

经全国中小学教材审定委员会
2004 年初审通过

普通高中课程标准实验教科书

生物

选修 3

现代生物科技专题

人民教育出版社 课程教材研究所
生物课程教材研究开发中心 编著



人民教育出版社

普通高中课程标准实验教科书

生物

选修3

现代生物科技专题

人民教育出版社 课程教材研究所 编著
生物课程教材研究开发中心



人民教育出版社

普通高中课程标准实验教科书

生物

必修3

现代生物科技专题

人民教育出版社 课程教材研究所
生物课程教材研究开发中心 编著

普通高中课程标准实验教科书

生物

选修3

现代生物科技专题

人民教育出版社 课程教材研究所
生物课程教材研究开发中心 编著

*

人民教育出版社出版发行

网址: <http://www.pep.com.cn>

人民教育出版社印刷厂印装 全国新华书店经销

*

开本: 890 毫米×1 240 毫米 1/16 印张: 8.75 字数: 176 000

2004 年 6 月第 1 版 2006 年 7 月第 11 次印刷

ISBN 7-107-17752-4 定价: 9.25 元
G·10841 (课)

著作权所有·请勿擅用本书制作各类出版物·违者必究

如发现印、装质量问题,影响阅读,请与出版科联系调换。

(联系地址: 北京市海淀区中关村南大街 17 号院 1 号楼 邮编: 100081)

主 编

朱正威 赵占良

编写人员 (按执笔专题顺序)

敖光明 葛荣朝 吴中红 张忠诚 高崇明

程 序 邱化蛟

参加讨论的有: 薛静尧 卓 婧 孙闾闾 王 莉

于 璇 吴成军 鲍平秋 张 华

责任编辑

王真真

美术编辑

林荣桓

设 计

北京大洋立恒设计有限公司 储志伟

审 读

王存志

电脑制作

顾 涛 王 同

插图绘制

张傲冰 姜吉维 杨世海 北京京河源图文设计公司

摄影或提供照片

朱 京 张忠诚 敖光明 包春莹 吴中红 邱化蛟 葛荣朝

王 莉 邓 佳 宗 标 刘建民 叶佩珉 李文鼎 熊林春

江 南 黄宗福 朱正歌 王真真 中国图片网等

部分照片摘自《回顾与展望》 《光辉的十年》 《现代社会中的生物学》

《中国高技术发展研究计划十五年》 《中国环境保护》等书刊



致同学们

生物科技创造美好未来

“离离原上草，一岁一枯荣。野火烧不尽，春风吹又生。”

“接天莲叶无穷碧，映日荷花别样红。”

我们的祖先对生命的热爱，洋溢在千古流传的名篇佳句之中。人类对生命世界的讴歌和思考，融入了各个民族的文学、艺术、哲学与情感。人类是生命世界的成员，与其他生物惺惺相惜。人类的生存离不开生物，与其他生物息息相关。

对生物的观察与改造，是人类历史发展的重要组成部分。谷物的种植、猎物的驯养、养蚕缫丝、酒曲酿酒，都是生物技术的开始，也是人类文明的曙光。但是，直至19世纪，我们才知道生命世界的统一性——进化上的同源与结构和功能上的统一。20世纪开始的那几个星期，“孟德尔定律”重新被发现，人们才知道生物代代繁衍中的发展变化，是有着内在的遗传规律的。50年代初发现的DNA“双螺旋”结构，合理地解答了生命的连续性与多样性，奠定了生命科学的分子基础。70年代的基因工程，使人类第一次试图像工程师那样设计生命，尽管才刚刚开始。90年代的“人类基因组计划”，使我们逐渐接近生命的核心奥妙：生命不仅是物理的、化学的，生命还是数据的。

生命科学家得天独厚。生物科技的奇妙之处在于“巧夺天工”——借用自然提供的“工作母机”，而不需要像工程师制造任何一个机器那样从制造每一个零件开始：克隆基因，可以借用自然的细胞；克隆羊，可以借用母羊现成的生殖系统。植

物与动物细胞的克隆,可以用现有的植物组织或动物的干细胞进行。完全可以预测,随着对“生命是数据的”的进一步理解与生物技术的进一步发展,在不久的将来,人类将重新设计生命的蓝图。

