



孙昌璞, 理论物理学家, 中国科学院院士、发展中国家科学院院士, 中国工程物理研究院研究生院院长, 北京计算科学研究中心讲座教授。主要研究方向为量子物理、数学物理和量子信息理论以及面向国家安全需求的基础研究。

物理学求美至真的方法论

——从科学可证伪性到奥卡姆剃刀原则

孙昌璞^{1,2}

1. 中国工程物理研究院研究生院, 北京 100193
2. 北京大学物理学院, 北京 100191

摘要 从科学哲学的视角探讨了为什么物理学发展要大道至简, 为什么以简为美的科学追求会使得物理学研究有效地逼近科学真理; 阐述了在物理学中可证伪性是发现科学真理至关重要的因素, 从而提出科学研究必须遵从奥卡姆剃刀的原则、以简至真。特别强调了这个原则不仅是科学家应该遵守的科学理念, 也是科学实践价值判断的准则。联系到最近物理学研究不时出现滑入学术灰色地带的现象, 认为违背奥卡姆剃刀的原则可能是引发这些问题的方法论根源。

关键词 物理学之美; 大道至简; 可证伪性; 奥卡姆剃刀

在当今的科学界, 多数人已经不再相信宗教信仰和“形而上”的哲学考量会在探索物质世界、建立具体科学理论方面发挥不可或缺的直接作用。然

而, 很多当代科学家(包括杨振宁和温伯格等当代物理学家)都认为, 一个好的理论不仅要能够有效地解释可观察到的事实, 而且能够以理论之美为理

收稿日期: 2023-08-20; 修回日期: 2024-03-10

基金项目: 中国科学院学部咨询项目(2022-SL01-A-001)

引用格式: 孙昌璞. 物理学求美至真的方法论——从科学可证伪性到奥卡姆剃刀原则[J]. 科技导报, 2024, 42(10): 46-54;

doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2023.08.01287

由确信其真实性^[1]。他们认为,除了解释力之外,美的体验往往会指明通向真理的道路。英国理论物理学家保罗·狄拉克甚至说,“让公式具有美感要比让它们符合实验结果更重要”,而实际中与实验结果不符合很可能是“由于一些次要的因素……”在他看来,美是探索真理路上的灯塔。爱因斯坦也有同样的想法:“我们只愿意接受美的理论^[2]。”

纵览这些著名物理学家(也包括一些当前还在第一线工作的物理学家)的观点,对科学美的理解更多是强调方法论上的“大道至简”。他们认为,科学应该追求简洁、统一和普适的定律,定律的简洁性和统一性从本质上体现了科学之美^[3]。本文旨在探讨这种追求科学之美的方法论是否植根于认识自然方法论的哲学思考、与可证伪性哲学和奥卡姆剃刀(Occam's Razor 或 Ockham's Razor)原则是否直接有关。我们由此论证,科学家追求大道至简,递进层次、逼近科学真理,体现了科学的探索精神和创新理念,是在更高层次上对科学之美和科学真理的追求。

1 物理学唯美追求是主观的吗

科学是人类认识自然的一种客观方式,其目的是描述和阐释各种自然存在,找到客观世界的运动演化规律。相信客观世界及其规律的存在,在人类对于自然界的探索中,大体上始终如一。为了确证这种科学发现的真理性,人们往往要借助实验进行经验性检验或基于已有事实进行逻辑实证。这种思想方法显然把形而上的哲学论证和似是而非的思辨排除在外,作为一种方法论性的铁律(iron rule),也被斯特雷文斯(Michael Strevens)在《知识机器》(2022年出版)一书中再一次强调^[2]。由此,斯特雷文斯阐述了为什么现代科学能够超越了亚里士多德开始的“思辨为王”学术范式的桎梏,塑造了现代科学发展的效率和速度,使得科学在17世纪突然加速腾飞。

仅仅依据这种浅层次解释的“铁律”,现代物理学似乎应当放弃爱因斯坦论等人不断论及的唯美追求。诚如《知识机器》一书所言,在公开的科学争

论中,不能以美为标准判断对错,因为美是主观的。科学是研究事实的,事实就是事实,哪里会有什么个人感受的美与不美!然而,如上所述,很多理论物理学家(包括爱因斯坦、狄拉克、杨振宁和温伯格)都认为,为了发现自然界奥秘,应当以“追求理论美”为出发点,来发现和证实科学真理。面对这样的矛盾,需要进一步追问的是,大家论及的理论之美到底是什么?是否就是《知识机器》一书所言的依美而辩之“美”?如果物理学的美不只是一种主观的感受,它又是什么?

