

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材配套教材
卫生部“十二五”规划教材配套教材
全国高等医药教材建设研究会“十二五”规划教材配套教材

全国高等学校配套教材

供基础、临床、预防、口腔医学类专业用

医学生物学 学习指导

第4版

主编 傅松滨 陈峰

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材配套教材

卫生部“十二五”规划教材配套教材

全国高等医药教材建设研究会“十二五”规划教材配套教材

全国高等学校配套教材

供基础、临床、预防、口腔医学类专业用

医学生物学

学习指导

第4版

主编 傅松滨 陈 峰

编者 (按姓氏笔画排序)

卜晓波 (牡丹江医学院)

王 玉 (齐齐哈尔医学院)

王培林 (青岛大学医学院)

左 伋 (复旦大学上海医学院)

白 静 (哈尔滨医科大学)

刘 佳 (大连医科大学)

刘京昇 (泰山医学院)

刘学礼 (复旦大学社会科学部)

杨生玺 (青海大学医学院)

杨建一 (山西医科大学)

杨保胜 (新乡医学院)

吴白燕 (北京大学医学部)

邱广蓉 (中国医科大学)

宋土生 (西安交通大学医学院)

陈 峰 (哈尔滨医科大学)

范礼斌 (安徽医科大学)

胡火珍 (四川大学生命科学学院)

黄东阳 (汕头大学医学院)

傅松滨 (哈尔滨医科大学)



人民卫生出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

医学生物学学习指导/傅松滨等主编. —4 版. —北京:
人民卫生出版社, 2013

ISBN 978-7-117-17191-5

I. ①医… II. ①傅… III. ①医学-生物学-医学院校-
教学参考资料 IV. ①R318

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 085740 号

人卫社官网	www.pmph.com	出版物查询, 在线购书
人卫医学网	www.ipmph.com	医学考试辅导, 医学数 据库服务, 医学教育资 源, 大众健康资讯

版权所有, 侵权必究!

医学生物学学习指导

第 4 版

主 编: 傅松滨 陈 峰

出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 010-59780011)

地 址: 北京市朝阳区潘家园南里 19 号

邮 编: 100021

E - mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-59787592 010-59787584 010-65264830

印 刷: 北京市卫顺印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 8

字 数: 210 千字

版 次: 2002 年 9 月第 1 版 2013 年 3 月第 4 版

2013 年 3 月第 4 版第 1 次印刷 (总第 4 次印刷)

标准书号: ISBN 978-7-117-17191-5/R · 17192

定 价: 21.00 元

打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: WQ@pmph.com

(凡属印装质量问题请与本社市场营销中心联系退换)

▶ 前 言

为配合卫生部规划教材——全国高等学校临床医学专业五年制教材《医学生物学》（第8版）的使用，《医学生物学》编委会组织编写了配套教材《医学生物学学习指导》（第4版）。

《医学生物学学习指导》（第4版）归纳总结了《医学生物学》（第8版）教材各章的学习要点，一方面便于授课教师在备课和辅导时作为教学的参考资料，另一方面也可以使学生在自学过程中能够更好地理解教材各章节的重点和难点。此外，《医学生物学学习指导》（第4版）配套教材还包括《医学生物学》（第8版）教材各章的练习题和部分参考答案，以供学生自学时进行自测和参考。

与3版《医学生物学学习指导》相比，第4版配套教材在内容上有了一定的更新与完善，但疏忽在所难免，诚恳地希望广大师生使用后及时提出宝贵意见，以便修订时及时得到更正。

傅松滨

2012年10月于哈尔滨

▶ 目 录

第一部分 生物学发现及其启示	1
第二部分 各章学习要点及练习题	17
第一章 生命的特征与起源	17
学习要点	17
自测题及答案	18
一、练习题	18
二、练习题答案	21
第二章 生命的基本单位——细胞	22
学习要点	22
自测题及答案	23
一、练习题	23
二、练习题答案	28
第三章 生命的延续	30
学习要点	30
自测题及答案	32
一、练习题	32
二、练习题答案	36
第四章 生命的遗传与变异	38
学习要点	38
自测题及答案	48
一、练习题	48
二、练习题答案	57
第五章 生命的个体发育	59
学习要点	59
自测题及答案	61
一、练习题	61
二、练习题答案	67

第六章 生物多样性及其形成机制	69
学习要点	69
自测题及答案	69
一、练习题	69
二、练习题答案	70
第七章 生物分类的方法与分类系统	71
学习要点	71
自测题及答案	73
一、练习题	73
二、练习题答案	77
第八章 生物的进化	78
学习要点	78
自测题及答案	79
一、练习题	79
二、练习题答案	81
第九章 生物与环境	82
学习要点	82
自测题及答案	84
一、练习题	84
二、练习题答案	86
第十章 疾病的生物学机制	87
学习要点	87
自测题及答案	89
一、练习题	89
二、练习题答案	90
第十一章 克隆与医学	91
学习要点	91
自测题及答案	92
一、练习题	92
二、练习题答案	94
第十二章 人类基因组计划与功能基因组学	95
学习要点	95
自测题及答案	96
一、练习题	96
二、练习题答案	97

第十三章 神经医学	98
学习要点	98
自测题及答案	99
一、练习题	99
二、练习题答案	101
第十四章 生殖医学	102
学习要点	102
自测题及答案	105
一、练习题	105
二、练习题答案	108
第十五章 预测医学	110
学习要点	110
自测题及答案	111
一、练习题	111
二、练习题答案	111
第十六章 干细胞	112
学习要点	112
自测题及答案	114
一、练习题	114
二、练习题答案	115

第一部分 生物学发现及其启示

生物学史上每一个新的发现，特别是那些称得上“科学革命”的伟大发现，在为人类知识宝库增添奇珍异宝的同时，都或多或少、或隐或现地留下了生物学家攀登科学山巅的足迹，为后继者跃上新的高峰提供了路标。

