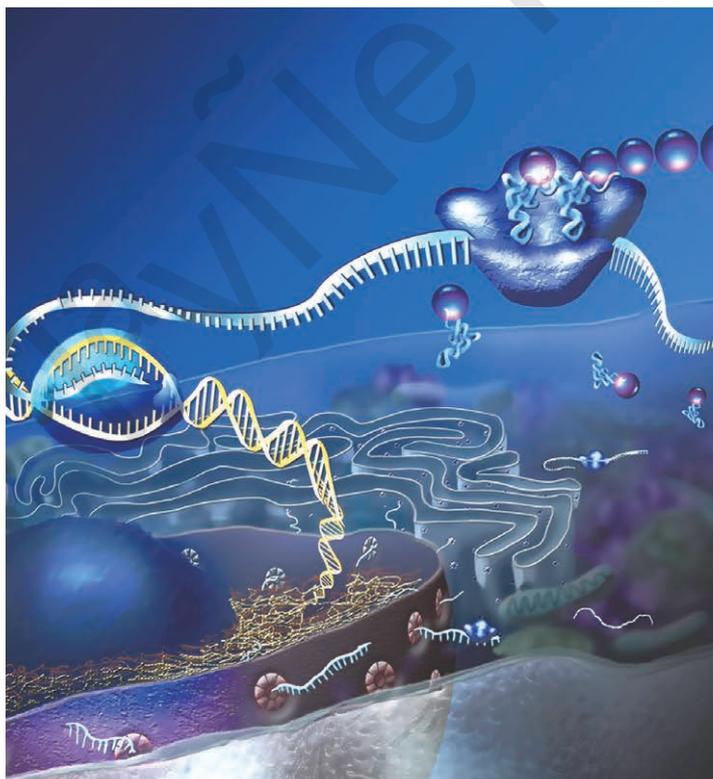


普通高中教科书

生物学

必修 1

分子与细胞



上海科技教育出版社

编写人员名单

主 编 张新时

执行主编 张可柱

分册主编 密守军

编著者 (以姓氏笔画为序)

王永田 王传文 陈善蕊 窦福良

审 读 王仁卿 李文军

致同学们

“看万山红遍，层林尽染”“鹰击长空，鱼翔浅底，万类霜天竞自由”。我们生活的地球，正如毛泽东同志在《沁园春·长沙》中所描绘的那样，是一个生机盎然、自由奔放的生命世界。

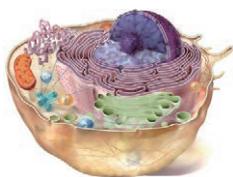
生物学是探索生命现象和生命活动规律的科学，是自然科学中的一门基础学科，其研究对象是地球上形形色色的生物。科学家在 20 世纪曾经预言，生物学在 21 世纪将会对人类社会产生巨大影响。

如今，克隆动物的诞生、DNA 在身份鉴定中的运用、人类基因组计划的实施、转基因食品的出现等已成为社会关注的热点和焦点，克隆、DNA、基因图谱、生物工程等词汇也已成为人们耳熟能详的日常用语。近年来，以分子设计、基因组编辑技术为核心的技术突破，以及云计算、大数据、人工智能等信息技术与生物技术的结合，正迅速而深刻地改变着我们周围的一切，人类获得了改造自然和自身的巨大力量，也让整个人类社会遭遇了有史以来最大的挑战。

本模块是高中生物学必修 1《分子与细胞》，围绕着细胞是生物体结构与生命活动的基本单位展开，内容包括细胞由多种多样的分子组成、细胞具有分工合作的复杂结构、细胞的生存需要营养物质和能量、细胞经历从生到死的生命进程等。细胞生物学是生命科学的重要基础学科，生物化学和分子生物学的飞速发展促使细胞生物学的研究进入分子水平。本模块选取了细胞生物学方面最基本的知识、研究的新进展及相关的实践应用，是学习其他模块的基础。通过学习，同学们将从分子水平了解细胞生命活动的机理，更深入地理解生命的本质，了解生命的物质性和生物界的统一性，细胞生命活动中物质、能量和信息变化的统一，细胞结构与功能的统一，生物体部分和整体的统一等，有助于科学自然观的形成。

为了大家更好地学习，这一模块精心设立了如下栏目：

第三章 细胞具有分工合作的复杂结构



霍夫曼 (H. Hofmann) 在《万物生长》中有这样的描述：“每个细胞都是自然界的一个奇迹。即便是最简单的细胞，其构造的精巧程度也是人类的智慧难以企及的。”细胞结构与功能的复杂程度远远超出人们的想象，细胞内一刻不停地进行着规模巨大的化学反应，貌似拥挤不堪、纷繁混乱，实则秩序井然、有条不紊……小小的细胞内究竟具有哪些精细结构？它们之间是如何协调配合，成就自然进化的最高形式——生命的呢？

章首页 精美的图片和富有深意的章引言，让同学们带着问题出发，逐步学习一章的主要内容；以时间轴形式呈现的科学史，一目了然地展现出与本章学习内容有关的重要科学发现。





课题研究

课题研究 通过一个探究实验、调查研究活动或者模型制作活动实现任务驱动，引领全章内容的学习。



探究活动

探究活动 通过实验探究、资料探究、社会考察、经典再现、模型建构、方案设计、观点碰撞等形式引领同学们针对特定的主题进行观察提问、实验设计、方案实施、分析讨论，逐步增强对自然现象和社会现实的好奇心与求知欲，掌握科学探究的基本思路和方法，培养主动学习与思考的品质。



阅读空间

阅读空间 提供一些趣味性的自主阅读资料，既与正文相呼应，又引领同学们将学习与生活实际密切联系。

思维训练

思维训练 通过模型建构、曲线解读等形式，认识事物，探讨、阐释生命现象及其规律，进一步发展科学思维。

学业检测

学业检测 每节正文之后，以核心素养为指向，围绕本节内容精心设计一组自评自测题，促进学习目标内化和巩固，便于同学们自我反馈、自我评价、主动发展。



学业要求

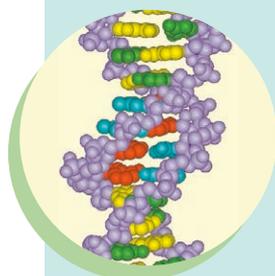
学业要求 聚焦生物学大概念，关注生物学学科核心素养，以表格的形式，简洁明了地将本章有关的课程标准内容要求和活动要求按一定逻辑呈现出来，有助于同学们将学习内容结构化联结，以提升本章内容学习水平。

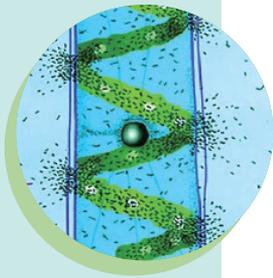
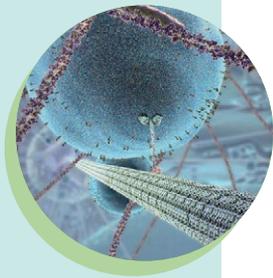
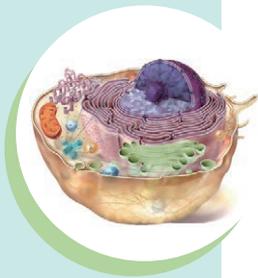


视野拓展

视野拓展 包括时代亮点、历史长河、榜样人物、科学生活和绿色视野等，展现与本章内容有关的最新研究进展，回顾重大历史发现，介绍榜样人物的高贵品质，为同学们提供更多的学习意义启发。

第一章 细胞构成生物体 ...	2
课题研究——发现一滴水中的生命世界 ...	3
第一节 人类认识细胞的历程 ...	4
一、细胞的发现 ...	4
二、细胞学说的创立 ...	5
三、细胞生物学研究进展 ...	7
第二节 生物体由多种多样的细胞构成 ...	9
一、细胞的形态和功能是多种多样的 ...	9
二、原核细胞与真核细胞的主要区别 ...	11
第二章 细胞由多种多样的分子组成 ...	16
课题研究——探究化学元素对植物生命活动的影响 ...	17
第一节 细胞由多种元素和化合物组成 ...	18
一、细胞含有多种化学元素 ...	18
二、细胞由多种化合物组成 ...	20
第二节 水和无机盐在生命活动中具有重要作用 ...	24
一、水是细胞内含量最多的化合物 ...	24
二、无机盐在生命活动中的重要作用 ...	28
第三节 糖类和脂质对细胞的结构和功能具有重要作用 ...	31
一、糖类是生命活动的主要能源物质 ...	31
二、脂质对细胞的结构和功能具有重要作用 ...	34
第四节 细胞的功能主要由蛋白质完成 ...	39
一、蛋白质的基本组成单位是氨基酸 ...	39
二、蛋白质由氨基酸分子缩合而成 ...	41





