

STEM

教育特刊

OCTOBER 2018

SCIENCE | TECHNOLOGY | ENGINEERING | MATHEMATICS



專訪深圳點貓科技有限公司

編程是未來世界共通語言

劉進圖會啓



“機器不能代替人的思想，不能像老師那樣以生命影響生命。”

澳門教育局長 老柏生



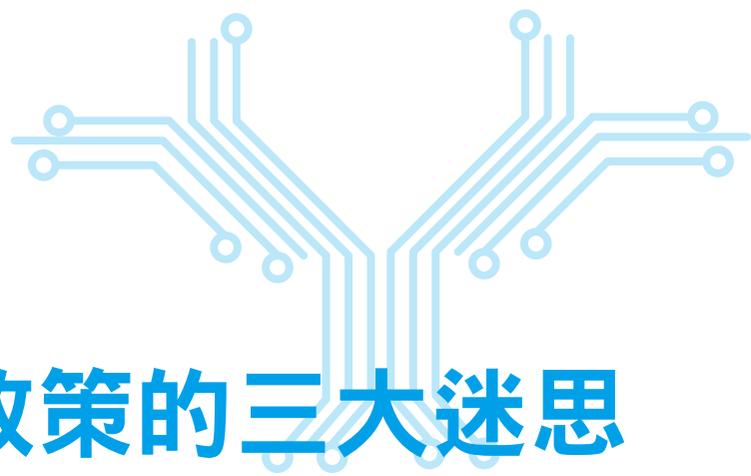
“邏輯思維訓練對於個人成長非常重要，因此STEM教育就有其必要性。”

科技園主席 查毅超





黃家偉博士
香港大學教育學院助理教授
電機電子工程師學會
(香港教育分會) 會長
香港STEM Academy 聯合創辦人



推動 STEM 教育政策的三大迷思



在筆者的中學生涯中，有很多難忘的學習經歷。其中一個經驗，就是第一次接觸物理學中的牛頓運動定律（Newton's laws of motion）。此定律能夠描述任何物體與力之間的關係，就是這個定律的發現令人類文明打開新的一頁。於1687年7月5日，牛頓在《自然哲學的數學原理》這本學術鉅著中發表其理論，及後學者也就這個理論進行無數的實驗和測試，確定此定律的一般性及廣泛性，也給眾多的物理現象提供一致的解釋，對應用數學、科技及工程學有莫大的貢獻。

牛頓的定律主要有三條：

第一定律：除非物體受到外來的施加作用力，否則它的速度會保持不變。

第二定律：施加於物體的外作用力（Force）等於此物體的質量（mass）與加速度（acceleration）的積，即 $\text{Force (F)} = \text{mass (m)} \times \text{acceleration (a)}$ 。

第三定律：作用力（Action Force）與反作用力（Reaction Force）是大小數值相等而方向相反。

對於某些讀者而言，明顯地牛頓運動定律能展現出「科學 Science、科技 Technology、工程 Engineering、數



學 Mathematics (STEM)」四大學科的綜合學科性 (interdisciplinarity) 及跨學科性 (transdisciplinarity) 。在發現此定律的過程，牛頓及其後的學者必須運用這四大學科的知識範疇，來演繹此定律的一般性模型及應用層面。但是筆者希望借用牛頓這三大定律作為框架，來探討香港在推動創新科技下衍生出的STEM教育政策現象。在眾目睽睽及面對同儕比較壓力之下，香港本地的學校又如何以校本課程作基礎，為STEM方向發展而定位，來實現政府在STEM教育政策的初心，真正能做到「推動STEM教育是配合全球的教育趨勢，以裝備學生應對社會及全球因急速的經濟、科學及科技發展所帶來的轉變和挑戰」？讓我們一起探討一下這些迷思。

「第一定律」： 裏應外合，以學與教研究成爲外作用力

在2015年的施政報告中政府提出，教育局將會更新及強化科學、科技及數學課程，並強調會加強師資培訓。其後的兩年，政府透過學界收集意見及發表報告指出已啟動一系列的活動，包括教師論壇、博覽會、教師培訓等活動，以及向中小學提供一筆過的額外資源來支援學校發展。在政

府的大力支持下，初步開始看到學校的一些成果，例如在STEM相關的比賽和活動上見到學生的參與程度及跨學科知識層面的提升。但是，這些資源都只能協助學校達成短期的目標，對香港長遠的教育發展只是踏出第一步。按牛頓的第一定律作比喻，要使發展的速度改變，我們必須給予學校足夠的外作用力來向前推動。否則，學校不能改變靜止的狀態。

給予學校的外作用力有很多方式，而其中一項便是透過嚴謹的教育研究來支持，並以證據本位的教育政策 (Evidence-based policy making) 來發展出一套完整的課程設計框架。以新加坡為例，他們政府一直重視建立教育研究的文化，並支持大專院校及學校成爲長期的合作夥伴，來發展出富理論與實務基礎的學與教模式。要長遠推動STEM教育政策，中小學可以積極與大學合作以學術研究爲基礎來發展。

研究主要可分爲三大範疇：教師專業培訓、課程發展和教學模式。由於中小學尚未有官方的STEM課程，所以本地大學暫未有提供全面STEM的本科課程來訓練職前教師。但是，大學也開始相繼推出一些以STEM為主修的教育碩士課程或專業發展課程，培養教師在跨學科的教學和研究能力，使他們能夠以前瞻性的理論來實踐完整的校本STEM課程。透過在職教師的參與，大學可以持續優化課程以配合實際的需要。此外，學校可以讓部分教師團隊與學者們共同設計並研發校本課程來實踐STEM教學，協同合作找出創新的教學方法。學校未必需要把所有的課題內容跨學習化，可以要按照學生的興趣、教學資源和教學目標來微調。

