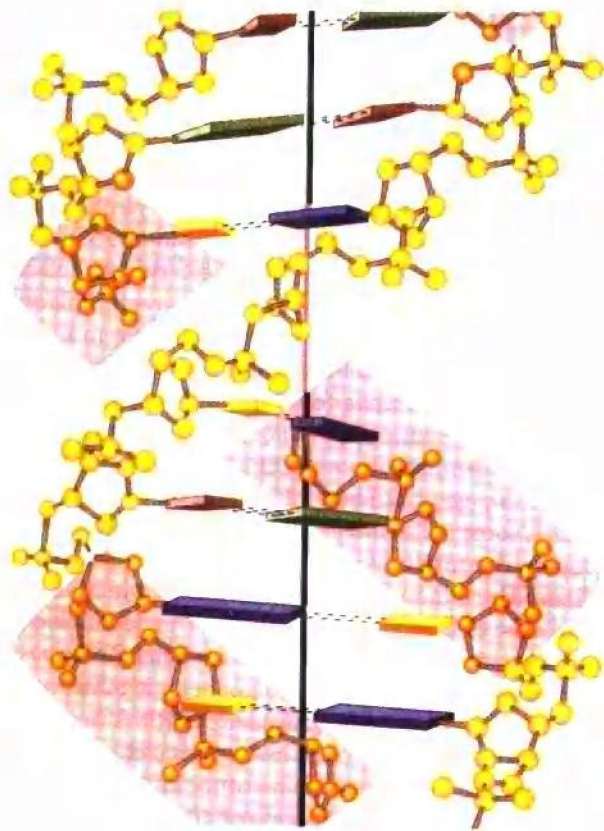


生物化学 与分子生物学原理

王联结 主编



科学出版社

生物化学与分子生物学原理

王联结 主编

王联结 熊正英 王喆之 编著



00581054

科学出版社

1999

内 容 简 介

本书作者根据自己 16 年的研究生入学考试辅导经验, 围绕着为考研服务的原则, 对生物化学和分子生物学的基本原理、基本概念和研究方法进行了归纳和总结。本书内容言简意赅、层次分明、针对性强。

本书适合于高等院校生命科学、医学、农学各专业报考硕士研究生的本科生学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

生物化学与分子生物学原理/王联结主编.-北京: 科学出版社, 1999. 6

ISBN 7-03-007185-9

I. 生… II. 王… III. ①生物化学②分子生物学 IV. Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 38349 号

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

科 地 亚 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1999 年 6 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

1999 年 6 月第一次印刷 印张: 12 1/2

印数: 1-3 000 字数: 282 000

定价: 20.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换(新欣))

前 言

生物化学是生物学、医学、农林、食品等学科的基础课或专业基础课，集中反映了分子生物学的进展。随着相关学科从各个方面研究的不断深入，生物化学内容每 10 年几乎翻一番，由于生物化学内容愈来愈多，真正全面系统地掌握生物化学知识是一件令学习这门课程的学生非常头疼的事。如何在有限的时间内，较好地学习好这门课程，满足本科生的基本要求，特别是在学习完本科生物化学教材内容之后，进一步理顺全部内容，掌握其中的重点，领会其中的基本原理、基本概念、基本规律和基本研究方法，进而满足报考研究生的需要，一直是本科学生特别是报考研究生的学生迫切需要解决的问题。本书是作者集十余年辅导报考研究生的本科生复习生物化学的体会和经验，在对报考全国重点大学，包括综合大学、农林、轻工、医学和师范院校有关专业研究生的学生的生物化学考试成绩跟踪分析和研究之后撰写而成的，有很强的针对性和实用性。

本书以高等教育出版社出版的沈同教授等编写的《生物化学》(以下简称为教材)为基础，覆盖了医学、农林和食品等专业生物化学教材内容，同时包括了分子生物学的基本内容，报考各类专业的生物化学考试的学生均可阅读。

本书的前三章包括了生物化学最基本的知识要点，目的在于使读者对生物化学和分子生物学有一个总体了解。后面各章重点放在核酸、蛋白质(包括各种功能蛋白质)和生物膜上。本书对生物化学习题分别做了讨论，对学好生物化学的方法也做了介绍。

