



全国高等师范专科学校教材

# 生物化学

张子健 主编

华东师范大学出版社



全国高等师范专科学校教材

# 生物化学

江苏工业学院图书馆

主审：景国利  
主编：张子健

章

编写成员：(按姓氏笔画排列)

张子健 夏承岳

蒋立科 蔡秀华

华东师范大学出版社

# 生 物 化 学

张子健 主编

---

华东师范大学出版社出版

(上海中山北路3663号)

新华书店上海发行所发行 上海华东师范大学印刷厂印刷

开本: 850×1168 1/32 印张: 10.75 字数: 270千字

1990年5月第一版

1990年5月第一次印刷

印数: 001—2000本

---

ISBN7-5617-0496-8/N·024 定价: 2.59元

## 出版说明

党的十一届三中全会以来,师范专科教育有了很大的发展,但是,作为师专教学三大基本建设之一的师专教材建设,却始终没有得到很好的解决。近几年来,有的地区和学校为了改变这种状况,也零星地编写了一些师专教材,可是,不成套,有的学科甚至编写了几种,质量参差不齐。虽对师专无教材的局面有了部分改变,但终因没有一套全国统一的、高质量的教材而影响了师专的教学质量。

为了进一步发挥师专的办学效益,彻底改变师专没有适合自己特色的教材局面,国家教委师范司在1987年制订了《二年制师范专科学校八个专业教学计划》;继之又约请了全国有教学经验的专家,教授编写了这八个专业的《教学大纲》;1988年7月在长春又召开了全国二年制师专教材编写出版规划会议,会上研究制订了《1988~1990年二年制师专八个专业教材编写出版规划》。八个专业是:中文、历史、政治教育、数学、物理、化学、生物和地理。

在国家教委师范司的统一部署、各省市自治区教委、高教局的大力帮助和出版社的积极组织下,这套教材聘请了一些长期从事师专教学工作,具有丰富的教学实践经验和较高学术水平的教授或副教授担任各科主编。各科教材由学术造诣比较深、熟悉师专教学情况的专家负责主审。各位主编根据国家教委师范司拟定的《关于编写二年制师专教材的指导思想和基本原则》及各科《教学大纲》的精神,组织编者收集资料,综合研究,争取编出一套具有师专自身特色的教材,以适应师专教育的迫切需要。

现在,在各方面的大力支持下,经过主编、主审和各位编写人员的努力和辛勤劳动,这套教材将陆续面世。我们热忱地欢迎

师专的广大师生使用它，并在使用过程中，多提宝贵意见，使之不断完善，不断提高，以保持与当代科学和师专教育实践的同步发展。

1990年1月

（此处为大量模糊不清的印刷文字，内容无法辨识）

# 序 言

生物化学是生命科学中的一门重要学科，是学习生物学专业学生的必修基础课。目前全国师范专科学校的生物系都在开设这门课程，但均苦于没有一本适合师专教学用的教科书。在这种情况下，国家教委决定，在制定师专用生物化学教学大纲的基础上，组织师专教师编写师专用的生物化学教材。

这本教材是由四位多年来从事师专生物化学教学工作的教师合作编写的。编写过程中，四位同志付出了辛勤的劳动。他们参考了大量中外有关教材，并结合我国师专的具体情况，拟定编写大纲，选定教材内容，还多次召开会议对文稿进行反复审查修改，最后才由张子健老师定稿，交华东师大出版社出版。

