

科學本質教學初探

許國忠¹ 王靜如²

¹高雄市莊敬國小

²屏東師範學院自然科學教育系

(投稿日期：92年4月15日；修正日期：92年7月7日；接受日期：92年7月11日)

摘要

科學本質在科學教育的研究，從 Wilson 1954 年至今，已經將近有五十年的歷史了。在我國已於 2000 年列入教育部九年一貫課程，「自然與生活科技」領域的科學素養之一，正式的進入了教師的教學實務中。

科學本質的教學會受到科學教育界的重視，主要是學生的科學本質觀會影響其學習方式，而且與科學學習成就具有正相關。因此如何把科學本質這個懸在空中的概念屬於研究的概念，落實到學校情境裡面教給學生，就成了理論與實務兩者之間的重要課題。

筆者¹從民國八十八年迄今九十二年，連續五年參與屏東師範學院王靜如、張靜儀、林曉雯三位教授所主持的國科會計畫，計畫目的之一即為提昇國小教師科學本質的教學知能，由筆者²負責籌畫並執行教師的專業成長。筆者¹在理論與實務結合的合作行動研究之下，建構出個人的科學本質教學模式。本文是筆者¹目前對「科學本質教學」的一些觀點和心得。內容主要分為四個部分：一、科學本質的動態發展與共識；二、科學本質教學之研究；三、科學本質教學可視為一種「後設學習能力」的教學；四、明示的科學本質教學實務。

反思個人專業成長歷程，筆者¹認為以科學史來建構教師科學本質觀，並以師範院校教授和小學教師的合作行動研究模式，是科學教師專業成長有效途徑之一。

關鍵詞：小學自然科教師、科學本質、教學實務

前言

提昇學生對「科學本質」的了解，是科學教育界的重要目標之一(許榮富，1985；AAAS，1989；洪文東，1995；林顯輝，1996；王靜如，2001)。「科學本質」一詞，在民國六十四年版以及八十二年版的新課程標準中，皆未出現在自然科的目標中，雖然未正式出現，但根據一些研究分析(林顯輝，1996；翁秀玉，1997；莊嘉坤 1999；黃寶蓉，2000)，在自然科的目標中卻有隱含「科學本質」的項目。在教育部(2000)公佈的九年一貫課程暫行綱要，首次將「科學本質」正式列入「自然與生活科技」領域的主要目標之一，之後教育部(2003)定案的九年一貫課程綱要，亦將「科學本質」列入。「科學本質」在我國從以往的潛在課程轉換到正式課程，正式的進入了教師的教學實務中。因此探討「科學本質的教學」將是今後科學本質研究的重心。

科學本質的教學為什麼受到科學教育界的重視呢？主要是學生的科學本質知識可幫助學生的科學學習(Songer & Linn，1991；Marble，1992；Edmondson & Novak，1993；Tsai，1998；李悅美，2002)。邏輯實證取向的學生，科學學習取向傾向機械式的背誦記憶；建構主義取向的學生，比較能夠做有意義的學習(Edmondson & Novak，1993)，因此兒童科學本質觀與自然科學習成就存有正相關(李悅美，2002)。那麼要如何使學生具備當代的科學本質觀呢？大部分科教學者認為必須使教師具有當代的科學本質觀，因此很多研究(如 Brickhouse，1990；Gallagher，1991；Lederman，1995；Forawi，1996；林顯輝，1996；林陳涌、楊榮祥，1998；陳忠志等人，1998；鄭淑妃，1998；丁嘉琦，1999；黃寶蓉，2000；柯玉婷，2000；王靜如，2001；劉振中，2001)探討教師是否具備當代的科學本質觀，研究顯示大多數科學教師仍未具當代科學本質觀。因此，許多努力和經費都投入在使教師具有當代的科學本質觀(Lederman，1999)。那麼教師具備了當代的科學本質觀，是否就能將它知道的科學本質轉換到教學策略上且付諸行動嗎？從 Lederman(1995)、黃寶蓉(2000)的研究顯示：教師科學本質觀未必影響其教學表現，具有相同的科學本質觀的教師其教學並不一定相同。從這種結果來看，很顯然的知道科學本質不一定會用科學本質去思考教學，更何況使學生具有科學本質觀。王靜如(2003)分析此主要原因是教師的學科知識與學科教學知識(pedagogical Content Knowledge，簡稱 PCK)均不足以營造交互作用取向之建構主義理念的教學，因此建議科學本質教學知能的提昇包括教師對科學知識結構、功能、發展及科學本質的充分了解外，還要因應兒童的學習本質、應用不同的教學方法、

