

編輯手記

一如本校肩負全國中等學校師資培育及教育研究發展的重任，本刊以提升中等學校教育之學術研究與實務水準為宗旨。為了充分反映學校教學現場及教師的需求，規劃73卷專題及責任編輯如下：

卷期	專號名稱	責任編輯
73卷第1期	疫情下科技資訊與媒體素養	林子斌教授
73卷第2期	自主學習	吳昭容教授 陳佩英教授
73卷第3期	中等教育師資培育課程改變新紀元	濮世緯主任
73卷第4期	學科學習的情意發展	邱美秀教授

【焦點話題】

隨著時代變遷，我們認同知識會隨典範轉移或產生革命，於是乎教導學生具變動性的科學知識尤為挑戰，何以讓學生充分理解核心知識，以便在未來能自主吸收新知，已成為教師相當重要的教學方針。本期專刊由國立臺灣師範大學洪榮昭講座教授，根據其於探究與實作深耕多年的專業與經驗，為本專刊召集不同學科背景的教研人員探討科學探究過程的真實歷程轉化，以及探究與實作教學的實務。可發覺探究與實作和實驗課著實大不同，立足於建構主義的發展背景，探究式教學內涵在於引發主動性的學習動機，串聯跨領域的知識、複雜問題解決的思考能力，促進溝通互動的表達力，以及生活連結的知識應用，筆者期許能藉此賦予學生多元能力。

【專題論文】

欲以探究為本的教學，須體認到教師需要具備高階的學科教學知識，除對科學本質的理解、如何選擇合適的脈絡以引導學生進行合作學習，同時得擁有對探究與實作教學的正確知識論。本期專題論文共收錄四篇文章，從探究教學理論發展課程設計到課程實施案例分享，供教育先進參照。首篇，為洪榮昭教授等人聯合發表「POQE探究式學習模式對於綠能學習表現之影響」，結合使用多媒體科技融入POQE探究式學習模式，聚焦於探討成就動機與好奇心的探究學習表現。照本宣科的知識無法引起學習動機，也未能呈現生活之中知識的樣貌，加上修習的知識結構隨年級增加越發抽象和邏輯，致使學習興趣滑落。在探究與實作引起興趣與好奇心的策略，如：能善用衝突情境，促使與學生先對前經驗產生疑問。

盧秀琴教授與余岱瑾研究生的「開發『昆蟲仿生學桌遊』融入昆蟲單元教學以培養國小學生科學與科技素養」，提出引導教學者進行設計課程的ADDIE模式，自遊戲中師法自然並模仿科學家的思維，另類方式體驗科學進行方式。接著由東華大學的蔡其瑞老師指導楊淳翔博士生「國小泛自閉症學生學童動手做STEM學習困境分析」，本篇描述與解釋泛自閉生進行STEM動手做課程的行為特徵，提點出面對不同學習能力的學生，其探究能力的學習表現，宜使用合宜的輔助媒介及適切調整。最後為范靜媛副教授和葉建宏講師「探究與實作應用於技專校院專題製作課程教學模式之研究」，實作課程所欲培養的目標對師生而言無法一蹴可幾，教師亟需營造良善的學習氛圍，搭建雙向的師生互動，以促發學生主動參與和自主探究的意願。即使探究與實作教學法如此引人入勝，當教師轉換教學，得留意持有的教學知識必須隨之轉換更新，深刻理解並加深對應的相關能力，亦仰賴學校或教師成長脈絡的經驗分享。

【教學專題】

108課綱自然科領域規劃高中課程包含「自然科學探究與實作」共4學分的新領域必修課程，且自國教院公布的自然科學領域課程綱要，「探究與實作」學習重點，探究學習內容包含「發現問題」、「規劃與研究」、「論證與建模」、「表達與分享」，強調教師轉變為引導者。本篇教學專題由陳美蓮博士生撰寫「高中自然科學探究與實作課程之設計與實踐」，試圖論述現今高中自然領域課程的實踐方法，勾勒出可行之方向。唯探究與實作的課室中，教師如何配合學習者適性調整、進行跨領域整合教學，以及能否善用不同教學策略，益顯重要。即使老生常談，卻也是顛撲不破的關鍵。

【心靈加油站】

淡水商工于賢華校長分享「技術型高中專題實作素養教學課程示例」，揭示具備核心素養的實作能力的重要性，實施過程宜包含小組腦力激盪討論、發想問題與自訂工作任務、貼近真實生活情境。文中闡述專題實作素養的課程裡師生遭遇的困境無可避免，探究實作教學將可能面臨外在環境問題和文化氛圍；教師本身的學科探究能力、教學自信心與教學技巧等；學生的學習經驗、閱讀媒體素養、溝通力等相關素養，尚須多元面向的考量與支持，以逐步穩固紮實。

Contents

編輯手記 Editor's Note

焦點話題：探究與實作

Focus Topics: Topics Inquiry and Practice Teaching Special

論探究與實作之重要性 / 洪榮昭.....6

A Study on the Importance of Inquiry and Practice Teaching / Jon-Chao Hong

專題論文 Special Interest

POQE探究式學習模式對於綠能學習表現之影響 / 洪榮昭 王志美 葉建宏 葉貞妮..... 10

The Influence of POQE Inquiry-based Learning Mode on Renewable Energy Learning

Performance/ Jon-Chao Hong Chih-Mei Wang Jian-Hong Ye Jhen-Ni Ye

開發「昆蟲仿生學桌遊」融入昆蟲單元教學以培養國小學生科學與科技素養

/ 盧秀琴 余岱瑾..... 30

Cultivation of Scientific and Technological Literacy of Elementary Students through Developing

the "Insect Bionics Board Game" in Insect Unit Teaching / Chow-Chin Lu Tai-Chin Yu

國小泛自閉症學生學童動手做STEM學習困境分析 / 蔡其瑞 楊淳翔..... 50

Hands-on and STEM Learning Difficulties in Asperger Syndrome

/ Chi-Ruei Tsai Chun-Hsiang Yang

探究與實作應用於技專校院專題製作課程教學模式之研究 / 范靜媛 葉建宏..... 73

A Study on Teaching and Learning Model of Project Design Course in a Vocational and

Technological College and University / Jing-Yun Fan Jian-Hong Ye

教學專題 Teaching Special Subjects

高中自然科學探究與實作課程之設計與實踐 / 陳美蓮.....	93
The Design and Implementation of Natural Science Inquiry and Practice Curriculum for Senior High Schools in 12-year Basic Education / Mei-Lien Chen	

實務分享 Sharing of Educational Practice

技術型高中專題實作素養教學課程示例——以居家情境LED燈實作為例 / 于賢華.....	107
Project-Based Practical Course in Vocational High School - Case Study on Home Lights of Practical Course / Hsien-Hua Yu	

徵稿辦法 Call for Papers	118
----------------------------	-----

審稿要點 Review Criteria	120
----------------------------	-----

徵稿內容 Submission Guidelines	122
----------------------------------	-----

訂閱辦法 Subscribe to Secondary Education	123
---	-----

論探究與實作之重要性

洪榮昭* 教授

國立臺灣師範大學學習科學跨國頂尖研究中心

越來越多的人建議將探究式學習作為培養學習者好奇心和動機的有效方法，藉由此學習方式，能夠幫助學習者發展在複雜與不可預測的環境中工作的能力，使其成為更具批判性的思考者和主動學習者 (Suarez et al., 2018)。同時近年來，探究式學習也被認為是 STEM 學習的關鍵方法之一，儘管它也越來越多頻繁地應用於其他學科領域，眾多教師之所以使用它，為使學習者能夠在任何學科領域中學習科學思維 (Pedaste et al., 2020)。而探究式學習起源於社會建構主義理論 (Vygotsky, 1978)，指出學習是發生在學習者透過對話與提問的互動中，以藉由積極互動來構建自己的知識 (Kori, 2021)。因此，探究式學習是一種強調透過體驗與認知構建來進行學習的一種方法，探究式學習鼓勵學生在學習過程中的自主性，並涉及以學生為中心的學習活動，例如：解決問題、調查及合作等等 (Huang et al., 2020)。此外，對於學生而言，探究能力亦需要強調以證據概念為導向教學之重要性，因為證據概念是在驗證探究品質的可信度及有效性時尤為重要，透過理解證據能有效幫助學習者在科學探究的課程中應用，更加純熟的思考技能，以及建構其意義，並在進行結論時建立較具有說服力的個人觀點 (陳美智、吳裕益, 2020)。

對於探究式學習或教學的方法與模式，Banchi 與 Bell (2008) 歸納提出，驗證式探究、結構式探究、引導式探究與開放式探究等四個級別的探究類型。第一個級別為驗證式探究，教師向學生提供科學問題，以體驗探究調查歷程，於此階段，師生可以擁有收集和分析資料等科學技能。而第二個級別為結構式探究，教師向學生提供科學問題，由學生解釋收集之資料。第三個級別是引導式探究，教師只向學生提供研究問題，學生在教師的指導下設計研究過程，包括方法、結果和討論、結論部分。第四個級別則是開放式探究，學生藉由構建研究問題、收集、分析和解釋資料過程，並表述探究之結果，而開放式探究不僅可以提高學生的科學推理能力和認知策略的運用，在開放式探究結束

* 本篇論文通訊作者：洪榮昭，通訊方式：hongjc@ntnu.edu.tw。

時，學生更可以達到更深層次的科學思維水平。因此不同的探究歷程模式可以根據 Banchi 與 Bell 所提的探究類型來進行發展。

綜上文獻可知，探究式學習是讓學生參與調查，化被動學習為主動學習。故，此一學習法的重點是在提出問題、收集和分析資料以及構建基於證據的論點，而教師應是促進學生的學習過程，並及時提供幫助與支持。另外，在探究式學習活動中，藉由實作任務的實施，讓教師期盼學生除進行動腦思考，也更能夠動手完成學習任務，透過此方式不僅能幫助學生發展與建構知識，更可讓學生理解科學家們在進行研究及解決問題方式（李驥、邱美虹，2019）。由上可知，學習是由探究激發的，即由問題驅動，學習的基礎是構建知識和新理解之過程，這是一種主動的學習方法，同時也涉及邊做邊學（動手實作）（Spronken-Smith & Walker, 2010）。

探討過去文獻發現，探究週期的呈現方式通常具有一個有序的歷程階段。然而，多數學者通常也會提出，探究式學習並非有統一規定的實施歷程（Pedaste et al., 2015）。例如：在傳統的 5E 探究學習模式，即參與（engage）、探索（explore）、解釋（explain）、闡述（elaborate）和評估（evaluate）中，每個 E 都支持課堂體驗和教學策略，為學生提供在情境中構建內容理解的機會（Hong et al., 2017）。Hong 等人（2017）藉由 POE 模式，預測（prediction）、觀察（observation）、解釋（explanation），並結合教育遊戲 APP 來讓國小學童學習科學探究。此外，Hong 等人（2020）還根據 POE 模型進行修改，提出 PD/OQ/DE/T 探究模式，藉由預測（prediction）、實作／觀察（do/observation）、測驗／討論（quiz/discussion）、解釋／遷移（explanation/transfer）。另外，Yang 等人（2021）基於 POE 模型與動手做學習的基礎下，發展 QODE 模型，包括提問（Question）、觀察（Observation）、實作（Doing）、解釋（Explanation）四個步驟。由此述文獻可見，探究與實作的教學或學習活動可以根據教學目標、課程主題與內容難易度設計不同簡易或複雜的流程，也可以借助不同科技輔助工具來進行探究式課程。

近年來，世界各地掀起教育改革的號角，其中美國教育改革以 STEAM 教育為核心的背景下，其所推動 STAEM 熱潮已席捲全球各地的正式與非正式教育活動，而臺灣亦積極參與此教育熱潮中，以探究與實作的教育方式大力響應 STEAM 教育及其相關科學活動。且在《十二年國民基本教育課程綱要總綱》公布後，探究與實作亦在臺灣越發受到重視。

綜上所述，探究與實作對於教學實踐是一個重要議題。是以，本期以探究與實作收錄 4 篇相關主題論文、1 篇教學專題、1 篇實務分享，本期文章對於目前的課程與教學領域的發展具有學術與實務貢獻。

第一篇論文〈POQE 探究式學習模式對於綠能學習表現之影響〉是透過線上網站實施探究式學習，以培養技術型高中學生的綠色能源的知識。此研究更藉由結構方程模式驗證探討影響學習表現的因素，此結果可供後續教學實踐作為參考依據；第二篇論文〈開發「昆蟲仿生學桌遊」融入昆蟲單元教學以培養國小學生科學與科技素養〉則是從遊戲式學習的視角，開發以昆蟲為主題之教育性桌遊，讓國小學生藉由桌遊進行探究與實作的學習，進而達到內隱的方式，學會「昆蟲仿生學」中較艱澀的科學概念；第三篇論文〈國小泛自閉症學生學童動手做 STEM 學習困境分析〉為針對具有亞斯伯格症特質之學生特質及導致學習困難的影響因素進行探討，從觀察藉由扎根理論方式用以進行歸納與編碼的記錄，並從分析結果提供相關建議。另外，〈探究與實作應用於技專校院專題製作課程教學模式之研究〉闡述科技大學設計類科系所在專題製作課程中，實施探究與實作的教學歷程，此篇文章還提出適用於設計專業學生於設計專題時之探究與實作模式，有助於中等級高等技職教育學生有效的進行探究與實製作。

而教學專題〈高中自然科學探究與實作課程之設計與實踐〉探討於現行課綱下，教師對於設計自然科的探究與實作課程之相關經驗，及分析教學實踐的情況，依此提出三點自然科學領域教師在落實高品質探究與實作課程的具體建議。最後，實務分享中，〈技術型高中專題實作素養教學課程示例——以居家情境LED燈實作為例〉分享對於技術型高中的探究與實作的實施方式，並在文中以情境 LED 燈之實作做為案例說明，提出在教學實務中所遭遇的問題與挑戰，對於中等技職教育的教學推動具有高度價值的實務貢獻。

參考文獻

- 李驥、邱美虹 (2019)。NGSS 和 12 年國民基本教育中探究、實作和建模的比較與分析。
科學教育月刊，**421**，19-31。
- 陳美智、吳裕益 (2020)。證據概念——實作背後的思考。*中等教育*，**71** (1)，89-109。
[https://doi.org/10.6249/SE.202003_71\(1\).0006](https://doi.org/10.6249/SE.202003_71(1).0006)
- Banchi, H. & Bell, R. (2008). The many levels of inquiry. *Science and Children*, *46*(2), 26-29.
- Hong, J. C., Hwang, M. Y., Tai, K. H., & Tsai, C. R. (2017). An exploration of students' science learning interest related to their cognitive anxiety, cognitive load, self-confidence and learning progress using inquiry-based learning with an iPad. *Research in Science Education*, *47*(6), 1193-1212. <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9541-y>

- Hong, J. C., Ye, J. H., Ho, Y. J., & Ho, H. Y. (2020). Developing an inquiry and hands-on teaching model to guide steam lesson planning for kindergarten children. *Journal of Baltic Science Education*, 19(6), 908-922. <https://doi.org/10.33225/jbse/20.19.908>
- Huang, L., Doorman, M., & van Joolingen, W. (2020). Inquiry-based learning practices in lower-secondary mathematics education reported by students from China and the Netherlands. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 19, 1505-1521. <https://doi.org/10.1007/s10763-020-10122-5>
- Kori K. (2021) Inquiry-based learning in higher education. In C. Vaz de Carvalho, & M. Bauters (Eds), *Technology supported active learning* (pp. 59-74). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-16-2082-9_4
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., De Jong, T., Van Riesen, S. A., Kamp, E. T., ... & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47-61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
- Pedaste, M., Mitt, G., & Jürivete, T. (2020). What is the effect of using mobile augmented reality in K12 inquiry-based learning? *Education Sciences*, 10(4), 94. <https://doi.org/10.3390/educsci10040094>
- Spronken-Smith, R. & Walker, R. (2010). Can inquiry-based learning strengthen the links between teaching and disciplinary research? *Studies in Higher Education*, 35(6), 723-740. <https://doi.org/10.1080/03075070903315502>
- Suarez, A., Specht, M., Prinsen, F., Kalz, M., & Ternier, S. (2018). A review of the types of mobile activities in mobile inquiry-based learning. *Computers & Education*, 118, 38-55. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.11.004>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes* (M. Cole, Trans.). Harvard University Press.
- Yang, X., Zhang, M., Kong, L., Wang, Q., & Hong, J. C. (2021). The effects of scientific self-efficacy and cognitive anxiety on science engagement with the “question-observation-doing-explanation” model during school disruption in COVID-19 pandemic. *Journal of Science Education and Technology*, 30(3), 380-393. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09877-x>

POQE探究式學習模式 對於綠能學習表現之影響

洪榮昭 教授
王志美 博士生
葉建宏* 講師
葉貞妮 博士生

國立臺灣師範大學工業教育學系暨學習科學
跨國頂尖研究中心

國立臺灣師範大學工業教育學系
博仁大學

國立臺北科技大學技術及職業教育研究所

摘要

綠能科技為臺灣重要的能源發展方向，因此有關此領域的人才培育亦為重要，但目前臺灣對於綠能教育的探究式課程之討論仍不多見。故本研究藉由POQE探究式學習模式，以預測、觀察、測驗、解釋等探究歷程設計綠能學習課程，並在成就動機的期望價值理論基礎之下，提出四項研究假設建構一個研究模式，以了解成就動機在兩種類型的求知好奇心下，如何影響學習表現（價值）。為達研究目的，本研究採立意取樣方式，邀請五所公立技術型高中二年級學生參與課程，並進行問卷調查，有效參與者共287名，包含汽車科158人（55.1%），冷凍空調科129人（44.9%）。所收集的問卷資料經由刪題及信效度檢驗後，採用結構方程模式來驗證假設模型，研究結果顯示：一、成就動機對於二種類型的求知好奇心具有正相關；二、二種類型的求知好奇心對學習表現具有正相關。

關鍵詞：成就動機的期望價值理論、技術型高級中等學校、求知好奇心、探究式學習、綠能教育

*本篇論文通訊作者：葉建宏，通訊方式：Kimpo30107@yahoo.com.tw。

The Influence of POQE Inquiry-based Learning Mode on Renewable Energy Learning Performance

Jon-Chao Hong Professor
Chih-Mei Wang PhD student
Jian-Hong Ye* Lecturer
Jhen-Ni Ye PhD student

Department of Industrial Education and Institute for Research Excellence in Learning Sciences,
National Taiwan Normal University

Department of Industrial Education, National Taiwan Normal University
Dhurakij Pundit University

Graduate Institute of Technological & Vocational Education, National Taipei University of
Technology

Abstract

Renewable energy technology is an important energy development trend in Taiwan, and the cultivation of talents in this field is important as well. However there are few discussions on the inquiry-based curriculum in renewable energy education. Therefore, this study adopts the POQE inquiry-based learning model to design renewable energy learning courses by the exploration process of prediction, observation, quiz and explanation. Based on the expected value theory of achievement motivation, this study proposes four research hypotheses and constructs a research model to explain how achievement motivation affects learning performance (value) in the context of the two types of epistemic curiosity. For research purposes, this study adopts a purposive sampling method. Sophomores from five vocational senior high schools were invited to participate in courses and then answered questionnaires. There

*Corresponding author: Jian-Hong Ye, E-mail: Kimpo30107@yahoo.com.tw

were a total of 287 effective participants, including 158 people (55.1%) in the Department of Automobile Technique and 129 people (44.9%) in the Department of Refrigerator and Air-conditioning. The collected data were subjected to question deletion and reliability and validity checks. Hypothetical models were verified by using structural equation modeling (SEM). The results showed that, 1. Achievement motivation was positively related to two types of epistemic curiosity. 2. The two types of epistemic curiosity were positively related to learning performance.

keywords: epistemic curiosity, expectancy-value theory of achievement motivation, inquiry-based learning, renewable energy education, vocational senior high school

壹、前言

在全球各國致力於推動環境永續發展的目標下，開發高效能且乾淨的能源科技亦是目前臺灣能源科技發展首重的發展目標，因此政府積極推動的「前瞻基礎設計計畫」中，綠能建設也是其中的一項發展目標（經濟部，2017），而推動能源教育將有助於綠能科技人才的養成。研究指出，研發能源教材與教具，將有助於推展能源教育（高麗鳳、卓卿鉉、陳欽松，2016）。此外，就能源議題而言，在 108 課綱中被列為各個領域的學習重點（王尊玄、王仁俊，2020），技術型高中是未來專業技術人才培育的搖籃。建立技術型高中學生的素養力，對於推動產業的發展將會有莫大的幫助（黃文良、黃琮聖、王貳瑞，2013）。因此，若能發展適用於技術型高中的綠能課程，應對於綠能科技人才培育有正向助益。

近來，諸多研究指出將探究式學習方法結合於科學的學習中，可藉此激發學生的興趣並增強其學習動機（Suárez, Spechta, Prinsenb, Kalza, & Ternie, 2018），探究為科學家使用的方法及歷程，理解科學如何發展以及如何利用科學過程來發展新的資訊（Cairns & Areepattamannil, 2018），探究式學習（inquiry-based learning）則為一種以學生為中心的學習和教學方式，而 Fichten（2019）認為探究式學習包含獨立性、與理論的關係及反思等三個主要特徵。根據學習環境，探究式教育可以包括不同程度的探究學習（Alake-Tuenter et al., 2012）。探究式學習有幾種模式，其中部分可於實驗性課堂教學中實踐，而某些則可用於線上教學中使用（Hong et al., 2019）。探究模式的核心特色為設計出令人困惑又亟欲驗證真相的學習教材，Hong 等人（2019）提出 POQE 探究模式，增加一個問題（quiz），以確保參與者理解該單元的目標，探究模式的教學步驟依序為預測（Prediction, P）、觀察（Observation, O）、測驗（Quiz, Q）、解釋（Explanation, E）。而本研究即以 Hong 等人所發展的 POQE 探究模式為基礎，發展出探究式綠能課程。

成就動機理論被解釋為說明人們對成就任務的選擇以及對任務的堅持性與執行力（Wigfield & Eccles, 2000），因為成就動機理論認為人們的選擇、毅力與表現，可以透過信念解釋其對活動做得如何以及對活動的重視程度（Urdan & Kaplan, 2020）。過去許多有關學習者對成功期望的預期及增強能力動機之相關研究（Wigfield, Rosenzweig, & Eccles, 2017），採用成就動機的期望價值理論（Expectancy-value theory of achievement motivation, EVTAM, Wigfield & Eccles, 2000）進行探討。故本研究於 EVTAM（Wigfield & Eccles, 2000）基礎下，檢測 POQE 課程中學習者的成就動機、求知好奇心及綠能學習表現之間的關係，並針對研究分析結果提出具體建議。

貳、文獻探討

一、探究式學習

探究式學習為以學習者為中心，由學習者主動地自我指導學習。這是一種學生需負責自己學習的學習方法 (Becker, Klein, Gößling, & Kuhn, 2020; Spronken-Smith & Walker, 2010)。因此，探究式學習被認為是有助於增強知識並促進對學習成果的合適工具 (Schmid & Bogner, 2015)。此外，探究式學習亦被認為在促使學生進行知識轉化時，必須將各種來源的資訊進行彙整，以形成和支持自己的主張，而這將有效地促進學習者的特定領域思維 (Voet & De Wever, 2017)。諸多的研究提及，探究式學習為一種提高學習者好奇心和動力的有效方法 (Suarez, Specht, Prinsen, Kalz, & Ternier, 2018)。故諸多學者提倡應採用探究式教學法幫助學習者構建知識並發展高級思維能力 (Lakkala, Lallimo, & Hakkarainen, 2005)。而探究式學習有許多模式，這些模式是經由不同的研究所採取不同探究式歷程所組成 (Song & Wen, 2005)。在本研究中則以 Hong 等人 (2019) 提出預測、觀察、測驗、解釋之 POQE 探究模式用以設計綠能課程。

二、成就動機

成就動機 (achievement motivation) 由 McClelland、Atkinson、Clark 與 Lowell (1953) 所提出，McClelland 等人認為人們是能夠通過努力獲取正向的成果 (正向動機) 或躲避失敗 (負向動機)。Maehr 與 Zusho (2009) 認為成就動機是學習者自己的認知。當某項行為涉及與卓越標準競爭時，就可以認為是一種成就動機，判別關鍵要素為想要做好某一特定活動 (Brunstein & Heckhausen, 2018)。Kumar、Zusho 與 Bondie (2018) 而成就動機最重要的目標是建立學習者的能力與包容性，藉此讓學習者更願意進行學習。學者認為學習者的成就動機定義將影響未來行為 (Maehr & Zusho, 2009; Weiner, 1974)。而 Hart、Mueller、Royal 與 Jones (2013) 強調學習者的成就動機為預測感知與學習成就之重要因素。因此，成就動機是學生學習品質的重要指標 (Michou, Matos, Gargurevich, Gumus, & Herrera, 2016)。故本研究中以成就動機作為潛在自變項。

三、求知好奇心

好奇心是指人們對於事物的求知慾望，也是人們最基礎的動力來源 (Kobayashi, Ravaioli, Baranès, Woodford, & Gottlieb, 2019)，它更是組合人們的基本成分 (Kidd & Hayden, 2015)。Lindholm (2018) 認為好奇心是現代人的核心價值，它驅使人們或群體學習的動力、獲得新資訊的見解以及創新能力等。此外，好奇心也被視為人們的一種特

質，普遍存在於人們遇到一件新穎事物或不理解的現象時，會想要去探索並理解該事物或現象 (Litman, 2019)。求知好奇心 (epistemic curiosity) 為一種學習者對於資訊的渴望，學習者的求知好奇心將會激發起學習慾望 (Wang & Hayden, 2021)，使人們渴望擁有更多新資訊，它會不斷地激發人們求知的興趣 (Litman, 2005)。此外 Litman 與 Jimerson (2004) 更將求知好奇心分為興趣型 (interest, I) 與剝奪型 (deprivation, D)，I 型的求知好奇心指涉及新事物的探索，而 D 型的求知好奇心則指減少不確定性，並消除自己對事情的未知狀態。本研究則採用求知好奇心用以預測學習者於 POQE 探究式綠能學習中之學習表現。

四、學習表現

課程推動的成效可由評估學習者是否自課程中學到相對應的知識來確認 (黃文良等人, 2013)。因此學習表現是學習中最常被提及的變項之一 (Hsieh, Lin, & Hou, 2016)。表現評估標準是指學習水平和成就水平的標準，例如學習表現 (Winberg & Hedman, 2008)。為了衡量學習表現，大多數研究者常使用成績測驗、作業或問卷調查來收集學生的看法 (黃文良等人, 2013; Moody & Sindre, 2003)，或藉由前測與後測結果加以確認進步標準，作為學習表現的主要衡量指標 (Allcoat & von Mühlennen, 2018)。而本研究中，學習表現係指學習者於參與 POQE 探究式綠能學習後之評估結果。

參、研究假設

一、成就動機與求知好奇心之關係

Pohan、Maulina、Hasanah 與 Hardianti (2018) 研究證實，學習者於理科課程中，學習動機與好奇心之間的關係，結果發現當學習者的動機越強烈時，將會提升學習者的好奇心。Halamish、Madmon 與 Moed (2019) 則發現學習動力更易使學習者牢記所學習之內容，並增加其求知好奇心。另有研究指出，不同程度的動機皆可預測人們的求知好奇心，不論 I 型之求知好奇心或 D 型之求知好奇心，皆與學習目標有著重要關聯性 (Elliot, McGregor, & Gable, 1999)。因此，當成就動機越高時，學習者的求知好奇心也將越強烈。故本研究探討學習者的成就動機與求知好奇心之間的關係，其假設如下：

H1：成就動機與 I 型求知好奇心呈現顯著正相關。

H2：成就動機與 D 型求知好奇心呈現顯著正相關。

二、求知好奇心與學習表現之關係

過去諸多研究提及，學習者的求知好奇心能提升學習者的學習與成就表現（Gruber, Gelman, & Ranganath, 2014; Middlebrooks, McGillivray, Murayama, & Castel, 2016）。而根據 von Stumm、Hell 與 Chamorro-Premuzic（2011）研究發現，求知好奇心為預測學習表現重要因素之一。另外，Powell、Nettelbeck 與 Burns（2017）指出求知好奇心與信心為預測學習表現重要指標之一，並建議未來可將研究集中在求知好奇心或信心對預測學習成效之影響。因此，求知好奇心讓學習者認為自己是具有能力挑戰自我和成長，進而影響學習表現與學習動機（Jaen & Baccay, 2016），並且擁有較高求知好奇心之學習者於學習表現亦有正向相關（Shah, Weeks, Richards, & Kaciroti, 2018）。

過去研究顯示，遊戲化學習方式能夠激發學習者的求知好奇心，進而提升其學習表現（Hong, Hwang, Liu, & Tai, in press）。此外，亦有相關研究發現學習者求知好奇心能夠預測學習表現（Powell et al., 2017）。而 Özsaray 與 Eren（2018）更提到 D 型求知好奇心與 I 型求知好奇心與學習成就皆有顯著正向影響。因此，當學習者的求知好奇心越強烈時其學習表現也會越良好。故本研究探討學習者在 POQE 探究式綠能課程的情境中，求知好奇心與學習表現之間的關係，其假設如下：

H3：I 型求知好奇心與學習表現呈現顯著正相關。

H4：D 型求知好奇心與學習表現呈現顯著正相關。

三、研究模式

根據成就動機的期望價值理論之觀點，當人們對自己完成某些任務的能力充滿信心或對任務感興趣的學生，可能會表現出與積極成就相關的行為，例如：願意付出更大的努力並堅持挑戰性的任務（Wu & Fan, 2017），也就是說當學習者的學習動機越強烈時，將表現出越積極的成就行為，進而獲得良好的價值感知。承上，當成就動機越強烈，學習者將表現出更高程度的求知好奇心（成就行為），藉此獲得良好的學習表現（價值）。基此，本研究以成就動機的期望價值理論作為理論框架，提出四項研究假設，並建構其研究模式，如圖 1 所示。

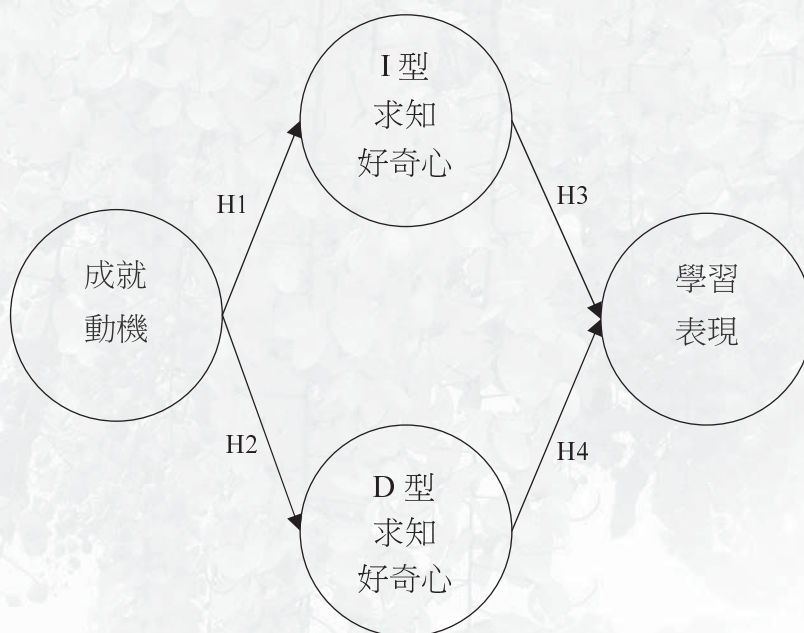


圖 1 研究模式

肆、教材設計

一、綠能學習的POQE探究模式

本研究根據POE (Prediction、Observation、Explanation) 探究模式，增加測驗 (Quiz)，修改為 POQE (Prediction、Observation、Quiz、Explanation) 探究式學習過程，用以幫助學習者於綠能學習歷程中進行探究。為使讓學習者能有效的參與POQE探究式學習過程，研究人員指出，在探究式的學習活動中，可以藉由科技幫助學習者認知支持，這不僅提供學生發展科學理解的機會，還能藉由使用可見的科學現象激勵學習者 (Oliver, 2008; Ucar & Trundle, 2011)。而本研究採用Hong等人 (2019) 所開發基於POQE模式的綠能學習網站作為教學工具，讓學習者使用，而參與者於網站的學習過程所述如下：

(一) 預測

在第一階段中，學習者在進入綠能學習網站的學習單元後，將先提出一道關於綠能知識的基礎問題給予學習者回答，在此階段，須從參與者的先備知識與科學能力來從中選擇一項最合適的答案，此階段中不會告訴學習者其回答正確與否。

(二) 觀察

在第二階段中，將提供綠能影片或圖像資訊給予學習者，並透過影片、圖片進行綠能運作的模擬實驗以提供給學習者觀看。

(三) 測驗

在第三階段中，提出與第一道題目相關但更進階的問題給學習者進行作答。在此階段，將「預測」與「觀察」等二個探究階段相結合，並藉此向學習者提出更進階的問題，而學習者需要反思此道問題與觀察階段所提供的資訊之間的關係。

(四) 解釋

提供正確答案與科學解釋給學習者，在這個步驟中會將預測、觀察、測驗以及解釋的歷程內容，全部都進行科學化後傳遞給學習者，而此步驟則為綠能學習網站的最後一個學習歷程。



圖 2 POQE 探究模式

二、綠能學習內容

本研究中於技術型高中環保科技單元，進行了為期六週 POQE 探究式學習課程。以太陽能發電主題，其中包含主動式與被動式追日系統之比較、被動式追日系統的原理、單軸式與雙軸式追日系統之比較、太陽能電池的發電原理、太陽能電池的發電效率、太陽能電網的功用、太陽能電網的種類等七個子單元。而本研究所設計的綠能學習內容經由二位能源專長之大學教授及五位高中教師進行確認其正確性。

