

探索十二年國教自然科學教科書的設計原則 ——以「熱傳播」單元為例

黃茂在 吳敏而

自然科學領域課綱，以「探究與實作」為培養科學素養的方法，呼應十二年基本教育課程總綱之核心理念——「自發、互動、共好」。「探究與實作」對於教材的研發是極大的挑戰與改革；本研究探索此核心理念如何在國小自然科學教科書中呈現，並以「熱傳播」單元作為反思和分析的範例，試編一個教學單元。研究方法採用「設計取向」，在三年之間舉辦了四次密集的營隊來蒐集資料；研究團隊共同設計營隊內容；教學時相互支援和觀察；教學後深入討論和反思。

研究者從觀察筆記和會議紀錄中整理出關於教科書的「設計原則」，並試寫一個「教材原型」的單元。論文中簡述有關自然科學教科書中探究教學的設計原則，並提供熱傳播單元的例子。期盼研究建議能促進教科書的改革，並對課程、教材和教學的校準有所裨益。

關鍵詞：自然科學教科書、設計原則、探究教學

收件：2015年8月11日；修改：2016年3月1日；接受：2016年7月11日

Design Principles for Elementary Science Textbooks: An Study with a Unit on “Heat Transfer”

Mao-Tsai Huang Rosalind J. Wu

In response to an overall mission of “fostering learning independently and learning together,” inquiry learning and hands-on learning are to be the main objectives in the area of science of the 12-year integrated curriculum of Taiwan. This paper explores how these goals will be reflected in elementary school science textbooks, using the concept of “heat transfer” for reflective analysis. The three-year project employed a “design research approach” testing various ways to present inquiry activities to children in a series of summer camps. The research team collaborated on the design of the camps, recording the teachers’ directions and the children’s responses, and engaged in intensive discussions at the end of each day. Much of the discussion touched upon the design of learning materials. The paper describes the “design principles” obtained from the discussions, and present examples of a “prototype textbook.” It ends with a set of recommendations for future textbook design, and possible avenues for future textbook research and development.

Keywords: elementary science textbook, design principles, inquiry learning

Received: August 11, 2015; Revised: March 1, 2016; Accepted: July 11, 2016

壹、緒論

一、研究緣起

十二年國民基本教育（以下稱十二年國教）實施在即，國家應有一個教材發展的機制及方案，尤其在教科書開放民間編輯之後，持續進行課程和教科書的發展，這個教材研發的機制應是隨著孩子的學習以及社會的資源而不斷向前滾動，不應停留在課程綱要的解讀。

本研究的目的是要發展「教材原型」，不是要編一本教科書，跟以往發展的「模組」和「示例」也不一樣。教材原型的研發從學習切入，看看學生的學習過程和困難、看看老師怎麼幫助學生、怎麼鋪陳教學的情境，仿效環保概念車的建構理念，發展可供未來教科書量產時轉化的素材。

以目前課本、教師手冊、學生習作的教材編輯過程來看，似乎從編輯群、學界、以及使用的老師都有一些聲音，感覺有需要進一步去調動。也由於受限於審查的緣故，教科書的編者常認為無法放手去做心中所想要的教材，我們一直在思考未來教材原型要如何呈現，希望未來在教材與教法方面能有一些鬆綁，所以試著依照十二年國教的總綱和領域綱要理念，尋找出一些設計教科書的原則（design principles），方便審查者和編輯者使用與溝通。

九年一貫課程雖然以能力為基本，但目前自然科的教學，大都是在帶給孩子知識和概念，企圖給孩子考試時的正確或標準答案，缺少探究的歷程。十二年國教課程總綱以「成就每一位孩子——適性揚才、終身學習」為願景，以「自發、互動、共好」為課程理念，從教與學的觀點檢視上述內涵，協助孩子習得獨立學習和合作學習能力，是後續研發教學策略的核心，也是課程理念實踐的關鍵。同時，自然科學的領域綱要又強調「探究與實作」。在這課程校準（curriculum alignment）之際，正

是研發教材原型設計原則的最佳時機。

從「好奇探索→過程技能→知識概念→問題解決」的科學素養的學習過程中，背後都有個共同性，就是思考智能；它可以串接概念的理解，以及過程技能的方法和探究的能力，而這卻是一般老師較為缺少的部分。也因此，我們的研究從教學切入，去了解老師需要的幫助，或是告訴老師怎麼去幫助孩子，而不是單純地做出一份典範性的教材。

爲了探索國小自然科教材原型的設計原則，研究者以「熱傳播」爲主題，舉辦了四次營隊，試著從共同備課、學生學習觀察、課後討論的資料中，找出一些初步構想，並依構想試編一個教學單元。

二、研究目的

(一) 探討國小自然科教科書編寫「探究與實作」教學模式的設計原則。

(二) 探討國小自然科教科書編寫科學技能和科學素養內容的設計原則。

(三) 探討「設計爲本」研究法 (design-based research, DBR) 在課程與教學研發的功能和可行性。

三、待答問題

(一) 如何在國小教科書「熱傳播」單元中呈現「結構式探究」、「引導式探究」和「探究技能」？能不能根據研究資料找到可用的「設計原則」？

(二) 如何在國小教科書「熱傳播」單元中呈現科學素養和科學概念學習？能不能根據研究資料找到可用的「設計原則」？

(三) 如何運用 DBR 研發教材教學與推廣研發成果？

貳、文獻探討

一、探究學習的理論與研究

探究源於好奇，是自發性學習的典型。Piaget (1971) 關注「知識是怎麼形成的」(genetic epistemology)，認為兒童有自發性學習的能力，他提出知識建構的「自我協調理論」(self-regulation)，意指不能理解事物時，兒童有主動找尋新推動模式的認知本能，是促進認知成長的原動力。

Vygotsky (1978) 也強調個體認知與環境之間的互動關係，但是 Vygotsky 相信一個人在社會情境的規範下，要透過各種方法、策略來克服問題及改變環境 (context)；環境也因受到個體的作用而有變化。他提出 agency 的概念，認為個體並非僅僅依循既存的舊經驗去再製新的認知學習，兒童也具有主動學習與主動改變外在環境的動力，而去開創新的情境 (陳正乾，1995；陳淑敏，1994)。

Vygotsky (1978) 採社會建構取向，從歷史、社會和文化的角度探究人類高層次心理能力發展歷程，也強調語言符號在思考發展上所扮演的角色。他認為個體處於一個不斷改變的社會歷史環境，心理能力的發生是根源於社會，它的發展也是受到社會文化的影響 (陳淑敏，1996；游麗卿，1996)，要了解人類的心理歷程，不能從孤立隔離的實驗室研究結果來解釋，必須在兒童所鑲嵌的社會關係中尋找。

提倡邀請學生言談進入教學現場的學者們，都以 Vygotsky 的論述為基礎，而且使得課程設計圍繞著協商和意義的分析與解讀，讓教室言談成為教學研究的焦點 (Cazden, 1988)。其中，協同探究 (collaborative inquiry) 或學習共同體 (learning community) 的教室言談或小組互動，最接近 Vygotsky (1978) 和 Dewey (1933) 的理論。這些探究團體的互動以討論和溝通意見為主，以對話探究 (dialogic inquiry) 和協商 (negotiation) 為目標，希望得到的效果是提升和深化每位組員的理解。這方面的研究以 Wells (1993)、Wells 與 Chang-Wells (1992) 和佐藤學為

