



高职高专“十三五”规划教材

# 生物化学

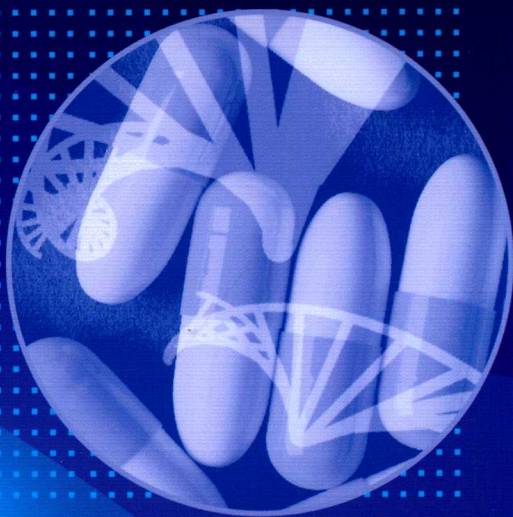
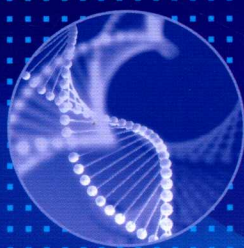
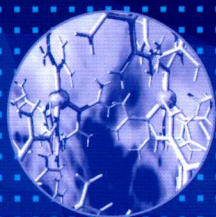
李玉珍 赵丽 主编

孙百虎 石岩 副主编

肖怀秋 主审



SHENGWU HUAXUE



化学工业出版社



高职高专“十三五”规划教材

# 生物化学

李玉珍 赵丽 主编 孙百虎 石岩 副主编  
肖怀秋 主审



化学工业出版社

· 北京 ·

《生物化学》共分为4大部分,15个项目。第一部分为生物分子的结构与功能,主要介绍糖类、蛋白质、脂类、核酸、酶和维生素与辅酶等的化学组成、结构、性质、生理功能及其与医药学的关系和相关代谢疾病等内容。第二部分为生物分子的代谢途径,主要介绍了糖、脂类、蛋白质和核苷酸的合成与分解代谢及物质代谢的调控,并介绍了生物氧化等能量代谢及代谢调控。第三部分为生物分子遗传,主要介绍了蛋白质的生物合成体系和基因的表达与调控,重点介绍了DNA复制、RNA转录以及蛋白质翻译及其调控。第四部分为生物化学实验,主要开设了探究糖、氨基酸、蛋白质、脂类、酶等理化性质与功能的实验。全书内容翔实丰富,注重理论与实践相结合。

本书可作为高职高专院校药学类、制药类、生物技术及相关专业的教材,也可作为从事药学、生物制药生产及科学研究等工作人员的参考书目。

#### 图书在版编目(CIP)数据

生物化学/李玉珍,赵丽主编. —北京:化学工业出版社, 2017.7

ISBN 978-7-122-30191-8

I. ①生… II. ①李…②赵… III. ①生物化学-教材 IV. ①Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 163475 号

---

责任编辑:蔡洪伟 于 卉  
责任校对:王素芹

文字编辑:李 瑾  
装帧设计:王晓宇

---

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 刷:三河市延风印装有限公司

装 订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张17¼ 字数531千字 2017年9月北京第1版第1次印刷

