科學教育學刊
2009, 第十七卷第二期, 93-109

Chinese Journal of Science Education
2009, 17(2), 93-109

融入科學史教學對高中學生的科學本質觀、對科學的態度以及學習成就的影響

林陳涌[1] **鄭榮輝**[2] **張永達**[2]
[1]國立台灣師範大學 科學教育研究所
[2]國立台灣師範大學 生命科學系

（投稿日期：民國 97 年 11 月 24 日，修訂日期：98 年 3 月 31 日，接受日期：98 年 4 月 14 日）

摘要：本研究探討融入科學史教學對高中學生科學本質觀、對科學的態度及科學學習成就的影響。本研究發展的「在豌豆尋找雙螺旋」教材，分五個主軸歷時約 60 年含蓋近 20 則歷史事件，圍繞在分子生物學的發展，呈現科學活動、科學知識與科學社群的動態交互作用。進行實驗教學的學校為台北市某女子高級中學，總計有六個班級共 234 名學生參與，實驗組與對照組各 3 班。研究發現經歷融入科學史教學的學生，在科學本質觀或是對科學的態度均顯著的優於對照組，在學業成就上則沒有顯著不同。進一步分析學生在網站對教學的回饋，發現提供「在豌豆尋找雙螺旋」教材，能使學生對科學知識的動態發展過程，與對科學家及科學社群的互動有比較深刻的印象。

關鍵詞：科學史、遺傳學史、科學本質、對科學態度

壹、緒 論

近20年國內外融入科學史的科學教學實證研究相當多，通常應用科學史來促進學生對科學概念的理解、促進對科學的態度與促進對科學本質的了解，例如：Abe-El-Khalick 與 Lederman（2000）, Roach 與 Wandersee（1995）, Solomon, Duveen, Scot 與 McCarthy（1992）, Tao（2002）與鄭秀如（1996）主要針科學本質的了解，莊蕙元（2001）主要針對對科學的態度，而邱明富（2002）同時針對對科學的態度與科學本質的了解，董秋紅（2004）同時針對科學概念的理解、對科學的態度與科學本質的了解，另外吳盈妮（2004）針對科學概念的理解與對科學的態度，董美津（2004）與陳麗鴻（2004）針對科學概念的理解。

然而一般融入科學史的教科書通常只使用單一科學家歷史事件或針對單一重要科學知識或概念進行教學，這可能因為科學史教材經常被視為是附加的教材不太受重視，或

是適當的教材不易發展，因此可用的教材較難找到。雖然融入科學史的科學教學可以增添科學教學的人性與情境，但是單一一個科學史恐怕效果有限，而且可能只淪為一種補充性質的教材，這應該不是鼓吹科學史融入科學教學的學者所預期的。Jenkins（1994）認為科學哲學、科學史與社會學（HPS）在科學教育的地位不應該只是花絮或是用來修補科學教育的不足或問題而已。他強調隨著科學本身的現代社會的轉變，HPS 融入科學課程應該要能對科學課程結構的重新建構。學者，如 Aron（1989）, Ruse（1989）與 Stinner（1995），建議融入科學史的科學教學應可針對一個較大規模的統整性概念單元，發展出較大情境規模且較能引起學生的想像力的一系列歷史事件，作為科學教學的科學史材料。

根據上述的理念，本研究選擇高中分子遺傳學教學範圍，以高中三年級教材為基礎，進行蒐集相關的史料編纂成歷史事件系列作為實驗教學的閱讀教材。希望透過融入科學史的教學，學生能有機會深入了解科學發展的情境，進而增進對科學本質了解、對科學的態度與遺傳學學習的成效。具體待答問題為：

- 應用科學史的科學教學能否增進學生對科學本質的了解？
- 應用科學史的科學教學能否增進學生對科學的態度？
- 應用科學史的科學教學能否增進學生對科學的學習？

貳、文獻探討

一般認為是科學教育的目標是培育具有科學素養的公民，但在各個時代卻有不同的科學教育目標來定義科學素養，DeBoer（2000）分析從上個世紀50年代以來的科學課程，可歸類成至少九個科學教育目標與相關的科學素養。然而他卻鼓吹應該採用比較寬廣與彈性的定義，以適應不同教學的彈性需求。五十多年前美國哈佛大學校長 J. B. Conant 利用科學史做為大學非科學主修學生的科學教育課程，引起科學教育界對科學史的重視，更有許多科學教育學者建議科學教學應融入科學史以促進培育具有科學素養公民的功能（Duschl, 1990; Mattews, 1994）。Rutherford（2001）認為以促進科學素養來看，應用科學史的科學教學兼具工具與內容的功能，也就是不僅將科學史當成工具幫助科學教學與學習，也認為科學史知識本身有其內在的價值可當成科學教學的重要素材之一。Matthews（1994）曾整理七個應用科學史到科學教學的功能如下，前兩個呼應科學史做為工具的功能，後五個呼應科學史作為科學教學素材的功能。這七個功能如下：

- 科學史能促進對科學概念與方法的較深入理解，
- 科學史能連結個別想法的發展與科學想法的發展，
- 科學史具有內在價值，應讓學生熟悉重要的科學史事件與文化，
- 科學史對了解科學本質很重要，
- 科學史能對抗經常在科學教科書與教學出現的科學主義與教條主義，
- 科學史檢驗科學家的生活與時代，讓科學教材人性化、不致太抽象、與及較能吸引學生，
- 科學史讓科學與其他學科有聯繫性，呈現人類成就的統整與彼此依賴的本質。

一般認為科學教學融入科學史可以提供真實的科學情境，以促進學生對科學概念、科學過程性理解、與科學情境的理解（Klop-

fer, 1969; Wang & Marsh, 2002）。也就是科學史被認為比一般去情境化的科學教科書更能描述我們所學的自然世界，使用科學史做為載具來分享、溝通與了解個人經驗，學生更能成功的理解微妙的科學各面向，與了解科學、文化與世界觀的互動（Martin & Brouwer, 1991）。然而，一般教師進行科學教學都十分倚賴科學教科書，科學教科書通常呈現專業且片段的科學知識，就算融入科學史在課本內也很少能呈現給學生足夠完整的科學家工作及影像。Leite（2002）分析比較五本葡萄牙科學教科書，發現其內容幾乎無法呈現出動態式的科學本質、人類心智對科學發展的角色、科學家的合作與外在情境對科學發展的影響；甚至在科學概念的呈現，科學教科書也很少呈現科學知識的演變過程。其他的研究分析也呈現出類似的結果，科學教科書不是不夠重視科學史就是沒有呈現出適當的科學史角色與功能（Brush, 2000; Justi & Gilbert, 2000）。