本书面向已经学习完本科生物化学及分子生物学的学生，包括的内容在教科书中已经接触过，为了在复习过程中唤起读者的注意，体现出各部分内容的重点，便于复习使用，对教科书各章节的顺序进行了调整和重组。例如有关蛋白质和核酸的内容仅各用一章来完成，以便学生对蛋白质和核酸的知识有一个系统的学习。对于那些在教科书中多用图表说明的内容，尽可能直接叙述，因为考试时这些内容主要是要用文字而非图表来回答的。实践中发现不少学生往往疏忽了这一转化过程，翻开教科书时能理解这些图表，但要用文字叙述时则丢三忘四。另外，对于每一个重要的知识点，尽可能用简单明确、层次分明的叙述来完成。考虑到生物化学与分子生物学发展迅速，本书对最新的和已基本肯定的知识也做了介绍，供读者参考。所以，本书中多数知识点的叙述自成体系，是一本有问有答的习题集。本书中的总结和归纳多些，而图表几乎没有，使用时难免要返回去翻阅教科书，促使学生多读几遍教科书，从而减少自划重点、人为遗漏的现象。一本再好的参考书，终究不能替代教科书，建议使用本书的读者应首先认真阅读教材，然后耐心读完本书，并认真完成提供的试题，之后再阅读一遍教材。

对于今后仍要继续研究的内容，书中给予明确说明，目的在于让学生知道这些知识的生长点。挑选出的硕士研究生生物化学及分子生物学入学考试试题，基本上已包含了各方面的内容，体现了目前生物化学与分子生物学的知识重点，如果反复阅读了教材，

理解了本书中强调的知识，能自如地完成这几份试题，生物化学与分子生物学硕士研究生生物化学考试的基本应试能力应当是具备了。

用这样的方法写成此书是一种尝试，不仅要满足报考硕士研究生读者的要求，而且要供教学和进一步自修参考，其难度可想而知。书中如有不妥之处请读者随时批评指正，衷心欢迎每一位使用本书的读者及时反映自己的见解，以利今后再版时修改。

本书的资料主要来自接受辅导的 16 届考研学生。如果没有辅导这些学生考研的机会，根本谈不上完成此书，在此应当向这些学生(他们中许多人已是博士、硕士、副教授)表示感谢。在撰写这本书时，一些即将和正在攻读硕士学位的学生对书稿提出了许多宝贵的建议，再次表示感谢。

中国科学院生物物理研究所王志新院士、北京大学生命科学院朱圣庚教授、北京医科大学生物化学与分子生物学系童坦君教授等对完成本书给予了热情指导。山西师范大学赵景荣、刘维仲、宋贵生同志在文字校对中付出了辛勤劳动，科学出版社科学出版中心李锋主任、责任编辑姚坚毅同志对本书的问世给予了热情帮助和支持，作者均致以衷心感谢。

目 录

前言

第一章 生命物质的特点	1
1.1 生命物质的元素组成特点	1
1.1.1 生命元素	1
1.1.2 动物生命元素特点	1
1.1.3 植物生命元素特点	2
1.1.4 核酸、蛋白质的元素组成与定量分析	3
1.2 生命物质分子组成特点	4
1.2.1 构件分子	4
1.2.2 多糖的构件分子特点	5
1.2.3 脂类构件分子的特点	5
1.2.4 蛋白质构件分子的特点	5
1.2.5 核酸构件分子的特点	6
1.2.6 生命物质构件分子的共同来源	7
1.3 生物大分子结构与功能特点	7
1.3.1 主干链的单调重复性	7
1.3.2 支链的多变性	8
1.3.3 构象和异构	8
1.4 生命物质作为信息分子的基础	8
1.5 生物大分子结构的主次性	9
1.6 生物大分子自身功能的主次性	9
第二章 生命物质代谢的特点	11
2.1 降解的特点与方式	11
2.1.1 生命物质的降解特点	11
2.1.2 生命物质降解的方式	11
2.2 生物大分子的分解	12
2.2.1 生命物质分解的特点	12
2.2.2 生命物质分解的作用	12
2.3 生命物质合成的特点	12
2.4 生命物质代谢的条件	13
2.5 生命物质代谢之间的互补性	13
2.6 生命物质代谢的活化方式特点	14
2.7 生物化学反应的可逆性	14
第三章 生物化学的基本内容	16
3.1 氧化还原	16

