

我們需要什麼樣的 科學教育？

劉源俊

記得在前年暑期的高中學生物理研習班裏，我曾有一個機會試著問參加小組討論的十來位學生：科學是什麼？我所得到的答案形形色色，各不相同。這顯示一件事，就是雖然發展科學的口號在中國叫了幾十年，大家對「科學」這兩個字的意義仍然非常模糊。事實上，學者們及辭典上對這個名詞的解釋也莫衷一是。對一個大家同意要大力發展的東西竟然並未先有共識，說起來實在有點叫人困惑。

多年來西方的科技文明引領著我們的國家政策，我們的各級科學教育也一直跟著西方的潮流走。早先我們用的中學教科書與西方一樣，例如都是歐氏的平面幾何與十九世紀末期就已定了型的物理學教本。當美國一九六〇年代開始課程革命時，我們也就即時引進了MSG、PSSC等等。隨後的「發現式教學法」、「操作型定義」等等新潮都很快地影響了我們的科學教育。可惜無情的時間之流使我們一直沒有機會好好反省一下，到底什麼樣的科學教育適合我們，我們又需要什麼樣的科學教育？

今天，美國人已經開始反省他們前一陣子的努力了；使強尼不會加法的「新數學」遭到了責難（註一），而過份強調實驗及歸納法的中學科學教材也受到非議（註二）。現在應該也是我們從事科學教育的人停下來好好檢討一下自己的時

候了！我們所說的科學到底是什麼意思？我們又應該把什麼樣的科學教給下一代？

我在這裏提出一些個人粗淺的看法，以就教於教界先進。自己實在對科學教育所知有限，唯希望從較高較遠的角度來談一談這個問題。

一、知識與方法並重的科學教育

科學作為一個名詞，也就是科學知識，當指用科學方法將可重視之資料、數據、現象經過分析、綜合而組成的有系統的知識而言，有別於片斷零星的知識，也有別於文學、藝術與哲學。如此便要追下去問，什麼又是科學方法？我在這裏不宜細說，但大略言之，科學方法是歸納與演繹二法的綜合運用。

沒有科學方法固無科學知識，沒有知識亦不足言方法，這兩者是密不可分的。知識與方法却非人「生而知之」，是「學而知之」，所以在教育裏必須把兩者都教給學生——自然是由淺入深。近來常聽到一種說法，認為現代科技進展太快，教給學生知識遠不如教給他方法，以便讓他掌握了方法之後，將來可以自己去「發現」知識。這種說法如果用意是強調方法的重要，則我可贊同；但是如果是拿來作為可以忽略知識教育的藉口，則我不敢苟同。

譬如說，「新數學」試圖教給學童整數集合

的基本性質，而期望他會加法，這已經證明是錯誤的一條路。人是必須先會背得九九乘法，熟練運用，才能在稍長時體會數的邏輯的。同樣地，恐怕國中的學生也必須先知道牛頓第二定律，熟記公式，會計算簡單的問題後，才能在將來了解它的意義。要想學生在實驗室裏，用自己的「操作定義」來「歸納」出牛頓定律來，我以為那是自欺欺人，頂多只能做到在老師的導引之下，使學生有驗證牛頓定律的機會。

科學知識是累積的，前人的成果就是後人掠以進步的素材。能熟練運用已知的知識，是將來創新的必要條件。如果要人人從自我發現牛頓定律學起，非但國中畢業生在進入工廠時知識貧乏，整個社會的知識水準亦必低落。特別是在目前的升學考試方式下，在國中裏推行以活動為中心的注重操作的教材，只有更糟，因為我們將發現，學生會去背誦那些並無多少意義的「操作步驟」——而非有用的知識，去應付考試。舉例以言，如果我們不注重科學知識的教育，「石化氣」、「永動機」之類的事仍會層出不窮地在我們社會出現，當事人會說，他運用了「科學方法」在從事研究。

這並不是說，我不贊成以活動為中心的教學法，而是說，它必須有一個限度，要以不妨礙學生基本科學知識的獲取為原則。學童應已從國小的活動式教學裏培養了對科學的興趣並認識了一些科學方法，國中教育應該開始介紹有系統的知識了。通常，有系統的知識是吸引人對科學產生嚴肅興趣的出發點。

我建議在中學階段盡量從科學史裏找些好的題材來教給學生科學方法。先從前人的努力中獲得啓示，才會知道怎樣去用科學方法；否則，自己是很難「發現」這一方法的。科學史上也充滿著大科學家也用錯科學方法的例子。

