

从物理学的发展看跨学科研究

杨红卫

(北京工业大学应用数理学院 北京 100022)

当前,一门新兴的学科正在悄然发展,那就是跨学科学,它是在跨学科研究蓬勃发展的形势下诞生的。运用多学科的理论、方法和成果从整体上对某一课题进行综合研究,称为跨学科研究。科学发展运动的规律表明,科学在高度分化中又高度综合,形成一个统一的整体。21世纪,不同学科间的联系将更为深刻与广泛。世界许多重大科学技术的突破都是从多学科的角度,运用多种知识、理论和方法才得以解决的。

物理学是一门重要的基础科学,是探讨物质结构和运动基本规律的前沿学科。物理学每一次在探索未知的物质结构和运动基本规律的重大突破都带来新领域、新方向的发展。实际上,物理学的发展本身就包含着跨学科研究的成果。

下面我们就从某些学科对物理学发展的作用以及物理学在其他相关学科中的应用两方面来探讨跨学科研究的意义和方法以及给我们的启示。

一、其他学科在物理学中的应用

众所周知,数学这门学科在物理学中起着举足轻重的作用,被称为“数理不分家”。从牛顿三定律到爱因斯坦的相对论;从高斯定理到麦克斯韦方程组,生动地展示了以数学逻辑表述的物理理论,也成为了跨学科研究的典范。

自从伽利略开创近代实验科学以来,人们对客观世界的认识就没有离开过实验科学,而人们对各种物理现象的认识也不例外。物理学作为一门实践性很强的学科,它的理论的形成和完善必然与技术发展、实验手段的提高是紧密结合的,因而与技术相关的学科的发展必将促进物理学的发展,成为又一跨学科研究的领域。当今,向更为复杂的系统、尺度极大和极小、能标可能最大的物理领域进军,不可避免地需要高精尖的技术做后盾,需要先进的实验方法来实施,在足够多和足够精确的实验结果基础上构建更为基本的宏大理论。比如:宇宙是怎样起始的?为什么造成了现在观测到的宇宙的物质和反物质的不对称性?暗物质是什么?暗能量又是何

物?空间的几何是怎样的?什么是早期宇宙的最好的探测信号?对这些问题的回答,除现已有的空间、地面、地下和沟底实验设置外,还需更先进的实验技术,比如更高精度、多方位、不同设置的加速器和非加速器实验,地下、沟底、地表、大气和定向卫星实验聚集于相同物理目标的实验等等。

物理学的发展中还应用了许多其他学科的方法,麦克斯韦提出位移电流概念的过程就是应用美学方法的生动范例。根据安培定律,电流能产生磁场;根据法拉第电磁感应定律,电荷和交变磁场都能产生电场,要实现电学方程和磁学方程的对称美就应设想不仅电流而且交变电场也能产生磁场,麦克斯韦发挥想象力,建议在安培定律中再加上一项,这一项只是在电流是迅速变化的情况下才具有重要作用,麦克斯韦把它叫做“位移电流”,这是无任何实验依据的情况下,为了满足“对称美”的需要的一种大胆设想。在位移电流概念提出20年之后,赫兹取得了麦氏理论的第一个实验证明。又如:黎曼的预言。科学家在基本粒子弱相互作用理论研究发现,轻子共有4种,夸克有3种。第四种黎曼夸克提出的一个重要理由是什么呢?物理学家许温特追述说:“起先,根据轻子和夸克之间可能有深刻的联系的想法,从审美的角度支持这种建议。因为已知有4种轻子,所以认为如果也有4种夸克,那么,基本粒子谱就会漂亮得多……,于是设计一个新的夸克来填补这个真空。”

以上例举了一些学科在物理学中的应用。总之,跨学科研究存在于物理学发展本身,物理学的发展又是许多交叉学科和新技术学科产生、成长和发展的基础和前导。

二、物理学在其他学科中的应用

首先,物理学理论成为相关技术学科发展的理论基础,并为其提供新技术、新方法。如果说19世纪、20世纪初物理学主要研究的还是自然界天然存在的“物”之理,那么到21世纪,物理学已发展成为一门应用性极强的学科,并不断渗透到通信、材料、

