

科學本質在科學教育上的啓示與作法

翁秀玉 段曉林

國立彰化師範大學科學教育研究所

摘要：長久以來「增進學生對科學本質的瞭解」一直是科教領域所重視的目標，有鑒於科學哲學觀點的演進，已由以往邏輯實證主義轉向為當代主流的建構主義，而促使科學本質內涵的改變。但是從過去實徵性研究發現，學生、科學教師及教科書並未跟上時代的潮流。因此科教學者認為提升學生對科學本質的瞭解必須朝教師、課程、學生全方位的改善。本文除了介紹科學本質的內涵，也綜合相關文獻，針對「教師如何於課室教學中提升學生的科學本質」之作法，提出四點建議：(1)學生極難由科學活動中主動思考科學本質的內涵，因此教師必須主動幫助學生連結課程內容與科學本質的內涵，而非讓學生自行連結；(2)配合教材注入科學史的素材，有助於學生瞭解科學知識的形成過程，對科學面貌有較完整的認識；(3)教師應營造一個類似於科學家探究的學習情境，而非僅是讓學生操作食譜式的實驗步驟；(4)教師不僅要增進自身對科學本質的瞭解與傳達科學本質的教學能力，更重要的是必須將科學本質融入其教學信念中，唯有重視它，才可能表現在課室教學中。

關鍵字：科學本質

壹、前言

科教改革 2061 計畫以「培養具有科學素養的公民」視為當代科學教育努力的方向 (AAAS, 1989)，而且在科學素養中明列出「增進學生對科學本質的瞭解」這一項，因此，科學教師有必要在教室中來提升學生對科學本質的瞭解，以達成科學教育的總目標 (Collette & Chiapetta, 1994)。

近年來科教學者提出，科學本質的觀點已由以往所支持的邏輯實證主義，轉向到目前的主流－建構主義，而且未來仍可能再改變，所以科學本質的觀點是動態的 (Lederman, 1996；Matthews, 1996)。但是，從研究結果可得知目前教師和學生對科學本質的瞭解並沒有跟上時代的潮流，仍然停留在邏輯實證主義的觀點上 (林陳涌, 民 85；Abell & Smith, 1994；Gallagher, 1991；Lederman, 1992)。故使教師和學生對科學本質有適當的瞭解是一項不容忽視的課題。

從近 30 年來有關提升學生或教師科學本質的實證性研究可顯示出，提升學生對科學本質的瞭解無法只用單一的變項，就能改善學生對科學本質瞭解不足的狀況，例如增加教師對科學本質的了解、或設計含有科學本質的教材，而應該是各個變項加以統整做一全面性的改革，也就是同時從教師、課程著手 (Lederman, 1992)。Lederman (1995)

更進一步建議，教師自己除了應該增加科學本質的內涵外，亦應加強“傳達”科學本質內涵的能力，而且教師應該重視在課室教學傳達科學本質的信念。

貳、科學本質的哲學觀點

科學哲學觀點從古之今一直隨著時代而改變（例如邏輯實證主義、否證論），甚至在同一時代存在多種不同的哲學觀（例如否證論、歷史學派、科學實在論），科學哲學觀點的演進使得科教學者對科學本質的看法也有所改變（*Cleminson, 1990; Suchin, 1993*）。

本文採用 *Nussbaum (1989)* 的分類，將 1950 年代以前的邏輯實證主義視為傳統的觀點，自 1950 年代以後的視為新哲學觀點，尤其是以當今哲學思潮的主流－建構主義，視為當代的觀點。並參考 *AAAS (1989)*、*Benchmarks for science literacy (1993)*、及林陳涌 (1996) 對科學本質內涵的分類，探討科學知識、科學方法、及科學事業三層面，並大致分為觀察活動、科學方法、科學知識的確認、科學知識的地位、科學知識的成長、科學家的角色、科學社群的重要性七方面。

