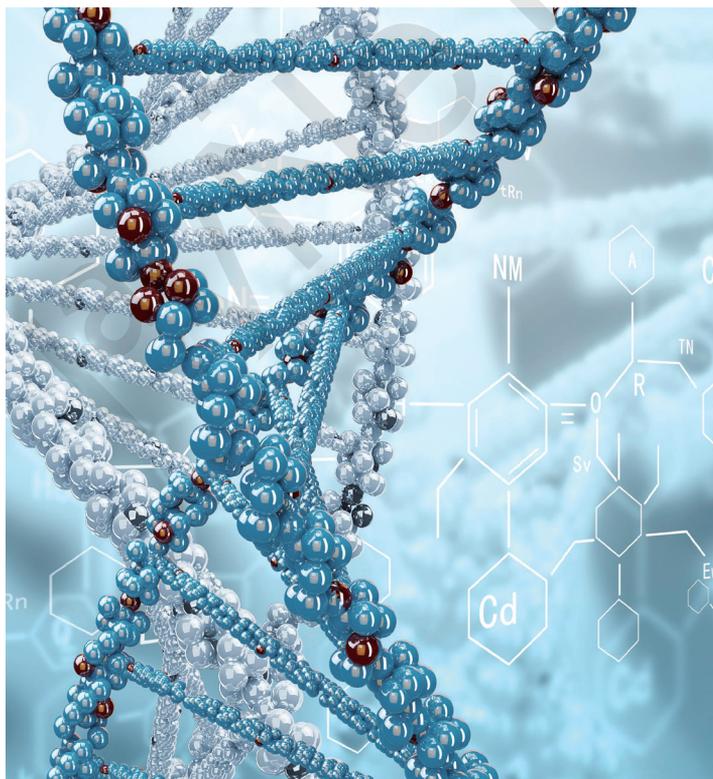


普通高中教科书

生物学

必修 2

遗传与进化



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 王月玲

编著者 (以姓氏笔画为序)

王华峰 王 琰 尹青春 仪慧兰

任力明 任铎锋 武少颖 袁子茜

审 读 王仁卿 李文军

致同学们

“最早的鱼儿怎么没下巴？最早的鸟儿怎么嘴长牙？最早登陆的鱼儿怎么没有腿？最早的树儿怎么不开花？”科学诗《化石吟》发出的疑问，引导我们思索和探究各种生物亿万年的神奇进化过程：生物个体不断繁殖后代，使其特征得以代代相传且随时间逐渐变异，构成了系统发育层面的进化史。

自古以来，科学家在惊叹生命的雄丽壮阔与缤纷多彩的同时，探索从未停步，他们逐步否定了造物主的存在，揭示生物进化的过程，认识到从宏观的自然史角度来看，生物进化在本质上也是生物与生物、生物与环境之间协同作用的结果。如今生物科技的发达让人们得以从分子水平进一步探究遗传物质的秘密。高中生物学必修2《遗传与进化》为同学们提供了一次与遗传学发展史上科学伟人跨时空对话的机会——重温先贤的研究历程，感受伟大科学家的研究方法科学思维，也是一种曼妙的享受。

本模块包括遗传的细胞基础、遗传的分子基础、遗传的基本规律、生物的变异和生物的进化等内容，不仅从微观层面阐述了生命的延续性，而且从宏观层面阐述了生命的发展过程、原因和结果。通过必修1《分子与细胞》的学习，同学们已从细胞、亚细胞乃至分子水平上认识了生命的本质。《遗传与进化》的学习则会让同学们了解生命的延续和发展，认识生物界及生物多样性，形成生物进化的观点，树立正确的自然观，并能从中领悟生命科学在促进经济与社会发展、增进人类健康等方面的价值。同时，本模块内容还会成为同学们进一步学习和理解生态学知识的基础。

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 有性生殖中基因的分离和自由组合



无论参天大树还是小草小苗，无论飞禽走兽还是游鱼爬虫，在广袤的自然界里，形形色色的生物都有一个共同特性：繁殖与自身相似的后代。这就是遗传。早在公元前3世纪的《吕氏春秋》中已经记载“夫种麦而得麦，种稷而得稷，人不性也”，可见人们很早就观察到遗传现象。并且从远古时期起，人们就开始驯化野生动植物，挑选对人类有益的个体繁育后代，形成优良品种。这期间，也有许多科学家解释遗传现象，但均未形成系统。直到19世纪中叶，奥地利生物学家孟德尔（G. Mendel）通过多年的豌豆杂交实验，用数学方法分析生物性状，揭示了遗传学的两大定律，开创了经典遗传学时代。孟德尔是如何通过豌豆杂交实验揭示遗传学的两大定律的？孟德尔的杂交实验方式能带给我们什么启示？两大定律如何帮助我们认识生物界中遗传现象的规律？



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，一目了然地呈现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

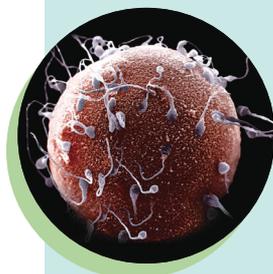
学业要求 聚焦生物学大概念，关注生物学学科核心素养，以表格的形式，简洁明了地将本章有关的课程标准内容要求和活动要求按一定逻辑呈现出来，有助于同学们将学习内容结构化联结，以提升本章内容学习水平。

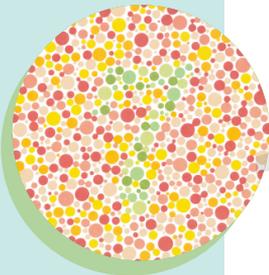


视野拓展

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。

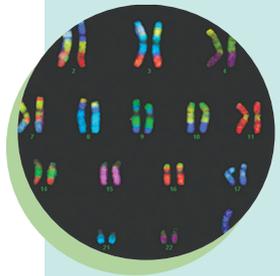
第一章 遗传信息主要编码在 DNA 分子上 ...	2
课题研究——从常见动植物中提取 DNA ...	3
第一节 DNA 是主要的遗传物质 ...	4
一、遗传物质在染色体上 ...	4
二、DNA 是遗传物质 ...	5
三、少数病毒的遗传物质是 RNA ...	7
第二节 DNA 分子的结构 ...	10
一、DNA 分子由四种脱氧核苷酸构成 ...	10
二、DNA 分子具双螺旋结构 ...	11
第三节 DNA 分子的复制 ...	17
一、DNA 分子的复制是半保留式的 ...	17
二、DNA 分子复制的过程 ...	18
第四节 遗传信息的表达 ...	21
一、基因是核酸分子的功能片段 ...	21
二、遗传信息指导蛋白质的合成 ...	22
第五节 基因与性状的关系 ...	28
一、基因控制性状 ...	28
二、基因选择性表达 ...	29
三、表观遗传现象 ...	31
第二章 有性生殖中的染色体变化 ...	36
课题研究——探索生殖细胞形成中染色体数量的变化 ...	37
第一节 减数分裂产生染色体数量减半的生殖细胞 ...	38
一、精细胞的形成过程 ...	38
二、卵细胞的形成过程 ...	42