融入科學史教學的理由之一是希望科學知識不要過於片斷或獨立於情境之外，但是由於時間的關係只能在教科書或教學中穿插一小段科學史事件，或是長時間的教學卻融入幾個單元的科學知識與許多獨立的科學史事件。這樣的教科書反而會呈現一種迷思的科學本質面貌，也就是讓學習者以為科學知識的發展是依靠單一一個科學家，或是科學知識的發展是孤立於其他科學知識的情境（McComas, 1998, p. 68）。Arons（1989）建議整個科學史教材的組織應該圍繞在一條核心的故事軸線，呈現一連串的科學史事件以呈現其內在的價值。同樣的，Ruse（1989）也建議科學教學應設定一個較大統整核心觀念的科學情境，在這樣架構下可以融入多個相關的科學史事件。承續這樣的觀念，本研究選擇的科學史教材是高中生物教學較為困難的單元，分子遺傳學，編排自20世紀初古典遺傳學的研究，轉移到分子遺傳學的發展，呈現一個長時間大格局的科學史教材。而遺傳學史素材的選擇編輯也參照（Klopfer, 1969; Wang & Marsh, 2002）的研究，在科學概念理解上，呈現豐富的科學知識與強調科學知識暫時性的本質；在科學過程理解上，呈現科學實驗的思考、探究的過程、與推論及做結論的過程；在科學情境理解上，呈現影響科學發展的外在因素，如心理、社會與文化因素。

雖然在官方課程與研究文獻經常鼓吹科學教學應融入科學史，但是在實際教學上教師往往會考慮實務的需要而不是很樂意使用科學史在其教學上。Lin, Hu 與 Changlai（2005）比較科學教師面對一系列屬性教材的喜好，調查他們使用的意願，在實作技能、問題解決能力、科學概念、社會倫理議題、科學的應用與科學史等六項屬性教材，科學史在職前與在職科學教師的使用意願中都是敬陪末座。一般影響教師教學決定的原則，通常會先考慮教室管理與組織原則，然後考慮學生概念獲得與發展原則，教師本身的哲學觀點是最後才考慮的（Hodson, 1993）。也就是，雖然教師理念上相信溶入科學史有助於科學教學，但是如果考慮教學實務，尤其當科學課程涵蓋太多的單元內容，一般只願意採用能跟課程內容結合的科學史素材（Wang & Marsh, 2002）。Monk 與 Osborne（1997）建議融入科學史的教學不能太理想化，而必須要考慮教師的需求與能對學習有貢獻。因此當本研究在發展教材時，還是根據課程與教科書的遺傳概念內容，選用與編輯相關的遺傳學史素材，一方面不要增加太多教學負擔，一方面能呼應教學內容以避免教師與學生的反對。

雖然組織因子模式的教師講授為主的教

學法頗受科學教育學者所鼓吹，但是同儕討論學習仍被認為是一個能幫助學生了解形成共識的教學方法（Crook, 1994; Damon & Phelps, 1989）。尤其在建構主義逐漸成為科學教育研究的主要領域後，科學教育研究更是重視師生之間或是學生之間的討論對話，學生分成小組或是在全班的互動與對話，更是被認為對科學概念或技能的學習有相當正向的影響（Gayford, 1993）。而科學史融入科學教學通常也不是伴隨靜態的教師講授，有時候會以錄影帶方式呈現，有時候會與探討活動一起使用。討論也是經常伴隨融入科學史的教學法，因為科學史資料經常含有知識內容與科學活動的動態過程，這些資料提供豐富的資訊刺激學生去探討科學知識發展的過去與現在（Roach & Wandersee, 1995）。Abe-El-Khalick 與 Lederman（2000）更建議在應用科學史教學時，應該採用外顯的教學方式明確的引導學生去討論科學本質。因此，本研究在融入科學史教學時也同時採用小組討論，並在所發展的教材中依章節內容列出相關的討論題目，以進一步引導學生討論。

本研究選擇分子遺傳學發展史，一方面因為遺傳教學本來是生物教學較為困難的一部分，另一方面也是因為分子遺傳學在生物教學逐漸成為重要的單元。多數文獻指出遺傳學是多數老師覺得難教、學生覺得難學的單元（黃台珠，1990；楊坤原、鄭湧涇，1997；薛靜瑩，1998；Bahar, Johnstone, & Hansell, 1999）。然而過去有關遺傳學教學的研究大多著重在古典遺傳學為主，有關分子遺傳學的教學習研究十分缺乏。這不代表分子遺傳學在中學教育沒有產生困難或不重要，以基因這個在古典遺傳學與分子遺傳學，甚至日常生活，都很常用到的基本名詞為例，學生都很難完全去了解其複雜性（Lewis & Kattmann, 2004; Tsui & Treagust, 2004; Venville & Treagust, 1998）。Martins 與 Ogborn（1997）研究發現，甚至生物教師對分子遺傳與古典遺傳學的分野都未能完全了解。一般生物教學的安排，在中學前期階段以古典孟德爾遺傳為主，到了後期除了更深入古典遺傳學外，更增加了分子遺傳學的內容，在台灣高三分組後分子遺傳學更是成為遺傳學教學的重點。近年來，生物科技本身與其衍生議題逐漸成為社會關注的重點後，生物科技的教育也逐漸受到學者的重視與鼓吹，如 Dawson（2007）, France（2007）與 Gunter（1998），分子遺傳學做為生物科技的基本概念，應該是生物教學研究需要關心的主題。上述這些研究顯示，分子遺傳學的教學值得科學教育研究的重視。

參、研究方法

本研究目的旨在融入科學史教學對於高中學生的科學本質觀、對科學的態度以及科學學習成就的影響，研究採用準實驗研究法。進行實驗教學的學校為台北市某女子高級中學，學生程度相當整齊優秀，總計有六個三類組班級共234名學生參與，其中實驗組與對照組各有3班。因為教材發展以高三的分子遺傳學為基礎，該校為了配合這個研究將這一部分教材在高二升高三暑假輔導課進行，將其中五週時間做為分子遺傳學授課。控制組利用原有教科書進行教學，而實驗組則利用本研究所發展的教材進行教學，並輔以討論教材內的討論題目。在教學前後實驗組與對照組均施測科學本質觀與對科學的態度的工具，做為學生科學本質觀與對科學的態度學習成效的比較。至於科學學習成就的比較，則以自編的遺傳學成就測驗測驗作為比較。此外，這個課程提供一個網頁鼓

