

國小自然科學領域教師的 「探究與實作」課程知覺

吳柏菱*

國立臺灣師範大學
師資培育學院
助理教授

壹、前言

《十二年國民基本教育自然科學領域課程綱要》(以下簡稱《自然領綱》)基本理念強調：科學源於人類對生活周圍的好奇或問題解決需要，並在文明演進過程中持續藉由探究而積累，不僅已成為文化重要內涵，更應成為國民基本生活素養：能善用科學知識、方法與態度對現象或問題做出評斷、付諸行動或嘗試創新，並瞭解科學的貢獻與限制。特別是現代科技與其衍生問題正以前所未有速度發展，《自然領綱》揭示各學習階段皆應重視並貫徹「探究與實作」的精神與方法以提供學生統整的學習經驗(教育部，2018)。

然而，課程學者 Goodlad (1979) 曾揭橥課程極具複雜性與變動性，受制於不同層級的決策。以十二年國民基本教育課程實施為例，參看《十二年國民基本教育課程綱要總綱》之修訂背景與基本理念，可知自發、互動及共好之「理想課程」(ideal curriculum) 的倡議脈絡(教育部，2014)。其後，經國家教育研究院邀集專家學者研究、草擬、檢核、社會溝通、修訂，再經教育部課程審議會審查、決議與公告，「正式課程」(formal curriculum)——《十二年國民基本教育課程綱要》始成為出版商編寫教科書、學校本位課程發展以及教師教學、評量的最高法定依據。但在真實教育現場，教師是第一線課程與教學實踐者，會依循自身教育哲學和教育專業發展脈絡來理解、詮釋甚或選擇性引用課綱內涵，發展出各自獨有的教師「知覺課程」(perceived curriculum)。然而，因著教學情境中的學生及環境等因素或更多難

* 通訊作者：吳柏菱，通訊方式：polingwu@ntnu.edu.tw

收稿日期：2026/7/27；修訂日期：2026/8/12；接受日期：2026/9/14

DOI:10.6249/SE.202609_77(3).0025

已預料的變數，便衍生出風景迥異的真實「運作課程」(operational curriculum)。最終，課堂中各自裝備著多元差異的學生甚或老師自身也收穫專屬其個人的「經驗課程」(experiential curriculum)，並因此對學習之意義與效能擁有各自獨有的認識與論述。

回應上述課程決策論點，「正式課程」——《自然領綱》已於民國 107 年公告，並於 108 學年度起逐年實施；於是，學校自然科學教師對《自然領綱》強調「探究與實作」內涵之「知覺」，便成為實際「運作」課程的重要關鍵，並對教師和學生的自然科學課程教學與學習「經驗」影響甚鉅。研究者基於 25 年國小自然科任和科展指導的教師專業發展脈絡，以及對此刻正投入「國小自然科學領域師資培育」課程與教學的規劃思辨，嘗試解構自己對《自然領綱》文本強調「探究與實作」論述之「概念理解」與「實踐可行性」兩個層面的「知覺」脈絡，期盼能與各層級課程決策者交流。對研究者而言，此歷程實為再一次的教師知識建構；同時，亦期許能藉此啟發教育同儕積極關照自身「知覺」，共同成為更明智與具有主體性的國小自然科學課程創制者與教學實踐者。

貳、《自然領綱》中「探究與實作」概念理解之教師知覺

參照認知心理學論點，教師「知覺課程」即是教師對「正式課程」的知識建構，是教師運用既有知識和認知框架由上而下主動去辨識、平衡、組織和解釋來自「正式課程」的訊號，進而建構出對教師自身有意義且能夠支持其在教學現場投入課程實踐的知識(Ausubel, 1968; Neisser, 1976; Piaget, 1952)。任教國小自然科學時，研究者慣用提問以引導學生「解構」教材單元標題文句，並請學生表述對單元科學概念「字詞定義」的認識，藉此探查學生的先備知識和迷思，也讓學生在「含糊其辭」回答中覺察自己「需要」學習。當研究者嘗試探索與建構自身對《自然領綱》中「探究與實作」概念的知覺時，便同樣以此「認知框架」發展分析策略，也期許在此脈絡中進一步深入學習理解「探究與實作」之意涵。以下遂依序從「探究與實作」概念在《自然領綱》文本的語詞具體呈現、轉化呈現、意義詮釋三個面向的教師知覺脈絡進行分析闡述。

一、「探究與實作」詞彙具體呈現之教師知覺

《自然領綱》主要包含基本理念、課程目標、時間分配與科目組合、核心素養、學習重點、實施要點等六項主題進行表述。研究者聚焦國民小學階段相關內容探查「探究與實作」詞彙具體被引用的情形，整理如下表(表 1)，發現「探究與實作」詞彙並非完整且一致的貫穿在《自然領綱》中，時而以「探究實作」為單一概念表述，可視為學習方法，亦代表能力表現；但更多情形式將其拆解為「探究」和「實作」二個概念各自陳述。其中「探究」一詞出現的比例遠高於「實作」一詞，而且「探究」一詞經常是和其他語詞組合出現，進而呈現