第二节 有性生殖中遗传信息通过配子传递给子代 …	45
一、受精作用形成合子 …	…45
二、受精过程中染色体的变化 …	46
第三章 有性生殖中基因的分离和自由组合 …	52
课题研究——探索果蝇的性状在亲子代之间的传递关系 …	…53
第一节 孟德尔遗传实验的科学方法 …	54
一、选择恰当的实验材料 …	…54
二、运用由简到繁的方法 …	55
三、采用统计学方法 …	55
四、运用假说—演绎法 …	56
第二节 有性生殖中发生基因的分离 …	…60
一、杂交实验，发现问题 …	…60
二、分析现象，提出假说 …	61
三、演绎推理，设计实验 …	63
四、实施实验，得出规律 …	64
第三节 基因的分离定律在实践中的应用 …	…67
一、基因的分离定律在医学实践中的应用 …	…67
二、基因的分离定律在育种中的应用 …	69
第四节 有性生殖中发生基因的自由组合 …	…71
一、探究性状间自由组合机制 …	…71
二、基因的自由组合定律的实质 …	73
第五节 基因的自由组合定律在实践中的应用 …	…77
一、基因的自由组合定律在育种中的应用 …	…77
二、基因的自由组合定律在医学实践中的应用 …	78
第六节 性染色体上的基因传递与性别相关联 …	…82
一、性别决定 …	82
二、伴性遗传 …	83
第四章 生物的可遗传变异 …	…88
课题研究——探究紫外线对植物叶片的影响 …	…89
第一节 基因突变与基因重组 …	90
一、基因突变引起可遗传的变异 …	…90
二、基因重组可使子代出现变异 …	94

第二节 染色体变异 ...	96
一、染色体结构变异可能改变生物性状 ...	96
二、染色体数量变异对生物性状的影响 ...	98
第三节 人类遗传病 ...	103
一、遗传病概述 ...	103
二、遗传病的检测和预防 ...	105
第五章 生物的多样性和适应性是进化的结果 ...	110
课题研究——调查某区域植物的多样性 ...	111
第一节 现存物种来自共同的祖先 ...	112
一、解剖学、胚胎学及化石证据 ...	112
二、细胞生物学和分子生物学证据 ...	115
第二节 自然选择使生物适应特定的环境 ...	118
一、种群内的可遗传变异 ...	118
二、种群基因频率的变化 ...	119
三、自然选择形成适应 ...	121
四、隔离是物种形成的必要条件 ...	123
第三节 生命进化史是自然选择的结果 ...	127
一、生命进化史及其成因 ...	127
二、生物进化理论的发展 ...	131





课题研究

从常见动植物中提取 DNA

英国科学家哈勒（H. Harre）曾说：“天才的实验家只用最简单的方法，便能揭示出问题的要害，进而改变人们传统的看法。”遗传学史上有许多这样的经典。同学们也可以尝试用简单的方法，从生物组织中提取 DNA。

提出问题

怎样从常见的动植物组织中提取 DNA？

制订并实施研究计划

1. 做哪些准备？

- ◆ 查阅资料，了解提取 DNA 的方法与原理。
- ◆ 搜集资料，了解哪些动植物材料（如香蕉）便于提取 DNA。

2. 提取 DNA 的方法和步骤是什么？

- ◆ 准备大烧杯、小烧杯、玻璃棒、纱布、研钵和无水乙醇（使用前置于冰箱冷藏室中预冷 12h 以上）、食盐、洗洁精、生物材料（香蕉，也可用鸡血或花椰菜等）。
- ◆ 取 12g 食盐和适量洗洁精，用蒸馏水定容至 100mL，制成研磨液。
- ◆ 取 30g 香蕉及 10mL 研磨液，充分研磨成浆状物。
- ◆ 继续加入研磨液，对浆状物进行稀释和溶解，然后用纱布过滤溶液于小烧杯中。
- ◆ 将冷却的无水乙醇沿杯壁缓缓加入烧杯，直至观察到大量絮状物出现于溶液中。停止加入无水乙醇，静置几分钟后，用玻璃棒轻轻缠绕捞取絮状物。

成果交流

1. 小组交流提取 DNA 的情况，展示各自的实验成果。

2. 查询证明玻璃棒上的絮状物是 DNA 的方法。



图 1-1 得到絮状物

第一节 DNA 是主要的遗传物质



图 1-2 中央电视台《等着我》栏目

中央电视台《等着我》栏目是一个利用国家力量打造的全媒体公益寻人平台(图 1-2)。当看到失散多年的亲人相聚,观众也为之动容。节目中需要确定离散者身份时,常采集血液等样本进行 DNA 鉴定。其实 DNA 鉴定技术的应用已经家喻户晓,可广泛用于血缘鉴定、刑事认定、物种亲缘关系比较等多个领域。DNA 为什么可用于亲子鉴定? DNA 分子具有怎样的结构特征? DNA 分子在生物繁衍过程中担任怎样的角色?

一、遗传物质在染色体上

1902 年,美国遗传学家萨顿(W. Sutton, 图 1-3)研究了蝗虫精子的形成过程。他发现染色体是各具独特形态的实体;体细胞中染色体成对存在,且每对染色体中的一条来自母方,另一条来自父方,就是说在产生后代时,父母双亲各自传递给后代一对染色体中的一条,染色体的这种行为,与当时人们认识到的基因(当时称为遗传因子)的行为一致。由此猜测,染色体可能是基因的载体,并提出了基因位于染色体上的假说。



图 1-3 萨顿

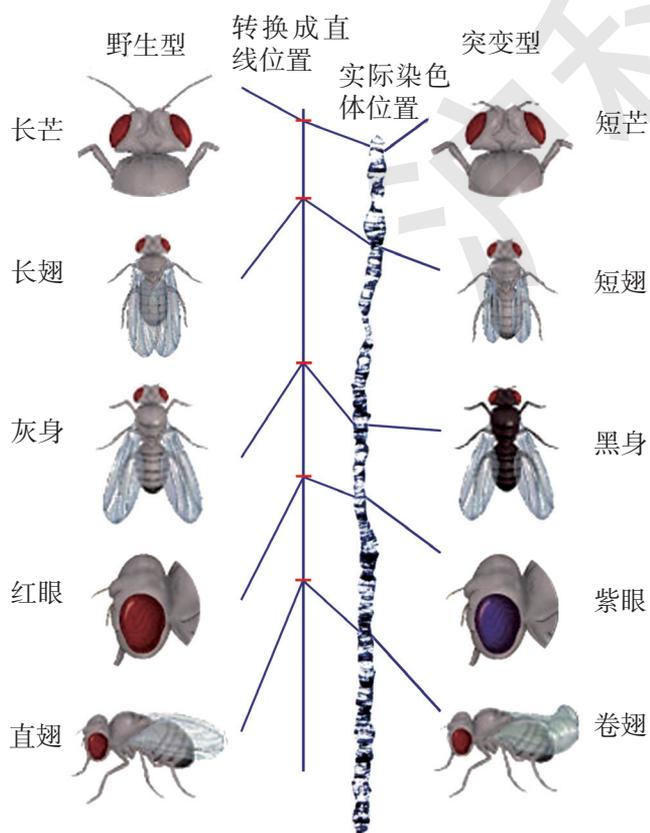


图 1-4 果蝇某染色体上的部分基因

1909 年,美国遗传学家摩尔根(T. Morgan)通过果蝇眼色的杂交实验,首次证明了基因在染色体上。随后摩尔根和他的学生通过十多年的研究,证实了基因在染色体上呈线性排列(图 1-4)。也就是说,染色体是基因

