

創意教學技法與專題導向式學習運用於 STEAM 實作課程

活動規劃之研究

Constructing Hands-On STEAM Learning Activity with Creativity Teaching Skills and Project-Based Learning Strategy

蕭顯勝¹ 蔡宏為²

HSIAO, HSIEN-SHENG¹ TSAI, HUNG-WEI²

¹國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系 教授、¹學習科學跨國頂尖研究中心、¹華語文與科技研究中心

¹Professor Department of Technology Application and Human Resource Development National Taiwan Normal University, ¹Institute for Research Excellence in Learning Sciences, ¹Chinese Language and Technology Center.

E-mail : etlab.paper@gmail.com

²國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系 研究生

²Student Department of Technology Application and Human Resource Development National Taiwan Normal University
E-mail : 60771031H@ntnu.edu.tw

摘要

現行教育愈來愈強調動手實作以及將知識結合於生活當中，近年專題導向式學習大量運用於課程中，並以生活中的問題作為來源發想，幫助學習者更能活用課堂知識。STEAM 教育是從 STEM 加入藝術而成，透過藝術當中的創造力可以幫助學生產生突破性的問題解決能力，加入人文素養並改變以往較為冰冷的數理學科。因此本研究課程以專題導向式學習的教學模式，並藉由創意教學技法，讓學習者於學習過程中透過創意解決問題，觀

察學生的實作能力、學習成效以及創造力。

關鍵字：專題導向式學習、STEAM、創意教學技法

Abstract

Education today places increasing emphasis on hands-on experiences and application of classroom knowledge in everyday life by implementing project-based learning. An example, STEAM is a combination Art and STEM that is designed to inspire critical thinking in classrooms by developing student creativity through art engagement and

stimulating interests in the rational world of science and technology. Centered around such education model, this research course implements subject-oriented teaching model and creative teaching techniques to grow independent abilities to learn effectively, develop creativity, and think critically.

Keywords : Project-based learning、STEAM、Creativity teaching skill

壹、前言

我國十二年國民教育中提到，藉由科技領域結合工程教育等綜合課程規劃，並將學習者視為整個學習課程的重心，可以強化學習者的實作能力、跨學科整合以及於各領域間構築起相互運用的橋梁，如科學、數學、工程、科技等整合運用的能力（教育部，2019）。

STEAM 中的藝術主要是透過創意思考讓學習者產生不同的問題解決方法（Pollard, Hains-Wesson, & Young, 2018），透過學習可以提升創意與創造力，幫助學習者增進其問題解決能力以及學習成就（蕭佳純，2016）。Williams 於 1972 年提出創造力的訓練方式，運用教學技法訓練學生的創造力，稱為知情交互模式（Cognitive-Affective Interaction Model, CAIM）。

近年在工程教育上，常以專題導向式學習（Project-based learning, PBL）的課程進行，讓學習者透過團隊討論的方式解決問題，PBL 的問題設計以現實問題為主，可以培養學習者主動學習以及解決問題的能力（Barrows & Tamblyn, 1980）。近年來 PBL 被使用於工程教育以及 STEAM 的課程上，不只

增進學習意義，也增強學生的整合能力、知識概念、實作技能等與生活實際相關的能力（Shojaee, Cui, Shahidi, & Zhang, 2019）。Calkin（2018）以及 Gardiner（2017）等學者提出，將 PBL 教學步驟輔以 Williams 創意教學技法，可以提訓練學生的創造力潛能，實作成品也可透過創意教學技法完成。

實作課程在現今教學現場也經常被提及，市面上有許多可供教學使用的電子零件與機器人等（Banzi & Shiloh, 2014），Arduino 模組不僅價格便宜，操作上較為簡便，對學習者的認知負荷較低，亦有助於學生學習（Grubbs & Strimel, 2015）。

本研究因應十二年國教課程綱要設定，於國中九年級教授電與控制、產品設計以及動力科技，以台灣的海島背景作為出發，設計以「船」為主的課程主題，利用 Arduino 電子元件設計出一艘電動船，透過 PBL 的課程模式以及 STEAM 的跨領域知識整合，讓學生學習設計與製作過程中的科學知識，藉由創意教學技法讓學生在問題解決、製作成品時產生不同的成果，最後實作出一艘電動船。因此本研究的研究目的如下：