3.1.1	生命物质的两性解离	16
3.1.2	生物电	16
3.1.3	酶作用的机理	16
3.1.4	别构效应	17
3.1.5	能量转化	17
3.1.6	生物固氮和硝酸盐的同化	17
3.1.7	碳的同化	17
3.1.8	体液 pH	17
3.2	构象异构原理	18
3.2.1	生物大分子是“弹性分子”	18
3.2.2	酶活性的别构调节	18
3.2.3	生物大分子的识别能力	18
3.2.4	生命过程能量转换的研究与构象异构	19
3.2.5	朊病毒与构象异构	19
3.3	平衡原理	19
3.3.1	氮平衡	19
3.3.2	碳平衡	20
3.3.3	能量平衡	20
3.3.4	水平衡	20
3.3.5	酸碱平衡	20
3.4	循环原理	21
第四章 蛋白质生物化学		22
4.1	肽和蛋白质的全水解及氨基酸组分测定	23
4.2	多肽或蛋白质的氨基酸序列测定	23
4.3	蛋白质的二级结构	24
4.4	蛋白质的超二级结构	25
4.5	蛋白质的三、四级结构	26
4.6	蛋白质的构象运动	27
4.7	氨基酸代谢	29
4.7.1	氨基酸的脱氨基、转氨基及氨的去路	30
4.7.2	碳骨架的分解	31
4.7.3	氨基酸代谢缺陷症	32
4.7.4	氨基酸的生物合成	33
4.8	蛋白质生物合成	33
4.8.1	核糖体	34
4.8.2	tRNA	35
4.8.3	mRNA	35
4.8.4	起始因子	36
4.8.5	延伸因子	37
4.8.6	终止因子	37
4.8.7	蛋白质生物合成的步骤	37
4.8.8	翻译后加工	39
4.8.9	蛋白质的转运	39
4.8.10	寡肽的生物合成	40

4.8.11	蛋白质折叠	40
4.9	酶	43
4.9.1	酶的作用特点	43
4.9.2	酶的结构特点	44
4.9.3	酶促反应的动力学	45
4.9.4	抑制剂作用动力学	47
4.9.5	pH 和温度对酶促反应速度的影响	48
4.9.6	酶活力的表示	48
4.9.7	酶的提取	49
4.9.8	维生素和辅酶	49
4.10	食用蛋白	49
4.10.1	肉类蛋白	50
4.10.2	乳蛋白	50
4.10.3	种子蛋白	50
4.10.4	单细胞蛋白	51
4.10.5	禽蛋蛋白质	51
4.11	毒蛋白与毒肽	51
第五章 核酸生物化学		53
5.1	核酸的降解	53
5.2	核酸的测序	55
5.2.1	染色体步行和染色体跳跃	56
5.2.2	物理图谱	56
5.2.3	DNA 测序技术	57
5.2.4	核酸一级结构与遗传信息	59
5.3	基因组特点	59
5.3.1	原核生物基因组特点	59
5.3.2	真核生物基因组特点	59
5.4	质粒 DNA 特点	59
5.5	以 RNA 为遗传信息载体的基因结构特点	60
5.6	重要概念	61
5.6.1	基因组、染色体外遗传因子	61
5.6.2	转录单元、多顺反子、操纵子、调节单元	61
5.6.3	重叠基因、重复序列、卫星 DNA	62
5.6.4	不连续基因、内含子、外显子、介入顺序	62
5.6.5	假基因、转位因子、插入顺序	62
5.6.6	基因家族、重复顺序	63
5.7	核酸二级结构	63
5.8	DNA 的构象异构	64
5.9	核酸一级结构与种属差异	65
5.9.1	DNA 链的长度、数目与 C 值矛盾	65
5.9.2	嘧啶和嘌呤类核苷酸分布的不均一性	65
5.9.3	相邻核苷酸顺序的差异	66
5.9.4	反向重复序列	66

