科學教育學刊
2006, 第十四卷第四期, 401-425

Chinese Journal of Science Education
2006, 14(4), 401-425

九年一貫課程提升學生科學本質能力指標表現可行教學模組之開發研究

高慧蓮
國立屏東教育大學 應用化學暨生命科學系

（投稿日期：民國 93 年 11 月 19 日，修訂日期：94 年 5 月 31 日，接受日期：94 年 8 月 1 日）

摘要：本研究目的在研發提升學童科學本質能力指標表現的天氣變化「科學探究」與「科學故事」教學模組，並透過實驗教學評估此兩種教學模組對國小中年級學童科學本質能力指標表現之影響。本研究依據相關文獻，將科學本質能力指標解讀為「能力」與「信念」兩部份。而學生對科學本質能力指標的表現情形，在「能力」的部份，由教室觀察、實作晤談、與實作評量等來蒐集。至於「信念」的部份，則由教室觀察、實作晤談等來蒐集。實施「探究」教學模組的對象為某國小三年級下學期的學生。而實施「故事」教學模組的對象為某國小四年級上學期的學生。本研究結果顯示所開發之兩種教學模組，大部分都能提升學童科學本質能力指標的表現。所以，本研究建議科學教師發展以科學本質為基礎的科學探究教學模組，讓學生在活動中，體會科學的真正本質。另一方面，老師可以透過科學故事引導學生了解科學家從事科學探究的過程，來提昇學童對科學本質能力指標的表現。又有鑑於科學本質能力指標的解讀有其爭議性，所以建議學者與教學實務者能針對科學本質能力指標提出一致性的解讀，以落實提昇學童對科學本質能力指標表現的教學。

關鍵詞：科學本質、科學故事、科學探究

壹、前言

一、研究背景與重要性

美國科學促進會（American Association for the Advancement of Science, [AAAS]）在 1993 年於「科學素養的里程碑」（Benchmarks for Science Literacy）一書中直接指出學生正確的科學本質觀是成為具備科學素養的要件之一，並將科學本質列為該報告書的第一章。在國內，九年一貫課程「自然與生活科技」學習領域（教育部, 2001）中提到，自然科學學習所培養之國民科學素養，依其屬性和層次來分項，分成八項來陳述，而第 3 項即是「科學本質」。又眾多學者亦認為「對科學本質的瞭解」是

具有科學素養公民的重要特徵（AAAS, 1989），由此可知「科學本質」是科學素養中的重要內涵之一。

有關科學本質的研究，近三十年來，國內外許多學者都投入不少的心力研究（Lederman, 1995; 林陳涌, 1995），其中如何「增進學童對科學本質認識的策略」是科學本質研究的一環。而從許多實證性的研究中可以發現增進科學本質認識的策略一般可以歸納為內隱途徑（implicit approach）和外顯途徑（explicit approach）兩種。內隱途徑主要以科學探究的教學來促進對科學本質的瞭解。而外顯途徑是以科學史、哲或者與科學本質的相關融入的教學來增進對科學本質的認識。

有名的三個科學教育改革 — Project 2061（AAAS, 1989）、Scope, Sequence, and Coordination（NSTA, 1992）和 National Science Education Standards（NRC, 1994）都強調使用探究式的教學策略，鼓勵學生探究和建構他們自己的科學知識。所以，科學教師不再是傳授固定一成不變之知識的權威者，而是逐漸地引導學生學習、鼓勵學生回答和發問問題、和分享他們的好奇心以及興奮情緒的促進者。

另一方面，有眾多學者認為，融入科學史的教學活動具備豐富的功能，它除了可以提高學童的學習動機外（Matthews, 1994; 洪振方, 1998），亦可提醒學童做適當的反省功夫與挖掘問題的作用（傅大為, 1994），且能增加學童對於科學家及其工作的興趣和鑑賞；也可以幫助學童知覺到自己的觀念，並提供建構新概念之學習的方法（Schecker, 1992）。在此面向思考下，科學史材料提供具有科學故事的教學活動很好的主題素材。況且運用科學故事在國小的科學教育的教材中，是深獲大部分國小科學教師之肯定（許良榮, 1999）。

二、研究目的

本文據上述理念為設計的主軸，依據九年一貫課程「自然與生活科技」學習領域中國小中年級「天氣變化」次主題之「風雲雨霧」教材內容細目為研究主題，發展國小中年級「科學探究」與「科學故事」教學模組之教材。冀望國小中年級學童經過科學本質教學模組活動後，能幫助他們達到九年一貫課程「自然與生活科技」學習領域低、中年級科學本質能力指標的要求。此外，本研究亦探究何種教學模組對於提升學生科學本質能力指標表現較有幫助。

貳、文獻探討

一、九年一貫低中年級科學本質的內涵

(一)科學本質的概念

何謂「科學本質」？事實上，學者們對於「科學本質」缺乏共識。對於科學與科學知識的主要問題，科學哲學家曾接納和持續採用各種立場（Driver, Leach, Millar & Scott, 1996）。「科學本質」的定義雖然很多，但根據 Lederman（1986）認為它最常被談到的是科學知識裡固有的根本價值（values）及假設（assumptions）。Abd-El-Khalick, Bell 和 Lederman（1998）則認為「科學本質」通常被用來表示科學的認識論（epistemology）、科學是一種認知的方式、或發展科學知識中本來具有的價值與信念。

科學本質的內涵受到科學哲學與史學的影響，因此科學本質的概念會因時代甚至學者/組織的不同而有不同的詮釋。然而，儘管如此，學者對於科學本質的概念仍然有一些共識存在，例如：(1)經驗性：科學探究的過程是基於觀察的經驗基礎；(2)創造性：科學

知識包含人類的推論、想像力和創造力，是人類智力的創造，它運用很多創造性的想像力；(3)理論的建構：從觀察到推論的思考過程；(4)共通性：自然界是可理解的，所以科學在於發現真相，而科學理論的判斷標準就是它的解釋力；(5)實徵性：形成科學理論的過程需要經過試驗驗證的階段；(6)暫時性：科學知識是可能改變的；(7)觀察是理論蘊涵的：不同的觀察者即使在相同地點、觀察相同的現象，所得結果可能會不同，因為觀察者已有的智識、信念和理論會影響觀察的結果；(8)科學與社會：科學知識受到社會的影響（Abd-El-Khalick, Bell & Lederman, 1998; AAAS, 1989; Lederman, 1995; 1998; Matthews, 1994; McComas, Clough & Almazroa, 1998; NRC, 1994; 王郁昭, 2003; 林陳涌, 1996; 翁秀玉, 1997）。

(二)九年一貫課程低中年級科學本質能力指標的解讀

從九年一貫課程實施以來，有少數學者嚐試解讀「自然與生活科技」領域的科學本質能力指標，這些的解讀是否與上述科學本質概念的共識部分有關呢？有些學者認為有關，有些學者則認為有些能力指標的內涵與科學本質概念的共識部分無關。研究者將有關的部份列於表 1 中「科學本質文獻中對應的內涵」這一欄中；而無關的部份則列於表 1 中「其他對應的內涵」這一欄中。由於在「科學故事」教學模組中所研發的氣象故事中，沒有找到適合的故事融入能力指標 3-2-0-2「察覺只要實驗的情況相同，產生的結果會很相近」，所以此項科學本質能力指標的解讀並未在表 1 中呈現。

從表 1 中可知學者對科學本質能力指標的解讀各有不同，有的解讀成是一種「信念」，而也有學者解讀成是一種「能力」。研究者依據以上學者的解讀，再諮詢學者專家與國小自然科教師的看法，把科學本能力指標的條文解讀如下：

1. 3-1-0-1「能依照自己所觀察到的現象說出來」：此項條文學者們將之對照為科學本質文獻中的「經驗性」或「實徵性」。研究者則認為此項條文之內涵是著重於學生的「觀察」能力。
2. 3-1-0-2「相信每個人只要能仔細觀察，常可有新奇的發現」：許國忠和王靜如（2003）將此項條文對照為科學本質文獻中的「個人主觀與創造性」，然吳坤璋（n.d.）則認為此項條文涉及「科學態度」、「過程技能」的理念。研究者認

表 1：低中年級科學本質的能力指標的解讀對照表

科學本質能力指標		解讀與對照	
		科學本質文獻中對應的內涵	其他對應的內涵
3-1-0-1	能依照自己所觀察到的現象說出來	1.經驗性（王郁昭, 2003; 許國忠和王靜如, 2003） 2.實徵性（吳坤璋, n.d.）	
3-1-0-2	相信每個人只要能仔細觀察，常可有新奇的發現	個人主觀與創造性（許國忠和王靜如, 2003）	涉及「科學態度」、「過程技能」的理念（吳坤璋, n.d.）
3-2-0-1	知道可用驗證或試驗的方法來查核想法	1.經驗性（許國忠和王靜如, 2003） 2.實徵性（王郁昭, 2003; 吳坤璋, n.d.）	
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	1.理論的建構（許國忠和王靜如, 2003） 2.共通性（王郁昭, 2003）	涉及「科學態度」、「過程技能」的理念（吳坤璋, n.d.）

為此項條文之內涵若著重於讓學生了解「科學知識是基於觀察的經驗基礎，而仔細觀察是科學活動中很重要的活動之一」的話，則較接近科學本質的「經驗性」；此項條文之內涵若著重於後半段「常可有新奇的發現」，就較接近科學本質的「創造性」。另外研究者也認為此項條文也應著重於培養學生的「仔細觀察」的能力。

3.3-2-0-1「知道可用驗證或試驗的方法來查核想法」：此項條文學者們將之對照為科學本質文獻中的「經驗性」或「實徵性」。研究者則認為此項條文之內涵較符合科學本質中的「實徵性」。另外研究者也將此項條文解讀成是一種「會用試驗的方法檢核想法」的能力。