代表，在臺灣逐漸受到學者及教師的重視（歐用生，2012）。

基於探究教學是科學教育的趨勢，本研究的團隊都相當重視協同探究的學習模式，但是有許多結構式探究的過程當中也有合作學習的形式。

二、探究教學的研究

「探究」乃是人們爲了滿足好奇、澄清疑惑或解決問題的過程，也是科學家研究自然與理解自然的方法。「探究」也可以是學生獲得知識與了解科學概念與方法的途徑之一。

探究是多面向的活動：觀察、提問、以所知概念及實驗資料檢視資訊，使用工具蒐集、分析、解釋資料，提出解答、解釋、預測並溝通所獲得結論。探究需提出假設、使用批判、邏輯思考、及溝通不同的觀點（National Research Council [NRC], 1996: 23）。

探究是一個複雜、嚴謹、細膩的歷程（subtle and demanding process），不僅在深入觀察之後加以組織，更具有絕大彈性，不如教科書所提列的固定科學步驟；它不單指做實驗，更不限定在實驗室進行（American Association for the Advancement of Science [AAAS], 1993）。

探究式教學（inquiry-based teaching）讓學生經歷科學家探究歷程，藉以深化概念學習與理解，並培養探究歷程的相關思考技能、實作技能及科學態度。另外，學者也認爲探究式教學是更寬廣課程的概念，探究式教學發展，不單是爲了獲得科學方法學習，更不只於科學知識的學習，探究式教學亦可作爲一種科學素養導向的課程之設計（Short, Harste, & Burke, 1996）。

美國下一世代科學課程標準（Next Generation Science Standards, NGSS）提出「實踐」（practice）的概念，強調科學家與工程師之科學探究與問題解決經歷的重要性。「實踐」（practice）不只是動手操作

(hands-on)，除了建構知識以外，社會互動、討論、分析與推理都是「實踐」的一部分（NRC, 2013）。

探究式教學可溯及 Dewey（1933）提出問題解決的演繹——歸納法模式，其主要元素是：（一）問題的確定與定義；（二）假設的建立；（三）資料的蒐集、組織、分析；（四）結論的陳述；（五）考驗假設，將假設予以證實、拒絕或修正。由於不同領域課程重點與教學法的差異，研究者發展出不同的探究教學模式（洪振方，2003；陳文典，2004；楊秀停、王國華，2007；Llewellyn, 2002）。這些模式中細分的探究教學步驟不一，但是，儘管各探究式教學步驟略有差異，探究式教學必有的三個基本元素，包含（一）提出問題或假設；（二）規劃與執行探究；（三）蒐集與記錄資料並依此做結論（Llewellyn, 2002）。

儘管美國 NRC（1996）將探究式教學的課程設計列為教學標準，要求教師必須為學生規劃短期與長期的探究為基礎的科學課程，而教師也多認為探究式教學是重要的，但是研究指出，大部分的教師並不使用探究式教學（洪振方，2003；Hurd, Bybee, Kahle, & Yager, 1980; Lawson, 1995）。我們不能將問題簡化為教師不積極或專業不足。當教師提出探究式教學「進度太慢」、「學生能力不足」、「教材資源不足」等理由時，研究者或課程開發者必須嚴肅看待這些理由背後的「真相」。臺灣多數的科學教師並未具有探究式學習經驗，因而，獨自規劃探究教學實施架構，對他們而言是有困難的，甚至於教學活動是否具探究內涵，也不得而知。因此，落實探究式教學時，教師需要大量的協助（洪振方，2003；黃茂在、陳文典、吳敏而，2011；楊秀停、王國華，2007）。再者，探究式教學是個複雜歷程，不論是簡要的三個步驟或是複雜的六個步驟，它涉及探究歷程中學生的各項能力程度發展。如何有層次地規劃探究式課程，逐步發展學生探究學習能力與經驗，是落實探究式教學的關鍵。

Barell（1998）將探究分為三種類型，藉以引導教師逐漸熟練探究式教學：（一）教師主導的探究（teacher-directed inquiry）；（二）教師學生

共享的探究 (teacher-student shared inquiry); (三) 學生主導的探究 (student-directed inquiry)。這和 Llewellyn (2002) 所提出的四種分類也有共同的理念。前者是循序漸進引導學生走入探究學習，後者是讓教師逐漸熟悉並掌握探究教學的理念及精髓。

Bell、Smetana 與 Binns (2005) 提出學生學習活動是否有探究的關鍵問題是：「學生是否經由資料分析來回答研究問題」？該文以學生涉入探究的層次之高低，將探究教學分成驗證 (confirmation)、結構式的探究 (structured inquiry)、引導式的探究 (guided inquiry) 以及開放式的探究 (open inquiry)，整理如表 1。

從上述教師介入學生探究學習的程度，提供學生鷹架的深淺，研究者認為探究式教學之教材研發，首重於「結構式探究教學」，次為「引導式探究教學」。這兩種模式既是協助學生逐漸能獨立探究學習，也提供教師認識如何協助學生探究學習。本文將介紹這兩種探究式教學模式之教材設計原則，並以例子說明。

三、教科書改革的相關研究

教科書開放民間出版，刺激臺灣教科書相關議題的研究風潮，不同領域學者投入教科書的研究，也帶動教育界更重視與了解教科書的問題以及其所扮演的角色。歐用生 (1985a, 1985b, 1992) 的研究著重理論性分析，並探討教科書跟課程綱要整體理念的關係，如：各冊縱向橫向

表 1 探究教學四層次分類模式 (提供給學生的資訊由上而下減少)

探究層次	提問？	方法？	解答？
驗證	V	V	V
結構式的探究	V	V	
引導式的探究	V		
開放式的探究			

資料來源：整理自 Bell et.al. (2005: 32)。

的銜接、貫串一套書的意識形態等。周淑卿（2008）及周珮儀、林永豐、楊國揚、周淑卿與余霖（2012）的研究則以鉅觀的分析角度，來了解教科書的變革與發展、教科書的概念重建以及教科書的審查過程等，提出審查過程嚴謹與彈性之間的思考方向，以增加教科書的多元性。

曾玉村採用微觀的認知語言心理學分析法，研究自然科學教科書概念鋪陳的同調性（coherence）。陳麗華則領導研究生進行一系列系統化的教科書研究，包括文本內容、版本比較、板式設計、使用情形、地圖使用等。這系列的分析在內容上以社會科教科書為主，方法上以文本分析和問卷調查為主（林佳瑜、陳麗華，2013；陳麗華、林淑華，2008；詹寶菁、葉韋伶、陳麗華，2012）。

九年一貫課程實施初期，教育部（2003）曾出版教科書評鑑指標。其後，各領域學者採用德懷術的研究法（Delphi technique），廣集專家智慧，提出一系列教科書審查的評鑑規準（如：林俐君、陳麗華，2005；陳麗華、陳怡君、徐世瑜、詹寶菁，2005），嘗試將教科書審查的標準更客觀具體地呈現，藉以協助溝通，這個概念與本研究所探討的設計原則和教材原型的目標有相似之處。不過，該研究的出發點是幫助成人溝通，本研究的出發點是幫助孩子獨立學習和共同學習探索的能力。因此，在時間人力的投入上及方法上都有很大的差距。