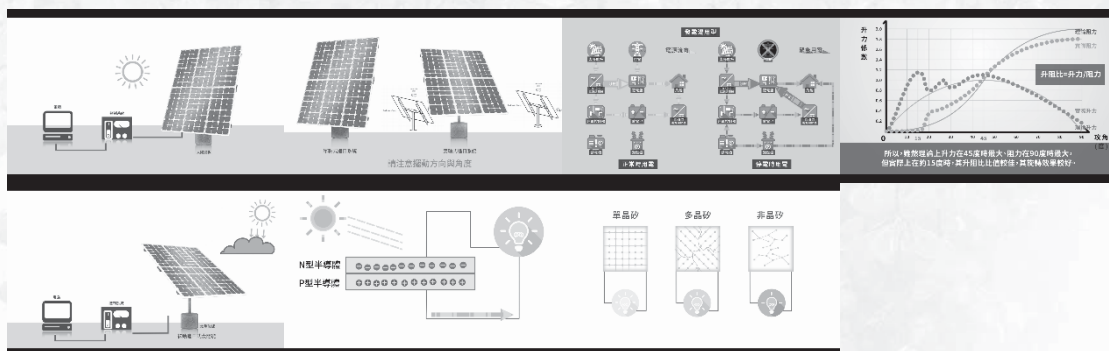


圖 3 學習單元截圖

伍、研究方法

一、研究歷程與資料蒐集

本次研究採立意取樣方式，邀請臺北市、新北市、宜蘭縣、臺中市、彰化縣各一所公立技術型高中的汽車科或冷凍空調科共九個班級學生，參與者共計342名二年級學生。

在本次教學實驗中，於研究進行時說明實驗流程，並由任課教師引導學生完成六週的線上綠能探究式課程學習。在六週的POQE探究式綠能課程中，為確保學生的匿名參與，每位學生隨機獲得一組使用帳號，學生可藉由帳號登入綠能學習網站上課，而後臺將會記錄學習者於課程各階段中的觀看時間。每位參與的學生每週將進行1至2個有關太陽能發電單元的學習，每1個單元約10分鐘的學習時間，在此學習網站中。每一個學習單元中都會包含預測、觀察、提問與解釋等四個探究歷程，且每一個歷程步驟學習者皆可重複觀看（詳見肆、教材設計）。

學習課程的最後一週時，透過紙本問卷給予學生填寫及進行學習表現的測驗，而在最後一週的測驗與填答中，亦透過填寫使用帳號的方式來確保資料對應的正確性及保障所有參與者確實匿名參與研究。

二、研究參與者

參與者共 342 人，刪除無效數據資料 55 份，有效參與者共 287 人，問卷回收率為 83.9%。性別方面，男生 282 人（98.3%），女生 5 人（1.7%）；科別方面，汽車科 158 人（55.1%），冷凍空調科 129 人（44.9%）。

三、研究工具

(一) 測量問卷

1. 成就動機

成就動機使得人們在各種任務中追求高層次的成功，為一種影響人們完成具有挑戰性的任務，超越卓越標準並竭盡全力的動機 (McClelland, 1987)。因此，本研究參考此概念，修編自 Hong、Hwang、Tsai、Tai 與 Wu (in press) 成就動機量表，評估學生與他人進行比較，證明自己的能力和優勢以及超越他人的動力，例題如：我對於不懂的事情，願意花時間增加知識吸收等。藉此評估學習者對於成就動機的感知程度。

2. 求知好奇心

求知好奇心為人們對於獲取新資訊的渴望，它將不斷地激發人們對於求知的興趣 (Litman, 2005)，而 Litman 與 Jimerson (2004) 將求知好奇心分為 I 型與 D 型，I 型求知好奇心指涉及新事物的探索，D 型求知好奇心指減少知識的不確定性並消除自己對事情的未知狀態。因此，本研究於此概念下，引用自 Litman 與 Spielberg (2003) 求知好奇心量表，I 型的求知性好奇心，例題如：當我碰到新概念，我會去探索它的涵意。D 型的求知性好奇心，例題如：當我碰到難預測結果的問題，我會花更多精神去想。由此評估學習者對於求知好奇心的感知程度。

3. 學習表現

課程的推動成效，可藉由了解學習者是否確實從課堂中學習到相關的知識作為參考標準 (黃文良等人，2013)。本研究使用於綠能學習網站中，將測試歷程中之題目做為學習表現評估的題目，例題如：請問以下太陽能電池的效率從高到低的排序是？A. 單晶矽 > 多晶矽 > 非晶矽 > 化合物半導體；B. 多晶矽 > 單晶矽 > 非晶矽 > 化合物半導體；C. 化合物半導體 > 單晶矽 > 多晶矽 > 非晶矽；D. 非晶矽 > 單晶矽 > 多晶矽 > 化合物半導體。

(二) 項目分析

本研究採用 AOMS 20.0 進行項目分析 (一階驗證性分析)，Hair 等人 (2010) 建議 χ^2/df 值須小於 5，而 Abedi、Rostami 與 Nadi (2015) 建議 RMSEA 值應小於 0.100，GFI、AGFI 等數值應大於 0.800。而本研究三個構面的一階驗證性分析結果皆符合標準。Hair、Black、Babin 與 Anderson (2010) 建議以題項的因素負荷量 (factor loading, FL) 大於 0.500 作為內部效度之評估指標，再以此標準進行刪題後，成就動機構面由 6 題刪為 4 題，I 型求知好奇心構面由 5 題刪為 4 題，D 型求知好奇心構面由 5 題刪為 4 題。

表 1
一階驗證性分析

指標	成就動機	I 型求知好奇心	D 型求知好奇心
χ^2	0.857	8.815	8.825
df	2	2	2
χ^2/df	0.429	4.407	4.412
RMSEA	0.000	0.109	0.109
GFI	0.999	0.984	0.985
AGFI	0.993	0.921	0.924

(三) 構面信度與效度分析

1. 信度

本研究問卷藉由 Cronbach's α 值來檢視一致性信度，而 Hair 等人 (2010) 建議 Cronbach's α 值應大於 0.700 則被視為通過信度檢驗之標準，而本研究 Cronbach's α 值介於 0.759 至 0.836；此外，Hair 等人 (2010) 建議組合信度 (composite reliability, CR) 的檢驗值應大於 0.700，而本研究各構面的 CR 值介於 0.764 至 0.840，顯示二項信度指標皆符合建議標準，如表 2 所示。

2. 收斂效度

Hair 等人 (2010) 建議 FL 值應大於 0.500 方具備收斂效度，當題項低於此數值時，則應被剔除。而檢驗結果顯示，成就動機的 FL 值介於 0.502 至 0.795，I 型求知好奇心的 FL 值介於 0.698 至 0.810，D 型求知好奇心的 FL 值介於 0.655 至 0.864，如表 2 所示。此外，Hair 等人 (2010) 建議當構面的平均變異抽取量 (averaging variance extracted, AVE) 大於 0.5 則具備收斂效度，但 Fornell 和 Larcker (1981) 建議 AVE 小於 0.500，但構面的 CR 值高於 0.600 時，該構面的效度仍具有足夠有效性，而本研究檢驗結果顯示各構面的 AVE 值介於 0.454~0.840，符合建議標準，如表 2 所示。

表 2
構面信度與效度分析

構面	M	SD	FL	CR	AVE
成就動機	3.696	0.593	0.502~0.795	0.764	0.454
I 型求知好奇心	3.618	0.579	0.698~0.810	0.838	0.655
D 型求知好奇心	3.500	0.593	0.655~0.864	0.540	0.840
學習表現	11.650	3.234	—	—	—

陸、研究結果

一、模型適配度檢驗

Hair 等人 (2010) 及 Abedi 等人 (2015) 對於模型適配度的各項建議值為 χ^2/df 值須小於 5 (Hair et al., 2010), RMSEA 值應小於 0.100, 而 GFI、AGFI、NFI、NNFI、CFI、IFI 與 RFI 等指標值應大於 0.800, PNFI 與 PGFI 等指標值則應大於 0.500。本研究的模型適配度的指標值為 $\chi^2=235.08$ 、 $df=62$ 、 $\chi^2/df=3.792$ 、 $RMSEA=0.099$ 、 $GFI=0.897$ 、 $AGFI=0.849$ 、 $NFI=0.854$ 、 $NNFI=0.858$ 、 $CFI=0.887$ 、 $IFI=0.889$ 、 $RFI=0.817$ 、 $PNFI=0.679$ 、 $PGFI=0.611$, 顯示本研究模式具有良好的模型適配度。

二、研究模式驗證分析

模式驗證結果顯示, 成就動機與 I 型求知好奇心有正相關 ($\beta=0.538^{***}$, $p<0.001$), 成就動機與 D 型求知好奇心有正相關 ($\beta=0.503^{***}$, $p<0.001$), I 型求知好奇心與學習表現有正相關 ($\beta=0.312^{***}$, $p<0.001$), D 型求知好奇心與學習表現具有正相關 ($\beta=0.327^{***}$, $p<0.001$)。

成就動機對於 I 型求知好奇心的解釋力為 28.9%, f^2 為 0.406; 成就動機對於 D 型求知好奇心的解釋力為 25.3%, f^2 為 0.339; 二種類型的求知好奇心對於學習表現的解釋力為 25.9%, f^2 為 0.350。

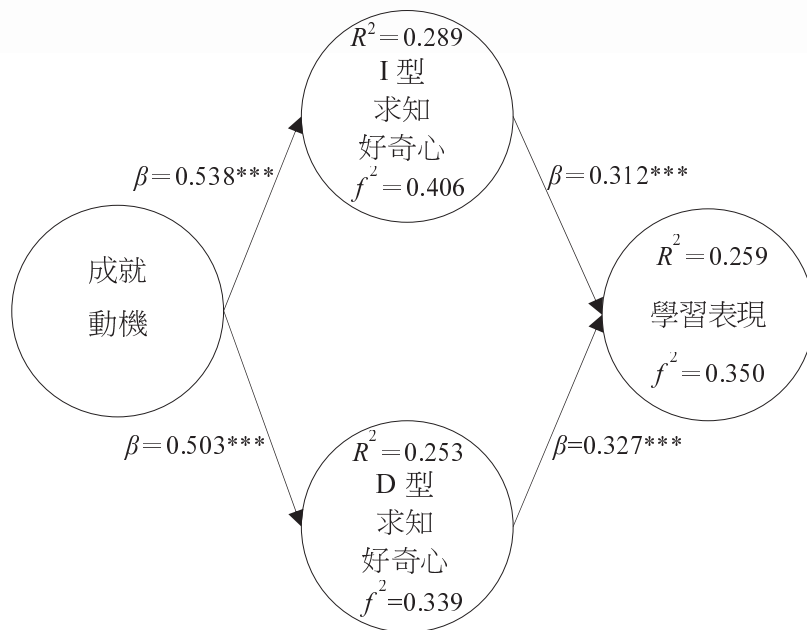


圖 4 研究模式驗證

柒、研究討論

一、成就動機與求知好奇心呈現正相關

Pohan 等人 (2018) 研究於理工課程情境中，探討學習者的動機與好奇心之間的關係，結果發現當學習動機越高時，將會提升學習者的好奇心。而 Halamish 等人 (2019) 則指出學習動力更容易讓學習者記住所學習的內容，且動機將會促進求知好奇心的提升。此外，Elliot 等人 (1999) 的研究則提及，不同程度的學習動機可以預測人們的求知好奇心。本研究驗證結果顯示，成就動機與二種類型的求知好奇心呈現正相關。意即當學習者擁有越強烈的成就動機時，也將會帶來越高層次的求知好奇心。

二、求知好奇心與學習表現呈現正相關

求知好奇心為驅使學生從事學習和智能活動的特質 (Binu, Vijay, Anusha, Anoop, Bhat, & D'Souza, 2020)。研究發現，求知好奇心讓學習者認為自己具有能力挑戰自我和成長，進而影響學習表現 (Jaen & Baccay, 2016)，擁有較高求知好奇心的學習者在學習表現有正向相關 (Shah et al., 2018)。因此，以往諸多研究發現，學習者的求知好奇心能夠提升學習者的學習與成就表現 (Gruber et al., 2014; Middlebrooks et al., 2016)。如 Powell 等人 (2017) 與 von Stumm 等人 (2011) 發現，求知好奇心為預測學習表現的構面之一。另外，Özsaray 與 Eren (2018) 研究也指出 D 型求知好奇心與 I 型求知好奇心皆與學習成就有顯著的正向影響。而本研究驗證結果顯示，二種類型的求知好奇心與學習表現呈現正相關。可見於 POQE 的探究式綠能課程中，當學習者擁有越高水平的求知好奇心時，將有助於提高學習者的學習表現。

捌、結論與建議

一、研究結論

探究與實作為臺灣接軌國際教學趨勢之重要方式。近年來的科技發展使得探究過程可以得到電子學習環境的支持，其教育效果也獲得顯著提高 (Hong et al., 2019)。而本研究基於成就動機的期望價值理論基礎下，提出四項研究假設，並建構一個研究模式，探討研究參與者對於在 POQE 模式下的綠能學習表現。研究驗證結果顯示：(一) 成就動機對於二種類型的求知好奇心具有正相關；(二) 二種類型的求知好奇心對學習表現具有正相關。可見探究式學習為一種能有效幫助學習者進行的能源學習方式。

二、研究建議

自研究結果可見，兩種類型的求知好奇心皆能促進學習者的學習表現，因此授課教師可根據學生的求知好奇心類型提升其對於探究知識，如：針對 I 型求知好奇心之學生給予更多新的知識來促進探究學習，而屬於 D 型求知好奇心的學生則透過探索未知的問題以誘發其探究學習的慾望。

然而雖於本研究中證實探究式學習對於綠能教育的效果，但探究式學習為一種「以學生為中心」的學習方式，有別於以往以教師為主的授課方式。故研究指出，在推動對探究式學習的變革中，師生皆需要時間建立融洽的關係及新的伙伴關係，以促進積極與合作的學習互動 (Theobald & Ramsbotham, 2019)。因此教學時，教師也應注意學習者參與情形，並適時提供引導幫助學生投入探究式的學習活動。

研究指出，探究式學習仍不是在教學中常見的學習方法 (Voet & de Wever, 2016)，但隨著科技的進步，讓多媒體內容可透過移動設備提升豐富學習環境的可能性 (Becker et al., 2020)，而本研究所使用基於 POQE 的電子系統，即是一項透過多媒體來進行探究式學習，且本研究也驗證此方式下的學習效果，因此建議學習系統設計者或是教師，皆可藉由教育科技幫助實踐探究式學習。

三、研究限制與未來研究建議

本研究著重於探究式學習之成果，而未著墨於實作面向，因此後續研究中擴展 POQE 探究模式，可增加動手做 (Do, D) 歷程，藉此探討於探究式學習模式中，實踐探究與實作的教學成效。

本次研究的參與者來自工業科別，因此學生的母群中存在性別比例嚴重失衡的問題，而在本研究中也出現過相同情形，因此建議未來可擴展取樣範圍及學科領域，邀請不同群科之學生參與研究，藉此了解基於 POQE 探究模式於不同學科領域與不同性別學生之學習表現是否相同。

致謝

本研究獲得教育部補助國立臺灣師範大學學習科學跨國頂尖研究中心之高等教育深耕計畫的經費支持。

參考文獻

- 王尊玄、王仁俊（2020）。以 POEC 模式發展 STEM 課程為國中能源教育之行動研究——以風力發電為例。《工業科技教育學刊》，13，89-104。
- 高麗鳳、卓卿鉉、陳欽松（2016）。綠能島教具與能源教育在國小教學之研究。《科學教育月刊》，394，35-49。
- 黃文良、黃琮聖、王貳瑞（2013）。高職節能減碳教育之規劃與實現。《工程科技與教育學刊》，10（1），62-71。
- 經濟部（2017）。《前瞻基礎建設計畫——綠能建設》。臺北：作者。
- Abedi, G., Rostami, F., & Nadi, A. (2015). Analyzing the dimensions of the quality of life in hepatitis B patients using confirmatory factor analysis. *Global Journal of Health Science*, 7(7), 22-31. <https://doi.org/10.5539/gjhs.v7n7p22>
- Alake-Tuenter, E., Biemans, H. J., Tobi, H., Wals, A. E., Oosterheert, I., & Mulder, M. (2012). Inquiry-based science education competencies of primary school teachers: A literature study and critical review of the American National Science Education Standards. *International Journal of Science Education*, 34(17), 2609-2640.
- Allcoat, D. & von Mühlhelen, A. (2018). Learning in virtual reality: Effects on performance, emotion and engagement. *Research in Learning Technology*, 26, 2140.
- Becker, S., Klein, P., Gößling, A., & Kuhn, J. (2020). Using mobile devices to enhance inquiry-based learning processes. *Learning and Instruction*, 69, 101350.
- Binu, K. G., Vijay, V. S., Anusha, M. M., Anoop, C. V., Bhat, S., & D'Souza, R. (2020). Influence of epistemic curiosity on the study approaches of first year engineering students. *Procedia Computer Science*, 172, 443-451.
- Brunstein, J. C., & Heckhausen, H. (2018) Achievement motivation. In Heckhausen J., Heckhausen H. (Eds), *Motivation and action* (pp. 221-304). Cham, CH: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-65094-4_6
- Cairns, D. & Areepattamannil, S. (2019). Exploring the relations of inquiry-based teaching to science achievement and dispositions in 54 countries. *Research in Science Education*, 49(1), 1-23.
- Elliot, A. J., McGregor, H. A., & Gable, S. (1999). Achievement goals, study strategies, and exam performance: A mediational analysis. *Journal of Educational Psychology*, 91(3), 549-563.

- Fichten, W. (2019). Inquiry-Based Learning in Teacher Training. In H. A. Mieg (Ed.), *Inquiry-based learning-undergraduate research* (pp. 129-137). Cham, CH: Springer.
- Fornell, C. & Larcker, D. F. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of Marketing Research*, 18(1), 39-50.
- Gruber, M. J., Gelman, B. D., & Ranganath, C. (2014). States of curiosity modulate hippocampus-dependent learning via the dopaminergic circuit. *Neuron*, 84(2), 486-496.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2010). *Multivariate data analysis* (7th ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.
- Halamish, V., Madmon, I., & Moed, A. (2019). Motivation to learn: The long-term mnemonic benefit of curiosity in intentional learning. *Experimental Psychology*, 66(5), 319-330.
- Hart, C. O., Mueller, C. E., Royal, K. D., & Jones, M. H. (2013). Achievement goal validation among African American high school students: CFA and Rasch results. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 31(3), 284-299.
- Hong, J. C., Hwang, M. Y., Liu, Y. H., & Tai, K. H. (in press). Effects of gamifying questions on English grammar learning mediated by epistemic curiosity and language anxiety. *Computer Assisted Language Learning*. <https://doi.org/10.1080/09588221.2020.1803361>
- Hong, J. C., Hwang, M. Y., Tsai, C. R., Tai, K. H., & Wu, Y. F. (in press). The effect of social dilemma on flow experience: Prosociality relevant to collective efficacy and goal achievement motivation. *International Journal of Science and Mathematics Education*. doi:10.1007/s10763-019-09958-3
- Hong, J. C., Tsai, C. R., Hsiao, H. S., Chen, P. H., Chu, K. C., Gu, J. & Sitthiworachart, J. (2019). The effect of the “Prediction-observation-quiz-explanation” inquiry-based e-learning model on flow experience in green energy learning. *Computers & Education*, 133, 127-138.
- Hsieh, Y. H., Lin, Y. C., & Hou, H. T. (2016). Exploring the role of flow experience, learning performance and potential behavior clusters in elementary students' game-based learning. *Interactive Learning Environments*, 24(1), 178-193.
- Jaen, M. C. A. & Baccay, E. S. (2016). Curiosity, motivation, attitude, gender, and mathematics performance. *The Normal Lights*, 10(2), 98-103.
- Kidd, C. & Hayden, B. Y. (2015). The psychology and neuroscience of curiosity. *Neuron*, 88(3), 449-460.

- Kobayashi, K., Ravaioli, S., Baranès, A., Woodford, M., & Gottlieb, J. (2019). Diverse motives for human curiosity. *Nature Human Behaviour*, 3(6), 587-595.
- Kumar, R., Zusho, A., & Bondie, R. (2018). Weaving cultural relevance and achievement motivation into inclusive classroom cultures. *Educational Psychologist*, 53(2), 78-96.
- Lakkala, M., Lallimo, J., & Hakkarainen, K. (2005). Teachers' pedagogical designs for technology-supported collective inquiry: a national case study. *Computers and Education*, 45(3), 337-356.
- Lindholm, M. (2018). Promoting curiosity? *Science & Education*, 27(9-10), 987-1002.
- Litman, J. (2005). Curiosity and the pleasures of learning: Wanting and liking new information. *Cognition & Emotion*, 19(6), 793-814.
- Litman, J. A. (2019). Curiosity: Nature, dimensionality, and determinants. In K. A. Renninger & S. Hidi (Eds.), *The Cambridge handbook on motivation and learning* (pp. 418-422). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Litman, J. A. & Jimerson, T. L. (2004). The measurement of curiosity as a feeling of deprivation. *Journal of Personality Assessment*, 82(2), 147-157.
- Litman, J. A. & Spielberger, C. D. (2003). Measuring epistemic curiosity and its diversive and specific components. *Journal of Personality Assessment*, 80, 75-86.
- Maehr, M. L. & Zusho, A. (2009). Achievement goal theory: The past, present, and future. In K. Wentzel & A. Wigfield (Eds.), *Handbook of motivation in school* (pp. 76-104). New York, NY: Routledge.
- McClelland, D. C. (1987). Human motivation. New York, NY: Cambridge University Press.
- McClelland, D. C., Atkinson, J. W., Clark, R. A., & Lowell, E. L. (1953). *The achievement motive*. New York, NY: Appleton-Century-Crofts.
- Michou, A., Matos, L., Gargurevich, R., Gumus, B., & Herrera, D. (2016). Building on the enriched hierarchical model of achievement motivation: Autonomous and controlling reasons underlying mastery goals. *Psychologica Belgica*, 56(3), 269-287.
- Middlebrooks, C. D., McGillivray, S., Murayama, K., & Castel, A. D. (2016). Memory for allergies and health foods: How younger and older adults strategically remember critical health information. *Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 71(3), 389-399.
- Moody, D. L., & Sindre, G. (2003). Evaluating the effectiveness of learning interventions: An information systems case study. In *European Conference on Information Systems 2003* (pp. 1-17). London, UK: School of Information Systems, London School of Economics.

- Oliver, R. (2008). Engaging first year students using a web-supported inquiry-based learning setting. *Higher Education*, 55(3), 285-301.
- Özsaray, A. E. & Eren, A. (2018). Achievement emotions, epistemic curiosity, and graded performance of undergraduate students in English preparatory classes. *Uluslararası Eğitim Programları ve Öğretim Çalışmaları Dergisi*, 8(1), 39-58.
- Pohan, L. A., Maulina, J., Hasanah, U., & Hardianti, T. (2018). Investigating the relationship between students' interest and intrinsic motivation with curiosity in learning science. In Nurhayati, Ir. (Ed.), *Proceedings of the 7th International Conference on Multidisciplinary Research (ICMR 2018)* (pp. 427-432). Medan, IND: Universitas Islam Sumatera Utara.
- Powell, C., Nettelbeck, T., & Burns, N. R. (2017). The incremental validity of intellectual curiosity and confidence for predicting academic performance in advanced tertiary students. *Personality and Individual Differences*, 116, 51-56.
- Schmid, S. & Bogner, F. X. (2015). Effects of students' effort scores in a structured inquiry unit on long-term recall abilities of content knowledge. *Education Research International*, 2015, Article ID 826734.
- Shah, P. E., Weeks, H. M., Richards, B., & Kaciroti, N. (2018). Early childhood curiosity and kindergarten reading and math academic achievement. *Pediatric Research*, 84(3), 380-386.
- Song, Y. & Wen, Y. (2018). Integrating various apps on BYOD (Bring your own device) into seamless inquiry-based learning to enhance primary students' science learning. *Journal of Science Education and Technology*, 27(2), 165-176.
- Spronken-Smith, R. & Walker, R. (2010). Can inquiry-based learning strengthen the links between teaching and disciplinary research? *Studies in Higher Education*, 35(6), 723-740. doi:10.1080/03075070903315502
- Suarez, A., Specht, M., Prinsen, F., Kalz, M., & Ternier, S. (2018). A review of the types of mobile activities in mobile inquiry-based learning. *Computers & Education*, 118, 38-55.
- Theobald, K. A. & Ramsbotham, J. (2019). Inquiry-based learning and clinical reasoning scaffolds: An action research project to support undergraduate students' learning to 'think like a nurse'. *Nurse Education in Practice*, 38, 59-65.
- Ucar, S. & Trundle, K. C. (2011). Conducting guided inquiry in science classes using authentic, archived, web-based data. *Computers & Education*, 57(2), 1571-1582.

- Urduan, T. & Kaplan, A. (2020). The origins, evolution and future directions of achievement goal theory. *Contemporary Educational Psychology*, 61, 101862.
- Voet, M. & De Wever, B. (2017). Preparing pre-service history teachers for organizing inquiry-based learning: The effects of an introductory training program. *Teaching and Teacher Education*, 63, 206-217.
- Voet, M. De Wever, B. (2016). History teachers' conceptions of inquiry-based learning, beliefs about the nature of history, and their relation to the classroom context. *Teaching and Teacher Education*, 55, 57-67.
- von Stumm, S., Hell, B., & Chamorro-Premuzic, T. (2011). The hungry mind: Intellectual curiosity is the third pillar of academic performance. *Perspectives on Psychological Science*, 6(6), 574-588.
- Wang, M. Z. & Hayden, B. Y. (2021). Latent learning, cognitive maps, and curiosity. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 38, 1-7.
- Weiner, B. (1974). *Achievement motivation and attribution theory*. Morristown, NJ: General Learning Press.
- Wigfield, A. & Eccles, J. S. (2000). Expectancy - value theory of achievement motivation. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 68-81.
- Wigfield, A., Rosenzweig, E. Q., & Eccles, J. S. (2017). Achievement values: Interactions, interventions, and future directions. In A. J. Elliot, C. S. Dweck, & D. S. Yeager (Eds.). *Handbook of competence and motivation: Theory and application* (2nd ed., pp. 116-134). New York, NY: The Guilford Press
- Winberg, T. M. & Hedman, L. (2008). Student attitudes toward learning, level of pre-knowledge and instruction type in a computer-simulation: effects on flow experiences and perceived learning outcomes. *Instructional Science*, 36(4), 269-287.
- Wu, F. & Fan, W. (2017). Academic procrastination in linking motivation and achievement-related behaviours: A perspective of expectancy-value theory. *Educational Psychology*, 37(6), 695-711.

開發「昆蟲仿生學桌遊」融入昆蟲單元 教學以培養國小學生科學與科技素養

盧秀琴* 教授
余岱瑾 研究生

國立臺北教育大學自然科學教育學系
國立臺北教育大學自然科學教育學系

摘要

因應十二年國教強調跨領域素養的學習，本研究根據ADDIE模式，以「昆蟲」單元的教學內容作延伸，選用十種昆蟲做為「昆蟲仿生學」的學習主軸來開發「昆蟲仿生學桌遊」(簡稱IBBG)，分為初階、進階遊戲。本研究採混合研究法進行準實驗研究，發現實驗組學生玩IBBG做為「探究與實作」的學習，其「昆蟲仿生學」科學與科技素養優於一般教學「昆蟲仿生學」的對照組學生，實驗效果量達到中低強度。本研究根據教學的評價修正IBBG，使其成為可執行的「探究與實作」學習模式，例如：加強「昆蟲仿生學」簡報說明、在教室放置IBBG「昆蟲仿生學」的學習手冊、將IBBG遊戲規則拍成影片等。

關鍵詞：昆蟲仿生學、昆蟲仿生學桌遊、ADDIE模式、科學與科技素養

* 本篇論文通訊作者：盧秀琴，通訊方式：luchowch@tea.ntue.edu.tw。

Cultivation of Scientific and Technological Literacy of Elementary Students through Developing the “Insect Bionics Board Game” in Insect Unit Teaching

Chow-Chin Lu^{}** Professor

Tai-Chin Yu Graduate student

Department of Science Education, National Taipei University of Education
Department of Science Education, National Taipei University of Education

Abstract

In response to cross-domain literacy learning of the 12-year Basic Education, this study developed the “Insect Bionics Board Games (IBBG)” for beginners and advanced players based on the ADDIE model. It selected ten types of insects as the core learning of “insect bionics”. It adopted a mixed research method for quasi-experimental research. The results showed that the experimental group of students playing IBBG as “inquiry and practical” learning, their “insect bionics” scientific and technological literacy was better than the general teaching “insect bionics” control group of students, the amount of experimental effect reached low to medium intensity. This research revised the IBBG based on the evaluation of teaching to make it a practical “inquiry and practice” learning model. For example: Improving the introduction to “insect bionics” through PowerPoint slides, placing the learning worksheets of IBBG in the classroom, and filming the IBBG game into a video.

keywords: Insect bionics, insect bionics board game, ADDIE mode, science and technology literacy

*Corresponding author: Chow-Chin Lu, E-mail: luchowch@tea.ntue.edu.tw

壹、前言

一、研究的理念和重要性

十二年國教自然領域課程綱要明訂五大課程目標：啟發科學探究的熱誠與潛能、建構科學素養、奠定持續學習科學與運用科技的基礎、培養社會關懷和守護自然之價值觀與行動力、為生涯發展做準備（教育部，2019a）。自然領域希冀培養具備科學及科技素養的科學人才，若能設計跨領域的課程將能培育學生的科學及科技素養（簡佑宏、張玉山、簡爾君，2016）。仿生學為近年盛行之跨領域科學，其應用範圍包括：生物、材料、工程、醫學、機械、農業等（臺灣仿生科技發展協會，2019）；設計「昆蟲仿生學」融入國小自然領域的「昆蟲」單元，進行「探究與實作」的延伸學習，為整合跨領域之學習，能使國小學生了解昆蟲結構、昆蟲仿生原理、仿生科技應用等，能有效達到跨領域的課程目標，培養科學與科技素養（盧秀琴，2020；Lu & Yub, 2019）。仿生學著重於「師法自然」，設計與研發應以宏觀角度思考長期影響，即培育學生擁有環境保育及仿生觀念，維護環境孕育更多元的生命型態，形成正向循環（江佳純，2019）。

「昆蟲桌遊教具」具有趣味性和學習引導，能提升國小學生學習興趣，增強沉浸經驗和科學過程技能（盧秀琴、林毓哲，2018）。盧秀琴與李怡嫻（2016）使用 ADDIE（Analysis, Design, Development, Implementation, & Evaluation）模式開發「昆蟲桌遊教具」獲得良好等級的評鑑，顯示 ADDIE 模式適合用來研發教育類桌遊。本研究以「昆蟲仿生學」作為依據，使用 ADDIE 模式研發「昆蟲仿生學桌遊」（Insect Bionics Board Game，簡稱 IBBG），融入國小自然領域的「昆蟲」單元做延伸教學，除介紹不同種類昆蟲的結構與原理外，並配合十二年國教跨領域的理念，介紹昆蟲仿生原理、仿生科技應用，以培養國小學生之「昆蟲仿生學」科學與科技素養。

二、研究目的

本研究採用 ADDIE 模式開發 IBBG，探討 IBBG 融入國小「昆蟲」單元做延伸教學，對於國小學生的「昆蟲仿生學」科學與科技素養之改變。本研究之目的如下：（一）國小學生進行「昆蟲仿生學」延伸教學，對於「昆蟲仿生學」科學與科技素養之改變。（二）探討 IBBG 融入國小「昆蟲」單元，進行「探究與實作」教學之評價。

貳、文獻探討

一、使用ADDIE模式開發教育類桌遊

盧秀琴與施慧淳(2016)以ADDIE模式開發「昆蟲大富翁」遊戲教具，融入國小昆蟲單元做延伸學習，能培養學生的學習動機和科學過程技能，尤以是觀察、比較與分類、組織與關聯等方面。ADDIE模式為較常使用的教學設計模式，能夠有系統的引導教學者進行有效率的設計(Aldoobie, 2015)。ADDIE模式包含三個架構及五個階段(林佳蓉, 2009)，三個架構包括：(一)要學什麼？(制定學習目標)。(二)要如何去學？(應用學習策略)。(三)要如何判斷學習者已達到學習效果？(評量學習成效)(顏春煌, 2007)。五個階段包括：(一)分析階段：設計者列出教學系統的需求，例如：確認問題與需求、學習者的先備知識(顏春煌, 2010)。(二)設計階段：設計者詳述開發成品的具體細節，包括：教學目標、設計理念、教材內容、畫面美工設計、系統流程設計等(Dick, Carey, & Carey, 2005)。(三)發展階段：設計者依據藍圖將教學系統的所有設計組合起來，包括：桌遊組件、教戰手冊、遊戲規則等(盧秀琴、林毓哲, 2018)。(四)實作階段：先由數位學習者進行測試，自給予的回饋中進行改善後，再交由學習者使用(盧秀琴、施慧淳, 2016)。(五)評鑑階段：總結性評鑑必需考慮教學內容與目標的一致性、教學內容的完整性、教學內容的適用性及學習者使用的滿意度(宋曜廷、張國恩、林慧藍、李宜芬、陳明溥, 2009)。

二、「昆蟲仿生學」培養學生的科學與科技素養

仿生科技具有高創意、高生產效率、低污染、低耗能、對環境友善等優點，被譽為新生物經濟時代的一種永續科技(國家地理雜誌中文網, 2017; 臺灣仿生科技發展協會, 2019)。仿生學源自於希臘文「bionics」，為研究以模仿生物的生存方式、構造特徵，類似於生物系統方式工作的系統科學(Britannica's editors, 2010)，包括：材料科學、生物力學、分子生物學等仿生科學，屬於跨領域的學習(陳玉娥譯, 2014)。昆蟲仿生學家透過長時間對昆蟲的自然觀察，例如：巢室、翅膀、複眼等，從中獲得設計靈感，運用類推、聯想、比擬的方法，確定兩者之間對應元素的關聯性以解決問題，產生新產品(楊恩誠, 2016; Zari, 2010)。例如：模仿白蟻巢穴的高樓建築，蟻穴藉由無數細小的地下隧道相連接，運作原理有如「煙囪」；當氣溫變熱時，熱空氣上升，與下方的蟻穴產生壓差，外面的冷空氣自然流入巢內平衡氣壓，並透過氣流來平衡溫度(張健宸、潘嵩、向伊依、張仲辰, 2017)；辛巴威首都哈拉雷(Harare)就是仿白蟻巢穴建築，依靠自然氣流調節整棟大樓的氣溫，不需另安裝冷氣設備，節省成本350萬美元。

Miller (1983) 提出科學素養包含三個向度：(一) 了解科學方法與科學本質。(二) 了解科學關鍵概念與科學用語。(三) 了解科學與科技對社會的影響。美國國家科學基金會 (National Science Foundation [NSF], 1983) 認為科技素養主要包含三個向度：(一) 了解科技決策與人文價值的關係。(二) 了解使用科技的價值與可能產生的風險。(三) 了解價值與風險以選擇未來科技的方法。「昆蟲仿生學」能培養學生的科學與科技素養，列舉說明如下：模仿蒼蠅「懸停」的飛行方式以研發無人機，讓學生學習無人機懸停、定點觀測、拍攝照片的科技素養 (楊鏡堂, 2016; Bejan & Zane, 2012)。利用昆蟲複眼視覺的特性來建造避免撞車的 EPORO 機器人車，當系統偵測到車子有碰撞危險時，即啟動警告系統瞬間轉動輪子使其偏離的衝撞點 (Ramirez, 2013)。Song 等人 (2013) 在 *Nature* 發表複眼數位相機，仿製昆蟲複眼成像的特性，開發出具有廣角度、能精準偵測移動物體、無限景深等優點的數位相機。