一、科學本質的傳統觀點－以邏輯實證主義的哲學觀點來看

(一) 邏輯實證主義觀點

邏輯實證主義觀點認為，知識來自於超然客觀的觀察，再經由所謂的科學方法得到科學知識或理論，其中所謂的科學方法就是培根 (*Bacon*) 的歸納法，整個科學方法的過程，就是先以開放的眼光觀察自然現象，接著發現到某些規則，因而在心中形成了假說，再收集資料來驗證假說，若假說成立就變成科學知識。所以只要完全依循上述的過程所產生的知識就可稱為科學知識。而且科學知識的產生過程被認為相當的“客觀”，因此一旦被確定的科學知識就是絕對的真理 (*truth*)，既然是真理，其地位是穩固的、不會被推翻，所以當科學知識不斷地形成時，就代表真理不斷地增加，也就是說科學知識的成長是一種真理線性累加的方式增長（*郭重吉、許玫理, 民81*）。

(二) 邏輯實證主義的觀點影響當代科教學者對科學本質的看法

邏輯實證主義的觀點對科學本質內涵的影響可分成下列三方面：

1. 科學知識的層面：

- (1) 科學知識的確認：任何沒有遵循科學探究過程所得的結果都是無效的，不被稱為科學知識，因此，科學與非科學最明顯的區別在於科學的探究模式（歸納法）（*許玫理, 民81*）。

- (2) 科學知識的地位：科學知識形成過程被認為相當客觀，而且它是對自然界做真實的描述，因此是極不易改變的，故科學知識視為絕對客觀的真理 (Suchin, 1993)。
- (3) 科學知識的成長：因為每一個科學知識都被視為真理，因此，科學知識愈多就代表著真理不斷地累積 (Abimbola, 1983)。

2. 科學方法的層面：

- (1) 觀察活動：觀察是科學知識的來源，而且觀察是一價值中立、客觀的活動，不受任何因素的影響（如觀察者的已有知識、理論和信念），故所得的資料一定是客觀的 (Suchin, 1993)。
- (2) 科學方法：科學的探究模式可分為四個階段：收集有關的全部事實、對這些事實加以分析、比較和歸類、從這些事實中抽離出普遍性原理（假說）、以及在事實中重新檢驗已經提出的假說（舒煒先、邱仁宗，民79）。這是一套眾所公認的科學方法，凡是沒有依循此套模式的方法就不被視為科學方法，而且可適用於任何學科領域的研究（許玫理，民81）。

3. 科學事業的層面

- (1) 科學家的角色：科學家的任務在於發現自然界已存在的真理。
- (2) 科學社群的重要性：科學家被認定為一個價值中立、客觀的研究者，即無意識的研究者。

二、科學本質的當代觀點 — 以建構主義的哲學觀點來看

（一）當代的科學哲學思潮

Nussbaum (1989) 認為當今科學哲學思潮的主流是建構主義，其中 Popper 和 Kuhn 更是建構主義的早期代表人物。大體而言，建構主義認為科學知識的獲得是科學家根據現有的理論（先備知識）來建構科學知識，而且強調科學知識是暫時性的，它會不斷地被修正和推翻。此與傳統邏輯實證主義認為，科學知識是科學家利用客觀的觀察和方法所發現到的真理，而且真理是不容推翻的看法不同。

（二）建構主義的觀點影響當代科教學者對科學本質的看法

1. 科學知識的層面：

- (1) 科學知識的確認：任何科學家發展出來的理論，必須受到科學社群的認同，以決定其價值 (AAAS, 1989)。
- (2) 科學知識的地位：科學知識可能會因觀察工具的進步或出現反例而受到質疑，所以它僅是一個“暫時成立”的假說，隨時可能會被修改，或被更好的假說所取代，故科

學知識是具有暫時性及可修改的特質。

- (3) 科學知識的成長：由於科學知識是人類想像與邏輯推理的創作，而凡是有“人”的因素就不可能達到完美的境界。不論一個理論對某種現象解釋多完美，將來仍可能會另外的理論可以解釋得更好。在這經由不斷對理論檢驗、修改、甚至偶爾予以捨棄的過程中，雖然對自然界的描述和解釋無法達到絕對真理的地步，但是科學知識會愈來愈趨近於精確、真實 (AAAS, 1989; Suchin, 1993)。