生命科学家肩负重任。自古以来,人类与其他生物相依相伴,同时也受到来自其他生物的伤害与威胁。在食不果腹、猛兽伺隙的条件下,人类艰难地度过了自己的“童年”。随着科学技术的发展和人类文明的演进,人类利用其他生物、抵御有害生物的能力不断增强,但是,始终未能摆脱疾病的威胁。人类的疾病所带来的灾难,远远超过了人类历史上的所有战争;人类改造自然能力的提高,又使人与自然之间出现许多不和谐的因素。这些问题的解决,都有赖于生命科学的发展。生命科学改变了人类在自然界的地位,同时也改变着人类在自然科学研究中的位置。在物理和化学的研究中,人类是研究的主体;而生命科学研究中的人类,既是研究的主体,同时又成了研究的对象和这些技术应用的对象。正因为如此,生命科学对我们的生活以及整个社会的冲击,都更加广泛、更加深刻。也正因为如此,对生命科学伦理问题和生物技术安全问题的思考,成为生命科学家的新的历史与社会责任。

生命是美丽的,对它的欣赏使我们产生接近它的强烈欲望;生命是复杂的,对它的探索可以满足我们与生俱来的好奇心。也许今天,我们赞颂生命,是因为它的千姿百态与奇妙无比;而明天,我们会发现生命是最有规律的,也是最为简洁、明快的;而将来,我们迎来的将是一个更为理智、和谐、美妙的生命世界!

让我们一起讴歌生命世界的美丽，分享生物科技的美妙与神奇。探索生命的奥秘，其乐无穷！从事生物科技的研究，不仅使我们自己的人生更为美好，也将使包括人类在内的生命世界更为美丽！

让我们一起来学习《现代生物科技专题》——基因工程、细胞工程、胚胎工程、生态工程、生物技术的安全性和伦理问题，它将使我们深入了解现代生物科技的进展和意义；阅读、思考、讨论、调查、资料的搜集和分析，它将大大拓展我们的视野，提高我们分析和解决问题的能力。还有那凝结着同学们汗水的一篇篇调查报告和专题综述，不仅会拓展我们学习的内容，更记录着我们共同成长的足迹。

杨晓红

目 录

致同学们 生物科技创造美好未来

专题1 基因工程 1



科技探索之路 基础理论和技术的发展催生了基因工程 2

1.1 DNA 重组技术的基本工具 4

1.2 基因工程的基本操作程序 8

拓展视野 历史不能忘记中国科学家对 PCR 的贡献 16

1.3 基因工程的应用 17

拓展视野 神奇的基因芯片 24

1.4 蛋白质工程的崛起 26

专题2 细胞工程 31



科技探索之路 细胞工程的发展历程 32

2.1 植物细胞工程 33

2.1.1 植物细胞工程的基本技术 33

2.1.2 植物细胞工程的实际应用 38

拓展视野 植物生长调节剂在组织培养中的神奇作用 42

2.2 动物细胞工程 44

2.2.1 动物细胞培养和核移植技术 44

拓展视野 核移植技术发展简史 51

2.2.2 动物细胞融合与单克隆抗体 52

拓展视野 多利羊猜想 55



专题3 胚胎工程59

科技探索之路 胚胎工程的建立60

3.1 体内受精和早期胚胎发育61

3.2 体外受精和早期胚胎培养69

3.3 胚胎工程的应用及前景74

拓展视野 话说哺乳动物的性别控制82



专题4 生物技术的安全性和伦理问题85

科技探索之路 生物技术引发的社会争论86

4.1 转基因生物的安全性87

4.2 关注生物技术的伦理问题94

拓展视野 是研究合作，还是基因资源掠夺101

4.3 禁止生物武器102



专题5 生态工程105

科技探索之路 生态工程的兴起106

5.1 生态工程的基本原理107

拓展视野 前景广阔的沼气工程114

5.2 生态工程的实例和发展前景116

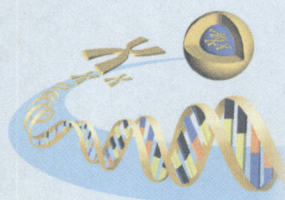
专题 1 基因工程

我们知道，烟草中含有的尼古丁是人类健康的杀手。但你听说过将烟草改造成可以生产医用蛋白的植物这一说法吗？其实，人们只要将能够生产药物蛋白的基因导入烟草中，烟草就可以变成批量生产药物蛋白的工厂；当我们将这些蛋白质，从烟草的叶片中提取出来，经纯化制成药物时，人类健康的杀手——烟草，就变成了人类健康的“保护神”。

