科學教育學刊
1996, 第四卷第一期， 31-58

C
1

EJ51-1996-31

「了解科學本質量表」之發展與效化

林陳涌
國立台灣師範大學　生物學系

（投稿日期：85 年 2 月 8 日，接受日期：85 年 3 月 28 日）

摘要：本研究的目的在於經由哲理及文獻上的探討發展一個適當的科學本質概念架構，並據以發展並效化一套適切、可靠的評量工具「了解科學本質量表」(Understanding of the Nature of Science Scale, UNOS)。本研究以台北地區（包括台北縣、市）的高中學生爲對象族群，採「分層逢機取樣」與「集群取樣」兼行的方式取樣。計抽取 42 個班級，於剔除無效樣本後，共得 1670 位樣本。

經分析主要科學本質有關工具的概念組成與架構，及參考近來科學哲學、科學史、及科學社會學的研究與發展，本研究提出一個有關科學本質的概念組成及架構，並據以發展「了解科學本質量表」及其三個分量表。三個分量表的名稱爲「科學方法的本質分量表」、「科學知識的本質分量表」、與「科學事業的本質分量表」。

「了解科學本質量表 (UNOS)」的信度表現可稱理想，以 Cronbach α 係數表示，UNOS 總量表的 Cronbach α 係數值達 0.90，三個分量表分別爲 0.74、0.79、及 0.77。同時效度以 UNOS 及其三個分量表對中譯的 SPI 相關係數表示，其範圍爲 0.57 ~ 0.64，屬於可以接受的中度相關。另區別效度表示各個分量表的屬性是獨立平等的概念，支持本工具分成三個分量表的概念架構。

研究同時發現高中女生對科學本質的了解很明顯的高於男生，高中學生對科學本質的了解沒有隨年級的增加而顯著的增強，修習科學科目較多的組別（第二、三類組）對科學本質的了解顯著優於修習科學科目較少的組別（第一類組）。

關鍵詞：科學本質、對科學本質的了解、工具發展。

壹、前言

一、研究的背景與重要性

近年來培養具有科學素養的公民，已成爲國內外衆多科學教育學者一致認同的主要科學教育目標之一。美國科學促進會 (American Association for the Advancement of Science, AAAS) (1989) 及美國國家科學教師協會 (National Science Teachers Association, NSTA) (1982) 更將了解科學的本質列爲有科學素養公民的重要特徵，並呼籲科學教育學者及教師應注重培養學生對科學本質的了解。

科學是西方文明最主要的指標，三百多年來科學的進展直接或間接大大的提昇了世人的生活水準，科學一詞由一個學門的中性名稱轉化爲具有價值判斷的正向名詞。一般人提用「科學精神」或「科學態度」就是這種用法。因此伴隨著科學一詞的經常是「客觀的」、「誠實的」、或「有效率的」……等正向詞。然而正當世人企圖運用科學侵入其他領域，如宗教、人文……等，一陣陣反科學暗潮厥然而起；尤其在目睹二次世界大戰及其後，科學或科技對人類和自然環境所帶來的災害，反科學的聲勢更攀上高峰。對反科學的支持者，科學是「冷酷的」、「去人性的」、或「災難的」。

這正反兩方的極端立場都是嚴重的扭曲了科學的眞實面貌，而當學生接受了其中任一方，都會影響其對科學的觀感和對科學的態度，進而影響其學習科學的態度和意願。六〇年代以後的哲學家、歷史學家及社會學家從各種不同的角度來探討甚麼是科學，展現了一個異於前述兩者的新面貌。這個新面貌是將科學視爲人類的一種求知的活動，對其進行歷史個案研究，以呈現一個較爲符合實際的科學本質。最近三、四十年來，這個新趨勢已累積了足以吸引人的成果，也頗受科教學者的重視。

然而一般的科學教科書著重在甚麼是科學 (What is science) 的記述性知識 (Declarative knowledge) 層面的介紹，鮮少論及甚麼是關於科學 (What is about science) 的程序性知識 (Procedural knowledge) 的研習。因此學生的科學影像或面貌 (Image of science) 就經常不受注意的自行發展，不幸的是此一發展往往廣受大衆傳播媒體及學校「潛在課程」的影響，而與科學的本質有所不符。科學教

育學者又通常較爲重視學童對「形式課程」(Formal curriculum) 的學習成效，研究範圍多在於學童的科學概念和技能的發展與評量。其實增進學生對科學本質的了解，除了一方面可以讓學生清晰的認識科學的眞面貌，另一方面也足以加強學生對科學的正向態度和學習意願。因此研究學生對科學本質的了解與發展便有其必要性。

我國科學教育學者對科學本質的相關研究已逐漸重視並累積相當的研究成果，在科學教師對科學本質的了解研究方面，如：鄭湧涇 (1989)，許玫理 (1992)，與 Lin (1994)，在中小學生對科學本質的了解研究方面，如：佘曉清、李柏圍 (1994) 與蔣佳玲、郭重吉 (1994)，在對教科書分析科學本質的敘述含量研究方面，如：林顯輝 (1991)。然而中文的研究工具，僅鄭湧涇 (1989) 的「了解科學調查表」，該工具適用範圍爲大學以上之成人學生或教師。其他尚無適用大學以下年齡層的工具發表，以致在國內對該階段學生有關科學本質的研究不易進行。

因此本研究所發展的「了解科學本質量表 (Understanding of the Nature of Science Scale, UNOS)」將可提供科學教育學者、研究生、甚至高中教師之研究使用。發展量表之科學本質概念架構亦可作爲教科書編製和師資培養課程參考。

二、研究的目的

本研究的目的在於經由哲理及文獻上的探討發展一個適當的科學本質概念架構，並據以發展並效化 (Validate) 一個適切、可靠的評量工具「了解科學本質量表 (UNOS)」。

貳、相關文獻探討

一、科學的本質

自笛卡爾三百多年來以機械論爲中心哲學的科學思潮，將自然宇宙比喻成一個精準的機械，相信自然世界的運行是依照其內在定律－即自然律－的規範。Whitehead (1967) 認爲這個信仰源自中世紀對於上帝理性的堅持，而且自然律的每一個運行細節都被上帝監督著和命令著。科學家的工作就是運用科學方法—觀察與實驗—去探討發現存在於宇宙中的自然律。這樣的科學呈現的影像主要有三點，首先，科學方法的客觀及理性；其次，科學知識的絕對性；最後是，個人在

整個科學的過程是可忽略的。Berman (1981) 認爲接受這種去人性的客觀與絕對性的眞理之科學影像，是人類解除對宗教著魔後的再一次著魔。

本世紀初以來的實證主義以邏輯分析爲方法研究靜態的科學知識，其企圖與結果正是反映上述三個傳統影像。然而近三、四十年來以科學史個案研究法的科學哲學及科學社會學，提供人類對科學更豐富的看法及了解。科學歷史個案的經驗 (Empirical) 研究及成績披露了科學事業的「實然」，給予傳統的科學哲學只重思辨的「應然」產物一個強烈的挑戰。