2. 科學方法的層面：

- (1) 觀察活動：不可能有「絕對客觀、毫無成見的觀察」，不同的觀察者即使在相同地點、觀察相同的現象，所得到的觀察結果可能會不同。因為感官所察覺到的訊息決定權在於觀察者已有的知識、信念和理論，故觀察的結果不可能是價值中立的，事實上應是理論蘊涵的 (*Theory-laden*) (郭重吉、許玫理，民81; Suchin, 1993)。
- (2) 科學方法：科學事業的領域相當廣泛，而且每一位科學家的文化背景、工作情境必有所不同。因此從事科學研究的環境是無法相同的，故無法定義出對所有情況都適用的單一科學方法 (Suchin, 1993)。

3. 科學事業的層面

- (1) 科學家的角色：科學家並非僅是遵循科學方法的技術人員，科學家的工作是一種類似藝術性質的創作。Suchin (1993) 認為，如果以傳統的科學哲學觀來看，科學知識是告訴人類宇宙事物的內容，則科學家的任務是「發現」 (*discovering*)；如果以當代的科學哲學觀來看，科學知識是人類的創作，則科學家的任務是「發明」 (*inventing*)。
- (2) 科學社群的重要性：科學家在從事科學活動時並非是一個價值中立、客觀的研究者，而是一個有意識的人，故面對研究結果時，會因所持的派典不同而有不同的解釋。而且在同一派典下所發展出來的知識，必須由科學社群共同決定其價值 (AAAS, 1989)。

參、科學本質的範疇與內涵

衆多科教學者對科學本質的範疇與內涵各有不同的見解：

AAAS (1989) 將科學本質分爲下列三個領域：

- (1) 科學世界觀 (*scientific world view*)：

- 自然界是可理解的。

- 科學知識是可改變的。
- 科學知識並非很容易就可推翻。
- 科學並非萬靈丹能解決所有問題。

(2) 科學探究活動 (*scientific inquiry*) :

- 證據對科學而言是重要的。
- 科學是邏輯與想像的合成體。
- 科學知識除了能說明自然界的現象也具有預測的功能。
- 科學家會試著驗證理論及盡量避免誤差。
- 既定的科學知識並不具有永久的權威地位，常態科學會影響科學的研究方向，但必要時仍會產生科學革命。

(3) 科學事業 (*scientific enterprise*) :

- 科學是許多不同科學領域的集合。
- 科學的事業有許多機構來進行，例如大學、工業界、政府。
- 各種領域的科學家在世界各地活動。
- 科學活動受到社會價值觀的影響。
- 科學知識因資訊傳播發達而促使科學的進步。
- 從事科學必須考慮倫理的原則。
- 科學家兼具有科學專業及公民的身份，科學家利用科學思考的特性用來解決公眾事務。

繼 AAAS 之後，國家科學教育標準 (*National Science Education Standards*) (1996) 一書中分 K-4、5-8、9-12 三個年級階段，明訂出一位具有科學素養的學生所應該具備的概念與能力。而科學素養包括對科學本質、科學事業的了解、及科學在社會與個人生活所扮演的角色。在科學本質方面 5-8 年級的標準為：

- 科學家利用觀察、實驗、理論、及數學的方法來形成及驗證他們對自然界現象所提出來的解釋。
- 科學知識是暫時性的，可以被改變，但大部份的科學知識是經過無數次的實驗與觀察所產生的，所以這些知識也不是很容易被推翻的。
- 科學家在面對與現存理論不符合的新證據時，會改變他原先的想法。
- 不同的科學家對於同一個科學現象，可能會產生彼此衝突的實驗結果，或是從相同的資料中導出不同的結論。面對此種狀況時，最好科學家一起工作以解決他們當初不同

