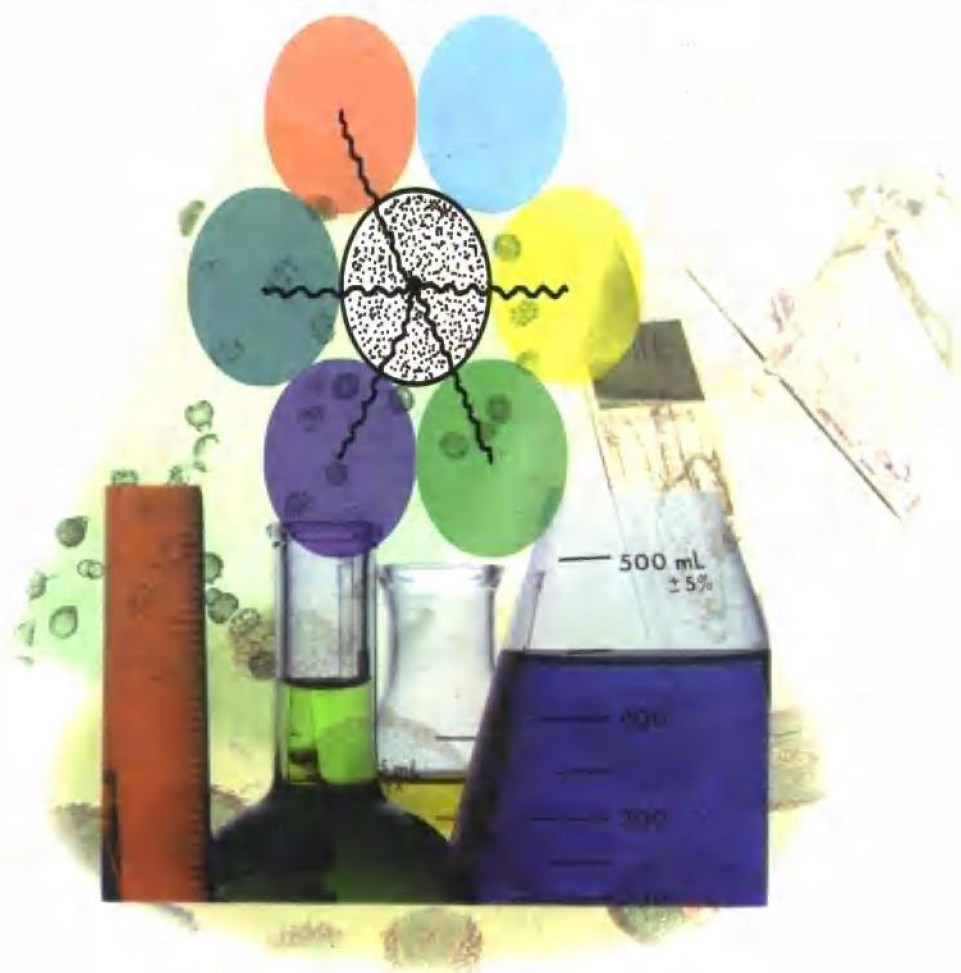


· 高等学校专业教材 ·

生物化学

(适用于工业发酵专业)

· 魏述众 主 编 ·



中国轻工业出版社

生 物 化 学

(适用于工业发酵专业)

魏述众 主编

ND28.128

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

生物化学/魏述众主编. —北京: 中国轻工业出版社, 1996. 11 (1999. 8 重印)

