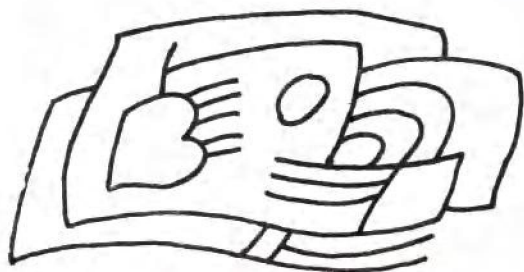


潜科学丛书



思想领域中最高的音乐神韵
——科学发现个例分析



李醒民 宋德生 王身立主编

[illegible]

潜 科 学 丛 书

思想领域中最高的音乐神韵——科学发现个例分析

李醒民 宋德生 王身立主编

责任编辑：曾平安

*

湖南科学技术出版社出版发行

(长沙市展览馆路3号)

湖南省新华书店经销 湖南省新华印刷一厂印刷

*

1988年4月第1版第1次印刷

开本：850×1168毫米 1/32 印张：10.5 插页：4 字数：276000

印数：1——3400

ISBN7—5357—0341—0

N·5 定价：3.65 元

湘目87—47

《潜科学丛书》编辑委员会

总编委 申先甲

编委 朱新民 柳树滋 赵红洲

关士续 解恩泽 洪定国

本书主编 李醒民 宋德生 王身立

本书撰稿人 (以文章编排为序)

李醒民 赵树智 何亚平 宋德生

陈恒六 王大明 曹南燕 李克

赵良庆 王身立 张富国 赵连玉

李思孟 王传宗

责任编辑 曾平安

总 序

1979年11月，在中国大地上诞生了“潜科学”这一新概念。作为一门学科，“潜科学”学一方面要研究创新性的科学技术思想胚胎从潜到显的内部孕育过程的基本规律，以寻求最大限度地发挥人们科学创造潜力的途径；另一方面要研究新观点、新学说，从提出、传播、鉴别和检验到进入科学殿堂的外部成长过程的基本规律，以确定使新理论顺利成长的适宜条件。作为一项事业，“潜科学”将利用刊物、年鉴、学术讨论和科学基金等多种手段，积极发掘富有开拓精神和创造才能的科技人才，热情扶持已经萌发的新思想、新学说的成长，帮助它们冲破种种障碍，为科学百花园不断增添新的奇葩，推动学术上的自由探讨和繁荣。

现代科学技术的各个部门都在加速向前发展，随着每一个领域里的惊人进步，在人们面前展现出愈来愈广阔的未知世界。传统观念和理论受到有力的冲击和挑战，层出不穷的新课题激励着人们去探索；现代技术的突破性进展，使新技术革命的浪潮席卷全球，正在引起生产组织、产业结构和社会生活的重大变革。在这种形势下，积极推动潜科学理论的研究和潜科学事业的发展，特别是推动那些具有潜科学价值和未来意义的开发性探索，更是具有特殊意义。

为了促进这一新兴学科的成长，推动这一新生事业的发展，由“中国潜科学研究会”与《潜科学》杂志社共同组织，并系统地编写了这套“潜科学丛书”。旨在通过对科学技术发展中大量个例的剖析，从不同的侧面和角度，揭示科学技术更替变革的历史足迹，

概括出某些共同的带规律性的东西，以总结经验，吸取教训，为新思想、新观点，新假说、新理论的孕育和成长摇旗呐喊，鸣锣开道。

“潜科学丛书”是一套带有学术性、探索性、哲理性和趣味性的文集。我们要求每篇文章史料要翔实，科学内容要准确，观点要鲜明，力求作到文献性、科学性和思想性的统一，为进一步的深入研究提供启示。

这套丛书的编写，是一个有益的尝试。我们希望吸引、动员更多具有创新精神和见解的潜科学事业支持者投入这套丛书的编写工作，不断扩大范围，丰富内容和提高质量，在推进科学技术事业的发展中，起到它的一点作用。

