

科学方法书列

科学发现的

机遇和方法

王忠顺 邢玉珍 编著

暨南大学出版社

科学方法书列

科学发现的机遇和方法

王志健 著
邢玉珍

暨南大学出版社

1992·广州

粤新登字13号

内容简介

人们在科学研究中要想获得真理,有所发现,有所创造,就必须善于捕捉科学发现的机遇,并采用有效的、合理的手段去实现这个发现。本书精辟地阐述了在科研中捕捉机遇和取得新认识的科学方法,提出了有用的指导原则和思维技巧。

本书素材深入浅出,行文流畅生动,叙述引人入胜。

本书的对象首先是有志于从事科学探索的学生。它对从事科学研究工作的人员也是有益的。对于教师和干部的继续教育,这是一本很好的参考书。

科学发现的机遇和方法

王志健 著
邢玉珍

暨南大学出版社出版发行

(广州 石牌)

广东省新华书店经销

广东省封开县人民印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 7 字数: 150千字

1992年12月第1版 1992年12月第1次印刷

印数: 1—5000册

ISBN 7—81029—140—8 / N·1

定价: 3.80元

目 录

第一章	科学认识	(1)
一	科学真理.....	(1)
二	认识真理.....	(6)
第二章	思维的基础	(17)
一	分析.....	(17)
二	比较.....	(31)
三	综合.....	(40)
四	概括.....	(50)
第三章	继承和创造	(59)
一	分类.....	(59)
二	类比.....	(69)
三	外推.....	(78)
四	归纳.....	(87)
第四章	经验的获取	(96)
一	观察.....	(96)
二	实验.....	(107)
三	模拟.....	(118)
四	仪器.....	(129)

第五章	理性的运用	(140)
一	推理.....	(140)
二	逻辑规则.....	(152)
三	论证.....	(162)
四	假说.....	(175)
五	理想化.....	(187)
第六章	机遇	(196)
一	机遇和知觉.....	(196)
二	机遇和逻辑.....	(208)

第一章 科学认识

一般说来，熟知的东西所以不是真正知道了的东西，正因为它是熟知的。

——黑格尔

一、科学真理

我们为什么要学习自然科学？研究自然科学探索 然科学？

人要生存，就要吃、穿、住，还要医药、交通……，总之，需要生活资料。这些生活资料，只能从大自然取得。为了从大自然取得丰富的生活资料，就要认识自然，认识自然界的规律，然后遵循这些规律去从事生产，去改造自然，向自然界索取，以求得人类的生存、进步和幸福。所以就要学习和研究自然科学。

科学探索就是人类认识自然规律的过程。

客观事物及其规律独立于人而存在，它被认识，要经过感官的感受，人脑的消化、加工、凝缩、提炼，然后采用恰当的形式把它表达出来。

我们来看看人类对电的认识过程，作为科学研究探求真理的一个简单实例。

人们很早就发现了自然界中有两种电，一种是靠摩擦玻璃、水晶和皮毛所得到的电，当时叫“玻璃电”，后来称为正电；另一种是靠摩擦琥珀、丝绸或树脂所得到的电，叫做“树脂电”，即负电。这两种电荷之间存在着同性相斥异性相吸的作用。摩擦而生的电除了通过与带电物体的接触而使原来不带电的物体得到电荷外，还可以通过金属导线将电荷传给原来不带电的物体。1752年，富兰克林认为，有一种没有重量的电流质，渗透整个空间和一切物质实体之中，如果物体内部的电流质密度同外部的一样多，这个物体的电特性就是电中性的。如果电流质过多，物体就带正电；如果电流质少了，物体就带负电。电流质的流动就形成电流。

于是，在人的头脑中就很自然地形成了关于电流方向的规定：电流方向就是正电流动的方向，也就是电流质的流动方向。

这样的情形继续了100年。

在这百年当中，人们对电的知识逐渐丰富起来。1850年，盖斯勒用玻璃把电极封闭起来，抽去空气，制成可供照明用的低压气体放电管。1858年，普吕克在放电管中发现了从阴极射向阳极的射线，称为阴极射线。阴极射线是从负电极射出来的，它带电不带电呢？很多人经过反复研究，指出它不带电，甚至电磁波的发现者、物理学家赫兹也认为阴极射线不带电。

