

# 一位化學老師實施探究教學的歷程與省思 之個案研究——以「火山爆發」教學活動為例

陳均伊

國立嘉義大學科學教育研究所

張惠博

國立彰化師範大學物理學系

## 摘 要

本研究係一個三年期教師專業成長計畫的一部分，旨在探討一位化學教師的探究教學實務知識，以及其實施探究教學的歷程與省思。資料收集的方式包括：晤談、專業成長會議的錄影錄音、課室觀察與文件資料等，並使用詮釋學的研究方法，進行資料分析，以形成研究主張。研究發現個案教師認為探究教學須以學生為中心，考量學生的先備知識與能力，設計學生能力所及的探究教學活動，俾讓學生透過「重建模型」的方式，在觀察、實驗設計與製作模型的歷程中，發展科學探究知能。個案教師基於前述的認知設計「火山爆發」教學活動，並由教學成效發現學生樂於參與探究教學，亦能學習相關的科學知能，且個案教師也因為獲得學生的正向回饋，而願意持續實施探究教學。

關鍵字：科學探究、探究教學實務知識、教師專業成長

## 壹、緒論

19 世紀末葉、20 世紀初期，社會的快速變遷促進國家發展與提昇生活品質，使人們對於科學與技術的需求日益高漲，許多國家亦開始關注學校教育中的科學課程，陸續出現許多科學課程的改革。1960 年代，由於認知心理學與建構主義的興起，科學教育思潮受 Bruner 的發現學習理論、Piaget 的認知發展學習理論、Ausubel 的認知同化理論等影響，主張科學教學不僅強調學習科學家用以研究科學的過程或方法，尚須讓學生在課室中進行探究活動，從中發展解釋自然現象的概念架構、認識科學的本質，以及科學知識發展為社會帶來的衝擊等。因此，當代的科學教育目標不僅重視科學知識的學習，亦相當強調學生對科學探究歷程的理解，在國內外的科學教育改革文件（教育部，2003; American Association for the Advancement of

Science [AAAS], 1989, 1993; National Research Council [NRC], 1996, 2000) 中皆曾提及科學教學應以學生為主體，提供其探索自然與解決真實問題的機會。

學生在學校中所學的科學，必須能反映出真實世界中科學知識發展與研究的歷程(Bencze & Hodson, 1999; Moje, Collazo, Craailo, & Marx, 2001; Richmond & Kurth, 1999)，然而，探究教學在中小學的科學課室中並不多見，可能原因在於科學教師對於探究教學的理解不足(Roehrig & Luft, 2004; Schwartz et al., 2002; Tobin, Tippins, & Gallard, 1994)、不熟悉如何實施探究教學(Costenson & Lawson, 1986; Pataray-Ching & Roberson, 2002)，或者對於探究教學的成效抱持懷疑的態度(Jeanpierre, Oberhauser, & Freeman, 2005; Reiff, 2002)。由這些研究結果可以發現，影響教師不願實施探究教學的因素大多環繞在教師對於探究教學的知識與態度上，而 van Driel、Beijard 與 Verloop (2001) 曾將教師對於教學、學習以及學生等的知識、信念或態度，統稱為教師的實務知識(Practical Knowledge)。所以，本研究引用他們的理論，將教師對於探究教學的知識、信念或態度等視為教師的探究教學實務知識，以此探討一位具探究教學實施經驗的化學教師(化名為大強老師)設計探究教學活動時所抱持的探究教學實務知識，並以「火山爆發」教學活動為例，描述大強老師的教學實務(Teaching Practice)，包括：其所設計的探究教學活動、教師在探究教學中的教學行為，以及學生在此活動中的學習表現。其次，亦探討大強老師在實施「火山爆發」教學活動之後，對於其教學歷程與成效的省思。

另一方面，為促使探究教學的落實，協助教師進行專業成長是亟需的(van Zee, Hammer, Bell, Roy, & Peter, 2005; Zachos, Hick, Doane, & Sargent, 2000)。在多項專業成長策略中，個案分享的方式最能真實呈現課室情境，貼近教師在教學現場中面臨的問題(Loucks-Horsley, Hewson, Love, & Stiles, 1998; van Driel et al., 2001)。本研究希冀透過大強老師對於探究教學的實務知識、教學實務與成效的分享，提供中小學科學教師進行專業成長時的一個個案分享實例，俾促使其認識與熟悉探究教學，並將探究教學落實於課室當中。所以，本研究的待答問題如下：

- (一) 大強老師設計「火山爆發」教學活動的探究教學實務知識為何？
- (二) 大強老師進行「火山爆發」教學活動的教學實務為何？
- (三) 大強老師實施「火山爆發」教學活動後的省思與收穫為何？

## 貳、文獻探討

本研究旨在探討一位化學教師設計與實施探究教學的歷程與省思，針對科學探究的意涵、教師探究教學實務知識，以及探究教學形式等三個部份，進行文獻探討。

## 一、科學探究的意涵

科學探究是科學家用以研究自然世界的方法，甚且，是人們進行學習的基本方式（Anderson, 2000），能引導人們探索世界的運作與奧秘，並從中建構科學理論與知識。當科學家在研究自然時，其所進行的工作是相當複雜且多元的，Hinrichsen 與 Jarrett（1999）以及 Martin-Hansen（2002）曾指出科學家的研究工作包括：確認假設、證據蒐集、應用批判和邏輯思考、考量與提出另有的解釋等。Reiff、Harwood 與 Phillipson（2002）則針對科學家進行研究時經常從事的活動，作更詳細的描述，並提出科學探究模式（圖 1）。該模式包含十項活動，分別為：問題、定義問題、形成問題、探討已知的知識、闡明預測、進行研究、檢視結果、反思發現，以及與人溝通。此模式藉由圖形的表徵，展現了科學家在進行研究工作時，其所欲探討的問題是科學探究的核心，每一項活動皆與問題環環相扣，且突顯科學探究歷程的彈性，並非是一個單一、線性的過程。

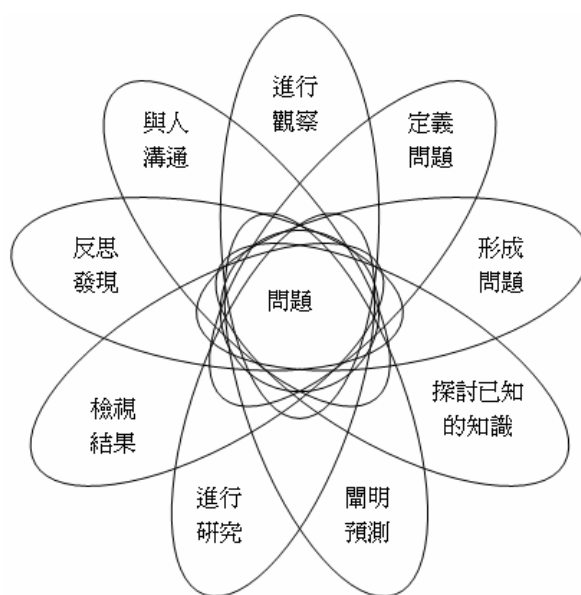


圖 1 科學探究的模式

資料來源：出自 Reiff、Harwood 和 Phillipson（2002）

所以，科學探究是指科學家探索自然現象的方式，亦是科學家進行研究的歷程，諸如：觀察、發現問題、設計研究、運用工具分析與解釋數據、溝通表達與批判思考等。然而，科學教育學者則賦予科學探究更多的定義與解釋，Ward（n.d.）曾引述 Connelly、Finegold、Clipsham 與 Wahlstrom 於 1977 年提出的觀點指出，若將科學探究視為一種學習的模式，是指學生運用發散思考、問題解決等方式學習科學知識，若科學探究屬於一種教學策略，則能以協助學生依據數據和理論知識等，為其觀點作辯護。Anderson（2000, 2002）亦曾指出將科

學探究視為學習的過程，強調的是學習者的主動參與，如果將探究教學當作教學方式，其目標是讓學生探究其所經驗的真實問題，從中學習科學概念，並瞭解科學家如何進行研究。

綜合上述，科學探究是指科學家進行研究的方式，主要強調科學家在探索自然世界時，其如何面對問題、收集資料與形成解釋等，甚且，科學家尋找問題與解決問題的歷程亦可稱為科學探究。倘將此種科學探究的精神應用於科學的教與學，則強調讓學生進行與科學家工作相似的活動，例如：提問、規劃研究、依照實驗數據檢視已知的知識與提出結論等，使學生能基於個人的先前知識與觀察，去發現、探索與解決問題。

## 二、探究教學實務知識

教師的知識與信念是影響教學決策與教學進行的關鍵 (Crawford, 2007)，將決定教學策略、內容與課室運作方式的選擇 (Lavonen, Jauhiainen, Koponen, & Kurki-Suonio, 2004; Tobin et al., 1994)。為促使教師進行以改革為基礎的教學方式，必須重視教師認知的改變，包括：教師的信念、意圖與態度等 (Haney, Czerniak, & Lumpe, 1996)，亦即，須重視教師的教學實務知識。van Driel 等人 (2001) 曾指出教學實務知識是教師在教學情境中，所發展出來的知識、概念、信念與價值等，其主要的特徵包括：

- (一) 以行動為導向的知識：實務知識的獲得無法直接來自他人 (Johnston, 1992)，是教師基於經驗所累積的智慧，可應用於教學實務中 (Beijaard & Verloop, 1996)。
- (二) 受個人與情境的限制：實務知識有助於教師達到自我設立的目標 (Johnston, 1992)，然而，教學情境、學生、教科書和其他學習素材、課程與學校文化等，皆會改變教師的實務知識，甚且，教師的學科背景亦是影響因素之一 (Hiebert & Stigler, 2000)。
- (三) 是隱含、默會的知識：教師不習慣表達其實務知識 (Eraut, 1994)，大多能於課室中運用，卻難以明確地說明其所持的信念或想法。
- (四) 是統整的知識：實務知識包含科學知識、日常生活知識、經驗的知識以及規範與價值。經驗引導知識統整的過程 (Beijaard & Verloop, 1996)，因此，經驗在教師實務知識的發展與改變上，扮演相當重要的角色。
- (五) 建立實務知識時，教師的信念扮演重要的角色：實務知識中有一部份是由信念與知識交織而成，信念是教學或教導特定的主題或議題的價值，會受教師的成長經驗、啟蒙者、學生或學科背景等影響 (Pajares, 1992)。