《潜科学丛书编辑委员会》

1984年11月于北京

目 录

1	绪论：关于科学发现的几个问题
21	非欧几何的由来
37	集合论溯源
48	伟大的历史丰碑 ——牛顿力学的创立
61	能量守恒定律的发现
81	由超距论和场论之争到电磁波地发现
102	由无源场论到有源场论 ——洛伦兹电子论的诞生
122	第一个基本粒子 ——电子的发现
144	简论狭义相对论的创立
174	科学史上的奇迹 ——爱因斯坦创立广义相对论的经过
185	孤独者的路 ——对波动力学诞生历程的回顾
196	矩阵是怎样闯入物理学的？
209	近代化学诞生过程的几点启示
216	元素周期律发现的前前后后
225	科学新时代的曙光 ——哥白尼日心说的诞生
238	大爆炸宇宙学的历史发展

256	盖莫夫两次导致别人获得诺贝尔奖
261	大陆漂移说的由来和发展
276	探幽入微二百年 ——细胞的发现和细胞学说的创立
286	“魔鬼的圣经”如何代替了“基督的圣经” ——达尔文进化论的诞生
297	现代生物学史上的灰姑娘 ——DNA是肺炎球菌遗传转化因子的发现
309	信息论的诞生
316	控制论的产生与发展

绪论：关于科学发现的几个问题

经过作者和编者的共同努力，《思想领域中最高的音乐神韵——科学发现个例分析》一书终于脱稿了。爱因斯坦在晚年的《自述》一文中，当他谈到具有象玻尔那样独特和机智的人发现光谱线和原子中电子壳层的主要定律以及它们对化学的意义时曾说：“这件事对我来说，就象是一个奇迹——而且即使在今天，在我看来依然是一个奇迹。这是思想领域中最高的音乐神韵。”即将展现在读者面前的这本书之所以取那样的名字，其语义正源于此。

既然科学发现是科学思想领域中最高的音乐神韵，那么要理解和把握这种“神韵”的产生过程，肯定不是一件轻而易举的事情。即使科学家自己，恐怕也很难讲清他是怎样想出这个，或者又是怎样想出那个的，因为他非常缺乏原始资料（爱因斯坦在谈到科学史时甚至说过，要用文献来证明关于怎样作出发现的任何想法，最糟糕的人就是发明家自己）。而且，科学史家对于科学家创造性思维的发展过程当然不会比科学家自己有更透彻的了解。我们这样说，并不是要为本书研究深度之不足作辩护，而只是想说明，关于科学发现的研究是一个难度较大的课题，尤其是从理论的角度进行探讨。因为这样作，要涉及到科学发现的认识论、方法论、逻辑学、心理学、美学、社会学等众多领域。因此，在这里我们不想拘泥于本书的各个案例，也不拟从理论上对科学发现进行系统、深入的探讨，而只打算谈谈与科学发现有关的几个问题，以期引起读者进一步的思考。

一、什么是科学发现？

要弄清什么是科学发现，首先必须了解什么是科学，什么是发现。关于“科学”，学术界还没有一个完整的、严格的、公认的定义（有人认为根本就不可能下这样的定义，并主张以不下为妙）。所幸的是，在涉及到一些具体问题时，人们的看法往往还是比较一致的。至于“发现”以及与之密切相关的“发明”，可就众说纷纭、莫衷一是了。

关于“发现”和“发明”，《辞海》的解释是这样的：发现暗指“本有的事物或规律，经过探索、研究，才开始知道”；发明暗指“创制新的事物，首创新的制作方法”。在西文中，发现一词（英discovery，德Entdeckung，法d'ecouverte）也包含着“使原来隐蔽着的东西显现出来”的语义，而发明一词（英invention，德Erfindung，法invention）则意味着“想出、设计出或制作出某种新事物、新过程”。可见，中西文对“发现”和“发明”的意义理解大体上是一致的。因此，人们一般往往把科学上新事实、新理论等的提出称为发现，而把技术上新器具、新流程等的提出称为发明，故有“科学发现”和“技术发明”之说。