第五节	核酸是储存与传递遗传信息的生物大分子	47
一、	核酸的发现历程	47
二、	核酸包括 DNA 和 RNA	49
三、	核酸由核苷酸聚合而成	49

第三章 细胞具有分工合作的复杂结构 54

课题研究——制作细胞模型	55
--------------	----

第一节 细胞都由质膜包裹 56

一、	质膜主要由脂质和蛋白质构成	56
二、	质膜具有多种功能	59

第二节 细胞内具有许多相对独立的结构 62

一、	细胞质基质是透明的胶状物质	62
二、	细胞内存在多种细胞器	63

第三节 遗传信息主要储存在细胞核中 68

一、	细胞核是细胞生命活动的控制中心	68
二、	细胞核是具有特殊界膜的重要结构	70

第四节 生物膜系统和细胞骨架 72

一、	细胞具有相互联系的生物膜系统	72
二、	细胞骨架参与许多重要生命活动	74

第四章 细胞的生存需要营养物质和能量 80

课题研究——构建渗透系统模型	81
----------------	----

第一节 质膜参与物质交换和信息交流 82

一、	离子和小分子以穿膜运输方式进出细胞	82
二、	大分子以囊泡转运方式进出细胞	85
三、	细胞通过质膜进行信息交流	86

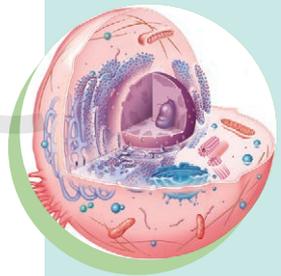
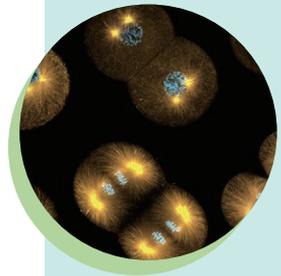
第二节 酶是细胞生化反应的催化剂 90

一、	酶具有高效性和专一性等特点	90
二、	绝大多数酶是蛋白质	93

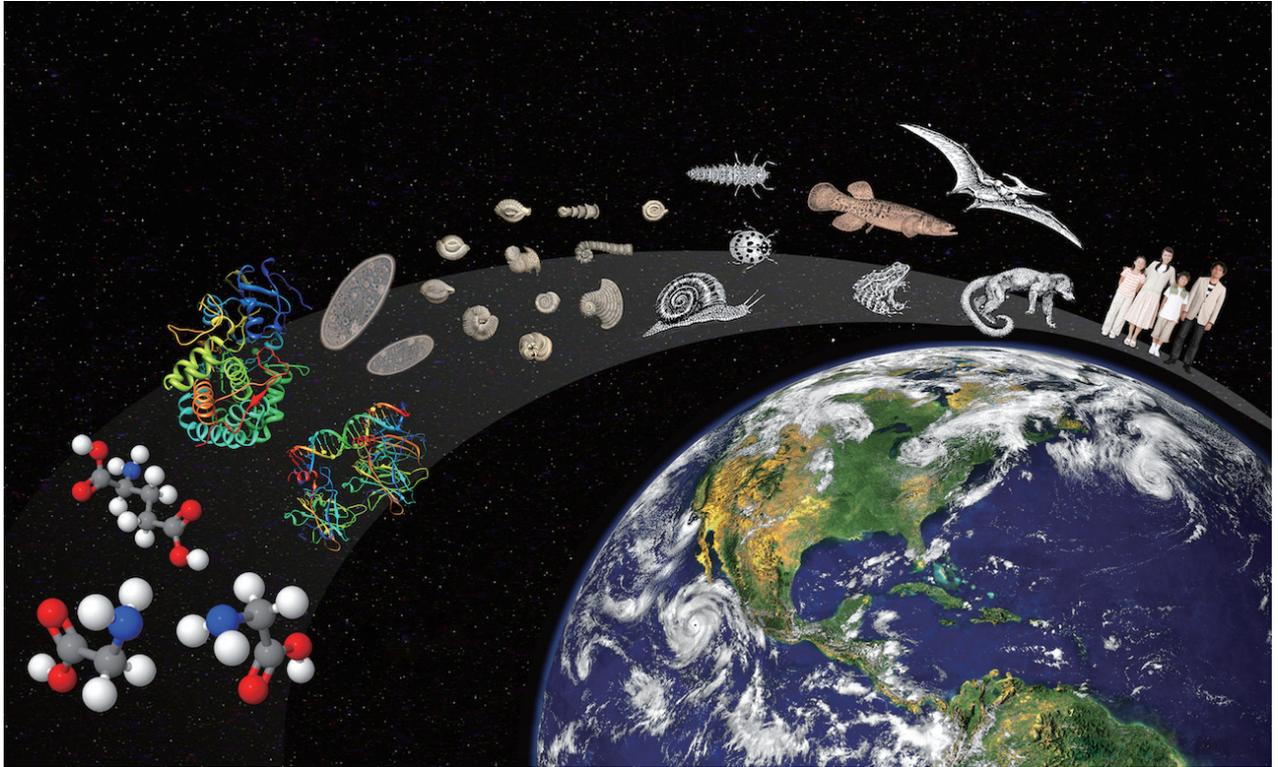
第三节 ATP 是驱动细胞生命活动的直接能源物质 96

一、	ATP 是一种高能化合物	96
二、	ATP 与 ADP 可以相互转化	98

第四节	光能的捕获、转换和储存 …	… …	100
	一、光合作用的探究历程 …	… …	100
	二、叶绿体从太阳光中捕获能量 …	… …	102
	三、光能的转换和储存 …	… …	104
	四、光合作用受环境因素影响 …	… …	106
第五节	细胞能量的供应和利用 …	… …	110
	一、细胞呼吸包括有氧呼吸和无氧呼吸 ……	… …	110
	二、化学能转化为细胞可以利用的能量 ……	… …	112
第五章	细胞经历从生到死的生命进程 …	… …	118
	课题研究——分身有术的涡虫 …	… …	119
第一节	细胞通过不同的方式进行增殖 …	… …	120
	一、有丝分裂是细胞增殖的主要方式 …	… …	120
	二、细胞增殖的其他方式 …	… …	124
第二节	细胞会发生特异性分化 …	… …	126
	一、个体发育过程中发生细胞分化 …	… …	126
	二、细胞具有全能性 …	… …	128
第三节	细胞衰老是自然的生理过程 …	… …	131
	一、人类对细胞衰老的认识 …	… …	131
	二、衰老细胞具有显著特征 …	… …	133
	三、细胞衰老与人类健康密切相关 …	… …	134
第四节	细胞凋亡是自然的细胞死亡方式 …	… …	136
	一、细胞凋亡是程序性细胞死亡 …	… …	136
	二、细胞凋亡具有积极的生物学意义 …	… …	139
	三、细胞凋亡异常影响人类健康 …	… …	139



第一章 细胞构成生物体



天地玄黄，宇宙洪荒。35 亿年前的地球没有生命，也没有蔚蓝的天空，原始海洋里一个小小“细胞”的诞生彻底改变了这颗星球。如今地球上几乎每一个角落都有生命生存和繁衍，细胞构筑了生机勃勃的生命世界。对细胞的深入观察和研究，直接而强有力地影响和改变着人类的生活。1925 年，著名美国生物学家威尔逊(E. B. Wilson) 就提出：“一切生命的关键问题都要到细胞中寻找答案。因为所有生物体都是或曾经是一个细胞。” 重温这句名言，至今仍感意蕴深远。细胞是什么？它具有怎样的形态结构？又怎样构筑了生命世界？





课题研究

发现一滴水中的生命世界

波澜不惊的湖泊、清澈见底的小溪、水草丛生的池塘、浩瀚无边的大海……形式多样的水体是水生生物的生活环境。

提出问题

从一滴水中你能发现怎样的生命世界？

制订并实施研究计划

1. 怎样采集水样？

- ◆ 查阅资料，预测不同的水体中可能有哪些不同的生物。
- ◆ 研究小组共同商定采集水样的时间和场所（鱼缸、池塘、河流、湖泊等）。

2. 怎样观察水样？

- ◆ 用滴管吸取少量水样，滴一滴在载玻片上，然后盖上盖玻片。
- ◆ 依次使用显微镜的低倍镜和高倍镜观察装片，仔细辨认视野中的各种生物，并绘制简图或拍摄显微照片。
- ◆ 如果水样中的生物过少，可以使用离心机将水样离心处理，用底层液制作装片。在载玻片上的水滴中加少许棉纤维，能够减缓视野中生物的运动速度。

3. 怎样分析结果？

- ◆ 描述视野中各种生物的特征。
- ◆ 查阅资料，咨询老师或专家，将这些生物大致归类。

成果交流

1. 展示并交流各种生物的结构简图或显微照片，尝试说出所观察水样中存在的生物类别以及判断依据。

2. 比较不同水体中的生物，说明它们在形态和结构上的异同点。

3. 比较各组观察到的生物种类和数量，结合采集水样的场所，尝试分析水生生物与其生活环境的关系。

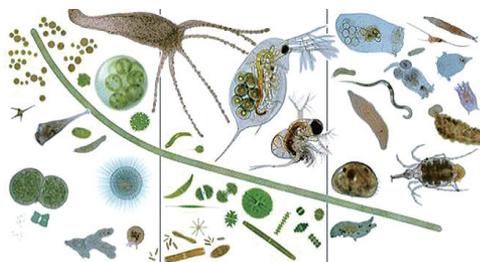


图 1-1 水体中的一些微小生物

第一节 人类认识细胞的历程



图 1-2 列文虎克绘制的显微镜下的微小生命

科学发现往往和技术发明相携而行。16 世纪末到 17 世纪初，人们几乎同时发明了显微镜和望远镜。仰望星空，望远镜让人感受到了宇宙的浩瀚；俯首凝眸，显微镜下一滴池塘水中竟也包藏着一个丰富多彩的生命世界。

