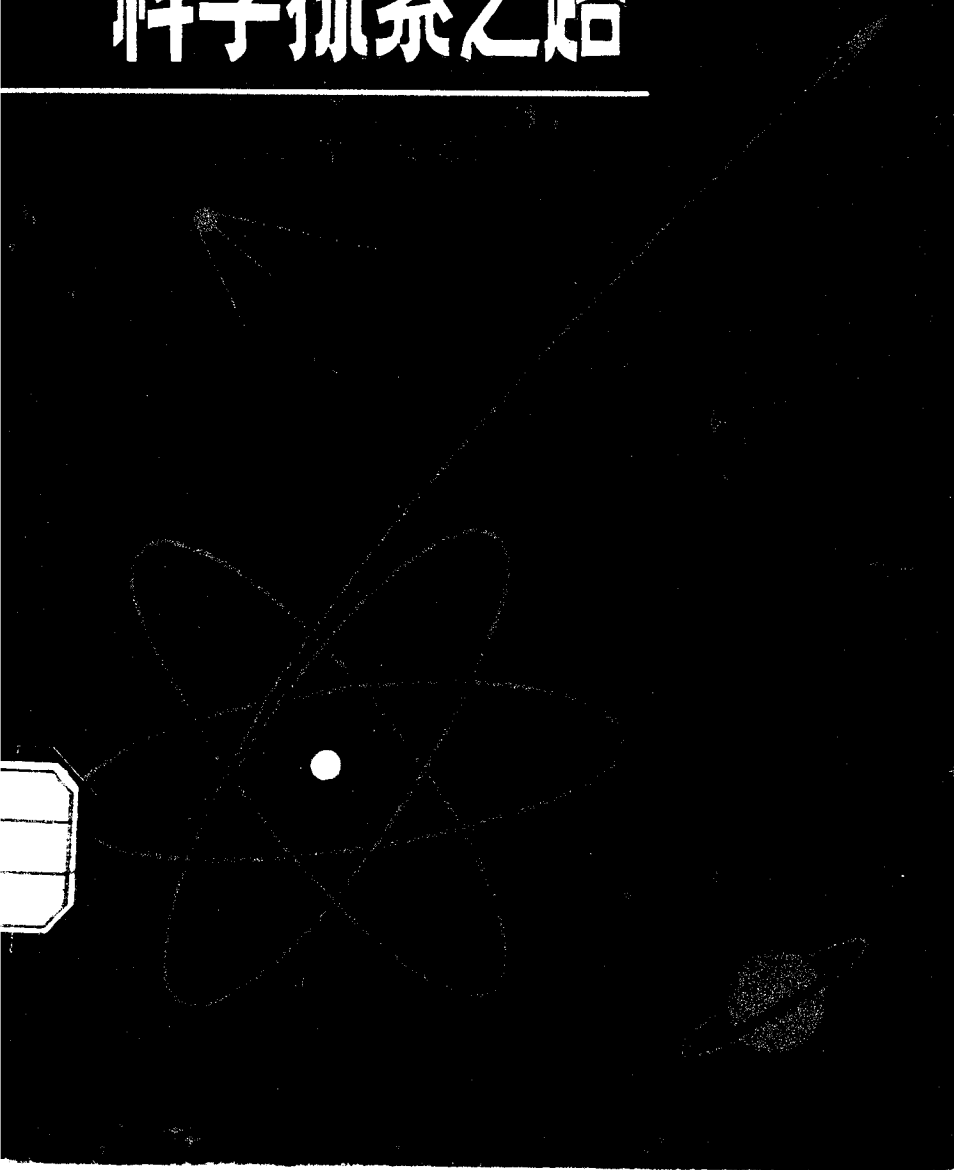


科学探索之路



科学探索之路

宋立军 元文玮

新华出版社

科学探索之路

宋立军 元文玮

*

新华出版社出版
新华书店北京发行所发行
新华社印刷厂排版
新华印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 6.375印张 127000字
1981年12月第1版 1981年12月北京第一次印刷
统一书号：13203·007 定价：0.52元

