
探討二階段專題導向的探究與實作 課程中學生之學習成效

蔡哲銘^{1*} 邱美虹² 曾茂仁³ 謝東霖¹

¹臺北市立陽明高級中學

²國立臺灣師範大學 科學教育研究所

³臺北市立大直高級中學

摘 要

2019 年實施的課綱將「探究與實作」課程列為自然科部定必修課程。課程重要目標之一為培養學生的科學素養，且因學生有機會產出實作作品，高達 595 個科系公布未來升學之歷程檔案將參採此課程學習成果。本研究之目的為設計「專題導向的探究與實作」課程，課程先協助 32 位高一學生發展探究專題所需的能力，之後讓學生進行開放問題的探究。本研究主要是比較學生在課程前後科學素養表現，同時分析學生在此課程的實作作品表現。

研究結果發現學生在素養評量整體總分之後測優於前測，且達顯著標準。顯示以學生為主體的專題探究課程，讓學生在素養評量測驗有更佳的學習表現。在實作作品的表現上，八組中有一組未完成實驗驗證，其餘七組能夠完成探究並提出根據實驗結果形成結論。結果亦顯示學生在「提出適合科學探究問題」、「能提出符合研究問題的設計」的表現較佳，在「能分析數據」及「會製作並應用圖表」的表現有成長空間。

從晤談資料亦發現學生對於專題的探究，會體會到問題的複雜與不確定性，建議教師需要協助對學生的探究調查技巧以及科學背景知識搭設鷹架，才能引導學生克服進行真實性探究問題時的挑戰。

關鍵詞：探究與實作、專題式學習、科學素養

壹、前言

近年來以探究為基礎的教學廣泛成為各國科學教育政策的核心 (National Research Council, 2000)，臺灣於 2019 年

實施的「十二年國民教育基本課程綱要」中，也將「探究與實作」課程列為自然科部定必修課程。此一改變呼應科學教育趨勢的轉變，但對教師教學是全新的挑戰。

* 為本文通訊作者

此外，配合新課綱實施，「探究與實作」課程將納入大學考試的命題範圍。大考中心說明「探究與實作」的題目是較為獨特的情境試題，重視科學上的方法論。素養導向試題所評量的能力，符合探究學習內容或實作學習內容。如何透過「探究與實作」課程培養學生的科學素養，成為教學現場教師關心的焦點。

另一個受到眾人矚目之處是學生在課程的實作作品。根據大學招生聯合會公布共計有 595 個科系將參採自然科「探究與實作」課程學習成果。高中學生在此課程中的實作成果，將成為未來申請大學時的重要資料。因此如何在「探究與實作」的課程中協助學生產出作品也成為重要的課題。

本文將設計專題導向的「探究與實作」課程。討論學生在課程學習前後有關素養測驗的表現比較，同時分析學生在此課程的實作表現，提供高中教師教學參考。

貳、探究教學與科學素養評量

一、科學探究的源起與內涵

一般認為探究教學源自 Dewey(1910)的倡議，Dewey 認為科學學習除了知識外，亦應包含思考的路徑與心智態度，所以提倡學童應學習科學研究過程或方法。歷經幾次轉變之後，探究教學重心逐漸加入考慮學生進行科學學習的觀點。劉湘瑤(2016)說明現今科學探究在科學教育的兩重意義，

第一重說明科學探究是科學運作方式與科學知識產生途徑；第二重則是說明科學探究也可以是學生學習科學的方式或活動。

許多學者也對探究教學的內涵提出看法，大致上包含兩項特徵：

(一) 學生在過程中需要主動探索及建構

Driver, Asoko, Leach, Mortimer, & Scott(1994)認為探究活動是在建構主義的架構下，讓學生透過與外界事物互動的過程中，建構自己的知識。Wilhelm & Beishuizen(2003)認為探究被視為一種需要應用多項解決問題的技能的方法，強調學習者必須主動參與並擔負自己學習的責任。在探究的過程中，經常進行以學生導向，學生經歷部分歸納、部分演繹的學習過程，進行實驗調查至少一組相依或獨立的變因之間的關係。科學學習的方法，應當從激發學習者對科學的好奇心與主動學習的意願為起點，引導其從既有經驗出發，進行主動探索、實驗操作與多元學習，使學習者能具備科學核心知識、探究實作與科學論證溝通能力。

(二) 探究是一種讓學生從事類似科學家的活動來學習科學

Sandoval(2005)認為探究活動是在教室中讓學生在真實問題中，進行類似科學家所進行的活動，經歷知識建構的過程。Keselman(2003)也提出以探究為基礎的教

學是一種讓學生追隨科學家建構知識方式的學習，可以被定義為學習者學習形成假設，並且透過觀察或執行實驗測試假設以發現新的因果關係。由於整個探究過程複雜，許多學者將此一過程分為幾個步驟或階段，以引導學生注意各階段科學思考的重要特徵。Pedaste 等人(2015)回顧探究學習的文章，發現許多學者雖然用不同的名詞來標示探究的階段，但本質其實相同。需要注意的是學生的探究並非一個已預定、相同的線性過程，不同探究階段間連結的關係會隨情境脈絡不同產生變化。

二、自然科「探究與實作」課程綱要

為培養我國國民成為具備科學素養公民及培育未來科學人才，臺灣於 2019 年實施「十二年國民教育基本課程綱要」，於高中階段增列自然科學「探究與實作課程」為必修課程。課程之目標為指導學生進行科學探究，故有別以往，以「科學核心概念」呈現具體的科學「學習內容」，同時以「探究能力」及「科學的態度與本質」兩個向度描述預期各階段學習者的「學習表現」。學習表現的架構表在問題解決的項目包含「觀察與定題」、「計劃與執行」、「分析與發現」及「討論與傳達」等子項目，可看出課綱透過讓學生從事類似科學家的探究活動及思考智能來主動建構知識。

而在自然科領綱探究學習內容架構表

中，如表 1，探究學習分為發現問題、規劃與研究、論證與建模、表達與分享等四個主要項目（國家教育研究院，2018），各項目可依需要採取循環或遞迴等方式進行。新課綱所規劃的探究活動，從傳統探究的步驟包含提問、預測、實驗、分析資料等步驟外，更包含建立模型以協助解釋或應用，以及展現成果交流分享，顯示探究與實作課程更重視學生科學學習的活動。

