

物理史融入教學對提升學生科學認識論 瞭解及其學習成效之研究

姜志忠¹ 張惠博² 林淑楞¹ 鄭一亭¹

¹國立彰化師範大學 科學教育研究所

²國立彰化師範大學 物理系

(投稿日期：民國 94 年 4 月 11 日，修訂日期：94 年 9 月 10 日，接受日期：94 年 12 月 23 日)

摘要：科學教育改革，不斷地要求學生對科學概念有真正的瞭解，也要求學生對於科學本質應有正確的認識。本研究根據 Monk 和 Osborne (1997) 所建議的模式，將物理史融入高中教學中，讓學生討論歷史情節，並於課後提供詳細的歷史資料與反省作業，俾協助學生學習現代的科學認識觀。共變數分析結果顯示，物理史融入教學的班級，倘教學時間足夠，學生的科學認識觀將更符合現代觀點，尤其是傳統認識觀的學生，進步更明顯。其次，物理史融入教學亦可增進學生對物理概念的理解與興趣。因此，實驗組學生的學業成績不只未因科學史佔去部分上課時間而降低，甚至優於控制組。本研究亦探討科學史的優點與學生對於科學史的感受。

關鍵詞：科學本質、科學史、科學認識論

壹、前言

對科學本質有正確、適當的瞭解，是各國強調的教育與課程改革目標之一 (Lederman, 1999; Hogan, 2000)，而科學史則常被提倡以提升學生對科學本質的瞭解 (如洪振方, 1997; Matthews, 1994)。因此，過去的研究 (如 Irwin, 2000; Lin & Chen, 2002) 多聚焦在評估科學史提升學生科學本質瞭解的成效如何。但，Lederman (1998) 指出，科學史本身未必能增進學生對科學本

質的瞭解；Abd-El-Khalick 與 Lederman (2000a) 的研究發現，科學史無法有效的讓職前教師有更現代的科學本質觀。對此，Abd-El-Khalick 等人 (2000a) 認為，科學史雖是學習科學本質的方法之一，尚須針對學生科學本質觀點改變的困難處提供協助。所以，如何運用科學史以提升學生對科學本質的瞭解，須要更多研究。

此外，除了提升學生對科學本質的瞭解外，科學史可能尚有其他優點。如 Wang 和 Marsh (2002) 將科學史的功用區分為，可增進對概念的瞭解、對探究過程的瞭解與對



情境的瞭解。其他學者 (Matthews, 1994; Neilsen & Thomson, 1990) 亦主張科學史可以讓學生對科學的基本概念有更好的瞭解，這應是教師採用科學史進行教學的主要原因，所以，亟需進行實徵性研究以提供進一步的證據。然而，將科學史融入教學中，在直觀上，常被認為會佔用上課時間，可能影響學生學科學習之成效與增加進度壓力，造成推廣上的困難。同時，科學史融入教學中對成績是否造成負面影響，亦需要更進一步的研究。Abd-El-Khalick 和 Lederman (2000b) 認為，希望短時間的教學即讓科學本質觀有明顯的變化是不太可能的，有必要延長教學時間；但過去的研究，並未深入探討時間因素的影響。進一步的，自學習觀點觀之，學生原有的概念 (含科學認識觀) 在學習中實佔有舉足輕重的地位，學生原有的科學認識觀，對科學史的教學成效，會有怎樣的影響？

因此，本研究擬將物理史融入教學中，希望探討下列諸問題：

- 一、將物理史融入教學中，能否讓學生有更現代的科學認識觀？
- 二、物理史融入教學時間的長短，對科學認識觀改變的影響為何？
- 三、學生原有的科學認識觀，對科學認識觀改變的影響為何？
- 四、將物理史融入教學中，對學生物理學習的成效有何影響？
- 五、學生認為物理史融入教學中，有哪些優、缺點？感受如何？

貳、文獻探討

一、科學認識論的意涵

過去對於科學教育或是科學學習的成果，多重視學生在認知與技能上的表現。但近幾年來，學生對於科學本質的了解，是各

國強調的教育目標 (Lederman, 1999; Hogan, 2000; National Research Council, [NRC], 1996)，而 Abd-El-Khalick 和 Lederman (1998) 認為「科學本質」，主要關心的是「科學活動中伴隨的價值及認識論的假設」。因為科學活動本身就是相當複雜的活動，欲瞭解科學本質，必須從科學史、科學哲學、科學心理學、科學社會學四方面去進行 (Leach & Driver, 1997)；其中，科學哲學探討的面向包含本體論、認識論與方法論 (Guba & Lincoln, 1989)。可見，科學本質與科學認識論是不同的，科學本質觀應涵蓋科學認識觀。Meichtry (1999) 認為，科學本質與科學知識的本質在文獻中雖經常被互用，但兩者其實還是有些差別的。他認為「科學本質」，是表明「科學是人類的活動，用以探究自然現象及增加知識體系的過程，且是一種社會的志業 (social enterprise)」；科學知識，指的是「科學過程與社會情境的產物」。因此，科學本質的涵蓋面應大於科學知識的本質，而瞭解科學知識的本質 (科學認識論) 是瞭解科學本質的一部份。所謂的「認識觀」，常見一些不同的定義，諸如：

- (一) 認識論的信念，指的是「關於知識是如何組成的、如何發展」相關的信念 (Hammer, 1994)。
- (二) 對於「知識的來源、知識的形成及知識的特質」所持的信念 (Novak, 1988)。
- (三) 關於「知識本質」的信念 (Edmondson & Novak, 1993)。
- (四) 關於「知識是什麼、知識如何獲得」的信念 (Schommer, 1994)。
- (五) 研究「科學探究中知識宣稱是如何發展出來的與判斷知識的方式」 (May & Etkina, 2002)。
- (六) 對於「獲得知識的方法與知識的基礎」的觀點 (Solomon, Duveen, & Scott,



1994)。

綜合認識論的相關研究與學者的觀點，本研究的「認識論觀點」指的是，對於知識的「來源、過程、本質、限制」的觀點；而「科學認識論的觀點」或「科學認識觀」，指的是「對於科學知識如何發展、如何進行判斷、影響科學知識發展的相關因素以及知識本質的觀點」。

二、科學認識觀的重要性

近幾年的科學教育改革，希望培養具有科學素養的公民 (Lette, 2002; NRC, 1996)，具有科學素養的公民必須對科學本質有正確的瞭解。因為，若要真正瞭解科學，就必須瞭解科學的許多面向，包含科學本質的知識 (knowledge about the nature of science)，也就是科學家如何發展與使用科學知識、如何選定探究的問題、如何蒐集與詮釋資料與是否將研究結果發表 (Ryder, Leach, & Driver, 1999)。因此，我國的九年一貫課程在自然與生活科技領域相關的能力指標中，即清楚列出學生對科學本質該有的認識。

其次，科學認識觀對科學學習亦有相當密切的關連。學生如何處理教材內容與學習成果如何，受到科學認識觀的影響 (Hammer, 1994)，科學認識觀亦影響學生對於後設學習 (meta-learning) 的假設，學生學習策略的選擇 (Hogan, 2000; Tsai, 1998)，而學生的學習方式，也反映出學生對於知識創造的看法 (Novak, 2001; Hammer, 1994)。可見，科學認識觀對科學學習的重要性，而如何讓學生有現代的科學認識觀，即成為研究的重點。

但，過去的研究 (Abd-El-Khalick & Akerson, 2004; Haidar & Balfakih, 1999; Lucas & Roth, 1996; Ryder et al., 1999; Solomon, Duveen & Scott, 1996) 發現，多數學生的科

學認識觀或者對於科學本質的某些觀點，傾向於實証主義或經驗主義等傳統觀點。如 Solomon 等人 (1996) 針對 800 位 14 到 15 歲的學生進行調查，發現多數 (超過 85%) 的學生認為理論被取代是因為新技術或是新證據的出現，極少數學生認為理論的改變，是因為不同時代的人，對自然現象有不同的解釋方式所致。Halloun 和 Hestenes (1998) 針對 2600 位高中生進行調查，亦發現對科學本質的瞭解普遍不足。可見，目前高中生的科學認識觀仍偏向傳統觀點，且林陳涌 (1996) 的研究發現，高中學生對科學本質的了解，並沒有隨年級的增加而顯著的增強。因此，科學教育必須發展教學策略，才能讓學生具有更現代的科學認識觀。