1. 設計一套運用 PBL 的 STEAM 實作課程。
2. 探討學生運用創意教學技法之學習成效與實作能力。
3. 探討後續創意教學技法課程設計規劃。

貳、文獻探討

一、專題導向式學習

（一）專題導向式學習的定義

PBL 起源於建構主義，PBL 具有以下幾個優點(Baral, Rahman, & Kifor, 2018)：透過學生積極參與，讓學習者建構學習空間 (Makrakis & Kostoulas-Makrakis, 2016)；討論與定義問題，培養學習者的批判性思考及多層次思考 (UNESCO, 2013)；藉由問題強化認知能力，提升自我學習能力 (Kolmos, de Graaff, & Du, 2009)；透過現實世界問題，協助學習者活用知識(Dobson & Tomkinson, 2012)，近年工程教育中也大量使用 PBL 的教學策略 (Mulder, Ferrer, Coral, & Kordas, 2015)。

(二) 專題導向式課程的設計

本教學實驗的 PBL 教學步驟參考 Pellegrinelli 於 1997 年提出的五個教學步驟，近年也有其他學者採用 (Bravo, Bermudez, & Molano, 2018)：

1. 目標設定

將問題整理並明確的表達出來，教師會給予必要的指引以及發展評量工具。

2. 呈現問題

學習者透過講解獲得概念，使學生培養解決問題的能力與方法，整理出全新的知識。

3. 分組討論

教師會引導學生進行討論，也可以透過練習，提升教學效果，增加思考能力。

4. 觀察討論

教師觀察學生的討論狀況，引導學生克服困難。

5. 提出建議

透過總結幫助學生清楚瞭解如何解決問題。

PBL 的教學模式獲得許多學者的認可，學習者藉由團隊合作，可以提升學習概念 (Alves et al., 2019)，學習者沉浸在真實的學習環境中，在面對問

題時，帶領學習者創新並生成解決問題的能力 (Grant & Branch, 2005)。對於許多工程教育而言，PBL 做為學習策略非常具有挑戰性 (Fini, Awadallah, Parast, & Abu-Lebdeh, 2018)。

二、STEAM

(一) STEAM 的意義

近年隨著產業升級以及工業 4.0 的出現，為滿足未來產業需求，原本的 STEM 中被加入了藝術 (Art) 成為 STEAM (Shatunova, Anisimova, Sabirova, & Kalimullina, 2019)，透過藝術帶來的創意思考並呈現於解決問題的過程中 (Kuo, Tseng, & Yang, 2019)。STEAM 之藝術內涵可以協助學生獲得未來社會所需的兩種技能：批判性思考和創造性思考 (Harris & de Bruin, 2017)。STEAM 可以增進學習者應用生活中的科學知識，提升學習成就；藝術可以藉由人文氣息，創造出可被社會運用的事物，藉由不同學科之間的輔助，發展動手實作、解決問題等相關技能 (Hsiao, Chen, Lin, Zhuo, & Lin, 2019)。

(二) STEAM 實作

工程教育與科學教育之間如果產生鴻溝，會使學習者其失去信心 (Kim & Park, 2012)。STEAM 教學可提高學習效果，許多研究表示將藝術與傳統課程搭配可以強化學習成效以及創造力 (簡佑宏、朱柏穎、簡爾君, 2017; Henriksen, 2014)，實作能力幫助學生運用各種學科，透過實作課程統整各學科 (Shanshan, Xiaojun, & Chengbin,, 2017)。科學知識與生活經驗結合，可以產生與眾不同的新事物，在功能與價值上突破傳統 (Ghanbari, 2015)。

(三) PBL 與 STEAM

知識和技能被視為一個國家科學和技術發展的重要推動力 (Shojaee et al., 2019)，透過 PBL 課程進行 STEAM 教育不僅增加學習意義，也增強學生的學習傾向、概念、技能以及未來職業生涯系統(Shojaee et al., 2019)。

過去有研究指出設計 STEAM 的 PBL 課程可以加強學生的團隊合作與溝通 (Kuo et al., 2019)，並增加解決現實問題的經驗 (Baran & Maskan, 2010)。因此，藉由 PBL 實施的 STEAM 教育已成為許多人的首要目標，許多國家都希望精進 STEAM 領域的人才，透過高教育水準的教學者在這些領域進行教學 (EU Skills Panorama, 2014)。

