科學教育學刊
2006, 第十四卷第二期, 163-187

Chinese Journal of Science Education
2006, 14(2), 163-187

科學史融入教學對國小學童科學本質觀影響之探究

邱明富[1]　**高慧蓮**[2]

[1]高雄縣永安國小教師

[2]國立屏東教育大學自然科學教育學系副教授

（投稿日期：民國 92 年 6 月 3 日，修訂日期：93 年 11 月 15 日，接受日期：94 年 4 月 19 日）

摘要：本研究的目的在探討科學史融入國小「自然與生活科技」領域教學對國小四年級學童了解科學本質之影響。研究開始時，由研究者及三名國小老師組成科學本質研究群依據「九年一貫科學本質能力指標」與相關文獻建立「學童科學本質的內涵」。分別在“力”、“光合作用”及“地球的形狀及運行”等單元，選取適合的科學史料，編寫教材，訂定教學目標，在適當處設計一些相關的問題討論，來引導學生深思科學的本質。透過不斷的修正過程，期能呈現如何將科學史融入教學的可行模式。透過實際教學、學習單、科學本質研究群所開發的學童科學本質問卷及學童科學本質晤談工具等多元評量工具等進行分析，藉以瞭解學生對科學本質瞭解的改變情況。最後提出實施融入科學史教學的 PT-DA 模式，包含籌備期、教學期、討論期及評量期。結果顯示本教學模式能增進學生對科學本質的理解，同時也提出對教學及未來研究上的建議。

關鍵詞：科學史、科學本質

壹、緒論

一、研究背景與動機

「對科學本質的瞭解」被眾多學者認為具有科學素養公民的重要特徵（王靜如, 2001; American Association for the Advancement of Science, [AAAS], 1989; Lederman & Zeidler, 1987）。Duschl（1990, 引自郭重吉, 1992）認為一個合理的科學學習過程，應該讓學童從科學史的角度了解目前所知的科學知識是如何形成的，不要只告訴學生什麼是正確的科學知識。所以，科學教育的目標，不能只想把一個個的科學概念「填塞」給學童，而是希望學童對於科學概念間的關係、科學家的思考歷程、科學本質等能有更深刻的思考與認識，因應未來科學、科技、與社會結合的生活世界，而且有能力學習如何學習、並選擇有效解決問題的策略、與下決定（洪振方, 1998）。所以，科學教師有必要在科學

教學活動中提昇學童對科學本質的瞭解，以達成科學教育的目標（翁秀玉和段曉林, 1997; Collette & Chiapetta, 1994）。

由許多文獻（洪振方, 1998; 翁秀玉, 1997; 許良榮和李英田, 1995; 陳淑媛和洪振方, 1997; Matthews, 1994）得知科學史融入教學，不僅能教材活潑化，提高學生的學習興趣，也能使學生經歷科學家面對問題時的思考或實驗探究的歷程。有助於學生領悟解決問題的方法、瞭解科學家的創造的過程、理解知識的內涵，並協助他們更了解科學的本質。所以，在現行的國小自然課程架構下，如何將繁雜的科學史料萃取為合適的教材，哪些單元適合融入科學史，融入科學史教學對學生了解科學本質之影響為何，研究者將透過行動研究探討與解決上述的問題。

二、研究目的

本研究主要是探討如何將科學史融入國小自然課程中，由配合課程的科學史教材設計著手，透過研究者實際教學，嘗試去瞭解學童在這一連串的活動後，對了解科學本質之影響，並期能呈現如何將科學史融入教學的可行模式。希望對後來有志者能有所裨益。具體而言，有本研究的主要目的：

1. 設計配合“力”、“光合作用”及“地球的形狀及運行”等教學單元中，編寫相關科學史融入課程，期能提供一套如何將科學史融入教學的模式。
2. 實施本研究設計之科學史融入教學後，探討學童對了解科學本質之影響。

貳、文獻探討

一、科學本質的範疇與內涵

科學哲學界對科學本質的觀點，根據科學哲學觀的歷史演進，經驗主義、實證主義、邏輯經驗主義和理性主義被視為「傳統」的觀點，後實證主義被視為「新」的哲學觀，而否證主義被視為介於以上兩種科學哲學間的「過渡」觀點（Abimbola, 1983）。「傳統」的觀點認為科學知識是經過觀察、提出假設及實驗來驗證，然後透過歸納或演譯而成，並強調理性與客觀的態度。「新」的哲學觀點認為科學知識具有暫時性，科學知識並不是真理而是動態、進行的活動。科學的觀察是理論蘊涵的（theory-laden），會受個人主觀意識的影響。此外，特別強調科學研究受到科學社群的影響及科學、技學與社會（Science, Technology, Society【STS】）具有交互影響的關係。

眾多科教學者對科學本質的範疇與內涵各有不同的見解，研究者整理國內、外相關文獻所提出科學本質的內涵及範疇重要觀點，如表 1。

研究者將上述的看法分析綜合，試圖建立學童科學本質的內涵，並把每一個面向界定清楚，如表 2。

二、科學史融入教學的可行模式

科學史教材的編寫有：融入式（integrated）、插入式（add-on）兩種設計方式（Matthews, 1994）。融入式係指教材設計方式是將科學史內容與教科書內容相互結合，方便於教師進行相關之教學；插入式的教材是屬於附加的，亦即科學史內容與教科書內容並沒有緊密結合，當使用這種教材時，必須再進行教科書內容之教學，但這種設計方式較不受教科書的限制，優點是有較大的設計空間，這種型式的教材屬於補充式的教材。

陳淑媛和洪振方（1997）整理相關文獻發現科學史融入的教學方法非常多樣化，有下列幾種方法：

1. 歷史個案研究（historical case study）

表 1：各年代研究者提出科學本質的內涵及範疇重要觀點整理表

研究者及年代	科學本質的內涵及範疇重要觀點
王美芬和熊召弟（1995）	1.自然界中的事物存有某種一定的形式。 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。 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。 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親點更圓滿時，新的觀點方可能被認可。 9.科學事業即是應用科學。 10.即科學-科技-社會之觀點。
林陳涌（1996）	科學本質三大範疇：1.科學方法的本質 2.科學知識的本質 3.科學事業的本質
翁秀玉（1997）	國小階段所強調的科學本質內涵：1.科學知識的本質 2.探究過程 3.科學與生活
教育部（2001）	科學本質的能力指標分成國小中、低年段 5 條、高年段 5 條及國中階段 8 條合計 18 條條文。
Rubba & Andersen（1978）	科學知識本質模式以六個概念表示： 1.非道德的 2.創造性的 3.發展的 4.簡言的 5.可測試的 6.統整的
NAEP（1989）	科學本質的三個領域： 1.科學知識的本質 2.科學事業的價值與原則 3.科學的方法與過程
AAAS（1989）	將科學本質分成三個領域：1.科學世界觀 2.科學探究活動 3.科學事業
Collett & Chiapetta（1994）	1.科學是探究自然界的“思考”方式 2.科學是一種“探究”的方式 3.科學是知識的集合體
NRC（1996）	分 K-4、5-8、9-12 三個階段學生應具有的科學本質概念標準。
Good（1996）	科學本質以數學式子表示就是 NOS = (early NOST + later NOST) + NOSK
McComas、Clough & Almazroa（1998）	摘自八個國際科學標準文件中有關科學本質目標的一致觀點： 1.儘管科學的知識是經久的，但它有暫時性的特性。 2.科學的知識強烈但不完全的依賴觀察、實驗的證據、合理的爭論及懷疑的態度。 3.從事科學沒有固定一個方法存在。 4.科學是企圖解釋自然現象。 5.定律及學說供應科學中不同的角色，因此，學生應該注意到，即使有另外的證據存在，學說是不會變成定律的。 6.來自所有文化的人們促成了科學。 7.新的知識必須被清楚及不隱瞞地報告出來。 8.科學家需要精確的持續記錄，同儕檢查及可複製性。 9.觀察是理論蘊涵的（theory-laden）。 10.科學家是有創造力的。 11.科學史同時展現出進化的及革命性的特性。 12.科學是社會及文化傳統的部分。 13.科學及技學互相影響。 14.科學的想法被社會和歷史環境所影響。

表 2：學童科學本質的內涵

層面（dimension）	項目（item）	細目敘述（statement）
科學知識的本質	累積性（accumulation）	科學的知識經由時間累積而來的。
	暫時性（tentativeness）	科學知識是可以改變的。
	可複製性（replicability）	科學知識可以一再重複的被驗證。
	創造性（creativeness）	科學的知識是人類智力的創造，它如同很多創造性的想像力如同一位藝術家、一位詩人或是一位作曲家的工作。
	公開性（publicity）	科學家必須正確地發表他們所觀察到的科學現象，科學知識必須公開的發表。
科學探究的本質	實證性（positivity）	科學知識的產生需要經過試驗的階段。
	觀察是理論蘊涵的（theory-laden）	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，所得結果可能會不同，因為感官所察覺到的訊息決定權在觀察者已有的知識、信念和理論。
	科學的方法多元化	科學的方法與過程是非獨特性，只要是可以解決研究問題的科學方法就是好的科學方法，並沒有所謂一成不變的科學方法。
科學事業的本質	倫理與道德原則	從事科學研究必須考慮到倫理與道德原則。
	科學家的身份	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來解決公眾事務。
	科學社群的重要性	科學研究受到科學社群的影響。
	STS	科學、技學與社會具有交互影響的關係。

