

生物物理学简说

程民治

(安徽省巢湖师专物理系)

进入本世纪以来,现代科学发生了伟大的革命,一系列的交叉学科——边缘学科、综合学科、横断学科纷至沓来.其中,生物物理学的创立,犹如一匹黑马,闯入了鼓乐齐鸣的科学圣殿.

一、物理学家智力的横向转移

当生命科学从单纯描述的阶段发展到穷究机理的阶段时,仅仅依靠生物学家是无法推动生物学的发展的,它必须依靠物理学家、化学家和数学家的通力合作.

在寻求这一新的科学“生长点”和“再生核”,实现生物学与物理学、化学等学科相交叉的契机之际,物理学家首当其冲.因为他们从科学发展的内在逻辑上,清楚地看到了物理学的前锋受阻,必然要实现智力的横向转移,或者“回采”老的学科领域,这样便能激发出新的交叉学科群.于是,他们以“神猴多变”的本领,变换和更新思维模式,将光谱学技术、X射线衍射技术,以及非平衡态热力学、电磁学、量子力学等理论成果,大胆地引入到生物学领域,迎来了一代壮观的生物物理学的出现.

近代物理学的奠基人之一尼尔斯·玻尔,可谓是在这一新的学科领域内首开犁铧.他曾将量子力学中的测不准原理运用于生物学领域,提出了一种在更高层次的测不准原理:要阐明活的机体的生命现象,人们必须进行必要的测量和实验;但这些操作往往又会强烈地干扰着生命的活动过程,甚至使生命本身被破坏.譬如,我们若将一只手切下来进行研究,那这只手已不再是具有生命意义的手了.但若不对手作接触性乃至解剖性的观测,又无法了解手的全部生命活动.于是,我们陷入了一个两难境地.摆脱这一困境的办法,就在于引入互补原理.1962年,量子力学的奠基者海森堡也提出,

仅从一个物理学家的角度分析,完善地描述一个生命体系是不可能的,因为需要进行的实验本身又强烈地干预生物的正常功能.这些物理学与生物学交叉的新思想,已成为现代理论生物学的基础设想.

以研究光子-光子散射而闻名的理论物理学家德伯鲁克,从30年代开始,就在玻尔的影响下转而研究生物学.他抓住了遗传这个基本问题,创建了噬菌体研究组,研究X射线对基因的诱变效应.他发现基因存在10倍于原子线度的微观范围中,并在玻尔互补思想的启迪下,认定基因不是传统物理、化学中所设想的分子,提出了靶子学说.尽管因他把注意力集中于蛋白质而忽略了核酸,但正是由于这个组获得的大量分子生物学资料,为日后分子生物学的诞生作好了充分的准备.

“给生物学增添了异彩”的开拓性著作《生命是什么?——活细胞的物理观》,就是奥地利物理学家、量子力学创始人之一薛定谔于1944年发表的.在这本小册子中,薛定谔从物理学的角度审视和研究了活细胞,谈了三个问题.一是论述了生命的热力学基础,提出生命是非平衡开放系,靠负熵为生的概念;二是论述了生命的分子基础,提出大分子的非周期结构包含的大量信息可作为遗传基因的物质基础,首次提出了遗传密码的概念;三是强调了生物过程和物理规律(包括当时刚发现的量子规律)相协调的观点.由于薛定谔坚决主张将量子物理学的研究成果应用到生物现象中去,从而使这本小册子闪烁着理论生物学思想萌芽的光辉.

分子生物学的创建是以1953年华特生和克里克提出的DNA双螺旋模型为标志.克里克是剑桥的晶体物理学家.戴森在回忆二次大战后剑桥的情形时说:“当时卡文迪许实验室主任小布拉格支持的是一伙怪人,从搞高能的人看来很难叫做物理学的……其中有个疯子叫克里克,他似乎对物理学一概丧失兴趣.”然而几年之后,这位不按常规搞物理学要独辟蹊径的人,既不赶时髦,也不怕同行者的轻蔑,一举成功地开创了分子生物学.

