

科學本質明示教學中的契機與困惑

林裕仁

國立高雄師範大學科學教育研究所博士生

洪振方

國立高雄師範大學科學教育研究所

高慧蓮

國立屏東教育大學數理教育研究所

摘要

「對科學本質的瞭解」是具備科學素養公民的重要特徵，本研究假設學生科學本質習得的關鍵，在於科學本質明示教學中的師生語言互動，故以觀察研究為主要研究方法，進入科學教室中參與教學，並分析教師如何藉由師生互動，引導學生理解科學本質內涵，以及在明示教學的引導中存在哪些困惑與契機。研究發現個案教師應用語言互動培養科學本質的契機為：(1) 由簡為始地設計科學本質問題；(2) 為學生立場設想的質疑；(3) 對科學本質的熟悉與延續的提問；而教師將教學活動連結科學本質時亦需注意：(1) 釐清學生的回應，以避免突如其來的明示；(2) 兼顧科學概念的科學本質教學；(3) 教師宜以鼓勵學生的角色促進師生語言互動。希望研究過程、結果能提供學者教師參考應用。

關鍵字：科學本質、師生互動、語言

壹、研究背景與目的

「對科學本質的瞭解」是具有科學素養公民的重要特徵（教育部，2003），但在職前教師的培育卻待加強（Irez, 2006），所以科學教師應先對科學本質的知識與教學方法有所理解，才能在實際教學中培養學生正確的科學本質觀。培養科學本質的教學關鍵，不同學者有不同說法，有人認為教師持有的科學本質觀是影響學生科學本質觀的要因（Abd-EL-Khalick, Bell & Lederman, 1998），也有人認為教師光有正確、當代的科學本質觀仍不夠，還要具備將科學本質融入教學活動的能力，並以明示的方式引導學生進行反思而理解抽象的科學本質（Akerson & Hanuscin, 2007）。教學活動中，教師對於抽象、複雜科學概念以及科學本質的詮釋，最初的方式是透過語言，最常見的方式也是透過語言，科學教室中，師生語言互動總是促進學生理解的關鍵與媒介（Shepardson & Britsch, 2006）。教師口語行為的質與量，與學生的認知、情意、技能三方面的學習都有密切的關係。因而教室中師生對話、言談互動之細部情形，需要被學者專家們重視與關注（Crawford, 2005；Enyedy & Goldberg, 2004；熊同鑫，1998）。為關注科學本質教學的師生語言互動，本研究選擇進入教學現場，邀請個案教師共同設計科學本質的教學活動，並觀察與記錄教學活動如何被應用實施。例如：教師如何藉由與師生的語言互動引導學生理解科學本質？師生互動中，存在哪些培養學生科學本質的契機與可能困惑？因此本研究之研究問題為：

- 一、教師如何藉由師生語言互動引導學生理解科學本質內涵？
- 二、明示的科學本質教學活動中，師生互動存在哪些契機與困惑？

貳、文獻探討

一、科學本質教學策略

培養科學本質的論述，多數的研究支持教師可以藉著與學生的互動與對答，導入教材中所涉及的科學本質內涵（Akerson, Abd-El-Khalick,

2003；Walker, Zeidler, Simmons & Ackett, 2000）。Frick（1996）建議以提問與討論作為連結科學本質的橋樑，在培養科學本質的教學策略中，關注於提問、討論等師生互動歷程是值得進一步研究的；如教師可以藉著提出以學生為中心的科學本質問題，引導學生思考，並與教材中蘊含的科學本質進行連結與明示（Akerson & Volrich, 2006；Akerson, Abd-El-Khalick, 2003；Tao, 2003）。明示的科學本質教學策略意味著教師需明白指出教學活動中所涉及的科學本質的內涵，讓學生直接討論、反思科學本質內涵（Abd-El-Khalick & Lederman, 1998）。明示的教學策略可以分為整合（Integrated）與非整合（Nonintegrated），前者將科學本質內涵整合於教材單元進行教學，後者則以獨立的學習活動培養學生正確科學本質觀，兩者均被視為培養學生科學本質具體有效的教學方法（Khishfe & Lederman, 2006）。

