

# STEAM跨域課程的設計與教學

國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系教授 張玉山

## 壹、前言—人力發展的概念調整

STEM（科學、科技、工程、數學）教育的興起，當以美國為代表。尤其在歐巴馬總統時，特別訂定政策及龐大預算（例如2017年編列2億美金）（The White House Office of Science and Technology Policy, 2018）來推動STEM教育。簡要地說，美國STEM教育的興起背景，包括科學科技人力的大量缺口、中學生的中輟率太高、學生的學習動機低落、學生所學知識的實用性太低，乃至於新科技時代（人工智慧、大數據、機器人等）的人力素質需要等。隨著時代與政策的改變，STEM教育重點也會有所調整，例如2018年就強調大專以下教育（STEM K-20 Education）的產學連結（學徒制、實習、師徒制、創新創業）與資訊能力的要求（The White House Office of Science and Technology Policy, 2018; National Science and Technology Council, 2018; Thibaut, Knipprath, Dehaene, & Depaepe, 2018）。因此，這些背景及原因，包含學習、教材、制度、以及大環境的發展需要等，也包含被動必須調整的背景以及主動希望改變的因素。

工業與產業變化所帶來的社會變遷，往往主導了人類科技文明。第一次工業革命是利用水力及蒸汽的力量及機械應用，突破了人力與獸力的限制；第二次工業革命是電力應用、生產線、量產，大大提升物質生活，也讓機器生產機器的目標實現；第三次工業革命是使用電子及資訊技術（ICT）來增進工業製造的精準化與自動化。第四次工業革命則是智慧系統的整合，促成高度自動化，例如德國的工業4.0、中國製造2025、和美國製造業振興計劃（維基百科，2019）。在人工智慧的時代，人們應具備4C或5C（溝通協調、團隊合作、解決複雜問題、批判思考、創造力）

的能力（Battelle for Kids, n.d.; 教育部電子報小組，2017），或者是十二年國教的三面九向核心素養。經過彙整來看，也就是跨域能力、創造力、實踐力、學習力。這些能力也是今後人工智慧時代所必須具備的重要素養。

- 一、**跨域能力**：跨越科技與人文的觀點。
- 二、**創造力**：創新與創造性解決問題的能力。
- 三、**實踐力**：設計思考、運算思維、系統思考以及具體實作的能力。
- 四、**學習力**：主動學習的態度與能力。

## 貳、STEAM的核心概念

因應新興科技發展與人力需求改變等，人力發展與培育的觀點一直在調整。由美國國家科學基金會主導，羅德島設計學院策辦的「STEM橋接到STEAM」研討會（Bridging STEM to STEAM: Developing New Frameworks for ArtScienceDesign Pedagogy）聚集各領域專家，凝聚出將藝術與設計思考統合進入STEM成為STEAM的共識（Rhode Island School of Design, 2011）。

南韓有國家層級的機構來推動STEAM教育（Hong, 2019），澳洲也將STEAM進行國家課程的對應，希望融入達到STEAM教育的目標（Australian Curriculum Studies Association Incorporated, 2019）；美國則有喬治亞、內華達、俄亥俄等州大力推動STEAM教育，更提供STEAM的大學課程（Dell'Erba, 2019）。

史丹佛大學的STEAM教育強調透過設計活動以學生為中心、小組教學（team-taught）方式，進行真實專案（real-world project）設計活動，來發展學生的創造力，主要是透過設計學院d.School的運作（Hasso Plattner Institute

## 教育現場 >>>

of Design at Stanford University, 2019; Zehlia, 2019)。哈佛大學從2012年開始執行「透過設計活動的教育」計畫 (Agency by Design, AbD)，強調創客導向學習 (maker-centered learning)，來建立學生的三項核心能力，包括仔細審視、探索複雜事物、發現機會 (Harvard Graduate School of Education, 2012)。

如前所述，史丹佛大學的設計學院d. School 強調以學生為中心，引導學生進行真實專案的設計活動，並以營隊或學分課程來進行 (Hasso Plattner Institute of Design at Stanford University, 2019)。南韓的仁川大學 (Incheon National University) 在南韓教育部及科學與創意基金會支持下，針對高中學生發展STEAM教育的主題式課程，並提出「車輪模式」 (the Wheel Model) 的課程理論 (Kim, 2016)。如圖一。