由于生物是一个复杂的系统，它各种特有的奇异属性使得整部生物学史自始至终都充满了艰辛、曲折和斗争。生物学本身不仅包括专业知识和技能，而且包括概念的相互联系以及对知识本性的理解等世界观和方法论问题。任何一项生物学成果无不蕴藏着丰富多彩而又具体生动的科学思想和科学方法。所以，从某种意义上说，一部生物学史既是生物学知识的增长史，同时也是生物学思想的演变史和生物学方法的发展史。英国唯物主义哲学家、现代实验科学的真正始祖弗朗西斯·培根说过：“史鉴使人明智”。今天，我们在学习和掌握生物学基本概念、基本理论和基本方法的同时，以历史和哲学的眼光，追溯这些概念、理论和方法的来龙去脉，有助于拓宽知识、增长见识、开阔思路、启发思维。

一、追问生命

生物学研究的一个总题目、总概念是关于生命的本质与起源，它涉及生物学最基本的问题：生命是什么？生命是从哪里来的？对于这些问题的回答，反映人类对生命本质及其发展规律总体的或根本性的看法，也称为“生命观”，它构成了人类自然观的重要组成部分。

（一）生命的本质

多姿多彩、纷繁复杂的自然界存在两大类物体，一类是无生命的物体，另一类是有生命的物体，即生物体。这对于古代的人们也是一目了然的。于是，就提出了一个问题：生命是什么？当你拿起一只鸡蛋和一块形状大小相当的鹅卵石相比较时，这个问题显得十分突出。自从有了生物学研究的那一天起，人类就执着地探索着它，试图揭开它的奥秘。

古代和中世纪的科学水平极其低下，特别是由于宗教迷信势力的统治，得到巩固和发展的只能是唯心论的生命观，认为生物之所以有生命，那是由于“灵魂”或“活力”进入肉体并指挥其活动的结果，一旦灵魂升天，活力消失，就留下了一具具死躯壳。由于这种彼岸的“灵魂”、“活力”是由万能的上帝或神灵赐予的，所以人类永远也无法认识生命的本质。

17世纪，意大利物理学家伽利略（Galileo）在机械学和力学研究上所取得的成功，使人们以为一切自然现象包括生命活动，都可以运用机械力学原理迎刃而解。法国哲学家拉美特利（LaMettrie）1748年甚至还出版了《人是机器》一书。由此可见，人类为了认识生命的本质，不仅要从事生物学的实验研究，而且更需要正确的生命观的理论指导。

文艺复兴以来，建立在实验基础上的近代生物学开始兴起，并在许多领域取得了一系列的重大发现。1838~1839年，德国植物学家施莱登（Schleiden）和德国动物学家施万（Schwann）创立了细胞学说。这一学说纠正了动、植物界是毫不相关的两个生命界的错误看法。这样，整个生物界就在细胞基础上得到了统一。1839年，荷兰化学家马尔德（Mulder）指出了蛋白质的基本公式为 $C_{40}H_{62}O_{12}N_{10}$ ，并用“Protein”命名之，意即“最重要的”物质。

1859年，英国生物学家达尔文出版了划时代的巨著《物种起源》，提出了以自然选择为核心的生物进化论，系统地阐明了生物从简单到复杂、由低级到高级的进化规律，从而动摇了“神创论”、“物种不变论”等唯心主义形而上学自然观的统治，使生物学开始建立在完全科学的基础之上。

今天，“生命是什么”这个问题看起来似乎不难回答。每个人对于什么东西是活的，什么东西是死的，或多或少有一点概念。可是，生命究竟具有哪些特质才使它有别于非生命物质呢？这个问题是不容易回答的。有些科学家认为，生命的基本特征主要表现在：共同的生命大分子基础——核酸、蛋白质；相似的生命基本单位——细胞；高度一致的生命基本运动形式——新陈代谢；维持机体生命活动的统一机制——信息传递；生物体量变与质变的表现形式——生长和发育；生生不息的基础——生殖；生命的中枢——遗传与变异；生命发展的全部历史——进化；自然界相互依存的基本法则——生物与环境的统一。在这些基本特征中，一般认为，新陈代谢是生命的本质特征，它包括同化作用和异化作用两个过程。生命系统的新陈代谢是从非生命物质的新陈代谢发展来的，但是它们之间又有本质的区别，其主要区别具体表现在以下三个方面：①生物体内的自我调节机制，任何生命存在的每一瞬间，都在不断地调节自身体内各种功能状况以及调整自身和外界的关系；②生物体内部大分子的自我复制；③生物体内部的化学反应、生物与环境的反应是有选择的、独立的反应。

自我调节、自我复制、选择反应是生命区别于非生命最基本的特征，也是生命规律不同于物理、化学规律的本质与根据。当然，在生命活动中也包含有机械的、物理的和化学的过程，而且这种过程是大量存在的。但是，在生物体内的这些过程只是一种次要形式，它们都服从生物学的规律。

（二）生命的起源

生命是从哪里来的？这是任何一种哲学的生命观必须回答的问题。生命起源，这桩地球上至少40亿年前悄然发生的事件，经过地球的沧桑巨变，似乎已没再留给我们什么可供考察的蛛丝马迹。要找到生命起源的真正原因，已是十分困难，但是人类一直期盼揭开这一亘古之谜。尽管时至今日人类还没能实现这个愿望，只是有了一个日益详细的总体框架。但是，总结这部曲折的生命起源研究历史，看看各种哲学思想对它的影响，对于我们今天深入这一生命科学最为客观的领域和极其艰深的课题研究是大有裨益的。

在古时候，由于生产力水平低下，人们缺乏科学知识，往往根据表面现象的观察，认为生命是自然而然发生的，这种解释生命起源的观点，称为“自然发生说”或“自生论”。第一个用实验否定自生论的是17世纪意大利的雷迪（Redi）医生，他首先对当时流行的腐肉生蛆的自生观点发生怀疑，并做了一个简单又有说服力的实验。他把新鲜的肉切成碎块，放在几个干净的瓶子里，其中有的瓶口用纱布盖住，有的不盖。过了几天，他发现只有不盖纱布的瓶子里的肉才生蛆，而盖有纱布的瓶子里面的肉虽然也腐烂了，但却没有生出蛆来。于是，他得出结论：腐肉并不能生蛆，蛆是由落在肉上的苍蝇卵变来的。雷迪的这个实验颇有说服力，使“自生论”受到了冲击。