參、以ADDIE開發昆蟲仿生學桌遊 (IBBG)

一、分析階段 (A)

分析自然領域「昆蟲」單元教材及十二年國教的科學與科技素養，選擇相關的「昆蟲仿生學」科學原理與科技應用，作為 IBBG 之主要內容。

二、設計階段 (D)

以紙牌遊戲為媒介，選擇十種昆蟲設計「昆蟲仿生學」，分為「昆蟲物種」、「昆蟲仿生原理」與「仿生應用」三大學習主軸，進行設計，所有的卡牌設計說明如圖 1 所示。



圖 1 「昆蟲仿生學桌遊」卡牌配件及簡要說明

三、發展階段 (D)

開發 IBBG 紙牌種類，發展 IBBG 遊戲架構，包含：遊戲背景、目標玩家、遊戲機制、卡牌內容等。IBBG 遊戲架構說明如下：

- (一) 基礎仿生卡包含：昆蟲物種卡→仿生原理卡→仿生應用卡，玩家進行仿生設計的脈絡連結，例如：蚊子→飛行原理——懸停→DelFly Explorer（德爾夫特探險者號）。
- (二) 科學家卡包含：昆蟲學家、發明家，卡牌功能為連結學者專家與發現原理，例如：蚊子→昆蟲學家→飛行原理——懸停；飛行原理——懸停→發明家→DelFly Explorer（德爾夫特探險者號）。
- (三) 仿生萬用卡包含：昆蟲物種萬用卡、仿生原理萬用卡、仿生應用萬用卡，功用為能取代同種類、同色系之卡牌，萬用卡可置放在其相對的位置。
- (四) 提示卡包含：飛行原理——懸停、飛行原理——緩慢拍翅、飛行原理——左右開弓、複眼視覺、蜂巢結構、煙囪效應、斥水奈米結構、光子晶體結構共八種，驗證昆蟲仿生配對的相關科學原理。
- (五) 地球綠能點數（1 個地球 1 點）：當玩家完成仿生配對證確時，即可獲得點數，點數可用來購買仿生卡及科學家卡，也做為最後獲勝的計算依據。

四、實施階段 (I)

分為初階遊戲和進階遊戲，聘請1名科學教育專家、1名昆蟲專家與2名資深自然科教師，進行IBBG試玩與提出改進意見；將「昆蟲仿生學桌遊」卡牌擺放位置示意圖說明如圖2所示。

(一) 初階遊戲

以撲克牌排七規則進行遊戲，排7代表「仿生原理卡」牌，A-6代表「昆蟲物種卡」牌，8-K代表「仿生應用卡」牌。擁有仿生原理卡先出牌，之後玩家輪流出牌，玩家必須接續牌桌上的相關組合進行配對，或者打出其他的仿生原理卡，直到所有人用完手牌為止；完成配對組合時要喊「發表」，並翻開相對應「提示卡」進行驗證，若驗證成功獲得一張地球綠能點數。若玩家該回合無法出牌則進行蓋牌。遊戲結束時，計算蓋牌張數及地球綠能點數，分數最多者即為贏家。

(二) 進階遊戲

以科學家思考脈絡為基礎，玩家手中有「科學家卡」在第一回合直接出牌，並將各種卡放在自己的牌面上；第二回合開始，玩家可在牌桌中央區進行配對研究，喊「發表」完成配對說明後，並翻開相對應「提示卡」進行驗證，若配對說明成功可獲得地球綠能點數（一階段：1點，兩階段：3點）。每回合完畢有一次機會將獲得的「地球綠能點數」購買卡牌；若玩家該回合無法出牌，自選一張手牌放置在棄牌區，並抽取一張仿生牌。

地球綠能點數的計算與應用：●

←【使用】

購買仿生卡：綠能點數*1 (●)

購買科學家卡：綠能點數*1 (●)

(購買之卡牌須於當回合出於牌面上)

←【獲得】

(1)完成一步驟研究(蚊子>【昆蟲學家】>飛行原理-懸停)>獲得綠能點數1點(●)。

(2)完成兩步驟研究(蚊子>【昆蟲學家】>飛行原理-懸停>【發明家】>DelFly Explorer)

>獲得綠能點數3點(●●●)。

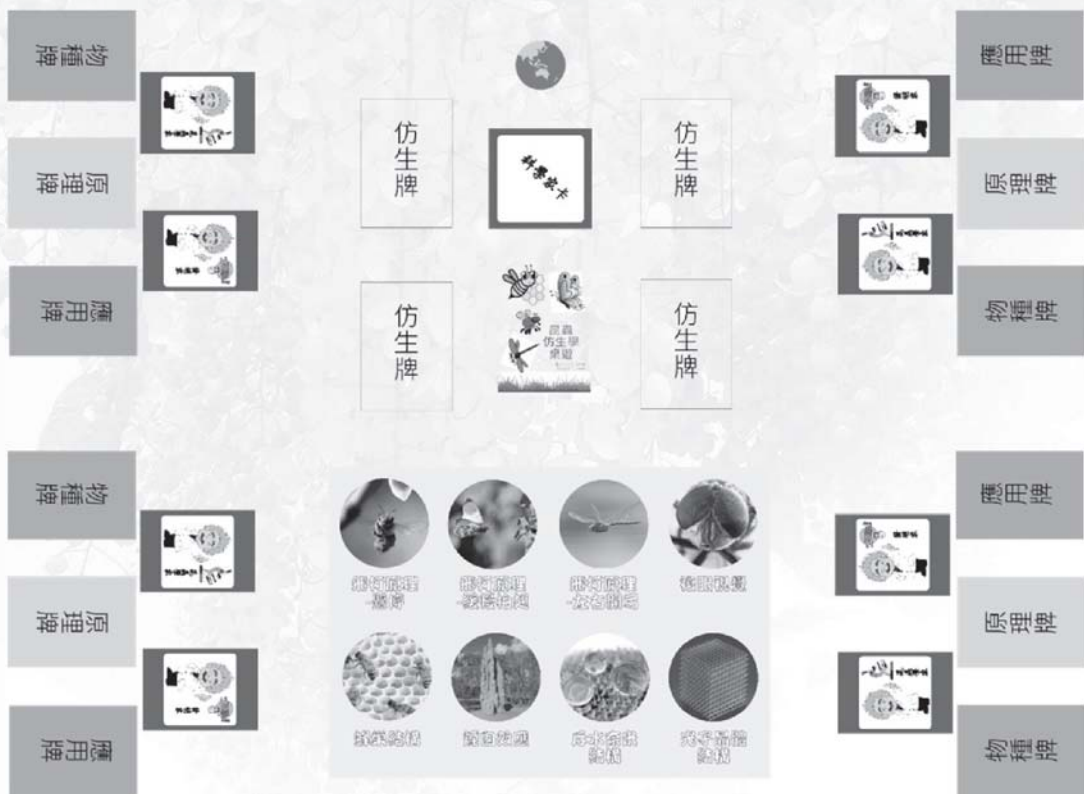


圖2 「昆蟲仿生學桌遊」卡牌擺放位置示意圖

五、評鑑階段 (E)

聘請1名科學教育專家、1名昆蟲專家與2名資深自然科教師，以IBBG 教具評鑑表進行IBBG 的評鑑與回饋 (表1)。「昆蟲仿生學桌遊」教具評鑑平均為 4.58 分，每個向度都介於符合到非常符合之間，說明 IBBG 適合做為「昆蟲」單元之「探究與實作」教學，能培養「昆蟲仿生學」科學與科技素養。

表 1
「昆蟲仿生學桌遊」評鑑分數及質性回饋資料

評鑑向度	平均分數	標準差	質性評鑑及回饋資料
教材內容	4.61	0.31	<ol style="list-style-type: none"> 1. IBBG 從觀察昆蟲構造到仿生學科學原理，進而創新發明仿生科技應用，整個教材內容十分完整；適合作為昆蟲單元的「探究與實作」教學。 2. 建議增強 IBBG 的情境營造，加強遊戲本身與學習者之間的連結性。
學習導引	4.44	0.47	<ol style="list-style-type: none"> 1. IBBG 玩法敘述清楚，學生進行 IBBG 遊戲時能自行查閱遊戲規則。學習者再次進入 IBBG 遊戲時，能學習到不同的「昆蟲仿生學」知識。 2. 建議增加表格歸納整理，學生才有舉一反三的推理能力。
教學設計	4.67	0.29	<ol style="list-style-type: none"> 1. IBBG 能提高學生的學習意願，學生在 IBBG 遊戲過程中能連結自己的先備知識，逐漸了解仿生學家的思維及研究過程，達到教學目標。 2. 建議設計初階與進階的遊戲規則，能引起學生挑戰較高難度的興趣。
遊戲教材	4.61	0.45	<ol style="list-style-type: none"> 1. 昆蟲物種卡→仿生原理卡→仿生應用卡牌設計脈絡清晰，學習者投入 IBBG 遊戲能提高「昆蟲仿生學」科學與科技素養。 2. 建議引導學生討論遊戲失敗的原因，做為後續玩 IBBG 的注意事項。
總平均	4.58	0.37	

肆、研究方法

一、研究設計

本研究採混合研究法進行準實驗研究設計(表 2)，分為實驗組與對照組，兩組學生都先上完「昆蟲」單元 14 節課後，進行「昆蟲仿生學」3 節課的延伸教學(表 3)，實驗組採 IBBG 遊戲教學，對照組採「昆蟲仿生學」講述教學，並在實驗前、後進行「昆蟲仿生學」科學與科技素養之測驗，經過統計分析兩組學生的「昆蟲仿生學」科學與科技素養之差異。本研究邀請 10 名國小自然科教師及具備設計桌遊經驗者試玩 IBBG，並對 IBBG 融入教學給予回饋及建議。

表 2
準實驗研究設計的說明

組別	昆蟲單元教學	前測	桌遊延伸學習	後測
實驗組 (4 年級 2 個班)	V	T1	×	T2
對照組 (4 年級 2 個班)	V	T3	○	T4

各代號的意義說明如下：

V：表示已接受過國小「昆蟲」單元 14 節課的教學，具有昆蟲學的基本知識。

×：表示實驗組接受 IBBG 遊戲教學。

○：表示對照組接受「昆蟲仿生學」講述教學。

T1、T3：表示實驗處理前，兩組學生接受「昆蟲仿生學桌遊」科學與科技素養測驗的前測。

T2、T4：表示實驗處理後，兩組學生接受「昆蟲仿生學桌遊」科學與科技素養測驗的後測。

表 3
兩組學生「昆蟲仿生學」3 節課延伸教學的說明

節次	實驗組教學內容概要	對照組教學內容概要
第一節	介紹 IBBG 的各種牌卡，說明昆蟲物種卡→仿生原理卡→仿生應用卡，並介紹仿生示例。 介紹 IBBG 初階、進階的遊戲規則。	以昆蟲仿生學教學簡報、圖片方式介紹昆蟲仿生學的重要概念，最後播放昆蟲仿生學研發的影片給學生觀賞。
第二節	各組學生第二節玩 IBBG 初階遊戲，第三節玩 IBBG 進階遊戲；教師行間巡視，學生有任何問題隨時發問。遊戲結束時，教師引導討論	由教師提問昆蟲仿生學問題，進行各組學生分組搶答活動，引導學生能將昆蟲物種、仿生原理、仿生科技產品做相關性的連結。
第三節	失敗原因後，再玩一次 IBBG 初階遊戲或進階遊戲。	各組學生互相討論昆蟲仿生學學習單之內容，最後完成學習單撰寫，也可以使用畫圖表達，再交給授課教師。

二、研究對象

以臺北市某國小四年級 4 個班級，實驗組 2 班 49 人，對照組 2 班 47 人為研究對象。因學校採 S 型常態編班，故兩組學生在學業表現具有同質性。在準實驗研究前，將兩組學生「昆蟲仿生學桌遊」科學與科技素養測驗的前測成績進行獨立樣本 F 檢定分析，得 $F=0.096$ ， $p=0.087$ ($p>0.05$)，表示兩組學生的「昆蟲仿生學桌遊」科學與科技具有同質性，較無影響準實驗研究結果的準確性。

三、研究工具

(一)「昆蟲仿生學桌遊」教具評鑑表

本評鑑表參考自「昆蟲大富翁」科學遊戲教具評鑑表（盧秀琴，2016）修改編製而成，依循 ADDIE 模式開發 IBBG，本評鑑表由 2 名具有科教背景的大學師資培育教授及 2 名國小資深自然科教師檢核與修正，建立內容效度。評鑑表分為 4 個向度：教材內容、學習導引、教學設計、遊戲教材。每一向度有 6 題，共 24 題，採 Likert Scale 計分，「非常符合」為 5 分、「符合」為 4 分、「普通」為 3 分、「不符合」為 2 分、「非常不符合」為 1 分。

(二)「昆蟲仿生學」科學與科技素養測驗

本測驗依據十二年國教課程綱要：科學家探索自然、發覺創造和想像、科技知識、科技態度、科技技能（國家教育研究院，2019）、「昆蟲仿生學」文獻（張健宸等，2017；楊恩誠，2016；Bejan & Zane, 2012; Ramirez, 2013; Song, et al., 2013; Zari, 2010）編製而成，目的在分析學生的「昆蟲仿生學」科學與科技素養。本測驗分為兩部分：

1. 科學素養

有 24 題四選一的選擇題，一題開放題，共計 25 題；由 2 名具有科教背景的大學師資培育教授及 2 名國小資深自然科教師檢核與修正，建立內容效度。以臺北市某大型國小四年級 107 位學生進行測試，得 KR_{21} 為 0.85，難度介於 0.23~0.89，平均難度為 0.55，鑑別度介於 0.32~0.94，平均鑑別度為 0.49。

2. 科技素養

包含科技知識、科技態度、科技技能各 5 題，共 15 題，採 Likert Scale 計分，「非常符合」為 5 分、「符合」為 4 分、「普通」為 3 分、「不符合」為 2 分、「非常不符合」為 1 分；由上述的學者專家檢核與修正，建立內容效度。以相同的 107 位學生進行測試，得科技素養總量表的 Cronbach Alpha 為 0.900，三個分量科技知識、科技態度、科技技能 Cronbach Alpha 分別為 0.830、0.842、0.823。

四、資料蒐集與分析

將本研究的研究目的、資料蒐集與資料分析之說明，整理如表 4 所示。

表 4

本研究的研究目的、資料蒐集與資料分析之說明

研究目的	資料蒐集	資料分析
1. 國小學生進行「昆蟲仿生學」延伸教學，對於「昆蟲仿生學」科學與科技素養之改變。	1. 「昆蟲仿生學」科學與科技素養測驗。 2. 素養測驗之質性資料。 3. 教師省思札記。	1. 兩組學生的素養測驗之描述性統計、t 檢定。 2. 兩組學生的素養測驗之單因子共變數分析。 3. 素養測驗之質性資料做詮釋性分析。 4. 提出主張與建議。
2. 探討 IBBG 融入國小「昆蟲」單元，進行「探究與實作」教學的評價。	1. 教學評價之建議資料。	1. 將質性資料做詮釋性分析。 2. 根據建議提出本研究的修正方案。

伍、研究結果與討論

一、國小學生進行「昆蟲仿生學」延伸教學，對於「昆蟲仿生學」科學與科技素養之改變

本研究將兩組學生「昆蟲仿生學」科學與科技素養測驗的前、後測進行成對樣本 *t* 檢定，整理結果如表 5 所示。

表 5

兩組學生「昆蟲仿生學」科學與科技素養測驗的前、後測之成對樣本 *t* 檢定

組別	項目	M	SD	前後測		自由度	<i>p</i>	
				平均	差異			
科學素養	實驗組 (N=49)	前測	15.08	3.23	-4.16	10.22	48	0.000***
		後測	19.25	3.19				
	對照組 (N=47)	前測	16.23	3.29	-2.70	7.54	46	0.000***
		後測	18.94	3.44				
科技素養	實驗組 (N=49)	前測	60.96	8.90	-5.31	7.34	48	0.000***
		後測	66.27	7.07				
	對照組 (N=47)	前測	59.53	9.26	-3.79	4.96	46	0.000***
		後測	63.32	8.57				

由表5知道，兩組學生「昆蟲仿生學」之科學素養、科技素養前、後測，成對樣本 t 檢定都達顯著差異 ($t=10.22, 7.54, p=0.000, 0.000$; $t=7.34, 4.96, p=0.000, 0.000$)，顯示 IBBG 遊戲學習或一般講述式教學，學生學習後皆能提升「昆蟲仿生學」科學與科技素養。為了解兩組學生是否同質性，進行組內迴歸係數同質性檢定 (表 6)，兩組學生的組內迴歸係數為同質性，未達顯著差異 ($F=1.16, 1.30, p=0.285, 0.258, p>0.05$)，表示兩組學生可繼續進行單因子共變數分析。

表 6
兩組學生的「昆蟲仿生學」科學與科技素養之組內迴歸係數同質性檢定

	變異來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	F	p
科學素養	組別*前測	7.04	1	7.04	1.16	0.285
	誤差	560.13	92	6.09		
科技素養	組別*前測	25.68	1	25.68	1.30	0.258
	誤差	1822.97	92	19.82		

為了解實驗處理後兩組學生的學習差異，以前測分數為共變項，調整實驗組與對照組學生的後測分數 (表 7)；再以後測的調整分數進行單因子共變數分析，計算實驗效果量 (Effect Size, ES) 的比較 (表 8)。在變異數分析中， η^2 (partial eta square) 為實驗效果量大小指標，根據 Cohen (1988) 的說明， $\eta^2=0.010$ 顯示低度關聯強度； $\eta^2=0.059$ 顯示中度關聯強度； $\eta^2=0.138$ 顯示高度關聯強度。

表 7
兩組學生「昆蟲仿生學」科學與科技素養測驗調整前、後之後測平均分數

向度	實驗組		對照組		
	後測 平均數	調整後 之後測 平均數	後測 平均數	調整後 之後測 平均數	
科學素養	體會科學的探索都是由問題開始。	6.37	6.45	6.34	6.25
	察覺科學家們是利用不同的方式探索自然與物質世界的形式與規律。	6.55	6.60	6.49	6.44
	發覺創造和想像是科學的重要元素。	6.33	6.49	6.11	5.94
	科學素養總量	19.25	19.63	18.94	18.54
科技素養	科技知識	21.55	21.27	20.40	20.70
	科技態度	22.25	22.21	21.13	21.17
	科技技能	22.10	21.99	21.79	21.91
	科學素養總量	66.27	65.77	63.32	63.84

表 8
兩組學生「昆蟲仿生學」科學與科技素養測驗之單因子共變數分析及實驗效果量比較

	向度	組別	型 III 平方和	自由度	平均 平方和	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>ES</i>
科學素養	體會科學的探索都是由問題開始。	前測 (共變量)	59.15	1	59.15	33.80		
		組別 (組間)	0.95	1	0.95	0.55	0.462	0.006
		誤差 (組內)	162.79	93	1.75			
	察覺科學家們是利用不同的方式探索自然與物質世界的形式與規律。	前測 (共變量)	37.65	1	37.65	33.60		
		組別 (組間)	0.64	1	0.64	0.58	0.450	0.006
		誤差 (組內)	104.22	93	1.12			
	發覺創造和想像是科學的重要元素。	前測 (共變量)	48.26	1	48.26	36.50		
		組別 (組間)	6.94	1	6.94	5.25	0.024*	0.053
		誤差 (組內)	122.98	93	1.32			
	科學素養總量	前測 (共變量)	464.70	1	464.70	76.20		
		組別 (組間)	27.84	1	27.84	4.57	0.035*	0.047
		誤差 (組內)	567.17	93	6.10			
科技素養	科技知識	前測 (共變量)	554.86	1	554.86	110.60		
		組別 (組間)	7.47	1	7.47	1.49	0.225	0.016
		誤差 (組內)	466.58	93	5.02			
	科技態度	前測 (共變量)	504.81	1	504.81	117.52		
		組別 (組間)	25.86	1	25.86	6.02	0.016*	0.061
		誤差 (組內)	399.49	93	4.30			

(續) 表 8
兩組學生「昆蟲仿生學」科學與科技素養測驗之單因子共變數分析及實驗效果量比較

向度	組別	型 III 平方和	自由度	平均 平方和	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>ES</i>
科技技能	前測 (共變量)	257.08	1	257.08	57.57		
	組別 (組間)	0.18	1	0.18	0.04	0.843	0.000
	誤差 (組內)	415.29	93	4.47			
科技素養總量	前測 (共變量)	3925.11	1	3925.11	197.46		
	組別 (組間)	88.82	1	88.82	4.47	0.037*	0.046
	誤差 (組內)	1848.65	93	19.88			

由表 8 得知，兩組學生「昆蟲仿生學」科學與科技素養測驗，於科學素養總量達顯著差異 ($F=4.57, p=0.035, \eta^2=0.47$)，實驗效果量屬於中低強度；其中「發覺創造和想像是科學的重要元素」分量達顯著差異 ($F=5.25, p=0.024, \eta^2=0.53$)，實驗效果量屬於中低強度；實驗組學生較能體驗昆蟲仿生學對軍事、生活、醫療有極大助益，例如：照相機為模仿蒼蠅的懸停原理製造。在科技素養總量達顯著差異 ($F=4.47, p=0.037, \eta^2=0.46$)，實驗效果量屬於中低強度；其中「科技態度」分量達顯著差異 ($F=6.02, p=0.016, \eta^2=0.61$)，實驗效果量屬於中強度；實驗組學生較能感受科學家模仿昆蟲研發生活便利的產品，察覺校園中昆蟲也許能激發些新靈感。表示經由 IBBG 教學的學生，其「昆蟲仿生學」科學與科技素養優於一般教學「昆蟲仿生學」的學生，實驗效果量屬於中低強度，差異在於「發覺創造和想像是科學的重要元素、科技態度」等分量。

二、探討 IBBG 融入國小「昆蟲」單元，進行「探究與實作」教學的評價

準實驗研究結束後，聘請 10 名國小自然科教師及具備設計桌遊經驗者，試玩 IBBG 並對其融入國小「昆蟲」單元的「探究與實作」教學提出建議，本研究根據建議提出修正方案，說明如表 9 所示。

表9

10名國小自然科教師試玩IBBG提出融入國小「昆蟲」單元的建議，本研究提出修正方案

向度	建議資料	提出修正方案
1.教材方面	<ol style="list-style-type: none"> 1. 「昆蟲仿生學」內容要融入「昆蟲」單元，對學生是一種新嘗試，內容介紹要對應明確。 2. 建議各種卡牌內容，部分文字的說明可以減量，或改以更淺顯的句子以利學生閱讀。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 調整「昆蟲仿生學」知識內容，增加每一個「昆蟲仿生學」案例的圖示，在教學時做一對一的介紹和舉例說明。 2. 以條列式呈現各種卡牌的內容，以中等程度學生能理解的句子來表達卡牌內容，以利多數學生能閱讀。
2.學習導引	<ol style="list-style-type: none"> 1. 每一回合初階遊戲結束時，要做「昆蟲仿生學」概念整理，學生才知道自己錯在哪裡。 2. 進階遊戲玩法有些複雜，學生同時要照顧自己的手牌及檯面上的卡牌，宜改進。 3. 建議依照學生能力漸進教學與遊戲，不需要都玩進階遊戲。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 每一回合初階遊戲結束時，教師進行「昆蟲仿生學」簡報說明，提出學生迷思的概念並加以解釋，讓學生修正迷思概念。 2. 玩進階遊戲時，教師進行檯面示範與解說，並搭鷹架由淺入深引導學生試玩，精熟後才開始進階遊戲。 3. 教師配合不同程度的學生，選擇不同難度的遊戲，指導同程度的學生遊戲。
3.教學設計	<ol style="list-style-type: none"> 1. 可在教室擺放IBBG「昆蟲仿生學」相關資料，讓學生有課外學習的機會。 2. 建議將IBBG遊戲規則拍成影片，方便學生隨時能自我學習。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 建置IBBG「昆蟲仿生學」學習手冊置放於教室閱讀區，供學生自由取閱，以增加課外學習的機會，能隨時進行IBBG遊戲。 2. 將IBBG遊戲規則拍成影片，提供學生自行閱覽，確認學生清楚遊戲規則後再進行遊戲。

IBBG融入國小「昆蟲」單元的「探究與實作」教學，教材方面須有「昆蟲仿生學」案例的圖示，以條列式、淺顯易懂的文句用以表達各種卡牌的內容。學習導引方面，教師須根據不同程度的學生選擇不同難度遊戲，當遊戲結束時，教師要簡報「昆蟲仿生學」，提出學生的迷思概念並加以解釋。教學設計方面，建置IBBG「昆蟲仿生學」學習手冊、IBBG遊戲規則拍成影片，置放於教室提供學生取用。

三、綜合討論

提升全民的科學素養已成為當前及未來科學教育的主要趨勢，使科學教育與日常生活中的問題相互連結更顯重要，藉由思考的歷程，培養推理的能力，從經歷問題中逐步體現科學素養（靳知勤，2007）。近年來許多先進國家皆獨立設立科技領域，翁崇文（2018）指出在國小階段的教學更應將科技元素融入學生學習，如何將營建、製造、能源、生物科技等與生活息息相關的科技新知融入學生學習，為現階段面臨的問題之一。科技教育教材設計應朝與未來生活結合為優先方向，培養學生創意思考（林佳全，2003）。透過遊戲進行學習可以提高學生對科學學習的積極參與，並提升科學素養（Cardinot & Fairfield, 2019）。根據「昆蟲仿生學桌遊」教具評鑑表之評鑑結果顯示，國小自然科教師對於「昆蟲仿生學桌遊」多抱持著正面肯定的態度及想法，認為適合做為國小自然領域之延伸教學，能提升學生的科學與科技素養，Cardinot 與 Fairfield（2019）研究中指出，教師發現桌遊融入教學可以使學生更積極參與課堂活動，並理解其內容概念，更建議桌遊融入教學之方法可以納入學校課程。陳亭伶（2013）研究證實科學遊戲教具確實能夠幫助學生循序漸進的學習科學概念及提升科學態度。「昆蟲仿生學桌遊」為教育型之科學遊戲教具，且經分析顯示能有效幫助學生學習昆蟲仿生學相關科學知識。Martlew、Stephen 與 Ellis（2011）指出大部分教師熱衷將遊戲式學習融入於課堂中，參與本評鑑之國小教師亦認為將「昆蟲仿生學桌遊」實施於課堂中是可行的，亦樂意將其融入教學當中。綜上所述，本研究研發「昆蟲仿生學桌遊」並融入教學，能提升學生參與課堂教學活動的態度，將昆蟲仿生學科知識連結生活中各類仿生科技，學生於了解仿生產品來由及新知方面有顯著成效，亦能提升學生面對科技問題時正向的態度及興趣。

陸、結論與建議

一、結論

（一）使用 ADDIE 模式開發 IBBG 能融入「昆蟲」單元做「探究與實作」學習

本研究根據 ADDIE 模式，以「昆蟲」單元的教學內容作延伸，選用十種昆蟲做為「昆蟲仿生學」的學習主軸，開發「昆蟲物種卡、仿生原理卡、仿生應用卡、提示卡」等初階、進階遊戲規則，學生玩 IBBG 進行「探究與實作」的學習，能自然而然學會「昆蟲仿生學」較艱澀的科學概念。本研究採用「昆蟲仿生學桌遊」教具評鑑和 10 名教師試玩，根據建議資料修正 IBBG，使其成為可行的「探究與實作」學習模式，例如：加強「昆蟲仿生學」簡報說明、於教室置放 IBBG「昆蟲仿生學」的學習手冊、將 IBBG 遊戲規則拍成影片等。

（二）IBBG 融入教學能有效增進學生「昆蟲仿生學」科學與科技素養

歷經準實驗研究後，發現經由 IBBG 教學的學生，其「昆蟲仿生學」科學與科技素養優於一般教學「昆蟲仿生學」的學生，實驗效果量屬於中低強度。學生透過 IBBG 遊戲，模仿昆蟲仿生學家思維，從觀察10種昆蟲的物種、了解其仿生原理，進而能將仿生原理應用在仿生科技產品上，成為「仿生科技達人」。例如：學生認識蜜蜂窩而了解蜂巢結構原理，也能應用現代科技的蜂巢帳篷，更省材料、更大空間、結構性更穩固。

二、建議

（一）整合跨專業團隊人員開發 IBBG 及實施「探究與實作」之建議

IBBG 為研究者自行開發，建議可整合跨專業團隊的教師群共同開發，例如：美術專長、資訊專長等，能開發出更吸引國小學生的桌遊教具。IBBG 能協助學生建構「昆蟲仿生學」的知識概念，建議在進行「探究與實作」教學前，教師先簡報說明「昆蟲仿生學」、播放 IBBG 遊戲規則影片，發給學生 IBBG 「昆蟲仿生學」學習手冊。而「探究與實作」結束時，教師帶領學生共同討論、澄清迷思概念與實例分享，更能深化「昆蟲仿生學」的應用價值，使 IBBG 發揮最大的學習效益。

（二）建議增進「桌遊融入單元教學」的風氣，從中達到跨領域學習之教學目標

本研究發現國小學生非常喜愛玩桌遊，沉浸於遊戲而增強學習效果；而十二年國民基本教育講究跨領域的學習，建議各領域的教學社群，能共商跨領域學習的桌遊內涵與研發，融入課程做「探究與實作」的教學，藉以提升學生學習興趣，亦能有效提升學生之學習成效。

參考文獻

- 王鑫（2014）。美國的科學教育計畫與編課本的考量。《科學發展》，504，66-70。
- 江佳純（2019）。模擬自然策略、設計永續發展——系統仿生學。《科學月刊》，596，42-43。
- 吳芝羽（2019）。沿海濕地保育教育桌遊設計以及該桌遊對國小高年級學生環境知識、態度、技能及學習動機之影響（未出版之碩士論文）。國立交通大學，新竹。
- 李旺龍（2008）。您所不知道的早知道——仿生學。載於曾琬婷（主編），《知識饗宴系列》5（33-48頁）。臺北：中央研究院。

- 李赫 (2019)。學科學不該止於學理解題「科學素養」才能落實解決問題。2020年1月25日，取自 <https://pansci.asia/archives/167789>
- 林佳全 (2003)。從國中科技教育的困境看國小科技教育。生活科技教育，**36**(5)，17-23。
- 林佳蓉 (2009)。教學設計理論基礎與重要模式。載於臺灣教育傳播暨科技學會(主編)，**教育科技：理論與實務**(下冊)(89-119頁)。臺北：學富文化。
- 姜育儼 (2019)。應用「桌上遊戲」教學對國小四年級學童「水生生物」單元之學習成效探討(未出版之碩士論文)。國立臺北教育大學，臺北。
- 翁崇文 (2018)。國小推動科技教育教學的困境與策略。臺灣教育評論月刊，**7**(10)，219-221。
- 教育部 (2019a)。十二年國教基本教育課程總綱。臺北：教育部。
- 教育部 (2019b)。國民中小學暨普通型高級中等學校十二年國民基本教育課程綱要——自然科學領域。臺北：教育部。
- 陳介宇 (2010)。從現代桌上遊戲的特點探討其運用於兒童學習的可行性。國教新知，**57**(4)，40-45。
- 陳亭伶 (2013)。發展「昆蟲大富翁」科學遊戲教具及教學以培養學童的昆蟲認知、科學態度和科學過程技能(未出版之碩士論文)。國立臺北教育大學，臺北。
- 黃永和 (2012)。激發學習活力——遊戲在教學上的應用。教師天地，**179**，23-28。
- 國家地理雜誌中文網(2017)。仿生展：向大自然借點子。2019年10月14日，取自 <https://www.natgeomedia.com/travel/article/content-2101.html>
- 楊鏡堂 (2016)。昆蟲飛行探索與仿生應用。臺大校友雙月刊，**104**，16-19。
- 靳知勤 (2007)。科學教育應如何提升學生的科學素養——臺灣學術精英的看法。科學教育學刊，**15**(6)，627-646。
- 臺灣仿生科技發展協會 (2019)。何謂仿生。2019年10月3日。取自 <http://www.biomimicrytaiwan.org/what-is-biomimicry/>
- 劉旨峰、葉慈瑜、蔡元隆、鍾濟謙、徐慧湘 (2015)。Integration of educational board game and creative thinking spiral teaching strategies to developing student's imagination and curiosity。臺灣教育評論月刊，**4**(9)，101-109。
- 鄭秉漢、李文獻、張俊彥 (2019)。模型化科學桌遊，科學教育月刊，**419**，20-38。
- 盧秀琴、李怡嫻 (2016)。「昆蟲學」師培課程培育國小師資生開發昆蟲桌遊教具與設計測驗卷。師資培育與教師專業發展期刊，**9**(3)，1-28。
- 盧秀琴、施慧淳 (2016)。玩「昆蟲大富翁」遊戲培養國小學童的科學過程技能。科學教育學刊，**24**(1)，1-30。

- 盧秀琴、林毓哲 (2018)。國小教師開發「昆蟲桌遊教具」以增強學童「沉浸經驗、科學過程技能」。《課程與教學季刊》，**21** (1)，105-132。
- 簡佑宏、張玉山、簡爾君 (2016)。STEM 取向準工程課程設計：以二氧化碳賽車單元為例。《科技與人力教育季刊》，**3** (1)，32-52。
- 顏春煌 (2010)。《數位學習：觀念、方法實務設計與實作》。臺北：基峰資訊。
- Aldoobie, N. (2015). *ADDIE Model*. *American International Journal of Contemporary Research*, 5(6), 68-72.
- Cardinot, A. & Fairfield, J. A. (2019). Game-Based Learning to Engage Students with Physics and Astronomy Using a Board Game. *International Journal of Game-Based Learning (IJGBL)*, 9(1), 42-57.
- Ibrahim, R. & Jaafar, A. (2011). User acceptance of educational games: A revised unified theory of acceptance and use of technology (UTAUT). *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 77, 551-557.
- Lu, C. C. & Yub, T. C. (2019, May, 21-23). *Designing an insect bionics board game into teaching for elementary students to explore scientific and technological literacy*. Paper presented at 2019 The 5th Asia-Pacific Conference on Social Sciences & Management (APCSSM), Courtyard by Marriott Seoul Times Square Seoul, South Korea.
- Martlew, J., Stephen, C., & Ellis, J. (2011). Play in the primary school classroom? The experience of teachers supporting children’s learning through a new pedagogy. *Early Years*, 31, 71-83.
- Mayer, B. and Harris, C. (2010). *Libraries Got Game: Aligned Learning through Modern Board Game*. American Library Association, Chicago.
- Song, Y. M., Xie, Y., Malyarchuk, V., Xiao, J., Jung, I., Choi, K., Liu, Z., Park, H., Lu, C., Kim, R. H., Li, R., Crozier, K. B., Huang, Y., & Rogers, J. A. (2013). Digital cameras with designs inspired by the arthropod eye. *Nature*, 497, 95-99.
- Vincent, J., Bogatyreva, O., Bogatyrev, N., Bowyer, A., & Pahl, A. K. (2006). Biomimetics: its practice and theory. *Journal of the Royal Society Interface*, 3(9), 471-482.