所以，教師的教學實務知識會引導教師的教學、是教師專業的核心。在本文中，將引用 van Driel 等人的觀點，將教師在實施探究教學的情境中，其對於探究教學的理解、信念、知識或態度等，視為教師的探究教學實務知識，並探討個案教師的探究教學實務知識。

### 三、探究教學的形式

在探究與全美科學教育標準（NRC, 2000）一書中，曾指出探究取向的科學教學，應包括下列成份：

- （一）發現問題：學生參與一項科學問題、事件、或現象，與其已經知道的相關聯，或與其想法產生失衡，以／或激勵他們學習更多。
- （二）試驗：學生經由動手操作的經驗去拓展他們的想法，形成與檢驗假說、解決問題，以及對他們所觀察的進行解釋。
- （三）結果分析：學生分析與解釋數據，綜合他們的想法並建立模型，藉著教師與其他來源的科學知識，澄清概念與解釋。
- （四）解釋與應用：學生擴張其新的理解與能力，且應用所學於新的情境中。
- （五）評鑑：學生與教師共同評估與評鑑學生所學的內容，以及其是如何學習的。

事實上，不同類型、學科內容的課程，適合不同形式的探究教學，依探究教學的開放程度以及教師介入教學的多寡，可將探究教學區分為不同的類型。探究與全美科學教育標準（NRC, 2000）一書曾指出探究教學應具備：（一）問題的來源，（二）證據的收集，（三）根據證據形成解釋，（四）將證據與科學知識相連結，與（五）表達與說明解釋等五項基本特徵，且依據教師於每項特徵中給予學生引導的程度，將探究教學從「以教師為導向」到「以學生為中心」劃分為四種不同的形式（表 1）。Martin-Hansen（2002）係將探究教學活動分為四種類型：（一）開放式或完全的探究（Open or Full Inquiry）、（二）引導式探究（Guided Inquiry）、（三）耦合式探究（Coupled Inquiry），與（四）結構式探究（Structured Inquiry）。Furtak（2006）則綜合有關探究教學開放程度的文獻，採用更加廣泛的定義，主張教師在科學教學中的引導程度是連續的，開放式探究教學與傳統教導式教學分屬於科學教學的兩個極端，在這兩種教學方式之間，皆屬於引導式探究教學的範疇（圖 2）。

一般而言，教師大多認為探究教學各項基本特徵的實施，皆須完全以學生為中心，方屬於探究教學，以致，教師未能將探究教學落實於課室教學中。不同形式的探究教學具有其特性，教師須考量教學目標、教學內容或學生的需求等，選擇合宜的探究教學形式，俾協助學生奠基於其先備知識與能力，提出問題、解釋與假設，並能藉由探究過程檢驗解釋與形成結論。

表 1 探究教學的形式

基本特徵	變 異 程 度			
1.問題的來源	學生提出問題。	學生從教師提供的數個問題中進行選擇，或據此提出新問題。	學生的問題來自教師或教材，但能自己改變題旨。	學生探究的問題來自於教師、教材或其他途徑提供。
2.證據的收集	學生自行決定要收集哪些證據以及如何收集。	學生在教師的指導下收集數據。	教師提供數據，讓學生進行分析。	教師提供學生數據，並告知分析的方式。
3.根據證據形成解釋	學生綜合證據，並據此提出解釋。	教師引導學生根據證據形成解釋。	教師提供方法，讓學生能根據證據形成解釋。	教師直接提供學生證據。
4.將解釋與科學知識相連結	學生自行檢視證據，並將解釋與事實結合。	教師引導學生提出科學解釋。	教師直接告知學生科學解釋。	
5.表達與說明解釋	學生以合理的、符合邏輯的論點表達自己的解釋。	教師協助學生闡明其所提出的解釋。	提供學生較多的引導，指導學生表達其所提出的解釋。	教師直接給予學生表達解釋的程序與步驟。
多<-----以學習者為導向----->少 少<-----以教師或教材為導向----->多				

資料來源：NRC（2000）

傳統教導式教學

開放式探究教學

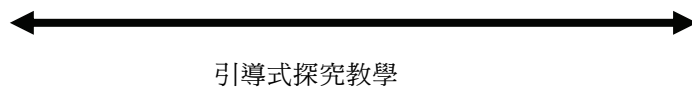


圖 2 科學教學的形式

資料來源：Furtak（2006）

## 參、研究方法與步驟

本研究係在一個長期的、合作式的專業成長計畫中進行，參與計畫的 9 位科學教師，分別來自台中縣的 4 所國中。其中，大強老師具碩士學位，並曾有進行科學實驗的經驗。目前，在一所私立中學擔任化學老師，至 95 學年度，約有五年的教學經驗。2004 年 9 月，大強老師始參與研究者所規劃與執行的教師專業成長計畫。該計畫旨在協助科學教師認識科學本質與探究教學的意涵，並設計與實施探究教學，俾將探究教學融入科學課室當中。參與計畫期間，大強老師曾閱讀探究與全美科學教育標準（NRC, 2000）一書、科學探究的模式（Reiff et

al., 2002), 以及科學課室中的探究類型 (Martin-Hansen, 2002) 等文獻。

本文旨在探討大強老師於 94 學年度第一學期時, 發展與實施「火山爆發」教學活動的歷程與省思。在此之前, 大強老師曾設計與實施探究教學, 對於科學探究與探究教學已有初步的認識與理解, 他認為探究教學旨在培養學生的探究知能, 使其具備思考問題的能力, 並能針對問題自己進行探索與研究。大強老師的想法是:

能夠讓學生自己去想一些問題, 甚至, 想要從他們學到的東西, 再去延伸出去, 基本上, 這樣的東西就可以稱為探究教學, 他們會思考, 會用所學的去解決問題。(晤談 20050728)

在平時的課室教學中, 大強老師即使沒有特地設計探究教學活動, 也會強調以學生為主體, 提供學生觀察教師演示、動手操作與收集資料等機會。惟, 仍尚未熟練探究教學的實施方式, 且擔心學生的知識與能力不足以進行科學探究, 偶爾會在學生進行充分思考與討論前, 將概念直接告訴學生, 亦缺乏讓學生進行開放探究的信心與經驗。

「火山爆發」教學活動的內容, 與酸鹼中和反應中碳酸鹽類與酸的混合之概念有關, 是課本內容「酸與鹼」章節中的最後一節。所以, 學生在進行這個教學活動之前, 對於酸與鹼的特性、酸性物質、鹼性物質, 以及酸鹼中和等概念, 已有初步的認識與理解。其中, 酸鹼中和部分, 學生僅知道酸性物質與鹼性物質的混合屬於放熱反應, 且其反應後有鹽類產生, 關於小蘇打(碳酸氫鈉)與醋酸混合所產生的物質與其反應方程式等, 則尚未在課堂中教過。會以教科書內容作為探究教學設計的參考依據, 主要與閱讀《探究與全美科學教育標準》書中, 教師如何轉換教科書內容以規劃探究教學(pp. 131-141)的文章有關。大強老師在閱讀該文後, 始參照教科書中的活動或實驗, 將其改編成探究教學活動, 這是促使大強老師想要將探究教學融入正式課程的原因之一, 他曾於晤談中指出:「討論過書上的內容之後, 我設計探究教學的時候, 會看教科書內容有什麼可以改編..., 像『火山爆發』這個活動在課本裡面有講到一點, 我把它延伸出來」。

在「火山爆發」教學活動, 大強老師利用小蘇打加醋酸產生二氧化碳氣體的反應進行教學演示, 讓學生進行觀察, 期望學生能應用已知的酸鹼概念, 來解釋老師提供的現象, 並自己設計與製作具有類似效果的作品。此處, 「火山爆發」僅為教學活動名稱, 與實際火山爆發的現象和原理無關。「火山爆發」教學活動包括: 教師進行示範實驗、讓學生進行觀察、討論、實驗設計與發表作品等, 共歷時三節課, 於大強老師所教授的一個國三班級中實施, 班上共 44 位學生, 分為 10 個小組, 該班級未曾正式接觸過探究教學, 然而, 大強老師平時在進行教學時, 會讓學生進行小組工作與實驗操作。

本研究為個案研究, 以詮釋學的方法探討大強老師的探究教學實務知識, 以及實施「火山爆發」探究教學活動的歷程與省思, 資料收集的方式包括: 晤談、文件資料、課室觀察、

專業成長會議的錄影、錄音，以及教師和學生所撰寫的文件等。有時，在專業成長會議結束或課室觀察後，研究者亦會與大強老師進行非正式晤談，希冀藉由不同來源的資料，瞭解大強老師對於探究教學的觀點。資料分析方式採用開放編碼，並持續比較與分析資料的類別與屬性，俾形成主張（表 2），以呈現大強老師對於探究教學的認識與見解。其次，學生寫作內容的分析，係由大強老師考量學生在「火山爆發」教學活動中的學習目標，並與第一作者討論後，形成評分標準（附錄一），針對學生觀察的細微程度、記錄觀察的方式、對於演示現象的解釋、實驗設計的完整性，以及實驗器材的說明等進行評分。在第一作者與大強老師分別評分後，所得整體評分信度為 0.92。

表 2 資料分析與類別建立的例子

類 別	描 述	資 料
重建模型	教師提供教學演示，讓學生進行觀察，並猜測其所運用的概念或機制，然後，製作具有相同或類似效果的模型。	大強老師： ☆讓學生去把老師提供的模型重建出來。 ☆可以做一個演示，不是直接告訴學生為什麼，讓他們去想、去猜，然後重建一個出來。 ☆重建模型是一種探究的方式，學生要去想老師怎麼做的，然後自己去試試看。