三、利用科學史提升對科學認識論的瞭解

Lederman (1998)、Abd-El-Khalick 和 Lederman (2000b) 針對改變學生對科學本質或科學認識論瞭解常用的策略進行分類，將其區分為內隱取向 (implicit approach) 與外顯取向 (explicit approach)。Abd-El-Khalick 等人 (2000b) 分析過去的研究發現，內隱取向的成效不如外顯取向，並強調兩者最主要的差別，在於是否將科學本質視為教學目標之一，並於教學中凸顯科學本質的相關面向。內隱取向主要從做科學 (doing science) 與進行探究中，讓學生瞭解科學本質與科學認識論 (例如，Sandoval & Morrison, 2003)；外顯取向則在科學教學中引入科學史以增進學生對科學的瞭解 (例如，巫俊明, 1997; Abd-El-Khalick et al., 2000a; Abd-El-Khalick et al., 1998; Irwin, 2000)。

科學史應用在科學教育上，已有多位學者 (洪振方, 1997; Matthews, 1994; Nielsen et al., 1990) 發表文章倡導，如 Matthews (1994)



認為科學史有下列的好處：

- (一)科學史可以提昇學生對科學概念的了解。
- (二)科學史連貫了學生自我思考的過程與科學原理發展過程的相似性。
- (三)科學理論的演化性與革命式的開創性，讓學生了解之後，對其往後的學習有很大的助益。
- (四)對了解科學本質而言，科學史是必須的。採用科學史不只是基於動機或工具主義者的立場、更是基於認知的基礎 (cognitive grounds)，以合乎歷史發展的方式來教學，是傳達科學真理本質的唯一方式；而結合科學史的課程可以增進對科學的了解。
- (五)普遍發生在教科書中的科學主義 (scientism) 及教條主義 (dogmatism) 可以藉由科學史予以破除。
- (六)藉由了解科學家的生活、時代背景，使科學更人性化、較不抽象、對學生更有吸引力、更願意致力於科學的學習。
- (七)透過科學史的教學，學生較易了解不同科學概念之間以及不同學科之間的相關性。易言之，科學史可以襯托出不同科學領域之間高度的相關性，而這一點對學生以統整的方式來看待各學科是有益的，更可成為課程統整的理論基礎。

過去的研究，多將重點放在利用科學史破除教科書中的科學主義與教條主義，本研究則擬進一步探討，科學史融入教學之中，尚有哪些優點？

四、科學史教學模式應具備之要件

雖然科學史有相當多的優點，但尚存在需要克服的問題。Galili 和 Hazan (2001) 研

究發現，現有的課程對教師與學生而言量還是太多，因此要挪出時間進行科學知識本質的教學，時間上更為緊縮，這也是教師不願採用科學史的原因之一。Wang 等人 (2002) 針對中學科學教師的研究發現，教師認為課程的內容已經太多，只有能與教學結合的科學史元素才有使用的意願；否則，就算很有價值的科學史，也會被捨棄不用。

以上的研究顯示，雖然科學認識觀或對科學本質的瞭解受到重視，但在上課時數固定、教材內容無法縮減，而且無法提供額外時間進行科學認識觀教學的情況下，若欲利用科學史進行科學本質與科學認識觀的教學，科學史與課程、教學能否結合，是教師決定使用科學史與否的關鍵因素之一。Monk 等人 (1997) 亦指出，應該將科學史與科學內容的教學進行整合，並據此發展可行的教學模式，該模式包含呈現自然現象、誘導學生概念、歷史的研究、設計實驗與實徵性測試五階段，主要於誘導學生概念與設計實驗階段融入科學史，呈現過去科學家的想法與歷史情境。

科學史教學模式除了應考量教師因素，將物理史融入教學中，Abd-El-Khalick 等人 (2000a) 認為，亦應針對觀點改變的困難處提供協助，才能奏效。對此，Hofer 和 Pintrich (1997) 建議，應研究學生認識論改變的機制，並據此設計教學模式。Bruce, McGee, Schwartz 和 Purcell (2000) 則引用 Posner, Strike, Hewson 和 Gertzog (1982) 的概念改變理論，提出改變觀點的有效策略，包括：

策略一、創造反省的機會

策略二、挑戰現有的信念。

策略三、對新信念的調整提供支援。

Abd-El-Khalick 等人 (2004) 的研究，亦主張從概念改變的觀點來看科學本質觀的改變。該研究依照概念改變教學之要件設計



教學模式，包括提供結構化的反省機會與討論，成功的讓職前教師具有更現代的科學本質觀。

因此，若希望科學教師採用科學史，讓學生有更現代的科學認識觀，除了必須將科學史與概念教學進行結合外，亦需在科學史的教學模式中提供概念衝突與反省的機會，並對於科學認識觀的調整，提供概念上的支援。

參、研究方法

一、研究對象

研究對象為中部某高中兩班二年級自然組的學生，由同一位物理教師任教，每班學生各四十六人（因研究期間較長，有學生轉組及其他因素，因此資料完整者共有 82 人，實驗組 40 人、控制組 42 人），為常態分班，每週有四節物理課。其中一班為實驗組，在物理教學中融入物理史，另一班則不使用物理史，除此之外，兩班上課的內容、方式都相同，上課為小組合作學習，每組三到四人。上課時由教師提出問題，讓各小組進行解釋或是預測，之後再由教師引導以達到共識。

二、物理史融入教學之策略

如表 1 所示，在研究過程中使用的十八

則物理史案例，並依據物理史希望凸顯之科學認識觀進行編寫。如摩擦力與布朗運動、陰極射線等歷史，旨在強調科學家的主觀性，對同一現象或實驗結果有不同的解釋；熱的本質與光的本質，則凸顯科學知識的暫時性及觀點的改變。每則物理史所需時間約二十分鐘（每節物理課五十分鐘）；因此，研究期間，使用物理史總時數約六小時，且物理史與概念教學同步進行，實際佔用物理課上課時數的比例並不高（不到 3%）。本研究主要參考 Monk 等人（1997）建議之教學模式進行修改，共分五個步驟：

步驟一：前測

這個步驟為 Monk 等人（1997）建議模式中欠缺的，前測可瞭解學生可能有的概念，且讓學生先行思考，可以縮短 Monk 等人（1997）建議模式中誘導階段所需的時間。而為了讓物理史與物理教學更加融合，前測的題目也自物理史中取材，如此可讓學生探究過去物理學家面臨的問題，便於引入過去物理學家的觀點與發展知識之歷史背景，但題目會略加修改，以符合學生的程度及經驗。

步驟二：進行概念的教學

洪振方（1998）主張，融入科學史必須顧及學生的程度與上課時數。因為本研究在

表 1：使用物理史個案總表

第一階段	第二階段	第三階段
摩擦力	碰撞	歐姆定律
慣性定律	熱的本質	法拉第電磁感應定律
牛頓第三運動定律	氣體動力論與布朗運動	陰極射線
克卜勒行星運動定律	中國對聲波的研究	油滴實驗
	折射定律	量子論
	光的本質	拉塞福原子模型
	色散現象	物質波
總數	4	7



將物理史融入教學，使用部分上課時間，且多數學生相當在乎升學，表示希望增加例題數量以應付指定科目考試。此外，設計實驗需要更多的知識背景、學生過去亦沒有設計實驗的經驗，增加課程的困難度。因此，現階段本研究所使用的模式，並未包含設計實驗與實徵性測試；但在教學過程中，學生仍可針對過去物理學家探究的物理現象形成問題、進行預測、以自己的觀點進行解釋，或針對歷史數據進行分析。

本研究以前測收集學生的觀點，並於誘導學生概念階段歸納、呈現學生在前測中的觀點，如此可以讓本模式更有效率。本研究於概念教學時融入物理史，列出過去物理學家的觀點，但學生並不知道哪些是科學家的想法，以免因為權威而窄化學生的思考空間。之後，請各小組討論何種觀點較為合理，若遇到無法取得共識時，則視情況從物理史中挑出合適的例證，以強化某觀點的優、劣點，並讓學生知道過去科學家產生該知識的過程，如果對該現象有過爭議，則敘述物理學家如何化解爭議、取得共識。

步驟三：科學認識觀的討論與意見發表

依據時間進行調配，倘時間許可，則進行與科學認識觀有關之討論，並請學生發表對於歷史案例的心得與想法。

步驟四：反省

本研究提供詳細的歷史資料及與科學認識觀之課後反省作業，讓學生運用其科學認識觀解釋歷史案例，以期造成認知衝突，並提供新概念應用的機會。作業中亦提供傳統與現代之科學認識觀，作為概念輔助工具，讓學生評估不同的科學認識觀，增加概念改變的機會。

