

## 實施 S.T.E.M 教育的困難與解決策略

馬宜平

國立高雄師範大學工業科技教育學系博士生

### 一、前言

有鑑於教育部統計處所公布的「大專院校學生就讀類科比率」統計結果顯示，從 97~107 學年度，國內學生不論是就讀於學士、碩士或博士班，選擇「科技類科」的人數皆是逐年下滑的（教育部統計處，2018），這樣的招生現況不禁使吾人對我國未來理工相關領域的人力資源展望感到擔憂，深究其原因，有研究指出這種現象和學生對相關領域的學習興趣不高有關（Basalyga, 2003）。

而 S.T.E.M 是一種結合「動手做」與「高層次思考」的教育思維，它強調科際統整的概念，提供貼近生活的議題為學習情境；教學上則要讓學生應用合作與探究的學習方式解決問題，以發展探索、思考、分析、創造等能力，進而促進對 S.T.E.M 學科知識的統整與應用（羅希哲、蔡慧音、陳錦慧、詹為淵，2015），我們期待藉由將這種方式導入教育中，以扭轉學生對相關領域學習興趣下降的危機。

有鑑於上述研究背景的探討，使吾人認知到或許藉由導入 S.T.E.M 教育的方式，能讓學生透過課程的引導，對理工領域的學習感興趣，以挽救我國在這些領域逐漸下滑的人力資源。然而，S.T.E.M 教學設計的重點是什麼？教學設計的內容是否符合規準？S.T.E.M 教育進行的流程是什麼？這些問題在在都需要進一步的深入探討，以有助於第一線的教學工作者願意推動 S.T.E.M 教育。

### 二、S.T.E.M 教育的重點

發展 S.T.E.M 課程是近年來美國教育界所關注的課題，亦普遍受到先進國家的重視。從美國及其他先進國家的課程改革來看，重視跨學科知識統整與工程設計實作能力是目前 S.T.E.M 課程的重要趨勢（范斯淳、楊錦心，2012）。

#### （一）科際整合

在 S.T.E.M 教育中，各學科必須以統整的方式來培養學生掌握其知識和技能，以解決真實世界的問題。因此，從 S.T.E.M 各學科的本質來看，S.T.E.M 教學的規畫應以「工程設計」為主軸，以科技議題為學習情境，輔以相關工具、技術的使用，以建立實作經驗，過程中經由科學的「探究思考」給予概念的輔助，數學則作為「分析」及「溝通」的橋梁（范斯淳、游光昭，2016）。

## （二）動手做

S.T.E.M 教育要提供學生動手做的學習經驗，並讓學生應用所學的知識，發現並合作解決現實世界問題。這種強調「經驗」的看法，與杜威的做中學不謀而合，他認為透過操作，可以獲取「初級經驗」，「初級經驗」經過省思，會精煉為「次級經驗」。而獲取的經驗最終要達成相互連結，才能對後續的經驗產生加深、加廣的功效，進一步使「動手做」對學習動機、學習成效、創造力、認知理解、問題解決等面向產生正面且顯著的影響（朱耀明，2011）。

## 三、實施 S.T.E.M 教育的困難

然而，即使了解了 S.T.E.M 教育的重點，教學內容如何能確保涵蓋 S.T.E.M 各學科？教學過程安排「動手做」活動有哪些要注意的事？這些問題依然困擾著各學習階段想要進行 S.T.E.M 教學的老師。

### （一）如何能確保 S.T.E.M 的教學設計有做到科際整合的精神呢？

S.T.E.M 教育是專注在理工科群的跨領域教學，因此，S.T.E.M 的教學設計者除了要做到教學設計內容必須具備 S.T.E.M 的素養，以確保教學設計橫跨四大領域外，還要檢核教學設計是否真的能讓學生透過解決生活的真實問題，以發揮 S.T.E.M 教育強調科際整合的價值與特色。

唯目前並沒有一套有效檢核 S.T.E.M 教學設計的標準或評量工具，讓從事 S.T.E.M 教學設計的人員能確認其教學設計只是流於將 S.T.E.M 教育的重點擺在培養各個領域的素養？還是確實具備跨領域的價值與特色？

### （二）什麼才是有意義的「動手做」？

雖然「動手做」是能夠有效傳遞科技素養的學習方式與策略，但是在主張學生親自並且主動去做之前，教師必須善用教學方法、教具，方能引起學生興趣，將知識與生活建立連結，如果在教學上只是一味的讓學生動手做，卻引不起學生的觀察、思考、質疑、反思、判斷等行為，則不具備學習的意義（朱耀明，2011）。因此，如何編寫合適的教學設計，在安排學生「動手做」的同時，讓學生產生高層次的思考行為，這是值得教育工作者深思的。

## 四、解決策略

筆者針對上述的困難，在探查相關文獻，並根據文獻內容加以實踐後，以筆

者推動 S.T.E.M 教育過來人的經驗，嘗試提出解決策略的方向，期望能作為實施 S.T.E.M 教學活動時的參考。

### （一）善用 12 年國教各領域核心素養內涵來檢視「科際整合」精神

S.T.E.M 教育倡導的五大學習精神為跨領域、動手做、生活應用、解決問題、五感學習與 12 年國教核心素養的三大面向精神符合。其中，跨領域與五感應用可促進學科融合，以達成學生能具備三大面向中的「溝通互動」知能；在真實情境下，進行動手做與解決問題學習活動，則能培養出學生「自主行動」的實踐知能；強調生活應用的學習任務，能促進學生融合多元文化、發展多元評價的「社會參與」知能（袁利平、張欣鑫，2017）。因此，藉由 12 年課綱中 S.T.E.M 四大領域的核心素養來評估 S.T.E.M 教學設計，以確認其符合科際整合的精神，應是值得嘗試的檢核方法。

S.T.E.M 教學設計者還可以根據文獻重新審視教學設計，將 S.T.E.M 教育的五大精神改以四個問題來反思教學設計是否具備 S.T.E.M 教育的意義。這四個問題如下：

1. 是否以科學、科技、工程、數學為核心來進行教學設計？
2. 教學設計中是否具備實作與問題解決的內容？
3. 教學設計中是否有安排讓學生合作、討論、分享的過程？
4. 教學設計中是否讓學生有經過探究、事先規劃、製作模擬的實物或方案設計作為學習產出？

此外，進行 S.T.E.M 的教學時，可參考 International Technology and Engineering Educators Association(ITEEA) 在 2004 年所發展之強調工程設計的 6E 教學模式，將 Engineer 納入原來的 5E 學習環模式中，而形成的概念，以符合 S.T.E.M 教學應以「工程設計」為主軸的理念。而所謂的 6E 模式循環歷程分別由投入（Engage）、探索（Explore）、解釋（Explain）、工程（Engineer）、精緻化（Enrich）、評量（Evaluate）等六個步驟建構出 S.T.E.M 教育中的學習歷程（Barry, 2014）。

### （二）有意義的「動手做」要強調「經驗」的獲得與連結

動手做的意義與價值除了要能引起學習的動機外，還要透過「動手做」來觀察現象，與學生的既有知識產生連結（葉蓉樺，2008）。綜上所述，有意義的「動手做」所應具備的學習意涵如下（朱耀明，2011）：

1. 能取得「初級」與「次級」經驗

「初級經驗」指的是活動內容中讓操作者在未經系統化的分析下，直接感受操作的結果與經歷的現象；而「次級經驗」則是學習者在經歷過初級經驗後，運用理性分析，將其分析歸納，以形成概念和發現。

2. 經驗間要有連接與統整

經由次級經驗的累積，學生進一步透過資料的搜集、個人的延伸思考與教師的引導，所激發出的新經驗。

3. 經驗在內在需求與外在環境的互動下產生

前述學生所習得的經驗，教師可透過進階的評分標準，做為操作者內在需求所需思考的事情，與外在活動有所互動與反思，能夠讓學生綜合評估，以尋求其他能優化作品的影響因素。

4. 能提供問題解決與邏輯思考的練習

透過成品的測試，引導學生發現問題、找出可能的解決方法，並進一步綜合判斷出作品可採用的方法。

5. 能指出明確的動手做目的，以提供學習動力。

為了達成上述構想，過程中操作者必須透過觀察，而產生具體的經驗概念知識，這些新的經驗知識提供了新舊經驗的對比與反思，而有新的決斷，過程不斷循環，能引起操作者願意不斷的嘗試與努力，直到達成目的。

## 四、結語

S.T.E.M 教育之特點在於引導學生建構跨學科知識整合的能力，以了解如何運用 S.T.E.M 知識來解決真實世界中的問題 (NAE & NRC, 2014)，才能使其對 S.T.E.M 領域的學習產生興趣。除此之外，尚需要透過動手做與團隊合作學習經驗的催化，以激發學生產生多元的觀點和視野 (羅希哲、蔡慧音、曾國鴻, 2011)，因此，在 S.T.E.M 教育實施時，關於「動手做」與「合作學習」，還需注意以下幾個原則，方能成功進行 S.T.E.M 教育。

### (一) 幫助學生取得經驗

S.T.E.M 教育在實際進行時，由於學生的個人經驗不同，因此每個人從中獲得或體會的事物也不盡相同，故教師必須在每個階段適度的重申重要的學習概念，甚至是額外給予操作、觀察的機會，以確保學生的學習成效。

在筆者實際進行 S.T.E.M 教學的經驗中，部分學生可能會侷限在自己得到的經驗，未能從操作中進行更深入的觀察與反思，以獲得其他重要的經驗知識，因此教師可提醒學生試著多從不同的角度出發，並進一步在課程後段要求學生設計製作的作品要同時符合「學科概念」與「使用者角度」等多面向的最優化設計，此時學生除了要應用已知的概念外，由於面臨了新的問題，學生除了檢視舊經驗外，還必須擴充舊經驗，才能解決問題。

因此，教師在安排學生進行 S.T.E.M 的學習時，必須藉由問題適時引導學生去做觀察、思考與判斷等高層次的學習行為，才能讓學生從中習得更多經驗。

### (二) 多給予學生機具操作與認識材料的機會

雖說 S.T.E.M 教育是科際整合的綜合學習，但工程設計與科技實作才是 S.T.E.M 教育的核心，教學過程要教會學生認識材料、在不同情況下選用不同材料、操作機具以進行材料的加工與處理，例如：讓學生學會善用常見的電子檢驗儀器，如三用電表，以準確測量電學相關實驗數據，還能進一步比較作品差異；或認識不同型號的材料，並透過數據分析，了解不同型號材料間的有效搭配；又或練習使用焊錫連接電路，以確保電路連接的穩定性。

因此，為推動更高層次的 STEM 教育，STEM 教育應該落實機具操作與材料處理的實作教學，才能加深加廣 STEM 教育的教學效果，並確實與真實世界連結。

### (三) 嘗試採取性別同質性分組教學

從神經生理學的角度來看，男、女大腦結構的不同使外在行為的表現有所差異，同時也會形成別人對自身看法的不同，進而對「自我效能」產生一定程度的影響。在進行 S.T.E.M 的教學活動中，女學生在表達意見時發言多較簡短、小聲，這樣的方式較不引人重視，進而使得女學生對自我在教學活動中的「自我效能」預期上表現得較缺乏自信；反之，男學生則多以雄辯式的高聲長篇大論來表達意見，容易讓聽的人認同其發言的重要性（洪蘭，2006），也有助於其在「自我效能」的預期。

因此，如果教師在進行 S.T.E.M 教學時，改採以「同性別」分組的方式，以顧慮到男女吸收和處理資訊的不同，而在學習空間、數理等科目時，避免男生以強勢的學習風格，讓女生有「自我效能預期」低的情況發生。尤其是在學習性向初啟蒙的國小階段，或許在理工相關的學科上，能讓女生累積更多正面的學習經驗，以提升其自我效能，進而影響其相關領域學習的興趣。

## 參考文獻

- 朱耀明（2011）。「動手做」的學習意涵分析—杜威的經驗學習觀點。生活科技教育月刊，44(2)，32-43。
- 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。
- 范斯淳、楊錦心（2012）。美日科技教育課程及其啟示。教育資料集刊，55，71-102。
- 袁利平、張欣鑫（2017）。論 STEAM 教育與核心素養的對接。陝西師範大學學報，46(5)，164-169。
- 洪蘭（譯）（2006）。腦內乾坤—男女有別，其來有自（原作者：Anne Moir & David Jessel）。臺北市：遠流。
- 教育部統計處（2018）。大學生、碩士生、博士生就讀類科之比率【原始數據】。未出版之統計數據。[http://stats.moe.gov.tw/files/important/OVERVIEW\\_U04~6.pdf](http://stats.moe.gov.tw/files/important/OVERVIEW_U04~6.pdf)
- 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。
- 羅希哲、蔡慧音、陳錦慧、詹為淵（2015）。STEM。高雄師大學報，39，63-84。
- Barry, N. B. (2014). The ITEEA 6E learning ByDeSIGN™ model: Maximizing informed design and inquiry in the integrative STEH classroom. *Technology and Engineering Teacher*, 73(6), 14-19.
- Basalyga, S. (2003). *Student interest in engineering is on decline*. Retrieved from <http://djcoregon.com/news/2003/06/11/student-interest-in-engineering-is-on-decline/>.
- National Academy of Engineering, & National Research Council. (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. Washington, DC: The National Academies Press.