不同的意涵廣度或位階：像是「科學探究」可視為是一「綜整的科學學習」概念，包含科學態度、技能與知識學習，又像是在學習表現中，「探究能力」僅聚焦於能力，與科學態度或知識內容有所區分；至於「實作」一詞，則多以被列舉的方式和「實驗」、「專題」……等概念並列，被視為是「探究」能力的培養策略之一，或列舉「實作評量」為多元評量的形式之一，代表位階次於「探究」（教育部，2018）。針對上述「探究與實作」詞彙引用比例不一致或位階不對等情形的「教師知覺」，不僅引發教師對《自然領綱》制定嚴謹性產生質疑的「知覺」，亦凸顯出正式課程制定者的「知覺」應該需要以更清晰的表述方式進行傳達。

表 1

《自然領綱》中「探究與實作」詞彙引用彙整表

《自然領綱》內涵	「探究與實作」詞彙具體呈現形式摘錄
基本理念	用引號強調「 探究與實作 」是科學學習應重視並貫徹的精神與方法。
課程目標	啟發學生科學 探究 的熱忱與潛能； 探究與實作 應為學生經由科學學習後要具備的能力。
核心素養	核心素養具體內涵中，大量引用「探究」一詞，例如：科學 探究 、表達 探究 之過程、獲得有助 探究 的資訊。僅有 實地操作探究活動 近似「探究與實作」之意。
學習重點	將 探究 、閱讀、 實作 視為多元學習方式之一；科學 探究 能力應是學生的重要「學習表現」。細究「學習表現」架構，僅見「 探究能力 」被明確界定為包含「思考智能」和「問題解決」兩項目。
實施要點	教材編選：培養科學的態度和 探究 能力。亦應鼓勵學生動手 實作 體驗，安排各年段的 實作 課程，而且 實作 教材的設計應強調操作的學習。 教學實施：採取講述、實驗、 實作 、 專題探究 ……等多元方式培養 探究 能力。 學習評量：強調 實作 評量。

二、「實作」概念轉化呈現之教師知覺

「探究」應已被界定是科學教育的典範，亦即「探究」是科學研究的核心本質，而科學教育除了重視科學知識的學習，還應強調科學包含探究的句法結構，必須讓學生經驗知識產生的歷程（Dewey, 1938; National Research Council, 2000; Schwab, 1962）。因此，研究者主觀認為《自然領綱》中「探究」鮮少搭配「實作」一詞似乎無關緊要！然而，為何《自然領綱》在「基本理念」與「課程目標」中高度評價「探究與實作」對培養科學素養的重要性（教育部，2018）；但在「核心素養」和「學習重點」中，「實作」一詞卻又未與「探究」以對等位階被引用；對此，研究者推論「實作」概念可能已被轉化並隱含於《自然領綱》文本之中。

參照「認知是神經系統、身體與環境在動態互動中生成的」（Varela et al., 1991）的具身

認知科學解釋，以及美國《K-12 科學教育框架》與《下一代科學標準》明確指出，傳統的「探究」概念已進一步具體化為可操作的「科學與工程實踐」，強調透過提問、發展模型、分析數據與證據論證等動態心智與動手歷程來理解自然規律（National Research Council, 2012; NGSS Lead States, 2013）。再次檢視「核心素養」內涵，研究者知覺到「實作」概念應該是被「解構」成許多更細節且包含認知、行動或操作的「動詞」來表述，用以回應「探究」的科學知識產生歷程架構。以「自主行動」面向的國小核心素養具體內涵為例，「實作」概念似乎被轉化為「用五官敏銳觀察」、「從資訊或數據中提問或提出解釋」、「實地操作器材儀器」等身體行動加以表述，而且這些項目符應美國《下一代科學標準》之實踐內涵列舉（NGSS Lead States, 2013），亦可與 5E 或 POE 探究理論揭櫫的探究步驟（Bybee et al., 2006; White & Gunstone, 1992），或是《自然領綱》（教育部，2018）中「學習表現」的問題解決探究能力作對應。

進一步檢視「學習表現」架構表（教育部，2018），字面上僅強調「探究」，未見「實作」。但深究「探究能力」之細項，「問題解決」所羅列觀察與定題、計劃與執行、分析與發現、討論與傳達四項用詞即為「實作」步驟指引，而「思考智能」涉及想像創造、推理論證、批判思辨、建立模型四項，亦可視為是「認知的運作」。亦即學生必須藉由認知思維與身體物理性「實作」的交互才得以表現「探究」學習。

