

高中科學教師對「探究與實作」課程的概念： 課程特徵、挑戰、教學目標與教學活動

洪菁穗¹ 吳心楷^{1、2、*}

¹國立臺灣師範大學 科學教育研究所

²南非約翰尼斯堡大學 科學與科技教育學系

摘要

本研究旨在探討高中科學教師對「探究與實作」課程的概念，包括課程特徵、挑戰、教學目標與教學活動設計。本研究邀集具有探究教學相關經驗的40位高中科學教師，參與半結構訪談。透過資料導向及文獻導向二種方式產生編碼架構，並以NVivo 12進行資料分析。結果顯示教師對於課程特徵的概念與課綱相符，但聚焦於教學面向，且忽視科學調查的部分面向。教師雖肯定課程的價值，但也提出不同層面的挑戰，其中最常見的挑戰為：教師的能力與興趣不足，以及學生缺乏知識、能力等微觀因素，其次則是巨觀因素及中觀因素。此外，教師賦予「探究與實作」課程多樣化的目標，最常見的是提高學習動機、連接科學與生活及瞭解、執行科學探究等。對於不同的探究階段及活動，教師賦予其特定的教學目標，然而不論是教學目標或活動設計，都較少關注分析、詮釋數據及論證與建模的科學實務。教師設計的探究活動非常多元，包含一般活動與特定活動二種類別。最後，本文根據研究結果提出相關建議。

關鍵詞：科學實務、高中教師、探究與實作、教師信念、教學活動

壹、前言

當前最新公布的「十二年國民基本教育課程綱要」(以下簡稱108課綱)強調科學教學應從學生切身相關的科學議題出發，透過科學探究及在學校的科學學習實務社群中執行科學實務(science practice)的方式，學生比較容易在理解科學過程的同時學習到相關知識、技能與態度(Abd-El-Khalick et al., 2004;

Osborne, 2014)，並藉此培養出具有科學素養的公民。因此，課綱中納入「探究與實作」課程的四個必修學分(教育部，2018)，盼望從學生的經驗與好奇中出發，選擇生活化的議題，綜合運用七個跨科概念(物質與能量等)，引導學生尋找適合的科學方法來解決生活中的科學問題，並藉此提供學生更統整的學習經驗。但若要成功執行此課程，除了政策、資源與相關升學進路的配合之外，教師不啻

*通訊作者：吳心楷，hkww@ntnu.edu.tw

(投稿日期：民國110年11月28日，修訂日期：民國111年3月11日，接受日期：民國111年3月14日)

是其中的關鍵。他們在探究教學與學習上扮演多元角色(Dobber et al., 2017)，除了擔任課程設計、執行者，也要整合資源、引導學生、設定目標，並視學生的學習情況轉換角色與支持的程度(Wu & Hsieh, 2006)。

在教師教學概念及探究概念的相關研究中，信念(beliefs) (Caleon et al., 2018; Ramnarain & Hlatswayo, 2018; Wallace & Kang, 2004)、觀點(views) (Brown et al., 2006; Crawford, 2007; Demir & Abell, 2010)與概念(conceptions) (Breslyn & McGinnis, 2011; Ireland et al., 2014; Lotter et al., 2007)這三個詞有時同義，有時混用，有時則略有差異。本文將探究概念一詞視為受訪教師對於「探究與實作」課程的心像，包括教師對於探究實作、學生學習、有效教學等相關的知識與信念(Breslyn & McGinnis; Lotter et al.)。

當教師規劃課程或教學任務時，其教學概念發揮了關鍵影響力(Nespor, 1987; Pajares, 1992)，幫助他們詮釋所發生的狀況，做出對應的決定。教師的概念會影響他們知識的獲得與詮釋、任務的定義與選擇、課程內容的詮釋及評量的安排等部分(Keys & Bryan, 2001; Nespor)。因此，教師概念與教學策略有高相關性(蔡偉澎等, 2013)，也會透過教學實務進一步影響學生的學習成效與科學能力。由於教師概念的重要性，當其面對創新的課程或教學時，對於脈絡的理解與信念會形塑或改變課程改革(Keys & Bryan)。只有當教師對探究教學的本質有更充分的認識(Roehrig & Luft, 2004)，並完成信念的強化時，才更有可能成功並持續執行創新教學(陳均伊, 2010; 曾崇賢等, 2011)。如果對教師本身的概念更為瞭解，也就更能找到可平衡探究教學精神與教師個人信念，或是教學風格的模式(Keys

& Bryan)，並能選擇更有成效的教師成長課程(Wallace & Kang, 2004)。

由於探究教學與教師概念的相關議題廣獲關注，吸引了各界研究者投入，其豐富的研究成果主要聚焦於以下面向：一、探究教學課程的設計、實施與學習成效(林玉蓮、段曉林, 2019; 張珮珊等, 2017)。二、教師參與專業成長的過程與信念、實務的改變(陳均伊, 2010; 曾崇賢等, 2011)。三、弱勢、女性、偏鄉、原住民等不同背景學生的探究學習困難與成效(吳百興、吳心楷, 2010; 鄭立婷等, 2020)。四、科技融入探究教學(Fang et al., 2016; Hsu et al., 2016)等。但缺乏對於高中教師探究概念或教學信念較具涵蓋性(包括不同科目、教學經驗等)的質性分析，這與高中階段相對強烈的升學壓力有關(Keys & Bryan, 2001)，正因為如此，高中教師從過去的教學轉化到探究教學時面臨著更大的衝擊。此外，Keys與Bryan分析文獻後建議需要增加教師對於探究目標、執行過程與動機觀點之相關研究，本研究呼應此建議對探究教學概念進行對應面向的探索。

綜上所述，本研究旨在探討高中科學教師對「探究與實作」課程的概念。盼望研究結果能為探究實作課程的執行帶來啟發、提供洞見。因此，本文研究問題如下：高中科學教師對於「探究與實作」課程的概念為何？

貳、文獻探討

一、探究與科學實務、「探究與實作」課程及相關研究

(一)探究與科學實務

探究(inquiry)一詞在過去30年間是科學教育領域一個備受關注，被標誌為「好的科

學教學與學習」之象徵(Anderson, 2002)。學生透過探究活動可發展科學觀念，同時理解科學家如何研究自然世界；因此，探究活動包含許多面向，例如：提出問題、規劃調查步驟，收集、分析和詮釋數據等等(National Research Council [NRC], 2000, p. 23)。

探究一詞承載著多重意義，例如：Abd-El-Khalick等(2004)認為探究既可以作為方法(means)，也可以是一種成果(ends)。換言之，教師可將探究視為一種教學方法，來教授科學概念與內容，而探究本身也可以是一種成果，學生可透過科學內容作為媒介，學習探究技能與科學本質。

探究教學或學習具有五大特質，即投入科學導向的問題、收集數據作為證據、從證據發展解釋、反思及評價解釋，以及溝通辯證解釋(NRC, 2000)。針對這些特質，教師在執行或設計探究活動時需要依據學生的背景知識與能力提供不同程度的引導或介入，以

達到較佳的學習成效(鄭立婷等，2020；Wu & Hsieh, 2006)。由教師引導程度的多寡，可將探究活動分成結構、引導、開放等類別，而在開放探究中，學生具有最大的自由度與責任。

探究學習累積了豐碩的成果(Furtak et al., 2012)，但同時，也有一些誤用及關於探究教學的反思產生。近年來，學習科學實務成為國際間課程改革的焦點，例如：美國「新世代的科學標準」(Next Generation Science Standards [NGSS])即以科學實務一詞取代科學探究，以說明科學教育的目標(NGSS Lead States, 2013)。科學實務是指科學家探索自然世界時所投入的活動，NGSS提出八個科學實務，並以實際例子說明，包括提問、發展與使用模型、計劃與執行科學調查等等(表1)。課程標準架構中使用實務一詞，而非技能，即在於強調投入科學學習的實務中需要同時整合知識與技能(NRC, 2012)；也希望此觀點

表1：美國NRC科學探究能力(九到十二年級)、科學實務及臺灣108課綱中探究實作學習表現的整合

本研究之探究階段	科學探究的基本能力 (NRC, 2000)	科學實務 (NRC, 2012)	探究能力 (108課綱)
1.觀察與提問	確認引導科學調查的問題與概念(Ia 1)	提問(Pr 1)	觀察與定題
2.計劃與執行科學調查	設計、執行科學調查(Ia 2) 使用科技與數學去改善調查與溝通(Ia 3)	計劃與執行科學調查(Pr 3)	計劃與執行
3.分析、詮釋數據	使用科技與數學去改善調查與溝通(Ia 3) 使用邏輯與證據以形成與修正科學解釋與模型(Ia 4)	使用數學及運算思維(Pr 5) 分析和詮釋數據(Pr 4) 建構解釋(Pr 6)	分析與發現
4.論證與建模	認知、分析另有解釋與模型(Ia 5) 溝通並為科學論證辯護(Ia 6)	發展與使用模型(Pr 2) 投入依據證據的論證(Pr 7)	建立模型 推理論證
5.獲得、溝通與傳達訊息	溝通並為科學論證辯護(Ia 6)	獲得、評價、溝通訊息(Pr 8)	討論與傳達

註：1.本表未將「108課綱」探究能力的思考智能中的「想像創造」及「批判思辨」列入表中，而是在內文中與需要此兩項能力的各個探究階段綜合討論。

2.108課綱：十二年國民基本教育課程綱要；NRC：國家科學研究委員會(National Research Council)；Ia：探究能力(inquiry abilities)；Pr：科學實務(science practice)。

能減少科學實務被化約成一套程序的趨勢，並避免一套科學方法適用於所有科學或科學充滿不確定性的錯誤印象。此外，批判是科學實務的核心，藉由持續的批判才能得到可信的科學知識(Osborne, 2014)。