Abimbola (1983) 將近年來科學哲學的研究成果稱爲「新科學哲學」以別於傳統以邏輯實證主義的科學哲學，他整理出六個很清楚的表現出科學本質的「新科學哲學」的特點：

1. 我們已經具有的知識、理念、和學說會很大程度的決定我們的觀察結果，因此觀察本身就是理論負載 (Theory-laden) 的。
2. 科學家在已接受的典範、假設、或研究架構內進行科學活動。典範本身決定了甚麼問題該被處理、甚麼設備該被使用、及甚麼推論技術與模式該被應用。
3. 正式的邏輯已不再被認爲是研究分析科學的主要工具，取而代之的是，倚賴詳細的分析科學史。科學問題的最後仲裁是科學社群。
4. 科學的核心在於不斷的研究與批判，不是在於被接受的知識。
5. 科學有兩個面相：常規科學與革命科學。常規科學在一個共同的典範下進行，並導致科學革命。科學史上最重要的事件是科學典範的革命，因此科學的進步不是累積性的。科學革命代表典範的改變，新舊典範之間沒有共量性。
6. 新舊典範之間沒有共量性，所以觀察所得的數據在新舊典範中不代表相同的意義。

這六點正好與前述三點傳統科學影像截然不同，首先，科學的觀察過程與實驗設計已被個別科學家所服膺的典範所浸潤，客觀與理性的科學方法是不存在的。其次，科學知識的權威不是絕對而是暫時的與局部的；不同典範之間由於評估準則不同，科學知識的意義有了不同的認識。最後，科學家與科學社群在科學知識的取捨過程佔有相當重要的地位，其所接受的典範或其他信念正是指導科學活動的準則。

二、了解科學本質之評量工具

多數的科教學者對科學本質的重要性一致地給予肯定，然而對於科學本質的內涵、範疇卻有不同的看法，這個分歧明顯地顯示在不同的科學本質評量有關的工具。探討不同工具的組成分量表及題目，恰可了解不同作者或使用者對科學本質的內涵、範疇的看法。這裡將以科學方法、科學知識、與科學社群三個向度來分析科學教育研究上常用的有關科學本質的工具。

Cooley 和 Klopfer (1961) 發展的「了解科學測驗 (Test on Understanding Science, TOUS)」，計分爲三個分量表：了解關於科學事業、科學家、與科學方法和目的。TOUS 偏重在科學家與科學社群，而對科學知識本質方面的題目則較少。

Kimball (1967-1968) 發展的「科學本質量表 (Nature of Science Scale, NOSS)」，題目環繞在八個主題。NOSS 對科學方法及科學知識的涵蓋較爲廣泛，但幾乎不觸及科學社群的議題。這八個主題分別爲：

1. 科學的基本驅力爲對物質世界的好奇心。除了知識的產生以外，與結果、應用、及用途無關。
2. 在追求知識中，科學是過程取向，是動態的、進行的活動；而不是靜態的累積資訊。
3. 針對科學知識，科學的目的在追求包含性更大、更簡潔，強調能精準和簡明敘述關係的數學語言。
4. 沒有像教科書所描述的那種（唯一的）科學方法。反而有多少科學參與人員就有多少種科學方法。
5. 科學方法的屬性特徵應是價值領域高於技藝領域。這些特徵是指對感官經驗的依賴、武斷定義及分類架構的認知、及以對未來科學探討的生產能力或用處來評估科學工作。
6. 科學的一個基本特徵是具有此信心，人類的規則及理解能含攝物理世界。
7. 科學有一個開明的特徵，心智的開明使在面對新證據願意改變意見；研究領域的開明，不受宗教、政治、及地理所影響。
8. 暫時性及不確定性是科學的特徵。沒有科學知識能完全證實，這一事實是科學的指導準則。

Welch 和 Pella (1968) 發展的「科學過程量表 (Science Process Inventory 『 Form C 』, SPI) 」，題目環繞以下四個主題：科學的假設、科學的活動、科學的結果、科學的倫理。 SPI 主要著重在對科學過程與結果的涵蓋，較少觸及科學社群的議題。美國威斯康辛大學科學素養研究中心 (Scientific Literacy Center, 1967) 發行的「威斯康辛科學過程量表 (Wisconsin Inventory of Science Process, WISP) 」，其重點與內容和 SPI 幾乎相同。

Korth (1968) 發展的「科學社會面向測驗 (Test on the Social Aspects of Science, TSAS) 」，計分爲三個分量表：科學、技學、和社會的交互作用、科學事業的社會本質、與科學家的社會及政治責任。 TSAS 完全著重在科學社群的議題。

Rubba 和 Andersen (1978) 發展的「科學知識本質量表 (Nature of Scientific Knowledge Scale, NSKS) 」完全著重在科學知識的議題，將科學知識的屬性分爲六點，非道德的、創造性的、發展的、簡言的、可測試的、及統整的，每點各自發展成爲一個分量表。

Aikenhead 及其同僚費時六年發展的「科學技學社會觀點 (Views on Science-Technology-Soceity, VOSTS) 」共 102 題的分類選擇題量表，其發展理念頗值得注意 (Aikenhead, 1987; Aikenhead, Fleming & Ryan, 1987; Fleming, 1987; Ryan, 1987; Aikenhead, 1988, Aikenhead & Ryan, 1992) 。 VOSTS 的概念架構分爲四個向度九個主題，每個主題又細分 2-11 不等的次主題，其概念架構如下：

向度一：定義

主題一：科學與技學

向度二：外在科學社會學

主題二：社會對科技的影響

主題三：原著保留此主題，以後再發展

主題四：科技對社會的影響

主題五：學校科學對社會的影響

向度三：內在科學社會學

主題六：科學家的特性

主題七：社會建構科學知識

主題八：社會建構技學

向度四：知識論

主題九：科學知識的本質

VOSTS 著重在科學、技學、與社會之間關係議題的探討，而有關科學方法與科學知識亦包括在其第四向度。VOSTS 採用開放式架構，內容十分廣泛，在前述每一主題內各含有不同形式或用字的題目群，Aikenhead 及其同僚鼓勵其他研究者自行組合與利用部份有興趣的題目，如：Rubba 和 Harkness (1993)。

鄭湧涇 (1989) 發展的「了解科學調查表 (Understanding Nature of Science Inventory, UNSI)」，計分爲四個分量表：科學的假設、界定和內涵、科學的過程的了解、科學家的特質、與科學和技術的內涵及其分野。題目多分佈在科學方法與科學知識方面，有關科學社群的題目則較少。

