

STEM 專題研習工作坊 — 兩所學校引入電腦編程的經驗

吳木嘉先生（教育局 小學校本課程發展組）

趙必南老師、李世民老師（元朗公立中學校友會小學）

黃廈欣老師、戴柏霖老師（東華三院馬錦燦紀念小學）

引言

「STEM（Science, Technology, Engineering and Mathematics）教育」這個詞彙起初源自美國，卻已發展至全球對應科技新世代挑戰的策略。香港學校近年也循這個方向作出各式的嘗試。本環節探討 STEM 教育的發展和其引申意義，闡釋兩所學校在常識科引進相關專題研習的經驗，並分享學生如何藉電腦編程嘗試解難，以促進他們綜合和應用知識與技能的能力。

STEM 教育的發展和意義

「STEM 教育」這個詞彙早於上世紀九十年代已在美國出現，最初是由國家科學基金會（National Science Foundation）提出（Sanders, 2009）。由於該基金會對美國大學的研究經費分配有著舉足輕重的地位，故它對學校教育也發揮了指導性的作用。基金會要回應的問題，是學校科學課程過於枯燥和艱澀，以致高中修讀理科的學生人數每況愈下。基金會故此提出以 STEM 教育為取向的課程，以加強課堂學習與生活經驗的聯繫，促進學生綜合和應用知識與技能的能力。其實我們不難發現類似的課程取向已廣被認同及推廣，例如：本港課程改革亦以「學會學習」為綱領，而大型國際研究「學生能力國際評估計劃」（PISA）提出的口號也是提升學生能理解和運用的能力（what students know and can be able to do）（Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD]，2016）。

STEM 教育對學校課程有多方面的引申含義，在此嘗試提出兩點。第一，是較為均衡的課程目標。課程目標從知識擴展至知識和技能（甚至態度）並重，期望學生有較全面的成長。這意味學習並不單是頭腦上的認知，也不單是數理邏輯的遊戲，而是需要把學習應用在日常生活經驗。第二，STEM 教育可以視為跳出獨立學科的取向，STEM 教育著重的不是要獨立地教好這四個學科或範疇，而是要促進學生綜合相關領域的學習，故重點應該放在學生怎樣綜合相關的學習，而不是個別學科內容的傳授。這可以說是對學習焦點平衡的重置，把焦點從過於著重學科知識的傳授，移向較為著重學生的學習。故 STEM 教育的盛行其實也是一個契機，讓教師可以在政府政策、學校發展、家長和社會認同等有利的條件下，打

破固有過於著重獲取課本知識的框框，轉而提升學生綜合和運用知識與技能的好機會。而這類課程的轉變，相信也是教育工作者樂見其成的。

在香港，與 STEM 教育相關的研討會、展覽、教師培訓課程、教材和教具漸見普及，學校已開始加強與 STEM 教育相關的發展。綜觀香港小學的現況，近年學校的發展可以歸納為以下數點：

1. 加強在常識科引入相關課題的科學實驗。
2. 從人文學科範疇擴展至以科學科技為題的專題研習。
3. 科學日和科技活動等的全校活動愈見普及。
4. 增設科學科技相關的課外活動（如機械人班）。

上述的發展無疑反映了學校在推動 STEM 教育的努力，當中包括學校珍貴資源的投入，如課堂時間、老師的心血和學校在人力及財政上的配合。正因為以上的舉措涉及學校的各樣珍貴資源，我們更需要檢視當中的過程和成果，以免所投入的得不到預期的成效。以加強課堂的科學實驗為例，不少本地和國際文獻也指出科學課堂往往過於著重驗證科學知識，當中抹煞了學生進行科學探究的空間，這類「食譜式實驗」往往窒礙培養學生靈活運用知識的能力和態度（張善培，2006；Goldsworthy, 2004）。由此可見，我們不單需要加強相關資源的投入，也需要改善學習經驗的組織，並在過程中檢視學生的學習過程，驗證學生的學習成果，以求能真正提升學生綜合和應用知識與技能的能力。

