

108 課綱中核心素養教學光譜之晦暗與曙光

翁仲賢

國立彰化師範大學科學教育所博士生

郭重吉

國立彰化師範大學科學教育所榮譽教授

一、前言

臺灣自 108 年正式推動新課綱，至今已約莫三年多。新課綱快四歲了，教育目標在培育學生成為具有核心素養的「終身學習者」，如果將核心素養的滾動圓輪意象想像為一個教學光譜，其中一個波段關於「科學協作能力」(scientific collaboration)的培育，在臺灣高中教育的實施現況如何？如何改進與提升？雖然教育部極力提倡與鼓勵核心素養教學，但許多科學教師在「到底要怎麼教核心素養？」之議題上仍感到無力與茫然，尤其在「協作學習」的關注與該課程的設計和發展，更是甚少觸及與研究。

「專題導向學習」(Project-Based Learning, PBL) 課程是一個開放式的學習架構，在 2021 年教育部頒布的《十二年國教課程綱要總綱》修正版本中，共提出 17 頁的篇幅，對於跨領域專題課程/實作具體擬訂相關規定，並在「校訂課程」中，明訂全國各校在「彈性學習課程」中開設跨領域專題，透過跨領域專題實作課程，強化跨領域或跨科的課程統整與應用，來培育學生的核心素養。對此課程的實施，國內教師以往比較熟悉的仍以「合作學習」為主體(郝光中，2021；張素貞、廖奕宣、洪珮瑜，2020)，但若能適切引入具有科學協作特性之團隊科學研究 (Science of Team Science, SciTS) (National Research Council, 2015)，成為具有「協作學習」特色的專題導向學習，當有機會點亮原本在核心素養教學光譜中晦暗的波段(即「科學協作」)。

本文所提「團隊科學與專題導向學習」(Team Science and Project-Based Learning, TSPBL) 課程設計背後的動機，短程目的是為了幫助高中生參加國際級太空移民競賽，取得優秀成績；然而它真正的長程目標，同時也是深具教育意涵的遠景：是用來培養學生對核心素養的關注，把教學活動聚焦在科學協作，讓學生更有機會透過互動發展系統思考、解決問題等技能，學習科學知識與團隊協作技巧，發揮較佳的團隊成效 (team effectiveness)。本研究致力於 TSPBL 課程的發展與實施，並與讀者分享其實施成果，盼能提供教師們培養學生科學協作課程設計的參考。

二、評議 108 課綱實施現況與提出理論分享

本節旨在從「協作學習」有別於「合作學習」之特性，探討目前教學現況。

並利用團隊科學研究中「科學協作」能力之觀點，融入專題導向學習架構中，設計與發展「團隊科學與專題導向學習」之教學法，分析 TSPBL 之實施成效。

（一）「協作學習」與「合作學習」之比較

1. 「合作學習」之特性與實施現況

（1）合作學習之特性

「合作學習」(cooperative learning) 是指透過一組過程來幫助學生們相互交流，以完成特定目標或發展擁有具體內容作品。雖然有教學活動的設計是將全班進行分組，以小組方式進行討論，但它根本的途徑仍是以教師為中心，是由教師控制著課堂內學生們大多數的討論交流與上課節奏 (Johnson & Johnson, 2005)，學生的學習與互動交流時間直接地由教師來支配和密切控制 (Olivares, 2008)。

（2）實施現況

「合作學習」的具體實施現況，有：科展、獨立研究、跨領域探究等，以下就這三方面進行分析：

國內科展，臺灣科展自民國四十九年開始辦理，迄今已歷六十多年。科展舉辦的基本精神在於訓練主動的學習，一個精熟老練的指導老師，懂得如何將熟如指掌的內容知識偽裝成「自然產生」的問題來引導學生。新制科展實施後，國內關於科展的文獻大多偏向以個案研究或行動研究探討教師教學模式和學生學習成效，目前新制科展活動教學所面臨的主要困難，在學生團隊互動方面的學習型態中，除了教師本身因素，包括缺乏能力與熱誠、專業素養不足之外，還有缺乏有效指導策略讓學生主動學習的有效理論與方法 (葉重新、成映鴻、黃鴻、林原宏，1993)。

獨立研究是一個綜合能力展現的學習，對象是資優生。雖然資優的學生具備優異的學習能力與高層次問題的研究潛能，但其研究能力仍需要在充實課程上安排創造思考與研究方法之訓練 (柯麗卿，2005)。就課程之設計與本質來說，大多數的時間，學生獨自進行研究，團隊協作的機會不多 (李美惠、洪啟軒、何于蝶，2019)。獨立研究教學的目的是聚焦在資優學生「個人」，進行方式大多為「個人」獨立研究，偶有「分組」之型式，但這樣的「小組」只是流於型式，課程設計精神並不規劃同學間人際互動，更不強調科學協作，亦不關注學生團隊互動中的團隊歷程 (陳信益、呂嘉璋、宋威德，2020；陳偉仁，黃楷茹，陳美芳、陳長益，2013)。

