

科學教育實作學門—— 科學與跨領域教育的創新實踐

鄭夢慈*

因應國際對科學素養、科技人才培育及探究與實作的重視，我國於民國 100 年由國科會科教處啟動「科學教育實作型成品設計製作研究計畫」(啟動計畫)，並於 103 年正式成立「科學教育實作學門」(科教實作學門)，推動實作教材與教具的開發。

學門致力於研發科學教育實作型產品與系統，支援十二年國民基本教育科學課程的探究與實作需求，強調動手實作的重要性以提升學習成效，並培育實作產品設計與製作人才。近年來，隨著 STEM/STEAM 教育的蓬勃發展，學門的研究範疇也逐步擴展至跨領域教育，積極融合科學、科技、人文與藝術，推動本土化科學與跨領域教育模式的發展與研究創新。

一、定位與特色

科教實作學門是國科會人文處科學教育領域中最年輕的學門，以創新實踐為核心理念，鼓勵系統性地發展與評估實作型教育產品或系統的專題研究計畫。三大重點研究項目包括：科學與跨領域學習軟硬體、玩具與遊戲、實驗器材的設計與製作。

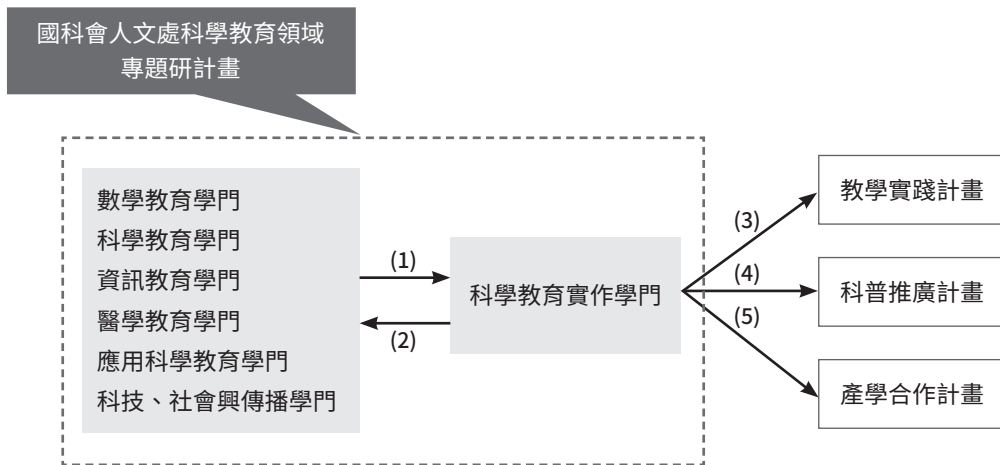
「實作」涵蓋兩層意涵：研究者的實作，即設計、製作或研發科學與跨領域教育產品；使用者的實作，即透過操作、互動或使用，體驗並深化學習成效。此雙層概念強調從創新設計到實際應用的完整過程，彰顯研究與實踐的結合及教育價值的落實。

科教實作學門與其他學門或部會計畫的差異在於研究切入點。一般科教領域的研究多探討「是什麼」(what) 與「為什麼」(why)，例如：學生面臨的學習

* 國立彰化師範大學生物學系特聘教授、人文處「科學教育實作」學門召集人

困難或教育科技設計的原理原則是什麼？為什麼會有這些學習困難？而科教實作學門則更側重於「如何做」、「怎麼做」(how)，聚焦於教育產品與系統的設計、實施及應用。

學門研究與其他計畫相輔相成(圖一)，在理解「是什麼」與「為什麼」的基礎上，探討如何設計和評估實作型教育產品(1)。當產品完成後實際應用於教育現場，又可以分析這些產品在課室中為什麼能夠促進學習，以及學習活動是什麼樣貌(2)。若應用於高等教育，則可進行創新教學實踐，解決教育現場所面臨的挑戰(3)。此外，也可延伸至產品推廣，如規劃一系列科普活動以提升公眾科學／科技素養(4)，或透過產學合作，進一步增進產品的產業價值(5)。