1860年，巴斯德对滋生微生物的泥块和肉汤等试验材料进行煮沸消毒后，并没有看到细菌之类的微生物产生。以后的类似实验也同样表明，经过高温杀菌处理的泥土、肉汤等也不会发现生命的踪迹。巴斯德由此认为，肉汤中长出细菌之类的微生物，是由于肉汤受到外界肉眼看不见的微生物孢子污染的结果。巴斯德在科学实验中所提供的雄辩事实，使“自生论”遭到彻底破产。在巴斯德看来，“生物只能从生物产生，一切生物来自生物”。

1924年，奥巴林（Oparin）在恩格斯关于“生命的起源必然是通过化学途径实现的”这一辩证唯物主义生命观的启发下，根据达尔文生物进化论的观点，综合了当时自然科学的一

些成就，写成了第一本《生命起源》小册子，但当时并没有引起人们的注意。1936年，奥巴林进一步丰富和发展了他的观点，出版了《地球上生命起源》一书，不久该书在英国、美国都有了英译本。从此，奥巴林关于地球上生命起源的假说在国际上引起了反响。奥巴林认为，生命起源是一种化学进化过程，并大致把它划分为三个阶段：①地球上的生命是由无生命物质长期进化发展而来的；②生命起源的第二阶段是从简单有机物演化为复杂有机物；③具有新陈代谢生命特征的多分子体系的产生是生命起源最关键的一步，这个阶段是由死变活的质变阶段。

1953年，美国科学家米勒（Miller）在奥巴林学说的启发下，根据其导师尤利（Urey）的一些设想，把甲烷、氨、水蒸气、氢气的混合体装在一个封闭的系统内，连续火花发电1周，结果得到大量有机化合物。反应产物经鉴定有11种氨基酸，其中甘氨酸、丙氨酸、天冬氨酸和谷氨酸四种氨基酸，存在于天然蛋白质中。米勒模拟原始地球条件合成生物小分子，对生命起源研究产生了重大影响，成为生命起源研究史上一个关键性实验。虽然米勒使用的仪器很简单，但是他构思严谨、设计精巧，并能很好地符合实验要求，对后人有很大的启示。其后，许多科学家相继模拟原始地球条件，合成了很多种有机化合物。

关于生命起源化学进化的实验模拟虽然进行了大量工作，但主要还是集中于生物小分子的合成方面，至于重要生物大分子的合成进展并不大，而关于原始细胞模型的工作更是限于假设和推测，离原始地球上的原始生命还有很大差距。生命起源要研究的是40多亿年前物质如何“由死变活”的问题，难度可想而知。只有加强多学科合作，特别是宇宙学、地质学、有机化学和分子生物学等学科协同作战，才有可能逐步攻克生命起源这个堡垒。

二、探索细胞世界

细胞是生物体的结构、功能单位。在人类深入探索细胞世界的过程中，许多科学家为开拓和发展细胞生物学而不懈努力，付出了艰辛的劳动，在细胞生物学史上留下了光辉的篇章。

（一）细胞的发现和细胞学说的确立

人类在很长时期内，主要是依靠肉眼来观察世界上形形色色的事物。从15世纪起，特别是16世纪以后，光学有了长足进展，有关光的知识日渐丰富起来。据说，在1485年，意大利著名画家达·芬奇就曾强调过使用透镜研究微小物体的重要性。

从16世纪末到17世纪初，深受当时盛行的玻璃研磨技术和精细加工技术的影响，显微镜和望远镜几乎同时被发明。显微镜最早的发明者是谁至今难以定论，一般认为是荷兰的磨镜工詹森。一次偶然的机，詹森把两片镜片装在一个筒子里，组装成一台最原始的显微镜。詹森虽然是发明显微镜的第一人，但并没有发现显微镜的真正价值。显微镜的问世，掀起了观察和研究微小物体的热潮，人们把那些热衷于使用显微镜进行研究的学者统称为“显微镜学派”。享有“英国的双眼和双手”之誉的胡克便是其中的杰出代表。

胡克从小勤奋好学，制作出来的小玩意总有人意想不到的新意。这位天才的实验大师把自己的才华巧妙运用到力学、光学、天文学和生物学等诸多领域，他所设计和发明的科学仪器在当时是无与伦比的。他曾把两片凹透镜组合起来看鸡毛，发现羽干像树枝那么粗大，绒毛也成了一根根粗壮的线。这个现象引发了他的兴趣，他反复调节两个镜片之间的距离，终于找到了镜片间的距离与放大倍数之间的关系。

1665年，负责英国皇家学会光学仪器修理工作的胡克，在自制的一台能放大40~140倍的复合显微镜旁，用削笔刀从一小块清洁的软木上切下了一片光滑的薄片，并放在显微镜下进行观察，他似乎看到了一片小小的空洞，但并不太清楚。之后，他更加细心地再切下极薄的一片，

放在一片黑色载物板上（因为软木是白色的），于是清楚地看到这种软木薄片原来是由排列整齐的蜂窝状小室组成的。胡克便把这些小室称为细胞——cell，cell的原意是“空室”。他在《显微谱志》中介绍发现细胞的过程时说：“从软木那样轻和容易变形来判断……如果我再细心一些，我想我可以用显微镜把它看清楚。……用一深度的凸镜投光其上，我能非常清楚地看到它全部是多孔的，很像一只蜂巢。”其实，胡克当时所看到的“细胞”，实际上不是活的细胞，而是软木组织中一些细胞留下的空腔。尽管如此，人们仍然认为胡克是世界上第一个发现细胞的人。胡克的发现激发了人们探索生物结构奥秘的兴趣与热情，许多人纷纷借助显微镜对各种材料进行观察，提供了不少有关细胞方面的知识。

