

**國小資優 STEAM  
課程研發歷程的大  
學教師視角——以  
新北市國小資優輔  
導團為例**

**陳育霖**



# 國小資優 STEAM 課程研發歷程的大學教師視角—以新北市國小資優輔導團為例

陳育霖

國立臺灣師範大學師資培育學院及物理學系

助理教授

為了精進國小資優教育課程，筆者與新北市國小一般智能資優教育課程教學輔導團前後歷時十個月，發展出國小資優 STEAM 課程，同時進行同儕及專家觀說議課，內部精煉課程，完成了課程教師手冊，教學與學科內容知識都相當完整深入。本文從大學教師視角進行探討，報導課程研發歷程，發現輔導團教師的專業和以學生為中心的教學、靈活調整以應對學生學習需求及團隊合作是成功關鍵。認真投入的召集人校長及兩位經驗豐富的研究員在課程研發中扮演了資深教練的角色，促進了團隊合作和課程的永續發展成果。

關鍵詞：STEAM、跨領域、資優、探究

## 壹、前言—新北市國小資優輔導團成員與角色

為了精進國小資優教育課程品質，新北市教育局在 110 年 12 月邀集了跨域人才，組成國小一般智能資優教育課程教學輔導團。輔導團由思賢國小程煒庭校長、豐年國小洪靜春校長擔任正、副召集人，李函霏老師擔任專任輔導員，張麗卿、朱中梧老師擔任研究員，聘請國立臺北教育大學退休教授李乙明教授擔任顧問。有多位獲選新北市優良特教人員的優秀資優教師組成團隊（國立教育廣播電台，2021）。

筆者於 111 年 8 月，以大學 STEAM 課程的教師角色受邀加入，與輔導團的召集人、研究員及輔導團員教師共同研發小學 STEAM 資優課程。所有成員在輔導團各自的任務分述如下。

筆者任教國立臺灣師範大學物理學系及師資培育學院，專長奈米光學、探究式教學及國際師培，曾任教新北市國中數理資優資源班，教授資優班獨立研究、自然科學課程並擔任資優班導師。以跨領域的社會實踐帶領資優生進行情意教育、創造力及領導力的培養。任教國立臺灣大學物理學系期間，教授過電資理工生、農醫學院學生，在理論及實驗課程當中運用情意教育融入，幫助學生體認貢獻天下的自我人生價值並激發學習動機。

在「國小資優 STEAM 課程研發」歷程中擔任課程研發前期的工作坊講師，同時在每次課程發展聚會中扮演科學知識與跨階段資優教育的諮詢顧

問。帶領老師從資優生生涯發展的逆向設計思考拓展 STEAM 的相關領域教學知識。

正、副召集人由兩位校長擔任，兩位校長分別兼任 STEAM 跨域輔導團副召集人與新北市終身學習輔導團樂齡組副組長，具有跨領域的優勢專長。負責統籌輔導團所有行政與專業任務，主持並參與課程發展歷程，共備、工作坊、說觀議課及課程發表會。

專任輔導員曾經擔任過國小自然科學輔導團專輔，負責輔導團行政工作並聯繫團隊所有成員及大學教師，建立課程設計雲端平臺、線上與實體混成工作坊、說觀議課時程及課程設計進度安排。

兩位研究員是新北市小學資優班資深教師，一位擅長資優數學教學，一位擅長資優自然科學教學，教學成果斐然，教育部杏壇芬芳獎得主，對於新北市小學資優教育，在行政、課程、班級經營及說觀議課層面都有深刻的理解。在課程發展的歷程中扮演資深教練，對於課程的細節從知識內容到技能及情意教育與行政執行層面提出可行的建議。

輔導團資優教師成員來自新北市各區小學，都是資優資源班優良特殊教育教師，教學經驗及成果斐然，都有各自擅長的領域，當中有兩位是國立臺北教育大學及國立臺灣師範大學兼任教師。輔導團教師成員是課程發展的主力，負責分工進行幾個不同的資優 STEAM 課程設計與精進，自行設計實作實驗器材，同時試行課程，進行公開說觀議課並且與新北市同儕教

師後設分享課程，撰寫教案及課程手冊。

輔導團成員工作角色整理成表一內容。

表一 輔導團成員

角色	參與人員
正、副召集人	兩位校長
專任輔導員	輔導團教師之一
研究員	兩位新北市小學資優班資深教師
輔導團教師成員	新北市各區小學資優資源班教師
大學教師諮詢	筆者