圖一：科教實作學門研究與其他學門或部會計畫相輔相成

雖然其他計畫也涉及教育產品開發，科教實作學門更強調產品的成熟度與完整度，不僅停留於原型(prototype)階段，而是期望開發出的產品能夠實際應用於教育現場，並具備商業化／商品化潛力，實現長期且廣泛的影響。整體而言，所開發的產品具有以下特色：

1. **基於理論**：產品設計與開發有明確的理論依據。
2. **系統性**：經過多次迭代的開發與測試，確保產品的功能與適用性。
3. **證據導向**：透過成效評估與數據支持，驗證其教育價值。
4. **社會影響力**：可長期應用於教學現場，對教育實踐產生實質貢獻。

二、重點工作項目

學門研究規劃推動計畫旨在支持學門的學術發展，鼓勵學者投入及深化認同，並推廣研發成果，提升民眾對學門在教育與社會影響的認識。以 113 年度為例，重點工作包括（詳情可至學門官網查詢 <https://esep.colife.org.tw/index>）：

- 1. 成立 SIG (Special Interest Group) 研究討論群：**針對學門三大重點研究項目成立 SIG 小組（113 年 4 月 12 日，於國科會科技大樓）。在各 SIG 小組召集人帶領下，不定期舉辦實作論壇，促進知識分享、技術創新與專業發展。
- 2. 舉辦薪火相傳活動：**與科學教育（暨多元族群）學門聯合舉辦「2024 薪火相傳」（113 年 5 月 24-25 日，於東勢林場），邀請傑出學者分享研究理論與實務經驗，為研究新進人員提供學術生涯規劃及計畫申請指導。
- 3. 出版學門電子期刊：**每年 3、6、9 和 12 月定期於學門網站出版電子期刊。每期由深耕科學教育實作與推廣的學者擔任客座主編，依主題邀約稿件，促進學術對話與科學普及。
- 4. 舉辦年度成果報告（展）：**113 年 11 月 8-10 日於國立臺灣科學教育館舉行 112 年度計畫成果報告（展），與「臺灣科學節」同步進行，讓更多民眾了解並體驗學門計畫成果（圖二）。活動包含：
 - **專題演講：**邀請專家分享前瞻議題與研究洞見。
 - **計畫成果口頭報告：**計畫團隊簡報成果，與複審委員現場交流。
 - **計畫成果互動攤位展示：**於臺灣科學節攤位區，由團隊派員解說示範，並設計互動闖關活動。
 - **計畫成果靜態海報展示：**透過海報與實體展示呈現計畫成果，供民眾觀賞。
- 5. 舉辦計畫徵求說明會：**於 113 年 11 月 22 日舉辦計畫徵求線上說明會，介紹 114 年度專題研究計畫徵求重點，並邀請兩位優秀學者分享計畫撰寫與執行經驗，鼓勵更多學者投入學門研究。

三、發展與研究趨勢概況

自 100 年度啟動計畫以來，學門已累積十三年的研發成果。截至 113 年，國科會學術補助獎勵查詢系統顯示已結案並繳交成果報告的專題研究計畫達 382 件，年均約 29 件。透過 VOSviewer (ver. 1.6.20) 分析計畫主持人自訂關鍵字共現次數與關聯性，初步勾勒學門發展脈絡與研究方向（部分 112 年核定、仍在執行的多年期計畫未納入分析）。



