

## 論壇

# STEM 教育研究的發展與反思

時間	2023 年 9 月 26 日（星期二）下午 2 時
地點	視訊會議 / Google Meet
主持人	張俊彥（國立臺灣師範大學科學教育研究所講座教授） 巫銘昌（國立雲林科技大學技職教育研究所教授）
主講人	黃悅民（國立成功大學工程科學系講座教授）
與談人	林豪鏘（國立臺南大學數位學習科技學系教授） 段曉林（國立彰化師範大學科學教育研究所教授） 黃天麒（國立臺中科技大學資訊管理系教授） 賴以威（國立臺灣師範大學電機工程學系副教授） （依姓氏筆劃）

## 前言

張俊彥：時代被科技與工程驅動往前進步，數學與科學等基礎學科也同時受益於科技向下紮根。從醫學研究到綠色科技，再到人工智能和數據科學，STEM 領域無疑是推動我們社會進步的關鍵因素。美國在 20 世紀初即有 STEM 教育的構想，乃至於後續教育法案的推行及落實在正式和非正式教育，培育國民的科學與數學的學習表現，以及培育更多 STEM 人才。臺灣在《十二年國民基本教育課程綱要總綱》中的核心素養和學習重點雖然未明確訂定有完整且系統性的 STEM 教育規劃，然而課綱中有提及學校可發展和實施跨域整合的校訂課程。是以各地方政府與各級學校仍能以數學、自然科學與科技等跨域合作，實行臺灣 STEM 教育。

臺灣 STEM 教育研究在過去十幾年，約可分為 3 個大主題。首先是 STEM 教學、教材設計與課堂實踐，例如，問題／專題導向學習（problem-based/project-based learning）等教學法研究，以及工程設計取向、運算思維等領域核心技能的研究。有教學與課程後，學生作為課堂的主體，STEM 教育對學生態度、技能和知識等的影響，也是研究一大熱區。此外，臺灣過去在 STEM 跨領域統整師資培育及教師專業發展的空缺，也促使師資培育、教師知覺及態度面項研究有迫切的需求。自最近一年生成式 AI 的應用，例如，聊天機器人（如 ChatGPT）問世，也讓 STEM 教育與生成式 AI 的結合引起許多學者投入研究。整體而言，臺灣在 STEM 教育研究觸角多元，提供許多前沿的證據促進教學實務的改變。

臺灣多數學生所受之知識教育為課綱規範下的學校教育，而 STEM 教育重視實踐與探究的靈活性遠超課綱的標準化內容，該如何讓學生在求學過程中保有對 STEM 的興趣並持續應用至未來生活，也成一個需要研究的課題。部分學生會走入 STEM 相關職涯，協助臺灣在 STEM 的持續發展擔任關鍵人物，其應具備哪些特質，才能避免成為內部的邊緣人（marginal insider）？部分學生並未走入 STEM 職涯，STEM 教育對其重要性該側重哪些面向，讓他們也成為外部的有能力者（competent outsider）？

據此，我們期待本次論壇能夠建立在過去研究的基礎之上，進行深入的對話和反思，涵蓋教學和課程設計、STEM 對學生學習的影響，以及師資培育和教師專業發展等方面。我們希望本次論壇能成為一座橋梁，讓 STEM 教育研究和教學實踐能夠相互學習和共享經驗，從而推動更多的創新和進步。

### 三思而後行 or 行後要三思？設計思維、運算思維、高層次思維於 STEAM 實作

黃悅民：我們知道 STEAM 他們強調培養 5C 的能力，坦白說很難做一些評估，那我們今天就來談一談設計思維（design thinking）、運算思

維 (computational thinking) 及高層次思維 (higher-order thinking) 與 STEAM 的關係，稱為 3 個思維。就 STEAM 來講的話，從做中學 (learning by doing) 到底是三思後行？還是行後要三思？我想拋出一些問題出來，簡單來講，就是這 3 個思維，到底是自變項，還是應變項？從我們在 STEAM 的學習活動裡面來培養這 3 個能力？還是說我們有了這些能力，會把 STEAM 做的更好呢？這個問題當然今天談的會比較廣泛一點，包含這 3 個思維還有一些 STEAM 的看法，然後就教於大家。這 3 個思維，坦白說在論文方面，到目前為止並不多見，因為我想能夠把這 3 個思維考慮到 STEAM 活動裡，其實說真的還是比較少一點。

## 從高品質期刊論文看三個思維研究趨勢

我們投稿的一些文章如表 1，大概可以看出一些端倪。我們談到設計思維、運算思維及高層次思維，當然要有一些論文來佐證。這 5 篇大概都是 2023 年我發表的文章，第 1~2 篇是設計思維，第 3 篇是運算思維，第 4~5 篇談的是高層次思維。我想這 3 個思維我不用做解釋，大家應該都很清楚。

## 從高品質期刊論文看科技介入 STEM 教育研究趨勢

對於我們今天談的主題，表 2 是今年剛發表的 4 篇論文。假如從這個文章的端倪來看，第 1 篇是 8 月才接受的，前幾篇都是最近接受的，算滿新的。第 1 篇我們談的是精準教育在 STEAM 做一些精神教育，還有牽涉到我們講的認知、情意、技能在情意領域，因為我個人總覺得在 STEAM，其實很難做基於成果的評估。一般來講，如果把它做出來，就是一個原型 (prototyping) 做得好不好的評估。我這一兩年來一直集中在於 STEAM 整個學習過程的了解，學習過程技能領域的了解。其實整個 STEAM 教育過程遠比結果還來得重要。過程的投入度，其實

表 1 三種思維之相關期刊論文

序號	篇名
1	Enhancing university students' creative confidence, learning motivation, and team creative performance in design thinking using a digital visual collaborative environment. <i>Thinking Skills and Creativity</i> .
2	Exploring students' continuance intention toward digital visual collaborative learning technology in design thinking. <i>IJHCI</i> .
3	Enhancing student's computational thinking skills with student-generated questions strategy in a game-based learning platform. <i>C&amp;E</i> .
4	Learner engagement in a business simulation game: Impact on higher-order thinking skills. <i>JOECR</i> .
5	Applying a business simulation game in a flipped classroom to enhance engagement, learning achievement, and higher-order thinking skills. <i>C&amp;E</i> .

表 2 STEM 相關論文

序號	篇名
1	Precision education via timely intervention in K-12 computer programming course to enhance programming skill and affective-domain learning objectives. <i>International Journal of STEM Education</i> . (11/269)
2	The exploration of continuous learning intention in STEAM education through attitude, motivation, and cognitive load. <i>International Journal of STEM Education</i> . (11/269)
3	Leveraging computer vision for adaptive learning in STEM education: Effect of engagement and self-efficacy. <i>International Journal of Educational Technology in Higher Education</i> . (5/269)
4	Exploring the learning process and effectiveness of STEM education via learning behavior analysis and the interactive-constructive- active-passive framework. <i>Journal of Educational Computing Research</i> .

在 STEAM 很難觀測，為什麼呢？因為我們現場在分組，老師幾乎是不可能。我就想到說，我們有沒有可能用一些方法，比如說第 3 篇發表於 *International Journal of Educational Technology in Higher Education*，是目前排名第 5 的期刊，在這個文章裡面，我們用電腦視覺（computer vision）的觀念，我們用 AI 深度學習的觀念，來解析在 STEAM 表現的行為，以便於讓他們能夠更適應學習。所以第 4 篇，我們也是一樣是以學習行為分析（learning behavior analysis）在觀測學習的過程。我舉個例子，如果 3 個人一組，其實我想誰做的好不好那是其次，我們總希望這 3 個人都有動手，畢竟從做中學總不能有一個人在那邊看吧。但是坦白說老師很難了解是不是每個人都有動手，這個是非常困難。但是在第 4 篇論文，我們就會點出來。事實上我們會辨認每個人的學習到底對不對？他學習的時候拿的東西到底對不對？我可以統計出來，透過這樣的觀察，老師可以做適當的介入，就是鼓勵同學目前實作可以自己動手，不要只看別人做。我們一直在做的介入就是學習歷程，不能只觀測。好像是說我看你是有病，不是看出你有什麼症狀，之後要怎麼投入這個藥方，讓這個症狀不要繼續擴大。所以基於此，我們才有所謂的適時介入（timely intervention），也就是論文的第 1 篇，我們談到的精準教育就要做到這樣，就是即時性的介入。介入指的是老師干預那個東西，不是觀察學習過程就好。我想只是一個觀察症狀，最主要是你要給一點處方。所以這是我強調的，其實思維與思想，思維是一個學習的思考歷程，一個思考的過程，而變成思想之後，就是變成收斂在一個狀態根深蒂固的思想。

## STEAM 教育是建立未來跨領域的樹幹

我查了 STEM 的中文要怎麼講，其實這個幹是樹幹，這個是有原因的。為什麼叫 STEM 呢？我擴大解釋，我們知道樹幹是很重要的，樹根是成長的動力，你是從哪裡起源的，樹根要抓住你要抓的穩，可是樹幹也要長得粗，才有辦法支撐整棵大樹。不管它長得高，上面要開花，要

開得更茂密，這個 STEM 樹幹就要夠好，也就是我們每一個人，生下來 DNA 是已經是確定了，但是後天樹幹如何讓它長的粗又壯。

STEM 這個名詞本來是 SMET，為什麼會改成 STEM 呢？我自己解釋，STEM 意味著我們要培養每個小朋友，從小這個樹幹就要粗又壯，能夠撐得起以後上面的茂盛樹葉。為什麼 STEM 很重要？我想這個東西也是跟大家分享一下，還有顯現我們在職場上面，我們都很需要這種 STEM 的人才，很多的工作都需要這種跨領域 STEM 的知識。

其實歸根究底，在 STEAM 後面有一個 A 如圖 1。坦白說這個 A 是最難的，要培養一個整體性的 (holistic)，工程師要不要有一點藝術的素養？答案是需要的。所以在這個地方是很重要的，就是說素養裡面要培養這個全能。我們看這個金字塔的形狀變成整體性的。我們在 STEM 裡面，有跨領域的課程，圖 2 就是 STEM 跨領域課程的演變。intradisciplinary 每一個圈都是一個 disciplinary，multidisciplinary 代表獨立完全沒有交集，在 cross disciplinary 至少是有缺陷，還有銜接。那什麼意思呢？如何才能夠 cross？我們英文說跨越馬路 (cross street)，意思是有馬路才可以走得過去，所以 cross 的意思是，圓圈之間是有接觸的線，也就是說，你可以從一個圓圈走到另一個圓圈，可以沿著這個線跨過去，可是它沒有達到 inter 的目的，代表這個圓圈之間要有交集的，也就是說談到數學、科學，中間要有交集的，所以是 interdisciplinary。所以對我來說，STEM 應該要做到 interdisciplinary。怎麼做到 interdisciplinary，等一下我會做解釋。要做到 transdisciplinary 就更難了。轉變 (trans) 用一句話來形容，我一直找不到到底用什麼來形容呢？我每次有什麼疑難的問題，我就想到孔老夫子，他說「吾道一以貫之」，如果你學到某種層次，吾道可以一以貫之，這個解釋行之，四海皆準，就是說感覺上這個收斂到一個，很難做解釋。目前為止，還沒有聽過 transdisciplinary 的解釋，interdisciplinary 都已經不容易了，這是我的看法，希望就教於大家。