教師會建構上述「實作概念被轉化之知覺」，其實可視為是教師多年指導學生進行科學探究的後設認知。因為，科學探究理論文本通常強調的是經過歸納綜整後的探究發展階段，但若真正進行科學探究的「實作」，面對不同的主題、目的、資源、學生差異……等，會深刻感受要處理的細節相當龐雜且充滿變化性。因此，看到《自然領綱》文本中與探究相關的「描述」，便會喚起教師過往指導或陪伴學生實作時的「豐富」記憶。例如，「用五官敏銳觀察」，教師的經驗是：在真實探究時，小學生一開始多半只會運用一種主要感官進行觀察，而且在注意到一項相對明顯的變化現象後，便宣告「觀察完成」。若希望強化學生的探究能力，教師變需要藉由「鼓勵」甚至「要求」策略介入讓學生更認真「實作」，例如，至少要用 3 種感官進行觀察，看那一組能找到最多項發現，能不能用「數量」來表示觀察結果……等。又例如探究不同主題所需要的觀察時間差異，有的聚焦瞬間變化，有的需要長時間觀察，觀察的具體時間、頻率、每次觀察的時間長度，如何將觀察留下紀錄……等，都是探究時的「實作」內涵，包含大量的問題思辨或行動細節。亦即，「探究」看似是針對一項特定問題進行解決的歷程，但「實作」過程，其實又面臨難以計數且各式各樣的思考智能應用與操作行動實踐。

而根據「以終」（學生學習表現）為始（教師教學實施）的觀點，在《自然領綱》的「教學重點」項目，便指出「教學實施」應以解決問題策略為中心進行規劃（教育部，2018），

與前述「探究能力——問題解決」表述轉化分析亦同。

三、「強調實作」目的之教師知覺

基於國小自然科學教學和科展指導經驗，以及參看眾多科學家的經典探究歷程，研究者深刻認同科學探究即是源於抽象運思或真實困難遭遇的「問題解決」歷程，既以包含觀察與定題、計劃與執行、分析與發現、討論與傳達等多元形式的「實作」。因此，不禁要質疑《自然領綱》為何將「探究」概念後再增加「與實作」進行表述與強調？研究者在思辨中產生多種詮釋：

一是指摘或擔憂教育現場對自然科學課程設計和教學實踐的所有「關係人」，包括像是教科書編選者、教師、家長與學生對「探究」教與學認識不足或誤解（黃茂在，2012），可能狹隘地認為「能理解教科書上的科學原理」、「能正確地依指示實驗並獲得理想結果」或「能正確運用科學知識解答試卷上的實驗問題」就等於具備整全的探究經驗與能力，卻未讓學生有機會和權利「自主」探究並「遇見」真實探究的複雜關照、猶豫決策、忐忑承擔與混沌啟發，因而將「『落實／實踐』探究」的課程期許轉以「探究與實作」來強化。

二是期許教師要積極克服「落實探究」的困難，以及建構教師具課程創制權力的信念。亦即，並非教師不理解或不肯定「探究」意涵與實踐形式，但卻可能受限於教育體制的教學進度規範、資源配置、學生學習慣性、教師養成經驗、行政負擔……等各種現實牽制而卻步（Hurd et al., 1980；王聖元等，2026；洪欣怡，2021）。因此，透過強調「探究與實作」，鼓勵教師們以自身「實作」探究教學的形式，即便可能在其教學專業養成階段的科學探究經驗不足，但仍可透過多元嘗試與不斷精進的探究精神，逐漸發展出理想且具體可行的探究教與學。

三是從《自然領綱》中發現「探究與實作」只在國、高中學習階段被明確列為必須實施的「課」，甚至指定學分數；這不代表國小階段不需加強「探究與實作」，而是相較於承載升學考試壓力的國、高中教育階段，國小階段應對「落實探究」的教與學有更多想像、自信與抱負！例如，國小學生主要處於具體運思期（Piaget & Inhelder, 1969）的認知發展階段，所以自然科學學習內容教材多以真實生活情境中的現象觀察、具體操作活動來引發學習好奇心與建構概念，探究學習情境與資源也相對容易營造與備置。自然科教師若能進一步運用校訂之「彈性學習課程」與其他領域課程聯繫，或是與學校活動、社區特色、戶外教學或是 SDGs 相關議題結合，便有機會發展與落實跨領域的科學探究學習。另外，在國小階段強調素養導向的多元評量（教育部，2018），教師亦可嘗試將探究學習歷程與實作評量對應、整合。

