

科學與科技：探索

最近會連續參與幾個會議，都是關於科學、科技，而且都一定加上“未來”和“創新”的標籤。對於一些基本的概念，覺得有必要探討。在這裡與讀者分享。

現在流行的概念，科學教育=STEM 或者 STEAM。而在學校裡面，STEM 或者 STEAM 就是學習科技 - 編碼、機器人、AI、…。看過不少文章，也聽過不少演講，甚少單獨提到“科學”。提到的，認為“科學”，“只是”探索，最終還是要解決問題，改善人類生活；就要靠“科技”。因此落到實處，還是科技。這裡的“只是”，隱涵探索不是最重要的，應用才是最重要的。果真如此？

要說明一下，中文的“問題”這個詞，英文有兩個意思，一個是 Question；另一個是 Problem。第一個，問題的提出，是為了解答問題，尋求答案。就是不斷探索、不懈地尋根問底，追問“為什麼？”這是科學的基本性質。第二個，問題的界定，是為了解決問題，找出方案。就是不斷嘗試、不斷創新研發，講究“怎麼辦？”這是科技的基本任務。美國著名的 Next Generation Science Standards, 提倡讓學生以科學家和工程師的姿態學習科學，也提出了 Question 和 Problem 兩個方面。說明“科學”和“科技”，兩者之間不可以隨便畫一個等號。

當然，這兩者是不可分割的。提出 STEAM，排頭的就是 Science（科學）。不認為有誰要排除科學，排除“為什麼”。但是在不知不覺之中，科技（T =

裡面有許多發生在我們身邊的現象，平常不注意、不追問，也就錯過了。對學生來說，更是如此。他們每天的衣食住行，裡面充滿了科學知識。他們應該有基本的認識。比如說，為什麼水要煮沸？煮沸的前後，有什麼分別？吃的種種食物，是哪裡來的？吃的果蔬，是長在樹上的果，還是埋在地下的根？吃的米，是如何種出來的？古代與現代有什麼分別？聊舉數例，這些，並不一定與最尖端的科技有關。學生掌握了，也並不是為了解決問題。

即使是科學知識而言，也不再是簡單直接的灌輸傳遞。人類的知識日新月異，許多書本上的知識、教師擁有的知識，也許很快就會陳舊。在現代，若要問“為什麼”，在網上用搜索引擎就能查到，雖然並不一定有權威性，但已是生活的常態。但這也更加說明探究的重要性，不能簡單地靠吃“即食麵”，還要探索信息的真偽。

探究過程是科學精神

但是科學教育的“探究”，不只是知識的充實。更重要的是學生要經歷“探究”的過程。這就包括對身邊事物的好奇、對周圍現象的關注、掌握科學的研究手段（觀察、採集、分析、質疑、歸納）、等等。也就是我們說的“科學精神”、“科學態度”。香港的小學科學課程，裡面就包括學生的生活經驗與學習經歷。

當然，“探索”與“運用”，並非截然分開的。比如說，在探索自然現象的同時，就容易聯繫到如何改善人類的環境。但是，筆者認為，有些探索，並不一定馬上就能應用。聯想到兩位香港的前任天文台台長。林超英，電視上看到他的

興趣，起源於觀星。岑志明，興趣起源於看 Asimov 的科幻小說（他到處說是筆者介紹，其實筆者自己沒有讀完）。

相反，應用科技，若果過程中沒有探索的元素，沒有好奇心的驅動，沒有尋根問底的態度，沒有把完成製作作為起點（而不是終點），即使製成了一個複雜的機器人，其實沒有真正地經歷過一個科學探索的過程。更甚者，校內科技的活動，若只是為了在比賽中取得獎項；得獎就是終點。裡面可以沒有探索的設計與意圖，也可以說沒有科學教育的成分。

科學實驗，就難怪成為學生學習科學的重要環節。這完全照合學習科學的原理。人類是通過實踐，對周圍的事物賦予意義，也就是知識。因此科學的知識是通過經驗和經歷而獲得的。科學實驗，因此是科學教育關鍵的一環。甚至可以說，科學實驗，應該是學生必須經歷的生活經驗。

科學實驗是學習關鍵

其實，科學教育走過了一條不簡單的路。筆者念中學的時候，科學教育就是理化生 - 物理、化學、生物。就教學來說，基本上是黑板作業，加上有限的一些實驗。例如光學的稜鏡折射、電學的惠斯通電橋、化學的滴定分析、生物的小動物解剖。而且大部分是在預科才做，因為這些“理科”要考實驗。

進入 1970 年代，筆者當了物理與數學教師，也參加了香港數理教育學會（月初剛慶祝 70 周年），開始接觸到“探究式教學法”，當時稱為“發現法”

(Discovery Approach)。就筆者熟悉的物理來說，數理教育學會參考了盛極一時的英國 Nutfield Physics，與當時的教育署合作無間，創出了有大量實驗的物理新課程。當時參加了杜秉祺（拔萃男校物理教師，也是學會主席，後在港大任教，惜早逝）的培訓活動，算是開了竅。數理學會麥思源（中大教育學院）還搜羅了鴨寮街的廉價零件，製造了大批實用儀器（毫不簡單的如波浪槽 Ripple Tank），以儀器公司 1/20 的價錢供學校使用，配合了課程中驟然增加的實驗份量。

不過，回想起來，就物理而言，雖然增加了大量的實驗，基本上還是為了驗證已有的科學理論。簡單來說，大部分教師的教學，還是“先理論、後實驗”，而不是真正的從實驗“發現”理論。但是這些實驗，把學生（甚至教師）的思維，從書本、黑板、口述帶到現實，可以說是一個非常大的躍進。雖然，紙筆的考試仍然是考試的主軸。物理的考試題目，仍然需要學生有熟練的解題與計算能力。

再進一步，應該是重新擺正“理論”與“實驗”的關係。雖然不斷有各種說法，提倡由學生的實驗開始，不設標準答案。但是是在全球各地考試的影響下，要真正做到很困難。不過，不奢想做全面的改革，而只是設立局部的項目，讓學生發揮各自的智慧，允許多樣的實驗結果，允許不同的觀察分析，還是可能的。不過，教師需要有充分的量度，容納多元的甚至意想不到的學習成果，而不在成果上面隨便判斷對錯，還是可以做到的。