四、「設計為本」研究法

從 Brown（1992）的開創性研究開始，DBR 逐漸受到學界重視，並強調它適合在教育場域中進行研發工作。教育生態並非一些活動、一連串事件或一組因素的集合，而是一系列交互作用的系統。而且，學習者又如同生態系統一般，是一個非常複雜的系統，包含多元的類型、層次和元素，不斷在產生複雜的交互作用。假如研究者嚴密地控制情境和變項、安排實驗組和對照組的實驗設計，則會嚴重的干擾正常的學習情境，並產生方法上和推廣上的問題。DBR 提供截然不同的研究取向，在

教學研發方面，有相當的參考價值。

Reeves (2000) 認為 DBR 是發展性的研究設計，傳統的實驗研究是實徵性的研究設計，他以圖表來說明兩種不同目標的研究設計之間的差異（參見圖 1）。從圖 1 可以看出，在 DBR 研究當中，理論和實務的相互關係是複雜且動態的。實徵研究試圖在單純、控制的情境中，直接應用理論去看一個教學策略是否有效，但不足以解決現實世界的複雜問題；反觀 DBR 研究法，則是試圖在真實世界中，針對一個存在的問題或想要造成的改變，來測試所設計的介入（intervention）是否實際且有效，因此 DBR 需要實務工作者和不同的教室情境產生互動與交互作用，逐漸釐清研究問題和解決問題的特徵，它是一種逐步接近、持續演化出介入想法之反覆循環歷程。

跟傳統實驗研究、行動研究和學科教學知能（pedagogical content knowledge, PCK）的關係比較之下，我們發現「設計原則」是 DBR 獨有的特點，也是其優勢（Cole, Puroo, Rossi, & Sein, 2005; Shulman, 1986）。Anderson 與 Shattuck (2012) 回顧過去 10 年的 DBR 文獻，發現愈來愈多教育情境的研究使用這個方法，且大多數論文的結論都指出他們的介入設計具有正向效益——提升學生學習成就或改進學生學習態度，同時也提供豐富的線索和原則來指導教師如何成功搭配教學介入和實務情境；DBR 的研究設計是整合教學設計與實施為基礎的研發概念，它的特色是協同的、整合的、循環的、有系統的研究發展模式（翁穎哲、譚克平，2008；The Design-Based Research Collective, 2003）。

參、研究方法

一、研究設計

在方法方面，本研究的 DBR 重點是反覆測試「探究與實作」理論和教學策略。在內容方面，本研究的觀察目標是力求真實課堂裡所發生

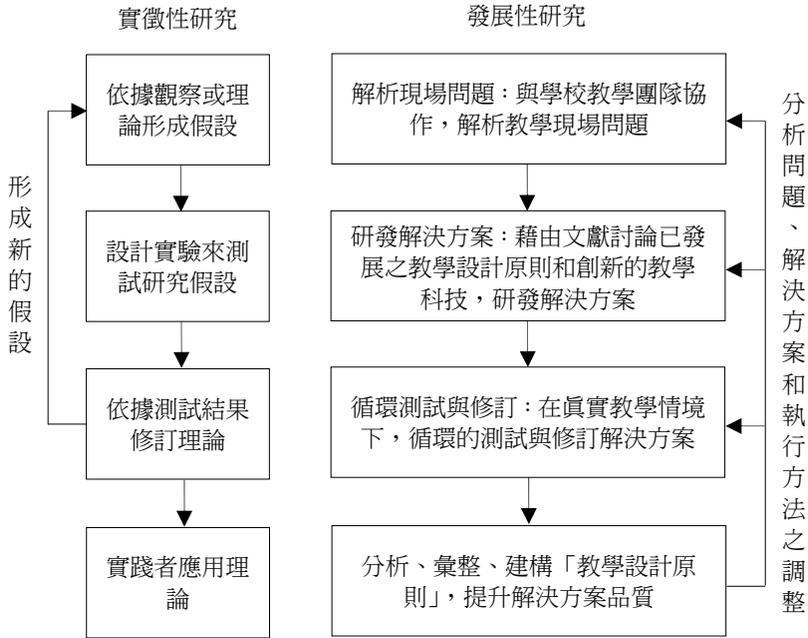


圖 1 實徵性研究和發展性研究的研究取向

資料來源：Reeves (2000: 9)。

的教與學。參考 Reeves (2000) 提出 DBR 四個研究過程，本研究四個階段描述如下：

(一) 階段一：解析現場問題 (2011 年) ——成立團隊，做文獻探討，解析課程教學問題，藉由文獻回顧，引導初期教學設計，連結文獻理論和問題的關係。

(二) 階段二：研發解決方案 (2012 年 1~7 月) ——團隊以自主學習能力、探究學習作為營隊教學目標，構思教學設計，共同備課。

(三) 階段三：2012~2014 年辦理四次熱傳播的營隊 (營隊一：2012 年 8 月，臺中；營隊二：2013 年 2 月，新北；營隊三：2013 年 8 月，新竹；營隊四 2014 年 7 月，臺中)，循環測試與調整解決方案。教師依據共同設計的「雛型」構想實施教學，研究員及參與教師擔任觀察者、記錄者，及接續對話時提出意見。每一次的介入、實行、觀察、蒐集資料、

分析對話，都是爲了讓研究團隊更清楚問題與解決方案，更是一種解決教學問題的探究歷程。

(四) 階段四：建構「設計原則」(2013~2014 年)——藉由教學實施的紀錄、反思、對話，提出教科書「設計原則」與熱單元「教材原型」。

二、研究團隊

研究團隊有 31 位成員，包含 2 位研究人員，2 位研究助理。學校參與人員 28 位，北區協同研究者來自臺北、桃園、新竹、苗栗，南區的來自臺南、高雄、屏東、澎湖，中區來自臺中。其中有 22 位教師具有 20 年以上的教學年資，有 2 位是校長，8 位擔任過主任或組長之行政工作。

三、研究對象

(一) 國小中高年級學生；(二) 熱傳播單元的教學內容。

四、研究步驟

本文參考 Reeves (2000) 提出「發展研究」(development research) 四個過程爲架構，分別是提出實踐問題、發展解決方案、測試方案、形成設計原則。「發展研究」是一種透過行動、反思、反覆測試與修訂歷程，發展解決方案及產生設計原則的研究模式。研究歷程中每一個階段，都是不斷反覆測試與修訂的過程。以下簡要說明反覆測試歷程，讓讀者了解「發展研究」的歷程。

第一~二階段：能力或科學素養導向的教學爲何？這是最初研究者和參與教師共同討論的問題。藉由研究文獻分析，提供團隊關於探究式教學的模式和概念，但是協作教師認爲探究式教學時間會不夠、學生先備經驗不足，因此很難在正式課堂實施，儘管教師多認爲很好教學，可

是無法在學校課堂實施。因此，我們把問題設定為發展「探究式教學原型」，探究式教學的原型是什麼？教材如何設計？教學關鍵因素是什麼？如何協助教師把已有的研究成果，落實到課堂。由於教師有授課進度的壓力，團隊決定先以營隊方式來實施。