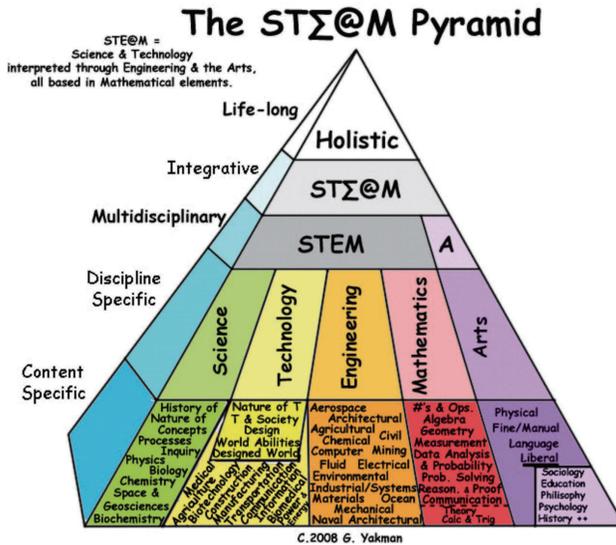


圖 1 STEAM 跨學科教學框架

資料來源：Yakman (2008)。

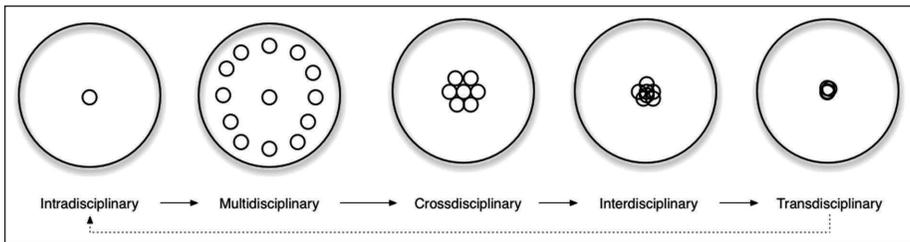


圖 2 STEM 跨領域課程的改變

資料來源：Jensenius (2012)。

### 科學實驗研究過程就是 STEM

其實我也在思考爲什麼要練這個？STEM是什麼東西？其實我們在寫一篇論文，如果實際做實驗做驗證的論文，事實上都是STEM。第一，我們做一篇SSCI論文等級的研究，例如，擴增實境（augmented reality, AR）對創造力是否有幫助？首先必須要提出研究問題（research

question, RQ), 基本上 RQ 是一種假設, 證明 AR 對創造力有沒有影響? 當然我是不知道, 但是我假設有影響, 做實驗來看看。要使用什麼工具呢? 探討的是一個學習, 我們把它對照到右邊, 假設先有思考問題, 所以是學習科學, 最後歸納發現 AR 確實可以提升創造力, 那要用工具來證明。我們用 AR 工具來驗證假設, 所以答案是使用科技。坦白說我們都上過大學, 我們一路從大學、研究所到博士。其實在高中的時候, 我們都還在學科學, 因為我們在高中的時候並沒有任何一門課是工程, 因為我們都很清楚, 我是工程科系畢業的, 直到進了成大之後, 學習了微積分, 我才有辦法去解析工程的問題。不然的話, 我們以前在高中的時候, 也頂多大概聽到物理與化學。但是科學只是一種科普, 絕對不是說要去學習科技。我們以前做過物理、化學的實驗, 要證明是什麼? 氫加氧會等於水, 這個我知道, 可是為什麼還要做一遍呢? 這個我等一下會做解釋。我們會利用這些儀器設備來驗證我們知道的化學現象, 當然不用去關心這個設備是什麼、怎麼做出來的。這個不是重點所在, 而是要知道這個科學的現象是什麼, 在於使用工具及實驗的流程。整個流程就是工程實踐, 工程就是一個過程, 把一些元件組成一個可以運作的系統, 所以我們在做實驗的時候也是一樣。今天做化學實驗也是一樣, 燒杯、酒精燈什麼的, 怎麼組合成可以驗證科學的一個系統。所以其實工程對於 K-12 來說, 特別的是它不是在學習工程, 是要知道每一個元件的功能, 如何組合變成可以運作的系統, 這是工程的問題。如果弄錯了, 你也知道在整個實驗的流程, 元件的功能這樣銜接是不太對的。再來我們蒐集的數據來驗證假設, 我們是蒐集數據, 用 SPSS 來驗證假設。對於 STEAM 來說, 其實在數學上面來看, 是應用數學來解析我們學習的科學, 到底是不是符合假設? 論文就是你對某個問題懷疑了, 希望能夠解開秘密, 解開秘密的方法。對問題了解之後, 要利用什麼工具來證明我們所有的科學現象。以前的人要觀察光束, 也是設計很多的實驗, 雖然很多失敗, 但他們也是利用此來知道科學的現象。其實高中以前都是在了解科學的現象, 所以這是我對於 STEM 的看法。簡單的講, 在學

習科學使用科技，來動手實做這個工程，邏輯的應用是應用這個數學。例如，我們在整個 STEM 的過程，最重要的目的是什麼？最高的境界是什麼？對我來說，能夠在科學上面，歸納出一個公式，歸納出一個方程式，在數學上面到底什麼意思？所謂的公式的偉大在於不用嘗試所有的案例，例如， $F=MA$ ，這是物理的現象，不管是多少 M 多少 A，F 這個值完全是對的，數學就是要解釋科學的原則。

STEAM 裡面絕對不是在教數學。第一，要運用適當的工具，例如，溫度計、圓規、三角尺，能不能把數據量測出來？第二，實際量測出來之後，要能夠表達數據，用表格來表達，或是用圖形來表達，可以看出這個數據的走向大概是什麼。最高段是能夠分析量測的趨勢，例如，自走車的實驗，要證明速度愈快，摩擦力就會愈大，或是量測什麼現象轉彎的 G 值，但是問題在於要先歸納出一個現象出來，因為你不能夠無限制的做幾百次啊。做 10 次大概就可以歸納出，原來它有這個現象可以做成一個迴歸，一個數學的模式。這樣小朋友就會知道，其實他發現一個很重要的現象，是可以利用數學來做解釋的科學現象，所以這個東西就是我們談的 STEAM。有人問我 STEAM 裡面的藝術怎麼來呈現，以我們目前研究來看的話，其實是很難的，藝術通常是設計，就是原創性。在寫論文的時候，如果你是抄襲或是太相似，就沒有設計，所以設計出來是非常有原創性。坦白說，以目前的自然活動，是比較難一點。我們現在都是用套件在做，在套件的情況下能夠發揮實在是非常的難，這一點要就教於大家，因為對我來講是（一）設計的系統具有美感；（二）能展現獨特的設計能力；（三）具有想像力或創造力。我們要談到設計思維，再回來看這個問題。藝術不只是視覺藝術或手工藝品，它廣泛的代表了人文、社會、語言、音樂和文化等領域。我非常尊敬張老師和林老師，他們都有藝術細胞，而且從他們身上就可以看到音樂與文化的素養，我們在 STEAM 裡面要能夠融入。坦白說，我認為非常的不容易，其實這一些文化、音樂、語言素養能夠激發一些創造力，畢竟創造力的來源是要非常跨領域的，就好像以前 Nokia 的手機，科技

始終來自於人性，人性就是人文。爲什麼能夠標榜這個？到底有多少人性在裡面？

## 設計思維與運算思維

回歸到設計思維（DT）與運算思維（CT），DT是源自於人性；CT是源自於電腦。DT某種程度是源自於人文上面，CT源自於機器的思考，來自於機器的運作所需要的東西。我個人認爲，如果STEM在中間來說的話，上層就是DT，下層就是CT，爲什麼？其實一開始STEM真正的教育，絕對不是拿套件給學生，然後丟給學生手冊，你就按照這個套件一步一步把它組裝起來，你就是訓練學生會操作而已，他什麼都不用想，這個是我們STEM的目的嗎？這樣何來的創造力？所以這一直在我心中解不開的結，我總覺得這好像跟我小時候訓練不太一樣。我記得要做一個風箏，總是會研究一下，骨架不能太粗也不能太細，因爲我自己是用竹子去做骨架，然後上面用牛皮紙、報紙，還是用塑膠布，所有的材料自己去找，同時我也會告訴你，用報紙的話，風一吹可能很容易就破掉，因爲不夠厚。不管這是不是STEM，總之，這個過程裡面，我通常會了解一些材料，還有這個線要綁在中間，還是綁在前面，怎麼綁會比較好一點，甚至於去了解放風箏的時候，我們把這個紙放在線上，紙就會沿著這條線一直上升。在我小時候，其實我大概也都略知一二，整個東西就是我設計的，我做出來的。現在去公園放風箏，風箏百分之百是人家幫你做好的。其實對我來說，DT某種程度讓我有點悲傷的感覺，爲什麼？DT本身就是要很清楚知道你做出來的東西，到底它的人群是哪一個？要給哪一類的人來用？他要用在哪裡？我們一開始的時候就必須要想清楚，而不是對自己做出來的東西有什麼用都不知道。所以CT是最底下的步驟，它提供的是一個一個的步驟。CT本來的定義是問題解決技術，把比較複雜的問題拆解成比較簡單的問題，然後利用已經解出來的小問題答案來支撐大問題，就是教你怎麼樣解決這

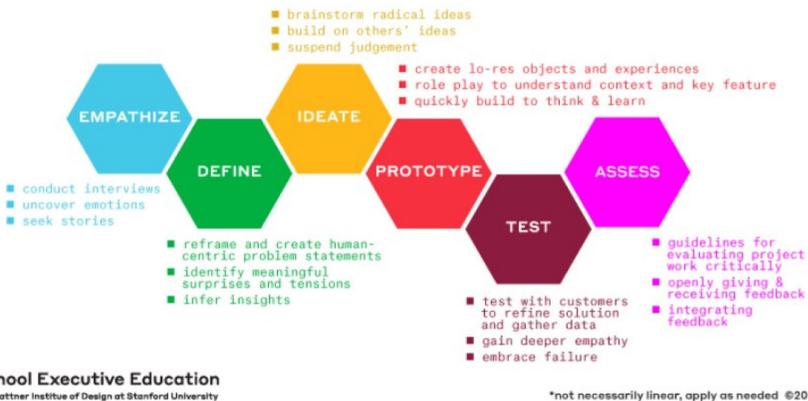
個問題，源自於運算整個函數的觀念。但是我沒有說這不對，在 CT 其實有多少創造力可言，本身按照這個步驟去做。如果你要是問我說 CT 唯一的創造力在什麼地方？我會告訴你是拆解問題上面，每個人拆解的方式、數量，一樣的問題，一樣寫程式，有些人用 3 個模組，有些人用 4 個模組、5 個模組，這個時候是你無法改變的，一旦這個模組拆解的個數確定，接下來只要能夠遵循邏輯的觀念去做事情，不再有什麼創造力的事情。