(二)108課綱「探究與實作」課程

為了培育具有科學素養的公民，108課綱文件中明確列出期待學生達成的學習表現與學習內容。其中，學習表現包含科學認知、探究能力及科學的態度與本質。而探究能力又分成思考智能、問題解決二個部分；前者包含推理論證、建立模型等四個子能力，後者則分成觀察與定題、計劃與執行等四個子能力。在探究實作學習內容部分聚焦於科學探究歷程，包括發現問題、規劃與研究、論證與建模及表達與分享等四個項目。而實作學習內容則是對應於探究學習內容之「可實際進行操作的科學活動」。例如：測量、資料分析、歸納、解釋等等。

(三)整合探究、科學實務與108課綱「探究與實作」課程

因為臺灣108課綱與科學探究、科學實務的相關性高，本研究整合美國九到十二年級的科學探究能力(NRC, 2000)、科學實務(NRC, 2012)及108課綱中的探究實作學習表現(教育部, 2018)以發展教學活動的架構(表1)。

1. 觀察與提問

「提問」是發展科學心智習慣的關鍵能力，有助於學生對科學資訊提出批判(NGSS Lead States, 2013)。當學生面對生活中的科學現象或經由閱讀報章、網路訊息，產生好奇或疑惑時，若能有條理地進行多方觀察並思考討論(教育部, 2018)，進而提出適合科學探究的問題或假說，即可衍伸成科學問題。科學問題可能來自於對大自然的好奇，或受到

模型、理論預測的啟發；也可能是為了提供更好的解決方案(NRC, 2012)。

2. 計劃與執行科學調查

當學生提出一個適合其能力與資源的問題後，視目標選擇觀察探究、實驗或測試假說。其需要瞭解相關科學概念及對應的理論，接著確定相關變數，包括控制、操縱、應變變因等，也要預測可能的結果。接著，要決定收集資料的方法、工具、精確度、資料數量及如何減少誤差。若失敗了，須能尋找失敗的原因或改善的方法。在過程中，科技(如測量儀器或電腦)可有效的幫助學生執行科學調查、收集或記錄數據；學生亦可使用數學來表達變數間關係，以協助調查執行。

3. 分析、詮釋數據

可運用科技工具(如電子表格、數據庫)分析和組織學生收集的數據，並藉由表格、圖形、數學(如統計)的輔助找尋變數間的關係。藉此揭開數據間的意義與關係，並尋找顯著的樣態或測試提出的假說及模型(NRC, 2012)。在既有的科學理論與所觀察的現象之間，科學解釋成為橋梁，允許人們描述變數關係、進行因果推論，並測試推論的正確性。學生若有機會整理出數據間的關係、形成解釋，將能促進科學概念的理解或概念改變，並獲得新知(教育部, 2018)。

4. 論證與建模

模型(包括實體、數學、圖表或模擬等)是概念的外顯表徵，藉由模型可以將概念視覺化、可以承載科學理論與科學解釋，並用來溝通(NRC, 2012)。學生探究的結果最終需要形成解釋或模型，在過程中，他們整合科學知識及調查的證據，並依據邏輯進行論證，以闡釋他們的科學解釋或模型(NRC, 2000)，或在數個可能的模型中選擇出最合理

的一個。這些依據證據投入論證的過程，可能也涉及溝通與辯護，為公民面對具有挑戰性的科學議題時所需的能力。

5. 獲得、溝通與傳達訊息

學生可利用多種媒介，包括口語、圖像、文字、影音等等，呈現探究的成果，同時也分享同儕的探究發現(教育部，2018)。在這些過程中，可學習適當地使用不同表徵、發展圖表、解釋統計分析、總結數據、建構合理的解釋、分辨論證品質及適當回應同儕批評的能力(NRC, 2000)。學生亦可透過批判性閱讀或書寫科學文本，學習辨識訊息中的錯誤及方法學缺陷，以逐漸累積讀取、溝通和傳達科學訊息的能力(NRC, 2012)。

本文整合教育政策文件(教育部，2018；NRC, 2000, 2012)的內容，將探究階段與相關科學實務分成上述五個部分(表1)，並以這個架構分析受訪教師所設計的教學活動。分析的結果用來回答研究問題，並作為相關宣稱的證據。

(四) 相關研究成果

近年來，豐富的研究成果顯示探究學習與科學實務能帶來多元的學習成果。透過這些學習取徑，學生不僅能習得核心的科學概念(張珮珊等，2017；Fang et al., 2016; Starr et al., 2020)、提升學習動機(靳知勤、陳錦滿，2021；賴志忠、段曉林，2020)、興趣與對科學的態度(吳百興、吳心楷，2010)，也能培養小組合作的技能(賴志忠、段曉林)。若以探究或執行科學實務作為目標，這些學習取徑則能促進學生對探究的理解(林玉蓮、段曉林，2019)，培養實驗、論證、解釋、建模和其他探究能力(吳百興、吳心楷；張珮珊等；鄭立婷等，2020；蔡哲銘等，2019；Fang et al.)與執行科學實務的能力(DeLisi et al., 2021; Starr

et al.)。其中，Starr等指出大學生在課室中投入擬真科學實務(例如：評價證據是否能支持科學主張)，能正向預測教室經驗，包括覺得自己是科學家(felt recognition as a scientist)、及感知的教室氣氛(perceived classroom climate)。這二個因素則可預測學生隨時間增加的科學、技術、工程和數學領域(Science, Technology, Engineering, Mathematics)動機、認同及職業抱負。

科學探究與科學實務包含多面向的活動(NRC, 2000, 2012)，提供了教學活動設計上的彈性，進而促成不同的學習成果。國內外有許多與學術單位或教師專業成長計畫合作的探究教學活動設計，各具有不同的特色與元素。首先，可將科學閱讀或寫作融入教學(張珮珊等，2017；靳知勤、陳錦滿，2021)。其次，選擇與學生生活經驗或社會議題有關的探究主題(吳百興、吳心楷，2010)。第三，將學習或心理學理論轉化成教學設計(靳知勤、陳錦滿；蔡哲銘等，2019；賴志忠、段曉林，2020)。第四，不同開放程度的探究活動(林玉蓮、段曉林，2019；蔡哲銘等；Fang et al., 2016)。第五、科學展覽(science fairs，以下簡稱科展)或科學營(鄭立婷等，2020；DeLisi et al., 2021)。上述文獻中呈現出多元的教學活動，且多半來自與研究單位的合作或教師專業成長計畫的延伸，內容致力於精心設計一套教學活動、分析執行過程及學生的學習成效。高中教師如何自行設計探究活動的研究非常少見，尤其在新舊課綱交錯的情況下，教師如何安排教學活動的資訊具有重要的實務價值，本研究盼能補足這個研究上的落差。

二、教師的探究教學概念

Thompson(1992)將概念(conceptions)定義為一般的心智結構，包含信念、意義及概

念(concepts)；而個人如何感知和體驗現象會表達在他們對現象的概念中。學習概念與教學概念的研究一直受到相當的關注(Entwistle & Peterson, 2004; Lotter et al., 2007)。由於個人概念會隨著不同脈絡而改變，近年來，相關研究關注學生在特定領域(如科學)、科目(如物理、地科) (Shen et al., 2016)、不同的學習環境(如實驗室) (Lee et al., 2020)或教學法(Getahun et al., 2016)的學習概念。同時也關注其他重要構念(如認識信念、自我效能信念、學習或教學取徑)與學習概念的關係(Getahun et al.; Shen et al.)。例如：Getahun等指出大學生若持有比較精緻的認識信念，則能提出關於探究更豐富的定義與多面向之概念。本文聚焦於教師的探究教學概念，除了前言提到的部分，也參考以下文獻。

教師探究教學概念的相關研究顯示，一般而言，教師普遍肯定探究教學的正向效應，包括可讓學生產生擬真問題並進行獨立研究、增加學習動機、思考技能(Brown et al., 2006)，能嘗試解決日常生活的科學問題(Ireland et al., 2014)。但同時，教師也感受到一些探究教學的限制，例如：學生能力、動機不足(Brown et al.)、耗費時間(Abd-El-Khalick et al., 2004; Fitzgerald et al., 2019)、評量的壓力等等(Akuma & Callaghan, 2019)。這些挑戰與情境有關，隨著情境改變，教師會面對不同的問題，例如：Ramnarain與Hlatwayo(2018)指出班級人數過多、缺乏實驗空間是阻礙受訪的南非教師進行探究的主因。在臺灣，探究課程列入課綱將大大改變現有教學情境，探索教師認為的挑戰將有助於支持探究教學。

在諸多挑戰中，與教室情境直接相關的微觀因素(如教學時間不夠)及會間接影響教室的巨觀因素(如教育政策)，克服的方式或

難度有所不同。例如：教師可調整回家作業的類型(課前體驗)以有效改善時數不足的問題(陳均伊，2010)。為了系統化整理臺灣高中教師執行探究實作課程時所面對的困難，本文參考Fulmer等(2015)的模型將情境因素(contextual factors)分成微觀、中觀、巨觀三種層次；同時整理訪談過程中教師提到的教學需求，以提供建議。

除了挑戰之外，教師的探究目標及對於探究本質的理解，也會影響他們是否執行或如何執行探究教學(Lotter et al., 2007; Wallace & Kang, 2004)。例如：教師若期待學生的科學學習能達到科學概念的深層理解，就會在探究教學中放入許多按步驟進行的實驗，以展示科學概念(Wallace & Kang)。Haney等(1996)則發現教師若認為探究學習能增加學生對科學的興趣及喜愛、促進正向的科學態度與心智習慣、幫助學生獨立思考、連接科學與生活，會更有執行探究教學的意願。除了這些藉由探究作為方法希望達成的目標，探究本身也是主要的學習目標，例如：設計實驗、瞭解知識產生的過程等等(教育部，2018)；因此本研究採取Abd-El-Khalick等(2004)的想法將受訪教師的探究目標分成「以探究作為方法」及「以探究作為成果」二類。