完成细胞学说确立工作的是两位德国生物学家施莱登和施万。

施莱登生于德国汉堡，是一位著名医生的儿子。他早年在海德堡大学学习法律，毕业后回家乡从事律师工作。1931年，施莱登不惜放弃律师职业，前往格丁根大学攻读医学，以后又到柏林大学学习植物学。施莱登是一位性情古怪但很有才干和创造力的科学家，他才思敏捷，善于透过现象抓住问题的本质，这使他在科学上获得了很大成就。但他为人傲慢，易于激动，看问题主观，这也使他在工作中出现了不少错误。凭借对科学的敏感性，从布朗发现的而未被人们重视的细胞核入手，他发现细胞核与细胞发育有密切关系，从而进一步探讨了细胞的产生和形成问题。根据观察和研究，施莱登于1838年发表了《论植物发生》一文，阐述了对植物体结构及从细胞到个体的生长发育规律的一系列观点。他认为：所有的植物，不论其复杂程度如何，都是由各种不同的细胞组成的。这些细胞又是以相同的方式产生的。因此，细胞是一切植物结构的基本生命单位，一切植物都是以细胞为实体发育而成的。

施莱登的好朋友施万生于德国诺伊斯，早年在维尔茨堡和柏林学医，1834年毕业后，成为柏林解剖学研究所著名生理学家米勒（Müller）的助手。在米勒的鼓励下，他在组织学、生理学、微生物学等方面，都作出了重要贡献。施万是一位虔诚的天主教徒，性情温和，善于思考，为人谨慎、保守。他的性格在许多方面与施莱登恰好形成鲜明的对照。然而，他们之间一直保持着深厚的友谊。

施万研究动物细胞，其思路和方法与前人不同。他不是静止地、孤立地描述特征，而是把细胞和生物或胚胎的发育结合起来研究。通过大量解剖观察比较，施万发现：动植物体的基本部分，不管怎样不同，都有一个普遍的发育原则，那就是细胞的形成。他不仅善于发现新东西，而且善于总结归纳。他用事实证明，一切动物的受精卵，无论大小，都是一个单细胞。施万还发现，动物细胞在所有方面都与植物细胞相似，细胞是所有生物构造和发育的基础。1839年，施万发表了《关于动植物的结构和生长的一致性的显微研究》。在这篇具有划时代意义的著名论文中，对前人、施莱登和他自己观察到的有关动植物显微构造的资料进行了系统的理论概括。施万认为：植物的外部形态虽然是五花八门的，“可是实际上处处都是由同一东西——细胞所构成”；类型比植物更加多样化的动物，“不过是由细胞构成的，而且是由和植物细胞完全类似的细胞构成的，这些细胞在营养活动中，某些方面表现出极端惊人的一致。”由此看来，“所有生物实际上是按同样的规律形成和生长的，因而这些过程应该处处被同样的力量所制约。”这样就推翻了分割动植物界的巨大屏障，给动物和植物在发生、发育方面架起了一座跨越鸿沟的桥梁。

细胞学说是生物学上关于机体结构的第一个学说，也是从整个生物界着眼所提出的第一个结构学说。它的确立，是生物学研究史上一座光芒四射的里程碑。它的确立标志着一门新学科——细胞学的兴起，意味着人们对生物结构的认识，已由器官层次进入到细胞层次；同时也标志着生物学研究方向和学术观点上的转折。它对生物学进一步发展有着深远的推动作用和指导意义。细胞学说为我们展示了动植物体的基本构成部分和生命活动的基本单位。动植物细胞尽管在外形和具体功能方面千差万别、千变万化，却有着共同的基本构造和基本特性，按照共同的

规律发育，有相似的生命过程。细胞不是一成不变的，而是有自己的生长和发育过程。这就纠正了动植物界是毫不相干的两个生命界的错误看法，用细胞本身的发生和发育过程，证实和揭示了动植物体结构上存在着共同的起源、遵循着共同的规律。从此，动植物体结构的统一性，不再是哲学的推论，而是自然科学的事实。

（二）细胞器的探索

著名细胞生物学家布拉舍曾经说过：“细胞好比一座分子‘工厂’，人们一定会觉得奇怪，小小的细胞怎么可以和工厂相比？如从形体大小来看，细胞与工厂是无法相比的，但是，显微镜帮助我们打开了微观世界的大门，深入到细胞超微结构的内部，你就会发现，细胞之中确实也有‘车间’和‘机器’，就像真正的工厂一样。这座分子工厂中的‘车间’和‘机器’就是细胞器”。

通过电子显微镜看上去，细胞质中存在着形形色色的微小结构。以一个典型的动物细胞为例，就有线粒体、内质网，高尔基体、溶酶体以及中心体等，在植物细胞中尚有叶绿体等。这些结构各具独特的形态，执行特定的功能，好似生物体中的器官，所以称它们为“细胞器”。

线粒体从外形上看有点像“花生壳”，由内外两层膜包围而成。外膜使它与周围的细胞质分开，内膜的某些部位向内腔折叠，使其表面积大大增加，为职能的充分行使扩展了足够的空间。早在1850年，德国生物学家寇利克就发现了它，1898年才把这种线状的颗粒结构称为“线粒体”。1934年，本斯利从豚鼠肝细胞中分离出了线粒体，从此开创了细胞器的研究。1948年，完整的线粒体第一次通过差速离心的方法被纯化。随后研究表明，细胞生命活动所需的能量，大约95%来自线粒体，就好像工厂的动力来源，人们把它比喻为“细胞的动力站”。

更加奇妙的是，线粒体的能量转换率极高，可达44%左右，而一般蒸汽机车的能量转换率不过8%。看来世界上所有机器的能量转换率与线粒体比较起来都是望尘莫及的，难怪线粒体对生物学家和仿生学家有那么大的吸引力。