跨領域科學研究 (Interdisciplinary Scientific Research, ISR)，資料的整合既可以發生在一個人的頭腦中，也可以發生在一個團隊之間，科學探究教學

活動受建構主義影響下，傾向藉由完整的探究經驗來學習探究，藉以培養科學素養。教師不再是傳授者，變成學生學習和理解的促進者、引導者（Wagner, 2011）；而學生成為學習過程中的主角，主動積極參與，就相關經驗看法提出討論，反省思索自己原先的知識，並建構出新的知識概念（Tobin & Tippins, 1993）。跨學科探究課程與教師和學生的創造性探究（creative inquiry）能力有關，在課室中實施協作探究式教學，目前國內缺乏實徵性研究來有效支持（洪振方，2003）。

此外，在 STEM 課堂的協作教育（collaborative education）中，現行的教學法也鮮少被設計為整合學生協作技巧的發展，國外學者 Cooke 指出，在培育學生科學協作能力上，目前中小學的教學重視度不足（Cooke, 2015）。

2. 以「協作學習」深化核心素養之培育

(1) 「協作學習」之特色

協作學習是以學生為中心（student-centered）的學習法，它所指的是一種在團隊中如何加強與他人關係的聯結，是與人相處的方式，尊重差異，分享知識。更可以說，協作學習是一種互動與個人的處事哲學（a philosophy of interaction and personal lifestyle），根據許多學者的實徵研究，它所指的不只是課堂裡的教學技術，而是一種在團隊中如何尊重他人貢獻及突顯個別能力的處事方法，且著重的是在團隊活動中的權力分配與責任分擔（Drew, 2023）。

(2) 「協作學習」在群體學習的重要性

根據協作學習的特性，對應核心素養培育目標：「包容個別差異與尊重他人價值觀」上，有學者建議它是一種比較接近真實生活情境的共同學習（learn together）方法（Nokes-Malach et al., 2015），教師在教學上應該多嘗試以培育協作學習精神來設計課程（Bruffee, 1984），在課堂上，老師們也應該多運用「協作」的形式去提升學生的學習內在動機（intrinsic motivation），幫助同學進行知識建構（knowledge construction）（Linden et al., 2000）。與「合作學習」之比較如表 1：

表 1 協作學習與合作學習之文獻研究比較

	協作學習	合作學習
學習角色	以學生為中心	以教師為中心
學習動機	內在動機	外在動機
知識學習	知識建構	知識傳授
學習型態	較寬鬆，信任學生自行建構	較規範，由教師控制與安排
文獻定義與描述	協作學習是一種個人的處世哲學，並不只是課堂裡的教學技術。它所指的是一種在團隊中如何尊重他人	合作學習是指透過一組過程來幫助人們互相交流，以完成特定目標或開發擁有具體內容產品。這是比起

貢獻及突現個別能力的處事方法，且著重的是在團隊活動中的權力分配與責任分擔。

（Kock & Olivares, 2009；Enriquez & Javier, 2016；Panitz, 1996；Minn, 2022；Drew, 2023）

協作來說更直接滴由教師來支配和密切控制。雖然有許多機制是分組進行分析與反思，但它根本的途徑仍是以教師為中心。

（Kock & Olivares, 2009；Enriquez & Javier, 2016；Panitz, 1996；Minn, 2022；Drew, 2023）

資料來源：作者根據所列文獻進行分析製表

（二）團隊科學與專題導向課程

1. 重視協作學習的團隊科學研究

（1）團隊科學研究之理論依據

團隊科學研究（*Science of Team Science, SciTS*）是「協作型研究」（*collaborative research*），*SciTS* 重視科學協作（*scientific collaboration*），這裡談的協作是指在工作與學習中，與他人關係的聯結，是與人相處的方式尊重差異，分享知識。基於 2005 年到 2015 年之間的研究，團隊科學研究已確立是一個有效且強而有力的「跨專業領域」協作實踐（*Little et al., 2017*）。*National Research Council*（2015）曾籌組團隊科學研究委員會（*Committee on the SciTS*），共由 15 位應用心理學及科學教育的專家所組成，在其出版的關鍵報告《增強團隊科學的成效》中指出對於如何提升團隊成效。

（2）團隊科學研究在教育上的貢獻

在教育上，*SciTS* 提供了一新觀點與角度來探究協作學習教法。有學者認為，協作教學應積極開發教育和培訓計劃和資源，以提高學生在當前或未來團隊科學工作中，進行有效科學協作的能力（*capacity for effective scientific collaboration*），才能接軌成人科學團隊真實的人際協作互動（*Bennett & Gadlin, 2012；Vogel et al., 2014*）。

