的，即應著重於理論與行動的統整，而不僅僅是對於理論的理解 (Keiny, 1994) 。這些職前教師經常以教科書或教授的用語作爲其對於教學的認識之說明，鮮少能根據自己的體驗，建構起對於教學的認知。另一方面，職前教師常缺乏實際的情境供他們體驗，對於未知的情境缺乏眞確設想與預測的能力。顯然，一些教育科目的傳統教學方式，深深影響職前教師對於與科學教學有關的科目之學習方式與成果。第一學期末， 23 位職前教師當中，雖然有 10 位表示其對於教學成分有一點點補充或不同，然而，大多數的職前教師面對其「教學的見解是否有所改變」的問題，皆感無法回答。可能之一的理由，應是在第一學期時，提供職前教師對於教學見解改變的情境，欠缺足夠的衝激和影響。整體而言，在歷經一年的「科學教育／研究」之學習，這些職前教師雖大多認爲這樣的課程安排，他們表示滿意，也感覺新鮮、不錯。然而，比較職前教師在修課前後，對於教學與教師知識的認識與實際的表現，僅有少數職前教師有明顯的變化與成長。例如：阿源即曾在期末報告這樣寫著：

我覺得修這門課，在教育科目裡面是一種很特別的教法啦！以前上那一些條文啦！就一直背就好了。這一門課最好的就是提供給人有思考的空間，你可以思考一些問題啊！譬如說老師上學期有做那一些示範實驗，沒想到上課也可以用這種教法。可提供一種新的方式來上課啦！

對於下學期試教及試教前的教室觀察，大多數的職前教師皆認爲對於教學的認識很有幫助，少數的職前教師直言，試教的參與是一學年的修課當中，對於其教學的見解最有顯著改變的一個階段。小伯對於任課教授在第一學期的示範實驗的見解改變，顯示了試教的功能。小伯說：

我記得上學期老師講了很多實驗，然而那些實驗，我覺得老師大部分偏重在那些理論的顯示！就是那些實驗爲什麼會那樣？可是，我想那些原理，一般來講我們大學生彼此討論一下，大概就能知道爲什麼會那樣。我覺得，老師應該著重這個實驗你應怎麼把它講的很清楚，譬如說，對國中生的話，怎樣能把這個實驗很完整、很清楚的交代給中學生。我覺得，如果把它著重在這個地方可能會比較好。

小伯又說：

上學期上的那些實驗，感覺上學到的只是那些實驗原理而已，想到的也只有那些實驗原理，可是到下學期實際去教的時候，就遇到了一個困難，就是如何把自己知道的東西，再轉出去啊！

其實，研究者即有意經由示範科學實驗，提供職前教師體會科學教學應注意些什麼，這樣子的用心，終於在小伯試教之後他才能深切體會。小伯認爲研究者／任課教授在示範之後，應以國中生能懂的語言說明，才能讓職前教師學到如何教學。這眞是令人愉快的發現，因爲小伯終於發現了“情境化”的重要性！此外，阿銘則提及與任課教授的晤談，以及將錄音帶轉錄成文字時，對於其思考的重組統整很有幫助。阿銘說：