因此，透過專題導向的、創客的STEAM教育，在終端價值包括：1. 實作的專注與成就感，建立自信。在製作過程中，訓練學生的專注與堅持度；透過作品的完成，提供成就感與自信。2. 創意創業，厚植人力素質：創客最終期望，除了業餘嗜好，更希望培養學生的創意思考、創新能力，啟發創業的種子。即便將來不是創業者，也對自身從事的工作，保持創新能力與動力，解決產業界創造性問題解決能力的急切需求。在過程端的價值，融入於知識探究的探究實作與知識應用的設計創新上面，凸顯在體驗學習、深化學習、及主動學習；從實際體驗中 (如Kolb體驗學習理論的主張)，學生和外界的工具材料與物品，有充分互動，再透過分析歸納省思等思維能力，建構經驗、獲得知識 (如杜威的實驗主義教育觀點)，如圖二。這樣的知識學習是最深刻的，同時也符合Dale經驗塔理論。因此，STEAM教育的重要特性包括以下五項：

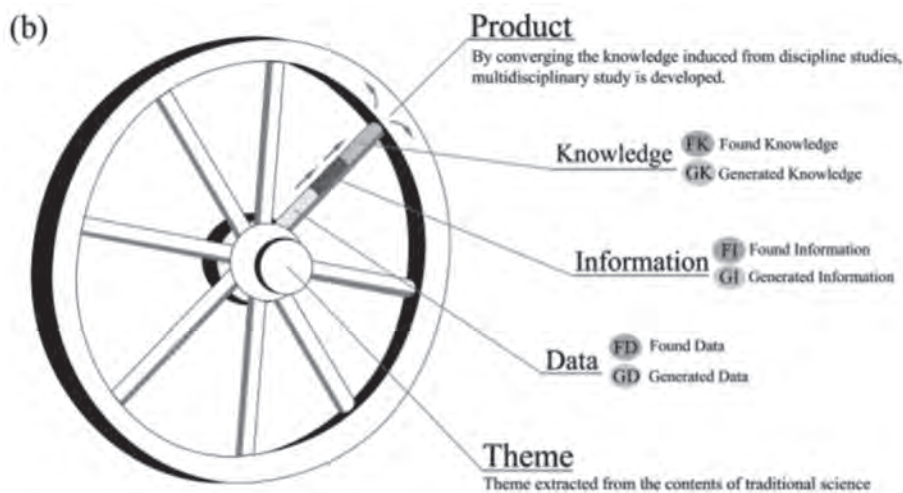


圖1 STEAM課程的車輪模式資料來源：Kim (2016)

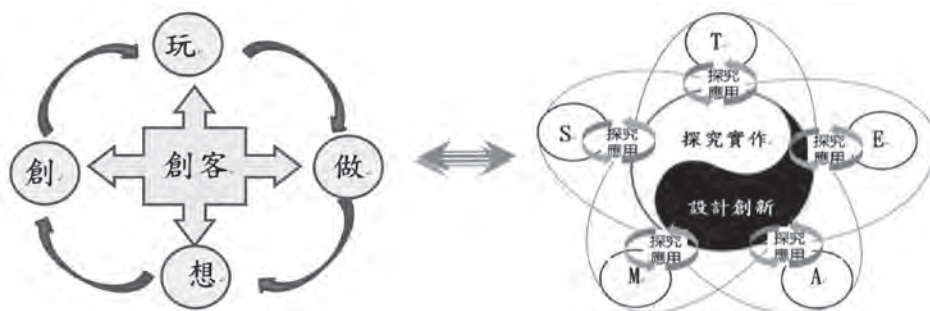


圖2 專題活動與知識建立歷程的互動模式

### 一、與現實世界的聯繫

STEAM以真實世界的問題解決為主軸，是問題導向或專題導向的學習。學習主題是生活中可能遇到的真實問題，因此學生接觸的知識都是生活上，或是真實世界可能發生的問題，例如解決空氣汙染、節約用電等。

### 二、注重學習的過程

設計思考的五大步驟為同理心、定義需求、激發構想、製作原型、實際測試 (Empathize, Define, Ideate, Prototype, Test) (Institute of design at Stanford, 2019)。每一個步驟都是不可或缺的一環，也都各自具有學習的重要性，不只是最後作品的品質，過程中的設計思考都是學習的重點。