4.3-2-0-3「相信現象的變化，都是由某些變因的改變所促成的」：此項條文學者們將之對照為科學本質文獻中的「理論的建構」或「共通性」，然吳坤璋（n.d.）則認為此項條文涉及「科學態度」、「過程技能」的理念。研究者認為此項條文之內涵較接近於科學本質的「共通性」，另外研究者認為此項條文也應著重於培養學生的「指出現象變化原因的能力」。

二、科學本質教學之研究

從許多研究中可以發現增進科學本質認識的教學策略一般可以歸納為內隱途徑和外顯途徑兩種（Abd-El-Khalick & Lederman, 1998），然有些研究把這兩種途徑加以整合起來。研究者把文獻中增進科學本質所用的策略說明如下，並繪製成圖 1。

(一)內隱途徑

內隱途徑一般是以科學探究的教學、科學過程技能的教學、科學內容課程工作、從做中學科學、或其它的教學策略來促進對科學本質的瞭解。內隱途徑缺乏明白指出科學本質的成分，來增進學生對科學本質的了解。近年來以內隱途徑來進行科學本質教學的研究，研究者整理成表 2。

(二)外顯途徑

外顯途徑是以科學史、哲以及（或者）與科學本質的各種方面一致的教學來增進對科學本質的認識（Akerson, Abd-El-Khalick & Lederman, 2000）。外顯途徑需明白指出科學本質的成分，來增進學童對科學本質的了解。Lederman（1992）認為以科學史教學來增進學生對科學本質的認識，一直是被學者推崇。近年來以科學史來進行科學本質教學的研究，研究者整理成表 3。

(三)整合式途徑

文獻中增進科學本質認識的策略中，內隱的途徑是以科學探究的教學方式為主，外顯的途徑則是以融入科學史的教學方式為大宗，但並不一定要嚴格的加以區分。例如，Khishfe 和 Abd-El-Khalick（2002）的研究，將研究對象分為實驗組與控制組，實驗組之教學採用外顯途徑，學生參與探究式活動後反思討論科學本質的成分；控制組之教學採用內隱途徑僅進行探究式活動。研究結果發現控制組學生在教學後，對科學本質的觀點並沒有改變。然而有更多實驗組的學生在教學後，對科學本質有更清楚的認識。他們進一步表示所謂的外顯途徑不應該被詮釋成教條式的教學而且不應僅僅從科學史哲中援用原理、要素，或者排除科學探究活動。外顯途徑強調學生從探究活動中體認與活動有關的科學本質的某些面向，以及從科學本質面向的架構中反思這些活動。其實這種途徑是內隱加上外顯的方式，亦即是整合的方式。

三、綜合討論

在相關研究中研究對象大都是以職前科

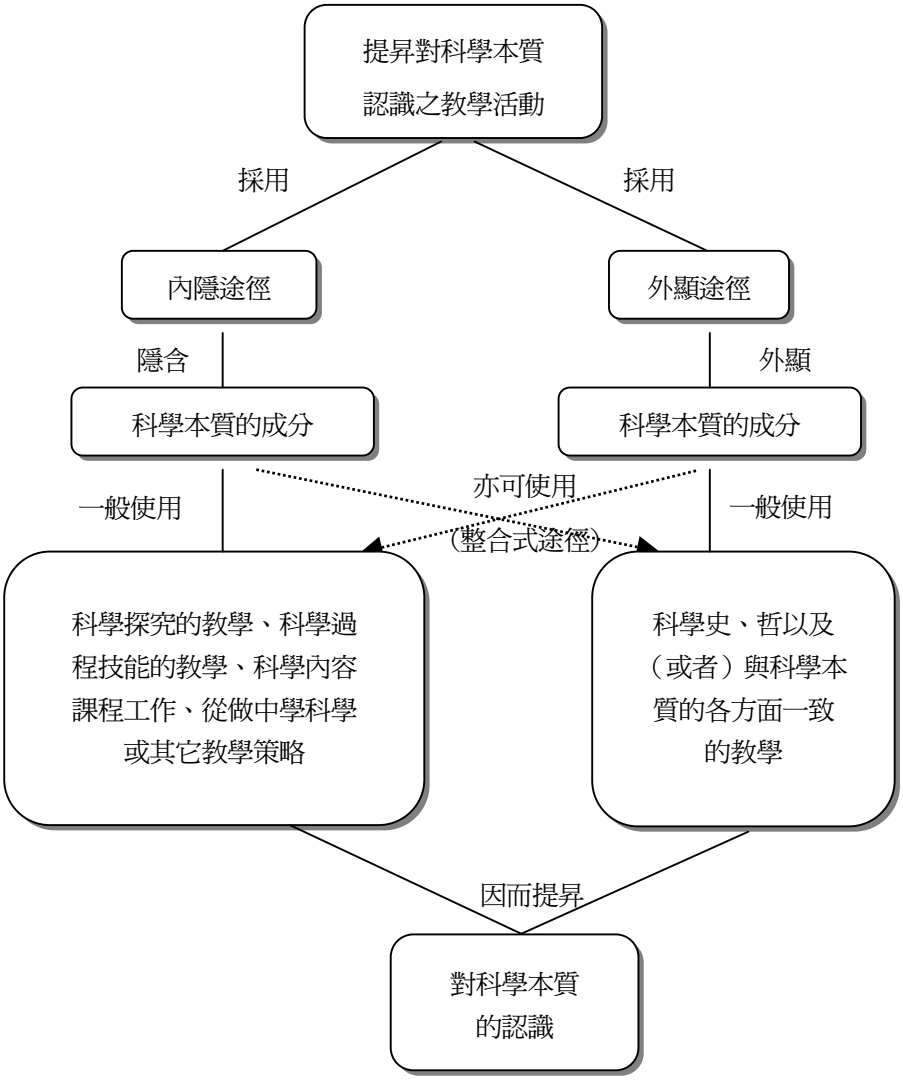

圖 1：文獻中增進科學本質認識的教學策略

學教師、大學生、或中學生為主（如 Abd-El-Khalick & Lederman, 2000; Solomon, Duveen, Scot & McCarthy, 1992; 李玉貞, 2000; 陳文靜和洪振方, 2000; 陳淑媛和洪振方, 1997）。而以國小學童為研究對象的相關研究數量相當的少，發現僅有少數幾篇（如 Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002; 翁秀玉, 1997; 楊燕玉, 2001），且年段也大都以國小高年級的學童為主。所以有關國小科學本質教學的研究，是值得教育實務界及科學教育研究方向落實及重視的議題。

另外，研究者發現相關的研究工具，均是以教師、大學生或中學生為設計對象，鮮少以國小學童為設計對象的工具。再者，「科學的本質」本身具有多樣的層面而且是動態的。個體對科學本質的體認是複雜的，所以只用「問卷法」去探討學生或老師對科學本質了解的情形是不恰當的（Lederman, 1992;

表 2：以內隱途徑來進行科學本質教學的文獻整理表

研究者及年代	研究樣本	研究方法（工具）	研究結果
Lederman（1986）	18 位高中生物教師與學生	使用 Nature of Scientific Knowledge Scale（NSKS）問卷及觀察班級教學質性分析方法	1.教師採探究式教學，班級氣氛是愉悅的 2.師生互動頻繁，較能改變學生對科學本質概念
Forawi（1996）	8 位中學教師及其班上共 320 位十年級學生	NSKS 問卷、Instructional Strategy Identification Form（ISIF）問卷、訪談、教室觀察	1.教師對科學本質的認識會影響其教學策略，認識程度越高的教師越傾向於使用探究式教學法 2.探究式教學法比傳統式教學法更容易提升學生學習科學本質之成效
Lieu（1997）	8 位在職中學教師	Test on Understanding Science（TOUS）問卷、Views on Science-Technology-Society（VOSTS）問卷	採用 Science-Technology-Society（STS）建構式情境的教學策略，對於學生瞭解科學本質並沒有顯著成效
Bell, Blair, Crawford & Lederman（2003）	10 位十、十一年級高能力學生	修正版的 the Views of Nature of Science, Form B、半結構性的晤談	學生參加 8 週的科學師徒制計畫（Science Apprenticeship Program）後，雖然學生獲得了對科學探究過程的知識，但是對於科學本質主要面向的概念仍然與最近的教育改革中所描述的科學本質不一致
簡利真（2003）	4 位國小五年級學童	自編的科學本質檢核表做為教室觀察輔助工具、問卷、晤談、教室觀察、文件分析	透過科學展覽活動中完整的科學探究過程，個案學童容易呈現科學探究歷程中的多樣面貌，並親身體驗科學家的研究過程。本研究結果發現個案學童的科學本質觀多傾向於現代觀點，唯有少部分的向度產生矛盾交錯的觀點

Loving, 1997）。採用問卷調查往往可能得到過度簡化的結果，甚至有時候容易迫使受測者傾向於落入「經驗主義-實證主義」（empiricism-positivism）或「後實證主義」（post-positivism）兩個極端化的科學哲學觀的範疇裡。相反地，採用「晤談法」往往可以對受晤談者有關科學本質的想法，提供我們豐富的洞見。

是故，在自行開發學生科學本質工具方面，研究者收集文獻中之相關試題敘述，並依據九年一貫課程「自然與生活科技」學習領域之科學本質能力指標之解讀，由研究者和專家學者共同討論，自行開發情境化之學生科學本質評量工具。而學生對低中年級科學本質的能力指標表現情形，依據科學本質能力指標之解讀可分為「能力」與「信念」兩部份。「能力」的部份，由教室觀察、實作晤談工具、與實作評量工具等來蒐集。至於「信念」的部份，則由教室觀察、實作晤談工具等來蒐集（見表 4）。