擷取相關教學資源，將科學本質轉化為教學知識，再由教室教學實務與評量、反思後、修改課程。

筆者¹有幸從民國八十八年迄今九十二年，連續五年參與屏東師範學院王靜如、張靜儀、林曉雯三位教授所主持的國科會計畫，計畫的目的是以合作行動研究的方式提昇國小自然科教師的教學知能，教學知能之一為科學本質教學知能。在這五年期間筆者¹參與過程中，經由計畫老師的各種方案，歷經科學本質教學觀的改變，從最早教學中只要隱含科學本質，不需要教的觀點，到以科學本質思考教學，並將科學本質觀在課堂上明顯呈現給學生，可謂經歷一場概念改變的歷程。本文主要敘述筆者在近五年參與研究後，目前對「科學本質教學」的一些觀點和心得。內容主要分為四個部分：一、科學本質的動態發展與共識；二、科學本質教學之研究；三、科學本質教學可視為一種「後設學習能力」的教學；四、明示的科學本質教學實務。

壹、科學本質的動態發展與共識

什麼是科學本質？林陳涌(1999)與 McComas、Clough 與 Almazroa(1998)的文章中對科學本質有詳細的說明，「整個科學本質是一個科學的社會研究，它包含哲學、科學史、社會學、心理學等四大部分。從這四大方向出發，對科學研究的結果歸納出我們認為科學到底是什麼，我們就把它稱為科學本質」。所以科學本質是不同於一般科學專門科系所傳授的科學知識。科學本質在科學教育的研究，從 Wilson 1954 年至今，已經有四十多年的歷史了(引述 Leaderman, 1992)。又從舒煒光(1994)、賴羿蓉(1996)、翁秀玉(1997)、王靜如(2001)等有關科學本質的研究報告中，我們發現科學本質的內涵受到科學哲學與史學的影響，科學哲學可以說是科學史的後設理論(meta theory)，因此科學本質的概念會因時代不同而有不同的詮釋。

雖然人類自古以來，就不曾間斷科學活動，因此在活動的同時也蘊含著某種科學哲學觀。但是若要論科學哲學的派別，當從實證主義哲學(positivism)稱起是比較合適的(舒煒光, 1994)。實證主義起源於 19 世紀 40 年代，其探討的科學史背景是從文藝復興運動(14-16 世紀)時，實驗自然科學的興起，如哥白尼(Copernicus)的日心說、伽利略(Glileo)的慣性與落體運動以及牛頓(Newton)的第一、第二運動定律。之後二十世紀初期的邏輯經驗主義(Logical empiricism)延續實證主義的精神，其探討的科學史背景從近代科學至二十世紀初期，並將知識獲得的方法加入了數理邏輯的方法，拓展了

實證主義獲得知識的方法。此時期的科學哲學(本質)觀，從舒煒光(1994)與苑舉正(1999)的分析可歸納如下：

- 一、科學是由觀察經驗開始，從觀察和實驗收集經驗事實，然後對事實加以分類和整理，再推出定律與理論，也就是說觀察先於理論。
- 二、理論的可靠基礎在於觀察和實驗的檢驗，凡是能被實驗或觀察檢驗的理論即是真理，或至少包含了真理。
- 三、經由「歸納」與「演繹」兩種方法來描述現象之間的關係，以及預測尚未發生的現象。

