

物理学在生命科学发展过程中的作用

曾庆军 姚平

在现代科学发展过程中,生物学取得了引人注目的成就,其中物理学、化学、数学向生物学领域的广泛渗透,为分子生物学的产生和发展奠定了基础,分子生物学的兴起,DNA 双螺旋结构的建立,使得生物学的面貌发生了革命性的变化,被看成是生物学发展的一个新的里程碑,它不仅使人们对生命本质的认识飞跃到了一个崭新的阶段,而且带动了整个分子生物学向分子水平的发展,特别是推动了对各种神经系统尤其是大脑活动过程的研究。“生物学”这一传统学科概念正逐步被“生命科学”所取代,同时,生命科学的进步也向物理学提出了新的问题,为物理学开辟了新的研究领域。德国结构生物学家、诺贝尔奖获得者米歇尔(H. Micher)说“我认为最好将物理学和生物学结合起来,称为生命科学”。可见物理学在生命科学发展过程中起着至关重要的作用。

一、物理学与生物学的关系源远流长

生物发光是最古老的生物物理论题之一,早在17世纪基尔彻(Kircher)就研究过动物的发光现象;达芬奇(Da Vinci)研究过鸟的飞行动力学问题;18世纪伽伐尼(Galvani)研究了蛙肌的静电性质而发

出现更是把这一方法推向新的阶段,1978年胡德斯等人通过测定激光谱线的频率和波长,得到光速 $c=299792.4588\pm 0.0002\text{km/s}$ 。

在测定光速的漫长历程中,有两个事件值得我们注意。其一是关于光的本性。17世纪存在两种说法,即牛顿的微粒说和惠更斯的波动说,两者分别成功地解释了光的反射和折射等现象。但由微粒说推出光通过较密的介质时速度较大,波动说则认为较小。牛顿的权威使人们在长达100年的时间里一直排斥波动说,直到1850年,傅科测出了光在介质中的传播速度小于在真空中的速度,从而使微粒说遭到致命打击,微粒说才被抛弃,这个实验也成了微粒说与波动说之间决定胜负的著名的判决性实验。其二是关于“以太漂移”问题。19世纪,当波动说获得成功以后,科学界普遍认为,应当存在一种可以传播光波的介质,这就是无所不在、绝对静止的以太。以

现生物电现象;托马斯·杨(T. Yang)在提出光的波动学说和色觉理论的同时,研究了眼的几何光学性质及心脏的流体动力学作用;19世纪,确立热力学第一定律(能量转化和守恒定律)的三位科学巨匠迈耶(R. Mayer)、焦耳(J. R. Joule)和亥姆霍兹(H. L. F. Vonheltz)中迈耶和亥姆霍兹当时都是生物学家,他们之所以提出能量守恒定律都受益于对生物问题,如热带地区人体静、动脉血液颜色及能量供给的思考和热、功与生理过程关系的研究,同时他们提出光合作用也是能量转换过程;进入20世纪,物理学与生物学更是进行了深层次的结合,物理学与生物学的结合具有悠久的历史。

二、物理理论和技术的应用

使生命科学取得突破性进展

20世纪是物理学发展的辉煌百年,相对论和量子力学的建立使近代物理学以雷霆万钧之势将世界推入现代高科技时代,原子能、微电子、激光、超导、纳米材料等导致了第三次工业革命,推动了人类社会的飞跃发展,物理学理论和技术向生物学领域的渗透,使生命科学取得了一系列的突破性进展。X射线衍射结构分析阐明DNA双螺旋结构和基因

太一度成为人们关注的对象,很多人试图从实验中检验以太的存在和它的属性,并希望测出地球相对于以太的速度即所谓“以太漂移”速度。其中最精确的当属迈克耳逊—莫雷的干涉仪实验,然而实验结果指出:真空中光的速度和光源或观察者的运动无关。这并不是迈克耳逊所预期的结果,但却成了爱因斯坦狭义相对论的验证。

1983年10月20日,在巴黎召开的第十七届国际计量大会通过:一米是光在真空中 $1/299792458$ 秒的时间间隔内所传播路径的长度。这一定义的意义在于:把真空中的光速值规定为一个固定常数,真空中的光速值在物理学中不再作为一个可测量的量,它的不确定度为零,从而结束了历时300多年精密测量光速的历史。尽管如此,这些测量工作对物理学发展所起的推动作用仍然是不可磨灭的。

(青岛山东科技大学理学院 266510)

