

**STEM 科際整合教育培養整合理論與實務的科技人才**  
**To Develop Technological Talents with the Competency of Integrating Theory  
and Practice through Interdisciplinary STEM Education**

林坤誼

國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系

Kuen-Yi Lin

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

科學、科技、工程與數學（Science, Technology, Engineering, Mathematics, 簡稱 STEM）的科際整合教育議題在近年來受到許多的關切與重視，從美國國家科學委員會與美國總統科技顧問委員會的報告中，不難看出美國重視培育 STEM 人才的趨勢。然而，美國推動 STEM 科際整合教育的主要目的，應以提升其國民科學與數學素養為主軸，藉此期望在國際學生能力評量測驗能有大幅的成長。反觀臺灣的現況，在 2012 年國際學生能力評量測驗中，臺灣的數學排名第 4、科學排名第 13，優於美國的數學排名第 36、科學排名第 28，因此我國在國際學生能力評量測驗中的數學與科學測驗有較佳的表現，故推動 STEM 科際整合教育的目標應與美國有不同的出發點。在臺灣現行的教育體制中，最常為人所詬病的便是過度著重在學習科學、數學等學科的知識，而缺乏實務應用這些科學、數學等學科知識的能力，也因此近年來所盛行的自造世代（Maker），便是突顯教育體制應該更強調整合理論與實務能力的培育，而避免僅是偏重於學科知識的學習。

透過動手實作活動可以培養整合理論與實務的能力，常是許多人相信的論點，實際上依據相關的研究顯示，若針對國中生的動手實作活動過程進行分析，可以發現多數學生在設計解決方案時，常憑直覺進行設計，而並非確實應用科學、數學等學科知識進行理論導向的設計，換言之，即使學生透過這些動手實作活動進行學習，學生也未必能夠在動手實作活動的過程中，培養如何整合理論與實務的能力。有鑑於此，臺灣若欲推動 STEM 科際整合教育，並藉此培養能夠整合理論與實務的科技人才，應可在中小學階段強調動手實作課程，並將理論導向的設計、探究等策略納入動手實作過程中，以藉此培養學生整合 STEM 知識與實務的能力。

## STEM 教學設計之探討：以液壓手臂單元為例

### An Exemplar of STEM Teaching Design - Hydraulic Arm

張玉山、楊雅茹

國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系

Yu-Shan Chang, Ya-Ju Yang

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

#### 摘要

STEM(Science, Technology, Engineering, and Mathematics)是一個科技整合的學科，由科學、科技、工程和數學所組成。STEM 發展至今，以展現其重要性，在美國也廣為推廣，因此 STEM 的教學應如何設計就顯得極為重要，有好的 STEM 教學設計，才能夠落實並推廣 STEM 教育，為未來的 STEM 課程做準備。本文目的在於探討 STEM 的發展及教學設計，並利用液壓手臂單元為例，提出一個 STEM 教學設計的實例，提供給老師們參考。在發展 STEM 教學活動時，可以參考 6E 模式(投入、探索、解釋、工程件模、豐富、評鑑)，然而生活科技在面對新時代的教育環境，STEM 雖為值得推廣的教學策略之一，但還是須落實機具操作與材料處理的實作教學，才能真正展現 STEM 的教學成果。

**關鍵字：**STEM 教學設計、液壓手臂

## 壹、前言

STEM(Science, Technology, Engineering, and Mathematics)是由科學、科技、工程、數學所整合的學科，目的在於培養國家未來的科學、科技、工程、數學人才，並藉由此科際整合課程，增加學生對於這些學科的興趣，並與現代科學科技接軌。我們發現學生在解決問題時，不一定一開始就知道怎麼整合及應用所學的技能，而常以自己的經驗或是嘗試錯誤的方式來解決問題，但是面對科技社會的快速變動，科技學習已無法再依循過去的「試誤學習」模式，或是「手工訓練」模式，而是必須嘗試統整與設計製作產品的相關數學或科學原理，以作為其改良或創新的依據(游光昭、林坤誼，2007)。

目前我國還是主要以不同的科目進行教學，然而分科教學可以便利教師教學及學生學習，但卻不容易讓學習者了解學科與學科之間的關聯，且對知識統整性的應用形成了障礙，不利於思考能力的養成(蔡錫濤，2000)。所以未來的課程趨勢，在於整合不同課程間的教學。教學的最終目標是要使學生能自主地解決各種問題(施良方，1996)，強調「帶著走的能力」，而非「背不動的書包」，這也是科際整合 STEM 存在的意義。儘管 STEM 的重要性排山倒海而來，但是 STEM 教學應如何設計，如何進行，相關的說明文件或文章，還不甚常見。

此外，在自動化普及的今天，液壓式機械手臂的應用十分常見，尤其在工業、醫療、太空研究等等方面上，為人類帶來事半功倍的工作利益，機械手臂的使用可說是由傳統工業發展到高科技產業的象徵。液壓手臂是機械手臂的一類，其設計與作動原理牽涉到科學(帕斯卡定理、槓桿原理)、科技(液壓動力、機械系統)、工程(工程設計程序、機構原理)、數學(量測、角度、幾何、計算)的相關知識與概念，適合用來作為 STEM 的單元主題。

因此，本文先探討 STEM 的發展及教學模式，再以液壓手臂為例，提出一個 STEM 教學設計的實例，提供老師們參考。

## 貳、STEM 的緣起

### (一) STEM 的背景

在 1980 年代，美國意識到科技教育的不足會造成人才的短缺，因此在 1986 年美國國家科學委員會(National Science Board, NSB)提出了由科學、科技、工程和數學整合的 STEM(Science, Technology, Engineering, and Mathematics)教育，培養素質高的數學家、科學家、工程師及科技教育人才，以提升國家的競爭力(柳棟，吳俊杰，謝作如，沈涓，2013)。然而至現在，多數人對 STEM 的定義還是不熟悉(Sanders, 2009)。Friedman(2005)在《The world is flat》一書中曾提

到，2003 年世界上共授予二百八十萬個科學和工程的學士學位，其中一百二十萬個學位被授予在亞洲大學裡的亞洲學生、八十三萬個學位被授予給歐洲的學生、四十萬個學位被授予美國的學生，在這其中美國只佔只有百分之三十一的科學和工程專業學生，因此，美國更意識到在一個科學和技術佔領主導地位的世界裡，這是一個國家競爭力的重要因素，加上研究顯示由於學生對工程領域的興趣持續下降，而國內外也預期若狀況持續下去，未來從事科技工程相關行業的人才將不敷需求(Basalyga, 2003)，所以近 10 年來，美國政府和美國的一些科學研究機構、學校及基金會透過立法、撥款等方式來推動 STEM 教育。

另一個背景是，在「有教無類法案」(No Child Left Behind, 2001)的年代，以及修正的初等與中等教育法案(Elementary and Secondary Education Act) 的背景，更指出學生在科學與數學學習表現欠佳，更希望在科學與數學的課程中，加入工程與科技的學習，來提升民眾對周遭生活知識的了解(Bybee, 2010)。在當時，STEM 可能被當作是一個流行事物、政策、課程，或是和數學、科學、工程及科技相關的學科，大家對 STEM 的概念相當混亂，但是較常用在科學與數學領域，勝過於科技與工程的領域(Keefe, 2010; Bybee, 2010)。

從積極面來說，美國教育界也希望透過 STEM，來提升學生具備 21 世紀的知能，包括問題解決、自我管理、自我發展、系統思考、互動與溝通等(Keefe, 2010; NRC, 2010)。誠如 PISA 2006 科學架構(OECD, 2006)所提出四項 STEM 素養：(Bybee, 2010)

1. 學習科學、科技、工程、及數學的知識，並用以確認議題、追求新知、即應用在 STEM 相關議題上。
2. 了解 STEM 在人們從事探究、設計、及分析活動時的學科特性。
3. 了解 STEM 學科對人們物質世界、理性世界、及文化世界的影響。
4. 參與 STEM 相關議題，並從科學、科技、工程、及數學方面進行了解，來表現關心、感受、及貢獻。

## (二) STEM 的重要性

STEM(Science, Technology, Engineering, and Mathematics)教育乃是融合科學、科技、工程、數學的科際整合課程，如圖 1，其 STEM 教育哲學為「以設計探索為目的，並用科技技術及科學思考來解決問題」，而課程的培養目標中包含了科學素養、科技素養、工程素養、數學素養(柳棟等人，2013)。根據 Becker and Park (2011)的研究，發現科際整合的 STEM 教育比起其他單科(如：數學)或科際整合的科目(如：MST, Mathematics, Science, Technology)更能引起學生的學

習意願。此外，STEM 教育對小學生的正面影響遠比大學生來的多，也顯示讓學生是越早接受 STEM 教育，學生往後選擇科技工程領域的機會越高。而 STEM 之所以在美國科學教育受到重視，原因在於它是一門整合科學、科技、工程、數學的跨領域學科，他的課程設計可以與當時的科學發展相關，並在實作與討論的過程中，讓學生能了解概念性知識的應用及程序性知識的練習，同時增加同儕間的團隊合作及提升學生的創造力。

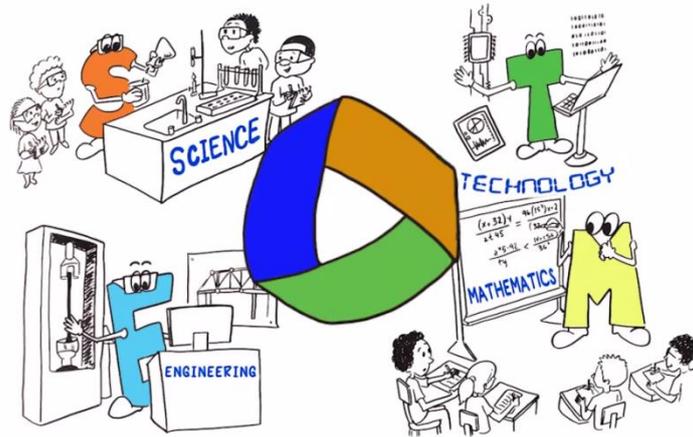


圖 1 STEM(Science, Technology, Engineering, and Mathematics)

資料來源: STEM Integration in K-12 Education. Retrieve 21 September, 2014 from

<https://www.youtube.com/watch?v=AIPJ48sintE>

在 2012 年，美國總統歐巴馬啟動 STEM 優秀教師組織計畫(master-teacher corps)，目的在於表揚與獎勵在 STEM 傑出的工作教育者，提升 STEM 的實務教學，希望學生能在優質的 STEM 課程中，提升學生的科學與數學成就表現，並擁有批判思考能力，以便將來能具有競爭力的創新能力與工作能力(The white house, 2012)。在 2013 年時，除了上述的 STEM 優秀教師組織計畫(master-teacher corps)，美國總統歐巴馬更提出 2014 年 STEM 國家人才培育策略，根據美國白宮及教育部的規劃，STEM 國家人才培育重點包括「中小學教育」、「大學教育」、「研究所教育」、「非正式活動 (Informal Education Activities)」(The White House, 2013; U. S. Department of Education, 2013)。有鑒於 STEM 的重要性，我們也應該在 STEM 課程上，著手進行教學的設計，才能夠真正的落實 STEM 教育，並為未來的課程做規劃。

### 參、STEM 的教學設計原則

根據 PISA 2006 科學架構(OECD, 2006)的建議，STEM 應該從能源效率、氣候變遷等議題為切入點，讓學生能加以探究及學習，這也是一種情境化的科學教育(context-based science education) (Fensham, 2009)。這些議題如表 1。

表 1 STEM 教學主題的架構

	個人	社會	全球
健康	保健、營養、意外	疾病控制、傳染、食物選擇、社區健康	流行病、傳染病的傳播
能源效率	能源的個人應用、節能與效率	節能、使用效率及非化石燃料	全球性影響、能源應用與節能
自然資源	個人消耗	人口維持、生命品質、安全、食物生產與分配、能源供應	再生與非再生、天然系統、人口成長、永續利用
環境品質	對環境的友善行為、物料使用及廢棄	人口分配、廢棄物、環境影響、地區氣候	生物多樣性、生態維持、汙染控制、生產、土壤流失
危害減緩	天然與人為、住屋決策	快速改變(地震或嚴厲天氣)、緩慢改變(海岸侵蝕、沉積)、風險評估	氣候變遷、戰爭的影響
新知	對自然現象的科學解釋感到興趣、對科學的嗜好、支持與休閒、音樂及個人科技	新材料、裝置、及加工程序、基因改造、武器科技、運輸	物種滅絕、太空探索、宇宙的起源及結構

資料來源：Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*, 2010 September, 32.

而在教學活動的實施，OECD(2006)建議以下三大程序：

1. 確認 STEM 議題：

- 1-a. 確認有哪些議題，可以透過 STEM 的觀點來描述
- 1-b. 找出可以用來搜尋 STEM 資訊的關鍵字
- 1-c. 確認在 STEM 學科中的關鍵概念

2. 提出 STEM 觀點的解釋：

- 2-a. 在特定情境中，使用 STEM 知識

- 2-b.使用 STEM 觀點來描述或詮釋現象，並預測其改變
- 2-c.確認那些是適切的描述、解釋、方案、及預測
- 3. 利用 STEM 資訊：
  - 3-a.詮釋 STEM 的資料，形成結論，發表結論
  - 3-b.確認用來形成結論的假設、證據、及推理過程
  - 3-c.針對 STEM 活動的社會意涵，進行反思

而在教學實施方面，可以透過挑戰任務或問題為開端，讓學生深入探究問題的內涵，獲得 STEM 方面的理解，並產生解決方案。學生在問題探究與方案探索過程，所習的知識及能力，則設定在共同核心標準或是其他的國定能力標準(例如 NAEP 的工程與科技素養架構)(Bybee, 2010)，如圖 2。

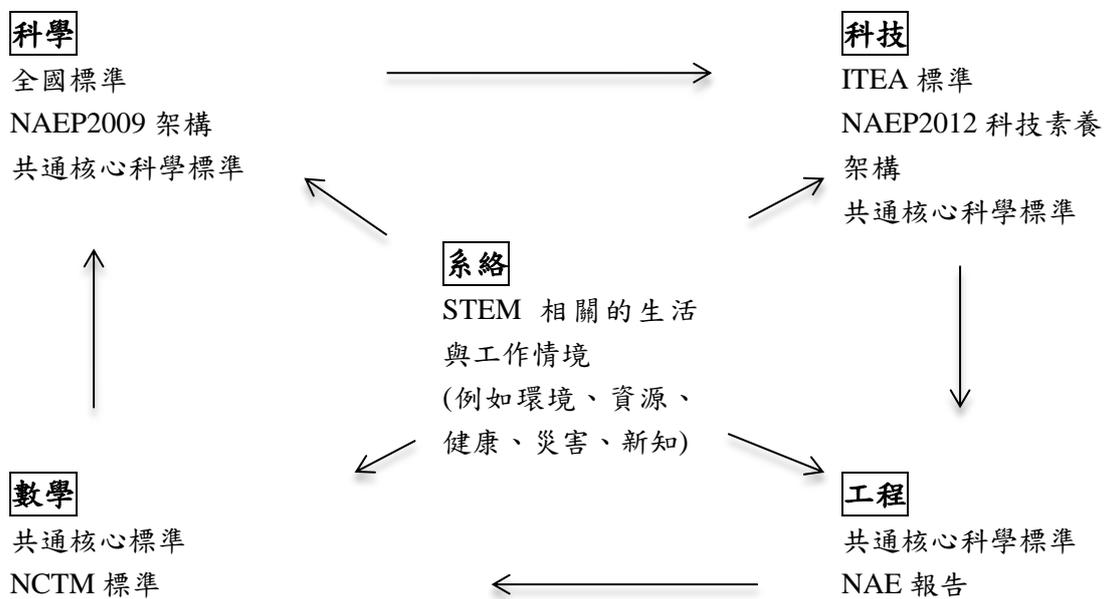


圖 2 STEM 教學單元的架構

資料來源：Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*, 2010 September, 33.

美國在 1960 年代的科學課程促進學會(Science Curriculum Improvement Study, SCIS)提出一個教學模式(簡稱 SCIS model)，包括「探索、發明、發現」(其後修正為探索、詞彙解釋、概念應用)三大步驟。到了 1980 年代，美國生物課程學會(Biological Sciences Curriculum Study, BSCS)修正提出了 5E 教學模式(BSCS 5E Instructional Model)，包括投入 (E1, Engage)、探索 (E2, Explore)、解釋 (E3, Explain)、精緻化 (E4, Elaborate)、評鑑 (E5, Evaluate)，更被廣泛討論與應用(Bybee, 2009; Bybee, Taylor, Gardner, Van Scotter, Carlson Powell, Westbrook, & Landes, 2006)。

在科技與工程教育領域，則有 6E 教學模式的提出(Barry, 2014)。這六大步驟分別如下：  
(Barry, 2014)

1. 投入 (Engage)：引起學生的好奇、興趣、和投入。教師透過提問、連結學生之前的學習經驗與知識、點出本單元的重要性、說明設計程序、概述操作技術、評估學生的能力以決定教學策略。學生則先概略認識本單元的主要概念、確認已學到及將學習的內容、設定學習目標、接觸教材及設備。
2. 探索 (Explore)：提供學生建構學習經驗的機會。教師介紹建模(modeling)的概念，介紹 COPA(constraints, optimization, predictive analysis)，複習設計程序，利用詰問法引導學生思考問題，鼓勵學生參與討論及小組合作。學生則加入小組討論，進行建模的預測分析(根據小組資料、效標及限制)。
3. 解釋 (Explain)：學生解釋所學到的東西，並加以改良。教師解釋系統的概念，複習設計的程序，透過詰問讓學生做更深入的思考，引導討論，澄清迷失概念，讓學生確保所學概念能與更多情境相連結。學生應用系統相關的概念、原則、及理論，使用建模、人類價值、及系統來發展方案；利用設計程序來形成解釋；應用更多樣的資訊以及傳播科技與技術。
4. 工程(Engineer) (Extend/Elaborate)：學生將所學自然知識，應用到人造世界，將概念、技術、及態度應用到主要問題，以獲得更深的理解。教師介紹設計與資源的概念及其互動，重申設計的程序，引導學生在設計與探究中學習，提供必要資源給學生進行工程方案的應用，引導學生進行品質控制。學生應用設計的概念、原理及理論，並依資源狀況進行決策；利用設計、建模、人類價值、及系統來發展方案；依照設計程序來測試與改良；控制品質。
5. 豐富(Enrich)：讓學生做更深入的學習，以便將所學應用到更複雜的問題。教師提供資源讓學生將設計概念作新的應用；透過提問，讓學生確認所學可以有更廣的應用。學生了解設計程序，並應用到新情境；擴充工程概念，到新情境及新的應用；進行研究；編寫發明家日誌；將原設計進行延伸。
6. 評鑑 (Evaluate)：讓師生瞭解學習的效果。教師利用前測工具測知學生的學習需求和不足；確認學生的學習是依照各項課程標準(STL, CCSS, NGSS)；在各階段使用形成性評量；解釋評分說明；提供各項評量的回饋；利用工具評量課程的成效。學生了解工程概念中