第二~三階段：「探究式教學」的教學設計為何？教學觀摩與討論歷程，發現的問題：

（一）不會運用探究式教學：教師教學重點在於概念的獲得，忽略學習方法或思考，不論在實踐操作、小組討論或評量試題，教師總會在活動後歸納出「標準的答案」，缺少引導學生反思學習歷程，用了什麼方法、經歷什麼過程、學習到什麼經驗、還有什麼問題。

（二）教師被「傳達正確的知識概念」所束縛，教學的安排是很結構的，沒能放手給學生探索、思辨，也因為如此，學生很依賴教師的答案和說明。在教師無法放手、學生無法放心的課堂下，學生無法真的自學、互學。因此，我們把問題解決方案修改為「引導式探究」（guided-inquiry）教學設計為何？教師如何搭鷹架（scaffolding）協助學生探究學習。

第三~四階段：「引導式探究」的教學設計為何？教學觀摩與討論歷程，發現的問題：

（一）學生常常因為不熟悉探究的基本技能，例如溫度計的使用、科學閱讀或小組討論方法與態度等問題，教師得停頓教學進度，說明這些基本的操作方法，或者另闢授課時間。

（二）教師熟悉依照已規劃的步驟教學，卻缺乏系統性課程概念，在各單元安排基本功的學習。這個問題讓團隊決定要發展「結構式探究」（structured-inquiry）。將探究學習基本方法技能、自學及互學的方法，納入結構式探究，讓學生有機會練習。例如：如何討論、科學閱讀，以及變因控制、觀察記錄、推論等科學過程探究技能。

（三）歷經幾次的循環測試，不論在問題、解決方案多是歷經幾次

測試調整，最後團隊決定發展「引導式探究」與「結構式探究」的教材原型，並探討這兩種教學模式的設計原則，也是後文主要描述的重點。

五、研究資料整理與分析

教學行動、觀摩、與討論反思是本研究收集資料的主要方式，本研究所收集的資料包含營隊的錄影錄音和照片、觀察者的當場錄音、討論會議錄音、教學資料和學生資料電子檔。本論文所分析和報告的資料來自於討論會議的逐字稿和個人會議筆記。所引用的文字標出北中南組群、日期和發言人的身分。例如，SD 121015-R1 或 ND 130805-02。編碼意義說明如下，第一碼：研發學校所在區域，ND：北區，CD：中區，SD：南區。第二碼：日期，121015 代表 2012 年 10 月 15 日。第三碼：發言者，R1，R：研究員，1：序號。如為教師則以 01、02 等排序。

肆、結果與討論

本研究希望回答的問題是：如何設計以探究為重點的教科書？更具體的問法是：能不能根據研究資料找到可用的「設計原則」？能不能根據設計原則撰寫「教材原型」作為編輯的參考？如何運用 DBR 研發教材教學與推廣研發成果？因此，我們從三年研發工作所獲得的「熱傳播」營隊資料、會議紀錄、個人筆記和觀察錄音等，整理出關於教科書設計的項目以及討論發言較多的項目，來編一個「熱傳播」的單元原型。

以下討論三個待答問題。

一、關於「探究與實作」教學模式的設計原則

研究資料中有 3 個設計原則跟探究學習有關——結構式探究、引導式探究、探究技能——對教材原型的設計最有幫助，以下逐項討論。

（一）結構式探究

臺灣早期的教學，最常做驗證式教學，探究之前學生大概知道結果；現在國中教科書也呈現不少驗證式教學活動。

1993年課程標準重視過程技能的教學，教學模式大部分是由教師帶著一步一步走：教師說明第一步，學生執行後再等教師提出第二步。學生的任務和探究的問題都是教師提供的。學生跟著操作，記錄觀察或測量，結束後回答探究的問題。有很多老師以為這是「引導」學生。其實這是標準的結構式探究。

Bell 等人（2005）說大部分的美國教科書會採用結構式的方式書寫，讓學生獨立執行，臺灣的教科書亦是如此。可是，臺灣的教科書並未呈現完整的「步驟」或「方法」，所以都需要教師一步步說明。

活動操作的目的是培養孩子的理性思維。以往在課堂上多以口頭述說的方式，孩子在操作時比較沒有章法。這一次的活動，我們特別嘗試將步驟一步步寫下來，讓孩子可以順著步驟操作，也是一種訓練孩子有條理地操作活動的教學。（SD 121015-R1）

炒冰的學習單會以結構式探究來寫是有其用意的，現在的學生在科學操作上，步驟性愈來愈弱，因為我們現在不強調這個部分，注重的是開放式探究跟對話，雖然說不要限制學生，但是這個部分都沒有的話，學生會學不到條理性，所以有了這些步驟可以幫助學生了解科學的條理性，知道科學操作是有其步驟性的。另一個用意是讓學生有東西可以看著操作，不用一直去問老師，因為我們發現學生如果一直問老師的話，是學不到如何自學的，而學生要問問題的話，得先看過學習單再來問。（ND 130620-R2）

在營隊裡，發現很多學生進行結構式探究時不了解如何觀察，又不太會寫筆記，所以建議詳細地把步驟寫入教科書。有了這些步驟，學生可以按照自己的速度和理解獨立操作，也可以跟小組合作進行探究。

團隊歸納觀察的結果，理出幾個書寫結構式探究的設計原則：

1. 探究問題——教科書提出探究活動時，最好是用探究問題做標題，以引出好奇、點出探究目的。

2. 應用已知——學生須學到應用已知做探究，所以在活動說明中先標出已知，讓學生可以稍作練習，知道可以從哪個角度思考問題。

3. 操作步驟——內文列出所有的操作步驟和所有要記錄的項目，讓讀者能夠獨立操作，或是跟組員合作完成，不必等著全班同步運作。

4. 探究技能——探究活動的每個操作步驟所用的技能名稱，如：測量、觀察，用特別字體或色彩凸顯出來。目的是讓學生逐漸認出各探究技能的應用。

5. 討論與解釋——步驟和指示說明之後，必須回到標題上的問題討論和解釋。結構式探究的目的是要引起討論，不是為了答案和知識，所以教科書的語氣要重視學生的解釋，幫助老師保持開放的態度，也希望學生在互相解釋想法的過程中，能練習科學概念的表達。

6. 教師手冊——提供其他幾個相關結構性探究活動給教師選用，以配合學生的知識層次和能力，也提供學生可能有的困難或想法，幫助教師分析學生的思路或迷思，依據實況和觀察回應學生。

（二）引導式探究

教學後的討論中，我們發現自然科教科書較不常出現引導式探究的主要原因，在於教師誤解「引導」的意思；很多教師以為告訴學生接下來要做什麼或想什麼就是「引導」的意思，忽略了「協助」學生應用個人已知和能力的環節。第二個沒有進行引導式探究的原因：教師不曉得如何協助學生。

老師要很清楚自己的目標是什麼，才知道要怎麼布局，可能給了一些引導語後，學生會說出什麼，然後要知道學生說的哪些東西要抓住，繼續追問下去，所以老師要能從學生說出的東西中，在很短的時間做

選擇。(ND 130620-02)