5.9.5	Cot 值与基因组大小	66
5.9.6	编码蛋白质、tRNA、rRNA 的序列和非编码序列的特点	67
5.10	核苷酸代谢	67
5.10.1	核苷酸的分解代谢	67
5.10.2	核苷酸的生物合成	68
5.11	DNA 的生物合成	68
5.11.1	DNA 的半保留复制	68
5.11.2	复制的起点与方向和速度	69
5.11.3	DNA 复制酶类和蛋白质	69
5.12	DNA 损伤、突变、人工诱变、癌变	71
5.13	基因重组的原理	73
5.13.1	遗传重组	73
5.13.2	细菌的重组	74
5.13.3	DNA 重组	75
5.14	RNA 的生物合成	82
第六章	糖代谢	87
6.1	糖类的水解和裂解	87
6.2	糖的分解特点	87
6.3	糖的分解途径	88
6.3.1	糖酵解	88
6.3.2	三羧酸循环	90
6.3.3	磷酸戊糖途径	91
6.3.4	乙醛酸循环	91
6.4	糖的合成代谢特点	92
6.4.1	三碳循环(卡尔文循环)	92
6.4.2	四碳途径	92
6.4.3	糖原的合成	93
第七章	脂类代谢	94
7.1	脂类的消化吸收与转运	94
7.2	脂肪酸的分解	95
7.3	脂肪酸的合成	95
7.4	甘油三酯和磷脂的合成	96
7.5	胆固醇的代谢	96
第八章	生物膜与生物氧化	98
8.1	生物膜	98
8.2	生物氧化	98
8.2.1	生物氧化的物理化学基础	98
8.2.2	线粒体的结构——生物氧化的细胞学基础	99
8.2.3	氧化磷酸化要点	99
第九章	代谢调节	101

9.1	代谢调节的方式和水平	101
9.2	酶水平的调节	101
9.2.1	酶量的调节	101
9.2.2	原核生物基因表达的调节	102
9.2.3	真核生物基因表达调控	106
9.3	激素调节	106
9.3.1	生物信息	106
9.3.2	G 蛋白	107
9.3.3	甾体激素受体超家族	108
9.3.4	第二信使的生物学功能	108
9.3.5	磷酸化与脱磷酸化	108
9.4	癌变与代谢调节	109
9.4.1	癌基因	109
9.4.2	癌基因的表达产物	109
9.4.3	抑癌基因	110
9.5	蛋白质与 DNA 的相互作用	110
第十章 习题类型与解答要点		112
10.1	计算题	112
10.1.1	pH 和 pI 的计算	112
10.1.2	静电荷计算	113
10.1.3	肽和蛋白质的多样性	114
10.1.4	序列测定	114
10.1.5	同位素在生物化学与分子生物学中的应用	117
10.1.6	图表分析	119
10.2	基础知识	120
10.2.1	结构式的书写	120
10.2.2	辨认结构式	121
10.2.3	化学反应式	123
10.2.4	基本事实(一句话, 是什么是什么)	124
10.2.5	基本概念(什么叫什么)	131
10.3	回答或简答	136
10.4	论述题	137
10.5	实验设计问题	138
附录		139
部分院校、研究所硕士研究生入学考试生物化学试题		139
中国科学院一九九三年攻读硕士学位研究生入学试题(B 卷)		139
中国科学院一九九四年攻读硕士学位研究生入学试题(B 卷)		143
北京大学一九九一年研究生入学考试试题		147
北京大学一九九二年研究生入学考试试题		150
北京医科大学一九九三年招收硕士研究生试题		153
北京医科大学一九九四年招收硕士研究生试题		156
北京师范大学一九九五年攻读硕士学位研究生入学考试试题		160

北京师范大学一九九六年攻读硕士学位研究生入学考试试题	162
南开大学一九九六年研究生入学考试试题	163
首都师范大学一九九六年研究生入学试题	165
参考答案	166
中国科学院一九九三年攻读硕士学位研究生入学试题(B 卷)	166
中国科学院一九九四年攻读硕士学位研究生入学试题(B 卷)	168
北京大学一九九一年研究生入学考试试题	170
北京大学一九九二年研究生入学考试试题	173
北京医科大学一九九三年招收硕士研究生试题	176
北京医科大学一九九四年招收硕士研究生试题	178
北京师范大学一九九五年攻读硕士学位研究生入学考试试题	181
北京师范大学一九九六年攻读硕士学位研究生入学考试试题	183
南开大学一九九六年研究生入学考试试题	185
首都师范大学一九九六年研究生入学试题	188
参考文献	190

第一章 生命物质的特点

1.1 生命物质的元素组成特点

1.1.1 生命元素

组成生物体的物质除了水和无机盐以外就是有机物，包括蛋白质、核酸、糖、脂类等，这些有机物习惯上也被称为生命物质。生命物质中常见的元素一般认为有 22 种，包括碳、氢、氧、氮、磷、硫 6 种主要元素和 16 种其他元素，其中钙、磷、钾、钠、氯、镁为常量元素，铁、碘、锌、锰、钴、钼、铜、硒、铬、氟为微量元素。6 种主要元素是蛋白质、核酸、糖和脂的主要组成元素，所以又被称为生物有机元素。22 种元素中的金属元素被称为生物金属，其中钾、钠、钙、镁为主要生物金属。