## 肆、研究發現

### 一、大強老師的探究教學實務知識

在參與專業成長計畫期間，大強老師依據文獻閱讀、個人的學習經驗與詮釋，以及實施探究教學的經驗等，形成其據以設計和實施「火山爆發」教學活動的探究教學實務知識。大強老師的探究教學實務知識共有四項，前兩項與其對於探究教學的理解有關，他認為探究教學是有別於傳統講述的教學方式，強調以學生為中心，給予學生參與科學探究活動的機會，避免以直接教導的方式來進行教學，且教學設計需考量學生的先前知識，使學生有能力完成科學探究。後兩項探究教學實務知識則與探究教學的實施策略有關，大強老師主張以示範實驗引出探究主題，讓學生探索示範實驗所運用的科學概念或機制，並以提問展現教師面對問題與解決問題的思考焦點，讓學生思考教師提問的意涵與用意，並學會進行科學探究的知能。以下針對大強老師的探究教學實務知識做詳細的描述：

#### （一）探究教學強調以學生為中心，減少教師直接教導，增加學生動手操作、實驗設計、溝通與表達想法的機會

探究教學的本質是營造以學生為中心的學習環境（Trowbridge & Bybee, 1990），讓學生



在探索自然現象或解決真實問題的歷程中，學習科學探究知能。為突顯在探究教學中，學生才是學習的主體，大強老師主張學生應擁有更多參與學習的機會，而不是由老師直接告知，甚且，在進行實驗活動時，應有別於食譜式的教學方式，讓學生擁有更多自主決定的權力。大強老師曾指出：「我以前的教學給學生的限制太多，研究問題、怎麼做、要用到什麼東西，我都告訴他們，我覺得探究教學不能是這樣，要開放給學生去做，要以他們為主，讓他們去做」。

所以，大強老師認為在探究教學中，應多安排一些以學生為中心的活動，提供機會讓他們表達想法與動手操作，他參考 Reiff 等人（2002）提出的科學探究模式，主張學生在探究教學中，應有足夠的時間進行觀察、發現問題、實驗研究、形成結論與溝通等，使學生在做科學的過程中能學習科學知識與能力。因此，「火山爆發」探究教學活動的設計要求學生在觀察示範實驗後，進行小組討論與發表觀察的發現，然後讓學生自己設計與操作實驗以驗證想法，此外，學生亦需針對實驗結果提出合理的說明與解釋。在此過程中，教師是扮演協助的角色，先瞭解學生的觀點，再據此引導學生聚焦，協助學生自己進行科學探究，而不是直接告訴學生重點，或者要求學生依照老師的想法去執行。大強老師的想法是：

給學生觀察現象、讓他們討論，讓他們去發表他們所看到的是什麼東西，然後，從他們發表的東西裡面去歸納出一些我們所要告訴他們的一些現象，或是，希望他們再去探究的部份。…讓他們去做做看，他們會去修改他們的東西，讓他們自己去想，小組去討論怎麼做、怎麼修改。（晤談 20051017）

## （二）探究教學重視學生的先備知識，應設計難度適中的教學內容，使學生能勝任探究任務

探究教學主張讓學生探索自然，從中發現問題與解決問題，然而，探究主題的難易程度則各有不同（NRC, 2000）。對於大強老師而言，探究教學強調以學生為中心，他期望學生在教師的協助下，能自己完成科學探究中的每一個環節，所以，學生先備知識的充分與否是探究教學必須重視的因素之一。學生對於老師所提供的現象或演示，必須具備足夠的先備知識與理解，才有能力思考與發現問題，並提出個人的想法與合理的解釋。大強老師在晤談時曾提及：「學生的先備條件足夠，他們能自己去解決問題、想問題、發表想法、和同學討論，他要有基本的認識才能去做這些事情，才有辦法完成探究」。

其次，大強老師認為學生關於探究主題的先備知識，會影響學生表達的意願和能力，進而影響其是否能順利完成科學探究。如果學生不甚瞭解老師提出的問題，缺乏足夠的先備知識以形成個人的想法，則學生經常會因為不知道說什麼，或者擔心說錯，而不願發表意見。相對的，倘學生具備足夠的先備知識，將能比較有信心表達自己的觀點，亦能根據自己背景知識，針對同儕的觀點提出批判與對話，以增進班級的討論氣氛。大強老師的想法是：

有些學生會認為他不懂，他提的東西一定是不好，他就不敢提了。第二個，他可能提出來，同學會笑他，他更不敢提了。所以，上課探討的東西不能太難，不然學生可能基本的先備條件不夠，讓他不夠敢發表……，有一些可能是還沒學到，那些現象他沒有辦法去解釋，他完全沒有概念要怎麼去解釋。(晤談 20051017)

所以，「火山爆發」教學活動的設計，大強老師選擇的探究主題是延續前一節課的概念而來，學生對於酸性與鹼性物質已有初步的理解，在這個基礎上，學生才有足夠的先備知識去探討酸鹼中和的現象。

### (三) 探究教學的實施可由老師提供示範實驗，讓學生進行觀察與製作，以探索實驗內容與其所應用的理論

三年前，大強老師所任教的學校曾為了培養學生對於科學的興趣，以及實驗的過程技能，發展以實驗為主的自編科學教材。這份教材在實施一年之後，因為學校排課與教學進度的問題被迫取消，但是，大強老師仍肯定當初發展教材的目標，並認為教材中所收集的實驗活動相當有趣，適合用來培養學生做實驗的能力。這份教材中，有一個稱為神秘罐的實驗活動，神秘罐的外觀是一個不透明的罐子(圖3)，罐子的側邊挖有四個小洞，讓罐內兩條繩子的兩端分別各穿過一個洞，並在罐外的地方打結固定。罐子內部，兩條繩子呈現相互交叉的情況(圖4)。當時，大強老師進行此實驗活動的方式是，呈現神秘罐讓學生觀察，請學生依據繩子的長短變化，自行製作一個神秘罐。大強老師將這樣的教學過程稱為「重建模型」，其中，「模型」是指教師提供的演示，非科學研究中為簡化事物原理的科學模型，或是真實物體仿製的比例模型。在字面上，「重建模型」與科學教育領域中的建模教學相近，然而，其意涵則不相同。大強老師的「重建模型」，強調讓學生透過觀察老師所提供的現象或實驗，猜測其所運用的概念或機制，製作一個具有類似效果的模型，在探索與建置模型的過程中，驗證其想法的正確性，並培養科學探究能力。然而，在科學教育領域中，建模是指心智模型的建構(Gobert & Buckley, 2000)，主張學生進行學習時，會運用其原有的心智模型與所探索的現象進行互動，在應用、評鑑的過程中，不斷修正與精煉心智模型，使其能用於解釋或預測現象。



圖 3 大強老師所製作的神秘罐

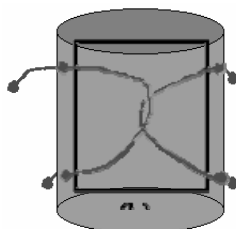


圖 4 神秘罐的內部示意圖

大強老師表示「重建模型」的教學方式，具有科學探究的精神，學生在觀察完老師所提供的現象或實驗後，必須自己進行探索，從外觀的觀察、有限的資訊中，找尋合適的理論，來設計實驗，使實驗結果能符合教師的要求。大強老師的想法是：

就是讓他們重建模型，然後，再看看他們所想到的東西，和原來的差異有多少，讓他們去發現自己什麼地方沒有想到，我覺得這樣其實就是探究，學生要自己去研究、去想，怎麼樣才能做出一樣的東西。(晤談 20051017)

所以，在設計「火山爆發」教學活動時，大強老師利用實物演示的方式，呈現小蘇打與醋酸進行酸鹼中和後的現象。這兩種物質混合後所產生的二氧化碳會推動周圍液體，使液體從容器中流出，大強老師認為其外觀與火山爆發時岩漿從火山口流出的景象相似，從中獲得靈感，將此教學活動命名為「火山爆發」，並在混合過程中加入麵粉、洗碗精與紅色顏料，增加液體黏稠性與改變液體顏色，使反應生成的二氧化碳從瓶底向上竄使液體流出的現象，與岩漿流動的感覺相近，以增加視覺上的效果。此外，大強老師製作火山模型作為包裝，避免讓學生直接觀察到參與化學反應的反應物。在此活動中，大強老師希冀學生能透過觀察現象、設計實驗與製作模型的過程，獲得相關的科學概念，並培養科學探究技能。

#### (四) 在進行探究教學時，教師以提問展現其思考問題的焦點與方式，讓學生從中學習進行科學探究的方式

人們在學習下棋的時候，大多是從模仿開始，透過觀看專家的對奕，去臨摹博奕的方式，學習專家下每一步棋背後所隱含的用意，逐漸從中領悟下棋的要領，以豐富個人的棋藝。大強老師認為在實施探究教學時，為減少教師的直接教導，提昇探究教學的開放程度，可以借鏡對弈學習的方法。大強老師的想法是：

我們在下棋的時候，為什麼要去看人家的棋譜，去看人家的棋是怎麼下的，下久了你也會用這種方式去下。我覺得這是一種方法，一種很不錯的思考方式…，在做探究教學的時候，教師可以做一個示範，讓學生去學，我們不直接告訴他，用提問的方式來提醒他，也讓他們去學，以後他們就會知道要怎麼去想，怎麼去研究、要注意一些什

麼。(晤談 20051017)

所以，大強老師主張在進行探究教學的過程中，教師應利用提問的方式，協助學生將問題聚焦，另一方面則可作為一種示範，讓學生在潛移默化中，學習教師提問的內容，並內化成自己的知能，知道當自己面對問題時，要從什麼樣的觀點切入、如何看待問題，以及如何解決問題。教師提問在探究教學中是不可或缺的一項重要元素，具有評量學生先前概念、引導學生討論，以及協助學生形成結論等功能 (Carin, Bass, & Contant, 2005)。除上述功能外，大強老師更主張教師提問具有示範的功能，學生能從中體會為什麼老師會提出這個問題、這個問題對於科學探究的進行有何幫助，進而發展進行科學探究的能力。

因此，大強老師在實施「火山爆發」教學活動時，會運用教師提問的方式，展現其對於實驗內容、步驟或裝置等的思考重點，希冀藉此協助學生在進行實驗設計時，能瞭解如何切入問題的核心，並對實驗歷程與可能的結果有全盤的考量，同時，也能藉此避免由教師直接將概念告訴學生。例如：當學生提到在醋酸與小蘇打混合的溶液中加入石膏，使溶液產生凝固現象時，大強老師則利用提問的方式，詢問學生石膏和醋酸是否會產生反應。在此，學生只考慮到石膏具有凝固的功能，卻忽略其與醋酸會發生化學反應，所以，利用提問的方式，促使學生注意石膏在醋酸溶液中可能造成的影響，而更重要的是，學生透過教師的提問，將能學會教師提出這個問題的背後目的，鑑賞教師為什麼要問這個問題，使其未來在進行科學探究時，能注意思考每一個實驗設計的細節，提出更具規劃與縝密的實驗設計。