内 容 简 介

这是一本介绍科学方法的书籍，重在说明科学上的成功并不是天才们垂手可得的“熟透了的苹果”；创造性的科学成果是智慧的结晶，是科学的研究方法与勤奋的钻研精神的产物。

作者选取了三百位著名科学家和学者的典型事例，从观察、实验、思维、推演等几个方面，说明他们的科学方法，指出他们的研究艺术，以求给人一点研究的启示。

本书对它每一个细目的分析与介绍，都注意选取世界科学巨将们的生动的研究事例，内容比较丰富，思想也比较活跃，不仅是青年进行科学修养的有益读物，而且对科研和教学也有一定参考价值。

目 录

方法与成果	(1)
观 察	(9)
科学需要观察.....	(10)
细心、留心与有心.....	(12)
错觉：无意过失与先入为主.....	(16)
科学观察不仅仅是观察事实.....	(21)
实 验	(25)
智慧是实验的女儿.....	(26)
简化、强化与模拟	
——实验作用的特点.....	(29)
探索的源泉与验证的标准.....	(32)
没有理论就不是科学的实验.....	(38)
周密考虑，精心构思.....	(43)
实验的发展与理论的深化.....	(45)
几种一般的实验方法.....	(49)
科学仪器与科研中的机遇	(54)

科学仪器在观察、实验中的作用.....	(54)
机遇只是偶然的幸运吗?	(62)
科学思维	(70)
思考是科学之光.....	(70)
事实基础上的能动认识过程.....	(75)
深思与巧思.....	(76)
提出问题是成功的一半.....	(78)
思想实验法.....	(84)
假 说	(87)
假说是科学发展的形式.....	(88)
假说的目的是说明新的事实.....	(92)
(假说科学价值的检验).....	(94)
预言未来与解释以往.....	(96)
正确对待不同的假说	(100)
错误是登向真理的台阶	(103)
假说判断的曲折复杂	(108)
逻辑方法	(112)
自然科学的成果是概念	(113)
比较与分类的方法论意义	(118)
类比往往指引新的思路	(125)
归纳和演绎中认识的深化	(129)

分析与综合的相辅相成 (141)

创造性想象力 (147)

想象力是科学理论的设计师 (147)

联想、幻想和预想 (151)

独创·怀疑·好奇 (155)

直觉是可贵的因素 (166)

想象之花与实际之果 (171)

数学方法与控制论 (174)

数学是科学之王 (174)

公理化方法与理论体系的建立 (182)

电子计算机的科学方法意义 (185)

控制论及信息方法、系统方法 (189)

方法与成果

手段是一个比外在合目的性的有
限目的更高的东西。

——黑格尔（《逻辑学》下卷第438页）

书山有路勤为径，学海无涯苦作舟。这是我国一句作学问的名言，历来称为警句。的确，刻苦勤奋是科学研究的基本途径。科学的明珠从不赐予懒惰者。然而，并非不懒惰者都能获取科学的明珠。这里还有一个方法问题。

我国古代有见识的学者，很提倡科学方法。唐朝的历史学家刘知几说：“史有三长：才、学、识，世罕兼之，故史才少。”“夫有学无才，犹愚贾操金，不能殖货。有才无学，犹巧匠无榘楠斧刃，勿能成室。”清朝历史学家章学诚进一步发挥了刘知几强调才、学、识要统一运用的思想，他认为：“夫才须学也，学贵识也。才而不学，是为小慧；小慧无识，是为不才。”他把识放在才、学之首，是很有见地的。所谓识，也就是运用才、学的方法。否则，即使你才高

八斗、学富五车，如果缺少见识，不能很好的加以运用，也是枉然。对此，诗人袁枚有一个形象的比喻：“学如弓弩，才如箭镞。识以领之，方能中鹄。”

古代学者们关于才、学、识的议论启示我们：讲究方法对于智慧的充分发挥，知识的有效组合，把握研究的方向，取得最优的成果，都是十分重要的。

在自然科学的研究活动中尤其如此。由于自然科学研究活动的复杂性，决定其本身就要求有科学的方法，而不能一味地死功夫。自然科学与科学方法是相互促进的。

在曲折生动的科学技术发展史中，科学方法的发展是科学进步重要的内部原因。十五世纪下半叶以后，由于实验和分析的方法取代了古代简单的直观描述的方法，使各个自然科学的学科迅速建立起来。人们的认识也从经验的表象和猜测性的推论，发展为对事物自身不断深入的分析。随着实验科学的发展，十九世纪末，自然科学进入到整理材料、形成理论的阶段。实验成果只有用科学的理论语言记载下来，才能列入科学知识的内容。科学方法发展为实验与数学的结合，以及分析与综合、归纳和演绎的结合，而且假说的方法、历史比较的方法也显得日益重要。人们的认识就进一步深入到对事物之间相互联系的把握。