在门捷列夫元素周期表中，22 种生命元素的分布集中在 3 个部分：10 种生命金属分布在两个部分，组成两个“岛”；氢和碘以外的非金属生命元素集中分布在另一个“岛”；氢、碘和钼以外的生命元素属于 1~4 周期，大部分生物金属元素分布在第 4 周期。

在 22 种生命元素中，相对于最稳定的电子构型而言，氮、硫和磷有着可变的氧化数，氮和氧有着较强的电负性，这两种特性与生命物质的许多关键作用密切相关。

生物体中的大多数金属元素只有和各自的配体结合后才表现生物活性。这些配体有小分子配体和大分子配体两类。小分子配体如氨基酸、核苷酸、 HCO_3^- 、 HPO_4^{2-} ，大分子配体如蛋白质、核酸等。生物大分子配体与金属离子的反应是生物无机化学研究的主要内容之一。

1.1.2 动物生命元素特点

在动物体中，22 种生命元素的含量和作用可以通过体液的电解质平衡研究获得认识。体液的渗透压和 pH 的维持与电解质平衡密切相关。

Na^+ 、 Cl^- 是维持细胞外液容量和渗透压的主要离子，达到维系渗透压总离子的 80% 左右。 Cl^- 与 HCO_3^- 是细胞外液主要的阴离子， Cl^- 在体内参与胃酸的合成，人血浆中 Na^+ 和 Cl^- 浓度分别为 326.0mg/ml 和 365.7mg/ml。

动物的消化液包括唾液、胃液、肠液、胆汁等，所含电解质浓度和血浆相似，但胃液主要阳离子为 H^+ ，消化液中含有催化水解过程的金属酶类，锌、镁、钙及锰是它们的辅基。

动物的骨成分中有氟存在，可保护牙齿。但过量氟对动物是有毒的。

在防治克山病研究中，人们发现了硒是保护机体健康必需的微量元素，谷胱甘肽过氧化物酶、磷酸过氧化物谷胱甘肽过氧化物酶中含有硒。已确定，硒半胱氨酸是在翻译时掺入到肽链中去的，携带有 L-丝氨酸的 tRNA 在两种酶作用下使 L-丝氨酸转变为硒半胱氨酸，然后在翻译时进入肽链，对应的密码子是 UGA。UGA 一般情况下是终止码。

1.1.3 植物生命元素特点

植物生命元素的组成主要包括 16 种。其余 13 种需要极微。在 16 种必需元素中，不同于动物必需的元素之处在于缺少钠和碘而有硼，在进行溶液培养法栽培植物时，很少考虑钠的需求，生长在海洋中的一些植物需要碘。这种差别并不反映在植物体中化学元素的含量分析上，有些植物生长并非必需的元素可以在体内大量积累，例如钠可占植物干重的 0.02%。但这一含量远不足以满足动物对钠的需求。动物主要以食盐获得所需的钠。

植物生长最需要的元素是氮、磷和钾。氮来自无机氮，磷来自正磷酸。光合作用中，除了光照、水和 CO_2 ，氮和磷自然是最需要的，钾参与运输光合产物和植物呼吸。

硼是植物所需的必需元素中发现最早的微量元素，与细胞分化、光合作用等多种过程有关。

比较动物和植物生命元素，有以下几个方面需要特别注意：

(1) 钠在动植物中的作用大同小异。动物有消化道，有血液，有专一的循环和泌尿系统，有维持 pH 和渗透压稳定的整套体系。钠有进有出，维持平衡。而植物没有动物这样的结构，采取了以拒之体外为主的方式。看起来钠在动植物中的分布截然不同，但从钠在细胞外分布为主、主要以无机盐形式存在、主要与膜电位形成有关三方面来看，钠在动物和植物的分布和作用是一样的。

(2) 钾、钙、镁、锌、铜、铁、钼、锰等 10 种生物金属在动植物体中的存在方式和作用基本相同。钾在动植物体均为细胞内离子，与膜电位的形成关系密切。锌、镁、钙和锰通常作为催化水解过程的金属酶的辅基。锌、铁、钼、铜通常是氧化-还原酶的辅基。镁、锰通常是各种激酶的辅基。因此，如果我们同时考虑到碳、氢、氧、氮、磷、硫等有机物组成的共同元素，动物和植物的生命元素组成的差别是很小的。