這堂課，我覺得最好的還是面談啦！尤其是做轉錄的時候，覺得很煩很累，可是做一做覺得自己想要的思考模式大概都有了！發現當初回

答老師的問題，只是一種直接反應，老師問什麼，就講什麼。可是，回去做轉錄的時候，可以去思考一些問題，再想一想，大概的思考方向就有了。

四、職前教師對於教師知識的見解及對於學生的關注與學習責任的歸屬，和國外研究文獻相較，得到一些有趣的結果與明顯的差異。

正如 Cochran, DeRuiter, 和 King (1993) 的研究，這些職前教師也同樣認爲對於學生的了解，學科內容知識，及教學知識是一位科學教師所不能缺少的知識。本研究中，有 14 位職前教師認爲專業知識就是學科知識。其實，就大多數科教的學者／研究者目前的共識，教師的專業知識應就是學科教學知識。換言之，專業知識除了包括學科知識之外，至少，也應包括教學知識。然而，這些職前教師，卻將專業知識直指學科知識，此一想法很可能影響及其對於與教育科目有關的學習意願與成就。再者，在 23 位職前教師之中，有 20 位認爲教師應具備學科知識，但是，也同樣有 20 位職前教師認爲與生活經驗有關的生活知識及一般常識，足以提供學生生活與成長的參考，也是教師不可或缺的知識。這與國外師資研究文獻的結果頗不相同。顯見，我國的職前教師認爲生活知識、經驗與教學或學習的關係非常密切，這是否因我國教師對於學生較爲關心，或是我國教師的關懷層面與方式不同於國外教師，國外的教師，一般而言，認爲學習應是屬於學生自己的事，反之，國內的教師對於學生的學習責任往往涉入過深。自另一方面言，我們的教育內容經常只著重於學科知識，對於一些青年學生生活上、成長過程所遭遇的問題，常缺乏實際的引導，以致，學生必須依賴或殷切期盼教師多做一些生活體驗的分享與關懷。凡此，皆值得師資培育工作者深思。另外，有 14 位職前教師認爲教師必須具備輔導的知識，包括學生心理與行爲的輔導，其中，有 2 位職前教師提及學業的輔導，有 4 位職前教師談到與教學情境有關的知識。由此，亦可看出，由於大多數職前教師忽略教學知識的追求，這對於其學科教學知識的成長是頗有影響的。

五、職前教師初次面對試教，對於與教學有關的教學與行動，常以學生是否能接受或是喜歡爲首要考量，雖有意引起學生興趣，然而，成效尙難達理想。

這些職前教師的教學內容常是以自己熟悉的內容爲主，強調邏輯性的推理與解說。教學方式則常以講述的方式進行，只有一位職前教師以實驗活動進行教學。然而，上課之前的準備及上課的進行，尙能注意如何引起國中學生的興趣，取材也能考慮國中學生是否能接受。對於教材準備，這些的職前教師表現較令人滿意。每一組皆能自行找時間，聚會、討論教學活動的設計與進行，並擇定專人負責各項工作，諸如：教案撰寫、準備教具、教學觀察與試教後的分析。小松那一組更能以實驗活動進行，他們利用竹筷、螺絲帽、細線等，設計成「三層式」的槓桿，很得學生的喜歡。另外，爲了引起學生學習的興趣，在國中試教的課室表現中，有兩位職前教師花了相當多的時間，談些輕鬆與簡易的話題。就概念解說的角度而言，卻失之於鬆散，甚至於離題。至於，有關試教後的反省，職前教師除了討論教學內容知識的呈現與合適性之外，對於國中學生在上課的參與和反應非常在意。惟，大多數的職前教師對於自己的教學表現皆表示滿意，認爲國中學生應能聽懂他們的教學內容，也喜歡他們的試教。至於，國中學生對於這些職前教師的表現之評價如何呢？小松之實驗進度最受學生之歡迎。下課之前，研究者與那一班的學生曾做了短暫的問答：「今天這樣的實驗活動，你們喜不喜歡？」同學皆表示喜歡。原因有四：因爲沒有壓力，好玩，及老師教得好，他（職前教師）上課，我們（國中學生）聽得懂。

六、職前教師的試教，顯現其所擁有的學科教學知識至爲不足，且大多以簡化或零碎的方式呈現科學概念，國中學生難以獲得概念上的學習、啓發與深層思考的機會。

五位赴國中試教的職前教師，對於試教的準備雖至爲用心，可是，觀其實際表現卻暴露了初學者的特質，無法將其所學的教學知識與學科內容知識合宜的呈現，也鮮少看出有學科教學知識的呈現。以小偉爲例，小偉在上課之初，即以一連串的問題，『看過摩托車的舉手？』，『會騎機車的舉手？』，『被載過的舉手？』，『什麼牌子的車？』，『摩托車的結構有那些？』，『同學滿十八歲

