

ESSENTIALS OF LIFE SCIENCE

基础生命科学

吴庆余 编著



高等教育出版社

Q1-C

L93

ESSENTIALS OF LIFE SCIENCE

基础生命科学

吴庆余 编著



A0977267



高等教育出版社



图书在版编目(CIP)数据

基础生命科学 / 吴庆余编著. —北京: 高等教育出版社,
2002.5

高等学校公共课教材
ISBN 7-04-011161-6

I.基… II.吴… III.生命科学—高等学校—教材 IV.Q1-0

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第029024号

策划编辑 吴雪梅
责任编辑 吴雪梅 王 莉 吕庆娟 邹学英
封面设计 刘金龙
版式设计 张 楠 刘金龙
责任印制 宋克学

基础生命科学
吴庆余 编著

出版发行 高等教育出版社	邮政编码 100009
社 址 北京市东城区沙滩后街55号	传 真 010-64014048
购书热线 010-64054588	网 址 http://www.hep.edu.cn
免费咨询 800-810-0598	http://www.hep.com.cn

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 北京二七印刷厂

开 本 880 × 1230 1/16	版 次 2002年5月第1版
印 张 31	印 次 2002年5月第1次印刷
字 数 650 000	定 价 59.90元

© 2002 高等教育出版社 北京
版权所有 侵权必究

前言

《基础生命科学》是为大学本科学生编写的教材,适用于非生物类专业公共课和生物类专业基础课。

本教材的编写追求以下目标:

1. **简单明了,通俗易懂** 学生是课程学习的主体,简单明了通俗易懂的教材有利于大学生尽快自主地掌握相关知识甚至是较深奥的知识。为此,本书尽量应用通俗性语言并配合 582 幅插图,以减少过多费解的文字性描述。
2. **基础与前沿并重** 基础与前沿并重应该是对生命科学教材最基本的要求,本教材书名没有特别采用“现代”和“导论”等词语,而只强调了其基础课特点。在课时受限制的情况下,书中部分章节可作为自学或选学内容。本教材也适用于农、林、医等生物类专业的基础课,书中内容兼顾基础与前沿,并有利于后续专业课的教学安排。
3. **从宏观到微观,再由微观回到宏观** 先从我们看得见,摸得着的宏观生物学入门,再深入到分子生物学等领域,最后又回到宏观生物世界,这样编排希望能达到深入浅出,既见树木又见森林的效果。
4. **激发学习热情和兴趣** 所有插图力求有丰富的色彩,为了体现形象和生动而不拘形式。例如,插图除了采用照片、绘图、电脑集成画外,还应用了漫画、卡通画等形式。另外,在介绍最基本生物学知识的同时,还特别介绍了一些著名科学家的实验设计和研究经历,介绍他们获得这些知识的实验过程。希望这些对激发学生的学习热情和兴趣能有所促进。

编写全彩色基础生命科学教材是新尝试,由于作者学识水平的局限,错误在所难免,同时也会出现失之偏颇之处。当本书付诸印刷的时候,修改再版的计划已经开始实施。因此,特别欢迎各位专家、学者和使用本教材的教师、学生和读者提供珍贵的批评、建议与具体的修改意见。同时特别征集适用于本教材的更精彩图片。新的图片一经采用,定当酬谢。作者电子信箱地址: qingyu@tsinghua.edu.cn

在参考了多本国内外优秀教材资料和教学实践的基础上,经过3年多辛苦工作,《基础生命科学》编写完成并出版,谨此向为本教材的编写和出版提供鼓励、支持、指教和帮助的各级领导、同行与朋友表达衷心地感谢。我还要特别感谢评审专家和高等教育出版社领导及编辑们的支持和帮助。

吴庆余

2002年3月

《基础生命科学》审稿专家

(以姓氏笔画为序)

马炜梁	教授	华东师范大学
王喜忠	教授	四川大学
孙儒泳	教授 (院士)	北京师范大学
乔守怡	教授	复旦大学
许崇任	教授	北京大学
朱亮基	教授	南开大学
周海梦	教授	清华大学
张秀芳	教授	清华大学
施蕴渝	教授 (院士)	中国科学技术大学
赵南明	教授	清华大学
顾红雅	教授	北京大学
黄诗笺	教授	武汉大学
瞿礼嘉	教授	北京大学