叶绿体主要存在于绿色植物的叶肉细胞、幼茎的皮层细胞之中，它的外表呈球形或扁平椭圆形，内部含有由一个个烧饼状的囊状物堆叠而成的结构，称为基粒。就在基粒上，分布有进行光合作用的色素和有关的酶。早在1880年，德国植物学家席姆佩尔就证明淀粉是植物光合作用的产物，又是植物储存能量的来源。3年后，他又发现淀粉只在植物细胞的特定部位形成，并将其命名为“叶绿体”。20世纪初，德国化学家韦尔斯泰特经过10年的不懈努力，采用了当时最先进的色层分离技术，从成吨的绿叶中终于捕捉到了神秘的物质——叶绿素。1940年，德国鲁斯卡用刚刚发明出来的电子显微镜，成功地拍摄了世界上第一张叶绿体的电镜照片。

叶绿体能够巧妙地利用太阳光的能量，把二氧化碳和水合成营养物质，这种“光合作用”的本领为它赢得了“养料制造车间”的美名。太阳光、二氧化碳和水在大自然中取之不尽、用之不竭。人类能不能模仿叶绿体的功能，直接利用太阳能，把二氧化碳和水制造成粮食呢？这真是一个十分诱人的问题。

在绝大多数的动植物细胞内，还存在一种由膜结构连接而成的网状物，称为内质网。它与蛋白质、脂质和糖类的合成有关，也是蛋白质等物质的运输通道，就像是合成有机物的“车间”。

在内质网上附着有一种椭圆形的小颗粒，它们有的也游离在细胞质中。1953年，罗宾逊和布朗用电镜观察植物细胞时，发现了这种小颗粒。2年后，帕拉德在动物细胞中也看到了同样的小颗粒，并进一步研究了这些小颗粒的化学成分和结构功能。1958年，罗伯茨根据化学成分将这些小颗粒命名为“核糖核蛋白体”，简称核糖体，又称“核蛋白体”。核糖体是细胞内合成蛋白质的场所，人们把它比喻为蛋白质的“装配机”。

普遍存在于动植物细胞中的高尔基体，由平行排列的扁平囊泡和大小不等的小泡组成。1898年，意大利科学家高尔基在研究银盐浸染的猫头鹰神经细胞时，发现了它们，并定名为“高尔

基体”。一般认为，高尔基体与细胞分泌物的形成有关，它本身没有合成蛋白质的功能，但可以对蛋白质进行加工和转运，所以人们把它比喻成蛋白质的“加工厂”。

动物和低等植物细胞内参与细胞分裂过程的中心体，通常位于细胞核附近，由两个互相垂直排列的中心粒及其周围的物质组成。中心粒外形呈柱状，细胞分裂时，两个中心粒分开，四周发出与染色体移动有关的星状射线。

再来看看细胞内的“垃圾处理站”——溶酶体吧！它是一种具有囊状结构的细胞器，里面含有多种水解酶类，能够分解多种物质。在电子显微镜出现之前，人们曾把溶酶体跟线粒体或分泌颗粒混为一团。直到1955年，细胞生物学家诺维科夫在大鼠肝细胞中得到一些微粒，运用超速离心方法并结合电镜观察，才被认为是一种新发现的细胞器，1956年正式定名为“溶酶体”。

在科学家们与细胞中的“小工厂”打交道的过程中，克劳德及其学生帕拉德和德迪韦作出了突出贡献。他们不仅发现了多种细胞器，而且深入研究了这些细胞器的结构与功能及其与细胞病变和疾病的关系，开启了现代细胞生物学的一扇大门，为全面深入研究细胞精细结构奠定了基础。为此，他们共同登上了1974年诺贝尔奖的领奖台。

（三）细胞核的发现

如果把大脑看成是人体的“司令部”，那么细胞核就是细胞的“司令部”。细胞核是遗传物质的主要所在地，是细胞代谢、生长、分化的控制室。大量实验表明，凡是无核的真核细胞，如人体成熟的红细胞，既不能生长，也不能分裂。人工去核的细胞，一般也不能继续存活，比如，大家熟悉的变形虫去除细胞核以后，代谢减弱，运动停止；而重新移入细胞核后，又能够恢复生命活力。由此可见，细胞核在细胞生命活动中有着举足轻重的作用。

19世纪初，细胞学的一项重大成果就是细胞核的发现。1831年，英国植物学家布朗在研究施肥对植物的影响时，利用一台放大倍数约300倍的显微镜，通过仔细观察，终于发现了植物细胞内的一个小核，称为“细胞核”，并发现一个植物细胞只有一个细胞核。可是布朗当时并不理解细胞核的作用，因而也没有进一步研究细胞核的结构和功能。

1838年，德国植物学家施莱登认为，细胞核能够生成新细胞，并称这些细胞核为“细胞形成核”。这个观点引起了细胞学家迈恩的强烈反对，他认为细胞是经分裂而增殖，并指出许多细胞并没有细胞核。1876年，赫特维希在研究海胆卵细胞受精作用时发现，精子的细胞核会进入卵子的内部，并与卵子的细胞核融合，第一次解释了生物个体由单一有核细胞发育而成的可能性。

在显微镜下，细胞核最常见的形状是球形和卵形，当然也有其他的形状，比如，白细胞的细胞核呈多瓣形，蚕的丝腺细胞的细胞核呈分枝形。尽管细胞核的形状多种多样，但它的基本结构却大致相同，即主要结构是由核膜、染色质、核仁和核骨架构成。细胞一般只拥有一个细胞核，而有的细胞有两个以上的细胞核，例如，人的骨骼肌细胞中细胞核可多达数百个。

不管是单细胞生物，还是多细胞生物，凡具有细胞核的生物，通称为“真核生物”，包括原生生物界、真菌界、植物界和动物界。真核生物与原核生物的“分水岭”在于：细胞核。真核生物的细胞内含有细胞核，许多真核细胞中还含有其他细胞器，如线粒体、叶绿体、高尔基体等。