科學探究與科學實務包含許多面向，有利於教師或研究者們發展出多樣化的課程活動，這些活動與教學策略會直接影響學生能學會什麼，換言之，它承載著不同的教學目標。Halawa等(2020)回顧了2008 ~ 2017年間與小學科學實務有關的310篇實徵研究；發現最常見的教學目標是認知的，其次是情感的、認識觀的(epistemic)，最少的則是社會文化的目標。而實驗、討論、實驗加討論等以學生為中心的教學策略則是最常被使用的。其中，實驗、討論常用來達成認知、情感的

目標；而若要達成認識觀的目標，常會採用演講及討論。本文也關切教師的探究活動設計，及它與教學目標的互動；但一方面希望呈現受訪高中教師課程活動的多元性，另一方面也關注不同科學實務(探究階段)的分布。因此，會選擇探究階段及活動類型對探究活動進行編碼，並在挑戰、探究目標及教學活動上採取不同的編碼架構，期待新的框架能帶來新的視野。

參、研究方法

本研究關注教師的教學概念，由於教師的行動與意見具有個人化、脈絡化的特徵，若要確認在一個環境中，造成不同參與者主觀理解的細微差異時，質性研究是適合的研究方法(Erickson, 2012)。其中，訪談是瞭解、描述人們體驗某些現象的不同概念時適切的數據來源(Hasselgren & Beach, 1997)，也常見於教師概念或信念的相關研究中(Demir & Abell, 2010; Getahun et al. 2016; Lotter et al., 2007)。

本研究採用半結構訪談收集資料，希望透過教師的口語表達及所描述的行為傾向以得知受訪者隱晦的信念或概念(Pajares, 1992)，並透過整合多人受訪的結果，呈現出教師對於探究實作課程的不同思考方式。以下段落將針對研究對象、研究工具與資料收集及資料分析等內容進一步說明。

一、研究對象、研究工具與資料收集

本研究採取立意取樣來選擇研究對象，主要聚焦於高中自然科對於類似「探究與實作」課程(例如：專題、科展、選修課程)有執行經驗的現任教師。為了收集能回應研究問題的最大訊息量並讓樣本具有代表性，本研究邀集物理、化學、生物、地球科學教師各10人，分別包含資淺(教學年資10年以下)、資深教師(10年或以上)各3人及種子教師4人。其中，種子教師分別為學科中心及課綱委員會之教師，有固定參與探究實作的專業成長及推廣活動。

這40位參與教師的教學年資從3年到33年，平均年資為15年，分布於29個學校，學校所在區域的人口密度、經濟條件與學校PR值有相當的差異，學校所在地以北部為主(臺北市、新北市與基隆市共有34人)。其中，大部分教師任職於公立學校(39人)，教師年齡以31～40歲及41～50歲二個區間較多，分別有15 (37.5%)、14 (35.0%)人，其次是51～60歲的教師有7 (17.5%)位；21～30歲的教師則有4 (10%)位，共有男性19人、女性21人(表2)。

根據教師自述的問卷，本研究進行時，40位教師平均有9.1年的科學專題研究或科展的相關教學經驗，而參與「探究與實作」課程研習的平均時數為8.5小時。上述資訊顯示

表2：受訪教師的任教科目、性別與學歷

任教科目	性別		學歷			
	女性	男性	博士	碩士	四十學分與教學碩士班	大學
物理	1	9	1	8	1	0
化學	5	5	2	8	0	0
生物	7	3	1	7	0	2
地科	8	2	0	7	2	1
總數(%)	21 (52.5)	19 (47.5)	4 (10.0)	30 (75.0)	3 (7.5)	3 (7.5)

參與教師的教學、研習經驗符合立意取樣的初衷。

(一)背景問卷

教師背景問卷包含兩部分的問題，第一部分為基本資料，包含教師性別、年齡、學歷、任教科目、任教年資、每週授課時數等資訊。第二部分詢問與探究有關的經驗與專業成長，包括科學專題研究或科展的相關教學經驗、是否擔任學科中心的種子教師及持續時間，以及是否參與過探究實作的相關研習與次數。

(二)半結構訪談題綱

本研究的半結構訪談聚焦於教師對於「探究與實作」課程的概念。為了瞭解他們的概念，研究者透過訪談邀請教師比較現行的科學課程、實驗課與探究實作課的差別，讓教師可從不同的角度說明自己對於該課程的觀點。之後，詢問教師對於探究實作課綱的理解及教學目標、教學活動設計與進行方式。

背景問卷及訪談大綱完成後，由熟悉探究課程的一位科學教育學者、二位科學教育博士生組成專家小組針對題目及文字部分進行閱讀、討論，確認題目的效度並修改題意不順、字義不清或不夠完整之處。之後，再找二位高中自然科教師進行預試，包括填寫背景問卷、進行訪談、錄音。原專家小組成員閱讀訪談內容後，與受訪教師一起開會，並根據預試教師的回饋意見修改訪談題目。對於教師可能有的疑惑，也透過晤談指導語，讓受訪教師與訪談者達成互動上的共識。

本研究的訪談題目如下：1.請先談談您對「探究與實作」課綱的瞭解和看法。2.依據課綱，您認為未來「探究與實作」課程和目前現行的科學課程有何不同？和實驗課有

何不同？3.你會為「探究與實作」課程設計哪些可能的教學活動？這些活動的目標為何？要如何進行？

(三)資料收集

本研究的主要資料來源為40位受訪教師的背景資料、訪談逐字稿、訪談筆記及教師受訪時輔助的圖文。由二位博士生與本文第一作者進行訪談，在訪談前，研究者透過知情同意書及訪談說明讓受訪教師知道研究的目的及程序，訪談地點由訪談者與教師商量決定，主要在教師任教學校的教室、大學研究室或教師家中進行。接著，在訪談過程中準備了「108課綱」一份，供教師需要時查閱之用。研究者進行訪談時會視情況記錄訪談筆記，而受訪教師除了口語表達，也可以圖文輔助說明。每位教師的受訪時間平均約40分鐘，經同意後進行全程錄音。

二、資料分析

(一)發展編碼架構

一般而言，質性研究的編碼架構有二種產生方式，本文混合使用資料導向和文獻導向二種方式以產生適合的編碼架構(吳心楷、辛靜婷，2011)。首先，研究者反覆閱讀訪談稿及輔助文件，尋找資料中浮現的概念、特徵，並詳列這些特徵。同時，閱讀相關文獻、參考文獻的編碼類別，思考哪些概念最能代表資料，選擇適用的編碼架構並添加突現的類別。經過反覆的調整、修改，並定期與一位相關領域的科學教育學者及二位研究者共同討論、增刪；直到編碼架構確實能描繪、捕捉教師呈現的教學概念為止。

本文參考Fulmer等(2015)對於情境因素的分類法來發展編碼架構，將教師在執行

「探究與實作」課程所面對的挑戰分成巨觀因素(如教育部的政策及內容)、中觀因素(如學校、同事因素)及微觀因素(如教師的能力、興趣、認同度)(表3)。而在「探究與實作」課程的目標部分,則採取Abd-El-Khalick等(2004)的觀點將課程目標分成「探究作為方法」(inquiry as means)(如提升學生動機、激發潛能)及「探究作為成果」(inquiry as ends)(如觀察或提問的能力)二個次類別(表4)。另外,本文在表1所整理的五個探究階段則用來對教學活動進行編碼。其他則為資料導向的

編碼架構,例如:「探究與實作」課程的特徵。詳細的編碼架構與結果呈現於表3及表4;10%(4位)以上的教師提到的項目才會列入表中。

(二)資料分析程序

質性資料的分析依循Erickson (2012)及吳心楷、辛靜婷(2011)的建議,依序進行轉化選取資料、決定分析單位、建立編碼架構、進行編碼分類、搜尋比較分析、產生暫時主張、找尋證據檢驗及陳述主要發現等八

表3：高中科學教師的探究實作課程概念：課程特徵、挑戰與需求

類別／成分	人數(%) ^a	類別／成分	人數(%) ^a
探究實作課程特徵		執行課程的挑戰	33 (83)
具有彈性	33 (83)	微觀因素	32 (80)
步驟、答案非固定	20 (50)	教師能力、興趣、認同度	18 (45)
教學活動、方式有彈性	13 (33)	學生因素	13 (33)
探究有開放程度之別	8 (20)	評量的複雜度	10 (25)
教師發揮空間大	7 (18)	費時	8 (20)
以學生為中心	30 (75)	教師增加負擔	8 (20)
學科知識的角色	25 (63)	課程設計與執行有難度	8 (20)
探究要以學科知識作基礎	18 (45)	實驗設備與經費	6 (15)
整合學科知識與探究能力	7 (18)	中觀因素	16 (40)
較不強調學科知識內容	6 (15)	如何合科	9 (23)
合科教學	23 (58)	學校、同事因素	8 (20)
主題生活化、在地	22 (55)	分配時數、排課有難度	5 (13)
真實生活情境	21 (53)	家長的關切	4 (10)
在地、校本	8 (20)	巨觀因素	18 (45)
動手做的實務	19 (48)	教育部的政策及內容	11 (28)
重視過程、從錯誤中學習	16 (40)	探究實作評量與升學	9 (23)
重視過程	12 (30)	師資培育、教師甄試與城鄉差距	5 (13)
從錯誤中學習	8 (20)	教師的需求	23 (58)
教師持正面評價	13 (33)	教師專業成長	15 (38)
		大學、教育部給予支持	10 (25)
		瞭解課程的內涵、目標	7 (18)
		校內行政支持 ^b	3 (8)