1897年，汤姆逊的发现改变了人们的看法。那时，真空技术大大进步了，人们获得了高度真空。汤姆逊使用了一个内部抽成高真空的仪器。他让阴极射线形成细束，穿过仪器射到标尺上。他在射线穿行的路径上放了一个强磁场，射线偏转了。这样就可以确定，阴极射线是带电的，而且带有负

电。他又在射线穿行的路径上放上一个强电场，射线也偏转了。分别测量出由强磁场和强电场引起的偏转数值，就可以计算出阴极射线中的微粒所带的电荷与这些微粒的质量之比 e/m ，这个比值称为荷质比。

过去，人们已经知道，在电解过程中形成的离子的荷质比。但是，阴极射线中的微粒的荷质比，是氢离子的荷质比的两千倍。于是，汤姆逊推论说：阴极射线的微粒的质量大约是氢离子的质量的二千分之一，它们所带的电荷相等，但符号相反：氢离子带正电，而电子带负电。

汤姆逊用各种不同的材料制作放电管的阴极。他发现，不管用什么样的材料制作阴极，都能发射出阴极射线，而且，这些阴极射线的微粒的荷质比都一样。由此可见，电子存在于所有的物质中。

1917年，密立根精确地测出了一个电子的电荷值，证实了汤姆逊的推测。

这样一来，人们对电流认识得更加清楚了：电流并不是原先人们所说的那样，是连续的均匀的流体，而是一个个的电子，电子的运动形成了电流。电子运动的方向就是电流的方向，因此，电流方向不应该是从正向负，而应该是从负向正。

但是，人们还是不明白，电子是怎样在固体中运动的？有些固体能够传导电流，叫做导体。而有些固体不能传导电流，叫做绝缘体。为什么导体能导电而绝缘体不能？

1926年，科学家们建立了量子力学，这是一门研究微观粒子的学问。1928年，布洛赫根据量子力学的原理，作了大量的数学运算，搞清楚了电子是怎样在导体中运动的。这就是导体理论。

从富兰克林到布洛赫，人们对电有了一系列的认识。那

么，哪个认识是对的？谁的认识更真？或者说，哪个认识更具有真理性？

这个例子说明电是自然界中客观存在的事物，电流、导体、绝缘体等等也都是自然界的客观存在。它们有各自的特性。这些特性作用于感觉器官，人就从一个侧面知道了“电”这个事物的某个特性。人是不满足于仅仅知道特性的，进一步，人就要把“电”这个客观事物及其规律反映到脑中。

在富兰克林的认识中，采用了“电流质”这样的概念反映电。这样一来，纯粹客观的“电”在人脑中有了个映象——电流质，电流质的流动就是电的规律的反映。这个反映对不对？科学家们用它来解释当时所发现的那些电现象，都解释很很好，例如：伏打电池、欧姆定律、安培定律，等等。因此，一直到19世纪末，人们都认为电流理论是正确的。

在汤姆逊的认识中，“电子”概念是电的反映，客观的电及其规律反映成为电子的运动。这样一来，富兰克林认识中的错误就暴露出来了，整个电学和电磁学理论作了根本性的修改。

现代的导电理论，则是用量子力学作为对客观的电及电运动规律的反映。正是由于这一反映的正确性，电子技术、计算机技术、超导技术、半导体技术等等都发展起来了，人类步入了新技术革命的时代。

