



学科教育系列课程教材

中学生物学科 知识体系与疑难问题解析

王丽 魏民 主编



教育科学出版社
·北京·

出版人 李 东
策划编辑 韩敬波
责任编辑 王峥媚
版式设计 壹原视觉 郝晓红
责任校对 贾静芳
责任印制 叶小峰

图书在版编目 (CIP) 数据

中学生物学科知识体系与疑难问题解析 / 王丽, 魏民主编. — 北京: 教育科学出版社, 2018.12
学科教育系列课程教材
ISBN 978-7-5191-1419-0

I. ①中… II. ①王… ②魏… III. ①生物课-教学研究-中学-高等学校-教材 IV. ①G633.912

中国版本图书馆CIP数据核字 (2018) 第162757号

中学生物学科知识体系与疑难问题解析

ZHONGXUE SHENGWU XUEKE ZHISHI TIXI YU YINAN WENTI JIEXI

出版发行	教育科学出版社	市场部电话	010-64989009
社 址	北京·朝阳区安慧北里安园甲9号	编辑部电话	010-64989394
邮 编	100101	网 址	http://www.esph.com.cn
传 真	010-64891796		
经 销	各地新华书店		
制 作	北京睿视聚星科技有限公司		
印 刷	保定市中华美凯印刷有限公司		
开 本	787毫米×1092毫米 1/16	版 次	2018年12月第1版
印 张	22.75	印 次	2018年12月第1次印刷
字 数	463千	定 价	39.80元

如有印装质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换。

编写委员会

主 编 王 丽 魏 民

副主编 黄 鹤

编 者 王 丽 魏 民 黄 鹤 段晓刚 黄百渠 巴雪青 肖洪兴
孙明洲 李霖锋 颜 宏 石连旋 杨春武 金龙如 马丽滨
武永华 任炳忠 王海涛 谭 江 霍洪亮 李炳锦 崔然吉
张丽萍 王桂云 范玉莹 程海荣 台桂花 李 凡 陈 珊
刘东波 曾宪录 张 瑜 李晓萌 张传善 欧秀芳 李晓雪
张禄卿 刘文广 巴 雷 李海燕 王 岭 孙 伟 高 莹
高英志 王俊锋 鲍永利 杨允菲 朱筱娟 黄艳新 刘 宝
庞劲松

■ 前言

生物学是一门发展非常快速的学科。因此，如何提高教学的针对性和实效性，促进高等师范院校与中学在生物学科教学方面的有效衔接是摆在高等师范院校教学面前的重要任务。

中学生物学科知识体系是从整体上将生物学的知识点、知识关联、知识结构与层次进行归纳和总结。掌握生物学科知识体系有助于教师从整体上全面地理解生物学科的发生与发展，有助于生物学科的教学和人才培养。

中学生物教学现状的调研结果表明，生物学科重要科学问题是教学中的难点，制约着中学生物教师教学的专业性和科学性，决定着教师能否正确理解和解释生物学科基本科学问题和前沿进展，关系到学生对生物界的好奇心以及创新思维的养成。

本教材是为解决上述问题而编写的。教材包括上、下两篇。上篇是中学生物学科知识体系介绍，分为理论知识和生物技术。本教材系统地介绍了生命的起源与进化、生命的基本特征、生命活动的基本形式、生命系统的结构层次、生物学及其基础学科、微生物工程、基因工程、细胞工程、蛋白质工程和酶工程。另外，根据《普通高中生物学课程标准（2017年版）》，在部分关键知识点设置了“课标链接”栏目。下篇是疑难问题解析，在基本问题解析之后，按植物学、植物生理学、动物学、生理学、生物化学、微生物学、细胞生物学、遗传学、分子生物学、生态学、免疫学、进化生物学、保护生物学、生物统计学、神经生物学、生物信息学、表观遗传学的顺序，对中学生物学教学中存在的疑难问题进行了阐述和解析。

东北师范大学生命科学学院的五十名专业教师参加了本教材疑难问题解析部分的编写。

我们还聘请了生物学领域的资深教授李玉、李建东、宋榆钧、石德成、常雅萍、王德利、熊文成等，对本教材编写内容进行审核。博士研究生高瑞芳，硕士研究生梁瓴杰、刘兴雪、由婷婷和李敏参加了教材的校订工作。东北师范大学附属中学和吉林省教育学院的生物学科教师也对本教材的编写提出了很好的建议。在此，谨代表全体编写成员对于他们的付出表示衷心的感谢。

此类教材的编写是一种新的尝试，由于参编人员众多，编写时间较长，书中难免存在疏漏之处，诚望各位读者不吝赐教。

王 丽 魏 民 于长春

上篇 中学生物学科知识体系

第一部分 理论知识 / 3

- 一、生命的起源与进化 / 4
- 二、生命的基本特征 / 14
- 三、生命活动的基本形式 / 18
- 四、生命系统的结构层次 / 22
- 五、生物学及其基础学科 / 35

第二部分 生物技术 / 51

- 一、微生物工程 / 52
- 二、基因工程 / 54
- 三、细胞工程 / 57
- 四、蛋白质工程 / 61
- 五、酶工程 / 63

下篇 疑难问题解析

第一部分 基本问题解析 / 69

- 1. 生命的本质是什么? / 70
- 2. 壮丽的生命科学史给了我们哪些重要的启示? / 71
- 3. 什么是对照组或对照样本? 实验中设立对照的意义是什么? / 77

第二部分 分支学科问题解析 / 81

- 一、植物学 / 82
 - 4. 植物细胞、组织及器官的结构与其执行的功能之间的相关性是什么? / 82
 - 5. 植物各类群是如何起源和进化的? / 86
 - 6. 植物物种多样性产生和维持的机制是什么? / 91

7. 多倍化在植物进化过程中的作用是什么? / 95
8. 植物之间如何进行信息传递和交流? / 96
9. 植物与环境之间是什么关系? / 99
10. 植物与人类是什么关系? 植物在自然资源的可持续利用方面有什么作用? / 102
11. 被子植物是如何分类的? / 105

二、植物生理学 / 109

12. 被子植物从种子到种子的生命循环是如何实现的? / 109
13. 水及矿质元素对植物生命活动有何重要意义? 它们如何被植物体吸收? / 112
14. 植物生命活动如何驱动植物与环境间 O_2 和 CO_2 的循环及相应的能量流动? / 117
15. 光是如何影响植物生命活动的? / 118
16. 植物激素作为内源调控物质在植物体内是如何发挥作用的? / 121
17. 合理进行果蔬保鲜、粮食贮藏的生理学基础是什么? / 126
18. 植物如何适应高温、干旱、盐碱等各种逆境? / 128

三、动物学 / 131

19. 动物的分类阶元、分类的原则是什么? / 131
20. 无脊椎动物身体形态结构与功能有什么关系? 又是如何适应环境的? / 133
21. 脊索动物身体形态结构与功能有什么关系? 又是如何适应环境的? / 136
22. 动物的系统演化在演化史上都有哪些重要环节? / 139
23. 动物各类群的器官或系统的进步性特征有何异同? / 141
24. 动物各类群是如何起源和进化的? / 143
25. 昆虫如何成为陆地上最为繁盛的动物? / 146
26. 动物通过哪些行为适应环境, 最大限度地保证个体存活和子代延续? / 148
27. 鸟类在生物学中有什么重要贡献? / 153
28. 为什么说有什么样的生境(森林、草原、湿地等)就有什么样的鸟类? / 154

四、生理学 / 158

29. 细胞膜怎样进行物质转运和信号转导? / 158
30. 神经冲动如何产生及传递? 它有什么生理学效应? / 160
31. 骨骼肌、心肌和平滑肌的收缩机制和功能有哪些? / 162
32. 心脏跳动的自动节律性是怎样产生的? 影响因素有哪些? / 164
33. 维持动脉血压相对稳定的意义和途径是怎样的? / 166
34. O_2 和 CO_2 在血液中的运输方式和呼吸调节方式是怎样的? / 168
35. 大量饮用水引起排尿的机制是什么? / 171
36. 感受器有哪些种类? 其一般生理特征是什么? / 173
37. 中枢神经如何完成感觉和运动功能? / 175

38. 激素是怎样参与身体的生长和发育调节的? / 177

五、生物化学 / 180

39. 为什么说没有化学就没有生命? / 180

40. 为什么说水是生命的介质? / 182

41. 生物多样性与生命基本规律一致性的化学基础是什么? / 185

42. 生物大分子物质代谢和能量代谢的共同规律是什么? / 187

43. 肌红蛋白和血红蛋白同为氧结合蛋白, 为什么只有血红蛋白能够从环境中感受生物信息? / 190

44. ATP 作为能量的载体是怎样参与生命活动的? / 194

45. 为什么说糖代谢是生命体新陈代谢的枢纽? / 197

46. 抗生素药物开发与设计的机制是什么? / 199

47. 为什么说“生物化学原理”引领着现代生物技术的发展? / 201

六、微生物学 / 205

48. 如何理解微生物的多样性及其分类基础? / 205

49. 微生物区别于动植物的主要特征是什么? / 206

50. 微生物与动植物不同的代谢方式有哪些? / 209

51. 微生物与环境和谐共存的基础是什么? / 212

52. 微生物在解决人类面临的危机中发挥了什么重要作用? / 214

53. 在证明核酸是遗传物质基础的过程中, 哪些微生物学实验堪称经典? / 216

54. 微生物学独特的研究方法与技术对生命科学的发展做出了哪些贡献? / 218

七、细胞生物学 / 221

55. 如何理解“一切生命的关键问题都要到细胞中寻找答案”? / 221

56. 如何理解细胞的社会性? / 223

57. 细胞如何应答外界信号分子的作用? / 224

58. 为什么说细胞核是细胞的遗传信息库? / 226

59. 细胞如何保障自身的忠实遗传? / 228

60. 细胞如何控制蛋白质的按需合成和按需分配? / 230

61. 如何理解真核细胞基因表达的复杂性? / 233

62. 干细胞是如何分化和诱导分化的? / 236

63. 细胞的增殖、分化和凋亡是如何抉择的? / 239

64. 癌症是怎样引起的? 癌症可以预防和治愈吗? / 242

八、遗传学 / 246

65. 基因概念变化和发展历程是怎样的? / 246

- 66. 模式生物的遗传学研究是如何进行的? / 248
- 67. 真菌顺序四分子遗传学分析有什么意义? / 250
- 68. 细菌接合方式有什么深远意义? / 253
- 69. 原核生物是如何进行基因调控的? / 255
- 70. 对肺炎链球菌的转化实验和放射性同位素标记实验的结果, 当时人们的反应为何截然不同? / 259
- 71. 遗传密码有什么特点及中心法则有哪些丰富内涵? / 261
- 72. 基因重组的分子机制是怎样的? / 264

九、分子生物学 / 269

- 73. 遗传信息是如何世代相传的? / 269
- 74. 人们是如何揭示遗传密码的? 对我们有哪些启示? / 271
- 75. 同源异型基因有什么特点? / 273
- 76. 基因组是如何进化的? / 275
- 77. 我们为什么需要非编码 RNA? / 276

十、生态学 / 279

- 78. 物种与种群有何区别和联系? / 279
- 79. 植物种群与动物种群有何异同? / 280
- 80. 生物种群数量及变化规律是怎样的? / 281
- 81. 如何理解生态系统中的多样性与稳定性之间的相互关系? / 283
- 82. 植物群落(植被)如何有效地固碳? / 284
- 83. 自然界中草食动物与植物之间的协同进化特征与过程包括哪些? / 286
- 84. 为什么会产生温室效应? 有哪些控制的政策与技术? / 288
- 85. 人在生物圈中扮演什么角色? 起什么作用? / 289
- 86. 适应性生态系统管理能够实现人类的可持续发展吗? / 291

十一、免疫学 / 294

- 87. 免疫系统功能的结构基础是什么? / 294
- 88. 免疫系统如何防御和清除病原微生物? / 296
- 89. 免疫系统如何区分“自我”与“非我”? / 297
- 90. 免疫系统如何维持机体的稳态? / 299
- 91. 如何从各种人类免疫缺陷病中, 深刻理解免疫系统的独特功能? / 300
- 92. 免疫系统具有监视和消灭突变细胞的功能, 但为什么还会发生肿瘤? / 302
- 93. 免疫系统是如何起源与进化的? / 303

十二、进化生物学 / 306

- 94. 达尔文进化理论是如何产生和发展的? / 306

- 95. 哪些证据可以说明生物源自共同祖先? / 307
- 96. 自然选择是如何影响生物演化过程的? 适应如何产生和发展? / 307
- 97. 生物进化的机制及物种形成过程是什么? / 309

十三、保护生物学 / 312

- 98. 保护生物学的形成背景及兴起与发展历程是怎样的? / 312
- 99. 物种灭绝是自然事件还是人类活动的非自然事件? / 314
- 100. 新物种产生的条件和意义及它与生物多样性的内在关系是什么? / 316
- 101. 中国生物多样性有何特点及保护生物多样性有何重要意义? / 318

十四、生物统计学 / 322

- 102. 为什么说“生物统计学是生物学研究的方法论”? / 322
- 103. 生物统计学中样本特征数有哪些重要意义? / 323
- 104. 如何通过生物统计来揭示生物现象的规律? / 325

十五、神经生物学 / 328

- 105. 脑是如何进化和发育的? / 328
- 106. 神经系统是如何传递信息的? / 330
- 107. 为什么说“脑与认知科学”正在成为 21 世纪神经科学研究的中心? / 333

十六、生物信息学 / 336

- 108. 生物信息学的核心理论基础和主要的技术支撑体系是什么? 与系统生物学和计算生物学在研究内容和方法上的主要区别是什么? / 336
- 109. 为什么说生物信息学的发展是对生命科学研究的一次重大变革? / 338