的意見。

- 對已經被提出的科學研究、實驗、觀察及理論模型等成果進行評鑑，也算是科學探究的一部份。
- 與科學有關的爭議問題可透過科學家之間的互動來解決。

Collette和Chiapetta(1994)對科學本質的範疇與內涵如下：

(1) 科學是探究自然界的"思考"方式 (*a way of thinking*)

- 科學必須建立在真實的證據上，甚至根據證據可以推翻權威。
- 科學知識是無法絕對客觀的，只能儘量避免偏見與誤差。
- 科學知識是建立在，將假說的提出後，再加以驗證，提出結論的過程。
- 歸納法與演繹推理在科學佔有重大的地位，但它們也有侷限性。
- 因果關係的推理只能視為一種可能，而非絕對的關係。
- 類推 (*Analogy*) 及由果倒因的倒推 (*Carry Back*) 是科學解釋自然界現象的兩種型式，但它們也有侷限性。
- 科學家必須時常做自我反省，以及對任何現存的理論進一步思考其合理性。

(2) 科學是一種"探究"的方式 (*a method and a way of investigation*)

科學家所採用的方法沒有一定的程序，而是對問題採取有組織的方式，不接受毫無根據的資料。而且要存有一種觀念，僅靠合適的研究方法未必能真正解決問題，因為並非所有的問題都能被解決。

(3) 科學是知識的集合體 (*a body of knowledge*)

科學家使用較不會讓人懷疑的方法 (即所謂的科學方法) 來建立科學的知識體系，但是這些科學知識必須經常面對質疑、驗證，進而發現其錯誤的地方，再加以修改，甚至完全推翻，或證實其合理之處而接受它。因此科學知識具有動態本質 (*dynamic nature of science*) 與暫時性本質 (*tentative nature of nature*)。

Good(1996)認為"科學本質(NOS)"是"科學求知的過程 (*nature of science thinking*) (簡稱NOST)"與"科學知識體系 (*nature of science knowledge*) (簡稱NOSK)"的總和，而科學求知的過程可分為前期與後期，前期指的是創造、發展新想法的階段；後期指的是，提出假說與驗證的階段，也就是大部份人所認為的科學方法。以數學式子表示就是

$$NOS = (early\ NOST + later\ NOST) + NOSK。$$

從Lederman多篇的研究中 (Lederman, 1995; Lederman & Zeidler, 1987)，可

發現其對科學本質的內涵主要是依據科學知識本質量表 (*the Nature of Scientific Knowledge Scale*，簡稱NSKS) 為依據：

- 非道德的 (科學知識的應用可被判定是好的或壞的，而科學知識本身是沒有好壞之分。)
- 創造性的 (科學理論就像藝術工作一樣是人們的一種創作。)
- 發展的 (科學知識並真理、是可修改，甚至被推翻。)
- 簡言的 (如果有兩個科學理論解釋同一現象都一樣的好，則選擇較簡易的理論。)
- 可測試的 (科學知識必須建立在證據上，而且可以一再重複的驗證。)
- 統整的 (各種領域的科學學科構成整個科學知識的整體，而且它可使人們了解自然界的運行及規律。)

王美芬、熊召弟 (民84) 對科學本質的內涵有下列幾點：

- (1) 自然界中的事物存有某種一定的形式，例如科學家可利用智慧及工具來發現存於自然界中的規律性。
- (2) 藉由基本的科學原理可以推理應用在其他相關領域。
- (3) 科學是產生知識的一個過程，而且必始於觀察，再予以合理的解釋，並且加以驗證，使之趨近於完美，因此科學的工作包括形成假說及驗證。
- (4) 假說和證據之間的連結只要是合乎邏輯推理，大都可被認可。
- (5) 科學知識不一定完美，但可能會引導收集資料或解釋資料的方向。
- (6) 科學學說不僅可以預測未來事物可能的發展情形，也可以解釋過去人類未知的事物，例如科學家經由化石可以提出人類起源的學說。
- (7) 科學家的觀察並非絕對客觀，但重要的是必須知道產生成見的來源。
- (8) 短時間內是不可能產生科學革命的，但當新的觀點解釋自然現象比舊的觀點更圓滿時，新的觀點才可能被認可。
- (9) 科學事業即是應用科學，如農、工、醫、電腦、圖書館都必須基於科學知識上。
- (10) 科學愈發達，科技的產生就愈成熟，二者關係愈密切，而且科學家可將資訊、發現或分析的技巧應用在公共事物上，因而影響行政決策，即科學-科技-社會之觀點。

