

普通高等教育“十一五”规划教材

Introduction of
Essential Life Science

基础 生命科学 导论

钱凯先 主编



化学工业出版社

ISBN 978-7-132-03000-2

普通高等教育“十一五”规划教材
基础生命科学导论 钱凯先主编

普通高等教育“十一五”规划教材

基础生命科学导论

Introduction of Essential Life Science

钱凯先 主编

王强 童微星 严成其 副主编

ISBN 978-7-132-03000-2

定价：25.00元

化学工业出版社 北京



化学工业出版社

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

基础生命科学导论/钱凯先主编, —北京: 化学工业出版社, 2008. 2

普通高等教育“十一五”规划教材

ISBN 978-7-122-02001-7

I. 基… II. 钱… 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 (2008) 第 010070 号

Introduction of Essential Life Science

主编 钱凯先

副主编 其效 王 王

责任编辑: 赵玉清 陆雄鹰
责任校对: 凌亚男

文字编辑: 刘 畅
装帧设计: 金视角工作室

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 北京云浩印刷有限责任公司
787mm×1092mm 1/16 印张 13 $\frac{3}{4}$ 字数 369 千字 2008 年 2 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 25.00 元

版权所有 违者必究

前 言

生命科学是 21 世纪自然科学的重要前沿领域，是一门涉及认识、保护、利用自然界的芸芸众生，解决人类所面临的生存危机、增进人类健康、促进经济发展与社会进步、促使人类与自然走向和谐的学科，是当代大学生除了专业外应该具备的知识储备。通过该课程的学习，能使非生物类专业学生系统了解自然界的生命，了解现代生命科学和生物技术的基本理论与成就，激发学生关注生命科学的兴趣和对不同专业的交叉思索与思维创新。

本教材适用于普通高等院校非生物类专业的公共课。教材内容强调生命科学的基础知识，注重理论与应用的结合，强调内容前沿性与通俗性的结合。本书作者都是浙江大学宁波理工学院生化分院的任课教师，有丰富的教学实践经验。其中，钱凯先统稿，并撰写第一、三、十三章；王强撰写第九、十二章；童微星撰写第二章；严成其撰写第十章；阮晓撰写第六章；蔡立胜撰写第四章；张丽靖撰写第五章；李荷迪撰写第七章；齐莉莉撰写第八章；徐晓红撰写第十一章；王常青参写第三章。

本教材成书过程中，得到学校的支持和帮助，特别是生化分院院长金志华、沈波提出了许多宝贵的意见。化学工业出版社也为本书的出版付出了很多精力和劳动，在此一并表示感谢。

本书的不足之处欢迎广大读者批评指正。

钱凯先

2007 年 12 月于宁波

目 录

第一篇 生命的共性与规律

第一章 生命与生命科学	1
第一节 生命科学的重要性	1
第二节 生命的本质	4
第三节 生命起源之谜	5
第四节 生命科学的学科	6
参考文献	7
第二章 生命物质的同一性	8
第一节 没有水就没有生命	8
第二节 构建生命及其功能的生物大分子	8
第三节 维生素	24
参考文献	25
第三章 细胞与代谢	26
第一节 细胞——生命结构和功能的基本单位	26
第二节 细胞结构和功能的区域化	28
第三节 细胞的生命控制中心	32
第四节 细胞分裂与分化	34
第五节 正常细胞的癌变	36
第六节 细胞代谢概述	37
参考文献	41
第四章 遗传与进化	42
第一节 遗传与变异的概念	42
第二节 基因在遗传中的作用	49
第三节 生物进化的历史长河	58
参考文献	61

第二篇 生命的多样性与规律

第五章 最简单的一类生命	62
第一节 可怕的病毒界	62
第二节 神奇的微生物世界——细菌与真菌	68
参考文献	78
第六章 五彩缤纷的植物王国	79
第一节 占据海洋主导地位的低等植物	80
第二节 占据陆地主导地位的高等植物	83

第三节 植物的组织与形态结构	93
参考文献	100
第七章 生机勃勃的动物王国	101
第一节 动物的类群与特征	101
第二节 动物的生殖、发育和行为	112
参考文献	120
第八章 生物信息传递	121
第一节 控制生命的遗传信息传递	121
第二节 奇妙的细胞通讯	123
第三节 闪电般的神经通讯	126
参考文献	135
第九章 生物与环境的统一	136
第一节 生态学概念	136
第二节 不同结构层次的生态	138
第三节 生态环境问题及人类的对策	152
参考文献	154

第三篇 现代生物技术——生命科学的前沿应用领域

第十章 控制和改造生命的细胞工程	155
第一节 什么是生物技术	155
第二节 细胞工程的重大成果	157
参考文献	171
第十一章 创新生命的基因工程	172
第一节 基因工程概念	172
第二节 基因工程的重大成就	177
参考文献	187
第十二章 现代生物技术的新浪潮	188
第一节 发酵工程	188
第二节 酶工程	189
第三节 海洋生物工程	192
第四节 现代生物材料	193
第五节 仿生工程	198
参考文献	204
第十三章 走向人类与自然的和谐	206
第一节 人类与自然和谐的策略	206
第二节 生命伦理学	208
参考文献	214

第一篇 生命的共性与规律

第一章 生命与生命科学

第一节 生命科学的重要性

大约在 150 亿年前的宇宙大爆炸形成了无数的星系，每个星系中又有无数星球。估计地球是在 45~50 亿年前形成的，它位于银河星系的太阳系之中，赋有孕育生命的天时地利——太阳能、大气圈、水圈和岩石圈。根据化石考证，最早的原始生命大约出现在 38 亿年前，经过漫长的地质时代进化和繁衍才形成了今天如此形形色色的生命世界，这个生机勃勃的生物圈成为了地球最重要的特征。迄今为止，人类依靠先进的科学技术尚未发现浩瀚宇宙中存在生命的其他星球。