2. 團隊科學與專題導向課程設計與發展

（1）團隊科學與專題導向課程理論架構

一個融入 *SciTS* 觀點的 *PBL* 之課程設計，是一個具有「協作學習」特色的專題導向學習：「團隊科學與專題導向學習（*Team Science and Project-Based Learning, TSPBL*）」，在此教學情境下，一方面培育核心素養中的協作能力，另一方面也更有機會探知學生在科學協作中，由哪些團隊歷程因素來影響團隊成效，以及接下來與環境動態與複雜性之關係。其理論架構如圖 1：

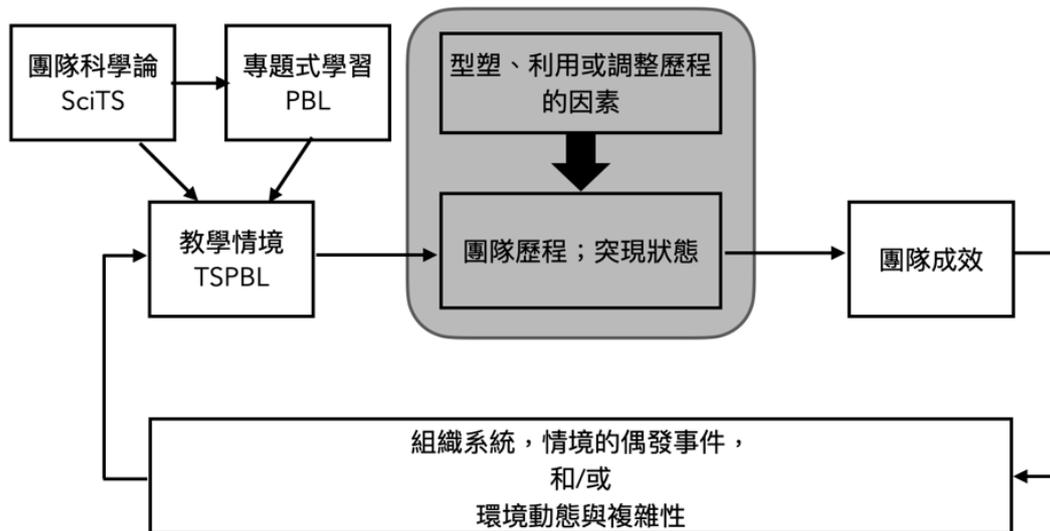


圖 1 以 TSPBL 教學情境探討學生團隊互動歷程因素影響團隊成效之理論架構
(修改自 National Research Council., 2015, p.63)

(2) 團隊科學與專題導向課程之具體實踐

有別於傳統的合作學習模式，TSPBL 課程希望為學生團隊搭建科學協作情境，提供協作學習機會，例如，以小型科學模擬實驗玩具的製作（如單極馬達、養樂多砲...），由學生決定團隊分工、責任分擔、討論時間、表達方式，團隊互動也同時彼此鞭策，讓這種型態的學習更有效率。列舉三個作者已實踐之教學實例，教學活動說明如表 2：

表 2 TSPBL 課程名稱、觀察重點與活動內容列表（列舉）

課程名稱	觀察重點	活動內容
哈德遜河奇蹟	以飛機迫降事件為例，以極短時間團隊成員發揮最大效能。	隊長安排飛行員、空中控制中心人員、塔台人員和其他相關人員。讓一家遭鳥擊且在有 153 名乘客的飛機在 73 秒內迫降在哈德遜河上。
養樂多砲	牛頓三大定律之應用，給予任務、目標、規則，觀察其成員互動討論之情形。	團隊分析任務、制定 SOP，觀察成員面對所處的團隊氣氛，互相溝通、發揮效能以達到最遠的射程距離。
單極馬達	利用離心力模擬人造重力，觀察團隊成員與隊長的互動關係。	團隊領導分配任務、目標，通過製作單極馬達，團隊成員通過設計、交流和協作來模擬與體驗外空的人工重力環境。

資料來源：作者已實踐之教學活動實例

TSPBL 課程實施時間可由一學期至兩學年，開設在校本課程或多元選修課程，課程目的設定幫助學生完成國際專案作品，教育目標在提高學生對於核心素養的關注與協作能力之提升。

(3) 團隊科學與專題導向課程實施成果

本研究以 TSPBL 課程幫助學生培育核心素養中科學協作能力，完成全

英文跨領域專題作品，參加美國太空總署與國家太空協會合辦之太空移民專題競賽，獲得國際獎項：2016 年世界第二、2017 年世界第二、2018 年 Honorable Mention 和 2019 年世界第三名，學生的團隊成效獲得國際專家評審之肯定（可參見附錄）。