## 一、DT

DT 主要是創意、創新、創業，從需求、情境，到價值的主張，透過轉化到落地。在商場上，設計出來的東西一定要落實，有它的價值、商業模式。非常有名的設計思考，就是史丹佛設計學院（Stanford d. school），鼓勵學生做批判性思考，然後激發創意。我們很多 DT 都是跟隨史丹佛設計學院的要點。第一強調跨領域合作（interdisciplinary collaboration）；第二崇尚行動（bias towards action），設計者可發掘有價值的見解，並層層精煉其解決方法，其實就是 CT，我談到說東方文化跟西方文化有一些不同的地方，因為我常常去矽谷，矽谷之所以會成功，基本上關鍵在於批判與包容。以前我開會的時候，老闆一直要我提出一些不同的批判性看法，不要他講什麼，我就聽什麼，可能在會議上吵老半天，可是私下我們還是會包容對方，還是好朋友，這是別人對我方法的批判，若他批判的對，我們就吸收，不會記恨生氣。但是東方文化強調集體主義，不要太多不同的意見，只要和平地解決問題，很難在 DT 發揮極大值。第三是以人為中心的設計（human-centered design），以人為中心的想法，強調的是同理心的問題。DT 的步驟如圖 3：（一）同理心（empathize）：每一個設計的開始都是看到了「別人的」問題，不是為自己設計。透過觀察和訪談，設身處地考慮使用者的經驗，找出獨特的發現。科技來自於人性，是為誰而做的？（二）定義問題（define）：根據同理心的發現，釐清要解決的問題。（三）發想（ideate）：

(d.school)

## Design Thinking Process Diagram\*



5 steps design thinking model proposed by the Hasso-Plattner Institute of Design at Stanford (d.school)

圖 3 設計思維的步驟

資料來源：Balcaitis (2019)。

不設限、天馬行空的腦力激盪，鼓勵所有人提供任何可能的點子。將點子寫、畫在便利貼上，透過分類、組合，找出創新解方。鼓勵你做批判，可以批判同儕所做的東西，同儕也能夠接受你，不管是對還是錯的批判都是沒有關係的，不能要求一定是對。(四) 製作原型 (prototype)：設計思考不僅動腦，更強調行動。動手先做出一個原型，不論是實體、計畫或數位的原型，一點都不完美也沒關係。精神是「愈早失敗、愈快成功」。簡單來講，製作原型之後，才有辦法做評估。(五) 測試 (test)：將做出來的原型拿去測試、得到回饋、再修改、再測試。我們有培養小孩 DT 的能力嗎？我們有思考過這個問題嗎？我們可以量測 DT 嗎？還是 DT 自變項？他們在做 DT 的時候我們一一的根據 DT 的觀念告訴他們是這些東西呢？如果創造力是 STEAM 的活動要培養的其中一個能力，那在哪一個活動培養創造力？憑什麼說你的活動能夠培養小朋友的創造力？我看了很多教育類別的文章，我一直在搜尋活動哪個環節培養

創造力？有創造力的活動是什麼？其實我心中有無限的困惑。（一）沒有同理心：不知道做出來的成果有何用；（二）沒有定義：因為要釐清的問題老師或套件都給學生了，學生也不會定義問題；（三）發想：偏重作法，不是創造發想；（四）原型：因套件思考，變得一次搞定或一次搞不定；（五）測試：幾乎沒有做回饋。

## 二、CT

其實 CT 與數學歸納法是一樣的，只要知道大問題可以拆解成小問題，而小問題與大問題之間的差距能夠解決，就有辦法解決這個大問題，原來與 CT 的精神是一致的。數學歸納法與骨牌理論也是一樣的，如果要把 9 個骨牌推倒，骨牌一個接一個倒下，就如同一個值到下一個值的過程，寄託於解決 8 個，這是一個小問題到大問題差距，再加上第 8 個扳倒第 9 個。我相信大家都知道：多米諾效應（domino effect）、數學歸納學習、遞迴函式、運算思維 4 派典，其實都是有關聯的。CT 4 個步驟：（一）分解（decomposition）；（二）模式辨認（pattern recognition）；（三）抽取（abstraction）；（四）算法設計（algorithm design）。很多人問我程式反覆運算（iterations）、遞迴（recursive）有什麼不同？事實上，2 個觀念是不一樣的，我問你 5 階層如何計算，不是  $5 \times 4 \times 3$  嗎？有些同學從 4 階層的答案回答 5 階層如何計算的，以此類推。從 CT 的觀點來看，（一）要處理 N size 資料問題化為線性分解為 (N-1) size 問題。把處理的問題分解成比較小的問題，觀測有沒有相同的模式，在分解的過程，由小問題推到大問題；（二）不論哪個步驟，總是存在相同的模式；（三）解這問題我直接使用小一號的問題答案來支撐，不必了解小一號問題是如何解出。本身就是再利用，就像寫程式一樣，為什麼要定義函數，只要函數是對的，在寫程式的時候，這個段落就可以呼叫這個函數，只要函數的名字和參數是對的就可以使用，不用了解細節就可以直接用；（四）解出這問題的流程，除了使用上述觀念設計外，必須加上限制條件。數學歸納法可以非自然數，訂出

完美的理論，利用子問題答案來解決原來問題：Assume  $F(k)$  is correct then prove  $F(K+1)$  correct -  $F(k+1) = K \times F(k)$ ，上述只是線性分解，我們還有幾何分解： $T(k) = 2 \times T(k/2) + O(k)$ ，事實上是可以用 1 分爲 2、2 分爲 4，這樣遞迴函數就是鼎鼎有名的資料結構的合併排序（merge sort）。所以如何拆解問題，其本身是相當具藝術，無所謂最佳解。當老師規定一個作業，每個人對於這個作業的拆解，分幾個步驟來做，這就是藝術。我以前大學的時候，非常經典有名的 *The Art of Computer Programming*，原來寫程式、做文章與寫詩是一模一樣的，就是創作，就是一種藝術。（一）分解：分割問題（你寫程式要如何分模組）；（二）模式辨認：模組與模組之間有何相同的模式？兩個模組發現有相同的解決基模（scheme）轉成功能，兩個模組之間之連結，例如，資料傳遞指標；（三）抽取：利用小問題答案來支撐原問題；（四）算法設計：解決問題的控制流程；（五）評估（evaluation）：確認與驗證。CT 就在日常生活中，（一）面對問題要分工合作；（二）要觀察子工作是否有共同需要的資源或工具；（三）要善用已有的資源與工具；（四）要控制子工作之互動與流程；（五）要確認每一步流程之正確性。基本上，高層次思維（一）分析：批判思考技能；（二）評估：問題解決技能；（三）創造：創造力評估。簡單來說，我們必須要有發散思考（divergent thinking），接著進步到收斂思考（convergent thinking），再來才能夠衍生出創造力。

## STEAM LUPDA 學習評估方法論：LUPDA Model

Rubric 一致性評估如表 3，我們站在老師的觀點，來評估他們學習的成效。STEAM 教育評估 LUPDA 對於科學來說的話，（一）提出假設和驗證；（二）蒐集和分析；（三）合理的推論。可惜假設常常被忽略，假設是在事先對問題的釐清，能夠提出假設非常的重要。以最簡單的科學實驗爲例， $100^{\circ}\text{C}$  的水倒在一個杯子，每 5 分鐘測量一次，請問每次

表 3 以 Rubric 於 LUPDA 評估

	普通	良好	優秀
Learn	假設和驗證	蒐集和分析	合理的推論
Use	選擇材料和工具	使用材料和工具	修改或設計工具測量
Practice	了解每個組成部分	組合元件並建構系統	建構系統並進行修正
Design	設計美觀	顯示獨特性	具有想像力或創造力
Apply	使用測量工具	圖形化顯示數據	分析測量數據

測量出來的溫度差距是不是一樣的？我們要小朋友先思考寫一個假設，如果直接跟小朋友說不用想了，一定是每次測量都不一樣，溫度差距會愈來愈小，這樣小朋友就不會去思考了。應該要問小朋友為什麼每次量差距都一樣？如果不一樣，什麼理論是不一樣？不見得是要正確的理由。結果小學生會告訴老師，真的差距愈來愈小；國中的小朋友也認為差距就愈來愈小，但是我把測量結果的線連起來，如果測量得越密集，應該是一條曲線。高中的大朋友則根據量測出來的結果，我可以從迴歸模式用 5 個點導出公式。這個實驗我量 10 次就好，可以得知第 20 次會差幾度，這是科學的珍貴。等到上大學之後，自然就很清楚是熱力學溫度的差距。

## DT/CT 對應高層次思維

DT 與高層次思維之對應歸納：（一）同理心：記得與理解；（二）定義問題：理解與應用；（三）發想：分析；（四）製作原型：分析與評估；（五）測試：評估與創造。剛剛說過對待問題，一開始應該以人性化的思考，如果交給電腦運作，如何最節省空間與時間的就是 CT。我們一直強調 CT，很少強調 DT，這是非常糟糕的，CT 事實上是源自於機器的思考，定義函數就是相同的程式碼不要重複在這個記憶體，才能以抽象（abstraction）方式來呼叫使用這函數。

CT 與高層次思維之對應歸納：（一）分解：記得與理解；（二）模式辨認：理解與應用，應用在認知領域是瞭解規則，能夠應用在新的情境；（三）抽取：應用與分析；（四）算法設計：分析與評估；（五）評估：評估與創造。我們能了解情意領域與認知領域的對應嗎？（一）接收（receiving）：記得與理解；（二）回應（responding）：理解與應用；（三）評價（valuing）：分析；（四）組織（organizing）：評估；（五）特點（characterizing）：創造。原來所有的學習的情境，其認知與情意是並存的，無論這兩個領域的定義，事實上是具有某種對應的關係。對應高層次思維：（一）動機（motivation），它是情意領域之低層次（lower level of affective domain）；（二）學習態度：A & B；（三）自我效能（self-efficacy），它是情意領域之高層次（higher level of affective domain）：C，ABC 分別為：A：分析：批判性思維能力；B：評估：問題解決能力；C：創造：創造力評量。

DT 與高層次思維又是如何？DT 到底是自變項還是應變項？從我們的活動裡，DT 沒有一定是自變項或是應變項，如果 STEM 是從做中學，希望能夠衍生出高層次思維，請問如果融入 DT 會有所改變嗎？還是說 STEM 活動裡面，能夠讓學生產生 DT？DT 也是一樣的，還是 DT+CT 呢？這也是開放性的問題。希望我們在做 STEM 活動的時候，我們談太抽象的 5C，我希望再談一點源自於人性的設計思考，源自於空間、時間、效率的運算思維，還有高層次的思考的培養。

## 與 AI 共創：結合 AI 畫畫與現代詩視覺藝術： ChatGPT+Midjourney

林豪鏞：有一次我們學門辦活動到南投車埕，有一間賣茶飲的店名是 STEAM，那時候 STEAM 這個名詞剛剛在臺灣出現，我們認定會成為臺灣的全民運動。黃老師提到 STEAM 的 A 是藝術（art），我覺得這個年代的藝術可以加上 AI，不僅有藝術的味道，也可以說 AI 的藝術，所以是從