的設計、建模、資源、系統，用以解決問題；子評量，確認是否達成學習目標；完成形成性與總結性評量。

Hynes 等人(2011)認為，工程設計程序在高中的 STEM 教學活動中，可以分成九個步驟：(1)定義問題(identify and define problem)、(2)找尋資料(research the need or problem)、(3)發展解決方案(develop possible solutions)、(4)選擇最佳方案(select the best possible solution)、(5)製作原型(construct a prototype)、(6)測試與評估(test and evaluate the solution)、(7)溝通方案(communicate the solution)、(8)再設計(redesign)、(9)完成(completion)。這九大步驟與 6E 教學的比較對應，如表 2。

從單一的工程設計活動來看，九大步驟和以往的環狀問題解決模式相當接近，是常見的實施程序，適合用在工程設計教學上面。但是如果考量 STEM 的學科整合，以及概念融合的學習與應用，反而是 6E 教學更能將學習概念作進一步的深化，以及擴展延伸到更廣泛的應用，更能彰顯 STEM 的效果。

表 2 STEM 教學步驟的對應關係

6E 程序	工程設計程序
1.投入	1.定義問題
2.探索	2.找尋資料 3.發展方案
3.解釋	4.選擇最佳方案
4.工程	5.製作原型 6.測試與評估 7.溝通方案
5.豐富	8.再設計 9.完成
6.評鑑	

因此，我們在發展 STEM 教學活動的時候，可以參考 6E 模式，首先必須 1.投入：確認適合的議題或問題，引起學生的學習動機；2.探索：引導學生經由 COPA 探索工程問題；3.解釋：引導學生解釋探索的結果，並加以傳播；4.工程建模：利用材料與工具，將方案原型製作出來，並加以改良；5.豐富：將所學經驗作更深的探究，更廣的應用；6.評鑑：分析本單元學習成果，確認下一步的學習目標。

## 肆、液壓手臂的 STEM 教學設計

液壓手臂(hydraulic arm)可以模仿著人的手臂延展彎曲，並夾取物品，其運用的就是液壓系統。而液壓系統的使用其實就充斥在我們的日常生活中，不管是汽車剎車或是挖土機都是常見的應用例子，而我們可以嘗試使用塑膠注射針筒和塑膠管來了解液壓系統的運作。在液壓手臂的製作活動中，學生可以運用科學、科技、工程、數學的相關概念，並做知識的連結。

### 1. 科學概念(S)

在液壓手臂設計製作活動中，需要利用液壓手臂夾取重物，而其中學生會運用到帕斯卡原理及槓桿原理的概念來設計液壓手臂：

#### (1) 帕斯卡原理

帕斯卡原理(Pascal's principle)，又叫巴斯卡定律，流體(氣體或液體)力學名詞。指密閉容器中靜止流體的某一部分發生的壓力變化，會毫無損失地傳遞至流體的各個部分和容器壁，如圖 3，當施力到活塞 A，會使倉室 B 受到壓力，而倉室 B 所受到的壓力，會與管線 C 和倉室 D 相同(TeacherGeek, 2008)。

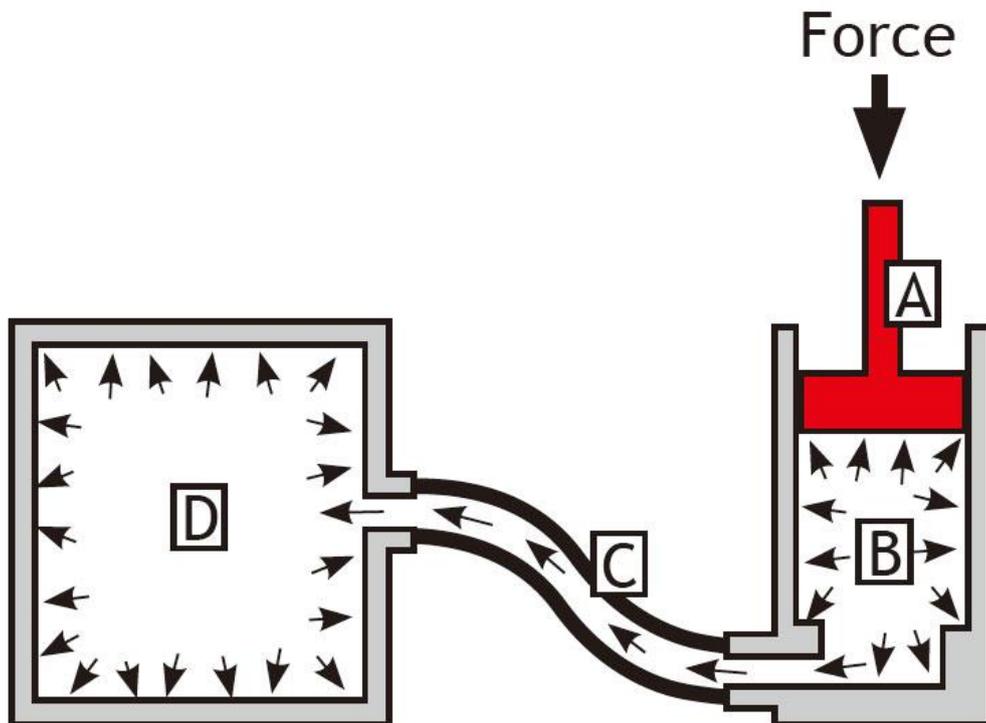


圖 3 帕斯卡原理

資料來源：TeacherGeek(2008). Fluid power lab. Retrieve 21

September, 2014 from: [http://www.teachergeek.org/fluid\\_power.pdf](http://www.teachergeek.org/fluid_power.pdf)

帕斯卡原理在液壓手臂的應用為利用液壓機兩邊大小活塞所受之壓力相等，而“壓力(P) =  $\frac{\text{力(F)}}{\text{面積(A)}}$ ”，使得 $P_1 = P_2$ ， $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$ ，讓人們可以施較小的力氣抬起重物(圖 4)。

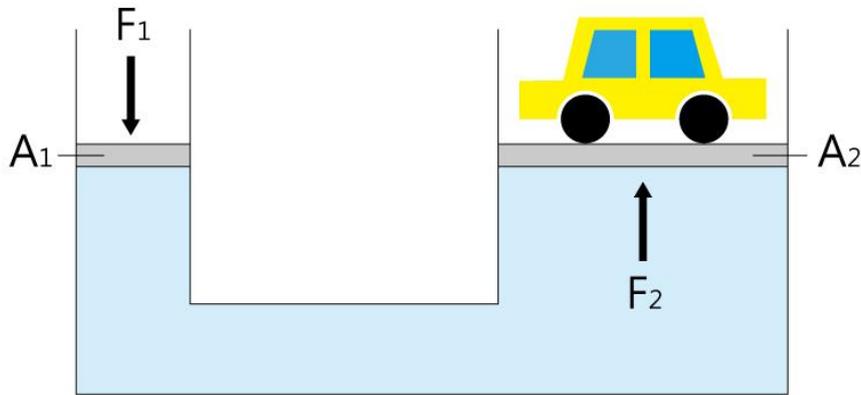


圖 4 帕斯卡原理應用

(2) 槓桿原理

槓桿(Lever)是一種簡單機械，利用功能守恆，而“功(W) = 力(F) × 位移(S)”，使得 $W_1 = W_2$ ， $F_1 \times S_1 = F_2 \times S_2$ ，並將其運用在液壓液手臂中，可以計算出施力與位移的關係，進而了解力與物體間的抬升關係(圖 5)。

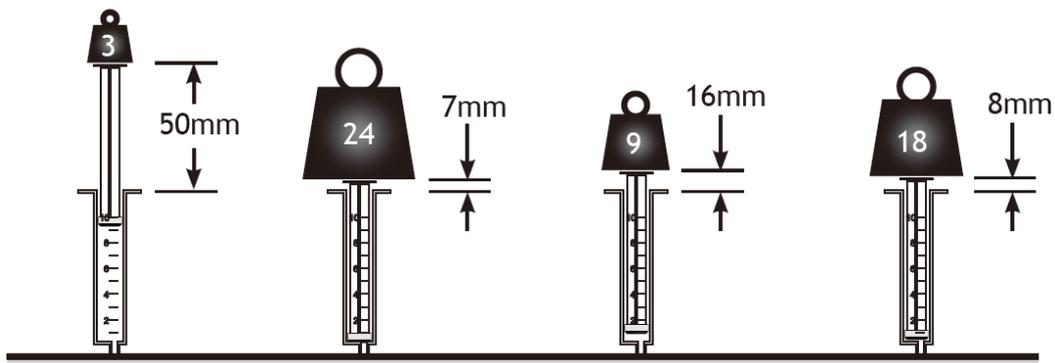


圖 5 槓桿原理之運用

資料來源：TeacherGeek(2008). Fluid power lab. Retrieve 21 September, 2014 from:  
[http://www.teachergeek.org/fluid\\_power.pdf](http://www.teachergeek.org/fluid_power.pdf)

2. 科技概念(T)

液壓手臂(圖 6)的設計製作中，在科技概念的部分，學生會運用運輸科技中的液壓與氣壓系統與營建科技中的結構體工程來進行設計，並在設計的過程中，運用製圖能力進行繪圖，再來做材料的選擇與處理；而在製作的過程中，進行手工具及機械的操作，來完成液壓手臂。



圖 6 液壓手臂

### 3. 工程概念(E)

在製作液壓手臂的過程中，第一個想法往往不是最好的，所以需要不斷的再設計 (TeacherGeek, 2006)，因此工程設計程序在製作過程中，顯得非常重要，它教導學生組織想法並根據目的做出判斷，發展學生具有品質較高的問題解決能力(Hynes, Portsmouth, Dare, Milto, Rogers, Hammer, & Carberry, 2011)。根據前述 6E 教學模式，液壓手臂設計製作的教學程序如表 3。

表 3 液壓手臂工程設計程序

6E 程序	工程設計程序	運用在機械手臂的設計製作
1.投入	(1)定義問題	使用液壓手臂夾取一公斤重物
2.探索	(2)找尋資料	尋找液壓手臂原理、製作方式、相關材料 討論相關的科學及數學概念
3.解釋	(3)發展解決方案	提出多種可以使用液壓手臂夾取一公斤重物的結構
	(4)選擇最佳方案	根據數學科學及科技(實作可行性)，進行評估 選擇最佳的結構
4.工程	(5)製作原型	製作液壓手臂
	(6)測試與評估	測試液壓手臂是否能夾取一公斤重物
	(7)溝通方案	將解決方案與測試評估用筆記或簡報呈的方式現給大家，進行討論
5.豐富	(8)再設計	將失敗之處進行改善或重新設計，使其能符合目標
	(9)完成	液壓手臂能成功夾取一公斤重物
6.評鑑		檢視自己是否達成學習目標(概念的或是設計作品)

4. 數學概念(M)

在液壓手臂的設計與製作過程中，會運用到各種不同的量測與計算(圖 7)，包括角度的測量、比例的換算、容積的計算、幾何的概念，而這些數學計算的結果，可以作為設計機械手臂工件尺寸與形式的依據。

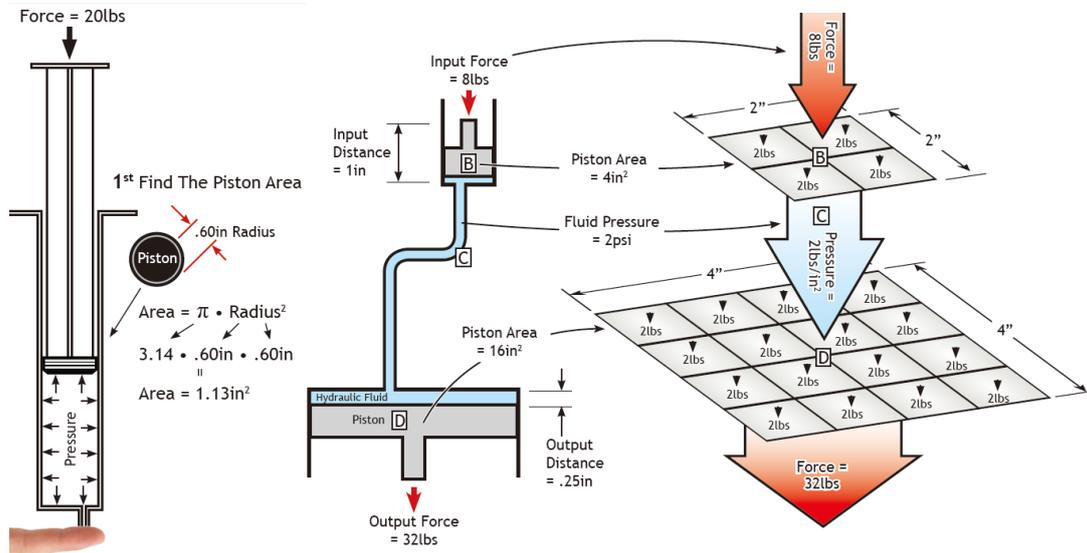


圖 7 面積量測與公式計算

資料來源：TeacherGeek(2008). Fluid power lab. Retrieve 21 September, 2014 from:  
[http://www.teachergeek.org/fluid\\_power.pdf](http://www.teachergeek.org/fluid_power.pdf)

5. STEM 教學活動程序

本文根據前述 6E 教學程序，將液壓機械手臂單元的 STEM 教學程序編寫如表 4。

表 4 液壓手臂教學活動

節次	6E 程序	工程設計程序	教師活動	學生活動	教材教具
準備			蒐集相關資料，準備材料、工具及設計學習單		
1	投入	定義問題	1.進行分組，以二到四人為限，並強調小組成員互助合作的重要 2.介紹日常生活中常見的液(氣)壓原理的裝置，如：挖土機、自動門，引起動機並開始介紹主題：機械手臂 3.確認本單元的任務內容(目標、資源、限制等)	專心聽講，並適時發問	
2	探索	找尋資料	1.液壓、氣壓動力系統原理介紹 2.引導學生經由 COPA 探索液壓	在課前，搜集液壓手臂的相關資	電腦簡報、單槍

			手臂的問題 3.列出相關的 STEM 概念	料,並在上課時,專心聽講,適時發問	投影機、學習單
3	解釋	發展解決方案、選擇最佳方案	1.引導學生利用所查的資料,分析機械手臂本體(外觀造型、動力裝置、控制裝置、製造材料、機體結構) 2.設計要點分析(講述、舉例、圖片展示)、引導學生並討論設計草圖 3.從 STEM 的觀點提出合理性的說明	熟悉與問題有關之因素、資源、限制,畫出幾個初步構想設計圖,並思考可能遭遇之問題,並選擇最後決定方案	電腦簡報、單槍投影機、學習單、機械手臂模型
4	工程	製作原型	指導學生 1.利用材料與工具,將方案原型製作出來 2.找出待改良之處 3.從 STEM 的觀點提出問題與改善方法 4.加以改良	準備材料,實際操作,製作成品,並記錄遭遇的問題,與同學或是老師討論	
5	工程	製作原型、測試與評估	1.提醒學生注意操作上的安全事項 2.協助學生解決實作上的技術問題 3.根據效標進行測試	實際操作,製作成品,並測試、修正	
6	工程	溝通方案、再設計	1.整理測試結果 2.重新修整方案	1.實際操作,製作成品,並測試、修正,完成作品 2.自我評鑑	
7	豐富、評鑑	完成	1.舉行各組成品之比賽,引導學生自我比較及評量、教室評鑑 2.討論還可以進一步探究的方向 3.討論有哪些事機械手臂可以延伸應用的領域	各自展現自己的作品,完成指定任務,學習它組的優點,並注意聽取老師的評鑑分析	

## 伍、結論與建議

STEM 是由科學、科技、工程、數學所整合的學科,對科技與工程教育領域來說,STEM 是一種整合性教學策略,其目的是將科學及數學知能,融入到工程設計程序中,作為預測分析的資料依據。

在發展 STEM 教學活動的時候，可以參考 6E 模式，首先必須 1.投入：確認適合的議題或問題，引起學生的學習動機；2.探索：引導學生經由 COPA 探索工程問題；3.解釋：引導學生解釋探索的結果，並加以傳播；4.工程建模：利用材料與工具，將方案原型製作出來，並加以改良；5.豐富：將所學經驗作更深的探究，更廣的應用；6.評鑑：分析本單元學習成果，確認下一步的學習目標。

生活科技在面對新時代的教育環境，STEM 是值得推廣的教學策略之一。但是工程設計與科技實作依然是生活科技課程的最重要核心，否則在缺乏加工技術與材料處理技術的狀況下，STEM 只能用卡紙剪刀與膠帶，所能帶給學生的科技創新與科技素養，將真的只是「紙上談兵」，只能在卡紙上面學習了。因此，為推動更高層次的 STEM 教學，生活科技教學應該更落實機具操作與材料處理的實作教學，才能加深加廣 STEM 的教學效果。

## 參考文獻

- 柳棟, 吳俊杰, 謝作如, 沈涓(2013)。STEM、STEAM 課程與可能的實踐路線。 *中小學訊息技術雜誌*, 6, 39-41。
- 施良方(1996)。學習理論。高雄：麗文文化。
- 游光昭, 林坤誼(2007)。數學、科學、科技統整課程對不同學習風格學習者在學習成效上之影響。 *教育研究學報*, 41(1), 1-16。
- 蔡錫濤(2000)。九年一貫課程重要概念釋疑。 *新講台教育雜誌第一期*, 48-51。
- Barry, N. (2014). The ITEEA 6E learning byDeSIGN™ Model. *The Technology and Engineering Teacher*, March 2014, 14-19. Retrieved September 27, 2014, from <http://www.oneida-boces.org/cms/lib05/NY01914080/Centricity/Domain/36/6E%20Learning%20by%20Design%20Model.pdf>.
- Basalyga, S. (2003). *Student interest in engineering is on decline*. DJC Oregon, Retrieved 21 September, 2014, from <http://djcoregon.com/news/2003/06/11/student-interest-in-engineering-is-on-decline/>.
- Becker, K., & Park, K. (2011). Effects of integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning: A preliminary meta-analysis. *Journal of STEM education*, 12, 23-36.
- Bybee, R. W. (2009). *The BSCS 5E instructional model and 21st century skills: A commissioned paper prepared for a workshop on exploring the intersection of science education and the development of 21st century skills*. The National Academies Board on Science Education.
- Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*, 2010 September, 30-35.
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Carlson Powell, J., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E Instructional Model: Origins, effectiveness and applications*. Retrieved from <http://www.bscs.org/bscs-5e-instructional-model>
- Fensham, P. (2009). Real world contexts in PISA science: Implications for context-based science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), 884-896.
- Friedman (2005). *The world is flat. A brief history of the twenty-first century*. New York: Farrar, Straus and Giroux.
- Hynes, M., Portsmore, M., Dare, E., Milto, E., Rogers, C., Hammer, D., & Carberry, A. (2011). *Infusing engineering design into high school STEM courses*. National Center for Engineering and Technology Education.
- Keefe, B. (2010). *The perception of STEM: Analysis, issues, and future directions*. Survey.

Entertainment and Media Communication Institute.