耳蜗隔膜动力学的鼻祖——匈牙利的比克西,声称他是用“一种非传统的方法做科学研究的。”正因为如此,他最初写的论文不知道该送到何种刊物上发表.生物学杂志认为它不是生物学,而物理学杂志认为它不是物理学.

诸如上述在生物学上作出卓越贡献的物理学界的怪杰,还可以举出很多.X射线体层照相术(CT)的发明者,即1979年生理学医学诺贝尔奖金获得者科马克与豪斯菲尔特,前者是理论物理学家,后者则是电子学家.遗传密码理论的创始人——伽莫,既是以研究 α 蜕变和提出Gamow-Teller选择定则而闻名的核物理学家,又是提出大爆炸宇宙论的天体物理学家.如此等等,不一而足.生物物理学就是主要由这样一些无畏的富有创造才能的物理学家,打破囿于某种思维定势形成的理论探索单一化的常规,创立和发展起来的.

具体而言,在推动近代生命科学的发展中,物理学的巨大贡献主要表现在两个方面:首先是为生命科学提供了现代化的实验手段.例如,从X射线衍射分析中获得了大量的DNA晶体结构资料,促成了人们对DNA双螺旋结构立体模型的认识;利用CT技术观察到了生物体内的解剖图象;运用核磁共振现象测定了细胞内部的PH值,细胞结构的改变和ATP(一种细胞能源)的生化变化,以及无损伤条件下对人体内部脏器进行观察;尤其是近代物理学向分子生物学所提供的扫描隧道显微术这个新的实验手段,还荣获了1986年的诺贝尔物理学奖.其次是近代物理学为生命科学提供了理论概念和方法,它们还导致了一系列新兴学科——理论生物物理学和生物电磁学等边缘交叉学科的诞生.难怪玻尔在《光 and 生命》一文中指出:“要用严格的物理术语来解释生命的本质.”“生物学像物理学一样,当它使用新的概念和方法时能够进展到更高水平.”而所有对生命现象的唯一令人满意的解释所采用的概念和方法,则取决于物理学家在跨学科研究时,思维魔变而产生的智力的横向转移.

二、生物物理学及其前景

所谓生物物理学,指的是运用物理学的理论、方法(尤其是数学方法)和技术研究生命物质的物理性质和生命现象的物理运动的一门学科.它包括分子生物物理、细胞和膜生物物理、感觉和神经生物物理、理论生物物理(分子遗传学、量子生物学、神经网络理论)、生物电磁学、细胞运动和骨架等主要分支.它既从微观角度研究生物大分子的结构和运动以及分子聚集体(膜、细胞、组织等)的结构、运动与功能;也从系统、信息和控制的宏观角度研究生物系统的物质、能量和信息转换关系.前者以“细胞生物学”、“分子生物学”、“量子生物学”等的发展为主要标志,后者包括从研究生物体的器官、整体到研究种群、群落、生态圈.

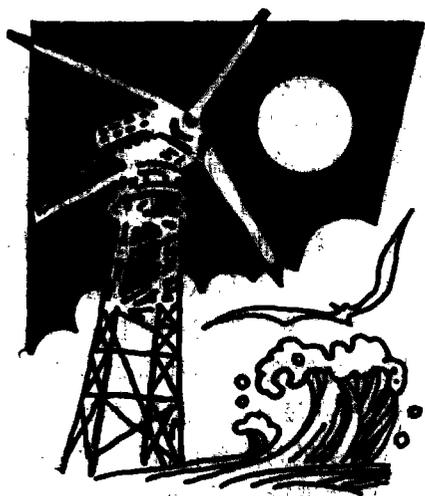
譬如研究生物体的生存与周围环境关系的“生态学”就是从宏观角度来考察生物系统的.如研究大熊猫的生态学问题,不仅要涉及到大熊猫所处的地理环境、气象条件,而且要研究它的主要食物——竹子的生存情况以及天敌(黑熊等凶猛动物)的存在和对大熊猫的伤害情况.既然研究诸如大熊猫等生物体(种群)与环境“关系”的科学已经牵涉到“系统”,则显然不能只用局部观察的方法来达到研究的目的,还要加以“定量的分析”.这样就可以通过一个数学模型——种群生态学模型,来描述各种群与自然环境之间的“关系”.