AI 的藝術來提 STEAM 的 A，我只有能力講 A 的部分。我今年出版一本詩集《失眠是一種漸進式》（林豪鏘，2019），我把所寫的詩，上傳到 AI 幫忙畫，在博客來書店登上排行榜的榜首，還霸榜 33 天，從此消失在榜外，還有零星的銷售，不過曾經有小小的成果，還滿開心的。臺灣有一個非常重要的數位藝術展：臺北數位藝術節，從 2013 年開始介紹人與電腦及人與 AI 之間的互動，2013 年是第二自然、2018 年超機體、2019 年再轉存，預言人類與 AI 互動的未來。我們現在真的面臨到 AI 時代來臨，我個人定義是在 2022 年 11 月，在 ChatGPT 橫空出世的時候，真的進入到我們的生活。之前我們在猜測 AI 會取代人類，只有那種高勞動的部分會被取代，絕對不會被取代的就是創作，這部分需要創意。沒想到 AI 一橫空出世之後，居然企圖取代藝術、文學部分，真的是跌破大家眼鏡。不過我起心動念是人類不該屈服於 AI，而是正向思考與 AI 之間的互動，所以我整本書都是運用我的詩句為輸入元素，讓 AI 依此生成畫作，這是我和 AI 的對話成果。我就像是賽博格，AI 為我增能，在 Metaverse 中，以我的分身來作畫，並以此詮釋我的詩句。其中一篇詩：「他們斜向交織著，彼此的輕描淡」。圖 4 是 AI 畫出來的圖，並沒有把文字變成詩，而是把我的語義意涵畫出來，有一種淡淡悲傷的感覺，這是很開心的地方。因為我是做自然語言處理 NLP 的博士論文，那時候語意是很難處理的事情，沒想到可以做到這麼好的語言模型，這是很感動的。

## 新媒材的創作

錄像行為藝術之父維托·阿康奇，他很感謝身在錄像技術出現的年代，讓他可以藉此實現創作理念。古時候，如果不會畫畫、雕塑，就無法成為藝術家。後來錄影的技術出現之後，用錄影機可以成為藝術家，叫做新媒材。現在也出現新媒材，AI 畫畫的工具，所以我是用新媒材的態度，來觀看 AI 畫畫的工具，所以它可以開啓非傳統藝術家的加入。我們現在正處於非常重要的里程碑年代，我們這代人歷經 2 個非

常重要的時程，一是疫情，人類幾百年才會發生一次瘟疫，而我們歷經 COVID-19、SARS，並且勇敢地存活下來，已經歷過兩次瘟疫。二是見證 AI 進入到我們的生活，記錄人類藝術史上曾經經歷的這些時刻，或許可以提供後人一些回顧與省思。也就是說，我現在與 AI 共創的這些畫，不一定畫得好，不一定畫得完美，但是過了 100 年，他們來回顧的時候，可以知道原來人與 AI 共創所畫出來的畫是這樣的。例如，這個作品「的，腳步被發現在第二天的情節裡行走」如圖 5。這是我寫的一首超現實的詩，不太容易懂，因為這首詩很長，AI 沒有辦法一次讀懂，所以分句來畫。這句話畫成人居然在大鞋子裡面走路，走路的時候留下腳印，還登上城堡，這幅畫非常的超現實。現在提示語是非常重要的工程，我們要了解如何下提示詞。其實我的提示詞都很簡單，我把我的詩翻譯成英文，加上控制碼 surreal，就是超現實。再來，這首詩：「記憶在虧欠，那麼我就有了理由想念」如圖 6。我實在不想想你的，但是我與記憶之間有一筆債要還，那我欠了他，所以我只好來想念你。我從頭到尾沒有告訴 AI：「請畫一張透明的側臉，再畫山、畫雲」，我只加了「達利」，是超現實主義非常有名的畫家。我等於是有靈魂伴侶，它跟我一起創作，所以我覺得跟 AI 之間有很好的交流與共創。「原來那



圖 4 AI 創作範例 1

資料來源：林豪鏘（2019，頁 16）。



圖 5 AI 創作範例 2

資料來源：林豪鏘（2019，頁 20）。

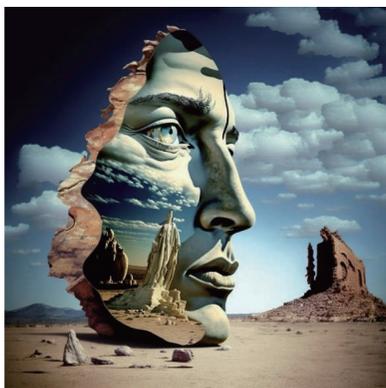


圖 6 AI 創作範例 3

資料來源：林豪鏘（2019，頁 28）。

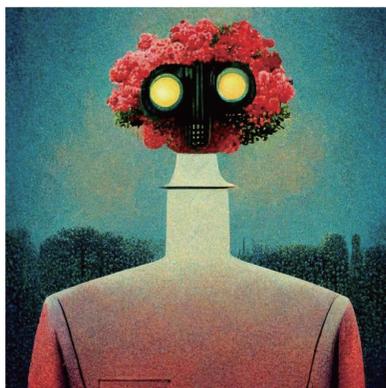


圖 7 AI 創作範例 4

資料來源：林豪鏘（2019，頁 22）。

道透明色是一種依賴，所以你一直在那裡」如圖 7，這首詩我非常喜歡，你跟我之間隔了一道牆，那道牆不僅透明而且柔軟，就像保鮮膜一樣，將你我緊緊捆附在一起，你就一直在那裡，我就一直在這裡，我們就彼此依賴。AI 就畫了一雙張望的眼睛，讓我想到我的眼睛。我是殘疾人士，我 40 歲就重聽了，耳朵沒有受傷，純粹是老化，所以我帶著助聽器演講、上課。有一次我和朋友聊完天，把助聽器拿下來之後，我的朋友非常驚訝，他以為我是帶藍芽耳機，所以我帶助聽器出門沒人會認為我是怪叔叔，他們反而覺得我很時尚的歐巴。另外，我眼睛也不太好，國小 2 年級就近視 300 度，國一就破千度，現在近視 1,750 度，我雖然近視很深，但是我很驕傲我有上過成功嶺，接受過軍事訓練，其實我偷偷把視力表背下來的。另外一首「你我的姓名原屬虛字，握不住的方向盤，飄移的輪胎，濺起水花」如圖 8，這是駕駛座與副駕座之間的爭吵的過程。這朵水花非常大，還開了花，這是 AI 幫我畫出來的。「無所事事，竟係此般不可思議的美學經驗。令人難以置信的傳說」如圖 9。我每年最喜歡寒假前的學期末，我把成績交出去後，心情非常的愉悅輕鬆，我會去沒去過的咖啡廳放空耍廢。那一次我發現我竟然進入跨境、幻境美的境界，油然的寫下一首詩。我把這首詩交給咖啡店的老闆，老



圖 8 AI 創作範例 5

資料來源：林豪鏘（2019，頁 26）。



圖 9 AI 創作範例 6

資料來源：林豪鏘（2019，頁 24）。

闆很感動握著我的手說，謝謝你送給我這首詩，昨天是本店最後一天營業，這個就留下懸念跟殘念，為什麼呢？因為我當天點的是坦尚尼亞咖啡，有淡淡的菸草味，所以這幾年我都在追尋這個味道。

## 缺乏身體性的 AI

繪畫風格這回事，是和人的身體息息相關的。你對自身肌理的控制與不可控制性，你生理上無形的各種慣性，形成了你的風格。那不只是心理的，更是生理的。人的心理與生理是不一樣，而心理與生理會互相影響，我曾經得過 3 次憂鬱症，我覺得是上天給我的禮物。要憂鬱症病患往好的方面想，就會快樂起來，這是沒有用的。人無法用意志力控制憂鬱症，其實是神經傳導物質出錯，所以需要物質的介入，比方說藥物。所以對於缺乏身體性的 AI 而言，他沒辦法懂。我是正統 AI 實驗室出身的，當初會研究 AI，是因為喜歡藉由分析人類行為，尤其是消費者行為分析，其中的價格／品質效應。當我們無法判斷這個產品的品質，我們會用價格來猜測品質。我剛開始教書的時候，買一輛非常破舊的二手車裕隆速利 1.2，表面是凹凸不平波浪狀的車門。有一天我開在內側

車道，外側車道有一輛黑頭車要擠進內側車道，那時候我就決定要無作為，就是我不阻擋他進來，但是我也不減速。結果我就跟他尬車，因為我不減速，他跟我的車門愈來愈接近，之後黑頭車的駕駛員就下車，走到我窗戶旁邊來看到我的臉。從小我就長得像壞人，他跑回車上把車開走。他的車子旁邊出現白色摩擦痕跡，而我的車完全看不出來，因為本來就夠破舊。雖然車門沒有變化，可是擋風玻璃的雨刷掉下來，我只好買新的雨刷，但不曉得哪個品牌是比較好的，從 100~500 元不等，就會猜測 300 元是剛好的，買中間值的價格品質效應。

## 肌理運用上的一個挑戰

我再強調，繪畫這件事情是人類在肌理運用上的挑戰，這完全和運動是同一個道理。運動員會失常，運動員會瞬間腎上腺上升，所以每次表現不會一樣，這正是人類身為萬物之靈的美妙之處。今年日本國家棒球隊參加 WBC 經典賽，有一位是村上宗隆，他年度 MVP 三冠王，安排在第 4 棒。沒想到從第一場開始就一直失常，老是被三振，但是持續安排在第 4 棒，結果最後的關鍵 2 場比賽，他忽然大爆發，幫助日本擊敗美國，拿到世界冠軍。我和 AI 共創的精神不在於「我叫 AI 怎麼畫」，而在於「AI 覺得應該怎麼畫」，所以我讓 AI 決定怎麼畫。雖然我只是埋下一顆種子，做為 AI 創作的靈感。一部作品之所以不朽並不是因為它把一種意義強加給不同的人，而是因為它向每一個人暗示了不同的意義。所以在後人類的時代，在賽博龐克（cyberpunk）世界，我們應該思考未來社會學的各種可能性。例如，同婚議題，未來可能會有更複雜的議題，小朋友可能會跟機器人結婚，甚至一批機器人上街頭，爭取它們婚姻的合法權，這都是未來機器人要跟 AI 共存、共創的世界，所以我們跟 AI 共創而不互相取代。

## STEM 師資培育課程的經驗與反思

段曉林：謝謝黃老師對 STEM 做了非常多的論述。因為我是科教領域的師資培育者，所以對國中小科學老師而言，STEM 包含科學（science）、科技（technology）、工程（engineering）與數學（mathematics）。而科學最重要的是科學知識還有探究知能。因為我們執行教育部國民中小學自然科學領域教師探究課程設計與執行能力提升計畫，今年已經進入到第 10 年，所以我知道探究能力是可以透過跨領域方式進行培養的。有關科技的部分，就是科技的使用，例如，電腦、網路、製作成品的器具等。工程，就是解決實際問題的工程歷程。數學，就是有關於運算能力、類（pattern）與型（shape），還有思考的方式。其實在美國 Project 2061 計畫，就對科技、科學與數學做了非常好的定義。至於 STEAM 中 Art（藝術）的部分，我覺得是一種設計，一種美感，與一種生活的應用。從我科教背景的角度來看待 STEM 時，我覺得一定要有學科知識，一定要融入探究，因為當老師有探究教學的能力，還有老師知道什麼叫探究教學知能，再融入一個工程設計的歷程，則在 STEM 教學中就能進行發揮。當然不同領域的人會對 STEM 如何進行有不同的見解，我則是從科學教育的角度，找了很多的 STEM 教學模式，我比較喜歡 EIE（Engineering is Elementary）（Cunningham, 2019）的教學模式（見圖 10）此模式可融入探究與工程設計的歷程。