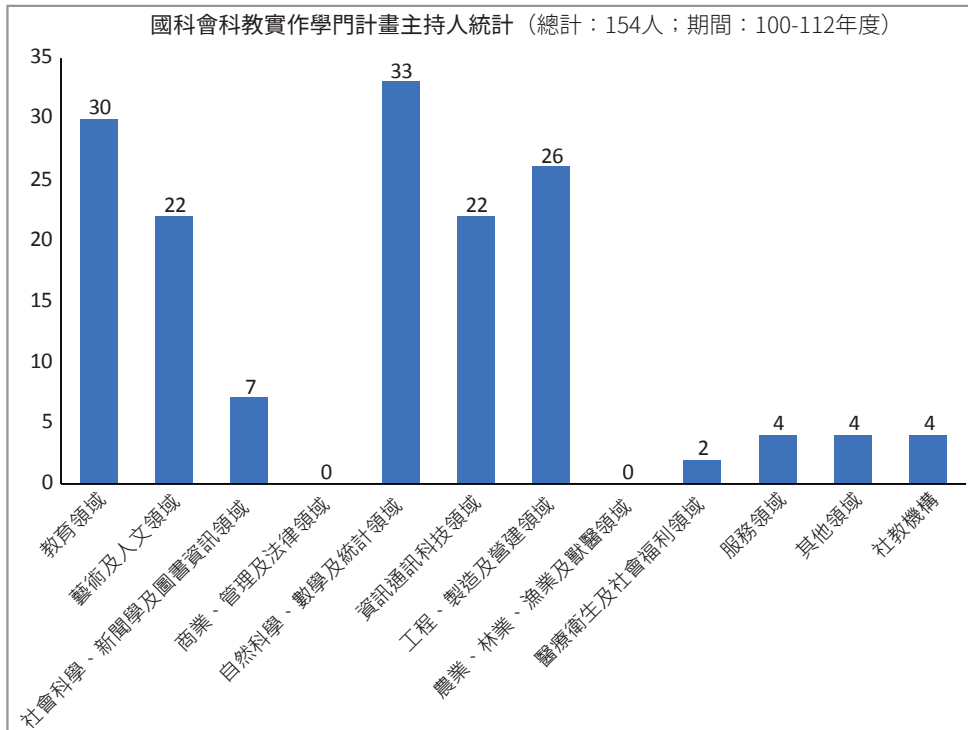
圖二：科教實作學門 112 年度計畫成果報告(展)

(一) 跨領域整合與均衡發展

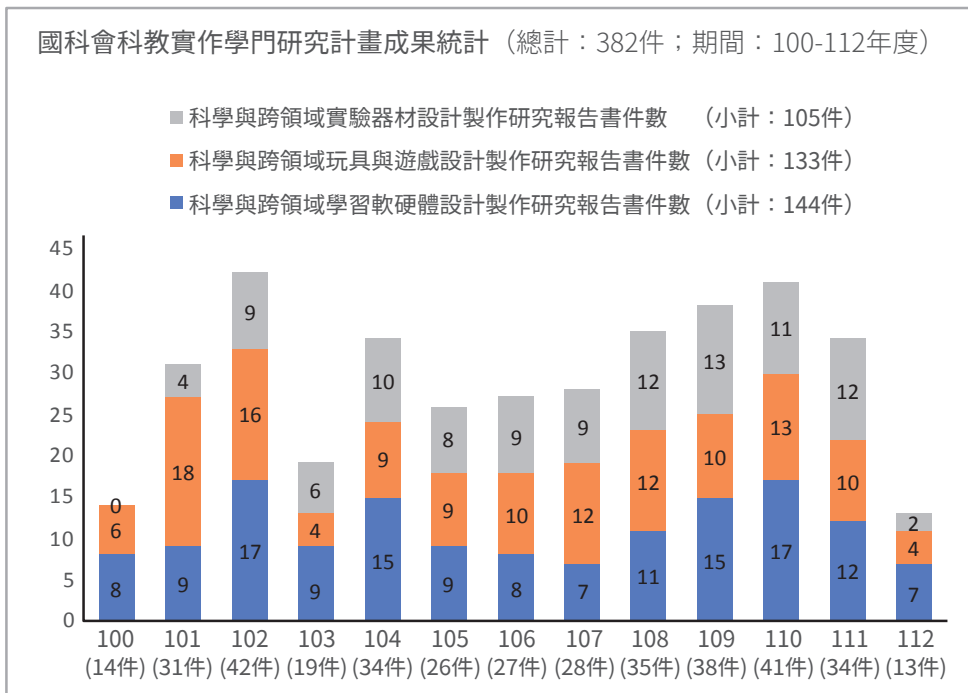
依據教育部學科標準分類系統，學門計畫主持人所屬系所涵蓋 12 個學科領域中的 10 個(圖三)，展現高度跨領域特性。成果報告呈現 102 年度(42 件)與 110 年度(41 件)兩個峰值，考量計畫投件的週期性，後續以六年區間比較趨勢(P1：110-105 年度；P2：106-111 年度)。三大研究項目發展相對均衡，計畫件數分別為(圖四)：

