

QINGSHAONIAN KEXUE FANGFA RUMEN

毛盛贤 著

青少年 科学方法入门

发现问题——找到方法——解决问题



这是一把开启科学大门的钥匙，这是一条通往学习成功的必选捷径。方法是如此重要，它能全面提升你的科学创新能力，掌握这些方法，你就会如虎添翼。

江苏凤凰科学技术出版社

QINGSHAONIAN KEXUE FANGFA RUMEN

毛盛贤 著

青少年 科学方法入门



江苏凤凰科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

青少年科学方法入门 / 毛盛贤著. —南京: 江苏凤凰科学技术出版社, 2019.6

ISBN 978-7-5537-8465-6

I. ①青… II. ①毛… III. ①科学方法论—青少年读物 IV. ①G304-49

中国版本图书馆CIP数据核字 (2017) 第160183号

青少年科学方法入门

著 者 毛盛贤
责任编辑 孙连民
责任校对 郝慧华
责任监制 刘 钧

出版发行 江苏凤凰科学技术出版社
出版社地址 南京市湖南路1号A楼, 邮编: 210009
出版社网址 <http://www.pspress.cn>
制 版 南京紫藤制版印务中心
印 刷 江苏苏中印刷有限公司

开 本 710 mm×1000 mm 1/16
印 张 10.75
版 次 2019年6月第1版
印 次 2019年6月第1次印刷

标准书号 ISBN 978-7-5537-8465-6
定 价 39.00元

图书若有印装质量问题, 可随时向我社出版科调换。

工欲善其事，必先利其器。

——孔子

科学是随着研究方法所获得的成就前进的。

——巴甫洛夫

最有价值的知识是关于方法的知识。

——达尔文

内容简介

本书以科学研究的基本过程为线索，共分四部分：一、问题和选题；二、观察和实验；三、科学发现的思维方法（概念和判断、类比推理、归纳推理、因果推理、演绎推理、分析和综合、想象和灵感、假说和理论、分类方法、数学方法和系统方法）；四、科学小论文写作的基本格式和范例。大体介绍了科学方法的基本内容，全书语言流畅，通俗易懂，启发性强，是开启思维，提升创新能力的极佳读物。可供广大青少年，尤其是中学生阅读参考。

前言

唐代的高骈有诗：“炼汞烧铅四十年，至今犹在药炉前。不知子晋缘何事？只学吹箫便得仙。”这就是说：如果方法不当，即使一生坚守在药炉前炼汞烧铅，也是炼不出灵丹妙药的；如果方法得当，就会如子晋学道，只在轻松的吹箫中便可成仙。

毛泽东有言：“不解决方法问题，任务也只是瞎说一顿。”这就是说：要解决问题，必须找出解决问题的适宜方法，否则就是在纸上谈兵。

民间有谚：“授人以鱼，不如授人以渔。”这就是说：以鱼送人，不如教人捕鱼的方法。

编者老来有悟：如果我在青少年时期能较系统地学点“科学方法”知识，在学习和工作中就不会轻易犯概念不清、判断有误和推理不严等事倍功半的错误。

可见，方法在我们的学习、工作和生活中是何等之重要！

为了不让青少年重蹈编者的覆辙，从事遗传学教学科研的我，不务正业和不自量力地编写了这本《青少年科学方法入门》。青少年如能通过学习并把有关方法应用到学习、工作和生活中去，必将有助于学习效率和工作效率的提高以及生活质量的改善。