國小泛自閉症學生學童 動手做STEM學習困境分析

蔡其瑞 助理教授
楊淳翔* 博士班研究生

國立東華大學教育與潛能開發學系
國立東華大學教育與潛能開發學系

摘要

於國小階段實施行動手做STEM教學活動時，面臨最大困難為學生未具足夠相關領域知識及推論思考智能尚未發展完整。實務方面為國小時期獲得外顯的動手做STEM學習成效，需要將教材簡化，迴避艱深的理論基礎，將學習內容視覺化呈現。具有泛自閉症特質的學生，有符號表徵記憶能力、視覺記憶能力不佳之問題，在思考過程中亦明顯缺乏認知抑制能力，難以聚焦思慮。要在短時間內同時學習各項領域知識有難度。上述認知特質可能原因為模組轉換、認知執行功能困難具明顯缺陷，以致於教學情境中不易做出事件的判斷，出現認知固著及難以抽象思考之情形。本研究之研究目的在於探討泛自閉症特質學習者之動手做STEM學習困難。為達研究目的，研究個案為泛自閉症特質學習者一名，透過被動式口頭教學法進行仿生獸動手做STEM課程，研究者以完全參與者角度分析其學習特質與困難。研究發現個案學生思考特質及圖文表徵解讀，間接延伸至作圖、讀圖、部件解讀等動手做STEM之困境。

關鍵詞：動手做、STEM、亞斯伯格症

*本篇論文通訊作者：楊淳翔，通訊方式：810988301@gms.ndhu.edu.tw；crtsai@gms.ndhu.edu.tw。

Hands-on and STEM Learning Difficulties in Asperger Syndrome

Chi-Ruei Tsai Assistant Professor

Chun-Hsiang Yang* Doctoral student

Department of Education and Human Potentials Development, National Dong Hwa University

Department of Education and Human Potentials Development, National Dong Hwa University

Abstract

The greatest challenge in instructing hands-on and STEM activities in elementary schools is students lacking domain-specific prior knowledge and learning of STEM and not developing their lateral thinking skills yet. In order to facilitate meaningful learning in hands-on and STEM learning activities at the elementary level, the learning contents should be simplified to avoid conceptual learning, and the complex concepts should be transformed into graphical concepts. Students with Asperger's syndrome are good at lateral thinking, but they lack visual and symbol memory ability and cognitive inhibition ability, which result in the failure to pay attention to the learning contents. It's difficult for them to acquire knowledge of inter-disciplines learning. Students with Asperger's syndrome have cognitive difficulties of set shifting and executive dysfunction. It's hard for them to understand contents crossing two or more disciplines or situations, abstract concepts or realize the main issues immediately. The objective of this study is to explore the learning difficulty of Asperger's syndrome learners on hands-on and STEM learning. For the purpose of the research, the case of this study is an elementary student with

*Corresponding author: Chun-Hsiang Yang, E-mail: 810988301@gms.ndhu.edu.tw; crtsai@gms.ndhu.edu.tw

Asperger's syndrome, who was instructed to make miniature models by passive lecture learning. The researcher observed and analyzed his learning difficulties and cognitive characteristics from the perspective of a full participant. The results found that the learning difficulties were mostly caused by lateral thinking style and the reading processes of the visual information indirectly.

keywords: hands-on making learning, STEM, Asperger's syndrome

壹、前言

一、研究動機

STEM 學習內容，牽涉科學 (science)、技術 (technology)、工程 (engineer)、數學 (mathematic)，四大跨領域應用學習 (Judson, 2014)。其學習歷程常包含大量動手做 (hands-on making)、創意問題解決 (creative problem-solving) 等需要認知聯結能力之心智歷程 (Mednick, 1962; Malele & Ramaboka, 2020; Mustofa & Hidayah, 2020)。國小階段施行 STEM 教學活動時，可以覺察學生普遍缺乏 STEM 各領域基礎知識，且其思考智能尚未發展完整 (Cassar & Musumeci, 2017)。教師為了快速讓學生展現外顯學習成效，觀摩 (shadowing) 與演示 (demo) 常被當作主要的學習管道 (Aisami, 2015)。因此，考量國小學生的認知發展程度較低 (Mizuno et al., 2011)，以及視覺素養發展未完全成熟 (Shreiner, 2019)，教學時現場教師常將教材簡化，迴避艱深的理論基礎，甚至需要將學習內容視覺化 (Shreiner & Dykes, 2020)。這種重視學生外顯行為表現評量的教材規劃模式，是當今 STEM 教材規劃的主流。

《科學教育白皮書》提到：科學教育是全民教育，應給予特殊族群體驗科學教育機會的學習理念發展。逐漸有教師引導特殊教育學生參與動手做 STEM 活動。情緒障礙學生對於自身情緒的起伏難以控制，故其學習困難主要為當面對挫折或是即將面對可能的挫折時，容易引發負面的情緒及行為表徵，以致直接放棄或拒絕參與。具有泛自閉症特質的學生在視覺記憶上，展現出聯想記憶較發達之特質 (Semino et al., 2021)。研究認為主要原因為其大腦內的視覺皮層 (visual cortex) 較一般人活躍，以致在視覺上不只看到視覺訊號，還會引發數學思維以及聽覺訊號等 (Bókkon et al., 2013)。因此，其視覺資訊容易於短時間內產生出各種資訊與雜音，影響其資訊判斷與認知架構 (Phillips, et al., 2019)。究其原因而言，係因泛自閉症特質學習者在認知模組轉換 (set shifting)、認知功能執行困難 (executive dysfunction) 等認知特質 (Brady et al., 2013)。模組轉換效能弱勢會導致在變動的環境或情境中，不容易做出事件的判斷 (Del Missier et al., 2010)，而認知功能執行困難則會導致泛自閉症特質學習者出現固著於原有的情境，難以變通 (Myles & Simpson, 2001b)。泛自閉症特質學習者常給人聰明與學習能力強之刻板印象，但其認知特質會造成他們在 STEM 課程學習上跨領域、跨感官、跨認知功能等學習困難。若能初步了解泛自閉症特質學習者在動手做 STEM 學習特質，將降低其學習壓力，促進其有效學習。而本研究之動手做 STEM 內容為仿生獸製作 (PowerTech miniature)，在不同動手做歷程與泛自閉症特質學習者互動，藉以了解其動手做 STEM 之學習歷程與困難。

貳、文獻探討

一、個體的認知執行功能（Executive functions）

當訊息透過視覺或聽覺輸入到大腦形成知覺，在進入工作記憶狀態時，個體中央執行系統（central executive system）進行分類及規劃，並連結長期記憶提供資訊緩衝及互動（Baddeley, 2003）。其中，工作記憶得視為由認知執行功能、記憶以及注意力交疊而成的互動狀態，再由中央執行系統與其他認知機能互動（Purdy, 2016）。個體認知執行功能與個體在認知、行為傾向、動機及行為控制有極高相關性（Wegmann et al., 2020），能促進或抑制個體自發行為展現（autonomy）（Berk & Meyers, 2013），主要由個體大腦的前額葉皮質（prefrontal cortex）與下皮質（subcortical areas）等區域執行認知行為功能（Kim & Pope, 2005）。更進一步區分，可以將涉及認知執行功能的大腦區域分成背外側前額葉（dorsolateral prefrontal cortex）、前扣帶皮層（anterior cingulate cortex）以及眼窩額葉皮質（orbitofrontal cortex）。背外側前額葉在工作記憶上，與語言能力、設計流暢行、維持或轉換設定、計畫、抑制回應、工作記憶、組織能力、推理、解決問題以及抽象思考等能力有關（Alvarez & Emory, 2006），此區域對於風險評估的能力亦有顯著的相關性（Clark et al., 2008）。前扣帶皮層主要與情緒的自我控制能力、集中型的問題解決、錯誤事件的認知以及對變動環境的適應反應（Allman et al., 2001）。眼窩額葉皮質則與人際關係的部分特別相關，如果出現損傷會導致行為失去抑制能力、變得衝動以及反社會性人格特質明顯（Alvarez & Emory, 2006）。眼窩額葉皮質對於外界具有獎勵性的刺激，例如：正向或舒適的視覺、聽覺、味覺等，能強化關聯，引發獎勵或情感價值的情緒變化，形成刺激型強化關聯學習（Rolls et al., 2008）。這些機能的活化情形影響個體的認知特質。

具體而言，認知執行功能引導個體在複雜情境中實踐目標導向行為（goal-directed behaviors）（Barker et al., 2014）、調整個體學習行為、技能展現（García-Madruga et al., 2016）與社交互動（Madjar et al., 2019）。個體於學習歷程中面臨新資訊時，需維持專注、行為彈性、察覺錯誤、抑制無關資訊及降低多餘的認知資源（Rodríguez & Moreno-Llanos, 2020）。但若僅做資訊認知處理，並無法使個體意識到該資訊的生態效度（ecological validity）（Barker et al., 2014）。亦即，若無法將知識資訊或動作技能進行認知處理，將無法有效於現實情境使用或進行社會學習（Anderson, 2018）。綜上所述，個體認知執行功能系統運作時，涉及認知與行為統整、情意與經驗統整、行為與社交統整三大統整效能。因此，本研究將進一步探討具泛自閉症特質學童在這三個機制的特質。

二、亞斯伯格症候群 (Asperger syndrome)

亞斯伯格 (Hans Asperger) 於1944年定義其患者於社交場合表現較為不同，易被捉弄或被取笑，生活中諸多行為、規則會固著於部分細節。第四版的精神疾病診斷與統計手冊中 (the fourth edition of the Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, DSM-4, 1994)，亞斯伯格症被列入離散診斷類別；在2013年，第五版的精神疾病診斷與統計手冊 (the fifth edition of the Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, DSM-5, 2013) 將亞斯伯格症移除，歸類於自閉症類群障礙 (Autism Spectrum Disorder, ASD)。而智商表現方面，亞斯伯格特質個體的智商顯著高於高功能自閉症兒童 (de Giambattista et al., 2019)。

雖然依照 DSM-5 之界定，部分自閉症的特質診斷條件並未出現在亞斯伯格特質診斷類別，如：訊息溝通的診斷標準、3歲以前就要有病症出現等，但亞斯伯格症普遍不存在語言發展遲緩以及認知障礙之情形 (McPartland et al., 2012)。亞斯伯格特質個體之肢體動作普遍較一般人笨拙 (Papadopoulos et al, 2012)，對於他人臉部情緒反應較為遲鈍，導致人際關係不佳 (Yang et al., 2011)，在人群中易發生緊張、情緒失控等情緒狀態 (Myles & Simpson, 2001a)。但2018年世界衛生組織 (World Health Organisation, WHO) 發布國際疾病分類第11版 (International Classification of Diseases 11, ICD-11)，將自閉症與亞斯伯格症納入自閉症類群障礙症 (Autism Spectrum Disorder) 之診斷類別 (本研究以泛自閉症學生指稱)。

三、動手作STEM學習歷程

STEM 教育係指針對科學 (science)、技術 (technology)、工程 (engineer)、數學 (mathematics) 領域之教育活動，年齡可從學前年齡至博士後研究員 (Gonzalez & Kuenzi, 2012)，近年亦作為終身教育之一環。STEM 教育起源於1990年美國國家科學委員會 (the National Science Foundation, NSF)，原稱 SMET，後改為 STEM (Sanders, 2009)。STEM 教育本質為一個跨領域的學科，橫越於科學、技術、工程、數學領域，進而解決各種問題 (Takeuchi et al., 2020)。動手作 STEM 學習之過程，多以專題導向學習、問題解決導向學習，時至今日「創客教育 (maker education)」，不同角度的教學實踐模式強調皆有所不同。然而，學習歷程可視為以推論思維模式 (abduction) 探討 what 與 how 切合 value 的設計思維歷程 (design reasoning) (Dorst, 2011)。

參、研究方法

紮根理論透過編碼與反覆分析的研究步驟，形成研究理論（Gullo & Beachum, 2020），其編碼實施得分為開放性編碼、主軸性編碼以及選擇性編碼（Chiang et al., 2020; Corbin & Strauss, 2008），研究者持續進行理論與資料校對，其實施步驟為（Glaser et al., 1968）：一、起始編碼與類別中進行資料比對。二、整合各項類別並推導。三、建立初步理論架構與反覆資料驗證。四、形成理論結果。具體而言，研究者以完全參與者直接觀察個案學生仿生獸學習情形與各項學習表徵，過程中以多媒體紀錄存檔以反覆觀看與驗證，再經由紮根理論研究法，形成研究結論。

一、研究樣本

參與研究的泛自閉症特質學生，後文以S1指稱，目前就讀國小高年級，生理女，生理年齡滿11歲。在家庭背景部分，家境小康。個案學生個性溫和，有慢跑習慣，好運動型裝扮、合身、整體穿著風格偏中性，習慣配戴變色眼鏡，而衣領則習慣拉到最高。由於其認知固著行為，常極欲探求其疑惑（如：假設、推論過程及結論），影響教學節奏，以致同學因感到困擾而導致他人對其人際方面負面感受。會使用同學不喜歡的方式進行互動，無法理解為何同學反應不舒服或不開心。在學習行為，班上名次排名前五名，但於課堂中遭遇課程主題轉換過程，出現跟不上課程轉換的現象。在進行學習轉換過程，其認知思考仍陷於舊的內容，以致課堂中向教師發問時，學生與教師出現情緒反應。而在自然課學習方面，常會問到較偏題之問題，但部分內容卻為曾經引起激烈論證問題，如：地球自轉時，為何東西不被甩出？個案學生具有萬有引力之概念，但固著於探求其成因，以及萬有引力與地球自轉離心力之力的分析。

二、研究實施

（一）研究情境與學習材料

仿生獸透過各種不同長度，但有特定比例範圍的桿件，以螺絲與螺帽互相連結，組合成連桿組合的簡單機械。藉由風力、電力等進行驅動，模擬透過肢體移動的動物，進行移動（Patnaik, 2015）。在仿生獸競賽各項作品種類中，四足機械獸（原為PowerTech青少年科技創作競賽萬獸之王，以下以「四足機械獸」稱之）具有大量視圖、零組件多、需要大量各種角度鋸切及鑽孔、組裝過程需要了解較多零件及應用立體感、同時需要參與者視覺、觸覺、建立立體空間圖像的作品。因此選用四足機械獸作為主要觀察情境，以下針對四足機械獸作業細節說明下：

1. 四足機械獸藍圖：S1 在製作四足機械獸過程中，所使用之藍圖對應於木板為 1:1 的原始大小。
2. 使用材料：四足機械獸木片及鑽孔原尺寸標示圖（圖 1）、已組裝完成之四足機械獸一隻、密迪板一片、減速馬達及齒輪組一套（未組裝）、電池三顆、電池盒、螺絲。

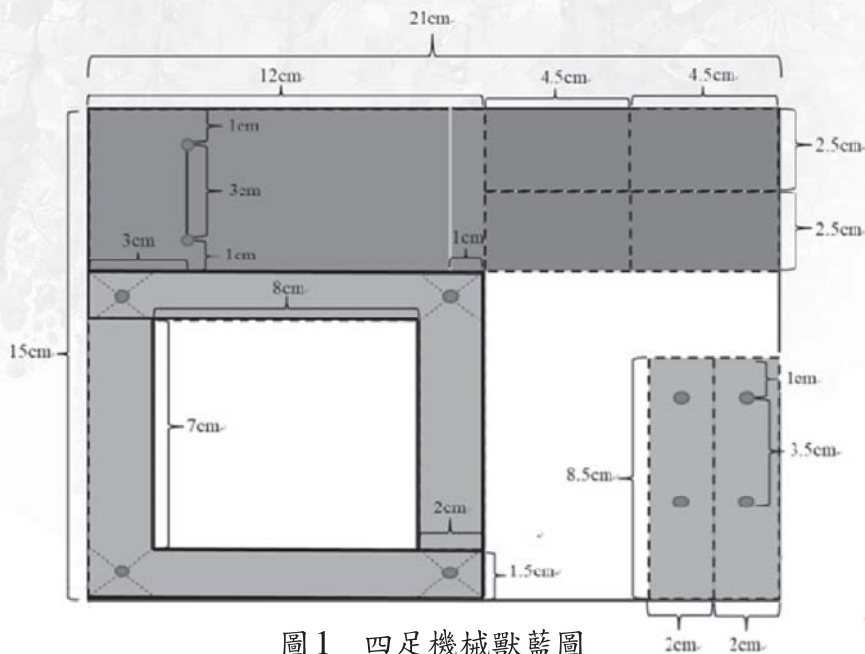


圖 1 四足機械獸藍圖

3. 使用工具：B 型學生鋸弓、手搖鑽、木工 3mm 鑽頭、F 夾、鐵尺、螺絲起子、尖嘴鉗、斜口鉗、剪刀、防鑽板。
4. 製作流程：取一片木板以及藍圖，依據零件圖將預計進行鋸切、鑽孔之位置標示記號及畫線等。將防鑽板及木板以 F 夾固定於桌面上，使用 3mm 鑽頭的手搖鑽於標示之記號鑽孔。再使用 F 夾將木板固定於桌面，使用 B 型學生鋸弓將木片全部鋸下。提供一隻已組裝完成的四足機械獸，讓學生依照此機械獸之組裝方式將製作出的零件全部組裝。
5. 運作原理：由馬達經過一組齒輪組將動力進行轉化並且輸出至兩個傳動軸上，第一個傳動軸會經過兩次的降速轉換，第二個傳動軸會再從第一個傳動軸再降速轉換一次。藉由傳動軸轉接出來的轉軸，因銜接連桿之處距離軸心的長度不同，而讓後面的連桿設計產生不一樣的力道以及擺動幅度，後續隨著連桿之間不同的比例以產生固定比例變化的四肢擺幅，使四足機械獸得以往前運行。

（二）研究流程

為達研究目的，本研究採取被動式的口頭教學，要求學生以現有教材作自主學習。當個案對於研究內容出現疑惑，或表達出需要幫忙的行為時，先了解學生遭遇之問題、出現問題原因、並引導自行找出解答。若經過引導仍無法解決疑惑，再對其目前所遭遇問題進行直接指導及教學。以下為被動式的口頭教學範例：在四足機械獸組裝時，不提供組裝圖，而是直接給予學生一隻仿生獸，並自行依照實體組裝。由自己思考組裝順序以及方法，並且紀錄於組裝過程遭遇之疑惑及困難，隨後再以紮根理論編碼方式進行編碼及分析。

三、研究者效度

研究者本身從事教職滿3年，具經營動手作 STEAM 社團、教學、競賽指導等經驗。此外，研究者本身亦具有輕度泛自閉症特質，能夠判斷個案學生之行為與反應是否反映出泛自閉症特質。教育服務至今，皆能有效引導泛自閉症特質學習者完成學習活動。因此，應能有效詮釋個案認知特質。此外，本研究共同參與者，從事仿生獸動手做競賽與培訓課程超過五年，教學經驗豐富，具動手做 STEAM 學習者認知特質、動手做步驟分析等研究經驗，能有效共同完成本研究編譯過程。為進一步驗證本研究之信度，本研究另以動手做環保工藝教學影像作為編碼預試，其編碼者一致性信度 Kappa 係數為 0.870，顯見本研究之編碼具有一定信度。

肆、結果與討論

本研究之研究目的為透過具有泛自閉症特質之個案學生學習 STEM 課程，使用目前的仿生獸學習教材來學習如何製作仿生獸，在指導的過程中，記錄與分析其學習遇到的困難。紮根理論編碼結果包括：堅持要有外皮、覺得被整合在一起而感到複雜且難以理解、對工具的規格及使用方式有自我固著、無法理解的部分會停滯，需要引導或時間、經過溝通，會接受合理的事物、非常小心等，這些概念說明泛自閉症特質的學童第一次面對動手做 STEM 教材的學習特質。

一、紮根理論分析

使用紮根理論分析 S1 個案進行四足機械獸製作課程之紀錄，節錄出 83 段有意義的對話與觀察紀錄。經過開放性編碼、主軸性編碼以及選擇性編碼整合出以認知與行為、情意與經驗、行為與社交三大項為主要架構的現象。

(一) 吸收的課程資訊需要知道它的意義、範圍，課程內容要有合理性、流動性。才能專注在課程上順利學習 (Selective Coding A)。

面對精簡過的學習資料，「S1 一開始沒有理會我的提問，而是一直看著那張零件圖，解讀這張圖列為高優先，S1 顯得非常專注地試著去解讀它」(S1_20201127_02)。「S1 沒有一開始就直接開始進行實作，S1 一開始是試著了解整個實作課程的最終成品、作品的目的」(S1_20201120_08)。「面對精簡過的零件圖，S1 會一直去試著了解為什麼圖片內會有空白區域、如何把它填補等」(S1_20201127_04)、(S1_20201127_10)。「對於零件圖內零件之間的線條界線，會糾結於線條的厚度是否包含在零件的尺寸內」(S1_20201127_17)。S1 在初次進入機械獸製作的課程時，表現出非常專注。S1 想先了解這個課程的最終成果及目標，表現出強烈的學習目標導向，也一直觀察資料的合理性；課程目標明確後，學生會透過動機信念的建立以及自我調節，可以提升學習科學知識的效率 (Soltani & Askizadeh, 2021)。如果使用的是精簡的課程內容，需要有人向 S1 講解課程目標、成品、製作的流程等。

「S1 在進行繪製零件輪廓，會在大腦推估需要的加工方式以及零件設計上的用途。會把一些多重意義的標示符號及方法套入不合理的製作程序，導致S1 無法理解其加工方式或是用途，而無法解讀圖面」(S1_20201225_01)。在S1 試著把零件圖畫到木板上時，並非單純的描繪而已，而是一邊思考一邊進行。在自然課學習過程中，如果S1 可以理解或接受教學的內容，S1 即可繼續接受課程。泛自閉症特質的人對於情境轉換之間，比較無法靈活變通 (Brady et al., 2013)。如果在教材中發生同一種標示符號具有兩種以上的功能或定義時，會導致泛自閉症特質的學生卡住。

泛自閉症特質的人對於情境轉換間，較無法靈活變通 (Brady et al., 2013)。若於教材中發生同一種標示符號有兩種以上的功能或定義時，則導致泛自閉症特質之學生停滯。

個體把記憶進行組織化、流程化、提高優先權以及改善專注力的流暢度，有助於注意刷新 (attentional refreshing)，具有將工作記憶轉成長期記憶的意義 (Sandry et al., 2020; Forsberg et al., 2021)。S1 在實作課程上，可以覺察他花費較多的時間在整理流程上，但是知識技能的吸收狀況是比較好的。

(二) 會把工具功能性與外型特徵連結一起。外觀為主，體感為輔。生活周遭物品特徵也會與工具特徵同在一起被回憶及聯想 (Selective Coding B)。

4 到 6 歲孩童面對思考解決問題時，常會異想天開且缺乏流暢性 (Vaisarova and Carlson, 2021)。根據研究者的經驗指出，如 S1 相當年紀的學生則具備合理性以及流暢性雛形之問題解決思維。

「進行工具選用時會出現S1在工與與功能之間的連結是雙向的，從工具連結到相關的功能，針對功能需求，找出可以運用的工具，連結到生活周遭的物件。要把木板固定在桌上時，透過需求，找出第一次見到的F夾來使用」(S1_20201204_12)。「從功能去逆推工具時，避免鑽頭破壞到木桌，需要硬的特質，想到了鐵板跟地板」(S1_20201204_09)。S1可於短時間內發想出乎意料之外的解決方案；雖異想天開且缺乏流暢性，對於問題解決卻具有其效益。

(三) 堅持認定正確之事物，同時仍保有修正空間與彈性，以確保正確。不確定之事物，較為謹慎 (Selective Coding C)。

眾多對於泛自閉症特質的研究中顯示，具有泛自閉症特質的人會堅持己見 (Myles & Simpson, 2001b)，亦有文獻提到具有泛自閉症特質的人有難以進行抉擇的衝突特質 (Del Missier et al., 2010)。「S1對於事物的認知有四個階段，對於不確定的事物保持很開放態度。透過蒐集資料來建構它，過程會顯得非常發散」(S1_20201127_29)。「在大腦中建立出來的理論、信念」(S1_20201120_11)、(S1_20210405_02)。「隨時注意更正確的資訊來增修」(S1_20201225_02)、(S1_20201127_25)。

「在本研究中發現泛自閉症特質的S1在進行行為決定時，會偏好選用比較保險的方案」(S1_20210409_01)。此現象與文獻中指出的特質，泛自閉症的族群固著於設定好的計劃，不喜歡被改變相符 (DSM-IV)。

(四) 能以同理心模擬他人觀點或依照情境需求，推測需求、條件以及提供解決方案 (Selective Coding D)。

雖然泛自閉症特質在很多文獻中提出缺乏情感、冷淡 (Lartseva et al., 2015)，「在STEM的課程中，S1表現出模擬小孩子的需求，想出比較適合的課程設計」(S1_20201127_11)。「亦可透過假設性的情境或期望的最終成品去探索其他人的需求」(S1_20201204_11)、(S1_20201204_02)。具有泛自閉症特質的人仍然具有共情 (empathic resonance) 反應，面對長時間的情境刺激下，共情程度也隨著增強，顯示泛自閉症特質個體需要更明確的情境刺激 (Hagenmuller et al., 2014)。

(五) 依據以往經驗，預測製作工法，選擇保險的方案，降低錯誤率，增加操作流暢度 (Selective Coding E)。

「為了避免認不出在接下來要組裝的零件，S1會在畫好在木板上的零件上面畫上數字」(S1_20201127_21)；「為了避免輔助線在切割的過程中切錯位置，S1畫完零件後，會把輔助線全部擦掉」(S1_20201127_25)。這表示S1並不是一成不變的將所有的記號留在機械獸的零件上，而是以接下來是否影響S1注意力的條件下決定擦掉輔助線。

「組裝機械獸，先把一整隻機械獸的零件按照組裝的位置攤開，像是一隻機械獸趴著，然後才組裝。S1 為了避免方向錯誤，組裝腿部時以難動手的角度去組裝零件」(S1_20210409_01)。S1 一直在防止組裝過程中發生需要整組拆開重新組裝的錯誤。S1 為了達到避免錯誤的目的，S1 堅持不好操作的組裝順序。過去研究指出自閉症光譜的孩童有98%至少有一項重複性的行為，包括了刻板地使用物件 (Ozonoff et al., 2000)。研究者與S1 確認下，S1 為了避免出現組裝錯誤而有犧牲組裝流暢度的偏好。S1 所選擇的組裝方式不會發生需要整個拆開來再組裝的錯誤，這一種要求流暢性操作的選擇。

(六) 若視覺無法判斷差異，改用體感判斷，再建構視覺判斷方式，會考量他人行為因素 (Selective Coding F)。

「在探索學習學生鋸的過程中，提供了兩支學生鋸弓，其中一支的鋸條是由下往上安裝，另一支反之。S1 一開始無法用視覺判斷兩支學生鋸的差異，經過鋸切體驗發現差異之後，選擇其中一支適合他的」(S1_20201225_06)。「S1 歸納的結果是因為比較醜的學生鋸太多人使用，表示很好用，大家都在用它鋸東西，而新的就是因為不好用，所以沒人用，像新的一樣」(S1_20201225_07)。S1 對於外觀美感的堅持，導致使用外觀的美觀程度、使用狀況及好不好使用進行連結。S1 試著找出好用的鋸弓過程中，從鋸弓的操作體感體驗連結到其他人在器械上的使用痕跡關聯，但歸納的結果跟實際的原因不同。

(七) 使用以往經驗探索事物，同時也監控推演之合理性 (Selective Coding G)。

「進行工具的選用，以使用需求的情境詢問S1 這些工具的特性，S1 可以精準的描述出這些需求所需要的工具特徵」(S1_20201204_04)、(S1_20201204_12)。「選用鑽頭時，也會依據過去的生活經驗，選擇六角型鑽頭」(S1_20201204_06)。「因為S1 之前繪製的線條標示都是代表要切割，S1 想不出較粗的線在那個位置要切割的理由，所以停下來」(S1_20201204)。發現S1 具有極佳的符號記憶能力。

對於具有自閉光譜障礙的孩童，在以往研究中顯示，視覺記憶因其記憶的步驟以及刺激的種類具有不同的強度；高功自閉的孩童在測試中展現出極佳的聯想記憶以及輪廓辨認，但對於人臉辨認則具有障礙 (Semino et al., 2021)。S1 可透過情境需求增強對於符號之判讀，這是值得繼續深入探索的狀況。所有教材皆應避免符號混用的問題。

(八) 會想嘗試突破、思考更佳的方法，跳脫課程的引導，找尋其他方案 (Selective Coding H)。

「在製作過程中，S1 偶爾會提到要如何增加機械獸功能，而且希望做出跟他人不一樣的機械獸」(S1_20201120_07)。「S1 為順利製作出機械獸，會改變遊戲規則、改變材料等跳出框架的思考」(S1_20201127_05)、(S1_20201204_01)。在規則、流程探討場合時，S1 跳出框架的思維模式可能會讓主持人或教師誤以為被S1 找麻煩。

(九) 對自身能力具有自信，堅持自己的想法，不易受他人影響，仍會參考現實狀況 (Selective Coding I)。

「看到別人作品有缺陷或是跟S1經驗不符合時，會說出一些自己的理論或建議」(S1_20201120_11)。「當遇到質疑或建議時，不會馬上採納，而是繼續做自己想做的事」(S1_20201127_13)。「不會因為別人的看法或是壓力而改變決定」(S1_20210405_03)。綜合S1觀察到堅持己見的行為，與文獻中泛自閉症的特質有非常自我、不聽取別人建議等特質相符 (Hadjipanayi & Michael-Grigoriou, 2020; Krieger et al., 2012)。

(十) 會將人的事件聯想到事物的規律用以解釋 (Selective Coding J)。

「S1有出乎意料之外的聯想能力，像是工具的好壞會連結到使用者行為對外觀的影響」(S1_20201225_07)。「S1常會呈現出過度發散的聯想現象，先拆解物體特性，再擴散到其他人」(S20201127_18)。「S1喜歡歸納周遭事物，用歸納的結果去推理其他事件」。S1總是在尋找完美的規律。S1把事物歸納後，會將規律連結至別人身上，易激怒身邊的人，造成人際問題。

(十一) 不易採納他人觀點，需要他審核或求證來進行溝通。專注中，不會與他人對話 (Selective Coding K)。

「與S1討論問題時，若其正專注於其他資訊，S1不會理會」(S1_20201127_03)。「溝通過程，談話內容不具有強而有力說明或是明確答案，不會被他所採納」(S1_20201120_03)、(S1_20201120_05)。「有明確指標的內容，S1會馬上確認或是討論」(S1_20201127_03)、(S1_20201127_24)。若於對談中有違背一個已經被S1所信任之論點，會被忽略；不容易接受他人的說法，在泛自閉症特質的論述中常被討論 (Hadjipanayi & Michael-Grigoriou, 2020; Krieger et al., 2012)。具有泛自閉症特質的孩童及青少年在面對具有衝突、誤解的社交場合，需較多的提示以及長時間進行社交反應 (Kaland et al., 2011)。與具泛自閉症特質者溝通，要具有強烈論點，S1才會加入，這樣的特質被認為是難以溝通。

(十二) 他人提供資訊與其溝通，需具高連貫性、邏輯性與系統性 (Selective Coding L)。

泛自閉症特質個體於符號溝通方面，往往具有較多不發達的評價，例如：無法辨認符號或是符號定義差異大。「在探索S1視圖進行描繪時，發現在一瞬間給予全部的資訊時，像是一整張包含了各種訊息的圖片時，他會被圖片的資訊量卡住，所以如果要讓他有辦法自然完成識別圖像資訊時，需要將資訊進行適當的切割來讓她吸收」(S1_20201127_09)。「而且圖片的內容最好是具有連貫性」(S1_20201127_10)。

在教學現場，當試著把所有的課程內容精簡呈現，例如：概念圖、心智圖等。往往會在連接點上犧牲掉一些連結用的關鍵字，或是把一些可能比較獨立的内容擠在一起，可能會出現一些情境跳躍或是性質不同的認知界線 (Brady et al., 2013)。對於這種因為簡潔、簡略、快速情境轉換的課程內容，具有泛自閉症特質或是認知執行功能較薄弱的孩童會無法情境轉換、解讀課程內容。即使是精簡過的課程，強烈建議在編輯課程內容時要考量情境的流暢性。

(十三) 過度探討資訊正確性與細節準確度，導致於溝通時講究格式、規則，讓人覺得古板 (Selective Coding M)。

「在訊息溝通上，需要非常完整的格式呈現。因為 S1 會探討著眼在很細小的細節上，像是零件圖上面的線條厚度是否被包含在尺寸內」(S1_20201127_17)。「甚至會誤把標示用的符號誤當作是圖片本身」(S1_20201127_06)，「或是在提供教材時，將同一種類的符號具備有兩種以上的意義，導致 S1 混淆無法判斷，在沒有非常確定符號在該情境下的條件意義，會暫時停止作業」(S1_20201127_31)。「如果有零件的位置沒有被標示出來，即便是等比原尺寸的圖片，S1 也不敢妄下定論去執行」(S1_20201127_27)。

於溝通過程中，發現當 S1 遇到較不精確資訊時，即使資訊為合理且可被預測的，S1 仍會產生多種可能性解讀當下的關鍵，但無法自信地選擇任何一個可能性。此種現象導致若 S1 無完整的情境下，難以選擇任何一個決策來進行 (Phillips, et al., 2019)。而此現象乃至於是自我參照的重複性負面思考 (self-referential negative thinking) 被觸發 (Stout et al., 2020)。因此造成 S1 的認知執行功能異常，在於自我效能、調節認知皆較為薄弱 (Flores-Kanter, 2020)。

