

对以量子物理为代表的数理知识科普的思考

徐雅丽

(湖北省科学技术馆, 武汉, 430071)

摘要: 近年来, 以量子物理为代表的数理知识在大众传媒中出现的频率越来越高, 人们对这类知识点的科普需求也大大增加。这是由量子物理越来越深入生活的影响力决定的, 也是未来社会发展的主要技术支撑之一, 加强对量子物理等数理知识的科普, 其重要性不言而喻。然而, 目前的量子物理科普中出现的一些问题仍然值得广大科普人注意, 有些必要的技巧也需要科普人加以吸收利用。本文针对这部分知识的科普特点和科普现状提出问题, 结合实际案例分析并提出科普创作和传播的几点建议, 以期对量子物理及数理知识的科普有所助益。

关键词: 科普; 量子物理; 问题; 建议

Thoughts on the Science Popularization of Mathematical Knowledge Represented by Quantum Physics

Xu Yali

(Hubei Science and Technology Museum, Wuhan, 430071)

Abstract: In recent years, mathematical knowledge represented by quantum physics has appeared more and more frequently in mass media, with its higher demand for science popularization of this kind of knowledge, which is determined by the influence of quantum physics to life. Quantum physics is also one of the main technical support of the future social development. It is of great importance to

作者简介: 徐雅丽, 湖北省科学技术馆。e-mail: oliveward@163.com。

strengthen the popularization of mathematical knowledge such as quantum physics. However, there are some problems in science popularization of quantum physics and some necessary techniques worthy of the attention of the public. In this paper, we put forward questions about the scientific characteristics and the current situation of science in this part of the knowledge, and combines with the actual case analysis, then we puts forward some suggestions for the creation and dissemination of science popularization in the hope that it will benefit the popularization of quantum physics and mathematical knowledge.

Keywords: science popularization; quantum physics; problems; suggestions

一、以量子物理为代表的数理知识科普需求大增

近年来,随着我国人口整体科学素质、学历的提升,在面向成年人特别是青年人的科普领域,高等数学、物理、哲学等内容越来越被大众所感兴趣。尽管,高阶数学、物理知识生硬难懂,要求受众有至少大学程度的数学物理基础,似乎并不适合面向大众进行科普,但事实上,这类知识的科普作品的受众却包含了一批“文科”背景人群(在相关作品的评论中能看到很多文科背景受众的“使用反馈”)。这一事实至少说明,一部分看上去与人们日常生活相距甚远的数学、物理知识已经在潜移默化地影响着我们的社会文化发展,随着社会数字化、算法化的加深,这部分知识的科普需求很有可能在接下来的下一段时期内急剧增长。

本文将量子物理的科普作为这类知识科普的典型例子进行分析,针对这部分知识尤其是量子物理的科普特点和科普现状提出问题,结合科普实际案例分析问题,最后针对以量子物理为代表的这类知识提出科普创作和传播的几点建议,以期对量子物理及数理知识的科普有所助益。

二、简述量子物理及其科普的特点与难点

（一）简述量子物理

2017年10月16日，来自激光干涉引力波天文台（LIGO）和室女座引力波天文台（VIGO）等约70个天文台的科学家代表们，在位于华盛顿特区的国家记者俱乐部举行了两场新闻发布会，公布引力波探测中的新发现和细节，顿时引爆全球媒体实时关注头条，并在一段时间内成为大众媒体的中心话题。

引力波的出现与其说是深空探测的惊人发现，不如说是对量子论的进一步注释。量子这个将能量认为是一份一份具有有限大小的而不是无限可分的想法，是德国物理学家马克斯·普朗克提出后由爱因斯坦在论文中具体阐述的，后者由此获得1921年度的诺贝尔物理学奖。

量子设想的引入使得科学家们能够分析计算微观世界的各种现象，普朗克最初用这一想法来计算能量的分布和变化。量子论系列理论也由此发展而来，被称为量子革命（物理学的第二次革命）。尽管量子论解释了牛顿力学不能解释的现象，回答了很大一批问题，但这一理论所具有的六大特点与经典力学形成了巨大反差，这让大众乃至科学家要理解接受量子理论都十分困难。

六大特点分别是：第一个是穿越尺度时带来的不同；第二个是非均匀性，即有些事物在这个世界里与其他事物相比有不同的表现；第三个是不连续性；第四个是不确定性；第五个是不可预知性；第六个是不能将测量者自己从某些测量里分离出来。^[1]

其中，第四、第五和第六个特点，主要由德国物理学家维尔纳·海森堡和奥地利物理学家埃尔文·薛定谔分别以纯数学的方法演绎。这两位科学家的研究成果，导致了第二次量子科学革命（我们不妨理解为物理学的第三次革命），被人们称为“量子力学”，与早期的量子论区别开来。^[2]这场革命之后，量子力学包含两大特征。其一是，无法推算粒子下一个时刻的具体地