原核生物是一种无细胞核的单细胞生物，它们的细胞内没有任何膜性细胞器。原核生物包括细菌和以前称为“蓝绿藻”的蓝细菌，以分裂方式繁衍后代。原核生物曾是地球上唯一的生命形式，它们独占地球长达20亿年以上。虽然我们一般无法直接看见原核生物，但它们的数量庞大，远远超过了真核生物的数目。如今它们的家族依然无比兴旺，而且在大自然物质的循环中扮演着重要角色。

(四) 染色体与细胞分裂的研究

为什么会“种豆得豆，种瓜得瓜”？你要想知道其中的奥秘，就得去认识一下细胞中的小小“魔法棒”——染色体。

19世纪中期，德国霍夫迈斯特在植物花粉母细胞中，隐隐约约看到细胞核内不均匀地分布着一些丝状物。几年后，生物学家弗莱明发现，这些丝状物能够被碱性染料（如甲紫溶液、苏木精、醋酸洋红等）染色。于是，弗莱明把细胞核内的这些丝状物称为“染色质”。细胞分裂时，这种物质在显微镜下呈现为小棒状，被德国解剖学家瓦尔德尔称为“染色体”。其实，染色质和染色体是同一种物质，只不过是在细胞分裂间期和分裂期间的不同形态表现而已。科学研究已表明，它们的化学成分主要是脱氧核糖核酸（DNA）和蛋白质。

1883年，就有生物学家观察到生殖细胞（马蛔虫的卵）染色体数目减少一半的现象，并推测到减数分裂的存在。1896年，美国威尔逊撰写了著名的《细胞和发育与遗传》一书，这本专著对当时细胞学的成果，特别是对染色体知识进行了出色的系统总结，大大促进了细胞学与遗传学的融合。不久，美国萨顿和德国博韦里根据减数分裂与遗传因子之间的相似性，得出遗传因子位于染色体上的结论，最终确定了染色体和遗传的关系。自此，细胞学与遗传学“亲密联姻”，细胞遗传学应运而生。

染色体上记录了某一物种的全部遗传信息，物种间的差别在于染色体上的差异。如人的头发、眼睛、皮肤的颜色，早在每个人的染色体中就已确定了。染色体在细胞分裂时，能够复制出完全相同的另一套，并分配给新诞生的细胞，这就最大限度地保证了亲代和子代在遗传上的稳定性。这也正是生活中“种豆得豆，种瓜得瓜”的缘由所在。

染色体在形态结构或数量上的异常被称为“染色体异常”，由染色体异常引起的疾病称为“染色体病”。现已发现的染色体病不下100种。染色体病在临床上常可造成流产、唐氏综合征（又称先天愚型）、先天性多发性畸形以及肿瘤等。临床上染色体检查的目的就是为了发现染色体异常和诊断由染色体异常引起的疾病。

染色体的发现是生命科学史上的一座里程碑。通过对染色体的深入研究，可以使人类在更深刻的程度上探究生命活动的机制。2007年，美国科学家文特尔代表他的科研团队宣布，他们在实验室制造出了一个化学合成的人工染色体，并将其成功地移植到另一个没有染色体的细胞中。2010年，文特尔又宣布了世界首例“人造生命”——完全由人造基因控制的单细胞细菌诞生，起名为“辛西娅”。尽管“人造生命”历程艰险，但是这项实验表明，新的生命体可以在实验室里“被创造”，而不是一定要通过“进化”来完成。文特尔强调，他们的研究纯粹是基础性的，不是彻底人工制造一个全新的生物，而是在更大程度上对一种生命体的改造。

1939年，德国动物学家施万曾为我们认真地描绘了新细胞产生时的神奇景象：当细胞核长到一定大小时，细胞核周围便形成一个小泡，这个小泡在母细胞中逐渐长大，进而形成子细胞。当子细胞的体积超过母细胞的细胞核体积时，便从母细胞中分离出来，于是形成一个完整的新细胞。显然在细胞繁殖问题上，施万与施莱登的观点是不谋而合的。但是不久，德国的耐格里和雷马克在低等水藻、鸡胚、蝌蚪等动植物细胞的研究中发现，细胞并不像施莱登和施万所说的那样，而是以细胞分裂的方式形成的。

1858年，魏尔肖提出了“一切细胞来自细胞”的著名论断，即认为个体的所有细胞都是通过原有细胞的分裂产生的。德国医生、病理学家魏尔肖，多年来从尸体和患者身上收集了丰富材料，在显微镜下对血栓、炎症、白血病等疾病的细胞病理变化进行了大量观察和研究。起初，他也认为细胞核形成细胞，甚至用自己观察到的——炎症中白细胞大量在受伤部位出现的现象来支持这一观点。然而，当他观察角膜炎痊愈过程中的细胞变化时，却发现白细胞并不是在伤口处形成的。通过进一步的研究，他得到了耐格里和雷马克关于细胞分裂的结论。不过，魏尔肖更为

彻底地认为：“生命，只有来自生命的直接延续”。这就是“一切细胞来自细胞”理论的哲学基础。

科学家们发现细胞分裂的方式有无丝分裂、有丝分裂和减数分裂。

无丝分裂是最早发现的一种细胞分裂方式，早在1841年，科学家们就已在鸡胚的血细胞中看到了。因为分裂时没有纺锤丝出现，故称无丝分裂。又因这种分裂方式是细胞核和细胞质的直接分裂，所以又称直接分裂。

有丝分裂又称体细胞分裂，它是多细胞生物中细胞繁殖的主要方式。动植物体细胞、受精卵的分裂，以及体外培养细胞的繁殖都属于有丝分裂。1882年，德国弗莱明在他的《细胞质、细胞核和细胞分裂》一书中，将有丝分裂分为前期、中期、后期加以详细描述，确定了每一时期细胞形态变化的特征。这是当时研究细胞分裂最好的一本书。

科学家们研究发现，同一物种内的生物，其细胞内都含有同样数目的染色体，细胞中的染色体是成对存在的。在有丝分裂过程中，染色体的数目先加倍，然后细胞再一分为二，加倍的染色体再平均分配给子细胞，因此，分裂后的两个子细胞各含有与原来母细胞相同数目的染色体。20世纪50年代末，科学家们发现，人类染色体共有46条，23对，一半来自父亲，一半来自母亲。