不是所有科學本質評量有關的工具蒐集的都是數量的資料數據，事實上早自五十年代科教學者就使用取得文字資料的評量工具 (Wilson, 1954)。雖然蒐集文字資料的工具不能像量化工具易施測和評分、層面廣、流通快、及使用易，但在配合各自的研究旨趣，蒐集文字資料的研究法有其專精、深入、和彈性大的優點。而且在資料數據的詮釋上兩者更有其不同的適用，數量的資料數據適用於同一族群不同階段或不同族群間的比較；而對於較小的族群或個人詮釋，量的資料數據便需非常小心使用或者根本不適用，這是文字資料工具適用的範疇。文字資料的工具通常以簡答或問答題目型態出現，研究者分析受測者的大量文字反應，以探索受測者對科學本質的了解。

無論文字或數量的工具均需要受測者有相當程度的文字使用能力，因此針對年紀較小的對象，科教學者亦採用圖像詮釋測驗來了解受測者的科學影像，尤其是科學家的影像。畫科學家測驗起源甚早，其所得的科學家標準影像至今仍十分有效，如：眼鏡、實驗袍、鬍鬚……等 (Mead & Metraux, 1957)。後來的研究亦離標準影像不遠。Chambers (1983) 發展的「畫科學家測驗 (Draw-a-Scientist Test, DAST)」將這一脈研究結構化列出七個標準影像做爲計分指標，這七個標準影像如下：實驗袍、眼鏡、鬍鬚、研究的象徵（如：實驗室設備）、知識的象徵（如：書籍或文書櫃）、科技與科學的產物、及相關符號，如：方程式。受測者的科學家和科學畫像經分析，若合乎任一指標則給與分數，最後以合乎指標數 (0-7) 爲總得分。DAST 經常佐以畫人像爲對照影像。佘曉清、李柏圍 (1994)

以 DAST 研究台灣國中、小學生樣本亦得到類似標準影像的結果。

文字、影像常伴隨晤談使用以求更精確地了解受測者對科學或科學家的看法。蔣佳玲、郭重吉 (1984) 兼用作文、畫圖、及晤談研究國小學生所持有的科學家影象。 She (1995) 採用 Osborne 和 Gilbert 所發展的 IAI (Interview-about-Instances)，佐以 Boylan 設計之科學與科學家圖片測驗，進行晤談，研究國中、小學生的科學與科學家影像。

前述評量科學本質的工具，大部份均預設了有一個外在於受測者的參考架構，以用來評斷受測者的反應是否正確或適宜。然而當工具發展者的參考架構和受測者的內在架構大不相同時，工具的有效性便受質疑。因此當研究的目的是在於探測少數個案對科學本質較深層的了解時，科教學者多採用結構性、半結構性、或非結構性的晤談，試圖建構受測者自己的內在概念架構。 Lakin 和 Wellington (1991) 應用 Kelly 的「目錄表技術」(Repertory grid technique) 來呈現職前教師對科學本質的概念架構，即是半結構性晤談的一例。

參、研究方法與過程

一、研究樣本

本研究以台北地區（包括台北縣、市）的高中學生爲對象族群，採「分層逢機取樣」與「集群取樣」兼行的方式取樣。首先依高中聯考最低錄取成績及學校的社會認知，將台北地區公立高中分爲三群，再由每群中抽取一所男女合校的學校；每校在依年級抽取定額班級，抽到的班級全部學生皆爲研究對象。計抽取 42 個班級，於剔除無效樣本後，共得 1670 位，如表 1 所示。

此外，目前高中學生參加大學聯招分爲四組，第一類組爲報考文法商社會科系；第二類組爲報考理工科系；第三類組爲報考醫學及生命科學科系；第四類組爲報考農牧等生命科學應用科系。因第四類組只比第三類組少考一科物理，所以一般高中無第四類組的班級。本研究樣本分爲「第一類組」、「第二類組」、「第三類組」、及「未選組」等四個組別。本研究蒐集的有效樣本爲 1670 ，若涉及組別的統計分析則需扣除 443 位未選組別的樣本而剩下 1227 個樣本。而不涉及組別的分析則保持原 1670 有效樣本。

表 1 ：樣本人數分配表

		人數	百分比
學校	甲高中	470（男：270；女：200）	28.14
	乙高中	618（男：317；女：301）	37.01
	丙高中	582（男：275；女：307）	34.85
性別	男	862	51.62
	女	808	48.38
年級	高一	602	36.05
	高二	654	39.16
	高三	414	24.79
組別	第一類組	567	34.95
	第二類組	393	23.53
	第三類組	267	15.99
	未決定	443	26.53
總計		1670	

二、研究過程

本研究旨在發展「了解科學本質量表 (UNOS) 」，發展與效化過程如下：

1. 蒐集相關文獻及工具，分析「科學本質」的概念結構及其組成理念。
2. 根據「科學本質」的概念結構及其組成理念，發展編製「了解科學本質量表 (UNOS) 」的草稿，計 78 題，正、負向陳述各半。
3. 敦請國內科學教育、科學哲學、科學史、及教育學者就概念結構，審查其完備性及適當性。並請針對每一題陳述，審查其正、負向的適當性。
4. 會同高中教師及高中學生，審查每一題陳述的語意及正、負向的適當性，務求遣詞用字適合高中學生。
5. 參照前述審查意見剔除不適宜的陳述，且增添若干陳述以使量表更完備，製成「了解科學本質量表 (UNOS) 」的初稿，計 94 題，正、負向陳述各半。
6. 「了解科學本質量表 (UNOS) 」初稿於台北市某高中之 168 位學生試測後，依據試測資料進行修訂。修訂完成後的「了解科學本質量表 (UNOS) 」

包含 72 題與科學本質有關的陳述，正、負向陳述各半，這些陳述計分爲三個分量表，每一分量表含 24 題。受測者的反應分爲「很同意」、「有點同意」、「稍不同意」、及「很不同意」四種類型，正向敘述題目分別給予 4 、 3 、 2 、及 1 分；負向敘述題目分別給予 1 、 2 、 3 、及 4 分。

7. 「了解科學本質量表 (UNOS) 」以上述「分層逢機取樣」與「集群取樣」的方式取樣施測，進行效化以考驗工具之信度與效度。

肆、研究結果與討論

一、「了解科學本質量表 (UNOS) 」的概念組成及架構

本研究分析上述主要科學本質有關工具的概念組成與架構，及參考近來科學哲學、科學史、及科學社會學的研究與發展，提出一個有關科學本質的概念組成及架構，冀以適合科學教育相關研究與教學實務使用。三個分量表的名稱、評測目標、及簡介如表 2 。

二、「了解科學本質量表 (UNOS) 」的效化

一般研究進行，在挑選使用評量工具之前需謹愼的評估該工具是否具有適當的信度和效度，如此對該工具施測所得分數資料的詮釋，才可較放心的宣稱可靠、可信。因此，新工具的發展尤需呈現其信度與效度的證據，後來的使用者才能據以評估是否適宜採用。以下將針對「了解科學本質量表 (UNOS) 」全量表、各分量表進行試題分析及信度、效度檢驗。

