



香港教育大學

The Education University
of Hong Kong

二零一八年 十一月號

卓越教學發展中心通訊

CELT Newsletter Third Issue November 2018

本期主題 The Theme of the Current Issue:

STEM 教育 STEM EDUCATION

本期專稿 Feature articles

- STEM education:
From the perspective of a Singapore STEM educator
- 香港學生需要怎樣的STEM教育
What type of STEM education do Hong Kong students need
- 在數學課堂推動STEM教育的實踐
Making room in the mathematics classroom for the practice of
STEM education

個案分析 Case study

卓師專欄 CEATE Awardees' Column



Faculty of Education
and Human Development
教育及人類發展學院



CENTRE FOR EXCELLENCE IN LEARNING AND TEACHING

卓越教學發展中心

本期內容

總監的話

STEM教育的迷思 高寶玉博士 2

中心活動

參加世界課堂研究學會 (WALS) 國際會議2017 4

卓越教學論壇 8

「卓越教學：創新與傳承」暨專業社群計劃個案分享會 10

本期專稿

STEM education: 張丹瑋博士 11

From the perspective of a Singapore STEM educator

在數學課堂推動STEM教育的實踐 羅浩源博士 14

香港學生需要怎樣的STEM教育 陳鶴安博士 16

個案分析

STEM教育的「動」與「腦」：空氣的特性 黃志堅、陳穎欣 23

聖公會聖約翰小學

招浩勤、鍾保珠、周美華老師

教師獲獎背後的動力 賴明珠博士 33

卓師專欄

發展卓越教學課堂 幫助學生面向未來 謝小華主任 35

中心資訊

校本支援計劃 38

課程資訊 39

研究計劃 40

學校專業支援服務 41

中心架構 42

STEM教育的迷思



高寶玉博士

卓越教學發展中心總監

自從香港政府在2015及2016年的《施政報告》提出推動STEM教育，鼓勵學校強化科學、科技及數學各科的課程和學習活動，STEM便成為許多中、小學的重點發展項目。這兩、三年間與「STEM」相關的活動鋪天蓋地：老師們花盡心思，設計或更新相關科目的課程；不同商業機構為學校提供林林種種的STEM課程，培訓的對象除了學生、老師，還包括家長；各大專院校舉辦各種STEM課程及研討會；就連補習社，甚至商場活動均以STEM招徠！STEM是甚麼？為何如此重要？相關的發展沿革，本期通訊另有文章加以論述，在此處不作贅述，想跟大家分享的，倒是一個日常跟學校老師們接觸時發現到他們對STEM教育的迷思。

日常跟老師接觸時，往往聽到老師說推行STEM的其中一個難點是STEM涵蓋了科學、科技、數學及工程四個學科範疇，有不少老師、校長往往認為涵蓋的學科範疇愈多，就愈「STEM」，學生的得益也會較大，然則STEM是否一定要以跨學科或專題研習（project learning）形式進行？這當然不是。課程設計是否合適，課堂是否有效，不應單純以涵蓋的學科範疇多寡來衡量。教育局在2016年發表的《推動STEM教育－發揮創意潛能》報告提及推動STEM教育的主要目標，包括「讓學生建立鞏固的知識基礎，提高他們對科學、科技和數學的興趣；加強他們綜合和應用知識與技能的能力；培養他們的創造、協作和解決問題的能力；以及培養與STEM相關範疇的人才專家，以促進香港的發展。」可見有效的STEM課程及課堂，焦點仍然在於相關知識、技能、態度三者的恰當聯繫。設計課程或課堂的時候，教師可以利用跟學生日常生活相關的情景，讓學生通過不同的學習活動，掌握相關的學科知識，再運用有關的知識解釋日常生活

所見的現象或解決難題。解決問題的過程學生不能單打獨鬥，需要跟其他人協作，發揮創意，既「動腦」又「動手」。而利用跨學科模式或專題研習，的確有較多空間整合STEM的四個學科範疇，甚至擴展成STEAM，但教育局在上述的報告亦提出推行STEM相關的學習活動，除了建基於一個學習領域課題的學習活動，讓學生綜合其他學習領域的相關學習元素，以及通過專題研習讓學生綜合不同學習領域的相關學習元素兩種模式之外，亦建議學校可因應學校的不同環境、學生的興趣和能力，以及教師的專長，採取其他合適的模式。即使課堂只以單一範疇為核心，其實也可以很「STEM」。以小學常識科為例，課程中有很多課題與科學科技有關，或與日常生活中的數學、機械等知識相關，本身已具備STEM相關的元素，課程內容可以容許學生觀察、「動手」設計並進行實驗、觀察及記錄結果、「動腦」推論結果等機會。然而，不少前線老師表示，教授科學等相關課題時，他們在課堂中給予學生動手做實驗的機會少之又少，仍然多半是由老師示範，更多時候是觀看教科書提供的錄像片段，讓學生「觀察」實驗，而並非動手做，浪費了讓學生學得更深入的機會，也未能提升學生的各種與STEM相關的共通能力，包括 adaptability（適應力）、complex communication（綜合溝通能力）、non-routine problem solving（非常規解難能力）、self-management（自我管理）、social skills（社交能力），及systems thinking（系統思維）（Bybee, 2010）。就算能讓學生動手做實驗，很多時老師亦因課時所限，無法讓學生作詳細解釋，甚至無法讓學生發問，就他們感興趣之處作進一步討論。面對以上的情況，老師們應該先把焦點放在加強學生在課堂動手做實驗、解釋生活所見現象的機會，引發他們對身邊事物的好奇心，他們才有動機去應用知識解決生活問

題。如果學生的能力許可、學校的硬件配套又能配合，就可以讓學生動腦提出解決問題的方案，甚至把一些構思動手製作成製成品，這樣教學內容自然就會需要學生綜合不同的學科範疇知識和能力，體現出STEM的精神。

執筆之時，剛巧看到一則與STEM有關的新聞：一位新加坡的年輕發明家，研發了一系列幫助盲人煮食的廚具，目的是減低他們在煮食時受傷的機會。從新聞報道中所見，他所研發的用具並不是什麼高科技產品，當中卻運用了很多科學的概念的簡單工具。例如，一個避免盲人在倒熱水熱湯時會燙傷的水位指標器，便是應用了液體浮力原理的簡單工具；另一個避免盲人在利用刀切東西時會切傷手指的工具，亦都是運用了槓桿原理的簡單工具。這位新加坡的年輕發明家接受訪問時表示，他希望自己研發的產品，普通人也負擔得起，因此捨棄高科技，以減低成本。他的訪問令我想到，裝備學生使他們將來能利用自己的知識去改善人類生活，建立學生對人文的關懷，是教育的一個重要目標，相信也是STEM的最終目標，而培養學生這些價值觀和態度，正正是學校教育一項最重要功能，是坊間的商業機構的培訓課程及活動項目不能有系統地、整全地給予學生的。

在剛過去的十月份，2018年度香港「邵逸夫獎」揭曉，今屆數學科學獎得主路易·卡法雷（Luis A Caffarelli）被問到對STEM的看法，他表示「要提升學生對STEM的興趣，須由學校課程入手，將內容更貼近學生日常生活；老師亦『需要有能力令所傳授的知識變得有趣，以及讓學生與知識產生關連，這樣學生才會感到興奮。』」（星島日報，2018年10月3日）對此，筆者十分贊同，因為無論學校以哪一種模式推行STEM，課程內容及教學活動都應該以學生為中心，令學生明白

學甚麼以及為甚麼要學，這樣的學習才有意義，學生才會持續對學習產生興趣，未來才能學以致用。同時，老師亦要具備反思能力，時刻檢視課程內容及教學活動的適切性。科技日新月異，未來STEM相關的課程無可避免是多變的，不時需要修訂及更新，因此，能促進教師之間的協作及交流的專業社群的建立將會更為重要，一個範疇的專家能力可能有限，但如能集合不同人的專長優化創新，效果往往較佳。

為配合前線老師在STEM的專業發展需要，卓越教學發展中心於過去一年，積極為教師舉辦STEM相關的教師發展活動。我們於教育局委託舉辦的「促進實踐社群以優化小班教學」支援計劃，加入STEM教學作為其中一個支援主題，與前線老師一起利用學習圈的模式，發展配合學校校本需要的STEM課堂或單元。我們的支援模式是以學科內容出發，以課堂為基礎，透過大專導師與教師協作，共同構建有效的、體現STEM理念的課堂。此外，我們六月中舉行的「卓越教學：創新與傳承」暨專業社群計劃個案分享會，邀請了在STEM教育有豐富的經驗，來自新加坡南洋理工大學國立教育學院的張丹瑋博士擔任其中一位主題演講嘉賓，介紹新加坡在這方面的經驗。本期通訊以「STEM教育」為主題，刊登文章包括：張丹瑋博士對作為STEM教育推動者、實踐者的一些觀察及體會、本中心導師及前線老師在數學科及常識科實踐STEM課堂的過程中獲得的經驗及啟發。當中的個案，有從一個學科範疇強化當中的STEM元素，也有綜合不同學科範疇的例子。STEM教育能否發揮最大效能，有賴教師勇於創新及嘗試，並從實踐中不斷反思所得的經驗，期望本期通訊能引發教育界同工對STEM教育有進一步思考，並能以專業知識與自信，應對不同教學革新所帶來的挑戰。

參考資料：

Bybee, R. W. (2010). What is STEM education? *Science*, 329(5995), 996-996.

香港特別行政區政府（2015）。《2015年施政報告》。

香港特別行政區政府（2016）。《2016年施政報告》。

課程發展議會（2016）。《推動STEM教育－發揮創意潛能》。香港：課程發展議會。

星島日報（2018）。《推動STEM教育 課程須貼近生活》。2018年10月03日，檢自：

<http://std.stheadline.com/daily/article/detail/1885216-%E6%95%99%E8%82%B2-%E6%8E%A8%E5%8B%95STEM%E6%95%99%E8%82%B2+%E8%AA%B2%E7%A8%8B%E9%A0%88%E8%B2%BC%E8%BF%91%E7%94%9F%E6%B4%BB>

參加世界課堂研究學會（WALS）國際會議2017

卓越教學發展中心團隊於2017年11月23日至26日，一連四天於日本名古屋大學參與由世界課堂研究學會（WALS）舉辦的國際會議—The World Association of Lesson Studies International Conference 2017（簡稱WALS2017）。除了中心總監高寶玉博士於會議中分享課堂研究於香港的最新發展概況外，中心其他成員也分享了香港課堂研究的實踐經驗。會議的最後一天，大會更安排參加者分別到訪當地的幼稚園、小學及中學，讓大家了解日本學校的教學情況。



▲ 中心總監高寶玉博士在會議中分享



▲ 中心成員於匯報後留影

參觀日本幼稚園

中心成員參觀了位於名古屋市中心的名古屋市立第一幼稚園。一踏進校園，最先感受到的是香港跟日本幼稚園在校園空間的差別。日本幼稚園的空間十分廣闊，除了課室，有近一半範圍是沙池，沙池上設有不同的玩樂設施、植物園地等。幼稚園園長（即校長）向我們表示，學生每天都會有兩至三小時的遊戲時間在戶外，留在課室學習上課的時間約為三十分鐘。園長深信處於幼稚園階段的學生應是從「玩中學」，而不只是在課室中學習知識。遊戲時，幼兒能學習如何跟同學相處時的說話語氣、應對態度等，因此學校給予大量時間讓學生自行選擇玩樂設施玩耍。參觀時，我們看見一群學生在一個較危險的設施玩耍，但園長對我們說不用擔心學生會受傷，因為老師會從旁觀察，加上老師已教導學生在玩耍時要守秩序和注意安全。另外，因學校秉承「從遊戲中學習」的宗旨，故此不會給予學生家課，讓學生在課餘有更多時間「從遊戲中學習」。



▲ 日本幼稚園的環境

至於教室的佈置，跟香港的幼稚園大同小異，都是按主題佈置。課室內則設有不同區角供學生進行學習活動。日本人的自律性一向為人所欣賞，今次參觀，我們更認識日本學生的自理能力。幼稚園沒有上課鐘聲，但當老師說上課時候到了，年紀小小的學生便快捷地把玩具收拾好，不消一會已齊整地安坐在老師面前上課。當天，剛巧有一個學生遲到，她安靜自律地放下書包，然後掛起外套，放好手帕，穿上學校制服後，便走到同學旁邊坐下聽老師教導。整個過程由學生自行處理，沒有打擾上課秩序，其他學生也十分專注上課，相信老師平日在學生自理訓練上下了不少工夫。



▲ 學生專注地上課



▲ 生命教育－沒有小鳥的鳥籠

此外，老師告訴我們，課室周圍的農作物、小動物及植物，有不少都是學生參與種植和飼養的，目的是培養學生的責任感及愛護環境的態度。還有一樣東西令我們印象深刻的，是在動物角的一個空置鳥籠。這個籠內放了一張雀鳥的照片，籠外放上了紙製的白花及數張由小孩寫的感謝卡，卡上寫著「しろちゃん、ありがとう。（中文譯：小白，感謝你！）」。原來，住在籠中的小鳥最近去世了，但老師沒有移走鳥籠，更藉此教導學生要尊重及珍惜生命，讓他們正面地面對小鳥的離世。老師與學生一起製作感謝卡，並寫上感謝的字句，讓學生上了一堂生命教育課，可見學校從生活中教導學生應有的處事態度。

到訪小學

中心亦有成員到了岡崎市的岡崎市立小豆坂小學校（Azukizaka Elementary School）參觀，並觀了一節小學六年級的綜合研究科（Integrated Studies）課堂。學生在老師的帶領下開展「滿愛岡崎城市計劃」，討論如何把岡崎市建構成充滿愛的社區。課前，學生需要整理自己對岡崎市的一些觀察，對這個計劃的看法及建議，並寫在自己的筆記簿上，然後在課堂上跟其他同學分享。從學生的課前習作可見，學生會用不同顏色筆記下不同類別的事情，而每個學生所做的筆記也是獨特的。



▲ 學生的課前預習

課堂上，老師把學生分成小組，學生會在組內輪流分享。學生們都勇於表達意見，而其他組員亦用心聆聽其他人的分享，可見他們應該由低年級開始已逐步建立分組討論的文化。學校除了培養學生踴躍發表自己的觀點之外，也強調要尊重其他同學的意見。



▲ 學生互相分享



▲ 老師在黑板羅列及整理學生的不同看法

討論完結後，老師請所有學生蹲在座位旁邊，然後鬥快站起來並歸納同組的意見，學生回答後便可以早些坐下。「滿愛岡崎城市計劃」是一個廣闊的課題，所以老師在黑板上利用不同顏色筆寫下學生不同的想法，包括如何定義一個城市是否有愛心、現時岡崎市所見的現象、可以改善的空間、如何在生活中建立「滿愛城市」等。老師又從下而上在黑板列出由抽象的概念到具體實行的建議，幫助學生建立有系統的思路。老師表示整個課題預計在70小時內完成，期望經過潛移默化，「滿愛城市」的理念能植根於學生的心中，並期望他們能夠身體力行，建構一個充滿愛的生活環境。

