

大專用書

科學學生與學校

Ronald D. Simpson 著
Norman D. Anderson
歐陽鍾仁譯

國立編譯館主編

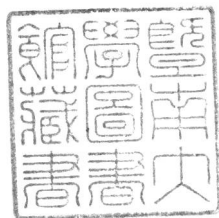
G42
20032

港台書室

大專用書

科學學生與學校

Ronald D. Simpson 著
Norman D. Anderson
歐陽鍾仁譯



國立編譯館主編

中華民國七十九年三月初版

科學學生與學校

版權所有
翻印必究

定價：精裝新台幣 叁佰貳拾元
平裝 貳佰捌拾

300

主編者：國立編譯館

譯者：歐陽鍾仁

出版者：國立編譯館
印行者

館址：台北市舟山路二四七號

電話：三六二六一七一

印製者：三軍大學印製廠

序 言

「序言」是作者用來討論其寫作原則的處所；在此，同時可表達他們對所有曾經幫助他們，將夢幻化為真實者的感激之意。言歸正傳，倘若要為這篇序言定個標題，則「我們深信這些事情」將是最佳之選。

我們相信，科學和技術在人類的進步，從原始而粗糙的生活進展到領悟真意、通曉學問、增進舒適的文明領域中，扮演了一個主要的角色。我們也相信，這個巨大的步伐將為人類帶來自由；換言之，即在我們的社會中，個人將有更多的選擇自由。當然，有了自由後就必須履行義務。如今，對於培養世人在科學與技術方面的能力，並使之宏揚於世，是我們必須履行的職責。正如傑佛遜(Thomas Jefferson)所言，任何民主是為一群有知識、有教養的市民所維繫着。據此，我們相信沒有任何課題，比教育年輕人科學課程，要來得迫切且引人入勝。

我們相信，年輕人是我們國家最寶貴的資源。他們各俱不同的風姿、體態與氣質。不論背景、修養和人格如何，每一年輕人是為個人的或社會的生產一員，都同樣有其重要的地位。

我們相信，現今我們所處的時代，有許多社會問題是與科學息息相關的；因此，這類問題就應該在科學課程中予以討論。當資源與能源逐漸減少、消散，而社會與道德的價值觀也在改變的時刻，科學教育在學校的課程中有其非常特殊的地方。有一位學生曾提出：「圍繞在我們四周的許多問題，都是在科學進展中不斷出現。當然，解鈴者

猶須繫鈴者。想解決問題，勢必要以其他有關的科學來解決。」的確，一個國家和星球的生存，實有賴於人類所處環境的和睦，以及與其他事物彼此間的良好關係。我們相信，人類終極的成就，將有賴於人們如何來運用科學與科學技術。

最後，我們知道在科學教學的計算、指導，以及評量上，有許多方法可以運用。專業的科學教師之特徵，是教授學習技巧的扮演者。有效的教學，包含許多有關學習與延續學習的技巧。我們從自己多年的經驗、他人的經驗、研究描述教授科學之技術情況的作品，以及實際教學所建議的方法中，分析出科學教師能夠繼續增進教授的方針。或許本書讀者，有許多在大學畢業後即將從事科學教育工作，在此，我們希望書中所談的理論與建議，對你們有無比的用途。

我們非常感謝幾位修訂手稿的學者，諸如：德州奧斯汀 (Austin) 大學的可樂雷 (Frank Crawley) 教授、多蘭多 (Toledo) 大學的德布林 (Jerome DeBruin) 教授、喬治亞大學的史倫 (John Shrum) 教授、西華盛頓大學的史蕾斯尼克 (Irwin Slesnick) 教授以及田納西大學的衛夏特 (A. Paul Wishart) 教授。此外，我們還要感謝北卡羅萊納州公共諮詢局科學教育處 (The Science Education Division of North Carolina State Department of Public Instruction) 的史樸納先生 (Spooner) 提供我們許多有用的資料，及在科學安全性方面的建議。

羅納·辛浦遜 (Ronald D. Simpson)

諾曼·安徒生 (Norman D. Anderson)

一九八〇年七月

目 錄

第一章	為何要學習科學.....	1
第二章	如何與學生共處.....	43
第三章	科學教學計畫.....	99
第四章	科學教學與實驗室.....	141
第五章	科學教學的策略.....	193
第六章	學習成就與評量原理、方法.....	281
第七章	興趣、態度和價值的成長.....	323
第八章	科學的個別化教學.....	363
第九章	科學教學的計畫與資源.....	405
第十章	科學的特殊教育.....	447
第十一章	處理爭論性與時代性的論題.....	505
第十二章	優良科學教師的條件.....	565