三联体遗传密码的建立成为 20 世纪自然科学史上最重大突破之一, 随着 X 射线衍射对肌红蛋白和血红蛋白分子空间结构的解出, 开辟了生物学的新纪元——分子生物学时代。除 X 射线晶体衍射分析外, 二维和多维核磁共振波谱 (2D、3D、4D-NMR)、正电子发射断层扫描 (PET)、扫描隧道显微镜 (STM)、中子衍射、圆二色、拉曼光谱及其他动力学和图像分析等物理技术的不断革新和应用, 对生物学走向定量、精细研究发挥了巨大的, 有时甚至是决定性的作用。另一方面, 物理学理论中的非平衡态统计物理和非线性科学的发展为解释生命现象的本质创造了条件, 在神经中枢网络的研究中可以采用描述具有许多相互作用原子的系统的统计物理学模型。正在进行的全球生命科学的最大研究项目“人类基因组作图和测序计划”中, 尖端的物理技术和非线性理论也起着至关重要的作用。目前, 世界上各国科学家在物理学和生物学交叉方面的研究大体可分为以下几个方面: 分子生物物理、膜与细胞生物物理、感官与神经生物物理、生物控制论与生物信息论、理论生物物理、光生物物理、辐射生物物理、生物力学与生物流变学、生物物理技术等。

三、物理学家的参与推动了生命科学的发展

除了物理学理论和技术的发展之外, 一些具有远见卓识的物理学家的推动对于生命科学的发展也起了重要的作用。

1943 年量子力学的创立者之一、诺贝尔奖获得者薛定谔 (E. Schrödinger) 的系列演讲《生命是什么——活细胞的物理学观》, 倡导用物理学的观点和方法探讨生命奥秘, 针对开放的处于非平衡态的活机体系统, 第一次提出用“负熵”的概念来说明生命过程的有序性, 同时提出遗传的物质基础是有机分子, 第一次提出了“遗传密码”的概念, 并指出生物遗传性状以密码形式通过染色体传递, 还提出了生物体内存在量子跃迁现象。其讲稿出版后产生了很大影响, 被称为“从思想上唤起生物学革命的小册子”。受其影响, 1953 年生物学家沃森 (J. Watson) 和物理学家克里克 (F. H. Crick) 在英国剑桥大学卡文迪什实验室成功地确定了 DNA 的双螺旋结构, 薛定谔的其他见解后来也陆续得到证实, 许多物理学家由此大受鼓舞, 纷纷转向生物学研究, 使得生命科学出现了蓬勃发展的局面。

四、生命科学的进步为物理学提出了新的问题,

开辟了新的研究领域和生长点

物理学的理论和技术向生物学的渗透, 促进了生命科学突飞猛进的发展, 同时生命科学的进步和发展又给物理学提出了层出不穷的新的问题, 推动了物理学的进一步完善和向更高、更深层次的进展。

热力学第二定律和达尔文的进化论是同一历史时期的两个重大科学理论, 然而在系统发展演化的规律上却演化出了截然相反的结论。把热力学第二定律应用到整个宇宙, 将得出宇宙的熵会趋于一个极大值, 宇宙终将达到平衡态, 即热寂状态, 这就是宇宙的死亡, 但是我们所看到的宇宙万物和所知道的宇宙发展却按进化论的规律从无序到有序, 生物从低级到高级, 是一幅生机勃勃的图像。为解决上述矛盾, 人们不得不把生命世界和非生命世界结合起来研究, 寻找共同的规律, 后来发现非生命世界内也存在大量的像生命世界内的自组织现象, 从而建立了耗散结构理论和协同论, 澄清了热力学第二定律与进化论的矛盾, 开辟了非平衡态物理学的新领域, 也赋予了生物学几乎全新的概念。再例如, 1953 年 DNA 双螺旋结构模型建立后, 人类一直梦想有朝一日能亲眼看到 DNA 分子的“庐山真面目”, 这也给物理学提出了新的要求。扫描隧道显微镜的发明和应用, 使这个愿望终于在 20 世纪 90 年代初变成了现实。同样生物大分子结构、构象与动力学研究激发了大量物理技术的诞生和发展, 如波谱技术、光谱技术、新型显微技术 (扫描探针显微术、分子激发显微术、共焦显微术) 及各种图像分析技术等。另外, 测定弱磁信号、检测微量成分的无损技术随生命科学的需要应运而生。如今随着生命科学对人类大脑活动过程研究的深入, 生命科学又给物理学开辟了新的研究领域。

综上所述, 生物学和物理学是在相互作用、相互促进的过程中不断向前发展的。生物学因不断吸收物理学的成果和技术而使自身向精确、定量、更深层次的发展, 其每一次突破和飞跃都离不开物理学的推动, 物理学的理论和技术在生命科学的发展过程中起着至关重要的作用, 物理学则在向生物学渗透的过程中拓展了自己的研究领域。生物学终究要根据物理学的原理来研究极端复杂的生命过程, 物理学通过无序系统的研究、通过应用统计学和使用灵敏的仪器, 最终能够用它的基本原理来讨论复杂的生命过程。

(湖北荆州长江大学物理科学与技术学院 434100)