## 二、大強老師進行「火山爆發」教學活動的教學實務

「火山爆發」教學活動的授課節數有三節，皆在一般的課室中進行。依節數做劃分，分析大強老師的教學實務，其內容如下：

### (一) 第一節課：觀察發現問題

上課時，先給予學生學習單，請學生針對問題，在科學探究的過程中進行撰寫。大強老師係利用實物演示(圖 5)的方式呈現問題，讓學生進行觀察，亦可查閱書籍或各種資料，以思考其中可能運用的科學概念為何，並製作一個具有同樣或類似效果的模型，來驗證想法的正確性。過程中，大強老師強調讓學生自己探索，從細微的觀察中推測出可能的解釋，以說明演示中所應用的科學概念，而不是直接告訴學生答案。在教學時，觀察到：

當大強老師將醋酸倒入火山模型後，瞬間冒出的紅色液體，讓學生不禁發出驚呼聲，並問老師：「那是什麼東西啊！」，然而，大強老師沒有立刻回答學生的問題，只是告訴學生多注意觀察。(課室觀察 20051018)

在無法直接獲得答案的情況下，學生開始試著透過觀察去發現問題，有些學生用手觸摸從模型中流出的液體，有些則將臉湊近模型，試圖確認液體有無味道。他們在交換彼此想法時，討論到：

俊賢：是紅色的耶！

智文：聞起來好酸喔！

浩平：(用手在鼻子前面來回煽動)有夠臭。

武志：有醋啦！(課室觀察 20051018)



圖 5 大強老師所設計的教學演示模型

各小組學生針對演示現象提出想法時，多數學生表示從嗅覺上可以判斷，醋酸是反應物之一，再加上所觀察到的泡沫，可以推測反應過程中必定有氣體產生。所以，學生提出的猜測是：「老師有用到醋，而且有看到泡泡，應該是有氣體，我們覺得是醋加小蘇打」。由此可知，學生大多能注意到教師演示中的細微現象，以及嗅覺上的變化，並提出小蘇打與醋酸混合的反應，來說明演示中所運用的概念。甚且，大強老師除了讓學生觀察演示與提出問題之外，從教學實務中可以觀察到，他相當重視學生提問能力培養。在學生發表其觀察發現時，大強老師會設法促使學生針對同儕發表的內容提出疑問或意見，或者，提醒學生可以提出哪些問題來詢問報告者。以下是大強老師促使學生提問的一個例子：

泰華：我們覺得老師是用小蘇打，加上染成紅色的醋，就這樣。(班上鴉雀無聲)

大強老師：就這樣？你們討論那麼久，只有討論這個喔！那大家來問他問題好了。

永明：(舉手發問)為什麼小蘇打加醋，會產生泡沫？

泰華：因為有產生氣體。

永明：(大強老師小聲告訴永明可以提出的問題)產生什麼氣體？

泰華： $\text{CO}_2$  (二氧化碳)。

大強老師：永明，你滿意他的答案嗎？你問他為什麼有泡沫，他只有回答產生二氧化碳，你是不是可以再問他泡沫是怎麼產生的。(永明點頭，其他同學接著追問)

同學們：泡沫怎麼產生的？為什麼是紅色的？產生的液體是什麼？液體是什麼性的？

泰華：紅色應該是用染色的，反應產生的液體中，有一部分是水，所以，液體應該屬於中性。

大強老師：如何判斷液體的酸鹼性？

泰華：小蘇打是弱鹼，醋酸是弱酸，加在一起就會變中性。(課室觀察\_大強 20051018)

當學生討論到酸鹼性的問題時，大強老師順勢提出問題，詢問學生如何判定液體的酸鹼性，從泰華的回答可知，他對於酸鹼中和持有迷思概念。所以，大強老師趁機將問題拋給學生，讓學生來說明泰華的想法是否正確。因此，在學生說明他們所觀察到的現象，並提出可能的理論與解釋之後，大強老師不僅會提醒學生提出問題，為了促進學生間的互動，他也會告訴學生可以提出的問題，由學生來發問，藉此引發其他同學提問的意願。有時，大強老師則會以學生的問題或回答為基礎，做進一步的追問，甚且，學生也會學習大強老師提問的內容與方式，向報告者提出問題。

## (二) 第二節課：實驗設計

學生在觀察教師演示後已提出其想法，為驗證想法的正確性，他們必須製作一個與教師演示具有相同或類似的效果的模型。所以，第二節課的進行主要是讓學生報告所設計的實驗內容。學生進行報告時，大多針對實驗設計的構想、裝置、材料，以及預期的實驗結果等進行說明，報告結束後，大強老師會請學生針對報告內容提出問題。以下摘錄兩段學生進行實驗設計發表的內容，以展現學生在實驗設計報告中的學習表現。

佳佳：觀察的時候，聞到一股刺鼻的味道，酸酸的味道。我們看到假的岩漿好像被一股推力，推了出來。所以，推論假火山的內部應該是酸鹼中和，產生的氣體把岩漿噴出來。我們也發現，假岩漿過了一會兒之後，好像有點半凝固的感覺。所以，參考「有趣的科學實驗」這本書，在養樂多罐裡面加入三分之一的醋和

石膏、四分之一的水，還有紅色的廣告顏料，讓顏色看起來更逼真。再用黏土做一個假山，把養樂多罐包起來，最後加入小蘇打粉，岩漿就會冒出來了。預估的實驗效果是小蘇打混入酸性物質，會因為酸鹼中和，而產生二氧化碳讓石膏噴出來。酸性的物質就是醋，因為比較容易拿到，要用鹽酸也是可以，可是比較危險。

大強老師：同學們有沒有什麼問題？

家寶：(大強老師小聲告訴家寶可以提出的問題)為什麼要加石膏？

佳佳：老師的假岩漿後來有一點凝固，我們猜裡面有加石膏。

大強老師：(等班上同學沒有再提出問題之後)把你們的設計畫下來，讓大家可以知道整個內容。再說明一下，石膏和醋酸會產生反應嗎？石膏的化學式是什麼？(課室觀察 20051021)

雯雯：我們聞到酸味，看到泡沫流出來，一段時間後才停止。這個應該是酸鹼中和，有泡沫是因為有氣體，有顏色是加顏料。我們討論到可能跟泡沫滅火器有關，因為泡沫滅火器也是用酸鹼中和來產生泡沫，還有  $\text{CO}_2$  來蓋住火，把燃燒要素取消掉，才能達到滅火的功效。所以，我們用黏土做外面，把碳酸氫鈉裝到塑膠杯裡面，加入紅色顏料，完成之後，把醋酸倒進去，就會有泡沫冒出來。預估的結果是有鮮紅色的顏料冒出來。

同學們：為什麼要用醋酸？還有哪些酸可以做出同樣的效果？怎麼知道要用醋酸和碳酸氫鈉？請你把圖畫出來、反應式是什麼？滅火器的反應是什麼？(課室觀察 20051021)

佳佳是第一位的報告者，雯雯是第四位。在報告內容方面，各組大多聚焦在酸鹼中和的概念，除了使用小蘇打和醋酸之外，有的組別則是在醋酸中加入粉筆或貝殼。其中，有一組的想法比較奇特，他們亦指出老師利用小蘇打和酸性物質的反應進行演示，但是，他們認為利用熱膨脹的方式，也能產生氣體推動液體的效果，所以，其實驗設計是在麵粉做的火山中注滿番茄醬，利用加熱後產生的氣體將番茄醬推出。提問表現部分，可以發現第一組報告時，學生甚少主動提問，亦不知道要問什麼問題。此時，大強老師將問題私下告訴一位學生，由他來做提問，希望帶動同學提問的氣氛，並示範性的提出一些問題，提醒學生應注意的重點。當小組報告進行到第四組時，則可發現同學提出的問題變多了，亦會使用大強老師曾經提出的問題來問其他組的報告者。

### (三) 第三節課：製作模型與解釋

學生對於教師演示所應用的概念已有初步的想法，並自己設計實驗，以製作出具有相同或類似效果的作品。在第三節課，學生開始動手製作模型，並上台展現他們的實驗成果。學生在進行實驗時，大強老師會與每個小組的學生互動，瞭解他們在實作過程中有無任何問題，並觀察他們探究能力的表現。學生的作品各有特色，多數小組是採用醋酸與小蘇打混合的方式（圖 6），然而，其中有三組（第 1、5、10 組）學生無法順利做出他們所預估的實驗效果。他們在解釋時，提出的可能原因是用以包裝的火山做的太高，在藥品劑量不足的情況下，缺少足夠的二氧化碳將溶液推出。

其次，有兩個小組（第 2、4 組）在實驗設計報告時表示，教師是利用醋酸與小蘇打的混合進行演示，但是，他們想嘗試使用不同的酸性或鹼性物質，來呈現相同的現象。其中，第 2 組以洗廁劑代替稀鹽酸，注入裝有粉筆的寶特瓶中，以產生劇烈反應，並從瓶口湧出許多白色泡沫（圖 7）。第 4 組則是利用貝殼與醋酸的混合來產生二氧化碳，他們未達成預期的實驗效果，經全班討論後，認為可能是因為未將貝殼磨碎，使得貝殼與醋酸的接觸面積不足，而沒有產生反應。



圖 6 學生以醋酸和小蘇打的混合進行實驗



圖 7 學生以洗廁劑和粉筆的混合進行實驗



此外，有兩個小組（第 6、8 組）充分展現創意，他們先說明老師是應用酸鹼中和的原理製作模型，但他們想應用其他的原理，製作出具有類似效果的模型。第 6 組同學加熱番茄醬，應用熱漲冷縮的概念來呈現現象（圖 8），他們先將麵粉和水做成麵皮，裡面包番茄醬，放在平底鍋上加熱，並在麵皮上方開一個小洞，讓受熱膨脹的番茄醬可以從小洞噴出，然而，實際操作時，僅有熱氣不斷從小洞冒出。第 8 組則將曼陀珠加入可樂中，瞬間，可樂從瓶子裡快速湧出，不到三秒鐘的時間，瓶子中的可樂僅剩下三分之一（圖 9）。