二、語言在師生互動中扮演的角色

在科學教室中，若想要得知學生學習的情形，分析師生間的語言是條重要的管道，不少學者認為師生或同儕間的言談可以成為一種鷹架，以幫助學生逐漸獲得社會性的認知與責任、解決高層次問題，以及建立思考策略的主要方式（Crawford, 2005；Enyedy & Goldberg, 2004；Kittleson & Southerland, 2004；Rivard, 2004）。

Shepardson 和 Britsch（2006）指出如果教師在學生發言後，能做適當的回應，並提供學生一些促進思考的問題，可以協助學生理解所學。那麼如何才能稱之為適當的回應呢？研究者歸納學者 Shepardson 和 Britsch（2006）、Yerrick（2000）與 Hogan 和 Pressley（1997）之文獻後，嘗試回應上述問題，以做為教師在科學本質教學中的參考：1.提一些促進思考的問題；2.鼓勵學生注意各項意見的衝突點和矛盾之處；3.引導討論能重回主題焦點；4.鼓勵學生提出多元的想法；5.迅速提示學生作語言的修正；6.把問題轉交給原來的學生；7.示範高層次思考讓學生參考；8.要求申論；9.要求澄清；10.重述或簡述學生的敘述。

課堂中的言談是促進學習理解的媒介，也是良好學習氣氛營造的要素，在此氣氛中所搭起的對話鷹架能夠幫助學生進行知識的內化。師生的言談中，雙方會對彼此的反應做訊息的修正，彼此相互的回饋以達成溝通，

此溝通包含訊息的分享與鷹架的提供，學生藉此互動而進行高層次的思考學習。

參、研究方法

一、研究設計

本研究以參與觀察為主要研究方法，於教學班級決定後，研究者參與教學活動之設計，將科學本質內涵以明示(explicit)的方式整合(integrate)於教學活動中，並與個案教師輪流上台進行科學本質的教學，以減輕個案教師的負擔。教學活動中研究者與教師共同觀察記錄、反思回饋。

二、個案班級師生描述

因研究目的在於體驗科學本質在教室中被討論的情形，故個案需選取對科學本質熟悉且具教學經驗的教師。本研究選取之教師為碩士班畢業、撰寫之論文與科學本質教學相關，為科學本質研究小組成員，具備科學本質教學設計與教學的能力，教學經驗為十年，以丁嘉琦（1999）所編制之問卷施測（該量表的信度為.8273，滿分 114），得分 101，顯示持有當代的科學本質觀。個案教師任教的學校位於高雄縣某國民小學，擔任高年級自然與生活科技科任教師。研究者觀察的學生年級為五年級與六年級各一班，共兩班，每班學生約 20 人，觀察研究期間約一學期，每星期三次。

三、教學活動概述

本研究所進行實驗設計的主要教學單元為槓桿原理，學習活動則包含了槓桿實驗操作，以及學生實驗後反思等相關活動。在實驗操作活動中，學生有機會操作天平、桿秤、彈簧秤等，也提供材料（竹筷子、橡皮筋等）讓他們親自設計與製作平衡桿，而後教師在反思活動中導入槓桿原理的相關知識，並引導學生進行討論與反思，而在反思中融入了科學本質創造性、科學本質限制性等內涵。

四、資料蒐集與分析

資料蒐集方法以教學錄影、學習單、以及課後與教師晤談等。關注的

焦點為師生語言互動與同儕互動，如教師的語言表達、學生的發表以及小組討論。資料分析方面，本研究參考 Flander (1970) 的教室口語的編碼系統 (Flanders' Interaction Analysis Categories, FIAC)、Smith 和 Meux (1970) 之「教室口語邏輯」，與 Dagher 和 Cossman (1992) 之「科學教室解釋類別」，發展出「科學教室話語分析表」對資料進行分析，表中包含「話語內容」、「話語類別」與「話語目的」，分別敘述說明如下：

1. 話語內容：指教師或學生說了哪些話，亦即班級語言互動之逐字稿。
2. 話語類別：依據分析者初擬之科學教室師生互動語言類別，進行歸類或判斷，意指教師或學生說話的形式。
3. 話語目的：意指教師或學生說話的目的，如教師接納、聚焦、探測、將教材連結科學本質或明示科學本質、總結。