到中學觀課

我們亦到了名古屋市立名東高等學校（Nagoya City Meito Senior High School）交流，也觀摩了一節高中二年級的英文課。課堂上，老師利用一篇文章作為教材，內容是關於曾任職通用汽車公司（GM）、保時捷（Porsche）及法拉利（Ferrari）的日籍著名設計師奧山清行（Kiyoyuki Okuyama）的奮鬥故事。老師除了希望學生理解文章外，同時能通過奧山清行及一些成功企業家的奮鬥經驗，歸納出他們成功的關鍵。在教學策略上，老師希望通過小組分享活動，提高學生運用英語來表達意見的能力。



▲ 學生分享文章的內容重點



▲ 老師協助學生歸納古今名人的成功關鍵



▲ 老師跟同學講解分享的重點



▲ 學生跟同學介紹自己喜歡的產品

觀課所見，課堂滲入了自主學習的元素。學生除了閱讀文章、理解內容外，老師也讓學生課前先做預習，並給予學生選擇的空間，搜集自己喜歡的品牌產品，並且預備扼要的介紹，然後在課堂上輪流跟同組的組員介紹。此外，老師亦安排了跨科協作，特別邀請了視藝科老師跟同學分享一些著名品牌的產品及設計理念，希望拓闊學生的眼界，了解設計跟生活的關係。



▲ 兩位老師進行跨科協作



▲ 課後意見交流

觀課後，中心成員有機會跟學校的老師及其他海外的觀課者交流對課堂的意見。眾人均十分欣賞老師用心設計課堂，教學活動亦見多元化。每節課都有改善的空間，課後交流時，眾人均提出這節課可加強英語的元素，例如視藝科老師是以日語介紹品牌名稱，只在簡報上用英語顯示重點，倘若老師能以英語介紹，相信更有助提升學生的英語聆聽能力。此外，亦建議在簡報上顯示一些重要字眼或句子的日語解釋，又或者把有關的介紹上載在網上平台並附上英語字幕，讓學生在課後能重聽，並按自己的進度來學習。

能到其他國家了解當地的教育情況，實在是難得的經驗，為中心成員提供了持續進步的養份，讓我們日後能回饋所支援的學校和教師。

「世界課堂研究學會 World Association of Lesson Studies」(WALS) 匯聚了不同國家和地區從事課堂研究 (Lesson Study) 及課堂學習研究 (Learning study) 的學者，本中心總監高寶玉博士是學會的創會成員之一。WALS 一年一度的國際會議 (The World Association of Lesson Studies International Conference)，均吸引來自世界各地的教育工作者參與，分享在課堂研究方面的知識和經驗，過往不少香港的老師亦有參與其中，分享進行課堂研究 (Learning Study/ Lesson Study) 的成果，主辦單位亦不時為參加者安排訪校觀摩活動，增進彼此交流。本年的國際會議定於11月23至26日於北京舉行，2019年度將會於9月初在荷蘭阿姆斯特丹舉行。如想了解WALS，可瀏覽以下網址：www.walsnet.org。

「卓越教學論壇」



▲ 「卓越教學論壇」吸引超過二百位中、小學校長及教師參與



▲ 左起：雲毅廷主任、謝小華主任、行政長官卓越教學獎得獎教師協會主席梁偉傑主任、香港教育大學副校長（學術）李子建教授、卓越教學發展中心總監高寶玉博士、藍正思校長及鄭麗娟副校長

為了匯聚卓越教師，促進學界的交流，卓越教學發展中心首次與行政長官卓越教學獎教師協會合辦「卓越教學論壇」。論壇以「建立卓越學校」為主題，吸引了超過二百位中、小學校長及教師聚首，探討如何通過建立優秀的教學團隊，達致發展卓越學校的願景。

當天，四位行政長官卓越教學獎得獎教師，包括衛理中學藍正思校長、五邑鄒振猷學校鄭麗娟副校長、德信學校雲毅廷主任、賽馬會體藝中學謝小華主任擔任講者，聯同本中心總監高寶玉博士，從四個不同層面，包括如何發展卓越課堂教學、如何培育卓越教學教師團隊、如何推動卓越學校的建立及延續和如何彰顯卓越教學下的學習成效，分享他們的看法及經驗。

德信學校雲毅廷主任由自己的專業發展歷程出發，跟大家分享如何藉著不同的專業發展途徑，包括參與支援計劃、借調計劃、海外交流、進行研究課及公開課等，吸收養份，滋養自己的教學生命，逐步邁向卓越。賽馬會體藝中學謝小華主任則以視覺藝術課作為例子，分享發展卓越課堂教學的關注點及在視藝科運用創意教學策略培養學生創意的教學實踐。五邑鄒振猷學校鄭麗娟副校長以課程領導及學校的中高層管理人員的視角，娓娓道來在追求卓越之時，如何通過重點培訓每級專家，由每級專家帶領備課及課研活動，指導新教師及實習老師，以及製造跨級交流的機會，利用科組的團隊文化哺育新老師，令團隊成員一起成長，讓每一個人都走得穩，共同領導學校發展的經驗。此外，鄭副校長亦以自身的經歷勉勵大家在工作之餘，也要關顧自己的身心健康，這樣才能走得更遠。

衛理中學藍正思校長的分享以「愛」為主軸，把自己希望使學校成為讓人看得見「愛」的卓越學校的願景及實踐跟大家分享。作為擔任了校長三年的新任校長，藍校長銳意為校園帶來新環境、新氣象；為學生帶來新挑戰、新體驗，其中一個令人難忘的做法是讓師生參與學校圖書館的搬遷工程，增加師生對學校的歸屬感。在學與教的層面，則致力為老師注入能量，例如邀請其他業界的傑出人士及獲得行政長官卓越教學獎的教師到校進行一連串經驗分享及交流、欣賞老師的個人特質，讓老師在崗位上揚長發展等，都是建立卓越教師團隊的策略。

活動第二部分的公開論壇，由卓越教學中心聯席總監（發展）趙志成教授及總監高寶玉博士，聯同三位校長嘉賓，包括中華基督教會協和書院校長朱啟榮博士、潮州會館中學校長曾永康博士及浸信會沙田圍呂明才小學薛鳳鳴校長，深入討論在香港的教育氛圍下，如何達致建立卓越學校的願景。在短短的45分鐘的公開論壇環節，三位校長扼要分享了他們對建立卓越學校的見解。

朱校長認為令學校邁向卓越的其中一個方向是營造教師分享和合作的環境，把交流分享變成學校的文化，令教師把內隱知識（tacit knowledge）變成為學校的智慧資本，做好知識管理（knowledge management），團隊便能不斷進步，向卓越邁進。曾校長則提到弱勢地區學校學生的起跑線低，公眾未必認識或認受學校的進步，大眾更關注的是表面數據，例如公開試成績、入大學的比率。他認為學校是否受歡迎、公開試成績的高低、有多少學生考進大學等，並不是衡量學校是否卓越的絕對標準。「卓越」學校的意義



▲ 左起：趙志成教授、朱啟榮博士、曾永康博士、薛鳳鳴校長及高寶玉博士與參加者討論

應著眼於學校教育是否配合學生特質、教學環境是否適合學生、學習上能否照顧學生差異、能否幫助起步遲的學生並關顧學生家庭環境和背景。卓越學校應不只是追求公開試成績，而是以培養多方面人才為主要目標。薛校長認為卓越就是要向前邁進，校長要成長、老師要成長、學生要成長、家長都要成長，那麼這間學校就能逐步邁向卓越。她亦表示「愛」是團隊的燃料，所以校長亦需要有愛，並且要有規劃地讓老師發揮，給每位老師頭上一片天，造就他們成為小專家，讓他們有擁有感，老師就會為自己的一片天去燃燒。

建立卓越學校不能一蹴而就，著實有賴不同持分者的堅持和努力。我們希望藉著今次「卓越教學論壇」的專業交流和嘉賓們的優秀經驗和實踐，推動更多學校邁向卓越。來年的「卓越教學論壇」將於2019年3月初舉行，大家密切留意。

「卓越教學：創新與傳承」 暨專業社群計劃個案分享會



▲ 新加坡南洋理工大學國立教育學院助理教授張丹璋博士分享新加坡推行STEM的經驗

活動開始時先由教育局研究及測驗發展組高級教育主任劉鴻昌博士及中心總監高寶玉博士頒發證書予60間於2017-18年度參與由教育局委託本中心舉辦的「促進實踐社群以優化小班教學」支援計劃的學校，表彰老師們的努力及成果。



▲ 教育局研究及測驗發展組高級教育主任劉鴻昌博士頒發證書予參與學校代表

接着，中心十分榮幸邀請到來自新加坡南洋理工大學國立教育學院助理教授張丹璋博士及臺北市立中山女子高級中學教師張輝誠博士擔任主題演講嘉賓。張丹璋博士在新加坡推動STEM教育及研究有豐富的經驗，而張輝誠博士則是「學思達」教學的創始者，在台灣以至其他亞洲地區，致力推動「學思達」教學。兩位講者的精彩分享讓老師們分別認識到STEM及「學思達」的理念及它們在不同地區的推展，有助推行STEM及自主學習時借鏡。

此外，兩位演講嘉賓在下午主持的工作坊，讓老師更進一步認識如何將STEM及「學思達」理念應用於教學上，提升學與教的效能。張丹璋博士在「STEM課程設計與實踐」工作坊（A STEM Curriculum Framework to Guide Design and Implementation）介紹了STEM的8項教學設計方向，包括研究為本教學法

（research-based pedagogy）、STEM元素的整合（STEM content integration）、實際應用（real-world application）、項目或問題為本的學習（project or problem-based learning）、鷹架教學（scaffolding）、評估（assessment）、文化相關性（culturally sensitivity and relevance）及技術融合（technology integration），並和老師分享及討論一些新加坡STEM課堂的實踐例子，課題包括：水質測量、地震的形成等。張輝誠博士則把自己如何通過「學思達」改變傳統填鴨式教育，培養學生自「學」、「思」考、表「達」等能力，以面對全球化環境瞬息萬變的挑戰的寶貴經驗，逐一跟老師們分享，過程中的辛勞和堅毅，觸動了不少在場的老師，很多老師都一邊聆聽，一邊點頭和應。此外，工作坊中的討論及活動也讓老師更深入了解如何在課程及教學上利用筆記、學習任務、提問與問題設計等促進學生參與，及培養學生的自學能力。除了工作坊之外，下午共有來自22間本港中、小學的教師，分享他們在自主學習、電子學習及STEM等範疇的教學設計與寶貴實踐經驗。出席活動的老師均表示活動內容充實，他們獲益良多。



▲ 老師們於工作坊專注地聆聽張輝誠博士分享經驗

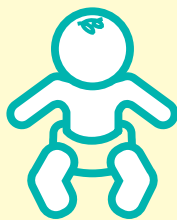
STEM education: From the perspective of a Singapore STEM educator

Dr. TEO Tang Wee (張丹璋博士)

Associate Professor, National Institute of Education,
Nanyang Technological University, Singapore

My relationship with STEM (science, technology, engineering and mathematics) dates back to 2006 when I joined the first STEM school in Singapore as a chemistry teacher. At that time, the word “STEM” was never heard of in Singapore. However, the school was modelled after a STEM high school in the United States to offer specialized and advanced mathematics and science curriculum for students identified to be gifted or highly talented in these disciplines. The vignette below was a recount of a Grade 8 integrated science lesson which I taught in the Singapore STEM school. The theme of the course, which lasted for one semester, was “Materials” so I brought in a diaper to set the context for teaching about polymers and chemical bonding. This was my early attempt at teaching a STEM curriculum.

After a stint of 18 months of teaching at the STEM school, I pursued my doctorate studies in the United States. I chanced upon an opportunity to conduct a case study of a STEM school chemistry teacher who attempted to do inquiry-based curriculum reform. I shadowed the chemistry teacher for 18 months in this school and even stayed at the student dormitory to learn about STEM school students’ learning in the residential STEM school. After I returned to Singapore to begin my academic career at the National Institute of Education, I was involved as a co-Principal Investigator on a research project that supported teachers at the second STEM school to adopt Investigative Case-based Learning approaches in designing and enacting science lessons. Having an interest in feminist science work, I offered an undergraduate elective course on



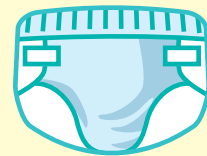
Teacher: Predict how many beakers of water would this baby diaper be able to hold?

Student 1: One!

Student 2: 20!

Student 3: 5!

Students(in chorus): 100!



Teacher: Let’s test this out. [The teacher filled several beakers of water and poured them on the baby diaper. Gradually, the diaper swelled up and overflowed after about 20 beakers of water.]

Students: Wow! Amazing.

Teacher: What is “holding” the water? Can you reverse the process and reuse the diaper?

Gender Issues in Science, Engineering, and Technology for two semesters. In 2014, my co-edited Special Issue on Critical Issues in STEM Schools was published in the journal Theory Into Practice. This special issue featured articles that offer critical analyses of STEM schools around the world, including Singapore, the United States, Australia, South Korea, and the Philippines. Specially, it discussed the tensions and challenges in being a STEM school teacher and STEM curriculum making, and issues of racial and gender discrimination for STEM school teachers who are minority, and equity issues. More recently, my Masters student had completed a study about the tensions and challenges international students confront as non-native English speakers learning science in an English-speaking context. I have also designed and validated a survey that measured changes in students' views while participating in a STEM camp designed by a large international non-profit organisation that is mandated to promote more women in science in Singapore. The constructs measured include students' views about participating in the STEM camp, attitudes toward STEM, self-concept in learning STEM, construction of STEM-identity, and their STEM career decisions.

My Observations of STEM Schools

Having taught and researched about STEM schools in the U.S. and Singapore, I have made a few common observations about STEM school curriculum, teachers and students that are catered to the gifted and/or talented students.

1 **There is some form of STEM integration somewhere in the curriculum**

Contrary to what most people would expect of a STEM school, the curriculum is not fully integrated. There are courses which are more integrated in nature. For example, in the U.S. STEM school where I did my doctorate research study, there is an integrated science course called Methods of Scientific Inquiry. This course is a first-year course that is compulsory for all students (aged 16) . However, when the students choose their majors in the second and third year, the science courses are taught separately as physics, chemistry and biology.

At the STEM school where I used to teach, there was an integrated science course for Grade 7-8 (aged 13-14) students. However, it did not explicitly integrate technology, engineering, or mathematics with the sciences.

2 **STEM students have the opportunity to perform authentic independent research projects**

While the regular classroom curriculum is not necessarily STEM integrated, students get a lot of opportunities to participate in independent research projects under the mentorship of their teachers who are highly qualified with a graduate degree (Masters or PhD) or experts in external agencies such as national or university research laboratories. In the U.S. and Singapore STEM school where I did my research or taught, students could work with real scientists in the laboratories to learn how it is to perform experiments, publish and present their work. These are invaluable experiences afforded to STEM school students which may not be as accessible to other students.