否？要戴安全帽！』……等，直到引入『計速器』上， 已花費了約十三分鐘，才進入主題。即使是以引起動機而言，前述這些問題也嫌過分冗長，且部份與主題無關，對於上課時間的運用未能加以掌握。當然，小偉在上課中能利用摩托車上的『計速器』來引入速度（其實應爲速率）的觀念，並問學生：『班上一百米誰跑最快？』，『四百米接力賽跑需幾秒鐘才跑完？』……等，將學生在日常生活中的經驗與主題結合，是符合認知理論中將新主題與先備知識聯結以利於學習的作法。

小偉在講解速率的時候， 只在黑板上寫出『速率＝△L／△T』並隨口唸出△(delta)，可是並未針對此一符號加以說明，以致學生無法理解△L，△T的意義。同樣的情形，也發生在阿閔對於速度變化△V的說明。阿閔在黑板上繪出V-T座標圖後，並沒有引導學生思考在圖形中應如何表示△V，並藉以了解初速、末速、速度變化在圖形中的表示及其意義。

另一位職前教師小松試教時是以「三層槓桿」的實驗活動，提供學生對於平衡概念的學習。然而，小松整節課的說明都圍繞在轉動平衡的觀念上。一再強調：當作用於槓桿的順時針力矩等於逆時針力矩時，槓桿能達到平衡狀態。可是，就「三層槓桿」的設計而言，整個器具能夠達到平衡狀態的重要條件，除了合力矩＝0之外，其實，合力＝0也是一個重要因素。因此，既然利用「三層槓桿」，應同時強調合力＝0與合力矩＝0的聯合效果，不能只著重於合力矩＝0的說明。

時間掌握不當，概念的說明與呈現，缺乏清晰的思路，對於相關的科學概念缺乏統整性的說明，及對於學生的理解至爲不足，是教師職前教師試教時明顯的缺失。顯然，以學科教學知識的角度而言，這些職前教師的成長仍屬非常有限。

七、職前教師對於「科學教學」學習情境的認知與感受，常深受傳統積習與文化的影響，面對課程期望與目標的調適常感困難，也缺乏有效的解決問題能力。

前述職前教師這些傾向與態度，充分表現於在問卷撰寫、完成的學習歷程檔案及進行試教的過程。由於這些作業（任務）的完成對於職前教師而言，皆屬首次的嚐試，所以，爲完成這些工作，職前教師常須摸索一段很長的時間，甚至，需要任課教授一再的說明與提示。然而，最有效的方法之一應莫過於直接與任課

教授討論（ Gunstone *et al.*, 1993 ），可是， 這些職前教師卻常捨棄此一途徑，以致，常錯失學習的機會，甚至，做成不適切的決定。例如，職前教師在開學之初，對於要填寫的問卷大多感到困難。認爲問題太廣，太抽象不知從何寫起，若欲以圖形、模型表示，則更感困難。小葉即這樣表示：

> 我一直不瞭解老師題目的意思是想要我們表達什麼？像有一題是問“教師的知識”是什麼？在還沒動筆之前，我認爲教師的知識就是老師腦子裝的那些專業知識啊！可是，我又想，這是因人而異的啊！每一個人有每一個人的知識啊！那時候覺得要以文字表達出來，非常困難，因爲把它想的很抽象，所以我就遲遲無法下筆啊！其實，我抓不住老師到底想要問什麼？直到上次老師給我們看的投影片，發現老師原來要我們寫的就是那一方面的。