2.「互動式歷史小故事」(interactive historical vignettes，簡稱 IHVs）
3.角色扮演（role playing）
4.歷史調查研究（historical-investigative approach）
5.歷史對話（historical dialog）
6.探訪科學古蹟或參觀博物館
7.重複科學史上重要的實驗
8.科學家私人的傳記閱讀
9.小組討論
10.富有想像力的科學史寫作

本研究採用個案研究的精神來設計教材，個案研究是指就某一個事件、某一項發現或某一位科學家的成就進行充分的揭示，說明其前因後果、來龍去脈，不僅要說什麼，還要說為什麼（沈慧君和郭奕玲, 1994）。利用個案研究教學時，特別要聚焦於科學發展的程歷，所以在關鍵的地方可以問題的方式進行教學，問題包括：「What?」、「Where?」、「When?」、「Who?」、「Why?」、「How?」。

叁、研究方法

一、研究對象

本研究的學校為高雄縣內一所規模為十八班之濱海小學。家長大都依捕魚、養殖業及工廠上班為主，社經地位相仿。為了研究的便利，樣本來自於研究者所任教的學校，四年級的二班學生。學校是以常態分班的模式，隨機分派學生至各班，我們可假定二班在接受處理前的條件是相等的。研究對象則是以研究者所任教之班級學童（合計 31 人）為實驗組，實施融入科學史教學，而以同年段的另一個班級的學童（合計 31 人）做為

對照組，該班採用一般的教學法來進行教學。

二、教學設計

由研究者及三位現任國小自然科教師組成科學本質研究群，針對研究的主題蒐集相關的科學史的資料，經由研究群討論後，送科學教育家及科學哲學家審查，再修訂為正式的科學故事課程。配合國小四年級課程，“力”單元安排牛頓的科學故事；在“光合作用”安排海爾的生平、柳樹實驗的故事；“地球的形狀及運行”單元安排地球形狀說法的演變、天動說與地動說等科學史。研究者在關鍵的地方設計問題，由研究者發問，讓學生來進行討論。發問的問題著重思考性的問題，以不直接評斷學生對錯為原則，參與學生討論，與學生一起建構問題的解決方法，最後再由研究者作結論。

三、研究設計

研究者試圖整理國內、外主要相關文獻所提出科學本質的內涵及範疇重要觀點，再配合「九年一貫科學本質能力指標」，來訂定科學本質的教學目標，科學史的採用均以此教學目標為依據。再由符合學童科學本質的科學史融入課程設計著手，透過實際的教學活動，並以研究群所開發的國小學童科學本質問卷和晤談工具等多元評量工具等進行分析，來瞭解學童在這一連串的活動後，其對學童的科學本質觀的變化情形。

課程設計係採用外顯途徑，使用科學史融入現有課程的方式來進行教學活動，明白指出科學本質的成分，採敘事設問的教學策略，教學時特別要聚焦於科學發展的程歷，所以在關鍵的地方以問題的方式進行教學，問題包括：「What?」、「Where?」、「When?」、「Who?」、「Why?」、「How?」，讓學生經歷涉及科學本質觀的反思討論，增進學童對科學本質的了解。即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，體會科學本質的內涵，如圖 1。

四、研究工具

(一)國小學童科學本質問卷

本研究採用邱明富和高慧蓮（2004）所編製的國小科學本質問卷，此問卷所界定之科學本質觀之範疇包含三個層面：(1)科學知識的本質；(2)科學探究的本質；(3)科學事業的本質。該問卷計有 30 題，包含正向有 15 題，負向敘述有 15 題，且正負的試題順序採隨機排列。問卷之設計為李克四點量表，選項包含「非常同意」、「同意」、「不同意」及「非常不同意」等四種，省略了中性之中間選項，主要是害怕受試者因不願意將意見做表達而選擇「沒意見」的選項。計分的方式如下：若問卷為正向題，學童作答「非常同意」者計四分，「同意」者計三分，「不同意」者計二分，「非常不同意」者計一分；若問卷為反向題，答「非常同意」者計一分，「同意」者計二分，「不同意」者計三分，「非常不同意」者計四分。

問卷先選擇以小樣本的學童為對象，讓學生大聲逐題朗讀題目問學生是否能明白我們所要問的，調查學生是否對題目的意義了解。在內容效度（content validity）方面我們連絡一些科學教育家、科學哲學家幫我們做審查，並依照回覆的意見做修訂。另一方面，發出 222 份樣本，完全排除遺漏值，回收有效樣本 197 份，包含高雄縣、市及屏東縣內五所國民小學的三、四年級學生共六班來做測試，整體量表信度的 Alpha = .7074。分量表之分量表—分量表之相關的值介於.412~.470 之間，各分量表—總量表的相關的值介於.777~.809 之間，相當一致，此顯示量表之內部一致性信度可達滿意之程度。

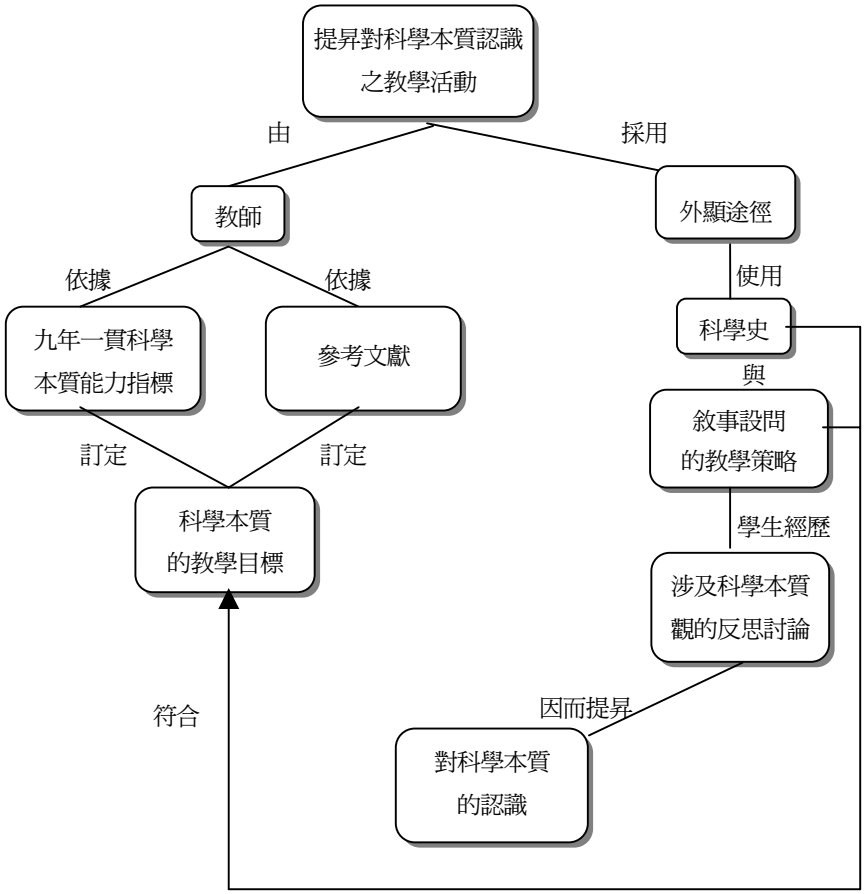

圖 1：提昇對科學本質認識之教學策略

(二)科學本質晤談工具

1.科學本質晤談工具~點頭雞

本晤談工具是研究群所編的科學本質的晤談工具之一。其目的是要透過本晤談工具，來了解學生對科學知識本質、科學探究本質的認識程度。

2.科學本質晤談工具~情境圖

本晤談工具是研究群所編的科學本質的晤談工具，本晤談工具主要在了解學生對科學事業本質的認識程度。

五、資料蒐集

將所得的資料代號加上獲得的時間為特定編碼（表 3）。例如，CR910501 即代表民國 91 年 5 月 1 日所得的上課錄影。

肆、研究結果

一、研究者實施融入科學史教學的教學歷程

(一)籌備（Prepare）

首先，由研究者選出重要的科學概念（選出適合的單元），整理它的歷史脈絡，進行篩選編寫符合科學史的融入教材，包含科學故事、學習單、作業單…等，再設計教學的流程，包含適當的課程安排及融入的時機

表 3：資料分項與代號

資料蒐集方法	資料蒐集項目	代號
上課錄影（錄音）	上課錄影（錄音）	CR
教師的文件資料	教學反省日誌	CrT
	研究日誌	ReT
學生的文件資料	自然日誌	DS
	學習單	LS
	學生問卷	OuS
晤談	與學生晤談（使用科學本質小組所開發的晤談工具：點頭難和情境圖）	InS
	與研究群晤談	InR