圖 8 學生以加熱番茄醬的方式進行實驗



圖 9 學生以曼陀珠和可樂的混合進行實驗

俟所有的小組都報告完之後，大強老師進行最後的總結，他告訴學生其推論是正確的，老師是使用碳酸氫鈉（小蘇打）與醋酸混合的酸鹼中和反應來進行演示。在學生的實驗中，有些組別是使用粉筆或貝殼，這些物質主要的成分是碳酸鈣，活性比較大，其與醋酸中和的反應會比較快速。此外，大強老師亦告訴學生，他們以後可以針對已經學過的內容，利用生活中比較常見的物品，自己在家裡面做類似的研究，同時，也不斷強調需要注意安全。

### 三、大強老師實施「火山爆發」教學活動後的省思與收穫

「火山爆發」教學活動實施後，大強老師觀看自己的教學錄影帶，針對教學實務進行說

明，並提出自己對於教學歷程與結果的反思。其次，在專業成長會議中，與會教師亦會針對教學錄影帶的內容，與大強老師進行討論。對談中，大強老師分享其實施此單元的經驗與感想，亦針對同事的建議與回饋，提出自己的觀點。甚且，在晤談與教師反思報告中，大強老師會綜合其對於「火山爆發」探究教學實務的思考，以及同事給予的建議，進一步提出其進行此次教學後的心得。整理與分析上述資料，大強老師實施「火山爆發」教學活動後的省思與收穫如下：

### （一）學生進行發表時，應用「挑撥」的方式，以問題來刺激學生思考，促使學生提問，並藉此訓練他們提問的能力

在「火山爆發」教學活動中，大強老師增加許多讓學生進行發表的機會，在觀察老師的示範實驗之後、完成實驗設計之後，以及展示模型的時候，學生都必須上台向全班的同學報告他們的想法。過程中，大強老師會使用一些話語，諸如：「你們都沒有問題了喔！」、「沒有人要問了嗎？你們這麼快就放過他（報告者），要想辦法把他問倒啊！」等，希望藉此激起學生提問與參與討論的意願。大強老師曾指出：

學生在討論的時候，老師可以在底下挑撥，他們可能本來都不敢問，你就在底下挑撥，他們就會問。學生一開始都不敢問，他們怕問的不好，我就會叫他們要把別人問倒。（會議 20051123）

確實，有些學生在聽完大強老師的話之後，會開始詢問報告者問題或表達個人的想法，惟，這些較願意發言的人大多是固定的幾位同學，且提出的問題較為表面，難以針對同學的報告內容提出關鍵性的問題以及給予適切的建議。所以，大強老師會再提出一些問題，透過直接詢問報告者的方式，或者將問題告訴較少發言的學生，請他們代替老師提出問題，來引導學生須注意的概念，並提示他們思考的方向，例如：上課時，學生請報告者說明為何小蘇打加醋酸後會產生氣泡，報告者的回答是因為有氣體產生，此時，大強老師告訴學生可以再請問報告者是何種氣體，接著再詢問提問的學生是否滿意報告者的答案。大強老師將這樣的方式稱為「挑撥」，旨在挑起學生間的問答，以營造討論的氣氛，提昇學生提問的意願，並澄清其想法。大強老師的想法是：

學生在進行小組報告時，一開始的報告和問問題，都只是浮面不深入的，於是我開始「挑撥」，要幫他們提出一些問題，感覺他們怎麼沒有提到這些重點，所以，我就會提問，只要他們沒有提到的，我就會問，會挑撥其他組的同學提出問題，然後，逐漸加重問題的尖銳性，讓學生之間有良性的競爭。（反思報告 20060301）

此外，大強老師表示透過「挑撥」的方式，學生為了能提出問題詢問同儕，將會學習老

師或同儕的提問方式，敏銳的從他人的報告內容中發現問題，並勇於提出的問題。如此，將能增進學生提問的能力，大強老師曾指出：「透過問問題，學生自然而然就會學著去問，他會覺得別人這樣問很好，他會去學，慢慢的訓練他，就有能力自己提出來」。所以，大強老師相當肯定挑撥的成效，他表示自己會持續使用挑撥的方式，促使學生針對同儕的想法或報告內容提問，進而培養提問的技巧與能力。

## （二）藉由科學寫作式學習單的撰寫，讓學生將想法確實記錄下來，不僅有助於學生進行思考、發表與撰寫報告，教師亦能從中瞭解學生的學習表現

「火山爆發」教學活動的實施，是大強老師第一次嘗試使用科學寫作式的學習單，讓學生將現象的觀察與解釋、實驗設計與預估的實驗效果等內容記錄下來。由表 3 可知，27 位（61.36%）學生觀察到紅色液體伴隨著泡沫從火山模型中流出，亦能注意嗅覺的變化，更有 5 位（11.4%）學生的觀察較入微，指出流出的泡沫中有一些氣泡，且經過一段時間後，泡沫會停止冒出（圖 10）。記錄觀察的方式部份，除了使用文字描述觀察之外，有 9 位（20.5%）學生輔以圖形來描述他們所觀察到的情形（圖 11）。在解釋所觀察到的現象時，19 位學生能根據他們的觀察逐項說明，並提出支持其想法的概念依據。以圖十二為例，該位學生指出她觀察到紅色泡沫和聞到一股酸味，由酸味推論老師使用酸性溶液，而泡沫可能是化學反應後產生的氣體所致，所以，綜合各項觀察與推測後，主張老師所提供的演示是醋酸與小蘇打混合進行酸鹼中和概念的應用，並寫下完整的化學反應以呈現其想法。相較於這 19 位同學所提出解釋的完整性，有將近半數的學生（21 位，47.73%）雖能根據他們的觀察，推論現象產生的原因，惟，對於推論過程或支持證據的描述，稍嫌有些不完整。此外，有 4 位學生僅提出科學概念的名詞（例如：酸鹼中和），或物品的化學名稱（例如：碳酸氫鈉），未針對現象做解釋。

表 3 學生科學寫作內容的評分統計

學生人數 (%)	項 目				
	觀察內容	記錄觀察的方式	解釋	實驗設計	實驗器材
分數 3	5(11.36)	—	19(43.18)	—	0(0)
2	27(61.36)	14(31.82)	21(47.73)	27(61.36)	13(29.55)
1	12(27.27)	30(68.18)	4(9.09)	17(38.64)	31(70.45)
0	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)
平 均	1.84	1.32	2.34	1.61	1.30

我觀察到：

在實驗進行中，會聞到酸味，及粉紅色泡沫冒出，過一段時間，便會停止。  
(泡沫上有些許氣泡)

我觀察到：

粉紅色溶液加入火山中，會有泡沫和臭味。




圖 10 學生惠琪能注意到有氣泡伴隨現象發生 圖 11 學生文宏能輔以圖形呈現觀察的現象

1. 請仔細地觀察老師的示範實驗後，填入下表：

我觀察到：	根據觀察，我的解釋是：	小組討論到：
<p>倒入紅色液體後，有紅色泡沫衝出，而紅色液體聞起來有酸酸的味道</p>	<p>1. 從液體聞到酸酸的味道，我們認為這是酸性液體，而液體呈紅色的原因，應該是方便觀察所添加的染料吧(因為老師說使用日常生活看到的物品，不過大家都沒看過有紅色的酸性液體) 2. 從實驗中觀察到衝出的液體伴隨著氣泡，我們認為在模型裡有一種物質遇到實驗中倒入的紅色液體產生水和大量氣泡的結果。</p>	<p>由前述三桌我們討論到衝出的氣體為 <math>\text{CO}_2</math>，而模型裡的物質是碳酸氫鈉(俗名：小蘇打，化學式：<math>\text{NaHCO}_3</math>) 因為酸+鹼 <math>\rightarrow</math> 鹽+水 <math>\text{H}_2\text{O} + \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{NaOH} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}</math> P.S. 酸+鹼是放熱反應 而小蘇打遇熱又會產生 <math>\text{CO}_2</math></p>

圖 12 學生美如觀察教師演示後的紀錄與解釋

學習單第二題是學生的實驗設計，包括：實驗步驟、所須物品與預估效果，全班學生皆能將他們所使用的物品名稱與操作方式記錄下來，其中能詳細描述實驗步驟的有 27 位 (61.36%) 學生，而剩餘的 17 位 (38.64%) 學生在撰寫步驟時，僅描述物質的混合，未標明先後順序，或者混合的方式。至於，物品的使用量、濃度等，則甚少提及或做詳實的記錄，僅有 13 位 (29.5%) 學生提及使用物品的數量，卻因為缺少單位，亦無法得知實際的劑量 (圖 13)。這是學生第一次撰寫科學寫作式的學習單，雖不盡完整，但確實能充分展現學生的想法與探究歷程。

我的設計步驟是：	我需要的物品是：
將保特瓶割成一半， 再將泥土黏在外面， 形成像火山的容器， 在火山內部加入小蘇打粉， 再另外拿一個杯子加入醋， 與紅色的廣告顏料以 達效果，再將容液加入 火山中即可。	保特瓶×1 黏土×1 小蘇打×1 醋×1 顏料×1

圖 13 學生敏真僅注意實驗所需物品的數量而忽略單位

上述學生的學習表現，使大強老師相當肯定學習單的功能，他表示學生在觀察示範實驗時，除了進行觀察，同時也會產生一些想法，透過學習單的撰寫，可以其想法、解釋與推論等記錄下來，不僅能作為學生設計實驗與製作模型的參考依據，老師也可以從中瞭解學生概念的理解程度，並針對學生的迷思概念，提供合適的教學。大強老師曾指出：

我覺得這個（學習單）很好用，有時候我們在想東西會想很多，但是，當你要實行的時候，都忘記了，所以，如果你把它記錄下來，會有一個依循的標準，依循的目標跟方法，所以，我覺得讓他們去寫是好的，我覺得這個好用。…他們裡面有些人寫得很不錯，從裡面可以知道學生看到什麼、觀察到什麼，看他們有哪些不懂，我們再來補。（晤談 20051028）