但是在二十世紀初期，科學領域遭受到前所未有的革命，整個經典物理學幾乎一下子倒塌了。從光的波動說打開了牛頓物理學的缺口，接著電磁學又打開了第二、第三個缺口。尤其是 1919 年的日蝕觀測的預測，愛因斯坦的「光線彎曲」奇思異想的理論，竟然擊敗了經過億萬次科學檢驗的「牛頓引力」論，而且是一次理論先與觀察，甚至創造觀察事實的例子。愛因斯坦更宣稱：「從理論推出的許多結論中，只要有一個被證明是錯誤的，它就必須被拋棄」(愛因斯坦文集，1977；引述舒煒光、邱仁宗，1991)。Popper 因此得出結論：「任何科學理論都可能錯誤，都包含著潛在的錯誤，並且總有一天都會經不起檢驗而被證明是錯誤的。」在這樣的科學史背景下，邏輯經驗主義也遭受到了批判，Popper 於 1959 年提出了否證論(falsifiability)認為科學理論的發展源自問題，理論形成之後經過觀察、驗證、否證後再產生新的問題，所以 Popper 認為所有的觀察都是以理論為基礎，沒有不帶有理論的純粹觀察(引述王靜如，2001)。之後 Kuhn(1962)更從科學發展史的角度分析科學知識，認為科學知識的產生受到社會因素、科學家的心理因素、科學社群的集體信念等因素所影響(程樹德等譯，1999)。

由上述科學史哲的演變，可知科學哲學觀點是變動的，而且是處於互相批判論辯與修正，因此科學本質的內涵也是會改變的。從 Popper 以後，由於科學哲學知識論的改變，所以科學本質觀也有了很大的改變。雖然科學本質觀是變動的，不確定的，但是卻也有其共識。

在科學教育的改革的聲浪中，科學本質適用在中、小學教育的範圍，仍有一些爭議(Alter,1997；Smith & Scharmann，1999)，但也有一些共通的看法。如何尋求共通的科學本質，目前文獻中大致可區分為有兩種做法。一是尋求科學家與哲學家共識的

科學本質(Smith & Scharmann, 1999)；二是尋求國際科學教育標準文件中關於科學本質部分具有高度重疊性的觀點(McComas、Clough & Almazroa, 1998)。經由這兩種努力，使得科學本質的共識也愈來愈清楚。Lederman(1998)認為中小學階段應該教授一些比較沒有爭議的科學本質特性，例如(一)科學知識具有暫時性的特徵(會改變)；(二)科學知識基於觀察的經驗基礎；(三)科學觀察是理論負載(theory-laden)的；(四)科學知識包含人類的推論、想像力和創造力；(五)科學知識受到社會的影響(Lederman, 1998； McComas、Clough & Almazroa, 1998)。

上述較無爭議的部分，是否也呈現在國內九年一貫課程中「自然與生活科技」領域的科學素養中呢？筆者分析發現一至四項，呈現在「科學本質」項目內，第五項則在「思考智能」批判思考 6-3-1-1 的能力指標「對他人的資訊或報告提出合理的求證和質疑」上呈現科學知識須受社群質疑的社會性特質，分析如表一。由此可見，九年一貫課程中「自然與生活科技」領域的科學素養指標中有關科學本質部分亦是屬於較無爭議的。

表一：科學本質的共識與九年一貫課程科學本質能力指標對照表

科學本質的共識	九年一貫課程科學素養指標對照表
一、暫時性	3-3-0-4 察覺在以「新的觀點看舊資料」或「以新的資料檢視舊理論」，常可發現出新問題。
二、經驗性	3-1-0-1 能依照自己所觀察到的現象說出來。 3-2-0-1 知道可用驗證或試驗的方法來查核想法。
三、理論的建構(從觀察到推論的思考過程)	3-2-0-3 相信現象的變化，都是由某些變因的改變所促成的。 3-3-0-3 發現運用科學知識來做推論，可推論一些事並獲證實。
四、個人主觀與創造性	3-1-0-2 相信每個人只要能仔細觀察，常可有新奇的想法。
五、社會性	6-3-1-1 對他人的資訊或報告提出合理的求證和質疑。