參、研究方法

一、研究架構

本研究旨在開發九年一貫課程提升中年學生科學本質能力指標表現可行之教學模組。研究者邀請兩位擔任「自然與生活科技」領域教師參與研究。此兩位教師均是國立屏

表 3：以科學史來進行科學本質教學的文獻整理表

研究者及年代	研究樣本	研究方法（工具）	研究結果
Solomon, Duveen, Scot & McCarthy（1992）	英國 5 個班級 11-14 歲的中學生	問卷調查和訪談	1.將科學史融入教學中，能增進學生對科學本質的瞭解 2.科學史的教學能使學生把焦點放在採納某一理論的理由，而非只是一昧地接受理論；使用科學史的資料並能產生較為持久的學習
Dawkins & Vitale（1999）	8 位中學教師	問卷調查（Nature of Science Questionnaire）和小組訪談	1.利用歷史個案融入教學中的模式來教導中學生的科學本質概念是可行的 2.此教師專業發展計畫，對於中學生物教師發展必要的知識和技能，來實施歷史個案融入教學的模式是有效率的 3.此計畫能提昇老師對科學本質主要概念的認識
Abd-El-Khalick & Lederman（2000）	166 名未畢業、已畢業的國中學生和 15 位職前科學國中教師	開放式問卷搭配個別晤談	1.在最初的研究，幾乎所有研究對象都具有數個不適當的科學本質觀情況 2.在課程結束後，研究對象觀點有顯著改變的很少且有限。但一些研究對象之觀點有明顯的改變，特別是職前科學教師。在他們參與科學史課程後，他們科學本質的架構與現代科學本質的觀點稍微一致 3.此外，以外顯方式說明有關科學本質，描述相關的科學史課程能更有效率提昇研究對象科學本質的觀點
林兆聖（2003）	高一學生兩班及國二學生兩班	了解科學本質量表（UNOS）、開放性問卷調查	1.實驗組班級學生之科學本質觀皆呈現正向改變之結果 2.本研究所發展之「原子發現科學史」教材有助於學生了解科學本質中部分特定的向度 3.融入科學史的教學可以減低不同先備知識學生在科學本質觀之間的差異

表 4：學生對低中年級科學本質的能力指標表現情形的資料蒐集方式

科學本質能力指標	資料蒐集的方式	
	能力	信念
3-1-0-1 能依照自己所觀察到的現象說出來	教室觀察、實作晤談工具、實作評量工具	
3-1-0-2 相信每個人只要能仔細觀察，常可有新奇的發現	教室觀察、實作晤談工具、實作評量工具	教室觀察、實作晤談工具
3-2-0-1 知道可用驗證或試驗的方法來查核想法	教室觀察、實作晤談工具、實作評量工具	教室觀察、實作晤談工具
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	教室觀察、實作晤談工具、實作評量工具	教室觀察、實作晤談工具

東師範學院數理教育研究所的學生，並且修習過「科學的本質」、「科學史哲」，所以對「科學的本質」熟悉且有所了解。

研究進行之初，研究者與研究教師先進

行九年一貫課程中「自然與生活科技」學習領域中有關「自然界的作用」課題之次主題「天氣變化」在國小中年級之教材內容分析，並參考國內外有關學生對這次主題的概念發展情形和根據學生的各種經驗設計國小「科學探究」與「科學故事」等兩種教學模組，並自行開發科學本質能力指標實作評量工具、科學本質實作晤談工具，分別由兩位研究教師進行兩種模組的實驗教學處理。在模組教學中，研究者透過觀察、晤談、省思等方法，蒐集學習單、教學活動歷程、教學活動後學童晤談、科學本質晤談評量（點頭雞）、研究日誌、學童學習日記等各項資料作質性之研究。並且以國小中年級學童科學本質實作評測量表作量化之研究。研究者蒐集各項資料，並進一步將蒐集的資料加以整理、分析、檢核、校正與詮釋。

二、研究對象

實施「科學探究」教學模組的對象為屏東縣某國小三年級下學期的學生，樣本數為 33 人。而實施「科學故事」教學模組的對象為屏東縣某國小四年級上學期的學生，樣本數為 30 人。

三、教學模組

(一)模組的設計理念

1.科學探究教學模組

科學探究教學模組設計理念與原則如下：(1)科學教學與「科學探究」的本質一致；(2)科學探究的進展為從具體和熟悉的事件到抽象和不熟悉的事件；(3)鼓勵學生表達和辯護他們的意見，小組合作和解決問題，以達到一定程度的論點，並要求其它組彼此解釋或支持他們的主張。例如：讓學生觀察一個科學現象，並要求學生以小組討論的方式提出假設，並設計實驗和歸納結果、記錄和報告實驗的發現和觀念，組間則互相討論和批判，以達成一定程度的觀點。學生在進行科學探究的各個學習階段活動中，研究教師則在適當的時機拋出與活動相關的科學本質能力指標之內容問題與學生討論。

2.科學故事教學模組

在「自然與生活科技」的學習領域中，若以「科學史」的觀點來進行教學活動，可以為學生布置出科學建構的真實環境，故設計教學模組時，可融入科學發現過程中的史實資料，讓學生瞭解科學發現之過程，體會科學本質及科學探究的方法和精神，是故本研究之教學模組融入「科學史」於教學與學習材料中，其設計理念與原則如下：(1)選出重要的科學概念；(2)整理它的歷史脈絡；(3)用學生能理解的方式解釋科學家的工作；(4)引用與學生有最直接關係的內容（可看到或體會到的）。

科學故事教學模組中的教學活動主要方式有 (1)歷史個案研究呈現：透過科學史中個案研究，讓學生了解科學的進展歷程，並在關鍵點以問題方式進行教學；(2)互動式歷史小故事(interactive historical vignettes)：在學習活動中，透過互動的方式，安排短篇故事的討論，以歷史角度的想法，提供學童對主題的解釋與討論，讓學童對科學本質有深刻的領悟；(3)角色扮演：藉由學童閱讀或蒐集資料，來發現科學家的生平故事，以角色扮演的方式來呈現。經由親自積極參與整個故事發展的學習活動方式，讓學童以同理心的態度來體會感受故事中人物的心境。

(二)模組的內容

1.科學探究教學模組

中年級之「天氣變化」科學探究教學模組名稱定為「風雲雨霧」，共包含二個單元：淘氣的小水滴、騰雲駕霧。而單元「淘氣的小水滴」包含三個活動：水的蒸發、水蒸氣

變成水、水和冰；單元「騰雲駕霧」包含四個活動：雲兄雲弟真熱鬧、天氣的觀察與紀錄、為天氣把把脈。「風雲雨霧」教學模組的教學歷程約為二個月，其活動學習目標與所欲培養的能力指標說明如表 5。

2.故事教學模組

中年級之「天氣變化」故事教學模組名稱定為「氣象故事」，共包含二個單元：氣象與生活、氣象與科學方法。而單元「氣象與生活」共包含二個活動：氣象你我他、大自然的奧妙（人類觀察大自然產生科學）；單元「氣象與科學方法」包含二個活動：嘿！嘿！嘿！怎樣證明我的想法？（近代實驗科學的思想先驅）、科學家的想法（向老天爺借光的科學英雄）。「氣象故事」教學模組的教學歷程約為二個月，其活動學習目標與所欲培養的能力指標說明如表 6。

四、研究工具

本研究依國民中小學九年一貫課程「自然與生活科技」學習領域綱要、「科學本質分段能力指標」及相關文獻，自行開發下列各研究工具：

(一)科學本質實作晤談工具~點頭雞

參考王國銓譯自 Van Cleave（1993）的「點頭雞玩具」之科學遊戲步驟，研究者開發科學本質「點頭雞」實作晤談工具，並邀請科學哲學家、科學家、科學教育家及小學科學教師進行效度檢驗，並進行小規模預試晤談後，再作修正。

本晤談工具其目的是要透過本實作晤談工具，來了解學生對九年一貫科學本質能力

表 5：風雲雨霧教學模組中之活動學習目標與所欲培養的能力指標

活動名稱（教學時間）	活動學習目標	科學本質能力指標
水的蒸發（40 分鐘）	1.觀察水受熱會變成水蒸氣跑到空氣中 2.能設計實驗證明：「水受熱會變成水蒸氣跑到空氣中」	3-2-0-1 3-2-0-3
水蒸氣變成水（40 分鐘）	1.了解水蒸氣遇冷會凝結成小水滴 2.實際動手實作水受熱會蒸發成水蒸氣，水蒸氣遇冷又會凝結成小水滴	3-2-0-1 3-2-0-3
水和冰（40 分鐘）	1.知道冰遇熱會化成水 2.明白水遇冷會結成冰	3-2-0-1 3-2-0-3
雲兄雲弟真熱鬧（120 分鐘）	1.知道雲的變化和天氣變化有關 2.了解雲的分類 3.讓小朋友覺得學習科學的方法也能應用於生活中	3-1-0-1 3-1-0-2 3-2-0-1 3-2-0-3
天氣的觀察與紀錄（120 分鐘）	1.觀察天氣變化的現象 2.透過觀察、蒐集、解釋和討論資料等科學方法，獲得「天氣變化」的概念、認識氣象報告的內容，紀錄資料與分析現象 3.藉著有趣的氣象諺語，把科學方法與日常生活的經驗聯結在一起，讓小朋友覺得學習科學的方法也能應用於生活中	3-1-0-1 3-1-0-2 3-2-0-1 3-2-0-3
為天氣把把脈（120 分鐘）	1.知道如何預測天氣 2.了解天氣的變化和生活有關	3-1-0-1 3-1-0-2 3-2-0-1 3-2-0-3