這個現象跟美國的狀況類似 (Thier & Daviss, 2001)，最能培養探究能力的教學模式，卻是教師最不會用和最不常用的，因為須先看到學生的潛力，再了解如何搭上有效的鷹架，不是簡單的事。再者，教師不曉得提供鷹架後不能過多干涉，缺乏等待孩子探究的耐心，急著要看到探究的成果。

我是使用引導式教學，有時是老師丟一個東西出去、學生接，有時是學生丟一個東西過來、老師接，我在課堂上會把學生說的重點寫在黑板上，或是如果有助教幫忙記下這些關鍵詞語的話，活動結束之後，讓學生看著這些關鍵詞語，再寫下自己想法有什麼改變或是獲得什麼新的想法是可以的。(ND 130805-02)

就我的理解來說，當學生對於操作步驟方面不清楚時，結構式探究會直接給學生操作步驟，引導式探究可能是提供學生一些步驟，但是要他們重組順序，或是提供給他們步驟並不完整，要他們再補充，以這個模式來說，目的由老師提供，而操作方式是師生共同完成，老師跟學生各負責一部分，或者可能是由老師引導出活動主題、目的，然後操作步驟放給學生去形成，也是一種引導式探究。(ND 130620-R1)

老師們在一個課程的收尾時，不論學生在過程中是否有得到那個概念，通常都會直接講出那個概念作為總結，但我們認為收尾應該是要幫助學生看學習的歷程，他們做了什麼事，想了什麼東西，並不是只有那個概念而已。還有幫助學生看到自己跟別人的差異，比如有些東西自己有做出來，別人沒做出來，或者是相反的情況，因為以自學、互學來說，自我了解跟自我評估是很重要的。(ND 130620-R1)

團員反覆的嘗試、反覆的反思、討論，整理出幾個教科書中如何寫出「引導式探究」的設計原則。

引導式探究的設計原則，前五個原則跟結構式探究一樣：用問題做標題、標出應有的已知、標出或寫出技能的名稱、透過討論澄清想法、練習表達。此外，還增加下列的設計原則：

1.探究步驟——探究步驟大致如下：

(1) 以結構的形式開始，把探究問題和前面的幾個步驟提出來，然後依探究練習的重點，請學生「接手」。

(2) 要求學生做一個決定（如：決定測量方法）、選一個行動（如：選一個變因）、解決一個問題或設計一個實驗等等。

(3) 學生做了這些決定、設計之後，就獨立或分組完成。

(4) 整理資料、討論結果、解釋發現、檢討設計、做出結論。

至於開放給學生的步驟，則依單元內容和學習目標來決定。

2.教學目標——引導式探究的設計，給學生練習特定的探究技能，不是給具體知識或答案。具體知識讓學生透過教師說明和獨立閱讀來學習。

3.教師手冊——教師手冊告訴教師探究活動進行的前、中、後的注意事項，如：做哪些學生行為的觀察、哪些地方不宜幫忙或糾正、可能有哪些機會教學的時機、確保教師尊重學生的嘗試。

(三) 探究技能

探究技能的涵義非常廣泛，包括科學過程技能、討論技能、溝通技能等等，研究會議中都有列入討論。許多教師注意到九年一貫的教科書很少使用探究技能的名稱，誤以為上課時不應該說出技能的名稱，發現學習效果比往日差，所以建議每項探究技能都應該在教科書中適當的直接說明和清楚的交代。討論者認為探究技能本身不是學生能自己摸索出來的，需要長時間而且有很多機會用不同內容來練習、磨練技能。

我們認為三年級之前就要培養出最基礎的觀察技能、表達技能等，幫助學生練習探究。

這個禮拜給我的感觸是，未來的原型，除了我們原本要給的科學技能或概念外，我希望能在課程裡含有表達能力或展演的方式，這些可能不是在自然才有的但卻是很基本需要的東西。……某些單元也許適合某些方式，如適合討論，我們就可以將討論的方法包含在內；如適合展演，我們就可以將展演的方法包含在內，將這些方法嵌入在科學學習內，會讓學習比較完整。(CD 120816-03)

以前 82 年的課程，在一年級時，有透過五官觀察生活週遭，這時會談到聽覺，但後來沒有了。再來我們以前用五官觀察時，除了談到聲音具有可辨認的特徵外，還提到聲音背後的訊息，像是聽到小鳥叫，怎麼知道牠是在呼朋引伴，還是在警告其他同伴，這些東西我覺得很重要，但現在的生活課程少了這一塊，導致現在的學生有點太脫離生活，而一頭栽進科學的世界。(ND 121018-02)

我們認為教師除了歸納和統整科學概念以外，還需要替學生歸納過程技能。

直接說什麼最熱、什麼最冷、什麼是對的……，是一種概念上、答案式的歸納，但老師應該要給學生過程性的歸納，例如跟他們說看到哪位學生找到很接近的資料，而且會用這個資訊跟別人討論，這是一種鼓勵，也告訴學生這是他們該做的事，這就是科學探究過程的學習。我覺得教過程技能的頭跟尾應該要好好設計，與課程更緊密連結。(ND 130606-R2)

因為我們在三~五年級已帶給學生不同的過程技能，希望到了六年級，他們能有統整的能力。教學過程中，我們發現學生最缺乏探究教學的前跟後，「前」是問題的發現及釐清，在這邊是需要一些對話，通常是老師與學生對話，老師也需要作一些思維的示範沒錯，可是不見得要跟全班一起，可以跟某一組對話作為示範，其他組仿照這樣的模式來對話就好，這些都是幫助學生澄清問題的方法。「後」則是如何整理這

些發現，然後又再發現問題。在探究教學，老師常反映收不回來，但是我們覺得學生還是要經歷這些歷程，帶給他們科學素養。(ND 130502-R2)

以下是幾個教科書呈現探究技能的設計原則：

1.探究技能的定義——除了在探究活動中醒目標出探究技能的名稱，每冊應有章節或附錄把最基礎的技能放在一起，並依該冊的程度做說明，表示它們是做科學研究的核心。教師須注意，這些定義幫助學生理解和溝通，但不必記憶或測試。

2.探究技能的例子——從三年級開始，各冊每一個單元最少有一項技能的詳細操作；1年之內，每項技能最少獲得一次的練習。每次的例子須用不同的科學概念或議題來練習。

3.探究技能的名稱——科學專用的術語不必閃避，只要常在文意的脈絡中使用且用得正確，不必解釋，學生就會逐漸了解術語的意思。同時，有些科學用語（例如「觀察」）與日常生活的意思不同，必須在教科書中多讀到、在課堂上多聽到，才會獲得科學的用法。

4.科學本質——科學的思維模式和精神須加入探究方法的說明，讓學生一邊動手，一邊動腦。

5.教師手冊——須提供教科書以外更多的技能練習和例子，協助教師依據學生的已有知識來練習技能。

二、關於「科學素養與科學概念」教學模式的設計原則

討論中有四個設計原則跟科學素養和科學概念形成的學習有關——概念的連結、科學閱讀、圖像運用、戶外學習——對於教材的設計最有幫助，以下逐項討論。

(一) 概念的連結

「探究」需依附在學習內容，連結學科概念，而概念發展經常是彼此間相關聯。一個單元的設計無法脫離與其他單元的連結，所以跟「熱」的概念相關的連結，和概念內容的鋪陳，也是單元設計必須考慮的。關於概念連結和鋪陳的設計原則，有以下的討論：