通过对这一类例子的分析，我们知

科学真理 道：

(1) 规律是客观的，它独立于人而存在。在人类认识它们之前，自然界本来就存在着。

(2) 自然界——它运动的物质——会对人的感觉器官

产生刺激，从而产生感觉和知觉。

(3) 感觉和知觉，虽然是自然界直接刺激所产生的，但它并不就是自然界的物质运动规律。它没有正确地表述自然界。

(4) 人脑必须对感觉和知觉进行加工，积极思维，透过现象把握事物的本质。

(5) 同时，应用科学语言把大脑所把握的事物本质表述出来。

这样的科学语言表述就是客观事物及其规律性在大脑中的反映，如果这个反映正确，我们就得到了科学真理。

科学真理，就是客观事物及其规律性在人头脑中的正确反映。

电流理论、电子理论、导体理论分别以不同程度的正确性反映了“电”这一客观事物及其规律。可是，这三种理论认识的真理性是不同的。电流理论仅仅是粗略的反映，它的不正确之处是这样明显，以致现在已经没有了它的地位。电子理论则是不全面的反映。正确程度最高的是导体理论。现在，导体理论被认为是关于电的本质及其规律的科学真理。

不正确的反映 我们日常感觉和知觉到的现象，并不等于真理，也就是说，并没有正确地反映了客观规律。有时，人知觉到的现象与客观规律差别是很大的。我们已经看到，人知觉到的是电的传导，而实际上是电子在运动。

电学中是这样，天文学中也是这样。

人们每天看到太阳、月亮、星星从东方升起，在西方落下，很自然就认为天体环绕地球转。这就是地球中心说，它被人们肯定了1000多年。现在我们知道，这种知觉到的现象

并没有反映天体运行的规律。

我们再来看看化学。

人们看到燃料——木头、煤炭等——燃烧以后剩下一堆灰渣，而且重量比它燃烧前轻得多，于是，就认为燃料中有一种燃素，燃素从燃料中跑到空气中就是燃烧。这就是燃素说，它曾经是化学的“正统理论”。可是，由于这种仅从知识得到的现象并没有反映燃烧的客观规律，现在它已经被淘汰了。

二、认识真理

从现象到
本质

托勒密的地球中心天体运行体系，颠倒了太阳与地球的关系，现在，它已经被完全抛弃了。新的太阳系学说代替了它。

原来，我们所看到的日月星辰的运动，只是天体运动在我们眼中的表现，也就是现象。这些现象不是天体运动的真正规律。如果把现象当作规律本身，那就错了。不过，规律又是经过现象表现出来的。我们就是通过对现象的研究，深入到那些支配这些现象的规律，也就是说，发现本质。

日月星辰运动的表现，都有什么呢？

(1) 恒星恒定不动，它们组成固定的图案。恒星图案每天移过一点，经过一年，又移回原来的位置。

(2) 月亮每天移动它的位置，每天变化它的形状，有时圆，有时缺，大约28天，又回复原状，回到原位。

(3) 太阳每天移过一点，经过一年，又移回原位。

(4) 金星、木星、水星、火星、土星，这五颗行星在

恒星图案中穿行，每天变动位置。有时它从西往东行，有时它从东往西行；有时它又停着不动；有时它行得快，有时它行得慢。

是什么规律支配着日月星辰的运动，使它们表现出这些现象？

为了说明太阳、月亮、恒星的运行现象似乎不难，让它们绕着地球转圈就行了。为了解释行星的表现可要想办法。托勒密认为，每个行星都绕着空间中的一个点作圆周运动，这个圆称作为行星的本轮。本轮的圆心又绕地球近旁的某个点作圆周运动，这个圆称作为均轮。这样，行星就沿着本轮——均轮环绕地球运行。

托勒密的这个地心体系越来越发展，经过1000多年，这种本轮——均轮的圆圈数增加到了80个，层套层，圈叠圈，还是不能准确地说明行星运行的现象。

1543年，哥白尼在临死的时候发表了他写的书：《天体运行》。他认为托勒密的地心体系不是天体运动的本质，它不能反映天体运动的规律，也不能很好地说明天体运行的现象。

哥白尼认为，天体运行的规律应该是这样的：

- (1) 地球不是宇宙的中心，太阳才是宇宙的中心。
- (2) 恒星是不动的。
- (3) 行星绕着太阳转圈。从外到内的顺序是：土星、木星、火星、地球、金星、水星。
- (4) 地球也是一个行星，它每年绕太阳转一周。
- (5) 地球绕着自己的轴旋转，每天转一周。
- (6) 月亮仅绕着地球转圈，大约28天转一周。