显微镜帮助人类打开了微观世界之门（图 1-2）。但是在技术落后的过去，要看到这个世界并不是一件容易的事情。细胞的发现经历了哪些艰难的历程？显微镜的发明和使用让人类对生命世界获得了哪些崭新的认识？

一、细胞的发现

在 17 世纪之前，人们推测生物体是由某种基本结构构成的，却并不知道这种基本结构是什么。



资料探究

细胞的发现

绝大部分动植物细胞的直径都不足 $100\mu\text{m}$ ，是人类肉眼无法看到的。在显微技术发明之前，人类对细胞这个微观的生命世界一无所知。

[资料 1] 1604 年，荷兰人詹森（Z. Jansen）把两块凸透镜安装在一个适当长度的长管两端，制成了世界上第一台显微镜。这台显微镜能将物体放大 10~30 倍，可以观察一些小昆虫的整体形态，又被称为“跳蚤镜”。但詹森的发明并没有引起世人的重视。

[资料 2] 半个多世纪后，英国物理学家胡克（R. Hooke）制造的显微镜，放大倍数达到了 40~140 倍（图 1-3）。1665 年，他在观察软木切片后写道：“能非常清楚地看到软木片充满了空洞，是一个多孔的结构，形如蜂房……”软木片中除了围绕空洞的四壁之外，几乎什么物质都没有，他就把发现的这种“小空洞”命名为“cell”，并把观察结果发表在《显微图谱》一书中。

[资料3] 1674年，荷兰生物学家列文虎克（A. Leeuwenhoek）用自己制作的放大倍数近300倍的显微镜，观察了池塘水中的原生生物、牙垢中的细菌、鲑鱼的红细胞以及人和哺乳动物的精子等。他看到了别人从未见识过的奇妙的微观世界（图1-2）。列文虎克最初只是荷兰德尔夫市的市政厅看门人，但是强烈的好奇心、日复一日的辛勤工作和钻研，让他为世人留下了无比珍贵的科学财富。他在给英国皇家学会的最后一封信中写道：“一个人要有所成就，必须呕心沥血，孜孜不倦。”



图1-3 胡克制作的显微镜（模型）和他观察到的软木切片

分析讨论

1. 詹森发明的显微镜并没有观察到细胞，你认为他的贡献是什么？
2. 胡克观察到的“小空洞”是真正的细胞吗？为什么？
3. 在当时的情境下，列文虎克的观察具有什么重要意义？

胡克和列文虎克的发现开创了细胞研究的新领域。尽管当时使用的显微镜放大倍数和清晰度都不够、分辨率不高，但是仍然陆续观察到了很多细胞。人们被显微镜下这个多姿多彩的微小世界迷住了，列文虎克家里一度门庭若市，前来参观的人络绎不绝。

在发现细胞后的一个半世纪里，由于无法清楚地观察细胞的内部结构，人们只关注了细胞形态上的差异，没有认识到这些大小各异、千姿百态的“微小生物体”的共同结构特点。



图1-4 施莱登（上）和施旺（下）

二、细胞学说的创立

19世纪30年代，显微镜制作技术有了明显的改进，分辨率达到 $1\mu\text{m}$ ，同时由于切片机的发明和使用，人们才逐渐了解了细胞的内部结构，对细胞的认知日渐丰富。1838年，德国植物学家施莱登（M. Schleiden，图1-4上）对多种植物组织做了详尽的研究，逐渐认识到不同的细胞虽然形态各异，却具有共同的基本结构。通过对前人和自己工作的总结，利用科学归纳的方法，施莱登提出了所有植物体都由细胞构成的推论。1839年，受到施莱登的启发，德国动物学家施旺（T. Schwann，图1-4下）观察到多种

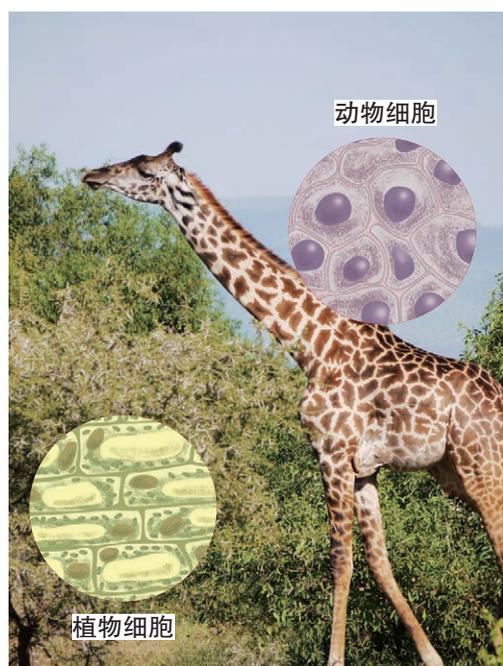


图 1-5 长颈鹿和它所吃的树叶都是由细胞构成的

动物体也是由具有共同基本结构的细胞构成的。他运用类比推理的方法，推断所有的动物体应该都是由细胞构成的，并正式提出了细胞学说 (cell theory)。在阐述新细胞产生方式时，他们认为新细胞是从老细胞核中长出的，或者新细胞是在老细胞的细胞质中像结晶那样产生的。由于细胞学说的巨大影响，没有人对此结论产生怀疑，致使这一错误观点持续了很长时间。

后来，瑞士植物学家内格里 (K. Nageli) 利用显微镜观察了多种植物分生区，发现了植物细胞的分裂。还有一些学者观察到了动物受精卵的分裂。1858 年，德国病理学家菲尔绍 (R. Virchow) 确认新细胞来自已存在的细胞，并总结出“细胞通过分裂产生新细胞”。经过进一步的修正和完善，细胞学说的主要内容被归纳如下：一切动物和植物都是由一个或多个细胞构成的 (图 1-5)，细胞是生物体结构和功能的基本单位，所有的细胞都是已存在的细胞通过分裂产生的。细胞学说的提出和不断完善，深刻证明了科

阅读空间

电子显微镜的发展

电子显微镜是将电子流作为“光源”的新型放大工具，简称电镜。其放大倍数目前可达 200 万 ~ 300 万倍，分辨率比光学显微镜高出 1000 倍，能够达到 0.1~0.2nm，是氢原子直径的 2 倍。在电子显微镜下，可以看到亚显微结构甚至分子结构，这极大地推进了细胞研究的进程。

近年来冷冻电镜技术异军突起，该技术通过对样品进行超低温冷冻，可实现对液体、半液体及对电子束敏感样品的直接观察。2017 年度诺贝尔化学奖授予对冷冻电镜技术发展作出原创性贡献的 3 位科学家。

在冷冻电镜技术的应用方面，中国科学家取得了优异的成绩。2015 年 8 月，清华大学

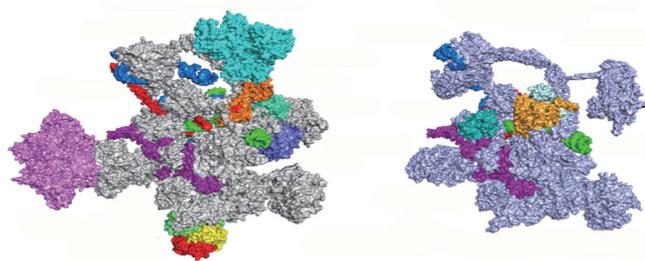


图 1-6 人源剪接体 (左) 与酵母菌剪接体 (右) 结构示意图

施一公研究组在世界上率先解析了酵母菌剪接体 (进行 RNA 剪接时形成的多组分复合物，主要由 RNA 和蛋白质组成) 的高分辨率结构，2017 年 5 月该研究组在《细胞》杂志首次报道了高分辨率的人源剪接体结构，这是首次在近原子分辨率的尺度上观察到酵母菌以外的、来自高等生物的剪接体结构 (图 1-6)。

学工作依赖于观察和推论，科学知识可能随着研究的深入而不断改变。

细胞学说揭示了整个生物界在结构上的统一性，使丰富多彩的生物界在“细胞”这个结构基础上统一起来。细胞学说还使人们第一次认识到人类本身与其他动植物甚至那些毫不起眼的微小生物都具有共同的基本结构，揭示了不同生物间存在着一定的亲缘关系。在那个年代，这一认识具有划时代的意义，从根本上动摇了神创论。细胞学说为生物具有共同起源的进化思想提供了极为重要的理论支持，是 20 年后诞生的达尔文进化论的重要理论基础之一。细胞学说与进化论、能量守恒和转化定律一起，被恩格斯誉为“19 世纪自然科学的三大发现”。对细胞结构的了解是一切生命科学、医学及其各个分支学科不可缺少的认知基础。

三、细胞生物学研究进展

细胞学说的创立激发了人们对多种细胞进行广泛观察与描述的热情，主要的细胞器和细胞分裂活动被相继发现。随着观察和描述的深化，人们对细胞内部结构及细胞的变化规律有了进一步的了解。该时期的研究，主要是在光学显微镜下对细胞形态进行观察和描述，属于细胞水平的研究。

