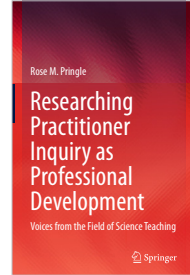


書評

以實踐探究作為專業發展之研究 來自科學教學現場的聲音

**Researching Practitioner Inquiry as Professional
Development Voices from the Field of Science Teaching**

by Rose M. Pringle
Springer, 2018, 165pp.
ISBN 978-3-030-59549-4



林祖強

壹、前言

教師專業發展（professional development）素來為全球教育改革的關鍵議題，於科學教育領域亦然（Darling-Hammond et al., 2017; Luft & Hewson, 2014）。《以實踐探究作為專業發展之研究——來自科學教學現場的聲音》（*Researching Practitioner Inquiry as Professional Development: Voices from the Field of Science Teaching*）一書由 Rose M. Pringle 教授主筆，植基於美國國家科學基金會（National Science Foundation）資助的 5 年期研究「佛羅里達大學教師共創科學教育改革計畫」（*University of Florida Unites Teachers to Reform Education in Science, U-FUTuRES*），聚焦「教師實踐探究」（practitioner inquiry）視角，並透過實證研究與案例剖析，深入淺出地探討此模式如何促進科學教師之專業發展。此書核心論述在於，科學教師不僅為課程之執行者，而應進一步成為專業知能的建

構者，透過實踐探究之歷程，主動發掘教學問題，設計並驗證創新教學策略，進而提升教學效能。此一論述強調教師之主體性與能動性，為當前全球教師專業發展領域之理論與實踐提供重要啟發。

作者 Pringle 教授任職於佛羅里達大學教育學院，長期致力於科學教育研究，其研究興趣包括職前教師培育、在職教師專業發展，以及弱勢族群的科學學習等議題。該書薈萃作者多年研究所得，不僅立論基礎深厚，論述亦兼及教師實務之指引，透過教師第一手實踐經驗之鋪陳，細究教師如何在教學現場反思與琢磨其專業知識建構。全書旨在省思傳統由上而下的教師專業發展範式，進而倡議以教師為本位的自主專業精進徑路，以期深化教師專業發展之內涵。

貳、教師實踐探究的理論脈絡與發展基礎

教師實踐探究之理念奠基於建構主義（constructivism）的知識論（Richardson, 1997），其核心假設為知識並非靜態之存在，乃是藉由個體之經驗與反思主動建構而來。此一觀點與 Schön（1983）所提出之反思實踐（reflection-in-action）理論遙相呼應，強調專業工作者應在行動中透過不斷的實踐與反思來建構專業知識。Cochran-Smith 與 Lytle（2009）則進一步強調，教師應透過系統性探究，檢視並改善其教學實務，而非單純被動地接受教育改革政策之規範。此模式與傳統的教育研究最大的差異在於，教師不再只是研究的對象，而是研究的主體。

書中細緻梳理美國科學教育改革脈絡，從 1950 年代太空競賽時期、1983 年《國家在危機中》（*A Nation at Risk*）報告，到後續的《次世代科學標準》（*Next Generation Science Standards*）。這些改革雖各有其核心理念與重要價值，但皆面臨不同時空背景下教師專業發展的挑戰（Anderson & Helms, 2001; DeBoer, 2014）。作者指出，改革失敗的主因之一，往往在於忽視教師的主體性與能動性。因此，教師實踐探究不僅是一種專業發展工具，更是實現教育改革的關鍵策略。

作者據理歸結並描繪教師實踐探究的 5 大核心要素，包括：問題意識的形成、探究設計的規劃、系統性的觀察與記錄、反思性實踐的歷程，以及專業對話的建構。然而，這些要素並非線性發展，而是在教育場域中形成動態循環的一種探究歷程。因此，作者也特別強調，教師實踐探究應以真實的教學情境為本，尤以關注學生的實際學習需求為重。