(十四) 欲分享自身想法時，會打斷周邊情境，但又易被認為分心、不尊重他人 (Selective Coding N)。

「於對話過程中，若被 S1 認為無意義之內容，其不加入討論，甚至直接打斷他人的發言」(S1_20201127_16)、(S1_20201127_26)、(S1_20201127_07)、(S1_20201120_13)。「或是他突然想發表意見，也會打斷他人的發言 (S1_20201127_07)、(S1_20201120_13)。在與他人相處時，易造成誤會、被排擠的狀況。泛自閉症特質孩童較無法承受外部刺激或是外部壓力，且正在進行刻板行為或是儀式被外力中斷，可能導致心浮氣躁 (Lehnhardt et al., 2013)。於注意力靈活度以及認知抑制控制能力也較一般人薄弱，尤以認知抑制控制能力 (Mostert-Kerckhoffs et al., 2015)。倘若具泛自閉症特質的孩童於人際交流中具有想法欲提出，卻因無法抑制等待的壓力，進而直接打斷他人正在進行之活動。

(十五) 提出疑問或意見時，不會拐彎抹角，而是直白呈現 (Selective Coding O)。

「與S1對話過程中，會出現沒有稱謂、發語詞等，容易被認為是很不禮貌的命令句」(S1_20201120_10)，「也會在對話中，去討論或批評到其他人的狀態」(S1_20201120_02)、(S1_20210409_02)、(S1_20210405_01)。然而，學生可能只想分享想法，但無法使用正確的關鍵字、想到即說，無法抑制直接表達的衝動，也無法揣測對方聽到此話語的想法。這是結合兩種泛自閉症特質的行為模式所造成的結果，分別為認知抑制控制能力 (Mostert-Kerckhoffs et al., 2015)，以及難以揣測對方的情緒變化 (Yang et al., 2011)。

(十六) 固著於作品需具有外觀，且不能留下其他不屬於此作品之記號。並一直重複出現此言語 (Selective Coding P)。

「於製作作品過程中，S1 一直重複地提及作品需具有外皮 (S1_20201120_01)、(S1_20201127_34)。「即使是跟機械獸比較無關的作品，也會被問到外皮的問題」(S1_20210118_01)。「但是也不想把自己的名字簽名在上面，不想留下任何跟機械獸無關的標記上」(S1_20201127_33)。對於會重複性一直在不同時間下會被提出外皮的問題，此固著之行為，可能造成其他同學反感，但也反應出 S1 極在意作品的外皮或外觀，以導致出現固著及重複的行為，為泛自閉症特質之行為。

二、討論

訊息處理論 (Information processing theory) 指出，個體是一種講述透過知覺記憶，會形成工作記憶，再轉變成長期記憶，並且透過長期記憶以及短期記憶之間的權衡下做出行為反應的理論；工作記憶又再細分成認知執行功能、記憶力與注意力。在此，本研究透過訊息處理論建構在認知與行為、情意與經驗、行為與社交上，探討泛自閉症特質學生在進行四足機械獸的學習與實作過程。泛自閉症特質學習者在各個關鍵點中，以紮根理論整理出來的研究結果與泛自閉症特質、認知執行功能有密切的關聯。

(一) 認知與行為

泛自閉症特質主要是由認知執行功能上出現缺陷而形成的，其中與大腦的結構有密切的關聯。根據 Selective Coding A 與 C 可以發現，S1 在學習新的知識時，會一直探索並說明其合理性、連貫性，找出規律性。如果規律性出現，就會非常信任的使用這些規律來探索其他知識或經驗並執行，並且不易接受其他挑戰；但是，如果有重大且明確的資訊，例如：事件若無預期中發生，則再次進行修正，並繼續使用。對於不確定的事物，在行為方面顯得極謹慎，甚至變得不果斷、難以抉擇。根據 Selective Coding B，S1 在進行經驗、文本的應用聯想時，呈現多方向性的連結，不受限於生活中的一般常規，亦顯現在動手做 STEM 活動中。

(二) 情意與經驗

泛自閉症特質仍然具有同理心，能為他人情境設想並提供方案。在 Selective Coding D 中，S1 表現出對更小的孩童的共情能力，找尋更好的教學方案。從 S1 經由生活體驗或以往錯誤中，藉以統整對於事件的更佳應對方式；在 Selective Coding E、G 中，S1 表現累積較多經驗後而出現的行為模式來進行預備、應用、預防等行為，決策方面偏好選用較保守、不易犯錯的模式用以完成任務。經驗累積行為模式，於工具操作先採用視覺判斷，若無法以視覺判斷，則改用體感，接著才是工具做功成效。在 Selective Coding F、G 中，S1 使用體感後累積之經驗，會往返於視覺方面嘗試解釋原因，並且累積此經驗法則，隨時更新並立即進行修正或正增強經驗的強度；但是 S1 在 Selective Coding J 中，表現將累積以往經驗不論他人喜歡或厭惡的感受，將它引申至身邊的人。在 Selective Coding H、I 中，顯示 S1 對於自己有強烈的自我效能，並且堅持自身想法，不易受到他人影響，隨時想跳脫框架外面的事件或是可能性。

(三) 行為與社交

行為與社交為泛自閉症特質最常被討論的部分之一，一般歸納出固著行為、重複行為、限制的行為、難以溝通。從 Selective Coding K、L、M 中，可從 S1 身上說明具有泛自閉症特質的孩童於接受資訊時，需具嚴格的格式、形式偏好。對於訊息的合理性、連貫性也有要求，若無則產生解讀錯誤之情況。對於精簡過的資訊，需要適當的提供說明以供解讀。但當他們正在進行其他事務時，除非是非常重要的事件，否則容易被忽略。

但是在 Selective Coding N、O 中，S1 卻表現出直接、立即性的溝通行為。整體而言，溝通訊息上偏好單向的傳遞資訊。會讓人感覺到泛自閉症特質的人以自我為中心的狀況。而且堅持自身想法的情形會一直反覆地出現。

伍、結論

本研究是針對具有泛自閉症特質學習者於進行動手做STEM課程的學習過程的觀察研究。因為在過去的教學現場，這類特質的學生對於事物的觀點、過去經驗、現有情境的固著會讓教師們在教學上感到困擾，會被學生打斷教學流暢性，為了解決泛自閉症學生提出的問題可能會造成其他同學的注意力中斷。在國小教學現場，STEM 課程往往會涉及學生尚未具備先備知識的領域，學生們沒辦法快速的、準確的判斷出各種課程的關鍵需求以及重要注意事項。在建立跨領域或多重工序的 STEM 教學內容過程中，可能會發生同一個標示具有兩種意義，或是兩種以上的標示卻指向同一件事。所以，若現場教師沒有仔細探討泛自閉症學生的學習困難，而貿然進行動手做 STEM 課程編製，會容易

產出引發他們學習困擾的課程內容，在課程實施過程中會嚴重影響全班的學習狀況。此外，泛自閉症特質學習者是因為同時具備情境轉換固著、行為固著、認知執行功能困難、不靈活、視覺思維複雜以及人際關係怪異等。本實驗的教材引發出該學生的情境轉換固著、視覺思維困難等，如果針對本實驗觀察到的狀況進行教材修改，應能有效避免泛自閉特質學生的動手做 STEM 學習困擾，提升學習效率與成效。

在進行動手做課程以及跨領域教學課程中，泛自閉症特質的孩童會因為認知功能執行有缺陷、情境轉移緩慢，對於內容講究合理性、流暢性等。教師應當仔細審核內容中是否有誤用相同符號多種標示意義的現象，也盡量避免過度精簡整合的教學內容，這類的學生可能在吸收知識的過程中停下且一直試著找出它的規律性。當涉及設計思維的創作課程時，泛自閉症特質的孩童可以對於情境下的人物共情，但是需要在臉部表情或是故事上面進行更多的說明，讓他們可以更明確的解讀出情境的需求。一旦發現學生操作錯誤時，避免突兀地打斷他們正在進行的工作，應該要用明確且可被驗證的說明來告知錯誤的狀況。以上研究結論，為泛自閉症特質孩童動手做 STEM 課程設計提出初步建議供參。

參考文獻

- Aisami, S. R. (2015). Learning styles and visual literacy for learning and performance. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 176, 538-545. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.508>
- Allman, J. M., Hakeem, A., Erwin, J. M., Nimchinsky, E., & Hof, P. (2001). The anterior cingulate cortex: The evolution of an interface between emotion and cognition. In A. R. Damasio, A. Harrington, J. Kagan, B. S. McEwen, H. Moss, & R. Shaikh (Eds.), *Unity of knowledge: The convergence of natural and human science* (pp. 107-117). New York Academy of Sciences. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2001.tb03476.x>
- Alvarez, J. A. & Emory, E. (2006). Executive Function and the Frontal Lobes: A Meta-Analytic Review. *Neuropsychology Review*, 16(1), 17-42. <https://doi.org/10.1007/s11065-006-9002-x>
- Anderson, R. C. (2018). Creative engagement: Embodied metaphor, the affective brain, and meaningful learning. *Mind, Brain, and Education*, 12(2), 72-81. <https://doi.org/10.1111/mbe.12176>
- Baddeley, A. (2003). Working Memory: Looking Back and Looking Forward. *Nature Reviews Neuroscience*, 4(10), 829-839. <https://doi.org/10.1038/nrn1201>
- Barker, J. E., Semenov, A. D., Michaelson, L., Provan, L. S., Snyder, H. R., & Munakata, Y. (2014). Less-structured time in children's daily lives predicts self-directed executive functioning. *Frontiers in psychology*, 5, 593. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00593>
- Bókkon, I., Salari, V., Scholkmann, F., Dai, J., & Grass, F. (2013). Interdisciplinary implications on autism, savantism, Asperger syndrome and the biophysical picture representation: Thinking in pictures. *Cognitive Systems Research*, 22-23, 67-77. <https://doi.org/10.1016/j.cogsys.2012.05.002>
- Berk, L. E. & Meyers, A. B. (2013). The role of make-believe play in the development of executive function: Status of research and future directions. *American Journal of Play*, 6(1), 98-110.
- Brady, D. I., Schwean, V. L., Saklofske, D. H., McCrimmon, A. W., Montgomery, J. M., & Thorne, K. J. (2013). Conceptual and perceptual set-shifting executive abilities in young adults with Asperger's syndrome. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 7(12), 1631-1637. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2013.09.009>

- Cassar, J. A. & Musumeci M. (2017). The Influence of Age, Gender and Subject Choice on Logical and Lateral Thinking Skills in Science Students at Secondary Level. *Conference: International Conference New Perspectives in Science Education, 6th Edition* At: Florence, Italy
- Chiang, S. W., Wu, S. C., & Peng, T. C. (2020). The Experience to Implement Palliative Care in Long-term Care Facilities: A Grounded Theory Study of Caregivers. *Asian Nursing Research, 15*(1), 15-22. <https://doi.org/10.1016/j.anr.2020.10.006>
- Clark, L., Bechara, A., Damasio, H., Aitken, M. R., Sahakian, B. J., & Robbins, T. W. (2008). Differential effects of insular and ventromedial prefrontal cortex lesions on risky decision-making. *Brain: a journal of neurology, 131*(Pt 5), 1311-1322. <https://doi.org/10.1093/brain/awn066>
- Corbin, J. & Strauss, A. (2008). Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory (3rd ed.). *Sage Publications, Inc.* <https://doi.org/10.4135/9781452230153>
- de Giambattista C., Ventura P., Trerotoli P., Margari M., Palumbi R., & Margari L. (2019). Subtyping the Autism Spectrum Disorder: Comparison of Children with High Functioning Autism and Asperger Syndrome. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 49*(1):138-150. <https://doi.org/10.1007/s10803-018-3689-4>
- Dorst, K. (2011). The core of ‘design thinking’ and its application. *Design Studies, 32*(6), 521-532. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2011.07.006>
- Flores-Kanter, P. E. (2020). Commentary: How we know what not to think. *Frontiers in Psychology, 11*, Article 306. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00306>
- Forsberg, A., Adams, E. J., & Cowan, N. (2021). Chapter One - The role of working memory in long-term learning: Implications for childhood development. *Psychology of Learning and Motivation, 74*, 1-45. <https://doi.org/10.1016/bs.plm.2021.02.001>
- García-Madruga, J. A., Gómez-Veiga, I., & Vila, J. Ó. (2016). Executive functions and the improvement of thinking abilities: The intervention in reading comprehension. *Frontiers in Psychology, 7*, Article 58. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00058>
- Glaser, B. G., Strauss, A. L., & Strutzel, E. (1968). The discovery of grounded theory; strategies for qualitative research. *Nursing research, 17*(4), 364. <https://doi.org/10.1097/00006199-196807000-00014>

- Gonzalez, H. B. & Kuenzi, J. J. (2012, August). Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education: A primer. Washington, DC: Congressional Research Service, Library of Congress.
- Gullo, G. L. Beachum, F. D. (2020). Principals navigating discipline decisions for social justice: An informed grounded theory study. *Heliyon*, 6(12). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05736>
- Hadjipanayi, C. & Michael-Grigoriou, D. (2020). Conceptual knowledge and sensitization on Asperger's syndrome based on the constructivist approach through virtual reality. *Heliyon*, 6(6), e04145. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04145>
- Hagenmuller, F., Rössler, W., Wittwer, A., & Haker, H. (2014). Empathic resonance in Asperger syndrome. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 8(7), 851-859. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2014.04.008>
- Judson, E. (2014). Effects of transferring to STEM-focused charter and magnet schools on student achievement. *The Journal of Educational Research*, 107(4), 255-266. <https://doi.org/10.1080/00220671.2013.823367>.
- Kaland, N., Mortensen, E. L., & Smith, L. (2011). Social communication impairments in children and adolescents with Asperger syndrome: Slow response time and the impact of prompting. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 5(3), 1129-1137. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2010.12.009>
- Kim, J. S. & Pope, A. (2005). Somatotopically located motor fibers in corona radiata: evidence from subcortical small infarcts. *Neurology*, 64(8), 1438-1440. <https://doi.org/10.1212/01.WNL.0000158656.09335.E7>
- Krieger, B., Kinebanian, A., Prodinger, B., & Heigl, F., (2012). Becoming a member of the work force: perceptions of adults with Asperger Syndrome. *Work*, 43(2), 141-157. <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-1392>
- Lehnhardt, F. G., Gawronski, A., Pfeiffer, K., Kockler, H., Schilbach, L., & Vogeley, K. (2013). The investigation and differential diagnosis of Asperger syndrome in adults. *Deutsches Arzteblatt international*, 110(45), 755-763. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2013.0755>
- Lartseva, A., Dijkstra, T., & Buitelaar, J. K. (2015). Emotional language processing in autism spectrum disorders: A systematic review. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, Article 991. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00991>

- Madjar, N., Chubarov, E., Zalsman, G., Weiser, M., & Shoval, G. (2019). Social skills, executive functioning and social engagement. *Schizophrenia research. Cognition*, *17*, 100137. <https://doi.org/10.1016/j.scog.2019.100137>
- Malele, V. & Ramaboka, M. (2020). The Design Thinking Approach to students STEAM projects. *Procedia CIRP*, *91*, 230-236. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.03.100>
- McPartland, J. C., Reichow, B., & Volkmar, F. R. (2012). Sensitivity and specificity of proposed DSM-5 diagnostic criteria for autism spectrum disorder. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, *51*(4), 368-383. <https://doi.org/10.1016/j.jaac.2012.01.007>
- Mednick, S. (1962). The associative basis of the creative process. *Psychological Review*, *69*(3), 220-232. <https://doi.org/10.1037/h0048850>
- Del Missier, F., Mäntylä, T., & Bruine de Bruin, W. (2010). Executive functions in decision making: An individual differences approach. *Thinking & Reasoning*, *16*(2), 69-97. <https://doi.org/10.1080/13546781003630117>
- Mizuno K., Tanaka M., Fukuda S., Sasabe T., Imai-Matsumura K., & Watanabe Y. (2011). Changes in cognitive functions of students in the transitional period from elementary school to junior high school. *Brain and Development*, *33* (5), 412-420. <https://doi.org/10.1016/j.braindev.2010.07.00520708862>
- Mostert-Kerckhoffs, M. A., Staal, W. G., Houben, R. H., & de Jonge, M. V. (2015). Stop and change: inhibition and flexibility skills are related to repetitive behavior in children and young adults with autism spectrum disorders. *Journal of autism and developmental disorders*, *45*(10), 3148-3158. <https://doi.org/10.1007/s10803-015-2473-y>
- Mustofa, R. & Hidayah, Y. (2020). The Effect of Problem-Based Learning on Lateral Thinking Skills. *International Journal of Instruction*, *13*. 463-474. <https://doi.org/10.29333/iji.2020.13130a>
- Myles, B. S. & Simpson, R. L. (2001a). Effective practices for students with Asperger Syndrome. *Focus on Exceptional Children*, *34* (3), 1-14. <https://doi.org/10.17161/fec.v34i3.6786>
- Myles, B. S. & Simpson, R. L. (2001b). Understanding the Hidden Curriculum: An Essential Social Skill for Children and Youth with Asperger Syndrome. *Intervention in School and Clinic*, *36*(5), 279-286. <https://doi.org/10.1177/105345120103600504>

- Ozonoff, S., South, M., & Miller, J. N. (2000). DSM-IV-defined Asperger syndrome: Cognitive, behavioral and early history differentiation from high-functioning autism. *Autism, 4*(1), 29-46. <https://doi.org/10.1177/1362361300004001003>
- Papadopoulous, N., McGinley, J., Tonge, B. J., Bradshaw, J. L., Saunders, K., & Rinehart, N. J. (2012). An investigation of upper limb motor function in high functioning autism and Asperger's disorder using a repetitive Fitts' aiming task. *Research in Autism Spectrum Disorders, 6*(1): 286-292. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2011.05.010>
- Patnaik, S. (2015). Analysis Of Theo Jansen Mechanism (Strandbeest) And Its Comparative Advantages Over Wheel Based Mine Escavation System. *IOSR Journal of Engineering, 5*(7): 43-52.
- Phillips, J., Morris, A., & Cushman, F. (2019). How we know what not to think. *Trends in Cognitive Sciences, 23*(12), 1026-1040. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2019.09.007>
- Purdy, M. H. (2016). Executive functions: Theory, assessment, and treatment. In M. L. Kimbarow (Ed.), *Cognitive communication disorders* (pp. 83-128). Plural Publishing Inc..
- Rodríguez, C. & Moreno-Llanos, I. (2020). A pragmatic turn in the study of early executive functions by object use and gestures. A case study from 8 to 17 months of age at a nursery school. *Integrative Psychological & Behavioral Science*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s12124-020-09578-5>
- Rolls, E. T. & Grabenhorst, F. (2008). The orbitofrontal cortex and beyond: From affect to decision-making. *Progress in Neurobiology, 86*, 216-244. <https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2008.09.001>
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher, 68*(4), 20-26.
- Sandry, J., Zuppichini, M. D., & Ricker, T. J. (2020). Attentional flexibility and prioritization improves long-term memory. *Acta Psychologica, 208*, Article 103104. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2020.103104>
- Semino, S., Zanobini, M., & Usai, M. C. (2021). Visual memory profile in children with high functioning autism. *Applied Neuropsychology: Child, 10*(1), 26-36. <https://doi.org/10.1080/21622965.2019.1594231>

- Shreiner, T. L. (2019). Students' use of data visualizations in historical reasoning: A think-aloud investigation with elementary, middle, and high school students. *The Journal of Social Studies Research*, 43(4), Pages 389-404. <https://doi.org/10.1016/j.jssr.2018.11.001>
- Shreiner, T. L. & Dykes, B. M. (2020). Visualizing the teaching of data visualizations in social studies: A study of teachers' data literacy practices, beliefs, and knowledge. *Theory & Research in Social Education*, <https://doi.org/10.1080/00933104.2020.1850382>.
- Soltani, A. & Askarizadeh, G. (2021). How students' conceptions of learning science are related to their motivational beliefs and self-regulation. *Learning and Motivation*, 73, 101704. <https://doi.org/10.1016/j.lmot.2020.101704>
- Stout, D. M., Bomyea, J., Risbrough, V. B., & Simmons, A. N. (2020). Aversive distractors modulate affective working memory in frontoparietal regions. *Emotion*, 20(2), 286-295. <https://doi.org/10.1037/emo0000544>
- Takeuchi, M. A., Sengupta, P., Shanahan, M-C., Adams, J. D., & Hachem, M. (2020). Transdisciplinarity in STEM education: A critical review. *Studies in Science Education*. <https://doi.org/10.1080/03057267.2020.1755802>
- Vaisarova, J. & Carlson, S. M. (2021). When a spoon is not a spoon: Examining the role of executive function in young children's divergent thinking. *Trends in Neuroscience and Education*, 25.100161. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2021.100161>
- Wegmann, E., Müller, S. M., Turel, O., & Brand, M. (2020). Interactions of impulsivity, general executive functions, and specific inhibitory control explain symptoms of social-networks-use disorder: An experimental study. *Scientific reports*, 10(1), 3866. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60819-4>
- Yang, H. H., Savostyanov, A. N., Tsai, A. C., & Liou, M. (2011). Face recognition in Asperger syndrome: a study on EEG spectral power changes. *Neuroscience letters*, 492(2), 84-88. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2011.01.061>

探究與實作應用於技專校院 專題製作課程教學模式之研究

范靜媛* 副教授

葉建宏 講師

台南應用科技大學時尚設計系
博仁大學

摘要

自108課綱實施後，探究與實作之教學方法，受到各級學校重視。然而，目前相關研究多數集中於幼稚園、小學至中學之K-12教育階段，在技專校院階段的教學之相關研究仍屬少數。因此，本研究以立意取樣方式，邀請臺灣南部地區一所技專校院時尚設計系20位學生參與研究，在一學期教學期間，以行動研究方式，並藉由對話及課程學習紀錄報告之內容，了解研究對象之學習狀況，並以此探討基於專題製作的課程之探究式教學模組之實施效果，並導入本研究發展之步驟化的「問題、資料收集／分析、討論、解釋、修正、確認探究模式」（簡稱QC/ADEAC探究模式）教學模組。本研究發現，使用步驟化的QC/ADEAC探究模式教學模組，達到以學生為中心之目的，並能夠提升學生之學習，表現其創意與找尋解決問題之方法，且能夠有效幫助學生進行專題製作主題的發想與收斂。但在前期課程中，因研究對象不熟悉此一教學方式，研究者須提供更充裕的輔導與諮詢資訊。除此之外，本研究之實施結果亦可提供技術型高級中等學校教師之「專題實作」課程之教學參考，並協助學生在課程產出實作作品，成為未來申請大學時的重要資料。

關鍵詞：行動研究、時尚設計、專題製作、探究式教學、探究與實作

*本篇論文通訊作者：范靜媛，通訊方式：jingyun0308@gmail.com。

A Study on Teaching and Learning Model of Project Design Course in a Vocational and Technological College and University

Jing-Yun Fan* Associate Professor

Jian-Hong Ye Lecturer

Department of Fashion Design, Tainan University of Technology
Dhurakij Pundit University

Abstract

Since the implementation of the curriculum guidelines of 12-year basic education, inquiry and hands-on teaching methods have been emphasized by schools at all levels. Most of the research focuses on K-12 education from kindergarten, elementary school to secondary school, but few related studies are at vocational and technological college or university level. Therefore, this study adopted the purposive sampling method and invited 20 students from the Department of Fashion Design of a university of science and technology in southern Taiwan to participate in this study. An action research was conducted during the one-semester teaching to understand participants' learning status through the contents of the learning portfolio in order to explore the effectiveness of the implementation of inquiry-based teaching with a topic-based curriculum. The study introduced a model with step-by-step procedures: "Question, Collection/Analysis, Discussion, Explanation, Amendment, and Confirmation Inquiry Model" (QC/ADEAC Inquiry Model). This study found that the use of step-by-step QC/ADEAC inquiry model teaching can achieve the goal of

* Corresponding author: Jing-Yun Fan, E-mail: jingyun0308@gmail.com

student-centered, and enhance student learning performance in expressing their creativity and finding solutions to problems, and effectively help students narrow down a topic for the project-based practical course. However, the researcher needs to provide adequate consultation in the beginning of implementation because the participants were not familiar with this teaching method. In addition, the results of this study provide teaching reference for vocational school teachers in teaching “project-based” courses, and help students to produce practical works in the courses, which can be important material when applying for universities in the future.

keywords: action research, fashion design, project design, inquiry-based teaching, inquiry and practice

壹、前言

「十二年國民基本教育課程綱要總綱」於民國（下同）103年11月發布，各領綱陸續發布，並於108年8月正式上路，亦稱為「108課綱」。自此之後，探究與實作成為熱門的教學議題。而探究被定義為在針對特定主題發現或創造解決問題方法的過程中，學習者能夠自我糾正與自我調整的歷程（Lipman, 2003）。且探究是一項多方面的活動，它引導學習者進行探究或提出有意義的問題，從而得出相關的答案。探究式學習向學習者展示知識是如何產生和傳播，以及他們如何獲得成為終身學習者所需的知識和技能，在探究式學習中，教師須引導學生進行定義問題、分析問題與解決問題（Chen & Wang, 2020）。此外，探究也被定義為學習者從主動發掘、分析問題、知識建構，再到發展問題解決方案之歷程（張仁家等人，2017）。換言之，在此教學方法中，教師透過激發學生調查問題和理解概念的興趣來推進學生的探究學習過程，藉由這個過程幫助學生提升其批判性思維、好奇心與學習動力，以深入調查和概念化問題，從而實現更高層次的學習（Chatterjee, 2021）。

因此，探究式教學被視為有助於學習者牢記事實或概念、技術或步驟，還能獲得熟練的能力，包括將現有的知識適當地應用於新的實際情境中（Salmi et al., in press）。基於此，探究式教學被認為是一種比傳統上，基於教師主導的教學法更為有效的教學方法，雖然教師能夠支持探究式學習的理想，但在教學實務中如何有效實踐仍須進一步研究（Fairbanks & Andrew, 2020）。因此，本研究以技專校院的專題製作課程為研究情境，探討如何在此一課程中實施探究式教學歷程。

美國教育學者 William Heard Kilpatrick (1871-1965) 提出〈專題方法〉(The Project Method)，認為此一方法可以培養學生獨立與責任感，以及實踐社會和民主行為模式，主張學校教育必須以學生所選擇的、可以產生「有目的之活動」的專題為導向，鼓勵學校讓學生依照自己的實際目的選擇專題，進行學習（Wolk, 1994; Burlbaw et al., 2013）。專題式學習（project-based learning, PjBL）與探索式學習（inquiry-based learning），皆被視為可以培養終身學習能力、符合內在學習動機，以及滿足建構主義與不同學習風格之評量方法（Hunaiti et al., 2010）。教學實踐方面也常以實務專題、實作、或模型設計等活動進行。

專題製作課程為多數技專校院之必修課程，更係技術及職業教育（以下簡稱技職教育）中，用以檢視專業培訓結果之重要課程，此課程的目的旨在藉由讓學習者在實作產出具體作品之歷程，能夠讓學習者藉由自主學習及問題解決為導向的學習方式，來整合

已修習的各門課程的知能（張仁家等人，2017）；此外，教育部為鼓勵技專校院學生將學校習得理論與實務結合，自2002年度起舉辦「全國技專校院學生實務專題製作競賽」，期藉由競賽獲獎榮譽與獎金，鼓勵技專校院學生積極參與，強化理論與實務之結合（馮丹白等人，2012）。108課綱實施後，於教學方面已將「專題實作」列為技術型高級中等學校（以下簡稱技高）校定必修科目，並另訂教學指引提升專題實施品質；在升學部分，技高端已將專題研究、小論文等納入學習歷程檔案，並提交至教育部學習歷程資料庫；技專校院亦將「專題實作成果」呈現在評量尺規之評核面向。據此，敦促技專校院端建立專業化招生選才機制，進一步強化二個教育階段之交流與合作（傅遠智等人，2021）。

專題製作課程為一個適合作為實施探究式教學的課程，然而目前對於在技專校院專題製作課程中實施探究式教學之討論仍屬少數，故有必要開發一項以技職學生為導向之探究式教學方法。探究式教學具有不同的模組與結構，其中引導式探究（guided inquiry）教學，是為學生們提供關鍵的研究問題，並要求學生設計一個實驗回答這些問題，而學生們在不提供任何其他具體說明或幫助的情況下，還會被要求分析其所收集的數據，並得出個人結論（Bunterm et al., 2014）。因此，基於設計系所專題課程旨於激發學生的創造力來進行專題製作的基礎下，本研究藉由引導式的探究教學方式，使學生在畢業展主題下，提出一個開放式的創作設計問題，並藉由探究式歷程來完善學生的專題製作。

雖然技專校院學生對於實作課程十分熟悉，但對於自主探究的概念可能仍不夠清晰。因此，本研究的目為建立適用於技專校院專題製作課程的探究與實作教學模式並了解其實施效果。

為達研究目的，本研究應用行動研究法，在「螺旋循環模式」基礎下，於專題製作課程中，導入探究與實作的教學模式，透過動態循環歷程之研究步驟，探析如何在技專校院的專題課程中有效地實施探究與實作，因此本研究將探索以下問題：探究與實作教學模式如何應用於技專校院專題製作課程？

貳、研究設計

為了解「探究與實作教學模式如何應用於技專校院專題製作課程」，本研究以引導式探究教學，指導「專題製作」課程活動，學生將探究成果以報告形式上傳至學校之網路大學平臺，研究者審閱後再向全班展覽與解說。並以行動研究之「計畫、行動、觀察、反思」四個步驟循環進行，改進課程設計與教學成效。

一、研究方法

行動研究 (action research) 依據行動學習理論，主張實務工作者應進行研究，以了解工作上面臨的實際問題之一連串學習與反思的連續過程，研究者與實踐者合作，在行動中增進實踐能力，在研究中提升知識與建構理論 (Nielsen, 2016)，對話為研究過程的關鍵要素 (Robert, 2013)，彌合學術研究與日常應用之差距 (De Zeeuw, 2003)。課程行動研究在問題情境中，增進行動者之實務判斷力，以系統化的行動過程，增進個人對問題本質的了解與反思 (蔡清田, 2007)。故本研究採取行動研究法，進行探究與實作教學模式如何應用於技專校院專題製作課程。

Kemmis等人 (2014) 認為，在批判的行動研究之「自我反思螺旋 (self-reflective spiral)」循環，應具備「計畫、行動、觀察、反思」四個步驟，經由反思 (reflecting) 再調整計畫 (planning)，並且行動 (acting) 與觀察 (observing) 過程與改變的結果，不斷循環；本研究依循上述步驟循環進行。為提升研究資料之效度與信度，在行動歷程中邀請同儕共同討論，透過課程內涵、教學過程與學生反應，持續修正與釐清研究者在教學之活動設計，並將所蒐集之資料參照不同角度詮釋、檢證，使得行動研究之規劃，實際解決教學實務之問題 (Mills, 2011)。

二、研究者與研究對象

研究者於技專校院服飾設計管理系與時尚設計系任教逾 30 年，具備擔任專題製作課程之豐富實務與教學經驗，能嫻熟掌握課程內容。研究對象以立意取樣方式，邀請臺灣南部地區一所技專校院時尚設計系 20 位大三學生參與研究，且參與的學生皆已修習袋包、鞋靴等時尚配飾相關課程。

三、教學主題

本研究專題製作課程 (以下簡稱本課程) 為指導學生製做畢業展之作品，例如袋包、鞋靴之時尚配飾。依據 Jones (2011) 提出之時尚設計過程，包含主題 (brief)、靈感 (inspiration)、個人創意與風格 (personal creativity and style)、發表 (presentation)、批判與評審 (the critique and assessment) 五個步驟。研究者在 109 學年度第一學期 (2021 年) 合計 18 週，於任教學校之專題製作課程實施探究與實作教學，每週 2 節，共 100 分鐘，除上課時間外也依學生需求給予課後輔導。本課程主要指導學生從主題、靈感 (包含配合主題發展意象圖與色彩計畫)、個人創意與風格 (包含畫設計稿、打版、尋找適合材料、製做模型)、發表 (展示展板、設計稿與模型)。表 1 為本研究「專題製作」課程每週次之教學主題。

表 1
「專題製作」課程教學主題

週次	教學主題
一	課程介紹
二	發展本屆畢業展大主題與三個小主題提案
三	發表畢業展大主題與三個小主題提案暨票選本屆畢業展大主題
四~六	配合本屆畢業展大主題與三個小主題發展個人主題
七~八	尋找靈感至點子蒐集、發想與實踐(包含配合主題發展意象圖與色彩計畫)
九~十四	呈現個人創意與風格(包含畫設計稿、打版、尋找適合材料、製做模型)
十五~十六	發表專題製作課程之歷程與成果
十七~十八	專題製作課程初步成果之批判與評審

四、教學模式

Pedaste 等人 (2015) 將探究式活動分為：導入 (介紹和激發主題)；概念化 (提出研究問題或假設)；調查 (進行觀察和實驗並解釋數據)；結論 (得出推論並評估模型或假設)；討論 (交流結果) 等五個階段。就上述概念觀之，探究式教學看似簡單的步驟，但是此一教學活動不僅涉及計畫調查和使用工具收集、分析和解釋數據，還包括提出問題、收集與問題相關的資訊、提出答案和傳達結果。由此可見，探究式活動具有繁雜的實施歷程，所以最佳的實施方法可能為採以結構化且細緻的實施步驟進行 (Szalay & Tóth, 2016)。而 Hong 等人 (2019) 的研究指出，探究式教學並非一個具有規定的、統一的線性過程，其探究歷程之設計概念，應兼具簡化且步驟獨立的探究模型 (Hong et al., 2019)，本研究亦在此一概念下進行專題製作的探究式教學歷程發展。

在三位兼具技職教育及創造力教育背景之專家指導下，本研究發展一個適用於設計系所專題製作主題發展的 QC/ADEAC 探究模式，其步驟包含：問題 (Question, Q)、資料收集/分析 (Collection/Analysis, C/A)、討論 (Discussion, D)、解釋 (Explanation, E)、修正 (Amendment, A)、確認 (Confirmation, C)，如圖 1 所示。而問題係指學生針對畢業展大主題及小主題元素探討個人設計主題方向為何；資料收集/分析係指學生在畢業展大主題及小主題元素下，發展個人設計主題時進行設計元素 (包含意象、色彩、款式、媒材、技法等) 的蒐集，並針對這些元素進行分析；討論係指學生與專題指導教師進行設計主題的討論，說明自己的主題方向與畢業展主題的關係性，以及作品設計稿的設計理念；解釋係指專題指導教師對於學生在討論階段中，所提概念之錯誤處進行解釋，以及概念不夠清晰處進行補充；修正係指學生在教師進行原理解釋後之主題及設計稿修正；確認係指學生依照修正結果在與專題指導教師確認修正結果是否正確。