㈠試題分析

在改良和效化工具的過程，首先應進行試題分析，其功能在找出及剔除會降低工具整體「內部均質性」的試題 (Fraser *et al.*, 1993) 。也就是當某一試題與其它所有試題的相關低時，就應該考慮被剔除。表 3 的資料顯示各試題的得分與該試題所屬之分量表和總量表之相關，這些相關係數均爲修正係數，即該試題得分和扣除該試題的分量表與總量表得分的相關係數。這樣的計算方式是爲了避免該試題的特異與誤差變異被併入計算，而導致的誇大效果（鄭湧涇， 1994 ）。

表 2 ：「了解科學本質量表 (UNOS) 」分量表概述

分量表一：「科學方法的本質分量表」(The Nature of Scientific Method, NSM)

評測目標：評測高中學生對科學方法本質的了解，尤著重於科學方法的獨特性與適用性、科學方法的客觀性、及科學方法的理性層面的評測。

正、負向題號：

正向敘述題號：3, 19, 28, 29, 35, 42, 44, 51, 55, 68, 71, 72

負向敘述題號：5, 9, 10, 13, 15, 17, 23, 27, 40, 43, 48, 52

例題：

42. 實驗結果的意義，需視所採用的科學學說而定。

10. 科學觀察報告是對整個事件過程及結果不經詮釋的報導。

分量表二：「科學知識的本質分量表」(The Nature of Scientific Knowledge, NSK)

評測目標：評測高中學生對科學知識本質的了解，尤著重於科學知識的種類與角色、科學知識的本體地位、及科學知識的知識地位層面的評測。

正、負向題號：

正向敘述題號：1, 11, 20, 21, 26, 31, 38, 39, 41, 45, 50, 54

負向敘述題號：8, 12, 14, 22, 30, 34, 37, 47, 57, 62, 64, 65

例題：

39. 現在的科學知識是暫時性的，未來可能被修改。

14. 現今的科學知識已久被證實，其正確性毋庸置疑。

分量表三：「科學事業的本質分量表」

(The Nature of Scientific Enterprise, NSE)

評測目標：評測高中學生對科學事業本質的了解，尤著重於科學的基本假設、定義、及目的、科學家、科學社群、及科學與社會關係層面的評測。

正、負向題號：

正向敘述題號：2, 4, 7, 16, 18, 32, 36, 46, 49, 63, 67, 70

負向敘述題號：6, 24, 25, 33, 53, 56, 58, 59, 60, 61, 66, 69

例題：

7. 科學家不一定比其它人更爲客觀。

6. 科學研究是專業的，毋需理會社會大衆的認可。

表 3 UNOS 各試題的平均數 (Mean) 、標準差 (SD) 、各試題與所屬分量表得分 (r_{is}) 及總量表得分 (r_{it}) 的相關、該試題剔除不計時， UNOS 的 Cronbach α 係數值 (N=1670)

Item No	MEAN	SD	r_{is}	r_{it}	α If Item Deleted
N1	3.36	.74	.45	.54	.90
N2	3.39	.75	.25	.28	.90
N3	3.29	.74	.17	.22	.90
N4	2.92	.85	.25	.20	.90
N5	2.72	.87	.11	.15	.90
N6	3.17	.89	.26	.28	.90
N7	3.01	.78	.20	.21	.90
N8	3.52	.75	.45	.50	.90
N9	3.12	.82	.32	.31	.90
N10	2.81	.95	.14	.12	.90
N11	3.23	.69	.27	.31	.90
N12	2.94	.88	.31	.34	.90
N13	2.93	.95	.32	.35	.90
N14	3.24	.81	.45	.45	.90
N15	2.52	.86	.06	.08	.91
N16	2.94	.81	.23	.22	.90
N17	2.55	.76	.12	.16	.90
N18	2.83	.81	.11	.09	.90
N19	2.93	.81	.11	.13	.90
N20	3.10	.78	.35	.35	.90
N21	3.10	.74	.41	.38	.90
N22	2.33	.88	.04	.02	.91
N23	3.01	.88	.28	.29	.90
N24	3.34	.84	.42	.47	.90
N25	3.17	.97	.34	.36	.90
N26	3.17	.77	.19	.20	.90
N27	3.06	.76	.39	.41	.90
N28	3.20	.71	.37	.42	.90
N29	3.16	.76	.36	.40	.90
N30	2.38	.90	.12	.05	.91
N31	3.31	.70	.47	.52	.90
N32	3.22	.79	.36	.41	.90
N33	2.47	.80	.09	.10	.90
N34	2.70	.87	.30	.28	.90
N35	3.07	.79	.27	.27	.90
N36	2.52	.88	.03	-.03	.91

N37	2.49	.87	.16	.13	.90
N38	3.04	.85	.20	.26	.90
N39	3.52	.73	.54	.59	.90
N40	3.42	.78	.55	.60	.90
N41	2.97	.86	.21	.19	.90
N42	2.84	.75	.16	.19	.90
N43	2.76	.81	.28	.31	.90
N44	3.22	.71	.44	.50	.90
N45	3.30	.76	.42	.52	.90
N46	3.10	.79	.47	.33	.90
N47	2.84	.81	.38	.36	.90
N48	3.28	.81	.55	.60	.90
N49	3.03	.92	.26	.24	.90
N50	3.06	.76	.33	.34	.90
N51	3.38	.73	.47	.54	.90
N52	2.79	.79	.21	.26	.90
N53	3.31	.80	.52	.58	.90
N54	3.26	.81	.44	.49	.90
N55	3.11	.75	.39	.40	.90
N56	2.86	.88	.42	.44	.90
N57	3.18	.83	.34	.51	.90
N58	3.19	.81	.46	.53	.90
N59	3.17	.84	.44	.48	.90
N60	2.94	.84	.39	.39	.90
N61	3.48	.80	.57	.64	.90
N62	3.40	.79	.57	.64	.90
N63	3.15	.75	.34	.38	.90
N64	2.98	.80	.40	.39	.90
N65	2.44	.86	.09	.06	.91
N66	2.39	.83	.07	.11	.90
N67	3.43	.75	.51	.57	.90
N68	3.05	.75	.29	.31	.90
N69	2.77	.85	.27	.25	.90
N70	2.79	.76	.25	.20	.90
N71	2.86	.82	.18	.19	.90
N72	3.23	.75	.39	.42	.90

表 3 中的相關係數的範圍由－ 0.03 ～ 0.64 ， 72 題中，除第 15 、 22 、 33 、 36 、 65 、 66 等六題偏低外，其於均高於 0.1 。其中第 36 題，「大部份科學家不太願意從事和他們的宗教及倫理觀相違背的研究」，的相關係數爲負值

(－ 0.03) 與整個量表的評測方向相反。本題預設爲正向題目，即認爲科學家不太願意從事和他們的宗教及倫理觀相違背的研究，而有將近半數 (47.6 %) 的反應爲「稍不同意」或「很不同意」，即認爲科學家願意從事和他們的宗教及倫理觀相違背的研究，或者可以說他們認爲科學家的宗教及倫理觀不會影響其科學研究。然而第 60 題，「科學家的科學研究不會被他們的宗教及倫理觀所影響」，僅 25.8 % 的反應爲「很贊同」或「有點贊同」。兩者不一致的反應雖影響全量表的解釋不大（詳見下段），然在個別題目解釋時需加以注意。

