

師資培育生對國小自然科教科書中 探究內容之詮釋

鄭立婷

目前許多國小教師會以教科書作為自然科教學的依據，若要以教育現場之情境達成十二年國民教育課程綱要總綱所強調的探究歷程學習目標，使用教科書進行自然科教學的方式培養職前教師具備探究教學的能力甚為重要。本研究選擇6位師資培育生為研究對象，讓他們分析自然教科書的探究內容及進行探究教學演示，瞭解他們對自然教科書探究內容的詮釋情形，並蒐集相關質性資料，分析在此過程中所面臨的挑戰。研究發現研究對象能根據自然領綱分析自然教科書中探究內容，將教科書中的教案轉化成探究教學時，還需在提問設計、活動連貫性以及探究開放程度上多加磨練；從分析教科書到探究教學演示的歷程，能增進他們對探究教學的理解與省思。研究建議自然科學師資培育課程應讓師資培育生有更多分析、轉化與省思自然科學教科書的機會，協助他們將理論與實務有效結合。

關鍵詞：師資培育生、國小自然科學教科書、探究內容

收件：2024年10月14日；修改：2025年2月24日；接受：2025年3月5日

Interpretations of Inquiry-Based Content in Elementary-Level Natural Science Textbooks Among Preservice Teachers

Li-Ting Cheng

Elementary school teachers commonly use textbooks to teach natural science. For teachers to achieve the inquiry-based learning goals under the Curriculum guidelines of 12-year basic education in Taiwan, preservice teachers must be trained to use inquiry-based textbooks. In this study, six preservice teachers completed a science instructor education curriculum, in which they analyzed inquiry-based content within science textbooks and conducted related teaching demonstrations. Relevant qualitative data were collected on these teachers' interpretations of the inquiry-based textbook content to identify the challenges they faced. The preservice teachers effectively analyzed the inquiry-based textbook content in accordance with science curriculum guidelines. However, they required further practice regarding question design, activity coherence, and openness to inquiry when transforming lesson plans from textbooks into inquiry-based teaching. Additionally, the transition from textbook analysis to inquiry-based teaching demonstrations strengthened teachers' understanding of and reflection on this form of instruction. These findings suggest science instructor education programs should provide preservice teachers with sufficient opportunities to analyze, transform, and reflect on science textbook content, which can facilitate effective integration of theory and practice.

Keywords: preservice teachers, elementary school natural science textbooks, inquiry-based content

Received: October 14, 2024; Revised: February 24, 2025; Accepted: March 5, 2025

壹、研究背景與動機

十二年國民教育課程綱要總綱（以下簡稱十二年國教課綱）自然科學領域中明白揭示各學習階段應重視並貫徹「探究與實作」的精神與方法，提供學生統整的學習經驗（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【自然領綱】，2018）。因此現行各版本教科書在編排時，也都將科學探究方法的說明安排在課本開頭的頁面。以目前出版的3~5年級自然科學課本為例，無論哪一冊，南一版第2~3頁、康軒版第4~5頁、翰林版第1頁，都呈現了從觀察現象、提出問題到設計實驗等一連串的科学探究方法。不同版本的流程細節或有些微不同，但宗旨都闡明對探究學習的重視，這是在九年一貫自然與生活科技教科書中所沒有的改變。進一步地說，十二年國教課綱所強調之「探究與實作」精神，反映在新一代教科書的設計與內容呈現上，不僅是教材本身的編排策略改變，更代表了教育理念的轉變與實踐。

除此之外，吳敏而與黃茂在（2012）指出，自然科教科書應該協助教師和學生發展出探究的相關能力，且必須整合課程的目標中的知識。也就是說自然科教科書除了是科學知識的載體，也是引導學生積極參與、自主探索的工具，強調培養學生分析問題、解決問題的能力。對教師而言，自然科教科書提供結構完整的教學內容基礎框架，有利教師組織課堂內容，確保各學習單元間的連貫性與流暢度。而教師手冊不僅呈現教學內容，還包含了建議的教學策略和方法。當教師還不熟悉自然領綱所強調的探究式學習模式時，這些策略和方法有助於教師選擇最適合的教學方式來達成學習目標。同樣的，對於準備進入科學教育領域的職前教師來說，教科書不僅是認識和理解課程內容的工具，更是引導他們將理論轉化為實際教學的寶貴資源。透過這些教材，職前教師能夠深入

瞭解科學探究的核心價值與方法，啟發他們思考以適切的活動激發學生的興趣和學習動機，有助於他們建立堅實的教學知能，進而探索和創新教學實踐的可能性。

然而從相關研究看到，職前教師會認為如果他們想成為好老師，就應該自行發展課程，避免遵循教科書和依賴教師的指導，但這想法難以在教學現場付諸實踐（Ball & Feiman-Nemser, 1988）。這和研究者過去教學經驗中看到的類似，師資培育生（以下簡稱師培生）在設計教案時，往往不會仔細分析教科書（含教師手冊、習作，下同）內容，而是透過自己對教學內容的想像來設計課程，以至於呈現出來的教學活動很容易背離教學目標。以臺灣現行教科書審定制度來說，教科圖書審定委員會由學科及課程專家、教師及教育行政機關代表等組成（李高英，2020），確保各版本教科書有一定的品質。雖然現行版本都還有改進的空間，但在專家審查的把關下，所編纂發行的科學教科書仍可作為教學的重要指引。因此，研究者認為接受國民小學師資培育的職前教師仍應先以熟悉國小科學教科書的內容架構，透過教師手冊反思教學策略與學習目標的連結度，提升自身的教學能力和專業發展。換句話說，對職前教師而言，科學教科書提供了良好的內容架構與教學策略，具有一定程度的參考價值，因此師培生在師資培育階段，應該學習有意識的遵循教科書的指引進行教學，從中累積教學經驗、檢討、反思後再加以調整及活用，方能更有效率的提升自然科相關的教學知能。

綜合以上所述可知，教育政策的轉變帶動了自然科教科書內容與編排方式的改變，並且能提供教授自然科的教師一個依循的方向，而在自然師資培育的過程，應引導師培生分析教科書，理解其中的探究活動教學策略，並轉化成教學實踐，為將來進入職場打下根基。因此本研究將透過國小自然科師資培育課程，帶領師培生學習分析自然教科書的探究內容，並透過教學演示的呈現，瞭解他們對自然教科書探究內容的詮釋。據此研究目的，本研究之研究問題如下：一、國小師培生對自然教

科書中探究內容與自然領綱對應之分析理解為何？二、國小師培生參考教學指引教案轉化成探究教學行為之表現情形為何？三、國小師培生從分析教科書到探究教學演示的反思為何？

貳、文獻探討

一、科學教科書在教學中扮演重要角色

十二年國教課綱揭櫫核心素養，倡導素養導向教學，期待培養能應用所學、實踐活用，以面對未來挑戰的現代公民（十二年國民基本教育課程綱要總綱，2014）。這一理念強調學生不僅要掌握知識，更要能夠將所學運用於實際生活中，解決真實問題，進而成為能夠適應不斷變化的全球社會的公民。因此，課程設計必須能夠支持此一目標，而教師便是關鍵的角色。教師需要具備足夠的素養與技能，設計能啟發學生思考與應用知識的課程。然而，教師在課程規劃的初期常面臨一些挑戰，尤其是如何將核心素養融入教學的具體操作上。此時，適切的教科書就成為教師不可或缺的工具。教科書能夠提供教師在課堂教學中的參考方向，幫助他們確立教學內容與程序，確保其教學活動符合課程目標與學生需求。一般而言，教科書泛指課本、習作、教學指引及其衍生之附件如資料手冊、媒體、教具等（藍順德，2006）。教科書作為教材的核心組成部分，其內容不僅涵蓋統整的先備知識，還延伸到更多的學習內容，具體呈現課程中的概念和理論。過去研究顯示，在教學過程中，無論是教師還是學生，使用教科書的時間都占據了極大的比例（Armstrong & Bray, 1986）。此外，根據 Wernersbach（1987）的研究，有 98% 的教師教學內容來自於教科書，而在科學教育方面，科學教師教授的教學內容中，也有 75% 或更多來自於教科書（Weiss, 1993）。可見教科書是科學教學不可或缺的一部分（Clément, 2008; Koppal & Caldwell,

2004)。科學教科書不僅僅是教學資源，更是教師在教授科學知識時的重要依據。故本研究希望在以使用學教科書為依據的基礎下，探討職前教師如何進行自然科學教學，因為教科書是科學教學不可或缺的一部分（Clément, 2008; Koppal & Caldwell, 2004）。教師對科學教科書內容的分析與詮釋，也反映出他們對科學本質的信念，Chanetsa 與 Ramnarain（2023）的研究指出，以教材分析作為科學教師專業發展工具，參與的10位教師中有9位對科學本質的理解有所提升，尤其是在創造力、科學知識、科學方法和倫理實踐方面顯著提高。這些多元的研究也提供科學教師在準備課程時的不同考慮面向。這些研究進一步為科學教師在準備課程時提供了不同的考量方向和參考。

臺灣現行的科學教育目標，期望教科書能夠結合探究與實作、核心素養、學習內容與學習表現，並且能夠連結教學目標和學生實際需求。然而，這一目標的實現仍面臨諸多挑戰（劉美慧等人，2024）。過去的九年一貫課程教科書，由於篇幅有限，知識內容被濃縮，導致部分科學教科書的呈現缺乏連貫性，知識多為片段化、無脈絡的資訊（周淑卿等人，2023），這樣的問題使得科學教科書中的知識呈現方式往往是靜態且絕對的，忽視了科學本質的動態性與協商性（Dimopoulos & Karamanidou, 2013），也是在十二年國教課綱中被期待修正之處。儘管現行的科學教科書與十二年國教的核心素養目標之間尚存在一些差距，但隨著審定委員和教科書編輯群的溝通與改進，科學教科書逐漸向著更符合十二年國教課綱理念的方向發展。讓教師在朝向新型態的科學教育時，可以根據教科書中的資源加以運用，同時在教學中融入更多探究式的學習活動，讓學生能夠真正體會科學的多樣性和動態性。而這樣的理想是否能在真實情境中發生還需要更多的探討，因此，瞭解職前教師在教學中如何詮釋和運用教科書的內容，變得尤為重要，也是本研究的目的之一。而由於科學素養涵蓋的面向太廣（Bybee et al., 2014），自然領綱又強調以探究與實作培養學生的科學素養，因此本研究將聚焦在國小自然科學教科書，包含課本中的文字、圖片，教師手冊及學生習作等有關探究之內容，並