我个人猜测,爱因斯坦等人论及的理论之“美”,可能是指发现理论的审美追求,即追求、理解和欣赏简洁、统一和普适的自然定律。玻尔兹曼讲过一段话:“一位音乐家在听到几个音节后,即能辨认出莫扎特、贝多芬或舒伯特的音乐。同样,一位数学家或物理学家也能在读了数页文字后辨认出柯西、高斯、雅可比、亥姆霍兹或克尔奇豪夫的工作”。对此,杨振宁曾经评述道:“物理学的原理有它的结构,这个结构有它的美和妙的地方;而各个物理学工作者,对于这个结构的不同的美和妙的地方,有不同的感受。因为大家有不同的感受,所以每位工作者就会发展他自己独特的研究方向和研究方法,也就是说他会形成他自己的风格。”这个风格统一的内涵是什么,我的理解就是“大道至简”。

由此可见,理论物理学家强调的“大道至简”的科学之美,并不是物理学家们主观的偏见,而是一种面向客观事实的方法论选择。谈论理论的简洁性、统一性和普适性时,并不是在谈论主观的审美。这是因为物理学的美并不只是一种主观的感受。物质的构造和运动的规律,本身就具有客观的美。描述这些规律的数学,即便在几何形式上,也具有极高的美学价值。物理理论的构建,就是要寻找自然界中的规律和结构之美,并借助数学语言将其表达出来。物理学家只有借助数学工具,才能深入地了解自然的本质,而数学的简洁性和一致性使得物理理论更具说服力和可检验性。例如,平直时空中,三角形内角和是 180° ,这种内在的数学之美就不是人造的,是实实在在的客观真理,是天道自然的基本属性,亘古有之^[4]。因而,基于数学上这种客

观的美学价值,物理的美显然不同于主观的艺术之美,有极大的客观性^[9]。

可以说,物理学的美体现在它对自然界的真实描述、对规律的深刻揭示。这种美不仅仅是表面的形式,更是一种内在的本质。物理学家们通过不懈的探索和发现,逐渐揭示了自然界的奥秘和美感。从牛顿的万有引力到爱因斯坦的相对论,从量子力学到规范场理论的探索,物理学家们不断地追求真实、简洁和普适的理论,以此来揭示自然界的规律和本质。物理中的数学之美,是一种深层次的美学追求,也是物理学成为一门严谨科学的必要条件。

当然,物理学是一门实验科学,理论的实验检验(我不愿意用“证实”一词)至关重要。只有经过不断实验检验、久经考验的理论才能够被接受,并认为它是真实的。实验结果能够检验理论适用的范围、揭示理论的不足和缺陷,在实证的意义上推动物理学的健康发展。这种以实验和科学逻辑为基础、不断逼近科学真理的方法论实践也是物理学求美至真的一种体现。当然,物理学家们揭示的自然之美不仅体现在理论的简洁性和一致性上,更体现在理论与实验的相符和对自然现象的正确描述的重大发现上。一个典型的例子是狄拉克理论,简约的狄拉克方程(图1),不仅可以正确描述电子的运动,而且同时预言了正电子等反物质和电子自旋的存在,把自旋与外场和轨道的耦合作用的形式都通通囊括其中。特别是狄拉克方程直接预言反物质世界的存在并得以证实,简洁的理论如此强大的预言能力难道不是摄人魂魄的科学之美吗?

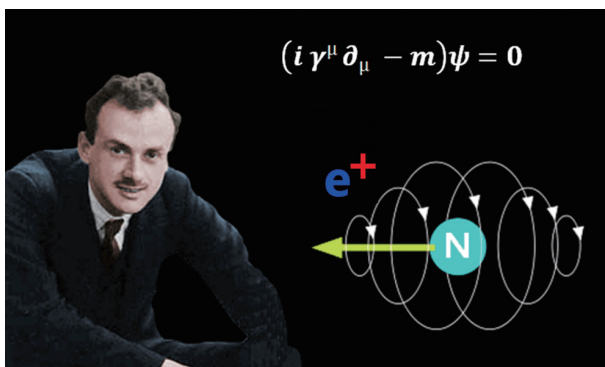


图1 保罗·狄拉克及其方程预言反物质世界

2 从奥卡姆剃刀原则看物理学的以简为美

综上所述,笔者认为,《知识机器》所称之“美”并非杨振宁等强调的“大道至简”的科学之美。后者更多是基于哲学上的奥卡姆剃刀原则,即“如无必要,勿增实体”^[9]。这一原则的核心思想是,当存在2个或多个相互竞争的理论时,应该选择能够很好地解释现有观察结果但所用最少假设和最少待定参数的那个理论。与数学和许多科学领域一样,物理学更要遵循“大道至简”美学的价值观。尽管方法越复杂、参数越多,通常越能做出更好的预言,但评价理论好坏,就必须平衡假设的多少和预言能力大小的关系。严格地说,一个真正好的理论,其预言结果的多少相对于理论假设和参数多少通常要呈现出“非线性增加”关系。