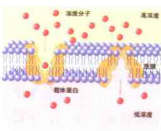
目 录



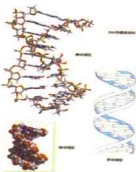
1. 绪论	1
1.1 什么是生命	2
1.2 为什么要学习生命科学	4
1.3 学什么	7
1.4 如何学	8



2. 生物的多样性及其分类代表	13
2.1 什么是生物多样性	14
2.2 生物多样性公约	15
2.3 保护生物多样性的意义	17
2.4 生物分类学	18
2.5 五界分类系统	22
2.6 原核生物界、原生生物界和真菌界	22
2.7 植物界	29
2.8 动物界	33



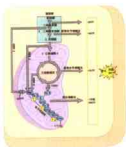
3. 细胞	43
3.1 显微镜的发明	44
3.2 细胞的基本概念	46
3.3 细胞的类别	48
3.4 细胞的结构	50
3.5 生物膜	54
3.6 细胞成分或结构的分离	62



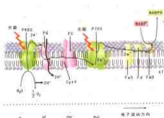
4. 生命的基本化学组成	67
4.1 原子和分子——生命的化学基础 ...	68
4.2 糖类化合物	70
4.3 脂类化合物	73
4.4 蛋白质	75
4.5 核酸	81



5. 能量与代谢	89
5.1 生物体的能量	90
5.2 热力学定律	90
5.3 细胞的能量通货——ATP	92
5.4 酶促反应	94
5.5 影响酶活性的因素	96
5.6 生物代谢	99



6. 细胞呼吸——能量的收获	105
6.1 细胞呼吸产生能量	106
6.2 细胞呼吸的化学过程	110
6.3 ATP形成机理和能量形成的统计	113
6.4 其他营养物质的转化	116



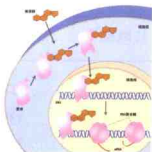
7. 光合作用	121
7.1 光合作用的早期研究	122
7.2 光合自养生物是生物圈的生产者	125
7.3 光的性质与叶绿素	126
7.4 光系统与光反应	129
7.5 暗反应与葡萄糖的形成	132



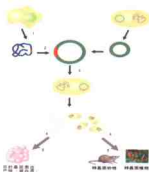
8. 细胞繁殖和遗传	137
8.1 细胞的繁殖	138
8.2 遗传的基本法则	144
8.3 遗传的染色体学说	155
8.4 基因的连锁和交换	156
8.5 性染色体和伴性遗传	158



9. DNA ——生命的秘密	163
9.1 基因是什么	164
9.2 DNA 的半保留复制	168
9.3 RNA 的组成和作用	171
9.4 转录	173
9.5 遗传密码的破译	174
9.6 蛋白质的合成	178
9.7 人类基因组计划	180



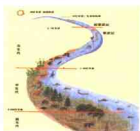
10. 基因表达和调控	187
10.1 基因突变	188
10.2 原核生物基因的表达与调控	190
10.3 真核生物基因的表达与调控	193
10.4 基因与人类疾病	195
10.5 HIV 的结构与分子遗传机理	199



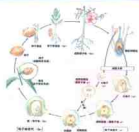
11. 重组 DNA 技术	203
11.1 重组 DNA 技术是基因工程的核心技术	204
11.2 获得需要的目的基因(外源基因)	205
11.3 构建重组质粒和基因克隆	210
11.4 转化受体细胞和转化子的筛选	218
11.5 转化子的分析——Southern 杂交	219



12. 生物技术——现代生命科学的革命	225
12.1 生物技术定义、主要内容和概况	227
12.2 基因工程	229
12.3 蛋白质工程、发酵工程和细胞工程简介	233
12.4 分子诊断和基因治疗	240
12.5 克隆羊技术	246
12.6 生物芯片技术	248
12.7 生物技术的安全性和社会伦理问题	251



13. 生物起源与进化	257
13.1 生命的起源	258
13.2 Darwin 与进化论	267
13.3 生物进化的证据和历程	277
13.4 人类的起源和进化	286



14. 植物的结构、功能和发育	295
14.1 植物的结构与生长	297
14.2 植物的营养与体内运输	309
14.3 植物的繁殖	317
14.4 植物的生长发育及其调控	324