註：^a受訪教師的總人數：N=40；^b低於10%的教師提起，但因為是教師的需求中具有代表性的項目，故仍列入。

表4：高中科學教師「探究與實作」課程的課程目標與教學活動設計

類別／成分	人數(%) ^a	類別／成分	人數(%) ^a
探究實作課程目標		探究實作教學活動階段	
探究作為方法	37 (93)	觀察與提問	35 (88)
提升學習動機、激發潛能	23 (58)	計劃與執行科學調查	31 (78)
連接科學與生活	19 (48)	獲得、溝通與傳達訊息	31 (78)
獲得、整合科學知識	19 (48)	分析、詮釋數據	13 (33)
主動學習及反思	18 (45)	論證與建模	6 (15)
團體互動、合作學習	15 (38)	探究實作教學活動的種類	
面對、處理困難與未知	14 (35)	一般活動	16 (40)
促進學生思考	9 (23)	基礎知能培養	12 (30)
創意發想、做出最佳判斷	6 (15)	差異化教學	7 (18)
探究作為成果	39 (98)	特定活動	37 (93)
瞭解或執行科學探究	20 (50)	有趣現象、實驗或遊戲	11 (28)
解決問題	19 (48)	修改實驗	10 (25)
發展實作能力	19 (48)	疑難解決(problem-solving)	9 (23)
發表成果	19 (48)	設計為基礎、創客	8 (20)
查詢或整理資料	16 (40)	問題導向(question-driven)	7 (18)
觀察或提問的能力	14 (35)	觀察、調查、測量	7 (18)
分析數據或推理論證	10 (25)	結構、引導、開放	7 (18)
判斷資訊正確性	7 (18)	社會性科學議題教學	4 (10)
		參訪、戶外考察	4 (10)
		其他	12 (30)

註：^a受訪教師的總人數：N = 40。

個步驟。首先，將40位教師的訪談錄音檔轉成逐字稿，教師訪談時填寫的資料、輔助的紙本或圖示說明、現場筆記等都輸入電腦整理成文字或圖檔。本研究採用NVivo 12 (QSR International, 2020)的質性分析軟體來進行數據的處理與編碼。大部分訪談稿的分析單位為代表一個想法的片段，大約是一到三個句子。若教師的反應牽涉一個以上的類別，則會重複編碼，換言之，一個反應可能不只編一個碼。例如：「其他能力的培養……我覺得如果他是實驗分組或跟人合作，或是他要發表，這關係到他做簡報的能力、發表的能

力，還有跟人溝通、跟人合作的能力」這段T16教師的反應共編了「團體互動、合作學習」及「發表成果」二個教學目標的碼。研究者按照前述的過程產生編碼架構並進行編碼，二位評分者進行10位受訪教師(25%)的資料編碼，二位評分者之間的同意度為86.1%。

在編碼的過程中，研究者思考、比較類別內與類別間元素的關係，針對研究問題產生、記錄數據常見的樣態，並逐漸產生宣稱。在來回的數據分析過程中，確定描述的類別及元素的內部一致性，並力求它們的關係陳述能完整覆蓋數據變異的情況

(Hasselgren & Beach, 1997)，最後，每個宣稱藉由得到資料中的證據支持而效化。

肆、研究結果

本章呈現分析後的教師反應以回答研究問題。整理所有的概念類別後，高中科學教師對於「探究與實作」課程的概念可分成課程特徵、課程的挑戰與需求、課程目標、教學活動、課程目標與教學設計的互動等五個部分。

一、課程特徵

與課程特徵有關的概念整理於表3，由結果產生二個宣稱如下。

(一)教師認為探究實作課程以學生為中心、採合科教學，探究主題具有生活化、在地的特徵

教師所表達的探究實作課程特徵與課綱相符，75%的教師認為此課程以學生為中心，探索學生感興趣的主題、支持學生主動參與，學生也比較能瞭解為何要進行特定活動或實驗。例如：T11認為「我們更應該把生活上他真的覺得需要解決的問題、有興趣的東西，納進我們的學習過程中，這才是最重要的」。

教師們也提到這類的主題通常具有生活化的特徵，或具有在地特色(55%)；因為不侷限於特定科目，故探究實作課程會採取合科教學(58%)。T10教師說明探究主題生活化的特徵，「我會開生態工法的理念與實作的目的也是這樣……因為我自己會想要讓學生是真的有能力解決生活問題，這是我覺得我們在教育上面以往比較欠缺的」。除了上述特徵，教師還關注探究實作課程的彈性及學科知識的角色。

(二)教師對於課程的彈性及學科知識在課程中的角色有多元觀點

大部分的教師(83%)都提到探究實作課程的彈性，但所指的内容有所不同。其中，50%的教師認為此課程與傳統科學課程或實驗不同，活動的步驟及答案不是已知或固定的，隨著探究方向調整會隨之變動。例如：「很多(過去的)實驗比較是……封閉型的，……我們就已經知道答案了，可是事實上在生活中，有很多東西是未知的，沒有固定的答案、沒有固定的步驟，我們更應該讓學生去適應，或者是練習這種沒有正確答案的探究過程」(T11)。

部分教師比較關注探究活動與教師的角色，認為探究教學或活動的安排具有彈性(33%)，老師可發揮空間也比較大(18%)。還有二成(8位)教師提到探究課程可依照教師介入與學生參與的程度而有開放程度的差別，其中5位是種子教師，3位是資深教師，這個概念比較屬於探究實作課程特定的彈性特徵，一般而言，參與相關的專業成長後會比較瞭解。

此外，多數教師(63%)也關心學科知識在探究學習中扮演的角色。45%的教師認為探究要以學科知識作為基礎。相對的，也有教師認為相較於傳統的科學課，探究比較不強調學科知識內容、知識量比較少。雖然投入科學學習實務需要同時整合知識與技能(NRC, 2012)，但在新舊課綱交錯的時期，即使少數教師認同這個想法(15%)，這個任務仍然充滿著挑戰。

由上述教師的說法可知，教師對於知識在探究學習的角色有多元觀點，但在新課綱執行的初期，減少科學知識的負擔，聚焦於強化學生的探究能力及知識的應用是因應探

究課程常見的作法。綜觀教師對於課程特徵的概念與課綱強調的原則相符，但比較聚焦於教學部分，並強調動手做，而學生如何進行科學調查部分則較少提及。

二、課程的挑戰與需求

多數教師(83%)在受訪過程中提到執行探究實作課程的挑戰，也有58%的教師提到面對這些挑戰的需求(表3)，相關宣稱如下。

(一)教師最常提到微觀因素的挑戰，其次是巨觀因素及中觀因素

在三個層次的挑戰中，教室即時情境的微觀因素是教師最常提到的挑戰(80%)，其次則是教育部的政策及內容、探究實作評量與升學等巨觀因素(45%)，以及與學校、同事、家長的關切有關的中觀因素(40%)。

微觀因素中，教學與學習主體的教師、學生因素是主要的挑戰，前者包括教師面對新課程的能力、興趣及對此課程的理解、認同程度(45%)；後者則包括學生的能力、學習習慣、學習負擔等因素(33%)。在教師部分，有些教師持有的科學學習信念，與探究實作課程理念衝突。例如：「也有可能很多老師在傳統教育下，不一定認為探索是重要的，而是學習知識才是重要的」(T32)。另一些教師則提到教師自身的教學經驗、能力不足，也可能造成阻礙。此外，教師對自己的角色設定(如要提供正確答案、維持專業形象)也可能限制探究課程的執行。

在學生部分，學生探究能力不足，或學科知識不足，是常被提起的因素。例如：「學生最麻煩的部分……就是，他不知道怎麼問問題」(T09)，以及「課綱把時數都減到這麼少的話，其實學生可以運用的資源，就是他的科學概念其實是很少的」(T04)。此外，還包括

學生被動的習慣、過重的負擔及有限的興趣等。雖然這些學生的不足正是課綱期許透過探究實作課程的學習能逐步加強的地方，但同時也是教師執行課程所面對的挑戰。因此，也有教師提到先培養基礎知能、給予漸進式的目標與適時的引導以因應這些挑戰。

微觀因素中，教師也關切評量的複雜度(25%)，正因為探究課程的彈性、合科等特徵，同時也造成評量時需要考慮更多。例如：「探究與實作，彷彿是沒有標準答案，所以我們在評量上會比較困難一點」(T12)及「化學老師……就比較無法評量學生物理部分的作業」(T19)。由上述可知教師在「探究與實作」課程評量方面需要有更明確的方向及相關的知能。其他微觀因素還包括探究實作課程比較費時(20%)、課程設計與執行有難度(20%)、會增加教師的負擔(20%)等。

在中觀因素部分，教師主要關心如何合科(23%)及對應的教學品質穩定度問題，還有學校資源、立場或同事因素(20%)等。例如：T04指出「探究實作……一定是有一個學科背景的情境在裡面，讓學生去follow，去找問題，不同科目的老師，他們能夠教出一樣的品質嗎？我會有點質疑」。

至於巨觀因素部分，教育部的政策、文件內容(28%)及探究實作評量與升學(23%)是最常被提起的挑戰。部分教師困擾於課綱的目標與對應的時數不能搭配、文件內容不容易理解；此外，探究實作課程列入升學評量也讓教師關切考試的形式、內容與對應的配套。

(二)教師面對課程挑戰最主要的需求是參與教師專業成長及大學、教育部的相關支持

教師需要參與不同形式的專業成長來因應課程的變化(38%)，包括校外課綱的相關研

習、各學科的共備團與校內自然科的共備課程。其中，長期參與相關專業成長及推廣工作的二位種子教師認為：

我們要推這個課程的時候……需要做一個職前訓練跟在職訓練……你要讓不管是職前教師還是在職老師瞭解，什麼叫inquiry。(T11)

我覺得校內(共備)是一件很重要的事情……每一個老師其實都有他各自的專長，那在這種共備的過程中討論，可以把以前學過的東西，怎麼拿出來用，但是需要花一段時間，而且要有人帶。(T21)