上述六題偏低的相關係數可能會損及工具整體的內部均質性，而導致總量表的信度降低，似應捨棄。然因以下兩點理由予與保留。首先，由表 3 最後一欄顯示，當分別剔除這六題題目，總量表的 Cronbach α 係數值只有極微小的提高或不變，也就是其影響工具整體的內部均質性不大，不致嚴重降低總量表的信度。再者，在試題取捨的考量上除了需要考慮統計上的因素是否理想外，還需考慮整個評量工具的整體架構、與研究旨趣、及題目代表性的完整性。基於以上因素此六題將予保留。另外，就工具的所有題目來看，當分別剔除每題題目時，總量表的 Cronbach α 係數值只有極微小的變動，也就是每個試題與總量表的評測方向十分和諧，這顯示整個工具的內部均質性非常理想。

㈡信度考驗

UNOS 及其三個分量表的信度，以「內部均質性信度」考驗。內部均質性信度以 Cronbach α 係數表示， UNOS 總量表的 Cronbach α 係數值達 0.90 ，三個分量表分別爲 0.74 、 0.79 、及 0.77 （表 4 ），這樣的信度表現可稱理想。

㈢效度考驗

UNOS 的效度是藉「同時效度」及「區別效度」來考驗。同時效度的證據則以 UNOS 及其三個分量表與 Scientific Processes Inventory (SPI) 的相關係數表現。 SPI (Welch & Pella, 1968) 是科學教育學者研究科學本質常採用且具有相當滿意的信度、效度證據的工具 (Doran, 1978) 。鄭湧涇 (1989) 以自己中譯的 SPI 效化科學本質測量工具－了解科學調查表--亦得到適當的相關值。如前述，SPI 著重在對科學過程與產物的涵蓋，少觸及科學社群的議題，與 UNOS 約有三分之二的共同評測範圍。 UNOS 與其三個分量表對鄭氏中譯的 SPI 相關係數範圍爲 0.57 ～ 0.64 （表 5 ），屬於中度相關，即 UNOS 的同時效度可以接受。

表 4 ： UNOS 及三個分量表得分的平均數、標準差、及內部均質性信度

Scales	No. of Items	Mean	SD	Cronbach α
UNOS	72	217.73	20.85	.90
NSM	24	72.29	7.30	.74
NSK	24	72.85	7.80	.79
NSE	24	72.60	7.89	.77

表 5 ： SPI 分數與 UNOS 分數之間的相關 (N=1670)

	Mean	SD	UNOS	NSM	NSK	NSE
SPI	230.82	18.74	.64**	.57**	.57**	.59**

** $-P < 0.01$

區別效度是在考驗 UNOS 的三個分量表是否可以足夠宣稱爲三個獨立建構概念的量表，也就是將科學本質分爲科學方法的本質、科學知識的本質、及科學事業的本質三個向度是否有效。通常一個工具有其特有的評測屬性，而屬性概念也經常因理論架構或工具編製者的認知而分爲數個評測次屬性，這些次屬性也就是工具的分量表所要評測的。因此，一個工具的分量表因共同具有總量表的屬性，其間的相關應不致太低；但每個分量表又具有其獨特的次屬性，分量表間的相關又不能太高，否則分量表次屬性的分野則太模糊或沒意義。表 6 顯示各分量表之間的相關不低，表示各屬性間有某一定程度的關聯性。然而這些相關係數值又不大於其對應分量表信度乘積的平方根，表示各個分量表的屬性是獨立平等的概念 (Block, 1963; Fraser, 1978) 。這支持本工具分成三個分量表的概念架構。

表6 ：UNOS 和三個分量表之間的相關 (N=1670)

	UNOS	NSM	NSK
NSM	.91**		
NSK	.90**	.75**	
NSE	.89**	.71**	.68**

** P < 0.01

三、對科學本質的了解與背景特性的關係

本研究同時也探討學生對科學本質的了解程度與學校及學生背景特性之間的關係，研究重點在於比較不同性別、學校、年級、及組別的高中學生對科學本質的了解。本研究的三個樣本學校均爲男女合校，依其在台北地區高中聯招的最低錄取分數及社會認知，甲高中最高，乙高中次之，丙高中再次之。

㈠男女高中學生之間的比較

有關性別與對科學本質的了解一直爲科學教育學者所注意，許玫理 (1992) 曾發現國民中學女性科學教師對科學本質的觀點較男性教師偏向傳統；而 Lin (1994) 卻發現職前女性教師對科學本質的了解較男性教師顯著的高，但經控制學業成就變數，男女之間對科學本質了解的差異便消失了。就本研究之所有樣本而言，男女高中學生對科學本質的了解有很明顯的差異。在整個樣本族群，對全量表及每個分量表，女學生的得分均一致的高於男學生的得分（表7）。女學生對科學本質了解的較優異表現是全面性的，在所有的學校（甲、乙、丙高中）、組別（第一、二、四類組）、與年級（一、二、三年級）次族群中，除了二年級的女學生在全量表及每個分量表得分雖高於男學生但未達顯著以外，其他各次族群中女學生在全量表及每個分量表得分均顯著的高於男性學生。

女性對科學本質的了解高於男性，除可能因學業成績的影響外，亦可反應後孔恩時代的科學哲學認爲科學的本質較爲接近女性主義的認知方式。而本研究所發展的「了解科學本質量表 (UNOS)」，明顯受到 Abimbola (1983) 所說的後孔恩之「新科學哲學」所影響，因此可能較能反應女學生的認知模式而導致女學生的得分顯著高於男學生。然而必須注意的是，這樣的推論是基於假設女性主義所提的女性知識論確實反應女性的認知方式。

表 7 ：男女學生 UNOS 及各分量表分數的比較

	Male (N=862)		Female (N=808)		
	Mean	SD	Mean	SD	t-value
UNOS	214.93	21.71	220.73	19.48	5.73**
NSM	71.30	7.57	73.33	6.86	5.73**
NSK	71.95	8.40	73.81	7.43	4.79**
NSE	71.67	8.04	73.58	7.61	4.98**

** $-P<0.01$

㈡不同學業背景學生之間的比較

促使學生對科學本質有足夠的了解是近年來衆多科學教育學者所鼓吹的重要目標之一。本研究亦關心學生學業背景與對科學本質了解之間的關係，學業背景的變項著重在分析比較不同學校、年級、及組別學生的 UNOS 量表得分。由表 8 的學校、年級、及組別三因子變異數分析，顯示這三個變項在 UNOS 量表及三個分量表得分均沒有三因子的交互作用。表 8 也顯示學校及年級變項的雙因子變異數分析在 UNOS 量表及三個分量表得分均有交互作用；而學校及組別變項在 UNOS 量表及三個分量表得分均沒有交互作用；年級及組別變項除了在 NSE 分量表得分外亦均沒有交互作用。表 8 因涉及組別分析，需扣除未選組的樣本，所以進行分析的樣本總數爲 1227 個。爲避免學校及年級變項的雙因子的交互作用是因爲扣除未選組的樣本所影響，另外以學校及年級變項進行雙因子變異數分析，樣本總數爲 1670 個，亦得到相同的結果（表 9 ），即學校及年級變項在 UNOS 及三個分量表得分均有交互作用。