步驟五：評鑑

步驟五則學生在步驟四的觀點進行整理與歸納，讓學生知道其他同學的觀點，以期

對自己的觀點進行再評鑑。

而實際教學時之流程及詳細資料，請參見附錄一、二。

三、資料收集

本研究主要之收集資料，包括學生的科學認識觀、學習成績，對學習環境以及物理史融入教學的感受。以下進行詳細說明。

(一)對學習環境的感受

教師所設計的教學活動，必須能讓學生清楚感受到教學目標為何，否則不易成功。為了檢視學生是否真的感受到教師在教學上的改變（物理史融入教學），與學生是否因此學到現代科學認識觀，本研究採用陳忠志、Taylor 和 Aldridge(1998)翻譯 Taylor, Dawson 和 Fraser (1995)所發展的建構主義學習環境量表（constructivist learning environment survey, CLES）中「關於科學的學習」(learning about science)分量表，以瞭解物理史融入教學對於學習環境所產生的影響，以及學生是否真的察覺到，科學認識觀為教學目標之一，並從中學到現代的科學認識觀。

例題：

我學到「科學隨時間而變」。

我學到「科學受到人們價值觀和意見、想法的影響」。

陳忠志等人（1998）研究中，「關於科學的學習」分量表之使用對象為國中生， α 信度值為 0.83，本研究之信度值則為 0.8，且量表中的題目與本研究關注之科學認識觀（如：科學知識是否確定？科學研究是否受到科學家想法的影響？）相當吻合，適合本研究之學習環境。

研究過程共施測二次，復依據後測結果，自實驗組與控制組中挑選六位在 CLES 問卷中分數較高的學生（代表這些學生的感受較為強烈）進行晤談，晤談時間約在二十



分鐘左右。

(二)科學認識觀

為了釐清物理史融入教學時間長短所產生的影響，科學認識觀之收集過程區分為三個階段。第一階段由高二上學期第一次期中考到學期結束，約五個月；第二階段從高二下到高三上第二次期中考，約八個月；第三階段則持續到高三下，約六個月。在融入物理史之前三週（高二第一次期中考過後一週），進行科學認識觀前測。本研究使用的是 Pomeroy (1993) 發展問卷，並依據 Tsai (1998) 所翻譯、修改並藉由晤談效化後形成的中文版問卷；本問卷為 Likert 五點式的量表，分數由 5 到 1，分別代表「完全同意」到「完全不同意」。本研究使用的共有二十題，正向題 11 題與反向題 9 題，反向題採反向計分。正向題代表現代的觀點，也就是建構主義的認識論觀，強調科學探究中科學家的主觀因素與科學知識的暫時性；而反向題則傾向於傳統的觀點，主張科學家研究時應該客觀且知識是確定不變的。

例題：

科學可以對自然界做客觀的陳述，因此是一種知識的模範；也就是說，科學知識完全取決於對現象的觀察。

科學知識的評價是一定的，不因時空立場變換而改變。

前測中，正、反向題的 α 係數分別為 0.56, 0.64，整體信度為 0.55；而 Pomeroy (1993) 正、反向題的 α 係數分別為 0.59 與 0.65，為中等信度。本研究並分析學生的前測資料，以學生科學認識觀較偏向傳統（平均分數較低）的部分，做為編寫物理史資料的依據及教學的重點。研究過程中，每一階段均根據前一階段科學認識觀後測結果，作為學習成效的指標，並挑出傾向傳統科學觀的部分，作為下一階段教學的重點及針對教

學模式進行微調（如改變課後心得題目的提問方式，由單純的心得寫作，改為應用自己的科學認識觀去解釋物理史中發生的案例，增加概念衝突與再建構的機會）。

(三)學生的學習成績

因為科學認識觀並非傳統物理教學的重點，一般認為可能因為佔去上課時間而對物理學習造成負面影響，所以收集學生每次期中考之成績，以檢驗物理史融入教學對學生學習成效的影響。因為台灣強調升學，指定科目考試成績為錄取與否之主要依據。因此，本研究亦收集指定科目考試物理科的成績；過程中有四位同學推甄成功，因此參加指定科目考試總人數少了 4 人，共 78 人。

(四)學生對物理史融入教學的感受

過去評估科學史對提升科學認識論瞭解成效的研究，經常將重點放在進行教學後學生對科學本質或科學認識論的瞭解是否提升，甚少探究學生的感受，因此，本研究以開放性問卷收集學生對物理史融入教學感受之相關資料，俾作為未來教學改進的依據。

而在第三階段開始時，學生即將面對學科能力測驗與指定科目考試，該測驗影響學生能否參加甄選與升學，學生可能因為升學壓力，以致於對物理史佔用上課時間而產生反感，因此以不記名問卷瞭解學生的意願及對於物理史融入教學接受的程度，以決定是否進入第三階段。

四、資料分析

基於班級完整性，無法進行隨機分配，因此，研究收集之數據主要以共變數進行分析。

針對 CLES 中「關於科學的學習」分量表，以前測結果作為共變數進行共變數分析，俾瞭解接觸物理史融入教學前後，學生對於學習環境的感受是否不同？而晤談結



果，可以確認「關於科學的學習」分量表的變化，是否因為物理史融入教學所致。

為了瞭解物理史融入教學時間的長短，對於學生科學認識觀變化有何影響，將科學認識觀之分析過程共分成三個部分，每個部分均以前測結果為共變數，並與每階段後測結果進行共變數分析，如此可以得知，接觸物理史融入教學時間長短對於科學認識觀變化的影響。

為瞭解學生原有科學認識觀，對科學認識觀進步之影響，依據前測結果，將學生區分為傳統、混合與現代科學認識觀三組，比較三組科學認識觀變化情形，並計算其科學認識觀改變與原有科學認識觀之 Pearson 相關係數。

為了檢驗物理史融入教學對學生學習成效的影響，在每個階段結束時，比較學生的學期成績。第一、第二階段主要以期中考成績進行分析，第二階段的成績且為第一、第二階段累計成績之總平均，俾瞭解物理史融入教學時間之長短對於學習成效所產生的影響；但，第三階段則比較指定科目考試物理科成績。

開放性問卷所收集的資料，則將學生的回答進行歸類，瞭解學生對物理史融入教學的感受及對學習的影響。

肆、結果

本研究擬探討物理史融入教學，對學習

環境產生怎樣的影響？學生的科學認識觀是否更符合現代觀點？對不同學生所產生的效果是否存在差異？對物理概念的學習有何影響？以及學生對於物理史融入教學的感受。

一、物理史融入教學對於學習環境的影響

若希望透過科學史讓學生具有現代的科學認識觀，必須提供合適的學習環境與機會，因此，針對 CLES 中「關於科學的學習」分量表進行共變數分析，以瞭解學生是否學到現代科學認識觀，分析結果如表 2 所示。

由表 2 得知，實驗組與控制組在 CLES 中，「關於科學的學習」分量表之感受達到顯著差異，調整後的平均分別為 4.10 與 3.77，表示本模式確實能讓學生感受到學習環境的改變並可學習到現代科學認識觀。但，統計上的顯著性無法真實呈現實驗的效果，因此，進一步計算實驗效果量 (effect size, 簡稱 ES), ES 為 0.61, 依 Cohen (1988) 之建議, ES 值低於 0.2 為低度實驗效果, 0.5 到 0.8 為中度 (medium) 實驗效果, 大於 0.8 則為高度實驗效果。因此, 研究之 ES 值表示, 本模式對於學習環境的改變具有中度之實驗效果。

但，這樣的改變是否直接源自於物理史融入教學？晤談實驗組與控制組學生之後發現，控制組學生雖然感受到，在物理課可以學到科學知識的暫時性、不同文化的人會使用不同的科學，但部分控制組學生（四位）

表 2：CLES 中「關於科學的學習」分量表的共變數分析

變異來源	SS	df	MS	F
組間 (教學方法)	65.98	1	65.98	7.30**
組內 (誤差)	714.12	79	9.04	
全體	780.10	80		

** $p < .01$



無法具體說出從哪些教學活動中習得，且控制組完全沒有提及物理史。而實驗組學生皆明確提到，學習到「科學知識可能隨時間改變，科學知識受人們的價值觀和意見、想法的影響」等現代科學認識觀，主要係來自物理史。以下臚列學生的回答，代號中的 E 代表實驗組、C 代表控制組，之後的號碼代表其座號。

針對「在怎樣的教學活動中學到『科學知識可能隨時間改變，以及科學知識受人們的價值觀和意見、想法的影響』」這個問題，學生表示：

主要是歷史。如：中國對於聲音共振的解釋與應用。(E17)