已知的地球上现存的生物大约有 200 万种，估计已经灭绝的生物有 1500 万种以上，各种生物都具有各自的个性特征。极目望去，那些花草树木、飞禽走兽都各有各的形态结构特征和习性，这就是生物的多样性。但各种生物，小到细菌，大到鲸鱼，简单到病毒，复杂到人类又都具有许多共同的基本特征，例如物质组成、细胞结构、遗传和对其生活环境的适应等，这就是生物的统一性。

生命科学就是研究庞大的地球生命体系的生命活动现象及其本质规律、生命与环境之间相互关系的一门科学。生命科学的任务就是使我们了解、认识、掌握、控制和改造生命，更好地保护地球的生态平衡，更好地为人类和社会的进步服务。作为生命科学前沿应用领域的生物技术已经在控制和改造生命的实践中发挥出巨大的作用。由于生命科学研究内容的广泛性、复杂性、实用性和带动性，它已成为 21 世纪自然科学领域的领跑者。在未来的时代中，生命科学将会极大地促进医学、农业和工业的发展；将会牵动信息科学、材料科学、能源科学、环境科学等一系列科学领域与生命科学的交叉革新；也将会推动人文、社科、经贸、管理等领域的纵深发展；而新兴的生物技术产业将会成为国民经济的支柱产业走进人类生活的方方面面。

生命科学的重要性是多方位的。第一，揭示生命的本质和规律，认识、控制和改造生命。

第二，指导人们认识和解决生活中的生命科学问题。例如，某城市郊区有家农民的窗户上突然聚集了大量的蜜蜂，农民无法把蜜蜂驱散，只好求助公安局，公安人员也无法赶走这一大堆蜜蜂，无奈之下求助于某大学生物系。该校派了一位教无脊椎动物的老师前往救急，这位老师到了现场一眼就看穿了这一现象的缘由，立即把头部和双手包好，轻轻地把这一大堆蜜蜂扒开，找到了一只很大的蜂王，然后把蜂王护送到远处的树林中，不一会所有的蜜蜂也就自动飞去。原来，蜜蜂是一种社会群居性昆虫，它们都会跟随着蜂王，当蜂王离开蜂巢飞到那家农民的窗户上就招来了一大堆蜜蜂的集聚，解决的办法就是要找到并请走蜂王。

再举一个例子，现在人民的生活水平提高了，健康意识增强了。有些人天不亮就出门锻炼，一头钻进树林草坪去呼吸新鲜空气。他们不知道在夜间植物的光合作用处于停止状态，但

却进行着呼吸作用。一夜之后，树林草坪的空间充满着 CO_2 ，人们吸入的不是光合作用放出的 O_2 ，而是植物吐出的 CO_2 。如果我们懂得生命科学知识，就会知道光合作用最旺盛时的空气最新鲜，一般在上午 10 点钟左右，下午 3 点钟左右。

第三，有助于认识、缓解和解决人类面临的生存危机。由于人类经济和文化活动的迅猛发展，直接破坏了自然环境和生态平衡，使人类在 21 世纪面临着一系列的生存危机。其中，主要有三大危机：①人口爆炸。目前全世界人口已近 65 亿，我国已超过 13 亿，这造成了许多难以解决的问题。例如粮食资源不足，有人估计地球陆地上的食物资源如果全部开发出来并加以利用，充其量只能养活 100 亿人口。实际上现在全球约有 1/3 的人口处于饥饿和营养不良状态，人口再增加，人类吃什么？又例如疾病问题，近年来全球性的瘟疫不断发生，人类的生命受到严重威胁。②环境污染。包括空气、江河湖海和土壤的污染。例如工业废气、汽车尾气、森林火灾等排放大量 CO_2 和有害气体， CO_2 具有保持热量的性质，导致温室效应，全球气候变暖和反常。由于工业和生活污水的大量排放，造成江河湖海富营养化，恶化了水质，直接或间接威胁人类的健康。由于在农业上大量施放杀虫剂、除草剂等有毒农药，不仅沉积于土壤，农作物的农药残留直接对人类造成危害等。环境污染恶化了这些区域的动、植物生存条件，直接破坏了原有的自然生态平衡。③资源衰竭。例如由于人类对石油、天然气、煤矿和各种矿物的掠夺性开采，有人预计 50 年内能源会被耗尽。由于过度渔猎，我国沿海的黄鱼、带鱼等资源已陷贫乏，一些珍贵动物如东北虎、华南虎、梅花鹿、藏羚羊、白鳍豚、大熊猫等已濒危，一些天然珍贵中草药材，如长白山参、藏红花、冬虫夏草等都已濒危等。

面对人类的许多生存危机，有人提出必须向其他星球移民，实际上这是永远不可能实现的。要解决这些危机，很大程度上要依靠生命科学与国家宏观调控的结合，例如控制人口增长、开发海洋资源、防治疾病、净化环境、提高农作物的抗性和产量、开发新的生物能源、设立自然保护区、保护生态平衡等等。这些无不与生命科学相关。只要人类规范自己的行为，就一定能够化解面临的生存危机，保护好地球，保护好人类自己。

第四，探索生命的未解之谜。例如，恐龙是一百万年前地球上最大的动物，盛极一时，但它们却突然地从地球上消失了。到底是什么原因造成恐龙的灭绝？

真正的原因迄今还不清楚，有人认为是地质冰川运动所致，也有人认为是一个直径大约 10 公里的行星在恐龙生活区域与地球相撞，造成了巨大的尘埃云，太阳被遮住了整整半年，尘埃云才散去。这么长时间的黑暗致使所有的植物死亡，彻底断绝了恐龙的食物链而因此灭绝（图 1-1，图 1-2）。这种大规模的生命灭绝给人类留下了许多未解之谜。又例如，人类迄今对自身还很不了解，人类的生命隐藏着大量的奥秘。每个人都是从一个细胞（受精卵）的分裂、分化和发育而来，在每个细胞中都存在着同样的一套基因组，但为什么同一套基因组能控制分裂的细胞分化成不同类型的细胞和组织？不同的组织又有序地构建成不同的器官和系统？是什