进入 20 世纪以来，随着染色方法的改进、高速离心技术的发展、放射性同位素的应用，特别是电子显微镜与超薄切片技术的结合等，让人们观察到了更加复杂精细的细胞结构，不仅已被认知的结构以崭新面貌展示在人们面前，而且还发现了更多前所未见的结构，从而将细胞研究推进到亚细胞水平。

从 1953 年开始，以 DNA 双螺旋结构模型的建构为标志，人们开始致力于在分子水平上探讨细胞的奥秘，并取得一

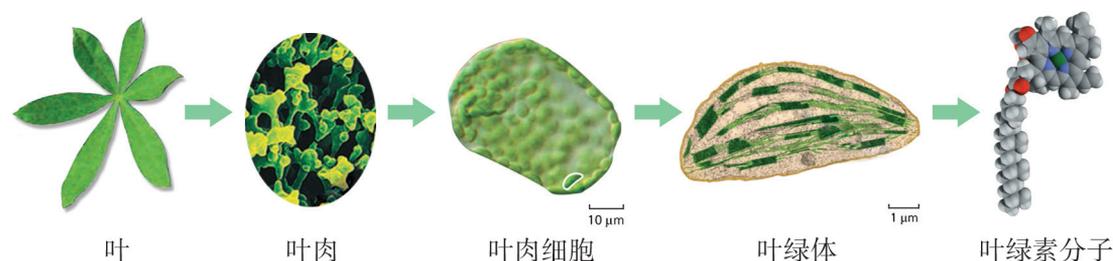


图 1-7 叶的结构层次

系列卓越的成就，强有力地推动了对细胞结构和功能以及生命本质的研究进展（图 1-7）。

随着研究技术和研究手段的不断改进，人们分别从细胞、亚细胞和分子水平上研究细胞的基本生命活动规律，对细胞的形态结构观察得越来越清楚，对细胞功能的研究也越来越深入。

学业检测

1. 人类对细胞的研究已有 300 多年的历史了。“细胞”这个词在当下早已广为人知。结合所学知识，尝试回答下列问题：

(1) 在人类历史上，_____是第一个发现活细胞的人，他在观察记录中曾经写道：“一滴水中的小生物要比全荷兰的人还多出许多倍……”你认为他的这句话想说明什么问题？

(2) 目前，人们主要从细胞、亚细胞和分子水平 3 个层次上研究细胞的结构、功能和生命活动规律。你认为影响人们未来生活的生物学研究主要集中在哪个层次？请举例说明。

(3) “细胞”一词常被引申到非生物学科的语境，例如，“青年之于社会，犹新鲜活泼细胞之在人身”“家庭是社会的细胞”“这孩子真有艺术细胞”等。请对上述类比作出评价。

2. 施莱登和施旺创立的细胞学说将当时人们所熟知的生命世界统一起来，随着研究的进一步深入，细胞学说也在不断地修正和完善。

(1) 从现在的生物学观点来看，施莱登和施旺创立的细胞学说能说明的问题是()。

- A. 所有的生物都由细胞构成 B. 所有的动物和植物都由细胞构成
C. 构成动物和植物的细胞具有相同的结构 D. 细胞的结构基础是各种分子

(2) 1899 年，人类认知并命名了第一种病毒——烟草花叶病毒，后来陆续发现了近 5000 种病毒。它们不具备细胞结构，仅由核酸和蛋白质外壳构成。它们缺少进行自主代谢的完整机制，单独存在时不能繁殖，也没有生命活动，只能寄生在细胞内。病毒的发现是否推翻了细胞学说中“细胞是生物体结构和功能的基本单位”的观点？为什么？

(3) 细胞学说是自然科学史上的一座丰碑，被恩格斯誉为 19 世纪自然科学的三大发现之一。细胞学说为什么具有如此重大的意义？

第二节 生物体由多种多样的细胞构成

从白雪皑皑的南极到热浪滚滚的撒哈拉沙漠，从海平面 10 000 m 以下的马里亚纳海沟到海拔超过 8000 m 的珠穆朗玛峰之巅，地球上几乎到处都有生物存在。虽然这些生物或动或静、或大或小，形态特征和生活方式各不相同，但是它们都具有生命，都是由细胞构成的（图 1-8）。你是否想过，不同生物个体的细胞种类和细胞数量是否相同？各种细胞的形态和功能又有哪些相似和不同之处？



图 1-8 生机盎然的非洲草原

一、细胞的形态和功能是多种多样的

由于生物的进化、遗传变异和细胞分化，导致构成各种生物体的细胞种类繁多，形态和功能复杂多样。



实验探究

观察多种多样的细胞

多种多样的细胞构成了丰富多彩的生命世界。借助显微镜深入观察各种生物的细胞，比较不同细胞在形态、结构等各方面的特点。

目的要求

1. 通过观察酵母菌、水绵和多种动植物细胞，认识形态、结构各异的细胞。
2. 练习使用高倍镜，制作植物组织徒手切片。

材料器具

酵母菌培养液，水绵，新鲜植物根、茎、叶，多种动物组织永久切片、涂片或装片，萝卜或马铃薯块，稀碘液、清水，吸水纸、载玻片、盖玻片、培养皿、探针、显微镜等。

活动程序

1. 吸取一滴酵母菌培养液，滴在载玻片中央，盖上盖玻片，在盖玻片一侧滴一滴稀碘液，在另一侧用吸水纸吸引进行染色。先使用低倍镜观察，找到酵母菌。移动装片，将物像移至视野中央，转动转换器换成高倍镜，观察并用细准焦螺旋调焦，直到物像清晰。画出所观察到的酵母菌形态结构简图。

2. 用探针挑取少许水绵放在载玻片上，轻轻将成团的水绵分开，盖上盖玻片制成临时装片，在显微镜下依次用低倍镜和高倍镜进行观察，并画出水绵细胞形态结构简图。

3. 选取植物的根、茎、叶等部位的幼嫩部分，用左手大拇指和食指夹住材料，让材料的上端超出手指约 2~3mm（如果材料太软或太小可以嵌入萝卜块或马铃薯块中）。右手大拇指和食指紧握刀片右角，刀口向内，刀背向外。先削平材料的顶面，刀口与材料保持垂直，从外向内，连续切几片薄片。把切成的薄片轻轻移到盛有清水的培养皿中，选择薄而均匀的切片制成临时切片，在显微镜下依次用低倍镜和高倍镜进行观察，并画出所观察的植物细胞形态结构简图。

4. 分别用低倍镜和高倍镜观察动物上皮组织、结缔组织、肌肉组织、神经组织的永久切片、涂片或装片。

分析讨论

1. 比较所观察到的各种生物细胞的形态，它们有什么相似和不同？
2. 根据观察和比较，推测不同组织中细胞的形态和功能之间有什么关系。

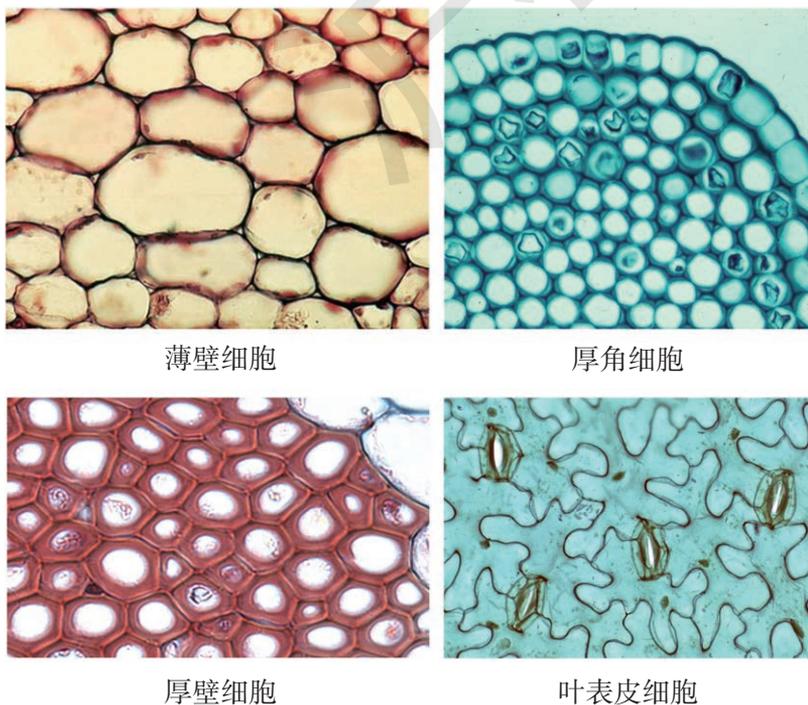


图 1-9 不同组织中的植物细胞（放大倍数：400×）

单细胞生物一般是单个细胞独立生活，它们往往有自己特有的形状，如酵母菌大多数呈卵形、圆形或椭圆形。在多细胞生物中，常见的细胞形状有圆形、椭圆形、方形、扁形、梭形、多角形等，也有的形状很不规则（图 1-9）。