本文是從大學教師視角記錄新北市國小資優輔導團發展 STEAM 課程的歷程及成果反思。

輔導團成立之後決定以 STEAM 為課程研發主軸，111 年 8 月筆者受邀擔任新北市國小資優輔導團教師工作坊講師，進行 STEAM 教學及探究教學工作坊。開始參與新北市國小資優 STEAM 課程研發。三次工作坊之後，繼續參與教師共備課程研發到公開觀課的觀說議課及後續的課程調整設計到課程手冊撰寫討論。本文以筆者視角報導分析新北市國小一般智能資優教育課程教學輔導團歷時十個月研發國小資優 STEAM 課程的歷程與啟發。

輔導團資優 STEAM 課程的研發流程主要分成五個主要步驟，如圖一所示，分別為（一）教師工作坊（二）發散與聚焦主題討論（三）課程實作與精緻化（四）公開觀課回饋調整

（五）完成課程文件並舉行分享工作坊。步驟對應的課程研發歷程整理在表二。

開始的教師工作坊，筆者談資優教育的目的，新時代趨勢下的人才培育觀點，以及資優生的生涯發展對應的科學核心素養培育。探究與實作教學策略促進學生學習動機，同時幫助學生建構知識、科學過程性技能。STEAM 教學的目的、定義及對於資優教育的可能影響。

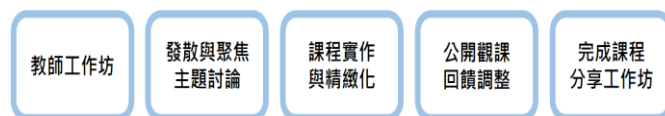
經過教師回饋之後，進行第二次教師工作坊，進一步進行探究與實作，從課程進行過程後設課程設計在教學與評量過程的具體實踐策略。同時繼續與輔導團教師交換意見，釐清 STEAM 教學，同時從腦力激盪與團隊共創的過程中聚焦具體可行的策略。

之後輔導團教師就自身較有興趣或者現有熟悉的課程進行設計研發，在社群共備過程中逐一進行討論，同儕回饋，呼應科學社群的運作方式及科學知識的形成過程。研究員提供實務經驗及具體流程進行建議，筆者就教師所提的相關議題進行 STEAM 角度的發散思考，從資優生的未來生涯發展角度，提供加深加廣的思考面向。同時針對探究與實作課程進行相應評量規準的制定策略。

課程設計完成之後，因為是探究與實作型態的課程，實作實驗的器材經由全部教師一起共同進行實作，研究討論並回饋具體可行的執行策略並進行實驗儀器設計調整。

接著進行公開說觀議課，面對學校的資優學生，實施課程並經由教師反思及同儕回饋更精緻化課程流程與內容。再次團隊聚焦及同儕審閱，逐

一討論課程內容流程及課程手冊撰寫的格式。最後舉辦市內教師分享工作坊。



圖一 資優 STEAM 課程研發流程的五個主要步驟

表二 新北市國小資優輔導團 STEAM 課程發展時間表。

步驟	時間	進度	內容
教師 工作坊	8月	筆者受邀擔任 STEAM 資優課程教學工作坊講師	進行 STEAM 課程定義及探究式教學的策略
	9月	探究與實作取向的 STEAM 資優班課程教學，種子教師研習（一）	教師自身探究與實作進行 STEAM 的案例說明及定義
	10月	探究與實作取向的 STEAM 資優班課程教學，種子教師研習（二）	教師針對第一次工作坊內容進行回饋之後，再次進行探究與實作工作坊，進一步釐清更多細節，包含 STEAM 的定義及資優教學與評量的課程實施
發散與 聚焦主 題討論	10月	教師發散提出可能的課程設計方案進行同儕審閱，筆者回饋相關 STEAM 領域內容及科學過程技能	聚焦可行的 STEAM 課程發展方向，涵蓋學習內容及學習表現
課程實 作與精 緻化	11月	教師提出書面課程架構，以學習單或任務鋪陳方式進行課程設計描述，進行同儕審閱，筆者回饋相關 STEAM 領域內容及科學過程技能及其對應的評量策略	聚焦可行的 STEAM 課程發展方向，涵蓋學習內容及學習表現及評量策略
公開觀 課回饋 調整	12月	第一場公開課，同儕說觀議課	探究力學能守恆

步驟	時間	進度	內容
課程實作與精緻化	1月	教師親自實作體驗課程，互相理解課程設計，並進行同儕審閱，進行器材及課程設計調整	四個主要探究與實作課程實作
公開觀課回饋調整	3月	公開觀課第二、三場，同儕觀說議課	三維幾何群論、力學能守恆
公開觀課回饋調整	4月	公開觀課第四、五場，同儕觀說議課	力學與機械工程、光學
課程實作與精緻化	5月	教材內容撰寫初稿討論	再次針對公開課的實際執行狀況進行精緻化
完成課程分享工作坊	5月底	產出最終版，舉行教師分享工作坊	輔導團教師分享報告，並預告下一步作法