幾乎都是用歷史故事。(E10)

歷史資料可以學到。(E12)

為了進一步確認，請實驗組學生針對 CLES 問卷中的問題提出具體的例子。學生 E20 提到，他學到「科學知識受人們的價值觀和意見、想法的影響」，係來自「對於光本質的爭議」這段歷史。

老師你會提到一些歷史上、過去科學家的想法。你舉光的例子，比方說光是粒子？還是波動？每個階段的科學家有不說法的說法。(E20)

又如：學生 (E16) 認為他學到「科學知識可能隨時間而改變」，是因為接觸到物理史，但他並未明確提出是哪一段歷史。

(老師會) 講一些以前科學家舊的觀念、還有現在的。譬如說，有一些科學家他提出的一些理論，在當時可能是不被接受的，就有可能需要更正一些想法或是過一段時間才有可能被接受。

(E16)

由晤談結果可知，將物理史融入教學中，學生可明顯察覺到學習環境的改變，並確實學到「科學知識可能隨時間改變」，以及「科學知識受人們的價值觀和意見、想法的影響」等現代的科學認識觀。

晤談中亦發現，實驗組與控制組學生都曾提到，透過小組討論與意見的協商等活動，可以更確切瞭解科學知識是如何受人們的價值觀與意見、想法的影響。如：

你不是經常會讓我們自己去想嗎？上課時候的討論，每個人的角度是不同的。(C38)

學到這個 (科學受到個人價值觀的影響)，最主要是每個同學看法都不同。(C10)

有時候我們小組在討論的時候，因為本身堅持自己理念的關係，所以在討論某個現象的時候，每個人會從不同的出發點。(E12)

應該在我們自己班上就看的見，每個人如果有不一樣的想想法也會影響到科學知識的發展。(E20)

晤談結果發現，學生可從親身的學習經驗中學到現代科學認識觀，從小組討論與觀點分享的過程中，可以確切體會到不同的人對同一現象會有不同的觀點，進而瞭解到科學探究具有主觀的成分、會受到科學家個人觀點之影響。可見，教學活動的類型也是學生科學認識觀的來源之一，學生在不同學習活動中累積的學習經驗，亦會形成自己的科學認識觀。可是，部分控制組學生仍無法明確說出係經由哪些活動學到現代的科學認識觀 (如，科學知識可能隨時間改變)。這是否意味著科學認識觀的學習，在某種程度上，乃屬於不知不覺中習得？是否屬於「潛在課程」(hidden curriculum) 的一種，則需要進一步的研究。

二、物理史融入教學中對於科學認識觀的影響

物理史融入教學中能否改變學生的科學認識觀？教學時間的長短會造成什麼影響？以第一階段科學認識觀前測的結果作為共變數，與每階段後測資料進行單因子共變數分析，可顯示物理史融入教學時間的長短，對於改變科學認識觀的影響。結果如表 3、4、



5 所示。

表 3 可知，在第一階段中學生只接觸四則物理史，科學認識觀並未達到顯著差異。巫俊明（1997）認為若使用科學史的數量不夠，對促進學生對科學本質的瞭解沒有幫助，甚至會有倒退的現象，本研究支持巫俊明（1997）的主張。但從表 3、4、5 可知，物理史融入教學的時間越長，差異性也隨之增加。一年之後（共接觸十一則物理史，平均每月一則），實驗組與控制組的差異即明顯增加，到第三階段呈現出的差異更形顯著，實驗組與控制組調整後，科學認識觀的平均值為 3.78 與 3.43，即突顯了時間的累積效應。研究結果顯示，接觸物理史融入教學的時間與物理史的數量，是學生的科學認識觀能否改變的要件，本研究發現，至少需接

觸一年左右才達到統計上的顯著差異。

進一步以 ES 評估本模式之實驗效果。本研究之三個階段之 ES 值（實驗效果量）分別為 0.36、0.39 及 1.16。依據 Cohen（1988）的建議，若效益值大於 0.8，則實驗效果量大。本模式在第二階段雖已達統計上的顯著差異，但為低度的實驗效果，但在第三階段結束，則具有高度實驗效果，可讓學生具有更現代的科學認識觀。

學習存在著個別差異，建構主義的學習觀點強調學習者原有的概念是影響學習的主要因素之一。因此，進一步分析物理史融入教學，對不同科學認識觀的學生所產生的效益，是否存在差異？根據實驗組學生在第一階段前測分數，將學生分為現代觀點、混合與傳統觀點三群，平均高者為現代觀點群，

表 3：第一階段科學認識觀共變數分析結果

變異來源	SS	df	MS	F
組間（教學方法）	85.25	1	85.25	2.59
組內（誤差）	2602.12	79	32.94	
全體	2687.37	80		

表 4：第二階段科學認識觀共變數分析結果

變異來源	SS	df	MS	F
組間（教學方法）	78.03	1	78.03	3.02*
組內（誤差）	2041.82	79	25.85	
全體	2119.86	80		

* $p < .05$

表 5：第三階段科學認識觀共變數分析結果

變異來源	SS	df	MS	F
組間（教學方法）	703.90	1	703.90	26.63***
組內（誤差）	2088.18	79	26.43	
全體	2792.08	80		

*** $p < .001$



每群的人數分別為十三、十四、十三人。觀察這三群學生在研究期間科學認識觀的變化情形如圖 1 所示。

由圖 1 可看出，將物理史融入教學中，可讓三群學生都具有更現代的科學認識觀，但傳統觀點的學生，科學認識觀的變化最為明顯、其次為混合觀點的學生，現代觀點的學生受益相對較少，可見本模式最適合傳統觀點的學生，現代觀點的學生因為其科學認識觀已為現代觀點，在本研究的評量中，科學認識觀仍有變化，但較不明顯。

進一步分析每個階段實驗組學生科學認識觀的變化（以每階段之後測分數減去前測分數，分數為正代表進步、反之代表退步，90% 以上的學生變化為正），與該階段原有科學認識觀（也就是各階段科學認識觀前測的結果）的相關係數可以更清楚的呈現這樣

的趨勢。

由表 6 可知，在每個階段中，科學認識觀的變化仍會受到原有的科學認識觀的影響，代表原有觀點越傾向現代觀點的學生，科學認識觀的進步越少；因此，傳統科學認識觀的學生產生的變化大於現代科學認識觀的學生。

三、物理史融入教學中對於學習及成績的影響

學者主張，科學史可以讓學生對基本的科學概念有較好的理解 (Matthews, 1994)，本研究亦已得到一些實徵性的資料。根據本研究開放性問卷所收集到的資料分析，學生對於物理史融入教學的感受多為正面的，且認為物理史融入教學有助於概念的理解；進一步探討，可發現物理史融入教學對於學習

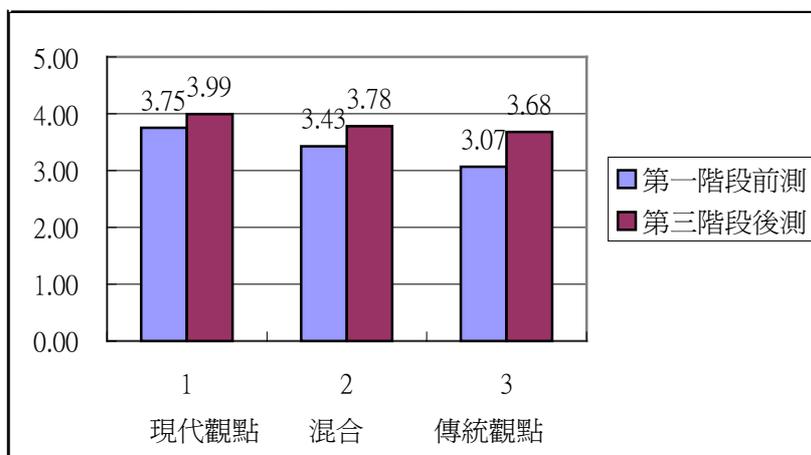


圖 1：不同科學認識觀的學生，前、後測平均值的比較

表 6：各階段科學認識觀變化與各階段原有科學認識觀之相關係數

	第一階段變化	第二階段變化	第三階段變化
第一階段原有科學認識觀	-0.64**		
第二階段原有科學認識觀		-0.46**	
第三階段原有科學認識觀			-0.30*

* $p < .05$ ** $p < .01$



物理的幫助為：

(一)增加學習興趣：一般的物理教學側重概念的學習與解題，容易單調、枯燥。因為故事本身對學生有很大的吸引力，因此融入物理史的教學，較有變化、能提升學生的學習興趣，例如：