在確認問題階段，可以透過科學的領域，定義問題中的自變項、應變項及控制變項。接下來，工程設計歷程要蒐集很多的資訊，學習者用自己的想像力設計活動。在設計的過程當中，也因著有自變項、應變項及控制變項，所以會要求學習者設計實驗組與對照組。設計完了以後，學習者自己要製作成品。誠如剛剛黃老師講的，我們的成品是要從原始的材料製作出成品，不是用既有的材料包製作。製作出成品以後，就要進行測試，測試的時候也是一樣，要用科學探究的一些歷程融入，例如，用最精確化的方式蒐集資料，學習者需要建立表格，分析蒐集到的資

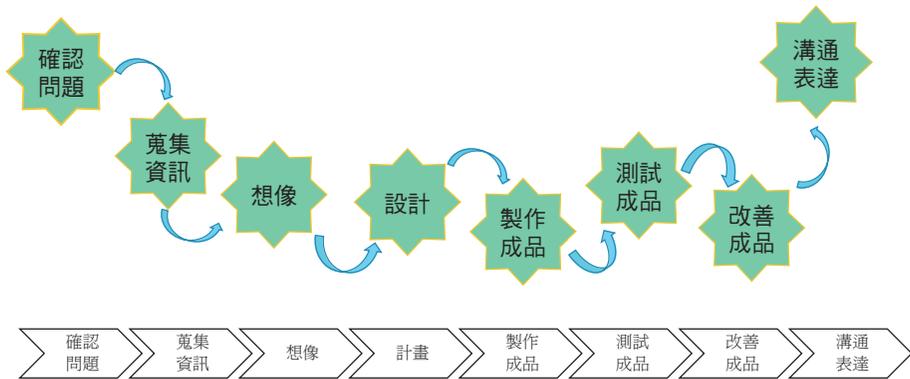


圖 10 工程設計歷程圖

資料來源：Cunningham（2009）。

料。分析完資料以後，確認之前的假設，然後依據測試結果改善成品，最後進行溝通表達。進行溝通表達之後，又會激發下一個工程設計的歷程。所以工程設計的歷程是一個遞迴的歷程。除了大的遞迴之外，每一個階段也可以進行來來回回的遞迴工作。這就是將探究融入工程設計的歷程。我認為對於未來落實十二年國教課綱跨領域的課程，此種模式推動 STEM 與探究比較有所關聯。

## STEM 師培課前的活動準備

STEM 師資培育課程的準備，當我們在規劃這個課程的時候，每一個活動的設計花費一學期的準備、討論與試作，我們研究團隊幾乎是每個禮拜都在討論。活動設計的人員，包含工教背景與科教背景的高中老師，程式設計的老師具備數學背景、化學背景的老師、生物背景的研究生，還有科教研究學者，我就是科教研究學者。當我們在進行多次討論的時候，我們要去搜尋許多的生活議題，且此生活上的議題需要具備兩難情境，其實這個部分對很多的人來講，會是一個非常大的挑戰。接下來我們在布局的過程當中，要符合剛剛前面的 E<sub>i</sub>E 歷程，我們也是花了

許多的時間進行討論，甚至當活動的難度很高時，我們要思考如何降低活動的難度。所以我建議未來進行 STEM 教學活動設計的過程中，必須非常理解 STEM 教學流程，我們要定義幾個類型的 STEM 教學流程。此外也需要很理解課綱中學習表現目標的專家，來領導團隊的人員進行設計，否則我們進行大量的國中、國小或高中課程推廣的時候，會亂了套，不知重點放在哪裡。換句話說，我們需要有一些的 STEM 教學範本，讓大家能夠依循一些方式執行。等老師們都領悟了 STEM 的精神對科學教學的幫助之後，再進行教學的變化與改良。

## 未來 STEM 課程推廣需思考的議題

第一是找尋議題，其實不是很簡單，因為議題要融入很多的知識、技巧與能力，也將是未來在學校推動 STEM 課程的挑戰。第二，對於師資培育的教授，我本身就在教授師資培育的課程，國中小教師在推動 STEM 課程當中，需要大量的學科專家支援活動的設計，以及課程的專業知識講解。舉個例子，我雖然有自己的研究團隊，但是對於更先進的物理、化學的知識，並不是我一個人以及我的團隊能夠解決的。如果有一個跨領域的智庫群，透過這些智庫提供任何上 STEM 師資培育課程的老師大量資訊的參考，則教授們在進行 STEM 課程過程當中比較好融入各學科知識。第三，執行與設計 STEM 活動的老師，需要有海沙般寬廣的心。因為我長期執行這些的活動，我訓練自己不要固定自己的想法。我自己需要像海綿一樣，吸收很多新知識與資訊，並接納學生的挑戰以及其創新的成品。至於國中、國小和高中老師，他們過去的培訓應該非常學科領域導向。要吸引他們願意進行 STEM 跨域的教學，一定要讓他們透過 STEM 的活動中先得到樂趣。我覺得臺灣科學老師最大的缺憾就是從小到大欠缺在生活中親身體驗科學的生命經驗。像剛剛黃老師在小時候能自己製作風箏，其實是很幸運的，可以在生活的經驗中創造樂趣，但並不是所有的人，特別是在當今科技發達的時代下，人們跟大自

然愈來愈脫鉤，在此環境下成長的國高中小科學老師，他們不見得習慣用全方位觀點來進行學習。所以我認為一定要讓老師們自己有 STEM 活動的生命經驗，體驗參與活動的樂趣，還有體驗到需用到哪些的能力來完成，才能夠透過這些的活動去凸顯未來課綱的精神。

表 4 是進行科技部（現為國科會）的計畫（段曉林、靳知勤，2019），在彰師大的師培課程跨領域 STEM 課程設計的課程。此課程可以看到文學院有 72 位；社科體院 33 位，特別是體育系的師資生；工學院 13 位；管院 22 位；理學院 49 位；科技學院 15 位；教育學院 10 位。所以有許多非 STEM 領域的師資生，願意進行跨領域的學習，反而是 STEM 領域的學生不會覺得 STEM 活動特別吸引人，可能他們本身就有很好的學科背景。我們的課程設計如何融入非 STEM 領域的師資生，讓他們進入到 STEM 的領域，體驗到其實 STEM 無所不在，而且是每個人都可以參與的，我覺得是未來師資培育的教授所遇到的挑戰。我想大家一定很想要知道，課程結束後 STEM 學科背景與非 STEM 學科背景的師資生，會有顯著差異嗎？

表 4 參與跨領域與實作 STEM 課程師資生（109 年上學期至 112 年下學期，N=214）

學院	類別						總計
	男	女	大學部	研究所	在職專班		
文學院	30	42	54	16	2	72	
社會科學暨體育學院	15	18	23	9	1	33	
工學院	11	2	10	3	0	13	
管理學院	9	13	17	5	0	22	
理學院	32	17	44	5	0	49	
科技學院	14	1	9	5	1	15	
教育學院	1	9	7	3	0	10	
總計	112	102	164	47	4	214	

資料來源：段曉林、靳知勤（2019）。

我們的師資生有 71 位理工的學生，123 位非理工的學生，經過一學期 18 周 STEM 教學後，整體師資生在 STEM 本質的覺知，2 組的學生都顯著提升；STEM 教學前的準備，2 組師資生都顯著提升；STEM 課程的設計，2 組都顯著提升；只有 STEM 教學活動的進行此向度，2 組才有顯著差異，有 STEM 背景的師資生優於非 STEM 背景的師資生。至於對 STEM 教學成果的期待，2 組師資生也沒有顯著的差異。這樣的結果，我們發現不論師資生的學科背景為何，真的可透過教學使其具備 STEM 教學知能。我們發覺非 STEM 領域的師資生，他們與 STEM 主修的師資生都對於 STEM 活動有參與的興趣。當然另外一個原因，會造成他們表現這麼好，也可能是因為我們所設計的活動是以國中的科學領域為主。這些師資生過去所學應具備基本的背景知能。

在我們 STEM 師培課程設計中，我們會教師資生如何進行教案的撰寫，接下來我們會實施 3 個 STEM 活動，基本上科學內容是國中生的程度。師資生進行每一個活動完以後，接著他們需要轉換角色，由學生轉換為老師，設計前兩周所進行的活動，如何成為教案。為什麼要如此規劃？因為我們要增加師資生的生命經驗，讓他們對 STEM 的歷程印象深刻，而且要讓他們體驗如何用 STEM 的方式來進行思考，開發他們的潛力。最後，各組師資生設計他們的 STEM 期末報告。

在此舉一個我們在課堂中所進行的 STEM 活動。我們提供的情境如下：有一位男大生擁有一個 3 坪的臥房，他只有 7 萬元來進行裝潢與買家具。室內空間一道門、一扇窗，且家具須包含一張床、一個床墊、一張書桌、一把椅子和一個衣櫃，這是最基本的要求，剩下的錢可購置其他的物品。第一周每一組的師資生需用平面圖規劃他們要如何地進行設計以及家具的擺放，他們也要上網添購要買的家具與相關物品。第 2 周師資生需要用室內設計 APP 將其平面設計的內容以 3D 畫面展現給全班。第 3 周則須購買教師所提供的材料，將其室內設計的模型製作出來。

圖 11 是馬來西亞的老師設計的，這張床掀開來還可以放很多東西。所以透過實體模型就可以檢核師資生在設計時的精確度，而且這些模型



圖 11 馬來西亞在職教師室內設計模型範例

一定要按照一定的比例規劃，製作出來他們所要的成品，這就是室內設計的範例。此活動不但要動手也須動腦，知道比例尺的概念，也知道精確的好處。最後，如何規劃室內設計所需花的錢，例如，漆油漆一遍還是漆 3 遍？要不要批土？工人的錢要怎麼計算等，我們就可以知道他在思考上是不是夠精確與細緻。

## STEM 教學的反思

由於非理工科系的師資生修課人數眾多，我們的活動設計難易程度在國中階段。也因為非理工科系的人，他們心裡有非常多的障礙，他們想學可是嘴巴說不出他們的困難，此時教師要去體會他們的困難，以及要提供他們非常大量的鼓勵，這是我們這幾年所學到的。許多師資生，對自己所學的科目，從來沒有反省檢討所學科目本質的機會，所以他們要講出自己的學科特質、本質還有其他的優點，其實是不太會表達，都是要透過老師大量的給他們提示，他們才可以說出一些。我覺得教師需要不斷的提醒師資生，他們可以發揮的場域與議題，讓他們有自信進行

學習。接下來，透過跨領域的小組互動，讓他們彼此學習、彼此教導，是一個很不錯的方式。但是那些有學習焦慮的非 STEM 領域的師資生，其實他們的焦慮是不會表達的。我覺得老師真的要細心，知道他們真正的需要，幫助他們去尋找相關的幫手。我覺得透過科技，可以把很多的專業知識，用簡易的方式，像影片的方式放在網站上。建議以後教 STEM 師培的老師，可以建立一個非常好的網站，讓學生常常在網站去找尋相關的知識與能力，我相信師資生日後還是可以很喜歡進行 STEM 的研究。至於一些非 STEM 背景的師資生，他們學完課程之後，知道自己的知識、能力在進行 STEM 學習時的不足，所以他們已經摩拳擦掌，決定未來再進行 STEM 活動的時候，跟其他領域的老師合作達成他們的目標。

## 以終為始，為永續臺灣而做的 STEM 教育

黃天麒：這次我想與各位分享的主題是「以終為始，為永續臺灣而做的 STEM 教育」。STEM 教育在臺灣發展已久，許多優秀的教授在學術上取得豐碩成果。然而，在教學現場，特別是技職教育領域，我們需要思考的問題還有很多。面對技職學生，特別是他們畢業後投入職場的發展方向必須被社會所重視。