繼續以單因子變異數及事後分析學校及年級變項對 UNOS 量表及三個分量表得分的交互作用，首先針對各個學校不同年級之間的比較，在甲高中部份只有在 NSK 分量表的得分，三年級與一年級學生顯著的高於二年級學生；在乙高中部份只有在 NSE 分量表的得分，三年級學生顯著的高於一年級學生；在丙高中部份各年級學生在 UNOS 量表及其分量表的得分均無顯著差異（表 10 ）。這些零星的顯著差異及表 8 顯示班級變項沒有造成 UNOS 量表及其分量表得分的顯著差異，表示年級因素不是解釋 UNOS 量表及其分量表得分的重要因素。也就是說，高中學生對科學本質的了解沒有隨年級的增加而顯著的增強。

表 8 ：高中學生 UNOS 及各分量表分數的學校、年級、及組別三因子變異數分析

Source of Variation	SS	DF	MS	F	P
UNOS量表					
學校	13261.86	2	6630.93	15.01	.00**
年級	324.31	2	162.16	.37	.70
組別	8639.09	2	4319.55	9.78	.00**
學校X年級	6869.47	4	1717.37	3.89	.00**
學校X組別	2383.56	4	595.89	1.35	.25
年級X組別	3306.93	4	826.73	1.87	.11
學校X年級X組別	3384.50	6	564.08	1.28	.27
殘餘誤差	530805.06	1202	441.60		
全部	570212.22	1226	465.10		
NSM分量表					
學校	1676.70	2	838.35	15.29	.00**
年級	2.50	2	1.25	.02	.98
組別	995.00	2	497.50	9.08	.00**
學校X年級	514.59	4	128.65	2.34	.05*
學校X組別	91.96	4	22.99	.42	.80
年級X組別	339.83	4	84.96	1.55	.19
學校X年級X組別	419.33	6	69.89	1.28	.27
殘餘誤差	65894.28	1202	54.82		
全部	69830.00	1226	56.96		
NSK分量表					
學校	1091.12	2	545.56	8.46	.00**
年級	116.10	2	58.05	.90	.41
組別	1716.18	2	858.09	13.31	.00**
學校X年級	1011.03	4	252.76	3.92	.00**
學校X組別	392.29	4	98.07	1.52	.19
年級X組別	118.63	4	29.66	.46	.77
學校X年級X組別	654.92	6	109.15	1.69	.12
殘餘誤差	77517.94	1202	64.49		
全部	82787.13	1226	67.53		
NSE分量表					
學校	1784.04	2	892.00	14.42	.00**
年級	129.57	2	64.78	1.05	.35
組別	444.12	2	222.06	3.59	.03*
學校X年級	898.27	4	224.57	3.63	.01**
學校X組別	405.42	4	101.35	1.64	.16
年級X組別	957.64	4	239.41	3.87	.00**
學校X年級X組別	307.09	6	51.18	.83	.55
殘餘誤差	74367.29	1202	61.87		
全部	79635.34	1226	64.96		

* — $P < 0.05$
** — $P < 0.01$

表 9 ：高中學生 UNOS 及各分量表分數的學校及年級雙因子變異數分析

Source of Variation	SS	DF	MS	F	P
UNOS量表					
學校	13517.95	2	6758.97	15.91	.00**
年級	174.83	2	87.41	.21	.81
學校X年級	6184.51	4	1546.13	3.64	.01**
殘餘誤差	705809.23	1661	424.93		
全部	725801.94	1669	434.87		
NSM分量表					
學校	1257.25	2	628.63	11.99	.00**
年級	24.63	2	12.31	.235	.79
學校X年級	631.12	4	157.78	3.01	.02*
殘餘誤差	87094.84	1202	52.44		
全部	89004.72	1669	53.33		
NSK分量表					
學校	1422.90	2	711.45	11.33	.00**
年級	118.47	2	59.23	.94	.39
學校X年級	867.57	4	216.89	3.45	.01**
殘餘誤差	104316.80	1661	62.80		
全部	106725.76	1669	63.95		
NSE分量表					
學校	2441.16	2	1070.58	17.61	.00**
年級	71.69	2	35.84	.59	.56
學校X年級	631.84	4	157.96	2.60	.04*
殘餘誤差	100955.13	1661	60.78		
全部	103819.86	1669	62.21		

* $-P < 0.05$

** $-P < 0.01$

表 10 ：各校不同年級學生 UNOS 及各分量表得分的差異比較

學校	量表		一年級	二年級	三年級	F Prob.	MRT #
甲高中	NSK		(N=168)	(N=219)	(N=83)	.01	一：二
		平均數	74.04	72.00	74.59		二：三
		標準差	7.76	8.92	7.83		
乙高中	NSE		(N=223)	(N=216)	(N=179)	.03	一：三
		平均數	72.86	74.33	74.75		
		標準差	7.70	7.22	8.16		

- Multiple Range Tests: Tukey-HSD test with significance level .05

再針對各個年級不同學校之間的比較，在一年級部份，不同學校學生的 UNOS 量表及其分量表得分均無顯著不同。在二年級部份，相當一致的在 UNOS 量表及其分量表得分，乙高中均顯著的高於甲高中與丙高中（表 11 ）。在三年級部份，乙高中及甲高中學生的 UNOS 量表得分顯著的高於丙高中；乙高中學生的 NSM 分量表得分顯著的高於丙高中；甲高中及乙高中學生的 NSK 分量表得分顯著的高於丙高中；乙高中及甲高中學生的 NSE 分量表得分顯著的高於丙高中（表 11 ）。

由表 8 顯示不同學校學生在 UNOS 量表及其分量表得分亦有顯著的不同，經單因子變異數及事後分析得表 12 。在 UNOS 量表得分比較上，乙高中學生顯著的高於甲高中學生與丙高中學生且甲高中學生也顯著的高於丙高中學；在 NSM 分量表得分比較上，乙高中學生顯著的高於甲高中學生及丙高中學生；在 NSK 分量表得分比較上，乙高中學生與甲高中學生顯著的高於丙高中學生；在 NSE 分量表得分比較上，乙高中學生顯著的高於甲高中學生與丙高中學生，且甲高中學生顯著的高於丙高中學生。一般而言，受測三個學校在台北地區高中聯招的最低錄取分數及社會認知的高低排序依序爲甲高中 、 乙高中、丙高中，由表 11 及 12 的數據發現高中學生對科學本質的了解不完全吻合這個順序，但明顯的顯示乙高中與甲高中學生對科學本質的了解顯著的優於丙高中。推測可能學業成就仍與學生對科學本質的了解有關，但在學業成就超過某程度則學業成就與對科學本質的了解無顯著的線性相關。