动物和植物的元素组成差别是如此之小，微生物的元素组成又能有什么特别之处呢？认识到这些之后，我们自然应当多重视动物、植物和微生物怎样获得生命元素以及各种生命元素如何发挥作用。

(3) Ca^{2+} 的第三信使作用。在所有的生命元素中， Ca^{2+} 的作用最为广泛，不仅是骨骼的成分，更重要的是调节物质， Ca^{2+} 参加几乎所有的代谢调节。

(4) 磷。生物体各种有机质代谢时活化方式都与磷酸化-脱磷酸相关。酶活性调节、基因调控也与磷有关。“磷是生命活动的中心”得到了广泛支持。

(5) 各种生命元素中， Na^+ 和 K^+ 成对相互作用，典型的例子是 Na^+-K^+ 泵。细胞以摄 K^+ 排 Na^+ 的方式消耗 ATP，进而使膜蛋白成为“分子马达”在膜上旋转，为揭开生物大

分子整体运动的秘密打开了缺口。

(6)铂与抗癌。顺铂的抗癌机理一直受到关注，其产品走向了临床。由此初步说明了生物大分子配体与金属元素结合之后金属元素自身的作用机理。金属离子有维系生物大分子空间结构的能力，也有破坏、抑制生物大分子原有空间结构的能力。

(7)金属离子和配体结合的必要性，许多金属离子，如铁、镁、铜、铬游离存在时对人都是有毒的，但和一定的配体结合后，不仅易于转运，而且毒性下降。生物有一套复杂的方法来选择利用各种金属离子。

研究生命物质的元素具有重要的理论价值。在分子生物学全面深入发展的今天，元素分析不仅仅是了解生物体的化学组成问题，更重要的是为探讨生命物质担负生命活动的机理开辟了新途径。专门研究生命金属元素作用机理形成了生物无机化学，专门研究生命非金属元素与生命活动关系形成了生物有机化学，生命物质已被划分为多个水平、多个层次、多个角度进行研究。已有事实表明，生命科学在历经近半个世纪的以核酸和蛋白质为核心的研究之后，即使是在人类基因组计划实现之后，还不能说生命科学真正进入了分子水平，因为生物体中各种物质的组成和作用的全貌还有待进一步认识。

1.1.4 核酸、蛋白质的元素组成与定量分析

核酸分子中，无论是 DNA 还是 RNA，主链结构单一，呈现磷酸-核糖(脱氧核糖)的重复。由此人们通过测定核酸分子中磷的含量便可基本确定核酸的含量，进而求出摩尔磷消光系数 $\epsilon(P)$ ，来表示溶液中核酸含量。

$$\epsilon(P) = \frac{A}{CL}$$

其中 A 为紫外吸收光密度值，C 为每升溶液中磷的摩尔数，L 为比色杯内径，由于

$$C = \frac{\text{每升溶液中磷的重量 } W(g)}{\text{磷的原子量}(30.98)}$$

上式可写成

$$\epsilon(P) = \frac{30.98A}{WL}$$

一般 DNA 的 $\epsilon(P)$ 为 6000~8000，RNA 为 7000~10000。由于双链中氢键存在，使核苷酸中的共轭双键的紫外吸收减弱， $\epsilon(P)$ 值降低，DNA 变性时，双链解开， $\epsilon(P)$ 值又升高，这一现象称为减色效应和增色效应，广泛用于核酸变性复性研究。

在实际含量测定时，核酸样品的纯度采用下式计算：

$$\text{DNA(或 RNA)} = \frac{\frac{\text{甲}_{0.0260} - \text{乙}_{0.0260}}{0.020(\text{或}0.022)} (\mu\text{g/ml})}{\text{样品浓度}(\mu\text{g/ml})} \times 100$$

$$\text{样品浓度} = \frac{\text{样品重量}}{\text{总样品体积(最后稀释)}}$$

上式中 0.020 和 0.022 分别为 $1\mu\text{g/ml}$ DNA 溶液和 RNA 溶液的消光值，它们通过下式来求得：

$$\frac{\frac{6000 \times 30.98}{0.092}}{109} = 0.020 \text{ (DNA)}$$

其中 6000 为 DNA 的 $\epsilon(P)$ ，30.98 为磷的原子量，0.092 为 DNA 分子的一般含磷量。甲_{0.0260} 和乙_{0.0260} 分别代表样品和对照(空白)的消光值。这样做是为了消除杂质的干扰。