探討職前教師如何將教科書內容轉化為探究教學的模式。

二、實施探究教學的重要性

「探究」不僅是科學教育的核心概念之一，還是學生在面對未知問題和挑戰時，能夠自主思考、發現問題並進行解決的一項關鍵技能。自然領綱也提到需要提供學生探究學習、問題解決的機會，並養成相關知能的科學探究能力（自然領綱，2018）。在素養導向的教學中，科學探究過程能夠培養學生學會尊重證據、依據證據做出結論，以及問題解決、批判思考、合作溝通等能力，使他們成為主動探索知識的學習者（洪振方，2024）。然而過去的學校教育常受限於種種原因未能提供學生探究的環境，甚至與之相背，反而耗盡學生對科學探索的動機（邱美虹，2024），這也是十二年國教課綱改革的重要原因。進一步地說，實施科學探究教學旨在讓學生體驗科學家探究自然現象時所經歷的重要部分如：提出問題、設計探究和規劃流程、執行探究蒐集證據、詮釋證據產生結論以及溝通研究結果。自然領綱的學習重點，將探究能力分成思考智能與問題解決兩項（自然領綱，2018），其中問題解決的子項目如觀察與定題、計畫與執行、分析與發現、討論與傳達即是探究會經歷的過程，而創造想像、推理論證、批判思辨、建立模型等思考智能，也會在探究過程的反思中習得，因此讓學生在動手做的過程，需要從實作背後的思考知來曉如何進行探究（洪振方，2024）。至於學生是否能從探究活動中覺察到背後更深層的意義，教師如何設計探究教學活動便是關鍵。

科學教育實施的探究教學有不同型式，Hansen（2002）依「教師介入程度」的多寡，將探究式教學分為：結構式探究（structured inquiry）、引導式探究（guided inquiry）、融合式探究（coupled inquiry）以及開放式探究（open inquiry）等4類。結構式探究中學生依循教師所提供的問題、操作的方法及步驟，來獲得探究的結果，此方式的探究教師介入程度最高，適合一開始接觸探究的學生學習。具備一定探究經驗的學生，可採用引導式探究學習，教師只提供學生任務或問題，讓學生自行選用

實驗器材進行實驗設計與操作，來學得相關的科學知識。融合式探究則是結合引導式探究與開放式探究，在特定議題下由教師引導學生形成各自的研究問題、實驗方法等過程，讓學生在引導下逐漸形成自主的探究。開放式探究是由學生自己完成從形成研究問題到完成研究成果的過程，教師幾乎不介入學生探究的歷程，僅在學生提出困難時給予協助。然而開放式探究教學和結構式探究教學間的鴻溝太大，常使教師無法輕易跨越，影響學生的探究學習成效，因此顧炳宏等人（2011）建議在嘗試探究式教學時，教師可漸進式的增加探究開放程度，使探究式教學更易在教育現場落實。而對於如何幫助學生理解探究的歷程，邱瑞宇與王薪惠（2022）以過程導向引導式探究學習模式（POGIL）介入大學的化學實驗課教學，發現先備知識高、中、低三組學生的化學實驗課成績差距明顯變小，顯示適切的探究教學對不同先備知識的學生學習有正面影響。進一步地說，教師所設計探究教學活動，若符合學生的學習需求，能夠有效地提升學生之學習成效。

而從探究階段劃分，較常見的模式有二：一是由美國生物課程改進計畫（Biological Science Curriculum Study）在 1988 年所發展的「5E 學習環教學模式」，包括從參與（engagement）、探索（exploration）、解釋（explanation）、精緻化（elaboration）到評量（evaluation）的五個階段（Bybee & Landes, 1990）。許多實徵研究採用 5E 學習環策略設計科學探究教學，發現有助提升學生的科學學習動機（楊和學、石豫臺，2013；Akar, 2005）。另一種則是採預測（prediction）、觀察（observation）、解釋（explanation）3 階段的 POE 探究學習模式，學生須對欲探究的科學問題先進行現象或結果的預測，並在接下來的探究歷程仔細觀察各種現象與結果，最後回答問題做出科學解釋，這樣的模式對學生的批判思考能力與學習興趣有利（Hong et al., 2014; Hong et al., 2021; Sarah et al., 2021）。

綜合而言，探究是科學教育的核心技能，能幫助學生自主學習、解決問題並發展批判性思維和合作能力。而傳統的教育方式往往未能提供

充分的探究環境，削弱學生對科學的興趣。探究教學根據教師介入程度有不同的形式，逐步增加探究的開放性有助於實施探究教學，符合不同學生的學習需求。而 5E 學習環和 POE 模式是常用的探究階段框架，有助於提升學生的學習動機和批判思考能力。教師在設計探究活動時，應考慮學生的需求和先備知識，以提高教學成效並促進探究能力的發展。

三、教師使用教科書方式

過去相關研究指出，教師使用教科書的方式大致分成：忠實執行取向、相互調適取向與大幅創生取向等 3 種類型。教師可能會因為態度、主觀規範與知覺行為控制等因素而影響他們使用教科書的方式（林信志等人，2015）。然而儘管教科書是教學的工具，但如果教師完全依賴教科書，而疏於思考如何以適切的教材教法回應學生的需求，反而不利學習；若能參考教科書的知識架構，考量所在情境和學生學習需求以設計課程，則可發揮教科書的效用，展現教師的課程潛力（周淑卿等人，2023）。也就是說以教科書作為輔助能幫助教師引導學生進行學習，然而須視學生實際的學習需求，靈活調整教學方式，才能真正發揮教科書的效用。Schwab（1978）認為，課程有 4 個共同要素——教師、學生、教材與環境，無論何種課程都是這些要素之間交互作用的結果，所以教師在準備課程的時候，應該謹慎處理這四要素之間的關係。亦即教師要能夠在教科書的基礎上進行創新，考慮教學環境、學生背景和個體差異，以設計出更符合學習目標的課程。

為考慮各種課程要素，Remillard（2005）在其數學課程的回顧性研究中強調了教師與課程材料之間的互動，並揭示了課程實施與理論之間的顯著差異。他將教師專業、課程規劃、課程材料、教學情境脈絡、學生參與等概念進行了深入的探討，並提出了一個教師如何與課程材料互動的框架（圖 1）。Remillard 的研究表明，教師並非被動地接受教科書或課程材料，而是要能夠根據自身的專業判斷和學生的實際需求來調整和重構課程材料。

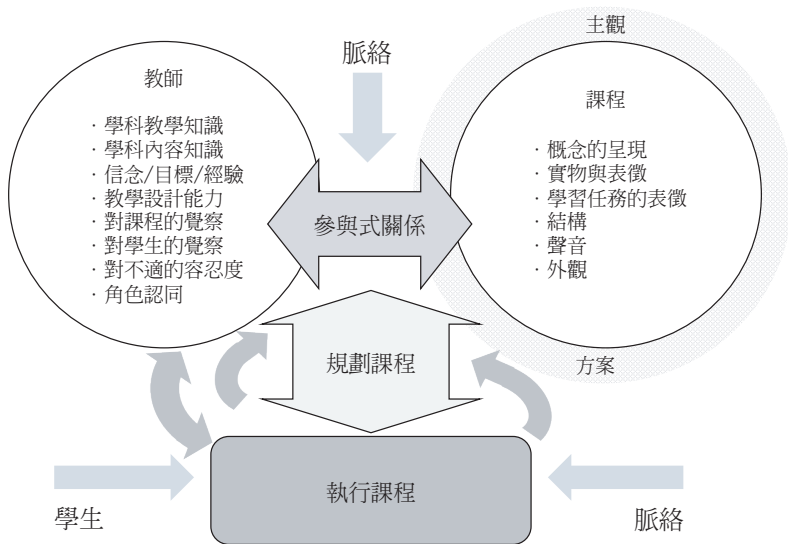


圖 1 教師與課程材料組成之框架

資料來源：Remillard (2005)。

對專業教師而言，問題、材料、生活經驗之間的關係、課堂情境的關聯，都可能產生很好的課程構想（周淑卿等人，2023）。但是對尚在養成教育專業的師培生來說，善用教科書及相關資源的能力還在加強階段，他們需要學習及體認教師在備課時，除了要掌握教科書的知識結構，還必須考慮規劃學習過程、預期學生學習成果、推測可能遭遇問題、選擇合宜的教學策略（張芬芬、曾瑞錦，2018）。透過深入研讀教科書，師培生可以更好地理解每個課題的核心概念和教學目標，從而有效地設計教學活動和評估方法，以促進學生的學習成效。此外，教師手冊的反思工作也是提升教學質量的重要一環，它能幫助教師更清晰地認識教學策略與學習目標之間的連結，進而調整和改進自己的教學實踐。因此，充分利用教科書及其相關資源，是提升師培生教學能力和專業發展的關鍵所在。

綜合以上所述，科學教科書在十二年國教課綱實施初期，對教師改變過去的教學模式，調整以探究模式的素養導向教學有引導的功能。而

若教師過度依賴教科書也可能適得其反，因此教師必須有足夠的知能對教科書、學生與環境進行審視與適當調整，才能有效達到教學目標。科學教師是否具備探究教學的能力便很重要，從探究學習的相關研究中可以知道，探究能力的養成並非一蹴可幾，雖然很多研究都指出實施探究教學對學生的學習有正面影響，但對多數國小學生來說，他們若缺少探究經驗，很難自行提出研究問題並進行探究（Banchi & Bell, 2008）。沒有引導，也不知道要如何進行預測及合理的進行科學解釋（陳俊臣，2017）。因此，在學生學會提出問題與設計探究過程和方法前，教師應提供引導，以利探究活動的實施（Bell et al., 2005）。如此看來，教師在實施探究教學時，除了學科教學知識與學科內容知識外，還需要具備多種能力，例如，教學設計的能力、對課程內涵的覺察以及對學生學習情況的覺察等（Remillard, 2005），才能有效培養學生的科學素養與探究能力，並激發他們的學習興趣。洪振方（2024）指出幫助學生發展科學探究的後設認知知識才能讓他們真正習得如何探究。在此之前，教師必須先具備如後設科學知識（White et al., 2009）、後設策略知識（Ben-David & Zohar, 2009）及後設調節知識（Zimmerman & Schunk, 2001）等探究的後設認知知識。除此之外，教師在設計科學探究課程時少不了對教科書及教師手冊內容的閱讀，教具與實驗材料的選擇，這些反覆思量的過程形成教師與教科書的互動關係，外顯出來的就是教師教學行為表現。探討教師教學行為的表現，可以瞭解他們在轉化課程為教學時有哪些優缺點，以及未來可以關注的重點，也是本研究欲探討之問題。故本研究將聚焦在探討師培生在科學教學培育過程，使用教科書進行探究教學時的情形，做為日後規劃自然師資培育課程時的參考。

參、研究方法

本研究以一門國小自然科專長之師資培育課程作為研究場域，選擇同意參與研究的學生進行觀察與晤談，以多筆個案研究的資料進行

分析與整合，來瞭解師培生使用自然教科書進行探究教學的可能表現與挑戰。

一、課程概述

本課程「國民小學自然科實驗教學」為 3 學分的國小師資培育中之自然科專長課程，旨在培養師培生具備能夠指導國小學生進行科學探究實驗的能力。課程的設計結合圖 1 Remillard（2005）的模式並參考顧炳宏等人（2011）及洪振方（2024）之建議，以漸進的模式讓師培生進行探究，並在師培生接觸探究初期提供鷹架，且以外顯式教學給予師培生充分的經驗探究，促進師培生思考、評估及反思其探究歷程，將本課程分為 4 個階段，逐步強化師培生的科學探究教學能力（圖 2）。