貳、科學本質教學之研究

科學本質的共識產生了，但是要如何落實到教室情境中，才能讓學生具有當代的科學本質觀，成為其科學素養的一部分呢？有關科學本質的教學法，王靜如(2003)曾分析指出四類的教學策略，茲摘錄如下：

一、低層次科學本質教學：詢問學生對問題或概念的想法？以及如何知道？

- 二、建構主義教學法：藉教室環境，提供學生學習經驗，明示科學知識與科學本質。
- 三、融合 STS 課程與建構主義教學法：以學習者有關的議題為中心發展課程。
- 四、科學史融入式教學法：以科學史的發展為主軸，再將科學概念融入；以課本的科學概念為主軸，再以事件的方式將科學史融入。

從上述四種教學策略，第一種瞭解學生對問題的看法與第三種 STS 課程的社會議題探討，都可融入建構主義教學法。至於第四種科學史的融入教學，也須應用建構主義教學策略來進行，如 Lochhead & Dufresne(1989)之研究。由此可見不管何種教學策略，科學本質的教學似乎與建構主義似乎是分不開的。其實科學本質與建構主義之相關性，可更進一步從社群、經驗、心理因素與演變等四方面，將兩者內容對照比較：(1)把科學社群縮影為教室社群；(2)建構主義理念學習的過程類似科學知識建立的過程。建構主義認為知識的功能在於組織經驗世界，科學理論則是基於觀察實驗，科學的觀察是理論負載的；(3)建構主義主張知識是個人主動建構的，也是社會協商建構的。同樣的，科學知識不但受個人主觀想像、創思的影響，也受社會價值的影響；(4)建構主義認為知識是經由適應(同化或調適)而改變或強化(reinforcement)，同理科學理論也會因為新的證據與想法而改變或再確認(confirmation)，由此觀之，上述科學本質的概念與建構主義內容是和諧一致的，所不同的是前者關注科學社群中科學知識的建立，後者關注教室情境中學習者知識的建構(王靜如、張靜儀，2001)。因此科學本質的教學，是需要教師營造出符合建構主義的教室氣氛來進行的。

是不是符合建構主義的教學就是「科學本質的教學」，學生就會具有教師要傳達的科學本質觀呢？這也是一般科學教師的迷思，不管從國外的研究如 Abd-E1-Khalick、Bell 與 Lederman (1998)，或國內王靜如(2001)等研究中的個案教師中，都有教師認為「科學本質觀」已經隱含在教學，學生應該就會具備了，不需要再另外教。但是根據 Lederman(1998)歸納前人研究與自己的研究指出：隱含式(implicit)的方法對學生科學本質瞭解的增進是無效的，甚至藉由歷史故事傳達亦是效果不佳。因此建議用明示(explicit)的方式來傳達科學本質是較有效的方法，也就是說教師必須在課堂上教授科學本質，方能讓學生發展出與教師相一致的科學本質觀。

參、科學本質的教學可視為一種「後設學習能力」的教學

科學本質要如何明示，才不會流於教條式的訓示，或者又被當作是另一種科學知

識來教呢？教育部(2003)九年一貫課程「自然與生活科技領域」提到：「屬於情意或哲學觀的部分，宜由教學活動中去培養，不宜運用教條式的訓示，故採融入的方式，納入其他各主題的教學中。」那麼科學本質要如何融入教學呢？首先必須了解科學本質的特性。對科學本質的認識是科學素養的內涵之一，科學素養和十大基本能力又互為對應，因此對「科學本質的認識」可視為一種基本能力。科學本質又是強調科學是一種思考的方式(a way of thinking)和致知的方式(a way of knowing)(洪振方，2001)。那麼具有思考和致知的能力要如何教呢？

從科學本質的發展歷程，它是來自於科學哲學，而科學哲學又來自於科學史的後設理論。所以科學本質是人類從探求未知領域的經驗中，經整理出來，用來解釋如何思考和致知方式的後設理論。因此科學本質的教學可以將其發展類比到教室情境來呈現。茲以林財庫(2001)的一段話來說明「明示」的教學模式：

