

现代生命科学概论

主 编 黄诗笺

副主编 陈建群 张楚富

编写人员(按拼音顺序排列)

陈建群 丁 毅 黄诗笺

孙 群 吴馥梅 张楚富



CHEP
高等教育出版社



Springer
施普林格出版社

图书在版编目(CIP)数据

现代生命科学概论 / 黄诗笺 主编 . - 北京: 高等教育出版社;
海德堡: 施普林格出版社, 2001.8
ISBN 7-04-009646-3

I . 现… II . 黄 … III . 生命科学 - 概论 - 高等学校 - 教材 IV . Q1 - 0

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 056463 号

责任编辑 吴雪梅 邹学英 吕庆娟
封面设计 张 楠 版式设计 李 杰
责任排版 李 杰 责任印制 陈伟光

现代生命科学概论
黄诗笺 主编

出版发行 高等教育出版社 施普林格出版社
社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号 邮政编码 100009
电 话 010 - 64054588 传 真 010 - 64014048
网 址 [http:// www.hep.edu.cn](http://www.hep.edu.cn)
[http:// www.hep.com.cn](http://www.hep.com.cn)
经 销 新华书店北京发行所
印 刷 北京民族印刷厂

开 本 787×1092 1/ 16 版 次 2001 年 8 月第 1 版
印 张 18 25 印 次 2001 年 8 月第 1 次印刷
字 数 450 000 定 价 22.00 元

前 言

21 世纪是多学科交叉的科学时代,是知识经济的时代。面对新世纪科学技术高度综合化、整体化、自然科学与人文社会科学相互渗透和融合的发展趋势,高等教育必须培养大量基础扎实、知识宽厚、创新能力强、综合素质高的复合型人才。目前,困扰人类生存和发展的诸多重大问题的解决均寄希望于生命科学和技术的进步,因此,21 世纪的生命科学及其与其他学科的相互渗透、相互促进,必将对人类的前途和命运产生深刻的影响。高校非生物学类专业学生应该具有一定的现代生命科学知识已在高教界形成共识。在教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”和“新世纪初高等教育教学改革项目”的推动下,全国各类高校已先后为非生物学类专业学生开设了生物学类基础课程。在我们对非生物学类学生开设通识性生物学课程教学过程中,很多学生希望能对 21 世纪现代生命科学的发展趋势和热点有一个基本的认识,对带动未来生命科学发展的重大学科方向和领域的有关知识能有所涉猎,以便在专业学习中能发现生物学知识与所学专业知识的结合点,启发思维,开拓创新,为今后的发展奠定基础。基于这样的需要,根据经全国高等学校教学研究中心组织鉴定通过的“非生物学类专业教学改革方案”,我们编写了这本《现代生命科学概论》,以期能适应非生物学类本科生和研究生的不同需求。

全书共分七章,内容包括绪论、生物学基础、生物大分子的结构和功能、基因组和细胞、神经科学、生态学与人口、资源和环境、生物工程。在编写中,力求将生命科学基本知识、基本理论和学科发展前沿结合起来,深广适度;将生物学知识和生物学原理结合起来,贯以科学的思维方法;理论阐述深入浅出,概要介绍研究方法及成果应用;反映生命科学与其他学科间的交融,并提出尚待解决的理论和技术问题。力图使本教材有利于非生物学类专业学生认识 and 了解生命和现代生命科学,发现学科间的交叉点,激发其创新思维的火花,为培养跨学科高等复合型人才奠定基础。

本书主要从 21 世纪生命科学发展的部分重点学科和领域介绍生命科学知识和理论,未特别强调知识的系统性,各章有一定的独立性。在使用中,可根据需要讲授全书内容,或讲授其中部分章节,章的顺序也可根据需要进行调整。

本书由武汉大学和南京大学合编。第一章、第二章第一至第三节由黄诗笺编写,第三章由张楚富编写,第四章由丁毅编写,第五章由吴馥梅编写,第二章第四节和第六章由陈建群编写,第七章由孙群编写。武汉大学余其兴教授仔细审阅了书稿,并提出了许多宝贵的修改意见。本书的编写自始至终得到高等教育出版社林金安编审和吴雪梅编辑的指导、帮助和大力支持,他们为本书的出版付出了大量的心血和劳动。在此,我们一并表示深深的感谢。