三、創造力

(一) 創造力在工程教育的含意

創造力牽涉非常廣泛，屬於突破性的思考邏輯，創造力屬於未來的經濟傾向 (Rosenstock & Riordan, 2017)，創造性的問題解決能力以及獨創性十分重要 (Bakhshi, Downing, Osborne, & Schneider, 2017)。過往台灣的工程教育，重視成績與測驗，導致學生的學習意願低落 (林坤誼, 2018)。現今的工程教育，重視垂直整合思考，卻忽略水平發散的廣度 (Cropley, 2016)。創造力可藉著訓練提升，且能夠培養學生流利、新穎且縝密的思考 (Beghetto, 2016)。

(二) 創意教學技法

Williams 提出一套創意教學技法以及如何施展創造性教學，稱為知情交互模式。本研究課程採用的教學技法是以 PBL 的五個步驟為分界，在不同的教學步驟使用不同的技法，並與數位專家討論與運用於 PBL 各階段之創意教學技法。

綜合上述文獻，STEAM 實作課程使用 PBL 教學模式逐漸被大眾接受，藝術所帶來的創造力更是現代經濟所必須具備的能力，透過創意教學技法可以培養學習者的創意以及問題解決能力。因此，本課程研究將討論使用創意教學技法的 STEAM 實作課程對學習者的知識運用、創造力以及實作能力之影響。

參、研究方法

本研究以準實驗研究，研究對象為桃園市某市立國中之九年級學生，選取約 400 人參與本研究課程。已學過 Arduino 電子元件課程，學科知識方面則學過物理的浮力、力與運動，數學的重心等內容。按照班級均分為實驗組以及對照組，研究架構如圖 1 所示。

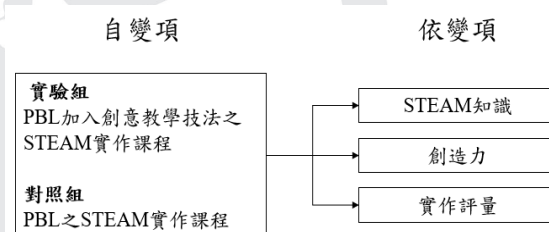


圖 1 研究架構圖

一、電動船實作課程設計

本課程分為三個階段，以下針對課程內容進行說明：

- (一) 第一階段：學習電動船的學科知識以及電動船使用的 Arduino 電子元件，最後讓學生學習電動船的設計概念與原理並繪製設計概念草圖。此階段課程會進行三週。
- (二) 第二階段：整理每個小組的電動船設計方案，針對其設計草圖進行修正，完成電動船的程式以及提出作品設計草圖。此階段課程會進行三週。

(三) 第三階段：此階段開始組裝電動船，根據第二個階段所提出的設計圖，加入自己的設計元素，紀錄過程中所遇到的問題以及解決方法，修改出自己的電動船作品。本階段課程會進行四週。

二、 PBL 以及創意教學技法

之實作能力課程

本實驗課程的兩個實驗組皆使用 PBL 的課程模式，實驗組再加入創意教學技法，會在 PBL 各階段使用，以下會針對 PBL 的各階段搭配進行說明：

- (一) 目標呈現：習慣改變法，此教學階段屬於探索與定義問題，讓學生改變過去的思考模式有助於其重新整理與探索問題。
- (二) 呈現問題：激發法，呈現問題是 PBL 最重要的環節，讓學生多方面的探索新知識並積極學習，便於引發學生的學習動機。
- (三) 分組討論：探索法，探索法著重在團體討論，滿足探索法以及底下的三個不同的研究法。
- (四) 觀察討論：變異法，此階段教師從旁協助，教師不會主導討論，但是會提供協助。當討論出現瓶頸或是錯誤時，教師可以給予方向，讓學生從不同的角度思考問題。
- (五) 提出建議：情境評鑑法，此階段屬於教師聽取各小組的結果並給予

回饋，採用情境評鑑法，由教師指出其討論的缺點並給予建議。

圖 2 PBL 各階段步驟圖

以下用第一階段加入創意教學技法的方式進行說明：

表一 PBL 階段以及創意教學技法

PBL 階段	創意教學技法
目標呈現	如果船會思考，他希望擁有什麼能力？ 如果抱著一串香蕉，我可以浮起來嗎？
呈現問題	同樣是塑膠，請問保鮮膜跟寶特瓶有什麼不同？請寫出差別。
分組討論	請學生針對氣墊船進行發問，判斷其特徵。
觀察討論	如果選擇某材料，你覺得有沒有其他種材料也可以達成？
提出建議	請設想你們的船隻建造出來之後，能夠達成你們預期的樣子嗎？