表 1、領綱探究學習內容架構表(國家教育研究院,2018)

| 探究學習內容 | |
|--------|--------------------------------|
| 項目 | 子項 |
| 發現問題 | 觀察現象、蒐集資訊、形成或訂定問題、提出可驗證的觀點 |
| 規畫與研究 | 尋找變因或條件、擬定研究計畫、收集資料數據 |
| 論證與建議 | 分析資料和呈現證據、解釋和推理、提出結論或解決方案、建立模型 |
| 表達分享 | 表達與溝通、合作與討論、評價與省思 |

三、專題式學習(project-based learning)

專題式學習是以學生為中心的學習方式，Kokotsaki, Menzies, 和 Wiggins(2016)的回顧文獻指出專題式學習有以下三項特徵:1.學習是在特定的情境脈絡下進行。2.

學習者必須積極的參與在學習過程之中。

3. 透過與同儕的互動及分享彼此的知識和理解以達成學習目標。Thomas(2000)則對可作為學生學習「專題」的條件進行說明，認為專題應具備以下五項特徵：1. 專題是課程核心。2. 專題聚焦於能驅動學生學習的問題，且學生可透過處理問題來學習核心概念。3. 學生必須透過建構性調查才能達成專題的目標。4. 學生進行專題時，能夠自主進行抉擇。5. 專題探討的是真實的情境。Schneider, Krajcik, Marx, 和 Soloway (2002)則是說明專題式學習進行的過程，指出學生可以透過「提問及重新定義問題」、「設計並執行調查」、「蒐集及分析資訊與資料」、「進行詮釋」、「形成結論」以及「呈現成果」等過程來找到解決真實問題的方法。

比較專題式學習教學模式圖(陳毓凱和洪振方, 2007) 與課綱規劃之探究活動項目，可以發現兩者幾可相互對應。由於課綱為指導課程發展的上層架構，而專題式學習是在課堂中實際實施的教學理論，基於兩者理念一致，運用專題式學習來設計「探究與實作課程」應能符合課綱精神。另由圖 1 的學習進行過程可以看出，專題

式學習起始於「驅動問題」，而此問題應與學生的個人經驗、生活現象或社會議題相關，之後再經由重新發問與定義問題形成要進行的「專題」。課程中如何設計問題讓學生進行探究是在整體探究過程中的重要議題。

有關探究問題的分類，Hansen(2002) 依據學生主導程度的高低依序區分為開放探究、引導探究、並行探究、結構探究等四種方式，其中結構探究是學生的主導性最低，學生依據教師設計的步驟進行探究活動，而開放探究則以學生為中心，學生主導的程度最高。若考慮專題欲符合 Thomas(2000)的五項特徵，則在課程設計以學生為中心，讓學生自行選擇驅動問題、設計並發展可行的研究計畫，容易引起學生的學習動機，也較能持續進行探究計畫。因此以學生主導的程度最高的開放探究作為驅動問題將能符合專題的需求。然而設計開放探究問題為驅動問題，應同時考量學生是否具備後續進行專題式學習的各項能力，包含研究與實驗的規劃設計與實施、資料的解讀與詮釋、形成結論與分享交流等，避免學生在主導程度高的情形下無法順利進行後續學習。