本书的编写也是一次改革的尝试,由于我们水平和能力有限,书中缺点和错误在所难免,恳请专家、同仁和读者批评指正。

编者

2001 8

目 录

第一章 绪 论	(1)
第一节 生命科学的发展	(1)
一、生命科学的研究对象	(1)
二、生命科学发展概况	(1)
三、现代生命科学的发展趋势和发展热点展望	(3)
第二节 现代生命科学与其他学科间的相互作用	(4)
一、物理学与现代生命科学	(5)
二、数学与现代生命科学	(5)
三、化学与现代生命科学	(6)
四、技术科学与现代生命科学	(6)
五、地球科学与现代生命科学	(6)
六、人类基因组计划和后基因组时代研究中的数理问题	(7)
第三节 现代生命科学与人类进步	(7)
一、现代生命科学与整个自然科学的发展	(8)
二、现代生命科学与全球经济持续发展	(8)
三、现代生命科学与人类健康	(8)
第二章 生物学基础	(9)
第一节 生命的多样性	(9)
一、物种的概念和生物的分类	(9)
二、非细胞型生命形态——病毒	(11)
三、原核生物——真细菌和古细菌	(13)
四、渗透营养型的真核生物——真菌	(16)
五、光合自养型真核生物——植物	(17)
六、摄食异养型真核生物——动物	(20)
第二节 生命本质的一致性	(24)
一、生命的化学基础	(24)
二、生命的基本单位——细胞	(28)
三、生命活动的分子基础	(32)
第三节 生命的延续	(44)
一、生殖方式	(44)
二、被子植物的有性生殖与发育	(46)
三、高等动物的有性生殖与发育	(50)
第四节 生物与环境	(56)

一、生物对环境因素的耐受性和限制因子	(57)
二、种群	(57)
三、群落	(60)
四、生态系统	(61)
第三章 生物大分子的结构和功能	(64)
第一节 DNA 的结构与功能	(64)
一、DNA 和 RNA 是由核苷酸构成的线性多聚体	(64)
二、DNA 的二级结构	(66)
三、DNA 的超螺旋结构	(68)
四、DNA 的结构与功能的关系	(70)
第二节 RNA 的结构与功能	(72)
一、RNA 的类型和一般结构特征	(72)
二、信使 RNA 的结构特征	(73)
三、转移 RNA 的结构	(74)
四、核糖体的 RNA 组成	(75)
五、核内小分子 RNA	(76)
第三节 蛋白质的结构与功能	(76)
一、蛋白质是由氨基酸组成的	(76)
二、蛋白质的一级结构	(77)
三、蛋白质的二级结构	(80)
四、球状蛋白质和三级结构	(85)
五、寡聚蛋白质和四级结构	(88)
六、蛋白质的结构与功能的关系	(89)
第四节 蛋白质与 DNA 的相互作用	(94)
一、蛋白质与 DNA 相互作用的基本概况	(95)
二、蛋白质与 DNA 相互作用的几种形式	(95)
第五节 结构生物学	(99)
一、结构生物学的概念	(99)
二、大分子结构的测定	(99)
第六节 后基因组时代——蛋白质组的研究	(100)
一、从基因组学到蛋白质组学	(101)
二、功能蛋白质组学的提出	(101)
第四章 基因组和细胞	(103)
第一节 基因组与染色体	(103)
一、基因概念的发展	(103)
二、基因组	(109)

三、染色体	(113)
第二节 DNA 的复制和基因的表达与调控	(118)
一、半保留复制的假设与证据	(118)
二、半保留半不连续复制模型	(120)
三、基因的表达	(122)
第三节 基因组计划	(131)
一、人类基因组计划	(131)
二、模式生物基因组计划	(134)
第四节 细胞信号传递与基因表达调控	(134)
一、细胞信号传递的基本原理	(135)
二、信号传递与基因表达调控	(138)
第五节 细胞的增殖与凋亡及其调控	(141)
一、细胞周期的调控	(141)
二、细胞凋亡及其调控	(143)
第六节 细胞分化和发育基因	(146)
一、细胞分化	(146)
二、个体发育与发育基因	(151)
第七节 肿瘤与癌基因	(157)
一、癌细胞的特点	(157)
二、致癌因子	(158)
三、癌基因与抑癌基因	(158)
四、抑癌基因	(161)
第八节 基因组与进化	(161)
一、遗传变异是进化的基础	(161)
二、基因组的起源与进化	(163)
第五章 神经科学	(167)
第一节 神经科学概述	(167)
一、神经科学的地位及发展趋势	(167)
二、发展神经科学的意义	(167)
三、神经科学的多层次研究	(168)
四、神经 - 内分泌 - 免疫之间的相互关系	(169)
第二节 神经系统的基本知识	(169)
一、神经系统的组成	(169)
二、神经系统的构成元件	(172)
三、神经系统结构的层次性	(173)
四、突触连接及其类型	(173)
五、反射活动与反射弧	(175)