我認為臺灣目前面臨兩個嚴重難題，難以迎刃而解。首先是少子女化，這不僅會影響各學齡段的學校發展，還對臺灣整體人口結構產生深遠影響。其次是各行業普遍缺乏人才，特別是以科技島著稱的臺灣所重視的資訊科技產業。這 2 個問題對臺灣的未來經濟和產業結構可能帶來嚴重衝擊，也可能會造成臺灣整體經濟體的萎縮。以前產業要的是人才，後來慢慢「才」不用了，只要先有「人」就好。新聞標題寫得會比較聳動一點，例如，臺積電他們這幾年也為缺工問題所苦，在許多新聞報導中，都有所見臺積電打破以往徵才的原則，在市場上積極搶人才。我一直在思考，是否可以透過 STEM 的理念和方法來尋找解決方案。再

來對於少子女化的問題，臺灣近年來也有相應的生育補助政策，不僅包括試管嬰兒的支持，還有針對女性凍卵的相關補助。這些補助政策背後的專業技術其實都是在 STEM 的範疇中，似乎是試圖以 STEM 的方式來緩解臺灣面臨的少子女化問題。這些技術推動政策，讓許多女性即使面臨各種辛苦，依然視生育是一個重要的決定。

## 永續 STEAM 教育應強調社會議題共感性的培育

與各位前輩在這個平臺上進行有意義的對話，讓我惶恐萬分。但透過黃老師和段老師的分享，我感到安心，因為我發現我們的一些觀點和思考有共通之處。我覺得在 STEM 教育的過程當中，除了這些學科的基礎知識培育以外，這個是屬於基礎教育，從小學、中學、中學到現在大學，當然我們都有 STEM 教育，不管是政策的支持，或者是很多經濟資源的補充，我想在基礎教育的這一塊，臺灣在過去 10 年當中，STEM 已經做得很不錯了，但我們要如何讓臺灣能不要被剛剛這 2 個問題侵蝕的很嚴重呢？其實我常常在思考一個問題，就是臺灣為什麼會面臨到這 2 個問題，為什麼會少子化？為什麼會產業缺工？這不是突然間發生的問題，這是個溫水煮青蛙的現象，當我們現在驚覺這個問題，已經沒有辦法解決，檢討是誰該為這些問題負責任並非當務之急。我們都是活在這幾個世代的臺灣人，希望可以為永續臺灣進一份心力。第二是共感性的培養，要讓受 STEM 教育的這些學子，在受教育的過程當中，能夠跟一些社會的實際議題產生共同感受，剛剛黃老師提到同理心的培養，非常重要。如何做共感性的培養、同理心的培養，可透過一些教學策略，例如，探究式的學習，或是戶外教學等，真的走出課室外，去看到這些真正問題的存在。當然還有很多學習理論是可以運用，例如，經驗式學習理論與情境式學習理論。共感的培養是發展組織思維的先決條件。我們身為臺灣這片土地上的居民，生活與生存的各個方面均受到周遭環境的影響。從解決個人問題出發，我們逐漸轉向解決組織層面的問題。目

前臺灣面臨的2大挑戰，即是組織性問題的體現。如若當下不予以解決，後代將面臨更加嚴峻的人口減少與老化問題。因此，在整個教育與培養過程中，重要的是使學習者意識到這些問題的存在，從而培育出解決問題的意圖。只有具備了這種意圖，我們才能有效地連結到實際行動。因此，圖 12 所展示的是一個有程序性的脈絡。

本次提綱提到問題解決，恰恰對應我最近一篇研究當中，所提出來的問題導向議題式的教學。我覺得議題式的教學是在探討 STEM 教育能否成功很重要的一種教學方式，在這篇研究中，我們提出了一個議題導向教學的結構框架，詳見表 5。這篇文章也通過實例來具體闡釋這一框架。該框架包括從基礎知識層面到公民責任層面的多個階段。這是一個逐步深入的過程，如圖 12 所展示。在基礎教育階段，我們著重於學生對學科基本概念的理解，這是框架的初始層次。接著，在議題覺知階段，我們強調學生對特定議題的深入理解，包括進行調查和評估，以及作出個人決策以解決相關問題。目標是提高學生對這些概念的覺知和理解。我們的方法鼓勵學生逐步發展更高層次的思考和問題解決能力。舉例來說，學生會從研究問題和進行評估的階段進展到環境行動技能的層次。這種框架式的教學方法旨在有系統地提升學生在 STEM 領域的技能和理解。

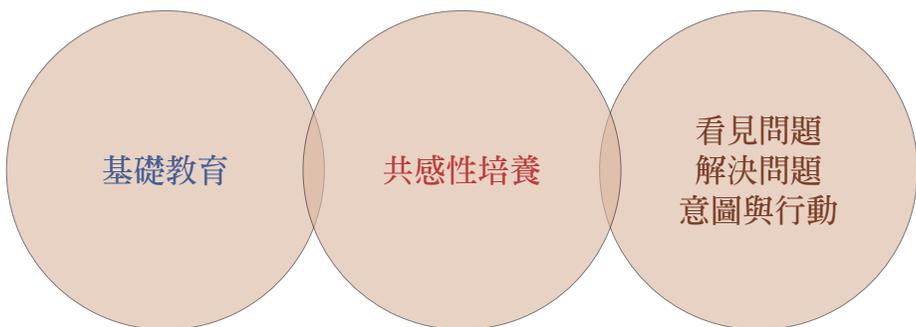


圖 12 STEAM 教育脈絡

表 5 問題導向議題式教學層次設計

類別	議題教學目標階層		
目標	層次	內容	層次
一	基礎層次	提供學者認識與調查環境的知識，包含議題相關的基礎學科以及社會研究等內容。	學科基礎
二	議題覺知層次	增加學習者對議題本身的概念認知，同時也包含了解經由調查、評估、個人決策、公民行動，以及解決環境議題的需求。	概念覺知
三	調查評估層次	提供學習者調查議題與評估替代方案以解決這些議題所需知識與技能的養成，他同時包含讓學生參與議題調查的一些過程，包含資料蒐集、解讀詮釋，以及溝通。	問題研究與評估
四	公民責任層次	引導學習者發展與運用所學做出負責任的決定與採取正向的行動以解決環境議題。	環境行動技能

在這份研究中，我們將問題導向議題探究分為 4 個層次，並將其置於 STEAM 教育的橫向構架中，如表 6 所示。近年在臺灣，永續發展目標（Sustainable Development Goals, SDGs）在教育領域的發展蓬勃，目前許多教學實踐已經與 SDGs 及實際世界問題相結合。以 SDGs 之永續城鄉目標為例，其在環境問題的教學中具有重要性。例如，腸病毒等環境問題與 SDGs 的關聯性日益增強，這反映了當前社會中兒童面臨的健康威脅。病毒問題（如：流感、大腸桿菌等），不僅呈現了科學與技術應對措施的必要性，也凸顯了相關產品和技術的市場需求。

我們針對不同年級階段的學生，提供了針對性的 STEAM 教育內容。以低年級為例，我們在科學教育中融入了對 SDGs 永續城鄉目標的實際生活應用，例如，通過實地考察和記錄廟宇等文化遺產，將學生從課堂帶入真實環境。在科技方面，學生可利用數位工具進行數據記錄和訊息處理。對於工程學習，我們鼓勵低年級學生觀察建築結構並參與簡單的工程模型建造，從而提升他們對公民責任的認識。

表 6 STEAM 導入 SDGs 問題導向課程學習模式

問題導向議題 探究	基礎層次	議題覺知層次	調查評估層次	公民責任層次
STEAM 教育				
科學	以不同 SDGs 真實世界問題內涵導入			
技術				
工程				
藝術				
數學				

此外，我也透過申請國科會的整合型計劃機會，進一步持續發展 STEAM 教育。我與各個子計畫主持人著重於透過永續發展教育教學法，培養大學生的產業導向高層次思維。這項計劃將涵蓋不同學科的課程改革，並由不同學校的主持人共同參與。透過這一計畫，我們希望提供政策制定者有用的科研成果。

綜合以上，我也必須強調在師資培育中強調 STEAM 跨學科合作的必要性，並提出了改善基於問題解決和項目為本學習（PBL 和 PjBL）評量方式的建議。同時，我們提倡加強批判思維能力的培養，並在課程中保留基礎科目的同時，增加 STEAM 跨學科選修課程的彈性。此外，鑒於技職教育與產業的緊密聯繫，學校應與產業密切合作，開設 STEAM 夏令營或推廣課程，以提供學生實際體驗和解決問題的機會。

## 以數學為核心之跨域 STEM 實作教材、課程設計

賴以威：我服務於師大電機系，同時也是數學教育中心的組長，以及教學發展中心的主任。其實張老師邀請我參與本次論壇，我非常的惶恐，由於我不是教育相關背景，是電機系的背景。我在師大的這幾年內，一開始執行科普的計畫，集結了幾位夥伴，我們覺得希望能夠一起去做更

有意義並持續永續性的推廣，所以成立新創公司。專門在做以數學為核心的、跨領域的、STEM 的實作的教材與課程，其實我自己並沒有太多的理論基礎，所以在做的過程中，有些是自己跌跌撞撞在摸索，很希望這次的分享，請各位師長們給我們一些建議與指導。我從產業面的角度來分享，我們團隊用各種形式做 STEM 的推廣，比如 2022~2023 年環遊世界數學展，透過世界各地的景點，用埃及的數字、巴黎聖母院窗花的對稱，以及臺灣花磚的對稱等。我們盡可能把這些不同領域生活中的知識、數學及科學做連結，用展覽互動機臺的形式做出來，這幾年來在臺灣各地做巡迴，累計超過 10 萬人次。同時我們也跟花蓮縣政府合作，有一次到花蓮縣政府做展覽的時候，他們覺得這個很有趣，可是國外的景點對花蓮的孩子來說可能太遠，能不能夠以在地的文化做另外一套展覽，所以就開發用原住民的編織、圖騰、大理石的紋路等方式，還有富里米花蓮的農特產，辦理 2022 年花蓮數學有感動手玩的數學巡迴展。我們其實開發很多教材與課程，目前為止我們已經做了 12 組 STEM 手做的課程，包括塗鴉機器人、AI 人工智慧、高爾頓板、立體迷宮、都市規劃、正四面體風箏、曲線刺繡、萬花筒、伊斯蘭燈、單弦琴、密碼筒、萬年曆。可能每一個看起來都跟數學沒什麼關係，但我們實際在操作的時候，都像上數學課。以正四面體風箏為例，因為我的研究領域是無線通訊的晶片設計的演算法開發，當初我在讀通訊資料的時候，研究通訊的科技史，意外發現電話之父亞歷山大·貝爾，他發明電話之後，下一件事情是挑戰飛行。20 世紀初人類正想要飛上天空（如萊特兄弟），貝爾也想要做這件事情。他覺得用大型的風箏為出發點，如果大型風箏做的夠大的話，可以把人載上去。但是當時的大型風箏都是箱子的形狀，像現在宅配箱子的長方體、立方體。貝爾覺得不夠好，就物理學上的結構，角度不夠穩定，但是正四面體，三角錐的形狀，就是穩定的形狀，而且在工程上是好製作的。他的材料比較少一點，布料用得比較少，符合工程價值的結構，因此，他就做小正四面體風箏，組合大概 3 千多個風箏，最後真的把一個人載到空中，應該十幾層樓高，而且飛 2 公里左右，順利落地。