舉一個例來說，牛頓萬有引力理論提出的歷

史，就是很好的教材。先從伽里略怎樣歸納出重力加速度是常數這一定律，講到牛頓怎樣從月球的繞地運行及蘋果下落這兩件事的關係以及他的第二定律提出引力與距離平方成反比這一學說，再講到怎樣推論出行星之運行法則，獲得驗證等等。

我記得自己以前所受的教育太不重視科學方法，今天的科學教育似乎又有太過於重視科學方法的風尚，都有偏失。知識與方法兩樣並重方為正道。

二、帶有科學精神的科學教育

科學精神是什麼？我個人以為：實事求是、以簡馭繁及精益求精這三個原則，應該可以概括之。實事求是就是誠實的意思，以簡馭繁就是抓重點的意思，精益求精就是一步步求真求善求美的意思。

其實這三個原則也是做一切學問，做一切事所應該遵守的原則，非僅是研究科學而已。史學家為某一朝代的興亡提綱挈領地提出一些解釋，就是以簡馭繁；小說家借用虛構的人物來表現某個時代某個社會的精神，也就是要抓住重點；藝術家捕捉某個印象同樣是為他所要描寫的事物抓重點。中國先賢悟出「誠、正、格、致、修、齊、治、平」的大道理亦可說是完全掌握了科學精神。所以說，我們不要以為只有學科學才有這些精神。

雖不學自然科學，只要有這些精神，也就會運用科學方法。然則為什麼一般總說從自然科學去學科學精神與科學方法呢？那是因為自然科學裏的素材最簡單，不容易被複雜的變數所混淆，而比較容易從裏面學得科學精神與科學方法。

但是我們發現，往往我們的科學教育裏却並沒有重視這一點，甚至還時有科學教育本身與科學精神的培養背道而馳的現象。

拿實事求是這一點來說，我們的教育裏不是經常有學生爲了要「驗證」定律而湊數據的事嗎？

拿以簡馭繁這一點來說，我們的中學老師、升學補習班、電視節目不是經常教學生記憶片斷瑣碎的知識與特殊而又特殊的解題技巧，忽略有系統知識的傳授嗎？我們國中的數學教育現在比較不注重平面幾何的推論與證明，因而失去了非常好的訓練學生熟悉以簡馭繁的觀念的機會。我們的學生普遍不懂得抓重點；過份重視實用的風尚，使許多學生輕視抽象，其實抽象過程也就是抓重點。我們一般學生演算比較不重視數量級的觀念，其實數量級正是「抓重點」。

先抓主要重點，再抓次要重點，就能一步步逼近目的。逼近的過程也就是精益求精的過程，是不折不扣的科學的。我們需要多舉一些例子教給學生這一科學精神。

三、理論與實驗並重的科學教育

以前我們所受的教育偏重理論，現在的科學教育好像又有偏重實驗的趨向。其實過猶不及。科學是理論與實驗配合，演繹與歸納綜合而成的學問，缺一不可。

最近在美國的許多中學課本裏特別強調實驗與歸納法。例如有生物課本說孟德爾由歸納法得到了遺傳律，有化學課本說道耳頓經由倍比定律歸納得到了原子說。真相是，科學史告訴我們，道耳頓那時的實驗根本不可能精確到在做化學實驗時得到倍比定律，他是先提出原子說，而後再由實驗去支持的。同樣地，現代統計學告訴我們，孟德爾也絕不可能先得到很簡單的比例；他也是先提出遺傳定律，再由實驗求支持的。

科學史上的確有許多例子是實驗的發現導致理論的突破，但有更多的例子顯示，是理論的發現導致實驗的發現。總之，沒有理論，也就沒有

有系統的學問，也就沒有科學。科學到底是人類心智的成就，沒有人就沒有科學，當然，沒有實驗的驗證，理論亦是靠不住的。有一些人在教材中過份強調了實驗，容易使學生產生一種錯誤的印象，以爲理論是虛妄的，實驗才是真實的，是「科學的」，則後果會很嚴重。

吳人李約瑟已經說明得很清楚，我國科學之所以落後，並非有些人早先所以爲的中國人不重實驗，而相反的是由於中國人太重實用而不重視理論（這裏當然是指有關物的世界的理論而言）的緣故。今天的中國學生仍然有這樣的傾向，因而使我們不免感到，中國的科學要再次超越西方，恐怕還有很長的一段路要走。