六、轴突运输	(176)
第三节 神经活动的基本特性	(177)
一、神经冲动的生物电本质	(177)
二、静息电位与动作电位	(178)
三、突触传递及其特性	(179)
四、神经递质及受体	(179)
五、神经肌肉接点的信息传递机制	(182)
第四节 感觉及运动的神经生物学	(183)
一、感受器	(183)
二、感觉神经通路	(184)
三、感觉信息的处理	(187)
四、运动的神经调控	(191)
第五节 中枢神经系统的高级整合功能	(194)
一、学习与记忆及其神经机制	(194)
二、脑的语言功能	(198)
三、睡眠与觉醒	(200)
四、情绪与情感	(202)
第六节 神经科学的前沿领域	(203)
一、神经系统发育的机理	(203)
二、脑组构的基本机制	(204)
三、脑老化与老年性脑疾病的机制	(204)
四、促智途径的研究	(205)
五、计算神经科学与人工神经网络	(206)
第六章 生态学与人口、资源和环境	(208)
第一节 现代生态学概述	(208)
一、现代生态学研究的对象和内容	(208)
二、现代生态学的主要任务和作用	(208)
三、现代生态学发展的主要趋势	(209)
四、生态学与人类的现在和未来	(210)
第二节 人 口	(211)
一、人口问题及其产生的根源	(211)
二、人口爆炸的恶果	(216)
三、人口问题的对策:控制人口数量,提高人口素质	(216)
第三节 资 源	(218)
一、全球性资源危机及其产生的根源	(219)
二、资源问题的现状和趋势	(219)
三、生态学原理与自然资源的利用和保护	(226)

第四节 环 境	(230)
一、全球性环境问题及其产生的根源	(230)
二、环境问题的现状	(231)
三、生态学原理与环境保护	(236)
第五节 人口、资源、环境的相互关系	(240)
一、人口与资源	(240)
二、人口与环境	(242)
三、资源与环境	(244)
四、人口、资源、环境的其他影响	(244)
第七章 生物工程	(246)
第一节 生物工程概述	(246)
一、什么是生物工程	(246)
二、生物工程的内容	(246)
三、生物工程的理论基础——统一生物学	(246)
四、生物工程的重大意义	(247)
第二节 基因工程	(248)
一、基因工程概述	(248)
二、基因工程的方法步骤	(248)
三、基因工程研究进展和应用前景	(251)
四、蛋白质工程	(258)
第三节 细胞工程	(259)
一、细胞工程的概念	(259)
二、细胞工程所涉及的主要技术及其应用	(260)
三、细胞工程研究进展和前景展望	(264)
第四节 酶工程	(270)
一、酶工程概述	(270)
二、酶工程的应用	(273)
第五节 发酵工程	(274)
一、发酵工程	(274)
二、发酵工程的应用	(275)
第六节 有关生物工程操作及其产品安全性的问题	(277)
参考文献	(279)

第一章

绪 论

第一节 生命科学的发展

一、生命科学的研究对象

生物学(biology)是研究生命的科学,所以又称生命科学(life science),它既研究生命体的生命活动现象及其本质,又研究生命与环境之间的相互关系。

地球是一个富于生命多样性的巨大星球,地球上形形色色生物千差万别的生命活动表现为生命的基本特征——新陈代谢,生长、发育和繁殖,应激性和适应性,遗传变异和进化等。而这些生命现象又反映了生命世界是物质世界,生命系统是一个多层次、非线性的、高度有序的、开放的、具有耗散特征、远离平衡态的复杂系统;生命运动是最高级最复杂的物质运动,整个生命运动过程中贯穿着物质、能量和信息三者的变化、协调和统一。无论从生命的基本物质组成,还是从生命活动的分子基础上,都反映了生命本质的高度一致性,生命多样性和生命本质的一致性的辩证统一是生物进化的结果。

二、生命科学发展概况

生命科学是一门历史悠久的学科,大体起源于古代,形成于近代,高度发展于现代。

远古时期原始人以采集和狩猎为生,后来转向农牧业生产。在实践中,他们看到天体的变幻,接触到形形色色的动、植物,看生物的生生死死,于是产生了万物皆变的带有朴素唯物主义思想性质的生命观。又由于当时生产力极为低下,人们对变化莫测的生命现象无法解释,因而又产生了万物有灵的原始宗教观念。

16 世纪以前,在生命科学形成和发展上,以我国和古希腊最为突出,产生和发展了以农学和医学为主体的实用生物学。我国不仅约 6~7 千年前农业已达相当高水平,5~6 千年前已发展原始畜牧业,3 千多年前已开始室内养蚕,牛痘的应用比西方早八百多年;而且有大量著作:春秋战国的《诗经》中记有 260 多种动物和 350 多种植物,西汉的《尔雅》载有 1 千

多种动、植物,并作了初步分类;北魏的《齐民要术》系统全面地总结了公元6世纪前我国农业技术上的成就,是我国古代的一部农业百科全书;宋元时期的《梦溪笔谈》除了生物分类、形态地理分布、驯养等生物学知识外,还有许多关于解剖学、生理学及医药方面的资料,为“中国科学史上的坐标”;秦汉时的《黄帝内经》较系统地论述了人体的结构和生理,介绍了疾病有关知识;汉代的《神农本草经》记载了365种药物;明代著名学者李时珍的《本草纲目》共载药物1892种,李时珍的分类和进化思想使之成为林耐和达尔文之前生物学界的巨人。