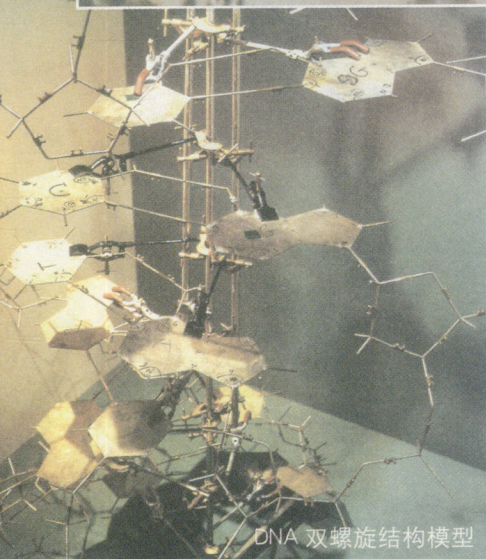
这样的奇思妙想，如今已不是天方夜谭式的神话，而是20世纪70年代初兴起的高新科技——基因工程带给人类的福音。让我们一起来关注基因工程的由来，以及它的迅猛发展吧！



基因工程是指按照人们的愿望，进行严格的设计，并通过体外DNA重组和转基因等技术，赋予生物以新的遗传特性，从而创造出更符合人们需要的新的生物类型和生物产品。由于基因工程是在DNA分子水平上进行设计和施工的，因此又叫做DNA重组技术。



艾弗里



DNA 双螺旋结构模型



限制性内切酶是分子的手术刀

基因工程是在生物化学、分子生物学和微生物学等学科的基础上发展起来的，正是这些学科的基础理论和相关技术的发展催生了基因工程。

20 世纪中叶，基础理论取得了重大突破

● **DNA 是遗传物质的证明** 1944 年，艾弗里 (O. Avery) 等人通过不同类型肺炎双球菌的转化实验，不仅证明了生物的遗传物质是 DNA，还证明了 DNA 可以从一种生物个体转移到另一种生物个体。艾弗里等人的工作可以说是基因工程的先导。

● **DNA 双螺旋结构和中心法则的确立** 1953 年，沃森 (J. D. Watson) 和克里克 (F. Crick) 建立了 DNA 双螺旋结构模型。1958 年，梅塞尔松 (M. Meselson) 和斯塔尔 (F. Stahl) 用实验证明 DNA 的半保留复制。随后不久确立的中心法则，解开了 DNA 复制、转录和翻译过程之谜，阐明了遗传信息流动的方向。

● **遗传密码的破译** 1963 年，尼伦伯格 (M. W. Nienberg) 和马太 (H. Matthaei) 破译编码氨基酸的遗传密码。1966 年，霍拉纳 (H. G. Khorana) 用实验证实了尼伦伯格提出的遗传密码的存在。这些成果不仅使人们认识到，自然界中从微生物到人类共用一套遗传密码，而且为基因的分离和合成等提供了理论依据。

技术发明使基因工程的实施成为可能

● **基因转移载体的发现** 1967 年，罗思 (T. F. Roth) 和海林斯基 (D. R. Helinski) 发现细菌染色体 DNA 之外的质粒有自我复制能力，并可以在细菌细胞间转移，这一发现为基因转移找到了一种运载工具。

● **工具酶的发明** 1970 年，阿尔伯 (W. Arber)、内森斯 (D. Nathans)、史密斯 (H. C. Smith) 在细菌中发现了第一个限制性内切酶 (简称限制酶) 后，20 世纪 70 年代初相继发现了多种限制酶和连接酶，以及逆转录酶，这些发现为 DNA 的切割、连接以及功能基因的获得创造了条件。

● **DNA 合成和测序技术的发明** 自 1965 年，桑格 (F.