National Research Council (NRC). (2010). *Exploring the intersection of science education and 21st century skills: A workshop summary*. Washington, DC: National Academies Press.

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2006). *Assessing scientific, reading and mathematical literacy: A framework for PISA 2006*. Paris: OECD.

Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEM mania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20-26.

TeacherGeek (2006). *Easy engineering guide*. Retrieve 21 September, 2014, from:

[http://www.teachergeek.org/Easy\\_Engineering\\_Guide.pdf](http://www.teachergeek.org/Easy_Engineering_Guide.pdf)

TeacherGeek (2008). Fluid power lab. Retrieve 21 September, 2014, from:

[http://www.teachergeek.org/fluid\\_power.pdf](http://www.teachergeek.org/fluid_power.pdf)

The White House (2012). *President Obama announces plans for a new, national corps to recognize and reward leading educators in science, technology, engineering, and math*. Retrieved 21

September, 2014, from <http://www.whitehouse.gov/the-press-office/2012/07/17/>

[president-obama-announces-plans-new-national-corps-recognize-and-reward-](http://www.whitehouse.gov/the-press-office/2012/07/17/president-obama-announces-plans-new-national-corps-recognize-and-reward-)

The White House. (2013). *Preparing a 21st century workforce —science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education in the 2014 budget*. Retrieved 21 September, 2014, from

[http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/2014\\_R&Dbudget\\_STEM.pdf](http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/2014_R&Dbudget_STEM.pdf)

U. S. Department of Education. (2013). *Science, technology, engineering and math: education for global leadership*. U. S. Department of Education. Retrieved 21 September, 2014, from

<http://www.ed.gov/sites/default/files/stem-overview.pdf>

## 職前教師於 STEM 實作課程的知識整合行為研究

### A Study on Pre-service Teachers' Knowledge Integration Behaviors in STEM-based Hands-on Learning Activity

黃子榕、林坤誼

國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系

Tzu-Jung Huang, Kuen-Yi Lin

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

#### 摘要

本研究以 Ajzen (1985) 所發展的計畫行為理論為基礎，探討職前教師於 STEM (科學、科技、工程、術學) 實作課程中的知識整合行為及其影響因素。本研究採用問卷調查法，以臺灣一所知名的師資培育大學為主要研究對象，針對其自然與生活科技領域的職前教師進行調查研究，總計回收有效問卷共計 83 份，並利用相關分析、路徑分析進行處理。研究結論如下：

(1) STEM 實作課程可提高學生對 STEM 的知識整合態度與行為意圖，並增強學生在科學、工程與科技的態度；(2) 學生在 STEM 實作課程中的主觀規範，主要為教師與同儕的期望與支持，將有助於在 STEM 實作課程的知識整合；(3) 知識整合的知覺行為控制會影響知識整合行為意圖，故應促進學生對自我能力的培養，建立自我信心，進一步提高自我效能。本研究並提出以下具體建議：(1) 加強 STEM 實作課程的教學推廣，提高學生知識整合能力，並促進各學科的學習功效；(2) 採用有效的教學策略，提高同儕間的合作支持；(3) 引導學生自我調整學習，循序增強學生能力與信心。用以作為未來教師在發展 STEM 實作課程知識整合行為的參考。

**關鍵詞：**STEM 實作課程、計畫行為理論、知識整合行為。

## 壹、前言

STEM 教育是結合科學 (Science)、科技 (Technology)、工程 (Engineering) 及數學 (Math) 領域的整合性教育概念。美國為改善其國家競爭力於 2006 年即提出「美國競爭力計畫 (American Competitiveness Initiative, ACI)」倡導所謂 STEM 的教育，認為 STEM 人才的培養是現今知識經濟時代的目標，亦是影響國家競爭力的重要關鍵 (United States Domestic Policy Council, 2006)。該方案是一種創新的教學計劃，用來培養學生在高中、社區學院和高等院校，從事未來相關學術和職業課程的學習，以滿足未來就業市場的 STEM 人才需求 (Mississippi Department of Education, 2011)。2011 年美國國家科學院研究委員會 (United States National Research Council) 發布了「成功的 K-12 階段 STEM 教育：確定在科學、科技、工程和數學的有效方法」的報告，其中影響最為廣泛的主要目標，即是培養全體學生在 STEM 的素養。STEM 素養是跨學科領域的學習，領域涵蓋科學、科技、工程和數學。STEM 素養並不僅只是實現這四方面各自的素養，而是幫助學生遠離零散與破碎的學習和死記的程序的方式，把學生學習到的零碎知識與機械過程轉變成一個探究世界相互聯繫不同面向的過程 (趙中建，2012)。

因此，培養 STEM 素養的關鍵，在於如何引發學生主動的整合不同的 STEM 學科，利用各學科中的相關知識來解決問題。許多學者主張以統整實作的方式來進行將有助於跨學科的整合學習 (林人龍、游光昭，2005；游光昭、林坤誼、王詩婷，2007；劉瑞圓，2001；Wicklein & Schell, 1995)。近來亦有許多學者提出將 STEM 跨學科的知識結合成為一整合性的實作活動，並經研究證實能有效提高學生學習成效 (羅希哲、蔡慧音、曾國鴻，2011；Laboy-Rush, 2011；Sally & Jaumall A., 2010；Stohlmann, Moore & Roehrig, 2012)。國內在 STEM 課程內容相關的研究文獻並不多，大多以不同教學法來研究學生各方面知識的學習程度，並探討 STEM 的學習成效。例如網路專題式學習 (Web Project-Based Learning, WPBL) (羅希哲、蔡慧音、曾國鴻，2011)、專案式學習 (Project-Based Learning, PBL) (莊舜元，2009) 以及知識管理模式 (楊宏仁、羅希哲、于瑞珍、曾國鴻，2008) 的方法。雖然這些方法均證實會提高學生學習 STEM 的知識，不過其中影響知識整合的行為動機因素卻尚為被探討。學生於教學活動中統整科學、科技、工程及數學的動機，促進學生提升思考能力，激發創意概念，解決當前所面對的問題，是發展 STEM 實作課程的重要關鍵 (National Science Board, 2009)。

所以本研究旨在探究 STEM 實作活動影響學生知識整合行為的因素，建立 STEM 實作課程之知識整合行為模式，提供教師在發展 STEM 實作課程的參考。

## 貳、文獻探討

以下將針對 STEM 實作課程、計畫行為理論、知識整合行為及其重要影響因素，進行相關文獻的整理與探討，作為本研究的理論依據。

### 一、STEM 實作課程

STEM 素養是指一個人具備應用他所了解如何將四個相互關聯的領域(科學、科技、工程、數學)運用在其內在世界的的能力 (National Governors Association, 2011)。STEM 實作課程為學生提供了最好的方法去解決問題，讓學生從整體的意義概念上去了解，而不是零碎片段的知識記憶。整合的目的是幫助學生在相互聯繫的科目取得有意義的知識，去處理有關這些科目的一個共同的問題。STEM 實作課程移除四個學科之間的傳統屏障，整合成一個有凝聚力的教學和學習的典範 (Lantz, 2009)。透過跨學科的方法，用來學習嚴謹的學術概念與現實世界中的經驗教訓。讓學生能運用科學，科技，工程和數學的脈絡來聯繫介於學校、社區、工作、全球企業發展，增進其 STEM 素養和競爭能力 (Tsupros, Kohler, & Hallinen, 2009)。

因此，STEM 實作課程最主要的核心差異，就在於發展知識整合的行為，藉由該行為，可使學習者有脈絡的去運用跨學科知識來解決問題，增加學習者思考的廣泛性，應用的多元性，架構更符合現實環境的思考邏輯，以協助學習者來面對真實的生活情境。

### 二、計畫行為理論

Fishbein 和 Ajzen (1975) 提出理性行為理論 (Theory of Reasoned Action, TRA)，理性行為理論主要從社會心理學的角度出發，認為人是以理性的方式來決定其行為模式。該模式認為人有完全控制自己行為的能力，行為的發生主要是受到對行為的態度與主觀規範的影響。其中對行為的態度是個人經由過去的學習經驗，產生對特定個體的好惡反應；主觀規範指的是受到他人的期望與行為所產生的影響，這樣的影響有可能會促使個人改變原先的想法，或是驅使個人去從事相關的行為。而外生因素主要是透過行為態度和主觀規範來間接影響行為。因此當人們想要做出某種行為時，會統整所有相關的訊息，並考慮該行為的意義與後果，來決定其行為意圖，如圖 1 所示。



圖 1 理性行為理論模式

資料來源：Fishbein, M., & Ajzen, I. (1975: 16). *Belief, attitude, intention, and behavior: An introduction to theory and research*. Reading, MA: Addison- Wesley.

Ajzen (1985) 再加入知覺行為控制的構面，提出計畫行為理論 (Theory of Planned Behavior, TPB)，並解釋知覺行為控制是指當進行影響行為時個人知覺到的難易程度。透過計畫行為理論，可以為個人行為的發生建構出相當完整的模式 (Ajzen, 1991)，如圖 2 所示。

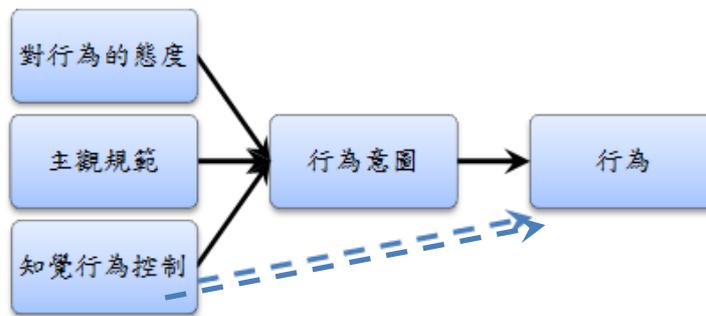


圖 2 計畫行為理論模式

資料來源：Ajzen, I. (1991: 185). *The theory of planned behavior. Organizational behavior and human decision processes, 50.*

計畫行為理論的應用範圍相當廣泛，過去已應用在像是健康、社會與學習行為分析 (王國川, 1998)。近幾年以計畫行為理論應用在教育方面的相關研究亦逐漸增多 (Cheon, Lee, Crooks, & Song, 2012; Sadaf, Newby, & Ertmer, 2012; Teo, Koh, & Lee, 2011)。

因此，根據 Ajzen 所提出的計畫行為理論模式，提供本研究在個人行為預測的基礎，並藉由調查對象判斷量表尺度，直接予以估計 (Ajzen, 2002)。而根據該理論所構成之行為模式，可以幫助預期行為的發生，並找出行為改善的關鍵因素，透過控制該因素來達成預期行為 (Ajzen, 2002)。故本研究期望藉由計畫行為理論來分析知識整合行為，並將影響因素分為對知識整合行為的態度、知識整合的主觀規範、與知識整合的知覺行為控制，透過這些因素將會有效的影響學習者知識整合行為意圖，並促使行為的發生。

### 三、知識整合行為

知識整合不單只是將不同的學科知識予以整合，而是需要運用一定的方法，經過學習辨認，把不同來源、不同層次、不同學科的零散知識轉化或重組，建構成新的系統化思考，來發揮最大的知識效用（任孔冰，2010；胡宜平，2006）。Leonard-Barton（1995）認為整合不同領域的知識，是越來越嚴重的現實需求。以現今的環境來說，個人所面對的知識與技術日趨複雜，勢必提升個人知識的廣泛性，使知識整合層次提高，擴大其知識的組織能力（蔡筱梅，2005）。

Schneider（2011）整理出知識整合的主要四個目的：(1) 幫助降低知識的零散化；(2) 提高學生學習知識的能力；(3) 整合性知識容易形成長期記憶；(4) 減少發生不正確的偏論。因此，透過知識整合確實能幫助學生學習統整與記憶，並提高學生學習成效。以學習者運用知識整合的觀點來看，學習者會在課堂、日常經驗、及文化脈絡中增進學習了解，添加、整理、評價、區分和改善他們的想法。知識整合的觀點鼓勵學習，創造機會來讓學生比較，對比，批評和區分教學中所得到的新的想法。當學生能整合自己的看法，用新的思路，創造新的推理過程，這將有助於他們的生活。知識整合不只著重於增加想法，亦幫助學生整合新的和現有的想法（Chiu & Linn, 2011）。由此可知，在學習上若能引發知識整合行為，將更有助於學習者的學習。而本研究亦從計畫行為理論中行為發生的因素來做探討：

#### （一）對知識整合行為的態度

態度的內涵由情感、認知、與行為三方面探討，亦即 Breckler（1984）提出的態度 ABC 模型（ABC model of attitudes）。情感層面指個人對態度對象的感情，包含正面或負面的評價；認知層面指個人對態度對象的信仰、思想和屬性等想法；行為層面則為個人對態度對象過去的行為和經歷，所產生的個人行動傾向，此與 Ajzen 所提出對行為的態度相符。

因此本研究所探討 STEM 實作課程的知識整合行為，除了學習者對該行為的態度傾向外，亦加入學習者在 STEM 各學科領域的態度，以了解學習者對知識整合行為的態度與過去在各學科領域間的經驗態度間的關係程度。並區分為科學、數學、以及工程與科技三種學科領域態度。Klopfer（1971）將科學的態度區分為對科學的喜好程度、探索科學的接受程度、採用科學的程度、享受科學學習經驗、有興趣發展科學與科學相關活動、在科學生涯領域發展的興趣。林民棟（2006）則提到科技態度係個人對科技與科技議題所產生的信念、內在感覺、與實際行動傾向。且由於工程是科技的核心，科技與工程的態度可說是具有密不可分的關係（江文鉅，2009）。另外在數學態度上，可以說是對數學的想法與作法，或說是對數學的喜好程度（魏麗敏，1989）。Reyes（1984）將數學態度分為對數學的信心程度、對數學的自我概念程度、對數

學的焦慮程度、以及對數學的綜合表現程度等。

若要在 STEM 實作課程中探究產品或實驗的行為，可能牽涉到科學的態度；若是科技產品的製作，則牽涉到工程與科技的態度；而對於過程中的運算與分析，亦會牽涉到數學的態度。是以本研究認為對知識整合的行為態度會影響知識整合的行為意圖，而對知識整合行為的態度與各學科的态度具有相關，故本研究以此來建立假設一：

H1：*STEM 實作課程中對知識整合行為的態度會正向影響知識整合行為意圖。*

H1a：*對知識整合行為的態度與科學態度呈現顯著正相關。*

H1b：*對知識整合行為的態度與數學態度呈現顯著正相關。*

H1c：*對知識整合行為的態度與工程與科技態度呈現顯著正相關。*

## (二) 知識整合的主觀規範

主觀規範是受到他人的期望與行為所產生的影響，這樣的影響有可能會促使個人改變原先的想法，或是驅使個人去從事相關的行為。因此主觀規範可以說是由人際間的互動所產生，並視為一種社交關係。根據社會資本理論，關係是指成員經由長期的互動，所發展出來的個人關係形態 (Granovetter, 1992)，此一觀念強調人們所擁有的關係會影響其行為，透過這些持續不斷的人際關係，人們可以達到其社交、認同及聲望等社會目的，主要概念包含信任與值得信任、規範與制裁、義務與期望、身份識別與認同。Bourdieu (1986) 提及社會資本屬於人際關係，而人際關係是經由交換所建立。因此，社會資本論及根植於人際關係網絡內的資源 (Nahapiet & Ghoshal, 1998)，其假定社會資本提供產生引發該行為的所需狀態 (Kankanhalli, Tan, & Wei, 2005)。

劉一慧 (2012) 研究指出高中生正向 STEM 態度、社會支持會提升 STEM 的學習效能與工程專業承諾。Casad 和 Jawaharlal (2012) 以機器人製作來引入 STEM 教學，並提到社會規範構面會導致行為意圖的改變。該研究亦發現在某些學習上，學生認為老師是支持他們的成就的關鍵。是以在課程的學習中，受到老師與同儕間的影響甚大，往往是影響學生行為的重要關鍵。因此本研究認為在知識整合的主觀規範會影響知識整合行為，故本研究據以做出假設二：

H2：*STEM 實作課程的知識整合主觀規範會正向影響知識整合行為意圖。*

## (三) 知識整合的知覺行為控制

Ajzen (1985) 將知覺行為控制區分為個人對自身能力的了解，與個人對本身條件的判斷。這種個人自身的認知，與 Bandure (1977) 所提出之社會認知理論相近。在該理論中 Bandura

強調自我效能的重要性，認為若個體體認到執行某一行為符合其目標，且其本身有很強之自我效能，則該個體就會去執行該項行為。因此依據 Bandura 之定義，自我效能是指人們需要執行一連串之行動來達成某一個既定目標時，對執行這些行動的能力判斷，換言之，其並非強調個體本身所擁有之技能，而是在於其能否運用此技能，以達成任務的自我能力判斷 (Bandura, 1986)。故若進一步提高學生的知識整合能力與具備運用該能力進行知識整合的信心，將提高學生的自我效能。

蕭建華與張俊彥 (2012) 研究學生學習自我效能對學習成效的影響，發現介入自我效能對男女生的成就均有影響，特別是對於女生的學習意願與自信心上會有所提升。PISA 亦評量學生的自我效能與自我概念，顯示學生的自我效能與自我概念可能與學習成就有關 (劉燕儒, 2014)。陳姿吟 (2007) 進行學童自我效能與主動學習關係之研究，得出學童自我效能與主動學習具有相關性。當學童的自我效能愈高，學童愈能主動進行學習。因此學習者對 STEM 知識整合行為的自我效能評估，亦是學習者發展知識整合的行為的重要因素。所以本研究推論知識整合的知覺行為控制會影響知識整合的行為，由此提出本研究的假設三：

H3：STEM 實作課程的知識整合知覺行為控制會正向影響知識整合行為意圖。

### 參、研究方法

#### 一、研究架構

本研究旨在探討 STEM 實作課程中知識整合行為的態度、知識整合的主觀規範、以及知識整合的知覺行為控制對知識整合行為意圖的影響，建立知識整合的行為模式。並分析各學科態度與對知識整合行為的態度之間的關聯性。研究架構如圖 3 所示。

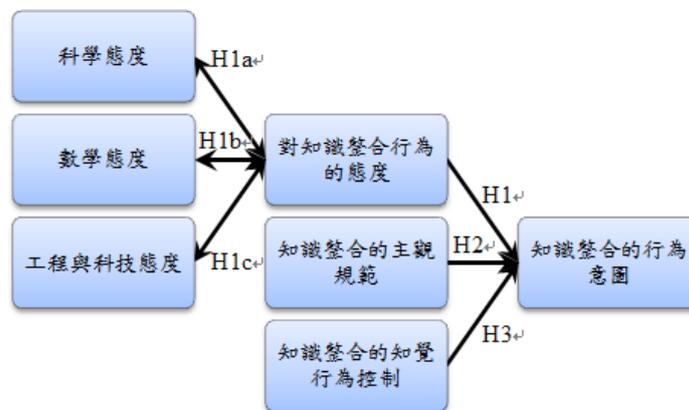


圖 3 本研究架構圖

## 二、研究方法

本研究主要以問卷調查為主要的研究方法。問卷調查法是透過一套標準測試，施予一群具代表性的填答者所得的反應，據以推估全體母群對於某特定問題的態度或行為反應。此種方法除了使用在學術研究，更被大量使用在民意調查、消費者意見蒐集、行銷調查等各種應用領域。本研究針對臺灣一所知名的師資培育學校，其修習「生活科技概論」與「工業科技教育概論」的職前教師做為研究調查對象，進行普查，以實際了解在 STEM 實作課程中對知識整合行為的態度、主觀規範、知覺行為控制，以及知識整合行為的真實意圖，並根據資料來進行統計分析。