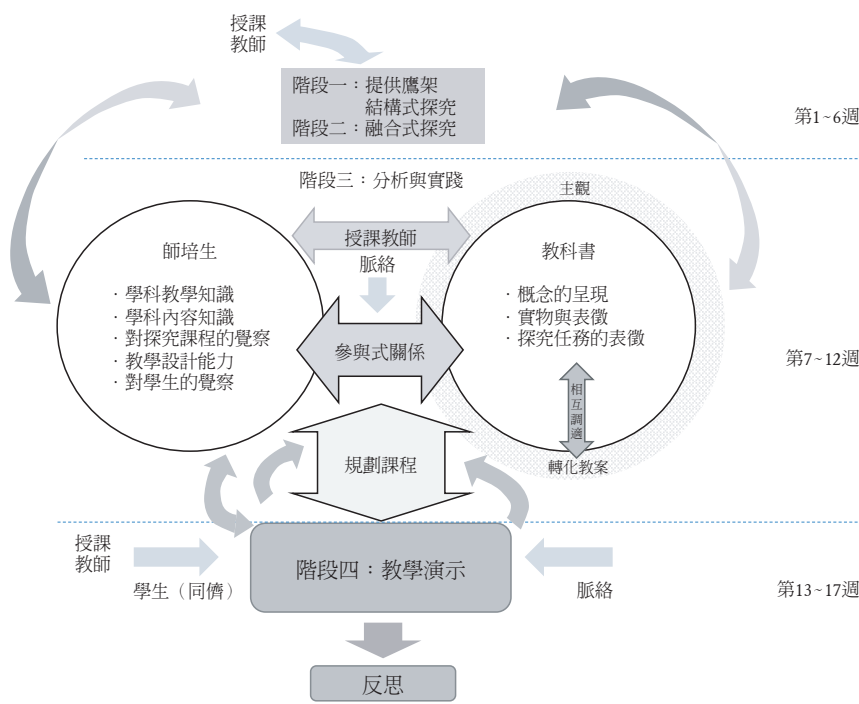


圖 2 本課程設計架構

第一階段為「提供鷹架」，主要介紹科學探究的方法，並選擇教科書中的實驗進行結構化的探究活動，讓師培生能夠親身經驗探究過程，同時透過授課教師與師培生的對話、討論，使他們在過程中掌握科學探究的基本概念，並建立科學探究活動的後設知識，也就是如何去設計和實施探究活動。此一階段意在讓師培生對探究有一個基本的瞭解，並學習如何引導學生完成科學探究。

進入第二階段，師培生將進行低度引導的融合式探究活動，目的在提升師培生的自主設計探究活動的能力。各組師培生將以相同的材料，從頭到尾自行設計一個探究活動，涵蓋從研究問題的提出到結果的分析過程，再藉由分享與同儕交流經驗及意見。讓師培生不僅有機會反思自己在探究過程中的所作所為，還能使他們進一步理解科學探究的本質。師培生在這階段不僅是探究的實踐者，同時也學會從科學的角度對自己的探究活動進行批判性反思，有助於形成他們對科學探究的深層次理解。

第三階段的重點則是分析國小自然科教科書中的探究內容，並嘗試調整教師手冊之教案，以更符合探究的學習目標，為後續教學演示做準備。第三階段與第四階段過程與 Remillard（2005）提出之教師與課程之互動架構相近，因此研究者修改圖 1 之框架內容以符合本研究之課程，由於本研究關注以教科書作為教材的核心組成，因此將原框架中右邊的「課程」調整成「教科書」，並關注本研究欲探討的重要項目，聚焦在概念的呈現、實物與表徵以及將學習任務的表徵規範在探究任務上，專注在這 3 點的教案轉化。考慮師培生一開始無法顧及太多面向，刪除課程的結構、聲音、外觀 3 項，同時對於師培生要能呈現探究教學的知能，也先專注在學科教學知識、學科內容知識、對探究課程的覺察、教學設計能力以及對學生的覺察，以免師培生顧此失彼。師培生兩人一組，選取現行任一版本教科書中的一個單元，根據自然領綱的要求進行探究內容分析。分析任務除要求他們瞭解該學習階段所需的探究能力，還要能從教科書中辨識出對應的探究活動與概念。透過這種分析，師培生可以更好的理解教科書如何展現探究教學的內容，並進一步反思這些內容如

何轉化為具體的教學活動，這樣的參與式過程，可以幫助師培生統整學科教學知識（pedagogical content knowledge, PCK）及學科內容知識（content knowledge, CK），以及他們對探究課程的覺察，同時理解教科書概念呈現的表徵以及探究任務的表徵。由於師培生設計課程與教學的經驗較少，因此本課程建議師培生採用相互調適取向，以教師手冊提供之教案為基礎，根據自身對課程內容及教案的理解，調整成師培生個人教學演示時的教案，授課教師會根據師培生調整後的教案與他們進行討論，包含學習重點、學習目標與學習內容的一致性、教學順序與教學時間調整的考量原因、評量的方式、器材的準備等，並引導他們回顧在階段 1、2 所經驗到的探究歷程，進一步思考能夠如何融入教案中。

第四階段是師培生的教學演示與反思。在這階段，每一組師培生需從他們先前參考教師手冊進行修改的教案作教學演示，演示後會與扮演學生的同儕進行議課。議課過程中，同儕將對師培生的教學過程進行討論與建議，授課教師根據同儕間的互動進一步統整，這一環節旨在透過相互交流促進師培生的教學反思。演示與議課結束後，師培生還需撰寫反思報告，總結整個過程中的收穫與不足，並針對未來的教學提出改進策略。

整體而言，本課程透過這 4 個階段的設計，逐步引導師培生從對教科書的探究內容理解到實際的教學實踐，以「實踐——反思」的模式達成將探究教學落實於國小自然科教學中的目標。期望透過課程增進師培生對科學探究的理論理解，從教學實踐與反思來加強他們的探究教學能力，使他們有信心面對未來在教學中可能遇到的挑戰。

二、研究對象之描述

選修本課程之總人數為 13 人，考慮研究需要的研究對象，應須具備科學教育相關基礎，在轉化教科書內容為教學活動時，不至於偏離主軸過多，因此排除尚未修畢基本教育學分如教育心理學、教學原理，及未修過自然科學概論與國民小學自然科教材教法之學生後，選取 6 位師培

生做為本研究之研究對象。他們在瞭解本研究目的後，同意參與本研究，其中大學 4 年級的 3 位師培生有 2 位高中時為自然組，1 位是社會組，大學均為教育學院；碩士班 1 年級的 3 位師培生則是有 2 位高中是社會組，大學分別為教育學院及社會科學院，另外 1 位則是高中自然組，大學為海洋環境學院，研究所均為教育學院，資料背景如表 1 所示。

三、資料蒐集與分析

為使研究結果公正客觀，本研究蒐集之資料包括研究對象課堂作業（classwork, 代碼 CW）、教科書分析報告（analysis report, 代碼 AR）、教案發展過程批閱與修改紀錄（lesson plan portfolio, 代碼 LPP）、教學演示錄影影片（video, 代碼 V）、省思報告（reflective report, 代碼 ReR）、同儕互評表（peer review form, 代碼 PRF）、訪談逐字稿（verbatim transcript of interview, 代碼 I）等。課堂作業用以檢核學生在結構式探究及融合式探究的學習情況，並用以佐證師培生教案設計的探究元素，教案發展過程批閱與修改紀錄作為省思報告的佐證資料，教學演示錄影影

表 1 參與本研究之師培生背景資料

學生代號	YH1	CH2	JT3	SR4	UL5	YT6
生理性別	男	男	男	女	男	女
高中類組	自然	自然	自然	社會	社會	社會
年級	大 4	大 4	碩 1	碩 1	碩 1	大 4
大學學院	教育	教育	海洋環境	教育	社會科學	教育
研究所 學院	—	—	教育	教育	教育	—
修畢基礎 教育課程	是	是	是	是	是	是
教學主題	燃燒 與空氣	酸鹼 指示劑	毛細 現象	浮力	月相	電路
代理代課經驗	無	無	1 年 自然	1 年 導師	1 年 導師	無

片則用以佐證省思報告及同儕互評。省思報告、互評表以及訪談大綱根據研究目的，擬定內容方向要求及項目架構。省思報告的內容要求需包含：對所教授內容熟悉度的省思、對學生先備知識掌握的省思以及對採用的教學策略之省思等三個方向，以瞭解師培生對學科教學知識、學科內容知識、探究課程以及對學生能力的覺察。

同儕互評表的檢核項目包含：（一）清楚呈現教材內容、（二）運用有效教學技巧、（三）教學呈現培養探究能力的目標、（四）應用良好溝通技巧、（五）運用學習評量評估學習成效等 5 大項。訪談內容大綱主要有 7 題，並根據受訪者回答進一步追問：（一）你覺得在分析教科書上你的策略是什麼？（二）分析教科書和領綱的對應有沒有困難？（三）你覺得教師手冊、習作或課本的互相對照重要嗎？（四）分析教科書（含手冊、習作）你覺得困難點是什麼？（五）你有辦法想像教師手冊的教案變成教學活動的樣貌嗎？（六）試教的過程，你遇到哪些狀況？（七）試教後，你覺得自己需要在哪些方面獲得協助或精進？

本研究著重在師培生的教案發展文本以及教學演示過程，分析時以教案發展過程批閱與修改紀錄及教學演示錄影影片做為分析主軸，並交叉比對省思報告、互評表以及訪談逐字稿。分析單位乃重視概念而非單一字詞，故以段落編碼分析為主，字詞為輔發展編碼系統。編碼的方式兼採由上而下（top-down）與由下而上（bottom-up）兩種方式進行，由上而下的編碼，是研究者根據研究目的，以自然領綱第二與第三學習階段的探究能力學習表現作為分析之依據。據此將探究能力分成思考智能（T）與問題解決（P）兩類，依此兩類之子項目表現描述，預先建立代碼。初步編碼表完成後，上述所蒐集到的資料，由研究者與 2 位資深、具 10 年以上自然科教學經驗之教師擔任編碼者，編碼之前，由 3 位編碼者先討論編碼規準，再各自分析相同資料 2 份，並從中發展由下而上的代碼，採半開放的方式進行，由 3 位編碼者討論刪除不必要之代碼，例如源分析碼 T2-2 為連結相關證據，但在師培生的教學演示過程都沒有呈現引導學生把不同的經驗或所學連結的指導語，故而刪除，由原本

42 個代碼刪到 36 個，另外形成擴充代碼 11 個。達成共識再分析另外 3 份資料，編碼者信度達 .91，顯示 3 位編碼者之分析一致性良好後，由研究者進行後續全部的資料分析，編碼表範例如表 2。

