

科技與人力教育季刊

106年9月號

第四卷第一期

- ◎ 結合擴增實境與運算思維之雷切教具於
排序演算法的學習成效分析..... 01-14
- ◎ 四年級自然與生活科技之擴增實境探究式學習教案設計
——以昆蟲單元為例.... 15-28
- ◎ 探討內控型人格特質、組織創新文化對
激勵員工創新行為之影響..... 29-45
- ◎ 從STEM觀點教導造型磁鐵之探討..... 46-62
- ◎ STEAM理論融入國小科技實作的活動設計：
橡皮筋動力車向前衝..... 63-75

結合擴增實境與運算思維之雷切教具於排序演算法的學習成效分析

The Effectiveness of Integrating Augmented Reality with Laser-Cutting Instructional Tools for Learning the Computational Thinking of Sorting Algorithms

許庭嘉*、陳子潔、施詠恬、邱于軒、王韻茹、諸恩琳、張韶宸

國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系

* ckhsu@ntnu.edu.tw

摘要

本研究結合實體排序模型與擴增實境(Augmented Reality, AR)系統，使用雷切設計一套讓學生動手操作的軟硬體兼備之教具，訓練學生電腦化思考(Computational Thinking, CT)及學習基礎排序演算法，期望此教具與學習方法能提升學生的學習成效。希望學生親自透過教具的探究式學習，與擴增實境輔助學習系統提供即時的輔助及引導，來習得氣泡排序法、選擇排序法、插入排序法的邏輯規則與差別。研究結果發現此學習方法不僅能夠幫助學習者提升學習成效，同時也為學生帶來高度的學習滿意度與愉悅度。

關鍵字：電腦化思考；擴增實境；滿意度；排序演算法；教具

壹、研究背景

排序演算法在電腦科學與數學中，是一個能將一串資料依照特定排序方式進行排列的一種演算法。而電腦化思考(Computational Thinking, 簡稱 CT)是將問題分析出數個特點，再加以解決的過程，例如邏輯排序、資料分析、運用固定步驟創造出問題的解決方法，運用該能力解決具複雜或開放性的問題(Barr & Stephenson, 2011)。排序演算法即電腦化思考中的基礎，無論是在電腦邏輯抑或是電腦程式語言皆需要排序演算法作為最基礎的知識，經過層迭累加，進而演化成更複雜的電腦化思考。

近年來 CT 受到資訊領域的重視，舉凡任何排序演算、電腦語言、資料分析等電腦虛擬運作方式皆需要運用到 CT 能力，此研究即是讓初學者在初次遇到資訊領域課題時，能以輕鬆且娛樂的方法，有效的將知識內化成自己能理解的方式，不同於以往教科書填鴨式的做法，透過做中學，玩中樂的概念，讓學生能在娛樂中學習。同時也有研究指出，學生應用 CT 教具進行學習時，因為工具特殊的操作模式，提供了學生特別的思考方法，得以提升創造層次的思考表現，學生也願意使用教具進行學習(李昀軒，2011)，最後的 CT 概念學習成績在充分的時間學習後也顯著升高(Atmatzidou & Demetriadis, 2015)。

然而大多數人在學習 CT 時，可能受限於市面上遊戲的限制或缺失，造成學習過程未能理解最原始的資訊理論及電腦規則，更有研究調查顯示，教育性遊戲在學習程式語言等相關知識時，大多沒有為學生設計好 CT 能力的訓練，而只注重在學習解題方法(Kazimoglu, Kiernan, Bacon, & Mackinnon, 2012b)。可見遊戲或教具在設計上，除了要提供好的邏輯思維方向外，應該以引導與帶領的方式，而不是一味地將知識灌輸，導致學習者只學會解題的方法，而不能應用於其他層面，在未來遇到進階的程式語言和電腦邏輯思考時，更無法將初級階段學習的知識應用於其他面向，那遊戲化教學即失去原本的初衷。

要培養完整的 CT 能力，就應該由基本的排序演算法學起，無論是在電腦邏輯抑或是電腦程式語言皆需要演算排序法作為基礎知識，經過層迭累加，演化成更複雜的電腦化思考，因此排序演算法在資訊科技領域有相當程度的地位和價值。現在市面上排序教學，幾乎都是以簡報動畫教學為主，未能讓學習者將虛擬的概念實體化，因此學習者可能未能有良好的學習效果，以市面上氣泡排序、選擇排序、插入排序簡報為例(圖 1、圖 2 及圖 3)。本計畫將把

排序演算法實體化，透過實體排序模型，讓學習者利用觸摸真實玩具學習，增加學習動機和效果。

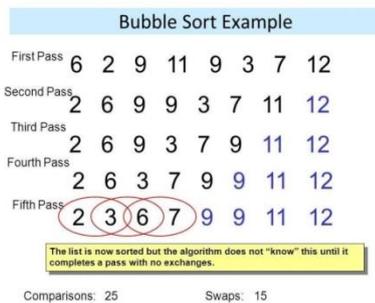


圖 1、氣泡排序法簡報

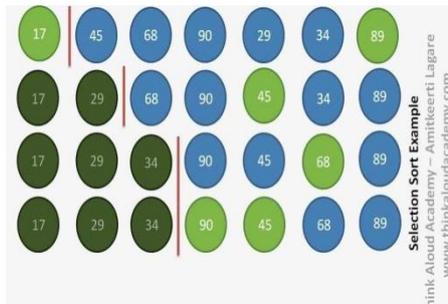


圖 2、選擇排序法簡報

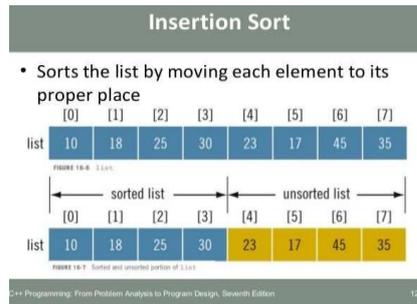


圖 3、插入排序法簡報

近年智慧型手機與平板電腦等行動載具日益普及，結合發展迄今已經十餘年的擴增實境 (AR) 技術，可應用的層面可說是越來越廣泛。例如遊戲媒體、教學軟體、展覽導覽系統、雜誌書籍、產品包裝或是商業活動等。擴增實境特點就是不把人的感官抽離，而是在真實空間中加入虛擬物件，並額外加上一些資訊互動，結合感官經驗。因此若模型加上 AR 系統，就能透過真實情境輔助學習，學生將更能理解其抽象概念，將原本排序演算法中屬於抽象的概念，透過與實體模型的結合，轉換為真實能看見的內容，相信在學習上就能有所突破。市面上有許多透過 AR 學習的教材，能實際呈現應用於生活中，以臺灣師範大學與萬芳高中合作的擴增實境 APP 把教科書知識變立體為例(圖 4)，將實體物件加上虛擬提示，將有效提升學生學習動機，讓學習翻轉。本教材將實體教具與 AR 結合，虛擬與實體結合，將排序演算法的虛擬概念加上 AR 系統，增加學習的豐富性與多元性，更能將實體教具所不能提供的講解與理論教材，透過 AR 動畫或影片輔助，提升學習效果。

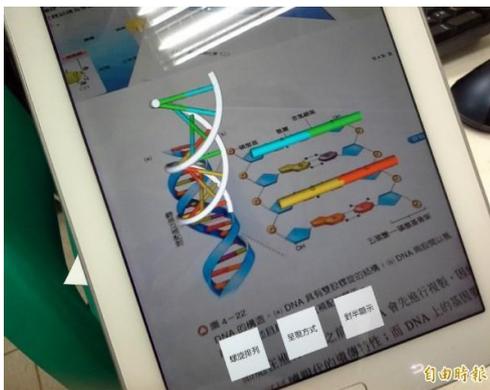


圖 4、教科書融入 AR 知識變立體

綜合以上論點，本研究針對 CT 中的重要概念—排序演算法，設計一組產品包括實體模型教具與輔助教學的擴增實境(AR)系統，讓學生透過動手操作來強化排序演算法的邏輯運算思維，揣摩知識中的概念及法則，有效理解其中的概念原理。教具結合擴增實境資訊，提供學習者具體的學習及操作物件，因應需求再存取擴增實境資訊，就像於情境式學習中學生可以透過實際操作的經驗學習事物(Hart, Mulhall, Berry, Loughran, & Gunstone, 2000)。過去研究指出知識間如果具有關連性，將適當的情境結合才能成為有意義的知識(林吟霞、王彥方，2009)。情境式學習提供學生一個模擬或真實的環境，改善傳統單調的學習模式，在真實情境中，更可以透過 AR 來達到輔助學生學習。本研究計畫的系統將針對主題任務提供學生即時擴增實境的操作指引，輔助學生在學習過程中發現幾個不同排序演算法之間邏輯及差異，探討學生的使用滿意度、愉悅度和學習成效。

貳、文獻探討

一、電腦化思考(Computational Thinking, CT)

早在 1996 年，創立 Logo 程式語言的美籍數學家，Papert (1996)使用「電腦化思考(CT)」一詞在他的數學教育研究中，提出 CT 的目的便是將思想觀念構架得像歐基裡德提出的(邏輯架構)一樣，而且期望能更容易理解、通融性廣，但是尚未能夠詳細解釋電腦化思考的定義(Papert, 1996)。Wing (2006)在美國《Communications of the ACM》雜誌中，定義「Computational Thinking」一詞，指出 CT 包含解決問題、設計系統與瞭解人類行為，將電腦科學基礎理論圖形化表示，不只限於電腦科學家所學以致用，也代表每一人的知識分佈架構。

CT 是學習社會中各種計算方法的過程，運用電腦科技工具學習並推導出自然系統與人造工程的程式，大眾普遍應該具備此概念，也是每個孩子在學校學習到的分析能力中都應該包含的(Voogt, Fisser, Good, Mishra, & Yadav, 2015)。CT 概念是約定俗成的，需要經過電腦程式的形式與架構探討，並不是創意發想而來(Michaelson, 2015)；同時，Tran 和 Nathan (2010)也指出 CT 的用意不只是撰寫程式，如同語文識字不僅僅是為了寫作。

自從 ICT(Information and Communication Technology)教育在許多國家受到重視，課程中多使用 CT 為教學基礎，還有電腦科學教育上。有研究以大一學生為物件設計以 CT

為教育基礎的課程，介紹電腦相關的應用程式，最後指出學習電腦化思考概念後，學生的認知負荷程度下降，學生學到的 CT 能力對問題解決能力產生相似的影響(Park, Song, & Kim, 2015)。然而目前將 CT 融於教育中的研究還是不多，因此比起訓練電腦科技技術能力，更需要研究設計如何訓練學生 CT 能力。研究指出發展 CT 能增加學生處理複雜的問題，也指出需要研究設計以電腦程式為學習工具，發展更深層的電腦化思考方法(Voogt et al., 2015)。

二、擴增實境(Augmented Reality, 簡稱 AR)

擴增實境是將事物的虛擬資訊以影片、圖像或文字的形式，維持人的感官與實際景物的關聯性，實現于現實的新科技(Behzadan, Timm, & Kamat, 2008)。AR 能擴大並增加實際場景所擁有的豐富學習內涵，達到情境式學習的效果。技術應用層面也越來越廣，例如在數學、機械、醫學、物理、幾何學、地理等領域知識的體驗(Martín-Gutiérrez et al., 2010)，或甚至遊戲媒體、導覽系統、雜誌書籍、產品包裝、商業活動等設計中(Kuo, Lin, Shen, & Jeng, 2004)，以不同的體驗方式，探索不同的資訊內涵，而透過 AR 系統的畫面資訊，讓使用者在同一個空間同時接收真實與虛擬的資訊(Azuma, 1997; Narzt et al., 2006)。

AR 近期在教學領域中獲得許多關注，多種為學習設計的 AR 系統也已開發並照實驗室設定進行實證研究的測試(Cuendet, Bonnard, Do-Lenh, & Dillenbourg, 2013)。有研究中提到 AR 的三個主要特色為：(1)結合虛擬與真實世界；(2)能做到即時的互動；(3)在三度空間中運作(Azuma, 1997)。比起投影片學習時的程度，AR 系統更能增加學生學習與教學的吸引力、效率(Kesim & Ozarslan, 2012)、注意力與滿足感(Di Serio, Ibáñez, & Kloos, 2013)。另一研究指出對空間能力中等以上學生來說，應用擴增實境輔助教學雖然沒有提高學習成效，但增加了學生間之互動、提高個人學習動機及上課興趣(Lin, Chen, & Chang, 2013)。以東京書籍推出的支援 AR 技術的英語對話教材為例(圖 5，圖片引自東京書籍)，更有醫學書即使用 AR 作為輔助教學(圖 6，圖片引自 ict-in-education)，可見 AR 輔助學習將成為未來一大趨勢。



圖 5、AR 技術的英語對話教材

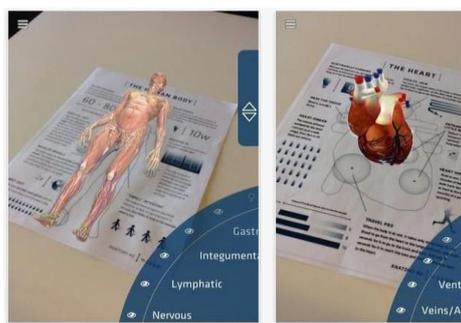


圖 6、醫學書使用 AR 作為輔助教學

三、遊戲式學習(Game-based learning, 簡稱 GBL)

遊戲已經是一種常見的教學工具，特別對年輕族群來說，遊戲具有易參與性和誘導的本質。有研究發現，遊戲式學習是一個有效的學習媒體(Rieber, 2005; Erhel & Jamet, 2013)，在玩的同時幫助學生獲得知識(Gee, 2003)。與傳統以老師為中心的學習模式相比，遊戲式學習更能引起學生的主動性和課堂參與程度(Sung & Hwang, 2013)，有效提升學生的成就、參與度及課堂氣氛(Wang, 2015)，也讓學生對知識的記憶保留時間拉長，更能理解學習內容的價值(Brom, Preuss, & Klement, 2011)。

遊戲式學習也可以進一步的跟科技結合，成為數位遊戲式學習(Digital game-based learning)(Prensky, 2003)。數位元遊戲式學習結合了高科技，為使用者帶來新奇的學習經驗(Hsu, Wu, Huang, Jeng, & Huang, 2008)。多媒體和虛擬實境(Augmented Reality, AR)幫助人們模擬出現實情境，也幫助老師傳達知識給學生。

近期，數位遊戲已被廣泛的應用，在許多學科領域，常作為傳授核心知識的輔助工具以吸引和留住學生，尤其在資訊工程學科中特別強調此方法(Kazimoglu, Kiernan, Bacon, & MacKinnon, 2012a)。有研究探討通過玩遊戲時可獲得多少程度的電腦化思考能力，此研究的回饋證實，學生對該遊戲覺得有趣，且該遊戲有利於幫助學生學習初級程式語言的解決問題能力，並提高學習者的學習成效(Kazimoglu et al., 2012b)。

遊戲能幫助學生有效學習，然而其前提是要讓學生有意願使用，因此遊戲除了挑戰性、趣味性等元素外，實用性及易用性也會影響到學生的使用意願(Hou & Li, 2014)。當學習者在學習的過程中感覺無聊時，代表他們並沒有真正在學習，只剩形式上的動作而

已。以上的情形發生時，我們就需要一個更有效率，互動性更佳的學習形式，可以讓我們在學習的過程中，更有參與感(Ballance, 2013)。

因此，本研究計畫將設計 AR 系統輔助實體教具教學排序演算法之觀念，在 AR 學習環境中，記錄學生操作過程與狀況，學生將透過 AR 學習系統引導進行學習，激發學生學習興趣，並提高學生的學習成效。

參、擴增實境排序法操作引導學習系統

本計畫預計採用 3D 列印與雷射切割技術，製作出氣泡排序、選擇排序、插入排序三種排序方法的實體模型，並搭配擴增實境系統，輔助學生操作模型時遇到的問題，與真實情境做連結，加入影像與提示，讓使用者同時查看排序模型的真實情境與虛體 AR 系統的輔助畫面，達到 AR 輔助學習的效果。當學習者在使用排序模型時，拿著行動載具，對排序模型進行拍攝，即會出現排序模型本身與擴增實境的虛擬物件和數位教材，三種內容同時出現，提供學習者額外的資訊輔助學習，實驗情境如圖所示 7。



圖 7、實驗環境與學生實際作業系統之畫面

AR 學習系統中分別包含氣泡排序模型、插入排序模型、選擇排序模型，以排序學習過程為例，利用分階段的流程引導學習者學習，首先學生會拿取正確的模型進行實作演練，當進入 AR 系統內的插入排序學習單元時，AR 系統會確認學習者模型是否拿取正確實體模型，辨識正確即會出現插入排序原理、排序範例、操作說明和練習之選單畫面，學生會先觀看排序

原理文字說明。除了文字說明排序原理外，系統內還設計排序原理動畫說明之功能，學習者可以透過點選進入排序範例，以觀看排序原理的動畫說明，說明學習者能夠連結排序原理文字內容之概念。當知識學習過程結束時，學習者會接續進入模型的操作說明及使用說明書，幫助學習者瞭解後續操作步驟及方式。當學習者完成上述三部分後，即可進入插入排序模型的練習畫面，學習者透過前述步驟所獲得的知識進行題目練習。當學習者未能將前述原理應用于題目時，學習者可以透過 AR 學習系統照攝模型，以獲得即時輔助資訊，說明學生繼續完成練習題目。

肆、實驗設計

此研究物件以大學一年級新生作為施測物件，本次研究共有 34 人參加。學生在尚未接觸任何演算排序法、CT 能力之前，先進行排序試題的前測驗。接續學生開始使用 AR 學習系統，在老師未介紹任何排序理論與法則的情況下，學生可以在 1 小時內自由學習三種排序演算法。隨後，進行後測試提及系統滿意度及愉悅度問卷的填寫，以利後續進行實驗分析，實驗流程如圖 8 所示。