近年来，现代科学体系结构表现出如下的主要特征：高度分化的趋势仍在继续（不断出现新的学科），高度综合的趋势开始加强（如物理学统一场论的研究）；各门学科之间联系的紧密性和复杂性（出现各种“交叉学科”和“边缘学

科”，如天体物理学、量子化学、宇宙医学等等）；学科关系显示出不同的层次和等级（出现大量分支，如生物力学就出现微观生物力学、生物材料力学等九个分支）；整个体系的高度动态性，即科学发展的速度愈来愈快。面对这些情况，科学方法正向全面、动态、计划化方向发展。现在可以说，科学要进一步，都会遇到理论的和逻辑上的困难，遇到实验手段上的困难。方法论问题，已经直接包含在知识内容之中。目前，对科学哲学的探讨，正在吸引着全世界的科学家。而且，控制论这样的方法论学科，得到迅速扩展。

下面，我们具体分析一下科学方法的作用。

德国物理学家亥姆霍兹谈道：“我欣然把自己比做山间的漫游者，他不谙山路，缓慢吃力地攀登，不时要止步回身，因为前面已是绝境。突然，或是由于念头一闪，或是由于幸运，他发现一条新的向前方的蹊径。等到他最后登上顶峰时，他羞愧地发现，如果当初他具有找到正确道路的智慧，本有一条阳关大道可以直达顶巅。”是啊，虽然说“书山有路勤为径”，但还要善于选择道路。要捷足先登，不能光靠有气力，还必须“具有找到正确道路的智慧”。归纳法的创始人、英国哲学家弗兰西斯·培根说：“跛足而不迷路，能赶过虽健步如飞但误入歧途的人。”这话既形象，又富有启示。但若是在科学的征途上不但健步如飞，而且又不迷路，岂不更妙？英国科学家杜尔贝科就是以简明生动的路线，在众多的肿瘤研究者中一马当先，在对癌瘤病毒和细胞遗传物质间相互作用的研究上取得重要成果，荣获一九七五

年诺贝尔奖金。

掌握科学方法，寻找正确的道路，可以说是取得科学成果的前提。法国生理学家贝尔纳说：“良好的方法能使我们更好地发挥运用天赋的能力，而拙劣的方法则可能阻碍才能的发挥。”伽利略独具匠心，将实验方法和数学方法相结合而发现落体定律和惯性定律，使近代物理学焕然一新，就是极好的先例。

据统计，科学发明的最佳年龄区是二十五岁至四十五岁。杰出科学家的成名峰值年龄约三十二岁。因此，在这里，时间就等于创造。而良好的方法能提高效率，相对来说也就等于时间的延长。所以，英国剑桥大学动物病理学教授贝弗里奇说：“如果在实践中有可能通过研究方法的指导来缩短科学工作者不出成果的学习阶段，那么，不仅可以节省训练的时间，而且科学家做出的成果也会比一个用较慢方法培养出的科学家所能做的多。”刻苦勤奋，主要指顽强地克服科学研究的各种不良条件和坚韧不拔的精神，外在容易显现，在时间上往往要超过一般同类工作的长度，是在绝对意义上延长了时间。而科学方法，按贝弗里奇的话说，是“科学研究的艺术”。在一定角度上，也是效率概念，注意的是单位时间内工作的效果，在相对意义上争取了时间。

正确的科学方法不仅使人们可以获得更多的科学成果，而且可以把人们的认识引入一个更深入的层次。俄国生理学家巴甫洛夫经过多年的摸索，以著名的假饲实验方法，开创了从整个机体与环境的相互作用中去研究机体的方法，推动

了生理学的发展。他说：“科学随着方法学上获得的成就而不断跃进。方法学每前进一步，我们便仿佛上升了一级阶梯，于是我们就展开更广阔的眼界，看见从未见过的事物。”