十七、表观遗传学 / 341

- 110. 表观遗传和变异的分子基础是什么? / 341
- 111. 表观遗传学与经典遗传学有哪些异同? / 343
- 112. 表观遗传学与拉马克“获得性遗传”的可能关系有哪些? / 345
- 113. 表观遗传学与人类健康和疾病有什么关系? / 347

参考文献 / 350

上篇

中学生物学科知识体系

第一部分

理论知识

一、生命的起源与进化

人们有时遥望星空，为宇宙的浩瀚宏大而感慨震撼；人们有时邂逅尘埃，为其颗粒的微小而迷惑不解。然而人们更想知道，宇宙是从哪里来的？她究竟有多大？我们肉眼看不到的“尘埃”究竟有多小？组成我们物质世界的最小单位究竟是什么？

人们生活在生物世界里，常为我们是“生灵之王”而骄傲，同时又为千姿百态、数以百万的生命而困惑，生命究竟如何起源？人类究竟来自何方？人们为此百思不得其解。然而，科学家们放眼于百亿光年距离的宇宙，深邃于夸克距离的基本粒子，现代科学居然了解了宇宙是如何产生的，找到了宇宙的边缘，也找到了组成我们现实世界的最小颗粒。同样科学家们利用现代科学技术，知道了生命是怎样出现的，也使得人类起源和进化的轨迹清晰可见。这些便是我们即将谈到的物质的起源和物质发展的最高阶段的生命的起源及生命的最高级形式。

（一）物质的起源

历史上有几位伟大的科学家同时对物理学和生物学都做出过巨大贡献，首屈一指的应当是美国俄裔科学家乔治·伽莫夫（George Gamow）。虽然很少有人知道是伽莫夫首先提出了生物学碱基配对的“遗传密码”理论，但几乎人人皆知的是伽莫夫最早提出了完整的天体物理学的“大爆炸”理论，即大爆炸宇宙论（The big bang theory）。

原来，宇宙物质在 137 亿年前，起源于一个极高密度、极高温度的奇点的爆炸。从此宇宙开始有了空间，有了她辉煌的历史。

当爆炸发生 10^{-43} 秒后，也就是当宇宙年龄是 10^{-43} 秒的时候，自然界的四种力还没有出现，正粒子和反粒子不断产生，同时又相互作用，立刻被湮灭从而产生辐射。那时物质密度相当大，就连光也走不了多远，因此宇宙是不透明的。

当宇宙年龄是 10^{-34} 秒的时候，强力出现了，它把被称为夸克的粒子结合成质子和中子。然而质子和中子在当时并没有出现，因为辐射的力量太大，以致夸克的任何结合都会被立刻打破，这个时刻的宇宙汤被称为夸克胶子浆（quark-gluon plasma, QGP）。也正是在这一时刻，正物质开始超过反物质，每湮灭 3000 万个正反粒子就有一个正粒子存留下来。正是这一部分粒子最终发展成今天的物质世界。

当宇宙年龄在 10^{-34} 秒到 10^{-5} 秒的时候，分别出现了电磁力和弱力。由于没有足够能量的支持，曾经充满宇宙的 W 粒子和 Z 粒子消失了。辐射能的降低使得中子和质子及由正反夸克构成的寿命很短的介子得以生存。接下来的事件就是除了被锁在介子里的反夸克之外，所有的反物质都湮灭了，剩下的就是几千万个粒子的湮灭才能生存一个的正粒子。看起来，自然偏爱正物质。

宇宙爆炸 3 分钟之后就形成了原子核。由质子和中子结合形成了氘、氦和极少量的锂核。

30 万年后，由于宇宙的温度和密度不断下降，原子核开始捕获电子，从而形成了氢、氘、氦和锂原子。光子不再受阻于电子，宇宙开始变得透明。

宇宙形成 10 亿年后，引力使轻元素积聚在一起，才有了原始星团的形成。大恒星，特别是那些比太阳大八倍以上的恒星，它们的寿命很短，但很辉煌，因为它们的生命过程产生了众多的重元素。正是这些恒星不断地爆炸和燃烧才使得组成物质的化学元素均匀地分布在宇宙的各个角落。

（二）生命的起源与进化

课标链接

《普通高中生物学课程标准（2017 年版）》必修课程模块 2 “遗传与进化”概念 4 的 4.2.5 中，新增知识点“变异、选择和隔离可导致新物种形成”，要求学生理解该知识点。

1. 生命起源于 RNA 分子

第一批生命体是由简单的能够自我复制的 RNA 分子组成的。也就是说，在世界上还不存在蛋白质，酶蛋白更无从谈起的情况下，是 RNA 分子担当起酶的功能。科学家已经提供证据，RNA 曾经是酶，并且直到现在还存在着有催化能力的 RNA 分子。随着 RNA 的进化，RNA 分子形成了各种酶，某些 RNA 酶会转化为 mRNA，mRNA 又会在酶的作用下合成更稳定的 DNA，现在 RNA 在逆转录酶的作用下逆转录成 DNA 可能就是当时进化过程的遗迹。DNA 起着储存、复制和传递更可靠更稳定的遗传信息的作用。核酸酶在“RNA 世界”中对生命的演化起着十分重要的作用。早期的生命活动主要通过 RNA 的催化实现。也就是说，在前生物向生物进化的过程中曾存在一个“RNA 世界”，而生命就起源于这个“RNA 世界”。这个过程应当是在细胞产生之前发生的，随着细胞膜、内膜系统和细胞核的产生，距今 14~15 亿年，真核细胞终于诞生了。然而生命的进化并没有因为真核细胞的出现而加快步伐。接下来的是一统天下几十亿年的藻菌世界，在这个世界里几乎都是单细胞生物。直到约 6 亿年前的寒武纪，生命进化的速度发生了“大爆炸”。

2. 寒武纪大爆发

寒武纪，动物门类和数量空前增加，这时的海洋中已生活着形形色色、数量众多的动

物了，其中主要是无脊椎动物，而且无脊椎动物的各个门类基本上都能在海洋中找到。在这个不到地球生命史 1% 的时间里，爆发式产生了地球上绝大多数动物门类的生物创新事件，被称为“寒武纪生物大爆发”或“寒武纪动物大爆发”。到中寒武纪，出现了最早的半索动物——笔石，它们是无脊椎动物向脊椎动物进化的过渡类型。到晚寒武纪，出现了最低等的脊椎动物——甲胄鱼，它们是鱼类的祖先。在漫长的进化过程中，动物沿着鱼类→两栖类→爬行类→鸟类、哺乳类的路线演化，最终出现了人类。寒武纪之前地球几十亿年的演变，为多细胞动物的起源、演化奠定了基础，而寒武纪动物爆发式发展，形成了现代动物类群的基本格局。

3. 植物登陆和陆生植物进化

(1) 藻类植物。

其实，在 5 亿年前的寒武纪的中前期，还听不到任何陆地的喧嚣，因为当时陆地还没有生命，滚滚低沉的海浪声已经为这个世界伴奏了几十亿年。然而已经存在几十亿年的地球生命此时正在进行一项伟大的使命——向陆地进发。为了这一时刻，不计其数的放氧光合作用细胞工作了几十亿年，原始大气得到了根本性的改造。这一丰功伟绩的主要缔造者是蓝藻，氧气在海洋的累积不但引起了寒武纪动物大爆发，还使得太阳的能量将地球上空的氧气变成了密集的臭氧层（dense ozone layer）。它们挡住了杀伤生命的紫外线，使生命向浅海和内陆发展并最终使登陆成为可能。从化石记录上来看，向内陆进发的先锋就是改造原始大气的功臣——蓝藻。它们随着海水的潮起潮落，成功到达了内陆的淡水河流并且逐渐适应了那里的生存条件。后来绿藻和真菌也通过同样的路径到达内陆。

在寒武纪后期，蓝藻和绿藻布满了海边水域和淡水河岸边。在火山和冰河期过后，又是蓝藻第一个登上了从来没有生命光顾的光秃秃的岩石。随之而来的还是绿藻和真菌，以及它们的共生体。它们的代谢产物和尸体溶入“土地”，在地球上创造了第一块土壤。为后来植物的登陆奠定了基础。

植物要在陆地上生存，首先要有固着的能力，否则永远不会适应陆地生活。比如那些营漂浮生活的藻菌植物至今仍然和约 35 亿年前的祖先一样，始终局限在水的环境中生活。化石记录表明，早在约 30 亿年前就产生了一种丝状体固着型藻类，它的一端植入泥中；一种目前广泛存在于海洋和湖泊的菌类——壶菌也有假根的产生。然而，这些种类对植物的登陆毫无意义。丝状固着型藻类是细胞在直线方向上的增殖，是一种保守性的生长方式。壶菌类的假根即使有固着的功能，但最终也没能够向根的方向发展。

真正担负登陆任务的是 19 亿年前产生的一种由绿藻进化而来的叶状体固着型藻类。它的叶状体基部收缩成柄，柄逐渐伸长，柄的基部膨胀成固着器。它的柄和固着器是茎和根的祖先。约 9 亿年前产于中国河北的龙凤山藻就只具有柄和叶状体两部分，柄的基部膨大起固着作用。这可能是当年登陆藻类的后裔。

经过十几亿年的磨炼与无数次的选择和淘汰，最后叶状体固着型藻类发展成植物进化

的主支，演变成真正的第一批登陆植物——裸蕨。它们形成了地球史上第一片绿洲，成了植物界征服陆地的先驱者。

(2) 蕨类植物。

裸蕨没有根茎叶的分化，是一种光秃秃的植物，虽外形简单、其貌不扬，但内部结构已较为复杂。除了具有原始的维管束之外，还具有表皮和气孔。维管束便于水分、无机盐及养料的运输；拟根状茎或假根起固着作用并初具吸收作用；茎轴表皮角质化，有气孔，能减少并防止水分蒸发和调节气体，并具有制造养料的功能。这些条件使裸蕨能初步摆脱水生，进入陆地气生环境。这种植物在地球的绿色帝国统治了 6000 万年。到 4 亿年前它们渐渐消失，出现了更先进的蕨类植物——真蕨。

石炭纪中叶，蕨类空前繁荣。那时它们是高大的乔木，高约 40 米，直径可达 2~3 米，但木质部很小，皮层非常厚，是煤的主要来源。现代蕨类植物多变成多年生草本。

(3) 裸子植物。

大约 5 亿年前古生代的蕨类植物形成了地球上第一个原始森林，然而，大约 4 亿年前比蕨类植物更加进化的裸子植物已经在泥盆纪晚期悄然兴起。蕨类植物渐渐不能很好地适应环境的变化，逐渐让出了植物王国的统治地位，裸子植物开始发挥出其优越性而得到了大发展，它的繁盛一直持续到了白垩纪晚期。

大约 200 万年前第四纪冰河来临，大部分裸子植物包括苏铁和银杏都难逃厄运，只有松杉抵抗住了冰河期，大量延续到现在。而银杏等裸子植物成了今天的活化石。

(4) 被子植物。

被子植物出现于 1.2 亿~1.35 亿年前的早白垩纪。直到距今 8000~9000 万年的白垩纪末期，被子植物才在地球上的大部分地区占了统治地位。被子植物以其种子外面包有子房发育来的果实而得名。当前，被子植物约占植物总数的一半，是占地球主导地位的优势植物群，是地球上最完善、适应能力最强、出现最晚的植物。它们获得成功的主要原因如下。

①木质部中有高度特化的导管，有利于水分的输导。

②繁殖器官发达，有了真正的花，所以又称有花植物。

③被子植物的进化还表现在叶的构造上，被子植物的叶具有宽阔的叶形，叶内发育了复杂的网状叶脉，说明叶内具有发达的输导系统，以适应光合作用的要求。

4. 动物登陆和陆地动物的进化

(1) 无脊椎动物登陆。

从水中到陆地，对动物来说，这是一个巨大的变化，比植物登陆要艰难得多，必须解决的两个重大问题是支撑躯体运动和气呼吸。

两侧对称体制及中胚层的出现，是动物由水生进化到陆生的基本条件之一。两侧对称体制，即只有一个对称面将动物分成左右相等的两部分，使动物身体有前后、左右、背腹之分，产生了能运动的附肢，进入到水底爬行生活，进而进化到陆地爬行。两侧对称在外

形上产生极大变化，感觉器官集中在前端，使动物的运动具有了方向性。运动器官集中在腹面，而背面的色素细胞增加，可阻挡阳光对细胞的损伤。

另外，从扁形动物开始，在外胚层和内胚层之间出现了中胚层，中胚层的产生减轻了内外胚层的负担。特别是肌肉的出现，增加了动物的运动能力。无脊椎动物首先登陆，它的先锋是海蝎子——难以想象的是近些年发现了它的化石，它居然有两米多长。海蝎子登陆后，陆地便成了无脊椎动物的天下。在陆地上生活的无脊椎动物发展了各种用于气呼吸的结构，如用体表（蚯蚓）、肺囊（蜗牛）、书肺（蜘蛛）和气管（昆虫）等进行呼吸。由于氧气充沛和没有天敌，脱离外骨骼束缚的无脊椎动物几乎可以无限制地生长，因而出现了巨大的蜘蛛、十几米长的多足纲动物、一米多长的蜻蜓。