- 學習軟硬體設計製作 144 件 (P1：67 件；P2：70 件，增長 10%)
- 玩具與遊戲設計製作 133 件 (P1：62 件；P2：67 件，增長 11%)
- 實驗器材設計製作 105 件 (P1：37 件；P2：66 件，增長 19%)

整體趨勢顯示學門穩定成長，能夠匯集不同學術背景的學者，促進跨學科知識整合與創新。



圖三：學門計畫主持人所屬系所之學科領域分布



圖四：學門計畫成果報告書歷年分布

(二)科技融入探究實作：長期與新興研究議題

關鍵字分布結果(表一)顯示,擴增實境(AR)、虛擬實境(VR)、遊戲式學習、探究與實作、環境教育為學門長期聚焦的主題,橫跨至少十年,並在 P1 到 P2 呈現上升趨勢。近年來,人工智慧(AI)與運算思維等新興議題快速崛起,相關研究計畫數量在 P2 顯著增長;相對地,科學教育與 App 作為關鍵字在 P2 期間明顯減少,反映學門研究已從傳統科學教育轉向跨領域整合與主題式學習,也同時顯示市場成熟與技術生態的轉變。

表一：100-112年度研究計畫十大關鍵字分布

#	關鍵字	100-105 年 (P1)	106-111 年 (P2)	112 年	趨勢	總計	計畫期間
1	擴增實境	9	19	2	上升	30	101-112 年
2	虛擬實境	3	24	1	上升	28	102-112 年
3	遊戲式學習	5	13		上升	18	102-111 年
4	探究與實作	2	12	1	上升	15	103-112 年
5	情境式學習	8	7		下降	15	101-111 年
6	人工智慧	0	11	3	上升	14	107-112 年
7	運算思維	0	11	1	上升	12	107-112 年
8	科學教育	10	2		下降	12	101-107 年
9	App	8	3		下降	11	101-110 年
10	環境教育	3	7		上升	10	102-111 年

(三)主要研究主題與時間發展趨勢

VOSviewer 分析結果顯示,出現三次以上的關鍵字(共 95 項)可歸納為 10 個群集(圖五)。經反覆檢視,進一步整合為以下主要研究主題,並納入時間維度探討其發展趨勢。

1. 數位與智慧學習教育 (C1+C2+C6+C7+C9)(AI、數位學習、遊戲學習、AR/VR)

此主題透過數位科技與 AI 提升學習體驗,推動個人化與適性學習。行動學習、電子書、教育遊戲、App 開發讓學習更具彈性,學生可隨時隨地學習,並透過學習鷹架與遊戲化設計增強互動與動機。AR/VR 等沉浸式技術讓學習更直覺,而 AI 與巨量資料(Big Data)結合運算思維與人機互動,提供即時回饋,幫助學生自主學習、診斷學習困難,提升科學素養與問題解決能力。

發展歷程顯示，初期（100-106 年）聚焦於行動學習與數位教材，如電子書、互動課程與遊戲式學習工具；近年（107-112 年）AI 驅動的自適應學習、學習分析、數據導向教學興起，AR/VR 技術逐漸應用於模擬科學實驗與沉浸式情境，提升互動性與學習成效。

2. STEM 與創客教育 (C1+C2+C3+C4)(創客、3D 列印、程式設計、科學玩具)

此主題強調動手實作學習科學與工程，培養創造力與核心素養。STEM/STEAM 教育跨學科整合，促進設計思維與創新應用。透過 3D 列印、Arduino 開發、機械製造等技術，學生可將抽象概念具體化，強化程式設計與工程應用能力。STEM 教育不僅限於課堂，也延伸至科學玩具、博物館展品、教育資源的設計，促進互動與體驗式學習，凸顯探究與實作的重要性。