奥卡姆剃刀原则被广泛应用于科学研究的实证实践。例如,在解释行星运动时,托勒密提出了包含很多“本轮”的复杂的“地心说”,而天文学家哥白尼则不顾教会和世俗观点的反对,提出了开始只有“均轮”的“日心说”。虽然地心说也可以预测天文观测现象,但哥白尼的“日心说”用了更少的假设解释行星运动的规律。在缺乏更多新的观察证据的情况下,奥卡姆剃刀原则指导人们选择更为简洁、与实验观察相一致的“日心说”理论。其实,在“地心说”和“日心说”之争中,前者只要加入(更)复杂的“本轮-均轮”复杂结构(本轮数量增加到了80个),基本上可以解释第谷对天象的观察结果(图2)。事实上,行星视运动有2种不规则性——“迟疾”(快慢)和“留退”(逆行)。当然,早期的哥白尼日心模型采用了正圆的行星轨道,可以排除“地心说”解释“留退”的本轮-均轮体系,但解释“迟疾”还得引入均轮。因此,为了正确解释第谷观察的定量结果,倾向日心说的开普勒用椭圆轨道取代了正圆组合。总而言之,当时基于椭圆轨道“日心说”完胜基于诸多“本轮-均轮”的“地心说”,不是因为它们解释天文观察结果的能力,而是理论的简约之美完胜基于“地心说”的繁琐之道。

可以利用上述的哲学观点讨论量子力学诠释

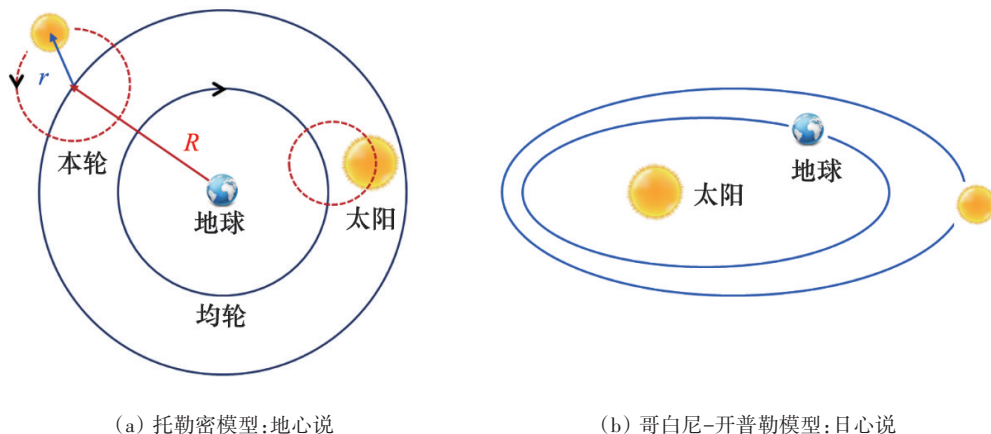


图2 托勒密具有本轮-均轮的地心模型(a)和开普勒推广的、有椭圆本轮的哥白尼日心模型(b)

问题^[6-8]。从奥卡姆剃刀原则的角度看,虽然不能从理论预言的最终结果判断量子力学诠释哪一个正确,但还是可以分辨出量子力学诠释的一元论和二元论谁更具科学之美和“至简之道”。量子力学是科学史上最成功的理论之一,但对于量子力学中波函数的诠释,人们的理解至今并无基本一致的一致,目前仍然存在“一元论”和“二元论”的哲学对立。以玻尔为代表的“哥本哈根学派”坚持量子力学的二元论诠释,其波函数描述必须借助经典要素——波包塌缩(wave packet collapse),因而相关的测量仪器和观察者只能服从经典物理。具有“二元论”属性的波包塌缩是一种非幺正的演化过程,它与薛定谔方程描述的幺正演化过程并不一致。对此,不同于爱因斯坦对量子力学质疑的方式,薛定谔和温伯格等许多著名理论物理学家从“一元论哲学”出发不时批评“哥本哈根诠释”。他们强调必须不借助经典世界的要素,在量子力学自身(不使用波包塌缩假设)的“一元论”框架内自治地描述仪器和观察者,以及量子力学测量的结果。

在量子力学诠释的争论中,基于退相干诠释的量子测量理论和“多世界诠释”等都是属于一元论的范畴。它们不引入任何额外的假设,只是把测量过程看成一个少自由度的量子系统(待测系统)和一个多自由度的量子系统(仪器或观测者)相互作用的结果,整体和部分都服从薛定谔方程。这种描述是一元论的,但它给出的测量结果对相互作用

(测量)时间有依赖关系,有比二元论更多的、可被比较验证的理论预言^[6-8]。因此,温伯格等认为量子力学一元论诠释比哥本哈根诠释更“好”,更具科学简洁之美,大道至简、更接近于科学真理。