## 三、研究對象

本研究係測量 STEM 實作課程的各研究構面對行為的影響，為使填答者不致於對 STEM 實作課程感受陌生，且使研究結果可提供做為未來教師教學的參考，因此研究調查對象設定為接受過 STEM 實作課程的職前教師。本研究對象以臺灣一所知名的師資培育學校，其修習「生活科技概論」與「工業科技教育概論」的職前教師為主，除了針對其所培育的自然與生活科技領域教師進行探究，並包含物理、化學、生物、理化、以及生活科技專長的職前教師來進行問卷發放，研究對象共計為 83 人，有效問卷樣本共 83 份，回收率 100%。回收樣本特徵統計詳如表 1。

表 1 調查對象特徵統計表

背景變項	樣本數	百分比(%)	累積百分比(%)
性別			
男性	42	50.6	50.6
女性	41	49.4	100.0
年級			
一年級	25	30.1	30.1
二年級	4	4.8	34.9
三年級	13	15.7	50.6
四年級	24	28.9	79.5
研究所	17	20.5	100.0
科系			
化學系	12	14.5	14.5
生命科學系	4	4.8	19.3
物理學系	13	15.7	34.9
科技學系	50	60.2	95.2
科教所	4	4.8	100.0
預計任教學科			
化學	12	14.5	14.5

生物	5	6.0	20.5
生科	50	60.2	80.7
物理	12	14.5	95.2
理化	4	4.8	100.0

#### 四、研究工具

本研究工具採用 Likert 五點尺度量表，分為學科態度量表與知識整合行為量表。學科態度量表採用 Friday Institute for Educational Innovation (2012) 所製訂之量表，包含科學態度、數學態度、及工程與科技態度，其信度採內部一致性係數 Cronbach  $\alpha$  值分別為 0.9、0.92、0.88。知識整合行為量表的構面題項則主要係參考各學者所發展設計之構面量表來作修正。並經由兩位專家進行審查與修訂，最後根據專家修訂後的意見與建議，編製正式的問卷量表，以確保問卷題項切合研究的需求，且適合於評估該構面，其信效度分析詳如表 2 所示。

信度分析的結果顯示，各構面的 Cronbach  $\alpha$  值皆大於 0.8，符合 Cuieford (1965) 以及 Nunnally (1978) 所提出信度的門檻值 0.7 的標準。亦符合學者所認為的 Cronbach  $\alpha$  係數大於 0.8 的高信度 (Bryman & Cramer, 1997)，顯示各量表之信度均可被接受。

效度分析上，本問卷設計是根據專家學者的量表編製而成，並透過專家評估討論來修正本研究量表，理論上已具相當之內容效度，顯示出衡量工具已能足夠涵蓋所欲研究的項目。但為瞭解衡量工具能衡量該特質或構念的程度，應透過建構效度來檢測，Schwab (1980) 指出該效度的檢測項目最主要且廣泛使用的是收斂效度和區別效度。

收斂效度根據 Fornell 和 Larcker (1981) 的建議，分別為：(1) 個別項目信度大於 0.5；(2) 潛在變項的組合信度 (Construct reliability, CR) 大於 0.8；(3) 潛在變項的平均變異抽取 (Average Variance Extracted, AVE) 大於 0.5 來評估測量模式。由表 2 可知本研究均在標準值以上，具有良好的收斂效度。

表 2 知識整合行為量表之信效度分析

構面名稱	CR <sup>a</sup>	AVE <sup>b</sup>	Cronbach $\alpha$	問卷參考來源
對知識整合行為的態度	.96	.84	.95	王國川 (1998) Ajzen (2002)
知識整合的主觀規範	.88	.65	.82	王國川、鍾鳳嬌、陳淵源、孟祥仁 (2012) Shepherd、Sparks 和 Guthr (1995) Casad 和 Jawaharlal (2012)
知識整合的知覺行為控制	.92	.85	.83	Mahoney (2010) Casad 和 Jawaharlal (2012)
知識整合行為意圖	.93	.86	.84	Shepherd、Sparks 和 Guthr (1995) Casad 和 Jawaharlal (2012) Lou、Liu、Shih、Tseng (2011)

註：<sup>a</sup> 組合信度 (Composite Reliability, CR)： $(\sum Li)^2 / ((\sum Li)^2 + \sum var(Ei))$ 。  
<sup>b</sup> 平均萃取變異量 (Average Variance Extracted, AVE)： $\sum Li^2 / ((\sum Li)^2 + \sum var(Ei))$ 。  
 Li = 觀察問項對該潛在變項的因素負荷量。  
 Var(Ei) = 觀察問項之誤差變異。

區別效度的判別，則分別為：(1)各構面與構面之間相關係數是否小於0.85(Kim & Malhotra, 2003)；(2)各構面平均萃取變異量之平方根是否大於各構面與構面之間的相關係數判斷(Fornell & Larcker, 1981)。由表 3 的數據顯示，各構面均符合標準，因此構面間亦具有區別效度。

表 3 研究構面相關分析表

	知識整合行為態度	知識整合主觀規範	知識整合知覺行為控制	知識整合行為
知識整合行為態度	.91			
知識整合主觀規範	.66***	.81		
知識整合知覺行為控制	.39***	.54***	.92	
知識整合行為意圖	.51***	.67***	.66***	.93
平均數	4.06	3.69	3.30	3.60
標準差	0.75	0.68	0.84	0.74

註：對角線為潛在變數的平均萃取變異量之平方根。  
 \*\*\* $p < .001$ 。

### 五、資料處理

本研究主要使用 Predictive Analytics SoftWare (PASW) 與 Smart Partial Least Squares (SmartPLS) 兩套應用軟體進行以下的分析：

(一) 敘述性統計分析：主要在呈現各構面項目的得分概況。

(二) 皮爾森相關分析：主要在探索各學科態度變量與對知識整合行為的態度變量間的相互關係。

(三) 路徑分析：本研究所採用的 SEM 分析方法為偏最小平方法(Partial Least Squares, PLS)。該方法最早為經濟計量分析需求而提出，而現在普遍應用在管理與社會領域。PLS 是運用變數的線性整合定義出一個主成份結構後，利用迴歸原理來解釋並檢驗主成份間的預測與解釋關係，其具有不受傳統的多元共線性，與可接受小樣本估計的統計特性，亦廣為研究者所使用（邱皓政，2011）。

## 肆、結果與討論

### 一、資料分析

為瞭解各學科領域態度與知識整合行為的概況，本研究先將各構面項目得分的分布概況列示如表 4。學科態度量表部分，構面中以「科學態度」( $M = 3.72, SD = 0.71$ ) 的平均數最高，最低的則為「數學態度」( $M = 3.08, SD = 0.90$ )。整體而言，各構面之平均值皆達到 3 以上。知識整合行為量表部分，以「知識整合行為態度」( $M = 4.06, SD = 0.75$ ) 的平均數最高，最低的則為「知識整合知覺行為控制」( $M = 3.30, SD = 0.84$ )。整體而言，各構面之平均值皆達到 3 以上。整體而言，職前教師在 STEM 實作課程中的學科態度與知識整合行為意圖均有較高的得分。

表 4 研究對象各構面分布狀況

研究構面	N	平均值	標準差	95% CI
學科態度量表				
科學態度量表	83	3.72	0.71	[3.57, 3.88]
數學態度	83	3.08	0.90	[2.88, 3.27]
工程與科技態度	83	3.70	0.66	[3.56, 3.84]
知識整合行為量表				
知識整合行為態度	83	4.06	0.75	[3.90, 4.22]
知識整合主觀規範	83	3.69	0.68	[3.55, 3.84]
知識整合知覺行為控制	83	3.30	0.84	[3.11, 3.48]
知識整合行為意圖	83	3.60	0.74	[3.44, 3.76]

註：CI= 信賴區間。

其次，各學科領域態度與知識整合行為態度構面間的關係，由表 5 可看出，「科學態度」與「知識整合行為態度」之間呈現顯著的正向中度相關 ( $r(81) = .42, p < .001$ )。「工程與科技態度」與「知識整合行為態度」之間呈現顯著的正向高度相關 ( $r(81) = .64, p < .001$ )。「數學

態度」、「工程與科技態度」與「科學態度」之間呈現顯著的正向中度相關 ( $r(81) = .45, p < .001$ ;  $r(81) = .60, p < .001$ )。「工程與科技態度」與「數學態度」之間呈現顯著的正向中度相關 ( $r(81) = .34, p < .01$ )。

表 5 各學科領域態度構面與對知識整合行為的態度構面間相關分析表

	知識整合 行為態度	科學態度	數學態度	工程與科技態 度
知識整合行為態度	1			
科學態度	.42***	1		
數學態度	.21	.45***	1	
工程與科技態度	.64***	.60***	.34**	1
平均數	4.06	3.72	3.08	3.70
標準差	0.75	0.71	0.90	0.66

\*\* $p < .01$ . \*\*\* $p < .001$ 。

接著本研究以 SmartPLS 軟體進行偏最小平方法 (Partial Least Squares, PLS) 分析，利用有效樣本 83 份進行拔靴法 (bootstrapping) 反覆抽樣來獲得抽樣分配的標準誤。以偏最小平方法來驗證研究模型架構主要分為二個步驟。首先是檢測測量模型的信、效度，如前所述，皆達研究建議值以上，其次則是檢測結構模型的路徑係數的及其顯著性。檢測測量模型時，以路徑係數 (Path Coefficients) 及  $t$  值來判斷研究模型中變數之間關係的強度以及是否達到顯著性。在檢測模型的各構面之解釋能力時，以  $R^2$  值表示指標變數解釋潛在變項的能力，並將判斷結果所示如表 6。在 STEM 實作課程知識整合行為意圖方面，會受到知識整合主觀規範 ( $\beta=.39$ ) 與知識整合知覺行為控制 ( $\beta=.42$ ) 影響，以知覺行為控制影響最大。另外，研究模式中知識整合行為  $R^2$  係數值為 .594，可解釋 59.4% 知識整合行為意圖的結果，如圖 4 所示。

表 6 本研究模式顯著性分析表

	路徑係數	$t$ 值
對知識整合行為的態度--->知識整合行為意圖	.09	1.21
知識整合主觀規範--->知識整合行為意圖	.39***	3.87
知識整合知覺行為控制--->知識整合行為意圖	.42***	4.01

\*\*\* $p < .001$ 。

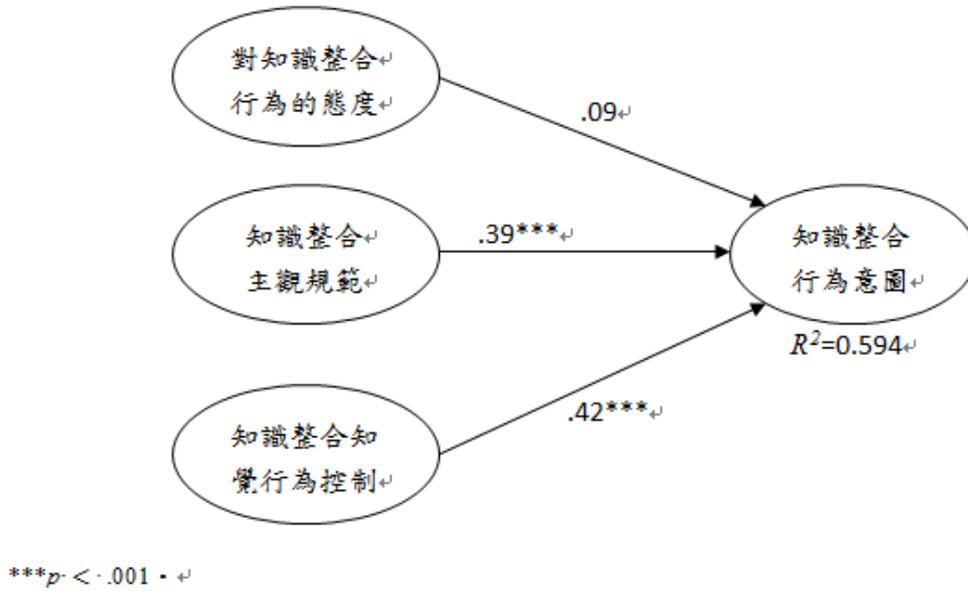


圖 4 本研究模式路徑分析圖

二、討論

根據上述研究分析結果，各構面與知識整合行為意圖之間的關係，以知覺行為控制為最能預測行為意圖的構面，其次為主觀規範構面。由於人類許多行為的發生經常受到許多因素影響，並非完全可由各人意志所控制，因此若要預測的行為受到非意志因素影響時，則必須考量知覺行為控制知覺構面，故本研究大致符合 Ajzen (1985) 所提出計畫行為理論的概念。本研究將各研究假設檢定結果列示如表 7，大致歸納出以下幾點發現：

表 7 研究假說檢定結果

研究假說內容	顯著性	結果
H1：STEM 實作課程中對知識整合行為的態度會正向影響知識整合行為意圖。	未顯著	不成立
表 7 研究假說檢定結果 (續)		
研究假說內容	顯著性	結果
H1a：對知識整合行為的態度與科學態度呈現顯著正相關。	顯著	成立
H1b：對知識整合行為的態度與數學態度呈現顯著正相關。	未顯著	不成立
H1c：對知識整合行為的態度與工程與科技態度呈現顯著正相關。	顯著	成立
H2：STEM 實作課程的知識整合主觀規範會正向影響知識整合行為意圖。	顯著	成立
H3：STEM 實作課程知識整合知覺行為控制會正向影響知識整合行為意圖。	顯著	成立

(一) STEM 實作課程中職前教師的「知識整合行為態度」對「知識整合行為意圖」無正向顯著的影響

根據研究結果顯示雖然知識整合行為態度與知識整合行為意圖具有顯著中度相關 ( $r(81) = .51, p < .001$ )，但並無法證實行為態度會影響行為意圖的發生。本研究認為最首要的原因在於 Ajzen 強調對行為的態度是來自於個體的經驗，而國內課程採用分科教學，對於課程中採用知識整合行為的價值較為陌生，是以在對行為的評價上，可能因此產生差異，並淡化與行為間的影響效果。舉例說就像對使用智慧型手機的行為態度評估，使用者絕不會只考量通訊功能，還會考量上網功能、照像功能等，因為經驗告訴使用者並非只有單一功能；若無經驗則使用者不明白智慧型有上網的功能，在對使用智慧型手機的行為上，就不會產生上網行為意圖，使評估結果產生偏誤。對知識整合行為的態度亦是如此，由於經驗的不足，學習者可能無法將對行為的態度對應在行為意圖之上。此外，亦有可能如 Scott 和 Willits (1994) 的研究所提及，是透過影響其他因素來反應在行為上。

(二) STEM 實作課程中職前教師的「知識整合主觀規範」對「知識整合行為意圖」有正向顯著的影響

根據研究結果顯示知識整合主觀規範與知識整合行為意圖具有顯著高度相關 ( $r(81) = .67, p < .001$ )，且主觀規範會影響行為意圖的發生。表示職前教師在 STEM 實作課程會受教師與同儕的影響，當教師與同儕對知識整合行為愈肯定支持，則職前教師會反應出的知識整合行為愈強。陳正和 (2001) 提到承諾要素最能預測與解釋行為的發生，並以此來解釋大專青年的學習行為，而此種承諾可說是對他人期望與支持的回饋，因此亦呼應 Ajzen 所提之主觀規範對行為的影響。因此，教師與同儕的態度亦是在 STEM 實作課程中發展知識整合行為所應該關注的對象。

(三) STEM 實作課程中職前教師的「知識整合知覺行為控制」對「知識整合行為意圖」有正向顯著的影響

根據研究結果顯示知識整合知覺行為控制與知識整合行為意圖具有顯著高度相關 ( $r(81) = .66, p < .001$ )，且知覺行為控制最會影響行為意圖的發生。可見當職前教師擁有在實作課程中若整合 STEM 知識的自信及能力愈高時，則自身愈認為其對知識整合行為的掌控力愈高，進而愈能促進職前教師在 STEM 實作課程中知識整合的行為。另外侯心雅、盧鴻毅 (2009) 提到研究對象亦有可能與導致該高度影響結果有關，因本研究選取以正在修習「生活科技概論」與「工業科技教育概論」的職前教師為研究對象，其中大部份為生活科技職前教師，本身實作

能力程度較高，較有信心認為自己有辦法去整合相關的知識領域，所以他們所感知的行為控制對行為的預測能力也就大過於其他構面。

## 伍、結論與建議

### 一、結論

根據研究的分析顯示，職前教師在 STEM 實作課程中均呈現高度的態度、主觀規範、及知覺行為控制。職前教師在科學及工程與科技的態度會與職前教師對知識整合行為的態度有正相關。對知識整合行為的態度、主觀規範、知覺行為控制與行為之間具有正相關，其中知識整合行為模式主要是以知識整合的主觀規範與知覺行為控制會正向影響知識整合行為。因此本研究做出以下結論：

(一) STEM 實作課程可提高學生對 STEM 的知識整合態度與行為意圖，並增強學生在科學、工程與科技的態度。

學生在參與 STEM 實作課程後，對知識整合行為的態度和行為意圖均呈現高度得分，顯示 STEM 實作課程確實可幫助培養學生對 STEM 的知識整合行為態度與表現。研究並證實會與科學、工程與科技態度有緊密關聯，而科學態度、工程與科技態度已被證實會影響該領域學科的學習（林坤誼，2001；游光昭、韓豐年、徐毅穎、林坤誼，2005；Gardner, 1975）。故可知透過 STEM 實作課程，將可幫助強化學生在 STEM 領域的知識整合行為態度與學習行為，促使學生在實作課程中進行知識整合，並藉由該課程，強化學生對知識整合行為的態度，並有助於培養學生在科學、工程與科技的知識學習與發展。

(二) 學生在 STEM 實作課程中的主觀規範，主要為教師與同儕的期望與支持，將有助於在 STEM 實作課程的知識整合。

研究顯示職前教師在 STEM 實作課程的知識整合主觀規範會直接影響知識整合行為意圖，且主觀規範在課程學習中主要為教師與同儕的期望與支持。教師的期望可以給予學生學習的動力，教師的支持則可幫助學生突破學習的瓶頸，藉由教師從旁輔助，在較為困難的地方提供學習的鷹架和分解式教學，讓學生在實際的操作過程中，學習如何運用各領域知識，解決所遭遇到的問題，並將經驗過程所用到的相關知識內化。另一方面，同儕則可塑造團隊合作學習的氛圍，以及各領域間的知識分享。特別是在 STEM 實作課程會應用到各領域的知識，每位同學所擅長的知識領域不盡相同，因此需要透過知識的交流來整合知識。若同學間願意互相交流，