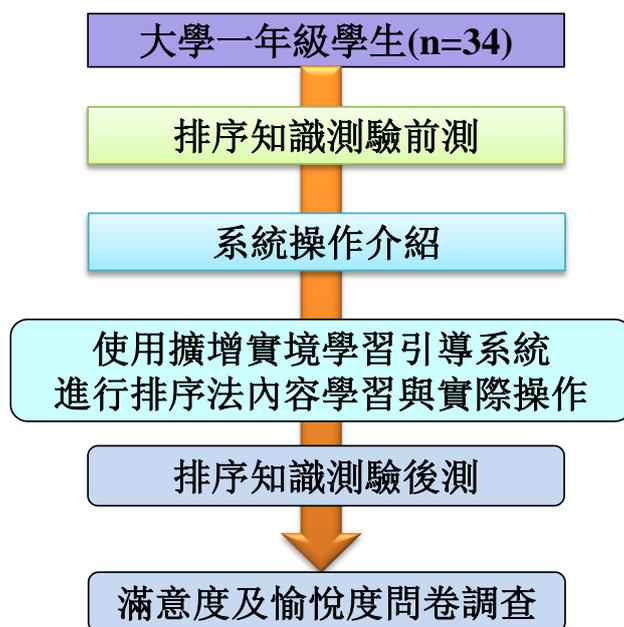


圖 8、實驗流程圖

伍、研究結果及分析

前後測的資料分析結果依照三種排序法進行統計，前測的大一學生都未接觸過氣泡排序法、插入排序法與選擇排序法，在經過一個小時的自由摸索實體教具和 AR 系統過後，學生成績有大幅度的進步，氣泡排序法測驗題答對人數為 16 人，選擇排序法答對人數為 23 人，超越實驗人數的半數，至於插入排序法答對人數為 20 人，也明顯超過實驗人數的半數，如圖 9 所示。由此可見，實體模型搭配 AR 系統學習排序演算法，在經過本次活動學習後，將近半數的學生能從教具內學會和發覺排序演算法的規則與原理，進而在試題測驗時寫出正確答案。

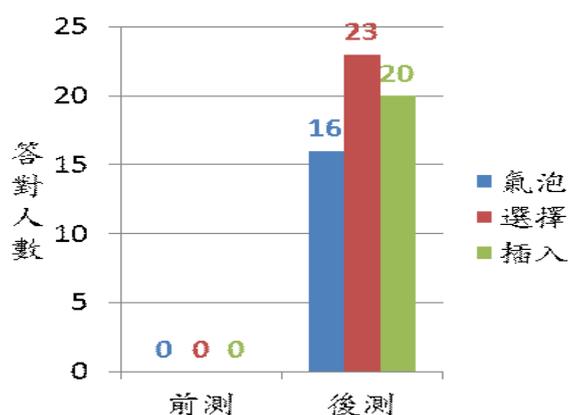


圖 9、前後測實驗物件排序試題答題正確人數統計表(n=34)

問卷是以學生使用教具的遊戲愉悅感受度、整體滿意程度為統計專案，樣本數為 34 人，遊戲愉悅感受度 1 到 10 分，10 分為最高，統計結果 1-5 分 0 人、6 分有 1 人、7 分有 2 人、8 分有 8 人、9 分有 10 人與 10 分 13 人，感受度 8 分以上人數統計結果達 32 人之多，總平均更達 8.94 分，如圖 10 所示。

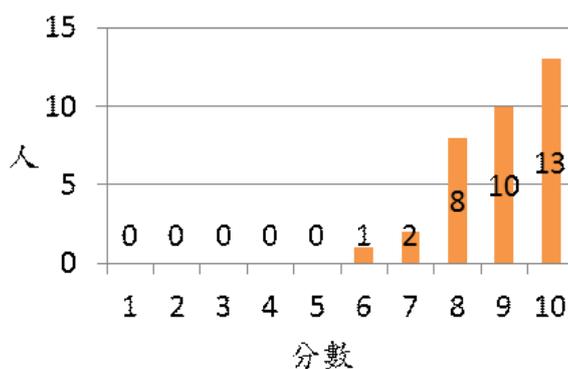


圖 10、前後測實驗物件使用排序教具遊戲愉悅感受度統計表

整體滿意度共五題，每題 1 到 5 分，每人 5 分為最滿意，統計結果 0-2.9 分 0 人、3-3.9 分有 10 人、4-4.9 分有 17 人、5 分有 7 人，滿意程度 4 分以上人數統計結果達 24 人之多，總平均更達 4.18 分。可見學生對此學習方式表示滿意，如圖 11 所示。

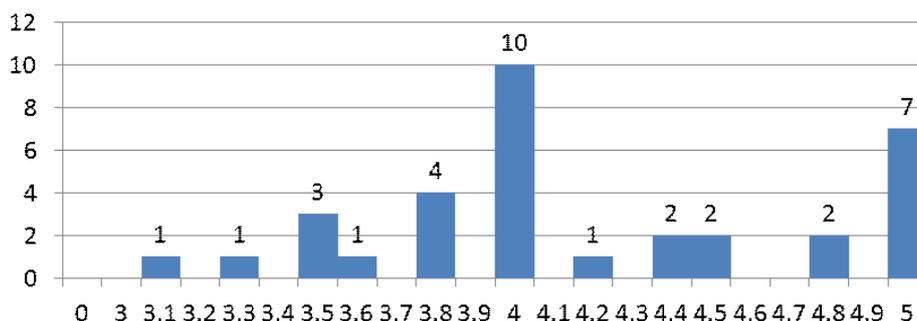


圖 11、前後測實驗物件使用排序教具整體滿意度統計表

陸、結論

近年來 CT 受到資訊領域的重視，舉凡任何排序演算、電腦語言、資料分析等電腦運作方式皆需要運用到 CT 能力，要培養完整的 CT 能力，就需要由最基本的排序演算法學起，無論是在電腦邏輯抑或是電腦程式語言皆需要演算排序法作為先備知識，經過層迭累加，進而演化成更複雜的電腦化思考，因此排序演算法在資訊科技領域展有相當程度的地位和價值，因為排序演算法是電腦邏輯思考的最根本。因此，本研究加入了實體排序模型，並搭配擴增實境系統，讓初學者透過遊戲的方式學習排序法，將原本排序演算法中屬於抽象的概念，透過與實體模型的結合，轉換為真實能看見的內容，在真實情境中提供了影片、理論和輔助說明，幫助學生學習較為抽象之排序演算法概念。研究結果發現以 AR 進行排序法教學的方式，能夠說明學生提高學習成效、學習滿意度及愉悅度。未來也希望此擴增實境系統，能在資訊領域排序演算教學過程中，使學習者由被動化為主動的學習方式，以做中學、玩中樂進行學習，以達到有意義學習的目標。

致謝

本研究感謝科技部研究計畫編號: MOST 105-2628-S-003-002-MY3 補助, 同時感謝國立臺灣師範大學頂尖大學深耕計畫補助。

參考文獻

- 李昀軒(民 100)。應用電腦化思考工具增進小學學生高層次思考(碩士論文)。取自 <http://handle.ncl.edu.tw/11296/ndltd/49472290150353244667>
- 林吟霞、王彥方(民 98)。情境學習在課程與教學中的運用。北縣教育, 69, 69-72。
- Atmatzidou, S., & Demetriadis, S. (2016). Advancing students' computational thinking skills through educational robotics: A study on age and gender relevant differences. *Robotics and Autonomous Systems*, 75, 661-670.
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence*, 6(4), 355-385.
- Ballance, C. (2013). Use of games in training: interactive experiences that engage us to learn. *Industrial and Commercial Training*, 45(4), 218-221.
- Barr, V., & Stephenson, C. (2011). Bringing computational thinking to K-12: what is involved and what is the role of the computer science education community? *Acm Inroads*, 2(1), 48-54.
- Behzadan, A. H., Timm, B. W., & Kamat, V. R. (2008). General-purpose modular hardware and software framework for mobile outdoor augmented reality applications in engineering. *Advanced Engineering Informatics*, 22(1), 90-105.
- Brom, C., Preuss, M., & Klement, D. (2011). Are educational computer micro-games engaging and effective for knowledge acquisition at high-schools? A quasi-experimental study. *Computers & Education*, 57(3), 1971-1988.
- Cuendet, S., Bonnard, Q., Do-Lenh, S., & Dillenbourg, P. (2013). Designing augmented reality for the classroom. *Computers & Education*, 68, 557-569.
- Di Serio, A., Ibáñez, M. B., & Kloos, C. D. (2013). Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course. *Computers & Education*, 68, 586-596.

- Erhel, S., & Jamet, E. (2013). Digital game-based learning: Impact of instructions and feedback on motivation and learning effectiveness. *Computers & Education, 67*, 156-167.
- Gee, J. P. (2003). What video games have to teach us about learning and literacy. *Computers in Entertainment (CIE), 1(1)*, 20-20.
- Hart, C., Mulhall, P., Berry, A., Loughran, J., & Gunstone, R. (2000). What is the purpose of this experiment? Or can students learn something from doing experiments? *Journal of research in science teaching, 37(7)*, 655-675.
- Hou, H.-T., & Li, M.-C. (2014). Evaluating multiple aspects of a digital educational problem-solving-based adventure game. *Computers in Human Behavior, 30*, 29-38.
- Hsu, S. H., Wu, P. H., Huang, T. C., Jeng, Y. L., & Huang, Y. M. (2008, November). From traditional to digital: factors to integrate traditional game-based learning into digital game-based learning environment. In *Digital Games and Intelligent Toys Based Education, 2008 Second IEEE International Conference on* (pp. 83-89). IEEE.
- Kazimoglu, C., Kiernan, M., Bacon, L., & MacKinnon, L. (2012a). Learning programming at the computational thinking level via digital game-play. *Procedia Computer Science, 9*, 522-531.
- Kesim, M., & Ozarslan, Y. (2012). Augmented reality in education: current technologies and the potential for education. *Procedia-Social and Behavioral Sciences, 47*, 297-302.
- Kuo, C. G., Lin, H. C., Shen, Y. T., & Jeng, T. S. (2004, January). Mobile augmented reality for spatial information exploration. In *Proceedings of the 9th International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA2004)* (pp. 891-900).
- Lin, H. C. K., Chen, M. C., & Chang, C. K. (2015). Assessing the effectiveness of learning solid geometry by using an augmented reality-assisted learning system. *Interactive Learning Environments, 23(6)*, 799-810.
- Marcy, V. (2001). Adult Learning Styles: How the VARK (C) Learning Style Inventory Can Be Used to Improve Student Learning. *The Journal of Physician Assistant Education, 12(2)*, 117-120.

- Martín-Gutiérrez, J., Saorín, J. L., Contero, M., Alcañiz, M., Pérez-López, D. C., & Ortega, M. (2010). Design and validation of an augmented book for spatial abilities development in engineering students. *Computers & Graphics, 34*(1), 77-91.
- Michaelson, G. (2015). Teaching Programming with Computational and Informational Thinking. *Journal of Pedagogic Development, 5*(1).
- Naik, N. (2014, October). A Comparative Evaluation of Game-Based Learning: Digital or Non-Digital Games? In *European Conference on Games Based Learning* (Vol. 2, p. 437). Academic Conferences International Limited.
- Naik, N. (2015). The use of GBL to teach mathematics in higher education. *Innovations in Education and Teaching International, 1*-9.
- Narzt, W., Pomberger, G., Ferscha, A., Kolb, D., Müller, R., Wieghardt, J., . . . Lindinger, C. (2006). Augmented reality navigation systems. *Universal Access in the Information Society, 4*(3), 177-187.
- Papert, S. (1996). An exploration in the space of mathematics educations. *International Journal of Computers for Mathematical Learning, 1*(1), 95-123.
- Park, S.-Y., Song, K.-S., & Kim, S. (2015). EEG Analysis for Computational Thinking based Education Effect on the Learners' Cognitive Load. *Proceedings of the Applied Computer and Applied Computational Science (ACACOS'15)*, Kuala Lumpur, Malaysia, 23-25.
- Prensky, M. (2003). Digital game-based learning. *Computers in Entertainment (CIE), 1*(1), 21-21.
- Rieber, L. P. (2005). Multimedia learning in games, simulations, and microworlds. *The Cambridge handbook of multimedia learning, 549*-567.
- Sung, H.-Y., & Hwang, G.-J. (2013). A collaborative game-based learning approach to improving students' learning performance in science courses. *Computers & Education, 63*, 43-51.
- Tran, N. A., & Nathan, M. J. (2010). Pre-college engineering studies: An investigation of the relationship between pre-college engineering studies and student achievement in science and mathematics. *Journal of Engineering Education, 99*(2), 143.

- Voogt, J., Fisser, P., Good, J., Mishra, P., & Yadav, A. (2015). Computational thinking in compulsory education: Towards an agenda for research and practice. *Education and Information Technologies, 20*(4), 715-728.
- Wang, A. I. (2015). The wear out effect of a game-based student response system. *Computers & Education, 82*, 217-227.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM, 49*(3), 33-35.

四年級自然與生活科技之擴增實境探究式學習教案設計

-以昆蟲單元為例

Instructional Design of Employing Augmented Reality into the Inquiry-based Learning of the Natural and Living Technology Subject in the Fourth Grader: Taking the Insect Unit for an Example

陳志鴻¹，許庭嘉^{2*}，鄭立娜³

^{1,3} 臺北市立南港國小

² 國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系

* ckhsu@ntnu.edu.tw

摘要

本文為一份小學四年級自然與生活科技的教案設計，將擴增實境結合探究式學習在昆蟲這個單元的學習，透過投入(engagement)、探索(exploration)、解釋(explanation)、精緻(elaboration)、以及評量(evaluation)這五個探究的歷程(後面簡稱 5E 探究學習環)。研究結果發現學生的學習動機顯著提升，而且執行活動的教師在活動結束後也提出反思以作為以後研究參考。

關鍵字: 教案設計、擴增實境、探究式學習、學習動機

壹、學生探究學習計畫

一、問題情境

昆蟲是相當受到學生歡迎的動物，小學四年級自然與生活科技科目中有一個學習昆蟲的單元。由於行動學習的導入，可以讓學生不受時間和地點的限制，在校園中自主的探究學習。然而，由於昆蟲種類繁多，出現的時機與地域各有不同，學生並不容易在野外發現以及辨識到所要認識的昆蟲。再者，規劃一個探究活動較為費時、教學情境中的複雜訊息以及學生可能出現的較低參與程度(Ucar & Trundle, 2011)等，都是進行探究教學時可能面臨的難題，尤其是在小學生的探究學習上。

二、探究目標以及任務

5E 探究學習環是一種探究式的學習，其包含投入(engagement)、探索(exploration)、解釋(explanation)、精緻 (elaboration)、以及評量(evaluation)的歷程。在各個階段中，「投入」是學生的先備知識存取以及將學習的興趣投入在活動現象中；「探索」為學生參與能促進概念改進的學習活動；「解釋」是學生解釋發生的現象；「精緻」為學生經由新經驗來挑戰與深化對於現象的理解；「評量」則是評斷學生對於現象的理解(Bybee 等, 2006)。

本方案將擴增實境(Augmented Reality; AR)技術融入 5E 探究學習中，運用擴增實境學習系統于自然與生活科技領域之教學，學生將分組進行「5E 擴增實境昆蟲探究學習」。藉由擴增技術的協助，學生掃描昆蟲標本後，將出現虛擬的數位資訊(或教材學習)，以引導學生辨識昆蟲，以利其進行「昆蟲世界」的小組專題製作與報告。

三、探究過程的設計

1. 教學單元：昆蟲世界
2. 教學目標：

- (1) 藉由觀察學習昆蟲外型特徵、行為及一生的變化情形，認識常見的昆蟲，瞭解昆蟲行為和環境的關係。

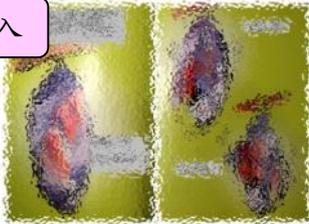
- (2) 學生透過操作行動載具及進行 AR 行動學習培養主動學習探索的精神與問題解決的能力。
- (3) 以小組合作飼養昆蟲，記錄昆蟲的生長變化，培養與同學合作學習、溝通表達的能力，並學習收集、整理、解釋資料，及規劃、組織、完成專題報告。

活動 1：與昆蟲相遇

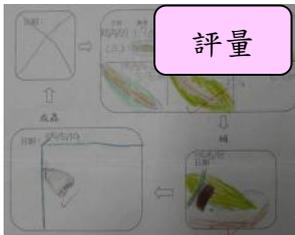
學習領域	自然與生活科技	教學年級	四年級
單元名稱	昆蟲世界	教學主題	與昆蟲相遇(120 分鐘)
教學目標	1.藉由昆蟲活體與標本展示，引起學生對昆蟲的興趣。 2.能透過觀察認識昆蟲的身體構造。 3.能透過觀察認識常見昆蟲的運動方式與行為。		
能力指標	1-2-1-1 察覺事物具有可辨識的特徵和屬性 1-2-2-4 知道依目的(或屬性)不同，可做不同的分類		
教學內容		教學資源	評量方式
活動 1-和昆蟲第一次接觸 20 分鐘 1.在教室佈置昆蟲與其他小動物活體與標本，學生觀察認識各種動物特徵。 2.學生發表觀察發現，比較昆蟲與其他動物之間的差異。 活動 2-昆蟲的特徵 60 分鐘 1.利用 PPT 講解昆蟲的身體構造。 2.分組觀察各種昆蟲，認識昆蟲的頭、胸、腹、翅膀、腳等構造，並記錄觀察結果。 活動 3-昆蟲的行為 40 分鐘 1.實際觀察昆蟲的覓食與運動 2.觀看網站、電子書影片認識昆蟲的覓食、運動等行為。 3.能瞭解昆蟲身體構造與覓食、運動行為的關係。		昆蟲 標本 PPT 昆蟲標本 學習單 行動載具 教育雲 昆蟲電子書	【評量活動】能畫出昆蟲的身體構造



活動 2：昆蟲繪本閱讀

學習領域	自然與生活科技	教學年級	四年級
單元名稱	昆蟲世界	教學主題	昆蟲繪本閱讀(80 分鐘)
教學目標	1.藉由觀察瞭解昆蟲的一生有不同的階段。 2.認識各種昆蟲的生長環境與生長過程。		
能力指標	1-2-5-1 能運用表格、圖表(登錄資料) 1-2-5-2 能傾聽別人的報告，並能清楚地表達自己的意思		
教學內容		教學資源	評量方式
活動 1-昆蟲繪本閱讀 40 分鐘 1.教師播放《Houdini》繪本講述故事。 2.透過繪本故事敘述及問題提問，引導學生認識蝴蝶的一生變化，瞭解昆蟲完全變態的過程。 活動 2-昆蟲的一生 40 分鐘 1.利用 PPT 講解昆蟲的一生分為完全變態與不完全變態。 2.分組觀察昆蟲的不同階段。 3.上網查詢常見昆蟲的一生變化。		Houdini 繪本 PPT PPT 教育雲 昆蟲電子書 主題網站	學習單
投入	探索	評量	
			