此書承襲上述理論脈絡，主張教師應以自身教學現場為研究場域，運用實徵數據，探究教學成效與學習歷程，並據以調整教學策略。相較於傳統教育研究多由學者主導，教師實踐探究賦權於教師，使其成為研究規劃與執行者，不僅增強專業自主權，亦提升其學術貢獻，使教育研究更貼合實際課堂情境，促進理論與實務之緊密結合。

參、教師實踐探究的研究架構與方法論

書中以 U-FUTuRES 計畫為研究場域，採質性研究取徑，並透過多重個案研究進行縱貫性追蹤，試圖深入剖析教師專業成長的歷程與內在機制。研究團隊選取 9 位中學科學教師，涵蓋多元教學年資、學科專長與文化背景，以確保研究樣本的代表性與異質性。並在為期 2 年的密集專業培訓與追蹤觀察下，記錄教師在教學實踐、反思與轉化過程中的細緻變化。

該書所呈現的實徵研究在研究方法的選擇與設計上，展現了諸多值得探討之處。首先，質性研究與多重個案研究的運用，無疑與其研究旨趣相契。教師實踐探究本質上是一個動態、情境化且持續演變的專業發展過程，質性研究的深描特性（Geertz, 1973），使研究者得以細膩刻劃教師專業成長的脈絡，並挖掘其中影響變遷的關鍵因素。然而，研究場域與參與者的選取，或許過於依賴便利取樣，研究中 9 位受試者皆來自同一專業發展計畫，作者雖已盡可能納入不同背景的教師以增加樣本的異質性，但研究結果的可推論性仍可能受到限制，難以直接轉化至更廣泛的教育脈絡。

作者主要採取建構主義與反思實踐的研究視角，在理論取向與分析架構上相當嚴謹、細緻，能有效詮釋教師在個人層次上的學習歷程與專業轉化，卻相對忽略了更為宏觀的制度性與社會結構之影響因素。例如，Fendler（2003）曾指出，過度強調反思實踐可能導致教師陷於自我審視與反省，而忽視社會結構性的限制；而 Zeichner（2011）則批評個體取向的教師專業發展模式，往往未能充分考量社會正義及權力關係等重要面向。因此，若能進一步融入批判理論或社會文化導向的觀點，並深入探討教師的實踐探究與整體教育體系變革之間的關係，或可使該研究的研究架構更為周延而多元。

作者所提的研究設計則頗具企圖，建構了涵蓋個人、教室與制度 3 個層次的分析框架，使讀者得以從多重視角理解教師專業發展的複雜樣態。特別是在制度層面的探討，研究揭示了學校文化與行政支持對教師專業成長的深遠影響，展現宏觀視角下教師研究的價值。較為可惜的是，作者建構的分析框架雖能拓展研究視野，但對 3 個層次間的相互影響並未充分闡述，因而未能引領讀者盡窺研究參與教師專業發展內在運行機制的全貌。

此外，作者的研究團隊在研究資料的取得途徑相當多元，諸如課堂觀察、深度訪談與教師反思日誌，展現出高度的細緻度與田野敏感性。這種多重視角的資料蒐集策略，使研究能夠更全面地描繪教師專業成長歷程，減少單一敘述可能帶來的偏倚（Maxwell, 2013; Yin, 2018）。然而，研究或有過於仰賴教師的自我陳述而缺乏客觀性指標輔助之嫌，也可能因此影響研究發現在其他教育場域的實務推廣。

此處所稱之「客觀性指標」，係指以下 3 類指標：（一）標準化的學生學習成就評量，例如，採前後測設計之概念理解測驗，或標準化的科學能力測驗（Liu et al., 2010; Treagust, 1988）；（二）結構化的教學觀察工具，例如，改革式教學觀察指引（reformed teaching observation protocol）（Sawada et al., 2002）或探究式教學評量指引（electronic quality of inquiry protocol）（Marshall et al., 2010）等，由外部觀察