自然科学史专家F·梅森也说：“科学方法主要是发现新现象、制定新理论的一种手段，因此不断地在扩大人类知识的体系；只要科学方法应用得上，旧的科学理论就必然会不断地为新的理论推翻。”地质学上的“三杰”可为一例。十九世纪三十年代，英国地质学家赖尔发展了化石对比法和将今论古法，系统地论证了地壳在地质年代的变化是地球的自然现象——风雨、河流、潮汐、冰川、火山、地震等——长期缓慢作用的结果，建立了地壳渐变论，促进了地质学的第一次革命。二十世纪初，奥地利年轻的气象学家魏格纳综合运用了类比和大地测量学等多种方法，创立了大陆飘移假说，有力地打击了大陆固定论和海洋不变论，成为现代板块学说的先驱。我国卓越的科学家李四光创造性地把力学分析法引进地质学，用以研究地壳运动的规律，建立了地质力学。

法国科学家拉普拉斯认为：“认识一位天才的研究方法，对于科学的进步……并不比发现本身更少用处。科学研究的方法经常是极富兴趣的部分。”第谷勤于观察，刻卜勒工于计算，伽利略善于提出问题，法拉第长于物理概念的形象思维，贝克勒耳不放过偶然的发现，爱因斯坦运用抽象的思想实验，玻尔巧思具体的物理模型，薛定谔不为原来的学科界线所局限，……这些科学家各有特色的研究特点，是科

学宝库中的重要财富。甚至可以说，继承和发扬这些科学方法，其意义比他们直接获取的成果更重要。

现代科学技术的相互交错和综合性研究的发展，要求我们培养知识面广，有观察力、判断力、想象力，即有科学方法修养的人材。在科学萌芽的时期，古代的人材以通才为主。在科学形成的时期，适应于各个学科的建立，近代以专才取胜。而现代的人才，则要求在专才基础上的博才。美国曾对一千三百一十一位科学家作了五年的调查，结果是博才占先。所谓博才，首先是既要有某学科的专长，又要通晓其它一些学科的知识。第二是思想活跃，要掌握科学方法。美国心理学家洛埃曾花了三年时间对美国最杰出的几百名科学家进行了调查，发现这些科学家都具有这样一些特点：优异的空间理解能力，数学能力较强，有突出的语言文字才能；这些科学家有着极强的创造能力，喜爱独立思考，不喜欢思想束缚，有着永不满足的好奇心，什么事都要寻根究底，也爱挑毛病、爱批评，还有对社会作出较大贡献的强烈责任感。这就启示我们：培养人材，应该既要有科学知识，又要有科学头脑。

万丈高楼平地起。科学方法的培养也要从小开始，即要与儿童的生理发展相一致。法国物理学家保罗·朗之万说：

“观察能力、明确实验的能力和抽象想象的能力在儿童的脑海里是相继发展的。只要遵循这个顺序，以历史进程作为教育的指导，就可以最圆满地解决科学的教学问题。”高中、大学的学生更是应该自觉地学习和掌握科学方法。它给你的

可能不是现成的知识财宝，但这却是挖掘宝藏的工具。法国一九三一年关于修改中等学校的教学时数和教学大纲的训令中指出：“科学课程，无论是数学、物理学或自然科学，决不是一种知识的机械式的传授和消极的记录，而是思想的锻炼、方法上的传授，应当养成观察，看得准确，批判自己的实验等等的习惯”。有科学方法的勤奋刻苦，才能造就科学研究人材。

初踏宝山者，会被金光灿烂的财宝弄得眼花缭乱；乍攀科学高峰的探索者，也往往会觉得在“万花筒”似的科学方法面前迷离扑朔。对于各种不同的科学方法，真有点十八般兵器不知用哪种好。然而，采用何种科学方法是不能“饥不择食”的。具体学科的特点和其主攻方向不同，就决定了采取的方法各有侧重，如天文学主要是观察方法，物理学主要是实验方法等。有重点还要讲究相互配合，因为自然科学诸方法之间是相互联系的。观察和实验是获得感性材料的基本方法，逻辑方法、创造性想象力和假说等方法是由感性材料形成科学理论的主要方法。这两大类方法之间有着辩证的关系，在自然科学研究中起着不能相互替代、又相互依赖的作用。牛顿对此有过论述，他说，物理——数学演绎的起点应当是从实验所观察到的效果或者规律，而演绎则应当导致其他观察效果的解释或者预测。所以，两者要相互结合，不要“孤军作战”。“天机云锦用在我，剪裁妙处非刀尺”。科学方法的采用也要“量体裁衣”，妙在恰到好处。因此，自然科学的研究也可能出现异途同归——方法不同，结果相同——的情况，就象一道数学题有不同的解法一样。比如，在