3 STEM school teachers have strong subject matter knowledge

Surprisingly, the U.S. STEM school had about 50-percent of teachers with a doctorate degree and 100-percent of them with a Masters degree. It is perhaps advantageous to have a strong subject matter knowledge in integrating the subject with other disciplines as integration requires teachers to have a deep understanding of the content and concepts in order to see the patterns, trends, and connections.

At this point, I am sure some teachers may wonder if they can actually do a good job in STEM teaching without a PhD or Masters degree in STEM? My response is certainly! A STEM degree or graduate degree programme is new and only a handful of universities in the world offers it. This means that few teachers in the world is truly trained to design, plan and teach a STEM curriculum. But this does not stop some really good teachers I have seen and worked with to teach STEM. Personally, I have had the privilege of knowing and working with a few primary school teachers in Singapore who are teaching STEM lessons. One of them has a degree in business. Every year, he sets a personal goal to try a different project to teach in innovative ways. He has adopted flipped teaching, augmented reality, robotics, and role-playing games in teaching his STEM and science lessons to interest and motivate his science students. To describe a specific example, he taught his students how to use WeDo 2.0 to build and programme a robot to travel exactly 2 metres. In the process, students learned about simple coding, perform simple mathematical calculations to make sure that the robot travelled exactly two metres, made predictions and approximations. They learned about experimental design in choosing the best combination of motor power and duration to give the desired distance. Finally, the students evaluated their group performance. In this simple case example, one can see the applications of STEM from an integrated lens. In the process of designing and enacting such a lesson, this teacher has mutually benefitted from trialling and troubleshooting. His STEM professional wisdom developed with the students' participation in STEM.

The journey to STEM education for an educator is not quite the same for everyone. Some teachers teach in a STEM school for exceptionally bright and motivated learners, of which many of them may move on to become producers of STEM knowledge and innovations. In other cases, they could be teaching students who will become consumers of STEM knowledge and innovations in their bid to make informed decisions that benefit themselves, their families, and the community they lived in; that is STEM-literate citizens. We can contribute to the STEM education of our future generations in different ways.

在數學課堂推動STEM教育的實踐

羅浩源博士

卓越教學發展中心客席講師

為了配合STEM教育在香港的推動和進一步發展學生在數學方面的優勢，數學課程會作出新的修訂，由第一學習階段（即小一至小三）於2019-20學年起在小一逐年推行。STEM教育本身包含了發展學生在綜合和應用科學、科技、工程與數學不同學科知識和技能上的培育。但在緊逼的課程框架下，再加入STEM元素，無疑會給數學教師帶來不少的挑戰。或許令教師更感困惑的是，究竟加入什麼元素和如何加入才能把STEM教育在數學課堂中實踐？

在2018年6月16日，我獲邀到香港教育大學主持「促進實踐社群以優化小班教學支援計劃」數學科個案分享經驗會。該天，有三間學校皆以小四面積作為加入STEM元素的課題，包括保

良局田家炳千禧小學、藍田循道衛理小學及元朗官立小學——分別以「學校停車場」、「風力車」、和「地產樓盤」等主題，闡述其教學成果。在過去一年，由於我參與了「田千」小學的教學支援工作，因此我會從其中的課堂觀察和與該校老師進行研討的經驗帶出如何在數學課堂實踐STEM教育的一些觀點。

對縱使有經驗的教師而言，在數學課堂加入STEM元素不只是一個新的嘗試，亦是一個新的挑戰。為了讓大家更容易理解到教師從參與這個新的嘗試的過去中，在觀念上所產生的一些微妙變化，我把其所體驗的過程分成三個階段作描述：

階段（一）：課前探索

出席第一次共同備課會議，教我難忘的是參與者的眼神。眼神背後，帶出一個清楚的信息——他們對於在數學課堂加入STEM教學元素感到迷惘。但作為一個新嘗試，這種困惑是可以理解的。縱使如此，我不會把這個會議場合視作講學的場地。

席間，我嘗試以行動研究的理念，鼓勵和引導老師一起探討STEM在數學課堂進行教學背後涉及的相關元素，包括動手做的實作活動、開放性的課堂研討空間、設計改良的課後延伸活動（以專題習作的形式進行）。除這些之外，我特別強調教學主題的設計意念應從學生本身的生活（包括學校生活）經驗去發掘和開拓，不然的話，會大大減低學生



▲ 老師以學校的停車場為例子作課題探討

參與研討的意欲和進行協作學習的興趣。會議研討的成果，就是決定以學校停車場的泊車現況作為學習主題情境的引入，並讓學生研討如何利用學校籃球場作為新停車場的藍本，設計出能停泊適量的私家車和校巴的圖則。

階段（二）：課堂實踐



▲ 學生討論如何充分利用空間停泊車輛

該學習主題的教學設計涉及兩個教節，但由於一些安排上的限制，我只觀看第二個課節的教學實踐。根據授課教師的補充，我了解到在第一個課節，學生已從觀看自學影片開始，再透過以不同組合的長方形面積重溫分割法和填補法，讓學生利用iClass的電子學習工具去討論如何設計不一樣的停車場車輛停

泊模式。而在第二課節，學生經過分組的研討後，便派代表進行匯報，向全班同學闡述各自設計的想法，有些組別利用密鋪方法，讓停車場全部的空間都可泊滿車輛，而另一些組別則騰出空間作車輛泊車時的行駛通道之用。

令我印象特別深刻的，不只是學生在課堂討論上所表現的投入和雀躍，更是他們在老師適當的引導下，能進一步探討設計背後的一些假設性議題（比方說，若學生和老師的人數改變時，校巴和私家車車位的相對數目可以作怎麼樣的調配）。在課堂完結後，學生更有機會把討論的成果，轉化成專題作品，以實物模型展示出來。

階段（三）：課後反思

在觀課後的檢討會議上，各老師都積極地提出一些可進一步改良課堂設計的不同想法。但對我來說，會議本身最重要的地方，不只是局限於教案上的修正，或教學運用技巧上的改善方法，而是在於能否看到教師本身在教學心態上從構想到實踐過程中所產生的改

變。在會議當天，從授課老師的反思分享，我已感受到這個改變。在6月16日的分享會中，我特別留意到在其中一頁簡報，道出了他們的教學反思：「過程中，學生和老師都要放膽嘗試，不要怕錯，不要怕失敗（尷尬），才會走出傳統，推行STEM教學。」

結語

STEM教育本身所涵蓋的教學元素應包括啟發（以學生的經驗出發）、改良（以創新的手法不斷地去嘗試修正原有的設計）、連繫（通過意念的重整和重組結合不同學科範疇的相關知識）和探究（鼓勵學生以實驗作不同新嘗試）。若以英文表示這些元素，即是「Inspire」、「Improve」、「Integrate」和「Inquire」。簡言之，我們可以把其歸納成「4I」來表達課堂設計背後有關STEM教育理念的一些想法。

STEM在數學課堂中的引入，既是一個挑戰亦是一個機遇。挑戰是作為一個新的嘗試，一方面教師需要獲得既適切亦相關的支援；另一方面教師則需要以既專業且開放的態度來重新思考STEM在數學教育本身的定位。機遇是在數學課堂加入STEM元素，教師會進一步提升其本身的教學意識，為學生創造更富意義的學習生態（the ecology of learning），在課堂上提供更充足的對話空間（dialogic space）去孕育和發展從想像和生活經驗而來的創新意念。「田千」小學的經驗，正好為我們朝著這個方向進一步深化教學上所需的設計和反思作了一個良好的示範。

香港學生需要怎樣的STEM教育

陳鶴安博士

卓越教學發展中心客席講師

STEM 一詞對很多香港人來說是2015年政府《施政報告》中橫空而生的新事物，然而早在美蘇太空競賽的五六十年代，西方教育界已聞呼聲，要加強對科學、科技、工程及數學類科目的重視，以免落後於人。直至90年代美國國家科學基金（National Science Foundation）初次把相關的數理科目整合，並以SMET為代名詞，及後在2001年更重整為今天的STEM（U. S. Department of Education, 2013; Bybee, Rodger Sep, 2010）。

香港推動STEM教育的初心

2015年10月《施政報告》提出，強化小學及中學有關科學、科技、工程及數學（STEM）的教育。隨之而來的是教育局在2016年12月公布《推動STEM教育－發揮創意潛能》報告，詳列教育局在2015年年底至2016年年初進行有關諮詢後，在中、小學推動STEM教育的六個最終建議：

- 1 更新科學、科技和數學教育學習領域的課程
- 2 支援學校在整校課程規劃和與相關組織協作
- 3 為學校提供學習領域為本和跨學習領域的資源
- 4 促進不同學校和教師間的交流，以建立STEM教育的實踐社群
- 5 促進社區不同持份者的參與，共同加強推動本地STEM教育
- 6 總結和分享良好示例，促進知識轉移

過去數年香港的STEM教育大概都是按以上的方針發展。到2018年中，相關科目的課程指引已作出更新，包括中學綜合科學科、小學數學科、中學數學科及小學常識科，當中都有提及要配合STEM教育的發展。此外，在2016年《施政報告》宣告後，政府向每所小學發放10萬港元的一筆過津貼，支援推行STEM教育的校本活動，繼而在2017年《施政報告》中提出向每所中學發放20萬港元的同類津貼。學校開始購置裝備、購買課後培訓課程及STEM教材等。一些條件較優越的辦學團體，為屬下學校提供額外資源開設STEM實驗室或創客空間等設施，學校亦出現林林總總的STEM相關項目。不同學校的STEM學習內容，由傳統的科學實驗活動到「學是學非」式的冷知識；學習活動方面，由機械人編程到魚菜共生系統架設；由吹奏樹葉到3D打印，形形色色涉及數理範疇的項目都各有捧場客。樂觀的看法是百花齊放，但也有人認為總是摸不著頭腦，新鮮的事物體驗過後，不知怎樣行下一步。

百花齊放的背後

這種對STEM教育的亢奮及亢奮過後的迷惘，可能源自以下尚待澄清的問題：

1 STEM教育是否有標準的定義和範圍？

有研究（Australian Council of Learned Academies, 2012）發現，不同國家或地區在推動STEM時，大多以STEM作為一種政策方向，而鮮有刻意規範STEM教育的標準或範圍。相反，即使是同一地區或國家，亦同時出現不同的STEM發展焦點。因此，當有人說美國是以科學學習為主、歐洲以工程培訓為主、亞洲以編程學習和機械人為等論述，都只可以說是以偏概全罷了。而香港不同的學校或不同的團體各師各法的現象亦不是獨有的。

2 STEM是一項政府政策還是一種課程或教學上的模式？

同一研究（Australian Council of Learned Academies, 2012）指出，不同國家及地區政府在推動STEM或類似名目的政策上，大都是針對國民的最終就業能力和國家整體的科技及創新競爭力。筆者認為雖然各國都提及基礎教育的配合，但大都只談加強對原有的數理科目的重視，而忽略了怎樣善用STEM規劃課程，以致出現STEM是口號還是具體的課程組織模式的迷思。

總的來說，除了香港教育局訂下的一些推行原則外，STEM在香港並未成為一個中央課程。社會上不同範疇的團體、公司或個人對STEM教育的回應，無論其動機如何，都是以自身一向的工作優勢出發。例如成立已久的水耕或魚菜共生機構在這幾年以STEM的名義推售水耕及魚菜共生設備；一向以舉辦電腦編程活動為本業的公司，現在以STEM的名義在學校開設課後編程班。當然更多的是乘著STEM的熱潮而出現的新組織、新公司和新專家，憑一己之長參與其中。最後大家不禁要問：香港推動STEM教育的定位是什麼？短、中、長期的策略又是怎樣的？STEM在學校會否有課程框架？筆者認為即使對以上問題未有答案，最少也要先弄清一些相關概念，並選取適合香港的STEM教育取向。

S.T.E.M 還是STEM

雖然各師各法是全世界推行STEM教育的普遍現象，但是推行STEM教育較早的國家或地區，例如美國，已經學到了教訓，並正努力朝向善用STEM教育的綜合性及實用性出發（AAAS, 1989, AAAS,1993; NRC, 1996）。其實，早有意見指出，今天分家的不同科技學科本來就是發源自同一的普通教育（general education）（Bonser & Mossman, 1923; Savage & Sterry, 1990 ; ITEA, 1996）。STEM教育的提出本來就不只重申對現有的科學、科技、工程、數學上的重視。正如Elaine（2014）所言：

STEM課程是一個跨學科的應用方法而不是分別在四個相關科目上割裂地教授。STEM綜合了四個相關科目成為一個緊密的，以真實生活問題為本的學習方式……（筆者譯）

經過近20年的發展，今天綜合的或跨學科式的STEM課程一般包含以下特徵：

1. 綜合及統整性，即以綜合主題提供機會讓學生學習或運用科學科技工程及數學的知識和技能（Kennedy et al., 2014）
2. 以解決真實世界或日常生活問題為出發點（NAE and NRC, 2009）
3. 具創新及動手的機會，即透過運用STEM相關的知識及方法，配合創意思維策略解決問題（Hoachlander & Yanofsky, 2011）

這些特徵對推動STEM教育來說有其裨益。試想，假如單純以其廣義割裂地提倡STEM，即任何與科學、科技、工程和數學相關的萬事萬物都統稱為STEM，則學習科學便是STEM教育、修讀科技科目便是修讀STEM科、上數學課也就等於上STEM課，這樣便沒有提出STEM的必要。再推演一點，當任何與數理相關的事物都沾上STEM的光環，便可能出現以下情況：一位同學吃過午飯坐在椅上休息，便是進行了STEM學習。因為不同的數理科目老師可以用自己的科目知識向同學教授所謂的S.T.E.M.：科學科老師可以解釋同學感到疲倦的原因是血液集中到胃部進行消化，因此腦部的血供應減少；數學科老師提醒同學正坐著的學生椅子是按一般學生的身高比例設計；科技或工程科老師分析同學的椅子所用的物料是足夠堅固承托同學的體重，所以同學可以安心坐下休息便完成了STEM學習。一個簡單的例子便說明了，廣義的、割裂的、不著邊際的S.T.E.M.課程在教學上意義不大。

Sanders（2009）指出STEM教育向傳統科學科技教育的方法提出質疑，皆因割裂式的傳統科學科技教育令不少學生在早年已失去對該等科目的學習興趣，以致出現很早便脫離STEM學習（exit from the STEM pipeline）的情況。Sanders（2009）亦指出以美國的情況為例，雖然個別科學科技科目在過去20年亦提出了不少改革，但結果是決定放棄STEM學習的學生未有減少，甚至到奧巴馬時代的「No Child Left Behind」計劃的其中一個目標是不讓學生在數理科目落後，但卻面對修讀STEM科目的學生人數不足的問題。因此，跨學科式的綜合而具實際應用，而非各自為政的S.T.E.M. 教育，現在是美國STEM教育寄望的出路，更是香港值得借鏡的經驗。