參、《自然領綱》中「探究與實作」實踐可行性之教師知覺

根據《自然領綱》文本與擔任國小自然科教師的認知框架，研究者建構對「探究與實作」意涵與目的之「知覺」，但是要過渡到決策「運作課程」之前，研究者認為教師必然也需要對「探究與實作」的實踐可行性或實踐策略建構「知覺」。若參照探究教學理論，教師會「知覺」值得參照的探究教學模式眾多，像是自然科學領域最廣泛被引用的 5E 探究教學模式（Bybee et al., 2006）和 POE 探究教學策略（White & Gunstone, 1992）。但研究者認為，身為公立學校教師，應積極對國家教育推動的「正式課程」進行理解與作出回應，才可能根據實踐經驗對課程改革內容進行專業評價或教學轉化，這也是研究者擔任國小教師歷經開放教育改革、九年一貫課程改革所建構的「知覺」與「信念」。因此，研究者依據對《自然領綱》中「探究能力——問題解決」學習表現內涵（教育部，2018）既已隱含「實作」步驟的「知覺」，並參考學者 Hegarty-Hazel（1986）將科學探究教學分五層次的經典架構（表 2），思辨如何在符應《自然領綱》國小階段「學習內容」與「學習表現」的框架下規劃不同程度的「提供/教師提供或決定」和「開放/學生自主選擇或規劃」，賦權學生以經驗各層次的探究學習，並因此建構其「探究與實作」能力。

表 2

Levels of Inquiry in Science Laboratory (Hegarty-Hazel, 1986)

Level of Inquiry (探究層次)	Problem (問題)	Apparatus (器材)	Procedure (步驟)	Solution (解決方案)
Level 0 (Verification) 層次 0 驗證式探究	Given 提供	Given 提供	Given 提供	Given 提供
Level 1 (Structured) 層次 1 結構式探究	Given 提供	Given 提供	Given 提供	Open 開放
Level 2A (Guided) 層次 2A 引導式探究	Given 提供	Given 提供	Open 開放	Open 開放
Level 2B (Open-Guided) 層次 2B 開放引導式探究	Given 提供	Open 開放	Open 開放	Open 開放
Level 3 (Open) 層次 3 開放式探究	Open 開放	Open 開放	Open 開放	Open 開放

一、「觀察與定題」之開放與賦能

參照 Hegarty-Hazel（1986）探究層次架構，「問題」開放便會牽動器材、步驟和解決方案一併開放，屬最高層次探究，在國小自然科學領域有固定教材和大班教學情境下，實屬不易。因此，即便教科書已在部分教學單元中設計情境鼓勵學生經由觀察、查詢資料而主動提

出好奇或疑惑的探究問題。但隨著教材內容的後續編寫鋪陳，包括實驗列舉和習作紀錄，往往還是透過「提供」代替學生決定「問題」與後續的實驗器材、方法和答案！而理想的「開放」探究問題則多半放在教材最後成為「非必要」選項，依據教學進度與教師意願「決定」是否進行；或「鼓勵」學生運用課餘時間進行。

研究者基於指導科展的啟發與信念，認為教師在安全考量下應勇於和學生共同探究，鼓勵、欣賞並支持學生視角的觀察與定題，才能讓學生經驗到自主且高層次探究的價值。例如，在「鐵生鏽」單元，課本教材僅聚焦在「水」和「酸（醋）」兩項因素對影響鐵生鏽速率的假設驗證學習。但讓學生實際到校園探查生鏽現象後，學生的「想像」與「推論」其實相當豐富：潮濕、陰暗、有被太陽曬、淋到雨、經常被手摸、放很久、有接縫的地方等，無關對錯，這就是學生的觀察與真實推想。進一步引導學生思辨各項觀察描述所包含或潛藏的「影響因素」，並「開放」每組學生自主挑選感興趣的變因（溫度、陽光、水、空氣、酸鹼、鹽、油……等）與想測試的鐵製品（迴紋針、鐵釘、鋼絲絨……等）進行實驗驗證，於是「實驗方法」與「實驗器材」就得依各組不同選擇而批判思辨「計畫與執行」的眾多細節，教師則盡力協助學生準備器材和維護實驗安全。這種透過分組同步探究不同變因的教學策略，教學時間並未增加許多，甚至因為是基於回應學生的興趣與選擇，學生自主性提高，反而節省反覆提醒的時間。實驗期間，學生可同時觀察比較各組進展，除了習得課本教材「預期」的不同條件下生鏽顏色、面積、速度特性會有差異，還陸續觀察到夾鏈袋內出現水霧、夾鏈袋凹縮、鏽色多元、鋼絲絨失去蓬鬆彈性甚至崩解如泥狀，這遠超出《自然領綱》規範的學習內容，但透過進一步資料查詢與推論，甚或發展出延伸探究實驗，豐富學生對生鏽現象的多元認識、理解與讚嘆，亦代表開放「解決方案」！這樣的探究學習模式，可擴展到所有年級和所有單元，只要教師願意「開放」觀察與定題！

進一步對應到「實作評量」，以研究者自編的「科學研究實驗報告」為例，這是研究者在國小教學已使用 20 多年的實驗報告基本格式，不論是班級自然科教學或是科展團隊探究皆適用，仔細檢視各紀錄項目，皆能與《自然領綱》之「問題解決」所列的觀察與定題、計畫與執行、分析與發現、討論與傳達等「實作」步驟呼應，而這些項目即是教學者在投入自然科教學實踐與科展指導初期將「知覺」轉化為「運作」的實例，歷年學生的每一份報告都仍被研究者珍藏，因為每一份紀錄都是精采的探究故事。例如以下提供的 2 份範例，從標題即可看出那是在九年一貫時期的國小自然與生活科技領域教學紀錄，上面記錄著學生的探究思維與實作成果。一組是根據課本導引之酸性變因作逆向思考，並選擇家中易取得之鹼性清潔劑進行鐵生鏽探究；另一組則是好奇其他酸性溶液是否也會同樣加速鐵生鏽。