此外，部分教師也希望大學、教育部或相關單位在課程執行上能給予相關的支持(25%)，包括開發操作手冊、範例、教學活動，支持相關的競賽，並在升學評量類型上做出調整。例如：T10提出「希望大考中心有沒有可能做一些改變，就是我們慢慢是考能力、考素養，不再是考學科知識」；「以學科中心的角色，我們必須研發一些課程，讓老師可以參考，現在有的科學活動啊、科學競賽啦，可不可以搬出來讓老師們去用」(T34)。上述這些意見可提供師資培育、教師專業成長活動的參考。

三、課程目標

本研究請每個教師分享他們對於探究實作課程目標的想法，教師們肯定此課程對於學生學習科學的益處並賦予多元的目標(表4)。其中，提及以探究作為方法(93%)及以探究作為成果(98%)的目標之教師人數相近。

(一)以探究作為方法的常見目標包括：提升學習動機、激發潛能，連接科學與生活及獲得、整合科學知識

教師希望透過學生感興趣的主題與活動方式提升學習動機、並進一步激發學生學習科學的潛能(58%)。例如：T34提到「探究與實作是全國的學生都要學……所以它應該要設定說，我對科學現象會產生興趣，因為也有教授講這個是要為未來的總統上的科學課，他可能是法律系，但他需要一點點科學概念，能讓他引發動機」。

第二個常見的目標則是透過探究課程讓學生理解科學與生活的關係，並能嘗試解決生活中的科學問題或用科學的角度檢視相關議題(48%)。例如：T03指出「探究與實作是要提升學生面對未來現實中環境的一些問題，他可以看到問題，可以試圖探究，然後試圖解決……譬如說全球暖化，這種現實的，或是環境污染」。此外，許多教師也提到透過探究能獲得、整合科學知識(48%)；讓知識能內化並跳脫單元式的思考，在解決問題的過程中整合不同的科學概念。

(二)以探究作為成果的常見目標包括：瞭解或執行科學探究、解決問題、發展實作能力及發表成果

探究本身也是探究實作的目標，包含各面向的探究能力及瞭解知識如何產生的知識觀面向。這類的目標中常見的瞭解或執行科學探究(50%)與解決問題(48%)都是涵蓋面較大的目標，通常包含許多子能力。例如：T25指出「實作部分的話，我的兩項目標，第一個目標就是他可以完成我在探究活動中的每一個任務跟想法，他可以操作得精準或是知道自己在做什麼，那第二項目標就是他在往後不同的活動他可以獨立地去進行一個科學探究的主題或是研究，要獨立完成」。

也有少數教師(18%)提到希望藉由此課程可以培養學生批判思考及判斷資訊正確性。T07提到「因為我們目前網路上的資料很多都是很混淆的，我也希望他能培養出思辨能力」。

教師提到的探究實作課程目標很多元，包含認知的(整合科學知識、觀察、分析數據等)、情感的(提升學習動機、面對困難與未知)、認識觀的(瞭解知識產生的過程)及社會文化的(團體互動、合作學習)。其中，認知的目標最常被提起，認識觀面向的目標最少。此外，論證建模、分析詮釋數據及整合數學、科技的能力也較少觸及。

四、教學活動

本研究邀請受訪教師分享探究實作課程所包含的教學活動，並將這些活動依涉及的探究階段與科學實務及活動種類進行分析，結果呈現於表4。相關的宣稱與證據如下。

(一)探究實作教學活動階段聚焦於觀察與提問、計劃與執行科學調查及獲得、溝通與傳達訊息；另二個階段較少提到，尤其是論證與建模

本文依據教師活動設計所聚焦的科學實務分成五個探究階段，這些活動涉及的探究階段分布並不平均，主要集中在觀察與提問(88%)、計劃與執行科學調查(78%)及獲得、溝通與傳達訊息(78%)。例如：T28提到尋找題目的過程，「我們學校這邊比較潮溼，尤其到冬天非常明顯，我們先讓孩子去觀察自然環境……然後他會發現到溼氣很重，然後我們就來定題，我們會希望孩子說，好，那我們可不可以來研究一下，溼度的表示方式有哪些？」。除了觀察與提問，教師在陳述活動設計時多半也會提到學生如何(在教師的指導下)執行科學調查或實驗，及如何設計活

動讓學生閱讀、收集文獻、進行小組討論或發表成果。

相較之下，教師比較少設計分析、詮釋數據(33%)及論證與建模(15%)的相關活動。在分析、詮釋數據部分，教師除了提到會要求學生分析實作或實驗產生的數據，也會從線上資料庫(如氣象局)下載資料進行分析。至於論證與建模部分，包含少數的建模活動及論證；而論證會出現在社會性科學議題的討論中。例如：T35提到他的規劃「這邊牽扯到一些價值觀的問題，就像說我們要反對核能還是贊成核能的話，我們可能就會透過一些所謂政策辯論探討……我們觀察到一些現象之後，我們希望他把結論講出來。然後發表之後……互相的去討論，然後達到一個妥協」。

(二)探究實作教學活動包含一般活動與特定活動二大類，前者包含基礎知能培養與差異化教學，後者則有多元的形式

許多教師會在探究實作課程中執行一般活動(40%)，一般活動有二種，包括為學生進行觀察、實驗技能、查詢、整理資料等相關的基礎知能培養(30%)，第二種則是因應學生能力、背景知識、興趣而給予不同的活動安排與目標要求，即差異化教學(18%)。例如：T05提起基礎知能培養「比較基礎的比方說閱讀、摘要、表達、基本的邏輯推理訓練……會有一些時間是議題討論，然後藉由那個討論去幫助學生做批判思考的訓練，有了這個基本能力之後，再來有點可能要像做專題一樣，叫他們丟問題」。

除了一般活動，93%的教師提出具有探究實作特徵的特定活動，其類型非常多元。包括有趣的現象、實驗或遊戲(28%)、由過去的實驗修改或擴展的活動(25%)、解決疑難的問

題(23%)及設計為基礎的活動(20%)等。例如：T31提起以有趣現象凸顯學生的迷思概念，增加學生動機，並由此展開探究；「我們拿兩張紙垂直置放，讓學生對中間吹，吹氣之後，先問他說，你覺得吹氣後紙會分開還是靠近，那學生大概百分之九十九都認為紙一吹就會分開，然後他吹完之後發現是靠近的時候，我們就問他為什麼……他看到與觀念衝突的現象時，就會很想知道那個原理」。

在特定活動中，涉及運用數學與科技的輔助、論證、建模的例子比較少；因此併入「其他」的類別中。例如：T40說明可運用當地研究單位開發的模組進行建模探究，「學生可以自己設計出一個model；像物理在電腦科技上的運用其實非常多，其實現在有很多的模擬程式是可以融入課程裡面的，這些模擬程式其實它都是一個已經制式化的模組，所以我們可以把這些條件輸入進去，然後跟我們所測量出來的結果可能一樣」。而其它活動有些來自於教師對於現行科學課程

的反思與調整(如修改實驗)或創意發想、有些是學科中心推廣的課程(如有趣的實驗、科學遊戲)，也有些來自於研究單位與教師的合作(如社會性科學議題)。

五、課程目標與教學設計的互動

教師在各探究階段聚焦於特定科學實務並賦予其不同的教學目標，因此本文針對教師訪談稿中，教學目標與探究階段有交集的部分，進一步分析二者的關係(表5)。「以探究作為方法」及「以探究作為成果」二類目標中，較多教師賦予不同探究階段「以探究作為成果」的目標。其中，觀察提問階段希望培養學生觀察提問的能力(11個反應數)、並能解決問題(6個)。此外，教師也常在觀察提問階段做些設計(如有趣的現象、迷思概念)以提升學生的學習動機、激發潛能。若教師希望發展學生實作的能力(16個)，則會將焦點聚集於計畫執行階段；當他們提及讓學生執行科學探究(5個)或希望學生面對困難與未知(6

表5：高中科學教師「探究與實作」課程的目標與探究階段的關係(教師反應數)

探究階段	「探究作為方法」的目標							
	提升 動機潛能	主動 學習反思	連接 科學生活	整合 科學知識	合作學習	面對 困難未知	促進 學生思考	創意發想
觀察提問	5	2	3	3	2	2	1	1
計畫執行	1	3	2	3	3	6	1	0
溝通訊息	1	3	0	2	4	0	0	4
分析詮釋	0	1	0	0	0	0	0	0
論證建模	0	0	0	0	0	0	0	1

探究階段	「探究作為成果」的目標							
	執行 科學探究	發展 解決問題	發展 實作能力	整合 成果報告	查詢 整理資料	觀察提問	分析推理	資訊 正確性
觀察提問	2	6	2	0	2	11	1	0
計畫執行	5	3	16	4	2	3	3	1
溝通訊息	2	2	1	11	2	3	1	2
分析詮釋	1	2	0	1	0	0	3	0
論證建模	2	1	0	1	1	0	0	3

個)時，主要也是指這個階段。至於溝通訊息階段，教師主要希望培養學生整合成果及發表報告的能力(11個)，也要在團體互動中合作學習(4個)，並能創意發想，從眾多意見中做出最佳判斷與選擇(4個)。

其中，比較受到忽略的分析詮釋與論證建模階段，教師希望學生從前者學會分析推理的能力(3個)，而在論證建模階段則希望培養學生對資訊正確性的判斷能力(3個)；教師很少賦予這二個階段「以探究作為過程」的目標。整體而言，在16個目標中，當教師提到期望學生能執行科學探究或解決問題時，其教學設計會更平均地涉及5個探究階段。