（2）脊椎动物登陆。

陆生脊椎动物是由鱼类进化而来的。鱼类在水中用鳃呼吸，水的密度大，鱼可以浮在水中，用鳍游泳。但上陆后，只能呼吸空气中的氧，而且必须自己用四肢支撑躯体。

总鳍鱼类由于发展了用于气呼吸的“肺脏”，而且偶鳍具有强壮的肌肉和类似陆生脊椎动物四肢的骨骼结构，使登陆成为可能。

是什么力量促使这些在水中生活得好好的动物向岸上进军的呢？约 4 亿年前的泥盆纪，是鱼类的繁盛时代。但在这一时期，世界各地海陆分布发生了巨大的变化，许多地区经过造山运动、造陆运动，大陆面积增加，水域面积减少，气候干燥炎热，生活在淡水中的鱼类，常常面临河川断流、湖沼枯竭的困境，其中多数种类被淘汰了，少数种类通过自然选择，产生了两种适应方式。

一是由陆地水域迁居海中；二是体内长出了能进行气呼吸的“肺脏”，必要时可代替鳃的功能。由盾皮鱼类的一支演变而来的早期软骨鱼类，采用了第一种适应方式；而早期的硬骨鱼类，则采用了第二种适应方式。正是恶劣的自然环境迫使这些初步有了上岸条件的古总鳍鱼，为了生存向陆地进军。在进军陆地的过程中，绝大部分种类被淘汰了。少数种类的内部结构逐渐发生了改变，适应陆地生活的器官充分发展，适应水中生活的器官逐步退化。经过漫漫征途，出现了最早的两栖动物——鱼石螈（*ichthyostega*）。它的头和尾还像鱼，但偶鳍已不复存在，四肢形成而且五个脚趾张开，这一点可是典型的陆生动物的模样了。

在鱼石螈上岸后，草丛中的昆虫也多起来了，这许多小动物，对鱼石螈这种刚上岸又行动迟缓的动物来说太重要了。这也许是它们能成功在陆地上定居的重要原因之一吧。说来也巧，到石炭纪时，地球上很多地区的气候又变得温暖湿润，植物繁茂，昆虫众多，使得鱼石螈的后裔迅速繁衍壮大，到了二叠纪，已成为两栖动物的时代。但两栖动物没能摆脱对水的依赖，还不是真正的陆生动物，最终成功登陆的是爬行动物。

有一些陆生动物在进化过程中，又返回水中生活，成为适应于水中生活的动物。我们把这种适应称为次生性适应。如两栖动物中的大鲵、鳗鲡等，爬行动物中的鳖、海龟等，哺乳动物中的鲸类、海豹等。

(三) 人类的起源和进化

自古以来,人类就对许多有关自身的问题特别感兴趣。历史上,许多学者创立了各种各样的关于人的定义。例如,古希腊哲学家柏拉图说,人是“没有羽毛的两足动物”,于是他的一位同事就和他开了个玩笑,从市场上买了一只去毛的鹅拿到学院里说:“这就是柏拉图的人。”玩笑很滑稽,但可以看出,柏拉图确实注意到人在能够两足行走这方面与其他动物不同。

达尔文说:“人类的诞生地是非洲。”他的理由很简单:在世界上每一个大的区域里,现存的哺乳动物都与在同一区域产生出来的物种关系密切。非洲现在生存有大猩猩和黑猩猩两种猿。因此,非洲过去可能生存有与它们密切相关的灭绝的猿类。而现存的两种猿是人类最近的亲属,因而我们早期的祖先更可能是生活在非洲,而不是其他地方。

大约 3000 万年前由于强烈的地壳断裂运动,非洲大陆东部的地壳,沿着红海、埃塞俄比亚、肯尼亚、坦桑尼亚等地一线裂开,从而形成裂谷。经过上千万年持续的地质构造变化,非洲东部发生了进一步的改变。沿着当初地壳裂开的那条线,形成了从南到北长而弯曲的大裂谷,即现在的东非大裂谷。当东非大裂谷形成后,非洲东部气候变得干旱,失去了热带雨林生长的条件。连续覆盖的非洲热带雨林,在东部开始分裂成一片片树林,树林之间由稀树草原和灌木丛所镶嵌。就这样,热带雨林被广阔的镶嵌性的热带稀树草原所取代。正是由于这种环境的力量,人类和现代非洲大猿的共同祖先的种群自然地分开了。这些共同祖先中留在非洲西部的后裔依然沿着适应于热带雨林生活的方向缓慢地发展着,到今天就形成了现代的大猩猩和黑猩猩。相反,这些共同祖先中留在非洲东部的后裔中的一支,在稀树草原这样开阔的地面上生活。在这样一种新生活的选择压力下,进化出了一套全新的技能,即两足直立行走及由此而带来的一系列适应,这就是人类。而与此同时,大多数曾繁盛于 1500 万年前的非洲猿类却由于环境的改变而灭绝了。

我们的祖先并不是一下子就能完全适应所有的这些变化,他们仍然要在树林中取食和睡眠,他们食物中的大部分依然依赖于树林(例如树上的果实)。但是,热带稀树草原的环境已经不允许他们再像过去那样老在林子里的大树上爬上爬下了,他们需要经常从一片树林转移到另一片树林中去。同时进化的不可逆性决定了他们下落到地面后不可能再像猫、狗、牛、羊那样用四条腿行走和奔跑。这时,两足直立行走就成为最为有效的运动方式,其优越性显然远远大于黑猩猩那样的指关节行走方式。

1. 腊玛古猿

腊玛古猿(Ramapithecus)是中新世晚期生活在开阔栖息地(非森林)的一类古猿。最早是由美国耶鲁大学的研究生刘易斯(G. F. Lewis)1932年在印度的西沃里克山发现的。标本为右上颌骨破片带三颗牙齿。腊玛古猿是森林猿向草原人转化的中间环节。一般认为,在 1000 万~1500 万年前森林古猿演化为腊玛古猿。

如果说地球产生 10 亿年后就诞生了生命，速度不慢的话，那么，古猿离开森林用了 1000 万年的时间才直立起来就算得上漫长了。

2. 最早的人科成员——南方古猿

500 万年前，在非洲的广大地区又出现了一种猿类，人类学家们称之为南方古猿。从化石的特点可以看出，无论是身体结构还是生活方式，南方古猿都比腊玛古猿更加向人类迈进了一步。虽然和腊玛古猿一样，南方古猿特别是在进化历史的早期也有一部分时间是在树上度过的，但南方古猿已经会直立行走，这样就可以借助自身的高度来观察它们栖息的热带大草原和空旷的林间空地周围的动静，以防备猛兽的侵袭和发现猎物。

最古老的南方古猿化石在埃塞俄比亚阿法盆地，1992 年至 1993 年期间由美国古人类学家怀特（Tim D. White）等发现。他们生存在距今 440 万年前，被认为是人科最早的种。根据分子生物学资料揭示猿类与人类分异的年代为 500 万年前至 700 万年前，可以看出，分子生物学和化石证据揭示的时间大概是一致的，并且不排除化石证据的进一步发掘。

1973 年 10 月，美国俄亥俄州克利夫兰自然博物馆的人类学家唐纳德·约翰森和泰伊伯在埃塞俄比亚阿法地区哈达地区干燥的沟壑中发现了距今大约 350 万年的骨头化石，它们比已知的任何人类的骨骼都小，但是其形状和形成关节的方式表明，他们能够像人一样直立行走。

从髌骨的形态可以看出这是一位成年女性，身高只有 1 米左右；从骨盆的形状和大腿骨与膝之间的角度可以清楚地看出她已经适应于相当程度的直立行走。但是与现代人相比，她的胳膊相对较长，腿相对较短，这种身体结构又很像猿。

发现这些化石的当夜，兴奋的发掘者们开起了自己的庆祝会。庆祝会上用录音机播放了一首名为《钻石般天空中的露西》的流行歌曲，发掘者们灵机一动，把白天发现的这位激动人心的女性起名为“露西”。在发现“露西”骨骼的地方曾找到一些龟和鳄鱼蛋化石、螃蟹的壳，推测她可能生活在湖边，这些水生生物可能是她的食物。

1975 年，约翰森和泰伊伯在哈达地区又有了一个重要发现。他们在一个化石坑内发现了至少 13 个人的遗骸。300 多万年前，这里显然是发生了某种突发性的自然灾害，可能是一场洪水，一下子夺去了这至少 13 个人的生命，并把他们掩埋在一起，形成了这个化石坑，或是可以形象地说成是一个自然的坟墓。这 13 个人有男有女，至少 4 个是小孩，其中一个四五岁的孩子保存下来了几乎完整的头骨，其余是成年人，包括一些年轻的成年人。这些人生前可能是在一起生活的，所以他们被形象地称为“人类的第一家庭”。这是人类合作行为的最早证据。

与此同时，人类在生理构造上也在继续进化之中，特别是用于思维的前脑进化得更快，以致人类头部的形状也发生了明显的变化。由于食用熟食，咀嚼起来要容易一些，所以颌部也相应地越来越小，面部特征与以往也大不相同。当然，真正成为人类标志的还不只是生理构造上的变化，而是文化上的一天比一天更快的进步。

3. 早期智人——尼安德特人

到了大约 20 万年前，人类经历了从南方古猿到能人，再到直立人几百万年的进化，终于又经历了一次质的飞跃。一种更加接近于现代人的类群诞生了，他们广泛分布于欧亚大陆，从德国到非洲，从比利时到中国和中爪哇，到处留下了他们的踪迹。因为他们的遗骸最早是在德国的尼安德特山谷发现的，所以被称为尼安德特人（简称尼人）。又因为他们的进化程度比较高，所以在分类学上称他们为早期智人。

生活在距今 20 万年至 3 万年的尼安德特人演化出了一种适于寒冷条件下生存的文化。例如，在有山洞的地区穴居于山洞之中，而在平原上则懂得用兽皮制造帐篷，并知道用石头将帐篷的周边压住，就像人们今天仍然沿用的那样。他们还会用兽皮制造衣服，而且发明了长矛、棍棒和套索等武器。总之，他们发明、完善和改进了许多新的工具和武器，因而将人类抵御自然环境的能力又大大地往前推进了一步。

尼安德特文化的特点不仅表现在生存能力的明显提高上，而且他们的思维活动也有了质的进步。他们既有能力杀死凶猛的野兽，例如狗熊，同时又把它们尊为神灵，也就是说，他们已经有了灵魂的概念。不仅如此，他们也已经懂得了情感和友谊，例如照顾老人和残疾者，而不是像以前那样抛弃他们。在他们的坟墓中已经发现了鲜花和礼物等随葬品，这说明他们的精神世界已经相当的丰富。特别有意思的是，直到今天，这些传统仍然保留在北极的土著居民中，从因纽特人到拉普人，广为流传。这就有力地表明，尼安德特人很可能在人类历史上首先越过了北极圈。

尼安德特人以群居为主，家庭成员 8~25 人，规模较小不至于浪费有限的资源。他们的地域性较强，为了繁衍后代，他们有时会交换或劫掠女性，以确保氏族的延续。从尼安德特人的化石记录中，其艰苦的生活可见一斑：43% 的尸体残骸都是 11 岁以下的儿童。尼安德特人会制作石器工具，其中最著名的是勒瓦娄哇石刀，其刀刃比外科医生的解剖刀还要锋利。通过研究尼安德特人的头骨和颈骨，科学家确信尼安德特人能开口说话——这个理论推翻了长期以来人们认为尼安德特人只会手势和咕哝的观点。

尼安德特人的数量在鼎盛时期也只有 10 万人，尼安德特人的部落规模较小，而且部落与部落之间日渐疏远。化石证据揭示了他们的进化过程及他们在冰河气候中顽强生存的情况。他们栖身于简陋的石灰岩洞，勉强躲避着刺骨的寒冷和凶猛的野兽。到大约 3 万年前，尼安德特人与更为优秀的克罗马侬人共处了一段时间，但克罗马侬人的社会适应力非常强，他们擅长贸易和对外联盟，而且勇于创新，因此他们能找到更好的方法利用日趋匮乏的资源，并逐渐蚕食尼安德特人的地盘。尼安德特人被迫迁离赖以生存的狩猎地，他们无法继续繁衍后代。大约 2.7 万年前，最后一个尼安德特人死于西班牙南部，从此，尼安德特人在历史的舞台降下了自己的帷幕。

由于尼安德特人进化程度很高，包括生理上的和文化上的，科学界一度认为他们就

是我们现代人的直接祖先。然而，20世纪90年代，来自美国和德国的两组科学家对尼安德特人和现代不同种族的人进行了线粒体DNA指纹分析。分析表明，尼安德特人的线粒体DNA和现代人的线粒体DNA毫不相关。从系统发育来看，尼安德特人虽然不是现代人的直接祖先，但毫无疑问，尼安德特人和现代人曾经是兄弟，只不过他们早在五六十万年前就分道扬镳了。

4. 晚期智人——现代人的直接祖先——克罗马侬人

15~20万年前，现代智人开始在撒哈拉以南的非洲崛起，然后走出非洲，陆续向欧亚大陆扩散。他们很可能首先到达在冰期中干涸成为盆地或沼泽的地中海地区或中东，与当地的尼安德特人竞争并共存了至少6万年之久。

现代智人的踪迹首先是在法国的一个小村庄旁边的克罗马侬山洞中发现的，所以便称他们为克罗马侬人（Cro-Magnon）。实际上，他们就是我们现代人最直接的祖先，他们也被称为晚期智人。他们的身材比尼安德特人高大，颅骨较薄较高，颌骨不太突出，前额几乎垂直，面貌已经比较好看了。

几万年前，克罗马侬人在许多山洞中留下了辉煌的艺术。他们往往在洞壁上选择一些磨圆了的平面，用黑色、红色的泥土精心绘制出各类动物，如马、野牛、犀牛及他们最爱捕食的驯鹿等。这些作品具有惊人的艺术技巧，笔法苍劲、准确逼真，从而确定了文化在人类进化进程中日益重大的作用。至此，人类走在了迅猛进化和发展的道路上。