表 6：氣象故事教學模組中之活動學習目標與所欲培養的能力指標

活動名稱 （故事名稱-教學時間）	活動目標	科學本質 能力指標
氣象你我他 （40 分鐘）	1.了解天氣變化，影響個人的生命安全與身心健康 2.知道天氣變化，影響個人的生活品質	無
大自然的奧妙（人類觀察大自然產生科學-160 分鐘）	1.了解天氣變化的第一步，是由觀察開始 2.知道觀察要切實、仔細，則常會有新奇的發現，而所得的資料才可信 3.認識氣象的研究，是要根據實際觀察與實驗	3-1-0-1 3-1-0-2
嘿！嘿！嘿！怎樣證明我的想法？ （近代實驗科學的思想先驅-160 分鐘）	1.當我們對大自然現象有某些想法，知道可用實驗的資料當論據，提出看法、解釋現象 2.由氣象的故事中，了解科學家知道用試驗方法來證明他的想法	3-2-0-1
科學家的想法（向老天爺借光的科學英雄-160 分鐘）	1.知道科學是來自各文化的人們共同貢獻心力 2.由氣象故事中，科學家相信現象變化有「因果」關係	3-2-0-3

指標的認識程度，其問題與欲了解面向關係如表 7。

(二)科學本質能力指標實作評量

依科學本質所需之學習能力指標，研究者自行開發中年級實作評量，用以評量學生在接受模組教學或一般教學前後，其科學本質「能力」之表現差異。茲將評量設計說明如下：

1.設計依據

依據九年一貫「自然與生活科技領域」— 科學素養之科學本質，第二階段 3-4 年級能力指標（含第一階段 1-2 年級能力指標）編寫評測工具。

2.信效度方面

邀請兩位科學哲學家、三位學科專家、八位科學教育家、六位小學自然科教師進行專家和內容效度檢驗後，進行試題的修正。

選擇三年級學生 6 名和四年級學生 6 名，先行預試；根據學生的反應，修改內容，務使學生能充分了解意義。並選擇三年級學生一班和四年級學生一班，實施預測後，再從中隨機選擇三年級學生 6 名和四年級學生 6 名，進行個別的晤談，學生被要求對試題的意義和反應加以解釋；然後研究者再根據學生的反應修正試題。

3.評分判準方面

研究者針對每一試題所欲測的構念設計評分的判準，而後選擇三年級學生一班和四年級學生一班，實施預測後，再修正評分的判準。根據修正的評分判準，研究者再請三位國小自然科教師依據評分的判準，分別評量預試學童之「科學本質能力」表現，實作評量所得資料，經 SPSS 分析後發現評分者間之相關係數 r 為 .999~1.000（$p < .01$），顯示整個實作評量的評分相當一致。

修正後的工具共包含五題題目，由於「科學故事」教學模組中並未融入能力指標 3-2-0-2「察覺只要實驗的情況相同，產生的結果會很相近」，所以此項科學本質能力指標的題目並未在下表中呈現，其他問題與欲了解面向關係和評分標準及意義說明如表 8，而所量測出之分數代表學生科學本質「能力」的表現情形。

五、資料蒐集與分析

(一)質性資料

研究者蒐集質性資料的方法包括教室觀

表 7：科學本質點頭雞實作晤談工具之問題與科學本質能力指標的關係

1. 操作步驟:
   1) 將一個飲料空瓶放在冷凍庫內約三十分鐘，另一個不放入冷凍庫內。（告訴小朋友）
   2) 在紙上畫一隻可愛公雞，剪下用雙面膠黏在硬幣上
   3) 從冷凍庫內拿出飲料空瓶
   4) 硬幣從杯子（裝水）內沾一點水，然後放在飲料空瓶的瓶口上，檢查硬幣是否緊密瓶口
   5) 雙手迅速來回摩擦二十次
   6) 然後雙手緊握飲料空瓶
   7) 另一個不放入冷凍庫內飲料空瓶，拿出來如上述【4-6 步驟】再做一遍
2. 情境:
   1) 老師操作「點頭雞玩具」科學遊戲之步驟 1-5，然後問學生：若老師雙手緊握飲料空瓶，請學生預測可能發生的現象
   2)『先告訴學童瓶子從冷凍庫拿出，然後雙手迅速來回摩擦二十次以上』老師雙手緊握飲料空瓶，請小朋友仔細觀察每一過程後，回答下列問題：
      Q 1. 你的觀察與你所預測的相同嗎？
      相同(　) 不相同(　)，請解釋為什麼會不相同(　　)
   3) 老師操作「點頭雞玩具」科學遊戲之步驟 4-6，及步驟 7 做一遍（共操作兩次），請小朋友仔細觀察每一過程後，回答下列問題：

問題	面向
Q 2. 看了老師演示「點頭雞玩具」遊戲，小朋友，你看到了什麼？	3-1-0-1：依照自己所觀察到的現象說出來
Q 3. 你們相信每個人只要能仔細觀察，常可有新奇的發現？理由？	3-1-0-2：相信每個人只要能仔細觀察，常可有新奇的發現
Q 4. 小朋友，為什麼雞頭會點頭？ a. 你的想法？ b. 你要用什麼方法來證明你的想法？	3-2-0-1：知道可用驗證或試驗的方法來查核想法
Q 5. 老師兩次操作過程中，有一次公雞不會點頭，為什麼？你的想法？	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

察、研究者反省日誌、學生與教師的文件資料、及晤談資料等方式來蒐集研究的相關質性資料，藉由這些資料加以分析、修正教材及教學策略，作為教學活動修正的依據，並進一步與量化資料整合，作為本研究結果的詮釋依據。

(二)量化資料

本研究以科學本質能力指標實作評量分別於教學前後對學童加以施測，並以學生在量表所得分數之前後差異視為學生對科學本質「能力」之改變情形進行分析，並討論比較科學探究教學模組與科學故事教學模組的學生之科學本質「能力」是否有差異存在。

由於本研究無法達到完全隨機分組，故先進行單因子共變數分析，以排除前測差異的影響，分析時以組別為自變項，前測成績為共變量，後測分數為依變項，以$\alpha = .05$ 為顯著水準，進行考驗，先進行組內迴歸係數同質性考驗，再進行單因子共變數分析，以了解兩組學生的科學本質能力指標表現是否有差異存在。

肆、研究結果與討論

本研究旨在設計九年一貫課程「自然與生活科技」學習領域提升中年學生科學本質

表 8：科學本質能力指標實作評量工具之問題與科學本質能力指標的關係和評分標準及意義

情境：研究者繪製了一張圖，請小朋友仔細觀察：「小朋友，請你看看下面的圖畫，你看到了哪些東西？」，並回答下列問題：
問題 1：我看到了？
面向：3-1-0-1（依照自己所觀察到的現象說出來）中的「觀察」能力
評分標準及意義：學生根據問卷上的圖就他所觀察到的事物描述出來，觀察事物共有 14 項中，每寫出一項得 1 分
問題 2：小朋友，請你仔細的看，上面那張圖有哪些地方不合理？請你找出來，並且畫畫看怎樣才是正確的？
面向：3-1-0-2（相信每個人只要能仔細觀察，常可有新奇的發現）中的「仔細觀察」能力
評分標準及意義：每寫出或畫出一項不合理的地方（1. 門把錯邊；2. 二月份月曆不能有 30 日；3. 時鐘少個 7；4. 圖畫少個掛釘；5. 窗邊太陽花應向窗外；6. 桌上墨汁影子錯邊；7. 桌上的書不會站立；8. 椅子少一隻腳）即得一分
問題 3：小朋友，上面你認為不合理地方的圖，它為什麼不合理呢？請把你的理由寫出來
面向：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）中的「指出現象變化原因」的能力
評分標準及意義：學生在第二題中也許能將錯誤的地方發現出來，但未必能說出錯誤的原因何在，所以學生必須能將第二題中發現錯誤之處正確的說明其理由何在，例如某學生在第二題中畫出墨汁，他必須在第三題中說明墨汁在燈光的照射下影子應該在右邊而非在左邊，如此才算了解其變因，所以八個錯誤的地方每正確說明其理由即給一分
問題 4：如果你不知道你找出的答案是不是正確，你要怎麼辦？ □a. 我會問其他同學，參考他們的答案和我想的的有沒有一樣。因為_____ □b. 我會做實驗看看或找實際的東西看看我想的對不對。因為_____
面向：3-2-0-1（知道可用驗證或試驗的方法來查核想法）中的「會用試驗的方法檢核想法」的能力
評分標準及意義：此題是要評量學生「會用試驗的方法檢核想法」的能力，所以學生勾第一選項者 0 分，勾第二選項且理由正確者 1 分，否則 0 分

能力指標表現可行之天氣變化「科學探究」與「科學故事」教學模組。在模組教學中，研究者透過質性和量化研究，將蒐集的資料加以整理、分析、檢核、校正與詮釋。由於在「科學故事」教學模組中所研發的氣象故事中，沒有找到適合的故事融入能力指標 3-2-0-2，所以在此僅呈現學生在其他四種能力指標的表現情形。本節依照科學本質能力指標的條文為標題，並以質性資料與量化資料為副標題，將研究資料舉例呈現與討論如下：

一、3-1-0-1：能依照自己所觀察到的現象說出來

(一)質化資料分析

在九年一貫科學本質能力指標中，低年級的部分首先要培養的就是學生能將所觀察到的現象說出來，更進一步的就是將觀察到的現象紀錄下來。在「科學探究」教學模組中每個單元活動之觀察階段，就是讓學生培養此科學本質能力。例如在「天氣的觀測與紀錄」教學活動中，研究教師準備了幾張不同天氣的雲圖讓學生觀察，學生利用五官知覺所看到的現象如下：