肆、研究結果

一、教學實例分析一

(一) 情境與師生互動內容

於槓桿原理的單元，師生在操作自製的平衡桿活動，然而發現珍珠板與尺之間的摩擦導致實驗誤差，師生在操作活動後討論如何克服誤差。

表 1 師生互動內容分析一

編號	說話者與說話內容	話語類別	話語目的
1	師：你們覺得仔細的觀察與細心的實驗重不重要？	提出新問題	引發思考 將教材連結科學本質
2	生（大部分）：嗯	簡單回答	
3	師：那如果沒有仔細觀察與細心實驗會怎樣？	延續問題	引發思考
4	生 A：.....誤差很大	簡單回答	
5	師：那誤差很大要怎樣	延續問題	引發思考
6	生 A：改進呀	簡單回答	
7	師：改進對不對，那改進需要什麼東西？	延續問題	引發思考
8	生 C：頭腦阿、發明啊、有沒有錢..... (喧嘩)	合理回答	表達理解

9	師：(序寫黑板)錢還有呢？	延續問題	引發思考
10	生 D：智慧、讀書	合理回答	表達理解
11	生 B：錢不是萬能的啦.....	喧嘩	
12	生 A：沒有錢萬萬不能		學生相互質疑
13	生 E：生命	創意回答	表達理解
14	師：生命喔（笑）	重述、肯定	
15	生 E：就算你有錢，你有智慧，沒有生命也是沒用	主動提出問題	學生相互質疑
16	師：喔（笑）	肯定學生	
17	生（大部分）：（喧嘩）	喧嘩	
18	師：好啦！	控制秩序	
19	師：你們可以回顧剛剛你們是如何克服困難的啊，有錢、有生命好像太抽象了啦，可以說有「精密的工具好不好」	重述總結	連結科學本質 STS
20	生（大部分）：嗯，可以	簡單回答	表達理解
21	生 A：就是錢嘛！	簡單回答	學生質疑教師
22	師：你講錢好像太籠統了.....	評價學生的回答	教師質疑學生
23	生 B：你有錢，沒有人在賣這個東西有什麼用呢！	主動提出問題	學生相互質疑
24	師：對啊，需要精密的儀器。	肯定	連結科學本質 STS
25	生 C：手要巧阿、要有眼睛、要有嘴巴、人體器官樣樣不能少（笑）	合理回答	表達理解
26	生 D：要有幾個幫手還要有時間	創新回答	表達理解
27	生 E：想像力與創造力	創新回答	表達理解
28	師：的確喔，科學實驗一個人不如一群人嘛，所以科學家往往會像你們一樣一起合作來解決問題。	肯定、重述闡述	連結科學本質科學社群
29	師：想像力與創造力是誰講的（加分），對喔，科學家在從事實驗解決問題的時候往往需要想像力與創造力的。		連結科學本質創造性

（二）分析結果

此例中（見表 1），教師提問科學本質問題「你們覺得仔細的觀察與細心的實驗重不重要？」（編號 1），但學生回答過於簡單，因此教師延續提

問，希望學生能更深入地瞭解科學本質仔細觀察與經驗性，但是此問題似乎過於抽象，學生只能做片面的回答，甚至有些學生想到什麼就回答什麼（編號 4、6、8、11、12、13、15）。這樣子的師生互動，卻也顯現出輕鬆的互動氣氛，是教學前沒有料想到的。輕鬆的氣氛帶來的是學生創意的回答（編號 13、25），雖然秩序有些紛亂（編號 17），但教師卻沒有指責、訓斥的話語脫口，只有些微地控制一下秩序（編號 18），尤其是討論抽象程度高的科學本質內涵，的確需要輕鬆的氣氛作為討論的催化劑。