绝大多数细菌细胞的直径为 0.2~10 μm ，而大多数动植物细胞的直径则为 20~30 μm 。不同生物的同种器官或组织，细胞大小总在一个恒定范围之

内，不会因生物大小而改变。如人、牛、马、鼠、象的肝细胞大小基本相同。生物体的大小主要取决于细胞的数量，而不是细胞的大小。

细胞形态与功能的统一是细胞的一个重要特征，分化程度较高的细胞尤为明显。例如，动物体内具有收缩功能的肌肉细胞呈长条形或长梭形；人体内有一种神经元，胞体本身的直径一般不超过 $10\mu\text{m}$ ，但它伸出去的突起却可达 1m 以上，大大提高了神经冲动传递的效率（图 1-10）。高等植物中，对茎部起支持作用的木纤维细胞呈梭形；叶表皮的保卫细胞呈半月形，两个细胞围成一个气孔，有利于控制气体的进出。

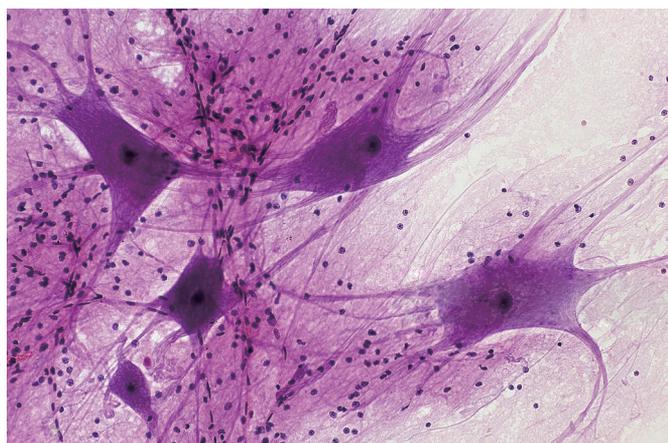


图 1-10 神经组织涂片
(放大倍数: $200\times$)

二、原核细胞与真核细胞的主要区别

绝大多数生物的细胞，都具有由核膜包被的结构复杂的细胞核，这样的细胞称为真核细胞 (eukaryotic cell)。除了细胞核外，真核细胞内还存在大量结构精巧、功能各异的内部结构，保证了细胞的生命活动有序而高效地进行。由真核细胞构成的生物称为真核生物 (eukaryote)。现存真核生物种类繁多，一部分是单细胞生物，大多数是多细胞生物。

有些单细胞生物的遗传物质没有核膜包被，只是集中分布在一个没有明确界限的区域，该区域称为拟核 (nucleoid)，这种细胞称为原核细胞 (prokaryotic cell)。由原核细胞构成的生物称为原核生物 (prokaryote)。它们通常只有普通动植物细胞大小的 $1/100\sim 1/10$ ，质膜外大多具有细胞壁，细胞质内部结构比较简单。

原核生物在 30 多亿年前就在地球上出现了，与真核生物相比，原核生物在地球上分布更广、适应性更强。细菌 (图 1-11) 与蓝细菌 (图 1-12) 是原核生物的典型代表。细菌在自然界分布最广，与人类关系极为密切，在生物圈的物质

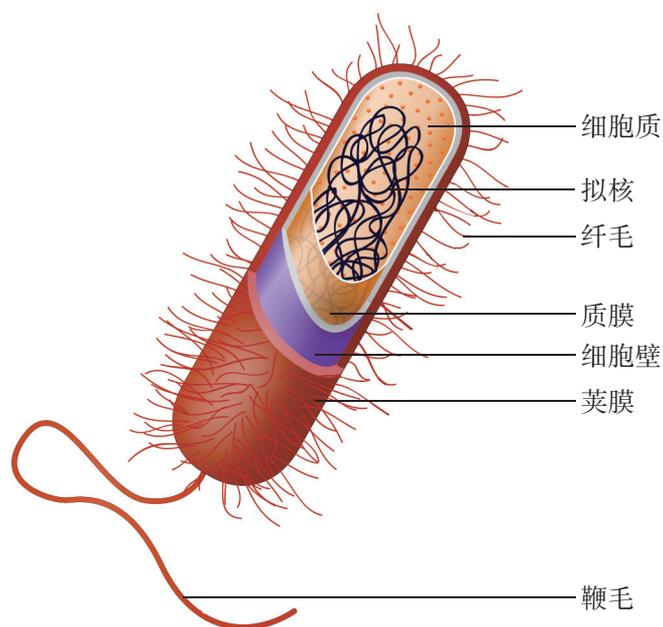


图 1-11 细菌结构示意图

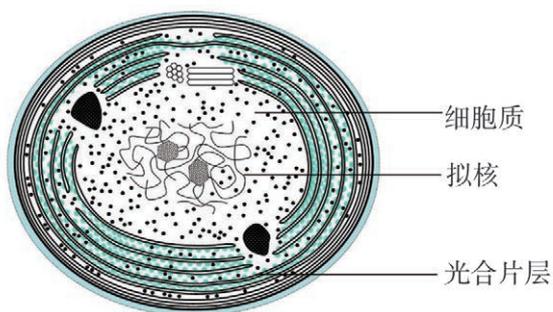


图 1-12 蓝细菌结构示意图

循环过程中处于重要地位。蓝细菌能进行光合作用，产生的 O_2 改变了原始地球大气的组成，为后来真核生物起源和进化创造了条件。

细胞的发现距今已有 300 多年的历史，细胞学说使人类认识到自然界几乎所有的生物都是由细胞构成的，构成生物体的细胞形态和功能多样，但都具有相似的基本结构，细胞是生物体结构与生命活动的基本单位。

阅读空间

生物的五界分类

真核细胞和原核细胞的概念提出后，美国科学家惠特克根据生物细胞的结构特征和能量利用方式，将生物分为五界（表 1-1）。原核生物界、原生生物界的绝大多数生物和真菌界的一部分生物以单细胞的形式存在，而植物界、动物界的所有生物及大型真菌则是由多细胞构成的。病毒属于一类特殊的生物，没有细胞结构。如何对病毒进行生物学分类尚存在争议。随着分子生物学技术的发展，有学者提出原核生物界因为分子水平的差异还可分为古细菌界和真细菌界。

表 1-1 生物的分界及代表种类

五界分类系统	类别	代表生物
原核生物界		细菌、蓝细菌等
原生生物界		原生动物、单细胞藻类和黏菌
真菌界		酵母菌、霉菌和蘑菇等
植物界		苔藓、蕨类、裸子植物和被子植物
动物界		腔肠动物、环节动物、昆虫、鸟和哺乳动物

学业检测

1. 几乎所有肉眼可见的生物都是多细胞生物。与单细胞生物相比，多细胞生物的巨大优势是细胞出现专业分工。

(1) 蓝鲸和蜂鸟大小的不同主要取决于()。

- A. 构成生物体的细胞的数量 B. 构成生物体的细胞的质量
C. 构成生物体的细胞的种类 D. 构成生物体的细胞的大小

(2) 人体细胞虽然来自受精卵这一个细胞，但随着个体的发育，细胞的形态、大小和结构不再一样。发生这些变化的意义是什么？

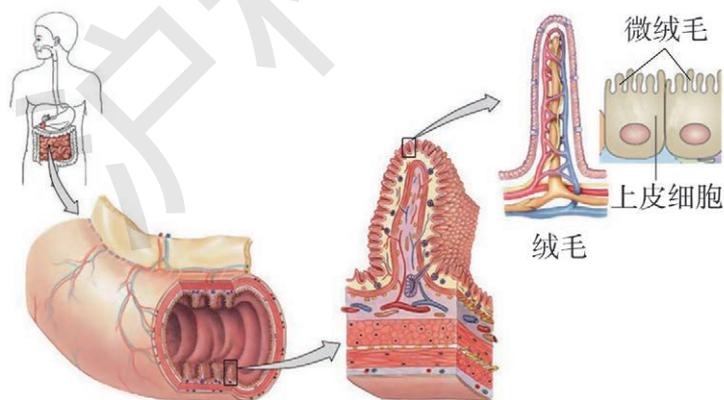
(3) 作为单细胞生物，草履虫可以独立完成运动、摄食、消化、呼吸、繁殖等生命活动。对比人体相应的生命活动，说明多细胞生物比单细胞生物具有更大生存优势的原因。

2. 人体肠道细菌数量庞大，种类繁多，对人体健康意义重大。正常情况下，肠道菌群能合成多种维生素、氨基酸，并参与糖类和蛋白质的代谢等。肠道菌群失衡与人的很多疾病相关，肠道菌群研究已经成为一系列代谢疾病防控的新方向。

(1) 与肠道上皮细胞相比，肠道菌细胞最明显的结构特点是什么？

(2) 小肠绒毛上皮细胞具有大量的微绒毛(如下图所示)，这对其完成吸收功能有什么意义？

(3) 据有关资料显示，目前真正需要抗生素治疗的患者不足 20%，而抗生素的使用率竟然达到了 70%。滥用抗生素是否会通过影响肠道菌群而影响人体的健康？



 学业要求

重要概念	节次	学科素养
绝大多数生物都是由细胞构成的，细胞在形态与功能上有所差异。	第一节	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 简述人类认识细胞的主要历程，认同科学发现是一个长期的进程，加深对科学研究过程和本质的理解。 ◆ 通过学习细胞学说的建立过程，体验归纳与概括的科学思维方法。
	第二节	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 举例说出生物都是由一个或多个细胞构成的，初步形成细胞是生物体结构和功能的基本单位的生命观念。 ◆ 描述原核细胞与真核细胞的最大区别是原核细胞没有由核膜包被的细胞核。 ◆ 举例说明细胞形态和功能的多样性，初步形成形态与功能相适应的观点。