西方,古希腊在生物学方面贡献最突出的是亚里士多德(Aristotle)和希波克拉德(Hippocrates)。亚里士多德在大量观察和解剖动物的基础上,对540种动物进行了分类;希波克拉德已认识到疾病是由环境和生活条件引起的,而不是灵魂所致。古罗马的卢克莱修(Lucretius)明确提出生物是自然的产物,而非神造。

所以,从生命科学的重要成就来看,16世纪以前主要反映在医学(包括药物学)和农学方面,具有经验性和适用性特点,通常采用直观描述、分类、解剖等方法,使形态分类、解剖学知识得到迅速发展。

从5世纪到15世纪,处于封建制度统治下的欧洲,科学成了神学的奴仆,一切学术都不发达,是其科学文化的黑暗时代。

16世纪以后,随着欧洲文艺复兴运动和资本主义的迅速发展,真正的实验自然科学以崭新的风貌出现于世,生命科学也有了新的发展。例如,维萨里(Vesalius)用科学方法解剖人体,为解剖学奠定了基础;哈维(Harvey)发现了血液循环,并将力学和化学定量实验引入研究之中,奠定了生理学基础;胡克(R. Hooke)用自制显微镜观察并首次描述了细胞,打开了生物微观世界的大门;林耐(Linnaeus)建立了第一个科学的生物分类系统,创立了生物命名的双名制,从而确立了生物界的秩序,为分类学成为一门独立的学科奠定了基础;沃尔弗(Wolff)借助于实验技术研究了鸡胚发育,提出了胚胎的渐成论,建立了科学的胚胎学;拉马克(Lamarck)提出了物种进化的思想等。

总的来说,16~18世纪生命科学突出的成就是一些分支学科如解剖学、生理学、分类学、胚胎学等的先后建立和发展。其主要研究方法是解剖、观察和实验,以及比较、类比和归纳法;物理、数学和化学的理论和方法逐渐引进生物学领域,生命科学沿着实验科学发展的道路迅速发展。但在学术观点上,唯心主义仍占统治地位,尤其是“特创论”和“物种不变论”较流行,这些观点随着19世纪以后生命科学的发展才逐渐被摒弃。

19世纪是科学的世纪,生命科学也得到全面发展,其中最重大的进展是细胞学说、进化论和遗传学的建立。施莱登(Schleiden)和施旺(Schwann)创立细胞学说,指出细胞是一切生物体构造和功能的基本单位,在细胞水平上说明了生物基本结构的一致性。达尔文确立的生物进化学说,科学地论证了物种是变化的,生物是进化的,阐明了生物进化的机制,推翻了唯心主义形而上学的“特创论”、“物种不变论”等对生物学的长期统治,第一次把生物学放在完全的科学基础上,达尔文也因此成为科学上的巨人。孟德尔(Mendel)提出的遗传理论揭示了生物遗传的基本规律,并且充分地把数量统计方法运用到生物学中,推动了生物学朝着精密化方向发展。所以人们通常称以上三个理论为现代生命科学的三大基石。

20世纪,特别是50年代以后随着现代物理、化学、数学、计算机新理论和方法的广泛深刻地渗入,带来了生命科学的巨大变革和发展,生命科学已从静态的、定性描述性学科向动

态的、精确定量学科转化,实验生物学走向了全面发展的新阶段。

1900年孟德尔遗传学原理的重新发现和证实,揭开了现代遗传学的序幕。1926年摩尔根(Morgan)基因论的提出,标志着现代遗传学的正式建立。摩尔根遗传学在胚胎学和进化论之间架起了桥梁,直接推动了细胞学的发展,促使生物学研究从细胞水平向分子水平过渡,并为生物学实现新的大综合奠定了基础。20世纪下半叶,生物化学的发展,为分子生物学及分子遗传学的诞生打下了基础。1941年比德尔(Beadle)和塔特姆(Tatum)提出“一个基因一个酶”的学说,把基因与蛋白质的功能结合起来。1944年艾弗里(Avery)等用细菌作材料进行实验,以及1952年赫希(Hershey)等进行的噬菌体感染实验,证明了DNA是遗传信息的载体。二战期间德尔布吕克(Delbruck)创建的噬菌体研究小组对大肠杆菌和噬菌体结构与增殖特性的定量研究,从学术思想及组织上为分子生物学的诞生作了极其重要的准备。1953年沃森(Watson)和克里克(Crick)建立DNA双螺旋分子结构模型,奠定了分子生物学的基础,以此为突破口,开创了从分子水平上阐明生命活动本质的新纪元。此后,生命界中分子运动规律的核心,即“中心法则”的提出,生命界统一的遗传密码的破译等,从分子水平上证实了生命界统一的发展联系,于是生命科学进入了分子生物学新时代。