的载体，遗传物质在染色体上。但遗传物质究竟是什么，还不得而知。

二、DNA 是遗传物质

虽然当时已经知道染色体的成分主要是 DNA 与蛋白质，但由于生物体固有的复杂性及当时研究技术的限制，对遗传物质的确定，很长时间找不到下手之处。



经典再现

探索遗传物质的经典实验

起初，大多数科学家认为，蛋白质千变万化的氨基酸排列顺序可能蕴含着遗传信息，而 DNA 组成成分种类过少，难以担当储存大量遗传信息的重任。看来要解决什么是遗传物质这个问题，还有赖于精确而可靠的实验证据。

[资料 1] 1928 年，英国科学家格里菲思 (F. Griffith) 发现了肺炎链球菌的转化现象。肺炎链球菌有 2 种类型：一种菌体无多糖类的荚膜，没有毒性，菌落粗糙，称为 R 型；另一种菌体有多糖类构成的荚膜，有毒性，菌落光滑，称为 S 型。S 型肺炎链球菌可以使人患肺炎或使小鼠患败血症。格里菲思用肺炎链球菌感染小鼠，实验过程及结果如图 1-5。格里菲思认为加热杀死的 S 型菌体内的某种物质可使 R 型菌转化为 S 型菌，并将这种物质称为“转化因子”。

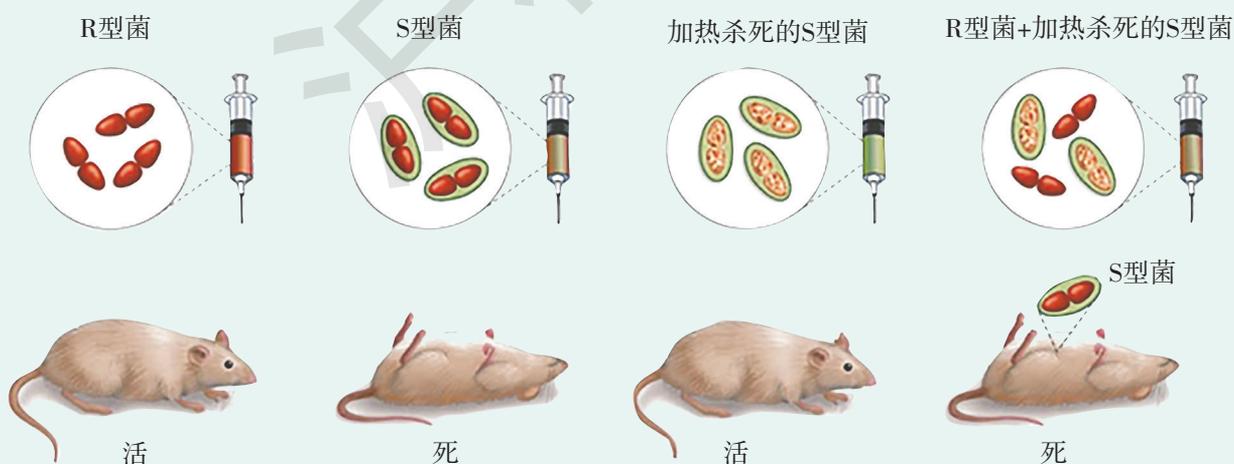


图 1-5 肺炎链球菌体内转化实验

[资料 2] 1944 年，美国科学家埃弗里 (O. Avery) 和他的同事们宣布 S 型菌体内具有转化活性的物质为 DNA。他们首先对 S 型菌的粗提取液进行多次分离和提纯，并测定提纯物的转化能力。在不断纯化并检测剩余提取物的转化能力后，对最

后仍具有转化能力的提取物进行了理化性质的分析和鉴定，其结果均指向了同一物质——脱氧核糖核酸。为进一步确定该物质，他们用不同的酶去破坏该物质的生物活性，结果表明胰蛋白酶、核糖核酸酶等对该物质的生物活性无影响，但脱氧核糖核酸酶可以使该物质失去转化能力。

[资料 3] T2 噬菌体是一种专门寄生在大肠杆菌体内的 DNA 病毒，由蛋白质外壳与 DNA 构成。1952 年，美国科学家赫尔希 (A. Hershey) 和蔡斯 (M. Chase) 用 ^{35}S 或 ^{32}P 标记的 T2 噬菌体分别侵染大肠杆菌，一定时间后搅拌，使吸附在大肠杆菌外表的噬菌体与大肠杆菌分离，再经离心处理使大肠杆菌留在沉淀物中，并检测上清液和沉淀物的放射性。 ^{35}S 标记实验的结果是，放射性主要集中在上清液； ^{32}P 标记实验的结果是，放射性主要集中在沉淀物 (图 1-6)。