T_1：你仔細觀察，這些天氣的雲圖，你觀察發現到什麼？

$S_1$20：雲量不同。

$S_1$20：陰天比較多雲。

$S_1$14：晴天比較少。

$S_1$18：陰天的雲比較黑，晴天的雲比較白。

$S_1$2：雨天就會比較多雲，就會有霧。

S_I28：那個下雨的時候天氣都會暗暗的。

S_I29：天色不同。

S_I21：光的顏色不同。

S_I18：陰天有很多層霧。（教室觀察）

至於在「科學故事」教學模組中，則是在正式教學前以融入式的方式闡述「科學方法」。例如研究教師以布偶（三毛伯、皮卡丘等人物）來陳述氣象故事 — 人類觀察大自然產生科學，而且在學習單上佈題「中國與西方了解天氣變化，最先都是利用那個科學方法？」，學童從觀賞故事的表演後，說出他們的想法：

S_S20：用眼睛去觀察。

S_S30：了解環境，再觀察。

S_S16：觀察、分類。

S_S18：認真的觀察。

S_S24：了解環境，再觀察。

T_S：那就是用觀察方法嗎？

S_S24：沒錯！

S_S29：用眼睛先去觀察。（教室觀察）

教學活動結束後利用點頭雞晤談工具，實際操作點頭雞玩具晤談有關 3-1-0-1 之內容，由轉錄資料顯示，探究和故事教學模組中的學童已會依照自己所觀察到的現象說出來，例如：

T_I：老師用手搓一搓，然後雙手握住冷凍過及未冷凍過的瓶子，說說看看到什麼現象？

S_I2：咕咕雞會說話。

S_I9：會動。

S_I15：會轉圈圈喔！

T_I：這是老師從冷凍庫拿出來的瓶子，你們看看有什麼現象？

S_I2：好像雞雞在跳動。

S_I9：瓶子是冰的，用手去搓熱，因為瓶子冰冰的，遇熱小雞開始跳動，它的蓋子會跳。

S_I15：雞頭蓋子放在冰的罐子上會跳動，在沒有冰的罐子上沒有跳動。（實作晤談）

T_S：看了老師演示「點頭雞玩具」遊戲，小朋友，你看到了什麼？

S_S17：這個瓶口上的錢幣有沾水，那一個沒有沾水！

S_S26：老師，錢幣在動！

S_S13：好像是雞在點頭！

S_S01：嗯！看起來真像點頭雞？（實作晤談）

(二)量化資料分析

科學本質能力指標實作評量的第一題測驗結果（見表 9）顯示前測與後測的差異上兩種教學模組均達顯著水準。

探究教學模組與故事教學模組的學生其科學本質能力指標 3-1-0-1 中的「觀察」能力是否有差異？由迴歸係數同質性考驗得知（見表 10）其 F 值為 .218，p 值為 .642 大於 .05，表示符合共變數迴歸係數同質性假定，兩組的迴歸係數具有同質性，亦即組別與前測得分無交互作用存在，所以可以前測得分作為共變數，進行共變數分析。由共變數分析考驗結果得知（見表 11）其 F 值為 1.869，p 值為 .177 大於 .05，此表示兩組的

表 9：科學本質能力指標 3-1-0-1 前後測結果 t 檢定

組別	人數	前測		後測		T	p
		平均值	標準差	平均值	標準差		
探究教學模組	29	9.620	2.783	10.793	1.677	-2.350	.026*
故事教學模組	30	9.667	2.106	11.400	1.850	-4.176	.000**

*p < .05; **p < .01

表 10：科學本質能力指標 3-1-0-1 測驗迴歸同質性考驗

變異來源（Source）	離均差平方和（SS）	自由度（df）	均方（MS）	F 值	顯著性（*p* 值）
交互作用（前測與組別）	.620	1	.620	.218	.642
組內（誤差）	156.069	55	2.838		

表 11：科學本質能力指標 3-1-0-1 測驗共變數分析摘要表

變異來源（Source）	離均差平方和（SS）	自由度（df）	均方（MS）	F 值	顯著性（*p* 值）
組間	5.228	1	5.228	1.869	.177
組內（誤差）	156.689	56	2.789		
全體	7455.000	59			

學生其科學本質能力指標 3-1-0-1 中的「觀察」能力沒有差異。

(三)小結

在「科學探究」教學模組中讓學生親自在活動中觀察大自然的現象，而在「科學故事」教學模組中，則是讓學生了解科學家利用五官觀察大自然的現象對科學發展的貢獻。由質化或量化的資料顯示，不管探究或故事教學模組均能培養學生「能依照自己所觀察到的現象說出來」此項科學本質能力指標的要求，而且兩組的學生這項能力並沒有差異存在。

二、3-1-0-2：相信每個人只要能仔細觀察，常可有新奇的發現

(一)質化資料分析

九年一貫科學本質能力指標中，在低年級的部分第二個要培養的就是學生能夠知道在觀察活動中只要細心仔細的觀察，常常會有驚奇的發現。在「科學探究」教學模組中，為了要培養學生達成這項能力指標的要求，除了在觀察活動中加強外，特別在探究的過程中要求學生能夠「仔細的觀察」，並且將所觀察到的現象配合學習單紀錄下來，並反思此項能力指標之內容。例如在「天氣的觀測與紀錄中」的教學活動中，研究教師準備幾張各種不同天氣的雲圖讓學生觀察，學生都能將觀察的現象說出來後，研究教師適時拋出科學本質能力指標 3-1-0-2 之內容問題與學生討論：

T_I：…是不是你仔細的觀察就會有什麼新奇的發現？

S_IS：是，沒錯。（全班同學同意）（教室觀察）

至於在「科學故事」教學模組中，當學生觀賞故事的表演後，研究教師用間接方式在學習單上佈題「小朋友，你的觀察怎麼做，才容易說服別人？」。從教室觀察中研究者發現，學童大部分皆已達成 3-1-0-2 的要求，例如：

S_S17：細心的觀察，常會發現新奇的事，而且比較清楚才能說服別人。

S_S22：要細心觀察，常會發現新奇的東西而且比較完整，別人才會相信你。

S_S01：用眼睛仔細觀察，發現新奇東西，有這樣新證據才容易說服別人。（教室觀察）

教學活動結束後利用點頭雞晤談工具，實際操作點頭雞玩具晤談有關 3-1-0-2 之內容，由轉錄資料顯示，探究和故事教學模組中大部份的學童已相信了每個人只要能仔細

觀察，常可有新奇的發現，例如：

T_I：你們相信只要仔細的觀察就會有新奇的發現嗎？

S_I21：相信，因為只要努力研究就會，比如說你去草堆拿一些草在顯微鏡下觀察後，發現許多小生物在裡面，你就會覺得很新奇。

S_I28：相信，一個人努力去研究，不斷發現不同東西，一個小小世界會有許多成分存在。

S_I29：是，因為一個瓶子看起來沒有什麼，但是我仔細觀察就發現它有很多事項。（實作晤談）

T_S：你們相信每個人只要能仔細觀察，常可有新奇的發現？

S_S16：對啊！我相信只要仔細觀察，常可有新奇的發現。

T_S：為什麼。

S_S16：因為我覺得只要仔細觀察，常可發現別人較不容易觀察到的小細節。所以仔細觀察就會有新奇的發現。

S_S14：因為仔細觀察，可以看到以前不容易發現的地方，因為我覺得只要仔細觀察就會有新奇的發現。（實作晤談）

(二)量化資料分析

由科學本質能力指標實作評量的第二題測驗結果（見表 12）顯示前測與後測的差異上兩種教學模組均達極顯著水準。

探究教學模組與故事教學模組的學生其科學本質能力指標 3-1-0-2 中的「仔細觀察」能力是否有差異？由迴歸係數同質性考驗得知（見表 13）其 F 值為 7.116， p 值為 .010 小於 .05，表示不符合共變數迴歸係數同質性假定，兩組的迴歸係數具有異質性，亦即組別與前測得分有交互作用存在，所以不宜以前測得分作為共變數，繼續進行共變數分析。在此則採用詹森-內曼法（Johnson-Neyman）（林清山, 1995）來檢驗其交互作用的情形，求得兩組組內迴歸線相交點為 1.003，及差異顯著點分別 -.665 和 1.814（見圖 2），由此可知，前測分數介於 -.665 和 1.814 者，兩種教學模組對學生的學習沒有差異；前測分數在 1.814 以上者的學生宜採用故事的教學，對學生的科學本質能力指標 3-1-0-2 中的「仔細觀察」能力之學習將有更大的幫助。

(三)小結

在「科學探究」教學模組中要求學生能

表 12：科學本質能力指標 3-1-0-2 前後測結果 t 檢定

組別	人數	前測		後測		T	p
		平均值	標準差	平均值	標準差		
探究教學模組	29	2.310	2.123	3.448	1.785	-3.219	.003**
故事教學模組	30	1.867	1.196	4.233	1.870	-9.976	.000**

*p < .05; **p < .01

表 13：科學本質能力指標 3-1-0-2 測驗迴歸同質性考驗

變異來源（Source）	離均差平方和（SS）	自由度（df）	均方（MS）	F 值	顯著性（p 值）
交互作用（前測與組別）	14.452	1	14.452	7.116	.010*
組內（誤差）	111.706	55	2.031		

