

·科技纵横·

简约之美

物理学中的统一路,实际上追求的是一种简约之美。

把复杂的事情简单化,是一种本领和智慧。简约并不简单,中国清代书画家郑板桥,在书斋中挂了一幅自写的对联“删繁就简三秋树,领异标新二月花”,以此表明他的书法及文学理念,主张以最简练清晰的笔墨、不同凡响的思想,表现出最丰富的内容。14世纪,在英格兰的一个村庄奥卡姆有一位叫威廉的逻辑学家,此人流传下来一句脍炙人口的话:“Entities should not be multiplied unnecessarily”(“如无必要,勿增实体”),意思是说,删除一切没必要的多余“实体”,留下最少的,这被称为“奥卡姆剃刀原理”。

物理学家的“统一”,归纳起来有3个方面:一是物理规律的统一;二是物质本源的统一;三是相互作用的统一。

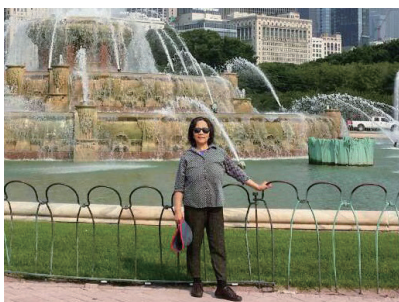
对于理论物理,奥卡姆原理最好的表述是:当你面对着导致同样结论的两种理论,选择那个最简单的,实体最少的。物理统一理论中的实体,可被理解为基本规律、粒子和作用力。也就是说,统一,就是用最少数目的物理规律来描述自然现象;用最少数目的“不可分割基本粒子”来构成所有的物质;用最少种类的“力”来描述物质之间的相互作用。

牛顿曾经感叹地说过:“我能计算天体运行的轨道,但无法计算人类的疯狂。”“奥卡姆剃刀”原则也许难以描述多变的社会现象及复杂的人性,但将其用于科学中的优越性却毋庸置疑。几百年来,这一原理在科学上得到了广泛应用,从牛顿的万有引力到爱因斯坦的相对论,再到如今的标准模型,漫长延绵的统一路上,“奥卡姆剃刀”已经成为重要的科学思维理念。

然而,物理学中的统一理论,是随着时间而变化的。科学发展的不同历史时期,会有不同意义下的不同“统一理论”,它们犹如在一条曲折流逝的河流中,一定位置出现的一片片平静的港湾。

回头看历史,牛顿创立的经典力学,无疑是物理史上第一片港湾。

牛顿有过如此一段名言:“将简单的事情考虑复杂,可以发现新领域;把复杂的现象看得简单,可以发现新规律。”这句话描述了牛顿做物理、数学的基本思想方法,前半句说的是科研中的具体过



程,后半句则代表了他对物理理论规律追求“统一”的奥卡姆剃刀原则。牛顿发明微积分是前者,总结建立力学定律则是后者。

当年,牛顿痴迷于思考二项式展开的数学问题。数学前辈笛卡尔认为其展开后的项数有无穷多,太复杂了,而人的大脑是有限的,不应该去思考这种与无穷有关的复杂问题。可牛顿偏偏迷上了这个由无穷多项求和的复杂概念,这个概念又引导牛顿进一步考虑无限细分下去而得到的无穷小量。他将这无穷小量称为“极微量”,也就是现在所说的“微分”。牛顿发明的微积分为数学、物理乃至其他科学技术开拓了一片崭新的天地。

牛顿之前的物理学,已经有了许多独立的、貌似互不相关的物理定律。牛顿将地球吸引苹果下落的力与太阳牵引月亮绕其旋转的力统一在一起,结合胡克发现的平方反比率,发现了万有引力定律。他将伽利略的惯性原理总结成牛顿第一定律,首先定义了不受外力作用的惯性参考系;然后,再将“惯性”的概念推广到外力不为零的情形,提出非零的力将使物体产生非零加速度,这个加速度与外力成正比,与物体内在的惯性质量成反比。因此,牛顿第二定律将力、加速度、惯性质量三者之间的关系,总结统一在一个简单的数学公式($F=ma$)中,迈出了将运动学发展为动力学的关键性一步,建立了物体在力的作用下的运动规律。接着,牛顿又在第三定律中,提出了任何力都是成双出现的,这两个力总是大小相等、方向相反,称之为“作用与反作用”。

与那些“孤立”定律不同的是,牛顿三大定律所描述的是“所有”物体在力的作用下的运动规律,他将物体的大小、形

状、质地、软硬之类不重要的具体性质通通砍去,只留下一个“质量”。牛顿是第一个认识到这些零零落落的孤立定律之间深刻的内在联系的,他将这些分散的“支流”汇总在一起,完成了物理学上的第一次理论统一。

场论的思想,则始于麦克斯韦和法拉第的电磁场理论。麦克斯韦大刀阔斧地挥舞奥卡姆剃刀,剃去冗余重复的部分,加上必要的新概念,最后将它们高度凝聚提炼简化为4个对称而漂亮的矢量方程式,将电、磁、光三者“统一”于一个经典场中。

爱因斯坦在建立狭义相对论时留下两条他认为必要的实体——相对性原理和光速不变。后来,他将相对性原理扩展,用等效原理将引力质量和惯性质量等同起来,将引力效应与时空几何统一起来,建立了广义相对论。

物理学家们从20世纪80年代开始建立的“标准模型”,是统一路上的一个重要成果。标准模型建立在杨-米尔斯规范场理论的基础上,将目前物理实验能量能够达到的微观世界最小层次的物质结构和相互作用,统一于61种基本粒子。该理论所预言的数种粒子在实验中均被陆续发现,2012年发现的最后一个基本粒子——希格斯粒子为这个理论贴上了一个醒目的标签。

尽管标准模型取得了一定的成功,但也发现它与少量的实验结果不相符。并且,它将引力抛弃在外,因此人们并不认为它能够作为将来所谓“终极理论”的候选者。此外,现有的物理理论也无法解释宇宙学领域传来的有关暗物质、暗能量的新信息。

20世纪初物理界的两场革命,带给了我们相对论和量子理论。如今,物理学需要新一轮的革命,将两者结合统一在一起。这种微观和宇观的统一,是否能为物理学以及其他科学的统一之路,开辟出一条新的捷径?相信科学家们将继续努力,让我们期待欣赏大自然更高层次的“简约之美”!

文/张天蓉

作者简介 美国德克萨斯州大学奥斯汀分校理论物理博士,科普作家。

(责任编辑 王丽娜)