表 11 二、三年級不同學校學生 UNOS 及各分量表得分的差異比較

年級	量表		甲高中	乙高中	丙高中	F Prob.	MRT#
二年級	UNOS		(N=219)	(N=216)	(N=219)	.00	甲：乙
		平均數	215.11	221.98	214.74		乙：丙
		標準差	22.13	17.69	23.09		
二年級	NSM		(N=219)	(N=216)	(N=219)	.00	甲：乙
		平均數	71.28	73.76	71.55		乙：丙
		標準差	7.40	6.22	8.10		
二年級	NSK		(N=219)	(N=216)	(N=219)	.01	甲：乙
		平均數	71.99	73.90	71.69		乙：丙
		標準差	8.92	6.77	8.77		
二年級	NSE		(N=219)	(N=216)	(N=219)	.00	甲：乙
		平均數	71.84	74.33	71.50		乙：丙
		標準差	8.03	7.22	8.56		
三年級	UNOS		(N=83)	(N=179)	(N=152)	.00	甲：丙
		平均數	220.10	223.10	211.66		乙：丙
		標準差	19.95	21.27	22.86		
三年級	NSM		(N=83)	(N=179)	(N=152)	.00	
		平均數	72.00	73.93	70.34		乙：丙
		標準差	6.38	7.79	8.08		
三年級	NSK		(N=83)	(N=179)	(N=152)	.00	甲：丙
		平均數	74.59	74.42	70.72		乙：丙
		標準差	7.83	7.66	8.56		
三年級	NSE		(N=83)	(N=179)	(N=152)	.00	甲：丙
		平均數	73.51	74.75	70.61		乙：丙
		標準差	7.59	8.16	8.36		

- Multiple Range Tests: Tukey-HSD test with significance level .05

表 12 ：不同學校學生 UNOS 及各分量表得分的差異比較

量表		甲高中 (N=470)	乙高中 (N=618)	丙高中 (N=582)	F Prob.	MRT #
UNOS					.00	甲：乙
	平均數	217.54	221.08	214.34		甲：丙
	標準差	21.04	19.38	21.67		乙：丙
NSM					.00	甲：乙
	平均數	71.83	73.40	71.47		乙：丙
	標準差	7.05	7.03	7.64		
NSK					.00	甲：丙
	平均數	73.18	73.75	71.63		乙：丙
	標準差	8.39	7.14	8.38		
NSE					.00	甲：乙
	平均數	72.53	73.92	71.24		甲：丙
	標準差	7.79	7.70	77.94		乙：丙

- Multiple Range Tests: Tukey-HSD test with significance level .050

由表 8 顯示不同組別學生在 UNOS 量表及其分量表得分均有顯著的不同，經單因子變異數及事後分析得表 13 。在 UNOS 量表得分比較上，第三類組學生顯著的高於第二類組學生與第一類組學生；在 NSM 分量表得分比較上，第三類組學生顯著的高於第一類組學生；在 NSK 分量表得分比較上，第三類組學生顯著的高於第二類組學生與第一類組學生且第二類組學生也顯著的高於第一類組學生；在 NSE 分量表得分比較上，第三類組學生顯著的高於第一類組學生。這顯示修習科學科目較多的組別，第三類組（基礎科學、物理、化學、生物）與第二類組（基礎科學、物理、化學），對科學本質的了解優於修習科學科目較少的組別，第一類組（基礎科學），其中又以多修生物科的第三類組表現最優。 Carey and Stauss (1970) 在研究科學教師中有類似的發現，修習生命科學學分數與了解科學本質有顯著的正相關。但前述整體來看科學本質的了解沒有隨年級的增加而顯著的增強，因此無法推論不同組別的顯著性差異，是由於多修自然科學科目所造成的，或僅是對科學本質較了解的學生集中選擇第二、三類組。這需要進一步的研究分析。

表 13 不同組別學生 UNOS 及各分量表得分的差異比較

量表		第一類組 (N=567)	第二類組 (N=393)	第三類組 (N=267)	F Prob.	MRT #
UNOS					.00	一：三
	平均數	215.13	217.64	221.89		二：三
	標準差	22.41	20.92	19.97		
NSM					.00	一：三
	平均數	71.41	72.34	73.52		
	標準差	7.96	7.33	6.73		
NSK					.00	一：二
	平均數	71.56	73.01	74.60		一：三
	標準差	8.25	8.01	8.08		二：三
NSE					.02	一：三
	平均數	72.16	72.29	73.77		
	標準差	8.32	7.90	7.62		

- Multiple Range Tests: Tukey-HSD test with significance level .050

伍、結論與建議

本研究所發展的「了解科學本質量表」(UNOS)」，就台北地區的高中學生樣本而言，其試題分析與信度、效度考驗的結果都很理想，爲一可信且有效的評測對科學本質了解之工具。「了解科學本質量表」(UNOS)」之有關科學本質的概念組成及架構，將科學本質內涵分爲科學方法的本質、科學知識的本質、與科學事業的本質，雖可能未能包括所有有關科學本質的衆多相關議題，然仍十分適合科學教師師資教育的教學方向，冀使所有科學教師均對科學本質有足夠的了解；或者可作爲中學課程及教科書編寫，將科學本質的教育由「潛在課程」轉爲「形式課程」參考使用。

年級變項沒有造成對科學本質了解的顯著差異，反應本報告前言部份所關心的情形。也就是形式課程過於重視科學的記述性知識傳授，而忽略科學程序性知識的研習，以致學生在三年的高中學校教育中對科學本質的了解未能有顯著的增

長。尤其對非科學相關組別的第一類組學生，修習科學有關的課程更少，對科學本質的了解更易受潛在課程或社會媒體的影響，其科學影像的扭曲或不實際益形嚴重。科學的程序性知識之研習不易在現行教科書文化與高升學壓力中進行，建議在高一基礎理化、生物、地球科學教學中添加科學史的介紹，或在高二、三第一類組學生施以 STS 科學教學。科學史與 STS 教學被認爲是讓學生體認科學程序性知識的有效方法，相信因此能增強學生對科學本質的了解。

陸、致謝

本研究承蒙行政院國家科學委員會補助經費（計畫編號： NSC 84-2511-S-003-083 ），始得以完成，僅此敬致謝忱。又蒙研究助理林佑哲、黃福、顏慕德等高中教師及參與學校的協助，一併致謝。

參考文獻

1. 佘曉清、李柏圍 (1994) ：國中和國小學生之科學和科學家印象研究。第十屆科學教育學術研討會，台北市國立台灣師範大學。
2. 林顯輝 (1991) ：我國國中地球科學及國小自然科教科書中有關科學本質文字敘述含量之分析。《台灣省第二屆教育學術論文彙編數理教育篇》，233-255 ，台灣省立新竹師院。
3. 許玫理 (1992) ：《我國國民中學自然科學教師科學哲學觀點之調查研究》。彰化師大科教研究所碩士論文。
4. 鄭湧涇 (1989) ：職前與在職生物教師對科學的本質的了解。《中華民國第四屆科學教育學術研討會論文彙編》，257-283 ，國科會。
5. 鄭湧涇 (1994) ：《國中學生對生物學的態度與相關變項之研究 (I) 》。國科會專題研究計畫成果報告，計畫編號： NSC82-0111-S003-044 。
6. 蔣佳玲、郭重吉 (1994) ：「我心目中的科學家」－國小學童所持有的科學家的形象。第十屆科學教育學術研討會，台北市師大分部。
7. Abimbola, I. O. (1983). The relevance of the "new" philosophy of science for the science curriculum. *School Science and Mathematics, 83*(3), 181-193.

