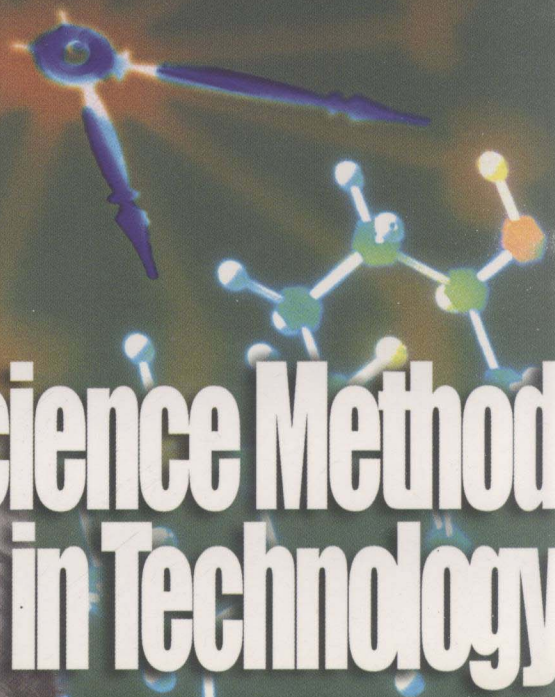
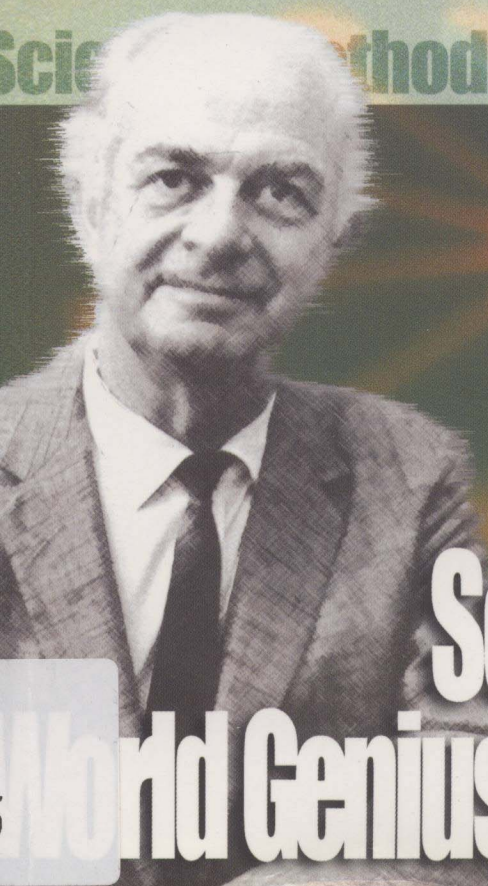


世界科技 英才錄



Science Method 科學方法 篇

袁運開、王順義◆主編



Science Method World Genius in Technology

Science Method

世界科技英才錄
科學方法篇

主編◇袁運開、王順義

責任編輯◇馬興國

編輯◇黃敏華、翟瑾荃

美術編輯◇林逸敏、鍾愛蕾

發行人◇林正村

出版者◇世潮出版有限公司

地址◇(231)台北縣新店市民生路19號5樓

登記證◇局版臺業字第5108號

電話◇(02)22183277・傳真◇(02)22183239

劃撥◇17528093 世潮出版有限公司帳戶

單次郵購200元(含)以下，請加30元掛號費

電腦排版◇繁簡通電腦排版公司

印刷◇世和印製企業有限公司

本叢書中文繁體字版權由上海科技教育出版社授予

初版一刷：2002年(民91)10月

定價／249元

◎本書如有破損、缺頁、倒裝，請寄回本社更換新書，謝謝！

版權所有・翻印必究 Printed in Taiwan

國家圖書館出版品預行編目資料

世界科技英才錄. 科學方法篇／袁運開、王順義主編.
-- 初版. -- 臺北縣新店市：世潮， 2002 [民91]
面：公分. -- (科學人：3)

ISBN 957-776-408-8 (平裝)