Sanger)发明氨基酸序列分析技术后,1977年,科学家又发明了DNA序列分析的方法,为基因序列图的绘制提供了可能,之后,DNA合成仪的问世又为引物、探针和小分子量DNA基因的获得提供了方便。

● **DNA体外重组的实现** 1972年伯格(P. Berg)首先在体外进行了DNA改造的研究,成功地构建了第一个体外重组DNA分子。

● **重组DNA表达实验的成功** 1973年,博耶(H. Boyer)和科恩(S. Cohen)选用仅含单一EcoRI酶切位点的载体质粒pSC101,使之与非洲爪蟾核糖体蛋白基因的DNA片段重组。重组的DNA转入大肠杆菌DNA中,转录出相应的mRNA。这个实验证明了质粒不仅可以作为基因工程的载体,重组DNA还可以进入受体细胞,外源基因可以在原核细胞中成功表达,并实现物种之间的基因交流。至此,表明基因工程正式问世。

● **第一例转基因动物问世** 1980年,科学家首次通过显微注射培育出世界上第一个转基因小鼠。1983年,科学家又采用农杆菌转化法,培育出世界上第一例转基因烟草。此后,基因工程进入了迅速发展阶段。

● **PCR技术的发明** 基因工程问世后,1988年由穆里斯(K. Mullis)发明的PCR技术,使基因工程技术得到了进一步发展和完善。

上述仅是简要提及基础理论的突破和技术的创新。有些你已经学习过,更多的将在本专题中展开。科学提供对自然界的说明,技术将科学原理转化为工艺和产品,从而造福于人类。科学、技术、社会的互动,不断调整着人类与自然界的关系,推动着文明的进展。



伯格



转基因小鼠(下)
与对照小鼠

1.1 DNA 重组技术的基本工具



图 1-1 抗虫棉（左侧为对照）

► 寻根问底

根据你所掌握的知识，你能推测这类酶存在于原核生物中的作用是什么吗？

“工欲善其事，必先利其器”。我国拥有自主知识产权的转基因抗虫棉，就是通过精心设计，用“分子工具”构建成的。培育抗虫棉首先要在体外对含有抗虫基因的DNA分子进行“切割”、改造、修饰和“拼接”，然后，导入棉花体细胞内，并使重组DNA在细胞中表达。实现这一精确的操作过程至少需要三种工具，即准确切割DNA的“手术刀”、将DNA片段再连接起来的“缝合针”、将体外重组好的DNA导入受体细胞的“运输工具”。科学家已经找到并运用了这三种必需的工具，才使培育抗虫棉这一奇妙构想变成了现实（图 1-1）。

限制性核酸内切酶 —— “分子手术刀”

切割DNA的工具是限制性核酸内切酶 (restriction endonucleases)，又称限制酶 (restriction enzyme)。这类酶主要是从原核生物中分离纯化出来的。迄今已从近 300 种不同的微生物中分离出了约 4 000 种限制酶。它们能够识别双链DNA分子的某种特定核苷酸序列，并且使每一条链中特定部位的两个核苷酸之间的磷酸二酯键（图 1-2）断

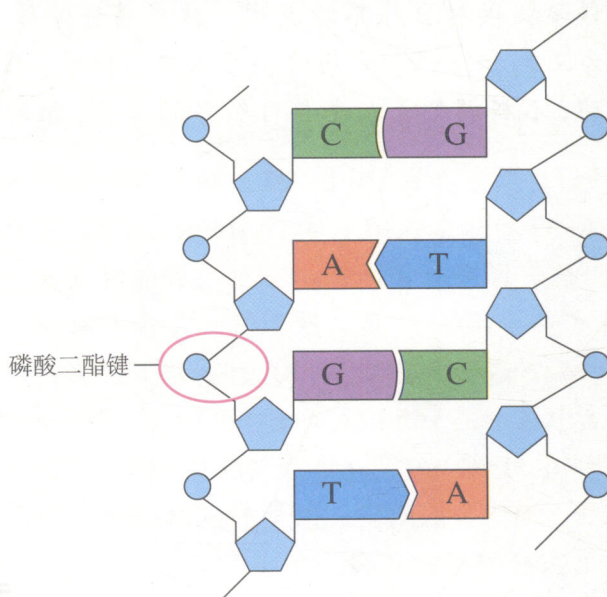


图 1-2 双链 DNA 结构和磷酸二酯键位置

开。大多数限制酶的识别序列由6个核苷酸组成，例如，*EcoRI*、*SmaI* 限制酶识别的序列均为6个核苷酸，也有少数限制酶的识别序列由4、5或8个核苷酸组成。DNA分子经限制酶切割产生的DNA片段末端通常有两种形式——黏性末端和平末端（图1-3）。当限制酶在它识别序列的中心轴线（图中虚线）两侧将DNA的两条链分别切开时，产生的是黏性末端，而当限制酶在它识别序列的中心轴线处切开时，产生的则是平末端。