圖 5 閱讀繪本	圖 6 分組觀察	圖 7 查詢昆蟲一生變化	

活動 3：替昆蟲寫日記

學習領域	自然與生活科技	教學年級	四年級
單元名稱	昆蟲世界	教學主題	替昆蟲寫日記(80 分鐘)
教學目標	1.認識各種昆蟲的生長環境與生長過程。 2.能藉由觀察記錄瞭解蝴蝶的一生變化情形。 3.從飼養蝴蝶過程，瞭解生命的奇妙，進而愛護生命。		
能力指標	1-2-5-1 能運用表格、圖表(登錄資料) 2-2-2-1 實地種植一種植物，飼養一種小動物，並彼此交換經驗。 2-2-2-2 知道陸生(或水生)動物外型特徵、運動方式，注意到如何去改善生活環境、調節飲食，來維護牠的健康 2-2-6-1 認識傳播設備，如錄音，錄影設備等		
教學內容		教學資源	評量方式
活動 1-替蝴蝶寫日記 80 分鐘 1.學生分組利用每次上課 10 分鐘觀察蝴蝶從卵→幼蟲→蛹→成蟲的變化，記錄日期、量幼蟲或蛹體長與畫下身體特徵。 2.利用行動載具替蝴蝶拍照或錄影。 3.使用電子書、網站查詢蝴蝶基本資料。		蝴蝶幼蟲 行動載具 紀錄表 教育雲 昆蟲電子書 主題網站	【評量活動】能記錄昆蟲的生長過程
投入	探索	解釋	評量
			
圖 8 量蝴蝶幼蟲體長	圖 9 分組合作拍照	圖 10 查詢昆蟲資料	圖 11 蝴蝶生長紀錄表

活動 4：替蝴蝶說故事

學習領域	自然與生活科技	教學年級	四年級
單元名稱	昆蟲世界	教學主題	替蝴蝶說故事(80 分鐘)
教學目標	1.能藉由記錄瞭解蝴蝶的一生變化情形。 2.能利用 Spark Video APP 將蝴蝶的生長過程製作影片。		
能力指標	1-2-5-2 能傾聽別人的報告，並能清楚地表達自己的意思 2-2-6-1 認識傳播設備，如錄音，錄影設備等 4-2-2-1 體會個人生活與科技的互動關係 5-2-1-1 相信細心的觀察和多一層的詢問，常會有許多的新發現。 5-2-1-2 能有探討活動獲得發現和新的認知，培養出信心及樂趣		
教學內容		教學資源	評量方式
活動 1-替蝴蝶說故事 80 分鐘 1.指導學生使用 Spark Video APP 2.學生將紀錄的蝴蝶各階段照片按成長順序編輯。 3.將每個階段照片加上文字說明並錄音，製作成蝴蝶成長影片。 4.各組播放影片欣賞。		行動載具 Spark Video APP	影片製 作、自評 與互評
			
圖 12 學習 APP	圖 13 製作蝴蝶影片	圖 14 錄音完成影片	圖 15 製作的影片目錄

活動 5：AR 行動學習

學習領域	自然與生活科技	教學年級	四年級	
單元名稱	昆蟲世界	教學主題	AR game 行動學習(80 分鐘)	
教學目標	1.透過 AR 行動學習引導學生主動探索學習。 2.藉由操作行動載具，提高學生資訊科技能力。 3.能認識各種昆蟲的構造、特殊本領與生長過程。			
能力指標	5-2-1-2 能有探討活動獲得發現和新的認知，培養出信心及樂趣 5-2-1-3 對科學及科學學習的價值，持正向態度 6-2-3-1 養成主動參與工作的習慣 7-2-0-2 做事時，能運用科學探究精神和方法			
教學內容		教學資源	評量方式	
活動 1-行動學習流程說明 10 分鐘 1.利用 PPT 說明昆蟲 AR 遊戲探索學習之操作步驟。 2.發下行動載具每生一台，完成準備工作。 3.將昆蟲標本依照其棲息環境，放置校園中。 活動 2-AR 行動學習 70 分鐘 1.學生進入昆蟲 AR 遊戲 APP，點選開始遊戲。 2.將行動載具鏡頭對準昆蟲標本掃描。 3.出現昆蟲 AR 提示，學生依提示觀察昆蟲標本，回答問題。 4.每種昆蟲認識其口器、特殊本領及生長過程。 5.依序完成所有昆蟲之學習。		PPT 行動載具 昆蟲標本 AR APP 昆蟲影片	【評量活動】學生學習態度與學習過程	
				
圖 16 掃描標本出現 AR 提示		圖 17 探索昆蟲特徵	圖 18 判斷昆蟲行為	圖 19 觀察標本回答問題

四、探究資源、工具

表 1 自然與生活科技領域—昆蟲世界之設備與資源整合

教學活動	運用之資訊設備	運用之軟體資源
與昆蟲相遇	電腦、電子白板、 投影機、行動載具	教育部教育雲、昆蟲電子書
昆蟲繪本閱讀	電腦、電子白板、 投影機、行動載具	繪本 PPT、昆蟲電子書、 教育部教育雲
替蝴蝶寫日記	電腦、無線網路、行動載具	教育部教育雲、昆蟲電子書、 昆蟲主題網站
替蝴蝶說故事	電腦、電子白板、APPLE TV、 投影機、無線網路、行動載具	Spark Video APP
AR 行動學習	電腦、無線網路、行動載具	南港 AR APP、 自製昆蟲影片

五、探究評價

本方案將擴增實境技術融入 5E 探究教學，應用於自然與生活科技領域之教學中。參與本方案的學生為四年級 1 個班 27 位學生。本方案將探討運用擴增實境探究學習對於學生在學習動機、問題解決以及合作學習能力的影響。

在進行實驗課程之前，學生均填寫前問卷；接下來，學生進行擴增實境探究學習活動；最後，學生再填寫後測卷。所有前、後問卷的題目均相同，且以五等量表呈現。

(一)學生的深層學習動機之成效

學生深層學習動機問卷亦是修改自 Lee、Johanson 和 Tsai(2008)所發展之科學學習方法問卷。本研究以相依樣本 *t* 檢定來探討擴增實境探究遊戲式學習對於學生深層學習動機的影響。研究結果顯示經由 5E 擴增實境昆蟲探究學習後，學生能顯著地提升其深層的學習動機($t=-2.80, p<.05$)。

表 2 學生深層學習動機的相依樣本 *t* 檢定分析摘要

		個數	平均數	<i>t</i>
深層動機	活動前	27	3.81	-2.80*
	活動後	27	4.14	

* $p < .05$

(二)學生訪談

本研究以半結構訪談的方式，探討學生對於擴增實境探究式學習的看法。訪談大綱修改自 Hwang、Yang、Tsai 與 Yang (2009)所發表之研究。訪談大綱總共有 7 個項目，例如：「擴增實境探究式學習與你以前經歷的學習方式有何不同？」以及「運用擴增實境探究式學習時，你覺得你收穫最多的是哪些部分？請舉具體的例子說明。」學生的訪談內容摘錄如下：

S1: 如果有答錯題的話，也有提示的圖片，讓我在遇到困難的題目時，最後也能順利地將問題解決，謝謝老師安排這項活動讓我們體驗到不一樣的學習方式，讓我獲益匪淺呢!

S2: 透過這次的學習，讓我更加喜歡昆蟲。

S3: 比較容易深入瞭解內涵。可以清楚看見昆蟲的口器(特別的構造)，減少對昆蟲的疑惑。

S4 如果答錯了，它的解釋很清楚，讓我們知道我們哪裡有錯，再訂正。

S5: 我第一次和小組這麼開心的合作，不過有時候也會吵架和不開心的時候。可是可以幫助我的學習力進步，也讓我第一次這麼開心，希望老師多出一點這樣的活動。

從學生的問卷以及訪談中得知，經由 5E 擴增實境昆蟲探究學習後，可提升學生的參與度、增進解決問題、合作學習的感知。而此可知，運用 5E 擴增實境昆蟲探究學習的方式可避免較低參與度之困境。

(三)教師省思

這次的課程讓學生探索的時間增加，透過資訊設備的協助，從閱讀電子書、網站中，獲得了探索的樂趣；學生將平板當作學習的工具，藉由拍照、錄影記錄蝴蝶的生長變化，建構出完全變態的過程；亦由小組編輯蝴蝶的影片，學會製作影片的方法和與同學合作的態度；更經由 AR game 的引導，深入去認識昆蟲，主動的探索昆蟲的奧秘，知道將來遇到昆蟲要如何去瞭解牠。課堂中老師看到學生的成長，學生在活動中積極投入、和諧快樂，尤其是用平板掃描昆蟲、仔細觀察、回答問題，是這樣專注，相信這樣的學習已帶給學生莫大的幫助。

隨著資訊科技的演進，AR 會更廣泛的應用在生活裡。學習可以不因時、地而有所局限。期待一個處處有 AR，個個有驚喜的學習!

貳、教師實施指南

一、探究主題的緣起、實施的思路、特色

探究學習(inquiry-based learning; IBL)是以學生探索、調查、提出解釋或研究的方式驅動學生學習的經驗，並從設計活動及資源來支持探究 (Wang, Duh, Li, Lin, & Tsai, 2014)。在探究的過程中，學生可以經由投入在合作解決真實問題中提升其高層次的思考技能。因此，一些學者主張探究學習具有促進學生概念理解和高層次思考的潛能(Hsu, Lai, & Hsu, 2015)。

然而，在真實的學習環境中要進行探究學習可能會出現一些困境，例如規劃一個探究活動較為費時、情境中的複雜訊息以及學生可能出現的較低參與程度(Ucar & Trundle, 2011)。因此，有效能的探究活動仍然需要學生的高度學習動機(Lim, 2004)。由此可知，如何維持學生的高度學習動機以及參與度是教師在規劃探究學習活動時需要注意的議題。

擴增實境(AR)的技術能夠及時地算出實際景物位置和角度，並且迭加數位元的訊息或內容。因此，透過 AR 可以連結虛擬世界與真實的世界，並讓使用者能在其中進行各項的互動。應用 AR 於教育的領域中，有其獨特的意涵，使用 AR 當作教學工具或製作多媒體教材，可以讓學習者快速的融入於真實與虛擬世界下的學習(Billinghurst, 2002)，並產生學習上的效益。從文獻中發現，大部分學生對於在教學中運用 AR 產生正向的學習經驗，並有高度的學習興趣以及能促使學生投入在合作學習任務中(Cheng & Tsai, 2013; Dunleavy et al., 2009)。

本方案使用之 AR 系統是屬於基於圖像(image-based)的 AR。在 AR Game 學習活動中，學生使用平板以 AR APP 掃描昆蟲標本，將出現此昆蟲相關的特徵之圖文說明，迭加在昆蟲標本，以達 AR 的效果與效益；這種以 AR 技術掃描昆蟲標本，呈現多媒體閱讀素材的方式，讓學生在真實的昆蟲標本面前，獲取該昆蟲的相關知識，藉以提升學生自主閱讀的動機。而多媒體型態的閱讀素材，更有助於學生在自主閱讀中，透過聲音、動畫、圖片去理解文意。本方案以擴增實境探究學習，在 5E 探究學習中，融入 AR 以期

能吸引學生的專注與投入，並進而提升學生的學習動機、問題解決、合作學習的關鍵能力。

二、針對學生年齡和年級特點及現實環境與條件，對探究學習計畫進行可行性分析

小學中年級的學童對於觀察昆蟲通常保持著正向的態度，然而，由於昆蟲的習性以及行為不易觀察，因此，教師事先必須有相當的準備事項。昆蟲標本的運用是讓學生觀察該昆蟲的良好管道，也是可以搜集到的教材，能讓學生實際觀察與探索。配合擴增實境的技術以及教材能讓整合虛擬的資訊於實體的昆蟲標本上，並藉此指引學生所需觀察的重點，能增益學生的學習成效。除了自行開發 AR app 外，現階段也有免費的 AR 網站可供教師製作 AR 教材，並下載免費的 app 來使用，相當的便利。

三、教師利用的相關資源、工具等內容。

1. 教育部教育雲

教育雲網站中教育雲大市集、教育媒體影音、教材資源中心提供各領域及議題之多媒體資源，其中包含昆蟲相關影片，做為上課之教材，引導學生學習。

2. 「認識昆蟲」AR App

「認識昆蟲」AR 是一套學習認識昆蟲的 APP(iOS 系統)。學生們經由掃描標本，透過擴增實境的技術，即可呈現關於該蝴蝶的相關訊息，例如昆蟲出現在那些環境、食草是什麼、翅膀顏色及形狀等。3D 的可旋轉蝴蝶影像，更可輕易地觀察昆蟲的腹面及出現動態，彌補了昆蟲標本無法看到腹面特徵的缺點，更能提高學生們的學習興趣。引導建構學童的昆蟲知識，促使學生們進行有系統、有目的的觀察，而非漫無目的的隨意點閱。「認識昆蟲」AR 的學習功能如 20 所示。



圖 20 「認識昆蟲」AR App 之功能

參考文獻

- Billingshurst, M. (2002). Augmented reality in education. *New Horizons for Learning*, 12.
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness*. Colorado Springs, CO: BSCS, 5, 88-98.
- Cheng, K. H., & Tsai, C. C. (2013). Affordances of augmented reality in science learning: Suggestions for future research. *Journal of Science Education and Technology*, 22(4), 449-462.
- Dunleavy, M., Dede, C., & Mitchell, R. (2009). Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning. *Journal of Science Education and Technology*, 18(1), 7-22.
- Hsu, Y. S., Lai, T. L., & Hsu, W. H. (2015). A Design Model of Distributed Scaffolding for Inquiry-Based Learning. *Research in Science Education*, 45(2), 241-273.
- Hwang, G. J., Yang, T. C., Tsai, C. C., & Yang, Stephen J. H. (2009). A context-aware ubiquitous learning environment for conducting complex science experiments. *Computers & Education*, 53(2), 402-413.
- Lee, M. H., Johanson, R. E., & Tsai, C. C. (2008). Exploring Taiwanese high school students' conceptions of and approaches to learning science through: A structural equation modeling analysis. *Science Education*, 92(2), 191-220.
- Lim, B. R. (2004). Challenges and issues in designing inquiry on the Web. *British Journal of Educational Technology*, 35(5), 627-643.
- Ucar, S., & Trundle, K. C. (2011). Conducting guided inquiry in science classes using authentic, archived, web-based data. *Computers & Education*, 57(2), 1571-1582.

Wang, H. Y., Duh, H. B. L., Li, N., Lin, T. J., & Tsai, C. C. (2014). An Investigation of University Students' Collaborative Inquiry Learning Behaviors in an Augmented Reality Simulation and a Traditional Simulation. *Journal of Science Education and Technology*, 23(5), 682-691.

探討內控型人格特質、組織創新文化對激勵員工創新行為之影響

The Impact of Personality Locus of Control、 Innovative Culture of Organizational Identification on Motivating Employee Innovative Behavior

蔡昀秦

國立臺灣師範大學工業教育系在職專班 研究生

Yun-Chin Tsai

Department of Industrial Education, National Taiwan Normal University

摘要

「創新」一詞，成為全球化企業經濟發展驅動力及競爭力之核心要素。企業為了追求永續經營，必須提供更好服務品質、達到國際市場競爭力。若企業文化充滿創新氛圍、設立獎勵制度相互推展，並傳遞組織的信念、加強團隊合作，推動員工知識分享意願、主動解決問題等積極性目標；激發員工進行創新性思考、實踐創新行為之目標，帶動企業創新未來。本研究主要在探討內控型人格特質、組織創新文化、激勵制度對員工創新行為之影響。以國內企業在職一年以上員工為研究對象，進行紙本問卷、電子郵件填寫問卷等調查研究，共計發放 295 份問卷，有效回收問卷為 282 份，有效樣本率 95.6%。本研究透過線性結構化方程式模型進行實證分析結果發現：（一）內控型人格特質員工對組織創新文化認同感具有顯著正向關係。（二）內控型人格特質對激勵制度有正面的影響。（三）組織創新文化認同感對員工創新行為具有顯著正向影響。（四）激勵制度對員工創新行為也具有顯著正向影響。

關鍵字：內控型人格特質、組織創新文化、激勵制度、員工創新行為、結構化方程式

壹、緒論

在高科技知識經濟之世代，全球化市場競爭是非常嚴峻，帶給企業嶄新的希望與沖擊的挑戰。創新是世界經濟發展之原動力，唯有創新能力獨特之企業，才能在激烈市場競爭中，順勢脫穎而出，而企業成功之最核心關鍵，來自於員工的創新想法與企業實踐的創新行為 (Abstein and Spieth, 2014)。

內控型人格特質的概念是社會心理學家 Rotter 於西元1966年所倡導。發現傾向內控信念員工，個性主動積極進取、善於發現問題、尋找新機會。面對組織創新變革，視為一種挑戰目標，從而表現出更多益於組織完善的創新能力。組織創新文化可以建立開放的工作氣氛、員工互信的情境，並提升員工的自身素質、思維及行為模式等表現，來確保創造性變革的成果，並且益於組織持續以新的策略提升組織的績效。

激勵制度是一種企業內部策略，誘導員工自發性動機，進而加倍努力為組織創造績效。本研究探討的內涵，乃藉由有形的人力資源制度以及無形的創新氣氛兩者相互推展；激發員工進行創新性策略思考，為組織目標執行創新性成果，開創組織之新未來。

貳、文獻探討

一、內控型人格特質

內外控傾向概念，起源自 Rotter 於西元 1954 年提出「社會學習理論」(Social learning theory)，認為個人在追求工作目標過程中，對該項工作動機的強弱決定對自我效能的評估。眾多學者研究在組織行為的領域中，證實內控者的組織承諾相較外控者為高，係因著重個人工作績效、工作滿足程度高、工作抗壓性高、環境適應性高、並樂於與他人分享知識，強調團隊自主與創新計劃，視工作績效為組織價值核心，強烈使命感完成組織目標 (Tanjaet et al., 2013 ; Matzler , 2008 ; Mooradian, 2006)。