者系統性地記錄教師教學行為之轉變；（三）學生作品之系統性分析，透過具有效度之評分規準（rubrics）評估學生科學探究能力的發展（Sampson et al., 2013）。此類指標通常能作為教師自我陳述資料的客觀佐證，有助於降低研究者可能產生之主觀偏誤，進而提升研究結果的可信性（credibility）。

在該書中，學生學習成效的評估主要依據教師的觀察與作業分析，而未輔以標準化測驗或其他更具客觀性的評量工具，使得教師實踐探究對學生學習影響的論述略顯薄弱。對於吾輩從事教育質性研究的學者或進行行動研究的教師而言，此類問題尤需謹慎應對。在研究設計時，應考量如何在自我陳述與客觀數據間取得平衡，適時引入量化分析或外部評量機制，以提升研究結果的信效度與可解釋性。唯有兼顧多元證據來源，方能確保研究結果更具廣泛適用性，並對教育實務提供更具參考價值的見解。

整體而言，此書在研究方法的運用上，充分展現了質性研究應有的細膩度與學術嚴謹性，然仍存若干值得強化之處。研究對象的選取，若能涵蓋更多元的場域與背景，將有助於提升研究結果的可轉移性（transferability）與情境適用性（contextual applicability）；資料蒐集上，若能輔以更具客觀性的指標，亦能增強研究發現的信效度；資料分析的呈現，若能進一步詳述研究過程，則可提升研究成果的透明度與可信度。這些方法論層面的限制，使得書中研究對教師專業發展理論的貢獻程度仍有深化空間。儘管如此，在研究倫理的實踐上，作者仍展現了值得讚許的審慎態度。作者在其研究過程中，尊重參與者的專業主體性，並在資料呈現時謹慎處理敏感議題，以避免對研究對象造成潛在影響。這種兼顧學術嚴謹與倫理關懷的研究態度，使該書在教育研究領域中不僅具備實證價值，更提供了研究倫理層面值得借鑑的範例，為後續相關研究指引可能的發展方向。

肆、教師實踐探究的研究發現

此書透過 9 位科學教師的實踐探究經驗，歸納出 3 大核心發現，分別為科學識讀素養（literacy skills in science learning）的培養、文化關聯教學（pedagogy of cultural relevance）的實踐，以及後設認知能力（metacognitive skills）的發展。這些發現不僅深化了對科學教學實務的理解，也為教師專業發展提供了明確的實踐路徑。

關於科學識讀素養的培養方面，作者在書中第五章的研究揭示，傳統科學教學往往將此素養視為理所當然，未充分意識到許多學生在閱讀理解與書面表達上的困難。教師 Kim 的案例尤為值得關注，她透過「文本標記」（text marking）與「克漏字閱讀」（cloze reading）等策略，幫助學生克服科學文本的閱讀障礙。這些策略不僅提升了學生的理解能力，更培養了其與文本主動對話的習慣。相較之下，教師 Ruth 則專注於科學寫作能力的發展，她發現透過漸進式的寫作鷹架，可以有效引導學生建立科學論證的能力。這些發現挑戰了科學教學中常見的迷思，即識讀能力的培養應僅由語文教師負責，進一步突顯了科學教師在學科識讀發展中的關鍵角色（Fang, 2006; Pearson et al., 2010; Wellington & Osborne, 2001）。

在文化關聯教學的實踐方面，該書第六章主要藉由實徵研究反映出科學教育中潛藏的文化偏見問題。教師 Mayra 的探究聚焦於非裔美國女學生的學習經驗，她發現，這些學生的學業表現並非受限於能力，而是由於教學方式與其文化背景的脫節。透過建立文化連結、強化師生關係，以及設計具文化脈絡的教學活動，則可有效地提升學生的學習參與度，使她們能夠在科學課堂中獲得更多的歸屬感與學習動力。同樣的，教師 Jennifer 透過系統性的自我觀察，發現自身教學中潛在的文化偏見，並透過省思而發展出更具包容性的教學策略。從作者所展現的這些研究結果可以得知，書中所論及的文化回應教學（culturally responsive teaching）不僅是一種教學技術，更是一種專業意識的深化（Gay, 2018;