雖然這些職前教師在填寫問卷時曾遭遇了這樣的困難，可是，就是少有職前教師主動向任課教授發問或請求說明，僅以完成填寫爲己足。類似的情形也發生於在與國中教師聯繫試教事宜這一件事。在職前教師與國中教師面商有關試教的安排時，職前教師即依其對於國中教師的刻板印象，解讀國中教師的言語。阿淵說：

> 一去的時候，國中教師臉上就帶著那「詭異」的笑容說：平常我上課的時候有兩種教法，一種是傳統的教學法，另一種是建構主義的教學法，我不知道你們想用哪一種？我們就回答他說：我們想，還是用傳統的教學法啦！他一開始講話還很緊張，在我們跟他這樣講以後就比較輕鬆了。一開始他還一直跟我們講說，你們只有來一節課以後就不來了。意思就是說，我們來一節，若教不好，爛攤子要留給他收。我覺得他有那個意思啦！

當然，國中教師有可能認爲試教的意旨乃在於讓職前教師對於教學有所體會，或是惟恐在職前教師試教之後，還需要再行補充教學內容，遂有意告知職前教師，不要高估學生的能力，一節課不要涉及太多的題材，且最好延續他原來的上課方式、進度與內容，不必有別於國中教師的教法，以免國中學生無法適應，，一些職前教師即依國中教師之意進行教學。事實上，當職前教師心中有這樣的疑

惑時，應與任課教授商討，再解讀國中教師的語言或是做有關的決定。所以，當職前教師面臨各項問題時，常因經驗的不足與理論的薄弱，無法辨識問題的本質，且缺乏與任課教授討論的習慣，致而無法適時提出合宜的解決方案，甚至，錯失一些學習與深度思考的機會。

綜合前述，大部分的職前教師，對於學科教學知識已具備初步的認識，惟，爲更有效地培養職前教師的學科教學知識，在師資培育學程中，宜重新檢討科學教師所應具備的知能及其培育的方式，特別是對於知識本質的認識，獲取知識的方法與學習策略等課程，皆是幫助職前教師學科教學知識發展所不可缺少的。

伍、對於師資培育課程的意義

本研究旨在經由「科學教育」與「科學教育研究」這兩門課程，提供物理系大三上學期 45 位，下學期 23 位的職前教師認識科學教學與學習如何進行科學教學。經由理論的引介、講解，提供科學教學示範活動、觀察錄影帶教學、以小組合作的方式進行國中課室教學的參觀與實地試教，並以建立教學檔案的方式展現其對於教學認識的內涵與行動及蛻變過程。任課教授／研究者也曾對於試教提出分析與回饋。如此安排，意欲提供職前教師在師資培育過程中，儘早獲得對於科學教學見解的認識與形塑的機會。並對於其長久以來所懷抱的教學見解或進入大學二年多來所學習的教育知識與學科知識的辯正、釐清試驗與整合。其次，對於一些科教研究結果在師資培育的應用，仍應仔細的加以選擇與組織，才能獲得實際的成效。例如：對於以小組合作的方式撰寫教案，應如何才能有效會聚小組成員的心智，完成試教者所需要的教案，即須確實的訓練，否則常只是偏勞少數一、二人，其他的職前教師並未能經由此過程得到助益。另外，職前教師對於閱讀文獻或理論的講解常感無趣，以致，影響其對於教學認知的廣度與精緻。

倘若能將職前教師置於一種有目的、有目標，讓他們覺得有學習的需要與價值，並容許其有自由與創造，提供其實踐與想像的機會，這就是一種合宜的科學教學的學習情境。當然，針對職前教師的學習經驗與學習特性，任課教授的課程內容與實施方式亦應有相當程度的結構，職前教師才易於有所體會與跟隨。 Clermont, Krajcik, 和 Borko (1993) 曾利用於在職進修的方式：提供理論基礎、示範、練習、給予回饋等四個步驟，應可作爲職前教師學習科學教學的參考。 此外，王澄霞、劉奕昇 (1994) 將大二學生置於 STS 的情境，輔助學生自己設計及