1. 單元間需要連結

我個人的教學經驗，發現課程綱要的設計講求螺旋化，但實際的設計是片段化的。學生的學習也是隨著老師的教學是片段式的記憶，老師沒有教的片段，學生就不會記得。(SD 121015-05)

2. 概念需要連結生活

日常生活中每天遇到的，或是身穿白色或黑色衣服所感受到的，學生也不會連結到課堂上來。(SD 121015-05)

莫耳的概念其實跟雞蛋一打 12 個或飲料一箱 24 瓶是類似的，是為了讓人方便計量，但在教科書中卻弄得很複雜、抽象，讓學生搞不清楚。一般的教科書課程只是給他們一個標準答案，常缺少情境的鋪陳，學生也少了想像的空間來思考這些概念。(SD 120809-R2)

3. 單元間的概念需要有「同調性」(coherence)，例如，很多現象都可以用相同的基本概念來解釋，即是概念和概念之間能夠「校準」(concept alignment)。

其實輻射計應該要從粒子碰撞的角度來談會比較清楚，……讓學生透過顯微鏡觀察花粉的布朗運動，但是後來刪掉了，布朗運動是物理中很重要、根本的概念，……後來國中部編本教材，也是從粒子碰撞的概念來講擴散。(SD 120816-R2)

所以教科書可以適度的應用科普的編寫方式，例如，用很清楚的方式詮釋原子及分子、利用比例尺詮釋奈米……等，對於學生來說，插圖很重要，不一定要實際操作過實驗，學生就可以看圖理解。(SD 120816-R2)

熱分子的部分我們原本一直思考要不要帶進來，後來決定避開，但學生卻在課堂上自己說出來。他們有看到也可能不是很清楚，但可以透過書籍來找尋答案。(SD 120816-R2)

當學生看到熱分子很有興趣，對於學習就會產生幫助，但現實卻因教材的內容而被迫刪除這部分，這就是我們如果不把教材鬆開，學生的學習就會被框限的原因，且這與我們希望學生的學習更有創造力、更有興趣是衝突的。(SD 120816-R1)

4.課程銜接——教師們提出兩個重要的課程銜接：第一個是領域間的銜接。改革時注意各領域在分與合的時候，不會產生太多重疊或漏掉重要的技能。第二個是領域內的銜接。九年一貫課程在國中、國小教科書的內容和形式上沒有銜接，國小以動手操作和討論為主，國中教科書結構嚴謹，卻過於重視知識的記憶，忽略科學素養。

(二) 科學閱讀

大部分關於閱讀的討論，都在談課外閱讀，因為目前的國小自然課本幾乎沒有閱讀素材，不過，閱讀是自發式學習的主要管道，團員都認為學生必須有更多閱讀的機會，而且，主要的閱讀素材，即科學概念的說明，應該放在教科書裡。討論時許多教師擔心課本放太多概念，會增加考試的負擔，所以一再強調教科書中放閱讀內容的目的，是提供探究時的參考，並非考試的依據。而且，為了鼓勵學生運用閱讀資訊和已有知識進行探究，部分的測驗可以採用「帶書考試」(open book)的形式進行，表示運用資訊的能力比記憶教科書內容更重要。這個概念符合國

際評量計畫 PISA (Programme for International Student Assessment)，其重點是一致的。

像《觀念物理》這類的書籍提供給學生參考，提供這些書的目的不是要讓學生完全看懂，而是要會從中抓取點點滴滴的資訊。(SD 120816-R2)

重點不是文本中所有的知識都要進到學生的腦袋，學生是在練習閱讀，練習整理科學概念，他們並不是要知道每一隻動物是怎麼發出聲音的……。(ND 121116-R1)

教材原型的科學閱讀書寫原則如下：

- 1.書寫方式——每一小段用說明性的語言寫出科學知識，並加入例子的敘述，寧可多寫幾句話，避免枯燥的純說明和冗長的複雜句子。
- 2.閱讀策略——每一單元加入一小節說明科學閱讀的策略並舉例，讓學生閱讀時可以練習該策略。
- 3.閱讀回應——每一小段之後，提出一個統整性的問題，協助學生獨立回應和學習。學生需要有機會表達閱讀時發現的新知，但不必寫大意或回答知識性的問題。
- 4.科學本質——閱讀素材中須有科學家的思維和態度的描述，例如：科學名人的反思；新資料或新科技進來時，會推翻牢固的理論。
- 5.教師手冊——說明教學時如何協助學生運用閱讀素材做探究的討論，但不必直接教閱讀素材；提供更多的閱讀資源給學生探究時做參考。

(三) 圖像運用

營隊的教學使用了不少圖像和立體的操作，因為團隊認為圖像能協助學生整理自己的想像和表達自己的設計或「發明」。這些操作非常成功，因此，團隊非常重視未來教科書的版面設計和圖像使用。

表格的閱讀有兩個層次，一個是會讀，一個是要能夠解釋；……今天我覺得學生有困難的部分不是有關科學的問題，他們有做推理和思考，但是他們沒讀懂資料；當學生講出推論的時候，教師不妨追問他們是從圖表的哪個部分得到這樣的結論，這種方式仍可幫助學生抓取和表達表格訊息，但不必從頭教他們怎麼閱讀表格。(ND 120719-R1)

根據討論的方向，擬出以下幾個設計原則：

1.插圖——照片有真實感，但是有時候，手繪的插圖比照片更清楚呈現重點，應由了解教學重點的畫家繪圖。

2.讀圖策略——科學閱讀策略的說明須強化圖表的閱讀、詮釋、推論和設計，不但幫助學生閱讀教科書中的圖表，更需要給學生練習設計自己的圖表。

3.教師手冊——提供教師更多的圖表來協助不同讀圖和用圖能力的學生；提供運用立體操作的方法來增進學生形成概念的方法。

(四) 戶外教學

營隊中發現，戶外教學不但是提供學生探索體驗大自然的學習方式，更是統整和應用科學知識的機會。可是，引導的方法很重要。第一次的參觀，團隊倚賴當地解說員的說明，發現學生只跟著走、跟著聽，獲得熱相關的概念不多，事後需要教師再幫忙做連結。第二次的參觀，團隊事先提出觀察的重點，引導學生找例子、討論、寫筆記、解釋現象。學生帶著問題和任務出發，自己主動找到熱傳播的現象，並熱烈的交換意見，是個很成功的戶外教學。

根據討論和成果，擬出以下的原則：

1.戶外教學的描述——每冊教科書中最少寫出一個戶外教學的例子，但教師不必依照教科書的地點和內容教學，應以學校所在地來決定。指引中提出更多的地點和模式。描述以第一人稱為佳，提供學生報告經驗的模式和思考的過程，少用說明性的語氣，應使用較有故事性的