分子生物学作为当代生命科学的生长点,已渗入到生命科学各个分支领域,随之派生出一系列新兴学科,如分子细胞生物学、分子神经生物学、分子结构生物学、分子分类学、分子发育生物学、分子病毒学等等,把各个层次的生命活动有机联系起来,多学科综合地从本质上去探讨生命活动的规律,从而开辟了现代生命科学的全新局面。另一方面,1973年重组DNA获得成功,开创了基因工程。80年代以后,以基因工程为主体的生物技术作为高技术产业在世界范围内兴起,生物技术转化为强大生产力已展示出广阔的应用前景。1990年开始的现代生命科学中最宏伟的研究项目“人类基因组计划”,已于2000年6月胜利完成了工作草图的绘制,目前进展顺利令人振奋。在宏观生物学方面,现代生态学已发展成以人类为研究主体的、多层次的综合性学科,在解决影响人类发展的全球问题上,正发挥着越来越重要的作用。

总之,现代生命科学在20世纪已取得举世瞩目的巨大进展,现代生命科学已全面进入大科学发展阶段,并正以领先自然科学的态势,向着前所未有的深度和广度迅速地发展。

三、现代生命科学的发展趋势和发展热点展望

(一)现代生命科学的发展趋势及其特点

根据当代自然科学发展的大趋势和20世纪生命科学迅猛发展的背景,许多专家预测21世纪初现代生命科学发展的大趋势是,对生命现象及其本质的研究不断深入和扩大,向微观和宏观,最基本和最复杂(脑、发育、生态系统)的两极发展。这种发展趋势的特点在于:

(1)由分析为主走向分析与综合的统一。一方面,将继续进行微观世界的探索,采用新实验技术去了解基因、分子、细胞的组成、结构、如何工作的,进行定量的观测与分析;另一方面,更重要的是要研究生物系统的各个部分(如基因或生物大分子)是如何相互作用,如何“自组织”形成复杂系统的。生命体无论在宏观还是微观层次上都有复杂系统的性质,只有用系统和综合的观点去分析生命系统,才能理解生命的非线性特征及其宏观和微观现象。综合建立在分析的基础上,分析正是为了更好的综合,二者是辩证的统一。

(2)生命世界多样性和生命本质一致性的统一。多少世纪以来,生物学研究主体一直是观察认识生命世界的多样性。从生命现象的表面观察日益深入到生命活动本质的阐明,是生命科学发展的必然趋势,也正是现代生命科学的特点,这一任务的完成将产生统一的生命观和统一的生物学,21 世纪将是在对生命活动本质统一认识下的真正的普通生物学 (general biology),即 21 世纪将是统一生物学的世纪。

(3)多学科交叉与融合。不仅是现代生命科学各分支学科之间,而且是生命科学与数、理、化、计算机等学科之间的大综合、大交叉。通过多学科间的渗透和融合,将从不同层次而又有机结合地揭开生命之谜。

(4)基础研究与应用的统一。分子生物学兴起不到半个世纪里所取得的成果,已在工、农、医药等方面产生了巨大作用,但这仅仅是个开端。随着生物工程技术及其产业化发展,生命科学基础研究成果转化为生产力的应用前景将是不可想象的。

(二)现代生命科学发展热点展望

关于 21 世纪初现代生命科学的发展热点,专家们预测可能有以下几个方面:

(1)生物大分子的结构与功能的研究。包括生物大分子结构分析、结构与功能的关系、生物大分子的相互作用,蛋白质三维结构的预测等。

(2)基因组与细胞的研究。包括细胞的基因组是如何在时间和空间上有序表达的;基因表达产物如何逐级装配成能行使生命活动的基本结构体系和各种细胞器的,及其装配过程的调控程序和机理;基因表达产物——活性因子与信号分子如何调节细胞最重要的生命活动的。

(3)基因组研究。包括人类和模式生物基因组全序测定,基因组结构与功能的比较研究。

(4)开展包括分子水平的,以实现遗传、发育和进化的统一为目标的综合理论研究。

(5)脑科学研究。包括从多级水平上研究脑神经网络的结构及其神经信息的处理机制,进而阐明脑工作原理以及神经系统的发育。

(6)行为科学。将进入探索人的智力、性格和行为模式的分子、遗传学机制,认知过程的心理机制以及行为量化研究阶段。

(7)生态学研究。以人类为研究主体,更加讲究生态、经济、社会和科技的综合效益。在微观和宏观相结合、理论和控制策略研究相结合的基础上,进行自然科学和社会科学相结合的综合研究,进一步向着定量化、模型化、工程化和系统化的方向发展。