表 2 編碼表範例摘要

類別	次類別	分析碼	說明	精簡後示例
思考智能 T	T2. 推理論證	T2-1 有根據的說法	引導學生觀察、記錄所得自然現象的結果是有其原因的。	注意看東西丟到水裡會發生什麼事？
		T2-3 預測	引導學生依據已知的知識進行預測。	為什麼你猜他會沉下去？你的理由是什麼？
	T3 批判思辨	T3-1 分辨或分類	引導學生分辨或分類所觀察到的自然科學現象。	你是怎麼分類的？是用葉子的什麼特徵去做分類呢？
	T4 建立模型	T4-1 建立簡單模型	引導學生觀察、操作，進而理解簡單的概念模型。	電池串聯的時候，它的頭和尾怎麼和另一顆電池接起來？
問題解決 P	P1. 觀察與定題	P1-1 觀察	引導學生透過不同感官觀察現象。	味道太刺鼻的水溶液，不可以直接聞，我們可以怎麼做？
		P1-2 提出問題	引導學生辨別適合科學探究的問題。	要用蝶豆花茶測水溶液的酸鹼性，怎麼寫比較像科學家的做法？
	P2. 計畫與執行	P2-1 控制實驗	引導學生瞭解一個因素改變可能造成的影響，進而預測活動的大致結果。	為什麼不能拿同一支吸管攪拌不同的粉末？
		P2-2 記錄實驗	引導學生在表格中正確記錄實驗結果。	大家看到同一種顏色，但說出來的名稱不太一樣（紫、藍紫）我們在記錄顏色的時候，可以怎麼做比較一致？
	P3. 分析與發現	P3-2 形成解釋	引導學生從得到的資訊或數據，形成解釋。	你們剛才說月亮形狀的變化，有一個規律，和農曆的什麼有關係呢？
	P4. 討論與傳達	P4-1 提問	引導學生對探究方法、過程或結果，進行檢討。	你可以先問自己一些問題，看看這個說法合不合理，像是什麼問題呢？
		P4-2 發表	引導學生發表探究過程的發現或成果。	你們把線香放進廣口瓶，看到那些現象？你覺得是為什麼有這些現象？把它用一段話，完整描述出來……

四、研究限制

本研究之目的在藉由修習國小自然科專長的職前教師學習歷程，探討他們從課程準備前分析教科書到教學演示過程所發現的挑戰與困境，期望結果能做為未來國小自然科師資培育課程設計提供參考。研究過程尊重研究對象對教科書版本及教學單元的自主選擇，並未針對不同版本的科學教科書進行系統性的檢驗與評析，也僅聚焦在探究教學的範圍。因此，研究結果主要反映特定背景下的教科書使用經驗，而非全面性的教科書評價或比較。據此，建議未來的相關研究在參考本研究結果時，宜慎重考量版本選擇和使用情境的差異，避免過度延伸或推論本研究的結論至不同的教材或教學情境。

肆、研究發現與討論

一、國小師培生對自然教科書中探究內容與自然領綱對應之分析理解情形

本研究結果發現，沒有分析教科書經驗的師培生，透過分析教科書能對探究活動的規劃有初步瞭解，除了正向的學習，也在過程中產生一些困惑，茲分述如下。

（一）從分析自然教科書的過程理解使用自然教科書的方式

研究對象在分析自然教科書時，通常會採用的策略包括概略瀏覽、在教師手冊中尋找探究能力的代碼、尋找課本的關鍵字以及將教師手冊與課本交互對照等。他們認為這些策略能夠幫助他們對該單元內容呈現的順序有較清楚的概念，並且重新審視自己的自然科學知識：

我是3本（課本、習作、教師手冊）對照看的，然後在分析（自然教科書）的過程，就對怎麼看課本教材、正確的使用教材比較

有概念，沒有這樣對照會覺得連不起來……就找關鍵字吧，雖然有時候還是會覺得好像拼圖少一塊的感覺，但還是有幫我複習我快忘記的自然科學知識。（YT620240615I）

以前（代課時）看教師手冊，都直接跳過學習目標、學習重點那些，只看教學流程，這個作業有讓我知道其實那些指標很重要，（教學）流程是指標的展現，才會比較知道為什麼課本這樣編，現在就知道那個指標代碼要怎麼看，怎麼和教學內容連結。（UL520240615I）

從上述例子可以發現，藉由對照教師手冊和課本，師培生能更清楚地掌握教學內容的呈現順序，也能重新審視自己可能遺忘的自然科學知識。此外，他們意識到教學指標和目標的重要性，並學會如何將教學指標與具體的教學內容相連結，從而更有效地使用教材進行教學設計。

（二）分析自然教科書的過程會思考如何進行探究教學

另一方面，當師培生一面審視課本，一面思考要怎麼進行教學時，有可能對教科書編排的邏輯感到困惑，例如師培生 YH1 本身為自然組背景，他對氣體特性的認識較深，當國小教科書以簡單的敘述帶出他認為複雜的概念時，便讓他對如何進行教學感到困難。他說：

我覺得在初任教師時，選擇課本內容是一件很重要的事，如果課本的編排邏輯和使用這本教科書的老師對這單元的思考邏輯不太一樣時，可能會當機，要花更多時間思考，例如我看到課本第一句話寫：「空氣中有包含氮氣、氧氣……」對我來說這是結論，但我不知道如果是我，要怎麼用實驗去帶出空氣中有氧氣這個氣體。（YH120240611I）

此時授課者的引導便很重要，師培生（YT6）認為可以透過授課教師的帶領，更瞭解探究實驗操作的重點為何：

進行課本分析的時候，如果課本裡有較難讓學生（包括我）理解或是可能未來我們在教學中會遇到困難的地方，老師會帶實驗讓我們操作，實驗中學習到的不只實驗本身和原理，還有從實驗得知我們要讓學生學到什麼、我們要怎麼在學習中成為學生的輔助者等等，會讓我對教學整體更有概念。（YT62024ReR-1）

由此可見，師培生在審視課本並思考教學策略時，可能會因為自身的背景而對教科書的編排邏輯感到困惑。對新手教師來說，如何透過實驗帶出關鍵概念往往會覺得困難。此時，師培課程的授課教師如何引導就顯得相當重要，透過教師的實驗演示與指導，不僅能讓師培生理解實驗原理，更能學會如何輔助學生理解複雜概念，從而增進對教學的整體理解。

（三）分析自然教科書發現教學流程安排和個人想法不一致

有時候師培生會在分析過程中，發現自身對教學理論之理解和教師手冊內容與課本做對照時產生衝突，這會使他們不知道要如何依循教科書的建議進行教學。

CH2：在我的認知裡，5E 教學環基本上是從過往教學的流程實例所歸納出來，能夠促使學習者後設思考的步驟。我覺得不見得能適用於各個單元的教學，再來是不同年齡層要依據他們的認知做適當的篩選。如果只是將流程跑完，卻無法達到有效學習也是徒勞，也必須將課程時間考量進去，像是「解釋」的環節，我覺得很難使每一位學習者都理想地闡述出來他們的認知為何。像我分析的這版本的教師手冊，每一個活動都可以 run 完整一個 5E 循環，讓我很迷惑，時間怎麼可能夠？（CH220240ReR-1）

YH1：一開始我覺得「燃燒需要空氣」這個現象應該在他們日常生活中早已成為一個先備知識了，應該可以將這個現象直接用生活經驗帶過，且 1-1 這個實驗與 2-1 製造二氧化碳有雷同之處，

課本說明：「蠟燭燃燒需要空氣，當空氣不足時，燭火就會熄滅；當有空氣時，能讓蠟燭繼續燃燒。」而這一章節，則直接在開頭點出：「空氣中包含了氮氣、氧氣和二氧化碳等氣體，物質燃燒時，需要空氣中的氧氣。」我們認為它這樣的安排很唐突，也不符合我們心目中「探究」的感覺，因此更加深了我們覺得可以先探究（二氧化碳）：燃燒所產生的空氣是什麼氣體？再帶出（氧氣）：燃燒所需要的是空氣中的什麼氣體？（YH120240616I）

上述內容發現，當師培生對教學理論的理解與教科書或教師手冊內容不一致時，會使他們對如何進行教學感到困惑，可能是認為教學法中的每個環節不一定適用於所有單元，或是不同年齡層的學生應應有不同策略。另一方面，教科書的編排順序未必是師培生所認為恰當的探究邏輯，這會使他們在思考如何使用教科書進行探究教學時產生矛盾。這些衝突反映了師培生在理解和實踐教科書內容時所遇到的挑戰。

（四）討論

Valverde 等人（2002）的研究強調，教科書是教育政策轉化為實踐的關鍵工具，並提供了 TIMSS 在探究活動的設計與實施方面的數據分析結果佐證。而從本研究的上述發現可以看到，師培生透過分析教科書能逐漸理解自然科教材的使用方法，並意識到學習目標和學習重點的重要性。這與 Valverde 等人（2002）的研究結果類似，他們發現職前教師需要不斷反思如何將教科書中的材料有效地轉化為課堂活動，使他們更能將教材中的探究活動與教學目標相連結，增強對探究教學的敏感度。探究教學要求教師在教學設計時，不僅要考慮如何設計探究活動，更重要的是，這些活動必須與課程的學習目標和核心內容相對應。教師在此過程中，應反思教學的每個環節，確保教學重點得以實現。而本研究讓師培生分析教科書的目的，也在讓他們能夠有意識地連結學習目標與探究活動。

另一方面，本研究發現國小師培生在分析自然教科書的過程中也遇到了一些挑戰，包括教科書編排與自身認知的衝突、探究教學的實施困難以及對科學知識建構順序的疑惑。同樣在 Valverde 等人（2002）的研究中也提到，教科書設計上的細微差異（如知識的編排順序、探究活動的安插位置等）會對教學產生深遠影響，而教師在教學中對教科書的使用方式影響了學生的學習成果。師培生會對自然教科書的編排與所學理論間產生困惑，恰恰提供了他們反思和學習的機會，同時亦提醒師資培育課程的設計，應強調如何在實踐中靈活應用理論，並進一步強化教材分析與教學實踐的結合。如同美國國家科學研究委員會（National Research Council (U.S.), 2000）所強調的：教材分析與反思對教師理解探究活動與學習目標之間關聯相當重要，這會讓教師們更清楚探究活動將導向哪一個學習目標。

二、國小師培生參考教師手冊教案轉化成探究教學行為之表現情形

對於教學新手而言，儘管在分析教科書的過程中已經對教學內容和流程有了一定的理解，並且在教學前投入了相當的時間準備，但在實際的教學演示中，仍會發現許多不足與挑戰。以下就幾點與科學教科書探究教學表現的發現進一步說明。

（一）提問與回應的方式

師培生在讓學生進行探究之前，會設計一些問題期望能邀請學生參與探究，但問題與探究活動的連結性往往不足，而降低流暢性與連貫性。例如在「電路」單元，教科書的活動是由常見燈泡會發亮的物品，帶出通路的概念，再進入探討電池或燈泡的串聯及並聯。教科書中的提問是：