---

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

---

定 价:39.00 元

版权所有 违者必究

# 前言

生物产业是 21 世纪创新最为活跃、影响最为深远的新兴产业，是我国战略性新兴产业的主攻方向。根据《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》和《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》，为加快推动生物产业成为国民经济的支柱产业，国家层面制定了“十三五”生物产业发展规划（2016~2020 年），并明确提出要创新人才培养模式，加强人才培养能力建设，建立多层次人才培养基地，重点培养生物领域的原始创新人才、工程化开发人才和高技能人才等各类人才，而高职院校正是高技能人才培养的“摇篮”。《生物化学》是药学类、药品生产技术和生物技术类专业的重要专业基础课程，也是学习专业课程的重要基础。本教材是以全国高职药学类专业教学要求和培养目标为依据编写的，教材编写过程中充分考虑学生对专业知识的需求以及专业培养对课程教学提出的要求，以学生为中心，以提高教学效果为目的，在教学内容的选取和编排等方面融入了现代药学的最新内容，把生物化学与现代药学充分融合，为学生以后考取执业药师奠定良好的专业基础。考虑到药学专业对医学知识的要求，本书选取了大量医药学案例进行生物大分子结构与功能以及生物分子代谢、基因遗传、蛋白质翻译等知识的讲解，同时，在每一个项目后面均附有知识拓展内容，知识拓展内容丰富且集趣味性、知识性于一体，增强了学生的阅读欲望。

本教材编写人员均来自职业院校多年从事《生物化学》教学工作一线的教师，全书共分为 4 大部分，15 个项目。第一部分为生物分子的结构与功能，主要介绍糖类、蛋白质、脂类、核酸、酶和维生素与辅酶等的化学组成、结构、性质、生理功能及其与医药学的关系和相关代谢疾病等内容。第二部分为生物分子的代谢途径，主要介绍了糖、脂类、蛋白质和核苷酸的合成与分解代谢及物质代谢的调控，并介绍了生物氧化等能量代谢及代谢调控。第三部分为生物分子遗传，主要介绍了蛋白质的生物合成体系和基因的表达与调控，重点介绍了 DNA 复制、RNA 转录以及蛋白质翻译及其调控。第四部分为生物化学实验，主要开设了探究糖、氨基酸、蛋白质、脂类、酶等理化性质与功能的实验。

本教材绪论、糖类化学、蛋白质化学、糖代谢和蛋白质分解代谢由湖南化工职业技术学院李玉珍编写，脂类化学和酶化学由河南牧业经济学院赵丽编写，维生素与辅酶和脂类代谢由河南牧业经济学院王瑞宁编写，生物氧化由河北化工医药职业技术学院崔丽编写，核酸化学、核苷酸代谢和蛋白质的生物合成体系由沈阳市化工学校石岩编写，物质代谢的调节、基因的表达与调控由石家庄职业技术学院孙百虎和朱金梅编写，生物化学实验部分由李玉珍和赵丽编写。全书由湖南化工职业技术学院肖怀秋副教授审稿。教材编写过程中，湖南化工职业技术学院外籍教师 Dr. Bub 给予了很好的编写建议，同时，也得到了化学工业出版社的大力支持。

本书可作为高职高专院校药学类、制药类、生物技术及相关专业的教材，也可作为从事药学、生物制药生产及科学研究等工作人员的参考书目。由于生物化学领域发展迅速，知识更新快，而编者水平有限，再加上编写时间仓促，书中疏漏之处在所难免，敬请使用本教材的广大师生和读者批评指正，以便再版时进一步修订，谢谢！