*p < .05

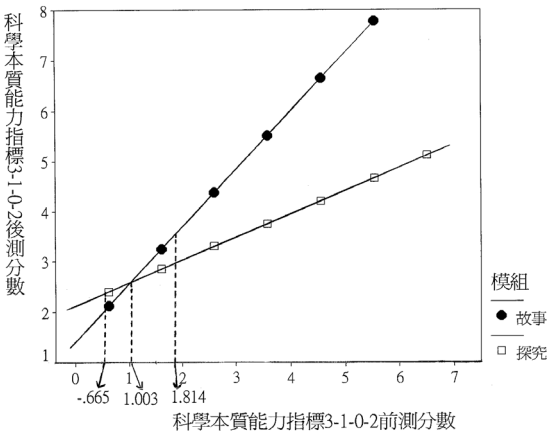

圖 2：後測之「科學本質能力指標 3-1-0-2」向度之兩組組內迴歸線的相交點和差異顯著點

夠仔細的觀察，而在「科學故事」教學模組中，則是讓學生了解仔細觀察對科學發展的貢獻，兩種教學模組均有要求學生反思科學本質能力指標 3-1-0-2 之內容。由量化或質化的資料顯示，不管探究或故事教學模組均能培養學生「仔細觀察」的能力，而由質性的資料更可看出兩種教學模組均能培養學生「相信每個人只要能仔細觀察，常可有新奇的發現」此項科學本質能力指標的信念部份。另外，量化資料顯示學生的前測分數低於 1.814 分者，兩種教學模組對「仔細觀察」能力的學習沒有差異；而前測分數高 1.814 分的學生宜採用故事的教學，對學生的學習將有更大的幫助。

三、3-2-0-1：知道可用驗證或試驗的方法來查核想法

(一)質化資料分析

九年一貫科學本質能力指標在中年級的部分，首先要培養的就是學生能夠認知當在一個科學活動中有一種想法或假設時，可以用驗證或試驗的方法來加以查核自己的想法，所以在「科學探究」教學模組中，學生根據老師提出的問題提出個人的假設或想法，藉由實驗的過程來加以驗證，並反思科學本質能力指標 3-2-0-1 之內容。例如在「淘氣的小水滴」單元活動中，學生從日常生活經驗中了解到水的蒸發現象後，老師丟出一個問題「水受到什麼的影響才會發生蒸發現象？」學生討論後認為可能是受到「熱」的影響，研究教師適時拋出科學本質能力指標 3-2-0-1 之內容問題與學生討論：

T_I：…現在全班都同意水是受熱變成水蒸氣，那小朋友怎麼去證明你的想法是對的？

S_IS（多數學生）：試驗。

S_I19：做實驗。

S_I20：去研究去觀察。（教室觀察）

在「天氣的觀測與紀錄」活動中，研究教師也特別將氣象諺語的可靠性與學生討論如下：

T_I：那我們討論一下，你認為這些諺語可不可靠？

S_IS（多數學生）：不可靠。

T_I：原因是什麼？

S_IS（多數學生）：沒有證據。（教室觀察）

至於在「科學故事」教學模組中，則是以故事讓學童能分辨出科學家研究科學的方法，進而了解可用檢驗的方法來證明自己的想法。例如研究教師戴著自己所畫羅吉爾.培根的面具向學童們陳述氣象故事（近代實驗科學的思想先驅－羅吉爾.培根），而且向學童拋出問題：「羅吉爾.培根對氣象學發展的重大貢獻，打破亞里士多德氣象通典中各種學說的束縛，你認為是什麼原因促成的？如果要證明你的想法你會怎麼做？」，學童仔細思考後說出他們的想法：

S_S01：我認為他有觀察和實驗；我會實驗，因為沒有實驗他們會不同意我的想法。

S_S14：觀察和實驗；檢驗想法。

S_S23：有；實驗，因為我們可以用實驗做給

他們看。

S_S28：羅吉爾.培根有去觀察和實驗，而亞里士多德沒有。（教室觀察）

教學活動結束後利用點頭雞晤談工具，實際操作點頭雞玩具晤談有關 3-2-0-1 之內容，由轉錄資料顯示，探究和故事教學模組中的學童已知道可用驗證或試驗的方法來查核自己的想法：

T_I：為什麼雞會點頭？

S_I32：因為瓶子是冰的，你用手搓熱會讓它水蒸氣上升。

T_I：怎麼證明呢？

S_I30：去實驗，因為自己做實驗才能證明是否真的會跳。

S_I32：自己做實驗比較好。（實作晤談）

T_S：小朋友，為什麼雞頭會點頭？

S_S14：老師，因為沒有沾水的錢幣會有一個空隙。

S_S16：嗯！對喔！老師，這個沒動的錢幣是有個空隙。

T_S：那為什麼有空隙，錢幣就不會動？

S_S14：可能是因為空氣會跑掉？

S_S13：對啦！因為搓手，手會熱然後可能會導熱到瓶子空氣？

T_S：你們說是有空隙的關係，那老師怎麼知道你們說的真的！

S_S14：老師，我們就把錢幣移動留有空隙，看它會不會動？

S_S01：是啊！可以這樣做。而且另一個沾水看看是不是會動？（實作晤談）

(二)量化資料分析

科學本質能力指標實作評量的第四題測驗結果（見表 14）顯示前測與後測的差異上兩種教學模組均已達顯著水準。

探究教學模組與故事教學模組的學生其科學本質能力指標 3-2-0-1 中的「會用試驗的方法檢核想法」的能力是否有差異？由迴歸係數同質性考驗得知（見表 15）其 F 值為 .056，p 值為 .813 大於 .05，表示符合共變數迴歸係數同質性假定，所以繼續進行共變數分析。由共變數分析考驗結果（見表 16）得知其 F 值為 .200，p 值為 .656 大於 .05，此表示兩組的學生其科學本質能力指標 3-2-0-1 中的「會用試驗的方法檢核想法」的能力沒有差異。

(三)小結

在「科學探究」教學模組中要求學生能夠經由探究的過程驗證自己的想法，而在「科學故事」教學模組中，則是以故事的方式，讓學生了解科學家用檢驗的方法來證明他們

表 14：科學本質能力指標 3-2-0-1 前後測結果 t 檢定

組別	人數	前測		後測		T	p
		平均值	標準差	平均值	標準差		
探究教學模組	29	.276	.455	.586	.501	-2.531	.017*
故事教學模組	30	.133	.348	.633	.490	-4.785	.000**

*p < .05; **p < .01

表 15：科學本質能力指標 3-2-0-1 測驗迴歸同質性考驗

變異來源（Source）	離均差平方和（SS）	自由度（df）	均方（MS）	F 值	顯著性（p 值）
交互作用（前測與組別）	1.425E-02	1	1.425E-02	.056	.813
組內（誤差）	13.922	55	.253		

表 16：科學本質能力指標 3-2-0-1 測驗共變數分析摘要表

變異來源（Source）	離均差平方和（SS）	自由度（df）	均方（MS）	F 值	顯著性（*p* 值）
組間	4.987E-02	1	4.987E-02	.200	.656
組內（誤差）	13.936	56	.249		
全體	36.000	59			

自己的想法，兩種教學模組均有要求學生反思科學本質能力指標 3-2-0-1 之內容。由量化或質化的資料顯示，不管探究或故事教學模組均能培養學生「會用試驗的方法檢核想法」的能力，而由質性的資料更可看出兩種教學模組均能培養學生「知道可用驗證或試驗的方法來查核想法」此項科學本質能力指標的信念部份。另外，量化資料顯示兩組學生「會用試驗的方法檢核想法」的能力沒有差異。

四、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

(一)質性資料分析

九年一貫科學本質能力指標中年級的部分第三個要培養的就是學生能夠明瞭現象的變化都是有一些變因所造成的，在「科學探究」教學模組的學習階段中，研究教師安排「確定問題，提出假設」此一活動就是讓學生明瞭一種現象的發生要確定其原因，並且讓學生根據問題的變因提出個人想法及假設，目的即是欲培養學生此項能力。例如研究教師在「天氣的觀察與紀錄」活動中，拋出問題「好天氣與壞天氣~你認為是不是有原因造成的？」，目的就是要讓學生了解天氣的變化的種種現象，都是有一些因素造成的，而學生的反應如下：

T_I：好天氣跟壞天氣~你認為是不是有原因造成的？

S_Is（多數學生）：是。

T_I：那你認為有什麼原因？

S_I18：地面上的水蒸發了吧！越積越多，然後就下雨。也就是天氣變化是水蒸氣然後造成雲然後造成天氣變化。

……

T_I：種種因素造成我們天氣的變化，好，那你知道天氣的變化是有一些原因造成的，那我再問你一個問題，其他的自然現象是不是會有原因造成的？

S_Is：對。（學生繼續討論，他們認為像火山爆發、打雷、地震等這些自然現象都是有原因造成的）（教室觀察）

至於在「科學故事」教學模組中，則是以「向老天爺借光的科學英雄」故事，讓學童了解俄羅斯科學家羅蒙諾索夫與利赫曼，以及美國的科學家富蘭克林探索雷電之謎的故事（揭開閃電是天空的一種放電現象，雷聲則是閃電時產生的聲音，閃電和普通的電是一樣的，世界上並沒有「雷公」、「雷母」），從而讓學童相信現象的變化，都是由某些變因的改變所促成的。研究教師以角色扮演的教學方式，讓學童表演戲劇，並在學習單上佈題：「小朋友，為什麼傳說中的雷公、雷母，俄羅斯科學家羅蒙諾索夫與利赫曼或是美國的科學家富蘭克林都不相信，而要冒著生命的危險探討做實驗呢？」，學童表演後，說出他們的想法：