Ladson-Billings, 2014），科學教師對自身教學行為與學生文化脈絡亦須時時保持高度的覺察與反思（Brown & Crippen, 2016）。

第七章則著眼於後設認知能力的培養，作者在此章直言，許多科學教師過於關注知識的傳授，而忽略了學生自主學習能力的培養。有鑑於此，教師 Allison 的探究展現了如何將後設認知策略融入探究式教學之中，她設計了層次分明的提問策略，引導學生反思自己的學習歷程，進而強化對知識的內化與運用能力。而教師 Anthony 則認為，後設認知能力的發展必須從教師自身開始，唯有教師本身具備後設的反思意識，才能有效引導學生建立科學思考與自主學習的能力。這些發現能夠幫助讀者深化在實務上進行探究式科學教學的理解，也能凸顯後設認知在科學學習中的關鍵貢獻（Thomas, 2012; White & Frederiksen, 1998; Zohar & Barzilai, 2013）。

值得注意的是，這 3 個面向之間並非彼此獨立，而是相互交織、彼此影響。例如，文化關聯教學的實踐往往依賴有效的識讀策略來幫助學生理解科學文本，而後設認知能力的培養則有助於學生發展更高層次的文化覺察，使其能夠在多元文化的背景下靈活運用科學知識。這種多面向整合的觀點，為科學教育的革新提供了更為全面的理論框架。然而，該書亦指出，在教學實務中的此類轉變並非一蹴可幾，而是需要教師經年累月的持續實踐與各類支持，亦揭橥在推動教育系統革新時，務須秉持耐心與長期規劃，確保教師能夠穩步推動教學創新。

再者，由書中展現的教師實踐探究經驗顯示，真正有效的專業成長並非來自外部專家的指導，而是源於教師對自身教學實踐的系統性探究與持續反思。這種「由下而上」的專業發展模式，使教師能夠在具體脈絡中發展出富有實踐價值的教學知識，並進一步促進專業自主性與創新動能，與傳統自上而下的教師培訓模式形成鮮明對比。然而，該書的研究發現仍存在一定的侷限。首先，研究對象主要來自中學科學教師，這些發現是否適用於其他學科領域，仍有待進一步驗證。其次，研究較少探討學校組織文化對教師實踐探究的影響，未能充分探討學校管理層面

如何支持或限制教師的專業發展。最後，對於如何將個別教師的探究成果轉化為更具普遍性的專業知識，以供其他在職甚而職前教師參考與應用，在書中的討論略嫌不足。這些限制亦為未來研究提供了進一步深化的方向，值得後續學者與教育工作者持續深入探究。

伍、教師實踐探究的影響與挑戰

作者透過豐富的實徵資料，展現教師實踐探究對專業發展的諸多影響。在教學知能方面，教師透過系統性的探究與反思，更深入地理解學生的學習困難，並發展出適切的教學策略。在專業認同方面，教師從被動的課程執行者轉變為主動的教學研究者，展現更高的專業自主性與創新意願。在同儕互動方面，教師透過分享探究成果，形成支持性的專業學習社群。作者特別指出，這種轉變不僅影響個別教師，更可能帶動整個學校文化的改變。

當教師投入實踐探究時，學生的學習態度與成就均呈現正向發展。這種改變可從3個面向理解：首先，教師更能掌握學生的學習需求，提供更有針對性的教學支持；其次，教師的探究態度往往能激發學生的學習興趣，形成良性的互動循環；第三，教師的實踐探究常能發展出創新的教學策略，提升學習效能。然而，作者也提醒，教師本身發生的轉化仍待時間醞釀，不應期待立即的效果。

儘管教師實踐探究展現諸多優點，其推動仍面臨若干挑戰：

一、時間資源限制：在繁重的教學與行政工作下，教師往往難以投入足夠時間進行系統性的探究（Kennedy, 2016）。作者建議可透過調整教師工作負荷，或將探究活動融入日常教學工作中。同時，學校行政單位應提供必要的時間支援，例如，安排共同備課時間或減少行政工作。