發展歷程顯示，100-106 年聚焦資訊教育與基礎實作課程；107 年後，3D 列印與 Arduino 等創客技術進入教育現場，提升學生的工程設計與創新實作。110 年後，STEM/STEAM 教育結合 AI 與 VR，使學生在沉浸式環境中進行模擬實驗與技術開發，提升學習體驗，推動教育資源的多元應用。

3. 探究式學習與科學教育 (C3+C4+C5+C6)(探究學習、虛擬實驗、教師專業成長)

此主題透過科學探究與實驗促進概念理解與探究能力，並藉由教學模組與探究課程提升學習成效。虛擬實驗與遠端學習技術增強學習靈活性與動機，而教師專業成長則確保探究式學習的品質與策略優化。

發展歷程顯示，105 年之前研究仍聚焦於傳統科學教育，「科學教育」為主要關鍵詞，探究式學習與數位科技應用尚未普及。105-106 年後，探究式學習逐漸受到重視，動手實作、探究能力、創客教育、教師專業發展成為關注重點，反映課程改革對探究與實作的推動。107 年後，虛擬實驗、數位工具與遠端學習技術逐步融入科學教育，數據分析與適性學習概念興起，使探究式學習更具靈活性與科技支援。

4. 環境與永續教育 (C2+C3+C6+C9)(環境教育、可再生能源、海洋教育)

此主題關注透過科技與探究式學習，培養學生對生態保育、能源永續、海洋與環境保護的理解與實踐能力。隨著 STEM 教育推動，環境科學與工程技術結合日益緊密，學生藉由風力發電、能量轉換實驗、非藥劑蟲害防治等實作深化對可再生能源與永續科技的認識。AR/VR 則提供沉浸式學習體驗，幫助學生模擬氣候變遷、探索生態系統，提升海洋與環境意識與永續思維。

發展歷程顯示，此主題自 105-106 年崛起，環境科學與能源科技逐步融入教學，並透過模組化系統、教學教具、創客實作及 AR/VR 進行永續及課程設計，提升學生的環境素養與實作能力。

5. 高階數理與物理教育 (C6+C8+C10) (物理、電磁學、科學計算)

此主題聚焦高階物理、數學與科學計算的教學應用，涵蓋電磁感應、熱機、能量轉換、光學等，結合電腦動畫、模擬技術與運算思維，讓學生以動手實作與數據分析探索物理現象。這些技術不僅提升學習體驗，也使科學計算與數學建模成為核心工具，幫助學生掌握更複雜的數理概念與推導。

發展歷程顯示，105 年之前研究主要依賴電腦動畫輔助數理概念學習；106 年後，科技實作開始融入數理與物理教育，如實驗探究、模擬技術與教學工具，透過動手操作強化理解與應用。

四、結語

學門正朝向科技應用與探究實作並重的方向，學習模式從知識傳授轉向數位科技支持的探究式學習，強調數位科技素養與實作體驗。未來研究可聚焦技術整合創新、新興互動平臺(如元宇宙、VR)及垂直市場應用，推動學科融合，契合當代教育思潮與政策。

在教育產品研發方面，學門已建立跨領域基礎，未來可進一步拓展至商業、管理、法律等領域，發展教育產品商業模式，提升市場可持續性，並研究市場需求與用戶體驗。此外，可鼓勵學者拓展至農業、化學、地科、生命科學、社會科學、醫學、工程、藝術科技等領域，如開發 VR 化學實驗、AI 生物分析、沉浸式歷史教育、智慧製造與農業模擬、生態數據分析等應用，促進科技融入，推動學習創新。

致謝

衷心感謝國立中興大學圖書資訊學研究所所長暨文創學程主任湯凱喻老師，對本文數據分析過程的支持與協助。