Mahajan and Kaur (2012) 兩位學者則認為內控者著重個人工作績效、投入工作滿足程度高，面對工作挑戰較積極進取，較有創新思維想法；遭遇挫折時是採取積極主動、具建設性的方式來解決問題，不推諉卸責於他人；樂於與他人分享知識，強調團隊自主與創新計劃發生，負責完成組織所賦予的目標。

二、組織創新文化認同感

黃麗錦(2012)組織創新文化係為組織成員導向創新行之重要因素，涵蓋鼓勵組織成員冒險與容忍失敗挫折、學習市場導向的氛圍。Abdi & Senin (2014)兩位學者認為組織創新文化係是激勵創新成功的員工而形成一種企業無形之共識。若是組織形塑一個創新文化制度，導引組織成員互相交流學習及知識分享，再透過創新思考的模式，激發組織成員更多創新想法，提昇工作創造力，開啟組織的創新計劃。

三、激勵制度

朱信松(2016)激勵制度係為組織內部管理策略，是組織設置一套管理方法，以物質精神報償的力量，誘導個人去達成組織目標，目的提升組織成員自身素質、工作績效及團隊合作。陳凱鴻(2012)將工作績效管理與激勵制度作為有效整合，引導員工在工作中展現創意想法。員工激勵程度越高，其工作績效也就越高。蘇姿先(2013)組織內部提供財務性獎酬制度，激發該公司員工的多元化工作價值觀，提升組織整體績效，進而激勵員工個人工作創新的意願。鄭正叡(2015)以內滋激勵和外滋激勵雙重獎勵之誘因，誘導組織成員自發性工作動機，為組織實質創新效能。

四、員工創新行為

世界知名管理學大師 Drucker (1985) 曾說：「不創新，即滅亡」，這是企業家奉為圭臬之聖經。在全球競爭激烈市場中，企業永續經營之原動力，仰賴組織及員工之創新的價值提昇。員工創新行為是實現自我獨特而有價值的新想法，且成功地將創意投入新產品或程序改善，使組織獲得競爭優勢，故擁有創新性員工是組織效益的主要來源(Baer, 2012; R.M.Kanter, 1988 ; Van de Ven, 1986)。

國外眾多學者認為「創新行為理論」(Innovative work behavior)，包括四個發展階段，分別為：(一)機會探尋是組織內部給予員工創新機會平台。(二)構想產生係指在工作專業領域上所產生新奇且有用的想法。(三)推展構想係指在新奇創意想法上，尋求組織內部支持，促使新想法得以在組織內交流。(四)實踐構想係指將可行之構想應用到組織流程改善或開發新產品上市 (Khathutshelo & Kai-Ying Chan , 2016 ; De Jong & Hartog , 2008 ; Janssen , 2000 ; Kleysen, 2001 ; Scott , 1994)。

五、研究假設

本研究係探討，其中對內控型人格特質、激勵制度認同感、組織創新文化及員工創新行為等四個構面，探討其相互之間的關係及影響，本研究架構如圖 1 所示。

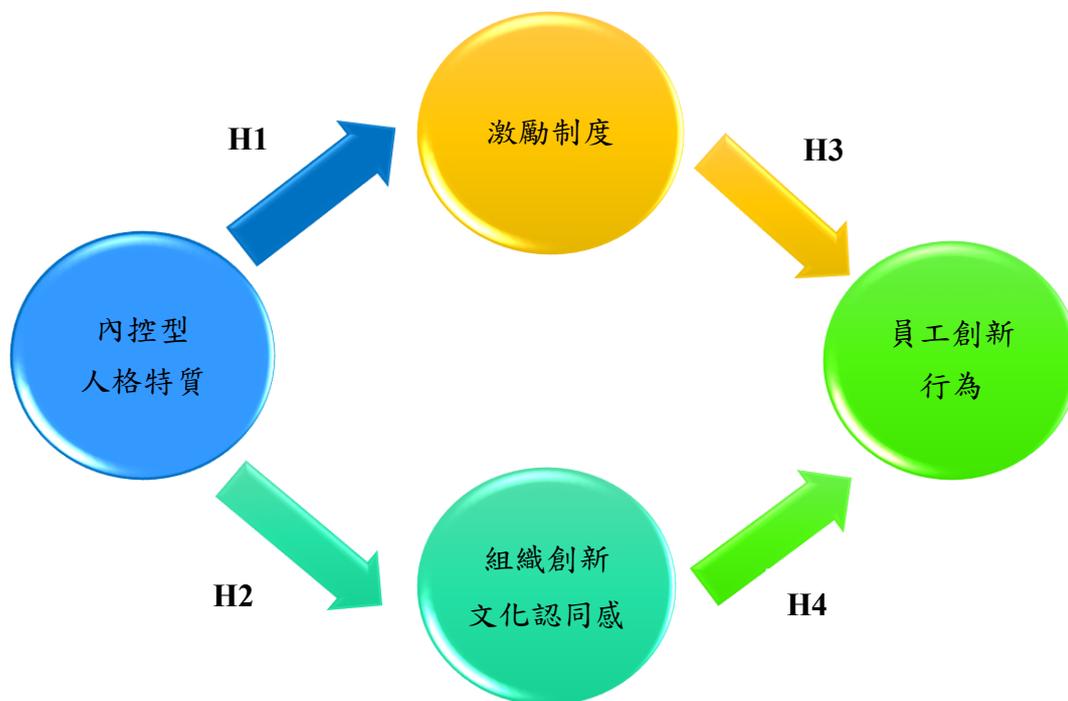


圖 1 研究架構模型

本研究擬根據研究模型提出下述假設，以供驗證：

- H1：內控型人格特質對於激勵制度認同感具有顯著正相關。
- H2：內控型人格特質對於組織創新文化認同感具有顯著正相關。
- H3：激勵制度對於員工創新行為具有顯著正相關。
- H4：組織創新文化認同感對於員工創新行為具有顯著正相關。

參、研究模式建構

一、研究流程圖

本研究首先確立員工創新行為之概念，再根據研究背景與動機與相關文獻資料作整理與回顧，進而界定研究架構與假設。為了達成研究目的，在研究方法方面採取問卷調查法。以此方法瞭解員工創新行為是否受內控型人格特質、組織創新文化、激勵制度認同感相關等構面影響。以下圖 1 為本研究之研究流程圖：

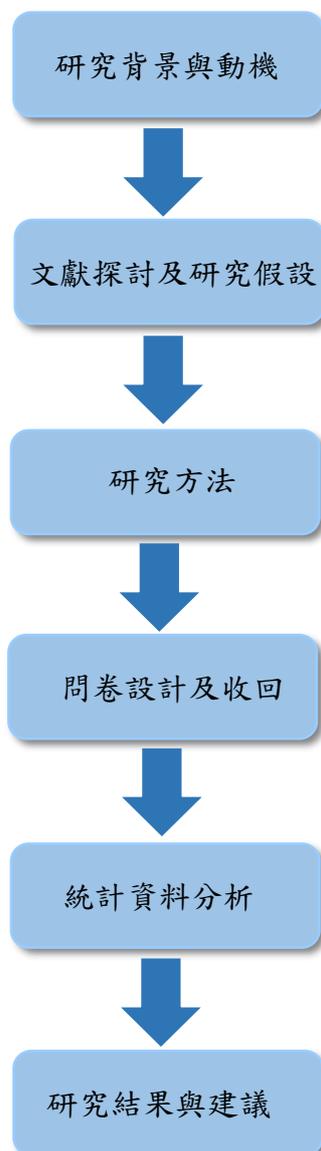


圖 1 研究流程圖

二、研究對象及問卷發放方式

本研究調查對象為國內企業任職一年以上員工，在取樣過程中，由於人力、物力、及時間上限制，以目的取樣方式，針對有做激勵創新制度之企業員工，進行問卷調查。問卷調查期間為民國 105 年 10 月 17 日至 11 月 17 日為止，總計發出 295 份問卷，其中 174 份採紙本郵寄，121 份採電子郵件寄送，問卷回收份數為 295 份，經過檢查刪除 13 份無效問卷，回收有效問卷 282 份，有效回收率為 95.6%，以此做為研究樣本進行後續分析。

三、共同方法變異

共同方法變異 (common method variance, CMV) 乃指因測量工具所致的誤差。心理計量測量的結果可區分為：(一)隨機誤差變異 (random error variance)、(二)系統性變異 (systematic variance)。系統性變異又再區分為特質變異(trait variance)及方法變異(method variance)。至於隨機誤差變異與方法變異都是測量上的誤差，不同的是方法變異這類誤差與欲測的特質變異同屬系統性，也就是這類誤差會一致性地伴隨著特質變異，不易發覺 (彭台光、高月慈、林鈺琴，2006)。特質變異是反映所欲測的構念的變異量，特質變異越大，表示愈測量到需要測量的構念，故構念效度高。本研究為防止測量上的誤差，故在問卷設計及發放部分，使用受訪個資隱匿法、分析單位隔離法等預防措施。

肆、研究結果分析

一、樣本結構分析

個人資料之敘述統計以次數分配與百分比方式來呈現其分部情形。本研究將研究對象的基本資料分別討論其性別、年齡、教育程度、婚姻狀況、服務年資、工作所得統計變數，透過 SPSS 22.0 統計軟體分析以了解樣本資料之基本特性。有效樣本基本資料結構分析如表 1 所示：

表 1 有效樣本之基本資料結構分析 (n=282)

類別項目	研究變項	樣本數	百分比
性別	男性	162	57.45%
	女性	120	42.55%
年齡	未滿 20 歲	1	0.35%
	21-30 歲	65	23.05%
	31-40 歲	117	41.49%
	41-50 歲	67	23.76%
	51 歲以上	32	11.35%
婚姻狀況	未婚	129	45.74%
	已婚	153	54.26%
教育程度	高中職(含)以下	1	0.35%
	專科	18	6.38%
	大學	71	25.18%
	研究所	54	19.15%
	博士	9	3.19%

服務年資	5 年以下	6	2.13%
	6-10 年	37	13.12%
	11-15 年	38	13.48%
	16-20 年	43	15.25%
	21-25 年	29	10.28%
工作所得(月)	40,000 萬元以下	16	5.67%
	40,001-55,000 萬元	77	27.30%
	55,001-65,000 萬元	61	21.63%
	65,001-85,000 萬元	65	23.05%
	85,001 萬以上	63	21.63%

二、信度分析

Cronbach 於西元 1951 年提出以 α 係數來衡量問卷中各量表的 α 值，以確定測驗結果的一致性與穩定性。 α 值大於 0.7 屬於高信度；0.35 至 0.7 之間為中信度；小於 0.35 為低信度 (Nunnally, 1978)。本研究採用 SPSS 22.0 進行正式問卷之信度分析，各構面除了激勵制度、組織創新文化認同感均達 0.7 以上屬高信度之外，內控型人格特質構面及員工創新的行為構面介於 0.683 至 0.694 屬於中信度，因此本研究問卷之信度皆在合理範圍內。

表 2 測量變數信度分析

研究變數	衡量題數	Cronbach's α
內控型人格特質	4	0.694
組織創新文化認同感	4	0.861
激勵制度	4	0.721
員工創新行為	4	0.683

三、效度分析

本研究數據採用 Byrne (2001) 收斂效度標準，標準值如下所述：

- (一) 各題項之 loading 值一定至少要大於 0.5 (Nunnally, 1978)。
- (二) 組合信度 (CR) 值要大於 0.7 (Fornell&Larcker, 1981)。
- (三) AVE 值必須至少大於 0.5 (Fornell&LaOrcker, 1981)。

本研究分析結果顯示，各構面因素的每題題項 loading 值介於 0.641 至 0.899 之間皆大於 0.5；組合信度 (CR) 介於 0.811 至 0.906 之間且皆大於 0.7；而平均萃取變異量 (AVE) 介於 0.520 至 0.861 之間皆大於 0.5；各變項之構面下所有題項之 T 值介於 9.057 至 10.244 之間，數值皆高於 1.96；如表 3 所示，全部觀察題項皆足以反應其變項，因此表示內控型人格特質、組織創新文化認同感、激勵制度及員工創新行為各構面下題項之收斂效度良好。

表3 各構面一階驗證性因素分析變數指標值

研究構面	問卷題目	loading	t 值	Mean	SD	CR	AVE
內控型人格特質	1. 我喜歡凡事事前規劃再執行控制。	0.662	9.690	3.265	0.847	0.813	0.522
	2. 我做事會主動積極且負有責任。	0.781	9.588				
	3. 我認為工作績效是自己創造的。	0.749	10.058				
	4. 我會主動積極學習新的事物。	0.692	9.617				
組織創新文化的認同感	2. 公司積極推動與客戶滿意，會助於我的創新表現。	0.803	9.956	2.719	1.067	0.906	0.861
	5. 公司培養創新「接班計劃」，會助於我的創新表現。	0.879	9.385				
	6. 公司獲得更新的國際認證，會助於我的創新表現。	0.899	9.447				
	7. 公司一直持續不斷推出新產品於市場，會助於我的創新表現。	0.777	9.439				
激勵制度	2. 工作中獲得訓練及進修的機會，會助於我的創新表現。	0.709	9.956	3.149	0.893	0.828	0.548
	3. 提供員工合理利潤分享制度，會助於我的創新表現。	0.805	9.370				
	4. 提供良好晉升及發展機會，會助於我的創新表現。	0.785	9.153				
	7. 工作中實現理想及抱負，會助於我的創新表現。	0.652	9.989				
員工創新行為	1. 我常尋求新科技、技術與產品創新方法。	0.648	10.244	3.060	0.800	0.811	0.520
	2. 我常將創新構想轉換成為新產品。	0.782	9.299				
	3. 我針對疑難之問題，常提出新穎的答案。	0.798	9.057				
	5. 我常搜尋新的工作方法、新的技術、新的工具。	0.641	10.143				

四、模型配適度分析

本研究運用 AMOS 20 進行 SEM 分析藉以檢驗模式的適用程度及各別構面的關聯性。再者採用 Hair et al. (2009) 建議之規範，將其分為三種類型：(一)絕對適配度衡量 (Absolute Fit Measures)。 (二)相對適合度衡量 (Incremental Fit Measures)。 (三)精簡適合度衡量 (Parsimonious Fit Measures)。

透過統計分析得指標數值如表 4， $\chi^2/df. = 1.344$ 、 $RMSEA = .035$ 、 $GFI = .942$ 、 $AGFI=.923$ ， $NFI=.897$ 、 $NNFI=.966$ 、 $CFI=.971$ 、 $IFI=.972$ 、 $RFI=.881$ ， $PNFI=.786$ 、 $PGFI=.780$ 以上指標皆符合 Hair et al. (2009) 建議的規範，顯示本模式適用於分析本數據構築的全部路徑。

表4 整體模式適配度指標檢定表

衡量指標		判斷標準	實際數據	檢定結果
絕對適配測量	χ^2		138.449	
	df.		103	
	$\chi^2/df.$	< 5	1.344	符合
	RMSEA	<.08	.035	符合
	GFI	>.80 以上	.942	符合
	AGFI	>.80 以上	.923	符合
相對適配測量	NFI	>.80 以上	.897	符合
	NNFI	>.80 以上	.966	符合
	CFI	>.80 以上	.971	符合
	IFI	>.80 以上	.972	符合
	RFI	>.80 以上	.881	符合
精簡適配測量	PNFI	>.50 以上	.786	符合
	PGFI	>.50 以上	.780	符合

五、效果分析

- (一) 內控型人格特質對激勵制度有顯著正相關 ($\beta=.561$, $t=5.042^{***}$)。
- (二) 激勵制度對員工創新行為有顯著正相關 ($\beta=0.387$, $t=5.856^{***}$)。
- (三) 內控型人格特質對組織創新文化認同感有顯著正相關 ($\beta=.262$, $t=2.768^{**}$)。
- (四) 組織創新文化有認同感對員工創新行為有顯著正相關 ($\beta=0.186$, $t=3.360^{***}$)。

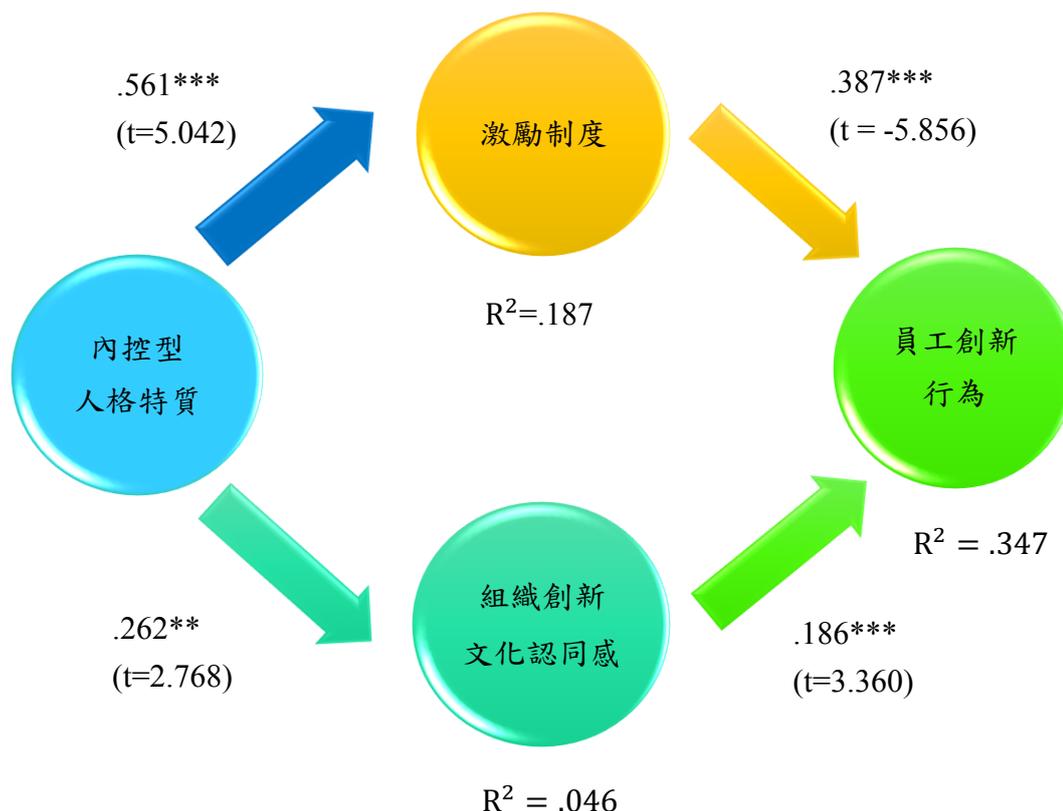


圖 3 路徑分析

由表 4 與圖 3 路徑分析可以得知，本研究假設之 H1、H2、H3、H4 皆成立，研究整理各變數間直接及間接效果的分析，以瞭解變數間解釋能力及較大影響因素，效果分析結果如表 5。