上課類型較輕鬆，提供歷史資料可令學習較順手、增加內涵、提高精彩度。(E10)

讓我重溫國中歷史課聽故事的樂趣。(E1)

不會枯燥。(E37、E15、E19、E22、E15)

讓上課更有趣。(E33)

(二)本模式可以知道物理知識發展的背景，顧及學生喜歡知道來龍去脈的心裡特性，因此有助於學生運用所學知識，例如：

我不喜歡毫無來由的突然冒出一個公式，這樣(指提供歷史資料)公式會讓我用的比較順手。(E5)

我通常對於沒有原因及過程的事情接受度較低，以致於學習成果較差。例如，如果突然間給我一個公式，但沒有過程，我是無法接受與學習的。(E19)

歷史部分也有助於學習，因為提供了科學家為什麼以這個方向去想和當時的背景有什麼影響？以及這個理論對後來有什麼樣的影響與產生的轉變等，都有很大的幫助。(E17)

可見，學生喜歡追根究底，希望知道所學內容的來龍去脈、物理知識形成的情境與時代背景，而不是只瞭解概念的內容，當教學滿足學生心理層面的需求時，有助於物理學習，例如：

徹底瞭解(概念、公式)來源，在使用的時候多少會踏實點、不會濫用。(E1)

可以不必死背公式，且也不必刻意背那些符號表示的意義，也有趣多了。(E15)

(三)增進對物理概念的瞭解，對學習物理有幫助：因為在本模式中，學生必須

解決過去物理學家面對的問題(包括解釋現象與找出規則性)，提出自己的觀點與解釋，可提供學生思考的機會，增進對概念的瞭解，例如：

在討論的時候，因為討論取材於與這些定律理論的發展有關的歷史，討論後有助於對這些定理的瞭解。(E17)

提供思考的機會，而不是一味的背公式。(E38)

概念的建立，一個公式是怎麼被創造出來，再加上自己從數據中找出規則，觀念自然就出來了。(E24)

有助於概念的理解，比解題重要。(E24)

在這樣的教學模式中，學生除了自己處理與科學家類似的問題外，也可以知道物理學家如何推論與解決問題，能更深入瞭解物理學家的學習歷程，進一步模仿、學習，如此，亦有助於概念的統整與推論，如：

歷史資料可以讓物理的世界連接在一起。(E34)

對思考過程的串連是很重要的。藉由科學史的發展，瞭解當時科學家的思考過程，幫助我的物理推論。(E9)

物理推想方面會有比較正面的幫助、有助於概念的理解、知道何時該用公式與澄清概念。(E16)

過程中可以多瞭解概念的形成，寫題目時更容易找出問題所需的概念。(E1)

(四)提供修正、調整概念的機會：Wandersee

(1985)建議，學生的概念可能與歷史平行，可藉對歷史的瞭解，進一步預測學生的另有架構，將有助於教學。本研究則發現，物理史可以讓學生反省自己的觀點，有助於概念的學習，例如：

有助於理解，也可以瞭解自己是否和前人一樣的錯誤。(E24)



自己才能明辨對錯，以歷史為借鏡，用來修正自己本身缺失或提供自己思考來源。(E6)

針對某些不太正確的概念進行調整。(E30)

用前人的經驗來幫助學習也是一大技巧。(E3)

可見，學生某些另有架構確實與歷史平行。物理史讓學生瞭解到，過去的科學家也犯了與自己相同的錯誤，歷史資料可提供過去理論被修正的時代背景與原因，有助於學生認清概念上的盲點並產生概念改變。但也有同學反應，陳述不同的觀點會導致混淆、或者覺得浪費時間，但人數不多(3人)，例如：

各種想法容易使人混亂。(E34)

覺得學習錯誤的理論有點花時間。(E24)

我想從最短的途徑，得到等同於大家的知識為主。(E23)

(五)提供學習、模仿的對象：一般人可能認為科學家不會犯錯，因此不容懷疑。但物理史中的科學家是會犯錯的、科學家也需要長時間思考與學習才能有所收穫，而對於科學家形象(image)的轉變，讓學生對於學習過程中所犯的錯更能釋懷，瞭解到學習需要時間，有助於減輕學習時的負面情緒(學生稱之為「心靈的解放」)與挫折感，更願意花心思去克服學習時遇到的困難。如：

破除一般人認為科學家是神的觀念，對自己所犯的錯也容易接受。(E12)

讓我們知道一個物理學家研究問題時具有的努力與執著，使我們面對問題時更能花時間去處理。(E31)

有助於心靈的解放——瞭解到人不可能平步青雲。(E2)

從這些科學家身上也能學到很多東西，並明白科學家也是人，在學一些複雜而難以理解的東

西時，較不會有挫折感。(E32)

以上開放性問卷分析結果顯現，學生相當認同物理史融入教學對於物理概念的理解與利用公式解題有所幫助，可見，物理史融入教學對成績的影響是正面的。當問及物理史融入教學對物理成績的影響時，沒有學生認為有負面的影響，認為有正面影響與沒有影響的學生約各佔一半，學生的理由如下：

(一)正面影響：主要原因是物理對概念理解有幫助，某種程度上有助於解題，如：

可能對概念的判斷題，有較大的幫助。(E15)
過程中可以多瞭解概念的 formed，寫題目時更容易找出問題所需的 concept。(E1)

(二)沒有影響：學生的理由如下，

1.物理史並非評量內容：

歷史只是知道概念的由來，對於解題沒有幫助，也不會對成績有影響。(E8)

雖然我認為歷史有助於理解，但考試不考；如果有考的話，成績一定上升。(E35)

2.現行評量方式強調解題，多做題目才能應付考試：

因為我覺得現今的物理考試主要以計算為主，不過如果有考觀念題目時，或許就有幫助吧。(E27)

在速算法當道的年代，動作快的人在競爭上似乎有極大的優勢，在學校的爭奪上不懂小技巧的人能否在考場上致勝？(E19)

也許是花時間長了一點，以致題目講太少，有時不足以應付考試。(E10、E2、E15、E22、E23、E34)

感覺上課內容深度少了點，似只講基礎，不像補習班內容如此豐富足夠應付各類考試。(E10)

補習班老師的教學手段運用的太少。希望老師能找出單元裡一些重要的題型，挑出幾個類似題，重複的教我們，提供一些解題策略，讓我們



看到題目時至少有個小技巧，方向知道如何去解一個題目。(E9)

物理史融入教學中，不可否認，可能會占去上課時間，形成強大的進度壓力，直觀上，對於學生學習成績亦可能造成負面影響，這兩者是科學教師採用科學史的阻礙。但，由以上的分析可知，雖然學生普遍認為物理史融入教學確實會佔據上課時間，導致解題的數量與補充的題型不如補習班多等缺點，足見升學考試在學生心中仍是學習的主要目標，且認為解題技巧應是教學重點之一，以便應付考試。然而，就算學生清楚感受到物理史佔去部分上課時間，但在第三階段開始時進行的不記名問卷調查，所有學生都同意繼續在教學中融入物理史，可見對學生而言，物理史融入教學確實具有正面效益，對於升學考試並未造成想像中的負面衝擊。

進一步分析物理史融入教學前、後，兩班學習成績上是否存在顯著差異。本研究以學生高一基礎物理與高二上學期第一次期中考成績作為成績分析的共變數，實驗組成績為 59.85、控制組為 60.32，進行 t 檢定並未達到顯著差異，但控制組略高於實驗組。因為高一基礎物理與高二、三物理在內容與難度上有極大的差異，為了檢視以高一與高二上學期第一次期中考成績作為共變數是否具有代表性，檢視控制組 42 個樣本之共變數與每個階段學習成績之相關係數（因為實驗組融入物理史，因此不探討其相關性），結

果如表 7 所示。

由表 7 可知，高一基礎物理及高二第一次期中考成績（共變數）與往後的學習成績存在顯著相關性，可以預測學習者日後的學業表現，代表本研究所採用的共變數具有代表性。

其後，將與每個階段累計成績進行共變數分析，結果如表 8、9、10 所示。

由以上的結果可知，物理史融入教學的實驗組，無論在校之學期成績，甚至是全國性指定科目考試的成績都優於控制組、於共變數分析中達到顯著差異，其 ES 值（實驗效果量）為 0.58 到 0.7，為中度實驗效果。指定科目考試物理科調整後的平均，實驗組與控制組分別為 52.51，42.47，有十分的差距，因為指定考科試題強調的是概念的理解與應用概念進行解題、並無複雜計算與特殊的解題技巧，顯示物理史融入教學中，不僅不會對學生學習物理產生負面影響，甚至能增進學生對於物理概念的理解，亦有助於解題。