其次，由課室觀察可以發現，學生準備小組報告時，會以學習單的內容為大綱，依照問題的順序，來呈現他們的觀察與想法，例如：學生在報告其實驗設計時，會依據學習單的內容，先說明設計的內容與步驟，再報告實驗所需的物品與預估的實驗效果。所以，對學生而言，學習單的填寫與抄寫筆記或寫作業不同，他們會參考學習單進行其他方面的學習，並非僅停留在文字的撰寫而已。因此，大強老師表示未來設計探究教學時，將會再次使用科學寫作式的學習單，讓學生可以將學習的內容與過程記錄下來，老師亦可從學生填寫的內容，評量其學習的成效。

### （三）給予學生適當的引導、充足的思考時間，將能有效提昇學生進行科學探究的知能

在實施探究教學之前，大強老師相當擔心學生上課的表現，會與進行教案設計時的預期不符，而影響教學進行的流暢度，尤其是開放程度越高的探究教學形式，學生能針對自己的

想法形成研究問題與設計實驗，教師則更加難以掌握學生的反應。所以，大強老師是懷抱著忐忑不安的心情在實施「火山爆發」教學活動，他擔心學生在觀察示範實驗之後，僅注意到火山爆發的外觀特性，難以推測所見現象賴以產生的化學反應。其次，大強老師亦擔憂學生缺乏進行科學研究的經驗，沒有辦法獨立設計實驗。然而，在實際教學之後，大強老師發現只要給予學生時間與機會，在他們進行科學探究的過程中，利用提問的方式，引導學生發現問題、設計實驗與製作模型，學生不僅有能力完成教師給予的任務，並能從中獲得相關的科學知識與科學探究技能。大強老師曾指出：

其實一直都很擔心說，我現在做，學生會不會就停在那邊。我覺得像這次這樣，我給學生時間，引導他們去做，他們就可以做，他們就會去做，我覺得這樣很好啊，所以，蠻高興他們這樣做的。(晤談 20051028)

事實上，大強老師在閱讀 Martin-Hansen (2002) 提出的科學課室中的探究類型，以及探究與全美科學教育標準的探究教學形式(表 1)時，即已知道教師引導在探究教學中的重要性，以及引導有程度多寡之分，惟，對於箇中精髓、區別和引導技巧等尚未有清楚的理解。透過「火山爆發」探究教學活動的實施，大強老師對於教師引導多寡的拿捏與實施技巧有親身的體驗，以此為基礎，有助於其理解文獻的內容。大強老師的想法是：

有幾次在探討探究教學有引導式、開放式跟耦合式，其實，那個時候讓我可以大略分出引導式和開放式，不過，因為觀念不是很清楚，會把很多的東西混在一起，中間的灰色地帶會比較大。做過之後再回來看，感覺就不一樣，可以知道說為什麼要這樣分。(晤談 20060426)

此外，在這次的探究教學中，學生所學習到的是進行科學探究的能力，有別以往只是著重過程技能的培養，例如：精熟量取溶液、測量溶液體積等技能。大強老師曾提及：

在這次的教學裡面，連實驗設計和操作過程都沒有給學生，他們必須自己想，然後，自己去做，這個就是探究能力，學生在這種較少的引導方式之下，常有意想不到的思考方向及創意，這些都是在過程中學生自然形成的，非常珍貴。如果是過程技能的話，就只有純粹操作的部分。(反思報告 20060301)

所以，學生在「火山爆發」教學活動中，不僅只是完成一個作品或是一份實驗報告，而是養成科學探究與問題解決的能力。學生設計實驗時，必須針對問題提出合適的概念來設計實驗，並在操作過程中，設法達成預估的實驗效果，以及思考其中的影響因素。大強老師曾指出：

經過這次的教學，學生會有那種感受，感受他們在做些什麼事情。譬如：我要去設計

一個東西，我大概要怎麼去設計，原理是什麼東西，這些他們會去考慮。或許有些學生沒有辦法去找出原理，可是他們知道那個方法要怎麼做，即使，他如果提出錯的方法，別人也會幫他做修正。另外，實際操作是一個很好的方法，即使他們沒有做成功，他們也會知道為什麼沒有做成功，會去想為什麼沒有成功，像使用蕃茄醬的那一組，蕃茄醬從麵皮與鍋子的接縫處流出，而非麵皮上方的火山口。學生就會想盡辦法，把洞（火山口）挖大一點，把麵皮和鍋子接觸的地方再壓緊一點，後來，氣體從上面跑出來，可是蕃茄醬沒有。其實，那種感覺也很好，很真實。（晤談\_大強 20051028）

所以，「火山爆發」探究教學活動，確實能營造一個促使學生進行科學探究的情境，使學生在參與教學活動的過程中，習得觀察、發現問題、討論、實驗設計、實驗操作與解釋等進行科學探究的能力。

#### （四）倘教學時間充足，將會協助學生根據此次的教學內容，形成下一個研究問題，讓科學探究的歷程可以延續下去

「火山爆發」教學活動共有三節課，第三節課主要讓學生展示其所設計的火山模型，並請學生說明實驗結果。上課時，學生除了製作模型，還需上台報告，待十個小組完成作品發表之後，僅剩約三分鐘的時間，讓大強老師進行總結。所以，大強老師未讓學生多做討論，僅根據學生所應用的概念，進行統整與說明，讓學生瞭解碳酸氫鈉或碳酸鈣與酸性溶液中和後，皆會產生二氧化碳。在科學探究部分，大強老師只能以口頭鼓勵的方式，建議學生可以應用在學校中所學到的概念，自己進行類似的研究。晤談時，大強老師曾指出學生在「火山爆發」教學活動中的表現，出乎他的意料之外，學生普遍能針對演示的內容，提出自己的想法，並進行實驗設計。所以，大強老師認為學生有能力針對「火山爆發」教學活動的內容，再做進一步的探究，亦希望可以讓學生針對他們自己所設計的模型，探討影響成敗的因素，並提出修正方案。然而，卻因為教學時間不足，難以再額外增加一節課，讓學生在課室中精緻其所設計的實驗，從中發展出新的研究問題，以進行下一次的探究。大強老師的想法是：

那天後來時間比較緊，就沒有辦法再做很長的整理，我比較想做的是，留一段時間把學生做的東西做一個完整的整理，讓他們提一些問題，去想一想在做的過程裡面，或者呈現模型的時候，可以做一個修正或一個改善計畫。例如要再做的時候，要怎麼去改變方式，讓它有更成功的呈現。或者說，有沒有替別組想到說，改成什麼樣會比較好一點，讓他們去思考一下，因為他們都有看到別人的現象，有時候去觀察別人的東西是比較容易的，反而看不到自己的。……我覺得這個只好讓他們私底下去做考慮、去想，沒辦法在課堂裡面再花一節課去講。（晤談 20051028）

當初，大強老師設計「火山爆發」教學活動時，希望能考量教學時間的因素，設計適合

於融入正式課程的探究教學，然而，在實際教學後，仍感受到教學時間不足的問題。確實，教學時間是影響探究教學實施的主要因素之一，與聆聽教師講述、直接將科學概念傳遞給學生的教學方式相比，讓學生進行觀察、發現問題、實驗、討論與解釋等科學探究歷程，需要花費較多的時間。甚且，「火山爆發」活動中所探討的小蘇打與醋酸混合的概念，僅是課本中預定教學進度的一小部份，使得能夠運用於讓學生進行科學探究的時間相當有限。對此，大強老師認為僅需再多一節課，學生的科學探究歷程將會有一個比較完整表現，所以，未來實施探究教學時，會嘗試將科學寫作當作回家作業，讓學生利用課餘的時間完成，或者，選用課本中的實驗加以改編成探究教學活動，將能克服教學時間不足的問題。

#### （五）此次教學能提昇學生參與學習的意願，建立師生間良好的互動關係，並使教師有信心持續實施探究教學

「火山爆發」教學活動的實施方式，旨在讓學生觀察教師演示的現象，猜測其中所運用的概念或機制，並進行小組討論、設計實驗以及製作模型等，與以往僅是聆聽教師講述或抄寫筆記的學習方式相比，「火山爆發」教學活動顯得有趣多了。由教學現場的觀察亦不難發現，學生的參與度增加了，普遍樂於進行老師給予的任務。從課室觀察中，可以看到：

小組討論開始，學生紛紛走到講桌旁，再看一次老師所製作的模型。然後，每個小組自己換位置，圍成圈圈聚集在一起討論。（課室觀察 20051018）

學生看完第一個同學展示的模型之後，大多感到非常的興奮，除了發出驚訝與歡呼聲之外，還舉手搶著要先上台演展示。（課室觀察 20051025）

大強老師在教學後亦指出：「學生真的很投入，他們在討論的時候，就真的是在小組裡面討論，不會到處串門子，以前做實驗會到處跑，現在都不會了」。顯然，「火山爆發」探究教學活動營造了一個讓學生樂於學習的氛圍，使學生願意投入時間與精力，進行各項學習活動。這是一個很好的開端，畢竟，學生必須先具備學習的意願與意圖，願意積極、主動參與探究活動，才能從中得到收穫。其次，大強老師與學生之間的師生關係亦大有改善，學生變得喜歡親近老師，願意和老師分享學習方面的問題，同時，也促使教師更用心教學、更加樂意使用探究教學。在會議中，大強老師分享其實施探究教學的收穫時提到：

大強老師：學生好像比較常到辦公室來。

小花老師：會歡樂收割，我們班也是這樣，現在都會圍著我問下次還要做什麼，還是他們又有什麼新發現。

大強老師：我發現故意這樣做（挑撥、讓學生探究），學生會有進步，包含他們跟你的



相處關係，以前下課他們看到你，可能不太會打招呼，現在看到你，還會跟你開玩笑，會和你比較親近，他們有問題的時候，也比較敢問，以前他們都怕被笑，不太敢講。(會議 20051123)