當時這樣可載人的大型的風箏，其實是貝爾所提出來的飛行器雛形，後來雖然輸給萊特兄弟，未採用他的飛行器架構，我覺得這是很有趣的探索過程。他從箱型風箏改良到正四面體風箏，正四面體一個個往下做，其實有各式各樣的堆疊的方式與規律。數學就是用來描述規律的語言，捕捉科學後面的規律，所以我們就變成課程，比方說1層做1個，2層的話，就是立體，所以3加1變成4，再來就愈來愈多，是倍數的概念，其實與碎形數學是很有關聯性的。一開始有這個想法之後，我自己有在拍 YouTube 影片，我們就做一個風箏去飛，之後很多中小學老師就開始，在自己的班上做測試，他們做完後，發現風箏飛不起來，就找我們幫忙偵錯 (debug)。可能用的布料不對，或風箏沒有綁好，或用的吸管太粗了，用珍珠奶茶的吸管也不太對。後來我們想說乾脆自己去尋找材料，所以我們去永樂市場找比較好用的布料，甚至討論整個製作過程，讓老師們可以在更有效的時間內做完。我們也盡量去取捨，如果變得非常套件，就好像只是在組裝變勞作課，可是我們希望依然保有科學、數學討論的內容，所以花了蠻多時間去做討論。其實去年就在推廣這樣的企劃，並與臺北科教館合作，由1,024個小風箏組成的大風箏，我們大概花了整個暑假在做這件事情，約6公尺左右的大風箏。我們一起合作的小學生或國中生，他們做完之後簽名，讓他們做2個，一個可以帶走，一個留下來貢獻在大風箏上。後來還吊起來，真的還滿壯觀的，還有百萬等級的網紅都來拍影片。

我們團隊從2020年開始嘗試做教材還有課程開發，慢慢摸索出一個流程如圖13，可能一開始會先發想一個主題，通常是我自己來發想，因為我很喜歡看一些很奇怪的科技史，或者一些有趣的科普文章，想說這個東西能不能變成手作的主題。之後再找一些相關的文獻，例如，風箏飛行，人類自古以並不是有貝爾的風箏才想要飛，更早的時候，可能有熱氣球，那又是怎麼樣的，就是很有趣的物理現象。然後探討當初熱氣球上去的時候，其實放了一隻羊、一隻鴨子及一隻雞，為什麼要做這件事情？這裡面也有一些討論的部分。再來，可能就分成兩個團隊，我

們團隊裡面有兩個組，一組是 4 個設計師，包括臺師大設計系的講師，所以就帶領著組員們製作這樣的材料包，然後製作完之後，回來跟我們的 STEM、數學課程開發的教師溝通討論。我們團隊現在大概有 5 位教師，包括從小學到國中離開學校，加入我們的教師，或是以前學校的數學相關研究員，也加入我們團隊。接著討論變成太勞作不行，我們必須要有些教學意涵，所以不能做得這麼完整。然後再做第二部分，這個比較現實面，我們必須要把成本往下降，所以會有詢價的部分，最後完稿，還有手做定案。圖 13 上半部，由 5~6 位教學的教師們，他們會根據我所查的各式各樣的資料設計出課程大綱，然後發展教案。接下來，我們會請鄰近的小學生來這邊，然後我們示範給他們看看，他們回饋如何？是否能夠吸收這些知識？如果覺得太難或太簡單，我們就做調整，最後做課程的驗收。例如，我們想去復刻畢達哥拉斯，他發現鐵匠敲不同的鐵條會發出不同音階，所以就發現音階的高低與鐵條的長短有關係，進而用最簡單整數比制定音階的概念。後來展示的時候，他是做單弦琴，所以 2000 多年前畢達哥拉斯做單弦琴，讓學生拉哪裡才是 Do、Re，所以他必須計算比例才能夠真的彈出聲音。後來這個課程我們與國中音樂班合作，他們就可以做出重奏，真的非常厲害。其實有滿多好玩的部分，我們開發的時候，常常發現好像這個聽起來很簡單，但實際做的時候發現，比方說我們這邊都是用紙材做的，彈不出聲音，有時候聲音不夠大，可能是共鳴箱不夠大，或是共鳴箱的孔把它開在這邊，一開始可能開在別的地方，聲音也進不去，所以要不斷的反覆，做一些實驗測試。我覺

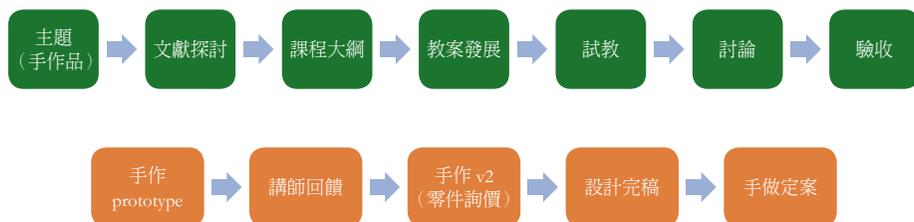


圖 13 教材開發流程

得整個教材使用的時候，是 STEM 的課程，但是在教材開發的過程，也是非常有趣討論的過程，所以我們會把我們查的資料，整理成像是小課本的概念，把它寫成文字，然後一些數學的知識給教師們一併分享，還有手作的步驟，也讓學生們知道該怎麼做，以及計算音階的部分。另外，這是高爾頓板，就是達爾文的表弟高爾頓爵士，他發現常態分佈的概念，用彈珠臺來做，在美國國家數學博物館有在賣，大概美金 30 元，非常精緻。可是我們想說要讓小孩子做，就用簡單的版本做出來，其實最後倒出來的結果會符合常態分布，中間愈多兩邊愈來愈少。重點在於，每一根釘子的間距必須要跟彈珠的寬度是一樣的，彈珠的數量也是必須經過統計的計算，所以要有幾顆彈珠才能有顯著性，都必須要經過精密的計算才能夠做出來。

人工智慧部分，1960 年的科學家 Donald Michie 所做的很有趣的科學展演，那時候 Donald 想要證明人工智慧是做得到的，可是他沒有電腦，那個時代的電腦沒有那麼發達，所以他發現圈圈叉叉我們都知道，按照既定的邏輯，至少不會輸，可是這個既定的邏輯，其實不需要人來思考，或者我們在玩的時候，你就知道第一步對手下中間，第二步你就會下角落就不會輸。這個過程他把整個思考的任務都轉包給 304 個火柴盒子，每個火柴盒就是一個殘局，裡面有很多個不同顏色的珠珠，代表接下來的圈圈或叉叉該下在哪個位置，都是隨機去搖，然後搖出來之後，照著火柴盒子的指令去下棋。可是只要輸的話，我就把那些害我輸掉的珠珠丟掉，這就是資訊學習裡面，我們因為犯錯，所以會被取消這個可能性，可以想成樹狀圖，有些路線到最後會輸，就把那些會輸的路線都擦掉，就是把珠珠丟掉。不斷的訓練之後，我就能夠去戰勝人類，或跟人類圈圈打平，我覺得是很有趣的活動。因為需要 304 個火柴盒子，可是那個小孩子玩太花時間了，我們簡化成 20 幾個左右，然後參考 Martin Gardner 所寫的一篇論文。我們還會講很多相關人工智慧的故事，比方說在格列佛遊記出現人工智慧，GPT 自動選字的文字生成機器。或是在拿破崙時代，做出土耳其機器人的裝置，當時人們都以為跟

AlphaGo 一樣厲害，最後被證明是魔術，是棋士躲在裡面下棋，但爲什麼能夠騙過幾 10 年，連拿破崙、班傑明富蘭克林都被騙，巴貝奇都跟他下過棋，到底這個背後有什麼樣的歷史故事，我覺得也值得跟孩子們去分享，讓他們知道科技並不是冷冰冰的。科技畢竟是人發展的，背後都有一些很有趣的故事。我們都是以數學爲何核心，盡量跨不同的領域，可是我們希望是以數學爲核心，用數學作爲語言去解釋各個現象、科技、自然的知識。以知識傳播、科普知識爲傳播的課程活動，其實是有可能在這個時代被愈來愈多家長看見而支持的，也很期待我們團隊可以之後可以繼續做，遇到錯誤自己去修改。未來有機會的話，讓我們把這樣的活動做得更好，甚至可以再更連結回來，與學術圈有更多相關的研究與討論。

## STEM 課程如何落實在未來高國中小學的課程中

張俊彥：諸位教授的背景非常寬廣，其實我們都有很特別的生命故事，下次應該辦研討會來分享生命故事，說不定對學生很有啓示。因爲我們來自各種不同的領域，可是每個人的精力在 STEM、STEAM 或 STREAM，R 是閱讀（reading）或機器人學（robotics）。STEM 名詞大約是 1990 年代，2001 年初在美國 NSF 原來是 SMET，後來有一位生物學家改爲 STEM，這樣比較好念，之後全世界開始風行。我提出 2 個問題來討論，第一，從 2001 年美國提出 STEM，全世界開始這樣做，會不會認爲 STEM 只是流行的名詞，也許流行到 20 年之後呢？大家覺得根本不可行，又回到各科做自己的事。第二，在接觸 STEM 一段時間之後，如果我們認爲 STEM、STEAM 或 STREAM 是跨領域的，非常適合現在新一代的學生學習，這樣的學習方式是要另外開一門課 STEM 專門課程，強迫做跨領域，例如，高中自然科學的探究與實作，課綱提到探究與實作，最少整合兩門科目。從 K-12 的 STEM 教育，維持各科數學、物理、化學、生物、地科、科技分開教，但是有一門獨立的

課程 STEM。還是國中小學應該想辦法在沒有升學壓力之下，完全是以 STEM 跨領域的內容為主？作為下一代的學習方式，當然我知道這是非常革命性的挑戰，但是我想要聽聽各位教師的看法。請從自己的過往學習經驗分享，我只是提出這 2 個議題讓大家討論一下，但是如果各位教授針對專題演講或與談內容有任何問題，現在也可以提出來。

段曉林：謝謝張老師的幫忙，我才能夠在 2018 年赴德州大學奧斯丁分校 STEM 中心參訪 3 個月，也順道拜訪美國許多 STEM 中心，回臺後，開設 STEM 師培課程。所以問我 STEM 是不是一個流行的科目，我覺得是整個人類的課程演化過程當中，必然會走的趨勢，STEM 是不會退流行的，它已成為未來的教育方向。我閱讀本次論壇的計劃書，推測此次論壇可能是為了下一次新課綱的改進而進行的。從全國推廣的角度，我覺得高中的彈性課程已經夠了，因為彈性課程可進行探究導向或跨領域的導向的教學。至於國中、國小的階段，我們是不是比照高中的彈性課程找出相對應的課程，或者是社團的活動等，去進行推廣，STEM 教育的效果仍可發揮出來的。我也注意到其實在臺灣非常能夠接受新資訊，學習新知識的能力也非常的快速。在非制式的情境中，社會上已經進行了許多的 STEM 教育的推動。未來在新課綱的部分，在一個所謂開放或是彈性的課程裡面去推動 STEM 的活動是可行的，也可在既有的學科課程中如入 STEM。但是重點是，任何課程的推廣，師資很重要，教師們一定要有足夠的學科知識以及對 STEM 教學的理解。期盼未來 STEM 的課程推動，一定要先將教師培育好，如此方能達到預期的效果。