 时代亮点

人类细胞图谱计划

人类对细胞的研究虽然已持续了 300 多年，但对细胞的了解仍然不够完善。人体由约 40 万亿 ~ 60 万亿个细胞构成，而我们缺乏对细胞类型和细胞状态的严格定义，就像一张非常模糊的世界地图，上面只有陆地和海洋的轮廓。人类细胞图谱将会提供更详细的内容，为每种细胞在人体空间中标定特定的“坐标信息”。

人类细胞图谱计划于 2016 年 10 月启动，首批拟资助的 38 个项目来自包括中国在内的 8 个国家。这些项目作为预研究，将对人类细胞图谱计划的关键问题进行探索（图 1-13）。该计划将根据独特的分子信息对人类所有细胞进行分类，给每个细胞一个身份，将每一个细胞在体内定位，分析细胞之间怎样进行关联才能使其所属组织或器官行使独特的功能。该项目的目的是发现并揭示人体所有细胞的状态，提供不同类型细胞组成人体组织的三维图谱，并生成人类所有发育阶段的细胞图谱。

从某些方面来说，人类细胞图谱计划和人类基因组计划非常相似。两者均致力于创建生物学的“元素周期表”，综合性地将细胞和基因进行“定位”，并由此为生物学研究和医学应用打造坚实基础。

人类细胞图谱计划意义重大。首先，它将为生物医学的发展提供基础性的资源和工具。人类细胞图谱将会列出各种细胞的每一个亚型，帮助我们了解人体是如何构成的。其次，它将有有助于为目前的一些不治之症提供细胞治疗方案。比如帕金森病，未来一种可能的治疗方

案是在实验室生产新鲜的能够产生多巴胺的细胞，然后注入人脑。第三，它将为基因技术的利用提供细胞学基础。目前人类对于自身细胞的认识还很有限，要想利用基因技术治疗一些基因突变引起的疾病，首先需要搞清楚正常情况下哪些基因被表达，细胞为什么会发生病变等。如某些白血病患者，其造血干细胞是正常的，但无法分化形成正常的血细胞。分析细胞分化过程中出现的过渡状态的细胞在整个发育过程中有哪些变化，表达什么基因，可以将疾病追本溯源到特定阶段的细胞，从而彻底改变研究人员对疾病的理解。

人类细胞图谱计划将把我们对解剖学、生理学、病理学、细胞周期调控、细胞通讯等的认识提升到一个新的高度，还将为基础研究和临床应用提供宝贵的标志、特征和工具，必将对生物学和医学产生深远的影响。

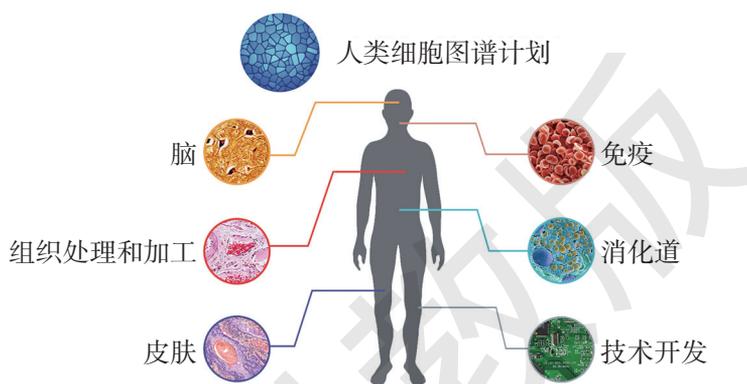
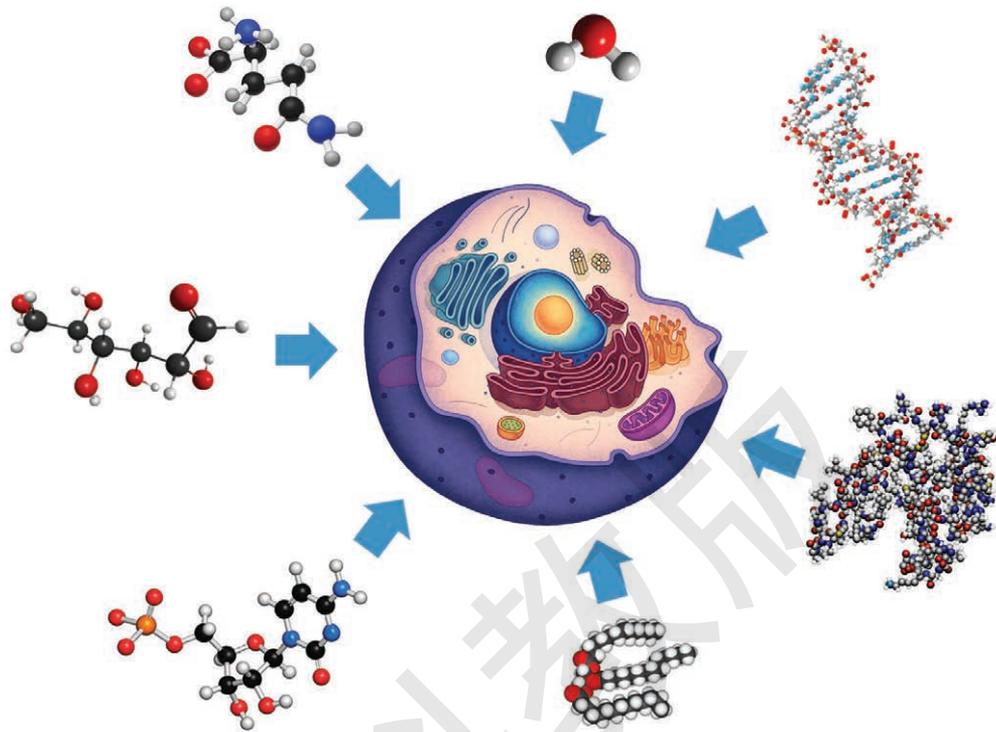
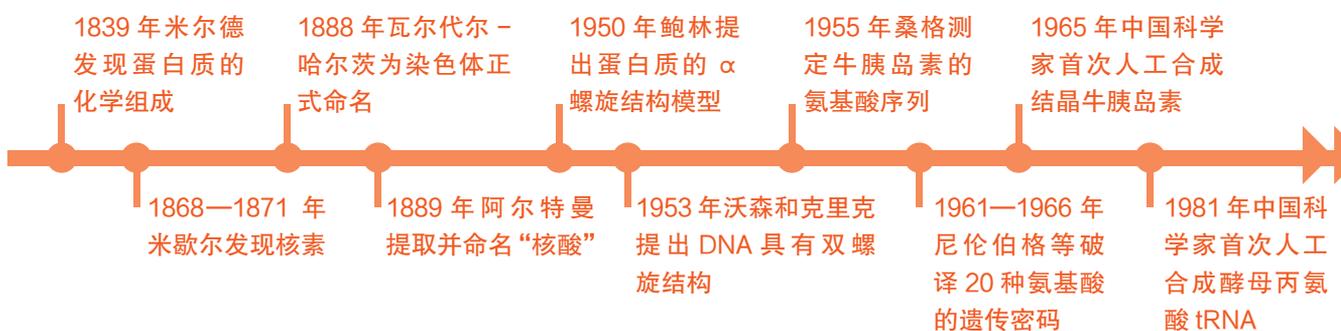


图 1-13 人类细胞图谱计划的 38 个项目主要分布在 6 个领域

第二章 细胞由多种多样的分子组成



自由翱翔的飞鸟，苍翠欲滴的草木，以及我们肉眼看不到的细菌，都是由细胞构成的。细胞中，在以磷脂双分子层为支架的膜结构和以水为主要介质的细胞质基质共同搭建的“舞台”上，糖类在不断地“燃烧”供能，结构精密的核酸在台前幕后“指点”或“遥控”，种类繁多的蛋白质一波又一波地上演着美妙的“分子舞蹈”，而细胞骨架分子既夯实了其他蛋白质表演舞蹈的“舞台地基”，同时又构建了细胞王国内的“高铁运输线”……细胞或生物体所表现的生命现象和自然现象的本质相同，都是物质的运动，只不过生命的物质运动形式更高级更精妙。那么，构成细胞的物质分子究竟有哪些？它们各自具有怎样的结构？为什么它们在生命活动中所承担的“角色”是不可替代的？





课题研究

探究化学元素对植物生命活动的影响

细胞是由多种多样的分子组成的，这些大大小小的分子含有相同或不同的化学元素，是细胞执行各项生命活动的物质基础。用适当种类的无机盐按一定比例配制含有全部或部分营养元素的培养液，用它们培养植物，可以探究特定化学元素对植物生命活动的具体影响。

提出问题

某种化学元素的缺失对植物的生命活动有什么影响？

制订并实施研究计划

1. 怎样配制培养液？

- ◆ 查阅植物的水培方法以及全素培养液、缺素培养液的配制方法。
- ◆ 准备材料器具并配制（或购买）各类培养液。

2. 怎样培养植物？

- ◆ 各实验小组选择缺素种类，确定所培养的植物种类并育苗。
- ◆ 设置实验组（缺素培养）和对照组（全素培养），分别对幼苗进行缺素和全素培养（图 2-1）。
- ◆ 待缺素培养幼苗出现明显的缺素症状后，将缺素培养液更换为全素培养液，继续培养并观察缺素症状的变化情况。