教師延續的提問參考的是學生的回應，然學生會怎樣回應，教師很難事先知道的，因此延續提問考驗的是教師的臨場應變（如編號 7）。動態與不確定的教學特質又再一次的顯現，而要如何配合學生的回應再導入合適的科學本質觀，而不顯得唐突，對教師而言的確是一項挑戰。如此能依師生互動的內容而順利導入科學本質內涵的能力，有似於學者 Schwartz 和 Lederman（2002）提出的「科學本質學科教學知識（PCK for NOS）」。亦即當教師熟悉且理解科學本質內涵之後，即使學生的回應出乎了教師所預料，他還是能夠即時地聯想到另一個適合地科學本質議題，繼續與學生互動。如本例而言，原本預想提問培養「科學本質經驗性」之問題（編號 1），但設計的問題學生卻無法深入地回答（編號 2、編號 4），而教師也並無就此打住，而是繼續地提問學生（編號 7、編號 9），而討論的內容卻預料之外地涉及了「科學本質創造性」（編號 28）與「科學本質科學社群」（編號 29），教師也順勢地明示了此二項科學本質內涵。

二、教學實例分析二

（一）情境與師生互動內容

本討論於實驗活動中，師生嘗試尋出改善實驗誤差的方法，有位學生提出要有幫手，卻引來另一位學生的質疑。

表 2 師生互動內容分析二

編號	說話者與說話內容	話語類別	話語目的
30	生 C：可是多人會礙手礙腳阿，人多手雜……	合理回答	學生質疑教師
31	師：喔，多人會礙手礙腳，那你可以選擇不會礙手礙腳的人來做實驗	重述 闡述	教師質疑學生

	啊（笑）。		
32	生 A：還要有運氣	創新回答	表達理解
33	生 C：對啊，一些是好狗運（笑）	簡單回答	表達理解
34	師：對耶，運氣其實也很重要，像哈雷彗星有沒有，你要去觀察它……	溯源解釋	連結科學本質限制性
35	生 D：67 年才來一次	簡單回答	表達理解
36	生 A：是嗎？是 76 年吧……	提出問題	學生相互質疑
37	生（大部分）：對對！	簡單回答	表達理解
38	師：阿如果你剛好它走後那一年你才出生，下一次還沒來就掛了，就沒有機會去觀察了，所以從事科學活動還是要運氣的，不錯。	溯源解釋	連結科學本質限制性
39	生 C：老師，那我問你，那好狗運呢？	主動提問	
40	師：好狗運喔，很多科學家在想出來一個解答的時候都是恰巧好狗運喔！像那個阿基米德，有聽過阿基米德的故事的人舉手？	溯源解釋 延續提問	連結科學本質創造性
41	生（約五個人）：有！	安靜	
42	師：有一天國王，我講一個故事給你聽…（講阿基米德的故事，全班安靜聆聽）	溯源解釋	融入科學史故事 連結科學本質創造性
43	生 E：還有人去放風箏，大難不死阿	創意回答	表達理解
44	師：對呀，像那個富蘭克林去放風箏，有沒有運氣很好沒有被雷打到…	溯源解釋	融入科學史故事 連結科學本質創造性
45	生 E：對阿，好險，不然被雷打到就死了……	簡單回答	表達理解
46	生 F：還有牛頓的那顆蘋果掉下來…	創意回答	表達理解
47	師：對喔，科學家在從事實驗的時候也需要運氣，所以沒有百分百成功的嘛（教師在黑板上寫：科學不是萬能的）。還要有想像力與創造力，不然怎麼可能想出新奇的答案（教師在黑板上寫：從事科學的研究需要想像力與創造力）。那我再問你喔，科學家在設計火星探究車的時候，是不是需要想像力與創造力？	肯定 總結	連結科學本質限制性 連結科學本質創造性
48	生 B：還有設計武器的時候……	創意回答	表達理解

（二）分析結果

以上（見表 2）呈現的教室互動氣氛輕鬆，學生發言都很踴躍，學生間也可以相互質疑（編號 30、31、36）若發表的好，就可以被大家認同，而教師也可隨時地給予讚美。在此互動的氣氛下，學生的思考將被激發，有許多學生回答甚具創意（如編號 32、43、45、46、48）。