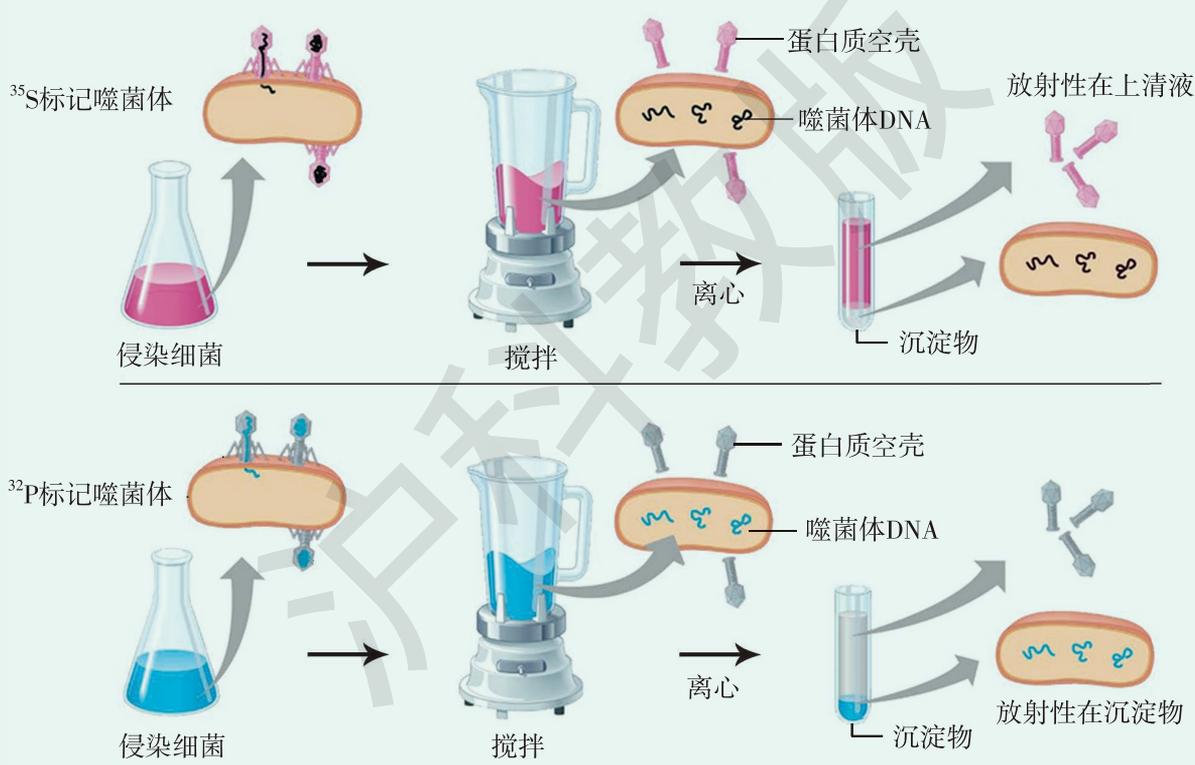


图 1-6 T2 噬菌体侵染实验

分析讨论

1. 根据肺炎链球菌转化实验结果，格里菲思认为存在“转化因子”，转化因子的作用是什么？
2. 埃弗里对转化因子的分析和鉴定，用到了哪些方法？推测埃弗里进行提纯物转化能力测定时，观测指标是什么？该实验证明了什么？
3. 资料 3 中 ^{35}S 和 ^{32}P 分别标记的是何种物质？它们分别是 T2 噬菌体的哪一结构？标记的目的是什么？
4. 为什么说噬菌体侵染细菌实验能证明 DNA 是遗传物质？该实验在设计上有什么巧妙之处？

通过肺炎链球菌小鼠体内转化实验，格里菲思发现了转化现象，认为导致R型菌发生转化的是S型菌的某种物质。埃弗里通过不断提纯S型菌的组成物质并检测其转化能力，发现S型菌体内具有转化活性的物质是DNA。由于埃弗里实验中提纯的DNA仍含有少量蛋白质，因此一直有人怀疑其结论。直到噬菌体侵染细菌实验成功后，质疑的声音才消失。因为噬菌体侵染细菌时，注入细菌细胞内的只是噬菌体的DNA，蛋白质外壳留在外面。因此，决定子代噬菌体DNA及蛋白质外壳的是DNA，DNA是遗传物质。

阅读空间

噬菌体侵染细菌的过程

在能侵染大肠杆菌的噬菌体中，T2噬菌体是研究得最多的一种。噬菌体侵染细菌时，先吸附在大肠杆菌细胞表面，然后将DNA注入细菌细胞内，蛋白质外壳留在细菌体外。随后噬菌体DNA指导宿主细胞利用细胞内的物质及能量系统，合成大量的噬菌体DNA与蛋白质，并组装成子代噬菌体。最后宿主细胞裂解，释放出大量与亲代噬菌体完全相同的子代噬菌体（图1-7）。

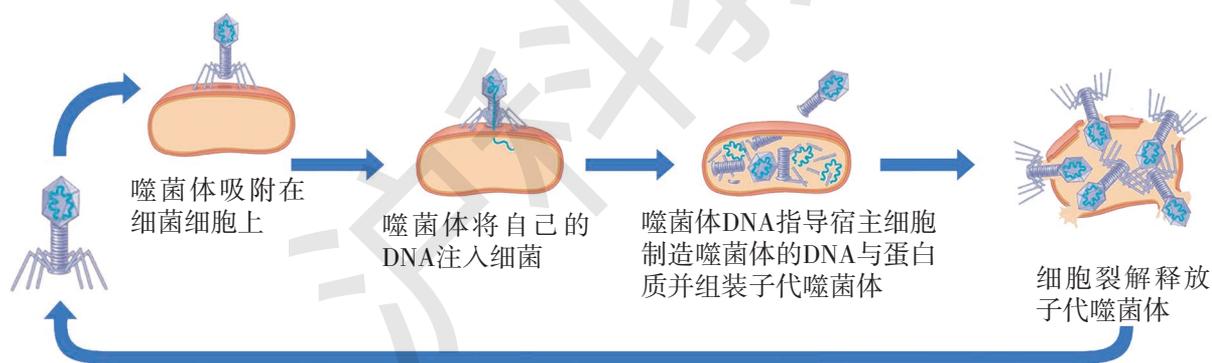


图 1-7 噬菌体侵染细菌过程示意图

三、少数病毒的遗传物质是 RNA

在自然界，所有的动物、植物以及细菌、蓝细菌等具细胞结构的生物均含有DNA，其遗传物质都是DNA。病毒没有细胞结构，通常由核酸与蛋白质外壳构成。依据病毒体内核酸的种类，可将病毒分为DNA病毒和RNA病毒。大多数病毒是DNA病毒，如T2噬菌体；少数病毒不含有DNA，而含有RNA，如烟草花叶病毒、流感病毒和艾滋病病毒（HIV）。