编者

2017 年 7 月





|                              |    |                             |    |
|------------------------------|----|-----------------------------|----|
| 绪论 .....                     | 1  | 二、多糖类药物的药理活性 .....          | 19 |
| 任务一 生物化学的特色与发展<br>历程 .....   | 1  | 三、糖基化工程与糖类药物 .....          | 20 |
| 一、生物化学的特色 .....              | 1  | 项目二 蛋白质化学 .....             | 23 |
| 二、生物化学的发展历程 .....            | 2  | 任务一 蛋白质的分子组成 .....          | 23 |
| 三、我国对生物化学发展的<br>贡献 .....     | 3  | 一、蛋白质的元素组成 .....            | 23 |
| 任务二 生物化学研究的主要内容 .....        | 3  | 二、蛋白质的基本组成单位——氨<br>基酸 ..... | 23 |
| 一、生物大分子的结构与生理<br>功能 .....    | 3  | 三、肽和肽键 .....                | 32 |
| 二、物质代谢、能量代谢及代谢的<br>调节 .....  | 3  | 任务二 蛋白质的分子结构 .....          | 34 |
| 三、基因复制、表达及基因<br>调控 .....     | 4  | 一、蛋白质的一级结构 .....            | 34 |
| 任务三 生物化学与医药学的关系 .....        | 4  | 二、蛋白质的空间结构 .....            | 35 |
| 项目一 糖类化学 .....               | 6  | 三、蛋白质的分类 .....              | 38 |
| 任务一 糖类概述 .....               | 6  | 任务三 蛋白质结构与功能的关系 .....       | 39 |
| 一、糖的概念与分布 .....              | 6  | 一、蛋白质一级结构与功能的<br>关系 .....   | 39 |
| 二、糖类的主要生物学作用 .....           | 6  | 二、蛋白质空间结构与功能的<br>关系 .....   | 40 |
| 三、糖的分类 .....                 | 7  | 三、蛋白质结构改变与疾病 .....          | 41 |
| 任务二 常见单糖的结构与性质 .....         | 8  | 任务四 蛋白质的理化性质 .....          | 41 |
| 一、单糖的结构 .....                | 8  | 一、蛋白质的紫外吸收特性 .....          | 41 |
| 二、单糖的主要化学性质 .....            | 10 | 二、蛋白质的呈色反应 .....            | 41 |
| 任务三 常见低聚糖的结构与性质 .....        | 11 | 三、蛋白质的胶体性质 .....            | 43 |
| 一、二糖 .....                   | 12 | 四、蛋白质的两性电离与等<br>电点 .....    | 43 |
| 二、三糖 .....                   | 13 | 五、蛋白质的变性与复性 .....           | 44 |
| 任务四 常见多糖的结构与性质 .....         | 13 | 六、蛋白质沉淀技术 .....             | 45 |
| 一、同多糖 .....                  | 14 | 任务五 蛋白质的分离与纯化 .....         | 46 |
| 二、杂多糖 .....                  | 16 | 一、蛋白质的提取 .....              | 46 |
| 任务五 常见糖复合物的结构与生理<br>功能 ..... | 17 | 二、蛋白质的分离与纯化 .....           | 47 |
| 一、糖蛋白 .....                  | 17 | 任务六 氨基酸、多肽和蛋白质类<br>药物 ..... | 50 |
| 二、蛋白聚糖 .....                 | 17 | 一、临床常用氨基酸类药物 .....          | 50 |
| 任务六 糖类药物概述 .....             | 18 | 二、临床常用多肽和蛋白质类<br>药物 .....   | 51 |
| 一、糖类药物来源及作用特点 .....          | 18 | 项目三 脂类化学 .....              | 54 |