STEM與創客 (Maker)

上面談過割裂的S.T.E.M教育，現在看看在課程或教學上較具意義的綜合式的STEM學習，當中包括上文提及STEM課程或學習活動應具有的三項共同特徵。問題為本及要求動手動腦操作的STEM課程，學生有機會綜合地運用不同的科學科技以至數學的知識和技能，並學習不同知識之間的關係，更重要的是學習到人類怎樣解決生活上的問題。就以本中心2017-18年度支援的其中一組小學常識STEM來解釋以上的觀點。

課題

可吃的環保黏合劑 (第二學習階段)

問題為本

市面上的黏合劑 (萬能膠) 標籤上指明內含不同的化學成份，使用時發出刺鼻的氣味，亦有個案顯示，有人吸入及濫用這種物質。因此，同學發現一個具豐富探究機會的問題：

- 怎樣製造一種更環保、對人類更少害處的黏合劑？
- 怎樣設計並製作盛載環保黏合劑的器皿？

綜合課程元素

此問題引發的科學學習包括：

1. 古今中外有哪些天然黏合劑的資料？
2. 怎樣測試新製成的黏合劑的成效？
3. 在探究及製作過程中學習到哪些科學概念及技能？

科技或工程學習方面包括：

1. 怎樣用較天然的物料合成或製作黏合劑？
2. 怎樣保存及盛載黏合劑？
3. 在製作過程中怎樣學習設計循環？

數學學習方面包括：

1. 測試可信度與測試次數有什麼關係？
2. 怎樣應用平均值的數學概念？
3. 怎樣在測試中取得平均值？
4. 怎樣幫助同學重視數據？

動手動腦機會

1. 動手混合不同天然物料，觀察及紀錄不同製成品的成效
2. 找尋及分析合適的物品作黏合的測試受體及試體
3. 動手製作試體
4. 動手進行公平測試
5. 監察測試過程並找出漏洞
6. 設計並製作盛載黏合劑的器皿

大家不難發現，這樣的綜合式課程一般最終都會有製成品，而製成品都具科學科技成份、創新性及用於解決日常問題，換言之是朝向創客學習發展。

創客學習或創客運動是建基於親手製造的體驗式學習，用創意來設計及製作（Kylie Peppler, Sophia Bender, 2013）。創客學習為解決問題而進行假設、探究、測試及改良等因素是探究式學習的模式之一，其背後理念是建構主義（Erica & Kimberly, 2014）。

堅持以傳統S.T.E.M.學科各自做好本份的說法永遠都是對的，亦應該繼續在本科的課時內做好本份。然而，以學好現有科學和數學課程為STEM教育的終極目標，便忽略了STEM本身的最大價值：它提供的綜合性、解難性、創造性、手腦並用和切合生活經驗等豐富學習機會。這樣豐富的、生活化及跨領域的學習產出，遠超過只熟習現有數理課程內容。其中最大的分野，筆者認為在於綜合式STEM課程較接近創客學習，正如林坤誼（2014）所言：

近年來所盛行的自造世代（Maker），便是突顯教育體制應該更強調整合理論與實務能力的培育，而避免僅是偏重於學科知識的學習。

除了在教學上的效能討論外，香港的STEM教育走向綜合式的創客教學或換言之創科教學，有其社會性的必要。然而這方面不是本文探討的範圍，因本文探討的是STEM在基礎教育的定位，因此我們接下來要解構另一個香港學界發展STEM教育的含糊地帶，即編程教學與STEM教育的關係。

STEM 跟編程（Coding）的關係

對本地基礎教育界來說，編程又是另一項從政策文件橫空而生的事物。教育局於2014年發表第四個資訊科技教學策略諮詢文件，首次提出將電腦程式編寫納入基礎教育的必備部分。其後在2015年發表的第四個資訊科技教學策略（教育局，2015）定稿中總結如下：

教育局將繼續培養學生程式編寫的相關能力（例如計算思維、模擬程式、編碼、測試及邏輯分析），以及加強他們的解難技巧。

編程訓練是培養計算機思維（computational thinking）的其中一種最常用的方法，而培養計算機思維的最終目的不是栽培電腦程式員，而是讓學生學習解決問題的步驟及思考的邏輯。更重要的是，今天推動STEM，其中的科技學習必然不能脫離資訊科技，甚至可以說資訊科技是主宰未來科技發展的最重要成份。因此基於現實的情況，為下一代設計的STEM課程不可能缺少了計算機思維的訓練，亦不可能忽略對編程能力的全盤培訓計劃，正如蘋果公司網頁指出：

編程學習是學生在未來科技世界茁壯成長的關鍵。

檢自：<https://www.apple.com/education/teaching-code/>

此外，不少研究指出計算機思維包含的技能訓練可應用於廣闊的、不同範疇的問題及情境上，因此自然較適合結合在綜合的、具創客元素的STEM課程。這些研究亦指出這種為解決問題而設計的STEM學習，反過來對培訓學生的計算機思維亦有其幫助（Guzdial, 1994; National Research Council, 2011; Repenning, Webb, & Ioannidou, 2010; Sengupta, Kinnebrew, Basu, Biswas, & Clark, 2013; Wilensky & Reisman, 2006）。

以下用一個簡單的例子說明計算機思維怎樣有助STEM學習。除錯（debugging）是計算機思維中一個重要概念，假如運用編程來學習除錯，學生要找出令程式不能運行的錯誤部分。過程中，學生可以從指令互動（interactive）、控制流程分析（control flow analysis）或程式概要分析（profiling）等不同策略來進行除錯。接著，便有機會在具創客元素的STEM實作中應用，找出導致製成品不能達至預期效果的原因，並運用策略除錯改良，直至製成品達至計劃中的預期效果。上文提及的創製「環保黏合劑」活動，當同學發現製成的黏合劑的效能比不上用來作對照實驗的「萬能膠」時，他們可以運用除錯步驟及策略：從測試物質（不同的農作物粉）與受體（木衣夾）的相互關係上查找（interactive），或檢視混合物質及加入水份和冷卻等過程（control flow analysis）找出製成品未達效能的問題所在。這個例子回應了上文提到的三個STEM學習目標之一：「不同的思維策略」。除錯既是一種技能亦是一種從計算機運行學到的思維策略，對學習STEM甚有幫助。當然，直接學習編程（電腦語言），對運用資訊科技進行綜合式的、創客式的STEM的用處更無須詳述罷。

同時推行計算機思維教育和STEM教育而未把兩者的角色說清楚，的確把已成迷思的STEM「迷上加迷」。以下用簡單的問與答來澄清這雙重迷思：

編程是STEM嗎？

學習編程有兩大作用：掌握某種電腦程式來進行STEM活動，其次是學習編程就是學習像電腦般思考（計算機思維），這有助以解決問題為本的STEM學習。然而編程或計算機思維都不是等同STEM。

編程等同計算機思維嗎？

學習像計算機一般思考可以有不同的方法：可以通過邏輯遊戲、活動或實實在在學習一套電腦程式。學習編程便是學習一套電腦程式。換句話說，無論你手上有沒有電腦都可以學習像計算機一般思考。

大家關心編程和STEM之間的關係所帶來的問題可能不只以上幾個，但澄清這些問題對學校決定開展STEM的方向是重要的。今天，編程學習已成為語文和數學學習以外的基礎能力培養，它對STEM學習甚有幫助，對解決日常生活問題也很有用。因此，假如香港要有一個具長遠目光的STEM課程架構，整體的中小學編程培訓是不可或缺的。

總結

STEM教育涉及的遠多於上文論述的幾個問題，但是連這幾個基本的概念或問題都未嘗試尋求共識，又何來進一步有系統地、有秩序地推動整體香港STEM教育在學校的發展。我們既檢視過STEM教育在香港的推行，也嘗試討論涉及STEM的幾個重要概念，亦嘗試建議值得考慮的STEM教育取向，拋磚引玉之後，希望有心的學者和老師認真思考本文提出的意見，為本地學界共同努力，建立擲地有聲的中小學STEM課程及標準，而不要再徘徊踱步，磋跲一代學童的光陰。

參考資料：

- American Association for the Advancement of Science.(1989). *Science for all Americans*. Washington, DC
- American Association for the Advancement of Science.(1993). *Benchmarks for science literacy*, Project 2061. Washington, DC.
- Australian Council of Learned Academies(2012)STEM: Country Comparisons Project Australian Academy of the Humanities ,Australian Academy of Science. *International comparisons of science, technology, engineering and mathematics(STEM)education*. Final Report.
- Bybee, Rodger W.(Sep 2010). Advancing STEM Education: A 2020 Vision *Technology and Engineering Teacher*, 70, 30-35.
- Bonser, F. G. & Mossman, L. C.(1923). *Industrial arts for elementary schools*. New York: Macmillan.
- Elaine J. Hom, 2014 Live Science Contributor | February 11, 05:16pm ET
- Erica R. H., Kimberly S.(2014)The Maker Movement in Education. *Harvard Educational Review*: December 2014, Vol. 84, No. 4, pp. 495-504.
- Guzdial, M.(1994). Software-Realized Scaffolding to Facilitate Programming for Science Learning. *Interactive Learning Environments*, 4(1), 1-44. Retrieved September 4, 2018 from <https://www.learntechlib.org/p/78397/>.
- Hoachlander, G., & Yanofsky, D.(2011). Making STEM real: by infusing core academics with rigorous real-world work, linked learning pathways prepare students for both college and career. *Educational Leadership*, 68(3), 60-65
- Hynes, Morgan; Portsmouth, Merredith; Dare, Emily; Milto, Elissa; Rogers, Chris; Hammer, David; and Carberry, Adam, "Infusing Engineering Design into High School STEM Courses"(2011). *Publications*. Paper 165. https://digitalcommons.usu.edu/ncete_publications/165
- Interanational Technology Education Association(1996). *Technology for all Americans: A rationale and structure for the study of technology*. Reston. V.A.: Author.
- Kennedy, T., & Odell, M.(2014). Engaging students in STEM education. *Science Education International*, 25(3), 246-258.
- Kylie Pepler, Sophia Bender Article first published online: November 1, 2013; Issue published: November 1, 2013
- National Academy of Engineering and National Research Council [NAE & NRC].(2009). *Engineering in K-12 education: Understanding the status and improving the prospects*. Washington: National Academies Press
- National Research Council. "How people learn: Brain, mind, experience and school. Expanded Edition," 2011. Retrieved from: <http://www.csun.edu/~sb4310/How%20People%20Learn.pdf>, on March 10, 2014.
- Repenning, A., Webb, D., & Ioannidou, A.(2010). Scalable game design and the development of a checklist for getting computational thinking into public schools. In *Proceedings of the 41st ACM technical symposium on Computer science education*(pp. 265-269
- Savage, E.; Sterry, L.(1990). A Conceptual Framework for Technology Education Part 2. *Technology Teacher*, v50 n2 p7-11 Nov 1990
- Sanders, M.(2009). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20-26.
- Sengupta, P., Kinnebrew, J. S., Basu, S., Biswas, G., & Clark, D.(2013). Integrating computational thinking with K-12 science education using agent-based computation: A theoretical framework. *Education and Information Technologies*, 1-30.
- Technology and Engineering Teacher*; Reston Vol. 70, Iss. 1, (Sep 2010): 30-35
- Wilensky, U., & Reisman, K.(2006). Thinking Like a Wolf, a Sheep, or a Firefly: Learning Biology Through Constructing and Testing Computational Theories—An Embodied Modeling Approach. *Cognition and Instruction*, 24(2), 171-209
- 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)，1-17。
- 游光昭，林坤誼 (2007)。數學、科學、科技統整課程對不同學習風格學習者在學習成效上之影響。《教育研究學報》，41 (1)，1-16。
- 教育局 (2015)。《第四個資訊科技教學策略》。
- 課程發展議會 (2016)。《推動STEM教育－發揮創意潛能》。香港：課程發展議會。

STEM教育的「動」與「腦」：空氣的特性

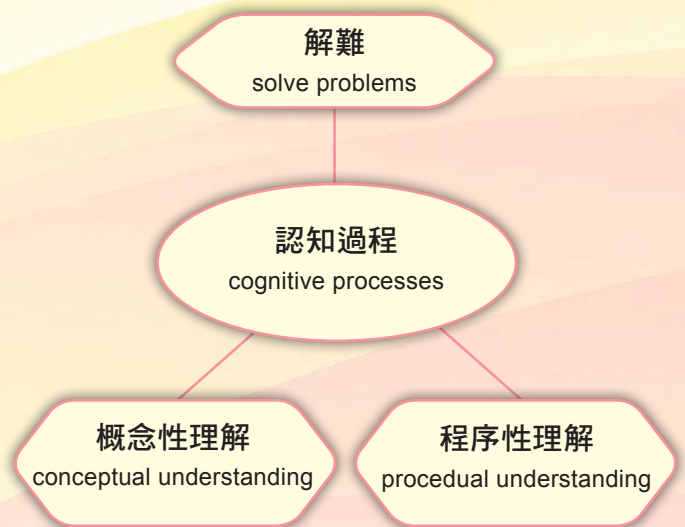
黃志堅 卓越教學發展中心客席講師
陳穎欣 卓越教學發展中心助理項目經理
周美華、招浩勤、鍾保珠 聖公會聖約翰小學老師

動手做－STEM教學常用策略

近年香港政府積極推動STEM教育，其中一個目的是培養學生協作解難能力，以及發揮他們的創意潛能。在學校推行STEM教育，「動手做」（hands-on）成為STEM常用的一種教學策略，這與早年杜威（John Dewey）提出的「做中學」（learning by doing）有著緊密聯繫。現在讓我們重溫一下杜威對學習的理解，以及背後的理念，從而認清「動手做」的真正意義。杜威強調學習者的經驗非常重要，他建議的「做中學」，主要是透過學習者內在需求與外在環境的互動關係，引發出學習動力。然而，當外在環境未能滿足學習者的內在需求時，難題（problem）便隨即產生，於是學習者便會根據他們已有的知識和經驗，思考和分析各種解難方案。如果難題得以解決，便會帶給學習者新的知識和成功經驗；但如果難題未能解決，學習者便需要另找解決方案，直至難題得以解決。杜威提倡的「做中學」，並非單是動手做，也重視動腦思考（minds-on）。因此，STEM提倡動手解難的真正意義是手腦並用（hands-on, minds-on）。例如，我們處理小學四年級常識科課題「空氣的特性」時，除了安排學生認識動手做實驗的程序外，亦同時要學生理解相關的科學概念，例如：空氣是佔有空間等。

圖像思維－STEM教育不容忽視

在2017至18學年，聖公會聖約翰小學的老師團隊選取了「空氣的特性」作為課堂研究的課題，嘗試優化課堂的STEM元素。對於小學四年級學生來說，「空氣」一詞雖然並不陌生，但卻是一個看不見的抽象概念，而「空氣佔有空間」等概念，對學生來說就更加顯得難於理解。老師分享他們過去的教學經驗時表示，學生往往只靠背誦，嘗試把概念牢牢記住，但記住了不一定代表他們正確理解「空