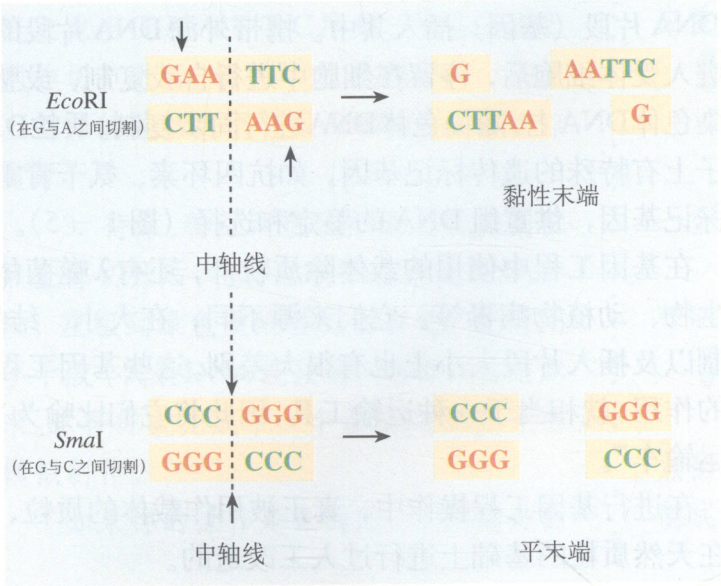


图1-3 切割DNA分子时产生的两种不同末端(箭头表示酶的切割位置)

DNA 连接酶 —— “分子缝合针”

将切下来的DNA片段拼接成新的DNA分子，是靠DNA连接酶来完成的。1967年，世界上几个实验室几乎同时发现了一种能够将两条DNA链连接起来的酶，称之为DNA连接酶(DNA ligase)。根据酶的来源不同，可以将这些酶分为两类：一类是从大肠杆菌中分离得到的，称为*E·coli* DNA连接酶；另一类是从T₄噬菌体中分离出来的，称为T₄ DNA连接酶。这两类酶都是将双链DNA片段“缝合”起来，恢复被限制酶切开了的两个核苷酸之间的磷酸二酯键(图1-4)，但这两种酶在性质上有差别：*E·coli* DNA连接酶只能将双链DNA片段互补的黏性末端之间连接起来，不能将双链DNA片段平末端之间进行

生物技术资料卡

限制酶的名字怎么起?

限制酶的名字是怎么起的呢？是用生物属名的头一个字母与种名的头两个字母，组成了3个字母的略语，以此来表示这个酶是从哪个生物中分离出来的。例如，一种限制酶是从大肠杆菌(*Escherichia coli*)的R型菌株分离来的，就用字母*EcoR*表示；如果它是从大肠杆菌R菌株中分离出来的第一个限制酶，则进一步表示成*EcoRI*。