表 7：成績之共變數與各階段累計學習成績之相關係數

第一階段	第二階段	第三階段
0.72**		
	0.49**	
		0.64**

** $p < .01$

表 8：第一階段學習成績共變數分析結果

變異來源	SS	df	MS	F
組間（教學方法）	552.93	1	552.93	9.72**
組內（誤差）	4493.18	79	56.88	
全體	5046.11	80		

** $p < .01$



表 9：第二階段學習成績共變數分析結果

變異來源	SS	df	MS	F
組間（教學方法）	439.03	1	439.03	6.67**
組內（誤差）	5199.28	79	65.81	
全體	5638.31	80		

** $p < .01$

表 10：第三階段學習成績共變數分析結果

變異來源	SS	df	MS	F
組間（教學方法）	1964.41	1	1964.41	7.14**
組內（誤差）	20648.37	75	275.31	
全體	22612.78	76		

** $p < .01$

伍、結論與討論

本研究發現，物理史融入教學中，實驗組與控制組在科學認識觀的差異達到顯著水準，其實驗效果量為 1.16，具有高度實驗效果，且此改變與教學時間的長短有關，時間越長，科學認識觀越傾向現代觀點。而且，學生科學認識觀的進步與受到原有科學認識觀的影響，相較之下，傳統科學認識觀的學生在本模式中受益較多。

雖然學生清楚感受到，物理史融入教學確實會佔用上課時間，影響進度與解題的數量，但認為對於學習成績不會造成負面的影響。進一步針對成績的分析可發現，物理史融入教學之中，實驗組的在校成績與指定科目考試成績均比控制組高，於共變數分析之差異達到顯著水準，其效果量為 0.58 到 0.7，為中度實驗效果。晤談資料則顯示，物理史融入教學有下列優點，可促進物理概念的學習與應用概念解題。

- 一、提升學習興趣。
- 二、符合學生希望知道來龍去脈的心理特

性。

- 三、有助於學生理解物理概念與統整。
- 四、可提供修正概念的機曾。

- 五、可提供學習模仿的對象，降低挫折感、減輕心理壓力。

Abd-El-Khalick 等人（2000b）認為，科學本質不太可能在短時間內改變；本研究則發現，將物理史融入教學的時間越長，可讓學生有更現代的科學認識觀。為何科學本質不太可能在短時間內改變？延長教學時間為何有益於科學認識觀的改變？本模式如何促進科學認識觀的改變？為何傳統科學認識觀的學生進步較多？以及，為何物理史融入教學對學生的概念學習有益？以下對此進行討論，並依據研究結果，進一步提出對教學之啟示。

一、物理史融入教學時間之長短，對科學認識觀改變的影響

本研究發現，物理史融入教學以改變學生的科學認識觀，倘接觸時間足夠，才能奏效。Edmondson 等人（1993）即認為學生上



高中之前，對於不同學科領域的看法經常已經成型，Abd-El-Khalick 等人（2000）認為學生面對科學史時，需以不同以往的觀點來看科學史（putting on a different kind of thinking cap），兩者是以科學（物理）史作為改變科學認識觀策略會遭遇的難題，與概念改變相較之下，科學認識觀具有後設的本質，比概念更難以改變。科學認識觀的改變本質上屬於概念的改變，若從 Posner 等人（1982）所發展的概念改變理論來看，欲改變科學認識觀應提供反省的機會、挑戰學生現有的概念，使學生對原有科學認識觀產生不滿意，且尚須針對新觀念的調整或改變提供支援，而這些心智活動本身就需相當長的時間。因此，若學生只接觸少量的科學史或只經過短時間的接觸，教學模式中對學生科學認識觀的挑戰，可能導致學生觀念上的混淆，而在短時間內，學生可能無法將新資訊與原有的概念進行融合、與觀點的澄清，科學認識觀反而因此倒退。且少量的物理史，無法提供足夠的學習機會讓學生去應用新觀點，提供接受新觀點所需的支援、以促成觀點的改變並加以鞏固，學生可能僅將物理史視為個案、而非科學探究中普遍的特性。

但本研究增加接觸物理史的時間與數量，讓學生有更多的機會進行反省、產生認知上的衝突與概念的澄清，且運用之前習得的科學認識觀來解釋其他物理史個案，對原有觀點的調整提供支援，具有鞏固現代科學認識觀的效果。因此，若要使用物理史提升學生對科學認識觀的瞭解，必須長時間接觸、否則無法產生預期的功效、甚至導致觀點上的混亂。或許未來相關策略的發展，可思考以何種策略強化認知的衝突，以及降低學生跨越不同概念間的難度，或可縮短改變科學認識觀所需的

時間。

二、物理史融入教學，可讓學生有更現代的科學認識觀，且對傳統觀點的學生較為有益

本研究發現，在本模式的教學中，傳統科學認識觀的學生受益最多。Posner 等人（1982）亦曾指出，若要產生概念改變，學習者需要對原有的概念不滿意，也就是必須產生認知上的衝突，以激發學習者改變概念的動機。科學認識觀的改變與概念改變是類似的，教學模式必須提供產生概念衝突的機會。在本研究中所設計的課後反省作業，並要求學生利用自己的科學認識觀去解釋物理史中的案例，並引用歷史的資料做為佐證。當學生發現自己的科學認識觀無法解釋歷史案例時，即可能產生概念衝突，導致觀點產生改變。而，擁有現代科學認識觀的學生，因為其看法與現代觀點較為一致，無法從物理史中產生認知衝突，因此，在教學之後，其仍然有更現代的科學認識觀，但觀點的變化比較不明顯。

三、物理史融入教學符合學生希望知道來龍去脈的心理

Matthews（1994）的主張「透過科學史的教學，學生較易了解不同科學概念之間以及不同學科之間的相關性」。Wang 等人（2002）認為，歷史可以提供科學知識相關的情境訊息（contextual information），有助於科學知識的表徵，讓學生瞭解知識的來龍去脈，對於概念的理解有正面幫助，而從本研究中問卷所收集的資料，也可以提供相關的資料。

過去的物理教學，重點在於知識的傳遞，教師直接將過去科學家研究的成果呈現給學生，並未交代科學家進行該研究的時代



背景，以及科學家如何得到結論及過程中產生的諸多爭議，因此學生會惑於概念的形過程，形成學習動機上的障礙。例如「動量」這個概念，對學生而言是相當陌生的，但在物理課程卻是經常運用的概念。雖然學生知道在沒有外力的前提下，動量會守恆，但仍不瞭解動量這個概念的由來，以及為何動量必須是向量，對概念的陌生、導致無法靈活運用。本研究則提供「動量」發展的背景，可以讓學生瞭解到概念（如動量）是為了解釋或方便描述現象而創造出來的，且動量這個概念之思想淵源來自宗教，可讓學瞭解到科學概念來源的多樣性。原本物理學家建議的「動量」是沒有方向的，也就是「純量」。但，科學家在運用動量概念解釋碰撞現象的過程中，發現如果動量沒有方向，將導致概念應用範圍受到限制，因此主張「動量」必須具有方向，此後，動量成為向量。相較之下，提供相關的歷史背景，比直接告訴學生動量是向量，對學生而言會更有意義。因此，從歷史中，學生可以理解「動量」與「向量」這兩個分屬不同領域的概念，是如何產生關聯的。

四、可利用物理史促進改變概念

本研究發現，物理史可提供修正概念的機，而概念改變一直是科學教育的重點之一。Solomon 等人（1994）的研究發現，科學史可能讓概念改變更加容易，Solomon 等人（1994）認為，可能是學生看到科學家如何努力以不同的觀點看同一現象，因而得到啟發，較願意以不同觀點看同一現象，Matthews（1994）主張「科學理論的演化性與革命式的開創性，讓學生了解之後，對其往後的學習有很大的助益」。本研究亦發現，物理學家解決問題的奮鬥歷程，確實對學生有所啟發、提供模仿的典範，進而調整學習

心態去面對學習的困境。但原因除了藉由瞭解科學家的學習過程，並加以仿效之外，物理史亦包含過去科學家的觀點與辯護的過程，即提供不同概念間的比較與瞭解本身概念的機。因此，如 Matthews（1994）的主張「科學史連貫了學生自我思考的過程與科學原理發展過程的相似性」，學生可自歷史中察覺自己觀點的不足，對於概念改變也有正面的幫助。