15. 动物的结构、功能和发育	337
15.1 动物体的结构对功能的适应性	338
15.2 消化、呼吸、循环与排泄系统	349
15.3 化学信号、神经系统、感觉与运动	370
15.4 免疫系统与疾病防御	399
15.5 繁殖与胚胎发育	410



16. 生态学基础	425
16.1 生物与环境	426
16.2 种群生态	433
16.3 生物群落	443
16.4 生态系统	453
16.5 人口、资源与生态平衡	462

英汉名词对照

473

主要参考书目

485

插图说明

486

1

绪论

1.1 什么是生命

- 细胞是生物的基本组成单位
- 新陈代谢、生长和运动是生命的本能
- 生命通过繁殖而延续，DNA 是生物遗传的基本物质
- 生物具有个体发育和进化的历史
- 生物对环境具有适应性

1.2 为什么要学习生命科学

- 从达尔文的进化论到绵羊“多莉”的克隆
- 人类面临的挑战
- 新世纪的大学生不能没有现代生命科学基础知识
- 生命科学的发展需要您的参与

1.3 学什么

- 生命科学的概念与内容
- 微观与宏观领域相互联系
- 注重生命科学的最新进展

1.4 如何学

- 兴趣是最好的老师
- 提出问题和设想
- 实验是开启生命王国大门的钥匙

1 绪论

1.1 什么是生命

图 1-1 所有生物体都是由细胞组成的

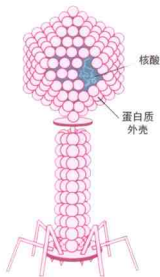


图 1-2 噬菌体结构模式图

欢迎打开本书，学习基础生命科学。

一个睿智的女孩说：热爱生命而喜爱生命科学是一份天然，我对生命及生物科学的感受有三，其一是神秘，其二是神妙，其三就是神圣。

一位博学的教师说：面对最优秀的大学生，讲授世界上最精彩的生命科学，是一种荣幸和享受。

随着人类社会的进步和物质生活的日益丰富，人类更加珍惜生命，追求健康，更加重视对生命奥秘的探索和对生命科学知识的学习。

什么是生命呢？

“活的东西就是生命”，“能动的东西是生命”，“生命可以新陈代谢”，等等，这些回答都没有错。要简单明了并且较系统地回答什么是生命这个问题，就要区别生命与非生命，首先应该了解生命或生物的基本特征。

■ 细胞是生物的基本组成单位

除了病毒(virus)以外，所有的生物体都是由细胞(cell)组成的。由成千上万的细胞可以组成复杂的生物体，如高大的树木、大象或人体；单个细胞也可以组成简单的生物体，如细菌、单细胞藻类(图1-1)。病毒(如噬菌体)主要是由核酸和蛋白质外壳组成的简单生命个体，它虽然没有细胞结构，但仍然具有生命的其他基本特征(图1-2)。

■ 新陈代谢、生长和运动是生命的本能



图1-3 新陈代谢——物质的合成与分解及能量转换

通俗地说，生物体内每时每刻都有新的物质被合成，又有一些物质不断被分解，这就是新陈代谢(metabolism)。例如，生命的活动需要能量，在生物体内，以腺嘌呤核苷三磷酸(ATP)为代表的化学能不断地被合成和分解，维持着生命活动的能量需要和平衡(图1-3)。所谓“生物是活的东西”，就是说生命过程始终处于新陈代谢、生长和运动过程中。而生命运动与自然其他运动形式如物理的位移、化学分子的结构变化等相比较，要复杂得多，因此，生命运动是自然界最高级的运动形式。例如，目前我们还很难理解和想象，在记忆过程中大脑细胞运动的详细过程。我们也不完全知道，为什么有些植物也能感受外界刺激而运动，如猪笼草可以捕虫等等(图1-4)。

■ 生命通过繁殖而延续，DNA是生物遗传的基本物质

所谓“生生不息，生命不止”，说的是任何生物都具有繁衍后代的能力。在自然界，唯独生物具有繁衍后代的能力。生物繁殖包括无性生殖、有性生殖等形式。如今，生命的繁殖已不再神秘，因为科学家们已经揭示了遗传的秘密：DNA是生物遗传的基本物质，基因(gene)的表达与调控决定了生物体的特征和代谢过程。