更令人擔心的是，假如我們的大學文法科學生當年在國中、高中裏受科學教育所獲得的印象是「科學是以實驗爲主」的話，則將來我們的社會科學、人文學科將永遠跟著西方走，因爲我們的社會科學家將只會做調查來「驗證」洋人的理論與模式，而不會提出自己的理論來領導別人。

我自己有時也對學生說「實驗第一，理論第二」這句話，但這話意思是，如理論預測如與實驗結果相衝突的話，宜取實驗而捨理論（當然先決條件是，這實驗結果是經過審慎認定過的）。就科學發展而言，則無疑兩者必須並重而不可偏廢。

我們必須在科學教育中培養一些能提出創見的科學家與工程師，而非全部是只會跟在別人後面測試度量、幫助發展別人理論的後知後覺。

四、與傳統相接合的科學教育

從事科學教育工作的一件非常苦惱的事就是，好像科學是從西方移植過來的，在傳統裏找不到適當的根。

雖然我國古老的數學裏也有證明勾股定理的簡易方法，但是我們教科書裏不太提，總提華達

古拉斯。雖然我們古時也有渾天說、蓋天說等早期宇宙論，但我們不懂，但說西方的泰谷與哥白尼。

其實中國古時的科學是領先西方的，至少與當時西方最前進的科學是並駕齊驅的。（古時中國人將物質歸為金、木、水、火、土五類，就比亞里斯多得之氣、火、水、土四素來得高明。）

中國有優良的實驗傳統，許許多多影響全世界文明進步的關鍵發明都是中國人的成就。中國也有理論的傳統，只可惜理論的對象是人而不是物。陰陽五行的理論也很可惜走錯了路，變成了穿鑿附會，到了死胡同裏。

中國人當然知道科學精神，也曉得歸納法、演繹法這些。那麼為什麼中國的科學後來落後了？史家舉出種種社會的、政治的因素。但歸結起來，我個人以為有三個重要的關鍵：一是人們將求知的重點放在人事上，單注重人理研究，而未注重物理的研究；二是沒有發展出一套嚴密的論證法（如歐氏幾何學）；三是沒有想到把歸納法與演繹法兩者綜合起來用，而互相發皇。了解了這三個關鍵以後就應該不難體認，現代科學是可以與中國的傳統銜接起來的，只要我們補救上述缺失。

我以為，在我們的科學教育裏，應當探討中國科學落後的原因，對症下藥，才能期望將來迎頭趕上。我們在國民中小學的教育裏不必多舉外國科學家的姓名，且宜拋棄外國的社會背景，只需吸收人家的精髓，以讓我們的下一代得以重新建立自己的一套科學。

五、科學與人文相結合的科學教育

科學成果誠然強有力地支使了現代人類文明的趨向，但必須要指出，科學活動只是人類知、情、意三類活動裏的一類，它不能代表一切，也絕不是萬能的。

它並不能給事物一個最終的解釋，也並不能提供人生觀。它所依據的邏輯——歸納法與演繹法也都有著缺陷。科學也絕不是以前人曾以為是的「客觀的知識」，它也帶有價值判斷的色彩；甚至，如量子力學所揭露的，「人既是世界舞台的觀者，又是演員」。（註三）

雖說科學有這些缺點，無疑它仍是解決許多問題的一個非常有用甚至最好的辦法，人類文化缺不了它。每一個現代人都必須懂得基本科學知識與方法才配為現代人。

在一些崇拜科學的人的心中，上面這些缺失可能使他們沮喪，然而我們毋寧認為這也是它可取之處。這些「缺陷」使得它與人文之間不致有太大的鴻溝，而可以找到互通的基礎。學科學的人知道了這些以後，可以變得比較謙虛，而了解尊重人文的傳統也是一種科學的態度；學人文的知道了這些以後，也可以不致把科學家看成是不通人情世故的怪物，也不致盲目崇拜或鄙視科學。

我們的科學教育裏應該坦白地講述科學的缺陷與優點，因而促進科學與人文的交流。只有在這樣的一個基礎上，人類才能解決所面臨的各種問題。

最後，籲請在高瞻遠矚下掌握我們的科學教育原則，讓我們共同努力，使我國的科學教育走上真正屬於我們自己的正軌。

註一：M. Kline: 新數學為何失敗 方祖同譯
科學月刊社

註二：S. G. Brush: Scientific Theory and Laboratory Facts, Dialogue 雙月刊，1977.

註三：Hersenberg 語，見 Physics and Beyond 最後一段。