參與單元活動的研究，發現對於提升學生學習新知的能力甚爲有效。

其次，職前教師經常以先前的求學經驗作爲其教學的重要參考。尤其，中學階段教師的教學方式更常成爲其試教的示範，卻較少借助於大學階段的求學經驗。其實，每位職前教師對於中學階段的科學教學的確或多或少皆能留下一些印象，然而，對於其中學教師的教學理論 (Personal knowledge) 卻不見得有確切的了解，常只是成爲職前教師對於其中學的學習經驗之自我詮釋而已。所以，若能安排職前教師返回其原來就讀的中學，並與其中學教師作一些科學教學的了解與探討，對於職前教師建立其教學的認識與教學能力的培養，應有相當程度的幫助。

職前科學教師因已有數年學習物理的時間，思考模式可能已相當程度地受到科學定律的影響，認爲針對某一現象，必僅能有某一（些）定律可加以解釋 (Baird *et al.*, 1991)，卻少思考科學定律的出現，其實是科學家所建構出來的。因此，面對教學的現象或行動，問其原因或其所根據的理論，常無法經由其自身的體驗予以回答，只是習於套用現成的說法，甚且對於自己的說法，也經常無法作進一步的解說。所以，欲改變職前教師對教學的見解，或將一些革新的教學知識深植於職前教師之心中，也許，可以先從中、小學的科學教學注入這些革新式的教法，俟這些學生日後有機會進入師資培育學程，再設法引起他們的舊經驗並進一步予以強化，這將是師資培育得到徹底改革成功的時刻。

職前教師常認爲師資培育學程中的教育科目過於理論化，他（她）們殷切盼望能學到立即可以應用於課室教學之中的“東西”，並不是那種理論化的闡述。顯然，目前師資培育中的教育科目，既令職前教師得到負面印象也常缺乏成效。改善之道有二：酌減一般教育的學分，增加與學科背景及課室教學等專業知識與能力有關的科目。其次，就是儘早實施實際課室觀察與教學演練的科目，以提早或增加職前教師獲得課室教學的經驗，並提供其學科教學知識成長的機會。國內學者鄭湧涇 (1987) 認爲培養「生物科必備教學能力」最具功效的課程是「生物教材及教法」和「教學實習」科目，且指出應加強這類科目的學分及內容來取代一般性的教育專業科目學分。如此作法，皆係以培育職前教師學科教學知識爲目標。 Rodriguez (1993) 也曾指出師資培育學程應設法讓職前教師能容易的將班級經營的原則及引起學生的學習興趣之教學策略應用於課室教學。換言之，職前教師的培育是否有可能得到類如實證觀點的效果，在學會「 A 」之後，即能完成

「B」？這其中的條件是什麼？實須加以研究。

Vygotsky's (1978) 所強調的鷹架 (Scaffold) 理論，可作爲協助職前教師學習「如何教學」的知識與能力之參考。Vygotsky 強調：在孩童的知識發展過程中，若成年人能與孩童一起進行工作，建立鷹架，以顯示工作的結構及補充孩童發展中的能力並完成工作。若孩童繼續參與這項學習情境，且讓他們慢慢承擔更多的學習，這樣的學習情境非常有效。同樣的，由於職前教師欠缺足夠的教學經驗，他們的情形就有如孩童面對新科目的學習。職前教師對於任課教授一些教學上的見解與作法，在短時間內或是缺乏足夠的輔助下，很難產生滿意的回應，學習成效也很不理想。因此，提供合適的情境、實況，並逐步讓職前教師體驗學科教學知識的內涵與提升其在科學課室教學實際的表達能力，應是今後師資培育學程不能忽視的焦點問題。參考最近由 National Research Council 所出版的 National Science Education Standards，內中有關科學教學與教師專業成長等標準的說明與探討，足供所有科教工作者與研究者的省思。