1. 科學 — 傳記

309.8

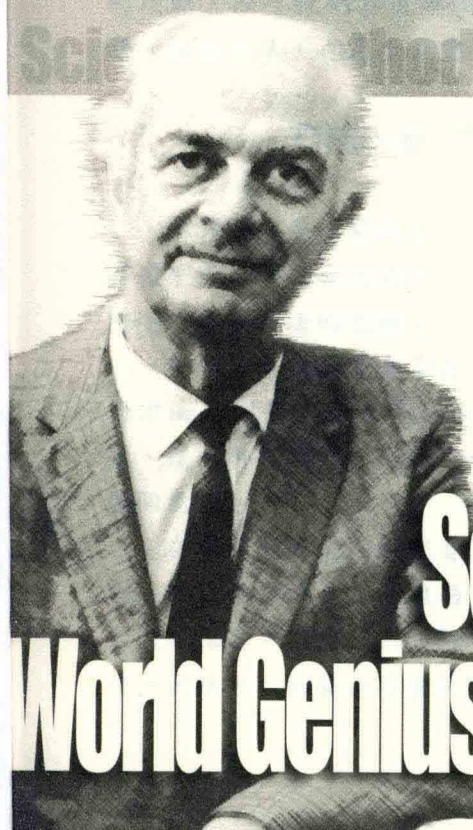
91016063

世界科技 英才錄

A black and white photograph of several construction cranes against a light sky, serving as the background for the top half of the book cover.

科學方法 篇

袁運開、王順義◆主編



Science Method
World Genius in Technology

前

言

本書是《世界科技英才錄》的「科學方法篇」。書中記載了古今中外 50 餘位科技英才有效地應用科學方法做出傑出科學貢獻的事蹟。

馬克思說過：「在科學上沒有平坦的大道，只有不畏勞苦沿著陡峭山路攀登的人，才有希望達到光輝的頂點。」這是我們大家熟知的名言，必須注意的是，馬克思所說的「有希望」，並不是必然會達到。不畏勞苦、艱辛的努力是科學家取得成功的必要條件，但不是充分條件。科技英才們能達到光輝的頂點，除了他們具有不怕艱難困苦的無畏精神外，善於思考、講究方法，也是十分重要的因素。

方法、研究程序與科學方法

「方法」是從實踐上和理論上認清現實，達到某種目的的具體手段、方式和途徑的總稱。「科學方法」是指在科學研究中運用各種方法的總稱。

科學方法種類繁多；在科學研究的不同過程中，使用不同的方法。例如，對於基礎科學研究來說，大致可以分為：選題、獲取科學事實、進行思維加工、驗證以及建立理論體系這幾個步驟。

在選題過程中，研究者從發現或接觸各種科學問題開始，廣泛地收集背景資料，經過全面的估計和充分的論證之後，確立研究課題。在整個科學研究中，選題是有戰略意義的一步。這一過程中，主要應用發現和確立問題的方法。

在獲取科學事實的過程中，主要的工作是按課題的需要收集和整理事實的資料：透過文獻檢索方法獲得間接經驗；應用觀察、實驗方法取得直接經驗。要注意的是，獲取科學事實離不開理論思維的方法，理論思維對於實驗的設計、觀察及實驗結果的分析都發揮了指導作用。

在進行思維加工的過程中，運用邏輯思維、形象思維、直覺思維等方法，對已有的資料進行科學探索，形成科學假設。在這一過程中，科學研究的創造性表現得分外明顯和活躍，因此，創造性的思維方法受到普遍的重視。

驗證過程的主要任務，是對已形成的假設進行實踐檢驗。應用演繹的方法將假設推出的新預言與實驗結果相比，對假設的完善程度作出評價，進一步決定是提出新假設還是完善充實原有的假設。驗證主要透過實驗和觀察進行，但又不時地輔之以邏輯判斷。

建立理論體系是最後的過程，它的主要任務是把已確證的假設和先前的理論盡可能地統一起來，形成比較嚴密的、有內在邏輯關係的體系。在這一過程中，較常用到公理化的方法、從抽象上升到具體的方法以及邏輯與歷史互相統一的方法等。

上述基礎研究的一般過程，為讀者提供一條從整體上了解科學方法的線索。本書結合科技英才做出重大科學發現的生動事例，以通俗易懂的語言對多種科學方法進行較為詳細的介紹。

方法是透過做為認識主體的人的活動表現出來，它是主體把握客體的主觀手段。德國古典哲學家、辯證法的倡導者黑格爾曾說：「在探索的過程中，方法也被列為工具，是站在主觀方面的手段，主觀方面透過它而與客體相關。」可見，「方法」是聯繫主、客體的中介和橋樑。人們在認識和改造世界的