拆開燈籠、觀察燈籠提把有哪些東西？除了燈籠，還有哪些物品裡面有燈泡、電線、電池以及開關呢？（王美芬，2023b，頁 98-99）

師培生 YT6 則是在燈籠的問題之後，以自己的方式提出問題：「你們曾經在生活中哪些電器中，看到許多電池連在一起？」（V20240503-03:15）而同學的回應有：「我家的電器是用插插頭，沒有電池」（V20240503-03:22）或沒有燈泡的物品如「遙控車」（V20240503-04:12），上述回答無法讓師培生有效銜接到接下來的活動，較有效的方式應是修正問題讓討論聚焦，然而師培生對於同學回應不在自己預設中的答案，選擇了忽略不處理，在問答結束後，立刻問同學「要怎麼連接電池、電線，才可以讓燈泡發亮呢？」（V20240503-04:43）便進入探究活動。

無獨有偶，在「月相」的單元，師培生在說明月相變化時，有同學提出：「老師，我這樣站跟那樣站（面朝相反的兩邊），月亮的左邊右邊就不一樣了，要怎麼分？」（V20240419-21:44）這問題也讓師培生 UL5 無法反應而草草帶過。這段教學內容，在教師手冊中的描述是：

……。農曆初八，可以看到半圓形的月亮，月亮亮的位置在右（西）邊，又叫上弦月。……農曆二十看到的月亮形狀像一顆檸檬，月亮亮的位置在左（東）邊，又叫虧凸月。（盧秀琴，2023，頁 89）

師培生 UL5 在準備課程時，根據課本提供的圖片，以「左」、「右」說明月亮亮面的位置，忽略需要強調方位的重要性。

上述發現顯示師培生在設計問題引導學生進行探究的能力不足，會導致活動的流暢性和連貫性下降。若對學生回應的處理缺乏靈活性，忽略學生回答可能的多樣性而直接進入探究活動，將錯失進一步引導和聚焦討論的機會。這表示師培生在面對學生提出的非預設問題或回應時，仍缺乏應變和深入解釋的能力，而這些不足之處將影響學生的探究學習成效。

（二）兩個探究活動之間的連貫性

自然科教科書中的同一單元的各個活動通常具有關聯性，前一個活動往往為下一個活動奠定先備經驗，形成一個漸進的學習過程。這樣的

設計不僅有助於學生將先前的知識應用於後續學習，還促進了概念的連續性和深層理解，使得學生能夠逐步發展其科學探究能力。但對師培生來說，若沒有充分理解這一層涵義，可能會讓教學活動變得破碎不連貫。

CH2：剛剛你（SR4）帶完第一個活動，我們知道有些物體會沉，有些會浮。然後你就跳到把膠泥做成不同造型放進水裡，我會很錯愕，好像少了一個步驟，學生會不知道前一個活動跟後一個活動有什麼關係。

SR4：我原本是想說讓學生發現本來沉在水中的物體改變形狀後，會不會有不同結果，但是我在教的時候一直想要讓學生先知道浮力是什麼，就忘記要講，所以直接進入活動二時顯得很突兀。

師：我們看一下課本（王美芬，2023a，頁 62-63），這裡課本怎麼處理的？

SR4：它有先問一個問題，然後有推測的情境，才進入觀察不同形狀膠泥的浮沉。

師：這個問題的意義在哪裡？為什麼是重要的？

SR4：它用這個問題把前一個探究活動和下一個探究活動接起來了……。 （V20240426-1:45:32~1:51:21）

由上可知，若師培生未能充分理解自然科教科書中所設計的活動之間彼此有相關，易造成教學時活動與活動間缺乏過渡，讓學生難以理解前後兩個活動的關聯。這可能是師培生缺乏整合探究活動與學習內容，以致於太過專注在某些概念，忽略了探究活動之間的連接，導致教學活動的轉換顯得突兀。

（三）探究活動開放程度之拿捏

不熟悉探究教學的師培生，較無法拿捏介入學生探究活動的程度，可能造成學生學習效果不如預期，例如在「毛細現象」的探究活動，JT3 設計讓學生探究「哪些物品會吸水？」，提問：「剛剛我們討論出會吸水的

物品有特定的材質，我們要怎麼知道剛剛假設是否正確？」（0426）JT3 接著請各組派員領取實驗材料，要同學利用這些材料進行實驗。在這個階段，學生開始不知道要做什麼，其中 1 位同學的回饋記錄提到：

雖然學長希望學生（我們）自由操弄這些材料完成實驗，但會讓學生不明白的可能是在實驗的過程中，因為步驟比較多，又好像有些指令沒有下達完全，會讓學生不知道現在該做什麼和從何開始？這部分回到老師和學長後面的討論是可以在每個步驟先討論或請學生示範，引導學生知道如何解決問題，並且確認學生瞭解剛才的說明與操作，沒有問題再去進行實驗。（CW0426YH1）

JT3 認為康軒版四下課本第 48 頁的裝置圖不夠清楚，如圖 3，並且這個活動無論是課本、教師手冊的教學篇與資料篇，都沒有相關提示，JT3 因此以自己的想法將活動流程明確化（JT320240616I），他花了些時間去設計類似的裝置如圖 4，而他認為只要擺一個範例在講臺前，學生就會知道如何組裝，但對學生來說仍是複雜的，包括實驗需要考慮各種變因，這個裝置完成後，要如何操作以進行可靠的實驗，是需要教師介入共同討論，而非以開放的形式讓學生自由探究。

2. 選擇有「細縫」的「物品」各一種，並將「物品」的「一端」固定，「另一端」垂直放入「水」中。

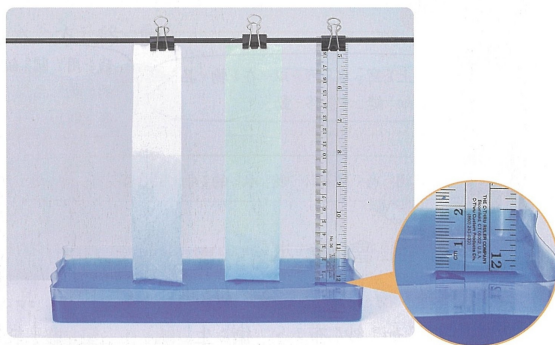


圖 3 課本呈現的毛細現象實驗裝置

資料來源：王美芬（2023c，頁 48）。



圖 4 JT3 設計之毛細現象實驗裝置

（四）討論

本研究發現師培生使用科學教科書採用相互調適取向的方式（林信志等人，2015）時，會以自己的理解，調整教學時提出的問題以及探究活動使用的材料，此外，課本中呈現的某些探究活動，在教師手冊中沒有明確指示探究活動的開放程度，師培生會就自己的理解調整活動。在實施以教科書為依據的自然科探究教學時，他們特別會在提問與回應、探究活動的連貫性、以及對探究活動開放程度的掌握上遇到挑戰。這可能是他們對於如何應對學生的非預設回應經驗不足，而選擇忽略或跳過討論，直接進入教科書的探究活動。有效的提問可以引導學生進行高層次的思考（Carlsen, 1991; Chin, 2007），因此教師是否能設計出啟發學生進行科學推理的問題，是師資培育課程應關注的項目。此外，教科書中的每一個探究活動都有其特定的教育目標，且往往以漸進的方式幫助學生構建知識體系，若教師未能有效地將各活動相連，會讓學生感到教學活動碎片化，難以理解整體概念（Crawford, 2007）。因此，師培生需要意識到活動連貫的重要性，並在教學中適時強調活動與活動之間的連結，以確保學生能夠在既有概念的基礎上進一步探究。有效且連貫的探究活動不僅有助於知識建構，還能增強學生的學習動機和理解力（Valverde et al., 2002）。而對於探究活動開放程度的拿捏，是國小師

培生極大的挑戰，Windschitl（2003）的研究探討了如何在探究教學中掌握學生自主探索與教師介入的平衡。他指出，過於開放的活動會讓學生迷失方向，尤其是新手教師在未熟悉探究教學時，應更加謹慎地設計實驗，並適時提供指導。因此，在培訓過程中師培生應進行更多的實踐反思，以增強其教學靈活性，並逐步掌握探究教學中的核心技巧。

三、國小師培生從分析教科書到探究教學演示的反思

師培生在完成教學演示後，會與同儕一起進行議課，透過討論彼此的教學策略與實施過程，交換建議與回饋。在這些討論後，師培生需撰寫反思報告，從中總結學習經驗與改進方法。透過反思報告可以發現，教科書一方面提供了教學的方向，使師培生能依據教材進行教學設計；另一方面，實際教學演示的經驗使師培生意識到教科書內容的侷限性，需在教學過程中靈活運用教材，根據學生的反應和需求進行調整，才能提升教學成效。與運用教科書相關的發現分述如下。

（一）提問的技巧與方法

師培生通常會視教科書為指引，然而在教學中嘗試將教科書內容轉化為具體的教學活動時往往會遇到挑戰。例如一開始認同教科書所呈現的編排順序、提問邏輯，卻在實際問出來時察覺有瑕疵：

YH1：我備課的時候雖然覺得有些內容直接告訴小朋友很奇怪，但是又覺得課本在編排問題的邏輯是可以的。先從實驗觀察能直接得到的結果進行提問，到最後才進行推論。可是在教的時候，最後推論的問題問出來又讓我覺得很奇怪，可能是同學的回答不如預期，加上我其實也不太知道該如何追問，導致銜接沒有做得很好。而我覺得最主要還是需要有足夠多的練習如何提問及追問，豐富相關經驗才能讓整個探究課程更加完整。

（YH120240616I）

另外，師培生會自行製作教學投影片，而非直接採用電子書，以符合個人的教學設計，然而有時候會忽略課本中的部分問題是需要伴隨圖片說明才能更有效的傳達，造成提問後學生無法回答：

CH2：像是結尾的那個問題，老師的回饋有切中我的要害，我問到一半的時候也覺得怪怪的，自己就開始講的零零落落，同學也不知道我在問什麼，變得很卡，老師你說可以「附圖」，只要把課本的圖片附上去（在投影片中呈現），一切就可以解決了，但那時候我竟然沒有想到，這也許就是當局者迷吧。

（CH220240618I）

可見師培生因缺少實務教學經驗，在以教科書為依據設計提問時，可能會在實際操作時，提問效果不如預期，無法引導學生進行有效的推論。也有可能為了符合個人教學設計，自行製作投影片時忽略教科書圖片的功能，讓學生對問題不明所以。這顯示出提問過程需注重提問技巧與視覺輔助，才能有效提升學生的理解和參與度。

（二）教學對象與學習目標的確認

探究的意義在於從生活中發現問題並尋找答案，教師應該引導學生將日常經驗發現的疑問與科學知識結合，透過觀察和實驗來進行假設的驗證，然而師培生因經驗不足，對學生的發展特徵、知識背景及理解能力掌握不夠充分，低估或高估學生的學習能力，進而影響教學目標的設定和內容的傳達。例如師培生可能認為這是生活常識，因此沒有多做準備，當學生提出疑惑時，只能快速的帶過去。

JT3：因為對於自然實驗較陌生，且課本呈現的毛細現象的實驗有很多種，但要在實驗的進行中呈現不同材質的毛細現象，要想出可以讓學生能理解有縫隙的材料及沒有縫隙的材料，該如何去比較差異及向學生證明差異，讓學生瞭解當物體有縫隙時，水會