此外，在 STEM 教育的熱潮中，電腦編程成為了很多學校的新寵。編程本身並不是新事物，它早已滲入我們日常生活的各個環節，從都市人時刻在手的移動裝置，到日常生活的各式網上服務，以至工作間的內聯網及文書處理，編程已應用到生活的各個細節，甚至有學者提出這一代學生若沒有編寫程式的能力，那他們只有受制於他人所作的編程（program or be programmed）（Rushkoff, 2010），編程對學生成長後所處的世界的影響只會是有過之而無不及，不少學者提出培養學生資訊素養的重要性，當中包括編寫電腦程式的能力（Bell, 2016; Allan et al., 2010）。而近年以視像為介面的編程軟件漸見普及，這使小學生也容易參與電腦編程活動。編程給予人們一種控制電子產品的能力，看見學生能夠指揮機械人做出各式動作，實在容易使人有眼前一亮的興奮感覺。學生學會編程無疑是掌握了一樣十分有用的工具，但這卻不一定就是 STEM 教育所倡議的綜合和運用知識與技能能力，Bell（2016）就提出了兩個概念 — 學習編程（learning to code）和藉編程學習（coding to learn），而 STEM 教育的焦點應該是以編程促進學生學習，而不僅僅是讓學生學會編程。

兩所學校的經驗

東華三院馬錦燦紀念小學和元朗公立中學校友會小學兩所學校的老師也希望探討 STEM 教育在學校的新發展，尤其是引入與電腦編程相關的學習經驗，於是與本組協作，在常識科的「探索太空」單元中引入與機械人編程相關的專題研習。跟頗多學校的情況相近，兩所學校在常識科應用編程的經驗也不多，是次的經驗正好成為新發展的嘗試，盼望所總結的經驗對其他學校也具有參考作用。

為了加強與生活經驗的聯繫，東華三院馬錦燦紀念小學把握了去年神舟十一號升空的時機，把六年級「探索太空」單元提前在十月中教授，並增潤學生對中國航天發展的認識，讓學生探討相關的發展和意義。在時事及社會關注的配合下，學生發現所學習的並不只困於課室的四壁內，而是正發生在當下社會的事物，與生活是息息相關的，這使學生更容易投入課堂的學習。學生的學習從神舟系列轉到探月工程的嫦娥系列，最後引申到月球探測車，而專題研習正是要以 **Scratch** 製作編程，使充作月球車的機械車可以按指定的要求，在走向目標物的過程中，按距離發出各種訊號，並且在最接近的距離停下。

電腦編程在香港小學課程可以說一個較新的元素，它本身並不是常識科的核心內容，甚至不是每所學校也已經把它納入為電腦科課程的一部份。但誠如上文所述，編程的重要性愈見明顯，其應用亦愈來愈普及，加強相關的學習實在有利於學生的成長。由於學生對 **Scratch** 的認識不多，故常識科老師在計劃階段已與電腦科老師聯繫，共同分析了學生完成是次專題研習所需的編程知識，並在學生進行專題研習前於電腦課堂中教授。為保留學生在常識科專題的解難學習空間，電腦科的教學會作出配合，當中雖然包含所需的編程知識，但卻以其他的學習活動組織，讓學生有完成專題研習的基礎能力，亦保留學生綜合和應用知識與技能的學習空間。

元朗公立中學校友會小學也引入相同的專題研習，但卻有不同的嘗試。學校已有課外的機械人班，協作老師於是把握這次專題研習的機會，先在課外活動小組進行。由於學生人數較少，參與的同學對編程的認識也較多，這有助協作老師總結當中的經驗，好成為學校在六年級下學期引入相關常識科專題的指引，而這個先導計劃也有助促進東華三院馬錦燦紀念小學的課程籌劃。

在是次專題研習前，元朗公立中學校友會小學的學生已有應用 **Scratch** 製作簡單動畫的經驗，他們固然還需要學習一些新的編程知識，但主要挑戰卻在於如何協

助學生綜合及應用所學，以解決當前的問題，這也就是上文所提及的藉編程促進學習（coding to learn）的關鍵所在。Wing（2006）提出計算思維的概念，引發了相關的迅速發展。計算思維的其中一個簡單演繹，是學習仿如電腦擅長的系統性邏輯思維去解決問題，而電腦程式編寫正是學習計算思維的好機會。Allan, Coulter, Denner, Erickson, Lee, Malyn-Smith 及 Martin（2010）提出計算思維的兩個特質是抽象化和自動化，抽象化是指去除問題的枝節，從而展示問題的精要；而自動化則是使系統因應不同的條件而作出相應的處理。