分享交換彼此的知識，將更能促進學生知識整合的行為動機(Huang, C. C. & Huang, T. J., 2007)，提高知識整合行為的發生意願，並於 STEM 實作課程中產生知識整合的行為。

(三) 知識整合的知覺行為控制會影響知識整合行為意圖，故應促進學生對自我能力的培養，建立自我信心，進一步提高自我效能。

研究結果指出知識整合的知覺行為控制會直接影響知識整合行為意圖。知識整合行為的發生，必須建立在本身認為對整合各領域知識具有能力與信心的情況下才易於發生。當自認為缺乏整合各領域的能力時，學生較不願意去嘗試陌生的知識領域，而會傾向於維持在本身較有能力去掌握的安全學科領域，致使不易主動的進行知識整合行為。另外若個人信心不足，顯而易見的將不會主動嘗試這樣的行為(黃子榕, 2006)，且容易有逃避及拒絕接受的行為發生，致使無法提高知識整合行為的自我效能，而影響知識整合能力的發展。

## 二、建議

根據研究結論，STEM 實作課程使學生在知識整合的行為態度與意圖上有較好的表現，而主觀規範與知覺行為控制更是發展知識整合行為的關鍵。未來教師在從事 STEM 實作課程教學時，若能從知識整合的主觀規範與知覺行為控制方面來發展，多給予學生支持，並培養學生自我能力與信心，將可提高學生在學習過程的知識整合行為。本研究認為在培養知識整合行為上具體可從教學策略與自我調整學習的面向來著手，並歸納為以下幾點建議：

(一) 加強 STEM 實作課程的教學推廣，提高學生知識整合能力，並促進各學科的學習功效。

STEM 實作課程可有效提高學習者在科學、工程與科技上的學習成效，並使學生能獲得整合相關領域知識的能力，促進其發展並具備 STEM 素養，用來解決現實生活中問題。因此若能向下沿伸至國高中階段教育，將有助於學生獲得更紮實學科知識，並能夠整合應用，提升思考的層次與統整能力，進而形成創造性的知識和問題解決的能力，也將使學生更能處理與面對生活上的課題。

(二) 採用有效的教學策略，提高同儕間的合作支持。

當實作課程中知識整合的主觀規範愈高，愈能夠促使職前教師產生 STEM 知識整合行為。也就是在課堂上，老師和同學的支持可以幫助其個人有較強烈人際支持，學生將更有動力去執行該行為。另外教師的鼓勵規劃亦是幫助學生對知識的綜合理解的因素之一(Davis & Linn, 2000)。因此在課堂內的師生互動、同儕關係等人際考量皆可能導致行為的改變，特別是在 STEM 實作課程的活動，多是以分組合作的方式學習，人際關係對於參與行為與知識分享上的

影響相當重要，如何有效的合作以達成知識的整合，亦是重要的研究課題(Tachibana & Fujimura, 2010)。是以教師若要促進學生在知識整合行為上產生更高的行為意圖，可嘗試從主觀規範的角度著手。

目前較為熟知在 STEM 實作課程的有效教學策略有專題式學習、遊戲式學習、以及 STEM 整合式教學法等，亦延伸之網路專題式學習、數位遊戲式教學法。其特點均在於應用合作學習、探索式教學、數位科技、以及多元評量等方式來增進學習效果，以學生為主體的教學模式（陳柏豪，2008；羅希哲等，2010；Lou et al., 2011）。教師站在支持與引導的角色，讓學生在團隊的實作過程中學習多元思考與問題解決。學生在這樣的環境支持下，將更容易產生知識整合行為。

### （三）引導學生自我調整學習，循序增強學生能力與信心。

對於習慣單一學科學習的學生來說，STEM 的整合性學習是種挑戰。因此教師在 STEM 實作課程的教學設計上，應注意配合學習者自身知識技能、自信程度，以便於學習者能順利的按照過程學習，進行知識整合，達成問題解決的目標。如該實作課程需要過高的先備能力，將有礙學習者參與的意願，因此教師在設計課程時，須先考量該活動所使用的知識能力是否符合該階段學生能力，讓學習者感覺到所接觸的活動是可以接受的。另外亦建議教師可提供教學指引於活動中，並提供相關協助，讓學習者不致於感受到能力不足而放棄學習。

另外亦可採行自我調整策略，係指讓學習者自己設定學習的目標，維持並修正自己在統整知識等認知的策略，進一步可監控、核對及調整學習的歷程（Schunk, 1989）。教師可針對學生自我調整的思考、監控及計畫歷程做分析討論，促使學生瞭解並調整自己的認知歷程。藉由自我學習，學生能了解自己的學習進步，提升自我效能，學生也會愈願意去接受挑戰（Zimmernan, Bandura, & Martinez-Pons, 2000）。而 STEM 實作課程的挑戰，就包含著統整知識、解決問題等目標，因此若能夠引導學生在知識整合的自我學習調整，則知識整合知覺控制愈佳，學生愈願意在 STEM 實作課程中進行知識整合行為。

## 參考文獻

- 王國川 (1998)。計畫行為理論各成份量表之設計、發展與建立—以青少年無照騎車行為之研究為例。師大學報，43(2)，67-91。
- 王國川、鍾鳳嬌、陳淵源、孟祥仁 (2012)。國中數理教師使用教學網站之影響因素研究—計劃行為理論之驗證與其應用。人文社會科學研究，6 (1 )，1-32。
- 任孔冰 (2010)。論大學生知識整合能力的培養。中國電力教育，175 (24)，15-16。
- 江文鉅 (2009)。科技與工程教育的結合。生活科技教育月刊，42 (6)，1-2。
- 林人龍、游光昭 (2005)。水平整合的思考：以 MST 為導向的九年一貫生活科技課程設計。生活科技教育月刊，38 (8)，24-41。
- 林民棟 (2006)。應用心智繪圖在國小自然與生活科技領域之教學。生活科技教育月刊，37(3)，77-88。
- 林坤誼 (2001)。高中開設準工程取向科技教育課程之研究。國立台灣師範大學科技應用與人力資源發展研究所碩士論文，未出版，台北市。
- 邱皓政 (2011)。當 PLS 遇上 SEM：議題與對話，量化研究學刊，3，20-53。
- 侯心雅、盧鴻毅 (2009)。從「計劃行為理論」及「第三人效果」探討影響消費者行為的因素：以「毒奶粉」報導為例。2009 中華傳播學會年會，新竹縣。
- 胡宜平 (2006)。論析英語教學法知識的多元整合。山西廣播電視大學學報，54(5)，58-60。
- 莊舜元 (2009)。專案式 STEM 學習活動之發展研究。國立高雄師範大學工業科技教育學系碩士論文，未出版，高雄市。
- 陳正和 (2001)。影響青年學習行為的組織承諾、信念與一些社會特徵。應用心理研究，11，117-140。
- 陳姿吟 (2007)。科技創作學童自我效能與主動學習關係之研究。國立臺灣師範大學工業教育研究所碩士論文，未出版，台北市。
- 游光昭、林坤誼、王詩婷 (2007)。自然與生活科技領域統整課程的反思與實踐。當代教育研究，15 (1)，143-180。
- 游光昭、韓豐年、徐毅穎、林坤誼 (2005)。國中學生科技態度量表之發展。高雄師大學報，19，69-83。
- 黃子榕 (2006)。研發團隊知識分享行為研究。真理大學管理科學研究所碩士論文，未出版，新北市。

- 楊宏仁、羅希哲、于瑞珍、曾國鴻 (2009)。學生以知識管理實踐 STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) 學習之中美跨國研究。2014 年 6 月 20 日, 取自 <http://ir.lib.nknu.edu.tw/handle/987654321/13749>
- 趙中建(2012 年 6 月 15 日)。為了創新而教育—科學、科技、工程和數學教育(STEM education): 一個值得認識和重視的教育戰略。中國教育報, 第 07 版。
- 劉一慧 (2012)。STEM 專案學習對自我效能與工程專業承諾之影響。國立高雄師範大學工業科技教育研究所碩士論文, 未出版, 高雄市。
- 劉瑞圓 (2001)。課程統整與科技教育。科學教育月刊, 238, 12-23。
- 劉燕儒 (2014)。學習時間、自我效能與學生科學成就三者關係之探究—以 PISA 2006 資料庫為例。2014 年 6 月 20 日, 取自 <http://www.ced.ncnu.edu.tw/proposal/劉燕儒.pdf>
- 蔡筱梅 (2005)。知識整合機制對團隊學習績效的影響。國立中央大學企業管理研究所碩士論文, 未出版, 桃園縣。
- 蕭建華、張俊彥 (2012)。介入自我效能對不同性別學生「自我學習評估」與「學習成效」之影響—以高一地球科學為例。科學教育月刊, 352, 28-34。
- 魏麗敏 (1989)。國民中小學生一般焦慮、數學焦慮、數學態度之比較研究。台中師院學報, 5 (1), 129-153。
- 羅希哲、蔡慧音、石儒居、詹為淵 (2010)。網路專題式學習應用於高中女學生 STEM 知識學習之研究。人文社會科學研究, 4 (4), 115-141。
- 羅希哲、蔡慧音、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, 30, 41-61。
- Ajzen, I. (1985). From intention to actions: A theory of planned behavior. In J. Kuhl and J. Bechmann (Eds.), *Action-control: From cognition to behavior* (pp. 11-39). Heidelberg: Springer.
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational behavior and human decision processes*, 50, 179 -211.
- Ajzen, I. (2002). *Constructing a tpb questionnaire: Conceptual and methodological considerations*. Retrieved June 20, 2014, from <http://www.socgeo.ruhosting.nl/html/files/spatbeh/tpb.measurement.pdf>
- Ajzen, I. (2005). *Attitudes, personality, and behavior*. Milton-Keynes, England: McGraw- Hill.
- Bandura, A. (1977). *Social learning theory*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Englewood

Cliffs, NJ: Prentice- Hall, Inc.

- Bourdieu, P. (1986). The forms of capital. In J. Richardson (Ed.), *Handbook of theory and research for the sociology of education* (pp. 241-258). New York: Greenwood.
- Breckler, S.J. (1984). Empirical validation of affect, behavior, and cognition as distinct components of attitude. *Journal of Personality and Social Psychology*, 47, 1191 -1205.
- Bryman, A., & Cramer, D., (1997). *Quantitative data analysis with SPSS for windows*. London: Routledge.
- Casad, B. J., & Jawaharlal, M. (2012, June). *Learning through guided discovery: An engaging approach to K-12 STEM education*. American Society for Engineering Education Conference Proceedings. K-12 and Pre-College Engineering Division, Washington, DC.
- Cheon, J., Lee, S., Crooks, S. M., & Song, J. (2012). An investigation of mobile learning readiness in higher education based on the theory of planned behavior. *Computers & Education*, 59(3), 1054-1064.
- Chiu, J. L., & Linn, M. C. (2011). Knowledge integration and wise engineering. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 1(1), 1-14.
- Cuieford, J. P. (1965). *Fundamental statistics in psychology and education*. New York: McGraw Hill.
- Davis, E. A., & Linn, M. C. (2000). Scaffolding students knowledge integration: Prompts for reflection in KIE. *International Journal of Science Education*, 22(8), 819-837.
- Fishbein, M., & Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention, and behavior: An introduction to theory and research*. Reading, MA: Addison- Wesley.
- Fornell C., & Larcker D., (1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of Marketing Research*, 18, 39-50.
- Friday Institute for Educational Innovation (2012). *Middle / high School student attitudes toward STEM survey*. Raleigh, NC: Author.
- Gardner, P. L. (1975). Attitudes to science: A review. *Studies to science education*, 2, 1-41.
- Granovetter, M. S. (1992). Problems of explanation in economic sociology. In Nohria N, Eccles RG (eds.), *Networks and Organizations* (pp. 25-56). Harvard Business School Press: Boston, MA.
- Huang, C. C., & Huang, T. J. (2007). Knowledge Sharing and KM Effectiveness in Technology R&D Teams: Transactive Memory System and Team-based Outcome Expectations Perspectives. In Helander, M., Xie, R., Jiao, R., & Tan, K. C. (Eds.), *Industrial Engineering and Engineering Management* (pp. 2124-2128), Singapore.
- Kankanhalli, A., Tan, B. C. Y., & Wei, K. K. (2005). Contributing knowledge to electronic knowledge repositories: An empirical investigation. *MIS Quarterly*, 29(1), 113-143.

- Kim, S.S., & Malhotra, N.K., (2003). A longitudinal model of continued IS use: An integrative view of four mechanisms underlying postadoption phenomena. *Management Science*, 51(5), 741-755.
- Klopfer, L. (1971). Evaluation of learning in science. In B. Bloom, J. Hastings, & G. Madaus (Eds.), *Handbook of summative and formative evaluation of student learning* (pp. 559-641). New York: McGraw-Hill.
- Laboy-Rush, D. (2011). *Integrated STEM education through project-based learning*. Retrieved September 20, 2012, from <http://www.learning.com/pdfs/STEM-White-Paper-101207.pdf>
- Lantz, H. B. (2009). *Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education: What form? What function?* Retrieved June 20, 2014, from <http://www.currtechintegrations.com/pdf/STEMEducationArticle.pdf>
- Leonard-Barton, D. (1995). *Wellsprings of knowledge*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Lou, S. J., Liu, Y. H., Shih, R. C., & Tseng, K. H. (2011). The senior high school students' learning behavioral model of STEM in PBL. *International Journal of Technology and Design Education*, 21(2), 161-183.
- Mississippi Department of Education (2011). *STEM applications*. Jackson, MS: Author.
- Nahapiet, J., & Ghoshal, S. (1998). Social capital, intellectual capital, and the organizational advantage. *Academy of Management Review*, 23(2), 242-266.
- National Governors Association (2011). *Building a Science, technology, engineering and math agenda*. Washington, D. C.: Author.
- National Science Board. (2009). *STEM education recommendations for the president-elect obama administration*. Washington, D.C.: National Science Foundation.
- Nunnally, J. (1978). *Psychometric theory*. New York: McGraw-Hill.
- Reyes, L. H. (1984). Affective variables and mathematics education. *Elementary School Journal*, 84, 558-581.
- Sadaf, A., Newby, T. J., & Ertmer, P. A. (2012). Exploring pre-service teachers' beliefs about using Web 2.0 technologies in K-12 classroom. *Computers & Education*, 59(3), 937-945.
- Sally, & Jaumall A. (2010). STEM comes to preschool. *Young Children*, 65(5), 12-14.
- Schneider, M. (2011). Commentary 2: Knowledge integration in mathematics learning: The case of inversion. *Educational Studies in Mathematics*, 79(3), 447-453.
- Schunk, D. H. (1989). Self-efficacy and achievement behaviors. *Educational Psychology Review*, 1, 173-208.
- Schwab, D.P., (1980). Construct validity in organizational behavior. *Research in Organizational Behavior*, 2, 3-43.
- Scott, D., & Willits, F. K. (1994). Environmental attitudes and behavior. *A Pennsylvaniasurvey*,

*Environment and Behavior*, 26(2), 239-260.

- Shepherd, R., Sparks, P., & Guthrie, C.A. (1995). The application of the theory of planned behaviour to consumer food choice. In E-European Advances (eds.), *Consumer research* (pp. 360-365). Flemming Hansen, Provo, UT : Association for Consumer Research.
- Stajkovic, A. D., & Luthans, F. (1988). Self-efficacy and work-related performance: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 124(2), 240-261.
- Stohlmann M., Moore, T. J., & Roehrig, G. H. (2012). Considerations for teaching integrated STEM education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 2(1) , 28-34.
- Tachibana, H., & Fujimura, N. (2010). Knowledge integration through collaborative problem solving in high school students : Others as partners in co-constructing knowledge. *Japanese Journal of Educational Psychology*, 58(1), 1-11.
- Teo, T., Koh, N. K., & Lee, C. B. (2011). Teachers intention to teach financial literacy in Singapore: A path analysis of an extended theory of planned behaviour. *Asia-Pacific Education Researcher*, 20(2), 410-419.
- Tsupros, N., Kohler R., & Hallinen, J. (2009). *STEM education: A project to identify the missing components*. Intermediate Unit 1 and Carnegie Mellon, Pennsylvania.
- United States Domestic Policy Council (2006). *American competitiveness initiative*. Washington, D. C.: Author.
- Wicklein, R., & Schell, J. (1995). Case studies of multidisciplinary approaches to integrating mathematics, science, and technology education. *Journal of Technology Education*, 6(2), 59-76.
- Zimmerman, B. J., Bandura, A., & Martinez-Pons, M. (1992). Self-motivation for academic attainment: The role of self-efficacy beliefs and personal goal setting. *American Educational Research Journal*, 29, 663-676.