人类进化至少有500多万年的历史，这对于整个138亿年的自然史来说也许并不算长，但对于人类不足百年的个体生命来说就不一样了。我们可以计算出人类经过了多少代的繁衍，能够通过DNA的分析推算出世界几十亿人都是非洲33位女性的后裔。但我们无法了解人类是如何一天天地走过500多万年漫长之路的，无法知道人类基因在无数次的复制过程中经过了哪些突变。但我们今天看到的人类，正是自然环境对人类基因突变选择的结果。谁又能确证未来人类的某一性状不是对基因突变选择的结果呢？毫无疑问，人类在宇宙中创造出了光辉灿烂的物质文化奇迹，而且这个奇迹的发生和发展变得越来越快。

伟大的生物学家珍·古道尔（Jane Goodall）在半个多世纪前拍摄到了幼小黑猩猩用类似于棍棒的天然枝条来延长自己手臂的工作距离，从而成功地驱赶了比自己大几倍的尖牙利齿的成年雄狒狒。黑猩猩还可以用石块砸碎坚果取食。因而，现代黑猩猩可以使用天然枝条和石块作为工具成了众所周知的事实。大约200万年前，我们的祖先在长期使用天然木棒和石块来获取食物和防卫时，偶然发现用砾石摔破后产生的锐缘来砍砸和切割东西比较省力，从而受到启发，便开始打击石头，使之破碎以制造出适用的工具。因此我们有理由相信，我们的祖先从使用工具到能够制造工具从而进入旧石器时期经历了上千万年的努力。从旧石器时期开始，我们的祖先又经过了一百多万年的思考，才想到把尖锐的燧石和木棍结合起来，制成石矛去刺杀猎物或保护自己。然而当人类进入了文明社会，发展便不能同日而语了。1903年美国怀特兄弟发明了能飞行36米，留空12秒的飞机。在不到100

年的时间里，1981 年美国第一架航天飞机发射成功。更有甚者，1946 年美国科学家巴基·爱克特发明了第一部计算机，仅仅过了二十几年的时间，1969 年互联网技术诞生了，社会逐渐走进信息时代。

这一系列的时间数字告诉我们，自从人类演化为晚期智人，人类的进化主体就从体质方面逐渐转化为文化方面。虽然人类本身只是物质世界的一部分，但进化和发展会使得整个物质世界属于唯一的智能生物——人类。

(段晓刚)

二、生命的基本特征

(一) 化学成分的同源性

地球上的生物在组成成分上具有同源性，主要包括三大类：水、无机盐和有机物。

生物体内的水分以自由水和结合水两种状态存在，发挥着不同的生理功能。自由水是一种良好的溶剂，可以将营养物质运送到生物体的各个细胞中。水分还具有维持细胞的渗透压、酸碱平衡和细胞形态等功能。自由水占总含水量的比例越大，原生质的黏度就越小，且呈溶胶状态，代谢也越旺盛。结合水是水在生物体和细胞内存在的另一种状态，是吸附和结合在有机固体物质上的水，主要是依靠氢键与蛋白质的极性基（羧基和氨基）相结合形成的水胶体。结合水不能蒸发、不能析离，失去了流动性和溶解性，是生物体的构成物。

无机盐在生物细胞内主要以离子形式存在，一般只占鲜重的 1%~1.5%。在人体中已被发现的无机盐有 20 余种，分为大量元素和微量元素，其中大量元素主要有钙 Ca、钾 K、氯 Cl、磷 P、硫 S、钠 Na、镁 Mg，微量元素有铁 Fe、硒 Se、锌 Zn、钼 Mo、碘 I、氟 F、铬 Cr、钴 Co 等。尽管无机盐在人体中的含量很低，但是对于维持生命活动非常重要。

生物体有机物的元素成分主要有 C、H、O、N、P、S、Ca 等，而分子成分都是蛋白质、核酸、脂类和糖类等有机分子。

蛋白质是细胞中重要的有机化合物，其成分通常是由 20 种氨基酸组成的。蛋白质的结构与氨基酸的种类、数目、排列顺序和肽链的空间结构有关。蛋白质的功能主要有催化、识别、免疫、调节、运输。

课标链接

《普通高中生物学课程标准（2017 年版）》必修课程模块 1 “分子与细胞”概念 1 的 1.1.6 要求学生“阐明蛋白质通常由 20 种氨基酸分子组成，它的功能取决于氨基酸序列及其形成的空间结构，细胞的功能主要由蛋白质完成”。该知识点是历年高考高频考点。

核酸广泛存在于所有生物中，主要由腺嘌呤核苷酸（AMP）、鸟嘌呤核苷酸（GMP）、胞嘧啶核苷酸（CMP）、尿嘧啶核苷酸（UMP）、胸腺嘧啶核苷酸（TMP）组成。生物体内核酸常与蛋白质结合形成核蛋白。根据化学组成不同，核酸可分为脱氧核糖核酸（DNA）和核糖核酸（RNA）。DNA是储存、复制和传递遗传信息的主要物质基础。RNA在蛋白质合成过程中起着重要作用，其中转移核糖核酸（tRNA），起着携带和转移活化氨基酸的作用；信使核糖核酸（mRNA），是合成蛋白质的模板；核糖体核糖核酸（rRNA），是细胞合成蛋白质的主要场所。

课标链接

《普通高中生物学课程标准（2017年版）》必修课程模块1“分子与细胞”概念1的1.1.7中要求学生“概述核酸由核苷酸聚合而成，是储存与传递遗传信息的生物大分子”。

脂类主要有脂肪（类脂）、磷脂和固醇。脂肪是生物体内储存能量的物质。磷脂是构成细胞膜的重要成分。固醇有胆固醇、维生素D、性激素等，参与维持机体的新陈代谢和生殖过程。

糖类是自然界中广泛分布的一类重要的有机化合物。糖类是生物体维持生命活动所需能量的主要来源。糖类除了单糖、双糖、低聚糖和多糖以外，还有众多衍生物。糖类衍生物与免疫、受精、血液凝固和生长等有很密切的联系。

（二）结构的严整有序

生物体都以细胞为其基本的结构单位和功能单位。细胞内的各结构单元都有其特定的结构和功能。细胞的分裂与分化是生物生长发育的基础。细胞机能失常能引起病变，细胞结构的瓦解和功能的丧失会导致生物体的死亡。

课标链接

《普通高中生物学课程标准（2017年版）》必修课程模块1“分子与细胞”概念1的1.3.1中要求学生“说明有些生物体只有一个细胞，而有的由很多细胞构成，这些细胞形态和功能多样，但都具有相似的基本结构”，对该知识点的掌握可以有效提高学生的生物学科核心素养。

生物界是一个多层次的有序结构。在细胞这一层次之上还有组织、器官、系统、个体、种群、群落、生态系统等。组织是由形态相似、结构和功能相同的一群细胞和细胞间质联合在一起构成的。器官是由不同的细胞和组织按照一定的次序组合，行使某些特定生理功

能的结构。能够共同完成一种或几种生理功能的多个器官按照一定的次序组合在一起形成系统。个体是由不同的器官和系统协同完成复杂生命活动的单个生物。在一定的自然区域内，同种生物的所有个体是一个种群。在一定的自然区域内，所有的种群组成一个群落。生态系统是生物群落与它的无机环境相互形成的统一整体。地球上所有的生物和这些生物生活的无机环境共同组成了生物圈。

每一个层次中的各单元，都有其特殊的结构组成并行使着特定的功能。这种严整有序的结构和它们的协调活动构成了复杂的生命系统。

（三）新陈代谢

新陈代谢是生物体内维持生命活动的各种化学变化的总称，分为同化作用和异化作用两类。同化作用是生物体将从外界环境中获取的营养物质转变成自身的组成物质，并储存能量的过程。异化作用则是生物体将自身的有机物分解成无机物，归还到无机环境中并释放能量的过程。

新陈代谢是在生物体高度自动和精细调节控制下进行的。新陈代谢的紊乱和失调会引起各种疾病，新陈代谢的停止则意味着个体生命的终结。

（四）生长特性

生长是生物普遍具有的特征之一。生物体能够通过新陈代谢的作用而不断地生长和发育。多细胞生物体的生长是指细胞繁殖、增大和细胞间质的增加，具体体现在组织、器官、身体各部大小、长短和重量的增加及机体内部成分的变化。单细胞生物的生长其实是个体数目的增加。

生物体的生长与非生物体的增大之间的区别在于，生物体是由内部长大，其“原材料”不是来自环境提供的现成物质，而是经生物体自身吸收和改造而形成的物质。非生物体的增大，则是由于表面增加了同类物质而造成的变化，比如食盐晶体的形成、冬天冰柱的加长等。

遗传因素在生物体的生长中起了决定性作用，外界环境因素也能通过某种形式影响生物体的生长。

（五）应激能力

生物接受外界刺激后会发生相应的反应，这是生物与非生物的区别之一。人手碰到烫的物体会马上缩回，含羞草的叶子受到触碰会立即闭合等现象都是生物应激性的表现。高等生物的应激能力受到神经系统的控制，这是一种维持正常生命活动的必要条件。

（六）繁殖和遗传能力

繁殖是生物为延续种族所进行的产生后代的生理过程，即产生新的个体的过程。每个

现存的个体都是由其亲代繁殖而来的。

在繁殖的过程中，亲代的特征在后代重现的现象被称为遗传。遗传是通过遗传物质的传递而实现的。生物体依靠不断地繁殖下一代维持其生命的延续。生命不会由于个体的死亡而消失，通过子代具有亲代特征的生命一直得以延续。

（七）变异和进化

生物在繁衍过程中呈现出不断演变和进化的趋势。地球上的生命从原始的单细胞生物开始，经过了多细胞生物形成，动植物的分化，水生动物的登陆及高等智能生物——人类的出现等重要的发展阶段，形成了现今庞大的生物世界。

在生物演化的过程中，生物与其生存环境相互作用，其遗传结构发生了变异，变异使生物的某些性状也发生了改变并通过遗传保留了下来。

变异是生物进化的动力。没有可遗传的变异，生物就不可能进化。没有进化，生物界就不会如此丰富多彩。

根据上述的生命基本特征，可以判定某物是否有生命。但是，病毒是一个例外。病毒没有细胞结构，它在侵入宿主细胞之前不能繁殖，更没有新陈代谢活动。病毒的身体构成中有最基本的两种生命大分子——蛋白质和核酸。当病毒侵入宿主细胞以后，能够利用宿主细胞内的“原材料”，按照自己的遗传指令繁殖出具有相同遗传特征的后代。所以，一般认为病毒应属于生命世界的一个特殊类群。

三、生命活动的基本形式

生命活动的基本形式包括 DNA 复制、细胞分裂、细胞分化、新陈代谢、生长发育、繁殖、衰老和死亡。

(一) DNA 复制

生物学中的复制 (replication) 是指以亲代 DNA 分子为模板按照碱基配对原则合成子代 DNA 分子的过程。DNA 复制是指 DNA 双链在细胞分裂以前的分裂间期进行的扩增过程, 结果是一条双链变成两条双链, 每条双链都与原来的双链一样。DNA 复制是遗传信息传递的基础, 这个过程通过半保留复制机制得以完成。

中心法则是遗传信息在细胞内的生物大分子间转移的基本法则。1957 年, 克里克 (F.H.C. Crick) 最初提出的中心法则为: 从 DNA 的复制到 RNA 的转录再到蛋白质的翻译。这个中心法则假说的特点是: (1) 遗传信息在不同的大分子之间的转移是单向的; (2) 遗传信息的转移是一个不可逆的过程。

1970 年, 特明 (H.M. Temin) 和巴尔的摩 (D. Baltimore) 在一些 RNA 致癌病毒中发现了遗传物质的另一种转移方式。在宿主细胞中的复制过程是先以病毒的 RNA 分子为模板合成一个 DNA 分子, 再以 DNA 分子为模板合成新的病毒 RNA。根据这些实验结果, 科学家们重新修正和完善了中心法则, 增加了从 RNA 到 DNA 的部分和 RNA 指导蛋白质合成的部分。

中心法则说明了在细胞内的生命活动中核酸和蛋白质两类大分子的联系及分工。核酸的功能是储存和传递遗传信息, 指导和控制蛋白质的合成。蛋白质的主要功能是参与生物体的新陈代谢活动和作为细胞结构的组成成分。

中心法则是生物学中最基本的规律之一, 在探索生命现象的本质及普遍规律方面起了重要的作用, 是现代生物学的理论基石。

(二) 细胞分裂

细胞分裂 (cell division) 是细胞增殖的基本方式。真核细胞分裂的主要方式为有丝分

裂和减数分裂。

斯特拉斯伯格 (E.Strasburger) 和弗莱明 (W.Fleming) 分别于 1880 年和 1882 年在植物细胞和动物细胞中发现了有丝分裂。这种细胞分裂的特点是在细胞分裂时有纺锤体出现, 子染色体被平均分配到子细胞中。这种分裂方式普遍地存在于高等动植物体细胞的分裂过程中。

课标链接

《普通高中生物学课程标准 (2017 年版)》必修课程模块 1 “分子与细胞” 概念 2 的 2.3.1 中要求学生 “描述细胞通过不同的方式进行分裂, 其中有丝分裂保证了遗传信息在亲代和子代细胞中的一致性”。掌握该知识点可以有效提高学生的生物学科核心素养。

减数分裂是性细胞分裂的方式。性细胞分裂时, 染色体只复制一次, 连续分裂两次, 产生的子细胞中染色体数目减半, 为下一步的性细胞融合打下基础。减数分裂不仅保证了物种染色体数目的稳定, 也是物种适应环境变化不断进化的机制。

课标链接

《普通高中生物学课程标准 (2017 年版)》必修课程模块 2 “遗传与进化” 概念 3 的 3.2.1 中要求学生 “阐明减数分裂产生染色体数量减半的精细胞或卵细胞” 的知识水平达到理解水平, 该知识点是历年高考高频考点。