第一章 爲何要學習科學

小科學家的看法

馬克·吐溫（Mark Twain）曾透過觀察發現一個事實，那就是最有趣的事常來自孩子們。因為「他們知道的才講，不知道的就不講。」在十四年的教學生涯裡，我發現孩子們不但對科學事物的評論很感興趣，而且談起來津津有味。看他們怎麼說：

「科學事實只是理論的幼年期」。

「雖然地軸只是一條假想線，但無論如何，地球仍舊循著它而旋轉。」

「『湮』是告訴我們，通往我們不該去的地方有多遠。」

「牛頓因為發現物體靜者恆靜、動者恆動的原理而出名。」

「有一個方法可以試驗毛衣是否由羊毛製成，那就是用火引燃毛線；如果它燒得很慢，就是羊毛了。」

「氣候是固定不變的，而天氣却變幻莫測。」

「沒有任何辦法可以阻止液體變成其他的狀態。正如衆所週知的，密西西比河（The Mississippi）也並非永遠只停留在液體的狀態。」

「當水潭的水乾涸了，水被蒸發了，在化學上，我們就說這個水潭被蒸空了。」

「在顯微鏡下觀察水滴，可能會發現氫是氧的兩倍。」

「所謂『重水』，就是因為水裏面有鉛。」

「水上腳踏車是由人藉著踏板，在水上騎的東西。我想它還沒被發現吧！」

「星雲的產生和地球的起源，至今仍是個謎。」

「在化學上，有許多從前被認為虛構的事，而現在却多被證實了。」

「化學家們歷盡艱辛，去學習如何使氧與鐵化合，他們只得到了『銹』的結果而已。」

「除了氮以外，甘油可與任何物質化合。」

「對大多數人而言，解答（ solutions ）意味著清楚地找到了答案；但對化學家而言，溶液（ solutions ）仍然混濁不清的。」

「我們說香水消失的原因是被蒸發了，這要怪人們忘記把瓶蓋蓋好。」

「氣體與液體中的分子可到處流動；而在固體中，分子却只能在原地擺動！」

「有些氧分子可以助燃，而其他的氧分子却構成水；所以有時候同樣是氧，所扮演的角色却大不相同。」

「經年累月後，岩石會逐漸變得鬆軟；所以在岩石的生命中，最初一百年是最堅硬的。」

註1：From Carl Davis, "As Junior Scientists See It,"

Catholic School Journal, December 1969, pp.16-17.

Reprinted with permission of the publisher. Copyright

© 1969 by Macmillan Professional Magazines, Inc. All rights reserved.

你曾經注意過嗎？愈是簡單的問題，往往愈難有令人滿意的答案。正如「為什麼要學科學」這個問題，一般學校當局或老師們也常會這麼問：「為什麼要教科學？」現在我們從兩個觀點來研究這個問題。

第一，在學生們的心目中，學習科學有什麼好處？從數百位十到十八歲的學生，發表在「學生們說些什麼」這個專欄中的文章，可見一斑。由於學生們的觀念與意見，是科學教育中很重要的一環，所以本書將透過各種不同的形式，來敘述學生們的觀點。

第二，對於中學為何要安排科學課程的問題，教育家、科學家、家長以及社會大眾，各有何看法？從新聞、雜誌、收音機、電視的報導中，即可獲得一部分的解答。每天都有許多的新聞，在闡明科學如何影響我們的生活。對大多數成年人而言，中學科學教育的主要目的，是希望使活在這個科學時代裡的青年學子，更具有創意，生活得更快樂。

以下是學生對於學習科學的反應：

- 一、畢業後，易於找到一份較好的工作。
- 二、科學是我最差的一門學科，它並沒有使我得到什麼。
- 三、老師說學習科學可以幫助我成為一個較好的思想家。
- 四、使我更了解自己。

五、我在國中三年級時，最怕上生物課；只要解剖青蛙，就會心驚膽跳。到了高一，生物却成了我最喜愛的學科，同時我也不再對動物感到恐懼。

六、我們導師認為，在中學時多懂些科學知識，有助於大學課程的研習。

七、我愈深入研究科學，對周遭的事物愈感興趣。

八、我希望有人給我解釋一下，何以見得，不讀科學就無法畢業。

九、我想在大學時會有用的。

為何國中生該有生活科學課程？

一、我們生活在科學時代，如果沒有科學的知識，就很難了解每天所發生的事情。當你閱讀報紙時，是否可以完全體會它的內容？當你收聽廣播、電視新聞時，能否完全洞悉新聞評論家所揭示的深意？也許不容易吧！舉個例來說：

流行性傳染病的預報

公共衛生組織今天提出警告：一種新的流行性感冒，將在今年冬天來襲，嬰兒與老年人都應接受預防接種。各地醫院經查已有足夠的疫苗，民衆可到當地醫院和衛生局作預防接種。

二、學習生活科學有助於深入問題的核心，訓練思考的能力。具備懷疑的精神是科學家的重要特徵。在學習科學的過程中，如果能不斷地發掘問題，將會發現這些問題還有很多沒有解決，至少目前還沒有。