表 5 研究假設驗證結果

路徑	研究假設	假設驗證結果
H1	內控型人格特質對於激勵制度具有顯著正相關	支持
H2	內控型人格特質對於組織創新文化認同感具有顯著正相關	支持
H3	激勵制度對於員工創新行為具有顯著正相關	支持
H4	組織創新文化認同感對於員工創新行為具有顯著正相關	支持

六、共同方法變異檢測

為檢測本研究是否存在共同方法變異，特別針對各變項之所有題項進行哈門氏單因子測試，目前此方法最常被研究者用來處理 CMV 的問題。據彭台光、高月慈及林鈺琴 (2006) 的看法，認為將哈門氏單因子測試視作偵測 CMV 嚴重程度的方法，而非補救措施，應該更為恰當，因此本研究採用此方法來進行共同方法變異的測試。當哈門氏單因子測試假設，當因素分析萃取出一個單獨的因子，或者一個綜合因子解釋自變項及依變項的主要的變異超過 50%時，就存在 CMV 的問題 (Mattila & Enz, 2002)。而本研究進行測試之結果，共萃取出 3 個因子，其中第一個因子解釋變異量為 37%，並未超過 50%，由此可知本研究並不存在嚴重的共同方法變異。

伍、研究結論與建議

一、研究結論

此小節將進行本研究發現與現存的相關理論的比較，將與第二章文獻回顧所辨識相關理論及第三章提出之研究架構關係進行討論。綜合以上所述，本研究提出四個假設，綜觀其驗證結果：

(一) 內控者人格特質者對於就組織創新文化分析具有顯著正相關：

本研究發現傾向內控人格特質者乃是相當積極自信且抗壓性高，故部門組織能力性愈強，當感受到組織創新文化整體氣氛是積極正面的，則其行為思考模式同樣的也能產生正面主觀性之知覺，提升整體團隊合作的效能皆能使員工時常感受體會到新的信念藉而潛移默化的發展出創新行為。

(二) 內格者人格特質者對於就激勵制度分析具有顯著正相關：

組織內若有傾向內控人格特質者，對自我工作成就動機強烈，他們相信努力會得到回饋及報酬，故組織激勵措施愈大，預期可實現工作績效愈高，兩者具有顯著正相關。

(三) 組織創新文化分析對於員工創新行為具有顯著正相關：

組織創新發展程度可藉由個體員工在接收到組織發展意向時為了達成創新性而表現出來的行為。因此，推論當組織創新程度較高時，組織內成員所感受到的程度相對也會提升因此連帶使其行為產生創新性模式。

(四) 就激勵制度分析對於員工創新行為具有顯著正相關：

當組織內部設計激勵制度，包括無形工作肯定及有形財務報酬給予組織成員，將帶動團體士氣，激起員工創新思惟，增加彼此溝通協調，為共同達成組織創新目標而發展。

二、研究結論

根據多位學者的研究得知，組織創新文化會影響員工創新的學習，而企業內部設置激勵制度會讓員工自發性工作意願提升激發創意有助於提升企業之競爭優勢，另外可企業內部人力資源部，分別採用適當內部招募人才，如相關職缺公布，甄選屬於內控型人格特質員工，激發員工自發性工作動機，推動組織創新發展。外部招募方式，如校園徵才、刊登廣告、員工推薦、舉辦職缺考試等相關方式，吸引傾向內控型人格特質員工應聘，企業甄選合適人才，充滿組織創新文化氛圍，良好體制獎酬制度，將員工潛能發展出不同創新思維，增加員工忠誠度，為企業開創康莊大道。

參考文獻

一、中文文獻

- 朱信松 (2016) 員工工作壓力、激勵制度知覺與留職意願關係之研究-以高雄市區公所里幹事為例。國立高雄師範大學事業經營學系碩士論文，高雄市。
- 鄭正叡 (2015) 房仲業業務激勵因子與激勵制度研究，逢甲大學碩士電子商務碩士在職專班論文，台中市。
- 陳凱鴻 (2012) 激勵制度、員工訓練對工作績效提升之研究-以某電子公司為例，南台科技大學行銷與流通管理系碩士論文，台南市。
- 黃麗錦 (2012) 組織創新文化、知識管理滿意度與組織效能之研究-以高雄市政府為例，國立高雄應用科技大學人力資源發展系碩士論文，高雄市。
- 彭台光、高月慈、林鈺琴 (2006)。管理研究中的共同方法變異：問題本質、影響、測試和補救。 *管理學報*，23(1)，77-98。

二、英文文獻

- Abstein, A., & Spieth, P. (2014). Innovative Work Behaviour: The Impact of Comprehensive HR System Perceptions and the Role of Work-Life Conflict, *Creativity and Innovation Management, Volume 23, Issue 2*, pages 211-225.
- Baer, M. (2012). Putting creativity to work: The implementation of creative ideas in organizations. *Academy of management Journal*, 55(5), 1102-1119.
- Byrne, B. M. (2001), *Structural Equation Modeling with AMOS: Basic Concepts, Applications, and Programming*, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- De Jong, P.J.P. and D.N. Den Hartog (2008), *Innovative work behaviour measurement and validation. Research report*, University of Amsterdam.
- Drucker, P. F. (1985). *Innovation and Entrepreneurship: Practice and Principles*. New York: Harper & Row.
- Fornell, C., & Larcker, V. F. (1981), Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error, *Journal of Marketing Research*, 18(1), 39-50.
- Hair, J. F. Anderson, R. E. Tatham, R. L., and Black, W. C., (2009)., *Multivariate Data Analysis*, USA: Prentice Hall.
- Janssen, O.; Job demands, perceptions of effort-reward fairness and innovative work behaviour, *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, vol. 73, pp. 287-302, 2000.

Kleysen, F. and R.F. Street, “Towards a multi-dimensional measure of individual innovative behaviour, *Journal of Intellectual Capital*, vol. 2, pp. 284-296, 2001.

Khathutshelo & Kai-Ying Chan (2016). *The Perception of Innovative Organisational Culture and Its Influence on Employee Innovative Work Behaviour*, Department of Engineering and Technology Management, Graduate School of Technology Management, University of Pretoria, Pretoria, South Africa.

Mattila, A.S. & Enz, C.A. (2002). The role of emotions in service encounters. *Journal of Service Research*, 4 (4), 268-277.

Nunnally J C.(1978). *Psychometric Theory*. New York: McGraw Hill

Appendix

內控型人格特質、組織創新文化、激勵制度與員工創新行為之研究

親愛的敬啟者 您好：

首先，非常感謝您熱誠撥冗填寫此問卷，這是一份學術性研究，本研究旨在探討『內控型人格特質、組織創新文化對激勵員工創新行為之影響』，亟需您提供寶貴意見。

本問卷採匿名設計，對於您所提供的任何資料都將保密，以尊重保障您的個人隱私，敬請您使用 10-15 分鐘，靜心深度思考，依據個人的實際經驗或者想法惠予填寫，這份問卷並無標準答案，研究結果僅供學術參考之用，以個人心理感受評估分析，勾選最適合您的描述。再度感謝您對後學的提攜與協助，謹此敬謝。

敬祝 順心如意

國立臺灣師範大學工教系科技與應用管理研究所

授課教授：洪榮昭 博士

研究生：蔡昀秦 敬啟

聯絡方式：05702303@ntnu.edu.tw

壹、個人基本資料

1. 您的性別為：男 女
2. 您的年齡為：未滿 25 歲 25~29 歲 30~34 歲 35~39 歲 40 歲(含)以上
3. 您的學歷為：高中職(含)以下 專科學校 大學 研究所(含)以上
4. 您的職業為：學生 製造業 傳播及資通訊服務業 教育業 金融及保險業
不動產業 科學及技術服務業 公共行政及國防 批發及零售業 醫療保健及
社會工作服務業 其他_____ (請自填)
5. 您的工作年資為：未滿 1 年 1~3 年 3~5 年 5~7 年 7~9 年 9~11 年
11~15 年 15 年以上
6. 您的月所得為： 35,000 元以下 35,001~50,000 元 50,001~75,000 元
 75,001~90,000 元 90,001 元以上
7. 若您對於本研究有任何建議，敬請不吝指教，請您留下 e-mail 以利，日後為您寄上研究分析結果。

貳、構面

<p>請您仔細閱讀以下題目，並在答案欄裡勾選☑最符合您實際的選項，請憑第一直覺印象作答，答案沒有對錯，請您記得作答完畢，再<u>檢查有無遺漏題目</u>，感謝您的幫忙。</p>	非 常 不 同 意	不 同 意	普 通	同 意	非 常 同 意
內控型人格特質					
1. 我喜歡凡事事前規劃再執行控制。	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
2. 我是一個謹慎的人，做完事情一定會再檢查是否有錯誤或改進的地方。	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
3. 我做事會主動積極且負有責任感。	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
4. 我認為工作績效是自己創造的。	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
5. 我會主動積極學習新的事物。	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
6. 我會將使用過物品完整歸位。	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
7. 我面對困難主動找出解決方法。	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
組織創新文化的認同					
1. 公司推動新管理方法，會助於我的創新表現。	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
2. 公司積極推動與客戶滿意，會助於我的創新表現。	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
3. 公司改善生產技術，會助於我的創新表現。	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
4. 公司以創造新的服務來提高客戶價值，會助於我的創新表現。	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
5. 公司培養創新「接班計劃」，會助於我的創新表現。	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
6. 公司獲得更新的國際認證，會助於我的創新表現。	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
7. 公司一直持續不斷推出新產品於市場，會助於我的創新表現。	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
激勵制度的認同					
1. 工作中實現理想及抱負，會助於我的創新表現。	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
2. 工作中獲得訓練及進修的機會，會助於我的創新表現。	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
3. 提供員工福利、合理利潤分享制度，會助於我的創新表現。	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
4. 提供良好晉升及發展機會，會助於我的創新表現。	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
5. 公司提供優渥薪資待遇，會助於我的創新表現。	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
6. 公司工作環境良好，會助於我的創新表現。	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
7. 公司能提供適當獎懲制度，會助於我的創新表現。	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>

創新行為					
1. 我常尋求新科技、技術與產品創新方法。	1	2	3	4	5
2. 我常將創新構想轉換成為新產品。	1	2	3	4	5
3. 我針對疑難之問題，常提出新穎的答案。	1	2	3	4	5
4. 我常以有系統方式，將創新構想導入工作流程。	1	2	3	4	5
5. 我常搜尋新的工作方法、新的技術、新的工具。	1	2	3	4	5
6. 我常鼓勵同事熱衷追求創新構想。	1	2	3	4	5
7. 我是一個具有創意的人才、常支持創新性構想。	1	2	3	4	5

從STEM觀點教導造型磁鐵之探討

An Exploration of Teaching Designed Woodboard with Magnet Based on STEM Perspectives

陳立庭

國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系

Li-Ting Chen

Department of Technology Application and Human Resource Development,
National Taiwan Normal University

摘要

整合科學、科技、工程、數學(Science, Technology, Engineering, Math; STEM)的STEM教育，是近年的教育趨勢。臺灣的生活科技教學已經開始跟STEM教育結合，常見結合6E教學模式的STEM教學活動(姚經政、林呈彥，2016；張玉山、楊雅茹，2014；蔡依帆、吳心昀，2014)，卻少見使用問題解決教學模式的STEM教學活動。為彌補此缺口，研究者分享自身於最近一個學期，使用問題解決教學模式，將STEM教育應用在造型磁鐵的教學活動，且以國中學生為教學對象的教學經驗。經歷這次的教學經驗，研究者認為採用STEM觀點教導造型磁鐵，能讓學生理解科學、科技、工程、數學之間的連結性，然而離整合四科的STEM教育仍有一段距離。

關鍵字：STEM、造型磁鐵、問題解決

壹、背景與動機

整合科學、科技、工程、數學(Science, Technology, Engineering, Math; STEM)的 STEM 教育，是近年教育的趨勢，STEM 教育跟 21 世紀的關鍵能力有所連結(Bybee, 2010; Bybee, 2013; Jang, 2016; Taylor, 2016; Tunkham, Donpuksa, & Dornbundit, 2016)。在幼稚園到高中的教育中，生活科技可作為實踐 STEM 教育的重要領域(范斯淳、游光昭，2016)。有鑑於此，臺灣的生活科技教學已經開始跟 STEM 教育結合，目前已有二氧化碳賽車、液壓手臂、鼠夾車、機器人、空投救援物資(擲蛋裝置)等教學活動的範例(姚經政、林呈彥，2016；張玉山、楊雅茹，2014；陳冠吟，2015；蔡依帆、吳心昀，2014；簡佑宏、張玉山、簡爾君，2016)。然而前述的教學活動大多需要較長的製作時間，所涉及的學科概念也較為複雜，且大多使用 6E 教學模式。目前研究者尚未見到將 STEM 教育應用在較單純的教學活動上，且使用問題解決教學模式的範例。再者，前述的教學活動，雖然有國中的教學活動(姚經政、林呈彥，2016；蔡依帆、吳心昀，2014)，然而仍較多為高中的教學活動。研究者為彌補上述的研究缺口，使用問題解決教學模式，將 STEM 教育應用在造型磁鐵的教學活動上，以國中學生為教學對象，旨在分享研究者最近一個學期的教學實務經驗，盼能與各位教育先進分享。

造型磁鐵是生活科技中較為單純的教學活動之一，能在 2 到 4 節課的時間內完成作品。新北市永和國中高老師曾在自造大師 105 學年度師資培訓研習中，公開分享此教學活動(師大新聞，2016)。造型磁鐵是讓學生操作基礎木工機具，如手線鋸、桌上型電動鑽床、線鋸機、帶鋸機等，將木板設計與製作成自己想要的造型，或將各色碳粉黏著在膠帶上，轉印貼在木板後，製作成自己想要的造型，透過前述兩種方式製作完造型後，再鑽洞放入 $\phi 5\text{mm}$ 的強力磁鐵，即完成的實作作品。研究者已多次實施過造型磁鐵的教學活動，現在希望將造型磁鐵跟 STEM 教育結合。再者，研究者參考十二年國教科技領域課程綱要草案後(國家教育研究院，2016)，認為造型磁鐵可作為國中階段「設計與製作」的學習內容，也符合國中階段的理念，即造型磁鐵是以「創意設計」為主軸，透過運用簡單機具及材料處理之製作程序，培養學生的創意與設計能力。研究者進一步對照課程綱要草案後，認為在造型磁鐵的教學活動中，學生會展現出「生 a-IV-1 能主動參與科技實作活動」、「生 s-IV-2 能運用基本工具進行精確的材料處理與組裝」、及「生 c-IV-1 能運用設計流程，實際設計並製作科技產品以解決問題」的學習表現。學生會學習到七年級的「生 P-IV-3 手工具的操作與使用」、八年級的「生 P-IV-4 設計的流程」、及九年級的「生 N-IV-4 科技與工程的關係」等學習內容。學生進而培養十二年國教科技素養中的「科-J-A3 具備善用科技資源以擬定與有效執行計畫的能力」。其中學習內容涉及到三個年級的不同內容，乃因為學習是連續且逐漸加深的過程，學生在每次的實作

教學活動中很容易重複學習到七年級的手工具操作，本次教學活動亦涉略到九年級的科技與工程的關係，但僅讓學生體驗科技與工程之間的相互連結，未著墨在工程技術或工程設計等九年級的學習內容，本次教學活動較多的時間在學習八年級的設計流程。

STEM 教育有多種整合各學科的方式，可以是常見的各科獨立、或由其中一科整合其他三科、或於單一課程中整合四科、或由科技與工程連結科學與數學等等的多種教學方式(Bybee, 2013; Dugger, 2010)。STEM 教育整合的目的之一是，讓學生有足夠的知識、態度與技能以辨認、解決、或解釋，生活中與 STEM 教育相關的問題或議題(Bybee, 2013)。研究者參考前述的文獻後，採用以科技工具與工程設計為主，連結科學原理與數學概念的 STEM 教育整合方式，即本次的 STEM 觀點為，透過生活科技造型磁鐵的課程連結相關的科學原理與數學概念。

本教學活動在科技方面是讓學生能夠操作基礎木工機具。在工程方面是讓學生體驗十二年國教生活科技學習內容「科技與工程的關係」下的「工程設計的基本概念」，本次為預測分析(Predictive Analysis)的概念。在科學方面是讓學生認識造型磁鐵所涉及的科學原理(磁力、摩擦力)。在數學方面是讓學生利用直尺或圓規輔以繪製木板的幾何造型。為便於後續說明，研究者現針對預測分析的概念進一步說明，預測分析是指在計劃階段利用科學或數學的原理(principles)預測設計的結果(Merrill, Custer, Daugherty, Westrick, & Zeng, 2008)。進一步解釋之，本次的教學活動將有一部份的時間，是讓學生體驗如何運用科學原理預測設計與製作的結果。而研究者將以生活科技常用的教學方式，讓學生學習 STEM 教育的內容。

生活科技的教學活動常以問題解決(problem-solving)模式為教學方式(林坤誼，2008)。研究者這次的教學方式，仍採用問題解決模式，且配合學校課本為康軒版的因素，採用其問題解決模式的步驟，即：(1)確認問題，(2)蒐集資料，(3)提出構想，(4)執行製作，(5)測試評估(尤丁玫等人，2014)。研究者依此步驟設計教學活動，且以此為教學方式。然而，研究者在引導方面做了更改以融入 STEM 教育，研究者將利用 25 分鐘的時間，讓學生思考磁鐵大小跟鑽孔大小的議題，使學生能體驗工程設計中利用科學原理預測分析的概念。