科学家从患烟草花叶病的烟草叶片中提取出一些病毒后，将其组成物质分离提纯，分别侵染健康的烟草，实验结果证明烟草花叶病毒的遗传物质是 RNA（图 1-8）。

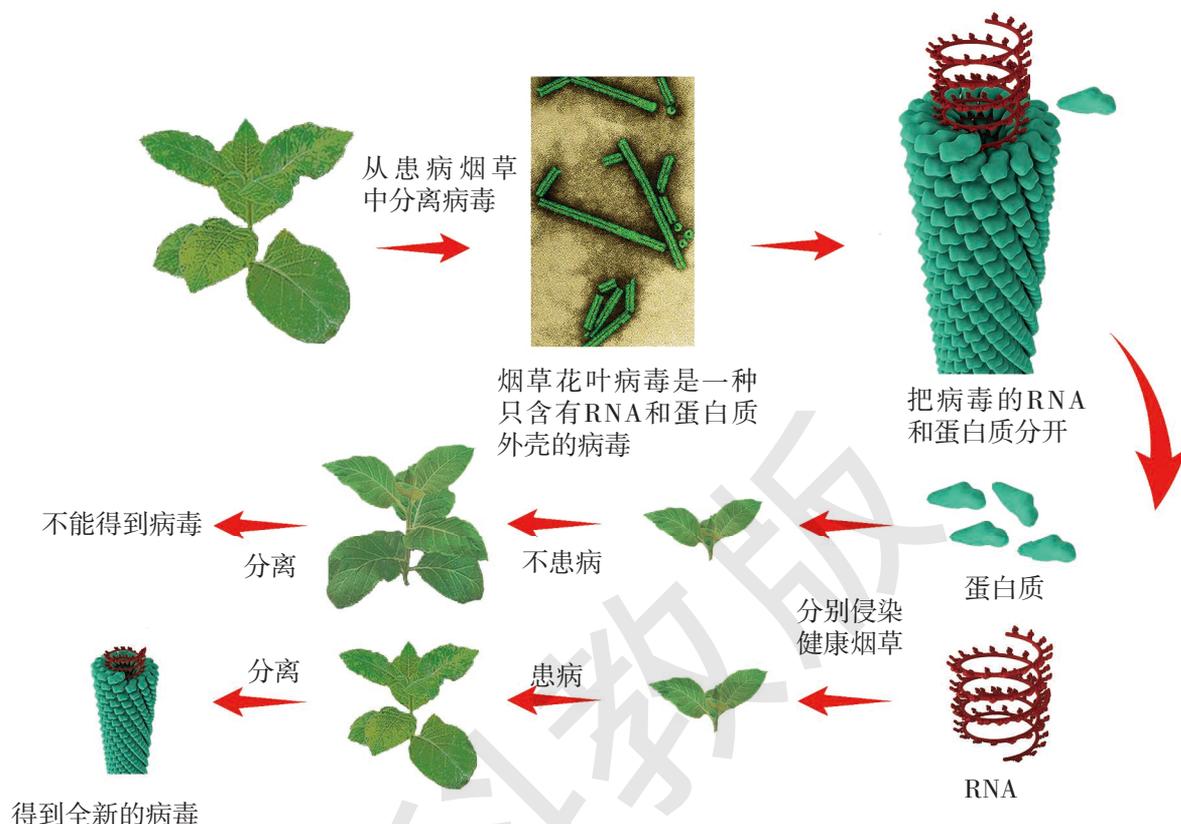


图 1-8 烟草花叶病毒组分单独侵染烟草实验

大量科学实验证明，大多数生物都是以 DNA 作为遗传物质，只有少数不含 DNA 的病毒，它们的遗传物质是 RNA。因此，DNA 是主要的遗传物质。

学业检测

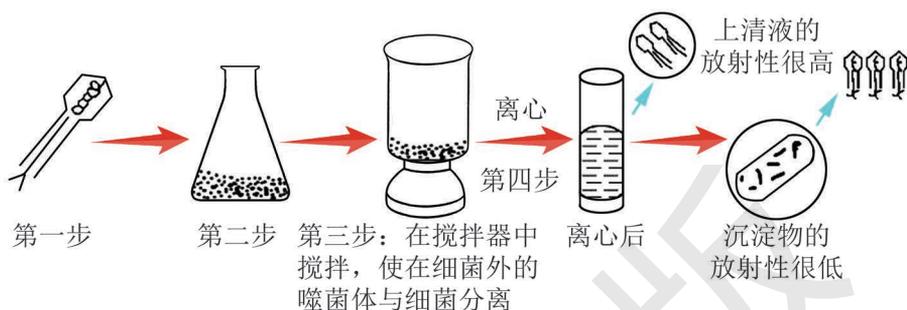
1. 1928 年，英国科学家格里菲思以小鼠为实验材料做了如下实验：

	第 1 组	第 2 组	第 3 组	第 4 组
实验处理	注射活的 R 型菌	注射活的 S 型菌	注射加热杀死的 S 型菌	注射活的 R 型菌与加热杀死的 S 型菌
实验现象	小鼠不死亡	小鼠死亡，从小鼠体内分离出 S 型活细菌	小鼠不死亡	小鼠死亡，从小鼠体内分离出 S 型活细菌

下列关于此实验的分析，不正确的是（ ）。

- A. 实验的关键现象是第 4 组小鼠死亡并分离出 S 型活细菌
- B. 对第 4 组实验的分析必须以 1—3 组的实验为参照
- C. 本实验说明 R 型肺炎链球菌发生了某种类型的转化
- D. 本实验结论为“DNA 是使 R 型菌转化为 S 型菌的转化因子”

2. 1952 年，赫尔希和蔡斯利用同位素标记法，完成了著名的噬菌体侵染细菌的实验，下图是实验的部分过程：



(1) 请完善以上实验的部分操作过程：

第一步：用 ^{35}S 标记噬菌体的蛋白质外壳。如何实现对噬菌体的标记？请简要说明实验的设计思路：_____。

第二步：用 ^{35}S 标记的噬菌体去侵染没有被放射性标记的_____。

第三步：一定时间后，在搅拌器中搅拌，再进行离心。

(2) 噬菌体侵染细菌之后，合成新的噬菌体 DNA 和蛋白质外壳的原料来自_____。

(3) 如果只有图中实验结果并不能说明遗传物质是 DNA，请完善设计：_____。

3. 在人类探索遗传物质的历史进程中，关于蛋白质和 DNA 到底哪一种才是遗传物质的争论持续了很长时间，经过多位科学家的努力探索，人们终于确定了 DNA 才是遗传物质。请结合遗传物质的探索历史，分析作为遗传物质的 DNA 应该具备哪些特点？

第二节 DNA 分子的结构

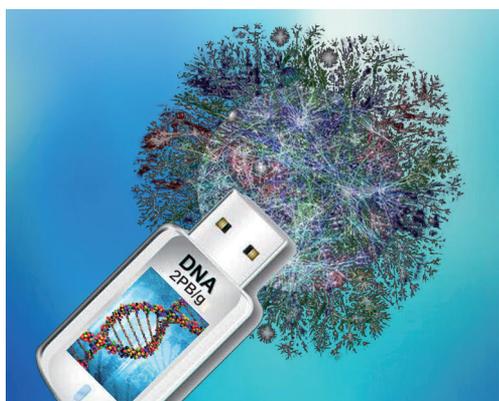


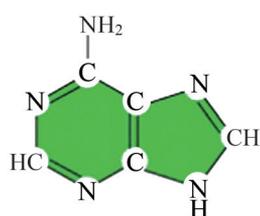
图 1-9 DNA 存储器

科学家发明了一项以 DNA 为介质的数据存储新技术(图 1-9)。与现有的各类存储介质相比, DNA 能够储存更多的信息。DNA 作为生物的遗传物质, 能够携带大量控制生物生长、发育和繁殖的遗传信息, 这是由 DNA 分子的特定结构决定的。为什么 DNA 分子特定的结构适合于储存遗传信息? 遗传信息以什么形式储存在 DNA 分子上? DNA 分子是如何保证遗传信息稳定保存的?