六、謝辭

本文及本研究的完成，承國科會八十四年度專題計畫經費補助 (NSC84-2513-S-018-003)。發表過程，又蒙審查委員惠賜寶貴意見，對於本文之精煉與品質之提升甚有幫助，謹此致謝。

參考文獻

1. 王澄霞 (1995)：STS 活動中之「學」與「教」，《科學教育學刊》第三卷第一期，115-137。
2. 王澄霞、劉奕昇 (1994)：臭氧層破洞單元活動：大二學生，《中華民國第十屆科學教育學術研討會論文彙編》，1-35。
3. 郭重吉、江武雄 (1992)：從協助建構意義的觀點探討國中理化教學的改進 (I)，《國科會專題研究計畫成果報告》，1-97。
4. 鄭湧涇 (1987)：生物教師必備教學能力研究，《中華民國七十五年度科學教育學術研討會論文彙編》，1-25。
5. 熊召弟 (1994)：虎克先生的科學教室，《科學教育學刊》第二卷第一期，115-137。

6. Abell, S. K., & Smith, D. C. (1994). What is science?: Preservice elementary teachers' conceptions of the nature of science. *International Journal of Science Education, 16*(4), 475-487.
7. Aguirre, J. M., Haggerty, S. M., & Linder, C. J. (1990). Student-teachers' conceptions of science, teaching, and learning: A case study in preservice science education. *International Journal of Science Education, 12*(4), 381-390.
8. Aguirre, J. M., & Haggerty, S. M. (1995). Preservice teachers' meanings of learning. *International Journal of Science Education, 17*(1), 119-131.
9. Anderson, D. D., Anderson, B. L., Varanka-Martin, M. A., Romagnano, L., Bielenberg, J. Flory, M., Mieras, B., & Whitworth, J. (1994). *Issues of curriculum reform in science, mathematics and higher order thinking across the disciplines.* Washington, D. C. : U.S. Government Printing Office.
10. Baird, J. R., Fensham, P. J., Gunstone, R. F., & White, R. T. (1991). The importance of reflection in improving science teaching and learning. *Journal of Research in Science Teaching, 28*(2), 163-182.
11. Barton, J., & Collins, A. (1993). Portfolios in teacher education. *Journal of Teacher Education, 44*(3), 200-210.
12. Clarke, A. (1994). Student-teacher reflection: Developing and defining a practice that is uniquely one's own. *International Journal of Science Education, 16*(5), 497-509.
13. Clermont, Krajcik, & Borko (1993). The influence of an intensive in-service workshop on pedagogical content knowledge growth among novice chemical demonstrators. *Journal of Research in Science Teaching, 30*(1), 21-43.
14. Cochran, K. (1992). *Pedagigical content knowledge: Teachers' transformations of subject matter, research matters.... to the science teacher* (Monograph of the National Association for Research in Science Teaching, No. 5). Manhattan: Kansas State University.

15. Cochran, K. F., DeRuiter, J. A., & King, R. A. (1993). Pedagogical content knowing: An integrative model for teacher preparation. *Journal of Teacher Education, 44*(4), 263-272.
16. Collins, A. (1992). Portfolios for science education: Issues in purpose, structure, and authenticity. *Science Education, 76*(4), 451-463.
17. Collins, A. (1993). Performance-based assessment of biology teachers: Promises and pitfalls. *Journal of Research in Science Teaching, 30*(9), 1103-1120.
18. Colton, A. B., Sparks-Langer, G. M. (1993). A conceptual framework to guide the development of teacher reflection and decision making. *Journal of Teacher Education, 44*(1), 44-54.
19. Craig, M. T., & Yore, L. D. (1994, April). *Portfolios and new teachers.* Paper presented at the 42nd NSTA national convention, Anaheim, CA.
20. Dana, T. M., Tippins, D., & Kamen, M. (1994, March). *Critical constructivism and stance as referents for understanding portfolios in the education of prospective teachers of science: A multi-site case study.* Paper presented at the 1994 annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Anaheim, CA.
21. Driver, R., & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education, 13*, 105-122.
22. Gallagher, J., & Tobin, K. (1985). *Teacher management and student engagement in high school science.* Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, French Lick Springs, IN.
23. Gess-Newsome, J., & Lederman, N. G. (1993). Preservice biology teachers' knowledge structures as a function of professional teacher education: A year-long assessment. *Science Education, 77*(1), 25-45.
24. Grossman, P. L. (1988). *A study in contrast: Sources of pedagogical content knowledge for secondary English teacher.* Unpublished doctoral dissertation, Stanford University, Stanford.