我相信本书的出版对提高我国师专生物化学教学质量将起到良好作用，也将为今后培养合格的中学生物学教师作出应有的贡献。

吴国利

于北京师大生物系生化教研室

# 目 录

|                          |        |
|--------------------------|--------|
| <b>第一章 绪论</b> .....      | ( 1 )  |
| 第一节 生物化学的概念和内容.....      | ( 1 )  |
| 第二节 生物化学发展简史.....        | ( 3 )  |
| 第三节 生物化学与有关学科的关系.....    | ( 5 )  |
| 第四节 生物化学在国民经济中的重要意义..... | ( 6 )  |
| <b>第二章 蛋白质化学</b> .....   | ( 8 )  |
| 第一节 概述.....              | ( 8 )  |
| 第二节 蛋白质的组成单位——氨基酸.....   | ( 9 )  |
| 一、氨基酸的结构.....            | ( 9 )  |
| 二、氨基酸的分类.....            | ( 10 ) |
| 三、氨基酸的理化性质.....          | ( 12 ) |
| 四、氨基酸的分离和分析.....         | ( 20 ) |
| 第三节 肽.....               | ( 23 ) |
| 一、肽、肽键和肽链.....           | ( 23 ) |
| 二、重要的活性肽.....            | ( 25 ) |
| 第四节 蛋白质的结构.....          | ( 26 ) |
| 一、蛋白质的一级结构.....          | ( 27 ) |
| 二、蛋白质的空间结构.....          | ( 29 ) |
| 第五节 蛋白质的结构与功能.....       | ( 35 ) |
| 一、蛋白质的一级结构与功能的关系.....    | ( 35 ) |
| 二、蛋白质的空间结构与功能的关系.....    | ( 36 ) |
| 第六节 蛋白质的性质.....          | ( 37 ) |
| 一、蛋白质的两性电离和等电点.....      | ( 37 ) |
| 二、蛋白质的胶体性质.....          | ( 38 ) |

|                        |        |
|------------------------|--------|
| 三、蛋白质的沉淀反应·····        | ( 39 ) |
| 四、蛋白质的变性·····          | ( 40 ) |
| 五、蛋白质的颜色反应·····        | ( 41 ) |
| 第七节 蛋白质的分类·····        | ( 42 ) |
| 一、简单蛋白质·····           | ( 43 ) |
| 二、结合蛋白质·····           | ( 43 ) |
| <b>第三章 核酸的化学</b> ····· | ( 45 ) |
| 第一节 核酸的组成及分布·····      | ( 45 ) |
| 一、元素组成·····            | ( 45 ) |
| 二、核酸的组成·····           | ( 46 ) |
| 三、核酸的种类及分布·····        | ( 51 ) |
| 第二节 核酸的结构·····         | ( 53 ) |
| 一、核酸的一级结构·····         | ( 54 ) |
| 二、DNA 双螺旋的空间结构·····    | ( 56 ) |
| 三、RNA 的空间结构·····       | ( 63 ) |
| 第三节 核酸的理化性质·····       | ( 68 ) |
| 一、细胞中核酸分子的大小及测定·····   | ( 68 ) |
| 二、一般性质·····            | ( 69 ) |
| 三、核酸的紫外吸收·····         | ( 70 ) |
| 四、核酸的变性与复性·····        | ( 70 ) |
| 第四节 核酸的衍生物·····        | ( 73 ) |
| 一、cAMP·····            | ( 76 ) |
| 二、cGMP·····            | ( 76 ) |
| <b>第四章 酶</b> ·····     | ( 78 ) |
| 第一节 概述·····            | ( 78 ) |
| 一、酶是生物催化剂·····         | ( 78 ) |
| 二、酶与一般催化剂的异同·····      | ( 79 ) |
| 第二节 酶的化学组成和结构·····     | ( 80 ) |
| 一、酶的分子组成·····          | ( 80 ) |