研究太阳系力学的问题上，英国科学家胡克采用的主要是实验方法，他是通过测量物体在地面以上和以下不同高度的重量，从实验上找出两物体之间引力和距离的变化。而牛顿主要是用演绎方法，他是从向心力定律和刻卜勒的行星运动第三定律演绎出引力的平方反比定律的。在这里也可以说：异曲同工，各有千秋。

科学方法的学习和应用还有一个十分重要的问题需要提一下。掌握科学研究的方法，首先要有强烈的求知欲望、对事物浓厚的兴趣，和工作中的专注精神。科学研究的方法总是与问题、难点、困惑同时相应产生的。俗话说得好：要做好一件事，就得迷进去，“迷则专，专则通。”如果没有钻进去，方法自然也就谈不上。这个前提是要时刻牢记的。

一八九二年十一月二十七日，在庆祝巴斯德七十岁诞辰的大会上，巴斯德的儿子代他宣读了发言稿，其中语重心长地对青年人说到：“青年人！要相信这些行之有效的方法，我们至今仍未知道这些方法的全部奥秘。不论你们从事何种职业，都不要被非难和无聊的怀疑主义所动摇，不要让自己因国家所经历的一时忧患而沮丧。当生活于实验室和图书馆的宁静之中，首先问自己：‘我为自己的学习做了些什么？’当你们逐渐长进时，再问问自己：‘我为自己的祖国做了些什么？’直到有一天，你们可以因自己用某种方式对人类进步和幸福作出了贡献而感到巨大的幸福。”有志于献身科学的同志们，愿你们在科学探索中，恰当地运用那些行之有效的科学方法，这是打开成功大门的金钥匙！

观 察

“在研究工作中养成良好的观察习惯比拥有大量学术知识更为重要，这种说法并不过分。”

——贝弗里奇（《科学研究的艺术》第108页）

科学研究有两大基本要素，一个是科学观察，一个是理论思维。而且，首先是搜集经验事实材料的科学观察。巴甫洛夫认为：“事实就是科学家的空气，没有事实，你们永远不能飞腾起来。”

科学研究中的观察方法，是指科学研究者对运动着的自然界中各种物质形式的直观反映（或描述）。所谓直观反映，即是说观察只是将各种事物呈现的性质、状态、数量等因素直接表达出来。当然，科学观察与通常意义下的感性知觉有原则的不同，它是在理性知识参与下去感知我们所需要的东西。如在天文观察中，我们并非只是仰望布满苍穹的千万颗星星，而是观察各个星座的分布和位置变化等等。

观察方法主要有自然观察和实验观察两种。前者主要应

用于天文、气象、地质、考古等学科，是对自然条件下所发生的某种过程或现象作系统考察；后者则一般应用于物理、化学等领域，它是观察在人工控制的条件下复制自然现象并在实验过程中干预现象的进程。观察方法是自然科学研究中的一种普遍适用的基本科学方法。

科学需要观察

一九二一年，印度物理学家拉曼乘轮船回国途经地中海，为美丽的大海陶醉了，说：“那时，我对自然界的景象产生了一种奇异感觉。我被深蓝色的海洋迷住了。”

但科学家并没有因此诗兴大发，而是冷静地思索着他所观察到的现象，并且由此得出：这种深蓝色的海水，必定是由某种光散射引起的。这是他首先注意到了光的散射现象。返回印度后，他立即和他的同事们开始了一系列的实验研究，结果发现了后来以他的名字命名的“拉曼效应”。

这个事例说明，观察是认识的一个重要阶段，是获取感性材料的基本方法，是得到一切知识的一个首要步骤，并给科学研究以原动力。

一切科学的基础在于实践。可以说，各种科学研究都依赖于实践中的经验，开始于观察。青霉素的发现者弗莱明正是观察到被霉菌污染的细菌培养基中，葡萄球菌菌落消失，在霉菌菌落周围出现透明圈，才能从而发现青霉素对某些细菌的抑制作用。他曾深有感触地说：“我的唯一功劳是没有