现代物理知识

信息、能源、医学、生命科学等诸多领域,使之被广泛地应用于跨学科研究之中。比如,航天技术是基于物理的基本力学原理;蒸汽机的发明和利用、电能及原子能的利用成为能源科学发展的基础;从利用电子管的第一代计算机、利用晶体管的第二代计算机、利用集成电路的第三代计算机、大规模集成电路的第四代计算机、到正朝着超大规模集成电路以及人工智能化方向、量子计算机方向发展的第五代、第六代计算机都是建立于物理学的理论及其发展的基础之上的;基于受激辐射实现光放大的激光技术的发明是20世纪中能计算机相齐名的科技成就;扫描隧道显微镜(STM)和原子力显微镜(AFM)的诞生被应用于材料科学、表面科学、生命科学等学科领域,可用于进行纳米加工、操纵和排布原子、观察细胞分子;与物理学关系密切的超导材料正在迅速发展;今天我们到医院去检查身体或治病时,许多重要技术也都离不开物理学;在20世纪物理学就已开始向生命科学技术靠拢……,例子不胜枚举,今天的物理学已是生气勃勃地向一切科学技术渗透的一种力量,成为跨学科研究的一门重要学科。

作为跨学科渗透,物理学除为相关学科提供新技术、新方法外,更重要的还有应用它的新思想、新理论去解决其他领域所遇到的问题。以物理学与生物学的结合为例。物理学很早就与生物学有联系,细胞就是英国物理学家胡克用他自制的显微镜发现的,使对生命的描述进入细胞水平。20世纪30年代,电子显微镜发明了,可以看到分子和大的原子,使人类对生命现象的研究从细胞水平提高到分子水平。但物理学与生物学的结合远远不止是物理技术的应用,更重要的还有物理思想的应用。著名量子力学创始人之一薛定谔在《生命是什么》一书中提出:“对生物学的一些基本问题,可用物理学和化学的概念,以精确的措词进行思考”。“熵”在物理学中是一个描述体系内部微观运动无序程度的一个物理量。一个封闭体系,总是会自发地从非平衡态趋向平衡态,在这一过程中分子、原子运动总是自发趋向混乱(无序),即一个封闭系统的熵总是要单调地上升到极大值。这就是物理学中“熵增加原理”。薛定谔认为:“活着的生物如人,是一个开放的非平衡态体系,人不断地新陈代谢,当然也不断地产生熵,因此为了摆脱死亡,就必须不断地从环境中吸取‘负熵’也就是‘汲取有序’,使自己免于衰变为混沌的原

子”。薛定谔引入物理学的概念来解释生命,将生命现象的解释提高到了更微观的水平——分子水平。

可以预期在新世纪中物理学与其他学科之间的应用将越来越广泛。科学家预测:微分几何、拓扑学与大一理论的构造、现代实验技术与宇宙学理论、生物复杂系统物理、量子计算机物理等领域将是今后几十年内最为活跃的与物理有关的跨学科研究领域。

从上述物理学与其他学科之间相互应用的关系中,可以看出要进行跨学科研究至少应具备以下3个条件。

1. 掌握基础理论,打好专业基础:要想把一学科领域的理论、方法、思想应用于另一科研领域,必须对该学科的理论知识有足够的了解和掌握,打好专业基础。试想如果薛定谔不精通量子力学、不精通物理,他怎么也不会把“熵”与生命科学联系起来。

2. 调整知识结构,关注交叉学科:除打好专业基础外,还必须关注交叉学科。21世纪是以创造为特征的时代,不同学科相互渗透、相互交叉,学科的跨度增大,必须强调文理渗透,基础与专业结合,克服本专业学科分割过细、知识零散的弊端,注重体现知识的广博性、整体性和内在结构性,重点关注交叉学科的发展和运用。交叉领域往往较易被忽视。

3. 积极探索,勇于创新:创新是跨学科研究的灵魂。在运用跨学科方法时,要能准确抓住新的重要课题,系统分析有关学科的各种联系,提出新思路和方法,因而必须具备创新意识和创新能力。仍以热力学的重要函数“熵”的应用为例,从20世纪30年代被移植到非平衡态,导致耗散结构理论的建立;40年代被移植到信息中,形成信息熵理论;同在40年代被推广到生物学;直到70、80年代被应用到哲学、心理学、经济学、政治学、社会学等领域,都离不开创新意识和创新能力。

可以说,物理学的发展始终与跨学科研究相伴而行。跨学科领域往往是人们容易忽视,同时也是最有希望的突破口,21世纪各跨学科领域都将会有更迅猛的发展。随着跨学科研究的不断深入,由此而生成的跨学科学的发展也是历史的必然,具有强大的生命力。这也对当今科学工作者的知识结构及教育工作者的教育理念提出了新的要求,即跨学科的知识 and 创新意识及能力的要求。