3 可证伪性:物理学大道至简的方法论意义

好的理论要“大道至简”。这里的“简”进一步是指推论逻辑之“简”,“大”是指可预言结果尽可能的多。预言的结果多,理论就有更多被证伪的机会。因而,从科学哲学的角度讲,可证伪性是奥卡姆剃刀原则产生至简“大道”的逻辑推论和哲学基础。“日心说”以较少的参数给出更多预言,因此给出更多的待定检验的机会。这个事实也意味着可证伪性在方法论上决定了奥卡姆剃刀原则。

可证伪性(falsifiability)指从一个理论推导出来的结论(理论预言)在逻辑原则上与观察测量结果有发生矛盾或抵触的可能^[9-11]。卡尔·波普尔认为,“所有科学命题都要有可证伪性,不可证伪的理论不能成为科学理论”。其实,这里也间接地给出了伪科学或臆(pathological)科学的定义:逻辑不可证伪性的“科学理论”即为伪科学。从语义学的角度讲,人们可以证伪“单身汉们是happy”的这一命题,但永远无法证伪“单身汉们没有married”语义正确的虚命题。伪科学或臆科学在观念和概念上,

有时也这样有意无意、似是而非地诡辩,不照应任何经验性的实验检验,它们都是这种利用语义无意义重复的变种^[9]。

科学理论只能被证伪,而不能被证实。这是因为即使在有限的实验条件下,一个理论被证明是正确的,也不能保证它在所有条件下都是正确的。科学研究的目标应该是不断证伪旧的理论,并孕育新的思想。理论的可证伪性也否定了绝对真理的存在。无论理论看起来多么可信,都可能在未来的某一天被实验所反驳。从这个意义上讲,实验的主要目标是发现旧理论的边界,也就是找出哪些情况旧理论不再适用。当一个理论被证伪时,科学家们就会开始寻找新的理论来解释实验结果。这种进步和发展是科学理论不断接近真理的体现。

把哲学看成是探究人类知识和真理边界的学科,可证伪性因此成为从哲学角度看待科学和看待世界的一个不可或缺的理念。奥卡姆剃刀原则是可证伪性的一种具体推论和应用,也就是说,它的哲学基础就是可证伪性。可证伪性要求理论具有可以被实验或观察所反驳的可能性,奥卡姆剃刀原则进一步强调在多个竞争的理论中,选择那个最简洁、最有可能被证伪的理论。一个理论比另一个理论更简洁,是因为它用到的假设和参数更少,而预

言的结果就相对地更多,有更多被证伪的机会,从而可证伪性更强。由此可见,可证伪性通过奥卡姆剃刀原则导致的大美至简是一个理论科学性的重要标志之一。从本质上讲,可证伪性提供了一个理论可能正确的边界,使得我们可以在给定的范围内对该理论进行实验检验,并排除其中那些不符合实验结果的理论。

以下用“模型”(图3)说明可证伪性与奥卡姆剃刀的关系,以及原则上如何实施证伪的科学实践——通过经验性检验确定理论真理性的边界。众所周知,理论是不唯一的,仅仅从目前的经验事件出发,可以构建的多个“理论”。以下用包含如图4所示的6种平面图形和复杂的连接方式示意表示,图中的实心灰圆代表从观察或实验取得的一个经验性证据。