### 三、強調實作

實作是STEAM的核心，是設計思考的主軸。在產生問題解決的方案後，必須將方案付諸實施，透過工具與材料，製作出模型、原型、產品或設施，真實地解決問題。

### 四、整合藝術人文的學習

STEAM曾經被窄化地認為，只是將藝術融入到科學中 (Henriksen, 2018)。設計思考活動所要解決的問題，是以人為中心的 (human-centric) 的思考、和人有關的問題。對於設計的結果，也常會以社會人文的角度，加以評估。

### 五、培養問題解決的設計思考能力

透過設計思考的活動，STEAM不只是STEM和藝術的結合 (Henriksen, 2018)。設計是針對問題與限制，研擬解決方案，並改良解決方案，達到最佳結果的過程。透過STEAM知識的應用，以及預測分析，提高問題解決的品質與效率。

### 參、STEAM課程的教學實例

遠勝過單純將藝術融入於科學，STEAM課程具有創造力導向、跨科學習

(interdisciplinary)、真實世界的、問題或專題導向的教學等特性 (Kim & Park, 2014)。STEAM課程的特色包括：

一、**採用專題導向式的學習方法**：採用專題導向或問題導向的學習計劃，在任務達成或計劃完成的引導下，學習到有意義的知識，並凸顯知識的應用價值。

二、**強調真實問題的設計思考歷程**：從情境切入，從人們的需求和任務切入，發現問題，定義目標，直到問題解決與效果評估回饋等，學生習得系統性的設計思考方法 (Henriksen, 2018)。

三、**透過實用與探究，達到跨科跨域的整合**：在專題導向設計思考活動中，透過科目間的連結、融入、或整合，讓各科知識的連結性與相關性，更加清楚。不但強化學習深度，也不斷延伸或擴充知識的廣度。

四、**經由小組專題活動激發合作力與創造力**：專題實作活動可以是個別式的學習，但更多是小組式專題。在小組專題執行中，透過同儕互動，可以激發更多的創新構想，並經由分工與合作，合作能力的發揮，完成更大的專題創作。

以設計實作為核心的主題式課程，是當前STEAM課程發展的主要模式。例如筆者於2019年在東華大學帶領小學現職教師的STEAM教育工作坊中，以公自轉磁力玩具為核心，發展課程內涵的概念圖，規劃出的STEAM五種學科的學習概念，如圖3及圖4。因為國小的級任教師占多數，



圖3 公自轉磁力玩具的作品示例

## 教育現場 >>>



圖4 以公自轉磁力玩具為主軸的單元設計

因此可以由級任教師在公自轉磁力玩具單元教學中，補充STEAM的各領域知識。

另一個更具規模的專題式課程實例是宜蘭縣復興國中的「大使來了」。該主題結合動物園參訪的校外學習，探究目標生物的特性，並以原屬國家的大使造型與國旗等，作為代言的形象，再透過影片拍攝過程（從腳本設計、拍攝、競賽發表等），統合生物科、社會科、生活科技、資訊、表演藝術等科目。透過共備的過程，發展主題式或專題式課程，是國中階段推動STEAM課程的重要策略。如圖5。

### 肆、新課綱STEAM課程設計與教學的實務建議

STEAM強調跨域整合、專題導向、真實情境

的設計思考、合作創新等特性，這些特性不但是新時代人力培育的重要元素，更與新課綱的「自、動、好」宗旨與素養導向目標一致。

在STEAM課程發展方面，首先必須根據新課綱的學習表現與學習內容，提出可能進行實作與設計思考活動的內容段落。其次是各科目教師針對其他科目的內容段落，討論出實作單元。第三步及第四步，是將這些實作單元活動以相關性較高者，整合為一個較大主題。最後則將這些主題，融入到校本的課程地圖中，成為校本課程的特色。如圖6。

在教學主題與單元決定之後，針對任務的需要（也是課綱所規範的學習內容），學生必須學習基本的、必要的知識與能力，再根據任務需要來進行設計思考，再因應問題解決的需要來學習更新的知識，或是將已經學過的知識應用進來，獲得最佳的設計產出，同時也在這些設計思考與實作過程中，達到學習的目標，如圖7。