(8)人体功能(包括潜在功能)的研究。

根据现代生命科学的发展趋势和发展热点,本教材对其中一些研究领域的有关基础知识、研究进展和最新成果进行了概要的讲述。

第二节 现代生命科学与其他学科间的相互作用

半个世纪以来,生命科学之所以取得了辉煌的成就,与各学科间相互渗透、相互促进是密切相关的。在生命科学发展中,物理学、数学、化学、技术科学等不断地向生物学领域渗

透,新理论、新概念与生物学问题有效的结合,促使新的交叉、边缘学科不断形成,新技术、新方法广泛的采用,大大提高了对生命物质分析的精确度和对复杂生命系统的综合能力,极大地促进了生命科学的发展。同时,生命科学也向其他学科渗透,生命科学的进步,向物理学、化学和数学提出了许多新问题、新概念和新的研究领域,大大丰富和发展了现有物理学、化学、数学的理论和方法,使这些学科得到进一步的发展。

21 世纪是学科大交叉的科学时代,现代生命科学正面临着理论上大综合大发展的时期,生命科学与其他学科之间必将有更深层次和更广泛的渗透融合,从而促使自然科学更迅速地向前发展。

一、物理学与现代生命科学

物理学是研究物质世界根本规律的科学,物理学理论、方法、技术是推动生命科学发展的强大动力。热力学、统计力学、耗散结构理论、信息论等物理学处理宏观体系的理论,使人们可以从系统的宏观角度研究生命体系的物质、能量和信息转换的关系;分子和原子物理、量子力学、粒子物理等物理学的微观理论,使人们可以从微观角度研究生物大分子和分子聚集体(膜、细胞、组织等)的结构;运动与动能、非线性理论、混沌理论可以为脑科学的研究提供理论指导。物理学的许多技术方法如 X 射线衍射、核磁共振、电子显微镜、扫描隧道显微镜、正电子发射断层等技术已成为生命科学研究中的重要技术手段。

生命系统是复杂的、多层次系统,在许多方面超出了传统物理学的范围和观念,所以,生命科学发展又将会给物理学提出许多挑战性的问题。生命系统中非线性问题已成为物理学家和生物学家共同关心的活跃领域;生命起源、生物进化的动因、自我复制的物理机制、揭开大脑的奥秘、发展人工智能研究,需要理论物理方面的突破;生物大分子结构及其相互作用、生物大分子的自组织,生命系统中熵和熵等问题都需要借助物理学的研究加以阐明;基因工程技术、大分子设计等研究需要微电子学、纳米电子学、纳米生物学有很大的发展;而在这些研究中,又要求物理学改进和完善已有的研究方法和发展新研究方法。总之,生命科学的发展又促使物理学不断开拓新的研究领域,再创辉煌。

二、数学与现代生命科学

数学是研究现实世界中空间形式和数量关系的科学。在近代生命科学发展中,数学作为方法、工具和数学模型,在遗传学和生态学研究曾发挥过重大作用,如一流数学家皮尔逊(Pearson)20 世纪初创立的生物统计学应用到遗传学研究中;生态学家哈奇逊(Hutchinson)等利用分维几何的理论建立了估计物种数量和物种个体数目的新模式。在未来生命科学研究中,随着计算机的应用和发展,数学的这些传统功能还会继续扩大和深化。同时现代生命科学的发展又给数学提供了难得的启示和机遇。对生命系统(脑、发育、生态系统)中非线性问题的研究,需要分维几何、混沌和分叉理论等新兴数学,以及群和代数理论、代数几何、微分几何、拓扑学、泛函分析等基础数学参与这一领域。如何准确地描述生命系统在不同层次上呈现无序和有序相互转化的机制是对数学的一个挑战。如何破译人类基因组的“遗传语言”,如何简明地描述记载在基因组 DNA 上的一维信息控制生物体三维形态结构的发育过程等等问题,是对数学的又一个挑战。数学在迎接这些挑战中,必将进一步丰富其研究内容

并产生许多新的分支和交叉领域,与生命科学同步发展。

三、化学与现代生命科学

化学是研究物质的组成、结构、性质及其变化规律的科学。在化学和生命科学的发展过程中,二者结下了不解之缘。化学向生物学渗透产生了生物化学和分子生物学,分子生物学仍将是化学与生物学相互渗透、结合的主要领域。化学所提供的理论和方法,在生命科学众多领域中发挥了重要的作用。然而,随着对生命现象研究的深入,现有的化学理论和方法已不够用了。对生命过程中化学问题的研究正在成为化学发展的主要方向之一,将引起化学的重大变革。

生物系统中组织化的定向化学反应,生命世界中的合成路线是化学学习的宝库。生物的物质和能量转换、生物膜与物质定向转运、酶的定向设计和功能模拟、生命过程中的定向化学反应等问题都是对化学提出的挑战。生物大分子及大分子复合物的组装和功能的问题,是化学家面临的一个广阔的研究领域。多糖结构和功能的研究将促进结构分析和合成方法上的突破。利用生物学原理,化学仿生生产人类所需要的一系列化学制品则可能促使化学生物工程的出现。化学和生命科学的进一步渗透、融合,必将带来若干重大的突破。