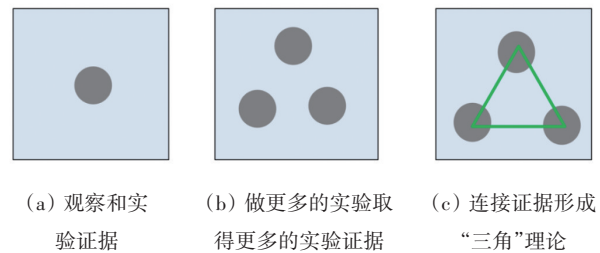


图3 从“观察+实验”取得经验性证据形成理论

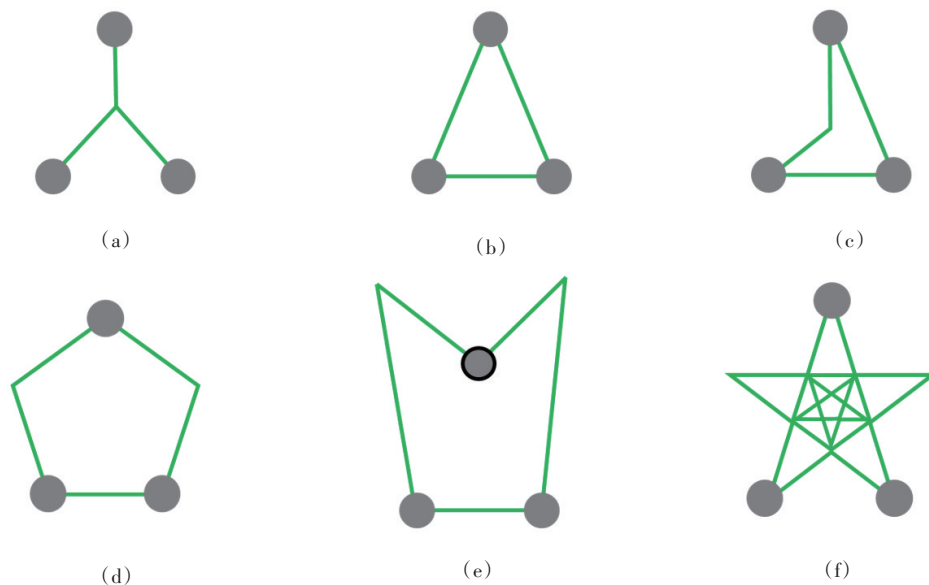


图4 基于3个实验证据的多种理论

显然,仅仅靠这些数据并不能确定哪一个理论更符合实际。如果进一步的实验和观察增加了2个经验数据(用图5(a)的实心黑圆表示),它们证伪了图4(a,b,c)和图4(e)的理论,因此我们保留“五边形”和“星形理论”图5(b)。“星形”理论结构复杂、参数太多,奥卡姆剃刀原则上把它排除在外,得到“五边形”理论如图5(d)。在“五边形”理论基础上再改进理论,最后得到了普适的“圆形理论”图

5(e):它只有一个参数——半径 R ,只需改变 R ,就能包含所有事件。因而,同样包含了5个数据的“圆形”理论图5(e),比其他理论更简洁、更优美,更具“大道至简”之境界。总的来说,理论图5(e)比其他理论用到的假设和参数更少,但预言的结果更多,有更多被证伪的机会,因此可证伪性更强。以上的分析只是示意性,更严格的讨论和证明要借助于关于因果关系贝叶斯统计分析。

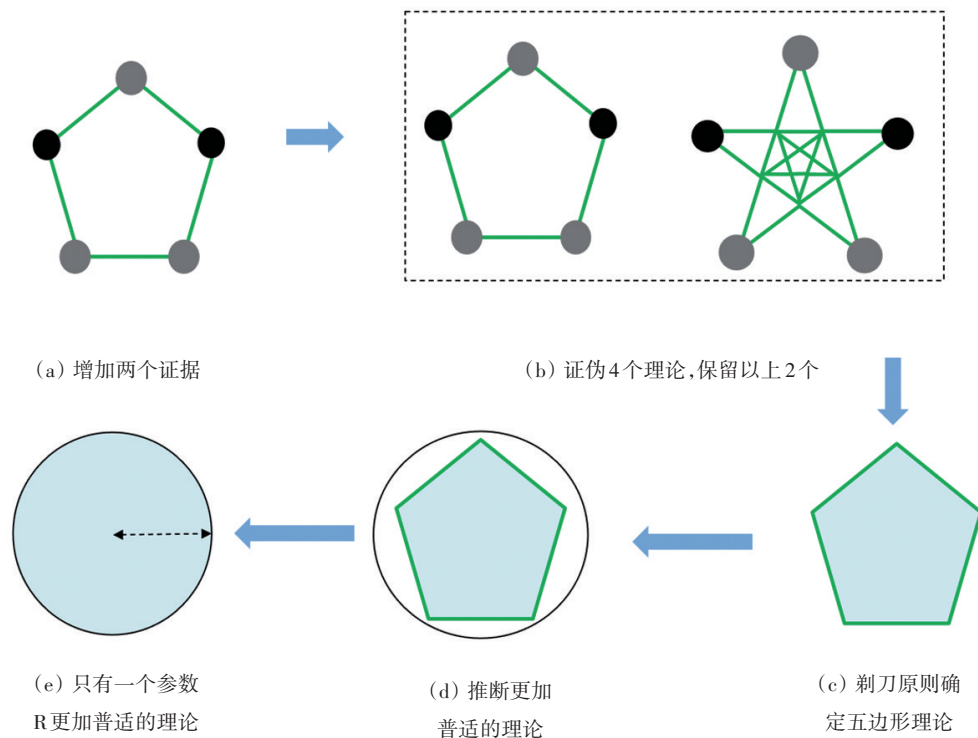


图5 通过增加经验性检验证伪已有理论,构建更加普适、更加简洁优美的“单参数”理论

再回到量子力学诠释问题的分析。在第2节,作为奥卡姆剃刀原则的应用,笔者论证了量子力学一元论诠释比哥本哈根诠释二元论的诠释更好。现在我们从可证伪性出发对此作进一步论证。二元论的哥本哈根诠释假设了一个瞬间完成的波包塌缩,这是一个人类借助任何工具都无法观察到的“瞬间”过程,在物理上没有实验证伪它的可能。有趣的是,批评者常常反过来用可证伪性质疑“多世界诠释”,因为观察者从来没有“看到”多个不同的分支世界。其实,“存在多个世界”说法只是后人的望文生义,“多世界”创立者休·艾弗雷特三世(H.