勵實驗組學生留言提出心得，藉以了解分析學生對於融入科學史教學的反應。

一、教材發展

本研究選定的教材發展主題是高中三年級的遺傳學，選定主題之後，接著由研究群人員進行資料蒐集，然後訂定各主軸的發展脈絡和彼此關聯，並發展出分子遺傳學歷史事件圖（Historical Episode Map，簡稱 HEM，如圖1）。本研究所發展的歷史教材稱為「在豌豆尋找雙螺旋」，總計近有20則歷史事件，呈現遺傳學由古典轉移到分子典範的過程。每個歷史事件含蓋數個科學家或事件故事，敘述該概念的發展過程，時間由19世紀末20世紀初到1960年代，歷經60餘年，主要參考資料為 Cobb（1998）英文翻譯 Michel Morange 所著原文為法文的分子生物史。古典遺傳學中基因與性狀之間是一個緊密的黑盒子，科學家抽絲剝繭的探討基因與性狀的意義，逐漸了解這個黑盒子就是分子遺傳學中的中央信條。中央信條說明遺傳訊息由 DNA 攜帶，然後轉譯成 RNA 再轉錄成蛋白質的過程，為分子遺傳學的核心架構。分子遺傳學歷史事件圖延著基因與性狀兩個概念轉換軸線，左邊軸線是基因的意義發展成 DNA 的歷史，右邊軸線是外表形性狀的意義發展成酵素或蛋白質的歷史，這兩個軸線最後交會在中央信條發展的歷史。HEM 是以概念來呈現，但是每個概念的形成或是概念與概念之間的關係都含有不少科學活動的進行。

「在豌豆尋找雙螺旋」將分子遺傳學發展分成五大主軸分別呈現一連傳串歷史事件，每一主軸融合歷史資料與高中教科書的教材，敘述科學事件的發生與科學家的想法及實驗，讓教科書內孤立片段的科學知識回到其歷史脈絡。「在豌豆尋找雙螺旋」可以當做教師教學與學生學習的組織因子（organizer）或鷹架（scaffolding），比起一般教科

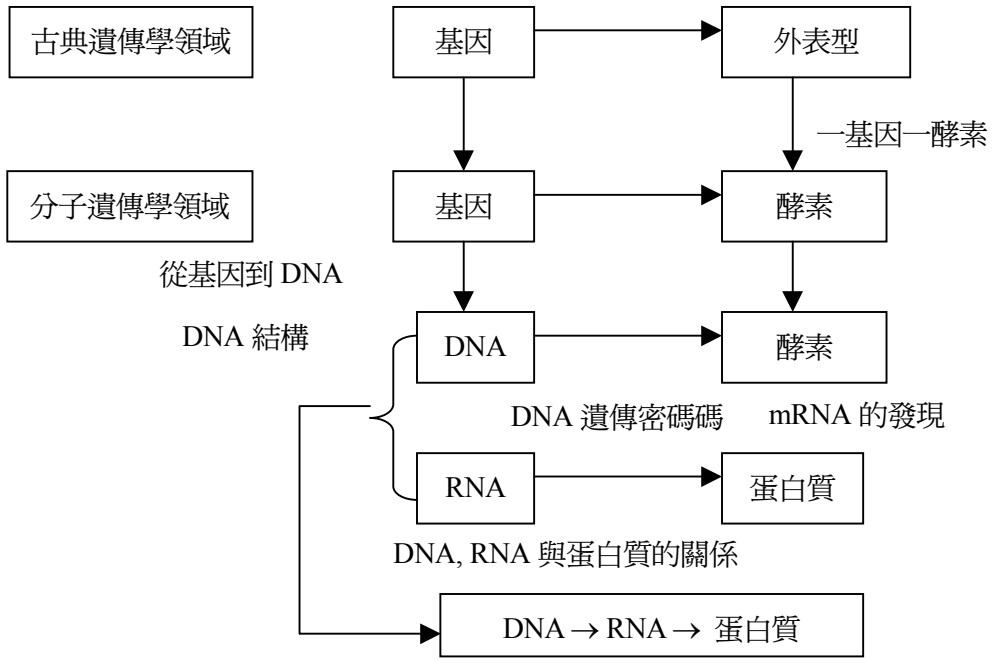

圖 1：分子遺傳學發展歷史事件圖

書只有呈現華生與克立克等少數歷史事件，「在豌豆尋找雙螺旋」更能展現出科學發展的動態與複雜面。另外，「在豌豆尋找雙螺旋」除了呈現重要概念發展歷史事件，做為給學生的上課閱讀資料，並根據事件內容在各章節末提出相關問題引導學生討論。「在豌豆尋找雙螺旋」的發展參照歷史素材與高中課程，參與人員有作者、國高中教師與生命科學系研究生，整個訂定 HEM、選擇素材、撰寫、高中生試閱、修訂、與編輯過程，均在全組研究團隊共同討論下完成，無論內容範疇與深度應該適合一般高中生使用。

與一般科學教學採用的科學史教材不一樣，「在豌豆尋找雙螺旋」採用較大格局的歷史觀點並涵蓋許多相關的歷史事件。整個「在豌豆尋找雙螺旋」以古典遺傳學為前言，敘述孟德爾法則雖然連結遺傳物質與外表性狀，然而科學社群對遺傳物質如何促使外表性狀的產生過程仍無法得知。這中間的過程就是分子生物發展，也是整個「在豌豆尋找雙螺旋」教材的重心。「在豌豆尋找雙螺旋」分成五個主軸敘述分子遺傳學的發展，即「當蛋白質躍上生命的畫布」、「The One－DNA」、「透視藏寶圖－堆砌雙螺旋」、「生命只不過那四個字－4^3」、與「尋找消失 X」，各主軸的內容與設計理念如表1並簡介如下：

「當蛋白質躍上生命的畫布」：依照古典遺傳學，基因只是一個抽象的觀念，基因與性狀之間也是一個無法了解的黑盒子，基因如何控制性狀的產生不是古典孟德爾遺傳學的研究領域。在這個主軸，以兩個科學事件敘述新的物質，酵素或蛋白質，受到遺傳學研究的注意，酵素或蛋白質是基因是直接影響的物質，這產生一基因一酵素的觀念，為基因與性狀拉起橋樑。

「The One－DNA」：科學社群在1920-1930年代有更多證據支持蛋白質跟遺傳有關，以致產生蛋白質可能是基因的主流說法，但也有其他證據支持基因應該是 DNA 的說法。這個主軸包含3個科學事件，敘述最後科學社群證實遺傳物質就是 DNA，而有趣的是第一個產生研究數據支持這樣說法的團隊，其中的科學家還不太敢相信與說出遺傳物質就是 DNA，因為這違背當時蛋白質是遺傳物質的主流說法。

「透視藏寶圖－堆砌雙螺旋」：當科學社群接受 DNA 就是遺傳物質後，DNA 的結構就成為當時科學家接下來的主要工作。這一個主軸涵蓋性很豐富大致可以分4個科學事件來敘述這個過程，華生與克力克在卡文迪西實驗室的背景與努力、國王學院與女性科學家富蘭克林的工作、當時已經獲得諾貝爾化學獎的鮑林的工作、和華生與克力克跟鮑林之間的競爭。這一個主軸呈現想像在科學研究的重要性、女性科學家的遭遇與不同團隊科學家的競爭，展現科學發展過程的人文社會情境。