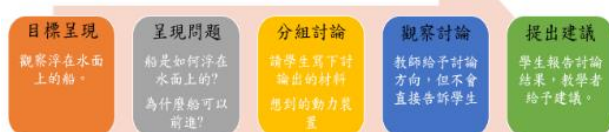
三、 研究工具

(一) STEAM 知識測驗卷

STEAM 知識運用測驗卷於教學活動前、後測各實施一次，測驗題型由一位生活科技教師與研究者共同撰寫。包含 Arduino 電子元件、STEAM 科學原理等兩大部分，題型為選擇題，題目共 20 題。另請三位生活科技老師審查內容與修編，具有內容效度。

(二) 創造力量表

Williams 提出一套創造力組合測驗 (Creativity Assessment Packet, CAP)，可用為評量創造力之工具。國內學者林幸台與王木榮將其修訂完成為威廉



斯創造力測驗 (Williams, 1994)。為配合研究對象的考量，僅取「威廉斯創造性傾向量表」，其信度介於.878~.992。量表共有 50 題，完全符合 3 分，部分符合 2 分，完全不符 1 分，最高 150 分。其中含有 10 題反向題，學生得到之分數越高，代表其創作水平越高。

(三) 實作能力量表

課程結束學生會製作出電動船作品，針對其外型設計、素材選用進行評分。本研究採用 Besemer 與 Trefiger (1981) 發展的創意作品評分矩陣 (Creative Product Assessment Matrix, CPAM) 為實作能力標準，CPAM 由三個不同的向度構成，包含：創新性 (Novelty)、解決方案 (Resolution)、製作與統合 (Elaboration & Synthesis)。每個指標會以 1 至 5 分進行評分，滿分為 45 分，將由研究者以及授課教師進行評比。

肆、 預期成果

本研究預期學習者能夠藉由創意教學技法，在製作作品時，可以理解到電動船所運用的知識，並藉由認識到各種不同設計與外型之船隻，當駐學生在設計時可以選擇使用的材料與外型，幫助學生設計出獨特且具有獨創性的電動船作品。根據過去文獻表示，透過創造力可以提高學習者的問題解決能力以及流利、新穎的想法，相信對提高學生的 STEAM 知識運用、實作能力上，比起僅使用 PBL 教學模式能夠有更好的學習效果，另外也可以藉由特別的實作成品替學習者的帶來樂趣與互動性。

伍、 後續研究

後續研究會探討創造力加入 PBL 的工程教育上，檢視學生透過創意問

題解決能力，學習知識運用與學習成效；實作能力則希望可以藉由創新能力的展現幫助學生作品製作過程以及解決問題，找出學生在過程中尚不足的地方加以改良。可透過加入其他的教學工具輔助，例如虛擬實境設備等，讓學生在學習得過中可以有更多的刺激與促進其思考。

Acknowledgements

This work was financially supported by the “Institute for Research Excellence in Learning Sciences” and “Chinese Language and Technology Center” of National Taiwan Normal University (NTNU) from The Featured Areas Research Center Program within the framework of the Higher Education Sprout Project by the Ministry of Education (MOE) in Taiwan, and sponsored by the Ministry of Science and Technology, Taiwan, R.O.C. under Grant no. MOST 106-2511-S-003-019-MY3, 107-2511-H-003 -046 -MY3 .

參考文獻

一、 中文文獻

- 林坤誼(2016)。虛實 STEM 場域對培養國中生合作問題解決能力的效益。《工程與科技教育學術研討會論文集》，329-342。
- 林坤誼(2018)。STEM 教育在台灣推行的現況與省思。《青年學習期刊》，21(1)，41-48。
- 張玉山(2018)。STEAM Maker 跨域整合，實踐 12 年國教。《臺灣教育評論月刊》，7(2)，1-5。
- 教育部(2019)。十二年國民基本教育

課程綱要。

蕭佳純 (2016)。教師創意教學發展之縱貫性研究。《特殊教育研究學刊》。
簡佑宏、朱柏穎、簡爾君 (2017)。STEAM 取向之 Maker 教學。《中等教育》，68 (2)，12-28。