## 貳、資優 STEAM 課程工作坊學習內容及進行方式

### 一、學習內容

筆者進行資優 STEAM 課程教師工作坊依據以下文獻背景與理念進行。

#### (一) 資優課程發展

資優教育開展的原因是因為多數人承認「資優是公共財」，能力較高的人，可能對社會能有更多影響，基於這樣的出發點，政府投資資優教育，無非是期待資優人才能夠貢獻社會。所以資優課程最核心的部份可能是幫助學生體認「資優是公共財」，並能夠幫助更多人，藉以發現自我價值。

筆者以任教國中數理資優班、臺灣大學物理學系的經驗，看待理、工、生、農、醫、電資學院數理資優生的生涯發展，以終為始的逆向設計方式思考國小資優學生的課程發展。配合全球人力資源報告書及物理學會的調查對比學生的科學與工程素養培育（陳育霖，2020）。研究顯示學生主動探索可以增進學習效率（Maguire & Mullally, 2013），人工智慧時代最不容易被取代的工作所需的特質（Frey & Osborne, 2013）。最後決定一個人社會成就，不是智商、學業成績，是自律、開放的態度、與他人交流能力、計劃並堅持的能力（Heckman et al.,

2013)。基於資優情意教育的角度，資優學生對於探究問題的難度設定，需要情境導入，問題難度具挑戰性，更容易引導學生參與投入，運用資優生過度激動特質來加以引導，同時教學與情意輔導結合（郭靜姿，2000；潘裕豐，2000）。

## （二）探究與實作課程

為了能夠針對資優生的特質及課程進行實務，採取探究與實作的課程設計，除了呼應科學本質，同時是以學生為中心的教學可行的實踐策略。科學教學的潮流倡議以探究為基礎，注重使用互動活動，讓學生更充分地參與科學過程（Fuller, 2003）。認知發展論提到知識實際上是靠學習者自行建構得到，而不是外在灌輸（Wheatley, 1991）。探究是學習過程中的重要歷程，是十二年國教自然領域課程綱要核心素養內涵的其中一項。另外，臺灣學生長期對於未確定解答的問題普遍缺乏面對的勇氣，探究的課程訓練，能夠幫助學生習慣面對未知的問題（陳育霖，2016）。

1972年，諾貝爾物理獎得主，P. W. Anderson 在《科學》（Science）雜誌上發表一篇名為「多者異也—對稱性破缺與科學層次結構的本質」（More is different- Broken symmetry and the nature of the hierarchical structure of science）的文章（Anderson, 1972），提醒大家，自然界不同尺度層級，需要有全新的科學概念來描述現象，形成科學知識的層級結構，沒辦法把宇宙中所有事情都化約成兩個原子之間的交互作用。作者在文章最後引用經

濟學觀點，「量變會引起質變」來加強說明「多者異也」。由此可知，實驗與實作在科學研究過程中的重要性，針對研究範圍設計的實驗結果才能更完整真實呈現宇宙的樣貌，理論與實驗都需要學習。實驗實作結果常常遠比專家觀點更需要受關注，所以學生需要更多體會實作實驗的重要性。

教師工作坊的進行過程，筆者以實作實驗課程設計實例，提供教師扮演科學家或工程師進行探究，解決問題，藉以體會探究與實作課程執行當中學生的學習感受並反思課程可行的設計。

當中另外強調一點，科學知識的形成過程，都是全球科學家社群進行同儕審閱（peer review），決定期刊論文登載，接著才有科學定律的形成。所以工作坊進行方式主要是探究與實作加上同儕審閱的過程回應科學本質當中科學知識的形成過程來呈現一堂以證據論證為導向且具有科學精神的STEAM課程。

探究與實作課程重點強調學生的科學過程性技能，探究過程的任務或問題都強調對應學生的核心素養，像是探究能力、科學態度與本質。所以需要在課程設計的當下就設計評量規準，用以清楚強調該任務或問題想要培養或評量的是學生的哪一個素養能力，且需要完成到什麼樣的程度。

面對資優生，依據筆者經驗，課程當中設計的問題宜先拋出開放性問題，遇到學生動機或能力無法匹配的時候再提供更多鷹架問題或提示，供學生依循探究，「千萬不要第一時間

小看學生」是重要的關鍵，資優生需要更多挑戰，且每一屆學生的能力屬性並不相同，不需要太早主觀認定學生能力水準，常常都會意外發現學生其實比教師想得更能發揮。

### （三）STEAM 探究式課程

為了從自主學習的角度幫助資優生進行跨領域的探究與實作課程，STEAM 探究式課程是其中可行的選項之一。近年來，縮寫詞 STEAM（科學、技術、工程、藝術和數學，Science、Technology、Engineering、Art、Mathematics）的使用已成為許多領域的流行語。發展早期是從 STEM（科學、技術、工程和數學，Science、Technology、Engineering、Mathematics）開始，「STEM 應該是什麼樣貌？」可以引發多種觀點。從教育的角度來看，STEM 的引入可以是各式各樣的活動，但一般來說，它通常包括用更多的探究（inquiry）和問題或專題導向（problem/project-based）的方法取代傳統講授式的教學策略。對某些人來說，只有當科學、技術、工程和數學課程與現實生活中科學家或工程師的工作更加相似時，才是 STEM。其他觀點認為，STEM 是推動科學、技術、工程、和數學領域人才教育，用以國家保持競爭力（Breiner et al., 2012）。