設計思考的主題設定，必須根據課綱內容，也必須和學習內容一致，因此必須有嚴謹的設定。為了讓教學能順利進行，問題的設定也必須有所限制，以便能安排必要的機具材料與教學設備。設計思考教學的實例規劃，如圖8。

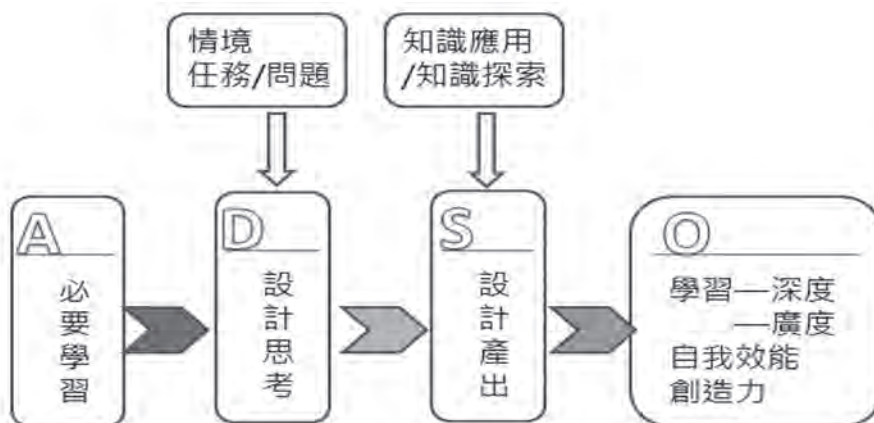
面對人工智慧時代的到臨，人力培育與教育系統也必須研採新的策略。從美國史丹佛大學、



圖5 「大使來了」課程架構資料來源：復興國中，2012



圖6 STEAM課程的發展程序



## STEAM的教學模式

圖7 STEAM的教學模式

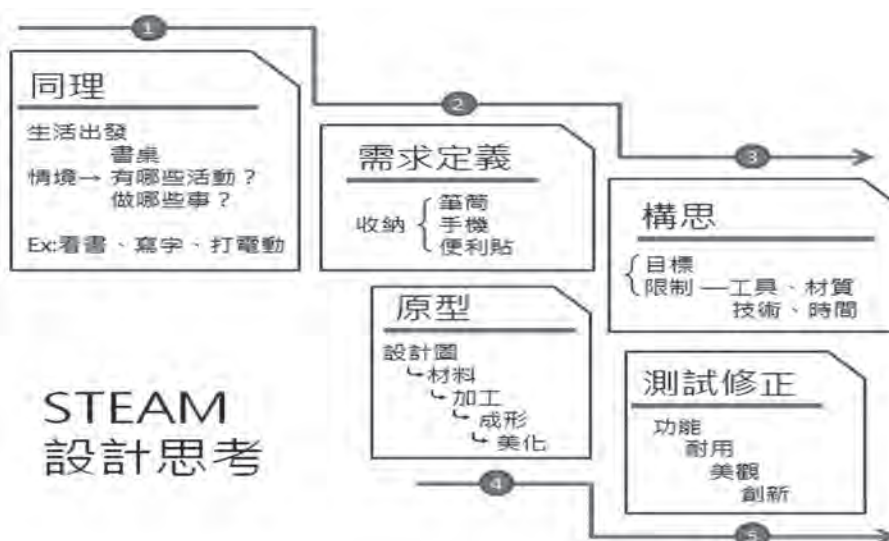


圖8 設計思考教學的實例

哈佛大學、澳洲、南韓等積極推動的STEAM教育中，跨域整合、專題導向、真實情境的設計思考、合作創新等是AI時代的人力培育重要特性，也是落實新課綱的重要策略。接下來，縣市教育局處和學校端必須加緊課發會的運作，透過共備共教的作法，才能主動掌握新時代的STEAM教育落實與卓越。

此外，根據本刊（新北市教育季刊）審查委員提示的重點，後續宜針對現今學生最欠缺的生活能力加以設計，例如以STEAM理論來針對學生因應年齡、性別、季節、場合穿著需求、準備一日三餐、規劃交通、交友社交、未來生涯規劃等等進行設計。也將更能合乎素養的課綱目的。