点，而只能得到一个区域分布可能性的概率；其二是实验观测本身对于观测结果具有影响。

正因为量子理论的六大特点与经典力学是如此不同，可以说颠覆了整个牛顿哲学世界观，因此，想用三言两语描述量子力学的主要理论只会让人觉得不知所云，尽管如此，量子力学仍然是 20 世纪物理学的重大成就之一。它对物理学以及科学技术的发展产生了巨大的影响，它与狭义相对论结合产生了量子场论，它还是半导体技术革命的基础，没有量子力学，计算机、手机等现代生活中习以为常的东西都不会存在。

2016 年 8 月 16 日，我国酒泉卫星发射中心用长征二号丁运载火箭成功将全球首颗量子科学实验卫星（简称量子卫星）发射升空。报道称，这是全球首次实现卫星和地面之间的量子通信。^[3]同样的，量子加密术、量子计算机及量子隐形传送正是当下不断取得突破的前沿科学——量子物理，必然是未来的伟大事业。

（二）量子物理科普的特点和难点

毫无疑问，以量子物理为代表的数理知识科普的难点是在解释知识点的推导过程中，需要在“专业、严谨、准确地呈现科学家的理论探索过程”与“贴近大众的讲解方式”之间寻求平衡。通过分析这类知识科普的社会环境，我们还能够看到其在科普传播中的若干特点。

1. 与社会意识形态相互影响及对基础理论科普需求的增加

以量子物理为例，量子物理是当下社会发展互联网、通信等深入影响生活的大型技术——半导体晶体管、集成电路、芯片、计算机 AI 算法、大型数据处理分析、严谨的加密信息传输、实时通信设想等——的基础。这一事实改变了社会文化艺术的风格和人们对待量子物理等数理知识的看法。

首先最为明显的是，牛顿力学时代的世界是均匀的、连续的——大千世界遵循少数几个恒定的定律，只要遵循这些定律，我们就能够计算、推测出还没见过或踏足过的土地。这样的科学观造就了经典的文学艺术审美，与当下文学艺术的多元化、随机化、开放化的特点截然不同。

我们知道,在那些文学尚且备受尊重的年代,规模宏大的叙事性或纪实性的现实主义的文学作品总是能够带给人们很多震动和启发;建筑中的碑、鹦鹉螺等图案;格式严谨有序的古典音乐,还有写实的、歌颂自然的艺术作品。而与之形成对比的是20世纪30年代以来略显怪异的现代主义文学艺术,如荒诞派、卡夫卡的表现主义、魔幻现实主义、意识流等“不知所云”的文学新现象的出现;宗教的影响力不断弱化,对战政治的瓦解和多极化政治格局的出现;立体派画作的影响扩大(量子物理学家尼尔斯·玻尔就在自己家里保存了一幅吉恩·梅辛格的《马背上的女人》,并声称受到立体派画作的影响和启发)^[4]等。

这样一些文学艺术和世界观的改变,让现代人从繁忙的生活中更渴望获得关于基础支撑理论的科普。

与20世纪初只有科学家关心科学不同,当下大多数人都有兴趣关心科学;与20世纪80年代的人只关心日常生活中的科学不同,越来越多的人希望了解新科学突破会给生活带来什么影响;有一定教育基础的人还愿意思考新的科学突破将带领人类去往何方等哲学问题。当下的科普从线上到线下,从少数专家科学家到普通大众自媒体,“量子科普”正在成为科普频道的热门词。

2. 复杂的数学、物理推算和专业名词成为量子物理科普的难点

方舟子曾在个人公众号文章中说“如果没有系统学过牛顿力学,不具有相关的高等数学知识,是不可能真正懂得相对论的”,虽然说的有些绝对,但一针见血地点出了理解这类知识的难点所在。

对量子物理感兴趣的人首先就会接触到光子、粒子、电子、原子等看不见摸不着的小东西,在克服了微观想象之后马上会面临计算能量分布的维恩定律、普朗克常数、玻尔的量子跃迁光谱线公式以及爱因斯坦的动量与波长关系公式等一系列让文科生读不出来的符号公式和普通人看不懂的微积分计算方法,抑或是海森堡的矩阵力学、薛定谔的高斯波包等听上去生疏、了解起来无从下手的方法和概念。