貳、造型磁鐵活動的設計與實施

一、教案設計

研究者透過前述的背景與動機，設計出 4 堂課的教學活動。本教學活動於第 1 節課先向學生展示過往學長、姐作品，再說明作品要求及相關知識，最後讓學生設計作品。第 2 節課在學生思考過鑽孔大小的問題後，將設計圖製作成紙模型。第 3 節課研究者教導木工機具的操作方式及注意事項後，學生開始製作。第 4 節課研究者複習木工機具後，

學生持續製作，於下課前完成作品以利研究者評分。詳細教案設計如表 1 所示。

本次的教學目標如上文所述，STEM 教育的各科均有目標，列於表 1 中。教學目標的達成方式為，學生實際操作基礎木工機具(手線鋸、桌上型電動鑽床、線鋸機、帶鋸機)，以達到相關教學目標。其次，學生透過第 2 節課的「鑽孔大小的議題深思」學習單，體驗十二年國教生活科技工程設計中預測分析的概念，也在學習單中認識造型磁鐵所涉及的科學原理(磁力、摩擦力)。再者，學生在白紙上設計造型，或於木板上繪製造型時，研究者將提醒學生利用直尺或圓規繪製幾何圖形，提升作品在造型設計上的精準度，以達到相關教學目標。學生大多於國小或在國中八年級下學期的數學課中，學到利用直尺或圓規繪製幾何圖形。最後，學生透過回應研究者的提問，與研究者的互動，或在作品評分及拍照時欣賞他人作品，達到情意領域的教學目標。

表 1 教案設計

課程名稱		造型磁鐵		
學習階段/教學對象		國中/8 年級	教學時間	45 分鐘/4 節
學習主題		學生能操作基礎木工機具，設計與製作木板成自己想要的造型磁鐵，且認識到造型磁鐵所涉及到的科學、科技、工程、數學概念。		
教學目標		認知： 體驗工程設計中預測分析的概念。(工程) 認識造型磁鐵所涉及的科學原理(磁力、摩擦力)。(科學) 技能： 操作基礎木工機具。(科技) 利用直尺或圓規以繪製幾何圖形。(數學) 情意： 樂於回應教師提問參與討論。 欣賞他人作品。		
教學流程說明				
節次	教學活動	時間分配	教學資源	評量方式
1	引起動機	5	學習單、 投影片、 與木板等 大的白紙	學習單
	欣賞過往學長、姐作品（今年作品如表 2）。 發展活動 說明造型磁鐵的任務要求。			

表 1 教案設計 (續)

教學流程說明					
節次	教學活動	時間分配	教學資源	評量方式	
1	發展活動 教導木工機具的學科知識。	25		學習單	
	綜合活動 在白紙上設計自己的作品。	10			
2	引起動機 示範兩個作品，一個會跟磁鐵分離，磁鐵留在黑板上；一個不會跟磁鐵分離，會一起拿下來。 提問：為什麼會有兩種不同的情況發生？ 學生答：因為其中一個的洞太大。 再提問：洞比磁鐵大多少會分離？ 學生回答後，不論猜測數值為何，請學生看學習單上面的示意圖(參見後續學習單設計的說明)。	5	學習單、 與木板等 大的白 紙、剪 刀、美工 刀	口頭問答	
	發展活動 請學生看學習單上放大四倍的示意圖，觀察三個同心圓的差距，以圖像引導的方式，讓學生主動說出差異很小，難以肉眼查覺到差異。再利用一系列的問題，教導學生磁鐵與鑽孔大小的議題。	25			口頭問答 學習單
	綜合活動 將上週的設計圖，剪下作紙模型。	15			
3	引起動機 教師示範木工機具的操作方式。	10	木板、木 工機具	口頭問答	
	發展活動 教師教導機具操作的注意事項。	5			
	綜合活動 學生操作木工機具。	30			教師觀察、實作 作品

表 1 教案設計 (續)

教學流程說明				
節次	教學活動	時間分配	教學資源	評量方式
4	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">發展活動</div> 教師複習機具操作的注意事項。	5	木板、木工機具	口頭問答
	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">綜合活動</div> 學生製作。	30		教師觀察、實作
	作品評分，欣賞他人作品。	10		作品

二、學習單設計

為利於學生了解及學習，本教學活動配有學習單一份(詳見附件一)，相關說明如下。學習單的前兩面依據問題解決步驟設計，學生所面臨的問題為，如何利用木工機具，將 1 塊 10 公分的正方形二分纖維板(密集板)，做成新的造型。學生蒐集的資料為木工機具的介紹，及製造科技術語「條」的概念，條為一種量測單位，1 條代表 0.01mm。學生利用與木板等大的白紙提出構想，製作出紙張模型。再利用木工機具執行製作，將想法化為實作作品。最後，學生測試評估，評鑑自己的作品及製作流程，再由研究者評分。

學習單的第三面為「鑽孔大小的議題深思」，研究者透過此面學習單(詳見附件一)，引導學生體驗十二年國教生活科技學習內容中的「工程設計的基本概念」。本次使用工程設計中預測分析的概念，即此次從 STEM 觀點教導的重點所在，也是跟過往教學方式不同之處。先說明此面學習單的設計理念，其中第 1 到 5 題從科技的面向，讓學生思考鑽孔大小與磁鐵的關係；第 6 到 8 題從科學的面向，引導學生認識造型磁鐵所涉及的科學原理(磁力、摩擦力)，也進一步從科學面向思考鑽孔大小與磁鐵的關係。第 9 題讓學生預先想好發生問題時，可行的解決方案。

於「鑽孔大小的議題深思」學習單的最上面，設計有放大四倍的磁鐵與孔洞示意圖，節錄這部分的學習單如下。



放大四倍的示意圖：

內圈紅虛線 $\phi 4.9\text{mm}$ ，中間黑實線 $\phi 5\text{mm}$ ，外圈藍鍊線 $\phi 5.1\text{mm}$

研究者透過放大四倍的示意圖，請學生觀察三個同心圓的差距，讓學生主動說出差異很小，較難用肉眼查覺到差異，以引起學生學習動機，且以圖像的方式了解數值的差異程度。接著，利用一系列的問題讓學生思考 $\phi 4.9\text{mm}$ 、 $\phi 5\text{mm}$ 、 $\phi 5.1\text{mm}$ 的差距，對於磁鐵跟洞的相互影響。第1題請學生思考要鑽多大的洞，才能把 $\phi 5\text{mm}$ 的磁鐵放進作品中吸在黑板上，這題沒有預設答案，三個選項都可以勾選。第2題是讓學生注意到洞的大小會影響到作品，故請學生思考在鑽大於 $\phi 5\text{mm}$ 、等於 $\phi 5\text{mm}$ 、小於 $\phi 5\text{mm}$ 的洞時磁鐵跟洞的關係，以及將作品從黑板拿下時，所可能發生的情況。第3題是讓學生貼近現實情況，察覺現實跟理論的差異，故請學生思考在製作產品時可能的誤差值，以條為單位猜測磁鐵的誤差值。第4題是讓學生查覺到鑽 $\phi 5\text{mm}$ 的洞可能會比較鬆，故請學生思考在有誤差值的情形下，鑽 $\phi 5\text{mm}$ 的洞放 $\phi 5\text{mm}$ 的磁鐵，有沒有可能洞會比較鬆。最後，第5題呼應第1題，請學生再一次思考應該要鑽多大的洞放 $\phi 5\text{mm}$ 磁鐵會比較好。學生在經過這樣的思考歷程後，應該會選擇略小於 $\phi 5\text{mm}$ 的洞，即 $\phi 4.9\text{mm}$ 的洞放磁鐵，以確保每個作品都能夠將磁鐵鑲在實作作品中。

第6題提醒學生磁力的概念，即磁鐵的磁力較弱時，我們可以輕易地將吸在黑板上的磁鐵拿下。第7題提醒學生摩擦力的概念，即磁鐵的側邊若跟洞的裡面接觸面積越多，摩擦力越大。第8題請學生思考磁力跟摩擦力的相互影響，當磁力大於摩擦力，從黑板上拿下作品時，作品會跟磁鐵分離；當摩擦力大於磁力時，則會一起被拿下來。研究者藉由第8題，讓學生認識造型磁鐵所涉及的科學原理(磁力、摩擦力)，且思考兩者的強弱差異對於作品的影響。學生大約在國小三年級學過磁力(王純姬等人，2014a；王素慧等人，2014)，在國小五或六年級學過摩擦力(王純姬等人，2014b；徐麗雪、陳麗香、劉璟儀，2014)，因此學生已具備足夠的先備知識，能回應研究者的引導問題。最後，第9題假設磁鐵跟作品會分離，詢問學生可以怎麼做以改善這問題，讓學生預先想好解決方案，以備不時之需。

三、教學過程

研究者本學期任教7個班級，於學期中發現國中生活科技的STEM教育文獻較少，受限於課程進度因素，已有5個班級開始製作造型磁鐵，然為依照本教案的時間實施教學，因此選擇課程進度較慢的2個班級為教學對象。參與教學活動的2個班級均為22位學生，預計共44位學生，然而在第2週教導「鑽孔大小的議題深思」學習單時，有2位學生請假，實際參與STEM觀點的教學活動有42位學生。

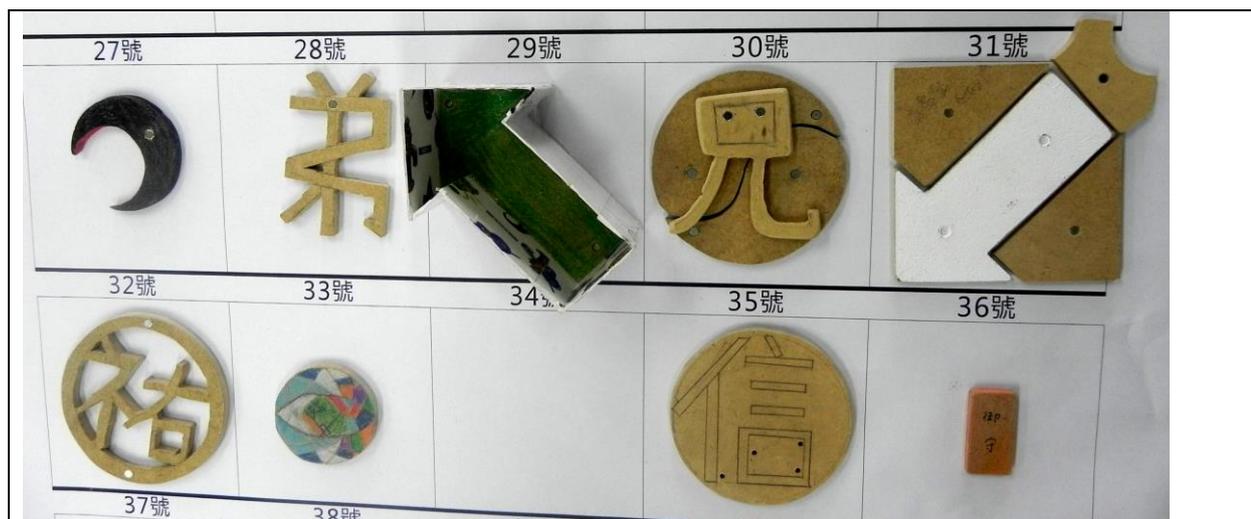
研究者依教案設計實施教學，在課程進度方面，每節課均跟教案設計一致，於下課前完成該堂課的進度。然而在第 1 節的造型設計及第 2 節的紙模型製作部分，每班約有 7、8 位學生需要額外的時間方能完成，研究者請這些學生將未完成部分做為功課，需於放學前或隔天繳交，這些學生均在時限內繳交。

本校木工機具有，25 把手線鋸、1 台桌上型電動鑽床、2 台線鋸機、1 台帶鋸機等，其中電動木工機具如圖 1 所示。因課程目標為學生能操作基礎木工機具，且為培養學生的創意與設計能力，故在造型設計部分未給予過多限制，因此學生的造型設計從簡單的圓形、箭頭、弦月，到較複雜的鏤空內挖均有人設計。部分學生作品如表 2 所示。造型設計較為簡單、鋸切量較少的學生(如相片 2)，在第 3 節課的 30 分鐘製作時間內即完成作品；造型設計多元、鋸切量適中的學生(如相片 3、4)，在第 4 節課的 30 分鐘製作時間內亦完成作品；然而，部分造型設計極複雜、鋸切量較多的學生(如相片 5、6、7)，需要額外利用早自習、午休等時間，才能完成作品。研究者分析學生作品，認為 42 人中有 18 位學生製作較為簡單的作品，有 18 位學生製作設計多元的作品，有 6 位學生製作極複雜的作品，換句話說，大部分的學生都能在第 4 節課完成作品，以利研究者評分。



圖 1 電動木工機具(由左至右依序為，桌上型電動鑽床、線鋸機、線鋸機、帶鋸機)。

表 2 部分學生作品



相片 1 說明：學生作品。



相片 2、3、4 說明：學生作品(實際作品與紙模型)。



相片 5、6、7 說明：學生作品(所需時間較多的)。

參、反思及經驗分享

研究者於課程後，分析「鑽孔大小的議題深思」學習單及反思本次的教學經驗，認為有下列事項可供參考。

首先，研究者分析 42 位學生的「鑽孔大小的議題深思」學習單，認為有下列四點比較特別，可進一步說明與各位教育先進分享。

第一點，在第 1 題的部分，有 8 位學生認為要鑽大於 $\phi 5\text{mm}$ 的孔才能放進磁鐵，有 20 位認為要鑽等於 $\phi 5\text{mm}$ 的孔，有 14 位認為要鑽小於 $\phi 5\text{mm}$ 的孔，研究者認為有 8 位學生選

擇大於 $\phi 5\text{mm}$ ，是因為「放進」一詞讓學生覺得孔要大一點比較好，導致此結果，此結果跟研究者事先設想的接近。研究者為避免引導學生勾選等於或小於的選項，因此選用研究者認為較為適切的辭彙，以便讓部分學生在經過研究者解說後，能透過第 1 題跟第 5 題的勾選差異，查覺到自己的改變。故，研究者在此部分將繼續使用「放進」一詞。

第二點，在第 2 題的部分，學生大致上圈選正確，但有 3 位同學圈選結果完全相反；有 3 位認為鑽大於 $\phi 5\text{mm}$ 的孔可以讓磁鐵鑲在作品上，跟作品一起從黑板上拿下來；有 2 位認為鑽等於 $\phi 5\text{mm}$ 的孔會比較鬆，但可以跟作品一起被拿下來；有 1 位認為鑽小於 $\phi 5\text{mm}$ 的孔會比較緊，但磁鐵會跟作品分離，無法一起被拿下來。研究者透過在黑板上繪製圖像的方式，解說這一題，如圖 2 所示，但是仍有無法理解題目敘述或相關概念的學生，然而人數不多，可能是研究者說明過程不夠詳盡，或過於快速，或學生的認知發展程度不同導致此結果。研究者未來在解說這部分時，會將速度再放慢一些，三個子題都個別繪製圖像，以減輕學生的認知負荷，進而讓全部學生都確實理解題目所敘述的內容。



圖 2 研究者解說磁鐵側面跟孔洞內側，因接觸產生摩擦力的黑板圖。

第三點，在第 3 題的部分，研究者統計學生認為合理的誤差值如表 3 所示。大部分的學生認為 $\phi 5\text{mm}$ 的磁鐵，誤差值在 0.05mm (5 條, 1%)以下，這也跟研究者事先設想的接近。學生透過這題，可理解磁鐵的實際尺寸可能介於 $\phi 4.95\text{mm}$ 至 $\phi 5.05\text{mm}$ 之間，鑽頭也是一樣的情形。所以，如果兩者皆鑽 $\phi 5\text{mm}$ 的孔洞，再加上學生人為操作機具所產生的晃動等，可能會有過鬆的問題，研究者認為這也是新北市永和國中高老師教導學生，使用白膠將磁鐵黏在洞中的原因。學生在了解誤差值後，以此為基礎回答第 4、5 題，全部的學生在第 5 題都選擇鑽小於 $\phi 5\text{mm}$ 的孔，即以 $\phi 4.9\text{mm}$ 鑽孔，以確保每個作品都能夠將磁鐵及作品一起拿下來。

表 3 合理的誤差值

誤差數值	.01mm	.20 mm	.03 mm	.04 mm	.05 mm	.07 mm	.10 mm	.15 mm
人數	8	8	1	2	16	2	4	1
百分比	19.05%	19.05%	2.38%	4.76%	38.10%	4.76%	9.52%	2.38%

最後第四點，在第 9 題的部分，學生們認為改善磁鐵跟作品分離的問題，可以採用更換磁鐵、重新製作、使用白膠或其他黏著劑的方式處理。研究者認為會有更換磁鐵這個答案，是因為學生考量到誤差值的概念，所以認為更換磁鐵也是一種可行的解決方案。然而研究者僅提供 $\phi 4.9\text{mm}$ 的鑽頭，因此沒有學生需要解決磁鐵跟作品分離的問題。

其次，反思本次教學的過程，研究者認為有下列四點可與教育先進分享。

第一點，研究者認為紙模型的製作，有助於學生理解跟具體化個人想法。研究者基於過往的教學經驗，於上次教導造型磁鐵時，增加了紙模型的製作，此次延續使用。具體模型(solid modeling)是擴展人類能力的工具之一(Bowen, DeLuca, & Franzen, 2016)。研究者認為 8 年級的學生仍需要具體的實物，以了解作品的實際樣子，因此紙模型的製作，或提供磁鐵給部分需要的學生以設計鑽孔位置，均是幫助學生理解跟具體化個人想法的好方式。以紙模型做為具體模型，讓研究者能給予學生更具體的回饋與製作建議，有助於師生溝通與互動。研究者將持續使用紙模型的技巧於造型磁鐵的教學活動中。