五、將科學認識觀視為課程目標，並列入正式評量中

本研究發現，雖然學生同意物理史融入教學有益於概念的理解與解題，但學生感受到目前的評量仍以傳統紙筆評量為主，強調解題的速度與技巧，導致學生認為光是概念的理解對成績的提升未必有幫助。學生對物理史融入教學的最大憂慮，為該模式減少解題時間與進度變慢，導致題目類型做的不多，而為了因應目前評量的特性與類型，學生認為多做題目以磨練解題技巧是必須的，因此，希望教師能多花點時間在解題技巧的練習與題目類型的廣度上，以應付各類的考試，甚至期望以補習班的方式教學。可見，目前的評量類型已經扭曲學生對學習的觀點，將重點放在解題（如尋找速算法）與應付考試。Tobin 和 McRobbie（1996）的研究也發現，學生認為必須學習大量的內容以應付考試。當學生的學習目標在於通過考試，在考試引導學習的情況下，科學認識觀並非傳統考試的內容學生，造成不重視科學認識觀的學習，造成學生對於物理史融入教學心懷憂慮。

對教師而言，評量的方式也會影響其教學行為。Marsh 等人（2002）的研究發現，科學教師會因為科學史中許多有價值的面向不在課程目標之內，因而被排除。因此，在



「考試引導學習」與「考試引導教學」的現況下，希望學生能有更現代的科學認識觀，除了將科學認識觀列為課程目標，讓師、生體認到科學認識觀為教學目標之一，同時發展有效率、適合教育現況的教學模式，更必須將科學認識論列入正式評量之中，且佔有一定的比例；否則，科學認識觀將難以獲得重視，進而影響教學成效，不利於科學素養的養成。

六、營造建構式的學習環境，有助於形成現代科學認識觀

本研究發現，物理史融入教學第二步驟之分組討論、及對於物理現象提出自己的觀點，學生可體會到科學研究受到科學家個人想法之影響。因此，除了物理史之外，教學活動本身也會影響學生的科學認識觀，在符合建構主義觀點的學習環境中，提供互動、意見發表的機會，學生更可體會到科學家的主觀性。Roth 和 Roychoudhury (1994) 認為：

「(如果) 呈獻給學生的科學，是知識的體系、經過證明的事實與絕對的真理，(學生) 將會專注於記憶事實，認為所有的知識都是透過科學方法中特定的證明步驟，予以確認。另一方面，如果學生經歷科學是一種概念發展連續的過程、努力詮釋資料的意義與協商意義的過程，則學生將會專注在概念與其變化。」

Hogan (2000) 將學生對科學本質的瞭解區分為末稍的 (distal) 與切身 (proximal) 的瞭解，前者即所謂的「科學本質」，指的是對於科學志業的瞭解；切身的瞭解，則從學習經驗中歸納得來，Hogan (2000) 更指出，末稍與切身的瞭解會互相影響。學生親身的學習經驗通則化 (generalized) 後，成為對科學本質的瞭解；而對科學本質的瞭解，可能促進學生對自身學習經驗的反省、甚而改變學習行為。

本研究發現，學生在合作學習活動中體會到科學家的主觀性，符合 Hogan (2000) 的觀點，亦即，學生可從學習經驗形成對科學認識論的瞭解。但學生具有更現代的科學認識觀之後，能否促進學生對自身經驗的反省，進而影響學習？本研究發現，學生可從物理學家的研究歷程得到啟發。如，學生發現科學知識的產生需經歷長時間的努力與觀念的改變，也看到科學家的失敗，從中瞭解學習過程的曲折，學生更願意接受失敗。因此，有更現代的科學認識觀後，若能藉以此反省自身的學習經驗，有可能改變學生的學習心態與行為，未來可進一步研究。

致 謝

本研究的進行與論文發表，感謝國科會經費支持 (計畫編號 NSC 92-2511-S-018-005)。

參考文獻

1. 巫俊明 (1997)：歷史導向物理課程對學生科學本質的了解、科學態度、及物理學科成績之影響。物理教育, 1(2), 64-84。
2. 林陳涌 (1996)：「瞭解科學本質量表」之發展與效化。科學教育學刊, 4(1), 31-58。
3. 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。
4. 洪振方 (1998)：科學教學的另類選擇：融入科學史的教學。屏師科學教育, 7, 2-10。
5. 陳忠志、Taylor, P. C., & Aldridge, J. M. (1998)：國中教師科學本質及科學教學信念對理化教室環境的影響。科學教育學刊, 6(4), 383-402。
6. Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instruction: Making



- the unnatural natural. *Science Education*, 82(4), 417-437.
7. Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000a). The influence of history of science courses on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10), 1057-1095.
 8. Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000b). Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665-701.
 9. Abd-El-Khalick, F., & Ankerson, V. L. (2004). Learning as conceptual change: factors mediating the development of preservice elementary teachers' views of nature of science. *Science Education*, 88(5), 785-810.
 10. Bruce, C., McGee, S., Schwartz, N., & Purcell, S. (2000). The experience of constructivism: Transforming teacher epistemology. *Journal of Research in Computing Education*, 32(4), 455-462.
 11. Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Earlbaum Associates.
 12. Edmondson, K. M., & Novak, J. D. (1993). The interplay of scientific epistemological views, learning strategies, and attitudes of college students. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(6), 547-559.
 13. Galili, I., & Hazan, A. (2001). Experts' views on using history and philosophy of science in the practice of physics education. *Science & Education*, 10, 345-367.
 14. Guba, E. G., & Lincoln, K. S. (1989). *Fourth generation evaluation*. London: The International Professional Publishers.
 15. Haidar, A. H., & Balfakih, N. M. (1999). *United Arab emirates science students' view about the epistemology of science*. Paper presented at NARST Annual Meeting, Boston, MA.
 16. Halloun, I., & Hestenes, D. (1998). Interpreting VASS dimensions and profile for physics students. *Science & Education*, 7(6), 553-577.
 17. Hammer, D. (1994). Epistemological beliefs in introductory physics. *Cognition and Instruction*, 12(2), 151-183.
 18. Hofer B., & Pintrich, R. (1997). The development of epistemological theories: Beliefs about knowledge and knowing and their relation to learning. *Review of Educational Research*, 67(1), 188-140
 19. Hogan, K. (2000). Exploring a process view of students' knowledge about the nature of science. *Science & Education*, 81(1), 51-70.
 20. Irwin, A. R. (2000). Historical case studies: teaching the nature of science in context. *Science Education*, 84(1), 5-26.
 21. Leach, R. J., & Driver, R. (1997, September). *The interaction between undergraduate science students' image of the nature of science and their experience of learning science*. Paper presented at the European Science Education Research Association conference, Rome.
 22. Lederman, N. G. (1998). The state of science education: subject matter without context. *Electric Journal of Science Education*, 3(2), 1-11.
 23. Lederman, N. G. (1999). Teachers' understandings of the nature of science: Factors that facilitate or impede the relationship. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(8), 916-929.
 24. Lette, L. (2002). History of science in science education: development and validation of a checklist for analyzing the historical content of



- science textbooks. *Science & Education*, 11, 33-359.
25. Lin, H. S., & Chen, C. C. (2002). Promoting pre-service chemistry teachers' understanding about the nature of science through history. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(9), 773-792.
 26. Lucas, K. B., & Roth, W. M. (1996). The nature of scientific knowledge and student learning: two longitudinal case studies. *Research in Science Education*, 26(1), 103-127.
 27. Matthews, M. R. (1994). *Science teaching: the role of history and philosophy of science*. New York: Routledge.
 28. May, D. B., & Etkina, E. (2002). College physics students' epistemological self-reflection and its relationship to conceptual Learning. *American Journal of Physics*, 70(12), 1249-1258.
 29. Meichtry, Y. J. (1999). The Nature of science and scientific knowledge: implication for a pre-service elementary method course. *Science & Education*, 8(3), 273-286.
 30. 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(4), 405-424.
 31. National Research Council (1996). *National Science Education Standards*, National academy Press, Washington, DC.
 32. Neilsen, H., & Thomsen, P. V. (1990). History and philosophy of science in physics education. *International Journal of Science Education*, 12(3), 308-316.
 33. Novak, J. D. (1988). Learning science and the science of learning. *Studies in Science Education*, 15, 77-101.
 34. Novak, J. D. (2001). Utilization of new knowledge about the nature of human learning. Retrieved May 17, 2001, from <http://www.scholars.psu.edu/NewInnovations/ka-Novak.htm>
 35. Pomeroy, D. (1993). Implications of teachers' beliefs about the nature of science: Comparison of the beliefs of scientists, secondary science teachers, and elementary teachers. *Science Education*, 77(3), 261-278.
 36. Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 6(2), 211-227.
 37. Roth, W. M., & Roychoudhury, A. (1994). Physics students' s epistemologies and views about knowing and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(1), 5-30.
 38. Ryder, J., Leach, J., & Driver, R. (1999). Undergraduate science students' images of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(2), 201-219.
 39. Sandoval, W. A., & Morrison, K. (2003). High school students' ideas about theories and theory change after a biological inquiry unit. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(4), 369-392.
 40. Solomon, J., Duveen, J., & Scott, L. (1994). Pupils' images of scientific epistemology. *International Journal of Science Education*, 16(3), 361-373.
 41. Solomon, J., Duveen, J., & Scot, L. (1996). Teaching about the nature of science through history: action research in the classroom. *Journal of Research in science Teaching*, 29(4), 409-421.
 42. Schommer, M. (1994). An emerging concep-