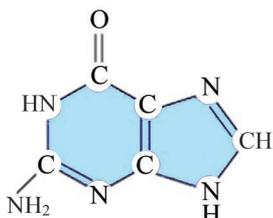
一、DNA 分子由四种脱氧核苷酸构成

科学家用 DNA 酶处理 DNA 得到 4 种脱氧核苷酸, 即 DNA 由 4 种脱氧核苷酸构成。每个脱氧核苷酸由一分子脱氧核糖、一分子含氮碱基和一分子磷酸结合而成, 含氮碱基与磷酸基团分别连接在脱氧核糖上。

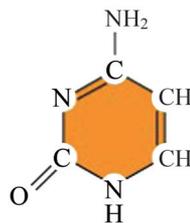
组成脱氧核苷酸的含氮碱基有 4 种, 分别是腺嘌呤(A)、鸟嘌呤(G)、胞嘧啶(C)和胸腺嘧啶(T)(图 1-10)。由于所含碱基不同, 脱氧核苷酸也就有 4 种, 分别是腺嘌呤脱氧核苷酸、鸟嘌呤脱氧核苷酸、胞嘧啶脱氧核苷酸和胸腺嘧啶脱氧核苷酸。DNA 分子就是由这 4 种脱氧核苷酸以一定的顺序聚合形成的大分子化合物。



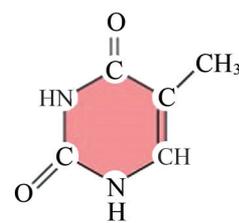
腺嘌呤 (A)



鸟嘌呤 (G)



胞嘧啶 (C)



胸腺嘧啶 (T)

图 1-10 4 种含氮碱基

二、DNA 分子具双螺旋结构

DNA 分子是由 4 种脱氧核苷酸按一定顺序连接而成的生物大分子，具有特定的空间结构，能够储存遗传信息。所以，揭示 DNA 分子结构就成为遗传学的核心问题。



经典再现

DNA 分子结构模型的建立

DNA 分子的空间结构究竟是怎样的？这一具有伟大科学价值的研究课题吸引了许多国家的科学家，他们前赴后继，克服重重困难，为揭开这一重要生命物质的神秘面纱，付出了坚持不懈的努力。

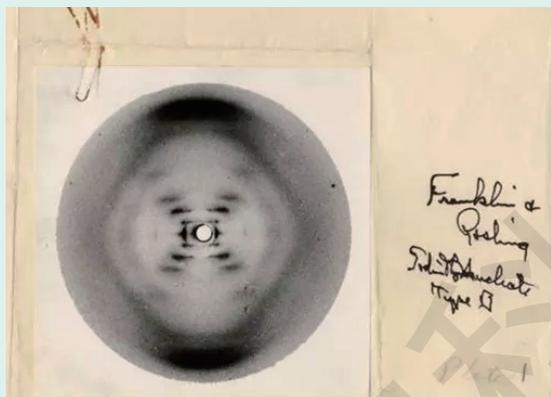


图 1-11 DNA 的 X 射线衍射图及富兰克林的签名

[资料 1] 英国女科学家富兰克林(R. Franklin)运用 X 射线衍射技术研究 DNA 结构时,于 1951 年获得了一幅衍射图像(图 1-11)。这幅图对建立 DNA 分子的结构模型起到了至关重要的作用。

[资料 2] 20 世纪 40 年代,科学家发现不同物种的 DNA 分子中碱基数目及比例有差异,但同一生物体内不同细胞的 DNA 分子中碱基数目及比例相同。表 1-1 是当时测定的几种生物 DNA 分子中 4 种碱基的数量关系。到 50 年代,科学家已

确定,在 DNA 分子中,碱基 A 的数量等于碱基 T 的数量,碱基 G 的数量等于碱基 C 的数量。

表 1-1 几种生物 DNA 分子中的 4 种碱基

	碱基组成 (%)				碱基比例			
	A	G	C	T	A/T	G/C	(A+G)/(T+C)	(A+T)/(G+C)
人	30.9	19.9	19.8	29.4	1.05	1.01	1.03	1.52
鸡	28.8	20.5	21.5	29.2	0.99	0.95	0.97	1.38
海胆	32.8	17.7	17.3	32.1	1.02	1.02	1.02	1.85
酵母菌	31.3	18.7	17.1	32.9	0.95	1.09	1.00	1.79
大肠杆菌	24.7	26	25.7	23.6	1.05	1.01	1.03	0.93

[资料 3] 美国科学家沃森 (J. Watson) 和英国科学家克里克 (F. Crick) 以富兰克林等人提供的 DNA 衍射图像的有关数据为依据, 推算出 DNA 分子呈螺旋结构。他们尝试构建了各种不同的结构模型, 但很快就被否定。直到 1952 年, 他们从其他科学家那里了解到 DNA 分子中碱基数量的规律, 才终于成功构建了 DNA 双螺旋结构模型 (图 1-12), 并于 1953 年在英国《自然》杂志上发表, 论文标题为“核酸的分子结构——脱氧核糖核酸的一个结构模型”。

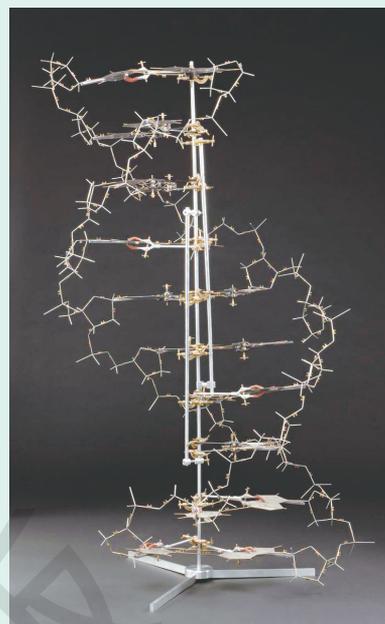


图 1-12 DNA 结构模型

分析讨论

1. 通过以上资料, 你认为现代科学的发展具有哪些特点?
2. 表 1-1 显示出 DNA 分子中各种碱基的数目比例有什么规律? 如何解释这种规律?
3. 若 2 个生物的 DNA 中碱基数 $(A+T)/(G+C)$ 值相同, 能说明它们是同种生物吗?
4. 依据 DNA 分子结构模型, 思考一下 DNA 分子作为遗传物质具有哪些特征。

DNA 双螺旋结构模型的主要特点是: (1) DNA 分子通常由 2 条碱基互补配对的反向平行长链形成双螺旋结构; (2) 双螺旋结构中, 脱氧核糖和磷酸交互连接形成的长链排列在分子外侧, 构成 DNA 分子的骨架, 碱基对位于双螺旋结构的内侧; (3) 碱基对之间通过氢键相连, 并遵循碱基互补配对原则, 即腺嘌呤与胸腺嘧啶互补配对, 鸟嘌呤与胞嘧啶互补配对 (图 1-13, 图 1-14)。