▲ 圖一：A model for science (based on Gott, 1991)

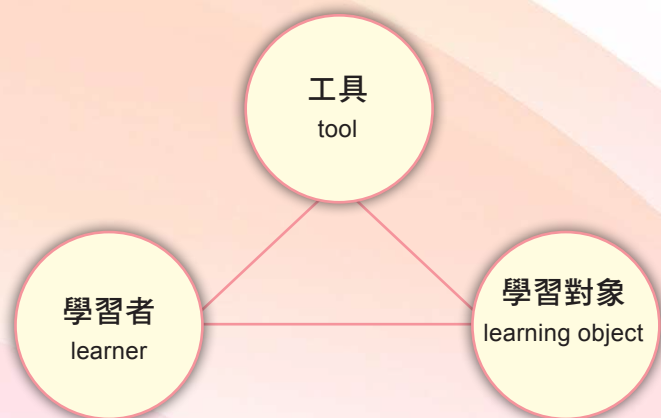


▲ 圖二：「空氣的特性」課堂活動使用的工具

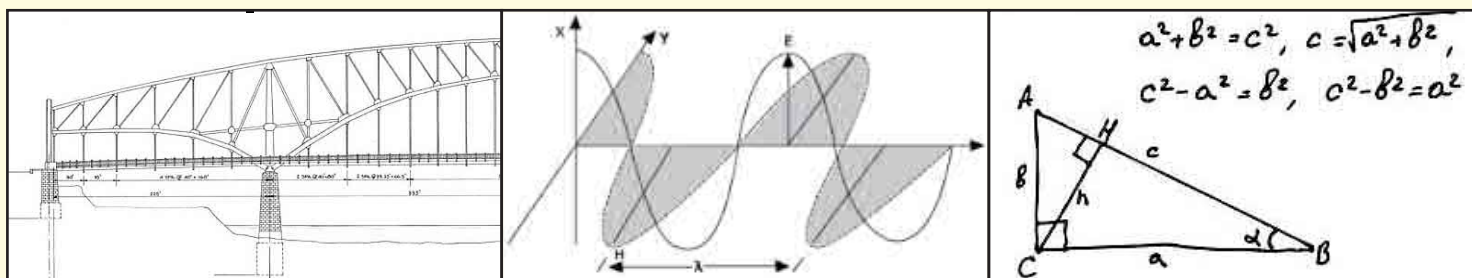
氣的特性」；另一方面，由於概念抽象，學生在學習過程中往往感到難以運用語言和文字表達他們對概念的理解，以致老師難以在教學過程中給予適切的回饋和引導。為了解決這個教學上的困難，我們決定在教學上引入圖像思維，並結合手腦並用的實驗活動，協助學生建構「空氣佔有空間」概念，以及應用該概念解決相關難題。

STEM的學習活動，尤其是科學探究和工程設計與製作，一般需要使用適當的工具。舉科學探究實驗為例，測量儀器往往是重要的工具，能把學生的直觀經驗量化成為客觀數據，例如：計時器可以把時間量化成分與秒；量筒可以把液體的體積量化為立方厘米等，這有別於只用質性的描述（例如：快、慢；多、少等）。學生可以把測量的結果具體記錄下來，運用適當的數學技能，作出分析和推論，由此可見，把實驗工具引入常識科活動，能有效協助常識科老師推行STEM教育。當我們設計適合四年級學生的實驗活動時，當中使用的實驗工具不宜太複雜，安全更是首要考慮，因此在這次的STEM學習活動，我們選用的工具，都是簡單和安全的，包括量杯、刻有標記的膠杯和膠盤等。

「使用工具促進學習」完全符合認知心理學的原則。上世紀蘇聯心理學家維谷斯基（Vygotsky）已指出，人類的認知發展是藉著工具，把外在經驗及概念，經由人際互動而內化成為個人知識。因此，「工具」是促進學習必須的元素。但我們必須指出，實物工具（physical tools）並非STEM學習的唯一工具。根據維谷斯基的社會建構理論，工具不單只是指測量儀器等的實物工具，還有思維工具（mental tools）。針對STEM教學及學習，有一種思維工具常常被忽略，就是圖像工具（visual tools）。雖然維谷斯基指出語言在共建知識的過程非常重要，但是我們懂得的往往比能表達的多。一般人不一定是通過語言文字去學習和表達思想，特別是孩童，更不是通過精確的語言及句子去學習和理解。而科學家、數學家 and 工程師們，他們往往更習慣採用繪圖（drawing）和符號（sign）等視覺工具來思考和溝通，甚至比文字更常用。



▲ 圖三：人類共構知識的過程



工程師用圖畫表示橋的結構

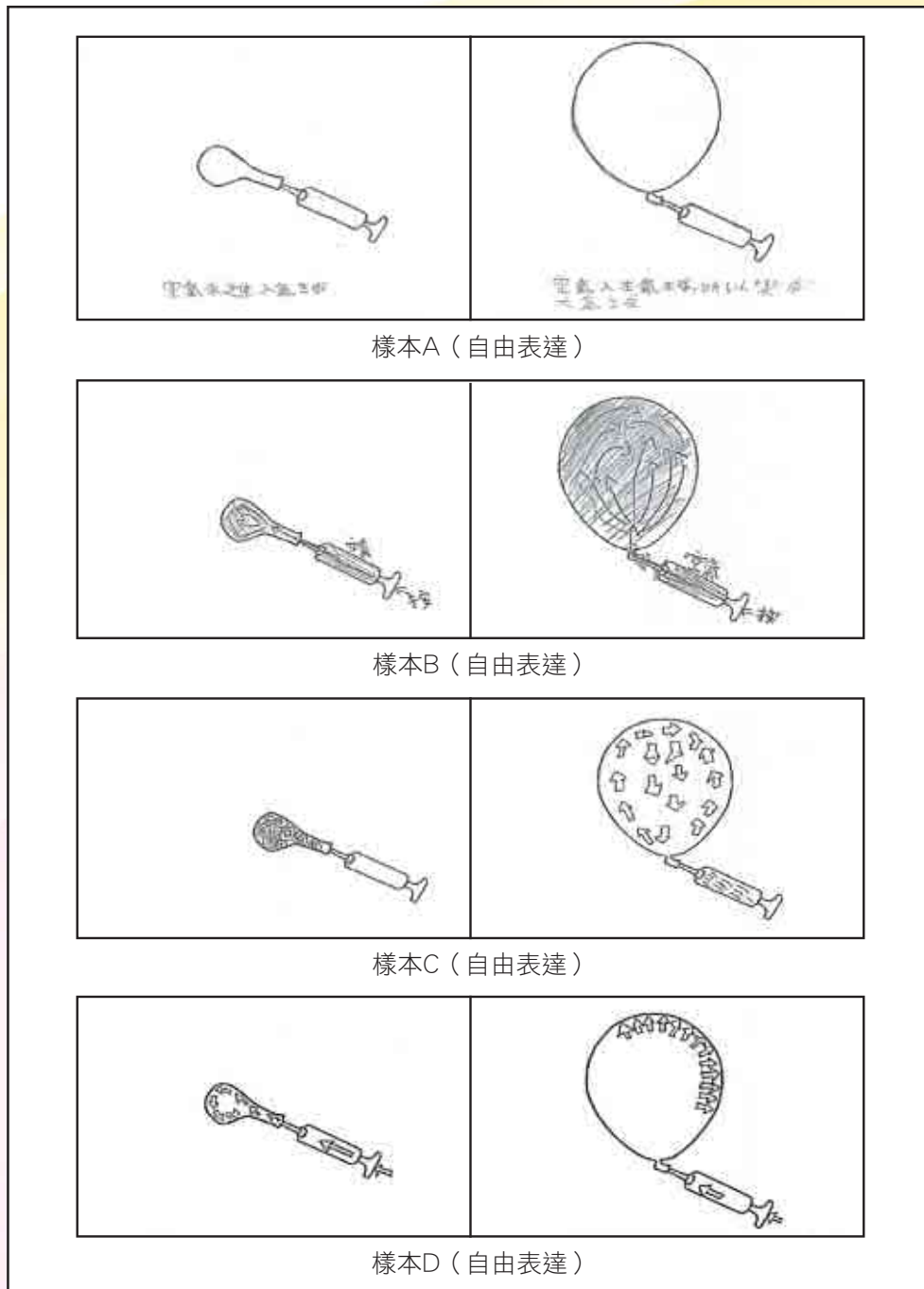
科學家用圖畫表示電磁波的特性

數學家用圖畫和符號處理數學問題

▲ 圖四：STEM相關行業慣用圖像思考的例子

學生使用圖像表達「空氣」概念

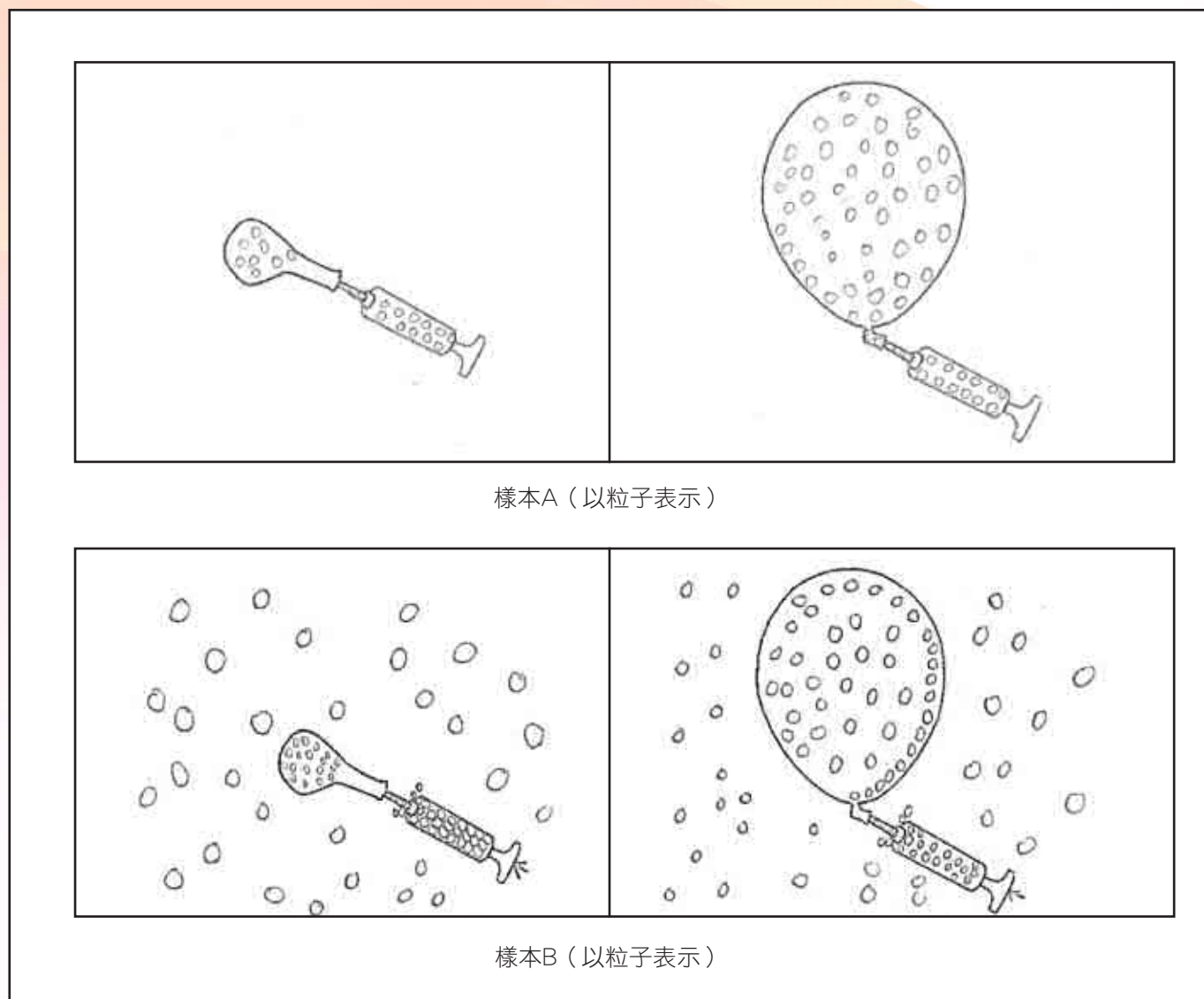
由於學生缺乏使用圖像解釋科學現象的經驗，團隊經商議後，決定在動手做實驗探究「空氣佔有空間」概念之前，首先讓學生懂得利用圖像表達「空氣」概念。老師的具體做法是用了一個學生熟悉的現象——「把空氣注入氣球會導致氣球脹大」，著學生按照自己的理解，在工作紙上畫出注入空氣前後氣球內的空氣，並解釋氣球為何會脹大。下面圖五是一些學生畫出氣球內空氣的模樣。由學生所畫的圖像可見，有學生不懂得畫出空氣（圖五樣本A），所以選擇以文字表達，也有些學生把氣球用黑色填滿，並以箭咀、旋轉符號表示空氣不斷流動（圖五樣本B、C及D）。這些學生所畫的圖像都顯示他們對空氣的理解聚焦在其流動性，而不是其空間感。



▲ 圖五：學生藉著圖象表達他們對空氣的理解

老師讓學生自由地用圖像表示他們對空氣的理解後，便跟學生討論不同圖像背後所表達對空氣的不同想法，以及哪種表達方法比較合適。雖然學生利用圖像表達的能力有差異，這亦是老師意料之內的。然而，從這個教學活動，老師能通過學生所畫的圖像了解到他們對空氣的不同理解，這有助老師幫助學生弄清概念。以圖五樣本D為例，顯示學生的想法不太全面，他認為當把空氣泵入氣球時，空氣多了並會聚在一起，頂住氣球，令氣球膨脹。當老師知道學生的想法後，那就可以在課堂上跟學生討論，加以澄清。經過以上的教學活動，學生對利用繪圖表達抽象概念的做法有了初步認識，亦明白到科學家習慣以圓點表示空氣粒子，這種表達方式一方面可以說明空氣需要活動空間，另外也可以表示其數量。

跟學生共同訂立空氣粒子的表達方法後，老師讓學生再次畫出氣球內空氣粒子的變化，並讓學生口頭解釋。經過這個學習活動後，學生能掌握當把空氣泵入氣球時，因空氣粒子多了，所以氣球膨脹；相反，當充氣的氣球被鬆開時，空氣從氣球流出。因為氣球裏的空氣粒子少了，所以氣球就會縮小，學生從而能夠理解「空氣愈多，佔有的空間愈大」的概念，如圖六樣本A及B。