二、英文文獻

- Alves, A. C., Moreira, F., Carvalho, M. A., Oliveira, S., Malheiro, M. T., Brito, I., Leão, & Teixeira, S. (2019). Integrating Science, Technology, Engineering and Mathematics contents through PBL in an Industrial Engineering and Management first year program. *Production*, 29, 1-19.
- Bakhshi, H., Downing, J. M., Osborne, M. A., & Schneider, P. (2017). *The future of skills: Employment in 2030*. London: Pearson.
- Baral, L. M., Rahman, M. F., & Kifor, C. (2018). Problem Based Learning (PBL) for the Sustainability of Textile Engineering Education-Bangladesh Perspective. In *7 th International Research Symposium on PBL*, (7), 159-170.
- Baran, M., & Maskan, A. (2011). The effect of project-based learning on pre-service physics teachers electrostatic achievements. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 5(4), 243-257.
- Beghetto, R. A. (2016). Creative learning: A fresh look. *Journal of Cognitive Education and Psychology*, 15(1), 6-23.
- Besemer, S. P., & Treffinger, D. J. (1981). Analysis of creative products: Review and synthesis. *The Journal of Creative Behavior*, 15(3), 158-178.
- Cropley, D. H. (2016). Creativity in engineering. *Multidisciplinary contributions to the science of creative thinking* (pp. 155-173). Singapore : Springer
- Fini, E. H., Awadallah, F., Parast, M. M., & Abu-Lebdeh, T. (2018). The impact of project-based learning on improving student learning outcomes of sustainability concepts in transportation engineering courses. *European Journal of Engineering Education*, 43(3), 473-488.
- Ghanbari, S. (2015). Learning across disciplines: A collective case study of two university programs that integrate the arts with STEM. *International Journal of Education & the Arts*, 16(7), 1-21.
- Grant, M. M., & Branch, R. M. (2005). Project-based learning in a middle school: Tracing abilities through the artifacts of learning. *Journal of Research on technology in Education*, 38(1), 65-98.
- Harris, A., & de Bruin, L. (2017). STEAM Education: Fostering creativity in and beyond secondary schools. *Australian art education*, 38(1), 54-75.
- Henriksen, D. (2014). Full STEAM ahead: Creativity in excellent STEM

- teaching practices. *The STEAM journal*, 1(2), 15-24.
- Hsiao, H. S., Chen, J. C., Lin, C. Y., Zhuo, P. W., & Lin, K. Y. (2019). Using 3D printing technology with experiential learning strategies to improve preengineering students' comprehension of abstract scientific concepts and hands-on ability. *Journal of Computer Assisted Learning*, 35(2), 178-187.
- Kim, Y., & Park, N. (2012). Development and application of STEAM teaching model based on the Rube Goldberg's invention. In *Computer science and its applications*. Springer, Dordrecht.
- Kuo, H. C., Tseng, Y. C., & Yang, Y. T. C. (2019). Promoting college student's learning motivation and creativity through a STEM interdisciplinary PBL human-computer interaction system design and development course. *Thinking Skills and Creativity*, 31, 1-10.
- Makrakis, V., & Kostoulas-Makrakis, N. (2016). Bridging the qualitative–quantitative divide: Experiences from conducting a mixed methods evaluation in the RUCAS programme. *Evaluation and Program Planning*, 54, 144-151.
- Mulder, K., Ferrer, D., Coral, J. & Kordas, O. 2015. “Motivating students and lecturers for education in sustainable development.”, *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 16(3), 385-401.
- Shatunova, O., Anisimova, T., Sabirova, F., & Kalimullina, O. (2019). STEAM as an Innovative Educational Technology. *Journal of Social Studies Education Research*, 10(2), 131-144.
- Pellegrinelli, S. (1997). Programme management: organising project-based change. *International Journal of Project Management*, 15(3), 141-149.
- Rosenstock, L., & Riordan, R. (2017). Changing the subject. *Nurturing creativity in the classroom*, 3-5.
- Shanshan, L., Xiaojun, W., & Chengbin, Q. (2017, October). Training students' practical and innovation ability in hardware experiment. In *2017 IEEE Frontiers in Education Conference* (pp. 1-5). IEEE.
- Shojaee, M., Cui, Y., Shahidi, M., & Zhang, X. (2019). Validation of the Questionnaire of Students' Attitudes toward STEM-PBL: Can Students' Attitude toward STEM-PBL Predict their Academic Achievement? *Psychology*, 10, 213-234.
- Williams, F. E. (1972). *Identifying and measuring creative potential*. New Jersey : Educational Technology Publicaton.