|                                |                |
|--------------------------------|----------------|
| 二、酶蛋白的结构·····                  | ( 80 )         |
| 三、辅助因子·····                    | ( 82 )         |
| 四、酶的活性部位和必需基团·····             | ( 84 )         |
| 五、酶原和酶原的激活·····                | ( 84 )         |
| 第三节 酶的作用特点和作用机理·····           | ( 86 )         |
| 一、酶具有高度的专一性·····               | ( 86 )         |
| 二、酶的作用机理·····                  | ( 87 )         |
| 第四节 酶促反应速度和影响酶促反应速度的因素·····    | ( 93 )         |
| 一、酶促反应速度的测定·····               | ( 93 )         |
| 二、酶浓度对酶促反应速度的影响·····           | ( 94 )         |
| 三、底物浓度对酶促反应速度的影响·····          | ( 94 )         |
| 四、pH对酶促反应速度的影响·····            | ( 100 )        |
| 五、温度对酶促反应速度的影响·····            | ( 101 )        |
| 六、激活剂对酶促反应速度的影响·····           | ( 101 )        |
| 七、抑制剂对酶促反应速度的影响·····           | ( 102 )        |
| 第五节 酶活力的测定·····                | ( 105 )        |
| 第六节 酶的分类和命名·····               | ( 106 )        |
| 一、酶的分类·····                    | ( 106 )        |
| 二、酶的命名·····                    | ( 107 )        |
| 第七节 酶的分离提纯和保存·····             | ( 108 )        |
| 一、破碎细胞和抽提·····                 | ( 108 )        |
| 二、纯化·····                      | ( 109 )        |
| 三、酶的保存·····                    | ( 109 )        |
| 第八节 酶的应用·····                  | ( 110 )        |
| <b>第五章 维生素和辅酶·····</b>         | <b>( 112 )</b> |
| 第一节 概述·····                    | ( 112 )        |
| 第二节 水溶性维生素·····                | ( 112 )        |
| 一、维生素B <sub>1</sub> 和羧化辅酶····· | ( 113 )        |

|                                               |                |
|-----------------------------------------------|----------------|
| 二、维生素B <sub>2</sub> 和黄素辅酶                     | ( 115 )        |
| 三、泛酸和辅酶 A                                     | ( 117 )        |
| 四、维生素 PP 和辅酶 I、辅酶 II                          | ( 117 )        |
| 五、维生素B <sub>6</sub> 和磷酸吡哆醛                    | ( 120 )        |
| 六、生物素                                         | ( 122 )        |
| 七、叶酸和叶酸辅酶                                     | ( 123 )        |
| 八、维生素 B <sub>12</sub> 和维生素 B <sub>12</sub> 辅酶 | ( 125 )        |
| 九、维生素 C( 抗坏血酸 )                               | ( 126 )        |
| 第三节 脂溶性维生素                                    | ( 128 )        |
| 一、维生素 A                                       | ( 128 )        |
| 二、维生素 D                                       | ( 130 )        |
| 三、维生素 E                                       | ( 131 )        |
| 四、维生素 K                                       | ( 132 )        |
| <b>第六章 糖代谢</b>                                | <b>( 134 )</b> |
| 第一节 糖的酶促降解                                    | ( 134 )        |
| 一、淀粉的酶促水解                                     | ( 135 )        |
| 二、纤维素的酶促水解                                    | ( 137 )        |
| 三、双糖的酶促水解                                     | ( 137 )        |
| 四、淀粉的消化                                       | ( 137 )        |
| 第二节 糖的分解代谢                                    | ( 138 )        |
| 一、糖的无氧分解                                      | ( 138 )        |
| 二、糖的有氧氧化                                      | ( 147 )        |
| 三、磷酸戊糖途径                                      | ( 155 )        |
| 四、乙醛酸循环                                       | ( 160 )        |
| 第三节 糖的合成代谢                                    | ( 162 )        |
| 一、蔗糖的合成                                       | ( 162 )        |
| 二、淀粉的合成                                       | ( 163 )        |
| 三、糖元的生物合成                                     | ( 164 )        |
| 四、糖的异生作用                                      | ( 165 )        |