▲ 圖六：學生以粒子表達對空氣的理解

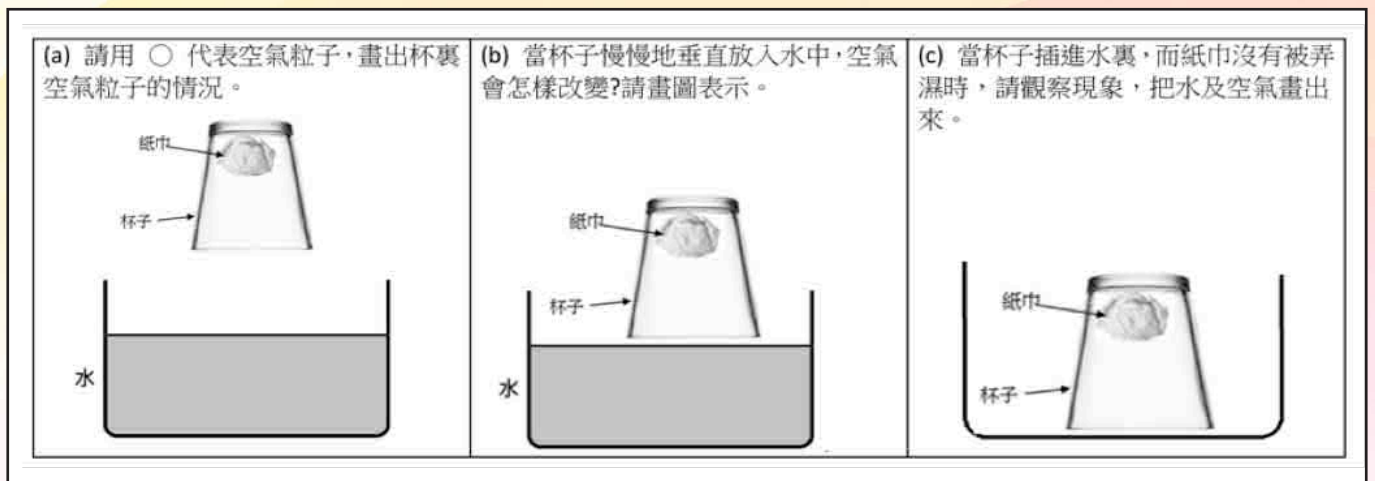
教學活動的設計－從解釋到解難

學生初步認識了表達空氣粒子的圖像工具後，接著便進行兩個「空氣佔有空間」的探究活動。兩個探究活動的重點各有不同，一個是解釋，另一個是解難。

解釋活動：紙巾為何不會被水沾濕？

這個活動，老師要求學生把紙巾放入杯子內，然後把杯子垂直倒插入水中的時候，杯子內的紙巾要沒有被水沾濕，然後再加以解釋箇中原因。這個活動的目的是培養學生利用圖像來解釋現象的能力。老師們預備了工作紙，協助學生按步驟完成實驗，然後以圖像解釋各個步驟中，杯子裏面空氣粒子的情況（圖七）。我們知道，當杯子垂直倒插入水時，杯子與水面形成了密閉空間，把杯內的空氣困住，因為空氣佔有空間，所以水不能進入杯內，紙巾便不會被水沾濕。

學生在課堂上進行探究活動的機會不多，設計這個活動時特別期望每組學生都能成功完成實驗，每位學生都有動手做的機會，並且能利用圓點表示杯子內的空氣，解釋紙巾為何不會被水沾濕。課堂上，學生對於能動手做實驗，都顯得十分雀躍，學習動機強。學習過程中，老師只需給予學生足夠時間和適當的引導，他們經過共同進行實驗、討論和繪畫粒子圖像，大多能清楚解釋紙巾為何不會被水沾濕。



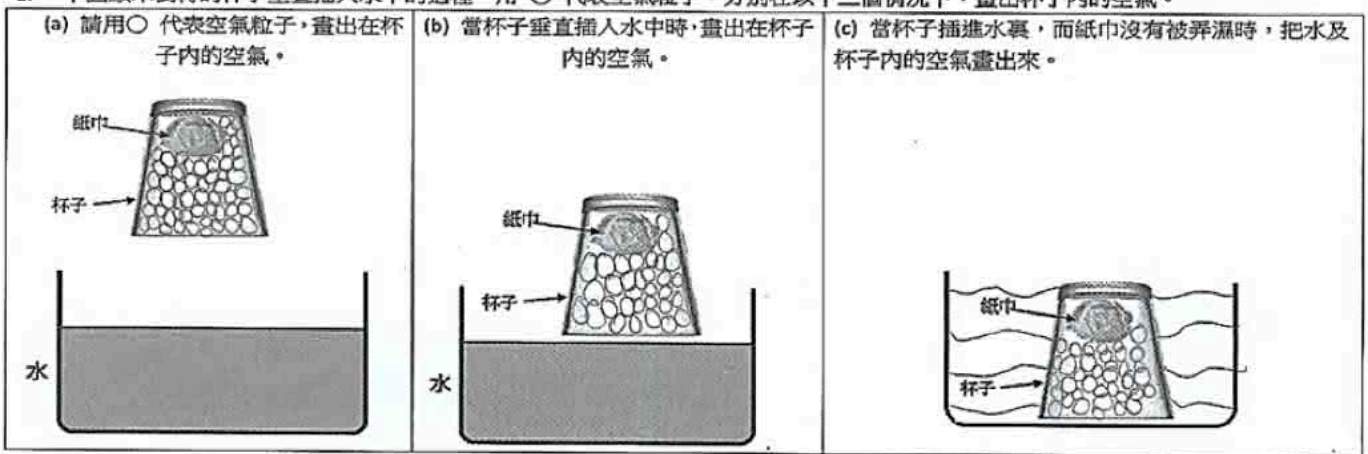
▲ 圖七：探究活動工作紙



▲ 圖八：學生進行實驗的情況

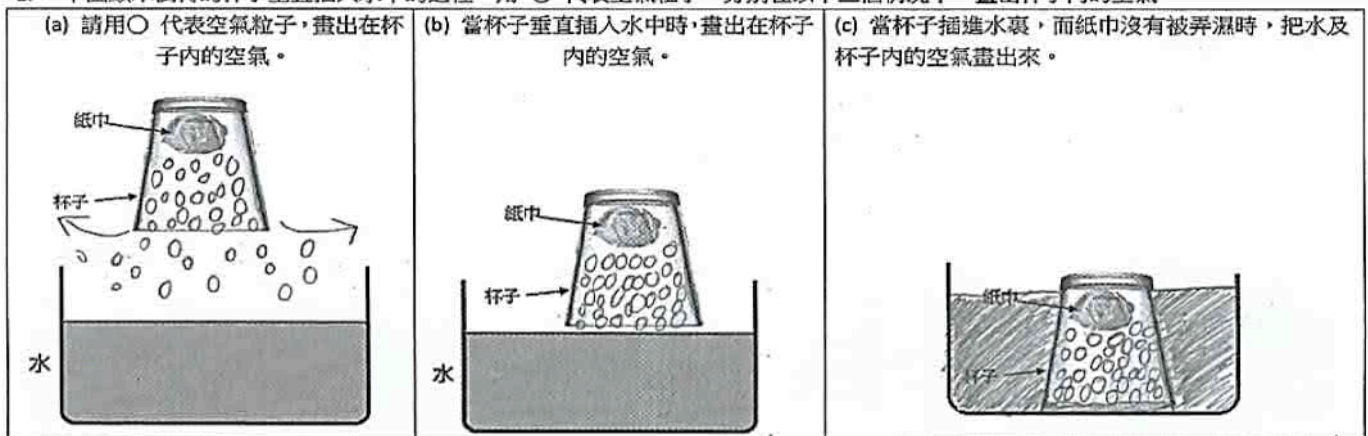
以一些學生繪畫的粒子圖樣本為例（圖九），當杯子還未垂直倒插入水中前，學生在杯子內畫滿圓點，表示杯子裏填滿了空氣；當杯子插入水中時，杯子裏面的空間仍然充滿了空氣，阻止水進入杯中，因此紙巾沒有被沾濕（圖九樣本A），而能力稍高的學生還會利用箭咀，表示部分空氣在杯子插入水中的過程會溜走（圖九樣本B）。教學中引入繪畫粒子圖，好處是能利用圖像來協助學生思考，讓學生有「工具」來表達抽象的概念。正如前文提及，利用圖像工具表達想法，是科學家、數學家 and 工程師們的慣用方法，而這種方法對於文字表達能力稍遜的學生亦有利，他們不會因為文字表達能力而造成學習障礙。

2. 下圖顯示倒轉的杯子垂直插入水中的過程。用 ○ 代表空氣粒子，分別在以下三個情況下，畫出杯子內的空氣。



樣本A

2. 下圖顯示倒轉的杯子垂直插入水中的過程。用 ○ 代表空氣粒子，分別在以下三個情況下，畫出杯子內的空氣。



樣本B

▲ 圖九：學生用圓點畫出杯子內的空氣

學生完成小組實驗、討論圖七的工作紙後，老師便邀請學生口頭匯報討論結果。以下節錄了一位學生利用空氣粒子的圖像解釋杯子垂直倒插入水中時，杯中的空氣粒子出現甚麼變化，以及他如何解釋杯內的紙巾為何不會被水沾濕：



▲ 圖十A：學生解釋當杯子垂直倒插入水中時，杯中的空氣粒子出現甚麼變化



▲ 圖十B：學生解釋當杯子垂直插入水中時，紙巾為何沒有被沾濕

學生：第一幅圖是沒有減少的，會有空氣，因為空氣始終是無處不在。到第二幅，（空氣）覆蓋就像這樣……

老師：兩幅圖沒多大變化，為甚麼你不多畫幾粒(空氣粒子)？

學生：因為我已經密封了杯子，（空氣）已經不能走出去，所以（空氣粒子數量）就差不多。

老師：空氣粒子數量會不會少了？

學生：（空氣粒子數量）有機會少了，因為（杯子）未閉合前，可能會有少少空氣走了。始終都會有少少水進入，但空氣逼住了，（空氣）佔有空間，逼住了水，所以只有少量進入杯內。

▲ 圖十：學生向同學匯報小組討論的結果

從以上學生的匯報大概可以看到，學生除了使用繪圖共建科學化的概念外，也能使用圖像幫助他們解釋實驗結果。

解難活動：如何使水位升至最高？

完成了以上的「解釋」活動後，學生便要應用「空氣佔有空間」的知識，進行「解難」任務。老師要學生把一個有刻度的杯子倒插入水中，思考如何能使杯子中的水位升至最高。學生首先需要討論杯子如何放入水中，然後有三次機會嘗試。每次嘗試，學生需要紀錄水位的高度，看看哪個方法能使杯子內的水位升至最高。學生完成所有嘗試後，老師會邀請某些組別向全班同學示範他們採取的方法，以及解釋背後的原理。

老師設計這個「解難」任務的著眼點並不是任務的難度，而是希望創設一個具挑戰性的情景，讓學生應用前一個「解釋活動」學會的概念來解決難題。因此這道「難題」應該是大部分學生都能解決，難度不會過高的。

1. 解難活動：把杯子倒轉，插入水中，看看誰能令到杯子內的水位最高。

2. 以下是容器的實物圖，容器刻有數字，可以用作顯示水位。你有三次嘗試，記錄每次杯子中的水位。

第一次嘗試的水位： _____
 第二次嘗試的水位： _____
 第三次嘗試的水位： _____

*注意：這實驗的水位採取相對性計算，不用理會量杯的單位。

▲ 圖十一：「解難」任務紀錄工作紙



▲ 圖十二：學生嘗試使杯內的水位升得更高

2. 以下是容器的實物圖，容器刻有數字，可以用作顯示水位。你有三次嘗試

第一次嘗試的水位： 3
 第二次嘗試的水位： 6.5
 第三次嘗試的水位： 7

2. 以下是容器的實物圖，容器刻有數字，可以用作顯示水位。你有

第一次嘗試的水位： 1.5
 第二次嘗試的水位： 5.5
 第三次嘗試的水位： 7

▲ 圖十三：杯內水位升高的紀錄

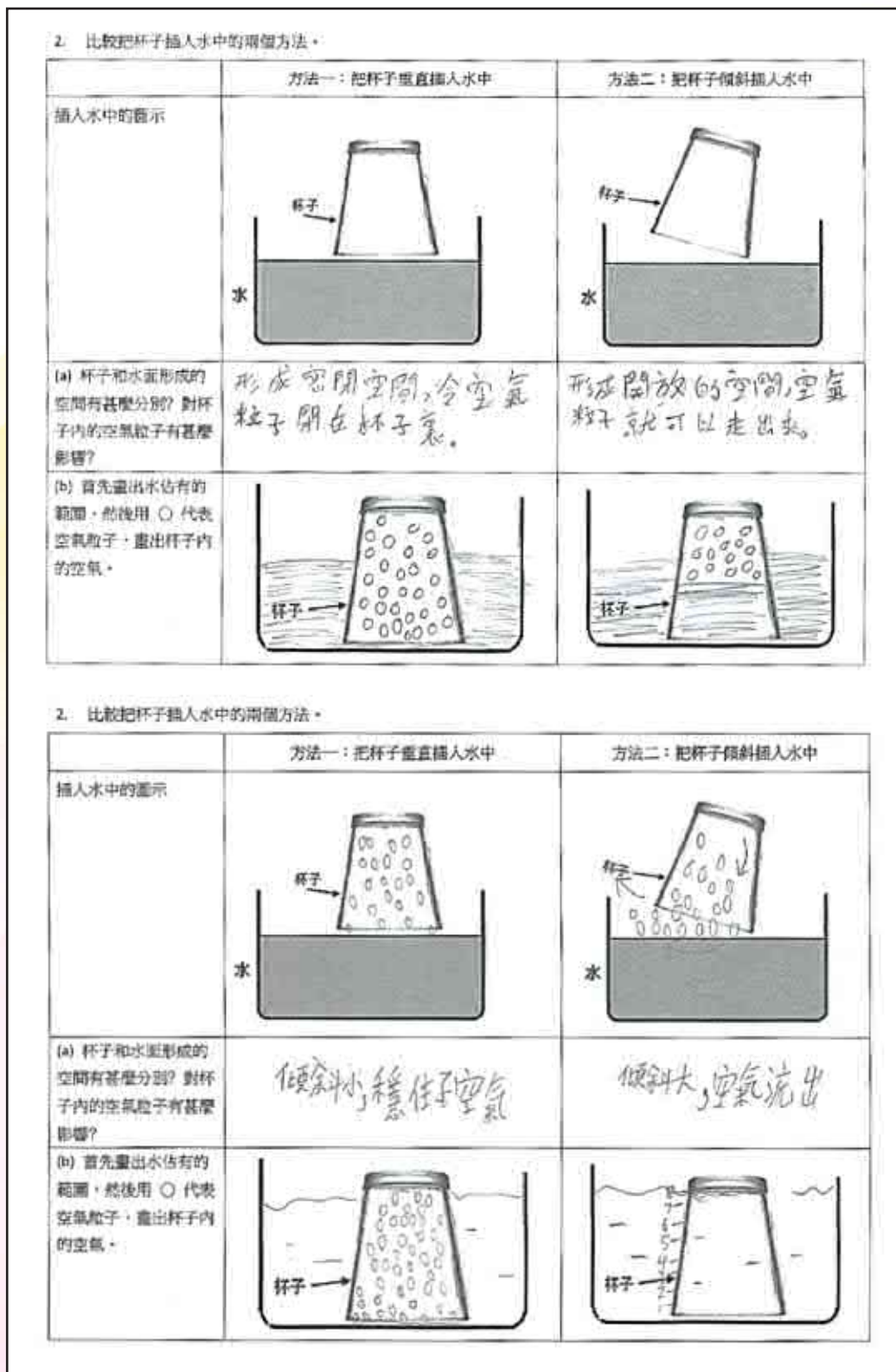
建基於「解釋活動」的經驗，一些學生在第一次嘗試時已懂得把杯子稍稍傾斜地插入水中，在之後的第二、第三次嘗試，他們已能逐漸把杯子的傾斜角度增加，使杯內的水位升高；另外一些同學則需要經過嘗試後，才慢慢領略到令水位升得更高的方法，圖十三是其中兩組學生的紀錄表。