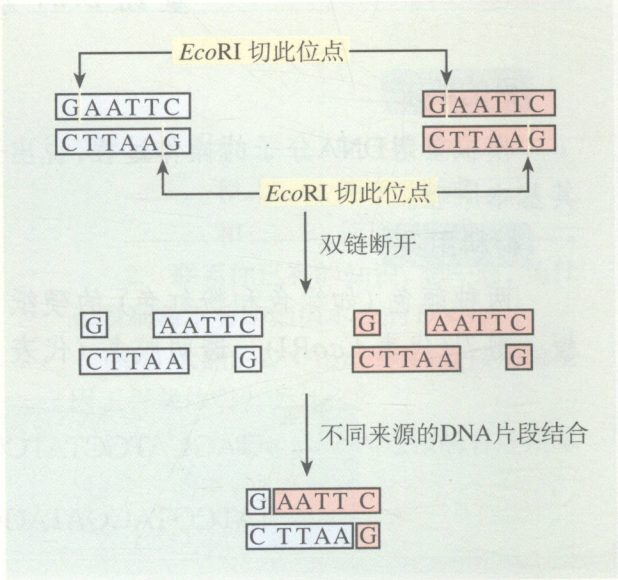


图1-4 DNA分子的切割和连接

寻根问底

DNA 连接酶与 DNA 聚合酶是一回事吗？为什么？



想一想，具备什么条件才能充当“分子运输车”？

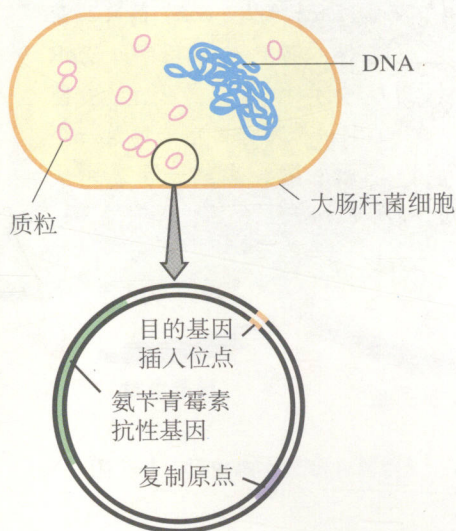


图 1-5 大肠杆菌及质粒载体结构模式图

连接。而 T_4 DNA 连接酶既可以“缝合”双链 DNA 片段互补的黏性末端，又可以“缝合”双链 DNA 片段的平末端，但连接平末端之间的效率比较低。

基因进入受体细胞的载体 —— “分子运输车”

用什么方法才能将外源基因送入细胞中呢？通常是利用质粒 (plasmid) 作为载体 (vector)，将基因送入细胞中。质粒是一种裸露的、结构简单、独立于细菌染色体（即拟核 DNA）之外，并具有自我复制能力的双链环状 DNA 分子。质粒 DNA 分子上有一个至多个限制酶切割位点，供外源 DNA 片段（基因）插入其中。携带外源 DNA 片段的质粒进入受体细胞后，停留在细胞中进行自我复制，或整合到染色体 DNA 上，随染色体 DNA 进行同步复制。质粒 DNA 分子上有特殊的遗传标记基因，如抗四环素、氨苄青霉素等标记基因，供重组 DNA 的鉴定和选择（图 1-5）。

在基因工程中使用的载体除质粒外，还有 λ 噬菌体的衍生物、动植物病毒等。它们来源不同，在大小、结构、复制以及插入片段大小上也有很大差别。这些基因工程载体的作用，就相当于一种运输工具，因此将它们比喻为“分子运输车”。

在进行基因工程操作中，真正被用作载体的质粒，都是在天然质粒的基础上进行过人工改造的。



模拟制作

重组 DNA 分子的模拟操作

目的要求

模拟重组 DNA 分子的操作过程，说出其基本原理。

材料用具

两种颜色（如绿色和粉红色）的硬纸板，剪刀（代表 *EcoRI*），透明胶条（代表

DNA 连接酶）。

方法步骤

1. 选两种颜色的等宽硬纸板，如绿色纸板和粉红色纸板。在绿硬纸板上依次等距离写上下列字母（字母要清晰、工整）：

..... ATAGCATGCTATCCATGAATTCGGCATAAC

..... TATCGTACGATAGGTACTTAAGCCGTATG

在粉红色硬纸板上依次等距离写上下列字母：

..... TCCTAGAATTCTCGGTATGAATTCCATAC

..... AGGATCTTAAGAGCCATACTTAAGGTATG

2. 用剪刀(代表*EcoRI*)进行DNA“切割”。先分别从两块硬纸板上的一条DNA链上找出G-A-A-T-T-C序列,并选G-A之间作切口进行“切割”;然后再从另一条链上互补的碱基之间寻找*EcoRI*相应的切口剪开。

3. 待绿、粉红两色硬纸板上的切割位点全部切开后,将粉红色纸板上的DNA片段,重组到绿色硬纸板的切口处。此时用不干胶(代表DNA连接酶)将切口黏结起来。这样你就完成了一个重组DNA分子的模拟制作。

如果你的操作是正确的,不同颜色的

黏性末端能互补配对。如果你制作的黏性末端不能互补配对,说明你的操作有误,应重新做一次。

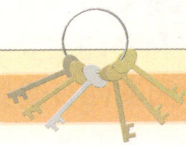
思考与讨论

请按真实操作过程思考一下:

1. 你模拟插入的DNA片段能称得上一个基因吗?
2. 如果你操作失误,碱基不能配对,可能是什么原因造成的?