|                     |    |                                      |     |
|---------------------|----|--------------------------------------|-----|
| 任务一 脂类的概述 .....     | 54 | 合体 .....                             | 84  |
| 一、脂类分类与分布 .....     | 54 | 三、酶原 .....                           | 84  |
| 二、脂类的生理功能 .....     | 55 | 四、酶的活性中心 .....                       | 85  |
| 任务二 脂肪的结构、性质及       |    | 五、别构酶、诱导酶与结构酶 .....                  | 86  |
| 分类 .....            | 56 | 六、同工酶和抗体酶 .....                      | 86  |
| 一、脂肪的结构与性质 .....    | 56 | 任务三 酶的分类与命名 .....                    | 87  |
| 二、脂肪的分类 .....       | 57 | 一、酶的分类 .....                         | 87  |
| 任务三 类脂的结构与性质 .....  | 57 | 二、酶的命名 .....                         | 88  |
| 一、磷脂 .....          | 57 | 任务四 影响酶促反应的因素 .....                  | 89  |
| 二、糖脂 .....          | 58 | 一、底物浓度对酶促反应速率的                       |     |
| 三、胆固醇和胆汁酸 .....     | 58 | 影响 .....                             | 89  |
| 任务四 脂质体、脂质体药物与脂肪替   |    | 二、酶浓度对酶促反应速率的                        |     |
| 代物 .....            | 59 | 影响 .....                             | 91  |
| 一、脂质体 .....         | 59 | 三、温度对酶促反应速率的                         |     |
| 二、脂质体药物 .....       | 60 | 影响 .....                             | 91  |
| 三、脂肪替代物 .....       | 61 | 四、pH 对酶促反应速率的影响 .....                | 91  |
| 项目四 核酸化学 .....      | 64 | 五、激活剂对酶促反应速率的                        |     |
| 任务一 核酸的化学组成 .....   | 64 | 影响 .....                             | 92  |
| 一、戊糖 .....          | 65 | 六、抑制剂对酶促反应速率的                        |     |
| 二、碱基 .....          | 65 | 影响 .....                             | 92  |
| 三、核苷 .....          | 66 | 任务五 酶的活性调节 .....                     | 94  |
| 四、核苷酸及其衍生物 .....    | 66 | 一、别构调节与化学修饰调节 .....                  | 94  |
| 任务二 核苷酸的组成与结构 ..... | 68 | 二、酶含量调节、酶原及酶原                        |     |
| 一、DNA 的组成与结构 .....  | 68 | 激活 .....                             | 95  |
| 二、RNA 的组成与结构 .....  | 71 | 三、同工酶 .....                          | 96  |
| 任务三 核酸的理化性质 .....   | 73 | 项目六 维生素与辅酶 .....                     | 99  |
| 一、核酸的物理性质 .....     | 73 | 任务一 概述 .....                         | 99  |
| 二、核酸的化学性质 .....     | 73 | 一、维生素的概念与生物学                         |     |
| 任务四 核酸类药物 .....     | 75 | 功能 .....                             | 99  |
| 一、核酸类药物的定义 .....    | 75 | 二、维生素的分类和命名 .....                    | 100 |
| 二、核酸类药物的分类 .....    | 75 | 三、维生素药物 .....                        | 100 |
| 三、临床常见的核酸类药物及其药理    |    | 任务二 水溶性维生素及其辅酶和生物                    |     |
| 作用 .....            | 76 | 功能 .....                             | 100 |
| 项目五 酶化学 .....       | 80 | 一、维生素 B <sub>1</sub> 和焦磷酸硫胺素及        |     |
| 任务一 酶的概念 .....      | 80 | 功能 .....                             | 101 |
| 一、酶的定义与生物学功能 .....  | 80 | 二、维生素 B <sub>2</sub> 和黄素辅酶及          |     |
| 二、酶的存在与分布 .....     | 81 | 功能 .....                             | 101 |
| 三、酶的催化特性 .....      | 81 | 三、维生素 B <sub>3</sub> 和辅酶 A 及功能 ..... | 102 |
| 四、酶的应用 .....        | 82 | 四、维生素 PP 和辅酶 I、辅酶 II 及               |     |
| 任务二 酶的化学组成与结构 ..... | 83 | 功能 .....                             | 103 |
| 一、酶的化学组成 .....      | 83 | 五、维生素 B <sub>6</sub> 和磷酸吡哆醛及         |     |
| 二、单体酶、寡聚酶、多酶复       |    | 功能 .....                             | 104 |
|                     |    | 六、维生素 B <sub>7</sub> 和羧化酶辅酶及         |     |