在教師目標與活動種類的交集部分，教師會設計有趣的實驗、現象，以提高學生的學習動機、激發潛能(5個)、發展實作能力(3個)並整合成果、發表報告(3個)。而提出以設計為基礎或创客活動，主要是為了提升學生實作的能力(3個)。另外，值得關注的是雖然提出社會性科學議題的老師不多，但他們的目標相當聚焦於讓學生連接科學與生活(6個)。反之，設計基礎知能活動的教師，其目標涵蓋所有「以探究作為成果」的目標，呼應教師認為培養基礎知能才能進行有成效的探究學習的觀點。而教師進行差異化教學，則主要是為了提高學生的學習動機、增加成就感(3個)。

伍、討論與建議

本研究呈現出高中科學教師對於「探究與實作」課程多面向的概念，包括課程特徵、課程的挑戰與需求、課程目標、教學活動、課程目標與教學設計的互動等。教師持有的課程特徵概念呼應了課綱的期許，但較少提及科學調查活動。另外，教師提到不同

層次的挑戰，且比較聚焦於與個人相關的因素(如教師能力、興趣及學生知識、能力)，同時他們也認知到專業成長方面的需求。

本文也指出教師在「以探究作為方法」及「以探究作為成果」的教學目標上人數相當。在活動設計上，則特別關注觀察與提問、計劃與執行科學調查及獲得、溝通與傳達訊息的探究階段；教學活動分成一般活動、特定活動，種類相當多元。此外，教師的教學目標與活動設計有互動，不同的探究階段聚焦於不同科學實務以承載特定的教學目標。然而，分析、詮釋數據及論證與建模較少出現在目標與活動設計中。本研究增添了探究教學研究領域的知識，並指出下一步前進的方向。

在微觀、中觀及巨觀因素的挑戰中，受訪教師認為執行探究教學主要的挑戰來自於與學習脈絡直接相關的微觀因素(80%)。換言之，較多挑戰來自於個人(教師或學生)或其可改變的範圍。同時，教師也透過不同的方式試圖解決這些挑戰。首先，教師提到最多的需求是參與專業成長(38%) (表3)，而教師們在受訪時平均參與過8.5小時的相關研習；其次，為了改善學生能力不足的挑戰，部分教師會先培養學生探究學習所需的基礎知能(30%) (表4)，這點由基礎知能活動的目標涵蓋所有「以探究作為成果」的目標可獲得證實。第三，部分教師實施差異化教學，為不同特質的學生選擇合適的學習活動與目標，並期待藉此提高學生的動機與成就感。這也成為受訪教師在活動設計上的特色之一。

關於挑戰的研究結果呼應了Akuma與Callaghan (2019)的回顧，他們指出教師執行探究課程時會面對啟動、計劃、執行與總結性評量四個階段的11項內在挑戰。而這些挑戰與教師在不同面向的能力、技能、價值觀的落差有

關。例如：在啟動階段，教師可能對於科學、實務工作持有負面看法或對執行探究缺乏信心，這與教師在科學、探究的內容知識或如何教科學的教學內容知識的不足有關。同樣的，本研究的部分受訪教師也認為需要對探究教學的實際意義、目標有更深入的理解(Fitzgerald et al., 2019)。除了內在挑戰，本研究的結果還能指出同一個議題在不同層次的挑戰，例如：評量議題。教師不僅關注微觀的課室評量(25%)，也希望在升學評量(23%)上有更明確的方向與準備(表3)。三層次挑戰的分析結果能讓相關單位針對不同層次提供協助；此外，教師在設計課程、參與專業成長、執行原有任務間如何取得時間、資源上的平衡也有賴相關單位予以關注及支持。

本文在探究教學目標的研究結果說明教師多將探究教學當成一種方法(93%)、同時也是學習成果(98%) (表4)，本文的分析架構有助於瞭解教師「以探究作為方法」，希望達成哪些目標與其分布。臺灣學生在國際評量的科學部分一向有優異的表現(Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2016)，然而，國際學生能力評量計畫(Programme for International Student Assessment)的報告也顯示臺灣學生對於科學的興趣、對於日常生活科學議題的自我效能(OECD, 2016)，及選擇科學職業的期待都低於平均(OECD, 2019)。因此，呼應課綱的期許，教師也期待藉由此課程提高學生的學習動機、激發潛能(58%)，並能連接科學與生活(48%)，在探究主題中學習整合科學知識(48%)。例如：教師們選擇有趣的實驗以提高學生的學習動機、促進觀察與提問。然而，更多的彈性與開放也帶來新的挑戰，因此，教師期待學生能主動學習(45%)、團隊合作(38%)，並面對困難與未知(35%) (表4)。對照文獻，將生活化的題材及科學讀寫融入STS

(Science-Technology-Society)的探究教學中(靳知勤、陳錦滿，2021)或運用動機策略、提供適當引導配合小組合作(賴志忠、段曉林，2020)能有效提高學生的學習動機。此外，發展與使用模型及建構解釋等實務具有提高學生情境投入(situational engagement)的潛能，換言之，在適當的設計下，這些實務能兼顧學生的興趣及面對挑戰的能力(Inkinen et al., 2020)。

「以探究作為成果」的目標中，教師關注包含性較廣的目標，即瞭解或執行科學探究(50%)與解決問題(48%) (表4)，此外，還有發展實作能力、發表成果、查詢或整理資料、觀察或提問的能力，這些目標也反應在教學設計上。但很少教師明確提及探究學習的認識觀目標，例如：「可能利用一些課程的設計及方法，讓學生利用他之前學過的科學知識，更瞭解這個科學知識的本質」(T04)及「探究與實作應該更深入去瞭解知識的形成過程」(T06)。教師對認識觀目標的忽視也出現在活動設計上。認識觀的活動(epistemic activities)包含科學本質、基於證據作結論及產生、修正理論等實務(Furtak et al., 2012)，在不同的探究階段，都可能涉及部分認識觀的活動，但主要集中於「分析、詮釋數據」及「論證與建模」二個階段。

「分析、詮釋數據」及「論證與建模」是探究學習的核心科學實務(Osborne, 2014)。但這些活動卻較少出現在受訪教師的教學目標及活動設計中，部分原因可能受限於本研究邀請教師舉出一些教學設計的例子之訪談方式。然而，這結果帶來一些反思也呼應了文獻的發現(DeLisi et al., 2021; Sampson & Blanchard, 2012; Talanquer et al., 2013)。與本文相似，DeLisi等分析21個學校的科展活動後指出，學生有機會投入提問、調查、

溝通實務，而較少執行批判、評價實務。而 Talanquer 等在探索職前教師如何評價學生探究理解的研究中指出，參與者對五個科學實務的關注程度有很大差異。其中，教師比較關注與調查的定義、設定、執行有關的過程技能，卻忽略建立解釋、產生有效結論等科學實務。本研究的結果可能部分源自於受訪教師對於科學探究的有限理解，例如：教師比較強調探究實作課程的彈性與學生中心的特質，也強調動手做；卻比較少提到科學調查及如何連接知識、理論與現象。這也可以解釋對於探究學習有更多瞭解的種子教師為何更常提到這二個探究階段。

此外，這些活動設計是教師依據過去相關課程的教學經驗及對科學課程的反思，整合出探究實作課程的可能規劃。這些設計提供了銜接新課程的重要基礎，也呈現了教師對於新課程的定位與期許。若對照教師所提的「以探究作為成果」的目標，可發現比較缺乏分析、詮釋數據及論證與建模，或將它們夾雜於其他目標中(例如：判斷資訊正確性、瞭解或執行科學探究)。教師的教學概念來自於自身的學習、教學經驗(Breslyn & McGinnis, 2011)，因此過去很少或不曾在課堂上學習論證與建模的教師們，不會將它列為目標或設計相關活動也就可以理解了(Sampson & Blanchard, 2012)。

論證、建模及詮釋數據是重要但複雜度高的科學實務(Sampson & Blanchard, 2012; 蔡哲銘等, 2019)。例如：Sampson與Blanchard有關科學論證的研究指出，教師評價解釋的效度時，會選擇不恰當的規準；當建構論證時，只是延伸、擴展選定的解釋，而不是提供數據作為支持的證據。與受訪教師設計的活動相反，Rönnebeck等(2016)指出

投入論證、發展解釋及分析、詮釋、評論證據的活動最常出現在探究教學的文獻中，而建構模型比較少見，但提及的文章常能提供完整的概念細節便於教師應用。另外，文獻也指出教師理解相關實務後所仔細規劃、執行的課程確實可改善學生在論證、建模上的表現(張珮珊等, 2017; 蔡哲銘等)；但如何將文獻中的教學活動透過適當方式轉化成教師的教學實務是專業成長與師資培育計畫的首要任務。此外，在活動規劃部分，本文的受訪教師雖然提出了多樣化的教學活動，也可考慮加入科學閱讀與寫作、依據學習理論設計的活動或數位學習平臺的探究活動。

探究教學的專業成長計畫可發展教師的知識、實務，促成教師信念的改變(陳均伊, 2010; 曾崇賢等, 2011)並進一步擴展學生的知識與探究能力(林小慧等, 2021; Capps et al., 2012)。為了支持「探究與實作」課程的執行，相關的研習或工作坊在臺灣各地密集舉辦，也得到一些成果(Fang et al., 2016)。由於這是教師主要的需求，本文將參考Capps等(2012)、Dunst等(2015)及受訪教師的意見，提出幾點在專業成長計畫與師資培育課程的建議。

- 一、整合探究教學與科學實務相關的國內外教學資源(例如：探究活動或評量平臺、教案設計)，並透過工作坊或教學研究會介紹如何應用於教學。
- 二、提供教師與課程標準一致的擬真探究經驗，並與同儕討論、提供反思(曾崇賢等, 2011)；進一步發展能在教室使用的探究課程。
- 三、能提供機會讓教師明確討論在教室執行探究課程的情形，並分享相關材料與經驗。