哥白尼的这个太阳系学说，是真正反映了天体运动的规

律，抓住了本质，所以，它能够很好地说明日月星辰运动的表现。

我们说，哥白尼的研究，从现象到达了本质。他找到了真理。

从内容到
形式

科学真理不是客观事物及规律本身，
而是它们的反映，并且是正确反映。

既然是这样，科学真理的内容就是客观的，它正确地反映了客观对象，反映了独立于大脑以外的客观实在。

表达客观事物及其本质——科学真理——的形式是科学语言。科学语言可以使用日常生活中的字、词、语、句，也可以使用图表、数学式或另外的专门语言。同一客观对象可以用不同的科学语言表达出来，或者说，同一客观对象可以被表达成不同的形式。这些不同形式的表达，在表面看来，好象是不相同的，但在实质上，它们所反映的是同一个客观事物。

因此，我们的理性认识，在内容上是完全客观的，是独立于大脑之外的客观实在。可是，在形式上，它却是大脑的产物，是我们创造出一种形式以反映客观事物的本质属性。不过，不管采取什么样的表达形式，只有那些对客观规律的正确反映才是科学追求的真理。

我们来看一个例子。

光是客观世界中的客观存在，为了正确反映它，人们采取了不同的形式。

牛顿认为，光是一束在空间中高速前进的微粒流，它从光源发射出来。所以光线是直进的，在介面上它会发生反射与折射。

惠更斯则认为，光是一种“波动”，整个空间充满了媒质，光波就在这种媒质中传播。所以几束光线在空间中可以互不干扰地相互穿透；光束在介面上也会发生反射与折射。

这样，关于“光”这种客观对象就有了两个不同的反映形式——光的微粒说和光的波动说。现在我们知道，这两种形式都只是对光的本质的部分正确反映，因而不是科学真理。现在公认，光的本性是“波粒二象性”：它既显出粒子性，又显出波动性。

客观事物在我们面前表现出来的是现象，而我们需要了解的是事物的本质。所以，透过现象，抓住本质，这就是探求真理的道路。本质深藏在现象的背后，潜隐在现象之中。怎样才能不被现象迷惑，准确地认识事物的本质？要靠实践，要靠科学实践，要很好地去观察、去做实验，更要用心去想、去思索。

科学真理的内容是客观事物，表达形式是大脑产物。这样，在我们面前就摆着一个根本任务：怎样使客观事物及其规律性正确地反映到人脑中？

这里，有一个“过渡”的问题。如果把客观事物称为“彼岸”，那么大脑的反映就是“此岸”。怎样从“彼岸”过渡到“此岸”呢？只有一个途径，就是实践。

科学实践，既要动手又要动脑，怎样动手做？怎样动脑想？每一步有每一步的手段。

这样的科学实践手段，就是科学研究方法。

天空高不可攀，神秘莫测，天文学家怎么能够找到天体运行的规律？微观世界看不见也摸不着，物理学家怎么能够发现原子的结构甚至原子核的结构？人类有文字记录的历史才几

千年，生物学家怎么能够知道人是从古猿进化来的？

要完成这样的发现和发明，就必须想方设法一步一步地去想、去做。如果方法正确，成功就有希望。如果方法不正确，那就会走弯路，甚至失败。所以，重要的是研究方法。

毛泽东同志打了个比方，他说完成任务就象过河，没有桥或没有船不能过河。不解决桥或船的问题，过河就是一句空话。不解决方法问题，任务也只是瞎说一顿。

诺贝尔奖获得者巴甫洛夫深有体会地指出，科学是随着研究法所获得的成就而前进的。

我们来考察一下孟德尔关于生物遗传
一个案例 的研究工作，作为认识科学研究方法的一个实例。

格里戈·孟德尔，奥地利的一个僧侣，在传教之余，他在教堂的小园子里培育植物，进行生物遗传的研究。

在19世纪，欧洲的园艺技术非常兴旺，许多园艺家在想方设法培育花卉、果树的新品种。他们主要是采用杂交的方法：让性状不同的亲系杂交，在子代中挑选不同的植株，进行培养，育成新品种。这个方法很有效，很多人都从事杂交育种，成就很可观。但是，这样做有一个严重的缺点，就是事先不知道杂交的子代及其后代会有什么表现。在这些后代中可能挑选到什么样的植株呢？心中无数。因此，杂交和选育都是没有预见性的，只能靠碰运气。如果能够找出杂交遗传的一些规律，让育种不致盲目进行，该多好呀。生物遗传学家就在这样的需要推动之下，研究生物遗传的规律。孟德尔就是他们中的一位。