- tualization of epistemological beliefs and their role in learning. In R. Garner & P. Alexander (Eds.), *Beliefs about Text and about Text Instruction* (pp. 25-39). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
43. Taylor, P., Dawson, V., & Fraser, B. (1995). *Classroom learning environments under transformation: A constructivist perspective*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Francisco.
44. Tsai, C. C. (1998). An analysis of Taiwanese eight grades' science achievement, scientific epistemological beliefs and cognitive structure outcomes after learning basic atomic theory. *International Journal of Science Education*, 20, 413-425.
45. Wandersee, J. (1985). Can history of science help science education anticipate students' misconceptions? *Journal of Research in Science Teaching*, 23(7), 581-597.
46. Wang, H. A., & Marsh, D. D. (2002). Science instruction with a humanistic twist: Teachers' perception and practice in using the history of science in their classrooms. *Science & Education*, 11(2), 169-189.



附錄一、物理史融入教學實例 — 以氣體動力論之「布朗運動」單元為例

當微粒（如，花粉或空氣中的灰塵）在受到其他分子（如，水分子與空氣分子）時，如果合力不為零，則微粒將會產生不規則的運動，稱為「布朗運動」。

本單元將物理史融入教學的流程與相關資料如下。

步驟一：前測

在進行「布朗運動」單元教學前一週，先進行前測，題目如下：

「在一間完全密閉（門窗都是高度氣密）的房間，如果打開手電筒，會發現光線經過的區域，會出現許多灰塵在舞動。」你如何解釋該現象？

教師則將學生的答案進行歸納與分類。在前測中，學生對灰塵舞動的現象有不同解釋。例如：

- 1.手電筒照射空氣所產生的熱會形成氣流，進而推動灰塵。
- 2.灰塵的舞動是因為灰塵受到其他粒子的撞擊所致。
- 3.因為房間有氣流，灰塵隨之舞動。

步驟二：進行概念教學

教師於黑板上列出學生前測中的觀點，並進行小組討論。並說明該現象即所謂的「布朗運動」，同時介紹布朗運動之研究背景，讓學生瞭解布朗是在觀察花粉於水面上的運動後，推論「這樣的運動應該屬於微粒本身」，並敘述解釋布朗運動過程中，科學家會產生不同的的想法與發生爭議。如，部分科學家認為微粒的運動，是因為顯微鏡觀察時發射的強光引起水溫的不均勻所引起的；也有人認為「水在蒸發時會引起擾動、觀察時空氣的流動造成或是觀察者本身的問題」等等。

步驟三：

由教師提出與科學認識觀有關之議題，例如，「你認為科學家只要觀察夠多的自然現象或作夠多的實驗，就可以產生理論」，並請同學發表自己的意見，並進行討論。

步驟四：反省

延續課堂中的討論，於課後發給每位同學一份歷史資料（如附錄二）及一份反省作業，提供學生反省機會。作業例題如下：

「科學家只要觀察夠多的自然現象或作夠多的實驗，就可以產生理論或定律」。對於這個陳述，你的觀點是：

同意 不同意

請說明你的原因，並從歷史資料中提出相關的例子，做為佐證。



步驟五：評鑑

一週後收集學生的反省作業，將學生的觀點進行歸類與整理後，發給每人一份，讓學生有機會瞭解其他人觀點，並對於自己的觀點進行評鑑。

以下列出學生對於「科學家只要觀察夠多的自然現象或作夠多的實驗，就可以產生理論」，這個問題的觀點。例如，

同意該觀點的學生有 9 位，理由舉例如下：

1. 要成為理論，就必須有眾多的數據支持。
2. 理論本來就是觀察自然現象實驗整理出來的結果。
3. 科學家根據數據、加上自創的想法，形成理論。

不同意的學生則有 31 位，理由舉例如下：

4. 這樣只能找到定律，但不一定能解釋。如布朗運動為科學家所熟知，但當時沒有人能夠解釋。
5. 克卜勒的老師（第谷）做了很多觀察，還不是沒發現什麼定律。
6. 同一現象、可用不同的理論解釋；因此數據未必就能產生理論。
7. 理論如果與當時人的觀點衝突，再多的實驗數據也無法改變想法。



附錄二、布朗運動歷史資料（節錄）

布朗運動是英國的植物學家所發現。他在 1805 年從澳洲考察回國時，帶回了四千多種的植物標本、並進行研究、分類，對植物的分類做出重大的貢獻。1827 年，在觀察的過程中，布朗發現在水中的花粉非常明顯的在運動，這種運動不僅包含液體中花粉位置的改變（如附圖）、也包含花粉本身的變形。布朗在頻繁的觀察之後認為這些花粉的運動並非由於液體的流動也不是由於液體的蒸發所造成的而是屬於花粉本身為了瞭解這這種現象是否具有普遍性，布朗收集的其他種不同的花粉與微粒（如玻璃碎片、岩石），發現「只要微粒與花粉大小相同，就會出現相同的狀況」，布朗推論「這樣的運動應該是屬於微粒本身」。

布朗將他的研究結果發表，也引起的廣泛的注意。有人重複他的觀察，也是同樣的結果，更肯定他的發現。但也有許多科學家持不同的觀點，有人認為「微粒的運動，是因為顯微鏡觀察時發射的強光引起水溫的不均勻所引起的」；也有人認為「水在蒸發時會引起擾動、觀察時空氣的流動造成或是觀察者本身的問題」等等。當時的科學家很難理解，「為何液體表面的微粒，會自行產生無規則的運動？」這種運動總有原因，否則是違反許多自然規律的。

布朗運動雖然為多數科學家知悉，但是沒有人能從研究的數據中提出合理的解釋。直到十九世紀，當熱力學與分子物理學充分發展時，科學家才逐漸認識到「布朗運動與熱現象有內在的聯繫」。當時，有位神父叫卡彭涅耳，他主張「液體中的微粒，如果表面積夠大，同時會有大量的分子撞擊微粒，且液體分子對他的撞擊所形成的力量，並不會讓顆粒產生移動，因為分子對顆粒的各個方向產生的作用力是相同的，因此合力為零。但如果顆粒的表面積較小，導致撞擊的粒子數減少，合力為零的機會就會下降，因此較容易產生合力不為零的狀況，導致微粒的運動方向改變、造成不規則的運動」。但是神父的想法只停留在假設階段，只是他個人的想法，沒有人能設計實驗來對神父的想法提供支持，所以布朗運動的成因在十九世紀末仍然是個懸案。



The Effects of History of Physics on Improving Students' Scientific Epistemological Views and Achievement

Chih-Chung Chang¹, Huey-Por Chang²,

Shu-Fen Lin¹ and Yi-Ting Cheng¹

¹Graduate Institute of Science Education,
National Changhua University of Education

²Department of Physics, National Changhua University of Education

Abstract

The nature of scientific knowledge among students has long being a goal in science education reforms. This study attempted to adopt the model developed by Monk and Osborne (1997). History of Physics (HOP) was infused into instruction. Alternative instructional approaches, including group discussion, historical materials and reflective assignments, were also implemented to help students in learning modern scientific epistemological views. The analysis of covariance revealed that students in experiment group outperformed the control group in scientific epistemological views, especially for students having more traditional epistemological views. The finding suggested that HOP can not only improve students' understanding and interests of physics, but may also enhance physics learning and raise students' achievement. In addition, this study explored the advantages of HOP and students' perceptions of HOP classes.

Key words: Nature of Science, History of Science, Scientific Epistemology