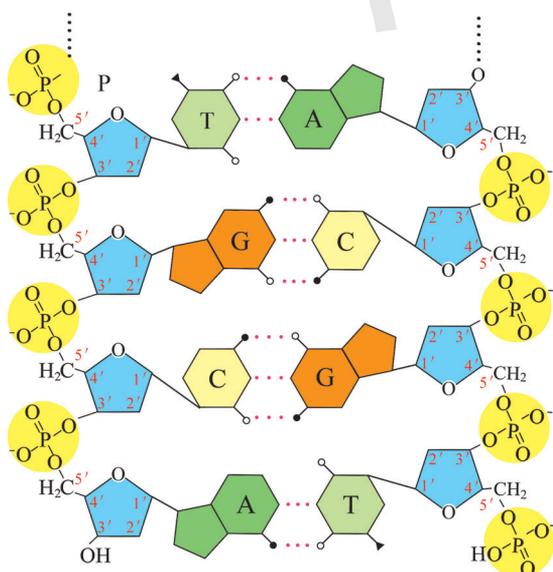


图 1-13 DNA 分子平面结构示意图

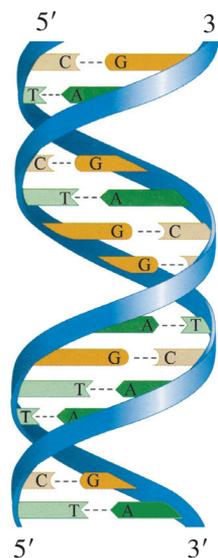


图 1-14 DNA 双螺旋结构示意图



模型建构

构建 DNA 双螺旋结构模型

DNA 分子很小，双螺旋直径为 2nm，不到成年人头发直径（约 $70\mu\text{m}$ ）的 $1/30\,000$ 。模型建构可帮助我们直观地认识其结构及特点。

目的要求

通过构建 DNA 分子结构模型，加深对 DNA 双螺旋结构的直观认识和理解。

材料用具

质地较硬、易切的常见生物材料，如各色萝卜、马铃薯等；刀、牙签、瓶盖、订书针等。

活动程序

1. 制作模型前先进行小组讨论，进行模型的总体设计。主要解决以下问题：
 - (1) 需要选取几种材料？分别制成什么形状以代表 DNA 的各个组分？
 - (2) 各组分间应当在什么位置相互连接？
2. 将所用材料洗净、晾干，用刀切成约 5mm 厚的小片。
3. 制作各种组分的模型，同时，确定每种组分模型需要制作的数量。
4. 用一定方式，将分别代表磷酸基团、脱氧核糖和碱基的组分模型连接成一个脱氧核苷酸分子（图 1-15）。
5. 将单个脱氧核苷酸模型在桌面上排成纵列，依下图中的方式将它们串连成 DNA 分子单链模型（图 1-16）。



图 1-15 制作材料、工具、半成品

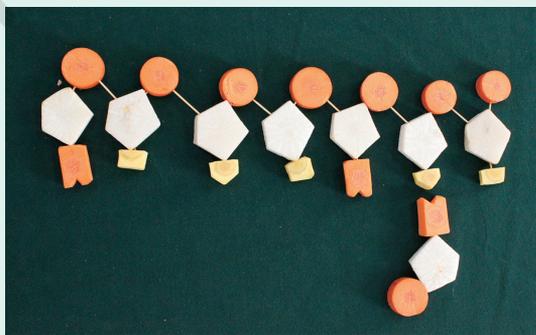


图 1-16 DNA 分子单链模型

6. 以做好的单链为模板，按照碱基互补配对原则，将其余脱氧核苷酸模型排列在已经做好的单链一侧，注意 2 条链要反向平行。再将它们彼此纵向连接，然后将各碱基对以一定方式连接，制作成 DNA 分子平面模型（图 1-17）。



图 1-17 DNA 平面模型

7. 2 名同学分别握住模型两端左右旋转，展示 DNA 的双螺旋结构（图 1-18）。若组分间连接不牢导致模型松散，展示前可对模型各连接处进行加固。

分析讨论

1. 最初制成的代表各组分的小模型是否正好用完？这表明 DNA 分子中各组分的数量关系如何？

2. 在制作时如何保证 DNA 同种组分的形状相同？是否用到模具（如以瓶盖为模具制作磷酸基团模型）？模具在制作中可发挥怎样的作用？

3. 模型怎样体现 DNA 双链是反向平行的？

4. 对比各组制作的模型，构成 DNA 的碱基数量和碱基序列是否相同？这能反映 DNA 结构的什么特点？

5. 通过对构建 DNA 分子结构模型过程的认识，说说构建模型对科学发展有什么意义？



图 1-18 展示制作好的 DNA 双螺旋模型

阅读空间

DNA 空间结构的多样性

科学家构建的 DNA 双螺旋模型，指的是 2 条脱氧核苷酸链反向平行盘绕所形成的双螺旋结构。在真核生物中，此双螺旋结构多是线性（或链状）的，并且细胞核中的 DNA 与组蛋白等组成染色质；在原核生物中 DNA 常为环状（图 1-19），且不与蛋白质结合成染色质；少数病毒还具有单链 DNA。有报道称发现三链甚至四链 DNA。

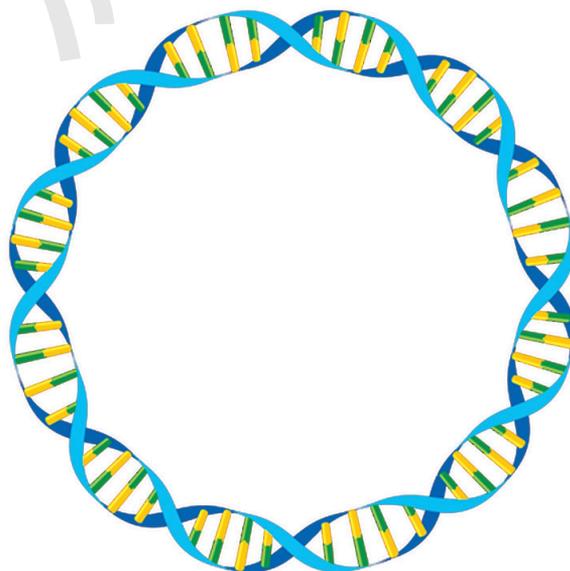


图 1-19 环状 DNA 示意图

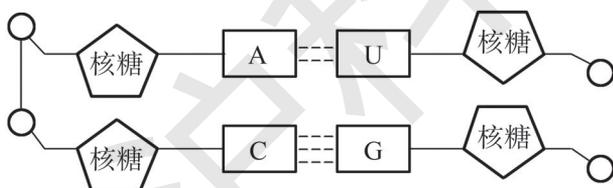
DNA 分子由 2 条反向平行长链形成双螺旋结构，2 条链之间严格地遵循碱基互补配对原则，这对 DNA 分子结构的稳定起到重要作用。DNA 分子中碱基的排列顺序编码了遗传信息，碱基的排列顺序千变万化，若一个 DNA 分子有 n 个碱基对，则可能出现的排序为 4^n 种，从而能够携带大量的遗传信息，这体现出 DNA 分子作为遗传物质的多样性。而每个 DNA 分子特定的碱基排列顺序，又构成了 DNA 分子的特异性。