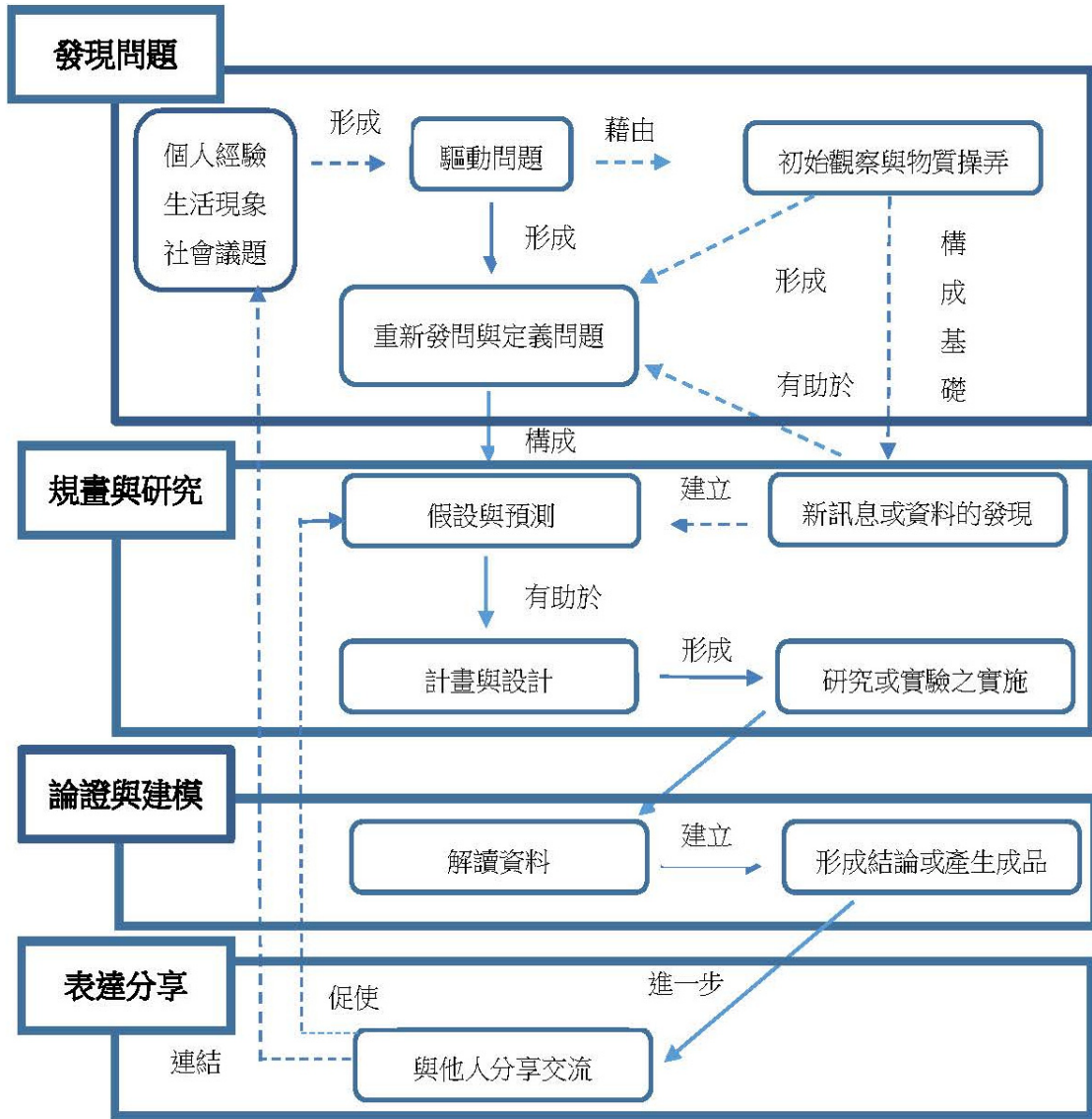


圖 1、專題式學習教學模式圖與課綱中探究學習內容比較圖(修改自陳毓凱和洪振方,2007)

四、科學素養測驗

提升學生科學素養一直以來是科學教育的目標之一。新課綱將培養國民基本科學素養視為其基本理念與課程目標（國家教育研究院，2018）。OECD 組織所發展出的「國際學生評量計畫，簡稱 PISA」，亦定義科學素養作為擬訂評量計畫與架構的

參考。

翁群評(2016)分析「十二年國民基本教育課程綱要自然科學領綱」、「學科能力測驗自然考科測驗目標」及「PISA 科學素養評量」三者對科學素養內涵的異同，如表 2。說明雖然根據不同目標所訂之科學素養內涵不同，但仍可歸納出共同交集的

表 2、科學素養內涵比較

| 來源 | 科學素養內涵 |
|----------------|---|
| 十二年國民教育基本課程綱要 | 1.探究能力 2.科學態度與本質 3.核心概念 |
| 學科能力測驗自然考科測驗目標 | 1.科學知識和概念 2.理解科學資料圖表 3.應用與推理 4.分析與判斷 |
| PISA 科學素養評量 | 1.形成科學議題 2.解釋科學現象 3.科學舉證 |

部分，例如擁有科學知識與概念是具備科學素養的基本要求，進而理解、應用與分析科學的各種資訊，掌握科學本質，並轉化成解釋科學現象與科學舉證能力。

科學素養測驗目的即在評量學習者是否具備科學素養。目前在國際間最受矚目的科學素養測驗為 OECD 組織辦理的 PISA 測驗，重視形成科學議題、解釋科學現象以及科學舉證的能力，因此會有約 1/3 題目以開放式問答題呈現。PISA 題目緊扣「生活化和情境化」，素材與日常生活相關且詳細說明試題的情境（林煥祥，2009），並依據學生答案之合理程度予以給分。

而學科能力測驗自然科試題內容以測驗核心概念為主。翁群評(2016)分析試題內容說明，題目除測驗學生的科學知識與概念，同時也測驗學生的探究能力，例如科學推理題型所著重的推理論證、分析與發現都是屬於科學素養內涵的範疇。

學生在「探究與實作」課程進行探究的過程中，需要培養許多科學過程技能，包含觀察、分類、預測…等，這些能力除了在實作中展現，亦能從討論或閱讀與分析書面資料展現。劉湘瑤(2016)認為探究

評量重點可以依探究過程中提出問題以及研究類型的不同有所差異。例如從事相關或因果比較問題，評量重點應在著重於學生設計的研究流程，是否能有效驗證或回答研究問題。

參、研究方法

一、研究對象

本研究的研究對象為臺北市中正區某普通高級中學高中一年級學生(PR 值的範圍為 98~99)。利用每周二節的選修課程實施科學探究教學，共有 32 名來自不同班級的男學生參與研究，所有學生在本課程之前皆無參與探究類型課程經驗。

二、研究流程

本研究流程如圖 2，在進入教學之前，先進行素養測驗前測。接著進行 3 周、每周 2 節課的探究鷹架教學並預先告知教學結束後會有 3 周探究實作(專題式學習)的課程，請學生預先討論題目。教學結束後讓學生進行 3 周專題式學習課程與 1 周的成果發表，之後再進行素養測驗後測及晤談。

