

運用 6E 模式發展在 Makerspace 環境中的 STEM 教學活動之研究

Research of Developing STEM Activity with 6E Model in Makerspace

蕭顯勝，陳政翰，林奕維，林建佑*

國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系

* fox0710@gmail.com

【摘要】 Maker 風潮席捲世界，許多學校開始引進各種設備建置 Makerspace 環境，因此發展適合在此環境中運用的教學活動，將成為未來教學的重點。本研究以高中基礎物理「能與能量」為課程基礎，利用 STEM 設計教學-小型風力發電機課程，在 Makerspace 環境中使用 6E 參與模式引導學生實作學習。先導研究結果顯示學生在使用本研究發展之課程後對學生實作能力有所幫助，相關研究結果將做為後續課程改進及實施之依據。

【關鍵字】 自造者；自造者空間；STEM 教學；6E 模式

Abstract: With the Maker trend began sweeping the world, many schools introduced a variety of devices to build Makerspace environment. Therefore, developing suitable learning activities in this environment will be the future focus of teaching. This study developed a STEM learning activity by 6E model, and this activity was based on the senior high school Physic course- "Energy". Students followed the 6E procedures to design and produce products with equipment in Makerspace. According to the research results, related findings will serve as a basis for curriculum improvements in the future.

Keywords: Maker, Makerspace, STEM, 6E model

1. 前言

Maker，譯為自造者、創客，Makerspace（自造者空間）已被各級學校、公共圖書館、博物館所接受並引進（Meyer & Fourie, 2015; Brady, Salas, Nuriddin, Rodgers, & Subramaniam, 2014; Buerkett, 2014; Daley & Child, 2015; Pryor, 2014），此空間中具有多樣化的設備，如雷射切割機、3D 印表機、縫紉機、電子電路、CNC、拉坯機、石磨機等設備（Moorefield-Lang, 2014; Pryor, 2014）。利用電子、機電、機械、3D 列印、鑄造、木工、設計軟體等技術拼湊以 DIY 的方式產生出作品。

Maker 概念結合課程活動能激發學生的想像力，實作教育及製作東西不只能提高創造性、解決問題的能力還有協調性及自我表現能力，也能同時提高學生對 STEM 的興趣，並提升往工程類科系、就業發展的興趣（Rees, Olson, Schweik, & Brewer, 2015）。

STEM 由科學、科技、工程及數學等四個學科內容整合而成，並非單純將四個學科的知識毫無邏輯的組合與堆疊，而是應提供一個包含多種學科知識、複雜但與現實情境接近的學習情境，協助學生透過工程設計及科學探究的歷程，將自身之概念性或程序性的知識加以整合，進而培養出問題解決的能力及創新設計的能力（Kelley, 2010）。

本研究設計「設計小型風力發電機」的 STEM 課程，引導學生運用 Makerspace 中的設備，依循 6E 模式逐步思考、發想設計到實踐。以高中基礎物理「能與能量」課程為基礎，結合電學、力學概念教導學生發電原理、風扇轉動原理、發電量計算、電子儀器使用。利用 Makerspace 中的軟體、設備工具讓學生透過實作，運用科學知識、數學計算能力解決問題、驗證知識內容，達到教學目標。

2. 文獻探討

2.1. STEM 課程設計

STEM 教學是相互整合的一種教學方式，強調學生在學習時能夠主動思考並主動建構科技、科學、工程與數學間彼此的相互關係。STEM 跨領域統整教學其本質除講求整合學習外，亦強調在真實情境中的歷程，促使學習者能隨時將整合知識進行理解與應用（羅希哲、蔡慧音和曾國鴻，2011）。

美國國際科技與工程教師學會（International Technology and Engineering Educators Association; ITEEA）所提出的 6E 參與模式為參與（engage）、探索（explore）、解釋（explain）、實作（engineer）、深化（enrich）、評量（evaluate）（Burke, 2014；Barry, 2014）。

2.2. 實作能力

科學知識的教學過程中應該要讓學生有目的性的規劃，了解如何將科學知識應用於實作中，並讓學生在設計過程中自我反省，以深化科學知識的應用，進而解決面臨的問題（Petrina, 2007），透過做中學的策略整合理論與實務是學習科學過程中最好的一個步驟及方法。

本研究採用 Besemer & O'Quin(1999)發展的 Creative Product Assessment Matrix (CPAM) 為實作作品評分標準，CPAM 由三個項度構成，創新性（Novelty）內含原創性（Original）和驚奇性（Surprise）兩個指標；解決方案（Resolution）內含價值性（Valuable）、邏輯性（Logical）、有用性（Useful）和可理解性（Understandable）四個指標；製作與統合（Elaboration & Synthesis）內含基本品質（Organic）、精緻程度（Elegance）和良好手藝（Well-crafted）三個指標。