STEM 是將解決現實世界問題的各种學科進行有目的整合（Sanders, 2009；Labov et al., 2010）。這樣的教學角度涉及將科學、技術、工程和數學等獨立學科視為一個整體，從而將綜合學

科作為一個整體進行教學。STEM 專業人員自然會實踐綜合的 STEM，並且不太可能像化學、物理、數學或英語等典型學校科目那樣劃分學科。例如，工程師需要對各種科學學科、數學和技術有深入的了解，以支持其工程設計和應用並為其提供背景。化學家可能會自我認同為化學家，但通常需要深入了解其他科學學科、技術和數學才能正確履行其職責（Bennett & O'Neale, 1998）。儘管這種 STEM 的「現實」應用是自然整合的，但大多數 K-12 課堂教師並不以這種方式教授內容。以綜合方式教授 STEM 概念並不是一種新的方法。正如 Moore（Moore, 1903）在 1902 年美國數學會主席演說中所說：

「工程師告訴我們，在學校裡，代數在一個獨立的單元被單獨教授，幾何學也是如此，物理學也是。學生直到後來長大，才會稍微了解這些不同學科之間的密切聯繫。然後，如果學生相信老師們知道這種聯繫的緊密性，他會對他們的教學方式感到非常不可理喻，覺得他們教學的方式愚蠢得難以理解。（Moore, 1903, 第 415 頁）」

Moore（1903）在 100 多年前就暗示，學生需要看到「不同學科」之間的聯繫，因此各級教師都需要非常熟悉 STEM 學科內部的相互關係（Breiner et al., 2012）。

教學方法上，研究發現 STEM 應該要求學生應用數學、技術、科學和工程知識，設計和進行調查、分析解釋數據，並與多學科團隊溝通和工作



( Sanders , 2009 ; Ritz & Fan , 2015 ) 。 STEM 的領域整合為學生提供了在現實世界中體驗學習的最佳機會之一，而不是學習片段 ( Tsupros 、 Kohler & Hallinen , 2009 ) 。 通過 STEM 整合，學生將更深入地了解每個學科的背景概念。通過接觸社會和文化相關的 STEM 情境，深化對 STEM 學科的理解，以及隨著學生進入 STEM 領域的取徑增加，增加了對 STEM 學科的興趣 ( Moore , 2008 ) 。

學者們督促進一步擴展包括藝術領域—因此 STEAM 一詞誕生了 ( Robelen , 2011 ) 。 富含藝術的 STEM 科目 ( STEAM ) 被認為可以增強科學課程並使其更具吸引力 ( Conradt and Bogner , 2019 ) 。 同時，研究發現創造力與藝術家更相關而不是工程師，儘管 STEM 不是藝術的專屬領域。STEM 課程可能會受益於藝術和創意方面的整合，從而鼓勵創意解決方案 ( Henriksen , 2014 ) 。 另外，從資優教育的觀點看，課程本身有幫助學生及教師發現學生天賦的功能與責任 ( 陳育霖 , 2014 ) ，運用藝術領域的角度切入課程，可以幫助藝術天分突出的學生容易引發學習動機，同時發現自我價值和多元智慧。

筆者認為，藝術融入，更加廣義看待，其實是為了讓研發的 STEM 目標能夠考慮人性或人因的影響，不單純只是藝術上的美感呈現，因為藝術也是從人因美感的角度發展作品或鑑賞分析。

STEAM 是典型的跨領域課程，就筆者課程設計實務經驗，由一個大主

題連結分科知識領域或由分科知識領域組合成課程主題都是可行的設計路徑，只是多數的真實世界問題其實都是問題出現之後，引入 STEAM 等領域的知識來進行問題解決，如此進行課程設計或許較接近學科本質。所以課程設計可以是選定主題再來設想主題與 STEAM 每個領域之間的關聯，也可能是由 STEAM 各個領域知識組合成一個課程問題設計。

所以 STEAM 課程的目的主要是培養學生科學的過程性技能或發現學生的天賦能力。教學設計是以逆向設計為出發點開始進行，設定預計培養學生的能力對應評量規準，課程設計特點是真實問題、跨領域分析、任務或問題解決型態，運用探究與實作模式進行。