綜合文獻，本人認為，科學就是人類對物質世界的解釋，但在尋求解釋的過程中，不僅只是透過人類的感官來收集資料、歸納就可以形成科學知識，而是人類將所收到的資料賦予主動地解釋，因此科學知識並非外在物質世界的翻版，它是富含著人類的創

造、想像，故科學知識的形成過程就像是藝術作品的形成過程，也因此，科學知識並非真理，它可以經由儀器的進步，找到不合理的反例來進一步修改、或甚至被推翻；而且不同派典的理論基礎，對於同一個現象也可能會有不同的解釋，但是這並非代表科學知識是不可信賴的，因為科學知識在形成的過程當中必須要有證據支持，而且具有可複製性 (*replicable*)；同時，科學家所提出的看法必須經過科學社群的認可，才會被當代的科學家稱為科學知識。因此在整個科學知識的形成過程中，科學社群扮演極重大的角色，它足以決定科學研究的發展。此外，科學的進步有賴於訊息的傳播來促使科學家們之間的討論、交換意見。

科學家在從事科學探究的過程當中，首先會對自然現象或事物產生疑惑，再運用邏輯、推理、歸納、想像等能力來解決他心中的疑問。同時也發現到從事科學探究活動不可能達到完全“客觀”的境界，因此只能儘量避免誤差。

科學與社會二者是息息相關的，科學的發展會改善人類的生活，因此，科學家也會注意社會大眾的需求，來做為研究內容的方向。在知識上，人類對於自己的世界會有較多的瞭解；在應用上，從科學領域中所學到的特殊的“思考”模式，也可以應用在處理社會、生活、或其他人文學科的問題上。

肆、科學本質對科學教育的影響

教師及學生所持有的科學本質觀點會影響教學與學習，此觀念已被衆多學者所支持及證實 (林陳涌, 民85; *Abell & Smith*, 1994; *Gallagher*, 1991; *Marble*, 1992; *Palmeri*, 1996)。

本文參考文獻將科學本質對學習與教學的影響分述如下：

(一) 不同的科學本質觀點對科學教育的影響

(1) 科學知識是否為真理

科學知識既然被視為真理，讓學生獲得這些真理就成為重要的教學目標。因此，教師的教學方式以“傳授知識”為取向，強調科學知識或科學術語的背誦，而忽略讓學生理解知識，以及應用科學知識來解決問題。在評量方面，著重學生記憶知識量的多寡，容易造成學生以記憶的方式來學習科學 (郭重吉, 民83; *Gallagher*, 1991)。相反的，如果認為科學知識具有暫時性的特質，學生會偏向以理解的方式來學習科學 (*Songer & Linn*, 1991)。

(2) 觀察是否絕對客觀

"觀察是絕對客觀的，只要是經過適當訓練的觀察者，絕對可以發現自然界早已存在的真理"，*Gallagher* (1991) 指出，此項論點讓教師及學習者認為只要仔細地觀察，必可獲得相同的科學知識。但是站在當代科學本質的觀點，觀察是理論蘊涵的，每位學生的先備知識會影響到觀察的結果，而產生多元化的結果，因此，必須將所有的觀察結果共同討論以達成共識。

而學校科學課程中傳遞給學生的印象，往往隱涵著透過客觀超然的觀察，就得以獲得關於大自然的真實知識，而且科學知識可從現象的觀察直接推導而來。因此學生對科學存有"純稚的實在主義"，認為科學能夠反應事物真實的一面；及"過度樂觀的經驗主義"，認為所有的科學知識可藉由觀察自然現象而得到 (*Hodson*, 1988)。