|                          |         |
|--------------------------|---------|
| <b>第七章 生物氧化</b> .....    | ( 169 ) |
| 第一节 生物氧化的概念和特点.....      | ( 169 ) |
| 一、生物氧化.....              | ( 169 ) |
| 二、生物氧化的特点.....           | ( 169 ) |
| 三、生物氧化的部位.....           | ( 170 ) |
| 第二节 生物氧化的类型和二氧化碳的生成..... | ( 170 ) |
| 一、生物氧化的类型.....           | ( 170 ) |
| 二、生物氧化中二氧化碳的生成.....      | ( 171 ) |
| 第三节 生物氧化中水的生成.....       | ( 172 ) |
| 一、呼吸链的概念.....            | ( 172 ) |
| 二、呼吸链的种类.....            | ( 173 ) |
| 三、呼吸链中传递体的顺序.....        | ( 173 ) |
| 四、呼吸链的组成.....            | ( 173 ) |
| 五、电子传递的抑制剂.....          | ( 178 ) |
| 六、呼吸链的其它类型.....          | ( 178 ) |
| 第四节 氧化磷酸化作用.....         | ( 179 ) |
| 一、自由能和高能化合物.....         | ( 179 ) |
| 二、ATP的形成.....            | ( 180 ) |
| 三、线粒体外NADH的氧化磷酸化.....    | ( 182 ) |
| 四、合成ATP的酶系.....          | ( 185 ) |
| 五、氧化磷酸化机理.....           | ( 185 ) |
| 第五节 ATP的作用.....          | ( 186 ) |
| <b>第八章 脂类代谢</b> .....    | ( 188 ) |
| 第一节 脂类的酶促降解.....         | ( 188 ) |
| 一、脂肪(甘油三酯)的水解.....       | ( 188 ) |
| 二、类脂的水解.....             | ( 189 ) |
| 第二节 脂肪分解代谢.....          | ( 190 ) |
| 一、脂肪酸的 $\beta$ -氧化.....  | ( 190 ) |
| 二、甘油氧化.....              | ( 195 ) |

|                                     |         |
|-------------------------------------|---------|
| 三、酮体生成和利用·····                      | ( 196 ) |
| 第三节 脂肪合成代谢·····                     | ( 199 ) |
| 一、胞浆中饱和脂肪酸合成·····                   | ( 199 ) |
| 二、线粒体(或内质网)中脂肪酸合成——脂<br>肪酸碳链伸长····· | ( 202 ) |
| 三、不饱和脂肪酸合成·····                     | ( 203 ) |
| 四、 $\alpha$ -磷酸甘油生成·····            | ( 203 ) |
| 五、脂肪合成·····                         | ( 204 ) |
| 第四节 磷脂代谢·····                       | ( 205 ) |
| 一、甘油磷脂合成代谢·····                     | ( 205 ) |
| 二、甘油磷脂分解代谢·····                     | ( 207 ) |
| 第五节 胆固醇代谢·····                      | ( 208 ) |
| 一、胆固醇合成代谢·····                      | ( 208 ) |
| 二、胆固醇的转变与排泄·····                    | ( 209 ) |
| 第九章 蛋白质及氨基酸代谢·····                  | ( 217 ) |
| 第一节 蛋白质的酶促降解·····                   | ( 217 ) |
| 第二节 氨基酸的分解代谢·····                   | ( 219 ) |
| 一、脱氨基作用·····                        | ( 219 ) |
| 二、脱羧基作用·····                        | ( 223 ) |
| 三、氨基酸碳骨架的氧化途径·····                  | ( 225 ) |
| 四、氨的代谢转变·····                       | ( 226 ) |
| 五、 $\alpha$ -酮酸的代谢转变·····           | ( 231 ) |
| 第三节 氨基酸的合成代谢·····                   | ( 232 ) |
| 一、还原氨基化·····                        | ( 234 ) |
| 二、转氨基作用·····                        | ( 235 ) |
| 三、氨基酸之间的转化·····                     | ( 236 ) |
| 第十章 核酸的代谢·····                      | ( 238 ) |
| 第一节 核酸的分解代谢·····                    | ( 238 ) |
| 一、核酸的酶促降解·····                      | ( 238 ) |