适用于工业发酵专业

ISBN 7-5019-1892-9

I. 生… I. 魏… II. 发酵-生物化学 N. TQ920.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 09578 号

责任编辑: 李炳华 唐是雯

*

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

网 址: <http://www.Chlip.Com.cn>

印 刷: 中国人民警官大学印刷厂

经 销: 各地新华书店

版 次: 1996 年 11 月第 1 版 1999 年 8 月第 2 次印刷

开 本: 787×1092 1/16 印张: 26.25

字 数: 607 千字

书 号: ISBN7-5019-1892-9/Q·003 定价: 40.00 元

· 如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换 ·

前 言

本书是轻工高等院校工业发酵专业教材委员会统一组织编写的教材之一,是工业发酵专业本科“生物化学”的教学用书,也可作为本专业专科及成人教育的教材。

本书取材以突出专业的实际需要为特点,着重阐述了生物化学的基础理论、基本概念、物质代谢和能量代谢的基本规律及其与轻工发酵生产的关系,适当反映了生化领域中比较成熟的有关应用研究成果,以及与本专业有关的新动向。本书不是压缩饼干式的写法,各章内容繁、简不一,该详则详,该简则简。

教材内容的组织,注意了系统性和逻辑性,附加了一些必要的指导学习的内容。例如每章开始有学习指导,章后有习题和主要参考书。学习指导说明了本章内容的地位,编写宗旨和教学要求,并根据大纲,把学习要求分为掌握和了解两个层次,希望能起到沟通编者与读者思路的作用。书中用小体字编入了一些参考性内容,作为自学参考。

全书共分十四章,编写分工是:绪论、糖类化合物、蛋白质、维生素及辅酶、代谢总论、生物氧化、糖代谢、脂类及脂代谢由魏述众编写,核酸、生物膜的结构与功能、核酸降解及核苷酸代谢由年燕兰编写,酶由王玉华编写,核酸与蛋白质的生物合成及基因工程由年燕兰、高祖泉合写,蛋白质降解及氨基酸代谢由王玉华、年燕兰合写,微生物的代谢调节由魏述众、王玉华合写。

编写工作承轻工高等院校工业发酵专业教材委员会主任伦世仪教授、顾国贤教授的关心和支持,高焕春教授除主审了全部书稿之外,还对编写大纲提出了宝贵的指导性建议,山东大学江伯英教授对糖类化合物,高东教授对微生物的代谢调节等章提出了重要的指导性意见。张日亮同志誊清了大部分书稿,在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平所限,书中问题和错误在所难免,敬请提出批评纠正。

编 者

目 录

绪 论

一、生物化学的涵义	1
二、学科的形成和发展	1
三、本课程的内容组成	2
四、为什么要学习生物化学	4
五、学习生物化学应注意的几个问题	5

第一章 糖类化合物

学习指导	6
第一节 概述	6
一、糖类化合物的概念	6
二、糖的种类	6
第二节 单糖的结构和性质	8
一、单糖的分子结构	8
二、单糖的理化性质	12
三、重要的单糖	18
第三节 重要的寡糖	19
一、双糖	19
二、三糖	20
第四节 几种重要的植物多糖	20
一、淀粉	20
二、纤维素	26
三、果胶质	27
四、海藻胶	29
第五节 几种经济微生物多糖	30
一、葡聚糖 (dextran)	31
二、黄原胶 (xanthan gum)	32
三、茁霉多糖 (pullulan)	33
四、透明质酸 (hyaluronate)	33
五、环状糊精 (cyclomaltoextrin)	34
习题	35
主要参考文献	35

第二章 蛋 白 质

学习指导	36
第一节 概述	36
一、蛋白质的概念	36
二、蛋白质的化学组成	36
三、蛋白质的分类	37
四、蛋白质的分布和生物学意义	39
第二节 氨基酸	40
一、蛋白质的水解	40
二、氨基酸的结构和分类	41
三、氨基酸的理化性质	44
四、氨基酸的分离制备和分析鉴定	51
第三节 蛋白质分子的一级结构与功能	56
一、蛋白质分子的一级结构	56
二、体内活性肽	61
第四节 蛋白质分子的空间结构与功能	62
一、构型与构象	62
二、维系蛋白质分子构象的化学键	63
三、蛋白质分子的二级结构	64
四、球状蛋白质分子的三级结构	68
五、球状蛋白质分子的四级结构	71
第五节 蛋白质的重要理化性质	72
一、蛋白质的胶体性质	72
二、蛋白质的两性解离和等电点	74
三、蛋白质的变性作用	76
四、蛋白质的沉淀作用	77
五、蛋白质的颜色反应	79
六、蛋白质的紫外吸收性质	80
第六节 蛋白质相对分子质量的测定	80
一、化学测定法	80
二、超离心沉降速度法	81
三、凝胶过滤法	81
四、SDS—聚丙烯酰胺凝胶电泳法	82
习题	84
主要参考文献	84