|                                                            |     |                       |     |
|------------------------------------------------------------|-----|-----------------------|-----|
| 功能.....                                                    | 104 | 四、糖原代谢的调节.....        | 144 |
| 七、叶酸和叶酸辅酶及功能.....                                          | 105 | 任务四  糖异生.....         | 145 |
| 八、维生素 B <sub>12</sub> 和辅酶及功能.....                          | 105 | 一、糖异生的途径.....         | 146 |
| 九、维生素 C 及其功能.....                                          | 106 | 二、糖异生的生理意义.....       | 147 |
| 任务三  脂溶性维生素.....                                           | 108 | 三、糖异生的调节.....         | 147 |
| 一、维生素 A.....                                               | 108 | 任务五  血糖及其调节.....      | 148 |
| 二、维生素 D (抗佝偻病维<br>生素).....                                 | 109 | 一、血糖的来源与去路.....       | 148 |
| 三、维生素 E.....                                               | 110 | 二、血糖水平的调节.....        | 149 |
| 四、维生素 K.....                                               | 110 | 三、血糖水平异常及疾病.....      | 150 |
| 五、鱼肝油与深海鱼油.....                                            | 111 | 项目九  脂类代谢.....        | 154 |
| 六、复合维生素.....                                               | 111 | 任务一  脂类代谢概述.....      | 154 |
| 任务四  其他辅酶和辅基.....                                          | 112 | 一、脂类的生理功能.....        | 154 |
| 一、 $\alpha$ - 硫辛酸.....                                     | 112 | 二、脂类的消化吸收.....        | 155 |
| 二、铁卟啉.....                                                 | 112 | 任务二  脂肪的氧化分解.....     | 155 |
| 三、金属辅基.....                                                | 113 | 一、脂肪动员与脂肪细胞分化.....    | 156 |
| 四、辅酶 Q.....                                                | 113 | 二、甘油的分解代谢.....        | 156 |
| 项目七  生物氧化.....                                             | 116 | 三、脂肪酸的分解代谢.....       | 157 |
| 任务一  概述.....                                               | 116 | 任务三  酮体的代谢.....       | 160 |
| 一、生物氧化的概念.....                                             | 116 | 一、酮体的生成过程.....        | 160 |
| 二、生物氧化的特点.....                                             | 116 | 二、酮体的氧化.....          | 160 |
| 任务二  生物氧化体系.....                                           | 117 | 三、酮体生成的生理与病理意义.....   | 161 |
| 一、生物氧化体系的类型.....                                           | 117 | 任务四  类脂代谢.....        | 161 |
| 二、生物氧化酶类.....                                              | 119 | 一、磷脂代谢.....           | 161 |
| 任务三  生物氧化过程中能量转变.....                                      | 120 | 二、胆固醇的代谢.....         | 164 |
| 一、高能化合物.....                                               | 120 | 任务五  血浆脂蛋白.....       | 166 |
| 二、ATP 的生成.....                                             | 122 | 一、血脂的组成与含量.....       | 166 |
| 三、生物体放能与贮能偶联.....                                          | 123 | 二、血脂的来源和去路.....       | 167 |
| 任务四  生物氧化中 H <sub>2</sub> O 和 CO <sub>2</sub> 的<br>生成..... | 124 | 三、血浆脂蛋白.....          | 167 |
| 一、CO <sub>2</sub> 的生成.....                                 | 124 | 任务六  脂类的代谢调节.....     | 169 |
| 二、H <sub>2</sub> O 的生成.....                                | 124 | 一、脂肪的代谢调节.....        | 169 |
| 项目八  糖代谢.....                                              | 126 | 二、胆固醇的代谢调节.....       | 170 |
| 任务一  糖代谢概述.....                                            | 126 | 任务七  脂类代谢紊乱.....      | 171 |
| 任务二  糖的分解代谢.....                                           | 127 | 一、高脂血症.....           | 171 |
| 一、糖的无氧分解.....                                              | 127 | 二、动脉粥样硬化.....         | 171 |
| 二、糖的有氧分解.....                                              | 132 | 三、肥胖症.....            | 172 |
| 三、磷酸戊糖途径.....                                              | 139 | 项目十  蛋白质分解代谢.....     | 175 |
| 任务三  糖原的合成与分解.....                                         | 141 | 任务一  蛋白质的营养作用.....    | 175 |
| 一、糖原合成.....                                                | 141 | 一、氮平衡.....            | 175 |
| 二、糖原的分解.....                                               | 143 | 二、蛋白质的需要量.....        | 176 |
| 三、糖原合成与分解的生理意义.....                                        | 144 | 任务二  蛋白质的消化吸收和腐败..... | 176 |
|                                                            |     | 一、蛋白质的消化.....         | 176 |
|                                                            |     | 二、肽和氨基酸的吸收.....       | 177 |