過程中，應用各層次、各領域的多種方法實現主觀和客觀的統一。能否正確地使用方法，對人類的認識和實踐活動具有決定性的意義，方法是各項事業成功不可缺少的重要因素之一。

學習科學方法的作用與意義

開展科學研究活動，探索自然界運動、變化、發展的規律，當然要講究方法，因為科學方法對科學認識能發揮重要的作用，有助於延伸人的感官，以便獲得更多的訊息。人的生理感官接受訊息的能力是有限的，對於來自宏觀或微觀世界的訊息，人的感官或者不能接受，或者無法精確分辨。藉助科學儀器和一定的科學方法，可以把這些訊息轉錄放大，成為人的感官所能接受和分辨的量值，也可以把宏觀或微觀對象模型化為與人相適應的尺度，從中提取所需要的訊息。

它有助於將訊息分類篩選，透過表層訊息發現研究對象的本質和規律。例如，運用邏輯思維方法，有助於從事實中探索出科學概念，揭示概念之間的聯繫，得出正確的判斷，發現科學定律，而後進行推理，建立起科學理論體系。概念、定律、理論的原始素材雖然可包含在表層訊息中，但不用科學方法是難以探索出來的。它還有助於應用訊息並使其「增殖」，亦即科學方法有助於推廣已有的研究成果，使它們在以後的科學研究乃至社會生產實踐中發揮效益。

科技英才們十分注重科學方法的作用，他們之中的一些人為尋求有效的研究方法，還對方法本身進行深入的研究，產生許多精闢的論述。法國著名的數學家、力學家拉普拉斯指出：「認識一位天才的研究方法，對於科學的進步，並不比發現本身用處少。科學研究的方法通常是極有趣的部分。」俄國偉大

的生理學家巴甫洛夫這樣評述科學方法的作用：「無怪乎人們常說，科學是隨著研究法獲得的成就而前進的。研究法每前進一步，我們就更提高一步，隨之在我們面前也就開拓了一個充滿種種新鮮事物的、更遼闊的前景。因此，我們首要的任務乃是制定研究法。」他還指出：「有了良好的方法，即使是沒有多大才幹的人也能得出許多成就。如果方法不好，即使是天才也將一事無成。」

然而，長期以來，普及和宣傳科學方法、從事科學方法的教育並沒有受到足夠的重視。在學校裏，各門學科教授的基本內容幾乎全是知識，不講方法。青年學生對於前人或他人的研究成果知之甚多，但對於這些人是怎樣得到如此成果卻知之甚少。不少學生甚至認為科學上的發現是天才的事，深奧莫測，望塵莫及。今天，越來越多的有識之士清楚認識到，學校的教育應該既教知識，又教方法；學生不僅要學習和掌握知識，而且必須接受科學方法的基本訓練，學會應用從事科學研究的基本方法，這對於人才的出現和成熟是具有重要意義的。

從一定的意義上講，學習方法比學習知識更重要。學生了解到前人或他人獲取知識的方法，就了解到知識的來源，對知識不僅能知其然，也能知其所以然，進而加深對知識的理解。透過學習科學方法，學生們會認知到科學發現不是憑空而來，科學探索也絕不是瞎摸亂撞碰運氣，正確的方法是導致科學突破的有效途徑，從而破除對科學創造產生的神秘感，鼓舞攀登科學高峰的勇氣，樹立起能達到光輝頂點的必勝信念。人類已有的知識畢竟是有限的，獲得知識的方法卻是使知識能不斷「增殖」的有效手段。後人掌握了科學方法，就能站在前人的肩膀上，使人類的認識不斷深化，知識不斷更新和增長。

學習科學方法及其發展

學習和掌握科學方法，除了系統地學習有關科學方法的理論外，一條有效的途徑是對歷史和前人的借鑑。一部自然科學史，也是科學研究方法創立和發展的歷史，科學理論的每一項重要發現，都是科學家應用科學方法的勝利。讀者透過閱讀本書，將了解到科技英才們怎樣藉由一些表面現象抓住問題的關鍵，怎樣把觀察實驗與理論思維結合起來，怎樣突破傳統觀念的束縛，應用創造性思維大膽提出劃時代的科學創見，建立起理論體系。從中您將得到深刻的啓迪，領悟科學方法的真諦，概括出科學方法的一般規則；您甚至會躍躍欲試，應用科學方法去發現和創造些什麼。