3. 研究方法

3.1. 研究對象

本研究於新北市某高中以工作坊（Workshop）實施教學活動。參與學生採自願報名，人數共 8 位，年齡在 16 至 17 歲之間，均未曾上過有關 STEM 整合的相關課程，也未接觸過 3D 建模軟體及 3D 列印。

3.2. Makerspace 教學環境

本研究教學環境為該校既有之 Makerspace 環境，整體空間約為 50 坪（165m²），教室配有電子白板、投影機、桌上型電腦、電動工具、手工具；教學內容主要讓學生思考風力發電機原理與葉片之間的關係。使用的 3D 建模軟體為 SolidWorks、3D 印表機輸出作品，輸出完畢，學生可利用工具進行作品修飾及調整並測試。

3.3. 小型風力發電機 STEM 教學活動設計

本研究以高中基礎物理「能與能量」為主題，透過整合知識學習的方式，讓學生透過對舊有知識搭配日常生活觀察經驗並透過實作呈現觀察的方式完成本次的教學任務。本次教學課程設計對應 STEM 知識如表 1。

表 1 小型風力發電機 STEM 學習概念之架構

S 科學	T 科技	E 工程	M 數學
牛頓第二運動定律	組裝能力	電腦製圖	轉速運算
能量與力	手工具或機具使用	材料運用	電量轉換
視覺空間概念	創意設計	工業設計	基本量測
基本電學	產品測試及修正	產品設計	角度換算
能力守恆與轉換	能源與動力		幾何觀念

本研究之教學活動的發展依循 6E 模式進行，設計教案的同時也參考教學目標、配合 STEM 知識內涵、實作技能要項以及合作問題解決策略進行發展。圖 1 為風力發電機 6E 教學模式，

在 6E 流程中教師主要扮演引導及解惑之角色，學生則完成各階段任務並產出成果。

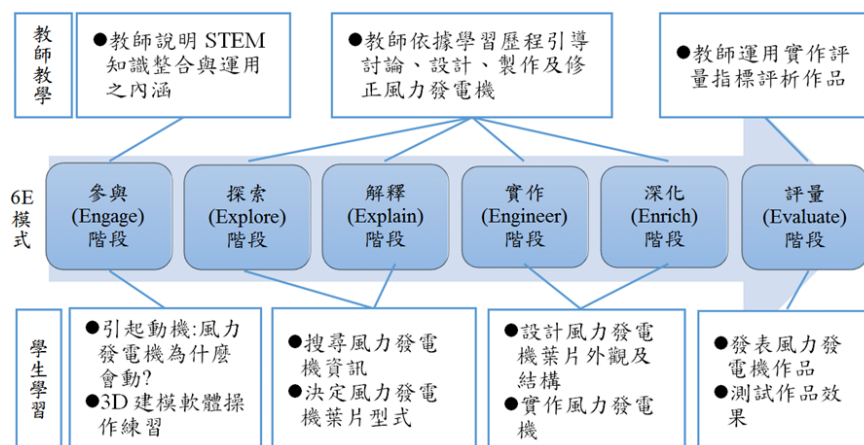


圖 1 風力發電機 6E 教學模式

4. 研究結果與討論

4.1. 學生實作能力

實作能力之評量由研究者及授課教師共同進行，評分者依據學生的作品進行評分，為確保評分一致性，將評分者所評定之分數進行信度考驗，除原創性項目因讓學生由基礎風車扇葉模型進行修改，故不進行評分外，所有項目之相關係數均達高度相關。

學生實作能力分項分數如表 2 所示，各項度滿分為 5 分，由表可知學生在實作能力之表現分數都 3.5 分以上，顯示學生在此教學環境中進行 6E 模式進行 STEM 課程學習，作品均有良好表現，以下就各評分項目進行探討。

表 2 教學者與研究者實作之平均分數

評分項目	平均分數	評分標準
驚奇性 (Surprise)	3.63	作品設計是否擁有創意、獨創、驚奇性
價值性 (Valuable)	3.50	作品是否可達到最好的發電效率
邏輯性 (Logical)	3.63	作品設計是否考慮影響風力發電發電效率等問題
有用性 (Useful)	3.81	作品是否可以順利運作
可理解性 (Understandable)	4.00	設計理念是否可讓大眾清楚了解
基本品質 (Organic)	4.63	作品可以組裝順利、成功運轉
精緻程度 (Elegance)	4.25	作品加工程度是否精細
良好手藝 (Well-crafted)	4.31	觀察學生在操作工具設備時是否有符合工作流程