|                             |     |                                    |     |
|-----------------------------|-----|------------------------------------|-----|
| 三、蛋白质的腐败作用 .....            | 178 | 一、基因的概念 .....                      | 219 |
| 任务三 氨基酸的一般代谢 .....          | 179 | 二、遗传信息的传递与中心法则 .....               | 220 |
| 一、氨基酸的代谢概况 .....            | 179 | 任务二 DNA 的复制与修复 .....               | 220 |
| 二、氨基酸的脱氨基作用 .....           | 179 | 一、DNA 复制 .....                     | 220 |
| 三、氨的代谢 .....                | 182 | 二、DNA 逆转录合成 .....                  | 224 |
| 四、 $\alpha$ -酮酸的代谢 .....    | 188 | 三、DNA 突变(损伤)与修复 .....              | 224 |
| 任务四 某些氨基酸的特殊代谢 .....        | 189 | 任务三 RNA 转录与加工 .....                | 226 |
| 一、氨基酸的脱羧基作用 .....           | 189 | 一、转录的条件 .....                      | 226 |
| 二、一碳单位代谢 .....              | 191 | 二、参与转录的酶类及蛋白因子 .....               | 226 |
| 三、个别氨基酸的分解代谢与代谢<br>疾病 ..... | 192 | 三、转录过程及转录后加工 .....                 | 226 |
| 项目十一 核苷酸代谢 .....            | 198 | 四、RNA 的复制 .....                    | 227 |
| 任务一 核苷酸代谢概述 .....           | 198 | 任务四 蛋白质翻译、转运与加工 .....              | 227 |
| 一、核苷酸的生理功能 .....            | 198 | 一、氨基酸的活化 .....                     | 228 |
| 二、核酸酶及核苷酸分解代谢 .....         | 199 | 二、合成阶段 .....                       | 228 |
| 任务二 嘌呤核苷酸的代谢 .....          | 200 | 三、蛋白质的转运 .....                     | 230 |
| 一、嘌呤核苷酸的分解代谢 .....          | 200 | 四、翻译后蛋白质前体的加工 .....                | 230 |
| 二、嘌呤核苷酸的合成代谢 .....          | 201 | 任务五 蛋白质代谢病及药物对蛋白质合成体<br>系的影响 ..... | 230 |
| 任务三 嘧啶核苷酸的代谢 .....          | 204 | 一、异常蛋白质与分子病 .....                  | 230 |
| 一、嘧啶核苷酸的分解代谢 .....          | 204 | 二、药物对蛋白质合成体系的影响 .....              | 230 |
| 二、嘧啶核苷酸的合成代谢 .....          | 204 | 项目十四 基因的表达与调控 .....                | 233 |
| 任务四 核苷酸的抗代谢药物 .....         | 206 | 任务一 概述 .....                       | 233 |
| 一、嘌呤核苷酸抗代谢药物 .....          | 206 | 一、基因表达的特异性与表达方式 .....              | 233 |
| 二、嘧啶核苷酸抗代谢药物 .....          | 206 | 二、基因表达调控序列和调控蛋白 .....              | 234 |
| 任务五 核苷酸代谢异常疾病 .....         | 206 | 三、基因表达调控的多层次复杂<br>调节 .....         | 236 |
| 一、嘌呤核苷酸代谢异常病 .....          | 206 | 任务二 原核生物基因表达调控 .....               | 236 |
| 二、嘧啶核苷酸代谢异常病 .....          | 207 | 一、原核生物基因表达调控的特点 .....              | 236 |
| 项目十二 物质代谢的调节 .....          | 210 | 二、原核生物转录水平调节-操纵子<br>学说 .....       | 237 |
| 任务一 物质代谢与调控概述 .....         | 210 | 三、翻译水平的调控 .....                    | 238 |
| 一、物质代谢的概念 .....             | 210 | 任务三 真核生物基因表达调控 .....               | 238 |
| 二、物质代谢调控的特点 .....           | 210 | 一、转录前水平的调控 .....                   | 239 |
| 任务二 物质代谢调节机制 .....          | 211 | 二、转录水平的调控 .....                    | 239 |
| 一、细胞水平调节 .....              | 212 | 三、转录后水平的调控 .....                   | 240 |
| 二、激素水平调节 .....              | 214 | 四、翻译水平及翻译后水平的调控 .....              | 241 |
| 三、整体水平调节 .....              | 215 | 项目十五 生物化学实验 .....                  | 243 |
| 任务三 酶合成的调节 .....            | 215 | 实验一 糖的显色反应 .....                   | 243 |
| 一、酶的诱导合成 .....              | 215 | 实验二 还原糖和总糖的测定 .....                | 245 |
| 二、酶合成的阻遏作用 .....            | 217 | 实验三 邻甲苯胺法测定血糖含量 .....              | 247 |
| 项目十三 蛋白质的生物合成<br>体系 .....   | 219 | 实验四 氨基酸的薄层色谱分离和<br>鉴定 .....        | 248 |
| 任务一 概述 .....                | 219 |                                    |     |