「生命只不過那四個字－4^3」：DNA 是遺傳物質，但是 DNA 如何攜帶遺傳訊息仍然不為科學社群所知。DNA 分子是由四個核苷酸分子組成，一般認為遺傳的訊息應該是經由這四個核苷酸分子排列組成或結構所攜帶著。這一個主軸主要敘述烏克蘭科學家加莫的一連串的密碼說法，其他科學的反駁與引用，最後科學家如何解開這個謎。

「尋找消失 X」：當 DNA 控制蛋白質的密碼被確認後，科學社群遇到一個難題是 DNA 是侷限在細胞核內，蛋白質是在細胞質中的核糖體產生的，DNA 的密碼如何傳到細胞質製造蛋白質。這個主軸包含有8個科學事件，呈現出科學社群在尋找這個被命名為 X 的中間物質的過程，最後發現僅短暫時間出現的 mRNA 就是介於 DNA 與蛋白質之間

表 1：各章節主題及設計理念

各章主題	主要內容	設計理念
1-1 黑尿症的故事	1896 年英國生理學加賈諾發現黑尿症是某酵素缺乏所造成，並在家族中有遺傳的情形。	引導學生思考疾病會遺傳是基因的問題，了解基因可能造成酵素的改變，而疾病的成因是酵素發生變異。
1-2「一基因一酵素」假說	1930 年代美國科學家提出「一基因一酵素」假說的實驗內容。	使學生能了解基因會影響酵素的生成。
2-1 蛋白質的迷思	20 世紀初，科學家認為蛋白質是遺傳物質，尤其在 1935 年之後，史丹利對菸草鑲嵌病毒的研究更讓這個說法成為主流觀念。	使學生了解科學社群認為遺傳物質是蛋白質的背景。
2-2 發現 DNA	1940、1950 年代，格里夫茲、亞夫利、赫希與蔡斯等人研究，確認 DNA 是遺傳物質的歷程。	使學生了解科學社群認為遺傳物質是蛋白質轉為 DNA 的過程。
3-1 建構雙螺旋的藝術家	1940、1950 年代華生與克立克的背景，與他們在英國卡文迪希研究室的研究。	使學生了解科學的發現有時不見得要有很偉大的實驗，雙螺旋結構的發現就是在兩位科學家討論下的產物。
3-2 成就雙螺旋的基石	1940、1950 年代英國國王學院利用 X 光繞射圖解讀 DNA 構造中研究與相關科學家。	使學生了解女性科學家在以男性為主的科學社群中工作可能遭遇的待遇。
3-3 檯面下的暗潮洶湧	1940、1950 年代化學諾貝爾獎得主鮑林參與 DNA 構造的解謎，與華生與克立克的競爭。	使學生了解競爭對科學家來說可能是阻力也可能是助力。
4-1 鐮刀型血球的故事	1940、1950 年代鮑林、尼爾與英格蘭姆的研究，發現鐮刀型血球貧血是一種遺傳疾病，而且是因為一個胺基酸改變所造成。	使學生推論出遺傳物質的改變會造成胺基酸改變，了解 DNA 與胺基酸的關係。
4-2 DNA 解碼	1950、1960 年代加莫提出不同的 DNA 解碼方式，進行 DNA 解碼的過程。	使學生了解科學家在科學活動中的思考歷程與各種嘗試。
5-1 探尋 RNA 的角色	說明 1940、1950 年代 RNA 的發現及其與蛋白質合成的關係。	使學生能從數據中找出基因與蛋白質間的中間物，讓學生從各實驗結果中，推論 RNA 存在的事實及意義。
5-2 菸草鑲嵌病毒的貢獻	1956 年富蘭柯康瑞與史瑞姆發現菸草鑲嵌病毒的 RNA 能導致蛋白質的形成。	使學生了解 RNA 與蛋白質之間的直接關係。
5-3 粉墨登場–mRNA	1960 年代賈柯與莫諾不認為在核內 DNA 能直接產生蛋白質，認為一定有一個中間物質 X 來執行這個任務，最後終於找到 mRNA。	使學生了解整個分子生物學中心教條的最後一個步驟。
5-3 DNA 與 RNA 的相遇	1960 年代以 DNA 模板可轉錄成 mRNA。	使學生了解分子生物學的中心教條『DNA→RNA→蛋白質』的完整呈現。

的傳遞訊息者。

「在豌豆尋找雙螺旋」所呈現的科學史是一個問題接著另一個問題的複雜動態過程，每個科學突破的發展也不是孤立事件，

而牽涉有不同領域與不同科學家之間的配合。此外科學社群的活動不是只有科學探討，人文社會的互動發展也是存在科學發展過程的一個重要內容，科學家之間的有合作也有激烈的競爭。科學活動也不完全是邏輯推理，有時是大膽的猜測，有時候是運氣。與一般融入科學史在科學教學比較，「在豌豆尋找雙螺旋」的特徵整理如下：

- 呈現一個較長的科學發展時間與軸線，
- 呈現科學發展時的社會文化情境，
- 呈現前後科學事件的科學或社會關聯，
- 呈現同時出現的競爭科學理論，有的後來被接受，有的後來沒有被接受。

二、工具

本研究所使用的研究工具一共有三個，分別是「了解科學本質量表」、「對科學的態度量表」以及「古典遺傳學成就測驗」。「了解科學本質量表」以林陳涌（1996）所發展的工具為基礎，該量表原也是以高中生為對象編製共72題，將科學本質分為科學知識的本質、科學方法的本質以及科學的社會本質三個面向。為了本研究的需要先對「了解科學本質量表」進行修訂，首先，選取其中與本研究設計較為相關的題目，刪除比較不適合的題目，初步編成一個35題的量表。接著，經預試後，刪除信度不理想的題目，最後產生一個27題的「了解科學本質量表」，每一個面向各有9題。27題的「了解科學本質量表」在本研究後測 α 值為0.89，各個次量表的 α 值分別為0.78、0.73與0.82。

評測學生對科學的態度則採用 Lin（1994）所發展的「對科學的態度量表」，該問卷本為 Fraser（1978）所發展，分為對科學態度與科學態度兩大部分共70題，Lin（1994）採用其中對科學態度部份40題翻譯並效化成中文版工具。「對科學的態度量表」分為四個面向，即對科學在社會的應用的態度、對科學課的樂趣、對科學的生活興趣與對科學生涯的興趣。「對科學的態度量表」經本研究前、後測使用，後測 α 值為0.95，各個次量表的 α 值分別為0.84、0.93、0.86與0.91。