## STEM 整合教學活動—空投救援物資

### Integrated STEM Learning Activity - Airdrop of Relief Supplies

蔡依帆、吳心昀

國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系

I-Fan Tsai, Hsin-Yun Wu

National Taiwan Normal University

Department of Technology Application and Human Resource Development

#### 摘要

本文以科學、科技、工程、數學(STEM)科際整合教學為基礎，並結合 6E 教學模式，設計一項以空投救援物資為學習情境之實作活動。在活動中教師透過解說以及學習歷程檔案的引導，讓學生使用有限的材料，運用前備知識並發揮小組合作與團隊溝通能力，設計出符合活動要求的擲蛋裝置進行測試。教師於測試後解說相關科學原理，並要求學生使用更少的材料製作擲蛋裝置，以檢視學生對於學科內涵的吸收程度，以及實際運用科學原理進行問題解決的能力。本活動內容包含科學原理、科技使用、工程設計以及數學幾何概念；活動流程則透過參與、探索、解釋、製作、深化與評量六個階段，引導學生主動探索知識，培養其團隊合作與問題解決能力。

**關鍵字：**STEM、6E 模式、實作活動

## 壹、活動理念

我國自實施九年一貫教育以來，將原本各自獨立之學科合併為七大學習領域，目的在於以學習領域進行合科教學，企圖統整學科內容以培養學生十大核心能力（教育部，1998）。國中階段之自然與生活科技領域雖然包含理化、生物、地科、生活科技等應用學科，然而在實際教學現場卻仍以分科教學為主，學生難以瞭解學科之間的關聯，亦無法將片段知識進行統整與應用，造成學科內容與日常生活脫節的學用落差（王澄霞，1995；蔡錫濤，2000）。為了達到學科間的知識整合與統整應用，美國麻州省於1998年開始實施科學、科技、工程與數學(Science, Technology, Engineering, Mathematics; STEM)的整合式教學法，主要透過合作學習、探索式學習以及多元評量方式，使學生能自行建構知識理論，並主動探索問題的解決方法(STEMTEC, 2000)。Becker 和 Park(2011)之後設研究分析發現，STEM 科際整合教學在小學、中學以至於大學教育階段的 STEM 學科之間確實具備整合功能，對於 STEM 相關科系學生之學習成就存在顯著的正向影響。

生活科技的課程本質涵蓋科學原理(Science)、數學概念(Mathematics)、科技工具使用(Technology)以及工程設計程序(Engineering)。為使學生能透過合作學習、探索式學習以及多元評量方式來主動建構知識理論，並使用科技工具與工程設計程序進行問題解決與創新思考。因此，本教學活動採用 STEM 科際整合教學模式，除了在課程活動中融入科學、科技、工程與數學之學科內容，在教學流程亦增加有別於傳統科技教育活動的重製再測階段，實踐工程設計程序之最佳化的歷程概念。另外，教學活動之安排，則使用美國國際科技與工程教師學會(International Technology and Engineering Educators Association; ITEEA)所提出之 6E 教學模式(6E Instruction Model)進行課程規畫(Burke, 2014)，透過參與(Engage)、探索(Explore)、解釋(Explain)、製作(Engineer)、深化(Enrich)及評量(Evaluate)六個學習歷程，引導學生在空投物資的教學情境中，逐步加深對於學科內容的統整以及知識理論的應用，培養學生之創新思考與複雜問題解決能力。

## 貳、設定情境

「轟隆隆」一聲巨響，撕天裂地的大地震震醒了全台每一個沉睡中的人。短短的幾秒鐘，人民遇到這前所未有的災難，頓時面臨物資匱乏與交通中斷的困境。這時，政府及軍方出動滿載救援物資的直升機飛往災區，準備向災區實施大規模空投物資任務。但抵達災區上空後，由於沒有合適的降落場，飛行員只能冒險採取直升機盤旋的方式，將救援物資空投到災區，但衝擊力道與空投高度都可能損害救援物資，因此必須有安全的裝置才能將物資完整地送達地面。

各位同學都是拯救災民的救災小英雄，你們要如何運用所學，才能把物資順利送到災民手上呢？

本教學單元以空投救援物資做為學習情境（如圖 1），要求學生以有限材料設計並製作裝置，此裝置必須在空投過程中有效保護救援物資，並準確地將物資空投至限制範圍內。為檢視裝置的功能性，故以雞蛋做為救援物資，並將雞蛋的完整性與裝置的落點納為評量項目。



圖 1 空投救援物資情境模擬圖

### 參、活動目標

本教學活動為一 STEM 取向之科際整合課程，故活動目標包含科學、科技、工程與數學之學科內容、基本操作能力與核心素養。

- （一）能善用 STEM 知識理論進行機構設計。
- （二）能整合 STEM 的程序與技能製作機構。
- （三）能從 STEM 理論角度進行檢討與改善。

### 肆、活動資源

本教學活動所用之材料與工具皆由教師準備，學生必須使用教師提供材料與工具進行裝置設計與製作，材料清單如下表 1 與下圖 2 所示，工具清單如表 2 所示。教師亦可依據學生能力、經費限制與課程設計，彈性調整是否允許學生自備材料與工具。

表 1 材料清單（以組為單位）

項目名稱	數量	價格	何處購買
塑膠袋	1 個	55 元/一包	五金行
氣球(大)	5 顆	10 元/一包	文具店
氣球(小)	10 顆	10 元/一包	文具店
棉線	2 公尺	50 元/一捆	五金行
海綿 11.4*7.6 公分	2 片	10 元/一片	五金行
四開厚紙板	1 張	2 元	文具店



圖 2 材料範例

表 2 工具清單（以組為單位）

剪刀	1 支
美工刀	1 支
雙面膠	1 捲
膠帶	1 捲
尺	1 把

運用上述材料與工具可製作出不同形式的擲蛋裝置，表 3 所呈現之製作步驟主要為降落傘形式擲蛋裝置之示例，僅提供教師作為參考，實際課程實施時，學生必須使用教師所提供之材料自行設計與製作。

表 3 擲蛋裝置製作步驟示例

步驟一	步驟二	步驟三
依據雞蛋大小用剪刀在兩塊海綿上挖洞	將夾鏈袋連同雞蛋放入挖好洞的海綿	用兩片海綿包住雞蛋，並以膠帶固定海綿
		
步驟四	步驟五	步驟六
在紙盒上端四個角落穿孔，並用棉繩綁上塑膠袋	將包好的雞蛋與海綿放入紙盒，蓋上盒蓋並用膠帶封緊	完成
		

### 伍、教學設計

本教學活動為一 STEM 取向之科際整合課程，教學內容涵蓋科學原理(Science)、科技使用(Technology)、工程設計(Engineering)與數學幾何概念(Mathematics)，期透過實作活動整合學科內容，並進一步將學科知識應用於實際生活之問題解決。教學流程則以國際科技與工程教育學會所提出之 6E 教學模式(6E Instructional Model)為基礎(Burke, 2014)，針對此教學模式的六個面向，分別為參與(Engage)、探索(Explore)、解釋(Explain)、製作(Engineer)、深化(Enrich)、及評量(Evaluate)，設計相應之教學內容，提供學生完整的學習歷程，培養學生主動探索思考的精神。

- (一) 教學時間：國中每節課 45 分鐘，共 8 週，合計 360 分鐘。
- (二) 教學對象：本教學活動須具備簡單手工具操作能力，以及國小幾何數學展開圖概念，故建議於國中七年級實施。
- (三) 教學地點：本教學活動包含小組討論與實作部分，故建議於專科教室實施，以利教學活動之進行。此外，擲蛋裝置測試時需要一定高度才能鑑別裝置是否有效，故宜於四樓以上之頂樓朝空曠處丟擲。
- (四) 教學設計：本教學活動共分為 8 節課實施，前 3 節課為擲蛋裝置的第一階段設計與製作，接著進行 1 節課的原理解說，並利用 3 節課讓學生進行裝置檢討，以及第二階段的重製與測試，最後 1 節課分組上台報告擲蛋裝置的檢討重製與測試之成果。為避免教師先行講解原理可能影響學生創意思考，降低擲蛋裝置設計的多樣性，故在教學流程的編排不同於一般實作活動，而改採先製作、再講解、後重製的方式進行。教學時數的分配也縮短教師講述的比重，而將大部分時間提供給學生進行討論、重製與測試，期使學生體認工程設計核心理念之最佳化的歷程。各節課教學內容分述如表 4。

表 4 教學流程與教學內容

節次	教學內容	6E 教學模式	備註
1	透過預設情境引導學生進入活動主題，接著發下學習歷程檔案並講解活動流程與實施方式。剩餘時間讓學生分組討論擲蛋裝置如何設計。	Engage Explore	學習歷程檔案為學生進行討論、設計、製作與檢討之依據。學習歷程檔案內容則採用工程設計程序的五個步驟編製而成。
2	各組輪流上台講解上節課所討論之擲蛋裝置設計及加工流程。並以教師所提供的材料製作擲蛋裝置，不可使用額外材料。	Explain Engineering	老師可針對同學所發表內容給予回饋，引導學生能夠進行有效的製作與加工。製作時可提醒材料不需全部使用。
3	製作完畢後至頂樓進行擲蛋裝置測試，裝置必須有效保護雞蛋並落入限制範圍內。教師依據擲蛋裝置測試檢核表上的計分方式完成裝置的評分。	Engineering Evaluate	建議老師在測試前先把雞蛋裝在 3 號夾鏈袋裡再讓學生放入裝置內，萬一摔破較容易清理。教師可依據學校場地與學生能力規劃測試範圍。

4	<p>老師解說擲蛋活動的科學原理，引導學生思考影響裝置成功或失敗的因素有哪些，並進一步說明可行的解決方法。各組在聽完老師講解後，針對自己製作的擲蛋裝置進行檢討，找出影響裝置成敗的原因，並提出改善設計構想，紀錄於學習歷程檔案，作為第二階段裝置重製之參考。</p>	<p>Explain Enrich</p>	<p>老師可先將學生製作的擲蛋裝置分類，並講解各種設計方式對應的科學原理。並視時間長短與學生能力，斟酌是否進行改善設計構想的發表與回饋。</p>
5-7	<p>學生依據所檢討之結果，並使用老師所提供之材料，再次進行裝置的設計與製作。第二階段的測試將縮小範圍，以提高任務難度，學生必須設法使裝置的落點更精確。在此階段，學生仍須將設計與製作過程紀錄於學習歷程檔案中。教師仍須依據擲蛋裝置測試檢核表的評分依據進行評分。</p>	<p>Enrich Enineering</p>	<p>第二階段測試範圍，建議可將測試邊界內縮 1 公尺。教師可依據學生能力調整內縮範圍，避免學生無法達成任務。</p>
8	<p>各組上台報告，展示裝置檢討的成果，最後繳交學習歷程檔案。</p>	<p>Evaluate</p>	<p>老師可視時間長短給予各組回饋。</p>

(五) 6E 教學流程建議

1. 參與(Engage)：此面向主要目的為激發學生之興趣與動機，並預告課程內容，使學生能對後續課程有初始概念。本活動透過「空投救援物資」的情境設定，使課程與真實生活情境產生連結，引起學生對擲蛋活動的興趣，並說明小組競賽的最終目標—製作保護雞蛋的裝置。在此階段教師可適度利用空投過程中可能遭遇的問題，例如：空投現場突然颳起大風把物資吹走、空投過程飛來一隻大鳥劫走物資等突發狀況，使學生更能融入情境。
2. 探索(Explore)：此面向主要概念為提供學生機會，運用小組討論、資料蒐集、腦力激盪等方式幫助學生建構自身對學習主題之理解。本活動以學習歷程檔案作為學生分組討論的基礎，學生透過學習歷程檔案的引導，依序探索擲蛋裝置的影響因素、科學原理相應的解決方式，並提出可行的設計構想。在此階段因教師尚未講解科學原理，學生可能毫無頭緒或認為無法達成任務，此時教師可適當提示可運用的科學原理，引導學生喚起已有的先備知識，並鼓勵學生嘗試。
3. 解釋(Explain)：此面向主要目的是給予學生解釋並重新思考所學內容的機會，藉此確認每一學科概念所包含的內涵與意義。本活動透過各組上台講解設計構想，以檢視學生是否能夠合理解釋裝置各項設計的功能，如：降落傘作為減緩降落速度之機構、使用海綿

或氣球緩衝雞蛋落地之撞擊力等。學生亦須針對製作流程進行解說，以確認學生對於加工程序的規劃能力。

4. 製作(Engineer): 此面向提供學生實際運用學科知識的機會, 使學生更深入了解問題核心, 並將自然世界的概念應用到人為的、設計的世界。此階段包含裝置製作與裝置測試, 學生依據分組討論所得的設計構想, 使用老師提供的有限材料進行裝置製作, 並於指定場所進行裝置測試, 以驗證裝置保護雞蛋的功能與落點的準確度。製作前教師必須先確認設計圖之完成度與可行性, 避免部分小組於製作階段進度落後, 以及因設計不佳造成材料的浪費。測試階段建議教師可於學生全部投擲完裝置後, 再統一下樓檢核投擲結果, 包括雞蛋的完整性與裝置的落點。
5. 深化(Enrich): 此面向主要促使學生對所學內容作深度探討, 將簡單學科概念轉換為複雜問題的解決能力。本活動主要透過縮小測試範圍提升任務難度, 並藉由擲蛋裝置的重製與測試檢視學生是否能統整所學知識。老師在測試後解說相關的科學原理, 包括作用力與反作用力、空氣阻力、地球引力、外力平衡、衝量、位能與動能等。建議教師可以簡報方式呈現學生作品照片, 藉以說明裝置內所運用的科學原理, 使學生透過真實的例子理解抽象的科學概念。學生則須在瞭解科學原理後, 分析影響測試結果的因素, 運用教師提供的材料再次製作擲蛋裝置, 並設法提升裝置之投擲精準度。
6. 評量(Evaluate): 此面向的目的為幫助學生與老師判斷習得內容的多寡與深度, 以確認教學活動所產生的學習效果。本活動最後階段為成果報告, 測試失敗組別需進一步提出改善構想, 而測試成功之組別則須詳細分析裝置成功之因素, 並紀錄於學習歷程檔案。此階段學生可能提出天馬行空或是不夠具體的改善構想, 建議教師可透過舉例、引導思考、適時給予建議等方式提高學生所提構想的可行性。老師可從報告內容及學習歷程檔案得知學生對知識內容的理解與精熟程度, 學生也可由觀摩他組同學報告再次檢視已習得的內容, 或是補足未瞭解的知識概念。建議教師可事先提供報告格式, 並指定報告內容, 避免學生報告內容不一而造成教師評分困難。

## 陸、教學省思與建議

本教學活動主要透過 STEM 取向之科際整合課程, 使學生透過實作活動整合數學、科學之學科知識內容, 以及科技、工程之設計與操作技能, 針對課程的規劃與實施方式, 茲提出下列兩點建議以做為未來教師實施教學之參考:

### (一) 測試規則的說明

在實際進行裝置測試時，學生可能會以不同的方式投擲裝置，裝置是否具有初始速度、裝置是否向外或向上拋投、以及降落傘初始之開合狀態等因素皆會影響測試結果，造成評定分數之爭議。故建議教師可事先說明測試規則，並要求學生依循規則進行投擲測試。例如：測試者必須將裝置平舉，在初始速度為零的狀態下讓裝置自由落下，不可向上或往外拋投。若裝置具有降落傘，則須將傘面收折在盒蓋上，使其與裝置一併落下，不可在展開或垂掛狀態下進行投擲。

### (二) 結合多元評量

傳統擲蛋活動的評量方式多半僅以裝置測試結果作為評定分數的依據。現代教育強調多元發展，本教學單元以 STEM 科際整合策略進行教學，故在課程評量方面建議除了評定裝置測試結果之外，亦可將 STEM 所包含的學科內容與學生應用 STEM 理論的能力納入評量項目當中，以檢核學生的學習成果是否符合教學活動之目標。根據 Petrina(2007) 所提出的多種真實性評量(Authentic Assessment)，其中檔案評量(Portfolio Assessment)與檢核表(Rubrics)兩種方式與本教學活動之目標較契合，故採用檔案評量與檢核表兩種形式作為主要的評量方式。

#### 檔案評量(Portfolio Assessment)

檔案評量主要以學習歷程檔案為評量依據。學習歷程檔案之內容依 6E 教學流程安排，藉此引導學生設計擲蛋裝置，並要求學生於繪製裝置設計圖時，畫出各部件之展開圖，以瞭解學生是否具備數學展開圖之相關知識與技能。在測試評估階段則要求學生說明改善設計構想所運用的科學原理，以得知學生是否瞭解科學知識及其應用。學習歷程檔案詳見附件一。

#### 檢核表(Rubrics)

主要包含裝置檢核表及成果發表檢核表。裝置檢核表分別評量擲蛋裝置的功能、外觀與創意性，藉以檢核學生的科技能力；成果發表檢核表主要於學生發表過程檢視學生是否瞭解所學科學原理，藉以作為科學部分的評量結果。檢核表詳見附件二與附件三。

本教學活動欲評量項目及對應之評量方式整理如表 5，活動目標與所對應之評量方式整理如表 6。

表 5 評量項目與評量方式對照表

評量項目	STEM 知識	評量方式	是否具備相關先備知識
S 科學原理	作用力與反作用力、空氣阻力、地球引力、外力平衡、衝量、位能與動能	學習歷程檔案、成果發表檢核表	七年級學生對地球引力應有初步理解(國小高年級自然課程),其餘知識內容於課堂中教授
T 科技使用	基本手工具操作、加工方法	裝置檢核表	七年級學生應對基本手工具操作與簡易材料加工有基本知能(國小中、高年級美術課程)
E 工程設計程序	最佳化的歷程	學習歷程檔案	此部分為 6E 教學模式之核心,學生將於本教學活動中實際體認
M 數學幾何概念	立方體的展開圖	學習歷程檔案	七年級學生應具備立體展開圖概念(國小高年級數學)

表 6 活動目標與評量方式對照表

活動目標	評量方式
能善用 STEM 知識理論進行機構設計	學習歷程檔案、成果發表檢核表
能整合 STEM 的程序與技能製作機構	學習歷程檔案、裝置檢核表
能從 STEM 理論角度進行檢討與改善	學習歷程檔案、成果發表檢核表

### (三) 與傳統科技教育活動的差異

擲蛋活動為過去生活科技課程常見的活動,一般將教學流程分為講解、設計、製作與測試,而學生在完成任務後,由老師給予回饋意見即結束該課程,學生缺乏再次檢視概念原理與設計構想的機會。本活動有別於傳統教學方式,在學生完成第一次裝置測試後,運用教師解說原理所習得的內容,檢視裝置成敗因素並再次製作及測試擲蛋裝置,使其達到難度更高的任務要求,以深化所學內容。

## 參考文獻

- 王澄霞(1995)。STS 活動中之「學」與「教」。科學教育學刊，3(1)，115-137。
- 教育部(1998)。國民教育階段九年一貫課程總綱綱要。台北：教育部。
- 蔡錫濤(2000)。九年一貫課程重要概念釋疑。新講臺教育雜誌，1，48-51。
- Becker, K. H., & Park, K. (2011). Integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning: A meta-analysis. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 12, 23-37.
- Burke, B .N. (2014). The ITEEA 6E learning byDeSIGN™ model, maximizing informed design and inquiry in the integrative STEM classroom. *Technology and Engineering Teacher*, 73 (6), 14-19.
- Petrina, S. (2007). *Advanced teaching methods for the technology classroom*. Hershey, PA: Information Science Publishing.
- STEMTEC (2000). *Science, Technology, Engineering, and Mathematics Teacher Education Collaborative (STEMTEC) proposal*. Retrieved from <http://k12s.phast.umass.edu/~stemtec/about/mission/proposal.html>

### 附件一：生活科技擲蛋活動學習歷程檔案

本學習歷程檔案以 6E 教學流程編寫，內容包括參與、探索、解釋、製作、深化與評量六項步驟，學生可藉由 6E 教學流程之引導，完成教師指定任務並紀錄學習歷程，以供教師作為評量依據，並檢核學生之學習成果是否與活動目標相符。各階段所列問題之評分重點分述如下。

- 參與(Engage) ● 各位救災小英雄都肩負著拯救災民的重責大任，請問你是否能夠在出任務前，先分析可能影響完成任務的因素有那些呢？

裝置的重量、降落傘的形狀、有沒有風、降落傘有沒有開...

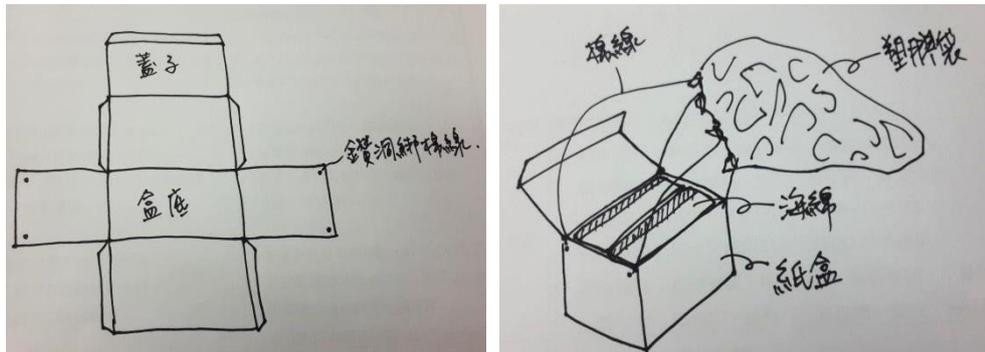
評量重點：學生須提出大量且合理的想法

- 你剛剛已經提出可能影響任務成敗的因素，接下來你又會如何解決這些問題呢？

用較輕的材料製作裝置、上網查降落傘形狀的相關資料作為參考、把裝置做成流線型減少風阻、實際測試前先確保降落傘可以打開...