■ 生物具有个体发育和进化的历史

正常的生物都有从出生到死亡的一个完整的过程，这一过程也是个体的生活史。探索生物个体从出生到发育成熟以及衰老和死亡的规律是发育生物学(developmental biology)最主要的研究内容。生物个体不断繁殖后代，无数个个体生活史串联起来，生物的一些基本特征代代相传但又有所改变，即遗传和变异的组合，便构成了生物进化的历史。

■ 生物对环境具有适应性



图1-4 食虫植物——猪笼草

生物的进化从根本上说,是由于生物对外界刺激产生应激反应、自我调节和生物对自然环境适应的结果。因此生命科学不但要研究生物体本身,还要研究生物与环境的相互作用。生物与环境的相互作用是生态学(ecology)最主要的研究内容。同时,发育生物学、进化生物学和生态学等又是密切相互关联的。

什么是生命?这是一种回答 具有以上共同特征的物质存在形式是生命。

1.2 为什么要学习生命科学

■ 从达尔文的进化论到绵羊“多莉”的克隆

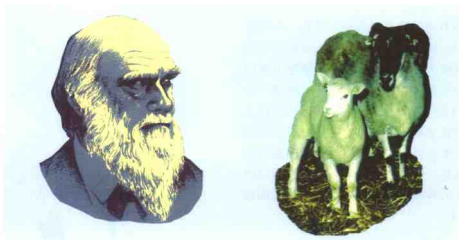


图1-5 从达尔文时代到绵羊“多莉”克隆

达尔文于1859年发表《物种的起源》时,第一版在一夜之间便销售一空。他的关于生物进化的革命性理论不但引起科学家们的广泛兴趣,当时也引起了广大平民百姓的关注。

当一位不知名的苏格兰生物学家于1997年2月公布完成了首例哺乳动物——绵羊“多莉”的克隆,这个神奇的故事立刻上了各传播媒介的首页和头条,一夜之间,全球大多数生物技术公司的股票价值迅速地上升。

今天,公众对生物科学的兴趣比一个多世纪前的达尔文时代更加高涨(图1-5)。

20世纪末,一家国际最著名的周刊评选20世纪100件大事,在包括政治、经济、文化、历史、战争和科学等的100件大事中,几件涉及自然科学的大事大部分属于生命科学领域:

1928~1942年, Fleming 发现青霉素,在第二次世界大战后期拯救了几百万人的生命。

1953年, Watson 和 Crick 首次提出了DNA双螺旋结构模型,奠定了现代分子生物学(molecular biology)的基础,从而获得了诺贝尔奖。有的学者高度评价DNA双螺旋结构模型的确定是“诺贝尔奖中的诺贝尔奖”。

1973年,美国斯坦福大学教授 Cohn 和美国加州大学教授 Boyer 带领各自的研究组几乎在同时分别完成了DNA体外重组,一举打开了基因工程学大门,他们除了成为诺贝尔奖得主,还被称为重组DNA技术之父。

1997年2月,苏格兰生物学家 Wilmut 完成了首例哺乳动物——绵

羊“多莉”的克隆，消息传出以后，立刻在全球引发了一场有关克隆人的大争论。

1999年7月，全世界影响最大、竞争最激烈的中国大学入学统一考试刚进入第一天，一则高考作文题“假如记忆可以移植”让学生、教师和家长们都感到意外，更引起人们对生命科学未来的憧憬。高考刚结束，各大书店科普书柜台前人头攒动，与脑科学、与认知科学相关的高考作文题在青少年中掀起了一轮学习生命科学等科普知识的热潮。

2000年6月26日，在多方参与和协调下，人类基因组工作框架图完成，标志着功能基因组时代的到来。

2001年，人类在干细胞研究方面又取得重大突破……

20多年前，大多数人没有预料到，计算机技术的应用在今天会如此的广泛。当今，以计算机科学、信息技术、生命科学及生物技术为代表的科学与技术正迅猛发展，正是信息科学和生命科学代表了现代科学发展的最前沿，信息技术和生物技术成为现代高科技的两大支柱。科学技术的迅速发展让我们思考，20年后生命科学的发展和生物技术的应用及其产业会达到怎样的程度，回顾生命科学发展历史，并从前瞻性的角度思考这一问题，便不难回答我们为什么要学习生命科学。