等。

1.選出重要的科學概念

在四年級的課程「力」的單元中，其中提到力的種類包含推力、拉力、磁力及地心引力等，前面幾項同學都能明瞭，但是有關“地心引力”時似乎就出現困擾。研究者在教學反省日誌有這樣一段陳述：

在課堂中，瑋瑋同學提及地心引力時，大部份同學都疑惑了。同學似乎對什麼是“地心引力”？它有什麼作用？感到似懂非懂，所以看到大部份同學的表情都是一張張狐疑的臉。

突然靈機一閃，不是可以以力來做科學史融入教學，可以引入牛頓的科學故事來進行教學，一面可以解決學生的困擾，另一面也提昇學生對科學本質的認識。（CrT910314）

在“光合作用”單元，部份學童對於樹木的重量來自雨水而非土壤。他只注意到雨水曾滋潤柳樹，而無從知道植物生長所資的二氧化碳，因此論定植物物質全來自水。研究者一方面想澄清學童的迷思，同時也透過科學史融入教學，提昇學童對科學本質的瞭解，故安排海爾的生平及其著名柳樹實驗的故事；在天文單元部份學童也對於到底是地球繞著太陽轉，抑或是太陽繞著地球轉產生混淆，故研究者才會安排天動說與地動說的科學史料讓學童瞭解。

2.整理歷史脈絡方面

研究者在選定主題之後，便著手尋找相關的資料。一開始似乎遇到了困難，面對眾多資料不知如何下手是好。後來在一次書展中，研究者找到“科學故事叢書”，突然靈機一動。哎！可以從牛頓著手，以完整的牛頓故事來呈現，查閱讀相關文獻中，發現結合「科學史料」與「兒童文學中的科普讀物」進行課程設計，這是一條可行的路。在“光合作用”單元會安排海爾的生平、海爾著名柳樹實驗的故事，研究者以科學家海爾的生平做介紹，同時也把著名的柳樹實驗故事進行充分的揭示。而在天文單元會安排地球形狀說法的演變、天動說與地動說，則是以科學事件為主軸進行充分的揭示，說明其前因後果、來龍去脈，讓學生能充分了解整個科學史的脈絡。在科學史課程中有關科學本質成份的部份，研究者特將其突顯出來成為教學的重點。

3.設計教學的流程方面

(1)課程的安排

研究者不想額外增加學童的課業負擔，特別在現有的課程中以融入科學史的方式來進行教學活動。研究者企圖把牛頓的故事做

完整的呈現，可是面對滿滿四大頁的教材，似乎是說不完。隨後，馬上進行學習單的討論，研究者發現效果似乎不佳，先前所看到的學生的笑容不見了。學生只想趕快把作業完成，原本所設定的教學目的沒有達成。聽故事是每位學生都想要，但是一說要完成作業，學生又哎呀叫。心想不能造成學生過度的負擔，又不能只是學童聽老師講講故事就算了，這實在是一個兩難的情境。

後來，研究者決定將教材再拿出來修訂，後來陸陸續續完成牛頓的科學故事並且訂定教學進度及目標，如表 4。並評估教學時間的分配，後來決定將課程分成六個主題，以分 6 次的方式來進行，每一次上課中挪出十至十五分鐘來進行教學。內容主要以科學史的講授大約 3-5 分，以及 5-10 分的討論時間。如此一來，學校教學進度的限制及學生負擔的問題均可迎刃而解，同時兼顧研究者所欲呈現給學童符合當代的科學本質課程。

(2)融入的時機

融入的時機特別強調在引起學童的學習動機、澄清學童的迷思及補充相關的科學史教材上。如在力的單元在學習之初，以牛頓的生平來引起學童的動機，在提及地心引力概念時，引介出牛頓的萬有引力；在光合作用單元以歷史上著名的柳樹實驗故事來澄清學童的迷思，並且以海爾的生平來當作教學完後的科學史補充資料；在天文的單元，在天體的觀察時，以地球形狀的演變及天動說與地動說的爭議讓學生討論，讓學童瞭解科學史料，同時也澄清了“日昇日落”迷思。

(二)教學（Teach）

用能引起學生能“學習興趣”的方式解釋科學家的工作（說故事法、配合資訊融入、多媒體電腦應用、使用網際網路、使用錄影帶教具、使用社會上教育資源…等）。

1.說科學故事

在教學進度的考量下，因考慮國小的自然科排課通常是每次上課時間為二節課，故直接以現有的自然課時間來進行教學。課堂中學生的反應熱烈，其中靜靜同學是自然科低成就的學生，長期以來不喜歡自然課，但研究者卻在她的自然日誌發現：「我覺得上自然課很好，因為老師有時候都會講故事。」（DS910306），實在是太令人感動了。研究者所想要達到的目的似乎是完成了，在其他同學的自然日誌也可以看到旭旭說：「牛頓發現了地心引力，我很感謝牛頓發現了地心引力，牛頓讓我們大家又知道了大自然的奧秘了。」（DS910318）。同學們除了對牛頓的敬佩外，但也有人有自己的主張，嫣嫣說：「我覺得牛頓很偉大，他能夠發現很多自然科學的作用，只是他的個性我很不喜歡。」（DS910318），雖然學童們對牛頓的看法有所不同，但大體上而言，都滿喜歡這樣的課程。

表 4：牛頓科學故事教學進度及教學目標

	上課內容	上課日期	科學本質教學目標
第一次	牛頓的風箏	91.4.4	實證性
第二次	牛頓的黃金時期	91.4.8	累積性及實證性
第三次	牛頓與哈雷	91.4.12	公開性及科學社群的認同
第四次	第三運動定律與萬有引力	91.4.16	創造性及實證性
第五次	誠實的科學家	91.4.19	STS 及倫理與道德原則
第六次	站在巨人的肩上	91.4.23	累積性及暫時性

2.配合資訊融入

幾次教學後，發現學習效果似乎不錯，但到後來問題又產生了。每一次的課堂均是以牛頓為主題，學童的新鮮感逐漸消失了，於是有了這樣的回應：

博博：喔！老師又是牛頓！（透露出不耐煩的表情）

師：博博怎麼了？

博博：老師可不可以不要再講牛頓了。

師：忍耐一下，我們快把牛頓介紹完了。

（CR910419）

旭旭在自然日誌中也做了真實心情的反映：「我越來越討厭上自然課了，因為都要寫牛頓或討論。」（DS910415），種種現象，讓研究者又開始深思是不是到了又該到調整的時候。

教材及呈現的方式要精華且有趣，讓學生能充分體驗。同時又要兼顧學校教學進度，又要能配合學生興趣及耐性。透過資訊融入的協助，讓教學更有趣且讓學生能獲益良多，在和研究群商量之後，大家都同意這個想法，便著手進行相關資訊輔助教材的開發。但囿於本研究群並沒有足夠的資訊專才，只好想辦法尋找有關專長人員來幫忙。透過教授的幫忙之下，找到資教系的同學，希望藉助他們的專長，可以解決所遭遇到的問題。在連繫多次後，便著手進行，但三、四個禮拜之後，似乎又碰到瓶頸，呈現的效果與研究者所欲達到科學本質目標上有所差距，只好另尋解決之道。

後來，在尋找相關教學資源中，發現的自然學習樂園系列教學光碟可滿足研究者的需求，內容是以先激發小朋友對自然的好奇心與探索心！再結合多媒體互動形式，以生動活潑又不失自然精神的動畫教導學習，輕鬆帶領小朋友體會自然的奧妙。不足之處，便開始尋找各種資料，後來發現網路上相關資源相當豐富，可以作為補充教材。首先，由研究群針對主題蒐集有關的網路中的科學史的資料，經由討論後，決定篩選出有相關且有用的網路資料，並訂定資訊融入的教學進度及所欲達成科學本質教學目標，如表 5。為了確認網路的科學史料可信，再找相關的科學史料書籍作交互比對參照，以確定其可靠性。進行的方式則是以播放多媒體的光碟的方式，讓學生以互動式的方式來參與，並輔以介紹相關的網路資源。後來，再讓學生以親自操作的方式來進行，研究者發現學生的興致很高昂且學習認真，再加上聲光效果，更能提高學生的專注力，進而達到教學的目標。寧寧說：「我喜歡上自然時去電腦教室，因為老師介紹牛頓的一生，我對牛頓更有興趣。」（DS910513）。

3.使用社會上教育資源

科學知識的暫時性，學生不易理解其內涵。在遍尋相關資源後，發現公共電視所推出之節目~自然公園系列中第一集『探索地球』，其中『地球的形狀』及『地球的運行』單元中的相關資料能滿足此一需要。故研究者把此教學錄影帶列入有關的課程，並訂定科學本質的教學目標，並設計在教學活動後，以電腦簡報的教學方式，設計有關的題綱來引起學生討論，期望透過一連串的教學活動來達到預定的教學目標。