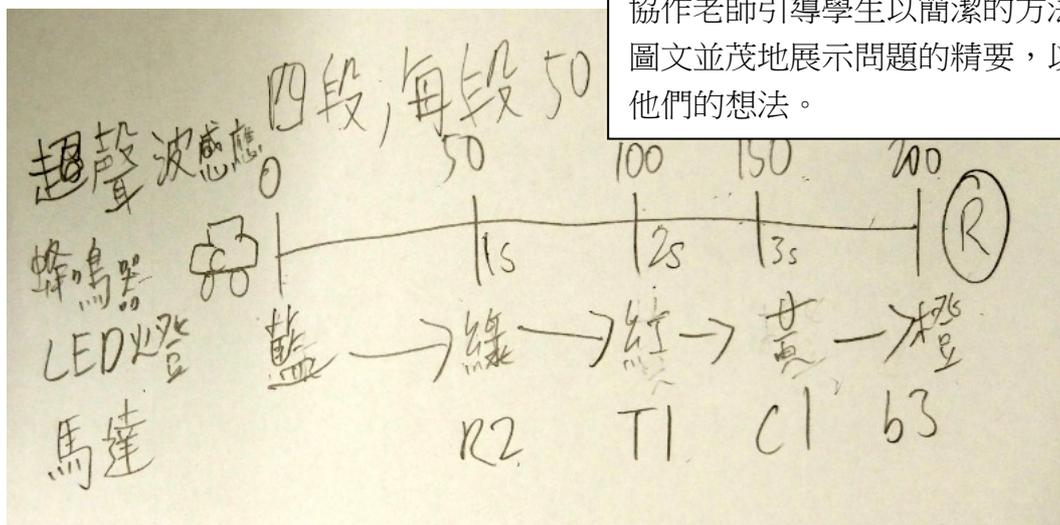
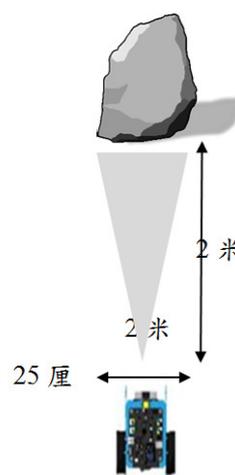
在元朗公立中學校友會小學的先導計劃中，我們發現學生在分析是次專題的要求時遇到困難，以致未能訂定工作計劃，更遑論要實踐對應的解決方案。協作老師於是引導學生把專題的要求以圖像附以文字表述，使學生在把問題抽象化的過程中得到幫助，釐清問題的要點及它們的相互關係，以便訂定和實行行動計劃，逐步編寫電腦程式（圖一）。

(四) 任務的情景及要求

月球表面崎嶇不平，地球探月指揮中心很不容易才找到一段直路，讓月球車可以在兩邊危險斜坡間通過，並能安全地走到前方的岩石區，搜集岩石樣本。你能驅使月球車安全到達2米外的目標岩石嗎？

月球車指令的要求：

1. 月球車只能沿着不多於25厘米闊的通道向前直走到2米外的岩石。
2. 月球車能利用不同的訊號燈和聲音來顯示與目標岩石距離的差距。
3. 到達目標位置，但不能碰撞到岩石，並能在最接近岩石位置前停下。



協作老師引導學生以簡潔的方法，圖文並茂地展示問題的精要，以及他們的想法。

自動化正是編寫電腦程式的重要一環，學生既要選用適當的模組，也要配合相關的指令方塊，以達成訂下的計劃，這對學生實在有相當大的挑戰。在現實的學習歷程中，鮮有一步到位的完美程式，除錯（debug）是過程中必然的一環，為了增進學生除錯的能力，兩間學校的老師應用了多個策略以輔助學生的學習（圖二）：