第三章 核 酸

学习指导	85
第一节 概述	85

一、核酸的发现及发展	85
二、核酸的类别、分布和功能	85
第二节 核酸的组成	86
一、核酸的完全水解产物	86
二、核苷和核苷酸	87
三、稀有组分	87
四、核苷酸衍生物	88
第三节 DNA 的结构	89
一、DNA 的一级结构	89
二、DNA 的二级结构	90
三、DNA 的三级结构	91
四、染色体结构	92
第四节 RNA 的结构	93
一、RNA 的一级结构	93
二、RNA 的二级结构	95
三、RNA 的三级结构	97
第五节 核酸及核苷酸的性质	97
一、物理性质	97
二、紫外吸收性质	97
三、核酸和核苷酸的两性解离	99
四、核酸的变性、复性和分子杂交	99
五、核酸的显色反应	101
第六节 核酸的分离提取和纯化	101
一、核酸分离提取的一般原理和方法	101
二、核酸的纯化	102
习题	103
主要参考文献	103

第四章 维生素与辅酶

学习指导	104
第一节 概述	104
第二节 水溶性维生素及有关辅酶	104
一、维生素 B ₁ 和焦磷酸硫胺素 (TPP)	104
二、维生素 B ₂ 和 FAD、FMN	106
三、维生素 B ₅ 和辅酶 I、辅酶 II	107
四、维生素 B ₆ 和磷酸吡哆醛、磷酸吡哆胺	108
五、维生素 B ₃ 和 4'-P-PaSH 及 CoASH	109
六、生物素与羧化酶辅酶	110
七、叶酸与辅酶 F (CoF)	111
八、维生素 B ₁₂ 及维生素 B ₁₂ 辅酶	113

九、硫辛酸	114
十、维生素 C	115
第三节 脂溶性维生素	116
一、维生素 A	116
二、维生素 D	117
三、维生素 K	118
四、维生素 E	119
习题	121
主要参考文献	121

第五章 酶

学习指导	122
第一节 概述	122
一、酶的概念	122
二、酶的历史发展	122
三、酶学的重要性	123
第二节 酶催化作用的特点	123
一、酶与非生物催化剂的共性	123
二、酶作为生物催化剂的特点	124
第三节 酶的命名与分类	125
一、习惯命名法	125
二、国际系统命名法	126
三、国际系统分类法及编号	127
第四节 酶分子的组成与结构	130
一、单成分酶和双成分酶	130
二、酶分子的空间结构及酶活性中心	130
三、酶原和酶原激活	131
四、寡聚酶、同功酶和变构酶	132
五、多酶复合体	133
第五节 酶催化作用的机制	134
一、与酶高效催化作用有关的因素	134
二、锁钥假说和诱导契合假说	136
第六节 酶促反应动力学	137
一、底物浓度对酶促反应速度的影响	137
二、酶浓度对反应速度的影响	141
三、pH 对酶促反应速度的影响	142
四、温度对酶促反应速度的影响	143
五、抑制剂对酶促反应速度的影响	144
六、激活剂	146
第七节 酶活力测定	147