图 1-1 天体撞地球导致恐龙毁灭

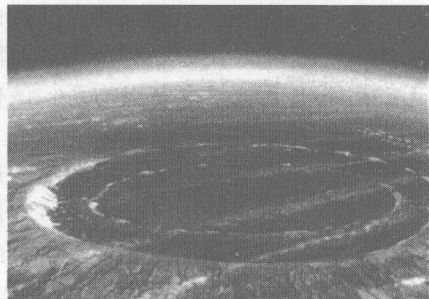


图 1-2 墨西哥尤卡坦半岛的陨石坑

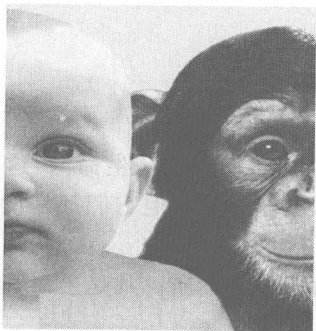


图 1-3 科学家发现人类与猿分道扬镳源于基因

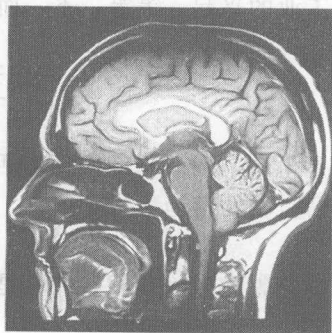


图 1-4 人的大脑

么机制对同一套基因进行着极其精密和有序的不同调控（图 1-3）？这迄今仍然是一个知识断层。人类基因组计划现在虽已完成，但仅仅测定和探明了人类基因组大约 30 亿个核苷酸的排列顺序，还远远没有搞清楚全部基因的结构，更没有搞清楚基因的调控和表达机制。在人类基因组中大约只有 3% 的基因能够表达，绝大部分都是非编码的沉默基因，它们的功能迄今尚不得而知。人类的大脑皮层非常发达，如果把大脑的沟回全部展开，面积可达 0.5m^2 。大脑皮层可定位划分为不同的感觉区和运动区，控制着人体的生命活动。学习、记忆、思维、意识都涉及信息的储存、提取和加工过程，那么这些信息以什么形态和方式来完成这些过程的呢（图 1-4）？这都是谜团。在一般情况下，大脑只被利用 10% 左右，那又如何开发大脑的潜能呢？又例如宇宙生命的探索，宇宙之大，星球之多可以用无穷大来表示，人类用最先进的仪器已捕获到距地球 105 亿光年（光速为大约 30 万公里/秒）的星球信息，如此遥远的天体对于人类来说将是永远触摸不到的。远的不说，就地球所处的银河星系估计就有 1 亿个“太阳”（恒星）。若以地球生命的生存条件为模板来分析，在这浩瀚的宇宙中不可能没有第二个生命星球，只是人类利用现代最先进的宇航飞船还无法飞出太阳系去探测更远一点的星球。探索有无宇宙生命和“外星人”将是生命科学未来的热点之一（图 1-5）。

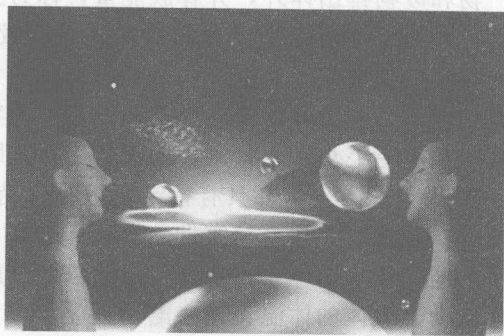


图 1-5 宇宙里有没有其他生命形式

第五，生命科学永恒的主题是保障人类的健康、社会的进步以及人类与自然的和谐。实际上，一切科学的宗旨也都是为了这个主题，而生命科学更加直接。生命科学涉及到人类生活和社会发展的各个领域，例如生物技术 在农业上将会不断取得突破性的进步，创造出抗虫、抗病毒、抗逆、快速生长与高产的转基因优良品种；用试管苗、人造种子替代传统的种子耕种；用三倍体、多倍体获得大而无籽的果实；创造能与豆科植物一样固氮的水稻、小麦和经济作物等等。在医药卫生方面，开发新的抗菌素、基因工程疫苗和特效药物、异体器官移植、基因治疗、细胞治疗、人源单克隆抗体（生物导弹）等等。在 21 世纪，生物技术将会成为主导国民经济的庞大产业体系和保障人类健康的重要支柱，并在这些进步中减缓对环境的污染，减少对自然资源的索取，逐步走向人类与自然的和谐。

生命科学之所以重要，还在于它能带动许多相关科学与技术领域的交叉融合与发展。例如脑科学会带动计算机信息储存、运转和智能化的不断升级；重组羟丁酸聚酯发酵工程会带动可

降解塑料工业的兴起，等等，不一而足。

第二节 生命的本质

什么是生命，用一句话或几句话难以准确阐明。有人说“能动的就是生命”，这不能概括所有的生命。植物落地生根不能动，但它们是生命；风云水电能流动，但它们都是没有生命的物质现象。

为了能完整和准确地阐明什么是生命，就必须阐明生命的整体本质。凡是生命都具有八大特征。

1. 化学成分的统一性。所有生命都是由水、蛋白质、糖类、脂类、核酸、无机盐类和少量有机化合物（如维生素、代谢中间产物）所构成。从元素上分析，自然界的 100 多种元素中，构建生命必需的元素只有 22 种，其中，C、H、O、N 约占 90%。