Everett III)创立理论时从来没提及“多世界”的字样。他只是严格定义了“分支”和“观察”,并在量子力学自身的框架下证明不同分支间永远不能互相观察和交换信息。因此,即使有别人臆想的“世界分裂”,量子力学自身也保证了在各个分裂了的世界里的观察者不可能互相观察、互通信息。这种自身逻辑框架中自证自洽的结果恰恰体现了量子力学“大道至简”的逻辑之美,亦如基于夸克假设的量子色动力学可以自证自由夸克“不存在”。“日心说”也是通过后来的牛顿定律才自证了地球上物体相对运动不可人为感受。这些事实,代表了从既定事

实出发、基于逻辑力量的奥卡姆剃刀原则:证伪的科学方法不仅要基于直接的实验,通常也可以借助有以往实验支持的逻辑推理。

由于奥卡姆剃刀原则建立在普适的哲学原理——可证伪性之上,其应用不仅仅局限于科学领域。在政策、经济、社会和战略智库等诸多领域,同样可以发挥重要的作用。例如,在政策领域中,可以选择那些最简洁、最有可能被证伪的政治理念和政策,从而排除那些不切实际、繁复多变的政策^[12]。在经济领域中,可以选择那些最简洁、最有可能被证伪的经济理论和措施,从而排除那些不符合实际情况的经济理论。

4 如何看待当前物理学的逆奥卡姆剃刀现象

以上关于可证伪性和奥卡姆剃刀原则的讨论,并非只有“形而上”的哲学意义,它在“知识机器”的运行实践中有实际的应用。最近,一些论文将理论和模型过度复杂化,给出名词创新、耸人听闻的东西,以得到更多的基金支持和“混上”高影响因子的期刊^[13-14]。为了纠正这种滑向“学术灰色地带”^[15]的不良倾向,学术界不仅从不同角度提出了方法论方面的警示,而且在审稿的实践中采取了特殊措施。纳米领域的重要期刊《Nature Nanotechnology》在2022年6月的一期社论^[13](图6)中,要求审稿人在审稿流程中必须体现奥卡姆剃刀的精神,充分考虑所审文章里的实验数据是否能用更简单的模型或理论来解释。期刊提出的这个要求,不仅是希望审

稿人在这一新的角度上把关文章学术质量,而且提醒作者不要过度包装。这是奥卡姆剃刀哲学原则在“科学机器”运行实践中的直接应用。

在这个编辑部要求中,还特别强调,论文中提出的新模型或新理论不仅要能够拟合已有的数据,而且必须做出可以进一步实验检验的预测。后者非常关键,因为仅仅根据已有数据得出结论是不够的。如果论文没有进一步做出预测,那么就缺乏再检验的可能性,这样的文章只是代表作者的个人信仰,而非构建一个科学理论。该期刊虽然觉得他们新提出的要求不会一下解决目前学界日益严重的“逆奥卡姆剃刀”现象,但他们有责任在学界倡导和创造风清气正的学术氛围,这正如最近我们对“学术灰色地带”的态度^[15]一样。

其实,此前不久的2022年3月,《Nature Physics》发表了美国凝聚态物理学家 Igor Mazin 的文章《Inverse Occam's razor》。他指出当前的科学界有日益严重的不良倾向,那就是用新奇的、博人眼球(而不是简洁而直接)的理论解释实验数据,以求研究工作能发表在高档次期刊上。这种“逆奥卡姆剃刀效应”在凝聚态物理学中尤为严重。这些做法,破坏了科学可证伪性的基本原则,影响了物理学的长足进步。具体地说,他定义的“逆奥卡姆剃刀效应”的准确表达为:在两个相互竞争的理论之间做选择时,对于实验数据提供更花里胡哨解释的理论优先,而不是选择对实验数据提供更简单解释的理论。这些行为明显违背了奥卡姆剃刀给出的“大道至简”原则,没有把具有可证伪性的要求放在首位。

针对凝聚态物理近年来出现的“逆奥卡姆剃刀效应”,Mazin 举了一些例子:虽然后续的很多高温超导实验都与自旋三重态配对解释不一致,但早期核磁共振测量 Sr_2RuO_4 超导体的结果一直被时髦地解释为自旋三重态配对,为了保持解释的新奇性,人们总是有意地忽略实验中与三重态配对解释相矛盾的“负面”结果。直到2020最新的实验直接证明早期测量有错,人们才放弃了自旋三重态配对的解释。这个例子让人想起当前关于高压室温超导的故事:《Nature》本着新闻性的目的,宁可相信劣迹斑斑者宣称的结果来博得轰动的新闻价值。