然而，學習和掌握科學方法，切忌照抄照搬。儘管各種科學方法都有一定的規則，我們在應用時必須遵循這些規則。然而，不同的方法適用於哪種性質的科學活動或科學活動的哪個階段？在特定的科學活動中，該應用哪種或哪幾種科學方法？各種方法在實際狀況中如何應用？都沒有一定的規律可循，而是屬於靈活應用科學研究方法的藝術。科學活動的一個特點，是具有創造性，並在很大程度上表現了這種藝術。我們只有在掌握科學方法一般規則的基礎上，獲取駕馭靈活應用科學方法的藝術，才能有效地進行科學研究，乃至做出創造性的業績。而要真正純熟地駕馭這種藝術，必須在科學活動實踐中不斷摸索，並在實踐中創造性地豐富和發展這種藝術。

還需注意的是，科學研究方法本身是不斷發展著的。隨著時代的變遷，科學的進步，認識主體實踐活動的能力和水準不斷提高，以及實踐對象的不斷變化，做爲聯繫認識主體和客體

的中介和橋樑的方法，自然也要變革和更新，這已被歷史證實。例如，17 世紀乃至 18 世紀正處於近代科學發展的初期階段，限於當時科學發展的水準，人們爲了把對自然界的認識建立在對自然界的精細研究基礎上，必須廣泛搜集和累積經驗資料，分門別類地進行研究，這一時期主要採用分析和解剖的方法。到了 18 世紀末和 19 世紀，自然科學進入全面發展時期，各門學科從不同的方面證明自然界是一個不斷變化的、相互聯繫的有機整體，宇宙間各種事物有其自身演化和發展的歷史。這就要求人們運用歷史的、發展的、聯繫的和對立統一的觀點來分析事物，以思維和研究方法揭示自然界事物的性質和規律，科學研究方法有了新的發展，如假說方法、綜合方法成爲重要的研究方法。邏輯方法也出現了新的內容，如在歸納方法中，出現了同異並用法和剩餘法等。

自 20 世紀以來，科學的發展非常迅速，顯示出加速化、高度綜合與高度分化等特點，人類面臨的實踐對象和以往時代相比，無論在深度上還是廣度上都有很大的不同。科學的發展使得一系列新的研究領域相繼出現，傳統的不同研究對象相互貫穿形成橫斷領域，以及相互滲透的領域也成了認識的新客體，這些對象具有極大的複雜性、整體性和綜合性。當代社會的任何一項重大實踐項目，不僅涉及大量的科學技術問題，還與經濟的、生態的、心理的以及其他社會問題有關。面對客體的特徵，要求產生具有整體化、複雜化特徵的科學方法，即從系統性、整體性考量問題，以把握實踐任務的系統聯繫與整體聯繫。系統科學方法應運而生，包括訊息方法、反饋方法、功能模擬方法和系統分析方法等。

1970 年代興起的耗散結構理論、協同學和超循環理論，分別從宏觀、微觀以及生物學的不同角度和層次揭示系統如何

形成結構，完成進化的機制，統稱為「自組織理論」。它們提出許多方法論思想，諸如描述系統質變的方法、統一決定論與非決定論、統一可逆與不可逆的方法，以及探索宏觀與微觀統一等方法。

1980 年代以來，以非線性複雜系統為研究對象的分形理論和渾沌理論興起，在科學界颳起所謂的「非線性科學風暴」，為我們認識世界提供新的方法論。分形理論與系統論互補，全面揭示部分與整體之間的辯證關係，找到從部分過渡到整體的橋樑，為人們「從部分認識整體，從簡單掌握複雜」提供有力的工具。渾沌理論指出簡單的決定論系統可以產生複雜性，世界及其規律儘管是複雜的，卻隱含著某種簡單公式。正是這一公式的無窮次重複，才造就大千世界的無限複雜性，這為人們抓住複雜性背後的規律、探索無序中的有序與渾沌中的和諧指明方向。可以說，人類認知的過程是沒有止境的，科學方法的發展也是沒有止境的。把握時代的脈搏，追蹤科學的進步，學習現代科學方法，實現思維方式的轉變，正是當今時代的重大課題。

普及科學方法是時代的需要

世紀之交，許多國家正處在改革、開放、振興的歷史時期。普及和教授科學方法是時代的需要、歷史的必然。在新時期引導廣大群眾和青年學生學習和應用科學方法，有著重要的現實意義和深遠的歷史意義。從事自然科學研究，不僅需要有充分的熱情、努力的精神，也需要講究方法。了解和掌握科學研究的程序和方法，學會運用科學調查研究的方法、制定方案的方法、科學管理和決策的方法，我們就能找到及時發現問

題、妥善解決矛盾的有效途徑；就能在錯綜複雜的情況面前，撥開迷霧，沿著正確的方向前進，到達勝利的彼岸。

(陳敬全)



.....