2. 严整有序的结构。除了病毒外，所有生命的基本结构和功能单位都是细胞。单细胞生物的一个细胞就是一个生物体，多细胞生物则由同一类细胞构成组织，再由不同的组织组成器官，进而由不同的器官构成系统和整个生物体。所以，生命具有有序的结构层次，各种结构都有严格的区域定位。

3. 新陈代谢。生物是个有选择性的开放系统，必须与环境之间不断进行物质与能量的交换。一条活鱼与一条速冻冷藏的鱼，虽然化学成分几乎一样，但活鱼能与环境进行物质与能量交换，而后者不能交换，故无生命。新陈代谢包括合成代谢与分解代谢两个过程。生物从外界摄取食物，并转化和合成为自身的物质和能量，称为合成代谢；生物把体内的物质分解为简单的产物和废物排出体外，并释放能量，称为分解代谢。

4. 应激性和运动。生物能接受外界刺激而发生特定反应，例如植物细胞的胞质环流；植物的花和茎尖具有向光性，向日葵的花朝向太阳；睡莲的花瓣白天开放，夜间折叠关闭；用手触摸含羞草，它的叶片就会合拢和下垂；动物的感觉器官和神经系统对外界刺激非常敏感，即便是一条小毛毛虫，用针刺一下也会疼得乱跳，等等。

5. 内稳态。生物都具有特定的机制保持身体内环境的稳定，尽管外界环境的变化很大，例如季节和气候，热带与寒带、水栖和陆居，咸水与淡水，空中与土壤中等等，各种生物高度有序的结构和功能体系都能使体内的总熵（所谓熵就是无序化的程度）保持恒定而不随环境的变化波动。人体的体温无论在酷暑还是严寒总是保持在 37℃ 左右，这种内稳态保证了体内正常的新陈代谢和生命活动，对于生命具有重要的意义。

6. 生长发育。生物都能生长和发育，一般来说分为两个过程：一是细胞数量的增加，例如婴儿出生时大约有 2×10^{12} 个细胞，经过十几年的生长变为成人时大约有 6×10^{13} 个细胞，细胞数量增加 30 倍左右。一粒种子发芽后可以长成为参天大树，细胞数量增加的过程体现了生物体的生长；二是成熟过程，体内各种器官和系统以及它们的功能逐步达到完善和成熟，这就是发育。发育成熟时动物则开始生殖，植物则开花结籽。当然，每一种生物生长和发育的时间和过程不同，这是由每种生物遗传决定的稳定过程，每种生物的生长发育都会按照自己的尺度范围、模式和程序进行。例如，昆虫的生长发育具有变态过程，从受精卵→幼虫→蛹→成虫，一条蚕最终发育成蚕蛾。生长发育也会受到环境和营养条件的影响，个体因此也会发生差异。

7. 生殖和遗传。任何一种生物个体都不会长生不老，但它们都能通过繁殖后代使种群延续和发展下去。亲代把自己的特征传给后代，这就是遗传，生物的遗传是由基因决定的。遗传的通俗概念就是“种瓜得瓜，种豆得豆”。由于有性生殖的子代基因组一半来自父本，一半来自母本，使其基因的组合发生变化，这种变异可以遗传。另外生物也会受到环境的影响而发生

变异，遗传和变异推进了生物的进化。

8. 适应。生物能够生存在变化复杂的环境中，并且繁衍下去，这就是适应。简单地说，适应就是生物与环境的统一。适应有两方面的内涵：一是生物的结构与功能的统一；二是生物的结构和功能与其生存环境的统一。例如鱼生活于水中，它的呼吸器官是鳃，鳃的结构适合于通过其丰富的微血管与经过鳃的水流逆向交换气体，从中获得氧气。如果鱼离开了水，就会窒息而死。北极熊由于细胞膜结构中的饱和脂肪多，流动性大，易产生热量，同时皮下脂肪层厚，故适于在长年冰冻的北极生存。

从上而知，生命的概念是复杂的，我们必须从生命的许多共同特征上去认识。

第三节 生命起源之谜

地球上的生命最初是怎样产生的？又是怎样进化的？这是一个充满疑团的议题，人类能够得到的直接证据是化石。所谓化石，就是古代理藏在地层中的动、植物遗迹。动植物死亡后，躯体被埋藏在地层中，在一定的条件下矿物质沉积于其中，变硬、石化而成为化石。根据现有化石证据，地球上最早的原始生命出现在 38 亿年之前的叠层化石中，是一种原始的细菌。那么，原始生命是怎么产生的，生命是怎样起源的呢？

在出现生命之前，原始地球的大气圈是还原型的、不含氧、氮，而含氢的化合物，如 H_2O 、 NH_3 、 CH_4 、 H_2S 等。由于频繁的火山活动喷出大量水蒸气，大气层中的水蒸气饱和冷却经降雨聚集成原始海洋，大气中的一些气体和地壳表面的一些可溶性化合物被积累在其中，原始海洋就成了原始生命的诞生地。生命发生的最早阶段是化学进化，即从无机小分子进化到原始生命的阶段，它可分为四个连续的阶段（图 1-6）：①从无机分子生成有机分子；