减数分裂也称成熟分裂，1883年，比利时胚胎学家贝内登在动物中发现了生殖细胞的减数分裂现象；1886年，德国植物学家斯特拉斯布格又在植物细胞中发现了减数分裂现象。减数分裂是生殖细胞形成时的一种特殊的细胞分裂，分裂结果使生殖细胞核内的染色体数目减半。这种细胞也称为单倍体细胞，常见的如精子与卵子。当精子与卵子受精形成一个细胞——受精卵后，受精卵中的染色体就恢复到原有的数目，由此出现了一个新生命的开始。显而易见，减数分裂及精卵结合是保证生命体世代交替和种类稳定的重要环节。

当人们认识到生物体内体细胞的有丝分裂和生殖细胞的减数分裂都离不开染色体时，把染色体比作小小的“魔法棒”也并不夸张。因为体细胞的有丝分裂导致生命体的成长壮大，而生殖细胞的减数分裂则导致生命体的生生不息。

（五）进入到分子水平的细胞生物学

近20多年来，随着分子生物学的突飞猛进，新方法、新技术如雨后春笋，层出不穷，细胞研究已深入到分子水平。在这里仅介绍布洛贝尔（Blobel）所作出的贡献。德国海德堡的欧洲分子生物学实验室的西蒙斯（Simons）认为：“布洛贝尔是第一个将细胞生物学研究带入分子水平的细胞生物学家，他找到了适于分子水平的科学研究方法。在此之前，细胞生物学仅仅是描述的学科。”

布洛贝尔是德国细胞生物学家。1971年，他提出了一个“关于细胞如何控制蛋白质运送”的“信号假说”。在他看来，细胞内新合成的蛋白质分子就像扔在邮筒里的信件一样，每一封信上面都有一个邮政编码或地址标签。蛋白质分子的邮政编码就是分子内一段特殊的氨基酸序列，称为“蛋白质中的信号序列”或“信号肽”，它指明了该蛋白质分子要去的目的地。换句话说，就是蛋白质分子内部所携带的某种信号帮助它们准确地找到自己在细胞内的应处位置。“信号假说”当初纯粹是一种猜测，是想象和直觉的产物。在当时还缺乏任何数据的情况下，提出这样一个猜测性的观点，这对许多人来说简直是傲慢到了极点。因此，布洛贝尔的“信号假说”，当时受到众多的批评，试图否定这一假说的论文源源不断的出现，他的论文也被无数次拒绝。然而，布洛贝尔却执着坚信自己的理论，并以一种不屈不挠的决心用实验来证实其假说的所有预测。布洛贝尔回忆道：“该假说起初只是一种奇妙的构想，在当时显得相当超前，那时还没有任何证据表明存在蛋白质‘信号序列’。但是，它是我们那时所能构建的最好假说。”

到1975年，布洛贝尔终于译解出第一条蛋白质信号序列，同时还对1971年所做的假说进行了扩充，即进一步假定在内质网薄膜中存在一条蛋白质通道，那些将要被分泌的蛋白质经该通

道进入内质网。在以后 10 多年里，布洛贝尔研究出这个过程各个阶段的分子机制，证明“信号假说”不仅正确，而且适用于微生物、植物和动物细胞的普遍规律。在完成了 20 世纪 90 年代早期的一系列实验之后，布洛贝尔终于非常自豪地宣布他领导的研究小组已经证实——确实存在着长期以来令人困惑的内质网蛋白质通道。

以布洛贝尔信号理论为核心的细胞内蛋白质运输机制的阐明，对生物学和医学领域的影响是广泛而深远的。它为现代分子细胞生物学奠定了基础，将细胞生物学的研究真正扩展到了分子水平，成为细胞生物学发展的新里程碑，同时也为疾病的研究提供了新的思路。布洛贝尔因此荣膺了 1999 年诺贝尔生理学/医学奖。

布洛贝尔获得诺贝尔奖当之无愧，也启发我们在成功获得对自然界看似综合全面的理解中，保持不同的科学研究风格是多么重要。布洛贝尔是一个相当有人情味、充满激情的科学家，对他的研究倾注了深厚的情感。他的理论诞生于丰富的想象力和直觉的飞跃，而不像其他某些伟大的科学成就那样来自于冷冰冰的数字计算、形式逻辑的推理，或是绝妙地抓住了一次偶然的时机。像布洛贝尔这样解决了一个如此复杂的问题，最初又没有借助于任何系统的研究，很难想象用其他方法怎么能够成功。著名生物学家安德森（Anderson）和沃尔特（Walter）认为，这是一种在生物学中正日趋式微的风格，不仅因为基因组时代的到来预示着人们必须利用大量的数据，而且探索的动力不再来自于科学中的假说。布洛贝尔的研究风格需要一种惊人的精神加上勇气：情愿去追求一个不确定正确与否的观点。布洛贝尔获得诺贝尔奖证明了一个事实：如果一个人有足够勇气的话，有时仅仅通过深刻的思考也可以解决艰难的问题。

三、揭开遗传的奥秘

遗传和变异是生命的基本特征之一。自古以来，人们对生物的遗传和变异现象就产生了浓厚的兴趣，尽管也试图揭示遗传的奥秘，但由于当时科学水平的限制，只能依靠猜测。

（一）孟德尔学说及其遭遇

从 18 世纪后期开始，植物杂交实验就已经蓬蓬勃勃地开展了。其最初目的是试图培育出植物新种。不少人发现，植物杂交之后产生出的第一代在性状上比较一致，第二代的性状就开始会变得多种多样，杂交的最后结果难以预料，最终没能发现什么规律性的东西。到孟德尔研究时情况发生了变化：要从最简单的事物中认识真理。