(三)討論（Discuss）

在科學史課程中涉及有關科學本質成份的地方，設計適當的教學方式，並讓同學思考並作討論，在關鍵的地方，採用分析「6W」（What, Where, When, Who, Why, How）的方式，經由討論（透過分組討論、全班討論或相互質疑等方式）來做價值澄清，促進學童對科學本質的瞭解，這才是所要達到的教學目標。

1.採用分析「6W」的方式

(1)What

在關鍵的地方，採用 What 的方式，經

表 5：電腦輔助教學進度及科學本質教學目標

	第一次	第二次
上課內容	自然學習樂園系列 （輔助多媒體教學及多元評量）	牛頓相關網站資源 （了解牛頓及其他科學家的生平等相關資源）
上課日期	91.5.6	91.5.13
科學本質教學目標	STS	STS
教學內容	1.改變物體的形狀 2.讓物體動的力量 3.測量力的大小 4.科學小故事 5.小常識介紹 6.連連看、走迷宮、選一選等多元評量的方式。	高師大科教所～天文網～天文學家 http://www.nknu.edu.tw/~gise/sky/index.html 蘋果樹下的巨人～牛頓 http://itied.ied.edu.hk/workteam/maths 科學小芽子～科學大觀園～科學名人堂 http://www.bud.org.tw/sci_star.htm 科學名人館 http://kks.hkcampus.net/~kks-kg/eshome/scivote/scientist.htm 牛頓與哈雷 http://content.edu.tw/junior/earth/tp_tm/new/item0602/halleysay.htm 牛頓的生平 http://www.tacocity.com.tw/ghsghs/newton1.htm 自然與科學種籽（張再興老師的個人網站） http://teacher.ccjh.tp.edu.tw/t289/

由討論來思考相關的科學概念，以力的單元為例。

情境：在牛頓單元第四集「牛頓三大運動定律與萬有引力」中，師生討論：小朋友！用你的話寫出你所知道的「力」或「地心引力」。

寧寧說：…地球與物品的相吸的力量，因為他給下一代的子孫知道為何東西不會往上飛，而會往下掉。（DS910318）

(2)Where

在關鍵的地方，採用 Where 的方式，讓同學思考並作討論，透過師生間的討論來讓學童指出以前人說法不合理的地方。

情境：在地球的形狀單元中，師生討論：想一想，為什麼古文明世界的思想主流“天是圓的，地是方的”是不對的在那裡？

茹茹：他們沒有實際去看，也沒有實際去做實驗，他們只是用想的，用想的本來就不一定是對的。（CR910926）

(3)When

在關鍵的地方以問「When?」的方式進行教學，讓師生共同來探討哥白尼的“地動說”合理的解釋了天體運行的現象，是等到何時才被大家接受呢？讓同學充分的討論，集合多大部分的看法，而得到了共識。

情境：進行問題討論“地球是圓的”的這種觀念是何時才慢慢的被人們所接受？

任任：哥倫布，真的去航海。

瑋瑋：還有人看月亮月蝕的圓缺。

萍萍：麥哲倫他們有坐船去遶一圈。麥哲倫去坐船。他們走了好幾年又回到原來的地方，這可以證明地球是圓的。

男男：很多人的努力證明，大家才慢慢接受。（CR910926，「地球的形狀」單元）

(4)Why

在關鍵的地方以問「Why?」的方式進行教學，讓學生經歷討論，思考所問題的關鍵所在。

情境：在地球的運行單元中，師生討論：哥白尼的“地動說”合理的解釋了天體運行的現象，但是為何等到了 300 多年後，才被大家接受呢？社會會對科學產生影響嗎？

源源：會，因為教會有的勢力比較大，他就會壓制那些反抗他的人。所以，科學就會受影響。（CR911003）

情境：在「牛頓的三大運動定律與萬有引力」單元中，研究者與學生討論學習單“萬有引力的概念早就有人發現並且提出來了，但為什麼後來為什麼大家都以為牛頓才是提出萬有引力的人？”

祖祖：是因為牛頓有好的解釋。

婷婷：因為牛頓他提出的萬有引力有用數學來解釋。

（CR910416，「三大運動定律與萬有引力」單元）

(5)Who

在關鍵的地方以問「Who?」的方式進行教學，以下例子是師生間透過討論讓學童指出對象，並思考其背後所代表的意義。

情境：在年頓單元中第七集“站在巨人肩上”，師生討論：牛頓曾有句名言：「若是我比別人更有遠見，祇因我站在巨人的肩上。」，你認為牛頓的巨人是誰？牛頓的話給你什麼想法？

生：刻卜勒和伽利略，和他的老師貝若教授。

霖霖：可以讓科學更好！

霖霖：他們站在巨人的肩上，可以增加他們的科學知識。

男男：他超越別人，他是站在別人的基礎上超越別人。

宜宜：如果想要成功，你也要很多人的幫助。

佑佑：牛頓的成功是有人幫助他。

祖祖：別人的結果，可是那一個科學家的實驗結果不是很理想，所以他把它調整一下。

（CR910423，「站在巨人肩上」單元）

由學生上完課的自然日誌，更可以清楚看到這一點。翎翎說：「牛頓的成就很偉大，他覺得自己的朋友刻卜勒和伽利略是他們的巨人，牛頓就好像站在他們兩個人的肩上，所以我們要努力讀書才可以和牛頓一樣這麼厲害。」（DS910423）。她除了體會到科學的知識經由時間累積而來，而且是許多人共同努力的成果的意義外，更以此來自許，跟牛頓來看齊，真是令人感動。科學史的融入教學除了瞭解科學家科學上的成就之外，另外同時提供學生機會教育，學習科學家們的做人處事或做學問的態度，達到品德及生活教育上的潛移默化的作用，這是研究者所料想不到另一個功用。

(6)How

在關鍵的地方以問「How?」的方式進行教學，讓學生經歷討論，要學童設身處地來想，如果你遇到，你會怎麼做？

情境：今天上自然科，發現只有你一人的實驗結果與課本所說不同且與所有的同學所做的實驗結果不同，你會不會改你的實驗報告？說明你的理由！

寧寧：不會。因為它是我自己的實驗。

師：可是你的跟人家的不一樣啊？

寧寧：（想很久狀）。還是不會。

男男：不一定，真的不對，再改。啊如果沒

有真的不對，還是不改、還是不改。
（CR910419，「誠實的科學家」單元）

2.討論的方式

(1)分組討論

在一次研究群會議有一段對話：

張生（研究群的成員）：NOS 屬於理解的層面，可以嚐試以討論的方式來呈現比較好！

全體研究生：同意！（InR910313）

研究日誌也提到：「伙伴說的很有道理，理解層面的提昇是重要的，以討論的方式來呈現也是好方式，可以應用在往後的教學活動中。」（ReT910313）。

「討論」是引導學生的思考及澄清學生的觀念相當有效的方式，班級教學時，因為受限每節上課時間，故不能讓每位學生都能暢所欲言，故「分組討論」就是很好的方式。透過小組之前的討論，增加每個人發言的機會，取得共識後再進行全班討論更能事半功倍的功效。在學生的學習過程中以「分組討論」的方式，彼此分享彼此的看法，再加上採分組競賽的方式來進行，更能提昇學生的發言意願。

剛開始學生尚無法進入狀況，故有下列情事發生。侑侑同學在自然日誌寫到：「今天我們上自然課的時候，老師叫我們討論，結果第五組的女生都不討論，害我們輸了。實驗也失敗了。」（DS910223）。雖然說這是一次失敗的經驗，顯然他們已經知道問題所在。研究者希望能透過故事進行將所要呈現符合科學本質的內涵給學生感受，並且讓學生有腦力激盪的機會，透過大家的討論，進而取得共識。

情境：在「地球的形狀」單元中，師生進行討論“地球的形狀，需不需其他很多位科學家一起來證明？分組討論後，再上台來報告。

瑋瑋（第二組）：需要。因為其他的可當做參考。

任任（第四組）：需要。因為這樣子大家就可以一起研究。

名名（第三組）：需要。因為一個人做出來的實驗不可會讓別人相信（搞不好人家不相信），所以需要很多人來證明。

師：有沒有其他組有不同的意見？

生：沒有。（全體齊聲）

師：還有如果你的實驗結果，只有你能做出來，別人並不能做出來，那算是正確的嗎？

祖祖（第五組）：不一定。因為有可能在材料在方面做錯了，或者是方法跟人家不一樣。

師：對，那大家認為第五組的對不對？

生（全體）：同意，有可能會對，有可能不對，要看他實驗過程有沒有錯（齊聲）。
（CR910926，「地球的形狀」單元）

(2)相互質疑

研究者在教學反省日誌提及：「課本的可以相信？老師的話一定是對的？科學家的實驗一定正確？海爾的柳樹實驗的科學故事，要我們保持懷批判的態度。一次實驗可以嗎？二次實驗可以？要重覆的做實驗找出不合理的地方，逐漸修正才行。培養孩子批判懷疑的精神，而不是死讀書。」（CrT910604）。所以在教學過程，研究者試圖讓學生嚐試從臆測到建立假設，再進一步透過實驗來驗證假設，光是想像和想像和臆測並不可靠。在「光合作用」的單元中柳樹實驗的故事中可以來做說明。在「光合作用」的單元中柳樹實驗的故事中學習單的討論“小朋友！古代的希臘哲學家泰利斯主張一切物質都是水組成的是怎麼來？你認為這樣的想法可不可靠？？”絕大多數同學在學習單都說：「不可靠，有些東西不只是水就可以存活下來的，而且他沒有實際去做實驗。」（LS910605）；華華同學也說：「不可靠，因為