全书分四部分，共15篇：

由于科学研究的发现起始于问题，因此，在思路，首先在第一部分（第一篇）简要讲述了如何提出问题和确定选题的内容。

第二部分（第二篇），在选题的基础上，讲述如何利用科学的观察和实验，为解决问题提供科学的事实依据。

第三部分（第三篇至第十四篇），也是该书的重点，是在观察和实验的基础上，如何通过逻辑思维方法（如概念和判断、类比推理、归纳推理、演绎推理

和论证等方法)和非逻辑思维方法(如想象和灵感),在头脑中对科学的事实进行抽象加工,从而有所发现和有所发明。

第四部分(第十五篇),是在取得科研成果的基础上,专为青少年讲述科学小论文写作的基本内容、格式和为具有中学程度的读者提供若干个写作范例。

编者参阅了编者所能参阅到的有关资料,谨向这些资料的作者致以深切的谢意。感谢中国社会科学院近代史研究所李丹阳客座研究员通审全书,并指出其中的错误(其中包括文字)。

限于编者水平,不当之处,敬请指正。

编者 2018.2

目 录

前言

第一篇 问题和选题	001
一、科学研究的起始点——提出问题	001
二、实践是真知的源泉——选题从生产实践中来	004
三、例外是规律的外壳——选题从你的例外中来	006
四、群众是真正的英雄——选题从群众经验中来	010
五、兴趣是成功的先导——选题从自己兴趣中来	012
第二篇 观察和实验	015
一、耳闻目睹——直接观察法	015
二、耳目延伸——间接观察法	016
三、化繁为简——简化实验对象	019
四、使弱变强——强化实验对象	019
五、抓住主流——模拟实验对象	021
第三篇 概念和判断	023
一、思维的基本单位——概念	023
1. 概念的内涵和外延	023
2. 概念的限制和概括	026
二、概念的适当规定——判断	028
1. 简单判断	028
2. 复合判断	030

第四篇 类比推理	033
一、类比推理的概念及其依据	033
二、类比推理的应用	034
三、类比推理的可靠度	037
第五篇 归纳推理	041
一、事必躬亲——完全归纳推理	041
二、一叶知秋——不完全归纳推理	043
三、恰到好处——归纳推理的选用	045
第六篇 因果推理	047
一、异中求同——求同法	047
二、同中求异——求异法	049
三、同异并求——求同求异并用法	050
四、果随因变——共变法	053
五、余果余因——剩余法	055
第七篇 演绎推理	059
一、三段推理	059
二、联言推理	061
1. 联言推理分解式	061
2. 联言推理合成式	061
三、选言推理	062
1. 不兼容选言推理	062
2. 兼容选言推理	063
四、假言推理	064
1. 充分条件假言推理	064
2. 必要条件假言推理	066
3. 充要条件假言推理	066
五、归纳推理和演绎推理的关系	067

第八篇 论证—证明和反驳	069
一、证明	069
二、反驳	071
第九篇 分析和综合	073
一、从整体到部分——分析	073
二、从部分到整体——综合	075
三、分析和综合的关系	076
第十篇 想象和灵感	079
一、思接千载，视通万里——想象	079
1. 想象的特点	080
2. 想象的作用	081
3. 想象力的提高	085
二、得之顷刻，积之平日——灵感	087
1. 灵感的特点	087
2. 灵感的作用	087
3. 灵感的引发	089
第十一篇 假说和理论	091
一、假说的解释——提出假说	092
二、假说的证实——上升理论	093
第十二篇 分类方法	095
一、分类依据	095
二、分类在自然科学研究中的作用	095
三、分类在社会科学研究中的作用	100
四、分类必须遵循的基本原则	101
第十三篇 数学方法	103
一、算术方法	104
二、代数方法	105

三、几何方法	106
四、极数方法	107
五、概率方法	108
1. 概率	109
2. 加法定理	110
3. 乘法定理	111
4. 应用举例	113
六、统计方法	119
1. 总体和样本	120
2. 变量、变量值和统计数	120
3. 样本特征数——平均数和变异数	120
4. 大样本平均数差异的显著性检验	125
5. 小样本平均数差异的显著性检验	126
七、模型方法	128
1. “七桥问题”	129
2. 生物系统发育树	132
第十四篇 系统方法	137
一、什么是系统方法	137
二、系统方法的原则	139
1. 整体原则	139
2. 联系原则	141
3. 目的原则	142
4. 最优化原则	143
三、系统方法在国民经济中的应用举例	146
第十五篇 科学小论文的写作	147
一、小课题选择	147
二、写作方法	148
三、科学小论文例子	151



第一篇

问题和选题

现实生活会向我们提出各种各样的问题，也正是这些问题成了我们进行科学研究的起点。

然而，科学的问题要在一定的现实条件下才能解决。因此，要根据需要和可能的原则，从科学的问题中选出我们的研究课题，这就是选题。



科学研究的起始点——提出问题

科学上的发明和发现，都是从提出问题开始的。

在1879年，爱迪生发明了我们现今还有应用的电灯——白炽灯（图1-1，左），给人类的照明带来了极大的方便。但是，白炽灯是靠电能加热灯丝（钨丝）转换成光能的，其电能利用率只有10%~20%。能否提高电能利用率呢？