學生提出了一個問題「老師，那我問你，那好狗運呢？」（編號 39），分析後發現，其實此問題很模糊。教師設想這位學生好奇的是「運氣、巧合在科學發展上扮演的角色」，而學生問題在尚未釐清之下，教師的設想可能不正確，例如這位學生只是好奇為什麼要用「好狗運」，而不是「好貓運」；或者，他只是想釐清「好狗運」跟「運氣」的差別。總言之，學生的問題在模糊的狀態之下，因教師是被告知要明示科學本質內涵，就順勢地就把此模糊地問題視為「學生好奇運氣、巧合在科學發展上扮演的角色」，而藉此將科學本質內涵整合於教學中（編號 40）。究其原因，是教師被告知需將科學本質內涵整合於科學學習，才導致於教師未能放慢腳步，釐清學生的問題，再做一番解釋。從另一個角度觀之，學生對自己所提問的問題或許不是那麼的明確，若教師能引導此問題或直接視此問題為科學本質問題，就能夠順利地將教學內涵連結至科學本質。總結時，教師以敘寫的方式說明本節所討論的重點，也舉出一些例子協助學生推廣所學（編號 47）。研究者認為這是教師熟稔科學本質，才能巧妙地將師生討論的內涵連結至科學本質。

伍、結論與建議

一、教師如何藉由師生語言互動引導學生理解科學本質內涵

（一）由簡為始地設計科學本質問題，邀請學生討論互動

教師引導學生理解科學本質的方法除本身對科學本質熟悉之外，配合教學活動循序漸進地拋出問題，再由問題中連結科學本質內涵，是不錯的方式。學生的創意與思考能力是待激發的，不妨嘗試以簡單為始的提問、提供充裕時間以及鼓勵學生發表想法，學生的創意不難在課堂上展露。

（二）培養良性的互動－為學生立場設想的質疑

本研究呈現不少師生或學生相互質疑的對話，這樣子的質疑含有「肯定學生」、「引發學生參與挑戰」的成分。在和諧與接受的班級氣氛中，剛進入狀況的學生可以發表他單純的見解，已進入狀況的學生則可以提供他豐富的想法，每位學生均有同等的發言權來提出他的見解，並獲得同儕、教師的思考與討論。

（三）對科學本質的熟悉與延續的提問

在科學本質討論的師生互動中，教師的延續提問是促進學習理解的關鍵，因為學生初始的回答或許不是那麼地完整，若教師鼓勵學生，延續的進行追問，學生的思考也會繼續的精進，教師的延續提問是考驗教師的臨場應變，此亦與科學本質學科教學(PCK for NOS)知識息息相關(Schwartz & Lederman, 2002)，此說明教師不但需對科學本質內涵有所理解，也需熟悉所教內容、知悉班級學生能力，進而能應用多元的教學策略，進而在教學中喚起學生正確的科學本質觀。

二、科學本質教學的契機與困惑

（一）培養科學本質宜兼顧科學概念的學習

科學本質與科學概念的學習可以是相輔相成的(Schwartz & Lederman, 2002)。但就教學時間的考量而言，則需要教師多花心思掌控科學本質的討論走向，將之與科學概念的學習結合，否則就容易與本篇研究的教學實例相似－師生專注於討論科學本質，而忽略了科學概念的融入。要如何設計同時兼顧科學本質與科學概念的教學討論，可以做為未來研究的新問題。

（二）引導學生理解科學本質需先釐清學生的疑問

教師是否釐清學生的發言，是後續將討論活動連結科學本質的關鍵，其實學生對自己提出的問題卻不是太明確。此時出現了培養科學本質的契機與困惑，就契機而言，若教師能引導學生提出的模糊問題至科學本質問題，就能夠順利地將教學內涵連結至科學本質；就教學的困惑而言，教師未待釐清學生所問所答，就做一番詮釋，以連結科學本質內涵，如此有突如其來之嫌。這樣子的現象在近期的科學本質研究文獻中也有類似的發現

(Akerson & Volrich, 2006 ; Vhurumuku, Holyman, Mikalsen, & Kolsto, 2006)。

參考文獻

丁嘉琦 (1999)。花蓮縣國小教師科學本質觀點之研究。國立花蓮師範學院國民教育研究所碩士論文，未出版。

教育部 (2003)。國民中小學九年一貫課程綱要。台北，台灣：教育部。

熊同鑫 (1998)。語言在自然科教室內的意涵：一間後山教室內教學活動的記事。台東師院學報，9，1-36。

Akerson, V. L., & Hanuscin, D. L. (2007). Teaching nature of science through inquiry: Results of a 3-year professional development program. *Journal of Research in Science Teaching*, 44, 653-680.