在科学家和哲学家中间，对这个问题的看法却存在着重大的分歧。一种人坚持传统的看法，认为理论始终存在于可观察的对象之中，科学家“发现”它，就象哥伦布发现美洲一样。科学家并不是发明家；他用感官看见可观察的现象，而用“思想之眼”洞见到理论。另一些人则坚持认为，理论是科学家“发明”的，在科学家找到它之前，它并不“存在”，这可以同贝尔发明电话相类比。科学概念和假设是人类想象的产物。

现代科学的大革新家爱因斯坦就持有后一种观点。他认为：“概念和原理都是人类理智的自由发明”，“一切概念，甚至是那些最接近经验的概念，从逻辑观点看来，都是一些自由选择的约定，……”正是基于这种看法，他在批评马赫的认识论和科学观时指出：“……我看他的弱点正在于他或多或少地相信科学仅仅是对经

验材料的一种整理；也就是说，在概念的形成中，他没有辨认出自由构造的元素。在某种意义上他认为理论是产生于发现，而不是产生于发明。”在爱因斯坦看来，科学家是发明还是发现理论的问题，涉及到经验材料对他们的思维影响的程度。所谓发明，爱因斯坦意指精神跨越以感觉和材料为一方，以概念和公理的创造为另一方的二者之间的鸿沟；所谓发现，则意指按照现存的模式或智力图象整理经验材料。尽管爱因斯坦有时也交替使用“发明”和“发现”这两个词汇，不过他始终认为发明是通向创造性思维的道路。

美国科学史界的后起之秀阿瑟·米勒在他最近出版的专著中指出：“科学中的创造性活动强调发明高于发现，而知识的结构则强调发现高于发明，伴随着对资料的想象，这些资料被吸收到图式之中，资料仅稍微与图式有关，……”米勒通过案例研究所得出的结论是有一定道理的。

这样看来，发明是一种再现认识行为的概念框架的设定，是思维自由的创造性的活动；而把发现理解为“使原来隐蔽着的东西显现出来”，就容易使人认为发现不是创造性行为。但是，鉴于“科学发现”一词不仅在日常生活中广为流行，而且也在科学文献中频频使用，我们还是把本书的副标题定为“科学发现个例分析”。不过，我们在这里应对“发现”作广义的理解。

二、科学发现的起点

一般说来，科学发现可以分为两类：一类是从自然界发现新的事实，即通过新的观察工具与实验手段发现新的自然客体或自然现象；一类是在科学研究中提出新的概念、原理、假设、定律，建立新的理论体系。这两种发现是相互联系、相互促进、彼此不可分割的。新事实的发现往往是新理论发现的前导，但新事实也只有纳入一定的理论体系中才能成为真正的科学发现。而新理论的发现不仅会导致另一些新事实的发现，而且也能使以前发现的事实得到更深刻的理解和解释。

那么，科学发现的起点究竟是什么呢？

传统的归纳主义科学观认为，科学始于观察，观察是科学发现的起点。如果说这种观点在前科学时期还有点道理的话，那么在经典科学发展时期，它就难以自圆其说了。特别是现代科学理论的诞生，更使这种观点漏洞百出。正是在这种形势下，英国哲学家波普尔系统地提出了科学始于问题，问题是科学发现的起点的命题。他认为，把观察视为科学发现的起点，只是看到了科学家工作的表面现象，而没有洞察到科学进步和知识增长的本质。他明确指出，富有成效的科学家一般是从问题开始的，问题始终是首要的，科学发现只能发端于问题。为此，他提出了以问题贯穿科学发展过程中的四段模式：问题 1 → 试探性理论 → 消除错误 → 问题 2 → ……