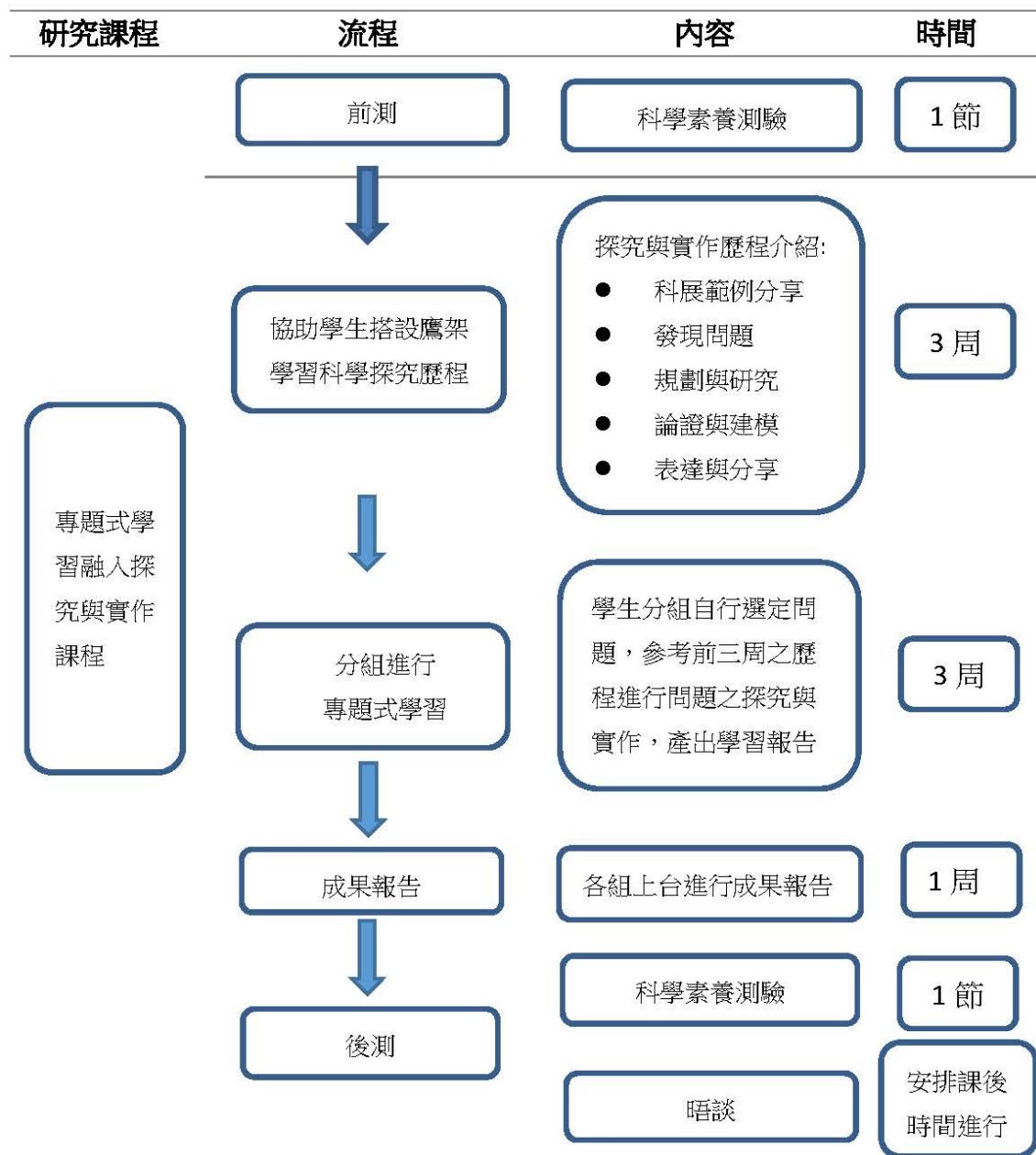


圖 2、研究流程圖

三、課程設計

本研究課程大致可區分為二個階段，由於學生在高中之前並無參與探究課程之經驗，缺乏進行專題式學習的各項能力。

故第一階段先由教師協助學生搭設探究歷程的鷹架，課程首先以全國科展得獎作品為範例介紹整體探究過程，講述科展作品內容並設計問題帶領學生小組討論要產生

一個好的探究作品應具備那些要素。其次設計課程協助學生發展探究能力，分成發現問題、規劃與研究、論證與建模、表達與分享四個部分進行。在發現問題部分，教師帶領學生討論如何蒐集資訊、如何形成或訂定問題以及如何提出可驗證觀點，並設計如「生活中哪裡會有問題?」、「什麼問題是好的研究問題?」等提供小組進行討論並分享；在規畫與研究部分，教師將科學探究經常使用的觀察法及實驗法融入於教學活動中並讓學生做實作練習。在觀察法的實作任務為觀察三大岩類的岩石標本，描述標本特徵、比較差異並加以記錄。實驗法則利用 PhET 網站 *mass & spring* 的模擬動畫，讓學生運用控制變因法實際探討鉛直彈簧振盪周期與那些變因有關；在論證與建模部分，教師指導學生運用 *excel* 程式將量測數據轉換為圖表，並分析變因之間的定量或定性關係，根據實驗結果提出觀點及建立模型；在表達與分享部分，教師說明一般成果報告格式以及如何運用媒體呈現探究成果，並以不同類型的作品讓學生討論可能的呈現方式。此階段各部分課程的教材主要以接近真實性科學探究歷程的歷屆全國科學展覽作品作為範例，提供學生進行討論及學習。

第二階段則在學生了解科學探究流程後，規劃三周的時間讓學生進行開放探究之專題式學習，由學生自行決定要探究問題並規畫研究方法進行探究。實作設計符合 Thomas(2000)所指出的五項特徵，實作

的步驟符合 Schneider 等人(2002)所指出之專題式學習步驟。教師則建議參考進度，被動擔任學生的諮詢者。最後安排發表成果，完成探究歷程。各節課程大綱及教學內容如表 3 所示。

四、研究工具

1. 科學素養評量測驗試題

本研究針對探究與實作課程的探究學習內容項目設計科學素養評量設計，其科學素養評量試題內容主要取材於 PISA 與全國科展高國中學生成品。根據作品的摘要、內容、實驗數據、圖表等提供學生必要資訊，改寫形成本研究之科學素養評量試題。學生能根據試題給予的訊息進行解釋和推理、分析資料和呈現證據、尋找變因和條件、擬定研究計畫等，以符合科學素養試題之內涵。科學素養評量測驗試題共計 8 大題、14 小題，其雙向細目表與試題範例如表 4 與表 5 所示。

本研究科學素養評量設計完畢後，研究者商請兩位科學教育背景專家建立專家效度，並針對整份測驗的內容正確性及措辭給予意見。試題預試階段，將本評量於某公立高中一年級學生進行預試，其試題內部一致性 Cronbach's α 為 .67，根據預試結果進行試題修正並針對學生答案進行分析，與修訂評分標準。利用預試已建立之評分標準於正式施測後進行評分，分別由兩位高中教室進行評分，其評分者信度為 95%，經討論後取得評分共識。