二、研究知能培養：許多教師缺乏進行教育研究的專業訓練，對資料蒐集與分析感到困難。該書建議可透過大學端的協助，提供教師必要

的研究方法訓練。此外，也可建立教師學習社群，透過同儕支持來強化研究能力。

三、行政支持不足：學校行政體系未必理解或支持教師進行實踐探究的價值（Little, 2012）。作者強調需要建立支持性的校園文化，並將教師探究納入專業發展制度中，包括提供必要的資源、建立獎勵機制，以及創造分享平臺。

值得深入探討的是，作者雖然意識到行政支持對教師實踐探究的重要性，但對於教育體制之結構性限制的分析仍顯不足。事實上，教師實踐探究作為一種改革取向的專業發展模式，其有效性與永續性仍深受既有教育體制與權力結構之限制。例如，Achinstein（2002）及 Little（2003）的研究指出，當教師透過探究所得的結論與學校既有政策或主流教育論述發生衝突時，教師往往處於相對弱勢的位置，難以促成實質的變革。該書雖詳實記錄了教師在個人專業成長上的轉變歷程，但未能充分分析這些轉變如何在更宏觀的制度脈絡中獲得系統性支持與延續機制，以及當教師面臨體制性阻力時，可如何透過集體行動或策略性協商來擴大實踐探究的影響力。由於缺乏此一制度性分析，使得該書對教師實踐探究效益的論述可能趨於理想化，未能完整呈現其在真實教育環境中的複雜運作機制。

陸、對我國教育情境的啟示

在臺灣的教育環境中，教師實踐探究雖已獲得一定程度的關注，然其推廣與執行仍面臨諸多挑戰。首先，現行教育評鑑機制對於教師研究能力之重視程度有限，導致教師投入實踐探究的動機不足。此外，學校組織文化亦影響探究模式之推動，若無適當的行政支持與協作機制，教師往往難以長期維持研究動能。因此，未來應進一步探索如何在臺灣學校體系中建構更完善的教師探究支持環境，並透過政策引導鼓勵教師將探究結果轉化為具體的課程改進。

臺灣目前已有不少學校符應各類教育政策與教學計畫建立教師專業學習社群（professional learning communities），以鼓勵教師分享教學經驗（DuFour & DuFour, 2013），然而，此類社群的運作模式多數仍欠缺長期研究導向的機制與動能。書中所強調的實踐探究模式，提供了臺灣教師學習社群深化發展的可能方向，透過系統化的研究與反思，使教師不僅止於經驗交流，更能透過數據與理論支持的方式，提升教學實踐的科學性與成效。

此外，臺灣近年推行的素養導向課程改革（competency-based curriculum reform），旨在促進學生的整體性與多元發展，這項改革涉及課程目標、教學方法與評量方式的全面轉型。然而，教師在轉化課程設計與評量方式時，往往面臨實施上的困難（洪詠善、范信賢，2015）。張新仁（2016）則指出，課程改革的成功與否，關鍵在於教師是否具備相應的專業知能與實踐能力。教師實踐探究可作為解決此問題的一種有效取徑，使教師能夠透過科學化的方法評估教學改變的影響，進而不斷最佳化課程設計，確保改革能真正落實於學生學習之中。

柒、結論與展望

教師實踐探究之未來發展，應進一步關注教師與政策環境之互動，探討如何建立更完善的教師研究支持機制。此外，在教育數據愈發普及的背景下，教師應學習如何運用數據驅動決策（data driven decision making），以提升探究之效能與可行性。同時，未來研究亦可考慮長期追蹤教師實踐探究的影響，以檢視教師專業發展是否能持續深化並促進整體教育品質之提升。

值得關注的是，學校行政文化與教育政策將直接影響教師實踐探究的推動與成效。在一個支持教師自主研究的環境中，教師更容易發展出系統性的教學改進策略，並將研究成果內化為自身的專業素養。因此，我國未來或可考量如何在學校層級建立更完善的支持機制，例如，提供