第二點，研究者認為採用 STEM 的觀點教導造型磁鐵，能讓學生理解科學、科技、工程、數學之間的連結性。學生透過學習單第 6 到 8 題的思考過程，認識造型磁鐵所涉及的磁力跟摩擦力的科學原理。讓他們發現國小或現在八年級所學的科學原理，可以實際應用在生活情境中，或是生活科技在製作作品時，可應用到科學原理，科技跟科學之間有所連結。其次，本次教學是讓學生體驗十二年國教生活科技學習內容中的「工程設計的基本概念」，本次預測分析的概念，讓學生體驗運用磁力跟摩擦力的科學原理預測製作結果，進而了解或選擇合適的鑽孔大小以提高作品的成功率。預測分析是擴展人類能力的工具之一(Bowen et al., 2016)。研究者認為這次預測分析的體驗過程，有助於學生以多元的角度思考問題，增加學生分析問題的面向，然而需要更多的練習機會，才能將多元思考內化成一種個人的思考方式，以應用於未來的生活中。再者，研究者發現學生在繪製直線或圓形時，已養成使用直尺或圓規的習慣，特別是在圓形的部分會使用圓規，以確保圓形夠完美。但是學生操作木工機具的能力，會影響到作品的完整度，從照片 4 可以發現，圓圈的內部，沒有鋸切在線上，有點可惜。小

結本段，在研究者的設計下，學生能了解造型磁鐵在科學、科技、工程、數學之間的連結性。可惜的是，這樣與 STEM 教育中單一課程整合四科的方式仍有落差，也是研究者未來的努力方向。

第三點，這次的經驗分享，未能提出良好的佐證資料完備研究者的論點。研究者反思本次的教學設計，未能預先設計良好的資料蒐集方式，因此在資料分析時無法取得所需的佐證資料，殊為可惜。雖然本次的教學經驗，可供國中老師嘗試使用 STEM 觀點教導造型磁鐵，卻缺乏足夠的證據強化此想法，因此僅能盼望教育先進們嘗試採用此教學活動。

最後第四點，研究者認為本次的「鑽孔大小的議題深思」學習單可引導學生連結科學、科技、工程的相關概念。STEM 教育可分為 4 個階段，於課堂中連結各學科的內容即達到第 3 階段(STEM 3.0)，若能真正整合各科則為第 4 階段(Bybee, 2013)。從本次教學活動時，學生的反應及師生互動的情況，研究者認為國中老師可透過良好的教學設計，引導學生連結科學、科技、工程、數學各科，待學生於國中階段習慣連結各科後，才有機會讓學生於高中階段進一步整合 STEM 教育的各科，進而落實臺灣的 STEM 教育。

總結本文的經驗分享，研究者認為在使用問題解決教學模式的國中階段，造型磁鐵可作為以科技與工程為主連結科學與數學的 STEM 教育教學活動之一，也能成為十二年國教生活科技國中階段「設計與製作」的學習內容。此外，造型磁鐵所涉及的科學原理與數學概念，是國小學過的內容，因此雖然本次以八年級為教學對象，然配合十二年國教的課程設計，研究者未來將調整為在七年級教導此課程。STEM 教育可以從國中開始，漸漸讓學生們體驗、嘗試連結各學科，或進一步體驗、探索 STEM 教育的整合，透過單一課程整合四科，以培養學生對 STEM 教育的興趣，學生們在未來或許可整合運用 STEM 各科於生活中。

參考文獻

- 尤丁政、吳美玲、吳家鶴、何建樂、何鎮揚、祁明輝、邱明成、施順忠、梁中昊、童禕珊、董家莒、楊傑超、劉翠華、蔡美賢、賴麗琴、謝輝龍(2014)。國中自然與生活科技(第1冊)7年級上學期。康軒文教事業股份有限公司，新北市。
- 王純姬、吳美慧、卓麗容、邱文娟、胡甫育、黃建榮、葉承輝(2014a)。國小自然與生活科技(第1冊)3年級上學期。康軒文教事業股份有限公司，新北市。
- 王純姬、吳美慧、卓麗容、邱文娟、胡甫育、黃建榮、葉承輝、簡朝宗(2014b)。國小自然與生活科技(第5冊)5年級上學期。康軒文教事業股份有限公司，新北市。
- 王素慧、王莉萍、徐麗雪、陳璧瑜、陳麗香、劉璟儀、鄭美雪、歐陽小雪(2014)。國小自然與生活科技(第1冊)3年級上學期。翰林出版事業股份有限公司，臺南市。
- 林坤誼(2008)。問題解決導向生活科技活動學習歷程模式之行動研究。科技教育學報，1(1)，49-69。DOI: 10.6233/JTE.2008.1(1).3
- 姚經政、林呈彥(2016)。STEM教育應用於機器人教學—以6E教學模式結合差異化教學。科技與人力教育季刊，3(1)，53-75。DOI: 10.6587/JTHRE.2016.3(1).5
- 范斯淳、游光昭(2016)。科技教育融入STEM課程的核心價值與實踐。教育科學研究期刊，61(2)，153-183。DOI: 10.6209/JORIES.2016.61(2).06
- 師大新聞 (2016年11月25日)。師大推動創新自造教育培育Maker師資。臺師大秘書室公共事務中心師大新聞學術專業，取自
<http://pr.ntnu.edu.tw/news/index.php?mode=data&id=16373>，擷取日期2017年6月1日。
- 徐麗雪、陳麗香、劉璟儀(2014)。國小自然與生活科技(第8冊)6年級下學期。翰林出版事業股份有限公司，臺南市。
- 國家教育研究院(2016)。十二年國教科技領域課綱草案(含國民中小學、普通型及技術型高中)及相關意見回應表(送課審會)。
<http://www.naer.edu.tw/files/15-1000-10471,c639-1.php?Lang=zh-tw>，擷取日期2017年6月15日。

- 張玉山、楊雅茹(2014)。STEM 教學設計之探討：以液壓手臂單元為例。 *科技與人力教育季刊*，**1**(1)，2-17。DOI: 10.6587/JTHRE.2014.1(1).1
- 陳冠吟(2015)。STEM 取向的科技教育－以鼠夾車為例。 *科技與人力教育季刊*，**2**(1)，63-81。DOI: 10.6587/JTHRE.2015.2(1).4
- 蔡依帆、吳心昀(2014)。STEM 整合教學活動－空投救援物資。 *科技與人力教育季刊*，**1**(1)，40-54。DOI: 10.6587/JTHRE.2014.1(1).3
- 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。DOI: 10.6587/JTHRE.2016.3(1).4
- Bowen, B. D., DeLuca, V. W., & Franzen, M. M. (2016). Measuring how the degree of content knowledge determines performance outcomes in an engineering design-based simulation environment for middle school students. *Computers & Education*, 92-93, 117-124. DOI: 10.1016/j.compedu.2015.10.005
- Bybee, R. W. (2010). What Is STEM Education. *Science*, 329, 996. DOI: 10.1126/science.1194998
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. Arlington, VA: National Science Teachers Association Press.
- Dugger, W. E. (2010, December). *Evolution of STEM in the United States*. Paper presented at the 6th Biennial international conference on technology education research, Gold Coast, Queensland, Australia.
- Jang, H. (2016). Identifying 21st century STEM competencies using workplace data. *Journal of Science Education and Technology*, 25(2), 284-301. DOI: 10.1007/s10956-015-9593-1
- Merrill, C., Custer, R., Daugherty, J., Westrick, M., & Zeng, Y. (2008). Delivering core engineering concepts to secondary level students. *Journal of Technology Education*, 20(1), 48-64.
- Taylor, B. (2016). Evaluating the benefit of the maker movement in K-12 STEM education. *Electronic International Journal of Education, Arts, and Science*, 2, 1-22.
- Tunkham, P., Donpudsa, S., & Dornbundit, P. (2016). Development of STEM activities in chemistry on “protein” to enhance 21st century learning skills for senior high school students. *Silpakorn University Journal of Social Sciences, Humanities, and Arts*, 16(3), 217-237.

附錄一 學習單

生活科技_造型磁鐵學習單

一、**確認問題/限制條件**：

將一塊 10 cm X10 cm 的二分纖維板（密集板），做成新的造型。

二、**蒐集資料**：

人力：個人自行作業。**機具**：手工鋸、砂紙。**資本**：木板 12 元，強力磁鐵 5 元。**時間**：4 節課。**材料**：一塊 10 cm X10 cm 的二分纖維板（密集板）、強力磁鐵。**能源**：人力製作。**資訊**：參見底下。

砂紙號數：每一平方英吋的網目數，如 #100 砂紙就是在 1 英吋x1 英吋的面積裡，分佈了 100x100 粒研磨顆粒。所以數字越大，砂紙越細緻。

弓形鋸：也稱為線鋸、手線鋸。因形狀像弓，故名；又因手持沿著線條鋸切，才有另外兩個稱呼。

使用時，**拉的時候出力**，推的時候不出力。根據教育部國語字典：

鋸：【名詞】薄鋼片製成，邊緣有尖齒，用來截斷木材或鋼鐵等的工具。

【動詞】截斷，去掉部分。例：我鋸了一片木板。

切：【動詞】用刀把東西割斷、分開成幾部分。

割：【動詞】用刀切開。

請說鋸切木頭。

鑽頭：可按照加工材料不同，分成木頭、塑膠、金屬用鑽頭。常見的鑽頭為麻花鑽頭；鑽頭上的**螺旋紋路凹槽**，功用是**切削及排除木屑**。

鑽床：將鑽頭夾住後，使用馬達帶動皮帶，可以在工件上加工的機具。操作時，**務必要將頭髮盤起**，避免捲入機器中；**左手壓住加工物件**，**右手負責開機、操作、關機**；在關機後，才可將左手離開工件，避免工件跟著鑽頭旋轉上來打到人。

夾頭鉸手：協助將鑽頭固定在鑽床上的工具。

條，1 條是 0.01 mm：製造業的專業術語。這次強力磁鐵要塞在洞裡面，強力磁鐵大小為 $\phi 5$ mm、高 5 mm，為了避免跑出來，所以鑽 $\phi 4.9$ mm 的孔，這樣子差了 10 條（ $10 \times 0.01 \text{ mm} = 0.1 \text{ mm}$ ），就可以增加很多的摩擦力，讓強力磁鐵一定不會跑出來。【 ϕ 唸作 fi，圖學的尺度標註，代表直徑】

年 班 號 姓名：

三、**提出構想**：

請在紙張上畫出你要做的造型，
且剪下來做成紙模型，再描繪在木板上。

【10分】
設計說明： 【5分】

四、**執行製作**：

順序	我的流程
1	在紙張上畫出造型， 剪下來做為紙模型。
2	將紙模型放在木板上， 描繪造型。
3	【5分】
4	【5分】
5	用砂紙砂磨。
6	塞磁鐵。

五、**測試評估**：

哪二個流程有一定的先後順序？ **【5分】** 為什麼？ **【5分】**

答： 答：

哪二個流程的先後順序沒有影響？ **【5分】** 為什麼？ **【5分】**

答： 答：

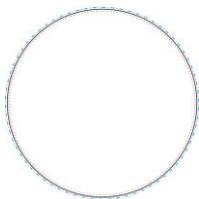
只有一種流程嗎？ **【5分】** 還是有其他的流程，為什麼？ **【5分】**

答： 是 / 不是 答：

鋸切造型	有鋸切造型 【10分】	沒有鋸切造型 【0分】
砂磨	有砂磨且摸起來舒適 【10分】	有砂磨但摸起來不舒適 【0分】
作品完成度	有完成作品且 描邊或上色 【10分】	沒完成作品或 沒描邊、上色 【0分】
準時繳交作品 與學習單	有 【15分】	沒有 【0分】

生活科技_造型磁鐵學習單_鑽孔大小的議題深思

年 班 號 姓名：



放大四倍的示意圖：內圈紅虛線 $\phi 4.9\text{mm}$ ，中間黑實線 $\phi 5\text{mm}$ ，外圈藍鍊線 $\phi 5.1\text{mm}$

一、請問 $\phi 5\text{mm}$ 的磁鐵，要鑽多大的洞，才能把磁鐵放進作品中，吸在黑板上，請勾選合適的答案？

大於 $\phi 5$ 的洞，如 $\phi 5.1$ 、 $\phi 5.2$ 。 等於 $\phi 5$ 的洞。 小於 $\phi 5$ 的洞，如 $\phi 4.9$ 、 $\phi 4.8$ 。

二、若已經將磁鐵放進作品中，且吸在黑板上，請就下面三種情況圈選拿下作品時合適的答案：

鑽大於 $\phi 5$ 的洞時，磁鐵跟洞的關係比較鬆 / 緊，拿下時磁鐵跟作品會分離 / 一起下來。

鑽等於 $\phi 5$ 的洞時，磁鐵跟洞的關係比較鬆 / 緊，拿下時磁鐵跟作品會分離 / 一起下來。

鑽小於 $\phi 5$ 的洞時，磁鐵跟洞的關係比較鬆 / 緊，拿下時磁鐵跟作品會分離 / 一起下來。

三、製造業中，有個專業術語稱為條，1條是指 0.01mm，每個產品在製作上，是否都會有誤差？有的話，你認為 $\phi 5\text{mm}$ 的磁鐵或鑽頭，合理的誤差值是多少？_____條或_____%。

四、假設 $\phi 5\text{mm}$ 的誤差值是 0.2%，即 $\pm 0.01\text{mm}$ ，1條，這樣的話，應該是介於_____~_____mm。

在這樣的前提下，請問鑽 $\phi 5$ 的洞放 $\phi 5$ 的磁鐵，有沒有可能會比較鬆？有 / 沒有。

五、現在請再思考一次這問題，你應該要鑽多大的洞放 $\phi 5\text{mm}$ 磁鐵，會比較好？

大於 $\phi 5$ 的洞，如 $\phi 5.1$ 、 $\phi 5.2$ 。 等於 $\phi 5$ 的洞。 小於 $\phi 5$ 的洞，如 $\phi 4.9$ 、 $\phi 4.8$ 。

六、磁鐵吸在黑板上時，若可以輕易將磁鐵拔開，我們說這磁鐵的磁力弱 / 強。

若無法輕易將磁鐵拔開，我們說這磁鐵的磁力弱 / 強。

七、將磁鐵放到洞中，磁鐵的側邊會跟洞的裡邊接觸摩擦，這樣會產生磨擦力。

鑽大於 $\phi 5$ 的洞，如 $\phi 5.1$ 時，磁鐵跟洞的接觸比 $\phi 5$ 的洞少 / 多，摩擦力比較小 / 大。

鑽小於 $\phi 5$ 的洞，如 $\phi 4.9$ 時，磁鐵跟洞的接觸比 $\phi 5$ 的洞少 / 多，摩擦力比較小 / 大。

八、請同時思考第六題跟第七題，在這樣的基礎上，圈選下面適合的答案：

若已經將磁鐵放進作品中，且吸在黑板上，拿下作品時，

磁鐵跟作品分離，是因為磁力小於 / 大於 摩擦力。

磁鐵跟作品一起拿下來，是因為磁力小於 / 大於 摩擦力。

九、如果你的磁鐵跟作品還是會分離，你可以怎麼做改善這問題：_____。

STEAM 理論融入國小科技實作的活動設計：

橡皮筋動力車向前衝

Designed of STEAM-Based Technology Implementation Activities in Elementary School : Rubber Band Car

葉栢維

國立台灣師範大學科技應用與人力資源發展學系 碩士班

Ye,Bo-Wei

National Taiwan Normal University

Department of Technology Application and Human Resource Development

摘要

國小階段的生活科技課程旨在培養學生學習科技的興趣，藉由實作歷程學習工具的使用和建構出科技相關的知能，近年來各國開始強調跨學科整合的學習概念，從美國國家科學委員會的報告當中，可以看到美國重點培育跨學科人才的趨勢，羅德島設計學院在 STEM 教育課程的推行中，加入 Arts，認為藉由美感的培養可以有效的整合科學、科技、工程與數學的知識。本活動將橡皮筋動力車作為教學主題，說明 STEAM 的理念與作法、活動設計、及教學的反思與建議，針對 STEAM 課程在國小的教學提供範例。最後，研究者經過教學過後，提出的結論與建議如下：(一)科技玩具主題的製作，可以有效提升學習興趣。(二) 教學活動中，展現出實作的重要性。(三) 科技實作的活動主題，可以引起學生的學習動機。(四) STEAM 教育可以在小學階段開始分階段進行推廣。(五) 作品製作完成後，可以加入小組間的競賽。

關鍵詞：STEAM、國小科技活動、活動設計。

壹、前言

國小階段的生活科技課程旨在培養學生學習科技的興趣，藉由實作歷程學習工具的使用和建構出科技相關的知能（李隆盛等人，2013）。在十二年國教生活與科技領域綱要內容之前導研究中，說明生活科技課程的目標在於培養「做」、「用」和「想」的能力，國小階段應該要著重在「做」的能力，可以藉由專題式學習（project-based learning）的引導培養學生願意動手實作。更進一步，展現出設計的創意，在造型、材料、機構部分進行選擇，並做出富有巧思的作品。

尤其各國生活科技課程教學方向正在進行改變，開始強調跨學科整合的學習概念，從美國國家科學委員會（United States National Research Council）的報告當中，可以看到美國重點培育跨學科人才的趨勢（The White House, 2013），美國在小學階段就有規劃 STEM 教育的課程，藉由生活中常見的議題進行科學、科技、工程與數學知識的整合與活用。羅德島設計學院在 STEM 教育課程的推行中，加入 Arts，認為藉由美感的培養可以有效的整合科學、科技、工程與數學的知識(Ghanbari, 2015)。透過藝術課程概念的提出，並加入學生為中心的學習，經由探索的歷程和藝術作品的創作，可以學會各領域的知識並加以整合(Connor, Karmokar, & Whittington, 2015)。

基於以上國小生活科技課程的目標與 STEAM 教育發展趨勢，本活動採用科學玩具作為教學主題與設計課程內容。老師教授科學的知識、科技工具的使用、工程設計的流程、尺寸的測量與選擇、及橡皮筋動力車的製作方式，學生為學習的主體，在製作的歷程中自主進行改良設計，期望在課程結束時，可以設計出富有美感又具有功能性的橡皮筋動力車。

貳、文獻探討

一、STEAM 的理念

羅德島設計學院協助發展 STEAM 教學計畫(The President's Committee on the Arts and the Humanities and Americans for the Arts, 2015)，但對於 STEAM 教學沒有明確的界定，各國學者有不同的解釋方向。有學者從創造、整合的角度進行說明，有學者則從學生為學習中心加以描述(Ghanbari, 2015)。STEAM 教育的教學方式，本文採用創造和學生中心的角度來進行課程設計。