波普尔的观点是有道理的。基本问题的提出，其本身就是对于智力进步的重要贡献，大凡卓有成效的科学家都承认这一点。爱因斯坦说：“提出问题往往比解决一个问题更重要，因为解决问题也许仅是一个数学上的或实验上的技巧而已。而提出新的问题，新的可能性，从新的角度去看旧问题，却需要有创造性的想象力，而且标志着科学的真正进步。”海森伯等人也说过类似的话。试问，二十世纪许多科学理论的提出，不正是从问题开始的吗？

纵观科学史，似乎一些科学发现出自幸运的观察，但只要稍加分析，不难看出这些发现都出自有准备的头脑，即带着问题进行观察的头脑。难怪达尔文说，要作优秀的观察者，必须是优秀的理论家。而且，科学研究中的机遇也确实只垂青那些懂得怎样追求她的人。

只有提出问题，才能促动人们的好奇心，激发科学探索的兴趣，观察如提不出什么有意义的问题，也不会导致科学探索和科学发现。而且，也不能简单地认为问题是由观察产生的，准确地讲，问题产生于对知识背景的分析。仅有观察决不会产生问题，只有当把观察与已有的知识比较时，才可能产生问题，更何况科

学问题的产生并不总是必然地要和某种观察相联系。马克思在《关于费尔巴哈的提纲》中曾经强调指出，对事物、现实、感性，应当“从主观方面去理解”，而不应当“只是从客体的或者直观的形式去理解”。正是通过主观提出问题，通过思维进行创造，才能导致真正的科学发现。因此，科学发现始于问题的命题，在某种程度体现了能动的反映论，而科学发现始于观察则带有狭隘经验论的味道。当然，我们在这里并不否认观察以及经验材料在科学发现中的作用，不过需要说明的是，这些素材对于科学观念的提出与其说是起“强加”作用，毋宁说是起“引导”作用。有人说，问题是科学发现的起点不符合辩证唯物主义的认识论，这实际上是把认识过程从感性上升到理性的观点与科学研究从问题开始而导致发现的程序混为一谈了。

科学发现始于问题，而问题则是由怀疑产生的。因此，怀疑是创造性思维的开端，怀疑是科学进步的征兆，怀疑精神是科学家最可贵的素质之一，有条理的怀疑主义是现代科学的精神气质之一。英国科学家毕尔生说得好：“在我们这个本质上是科学研究的时代，怀疑与批判的优势不应被视为绝望与没落的征兆，它是进步的保障之一。”我国古代也有“学贵知疑；小疑则小进，大疑则大进。疑者，觉悟之机也”的说法。只要我们看一看哥白尼、牛顿、达尔文、爱因斯坦等科学家作出科学发现的实例，就不难明白这一点。当然，真正的怀疑并不是怀疑一切，怀疑虽是以否定某种知识和信念的形式出现，但又总是以趋向肯定另一种知识或信念相伴随。

三、科学发现的逻辑

科学发现的逻辑实质上指的是科学发现的规律，也可以说是科学发现本身的理论，也有人认为它等同于科学认识论和方法论。有一种观点说，科学发现“无理论”，即在原则上，在分类的根据上，不可能有科学发现的理论。例如，赫舍尔早在1847年就说过：“科学发现必须依赖于某些有运气的思维，我们并不能追溯它

的起源，某些智力的幸运投射是超越一切规则的，不存在必然导向发现的格言。”二十世纪波普尔虽然写了《科学发现的逻辑》，但他却矢口否认该书标题所指称的东西，认为科学发现并没有规律可循。