Akerson, V. L., & Volrich, M. L. (2006). Teaching nature of science explicitly in a first-grade internship setting. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 349-442.

Akerson, V. L., & Abd-El-Khalick, F. (2003). Teaching elements of nature of science: A yearlong case study of a fourth-grade teacher. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 939-1114.

Abd-El-Khalick, F., Bell, R., & Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. *Science Education*, 82, 417-436.

Aikenhead, G. S., & Duff, L. (1992). Curriculum change, student evaluation, and teacher practical knowledge. *Science Education*, 76, 439-506.

Briscoe, C. (1991). The dynamic interactions among beliefs, role metaphors, and teaching practices: A case study of teacher change. *Science Education*. 75, 185-199.

- Crawford, T. (2005). What counts as knowing: Constructing a communicative repertoire for student demonstration of knowledge in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 139-165.
- Dagher, Z., & Cossman, G.. (1992). Verbal explanations given by science teachers: their nature and implications. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 361-374.
- Enyedy, N., & Goldberg, J. (2004). Inquiry in interaction: How local adaptations of curricula shape classroom communities. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 905-935.
- Flanders, N. A. (1970). *Analyzing teaching behavior*. New York: Addison-Wesley.
- Flick, L. B. (1996). *Relationship between Teacher and Student Perspectives on Inquiry-Oriented Teaching Practice and the Nature of Science*. (ERIC Document Reproduction Service NO: ED394833).
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: A case study of multiple-model use in grade 11 chemistry. *Science Education*, 84, 352-381.
- Hogan, K., & Pressley, M. (1997). Scaffolding scientific competencies within classroom communities of inquiry. In Hogan, K., & M. Pressly (Eds.), *Scaffolding students learning: Instructional approaches & Issues* (pp. 74-107). Cambridge, MA: Brooklins Books.
- Irez, S. (2006). Are we prepared?: An assessment of preservice science teacher educators' beliefs about nature of science. *Science Education*, 90, 1113-1143.
- Khishfe, R., & Lederman, N. G. (2006). Teaching nature of science within a controversial topic: Integrated versus nonintegrated. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 395-418.
- Kittleson, J. M., & Southerland, S. A. (2004). The role of discourse in group

- knowledge construction: A case study of engineering students. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 267-293.
- Lemke, J. L. (1990). *Talking science: Language, learning, and values*. Norwood, NJ: Ablex Publishing company.
- Rivard, L.P. (2004). Are language-based activities in science effective for all students, including low achievers?. *Science Education*, 88, 420-442.
- Schwartz, R. S., & Lederman, N. G. (2002). "It's the Nature of the BEAST": The Influence of Knowledge and Intentions on Learning and Teaching Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 205-236.
- Smith, B. O., & Meux, M. O. (1970). *A study of the logic of teaching*. Urbana, IL: University of Illinois Press.
- Shepardson, D. P., & Britsch, S. J. (2006). Zones of interaction: Differential access to elementary science discourse. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 443-466.
- Tao, P. K. (2003). Eliciting and developing junior secondary students' understanding of the nature of science through a peer collaboration instruction in science stories. *International Journal of Science Education*, 25, 147-171.
- Vhurumuku, E., Holtman, L., Mikalsen, O., & Kolsto, S. D. (2006). An investigation of Zimbabwe high school chemistry students' laboratory work-based images of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 127-149.
- Walker, K. A., Zeidler, D. L., Simmons, M. L., & Ackett, W. A. (2000). *Multiple Views of the Nature of Science and Socio-Scientific Issues*. (ERIC Document Reproduction Service No.ED441697).
- Yerrick, R. K. (2000). Lower track science students' argumentation and open inquiry instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 807-838.