8. Aikenhead, G. S. (1987). High School Graduates' Beliefs about Science-Technology-Society. III. Characteristics and Limitations of Scientific Knowledge. *Science Education, 71*(4), 459-487.
9. Aikenhead, G. S. (1988). An Analysis of Four Ways of Assessing Students beliefs About STS Topics. *Journal of Research in Science Teaching, 25* (8), 607-627.
10. Aikenhead, G. S., Fleming, R. W., & Ryan, A. G. (1987). High School Graduates' Beliefs about Science-Technology-Society. I. Methods and Issues in Monitoring Student Views, *Science Education 71*(2), 145-161.
11. Aikenhead, G. S., & Ryan, A. G. (1992). The Development of a New Instrument: "View on Science-Technology-Society" (VOSTS), *Science Education 76*(5), 477-491.
12. American Association for the Advancement of Science (AAAS), (1989). *Science For All Americans.* New York: Oxford University Press.
13. Berman, M. (1981). *The Reenchantment of the World,* Ichaca: Cornell University Press.
14. Block, J. (1963). The equivalence of measures and the correction for attenuation. *Psychological Bulletin, 60*(2), 152-156.
15. Chambers, D. W. (1983). Stereotypic Images of the Scientist: The Draw-A-Scientist Test, *Science Education, 67*(2), 255-265.
16. Cooley, W. W., & Klopfer, L. E. (1961). *TOUS-Test on Understanding Science, Form W: Manual for Administering, Scoring, and Interpreting Scores,* Princeton: Educational Testing Service.
17. Doran, R. L. (1978). Measuring the "processes of science" objectives. *Science Education, 60*(1), 19-30.
18. Fraser, B. J. (1978). Development of a test of Science-related attitudes. *Science Education, 62*(4), 509-515.
19. Fleming, R. W. (1987). High-School Graduates ' Beliefs about Science-Technology-Society. II. The Interaction Among Science, Technology and Society, *Science Education 71*(2), 163-186.

20. Fraser, B. J., McRobbie, C. J., & Giddings, G. J. (1993). Development and Cross-National Validation of a Laboratory Classroom Environment Instrument for Senior High School Science, *Science Education, 77*(1), 1-24.
21. Kimball, M. E. (1967). Understanding the nature of science: A comparison of scientists and science teachers. *Journal of Research in Science Teaching, 5*, 110-120.
22. 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.
23. Klopfer, L. E., & Cooley, W. W. (1963). *Test on Understanding Science, Form W.* Pricenton: Educational Testing Service.
24. Korth, W. W. (1968). *The Use of the History of Science to Promote Student Understanding of the Social Aspects of Science*, Unpublished doctoral dissertation, Stanford University.
25. Lakin, S., & Wellington, J. (1991). *Teaching the Nature of Science: A Study of the Teachers' Views of Science and Their Implications for Science Education*, University of Sheffield.
26. National Science Teachers Association (NSTA) (1982). Recommended Standards for the preparation and certification of Secondary School Teachers of Science. *The Science Teacher*, December, 57-62.
27. Rubba, P. A., & Andersen, H. (1978). Development of an Instrument to Assess Secondary School Students' Understanding of the Nature of Scientific Knowledge. *Science Education, 62*(4), 449-458.
28. Rubba, P. A., & Harkness, W. L. (1993). Examination of Preservice and Inservice Secondary Science Teachers' Beliefs about Science-Technology-Society Interaction, *Science Education, 77*(4), 407-431.
29. Ryan, A. G. (1987). High-School Graduates'Beliefs about Science-Technology-Society. IV. The Characteristics of Scientists, *Science Education 71*

(4), 489-510.

30. Scientific Literacy Center, (1967). *Wisconsin Inventory of Science Processes.* Madison, Wisconsin: The Regents of the University of Wisconsin.
31. She, H. C. (1995). Elementary and Middle School Students' Perception of Science, Scientists, and Their Work, *Proceedings of National Science Council, Part D, 5*(1), 19-28.
32. Welch, W. W., Wayne, W., & Pella, M. O. (1968). The development of an instrument for inventorying knowledge of the processes of science. *Journal of Research in Science Teaching, 5*, 64-68.
33. Whitehead, A. N. (1967). *Science and the Modern World.* New York: The Free Press.
34. Wilson, L. (1954). A Study of Opinion Related to the Nature of Science and Its purpose in Society. *Science Education, 38* (2), 159-164.

The Development and Validation of the Understanding of the Nature of Science Scale

Chen-Yung Lin
Department of Biology, National Taiwan Normal University

Abstract

This study aimed to develop an appropriate conceptual scheme for nature of science and, accordingly, construct and validate a proper and reliable instrument for assessing the understanding of the nature of science. The target population of this study was the high school students in the Taipei area, and stratified random sampling and cluster sampling were employed. A total of 42 classes were selected, 1670 samples in the study.

First of all, efforts was concentrated on reviewing main instruments concerning the understanding of the nature of science, and recent research and development in the field of philosophy, history, and sociology of science. Then, this study proposed a scheme of conceptual structure and components. According to the scheme, the study constructed a four-point Likert scale, the Understanding of the Nature of Science (UNOS), and its three subscales, namely, the Nature of Scientific Method subscale (NSM), the Nature of Scientific Knowledge subscale (NSK), and the Nature of Scientific Enterprise subscale (NSE).

The reliability of the UNOS was high. The Cronbach α coefficient was 0.90 for the whole scale, and 0.74, 0.79, and 0.77 for the three subscales. Concurrent validity of the UNOS with SPI, ranged from 0.57 to 0.64. These figures were regarded as moderate high and acceptable. Besides, discriminant validity was held in the study to support the conceptual scheme of three subscales.

The results of the study showed that female students' understanding of the nature of science was significantly better than that of males. Students' understanding of the nature of science did not improve significantly along the promotion of grade in senior high schools, and students with more exposure to science courses got significantly higher understanding of the nature of science than those with less exposure.

Key words: Nature of Science, Understanding of the Nature of Science, Instru-