圖 1 「科學探究報告」學習單

資料來源：研究者自行編撰。

[illegible]

圖 2 學生科學探究報告成果示例

二、「計畫與執行」之開放與賦能

例如，在「溫度對水的三態變化影響」主題，雖已限定探究變因為溫度，但如何控制溫度？需要哪些器材？器材規格？器材數量？實驗步驟？如何分工？觀察記錄次數或時間？引導學生從實驗前準備、實驗具體操作、實驗紀錄方式、實驗後器材收拾等階段進行自主規劃與執行；過程中，想像創造、批判思辨、推理論證等思考智能自然展現。又例如在「電磁作用」單元，提供學生電磁鐵製作材料，並鼓勵學生根據調控磁極方向與磁力大小的學習經驗創作科學玩具，學生從計畫到執行過程中，體驗到電磁力會受感應距離影響，還需考量玩具結構須因應重力、摩擦力和機械力的抗衡。遭遇「執行不如計畫預期」並不斷檢討修正，更能增強其對「計畫與執行」各層面的想像創造、批判思辨和推理論證等思考智能。

對應到「實作評量」，以研究者 105 年開始實施至今並成為任教學校自然科學教學特色的「電磁作用科學創作」活動為例，在這項探究學習活動中，根據教師「提供」的科學探究主

國小 105 學年度 六年級自然與生活科技領域 校內科展 競賽辦法

每位小朋友：1 件

這個學年度的校內科展，六年級學生的學習競賽主題是：

運用自然科學的「電磁作用原理」創作一個「通電後會動」的玩具。

老師原則這項比賽，是希望你們能從創作過程中學習與理解「**電磁鐵的磁吸力與磁力強弱的操控或調整技術**」，並且體驗「**電磁鐵與永久磁鐵的組合變換樂趣**」，更希望你們能從小培養自己**用智慧動意見克服困難、並且努力不懈追求精確完美的研究精神**。

競賽基本材料： 鐵釘 1 支、漆包線 1 圈、電池盒 1 個、強力磁鐵 1 個、迴紋針 2 個、指針 1 個。

競賽規則：

1. 運用電磁鐵與強力磁鐵相互組合，製作一個通電後會動且能靈活操控的玩具作品。
2. 造型不拘，但須兼具美觀與實用。
3. 設計以立體為主，且重可將時電磁鐵及強力磁鐵隱藏在底殼，增加作品之神奇感。
4. 材料不限，若能將廢棄資源再利用，更得優勝權。
5. 作品體積最好小於 **30x30x30 cm³**，結構須完整、堅固、可反復操作。
6. 每項作品以一人獨立製作。

比賽實施方式：

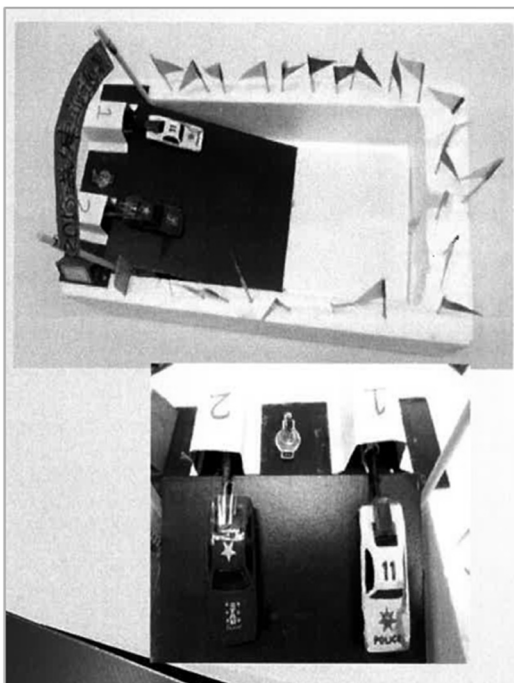
- 一、初賽：由自然老師評選作品是否符合規定(確實完成學習單及玩具作品)，符合規定者可參與校級內選。
- 二、初選：初賽通過者，必須在 12 月 22 日(星期四)到 23 日(星期五)自然課時而班上同學每人一分鐘的作品介紹，說明作品主題、**運用的電磁原理**(製作過程中的困難解決圖解)，然後由班上同學投票選出 5 件作品參加校際選。
- 三、複選：通過校級內初選者，於 12 月 27 日(星期二)綜合活動時間到展廳繳納至六年級級的同學每人一分鐘的作品介紹、演說作品，以及獲得同學自動加票，然而由六年級全體同學評選(每人 3 票，必須投給 5 件不同作品，至少 3 票要投給其他組作品)，票選出優秀作品，成績評分標準如下：