評量重點：學生所提出的解決方式必須具體且可行

- 探索(Explore) ● 現在你的後援部隊已經就定位，需要你協助設計裝置，請你將你的設計構想畫下來，並且以展開圖的形式呈現給後援部隊。



評量重點：學生必須繪製裝置的設計圖，以及正確的幾何展開圖

- 解釋(Explain) ● 在完成設計圖之後，請你向後援部隊解釋裝置的設計構想與製作流程，讓他們瞭解如何將你的設計構想製作出來。

1. 把展開圖剪下，折成盒狀並黏貼
2. 在紙盒的四個角鑽洞。
3. 將塑膠袋剪成降落傘狀，四個角綁上等長的棉繩
4. 將海綿挖洞，裝入雞蛋後用膠帶捆紮，塞進紙盒後蓋上蓋子
5. 將降落傘綁上紙盒即完成裝置製作

評量重點 1：學生必須完整分析各部位的用途，並明確指出該部位所使用的製作材料

評量重點 2：學生必須以條列方式規劃正確的加工流程

製作  
(Engineer)

- 現在後援部隊已經準備就緒，你必須開出材料與工具清單，並與他們著手進行裝置的製作。

材料	工具
<u>塑膠袋(降落傘)</u>	<u>剪刀</u>
<u>棉線(綁降落傘)</u>	<u>美工刀</u>
<u>海綿(保護蛋)</u>	<u>雙面膠</u>
<u>厚紙板(盒子)</u>	<u>膠帶</u>
	<u>尺</u>

深化(Enrich)

- 由於當地災情擴大，能投擲物資的範圍縮小，因此，你必須使用相同的材料製作出更具精準度的投擲裝置，請你再次進行投擲裝置的設計與製作，並設法提高裝置投擲的精準度，以確保能完成任務。並將改變設計之處詳細記錄下來。



加翅膀，作為擾流板

加氣球，使造形較為流線形

評量重點：學生必須盡可能詳細記錄設計與測試的細節，以利後續改善參考之用

評量  
(Evaluate)

- 現在救災任務已經結束，你們正在召開檢討會議，請你報告任務執行結果的成敗。若任務失敗，請你提出具體的改善構想，並說明你在改善設計構想中運用了哪些科學原理。若任務成功，也請你詳細分析裝置成功的因素，以及所運用的科學原理，以供未來執行任務之參考。

成功!! 因為降落傘抵銷重力，海綿降低撞擊力，膠帶把海綿網緊，保護雞蛋不會滾出去!!!

評量重點 1：失敗組別必須提出具體可行之改善構想，成功組別則須詳細分析裝置成功的原因

評量重點 2：所提出之科學原理必須與分析結果相對應

附件二：擲蛋裝置測試檢核表

組別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
裝置 製作 60%	加工方 法 完成度									
	外觀									
	機構									
裝置 落點 20%	範圍內 範圍外									
完成 任務	成功 不成功									
總分										

**附件三：成果發表檢核表**

組別	參與(Engage)	<input type="checkbox"/> 小組分工詳細而且適當 <input type="checkbox"/> 小組成員都有發揮所長 <input type="checkbox"/> 小組成員都有積極參與
_____		
報告者	探索(Explore)	<input type="checkbox"/> 能提出大量裝置設計構想 <input type="checkbox"/> 能提出具可行性的設計構想 <input type="checkbox"/> 能呈現裝置設計圖
_____		
分數	解釋(Explain)	<input type="checkbox"/> 能針對初步設計構想提出說明 <input type="checkbox"/> 能分析裝置各部位的功能 <input type="checkbox"/> 能詳細說明裝置製作流程
_____		
	製作(Engineer)	<input type="checkbox"/> 能選用適當材料進行製作 <input type="checkbox"/> 能使用正確工具進行加工
	深化(Enrich)	<input type="checkbox"/> 能在材料減半條件下設計裝置 <input type="checkbox"/> 能在材料減半條件下製作裝置
	評量(Evaluate)	<input type="checkbox"/> 能提出具可行性的改善構想 <input type="checkbox"/> 能提出與裝置相應的科學原理
	給予他們的建議：	

## 科技教育的教學評量---以 NAE 及 NRC 評量標準之多元評量為例

### Teaching Assessment in Technology Education – An Exemplar of NAE and NRC Standards

許宜婷

桃園縣立建國國民中學

I-Ting Hsu

Chien-Kuo Junior High School

#### 摘要

科技教育的目的就是要培養學生的科技素養，在這個科技高度發展的時代必需要具備有高度的科技素養來面對諸多層面的科技問題，讓人們有能力用正確的方法和正確的態度來解決科技的問題，及面對現在或未來的問題需有創造或革新的能力。科技教育的教學評量在評鑑學生真實評量過程中，教師可反省課程目標與作業、考試內容，使教學目標與評量策略更能緊密結合，也能經由學生的各項學習歷程，更加瞭解學生，以便能掌握學生的學習狀況，並促使學生負起學習責任。希望有更多的第一線教師能教學評量投入更多重要且實際心力，透過更多的實施來瞭解目前教學評量的現況、各種評量方面的功能、教學評量重要課題和研究改進的方法，並累積評量相關研究的成果，為國內科技教育的教學評量開創一個更嶄新的紀元。

**關鍵字：**科技教育、教學評量

## 壹、前言

評量在師生互動的系統中扮演著主要的回饋功能，可讓教師能夠據以調整教材及教法，以達到最理想的教學效果。在教學上，教師可以用來評估學生在學習前是否具有背景知識，以作為決定有效教學的起點，同時也能評定學生的學習成果，以作為其學習成就的代表。因此，透過教學評量的實施，教師能確立教學目標是否適切可行，亦可根據教學評量的結果明瞭自己在教學上的缺失，以作為改進教學的參考。余民寧（2002）指出，經由教學評量活動，教師才能得知預期的教學目標是否達成、學生是否具備學習的起點行為或基本能力、以及教學活動的進行是否適當等訊息。由此可見，教學評量不僅可以提供回饋訊息給教師，更能使整個教學歷程統整在一起，發揮最大的教學與學習效果。

隨著科技時代快速地發展，如何讓學生在中等教育階段接受適當的科技教育訓練、提升科技素養、培養正確的科技態度，實為奠定基礎的關鍵。而科技素養教育的實施，主要透過STS（科學／科技／社會，Science/ Technology/ Society, STS）科學運動、通識教育（liberal arts）、科技教育（technology education）等三大領域實施（林坤誼、游光昭，2004）。其中，科技素養（technological literacy）是人類善用其知識、技術能力、價值判斷能力及相關資源，以便適應社會生活變遷、改善現在生活、解決相關問題及規劃其生涯的基本能力（朱益賢，2006）。美國非營利教育研究組織（WestEd）於2010年提出的Technological Literacy Framework for the 2014 National Assessment of Educational Progress（以下簡稱NAEP 2014）中更為科技素養的評量訂定了評量標準，包含科技與社會、設計與系統、資訊與傳播科技之領域。綜觀世界各國對於科技教育而定義適切的科技素養，可知評定標準的複雜性及多樣性，因此，我們需要一套既定的標準的界定，以做為作品評量的重要範疇。

## 貳、評量的類型

盧梅雪（1998）曾提到教育工作者在作品評量所遭遇之難題，包含評量和觀察重點的掌握、評分標準的訂定、教師評量時間之掌控與評量結果的效度與信度，皆是需要面對的重要課題。近年來，由於開放教育的思潮影響，多元評量的類型更受到教育評量的趨勢所重視，其強調「多元」，乃評量的方法不限於單一的客觀紙筆測驗。多元化評量並非廢除紙筆測驗，而是降低紙筆測驗在評量中的比率，以彈性運用各種評量方式來適切評量學生的學習成果。對於科技教育評量的類型與方法，須更注重其應於各種真實的教育情境下進行真實評量，Wiggins（1989a，1989b）在定義真實評量時即曾指出，此一評量方式具有許多傳統標準化測驗所不能及的優點，例如：能真實的評量出學生的學習成果、能提供實際的資料作為改進教學或是課程的參考、可

適應不同背景與不同學習風格的學生、評量的方式多元化且具有彈性等。茲將幾種常見的真實評量介紹如後：

### 一、檔案評量 (Portfolio Assessment)

「檔案評量」乃教師依據教學目標與計畫，請學生依特定目的持續一段時間主動系統收集、組織與省思學習成果的檔案，以評定其努力、進步、成長情形（李坤崇，1999、2006）。檔案評量具有下列特質：

1. 容易達到教學目標
2. 重視學生個別差異
3. 要求組織與統整
4. 評量多元化
5. 學生參與對自己的評量，並在評量過程中學到高層次的認知能力檔案
6. 強調找出學生的優點而非弱點

綜合上述可知，科技教育教學的檔案評量可說是最詳盡的評量方式，不只限於靜態的作品，還要評量作品產生的過程以及作品的優劣，是一種整體系統性的評量。從學生製作的檔案評量資料中，教師可以知道學生在學習過程中所付出的努力、進步情形和達成學習目標的程度，同時也使學生有機會自我檢視、評鑑和反省自己的學習，以成為積極主動的自我評量者。

### 二、實作評量 (Performance Assessment)

實作評量從1980年代，逐漸由專業領域轉到教室評量領域中，至今已成為教育評量的另一主流方式。其評分方式是指學生展現能力所及，教師在評量學生實際所達成的挑戰及任務的表現（Petrina, 2007）。Stiggins（1987）指出，實作評量的本質是要求學生投入專業的探究，以創造在他們生活中有價值的知識，而非只是證明在學業方面的成就。評量結果的重點不在測驗分數或繳交作業，而是專業領域知識的表現。也因此實作評量具有有效性和可靠性，可以通過觀察和明確的任務性得到改善。

實作評量是介於兩種能力之間，一為評量認知能力，一為真實情境中的應用能力，在模擬各種不同真實程度的測驗情境之下，提供教師一種有系統的評量學生實作表現的方法。例如，自然課程重視學生在實驗室的操作技能、數學課程重視學生的演算及實際問題解決技能、語言課程重視學生的口語表達技能等。在自然或已建構好的情境中，讓教師評量學生執行或處理一項指定的工作，而觀察與評鑑學生現所知、所能的學習結果，看他們是否適當、精確和完美地達成教學目標。

### 三、標準參照評量 (Criterion-Referenced Assessment and Rubrics)

標準參照評量是基於對不同級別的能力制訂基準線，以教學前所訂定的絕對性標準，來判定其「及格或不及格」、「精熟或不精熟」、「通過或不通過」，而不須參考他人表現來比較。如國小教師自編測驗（專為平時考、小考、隨堂測驗）、國家技師執照考試、中醫師檢定考試、汽車駕照考試等，均是以標準參照來作評量的例子。

從評量本身的意義和功能而言，標準參照評量兼具評量分析與綜合的功能，比純粹提供團體比較結果的常模參照評量而言，對落實多元學力的理念更為適切。再者，此評量方法能將學生學習上的進步情形與他人脫鉤，毋須與他人競爭與比較，可有助於提升學生的學習動機。Petrina (2007) 指出，標準參照評量是個不可缺少的作法，可用來檢核問題解決的認知過程。茲依上述各項評量之性質，說明其分別運用於科技教育中將帶來的助益與待解決的問題，如表 1：

表 1 真實評量應用於科技教育上之優缺點

評量方法	優點	缺點
檔案評量	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 強調自我成長，培養主動積極的學習精神。</li> <li>2. 呈現多元資料，激發創意。</li> <li>3. 兼顧認知、技能與情意的整體學習評量。</li> <li>4. 獲得更真實的評量學習結果。</li> <li>5. 兼顧歷程與結果的評量。</li> <li>6. 增強學生溝通表達與組織能力</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 增加教師檢閱學生作品的時間，增加教師的工作負荷量。</li> <li>2. 投入較多經費，宜考量學生的經濟負擔或採取變通策略。</li> <li>3. 評分者間的一致性偏低，尤其是當學生能力愈相近、班級人數愈多時更是如此。</li> <li>4. 教師評定結果易受月暈效應影響，而降低評量效度。</li> </ol>
實作評量	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 同時評量認知與技能方面的教學目標。</li> <li>2. 提供技能學習方面的診斷資料。</li> <li>3. 接近現實生活，增進學習遷移。</li> <li>4. 直接測量，排除語文能力的干擾。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 實施上非常耗費人力、時間及金錢，不合經濟效益。</li> <li>2. 測驗情境控制困難。</li> <li>3. 計分不容易客觀。</li> <li>4. 對容易焦慮的學生不利。</li> </ol>
標準參照評量	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 評量是逐步施行，學生學習的情形適時的調配評量的時間。</li> <li>2. 可由不同的角度探測學生學習的情形或瞭解的程度。</li> <li>3. 更真實地呈現學生的學習成果。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 所花的時間會比一般傳統式的標準化測驗多很多。</li> <li>2. 信度、效度與比較性方面的問題。</li> <li>3. 偽裝答案在情意測驗上比認知測驗普遍且嚴重。</li> </ol>

綜合上述，由於真實評量的設計方式是採動態設計，即能依據課程的內容、教學的需求以及學生的個別差異做最適當的調整。其所收集到的資料亦能真切地表現出學生學習情形，可作為教師教學改進的有力依據。因此，適合科技教育非常彈性且具多元性的內容設計。此評量類型由不同的角度探測學生學習的情形或瞭解的程度，有助於更真實的呈現學生的學習成果。以下，將藉由瞭解真實評量所包含的三種科技評量的方法，來分析其用於評量學生的科技素養程度，結合氣球動力車課程以作為多元評量的實際範例，並且印證National Academy of Engineering and National Research Council（以下簡稱NAE及NRC）科技素養評量的框架是否能正確發展至臺灣中學生科技課程中。

### 參、科技素養的評量

科技教育的目標，除了要教導學生基本科技知能外，更希望藉由豐富及多元化的學習內容，培養現代公民所需具備的科技素養，提供學習科技的機會，協助認識己身所處的科技環境。科技素養就如科學、數學或語文素養為一種基準，需要明智和深思熟慮的參與周圍的世界（NAE, 2006）。學者常將科技素養（technological literacy），定義為人類善用其知識、技術能力、相關資源以及價值判斷，以便適應社會變遷、改善生活、解決相關問題的基本能力（楊深坑，1988；李隆盛，1992；李大偉，1994；馮丹白，1994）。美國國家工程院（NAE）和國家研究委員會（NRC）於2002年定義了科技素養包括知識、能力和批判性思維與決策能力（McAnear, 2009），依“科技素養的三面向”中，可以明確地瞭解科技素養教育被定義為許多細目，如表2：

表 2 科技素養的三面向及其細目表示

知識
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 瞭解在日常生活中普及的科技。</li> <li>2. 理解基本的工程概念和術語，如系統、限制級權衡。</li> <li>3. 熟悉工程設計過程的本質和限制。</li> <li>4. 知道科技塑造人類歷史以及人們如何塑造科技的方式。</li> <li>5. 知道所有科技都有風險，只有一些可以預期。</li> <li>6. 瞭解科技的發展與使用所相關的利害關係和成本效益。</li> <li>7. 理解科技所反映的社會價值與文化。</li> </ol>
批判性思維與決策能力
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 能提出與自身和他人有關的科技利益與風險的問題。</li> <li>2. 以系統的方式去衡量資訊的利益、花費、成本及權衡。</li> </ol>

---

3. 能在適當的時候去參與對科技的發展與適用的決策。

---

能力

---

1. 具備有動手做的能力，如修理各種家用和辦公設備、使用電腦進行文書處理以及上網。
  2. 能在工作或家中辨認及修理簡單的機械或科技問題。
  3. 能運用簡單的數學概念去分析科技帶來的利益與風險。
  4. 能運用設計思考能力去解決生活上所遇到的問題。
  5. 能從多方面獲得科技相關的資訊。
- 

資料來源：NAE 及 NRC, 2002

由上表可以明顯地看出，首先，科技素養評量需要加入批判性思維與決策能力的標準，學生能夠系統地衡量手邊的科技資源，以及需要瞭解技術問題的層面；第二，更加重視人們應該能夠使用自身設計思維的過程，以發現和解決問題在自己的生活中重要的思想的能力維度；最後，學生能夠培養豐沛的科技知識，並能從批判性思維和決策層面，來表現其能力的向度(NRC, 2006)。呼應前言所提到多元評量的方式，彈性運用各種評量方式來評量學生的學習成果，能清楚瞭解學生對於科技知識的理解，進而利用科技知識、科技工具和技術來解決問題和實現目標在社會、設計、課程、或是現實背景，以培養學生設計和解決問題的能力。

## 肆、氣球車教學單元的多元評量範例

問題解決導向的教學法是科技教學中常用的方法之一，本單元的教學目的在利用問題限制培養學生深究實作的能力。課程初段介紹臺灣電能供給的能源發電方式與牛頓第三運動定律等教學單元，在考量九年級學生的程度，活動學習單的設計採取逐段測試、進階思考的理念，以提升學生動手操作的程度。此外，為符合NAEP 2014中為科技素養的評量的設計與系統之領域，本實作在評量中進行教學，著重學習歷程或認知改變的評量，希望透過學生個人的思考和小組的激盪，能夠讓學生對於所學領域之結合有更深入的瞭解，達到多元評量最主要的特質。

### 一、教學目標

透過氣球車的知識概念之認識與實作，以多元評量方式來掌握學生學習的表現，來培養學生問題解決的能力。因此，本單元運用諸如：活動學習單「附件1-1、1-2」回饋、引導學生在解題前、後，有效評量出知識整合的步驟或原則等方式。