STEAM(Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics)為結合科學、科技、工程、藝術，及數學的跨學科教學方式，學生具有數學的基礎知識下，經由動手建構工

程與藝術設計進行展現，在過程中學習到科學與科技的內涵(Yakman, 2008)。在跨學科教學的架構之下，透過相關或廣域課程模式將五大領域的知識加以結合，互相補強各學科之間的隔閡。現實社會中，學生身處於不同環境執行專案活動，思考重心放在社會中特定議題之上，不應該被侷限在單一學科中，要以多方的知識管道達到問題解決的目標。因此 STEAM 教育本文採用廣域課程的教學方式，學習者透過教學活動的引導，完成橡皮筋動力車的製作，在過程中會獲得更多的科學知識、加工技術的精進、數學精確的計算、工程建構的觀念與培養創新的能力。

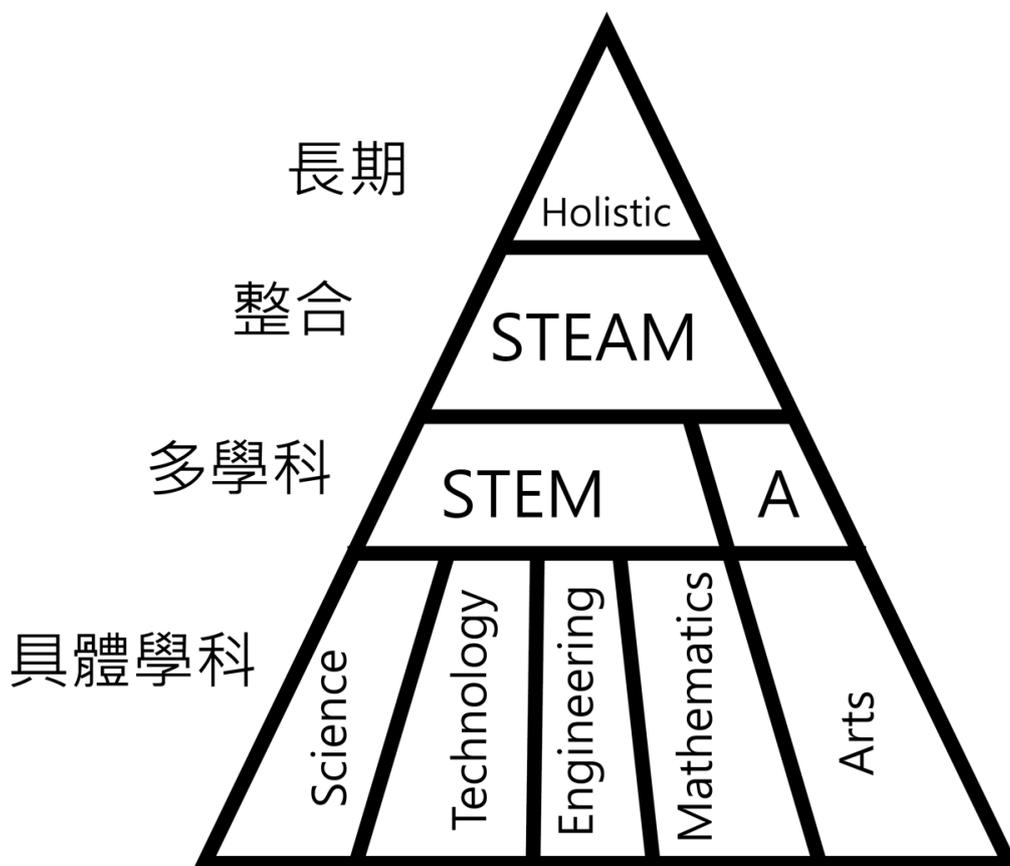


圖 1 STEAM 課程內容(取自：Yakman, 2008)

二、STEAM 的作法

近年台灣生活科技教育的現況，有更多的學校開始採用「專題式教學」的方式設計課程，以單一主題為學習核心，結合各領域課程，例如：語文、英文、數學、自然科學等科目，藉由動手實作的歷程來完成專案。這種學習方式類似 STEAM 教育中統整學習的方式，符合全球教育的趨勢。在國內的小學階段，可以參考推動的課程包含正式課程、社團活動、展覽與舉辦競賽。其中正式課程可以透過藝術課程、彈性課程以及融入各學科來進行。STEAM 課程活動具有三大目標，第一個目標是知識應用能力，學生學會跨學

科知識的應用，並且培養獨立思考的能力；第二個目標是打破學科之間的分割，藉由專題式教學，可以學會設計、計算、工程和加工等各領域知識的應用，激發學生學習的興趣；第三個目標是強調與現實社會的連結，原本課本中的知識與現實社會相關性不大，藉由專題式教學的過程，學生結合生活中的經驗加深學習的體會。更進一步，可以在課程學習完後，利用課程知識去應對社會中複雜的問題。

STEAM 課程的推行方式，多採用專題式教學模式，不再將問題置於單獨學科中進行討論，而是透過問題解決模式靈活運用各學科的專業知識，課程多採用活動的方式進行，因此活動被視為 STEAM 課程有效的進行型式(Herschbach, 2011)。

回顧台灣現在的教學環境，多採用分科教學的方式，獨立講授關於理論的內容，無法有效與生活狀況進行結合，如果設計一個教學活動可以活用課堂中所學的知識，自主的進行測試與修正，藉由此歷程培養設計、創造和問題解決的能力，對於整合各學科知識會有很大的幫助。STEAM 教育主要從創作與美感教育的角度出發，鼓勵學生成為學習的主體，在合適的環境與有趣的教學主題中可以自行建構知識的內容，並活用相關知識，藉由生活科技的實作與工程的預測和可行性分析，達到整合式教學的目標(Connor et al, 2015)。根據上述的說明，本教學活動依照 STEAM 教學理念進行活動設計，活動主題為橡皮筋動力車，老師講授教材內容，藉由原理解釋與示範工具的操作，學習到各種科技工具的使用方式。在教學中補充說明科學知識與數學測量的方法，動手實作時，理解橡皮筋動力車的設計歷程和可以進行改良的部分，依據老師的引導，進行橡皮筋動力車的修改，經由此歷程，設計出可以跑遠的橡皮筋動力車。

以下將針對橡皮筋動力車單元與 STEAM 理論互相結合的部分進行說明，詳細說明內容如下：

S(Science)：利用與生活相關的例子，說明牛頓運動定律和能量轉換的原理。

T(Technology)：教授科技工具的使用方式，包括：剪刀、鑽床和熱熔膠槍等。學生可以善用工具進行加工。

E(Engineering)：藉由引導的歷程，學習作品的設計流程，了解作品適當的製作程序。預測最後作品的表現，並自行修改部分結構與尺寸，藉由實驗的過程，最後做出一台可以跑遠的橡皮筋動力車。

A(Arts)：可以設計紙卡上圖案，培養整體性美感的創作能力。

M(Math)：教導使用尺規進行直線與直角的繪製與測量，說明橡皮筋動力車建議的尺寸搭配。

參、教學設計

一、活動目標

本活動教學對象為國小4年級的學生，已經學會生活中常見加工工具的使用方式，本活動中學生要學習的科學知識包含以下兩點：

- (一) 能量轉換：能理解手給橡皮筋施力，橡皮筋會藉由拉長的過程儲存彈力位能，當釋放橡皮筋時，橡皮筋會將彈力位能轉換為動能，讓車子具有向前進的動力。
- (二) 作用力與反作用力的原理：能理解車輪與地面進行接觸行走時，地板給與車輪摩擦力，可以藉由摩擦力向前行走。

二、活動工具和材料

- (一) 工具：熱熔膠槍、剪刀、鑽床、及尺。
- (二) 材料表：

表1 材料清單(以人為單位)

項目	規格	數量	項目	規格	數量
光碟	直徑 12cm	2(片)	竹籤	長度 18cm	2(根)
水管	外徑 2.1cm，長度 20cm	1(根)	西卡紙	A4	1(張)
竹筷	長度 9.5cm	1(枝)	瓦楞紙	A4	1(張)
橡皮筋	直徑約 8.5cm	2(條)	奶瓶卡	A4	1(張)
螺帽	M10	1(個)	吸管	長度 9.5cm	1(根)
瓶蓋	直徑 4cm	1(個)	彩色筆		1(盒)
圓木片	直徑約 4.2cm	2(個)			

三、實施程序

本活動實施的時間在10月，利用美術課程進行教學，為期三週的教學，每週兩節課，共六節課，一節課有40分鐘，教學時間為240分鐘。教學流程說明分述如下。

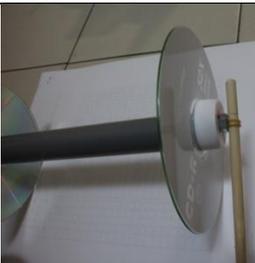
表 2 STEAM 教學與流程

節次	STEAM 教學說明	教學流程
1	S：說明科學的知識。 T：說明會使用到的科技工具。 E：說明製作流程，學生了解教學主題設計的歷程。	1. 使用簡報說明能量的轉換和摩擦力在生活中的例子。 2. 展示橡皮筋動力車。 3. 介紹使用到的工具與材料。 4. 填寫科學知識學習單。
2	T：藉由科技工具的輔助進行製作。	1. 製作前輪。
3	T：藉由科技工具的輔助進行製作。 A：激發創意，思考車子的外觀設計。	1. 進行曼陀羅創意思考活動。 2. 製作前輪。
4	T：藉由科技工具的輔助進行製作。 M：藉由數學的測量，測量出適合車子的車軸長度。	1. 製作後輪。 2. 製作前後輪車軸。
5	T：藉由科技工具的輔助進行製作。 M：藉由數學的測量，繪製出適合車子的底板大小和外觀的設計。	1. 畫出紙卡上的圖案並設計瓦楞紙底板。
6	T：藉由科技工具的輔助進行製作。 發現問題，進行車子結構的修正。 E：激發自主思考，思考尺寸的調整，做出可以跑遠的車子。	1. 紙卡著色並剪下。 2. 黏上紙卡與底板。 3. 進行測試與修正。

四、加工步驟

表 3 加工說明

步驟	文字說明	圖片
1	(1)兩片光碟對著水管中心放在兩端。 (2)水管與光碟交接處黏上熱熔膠。	

2	<p>(1)將橡皮筋在竹籤上打結。</p> <p>(2)將橡皮筋穿過螺帽。</p>	
3	<p>(1)瓶蓋進行鑽孔，孔的大小要比螺帽小。</p> <p>(2)將橡皮筋穿過瓶蓋上的孔。</p>	
4	<p>(1)藉由鐵絲協助，將橡皮筋穿過水管。</p> <p>(2)將竹籤插入水管另一端的橡皮筋。</p>	
5	<p>(1)竹籤與第一片圓木片進行連接。</p> <p>(2)竹籤穿過吸管。</p> <p>(3)竹籤與第二片圓木片進行連接。</p> <p>(4)圓木片與竹籤連接處使用熱熔膠進行黏接。</p>	
6	<p>(1)將前輪車軸繞上水管，用雙面膠進行黏接。</p>	

7	(1)發揮創意繪製底板和紙卡。 (2)沿著圖案外緣剪下圖案。	
8	(1)將底板用熱熔膠黏上兩個車軸。 (2)將彩繪的紙卡與底板黏接。 (3)完成作品。	

肆、結論與建議

一、教學成果

(一) 科技玩具主題的製作，可以有效提升學習興趣：學生對於橡皮筋動力車的主題富有興趣，課程中或課程後會主動詢問關於製作尺寸或科學原理上遇到的疑問(圖 2)。經由實作的歷程與作品的測試，學生會對於科學原理有更深入的理解和掌握到適當的尺寸。第一節課中有使用學習單中的「附件」，學習單可以了解學生對於科學原理的理解程度，大部分的學生都可以正確答對。



圖 2 學生主動詢問製作的技巧

教學活動中，展現出實作的重要性：相較於傳統課程的講授理論，學生只有單方面接收知識，沒有深刻的體會。在本課程活動中，學生可以學習使用合適的工具進行精準加工(圖 3)，讓加工過程具有效率，期間也學習到工程設計流程，哪些部分

可以進行尺寸與部分結構的修改，調整作品的外型和動力傳動的方式，並進行實際測試，做出在同儕中跑得更快更遠的橡皮筋動力車，外觀經過彩繪做出獨一無二的作品。



圖 3 學生使用熱熔膠槍進行黏接

(二) STEAM 跨學科整合學習，可以有效融合各領域的專業知識：帶領學生製作橡皮筋動力車，可以有效達到跨學科整合學習的成效，內容包含：(1)藉由課程的解說與實作的過程，學生更加理解科學知識，在實作時，可以反思與科學知識的相關內容(圖 4)；(2)經由科技工具的使用，學生會選擇合適的工具進行加工(圖 5)；(3)引導學生學習正確的製作程序，學生藉由工程的預測與可行性分析，進行細部尺寸與結構的修改，期望做出可以跑遠的橡皮筋動力車，會主動詢問老師構想是否可行(圖 6)；(4)藉由作品外觀的設計，培養學生的美感創作能力(圖 7)，在考量到整體性時，也會思考外觀與功能性之間的關聯性；(5)經由測量的過程，可以將底板、車輪和奶瓶卡設計圖進行合適的尺寸搭配(圖 8)，老師只給予學生設計圖與底版的建議尺寸範圍，學生經由製作的歷程去微調紙卡和底版的尺寸。



圖 4 學生上課中學習科學知識



圖 5 學生學習鑽床的操作方式

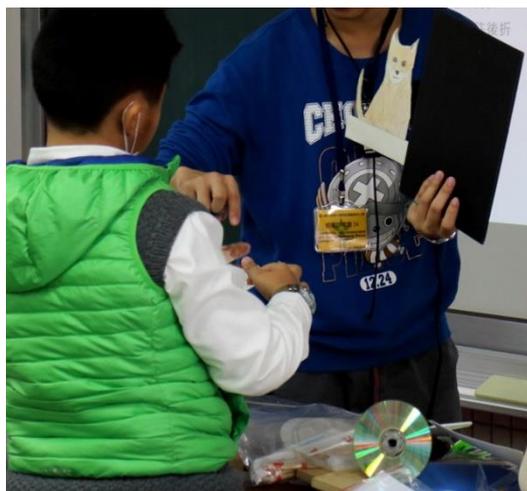


圖 6 學生詢問老師製作的技巧，主動進行學習



圖 7 學生設計具有創意的設計圖



圖 8 學生依照底版的尺寸，進行設計圖的繪製



圖 9 學生經由製作的歷程，設計出合適尺寸搭配的作品

二、結論與建議

(一) 科技實作的活動主題，可以引起學生的學習動機

課程進行時，發現學生對於製作科技玩具抱有極大的興趣，推測本活動可以與兒時迴力車玩具的經驗相結合，課程中敘述到科學知識的例子可以引起學生的共鳴，有切身的體會，可以讓學習變成老師與學生互相交流的過程。

(二) STEAM 教育可以在小學階段開始分階段進行推廣

STEAM 教育包含許多學科內容，一開始要從國文、英文或數學等正式課程中進行推廣，會具有一定的難度，可以先從美術課程、彈性課程或社團活動推動，之後再帶入各學科正式課程之中。設計 STEAM 課程主題階段，可以集合各學科的老師一起討論，依據專業擬定合適的教學流程，在教學時，由課程老師進行引導，課程結束時，可以由各科老師依照專業給予學生指導，發揮出專題式教學的價值。

(三) 作品製作完成後，可以加入小組間的競賽

本活動課程結束時，讓學生測試各自的作品，大部分學生針對跑不順的大問題向老師提問，比較少學生針對跑遠的問題提問。建議之後可以加入小組競賽，各組學生在空曠地區，進行橡皮筋動力車跑遠的競賽。比賽中可以看出每位學生對於橡皮筋動力車結構與尺寸的修改，是否可以達到效果。比賽後，可以針對跑不遠的問題重新檢視自己的設計，反思課程學習到知識並激發學習動機。

參考文獻

- 李隆盛、吳正己、游光昭、周麗端、葉家棟、盧秋珍、沈章平 (2013)。十二年國民基本教育生活與科技領域綱要內容之前導研究。「十二年國民基本教育領域綱要內容前導研究」整合型研究 (編號: NAER-102-06-A-1-02-09-1-18), 未出版。
- 林坤誼 (2014)。STEM 科際整合教育培養整合理論與實務的科技人才。科技與人力教育季刊, 1(1), 1。
- 李小濤、高海燕、鄒佳人、萬昆 (2016)。“互聯網+”背景下的 STEAM 教育到創客教育之變遷—從基于項目的學習到創新能力的培養。遠程教育雜誌, 232, 28-36。
- Yakman, G. (2008). *STEAM education: An overview of creating a model of integrative education*. (PATT-19). Retrieved from <http://www.iteea.org/File.aspx?id=86752&v=75ab076a>
- Herschbach, D. R. (2011). The STEM Initiative: Constraints and Challenges. *Journal of Stem Teacher Education*. 48(1), 96-122.
- The White House. (2013). *Federal Science, Technology, Engineering and Mathematics(STEM) education:5-year strategic Plan*. Retrieved from https://www.whitehouse.gov/sites/whitehouse.gov/files/ostp/Federal_STEM_Strategic_Plan.pdf
- Connor, A. M., Karmokar, S., & Whittington, C. (2015). From STEM to STEAM : Strategies for Enhancing Engineering & Technology Education. *International Journal of Engineering Pedagogies*, 5(2), 37-47.
- 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). Retrieved from <http://www.ijea.org/v16n7/>.
- The President's Committee on the Arts and the Humanities and Americans for the Arts. (2015). *RECOGNIZING MODEL STEAM PROGRAMS IN K-12 EDUCATION*. Retrieved from http://www.theovationfoundation.org/innovation-grant-awards-program/innovation-steam/docs/Ovation_Innovation_Publication.pdf

附件：

1. 學習單



橡皮筋車原理學習單

班級：

姓名：

座號：

1. 生活中常看到能量轉換，請將正確的項目連起來。

橡皮筋拉長

動能轉彈力位能

彈射橡皮筋

彈力位能轉動能

2. ()划龍舟時，如果我們用力的槳往後滑，龍舟會往前還是往後？

A. 往前

B. 往後