你要證明出來。」(LS910605)；男男同學使用反問法說：「不可靠。如果我說怎樣就怎樣，你信嗎？」(LS910605)。偉偉更提出反證：「不是，不可靠。石頭就不是水組成的。」(LS910605)。

「同學間相互質疑、提問」的方式，進一步來讓學生思考及澄清彼此的看法，進一步得到合理、大家都可以接受的結果。這不也是一個小小的科學社群縮影嗎？同學所經歷的相互質疑、提問的過程，與科學所經歷科學社群的質疑、批判而最後得到大家都能接受的結果的歷程相似。

情境（實作)：把二把綁緊的透明尺中間各貼一小張貼紙，使縫隙增加一些，插入紅墨水中，觀察水上升的情形。我們五組小朋友依序做一張、三張及五張。結果卻發現了有四組同學做出來是一張的水痕最低，再來是三張，最高是五張。而且只有一組的結果是跟其他組不一樣的。各組之間吵成一片，二邊的意見僵持不下。

瑩瑩：老師我們四組的結果和探索的不一樣，只有一組和它一樣，要相信誰的？

師：想一想，大部份人的結果一定對嗎？或者是只有一組的結果一定錯嗎？同學想一想！（研究者並沒有直接告訴學生答案。）

生：不一定。那怎麼知道誰對？誰錯？

師：同學們想一想。有沒有人有好提議？

男男：搞不好我們實驗錯了，回頭來看看我們的實驗步驟那裡搞錯了。

偉偉：老師，我知道了，我們在做完第一次的實驗的尺上的水痕沒有擦乾。

師：同學覺得怎麼樣？

生：好！（全體齊聲）

師：那我們改進一下，再做一次。(CR910507)

這是一次寶貴的經驗，恰好遇到所做的實驗結果與書本上所提的概念不一樣的機會，研究者教學反省日誌寫道：「我並沒有要學生放棄自己的想法，一味相信課本是對的。我要學生保持懷疑的態度，逐步檢視整個過程，重新找出問題的所在。」(CrT910507)。研究者並沒有直接給學生答案對或錯。反而是提供同學相互思考、質疑的機會，重新來檢視實驗，終於得到圓滿的結果。培養學童科學批判懷疑的精神，是非常重要的課題。

利用分組競賽的方式，鼓勵同學充分分工合作，除了共同學習之外，還要能一起討論（得到該組的共識)、一起工作（做實驗)、各組之間相互批判、質疑，得到大家都能接受的共識。

(四)評量（Assessment）

研究者充分利用分組討論、全班討論、上台發表、學習單、作業單、檔案評量、上網或圖書館找資料…等多元的評量方式，鼓勵同學充分分工合作，上台發表分享，再來由學生自評、同學互評及老師給建議的方式來方式。以檔案評量為例做說明：

檔案評量是讓學童透過長時間，有目的、有系統搜集與彙整而成一份檔案，記錄學生的成長歷程與學習結果，透過省思、合作、討論與分享，使學生成為獨立自主的學習者。

1.**教學情境**：在教學完後，進行檔案評量，請同學分組做某一科學家（或某一科學事件）的專題報告。

2.**教學流程**：

(1)老師下任務：各位同學！這個學期來，老師已經講了好幾位科學家的故事，如克卜勒、牛頓、哈雷、海爾、哥白尼、哥倫布…等等，也介紹了天動說說和地動說，柳樹的實驗故事…等科學事件。其中你最欣賞那一位科學家（或事件）？為什麼？？

(2)分組執行：請你們先分組，再討論一下，研究的對象（或事件）？來好好來閱讀，把科學家的生平及成就（或科學事件）做詳細的介紹。（上網、圖書館找資料及請教家長或老師）

(3)師生共同討論：他讓你們組最欣賞的是…？（或說出你們組選他的理由！），再上台向所有的同學發表、分享你們的研究成果。

結果發現同學的報告十分精采，介紹了愛因斯坦、拉瓦節及燃素說、居禮夫人、李遠哲博士…等等科學家及科學事件，而台下的同學反應也很熱烈。

二、實施科學史融入教學對學生科學本質觀的影響

以下針對教學活動，將教學中呈現符合科學本質的情形，以多元的質性資料加以分析。

(一)累積性

NAEP（1989）提及現代的科學理論是以過去的理論作基礎而得來的，現代的科學理論是由社會、政治、方法、技術等方面日新月異的進步而取代過去的理論。科學知識的形成是科學家經過長時間的努力累積而成，非一朝一夕或一蹴可幾的。所以在教學上，研究者透過科學史的融入課程更適合讓學生體驗出，科學之所以有今天的成就，完全是許許多多科學家前仆後繼的努力所致。

情境：在「站在巨人肩上」單元中學習單的問題討論：牛頓曾有句名言：「若是我比別人更有遠見，祇因我站在巨人的肩上。」，你認為牛頓的巨人是誰？牛頓的話給你什麼想法？

生：刻卜勒和略利略。（大家齊聲）

霖霖：可以讓科學更好！

師：怎樣讓科學更好？

霖霖：他們站在巨人的肩上，可以增加他們的科學知識。

師：可是我們沒有真正的巨人？他的意思是什麼？

男男：他超越別人，他是站在別人的基礎上超越別人。

宜宜：如果想要成功，你也要很多人的幫助。（CR910423）

(二)暫時性

儘管科學的知識是經久的，但它有暫時性的特性（McComas, Clough & Almazroa, 1998）。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，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。因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(Collette & Chiapetta, 1994）。因此教師在教學時，不應視科學知識為唯一的真理，要孩子以記憶的方式來學習。反而是要以引導的角色，讓學生多思考、多探索，如同科學家在探究知識的過程中去假設，透過不斷的思考、探討去驗證修正自己的想法，故這正是科學知識具有暫時的特性。在教學過程中，老師應不堅持標準唯一的答案，學生才有可能在沒有權威的環境中，發揮想像力，擁有自己的想法。

情境：在「站在巨人肩上」的單元，師生討論：你認為愛因斯坦的理論會不會被修正？“科學知識是可以改變的”你贊不贊同這一種說法？說明你的理由！

瑩瑩：會，因為我們沒有知道科學的全部啊！還有很多知識要我們去探索。

寧寧：會被改變，科學家做實驗也許會有小小的錯誤，有人會做更準確的實驗來

做修正。

偉偉：愛因斯坦的理論也會慢慢被修正，愛因斯坦的科學只是科學中的一部份，還有很多科學沒有被研發和找出來的。

男男：會，因為那個時代已經是以前，時間已經過了。所以科學還有很多沒被發現，那個科學是沒有止盡的。

（CR910423）

學生在這樣討論過程中，很自然就會去思考「科學知識具有暫時性」的議題，學生瞭解科學知識在被大眾接受前要經過不斷的驗證，所以科學知識也具有相當的持久性。

(三)可複製性

科學知識受到證據的支持，可以一再重複的被驗證，在不同的時空條件下，進行相同的實驗，大部份的科學知識具有某種程度的持久性，並非很容易的就被推翻掉（翁秀玉, 1997）。在柳樹實驗的故事，可以看到同學對科學知識需要實驗一再重複做出來，都頗能體會。其中提到「科學知識，需要實驗一再的重複做出來嗎？說出你的理由！」，偉偉：「要，實驗越多次的結果均相同，實驗結果才是正確。」（LS910605）；瑩瑩：「需要，假如我們做了一個和科學家一樣的實驗，發現有一點不一樣，可能就可以糾正一個科學家。」（LS910605）。

科學知識是經過反覆的驗證，如此一來才能越接近正確及真理。而瑩瑩的志氣更高，她認為如果我們多做幾次，甚至可以去糾正科學家的實驗，更是令人驚豔。而在「地球的形狀」單元中，也有類似的情境：

情境：師生進行討論：“地球的形狀”需不需其他很多位科學家一起來證明？

名名：因為一個人做出來的實驗不可能會讓別人相信，搞不好人家不相信，所以需要很多人來證明。（CR910926）

萍萍：需要，找多一點人，有很多人的印證實驗正不正確。（OuS910926）

不過也有少數的同學堅持自己的看法。哲哲：「不需要其他很多位科學家一起來證明，因為很多人會意見不合。如果只有你能做出來，別人並不做出來，不一定是正確，因為可能很多因素會造成失敗。」（OuS910926），但深究其內涵，他還是強調要注意影響實驗成功的變因。