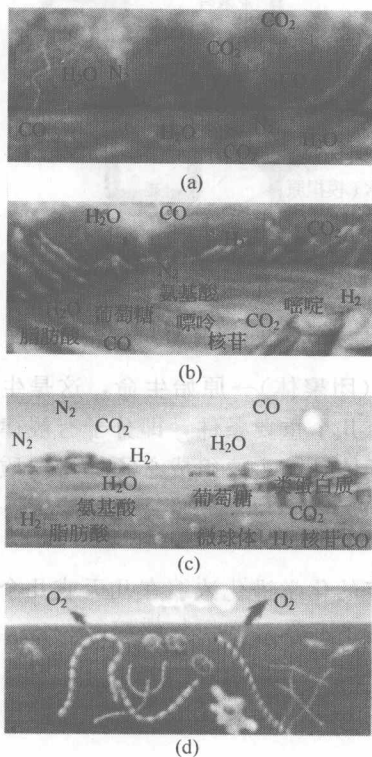


图 1-6 原始生命的出现

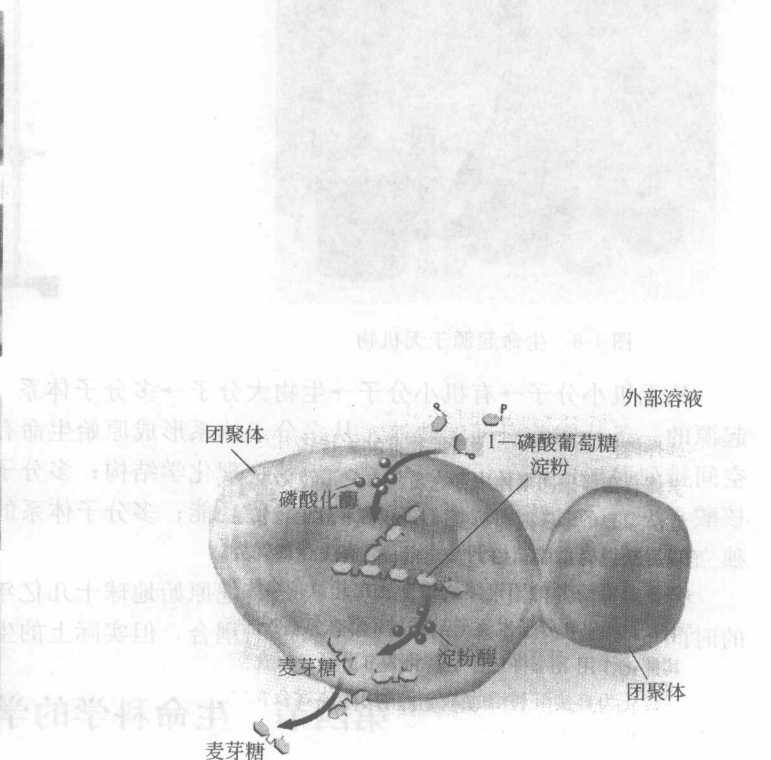


图 1-7 团聚体

②从有机小分子生成生物大分子；③多分子体系的形成；④原始生命的出现。

人类已无法获取 40 多亿年之前生命起源的直接证据和信息，但许多科学家在实验室进行了生命起源的模拟实验来验证这个过程。例如前苏联奥巴林通过大量实验提出了团聚体学说。最初，他把明胶（蛋白质）与阿拉伯胶（多糖）的水溶液混在一起，即可聚合成小滴状的团聚体，用蛋白质、核酸、多糖、磷脂及多肽等溶液混合也都能形成团聚体，团聚体小滴外围形成膜样结构而与周围介质分隔开来（图 1-7）。奥巴林的实验中证明团聚体小滴具有原始代谢特性，表现出一定的生命现象。

美国芝加哥大学的米勒第一个用实验证明在原始地球环境条件下，无机物可以转化为有机分子（图 1-8，图 1-9）。他在一个密闭循环装置中，充入 CH_4 、 NH_3 、 H_2 和水蒸气来模拟原始大气，在这个装置的一个烧瓶中装水，用以模拟原始海洋。当烧瓶加热，水蒸发成水蒸气，同时通入电火花模拟原始闪电放能。这样一个反应体系的反应物经冷却后凝集的水中发现了多种氨基酸、多种有机酸和尿素等有机分子。除了氨基酸外，其他的有机小分子，如嘌呤、嘧啶等碱基，核糖核酸、脱氧核糖核酸及脂肪酸等也可在同样情况下形成。这些有机分子是构成生物大分子的基础。

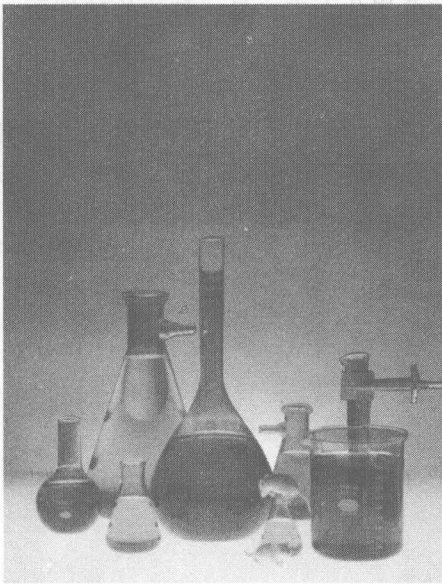


图 1-8 生命起源于无机物

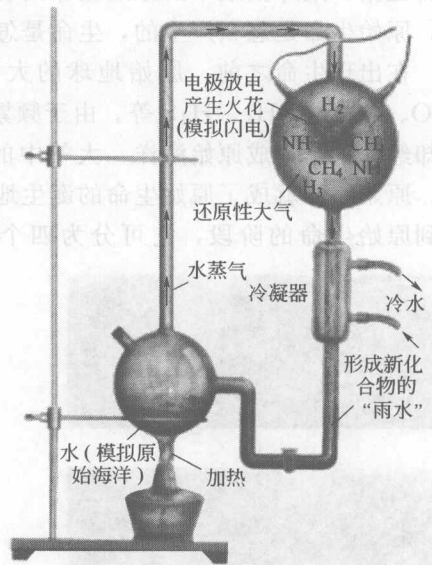


图 1-9 米勒的实验

从无机小分子→有机小分子→生物大分子→多分子体系（团聚体）→原始生命，这是生命起源的一条从实验引证的轨迹。从多分子体系形成原始生命有几个重要条件，即分子有规律的空间排列而形成多分子体系内部一定的物理化学结构；多分子体系的主要组成必须是蛋白质和核酸，以能建立转录翻译系统，实现遗传功能；多分子体系的表面必须形成膜，才能成为一个独立的稳定体系。