## 二、工作坊進行方式

### (一) 探究式學習

在學術文獻中，以學習者為中心的主動學習概念得到了廣泛的支持 ( Freeman et al. , 2014 ) 。 這樣的教學理念經過實證，被認為是促進現代學生學習的最有效方式。該理念起源於建構主義的學習觀點，強調學習者需要主動參與知識的建構，而教師則應扮演促進者的角色，而非傳授知識的角色。建構主義觀點所隱含的思想是，以學習者為中心的教育通常著重於主動參與和探究式的教學方法，這使學習者能夠在教學指導下有效地建構他們自己的理解。科學教學的潮流倡議以探究為基礎，注重使用互動活動，讓學生更充分地參與科學過程 ( Fuller , 2003 ) 。

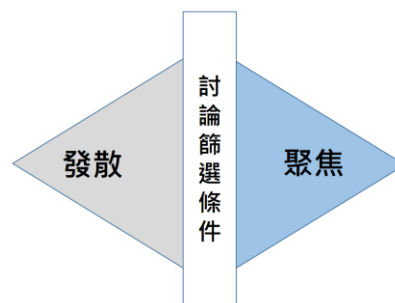
關於工作坊的進行，筆者設計情境融入的實境探究問題以呼應 STEAM 問題的實境跨領域特性，例如提供每隔一小時，同一顆恆星的不同位置，要求找出恆星運動的規律，建模一天當中恆星運動與地球自轉的空間關係，引導教師先扮演學生，從解決問題的過程後設學生自行建構知識、態度與技能。接著回到教師角色，一起聚焦思考能夠帶給學生的知識、情意與技能，發散討論與筆者想傳達的概念和想法進行比較，例如能夠運用參考坐標來比對恆星前後位置隨時間的變化，從恆星相對於觀察者的運動方向及速度與地球由西向東自轉來進行歸納推理，找出兩者間的可能因果關係，都是科學家解決問題的重要過程技能。同時教師自己體驗科學探究過程的學生學習歷程，呼應科學過程技能在資優教育的重要性，例如找尋參考坐標、三維運動空間建模、歸納推理等。團隊聚焦反思討論 STEAM 學科本質及教學與學習的關鍵因素，進一步透過溝通對話釐清 STEAM 的課程目的與可行的評量方式與評量規準建立。

## （二）團隊聚焦討論探究結果與課程設計

教師團隊聚焦或團隊共創是為了呼應科學社群全球運作，知識透過同儕評閱的過程形成，教師從工作坊中的探究與實作進行團隊發散及聚焦討論關於 STEAM 課程的內涵及其在資優教育中的可能實踐方式。同時依據個人專長及興趣具體發散思考各自的課程設計。

## 參、發散與聚焦討論

教師課程設計階段，教師依據先前的工作坊及對話，根據各自的專長與興趣，提出可行課程設計的發散思考進行團隊聚焦討論，過程進行同儕審閱及兩位資深研究員教師以多年實踐經驗提出引導問題、課程設計及調整建議。筆者則依據教師發散思考的內容，從資優學生的生涯發展及知識形成過程和科學素養的角度提出相關資料或建議。依此聚焦課程的可行設計，流程如圖二。



圖二 課程發展發散與聚焦示意圖

例如，發展數學課程的教師，已經有發展數學三維實體模型課程的經驗，提出課程執行的方式與實作及電腦建模教學面向，其他教師提出相關問題或建議，研究員提供先前的相關課程經驗及可行的設計，發散思考更多可能性。筆者從 STEAM 的跨領域角度思考研究數學三維多面體模型的關係是固態物理學群論（group theory）常見的表達方式，解決晶體結構問題也幫助高能物理學進行描述，是現代材料科學當中的重要基礎，當然是半導體產業的前端知識，臺灣北部的黃鐵礦晶體，由於晶體成長環境條件的

差異，導致延伸的晶體結構非常多樣，規則也非常有趣，是基礎值得研究，應用值得學習的題材，正好有了科學、技術、工程、藝術與數學的切入觀點，都可以設計跨領域課程。筆者從課程的角度看，以艾雪（Maurits Cornelis Escher）的畫作訓練學生看圖實作和空間拓樸概念，不同尺度與堆疊來研究黃鐵礦晶面、小結構堆起大結構以及放大尺度材料是否能撐住自己的體重，也都是可以發散設計的方向。

筆者當時發散思考的原始文字記錄如下，

1. 群論、固態物理、建築學、太空計畫
2. 任務具體，點現數量往上累積，以便找到數學建模，形成平面或立體的基本單位(unit)
3. 幾何是數學奧林匹亞的決勝關鍵
4. 6個正方體的數學模型
5. 摺紙的拓樸學結構，工程應用的延伸
6. 連塊，工程問題解決，跟化學與學術研究，2022 諾貝爾化學獎
7. 奈米自組裝的必要性
8. 奈米技術 top-down 或 bottom-up