「分子遺傳學成就測驗」則是以高三選修生物教科書第13章「分子遺傳學」單元為範圍，考慮教材內容的分配，經由兩位有經驗高中教師發展出題，並由進行實驗教學學校其他生物教師確認。第一版本總共有40題題目，經預試後依據難度和鑑別度刪除不適當的題目，最後形成一個有33題選擇題的成就測驗，其信度以內部一致性信度呈現，依庫李21公式計算出 γ=0.93。

三、教學進行

實驗組與對照組的教學都使用相同的一般教科用書，進行一般講述式教學。而實驗組的學生則提供本研究發展的科學史教材「在豌豆尋找雙螺旋」作為教科書，該教材的發展如前述是以高三分子遺傳學為基礎，除了與教科書相同的科學教材內容外並編排相關的遺傳學概念的相關歷史。「在豌豆尋找雙螺旋」的遺傳學內容編排順序大致與教科書平行，學生可依教學進度閱讀，並且在每週有一節課進行分組討論，討論「在豌豆尋找雙螺旋」各單元所附的問題。所附的問題有的是對遺傳學發展過程重要實驗的

進一步思考，如第二章的問題：

> 小丸子班上的同學對格里夫茲的實驗提出不同的看法：
> 花輪：「上面的實驗可以支持，遺傳物質是 DNA。」

丸尾：「上面的實驗可以支持，遺傳物質可能不是蛋白質。」
你覺得誰的說法證據比較充分，為什麼？

有的問題是針對科學家的科學生涯活動，提出自己的看法，如第四章的問題：

看完加莫的故事後，你從他的生平故事中，體認到哪些科學家的特質？

四、資料分析

本研究所使用的三個工具經蒐集資料後，使用 SPSS 16 window 版進行共變數統計分析，在「了解科學本質量表」與「對科學的態度量表」以前測當做共變數，比較實驗組與對照組的後測的表現。在「分子遺傳學成就測驗」以前一學期學生生物科成績當做共變數，比較實驗組與對照組的後測的表現。學生在網站的留言經整理後，依學生的反應選擇有關對科學本質的看法，然後加以分類呈現。

肆、結果與討論

本研究的結果分析分成四個部分，前三個部分呈現三個量化工具所蒐集數據的比較，分別比較實驗組與對照組在科學本質量表、對科學態度量表與遺傳學成就測驗的前後測表現，第四部份報導學生在教學網站留言有關對科學本質的看法。

一、對科學本質了解的影響

融入科學史教學對學生科學本質了解的影響，是由比較實驗組與對照組學生在「科學本質觀問卷」前、後測成績的平均值來決定，兩組前、後測平均分數變化如圖2。實驗組學生的平均分數由教學前的88.02，提升到教學後的90.99，而對照組學生的平均分數由教學前的88.83，小幅降到教學後的87.48，顯示融入科學史教學對學生科學本質的了解有正向的影響。進一步以前測分數當作共變數進行共變數分析，實驗組與對照組學生在「科學本質觀問卷」的調整後平均數與標準差呈現於表2。共變數分析的結果如表3，這個結果顯示實驗組後測成就顯著的優於對照組的成績。效果量為0.31，以 Cohen（1988）的標準來說，一般行為科學研究的效果量很難大於0.5，融入科學史教學對學生科學本質了解的效果介於大的效果量（0.4）與中等

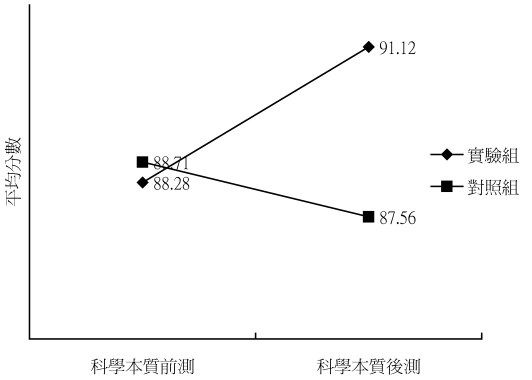

圖 2：實驗組與對照組在科學本質量表前後測平均分數

表 2：調整後平均數與標準差

	實驗組 （N=117）			控制組（N=117）		
	人數	平均值	標準差	人數	平均值	標準差
科學本質	108	91.51	0.66	100	87.22	0.69
對科學態度	110	126.26	1.12	101	118.94	1.17
學習成就	117	70.12	1.41	117	73.49	1.41

表 3：科學本質共變數分析整理表

來源	SS'	*df*	MS'	*F*	*P*	ES
組別	1.15	1	1.15	16.284	0.000**	0.31
標準誤	15.572	221	0.07			
全部	16.77	222				

**$P < 0.01$

（0.25）之間，顯示有相當不錯的教學效果。

本研究採用的「在豌豆尋找雙螺旋」一方面顧及實務教學的需要融入現有課程架構，一方面採用較多的科學史事件可以讓學生理會科學發展。採用較多的科學史事件可以完整的鋪陳分子遺傳學發展的歷史，連結數條遺傳學發展主軸，呈現較完整的科學本質，應該是導致實驗組比對照組學生在科學本質了解進步的主要原因。例如，在基因是什麼物質的討論過程，雖然傳統且合邏輯的觀念應該是蛋白質，但是這樣的知識遇到新的證據便逐漸被拋棄，顯示出科學知識的暫時性。但其實科學知識也不是那麼容易遭到科學家拋棄，像亞夫利是最早提出基因應該是 DNA 的證據的科學家，但是在當時的氛圍，他也不願意接受自己的新證據，這樣的故事更是可以讓學生理解科學的發展過程中，理論與證據的關係是辨證的，不是理論的位階高於證據也不是證據的位階高於理論。另外，在尼倫伯格成功的以 RNA 為模板成功的在活體外合成蛋白質發現第一個密碼子，這應該是一個科學上偉大的發現。但是因為他只是一個年輕的科學家，他在國際研討會發表時只是很少人去聽，而是因為主持人覺得這是重大發現而去告訴克立克，才重新安排到大的演講廳重新報告一次。學生學習這些科學史的事件，應該會顯著的促進他們在「科學本質觀問卷」中的科學知識的本質、科學方法的本質以及科學的社會本質的了解。

二、對科學的態度的影響

融入科學史教學對學生對科學的態度的影響，是由比較實驗組與對照組學生在「對科學的態度問卷」前、後測成績的平均值來決定，兩組前、後測平均分數變化如圖3。實驗組學生的平均分數由教學前的121.60，提升到教學後的126.80，而對照組學生的平均分數由教學前的119.60，小幅降低到教學後的118.00，顯示融入科學史教學對學生對科學的態度也有較正向的影響。同樣的，進一步以前測分數當作共變數進行共變數分析，實驗組與對照組學生在「對科學的態度問卷」的調整後平均數與標準差呈現於表2，共變數分析的如結果表4，這個結果也顯示實驗組後測成就顯著的優於對照組的成績。效果量為0.31，顯示融入科學史教學對增強學生對科學的態度也有相當不錯的教學效果。