在此次教學結束後，不僅學生在學習上有所收穫，對於大強老師而言，除了前述探究教學的體認與實施技巧的增進之外，亦增添了不少實施探究教學的信心，探究教學的實施並非如其想像中困難，就像是學生進行科學探究一般，先從開放程度較低的探究活動開始，待熟悉與瞭解探究歷程之後，再逐漸增加開放的程度，學生將能從中學習到進行科學探究的知能。同樣的，老師的學習歷程亦是如此，只要自己願意嘗試，從教學實務中逐漸累積經驗，將能學習到實施探究教學的技巧與方式，並樂於實施探究教學。甚且，大強老師曾多次表示接下來還要繼續設計與實施探究教學，他的規劃是：「再來電化學的單元，可以再規劃做一個探究教學，也可以利用星期六的輔導課做彈珠汽水，用兩節課來做探究，應該也不錯。還可以做伏打電池，讓他們設計實驗，比賽誰可以讓燈泡亮最久或最亮」。由此可見，大強老師對於實施探究教學的態度，已發生轉變，從猶豫是否實施探究教學、與擔心學生學習表現的心情，轉變為積極找尋設計探究教學的素材，並主動規劃下一次實施探究教學的時間。在大強老師所提及的這些單元中，皆有一共同點，即教師先藉由實物演示，呈現與探究主題有關的現象，讓學生在觀察、製作模型的歷程中，學習相關的科學知識與探究能力。

## 伍、結論與討論

### 一、研究結果討論

一般而言，教師對於探究教學的理解普遍不足，甚且，亦極少教師具有實施探究教學的經驗 (Costenson & Lawson, 1986; Crawford, Zembal-Saul, Munford, & Friedrichsen, 2005; Jeanpierre et al., 2005; Ward, n.d.)，所以，當其面對新的教學方式時，難免會缺乏自信，甚或感到恐懼。Jeanpierre 等人 (2005) 以及 Reiff (2002) 曾指出教師在實施探究教學之前，通常會擔心探究教學需要花費較多的教學時間，難以達成預定的教學進度，以致，教師常懷著兩難的心情去嘗試實施探究教學，甚或質疑探究教學的成效。除了教學前的擔憂與抗拒之外，教師亦會對於學生未知的反應感到憂慮，擔心自己無法解決學生提出的問題，或提供令學生滿意的答案 (Trautmann, MaKinster, & Avery, 2004)。在本研究中，大強老師對於「火山爆發」教學活動的實施，同樣亦懷著不安的心情，擔心學生尚未學習過小蘇打與醋酸混合的酸鹼中和反應，無法從教學演示的觀察中發現問題，亦缺乏進行探究的能力，難以獨立進行實驗設計與操作。然而，在教學後，大強老師發現只要給予學生足夠的時間進行思考與探究，並提供機會讓他們表達想法與交流意見，則學生將能完成探究的任務。

綜觀大強老師進行「火山爆發」教學活動的教學架構，大致可分為五個面向，包括：引入主題、發現問題、實驗、教師介入（挑撥）與統整概念（表 4）。先利用實驗演示，呈現探索的主題，讓學生進行觀察與討論演示中可能運用的科學概念或機制。然後，透過小組討論、發表的方式，讓學生提出他們的觀察、對演示所運用概念的推估、實驗設計，以及預期的實驗結果等。過程中，促使學生針對同儕報告的內容提出問題，或者由教師提問，來協助學生聚焦，以深入思考其實驗設計的內容。最後，讓學生自己進行實驗，並針對實驗結果進行討論，倘未能達成預期實驗結果，亦須對於可能的影響因素提出說明。這是大強老師實施探究教學的成功經驗，能掌握探究教學的基本原則，以學生的經驗為基礎，由教師協助其建立或修正對於科學的理解（Driver, Asoko, Leach, Mortimer, & Scott, 1994）。甚且，學生在「火山爆發」教學活動中所進行的科學探究活動，包括：觀察、發現問題、實驗設計與操作、預測實驗結果、討論與反思等，亦與 Reiff 等人（2002）提出的科學探究模式相近，皆是以問題為核心，透過各項科學探究活動，探索問題的答案。事實上，探究教學的實施方式是相當多元的，大強老師的探究教學實施架構能提供學生參與科學探究活動，並符合探究教學以學生為中心的精神，確實是探究教學的一種展現。

表 4 大強老師的探究教學實施架構

面向	內容	科學探究活動
引入主題	以實驗演示呈現教學主題，讓學生進行觀察。	觀察
發現問題	以引導的方式，協助學生針對所觀察的現象，形成可試驗的問題。	定義問題 形成問題 探討已知的知識
實驗	協助學生依據問題進行實驗設計，包括：實驗步驟、實驗素材與實驗結果的預估，並進行小組發表，以確認實驗是在安全的情況下進行。然後，讓學生依據所設計的實驗，進行實驗操作，並於過程中記錄數據與發現。	闡明預測 進行研究
教師介入 （挑撥）	讓學生發表與討論實驗結果，並運用「挑撥」的策略，促使學生思考自己與同儕觀點間的異同。	檢視結果 反思發現 與人溝通
統整概念	以學生的想法為基礎，進行概念的整理與說明。	

教師對於學科特性、科學意涵、教學策略、課程、學生知能、學生小組互動或學校情境的知識與信念等，將會影響教師的教學決策，以及其進行教學的方式與歷程（Crawford, 2007; Lotter, Harwood, & Bonner, 2007）。本研究中，大強老師的探究教學實務知識強調探究教學必須以學生為中心，重視學生的先前概念，並給予學生較多參與學習的機會，諸如：實作、思考、表達與溝通等。其次，大強老師認為在探究教學中，教師提問的運用可作為學生進行科學探究的示範，如同學習下棋一般，在臨摹專家對奕的過程中，逐漸理解下棋的規則、策略

與訣竅。所以，在「火山爆發」教學活動中，大強老師將教學內容與學生的背景知識做連結，讓學生在觀察教師演示之後，推測教師演示所運用的理論與素材，並自己進行實驗設計與操作。在學生進行發表與討論時，大強老師會刻意針對同學報告的內容提出問題，讓學生注意到老師思考問題的方向與要點。由教學實務觀之，學生在聽到這些問題後，會仿效老師的提問，提出類似的問題請同學回答，並能理解這些問題在探究歷程中的重要性。在 Lotter 等人（2007）的研究中曾發現，一位主張科學知識的學習必須由教師傳遞給學生的中學老師，在實施探究教學時，經常會使用教誨式的（Didactic）教學方式，來教導學生進行探究活動，即使在參與專業成長計畫之後，其探究教學的實施仍僅增加讓學生進行思考的部份，卻忽略許多全美科學教育標準中所提及的探究教學成分。Furtak（2006）亦曾探討教師的探究教學實務，他發現重視學生想法的教師，在實施探究教學的過程中，會不斷告訴學生表達想法的重要性，並重視每一位學生的觀點，不妄下對錯的斷語。因此，教師對於探究教學實務知識，包括：探究教學的認知、信念，以及實施探究教學的技能與態度等，皆會影響教師如何設計與實施探究教學。

其次，在探究教學中，教師引導成份的拿捏相當重要，探究教學活動的進行有別傳統的食譜式實驗，學生擁有較多的時間與機會，自己進行觀察、思考問題、討論、設計實驗與製作模型等。大強老師認為教師引導在探究教學中的扮演極重要的角色，教師須適時給予引導或介入，以幫助學生將問題聚焦、完整表達想法，以及澄清概念等。所以，在學生發表想法與討論的過程中，大強老師除了會應用「挑撥」的方式，鼓勵同學之間相互提問之外，也會透過提問，來協助學生澄清觀念，並引導學生為自己的想法提出進一步的說明與解釋。甚且，大強老師也會根據學生回答的內容，協助學生進行綜合與歸納，以獲得結論。事實上，開放式探究教學並非探究教學的唯一形式（Furtak, 2006），Dunkhase（2003）、Hanson（2005）以及 Hinrichsen 與 Jarrett（1999）等學者曾主張探究教學的實施，必須給予學生引導，俾協助學生培養進行科學探究的能力，使其能勝任探究活動。此外，在「火山爆發」教學活動的實施歷程中，亦發現寫作式的學習單將能協助學生記錄想法與探究歷程，使學生能針對自己所撰寫的資料進行反思，甚且，教師亦可由寫作內容評量學生的理解程度，俾提供合宜的協助。

## 二、研究啟示與建議

本研究係探討一位化學老師的探究教學實務知識，並描述與分析其實施探究教學的實務與成效。在「火山爆發」教學活動中，大強老師依據其對於探究教學的理解與經驗，以教學演示引起學生的好奇心，並讓學生在觀察、實驗設計與製作模型的歷程中，學習科學概念與探究能力。同時，大強老師使用「挑撥」、提問與科學寫作式的學習單等，引導學生發現與解決問題。由學生的學習成效與教師教學實務的反思，「火山爆發」教學活動為探究教學的實踐提供一可行的途徑與經驗，尤其是，以既訂的課程內容為主，將教科書中的概念呈現方式與

實驗活動內容，做一些調整與安排，使其符合探究教學的精神，並用以取代正式課程，達到學生概念學習的目的，亦能培養學生進行科學實驗的能力。惟，教師在參考本探究教學活動時，需提醒學生注意「火山爆發」是教學活動的包裝，教學中所探討的酸鹼中和概念並非是引發火山爆發的原因，以避免造成學生的迷思概念。

在研究方面，協助教師使用探究教學時，信心的建立與實施經驗的反思是相當重要的。大強老師曾設計與實施探究教學，仍認為自己尚未具備熟練的實施技巧，且擔心學生無法勝任探究活動，不敢貿然在課室中使用探究教學。所以，協助教師建立信心是很重要的，教師需要獲得支持，才會願意進一步改變其教學方式，尤其是對於探究教學認識有限，或缺乏實施探究教學的教師而言，更是促使其進行專業發展的首要工作。其次，實務經驗的反思有助於大強老師檢視自己的教學過程，從中瞭解教師引導在探究教學中扮演的角色，以及科學寫作、「挑撥」等策略的使用成效，進而精緻其實施探究教學的方式。

本研究屬個案研究，僅針對大強老師進行探討，未來可研究不同學科背景、科學研究經驗與學校文化的教師，其探究教學實務知識的異同，以及影響其建構探究教學實務知識與課室教學表現的因素。甚且，可以進行較長期的觀察與研究，以深入瞭解教師在設計與實施探究教學的思考歷程。這些研究的發現必能提供欲促進教師專業成長與落實探究教學的研究者、實務教師或政策制定者一個思考的方向。