|      |                            |     |      |                        |     |
|------|----------------------------|-----|------|------------------------|-----|
| 实验五  | 双缩脲法测定血清白蛋白的含量.....        | 249 | 实验十二 | 碱性磷酸酶 $K_m$ 值的测定 ..... | 258 |
| 实验六  | 蛋白质等电点测定.....              | 251 | 实验十三 | pH 值对酶促反应速率的影响.....    | 260 |
| 实验七  | 蛋白质的盐析与透析.....             | 252 | 实验十四 | 温度对酶促反应速率的影响.....      | 261 |
| 实验八  | 卵磷脂的提取与鉴定.....             | 253 |      |                        |     |
| 实验九  | 血清中磷脂的测定.....              | 254 | 附录   | 生物化学常用实验数据 .....       | 263 |
| 实验十  | 动物肝脏 RNA 的制备及琼脂糖电泳的鉴定..... | 255 | 参考文献 | .....                  | 268 |
| 实验十一 | 二苯胺显色法测定 DNA 的含量.....      | 257 |      |                        |     |

## 要点导航

掌握

生物化学基本概念；生物化学的发展阶段，生物化学的特点等。

熟悉

生物化学的主要研究内容。

了解

生物化学与医药学的关系。

生物化学(biochemistry)即生命的化学(chemistry of life),是研究生物体的化学组成和生命过程中化学变化规律的科学。可分为动物生物化学、植物生物化学、微生物生物化学和医学生物化学等,是以化学、生物学、遗传学、免疫学、生理学、解剖学、组织学等学科为基础,与病理学、药理学等后续专业基础课程和专业课程的学习有密切关系,起着承前启后的重要作用。随着医学理论与技术的发展,生物化学的理论与实验技术越来越多地应用到临床疾病诊断、预防和治疗中,从分子水平和细胞水平研究生理与病理变化,是临床医学与药学重要的专业基础课程。医学和药学与生物化学有重要的关系,对于药学、药品生产、医学等专业的学生,学好《生物化学》可以更好地理解临床生理与病理,以及药物代谢等相关知识,是非常重要的专业基础课程。