(3) 科學的探究方法是否是唯一的、到處適用的

傳統的科學本質認為科學方法是唯一的、到處適用的，而且有一套固定的步驟程序(假說、觀察、判決假說成立與否)，當教師在進行科學探究活動時，會特別強調步驟，甚至誤解科學方法只是一個接一個的步驟，卻忽略這一系列的程序是有其邏輯推理的意義(林陳涌，民84b；*Gallagher*，1991)。許多科學教師要求學生遵循模擬這些步驟，而忽略讓學生瞭解步驟過程的意義，即使學生將程序背得滾瓜爛熟，仍無法應用任何新情境 (*Collette & Chiapetta*, 1994)。

而且過於強調歸納主義的科學方法忽略創造力所佔的地位，導致學生及教師將科學的研究只看成檢驗和證明的過程 (*Hodson*, 1988)。

(4) 產生科學知識的過程是否是客觀的

以當代科學本質的觀點認為，觀察是無法絕對客觀的，而且科學家必須信服派典的規範，因此科學知識的獲得並非價值中立、絕對客觀的，而是科學家根據先備知識及信念在心中主動建構，並在科學社群中獲得肯定，才能成為科學知識。而學生學習科學知識的過程，其實與科學家在形成科學知識的過程是相似的，將學生看成科學家的話，學生不會毫無條件地接受教師所傳遞的知識，他們主動地擷取對他們而言是真實有用、密切相關的訊息，再將這些訊息與自己的先備知識做連結，甚至改變原有的想法。故學生與科學家在獲取知識方面皆受先備知識的影響來建構知識(郭重吉、許玫理，民81)。

(5) 科學活動是否會受社會的影響

邏輯實證主義傳遞給學生有關科學的印象，強調科學是一種中性的活動，不受社會、經濟、歷史等因素的影響，因此科學被認為是真實的、可信賴的。此觀點則被當代的科學哲學觀批評為"盲目的理想主義" (*Hodson*, 1988)。而以當代的科學本質觀點而

言，科學與社會二者是互相影響的。

(6) 科學知識是人類心靈的創造物

當代的科學本質觀點強調科學是人類發揮創造力與想像力的成果 (AAAS, 1996)，而非像傳統科學本質觀點認為“客觀”才是科學最重要的特質，從 *Aguirre & Linder* (1990) 的研究顯示，在從事科學活動時，若教師不認同創造力與想像力的重要性，則在教學的觀點上大都認為，科學知識是由教師或教科書身上轉移到空無一物的學生腦袋中，即偏向講述式及不顧學生舊有知識的教學方式。

(二) 偏重科學知識或科學探究的層面

Gallagher (1991) 指出教師若過度重視科學知識的層面，誤以為“科學知識就是科學的全部”，而忽略科學本質也包括科學探究的層面，在教學表現方面就會強調科學術語的重要性、而且甚少安排實驗活動。因此，教師在科學本質方面的了解過於狹隘，只偏重科學知識，在教學上就無法傳達廣泛的科學本質觀點給學生。不過，若能讓教師實地從事長期的科學研究，則有助於教師對教學的看法由重視知識層面轉向重視科學探究過程的層面 (*Meichtry*, 1995)。

(三) 偏重科學的知識或科學的應用

Marble (1992) 的研究發現到學生對科學的看法可分為二類，第一類是，科學是一種純粹追求知識的過程，第二類是，科學是滿足人類需求的一種工具。偏向第二類的學生會認為科學與生活息息相關，在學習方面則會自動連結科學知識與自身的生活經驗。

(四) 學生對科學本質的了解程度與學習科學的態度、未來志向的關係

科教學者提出學生對科學本質的了解會影響到，學生對科學學習的態度 (*attitude toward science*)、以及是否傾向選擇科學為其志業 (余曉青, 民84；林陳涌, 民85)。例如 *Tamir* (1994) 對 17 歲的學生以科學理解測驗 (*The Science Understanding Measure [SUM]*) 施測，發現 *SUM* 的成績較高的學生，其未來志向偏向理工醫。莊嘉坤 (民84) 研究發現，國小四、五、六年級的學生對科學工作的形象愈正面，則愈嚮往與科學有關的職業或工作。