自然界还存在其他类型的分裂, 如酵母细胞的出芽增殖和细菌的无丝分裂等。

(三) 细胞分化

细胞分化是指未分化的细胞成为具有特殊性质的分化细胞类型的过程。

在一个多细胞个体的发育过程中, 细胞分化多次发生, 从一个简单的受精卵到形成不同的细胞和组织类型的复杂系统。分化在已经成熟的个体中也常常存在, 例如在组织修复和正常细胞更替时, 成熟的干细胞会产生出完全分化的子细胞。细胞分化后, 在细胞的大小、形状、膜电位、代谢活动和对信号的反应等方面会产生很大的变化。这些改变主要是由基因表达来调控的。细胞分化一般不涉及基因序列本身的改变, 具有相同基因组的不同细胞, 可以有非常不同的物理特性。

细胞的分化发育潜能分为以下三种。

(1) 全能性: 具有使后代细胞分化出各种组织细胞, 并发育成完整个体的潜能。受精卵的分化发育潜能是全能性的。在植物中, 人们可以使用实验室技术将一些已经分化的细胞变成全能性细胞, 并再生出完整的植株。

(2) 多能性：具有使后代细胞分化出多种组织或细胞的潜能，但不能发育成完整个体，这样的情况称为多能性。例如，多能生血干细胞和高等植物的分生细胞都具有这样的分化发育潜能。

(3) 单能性：有的细胞的发育只能使后代细胞发育成一种细胞，称为单能性。比如，单能生血干细胞就具有这样的性能。

(四) 新陈代谢

新陈代谢是生命的基本特征之一。从有生命的单细胞到复杂的人体，每时每刻都与周围环境不断地进行着物质的交换，这种交换被称为新陈代谢或物质代谢。

人体的新陈代谢可分为三个阶段。

第一阶段为消化吸收。食物在消化道内经过酶的催化进行水解称为消化。食物的物质成分，除水、无机盐和维生素等小分子物质可被机体直接吸收之外，大分子物质（比如多糖、蛋白质、脂类等）都需要经过消化，分解成比较简单的水溶性物质，才能被吸收到体内。各种物质的消化产物、水和无机盐等，经肠黏膜细胞进入小肠绒毛的毛细血管和淋巴管的过程称为吸收。

第二阶段为中间代谢。食物经消化吸收后，由血液及淋巴液运送到各组织中，在各种酶类的催化下参加分解和合成代谢，进行细胞内外物质交换和能量转变。

第三阶段为排泄过程。物质经过中间代谢过程产生的各种终产物会经肾、肠、肝及肺等器官随粪便、尿及呼气等排出体外。

(五) 生长发育

生长是指生物体各器官和系统在体积上的增长和发生形态上的变化，是量的改变。发育是指细胞、组织和器官在功能上的分化和成熟，是质的改变。生长是发育的物质基础，而发育和成熟的状况又反映在生长上量的变化。

人的生长发育是指从受精卵到成人的成熟过程。生长和发育是儿童不同于成人的重要特点。生长是指儿童身体各器官、系统的长大，可有相应的测量值来表示其量的变化。发育是指体内细胞、组织、器官的分化与功能成熟，不能用量化的指标进行描述。

(六) 繁殖

繁殖也是生命活动的基本形式之一。每个生物个体都是其亲代繁殖的结果。生物的繁殖可分为两大类，即有性繁殖与无性繁殖。

无性繁殖的过程只牵涉单一的个体，例如细菌用细胞分裂的方法进行无性繁殖。无性繁殖并不局限于单细胞生物。多数植物都可进行无性繁殖。常见的无性繁殖有营养生殖、出芽生殖和（无性）孢子生殖等。

有性繁殖则牵涉两个属于不同性别的个体，例如人类的繁殖就是一种有性繁殖。一般来说，高等生物都是通过有性繁殖方式来进行繁殖的，而低等生物则多是通过无性繁殖方式来进行繁殖的。

（七）衰老

生物体内的各种器官、组织和细胞随着年龄的增加而出现的不可逆的功能衰退和逐渐出现死亡的现象称为个体的衰老。个体衰老的原因尚不清楚，多数生物学家和医学家认为，细胞衰老是个体衰老的基础。

细胞衰老表现出以下明显特征。①细胞核体积增大，核膜呈现内折，染色质凝集程度增加。②线粒体体积增大，数量减少。③细胞膜结构从液晶态变为凝胶状或固体状，膜的渗透增加，胞内其他生物膜系统也发生变化。④细胞骨架系统改变。例如，微丝系统改变，不利于胞内/胞间信号传导。⑤蛋白质合成改变。衰老细胞的蛋白质合成速度下降，有些与衰老相关的特异蛋白质也会增加。如纤连蛋白的增加，促使衰老细胞纤维化。

课标链接

《普通高中生物学课程标准（2017年版）》必修课程模块1“分子与细胞”概念2的2.3.3中新增知识点“在正常情况下，细胞衰老和死亡是一种自然的生理过程”，要求学生对该知识点达到了解水平。

（八）死亡

生命的本质是机体内同化和异化过程这一对矛盾的不断运动，而死亡则是这一对矛盾的终止。人体内各组织器官的同化和异化过程的正常进行，需要呼吸、循环系统供给足够的氧气和原料。生物体的中枢神经系统耐受缺血缺氧的能力极差，当呼吸和心跳停止时，会立即引起机体死亡。

死亡分为细胞死亡与机体死亡，两者之间存在复杂的关系。机体死亡不等于细胞死亡。在机体死亡发生时，身体的大部分细胞并未同时死亡。在个体健康生活的状态下，机体中不停地有许多细胞死去，又有许多细胞产生。

多细胞生物体内的细胞死亡分为两类。

一种为细胞坏死（necrosis）。机体因多种原因，比如，微生物感染、有毒物质的侵袭或辐射等物理因素伤害，致使一部分细胞死亡，称为细胞坏死。

另一种为细胞凋亡（apoptosis）。因整体生长发育或存活的需要，一部分细胞在规定的时间内有序地死亡，称为细胞凋亡。与细胞坏死相比，细胞凋亡的过程是有秩序和受控制的。所以，细胞凋亡又被称为细胞编程性死亡（programmed cell death, PCD）。

四、生命系统的结构层次

生命系统的结构层次依次为细胞、组织、器官、系统、个体、种群、生物群落、生态系统、生物圈。

(一) 细胞

细胞是一切生命活动的基本结构和功能单位，是生命系统结构层次的最基层。在生命世界中，存在形形色色的各种类型细胞。总体来讲，可以分为两大类，即原核细胞（prokaryotic cell）和真核细胞（eukaryotic cell）。原核细胞没有细胞核，只有拟核区；真核细胞中有核膜包着的细胞核，还有多种细胞器。

课标链接

《普通高中生物学课程标准（2017年版）》必修课程模块1“分子与细胞”概念1的1.3.2中新增知识点“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”，要求学生对该知识点达到了解水平。

原核生物都是单细胞生物。细菌、蓝藻和放线菌等都属于原核生物，它们的细胞是原核细胞。放线菌虽然是分支丝状，但是菌丝内无间隔，所以仍属于单细胞。真菌（霉菌和酵母）、植物和动物等属于真核生物，它们的细胞是真核细胞。真核生物里也有单细胞生物，如酵母和原生动物。

1. 原核细胞的结构和功能

原核细胞没有核膜，遗传物质集中在一个没有明确界限的低电子密度区。脱氧核糖核酸（DNA）为裸露的环状分子，通常没有结合蛋白，环的直径约为2.5nm，周长几十纳米。没有恒定的内膜系统，无叶绿体（chloroplast）、线粒体（mitochondrion）、高尔基体（golgi apparatus）、内质网（endoplasmic reticulum, E.R.）等细胞器的分化，只有核糖体。

原核细胞的四周质膜内含有呼吸酶。光合作用、氧化磷酸化在细胞膜进行。原核生物

的基因结构多数以操纵子形式存在，即完成同类功能的多个基因聚集在一起，处于同一个启动子的调控之下，下游同时具有一个终止子。两个基因之间存在长度不等的间隔序列。在距转录起始点-35和-10附近的序列都有RNA聚合酶识别的信号。RNA聚合酶先与-35附近的序列结合，然后才与-10附近的序列结合。RNA聚合酶一旦与-10附近的序列结合，DNA双链解开，转录开始。原核细胞不进行有丝分裂（mitosis）和减数分裂（meiosis），DNA复制后，细胞随即分裂为二。

2. 真核细胞的结构和功能

真核生物包括动物、植物及微小的原生生物（单细胞海藻、真菌、苔藓等）。真核细胞可以分为三大基本结构和功能体系：第一是以脂质和蛋白质成分为基础的生物膜系统，主要功能是使细胞功能区域化；第二是以核酸（DNA和RNA）和蛋白质为主要成分的细胞核系统，主要功能是控制遗传信息的表达；第三是由各种特异的蛋白质分子构成的细胞骨架系统，主要功能是支撑细胞的有形结构，为细胞的物质运输提供通道。

（1）细胞的生物膜系统。

细胞内的膜系统和细胞质膜系统称为生物膜。细胞质膜构成细胞的边界，使其具有一个稳定的内环境，其主要功能是为物质交换、能量转换和信号转导等活动提供场所。细胞内部由双层核膜将细胞分成两大结构和功能区域，即细胞质和细胞核。真核细胞内部存在由膜围绕而成的各种细胞器。主要的细胞器及其功能简述如下。

课标链接

《普通高中生物学课程标准（2017年版）》必修课程模块1“分子与细胞”概念2的2.1.1中新增知识点“质膜具有选择透过性”，要求学生对该知识点达到理解水平。

①内质网是由膜围成的一个连续的管道系统。粗面内质网（rough endoplasmic reticulum, RER）表面附有核糖体，参与蛋白质的合成和加工；光面内质网（smooth endoplasmic reticulum, SER）表面没有核糖体，参与脂类合成。内质网分布在细胞质基质内，它与细胞膜及核膜相通连，对细胞内蛋白质及脂质等物质的合成和运输起着重要作用。

②高尔基体是由成摞的扁囊和小泡组成的，位于细胞核附近的网状囊泡，是细胞内的运输和加工系统，与细胞的分泌活动和溶酶体的形成有关。

③线粒体是由双层膜围成的与能量代谢有关的细胞器，主要作用是通过氧化磷酸化合成ATP。

④溶酶体是动物细胞中进行细胞内消化作用的细胞器，含有多种酸性水解酶。

⑤中心粒位于动物细胞的中心部位，由相互垂直的两组9+0三联微管组成。中心粒加中心粒周物质称为中心体（centrosome）。中心体起到微管组织中心的作用，与有丝分裂有关。

⑥叶绿体是植物细胞中由双层膜围成的细胞器，与光合作用有关。

(2) 细胞的核系统。

细胞的核系统由 DNA-蛋白质与 RNA-蛋白质复合体组成。纤维状的染色质(chromatin)和颗粒状的核糖体(ribosome)为核系统的基本结构。染色质由 DNA 和蛋白质构成。核小体是染色质和染色体(chromosome)的基本结构单位。

细胞核(nucleus)是细胞内最重要的细胞器，核表面是由双层膜构成的核被膜，核内包含由 DNA 和蛋白质构成的染色体。细胞分裂间期，遗传物质结构疏松，呈染色质状态。细胞分裂中期，染色质折叠包装成染色体。核内有 1 至数个小球形结构，称为核仁(nucleolus)。细胞核是细胞的遗传控制中心。

核糖体为椭圆形的粒状小体，无膜结构。真核细胞的核糖体由 rRNA 与数十种蛋白质构成，是蛋白质合成的场所，其功能是根据 mRNA 的指令用氨基酸合成肽链。

(3) 细胞骨架系统。

细胞骨架(cytoskeleton)系统是由一系列的结构蛋白质构成的网架系统。细胞骨架分为细胞质骨架和核骨架，且二者具有一定的联系。细胞骨架不仅在维持细胞形态，保持细胞内部结构的有序性上起主要作用，而且与细胞运动、能量转换、信息传递、物质运输、基因表达、细胞分裂及细胞分化等生命活动都有密切的联系。

细胞质骨架主要由微丝、微管与中间纤维等构成网络体系。微丝的主要成分是肌动蛋白，其主要功能是胞质运动与信号传递。微管的主要成分是微管蛋白和微管结合蛋白，其主要功能是对细胞结构起支架作用等。中间纤维成分比较复杂，其蛋白成分的合成与细胞分化关系极为密切。

核骨架包括核纤层和核基质两个部分。核纤层的成分是核纤层蛋白，核基质的成分比较复杂。根据目前的研究，核骨架与基因表达、染色体构建与排布及膜泡的运输都有关系。

(二) 组织

1. 植物组织

多细胞植物的组织是由形态结构相似、功能相同的一种或数种类型的细胞组成的。单细胞植物(如衣藻)和多细胞群体型植物(如团藻、水绵)的每一个细胞都能独立地完成生理功能。因此，这类植物体没有真正意义上的组织分化。

植物组织的出现是植物进化层次更高的象征。在植物的系统发育过程中，在多细胞群体型植物向多细胞植物的进化过程中，处于不同位置的细胞群间便出现了相异的形态特征和生理代谢活性与类型的分化。处于相同位置或同类群的细胞间更加趋于相似或具有同一性。这样的变化在进化时，被逐代保留和遗传下来，形成了有着相同的位置和相似(或相同)的形态结构和生理功能的细胞群，被称为原初类型的组织。因此，组织是植物在长期

适应环境的过程中产生的，其发展和完善也是在适应周围环境的过程中逐渐实现的。植物的进化程度越高，其体内细胞（群）间的分工越细，植物体的结构越复杂，适应性就越强。被子植物是现存植物中高度发达和适应性强的植物类群。

