

# 物理学对现代生物学发展的影响

季佐瑶

学科因科技发展而细分,学科又因研究需要而交融,聚散共生是现代学科变化的主旋律。

从物理学发展看,学科划分越来越细,分支也越来越多。出现了众多物理新学科,如量子电动力学、非线性光学等。物理学门类不断分化的同时,又与其他学科大规模地融合,催生了众多的跨专业、跨学科的边缘学科和交叉学科。如量子力学的发展成就了量子化学、量子天文学等新学科的诞生;物理向生物的渗透产生了生物物理学;物理应用于疾病的预防、诊断、治疗和保健促进了医学物理学问世。这些学科不仅拓展了物理学的研究领域,也为其他学科的发展提供了新方向。物理学的巨大魅力在于它包罗万象,在改变世界的同时,使人类的认知能力不断升华。世界是物质的,一切物质是分子原子构成的,这是各个学科面对不同研究对象的共性,也是物理学能够向其他学科渗透的重要原因之一。物理学的巨大魅力还在于一门成熟的学科表现出来的深刻、缜密、简洁、优美的研究风格,以及稳定的研究模式:透过现象揭示本质;借助数学和逻辑精确定量的表达。物理的风格和模式为许多学科借鉴或采纳。以物理原理为支撑的众多先进技术或仪器,无一不被其他学科所利用。

DNA 结构的成功发现,展现了物理学与生物学完美结合的深远意义,彰显远缘杂交在对抗、交融过程中,迸发出突破与超越的无穷力量。

## 远缘杂交的成功典范

物理对生物发展起着怎样的引导作用?且听诺贝尔物理学奖得主,美国物理学家理查德·费曼的诠释:“在当代,肯定没有哪门学科或者领域,能够像生物学那样,在如此多的前沿上取得如此大的进展。如果我们要提名一个引导我们在理解生命的探索中不断前进的最强有力的假设,那就是:万事万物都是由原子构成的,并且生物体的一切行为都可以通过原子的振动来理解。”上世纪60年代以前,生物学主要内容无非是生物分类,收集动植物标本等,是一门记述性学科。理查德·费曼这样形容:“在生物学的早期,生物学家限于进行纯粹的描述性工作,找出有

哪些生物体,所以他们要做的便是诸如此类的事,像数跳蚤脚上有多少根毛之类。”那时人们认为物理学才是真正的尖端科学,优秀的人才都向物理领域汇集。生物学家关注冗长的实验数据;而物理学家习惯把复杂系统概括为几个基本原理或公式。物理与生物研究对象不同、研究方法各异,形成两门风格不同的远缘学科,要把两个学科结合起来并非易事。物理学向生物学的渗透,并产生明显的引导与推动作用,是从DNA结构的探索开始的。

1932年8月,丹麦物理学家,量子力学的领头人、诺贝尔物理学奖得主玻尔在《光与生命》的演说中,明确指出物理学是一切自然科学的理论基础,生物是不同于物理世界中客体的“另外的物质对象”。物质性与生命现象存在互补关系,两学科是可以相容的。玻尔提出用量子力学的方法研究生命科学:“如果同时研究生物学参数和物理学参数,则存在着类似海森伯测不准原理的关系。”1944年,奥地利物理学家、量子力学创始人之一、诺贝尔物理学奖得主薛定谔在《生命是什么》一书中,从物理学的视角指出:生命是物质的,物理学的发展也必定要涉及涵盖生命物质规律的研究,生命物质的运动必然服从已知的物理学定律。薛定谔预言:遗传密码的存在,生命赖“负熵”以生存,量子力学应当成为生命科学的基础。他同时指出:生命物质在服从迄今的“物理学定律”的同时,可能还涉及到至今还不了解的“物理学的其他定律”,这些定律一旦被揭示出来,将跟以前的定律一样,成为这门科学的一个组成部分。薛定谔呼吁:生物学研究的新纪元即将开始,物理学家投身到生命科学的研究中去,在新领域里大展宏图。

玻尔与薛定谔为研究生命现象指出了明确方向,在物理、生物及相关领域引起了极大的震撼,激发了一场深刻的生物学革命,影响着一代科学家,许多不同领域的科学家由此走上了揭开生命奥秘的共同征程。其中最优秀的代表就是日后被称为“分子生物学之父”的英国物理学家弗朗西斯·克里克(Francis Crick)、美国生物学家詹姆斯·沃森(James Watson)和英国物理学家莫里斯·威尔金斯(Maurice