培養能力必須有目的、有意識、有計劃的安排幾種活動、頻繁表現某些彼此相似的、突出的思路、方法、技能等內容；並注意、要求、指導、幫助學習者逐一完成這些特意安排的活動。在完成這些活動時，還應該選擇一個適當的時機，用簡潔、明晰、條理、實用的語言和模式，給學習者明示出與某種活動相應的思路、方法和技能。所謂「適當的時機」是指經過相當數量的活動，學習者已有較充足的感知之時。過早的明示，學生得到的只是空幻的教條，並不能理解，故無以引發頓悟；過晚的明示，學習者按自己的頓悟的水平，已形成自己的特徵心理，它們一般不夠全面，層次水平不高，甚至還可能有一定的錯誤。雖然上述的安排與方法等內容的明示，都必須以學科知識為載體，都應隨學科知識的教學而展開，但是這些思路、方法和技能，本身都不是學科知識，而是各學科都共有的能力。

簡而言之，教師教科學本質時，必須在學生經歷過一段以科學概念來開展且經過安排的探究活動之後，教師再「明示」與本活動相關的科學本質，例如如何思考？如何獲得新知等問題，這樣的過程有一種後設學習的特質，與科學本質的特性是一致的。

王靜如(2001)為了解科學教師如何傳達科學本質，將科教學者認定在中小學教授較無爭議之科學本質內涵編寫而成「反應科學本質教學行為檢核表」。科學本質的教學內涵分五個特性：暫時性、經驗性、理論的建構、個人主觀與創造性、社會性，每個特性之下又分五種不同層級的教學模式：1.沒有教，2.直接說明，3.藉由歷史故事說明，4.提供學生經驗，但是沒有澄清科學知識本質概念，5.提供學生經驗，再澄清

科學知識本質概念。其中 2.屬於教條式的傳達，3.屬於歷史故事傳達，4 是屬隱含式傳達，5 則是屬明示的傳達，層級越高，學生對科學本質的瞭解效果越好。

肆、明示的科學本質教學實務

科學本質教學視為一種「後設學習能力」的教學，必須要以科學概念為載體開展，以下筆者¹試以幾個國小高年級的科學概念為載體來設計教學活動，並且以討論的方法明白來傳達五個科學本質內涵。試例如下：

實例一：

(一)科學概念：每一種動物有其獨特性，藉由特性我們可以用二分法來檢索。

(二)教學情境：每小組手上有 12 種動物的圖片，小組競賽作答。

(三)教學流程

- 1.各組輪流一位同學，到講台從 12 種動物圖片中抽一張，只有自己和教師知道動物種類。(例如：抽到的是烏龜)
- 2.各小組同學可發問動物特徵，台上同學只能回答「是、不是」、「有、沒有」、「能、不能」、「會、不會」。(例如：台下同學問：是不是胎生？台上同學說：不是)
- 3.教師將同學確定的資訊，逐條寫在黑板上。(例如：1.不是胎生。)
- 4.每種動物只提供三個資訊。
(例如：1.不是胎生。2.是四隻腳。3.會游泳)
- 5.各小組根據已知的資訊，判斷是哪一種動物。

(四)隱含的科學本質觀說明

教學活動中，學生主要經過三次想法的改變。

第一次：只有一個線索，判斷是哪一種動物。

第二次：有兩個線索，判斷是哪一種動物。

第三次：有三個線索，判斷是哪一種動物。

知識具有暫時性，當我們擁有的資訊越多，就能對原來形成的想法，再作檢視。若有的想法不能解釋新的資訊，則可能造成想法的改變。

(五)明示的科學本質教學(師生共同討論)

- 1.請問剛剛的活動中，你有沒有改變答案？

2. 爲什麼你要改變答案？
3. 你認爲我們現在學的知識會不會因爲獲得新的資料而改變？

實例二：

- (一)科學概念：電池串聯的數目越多，電磁鐵的磁力會越強。
- (二)教學情境：教師提供部分材料，學生自己攜帶部分材料，來自行操作實驗並記錄，發現當電池串聯的數目越多時，電磁鐵的磁力會越強還是越弱？