3. 如何进行观察和记录？

- ◆ 设计表格，记录培养过程中叶的数量、根系投影面积、叶色及株高的变化等，在实验结束后分别称量叶与根的鲜重。
- ◆ 详细记录各组植物的生长状况。重点记录缺素培养的植物缺素症状出现的时间和部位，并拍照存档。

成果交流

1. 各组以表格、照片或观察日志等方式展示研究结果。
2. 分析缺素培养导致植物产生相应症状的原因。
3. 根据当地作物或公园花卉的生产和土壤情况，向管理者提出合理化的施肥建议。



图 2-1 缺素培养（左）和全素培养（右）的对照

第一节 细胞由多种元素和化合物组成



图 2-2 紫荆花

早春时节，香港的紫荆花含苞初绽，灿若云霞；到了初夏，花雨随风飞扬，落英缤纷（图 2-2）。“落红不是无情物，化作春泥更护花。”像花瓣一样，生物的遗体 and 残落物被分解后“归还”给无机环境，而分解产物又被生物有选择地从无机环境中“回收”利用，如此循环往复，生生不息。那么，地球上的化学元素都是细胞的组成成分吗？生物体内究竟有没有在无机环境中找不到的特殊“生命元素”？构成细胞的主要元素和化合物有哪些呢？

一、细胞含有多种化学元素

细胞是生命活动的基本结构单位，但细胞是由没有生命特性的化学元素组成的。细胞与非生命物体最关键的区别是细胞能利用各种化学元素构建自身的结构并维持代谢活动。细胞内各种复杂的生命活动，都是以一定的化学元素为基础，化学元素在细胞内的相互作用和运行方式，均遵循化学的基本原理和规律。



资料探究

探索生物体中的化学元素

追踪并分析细胞的代谢过程可以发现，生物体内物质变化的最小单位是一系列元素的原子。科学家对构成生物体的化学元素进行了细致的分析和研究。

[资料 1] 从太空遥看，地球是一个美丽的蔚蓝色星球。它是目前已知的唯一能“孕育”生命的星球。地球表面约 70% 的面积被水体覆盖，在水体中和陆地上，生活着形形色色的生物。分析生物及其生存环境中不同元素所占的质量分数（%），结果如图 2-3 所示。

[资料 2] 绿色植物和高等动物的代谢类型不同，即使生活在同样的环境中，它们也能利用环境中不完全相同的“资源”来获取构成机体的化学元素。在玉米植

第一节 细胞由多种元素和化合物组成



图 2-3 海水、人体、南瓜和地壳中不同化学元素的质量分数 (%)

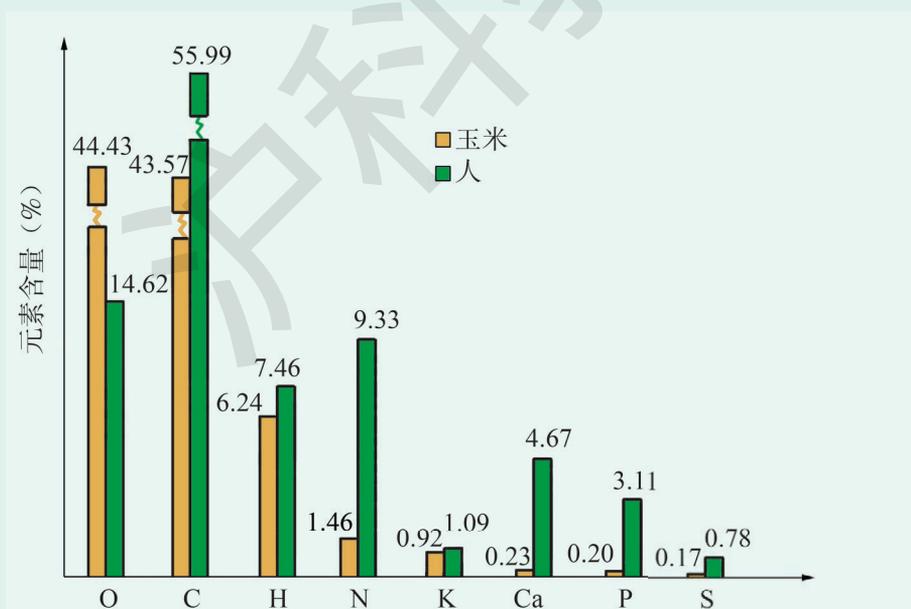


图 2-4 玉米和人体细胞 (干重) 中元素的含量比较

株和成人体内, 含量较多的化学元素占细胞干重的质量分数 (%) 如图 2-4 所示。

[资料 3] 化学元素周期表不仅反映了元素的原子结构, 也显示了元素性质的递变规律和元素之间的内在联系。图 2-5 显示了组成人体的化学元素在元素周期表中的分布情况。

1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	57-71 La-Lu	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra																

图 2-5 组成人体的元素在元素周期表中的分布

分析讨论

1. 海水、地壳、南瓜和人体细胞的元素种类和含量有何不同？
2. 比较玉米和人体细胞(干重)中的几种主要元素含量的差异, 尝试解释其原因。
3. 原子序数是指元素在周期表中的序号, 在数值上等于原子核的核电荷数(即质子数)或中性原子的核外电子数。和人体一样, 其他生物体中含量超过体重万分之一的元素, 其原子序数均在 20 以内, 这对构建生命物质有何意义？

目前已知地球上天然存在的化学元素有 90 多种, 而在生物体内常见的化学元素只有 20 多种。在人体内, 有些元素的平均含量在万分之一以上, 称为大量元素 (macroelement), 如 C、H、O、N、P、S、K、Ca、Na、Cl、Mg, 其中, C、H、O、N 4 种元素约占 96.3%; 还有些元素在人体中的含量低于万分之一, 称为微量元素 (microelement), 如 Fe、Mn、B、Zn、Cu、Mo、Ni。虽然各种元素在生物体内的含量不同, 但对细胞的代谢和生物体的生命活动都起到了特定的不可替代的作用。

组成细胞的化学元素都能无机自然界中找到, 没有一种元素是生物体特有的, 这说明生物界和非生物界的物质组成具有统一性。生物体和地壳、海洋、大气等非生命的无机环境相比, 各种元素的相对含量却又差异很大, 这说明了生命物质的特殊性。

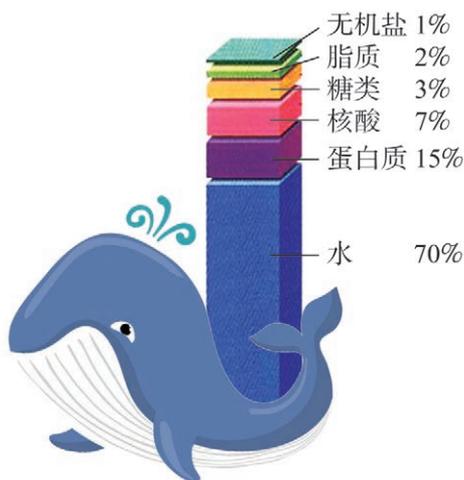


图 2-6 细胞的一般化学组成

二、细胞由多种化合物组成

组成细胞的化学元素大多以化合物的形式存在, 不同细胞中各种化合物的组成大致相同(图 2-6)。细胞中的化

阅读空间

同位素与同位素示踪技术

同位素是质子数相同而中子数不同的原子的总称。例如，氢元素有3种同位素：氕、氘和氚，它们的原子核内都只有1个质子，但中子数却分别为0、1和2，所以彼此互称同位素。自然界中许多元素都有同位素，有的是天然存在的，有的是人工制造的，有的有放射性，有的没有放射性。放射性同位素能够发生衰变而产生放射性，因此易于检测。虽然原子质量不同，但因为中子不带电荷，同一元素的各种同位素间质子数相同，核外电子排布也相同，所以其化学性质几乎相同。例如，具有放射性的物质（如 $^{14}\text{CO}_2$ ）和普通的不具有放射性的相应物质（如 $^{12}\text{CO}_2$ ）在细胞内所发生的代谢过程完全相同，因此通过对其放射性的探测，能追踪研究该元素在生物体内的运行和变化规律，这种技术称为同位素示踪技术。

化合物可以分为两大类：无机化合物和有机化合物。

无机化合物简称无机物，通常是指不含碳的化合物。细胞中的无机物主要是水和各种无机盐。含碳和氢的化合物大都是有机化合物（不包括碳的氧化物、碳的硫化物、碳酸、碳酸盐、氰化物等），简称有机物。细胞中的有机物主要包括糖类、脂质、蛋白质与核酸等。

有机物种类繁多，这是由碳原子的结构决定的（图2-7）。碳原子最外层有4个电子，既不易失电子，也不易得电子。因此，碳原子通常会和其他原子通过共用电子对形成4个共价键，既可以形成单键，也可以形成双键或三键。自然界中最简单的有机物是甲烷（图2-8）。