Wilkins)。

克里克一开始是被玻尔对生命现象的理解,及学科间互补的哲学思想深深打动。此后薛定谔的《生命是什么》进一步激起克里克极大兴趣,“是其中包含的神秘吸引了我:生命的神秘和认知的奥秘”,克里克激动地回忆当时的感受。当时克里克正在剑桥大学攻读物理学博士学位,他意识到生物学广阔的领域需要物理学家参与共同开拓,毅然从武器方面研究转向生物学。沃森在芝加哥大学上三年级时就阅读了《生命是什么》,书中认为生命的本质存在于信息中,而生命的特异性存在于染色体中;生命中有一份“说明书”,它印在分子上;分子一定有某种非常特别的结构,有某种复制信息的方法。沃森悟出“联结原子、分子与生命本质之间的关键因素是基因”。从此他的兴趣从对鸟类的研究转向解决“生命是什么”这一难题。克里克与沃森认定:所有生命的现象,都是在分子的层次所产生的,生命和灵魂的奥秘最终只归结于一些简单的分子,所以如果不从根本上研究这些分子及其组合的话,那么就不可能研究任何生命现象。

为了揭开 DNA 结构之谜,一大批优秀的物理学家先后加入到探索队伍中来。早期除克里克、沃森外,还包括威尔金斯(物理学家)、富兰克林(物理化学家)等。威尔金斯是从原子弹研究转向生物学研究的。他回忆说,是薛定谔用物理学的语言描述生命现象,在自己面前展现了“生物物理学”的美妙前景。富兰克林是一位才能卓越的物理化学家、结晶学家和 X 射线衍射技术专家,曾在法国巴黎研究煤的结构,后参加威尔金斯的研究小组。她用 X 射线衍射 DNA 晶体得到的影像,非常清楚地证明了 DNA 很可能是螺旋结构。这张名噪一时的照片不仅显示了富兰克林精湛的实验技能,同时也说明物理技术和实验手段对生物学研究的重要贡献。

直到 1953 年人类才弄清 DNA 是呈双螺旋结构的线性分子,它们组成染色体。染色体呈短棒状,存在于细胞核中。DNA 片段是基因,基因携带遗传信息,基因的本质是脱氧核糖核酸。DNA 双螺旋结构的发现,并不是物理学与生物学简单的交叉与揉合,更重要的对原有两学科的突破与超越,是两门远缘学科杂交的成功典范。它宣告了分子生物学时代的来临,此后,对生命现象的研究,深入到了分子水平寻找本质规律,为人类认识生命过程的发生、遗

传、发育、衰老、进化奠定了坚实的基础。

1962 年,克里克和威尔金斯,以及生物学家沃森获诺贝尔生理学 and 医学奖。而富兰克林因患癌症,于 1958 年不幸英年早逝,未能获取这一殊荣。但她对 DNA 结构的发现是功不可没的。

知识异质互补——创新与突破能力的完美组合

美国科学学与情报学家普赖斯说:“大科学时代的一个突出特点是科研活动不再是分散的、单纯的个人行为,而是已经演变成为一种跨学科、聚焦型、多人员参加的集体性协作。”不同的学科背景、不同的思维习惯,影响着思维的方向,思维方向对研究的成败起着举足轻重的作用。比如对同一个生物系统,物理学家先分析主要矛盾,简化复杂体系,最后将系统的运动规律用数学公式定量描述;而生物学家热衷于对复杂现象罗列和整理,依靠文字和图表达活性机体的功能。在考察相互作用的蛋白质时,物理学家希望了解发生结合的深层原因,过程进行的速率多大?生物学家则耐心地记录两个蛋白质相结合后所发生的一连串现象,希望以此看出规律;可见不同的学术背景思维方式和思维方向存在很大的差别。

从这个意义上看,克里克与沃森在物理和生物知识异质互补上占有绝对优势,堪称现代生物学史上的最富创造性、最完美的组合。之外,克里克和沃森的成功,还在于有良好协作关系,存在争论又相互尊重,服从真理。他们甚至与竞争对手威尔金斯也有良好的私人关系,既竞争又合作,这使得他们能够获得重要实验数据,他们具备交叉的综合分析能力和谦虚的学习态度,这使他们能得到正确的核苷酸配对方式。这些因素决定他们在破译基因结构之谜的竞争捷足先登。

事实上,威尔金斯和富兰克林的研究开始时是领先的。那时克里克和沃森是名不见经传的年青学者,威尔金斯则是最先涉足 DNA 研究的权威之一,已有相当威望。沃森承认:在欧洲一次学术会议上,听到了威尔金斯关于 DNA 结构分析报告,并看到了富兰克林拍摄的 X 射线衍射照片后,受到很大启发。尽管威尔金斯和富兰克林在各自的研究领域造诣很高,甚至富兰克林在结晶学研究上位居世界前列,他们对 DNA 结构的研究曾做出了重大的贡献,为克里克和沃森的发现提供了佐证。但非生物学的专业背景,使他们难于理解 DNA 分子结构的生物