不要怕提出問題，並要試著去解決它。這將是一個很好的起步，因為在你的生命歷程中將會面臨許多問題，諸如：

市議會內的唇槍舌戰。

市政府官員今晨正為城市的蚊蟲問題大傷腦筋。昨晚參加市議會會議的二百名市民中，約有半數人要求繼續噴灑藥劑，而另半數人則希望停止。

奧立佛·柯爾先生 (Mr. Oliver Cole) 為反對噴藥者，他提出幾個問題：

「化學藥劑的噴灑，對其他生物，例如人、寵物或鳥的影響

如何？」

「如果這些有毒的藥劑污染了城市的水源，是否會造成危險？」

「除噴灑藥劑外，是否還有其他控制蚊蟲的方法？」

三、許多工作都需要生活科學的知識。每年，科學家人數都逐漸增加。據估計，百分之九十以上的科學家至今還活著。而更重要的事實是在各種領域的工作者，都需要有生活科學的知識。以下的報紙人事廣告即其一例。

醫師秘書：諳醫藥，懂速記及打字，每週工作四十小時，星期六休假。有意者洽職業介紹所 499-6103。

農場助理：場主生病，徵助理，須能收割農作物，待優。電洽古太太 737-0964。

庭園工程監督：具本地植物園藝知識，大畢，能督導苗圃工人者，寄歷照至××信箱洽。

醫技人員：小醫院，工作環境佳，有勞保。另徵全天班和輪班制護士，電 787-7642 洽。

四、嗜好興趣常涉及生活科學：令曾祖父母也許沒有像你那麼多的時間，來作休閒活動。而今，由於科學進步，我們每週所需工作時數減少；同時由於科學帶來的方便，我們有了更多餘暇來從事休閒活動。

城市周遭發生些什麼事。

你想爲聖誕節禮物出些新招嗎？請於星期二晚上八時，到市立公園技藝廠，參觀陸生動物示範展出。

都市狗展評判員將於星期三中午十二點半在「紅」咖啡屋聚會。

一年一度的秋季賞鳥活動，將於下星期日上午六點出發。有

興趣者請在大湖州立公園宿舍門口集合。請自行攜帶望遠鏡、禦寒衣物和乾糧。飲料由本會提供。

第一節 科學對生活的影響

在快速轉變的世界中，存在我們週遭的有電子計算機、立體音響，並可透過人造衛星，從彩色電視機收看全球各地的風光。而在一、二世紀以前，雜貨品名單後增列了價格欄；人們聽著用彈簧推動的留聲機所播放的變音唱片，甚至被第一部有聲電影所震驚。

並非所有的改變都帶給我們幸福和較舒適的生活。已往蜿蜒流過清靜風景區的美麗河川，現在却已成滿是污水的溝渠；所過之處盡是廢棄的車輛、礦道與日趨敗壞的城市。亨利·大衛·梭羅（ Henry David Thoreau ）、丹尼爾·波恩（ Daniel Boone ）和巴法羅·比爾·柯第（ Buffalo Bill Cody ）的空曠田野、寧靜樹林，已被公路、電纜和大大小小的住屋所截斷。難怪年長的市民經常歎惋「美好的往日」，而我們自己也感歎「世上沒有白吃的午餐」。

本世紀大多數的轉變，是由科學和技術相輔相成的。對一些經過開心手術挽回生命的孩子之父母而言，科技成果顯示生存於二十世紀是有利的。但對那些父母或祖父母死於布朗氏肺病（ Brown lung disease ）或殺蟲劑毒（ Pesticide Poisoning ）的人而言，凡是被某些人認為是救星的，對他們却成為現代文明中的惡棍。

除物質產品外，科學確已改變了我們的生活方式。現代科學的趨向十足打破了我們的思想格局，並對我們的行事標準深具影響。科學的知識排斥了迷信，而重視因果關係。現代醫術為人們所接受，而巫覡之說，則被視為無稽之談。這正如盧騷（ Bertrand Russell ）在「科學衝擊下的社會」（ The Impact of Science on Society ）一

書中所指出的，存在於十七世紀的人們，普遍地對科學抱持樂觀的態度，因而結束蠱惑迷信的散播。

無庸置疑地，我們所處的時代是個科學時代，它影響了我們的一切生活，吃的、穿的、工作的、遊戲的、思考的、感覺的，甚至涉及如何生死的問題。人的一生無時無刻不與科學產物或科學方法相接觸。



