

科学发现之源: 科学问题

The Source of Scientific Discoveries: Scientific Problems

睦 平

(嘉应学院, 副教授 广东 514071)

说到问题, 人们并不陌生, 日常生活中处处都可能遇到各种各样的问题。然而, 在科学发现过程中提出的科学问题, 它的作用却非同一般。爱因斯坦曾说过: “提出一个问题往往比解决一个问题更重要, 因为解决一个问题也许仅是一个数学上的或实验上的技能而已。而提出新的问题、新的可能性、从新的角度看旧的问题, 却需要有创造性和想象力, 而且标志着科学的真正进步。”照爱因斯坦的观点来看, 科学问题的提出在科学新概念、新规律发现过程中是至关重要的一个环节。

一、科学问题的界定及特征

所谓科学问题, 指的是科学探索过程中提出的还没有得到解决或没有得到答案(解释)的疑难或矛盾。它通常是与没有被认识的自然现象或科学奥秘相联系的。如果我们对某一自然现象及其科学奥秘已经弄清楚了, 把握了其本质及发展变化规律, 那么就不存在什么科学问题了。显然, 我们所说的科学问题是就未知而言的。但科学问题又与未知自然现象是两回事, 未知自然现象作为客观存在的自然之谜, 它是第一性的东西; 而科学问题则是认识主体的观念形成物, 它是一种意识, 是对自然之谜的主观印象, 是第二性的东西。二者彼此联系, 但又不能把它们混同起来。未知自然现象如同茫茫宇宙中的天体, 多得不计其数, 只要它们未进入人的认识领域, 不是作为主体对客体未揭之谜的主观形成物, 那就构不成什么科学问题。科学问题应具备以下几个基本特征: (1) 探索性 科学问题的提出带有鲜明的特点和独特的意义, 激励人们去研究探索, 科学问题的解决, 不是靠说理, 而是靠科学事实; (2) 混沌性 科学问题表征了智能主体对已有知识的不满足, 并渴望对新知识的追求, 且在追求的开始是模糊不清的; (3) 可解决性 科学问题是决心解决而又有可能解决才提出来的, 提出科学问题后便力图寻找其答案直到科学发现; (4) 可变异性 研究科学问题的结果或是解决了, 或是未能解决, 而未能解决的问题就可能引出另外的科学问

题, 并且也具有可解决性; (5) 可待解性 由于尚不具备解决问题的全部条件, 所以许多科学问题在当前一段时间里还很难解决或无法解决, 需待时机和条件成熟才能解决。

二、科学发现始于科学问题

科学发现的起始点是什么? 传统的归纳主义科学观认为, 科学发现始于观察, 也就是说, 观察是科学发现的起点。如果说这种观点在哥白尼时期以前的古代科学发展中还有点道理的话, 那么, 在伽利略、牛顿时期以后的经典科学发展中, 它就难以自圆其说了。特别是在以爱因斯坦的相对论和玻尔等人的量子力学为基础而建立起来的现代科学发展中, 这种观点更是漏洞百出。为此, 著名科学哲学家波普尔系统地提出了科学发现始于问题的命题。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。因此, 他提出了以问题贯穿发现过程中的4段模式: 问题1→试探性理论→消除错误→问题2→……。波普尔的观点是否有道理呢? 不妨让我们以爱因斯坦的相对论创立过程等为例来看科学发现中科学问题的重要性。

狭义相对论思想的创立, 最初来源于爱因斯坦早期思考的“追赶光波问题”: 倘使一个人以光速跟着光波跑会是怎样的情况呢? 这个人应当看到他所追随的光波就好像一个在空间里振荡着而停滞不前的电磁场。可是, 无论是依据经验, 或者按照麦克斯韦方程, 看来都不会有这样的事情。爱因斯坦的直觉认为: 从这样一个观察者的观点来判断, 一切都应当像一个相对于地球是静止的观察者所看到的那样以同样的一些规律进行。因为, 第一个观察者怎么会知道或者能够判明他是处在均匀的快速运动状态中呢? 其实, 追赶光波的问题是同狭义相对论有关的第一个朴素的思想实验; 而且, 它在爱