表達方式。

2.觀察的重點——戶外教學的關鍵在出發前給學生的準備，他們必須事先了解觀察的重點，須帶著探索問題去，帶著想法回來討論。

三、關於運用 DBR 研發的討論

研究討論中，我們持續反思 DBR 的使用方法，有 3 個話題反覆出現：

（一）DBR 是研發，它不是要證明任何變項之間的關係、不是提出結論，也不是要證明（prove）理論的正確性或有效性，它的重點是要改善（improve），要拉近教育理論和現場教學方法的距離，強化教學設計。DBR 的協同探究過程讓每位成員採用新的觀察角度和思考角度，整理出既創新又符合課程綱要理念的設計原則。團隊發現教案的設計和單純的觀課是不足的，共同討論和反思才是關鍵。教師們逐漸對 evidence based 的看法有所改變，不過度倚賴證明績效的 evidence 或強求「有效教學」，開始透過互相觀察、反思、討論來調整和改善自己的教學。

（二）我們發現這次的 DBR 研究很像學習者的團體探索（fostering community of learners, FCL）（Brown & Campione, 1994），接近 Brown（1992）早期的 DBR 研究：較少清晰的研究假設，較多模糊的觀察、摸索和討論。我們希望下一循環能夠在學校課堂裡進行更聚焦的觀察和討論。

（三）DBR 的研究流程讓我們悟出「教案設計」、行動研究和各類競賽在推動教學時的不足；「設計原則」一方面溝通教學重點和原則，另一方面有足夠的彈性讓教師發揮創新教學。

四、關於教材教學研發成果推廣的討論

討論時經常有「可是，假如○○不改變，編出理想的教科書也沒用」的話語。最常被提及的○○有 4 個：

(一) 課程銜接——教師們提出兩個重要的課程銜接：第一個是領域間的銜接。改革時注意各領域在分與合的時候，不會產生太多重疊或漏掉重要的技能。第二個是領域內的銜接。九年一貫課程在國中、國小教科書的內容和形式上沒有銜接，國小以動手操作和討論為主，國中教科書結構嚴謹，卻過於重視知識的記憶，忽略科學素養。

(二) 學校行政制度——教育行政制度跟不上教育理想，例如，爲了排課方便，自然科學逐漸由缺少自然科學背景的級任教師任教。改革後的教科書，能夠補足教師所缺的專業嗎？這是非常大的挑戰。

(三) 教師專業發展——雖然參與營隊工作的設計者和教學者，大部分都是資深教師，其中有輔導員，也有民間教科書出版社的撰稿者，但是大部分的參與者認爲「教材原型」、「設計原則」和「探索教學」的三個類型是相當陌生的概念。教授、研究員和教師們都關心目前教師專業成長的管道和方式，無法培養出探索型教師的質和量。不過，改變教科書也可能會幫助教師改變；能夠讓學生獨立學習的教科書，或許也能促進教師和教學的改革。

(四) 考試制度——探索型教學所期盼的是教科書不做考試的複習本，考試不跟升學掛勾，真正的測出學生的潛力和能力。

以上四項，正是 Rothman、Slattery、Vranek 與 Resnick (2002)、賴志峰 (2004) 與謝政達 (2010) 所提出的課程校準 (curriculum alignment) 概念；當課程理念要求我們發展孩子的思考和能力時，教科書、教師專業成長、教學方法和學習評估都必須擺在同一條線上，而且一個都不能少。

伍、結論與建議

一、結論

（一）自然科學教科書的設計原則

1.支持探究與實作的設計原則——本研究澄清「結構式探究」、「引導式探究」和「探究技能」的關係、教學目的和書寫原則。探究技能應直接說明，探究步驟和例子也需要在教科書中寫出來。設計原則中則辨別結構式探究和引導式探究的寫法。開放式探究的設計原則也應該在教科書中提出探究問題和探究方向。

2.發展學生科學素養的設計原則——學生用書的設計原則項目包含科學閱讀策略指導、概念的連接與鋪陳、戶外教學等。教師手冊宜多說明教學的原則。

（二）教材原型的試編

1.根據上述的設計原則試編了一個「熱傳播」的單元，顯示設計原則是一件可以實現的事情，並能幫助教科書編者和審查者之間的溝通。

2.在編輯過程當中，發現不同的探究模式和學習重點需要不同的寫法；現行的教科書多採用固定的寫法，這是需要改善的。而且，設計原則應給予充分的彈性，在不同的學習階段或不同的學習內容，允許多元的編輯形態。

3.在嘗試不同的編輯和書寫模式之際，了解到教科書的設計應注意到明示學習（explicit learning）和內隱學習（implicit learning）之間的平衡（林裕仁、洪振方、高慧蓮，2009）。目前國小的自然科學教科書的明示學習不足，國中的則缺少內隱學習的鋪陳。

（三）設計原則的功能

1.設計原則幫助研究者研發教材原型。

2.設計原則幫助編撰教科書的工作者自我檢核。

3.設計原則的概念開闢了審查者和教科書編者的溝通管道。相對於目前的評鑑規準（陳麗華等人，2005），設計原則的規範性較低、建設性較高。

4.設計原則是一種討論標準和要求的溝通方法，也適合用來幫助教師設計和執行教學活動。相對於教案示例，原型的例子增加了師生互動的原則，在辨別結構式探究和引導式探究的操作特別有效。

（四）「設計為本」的研究法

1.本研究開拓「設計為本」的長期研究，雖然距離理想的運作相當遠，希望藉由本文的出版，能顯示它在教材教法研發的理念和功用，引發教育研究法的改革。

2.目前教科書設計的研究多使用問卷調查、訪談和文本分析，這些過程缺乏 DBR 的三個元素：協同探究（collaborative inquiry），反覆試用（iterative measures），現場學習的觀察與討論。

二、建議

（一）教科書設計原則的沿用

1.目前教科書編者和教學者只能「模仿」前例，審查和出版社只能談評鑑規準，建議十二年國教教科書試用設計原則作溝通工具之一。

2.建議各學習領域依總綱的精神和理念發展教科書設計原則。

3.建議國家教育研究院開發更多教材原型給出版社和教學者參考。

（二）DBR 在教育改革的應用

1.臺灣教育的升學和考試制度的緊張狀況，不容許把學生當研究的「實驗品」，DBR 是未來的教育研究的重要研究方法，所以建議教材教法的研發考慮採用 DBR 的模式。

2.本研究團隊含研究員和教師。建議日後研究延攬研究生加入，讓研究生更熟悉 DBR，並協助團隊發展理論與研究工具，書寫論文。

3.參與研究的教師則負責教學創新、試教，並成爲日後輔導團體的核心成員。

（三）教科書改革的支持系統

臺灣教科書的改革需要行政上的支持和配套。須有的配套包括：

1.教科書的價錢——支持學生獨立學習，增加教科書的厚度、調整教科書的價格規定。

2.教科書和考試之間的關係——十二年國教自然科學的綱要強調探索與實作，考試應測量的是學生的探究能力，教科書的內容不再是測試的重點，而是探究的開始。

3.教師專業成長——未來的教學模式以引導式探究爲主，教師不能只「教教科書」，要了解如何「用教科書」，並且在教學過程中觀察學生的探究技能來調整教學。現行的演講和工作坊可能不足以幫助教師改變。