前 言

17 世紀之前

歐幾里德	歷史上應用公理化方法的最早典範	16
劉徽	運用邏輯方法奠定中國古典數學理論基礎的數學家	21
沈括	驗跡原理、勇攀高峰的科學家	26
法蘭西斯·培根	經驗歸納法的倡導者	31
徐光啓	由數達理、會通中西的科學家	40
伽利略	轉變亞里斯多德思想方法的物理學家	45

17 世紀

徐霞客	萬里探險、求真求實、堅持野外考察的地理學家	52
哈維	生物學實驗方法之父	58
波以耳	以實驗為最佳老師的化學家	63
牛頓	憑藉科學理論正確預言地球形狀的物理學家	69
弗拉姆斯蒂德	近代基本天體測量方法的奠基人、天文學家	74

約翰·伯努利	善於建立數學模型的數學家	80
--------	--------------	----

18 世紀

布拉得雷	善於運用比較方法沙裏淘金的天文學家	86
歐拉	應用數學方法的大師	93
戴維	用電解法發現元素的冠軍	98

19 世紀

卡諾	利用理想模型方法探究熱機理論的物理學家	104
賴爾	用「將今論古」方法創立漸變說的地質學家	110
本生	利用熱、電、光等物理方法為化學研究服務的典範	118
貝爾納	手腦並用的實驗生理學家	123
亞當斯	率先運用「筆尖方法」發現海王星的天文學家	128
孟德爾	生物統計學方法的創立者	135
門得列夫	探索元素分類系統規律的化學家	141
倫琴	把實驗藝術與高度科學注意力結合起來的物理學家	146
卡普坦	用統計方法探索銀河系結構的天文學家	152
拉姆塞	巧捕惰性氣體的化學家	159
龐加萊	用直覺思維方法導致發現的數學家	165
普朗克	巧用溯因法和內插法提出量子假說的物理學家	171
阿倫尼亞士	透過現象發現本質的化學家	177
希爾伯特	發展公理化方法的數學家	183
摩根	立足於實驗事實的生物學家	189

20 世紀

拉塞福	擅長理論思維的一代物理學實驗大師	196
羅素	用悖論方法揭示數學基礎危機的邏輯學家	202
赫茨普龍	以學科雜交法有大發現的化學家、天文學家	208
愛因斯坦	善於在大腦中進行思想實驗的物理學家	215
愛丁頓	視假說和模型方法為「鑽探裝置」的天文學家	220
波耳	把創造性思維和直覺思維結合起來的物理學家	227
薛丁格	善於進行創造性綜合的物理學家	233
竺可楨	善於比較和注重實踐的科學家	239
尤里	因喜劇性錯誤而有重大發現的物理學家	245
維納	在科學的邊緣區域自由馳騁的「控制論之父」	250
林德布拉德	用特徵識別法和類比法探索星系的天文學家	258
哈伯	運用歸納法發現宇宙運動規律的天文學家	265
鮑林	化學經驗和量子力學結合的典範	270
海森伯	創造性地運用數學方法的物理學家	275
狄拉克	堅信物理理論應有數學美的物理學家	282
湯川秀樹	善於類比致知的物理學家	289
戴文賽	堅持哲學思維的「太陽系考古學家」	294
楊振寧、李政道	發現宇稱不守恆的華裔物理學家	301
哈肯	從「普遍現象」中找到共同原理的協同學創始人	307
華森	實現生物學和物理學完美結合的分子生物學家	316
蓋爾曼	用對稱方法建立夸克模型的物理學家	322

科學方法篇

彭齊亞斯	對反常現象具有鑑賞力的射電天文學家	327
李遠哲	創建交叉分子束實驗研究方法的化學家	333
斯莫利小組	實現實驗技術和化學直覺的科學研究團體	339