25. Gunstone, R. F., Slattery, M., Baird, J. R., & Northfield, J. R. (1993). A case study exploration of development in preservice science teachers. *Science Education, 77*(1), 47-73.
26. Harrington, H. (1994). Teaching and knowing. *Journal of Teacher Education, 45*(3), 190-198.
27. Hashweh, M. (1985). *An exploratory study of teacher knowledge and teaching: The effects of science teachers' knowledge of subject-matter and their conceptions of learning on their teaching.* Dissertation Abstracts International (AAC 8602482), *46*(12), 3672A.
28. Hatton, N, & Smith, D. (1995). Reflection in teacher education: Towards definition and implementation. *Teaching and Teacher Education, 11*(1), 33-49.
29. Hewson, P. W., & Hewson, M. G. A. B. (1987). Science teacher's conceptions of teaching: Implications for teacher education. *International Journal of Science Education, 9*(4), 425-440.
30. Hewson, P. W., & Hewson, M. G. A. B. (1988). An Appropriate conception of teaching science: A view from studies of science learning. *Science Education, 72* (5), 597-614.
31. Hewson, P. W., Kerby, H. W., & Cook, P. A. (1995). Determining the conceptions of teaching science held by experienced high school science teachers. *Journal of Research in Science Teaching, 32* (5), 503-520.
32. Johnston, S. (1994). Experience is the best teacher; or is it? An analysis of the role of experience in learning to teach. *Journal of Teacher Education, 45* (3), 199-208.
33. Keiny, S. (1994). Constructivism and teachers' professional development. *Teaching and Teacher Education, 10* (2), 33-49.
34. Kuhn, T. S. (1970). *The structure of scientific revolutions.* Chicago : University of Chicago Press.
35. Lederman, N. G. (1986). Relating teaching behavior and classroom climate to changes in students' conceptions of the nature of science. *Science*

Education, 70 (1), 3-19.

36. Lederman, N. G., Gess-Newsome, J., & Latz, M. S. (1994). The nature and development of preservice teacher's conceptions of subject matter and pedagogy. *Journal of Research in science Teaching, 31* (2), 129-146.
37. Leinhardt, G., & Smith, D. A. (1985). Expertise in mathematics instruction: Subject matter knowledge. *Journal of Educational Psychology, 77*, 241- 271.
38. Louden, W., & Wallace, J. (1994). Knowing and teaching science: The constructivist paradox. *International Journal of Science Education, 16* (6), 649-657.
39. Magnusson, S., Borko, H., Krajcik, J., & and Layman, J. (1992). *The relationship between teacher content and pedagogical content knowledge and student content knowledge of heat energy and temperature.* Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Boston.
40. Mason, C. (1988, April). *A collaborative effort to effectively evolve pedagogical content knowledge in perspective teachers.* Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Lake of the Ozarks, MO.
41. National Research Council (1996). *National science education standards.* National Academy Press, Washington, D. C.
42. Osborne, R., & Wittrock, M. (1985). The generative learning model and its implications for science education. *Studies in Science Education, 12*, 59-87.
43. Pines, A. L., & West, L. H. T. (1986). Conceptual understanding and science learning : An interpretation of research within a source -of -knowledge framework. *Science Education, 70* (5), 583-604.
44. Pultorak, E. G. (1993). Facilitating reflective thought in novice teachers. *Journal of Teacher Education, 44* (4), 288-295.
45. Rodriguez, A. J. (1993). A dose of reality: Understanding the origin of

the theory/ pratice dichotomy in teacher education from the students' point of view. *Journal of Teacher Education, 44* (3), 213-222.