表 3、課程規劃表

| 節次 | 課程大綱 | 教學內容 | 教學法 |
|-----------|--|---|--|
| 第 1 節 | 介紹探究範例 | 以全國科展作品---「油」沒「油」問題 ---檢測油煙中懸浮微粒之濃度，作為範 例介紹科學探究。 | ● 講述法 ● 討論法 |
| 第 2 節 | ● 探究歷程整體 介紹 ● 實作練習-發 現問題 ● 回家作業：預 想探究問題 | ■ 發現問題→規劃與研究→論證與建模 →表達與分享 ■ 如何蒐集資訊、如何形成或訂定問 題、如何提出可驗證觀點 | ● 講述法 ● 討論法 |
| 第 3~4 節 | ● 實作練習--- 規劃研究 ● 回家作業： 預想探究問題 | ■ 觀察法與實作練習 ■ 觀察及記錄岩石標本的特徵 ■ 實驗法與實作練習 ■ (以 PhET 網頁 Mass & Springs 動 畫測量鉛直彈簧的運動週期) ◆ 如何尋找變因或條件 ◆ 如何擬定研究計畫 ◆ 如何蒐集資料數據 | ● 講述法 ● 實作練習 ● 實作練習 |
| 第 5~6 節 | ● 實作練習--- 論證與建議 ● 回家作業： 提出探究作業 ● 實作練習--- 表達與溝通 ● 回家作業： 提出探究作業 | ■ 分析數據 根據證據提出觀點 ■ 如何運用 excel 軟體工具將數據 轉換為圖表 ■ 尋找變因之間的關係 ■ 建立模型 ● 如何呈現探究成果、研究報告格式介 紹 | ● 講述法 ● 實作練習 ● 討論法 ● 講述法 ● 討論法 |
| 第 7~8 節 | ● 專題式學習--- 開放式問題探 究(第一周) | 探索與實作---參考進度【發現問題、 規劃與研究】 ● 確定探究問題與探究計畫 ● 準備各項實驗材料(以學校可提供優 先) ● 執行探究實驗 | ● 學生實作 |
| 第 9~10 節 | ● 專題式學習--- 開放式問題探 究 (第二周) | 探索與實作---參考進度【規劃與研究】 ● 準備各項實驗材料(以學校可提供優 先) ● 執行探究實驗 ● 蒐集與分析實驗數據 | ● 學生實作 |
| 第 11~12 節 | ● 專題式學習--- 開放式問題探 究 (第三周) | 探索與實作---參考進度【論證與建模】 ● 蒐集與分析實驗數據 ● 分析變因之間的關係以建立模型 ● 撰寫實驗報告 | ● 學生實作 |
| 第 13~14 節 | 發表與回應 | 各組發表【表達分享】 | ● 發表教學 |

表 4、科學素養試雙向細目表

| 探究能力 | | | 發現問題 | 規劃與研究 | | 論證與建模 | | 表達與分享 | |
|------------------|------|-----|------|----------|---------|--------|----------|-------|-----------|
| | 試題名稱 | 來源 | 題號 | 提出可驗證的觀點 | 尋找變因的條件 | 擬定研究計畫 | 分析資料呈現證據 | 解釋推理 | 提出結論或解決方案 |
| 溫室效應 | P* | 1.1 | | | | | | ● | |
| | | 1.2 | | | | | | ● | |
| | | 1.3 | | | | | ● | | |
| 預測颱風的颱風草 | S** | 2.1 | | | ● | | | | |
| 檢測奶茶濃度之研究 | S** | 3.1 | ● | | | ● | | | |
| | | 3.2 | | | | | | ● | |
| 空氣污染 | S** | 4.1 | | | | | | | |
| 降低泡泡的持久性 | S** | 5.1 | | ● | | | | | |
| | | 5.2 | | ● | | | | | |
| 探究影響保特瓶燈泡照明表現的因素 | S** | 6.1 | | | | ● | | | |
| | | 6.2 | | | | ● | | | |
| 生物多樣性模型選擇與描述 | P* | 7.1 | | | | | | | ● |
| 熱的本質 | P* | 8.1 | | | | ● | | | |
| | | 8.2 | | | | ● | | | |

*：試題修改自 PISA(P)； **：試題修改自科展(S)

表 5、科學素養試題範例

| 來源 | 題目內容 |
|-----------------------------|--|
| <p>PISA 2006 試題</p> | <p>圖 7-1 是食物網的圖解。箭頭由食物的方向指向獵食者的方向。雖然比起真實的食物網，這兩個食物網是陽春了點，但他們還是能夠展示高多樣性與低多樣性生態體系的差別。其中食物網 A 展示的則是高生物多樣性的體系，食物 B 呈現的是低生物多樣性的情形。</p> <p>保持生物的多樣性一直是許多學者大力倡導的重要議題，請你試著運用食物網 A 及食物網 B 這兩個體系，「具體舉例」說明保持生物多樣性的重要性。</p> <div data-bbox="429 570 1110 903" style="text-align: center;"> <p>圖 1 食物網圖解</p> </div> |
| <p>全國科 展學生 作品</p> | <p>空氣污染一直是受到關心的問題，居住在高雄三位同學希望透過實際研究來了解高雄地區的空氣污染狀況，關心自身的生活環境。其中一項他們所做的研究是想比較民國 97-102 年間，高雄前金區、前鎮區及美濃區三地測點的 NO_x 逐時濃度的比較，比較結果如下表。表 4-1 為 97 年-102 年間，前金區、前鎮區及美濃區測站 NO_x 逐時濃度的比較表。</p> <div data-bbox="297 1138 1229 1667" style="text-align: center;"> </div> <p>請問他們在進行研究時，可能是基於那些研究假設(預設)，促使他們進行以上資料的蒐集與分析？</p> |

2. 實作評量規準

本研究學生實作作品評量使用實作評量規準進行評量及量化，如表 6。本評量規準參考十二年國民教育基本課程綱要自然科課程手冊探究與實作課程實驗報告之評量面向與評量層級之雙向細目表改寫，