以上由同儕教師、研究員與筆者一起發散思考的可能線索，依據學生特性、學生年級、課程執行時間、學校資源、教師研究興趣等因素篩選與歸納，進行團隊聚焦到幾個可行方向，再由主要課程設計教師決定取捨課程內容。

教師擅長數學實作，特別精於製作各種多面體，並能夠進行數學分析。工作坊之後，精讀文獻，短時間內變成礦物研究專家，連結晶學的數學描

述都能精準掌握，將黃鐵礦結晶來龍去脈都清楚分析，並能夠設計成課程內容。同時運用原先靈巧製作模型的優勢能力，加上 3D 列印的科技運用素養，發展完整的 STEAM 探究課程，由材料科學技術與工程整合數學群論。同時運用原先靈巧製作模型的優勢能力，加上 3D 列印的科技運用素養，發展完整的 STEAM 探究課程，由材料科學技術與工程整合數學群論。

設計力學能轉換的教師，擅長運用樂高積木融入探究實驗，筆者建議運用 STEAM 情境來幫助學生進入課程，教師設計太空任務挑戰情境來引導學生投入，在探究與實作的公開課中發現學生的能力其實比想像的好，能夠解決許多問題，同時也能夠以更加接近專家觀點的方式解讀數據，只是需要教師更有效率的引導。除了實驗進行的細節改善技巧，筆者提供更進一步物理模型進行數據擬合，發現課程設計當中學生的數據相當適切，能夠明顯進行數學建模且說明物理原理，是能夠提供給高年級或中學生當作教材的探究課程。

另一個力學能守恆課程的設計教師原先就有許多設計工程及智慧型樂高積木的課程經驗，思考的面向相當廣。筆者在討論的發散內容中記錄以下：

#### 齒輪機構的應用

1. 尋找任務來幫助一定要學生應用齒輪比的數學才能解決的問題。
2. 轉速差 12 倍，可以從火星車任務來切入。

3. 視覺暫留器可以細切，運用轉速測定器來當作挑戰任務配合人類視覺 1/16-1/24 秒視覺暫留。

教師與同儕發散的點子非常多，也有許多課程執行經驗，課程設計方面，筆者建議明確學生的細切、學生的學習目標以及對應的評量規準，來確認學生的學習成效，避免探究任務或問題過度開放或廣泛，不容易看出學生的學習是在哪一個概念或能力較為突出或弱勢。最終聚焦討論之後，教師巧妙運用古代歐洲戰場的情境，成功引導學生安與課堂的 STEAM 探究與實作任務，能透過解決問題，建構知識與能力。筆者在過程中討論的是情境在 STEAM 探究與實作課程進行的重要性，促進學生參與，同時能夠自然有效融合各領域的知識。

光學成像的設計教師本身是實驗高手，在前期教師工作坊中對於探究未知問題的實驗設計能力極佳，同時動手執行實驗的成功率也極高，能夠透過實驗的設計與步驟執行輕易看出自然現象背後的規則。筆者提供相關的科學發展歷史與日常實際應用。同時建議實驗器材的設計與實驗作法。過程中筆者的發散思考記錄如下，

1. 光學成像
2. 樹葉、日食、墨經
3. 西元約前 468 年左右  
西元前 4 世紀，墨家就做過針孔成像的實驗，並給予分析和解釋。  
《墨經》中明確地寫道：「景到（倒），在午有端，與景長，說在端。」這裡的「午」即小孔所在處。

4. 國際光學工程師學會墨子光學獎 SPIE Mozi Award
5. 光源的結構與成像結果來推理光線直進
6. 光圈大小，光強度與距離的關係，成像大小與距離的關係
7. 日食的觀察
8. 大創百貨的多孔眼鏡的功能
9. 光學成像在科學上的應用，洗照片是台積電光罩製成的基本原理

教師在課程中成功引導學生以更具體的方式設計實驗任務，並且找到光學成像的數學規則模型。

實際執行之後的課程設計討論會議中，關於 STEAM 探究課程的調整反思，歸納以下幾點：

1. 依據學生上課反應修改整個課程設計的過程發現，上過課程才知道可以如何設定對於學生的課程期望與要求。
2. 學生實作過程會發現更多關於學生學習特性的細節，有更多機會促進教師設計課程靈感與優化，因為資優學生的特質都很不相同，能力表現也常常出乎教師的預料之外的好。
3. 較開放的問題，需要進行鷹架問題的設計，細切評量規準來理解學生的學習，並且需要準備更多可能的預案來應對學生的思路萬一走到其他方向上去。
4. 整體 STEAM 探究課程的前段歸納推理過程，也是探究與實驗設計訓練，如何尋找變數、設定控制變因是重要的素養培育。
5. 數據測量需考慮相對誤差及不確定度
6. 教師對於學生量測到的數據結果需要先一步的洞察其規律對應的物理結