一、酶活力、酶单位、比活力	147
二、酶促反应的时间进程曲线和初速度	148
三、酶活测定方法	149
四、酶活测定法举例	150
第八节 酶的分离、纯化	152
一、酶分离、纯化的一般原则与注意事项	152
二、菌体细胞的破碎	152
三、酶的抽提	153
四、发酵液的预处理	153
五、酶液的浓缩	154
六、酶的粉剂和液体制剂	154
七、酶的精制	155
八、回收率、纯化倍数和纯度的鉴定	156
九、酶制剂的保存	156
第九节 固定化酶	156
一、固定化酶概况	156
二、固定化酶的制备方法	157
三、辅酶的固定化	160
四、固定化细胞	160
五、固定化酶和固定化细胞的应用	161
习题	161
主要参考文献	162

第六章 生物膜的结构与功能

学习指导	163
第一节 细胞膜与胞内膜	163
一、生物膜的概念	163
二、细胞膜	164
三、细胞器	164
第二节 生物膜的化学组成和结构	170
一、生物膜的组成	170
二、膜脂和膜蛋白在脂双层两侧分布的不对称性	175
三、生物膜的流动性	176
四、生物膜的结构模型	178
第三节 生物膜的物质运送功能	179
一、穿膜运送	179
二、膜泡运送	183
习题	184
主要参考文献	184

第七章 代谢总论

学习指导	186
第一节 新陈代谢的有关概念	186
一、新陈代谢	186
二、物质代谢和能量代谢	186
三、分解代谢和合成代谢	186
四、代谢途径	187
五、生物的营养类型	187
第二节 代谢的发生过程	188
一、分解代谢的一般过程	188
二、合成代谢的一般过程	189
第三节 中间代谢的实验研究方法	190
一、体内实验和体外实验	190
二、代谢途径的探讨方法	191
第四节 微生物的代谢特点及其与发酵生产的关系	194
一、生物新陈代谢的共性	194
二、微生物的代谢特点	195
习题	195
主要参考文献	196

第八章 生物氧化

学习指导	197
第一节 概述	197
一、生物氧化的涵义	197
二、生物氧化的化学本质和特点	197
三、有氧氧化和无氧氧化	198
第二节 生物氧化中的能量问题	198
一、氧化还原电位	198
二、自由能变化 (ΔG^0)	201
三、高能键及高能化合物	202
第三节 生物氧化酶类	204
一、不需氧脱氢酶类	204
二、需氧脱氢酶类	206
三、氧化酶类	207
四、电子传递体	208
第四节 三羧酸循环 (TCA 循环)	210
一、TCA 循环的反应历程	210
二、TCA 循环的生理意义	214
三、TCA 循环的调节控制	215

第五节 呼吸链及氧化磷酸化	216
一、呼吸链的概念及类型	216
二、底物水平磷酸化和氧化磷酸化	218
三、氧化磷酸化的偶联部位	219
四、氧化磷酸化偶联机制	220
第六节 生物氧化中 CO_2 的生成	221
一、单纯 α -脱羧	221
二、 α -氧化脱羧	221
三、单纯 β -脱羧	221
四、氧化性 β -脱羧	221
习题	222
主要参考文献	222

第九章 糖 代 谢

学习指导	223
第一节 多糖的酶促降解	223
一、淀粉水解酶类	223
二、纤维素的生物降解及纤维素酶	227
三、果胶质降解酶类	228
第二节 葡萄糖的酵解 (EMP 途径)	229
一、酵解与发酵的涵义	230
二、酵解途径的反应历程	230
三、酵解的生理意义	237
四、无氧条件下丙酮酸的去路	238
第三节 葡萄糖的有氧分解代谢	242
一、有氧氧化途径 (EMP—TCA 途径)	242
二、丙酮酸氧化脱羧	242
三、葡萄糖有氧氧化分解的生理意义	245
四、回补途径	247
五、发酵生产柠檬酸的生化机理	248
第四节 单磷酸己糖支路 (HMP 途径)	249
一、HMP 途径的生化过程	250
二、HMP 途径的生理意义	253
第五节 磷酸解酮酶 (PK) 途径	254
一、磷酸解酮酶途径的生化过程	254
二、异型乳酸发酵	255
第六节 脱氧酮糖酸途径 (ED 途径)	256
一、ED 途径的生化过程	256
二、细菌酒精发酵	257
第七节 葡萄糖分解代谢途径的相互联系	258