模拟实验只能设定一些简化的因子，把原始地球十几亿年的化学进化浓缩在几天或几个月的时间里来判断，这在理论上会有一定的耦合，但实际上的生命起源过程更加错综复杂。

第四节 生命科学的学科

生物科学是生命科学的理论基础。生物科学是研究生物的生命现象、活动规律和本质过

程，其内容广泛、机理复杂，从形态到生理、从结构到功能、从宏观到微观、从个体到细胞、从细胞到分子、从定性到定量、从静态到动态、从生长到发育、从生殖到遗传、从个体到生态系统等等，多视角、全方位地探索生命的本质及物质、能量、信息的运转规律。因此，生物科学就被人为地分解成许多学科，各司其职。

生物科学是一级学科，它可分为 12 个二级学科，在大学里一般按二级学科设立专业。二级学科包括生物化学与分子生物学、细胞生物学、植物学、动物学、微生物学、生态学、病毒学、遗传学、生理学、发育生物学、生物物理学和神经生物学。随着研究的深入和拓展，许多二级学科又可分为若干三级学科，例如动物学又可分为原生动动物学、无脊椎动物学、昆虫学、脊椎动物学、鱼类学、两栖爬行动物学、鸟类学等。

生命过程和反应实际上都是遵循物理、化学和数学的规律运行的，生物科学与物理学，化学和数学有着密切的关系，它们之间的交叉融合又形成了一些新的交叉学科。生命科学与地球科学，环境科学和人文社会科学也具有密切关系，越来越多地进行着交叉和渗透。

现代生物技术是生命科学发展的前沿应用领域，涉及到许多技术科学的结合，例如农学、医学、药理学、信息科学、材料科学、能源科学等等。总之，在 21 世纪生命科学将会促进整个自然科学的结合和发展，促进自然科学与人文科学的结合，促进人类和社会的进步。

参 考 文 献

[1] 吴相钰, 陈守良, 葛明孝. 陈阅增普通生物学. 北京: 高等教育出版社, 2005.



图 1-1-1 葡萄糖的费歇尔投影式

第二章 生命物质的同一性

生命在物质组成上具有共同的规律性，水是生命的物质基础，没有水就没有生命。糖是生物体重要的碳水化合物，也是生物体内重要的供能物质。蛋白质和核酸是构成细胞内原生质体的主要成分。另外，脂类也是生物体内重要的组成成分。

第一节 没有水就没有生命

生命一刻也离不开水，水是生命需要最重要的物质。一个成人含水量占体重的 65% 左右，而两个月的婴儿则为 91% 左右。人体不同器官的水分含量差别很大，如人的眼球含水量是 99%、血液 85%、肌肉 76%、骨骼 22%。

水对人体的生理功能是多方面，在体内发生的一切化学反应都是在水介质中进行的，如果没有水，营养成分不能被吸收，也不能被运输；没有水，废物也不能排除，新陈代谢将无法进行，人将会死亡。因此，水是人的生命中最重要的物质之一。

人体每天都需要大量的水，成人每天通过饮水、食物进入体内的水量约为 2200mL，糖、脂肪、蛋白质氧化产生的水约为 300mL，可见每天人体内摄入的水量总计约为 2500mL。成人每天也将大约排出 2500mL 的水，其中肾脏排尿约 1500mL、皮肤蒸发约 500mL、肺呼吸排出约 400mL、粪便排出约 100mL。结果，人体进出的水量基本上达到平衡。

人的生命需要优质的饮用水，优质饮用水的感官指标是清澈透明、无异味、喝起来爽口解渴。另外，它的化学、毒理学、细菌学等的指标必须达到国家的卫生标准，对此我国制定了国家生活饮用水的卫生标准（GB 5749—85）。水质好的水并非是纯净水，溶解于水的气体（氧和二氧化碳）以及少量的碳酸钙，使水更具有令人愉快的新鲜气味。

第二节 构建生命及其功能的生物大分子

生物大分子是指作为生物体内主要活性成分的各种分子量达到上万或更高的有机分子。常见的生物大分子包括蛋白质，核酸，多糖和脂类。它们是生物体的重要组成成分，而且具有重要的生物学功能。

一、多糖

糖是一类多羟基的醛或酮及其聚合物和衍生物。简单而熟悉的例子是葡萄糖，它的结构式如图 2-1 所示。

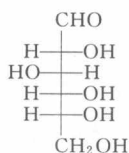


图 2-1 葡萄糖结构式

根据糖类物质能否水解和水解后的产物将糖分为单糖、寡糖和多糖。单糖在温和条件下不能水解为更小的单位，而寡糖水解时每个分子可以产生 2~10 个单糖分子，如蔗糖；多糖能水解成多个单糖分子，属于高分子化合物，分子量可达到数百万，如淀粉。

(一) 单糖

植物体内的单糖主要是戊糖（五碳糖）、己糖（六碳糖）、庚糖（七碳糖），戊糖主要有核糖、脱氧核糖、木糖和阿拉伯糖等；己糖主要有葡萄糖、果糖和半乳糖、甘露糖、山梨糖等。它们在较温和的条件下不能够再水解成更小的物质，是糖类物质中最简单的糖，是构成寡糖和多糖的基本单位。

(二) 寡糖

它是由 2~10 个单糖分子缩合而成的糖，根据其所含单糖个数（用 n 表示）可以把它叫成 n 糖，如蔗糖是二糖，它是由一个分子的葡萄糖和一个分子的果糖所组成的寡糖。常见的二糖还有麦芽糖、乳糖等。