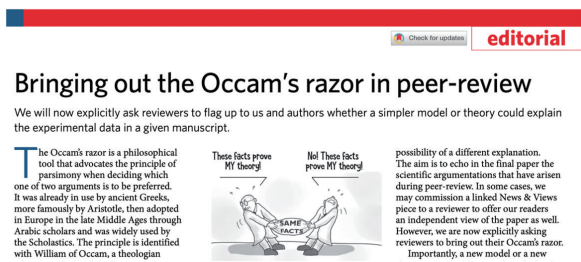


图6 《Nature Nanotechnology》编辑部倡导审稿使用“奥卡姆剃刀”

Mazin 批评的第 2 个例子,是把测到的反常霍尔电导和线性磁电阻一些输运效应归因于低激发 Dirac 能带的奇异效应,而不是依据传统的能带结构理论直接处理,虽然后者更精确、更贴近物理实际。与此相关联,最近关于 Majorana 零模实验文章已被大量撤稿。笔者通过具体的研究工作发现^[6],这些实验家盲目相信超导-纳米线(超导-拓扑绝缘体)紧邻复合系统理论上一定会约化到 Kitaev 模型。然而,在实际的条件下,它到底能不能约化到理想 Kitaev 模型,这些理论和实验并没有进行深入细致地探究。如果不能约化到 Kitaev 模型,实验结果只能代表耦合系统复杂的量子输运效应,没有什么新奇之处。这时,即使观察到零偏压信号,也不能代表 Majorana 零模,更不能代表拓扑相变的发生。没有 Majorana 拓扑激发,就更不会应用到拓扑量子计算。

在这些被撤稿件中,研究人员相信了看似简单却不符合实验条件的低能有效理论的预言,根据已知的理论结果对自己实验数据采用有倾向性地取舍,得到了看似与理论“新奇”结果相符却十分错误的结论,这样才能把论文发表在顶级期刊上。这个例子表明,与个人和团体的学术利益相关时,人们不仅会误用可证伪性,也会滥用奥卡姆剃刀原则,造成了近乎于黑的学术灰色地带。另外,有人用一些可能与实际材料和体系毫无关系“时髦”的模型来解释实验,这样虽然“实验验证了理论”,但本质却只是产生与“时髦”理论名词相联系的学术灰色地带,它在科学的误区和学术灰色地带中囚禁了年轻一代的精力和才华^[5]。

Mazin 还探讨了当今为什么不提供任何理论解释的实验文章很难通过“高端”杂志编辑和审稿人这一关,并指出历史上许多重要的实验工作发表并无理论解释。今天提供的所谓理论解释的实验文章大多依赖第一性原理计算的支持和数值模拟。由于它们使用了大量可调参数,实际上并不支持任何实际的东西。笔者也认为,实验物理学家看到的“理论”预言有可能只是某种“有效近似理论”的结果。近似成立的条件有时会十分苛刻,不满足这个条件时实验的理论解释基本都是空谈和误导。

最后指出,如果科研工作与科学家的个人和群体利益发生了强相关,人们不仅会误用可证伪性,也会乱用奥卡姆剃刀。甚至逆奥卡姆剃刀其刃向内、排斥简洁而直接的理论,留下了花里胡哨的东西,造成了近乎于黑的学术灰色地带。在中国,逆奥卡姆剃刀效应会十分明显:由于真正的原创性研究工作不多,工作的价值取向依赖于国外流行,依赖于国内“四唯、五唯”的学术评价,数量导向,操纵期刊引用因子,再加上“顶刊”导向,逆奥卡姆剃刀效应在“国情”下被进一步放大,产生了更大量的跟班式的研究工作,导致了中国科学研究方向性的逆向选择^[7]。

5 结论

从科学哲学的角度探讨了物理学何以唯美求真的方法论价值。笔者强调理论物理之美在于它的风格之美,这不仅仅体现在理论的数学形式上,还与物理学家的思维方式、工作方法以及个人风格密切相关。在理论物理中,“大道至简、求美至真”是久经考验的、好的研究方法,有科学哲学内在逻辑的支撑——奥卡姆剃刀原则与可证伪性的考量。

一个阶段性的正确理论“原则上可以被实验或观察所反驳”,卡尔·波普尔认为,这种可证伪性是科学理论真理性的一个重要特征。科学是一个不断发展的过程,也是一个不断发现理论的边界并证伪它们的过程。这些理解形成了本文的一个主要观点——强调了科学研究的奥卡姆剃刀原则来源于可证伪性要求,使得人们不断追求理论进步、发现科学真理。从科学研究方法角度看,构建一个好的理论,原则上要保证它可以被证伪但事实上却没有被证伪。如果一个理论包含了过多的假设和复杂的机制,那么就很难对其进行直接全面的验证或证伪;相反,如果一个理论足够简单,那么就可以更容易地找到反例来证明它是错误的。