## 二、教學流程

- (一) 教學對象：國中九年級學生
- (二) 教學時數：4 節 180 分鐘
- (三) 分析教學各段重點如圖 1：

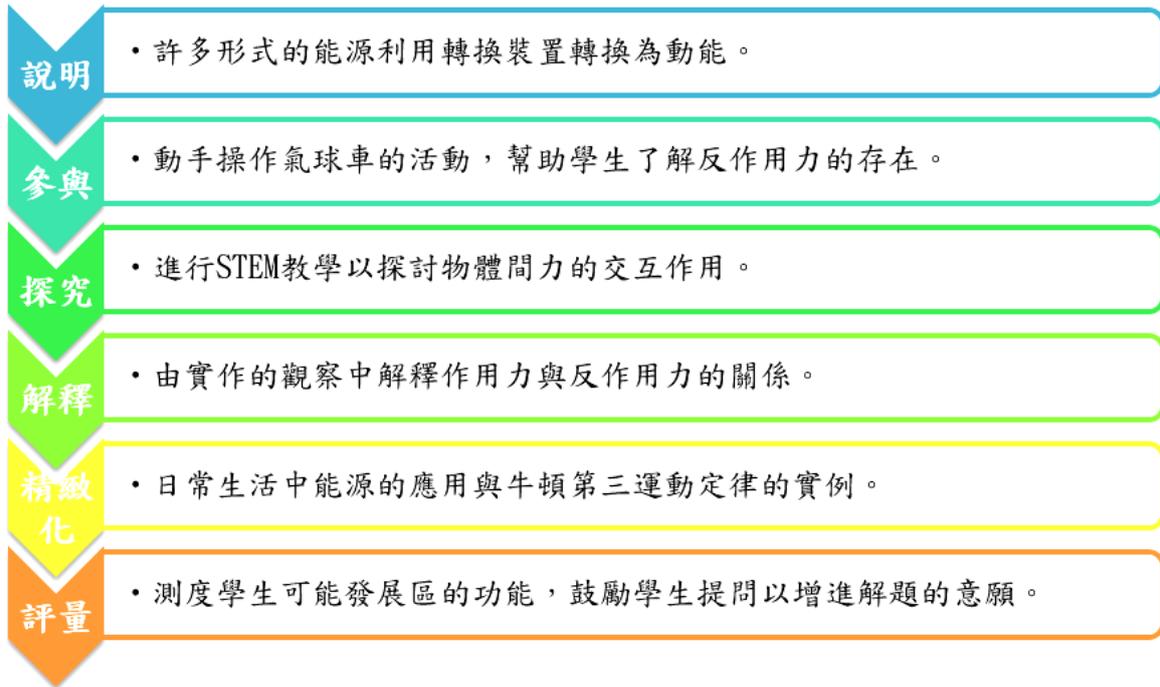


圖 1 「一鼓作氣」-氣球車也能產生動能?」課程教學流程

## 三、課程設計

### (一) 第一單元：能源與生活

本單元主要目的在讓學生從能源議題中聚焦問題，根據能源的再生與非再生性、能源的使用效率、發電方式（包括製造設備、電廠開發過程）、發電過程（除了原料外尚需的物資等）以及後續的環境問題，深入瞭解能源轉換裝置的原理。

### (二) 第二單元：實作氣球車

氣球車作品限制條件：(1) 每組皆須自製一臺氣球車（長、寬皆不可超過30 cm）；(2) 每組限用1個氣球當作動力來源（大小、形狀不限）；(3) 氣球車須能於50公分寬的跑道中直行；(4) 氣球車的車輪在行走時不得懸空。以培養學生設計與製作氣球車時，能選用適當的工具、材料與考量實作成本於活動中，並針對問題的限制來規劃製作設計的步驟。

### (三) 第三單元：STEM 科際整合教學

本單元統整「作用力與反作用力」與「能源與動力」等單元活動，在科學、科技、工程與數學（STEM）領域建立基礎，以激起好奇心、灌注批判思考的能力，幫助學生在分組討論的思考歷程，以及學生去思考實作時要關照整體和細節處，並應用在整組的設計成品上。其評量方式可如表3：

表3 學生的學習過程與評量內容

學習過程（前、中、後）	評量內容
根據組內初次發想的設計圖製作	構圖設計的適切性與創意性，初次製作後的測試成績
教師實施 STEM 整合教學後製作	教學介入學生製作氣球車的製作過程，調整後的測試成績
最終調整測試，適時介入引導討論，以確保學生的可能發展區創造高效率的教學	融合最初的設計製作與教師教學後調整的概念，最終改良的測試成績

### (四) 第四單元：測試評量與回饋

於製作完成後，測試氣球車的運作狀況，讓同學間互相討論製作的心得與反思；依照測試過程，分為三次的自我檢視測驗以長時間拉距看出自己學習的歷程與進步，利用組內討論的內容記錄下來，檢視學生自學與合作學習的重要歷程。

## 四、教學目標與評量實施方式

科技素養指標採用NAE及NRC的三個維度面向：知識、能力和批判性思維和決策能力（如表2），配合前述所提及檔案評量、實作評量、標準參照評量等真實評量的作法（如表1），利用本課程的學習能力指標內容（如圖2），來示範如何選用合適的評量方式來評量學生是否達成教師所預期的教學目標。

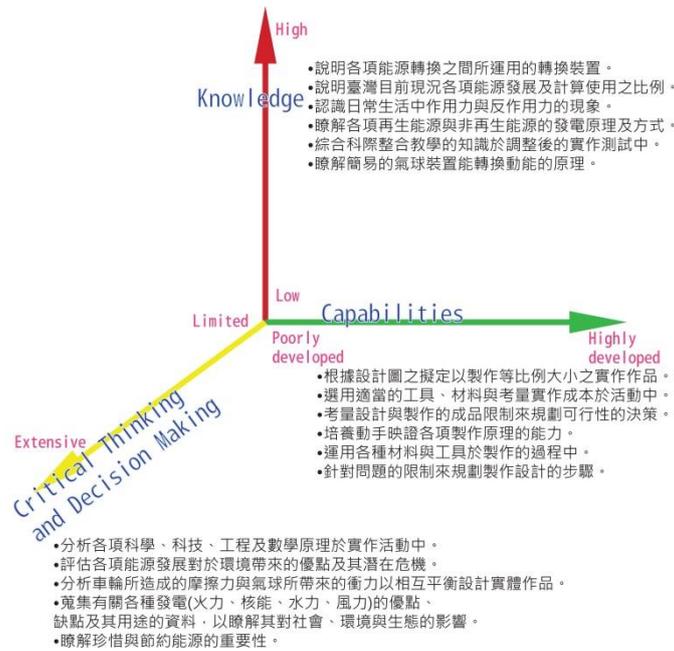


圖 2 「一鼓作氣」-氣球車也能產生動能?」課程能力指標

(一) 檔案評量

有系統地收集學生作品，並且逐一和學生共同檢討其學習省思，對學習者的學習能力進行持續性的評量，讓學生更自主、更主動地掌握學習歷程，利用活動學習單的方式，讓學生記錄從課程開始到結束的過程：

表 4 檔案評量實施方式

課程目標	評量內容	評分比例
認識日常生活中作用力與反作用力的現象	能在問題的限定下，改善氣球車的運行，並藉由檔案記錄與氣球車製作，瞭解其動力裝置的來源。	15%
考量設計與製作的成品限制來規劃可行性的決策	除了設計圖的繪製與比例尺的實體製作，還需考量材料與成本的實際發展性，並詳細地記錄活動學習單。	30%
分析各項科學、科技、工程及數學原理於實作活動中	利用第二次測試前的教學介入，而能將科學、科技、工程及數學等習之原理，運用於氣球動力車之實體作品中。	45%
分析車輪所造成的摩擦力與氣球所帶來的衝力以相互平衡設計實體作品	藉由三次的車體改良與測試，瞭解自身設計之作品的性能與達成目標之限制性，並以小組討論之方式記錄下來。	10%

## (二) 實作評量

透過學生對問題瞭解程度、投入程度、解決的技能和表達自我的能力，較完整地反映出學生的學習結果，並觀察學生學習的動機、發展問題解決能力、批判性思考和表達自我的能力：

表 5 實作評量實施方式

課程目標	評量內容	評分比例
綜合科際整合教學的知識於調整後的實作測試中	測試氣球車的運作狀況，並藉由小組間合作改良、觀察與測試，最終調整至可行之問題限制內。	40%
根據設計圖之擬定以製作等比例大小之實作作品	依照設計圖之草稿，合力製作動力氣球車，並討論最適合之材料與工具，以符合實作之效益。	15%
選用適當的工具、材料與考量實作成本於活動中	於製作過程中，指導與觀察學生進行實作，評量學生是否操作熟練，並能自我檢測與修正。	15%
培養動手映證各項製作原理的能力	除了需要符合問題限制的前提下，也需檢驗作品是否符合單元所教導的知識與原理，以映證理論與實作的並用。	30%

## (三) 標準參照評量

依據學生在課堂上的課程參與程度、工具使用的熟悉度、問題解決能力的表現度等，並以 NAE及NRC的架構分成三個面向進行評量，讓教師以行為檢核表的方式記錄學生的精熟程度。其目標內容詳見「附件2」。

## 伍、結論

科技教育的目的就是要培養學生的科技素養，在這個科技高度發展的時代必需要具備有高度的科技素養來面對諸多層面的科技問題，讓人們有能力用正確的方法和正確的態度來解決科技的問題，及面對現在或未來的問題需有創造或革新的能力（林坤誼、游光昭，2004）。可以顯見，科技教育的評量能在教學評量的提供機會強化學習成效，亦即學生於評量的過程中，主動建構對學習材料的認識並連結相關知識，而非僅止於單方面地被動接受教師在課堂上的傳輸。

在評量的過程中，教師除須根據標準或分數的等級外，尚可依據個人的潛能或其他有關的資料，利用教學評量的回饋訊息，隨時調整教學的步調，以決定是否必須實施複習、更換教材、改變作業份量、調整教材教法、或修改教學目標等措施，並求其適切可行（余民寧，2002）。科技教育的教學評量在評鑑學生真實評量過程中，教師可反省課程目標與作業、考試內容，使教學目標與評量策略更能緊密結合，也能經由學生的各項學習歷程，更加瞭解學生，以便能掌握學生的學習狀況，並促使學生負起學習責任。希望有更多的第一線教師能教學評量投入更多重要且實際心力，透過更多的實施來瞭解目前教學評量的現況、各種評量方面的功能、教學評量重要課題和研究改進的方法，並累積評量相關研究的成果，為國內科技教育的教學評量開創一個更嶄新的紀元。

## 參考文獻

- 朱益賢 (2006)。從科技素養到科技創造力。生活科技教育月刊, 39(8), 1-2。
- 李大偉 (1994)。美國各州實施科技教育的現況。中學工藝教育, 24(2), 2-7。
- 李坤崇 (1999)。多元化教學評量。臺北市：心理。
- 李坤崇 (2006)。教學評量。臺北市：心理。
- 李隆盛 (1992)。美國工藝教育的新釀——科技教育。中等教育雙月刊, 43(2), 82-87。
- 余民寧 (2002)。教育測驗與評量：成就測驗與教學評量。台北：心理。
- 林坤誼、游光昭 (2004)。透過中小學科技素養課程以培育學生創造力之探討。南大學報, 38(2), 15-30。
- 馮丹白、吳明振、徐昊杲、林炎旦、林清平、戴賢文、林建成 (1994)。高職工業類科教科書技術科學素養教育內容分析研究。國立臺灣師範大學工業教育系。
- 楊深坑 (1988)。理論、詮釋與實踐。台北：師大書苑。
- 盧梅雪 (1998)。實作評量的應許、難題和挑戰, 教育資料與研究, 3-9。
- McAnear, A. (2009). Cool tools for problem solving and critical thinking. *Learning and Leading with Technology*, 37(3), 33-34.
- National Academy of Engineering and National Research Council (2002). Technically speaking : Why all Americans need to know more about technology. Washington, D.C. : National Academy Press.
- National Assessment Governing Board (2010). *Technology and engineering literacy framework for the 2014 National Assessment of Educational Progress*. Washington, D.C. : Author.
- National Research Council (2006). *Tech tally: Approaches to assessing technological literacy*. Washington, DC: National Academy Press.
- Petrina, S. (2007). *Advanced teaching methods for the technology classroom*. Hershey, PA: Information Science Publishing.
- Stiggins, R. J. (1987). Design and development of performance assessments. *Educational measurement: Issues and practices*, 16(3), 33-42.
- Wiggins, G. (1989a). A true test : Toward more authentic and equitable assessment. *Phi Delta Kappan*, 20, 703-713.
- Wiggins, G. (1989b). Teaching to the authentic test. *Educational Leadership*, 46, 41-47.

附件 1-1 「一鼓作氣」-氣球車也能產生動能?」活動學習單 (第一頁)

# 01 一鼓作「氣」-氣球車也能產生動能?

## Take a Balloon Car!

班級: \_\_\_\_\_ ;座號: \_\_\_\_\_

組員姓名: \_\_\_\_\_

**問題：**  
請設計與製作一臺能於 50cm 跑道中直行至少 3.5m 以上的氣球車。

**限制：**

- (1)每組皆須自製一臺氣球車(長、寬皆不可超過 30 cm)
- (2)每組**限用 1 個氣球**當作動力來源(大小、形狀不限)
- (3)氣球車須能於 50 公分寬的跑道中直行，**超出軌距得 50 分**
- (4)氣球車的車輪在行走時**不得懸空**

---

繪製設計圖，並標示尺寸:

填寫「工作分配表」

材料名稱	工具名稱	工作步驟

附件 1-2 「一鼓作氣」-氣球車也能產生動能?」活動學習單 (第二頁)



 在第一次正式測試之前，構想方案改變了幾次？  
請簡要說明每次改變的重點為何？

- 一、第一次測試：距離為 \_\_\_\_\_ 公尺
- 是，否：1. 每組皆須自製一臺氣球車(長、寬皆不可超過 30 cm)
  - 是，否：2. 每組限用 1 個氣球當作動力來源(大小、形狀不限)
  - 是，否：3. 氣球車須能於 50 公分寬的跑道中直行，超出軌距得 50 分
  - 是，否：4. 氣球車的車輪在行走時不得懸空

 在第二次正式測試之前，是否會運用到老師所陳述的科學、科技、工程或數學原理？

是，請說明運用了什麼原理？

否，請說明為什麼不必運用相關原理？

- 二、第二次測試：距離為 \_\_\_\_\_ 公尺
- 是，否：1. 每組皆須自製一臺氣球車(長、寬皆不可超過 30 cm)
  - 是，否：2. 每組限用 1 個氣球當作動力來源(大小、形狀不限)
  - 是，否：3. 氣球車須能於 50 公分寬的跑道中直行，超出軌距得 50 分
  - 是，否：4. 氣球車的車輪在行走時不得懸空



 在第三次測試之前，構想方案改變了幾次？請簡要說明每次改變的重點為何？



- 三、第三次測試：距離為 \_\_\_\_\_ 公尺
- 是，否：1. 每組皆須自製一臺氣球車(長、寬皆不可超過 30 cm)
  - 是，否：2. 每組限用 1 個氣球當作動力來源(大小、形狀不限)
  - 是，否：3. 氣球車須能於 50 公分寬的跑道中直行，超出軌距得 50 分
  - 是，否：4. 氣球車的車輪在行走時不得懸空

請記錄後續製作過程，以呈現氣球車設計的改變歷程: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

02

附件 2 實作評量行為檢核表

1. 知識

評量項目	評量分數			
	1	2	3	4
說明各項能源轉換之間所運用的轉換裝置	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
瞭解簡易的氣球裝置能轉換動能的原理	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

(1分：最不符合，4分：最符合)

2. 批判性思維與決策能力

評量項目	評量分數			
	1	2	3	4
瞭解各項再生能源與非再生能源的發電原理及方式	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
評估各項能源發展對於環境帶來的優點及其潛在危機	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
蒐集有關各種發電(火力、核能、水力、風力)的優點、缺點及其用途的資料，以瞭解其對社會、環境與生態的影響	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
瞭解珍惜與節約能源的重要性	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

(1分：最不符合，4分：最符合)

3. 能力

評量項目	評量分數			
	1	2	3	4
說明臺灣目前現況各項能源發展及計算使用之比例	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
運用各種材料與工具於製作的過程中	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
針對問題的限制來規劃製作設計的步驟	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

(1分：最不符合，4分：最符合)

## 103 年第一場生活科技創意教學工作坊研習圓滿落幕

### The First Creative Teaching Workshop in Living Technology was Rounded Off

林弘昌

國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系

Hung-Chang Lin

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

為了傳承科技教育的教學經驗、並解決許多新任生活科技老師因為缺乏適當教案和設備不足而影響正常教學的情形，國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系系友會（以下簡稱科技系系友會）成立了教學工作坊課程研發小組，負責規劃及辦理生活科技創意工作坊研習，希望能藉由好的、可行的教案設計、教學分享，協助老師們能夠順利進行教學，並希望能藉此引導中學生活科技課程的教學正常化。

經過了二次的籌備討論，科技系系友會和臺北市國民教育輔導團國中自然與生活科技領域輔導小組於 103 年 9 月 21 日在師大科技系綜合工場合作辦理了第一場生活科技創意教學工作坊研習（如圖 1），當天包括現任與新任生活科技教師以及未來將投入生活科技教職的科技系大學部學生，總計超過 30 位以上報名者踴躍參加了這一次的活動！

研習一開始，由現任職於臺北市麗山國中的張銘傑老師為所有熱情參與研習的系友和教師們帶來精彩的專題演講：生活科技課的價值（為什麼教生活科技）。演講內容分享了教導生活科技課程可能會面對的疑惑、怎麼創造科技課的最大價值，還有如何引導學生學習，讓在座的教師與系友們對於生活科技課激盪出更多的想法。

研習的第二個階段是實作專題，由現任職於新北市新店高中的黃玉鷹老師主講「自走玩具設計與製作」教學活動，除了分享此教學活動的進行方式、教學過程及評量方式，現場並備有活動材料，讓系友與教師們能在玉鷹老師的分享與講解後，當場實際體驗設計與製作自己的自走玩具！

感謝科技系系友會、臺北市國民教育輔導團許多工作人員的付出，此次研習活動獲得不少教師及系友們的支持與迴響。將來科技系系友會將繼續努力，朝：(1)推動教學工作坊、(2)安排課程觀課活動、(3)建立生活科技教材資源分享網站等作法服務系友。希望藉由教案設計分

享、工作坊和觀課等活動，讓現職老師可以借用、可以跟著做，以協助第一線生活科技老師能夠順利展開教學，並樂在其中。有了第一次工作坊的辦理經驗，目前系友會正在規劃年度生活科技創意工作坊和觀課活動，歡迎有興趣的系友們和生活科技教師踴躍報名參加，繼續支持系友會辦理的各項活動。

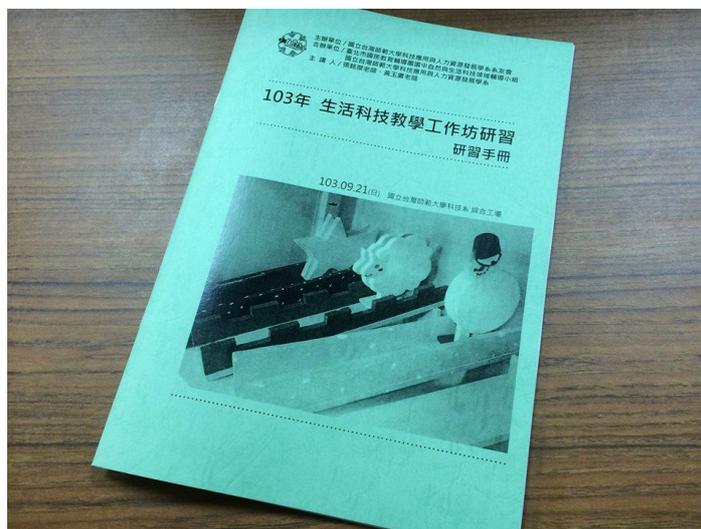


圖 1. 生活科技創意教學工作坊研習手冊