现代物理知识

学意义,对碱基配对和双链的走向结构不能明确肯定。富兰克林甚至认为,DNA的螺旋结构是在特殊条件下呈现的,并不具有一般的意义。生物学专业知识的先天不足,导致对实验结果缺乏综合分析能力和想象力。从这一角度,他们逊于克里克与沃森组合。此外协作的不和谐,也大大影响了研究水平和进度,最终导致“双螺旋结构的最先发现者”的桂冠旁落。

虽然物理的基本理论涵盖生命物质的运动规律,但生物学研究对象的复杂及庞大程度,远远超出了物理学传统的研究范畴,如果把生物体看作只不过是原子的集合而已,无异于将物理完全等同于生物,生命现象除了必须服从物理规律外,还必须遵守生物规律。物理学知识是理解生命现象的基础,但不能代替生命科学去解释生命现象。面对物理学中根本不存在的活性机体、组织功能、细胞复制等一系列生物学概念,其实物理学家们面临极大的挑战——需要更多异质知识的补充。

#### 物理新视角——从理解生命到创造生命

物理学研究的最高境界是什么?且听美国物理大师,普林斯顿大学教授约翰·惠勒精辟地描述:“总有一天,有一扇门肯定会开启,显露出这个世界的闪闪发光的中心机制,既质朴,又优美。”

无论是欢迎还是反对,控制生命、修改生命、创造生命无疑是21世纪最活跃、最诱人的领域。

随着生物学关注的范围越来越广,生命科学涉及的问题越来越复杂,需要的技术也越来越高,任何单一学科均无法全面满足生物学发展的需求。物理学、数学、化学、工程学、计算机科学等非生物学科与生物学相互融合成为必然;多学科交叉的研究机构也应运而生。许多优秀的物理学家信心十足的将研究重心转移到生命领域,融入生命研究的海阔天空之中,即使举足轻重的科学家们并不清楚生物发展之路终将延伸至何方。

2002年7月,美国能源部批准了加利福尼亚劳伦斯伯克利国家实验室的一项为期五年科研项目,在物理学与生物学的领域内建立起新的交叉研究中心,资助资金达3660万美元。该中心以34岁物理化学家亚当·阿金为首的研究组,从集成电路的芯片设计中受到启发,计划开发一种表达细胞如何工作的电脑模型。上世纪,生物学家研究细胞对环境刺激的反应,希望探索细胞工作机理。人们期待,通过

科学家的电脑模拟,掌握细胞工作机理,人类随心所欲地设计细胞便指日可待了。这项浩瀚的工程可能让科学家们耗费上百年时间。

2002年8月理论物理学家奥纳奇克所领导的CTBP研究中心获得了美国国家科学基金为期五年金额为550万美元的资助,以促进生物与物理的合作。奥纳奇克之所以能进入生物学领域要归功于他的导师物理学家约翰·霍普菲尔德(Jotto Hopfield),他于20世纪80年代末在霍普菲尔德的指导下在加州理工学院攻读博士学位,研究课题为生物电子输运反应理论。

“软物质”就是美国人所称呼的“复杂流体”。如果没有软物质,生命也不复存在。任何生物结构(包括DNA、蛋白质和生物膜)都是建筑在软物质的基础上。推动“软物质”这门跨物理、化学和生物学的交叉学科发展,便是凝聚态物理学家,1991年诺贝尔物理奖得主——热纳。

虽然这些物理学家们的研究目前尚未获得完全令人信服的结果,或者说还在继续探索之中,但随着研究的深入,相信必将会出现重大突破,对人类进步产生不可估量的影响。

现代生物学已从形态的定性记述,转变为功能的定量描述,并步入生命现象的本质研究阶段。但生命过程中的许多复杂现象:血液循环、心脏跳动、肌肉的机械运动、细胞的能量转移、信息的传递、视觉机制、听觉机制等,本质上都遵守着物质运动的基本规律。物理学和生物学将出现更高层次上交叉与融合,继续探索生物体的内在规律,揭示生命的奥秘,并带动其他学科发展。具有异质知识的人才或者人才组合必然成为21世纪生物学领域的研究主体。人类终归要超越对生命认识,完成改变生命并创造生命的升华。

(贵阳市贵州大学高等教育研究所 550003)