46. Schön, D. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action.* New York; Basic Books.
47. Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher, 15* (2), 4-14.
48. Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review, 57* (1), 1-22.
49. Shulman, L. S. (1990). *Aristotle had it right: On knowledge and pedagogy* (Occasional paper no.4). East Lansing, MI: The Holmes Group.
50. Stofflett, R. T. (1994). The accommodation of science pedagoical knowledge: The application of conceptual change constructs to teacher education. *Journal of Research in Science Teaching, 31* (8), 787-810.
51. Tamir, P. (1988). Subject matter and related pedagogical knowledge in teacher education. *Teaching and Teacher Education, 4*, 99-110.
52. Tobin, K., Tippins, D. J., & Gallard, A. J. (1994). Research on instructional strategies for teaching science. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp.45-93). New York: Macmillan.
53. Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society.* M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner, & E. Souberman (Eds.). Cambridge, MA: Harvard University Press.
54. Wheatley, G. H. (1991). Constructivist perspectives on science and mathematics learning. *Science Education, 75* (1), 9-21.
55. Wilson, S. M., Shulman, L. S., & Richert, E. R. (1987). "150" different ways knowing: Representations of knowledge in teaching. In J. Calderhead (Ed.), *Exploring teachers' thinking.* New York: Taylor and Francis.

The Development of Preservice Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge

Huey-Por Chang
Department of Physics, National Changhua University of Education

Abstract

The purpose of this study was to examine the effect of both a science education course and a science education seminar on the growth of preservice teachers' pedagogical content knowledge. Research question guided this investigation: What are preservice teachers' conceptions of instruction and subject matter and how do these conceptions change?

Twenty-three juniors from Department of Physics, National Changhua University of Education took the two aforementioned courses during the 1994 school year. These two courses were taught by the researcher. Qualitative research techniques were used to collect and analyze the data. Triangulation of multiple data sources were used to validate the results.

Several particularly interesting results were found. Most of the preservice teachers possessed Aristotelian conceptions of teaching. Very few of the preservice teachers could actually put their theories into practice. Further, 20 of the 23 preservice teachers thought that teachers should be responsible for students' achievement, while similar findings are rarely noted in western societies. Most preservice teachers encountered much difficulty in completing their questionnaires and writing up the final assignment. These tasks required a lot of effort. The preservice teachers typically presented their subject matter knowledge in a simplistic and disconnected way. This naturally caused junior high students to lose interest in learning. However, the experience of classroom observation and actual teaching had the most significant impact on the preservice teachers' conception of teaching science. Field observations of science teaching were helpful in providing preservice teachers opportunities to reflect upon their conceptions of both science teaching and science. It is also believed that this experience enhanced teachers' pedagogical content knowledge.

Key words: Teacher training, Science instruction, Learning context, Portfolios, Reflective thinking.

科學教育學刊第四卷第一期

勘 誤 表

頁次/行次	原 文	更 改
30/01	...to develop a Interactive Multimedia Instruction...	...to develop an Interactive Multimedia Instruction...
30/02	...and assesses the efficiency of the IMI...	...and assessed the efficiency of the IMI...
30/07	All students have already learned...	All students had already learned...
30/08	We divided the studemts into two groups.	We divided the students into two groups.
30/15	...and those on informal perational stage were...	...and those on informal operational stage were...
93/01	摘要：在推動科學教育...	___在推動科學教育...
93/01-15	整段爲 15 級字	整段爲 17 級字 （整段不是摘要，而是全文的開始）