不过，不少人还是主张科学发现有一定的规律可循，这些规律当然不是绝对的。在西方科学哲学界，关于科学发现的理论大致有以下三种（据瓦托夫斯基的分类）：

1. 经验主义的或归纳主义的理论。至少就科学定律的发现而言，存在着两类经验主义的理论：归纳主义理论和描述主义理论。归纳主义理论断言，科学定律与其说是发现的，还不如说是借助一系列的观察实例通过归纳概括得到的。但是，简单枚举归纳法的缺陷，即从单称陈述推论全称陈述在逻辑上的谬误早已为弗兰西斯·培根知悉。因此，归纳法后来产生了新的变形：其一是先进行归纳概括，然后通过排除手续来检验它们，如穆勒的“求同差异结合法”；其二是把归纳概括理解为对有待于检验的假设提供一种启发式的方法，因此归纳概括所依据的实例数目完全不起作用。

描述主义理论完全避开任何归纳的要求，把发现概念归结为系统描述。按照这种观点，科学定律只不过是各种变量之间的基本相互关系。正确地说，一种“定律”仅仅是先前观察事例的概括记录，说它具有全称陈述，只是借用逻辑术语而已。事实上，在说明随机过程或极易重复的现象时，这种“定律”并未被当作全称陈述，而是被理解为不断发展中的各种相互关系的记述。但是，对于有待观察的现象的选择，对于怎样安排事物以便得出有趣的或富有成果的相互关系的实验眼力，描述主义理论对此都未予阐明。

2. 唯理主义的或假设-演绎的理论。这种科学发现的理论早已体现在古希腊的数学中，后来通过康德和皮尔士得以流行，这就是康德所谓的“先验演绎法”和皮尔士所说的“外展推理”（abductive inference）。值得注意的是，这里的“推理”一词并

不是严格的逻辑意义上的推理，把它理解为依据某一推理规则的演绎程序，或者把它看作是一个规则系统与计算程序，都是不妥当的。因为一个解释性的假设“推理”，严格地说不能按照某一规则得出。但是，要确定这种“推断的”假设是否能够实现其功能，即所解释的东西是否能够由它演绎出来，倒是有规则可循的。

3.直觉主义理论。这种理论认为，科学上的发现，以及一般意义下的创造力，是一种完全非理性的过程，它包含着神秘的、不可分析的直觉和洞察力。属于直觉主义理论之中的灵感主义认为，科学发现正如柏拉图所说的诗的创造行为一样，根本不是行为的“行为”，宁可说是一种情势，这时力量和理念通过个人、但却与他的意志和判断无关地表现出来。在黑格尔看来，“理性的狡黠”不过是利用个体来实现历史的理念。因此，按照直觉主义的理论，与其说科学家是创造者，还不如说是科学情势的体现者。

以上主要是就三种理论的差异而言的，不用说，这些理论并非简单地互相排斥，它们也有共同点。就科学发现来说，这些理论似乎没有一个是充分的，最好是能找到一种途径，使它们互补起来，在经验主义和唯理主义之间、在理性主义与非理性主义之间保持“必要的张力”。

爱因斯坦在创立相对论的科学实践中正是这样作的，他所运用的探索性的演绎法就是在对立的认识论和方法论的两极中保持了必要的张力。与传统的归纳法和演绎法相比，这种方法认为基本概念和基本假设构成科学理论的基础，它们不能从经验事实归纳出来，而是以经验事实为指导，通过思维的自由创造和理智的自由发明而得到；基本概念和基本假设是理论的逻辑前提，由此出发经过演绎导出可供实验检验的命题；评价理论体系的合法性和正确性的标准是“外部的证实”（理论不应当同经验事实相矛盾）和“内在的完备”（理论逻辑前提的“自然性”或“逻辑简单性”），理论体系所具有的真理内容则取决于它和经验总和对应可能性的可靠性和完备性，正确的命题（即按照公认的逻辑规则从逻辑前提推导出来的命题）是从它所属的体系的真理内容中取得其真理

性的。爱因斯坦认为，从个别的经验事实到基本概念和基本假设的道路是直觉的，而从基本概念和基本假设到导出命题的道路则是逻辑的。

一切理论的探索，归根结底都是认识方法的探索，大至具有方法论意义的认识方法，小至技巧性的具体作法，概莫例外。因此，科学家在进行科学探索的过程中，既要汲取前人各种认识方法的长处，又要善于创造新的认识方法。方法应该是多元的，而不应该是一元的；方法应该是发展的，而不应该是僵死的！