众所周知,生命是一个高度组织的系统,是自然界最伟大的创造.生命不仅具有高度有效的物质和能量转换的功能(如植物的光合作用,微生物产生各种物质,肌肉的收缩功能等),而且还具有十分精巧的信息处理的功能(如感觉、神经控制、记忆学习和认知、创造和思维功能等).这两个方面都比现有科学技术创造出来的人工功能更为精细、敏捷和有效.但是,长期以来,人类生产并没有完全脱离动物式的自发盲目性.人类自身的过度繁衍;以及为了维持这种繁衍而对自然进行过度的开发,造成人与自然的不协调.工业时代的污染和资源开发加速了地球物理环境的严重破坏与资源的耗竭.加之社会老龄化、征服不治之症、高科技社会带来的

紧张等,使人类生存面临着各种各样的难题.因此,在今天,向生命学习高技术,对人类来说就具有特别重要的现实意义和深远的战略意义.况且,现有的科技模式规模庞大,建立在高温、高压、高速、高能耗的基础上,这就预示着向生命学习完全有可能使科学技术根本改观,使它对人类更为温和,使人类社会与自然环境更加协调,从而实现人类在更高层次上向大自然的回归,并逐步摆脱如上所述的生存困境.根据上述思想,在1986年,日本率先提出了一个称为“人类前沿科学计划”的庞大研究项目,并准备提供1万亿日元促其实现.国际上把它看作与美国的战略防御计划和欧洲的尤里卡计划鼎足而立的三个重要规划之一.

在向生命学习的宏伟任务中,生物物理学占据着至关重要的地位.因为,生物物理学不仅在自然科学的发展中具有深远的理论意义,而且在人类科技新模式的探索中可以借鉴.

例如,一些生物物理学家和理论物理学家,从研究生物系统超微弱发光的物理本质出发,在观察了它与生理和病理过程的相关性、光谱、对生物体温度的依赖关系、光学透射性、光子计数统计和光照诱导的延迟发光的衰减动力学以后,提出了如下假说:一部分生物系统自发发射



或光诱导发射的光子起源于生物系统内的一个完全相干的电磁场,这种由生物体内相干电磁场释放的光子叫做“生物光子”,而且,这种相干的电磁场很可能是活组织内通讯联络的基础.提出这一假说的代表人物是德国生物物理学家波普;他在理论物理学家弗罗利克发现的活组织里存在着造成生物系统有序性的相干长程相互作用的基础上,提出和构建了生物光子的“相干理论”.这个理论尽管还不是尽善尽美,但它可以成功地解释某些生物化学无法解释的实验现象,使人们对生物系统超微弱发光现象有了新认识,进而从生物光子的角度来探索生命过程的物理本质.

又如,神经网络理论是近年理论生物物理的一个重大突破,1982年物理学家霍普菲尔德提出神经网络的一种数学模型,并研究了网络的动力学性质.发现这种网络具有一些特别令人感兴趣的智力功能,像联想记忆、模式识别和误差自动校正等.后来他又设计出简明电路模拟网络.证明网络能解决“流动推销员问题”等数学“疑难症”.这些研究成果,使新一代的计算机——神经计算机应运而生.

再如,研究生物系统与电磁波的相互作用的生物电磁学,不仅已经注意到微波辐射下的生物危害效应(如在高压输电线下居住的人患白血病和中枢神经系统肿瘤的危险性高于居住其他地方的人),而且开始注意电磁波在医学和生物学上的应用.目前,面临着日渐突出的电磁辐射污染问题,各国相继制定了电磁辐射安全暴露的卫生标准;再则是利用电磁能的热效应进行肿瘤的高温治疗和一般的电磁热疗.

总之,生物物理学的创立,是人类用物理学知识去揭开生命之谜的一个极其重要的里程碑,它为生物工程展现出无限美好的前景.这正如我国杰出的物理学家王淦昌先生所说:“生物物理就是一个重要的方面”(在《现代物理知识》编委扩大会议上的讲话,1995年3月).