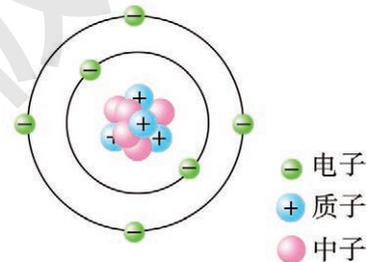


图 2-7 碳原子结构示意图

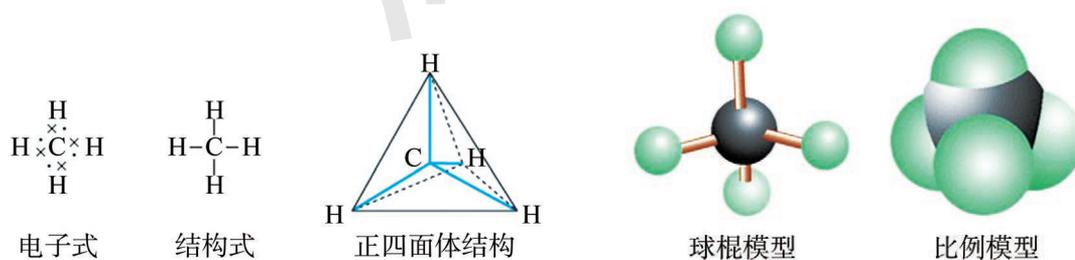


图 2-8 甲烷的分子结构

在细胞中，碳原子与碳原子之间通过高度稳定的共价键相互连接，构成了各种复杂有机物的骨架结构即碳链（carbon chain）。这些碳链长短各异，有线状、分支状、环状等多种形状，碳链上的碳原子还可以与 H、O、N、P、S 等原子或原子团通过共价键相结合，进而组成结构和功能千差万

别的有机物（图 2-9）。碳链的结构、长度以及与碳链相连接的原子团，决定了有机物的基本性质。

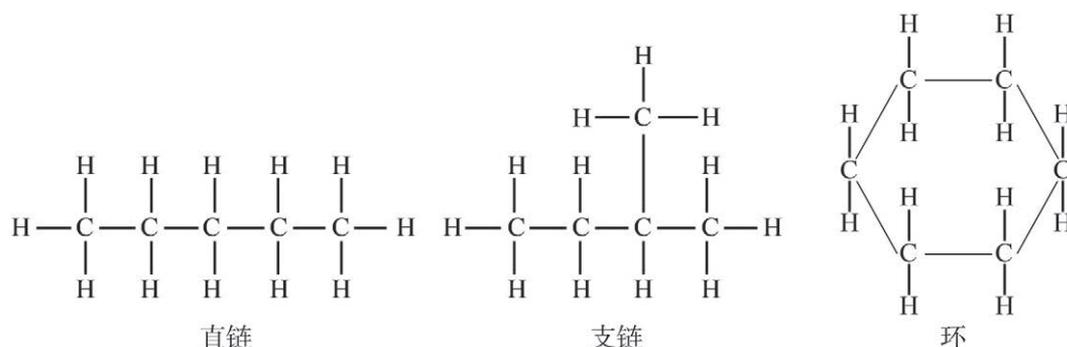


图 2-9 碳原子形成的几种结构示意图

阅读空间

官能团

官能团是有机物中化学性质比较活泼、容易发生化学反应的原子或原子团。例如，醇的官能团是羟基（—OH），氨基酸的官能团是羧基（—COOH）和氨基（—NH₂）等。含有相同官能团的分子具有相似的化学性质。有机小分子按照官能团进行分类命名。官能团限定了有机分子的主要理化性质，并往往能引发有机物之间特定的化学反应。

葡萄糖、氨基酸、核苷酸等生物体中的有机物，相对分子质量较小，结构简单，属于有机小分子。由众多结构相同或相似的有机小分子（单体），通过缩合反应所生成的结构复杂、相对分子质量非常大的有机物（多聚体），就属于生物大分子，如蛋白质、核酸、淀粉、糖原、纤维素等。这些生物大分子都可以通过水解反应再分解成许多有机小分子（图 2-10）。

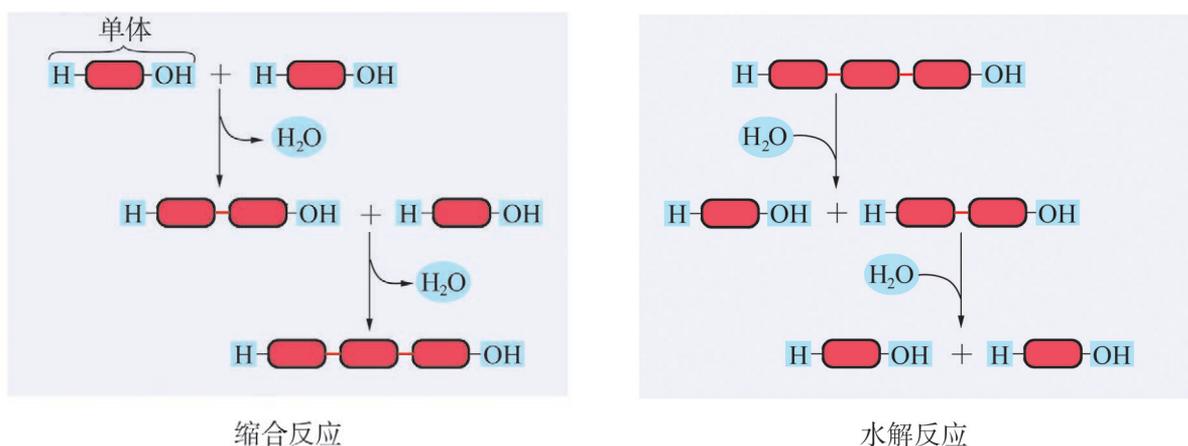
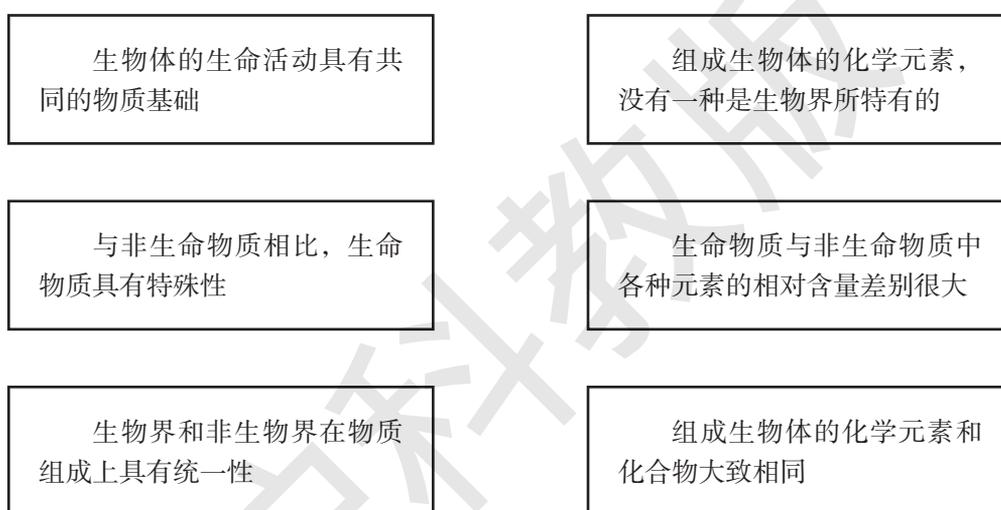


图 2-10 缩合反应和水解反应示意图

细胞主要由 C、H、O、N、P、S 等元素组成，这些元素组成了种类繁多的化合物，其中以碳链为骨架形成了复杂的生物大分子，承担了细胞的大部分生命活动，所以 C 是组成细胞的最基本元素。细胞中的元素和化合物是细胞生命活动的物质基础。

学业检测

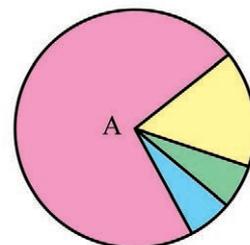
1. 丰富多彩的生物界在表现出多样性的同时，也具有很多共性，例如，新陈代谢是生物体最基本的特征，在此基础上才能表现出生长、发育、繁殖、应激性等特征。可见，生命与非生命具有本质的区别。请对下面相关的判断及其判断的理由进行连线：



2. 元素是由具有共同特点的原子组成的。不同的原子又通过各种形式的化学键生成了大大小小的分子。组成细胞的元素和各种化合物是细胞生命活动的物质基础。下图表示人体细胞中主要元素或化合物所占细胞质量的比例关系。

(1) 若该图表示活细胞中各种化学元素的含量，则 A 应该为_____元素；若该图表示细胞的各化学元素占细胞干重的质量百分数，则 A 应该为_____元素。

(2) 若该图为活细胞中化合物组成情况，则 A 中所含有的化学元素为_____；若该图表示已经完全脱水后细胞中各种化合物组成情况，则 A 是_____。



(3) 活细胞中含量最多的元素不是碳元素，为什么碳却是构成细胞的最基本元素？

(4) 细胞是构筑生命大厦的基石。作为一个复杂的生命系统，细胞需要不断地与外界环境发生物质、能量和信息上的交流。组成细胞的化学元素和化合物是否都能够在无机环境中找到？这说明了什么？