(三)教學流程：

1. 師生共同討論操作變因、控制變因和應變變因。
2. 師生共同討論實驗步驟。
3. 學生自行依實驗步驟實驗並紀錄結果。

(四)隱含的科學本質觀說明

學生藉由討論與實驗活動，根據記錄表來分析自己的想法是否得到證實，了解科學知識是需要以觀察實驗爲基礎。

(五)明示的科學本質教學(師生共同討論)

1. 在你還沒做實驗之前如果有人直接告訴你電池串聯的數目越多，電磁鐵的磁力就會越強。你相信嗎？爲什麼？
2. 如果他有將他的實驗過程和實驗結果詳細的告訴你呢？你相信嗎？爲什麼？
3. 你覺得科學知識的形成，觀察和實驗重不重要？

實例三：

- (一)科學概念：冷暖氣團相遇時形成的鋒面會造成天氣不穩定、雲量多、很容易下雨
- (二)教學情境：模擬冷暖氣團性質，進行微型實驗。

(三)教學流程

1. 冷暖氣團相遇時的天氣是如何？爲什麼你這麼想？
2. 除了溫度變化之外，天氣還有什麼特色？我們來設計一個模擬實驗，模擬冷氣團與暖氣團，觀察他們相遇時的變化。
(提示學生：冷氣團溫度低，水氣少，空氣較乾燥。暖氣團溫度高，水氣較多，空氣較潮濕。)

- 3.小組發表實驗設計，並接受質疑與修正。（每組討論準備自己所需的實驗器材）
- 4.小組操作自己設計的實驗並觀察實驗結果
- 5.小組發表實驗結果【(1)有霧氣(2)有小水滴(3)會滴水】
- 6.根據實驗結果共同探討冷暖氣團相遇時的天氣變化。【(1)有霧氣(2)雲變多(3)很容易下雨】

(四)隱含的科學本質觀說明

首先了解學生對冷暖氣團相遇的天氣想法與理由(知識的暫時性)。學生由冷暖氣團的性質去模擬實驗，並將實驗方法公開接受質疑(個人的想法、創思與社會性)。接下來實際操作實驗，藉由實驗觀察結果來推論並共同探討冷暖氣團相遇時的天氣現象(經驗性、理論的建構、社會性)

(五)明示的科學本質教學(師生共同討論)

- 1.每一組的實驗方法，相不相同？為什麼？
- 2.你覺得科學知識的形成，需不需要創造力？
- 3.實驗的方法不同，可不可能獲得相同的結果？
- 4.你覺得實驗方法需不需要對大家公開說明，得到大家的認同？

上述的教學是以科學概念來展開，以符合建構主義的探討活動來進行，與現行一般教學指引建議之教學流程差異不大。所不同的是，在活動之後以幾題討論題來回顧整個探討活動的科學本質，所花時間不多，在教學實務是具有可行性。

結語

筆者¹參與計畫近五年來，經由計畫老師不斷的澄清筆者的教學，以及與同計畫自然科教師不斷的教學討論和教學觀摩中，漸漸的把一個懸在空中的概念，一個屬於研究的概念，落實到學校情境裡面，建構出個人的科學本質教學模式。反思個人專業成長歷程中，影響筆者¹科學本質觀的主要因素，在於科學史與科學哲學的交互研讀與討論，如研讀天體運行論與大陸漂移說時討論科學知識的暫時性與創造性。尤其是研讀科學史的歷程中，讓筆者¹重新了解每個知識的生產脈絡(如電生磁的發現、孟德爾的遺傳定律、氧的發現等)，而不再只是片段的認識它，這對筆者¹教室情境的營造有很大的助益。除此之外，主持計畫的王靜如、張靜儀、林曉雯三位教授，一種要將