因斯坦的脑海里一直萦回和沉思了多年。在爱因斯坦广泛阅读了物理学著作和反复思考麦克斯韦的电磁场理论后,他发现“追赶光波问题”实际上是间断的经典力学(牛顿力学)和连续的电磁场理论(麦克斯韦理论)不统一(矛盾)的表现。而这种矛盾集中地反映在牛顿力学所依据的伽利略相对性原理和麦克斯韦理论所得出的真空中光速不变上。为此,爱因斯坦从马赫对牛顿绝对时空观的批判中认识到,只有另辟蹊径,大胆地冲破经典时空观的束缚,寻找一个更加普遍的新理论,才能解决上面的矛盾。这个新理论就是后来爱因斯坦在1905年提出的狭义相对论。1907年,爱因斯坦在为《放射学年鉴》杂志撰写关于狭义相对论的专题论文时,发现狭义相对论的应用范围只局限于恒速运动的参照系中,并且不能解释一般参照系的运动。这使他再次思考一个问题:惯性和能量间的关系在狭义相对论中明确给出了,为何惯性和重力(或引力场的能量)之间的关系却不能明确阐明。要解决这个问题,只有突破狭义相对论局限,寻找解决引力问题的新出路。苦思冥想中的一天,爱因斯坦突然想到过去自己多次想到的一个问题:假如一个人恰好在自由下落的升降机中,他将能感觉到自己的重量吗?这个问题的思考启发了爱因斯坦的引力理论,他思考到:一个下落的人在被加速时,他所感觉和判断到的正是发生在加速参照系中的。爱因斯坦认为把相对性原理推广到加速参照系中有一个新的引力场,它能抵消地球产生的引力。在加速运动的参照系中,我们需要一个新的引力场,这就是相对论的引力理论。然而,在解决这个问题中他却遇到了另一个重要问题:等效性原理与欧几里德几何原理相矛盾,因为在非惯性参照系中,欧几里德原理不能运用。后来,在数学教授格拉斯曼的协助下,用黎曼理论解决了上述问题。经过进一步研究,爱因斯坦于1916年3月完成了他总结性的论文《广义相对论基础》。

可见,相对论的创立过程中离不开科学问题的产生、提出和解决。所以爱因斯坦在谈到他是怎样创立相对论时说过:“很难讲清我是怎样产生相对论思想的,可能有许多隐含而复杂的事情启发了我的思想,并且,每一种思想问题所得到的结果在思想发展过程中的不同阶段是不一样的。”也就是说,在探讨相对论的孕育过程中,有关科学问题的提出和解决不是一次完成的。因为科学问题是科学发现中的疑难和矛盾,这种疑难和矛盾通常是多方面和多层次的,往往不可能在短时间内直接导致科学问题的解决。

其实,在科学发展的历史进程中,许多概念的产生和规律的发现,都是来源于“科学问题的提出”。如克劳修斯的热寂说向科学提出了一个问题:

自然界的变化是否有方向性?即在遵守能量守恒定律的前提下,是否所有的过程都能自发进行?对此问题的研究,使克劳修斯提出了熵的概念,并导致了熵增加原理的发现。还有奥斯特的电流磁效应的发现来源于他提出的“电对磁的作用问题”;法拉第的电磁感应定律发现来源于他与奥斯特相反思考的问题“磁对电的作用问题”;光的波粒二象性理论起始于“光的本质是什么”的科学问题;反粒子的发现来源于狄拉克提出的一个所谓“负能态”的科学问题。众多事例无不说明科学问题在科学发现过程中所起的重要作用,也可以说,科学发现始于科学问题的提出。

然而,也有人会认为,科学发现史上,还有不少新发现是来源于幸运的观察(有人称其为机遇),如伦琴的X射线发现、贝克勒尔的天然放射性的发现等都是来自偶然的观察,并没有科学问题的提出。可当我们认真分析一下,就不难看出这些发现都是在发现者经过长期的知识积累和问题思考下进行的,都是发现者在观察中具有瞬间发现问题的能力并进一步观察,从而才获得发现的。