果，能有效引導學生進行數據的判讀並設計探究課程，促進學生進一步運用科學方法解決問題。

四組課程設計從公開觀課中都明顯看得出具體達成科學過程性技能的培養歷程以及增進學生課堂參與投入。後續進行課程討論相對簡潔非常多，課程手冊當中記載每一個問題任務的後設目的與設計理念，並且提供評量規準，就能夠在下一輪執行的過程中理解學生需要完成到什麼樣的程度，才算達成目標。由於課程發展相當完整，也相當好，課程發展經驗值得傳承，筆者建議未來以探究與實作型態辦理種子教師研習，讓參與教師先扮演學生在扮演老師後設課程設計過程。發展時間歷程如表二，歷經十個月完成課程設計與說觀議課，並且完成課程手冊。

#### 肆、反思與結語

新北市國小一般智能資優教育課程教學輔導團的 STEAM 課程研發成功，由諸多因素共同促成。其中兩位正、副召集人校長，每一次教師研習工作坊及課程研發歷程都全程出席並參與課程研發歷程進行深刻討論，公開說觀課也都沒有缺席，能夠凝聚團隊向心力。

輔導團成員由現場資深教師研究員、優秀資優教師及有中學資優班任教經驗的大學教師共同組成，三方合作的團隊共創成效相當好，除了執行課程設計的資優教師強大的專業能力之外，資深教師研究員對教學實務嫻熟的學科知識、課程執行、班級經營

的實踐設計能力是有重要的影響，大學教師的專業對於教師的 STEAM 課程設計實作結果或實驗數據能夠立即看出建模方向並指引深入探究方向，可以減少很多摸索時間，同時從人才培育後端看待小學資優教育，可以更加長遠的角度思考課程執行過程中重要的過程技能或素養建立及學生生涯發展之間的關係。

課程實際執行過程中，由於輔導團教師對於以學生為中心的教學操作都相當嫻熟，課堂中資優學生的學習成效相當好，縱使超出意外的驚喜表現時常出現，教師都能夠冷靜臨場應對，同時後設思考課程的改進方案，證明教師的基本能力確實是課程成功的關鍵要素。

在課程執行層面上，由於各校的資優學生人數都相當少，每次上課人數大約 3 至 5 人，課程的執行成效評估需要透過更多學生及班級的實踐來確認教與學的成效。

輔導團教師原先的課程設計與教學專業基礎雄厚，即使特殊教育資優專業訓練不是理工科系背景，教師都能夠設計出專業的 STEAM 資優探究式課程，達成有效教學，同時能夠因應學生特性持續彈性調整，符應教學現場需求，同時可以看出課程的永續可發展性。到發展階段後期才清楚教師先前都是文組學生，這與筆者在工作坊進行過程的經驗感受完全不同，新北市的國小資優輔導團教師學習能力快、態度佳，一直讓筆者以為是理組背景。由於大學專業訓練背景的關係，輔導團教師的科學工程知識背景不見

得十分熟悉，但是吸收新知的速度非常快，學習態度非常好，並且非常熟悉以學生為中心的素養導向教學策略，所以課程設計的速度非常快，應變調整也很靈活。發展過程中，筆者一直以為教師有科學家朋友可供諮詢，或者以前是念科學相關系所，結果都與事實相反。

兩位有經驗的研究員，在 STEAM 資優探究式課程的研發歷程中適度扮演資深「教練」的角色，以完整的課程觀點來提供視野、引導教師。在團隊共創過程中是重要的加速器與催化劑。

筆者從大學物理系教師及國中資優班教師角色參與 STEAM 資優探究式課程研發，主要提供 STEAM 課程的意涵界定，探究式課程的設計策略，資優課程的設計與執行實務以及科學、技術、工程、藝術、數學在課程當中的相關知識。

由以上的團隊組合及召集人與研究員的專業領導，記得前幾次進行教師工作坊的時候，還在與所有參與教師釐清 STEAM 的內容、方法與意義，歷時十個月之後，由於教師團隊的專業精神與基礎學養，新北市小學 STEAM 資優課程成功產出，包含課程文件、公開說觀議課的課程調整設計，並且能夠舉辦第一場教師分享工作坊，成就相當不容易，成果值得分享。