- 學生往往以為所編寫的程式已清晰地交代心中所想的。鼓勵學生代入「像電腦」般的思考，在組內以放聲思維的形式說出所編寫的程式，這個讓思考外顯的過程有助學生發現程式與心中所想之間的落差。
- 觀察月球車的實際表現，並且與所編寫的程式作比對，從而找出問題。機械車總是按所載的編程而作出行動，故此，細心觀察機械車的表現往往能推敲其背後編程的問題。
- 人容易忽略自己的問題，但總是能找出人家的錯，故在大班匯報時，鼓勵其他組別提出意見，以拓寬學生的思考。

圖二

學生初時投訴月球車的 LED 出現故障，不能亮起。在放聲思維的過程中，學生發現原來當中的條件出錯，所偵測的距離怎樣也不會是「少於 100cm 且大於 200cm」，所以 LED 從來也沒有發亮。

協作老師發現這些策略對促進學生以編程解決問題發揮了頗大作用，讓學生積極自主地掌握自己學習的進展，有能力綜合和應用知識。

在是次以電腦編程進行專題研習的經驗中，協作老師也遇上其他的困難，在此稍為分享兩點。第一，編程是甚為耗時的學習活動，編寫、除錯和重複檢視是少不了的循環，但課時卻恰恰是學校其中一樣最緊絀的資源，要在常識科課堂上給予

足夠時間完成編程實在是有難處。協作老師原以為可利用小息、午飯和放學後等時間，但現實是學生在這些時段也填滿了風紀、圖書和其他課外活動等事務。第二，學生在編程能力的差異甚大，有的很快便開始編寫程式，有的卻連理解同學所寫的編程也有困難，學習差異在這些新發展的領域中尤為明顯。最後補充一點，是次的專題研習用上了電腦編程，協作團隊當然認為學習及應用編程對學生有一定的好處，但團隊卻不認為 STEM 教育必須要有機械人和電腦編程，學校還有很多好的題材，可以發展學生綜合和應用知識與技能的能力。由於篇幅所限，上文所述只是兩所學校經驗的一點總結，盼能為有意嘗試類似方向的學校提供參考。

總結

STEM 教育著重促進學生綜合和應用知識與技能的能力，這種著重與生活經驗聯繫的取向，對活在這個科技急速轉變年代的學生十分重要。本港學校近年在這方面也引入不少的新猶，在邁向具成效的發展過程中，我們不單需要投入資源，更需要檢視當中的經驗，以促進學生的學習。

電腦編程在 STEM 教育熱潮中潮見普及，但單單學會編程並不足夠，我們需要讓學生有效地運用編程以提升學生的計算思維。在以上兩所學校的經驗中，協作老師在常識科課題引入與電腦編程相關的專題研習，電腦科事先教授學生相關的編程知識，常識科引導學生運用相關知識解決問題，協作老師亦從中總結了協助學生提升計算思維的教學策略。

參考資料：

1. Allan, W., Coulter, B., Denner, J., Erickson, J., Lee, I., Malyn-Smith, J., Martin, F. (2010). Computational thinking for youth. *White Paper for the ITEST Small Working Group on Computational Thinking (CT)*. Retrieved from <http://stelar.edc.org/publications/computational-thinking-youth>
2. Bell, T. (2016). *What's all the fuss about coding?* Retrieved from http://research.acer.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1288&context=research_conference
3. Goldsworthy, A. (2004). Acquiring scientific skills. In J. Sharp (Ed.), *Developing Primary Science* (pp.33-49). London: Learning Matters.
4. Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD]. (2016).

PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy. Paris: OECD Publishing.

5. Rushkoff, D. (2010). *Program or be programmed: Ten commands for a digital age*. New York: Or Books.
6. Sanders, M. (2009). STEM, STEM Education, STEMmania. *Technology Teacher*, 68(4), 20-26.
7. Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.
8. 張善培 (2006)。〈科學課程改革的挑戰〉。《基礎教育學報》，15(1)，頁55 – 57。
9. 課程發展處 (2015)。《推動 STEM 教育——發揮創意潛能》。檢自：
[http://www.edb.gov.hk/attachment/tc/curriculum-development/renewal/Brief%20on%20STEM%20\(Overview\).chi_20151105.pdf](http://www.edb.gov.hk/attachment/tc/curriculum-development/renewal/Brief%20on%20STEM%20(Overview).chi_20151105.pdf)。