圖1 QC/ADEAC 探究模式

五、研究工具

本研究採取質性方式蒐集資料，質性資料包含學生各項作品、教學省思日誌、觀察紀錄、訪談紀錄等。Chen與Wang（2020）之研究提出，在不影響學習者的前提下，追蹤和記錄學習者的學習行為和狀態，有助於教師調整教學策略和方法，提高學習者的學習成效。因此，本研究之研究工具為在三位探究式教學專家指導所設計之電子檔形式之「專題製作探究與實作課程學習紀錄報告」，內容包括主題、主題發展、文獻探討、設計企劃與執行步驟，學生將每階段之報告上傳至學校網路大學平臺，研究者藉此了解學生在此課程之學習情形。

六、研究信度與效度

質化研究著重歸納推理，從分析所得的資料進行詮釋，並歸納邏輯詮釋的內容中產生概念（王文科，2001）。質性研究的效度係指研究者蒐集得來的質性資料，能夠準確判斷研究者想要分析內容的程度，亦即是關注研究之分析發現的準確度與真實性，而信度則指質性分析結果之可信度及可遷移性（王文科、王智弘，2020）。為確認本研究進行內容分析的歸納結果具有良好之信度與效度，本研究藉由專家三角檢證，邀請二位探究與實作專長的教育學者，針對本研究所歸納 20 位參與學生的分析結果再次進行分析驗證。

參、探究與實作教學範例

研究者於每週次「專題製作」課程皆應用探究與實作之教學模式引導學生進行專題製作發展，然而學生需數週的學習時間適應，經由研究者教學示範與引導，方能逐漸善用此一教學模式。因此，本研究以第四～六週之教學主題「配合本屆畢業展大主題與三個小主題發展個人主題」為範例，逐步歸納分析學生在此課程QC/ADEAC探究模式。然因囿於篇幅限制，本研究僅列出二位（以下簡稱甲生、乙生）班級學生為例說明之。

一、問題

經過前三週課程發展、全體學生表決，確定111級畢業展大主題為「返真」，三個小主題為「洄游」、「蛻變」、「生機」，圖2為其關聯圖與意涵。在基於探究式教學的第一個步驟中，「問題」係指「學生應如何根據大主題自行發展個人的創作主題」。



圖2 大主題與小主題關聯圖與意涵

二、資料收集／分析

在此步驟，學生須根據畢業展大主題「返真」及「洄游」、「蛻變」、「生機」三個小主題，蒐集資料，並以心智圖法¹（Mind Mapping）分析個人創作主題所需之元素與內容。確切言之，為發展扣合111級畢業展大主題與三個小主題之個人主題，學生首先採用文獻分析法上網蒐集資料，尋找靈感，進行點子搜尋（idea searching）、點子發想（idea generation），接續使用心智圖法，運用「關鍵詞」、「放射性結構」手繪心智圖，探索個人主題。

歸納甲生發展個人畢業展主題，與「洄游」相關的關鍵詞有「流動、返鄉、水波、生存」，與「蛻變」相關的關鍵詞有「成長、脫殼、昆蟲、毛毛蟲（蝴蝶）」，與「生機」相關的關鍵詞有「生命力、希望、生態、綠意盎然、大自然、生機勃勃」。乙生發展個人畢業展主題，與「洄游」相關的關鍵詞有「海淚、水循環、夏日祭典、海的聲音、餘生·共游、逆水而上」，與「蛻變」相關的關鍵詞有「重生、金蟬脫殼、脫胎換骨、融化的感覺」，與「生機」相關的關鍵詞有「綠意、春田、鐘乳石、生態永續、萬物復甦、活力花園、希望之光」。圖3、圖4為研究者以XMind 8 Update 9軟體，繪製甲生、乙生主題發展心智圖。

¹ 心智圖法為一種以圖像整理資料的圖解，自中央關鍵詞或想法以輻射線形連接所有的代表字詞、想法、任務或其它關聯項目，被廣為應用在研究、組織、解決問題與政策制定（Buzan, 2018）。

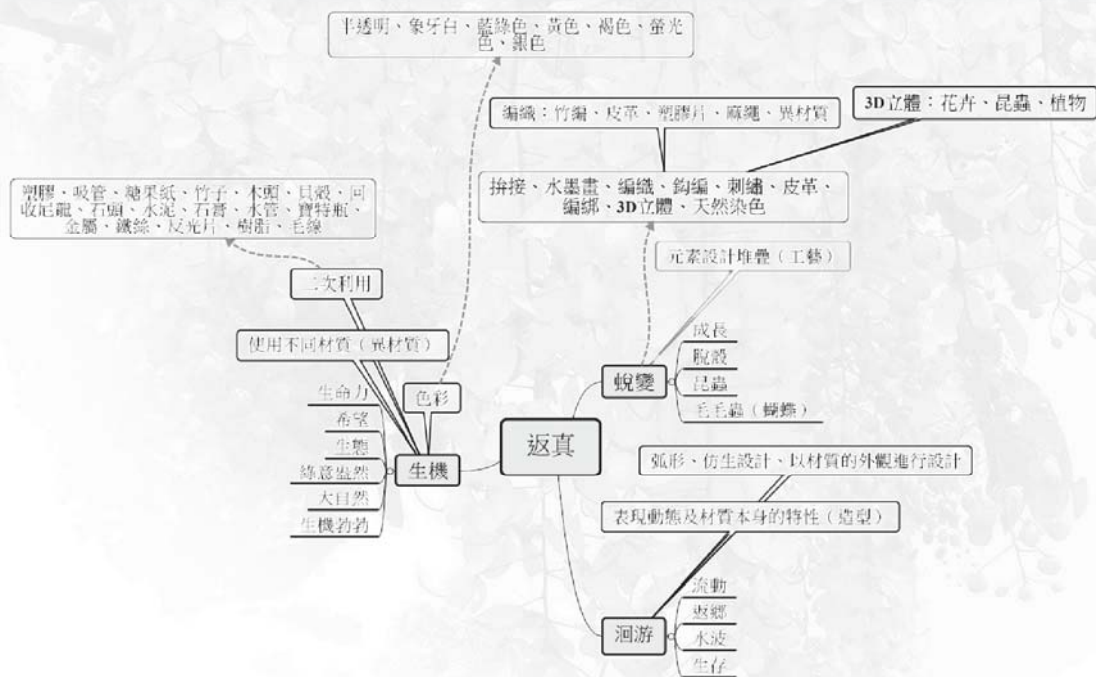


圖3 甲生主題發展心智圖

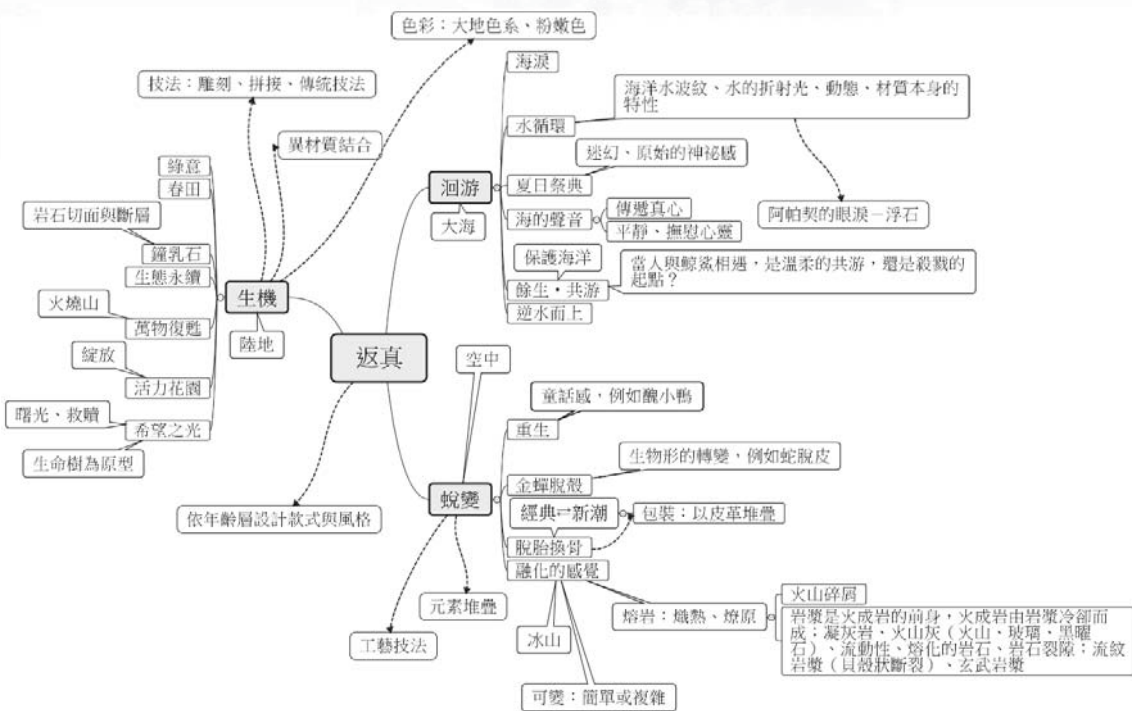


圖4 乙生主題發展心智圖

三、討論

甲生與乙生透過資料收集／分析，就其主題發展心智圖、相關文獻資料（包含文字與圖檔），與研究者討論「在這麼多資料中，該如何定我想要的主題？」，研究者請二位學生開啟個人電腦，發現二位學生文獻資料雖多，但並未整理分類，請二位學生思考該如何整理及歸納這些資料，接續二位學生在電腦上設計表格，將所有文字與圖檔資料以表格分類，探索每一資料的內容，記錄每張圖片傳達之個人感受、共鳴或感動；接著再請二位學生重新審視其主題發展心智圖，甲生從中發現以代表小主題「生機」的資料最多，其中又以大自然界之竹子、花卉與樹木的數量最多；透過上述討論、抽絲剝繭與萃取，以及甲生自述「我很喜歡竹子、竹編與花藝，我想將這些概念放在畢業作品。」；乙生亦以代表小主題「生機」的資料最多，然而乙生表達在找資料過程「深受鮭魚從海洋洄游到出生河流的上游產卵。產卵之後，部分的鮭魚，將會死去，完成生命循環，不畏艱辛的精神感動。」，二位學生在此階段的探究過程，除了繼續分析與詮釋資料，依據資料寫下其主題發展所需關鍵字之初步決定行動。

四、解釋

本階段課程共實施三週，每週課程結束後，研究者要求學生將每次課程內容撰寫於本研究所設計之「專題製作探究與實作課程學習紀錄報告」，上傳至學校網路大學平臺。以利研究者了解學生專題製作之探究與實作歷程，並協助研究者隨時修正教學內容與活動。

研究者檢視二位學生前次課後之學習紀錄，發現甲生寫下主題發展所需關鍵字「竹、花、其他」，初擬主題「竹、花藝」，其流程圖及相關字、詞與句子，如圖5所示；乙生主題發展所需關鍵字為「鮭魚洄游、海洋生態、文學與影片」，初擬主題「逆流」，其流程圖及相關字、詞與句子，如圖6所示。研究者將此記錄於教學日誌，於下一課堂中向甲生說明在其主題發展與「竹」相關之概念與點子出現比例最多，「金工」次之，「花藝」最少，因此建議甲生應確定主題探索方向；乙生雖然很明確其主題方向，但有關鮭魚、洄游，及其代表不畏艱辛之資料偏少，建議乙生應加強蒐集資料。

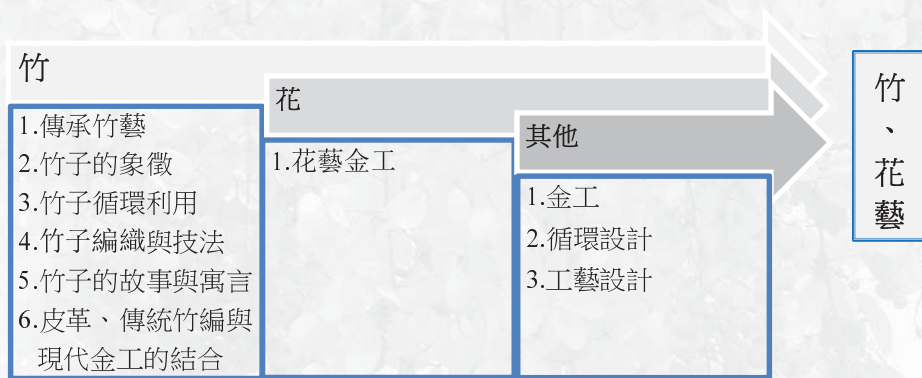


圖 5 甲生初擬的主題發展流程圖

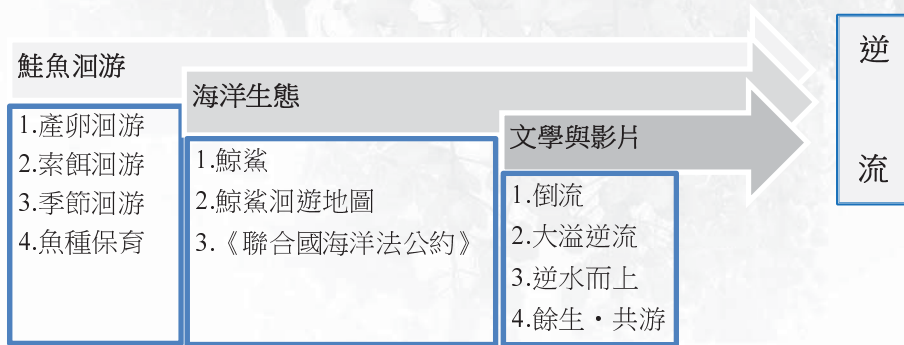


圖 6 乙生初擬的主題發展流程圖

五、修正

甲生以前一階段主題發展出現比例最多的「竹」為概念修正主題，乙生則再自文學、影片、海洋生態之「餘生·共游」概念修正主題，二生並手繪魚骨圖，分別以其發展聚焦於「竹」，以及「餘生·共游」之主題脈絡網，撰寫於「專題製作探究與實作課程學習紀錄報告」，上傳至學校網路大學平臺。研究者以XMind 8 Update 9 軟體，繪製甲生、乙生修正主題之魚骨圖，如圖 7、圖 8 所示。

研究者檢視此二生魚骨圖，發現甲生雖然將主題發展聚焦於竹之相關議題，但仍太龐雜、發散且太細瑣，其中傳承竹藝為竹工藝教育向下扎根一環；竹子循環利用係屬跨科技領域，需要各種人才與設備；竹子編織與技法，以及皮革、傳統竹編與現代金工結合，屬於主題確定後製做作品所需之技法，建議甲生可從「竹子的象徵」與「竹子的故事與寓言」之相關內容探索與發展主題。乙生將主題發展聚焦於「餘生·共游」之概念，很明顯已受到「餘生·共游」紀錄片（財團法人公共電視文化事業基金會，2014）的影響，因此，建議乙生直接從此探索與發展主題，至於其他概念，如文學、海洋生態、洄游魚類等，可作為撰寫主題意象文案之參考。

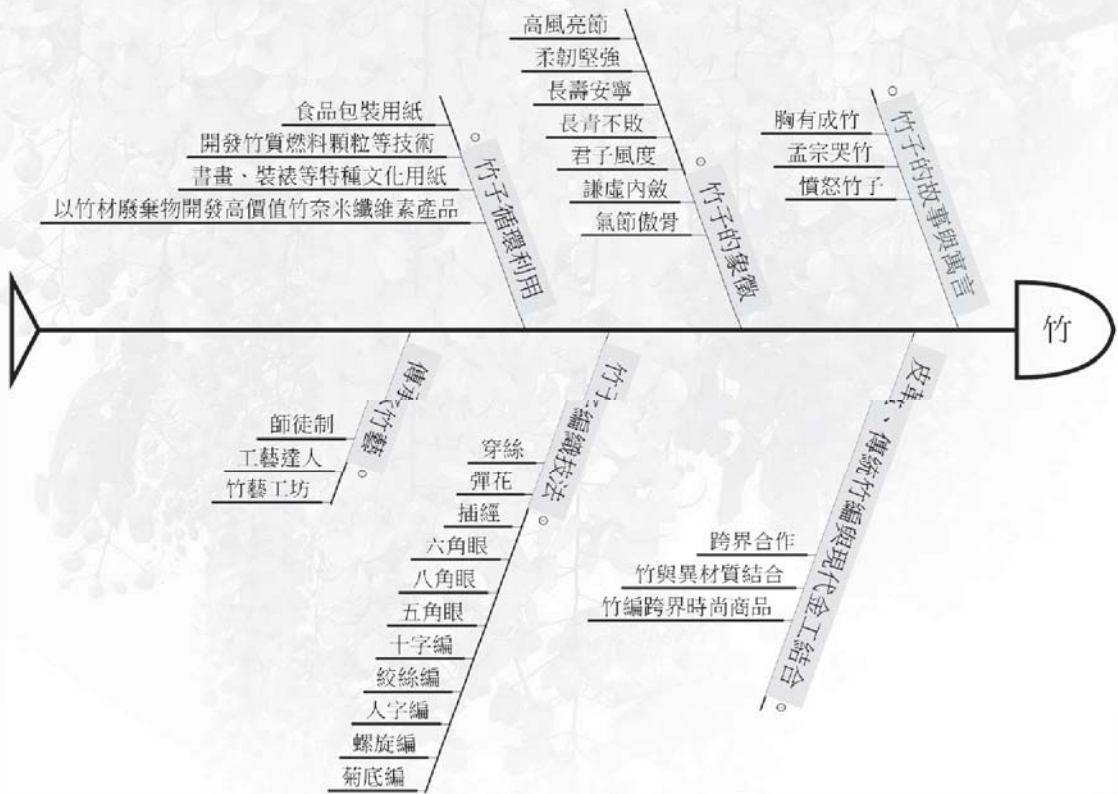


圖 7 甲生修正主題之魚骨圖

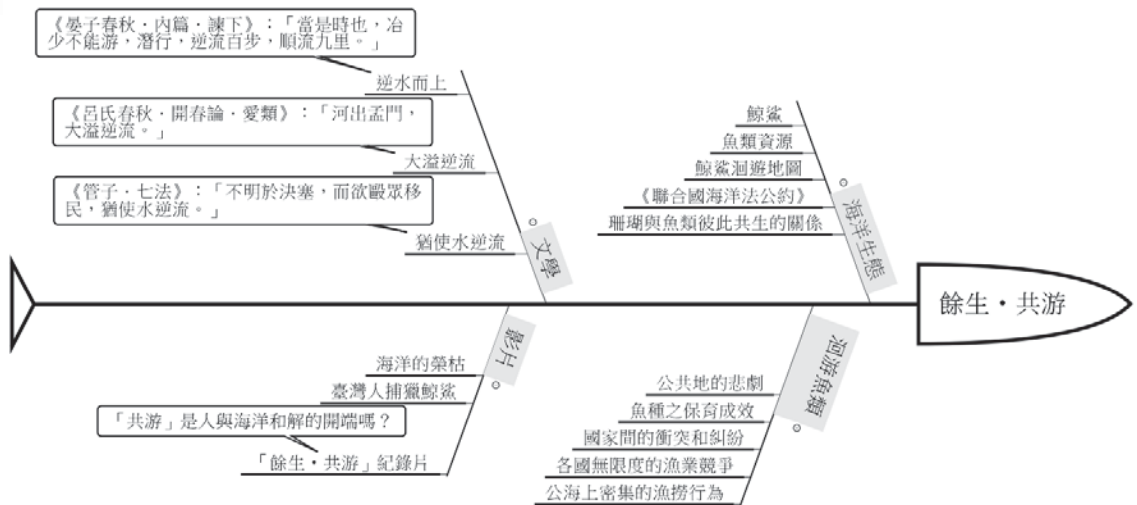


圖 8 乙生修正主題之魚骨圖

六、確認

研究者檢視甲生以「竹子的象徵」與「竹子的故事與寓言」之相關內容探索與修正主題之「專題製作探究與實作課程學習紀錄報告」，內容提及：

「看到歷屆學長姊在新一代設計展優異的表現，自我期許畢業展的作品也能入圍新一代設計展，這是我的夢想！」

此外，甲生亦取竹子的象徵意涵「柔韌堅強」、「長青不敗」，以及取北宋詩人文同「當我要畫竹時，已胸有成竹。」之「胸有成竹」的故事，努力踏實、大膽築夢，有信心入圍新一代設計展甚至得獎。寫下：

「成長的過程中就算遇到了挫折，也能擁有竹子般堅定不屈的象徵，……，成就著夢想！」

由於甲生畢業展作品之袋包與鞋靴將結合皮革、傳統竹編與金工，且將請教竹工藝達人學習傳統竹編，甲生以「竹」取代「築」，確定主題為「竹夢」。

乙生則以「餘生·共游」之相關內容探索與修正主題，乙生之「專題製作探究與實作課程學習紀錄報告」聚焦於「餘生·共游」紀錄片之鯨鯊的魅力，是海中溫柔的巨人，以及鯨鯊帶給人們的深層感動，期盼能在海中與這溫柔的巨人共游，感受在大自然中與鯨鯊相遇的驚嘆，因此，乙生確定主題為「共游」。

肆、專題製作課程之探究內容與實作內容

綜合上述，研究者歸納分析學生在專題製作課程，經歷以QC/ADEAC探究模式發展畢業展主題之過程的探究內容與實作內容，發現亦可符應108課綱「科學探究與實作」課程之精神，且可以培養學生「發現問題」、「規畫與研究」、「論證與建模」、「表達與分享」四項能力，如表2所示。說明如下：

一、發現問題

在第一階段「問題」與第二階段「資料收集／分析」，學生根據大主題自行發展個人畢業展主題，必須觀察社會現象、蒐集流行趨勢資訊等資料，經由蒐集資訊，閱讀與討論過程，提出合宜的設計探究問題，據此提出個人畢業展主題的諸多想法。

二、規劃與研究

在第二階段「資料收集／分析」，使用心智圖法為合宜的工具，擬訂個人主題發展計畫，不斷蒐集資料，設計適當的紀錄格式並詳實記錄每一發想的點子，並依據教師所提問題，計畫適當的方法、材料與流程。

三、論證與建模

在第三階段「討論」、第四階段「解釋」、第五階段「修正」，學生分析與解釋資料，依整理的資料製作主題發展流程圖，以魚骨圖有系統地蒐集資料，檢視最合宜的條件，並據以提出結論或解決方案，最後發展並確立個人畢業展主題。

四、表達與分享

在第三階段「討論」、第四階段「解釋」、第五階段「修正」，以及第六階段「確認」，學生有條理地陳述探究成果，運用各種資源與他人分享資訊，確切使用符號或模型，呈現個人探究過程與成果，以及恰當使用口語、文字、圖像、影音或實物等表達方式，呈現個人探究過程與成果，且於過程中與同儕合作與討論，聆聽他人報告，且能提出具體意見，評估同儕之探究過程、結果或模式，並提出合理的改善方案。此外，在第五階段「修正」、第六階段「確認」，學生依據選定的問題，提出想法或模式，評估與判斷各類資訊，審慎檢視其可資應用之處，由探究結果，形成結論，亦即個人畢業展主題。

表 2
學生在專題製作課程發展畢業展主題之探究內容與實作內容

	探究學習內容	實作學習內容
發現問題	觀察現象	1. 從生活經驗、學習活動、示範操作、自然環境、書籍、網路與媒體等，廣為觀察與比較異同。
	蒐集資訊	1. 閱讀與理解資訊內容。 2. 整理並選取適當資訊。 3. 使用書籍、網路與媒體等相關資訊。
	形成或訂定問題	1. 當許多問題同時存在時，能分辨並選擇優先重要的問題。 2. 依據觀察所得，經由蒐集資訊，閱讀與討論過程，提出合宜的設計探究問題。
	提出可驗證的觀點	1. 依據選定的問題，提出想法或模式。
規劃與研究	擬訂計畫	1. 應用合宜的設備與工具。 2. 依據所提問題，計畫適當的方法、材料與流程。
	蒐集資料	1. 設計適當的紀錄格式並詳實記錄。 2. 依據所提問題，計畫適當的方法、材料與流程。
論證與建模	分析與解釋資料	1. 依整理的資料製作圖表。 2. 有系統地蒐集資料，並檢視最合宜的條件。
	提出結論或解決方案	1. 由探究所得的解釋形成論點。 2. 由探究結果，形成結論、新的概念或問題。
	建立模型	1. 嘗試由探究結果，建立合理模型，以描述所觀察現象。
表達與分享	表達與溝通	1. 有條理地陳述探究成果。 2. 運用各種資源與他人分享資訊。 3. 確切使用符號或模型，呈現個人探究過程與成果。 4. 恰當使用口語、文字、圖像、影音或實物等表達方式，呈現個人探究過程與成果。
	合作與討論	1. 聆聽他人報告，且能提出具體意見。 2. 評估同儕之探究過程、結果或模式，並提出合理的改善方案。
	評價與省思	1. 反思探究成果之應用、限制與改進之處。 2. 評估與判斷各類資訊，審慎檢視其可資應用之處。

伍、教學反思

隨著課程行動研究的開展，進行探究與實作教學模式應用於專題製作課程。以下分別就教學前、教學中、教學後，說明本研究之教學反思：

一、教學前

了解學生需要及滿足這些需要之目的與目標，對教學模式和教學策略之反思。以研究者前述與學生對話與互動之過程，每次上課前會仔細檢視，歸納分析學生之報告，以期給予學生探索畢業展主題之關鍵概念，哪些活動有助於學生解決問題，達到教學目標。

二、教學中

在教學過程，根據學生之反饋資訊，反思為何會出現這樣的問題，如何調整教學計畫，採取何種有效策略與措施。例如在教學中訪談學生所出現的每個字、每一句話與表情，都足以讓研究者應對學生的思路，反思如何因應及協助學生。

三、教學後

研究者結合學生在報告、教學中之反饋資訊，以及教學後之「專題創作歷程與回饋單」，為研究者之反思提供新的資訊，藉以調整計畫、實施和評價，是教學反思之自我糾正途徑。例如學生在報告寫下發展個人主題之反思與回饋：

「能夠幫助學生在思考事情時能夠化繁為簡，掌握問題的本質，同時還能層次分明地整理出思考的順序，容易溝通和執行。」

「腦力激盪對後續的作品演繹蠻有幫助的，先發展主題進而做後續的規劃。」

陸、結論與建議

一、結論

(一) 符應 108 課綱「科學探究與實作」課程之精神

學生於專題製作課程，經歷以QC/ADEAC探究模式發展畢業展主題，歸納分析其探究內容與實作內容，發現亦可符應 108 課綱「科學探究與實作」課程之精神，且可以培養學生「發現問題」、「規劃與研究」、「論證與建模」、「表達與分享」四項能力。

（二）步驟化的QC/ADEAC探究式教學模組具有系統化之成效

近年來，因應教學革新，促使探究與實作的教學方法，受到各級學校重視。然而，如何導入探究式教學模組於技專校院專題製作課程之相關討論仍屬少數。因此，本研究邀請20位時尚設計系學生參與一學期之教學實驗，藉此探討將探究式教學應用於專題製作課程之可行性。而研究結果發現，使用步驟化的QC/ADEAC探究式教學模組，能夠有效幫助學生進行專題製作主題的發想與收斂，且能夠更加系統化整理個人的主題發展歷程。

二、建議

（一）對教學者之建議

本研究發現基於QC/ADEAC探究式教學模組可以做為一種有效的教學工具。因此，技專校院的專題製作指導教師可以藉此探究式教學模組，引導學生進行系統化且科學化的個人主題發展。此外，因技專校院與技術型高級中等學校的學制之高度密切性，雖然本次研究的實施對象為技專校院的學生。但技術型高級中等學校的「專題實作」指導教師，亦可參考此探究式教學模組進行「專題實作」課程之教學。

（二）對後續研究之建議

雖然研究者可以在教學實驗過程中，得到研究對象所提供的反饋文字，進而了解探究式教學為其所帶來的學習變化，但受限於研究對象人數，因此本研究無法透過量化統計分析之方式，更明確分析研究對象相關認知與情意之表現因素的感知程度。是以，本研究建議在後續研究中，可擴大教學實施之參與人數，以達統計學門檻可解釋統計數據的人數。

此外，雖然進行為期一學期的探究式教學實驗，但教學模式僅發展至個人主題階段及作品設計的階段。因此，於後續研究中，可再根據專題製作之學生作品製做之學習目標，更進一步發展探究式教學模組，並探討基於探究式教學下，學生的作品製做之完善度是否得以提升。

參考文獻

王文科（2001）。教育研究法六版。五南。

王文科、王智弘（2010）。質的研究的信度和效度。彰化師大教育學報，17，29-50。

<https://doi.org/10.6769/JENCUE.201006.0029>

- 財團法人公共電視文化事業基金會 (2014)。DIVE WITH YOU 餘生·共游。財團法人公共電視文化事業基金會。http://viewpoint.pts.org.tw/whaleshark/
- 張仁家、林癸妙、彭儀雯、周全鋒 (2017)。實務專題課程應用探究式教學對電資相關系科大學生探究能力與創造思考能力之影響。科技與工程教育學刊, 48(2), 17-43。https://doi.org/10.6232/JTEE.201712_48(2).0002
- 傅遠智、游茵茹、林冠宇 (2021)。大學入學制度參採高中學習歷程檔案：我國與美國加州大學系統的跨國比較。中等教育, 72(2), 16-33。https://doi.org/10.6249/SE.202106_72(2).0012
- 馮丹白、龔雅紋、劉火欽 (2012)。臺灣技專院校推展產學合作之概況與展望。載於何福田 (主編), 臺灣教育的亮點 (33-48)。國立屏東教育大學。
- 蔡清田 (2007)。課程行動研究的實踐之道。課程與教學, 10(3), 75-89。https://doi.org/10.6384/CIQ.200707.0075
- Bunterm, T., Lee, K., Ng Lan Kong, J., Srikoon, S., Vangpoomyai, P., Rattavongsa, J., & Rachahoon, G. (2014). Do different levels of inquiry lead to different learning outcomes? A comparison between guided and structured inquiry. *International Journal of Science Education*, 36(12), 1937-1959. https://doi.org/10.1080/09500693.2014.886347
- Burlbaw, L. M., Ortwein, M. J., & Williams, J. K. (2013). The project method in historical context. In R. M. Capraro, M.M. Capraro & J. R. Morgan (Eds.), *STEM Project-Based Learning* (pp. 7-14). Sense Publishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6209-143-6_2
- Buzan, T. (2018). *Mind Map Mastery: The Complete Guide to Learning and Using the Most Powerful Thinking Tool in the Universe*. Watkins Publishing.
- Chatterjee, S. (2021). A primer for transitioning to online science labs: "Identifying potential types of guidance for supporting student inquiry when using virtual and remote labs in science". *Educational Technology Research and Development*, 69(1), 249-253. https://doi.org/10.1007/s11423-020-09906-x
- Chen, C. M. & Wang, W. F. (2020). Mining effective learning behaviors in a web-based inquiry science environment. *Journal of Science Education and Technology*, 29(4), 519-535. https://doi.org/10.1007/s10956-020-09833-9
- De Zeeuw, G. (2003). Helping others: Projects or research? *Journal of Community and Applied Social Psychology*, 13(6), 496-503. https://doi.org/10.1002/casp.754
- Fairbanks, R. & Andrew, C. (2020). Inquiry learning in the primary social science classroom: differentiating practice to meet student needs. In H. van Rensburg & S. O'Neill (Eds.), *Inclusive theory and practice in special education* (pp. 125-155). IGI Global.

- Hong, J. C., Tsai, C. R., Hsiao, H. S., Chen, P. H., Chu, K. C., Gu, J., & Sitthiworachart, J. (2019). The effect of the “Prediction-observation-quiz-explanation” inquiry-based e-learning model on flow experience in green energy learning. *Computers & Education, 133*, 127-138. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.01.009>
- Hunaiti, Z., Grimaldi, S., Goven, D., Mootanah, R. & Martin, L. (2010). Principles of assessment for project and research based learning. *International Journal of Educational Management, 24*(3), 189-203. <https://doi.org/10.1108/09513541011031574>
- Jones, S. J. (2011). *Fashion Design* (3rd edition). Laurence King Publishing.
- Kemmis, S., McTaggart, R., & Nixon, R. (2014). *The action research planner: Doing critical participatory action research* (pp. 18-19). Springer Singapore.
- Lipman, M. (2003). *Thinking in education* (2nd ed.), New York, NY: Cambridge University Press.
- Mills, G. E. (2011). *Action Research: A Guide for the Teacher Researcher*. Pearson.
- Nielsen, R. P. (2016). Action research as an ethics praxis method. *Journal of Business Ethics, 135* (3), 419-428. <https://doi.org/10.1007/s10551-014-2482-3>
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., De Jong, T., Van Riesen, S. A., Kamp, E. T., ... & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review, 14*, 47-61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
- Robert, G. (2013). Participatory action research: using experience-based co-design to improve the quality of healthcare services. In S. Ziebland, J. Calabrese, A Coulter & L Lcock (Eds.), *Understanding and using experiences of health and illness* (pp.138-149). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199665372.003.0014>
- Salmi, H. S., Thuneberg, H., & Bogner, F. X. (in press). Is there deep learning on Mars? STEAM education in an inquiry-based out-of-school setting. *Interactive Learning Environments*. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1823856>
- Szalay, L. & Tóth, Z. (2016). An inquiry-based approach of traditional ‘step-by-step’ experiments. *Chemistry Education Research and Practice, 17*(4), 923-961. <https://doi.org/10.1039/C6RP00044D>
- Wolk, S. (1994). Project-based learning: Pursuits with a Purpose. *Educational Leadership, 52*, 42-45.