「第二定律」： 加速推動便能產生更大的作用力

要加速推動STEM教育，必須認清教育本質的真諦。STEM跨學科學習模式可以發揮學生的創意，訓練他們設計思維 (Design Thinking) 。我們沒有興趣教懂學生使用特定或

所有坊間盛傳的所謂「STEM」學習工具，而事實上學生只會按已經預先編定的程序拼砌，並沒有從分析問題開始思考解決方案。由於科技發展一日千里，懂得思考比起只能操控某幾種電子產品更能加促學生「STEM素養」的長遠發展。

香港學生一直在科學、科技和數學的範疇表現十分出色，在《國際學生能力評量計劃》（PISA）的數據便能找到一些啟示和證據。但目前為止，課程文件之中一直未有就如何在中小學課程內容引入工程學（Engineering）提出建議，令STEM教育在實踐時只有「STM」而欠缺了「E」。事實上，近年在國際的研究報告及期刊內顯示，中小學生也有一定程度的能力，透過運用他們已有的「STM」知識來解決工程學上的難題。

在一般的工程學上，「工程設計過程」（Engineering Design Process, EDP）給工程師一個基本的解難過程。EDP主要包括「提問（Ask）、想像（Imagine）、計劃（Plan）、創造（Create）、改良（Improve）」，學生可以按照這種設計思維方式，動手動腦去設計解決方案。例如學生要設計一個智能家居水力發電系統，就必須在科學知識層了解水和電的特性。而設計時也要注意實際使用要求，例如資金、物料和技術的限制。在實踐設計方案時，便會使用相關的科技工具及數學原理。完成製成的模型後，也要作不同的測試以確保達到目標的要求。

以工程學為本的中小學STEM教育發展的有效性，要依靠更多不同研究數據收集，才能掌握如何設計和實施，可預見的一些挑戰包括教師在工程學的專業發展、與工程有關的課程內容選取、深度與廣度，以及綜合工程學的範疇（例如土木工程、電子工程、物料工程等）。無論學校採取甚麼方向的校本STEM課程發展，建立一個教育研究文化的基礎（如新加坡、澳洲、英國等），與教育研究學者及STEM學科專家緊密合作，便能夠找到明確的出路。

筆者在過去一年以幾間本地小學作試點，進行為期三年的STEM教育縱向研究，追蹤一批小四學生，直至他們升至小六。目標為探討如何協助教師推行以工程學為基礎的STEM常識科學習活動，並嘗試融入常規課堂內，而非課外活動。項目內容包括教師與STEM學者共同備課、設計教學活動、同儕觀課、教師訪談、運用前後測評估學生學習成果等。有別於以往的研究，學者和前線同工以平等同儕的角色共同參與，運用EDP為基礎進行教學設計。我們首先從現有的四年級常識科課程內容中，找出可以用於EDP的課題然後作教學重組和設計。每一個教節的學習目標，就是要運用設計思維來解決工程學相關的問題。學者專家可以提供學科知識的諮詢，而前線教師可以就著對學生的了解把學習知識轉化成「貼地」的教學事件。

由於教學目標以設計思維為本，團隊沒有刻意運用太多坊間的教學商品來作為學習工具，反而我們只是採用一般物

料或工具（例如：膠水樽、紙皮、摩托等）來給予學生製造模型。此教學模式已初見成效，過去一年筆者就在國際學術會議和期刊分享了分析結果，並獲得肯定。要得到更高效度與信度的成果以及其一般性的應用，就有待進一步研究。

「第三定律」： 加強STEM發展的作用力同時也有反對的阻力

學校要推動這樣大型的教育方式改革，以設計思維和問題導向學習為本，推翻「由上而下」及「學習已知的事實」的直述式教學，總會遇到同等的反作用力。校內同工可能認為STEM是由某科推行，或是因推動費時而改為由外判機構來組織課外活動，並只著重購買硬件軟件而非考慮長遠發展「人件」和「心件」的策略。又或者積極要求學生老師參與STEM比賽，最終導致「學生台上一分鐘，老師台下十個鐘」的局面，使老師對STEM 生負面的想法。筆者認為STEM的精髓在於設計思維和以工程學作主導，讓學生運用科學和數學的知識，並適當地運用合適的教學科技工具來學習，協助學生

以「三解」來達成任務—解釋、解難、解決。

首先要以最佳的方法，教懂學生STEM相關知識，使學生能解釋箇中原理。其後透過設計一些解難活動，活動不求大家拼砌特定的製成品，而是教導學生以EDP訓練設計思維找到方案。解難活動要給予學生擴闊國際視野的機會，但同時要富有香港特色的點子，有潛力解決人類面臨的全球問題，例如能源、氣候變化等。另一方面，我們可以把跨領域整合成「STEM+」的概念，加入其他學科知識元素支援STEM學習，例如視覺藝術、語文、德育及公民、法律等，加強其跨領域整合性。

教育是人類及社會進步的過程，改革需要時間及空間，而實踐模式可以多元化。筆者建議學校應參考成功例子，但切勿把STEM教育偶像化和凌駕所有其他學科的重要性。應協助學生體驗STEM的趣味，並讓他們規劃自己的發展，並了解學校和前線同工的專業領域優勢，選取合適的發展方向。筆者深信，這才是STEM教育的真正角色。🌟