在這張圖片中，你看到幾種科學與科學技術？

第二節 科學教育的宗旨

爲了配合我們社會的科學內涵，以及國民的個別需要，同時爲求有效率的參與各種工作，個人必須具備科學知識。因此，針對年輕一代而擬定的教育目標，必須考慮起碼的科學知識的培養。而對那些已受完正規教育者，也應設法使他們趕上現今科學的成就與進展。

培養科學知識 (Scientific Literacy)，是中小學科學教育的宗旨之一。如北極星可指引我們航向一般。科學知識也指示我們該做些什麼和怎樣去做。幫助全體學生具備科學知識，擬定此種計劃；和遴選幾個學生接受教育，使其獻身科學的計劃是大不相同的。

雖然科學知識有助於推展科學計畫，但是它的構成要素必須在實行教育前予以闡明。教師應該熟知自己所要強調的，是屬於原子或螞蟻等科學概念，還是態度上的學習？他們必須知道，這樣的具體知識究竟應以強記方式，或著重思考、實驗的方式來教學。

第三節 什麼是科學知識？

全國上下屢屢設法為「科學知識」下一定義，有若干報導引述了本章末參考資料中的一篇報告。在此將其主要部分重新提出，作為本章末一部份的應用題與分析題。其次，第一篇研究報告即是全書的特色。由這些報導、研究，加上我們的經驗與思想，「科學知識」的定義可以一個具有科學知識的人所應具備的因素來表達，即：

一、具有科學概念、原理、定律及理論的知識，並能以適當方式予以運用。

二、用科學的過程來解決問題，能作決策、判斷，並能適當處理其他細節。

三、了解科學的本質及科學的事業。

四、了解科學與技術，以及與社會的交互關係。

五、具備與科學發展有關的技巧，能在事業、休閒活動及其他事情上運用自如。

六、把持態度和價值觀，能與科學及自由社會相協調。

七、培養發展的興趣，導引自身追求一個可終身學習科學的，更

滿意的生活方式。

研究報告：爲科學知識下定義（科學素養）

從閱讀書報雜誌的科學故事中所該具有的知識，做一調查，是一種研究方法。喬治亞大學的柯爾雪（Koelsche 註2）先生在 22 種主要報紙和 9 種廣受歡迎的雜誌中，經過六個月（自一九六三年十一月至一九六四年四月）的分析，發覺其中與科學有關的項目共 2999 條，原理原則 175 條。如「所有的生物體受到刺激都有反應」及「輻射必改變原子核」等；有 693 個字彙則一再出現於新的項目中。

在瑪地森（Madison）地方的威斯康辛（Wisconsin）大學的科學知識研究中心有個由伯樂（Pella）、奧哈姆（O'Hearn）與蓋爾（Gale 註3）等人所組成的團體。他們以 100 種文件（書籍與專業性雜誌等等），以科學知識或相關的題材作分析，如「科學與普通教育、科學與技術及社會間之互相關係」，結論是凡有科學智慧的人，其特徵爲了解：

- 一、科學與社會間相互的關係（67）
- 二、道德上須對他或她的工作予以管制（58）
- 三、科學的本質（51）
- 四、科學的基本概念（51）
- 五、科學與技術間的差別（21）
- 六、科學與古典文學間的關係（21）

在每條右端括弧內之數字，表示在 100 種分析過的文件中，所包含科學知識參考資料的數目。

註2：Charles L., Koelsche, "Scientific Literacy as Related to the Mass Media of Communication," *School Science and Mathematics*, 65 (November, 1965): 719-725.

註3：Milton O. Pella, George T. O'Hearn, and Calvin W. Gale, "Scientific Literacy-Its Referents," *The Science Teacher*, 33 (May, 1966): 44.

第四節 轉移宗旨為目標

在施教前，必須將組成科學知識的七個主要因素進一步濃縮為更小範圍。而做此之前，必須確認教導的目標乃是科學知識七個因素的要因。例如：目標是使學生由已知的安培數（電流）及伏特（電壓），而知如何計算出電路中的電阻。歐姆定律的知識及其應用的能力，只不過是上列第一個因素的目標的幾百分之一而已。圖 1-2 表示教育的宗旨、科學知識和圍繞於四周目標間的關係。

然而宗旨常可用普通語詞加以敘述，遠程的結果，並提供一切行動的方針。目標則以較確切的語詞敘述立刻可以獲致的結果，而且可作為教室中日常活動的指針。

目標所以採用行為這個語詞來敘述，是希望學生在受教完畢後，即有所收穫，所以稱為行為目標。或者，於其他情況下，亦可稱為實施目標。這個語辭係由事實演變得來，即希望在教導的進展下，學生將所學能付諸行動。在本書的教學目標中，不僅對於題材的教法有助益，而且對於評鑑學生亦有所幫助。

行為目標經常被標定出來，以便滿足下面三種情況：