綜合來看，學生對當代科學本質了解的程度，不僅只是對科學面貌有較完整的認識，在學習方式則較偏向以理解取代記憶，並且能聯結科學與個人生活的密切相關性，在學習態度則有明顯正向的增長，進而有助於學生未來選擇與科學相關的職業為志向。在教師方面，教師對當代科學本質觀的了解，則會影響科學實驗活動的安排是否符合科學家情境，以及在教學內容探究層面重視程度的深淺。

伍、綜述 — 傳達科學本質的教學

在教學方面，本文根據文獻，試提出幾項強調科學本質教學的方針：

- (1) 學生通常是很難自行連結所學的學科內容與科學本質二者之間的相關性，因此教師可利用討論的方式來幫助學生連結這二者的關係，以促使學生思考有關科學本質的內容 (Flick, 1996 ; Meichtry, 1992)。
- (2) 科學史的素材一直被公認為傳達科學本質的方法之一，因為科學史素材可以讓學生了解科學知識的產生過程 (Duschl, 1990)。從相關文獻 (Boujaoude, 1995 ; Solomon, Duveen, Scott, & Mocarthy, 1992) 顯示出，使用科學史素材所達到科學本質的內涵主要可分為二類：①讓學生了解科學實驗的目的不是盲目的試驗探索，而是驗證科學家心中早已存在的想法；②若提供在歷史上科學理論被推翻或被取代的題材，可讓學生體會科學知識的暫時性特質；並且也可讓教師了解到，學生學習科學概念的過程，其實與當初科學家形成科學知識的過程是相似的。
- (3) 教師安排學生實地操作科學探究的活動，並且讓學生感覺自己像個科學家，是使學生重視科學探究層面最有效的策略 (Meichtry, 1995)。而且學生將會藉由"從事科學探究活動"(doing science) 中學習到科學化的思考，以及發展科學過程技能 (Collette & Chiappetta, 1994 ; Lederman, 1996)。
- (4) 不過最重要的是，教師除了必須瞭解潛藏於課程中的科學本質內涵，尚須將其列入重要的教學信念中，唯有重視其重要性，才可能表現於課室教學中 (Lederman, 1995)。

參考資料：

- 余曉清 (民84)：中小學學生的科學與科學家印象之比較研究。Proc. Natl. Sci. Coune. Repub. China, Part D Math. sci. technol. educ., 5(1), 19-18.
- 林陳涌 (民84)：職前教師教學觀點形成的模式。Proc. Natl. Sci. Coune. Repub. China, Part D Math. sci. technol. educ., 5(2), 122-132.
- 林陳涌 (民85)：「了解科學本質量表」之發展與效化。科學教育學刊, 4(1), 1-58。
- 莊嘉坤 (民84)：國小學生對科學態度之探討。八十四學年度師範學院教育學術論文發表會論文集 (2), 1-20。
- 許玫理 (民81)。我國國民中學自然科學教師科學哲學觀點之調查研究。國立彰化師範

大學科學教育研究所碩士論文。

郭重吉 (民85) : 建構論 : 科學哲學的省思。教育研究雙月刊, 第49期, 頁16-23。

郭重吉、許玫理 (民81) : 從科學哲學觀點的演變探討科學教育的過去與未來。彰化師範大學學報, 第三期, 頁531-560。

舒煒光、邱仁宗 (民79) : 當代西方科學哲學述評。台北: 水牛, 頁27-134、139-169、260-273。

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.

Abimbola, I. O. (1983). *The relevance of the "new" philosophy of science for the science curriculum. School Science and Mathematics*, 83(3), 181-192.

Aguirre, J. 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.

American Association for the Advancement of science. (1989). *Project 2061 : Science for all Americans. Washington, D.C. : Author.*

American Association for the Advancement of science. (1993). *Benchmarks for science literacy. N.Y. : Oxford University Press.*

Cleminson, A. (1990). *Establishing an epistemological base for science teaching in the light of contemporary notions of the nature science and of how children learn science. Journal of Research in Science Teaching*, 27(5), 429-445.