教師實踐探究專業發展獎勵、設立校內研究諮詢機構，或促進大學與中小學之間的研究合作，以確保實踐探究模式能夠長期且穩定地發展。

此書透過教師參與其中的實徵研究，論證教師實踐探究對教師專業發展之深遠影響，並提供教師自主成長之有效模式。然隨教育環境之變遷，未來科學教師實踐探究應納入 STEM 教育、AI 技術與數據驅動決策等當前重要教育革新議題，以提升其教師實踐探究的適用性與效能。從全球趨勢來看，教師專業發展模式正朝向更加自主化、科技化與數據化的方向發展。教師不再僅是知識的傳遞者，而是教育研究的參與者與推動者。作者所強調的實踐探究模式，為這一轉變提供了堅實的理論基礎與實踐策略，若能進一步結合新興教育技術與全球教育改革的脈動，當能為未來教師專業發展帶來更深遠的影響。

整體而言，該書不僅為教師提供有效之專業發展策略，亦為教育研究領域提供值得參考之學術貢獻，誠為值得深入研讀之佳作。教師作為教育現場的主體，若能透過實踐探究不斷反思與改進教學，將能促使教育改革由下而上推動，使學生真正受惠於更具科學性與適切性的教學模式。未來，期待能有更多相關研究進一步深化相關之理論框架，並探討不同教育環境下教師實踐探究的適應與發展模式，使其在全球教育體系中發揮更大的影響力。

參考文獻

- 洪詠善、范信賢（主編）（2015）。同行——走進十二年國民基本教育課程綱要總綱。國家教育研究院。
- [Hung, Y.-S., & Fan, H.-H. (Eds.). (2015). *Walking together: Going into the general guidelines of curriculum guidelines of 12-year basic education*. National Academy for Educational Research.]
- 張新仁（2016）。臺灣教師專業標準的全方位運用、省思與展望。載於吳清基、黃嘉莉（主編），*教師專業標準、發展與實踐*（頁 23-66）。中華民國師範教育學會。

- [Chang, S.-J. (2016). The all-round application, reflection and prospect of teachers' professional standards in my country. In C.-J. Wu & C.-L. Huang (Eds.), *Teacher professional standards, development and practice* (pp. 23-66). Republic of China Normal Education Society.]
- Achinstein, B. (2002). Conflict amid community: The micropolitics of teacher collaboration. *Teachers College Record*, 104(3), 421-455. <https://doi.org/10.1111/1467-9620.00168>
- Anderson, R. D., & Helms, J. V. (2001). The ideal of standards and the reality of schools: Needed research. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(1), 3-16. [https://doi.org/10.1002/1098-2736\(200101\)38:1<3::AID-TEA2>3.0.CO;2-V](https://doi.org/10.1002/1098-2736(200101)38:1<3::AID-TEA2>3.0.CO;2-V)
- Brown, J. C., & Crippen, K. J. (2016). Designing for culturally responsive science education through professional development. *International Journal of Science Education*, 38(3), 470-492. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1136756>
- Cochran-Smith, M., & Lytle, S. L. (2009). *Inquiry as stance: Practitioner research for the next generation*. Teachers College.
- Darling-Hammond, L., Hyler, M. E., & Gardner, M. (2017, June). *Effective teacher professional development*. Learning Policy Institute. https://learningpolicyinstitute.org/sites/default/files/product-files/Effective_Teacher_Professional_Development_REPORT.pdf
- DeBoer, G. E. (2014). The history of science curriculum reform in the United States. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of research on science education* (Vol. 2, pp. 559-578). Routledge.
- DuFour, R., & DuFour, R. (2013). *Learning by doing: A handbook for professional learning communities at work* (3rd ed.). Solution Tree.
- Fang, Z. (2006). The language demands of science reading in middle school. *International Journal of Science Education*, 28(5), 491-520. <https://doi.org/10.1080/09500690500339092>
- Fendler, L. (2003). Teacher reflection in a hall of mirrors: Historical influences and political reverberations. *Educational Researcher*, 32(3), 16-25. <https://doi.org/10.3102/0013189X032003016>
- Gay, G. (2018). *Culturally responsive teaching: Theory, research, and practice* (3rd ed.). Teachers College.
- Geertz, C. (1973). *The interpretation of cultures: Selected essays*. Basic.
- Kennedy, M. M. (2016). How does professional development improve teaching? *Review of Educational Research*, 86(4), 945-980. <https://doi.org/10.3102/0034654315626800>
- Ladson-Billings, G. (2014). Culturally relevant pedagogy 2.0: A. K. A. the remix. *Harvard Educational Review*, 84(1), 74-84. <https://doi.org/10.17763/haer.84.1.p2rj131485484751>