这一问题，促使一位美国科学家在1902年发明了水银灯（图1-1，中）。这种灯是在真空灯管中充入水银和少量惰性气体（如氙气）后，给灯管通电使水银中的电子激发而产生可见光。水银灯比白炽灯亮，提高了电能的利用率。但是，水银灯除产生可见光外，还会产生大量的、对人体有害的紫外线，因此用于照明



图1-1 白炽灯（左）、水银灯（中）和荧光灯（右）



时得不到广泛应用。

如何改进它才能免除紫外线对人体的危害呢？早在水银灯问世前的1852年，就有人发现了一种物质——荧光物质，这种物质被紫外线照射后会发出荧光，且荧光的波长要比紫外线的长而成为可见光。于是，人们根据这一发现，在水银灯管的内壁层涂上一层荧光物质（荧光粉涂层），通电后，原来水银灯产生的那些紫外线射到荧光物质上被吸收，使荧光物质发出比紫外线波长更长的可见光——荧光。显然，它不仅克服了水银灯的弊端（其产生的紫外线对人体有害），而且电能利用率更高了，因为除由原来水银产生的可见光外，还有由紫外线射到荧光物质上发出的可见光——荧光，这就是我们现今广泛应用的荧光灯（图1-1，右）。由于荧光的成分与日光的相似，所以荧光灯又称日光灯。

文字必须记录在纸上吗？日本索尼公司提出这一问题，于是发明了可提式激光书库。这个书库收藏的不是用纸记载文字的书，而是用光盘（光碟）记载文字的“书”。一张小小的光盘，其直径不过12厘米，重量不过20克，而存储容量却高达600多兆字节——如果单纯存放文字，一张这样的光盘，相当于15万张16开的纸，足以容纳数百部大部头的著作。



图1-2 书本（左）和光盘（右）容量对比

照相非得用胶卷吗？美国柯达公司提出这一问题，结果发明了数码相机（图1-3，右）。它可以像计算机储存资料那样储存影像，可以直接输入网络进

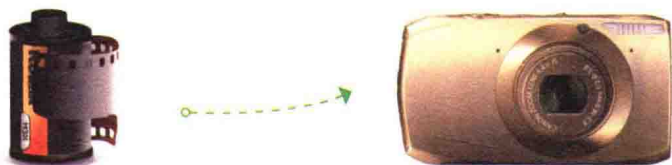
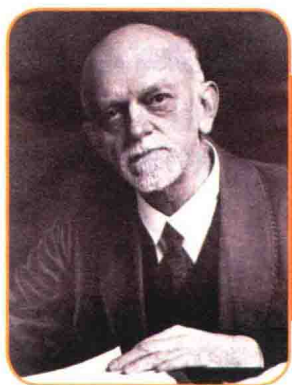


图1-3 胶卷相机用的胶卷（左）和数码相机（右）



行传送，也可以用计算机把影像放映或冲洗出来。

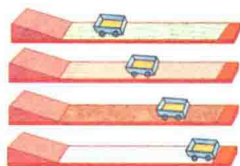
1900年，德国数学家希尔伯特在第二届国际数学家大会上作了题为《数学问题》的著名报告，提出了数学上当时尚未解决的23个问题，即著名的希尔伯特问题，涉及数学基础、数论、代数、几何、数学分析。这些问题，吸引着不少科学家贡献了他们的毕生精力，形成了一个又一个的数学分支和数学方法，对20世纪数学的发展起了巨大的推动作用。而希尔伯特当之无愧地成了现代公理化方法的奠基人（图1-4）。



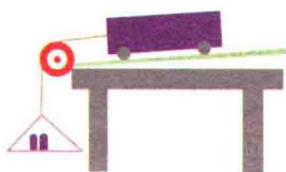
01. 康托的连续统基数问题
02. 算术公理系统的无矛盾性
-
23. 发展变分学方法的研究

图1-4 现代公理化方法奠基人——希尔伯特

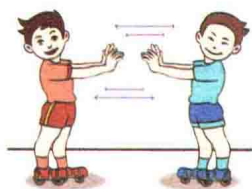
伟大的物理学家、天文学家 and 数学家、经典力学的奠基人——牛顿（图1-5），84岁去世。50多岁前，他在力学、光学、热力学、数学和天文学方面都有重大的发现。但在最后30年期间，他却把神学作为研究课题，一头扎进