從學生的量度紀錄表可見，雖然他們掌握程度有快慢之分，但他們經過三次嘗試都能成功使水位上升至最高位置。課堂觀察所見，很多學生完成三次嘗試後，都不願停止，繼續嘗試，反映學生對這個簡單的解難活動十分投入。各小組完成紀錄後，老師邀請能使水位升高的組別分享所用的方法，以及解釋使水位升得高的原因。由於課時有限，老師只能邀請一組學生扼要示範及跟同學分享他們所用的方法。正如老師共同備課時的預計，課堂沒有足夠時間讓學生使用空氣粒子的概念解釋如何使水位升至最高的方法。幸好，老師已預先設計了課後工作紙（圖十五），讓學生在課後利用空氣粒子的概念，比較杯子分別垂直和傾斜倒插入水時，用文字和圖像解釋杯子內的空氣粒子和水位升高的變化，以補課時不足的限制。老師期望能藉著這張工作紙，鞏固和延展學生在課堂學習經驗，以及讓老師了解學生能否掌握「空氣佔有空間」的概念。



▲ 圖十四：學生示範和解說水位升高的方法

從學生的答案可見（圖十五），雖然「空氣」是個看不見的抽象概念，但學生在完成課堂後能懂得用粒子把「空氣」概念形象化，運用科學知識解釋相關現象。通過學生繪畫的圖像和文字表述，顯示他們理解到當杯子垂直插入水中，空氣被困住在杯子內，把杯子內的空間佔有，並阻止水進入杯內；另一方面，如果杯子傾斜插入水中，空氣便能夠逃離杯子，讓水進入杯內，減少空氣所佔有的空間，使水位升高。圖像思維似乎能有效幫助學生建立抽象的科學概念，以致能幫助他們使用文字進行科學性解釋。



▲ 圖十五：課後工作紙和學生習作樣本

老師感想

經過這次課研，老師對於教授空間佔有空間的概念以至相關的課題有更深入的认识，下面是他們的感想和反思：

鍾保珠老師

整個教學設計除了運用「手腦並用」的教學策略，更引用圖像思維的方法來解釋抽象的科學概念。根據課堂的表現，運用「圖像」這工具不但能協助教師講解，使學生對「空氣佔有空間」這個抽象概念有更具體和清晰的理解，更能培養學生的解釋能力。同時，教師亦可藉着學生的課業來評估學生對概念掌握的程度。這次的教學成果令我感到欣喜，除了體驗一個富有STEM元素的常識課可以如此進行外，亦讓我真切地感受到學生全程投入這個充滿科學味道的課堂中。也許上述的教學設計會花掉教師較多的備課時間，但若能給予學生一個有意義的學習經歷，也是值得的。

周美華老師

透過這次課研，作為常識科老師的我對STEM教學策略有了更深的認知。以往對於STEM的課題，老師多數選擇讓學生以「動手做」的方式來達至「做中學」的目的，卻忽略了動腦思考的部分。然而，是次的課研正好讓學生有手腦並用的機會，利用「圖像思維」的策略解決課堂上遇到的難題。對於空氣這個較抽象的課題，不論能力強弱的學生，往往都未必理解清楚「空氣佔有空間」的概念，是次透過利用繪圖方式，將一些科學現象/原理形象化，讓學生更具體理解當中概念，對於能力稍遜的學生更是有很大的幫助。

招浩勤老師

這次教學活動的設計和應用，令我印象深刻。要令小四的學生明白「空氣佔有空間」這個概念，同工們都有過不少的教學經驗。今次教學設計針對STEM教學及學習，嘗試運用圖像工具去讓學生認識及表達空氣粒子，過程中強調動手做（hands-on）之餘更強調動腦思考（minds-on），學生從解釋概念到解決難題。以上每個過程，都有賴卓越教學發展中心的導師，帶領我們的團隊，在每一個細節上給予意見，令學生學得更好，也令我校常識科組經歷一次不一樣的備課經驗。

參考資料：

- Dewey, J.(1938). Experience and education. New York, NY: Macmillan.
- Gott, R. & Mashiter, J.(1991). Practical work in science: a task-based approach? In: Practical Science(B.E. Woolnough, ed.)Buckingham, Open University Press.
- Polanyi, M.(1962). Personal knowledge. London, Routledge & Kegan Paul Ltd.
- Tytler,R.(2016). Drawing to learn in STEM
https://research.acer.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1286&context=research_conference
- Vygotsky, L.S.(1962). Thought and language.(E. Hanfmann & G. Vaker, Trans.). Cambridge M.A.: MIT Press. (Original work published 1934)
- 香港特別行政區政府（2015）。《2015年施政報告》。
- 香港特別行政區政府（2016）。《2016年施政報告》。
- 香港特別行政區政府（2017）。《2017年施政報告》。
- 課程發展議會（2017）。《小學常識科的課程指引（小一至小六）》。香港：課程發展議會。
- 課程發展議會（2016）。《推動STEM教育－發揮創意潛能》。香港：課程發展議會。

教師獲獎背後的動力

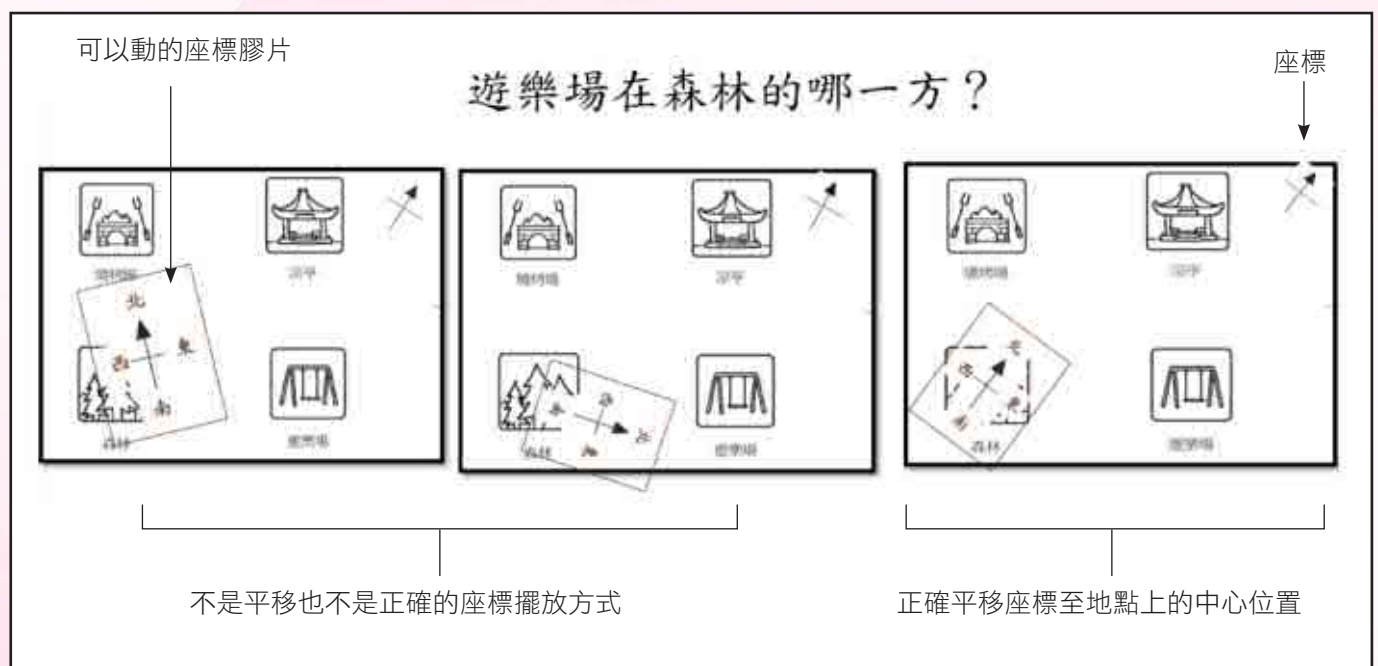
賴明珠博士

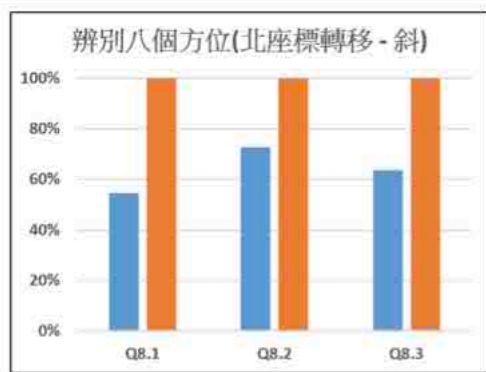
卓越教學發展中心 項目顧問

教育局委託本中心在2017-18年度舉辦的「點線面支援模式」特殊學校學習圈計劃，中學組數學圈所設計的電子學習參加由融合教育電子學習協會（E-learning for Inclusive Education Association Limited）舉辦的 2018 RainbowStar電子書設計比賽，榮獲電子設計優異獎。

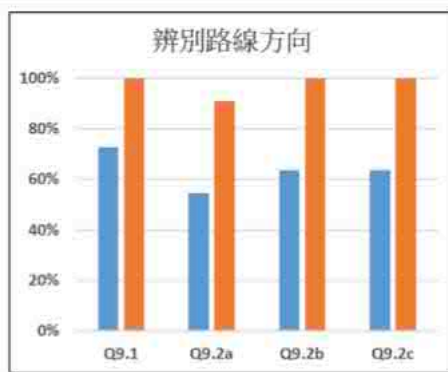
中學組數學圈獲獎的電子設計，是參與研究課題「方位」教學活動中的電子教具。本研究課題的學習焦點是培養學生的方向感，期望學生能夠在日常生活中有自行辨認方向的能力，以利於提升學生將來的自理能力。為了配合學習目標，老師在處理教學的時候，讓學生掌握一些策略或方法，而有效地運用地圖作為尋找方向的工具，就是學習本課題的一個非常重要的學習活動，這次得獎的項目就是為了協助學生在地圖上尋找方向而設計的電子教具。

由於地圖上的地點是以座標界定方位，閱讀的時候必須關注「北」的指向來訂定其他方向（東南西）的位置。對於大部分智障學生來說，直接閱讀地圖都比較困難，老師指出以往學生尋找地點的方位時，都需要利用實物（透明膠片）教具作輔助，以確定地點的位置和方向，然而每當學生移動膠片的時候，往往受到身體機能及手眼不能協調的限制，擺放的過程中經常改變了輔助教具的角度，加上如果不知道移動教具時必須依據座標的指示，並以平移的方式進行，又或者學生沒有在最後驗證教具與座標的指向是否正確，方向的判斷就會差之毫釐，謬之千里。對智障學童而言，平移的原理可以是認知上的困難，也可能是身體機能上力不從心。為了使學生能夠有效閱讀地圖，研究團隊建議老師必須設法設計一種比膠片更易於操作的工具，因為讓學生正確平移輔助教具至地點上的中心位置，對學生是否能精準地找出正確的方向有關鍵性的影響。





▲ 圖一



▲ 圖二

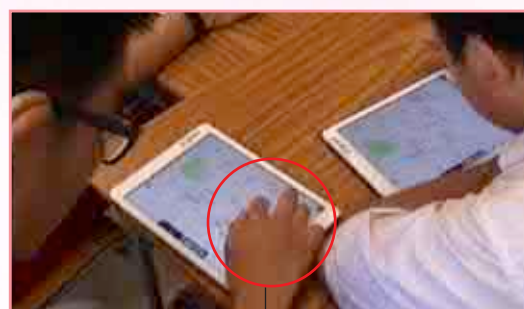


▲ 圖三

研究團隊與老師認為現代人尋找地點和方位，大多是運用手機或平板電腦上的Google Map，因此也必須讓學生習慣運用這些科技，以便學生能從操作電子工具的過程中培養運用地圖的技能，以備將來應付現代生活的須要。故此，課堂上也應該讓學生嘗試運用「電子科技」來進行學習。因此，參與老師把傳統常用的教具——以膠片代替移動座標的意念放在設計電子學習的運用上，期望能夠運用「電子科技」之餘也能解決智障學生因手肌不靈活，不能穩定地擺動或調校膠片的角度，導致錯誤判斷方向，期望能解決學生在操作上的困難。經過一番的努力，老師把原本學生需要用手移動膠片，設計為虛擬的透明膠片，並改為只需要在電子屏幕上移動。使用這個電子學習的工具，學生的學習效果居然比想像中理想，虛擬透明膠片不但簡單易於操作，學生不需要花費太大氣力，而且穩定性也勝於實物膠片，這無形中減輕了智障學生的學習負擔，對智障學生而言更為便利和實用。由於電子教具解決了學生一些操作上的問題，結果不單提升了學生的學習效果，也減輕了老師的教學負擔。本電子設計雖然簡單，但也可算是在特殊學校教學中的一次實事求是的電子設計，符合本計畫堅持的教學研究宗旨——以學生的學習需要確定教學的取向，其中包括教學活動的處理與教具運用的方法。

從圖一至圖三的前、後測資料顯示，學生於每個測試部分都有顯著的升幅，每一部分的答對率都介乎80-100%，無論是理解題或應用題，全體學生的學習表現斐然，由此反映，從學生的學習需要為出發點，確實能協助老師解決學生的學習困難。

我們也從本案例得到了一個提示：無論是特殊學校或主流學校推動任何新的學習模式，不能為了推動而推動，一切必須從學生的學習需要為最終目標。老師不單應依據課堂活動的編排設計適當的教學，教具的特性也必須關乎是否適合學生的學習而定。如果傳統的方法更為便利學生的學習，就沒必要運用科技來代替；如果科技學習有利於學生的學習，也應該因應學生的需要而作出大膽的嘗試。學習圈提供的平台不單是讓老師互相交換教學的意見，也是通過群策群力的方式，驗證教與學效果的平台。畢竟老師不是隨波逐流的「教書人」，而是中流砥柱的教育實踐者，凡事知其為而為，知其不為而不為，能否改善學生的學習是「所以為之」的背後動力。