S_S29：他們決心用科學實驗揭開雷電的奧秘；因為他們相信科學要實驗推理和觀察，不能只是相信傳說。

S_S08：因為他們相信打雷和閃電是自然現象，而不是天神震怒所產生，而我也這麼認為。

S_S22：因為他們覺得世上沒有雷公和雷母，他們認為科學是有因必有果。

S_S13：因為那是人家亂說的，因為他們不相信有雷公雷母，所以他們要實驗。（教室觀察）

教學活動結束後利用點頭雞晤談工具，實際操作點頭雞玩具晤談有關 3-2-0-3 之內容，由轉錄資料顯示，探究和故事教學模組中的學童雖然不能完全正確的指出點頭雞玩具中有關各種現象變化的變因，但他們都已相信現象的變化，都是由某些變因的改變所促成的，例如：

T_I：為什麼雞會點頭？

S_I2：因為瓶子是冰的，用手搓熱熱的握住，冷氣會出來，因為它只有一個出口，所以蓋子會動。

S_I6：因為熱氣會有水蒸氣會把蓋子推出來。

T_I：老師做了兩次，一個會動一個不會動為什麼呢？

S_I30：因為那個沒有冰過的沒有冷氣，而且熱氣對它就差不多，所以沒有反應。

S_I20：因為放在冷凍庫的瓶子一定存有冷空氣，你搓手去給他摸，給它裡面的氣弄出來，剛好瓶子是冰冰的，因你用手去搓熱氣把裡面的冷空氣擠出來，而你用手去摸沒冰過的瓶子，它不會跳動，因為熱對熱沒有反應。

S_I32：因為用手搓搓，而沒冰過瓶子的溫度像空氣溫度，所以不會有反應。

S_I29：因為冷和熱空氣會產生對流，因為沒冰過的瓶子裡面的空氣是時溫，所以用手去搓會差不多，所以不會動。（實作晤談）

T_S：為什麼有沾水的瓶子上的錢幣會動？

S_S26：因為水會讓瓶子上的空氣變冷！然後冷空氣往上衝。

S_S14：不對吧！冷空氣應該往下沉！

S_S16：對！冷空氣應往下沉，熱空氣往上升才對！所以跟沾水無關？

S_S17：我仔細看後，我認為有沾水瓶子上的錢幣與瓶子比較緊密。你看錢幣在動之前，都有泡泡冒出來！（實作晤談）

(二)量化資料分析

科學本質能力指標實作評量的第三題測驗結果（見表 17）顯示前測與後測的差異上兩種教學模組均已達極顯著水準。

探究教學模組與故事教學模組的學生其科學本質能力指標 3-2-0-3 中的「指出現象變化原因」的能力是否有差異？由迴歸係數同質性考驗得知(見表 18)其 F 值為 20.346，p 值為 .000 小於 .01，所以不宜繼續進行共變數分析。在此則採用詹森-內曼法來檢驗其交互作用的情形，求得兩組組內迴歸線相交點為 .011，及差異顯著點分別 -.810 和 .502（見圖 3），由此可知，前測分數介於 -.810 和 .502 者，兩種教學模組對學生的學習沒有差異；前測分數在 .502 以上者的學生宜

表 17：科學本質能力指標 3-2-0-3 前後測結果 t 檢定

組別	人數	前測		後測		T	p
		平均值	標準差	平均值	標準差		
探究教學模組	30	2.067	2.116	3.333	1.882	-3.739	.001**
故事教學模組	30	.567	.774	3.467	2.047	-10.634	.000**

**$p < .01$

表 18：科學本質能力指標 3-2-0-3 測驗迴歸同質性考驗

變異來源（Source）	離均差平方和（SS）	自由度（df）	均方（MS）	F 值	顯著性（*p* 值）
交互作用（前測與組別）	40.379	1	40.379	20.346	.000**
組內（誤差）	111.138	56	1.985		

*p < .05; **p < .01

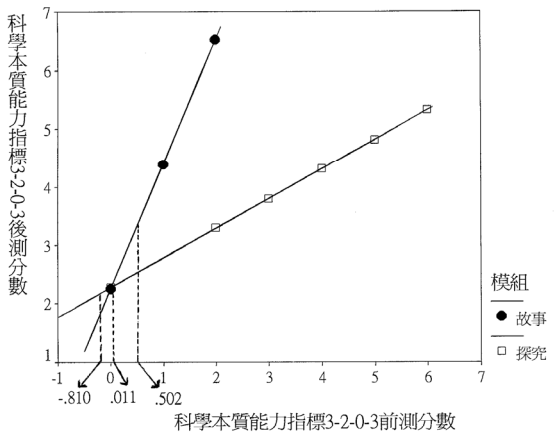

圖 3：後測之「科學本質能力指標 3-2-0-3」向度之兩組組內迴歸線的相交點和差異顯著點

採用故事的教學，對學生的這項能力之學習將有更大的幫助。

(三)小結

在「科學探究」教學模組中，學生經由「確定問題，提出假設」的活動，明瞭一種現象的發生一定有其原因，而在「科學故事」教學模組中，則是以故事的方式，讓學生了解大自然現象的變化，都是由某些變因的改變所促成的。由量化的資料顯示，不管探究或故事教學模組均能培養學生「指出現象變化原因」的能力，而由質性的資料可看出兩種教學模組均能培養學生「相信現象的變化，都是由某些變因的改變所促成的」此項科學本質能力指標的信念部份。另外，量化資料顯示學生的前測分數低於 .502 分者，兩種教學模組對「指出現象變化原因」的能力學習沒有差異；而前測分數高於 .502 分的學生宜採用故事的教學，對學生的學習將有更大的幫助。

五、整體科學本質能力之分析

由於在「科學故事」教學模組中並沒有融入能力指標 3-2-0-2，所以這裡所謂的整體科學本質能力是指實作評量工具中除去能力指標 3-2-0-2 外其餘各項能力指標所測得分數的總加。對整體科學本質能力指標而言，在前測與後測的差異上兩種教學模組均已達極顯著差異（見表 19），代表著學生的科學本質能力在科學探究與故事教學模組教學後均有明顯的提昇。

探究教學模組與故事教學模組的學生其整體科學本質能力是否有差異？由迴歸係數同質性考驗得知（見表 20）其 F 值為 7.910，其 p 值為 .007 小於 .05，表示不符合共變數

表 19：整體科學本質能力指標前後測結果 t 檢定

組別	人數	前測		後測		T	*p*
		平均值	標準差	平均值	標準差		
探究教學模組	29	14.241	5.566	18.138	4.533	-4.576	.000**
故事教學模組	30	12.233	3.202	19.733	4.792	-13.092	.000**

*p < .05; **p < .01

表 20：整體科學本質能力測驗迴歸同質性考驗

變異來源（Source）	離均差平方和（SS）	自由度（df）	均方（MS）	F 值	顯著性（*p* 值）
交互作用（前測與組別）	92.753	1	92.753	7.910	.007
組內（誤差）	644.899	55	11.725		

迴歸係數同質性假定，兩組的迴歸係數具有異質性，所以不宜繼續進行共變數分析。在此則採用詹森-內曼法來檢驗其交互作用的情形，求得兩組組內迴歸線相交點為 11.084，及差異顯著點分別 9.0944 和 12.5455（見圖 4），由此可知，前測分數 9.0944 和 12.5455 者，兩種教學模組對學生的學習沒有影響；前測分數在 9.0944 以下者的學生宜採用探究的教學，而前測分數在 12.5455 以上者的學生宜採用故事的教學對學生的整體科學本質能力之學習將有更大的幫助。

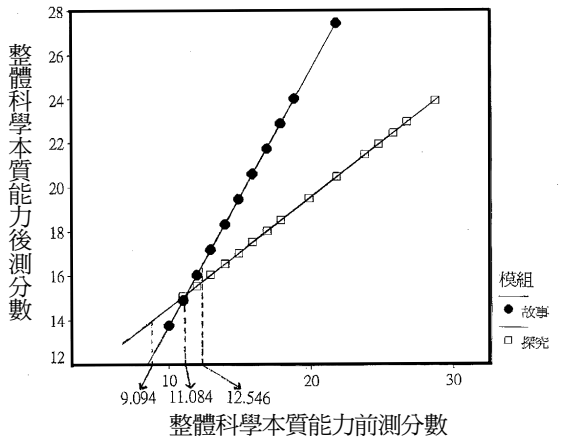

圖 4：後測之「整體科學本質能力」向度之兩組組內迴歸線的相交點和差異顯著點

伍、結論與建議

一、結論

低年級能力指標（3-1-0-1、3-1-0-2）是屬於科學本質最基本的能力指標，由質性資料顯示，兩種教學模組的學童大多能依照自己所觀察到的現象說出來。而且學童大多能相信每個人只要能仔細觀察，常可有新奇的發現。另外，在中年級能力指標（3-2-0-1、3-2-0-3）方面，由質性資料顯示，兩種教學模組的學童多能了解如果要想證明自己的想法就必須用實驗方法來驗證。而且學童大多能知道自然現象的變化是有它的變因。另外，在實作評測量表前後測驗經由 t 考驗分析前後測之差異性，在四項科學本質能力（能力指標 3-1-0-1 中的「觀察」能力、能力指標 3-1-0-2 中的「仔細觀察」能力、能力指標 3-2-0-1 中的「會用試驗的方法檢核想法」的能力、能力指標 3-2-0-3 中的「指出現象變化原因」的能力）上其前後測的差異都達顯著水準，而整體科學本質能力平均值達顯著水準，代表著學童的科學本質能力在科學探究與科學故事兩種模組教學活動後有明顯的提昇。