校系評選標準	
作品具通電後、活動反應明顯、靈活、穩定。	表(口語表達清晰動聽並熟練應用作用原理)
作品造型美觀、趣味、美觀、易操作。	表(結構完整、堅固、美觀、易操作)

頒獎方式：

1. 12/23 節按時提交學習單及作品者，一次小成績增進後有 50 分。
2. 未準時提交者，減去 10 名。
3. 校級內初選票數前五名者，可參與校際複選，由公開展覽。
4. 複選成績取前得獎 3 名、優等 6 名、佳作數名，由學校公開頒發獎狀。
5. 自然老師另贈送科學 DIV 小禮物。

	國立「電磁玩具創作」科展作品介紹學習單			
創作者資料	班級：○	姓名：○	座號：○	
電磁玩具創作介紹				
玩具名稱	○			
作品設計圖 (可着色)	請在設計圖上 <u>各重要接點</u> 旁 <u>繪註</u> 說明作品結構之名稱、接線或無異操作方式。			
	永久磁鐵形狀：○ 磁極位置說明：○ (可畫圖表示) 電磁鐵組合材料之特性說明：			
電磁鐵組合材料之特性說明	鐵釘長度：cm= () 通電後鐵釘尖端之組距：() 通電後鐵釘半端之組距：()	漆包線長度：○ 漆包線圈數：○		
	永久磁鐵形狀：○ 磁極位置說明：○ (可畫圖表示)	電池數量：() 靠近鐵釘尖端之漆包線連接電池() 靠近鐵釘半端之漆包線連接電池()		
電磁鐵與磁鐵組合特性分析	電磁鐵的()極與永久磁鐵的()極相對應。 ☐ 南磁鐵 和 ☐ 永久磁鐵 相吸 ☐ 南磁鐵 和 ☐ 永久磁鐵 相斥。			
作品創意與特色介紹 (50字以上)	○			
創作歷程之技術建議、困難解決經驗與心得感想 (100字以上)	○			

[illegible]



影片連結網址：<https://www.youtube.com/watch?v=qlqCp8jncM>。

三、「分析與發現」之開放與賦能

從「科學本質」思辨，科學是人類認識世界的一種方式（Moore, 1993），不同學生皆有各自的知識建構模式，因而對所謂「客觀」事實資訊便會產出各自「主觀」的分析與發現。不被單元目標畫地自限，開放學生「分析與發現」，便有機會讓學生「經驗」科學規律的知識建構，「推論」現象或規律的成因或關係，以及「覺察」科學規律會因個人理念、條件、證據或想像不同而具有經驗性、可變性、侷限性。國小自然科學概念學習多以「觀測並記錄」奠基，進一步再從個人、小組甚或比較多組的紀錄進行「分析」和提出「發現」。然而，學生基於多元智能（Gardner, 1999）、經驗與學習興趣差異，他們分析時的視角和策略其實很多元，除了產出教師和教材一廂情願期待的學習概念之外，還可能產生其他理解與詮釋。對於此現象，探究教學應熱情回應學生的分析。

例如，在分析與評斷植物的生長情形時，不同學生會分別從整株植物的高度，植物的葉片數量，最大一片葉片的長度、葉片的顏色、有沒有冒新芽等不同面向分析並依此提出發現或評斷，每項分析就是不同學生眼中看見的植物生長以及他們關於植物生長的知識建構。

對應到「實作評量」，鼓勵學生記錄「植物生長與繁殖現象」，「開放」學生以多元方式分析與記錄，有的學生繪圖、有的製作海報，也有學生以照片和日誌形式記錄。仔細欣賞下列範例，可以發現學生在學習內容規範的植物葉片顏色、數量與長度變化紀錄之外，亦能觀察分析到植物的生長韌性以及隨著環境條件而有不同的形態變化。最珍貴的是，學生能展現出對植物成長的欣賞與讚嘆！