科学家伦琴因X射线的发现于1901年成为世界科学家中第一位获得诺贝尔物理学奖的人。其实,X射线的发现,起源于对“阴极射线的本质是什么”这一问题的提出和研究。自1858年普吕克在真空放电管实验中发现对着阴极的管壁上有绿色的荧光后,许多科学家都投入到阴极射线研究中来,并提出了“阴极射线的本质是什么”这一科学问题。直到19世纪末的科学领域,出现了两种截然相反的结论:一种结论认为,阴极射线是一种带负电的粒子流;另一种结论认为是一种电磁波。于是,在关于阴极射线的粒子说与波动说之间展开了许多年的争论。伦琴在读过关于阴极射线贯穿能力文章后,总感到还有一些尚未解决的问题值得研究。当他在实验暗室里用被黑纸裹住的希-克放电管进行实验时,偶然发现附近的桌面上有一种闪烁的微光。他起初怀疑黑纸没有包好,于是又仔细地检查,再接通电源。使他震惊的是,绿色亮光是从放在工作台不远处的亚铂氰化钡荧光屏上发出来的。他反复实验,结果发现即使荧光屏离放电管两米之远,还能看到绿光。那么,是什么原因使这一荧光屏发光呢?从不疏忽的伦琴从偶然中抓住这一问题不放,发现这个新现象与有关射线的一般知识发生了矛盾,并意识到这里将有新的尚未发现的规律在起作用。在之后几周的研究中,他发现了这种新射线(X射线)具有很强的贯穿能力及其它特性。

事实上,在伦琴发现X射线之前,克鲁克斯等不少人也曾在实验中发现密封照相底版已经感光,可却无人认为它可构成一个新的科学问题,而错过了科学发现的时机。而伦琴原本研究“阴极射线的

本质是什么”的科学问题,结果在实验中意外地发现了新的奇特现象,于是,他敏锐地将原科学问题转为新的科学问题,并对新问题继续跟踪,最终导致新的科学发现。这种事例在科学发现史上也是屡见不鲜的。如爱迪生在制作电灯实验中发现了热电子发射现象——爱迪生效应;牛顿看到“苹果落地现象”而导致的万有引力定律的发现,等等。对这些事例的分析,不仅可以说明科学发现始于科学问题,而且还说明科学发现的机遇也只是垂青那些带着问题探索且善于从原问题发现新问题的人,这是偶然中的必然。所以,科学发现需要敏锐的观察和精巧的实验,更需要发现问题和提出问题。没有科学问题,谈不上观察和实验;且观察和实验中又常常会遇到始所未料的问题,敏锐地抓住这种新出现的问题,往往会导致重大的发现。难怪有科学家说,要成为优秀的观察者,必须先成为优秀的理论家。

三、科学问题的引导作用

综上所述,科学问题是在某种已经完成了的物理知识(经验上的或理论上的已知事实)基础之上,为解决应该而有可能知道的未知所提出的新的认识任务。它虽具有探索性、混沌性、可变量性,但它却给科学的发现提出了研究的方向,为科学的探索者们提供了创新的种子。可见,科学问题在科学创造活动中是有极其重要的作用的。

1. 科学问题激发了科学研究者的探索兴趣和创新能力

诺贝尔物理奖获得者丁肇中教授曾回答别人询问科学创造中的“苦和累”时说过:“我一点也不苦,正相反,我觉得很快活,因为我有兴趣,我急于要探索物质世界的奥秘……任何科学探索,最重要的是对于自己从事的工作有没有兴趣。”可见,兴趣在科学创造活动中的重要性,而这探索的兴趣则来源于对自然奥秘的探索,也就是来源于科学问题的提出、解释。

从某种角度上来说,科学问题的提出,总是带有一定的挑战性,而这种挑战性对于那些期望有所科学创造的探索者来说,则会化作一种强烈追求的兴趣和力量。如,“皇冠之谜”的问题使阿基米德充满兴趣,甚至在洗澡时都不忘思考,终于从澡盆溢水现象中得到灵感,既解决了“皇冠之谜”问题,也发现了浮力原理;“雷电之谜”在18世纪以前一直被人们视为神秘莫测的自然奥秘,也是大自然向人类提出的挑战性的问题,它不仅激起了富兰克林的探索兴趣,而且也增加了他探索其奥秘的勇气,勇敢地用自己的身体在费城一个雷雨交加的公共牧场进行了一场震惊世界的“电风筝实验”,不仅找到了“雷电之谜”的原因,还证明了静电和动电的相同性