四、技术科学与现代生命科学

生命科学与技术科学的关系日趋密切。一方面,随着对生命现象研究的深入,理论和技术储备的增加,生物内部出现生物工程等新技术,生物工程形成新的生产力,又将促使工、农、医药业发生根本性变革;另一方面,对生物功能的研究又必将为信息科学、材料科学和计算机科学提供新的概念、原理和模型,从而促进其发展。

神经科学中,对脑和感官的信息加工处理机能(学习、记忆、认知、创造和思维、运动控制和感觉)研究的突破将导致计算机、人工智能和智能机器人等高新技术领域的革命性变化。对生物的物质和能量转换功能研究的进展将提供新光电转换、导电材料和系统、新型传感器及高密度、高度有序的分子聚集体功能材料的原理和模型。

生命科学与技术科学的相互渗透还促进了智能科学、人机功能学、信息仿生学、生物分子电子学等新的交叉学科的不断产生,这些新兴领域的发展又将推进智能产业的形成和发展。

生命科学与技术科学的结合还有助于利用高级生物功能原理改造原有工业技术,创造节能、节约资源、高效无污染的工业技术新模式,以解决 21 世纪面临的能源、资源和环境等危机。

五、地球科学与现代生命科学

地球是生物和人类的生存条件。要保护和改善人类的生存条件,就要进行人 - 地系统综合研究,包括资源、环境和人类活动的相互作用,这就需要地球科学和生态学等学科的密切结合,由于该研究涉及社会、经济发展中的重大问题,所以还与社会科学有密切联系。

六、人类基因组计划和后基因组时代研究中的数理问题

“人类基因组计划”的实施,吸引了全世界数学、物理、化学、计算机、材料等学科的精英,如何找到记载在基因组 DNA 一维结构上控制生物体四维(三维空间和一维时间)的调控信息的编码方式和调节规律,是人类基因组研究对数学(系统理论、大组合复杂性、拓扑学等)和非线性物理学提出的首要科学问题。生物信息学(bioinformatics)已成为基因组学研究中的基本手段,它是用数理和信息科学的观点、理论和方法研究生命现象,组织和分析呈指数增长的生物学数据的一门交叉学科,它荟萃了数学、统计学、计算机科学和分子生物学的科学家,其研究以计算机为主要工具,需要开发新的算法和软件系统,对日益增长的 DNA 和蛋白质的序列和结构进行收集、整理、贮存、发布、提取、加工、分析和发现,为识别和克隆人类新基因及预测其功能作出贡献。将成为人类基因组计划、特别是后基因组研究热点的 DNA 芯片技术是一个交叉性极强的技术,它涉及物理学、微电子信息技术、生化技术等众多领域,其关键技术包括微电子蚀刻技术、微液分配技术、DNA 固定及在位合成技术,高灵敏探测技术、快速数据获取及存储、处理技术等。

人类基因组计划完成后,分子生物学的重点将从基因组转到蛋白质组。在后基因组时代,结构生物学将十分重要,它是当代生命科学前沿发展领域之一。而结构生物学研究要涉及生物物理学、生物化学、晶体学、波谱学、光谱学等学科,需要发展 X 射线晶体衍射技术、多维核磁共振波谱技术、电子衍射技术、中子衍射技术、顺磁共振技术、各种光谱技术、同步辐射技术等。

在后基因组时代的研究重点中:蛋白质三维结构的研究需要计算机技术、同步辐射技术、低温技术及高灵敏推测器技术,尤其是基因测序、分子克隆和生物技术的迅速发展;在蛋白质结构的预测研究上,计算机技术及其模拟研究的应用将会大有作为;基于生物大分子结构知识的新药物设计则涉及计算机科学、计算数学、理论物理、理论化学、计算化学、有机化学、药学、药理学、生物物理学、生物化学、分子生物学等学科,需要发展的技术包括计算机模拟技术、数据库技术、组合化学技术、分子生物学技术和细胞生物学技术等。

生命科学是研究生命的科学,21 世纪是揭开生命之谜的科学世纪,生命科学与其他学科深入而广泛的渗透融合,使生命科学奠定了迅猛发展的坚实基础;生命科学的蓬勃发展,又促使其他学科不断开拓新的研究领域而再现辉煌。所以 21 世纪的现代生命科学有望成为引导自然科学向物质运动的最高层次突破的带头学科。

第三节 现代生命科学与人类进步

现代生命科学在 20 世纪取得辉煌成就的基础上,现已聚集起更大的力量跨入了 21 世纪。人们之所以认为 21 世纪是生命科学的世纪,除了生命科学的迅猛发展越来越显示出其在自然科学中的领先态势外,还由于现代生命科学在人类未来的发展进步中将起到越来越重要的作用。