进一步模拟操作

如果你有兴趣,可自制有*SmaI*切割位点的纸板,然后按上述步骤剪切和连结,制成一个新的重组DNA分子。



思考与探究

1. 限制酶在DNA的任何部位都能将DNA切开吗?以下是四种不同限制酶切割形成的DNA片段:

(1) ... CTGCA ... G	(2) ... AC ... TG	(3) GC ... CG ...	(4) ... G ... CTTAA
(5) G ... ACGTC ...	(6) ... GC ... CG	(7) GT ... CA ...	(8) AATTC ... G ...

你能用DNA连接酶将它们连接起来吗?

_____和_____能连接形成_____;

_____和_____能连接形成_____;
_____和_____能连接形成_____。

2. 联系你已有的知识,想一想,为什么限制酶不剪切细菌本身的DNA?

3. 天然的DNA分子可以直接用做基因工程载体吗?为什么?

4. 网上查询:DNA连接酶有连接单链DNA的本领吗?

1.2 基因工程的基本操作程序

基因工程的基本操作程序主要包括四个步骤：目的基因的获取、基因表达载体的构建、将目的基因导入受体细胞、目的基因的检测与鉴定(图1-6)。

► 求异思维

你能推测出由mRNA反转录形成cDNA的过程大致分为哪些步骤吗？查阅相关的书籍，看看书中所述是否与你的想法相似。

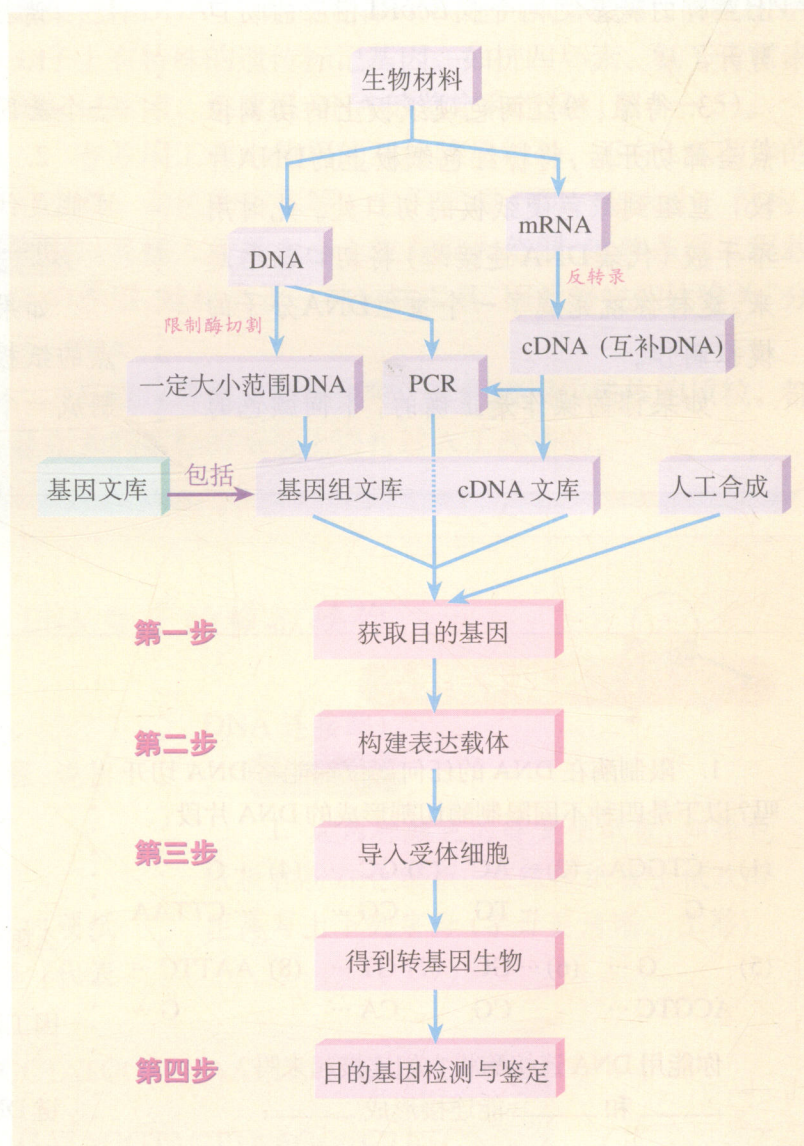


图1-6 基因工程的基本操作流程