■ 人类面临的挑战

当今人类社会面临的最重大的问题和挑战包括：人口膨胀、粮食短缺、疾病危害、环境污染、能源危机、资源匮乏、生态平衡被破坏和生物物种大量消亡(图1-6)。解决人类生存与发展所面临的一系列重大问题，在很大程度上将依赖于生命科学的发展。生命科学对人类经济、科技、政治和社会发展的作用是全方位的。

生命科学全方位的发展呼唤着培养更多高水平的复合型科技人才，生命科学全方位的发展还要求提高全民的科学文化素质。学习生命科学原理，有助于我们自觉地认识控制人口增长并提高人口素质，保护环境、保护生态平衡和生物多样性的、节约能源和资源的重要性；还有助于我们利用生命科学和生物技术



粮食短缺



疾病危害(AIDS病毒感染)

(引自 Claude A. Vilée et al., 1989)



环境污染



生态平衡被破坏



人口膨胀

图1-6 人类社会面临的重大问题和挑战

的理论和方法,增加粮食产量,战胜各种疾病,开发利用可再生生物新能源与新资源等等。掌握生命科学和相关学科的新理论和新技术,解决人类共同面临的上述重大问题是我们的每一个人的义务和责任。

■ 新世纪的大学生不能没有现代生命科学基础知识

也许你会决定成为一名生物学家,将要帮助阐明人类大脑工作的复杂机理,或培育抗病、抗旱的小麦和水稻品种,或发现征服癌症杀手的方法;也许你会在生物技术公司工作,从事基因药物的研制。即使你不打算以生命科学或生物技术某一领域为今后的职业,学习生命科学将帮助你更好地认识你自己,因为人本身就是生命。如果你是物理学、自动化、计算机、材料科学等理工科专业的学生,在本课程的学习中你将发现,你所学过的本专业的知识可以很好地应用于生命科学领域,学科交叉可以促进科技创新。如果你是非理工科专业的学生,通过本课程的学习,你会认识到,作为将来的社会科学专家,甚至作为地球上的一位普通公民,也应经常步入生命科学的殿堂。因为生命科学与人类和社会的联系比其他任何学科都更加紧密,生命科学对人类社会的巨大作用和影响难以估量,一个21世纪的现代大学生不能没有现代生命科学的基础知识。如果现在大学生毕业时不懂得什么是DNA、什么叫克隆这些分子生物学基本概念,不了解保护生物多样性的意义,不了解生物技术与人类社会及经济发展的关系,将可能会成为一种遗憾。因此,一些名牌大学如美国的麻省理工学院(MIT)等都已经将基础生命科学列为本科生的必修课程。

■ 生命科学的发展需要您的参与

回顾生命科学发展的历史,无数科学伟人人历历在目,例如: Darwin 创立了进化论, Leeuwenhoek 发明了显微镜, Pasteur 建立了微生物学和发酵理论, Mendel 建立了经典的遗传学法则, Morgan 提出了基因的染色体定位学说, Fleming 发现青霉素, Griffith、Hershey 和 Chase 证明生命的遗传物质不是蛋白质,而是DNA, Watson 和 Crick 发现了DNA双螺旋结构模型, Cohn 和 Boyer 首次完成了DNA体外重组, Mullis 发明了PCR技术, Wilmot 完成了首例哺乳动物“多莉”羊的克隆等等。我们不知道生命科学领域下一个(或几个)名人是谁?不知道下一个(或几个)诺贝尔奖得主是谁?生命科学发展的历史启示我们,他们之中的曾经是生物学类专业的学生。今天谁也

不能确切地预测生命科学将来究竟会发展到什么样的程度,但有一点可以预测,有您的参与,有更多生物学类与非生物学类专业的专家共同参与,21世纪一定会成为生命科学取得更重大突破的世纪,生命科学将会对人类社会的发展做出更重大的贡献(图1-7)。