(四)創造性

科學知識的形成不單單是依靠經驗性而已，也需人類智力的創造。科學家依賴高度的想像力，大學學過有機化學課程，很多人都聽過苯環的結構是在夢中浮現的故事（Collette & Chiapetta, 1994）。『創造力』對國小學童來說，似乎是不太能理解。相關的教材也不易尋獲。

情境：你認為科學知識的產生需不需要創造力，你的理由！（老師說明：所謂創造力如同一位詩人在寫詩或一位作曲家在寫曲子……等等一般。）

瑋瑋：這樣才至少可以知道它可能是長怎樣。啊，如果沒有創造力？就什麼都不知道，就沒有東西創造出來了。

任任：因為這樣才能研究出更好的物品，有創造力才能研究出更好的物品。

（CR910926）

(五)公開性

翁秀玉（1997）提到對科學本質的看法“科學的研究成果必須公開接受，以供其他科學家或後人可以複製研究及批判討論”。所以科學家必須正確地發表他們所觀察到的科學現象，科學知識必須公開的發表。教師也可以透過科學發展史中的實例，讓學生去體驗，科學知識是需要被公開發表及討論的。

情境：在「牛頓與哈雷」單元，師生討論：牛頓早已寫下書來，如果假如當時他沒有聽哈雷的話，不去

發表他的書，你認為會不會有牛頓三大運動定律及萬有引力定律？說明你的理由！

博博：不會，因為他沒發表出來，所以大家都不知道。

偉偉：因為牛頓不發表，大家就不知道有牛頓三大運動定律和萬有引力定律。

萍萍：這樣子就沒有牛頓做的書啊！他沒有把它發出去啊！（CR910412）

情境：在做點頭雞的晤談，研究者提問：當你瞭解公雞點頭的原因後，需不需要公開而且清楚的告訴其他同學？

翔翔：需要，因為讓要別人了解。如果不講出來，如果你以後死了，人家還重新做實驗。

瑋瑋：需要，這樣大家才會知道，如果你不講，這樣人家就不知道了。（InS911016）

同學明瞭如果沒有把科學知識公開，人家也就不知道，那也就不承認這個科學知識，這個科學知識也就不存在了。

(六)實證性

科學的起源是來自仔細、用心的觀察，科學知識必須經觀察或實驗的確認方為有效（NAEP, 1989）。科學本質能力指標就明確指出要學生達到認真仔細的觀察。研究者平常除了在課堂上實驗課的進行，培養學童的認真努力的觀察及做實驗外，也希望透過以下的科學史情境的呈現，提供分組討論及價值判斷的機會。

情境：在「牛頓的風箏」單元，研究者與學生學習單討論：“小朋友動動腦想一想，牛頓的風箏為什麼飛那麼高又那麼快？”

博博：因為他有認真的觀察、研究。（OuS910402）

儀儀在自然日誌說：「…做事都要像牛頓一樣仔細的研究。」（DS910403），他更是以牛頓為榜樣，這樣的結果是令人欣喜。轍轍說：「我覺得大自然中很多小角落，我們都沒有發現，可是只要仔細觀察就有得知。」（DS910403）；謙謙：「只要認真做實驗就可以知道答案」（DS910418），他們對科學故事的體認很深刻，認為在做研究也應如此。而嫣嫣也寫到：「以前我總覺自然課不好，可是上了四年級後，我們常常做實驗，當實驗成功的時候，我就想原本大自然還藏著許多奇妙的東西。可是當實驗不成功的時候，我總要去查出原因才行呢！」（DS910223）。她認為可以透過實驗的進行了解大自然的奧秘，但是一旦實驗不成功的時候，總要查出原因才好。

在「地球的形狀」的單元中，也可看到類似的情境：

情境：師生進行討論：想一想，為什麼古文明世界的思想主流“天是圓的，地是方的”是不對的？

茹茹：他們沒有實際去看，也沒有實際去做實驗，他們只是用想的，用想的本來就不一定是對的。（CR910926）

學童明瞭古文明的思想是不一定是對的，是因為這是出自於古人的想像，沒有經過觀察和證實。一連串的教學後，學童發現“觀察和實驗是科學知識的基礎根據”，如果沒有經過觀察或證實的知識大都不可靠，故做研究時應該是仔細且用心的。

(七)觀察是理論蘊涵

科學知識是無法絕對客觀的，只能儘量避免偏見與誤差（Collette & Chiapetta, 1994）。

情境：操作科學遊戲，老師問學生：“若老師雙手緊握飲料空瓶，請學生預測可能發生的現象”，緊接問小朋友，為什麼其他人的想法與你不同呢？

男男：不會啊，因為每個人都會有自己的想

法。

瑋瑋：不一定，因為有人的看法是那樣，有人的看法是另外一種。

偉偉：可能會不一樣，因為有些人的預測不一樣。有些人的想法會不一樣，是因為存在每一個人腦袋的想法會不一樣。（InS911016）

他們同意有些人的預測是不一樣，是因為存在每一個人腦袋的想法會不一樣，所以要尊重每個人不同的想法。這與九年一貫課程所欲培養學童的尊重他人、關懷社會、增進團隊合作的能力相符合。

(八)科學方法的多元化

Collette 和 Chiapetta（1994）認為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。所以從事科學沒有固定一個方法存在（McComas, Clough & Almazroa, 1998）。因科學方法是多元化的，只要是可以解決研究問題就是好的方法，並沒有所謂一成不變的科學方法。教師宜多採用多元的教學方式，鼓勵學生交換彼此的想法，也要容許學生有不同想法和不同的解決問題的方式，不管這些方式是否有效或是否成熟。能如此學生也比較能接納別人的想法，而不會只一味的相信課本的方式是最好的或只是一味的以為自己的方法才對。

情境：在做點頭雞的晤談時，研究者提及：若不做「雙手迅速來回摩擦二十次」，還有什麼方法也可以使雞頭點頭？

師：點頭雞只能用一種方法，用手這樣弄嗎？

翔翔：沒有，它還有很多方法，用吹風機把瓶子吹熱。

瑋瑋：用打火機放在下面，中間放石棉心網用燒的。

玲玲：用熱水，把它泡在熱水裡面。

琦琦：把熱毛巾先泡在熱水，再把它包在瓶子上面。

師：同學的想法都好棒喔！好你們說的都不錯，我們可以來試試。（InS911023）

學童的提出的方法，雖然說有些是不成熟甚或是可能做不到的，但是他們的想像力豐富是出乎意料之外。教師不應以權威的角色，一下子斷然決定對錯，反而是要鼓勵孩子勇敢說出自己的想法，也唯有學生有自己的看法，他們才能逐步的意會科學方法其實是多元化的。

(九)倫理與道德原則

AAAS 於 1989 年於「全美人民的科學」（Science for all Americans）一書中提到從事科學必須考慮倫理的原則。以條文傳授方式絕非是明智的方法，最好是讓學童在自然的情況去體驗從事科學研究中倫理及道德原則的重要，這樣學童的印象會更深刻，也才能身體力行。研究者嚐試在「誠實的科學家」單元中有設計二個問題讓學生來探討，同學對於誠實的原則特別表示贊同，幾乎是全班都同意如此的說法！他們認為從事科學活動也應如此。

情境：如果你是一位科學家你覺得誠實重不重要？說明你的理由！

仁仁：重要，因為他如果是騙人，大家都不聽他的話。

男男：如果成為一位科學家，給人家騙來騙去（台語），大家都不信他了。

媽媽：如果牛頓不誠實的話，那他寫的書就沒有人要相信了。（CR910419）

緊接著又以今天課堂所發生的事件為例。

情境：老師提及：今天上自然科，第四組的實驗結果跟我們不一樣，如果是你會不會改你的報告？

寧寧：不會，因為它是我自己的實驗。

師：可是你的跟人家的不一樣啊？

寧寧：（想很久狀）還是不會。

男男：不一定，真的不對，再改。如果沒有真的不對，還是不改。（CR910419）

以流行的社會議題“缺水”找了同學來晤談，也可以看到同學對節約資源及愛護環境之情。

情境：在進行情境圖的晤談，研究者問：你覺得科學家在從事科學工作時，要考慮哪些事情呢？

男男：安全，還有製作出來的東西，還要注意不要污染環境。

源源：要做一些不會污染到我們環境的科學，不然做能降低污染環境的科學物品。

瑩瑩：看發明出來的東西看對人體有沒有幫助。（InS911009）

在男男的自然日誌中發現令人感動的事：「這個光合作用的實驗可以讓我們知道綠色植物是吸收二氧化碳，吐出氧氣，人類是吸收氧氣，吐出二氧化碳，一直重覆，所以希望大家不要亂砍樹木，不然以後就沒有氧氣了。」（DS910615），學習自然科學，除了強調知識的探索，愛護自然的心更是重要。