三、結語與未來課程設計建議

協作學習在教學現場並不多見，對於教師的意願，主要的困難在於沒有足夠的認識、適切的理論依據與課程發展模組可供參考。本研究發展融入團隊科學研究觀點的專題導向課程 TSPBL，點出合作學習與協作學習之差異，引入團隊科學研究之「協作」特性，設計課程，搭建教學情境，指出此教學的觀察重點，讓教師能夠賦權（empower）給學生，讓學生在團隊歷程中真正學習到「尊重差異」、「權力分配」與「責任分擔」，發揮強大的團隊成效，完成優秀專題作品。連續四年拿到世界級獎項，大大增強學生團隊的自我效能與學習自信（Weng & Guo, 2022）。由教學成果來看，TSPBL 課程確實是一個值得推薦的協作學習教學法，它不但正面回應了教育部 108 課綱倡議的核心素養培育目標，也讓素養教學光譜中最暗淡的波段，出現了一道曙光。

參考文獻

- 李美惠、洪啟軒、何于蝶（2019）。臺北市仁愛國民中學資優教育之推展。資優教育論壇，17(1)，98-113。
- 柯麗卿（2005）。獨立研究的設計與教學。國小特殊教育，39，53-60。
- 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(3)，641-662。
- 郝光中（2021）。專題導向式學習、ARCS 學習動機理論與競賽導向式學習在課程上學習動機及成效之研究：以網頁設計課程為例。取自 <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edshyr&AN=hyr.00594110&lang=zh-tw&site=eds-live>
- 張素貞、廖奕宣、洪珮瑜（2020）。推動十二年國民基本教育課程綱要宣導與增能配套之規劃實施及初步成效分析。取自 <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edshyr&AN=hyr.00580894&lang=zh-tw&site=eds-live>

- 教育部（2021）。十二年國民基本教育課程綱要（110年修正版）。國家教育研究院。
- 陳信益、呂嘉瑋、宋威德（2020）。「獨立研究：科學精神與技巧」教師手冊。優質特教網。
- 陳偉仁、黃楷茹、陳美芳、陳長益（2013）。臺灣國民中小學資優資源班運作基本模式之探究。*特殊教育研究學刊*，38(1)，55-78。
- 葉重新、成映鴻、黃鴻博、林原宏（1993）。臺灣中部地區國民小學科學展覽活動之研究教育部中小學科學教育計畫研究報告。國立臺中教育大學。
- Bennett, L. M., & Gadlin, H. (2012). Collaboration and team science: from theory to practice. *Journal of Investigative Medicine*, 60(5), 768-775.
- Cooke, N. J. (2015). Team Cognition as Interaction. *Current Directions in Psychological Science*, 24(6), 415-419. doi:10.1177/0963721415602474
- Drew, C. (2023). *Collaborative vs Cooperative Learning - Similarities & Differences*. Retrieved from <https://helpfulprofessor.com/collaborative-vs-cooperative/>
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2005). Cooperative learning, values, and culturally plural classrooms. In *Classroom Issues* (pp. 29-47). Routledge.
- Little, M. M., St Hill, C. A., Ware, K. B., Swanoski, M. T., Chapman, S. A., Lutfiyya, M. N., & Cerra, F. B. (2017). Team science as interprofessional collaborative research practice: a systematic review of the science of team science literature. *Journal of Investigative Medicine*, 65(1), 15-22.
- National Research Council. (2015). *Enhancing the Effectiveness of team science*. National Academies Press.
- Olivares, O. J. (2008). Collaborative vs. cooperative learning: The instructor's role in computer supported collaborative learning. In *Computer-Supported Collaborative Learning: Best Practices and Principles for Instructors* (pp. 20-39). IGI Global.
- Tobin, K., & Tippins, D. (1993). Constructivism as a referent for teaching and learning. *The practice of constructivism in science education*, 1, 3-22.

- Vogel, A. L., Stipelman, B. A., Hall, K. L., Nebeling, L., Stokols, D., & Spruijt-Metz, D. (2014). Pioneering the Transdisciplinary Team Science Approach: Lessons Learned from National Cancer Institute Grantees. *Journal of Translational Medicine*, 2(2).
- Wagner, C. S., Roessner, J. D., Bobb, K., Klein, J. T., Boyack, K. W., Keyton, J., . . . Börner, K. (2011). Approaches to understanding and measuring interdisciplinary scientific research (IDR): *A review of the literature. Journal of Informetric* 5(1), 14-26.
- Weng, C.-H., & Guo, C.-J. (2022). Investigating Students' Team Processes in a Project-Based Learning Course: From the Perspective of Science of Team Science. *臺灣教育評論月刊*，11(10)，178-199。

附錄一

2016-2019 年學生團隊獲得國際競賽獎狀