張俊彥：段老師的意思是，原來的數學、物理、化學、生物、地科本身，還是應該保留一定的架構與時數。另外，每個科目想辦法融入其他科目，比如賴老師提到，數學核心可以應用在不同的領域，等於融合別科的內容多一點，彼此就有連結，而不是完全以 STEM 作為跨領域的架構。

段曉林：是的，因為我們每次在課程推廣的過程當中，對於那些沒有預備好的老師（學科知識以及對 STEM 的理解），或者是自信心比較弱的

教師，他永遠會把新的課程當成知識來教授，但是其實不管是 STEM 或 STEAM 都是一種學習的策略與方法，如何讓這些教師預備好所需的知識，則不管是哪一個學科領域，只要教師們能有自信地不斷學習新知，且進行跨域的學習，其實進行 STEM 的教學沒有想像中的困難。

林豪鏞：我一直在找相同頻道的人，我算是人格分裂的人，但這種人並不多，要遇到不容易。少數有遇到，所以我們在推 STEM 的時候，有某個程度是假設這個人類需要擁有邏輯思考的能力，或是準備學習邏輯思考能力的想法，我覺得是可以討論的哲學。如果這些人永遠是發散式的思考，他可能可以成就更多的事情，這是我常在想的事情，我也是贊成，不需要另外開一門課來做這件事情，而是把這樣的訓練融入在不同課程進行。總之，一樣的米養百樣人，所以我們要讓每一種人適性發展，沒有辦法讓每個人都可以做很多事情，很多人都只做專一的一件事情，所以我不會要求我的學生跟我一樣，什麼都做，又寫程式又會畫畫。

黃悅民：我還是回歸到 interdisciplinary 的 inter 是非常重要的，在 STEM 每個領域是不應該單獨存在的，也就是說，這個領域和別的領域重疊的觀點是什麼？例如，為什麼要用這個科技？對我來說，在某一東西來講是一種工具，為什麼要用這個工具？如同我剛剛提到科學的假設一樣，我們不應該直接告訴小朋友答案，你要問他為什麼是這樣？你的看法是什麼，為什麼要用這個工具？為什麼工程的流程是這樣？現在市場有賣 STEAM 的套件，當然工程流程都寫好了，可是對我們小朋友來說，我們應該考他說，為什麼會這樣寫？為什麼這個步驟是這樣做的？而不是按照這個步驟組一組，就是 STEM 的實驗。應該思考組裝元件的時候，或是在做實驗的時候，在工程的過程用到這個科技。我們用數學來表達，可以導出歸納公式，對於學科學來說的話，是非常的重要。例如，放風箏，請問小朋友放風箏是仰角好，還是水平角度好？角度與飛行有沒有關聯？這是基本的流體力學。以前小時候在玩風箏，為什麼要拉著風箏跑？為什麼要讓風箏的底部吹到風？某種公式（equation）的存在對小朋友來說是超過他們可理解的，就告訴他們簡單的原則，我一

直覺得 STEAM 要多啓發小朋友的好奇心、疑問，而不是理所當然就是這樣，他就不會去思考，就不會出現發明家。如果認為理所當然，我們就培養不出偉大的科學家，所以在實驗的推廣教育，請不要讓小朋友覺得什麼都是理所當然。

黃天麒：我認為臺灣的 STEAM 教育不應該是再創一個新的科目，把它整合在一起，而且臺灣教育界，實際能夠將 STEAM 進行統合性教學的人才很少，所以還是就我們現在的這個教學樣貌，再加強老師在專業性的補充，當然連結我前面所分享的內容。我覺得議題式，以及生活時事共感性的培養，應該要在科目當中多加強。例如，麥當勞最近推出鰲龍蝦堡，一個販賣 300 多元，套餐甚至超過 400 元，這樣一個與民生相關的新聞與行銷手法，背後其實有很重要的商業目的與行銷策略，包括創造話題、品牌差異化以及精準的市場定位。我注意到，透過將產品定位為高價位且限量供應的方式，麥當勞成功地吸引了公眾的注意力，並以此創造出討論熱點。這不僅提升了品牌的知名度，還增強了麥當勞在創新和多樣化菜單選擇方面的形象。此外，這種「飢餓行銷」策略，即產品的限量銷售，有效地利用了稀缺性的心理效應，增加了產品的吸引力。這種稀缺性觀念使得顧客覺得這是一次不可錯過的獨特體驗，進而促使他們作出購買決定。這次銷售活動也可以看作是一種市場反應的測試，麥當勞從中學習消費者對高價位產品的接受程度，進而判斷這樣的產品策略在未來是否可行。最後，在當前的全球通膨背景下，我認為高價格的設定也許反映了成本壓力，包括食材成本、運輸、人力等支出。這再連結回前面所提到臺灣所面臨缺工與少子女化的問題，在教育現場將這樣的真實世界案例融入教學，不僅能提高學生的學習興趣，也能幫助他們建立起批判性思維能力和解決問題的能力。這種跨學科的學習方法對於培養未來所需的多元思維方式至關重要。在這樣的背景下，STEAM 教育能夠為學生提供更多元的知識和技能，以應對快速變化的職業市場。透過實際案例的探討，學生可以更好地理解不同職業的需求，並為未來的職業生涯作出更明智的選擇。

因此，我認為將 STEAM 教育整合進現有的教育體系中，並強化教師在相關領域的專業知識，對於提升學生的綜合素質和應對社會挑戰具有重要意義。透過這樣的教育模式，我們不僅能夠激發學生的學習興趣，還能幫助他們為未來的社會和職業生活做好準備。

賴以威：我特別同意黃老師提到好奇心這件事情，我們一直在做課程推廣，因為我們第一線會跟很多家長接觸，有時候家長會覺得你這麼喜歡數學，如果來這邊上課，數學考試會考高分，變得更厲害，其實並不會。孩子如果來這邊玩，反而沒有時間好好練習題目，可能會被扣分，但是我們希望能讓孩子覺得原來知識的學習這麼好玩。我自己的小孩是 5 歲和 4 歲，他們每天在接觸這個世界覺得很多東西都很好玩，我就跟他們說，其實這是物理化學，或一些科學知識，雖然不見得大家會有興趣，可能再過幾年，就不一定會有興趣，但是他們現在都很有興趣，我很希望能夠一直延續，全臺灣的孩子都能對於知識的學習是有興趣的，我覺得這是非常重要的事情。

## 結語

張俊彥：在 STEM 的跨域整合，教育不僅能夠激發學生的好奇心、創造力，還能培養他們解決現實世界問題的能力。我們在論壇中以多種視角，深入探討了 STEM 教育的多維和深層的價值。這些討論不僅揭示 STEM 教育的當前實踐和挑戰，也為我們提供關於未來方向的洞見。在面對快速變化的全球趨勢和社會需求時，我們需要對臺灣的 STEM 教育進行一次深刻的反思和調整。符應數位化與創造力時代的需求，設計思維、運算思維和高層次思維，凸顯在解決複雜問題時這些思維方式的重要性，我相信這些是學生未來不可或缺的能力。ChatGPT 問世不到一年，我們看到生成式 AI 蓬勃的發展，也在科技和人文藝術如何相互融合，開啓 STEM 新的創造可能性。在論壇中的討論也替未來新課綱提供重要的方向和啓示，大家的意見雖然多元，但共同點在於強調 STEM 教

育的跨領域性以及教育模式的創新。未來的課程建議強調跨學科的整合與應用，讓學生能夠在各科學習中看到 STEM 元素的融合與應用，在現有的學科架構中融入更多 STEM 相關的內容。這種方法有助於保留各學科的基本架構和深度，同時在其中加入跨學科的元素，增強學生的綜合思維能力。同時，在十二年國教課綱的基礎上，持續深化 STEM 的探究與實作，鼓勵學生對知識的學習表現出興趣和熱情。最後，教師專業發展的持續推動也是 STEM 教育持續要努力的方向，教師是將教育政策和學科內容落實到課堂每一位學生的重要角色，有效推行跨學科的 STEM 教育，應有適當的配套讓教師接受適宜的跨領域專業發展。

我相信 STEM 教育的未來藍圖應該基於創新、跨學科整合和實踐應用，我們可以著眼於創建一個更加動態、互動和多元化的學習環境，不僅激發學生的動機與興趣，還能促進他們對實際世界問題的深入理解和解決。充分以先進的科技技術創造沉浸式 STEM 學習，讓學生在虛擬環境中進行實驗和探索，從而加深他們對複雜科學和工程概念的理解。STEM 教育的整合不僅限於課堂內，還應該延伸到實際的社區問題和全球挑戰。例如，學生可以參與設計可持續的城市計劃或開發解決當地環境問題的創新技術。鼓勵學生進行實地學習，與產業專家和領袖合作，從而讓學生觀摩工作的經驗和專業，這種連結現實世界的做法將使學生更好地理解 STEM 的實際應用。為讓更多學生受益於 STEM 教育實現教育均等，開發與建立更多易於觸及和使用的課程平臺，以滿足不同學習風格和能力的學生，例如，線上學習資源整合、AI 互動課程和適性化的學習路徑等。STEM 教育是培養具有學科內涵，以及高層次思考、創造力和問題解決能力的下一代，並且讓學生對學習保持長期的興趣和熱情，這些都將是推動臺灣 STEM 教育邁向新世代人才的關鍵因素。現在臺灣的教育比較擔心考試領導教學，從國小、國中到高中，一直是我們最大的難題，家長會重視升學，學校老師也會倍感壓力的陷入傳統科學與科技教育的窠臼中。我們希望漸進式的慢慢降低考試，當然這是革命性的，也許將來臺灣可以走到另一個更好的境界。

## 參考文獻

- 林豪鏘 (2019)。失眠是一種漸進式——衝突與妥協：鏘鏘 AI 圖像共創計畫。斑馬線文庫。
- [Lin, H.-C. (2019). *Shimian shi yi Zhong jianjin shi: Chongtu yu tuoxie: Qiangqiang AI tuxiang gongchuang jibua*. Zebra crossing.]
- 段曉林、靳知勤 (2019)。提升科學教師 STEM 教學知能課程之設計與成效評估 (計畫編號：MOST108-2511-H018-004-MY3)。科技部。
- [Tuan, H.-L., & Chin, C.-C. (2019). *Enhancing science teachers' stem teaching competency: Course development and evaluation* (Project No. MOST108-2511-H018-004-MY3). Ministry of Science and Technology.]
- Balcitis, R. (2019, June 15). *Design thinking models*. Stanford d.school. EMPATHIZE IT. <https://empathizeit.com/design-thinking-models-stanford-d-school/>
- Cunningham, C. M. (2009). Engineering is elementary. *The Bridge*, 39(3), 11-17.
- Jensenius, A. R. (2012, March 12). *Disciplinarity: Intra, cross, multi, inter, trans*. Alexander Refsum Jensenius. <https://www.arj.no/2012/03/12/disciplinarity-2/>
- Yakman, G. (2008). *STEAM education: An overview of creating a model of integrative education*. [https://www.researchgate.net/publication/327351326\\_STEAM\\_Education\\_an\\_overview\\_of\\_creating\\_a\\_model\\_of\\_integrative\\_education](https://www.researchgate.net/publication/327351326_STEAM_Education_an_overview_of_creating_a_model_of_integrative_education)