並經兩位專家審查(兩位高中自然科教師，一位具有科教背景)。其評量範圍從開始探究時提出適合科學探究的問題至最後的提出結論或建立模型，內容涵蓋領綱的探究及實作項目。

表 6、實作評量規準

| 能力指標 | 4(佳) | 3(可) | 2(待修正) | 1(待加強) |
|--------------|--|--------------------------------------|---|--|
| 提出適合科學探究的問題 | 能提出明確且適合科學探究的問題。 所提出的問題性其有原創性。 | 能提出明確且適合科學探究的問題。 | 提出的問題須經修正方可進行科學探究。 | 提出的問題範圍太大或不夠明確。不適合科學探究。 |
| 能提出符合研究問題的設計 | 學生能夠分析所提出的研究問題，研究設計能夠有效驗證所提出的想法、假說或模型。 | 學生理解研究的大致流程，研究設計尚可驗證所提出的想法、假說或模型 | 學生理解科學研究的大致流程，對於研究設計的方法尚不成熟。 | 學生知道科學研究的基本概念，但無法提出研究設計。 |
| 能分析數據 | 使用資訊與數學統計等方法，有效整理資料數據，整理出規則，提出分析結果與相關證據。 | 使用資訊與數學統計等方法資料數據，由探究過程所得的資料數據，整理出規則。 | 使用資訊與數學等方法整理資料數據，但未能整理出規則。 | 未能使用資訊與數學等方法整理資料數據。 |
| 會製作並應用圖表 | 依據整理後的資料數據，製作圖表。圖表 清楚易懂且能表現各項的關係，能根據數據分析及圖表建立質性或量化關係的數學關係式。 | 依據整理後的資料數據，製作圖表。能利用圖表呈現各項變化。 | 依據整理後的資料數據，製作圖表， 惟圖表無法有效呈現各項變因的變化。未嘗試推測各項變項之關係。 | 依據整理後的資料數據，製作初步圖表， 未能利用工具分析數據及觀察結果。 |
| 提出結論或建立模型 | 學生能形成結論或建立模型，且 可以有效驗證所提之假設或模型。結論或模型具有高度參考價值。 | 學生能夠形成結論或建立模型。致能回應先前的假設，具有參考價值。 | 學生所提出的結論 有少數錯誤。所提出的結論或模型僅能部分回應先前提出的假設。得出結論或模型具有有限參考價值。 | 學生所提出的結論 有明顯錯誤。所提出的結論或模型與先前提出的假設無關。 |

肆、研究結果

一、科學素養試題評量結果

科學素養評量測驗試題的結果如表 7 所示。評量由兩位科教背景的中學教師協助評分，根據史比爾曼等級相關檢驗，評分者一與評分者二兩者相關達顯著 ($p < .001$)，且相關係數為 .961，屬於高度相關。有關差異部份，經過討論後兩位評分者皆達成共識。

表 7、科學素養測驗成對樣本檢定結果

| 變項 | 前測 (n=30) | | 後測 (n=30) | | t | p |
|----|--------------|------|--------------|------|------|------|
| | M | SD | M | SD | | |
| 總分 | 12.53 | 2.89 | 15.50 | 2.76 | 6.27 | .000 |

根據測驗的結果，整體總分後測表現優於前測，且達顯著標準。本研究結果與其他探究式教學的研究發現一致，例如 Bybee(2000)的研究顯示探究課程的學生在科學本質的理解、學習成就、過程技巧以及科學知識的建構等方面的表現優於傳統課程的學生。對於這樣的結果，Luckie, Maleszewski, Loznak, & Krha(2004)發現在探究式的課程中，學生會比傳統的講授式教學保有更高學習興趣。此外，學生除了在課堂上課外，會在課後花費許多的時間以完成探究。由於這些工作皆是以學生為主體的學習任務，學生的主動建構及主動參與讓他們得以完成更深入的學習，產生更佳的學習表現。

二、學生實作作品表現

本研究將學生分為八組，每組自行選擇探究問題，實作結果有七組完成探究作品送出報告，但有一組未完成實驗驗證。表 8 呈現各組的探究題目、討論變因以及評量結果，由兩位自然科學教師依據表 8 之評量規準進行編碼。評量結果顯示，在「提出適合科學探究問題」方面，有 7 組達到 3 分(可)以上，佔整體比例的 7/8。；在「能提出符合研究問題的設計」方面，有 6 組達到 3 分(可)以上，佔整體 6/8；在「能分析數據」方面，有 5 組達到 3 分(可)以上，佔整體 5/8；在「會製作並應用圖表」方面，有 5 組達到 3 分(可)以上，佔整體 5/8；在提出結論或建立模型，有 7 組達到 3 分(可)以上，佔整體 7/8。

檢視學生各方面的表現，在「提出適合科學探究問題」：除第一組達到 2 分，因該組無法提出適合的問題，題目未能明確亦影響該組後續研究設計與實施，最後因無法完成實驗驗證而未送出探究報告。其餘 7 組的學生能提出明確且適合科學探究的問題，但皆有參考科展的作品或網路上文章修正後進行討論，在原創性上略顯不足，故皆達到 3 分。

在「能提出符合研究問題的設計」：學生能夠分辨操縱變因、控制變因、應變變因並能運用於實驗設計，第 3、4、5、8 組學生自行設計儀器，以確保實驗過程變因得到良好控制，達到 4 分。在「能分析數據」及「會製作並應用圖表」：發現學生能

運用課程學習到的 excel 程式處理數據與製作圖表。第 2 組與第 6 組雖有進行數據處理，但未進行分析得到規則。且此二組雖依據整理後的資料數據製作圖表，但無法有效呈現各項變因的變化，因此無法達到(可)以上的結果。在「提出結論或建立模

型」:除第 1 組未完成實驗驗證外，其餘 7 組的學生可根據實驗結果及證據形成結論，且結論能回答原先的研究問題。

整體而言，學生在「提出適合科學探究問題」、「能提出符合研究問題的設計」的表現較佳，在「能分析數據」及「會製作並應用圖表」的表現有成長空間。

表 8、學生實作作品分析表

| 組別 | 題目 | 變因 | 提出適合科學探究問題 | 能提出符合研究問題的設計 | 能分析數據 | 會製作並應用圖表 | 提出結論或建立模型 |
|----|-------------------------------|--|------------|--------------|-------|----------|-----------|
| | | 變因種類 | | | | | |
| 1 | 討論酒精燈的不同變因，對加熱結果的影響。 | <ul style="list-style-type: none"> ● 控制變因：陶瓷纖維網、燒杯 ● 操縱變因：酒精多寡、棉綿是開或合 ● 應變變因：燒杯中水加熱到沸騰所需的時間 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 不同溶液對乒乓球回復速度之影響 | <ul style="list-style-type: none"> ● 控制變因—乒乓球凹陷程度、乒乓球的材質 ● 操縱變因—溶液的不同(水、油、醋) ● 應變變因—凹陷的乒乓球回復時間的不同 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 |
| 3 | 不同材的曲面會不會影響到集波器集中 Wi-Fi 訊號的效果 | <ul style="list-style-type: none"> ● 控制變因：集波裝置相同曲率的曲面 ● 操縱變因：不同材質的曲面(鋁、銅片、軟墊、木片、賽璐璐片、玻璃、壓克力)及與 Wi-Fi 訊號產生器距離 ● 應變變因：Wi-Fi 訊號的強度 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 |
| 4 | 紙飛機材質及角度對飛行的影響 | <ul style="list-style-type: none"> ● 控制變因：紙飛機飛行的初速度與初始高度、紙飛機的折法 ● 操縱變因： <ul style="list-style-type: none"> ■ EX1：紙飛機的材質 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 |