流進這些縫隙中，但是在操作的時候，仍有同學表達出疑惑，我覺得那時候我並沒有很好的解釋這個概念，只認為這是生活常識就快速帶過。（JT320240616I）

另一個例子是師培生希望呈現驚奇的效果，忽略器材的限制以及需達到的學習目標，將實驗結果的標準設定過高，導致結果不如預期時，師培生不知道可以如何解釋。

CH2：我們在調配上沒有很精準地去調配各個水溶液的濃度，所以在後面實驗，把不同 ml 的酸性、鹼性水溶液混和後，每一組的實驗結果都與我預想的不同，我本來希望達到的漸層效果都沒有出現，我也不知道可以怎麼解釋。老師後來有說其實直接用極端的例子就好了，使用加飽和的酸／鹼性水溶液，因為學生只需要知道「酸加鹼後會變色」，他們不是高中生，我們也沒有滴定設備，課本也沒有弄那麼細，是我自己想太複雜。（CH220240618I）

由此可以發現，對學生的知識背景和理解能力掌握不充分，出現低估或高估學生學習能力的情況，會影響教學目標的設定和活動的進行。同樣的，過度追求實驗效果，忽略學習目標和器材的限制，也會使結果不如預期。因此，師培生需要更謹慎地確認教學對象的特徵與學習目標，過高或過低的標準都會影響教學的連貫性與學生的學習效果。

（三）教學方法如何融入的考慮

由於本研究的課程設計著重在探究教學，因此希望師培生的教學能以探究之模式進行，然而他們在同時考慮課本內容與實施探究教學法之間面臨了一些挑戰，包括教學時間的配置與管理，教學內容深度與探究活動之間的調和。揭示了新手教師在實施探究教學時需要平衡多重因素，使得探究教學及具挑戰性。

YT6：比較被卡住的地方是 POE 教學的解釋環節，我花了很多時間去理解以及寫這部分的教案，寫到後面就比較知道到底要幹麻了，也很感謝老師前期的修正以及學長的協助，所謂的「讓學生解釋是甚麼意思」，應該是要去進一步的提問讓學生推論出最後實驗／課程的核心概念，只是事實的提取不能算是解釋，但是要怎麼把課本內容進行轉化，我覺得很困難，尤其是要引導他們回憶已經學過的來解釋現在看到的現象，如果他們想不出來我要怎麼辦？（YT620240618I）

CH2：像是 5E 的探索跟解釋，因為實驗的操作有很多不確定性，在講述一個現象或是描述觀察到的事物，每一位學生可能都會有不同的反應，或是理解上的不同，身為教師我覺得很難在他們沒有說出核心時引導他們說出合理的解釋。還有像是變因的部分，老師理當在實驗操作前要說明一下為何我們要利用什麼樣的材質進行實驗，希望能在實驗過程中看到什麼，但課本沒有特別提出要討論，我如果要花時間在上面，會不會造成來不及做實驗？然後我真的沒辦法在這麼短時間關注每一個 E。（CH220240618I）

可見對師培生而言，探究教學的設計相當複雜，他們必須考慮如何將教科書的內容轉化為探究活動，以及探究教學法要如何操弄較為得當，同時兼顧課程時間的限制，加上學生的反應各異，未必如他們的預期，這會使教學的流暢性與學習效果大打折扣。因此，師培生需要學習在探究教學中掌握課程內容、時間與學生反應之間進行調整。

（四）討論

從上述發現可以看到師培生從教科書分析到實施探究教學的過程中，面對的挑戰與反思。首先，雖然以教科書作為教學指引能提供明確的方向，但在實際的教學中，師培生發現提問和追問的技巧是成功引導學生進行探究學習的關鍵。Chin 與 Osborne（2008）也指出教師在設計探究活動時，適當的提問策略能促進學生的批判性思維與探究精神。然

而，師培生往往因為缺乏經驗，難以設計與實施有效的提問策略，特別是當學生的回應超出預期時。對此，Perry 等人（2006）的研究強調，教師對於學生的認知發展瞭解不足，導致影響學生的學習效果。此外，若師培生對教科書內容過度依賴，也可能造成教學的侷限，特別是在探究教學中，教師需要靈活調整教學內容，根據學生的反應進行適當的引導和修正（Minner et al., 2010）。其次，在教學對象與學習目標的設定方面，師培生往往低估或高估學生的學習能力，這直接影響教學設計的有效性。但成功的探究教學必須根據學生的發展階段和知識背景設計適當的學習活動（Furtak et al., 2012）。顯示出教師在進行科學探究教學時，除了設計探究活動外，還需要對學生的認知需求有深入的掌握，並適時調整教學目標。最後，在教學方法的融入上，師培生在探究教學模式中面臨的挑戰反映了教學時間管理與探究深度之間的平衡問題。研究表明，探究教學對於教師的時間管理和活動設計要求較高，教師需要能靈活調整探究活動的深度，確保教學過程中概念的清晰性和連貫性（Luft & Hewson, 2014）。

四、綜合討論

綜觀師培生對自然教科書中，探究內容與自然領綱對應之分析理解情形、轉化教科書之教案成為探究教學的表現以及對教學演示的反思，可以看到師培生可以把對探究意涵的理解，應用在分析國小自然教科書。同時師培生也會因為對探究歷程的理解，而對教科書的編排方式產生疑惑，例如：課本開頭的頁面都表示探究活動從「觀察與定題」開始，但後面的單元活動往往在一開始就揭示答案或結論，令師培生質疑這種編排方式是否恰當，也可能因此不知如何按照教科書進行教學，而在相互調適的過程選擇自製教學簡報。雖然自製教學簡報能更符合師培生個人的教學設計，卻可能因此忽略課本中的重要訊息，例如：前後兩個活動的銜接要點，或是部分問題是需要伴隨圖片說明才能更有效的傳達，造成實際教學時活動不連貫，或是學生聽不懂教師想要表達的意思。

此外，師培生對教學對象所具有的先備概念認識不足，往往造成應該要強調的學習重點被師培生認為是「常識」而簡單帶過，或是希望呈現特殊效果，預設的實驗結果太複雜難以達成。這些發現令研究者感興趣之處在於，儘管對照與分析自然領綱與教科書的過程，師培生對學習內容與學習表現如何呈現在教科書內容中表示理解，然而轉化成教學時，還是會忽略學習者的能力。另一方面，師培生的探究經驗不足以及設計探究教學的經驗不足，都可能讓他們在課程準備與教學演示時遇到困境，例如教科書為提供不同教師使用，採 5E 教學設計時，會完整呈現這 5 個階段，不會特別強調某一個階段，而將取捨的選擇權交給教師，這使得沒有探究教學經驗、僅對 5E 教學有基本認識的師培生產生困惑。同樣的，教師手冊提供給教師的指引若太過開放，對於沒有經驗的師培生而言，少了指引的方向，師培生僅能就自己的理解詮釋，而可能設計出不夠適切的探究活動。

綜合而言，教師、課程材料與教學之間的互動相當複雜，如同 Remillard (2005) 的研究所揭示的課程實施與理論間之顯著差異，師培生需要對教科書內容以及探究學習的精神有更深的認識，才能更有效促進學生學習科學。而在科學探究教學中，利用提問來促進學生主動建構知識相當重要 (Yip, 2004)，然而對於如何透過問題引導學生投入探究活動，師培生會因為知識與經驗的不足，在設計問題與如何追問與回應上遇到挑戰，如何引導學生在現有知識與新概念之間建立聯繫；並幫助學生將新學到的概念應用於不同情境中對師培生來說是困難的，也是本研究之課程在一開始設計時沒有預料到的部分。進一步地說，這些挑戰顯示職前教師的培育課程需要更系統地支援師培生掌握提問的技巧，特別是在科學探究教學的情境下。才能幫助師培生能提升提問的有效性，增強其在實踐中應對教學挑戰的能力，進而促進學生的科學學習與概念理解。

伍、結論與建議

單從教科書分析探究內容的研究或瞭解教師如何進行科學探究教學的文獻雖相當豐富，然將這兩者結合起來共同探討的研究仍屬罕見。鑒於當前教學現場中，多數教師仍依賴自然教科書進行教學，因此從這一角度切入，找出在以自然教科書進行探究教學時所面臨的困難及可調整的策略，將有助於科學教師更有效地利用教科書進行探究教學，並減輕自行設計課程的負擔，這也是本研究結果除了提供設計國小自然科師資培育課程之參考外的另一項貢獻。

本研究提出四個階段，逐步強化師培生科學探究教學能力的課程架構（圖 2），對師培生運用教科書進行探究教學有所助益，可提供相關課程參考之用。儘管本研究仍處於初步探索階段，可能無法普遍適用於所有情境，然仍可根據研究發現提出相關建議，作為國小教師在使用自然教科書進行探究教學及未來研究方向的參考依據。本研究之結論與相關建議分述如下：

一、結論

- （一）國小師培生能從自然領綱中分析出自然教科書中探究內容，然仍需加強理解其中探究的內涵

國小師培生在學習如何設計探究教學時，能夠從自然領域課程綱要中理解教科書所強調的探究元素，並能分析這些內容如何反映課程目標。然而，雖然師培生具備基礎的分析能力，但他們對於探究教學的內涵，尤其是在實施過程中如何促進學生的探究能力，仍然需要更多的指導與訓練。

- （二）國小師培生參考教學指引教案轉化成探究教學時，還需在提問設計、活動連貫性以及探究開放程度上多加磨練

師培生在教學演示中經常面臨如何將教學指引中的內容轉化為具體

的探究教學活動之挑戰。這涉及到提問設計、教學活動的連貫性以及探究活動的開放程度等方面的考量。儘管他們在備課時參考了教學指引或教科書，但在實際教學中，提問設計和活動的銜接往往並不如預期，導致探究教學的流暢度不夠，可見他們需要更多的實踐機會，以提高他們在提問設計、活動連貫性及探究開放程度方面的能力。

（三）國小師培生從分析教科書到探究教學演示，能增進他們對探究教學的理解與省思

從教科書分析到教學演示的過程，使國小師培生對探究教學有了更深刻的理解與反思。這一過程不僅讓他們更深入瞭解教科書中的探究內容，還使他們在實際教學中經歷了從理論到實踐的轉化挑戰，進而增強了對探究教學的省思能力。反思是教師專業成長的重要途徑，能促進教師在教學實踐中不斷改進（Schön, 1983）。因此要求師培生反思的過程有助於師培生面對未來的教學挑戰。

整體而言，本研究看見國小師培生初次從自然領綱出發，檢視與分析自然教科書到教學實踐的歷程讓他們獲益良多，能增進對探究教學的理解與反思，並逐步提高他們的教學能力。

二、建議

（一）對自然師資培育課程的建議

1. 自然科學師資培育課程，應讓師培生有更多分析自然科學教科書的機會

考慮到教學負擔，目前教學現場的大多數教師仍以教科書為主要依據進行教學。讓師培生在培育過程中接觸現行的自然科學教科書，不僅可以幫助師培生瞭解教科書的內容和編排邏輯，還使他們能清楚教科書編輯群是如何根據十二年國教課綱，將核心素養轉化為具體的科學課程。尤其目前的自然科學教科書，多以引導學生探究的方式編排內容，但對職前教師來說，可能會因為沒經驗而感到課本的內容不夠連貫。本