根据植物组织的发育程度、形态结构及其生理功能的不同，通常将其分为分生组织和成熟组织两大类型。分生组织具有产生新细胞的特性，是产生和分化成其他类型组织的基础。分生组织存在于高等植物体内的特定部位，是一类可连续性或周期性分裂产生新细胞的组织。分生组织的细胞经过分裂、生长、分化而形成其他各类组织，直接关系到植物的生长和发育。成熟组织是由分生组织产生的细胞经过生长和分化而成的。这种组织在其形态结构和生理功能上已经稳定，一般不表现分裂活性，因而被称为永久组织。

2. 动物组织

动物组织可根据其起源、形态结构和功能上的共同特性，分为上皮组织、结缔组织、肌肉组织和神经组织四大类。

（1）上皮组织。

上皮组织是衬贴或覆盖在其他组织上的一种膜状结构。通常位于动物体表面和体内各种管、腔、囊的内表面及某些器官的表面。上皮组织具有保护、分泌、排泄和吸收等功能。

（2）结缔组织。

由中胚层产生的结缔组织是动物组织中分布最广、种类最多的一类组织，包括疏松结缔组织、致密结缔组织、网状结缔组织、软骨组织、骨组织、脂肪组织等。结缔组织是由细胞和大量的细胞间质构成的。细胞间质包括基质和纤维：基质呈均质状，有液体、胶体或固体；纤维呈细丝状，包埋于基质中。结缔组织含有多种类型的细胞，分散在大量细胞间质中。结缔组织具有连接、支持、防御和运输等功能。

（3）肌肉组织。

肌肉组织由特殊分化的肌细胞构成。肌肉细胞的形状细长如纤维，又称肌纤维。肌纤维的主要功能是收缩，收缩作用是由其胞质中存在的纵向排列的肌原纤维实现的。根据肌细胞的形态结构和功能的不同，可将肌肉组织分为骨骼肌（横纹肌）、平滑肌和心肌三种。骨骼肌的收缩受意识支配，属于随意肌。心肌与平滑肌受自主性神经支配，属于不随意肌。

（4）神经组织。

神经组织由神经细胞和神经胶质组成。神经细胞是神经系统的结构和功能单位，又称神经元。神经细胞由胞体和突起构成。神经细胞胞体位于中枢神经系统的灰质或神经节内，细胞膜有接受刺激和传导神经兴奋的功能。神经细胞突起根据其形态和机能可分为树突和轴突。神经胶质是神经胶质细胞的总称，主要分布于神经元之间，无传导冲动的功能，主要是对神经细胞起支持、保护、营养和修补等作用。

(三) 器官与系统

器官是由多种组织构成,并能够行使一定功能的结构单位。各种器官组合起来共同完成生命的同一功能,即构成了系统。

植物的器官比较简单,根据拥有器官的数量可将植物从高到低分为五大类。最高等的被子植物有根、茎、叶、花、果实、种子六大器官。裸子植物有根、茎、叶、花、种子。蕨类植物有根、茎、叶。苔藓植物只有茎、叶和假根。大部分的藻类植物根本没有器官的分化,一些单细胞藻类只是一个细胞,没有组织。

动物的器官与系统较复杂,而且随着生物的进化与适应,其结构和功能变得越来越复杂。根据功能类型,高等动物体的系统大体可以分为神经、呼吸、消化、运动、循环、排泄、生殖、内分泌八种。

1. 神经系统

神经系统是由很多神经相互交织成的网状结构。神经系统的基本结构和功能单位是神经元(神经细胞),而神经元的活动和信息在神经系统中的传输则表现为一定的生物电变化及其传播。例如,外周神经中的传入神经纤维把感觉信息传入中枢,传出神经纤维把中枢发出的指令信息传给效应器,都是以神经冲动的形式传送的,而神经冲动就是一种被称为动作电位的生物电变化,是神经兴奋的标志。

单细胞动物通过细胞质对刺激做出应激性反应,它们尚不具有神经系统。腔肠动物是最早出现神经系统的多细胞动物。它们的神经系统是由神经细胞突触交织成的网状结构,不具有神经中枢,对刺激的传导是不定向的。扁形动物的神经系统有所进步,形成了成对的脑神经节和纵行神经索。环节动物的神经细胞更为集中,出现了索式神经系统,开始具有“脑”的结构。半索动物出现了被认为是背神经管雏形的背神经索。

脊椎动物的神经系统包括中枢神经系统和周围神经系统两大部分。中枢神经系统包括脊髓和脑,周围神经系统包括脑神经、脊神经、交感神经和副交感神经。神经管形成于脊椎动物胚胎发育早期,是脑和脊髓的原基。神经管背侧附有一对神经嵴细胞。随着胚胎发育,神经管前部膨大形成前脑泡、中脑泡和菱脑泡3个脑泡。以后,前脑泡将分化为大脑和间脑,中脑泡不分化,菱脑泡分化为小脑和延脑。脑以后的神经管发育为脊髓。大脑主要由纹状体组成,大脑顶部停留于只具有上皮组织的古脑皮阶段,机能仅限于嗅觉。但软骨鱼类和肺鱼类大脑顶部为具有神经元的原脑皮,是陆生脊椎动物大脑的前驱。两栖类大脑顶部主要为原脑皮。爬行类除原脑皮外出现了椎体细胞,是新脑皮的始端。哺乳类大脑的新脑皮高度发达,成为高级神经活动的中枢。圆口类和两栖类的小脑很小,迅速游泳的鱼类小脑大,底栖鱼类小脑不发达。爬行类的鳄和鸟类小脑发达,且分化为中央的蚓部和两侧的小脑卷。哺乳类新发展出小脑半球和桥部。

在高等脊椎动物中,除大脑与小脑外,脑的其他部分(包括延髓、脑桥、中脑与间脑)

统称脑干。在中枢神经系统内，相同的神经元集中在一起形成神经中枢，对某一特定的生理机能起调节作用。除嗅神经和视神经外，其他脑神经的神经核分布在脑干的各部分。机能相同的轴突集中在一起形成神经束，这是传导冲动的路径。这些神经束又分上行（感觉）和下行（运动）两类。脑干的中央部分是网状结构，其中神经元的胞体与纤维交织成网状。

神经系统是人体内起主导作用的功能调节系统。人体的结构与功能均极为复杂，体内各器官、系统的功能和各种生理过程都不是各自孤立进行的，而是在神经系统的直接或间接调节控制下，相互影响、密切配合，实现和维持正常的生命活动。同时，人体又是生活在经常变化的环境中，环境的变化必然随时影响着体内的各种功能，这也需要神经系统对体内各种功能不断进行迅速而完善的调整，使人体适应体内外环境的变化。神经系统在人体生命活动中起着主导的调节作用，人类的神经系统高度发展，特别是大脑皮质不仅进化成为调节控制人体活动的最高中枢，而且进化成为能进行思维活动的器官。

2. 呼吸系统

呼吸系统是机体与外界进行气体交换的器官的总称。低等动物的呼吸结构和呼吸方式极其简单，呼吸系统随动物的进化逐渐复杂化，出现了比较完整的呼吸器官。呼吸系统的进化也使气体交换方式发生改变，外界的氧不是直接进入细胞，而是通过呼吸器官进入血液，由血液运送至全身的组织细胞，再把它们的代谢产物二氧化碳带至肺部，排出体外。原生动物、海绵动物、腔肠动物、扁形动物、线形动物及环节动物没有专门的呼吸器官，它们中自由生活的种类是通过细胞膜和体壁细胞直接与外界进行气体交换的，而寄生种类则是进行厌氧呼吸。软体动物开始出现专门的呼吸器官——鳃。节肢动物呼吸器官多样，其呼吸器官或为体壁外突物，或为体壁内陷形成的结构。半索动物开始出现咽鳃裂。鱼类用鳃呼吸。两栖类在幼体阶段用鳃呼吸，变态后由于生活在陆地上，首次在进化中出现了囊状的肺。陆栖脊椎动物呼吸系统的演化趋势是呼吸面积逐渐扩大，呼吸道进一步分化，呼吸道与消化道逐渐分开。

人体的呼吸系统的器官包括呼吸道（鼻、咽、喉、气管、支气管）和肺。机体在进行新陈代谢的过程中，经呼吸系统不断地从外界吸入氧，由循环系统将氧运送至全身的组织细胞，同时将细胞和组织所产生的二氧化碳再通过循环系统运送到呼吸系统排出体外。因此，呼吸系统由气体通行的呼吸道和气体交换的肺所组成。呼吸道由鼻、咽、喉、气管、支气管和肺内的各级支气管分支所组成。从鼻到喉这一段称为上呼吸道。气管、支气管及肺内的各级支气管的分支这一段称为下呼吸道。其中，鼻是气体出入的门户，又是感受嗅觉的感受器官。咽不仅是气体的通道，还是食物的通道。喉兼有发音的功能。

3. 消化系统

消化系统的基本生理功能是消化食物、摄取营养物质和排出食物残渣。这些生理机能的完成有赖于整个胃肠道协调的生理活动。

原生动物和海绵动物通过食物泡完成食物消化。腔肠动物在动物进化过程中首次出现消化管腔,并开始出现细胞外消化这种消化方式。随着动物演化,在简单管状结构的基础上,动物的消化管腔出现了不同程度的分化。动物的消化系统通常包括消化道和消化腺两部分,消化道分为前肠、中肠和后肠三部分。前肠(口腔、咽、食管、胃、十二指肠起始部)和后肠(直肠、肛门)来源于外胚层,中肠和消化腺中的肝脏、胰脏由来源于内胚层的原肠腔及其衍生物分化形成。咽是原肠靠前的部分,是食物和呼吸介质的共同通道。鱼类的咽位于两鳃之间,陆栖脊椎动物在胚胎期形成5对咽囊。鸟类的胃分化为腺胃和肌胃,反刍动物的胃分化为瘤胃、网胃、瓣胃和皱胃。肠在进化过程中增加分化程度,并增加消化吸收的面积。不同的动物以不同的方式增加消化吸收的面积,比如七鳃鳗的盲沟,软骨鱼及古两栖类的螺旋瓣,硬骨鱼的幽门盲囊,哺乳类的小肠绒毛等。

人体的消化系统由消化道和消化腺两大部分组成。消化道包括口腔、咽、食管、胃、小肠(十二指肠、空肠、回肠)和大肠(盲肠、升结肠、横结肠、降结肠、乙状结肠、直肠)等。消化腺有小消化腺和大消化腺两种。小消化腺散在消化管各部的管壁内,大消化腺有三种:唾液腺(腮腺、下颌下腺、舌下腺)、肝脏和胰腺。食物的消化和吸收可供机体所需的物质和能量。食物中的营养物质除水、无机盐和维生素等小分子物质可以被直接吸收利用外,蛋白质、脂肪和糖类等大分子物质不能被机体直接吸收利用,需在消化管内被分解为结构简单的小分子物质,才能被吸收利用。食物在消化管内被分解成结构简单、可被吸收的小分子物质的过程就称为消化。这种小分子物质透过消化管黏膜上皮细胞进入血液和淋巴液的过程就是吸收。未被吸收的残渣部分则通过大肠以粪便形式排出体外。

4. 运动系统

运动系统由肌肉系统和骨骼系统构成,肌肉以肌腱附着在两块或两块以上的骨块上,在神经系统的支配下进行收缩,牵动骨块完成各种运动。骨骼的主要机能是为肌肉提供附着点,成为完成各种动作的杠杆。同时,骨骼还具有维持躯体形状、保护体内器官、制造红细胞、协助维持体内钙和磷代谢等功能。

无脊椎动物无骨骼系统,仅部分软体动物和棘皮动物具有内骨骼。脊索动物都具有内骨骼。支持脊索动物身体的原始结构是脊索,所有脊索动物在早期发育阶段都出现脊索,但现存动物中尾索动物在幼体阶段具有脊索,头索动物和圆口动物终生保留脊索,其他动物类群在演化过程中脊索被脊柱所代替。进化过程中,脊柱的演化趋势是增加坚固性和灵活性。水生脊椎动物的脊柱分化为躯椎及尾椎。动物由水生过渡到陆生后,脊椎动物的脊柱逐渐分化出颈椎、胸椎、腰椎、荐椎和尾椎五个区,使动物能更好地适应生活环境的变化。颈椎的出现使头部获得了灵活运动性,荐椎的出现使后肢对身体的支持力得到加强。胸骨最早出现于两栖类动物。从羊膜类动物开始由胸椎、肋骨及胸骨构成胸廓,胸廓不仅保护着胸腔的内脏器官,还能协助肺完成呼吸动作。头骨是脊椎动物进化阶段的重要标志

结构。脊椎动物的头骨由软颅、咽颅和膜颅组成。软颅是头骨的基本部分，脊椎动物胚胎期均经过此阶段。咽颅是支持消化道前端的骨骼，陆生脊椎动物在鳃消失后，咽颅变化巨大，转变为舌骨、听器、喉部软骨或硬骨，部分鳃弓退化。膜颅构成头骨的膜原骨部分，最先见于硬鳞鱼。头骨进化的趋势是骨块数目由多到少。低等动物的头骨保留软骨成分多，而高等动物头骨中的软骨多为硬骨所代替。