本文还强调,奥卡姆剃刀原则不仅是一种哲学观点,而且是科学研究的实践原则,它从哲学的高度体现了实事求是的科学精神:主张在解释现象时,应使用最简单、最直接的方法解释现象,这样可

以使理论更易于被证伪。在科学研究实践中,它常常被用来剔除繁复的假设,保留最简单的解释,而不是表现新奇的名词包装。由此本文还联系物理学界近期科研风气的一些问题,讨论了奥卡姆剃刀原则在“知识机器”运行中的实际应用,这就使得本文的讨论不只是局限于科学方法论的哲学探讨。

当然,我们不能因为物理学的唯美追求就忽视《知识机器》中所强调的经验性检验的重要性。这是确保物理学理论真实性和可证伪性的必要手段。寻求理论本身的简洁性、统一性和普适性是一种美学追求,也是科学发展的推动力之一。因此,笔者再次强调,不应该将物理学的美仅仅视为科学家的一种主观的感受。相反,我们应该尊重并利用这种客观的美学价值,推动物理学的进一步发展,大大提高人们对自然界的理解能力和。

致谢:王川西博士在文字和资料方面提供协助。

参考文献(References)

- [1] 杨振宁,翁帆. 晨曦集[M]. 北京: 商务印书馆, 2018: 3-19.
- [2] 迈克尔·斯特雷文斯. 知识机器[M]. 北京: 中信出版社, 2022.
- [3] 孙昌璞. 当代理论物理发展趋势之我见[J]. 物理学报, 2022, 71(1): 010101.
- [4] 宋春丹. 王元: 纯粹数学的美丽与哀愁[J]. 中国新闻周刊, 2021(997): 66-71.
- [5] Occam's razor[EB/OL]. [2023-08-23]. https://en.m.wikipedia.org/wiki/Occam%27s_razor.
- [6] 孙昌璞. 量子力学诠释问题[J]. 物理, 2017, 46(8): 481-496.
- [7] 孙昌璞. 量子力学诠释与波普尔哲学的“三个世界”[J]. 中国科学院院刊, 2021, 36(3): 296-307.
- [8] Li S W, Cai C Y, Liu X F, et al. Objectivity in quantum measurement[J]. Foundations of Physics, 2018, 48(6): 654-667.
- [9] 卡尔·波普尔. 科学发现的逻辑[M]. 查汝强, 邱仁宗, 万木春, 译. 杭州: 中国美术学院出版社, 2008.
- [10] 卡尔·波普尔. 客观的知识: 一个进化论的研究[M]. 杭州: 中国美术学院出版社, 2003.
- [11] 卡尔·波普尔. 猜想与反驳: 科学知识的增长[M]. 杭州: 中国美术学院出版社, 2010.
- [12] 王鑫, 张慧琴, 孙昌璞. 从智库研究到智库科学[J]. 中国科学院院刊, 2021, 36(7): 797-806.
- [13] Bringing out the Occam's razor in peer-review[J]. Nature Nanotechnology, 2022, 17(6): 561.
- [14] Mazin I. Inverse Occam's razor[J]. Nature Physics, 2022, 18: 367-368.
- [15] 王鑫, 张慧琴, 孙昌璞. 用科学精神抵御学术滑向灰色地带[J]. 科学与社会, 2023, 13(1): 1-15.
- [16] Qiao G J, Li S W, Sun C P. Magnetic field constraint for Majorana zero modes in a hybrid nanowire[J]. Physical Review B, 2022, 106(10): 104517.
- [17] 平婧, 张慧琴, 董辉, 等. 科技评审中的逆向选择问题[J]. 科学与社会, 2019, 9(3): 8-21.

The methodology of physics in pursuing the beauty of truth: From the falsifiability of science to Occam's razor principle

SUN Changpu^{1,2}

1. Graduate School of China Academy of Engineering Physics, Beijing 100193, China

2. School of Physics, Peking University, Beijing 100191, China

Abstract This article discusses why the development of physics follows the principle of "Simplicity is the ultimate sophistication" from the perspective of the philosophy of science. It explores how the pursuit of simplicity in science leads to more effective approaches in approaching scientific truths. Drawing from considerations of scientific methodology, it explains why falsifiability is a crucial factor in discovering scientific truths within physics, necessitating adherence to Occam's razor principle. The article emphasizes that this principle not only guides scientific thinking but also serves as a criterion for evaluating scientific practices. Given recent instances of certain unethical practices in physics research blurring ethical lines, the article suggests that deviating from the Occam's razor principle might be a methodological root of such issues.

Keywords beauty of physics; path of simplicity; falsifiability; Occam's razor ●



(责任编辑 王丽娜)