理論與實務結合的企圖心，提供了教學現場的老師很大的支援(不斷的以教學實務例子讓老師感覺到理論不錯是可行的)。因此，筆者¹認為以科學史來建構教師科學本質觀，並以師範院校教授和小學教師的合作行動研究模式，是科學教師專業成長有效途徑之一。

參考文獻

- 丁嘉琦(1999)：花蓮縣國小教師科學本質觀點之研究。國立花蓮師範學院國民教育研究所碩士論文(未出版)。
- 王靜如(2001)：小學教師科學本質概念及教學之研究。*科學教育學刊*，**9(2)**，197-217。
- 王靜如、張靜儀(2001)：教師科學本質觀、教學信念與教學實務之研究。*屏東師範學院*，**14**，859-898。
- 王靜如(2003)：科學本質教學與教學知能。*屏師科學教育*，**17**，3-11。
- 李悅美(2002)：國民小學高年級學童科學本質觀之研究。台北市立師範學院科學教育研究所碩士論文(未出版)。
- 林財庫(2001)：由科學史看「科學統一性」思想的發展概要。載於國立高雄師範大學物理系(編)「九年一貫自然與生活科技學習領域」「統整教材和協同教學」研習會研習資料(頁 6-22)。高雄：國立高雄師範大學。
- 林陳涌、楊榮祥(1998)：利用凱利方格晤談法探討教師對科學本質的觀點—個案研究。*科學教育學刊*，**6(2)**，113-128。
- 林陳涌(1999)：科學本質在科學教育上的研究與實施。
<http://www.nhltc.edu.tw/~sciewww/doc/doc4.htm>
- 林顯輝(1996)：國小職前教師與在職教師對科學知識本質了解之研究。(NSC 84-2511-S-153-005)，台北：行政院國家科學委員會。
- 洪文東(1995)：科學教育的目標。*屏師科學教育*，第 1 期，4-12。
- 柯玉婷(2000)：台中地區國小職前教師與在職教師對科學本質之理解及其教學態度的研究。國立台中師範學院自然科學教育學系碩士論文。
- 洪振方(2001)：如何將科學本質轉化為教學模式。載於國立高雄師範大學物理系(編)「九年一貫自然與生活科技學習領域」「統整教材和協同教學」研習會研習資料(頁 28-34)。高雄：國立高雄師範大學。

- 苑舉正(1999)：**實在主義與實證主義之間的對話**。國立台東師範學院科學教育研討會手冊(頁 2-35)。台東市：國立台東師範學院。
- 教育部(2000)：**國民中小學「自然與生活科技」學習領域課程暫行綱要**。高雄市教育局出版。
- 教育部(2003)：**國民中小學「自然與生活科技」學習領域課程綱要**。
<http://140.122.120.230/ejedata/kying/20031241215/nature%20science.htm>
- 翁秀玉(1997)：**國小自然科教師傳達科學本質之行動研究**。國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文。
- 莊嘉坤 (1999)：從認同的觀點分析學童對科學本質的了解與科學生涯的知覺。**科學教育學刊**，7(4)，343-366。
- 陳忠志、Taylor,P.,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。
- 許榮富(1985)：科學過程技能簡介。**中等教育**，36(1)，26-31。
- 舒煒光、邱宗仁(1991)：**當代西方科學哲學述評**。台北：水牛出版社。
- 舒煒光(1994)：**科學哲學導論**。台北市：五南出版社。
- 黃寶蓉(2000)：**科學本質在教與學的意涵之研究**。國立高雄師範大學科學教育研究所碩士論文。
- 鄭淑妃(1998)：**國小自然科教師科學本質觀之詮釋性研究**。國立花蓮師範學院國小科學教育研究所碩士論文。
- 劉振中(2001)：**國小教師科學本質觀及其教學實務之研究**。國立台北師範學院課程與教學研究所碩士論文。
- 賴羿蓉(1996)：**從相異哲學觀建構之科學史剖析教師科學探究模式與教材抉擇**。國立高雄師範大學科學教育研究所碩士論文。
- 程樹德、傅大為、王道還、錢永祥譯(1999)：**科學革命的結構**。台北：遠流出版社。
- Abd-E1-Khalick, F.,Bell,R.L., & Leaderman N.G.(1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural.*Science education*,82,417-436.
- Alter, B.J.(1997).Whose nature of science?. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(1),39-55.
- American Association for the Advancement of Science (1989).*Project 2061 : Science for*