本研究所得前後測資料並先進行組內迴歸係數同質性考驗，再進行單因子共變數分析，以了解兩組學生的科學本質能力是否有差異存在。研究結果顯示兩組的學生其科學本質能力指標 3-1-0-1 中的「觀察」能力和 3-2-0-1 中的「會用試驗的方法檢核想法」的能力沒有差異。然而對於科學本質能力指標 3-1-0-2 中的「仔細觀察」能力、3-2-0-3 中的「指出現象變化原因」的能力和整體科學本能力（除去 3-2-0-2）而言，其前後測資料並沒有通過共變數迴歸係數同質性假定，本研究採用詹森-內曼法進一步分析的結果顯示前測成績愈高採用「科學故事」教學模組，對學生的科學本質能力指標 3-1-0-2 的「仔

細觀察」能力、3-2-0-3 中的「指出現象變化原因」的能力和整體科學本能力之學習將有更大的幫助。

二、建議

以往國內的小學自然科課程很少將科學本質相關內容融入，然而，因應世界科學教育改革的浪潮，九年一貫課程綱要中強調提升學生的科學本質能力，進而培養學生的科學素養。又九年一貫課程強調課程鬆綁，鼓勵老師投入課程設計的行列，設計學校本位的教學模組。所以，建議科學教師發展以科學本質為基礎的科學探究教學模組，讓學生在活動中，可以透過對自然現象的觀察，察覺問題並有機會進行科學的探究，解決問題達成任務，從而體會科學的真正本質。

另一方面，九年一貫課程綱要強調在課程中融入科學發展史過程，所以開發科學故事教學模組是一個適合「自然與生活科技」領域課程設計的方向。老師可以讓學童先找尋科學家生平事蹟，然後運用角色扮演的方式來詮釋演出，進而引導學生了解科學家從事科學探究的過程，來提昇學童對科學本質能力指標的表現。

另外，科學本質的內涵受到科學哲學與史學的影響，然而，學者對於科學本質的概念仍然有一些共識存在。這些共識是否與九年一貫科學本質能力指標有關呢？有些學者認為有關，有些學者則認為有些能力指標的內涵與科學本質概念的共識部分無關。所以，建議學者與教學實務者能針對科學本質能力指標提出一致性的解讀，而且文獻中科學本質部分的敘述宜在課程綱要出現，以使課程綱要中對科學本質的傳達與國內外研究中就科學本質的論述作個更加緊密的連結。

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 90-2511-S-153-009-X3），黃志賢老師、吳仲謀老師的實驗教學，高師大吳裕益教授的統計諮詢，所有先進大力協助；加上論文評審委員提供許多卓見與指正，均此致謝。

參考文獻

1. 王郁昭（2003）：**科學故事融入自然科課程之研究**。高雄市：國立中山大學碩士論文（未出版）。
2. 王國銓譯（Van Cleave, J. P., 1993）：**不可思議的科學實驗室：地球科學篇**。台北市：世貿出版社。
3. 李玉貞（2000）：**光學史融入教學對高中學生科學本質觀及光概念的改變之研究**。論文發表於中華民國第十六屆科學教育學術研討會。台北市：國立台灣師範大學理學院。
4. 吳坤璋（n.d.）：**科學素養的意義及其在九年一貫自然與生活科技領域課程的啟示**。2005 年 5 月 10 日，取自 http://www.ceag.kh.edu.tw/htm/ceag2/htm/Science/f/f004/f004.htm。
5. 林兆聖（2003）：**以原子發現科學史融入教學對學生科學本質觀影響之研究**。高雄市：國立高雄師範大學碩士論文(未出版)。
6. 林清山（1995）：**心理與教育統計學**。台北市：台灣東華。
7. 林陳涌（1995）：從經驗證據和科學理論之間的關係來探討自然科實驗教學的意義。**科學教育月刊**, **184**, 2-16。
8. 林陳涌（1996）：「了解科學本質量表」之發展與效化。**科學教育學刊**, **4**, 1-58。
9. 邱明富（2002）：**科學史融入教學以提昇國**

小學童科學本質觀與對科學的態度之行動研究。屏東市：國立屏東師範學院碩士論文（未出版）。

10. 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。
11. 翁秀玉（1997）：**國小自然科教師傳達科學本質之行動研究**。彰化市：國立彰化師範大學碩士論文（未出版）。
12. 教育部（2001）：**國民中小學九年一貫課程暫行綱要**。台北市：教育部。
13. 陳文靜和洪振方（2000）：**以情境化科學本質問卷探討原子與電子科學史融入教學後學生的科學本質觀**。論文發表於中華民國第十六屆科學教育學術研討會。台北市：國立台灣師範大學理學院。
14. 陳淑媛和洪振方（1997）：融入科學史於高中基礎理化教學之行動研究。**科學與教育學報**, **2**, 121-150。
15. 許良榮（1999）：**科學史輔助教材 —「地球的形狀與運動」之發展研究**。論文發表與刊於八十八學年度師範學院教育學術論文發表會（543-572 頁）。台北市：國立台北師範學院。
16. 許國忠和王靜如（2003）：科學本質教學初探。**科學教育研究與發展**, **33**, 15-29。
17. 傅大為（1994）：**從科學哲學觀點對「科學史與科學教育」關係的一點看法**。論文發表於張昭鼎逝世週年紀念研討會：科學史、科學哲學與科學教育。台北市：台灣大學思亮館。
18. 楊燕玉（2001）：**科學故事課程對國小五年級學童科學本質觀與對科學的態度影響之研究**。花蓮市：國立花蓮師範學院碩士論文（未出版）。
19. 簡利真（2003）：**國小師生在科學展覽中科學本質表徵之研究**。台北市：台北市立師範學院碩士論文（未出版）。
20. Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. *Science Education, 82*, 417-436.
21. Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (1998, April). *Improving science teachers' conceptions of the nature of science: A critical review of the literature*. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, San Diego, CA.
22. Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). The influence of history of science courses on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching, 37*(10), 1057-1095.
23. Akerson, V. L., Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). Influence of a reflective explicit activity-based approach on elementary teachers' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching, 37*(4), 295-317.
24. American Association for the Advancement of Science. (1989). *Project 2061: Science for all americans*. Washington, DC: Author.
25. Bell, R. L., Blair, L. M., Crawford, B. A., & Lederman, N. G. (2003). Just do it? Impact of a science apprenticeship program on high school students' understandings of the nature of science and scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching, 40*(5), 487-509.
26. Dawkins, K. R., & Vitale, M. R. (1999). *Using historical cases to change teachers' understandings and practices related to the nature of science.* Paper presented to the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Boston, MA, April.
27. Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P.

(1996). *Young people's images of science*. Buckingham: Open University Press.

28. 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 [CD-ROM]*. Abstract from: ProQuest: Dissertation Abstracts Item: 9621877.
29. Khishfe, R., & Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching, 39*(7), 551-578.
30. Lederman, N. G. (1986). Students' and teachers' understanding of the nature of science: A reassessment. *School Science and Mathematics, 86*(2), 91-99.
31. 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.
32. Lederman, N. G. (1995). Translation and transformation of teachers' understanding of the nature of science into classroom practice. (ERIC Document Reproduction Service No: ED 382 474).
33. Lederman, N. G. (1998). The state of science education: Subject matter without context. *Electronic Journal of Science Education, 3*(2). Retrieved July 20, 2004, from http://unr.edu/homepage/jcannon/ejse/ejsev3n2.html.
34. Lieu, S. C. (1997). Teacher understanding of the nature of science and its impact on student learning about the nature of science in STS/Constructivist classrooms. Unpublished doctoral dissertation, The University of Iowa, Iowa City, Iowa.
35. Loving, C. C. (1997). From the summit of truth to its slippery slopes: Science education journey through positivist-postmodern territory. *American Educational Research Journal, 34*(3), 421-452.
36. Matthews, M. R. (1994). *Science teaching: The role of history and philosophy of science.* New York: Routledge.
37. McComas, W. F., Clough, M. P., & Almazroa, H. (1998). The role and character of nature of science in science education. In W. F. McComas (Ed), *The nature of science in science education: rationales and strategies* (pp.3-39). Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
38. National Research Council. (1994). *National science education standards: A draft*. Washington, DC: National Research Council.
39. National Science Teachers Association. (1992). *Scope, sequence, and coordination of secondary school science*. Washington, D. C.: The National Science Teachers Association.
40. Schecker, H. P. (1992). The paradigmatic change in mechanics: Implication of historical processes for physics education. *Science and Education, 1*(1), 71-76.
41. Solomon, J., Duveen, J., Scot, L., & McCarthy, S. (1992). Teaching about the nature of science through history: action research in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching, 29*(4), 409-421.

Development and Evaluation of Instructional Modules to Promote Students' Performance on the Capability Indexes of the Nature of Science for the Nine-Year Curriculum

Huey-Lien Kao
Department of Applied Chemistry and Life Science,
National Pingtung University of Education

Abstract

This study describes the design and evaluation of "scientific inquiry" and "scientific story" instructional modules using weather change to promote students' performance on the "capability indexes of the nature of science". According to related literature, the author suggests that the "capability indexes of the nature of science" have two components: "ability" and "belief". Documentation of the students' ability was collected through classroom observation, performance interviews and performance assessments. The students' beliefs were documented by classroom observation and performance interviews. The participants were grade three and four students from two primary schools for the "scientific inquiry" and "scientific story" instructional modules respectively. The study found that both instructional modules could promote the students' performance on the capability indexes of the nature of science. Therefore, this study suggests that science teachers can design "scientific inquiry" instructional modules based on the nature of science, letting students realize the real nature of science from activities. In addition, teachers can guide students to understand the scientific inquiry process of scientists through scientific stories. Because interpretation of the capability indexes of the nature of science is controversial, this study also suggests that scholars and science teachers can propose consistent interpretations regarding the capability indexes of the nature of science. Based on these consistent interpretations, teachers can implement science teaching to promote students' performance on the capability indexes of the nature of science.

Key words: The Nature of Science, Scientific Story, Scientific Inquiry