- Little, J. W. (2003). Inside teacher community: Representations of classroom practice. *Teachers College Record*, 105(6), 913-945. <https://doi.org/10.1111/1467-9620.00273>
- Little, J. W. (2012). Professional community and professional development in the learning-centered school. In M. Kooy & K. van Veen (Eds.), *Teacher learning that matters: International perspectives* (pp. 22-46). Routledge.
- Liu, O.-L., Lee, H.-S., & Linn, M.-C. (2010). Multifaceted assessment of inquiry-based science learning. *Educational Assessment*, 15(2), 69-86. <https://doi.org/10.1080/10627197.2010.491067>
- Luft, J. A., & Hewson, P. W. (2014). Research on teacher professional development programs in science. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of research on science education* (Vol. 2, pp. 889-909). Routledge.
- Marshall, J. C., Smart, J., & Horton, R. M. (2010). The design and validation of EQUIP: An instrument to assess inquiry-based instruction. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(2), 299-321. <https://doi.org/10.1007/s10763-009-9174-y>
- Maxwell, J. A. (2013). *Qualitative research design: An interactive approach* (3rd ed.). Sage.
- Pearson, P. D., Moje, E., & Greenleaf, C. (2010). Literacy and science: Each in the service of the other. *Science*, 328(5977), 459-463. <https://doi.org/10.1126/science.1182595>
- Richardson, V. (1997). *Constructivist teacher education: Building new understandings*. Routledge.
- Sampson, V., Enderle, P., Grooms, J., & Witte, S. (2013). Writing to learn by learning to write during the school science laboratory: Helping middle and high school students develop argumentative writing skills as they learn core ideas. *Science Education*, 97(5), 643-670. <https://doi.org/10.1002/sce.21069>
- Sawada, D., Piburn, M. D., Judson, E., Turley, J., Falconer, K., Benford, R., & Bloom, I. (2002). Measuring reform practices in science and mathematics classrooms: The reformed teaching observation protocol. *School Science and Mathematics*, 102(6), 245-253. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2002.tb17883.x>
- Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. Basic. <https://doi.org/10.4324/9781315237473>
- Thomas, G. P. (2012). Metacognition in science education: Past, present and future considerations. In B. J. Fraser, K. Tobin, & C. J. McRobbie (Eds.), *Second international handbook of science education* (pp. 131-144). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7_11
- Treagust, D. F. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education*, 10(2), 159-169. <https://doi.org/10.1080/0950069880100204>

- Wellington, J., & Osborne, J. (2001). *Language and literacy in science education*. Open University.
- White, B. Y., & Frederiksen, J. R. (1998). Inquiry, modeling, and metacognition: Making science accessible to all students. *Cognition and Instruction*, 16(1), 3-118. https://doi.org/10.1207/s1532690xci1601_2
- Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (6th ed.). Sage.
- Zeichner, K. (2011). Teacher education for social justice in times of accountability, uncertainty, and growing inequalities. In M. Hawkins (Ed.), *Social justice language teacher education* (pp. 7-22). Multilingual Matters.
- Zohar, A., & Barzilai, S. (2013). A review of research on metacognition in science education: Current and future directions. *Studies in Science Education*, 49(2), 121-169. <https://doi.org/10.1080/03057267.2013.847261>