- all Americans*. Washington, D.C. : Author.
- Brickhouse, N.W.(1990).Teachers's beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice. *Journal of Teacher Education*,41(3),53-62.
- Edmondson, k.D. & Novak ,J.D.(1993). The interplay of scientific epistemological strategies and attitudes of college students.*Journal of Research in Science Teaching* ,30(6),547-559.
- Forawi, S.S.(1996).The effects of the interaction of teachers' understanding of the nature of science,instructional strategy ,and textbook on students' understanding of the nature of science. Abstract from:*Proquest:Dissertation Abstracts Item:9621877*.
- Gallagher, J.J.(1991). Prospective and practicing secondary school science teachers' knowledge and beliefs about the philosophy of science. *Science Education*,75(1),121-133.
- Leaderman N.G.(1992).Students' and teachers' conceptions of the nature of science:A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching* ,29(4),331-359.
- Lederman,N.G.(1995).Translation and Transformation of Teachers'Understanding of Nature of Science into Classroom Practice.(*ERIC Document Reproduction Service NO:ED382474*).
- Lederman,N.G.(1998).The state of science education: Subject matter without context. *Electronic Journal of Science Education*,3(2).
<http://unr.edu/homepage/jcannon/ejse/ejsev3n2.html>
- Lederman,N.G.(1999).Teachers' understanding of nature of science and classroom practice: Factors that facilitate or impede the relationship.*Journal of Research in Science Teaching* ,36(8),916-929.
- Lochhead,J. & Dufresne ,R.(1989).Helping Students Understand Difficult Science Through the use of Dialogues with History. In Don Email.Herget(Eds.),*The history and Philosophy of science in science teaching*.(pp. 221-229).Tallahassee Florida:Science Education and Department of Philosophy Florida State University.
- Marble, S. T. (1992).Student descriptions of the nature of science.(Doctoral dissertation,University of Texas at Austin,192).(University Microfilms NO.AAC93-0227).

- McComas, W.F., Clough, M.P. & Almazroa, H. (1998). The nature of science in science education : Rationales and Strategies. *Science & Technology Education Library*, 5, 3-39.
- National Science Teachers Association (1982). *Science-Technology-Society: Science education for the 1980's*. Washington, D. C.: Author.
- Songer, N.B., & Linn, M.C. (1991). How do students view of science influence knowledge integration ? *Journal of Research in Science Teaching*, 21(4), 409-421.
- Smith, M.U., & Scharmann, L.C. (1999). Defining versus describing the nature of science: A pragmatic analysis of classroom teachers and science education. *Science Education*, 83, 493-509.
- Tsai, C. (1998). An analysis of scientific epistemological beliefs and learning orientations of Taiwanese eight graders. *Science Education*, 82, 473-489.

Of Starting Points: Teaching the Nature of Science

Guo-Chung Shiu¹ Jing-Ru Wang²

¹ Chuang Ching Elementary School, Kaohsiung

² Department of Natural Science Education, Ping-Tung Teachers College

Abstract

Given the importance placed on understanding the nature of science (NOS) by the Grade 1-9 Curriculum in Taiwan, our purpose here is to describe how a teacher (author¹) incorporated the NOS in his science classroom.

Author¹ participated in a NSC research project conducted by Author² and other two college teachers for five years. The content of this article involves Author¹'s understanding of the NOS and examples of embedding the NOS in science teaching. There are four parts in this article: (1) the shift and consensus of the NOS, (2) the related researches on teaching the NOS, (3) teaching the NOS as a way of teaching "metacognitive learning", (4) explicitly teaching the NOS.

Reflection of personal professional development, Author¹ recognized that collaboration between two institutes: elementary school and college and, understanding the history of science could help teachers.

Keywords: the nature of science, science teaching, teaching practice