

現代科學是什麼？

Arthur A. Carin 著
Robert B. Sund

莊嘉坤節譯 省立屏東師範專科學校

科學正在迅速發展之中，有時我很後悔生得太早。我們很難想像一千年後科學究竟會發展到怎樣的地步，人類控制大自然的力量究竟是……。但願道德科學也能有相等程度的改進，人類能停止互相殘害，終能認知他們目前所誤稱的所謂「人性」。

——富蘭克林 1780——

一、科學的定義

事實上，「科學」這兩個字若要以簡短、明確的字眼來描述出它的定義，確實是一件很難的事。在今日科學教育中，比較容易讓人接受的科學定義是：「科學是一種累積和系統化的學習，過去都僅拘泥於自然現象的探討。但由最近科學進步顯示出，科學不僅是事實的累積，而且還包括了科學方法和科學態度」。

美國一位著名的科學家康南特（James B. Conant）他對科學所下的定義是：「科學是一系列互相聯絡的觀念和觀念基模（Scheme），而這些觀念和觀念基模是由實驗和觀察以及更多元化的實驗和觀察所發展的結果」。

科學發展係經由觀察、實驗和合理的分析等方法來研究自然現象；並利用某些態度（例如收集資料和預測資料時，能保持客觀的態度），再進行各種實驗和統計過程。如此對宇宙的奧秘才會有新的發現，而這些新的發現即所謂的科學成果。由這些事實歸納起來，現代科學應包括科學方法、科學態度和科學成果，三者之間不斷進行交互作用，互為影響。

二、科學態度

1 對自然現象引起好奇

科學乃是導源於人類堅強的願望和需要，而驅使人類去尋求諸多問題的合理解答。科學家們因為喜歡大自然，對大自然的奧秘產生好奇，而產生了探討的動機；就如同兒童們對海灘的沙產生興趣，而終能發現沙的紋理、顏色、大小和重量。假如不為發現目的而去做發現的工作，那麼這世上將無科學的探討；而科學探討結果的實際應用對科學而言並不是重要的，因為大多數科學家並不關心或甚不知道他們所發現事物的用途。

科學家們因為求知的慾望，成為一個永恒的學習者。他們以無限的好奇，自由的追尋及探討。就因為對求知有強烈的興趣，研究得愈多時愈覺得自己知道的還是太少。

2 謙遜與存疑

謙遜，不驕傲，不自大，時時警惕自己不要太武斷和避免盲目，乃科學家從事研究工作的態度。對自然界的探討經常存著健全的懷疑心理，是很重要的。固執己見，直接判斷與迂腐的思想都對科學發展，構成莫大的阻礙。

3 失敗而不氣餒

一般人在研究工作遇到困難而無法解決問題的時候，往往變得沮喪而灰心。對科學家而言，遇到困難，他們會嘗試著另一種方法去解決問題，再接再勵，由另一角度來看，失敗就成為成功的另一型態。例如一九〇八年諾貝爾獎金得主鮑爾（Paul Ehrlich）博士在醫藥和生理學方面的研究工作，就是一個從失敗中獲得成功的例子。他經過 606 次連續的失敗，最後發現治療梅毒特效藥——薩爾佛散（Salvarsan），其商標名稱爲「606」，用以紀念他經過 606 次失敗的實驗而導致「606」配方的成功。

4 保持客觀性

探討自然現象，必須隨時注意防止本身的偏見，要對事的看法力求客觀，太主觀的捏造數據以迎合自己的偏見，往往是造成研究失敗的主因；另一方面，保持寬廣的心胸去思考數據，以證據做爲下定論的基礎，不誇張事實，在未握有充分數據時，不要輕易下判斷。

每當做觀察及記錄數值時，每一個人都期望將誤差減至最低限度；除非別人與自己的研究工作，在相同的條件下所獲得的數據一樣，否則這些數據就不能視爲可靠的。因爲測得實驗數據的精確度乃科學的基礎，所以科學家們均不斷的注意自己數據的準確性。近年來，科學儀器愈來愈精密，觀察和數據記錄的精確度已經獲得改進，能妥善利用客觀的儀器，如照相術、電子計算機、數據記錄器等，這對增加科學成果的精確性有很大的助益。

三、科學探討與方法

科學探討的主要目的在尋求真理和發掘知識，在探討過程中，除了強調上述的科學態度外，同時還要能夠應用各種方法，例如觀察、分類、傳達、測量、設定假說、預測、描述、推理、設計並實驗、分析資料、由資料建立原則、定理與理論。而最主要的關鍵，是要能夠提出與自然界有關而有意義的問題。

1 正確的提出問題

從初學走路小孩的感覺世界裡，以及科學家

們所做深奧的智力活動中，常常會聽到「是什麼？」，「如何？」，「爲什麼？」，這三種問題類型，這就是科學的基礎，亦是科學探討的本質。

「是什麼？」是最簡單的問題型式，一般都是要求做描述的說明，比方「那是什麼種類的岩石？」或「在籬笆上的那隻鳥是什麼鳥？」，這些問題的答案通常是簡短與單音節的。

「如何？」這個問題因爲牽涉到很多的過程，所以回答時需要做更深入的探討。例如「鐵如何傳熱？」欲回答這個問題，必須先了解熱傳導的過程，同時還要描述熱是由鐵的一端導入另一端，這包含了三個因素：物質分子結構的知識，熱在受刺激分子的作用，熱在分子中的傳遞。