21 世紀的教育須有巨大的典範轉移 (paradigm shift) (鄭燕祥，2006)。上述幾項大改革已有不少學者提出 (陳佩英、曾正宜，2010；Engestrom & Sannino, 2010; Hargreaves, 1994)，本研究進行了大架構中的一小塊，這一小塊必須跟大架構做連結，才能充分發揮十二年國教課程總綱的精神。

參考文獻

- 周珮儀、林永豐、楊國揚、周淑卿、余霖（2012）。論壇：新國教下談教科書變革。*教科書研究*，5（2），125-151。
- 周淑卿（2008）。豈是「一本」能了？——教科書概念的重建。*教科書研究*，1（1），29-47。
- 林佳瑜、陳麗華（2013）。國小高年級社會教科書中學生中心取向教學設計之研究。*教科書研究*，6（1），87-123。
- 林俐君、陳麗華（2005）。社會教科書中社會行動教材的評鑑規準的初探。*初等教育學刊*，21，46-69。
- 林裕仁、洪振方、高慧蓮（2009）。科學本質明示教學中的契機與困惑。*屏東教大科學教育*，29，17-29。
- 洪振方（2003）。探究式教學的歷史回顧與創造性探究模式之初探。*高雄師大學報*，15，641-662。
- 翁穎哲、譚克平（2008）。設計研究法簡介及其在教育研究的應用範例。*科學教育月刊*，307，15-30。
- 教育部（2003）。國民中小學九年一貫課程教科書評鑑指標。臺北市：作者。
- 陳文典（2004）。主題式教學活動設計。臺北市：國立教育研究院籌備處。
- 陳正乾（1995）。從維高斯基的理論來討論其對幼兒教育的應用。*教育資料與研究*，4，14-19。
- 陳佩英、曾正宜（2010）。探析專業學業社群的展化學習經驗與課程創新行動。*教育研究集刊*，57（2），39-84。
- 陳淑敏（1994）。Vygotsky 的心理發展理論和教育。*屏東師院學報*，7，121-141。
- 陳淑敏（1996，1月）。從社會互動看皮亞傑與維高斯基的理論及其對幼教之啓示。載於臺北市立師範學院兒童發展中心主辦之「皮亞傑與維高斯基的對話」學術研討會論文集（頁25-26），臺北市。
- 陳麗華、林淑華（2008）。社會學習領域第二、三、四學習階段教科書中社會行動取向教材之比較分析。*課程與教學季刊*，11（3），93-127。
- 陳麗華、陳怡君、徐世瑜、詹寶菁（2005）。九年一貫課程教科書評鑑規準——課程統整取向。*初等教育學刊*，20，1-38。
- 游麗卿（1996，1月）。Vygotsky 對研究概念發展的啓示。載於臺北市立師範學院兒童發展中心主辦之「皮亞傑與維高斯基的對話」學術研討會論文集（頁209-221），臺北市。
- 黃茂在、陳文典、吳敏而（2011）。科學課堂之探究式教學實踐之關鍵因素探討。臺北市：國家教育研究院。
- 楊秀停、王國華（2007）。實施引導式探究教學對於國小學童學習成效之影響。*科學教育學刊*，15（4），439-459。

- 詹寶菁、葉韋伶、陳麗華 (2012)。以教科書之插圖與版式設計增進教學藝術之觸發——以社會科教科書為例。《教科書研究》，5 (1)，47-84。
- 歐用生 (1985a)。我國國民小學社會科教科書意識型態之分析。《新竹師專學報》，12，91-125。
- 歐用生 (1985b)。社會學習領域教科書審查歷程之分析。《教育資料集刊》，29，225-246。
- 歐用生 (1992)。國小生活與倫理教材革新——邁向人性化教學。《教師天地》，59，36-41。
- 歐用生 (2012)。日本中小學「單元教學研究」分析。《教育資料集刊》，54，121-147。
- 鄭燕祥 (2006)。《教育範式轉變：效能保證》。臺北市：高等教育。
- 賴志峰 (2004)。課程連結理論之探究：課程標準、教學與評量之關係。《教育研究集刊》，50 (1)，63-90。
- 謝政達 (2010)。初探國中藝術與人文教科書教學和能力指標之校準研究。《教科書研究》，3 (1)，41-71。
- American Association for the Advancement of Science. (1993). *Science for all Americans*. Washington, DC: National Academy Press.
- Anderson, T., & Shattuck, J. (2012). Design-based research: A decade of progress in education research? *Educational Researcher*, 41(1), 16-25.
- Barell, J. (1998). *Problem-based learning: An inquiry approach*. London, UK: Corwin Press.
- Bell, L. R., Smetana, L., & Binns, I. (2005). Simplifying inquiry instruction: Assessing the inquiry level of classroom activities. *The Science Teacher*, 72(7), 30-33.
- Brown, A. L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *The Journal of Learning Sciences*, 2(2), 141-178.
- Brown, A. L., & Campione, J. C. (1994). Guided discovery in a community of learners. In K. McGilly (Ed.), *Classroom lessons: Integrating cognitive theory and classroom practice* (pp. 289-325). Cambridge, MA: MIT Press/Bradford Books.
- Cazden, C. B. (1988). *Classroom discourse: The language of teaching and learning*. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Cole, R., Puro, S., Rossi, M., & Sein, M. K. (2005, September). *Being proactive: Where action research meets design research*. Paper presented at the ICIS 2005 Proceedings, Caen, France. Abstract retrieved from <http://aisel.aisnet.org/icis2005/27>
- Dewey, J. (1933). *How we think*. New York, NY: Heath and Company.
- Engestrom, Y., & Sannino, A. (2010). Studies of expansive learning: Foundations, findings and future challenges. *Educational Research Review*, 5, 1-24.
- Hargreaves, A. (1994). *Changing teachers, changing times: Teachers' work and culture in the post-modern age*. London, UK: Cassell.
- Hurd, P. D., Bybee, R. W., Kahle, J. B., & Yager, R. E. (1980). Biology education in secondary schools of the United States. *American Biology Teacher*, 42(7), 388-410.
- Lawson, A. (1995). *Science teaching and the development of thinking*. Belmont, CA: Wadsworth.

- Llewellyn, D. (2002). *Teaching high school science through inquiry: A case study approach*. London, UK: Corwin Press, A Joint Publication with the National Science Teachers Association.
- National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council. (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. Washington, DC: National Academy Press.
- Piaget, J. (1971). *Genetic epistemology*. New York, NY: W. Norton & Company.
- Reeves, T. C. (2000, April). *Enhancing the worth of instructional technology research through "design experiments" and other development research strategies*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, New Orleans, LA.
- Rothman, R., Slattery, J. B., Vranek, J. L., & Resnick, L. B. (2002). *Benchmarking and alignment of standards and testing*. Los Angeles, CA: National Center for Research on Evaluation, Standards, and Student Testing.
- Short, K. G., Harste, J. C., & Burke, C. (1996). *Creating classrooms for authors and inquirers*. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- The Design-Based Research Collective. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5-8.
- Thier, H. D., & Daviss, B. (2001). *Developing inquiry-based science materials: A guide for educators*. New York, NY: Teachers College Press.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wells, G. (1993). *Changing schools from within: Creating communities of inquiry*. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Wells, G., & Chang-Wells, G. L. (1992). *Constructing knowledge together*. Portsmouth, NH: Heinemann.