想要跨过这样一些荆棘丛,摘得量子物理总体上的思想和科学创举之

果,就需要科普传播者将严谨的事实性推论、巧妙的传播方式与聪明的领会方法传达给受众。

三、量子物理的科普现状与问题

(一) 文学作品特别是《三体》影响力巨大,但将其充分利用来进行科普的作品不多

2015年、2016年,刘慈欣的《三体》、郝景芳的《北京折叠》分别获得雨果奖最佳长篇小说和最佳中短篇小说奖,一时间,读者成群。《三体》因其宏大奇特的想象和超长的历史跨度,也给了衍生作品成长的空间,动画《我的三体》、书籍《〈三体〉中的物理学》、舞台剧《三体》等相继出现,进一步扩大了《三体》原著的影响力,扩大了理论物理、量子物理、空间科学等科学知识在普通大众之中的影响力。

《三体》难能可贵的是在强有力的物理学知识的支持下,能够让其宏伟奇谲的想象显得那么真实可信,如黑域、掩体计划、阶梯计划、曲率、维度打击等运用了量子物理中的玻色-爱因斯坦凝聚、量子跃迁等原理作为支撑;同时,在社会学、心理学和博弈学的催生下,诞生了一些更惊人、更可信的想象,如危急幼稚症、黑暗森林法则、威慑学等,这些想象不是凭空得来,它奇特,又经得起推敲^①,使故事充实,这些特点,成就了目前它在科幻文学领域最高标杆的地位。

截至目前,除了上面提到的《〈三体〉中的物理学》外,还未见到有一定影响力的将《三体》中的物理学概念进行科普的课程、视频等科普作品,这一宝贵的资源尚待进一步有效的利用与开发。

(二) 量子物理的专业性科普作品数量少,影响力小

在非虚构类方面,除去物理学专业教学书籍,国内影响力较大的有2013年出版的曹天元的《量子物理史话:上帝掷骰子吗?》、2017年李淼(就是

^① 参考网友书评: <https://book.douban.com/review/5795295/>。

前面提到的《〈三体〉中的物理学》的作者)的《给孩子讲量子力学》。此外,苏联瑞德尼克的《量子力学史话》、英国东尼·帕特里克·沃尔特斯的《新量子世界》、德国霍夫曼的《量子史话》等外国科普作家关于量子物理的科普书籍在豆瓣读书网的评分都在 8.6 分以上(评价人数均多于 110 人),也是量子科普内容方面出版多于 20 年的经典科普书籍。

以上作品鲜明地显现出,国外作者的作品影响力和评价综合优于国内作者的作品。曹天元本人及其作品长期以来被认为是科学上不准确、不够严谨的,近年来,由于缺少内容上的更新和大众媒介的推广,他的《量子物理史话:上帝掷骰子吗?》也逐渐平淡于图书市场之中。

1. 文字类生涩难懂,过于专业以及缺乏传播技巧

在京东网图书销售类下,英国科普作家的《量子纠缠:上帝效应,科学中最奇特的现象》排名靠前。但书中大量的公式推导以及用来作比方的“简单的”数学计算模型(但是对于文科背景的读者来说,并没有起到解释作用),读者往往需要硬着头皮,靠毅力才能读完,就不用多说会有什么样的影响力了。

2017 年,在中国科学技术协会推荐的年度科普作品名单中,还有一本美国作者的《量子时刻:奇妙的不确定性》。应该说,该书很可贵地将我们的文学艺术与量子物理的发展与影响相结合,既解释了量子物理许多专业术语在大众媒体和流行文化中的扩大化和误读,也利用“插节”(插在章节之间的一部分较短的内容)解释了黑体的辐射率公式、玻尔的量子跃迁、量子的随机性、二象性等理论形成,对于没有学过高阶数学和系统物理知识的成年人来说是深浅恰当的读物。可惜的是,由于缺乏推广传播技巧,这样一本合适的书也没有获得相应的影响力。

2. 视频类以国外自媒体科普作品为主,国内制作能力相比国外差距较大、制作力量零散

目前在哔哩哔哩视频网站上拥有 22 万多粉丝的传播数学和物理知识的视频内容制作者“3blue1brown”是国外创作者,而前面提到的《量子纠缠:上

帝效应，科学中最奇特的现象》一书在解释光子偏振现象时，远远不及 Veritasium（另一个颇有影响力的国外科普视频专业制作者）的视频所呈现的那么简单明了。

总体来说，只要在网上检索过量子物理的科普视频，就会发现，能把问题讲清楚的基本都是外国的内容制作者（当然国外作者也有大量的不合格作品在网上传播）。国内最具影响力的数理科普内容作者之一目前应该是李永乐老师，其微博已有 220 多万名粉丝，在各大视频网站上也有非常多的用户将其视频分享转发。但与科幻文学界的刘慈欣一样，他们都是数理类乃至量子物理科普内容界的零散星光，远远不足以应对正在不断增强的量子物理内容的科普需求。