一、各种途径在不同生物中的分布	258
二、各代谢途径间的相互联系	259
习题	260
主要参考文献	260

第十章 脂类及其代谢

学习指导	261
第一节 概述	261
一、脂类的概念	261
二、脂类化合物的种类	261
三、脂类的分布和生理功能	266
第二节 甘油三酯的分解代谢	267
一、脂肪酶和甘油三酯(脂肪)的酶促水解	267
二、甘油的代谢	268
三、脂肪酸的氧化分解	268
第三节 脂肪酸和甘油三酯的生物合成	273
一、软脂酸合成酶系	273
二、合成原料的准备	274
三、软脂酸生物合成的反应过程	275
四、脂肪酸碳链在线粒体内加长	278
五、不饱和脂肪酸的生成	278
六、甘油三酯的合成	279
七、酒类中低级脂肪酸酯的生成	281
第四节 甘油磷脂的生物合成	283
习题	285
主要参考文献	285

第十一章 蛋白质的降解与氨基酸代谢

学习指导	287
第一节 氮源与氨基酸库	287
一、氮源	287
二、氨基酸库	287
第二节 蛋白酶类及蛋白质的酶促水解	288
一、蛋白酶的分类	289
二、蛋白质的酶促水解	290
第三节 氨基酸分解代谢的公共途径	291
一、氨基酸的脱氨基作用	292
二、氨基酸的脱羧基作用	297
三、氨基酸的脱氨、脱羧作用	297
四、氨基酸脱氨、脱羧产物的进一步代谢	298

五、氨基酸分解代谢途径小结	301
第四节 氨基酸的合成代谢	302
一、氨基酸合成的公共途径	302
二、一般氨基酸的生物合成	304
三、人体必需氨基酸的生物合成	307
第五节 发酵生产谷氨酸的生化机理	313
一、谷氨酸的生物合成途径	313
二、谷氨酸生产菌需具有的生化特点	313
三、环境条件对谷氨酸发酵的影响	315
第六节 糖、脂肪、蛋白质代谢的相互联系	315
一、糖与蛋白质的相互转化	315
二、糖与脂类的相互转化	315
三、蛋白质与脂类的相互转化	316
习题	317
主要参考文献	317

第十二章 核酸降解及核苷酸代谢

学习指导	318
第一节 核酸的酶促降解	318
一、核酸的降解和核酸酶类	318
二、核酸酶	318
第二节 核苷酸的分解代谢	321
一、嘌呤的分解代谢	321
二、嘧啶的分解代谢	322
第三节 核苷酸的合成代谢	322
一、嘌呤核苷酸的合成	323
二、嘧啶核苷酸的合成	326
三、脱氧核苷酸的合成	328
四、核苷(或脱氧核苷)二磷酸、三磷酸的生成	329
习题	329
主要参考文献	329

第十三章 核酸与蛋白质的生物合成及基因工程

学习指导	330
第一节 DNA 的生物合成	330
一、DNA 的半保留复制合成	330
二、DNA 的反转录合成	336
第二节 RNA 的生物合成	337
一、DNA 指导的 RNA 合成	337
二、RNA 的复制合成	342

第三节 蛋白质的生物合成	343
一、遗传密码	344
二、核糖体	346
三、蛋白质的合成过程	347
四、蛋白质合成后的到位	352
第四节 基因突变和 DNA 损伤的修复	352
一、基因突变	352
二、DNA 损伤的修复	355
第五节 基因工程	356
一、目标基因的获得	357
二、载体的选择	358
三、目标基因和载体 DNA 的体外连接	359
四、将重组体 DNA 导入受体细胞	360
五、转化子的筛选和鉴定	360
六、外源基因的正确表达	360
七、基因工程的应用	361
习题	361
主要参考文献	362