动物的肌肉类型主要包括横纹肌、螺旋纹肌、平滑肌和心肌。横纹肌又称骨骼肌，受脊神经和脑神经的支配，能随意运动，也称随意肌。螺旋纹肌存在于无脊椎动物，如扁形动物、线虫、环节动物及软体动物。节肢动物开始出现了横纹肌。平滑肌是构成内脏各器官腔壁的肌肉，受交感和副交感神经支配，不受意志控制，不能随意活动，又称不随意肌，收缩缓慢但持久。心肌构成心脏壁，受植物性神经的支配，具有显著的自动节律性。在水栖动物中肌肉分化较少，保持着原始分节现象。动物从水生进化到陆生后，由于运动更加复杂化，分化形成各种形状和功能不同的肌肉块。鱼类躯干肌仍保持肌节的原始形态，虽出现了轴上肌和轴下肌分化，但肌肉未分层。有尾两栖类轴下肌分为外斜肌、内斜肌和腹横肌三层，同时出现了皮肤肌。爬行动物发展出陆生脊椎动物特有的肋间肌，并且与脊柱分化相适应，轴上肌进一步分化。鸟类因综荐骨的出现，轴上肌不发达，但与飞翔有关的胸肌极其发达。哺乳动物与四肢有关的躯干肌更加复杂和强大，膈肌是哺乳动物特有的肌肉。

人体的运动系统由骨、骨连接和骨骼肌三种器官组成，具有支持、运动和保护的功能。骨以不同形式连接在一起，构成骨骼，形成了人体的基本形态，并为肌肉提供附着点，在神经支配下，肌肉收缩，牵拉其所附着的骨，以可动的骨连接为枢纽，产生杠杆运动。运动系统还具有保护功能。由骨、骨连接和骨骼肌形成了多个体腔，即颅腔、胸腔、腹腔和盆腔，保护脏器。

5. 循环系统

循环系统为动物体的运载系统，包括血液、血管、心脏和淋巴系统。呼吸器官获得的氧气、消化系统摄取的营养物质、内分泌腺分泌的激素都需通过循环系统运送到身体各部分。同时，体内产生的二氧化碳、乳酸和尿素等代谢产物也由循环系统运送到相关器官排出体外，维持动物机体内环境的稳定。循环系统通过体表毛细血管的收缩或舒张也可进行体温调节。

纽形动物开始出现初级的闭管式血液循环系统，环节动物血管开始出现分支，多数环节动物为闭管式循环系统，但蛭类由于血窦的存在，为开管式循环。软体动物适应缓慢的运动生活方式，多为开管式循环，但头足纲动物为闭管式循环，而节肢动物的循环系统为开管式循环。开管式循环的无脊椎动物，由于血窦的存在，循环系统中流动的多为血体腔液。动物循环方式的进化与呼吸系统密切相关，以鳃呼吸的圆口类和鱼类为单循环；最早出现双循环雏形的动物为古总鳍鱼类。脊椎动物绝大多数为封闭式循环，血液循环方式由单循环向双循环进化。以肺呼吸的两栖类和爬行类为不完全双循环，高等脊椎动物鸟类和

哺乳类为完全双循环。

心脏收缩产生的压力是血液循环的动力。进化过程中，动物的运动能力逐渐增强，新陈代谢逐渐旺盛，血液循环速度加快，心脏在结构上也随之进化。无脊椎动物的心脏结构较为简单。脊索动物中最低等的尾索动物心脏仅分为前后收缩部。头索动物无心脏的分化，圆口动物的心脏开始出现心房、心室和静脉等分化，其心脏构成包括静脉窦、一个心房和一个心室。鱼类心脏构成与圆口类相似，但在软骨鱼类出现了动脉圆锥。两栖类心房分隔为左右两个，心室为一个，并具有动脉圆锥和静脉窦。爬行类心室开始出现不完全分隔，动脉圆锥退化消失，静脉窦逐渐并入右心房。鸟类和哺乳类心脏附属结构完全消失，心脏由左右心房和左右心室构成，多氧血和缺氧血完全分开。

人体的血液循环系统由血管（动脉、静脉和毛细血管）、心脏（左心房、左心室、右心房和右心室）和血液（血细胞和血浆）组成。血液循环是由体循环和肺循环两条途径构成的双循环。血液由左心室射出经主动脉及其各级分支流到全身的毛细血管，在此与组织液进行物质交换，供给组织细胞氧和营养物质，运走二氧化碳和代谢产物，动脉血变为静脉血，再经各级静脉汇合成上、下腔静脉流回右心房。血液由右心室射出经肺动脉流到肺毛细血管，在此与肺泡气进行气体交换，吸收氧并排出二氧化碳，静脉血变为动脉血，然后经肺静脉流回左心房。

循环系统除了血液循环系统，还有淋巴循环系统和组织液循环系统。淋巴循环系统是循环系统的重要辅助部分，可以把它看作血管系统的补充。鱼类、两栖类和爬行类淋巴不发达，鸟类开始出现淋巴结，并出现淋巴管内瓣膜。哺乳类的淋巴循环系统由遍布全身的淋巴管网和淋巴器官（淋巴结、脾等）组成。淋巴循环系统具有很重要的生理意义，比如回收蛋白质、运输脂肪和其他营养物质、调节血浆和组织液的液体平衡等。淋巴液的流动还可以清除因受伤出血而进入组织的红细胞和侵入机体的细菌，对机体起着防御作用。

6. 排泄系统

排泄过程是指机体代谢过程中所产生的各种不为机体所利用或者有害的物质向体外输送的生理过程。排泄的途径有以下几种：①以尿的形式由肾脏排出；②由呼吸器官排出二氧化碳和水；③以汗的形式由皮肤的汗腺排泄掉水分、氯化钠和尿素等。

不同动物类群以不同方式排出代谢产物，排泄器官的发育也是逐渐完善的。原生动、海绵动物和腔肠动物以体表进行排泄。扁形动物、线形动物以原肾管型排泄系统进行排泄。环节动物以后肾管进行排泄。软体动物以肾脏和围心腔腺进行排泄。节肢动物以马氏管、触角腺等进行排泄。半索动物以脉球进行排泄。尾索动物以小肾囊进行排泄。头索动物以小肾管进行排泄。圆口类开始出现肾脏，盲鳗具有前肾，七鳃鳗具有中肾。鱼类胚胎期以前肾进行排泄，成体以中肾进行排泄，但鲨鱼以副肾管输尿。两栖类在胚胎期用前肾进行排泄，成体使用中肾进行排泄，中肾导管还兼有输精和输尿作用。羊膜动物胚胎期以尿囊

进行排泄，成体发育出后肾后，开始用后肾的导管进行输尿，其中哺乳动物的皮肤可以辅助排泄。

人体泌尿系统的组成器官有肾、输尿管、膀胱及尿道。泌尿系统排出的物质一部分是营养物质的代谢产物；另一部分是衰老的细胞破坏时所形成的产物。此外，排泄物中还包括一些随食物摄入的多余物质，如多余的水分和无机盐等。

7. 生殖系统

生殖系统是生物体内与生殖密切相关的器官结构的总称。生殖系统的功能是产生生殖细胞，繁殖新个体，分泌性激素及维持副性征。

生殖系统的发育随着动物的进化，越来越复杂。扁形动物以下的各类动物没有固定的生殖腺，从扁形动物开始形成了固定的生殖腺及生殖导管和附属腺体，具有交配器，多为雌雄同体。线形动物多是雌雄异体，一般生殖腺与生殖导管互相连接。环节动物以后的各类动物生殖腺都是由体腔上皮形成的，并一般由体腔管通体外。水生无脊椎动物为体外受精或体内受精，而陆生无脊椎动物都是体外受精。部分线形动物和节肢动物可以进行孤雌生殖。脊椎动物雄性生殖腺包括一对精巢，雌性包括一对卵巢，少数脊椎动物成体只有一个精巢或卵巢。胚胎期的生殖腺由一对生殖嵴形成；后期，其前后端逐渐退化，只保留中段膨大的部分，并形成生殖腺。生殖腺以后突进体腔，以生殖系膜和体壁相连。各类脊椎动物的生殖腺只有位置上的变化。哺乳类的生殖腺在发生过程中向后移位，精巢后移即睾丸下降。

脊索动物精子排出体外具有三种途径。

- ①无生殖管道，成熟精子先排到围鳃腔或体腔，再由腹孔或生殖孔排出体外。
- ②由生殖腺壁延续成生殖管。
- ③借用中肾管排出，是最为普遍的方式。

头索和圆口类无雌性生殖管，成熟卵子穿过生殖腺壁进入围鳃腔或生殖孔，其他脊椎动物的生殖管由缪勒氏管或卵巢壁延续（仅硬骨鱼）形成。由缪勒氏管发生形成的输卵管在开口部位和分化程度上有所区别。软骨鱼、肺鱼和两栖类仅具有简单的输卵管，并以喇叭口开口于体腔。爬行类的输卵管分化为功能不同的各个部位。鸟类输卵管的这种分化更为发达。哺乳类雌体的缪勒氏管分化为输卵管、子宫和阴道三部分。按照缪勒氏管后端愈合程度的不同，哺乳类子宫分为双子宫、双分子宫、双角子宫和单子宫四种类型。进化趋势是由双子宫逐渐合并为单子宫。真正的交接器（阴茎）出现于爬行类，并存在于少数鸟类和绝大多数哺乳类。

人类及大部分哺乳动物生殖系统的器官主要有如下几种。

- ①男性（雄性）：阴茎、睾丸、附睾、阴囊、前列腺、精液、尿道球腺等。
 - ②女性（雌性）：阴蒂、阴道、阴唇、子宫、输卵管、卵巢、前庭小腺、前庭大腺等。
- 植物的生殖系统与动物的截然不同。孢子植物孢子体的雌性生殖器官为颈卵器，雄性

生殖器官为精子器。种子植物的花、果实或种子属于生殖系统器官。种子植物的雄性生殖器官为雄蕊，雌性生殖器官为雌蕊。

8. 内分泌系统

内分泌系统是机体的重要调节系统，它与神经系统相配合，共同调节机体的生长发育和各种代谢过程，维持内环境的稳定，并影响个体行为和参与控制生殖功能。

内分泌系统主要由内分泌腺和细胞组成，对机体的各种生理机能具有重要调节作用。内分泌腺分别由三个胚层衍化而来。外胚层起源的内分泌腺除神经分泌腺外，还有腺垂体；中胚层起源的有肾上腺皮质、性腺、斯氏小体、胎盘、哺乳类的精囊腺；内胚层起源的有原肠的咽囊衍生物（甲状旁腺、胸腺、后鳃体）、咽囊底部的甲状腺、原肠衍生物（胰岛）及胃肠道。

内分泌腺在形态上和组织学上的差异显著，并表现出明显的进化趋势。脊椎动物脑下垂体随进化方向趋于复杂和结构上的紧密连接。圆口类动物垂体简单，但各部分结合松散。鱼类垂体结合紧密，但神经垂体无明显的神经部，并与腺垂体中间部分混合，垂体门脉系统不明显。肺鱼的神经垂体开始出现神经部的分化。四足类动物脑下垂体结构基本相似，但根据其进化程度不同，垂体中间叶的发达程度不同。鸟类、哺乳类中的象和鲸缺少中间叶，食虫目、贫齿目和食肉目动物的中间叶尚未成形。

从圆口类开始具有肾上腺。无羊膜类尚未形成独立的肾上腺，肾间组织与嗜铬组织分离。绝大多数真骨鱼肾间组织和嗜铬组织彼此混合。这两种组织在两栖类中较为靠近，但是仍然分散混合在一起。羊膜类的这两种组织形成一对独立的腺体。爬行类的嗜铬组织似囊状包裹着肾间组织。鸟类的此两种组织混杂一起，无明显分界。哺乳类的肾上腺分为明显的皮质和髓质。

人体的内分泌系统由内分泌腺和分布于其他器官的内分泌细胞组成。内分泌腺是人体内一些无输出导管的腺体，比如甲状腺、甲状旁腺、肾上腺、垂体、松果体、胰岛、胸腺和性腺等。内分泌细胞的分泌物称为激素，大多数内分泌细胞分泌的激素通过血液循环作用于远处的特定细胞，少部分内分泌细胞的分泌物可直接作用于邻近的细胞。

内分泌细胞分泌的激素，按其化学性质分为含氮激素（氨基酸衍生物、胺类、肽类和蛋白质类激素）和类固醇激素两大类。每种激素作用于一定器官或器官内的某类细胞。这种细胞称为激素的靶器官或靶细胞。靶细胞具有与相应激素相结合的受体，受体与相应激素结合后产生效应。

（四）个体

由若干个器官和系统协同完成复杂的生命活动的单个生物，比如一株植物、一个动物等都是单一的生物个体。

生物在个体水平上具有一系列特征，比如，能够通过新陈代谢实现自我更新。在新陈代谢的基础上，表现出生长、发育、衰老、死亡等。

（五）种群

种群指占据一定空间的同种生物的所有个体。种群中的个体具有一定的数量结构特征、空间分布特征和遗传特征。在种群内的所有个体共用一个基因库，彼此可以交配，并通过繁殖将各自的基因传给后代。所以，生态学界普遍认为种群是进化的基本单位。

（六）生物群落

生物群落指占据一定空间的全体生物种群的总和。生物群落有着比种群更复杂的结构和种间关系等基本特征。生物群落的基本特征包括以下几点。

- ①群落中的物种多样性。
- ②群落的外貌，包括森林、灌丛、草地、沼泽等。
- ③群落的结构，比如垂直结构、水平结构、种类的区系结构和生态类型结构等。
- ④群落的优势种，指群落中数量多，生物量大而对群落的特性起决定作用的物种。

生物群落中的各种生物之间存在三种主要的关系。

①营养关系：一个种以另一个种为食，就产生了这种关系。营养关系又分直接的营养关系和间接的营养关系。比如，采集花蜜的蜜蜂和吃动物粪便的粪虫，这些动物与作为它们食物的生物种的关系是直接的营养关系；当两个种为了同样的食物而发生竞争时，它们之间就产生了间接的营养关系。