1.3 学什么

■ 生命科学的概念与内容

生命科学是研究生物体及其运动规律的科学,广义的生命科学还包括生物技术、医学、农学、生物与环境、生物学与其他学科交叉的领域。

在人类社会进入20世纪以后,各门自然科学已发展到相当高的水平,在此基础上,20世纪后叶分子生物学取得了一系列突破性成就,使生命科学在自然科学中的位置起了革命性的变化,现已聚集起更大的力量,酝酿着更大的突破走向21世纪。生命科学的发展和进步也向数学、物理学、化学、信息、材料及许多工程科学提出了很多新问题、新思路和新挑战,带动了其他学科的发展和提高。生命科学不但要成为21世纪自然科学的带头学科,而且自然科学、社会科学和人类学等都可以在生命科学领域发生交叉(例如克隆人的伦理问题、记忆移植的问题等等),因此它正在逐渐成为一门“中心科学”。另外,现代生物技术的快速发展又为医药、农业、环境工程和其他行业开辟了更加广阔的前景。因此,通过本课程的学习,我们不但要了解生命科学的发展历史,还应该积极去考虑生命科学与其他各门学科的联系。

“基础生命科学”是生命科学的入门课程。在本课程中,我们将简明地阐述生物多样性、细胞、代谢、遗传、分子生物学、进化、发育、生态和生物技术等方面最基本的概念和理论,同时还将重点地介绍一些科学家是如何经过勤奋探索获得这些理论的。了解一些基本理论产生的过程和其中最杰出的科学家,有助于激发同学们热爱生命科学,献身生命科学的热情。

■ 微观与宏观领域相互联系

生物体是高度组织化的复杂生命形式的表现,我们可以在不同的层次和水平上来认识它们(图1-8)。生物个体(如一棵杨树)由不同的器



图1-8 生命的层次

官(如根、茎、叶、花等)组成。器官(如叶片)由组织(如叶肉组织、表皮组织、输导组织等)组成,组织(如叶肉组织)由细胞组成,叶肉细胞含有许多细胞器(如叶绿体),叶绿体中含有叶绿素分子,叶绿素分子由多种原子组成。现代生命科学研究正在由宏观向微观深入发展,分子生物学正在向揭示生命的本质方向迈进,分子生物学更多的新成就将改变我们的世界。

同时,每一个生物个体的众多基因与环境的相互作用促进了生物的进化。现代生命科学不仅只研究单个生物体及其生命活动的过程,它还研究众多生物个体之间的相互关系与联系(即生物进化与生物多样性问题),研究这些生物体与环境的相互关系与相互作用。现代生命科学同时也正在向宏观方向深入,宏观生物学的新成就也会使我们的世界更加精彩。作为生命科学基础和入门课程,我们不能只见树木不见森林。在本课程的学习中,请从微观和宏观两个方面把握生命科学的基本概念,生命科学的微观与宏观领域是相互联系,相辅相成的。

■ 注重生命科学的最新进展

本教材内容的安排将遵循从宏观到微观、再从微观到宏观:首先介绍生物的多样性与分类,再介绍细胞和生命的化学组成,接着是能量与代谢、遗传和分子生物学(包括生物技术)、生物进化、个体生物学和发育、生态学等等,而这些内容也正好覆盖了上述生命特征的5个方面。在章节安排上,第二、十三、十四、十五、十六章主要涉及宏观生物学内容,第三、四、八、九、十、十一、十二章涉及细胞与分子生物学内容,第五、六、七章是代谢方面的内容。对于非生物学类专业,由于课时短,教授内容更应该精练而不必面面俱到,可给大学生们留下自学的空间。

生命科学近50年的发展超过了过去500年的进程。传统描述性的生物学内容已经不能代表现代生命科学的最基础内容。为了体现现代生命科学的最新进展,本教材特别对生物的形态、分类、进化等宏观生物学内容的篇幅作了适当的压缩,在微观生物学方面如代谢、结构与功能的联系、遗传、分子生物学和生物技术等内容的篇幅相对多一些。因为微观结构与功能、基因调控、克隆、重组DNA、人类基因组计划、生物芯片等等已经成为现代生命科学最基本的内容。

1.4 如何学

■ 兴趣是最好的老师

对学生来说,不仅应该知道为什么要学习生命科学,还应该主动地去探索生命的奥秘,这种探索需要付出艰辛的劳动。但是,只要一且有所理解或有所启示、有所收获或有所成就,兴趣便油然而生。对于教师和教材来说,揭示生命科学的真谛,显示其精华和美妙,唤起学生们的