第十四章 微生物的代谢调节

学习指导	363
第一节 概述	363
一、细胞内各种代谢之间的联系及代谢调节的涵义	363
二、细胞调节体系的概况	364
三、研究细胞调节的意义	366
第二节 细胞结构对代谢途径的分隔控制	366
第三节 酶活性调节机理	368
一、调节酶	368
二、调节酶的种类和酶活调节机理	368
三、变构酶及酶活变构调节机理	369
四、共价修饰酶及酶活共价修饰调节机理	375
五、解聚、聚合作用调节机理	377
第四节 酶量调节机理	377
一、操纵子的概念和类型	378
二、诱导型操纵子调控机理举例	380
三、阻遏型操纵子调控机理举例	384
四、真核细胞的酶量调节	389
第五节 分支合成代谢途径的几种反馈调节模式	389
一、同工酶调节模式	390
二、协同反馈抑制	391

三、顺序反馈抑制	392
四、积累反馈抑制	393
五、分支合成途径的阻遏作用	394
第六节 能荷对糖代谢的调节及巴斯德效应的解释	394
第七节 代谢控制与发酵工业生产	396
一、代谢调控发酵	396
二、以代谢调控理论指导微生物的定向育种	397
三、改善细胞膜的通透性	399
习题	400
主要参考文献	400

绪 论

一、生物化学的涵义

生物化学是关于生命的化学，或者说是关于生命的化学本质的科学。它是以研究生物体的化学组成，生物物质的结构和功能，生命过程中物质变化和能量变化的规律，以及一切生命现象（例如：生长、发育、运动、呼吸、遗传、变异、衰老、生命起源，等等）的生物化学原理为基本内容的科学。

生物化学涉及的范围很广，学科分支越来越多。以所研究的生物对象之不同，可分为动物生化、植物生化、微生物生化、昆虫生化、临床生化，等等。随着生化向纵深发展，学科本身的各个组成部分常常被作为独立的分科，如：蛋白质生化、糖的生化、核酸、酶学、能量代谢、代谢调控，等等。现代科学中非常引人注目的分子生物学，可视为以研究生物大分子的结构与功能为主要内容的现代生物化学的前沿学科。

二、学科的形成和发展

生物化学是一门新兴学科，是本世纪早期在有机化学、生物学、医学等学科的基础上形成的一门边缘学科。

早在史前，人类就已经在生产、生活和医疗等方面积累了许多与生化有关的实践经验。例如：我们的祖先在公元前 22 世纪就用谷物酿酒；公元前 12 世纪就会制酱、制饴；公元前 7 世纪，孙思邈就用车前子、杏仁等中草药治疗脚气病，用猪肝治疗夜盲（雀目）症等。然而，人们对生命的化学本质的认识却很晚，直到 18 世纪中后期才有所发现。例如，18 世纪 70 年代，Scheele 从动、植物材料中分离出甘油及柠檬酸、苹果酸、乳酸、尿酸等有机物。18 世纪 80 年代，Lavoisier 发现呼吸作用吸入氧气 (O_2)，呼出 CO_2 ，证明了呼吸就是氧化作用。他还证明了酒精发酵本质上是一系列的化学反应过程。

19 世纪，对生命现象开展了比较广泛的研究，对生命的化学本质的认识有了许多重大进展，为生物化学学科的形成奠定了基础。例如，1810 年 Gay-lussac 推导出了酒精发酵的反应式；1833 年 Payen 分离出麦芽淀粉酶；1838 年施莱德-施旺提出了细胞学说。19 世纪 50 年代 Pasteur 证明了酒精发酵是微生物引起的，排除了发酵自生论。19 世纪 60 年代，德国生理化学家 Hoppe-seyler 得到了蛋白质结晶—血红蛋白；Mendel 发表了豌豆杂交试验；Miescher 发现核酸等。此后，又有 Altmann 对线粒体进行了多方面的研究。Fischer 等人对酶的催化作用机理进行了早期的研究。1877 年，Hoppe-Seyler 首次提出“Biochemie”（“生物化学”）这一名词，并创办了《生理化学》杂志。从此，随着生产和研究工作的发展，以及教学工作的需要，生物化学的有关内容才从有机化学、生理学、医学等学科中独立出来，逐渐形成了现在这样一门以生物功能为轴心的理论体系独特的边缘学科。应当说，发酵和医学研究对生化的发展，无论是在生化的早期，还是在现代生化