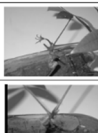
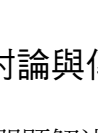
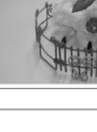
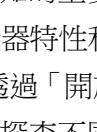
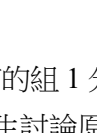
植物名稱：馬鈴巴魯		採種地點：(✓) 國小 校園庭園
營養繁殖的器官：() 根 (✓) 莖 () 葉		栽種方式：種在培養土和普通土壤，用寶特瓶當花盆
植物繁殖過程觀察記錄表		
記錄時間	照片記錄	文字描述記錄
92/3/3		它的葉子摸起來很粗的，它的紋路非常的明顯，高度也不會很高大，葉子都是綠色的，沒有其它特別的顏色，第一天觀察時，沒有變動，到了第三天，發出了1根新芽，第四、第五天，它各發出了一根新芽，當我在照顧它時，是把它放在照太陽的地方，但陽光太強烈的話，容易曬死，它必需擺在空氣比較流通的地方，每天的澆水量，就只要保持土壤的濕潤就可以了，然後種它的時候，要記得把培養土和普通土混合一下喔！
92/3/5		第一天，葉子長大了許多，長了0.5cm，剛發出來的芽，長大了0.3cm，第二天，發現，葉子竟然又多長了1cm，新芽也多了0.2cm，哇！多麼驚人的成長速度啊！一下子就長大了那麼多，我每天只是幫它澆水，沒想到竟然這麼快。
92/3/10		發出來的芽，又長了0.1cm，那五片葉子也快伸展開來了，葉開始變得有點咖啡色，就像甜甜圈的一樣，我的植物越來越大了，真不知道以後會長的怎麼樣呢？我想，一定會非常的健康美麗！
92/3/12		那五片嫩葉終於伸展開來了，他們大約都長了0.5cm，最近下的葉也越來越堅硬，咖啡色也越來越深，這幾天變化非常大，希望它能再繼續的長大，加油！在我幫它製作一個新家時，其實我只利用了一個小寶特瓶而已，我在寶特瓶的側邊挖一個洞，然後把植物種進去，再配合今年的旱季來做成一隻旱的造型，然後燕窩圍網，這樣就大功告成了！
92/3/19		葉子長了0.1cm，莖長了0.1cm，每天都有新的進展，真是令人期待，最厚實的葉也差不多非常堅固了，還有，我又有了「一個新發現」，最上層的莖上面，很快又要發新芽了，哇！實在太厲害了，一轉眼間每片葉子竟又各長了0.1cm，葉子的表面看起來油油，亮亮的，另外還有一片葉子的前端已經有點枯萎，另外還有一片葉子的前端已經有點枯萎。
92/3/26		今天在學校裡，我的植物剛長出來的嫩葉還不知道哪位同學給碰斷了，實在是令我非常的失望，因為它長了好久才好不容易長得那麼大，卻在一瞬間，突然就斷了，真可惜！
92/4/3		雖然新長的嫩葉被碰斷了，但是我還有一種的希望，我發現，在它斷掉的那一截部位的旁邊又發新芽了，希望它也能快快長大，沒想到，才過了不久之後，那新芽長了0.2cm，它的前端看起來毛毛的，非常可愛，它終於長大了，希望下次可不要再被碰斷，否則，就已經沒新芽發了。
92/4/14		我的馬鈴巴魯又長大了，那發出嫩芽的莖長了0.1cm，五根小葉也長了0.2cm，還有，在我照顧它的這段過程中，我發現，植物曬太陽時，葉子看起來會比較有光澤，如果植物沒有曬太陽時，看起來會陰沉的有點黏黏。
92/4/16		這次的觀察中，莖又長了0.2cm，五片葉子也伸展開來了，長了0.1cm，莖長了0.1cm，我發現，其實它的生命力非常的強，就像上次發出來的新芽不小心被碰斷了，沒想到一下子有發出的新芽，我真是佩服它！
92/4/17		這次它的莖長了0.1cm，五片葉子看起來還是空空的，但是也有長了0.1cm，長了0.1cm，希望它能趕快在變得更大，比之前得還大！
92/4/23		這次的觀察中，莖又長了1cm，葉子長了1.2cm，也長了1cm，長的又快又大，就連之前長好的葉子都比它小了，它長的速度實在非常快，我覺得我的植物就像吃了仙丹一樣，長得最快！
92/4/30		二週過後，到現在葉子一共長了11.5cm，9cm，5.5cm，8cm和10cm，然後也越來越長，越來越肥了，五片葉子又都各長了1cm，莖長了0.5cm，莖長了1cm，也比之前更堅硬一些了，不會很容易在碰斷，葉子摸起來的質感也變的粗粗的，不像之前那麼細嫩了！

圖5 學生植物栽種歷程學習紀錄示例

四、「討論與傳達」之開放與賦能

應對問題解決，「討論與傳達」是學生彼此溝通認知的重要方法，尤其國小多為分組學習，許多看似理所當然的操作，往往會因環境條件、儀器特性和人為技術的些微差異而影響各組觀測數據或現象出現差異並引發認知衝突，若能透過「開放」學生討論與傳達，不僅能促使學生更加積極運作其「思考智能」，也讓教師能夠探查不同學生知識建構邏輯並適切提供學習鷹架。

例如，運用同樣器材和步驟進行「製霜」實驗，有的組1分鐘就在杯壁觀察到大量白色結霜，有的組等待超過5分鐘仍未見結霜。「開放」學生討論原因，「要攪拌冰塊嗎？」、「先放冰塊還是先倒水？」、「是不是鹽撒的不平均？」、「撒太慢嗎？」、「靠窗風較大喔！」各種分析討論不僅有利學生自我檢視執行細節，也能讓教師覺察學生潛藏的迷思或錯誤概念並給予思辨引導。甚至，討論中的「為什麼要撒鹽？」、「那白白的真是霜嗎？」等提問可以被「開放」為延伸探究！