| | | | | | | | |
|---|-----------------------------|--|---|---|---|---|---|
| | | (影印紙、粉彩紙、西卡紙) <ul style="list-style-type: none"> ■ EX2：發射的角度 (150/300/450) ● 應變變因：紙飛機的飛行距離 | | | | | |
| 5 | 探討套圈發射器的發射角度與距離的關係 | <ul style="list-style-type: none"> ● 控制變因：發射的力道(初速度)與發射器的高度 ● 操縱變因：發射的角度 ● 應變變因：發射器的發射距離 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 6 | 不同種類的洗衣粉和肥皂的去漬功效及清潔力比較和成份分析 | <ul style="list-style-type: none"> ● 控制變因：布料、髒污(墨水、番茄醬) ● 操縱變因：不同種類的洗衣粉和肥皂(一匙靈、橘子工坊洗衣粉、水晶肥皂、一般肥皂、手工肥皂) ● 應變變因：布料的髒污程度(利用光度針和手電筒測量每塊布料透光度) | 3 | 3 | 2 | 1 | 3 |
| 7 | 紅光對綠豆生長的影響 | <ul style="list-style-type: none"> ● 控制變因：同一批號的綠豆、除光源以外相同的環境條件。 ● 操縱變因：不同比例的藍、紅光源 ● 應變變因：綠豆生長的高度 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 8 | 討論水面覆蓋物的水蒸發量的關聯 | <ul style="list-style-type: none"> ● 控制變因：原始水量、儲水容器 ● 操縱變因：水面的覆蓋物(無、小黑球、小白球、大黑球、大白球) ● 應變變因：水的蒸發量 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 |

伍、討論

本研究之目的為設計專題導向的探究與實作課程。在進入專題學習之前，先以

鷹架課程協助學生發展探究專題所需能力，並讓學生自行選擇開放式問題進行探究。在課程結束後研究者晤談學生，晤談內容

針對學生探究歷程做進一步了解外，也針對學生對課程在探究過程能夠產生的協助做探詢，結果有以下幾項發現：

一、學生認為鷹架課程對專題式學習的實驗設計幫助最多

學生認為鷹架課程對於後續進行專題的探究確有幫助，包含重新定義問題、實驗設計、處理數據等。特別是有六組的學生在晤談時提到在實驗設計方面得到最多協助。以下摘錄學生在晤談時的說明：

Q: 這一門課程對你們在探究問題上提供最大的幫助是在那些地方?

S2: 不會不知道接下來要做什麼，這很重要，以前沒有這樣探究問題。

S1: 在設計實驗的方面。覺得設計實驗統合了很多的就是不同的發現或是能力。比如說你一開始要找理論、文獻啊，然後你才有辦法去設計這個實驗。

雖然高一學生受限於其學科背景知識，在有限的課程時間及能力下，僅能對生活周遭現象進行簡單的探究。但從學生的回饋來看，學生在課程結束後對於如何設計實驗進行科學探究已具備初步概念。

二、對於要探究的問題 學生能夠掌握控制變因實驗方法的設計

學生在經過前三周的課程訓練後，學生能夠運用控制變因去設計或使用儀器以

確保變因獲得控制。例如「紙飛機材質及角度對飛行的影響」以及「探討套圈圈發射器的發射角度與距離的關係」的兩個小組都設計發射器，以控制發射紙飛機及圈圈的力量。在「不同材質的曲面會不會影響到集波器集中 Wi-Fi 訊號的效果」這組，學生也認知到材質是操縱變因、曲面是控制變因，所以要把控制各曲面一致。在晤談資料中，學生說明他們的實驗設計：

Q: 請簡單說明你們這組探究的歷程。

S1: 集波器我們第一個想到的是它的曲面，然後可能它跟發射端的距離，這些都要先訂好。集波的曲面、材質和大小，這些都是我們可以討論的…我們就直接看他的圓弧、看他的C點，然後直接把它平行的射出去。讓他是被計算好，每一個實驗都是一樣的距離和一樣的曲度。主要是看材料不同產生的效果

而對於非直觀可以量測的應變變因，學生也注意到將變因量化且運用儀器來進行量測。例如「不同種類的洗衣粉和肥皂的去漬功效及清潔力比較和成份分析」這組，學生在設計實驗時，必須對於應變變因—去漬功效及清潔力進行定義並且找到可以具體量測的方法。晤談資料中，學生說明他們的實驗設計：

Q: 在探究的過程中，覺得最困難的部分是什麼?

S4: 當時想說要用什麼方法來看他的去汙能力如何，後來想到用透光計來看，用手機的透光計來看。

研究結果顯示，完成作品的七個小組都能掌握控制變因實驗方法的精神進行實驗設計，惟探究過程中有些變因是學生在設計之初未曾考慮，學生需要依實際的情形進行修正。

三、學生對於開放式問題探究，會體會到問題的複雜與不確定性

晤談顯示學生在開放探究問題經常會遭遇到困難，此為教師在設計此類課程須注意的地方。由於學生探究真實的科學問題，所以學生有機會類似科學家一樣體會到真實問題的複雜與不確定性，但也比較容易感受到挫折 (Brickman, Gormally, Armstrong & Hallar, 2009)。

本研究中未完成作品的學生組別，由於無法釐清所欲探究問題的變因控制，無法得出結果而想更換題目，最後因為時間不足無法完成作品。其他組別學生在晤談中，也提到在探究過程所遭遇的問題：