通过测定含磷量来测定核酸含量的方法广泛应用于工业分析。在科研工作中，常常遇到的是重复测定同一样品，为了减少计算的麻烦，可采用分光光度法最基本的方法——标准曲线法。通过含磷量可以对核酸的纯度进行初步判定。

在蛋白质的分子中，主干链呈现“C—C—N”的重复，20 种常见氨基酸中仅有 3 种含有 α -氨基以外的氨基，所以可以用含氮量来求得蛋白质含量。酿造工业、饲料工业中普遍采用克氏定氮法测定蛋白质含氮量。由于蛋白质含氮量常为 16%，按下式即可求出蛋白质含量：

$$\text{每克蛋白样品中含氮量(g)} \times 6.25 = \text{每克样品中蛋白质含量(g)}$$

式中 $6.25 = 100/16$ 。

在蛋白质分子中，微量元素(如铁、碘)或某一种含量特少的氨基酸(如色氨酸)等可用来测定蛋白质的分子量而非含量。由此直接求出的仅仅是最低分子量的近似值，而且需要其他物理化学方法相配合。例如，在肌红蛋白中，铁的含量为 0.335%，则肌红蛋白最低分子量为

$$\text{最低分子量} = \frac{\text{铁的原子量}}{\text{铁的百分含量}} \times 100 = \frac{55.8}{0.335} \times 100 = 16700$$

这个值近似于渗透压法测知的值。用渗透压法测知血红蛋白的分子量是这个值的 4 倍，说明血红蛋白有 4 个铁原子，由 4 条链组成。

最低分子量的方法在利用放射性同位素测定蛋白质和酶的分子量时进一步得到应用。

1.2 生命物质分子组成特点

1.2.1 构件分子

蛋白质主要是由 20 种氨基酸通过肽键和二硫键相连而成。核酸主要是由 5 种核苷酸经酯键聚合而成。多糖是单糖通过 $\alpha(1 \rightarrow 4)$ 糖苷键或 $\beta(1 \rightarrow 4)$ 糖苷键组成的聚合物。脂主要是由甘油同脂肪酸等结合而成。

通常把生物大分子的基本分子组成单位，如氨基酸、核苷酸等叫做构件分子。由

构件分子聚合而成是生物大分子的共同特点。

生物大分子组成的另一个特点是：蛋白质、核酸和多糖伸展后均成链状，脂类呈片状。

生命大分子中的构件分子普遍具有可修饰性。例如氨基酸残基的磷酸化、糖基化、脂化，核苷酸残基碱基上的氨基化、甲基化等。由此导致生物大分子生物合成时所需的构件分子种类数往往大于这些大分子水解后获得的构件分子数。因此，存在于蛋白质分子中的氨基酸种类数往往不等于 20 种。

必须注意到，生物体内的另外一类生物大分子——萜类化合物，如胆固醇，常见的植物挥发油类，天然橡胶，维生素 A、E、K 和 D 等都是异戊二烯的聚合体，但这种划分主要是对这些大分子的碳原子个数及生物合成时具有共同的中间体而言的，不能在生物体内得到异戊二烯单体这样的水解产物。

1.2.2 多糖的构件分子特点

多糖由单糖分子缩合而成。单糖有丙糖、丁糖、戊糖、己糖及庚糖，生物体中这几类单糖都存在，多于 7 个碳原子的单糖未见报道。在已知的这几类单糖中，能形成多糖的主要是己糖，其次是戊糖。一般而言，动物、植物、微生物体中的多糖几乎都是己糖或己糖衍生物的聚合体，如糖原、淀粉、纤维素、几丁质、菊糖、琼脂、透明质酸、硫酸软骨素、肝素等。多糖中的葡萄糖以 α -D 或 β -D 两种构型出现，且均为右旋(+)，自然界存在的糖几乎都是 D 型的，担负糖储存作用的多糖以 $\alpha(1\rightarrow4)$ 和 $\alpha(1\rightarrow6)$ 糖苷键结合，纤维素和壳多糖是以 $\beta(1\rightarrow4)$ 糖苷键相连而成的。

1.2.3 脂类构件分子的特点

甘油和脂肪酸是各种脂类化合物的共同组分，形成的甘油三酯、磷脂和肌醇磷脂通过疏水作用并列在一起，其间夹杂着蛋白质和糖类化合物。各种脂类分子的差异在于甘油分子上三个羟基结合的脂肪酸的种类及是否另有其他非脂肪酸组分。