科學史本來應該呈現有趣的科學發展故事，但是若是時間不夠或是歷史事件太少，

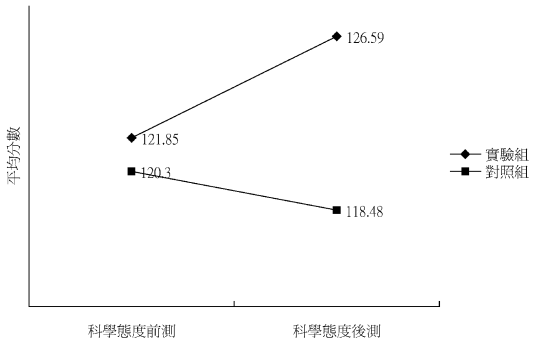

圖 3：實驗組與對照組在對科學態度量表前後測平均分數

表 4：對科學態度共變數分析整理表

來源	SS'	*df*	MS'	*F*	*P*	ES
組別	2.06	1	2.06	22.574	0.000**	0.31
標準誤	20.16	221	.091			
全部	22.22	222				

**$P < 0.01$

反而無法呈現生動的科學發展過程。本研究採用的 HEM 呈現數條遺傳學發展主軸採用較多的科學史事件，呈現科學家努力與競爭的人性面。這樣的教材安排讓學生能感受科學發展不是單一直線的邏輯過程，而是複雜性與互動性。這樣融入較為寫實生動科學史的科學教學，應該會顯著的促進他們在「對科學的態度問卷」中的科學在社會應用的態度、對科學課的樂趣、對科學的生活興趣與對科學生涯的興趣。

三、對學習成就的影響

融入科學史教學對學生學習成就的影響，是由比較實驗組與對照組學生在自編的「分子遺傳學成就測驗」測驗成績來決定，以前一學期學生生物科成績當作共變數進行共變數分析，結果如表5，顯示兩組的成績沒有顯著的不同。雖然本研究融入科學史的科學教學對促進學生科學本質與對科學的態度有顯著的成效，但是在對遺傳學的學習成就卻沒有顯著的差異。其原因可能為本研究所使用的「分子遺傳學成就測驗」，是依照台灣中等學校最普遍的評量方式來設計，也就是使用選擇題型式的題目。一般來說選擇題比較容易測出記憶類型或較為零散的概念，假如學生學習到的是一個大的架構的理解，選擇題是比較難測出來的。我們認為這可能是造成沒有顯著結果的原因，也認為這是將來可以努力的研究方向。此外，這次研究是在一所排名相當前面的精英女子高中進行，教學實驗安排在高二升高三的暑假，所有學生都在為學測努力，融入科學史對學業成績的功效較難顯現出來。

表 5：科學學習成就共變數分析整理表

來源	SS’	*df*	MS’	*F*	*P*
組別	666.52	1	666.52	2.857	0.09
標準誤	53887.38	231	233.28		
全部	54553.90	232			

四、學生在教學網站留言有關對科學本質的看法

在教學過程中，實驗組授課教師鼓勵學生在教學網站上提出自己的看法，總計有67（57%）位學生多次提出他們回饋，其中將近80%（52位）學生對這樣的融入科學史的科學教學明顯的表示正向的肯定，其餘同學只提出回饋。有關學生回饋內容的分析，主要針對學生對科學本質的觀點。

前述文獻指出科學教育經常呈現一個迷思，就是在呈現科學知識的發展很少敘述其情境，導致學生經常認為科學知識的突破是單一一個科學家的努力。然而經過以大格局的科學史教學，學生感受到的最深刻的是科學的發展是一個長時間的過程，這個過程不是一個人的努力，而是一群人共同參與努力。學生的說法如下：

> “透過這次的討論，才發現，原來一個 DNA 的發現，似乎不是一剎那間所得的結論，而是經過科學家不斷的推導、實驗所得的結果。”（劉一同學）
>
> “本來都是從課本中知道答案的，覺得一切定理的發現都是理所當然的，卻不知其背後是多少人的日夜苦思所得的。”（林同學）
>
> “這幾次的討論課讓我學到很多，寫在課本上的各種學說或理論，都是經過科學家辛苦實驗好幾年、甚至好幾十年才得出來的結果，自己深入去閱讀以及和大家討論過後才真正能體會到他們的辛苦。”（劉同學2）

一般科學教學將科學方法描述成一個直

線的過程，即問題、進行觀察、提出假設、設計實驗、與形成理論，透過這樣的過程科學知識自然而然就能產生。但是真實的科學過程應該不是這樣的簡化，經過一系列的科學發展事件教學，學生對所謂的科學方法能有更深刻的體認，他們理解科學活動的過程是一個充滿好奇、推理、想像、壓力、甚至運氣的過程。他們說：

> “在這幾個禮拜看了許多故事且經過討論後，讓我對科學研究的看法有了一些改變，研究科學並不是如我以前所想像的只是埋首苦幹，而是需要合作還要靠一點運氣的。”（蕭同學）
>
> “我一向很敬佩科學家，不只侷限在他們的研究成果，有時候是在看他們如何面對問題的處理方式。科學家們都有類似的特質，不是博學多聞加上異於常人的想像力和創造力，也許他們的成功或多或少和幸運有關。不過我相信他們背負的壓力是很大的！。”（徐同學）
>
> “另外從這套教材中，讓我更知道所謂科學研究除了是做實驗研究外，思考能從實驗中得到什麼更重要，因為不是光從表象就可以簡單下定論的，而且還得再加上一點創新的想法，和我以往的認知是有一點不同的。”（陳同學）
>
> “平常都是看著教科書上的理論然後背起來，從來都不曾想過科學家們是怎麼發現和證明這個理論，更不可能去懷疑他們研究出來的結果。然而經過這次的實驗，我發現「發現這個物質」跟「證明它的作用」是很不一樣的，這之間還需要做很多的實驗，不斷地假設、推翻、再假設、再推翻，而且最後得到的結論還不一定百分百正確。”（劉二同學）

一般科學教科書對於科學家的描述往往偏重其科學知識本身而很少描述其科學活動，然而近代科學史哲研究強調要呈現科學的面貌，不應只是科學「應是」什麼，而應該進入科學家的工作情境去了解科學「是」什麼（Latour, 1987）。由於 HEM 教材包含的不僅科學活動，而且包含是科學家的互動過程，學生的感受也很明顯，比較能夠體會科學家的人性內涵，這樣的理解應該是學生破除科學主義的開始。學生這樣說：