5. 結論與建議

本研究設計一套 Makerspace 結合 STEM 整合課程教學活動，透過工作坊形式進行教學實驗，研究對象為新北市某高中高一、高二學生，共進行十小時工作坊課程。

學生在知識上透過實作過程了解關於馬達內部結構及運作方式、動能轉電能的概念、扇葉與風力發電機之關係；在技能則學習利用 3D 建模軟體及 3D 印表機進行產品輸出，從中學習空間概念、軟體應用、硬體操作流程及故障排除。學生對 Makerspace 及創新教學均有極高滿意度，顯示本研究發展之教學活動具有持續深化應用之價值。

本次工作坊時間較短，限制學生創意發想的機會，無法將軟體應用技術深化將更多的理想與構想實體化；且 3D 列印所需時間較長，無法讓每位學生都能將所有作品印出進行測試。

Wu, Y.-T., Chang, M., Li, B., Chan, T.-W., Kong, S. C., Lin, H.-C.-K., Chu, H.-C., Jan, M., Lee, M.-H., Dong, Y., Tse, K. H., Wong, T. L., & Li, P. (Eds.). (2016). *Conference Proceedings of the 20th Global Chinese Conference on Computers in Education 2016*. Hong Kong: The Hong Kong Institute of Education.

未來在課程設計將安排更多設計與製作時間，使學生在過程中得以盡情發揮想像力與創造力，進行產品的設計與修正，再輔以各種工具使用技巧，相信對學生的實作能力發展會更有幫助。

Acknowledgment

This research is partially supported by the “Aim for the Top University Project” and “Center of Learning Technology for Chinese” of National Taiwan Normal University (NTNU), sponsored by the Ministry of Education, Taiwan, R.O.C. and the “International Research-Intensive Center of Excellence Program” of NTNU and Ministry of Science and Technology, Taiwan, R.O.C. under Grant no. MOST 103-2511-S-003-051-MY3, 103-2511-S-003-064-MY3, 104-2511-S-003-041-MY3, 104-2622-S-003-001-, 105-2811-S-003-003.

參考文獻

- 羅希哲，蔡慧音和曾國鴻（2011）。高中女生 STEM 網路專題式合作學習之研究。高雄師大學報：教育與社會科學類，30，41-61。
- Barry, N. B. (2014). The ITEEA 6E Learning by DeSIGN™ Model. *Technology and Engineering Teacher, March*, 14-19.
- Besemer, S. P., & O'Quin, K. (1999). Confirming the Three-Factor Creative Product Analysis Matrix Model in an American Sample. *Creativity Research Journal, 12*(4), 287-296. doi: 10.1207/s15326934crj1204_6
- Brady, T., Salas, C., Nuriddin, A., Rodgers, W., & Subramaniam, M. (2014). Makeability: creating accessible makerspace events in a public library. *Public Library Quarterly, 33*(4), 330-347.
- Buerkett, R.S. (2014). Make it so: you can start a maker club at your school library!. *Teacher Librarian, 41*(5), 17-20.
- Burke, B. N. (2014). The ITEEA 6E Learning by DeSIGN™ Model, Maximizing Informed Design and Inquiry in the Integrative STEM Classroom. *Technology and Engineering Teacher, 73*(6), 14-19.
- Daley, M. & Child, J. (2015). Makerspaces in the school library environment. *Access, 29*(1), 42-49.
- Kelley, T. R. (2010). Staking the claim for the ‘T’ in STEM. *The Journal of Technology Studies, 36*(1), 2-11.
- Meyer, A. & Fourie, I. (2015). What to make of makerspaces?. *Library Hi Tech, 33*(4), 519 -525.
- Moorefield-Lang, H. (2014). 3-D printing in your libraries and classrooms. *Knowledge Quest, 43*(1), 70-72.
- Petrina, S. (2007). *Advanced teaching methods for the technology classroom*. Hershey: PA: Information Science Publishing.
- Pryor, S. (2014). Implementing a 3D printing service in an academic library. *Journal of Library Administration, 54*(1), 1-10.
- Rees, P., Olson, C., Schweik, C. M., & Brewer, S. D. (2015, June). Work in Progress: Exploring the Role of Makerspaces and Flipped Learning in a Town-Gown Effort to Engage K12 Students in STEAM. Paper presented at the 122nd American Society of Engineering Education’s Annual Conference.