## 參考文獻

- 國立教育廣播電台（2021）：新北推資優 246 由 12 位跨域專家輔導資優生活出天賦精彩，12 月 3 日。
- 郭靜姿（2000）：資優生的情意教育與輔導。資優教育季刊，75，1-6。
- 陳育霖（2014）：「2013 魔術師的科學帽」數理資優生校園物理實驗演示。物理教育學刊，15(1)，15-24
- 陳育霖（2016）：教育現場為什麼需要探究與實作課程？。科學研習月刊，55(2)，19-27。
- 陳育霖（2020）：科學本質導向的物理學探究式教學。探究式教學法理論與實踐。第 5 章，高等教育出版社。
- 楊玉玲、李家兆、王思婷、陳敏華（2021）：新北市資優教育的現況與探討。資優教育論壇，19(1)，2-12。
- 潘裕豐（2000）：談資優學生的情意教育。資優教育季刊，77，1-7。
- Anderson, P. W. (1972). More is different—Broken symmetry and the nature of the hierarchical structure of science, *Science*, 177, 393-396.
- Bennett, S. W., & O'Neale, K. (1998). Skills development and practical work in chemistry. *University Chemistry Education*, 2, 58-62.
- Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., Koehler, C. M. (2012). What Is STEM? A Discussion About Conceptions of STEM in Education and Partnerships, *School Science and Mathematics*, 112, 3-11.

- Cathérine Conradty & Franz X. Bogner (2019). From STEM to STEAM: Cracking the Code? How Creativity & Motivation Interacts with Inquiry-based Learning, *Creativity Research Journal*, 31(3), 284-295, DOI: 10.1080/10400419.2019.1641678
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410-8415.
- Frey C., Osborne M. (2013). The Future of Employment, URL (consulted 12 January 2016): [www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The\\_Future\\_of\\_Employment.pdf](http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf)
- Fuller, R. (2003). "Don't Tell Me, I'll Find Out" Robert Karplus: A science education pioneer. *Journal of Science Education and Technology*, 12(4), 359-369.
- Henriksen, D. (2014). Full STEAM ahead: Creativity in excellent STEM teaching practices. *STEAM*, 1(2), 1-9. doi:10.5642/steam
- J Heckman, R Pinto, P Savelyev (2013). Understanding the mechanisms through which an influential early childhood program boosted adult outcomes. *American Economic Review*, 103 (6), 2052-2086.
- Labov, J. B., Reid, A. H., & Yamamoto, K. R. (2010). Integrated biology and undergraduate science education: a new biology education for the twenty-first century? *CBE Life Science Education*, 9, 10-16.
- Maguire E. A., Mullally S. L. (2013). The hippocampus: a manifesto for change. *Journal of Experimental Psychology: General*. 142(4):1180-9. doi: 10.1037/a0033650.
- Moore, E. H. (1903). On the foundations of mathematics. *Science*, 17, 401–416. *Bulletin of the American Mathematical Society*, 9, 455. Reprinted in *Math Teacher*, 60, (1967) 360-374.
- Moore, T. J. (2008). STEM integration: Crossing disciplinary borders to promote learning and engagement. In: *The faculty and graduate students of the UTeach Engineering, UTeach Natural Sciences, and STEM Education program area at University of Texas at Austin*.
- Ritz, J. M., & Fan, S. C. (2015). STEM and technology education: International state-of-the-art. *International Journal of Technology and Design Education*, 25(4), 429-451. <https://doi.org/10.1007/s10798-014-9290-z>
- Robelen, E. (2011, December 7). STEAM: Experts make case for adding arts to STEM. *Education Week*. [http://www.edweek.org/ew/articles/2011/12/01/13steam\\_ep.h31.html](http://www.edweek.org/ew/articles/2011/12/01/13steam_ep.h31.html)
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEM mania. *Technology Teacher*, 68(4), 20–26.
- Wheatley, G. H. (1991). Constructivist perspectives on science and mathematics learning, *Science Education*, 75, 9-21

# **University Teachers' Perspective of the R&D Process of STEAM Curriculum Development for the Gifted and Talented in Elementary Schools—A Case Study of the New Taipei City Elementary School General Intelligent Gifted Education Curriculum Teaching Advisory Group**

Yu-Lim Chen

School of Teacher Education and Department of Physics,

National Taiwan Normal University

Assistant Professor

In order to improve the gifted education curriculum for elementary schools, the author worked with the New Taipei City Elementary School General Intelligence Gifted Education Course Teaching Guidance Team for ten months to develop STEAM courses for gifted students in elementary schools. At the same time, peer and expert observations and discussions were conducted to refine the curriculum internally. The teacher's manual book of the courses has been completed, and the teaching and subject content knowledge are quite complete and in-depth. This article discusses this from the perspective of university teachers and finds that the tutoring team's professional and student-centered teaching, flexible adjustments to respond to students' learning needs, and teamwork are the keys to success. The dedicated convenor principal and two experienced researchers played the role of senior coaches in the curriculum development, promoting teamwork and sustainable development results of the curriculum.

Keywords : Interdisciplinary, Gifted, Inquiry