對應到「實作評量」，參看前面三項的案例，其過程與最終成果展現皆是以「開放」討論與傳達的形式才得以呈現。

肆、結語

十二年國民基本教育「探究與實作」課程理想如何實踐與實現，關鍵在於教師對任教領域之正式課程綱要內涵的「知覺」；教師對課程建構不同「知覺」，便可能「運作」出相異課程，致使教師與學生「經驗」各自獨有的教與學。儘管「知覺課程」應是教師個人所獨有，但透過表述與分享，可以讓教師建構後設認知，亦可能引發教育同儕思辨彼此之「知覺課程」存在同異的意義與啟發，觸發更豐富的知覺。

綜整本文，研究者基於 20 多年的國小自然科學教學與科展指導經驗闡述自身對《自然領綱》文本強調「探究與實作」課程的「知覺」建構脈絡。結果發現：教師對「探究與實作」課程的「知覺」非僅是直觀或感官上的根據《自然領綱》文本訊息進行閱讀理解，還涉及教師運用既有科學概念教學之「認知框架」和科學探究理論「文獻探討」來導引自身對「探究與實作」進行概念意涵之理性解析。但能促使教師進一步積極知覺的關鍵，研究者認為是教師知覺到「認知衝突」，亦即對於「探究或科學探究概念便足以涵蓋整全科學教學」的既有認知卻遭遇「與實作」之擴增概念而感到困惑。至於如何讓教師之認知衝突得以重新平衡，則仍是透過教師知覺過往因落實探究而被賦能之真實教學經驗所導引。

另外，「探究與實作」課程要能被教師實際過渡成為「運作課程」之前，教師還需對課程「實踐可行性」或「實踐策略」有所「知覺」。然而，教師若基於「知覺」而認肯或選擇參照不同模式或不同層次的探究論點，便會運作出不同的「探究與實作」課程與教學，學生自然也會展現不同的學習成果和探究能力。

最後，研究者「知覺」到：自然科教師不僅應「積極主動」知覺自然科學領域「探究與實作」課程之意涵、實踐可行策略以及對學生科學學習的重要價值；還應「善用策略」知覺，如同本文運用之「知覺」分析脈絡，科學教師專業便可經由對「科學課程與教學」各種論點倡議進行「探究與實作」而得以淬鍊和精進。

參考文獻

- 王聖元、鄭立婷、陳世文（2026）。反思國小自然科學教學意願低落之困境與策略：以花蓮市某國小為例。臺灣教育評論月刊，15（5），244-261。
- 洪欣怡（2021）。國小教師實施自然科學領域探究式教學歷程與困境之探討〔碩士論文，國立屏東大學〕。臺灣博碩士論文知識加值系統。handle.net
- 教育部（2014）。十二年國民基本教育課程綱要總綱。
- 教育部（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。
- 黃茂在（2012）。科學課堂之探究式教學實踐之關鍵因素探討。載於國家教育研究院（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181 - 210）。國家教育研究院。
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. Holt, Rinehart and Winston.
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Carlson Powell, J., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness*. BSCS.
- Dewey, J. (1938). *Logic: The theory of inquiry*. Henry Holt and Company.
- Gardner, H. (1999). *Intelligence reframed: Multiple intelligences for the 21st century*. Basic Books.
- Goodlad, J. I. (1979). *Curriculum inquiry: The study of curriculum practice*. McGraw-Hill.
- Hegarty-Hazel, E. (1986). Lab work. *Set: Research Information for Teachers*, (1), Article 1180. doi.org
- Hurd, P. D., Bybee, R. W., Kahle, J. B., & Yager, R. E. (1980). Biology education in secondary schools of the United States. *The American Biology Teacher*, 42(7), 388-410.
- Moore, J. A. (1993). *Science as a way of knowing: The foundations of modern biology*. Harvard University Press.
- National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. <https://doi.org/10.17226/9596>
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. The National Academies Press.
- Neisser, U. (1976). *Cognition and reality: Principles and implications of cognitive psychology*. W. H. Freeman.
- NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For states, by states*. The National Academies Press.

- Piaget, J. (1952). *The origins of intelligence in children* (M. Cook, Trans.). International Universities Press. (Original work published 1936)
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1969). *The psychology of the child* (H. Weaver, Trans.). Basic Books. (Original work published 1966)
- Schwab, J. J. (1962). The teaching of science as enquiry. In J. J. Schwab & P. F. Brandwein (Eds.), *The teaching of science* (pp. 1-103). Harvard University Press.
- Varela, F. J., Thompson, E., & Rosch, E. (1991). *The embodied mind: Cognitive science and human experience*. MIT Press.
- White, R., & Gunstone, R. (1992). *Probing understanding*. The Falmer Press.