(十)科學家的身份

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（AAAS, 1989）。研究者發現相關教材很少，故以研究群所開發出以情境圖的議題來做為晤談的工具，對學生來做深入探討。

情境：在做情境圖的晤談時，老師問及：科學家也會面臨缺水的困境嗎？為什麼？

瑋瑋：會。因為大家不好好珍惜，大家就會沒得用，科學家也會沒得用。

祖祖：會。因為我們人體裡面大部份都是水製成，所以每一個部份都要有水。所以一般的科學家也會面臨缺水的困境，因為大部份的人都會這樣子，科學家也不會例外。

翔翔：因為大家都沒有水喝，科學家的身分和一般老百姓如果遇到像缺水，大家一樣。（InS911009）

(十一)科學社群的重要性

科學家必須做正確的記錄，以及接受同行的評論和重新實驗的考驗（McComas & Olson, 1998）。因科學知識具有「實證性」和「可複製性」的特質，在公開的發表過程及其他科學家的評論及重新實驗後，科學知識才可以被認可，也才會被大眾接受。在「牛頓與哈雷」單元，師生的討論可以看到學生對科學社群認同的體會。

情境：師生的討論：《原理》一書出版後，如果大家都看不懂且不認同，會有牛頓三大運動定律及萬有引力定律嗎？說明你的理由！

偉偉：因為大家看不懂就不知道了那個裡面的內容是什麼，如果大家都看不懂的話必需要有人講解。

博博：因為沒有解釋，啊人家不想要看也不想要記。

瑩瑩：會，也許後來的科學家可以幫忙牛頓解釋。（CR910412）

而婷婷也寫道：「這個故事就是告訴我們，雖然家裡不好過，只有信心向上總有成功的一天。就像是牛頓一樣，你看他這麼用心的發明東西，雖然都不曾被接受，可是他依然不灰心，終於被接受了，所以他的發明終於成功了。」（DS910413）。她認為不管如何，總要經過一番努力之後，得到大家的認同才算是成功。

(十二)STS

翁秀玉（1997）對科學本質的看法是科學與社會是息息相關的，科學知識與技能應用於社會、生活中將為人類帶來莫大的益處。教師在教學時，也以科學史的教材讓學

生來探討，也可以利用課堂所遭遇的狀況來實施機會教育。

情境：在「誠實的科學家」單元中提及：科學家在工作時會不會受到社會上的影響？會不會？

婷婷：因為他如果不理會社會上的影響，就沒辦法知道他應該發明什麼東西，如果科學家不理會社會的影響的話，因為這樣子會對世界有害。

師：社會上的人會不會影響科學家的工作？

偉偉：會。可能會，如果科學家喜歡獨自在實驗室做實驗，那外面的人在那邊吵吵鬧鬧，使他無法思考。譬如說，很多人罵牛頓，對牛頓有影響。（CR910419）

情境：「地球的運行」單元，討論：哥白尼的“地動說”合理的解釋了天體運行的現象，但是為何等到了300多年後，才被大家接受呢？

男男：因為當時提出天動說的人（教會）勢力大，所以人家相信他。可是後來有更多人證明地動說才是正確的，慢慢才有人相信哥白尼。

源源：會，因為有的勢力比較大，他就會壓制那些反抗他的人。所以，科學就會受影響。（CR911003）

情境：做情境圖的晤談，研究者問：科學發達，科技進步，那社會是不是也會進步呢？

源源：會，因為如果他研究出比較好的科學物品，我們的社會也會跟著進步。

瑋瑋：會，因為他發展的東西可以應用到社會上。

瑩瑩：會吧，像愛迪生發明電燈，大家晚上就可以行動。

師：一定都會有好處嗎？

祖祖：不一定，像工廠幫我們生產東西，就排放污、廢水。（InS911009）

學生大致認為社會上種種會影響科學的研究，如社會上其他人的看法或宗教信仰…等。而科學研究雖然會帶來社會的進步力量如帶來人們生活的便利，但相同道理，也會帶來社會上的破壞，如生活環境的污染…等。是故科學、技學與社會之間其實是交互影響。

三、量化資料分析

研究者以國小學童科學本質問卷施測所得之分數，作為學童對科學本質瞭解之指標，因此實驗組與對照組於教學前後皆以科學本質問卷分別施測，並以學生在問卷所得分數之前後差異，視為學生對科學本質理解之改變情形，進行分析、討論及比較實驗組與對照組的學生對科學本質理解是否存在差異。

(一)實驗組與對照組學童瞭解科學本質之比較

以學生在國小學童科學本質問卷及其各分量表之前測做共變數，以後測的得分為依變數，以調整未經實驗處理前，實驗組與對照組學生既有的差異，並進行共變數分析。由表 6 共變數分析的結果發現，經實驗處理後，實驗組與對照組除了在科學事業的分量表（p = .303）未達顯著差異外，在科學知識的分量表（p = .044）及在科學探究的分量表（p = .003）及整份總量表（p = .016）皆達顯著差異，可見學生對科學本質瞭解會受到融入科學史教學模式的影響。

(二)實驗組學童瞭解科學本質量表的資料之分析

由表 7 可知，學生經實驗後，在科學知識本質之分量表（p = .036），所以達顯著差異；在科學探究本質之分量表（p = .038），所以達顯著差異；但在科學事業本質之分量表（p = .199），由於 p 值 > .05，所以未達顯著差異。但以整體科學本質總量表（p

表 6：實驗組與對照組學生在國小學童科學本質量表之共變數分析摘要表

來源	平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
依變數：後知識					
對比（組間）	48.917	1	48.288	4.246	.044*
誤差（組內）	680.955	59	11.608		
依變數：後探究					
對比（組間）	102.358	1	102.358	9.925	.003*
誤差（組內）	608.486	59	10.313		
依變數：後事業					
對比（組間）	12.153	1	12.153	1.080	.303
誤差（組內）	663.613	59	11.248		
依變數：後測總表					
對比（組間）	391.748	1	391.748	6.098	.016*
誤差（組內）	3790.423	59	64.244		

*$p < .05$

表 7：實驗組學童於教學前後科學本質觀之差異檢定

學童科學本質觀	前測		後測			
	M	SD	M	SD	T	*p*
一、科學知識的本質	31.93	3.03	33.38	2.45	2.198	.036*
二、科學探究的本質	31.58	2.77	32.90	3.50	2.166	.038*
三、科學事業的本質	31.38	3.90	32.25	3.75	1.313	.199
量表總分	94.90	7.97	98.54	7.59	2.562	.016*

*$p < .05$

= .016），所以達顯著差異。由此可知融入科學史的教學模式對學生對科學本質觀之影響達顯著水準，且各分量表及總量表的後測平均數均高於前測平均數，顯見融入科學史教學模式有助於提昇學生對科學本質之理解。

(三)對照組學童瞭解科學本質量表的資料之分析

由表 8 可知，經一般教學後，對照組學童在各分量表及整體科學本質總量表前後測考驗 *p* 值皆大於.05。由此可知，實施一般教學之對照組學童對瞭解科學本質之影響未達顯著水準，且各分量表及總量表的後測平均數均與前測平均數差不多。由上述平均數 t 檢定的結果可知，對照組的學童在教學前後，學生對瞭解科學本質並無顯著改變，符合預期的研究結果。

伍、結論與建議

一、結論

(一)研究者實施融入科學史教學可行模式

融入科學史於教材時，不是要把複雜的史料加入課本中，而是經過規劃，考慮教學目標、學生程度、上課時數，在國內還要特

表 8：對照組學童於教學前後科學本質觀之差異檢定

學童科學本質觀	前測		後測			
	M	SD	M	SD	T	*p*
一、科學知識的本質	31.03	3.32	31.58	4.09	.564	.577
二、科學探究的本質	31.93	3.69	30.45	3.24	-1.951	.060
三、科學事業的本質	30.93	4.34	31.25	3.18	.342	.735
量表總分	93.90	9.80	93.29	8.74	-.270	.789

*$p < .05$

別兼顧考試的壓力（洪振方, 1998），所以實行起來並不容易。處理時要注意在教材的選擇，而編寫方面則應該要設法去蕪存菁一番，儘量以精華呈現，另一方面又不能偏離了史實。科學史融入教學的方式非常多樣，不管選擇使用的方式為何，最重要的是能針對不同主題單元（概念），選定合宜及活潑生動的教學方式，如說故事、實施電腦輔助教學、善用教學媒體及社會資源等，可以提高學童的學習興趣，同時又可以讓學生能充分參與。在教學中可融入科學史，讓學生瞭解科學發現之過程，體會科學本質的精神，進而增進對科學本質觀的理解，從而達到有意義的學習、培養做決定的能力或解決問題的能力。