学业检测

1. 经过多位科学家的研究，人们终于揭开了遗传物质——DNA 结构的神秘面纱。下列关于 DNA 分子结构的叙述，正确的是（ ）。

- A. 每一个脱氧核糖均连接有 2 个磷酸基团
- B. 碱基对一定是由一个嘌呤和一个嘧啶构成
- C. 2 条链中嘌呤碱基的数目相同
- D. 不同的 DNA 分子中碱基的种类不同

2. 下图为某同学在学习 DNA 的结构后画的 DNA 片段（其中○表示磷酸基团），另外几位同学对其进行了评价，其中正确的是（ ）。



- A. 该图没有物质和结构上的错误
- B. 该图有一处错误，就是碱基 U 应改为 T
- C. 该图有 3 处错误，其中核糖应改为脱氧核糖
- D. 如果说他画的是 RNA 双链，则该图就是正确的

3. DNA 作为生物的主要遗传物质，其特定的分子结构决定了它能携带大量遗传信息。假设某 DNA 分子的 2 条链分别为 m 链和 n 链

(1) 若在 m 链中， $(A+G)/(T+C)=a$ 。则在 n 链中，这种比例是 _____，在整个 DNA 分子中，这种比例是 _____。

(2) 若在 m 链中， $(A+T)/(G+C)=b$ 。则在 n 链中，这种比例是 _____，在整个 DNA 分子中，这种比例是 _____。

4. 下面是在“构建 DNA 双螺旋结构模型”活动中，某同学动手制作的模型。请在图的右侧写出图中①—⑤对应的结构名称。



- ① _____
- ② _____
- ③ _____
- ④ _____
- ⑤ _____

图中碱基 A 与③通过 _____ 键相连；①、②、A 组成的物质叫作 _____。
DNA 分子是由 2 条反向平行的 _____ 形成的双螺旋结构。

泊科教版

3. 据报道, 在胚胎睾丸发育期给予怀孕大鼠烯菌酮, 子代中雄性个体的生殖能力会降低。后来即使不再给予烯菌酮, 这种雄性个体生殖能力降低的现象仍然会延续到之后的三代。

(1) 若以上情况属实, 请从表观遗传角度对“这种现象仍然会延续到之后的三代”进行解释。

(2) 试举出几例自然界中的表观遗传现象。

(3) 试讨论环境对生物性状的影响, 其可能的机制有哪些?

业要求

重要概念	节次	学科素养
亲代传递给子代的遗传信息主要编码在 DNA 分子上。	第一节	<ul style="list-style-type: none"> ◆概述多数生物的基因在 DNA 分子上, 有些病毒的基因在 RNA 分子上。 ◆通过分析 DNA 是遗传物质的证据, 体会科学家的研究历程, 掌握科学探究的基本方法, 培养基于事实和证据进行演绎推理的科学思维方法。
	第二节	<ul style="list-style-type: none"> ◆概述 DNA 分子是由四种脱氧核苷酸构成, 通常由两条碱基互补配对的反向平行长链形成双螺旋结构, 碱基的排列顺序编码了遗传信息。 ◆阐明 DNA 分子作为遗传物质所具有的特征, 形成结构与功能观, 认识生物的统一性和复杂性。 ◆通过分析 DNA 分子模型的建立过程及构建 DNA 双螺旋结构模型的活动, 体验模型与建模的科学思维方法。
	第三节	<ul style="list-style-type: none"> ◆概述 DNA 分子通过半保留方式进行复制。 ◆通过分析 DNA 复制的相关实验, 培养尊重事实和证据, 崇尚严谨和务实的求知态度。
	第四节	<ul style="list-style-type: none"> ◆概述多数生物的基因是 DNA 分子的功能片段。 ◆概述 DNA 分子上的遗传信息通过 RNA 指导蛋白质的合成。认识生命的统一性与独特性, 形成科学的自然观。
	第五节	<ul style="list-style-type: none"> ◆分析基因—蛋白质—性状的关系, 形成生命的物质观。 ◆概述细胞分化的本质是基因选择性表达的结果, 生物的性状主要通过蛋白质表现。 ◆概述某些基因中碱基序列不变但表型改变的表观遗传现象, 认识生物的复杂性。



发现双螺旋结构背后的故事

1953年4月25日，英国《自然》杂志刊登了题为“核酸的分子结构——脱氧核糖核酸的一个结构模型”的论文。这篇论文揭示了DNA的分子结构，是整个生物科学的一次重大革命，它极大地促进了生物科学在分子水平上的研究。这个重大的发现是由37岁的英国科学家克里克和25岁的美国科学家沃森完成的。但是，DNA双螺旋结构的发现其实是建立在诸多科学家的成果之上的。

1944年，薛定谔在《生命是什么》一书中，以通俗的语言阐明了用物理学的观点研究生命现象的重要性。这本书激励了不少当时研究物理学的科学家转而研究生活学。例如，学物理学出身的克里克正是受其思想影响，毅然转向生物学研究。

构建DNA双螺旋结构的工作还受到了其他人卓越工作的激发：一是英国生物物理学家威尔金斯和英国女科学家富兰克林（图1-39）拍摄的DNA X射线衍射照片；二是美国哥伦比亚大学生物化学家查加夫关于DNA分子中嘌呤和嘧啶碱基定量关系的研究；三是美国化学家鲍林关于蛋白质分子结构的研究。其中，富兰克林具有重大的贡献。可以说，没有富兰克林的贡献，DNA结构的发现可能会推迟几年。

富兰克林早年毕业于剑桥大学物理化学专业。1945年获得博士学位后，她前往法国学习X射线衍射技术。回国之后，富兰克林与威尔金斯一起运用X射线衍射技术研究DNA的结构，1952年得到了DNA分子的X射线衍射图像。正是以DNA的X射线衍射图像为基础，DNA的双螺旋结构才被构建出来。

当时英国社会的宗教、种族、妇女地位等因素在一定程度上影响了富兰克林的成功。克里克也在DNA结构发现40周年的纪念文中提到“富兰克林的贡献没有得到足够的肯定”。但这些并没有影响富兰克林的工作热情。后来，她又领导了关于烟草花叶病毒与脊髓灰质炎病毒的研究。即使到1956年9月发现长了肿瘤，她仍继续工作，并发表十多篇论文。为纪念富兰克林的杰出工作，2003年，伦敦国王学院将一栋新大楼命名为“富兰克林-威尔金斯楼”。



图 1-39 富兰克林