四、以量子物理为代表的数理知识科学普及的几点建议

（一）注重知识点本身的科学性、严谨性

曹天元在接受媒体采访的时候曾说，科学家不一定懂科普，因此科普应当交给专业人员去做，科学普及本质上是科学内容的大众传播。虽然说的没错，但科学家也绝不应该在科学普及的过程中缺席，他们有必要为科学普及的内容把准科学标准，至少，应当给予科普传播者可靠的知识支撑。这也是科学普及与大众传播的不同之处，只有注重了科学知识点本身的科学性，才是真正的科普，否则与传播伪科学并无不同。

（二）注重科学史与社会意识形态相关联的叙述

科学史研究者吴国盛教授在他的《科学的历程》中开篇明义点出了学习科学史有助于理科教学，有助于理解科学的批判性和统一性，有助于理解科学的社会角色和人文意义。其中第三点作用，在尤瓦尔·赫拉利的《人类简史》《未来简史》中体现得尤为明显。如果仅仅只是了解知识点的内容，是不会想到它如何与我们的社会意识形态产生互动的，赫拉利的这两本历史学畅销书很好地解释了其中的关系。而在以量子物理为代表的数理知识的科普学

习中,通过我们更有体会的文化艺术政治等意识形态的感受和思考,确实有助于理解量子物理的一些理论设想,这一方法对于文科背景的受众来说尤为重要。

一些量子物理科普作品在一定程度上就是在讲量子物理的科学史,但如何能够将知识内容与其历史发展分配得当、叙述清晰就是科普创作中的关键难点了。

(三) 用语言或比方对公式进行解释

如前文所提到的,在量子物理的科普中,公式必不可少,但过于依赖公式反而不会起到解释知识点的作用。因此,站在不了解高阶数学和物理受众的角度,对公式中的关键部分用语言进行解释就显得事半功倍。同时,通过对公式中的关键部分进行解释,还能够让受众了解推算理论的科学思维。

(四) 注重传播技巧和量子物理等数理知识科普内容制作力量的培养

吴国盛教授曾在《科学的历程》的自序中谦虚地将这部科学史畅销书归功于其出版社运作有方,这其实非常客观地说明了推广等传播技巧对于科普作品影响力和科普效果的重要性。前面所提到的李永乐老师也是通过流量平台才突然间进入大众视野的,这里不是说科普需要追求名声,而是说,一些优质但很少人知道的内容,可以通过运用大众传播技巧来加强科普效果。

上海科技馆曾推出“在量子剧场卖鸡蛋”的科普剧表演,通过故意设置“设备故障,演出无法正常开展”将观众带入科普剧当中,通过鸡蛋是一个一个地卖来说明量子的不可分割性。它既巧妙地运用了即兴表演、观众参与戏剧的传播技巧,又将科普剧与简短有效的知识点相结合,从而达到了非常有力的传播效果。

(五) 将量子物理等数理知识科普纳入新时期公民科学素质

2016年4月,由科学技术部、财政部、中央宣传部牵头,中央组织部等20个部门参加制定的《中国公民科学素质基准》正式发布,其中“第十一条掌握基本的物理知识”所涵盖的8个基本知识点尚未提及量子物理相关知

识。鉴于量子物理已经作为物理基础理论成为许多常见技术的支撑，且对社会意识形态已经产生深刻影响的现状，建议应当将“了解量子物理理论的基本思想原理”加入第十一条的基本知识点中去，让具有科学普及和科普研究职能的机关事业单位能够更有针对性地开展此类知识的深入研究工作，从而加强量子物理等数理知识的普及程度。

五、结语

综上所述，在量子物理科普需求大增的环境下，借助科普事业专业化的良好发展趋势，对案例进行对比分析总结，能够直接帮助科普人进行更有效的科普，也能够帮助缺乏基础的科普需求者运用简便方法更好地理解量子物理等数理知识，从而让从前陌生的数理知识真正走进人们的生活，帮助人们更好地理解社会现状和未来发展。

参 考 文 献

- [1] [美] 罗伯特·P. 克里斯, 阿尔弗雷德·沙夫·戈德哈伯. 量子时刻: 奇妙的不确定性 [M]. 刘朝峰, 译. 北京: 人民邮电出版社, 2016: 24.
- [2] [美] 罗伯特·P. 克里斯, 阿尔弗雷德·沙夫·戈德哈伯. 量子时刻: 奇妙的不确定性 [M]. 刘朝峰, 译. 北京: 人民邮电出版社, 2016: 127.
- [3] 中国新闻网. 中国成功发射全球首颗量子科学实验卫星 [EB/OL] [2018-08-16]. <http://www.chinanews.com/gn/2016/08-16/7973424.shtml>.
- [4] [美] 罗伯特·P. 克里斯, 阿尔弗雷德·沙夫·戈德哈伯. 量子时刻: 奇妙的不确定性 [M]. 刘朝峰, 译. 北京: 人民邮电出版社, 2016: 182.