最難回答的問題是「爲什麼？」，因爲這一類型問題很少有最後的答案，每一個「爲什麼？」問題的答案都是連續性，而且往往再導出另外一個問題，例如小孩問：「爸爸，爲什麼草是綠色的？」，他爸爸回答：「因爲草含有葉綠素。」小孩又會問：「那爲什麼葉綠素是綠色的呢？」，如此，會有更多的問題產生。但在連續的問題中，可使小孩獲得更多的基礎觀念。

2 正確的回答問題

科學家對問題作答從來不做不切實際或籠統的措辭，因爲這對自然現象的描述會顯得含糊不清，虛僞以致陷入僵局，反而令人無法了解。比方有人告訴你，植物總是朝著光源彎曲，是因爲「植物喜歡光源」（不切實際的解釋），那你就再也不會去尋求光是如何刺激植物，而產生激素，以引起細胞生長，致使植物朝著光源彎曲了。因此就限制你對問題探討的意願。

3 尋求因果關係

實驗時，使兩組材料相同，並控制不一樣的條件，則可用觀察、記錄、分析等方法求出其結果差異。舉一個實例：將幾棵種子置於浸水的海綿上，標明 A 組；另將幾棵種子置於乾燥海綿上，標明 B 組。將此兩組實驗置放在房間同一角落，並保持相同溫度和光線，幾天後，A 組的種子開始萌芽，B 組種子不萌芽。如此說明水和種子間的因果關係。

控制條件下的實驗，對人類求得可靠和多重

數據是一個很重要的科學過程，欲控制所有可變性的條件（指溫度、光、濕度……等）實在很難，因為即使條件改變很小，也可能造成很大的誤差，所以在科學探討過程中，應經常注意這些誤差，期望達到數據的精確度。

四、科學成果和目標

科學的成果和目標是概念、原則和理論，建立這些成果的基礎是可觀察且可靠的資料。概念是從特殊的相關試驗的觀念組織而來。例如磁、電、植物、細胞、聲音等。原則是由幾個相關的概念組織而成，例如金屬加熱會膨脹，這段敘述包含三個概念：金屬、熱、膨脹。理論則是由解釋科學現象時幾個相關的原則組織而成，例如沒有重力理論，人類就無法到月球去，因為沒有重力，就無法算出火箭在太空旅行需要多少燃料，來整補地球與月球間重力改變的變差。

五、社會的意義

科學探究在發現真理，科學的發現既能有益於人類，同樣亦能使人類遭受損害。例如居禮夫人，事前並不知道發現放射性物質對人類有害或有益。原子核研究的應用，使日本廣島和長崎人民生命財產遭到空前的浩劫。

很顯然地，科學發展也為人類福利帶來很大的貢獻，例如應用放射性同位素來治療癌症，及目前科學家們正努力解決人口爆漲、環境污染、殺蟲劑的危害等等，而其重點在於建立一個美好

的環境和維護人類的健康，這對於社會實在是一個很好的啓示；年輕的一代總認為，製造原子彈、化學品以及在戰爭中具摧毀威力的人才是科學家，教師們的責任應給予更實在的觀點，並灌輸「科學的主要發現在於造福人羣」的觀念。

六、科學探討是人性的活動

科學探討是人人可為的，唯科學發展需要富創造性的天賦，才能使人類更趨文明。科學家的心智活動和尋常人無異，他們努力所獲致的科學成果，是由創造的意念，加上天賦及多數人的勞動，去探討那未被發現的科學現象。同時由歷史的證據指出，科學是人類彼此間相互合作的結果，亦即科學探討是人性的活動，也是現代科學的主要特色。

七、教學上的應用

科學本身並不僅是資料的發現，最主要的還是探討的方法。欲成為一位優秀的科學人員，並不是一蹴可成的，必須對周遭的環境不斷地探討、學習並引起好奇，在方法上力求改善技術。因此教師們在科學課程內，應讓學生有獲致經驗的機會，使學生學到如何探討自然現象，以及發現科學概念、原則和理論的方法。

[本文譯自：Arthur A. Carin and
Robert B. Sund: Teaching Modern
Science , 1976]

（上接 14 頁，科學態度的內涵）

“一般語義學運動”（“general semantics” movement）已造成了一些，對有關「現象之種類」（classes of phenomena）概括敘述的懷疑。其理由是因為每一個種類（class）都有在被一般化後所忽略掉的獨有特性。若推到邏輯極端，就否定了有做任何有關如“木材”種類的真正（一點也沒有誤差）的敘述的可能性，因為“樹木 1 不全等於樹木 2”（Tree 1 is not Tree 2），而此種小心雖可避免某

些錯誤，但必須承認的是：對現象的概括敘述（即抽出共通點的敘述，而非對某一單一特例的敘述）是科學的一個目標。並且此種以研究結果為根據所做之結論敘述，對於了解並解決這個錯綜複雜的經驗世界是必需的。

[譯 自：The Science Teacher , Feb.
1967 . PP 23-24
原著者：Paul B. Diederich]