> “小時後看 Discovery 時，總覺得裡面的科學家個個都跟神一樣厲害，什麼都懂，什麼都會，但其實科學家也是人，有弱點，有私心。”（張同學）
>
> “我發現，科學家們的生活不再是情操高超、與世無爭，而是又競爭又互具敵意的活動，也是人和人之間的競賽，知識只是副產品而已的生活。因為在實驗室中生活必須分秒必爭，否則差一小步，諾貝爾獎就會和你擦肩而過。...在這裡你會看到的不是神話般遙不可及的學術神殿，而是人性的平房，這種微妙的關係一直在這個領域角力著。”（高同學）
>
> “這是還滿有趣的!!每個人的觀點不太一樣，所以會有不同的看法。也知道很多科學家的故事...真的是拼的你死我活，知道對手錯了還要去狂歡慶祝，這真的很誇張。”（許同學）

雖然實驗組學生在「分子遺傳學成就測驗」的成績沒有顯著的優於對照組，但是融入科學史的教材提供了真實的科學發展的情境。這個情境提供了一個鷹架的功能，讓學

生覺得自己像是一個科學家，循著科學發展的足跡往前探索。學生的反應顯示這個鷹架的功能不僅能情意上鼓勵學生獲得成就感，也能讓學生在認知上如學徒般進行推理與思考，最後獲得的不是片斷的知識，而是具有科學發展情境脈絡的活知識。他們說：

> “有時甚至覺得自己就像是和一群小科學家在研究與討論那些人類還不知道的秘密，頗有成就感的呢！”（許同學）
>
> “我們…依據那些揭開種種基因奧秘的線索，就如同先前的科學家一般，憑著自己的邏輯判斷、思考能力，再加上一點想像力，努力推敲出我們認為最有可能的答案。”（盧同學）
>
> “經由這樣的討論課和不同的教材，我覺得自己正一步步依循前人的腳步，從混沌到明白，從一知半解到豁然開朗…，進而可以修正自己想法上的缺失，同時了解歷史的脈絡再加上討論也可以把課本上的死知識「活」記。”（梁同學）

Abd-El-Khalick 與 Lederman（2000）認為利用科學教學來促進科學本質的了解，應該外顯的將科學本質內容在科學史素材的呈現，這樣的科學教學的效果會比較好。本研究所發展的「在豌豆尋找雙螺旋」，在編排過程特別重視科學發展的過程，與科學家或科學社群的活動。由學生的網頁反映可以發現，提供「在豌豆尋找雙螺旋」教材，能使學生對科學知識的動態發展過程，與對科學家及科學社群的互動有比較深刻的印象。

伍、結　論

一般文獻認為科學教學融入科學史可以提供真實的科學情境，以促進學生對科學概念、科學過程性理解、與科學情境的理解。然而一般融入科學史教學僅呈現單一或少數的科學史事件，本研究發展的「在豌豆尋找雙螺旋」教材，歷時約60年含蓋近20則歷史事件，組織圍繞在分子生物學的發展，呈現科學活動、科學知識與科學社群的動態交互作用。本教材呈現一個較長的時間與科學發展軸線、科學發展時的社會文化情境、前後科學事件的科學或社會關聯、與同時出現的競爭科學理論，有的後來被接受，有的後來沒有被接受。

經歷融入科學史科學教學的準實驗研究法比較，接受「在豌豆尋找雙螺旋」教學的實驗組，無論在科學本質觀或是對科學的態度均顯著的優於對照組。顯示融入「在豌豆尋找雙螺旋」科學史教材的科學教學，有助於促進學生的科學本質觀與對科學的態度。然而，在對科學學習成就，兩組並沒有顯著的差別。進一步分析學生在網站上的回饋，學生認為在融入科學史發展的教材提供了一個鷹架的功能，讓學生覺得自己像是一個科學家，循著科學發展的足跡往前探索。經過以大格局的科學史教學，學生感受到的最深刻的是科學的發展是一個長時間的過程，這個過程不是一個人的努力，而是一群人共同參與努力。而且能夠體會科學家互動過程的人性內涵，與及能理解科學活動是一個充滿好奇、推理、想像、壓力、甚至運氣的過程。

融入科學史到科學教學經常受到現實的限制，科學史料的呈現經常是零星的呈現在教科書與教學中，這不僅無法達到原先使用科學史的本意，無法提供情境式的教學以引起學生興趣，更可能呈現扭曲的科學本質。而教師也常因為科學史教材通常沒有與教科書教材結合，而減低融入科學史到科學教學的意願。本研究使用大格局的科學史內容以

呈現真實的科學發展歷程，並與教材內容平行編排以增加教師與學生使用意願，應該是值得嘗試的方向。

致　　謝

本研究是國科會專題研究計畫：NSC 93-2511-S-003-042、94-2511-S-003-008與95-2511-S-003-003的部分結果。感謝合作學校所有參與的教師與學生，也感謝不知名的審稿專家對本文的寶貴建議。

參考文獻

1. 吳盈妮（2004）。**科學史融入教學對國小五年級學童概念學習及科學的態度之影響**。國立台北師範學院自然科學教育研究所碩士論文，未出版，台北市。
2. 邱明富（2002）。**科學史融入教學以提昇國小學童科學本質觀與對科學的態度之行動研究**。國立屏東師範學院數理教育研究所碩士論文，未出版，屏東縣。
3. 林陳涌（1996）。「了解科學本質量表」之發展與效化。**科學教育月刊，4**（1），31-58。
4. 莊蕙元（2001）。**科學史融入自然與生活科技學習領域教學以提昇學生對科學的態度之研究**。國立屏東師範學院數理教育研究所碩士論文，未出版，屏東縣。
5. 陳麗鴻（2005）。**科學史融入國小自然科教學對學生學習成效的影響之研究---以電磁鐵為例**。國立高雄師範大學物理學系碩士論文，未出版，高雄市。
6. 黃台珠（1990）。中學生遺傳相關錯誤類型的探討。**科學教育月刊，133**，34-53。
7. 楊坤原、鄭湧涇（1997）。高一學生遺傳學解題表現與解題策略之研究。**科學教育學刊，5**（4），529-555。
8. 董秋紅（2004）。**科學史融入教學對國小五年級學童科學本質觀、科學態度與科學成就之影響**。國立台北師範學院自然科學教育研究所碩士論文，未出版，台北市。
9. 董美津（2004）。**光合作用科學史融入國中生物教學對學生學習成效影響之研究**。國立高雄師範大學生物科學研究所碩士論文，未出版，高雄市。
10. 鄭秀如（1996）。**科學史對學生科學知識本質觀及學習成就之影響**。國立高雄師範大學科學教育學系碩士論文，未出版，高雄市。
11. 薛靜瑩（1998）。**國小、國中學生的遺傳先存概念**。國立台灣師範大學生物研究所碩士論文，未出版，台北市。
12. Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). The influence of science courses on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching, 37*, 1057-1095.
13. Arons, A. (1989). Historical and philosophical perspectives attainable in introductory physics courses. *Educational Philosophy and Theory, 20*, 13-23.
14. Bahar, M., Johnstone, A. H., & Hansell, M. H. (1999). Revisitiog learning difficulties in biology. *Journal of Biological Education, 33(*2), 84-86.
15. Brush, S. (2000). Thomas Kuhn as a historian of science. *Science & Education, 9*, 39-58.
16. Cobb, M. (1998). *A history of molecular biology*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
17. Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences, 2nd Edition*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers.
18. Crook, C. (1994). *Computers and the collaborative experiences of learning*. London: Routledge.
19. Damon, W., & Phelps, E. (1989). Critical dis-

tinction among three approaches to peer education. *International Journal of Educational Research, 13*, 9-19.