高中自然科學探究 與實作課程之設計與實踐

陳美蓮* 博士生

國立臺灣師範大學工業教育學系

摘要

本文旨在探討十二年國民基本教育高中自然科學探究與實作課程之設計與實踐。以現行108課綱高中自然科學領域的探究與實作課程的實施歷程，透過分析教師設計自然科探究與實作課程的原則，及探討目前高中自然領域「自然科學探究與實作」課程的實踐情形，包括教材內容準備、探究教學模式、教學策略與評量方式，希冀藉此提供自然科探究與實作的高中教師在設計此課程或是在教學時有更明確的方向，以合乎108課綱的理念及宗旨。本文提供幾點建議：一、教師需要參加專業社群進行跨校跨科的觀摩，以提升教學之實務經驗與知能；二、教師需徵詢專家學者的意見，參與增能研習，以建立校本主題的課程設計與做法；三、教師社群需共同研擬具體的評量規準及命題示例，以供學生依循和參考；四、課程內容宜有彈性、設備材料儘量易取得、場地安排儘量以學校現有場館。

關鍵詞：十二年國教、自然科學、探究與實作

* 本篇論文通訊作者：陳美蓮，通訊方式：lyt129@lygsh.ilc.edu.tw。

The Design and Implementation of Natural Science Inquiry and Practice Curriculum for Senior High Schools in 12-year Basic Education

Mei-Lien Chen* PhD student

Department of Industrial Education, National Taiwan Normal University

Abstract

This study explored the design and implementation of the inquiry and practice curriculum in the field of natural science in senior high schools of the 12-year National Basic Education. Through analyzing the principles of teachers' design of the inquiry and practice curriculum in the area of natural science, and exploring the current implementation of the inquiry and practice curriculum in the area of natural science in senior high schools, including preparation of teaching materials, teaching models, teaching strategies and assessment methods, it is hoped that this will provide senior high school teachers with a clearer direction in designing and teaching the inquiry and practice curriculum in line with the philosophy and objectives of the new curriculum. This study offered some suggestions: 1) teachers may need more observations of cross-school and cross-subject practices to enhance their practical teaching experience; 2) teachers may need to seek advice from experts and academics and participate in enrichment studies to develop school-based curriculum design and practices; 3) teachers may need to develop specific assessment criteria and sample questions to follow and refer to; 4) the curriculum content should be flexible, the equipment and materials should be as easy to obtain as possible, and the venues should be arranged in available facilities on campus as possible.

keywords: 12-year basic education, Natural Sciences, Inquiry and Practice

*Corresponding author: Mei-Lien Chen, E-mail: lyt129@lygsh.ilc.edu.tw

壹、前言

十二年國民基本教育為我國現階段重要的教育政策與實務，其參酌世界各國的教育趨勢並考量國內教育發展的需求，規劃以核心素養做為 108 課綱課程設計的主軸，培養學生成為具備核心素養的終身學習者（蔡清田，2011）。其中自然科學核心素養的內涵包含：一、提供學生探究學習、問題解決的機會並養成相關知能的探究能力；二、協助學生了解科學知識產生方式和養成應用科學思考與探究習慣的科學的態度與本質；三、引導學生學習科學知識的核心概念。藉由此三大內涵的實踐，完成十二年國民教育全人發展目標中的自然科學素養培育（教育部，2014）。108 課綱的素養理念教學與傳統的分科教學實務運作並不相同。有別於傳統高中自然領域課程採四個分科，包括：物理、化學、生物與地球科學，108 課綱開創跨科整合的新課程：「自然科學探究與實作」，共 4 學分（國家教育研究院，2020）。試圖將傳統的分科教學，由跨領域整合進行科學探究與實作，並將素養理念轉化成具體的實踐，此改變彰顯探究實作課程在現代科學教育推動的重要性（陸健榮，2017）。

從學生學習的角度觀之，探究與實作學習對學生學習動機和態度可產生積極影響（Cairns & Areepattamannil, 2019; Palmer, 2009），並可促進有意義的學習，及提高學生的自我調節學習與更高層次的思維技能（Ramnarain & Hlatswayo, 2018）。隨著探究與實作學習納入以學生為中心的策略，探究與實作的教學成為科學教學的重要焦點（Fitzgerald et al., 2019; Teig et al., 2018）。有許多國家推動探究與實作教學以因應教育政策的變革（Jerrim et al., 2020）。臺灣近年來的科學課程亦與世界各國發展趨勢同步，許多課程皆特別重視探究與實作課程的實施，目的在於因應近年來社會型態的轉變及未來工業 4.0 生活型態與職場的需求（林淑楞、段曉林、靳知勤，2020）。

十二年國教課綱於 108 學年正式施行，其中「探究與實作」為自然科學領域的主要重點。在高級中等學校部定課程中規劃跨科目主題式探究與實作課程，強調跨科統整的主題學習，以期培養學生具備科學知識、科學態度及探究能力的核心素養。配合世界各國自然科學課程發展趨勢及改善現行課綱問題，在高中階段的必修課程除了以科學核心概念呈現具體的科學學習內容外，同時也需以探究能力及科學的態度與本質向度描述學習者的學習表現。然而，因高中向來重視升學導向，較少強調探究與實作，多數學校亦缺乏相關課程的實施經驗，在教學方面也無探究與實作課程的教科書可用，因此對於高中而言，要實施探究與實作課程不僅是新的嘗試，也是新的挑戰。以致於自然領域課綱草案推出探究與實作課程之初，讓所有教學現場的教師感到憂心忡忡，如何跨科運作也

衍生諸多爭議。雖然領綱檢附大量建議的教學示例，國教署專案也委請各師資培育大學與科學教育中心開發示範案例及培訓種子教師，然而許多配套仍然無法降低自然科學教師對課程實施之疑慮（張仁壽，2016）。在探究與實作課程中，教師如何設計課程扮演學習引導者的角色？如何引導學生在課程活動中進行探究學習與實作學習呢？本文嘗試透過分析教師設計自然科探究與實作課程的原則，及探討目前高中自然領域「自然科學探究與實作」課程實踐情形。希冀藉此提供自然科探究與實作的教師們於設計此課程或在教學時有更明確的方向，以合乎108課綱的理念與宗旨。

貳、高中自然科學探究與實作課程設計之原則

高級中等學校「自然科學探究與實作」屬於新增必修領域4學分的課程，以兩個學期實施。透過對生命與物質世界的探究與實作過程，培養學生能夠發掘問題、面對問題、解決問題，以及提出結論，並且懂得如何溝通與表達的能力。此課程的內容包含有探究本質的實作活動、跨科協同學習、多元教學方法與實作評量方式，希冀培養出學生的行動力、表達力、溝通力及探究力等核心素養。於教學進行中提供學生體驗科學探究歷程與問題解決的學習環境和機會，促進正向的科學態度與提升探究學習動機，培養創新思考與發現關鍵問題的能力，並能探索科學新知脈絡與科學社群運作的模式，從而認識自然科學的本質（教育部，2018）。自然科學探究與實作課程主要在提供學生統整的學習經驗，特別強調跨學科間的整合關係，綜合運用自然科學領域的跨科概念，包括構造與功能、系統與尺度、交互作用、物質與能量、改變與穩定、科學與生活、資源與永續性等七項內涵，期許達到學科理論與生活實踐間相互為用。並且透過系統性知識和跨領域間對話思考進行學習，以生活化、實用性的題材與議題為基礎，課程內容以不分科為原則。教師透過適切的提問、探討主題與進行實作活動，引導學生體驗自然科學之探究歷程，循序漸進地建構高階獨立創思與團隊協作能力，使學生成為兼具科學素養、理性積極參與公共決策的未來公民，進而達到適性揚才、終身學習的教育目標。

自然科學探究與實作的學習內涵包括「探究學習內容」和「實作學習內容」兩部分（國家教育研究院，2020）。「探究學習內容」主要著重於科學探究的歷程，並歸納為發現問題、規劃與研究、論證與建模、表達與分享等四個項目，其細項內容詳參表1。「實作學習內容」指可實際進行操作的科學活動，例如：觀察現象、蒐集資訊、建立模型、分析歸納、解釋推論與結論省思等。探究與實作學習內容之各個項目未必有固定的步驟順序，可以依據探究的主題和實作活動而採取遞迴式或循環式等方式進行。

表1

自然科學領域課程綱要的「探究與實作」學習重點

探究學習內容	實作學習內容
<p>◎發現問題</p> <p>基於好奇、求知或需要，觀察生活周遭和外在世界的現象，察覺可探究的問題，進而蒐集整理所需的資訊，釐清並訂定可解決或可測試的研究問題，預測可能的結果，提出想法、假說或模型。</p>	<p>觀察現象</p> <ul style="list-style-type: none"> ●從日常經驗、學習活動、自然環境、書刊或網路媒體等，進行多方觀察。 ●運用感官或儀器辨識物體和現象的特性。 ●依據時間或空間的不同以觀察物體和現象的變化。 ●推測所觀察現象的可能成因。
	<p>蒐集資訊</p> <ul style="list-style-type: none"> ●利用報紙、圖書、網路與媒體蒐集相關資訊，並判斷資訊來源的可靠性。 ●閱讀與理解資訊內容。 ●整理並提取適當的資訊。
	<p>形成或訂定問題</p> <ul style="list-style-type: none"> ●依據觀察所得，經由蒐集資訊、閱讀和討論等過程，提出適合科學探究的問題。 ●當有多個問題同時存在時，能分辨並選擇優先重要之問題。
	<p>提出可驗證的觀點</p> <ul style="list-style-type: none"> ●依據選定的問題提出想法、假說或模型。
<p>◎規劃與研究</p> <p>根據提出的問題，擬定研究計畫和進度。辨明影響結果的變因，選擇或設計適當的工具或儀器觀測，以獲得有效的資料數據，或根據預期目標並經由測試結果檢視最佳化條件。</p>	<p>尋找變因或條件</p> <ul style="list-style-type: none"> ●判定與研究問題相關的影響因素，並分析因素間的關係。 ●合理的預測探究的可能結果。
	<p>擬定研究計畫</p> <ul style="list-style-type: none"> ●依據所提出的問題，計劃適當的方法、材料、設備與流程。 ●應用或組裝合適的器材與儀器。
	<p>收集研究資料數據</p> <ul style="list-style-type: none"> ●正確且安全的操作器材設備。 ●設計適當的紀錄格式並詳實記錄。 ●有系統性的收集定性或定量的資料數據或檢視最佳化條件。
<p>◎論證與建模</p> <p>分析資料數據以提出科學主張或結論、發現新知或找出解決方案。發展模型以呈現或預測各因素之間</p>	<p>分析資料和呈現證據</p> <ul style="list-style-type: none"> ●使用資訊與數學等方法，有效整理資料數據。 ●依據整理後的資料數據，製作圖表。 ●由探究過程所得的資料數據，整理出規則，提出分析結果與相關證據。 ●比較自己、同學與其他相關的資訊或證據的合理性與正確性。

(續) 表1
 自然科學領域課程綱要的「探究與實作」學習重點

探究學習內容	實作學習內容
	<ul style="list-style-type: none"> ●由資料數據的變化趨勢，看出其蘊含的意義。 ●由資料數據顯示的相關性，推測其背後可能的因果關係。 ●根據探究結果形成解釋。
<p>的關係。檢核資料數據與其它研究結果的異同，以提高結果的可信度，並察覺探究的限制。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ●由探究所得的解釋形成論點。 ●依據證據提出合理的解決方案。 ●由探究結果形成結論、新的概念或問題。 ●檢核自己、同學的結論與其他相關的資訊或證據的異同。
	<ul style="list-style-type: none"> ●嘗試由探究結果建立合理模型以描述所觀察的現象。 ●察覺模型的侷限性。
	<ul style="list-style-type: none"> ●適當藉由口語、文字、圖像、影音或實物等表達方式，呈現自己或理解他人的探究過程與成果。 ●正確運用科學名詞、符號或模型，呈現自己或理解他人的探究過程與成果。 ●有條理且具科學性的陳述探究成果。 ●運用各種資源與他人分享科學資訊。
<p>◎表達與分享</p> <p>運用適當的溝通工具呈現重要發現，與他人分享科學新知與想法，推廣個人或團隊的研究成果。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ●傾聽他人的報告，並能提出具體的意見或建議。 ●評估同學的探究過程、結果或模型的優點和限制，並提出合理的疑問或提出改善方案。
	<ul style="list-style-type: none"> ●反思探究成果的應用性、限制性與改進之處。 ●對各類科學資訊進行評估與判斷，審慎檢視其真實性與可信度。 ●體驗科學探究重視實作經驗證據的使用、合乎邏輯的推論，以及探究結果的再現性。 ●了解科學知識是人們理解現象的一種解釋，但不是唯一的解釋。

資料來源：國家教育研究院（2020）。

「探究與實作」課程的設計需要高度的開放性，帶領學生自觀察現象開始，循序漸進地找到好的問題主題來進行探究，而這些能力都是以往的在課堂教學所缺乏的能力（盧政良，2021）。相關調查指出，在課程設計方面，90%的學校規劃在高中二年級上、下學期實施，主要考量為進行跨科探究需有科學學科知識背景作為基礎，因此學生在高中一年級先修畢基礎自然科學四學科，較有利於高中二年級實施探究與實作課程。而另外約有8%的學校為規劃於高中一年級上、下學期實施，考量因素為其階段較無考試壓力，較有充裕的時間進行探究與實作課程。然而，也有少數學校因未考量到師資與排課的問題，而開設在高中一年級下學期及高中二年級上學期進行（陳世文，2019）。

「自然科學探究與實作」為「探究能力」核心素養之具體實踐，除得具體實踐「探究與實作」的精神外，更可強調跨學科的整合與運用。主要旨在於透過課程幫助學生整合各自然學科之學習概念，強調跨領域、跨學科理解各項概念，以培養學生探究與實作的能力。相關調查亦指出，在教材研發上，有70%的學校採自行研發課程教材，而30%的學校則是使用坊間相關的教科書或參考範例作為部分或全部教材（陳世文，2019）。其中自行研發教材的源由在於各校師資專長和學校發展特色不同，使用教科書恐會限縮教師教學空間與妨礙學生的探究學習，因此許多學校紛紛組成跨科跨校的教師專業學習社群，透過校內或跨校間的公開觀課、交流或研習，產出各校本位的課程設計，以符應課程與教學之需求。而使用坊間教科書或示例的源由則為其教材已提供具體明確的學習目標與內容，有助於教學品質與進度的掌握，且書商亦提供豐富的教學資源和器材，因此可以節省教師的備課時間，對於教師面對108課綱的繁重壓力亦有舒緩的效果。

參、自然科學探究與實作課程之教學與策略

自然科學探究與實作課程的學習重點包括「探究學習內容」與「實作學習內容」兩部分。探究學習內容著重於科學探究的歷程，歸納為發現問題、規劃與研究、論證與建模、表達與分享等四個主要項目。實作學習內容是可以實際進行操作的科學活動，包含觀察、測量、資料蒐集與分析、歸納與解釋、論證與作結論等。課綱中的探究與實作學習內容各個項目並無固定的步驟或者順序。因此，執行此課程時，須注意的重點有：一為教師必需能設計並進行讓學生學習如何探究的課程；二為教師的角色必需由講授主導，轉變為引導探索。

面對施行的108課綱自然領域探究與實作課程之教育變革，許多學校行政單位或第一線教學現場的自然科學教師於實行之初感到焦慮。因為以往教師只要善用出版商編撰提供的「食譜式」實驗手冊，配合活動紀錄簿設計，提供學生標準化實驗操作流程學習核心概念。教師除了具備明確的教學目標、統一的實驗操作流程外，設備組或科學館館員亦能提供一應俱全的材料和量測設備，甚至於連數據分析與結論都有統一的標準參考答案。然而，面對108課綱探究與實作課程學校教師需組織專業學習社群以自行研發及設計課程，也需提報教學計劃供教育部檢視，審核通過才得以實施適合各校與新領綱精神的探究與實作課程。尤其近期隨著大考中心規劃公告將重視情境脈絡且能運用科學方法的素養導向試題列為大學考試的命題方向，且強調學生在課程產出的實作作品，亦將成為未來申請大學時的重要參考資料，再次彰顯探究與實作課程教學落實的重要性。如何有效進行探究與實作的課程與教學，如何將科學探究過程的真實歷程轉化為教學，已成為自然科學教師相當重要的教學方向。

一、跨科教材內容準備

「自然科學探究與實作」的課程發展應本於十二年國民基本教育課程綱要總綱之「自發」、「互動」及「共好」的理念，以「核心素養」做為課程發展的主軸（教育部，2014）。因而，課程內容的選擇宜符合當代科學知識發展，課程設計與實施時需貫徹探究與實作之精神，並藉由實作評量來評估學習表現。「探究與實作」課程強調跨科設計，根據調查約80%學校「探究與實作」課程的主題規劃涵蓋「物理、化學、生物、地科」等科目，約有16%學校為「物理、化學、生物」、「物理、化學」或「化學、生物」，顯示大多數學校自然科學探究與實作課程的跨科主題涵蓋四個自然科學科目，以物理、化學居多，僅有4%學校的「探究與實作」課程主題未有跨科規劃（陳世文，2019）。而跨科主題內容以「能量形態與轉換」、「物質結構與功能」、「力與運動」等居多。議題融入主要是「環境教育」，或佐以生命教育、閱讀素養、家庭教育、性別平等教育、人權教育等相關議題之融入（張堯婷等，2017；張珮珊、賴吉永、溫嫩純，2017；盧政良，2021）。

二、探究教學模式

探究教學以學生為主動建構知識的探究者，強調科學探究之精神，教師扮演引導者、促進者的角色，經由系統設計、提供開放性的學習任務，引導學生探索生活情境中的問題，以培養學生具備獨立思考、解決問題與自主學習的能力，以符應核心素養課程導向的教學理念。教師若能善用教學模式及運用不同的策略讓學生發現問題與進行後設學習，並且依學生特質給予學生不同的鷹架以協助其執行探究活動、進行資料收集與分析、論證與建模及溝通與分享成果，即可幫助學生跨出探究的步伐。

探究教學的類型依探究的主題、探究的問題、實驗的材料、實驗的設計與流程、實驗的分析與結果、下結論等探究步驟的開放程度分為傳統動手做活動、結構式科學經驗、引導式探究、學生主導的探究活動及開放式探究教學等五類（林淑榜、段曉林、靳知勤，2020）。教師授權若愈多，學生需擔負的學習責任也越大。教師們進行探究教學時，可循序漸進地指引學生，一開始可以是食譜式實驗，接著是結構式的探究或引導式的探究，最後讓學生完成開放式探究。當教師漸進地授予學生學習權力時，學生的學習潛力也會慢慢地被開啟。

探究教學實施方式亦可採用學習環（learning cycle）、5E 探究教學、論證導向的探究教學（Argument-Driven Inquiry, ADI）、問題導向學習（Problem-Based Learning, PBL）等模式分階段方式進行，並與各種不同開放程度的探究活動結合，以解決各種探究主題問題。當學生提問時，依序應用「提供思考方向」、「案例或工具」、「解釋與推論」等不同層級的鷹架進行協助；教師轉化為引導者，引導學生探究問題的方向及聚焦於重要議題，鼓勵學生參與各個探究階段的學習任務，刺激學生的思考，轉化其內在的知識，並為其建構的知識提出論辯，最後撰寫研究發現與發表，希冀學生經由學習過程進行高階思考與建構自己有意義的學習歷程。

三、教學策略運用與反思

探究與實作奠基於建構主義理論（Driver et al., 1994）。因此，探究與實作課程應結合生活中的各種問題，藉由適當的課程設計來引導學生進行相關探究，提供學生之間的對話與互動機會（Jiménez-Aleixandre, 2008）。而基於建構觀點的自然科學探究課程應讓學生藉由實作經驗以探索自然與解決問題（Walker & Sampson, 2013）。探究與實作在課堂中，學生不須囊括科學家的所有工作，但需建構對自然世界的探索理解歷程。其實作內涵也應該涉及實驗數據的有意義推論，也就是說藉由論證和實作歸納的歷程將探究經驗轉換為抽象的圖表符號，並強化科學本質與探究經驗之間的連結（Wellington & Osborne, 2001），以擴展既有的自然科學概念架構，用以促進科學知識的建構和推展（Osborne, 2010）。因此，整合發現問題、規劃與探究、論證與建模、表達與分享的科學探究與實作課程，將有助於學生同時發展科學探究能力、科學概念等核心素養（張珮珊、賴吉永、溫燉純，2017）。

我國十二年國教自然領綱的制定深受美國「新世代科學標準」(The Next Generation Science Standards, NGSS)之影響(邱美虹, 2016), 強調科學學習方法應重視「探究與實作」的精神, 提供學生蘊含探究本質的實作活動、以多元而統整的學習經驗, 來培養學生的科學探究素養(教育部, 2018)。因此, 教師指導時不宜過於放任學生自主探究, 經常會發現學生不知道如何進行探究, 而如果只是基於好奇心的玩遊戲, 並無法深入科學探究亦是可惜, 因此不建議僅列出過於制式的實驗步驟, 需藉以課程設計搭配科學探究鷹架, 讓學生在依循教師的引導之下, 能自主地規劃出探究與實作的方法和流程(盧政良, 2021)。

Kind 等人(2011)認為實作探討為學生認知投入的主要關鍵。何宗穎等(2013)研究亦指出, 學生若無法充分參與討論和交流分享, 將限制其科學探究能力的發展。實作的意義不僅在於動手做(hands-on)的層面, 學生透過共同參與建構科學知識(minds-in)的過程以理解自然科學世界的運作也是主要重點(邱美虹, 2016; 教育部, 2018)。而學生除了能夠自主行動與實務參與之外, 表達和溝通也是重要的核心素養, 其科學知識發展需蘊含科學學習社群運作的特點。綜此, 課堂中的科學探究需藉由適當的課程設計, 以激發並引導學生的論證、對話與反思的能力, 方可讓學生真正投入於科學知識的探究和建構。教師應扮演著學習引導者的角色, 引領學生在課程活動中進行科學探究與實作的科學學習, 例如: 觀察現象、形成問題、提出可驗證的觀點、尋找變因與條件、收集資料與數據、進行資料分析、繪製圖表、解釋與推論、表達與溝通、合作與討論、提出結論與建議並進行發表交流等。

整體而言, 教師必須突破以往的教學模式, 讓學生有更多嘗試學習自己做決定, 遇到困難時能學習面對失敗與挫折, 以及試著去尋找解決問題的方法等, 這對於學生而言無疑都是絕佳的學習歷程。因此, 學生可以有許多不一樣的發想或創意, 透過同儕間的對話以及探究過程, 教師也能激盪出更多的想法與靈感來陪伴學生一起成長, 而這樣的課程不僅為了讓學生做出優異的研究成果, 而是藉由整個科學探究的歷程培養學生具備帶得走的科學探究素養或能力, 並且能將之應用於未來的生活與工作之中。

四、多元實作與素養評量

自然科學探究與實作課程的主要目的在於培養學生科學探究的素養與能力，各校除了規劃定期素養導向的紙筆測驗以外，也需特別重視能呈現學習歷程的科學筆記及探究成果報告的呈現，如簡報製作、發表分享與他人互動溝通等，希冀學生了解課程關注的重點，在課堂上有較多的實作和互動，透過課前溝通與課堂討論進行的方式訂定評分標準，以期達到較佳的教學效能（盧政良，2021）。而大考中心規劃「探究與實作」課程的素養導向試題列為大學考試的命題方向，學生在課程產出的實作作品也將成為未來申請大學時的重要檔案資料。因此，透過多元評量以激勵學生於探究學習過程能具體產出，無疑對教師而言也是一項重要的任務和挑戰。

針對自然科學探究與實作素養試題，教師命題時需融合教學情境與課程學習內容與學生的學習表現。試題的品質經過練習後將不斷地變好，而學生經過探究課程訓練後，探究與實作的總體能力也會增強。以素養導向命題的概念來看，強調的是希望藉由真實的情境中發生的真實問題，配合領綱的學習內容與學習表現，確認試題能評量出學生的學習效果且達到領綱中要求的教學目標。因此，試題不僅是評量學生的知識層次，較大的挑戰在於評量學習表現所對應的能力。具體而言，是如何將想像創造、推理論證、批判思辨、建立模型、觀察發現、計劃執行、分析呈現、討論傳達等重要的科學能力轉化為有效評量試題。由於真實情境中許多的問題發現、觀察與現象、規劃與研究、論證與建模，並無標準答案，因此如何將科學探究過程的真實歷程轉化為教學，並評量出學生的成長將極富挑戰，需要發展幾種好用的工具搭配命題的流程，方能提供適當的試題卷組及發展出適當的評量試題工具（何興中等，2020）。

肆、結語與建議

探究與實作課程可以說是一門有課綱、無課本的課程。這門課程的設計需要高度的開放性，帶領學生從觀察現象開始，循序漸進地找到好的問題進行探究。固然 108 課綱探究實作課程需準備較多元化的探究實作教材、甚至發展成完整兼具評量的探究實作課程，不論於備課、備材、撰寫教案與發展評量，對於課務繁重的自然科學教師、甚至許多教師還需兼任導師或行政職，其負荷也變得更加沉重。但是，為了維持學生科學學習動機與提升學生的科學素養，乃至於創新、發明，以及科技發展，皆有賴於教師在探究與實作教學上引導。期盼教師們皆正視此一教育改革浪潮，藉由探究實作課程研發、設計與實行，不再以單一成績優劣做為大學選才的唯一參考標準，逐漸培養更多學子能具備帶得走的科學探究力。

108 課綱實施至今已邁入第三年，整體而言，高中自然科學教師實施「探究與實作」課程可能面臨幾項困難：例如，第一次實施探究與實作課程，教師缺乏實務經驗需要與其他科教師協同合作，跨科專業學習社群觀備議課也可能不易達成共識；其次是課程需具備跨科的主題式規劃，在實際課程設計中需相互理解和產生共鳴；另外，教師對於「探究與實作」課程評量方式不熟悉，如何有效評量學習也成為一項關鍵任務。因此，教師需要更多的跨校跨科觀摩與交流，互通有無以激發更多課程設計與教學火花；也需徵詢專家學者的意見，花更多時間參與增能研習或進修，以了解跨科主題之設計概念與做法；並進一步建議研擬具體可行之評量規準及命題示例以供依循和參酌。

教育部對於探究與實作課程規劃並無限制，教師在課程設計上雖然得以自由發揮，但教師的角色須由「主導」轉變成「引導」，學生需要更多的時間思考、討論以及嘗試。因此，建議「探究與實作」課程內容宜簡明有彈性、儀器設備儘量簡單、材料以易取得為主、場地盡量以學校現有場館來規劃，各校需在經費挹注以及環境設備的調配上盡早籌措與安排。如此，探究與實作課程的教學實施才能行之久遠。

參考文獻

- 何宗穎、王敏男、謝佩妤、郭幸宜、趙大衛、黃臺珠（2013）。大學普通生物學實驗課程應用探究鷹架自我評估策略對學生探究能力表現之影響。《科學教育學刊》，**21**（4），401-429。
- 何興中、黃禎貞、盧政良、李麗偵（2020）。自然科學領域探究與實作素養命題與分析。《師友雙月刊》，**623**，56-69。
- 林淑榜、段曉林、靳知勤（2020）。《素養導向系列叢書：中學自然科學探究與實作教材教法》。臺北：教育部。
- 邱美虹（2016）。科學模型與建模：科學素養中的模型認知與建模能力。《臺灣化學教育》，**11**。查詢日期：110年9月18日，檢自 <http://chemed.chemistry.org.tw/?p=14186>
- 教育部（2014）。十二年國民基本教育課程綱要總綱。臺北：教育部。
- 教育部（2018）。十二年國民基本教育課程綱要：自然科學領域。臺北：教育部。
- 國家教育研究院（2020）。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。檢自 <https://www.naer.edu.tw/upload/1/16/doc/820/十二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.pdf>。
- 陳世文（2019）。十二年國教自然科學領域探究與實作課程實施之初探（NAER-108-24-G-2-01-00-1-01）。新北：國家教育研究院。
- 陸健榮（2017）。高中科學課程之實作復興。《中等教育》，**68**（2），43-60。
- 張仁壽（2016）。教師如何因應「探究與實作」課程——以美國推動 NGSS 實作為例。《物理教育學刊》，**17**（1），56-58。
- 張珮珊、賴吉永、溫嫩純（2017）。科學探究與實作課程的發展、實施與評量：以實驗室中的科學論證為核心之研究。《科學教育學刊》，**25**（4），355-389。DOI:10.6173/CJSE.2017.2504.03
- 張堯婷、陳宏銘、吳致娟、楊明仁（2017）。地科、化學與物理跨科合作之探究與實作課程規劃。《科學教育月刊》，**400**，44-50。
- 蔡清田（2011）。《素養：課程改革的DNA：核心素養》。臺北：高等教育。
- 盧政良（2021）。中學自然科學探究與實作課程設計與實施。《師友雙月刊》，**627**，P35-42。
- Cairns, D. & Areepattamannil, S. (2019). Exploring the relations of inquiry-based teaching to science achievement and dispositions in 54 countries. *Research in Science Education*, *49*(1), 1-23. <https://doi.org/10.1007/s11165-017-9639-x>

- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23(7), 5-12.
- Fitzgerald, M., Danaia, L., & McKinnon, D. H. (2019). Barriers inhibiting inquiry-based science teaching and potential solutions: Perceptions of positively inclined early adopters. *Research in Science Education*, 49(2), 543-566. <https://doi.org/10.1007/s11165-017-9623-5>
- Jerrim, J., Oliver, M., & Sims, S. (2020). The relationship between inquiry-based teaching and students' achievement. New evidence from a longitudinal PISA study in England. *Learning and Instruction*, 101310. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2020.101310>
- Jiménez-Aleixandre, M. (2008). Designing argumentation learning environments. In S. Erduran & M. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research* (pp. 91-115). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Kind, P. M., Kind, V., Hofstein, A., & Wilson, J. (2011). Peer argumentation in the school science laboratory-Exploring effects of task features. *International Journal of Science Education*, 33(18), 2577-2558.
- Osborne, J. (2010). Arguing to learn in science: The role of collaborative, critical discourse. *Science*, 328(5977), 463-466.
- Palmer, D. H. (2009). Student interest generated during an inquiry skills lesson. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 46(2), 147-165. <https://doi.org/10.1002/tea.20263>
- Ramnarain, U. & Hlatswayo, M. (2018). Teacher beliefs and attitudes about inquiry-based learning in a rural school district in South Africa. *South African Journal of Education*, 38(1). <https://doi.org/10.15700/saje.v38n1a1431>
- Teig, N., Scherer, R., & Nilsen, T. (2018). More isn't always better: The curvilinear relationship between inquiry-based teaching and student achievement in science. *Learning and Instruction*, 56, 20-29. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2018.02.006>
- Walker, J. P. & Sampson, V. (2013). Learning to argue and arguing to learn: Argument-driven inquiry as a way to help undergraduate chemistry students learn how to construct arguments and engage in argumentation during a laboratory course. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(5), 561-596
- Wellington, J. & Osborne, J. (2001). *Language and literacy in science education*. Philadelphia, PA: Open University Press.