|                            |         |
|----------------------------|---------|
| 二、碱基的分解代谢.....             | ( 239 ) |
| 第二节 核苷酸的合成.....            | ( 242 ) |
| 一、嘌呤核苷酸的合成.....            | ( 243 ) |
| 二、嘧啶核苷酸的合成.....            | ( 245 ) |
| 三、脱氧核苷酸的生成.....            | ( 248 ) |
| 四、胸苷酸的合成.....              | ( 250 ) |
| 第三节 DNA 的合成.....           | ( 252 ) |
| 一、DNA 复制是半保留式复制.....       | ( 252 ) |
| 二、DNA 复制的机制.....           | ( 254 ) |
| 第四节 DNA 损伤的修复.....         | ( 265 ) |
| 一、DNA 修复机制.....            | ( 265 ) |
| 二、DNA 损伤的修复与皮肤癌.....       | ( 268 ) |
| 第五节 RNA 的合成.....           | ( 268 ) |
| 一、基因转录产生 RNA.....          | ( 268 ) |
| 二、无序的类似RNA聚合物的形成.....      | ( 278 ) |
| 第六节 逆向转录.....              | ( 280 ) |
| 一、逆向转录的概念.....             | ( 281 ) |
| 二、逆向转录酶.....               | ( 282 ) |
| 三、原核生物中 RNA 病毒的复制.....     | ( 282 ) |
| <b>第十一章 蛋白质的生物合成</b> ..... | ( 284 ) |
| 第一节 蛋白质的合成体系.....          | ( 284 ) |
| 一、mRNA 的作用原理.....          | ( 284 ) |
| 二、tRNA 的作用原理.....          | ( 290 ) |
| 三、核糖体.....                 | ( 292 ) |
| 四、蛋白质生物合成中有关的酶和因子.....     | ( 294 ) |
| 第二节 蛋白质的生物合成过程.....        | ( 296 ) |
| 一、氨基酸的活化.....              | ( 296 ) |
| 二、核糖体循环.....               | ( 297 ) |
| 三、肽链合成后的加工与处理.....         | ( 301 ) |

|                                  |         |
|----------------------------------|---------|
| 四、新生蛋白质的去向·····                  | ( 303 ) |
| <b>第十二章 物质代谢的相互联系和调节控制</b> ····· | ( 304 ) |
| 第一节 物质代谢的相互联系·····               | ( 304 ) |
| 一、糖代谢与脂类代谢的相互联系·····             | ( 304 ) |
| 二、糖代谢与蛋白质代谢的相互联系·····            | ( 305 ) |
| 三、脂类代谢与蛋白质代谢的相互联系·····           | ( 306 ) |
| 四、核酸代谢与糖、脂类、蛋白质代谢的相互联系·····      | ( 307 ) |
| 第二节 物质代谢的调节和控制·····              | ( 309 ) |
| 一、酶水平的调节·····                    | ( 309 ) |
| 二、激素水平的调节·····                   | ( 317 ) |
| 三、神经水平的调节·····                   | ( 320 ) |
| <b>主要参考文献</b> ·····              | ( 322 ) |
| <b>编后语</b> ·····                 | ( 323 ) |

# 第一章 绪 论

## 第一节 生物化学的概念和内容

生物化学是主要用化学的理论和方法，从分子水平来研究生物体的化学组成和生命过程中的化学变化规律的科学。所以，生物化学就是生命的化学。

生物化学的研究内容主要有以下几方面：

### 一、生物体的化学成分及组成

大自然中约有生物 200 多万种，它们是什么物质组成的呢？经过科学家们的不懈努力，现在已基本知道了。例如人体的组成物质：水约占55~67%，蛋白质15~18%，脂类10~15%，无机盐 3~4%，糖类 1~2%以及核酸、维生素、激素等。其中蛋白质、核酸、脂类及糖类因其分子大、结构复杂、种类繁多，故被称为生物大分子。

对这些生物大分子进行水解，可得到组成它们的基本单位，如蛋白质的氨基酸，核酸的核苷酸，脂类的脂肪酸及糖类的单糖等，人们称这些基本单位为构件分子。

由构件分子通过共价键而构成生物大分子，再逐步形成细胞器、细胞、组织、器官及完整的生物体。研究生物体的组成成分及其理化性质，是本学科的主要内容之一。

### 二、结构与功能的关系

欲要研究生物体某一生理功能，就必须先要了解其相应的结构，这是因为有了特定的结构，才能有特定的功能。所以，研究生物体的某一器官、组织、细胞、细胞器、生物大分子、构件分子的