- 四、提供學習相關知識的機會，包括探究學習、科學實務的本質，特定的科學內容知識等。
- 五、透過一系列的工作坊或遠距資源提供在時間、空間上擴展的支持。同時建議相關的計畫要加強分析、詮釋數據及論證與建模這些科學實務及探究的認識觀面向。

誌謝

感謝二位審查者給予寶貴的建議，感謝參與訪談的教師、協助收集資料與幫忙審視訪談稿編碼類別的研究者及促成這篇文章的所有人。

參考文獻

- 吳心楷、辛靜婷(2011)。數位學習研究中質性資料的管理與分析：以NVivo軟體的使用為例。收錄於宋曜廷(編著)，*數位學習研究方法*(頁163-208)。高等教育。
- [Wu, H.-K., & Hsin, C.-T. (2011). Shuwei xuexi yanjiu zhong zhixing ziliao de guanli yu fenxi: Yi NVivo ruanti de shiyong wei li. In Y.-T. Sung (Ed.), *Research methodology for e-learning* (pp. 163-208). Higher Education.]
- 吳百興、吳心楷(2010)。八年級原住民學生在設計導向活動的科學學習。*科學教育學刊*，**18**(4)，277-304。https://doi.org/10.6173/CJSE.2010.1804.01
- [Wu, P.-H., & Wu, H.-K. (2010). Aboriginal students' learning in a design-based science classroom. *Chinese Journal of Science Education*, *18*(4), 277-304. https://doi.org/10.6173/CJSE.2010.1804.01]
- 林小慧、郭哲宇、吳心楷(2021)。學生學習投入、好奇心、教師集體層級變項與科學探究能力的關係：跨層級調節式中介效果之探討。*教育科學研究期刊*，**66**(2)，75-110。https://doi.org/10.6209/JORIES.202106_66(2).0003
- [Lin, H.-H., Kuo C.-Y., & Wu, H.-K. (2021). Relationship among engagement and curiosity of individual level variables of students, group level variables of teachers, and scientific inquiry abilities: Conference of cross-level moderated mediation. *Journal of Research in Education Sciences*, *66*(2), 75-110. https://doi.org/10.6209/JORIES.202106_66(2).0003]
- 林玉蓮、段曉林(2019)。開放式生物探究活動對馬來西亞高二高、低參與度學生之科學探究能力與覺知的影響。*科學教育學刊*，**27**(1)，1-23。https://doi.org/10.6173/CJSE.201903_27(1).0001
- [Lim, Y.-L., & Tuan, H.-L. (2019). The influence of implementing open inquiry biology project on the science inquiry competency and perception of the 11th graders with high and low engagement in Malaysia. *Chinese Journal of Science Education*, *27*(1), 1-23. https://doi.org/10.6173/CJSE.201903_27(1).0001]

- 陳均伊(2010)。教師專業成長之個案研究：一位國中自然教師探究教學觀點的轉變。《*教育科學研究期刊*》，55(2)，233-264。https://doi.org/10.3966/2073753X2010065502008
- [Chen, J.-Y. (2010). A case study of a teacher's professional development: A junior high school teacher's views on inquiry teaching. *Journal of Research in Education Sciences*, 55(2), 233-264. https://doi.org/10.3966/2073753X2010065502008]
- 教育部(2018年11月2日)。十二年國民基本教育課程綱要——國民中小學暨普通型高級中等學校：自然科學領域。https://bit.ly/3KXEh6r
- [Ministry of Education. (2018, November 2). *Curriculum guidelines of 12-year basic education for elementary, junior high schools and general senior high schools—Natural sciences*. https://bit.ly/3KXEh6r]
- 張珮珊、賴吉永、溫燉純(2017)。科學探究與實作課程的發展、實施與評量：以實驗室中的科學論證為核心之研究。《*科學教育學刊*》，25(4)，355-389。https://doi.org/10.6173/CJSE.2017.2504.03
- [Chang, P.-S., Lai, C.-Y., & Wen, M. L. (2017). The development, implementation and assessment of a scientific inquiry and practice curriculum: The scientific argumentation in the laboratory. *Chinese Journal of Science Education*, 25(4), 355-389. https://doi.org/10.6173/CJSE.2017.2504.03]
- 曾崇賢、段曉林、靳知勤(2011)。探究教學的專業成長歷程——以十位國中科學教師的觀點為例。《*科學教育學刊*》，19(2)，143-168。https://doi.org/10.6173/CJSE.2011.1902.04
- [Tseng, C.-H., Tuan, H.-L., & Chin, C.-C. (2011). The process of teachers' inquiry teaching professional development—The perceptions of 10 experienced junior-high science teachers. *Chinese Journal of Science Education*, 19(2), 143-168. https://doi.org/10.6173/CJSE.2011.1902.04]
- 靳知勤、陳錦滿(2021)。STS科學讀寫探究對四年級不同程度學生科學學習動機、小組合作及過程技能影響之研究。《*科學教育學刊*》，29(1)，25-56。https://doi.org/10.6173/CJSE.202103_29(1).0002
- [Chin, C.-C., & Chen, J.-M. (2021). The effect of inquiry with STS reading and writing on fourth-graders' motivation, and cooperative and process skills in learning science: Different competent group approach. *Chinese Journal of Science Education*, 29(1), 25-56. https://doi.org/10.6173/CJSE.202103_29(1).0002]
- 鄭立婷、林煥祥、洪振方(2020)。透過科學營探討弱勢學生之探究能力表現。《*科學教育學刊*》，28(3)，197-221。https://doi.org/10.6173/CJSE.202009_28(3).0001
- [Cheng, L.-T., Lin, H.-H., & Hung, J.-F. (2020). Exploring the performance of scientific inquiry competence of disadvantaged students in science camp. *Chinese Journal of Science Education*, 28(3), 197-221. https://doi.org/10.6173/CJSE.202009_28(3).0001]
- 蔡哲銘、邱美虹、曾茂仁、謝東霖(2019)。探討高中學生於建模導向科學探究之學習成效。

- 科學教育學刊，27(4)，207-228。https://doi.org/10.6173/CJSE.201912_27(4).0001
- [Tsai, C.-M., Chiu, M.-H., Zeng, M.-R., & Hsieh, T.-L. (2019). The study of investigating high school students' learning performance under the instruction of model-based inquiry. *Chinese Journal of Science Education*, 27(4), 207-228. https://doi.org/10.6173/CJSE.201912_27(4).0001]
- 蔡偉澎、江美姿、洪維佳、蔣仲霖(2013)。大學教師信念與教學策略之研究——以臺灣某一私立大學為例。高教評鑑與發展，7(2)，63-85。https://doi.org/10.6197/HEED.2013.0702.03
- [Tsai, W., Chiang, M., Hung, W., & Chiang, C. (2013). A study on college teachers' beliefs and their teaching strategies—A case study in Taiwan. *Higher Education Evaluation and Development*, 7(2), 63-85. https://doi.org/10.6197/HEED.2013.0702.03]
- 賴志忠、段曉林(2020)。以ARCS動機模式融入引導式探究教學提升九年級生學習動機之行動研究。科學教育學刊，28(1)，25-48。https://doi.org/10.6173/CJSE.202003_28(1).0002
- [Lai, C.-C., & Tuan, H.-L. (2020). The infusing of ARCS strategy into guided inquiry-based instruction to enhance ninth graders' science learning motivation—An action research approach. *Chinese Journal of Science Education*, 28(1), 25-48. https://doi.org/10.6173/CJSE.202003_28(1).0002]
- Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D., & Tuan, H.-L. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88(3), 397-419. https://doi.org/10.1002/sce.10118
- Akuma, F. V., & Callaghan, R. (2019). A systematic review characterizing and clarifying intrinsic teaching challenges linked to inquiry-based practical work. *Journal of Research in Science Teaching*, 56(5), 619-648. https://doi.org/10.1002/tea.21516
- Anderson, R. D. (2002). Reforming science teaching: What research says about inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 1-12. https://doi.org/10.1023/A:1015171124982
- Breslyn, W., & McGinnis, J. R. (2011). A comparison of exemplary biology, chemistry, earth science, and physics teachers' conceptions and enactment of inquiry. *Science Education*, 96(1), 48-77. https://doi.org/10.1002/sce.20469
- Brown, P. L., Abell, S. K., Demir, A., & Schmidt, F. J. (2006). College science teachers' views of classroom inquiry. *Science Education*, 90(5), 784-802. https://doi.org/10.1002/sce.20151
- Caleon, I. S., Tan, Y. S. M., & Cho, Y. H. (2018). Does teaching experience matter? The beliefs and practices of beginning and experienced physics teachers. *Research in Science Education*, 48(1), 117-149. https://doi.org/10.1007/s11165-016-9562-6
- Capps, D. K., Crawford, B. A., & Constatas, M. A. (2012). A review of empirical literature on inquiry professional development: Alignment with best practices and a critique of the findings. *Journal of Science Teacher Education*, 23(3), 291-318. https://doi.org/10.1007/s10972-012-