技術型高中專題實作素養教學課程示例

——以居家情境LED燈實作為例

于賢華* 校長

新北市立淡水高級商工職業學校

壹、前言

2011年德國首次提出「工業4.0」的概念，反映出製造業的全球化競爭導致了新一波科技與經濟變革，世界各國陸續提出不同的政策，反映對第四次工業革命的不同想像。美國在2006年提出「先進製造夥伴計畫」布建產學研合作國家創新研究網路（吳啟華、陸定邦，2018）。我國政府提出5+2產業創新計畫，作為驅動臺灣下世代產業成長的核心（國家發展委員會，2021）。

追求產業創新的波浪席捲全球經濟，未來生產與商業模式將大幅改變，風起雲湧的全球競爭與改變。學生為了應付考試，追求考試測驗成績，對於專業知識、技能及態度以及解決現實生活問題的能力是需要改變？專業群科教師面對快速的產業變化，在專題實作的教學方面似乎也面臨改變。因此，在教學過程中安排讓學生如何使用所學的知識、技能連結面對未來真實情境，需要更多的教學改變來轉化教學現場（田孟心，2020）。

技術型高中專題實作課程雖然僅為課程計畫中的一部分，面對學生具備未來產業關鍵能力卻也扮演舉足輕重的角色。如何運用方法、策略，解析學習的本質、歷程、讓學生在學習產生實務的意義，協助學生發展具備批判思考、解決問題的能力，能成功面對未來世界的核心素養。因此，本文藉由專題實作素養教案與教學範例，拋磚引玉彼此共學、共進、共享，以累積專題實作素養教學之跬步，達課綱願景之實現。

* 本篇論文通訊作者：于賢華，通訊方式：ntpcedu2740@gmail.com。

貳、專題實作的素養教學

一、核心素養

素養涵蓋 competence 及 literacy 的概念，是指一個人接受教育後學習獲得知識、能力與態度，而能積極地回應個人或社會生活需求的綜合狀態（蔡清田，2014）。林永豐（2012）指出，核心素養係指一組最重要的能力，使個人得以過著成功與負責任的生活；使社會得以面對現在與未來的挑戰。核心素養是一種能夠成功地回應個人或社會要求的能力，包括使用知識、認知與技能的能力，以及態度、情緒、價值與動機等，換言之，核心素養係指一個人為適應現在生活及面對未來挑戰，所應具備的知識、能力與態度（教育部，2014）。核心素養強調學習不宜以學科知識及技能為限，應關注學習與生活的結合，透過實踐力行彰顯學習者的全人發展（林永豐，2012）。綜合而言，對於專業群科學生而言，核心素養即個人面對社會，善用所學知識、技能，同時正確的生活與工作態度，解決專業問題的能力，以符應產業的需求，面對世界變動的挑戰。

二、專題實作

專題實作課程始於 95 年高級職業學校群科課程暫行綱要中首次實施並且該課程名稱為「專題製作」，強調各校須開設為必修 2 學分，同時考量各群之間的差異性，專題製作科目未予以訂定教學綱要，由各校自行依學生程度、專業課程內涵、學校特性進行課程設計，99 年課綱為重視專題製作課程，將其學分數由原來的 2 學分提高為 2 至 6 學分，在 108 年技術型高中新課綱修訂過程，為了更強調實作的精神，乃將「專題製作」課程名稱更改為「專題實作」其開設旨為規劃培養學生團體合作、溝通協調、知識統整、問題解決能力的課程（教育部國民及學前教育署，2021）。

三、素養導向的專題實作

技術型高中專業與實習科目主要於加強高層次的思考、問題解決、溝通合作與創新能力，並且在課程學習中協助學生將所學應用於實際情境的操作，更能應用於未來真實生活與工作場所中（吳明雄、李光耀、黃文振，2011）。張仁家（2014）指出，技職教育的教學信念為採行建構主義的知識論，有別於客觀的知識論，學生經由發現與動手操作而習得如何與他人相處、合作、溝通、表達，創造並測試自己的想法。因此於專題實作素養教學之原則包括，整合知識技能及態度、脈絡情境化的學習、選擇學習方法與策略、活用與實踐的表現（李志原、曾淑惠，2019）。綜合上述說明，專題實作素養教學即專業群科教師於實習課程中藉由素養導向的課程設計以及教與學的歷程中，培養學生具備核心素養之實作能力。

參、專題實作素養課程教學示例

本校於108學年度起辦理素養導向教案競賽，目的為整合校內課程特色與素養教學內涵，提升一般科目與專業群科素養導向教案教材開發之能力與品質，透過優質素養導向教案之累積以及分享，發展具有素養導向教學之教學模式。以下為控制科教案比賽得獎優勝作品「居家情境 LED 燈」專題實作為例。

一、教學單元案例

專題實作素養課程教案設計，係依照教育部（2018）課程設計原則，參考三面九項及整合知識技能及態度、脈絡情境化、學習方法與策略、活用實踐的表現原則以及議題融入規劃教學設計以及依十二年國教各領域課綱（草案）之內容所擬定教案設計格式發展課程教案。其中「設計依據」旨於呈現此份教案與108課綱之關係與轉化方式，教師可依需要自行增刪相關欄位，以呈現教案之背景與設計理念。

二、專題實作素養教學之實施

在專題實作在教與學的歷程中，參考吳璧純、詹志禹（2018）建議，有幾個重要步驟：教師擔任引導與協助角色，學生為自主學習者，給予智慧居家的題目發想，創造貼近於生活需要的類真實情境，同時讓學生發想有待解決的問題，自訂工作任務。在本校控制科校訂選修實習科目於高中三年級第二學期開設「智慧居家監控實習」，學生依所學理論與技術，將專業知識、技能結合，發揮專業能力，嘗試解決現實生活問題。參照前述重點，教師引導學生組成小組，腦力激盪討論心中與現實所想的LED燈居家環境的需要，協助並依據學習內容、學習表現，呼應核心素養，觀察學生的成果表現。

三、專題實作素養課程示例

以本校辦理素養導向教學教案設計優勝作品為例，運用於電機電子群／智慧居家實習，該專題實作課程於高中三年級第二學期，每週3節課，本教案以該課程其中2週，共計6節課，於「智慧居家實習」科目／設計教學單元名稱：「居家情境 LED 燈實作」，以下為該課程之設計與實施，俾供參考。

(一) 教學單元教案之設計範例

領域/科目	電機電子群/智慧居家實習	設計者	○○○
實施年級	電機電子群之技術型 高中三年級學生	總節數	6 節課 (每節 50 分鐘)
單元名稱	居家情境 LED 燈實作		
學 習 重 點	1. 電電-專-基電-2 辨識電阻器、電容器、電感器，了解其在電路中之功用，能以系統思考方式，進行電學問題之解決。	領 綱 核 心 素 養	<p>一、具備電機與電子相關專業領域的系統思考、科技資訊運用及符號辨識的能力，積極面對與解決職場各種問題，並能掌握電機與電子國內外發展趨勢。</p> <p>二、具備電學基本知識與電路裝配、分析、設計及應用之基礎能力，能以創新及系統思考進行電路規劃，並能解決電路的相關問題。</p> <p>三、具備電腦、電機與電子儀器及相關工具設備應用之基礎能力，展現科技資訊設備運用、問題解決、溝通協調及團隊合作之素養。</p> <p>四、具備電機與電子儀器或相關設備保養維修之基礎能力，養成系統思考、規劃執行、科技資訊運用、問題解決、善盡社會責任及環境保育之素養。</p> <p>五、具備查閱專業使用手冊、認識與分析接線圖或電路圖之基礎能力，養成創新、系統思考、規劃執行、科技資訊運用、問題解決之素養。</p> <p>六、具備對工作職業安全及衛生知識的理解與實踐，探究職業倫理與環保的基礎素養，發展個人潛能，從而肯定自我價值，有效規劃生涯。</p>
	2. 電電-專-基電-3 了解串並聯電路，並計算其電壓、電流之變化，展現規劃與執行設計電機與電子相關電路之能力。		
	3. 電電-專-電子-2 解析二極體應用電路、雙極性接面及金氧半場效電晶體放大電路，以系統思考方式，進行專業問題解決。		
	4. 電電-實-基電-1 使用基本電子儀表量測電阻值與交直流電壓及電流值，具備符號辨識的能力。		
	5. 電電-實-電子-2 使用基本手工具及電子相關量測儀器，運用科技資訊解決問題。		
	6. 電電-實-電子-3 具備基本電子電路實作、測試、調整及裝配之能力，能以系統思考及規劃方式，積極面對與解決職場各種問題。		
	7. 電電-實-電腦Ⅱ-3 具備設計及應用軟硬體控制介面技術之能力，並建立相關工具設備應用之基礎能力，以系統思考方式，進行保養維修及問題解決。		
	8. 電電-實-電機Ⅰ-2 具備燈光、節能與電氣及環境之控制、設計與應用技術能力，以系統思考及科技資訊之運用，積極面對與解決職場各種問題。		

學 習 內 容	<ol style="list-style-type: none"> 1. 電電-專-基電-B-c 歐姆定律 2. 電電-專-電子-B-d 發光二極體 3. 電電-實-基電-C-a 電阻串並聯電路 4. 電電-實-電子-B-a 二極體之識別 5. 電電-技-電腦Ⅲ-B-a 發光二極體、七段顯示器掃描控制 6. 電電-技-電機 I -C-a 燈光控制元件的認識 7. 電電-技-電機 I -C-b 燈光控制系統設計與應用
議題 融入 涵	<p>環境教育 氣候變遷 環 U7：收集並分析在地能源的消耗與排碳的趨勢，思考因地制宜的解決方案，參與集體的行動。</p> <p>在本節課，學習電路耗電量時，了解 LED 燈與傳統電燈之電費差異，並落實節能減碳之環保意識。</p>

(二) 教學活動內容與實施

教學活動內容以準備階段、發展階段及綜合階段做為起承轉合，在各階段中與核心素養相呼應，並在教學過程中觀察以及記錄學生知識、技能與核心素養的表現。

	教學活動內容及實施方式	核心素養呼應說明
第 1 節 LED 之電路 原理	<ul style="list-style-type: none"> • 準備階段（20 分鐘） <ol style="list-style-type: none"> 1. 引起動機：觀看Youtube上影片，智慧居家、居家情境燈之相關介紹 <ol style="list-style-type: none"> (1)https://www.youtube.com/watch?v=9u9kqhHC6Ok (2)https://www.youtube.com/watch?v=oeJQW0OdMy0 (3)https://www.youtube.com/watch?v=-ZPo7C3PDT4 2. 喚起舊經驗：回想在基本電學（實習）及電子學（實習）中學到的知識與技術，並寫在紙上。 • 發展階段（20 分鐘） <ol style="list-style-type: none"> 1. 發展活動一：複習歐姆定律、直流串聯電路與實功率耗電量之計算，採講述式教學。 2. 發展活動二：學習發光二極體LED之基本原理與電路接線方式，採講述式教學，並搭配影片了解二極體內部物理現象。 3. 評分標準：以學習單搭配填充題，讓學生寫下上課所學之重點。 • 綜合階段（10 分鐘） <ol style="list-style-type: none"> 1. 綜合討論：討論LED之耗電量與傳統電燈之差異。 2. 隨堂測驗：計算發光二極體之串聯限流電阻。 	<p>呼應核心素養第 2 點，培養具備電學基本知識與電路裝配、分析、設計及應用之基礎能力。</p>

- 準備階段 (10分鐘)
 - 1. 引起動機：說明電子電路實作之能力在智慧家電、室內裝修之相關性與重要性。
 - 2. 喚起舊經驗：每個人都拿出三用電表，依照教師指示調到對應的檔位，請同學回答與示範。
 - 發展階段 (30分鐘)
 - 1. 發展活動一：以麵包板實作直流串並聯電路、發光二極體 LED 之串聯電路，採實作式教學。
 - 2. 發展活動二：調整電源供應器，並加入在麵包板電路上，採實作式教學。
 - 3. 發展活動三：以三用電表量測電壓與電流數值，並寫在學習單上，採實作式教學。
 - 4. 評分標準：依照上課實作表現、工作態度與學習單之量測數值計算。
 - 綜合階段 (10分鐘)
- 隨堂測驗：發光二極體串聯電路之限流電阻選用及實作。

第 2 節
LED
之電路
實作

呼應核心素養第 2 點，培養學生具備電學基本知識與電路裝配、分析、設計及應用之基礎能力。



電路實作

- 準備階段 (10分鐘)
 - 引起動機：請同學上臺在黑板上畫出自己心目中的燈座與燈罩。
 - 發展階段 (30分鐘)
 - 1. 發展活動一：分組討論並上網查詢各國之燈座與燈罩之文化，採合作學習教學法與線上自主學習。
 - 2. 發展活動二：各組在學習單上畫下想要實作的燈罩與燈座。
 - 3. 評分標準：依照上課實作表現與學習單之繪圖計算。
 - 綜合階段 (10分鐘)
- 綜合討論：各組上臺分享設計之燈座圖形。

第 3 節
異國燈
座與燈
罩之文
化

呼應核心素養第 1 點，培養學生具備科技資訊運用及符號辨識的能力。以及核心素養第 3 點，培養學生具備溝通協調及團隊合作之素養。

第4節
室內電
路配置
設計

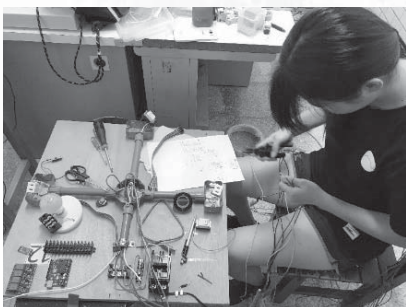
- 準備階段（10分鐘）
- 1. 引起動機：觀看 Youtube 室內裝潢與配線之影片
(1)<https://www.youtube.com/watch?v=Uu21cxKQPgU>
(2)<https://www.youtube.com/watch?v=R68hY9gIMPs>
(3)<https://www.youtube.com/watch?v=TlukP1kf6Kc>
- 發展階段（30分鐘）
- 1. 發展活動一：分組討論並設計室內空間之LED裝配與電路配置，採合作學習教學法。
- 2. 發展活動二：各組在學習單上畫下室內配線之走線圖與注意事項，採合作學習教學法。
- 3. 評分標準：依照上課實作表現與學習單之繪圖計算。
- 綜合階段（10分鐘）
- 綜合討論：各組上臺分享各組設計之室內配置圖。

呼應核心素養第3點，培養學生具備溝通協調及團隊合作之素養。

第5節
室內電
路配置
實作

- 準備階段（10分鐘）：喚起舊經驗：複習前一節課所學，並給予重點提示。
- 發展階段（40分鐘）
- 1. 發展活動：小組共同合作完成室內空間之LED裝配與電路配置，採合作學習教學法與實作教學法。
- 2. 評分標準：依照上課實作表現與成果功能。

呼應核心素養第4點，培養學生具備電子相關設備維修之基礎能力，養成規劃執行、問題解決之素養。

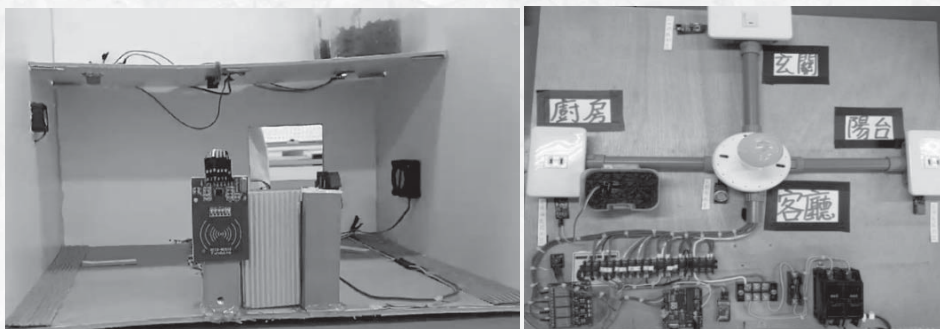


室內電路配置實作

第6節
成品分
享報告

- 準備階段（15分鐘）：各組先將成品之照片彙整成電子檔，並做成3-5頁之投影片。
- 發展階段（30分鐘）
- 1. 發展活動：各組輪流上臺，以投影片方式向全班報告課程之實作成品，每組5分鐘，須報告以下重點：
(1)作品創意發想（外觀與走線設計）
(2)實作成品照片與功能
(3)實作遭遇之困難與解決方法
(4)心得分享
- 2. 評分標準：依照各組上臺報告之表現與成品功能。
- 綜合階段（5分鐘）
- 綜合討論：老師對各組報告之表現和成品功能給予講評。

呼應核心素養第6點，培養學生發展個人潛能，從而肯定自我價值，有效規劃生涯。



室內情境與電路配置成果

肆、實施成效檢討與改進

本教案自設計後，經教師實施並進行教學觀察與反思後，就預期目標間之實施成效檢討如下：

一、學生面

(一) 學生較缺乏「美感」的素養

在第3節「異國燈座與燈罩之文化」中，原預期學生可發揮創意，設計多樣化的燈罩，讓每組的作品都有不同的特色，但實際上課時，發現學生比較缺乏「美感」，對於外觀的設計也較缺乏興趣，學生在學習上比較偏向於LED功能與實作的發揮。可能為工科學生所學，較偏向於理性、邏輯的思考，而缺少「美感」素養的培養，或許這部分可以透過其他課程，強化藝術與美感的部分。

(二) 學生較缺乏「媒體素養」與「溝通表達」的能力

在第6節「成品分享報告」中，原期望學生可快速地完成投影片，並於臺上大方、專業的報告自己組別的作品。實際觀察發現，學生可能於課程的學習方面，太過偏向於專業科目的學習與實作，明顯缺乏製作簡報以及上臺成果報告的經驗，需額外加強相關課程，使上臺簡報的臺風、專業度、流暢度仍需強化。若能搭配其他跨領域課程合作，適當製作簡報且能上臺，有自信分享自己完成的作品，必能更加呼應核心素養第6點的培養學生發展個人潛能，從而肯定自我價值。

二、教師面

(一) 教師在實務方面較欠缺室內配線的專業規範能力

於指導學生關於室內配線的相關知識與實作時，教師因自身無室內配線乙、丙級的證照，只能以其專業以及經驗進行教學，較欠缺技術士證照，或者業界實務的專業規範。

為使學生進一步了解正規的配線方法，建議教師於「教師專業成長」方面須加強並審慎規劃課程教案。

（二）教師應適時調整以學習者為中心

原教案設計課程活動的安排係以「教師教、學生學」，輔以學生互相討論為主，但實際實施後，發現其實學生有一些極佳想法，教師無法涵納所有知識，學生的創意與潛能無限，因此，適時翻轉傳統「教師教、學生學」教學模式，讓教育過程有教學相長的機會，同時嘗試跳脫以教師為中心的教學，轉化為以學習者為中心的教學模式。

（三）教師的能力於美術設計方面比較缺乏

在討論燈座的外觀設計時，教師發現自身的美術設計經驗不足，建議於課程的安排方面，能夠適時搭配美術教師跨領域協同教學，同時教師本身宜適時進修，以強化其專業成長。

三、教學面

（一）學生的專業能力不夠紮實，需較多時間複習課程

源設計此門課程時，是以6節課，每節課50分鐘，完成一個小單元，在基礎原理及實作的複習，僅各安排一堂課，當時考量學生群為高中三年級，應於一、二年級習得部分基礎，但在實際上課時，發現學生基礎能力有些不足，導致複習的成效不佳，這也讓教師進行教學反思，是否應挪出複習時間，先行強化學生融會貫通、自學應用的先備能力。

（二）學生的問題解決經驗不足，以致電路實作之時間較預期長

於第5節「室內電路配置實作」中，原先預期學生的電路實作可於30分鐘內完成，但實際實施花費較長時間。教師於教學中反思，高中一年級學生雖然有習得室內配線，但LED的配線實作，卻為結合傳統的室內配線外，尚需電子電路的實作，難度較高，導致教案的設計在課程的安排，時間需再調整，以避免過度緊湊。同時，考慮課程的連貫性，可加強一、二年級電子電路的檢修課程，用以培養核心素養的第4點養成問題解決的能力。

（三）於美感、文書處理等相關課程，宜進行跨領域協同教學

前述施行教學後發現教師欠缺指導藝術美感教學能力及同時資訊科技與媒體素養，教師雖有能力，但仍需要額外的花時間給予指導。易形成教學延滯的現象。

本教案經實施檢討後，在專題實作的素養教學，就上述檢討後其改進方面建議說明如下：

（一）整合知識、技能及態度外，亦應重視溝通互動的核心素養

整合知識、技能及態度同時，專題實作素養教學可透過策略與方法，例如強化教師專業能力或採取跨領域協同教學方式，強化或補足美感藝術、溝通表達以及科技資訊運用等素養之不足。

（二）教師課程規劃、專業知能以及教學方面，宜追求專業成長

在專業配線實作需結合室內配線，同時整合電子電路實作的課程規劃時，教師本身專業能力與課程規劃上有些許差異。因此，建議教師應經常參加進修、研習、社群活動，以分享彼此經驗與成果，主動與其他不同領域教師有相連結機會，以提高教師專業成長。

（三）教師適時引導專題實作之學習，培養問題解決能力

素養教學的專題實作原則，不僅著重情境脈絡，也重視活用與實踐的表現。當課程要與現實生活相結合時，透過實踐力行，教師必須引導學生想辦法，將知識、技能加以整合，以解決現場所遇到的問題，符應產業的需求，面對世界的挑戰。

（四）教師應關注知識、技能的學習及素養之培育

教師不僅要關心學生知識、技能的學習，同時關注專題實作素養教學的實施，進行教學觀察與反思，於課程中藉由素養導向的課程設計以及教與學的歷程，培養學生具備核心素養的實作能力，並據以推進下次素養教學的成效。

伍、結語

108 課綱素養導向教學推動至今，教師對於專題實作素養教學仍屬初始階段，教師於開發課程與教學後，就其教學教案設計以及實例之演示結果，提供參考分享。

一、教案融入核心素養競賽後，教師應更重視素養納入教案，同時思考如何改進教學以及多元評量的重要性。

二、運用動手做的機會，將專題實作課程與素養教學整合，教師引導學生於實作的任務裡，討論解決現實生活中所面對的問題，並發現彼此教學相長的重要性，跳脫教師教、學生學的慣性。

三、因核心素養的重視與教案結合，教師應關注教學現場學生知識與技能的增進及轉化、及細察專題實作素養教學的脈絡，進行教學反思。

運用專題實作素養教學課程教案與教學活動設計，創造素養教與學的氛圍，營造生氣盎然，追求達至自發、互動、共好理念之實踐。

參考文獻

- 田孟心 (2020)。孩子從迷惘到主動求知用素養精神，應變未來。天下雜誌，710，54-55。
- 行政院 (2017)。技術及職業教育政策綱領。
- 吳明雄、李光耀、黃文振 (2011)。美國職業生涯與技術教育對臺灣技職學生未來能力建構之啟示。教育資料集刊，51，69-88。
- 吳啟華、陸定邦 (2018)。工業 4.0 下的創新設計迷思。管理評論，7(3)，5-51。DOI:10.6656/MR.201807_37(3).CNI035
- 吳璧純、詹志禹，(2018)。從能力本位到素養導向教育的演進、發展及反思。Journal of Educational Research，14 (2)，35-64。
- 李志原、曾淑惠 (2019)。技術型高中實習科目素養導向教學設計之研議。教育脈動，(18)，1-10。
- 林永豐 (2019年10月20日)。核心素養／能力。教育大辭書。取自 <http://terms.naer.edu.tw/detail/1453916/>
- 范信賢 (2016)。核心素養與十二年國民基本教育課程綱要：導讀《國民核心素養：十二年國教課程改革的 DNA》。國家教育研究院教育脈動電子期刊，5，1-6。
- 教育部 (2014年11月)。十二年國民基本教育課程綱要總綱。
- 教育部 (2018)。面向未來的能力：素養導向教學教戰手冊。臺北。
- 教育部國民及學前教育署 (2021年7月9日)。專題製作課程的推動沿革。技術型高級中等學校課程推動工作圈。取自：<https://vtedu.mt.ntnu.edu.tw/nss/p/0602>
- 國家發展委員會 (2021年7月17日)。協調推動產業創新計畫。取自：https://www.ndc.gov.tw/Content_List.aspx?n=9D024A4424DC36B9
- 張仁家 (2014)。開展技職教育的天空——論當前高職教育應走的方向。中等教育，65 (2)，21-31。
- 蔡清田 (2014)。國民核心素養：十二年國教課程改革的 DNA。臺北：高等教育。

《中等教育季刊》徵稿辦法

一、發行宗旨： 究與實務資訊，致力提昇中等學校教育之學術研究與實務水準為宗旨。一年出版四期，分別於每年三、六、九、十二月出刊。

本刊內容以傳播中等教育相關制度、政策、法令、課程、教學、師資、學生訓輔研

二、徵稿範圍：本刊徵稿稿件類型及審查方式如下：

稿件類型	說明	字數	審查方式
本期焦點話題	根據當期專題發表之專文（導言、評論、綜述）	字數上限 8,000字為原則	--
專題論文 學術論文	與中等教育相關之教育哲史與社會、教育行政與政策、課程教學與評量、師資培育與發展、學生心理與輔導等相關學術研究論文。	字數上限 12,000字為原則	雙審
教學專題	與國民教育、高中職階段各領域教學相關之課程、教學、評量、師資培育等專業論文及研究。	字數上限 10,000字為原則	單審
實務分享	各縣市在地之中等學校教育報導（教師、行政人員、研究人員、家長分享國內外中等教育行政、教學、學生輔導實務經驗） 教育想想（以當前中等教育之相關議題，透過正反合辯證之論述，引發教育工作的深層之思維）	字數上限 6,000字為原則	單審
心靈加油站	學校或教師的教育小故事、教育事件或現象的觀察與省思、或教育哲理的反芻與回饋，只要有助於教育人員心靈的撫慰、振奮、洗滌、反省、成長，都是我們歡迎的對象，歡迎各界一起來為教育加油，為老師加油！	字數上限 3,000字為原則	編輯部 審核

三、本刊全年收稿，稿件不論類型，隨到隨審，所有稿件皆採匿名審查，審稿秉專業、公正、倫理原則進行。審查要點請參見國立臺灣師範大學師資培育學院國際師培項下網頁。

四、來稿將於收件後四個月內回覆審查結果。若自投稿日起四個月內未獲通知者，請來電詢問。

五、來稿格式：

(一)來稿請用電腦打字橫打，並請遵守字數限制（含中英文摘要、註釋、參考書目、附錄、圖表等）。

(二)稿件要項：

- 1.來稿格式請依APA教育論文格式撰寫。
- 2.投稿學術論文或領域教學類之文

章，請附中、英文摘要，中文摘要請勿超過350字，英文摘要請勿超過200字，並請列出中、英文關鍵詞各3-5個。實務分享類則免附。

3. 來稿之編排順序為：作者基本資料表、著作授權同意書、中文摘要、英文摘要、正文（註解請採當頁註方式）、附錄、參考文獻。除作者基本資料表及著作授權同意書外，請勿在文稿中出現任何作者基本資料，以利匿名審查。於接獲本刊同意刊登證明後，再附寄電子檔案。
4. 「作者基本資料表」及「著作授權同意書」表格請逕至國立臺灣師範大學師資培育學院國際師培項下網頁下載。
5. 若有致謝詞，請於通知稿件接受刊登後再加上，並置於正文之後，長度請勿超過60字。如係學位論文改寫之論文，請於文稿第一頁加註下列文字：「本論文係○○○提○○○研究所之碩（博）士論文的部分內容，在○○○指導下完成。」

六、凡經審查委員建議修改之文章，如作者於本刊通知後一個月仍未將文章修改回傳或回覆，視同撤稿。審查委員建議複審之文章，應於作者修改後且經複審通過，再由編輯委員會決定是否刊登。

七、本刊文責由作者自負，來稿請謹守學術倫理與規範，如有一稿多投、違反學術倫理，或侵犯他人著作權之事宜者，除由作者自負相關的法律責任外，二年內本刊不再接受該位作者投稿。

八、來稿若經採用，將發給「接受刊登證明」，惟本刊因編輯需要，保有文字刪修權。

九、來稿如經採用，寄贈當期本刊五冊，不另計稿酬，著作財產權為本刊所有。出版形式包括紙本出版及電子出版。本刊得選擇適宜內容刊登於國立臺灣師範大學師資培育學院網頁。

十、來稿請自行印出紙本一式三份，以掛號方式寄至10610臺北市大安區和平東路一段162號國立臺灣師範大學師資培育學院國際師培推動組收，並請於信封上註明「中等教育季刊投稿」字樣。同時應以作者姓名為檔名，將文章之PDF檔擲交至電子信箱dec@deps.ntnu.edu.tw。

十一、本辦法經本刊編輯委員會會議通過後施行，修正時亦同。

.....
2004/04/1修正、2005/1/13修正、2005/2/25修正、2006/1/12修正、2007/1/18修正、2008/2/19修正、2008/12/05修正、2009/01/01施行、2010/03/11修正、2011/01/01施行、2012/02/02修正、2012/04/11修正施行、2015/02/09修正施行、2017/02/17修正施行、2020/02/17修正施行
.....

《中等教育季刊》審查要點

壹、審稿流程

本刊之審查分為三階段：格式審查、外部審查及編輯委員會審查。稿件類型如屬「專題論文／學術論文」為雙審制；「教學專題」及「實務分享」類文章則採單審制。

第一階段：格式審查

- 一、不符合本刊發行宗旨、形式要件、嚴謹程度者，由副總編輯確定後，逕予退稿。
- 二、本刊編輯部就來稿做初步篩選，凡符合本刊之發行宗旨、形式要件（包括字數、格式、體例等）及嚴謹程度者（包括題目價值性、架構完整連貫、文筆精確通暢），即進入下一階段審查。
- 三、格式審查結果將於收到稿件後二週內完成。

第二階段：外部審查

一、初審

- (一)格式審查通過之文章，由本刊責任編輯視來稿類別，優先推薦一至二位審查者匿名審查，如有特殊需要始由副總編輯代為推薦審查者。
- (二)初審意見分為四類：採用刊登（80分以上）、修改後刊登（75-79分）、修改後再審（70-74分）、不予採用（69分以下）。
- (三)審查稿件如屬「專題論文／學術論文」類，所考量的審查規準如下：
 - 1.研究方法與推論嚴謹之程度（20%）

- 2.資料取得、引用、處理與詮釋是否得當（20%）
- 3.文章結構安排與論證層次均衡之程度（20%）
- 4.文字精確、流暢之程度（20%）
- 5.原創性、學術性或應用價值（20%）

(四)審查稿件如屬「教學專題」及「實務分享」類，所考量的項目如下：

- 1.資料取得、引用、處理與詮釋是否得當（25%）
- 2.文章結構安排與論證層次均衡之程度（25%）
- 3.文字精確、流暢之程度（25%）
- 4.應用或參考價值（25%）

(五)審查意見為「採用刊登」、「修改後刊登」者，原則上考慮刊登；審查意見為「修改後再審」者，作者需修改並提出修改暨答辯說明後，交予原評審人再次審查；審稿意見為「不予採用」者，不予刊登。

(六)初審時兩位審查者意見有些微出入時，由編輯委員會決定處理方式，但當兩位審查者評定之分數相差超過11分以上，且其中一人之評分達72分以上者，應送第三者審查，平均分數高於75分者，於本刊編輯委員會提出討論並決議是否採用。

(七)初審結果將於收到稿件四個月內完成並通知作者。

二、複審

(一)凡審稿者建議「修改後再審」之文稿，由本刊去函請作者修改，作者需於一個月內修改完畢，將修改後之文章，連同「修改暨答辯說明書」（表格請逕自國立臺灣師範大學師資培育學院國際師培項下網頁下載），寄回本刊，由本刊將修改後之文章及「修改暨答辯說明書」交原審查者審查。

(二)複審之審查規準與表格同初審意見表，惟刊登建議之部分只分：採用刊登（80分以上）、修改後刊登（75-79分）、不予採用（74分以下）三種。

(三)複審意見為「採用刊登」、「修改後刊登」者，原則上考慮刊登；複審意見為「不予採用」者，不予刊登。

(四)複審結果將於收到修正稿件三個月內完成並通知作者。

第三階段：編輯委員會審查

一、每期出刊日之前一個月召開本刊之編輯委員會會議，針對審查結果為「採用刊登」、「修改後刊登」或經三審後之審查分數高於75分之稿件，進行決審。

二、最終刊登與否由編輯委員會根據評審意見及來稿數量等因素作成決定。

貳、稿件修正與刊登

一、凡經本刊決議考慮接受刊登之文章，投稿者需根據審查意見及本刊格式要求修

改，並於規定之期限內寄回修正稿件、修改暨答辯說明，否則恕難刊登。

二、寄回之修正稿件如未能依照審稿意見及本刊格式要求修改或提出適當答辯者，經編輯委員會議之決議，本刊得暫緩或撤銷刊登。

三、修正之稿件經本刊編輯委員會決議刊登者，將發給「接受刊登證明」，作者於接獲本刊之「接受刊登證明」後，需於一個星期內寄回修正定稿紙本一份、稿件電子檔、著作授權同意書，以利出版，否則恕難刊登。

參、撤稿

一、投稿者撤稿之要求，需以書面（掛號交寄）提出。

二、為避免資源浪費，凡投稿本刊之文章，如於初審階段提出撤稿要求，本刊兩年內不接受投稿。

肆、本法之施行

本辦法經本刊編輯委員會會議通過後施行，修正時亦同。

2004/11/1修正、2005/1/13修正、2005/2/25修正、2006/1/12修正、2008/2/19修正、2008/12/05修正/2009/01/01施行、2012/02/02修正施行、2020/02/17修正施行

《中等教育季刊》徵稿內容

中等教育季刊內容以傳播中等教育相關制度、政策、法令、課程、教學、師資、學生訓輔研究與實務資訊，致力提升中等學校教育之學術研究與實務水準為宗旨。一年出版四期，分別於每年3、6、9、12月出刊。

※徵稿專題

卷期	專題名稱	責任編輯
73卷第1期	疫情下科技資訊與媒體素養	林子斌教授
73卷第2期	自主學習	吳昭容教授 陳佩英教授
73卷第3期	中等教育師資培育課程改變新紀元	濮世緯主任
73卷第4期	學科學習的情意發展	邱美秀教授

※徵稿範圍

專題論文／學術論文／教學專題／實務分享／心靈加油站／特色學校／單位

本刊全年收稿，稿件不論類型，隨到隨審，所有稿件皆採匿名審查，審稿秉專業、公正、倫理原則進行。

※徵稿辦法

請參見國立臺灣師範大學師資培育學院國際師培項下「中等教育季刊」網頁 (<http://tecs.oteecs.ntnu.edu.tw/>)

●專題論文／學術論文

與中等教育相關之教育哲史與社會、教育行政與政策、課程教學與評量、師資培育與發展、學生心理與輔導等相關學術研究論文，需送兩位審查委員審查。

●教學專題

與國民教育、高中職階段各領域教學相關之課程、教學、評量、師資培育等專業論文及研究，需送一位審查委員審查。

●實務分享

不鑽理論、不寫英文、也不要硬梆梆的研究設計，任何教育行政人員或教師實務工作上的經驗，只要具知識性、創新性、啟發性、前瞻性、或反省性，對教育人員的工作與教育現況改進有助益者，都歡迎來稿分享，需送一位審查委員審查。

●心靈加油站

學校或教師的教育小故事、教育事件或現象的觀察與省思、或教育哲理的反芻與回饋，只要有助於教育人員心靈的撫慰、振奮、洗滌、反省、成長，都是我們歡迎的對象，歡迎各界一起來為教育加油，為老師加油！經編輯部審核通過後即可錄用。

●特色學校／單位

歡迎各中等學校或教育單位於本園地推薦學校／單位特色或教育理念，經編輯部審核通過後即可錄用。

※ 訂閱辦法

劃撥訂閱

利用本刊所附劃撥單或郵局劃撥單，至郵局辦理劃撥。

※ 訂閱價格

定價：300

1. 本刊為讀者爭取時效，每期以限時專送寄出。
2. 如欲掛號寄送每年加收NT 200。

※ 注意事項

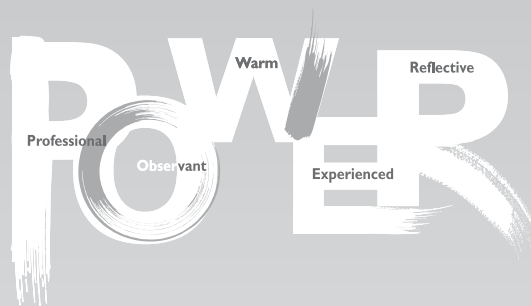
1. 完成訂閱手續至收到刊物，約需十至十五個工作天。
2. 若收到之刊物有破損或裝訂錯誤之情形，請將該刊物寄回本公司更換。
3. 如欲更改收件地址，請將信封套上之原地址剪下，並註明新地址之詳細資料，於下期出刊前一個月傳真或寄回本公司。電話口述易有誤差，請務必以書面方式更改！
4. 傳真資料當日請與專員陳小姐確認
02-2915-0566 轉123。
e-mail: market@psy.com.tw

中等教育

季刊

專用郵局劃撥單

98-04-43-04 郵政劃撥		帳號 1 9 2 9 3 1 7 2		金額 元 拾 佰 仟 萬 拾 佰 仟 元 金新台幣 (小寫)		戶名 心理出版社股份有限公司		寄款人 姓名 通訊處 電話		經辦局收款戳			
◎寄款人請注意背面說明		◎本收據由電腦印錄請勿填寫		郵政劃撥儲蓄存款收據		收款帳號戶名		存款金額		電腦記錄		經辦局收款戳	
通訊欄 (限與本次存款有關事項)		一年 二年 三年		個人特價 NT 600 NT 1140 NT 1620		機構 NT 1200 NT 2280 NT 3240		◎訂購內容		□ 一年 □ 二年 □ 三年		自民國 年 第 期開始訂閱	
※以上費用含限時郵資。		◎郵寄方式		□ 國內限時 (郵資免費)		□ 掛號 (每年另加郵資 200 元)		小計金額：新台幣 元整		虛線內備供機器印錄用請勿填寫			



發行所／國立臺灣師範大學

發行人／吳正己

總編輯／洪麗瑜

[STAFF]

編輯顧問（按姓氏筆畫順序）

王俊斌、王泓翔、吳麗君

周愚文、林永豐、孫志麟

張嘉育

編輯委員（按姓氏筆畫順序）

方永泉、朱美珍、李文富

吳昭容、林子斌、周仁尹

洪榮昭、姜義村、陳慧娟

濮世緯

副總編輯／葉怡芬

責任編輯／洪榮昭

執行編輯／劉育珊

英文校對／中天聯合企業股份有限公司

封面設計／蔡穎文

華誼實業有限公司

[發行所]

地址／臺北市和平東路一段162號

（國立臺灣師範大學師資培育
學院國際師培推動組）

電話／（02）7749-1245

傳真／（02）2363-1872

[經銷商]

總經銷／心理出版社股份有限公司

地址／新北市新店區光明街288號7樓

電話／（02）2915-0566 轉123

傳真／（02）2915-2929

網址／<http://www.psy.com.tw>

E-mail／market@psy.com.tw

郵撥帳號／19293172

印刷／昆毅彩色製版股份有限公司

地址／新北市三重區中正北路430號8F-6

電話／（02）2971-8809

ISSN／1018-0230

GPN／2003800010

版權所有，本刊圖文未經同意不得轉載

定價／300元