质。有人称他是用自己的手从天空抓到雷电的人,这种科学探索精神着实让人敬佩。可见,在科学发现的道路上,只有科学问题,才能真正促动人们的好奇心,激发对科学奥秘的探索兴趣和创新精神,而观察仅仅带给人们对自然现象短暂的、表面上的兴趣。若观察后提不出什么有意义的问题,就无法激起探索者的兴趣,因为探索者最终的目的是要探索 and 发现自然的奥秘或解释科学中的疑难问题。

2. 科学问题为科学发现提供了“创新种子”

科学发展的历史已经表明:科学问题或直接导致科学发现,或虽未获得直接结果,但却获得了与所确立的科学问题无直接关系的意外的科学新发现。如,引导法拉第电磁感应定律发现的“磁对电作用的问题”;引导光的波粒二象性发现的“光的本质是什么”的问题;引导伦琴发现X射线的“阴极射线的本质是什么”的问题和“新现象与已知理论相矛盾”的问题。无数事例无不说明,科学的发现始于科学问题,科学问题就犹如一粒粒“创新的种子”,引导一个个科学发现的成功。

其实,在每一个科学发现过程中,科学问题就像一粒粒待开发的“种子”。为了使这些种子开花、结果,探索者始终围绕它精心培养、勤奋浇灌。众所周知,没有种子,就不可能开花和结果;同样,没有创新的种子——科学问题,就不可能有科学探索的目标和方向,更谈不上科学的发现和创新;而科学问题就为探索者提供了“创新种子”和“创新的目标”。

更让人们感到惊奇的是,有时同一个“科学问题的种子”,可以导致多个科学发现,就像核裂变方式一样,如,对“阴极射线的本质是什么”这一科学问题的探索中,科学家伦琴在研究中发现了X射线,而科学家汤姆逊在研究中却发现了电子;在探讨“X射线的来源是什么”的问题中,科学家贝克勒尔在研究中发现了天然放射性现象,而科学家居里夫人在继续探索“天然放射性现象的物质载体是什么”的问题中又发现了放射性元素钋、钋和镭。可见,同一科学问题的种子具有导致多个科学发现的作用。其实,与上述过程相逆的情况在科学创造过程中也是不少见的,如,19世纪中叶,不同国家的不同职业的学者在不同学科领域中选择了不同的科学问题,却几乎在同一个时期里发现了能量守恒和转换定律;汤斯等与普罗霍罗夫从不同的科学问题分别独立地研制出微波激射器;牛顿与莱布尼兹分别从不同的科学问题发现了微积分等。这些事例都是从不同的科学问题出发导致出同一科学发现,就像核聚变方式一样,科学发现史上又称其是“智慧的碰撞”现象。

3. 科学问题是科学进展的“关节点”

在科学的探索过程中,经常是原先科学问题的

提出和解决,诱发出新的科学问题,而新的科学问题的解决又会诱发出更新的科学问题。这种一环扣一环的科学问题就像一个个“关节点”,如能正常地出现和相继地解决,就可导致此门科学的重大理论突破。在爱因斯坦相对论的创立过程中,“追赶光波”问题、“间断的经典力学与连续的电磁场理论不统一的矛盾”的问题、“人在自由下落的升降机里的感觉”问题、“等效原理与欧几里德几何原理相矛盾”的问题,等等,都犹如创造过程中的一个个“关节点”,当每个问题相继解决了,也就是打通了所有的“关节点”之后,才使相对论的完整理论创立起来。若某个“关节点”没有解决或没有打通,自然要影响到相对论理论的顺利建立。

从科学发展的历史来看,新的科学时代总是在以往时代科学问题结束之际,即追溯过去、展望未来,从而提出了新的尚待解决的科学问题之际到来的。19世纪末、20世纪初,当物理学界庆祝经典物理学创立之时,却从经典物理学理论体系中引发出两大反常的科学问题,即以太漂移实验所引出的光速不变问题和黑体辐射实验所引出的物质不连续运动问题。正是这两大问题酿成了20世纪物理学革命的风暴,创立了相对论和量子力学,从而为现代物理学奠定了坚实的基础。可见,这两大科学问题正是经典物理学向现代物理学飞跃发展的重要“关节点”。