孟德尔首先找来 34 种类型的豌豆，花了 2 年时间进行纯系培育后，从中取出 22 种具有可区分的稳定性状的类型，又去除了其中性状差异不明显的类型，最后选取了 7 对相对性状：①种子形状的圆形与皱形；②子叶颜色的黄色与绿色；③种皮颜色的灰色与白色；④豆荚形状的饱满与不饱满；⑤未成熟豆荚颜色的绿色与黄色；⑥花序顶生与腋生；⑦株高与株矮。孟德尔在用具有上述性状的植株进行杂交实验的过程中，最初所用的父本和母本之间仅仅要求相差一个性状，排除了其他因素的影响，使被研究的现象简单化，方便对植株性状进行传递规律观察。他在对 7 对相对性状分别进行杂交后发现，子 1 代表现的性状都类似于两个亲本中的一个，“从未观察到在两个亲本性状之间逐渐过渡的类型或连续趋向于双亲之一的类型”。子 1 代自花授粉后产生的子 2 代中，两个原有亲本的性状又同时表现出来，产生性状的分离。这种杂种后代中显性现象和分离现象的发现，为孟德尔提出遗传因子的“颗粒性”假说提供了重要的论据。在单一性状遗传情况初步搞清以后，他又引入了新的因素，同时研究 2 对、3 对、更多对性状的遗传情况，逐渐使研究对象复杂化，由简入繁，步步深入地进行研究，又发现了自由组合规律。

孟德尔在总结前人经验教训时也认识到，以往的杂交实验的规模和方法，都没有做到对杂种子代中出现的各种类型进行计数，也没有准确地把每一代中出现的这些类型进行分类，因此

不能明确这些类型的统计学关系。只有从事大规模的杂交实验，并用数学方法处理实验中表现出来的资料，才是唯一正确的方法。

孟德尔在每一个实验中都尽量扩大实验规模，仔细地把杂种后代分成几类，精确地记下每一类的个体数目，运用数学方法加以分析。如在进行红花豌豆和白花豌豆的杂交实验时，子₁代都为红花，子₂代中红花705株，白花224株，两者之比接近3:1。他在进行其他6对相对性状的杂交实验时，也出现了类似情况。当进行两对相对性状的杂交实验时，子₂代中4种类型的比例数为9:3:3:1，恰好是3:1的平方。根据大量实验中的数字表现，孟德尔用数学方法确定了杂种性状在后代系列中分离比的关系，即(3:1)ⁿ，在纷繁复杂的实验结果中找出了规律性。孟德尔开创性地将数学方法引入遗传学研究，使其从粗放的观察和简单的思考上升为精密的数量分析，这是遗传学研究方法上的重大突破。

孟德尔曾分别于1865年2月8日和3月8日在布隆自然历史学会召开的学术例会上，报道了自己历时8年的植物杂交实验的成果，翌年，他的论文《植物杂交试验》正式发表。那个时代，科学界正急切地需要这样一种学说的问世，然而，孟德尔的工作及成果却被全然埋没了。为什么孟德尔能创立这种学说而其他人还没有思想准备接受呢？首先，孟德尔一生发表的论文寥寥无几，又不善于对自己新颖独特的科学成果做广泛的宣传，以引起学术界的共鸣；其次，孟德尔学说的遭遇还由于科学理论之间的“抑制效应”，即已发展的理论对正在发展的理论存在着一种抑制因素。1866年，孟德尔正式发表论文时，正值达尔文《物种起源》发表的第7个年头，学术界仍然醉心于达尔文的进化论，一些著名生物学家主要兴趣是生物的变异，而不是生物的遗传；再次，在孟德尔时代，科学界尚缺乏完全认识孟德尔学说的思想基础；最后，孟德尔本人对自己实验结果的重要性还不能完全认识和充分肯定，他的学说还存在局限性和薄弱环节。

孟德尔学说的遭遇告诫我们，科学真理不是出于他人的权威，也不是来源于对陈旧教条的崇拜。科学史上很多引人注目的发现，是由初出茅庐的“小人物”作出的，学术权威也是由小人物变成的。然而，在日常生活（包括科学研究活动）中，人们却往往具有一种盲目迷信权威，而对小人物置之不理或有偏见。孟德尔学说的悲剧，也在于他当时是一个无名之辈。孟德尔发表论文时，只是一个普普通通的牧师，在专家们眼里，他还够不上一名地道的生物学家，也没有诸如博士、教授之类的头衔。因此，孟德尔辛辛苦苦从事的植物杂交研究，竟被看作“不过是为了消遣，而他的理论不过是一个有魅力的懒汉的唠叨罢了”。从科学史上看，由于权威漠视小人物，从而压制科学新成果，埋没科学人才的例子俯首即是。

孟德尔学说的遭遇还告诉我们，科学发现是一种社会的历史现象。任何科学理论都是特定历史条件下的产物，因此，只能在我们的时代条件下，进行认识，而且这些条件达到什么程度，我们便认识到什么程度。恰如美国著名遗传学家斯坦特（Stent）所说，孟德尔的见解似乎远远超出了他的时代，而“超时代”的发现是由个别人完成的，并且是供个别人利用而不是供社会利用的。

（二）发现DNA结构的方法论

沃森（Watson）和克里克（Crick）于1953年提出的“核酸的分子结构——脱氧核糖核酸的一个结构模型”，是20世纪以来生物学最伟大的发现。这一发现使生物学研究从细胞水平深入到分子水平，整个生物学面貌为之一新，开创了分子生物学的崭新时代。

和任何科学发现和发明一样，DNA结构的发现离不开当时生物学发展的科学背景。1944年，埃弗里等通过肺炎球菌的转化实验，说明了细菌DNA呈现细菌遗传载体的作用。由于受到传统成见的束缚，埃弗里等还不敢直截了当地肯定基因就是DNA，但却使DNA的重要性初露端倪，同时吸引了一批科学家（包括不少物理学家和化学家）把目光投向DNA，使DNA的研究成为当时世界生物学的前沿领域。沃森后来回忆说：“那时DNA仍然是一个谜。大家都想在这个领域里