### 參考文獻

- Australian Curriculum Studies Association Incorporated (ACSA). (2019). STEAM into STEM: Linking to the Australian Curriculum. Retrieved August 8, 2019, from <http://www.acsa.edu.au/pages/images/STEAM%20into%20STEM%20Linking%20to%20the%20Australian%20Curriculum.pdf>
- Battelle for Kids. (n. d.). Partnership for 21st century learning. Retrieved August 2, 2019, from <http://www.battelleforkids.org/networks/p21>
- Dell'Erba, M. (2019). Policy Considerations for STEAM Education. Retrieved August 8, 2019, from <https://www.ecs.org/wp-content/uploads/Policy-Considerations-for-STEAM-Education.pdf>
- Harvard Graduate School of Education. (2012). Agency by design. Retrieved May 5, 2019, from <http://www.pz.harvard.edu/projects/agency-by-design>
- Hasso Plattner Institute of Design at Stanford University. (2019). Dschool. Retrieved May 5, 2019, from <https://dschool.stanford.edu/>
- Henriksen, D. (2018). Creating STEAM with design thinking: Beyond STEM and arts integration. *The STEAM Journal*, 3(1), Article 11. DOI: 10.5642/steam.20170301.11
- Hong, O. (2019). STEAM Education in Korea: Current Policies and Future Directions. Retrieved August 8, 2019, from <https://www.ecs.org/wp-content/uploads/Policy-Considerations-for-STEAM-Education.pdf>
- Institute of design at Stanford. (2019). An introduction to design thinking process guide. <https://dschool-old.stanford.edu/sandbox/groups/designresources/wiki/36873/attachments/74b3d/ModeGuideBOOTCAMP2010L.pdf>
- Kim, P. W. (2016). The Wheel Model of STEAM education based on traditional Korean scientific contents. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 12(9), 2353-2371. doi: 10.12973/eurasia.2016.1263a
- Kim, Y., & Park, N. (2012). Development and application of STEAM teaching model based on the Rube Goldberg's invention. In *Computer science and its applications* (pp. 693-698). Springer Netherlands.
- National Science and Technology Council. (2018). Charting a course for success: America's strategy for STEM education. Retrieved May 5, 2019, from

<https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2018/12/STEM-Education-Strategic-Plan-2018.pdf>

Rhode Island School of Design. (2011). Rhode Island School of Design presents “Bridging STEM to STEAM: Developing New Frameworks for Art-Science-Design Pedagogy”. Retrieved May 8, 2019, from <https://www.artandeducation.net/announcements/110348/rhode-island-school-of-design-presents-bridging-stem-to-steam-developing-new-frameworks-for-art-science-design-pedagogy>

The White House Office of Science and Technology Policy. (2018). Summary of the 2018 White House state-federal STEM education summit. Retrieved May 5, 2019, from <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2018/06/Summary-of-the-2018-White-House-State-Federal-STEM-Education-Summit.pdf>

Thibaut, L., Knipprath, H., Dehaene, W., & Depaepe, F. (2018). The influence of teachers’ attitudes and school context on instructional practices in integrated STEM education. *Teaching and Teacher Education*, 71, 190-205.

University of San Diego. (2019). STEAM education: A 21st century approach to learning. <https://onlinedegrees.sandiego.edu/steam-education-in-schools/>

Zehlia, B. (2019). *Promoting language and STEAM as human rights in education*. NY: Springer.

教育部電子報小組 (2017)。新一代數位學習培養學生未來關鍵力。<https://>

[epaper.edu.tw/topical.aspx?period\\_num=794&topical\\_sn=1008&page=0](http://epaper.edu.tw/topical.aspx?period_num=794&topical_sn=1008&page=0)

復興國中 (2012)。大使來了。2019/8/16 下載自[http://www.fsjh.ilc.edu.tw/Subject/Zoo/?fbclid=IwAR1GFrT1dqG2Q-acFXZBPLhaXE3ZZrn8gTsp-2\\_KUncg9FG\\_\\_dCaX\\_MP9fQ](http://www.fsjh.ilc.edu.tw/Subject/Zoo/?fbclid=IwAR1GFrT1dqG2Q-acFXZBPLhaXE3ZZrn8gTsp-2_KUncg9FG__dCaX_MP9fQ)

維基百科 (2019)。第四次工業革命。2019/8/19 下載自<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%AC%AC%E5%9B%9B%E6%AC%A1%E5%B7%A5%E6%A5%AD%E9%9D%A9%E5%91%BD>