孟德尔的研究从总结前人的研究工作开始。对于当时在研究工作中出现的难题，逐一想办法解决。

当时，杂交植株后代的复杂表现则使研究者茫然不知所措。亲代有数十种甚至成百上千种特性，它们中的每一种都有可能后代中表现出来，也有可能不在后代中表现出来，也有可能模糊地表现出来。这使得研究者不容易找到遗传的规律。孟德尔经过深入的思考，决定逐个性状地进行杂交遗传研究，每次只研究一个性状，而置其他性状于不顾。所以，应该选择一种性状明显的植物用来研究。

植物授粉是自然进行的。杂交研究则必须保证授粉是人工进行，不受自然传粉的影响。异花传粉的植物已经存在自然授粉的途径，要隔断这一途径不算太容易。自花授粉的植物则只有一条明显的授粉途径，隔断它比较容易。所以，应该选择一种自花授粉的植物作为研究对象。

于是，孟德尔选择了豌豆作为研究的植物。豌豆的遗传性状明显，自花授粉，生长期短，而且容易栽培。孟德尔进行了八年的豌豆杂交研究，获得了成功。

在豌豆杂交中，孟德尔选出了七对明显的性状来分别研究，它们是：高植株——矮植株；红花——白花；饱满子叶——皱瘪子叶；黄色子叶——绿色子叶；花腋生——花顶生；成熟豆荚不分节——成熟豆荚分节；未熟豆荚绿色——未熟豆荚黄色。

他选到了高秆品种和矮秆品种。高秆品种自花授粉，后代都是高秆；矮秆品种自花授粉，后代都是矮秆。用这两个品种的植株作为亲代进行杂交，所得的种子就是子一代，子一代种子长成的子一代植株全部是高秆。他又让子一代植株自花授粉，所得的种子就是子二代，它们长成的子二代植株有的是高秆，有的是矮秆。孟德尔统计了子二代植株的数目：总数1064株，其中高秆的787株，占73.96%，矮秆的277株，

占26.03%。

孟德尔又使红花品种与白花品种杂交，子二代植株的比例数是：红花品种占75.89%，白花品种占24.11%。

对七对性状逐一试验后，他得到子二代的比例是：

高 杆：矮 杆=73.96：26.03=2.84：1

红 花：白 花=75.89：24.11=3.15：1

饱满子叶：皱瘪子叶=74.74：25.26=2.96：1

黄色子叶：绿色子叶=75.06：24.94=3.01：1

花 腋 生：花 顶 生=75.87：24.13=3.14：1

成熟豆荚：成熟豆荚
不 分 节：分 节=74.68：25.32=2.95：1

未熟豆荚：未熟豆荚
绿 色：黄 色=73.79：26.21=2.82：1

孟德尔仔细研究这些比例数字。他坚信，它们不是偶然的数字，而应该反映了杂交的规律。这些比例数值都很接近3：1。这说明，3：1应该是这七对性状共同的趋向结果。而有一些微小的、或正或负的偏差是植株在生长过程中外在的因素造成的，比如发芽受损、病虫致死等。

于是，孟德尔的豌豆杂交实验有了两个统计的结果：

(1) 子一代植株的性状与亲代中的一个品种完全相同。

(2) 子二代有与亲代性状相同的两种植株，二者之比为3：1。

这个统计规律的发现是孟德尔研究工作中的重大成果。但是，孟德尔并不满足于仅仅了解统计规律。他希望知道是什么原因使得子二代植株具有3：1这个比例值，这个统计数字的本质是什么？

经过很长时间的思考，孟德尔提出了一个说明豌豆杂交