研究所規劃之課程，安排師培生分析自然教科書的環節，讓師培生在來回檢視課本、習作、教師手冊等教學資源時，瞭解一個完整的課程其形成的脈絡並有所成效，課程設計架構可供參酌。同時，大學教師應協助師培生運用所學過的探究教學理論，對自然教科書進行分析與批判，透過與大學教師、同儕的互動討論，更有品質的理解自然教科書。透過這樣的學習過程，師培生能夠提早學習如何根據不同的教學情境靈活調整使用教材資源，減少初任教師時期摸索的時間。

2. 自然科學師資培育課程，應協助師培生將理論與實務有效結合

在自然教科書中教學活動往往沒有詳細撰寫每一活動所使用的教學策略或方法。使用者需運用其學過的理論知識來判斷和調整教學流程，然而這對師培生來說相當挑戰。自然科學師資培育課程可以幫助師培生發展圖 2 階段四的「實踐——反思」思維模式，引導他們探討教科書內容與自然科教學理論的關聯，例如探究活動的 POE 教學，在課本中會如何呈現？兩節課的教學活動無法讓學生經驗完整的 5E 探究歷程時，可以從學習目標中如何調整不同歷程的比重？換句話說，課程需要更有意識地將教科書分析融入師培生的學習活動，培養他們在閱讀教科書時辨識潛在教學策略的能力。這可透過案例教學、課程設計模擬與分組討論實現，使師培生從不同的角度思考如何結合教學理論進行改編與實施。更進一步地，課程應著重於讓師培生在實踐中應用並反思，如模擬課堂或真實教學環境中的試教與錄影分析，幫助師培生理解調整教學歷程對學生學習的影響。透過這樣的設計，師培生不僅能有效連結理論與實踐，還能提升在真實教學情境中靈活應用教科書資源的能力，進而培養其作為自然科教師的專業判斷力與創新能力。

3. 自然科學師資培育課程，應增進師培生的提問能力

現行的自然教科書在強調探究的原則下，多以問題的形式呈現引起動機的學習內容，然而提出這些問題背後的脈絡，在教科書中並不會呈

現，師培生也不知道如何判斷這些問題是否相關或者各自獨立？前一個問題與下一個問題是否有層次上的差別？問題期望的答案是培養學生何種思考能力？都是需要透過大學教師的引導，讓師培生理解提問的目的與重要性，同時亦需要引導師培生練習設計問題，例如透過理解學習內容，反思其中不易理解的概念，進一步設計出層層遞進的引導式問題，激發學生高層次的思考。因此建議課程設計時可包含以下要素：一是針對如何設計高層次與概念轉變提問進行專門訓練，二是透過模擬教學活動讓師培生練習使用這些提問引導學生思考，三是提供真實課堂情境的觀察與反思機會，幫助師培生理解提問與學生學習間的連結（Yip, 2004），並在實踐中根據具體情境進行有效的調整，從而培養出更有教學專業能力的自然科教師。

（二）對自然教科書編排的建議

1. 自然教科書編排宜掌握探究意涵，斟酌內容呈現的順序

教科書如何呈現探究內容，對新手教師及職前教師影響很大。本研究發現若課本在單元一開始便揭示探究的結果（答案），會讓師培生對教學流程產生疑惑，不確定探究的目的是在驗證這些結論，或是可以給予學生更大的探究空間。這反映了教科書設計的潛在影響：單元內容的編排不僅影響教學流程，還可能塑造師培生對探究精神的理解。如果教科書傾向於提供直接答案，師培生可能更容易將探究視為一種「驗證活動」，忽略其促進學生主動建構知識的重要功能。

此外，教科書的編排也影響了師培生在實際教學中對探究活動的設計。例如，在使用 POE 教學模式時，若教科書未清楚展示各階段的目標與內容，師培生可能難以連結教學理論與實踐，導致教學活動流於形式，無法有效引導學生進行科學推理與概念的建構。當教科書未能提供足夠的探究空間時，新手教師可能更傾向於採用教師主導的教學方式，而非創造有助於學生深度學習的開放性學習環境。

2. 自然教科書宜提供更明確的參考教案及教學資源

對專家教師而言，教科書的功能較接近參考資料，因為他們更能有效掌握教學目標，靈活運用教學策略。然而對經驗不足的師培生來說，教科書更像是教學的指引與依賴的工具。他們往往需要依靠教科書的結構來安排教學活動，特別是在設計探究學習活動時，會傾向遵循教科書提供的內容與步驟。提供更明確的參考教案及教學資源給新手教師，能減少經驗不足教師在教學準備過程中的困惑與不確定性，參考教案可以幫助新手教師建立完整的教學脈絡，例如如何設定探究問題、設計實驗步驟、引導學生觀察與分析，甚至進行結果的反思與應用。此外，配套的教學資源，如視覺化的教學工具、評量範例及實作手冊，能進一步支援教師在教學過程中的靈活應用，提升教學效能與學生的學習體驗。

（三）對未來研究之建議

1. 未來研究可更全面探討師培生與自然科學教科書之互動關係

本研究僅聚焦於師培生與自然科學教科書中的探究內容之互動，其他如跨領域教學、議題導向教學等面向並未涵蓋。然而自然科學教育並非侷限於探究而已。因此，未來研究可進一步探討師培生在涉及跨領域主題或社會性科學議題等教學時，如何有效運用教科書，並根據教學情境進行調整。例如，在跨領域教學中，師培生可能需要整合自然科學與數學、語文或藝術等跨學科的連結，並明確呈現在教學中應用。此外，對於涉及社會性科學議題的教學，師培生則需要教科書提供關於議題背景的詳實資料、討論指引以及多元觀點的呈現。未來研究可探討師培生如何運用教科書中的資源設計課程，並透過教學實踐培養學生的批判思考與解決問題的能力。

另一方面，探究師培生與教科書的互動時，也需要考量師培生本身的背景知識與教學經驗，這些因素可能影響他們對教科書內容的理解與應用。例如，經驗較少的師培生可能更依賴教科書的指引，而經驗豐富

的師培生則可能進行創意性的教學設計。未來研究可探討不同教學經驗的師培生在使用教科書時的策略差異，以及如何設計適合不同程度教師需求的教科書內容與配套資源。

綜上所述，未來研究應以更廣泛的視角，探討師培生與自然科學教科書的互動，特別是在跨領域教學與議題導向教學情境下的應用，以期為師資培育課程設計與教科書編撰提供更具體的建議。

2. 未來研究可就自然科學師資培育課程的調整進一步探討

因應十二年國教課綱的推行，自然科學師資培育課程必須進行相應調整，以符合十二年國教課綱對教師的專業需求。本研究雖提出了部分建議，但尚未深入探討具體的課程變革及其實施效果。因此，未來的研究可進一步分析十二年國教課綱要求下的師培課程是否能夠有效提升師培生的科學專業能力與教學素養，並能將探究與實作、跨領域學習及問題解決等元素融入課程設計。例如探討如何設計結合理論與實務的課程，幫助師培生深入理解探究式教學法的本質，並能靈活運用於教學現場。此外，也需分析這些課程是否能提升師培生在跨領域課題中的教學能力，如將數學、工程與科技元素融入自然科學教學。

而隨著數位科技的快速發展，數位工具與資源在教育中的應用日益普及。未來研究可進一步探討如何在師資培育課程中整合科技工具，例如利用模擬實驗、數位教科書及教育應用程式，幫助師培生進行科學教學設計與實踐。此外，數位評量工具如何促進師培生對學生學習成效的診斷與回饋，也是未來值得研究的議題。

簡言之，自然科學師資培育課程的調整應全面考量十二年國教課綱的核心理念、數位科技的整合以及教師專業能力的全面提升。未來研究可聚焦於這些變革如何有效促進師培生成長，並進一步分析課程調整對自然科學教育的長期影響。

教科書參考書目

- 王美芬（主編）（2023a）。國民小學自然科學（再版，第一冊，三上）。康軒。
[Wang, M.-F. (Ed.). (2023a). *Elementary school natural sciences* (2nd. ed., Vol. 1, 3rd grade 1st semester). Kang Hsuan.]
- 王美芬（主編）（2023b）。國民小學自然科學（再版，第三冊，四上）。康軒。
[Wang, M.-F. (Ed.). (2023b). *Elementary school natural sciences* (2nd. ed., Vol. 3, 4th grade 1st semester). Kang Hsuan.]
- 王美芬（主編）（2023c）。國民小學自然科學（再版，第四冊，四下）。康軒。
[Wang, M.-F. (Ed.). (2023c). *Elementary school natural sciences* (2nd. ed., Vol. 4, 4th grade 2nd semester). Kang Hsuan.]
- 盧秀琴（主編）（2023）。國民小學自然科學（再版，第三冊，四上）。南一。
[Lu, X.-Q. (Ed.). (2023). *Elementary school natural sciences* (2nd. ed., Vol. 3, 4th grade 1st semester). Nan I.]

參考文獻

- 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（2018）。
[Curriculum guidelines of 12-year basic education: Natural science domain for elementary, junior high school and upper secondary school education. (2018).]
- 十二年國民基本教育課程綱要總綱（2014）。
[Curriculum guidelines of 12-year basic education: General guidelines. (2014).]
- 李高英（2020，4月）。國中小教科書編輯及審定問題研析。<https://www.ly.gov.tw/Pages/Detail.aspx?nodeid=6590&pid=193270>
- [Lee, K.-Y. (2020, April). *Analysis of the editing and reviewing problems of elementary and secondary school textbooks*. <https://www.ly.gov.tw/Pages/Detail.aspx?nodeid=6590&pid=193270>]
- 邱美虹（主編）（2024）。科學探究與實作之理念與實踐。國立臺灣師範大學出版中心。
- [Chiu, M.-H. (Ed.). (2024). *The philosophy and practice of scientific inquiry and implementation*. National Taiwan Normal University Press.]
- 邱瑞宇、王薪惠（2022）。探討過程導向引導式探究學習模式對消弭大學生化學學習成效落差之影響。人文社會科學研究：教育類，16（1），53-77。
[https://doi.org/10.6618/HSSRP.202203_16\(1\).3](https://doi.org/10.6618/HSSRP.202203_16(1).3)
- [Chiu, R.-Y., & Wang, H.-H. (2022). Exploring the impact of process-oriented guided