## 參考文獻

- 教育部 (2003)：國民中小學九年一貫課程總綱綱要。台北：教育部。
- American Association for the Advancement of Science. (1989). *Science for all Americans: A Project 2061 report on scientific literacy goals in science, mathematics, and technology*. Washington, DC: Author.
- American Association for the Advancement of Science. (1993). *Benchmarks for science literacy*. New York: Oxford University Press.
- Anderson, R. D. (2000). Are assessment, certification and licensure the path to excellent science teaching? *Proceeding of the National Science Council, Part D, 10*, 40-49.
- Anderson, R. D. (2002). Reforming science teaching: What research says about inquiry. *Journal of Science Teacher Education, 13*, 1-12.
- Beijaard, D., & Verloop, N. (1996). Assessing teachers' practical knowledge. *Studies in Educational Evaluation, 22*, 275-286.
- Bencze, L., & Hodson, D. (1999). Changing practice by changing practice: Toward more authentic science and science curriculum development. *Journal of Research in Science Teaching, 36*, 521-539.
- Carin, A. A., Bass, J. E., & Contant, T. L. (2005). *Teaching science as inquiry* (10th ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson Education, Inc.
- Costenson, K., & Lawson, A. E. (1986). Why isn't inquiry used in more classrooms? *The American Biology Teacher, 48*, 150-158.
- Crawford, B. A. (2007). Learning to teach science as inquiry in the rough and tumble of practice. *Journal of Research in Science Teaching, 44*, 613-642.
- Crawford, B. A., Zembal-Saul, C., Munford, D., & Friedrichsen, P. (2005). Confronting prospective teachers' ideas of evolution and scientific inquiry using technology and inquiry-based tasks. *Journal of Research in Science Teaching, 42*, 613-637.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher, 23*(7), 5-12.
- Dunkhase, J. A. (2003). Coupled-inquiry cycle: A teacher concerns-based model for effective student inquiry. *Science Educator, 12*, 10-15.
- Eraut, M. (1994). *Developing professional knowledge and competence*. London: Falmer Press.
- Furtak, E. M. (2006). The problem with answers: An exploration of guided scientific inquiry teaching. *Science Education, 90*, 452-467.
- Gobert, J. D., & Buckley, B. C. (2000). Introduction to model-based teaching and learning in science education. *International Journal of Science Education, 22*, 891-894.
- Haney, J. J., Czerniak, C. M., & Lumpe, A. T. (1996). Teacher beliefs and intentions regarding the implementation of science education reform strands. *Journal of Research in Science Teaching, 33*, 971-993.
- Hanson, D. M. (2005). Designing process-oriented guided-inquiry activities. In D. K. Apple & S. W. Beyerlein (Eds.), *Faculty guidebook: A comprehensive tool for improving faculty performance* (pp. 305-308). Lisle, IL:

Pacific Crest.

- Hiebert, J., & Stigler, J. W. (2000). A proposal for improving classroom teaching: Lessons from the TIMSS video study. *Elementary School Journal*, *101*, 3-20.
- Hinrichsen, J., & Jarrett, D. (1999). *Science inquiry for the classroom: A literature review*. Portland: Northwest Regional Educational Laboratory.
- Jeanpierre, B., Oberhauser, K., & Freeman, C. (2005). Characteristics of professional development that effect change in secondary science teachers' classroom practices. *Journal of Research in Science Teaching*, *42*, 668-690.
- Johnston, S. (1992). Images: A way of understanding the practical knowledge of student teachers. *Teaching and Teacher Education*, *8*, 123-136.
- Lavonen, J., Jauhiainen, J., Koponen, T. I., & Kurki-Suonio, K. (2004). Effect of a long-term in-service training program on teachers' beliefs about the role of experiments in physics education. *International Journal of Science Education*, *26*, 309-328.
- Lotter, G., Harwood, W. S., & Bonner, J. J. (2007). The influence of core teaching conceptions on teachers' use of inquiry teaching practices. *Journal of Research in Science Teaching*, *44*, 1318-1347.
- Loucks-Horsley, S., Hewson, P. W., Love, N., & Stiles, K. E. (1998). *Designing professional development for teachers of science and mathematics*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.
- Martin-Hansen, L. (2002). Defining inquiry: Exploring the many types of inquiry in the science classroom. *The Science Teacher*, *69*(2), 34-37.
- Moje, E. B., Collazo, T., Carrillo, R., & Marx, R. W. (2001). "Maestro, what is 'quality'?" Language, literacy, and discourse in project-based science. *Journal of Research in Science Teaching*, *38*, 469-498.
- National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academic Press.
- National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Pajares, M. F. (1992). Teachers' beliefs and educational research: Cleaning up a messy construct. *Review of Educational Research*, *62*, 307-332.
- Pataray-Ching, J., & Roberson, M. (2002). Misconceptions about a curriculum as inquiry framework. *Language Arts*, *79*, 498-505.
- Richmond, G., & Kurth, L. A. (1999). Moving from outside to inside: High school students' use of apprenticeship as vehicles for entering the culture and practice of science. *Journal of Research in Science Teaching*, *36*, 677-697.
- Reiff, R. (2002). *If inquiry is so great, why isn't everyone doing it?* Charlotte, NC: Association for Education of Teachers in Science. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 465642)
- Reiff, R., Harwood, W. S., & Phillipson, T. (2002, January). *A scientific method based upon research scientists' conceptions of scientific inquiry*. Paper presented at the Association for the Education of teachers of Science, Greenville, NC.
- Roehrig, G. H., & Luft, J. (2004). Constraints experienced by beginning secondary science teachers in implementing scientific inquiry lessons. *International Journal of Science Education*, *26*, 3-24.

- Schwartz, R. S., Lederman, N. G., Khishfe, R., Lederman, J. S., Matthews, L., & Liu, S. Y. (2002). *Explicit/reflective instructional attention to nature of science and scientific inquiry: Impact on student learning*. Charlotte, NC: Association for Education of Teachers in Science. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 465622)
- Tobin, K., Tippins, D. J., & Gallard, A. J. (1994). Research on instructional strategies for teaching science. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 45-93). New York: Macmillan.
- Trautmann, N., MaKinster, J., & Avery, L. (2004, April). *What makes inquiry so hard? (And why is it worth it?)*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Vancouver, BC.
- Trowbridge, L. W., & Bybee, R. W. (1990). *Becoming a secondary school science teacher* (5th ed.). New York: Merrill.
- van Driel, J. H., Bejjard, D., & Verloop, N. (2001). Professional development and reform in science education: The role of teachers' practical knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 38, 137-158.
- van Zee, E. H., Hammer, D., Bell, M., Roy, P., & Peter, J. (2005). Learning and teaching science as inquiry: A case study of elementary school teachers' investigations of light. *Science Education*, 89, 1007-1042.
- Ward, B. (n.d.). *The design, development and evaluation of an online inquiry mentor*. Retrieved August 26, 2004, from <http://filebox.vt.edu/users/bward/portfolio/inquirymentor.pdf>
- Zachos, P., Hick, T. L., Doane, W. E. J., & Sargent, C. (2000). Setting theoretical and empirical foundations for assessing scientific inquiry and discovery in educational programs. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 938-962.

## 致謝

本研究的進行與撰寫，蒙行政院國家科學委員會專題計畫經費支助(NSC 97-2511-S-415-009 與 NSC 96-2511-S-415-001)，特此致謝。

## 作者簡介

陳均伊，國立嘉義大學科學教育研究所，助理教授

Jun-Yi Chen is an assistant professor of Graduate Institute of Science Education, National Chiayi University, Taiwan.

E-mail: jychen@mail.ncyu.edu.tw

張惠博，國立彰化師範大學物理學系，教授

Huey-Por Chang is a professor of Department of Physics, National Changhua University of Education, Taiwan.

E-mail: changhp@cc.ncue.edu.tw

收稿日期：96.09.13

修正日期：97.07.22

接受日期：97.10.24

## 附錄一 學生科學寫作內容評分標準

項目	分數	標 準
觀察內容	3	聞到酸味，與看到紅色泡沫從容器中流出，並能對泡沫的產生與消失做進一步的描述。
	2	聞到酸味，與看到紅色泡沫從容器中流出。
	1	僅聞到酸味，或看到紅色泡沫從容器中流出。
	0	未描述觀察內容。
記錄觀察的方式	2	同時使用文字與圖形記錄觀察。
	1	使用文字或圖形記錄觀察。
	0	未紀錄觀察。
解釋	3	根據觀察，提出詳細的、合理的解釋。
	2	根據觀察，提出合理的解釋，但不完整。
	1	僅提出概念名詞作為解釋，未詳細說明如何形成解釋。
	0	未提出解釋。
實驗設計	2	依據解釋，詳述說明實驗步驟、所需物品與預估成效，且實驗步驟是完整的。
	1	依據解釋，詳述說明實驗步驟、所需物品與預估成效，但實驗步驟是不完整的。
	0	未依據解釋進行實驗設計，或未描述實驗設計。
實驗器材	3	標明所需物品的規格與數量。
	2	標明所需物品的規格或數量。
	1	標明所需的物品。
	0	未標明所須物品。



# A Case Study of Investigating a Chemistry Teacher' Practice and Reflection on Implementing Inquiry Teaching: An Activity of the Volcanic Eruption

Jun-Yi Chen

Graduate Institute of Science Education,  
National Chiayi University

Huey-Por Chang

Department of Physics,  
National Changhua University of Education

## Abstract

This study was a part of a three-year long professional development project for teachers to carry out inquiry teaching. A chemistry teacher was investigated in this study. His practical knowledge of inquiry teaching as well as the classroom practice and reflection on implementing inquiry teaching were examined. The data were gathered by interviews, classroom observations, meeting records and artifacts. After data analyzed, several categories and propositions were emerged. It was found that the case teacher regarded inquiry teaching as the processes of observing phenomena as well as designing and conducting experiments, called "reconstruct model". Both of students' prior knowledge and competence should be considered to design the activity of "volcanic eruption". The results showed that students enjoyed engaging in inquiry teaching and learned scientific conceptions and abilities. Furthermore, the case teacher indicated that he acquired confidence and support from his students and was willing to continue implementing inquiry teaching.

Keywords: scientific inquiry, practical knowledge of inquiry teaching, professional development