蔗糖主要存在于甘蔗、甜菜、胡萝卜、水果和其他一些植物中。浓蔗糖溶液具有抑制微生物生长的特性，因此，可以用来生产和保存某些食品，所以可以用蔗糖来生产蜜饯果品、果酱和果冻等食品。

在自然界中，麦芽糖主要存在于发芽的谷粒，特别是麦芽中，故得此名称。它可用作甜味剂，但甜味只达到蔗糖的 1/3。它是一种廉价的营养食品，容易被人体消化和吸收。

乳糖主要存在哺乳动物的乳汁中，也存在于某些高等植物的花粉管及微生物中。

(三) 多糖

多糖是由多个单糖分子缩合而成的糖，水解后可以生成多个单糖分子。有的多糖是由同种单糖的多个分子缩合而成的，这类多糖叫做均一多糖或同聚多糖，如淀粉、糖原和纤维素等都属于均一多糖；有的多糖是由不同种类单糖或单糖衍生物的多个分子缩合而成的，这类多糖叫做不均一多糖或杂多糖，如黏多糖等。

1. 淀粉

淀粉 (starch) 是植物的种子、根、块茎、果实和叶子等细胞组成的主要成分。特别是稻米、小麦、玉米和薯类。淀粉资源极为丰富，是生命活动的主要能源。它可以分为直链淀粉和支链淀粉两大类。

(1) 直链淀粉 直链淀粉中，葡萄糖以 α -1,4 糖苷键缩合而成 (图 2-2)。相对分子质量在 10000~50000 之间。每个直链淀粉分子只有一个还原端基和一个非还原端基。遇到碘会显示出蓝紫色。

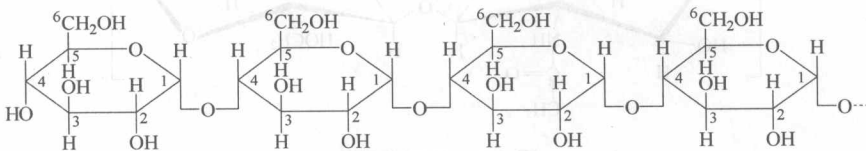


图 2-2 直链淀粉的结构

(2) 支链淀粉 支链淀粉中，葡萄糖主要以 α -1,4 糖苷键相连，少数以 α -1,6 糖苷键相连 (分支点处)，所以支链淀粉具有很多分支 (图 2-3)。相对分子质量在 50000~100000。遇到碘会显示紫色或紫红色。

2. 糖原

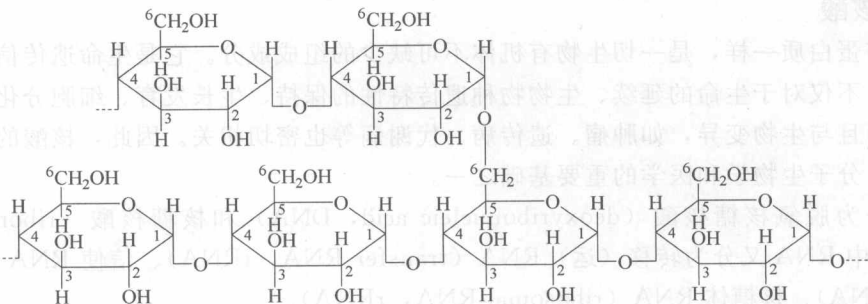


图 2-3 支链淀粉的结构

糖原是动物体内重要的储藏多糖，相当于植物体内储存的淀粉，也叫动物淀粉，其结构与支链淀粉相似。遇到碘会显示红色。高等动物的肝脏和肌肉组织中含有较多的糖原。

3. 纤维素

纤维素 (cellulose) 是植物是的一种结构多糖，葡萄糖分子由 β -1,4 糖苷键缩合形成的非分支的多糖 (图 2-4)。

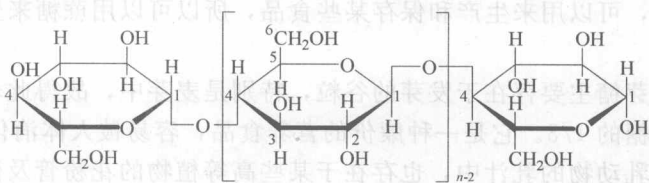


图 2-4 纤维素的结构

植物每年通过光合作用，能产生出亿万吨纤维素，如棉花，它的纤维素含量很高 (可达到 90%~98%)。纤维素是自然界十分丰富的资源，但是由于其中的葡萄糖分子是 β -1,4 糖苷键连接的，而人类不具有降解 β -1,4 糖苷键的酶，所以无法消化它。

4. 几丁质

几丁质 (chitin) 也称壳多糖，是 *N*-乙酰- β -D-葡萄糖胺的同聚物，相对分子质量达数百万。它的结构与纤维素的结构极其相似，只是每个残基的 C_2 上羟基被乙酰化的氨基所取代，如图 2-5 所示。

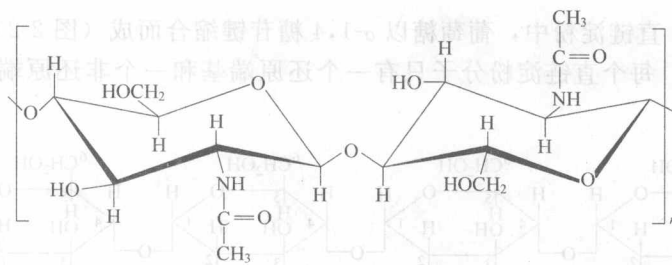


图 2-5 几丁质结构

几丁质广泛地分布于生物界，是自然界中第二丰富的多糖。主要是存在于无脊椎动物，如昆虫、蟹虾、螺蚌等，也是大多数真菌和一些藻类的一种成分。

壳多糖去乙酰化后形成脱乙酰壳多糖 (也叫聚葡糖胺)。由于脱乙酰壳多糖具有阳离子性质，且无毒性，所以可以应用于水和饮料处理、化妆品、制药、医学、农业 (种子包衣) 以及食品、饲料加工。