1.2.4 蛋白质构件分子的特点

受遗传密码支配的氨基酸共有 20 种。为什么仅有 20 种氨基酸为蛋白质生物合成所需，至今尚无解释。除甘氨酸外，其余 19 种氨基酸均为手性分子，且均为 L 型。苏氨酸和异亮氨酸另有一个不对称碳原子。细菌体内可有少数 D 型氨基酸，生物为什么选用 L 型氨基酸至今尚无满意解释。除脯氨酸外，其余 19 种氨基酸均为 α -氨基酸，脯氨酸为亚氨基酸。

氨基酸可同时带有正负两种电荷，这种两性解离的性质为 20 种氨基酸所共有，共同赋予蛋白质的两性解离特性。氨基酸的两性解离性质是氨基酸和蛋白质最主要的化学

性质。深刻理解这一性质，熟练运用这一性质，是分离、纯化氨基酸和蛋白质，进而理解核酸性质，理解生命物质的半导性、生物电、生物大分子之间相互作用、酶作用的机理、别构效应，特别是生物大分子的折叠和去折叠等生物学基本理论的基础。

在生物化学和分子生物学的学习过程中，需要牢固记忆 20 种氨基酸、5 种核苷酸、常见的单糖和有机酸结构式。这些结构式及其固定英文字符如同学英语要熟悉 26 个字母一样重要，因为它们在任何章节的内容中要反复大量地出现和使用。那种用汉字代替这些结构式的做法万万不可取。

20 种氨基酸的英文符号有三字符和单字符两种，前者取其英文名称的前 3 个字母，比较容易记忆，而后者记忆起来较难，因为其中 9 种氨基酸的单字符并非它们的首字母。仔细分析，其实也有规律，这些氨基酸恰好是 2 种酸性氨基酸(天冬氨酸 D、谷氨酸 E)和它们的酰胺(天冬酰胺 N、谷氨酰胺 Q)、2 种碱性氨基酸(赖氨酸 K、精氨酸 R)及 3 种芳香族氨基酸(苯丙氨酸 F、酪氨酸 Y 和色氨酸 W)，知道了这一点，记忆起来也就容易多了。另外，蛋白质水解时酰胺容易水解丢掉氨基成为相应的氨基酸，与蛋白质原有的相应氨基酸混在一起，为此以单字符 B 代表天冬氨酸和天冬酰胺的总和，以单字符 Z 代表谷氨酸和谷氨酰胺的总和。

除上述受遗传密码支配的 20 种氨基酸外，4-羟脯氨酸、5-羟赖氨酸、锁链素、瓜氨酸和鸟氨酸的结构式也要记清。前 3 者主要见于胶原蛋白和弹性蛋白，是肽链之间共价交联的另一种方式，瓜氨酸和鸟氨酸见于尿素循环。

20 种氨基酸的分类问题不可忽视，常见的分类方法有两种：一种是根据结构划分为脂肪族、芳香族和杂环族，这种方法有利于记忆结构式；另一种是根据氨基酸在生理 pH 条件下的解离划分为非极性、带正电、带负电和不带电 4 类，这种方法有利于理解蛋白质空间结构的形成。但是，近年来蛋白质空间结构，特别是二级结构预测的研究，使得上述划分面临更新。因为蛋白质二级结构形成与氨基酸排列顺序的关系初步表明，20 种氨基酸有可能来自遗传信息调控的分类，究竟怎样划分为好有待进一步研究。

在 20 种氨基酸中，组氨酸既可以是酸，又可以是碱，具有得电子和失电子两种能力；天冬氨酸和谷氨酸多余一个羧基；苏氨酸、丝氨酸和酪氨酸 R 基中有一羟基，这些特点使得它们经常处于机能物质如酶的活性中心。

3 种芳香族氨基酸赋予蛋白质紫外吸收的能力，含有这些氨基酸的蛋白质可在 280nm 处进行定量检测。这 3 种氨基酸都有一个苯环。

食品工业和制药工业等经常要检测色氨酸和赖氨酸的含量，因为二者均为人类不能合成的氨基酸，部分农作物如玉米种子中含量较少，胶原蛋白不含有色氨酸。迄今为止，测定蛋白质中某种氨基酸的含量，一般采用完全水解，再经层析如气相色谱技术分离，然后用茚三酮反应定量。也可用分光光度法直接测定。

1.2.5 核酸构件分子的特点

核酸有 DNA 和 RNA 两大类，均为核苷酸的聚合物，组成核酸的核苷酸均为 5'-核