- inquiry learning model on reducing the gap in college students' chemistry learning effectiveness. *Humanities and Social Sciences Research: Education*, 16(1), 53-77. [https://doi.org/10.6618/HSSRP.202203_16\(1\).3](https://doi.org/10.6618/HSSRP.202203_16(1).3)
- 林信志、簡瑋成、楊國揚（2015）。高中教師使用審定本教科書之影響因素研究：計畫行為理論之應用。《教育與心理研究》，38（4），101-129。 <https://doi.org/10.3966/10249885>
- [Lin, S.-C., Chien, W.-C., & Yang, K.-Y. (2015). A study of influencing factors on senior high school teachers' use of approved textbooks: An application of the theory of planned behavior. *Journal of Educational and Psychological Research*, 38(4), 101-129. <https://doi.org/10.3966/10249885>]
- 吳敏而、黃茂在（2012）。自然科學教科書中的「探究」。載於洪若烈（主編），永續教育發展創新與實踐——2010 國際學術研討會課程與教學論文專輯（頁 109-123）。國家教育研究院籌備處。
- [Wu, M.-E., & Huang, M.-T. (2012). "Inquiry" in natural science textbooks. In R.-L. Hung (Ed.), *Proceedings of the 2010 international conference on sustainable education development: Innovation and practice: Curriculum and instruction* (pp. 109-123). Preparatory Office of the National Academy for Educational Research.]
- 周淑卿、王郁雯、陳姿佑（2023）。從教科書開展素養：小學社會領域教師的課程潛力。《課程研究》，18（2），1-29。 <https://doi.org/10.53106/181653382023091802001>
- [Chou, S.-C., Wang, Y.-W., & Chen, Z.-Y. (2023). Developing literacy from textbooks: Elementary social studies teachers' curriculum potential. *Journal of Curriculum Studies*, 18(2), 1-29. <https://doi.org/10.53106/181653382023091802001>]
- 洪振方（2024）。科學本質、科學探究的本質與後設知識之角色和功能。載於邱美虹（主編），科學探究與實作之理念與實踐（頁 21-39）。國立臺灣師範大學出版中心。
- [Hung, C.-F. (2024). The role and function of the nature of science, the nature of scientific inquiry, and metacognition. In M.-H. Chiu (Ed.), *The philosophy and practice of scientific inquiry and implementation* (pp. 21-39). National Taiwan Normal University Press.]
- 張芬芬、曾瑞錦（2018）。邁向備課專業化——國小教師備課現況與建議。《臺灣教育》，711，113-124。
- [Chang, F.-F., & Tseng, R.-J. (2018). Towards professionalization of lesson preparation: Current status and recommendations for elementary school teachers' lesson preparation. *Taiwan Education*, 711, 113-124.]
- 陳俊臣（2017）。提升自然科學思辨能力之雲端學習系統發展研究——以國小4年級自然與生活科技為例（未出版之博士論文）。國立臺灣師範大學。

- [Chen, C.-C. (2017). *Development of a cloud-based learning system for enhancing critical thinking skills in natural science: A case study of fourth-grade natural science and living technology in elementary schools* [Unpublished doctoral dissertation]. National Taiwan Normal University.]
- 楊和學、石豫臺（2013）。融合 5E 探究式教學法的高中職奈米科技專題實驗教材設計——以「奈米二氧化鈦光觸媒」為例。《物理教育學刊》，14（2），113-125。https://doi.org/10.6212/CPE.2013.1402.03
- [Yang, H.-H., & Shih, Y.-T. (2013). The design of nano-science project experimental teaching materials of senior high school and vocational high school integrated with 5E inquiry teaching method: Taking “nano titanium dioxide photocatalyst” as an example. *Chinese Journal of Physics Education*, 14(2), 113-125. https://doi.org/10.6212/CPE.2013.1402.03]
- 劉美慧、陳麗華、林江臺、洪承宇、洪逸文、張茂桂、許民陽、陳育霖、陳學淵、鄭詔月（2024）。論壇：十二年國教課綱自然和社會領域「探究與實作」理念的溝通與實踐。《教科書研究》，17（1），157-184。https://doi.org/10.6481/JTR.202404_17(1).05
- [Liu, M.-H., Chen, L.-H., Lin, C.-T., Hung, C.-Y., Hung, I.-W., Chang, M.-K., Hsu, M.-Y., Chen, Y.-L., Chen, H.-Y., & Cheng, C.-Y. (2024). Forum: Communication and practice of the “inquiry and implementation” concept in the natural and social science domains of the 12-year basic education curriculum guidelines. *Journal of Textbook Research*, 17(1), 157-184. https://doi.org/10.6481/JTR.202404_17(1).05]
- 藍順德（2006）。《教科書政策與制度》。五南。
- [Lan, S.-T. (2006). *Textbook policy and system*. Wu-Nan.]
- 顧炳宏、陳瓊森、溫嫻純（2011）。從學生的表現與觀點探討引導發現式教學作為發展探究教學之折衷方案角色的成效——以密度概念為例。《科學教育學刊》，19（3），257-282。https://doi.org/10.6173/CJSE.2011.1903.04
- [Ku, P.-H., Chen, C.-S., & Wen, M.-C. (2011). Exploring the effectiveness of guided discovery learning as an alternative approach for developing inquiry-based teaching from students' performance and perspectives: A case study of the density concept. *Journal of Science Education*, 19(3), 257-282. https://doi.org/10.6173/CJSE.2011.1903.04]
- Akar, E. (2005). *Effectiveness of 5E learning cycle model on students' understanding of acid-base concepts* [Unpublished master's thesis]. Middle East Technical University.
- Armstrong, J., & Bray, J. (1986, September). *How can we improve textbooks?* https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED292208.pdf
- Ball, D. L., & Feiman-Nemser, S. (1988). Using textbooks and teachers' guides: A dilemma for beginning teachers and teacher educators. *Curriculum Inquiry*, 18(4), 401-423. https://doi.org/10.1080/03626784.1988.11076050

- Banchi, H., & Bell, R. (2008). The many levels of inquiry. *Science and Children*, 46(2), 26-29.
- Bell, R. L., Smetana, L., & Binns, I. (2005). Simplifying inquiry instruction. *The Science Teacher*, 72(7), 30-33.
- Ben-David, A., & Zohar, A. (2009). Contribution of meta-strategic knowledge to scientific inquiry learning. *International Journal of Science Education*, 31(12), 1657-1682. <https://doi.org/10.1080/09500690802162762>
- Bybee, R. W., & Landes, N. M. (1990). Science for life & living: An elementary school science program from biological sciences curriculum study. *The American Biology Teacher*, 52, 92-98. <https://doi.org/10.2307/4449042>
- Bybee, R. W., CarlsonPowell, J., & Trowbridge, L. W. (2014). *Teaching secondary school science: Strategies for developing scientific literacy*. Pearson.
- Carlsen, W. S. (1991). Teacher knowledge and discourse control: Quantitative evidence from novice biology teachers' classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(5), 471-481. <https://doi.org/10.1002/tea.3660300506>
- Chanetsa, T., & Ramnarain, U. (2023). The effect of textbook analysis as a teacher professional development tool on teacher understanding of nature of science. *Science & Education*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s11191-023-00442-7>
- Chin, C. (2007). Teacher questioning in science classrooms: Approaches that stimulate productive thinking. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(6), 815-843. <https://doi.org/10.1002/tea.20171>
- Chin, C., & Osborne, J. (2008). Students' questions: A potential resource for teaching and learning science. *Studies in Science Education*, 44(1), 1-39. <https://doi.org/10.1080/03057260701828101>
- Clément, P. (2008). Introduction to the special issue of SEI relating to critical analysis of School science textbooks. *Science Education International*, 19(2), 93-96.
- Crawford, B. A. (2007). Learning to teach science 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>
- Dimopoulos, K., & Karamanidou, C. (2013). Towards a more epistemologically valid image of school science: Revealing the textuality of school science textbooks. In M. Khine (Ed.), *Critical analysis of science textbooks* (pp. 61-77). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4168-3_4
- 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>

- Hansen, J. M. (2002). Defining inquiry. *The Science Teacher*, 69(2), 34-37.
- Hong, J.-C., Hsiao, H.-S., Chen, P.-H., Lu, C.-C., Tai, K.-H., & Tsai, C.-R. (2021). Critical attitude and ability associated with students' self-confidence and attitude toward "predict-observe-explain" online science inquiry learning. *Computers & Education*, 166, Article 104172. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104172>
- Hong, J.-C., Hwang, M.-Y., Liu, M.-C., Ho, H.-Y., & Chen, Y.-L. (2014). Using a "prediction-observation-explanation" inquiry model to enhance student interest and intention to continue science learning predicted by their internet cognitive failure. *Computers & Education*, 72, 110-120. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.10.004>
- Koppal, M., & Caldwell, A. (2004). Meeting the challenge of science literacy: Project 2061 efforts to improve science education. *Cell Biology Education*, 3(1), 28-30. <https://doi.org/10.1187/cbe.03-10-0016>
- Luft, J. A., & Hewson, P. W. (2014). Research on teacher professional development programs in science. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *The impact of state and national standards on K-12 science teaching* (pp. 285-305). Routledge.
- Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction: What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474-496. <https://doi.org/10.1002/tea.20347>
- National Research Council (U.S.). (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/9596>
- Perry, N. E., Phillips, L., & Hutchinson, L. (2006). Mentoring student teachers to support self-regulated learning. *The Elementary School Journal*, 106(3), 237-254. <https://doi.org/10.1086/501485>
- Remillard, J. T. (2005). Examining key concepts in research on teachers' use of mathematics curricula. *Review of Educational Research*, 75(2), 211-246. <https://doi.org/10.3102/00346543075002211>
- Sarah, S., Khanif, A., & Saputra, A. T. (2021). The effectiveness of POE (predict-observe-explain) learning model for improving student analytical skills. *Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika*, 6(1), 23-29. <https://doi.org/10.26737/jipf.v6i1.1846>
- Schön, J. (1983). *Petrophysik: Physikalische eigenschaften von gesteinen und mineralen* [Petrophysics: Physical properties of rocks and minerals]. De Gruyter.
- Schwab, J. J. (1978). Education and the structure of the disciplines. In I. Westbury & N. Wilkof (Eds.), *Science, curriculum, and liberal education: Selected essays* (pp. 229-272). University of Chicago Press.
- Valverde, G. A., Bianchi, L. J., Wolfe, R. G., Schmidt, W. H., & Houang, R. T. (2002).

According to the book: Using TIMSS to investigate the translation of policy into practice through the world of textbooks. Kluwer Academic.

Weiss, I. R. (1993). Science teachers rely on the textbook. In R. E. Yager (Ed.), *What research says to the science teacher: The science, technology, society movement* (Vol. 7, pp. 68-79).

National Science Teachers Association.

Wernersbach, T. (1987). *Developing scientific literacy in the secondary science classroom.* Educational.

White, B. Y., Frederiksen, J. R., & Collins, A. (2009). Designing learning environments that support inquiry. *International Journal of Learning Sciences*, 3(1), 45-54.

Windschitl, M. (2003). Inquiry projects in science teacher education: What can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice? *Science Education*, 87(1), 112-143. <https://doi.org/10.1002/sce.10044>

Yip, D. Y. (2004). Questioning skills for conceptual change in science instruction. *Journal of Biological Education*, 38(2), 76-83. <https://doi.org/10.1080/00219266.2004.9655905>

Zimmerman, B. J., & Schunk, D. H. (Eds.). (2001). *Self-regulated learning and academic achievement: Theoretical perspectives* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum.