

國小 S.T.E.M 教學設計： 以手搖式手電筒的設計、製作為例

馬宜平¹ 荊溪昱²

摘要

本研究目的在嘗試發展符合 S.T.E.M 教育精神之教學設計，以在國小階段落實十二年課程綱要中的生活科技課程精神，希望能讓 S.T.E.M 教育發揮成效，以符合學生學習需求。本研究發展的教學設計經選取與各部份內容相對應的領域核心素養具體內涵後，再透過 14 位諮詢委員模糊德懷術問卷調查，依據收集之資料進行統計分析，獲致研究結論如下：一、本研究自編 S.T.E.M 教學設計經評估，囊括 S.T.E.M 四大學科領域及 10 項核心素養，且皆具適切性；二、「自然科學領域」為自編 S.T.E.M 教學設計中契合度最高之教學領域，並以「符號運用與溝通表達」為該領域整體與相應學習內容符合程度最高之核心素養；三、「科技領域」與「工程領域」為自編 S.T.E.M 教學設計中契合度次高之教學領域；四、「數學領域」為自編 S.T.E.M 教學設計中契合度仍有努力空間之教學領域。最後，綜合文獻分析與研究結果與討論，分別就教育行政機關、學校及未來研究提出建議，以提供參考。

關鍵詞：S.T.E.M 教育、十二年課綱核心素養、模糊德懷術

¹ 國立高雄師範大學工業科技教育學系博士生

² 國立高雄師範大學工業科技教育學系兼任副教授
通訊作者：馬宜平，E-mail: penny19781122@gmail.com
收稿日期：2020/01/13；接受刊登日期：2020/04/27
DOI:10.6618/HSSRP.202106_15(2).2

壹、前言

一、研究背景與動機

有鑑於教育部統計處所公布的「大專院校學生就讀類科之比率」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），這從由 Lent, Brown 與 Hackett 於 1994 年提出的社會認知生涯理論也可得到印證，其主要為一綜合分析影響生涯選擇行為的理論，其認為「興趣」是預測生涯意向最主要的因素，因此，將上述的結論合理的推論至科學領域，可得到學生會對科學產生興趣（科學興趣），進而產生以科學相關領域作為其升學或生涯發展的方向（科學生涯意向）」（簡晉龍、任宗浩，2011）。而余民寧與趙珮晴（2010）以 Trends in International Mathematics and Science Study（簡稱 TIMSS）2003 年國中生資料探究影響國中學生在選擇科學職業意圖的因素研究，與簡晉龍與任宗浩（2011）改以 PISA 2006 年國中生資料驗證之實證研究，也皆得到大致相同的研究發現，認為興趣是影響學生是否選擇以科學作為就學（業）目標的關鍵因素。那麼，該怎麼做才能提高學生對這些相關領域的學習興趣呢？

近年來，一股動手實作的風潮正影響著我們的教育、經濟，甚至是製造模式，這便是所謂的 Maker Movement——自造者運動（趙珩宇，2015），我們期待藉由將這種方式導入教育中，以扭轉學生學習興趣下降的危機。然而，這種「動手做」的教學方法真的能提升學習興趣嗎？進一步檢視以「動手做」為主題的文獻，會發現「動手做」無論對學習動機、學習成效、創造力、認知理解、問題解決等面向都有正面且顯著的影響（朱耀明，2011）。因此，如何更有效的運用「動手做」在理工領域學科的教學中，便是我們提升學生學習興趣，以解決該領域人才培育不足問題的良方之一。

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，如何編寫合適的教材，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。

而 S.T.E.M 就是一個能結合「動手做」與「高層次思考」的教育模式，它強調跨科際統整的概念，整合了科學探究、科技設計、工程技術與數學分析，提供真實且貼近生活的議題作為學習情境，因此相較於一般的學習型態更為多元活潑；教學上則採取讓學生應用合作式與探究式的學習方式解決一連串的問題，能尊重不同的學習風格，以發展探索、思考、分析、創造等能力，進而促進對科學、科技、工程、數學知識的統整與應用（羅希哲、蔡慧音、陳錦慧、詹為淵，2015）。

有鑑於上述研究背景的探討，使吾人產生了希望藉由相關主題結合動手做的方式，發展出一套合適的教材，學生透過該教材的引導，能對理工領域的學習感興趣。世界經濟論壇 2016 年的「工作大未來」報告指出，未來全球所產生的絕大多數新工作，都集中在電腦、數學、建築和工程等 S.T.E.M 領域中。如此說來，教育部在 12 年國教育課程綱要中所提「素養」是指「人在適應現在生活和面對未來挑戰時，所應具備的知識、能力和態度」，其課程就應該與 S.T.E.M 教育對接才是。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研究中所擬定之教學設計，以確認其符合 S.T.E.M 教育的精神，應是值得嘗試的做法。

二、研究目的

基於上述，本研究在認識 S.T.E.M 教育後，嘗試發展國小 S.T.E.M 教學設計，旨在探討其教學內容與 S.T.E.M 各學科核心素養具體內涵的符合情形，因此歸納本研究之研究目的如下：

- （一）了解本研究發展之教學設計具備「自然科學」領域核心素養具體內涵的情形。
- （二）了解本研究發展之教學設計具備「科技」領域核心素養具體內涵的情形。
- （三）了解本研究發展之教學設計具備「工程」領域核心素養具體內涵的情形。

（四）了解本研究發展之教學設計具備「數學」領域核心素養具體內涵的情形。

三、文獻探討

經由研究背景的觀察，具備建構學習觀的 S.T.E.M 教育，對於相關學科的問題解決與創意表現有促進的效果，對理工領域學科正向的學習表現也十分重要，因此本章將針對 S.T.E.M 教育作更深入的介紹。

（一）S.T.E.M 教育概述

1. S.T.E.M 教育的內涵

美國馬里蘭州教育部門曾定義 S.T.E.M 教學是一種整合 Science (S)、Technology (T)、Engineering (E)及 Mathematics (M)等四個向度的知識內容及技能的教學模式（陳家騏、古建國，2017），其教育理念是秉持以學生為主體，強調與真實的社會情境連結，藉由主動建構知識的歷程，以提升學生對於相關學科的興趣，使其未來有機會成為一位具有相關領域素養的人才，以解決國家競爭力不足的問題。

因此，隨著十二年國教科技教育逐漸受到重視，許多科技教育的政策與因應方案也隨之而生，愈來愈多的科技教師主張科技教育應以工程設計為主軸，以問題解決為目標，可以幫助學生統整性的應用各種學科知識（Lewis, 2004），強調將小組合作的方式融入教學，讓學生能利用工程設計的方式，將自己的想法與組員討論而產生一個作品或設計一個問題解決的對策。

2. S.T.E.M 教育的成效

S.T.E.M 教育整合科學、科技、工程與數學四大學科的目的即是要讓學生有足夠的知識、態度與技能去面對真實世界中與 S.T.E.M 相關的議題（Bybee, 2013），過程中 S.T.E.M 教育不僅可使學生透過合作學習養成良好的溝通技巧，還能透過動手做的活動，用工程設計的方式學會探索、思考、分析與學習，在嘗試解決問題的同時，一方面培養動手做的能力，一方面能將科學、科技、工程、數學相互結合，使理論與真實世界連接起來，以培養解決問題的能力，甚至還能培養創意的能力（Massachusetts Department of Education, 2006）。

實證研究也發現 S.T.E.M 的教學對部分研究對象的科學態度有正向影響，研究對象在對科學的自信心、主動性以及正向態度上，皆有表現出相對應的外顯行為。除此之外，S.T.E.M 課程實施後的學習成就測驗經分析也顯示研究對象的平均分數顯著大於非研究對象的平均分數（陳家騏、古建國，2017）。

綜上所述，S.T.E.M 教育之優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，進而幫助學生提升 S.T.E.M 各領域的學習動機與學習興趣，並形成 S.T.E.M 領域的就業能力與 S.T.E.M 素養（National Academy of Engineering [NAE] & National Research Council [NRC], 2014）。

3. S.T.E.M 教育的展望

近年來，由於 S.T.E.M 教育中四個學科都是理科領域，缺乏人文藝術等學科，因此有學者提出注入人文藝術（art）的元素，形成了 S.T.E.A.M 教育模式，亦有不少學者在藝術（A）之外，又加入了環境（E）及社會（S）等元素，提倡 S.T.E.A.M.E.S 等相關概念，不外乎都是延續 S.T.E.M 教育的精神，希望讓學生的學習成果從「知識習得」提升成為「帶得走的能力」。

由此可知 S.T.E.M 教育被視為是一種教學的理念與學習方法的革新，既代表對各學科領域的重視，亦代表一種課程設計的途徑，更是一種對於學生學習表現的期待（范斯淳、游光昭，2016）。而 S.T.E.M 教育如何才能達成這些目標，則端賴具體的做法與優良的課程設計，故下面的篇幅將針對這些面向進行探討。

（二）S.T.E.M 的教學設計

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、工程設計實作與問題解決能力是目前 S.T.E.M 課程的重要趨勢（范斯淳、楊錦心，2012）。

1. S.T.E.M 課程的主體是「科技教育」

多數學者都認為在 S.T.E.M 被廣為討論之前，科技教育領域早已存在有跨科際課程統整的理念（范斯淳、游光昭，2016），且根據研究統計，學生在 S.T.E.M 知識的互動行為中，以科技之討論佔最多，其次才分別為科學與工程（羅希哲、蔡慧音、曾國鴻，2011），因此，生活科技實可作為實踐 S.T.E.M 教育的重要學習領域。

承上述，若科技領域為實踐 S.T.E.M 課程的重要學科，那麼 S.T.E.M 課程與傳統科技教育課程差異為何？許多學者認為 S.T.E.M 課程更注重協助學生建構 S.T.E.M 先備知識的歷程，著重於強化科學、數學、科技與工程知識的橫向連結，進而強化學生在工程設計、探究思考及解決問題的學習（范斯淳、游光昭，2016）。

2. S.T.E.M 課程應以「工程設計」為主軸

進一步從科技領域的觀點來看 S.T.E.M 課程，科技議題應為 S.T.E.M 課程的主題，科技為工程設計的產出或使用的工具，工程設計是實踐 S.T.E.M 課程的主要歷程，包含作品設計及問題解決的程序，而科學與數學則是解決問題所需的關鍵知識 (Barry, 2014)。因此，從 S.T.E.M 各學科的本質來看，S.T.E.M 課程應以工程領域的「工程設計」為主軸，由科技扮演著「學習情境 (科技議題)」、「實作經驗」及「工具、技術」的提供者，經由科學的「探究思考」給予科學概念的輔助，數學則作為「分析」及「溝通」的橋梁 (范斯淳、游光昭，2016)。

3. S.T.E.M 學科的整合

至於 S.T.E.M 課程的學科整合模式，可採用整合式的方式，以科技或工程領域為主軸，強調打破學科界限，直接選取與課程主題相關的重要概念形成一系列的課程單元 (Fogarty, 1991)。進行 S.T.E.M 教育時，教師不用一定要在同一時間呈現四個學科於單一活動中，例如一開始可只著重「S+T」的科學探究活動，等學生慢慢能掌握跨學科的學習方式後 (Wong & Fung, 2016)，我們便可以加入工程設計的元素和相關的數學能力訓練在課程裡，從而提升跨科學習的規模。

綜上所述，科技領域中的 S.T.E.M 課程是一種工程設計取向之跨學科統整課程，課程設計時要貼近真實世界的情境，透過實作活動連結 S.T.E.M 各學科的知識，形成具整合性且有意義的學習經驗，進而引發學生主動學習的意願 (Dugger, 2010)。因此，無論如何設計課程，科技教育的 S.T.E.M 課程應具有三大核心理念，也就是科技議題的「情境學習」、解決問題之「工程設計」及整合應用科學與數學知識之「探究思考」(Kelley, 2010)。

(三) S.T.E.M 教學設計的評析

綜上所述，S.T.E.M 教育之目的是指在真實情境下，以工程設計為方法，教會學生應用科學探究、科技工具與數學分析，以解決問題、創造科技產物，進而具備系統化的跨學科學習經驗 (Kelley, 2010)，要達成這個目的，S.T.E.M 教育必須能夠提升學生 S.T.E.M 各學科的素養 (范斯淳、游光昭，2016)。然而，S.T.E.M 各學科的素養是什麼？又如何能確保一份 S.T.E.M 教學設計能夠具備 S.T.E.M 各學科的素養呢？

教育部在 12 年課綱中表示所謂核心素養即是人在適應現在生活和面對未來挑戰時，所應具備的知識、能力和態度，而所有的課程皆要以「核心素養」做為其內涵的主軸，以統整各領域。「核心素養」包含三大面向：

1. 自主行動

強調個人為學習的主體，學習者能進行系統思考以解決問題，並具備創造力與行動力。

2. 溝通互動

強調學習者應能廣泛運用各種工具，有效與他人及環境互動。這些工具包括學習工具、科技與資訊工具、文字及數學符號等。

3. 社會參與

強調學習者學習處理社會的多元性，以參與行動與他人建立適切的合作模式與人際關係。

綜觀 12 年課綱的核心素養三大面向恰巧與 S.T.E.M 教育強調的「用解決問題、自我反思來完成學習，強調學習者的主體性，有助於養成主動學習的態度。」（自主行動）、「以合作學習方式進行，有助於形成團隊精神。」（溝通互動）、「以真實生活作為學習內容來源，有助於培養創意和應對社會挑戰的能力。」（社會參與）不謀而合。（張仁家、林癸妙，2019）

因此，S.T.E.M 素養即是 12 年課綱核心素養，若一份 S.T.E.M 教學設計能符合 12 年課綱中 S.T.E.M 各學科的核心素養，即能說明該份 S.T.E.M 教學設計能夠提升 S.T.E.M 各學科的素養，也能由各領域核心素養的達成來確保教學設計具備跨學科統整的特點。

（四）S.T.E.M 教育的執行

1. S.T.E.M 教育的特徵

在 S.T.E.M 教育中，科學、科技、工程與數學的教學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。除此之外，在設計 S.T.E.M 課程時還需注意以下幾個原則，方能成功進行 S.T.E.M 教育（樹熊，2015）。

（1）趣味

S.T.E.M 教育在實施過程中要將多學科知識融入於有趣的情境中，如此才能激發學生的學習動機，再搭配有挑戰性的問題，讓學生嘗試解決，以獲得成就感。

（2）實做

S.T.E.M 教育不僅主張通過自學或教師講授習得抽象知識，更強調學生動手、動腦參與學習過程。S.T.E.M 教育要提供學生動手做的學習體驗，學生應用所學的知識，發現並合作解決現實世界問題。

(3) 科學探究

林坤誼（2014）曾指出透過動手實做活動可以整合所學的理论與實務，但若缺乏將理論導向的科學探究融入動手實做過程中，則難以達成。

而何謂 S.T.E.M 中的「科學探究」的呢？美國國家研究委員會（National Research Council [NRC], 1996）於科學教育課程標準（National Science Education Standards）中曾明確定義科學探究（science inquiry）一詞，對學生來說，科學探究是從學習活動中增進科學知識，過程中教師要適時提供引導及回饋，並適度開放實驗的變因和討論內容，引導學生了解科學探究是什麼，訓練其基本能力的同時，也認識科學家的研究方法與歷程。由以上敘述可知，S.T.E.M 中的科學探究應包含觀察、提出問題、規劃與進行實驗、搜集與分析資料、根據資訊形成合理解釋，以及與他人溝通彼此的發現等多個面向（陳家騏、古建國，2017）。

(4) 設計

S.T.E.M 教育必須要有學習產出，可以是實際的作品，抑或是問題解決方案，因為在設計的過程中，學生要整合學習的知識、鍛練操作能力，得以提升 S.T.E.M 素養，最後作品的產出更是獲得成就感、維持和激發學習動機的重要途徑。

(5) 合作

S.T.E.M 教育中的問題是真實的，而真實世界中的問題解決往往需要其他人的協助，因此 S.T.E.M 教育重視合作學習，強調小組間的相互幫助、相互啟發。

由以上五大原則可知，S.T.E.M 教育並不是科學、科技、工程和數學教育的單純加總，而是要融會貫通各學科的知識，將學到的知識應用到生活中，並進一步培養創新精神與實踐能力，因此要結合科學探究與實做，才能面對未知問題的挑戰。故本研究發展的 S.T.E.M 教材，也將以結合科學探究與實做的跨領域學習方式進行。

2. S.T.E.M 教育的教學步驟

根據 S.T.E.M 教育的特徵，S.T.E.M 的教學步驟可參考由 International Technology and Engineering Educators Association (ITEEA) 在 2004 年所發展之強調工程設計的 S.T.E.M 課程，將 Engineer 的 E 納入原來的 5E 學習環模式中，而形成 6E Learning by Design Model 的概念，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 課程中的學習歷程，透過科學探究與工程設計的歷程，提供學生深入探索問題的機會，並將科學及數學知識應用於解決問題之中（Barry, 2014）。

其中比較重要的步驟分別是初期的投入（Engage）階段，以誘發學習興趣、厚實知識與經驗的基礎為主。因為新奇有趣的活動或主題方能吸引學生想要進一步探究的動機，會影響其後續活動參與的投入，此外，接受 S.T.E.M 教育，學生也需要透過一定程度的知識與經驗累積，才能完成後續一個步驟一個步驟的學習任務，故如何引導學生厚實知識與經驗是初期活動設計應考量的重要因素；而中期的工程（Engineer）階段也很重要，需善用學習策略、合作學習與動手實做，以擴增經驗，同時，藉由反覆的操作、試驗與修正促進創造的可能；在後期的精緻化（Enrich）階段中，以鼓勵學生發現問題，並精進作品與修正方案為重點任務。在作品大致底定的同時，仍持續發現問題，修正作品或提出建議，使整體方案更臻完善（羅希哲等，2015）。

綜上所述，建議進行 S.T.E.M 教育時，應選定有趣之生活相關議題為主題，以增進學生對活動參與的動機，並以問題來引導，讓學生藉由問題解決的機會擴增自我知能並進行創造，歷程中以分組的方式鼓勵學生互為分享與討論，藉由動手實做的方式進行探究與學習，並持續鼓勵、提供正向學習情境，以完成學習任務（羅希哲等，2015）。

3. 進行 S.T.E.M 教育的注意事項

教學者在進行 S.T.E.M 教學前必須要熟悉課程主題與各學科之間的聯繫，並了解學生程度，確認學生具備的相關基礎知識與技能，避免教材內容和學生程度有落差，造成課程不順及學習狀況不佳；而在課程進行時要給學生足夠的時間思考、討論與摸索實做（陳柏豪，2008），以促進小組多面向的溝通行為與技巧，才能避免在認知性的知識學習時，有學生落單不參與；另外，在驅動問題的設計與學習任務的安排，也要均衡分配 S.T.E.M 各學科的比例，以協助學生均衡發展 S.T.E.M 各學科知識的統整與應用（羅希哲等，2011）；最後，在課程完結前，應盡量以多元評量的方式評估學生是否達到有意義的學習成效，一改傳統紙筆測驗的結果論方式來評鑑學生，而更重視學生在學習過程中的付出與表現（羅希哲等，2015）。

除此之外，S.T.E.M 教育要能成功還需注意以下兩點：

(1) 鼓勵創新需正向、積極

由於許多國家皆在發展與推動 S.T.E.M 教育，因此教師更應積極開設強調創新發明的相關課程與活動，鼓勵學生創新應用並融會貫通各種學科知識，以思考解決生活中的問題。然而，在從事創新發明之時，能覺知可能同時製造出新的問題並妥善因應也十分重要，因此，S.T.E.M 教育的主軸和教學目標，應在引

導學生正向思考的基礎上，鼓勵學生進行創造力活動，如此 S.T.E.M 教育目標的設定才有正確與積極的方向（李偉俊，2017）。

(2) S.T.E.M 教育要避免試誤學習的模式

以工程設計為主軸的 S.T.E.M 教育，教學過程中教師必須強化引導學生應用數學與科學知識的能力，以解決工程問題，否則不僅不利於其所學過的科學與數學知識進行學習遷移，學生亦無法對工程設計歷程產生後設認知的能力（Dixon & Brown, 2012）。因此，教師在實施 S.T.E.M 課程的過程中，要明確地教導學生如何應用科學探究與數學分析的方法來解決工程問題，盲目的用嘗試錯誤的方式來學習，不僅浪費時間，也會使學生在解決非結構性問題的思考上有迷思（Kelley, 2008）。

貳、研究方法

本研究旨在發展符合 S.T.E.M 教育精神之教材，為求得可靠的研究結果，採用模糊德懷術調查了解各專家學者對本研究所發展的 S.T.E.M 教材之相關意見，以確認本研究所發展的 S.T.E.M 教材符合 S.T.E.M 的教育精神。

一、研究架構

由於對 K-12 階段的 S.T.E.M 課程而言，建構學生跨學科知識連結與整合能力，是最為重要且具體可行的目標（范斯淳、游光昭，2016），故本研究將據此擬定以 S.T.E.M 四學科的相關核心素養具體內涵做為評估本研究發展之 S.T.E.M 教材是否達到 S.T.E.M 教育之最基本精神—科際整合之指標，評估人員為專家學者與教育現場人員，研究架構如圖 1 所示：

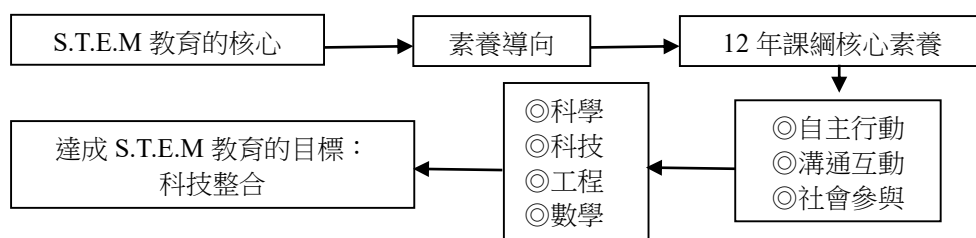


圖 1 研究架構圖

二、調查對象

本研究以與 S.T.E.M 教育教材發展及教學工作有接觸之專家和實務工作者為調查對象，由調查對象評析本研究所發展的 S.T.E.M 教育教材內容是否與四學科的核心素養具體內涵相符合，調查對象選取之參照標準如下：

- （一）對 S.T.E.M 教育教材發展相關議題具有研究與認知者。
- （二）具推動 S.T.E.M 教育教材發展相關工作實務經驗者。
- （三）關心本研究議題，確實具有熱誠且願意協助者。

模糊德懷術小組成員的人數，傳統上大多採小樣本，但亦可視研究目的來調整。Dalkey（1969）認為當人數至少有 10 人時，群體的誤差可較低，而提昇群體的可信度，因此本研究以十四位學者專家組成模糊德懷術諮詢小組，其中包括對 S.T.E.M 教育教材發展相關議題具有研究或認知之學者 7 位，以及具備 S.T.E.M 教育教材發展實務經驗之學校工作人員 7 位，詳如表 1。

表 1
調查對象整理表

身分	編號	服務單位、職稱
學者專家	1	國立○○○○大學○○系副教授
	2	國立○○○○大學○○系助理教授
	3	國立○○○○大學○○系教授兼人文暨社會科學院院長
	4	國立○○○○大學○○系特聘教授兼系主任
	5	國立○○○○大學○○系特聘教授
	6	國立○○○○大學○○系教授
	7	國立○○○○大學○○系副教授
實務專家	8	臺南市○○國小教師、國立○○大學講師
	9	高雄市○○國小校長
	10	○○○○大學○○系助理教授
	11	高雄市○○國小教師
	12	高雄市○○國小教師
	13	高雄市○○國小教師
	14	高雄市○○國小教師

三、研究工具

為了達成研究目的，本研究所採用的研究工具為自編的「手搖式手電筒 S.T.E.M 教材評析」之模糊德懷術問卷，並委請 S.T.E.M 教育教材發展相關專家與實務工作者，據此問卷分析本研究自行設計之 S.T.E.M 教材。

本研究工具係以向度-指標為架構，整理出如表 2~7 之問卷，調查表內語意變數之語意值，係由專家學者等參與成員依問卷範例參考值，或自行設定評定參考值，並採五點量表「非常符合」、「符合」、「稍符合」、「不符合」與「非常不符合」等語意變數，其中「非常符合」之語值在 0.8-1.0 之間；「符合」之語值在 0.6-0.8 之間；「稍符合」之語值在 0.4-0.6 之間；「不符合」之語值在 0.2-0.4 之間；「非常不符合」之語值在 0-0.2 之間。

表 2

手搖式手電筒 S.T.E.M 教材評析之模糊德懷術問卷（一）

學習內容	自然科學核心素養具體內涵					科技核心素養具體內涵				
在學生透過課本了解「電生磁」後，教師從課本的實驗（電流通過線圈產生磁力）引導學生反向思考若線圈被磁鐵通過會不會產生電，讓學生自由發表看法及理由，以引起學習動機，並引導學生閱讀法拉第發現「磁生電」及發明發電機的過程與研究，以發想出線圈連接電流計的磁生電實驗裝置。	自-E-A2 能運用好奇心及想像能力，從觀察、閱讀、思考所得的資訊中，提出適合科學探究的問題，並能依據已知的科學知識、科學概念及探索科學的方法去想像可能發生的事情，以及理解科學事實會有不同的論點、證據或解釋方式。					科技知識 科 E1 了解平日常見科技產品的用途與運作方式。				
符合程度	<input type="checkbox"/> 非常符合	<input type="checkbox"/> 符合	<input type="checkbox"/> 稍符合	<input type="checkbox"/> 不符合	<input type="checkbox"/> 非常不符合	<input type="checkbox"/> 非常符合	<input type="checkbox"/> 符合	<input type="checkbox"/> 稍符合	<input type="checkbox"/> 不符合	<input type="checkbox"/> 非常不符合

表 3

手搖式手電筒 S.T.E.M 教材評析之模糊德懷術問卷（二）

學習內容	自然科學核心素養 具體內涵					科技核心素養具體內涵					數學核心素養 具體內涵				
教師指導學生透過連接電流計的線圈被磁鐵快速通過的實驗，記錄電流計偏轉的情形，察覺線圈被磁鐵快速通過後會產生電。	自-E-A3 具備透過實地操作探究活動探索科學問題的能力，並能初步根據問題特性、資源的有無等因素，規劃簡單步驟，操作適合學習階段的器材儀器、科技設備及資源，進行自然科學實驗。					操作技能 科 E6 操作家庭常見的手工具。					數-E-B2 具備報讀、製作基本統計圖表之能力。				
符合程度	<input type="checkbox"/> 非常符合	<input type="checkbox"/> 符合	<input type="checkbox"/> 稍符合	<input type="checkbox"/> 不符合	<input type="checkbox"/> 非常不符合	<input type="checkbox"/> 非常符合	<input type="checkbox"/> 符合	<input type="checkbox"/> 稍符合	<input type="checkbox"/> 不符合	<input type="checkbox"/> 非常不符合	<input type="checkbox"/> 非常符合	<input type="checkbox"/> 符合	<input type="checkbox"/> 稍符合	<input type="checkbox"/> 不符合	<input type="checkbox"/> 非常不符合

表 4

手搖式手電筒 S.T.E.M 教材評析之模糊德懷術問卷（三）

學習內容	科技核心素養具體內涵				
讓學生藉由觀察推動磁鐵或線圈，讓兩者交互作用，而產生電力的現象，鼓勵學生發現應用磁生電裝置製作成的日常生活用具，以引起學習動機，最後，再介紹運用磁生電系統的波浪發電機組，進一步說明磁生電原理的應用與從產生波浪到產生電能的一系列能源轉換過程。	科技知識 科E1 了解平日常見科技產品的用途與運作方式				
符合程度	<input type="checkbox"/> 非常符合	<input type="checkbox"/> 符合	<input type="checkbox"/> 稍符合	<input type="checkbox"/> 不符合	<input type="checkbox"/> 非常不符合

表 5

手搖式手電筒 S.T.E.M 教材評析之模糊德懷術問卷（四）

學習內容	自然科學核心素養具體內涵					自然科學核心素養具體內涵				
教師藉由學生已知影響「電生磁」強弱的變因（漆包線粗細、線圈圈數、電力大小）來引導，讓學生反向思考影響「磁生電」強弱的變因（漆包線粗細、線圈圈數、磁力大小），並進行實驗觀察，以作為學生設計製作「手搖式手電筒」的學習基礎。	自-E-A3 具備透過實地操作探究活動探索科學問題的能力，並能初步根據問題特性、資源的有無等因素，規劃簡單步驟，操作適合學習階段的器材儀器、科技設備及資源，進行自然科學實驗。					自-E-B1 能分析比較、製作圖表、運用簡單數學等方法，整理已有的自然科學資訊或數據，並利用較簡單形式的口語、文字、影像、繪圖或實物、科學名詞、數學公式、模型等，表達探究之過程、發現或成果。				
符合程度	<input type="checkbox"/> 非常符合	<input type="checkbox"/> 符合	<input type="checkbox"/> 稍符合	<input type="checkbox"/> 不符合	<input type="checkbox"/> 非常不符合	<input type="checkbox"/> 非常符合	<input type="checkbox"/> 符合	<input type="checkbox"/> 稍符合	<input type="checkbox"/> 不符合	<input type="checkbox"/> 非常不符合

表 6

手搖式手電筒 S.T.E.M 教材評析之模糊德懷術問卷（五）

學習內容	自然科學核心素養具體內涵					工程核心素養具體內涵				
教師引導學生針對可能會影響磁生電效能的三個因素（如步驟四）與老師提供的材料訊息（磁鐵與漆包線規格）進行思考，讓學生選擇適合製作「手搖式手電筒」的材料（漆包線、強力磁鐵），待製作完成後，再進行測試，比較在發揮最低效能（亮 1 顆 Led 燈）的情況下，不同的選材要如何搭配，來分析出漆包線與強力磁鐵用量間的關係，以便能精確掌握材料的選用。	自-E-B1 能分析比較、製作圖表、運用簡單數學等方法，整理已有的自然科學資訊或數據，並利用較簡單形式的口語、文字、影像、繪圖或實物、科學名詞、數學公式、模型等，表達探究之過程、發現或成果。					綜合能力 科 E7 依據設計構想以規劃物品的製作步驟				
符合程度	<input type="checkbox"/> 非常符合	<input type="checkbox"/> 符合	<input type="checkbox"/> 稍符合	<input type="checkbox"/> 不符合	<input type="checkbox"/> 非常不符合	<input type="checkbox"/> 非常符合	<input type="checkbox"/> 符合	<input type="checkbox"/> 稍符合	<input type="checkbox"/> 不符合	<input type="checkbox"/> 非常不符合

（續後頁）

(接前頁)

學習內容	數學核心素養具體內涵					數學核心素養具體內涵					數學核心素養具體內涵				
教師引導學生針對可能會影響磁生電效能的三個因素（如步驟四）與老師提供的材料訊息（磁鐵與漆包線規格）進行思考，讓學生選擇適合製作「手搖式手電筒」的材料（漆包線、強力磁鐵），待製作完成後，再進行測試，比較在發揮最低效能（亮 1 顆 Led 燈）的情況下，不同的選材要如何搭配，來分析出漆包線與強力磁鐵用量間的關係，以便能精確掌握材料的選用。	數-E-B1 具備日常語言與數字及算術符號之間的轉換能力，並能熟練操作日常使用之度量衡及時間，認識日常經驗中的幾何形體，並能以符號表示公式。					數-E-A3 能觀察出日常生活問題和數學的關聯，並能嘗試與擬訂解決問題的計畫。在解決問題之後，能轉化數學解答於日常生活的應用。					數-E-B2 具備報讀、製作基本統計圖表之能力。				
符合程度	<input type="checkbox"/> 非常符合	<input type="checkbox"/> 符合	<input type="checkbox"/> 稍符合	<input type="checkbox"/> 不符合	<input type="checkbox"/> 非常不符合	<input type="checkbox"/> 非常符合	<input type="checkbox"/> 符合	<input type="checkbox"/> 稍符合	<input type="checkbox"/> 不符合	<input type="checkbox"/> 非常不符合	<input type="checkbox"/> 非常符合	<input type="checkbox"/> 符合	<input type="checkbox"/> 稍符合	<input type="checkbox"/> 不符合	<input type="checkbox"/> 非常不符合

表 7

手搖式手電筒 S.T.E.M 教材評析之模糊德懷術問卷（六）

學習內容	自然科學核心素養具體內涵					工程核心素養具體內涵				
成功完成「手搖式手電筒」原型測試後，教師引導學生從思考適當的材料選擇（漆包線、強力磁鐵）或其他做法，以達成「手搖式手電筒」在重量最輕的前提下，使最多 Led 發光的目標，將原型作品的工程概念擴充，以符合手電筒在實際生活中的應用。	自-E-A2 能運用好奇心及想像能力，從觀察、閱讀、思考所得的資訊中，提出適合科學探究的問題，並能依據已知的科學知識、科學概念及探索科學的方法去想像可能發生的事情，以及理解科學事實會有不同的論點、證據或解釋方式。					綜合能力 科 E8 利用創意思考的技巧				
符合程度	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	非常符合	符合	稍符合	不符合	非常不符合	非常符合	符合	稍符合	不符合	非常不符合

參、結果與討論

以下主要針對問卷調查回收的樣本探討實證資料分析，問卷回收後，依序輸入 14 位學者專家對於各項教學內容與各領域核心素養指標符合程度的評定結果，再進行三角模糊數之計算。

一、評估因子擬定與篩選

經由專家訪談之結果，本研究初步擬定評估「手搖式手電筒 S.T.E.M 教材」是否符合 S.T.E.M 教科際整合精神時必須考量的原則性評估因子，應以各領域的核心素養具體內涵為主，以進行模糊德爾菲法之專家問卷調查。此外，12 年課綱中說明科技領域的理念時，明確將「工程設計」劃設在科技領域中，顯示科技教育兼具科技與工程概念知識的學習，兩者兼具高度相關性，因此 K-12 階段的科技與工程領域的核心素養具體內涵可一起參照科技領域中的相關內容（范斯淳、游光昭，2016）。教材中各項教學內容與相對應的領域核心素養具體內涵，可參考表 2~7。

二、手搖式手電筒 S.T.E.M 教材符合 S.T.E.M 教科際整合精神模糊

德懷術收斂結果分析

由表 8 所得教學內容與領域核心素養指標符合程度的專家共識值分析，發現手搖式手電筒 S.T.E.M 教材有六項教學內容，與科學、科技、工程、數學各領域共十項核心素養具體內涵相符合，分別是科學領域中的 E-A2、E-A3、E-B1 三項、科技領域中的 E1、E6 兩項、工程領域中的 E7、E8 兩項與數學領域中的 E-A3、E-B1、E-B2 三項。

表 8

模糊德懷術評估教材內容統計分析篩選結果

學習內容	領域 核心 素養 具體 內涵	保守 認知值 C^i		樂觀 認知值 O^i		模糊關係之灰色地帶 Z^i	幾何平均數 M			幾何平均數區間範圍 M^i	$Z^i < M^i$	專家共識值
		Min	Max	Min	Max	C^i Max - O^i Min	C_M^i	O_M^i	$O_M^i - C_M^i$	G^i		
一	①自 E-A2	0.4	0.8	0.6	1	0.2	0.7	0.91	0.21	✓	0.8	
	②科技 E1	0.4	0.8	0.6	1	0.2	0.6	0.81	0.21	✓	0.81	
二	③自 E-A3	0.6	0.8	0.8	1	0	0.721887	0.923399	0.201512	✓	0.82	
	④科技 E6	0.6	0.8	0.8	1	0	0.67	0.87	0.2	✓	0.77	
	⑤數 E-B2	0.4	0.8	0.6	1	0.2	0.58	0.79	0.21	✓	0.69	
三	⑥科技 E1	0.6	0.8	0.8	1	0	0.71	0.91	0.2	✓	0.81	
四	⑦自 E-A3	0.6	0.8	0.8	1	0	0.74	0.94	0.2	✓	0.84	
	⑧自 E-B1	0.8	0.8	1	1	-0.2	0.8	1	0.2	✓	0.9	

(續後頁)

(接前頁)

學習內容	領域 核心 素養 具體 內涵	保守 認知值 C ⁱ		樂觀 認知值 O ⁱ		模糊關係之灰色地帶 Z ⁱ	幾何平均數 M		幾何平均數區間範圍 M ⁱ	Z ⁱ < M ⁱ	專家共識值
		Min	Max	Min	Max		C _M ⁱ	O _M ⁱ			
						C ⁱ Max - O ⁱ Min			O _M ⁱ - C _M ⁱ	G ⁱ	
五	⑨自 E-B1	0.6	0.8	0.8	1	0	0.75	0.95	0.2	✓	0.85
	⑩工程 E7	0.4	0.8	0.6	1	0.2	0.64	0.85	0.21	✓	0.75
	數E-B1	0.4	0.8	0.6	1	0.2	0.59	0.8	0.21	✓	0.7
	數 E-A3	0.4	0.8	0.6	1	0.2	0.64	0.85	0.21	✓	0.74
	數E-B2	0.6	0.8	0.8	1	0	0.7	0.9	0.2	✓	0.8
六	自 E-A2	0.6	0.8	0.8	1	0	0.71	0.91	0.2	✓	0.81
	工程E8	0.6	0.8	0.8	1	0	0.7	0.9	0.2	✓	0.8

三、手搖式手電筒 S.T.E.M 教材內容與 S.T.E.M 各領域核心素養具體

內涵相符程度結果分析

各項教學內容與相對應的領域核心素養具體內涵相符程度，經評估後，由表 3 可看出專家對 15 項內容的看法均達成共識，且專家共識值幾乎皆超過 0.7，唯一未達到 0.7 者也非常接近 0.7，顯示各項教學內容與相對應的領域核心素養具體內涵相符程度皆至少達到「符合」程度。

各項評估內容專家共識度較高且屬於「非常符合」程度的，聚焦在「科學」領域中相對應的三項核心素養，顯示各專家一致認同本教材在「科學」領域中的適用性；反觀「數學」領域，各項評估內容專家共識度幾乎皆僅落在「符合」程度，相對應的三項核心素養中就有兩項未達「非常符合」，顯示各專家一致認同本教材在「數學」領域中的適用性仍有改進空間。

肆、結論與建議

本研究旨在確認自編的「手搖式手電筒 S.T.E.M 教材」能兼具 S.T.E.M 四學科的核心素養具體內涵，以符合 S.T.E.M 教育中最重要的「科際整合精神」。因此提出與教材內容相對應的各領域核心素養具體內涵，讓專家們能評選出兩者間的相符合程度，以確保 S.T.E.M 教材的品質。最後，將本研究的結論及建議說明如下：

一、結論

本節綜合上述實證分析的結果，了解了自編的「手搖式手電筒 S.T.E.M 教材」契合科際整合精神的程度，並針對不同學科領域在自編教材中契合程度的差異加以說明。

（一）本研究自編 S.T.E.M 教材經評估，囊括 S.T.E.M 四大學科領域及 10 項核心素養具體內涵，且皆具適切性。

本研究透過專家訪談與文獻分析，擬定評估指標（各領域核心素養具體內涵），再經模糊德懷術調查問卷，彙集專家學者意見資料，檢核其看法一致性比率，所得結果顯示各項教學內容與其相對應之核心素養具體內涵間之考驗皆相符合，且專家看法也具一致性。據此，確立「自編手搖式手電筒 S.T.E.M 教材」具備 S.T.E.M 四大學科領域的核心素養具體內涵，能達成各領域統整性的教學（如表 9）。

表 9
自編手搖式手電筒 S.T.E.M 教材分析結果

自 編 手 搖 式 手 電 筒 S T E M 教 材	學習內容一： 在學生透過課本了解「電生磁」後，教師從課本的實驗（電流通過線圈產生磁力）引導學生反向思考若線圈被磁鐵通過會不會產生電，讓學生自由發表看法及理由，以引起學習動機，並引導學生閱讀法拉第發現「磁生電」及發明發電機的過程與研究，以發明出線圈連接電流計的磁生電實驗裝置。	自然科學核心素養 具體內涵：自-E-A2 能運用好奇心及想像能力，從觀察、閱讀、思考所得的資訊中，提出適合科學探究的問題，並能依據已知的科學知識、科學概念及探索科學的方法去想像可能發生的事情，以及理解科學事實會有不同的論點、證據或解釋方式。	專家共識值：0.8 教學內容與核心素養符合程度為「非常符合」
		科技核心素養具體內涵： 科 E1（科技知識） 了解平日常見科技產品的用途與運作方式。	專家共識值：0.81 教學內容與核心素養符合程度為「非常符合」

（續後頁）

(接前頁)

自編手搖式手電筒STEM教材	學習內容二： 教師指導學生透過連接電流計的線圈被磁鐵快速通過的實驗，記錄電流計偏轉的情形，察覺線圈被磁鐵快速通過後會產生電。	自然科學核心素養 具體內涵：自-E-A3 具備透過實地操作探究活動探索科學問題的能力，並能初步根據問題特性、資源的有無等因素，規劃簡單步驟，操作適合學習階段的器材儀器、科技設備及資源，進行自然科學實驗。	專家共識值：0.82 教學內容與核心素養符合程度為「非常符合」
		科技核心素養具體內涵： 科 E6（操作技能） 操作家庭常見的手工具。	專家共識值：0.77 教學內容與核心素養符合程度為「符合」
		數學核心素養具體內涵： 數-E-B2 具備報讀、製作基本統計圖表之能力。	專家共識值：0.69 教學內容與核心素養符合程度為「符合」
	學習內容三： 讓學生藉由觀察推動磁鐵或線圈，讓兩者交互作用，而產生電力的現象，鼓勵學生發現應用磁生電裝置製作成的日常生活用具，以引起學習動機，最後，再介紹運用磁生電系統的波浪發電機組，進一步說明磁生電原理的應用與從產生波浪到產生電能的一系列能源轉換過程。	科技核心素養具體內涵： 科 E1（科技知識） 了解平日常見科技產品的用途與運作方式。	專家共識值：0.81 教學內容與核心素養符合程度為「非常符合」
	學習內容四： 教師藉由學生已知影響「電生磁」強弱的變因（漆包線粗細、線圈圈數、電力大小）來引導，讓學生反向思考影響「磁生電」強弱的變因（漆包線粗細、線圈圈數、磁力大小），並進行實驗觀察，以作為學生設計製作「手搖式手電筒」的學習基礎。	自然科學核心素養 具體內涵：自-E-A3 具備透過實地操作探究活動探索科學問題的能力，並能初步根據問題特性、資源的有無等因素，規劃簡單步驟，操作適合學習階段的器材儀器、科技設備及資源，進行自然科學實驗。	專家共識值：0.84 教學內容與核心素養符合程度為「非常符合」
		自然科學核心素養 具體內涵：自-E-B1 能分析比較、製作圖表、運用簡單數學等方法，整理已有的自然科學資訊或數據，並利用較簡單形式的口語、文字、影像、繪圖或實物、科學名詞、數學公式、模型等，表達探究之過程、發現或成果。	專家共識值：0.9 教學內容與核心素養符合程度為「非常符合」

(續後頁)

(接前頁)

自編手搖式手電筒STEM教材

學習內容五：

教師引導學生針對可能會影響磁生電效能的三個因素(如步驟四)與老師提供的材料訊息進行思考,讓學生選擇適合製作「手搖式手電筒」的材料(漆包線、強力磁鐵),待製作完成後,再進行測試,比較在發揮最低效能(亮1顆Led燈)的情況下,不同的選材要如何搭配,來分析出漆包線與強力磁鐵用量間的關係,以便能精確掌握材料的選用。

自然科學核心素養

具體內涵：自-E-B1

能分析比較、製作圖表、運用簡單數學等方法,整理已有的自然科學資訊或數據,並利用較簡單形式的口語、文字、影像、繪圖或實物、科學名詞、數學公式、模型等,表達探究之過程、發現或成果。

專家共識值：0.85

教學內容與核心素養符合程度為「非常符合」

工程核心素養具體內涵：

科E7(綜合能力)

依據設計構想以規劃物品的製作步驟。

專家共識值：0.75

教學內容與核心素養符合程度為「符合」

數學核心素養具體內涵：

數-E-B1

具備日常語言與數字及算術符號之間的轉換能力,並能熟練操作日常使用之度量衡及時間,認識日常經驗中的幾何形體,並能以符號表示公式。

專家共識值：0.7

教學內容與核心素養符合程度為「符合」

數學核心素養具體內涵：

數-E-A3

能觀察出日常生活問題和數學的關聯,並能嘗試與擬訂解決問題的計畫。在解決問題之後,能轉化數學解答於日常生活的應用。

專家共識值：0.74

教學內容與核心素養符合程度為「符合」

數學核心素養具體內涵：

數-E-B2

具備報讀、製作基本統計圖表之能力。

專家共識值：0.8

教學內容與核心素養符合程度為「非常符合」

學習內容六：

成功完成「手搖式手電筒」原型測試後,教師引導學生從思考適當的材料選擇(漆包線、強力磁鐵)或其他做法,以達成「手搖式手電筒」在重量最輕的前提下,使最多Led發光的目標,將原型作品的工程概念擴充,以符合手電筒在實際生活中的應用。

自然科學核心素養

具體內涵：自-E-A2

能運用好奇心及想像能力,從觀察、閱讀、思考所得的資訊中,提出適合科學探究的問題,並能依據已知的科學知識、科學概念及探索科學的方法去想像可能發生的事情,以及理解科學事實會有不同的論點、證據或解釋方式。

專家共識值：0.81

教學內容與核心素養符合程度為「非常符合」

工程核心素養具體內涵：

科E8(綜合能力)

利用創意思考的技巧。

專家共識值：0.8

教學內容與核心素養符合程度為「非常符合」

(二)「自然科學領域」為「自編手搖式手電筒 S.T.E.M 教材」中契合度最高之教學領域，並以「符號運用與溝通表達」為該領域整體與相應教學內容符合程度最高之核心素養。

學者或實務專家對本自編教材與「自然科學領域」中相對應的三項核心素養具體內涵皆形成共識，認為教學內容與核心素養具體內涵兩者間「非常符合」，並以「能表達探究之過程、發現」最為符合，此核心素養具體內涵的符合程度也是整體排序第一，專家共識值為 0.9，這也呼應了 S.T.E.M 教育具備能使學生養成良好溝通技巧的學習成效，因此，在自編教材中設計有讓學生在理解相關數理概念後，能分析比較已有的自然科學資訊，並利用較簡單形式的科學名詞，表達探究之過程、發現或成果的機會。

(三)「科技領域」與「工程領域」為「自編手搖式手電筒 S.T.E.M 教材」中契合度次高之教學領域

學者或實務專家對本自編教材與「科技領域」中相對應的三項核心素養具體內涵，以及「工程領域」中相對應的兩項核心素養具體內涵皆形成共識，認為教學內容與核心素養具體內涵兩者間部分達「非常符合」，這顯示本自編教材在設計時一定程度的達成了 S.T.E.M 課程強調的由科技領域提供以科技議題為主體的學習情境，並以工程領域的「工程設計」為主軸，讓學生領略科技領域中的實作經驗與工具技術。

(四)「數學領域」為「自編手搖式手電筒 S.T.E.M 教材」中契合度仍有努力空間之教學領域

從不同學科觀點所詮釋的 S.T.E.M 課程，對於科學、科技、工程與數學各學科的角色定位往往存在有明顯的差異，從科技教育的觀點來看，數學則是解決問題所需的關鍵知識，提供分析、推理的工具，藉以溝通、表達構想（范斯淳、游光昭，2016）。然而，學者或實務專家對本自編教材與「數學領域」中相對應的三項核心素養具體內涵雖皆形成共識，卻認為教學內容與核心素養具體內涵兩者間多數僅達「符合」，這顯示本自編教材與數學學科知識仍需加強連結。

這可能是因為在設計 S.T.E.M 課程時，最主要的問題與困難通常在於設計者本身缺乏某些學科的教學專業知識，本自編教材的設計者是一名任教自然與生活科技領域的專任國小教師，故對於如何強化教材中對數學知識的闡述與應用有待加強，未來應透過諮詢數學專長教師的方式，克服教材設計者專業知識不足的問題，以健全教材能更充分體現數學在生活中所扮演的角色。

二、建議

本研究期望藉由對教材內容與相對應領域核心素養具體內涵的評估，了解「自編手搖式手電筒 S.T.E.M 教材」達成幫助學生整合 S.T.E.M 各學科知識與技能的情形，以做為後續設計 S.T.E.M 教材之參考；進一步也可做為推展 S.T.E.M 教育在評估相關教材內容之參考。本節主要分成三大部分，一為對教育行政機關的建議；二為對學校機構的建議；三為對未來研究的建議。

（一）對教育行政機關的建議

1. 轉化本研究評估方式，提供適切評估機制。

實施 S.T.E.M 課程所遭遇的其中一個的問題在於缺乏足夠的教材供教師參考及使用，這主要是因為現階段並未有單一 S.T.E.M 課程的標準或能力指標，對課程設計者而言，要採用或依循過多的標準，其實非常困難，因此文獻中看到的許多 S.T.E.M 課程，大多是參照一般性原則來進行設計，在無法確認課程真正能符合 S.T.E.M 教育的特質下，在推動成效上也會產生落差，故可參考本研究的做法，以 S.T.E.M 各科的核心素養具體內涵來著手評估個別 S.T.E.M 課程，可有系統的完善 S.T.E.M 課程，做為教育行政機關建立 S.T.E.M 課程評估機制之參考，建構一套可以檢核評估的量表，做為課程設計者可考量、依循的指標，以提升 S.T.E.M 教育推動之效能。

2. 建構各學習階段的 S.T.E.M 課程，讓學校可以參照運用。

有鑑於文獻曾提到過 S.T.E.M 教育對小學生的正面影響遠比大學生來的多，這也顯示讓學生越早接受 S.T.E.M 教育，學生往後選擇科技工程領域的機會越高。然而，在十二年國教課程綱要中，國小階段卻沒有規劃生活科技的必修時數，而是由各校視需要在彈性課程中安排，高中階段雖另安排有選修時數，但這兩個學習階段在教材方面皆須由教師依據課程綱要自編教材，在教師 S.T.E.M 專業知識尚未有效提升前，教材品質堪慮，故應由教育行政機關推動編修相關更優質的教材，供教師參考、修改與使用，以維護 S.T.E.M 教育的品質。

（二）對學校單位的建議

1. 學校可運用本研究評估方法，做為評估、檢核校內自編 S.T.E.M 教材之參考。

本研究所應用的評估方法，可建議做為學校自我檢核的參考，藉以檢視課程與 S.T.E.M 各科核心素養具體內涵的符合程度。當有可參照的做法時，學校較能夠參照使用，若缺少時，則校際間的落差會較大，若無 S.T.E.M 教育概念的學校人員也不太可能設計出合適課程以融入教學之要求，故建議學校可運用本研

究的評估方法進行自我檢核評估，針對學校在推動的 S.T.E.M 課程之優劣得失做出整體評估，以做為後續改善、修正之參考。

2. 重視 S.T.E.M 教育規劃，有效進行彈性課程。

由於在十二年國教課程綱要中，國小階段並沒有規劃生活科技的必修時數，而是要由各校視需要在彈性課程中安排，因此讓 S.T.E.M 領域相關教師不只是進行自身的專業課程，同時參照 S.T.E.M 教育融入相關領域的內容，進行彈性課程教學，建議學校單位可於課程發展委員會中商議相關領域所應融入之 S.T.E.M 教學內容，並進行各年段課程之統整討論，以確認各年段的學習主軸與教學順序，建立先備基礎後再延伸擴大大學習內容，就不至各年段有重複或遺漏之內容，以利兼顧學生學習的先後順序，進行各項有意義的課程學習活動。

3. 鼓勵 S.T.E.M 專業學習社群，提升師資專業之能。

由本研究可知，許多教師因並未有足夠的 S.T.E.M 各科的專業知能，如同研究者自己的經驗，因此也導致缺乏足夠的教材供教師參考及使用。為因應現今國小師資並無 S.T.E.M 教育專業教師，故透過學校專業學習社群之主題教學與研究對話，分析相關 S.T.E.M 教育內容，並透過教師同儕激盪與專業對話，必要時邀請專家入校指導，提升教師的 S.T.E.M 教育專業知能，以利建構學校教學的有利環境。因此，建議學校單位，可邀集熱心參與或主要規劃教師等籌組專業學習社群，進行課程內涵對話討論，並設計相關課程，以利發展與探討動手做為主體的 S.T.E.M 教育相關知能。

（三）對未來研究的建議

1. 採用模糊德懷術整合專家意見，做為 S.T.E.M 教材檢核參考。

本研究採用三角模糊數整合 S.T.E.M 教材評估之專家意見，除了將評定專家的不確定性與模糊語意加以考慮之外，其結果也不需要經由反覆多次調查。模糊德懷術可以解決傳統德懷術以匿名回應方式，卻須反覆經過多次意見調查後，才能取得專家的共識。因此未來進行教材設計與評估相關研究，在彙整專家意見部分，可採取模糊德懷術以解決傳統德懷術的缺點，此在教育相關教材、課程推動前，用較少的資源與時程便可了解相關內容的適用情形。

2. 擴增個案訪談等質性研究方法

本研究進行教材分析後，進而做模糊德懷術調查問卷，以了解教材內容與各領域核心素養具體內涵的符合程度。S.T.E.M 教育專家包括許多不同背景條件，也各自有不同學科專長與發展方向，因而部分有爭議的指標或問題可以更深入討論，了解個人主觀觀點，做更深入分析研究。因此建議研究者未來可做

個案訪談的質性研究，以了解第一線實務工作者與專家學者歧異的觀點，進一步透過更多對話討論形成共識，再與問卷資料相互印證比較，促進評估檢核更切實之目的。

3. 延伸不同階段別 S.T.E.M 教材評估之研究

本研究是以國小六年級 S.T.E.M 教材為研究主體，但以學習者為主體的需求發展來看，實有必要做往下的教材準備，使各階段整合銜接並服膺社會需求之能力培養，以便進行更完整的 S.T.E.M 規劃課程。

4. 可應用本研究的教材評估方式以發展相關 S.T.E.M 教材

研究者建議可依據本研究應用的教材評估方式，編製符合 S.T.E.M 教育精神的教材，以評估各校所推動的 S.T.E.M 教育是否服膺 S.T.E.M 各領域的核心素養具體內涵。此外，藉由此量化研究分析的方式，也可使其他 S.T.E.M 教材設計分析的研究可以更加完善，對 S.T.E.M 教育精神的適用性更高。因此，未來相關研究可以參照本研究應用的教材評估方式，發展出適合的 S.T.E.M 教材，進行實證分析，以達理論與實務相互印證之效，進一步做為規劃 S.T.E.M 相關課程之參考。

伍、研究限制與討論

本研究在確認教學設計是否符合 S.T.E.M 教育精神是採用對照各領域核心素養的方式來進行，希望藉由教學設計能符合各領域的核心素養，便具備 S.T.E.M 教育中最重要的科技整合精神。但如此一來，則難免流於將 S.T.E.M 教育的重點擺在僅著重在培養各個領域的素養，而失去了其跨領域的價值與特色（Tang & Williams, 2019）。

為避免此一疑慮，S.T.E.M 教學設計者可以根據文獻重新審視教學設計，將 S.T.E.M 教育的四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：

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

簡言之，跨領域課程包含 S.T.E.M 教育，但 S.T.E.M 教育的跨領域比較專注在理工科群的科際整合，因此 S.T.E.M 的教學設計者除了透過將教學設計內容與各領域核心素養核實，以確保教學設計橫跨四大領域外，若能再透過上面其他三個問題的反思來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，最終產生對理工科群的學習興趣，以發揮 S.T.E.M 教育強調科際整合的價值與特色，是從事 S.T.E.M 的教學設計者在進行過教學後，應進一步探討的課題。

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。
- 余民寧、趙珮晴（2010）。選擇科學職業意圖的性別差異分析——以 TIMSS 2003 台灣八年級學生為例。諮商輔導學報，22，1-29。
- 李偉俊（2017）。應用習慣領域和美塔學雙理論的 STEM 科普閱讀模式。習慣領域期刊，8（2），109-126。
- 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），2-17。
- 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。
- 張仁家、林癸妙（2019）。美國 STEM 教育的發展沿革與經驗——以俄亥俄州為例。科技與人力教育季刊，5（4），1-25。
- 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。取自 http://stats.moe.gov.tw/files/important/OVERVIEW_U04~6.pdf
- 陳柏豪（2008）。STEM 整合式教學法在國中自然與生活科技領域物理教學之研究（未出版之碩士論文）。國立屏東科技大學技術及職業教育研究所，屏東縣。
- 陳家騏、古建國（2017）。STEM 教學應用於高中探究與實作課程之行動研究——以摩擦力為例。物理教育期刊，18（2），17-38。
- 趙珩宇（2015）。自造者運動對生活科技的啟示。科技與人力教育季刊，1（3），1-20。
- 樹熊（2015）。風靡美國的 STEM 教育。取自 <http://master-insight.com/content/article/5516>

- 簡晉龍、任宗浩（2011）。邁向科學之路？臺灣中學生性別對科學生涯選擇意向之影響。《科學教育學刊》，19（5），461-481。
- 羅希哲、蔡慧音、陳錦慧、詹為淵（2015）。高中女生在 STEM 情緒專案式學習之創造歷程研究。《高雄師大學報》，39，63-84。
- 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。
- Barry, N. B. (2014). The ITEEA 6E learning ByDeSIGN TM 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/>
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. Arlington, VA: NSTA Press.
- Dalkey, G.B. (1969). *The Delphi method: an experimental study of group opinion*. Santa Monica, CA: Rand Corp.
- Dixon, R. A., & Brown, R. A. (2012). Transfer of learning: Connecting concepts during problem solving. *Journal of Technology Education*, 24(1), 2-16.
- 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.
- Fogarty, R. (1991). Ten ways to integrate curriculum. *Educational Leadership*, 49(2), 61-65.
- Kelley, T. R. (2008). Cognitive processes of students participating in engineering-focused design instruction. *Journal of Technology Education*, 19(2), 50-64.
- Kelley, T. R. (2010). Staking the claim for the ‘T’ in STEM. *The Journal of Technology Studies*, 36(1), 2-11.
- Lent, R. W., Brown, S. D., & Hackett, G. (1994). Toward a unifying social cognitive theory of career and academic interest, choice, and performance. *Journal of Vocational Behavior*, 45(1), 79-122

- Lewis, T. (2004). A turn to engineering: The continuing struggle of technology education for legitimization as a school subject. *Journal of Technology Education*, 16(1), 21-39.
- Massachusetts Department of Education. (2006). *Massachusetts Science and Technology / Engineering Curriculum Framework*. Retrieved from <http://www.doe.mass.edu/Frameworks/current.html>
- 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.
- National Research Council (1996). *National Science Education Standards*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Tang, K. S., & Williams, P. J. 2019. "STEM literacy or literacies? Examining the empirical basis of these constructs." *Review of Education*, 7(3), 675-697.
- Wong, G. K. W. & Fung, C. (2016). *Handbook for flipped classroom in primary school*. Hong Kong: Quality Education Fund. Retrieved from: <https://sites.google.com/site/projectflipped/xiao-xue-fan-zhuan-jiao-shi-shi-yong-shou-ce>

Developing S.T.E.M Learning Material for Elementary School Students: An Example of Designing and Making Dynamo a Powered Flashlight

I-Ping Ma¹ Yu Gingchi²

Abstract

This study aimed to develop a learning material in line with S.T.E.M education and implement living technology education of 12-year basic education curricula at the elementary school educational stage. The expectation of this study was to make the S.T.E.M education more effective to meet elementary school students' learning needs. The S.T.E.M learning material in this study was first selected in correspondence with core competencies and inspected by 14 advisory consultants via a fuzzy Delphi method survey. Based on the data analyses, the major findings of the study were summarized as follows: 1. The S.T.E.M learning material developed by the researcher of this study includes four domains of S.T.E.M and 10 core competencies and is suitable for elementary school students; 2. With regard to four domains of S.T.E.M, this learning material is most compatible with the "Science" domain. Finally, according to the findings, some suggestions for future applications were proposed on the basis of the discussions provided in this study.

Keywords: S.T.E.M educational program, core competencies of 12-year basic education curricula, fuzzy Delphi method.

¹ Doctoral, Department Of Industrial Technology Education, National Kaohsiung Normal University

² Adjunct Associate Professor, Department Of Industrial Technology Education, National Kaohsiung Normal University

Corresponding Author: I-Ping Ma, E-mail: penny19781122@gmail.com

Received: 2020/01/13; Accepted: 2020/04/27