4. 科学问题给探索者带来科学预见和创造思路

科学的发现过程通常应是一种有目的的创造活动,而不可能是盲目目标的乱撞乱碰,只有明确地提出或选择一个科学问题,才能明确科学探索的方向,这是科学发现过程中的重要问题。

如何明确科学创造活动的方向或目标呢?可以直接在科学问题的基础上先提出科学预见,找到创新的思路。如果这个科学预见有误,可以进行修正;如果这个科学预见完全错误,则可以重新提出科学预见;如果这是一个子虚乌有的预见,也可以对其否定,但始终要保持自己的创造活动有目标和方向,例如,由“光的本质问题”提出了“光本质的微粒说”预见和“光本质的波动说”预见,但在进一步的研究中发现,两种预见都有片面性,后经修正重新提出了“光本质的波粒二象性”预见,并被实验所证

实;关于“热本质是什么”的问题,使人们提出“热质说”的预见,也就是热是物质,然而,后来在汤姆森的“摩擦生热实验”和戴维的“真空中钟表轮盘摩擦实验”中发现了“热质说”的错误,则又重新提出“热现象的直接原因是运动,它的变换定律恰如运动交换定律一样”的预见,并得以证实;关于“空间充满着什么物质”的问题,早在17世纪笛卡儿就提出预见:“整个宇宙充满着一种特殊的易动物质,这种物质就是‘以太’,它是单一地、漫无边际地分布于整个空间。”然而,在后来的布拉德雷天文观察发现的光行差现象、阿拉哥实验、菲索实验中,特别是迈克尔逊—莫雷实验中,都没有发现“以太风”的效应,促使科学家们从怀疑“以太说”直到否定“以太说”。

其实,科学问题的提出,自然给探索者指明了研究的目标和创造的思路。从科学发现的个体过程来看,都有一个由“潜科学”向“显科学”转化的过程,而在这个发现过程中,探索者必然要有一个创造的思路,否则无从下手。从潜在的科学奥秘中发现的科学问题或别人提出的科学问题,可帮助你找到创造的思路,这在科学发现史上也是处处可见的,如“苹果落地原因问题”给牛顿带来了探索引力原因的创造思路,还有“原子结构问题”、“夸克幽禁问题”、“核聚变问题”等等都是为探索者提供了创造思路;而且,科学发现过程中的创造思路也可随不同阶段的不同科学问题不断进行改进和发展。

总之,科学问题在科学发现过程中,具有非常重要的作用。因此,我们在学习或研究科学的活动,要学会发现问题、抓住问题、提出问题、解决问题。只要我们保持积极的科学好奇心和良好的科学基础,坚持探索的创新精神,我们就能有所发现、有所创新。

主要参考文献

- [1] 爱因斯坦. 物理学的进化. 上海科技出版社, 1962
 - [2] 李醒民等. 科学发现集. 湖南科技出版社, 1998
 - [3] Spencer R. Weart. History of physics. New York, 1985
 - [4] Albert Einstein. Translated by Yoshimasa A. Ono. How I created the theory of relativity. Physics Today, August, 1982
 - [5] 伊·拉卡托斯. 科学研究纲领方法论. 上海译文出版社, 1986
 - [6] W·霍利切尔. 科学世界图景中的自然界. 上海人民出版社, 1987
- (责任编辑 肖庆山)

科技动态

冷却大脑可减轻因心脏骤停引起的永久性脑损伤

据英《新科学家》2002年3月2日报道:在欧洲每年大约有40万人患心脏跳动骤停这种疾病,它足以使人致死。如果病人在5分钟内不能恢复心脏跳动和苏醒,即使经抢救能活过来,由于缺氧时间过长,大脑就会受到严重损伤。后果是轻则丧失记忆力和语言困难,重则成为永久昏迷的植物人。

最近,在欧洲和澳大利亚的两个科研小组分别发现,只要将心脏突然停止跳动的病人,从37℃冷却到33℃,就可大大减少病人永久性脑损伤。欧洲的小组用这种冷却技术对275名病人进行了试验。他们在给病人输氧的同时,用一台专门设计的机器向病人身上吹冷空气,将病

(下转第50页)