四、科学美与科学发现

毋庸置疑，美完全统治着艺术领域，但它也囊括着人类精神生活的其他领域，当然包括科学领域。正象艺术创造活动一样，科学创造活动也深深地打上了美学的烙印。可以毫不夸张地说，在精密科学的重大发现当中，科学美是启迪思想和明晰思想的最重要的源泉之一。

关于美，甚至在古代就有两种定义：一种定义认为美是部分同部分、部分同整体的固有的协调；另一种定义认为美根本不涉及到部分，而是“一”的永恒光辉透过物质现象的朦胧的重视。科学家所谓的科学美（或它的更深层的数学美）兼容了这两种定义的内容，但他们似乎更偏爱第一种。例如，海森伯就说过这样的话：“部分是个别的音符，整体则是和谐的声音。数学关系因而能把原来是彼此独立的部分配合成一个整体，这样就产生了美。”

至于科学美的具体内涵，科学家的理解是五花八门、形形色色的：适度、雅致、和谐、对称、平衡、有序、统一、简单性、思维经济等。但是，科学美最本质、最核心的含义是什么呢？在这个问题上，还是彭加勒有眼力，他曾一针见血地指出：“普遍和谐是众美之源”，“内部和谐是唯一的美”。

科学美在科学发现过程中具有巨大的功能，这可由以下三个方面（其中第二方面是主要的）加以理解：

1. 科学美是激励科学家进行科学探索的强大动力。彭加勒

说：“我们所作的工作，与其说象庸人认为的那样，我们埋头于此是为了得到物质的结果，倒不如说我们为了感受这种审美的情感，并把这种情感传给能体验它的人。”爱因斯坦也说：“人们总想以最适当的方式来画出一幅简化的和易领悟的世界图象”，“渴望看到这种先定的和谐，是无穷的毅力和耐心的源泉。”科学家的切身体会，最好不过地说明了这一点。

2.科学美是帮助发现的奇妙工具。在这方面，数学大师彭加勒的论述是颇有见地的。他说，数学发明就是在用已知的数学实在造成的组合中进行辨认和选择。每个人都会作这样的组合，而且组合的数目是无限的。它们之中几乎所有的都毫无兴趣、毫无用处，正由于这样，它们对美感毫无影响，意识将永远不了解它们。只有某些组合是和谐的，同时也是有用的和美的，它们才能激起数学家的特殊感觉，特殊感觉一旦被唤起，就能把我们的注意力引向它们。“正是这种特殊的审美感，起着微妙的筛选作用”，“这就充分地说明，缺少它的人永远不能成为真正的创造者。”

科学发现恐怕也是“选择”(selection)和“建构”(construction, 在皮亚杰意义上的)的统一。哲学家和科学家似乎早就自觉或不自觉地注意到这一点了，也许他们只是没有明确地提出来罢了，也许他们只是把建构视为静态的（而不是动态的）、先天的（而不是人类智力发展的长期积淀）“结构”。柏拉图在斐德罗篇表达了如下的思想：灵魂一见到美的东西就感到敬畏而战栗，因为它感到有某种东西在其中被唤起，那不是感官从外部给予它的，而是早已安放在深沉的无意识的境遇之中。开普勒后来也表达了同样的观点。量子物理学家泡利受到柏拉图和开普勒的启示后也认为：“实质上，理解过程以及人们在理解中所感到的喜悦，即在开始了解新知识时所感受到的快乐，看来都依赖于一种对应关系，也就是，预先存在的人类内在的表象与外部客体及其行为逐渐达到一致。”清除这种说法中的先验因素，我们也许可以说，美的鉴赏是心灵中固有的“图式”与客体和谐一致而引起的强烈共鸣。