綜合以上經驗，研究者將自身從研究的籌備期、教學期、討論期到評量期所得，建立一個融入科學史教學的可行模式，如表 9。

(二)實施科學史融入教學對學生科學本質觀的影響

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，鮮少以國小學童為對象的工具。本研究以邱明富和高慧蓮（2004）所編製的國小科學本質量表及晤談工具，結果顯示，學生經教學後，在科學知識本質之分量表（$p = .036$）及科學探究本質之分量表（$p = .038$），皆達顯著差異；但在科學事業本質之分量表（$p = .199$），未達顯著差異，但以整體科學本質總量表（$p = .016$），則達到顯著差異。由此可知融入科學史的教學對學生對科學本質觀之影響達顯著水準，顯見融入科學史教學模式有助於提昇學生對科學本質之理解。

對國小四年級學童而言，「國小學童科學本質問卷」，尤其在「科學事業本質的分量表」方面未達顯著差異，可能對於國小四年級學童而言，尤其在「科學事業本質的分量表」有可能不夠具體，且陳義過高，難度也大，學童無法體會真正了解有關科學事業本質的內涵所在，故建議後續研究者應在國小學童科學本質問卷開發，尤其是「科學事業本質的分量表」方面需要更加以深入研究。

二、建議

(一)在課程與教學上的建議

1.教科書中應增加科學本質及科學史的內容

最近的研究顯示，目前的中小學生及教師對科學本質的觀念之了解，並沒有跟得上時代的潮流，仍停留在傳統的邏輯實證主義的觀點上而且其科學本質的觀念是破碎、不完整的（丁嘉琦, 1999; 林陳涌, 1996; Lederman & Zeidler, 1987），此種發展是令人憂心的。現行國民小學自然科教學指引及課程標準中有提及部份科學本質的內涵，但是學生的教科書卻幾乎沒有介紹科學本質的文字敘述（翁秀玉, 1997），而且研究群也發現各家版

表 9：融入科學史教學可行模式（The PT-DA Model）

步驟	策 略
籌備（Prepare）	■ 選出重要的科學概念（選出適合的單元） ■ 整理它的歷史脈絡 ■ 進行篩選編寫符合科學史的融入教材（包含科學故事、學習單、作業單…等） ■ 設計教學的流程（包含課程安排、融入的時機）
教學（Teach）	■ 用能引起學生能“學習興趣”的方式解釋科學家的工作（說故事法、配合資訊融入、多媒體電腦應用、使用網際網路、使用錄影帶教具、使用社會上教育資源…等）。
討論（Discuss）	■ 在關鍵的地方，採用分析「6W」（What, Where, When, Who, Why, How）的方式。 ■ 經由討論的方式（透過分組討論、全班討論或相互質疑等方式）來做價值澄清。
評量（Assessment）	■ 多元評量（分組討論、全班討論、上台發表、學習單、作業單、檔案評量、上網或圖書館找資料…等）

本的教科書很少有提及相關的科學史，建議書商應在教科書中增加科學本質及科學史的內容。

2.應由教育機關主導建立相關科學史教材的資源庫

侯志祥和許良榮（2000）以自編「國小自然教師引用科學史教學態度量表」對 43 位現職教師做調查，研究顯示科學史教學相關配套資源嚴重不足，尚有賴於教育機關與教師共同投入發展與研究。研究群在從事課程開發也深刻發覺科學史的尋找或編寫相當耗時耗力，急需團隊的力量才能完成。此一缺憾待教育機關及教材開發業者能致力於整合開發相關的資源，才能提供第一線教師充裕的教學資源。

(二)對未來研究上的建議

1.加強納入科學本質觀的面向

查閱有關的國際標準文件及相關的文獻中發現，有關科學本質的敘述均屬於信念的成分，然而九年一貫課程中所列舉的科學本質是屬於一種能力。因此本研究所訂定的國小學童科學本質教學目標是融合科學本質的能力指標和綜合文獻中達成一致的科學本質觀，即學童的科學本質內涵。結果發現所設計的教學模式確實能提升學生的科學本質能力和科學本質觀，因此建議除了科學本質能力指標外，可以加強科學本質觀的面向列入，才能比較完整的呈現真正科學本質的內涵。

2.能持續關注在國小學童方面

在科學本質的相關研究中，對象大都是以職前科學教師、大學生、或中學生為主。以國小學童為研究對象的研究數量不多，且對象也大都是以國小高年段的學童為主。小學教育的科學教育的基礎，尤應加緊來做，故應在國小學童方面需要持續加以關注。

誌 謝

本研究承蒙行政院國家科學委員會專題研究計劃補助經費（計畫編號 NRC 90-2511-S-153-009-X3），及『國民中小學九年一貫課程「自然與生活科技」領域教學與學習材料之研究與發展』計劃中所有研究教授與助理大力協助，特此致謝！

參考文獻

1. 丁嘉琦（1999）：花蓮縣國小教師科學本質

觀點之研究。國立花蓮師範學院碩士論文（未出版）。
2. 王美芬和熊召弟（1995）：**國民小學自然科教材教法**。台北市：心理。
3. 王靜如（2001）：小學教師科學本質概念及教學之研究。**科學教育月刊**, **9**(2), 197-217。
4. 邱明富和高慧蓮（2004）：科學史融入教學以提昇國小學童科學本質觀之研究。**國立台北師範學院學報**, **17**(1), 183-214。
5. 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), 1-58。
6. 沈慧君和郭奕玲（1994）：**物理通史**。新竹市：凡異出版社。
7. 侯志祥和許良榮（2000）：國小自然教師對科學史運用於教學之態度調查研究。**中華民國第十六屆科學教育學術研討會論文彙編**, 71-77。
8. 洪振方（1998）：在科學教學的另類選擇：融入科學史教學。**屏師科學教育月刊**, **7**, 2-10。
9. 翁秀玉（1997）：**國小自然科教師傳達科學本質之行動研究**。國立彰化師範大學碩士論文（未出版）。
10. 翁秀玉和段曉林（1997）：科學史對國小六年級學生理解科學本質之成效。**科學教育研究與發展**, **8**, 28-41。
11. 許良榮和李英田（1995）：科學史在科學教學的角色與功能。**科學教育月刊**, **179**, 15-27。
12. 郭重吉（1992）：從建構主義的觀點探討中小學術理教學得改進。**科學發展月刊**, **20**(5), 548-568。
13. 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。
14. 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。
15. Abimbola, I. 0. (1983). The relevance of the "new" philosophy of science for the science curriculum. *School Science and Mathematics*, *83*(3), 181-192.
16. American Association for the Advancement of Science. (1989). *Project 2601: Science for all Americans.* Washington, DC: Author.
17. Collette, A. T., & Chiappetta, E. L. (1994). *Science instruction in the middle and science school* (3rd ed.). Columbus U. S. A.: Merrill.
18. Duschl, R. A. (1990). *Restructuring Science Education: The Importance of Theories and Their Development.* New York: Teacher College Press.
19. Good, R. (1996). *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. Lous, MO.
20. Lederman, N. G., & Zeidler, D. L. (1987). Science teachers' conceptions of the nature of science: Do they really influence teacher behavior? *Science Education*, *70*(5), 721-734.
21. Matthews, M. R. (1994). *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science.* New York: Routledge.
22. McComas, W. F., & Olson, J. K. (1998). The nature of science in science education: Rationales and Strategies. *Science & Technology Education Library*, *5*, 41-52.
23. 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.
24. National Assessment of Education Progress (1989). *National Assessment Science Objectives-1990 assessment.* Princton, N. J.: National Assessment of Education Progress.

25. National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
26. Rubba, P. A., & Andersen, H. (1978). The development an instrument to assess secondary school students' understanding of the nature of scientific knowledge. *Science Education*, *62*(4), 449-458.

An Exploration of Effect of Integrated Teaching about the History of Science upon Elementary School Children's Viewpoints of the Nature of Science

Ming-Fu Chiu[1] and Huey-Lien Kao[2]

[1]Teacher of Yueng-An Elementary School

[2]Associate Professor, Department of Natural Science Education,
National Pingtung University of Education

Abstract

The purpose of this study was to explore the influence of instruction about the history of science on 4th grade elementary students' understanding of the nature of science. The instruction was integrated through the domain of "Science & Life-Technology". The nature of science research group consisting of the researchers and three elementary teachers developed the "Content of the Nature of Science" for elementary students, according to the "Capability Indicators of the Nature of Science in the Nine-Year Curriculum" and related literature. In the "Force", "Photosynthesis" and "Shape and Revolution of the Earth" teaching units, the researchers chose materials on the history of science, designed teaching materials, set teaching goals and asked questions to guide students to discuss the nature of science. Through continuously revising the teaching materials, the researchers hope to propose a possible model for the integrated teaching of the history of science. Data collection in this study was based on classroom observation, students' workbooks, and a research group developed quantitative evaluative and interview instrument measuring the students' viewpoints of the nature of science. According these data, a PT-DA model of the history of science integrated into science teaching was proposed which included four stages: preparation, teaching, discussion and assessment. The results showed that the teaching model integrating the history of science into the elementary school teaching could enhance the participants' understanding of the nature of science. The researchers also provide suggestions for teaching and research in the future.

Key words: The History of Science, The Nature of Science