9275-2

- Crawford, B. A. (2007). Learning to teach science as inquiry in the rough and tumble of practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(4), 613-642. <https://doi.org/10.1002/tea.20157>
- DeLisi, J., Kook, J. F., Levy, A. J., Fields, E., & Winfield, L. (2021). An examination of the features of science fairs that support students' understandings of science and engineering practices. *Journal of Research in Science Teaching*, 58(4), 491-519. <https://doi.org/10.1002/tea.21669>
- Demir, A., & Abell, S. K. (2010). Views of inquiry: Mismatches between views of science education faculty and students of an alternative certification program. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(6), 716-741. <https://doi.org/10.1002/tea.20365>
- Dobber, M., Zwart, R., Tanis, M., & van Oers, B. (2017). Literature review: The role of the teacher in inquiry-based education. *Educational Research Review*, 22, 194-214. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.002>
- Dunst, C. J., Bruder, M. B., & Hamby, D. W. (2015). Metasynthesis of in-service professional development research: Features associated with positive educator and student outcomes. *Educational Research Reviews*, 10(12), 1731-1744. <https://doi.org/10.5897/ERR2015.2306>
- Entwistle, N. J., & Peterson, E. R. (2004). Conceptions of learning and knowledge in higher education: Relationships with study behaviour and influences of learning environments. *International Journal of Educational Research*, 41(6), 407-428. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2005.08.009>
- Erickson, F. (2012). Qualitative research methods for science education. In B. J. Fraser, K. G. Tobin & C. J. McRobbie (Eds.), *Second international handbook of science education* (pp. 1451-1469). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7_93
- Fang, S.-C., Hsu, Y.-S., Chang, H.-Y., Chang, W.-H., Wu, H.-K., & Chen, C.-M. (2016). Investigating the effects of structured and guided inquiry on students' development of conceptual knowledge and inquiry abilities: A case study in Taiwan. *International Journal of Science Education*, 38(12), 1945-1971. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1220688>
- Fitzgerald, M., Danaia, L., & McKinnon, D. H. (2019). Barriers inhibiting inquiry-based science teaching and potential solutions: Perceptions of positively inclined early adopters. *Research in Science Education*, 49(2), 543-566. <https://doi.org/10.1007/s11165-017-9623-5>
- Fulmer, G. W., Lee, I. C. H., & Tan, K. H. K. (2015). Multi-level model of contextual factors and teachers' assessment practices: An integrative review of research. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 22(4), 475-494. <https://doi.org/10.1080/0969594X.2015.1017445>
- Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis. *Review of Educational Research*,

- 82(3), 300-329. <https://doi.org/10.3102/0034654312457206>
- Getahun, D. A., Saroyan, A., & Aulls, M. (2016). Examining undergraduate students' conceptions of inquiry in terms of epistemic belief differences. *Canadian Journal of Higher Education*, 46(2), 181-205. <https://doi.org/10.47678/cjhe.v46i2.185500>
- Halawa, S., Hsu, Y.-S., Zhang, W.-X., Kuo, Y.-R., & Wu, J.-Y. (2020). Features and trends of teaching strategies for scientific practices from a review of 2008-2017 articles. *International Journal of Science Education*, 42(7), 1183-1206. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1752415>
- 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(9), 971-993. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199611\)33:9<971::AID-TEA2>3.0.CO;2-S](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199611)33:9<971::AID-TEA2>3.0.CO;2-S)
- Hasselgren, B., & Beach, D. (1997). Phenomenography—A “good-for-nothing brother” of phenomenology? Outline of an analysis. *Higher Education Research & Development*, 16(2), 191-202. <https://doi.org/10.1080/0729436970160206>
- Hsu, Y.-S., Fang, S.-C., Zhang, W.-X., Wu, H.-K., Wu, P.-H., & Hwang, F.-K. (2016). Identifying effective design features of technology-infused inquiry learning modules: A two-year study of students' inquiry abilities. *Journal of Educational Technology & Society*, 19(2), 228-244.
- Inkinen, J., Klager, C., Juuti, K., Schneider, B., Salmela-Aro, K., Krajcik, J., & Lavonen, J. (2020). High school students' situational engagement associated with scientific practices in designed science learning situations. *Science Education*, 104(4), 667-692. <https://doi.org/10.1002/sce.21570>
- Ireland, J., Watters, J. J., Lunn Brownlee, J., & Lupton, M. (2014). Approaches to inquiry teaching: Elementary teacher's perspectives. *International Journal of Science Education*, 36(10), 1733-1750. <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.877618>
- Keys, C. W., & Bryan, L. A. (2001). Co-constructing inquiry-based science with teachers: Essential research for lasting reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(6), 631-645. <https://doi.org/10.1002/tea.1023>
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge university press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511815355>
- Lee, M.-H., Liang, J.-C., Wu, Y.-T., Chiou, G.-L., Hsu, C.-Y., Wang, C.-Y., Lin, J.-W., & Tsai, C. C. (2020). High school students' conceptions of science laboratory learning, perceptions of the science laboratory environment, and academic self-efficacy in science learning. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(1), 1-18. <https://doi.org/10.1007/s10763-019-09951-w>
- Lotter, C., 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(9), 1318-1347. <https://doi.org/10.1002/tea.20191>
- Luft, J. A. (2001). Changing inquiry practices and beliefs: The impact of an inquiry-based professional development programme on beginning and experienced secondary science teachers. *International Journal of Science Education*, 23(5), 517-534. <https://doi.org/10.1080/09500690121307>
- National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/9596>
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13165>
- Nespor, J. (1987). The role of beliefs in the practice of teaching. *Journal of Curriculum Studies*, 19(4), 317-328. <https://doi.org/10.1080/0022027870190403>
- Next Generation Science Standards Lead States. (2013). Appendix F—Science and engineering practices in the next generation science standards. In *Next generation science standards: For states, by states* (pp. 48-78). The National Academies Press.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2016). *PISA 2015 results: Excellence and equity in education* (Vol. 1). Author. <https://doi.org/10.1787/9789264266490-en>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2019). *PISA 2018 results: Where all students can succeed* (Vol. 2). Author. <https://doi.org/10.1787/b5fd1b8f-en>
- Osborne, J. (2014). Teaching scientific practices: Meeting the challenge of change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177-196. <https://doi.org/10.1007/s10972-014-9384-1>
- Pajares, M. F. (1992). Teachers' beliefs and educational research: Cleaning up a messy construct. *Review of Educational Research*, 62(3), 307-332. <https://doi.org/10.3102/00346543062003307>
- QSR International. (2020). NVivo (Version 12) [Computer software]. Author. <https://reurl.cc/lop56j>
- Ramnarain, U., & Hlatwayo, M. (2018). Teacher beliefs and attitudes about inquiry-based learning in a rural school district in South Africa. *South African Journal of Education*, 38(1). <https://doi.org/10.15700/saje.v38n1a1431>
- Roehrig, G. H., & Luft, J. A. (2004). Constraints experienced by beginning secondary science teachers in implementing scientific inquiry lessons. *International Journal of Science Education*, 26(1), 3-24. <https://doi.org/10.1080/0950069022000070261>
- Rönnebeck, S., Bernholt, S., & Ropohl, M. (2016). Searching for a common ground—A literature review of empirical research on scientific inquiry activities. *Studies in Science Education*, 52(2), 161-197. <https://doi.org/10.1080/03057267.2016.1206351>

- Sampson, V., & Blanchard, M. R. (2012). Science teachers and scientific argumentation: Trends in views and practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(9), 1122-1148. <https://doi.org/10.1002/tea.21037>
- Shen, K.-M., Lee, M.-H., Tsai, C.-C., & Chang, C.-Y. (2016). Undergraduate students' earth science learning: Relationships among conceptions, approaches, and learning self-efficacy in Taiwan. *International Journal of Science Education*, 38(9), 1527-1547. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1198060>
- Starr, C. R., Hunter, L., Dunkin, R., Honig, S., Palomino, R., & Leaper, C. (2020). Engaging in science practices in classrooms predicts increases in undergraduates' STEM motivation, identity, and achievement: A short-term longitudinal study. *Journal of Research in Science Teaching*, 57(7), 1093-1118. <https://doi.org/10.1002/tea.21623>
- Talanquer, V., Tomanek, D., & Novodvorsky, I. (2013). Assessing students' understanding of inquiry: What do prospective science teachers notice? *Journal of Research in Science Teaching*, 50(2), 189-208. <https://doi.org/10.1002/tea.21074>
- Thompson, A. G. (1992). Teachers' beliefs and conception: A synthesis of the research. In D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 127-146). Macmillan.
- Wallace, C. S., & Kang, N. H. (2004). An investigation of experienced secondary science teachers' beliefs about inquiry: An examination of competing belief sets. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(9), 936-960. <https://doi.org/10.1002/tea.20032>
- Wu, H. K., & Hsieh, C. E. (2006). Developing sixth graders' inquiry skills to construct explanations in inquiry-based learning environments. *International Journal of Science Education*, 28(11), 1289-1313. <https://doi.org/10.1080/09500690600621035>

High School Science Teachers' Conceptions About the Curriculum of "Inquiry and Practice": Course Characteristics, Challenges, Teaching Goals and Activities

Ching-Sui Hung¹ and Hsin-Kai Wu^{1,2,*}

¹Graduate Institute of Science Education, National Taiwan Normal University

²Department of Science and Technology Education, University of Johannesburg

Abstract

The purpose of this study was to explore teachers' conceptions about the "Inquiry and Practice" curriculum, including its characteristics, challenges, teaching goals and activities. We invited 40 high school science teachers with relevant experience in inquiry teaching to participate in the study. Data were collected from semi-structured interviews of teachers and their background questionnaire. We developed coding scheme through both data-orienting and theory-orienting approaches and the data was analyzed using NVivo 12. The results indicated that teachers' conceptions of course characteristics were consistent with curriculum guidelines, but they focused on the pedagogical aspect and ignored some aspects of scientific investigations. Although recognizing the value of this curriculum, teachers also indicated challenges at different levels. The most common challenges were the micro-level factors, followed by the macro-level ones; finally, the meso-level factors. Furthermore, teachers set multiple goals for the curriculum of "Inquiry and Practice". The most common goals are to increase students' motivation, to create connections between science and everyday life, and to engage students in scientific inquiry. Teachers set specific goals in different phases and activities of inquiry. However, less attention was paid to the scientific practices of analyzing and interpreting data, argumentation and modeling regardless of learning goals or activities. The inquiry activities designed by teachers were various, including general and specific activities. Finally, we provided some suggestions based on the results.

Key words: Science Practice, High School Teachers, Inquiry and Practice, Teachers' Belief, Teaching Activities

* Corresponding author: Hsin-Kai Wu, hkwu@ntnu.edu.tw