研究中，都是重要的动力。特别值得提出的是，1897 年 Büchner 兄弟利用无细胞酵母汁液发酵蔗糖产生酒精的研究，是生化发展早期的一个重要里程碑。它不仅结束了关于酒精发酵机理持续了半个世纪的大论战，而且将酶学和代谢等现代生化研究引入了一个快速发展的新时期。

本世纪 30 年代以来，生物化学进入了快速发展的历史时期。脂肪酸氧化降解途径、糖酵解途径、三羧酸循环途径的基本化学过程都在 30 年代提出来了。继 1926 年 Sumner 获得脲酶结晶，证明了酶的化学本质是蛋白质之后，蛋白质分子结构和功能的研究成了学者们追逐的热点，终于在 1955 年，由 Sanger 首次完成了牛胰岛素分子的一级结构分析。在 10 年之后的 1965 年，由我国生物化学家率先完成了结晶牛胰岛素分子的人工合成，为推动核酸、蛋白质等生物大分子的人工合成作出了重大贡献。同一历史时期，关于蛋白质分子空间构象与功能的研究，核酸大分子结构与功能的研究，生物膜的结构与功能的研究，以及生物氧化、电子传递链、辅酶、激素等方面都有突破性的研究成果。1965 年 Monod 提出的蛋白质变构学说，对酶学和代谢调节的研究产生了积极的影响。

由于放射性同位素标记追踪实验用于代谢研究，以及酶抑制剂的使用和微量分析技术的进步，在 50 年代，关于氨基酸、嘌呤、嘧啶、脂肪酸、萜类化合物等许多物质的生物合成和酶促降解途径被阐明了。

近 20 多年来，特别是进入 80 年代世界新的工业革命浪潮以来，各国政府对生物技术和新材料都倍加重视，分子生物学研究成了最受青睐的学术领域之一。酶工程、遗传工程、细胞工程、生物工程都得到了迅速发展。其中，DNA 重组技术已成为当代最突出的科学成就之一。

自 1944 年 Avery 用肺炎球菌转化实验证明了核酸是遗传的物质基础之后，1953 年 Watson 和 Crick 提出了 DNA 双螺旋结构模型，奠定了分子遗传学的理论基础。1967 年 Weiss 发现了 T₄ 噬菌体 DNA 连接酶，R. Yuan 发现了 DNA 限制性内切酶。这些发现为研究核酸大分子结构和功能找到了自由切割和重组的工具。在此基础上，1977 年 Sanger 完成了由 5 375 个核苷酸组成的 $\Phi\times 174$ DNA 一级结构分析。这些成果和方法，以及原核细胞代谢调控机理的研究成果为进行遗传物质结构和功能的研究，为基因分离、体外重组和体内表达创造了条件。通过重组技术，可将亲缘关系很远的外来基因引入细胞。从而实现了定向改造微生物的 DNA 分子，创造出具有新的遗传性状的新物种的愿望。生化研究把人们认识自然、改造自然的能力发展到了有一个自由度更大的新阶段。

三、本课程的内容组成

本教材是发酵工程专业教学用书，属于普通生化的范畴，其内容以介绍生物界普遍存在的化学物质和共同遵循的基本代谢规律为主，偏重于微生物生化。课程内容主要由四部分组成：

1. 生物体的化学组成

生物机体的化学组成非常复杂，从无机物到有机物，从小分子到各种生物大分子，应有尽有。除了各种无机盐和水之外，大多数生物物质是由下面 30 种小分子前体物质构成的。有人将这 30 种前体物质称为生物化学的字母表。