结构，为研究生理功能打下必要基础。

现在已能应用最先进的科学技术，从分子水平来研究生物体的结构与功能关系。例如：研究某一酶的分子结构，以此来了解其相应的催化活性和功能。又例如：脱氧核糖核酸(DNA)的分子结构，它具有遗传信息载体的功能。

### 三、物质代谢

新陈代谢是生命的主要特征之一。生物体不断与外界进行物质交换，从外界吸取营养物，又不断排出废物，这是生物体不断地进行同化和异化的化学反应过程的结果。

因为整个生命活动如生长、发育、繁殖、遗传、变异、运动等，都要经过新陈代谢才能实现，所以，研究物质代谢是很重要的。最明显的例子，如发酵制酒就是微生物新陈代谢的结果，使原料发生一系列的化学变化，变成人们所需要的产品，以满足人们生活需要。

### 四、能量代谢

在生物体内发生物质代谢的同时，也伴有发生一系列的能量变化。例如：生物体内进行物质分解反应时释放能量；而合成反应时需要能量。又例如：高能化合物ATP的生成及其利用过程。其它如体内的机械能、化学能、热能等之间的相互转化、相互联系以及相互制约等。所以，研究能量的产生、转化及其规律，是生物化学的任务之一。

### 五、新陈代谢的调控

不论物质代谢或能量代谢，都是在酶的催化下进行的。它们是有条不紊，又相互密切配合，恰到好处，这显然有一套非常精密的自动调控机构。例如：在一个活细胞内，有近两千种酶在同一时间内催化各种不同代谢的化学反应。又例如：在活细胞内，只要几秒钟，就有千百个不同的蛋白质合成。

### 六、遗传信息的贮存、传递和表达

对这些生命现象的化学本质，在过去有些是不清楚的。现在



随着科学技术的发展,也能深入地进行研究,并得到可靠的证据。例如:基因是遗传信息的载体,而基因是 DNA 链上的一个有效片段。不同的基因就是核苷酸链上各种不同碱基的不同排列结果。

### 七、蛋白质、核酸与生命现象的关系

近代科学的研究,证实了核酸是遗传物质的基础。它是蛋白质生物合成的模板。而蛋白质与生命现象密切相关,故形成了以蛋白质、核酸为中心的现代生物化学的基本理论,从而促进分子生物学、遗传工程学等的创立,有着重大的意义。

## 第二节 生物化学发展简史

### 一、我国古代人民的贡献

我国古代人民在长期的生产和生活中,积累很多的知识和经验,对生物化学的发展作出了很大的贡献。

在公元前15世纪,从殷墟出土的青铜器、酒具来看,已能造酒。在《尚书》中记有“若作酒醴,尔惟曲蘖。”已知酿酒用曲,曲即现在所知的酶。公元前12世纪,《周礼》中已有作酱的记载。

《黄帝内经·素问》中曾记载:“五谷为养,五畜为益,五果为助,五菜为充。”知道从营养的观点来搭配膳食。又如唐朝的《食疗本草》等著作中提出饮食治疗的思想。

在《左传》一书中记载用“曲”来治肠胃病。公元前4世纪,在《庄子》书中记载瘰病。后人用含有碘的海带、紫菜等来治甲状腺肿,用猪肝治雀目(即夜盲症)。

到了明朝,伟大学者李时珍著有《本草纲目》,记载药物1800多种,对药物生化的发展做出杰出贡献。

### 二、外国近代学者的贡献

从18世纪开始,主要在欧洲有许多著名学者:德国谢利(Karl Scheele)从植物和动物中分离出乳酸、柠檬酸、甘油等,开创了对各种生物组成成分的化学分析研究。法国拉瓦锡(A.L.Lavoisier)