Collette, A. T., & Chiappetta, E. C. (1994). *Science instruction in the middle and science school* (3rd, pp.27-47). Columbus U. S. A. : Merrill.

Duschl, R. A. (1990). *Restructuring science education : The importance of theories and their development. N.Y. : Teachers College, Columbia University.*

Flick, L. B. (1996). *Student perspectives on learning inquiry-oriented science : Science knowledge and nature of science. Unpublished.*

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.

- Good, R. (1996, April). Trying to reach consensus on the nature of science : Words get in the way. Paper presented at National Association for Research in Science Teaching, St.Louis,MO.
- Hodson, D. (1988) Toward a philosophically more valid science curriculum. *Science Education*, 72, 19-40.
- Lederman, 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 the nature of science into classroom practice. (ERIC Document Reproduction Service No. ED382 474).
- Lederman, N. G. (1996). the nature of science : Instructional implications for a process more tentative than products. Paper presented at National Association for Research in Science Teaching, St.Louis,MO.
- Matthews, M. R. (1996) What should be the goal in teaching about the nature of science?. Paper presented at National Association for Research in Science Teaching, St.Louis,MO.
- Marble, S. T. (1992). Student descriptions of the nature of science. Unpublished doctoral dissertation, University of Texas.
- Meichtry, Y. J. (1995). Elementary science methods : Strategies to measure and develop student views about the nature of science. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 382 448).
- National Science Education Standards (1996) (ERIC Document Reproduction Service No. ED391-690).
- Nussbaum, J. (1989). Classroom conceptual change : Philosophical perspectives. *International Journal of Science Education*, 11, 530-540.
- Palmeri, A. B. (1996, April). The beliefs and science teaching practices of four quest teachers. Paper presented at National Association for Research in Science Teaching, St.Louis,MO.
- Solomon, J., Duveen, J., Scott, L. & Mocarthy, S. (1992). Teaching about the

nature of science through history : Action research in classroom. Journal of Research in Science Teaching, 29(4), 409-421.

Songer, N. B., & Linn, M. (1991, April). How do students' views of science influence knowledge intergration ? Paper presented at National Association for Research in Science Teaching, St.Lous,MO.

Suchin, V. (1993). Effect of research experience on teachers' perceptions of the nature scieace (science training). Unpublished doctoral dissertation, University of Minnesota.

Tamir, P. (1994). Israel students' conceptions of science and views about the scientific enterprise. Research in Science and Technological Education, 12(2), 99-116.

Revelation and application of the nature of science in science education

Hsiu-Yu Weng and Hsiao-Lin Tuan
Graduate Institute of Science Education
National Changhua University of Education

It has been a perennial object in science education to help students develop adequate conceptions of the nature of science (NOS). The philosophy of science has been transferred from logical positivism into contemporary constructivism, and changes peoples' views of NOS in recent years. However, past researches have shown that both teachers and students don't possess the adequate understanding of NOS. Science educators recommend that we should progress an overall reformation including the perspectives of curriculum, teacher, and student. This article first reports the substance of NOS, and then introduces four ways suggested from the literature to develop students' conceptions of NOS in science classroom: (1) It's not easy for students to connect the content knowledge and NOS by their own, so teacher should help their students foster such ability through learning activities. (2) The infusion of history of science into scientific curriculum can improve students' views in NOS. (3) Teacher should build a learning environment of scientific inquiry for students to understand how scientists do science. (4) Teachers' beliefs in science teaching should be oriented into emphasizing the value of the substance inclusion of NOS, such change might make teachers willing to teach NOS in their science class.

★

Abstract: the nature of science (NOS)

(上承第23頁)

困擾。謝謝！又問題1035的題目我有點看不懂。（高師大附中，黃朝宗）

⑤問題1035這一題從拿到題目一直到二十分之內竟能想出做法，頓悟的感覺不錯！（建中，蔡旭程。）

評注：恭賀你有"頓悟"的經驗。

★