一、现代生命科学与整个自然科学的发展

现代自然科学主要划分为物理科学和生命科学两大门类。正如本章第二节所述,20 世纪物理科学的发展及其向生命科学的渗透,有力地推动了生命科学的迅速发展,而现代生命科学的进步又促进了物理科学的发展。在这相互渗透,相互促进中,由于生命科学所担负的科学使命和自然科学的发展规律,现代生命科学必然地成为了 21 世纪自然科学的带头学科,并且现代生命科学的发展不仅将推动整个自然科学的发展,而且在实现物理科学和生命科学的统一,自然科学和人文科学统一的历史使命中,将起到十分重要的作用。

二、现代生命科学与全球经济持续发展

地球是人类赖以生存和发展的基础。科学的发展、工业化的发展促进了世界社会和经济的发展,然而,人类的生产活动,尤其是 20 世纪 60 年代以来进行了空前规模的全球资源开发,加上工业废弃物的任意排放和人口的急剧增长,使人类又深深地陷入了历史上前所未有的全球资源生态环境问题的困境之中。资源和生态环境是影响经济建设和社会发展的的重要因素,目前,资源枯竭和生态环境恶化已成了制约社会经济发展的不利因素,因此,解决全球资源生态环境问题已成了当务之急。而要使人类走出当前全球问题的困境,实现经济的持续发展,除了需要一定的政策、法律、法规条例约束外,还必须遵循生态学规律,合理开发利用资源,按生态学原理,采用多学科、多技术的综合治理措施。在这里,现代生态学将起到不可替代的重要作用(第六章)。同时,利用微生物发酵生产液体和气体燃料,处理废弃物、城市垃圾和污水,人工模拟光合作用机制以获得取之不尽的干净能源,是缓解能源危机,减少环境污染的重要途径;持续开展“绿色革命”,采用生物工程技术人工改造物种,创造优质高产和抗逆的动、植物新品种,实现生物资源的生长是解决粮食危机,缓解人口增长压力的有效途径(第七章)。可见,在解决全球资源生态环境问题,实现经济持续发展中,现代生命科学有着极为重要的作用。

三、现代生命科学与人类健康

生命科学的理论是医学的基础,生命科学的每一项新理论新成果都会使诊断、治疗和保健的面貌焕然一新。磺胺药时代、抗生素时代、甾类激素和安定药时代、免疫调节剂和酶抑制剂时代,人们已深深感受到生命科学研究与人体健康的密切关系。而今,基因工程药物、内源性多肽和根据各种生物学原理设计的新型药物,将会使医疗保健水平提高若干个等级。基因治疗、克隆人体器官、完成人类基因组计划、进行后基因组研究等等,将会给癌症、心脑血管病、艾滋病和遗传病的防治,延年益寿,控制人口带来希望,为人类带来福音。

总之,现代生命科学研究与人类进步息息相关,现代生命科学的发展将会促进 21 世纪人类科技、经济和社会的全面发展和进步。

第二章

生物学基础

第一节 生命的多样性

地球上生命自诞生以来,经历了 38 亿年的进化发展,形成了当今纷繁多彩的生命世界。在不停息的演进历程中,形形色色的生命逐渐覆盖了整个地球表面,形成了充满生机的生物圈。太阳系中,地球的独特性就在于它具有富于生命多样性的生物圈。

生物多样性也称生物多样性 (biodiversity), 通常包含遗传多样性、物种多样性和生态系统多样性(第六章)。

生物多样性是人类赖以生存的条件,是维持全球生态平衡,促进社会经济持续稳定发展的基础。生物多样性中最引人注目的是物种多样性,本节主要介绍物种多样性。

一、物种的概念和生物的分类

(一) 物种的概念

物种,简称种(species),是物种多样性研究的基础与前提。关于物种的概念,一直是一个非常活跃的科学论题,研究者所提出的物种概念至少有 22 种。根据生物的综合性状,就物种的生物学本质而言,可以认为物种是生物多样性描述与分类的基本单位,是具有一定形态、生理和生态特征,占有相应的自然地理分布区域,以一定的生活方式进行繁衍并相互交流基因的自然生物类群。这样的类群与其他类群在生殖上相互隔离。物种是客观存在的,是生物进化的基本单元,新物种的产生是生物进化中的一种质的飞跃,地球上物种多样性的构成,是在地球演化背景下长期的物种形成、进化发展和自然选择的结果。

目前已记载的物种约 200 万种,但综合各方面的资料,估计地球上的物种有 500~5 000 万种。为了认识和鉴定这些物种,充分利用和研究如此浩瀚的生命世界,就必须对生物进行分类。

(二) 生物的分类

1. 分类依据