②成境关系：一个种的生命活动使另一个种的居住条件发生改变。植物在这方面起了比较大的作用。林下的灌木、草类及所有动物栖居者都处于较均一的温度、较高的空气湿度和较微弱的光照等条件下。植物还以各种不同性质的分泌物（气体的和液体的）影响周围的其他生物。

③助布关系：指一个种参与另一个种的分布，比如动物可以通过携带植物的种子、孢子、花粉，帮助植物散布。营养关系和成境关系在生物群落中具有巨大的意义，是生物群落存在的基础。正是这两种相互关系把不同种的生物聚集在一起，把它们结合成不同规模的相对稳定的群落。

（七）生态系统

生态系统是指占据一定空间的全体生物群落与非生物环境的总和。在生态系统中，生物群落中的绿色植物是生产者，各种动物（包括人类）是消费者，微生物是分解者。自然生态系统具有不同的外貌类型，它们都是在漫长的演化过程中形成的具有一定结构和功能的动态平衡整体。生态系统也是生物圈能量流动和物质循环的功能单位。

生态系统的基本特征包括以下几点。

①组成特征：不同的生物群落组成或其生存环境条件的差异都将形成不同的生态系统类型。生物群落是生态系统的核心，植物群落是生态系统的物质生产基础。

②区域特征：受区域气候和地形的制约，生态系统具有一定的区域特点和空间结构。

③开放特征：生态系统都是程度不同的开放系统，不断地从外界输入能量和物质，经过转换后输出，从而维持系统的有序状态。

④时间特征：生态系统都有随着时间的推移，从形成到稳定，再到衰落的演变过程。

⑤平衡特征：处于稳定阶段的生态系统，系统内各生物种内、种间及生物与环境之间在结构和功能方面具有复杂的动态平衡特征。

课标链接

《普通高中生物学课程标准（2017年版）》选择性必修课程模块2“生物与环境”概念2的2.2.1和2.2.4中要求学生“阐明生态系统由生产者、消费者和分解者等生物因素以及阳光、空气、水等非生物因素组成，各组分紧密联系使生态系统成为具有一定结构和功能的统一体”“举例说明利用物质循环和能量流动规律，人们能够更加科学、有效地利用生态系统中的资源”。对上述知识点的要求由了解水平提高为理解水平。

生态系统中包括食物链和食物网。食物链是生态系统中生物成员之间以食物营养关系彼此联系起来的序列。通过食物链把生产者与消费者、消费者与分解者之间连成了一个整体。食物链中每一个生物成员处在不同的营养级中。生态系统中一种生物常常以多种生物为食，一种生物又常常被多种生物取食，致使生态系统内食物链交错起来，形成了食物网。食物网不仅维持着生态系统的相对平衡，还推动着生物的协同进化，成为生态系统发展演变的影响因素之一。

（八）生物圈

生物圈是指地球表层适于全部生物生存的圈层，包括岩石圈上层、水圈的大部和大气圈下层。岩石圈包括土壤，是陆生生物生存的基底。生物圈的底部在太平洋最深处，大约为海平面以下11km，顶部在距地面大约23km的大气层。生物圈是地球上最大的生态系统。

五、生物学及其基础学科

(一) 生物学及其发展简史

生物学 (biology) 是自然科学的一个门类, 是研究生命系统各个层次的种类、结构、功能、行为、发育、遗传、进化及与周围环境的关系等问题的科学。生物学的基础学科包括植物学、动物学、微生物学、生理学、生物化学、遗传学、细胞生物学、发育生物学、神经生物学、生态学等。

生物学源自博物学, 经历了实验生物学、分子生物学和系统生物学等发展阶段。

生物学的研究手段经历了观察描述法、比较法、实验法、系统的方法的发展过程。这些方法依次兴起, 成为一定时期的主要研究手段, 促进了当时人们对生命世界的认识和理解。

在自然科学尚未建立的古代, 人们对生物的五光十色、绚丽多彩迷惑不解, 他们往往把生命和无生命看成截然不同、没有任何联系的两个领域, 认为生命不服从于无生命物质的运动规律。

20 世纪 40 年代以来, 生物学吸收了数学、物理学和化学等的成就, 逐渐发展成一门精确的、定量的、深入到分子层次的科学。人们已经认识到生命是物质的一种运动形态。生命的基本单位是细胞, 它是由蛋白质、核酸、脂质等生物大分子组成的物质系统。下面介绍以研究方法驱动的生物发展的历史。

1. 观察描述法

在 17 世纪, 近代自然科学发展的早期, 生物学家们用描述的方法来记录各种生物的特点, 再用归纳法, 将这些不同类型的生物归并成不同的类群。18 世纪, 由于新大陆的开拓和许多探险家的活动, 生物学记录的物种快速增长, 于是生物分类学首先发展起来。生物分类学学者搜集物种进行鉴别和整理。观察描述法获得巨大发展, 成为当时生物学主要的研究方法。要明确地鉴别不同物种就必须用统一的、规范的术语为物种命名。瑞典生物学家林奈 (C.Linnaeus), 在生物分类术语制定工作方面做出了巨大的贡献。他于 1753 年

出版了《植物种志》一书，确立了双名制。根据双名制，每种植物的学名必须由两个拉丁词或拉丁化形式的词构成。第一个词为属名，第二个词为种加词。属名一般用名词单数第一格，种加词一般用形容词，并要求与属名的性、数、格一致。这个命名方法一直沿用至今。

2. 比较法

18世纪下半叶，生物学家们不仅积累了大量生物的分类学材料，而且积累了许多形态学、解剖学、生理学的材料。在这种情况下，仅仅应用观察描述法已经不能满足研究的需要。人们开始全面地考察物种的各种性状，分析不同物种之间的差异点和共同点，将它们归并成自然的类群。比较法便被应用于生物学的研究。

运用比较法研究生物，是力求从物种之间的类似性找到生物的结构模式，甚至某种共同的结构单元。歌德（J. W. Goethe）和居维叶（G. Cuvier）是当时运用比较法研究生物学问题的两位著名学者，前者主要研究植物学，而后者在动物学研究方面做出了很大的贡献。他们的研究为比较解剖学和古生物学奠定了基础。

人们在利用比较法研究生物时发现，动物和植物在结构上具有统一性。这些发现引导人们开始思考各个不同类型生物的起源问题。19世纪中叶，达尔文（C. R. Darwin）的进化论战胜了特创论和物种不变论。进化论的胜利又给比较法以巨大的影响。早期的比较研究仅仅是静态的共时的比较。在进化论确立后，比较成为动态的历史的比较。现存的任何一个物种和生物的任何一种形态，都是长期进化的产物，因而用比较法，从历史发展的角度去考察，是十分必要的。

1665年，英国学者胡克（R. Hooke）用他自制的复式单孔反光显微镜观察一块软木薄片的结构，发现它们看上去像一间间长方形的小房间，他将其命名为细胞。从此，生物学的观察和描述进入了显微研究时代。1838—1839年，施莱登（M. J. Schleiden）和施旺（T. Schwann）的细胞学说提出：细胞是一切动植物结构的基本单位。比较形态学者和比较解剖学者多年来苦心探求生物的基本结构单元，最终有了结果。这也是比较法研究的一个重要成果。

3. 实验法

实验法是人为地干预、控制所研究的对象，并通过这种干预和控制所造成的效应来研究对象的某种属性，这种方法是自然科学研究中最重要方法之一。17世纪前后，生物学中出现了最早的一批生物学实验，比如哈维（W. Harvey）关于血液循环的实验等。但是，由于那个时期的物理学和化学还没有为生物学实验做好准备，所以，生物学实验的发展受到了限制。

19世纪，物理学、化学的科学实验成果为生物学实验奠定了坚实的基础。首先是生理学，然后是细菌学和生物化学相继成为明确的实验性的学科。19世纪80年代，实验法进一步被应用到了胚胎学、细胞学和遗传学等学科。目前，几乎所有的生物学领域都应用了

实验的研究方法。

4. 系统的方法

系统生物学是以系统论为基础,以实验和计算方法整合研究为特征的生物学。从 20 世纪 60 年代系统生物学概念和词汇的提出,60~80 年代系统生态学、系统生理学的进展,90 年代系统生物医学、系统生物工程与系统遗传学的概念发表,到 20 世纪末期的细胞信号传导与基因调控的研究与系统论方法的结合,系统生物学逐渐进入了分子细胞层次的系统生物学(实验与理论结合)研究与发展时期。随着基因组计划、生物信息学发展,高通量生物技术和生物计算机软件设计的应用,系统生物学在 21 世纪进入到全球化迅速发展的新时期。

系统生物学的研究目标是要得到一个理想的模型,使其理论预测能够反映出生物系统的真实性。系统生物学的研究可以分成以下四个阶段。

第一阶段(建模):对选定的某一生物系统的所有组分进行了解和确定,描绘出该系统的结构,比如,基因相互作用网络和代谢途径,以及细胞内和细胞间的作用机理等,以此构造出一个初步的系统模型。

第二阶段(实验干涉):系统地改变被研究对象的内部组成成分(如利用基因突变)或外部生长条件,然后观测在这些情况下系统组分或结构所发生的相应变化,比如,基因表达、蛋白质表达及其相互作用、代谢途径等的改变;将得到的有关信息进行整合和分析。

第三阶段(修正模型):把通过实验得到的数据与根据模型预测的情况进行比较,并对初始模型进行修订。

第四阶段(再实验干涉):根据修正后模型的预测或假设,设定和实施改变系统状态后的新实验,重复第二阶段和第三阶段的工作,不断地通过实验数据对模型进行修订和补充。通过反复的实验和修订,将会得到一种非常接近真实状况的模型系统。此模型系统的应用将大大推动生命科学领域的重要问题的解决。

(二) 植物学及其发展简史

植物学(botany)是一门研究植物的形态解剖、生长发育、系统进化、生态、分类及与人类关系的综合性科学。

人类对植物的认识最早可以追溯到旧石器时代,人类在寻找食物的过程中开始采集和认识了植物的种子、根和果实。植物学的创始人是提奥夫拉斯图(Theophrastus),在他的著作《植物历史》中将植物进行了分类。1 世纪,迪奥斯科里德斯(P. Dioscorides)撰写了《药物论》,这本书为以后药用植物的应用奠定了基础。在此书中,他将植物分为芳香、烹饪及药用三个大的类别。1593 年,中国明朝的李时珍完成了《本草纲目》的编写。1753 年,瑞典植物学家林奈出版了《植物种志》,并确立了双名制。17 世纪,由于显微镜的问世,人们开始了植物解剖学的研究。随后,植物生理学和植物胚胎学也得到进一步的发展。

19 世纪中期, 植物学各分支学科已基本形成。20 世纪, 植物学得到了快速的发展。科学家们在植物光合作用机理的阐明、植物激素和微量元素的发现及植物遗传育种技术的建立等方面取得了许多成果, 也推动了园艺学、农业和环境科学的发展。21 世纪, 大量自然科学的基础理论成果和新型科学技术的建立, 将使植物学得到更加快速的发展。

(三) 动物学及其发展简史

动物学 (zoology) 是研究动物的种类、形态结构、生活习性、繁殖发育与遗传进化等生命活动的特征和规律的科学。

动物学发展的历史悠久, 而且与人类生产活动密切相关。亚里士多德 (Aristotle) 曾系统描述了几百种动物。老普林尼 (G.Plinius) 编写的《博物志》中, 写入了大量动物学的内容。在我国, 4700 年以前的殷商甲骨文中, 出现了兽、鸟、鱼、虫等字。春秋时代的《诗经》中, 被描述的动物种类达 100 余种。《尚书·禹贡篇》记载了当时 9 个大区域的经济动物种类。2000 多年前的《周礼》把动物分为毛、羽、介、鳞、羸 5 类, 这种分类与现代动物分类中的兽类、鸟类、甲壳类、鱼类和软体动物基本一致。北魏时期, 贾思勰的《齐民要术》总结了许多渔、桑、农、牧的经验。唐代, 陈藏器的《本草拾遗》以侧线鳞数作为鱼类分类的重要性状, 至今沿用。晋代, 中国已率先编纂了动物图谱。明代, 李时珍在《本草纲目》中描述了 400 多种动物。

16 世纪后, 对动物学的研究逐渐增多, 学术著作纷纷问世, 其中分类学和解剖学进展尤为迅速。17 世纪, 显微镜的问世, 更推动了微观领域中组织学、胚胎学及原生动物的研究。18 世纪, 瑞典生物学家林奈创立了动物分类系统及双名法, 奠定了现代分类学的基础。18 世纪末至 19 世纪初, 拉马克 (J.B. Lamarck) 提出了物种进化的思想, 认为动物在生活环境的影响下, 可以变化、发展和完善。1859 年, 英国科学家达尔文 (C.R. Darwin) 确立了生物进化的学说, 用“生存竞争”“自然选择”的原始和生动的实例, 剖析自然界动物的多样性、同一性、变异性等, 推动了动物学研究理论的发展。19 世纪中叶, 德国生物学家施旺 (T. Schwann) 阐明了细胞是动物体的基本结构单位。20 世纪以来, 由于学科的相互渗透和研究手段的不断改进, 动物学的研究进入快速发展阶段。现代动物学已由过去的观察描述, 上升到了研究生命活动规律和机制的阶段。另外, 生物技术的新成果也被广泛地应用到与动物相关的生产活动中。

(四) 微生物学及其发展简史

微生物学 (microbiology) 是在分子、细胞或群体水平上研究各类微小生物的形态结构、生长繁殖、生理代谢、遗传变异、生态分布等生命活动的基本规律, 及其在生产实践中的应用的科学。微生物包括细菌、放线菌、真菌、病毒等。

中国利用微生物进行酿酒的历史, 可以追溯到 4000 多年前的龙山文化时期。殷商时