二、核酸

核酸与蛋白质一样，是一切生物有机体不可缺少的组成成分。它是生命遗传信息的携带者和传递者，不仅对于生命的延续、生物物种遗传特性的保持、生长发育、细胞分化等起着重要的作用，而且与生物变异，如肿瘤、遗传病、代谢病等也密切相关。因此，核酸的研究是现代生物化学、分子生物学和医学的重要基础之一。

核酸分为脱氧核糖核酸 (deoxyribonucleic acid, DNA) 和核糖核酸 (ribonucleic acid, RNA)，其中 RNA 又分为转移 (运) RNA (transfer RNA, tRNA)、信使 RNA (messenger RNA, mRNA)、核糖体 RNA (ribosomal RNA, rRNA)。

现在我们大家都清楚核酸是遗传物质，但是人们真正认清这一问题是在 20 世纪 50 年代

初，在认识过程中有几个巧妙而著名的实验值得我们了解，即肺炎链球菌的转化试验和烟草花叶病毒的重建试验。

肺炎链球菌的转化试验（如图 2-6 所示）肺炎链球菌有两种不同的类型，一种有荚膜，菌落光滑（光滑型，S 型），能够引起人肺炎或小鼠的败血症；另一种没有荚膜、无毒性，菌落粗糙（粗糙型，R 型）。1928 年，英国科学家 Griffith 利用肺炎链球菌的 R 型和 S 型，以老鼠进行实验，证明加热杀死的 S 型和活的 R 型同时注射到小鼠体内，能够引起小鼠死亡，并且从它们的体内找到了活的 S 型细菌。这说明，已经被杀死的 S 型细菌中存在有一种能够进入到 R 型细菌内的物质。那么，这种物质究竟是什么呢？

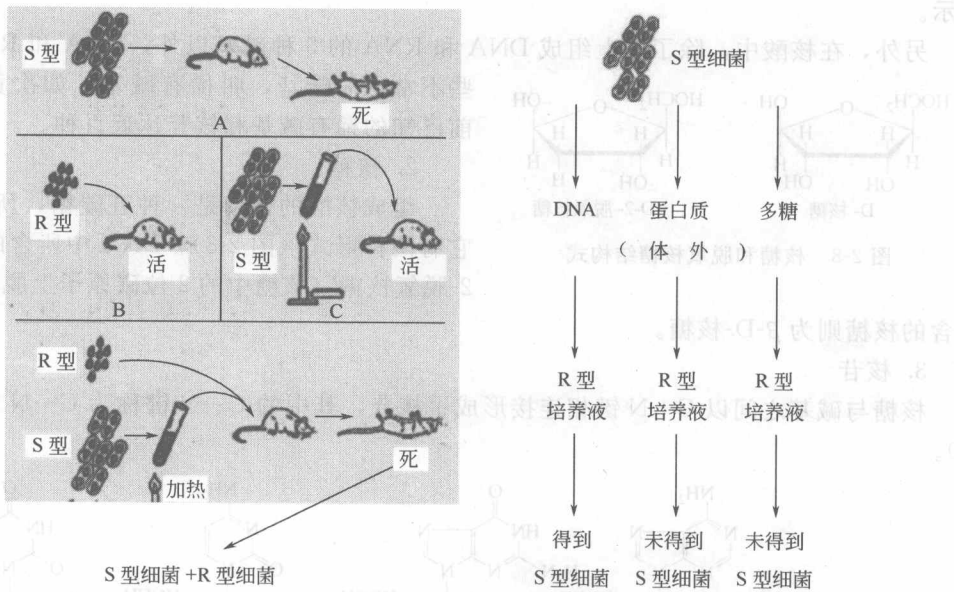


图 2-6 肺炎链球菌的转化试验

1944 年，美国科学家 O. T. Avery 和他的同事在 Griffith 工作基础上，从 S 型活细菌中提取出 DNA、蛋白质和多糖等物质，然后在体外将它们分别加入培养 R 型细菌的培养基中，结果发现只有加入 DNA，R 型细菌才能够转化为 S 型细菌，DNA 的纯度越高，转化效率越高。Avery 还发现，如果用 DNA 酶（它能够降解 DNA）处理 DNA，那么就不能使 R 型细菌发生转化。由此可见，促使 R 型转变成 S 型的转化因子就是 DNA。从而证明了 DNA 是生命的遗传物质，而蛋白质等其他物质不是遗传物质。

烟草花叶病毒的重建试验 在我们生物世界里，有一些微生物并没有 DNA 物质，如烟草花叶病毒、小儿麻痹症病毒、脑炎病毒等，对于这些生物当然不可能以 DNA 作为遗传物质。

1956 年，H. Fraenkel-Conrat 将烟草花叶病毒的蛋白质和 RNA 提取出来，分别涂抹在健康的烟草叶子上。结果发现，仅涂抹 RNA 的叶片得病，而且产生正常的病毒后代；但是，仅涂抹蛋白质的叶片不得病。以上试验证明了在没有 DNA 的病毒中，RNA 是遗传物质。

由此可见，DNA 是生物的主要遗传物质，而在缺少 DNA 的生物中，RNA 是遗传

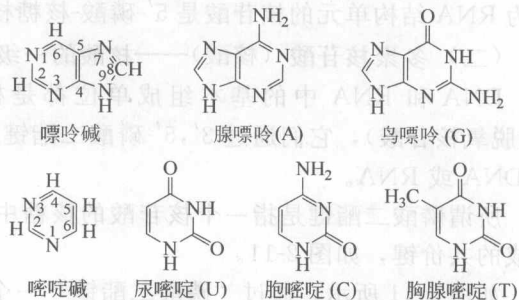


图 2-7 碱基结构式