惯性定律



动量定律



作用反作用定律

图1-5 牛顿及其经典力学三大定律的实验



《约翰启示录》中，企图以他的科学发现去证明上帝的存在和上帝的全能，结果徒劳无获。

可见，提出问题并且是正确地提出问题，对科学和研究者本人沿着正确的道路发展是何等的重要！

也许有人会认为，科学研究应开始于观察和实验，因为科学结论从本质上说是观察和实验的产物。

不错，观察和实验是科学研究的基本手段。但是，如果事先没有问题或没有课题，就不能确定观察什么和做什么样的实验——纵使做了一些观察或实验，由于心中没有问题或没有明确需要解决的问题，至多是记录一些表面现象而已，而不能抽出隐藏在表面现象之内的规律。

例如，成熟苹果落地，从古到今都是人们司空见惯的现象。相信牛顿也不止一次地观察到苹果落地的事实，但是只有当他提出“苹果为什么会落地”的问题后，才会对这一问题进行潜心思考，继而才能发现乃是物体间存在“万有引力”的缘故。

因此，研究始于问题或课题，它推动人们进行学习、思考、观察和实验，以力求解决问题。旧的问题解决了，新的问题或课题又会被提出来，成为新的研究起点，推动人们进入一个新的研究过程。人们就是在不断地提出问题和解决问题的往复中，才使认识越来越接近客观实际，也使我们人类在自然界中越来越主动和自由。

问题或选题是研究的起始点，这就是结论。当然，这些起始点是动态的，是逐步深入的。

既然问题或选题是研究的起始点，那么这些问题或选题又是从哪里来的呢？



实践是真知的源泉——选题从生产实践中来

生产实践是人类赖以生存的基础，是最根本的实践活动，也是科学产生和发展的基本源泉和根本动力。因此，在科学史上，许多科学工作者都把生产实践中需要解决的问题作为自己的研究课题，并导致了科学上的重大发现和技术上的重大发明。



法拉第出身于英国一个贫苦的铁匠家庭，仅上过小学，是著名的自学成才的物理学家和化学家。

在他生活的年代，生产电的成本很高，使得用电紧缺、价格昂贵。

为了解决生产实践中的这一难题，法拉第想到了电和磁的相互转换关系。他想，磁是不缺的，地球本身就是一块大磁铁，如果可把“磁能”转换成“电能”，不就可以生产出大量的低成本的电能吗？于是，他选定了“转磁为电”的课题作为自己的主攻方向。

开始，他把1根长约67米的绝缘铜丝绕在长约2米、直径约为22厘米的空心圆纸筒上，铜线两端与一个电流计相连。用磁铁做插入和抽出线圈的运动时，电流计指针相应地会发生正、反两个方向的偏转；磁铁在线圈中不动时，指针也不动。由此他得出结论：只有磁铁在线圈中运动（切割磁力线）时，绝缘铜丝中才会产生电流。

后来，他把线圈放在磁铁两极（北极N和南极S）之间，当线圈转动不断切割磁力线时，就会交互产生方向相反的电流，这就是当今制造交流发电机的理论依据（图1-6，右）。

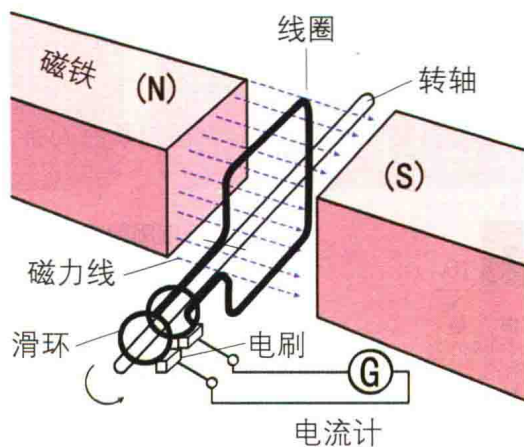


图1-6 法拉第（左）和他发明的交流发电机的原理（右）

这一成果，从理论和技术上解决了大量生产低成本电能的问题，这对社会生产和社会进步的推动作用是不言而喻的。当今社会的方方面面，无论是科学、技术、生产还是生活，谁还能离得开电呢！