Q: 在探究的過程中，覺得最困難的部分是什麼？

S1: 就是我們發現有更多變因在之前構思的時候沒有想到，然後造成我們後續做實驗，不管是分析數據或者是進行實驗都會都會有困難，量測數據都有困難。

S2: 因為做出來的結果跟預期都不一樣。可能是因為有一些沒有想到的細節。

由於開放式探究的問題是學生選擇的問題，應有較強的動機。本研究的結果顯示，多數(7/8)組別的學生，能透過組內討論克服挫折，完成作品。但學生必須具備足夠的探究調查技巧以及科學背景知識，同時能夠組織和管理複雜及延伸性的學習活動，才能克服真實探究問題的挑戰。

陸、結論與建議

本研究以專題式學習設計「探究與實作」課程，並分析在課程前後學生素養表現變化的情形。研究結果顯示整體而言學生在素養評量的表現上，後測優於前測，且達顯著標準。顯示本探究課程提供主動建構及主動參與的機會，能夠有效提升學生的科學素養。

而在實作作品的表現上，多數學生能夠掌握以控制變因方法設計實驗以探究問題。八組中有一組未完成實驗驗證，其餘七組能夠完成探究並提出結論。顯示以專題式學習設計「探究與實作」課程，符合「十二年國民教育基本課程綱要」的精神，同時亦能有效提升學生的科學素養以及讓學生能夠在課程中產出學習成果。研究結果可作為高中教師課程設計之參考。

本研究亦發現學生對於開放式的真實問題探究，會體會到問題的複雜與不確定性，建議教師需要協助對學生的探究調查

技巧以及科學背景知識搭設鷹架，才能引導學生克服真實探究問題的挑戰。然而對於學生遭遇探究瓶頸時，教師介入的時機與程度，本研究並未討論，可留待未來研究進一步探討。

柒、參考文獻

- 林煥祥(2009)。科學素養的評量。*科學發展*，**438**，66-69。
- 翁群評(2016)。學科能力測驗自然考科與科學素養評量之關連性探討。*考試學刊*，**11**，42-76 頁
- 陳毓凱和洪振方(2007)。兩種探究取向教學模式之分析與比較。*科學教育月刊*，**305**，4-19。
- 國家教育研究院(2018)。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。查詢日期：2018年11月20日，檢自 https://www.naer.edu.tw/ezfiles/0/1000/attach/63/pta_18538_24Y0851_60502.pdf。
- 劉湘瑤(2016)。科學探究的教學與評量。*科學研習*，**55(2)**，5-11
- Bybee, R. W. (2000). Teaching science as inquiry. In J. Minstrell, & E. van Zee (Eds.), *Inquiring into inquiry learning and teaching in science* (20-46). Washington, DC: American Association for the Advancement of Science.
- Brickman P., Gormally C., Armstrong N., Hallar B.(2009).Effects of inquiry-based learning on students' science literacy skills and confidence.*Int. J. Schol. Teach. Learn.***3**, 1-22.
- Dewey, J. (1910). *How we think: A restatement of the relation of reflective thinking to the educative process*. Boston, MA: D.C. Heath.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, **23** (7), 5-12.
- Hansen, M. (2002). Defining inquiry. *The Science Teacher*, **69(2)**, 34-37.
- Keselman A. (2003) Supporting inquiry learning by promoting normative understanding of multivariable causality. *Journal of Research in Science Teaching*,**40** (2003), pp.898-921
- Kokotsaki, D. and Menzies, V. and Wiggins, A. (2016) 'Project-based learning: a review of the literature.' *Improving schools*. **19** (3). pp. 267-277.
- Luckie, D. B., Maleszewski, J. J., Loznak, S. D., & Krha, M. (2004). Infusion of Collaborative Inquiry throughout a Biology Curriculum Increases Student Learning: a Four-year Study of "Teams and Streams". *Advances in Physiology Education*, **28(4)**, 199-209.
- National Research Council. (2000). Inquiry and the national science education standards: *A guide for teaching and learning*. Washington, DC: National Academy Press.
- M. Pedaste, M. Mäeots, L. A. iiman, T. de Jong, S.A.N. van Riesen, E. T. Kamp, E. Tsourlidaki (2015) Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, **14**, pp. 47-61.
- Sandoval, W. A., & Millwood, K. A. (2005). The quality of students' use of evidence in written scientific explanations. *Cognition and Instruction*, **23(1)**, 23-55.
- Schneider, R. M., Krajcik, J., Marx, R. W., & Soloway, E. (2002). Performance of students in project-based science classrooms on a national measure of achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, **39(5)**, 410-422.
- Wilhelm, P., & Beishuizen, J. J. (2003). Content effects in self-directed inductive learning. *Learning and Instruction*, **13**, 381-402.

投稿日期：109年02月11日

接受日期：109年05月27日

The Study of Investigating High School Students' Learning Performance under the Instruction of Open Inquiry in “Inquiry and Practice” Curriculum

Che-Ming Tsai^{1*}, Mei-Hung Chiu², Mao-Ren Zeng³, and Tung-Lin Hsieh¹

¹Taipei Municipal Yangming High School

²Graduate Institute of Science Education, National Taiwan Normal University

³Taipei Municipal Dazhi High School

Abstract

Since the implementation of the 12-Year Basic Education Curricula in 2019, the “Inquiry and Practice” curriculum has been listed as a required science course stipulated by the Ministry of Education in Taiwan. One of the important goals of this course is to develop students’ scientific literacy. Given that this course provides students with hands-on experience of producing practical works, up to 595 departments in tertiary education have announced that the learning outcomes of this course will be taken as a reference in students’ academic portfolios used for their future applications to universities. Based upon the “Inquiry and Practice” curriculum designed in terms of the spirit of project-based inquiry, this study compared the students’ performance of their scientific literacy tests taken before and after the course. It also analyzed the students’ performance at their practical works in this course.

The result of this study revealed the performances of students’ literacy assessment in posttests were statistically significant to those in pretests. With regards to the performance of students’ practical works, one of the eight groups did not finish their work while the remaining seven groups could complete their inquiry and draw conclusions. The result also showed that students performed better in “raising questions relevant to scientific inquiry” and “coming up with a design corresponding to research questions.” There was room for improvement in “the abilities to analyze data” and “the skills to design and use charts.”

Keywords: inquiry and practice, project-based inquiry, scientific literacy

* corresponding author