20. Dawson, V. (2007). An exploration of high school (12-17 year old) students' understandings of, and attitudes towards biotechnology processes. *Research in Science Education, 37*, 59-73.
21. DeBoer, G. (2000). Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching, 37*, 582-601.
22. Duschl, R. (1990). *Restructuring science education.* New York: Teacher College Press.
23. Fraser, B. J. (1978). Development of a test of science-related attitudes. *Science Education, 62*, 509-515.
24. France. R. (2007). Location, location, location: Positioning biotechnology education for the 21 century. *Studies in Science Education, 43*, 88-122.
25. Gayford, C. (1993). Discussion-based group work related to environmental issues in science classes with 15-year-old pupils in England. *International Journal of Science Education, 15*, 521-529.
26. Gunter, B. (1998). Teenagers and biotechnology: A survey of understanding and opinion in Britain. *Studies in Science Education, 32*, 81-112.
27. Hodson, D. (1993). Philosophic stance of secondary school science teachers, curriculum experiences, and children's understanding of science. *Interchange, 24*, 41-52.
28. Jenkins, E. W. (1994). HPS and school science education: Remediation or reconstruction? *International Journal of Science Education, 16*, 613-623.
29. Justi, R., & Gilbert, J. (2000). History and philosophy of science through models: Some challenges in the case of the Atom. *International Journal of Science Education, 22*, 993-1009.
30. Klopfer, L. E. (1969). The teaching of science and the history of science. *Journal of Research in Science Teaching, 6*, 87-95.
31. Latour, B. (1987). *Science in Action*. Cambridge: Harvard University Press.
32. Leite, L. (2002). History of science in science education: Development and validation of a checklist for analyzing the historical content of science textbook. *Science Education, 11*, 333-359.
33. Lewis, J., & Kattmann, U. (2004). Traits, genes, particles and information: Re-visiting students' understandings of genetics. *International Journal of Science Education, 26*(2), 195-206.
34. Lin, C.-Y. (1994). *Perspectives of science teaching, understanding of the nature of science, and attitudes toward science among preservice elementary teachers in Taiwan*. Unpublished doctoral dissertation, the University of Iowa, Iowa City, Iowa.
35. Lin, C.-Y., Hu, R., & Changlai, M.-L. (2005). Science curriculum components favored by Taiwanese biology teachers. *Research in Science Education*, *35*, 269-280.
36. McComas, W. F. (1998). *The nature of science in science education: Rationale and strategies*. London: Kluwer Academic Publishers.
37. Martin, B., & Brouwer, W. (1991). The sharing of personal science and the narrative element in science education. *Science Education, 75*, 707-722.
38. Martins, I., & Ogborn, J. (1997). Metaphorical reasoning about genetics. *International Journal*

of Science Education, 19(1), 47-63.

39. Matthews, M. R. (1994). *Science teaching: The role of history and philosophy of science*. New York: Routledge.
40. Monk, M., & Osborne, J. (1997). Placing the history and philosophy of science on the curriculum: A model for the development of pedagogy. *Science Education, 81*, 405-424.
41. Roach, L. E., & Wandersee, J. H. (1995). Putting people back into science: Using historical vignettes. *School Science and Mathematics, 95*, 365-370.
42. Ruse, M. (1989). Making use of creation. A case-study for the philosophy of science classroom. *Studies in Philosophy and Education, 10*, 81-93.
43. Rutherford, F. J. (2001). Fostering the history of science in American science education. *Science & Education, 10*, 569-580.
44. Solomon, J., Duveen, J., Scot, L., & McCarthy, S. (1992). Teaching about the nature of science through history: Action research in classroom. *Journal of Research in Science Teaching, 29*, 409-421.
45. Stinner, A. (1995). Contextual setting, science stories, and large context problems: Toward a more humanistic science education. *Science Education, 79*, 555-581.
46. Tao, P. K. (2002). A study of students' Focal awareness when studying science stories designed for fostering understanding of the nature of science. *Research in Science Education, 32*, 97-120.
47. Tsui, C., & Treagust, D. F. (2004). Conceptual change in learning genetics: An ontological perspective. *Research in Science & Technological Education, 22*, 185-202.
48. Venville, G., & Treagust, D. F. (1998). Exploring conceptual change in genetics using a multidimensional interpretive framework. *Journal of Research in Science Teaching, 35*(9), 1031-1055.
49. Wang, H. A., & Marsh, D. D. (2002). Science instruction with a humanistic twist: Teachers' perception and practice in using the history of science in heir classroom. *Science & Education, 11*, 169-89.

The Effect of Inclusion of History of Science on Senior High Students' Understanding of the Nature of Science, Attitudes toward Science, and Academic Achievement

Chen-Yung Lin[1], Yung-Ta Chang[2] and Jun-Hui Cheng[2]

[1]Graduate Institute of Science Education, National Taiwan Normal University

[2]Department of Life Science, National Taiwan Normal University

Abstract

In this paper, history of science was integrated into science teaching in order to improve high school students' understanding of nature of science, attitudes toward science, and academic achievement in genetics. Rather than one episode or two of history of science used in previous research, our teaching material in study, Looking for Double Helix from Peas, conveys nearly 20 episodes of history of science and covers more than 60 years. The teaching material was all about the development of molecular genetics and was developed to demonstrate the dynamic interaction among scientific activities, knowledge, and community. The research was conducted in a summer class at a girls' senior high school in the city of Taipei. The study involved 234 students, in six classes, entering grade twelve. Of these, three classes were the experimental group and the other three classes were the control group. It was found that experimental classes performed significantly better than control group classes in understanding of nature of science and attitudes toward science. However, there was no statistical difference between the classes in genetic achievement. Further analysis on students' feedback, drawn from a website about the integration of history of science in science teaching, was particularly able to improve students' understanding of the dynamic processes of scientific knowledge development and the interaction between scientists and the scientific community.

Key words: History of Science, History of Genetics, Nature of Science, Attitudes toward Science