每期的卓師專欄均會邀請行政長官卓越教學獎得獎教師，跟大家分享他們對教育的看法、教學經驗和心得。

發展卓越教學課堂 幫助學生面向未來

謝小華主任

賽馬會體藝中學

行政長官卓越教學獎教師協會副主席

2006/07年於「藝術教育學習領域」獲卓越教學獎

「世界經濟論壇」（WEF）一向是全球經濟風向球，各國政要、菁英、富豪在這盛會把脈時局。2016年「世界經濟論壇」談及一項被稱為下一件大事（the next big thing）：「第四次工業革命」。

第一次工業革命為蒸汽技術革命，啟動機械生產；第二次工業革命為電力技術革命，大規模應用電力生產；第三次工業革命為計算機及信息技術革命（又稱為電腦革命或資訊革命），初現早期的主機、個人電腦和網際網路。現在正在進入第四次工業革命，稱為全新技術革命，強調人工智能、機械人技術、量子信息技術、虛擬現實以及生物技術等全新技術革命。它將深遠地影響全球經濟和企業，我們不該低估未來將會發生的巨變。世界經濟論壇創辦人兼執行主席施瓦布（Klaus Schwab）亦指出「目前人類面臨的眾多挑戰中，我認為最艱鉅的，就是如何了解和應對第四次工業革命」。

隨著第四次工業革命降臨，各樣科技突破接踵而來，將為社會帶來各層面的衝擊。新時代的人工智慧等技術創新，將為企業組織帶來翻天覆地的劇變。進入自動化時代，未來人工智慧的應用將迅速普及，挑戰人類在工業生產過程中的價值。未來人工智慧可能取代大量現存重複性的體力勞動、處理大量數據且指令明確的職業，不少職業瀕臨消失，剩下少量行業精英，來完成客戶特別要求的人工服務，和一些繁雜事務。而將來的職業，現在尚未存在。

加上廿一世紀的後現代主義思潮，價值紊亂、真偽難辨，學校教育必須強化人力素質，提升學與教效能，培養學生建立正確人生觀、優良品格，推動自主學習、培養學生明辨是非、創意及批判性思維。未來最迫切需要的工作，現在還沒出現。在教師及校長專業發展委員會中的「T-標準+聯席會議」中，我等討論學校應預備今日學生，日後投入目前還不存在的工作，培育學生廿一世紀關鍵能力如高層次思維。傳統教育重視的各學科領域知識及3R能力，即「讀Reading」、「寫Writing」、「算Arithmetic」，已不足應付未來工作需要，學校應培養學生的4C能力，即「批判性思考與問題解決Critical Thinking and Problem Solving」、「有效溝通Effective Communication」、「團隊共創Collaboration and Building」、「創造與創新Creativity and Innovation」，奠定終身學習基礎，發展全人教育之理想。

Top 10 skills

in 2020

1. Complex Problem Solving
2. Critical Thinking
3. Creativity
4. People Management
5. Coordinating with Others
6. Emotional Intelligence
7. Judgment and Decision Making
8. Service Orientation
9. Negotiation
10. Cognitive Flexibility

in 2015

1. Complex Problem Solving
2. Coordinating with Others
3. People Management
4. Critical Thinking
5. Negotiation
6. Quality Control
7. Service Orientation
8. Judgment and Decision Making
9. Active Listening
10. Creativity



Source: Future of Jobs Report, World Economic Forum

圖片來源：www.weforum.org/agenda/2016/01/the-10-skills-you-need-to-thrive-in-the-fourth-industrial-revolution/

2020年首三位的職業技能分別是：複雜解難能力、明辨性思維和創意。現時我校的視覺藝術科，正透過設計思維教學，培養學生這三項未來生存所必備的能力。

尹瑞蘭（2018）指「根據OECD所言，解難能力是世界公民的重要基礎（OECD, 2013），亦是許多國家教育計劃的核心目標（Association of American Colleges and Universities, 2002）。不同國家的教育組織都重申對解難能力的重視，並確定解難能力為學習所必備的能力之一（Partnership for 21st Century Skills, 2011）。在美國管理協會（American Management Association）於2010年的調查發現，批判性思考/解難能力是對僱員的入職技能要求首三位之一。」

不同國家的教育政策制定者及教育家，都費煞思量，如何在廿一世紀的教育環境中，培養下一代應付巨變呢？然而，可能會令不少人感到失望的答案是：實際上是沒有銀彈、沒有簡單的卓越教學課堂公式！因為教學的本質，就是應該要照顧個別學生的多樣性。所以卓越教學的途徑，本身也是多樣性的。實際上有很多不同的方法，可以幫助學生成功地學習。我支持各種不同形式的卓越教學，事實上卓越教學課堂，是沒有特定的教學方式，卓越教學對不同教師、不同班級，起著不同的作用。假設若世界上只存在一種卓越教學之路，教育誠然是悲傷而狹隘的世界。

綜觀香港行政長官卓越教學獎教師協會，凝聚不同學習領域、兼具多樣化形式特徵的優秀教師，究竟這群卓師擁有甚麼基本的特質，使之成為優秀的教育家呢？卓越教學教師，首先會堅持本身持續專業

發展，並且樂於廣泛與不同的教育同工，分享專業知識和範例、最佳實踐和創新點。期望藉此感染周遭的教師和學生，成為終身學習者，並在課堂中的轉折點上，支持學生跟上課堂的學習進度，尋找自己學習的模式及目標。

發展卓越教學課堂，必須留意以下三點：

- 1 要留心個別同學的特質，注意個別學習差異。經常反思，是否所有學生都在課堂中受到挑戰嗎？
- 2 關心課堂上每一位成員，是否所有學生都在進步嗎？
- 3 要自省教師本身的教學策略，是否可以幫助到所有學生都受到啟發嗎？

若談及卓越教學課堂，也必須注意其有效性。學習，是每節課都需要進行的，教師要特別留意評估，藉以觀察學生是否朝著教學目標邁進。透過以分析數據評估其學習進度，從學生作品取得實質進展的證據。卓越教學課堂的秘密，在於教師的洞察力、規劃應變能力及自我反思能力。在規劃課程時，必須計劃學習的進步階梯。因為評估本身是計劃，惟有通過標記學生工作，才知道他們需要學習甚麼，同時透過觀察學生學習進程，計劃課堂，填補學生學習空白機會。

自我反思的能力，是十分重要的。卓越教師本身必須是一個反思性的人，他們明白自己的限制，知道自己沒有全部學問的答案，經常願意從自己錯誤中學習、從他人的個案中反思。卓越教師也願意透過開放課堂，讓同工觀摩交流和回饋教學。

卓越教師具有洞察力，了解每節課堂的動態，注意課程節奏及在其中脫節的學生。卓越教學課堂既不能太具挑戰性，亦不能挑戰性不足。卓越教師要具備應變能力，隨時隨地留意需要幫助的學生，為學生塑造良好學習模式。經驗不一定讓人成長，惟有透過反思經驗，學習才發生。就讓我們一起虛懷學習，成為更好的教師，幫助學生更見進步。

卓越教學課堂，沒有銀彈、沒有簡單的公式，有效的課堂就是最好！卓越教師之所以出類拔萃，在於其真知道自己的學生！從而靈活的按著每位孩子的需要，循序漸進的引領學生走進知識的大門，並樂於繼續學習、挑戰自己！

參考資料：

Alex Gray (2016. 01.19). The 10 skills you need to thrive in the Fourth Industrial Revolution. World Economic Forum. Retrieved from <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-10-skills-you-need-to-thrive-in-the-fourth-industrial-revolution/>

尹瑞蘭（2018年1月19日）。解難能力與批判性思考。信報，教育講論版。

吳怡靜（2016年1月29日）。下一件大事：第四次工業革命。天下雜誌590期。檢自：<https://www.cw.com.tw/article/article.action?id=5074023>

「促進實踐社群以優化小班教學」校本支援計劃

2018-19學年，中心繼續獲教育局委託舉辦「促進實踐社群以優化小班教學」校本支援計劃，為60所本港小學提供校本支援。於2018年9月15日，中心為本年度參與計劃的學校老師進行科本工作坊，跟老師們分享自主學習、電子學習、STEM教育於中、英、數和常識科的有效課堂教學策略，吸引了超過200位老師出席。

計劃內容

- 學校可在中、英、數和常識四個學科中，選擇其中一個科目發展自主學習、電子學習或STEM教育的有效課堂教學策略。
- 主題工作坊的講座讓參與教師能對自主學習、電子學習、STEM教育的理念及推行有更深入的認識。
- 通過跨校學習圈模式，來自不同學校的教師能互相協作及觀摩課堂，以提升教與學效能。
- 計劃完成後舉行的個案分享會，教師能更深刻反思如何發展切合校本需要的有效教學策略，及分享實踐經驗。



▲ 曾靜嫻導師主持電子學習主題講座



▲ 黃志堅導師分享校本STEM課程的發展

在職教師專業進修課程2018-19

教育局認可，供現職教師報讀的五星期專業進修課程現已接受報名。課程主題多元化，當中包括2019年2月開課，由中心總監高寶玉博士擔任課程統籌主任的『發展有效「自主學習」課堂教學模式』及2019年4月開課的「有效的觀課與評課 — 以學校為本位」。上述兩個課程均十分受老師歡迎，由於名額有限，報名從速。課程資料及報名方法可瀏覽教大網頁 https://www.eduhk.hk/acadprog/pdp/ch_programme.htm 或掃描下面的QR code。



發展有效「自主學習」課堂教學模式

課程目標：

- 提升學員在自主學習的學科教學知識，及深化其對自主學習相關理論的理解；
- 發展教師運用自主學習元素，設計有效課堂教學的能力；
- 讓教師掌握利用自主學習元素評鑑教學設計及教學實踐的知識和技巧，提升教師專業。



▲ 『發展有效「自主學習」課堂教學模式』學員及導師合照

有效的觀課與評課 — 以學校為本位

課程目標：

- 向校長及教師介紹觀課及課堂分析的理論及其應用，以消除教改所提倡的理論（如照顧學生個別差異、高階思維學習等）與教師課堂實踐之間的隔閡。
- 學員能於修畢課程後在校內建立學習社群，組織有效的觀課與評課活動，讓校長及各級的教師皆能增進課堂分析的能力，提升校內教與學的成效。



▲ 「有效的觀課與評課 — 以學校為本位」學員及導師進行跨校觀課及評課實踐

澳門幼兒及小學教育階段 小班教學研究

由澳門特別行政區政府教育暨青年局（教青局）委託香港教育大學副校長（學術）及卓越教學發展中心聯席總監李子建教授、許景輝博士、杜陳聲珮博士等組成的研究團隊，於2014年起進行為期三年共六階段的「澳門幼兒及小學教育階段小班教學研究」已於2018年2月順利完成。而研究的總結報告亦已於2018年3月21日舉行的非高等教育委員會全體會議中，由研究團隊進行介紹並與委員進行交流，同日的新聞發布會報告，更被澳門當地各媒體廣泛報導。

是次研究分析了澳門幼兒及小學教育階段在開展小班教學的政策、課程及管理，以及學與教三個範疇的基本情況，並就未來的發展策略提出建議。研究結果亦肯定了教青局在推動澳門小班教學政策的努力，其中包括：澳門學校普遍認同政策對教學帶來正面影響；不少學校已將小班教學的理念引入學校課程中，並努力在校內建立教師學習社群，而內地優秀教師來澳交流計劃更推動和促進了同儕交流和教師專業成長；小班教學有助教師照顧有不同需要的學生，課堂逐步重視以學生為中心的教學模式，評估策略亦趨多元。研究團隊所提出的建議，如小班教學發展未來應與長遠教育政策進行整合、持續增加對小班教學的支援、推動學校制訂更全面的校本發展計劃、增加相關培訓及加強校際專業交流等，教青局亦將在各政策層面上作出考慮和配合。



▲ 非高等教育委員會全體會議



▲ 李子建教授（左二）、許景輝博士（左一）介紹研究成果

學校專業支援服務

建立校內專業學習社群是促進教師專業發展的其中一個有效方法。中心的校本支援服務針對校情及教與學需要，通過專業支援，協助教師與同儕建立有效交流和協作平台、凝聚社群成員的智慧，優化學與教。

中心主要為學校提供四類校本支援服務

教師發展日專業分享計劃

介紹「課堂學習研究」理論及相關課題，以三小時研討會形式，分享以下其中一項主題：

- 課堂分析技巧
- 課堂學習研究概論
- 評課活動

課堂學習研究支援服務計劃

「課堂學習研究」是一種多功能的教研活動，讓教師在理論的指導下，發揮日常進行的專業發展活動（如共同備課、同儕觀課）的最大效能。中心會以全程協作的模式與教師進行課堂學習研究，以提升教師專業水平。讓學生更有效掌握學習內容和提高學習的興趣，同時促進學校建立協作、創新及同儕觀課的文化。

觀課與評課支援服務計劃

- 透過院校協作的方式，與教師共同研討不同學科的教學難點，並共同設計課堂。然後，透過公開觀課與評課，為教師創設一個交流平台，協助學校發展優質的觀課文化。
- 與教師共同設計、施教及評鑑課堂，提升教師專業發展，優化教與學的方法。

講座及工作坊

主題包括：

- 小班教學的理念與實踐
- 自主學習
- 合作學習
- 提問及回饋技巧
- 照顧學生的學習多樣性

如欲了解以上支援服務內容及收費詳情，請瀏覽中心網頁（www.eduhk.hk/celt），或與中心行政主任林小姐聯絡（電話：2948 6398）。



香港教育大學 卓越教學發展中心架構

總監	高寶玉博士	
聯席總監	李子建教授, JP (研究)	晏子博士 葉蔭榮博士
榮譽顧問	趙志成教授 黎國燦博士	陳錦榮博士 葉建源議員
國際顧問小組	Prof. Peter Blatchford Prof. Maurice Galton	Prof. John Elliott Prof. Ference Marton
項目團隊	方蔚子博士 徐慧璇博士	許景輝博士 楊蘭博士
項目顧問	賴明珠博士	曾靜嫻女士
助理項目經理	陳穎欣小姐	梁潔茵女士
項目主任	吳家瑩小姐	
行政主任	林翠苗女士	
項目助理	郭凱儀小姐	陳俊亮先生
博士後研究員	梁子茵博士	
高級研究助理	黃冠昇先生	

香港教育大學 《卓越教學發展中心通訊》

本通訊由香港教育大學卓越教學發展中心出版，
派發予中、小學，特殊學校和各界友好。
電子版本可於www.eduhk.hk/celt瀏覽。

編輯委員會

高寶玉博士（總編輯）

陳穎欣小姐

陳俊亮先生

吳家瑩小姐

歡迎投稿，所有稿件請交

地址： 香港新界大埔露屏路10號
香港教育大學D4-P-04室
卓越教學發展中心

電話： 2948 6398

傳真： 2948 8555

網頁： www.eduhk.hk/celt