## 任务一 生物化学的特色与发展历程

解剖学是从大体水平研究生物体的结构与功能,组织胚胎学在细胞水平,通过显微镜、电子显微镜来了解生物体细胞的结构与功能。而生物化学实际上是更深一个层次,在细胞分子水平研究生物体的结构与功能。生物化学有200多年历史,随着技术的发展,生物化学与其他学科有交叉,如遗传学、生物工程学、生物信息学等。生物化学是一门古老的学科,也是一门新兴的学科,还是一门边缘学科、交叉学科。生物化学研究的最终目的是在分子水平揭示生命活动的本质,以及致病机制和治疗原理。根据其研究阶段不同,可以分为静态生物化学、动态生物化学以及功能生物化学3个发展阶段。静态生物化学是研究生物体内物质的化学组成、理化性质和生物学功能。动态生物化学是关注生物体代谢过程。功能生物化学则是研究生物大分子结构与功能的关系。

### 一、生物化学的特色

生物化学相比其他的化学学科有其独特的特点,主要有:

- ① 研究对象为生物体内的化学物质。因此,具有明显的化学特色,与其他的化学学科交叉,但更重视其体内物质的生物学活性或生物学意义。
- ② 不同生物大分子其合成、结构和功能等方面各有特色。
- ③ 代谢过程是分步进行的,而且受到精确的调控。如葡萄糖在空气中燃烧生成 $\text{CO}_2$ 和 $\text{H}_2\text{O}$ 是剧烈的放热反应,而在体内,却在温和的条件下进行,经过3大途径(葡萄糖分解为丙酮酸、丙酮酸氧化为乙酰CoA和乙酰CoA氧化)、20多个连续反应才能完成,反应过程受酶及代谢物等精确控制。
- ④ 生物氧化过程主要以脱氢方式进行(如乙醇脱氢酶),而直接加氧反应在生物体代谢过程具有

特殊的意义。

⑤ 强调分解代谢与合成代谢的偶联，物质代谢与能量代谢的偶联，合成代谢所需能量来源于分解代谢（能量守恒定律）。

⑥ 关注生物大分子的结构与功能的关系。其中，蛋白质结构与功能、核酸结构与功能、核酸的复制和蛋白质的生物合成更具有生物化学特色。

⑦ 注重代谢过程的调控，使生物体内物质分解与合成过程有条不紊地进行。

⑧ 没有局限于分子水平研究生命现象，也在细胞或细胞器水平研究生命现象。如生物体的代谢调控可以在细胞、分子水平进行。高等动植物还可以通过激素进行调控。酶活力调节是典型的分子水平调节，生物体内酶促反应（代谢过程）受反馈抑制影响。酶含量的调节可发生在细胞水平。生物过程中酶的合成受诱导与阻遏的控制。

⑨ 生物体内的代谢调控具有时空性。代谢调节受物种遗传基因的影响，环境因素也会影响基因的表达（如双胞胎或多胞胎患病情况有差异）。

简单地讲，生物体通过核酸、蛋白质等生物大分子的复制、合成来控制生命活动的过程。生命现象通过蛋白质功能实现。但从调控的时空分析，DNA 是真正的出发点，而 RNA 是蛋白质合成过程中不可或缺的中间体，它参与遗传物质的转录与翻译。核糖体是蛋白质的合成场所。转录过程将隐藏在 DNA 的分子信息转录到 mRNA 的三联体密码上，再通过 tRNA 翻译其中的遗传密码指导蛋白质合成。

## 二、生物化学的发展历程

### 1. 静态生物化学阶段（叙述生物化学阶段）

生物化学早期是从生理学学科中分出来的。生理学是以研究人体生理功能为主的学科，如心血管功能、消化道功能、骨骼功能、内分泌功能、肌肉功能等。在功能基础上，深入研究后就进入到细胞水平，生物化学就因此形成了一门独立的学科，最初叫生理生物化学，这一阶段主要为静态生物化学阶段，也称叙述生物化学阶段。这一阶段的特点是对生命现象有零星的了解，主要研究生物体的化学组成，包括糖类、脂类、蛋白质和核酸等有机物组成，并对生物体各种组成成分进行分离、纯化、结构测定、合成及理化性质的研究，客观描述组成生物体的物质含量、分布、结构、性质与功能。虽然也有生物体内的一些化学过程被发现，并进行过研究，但总的来说，还是以分析和研究生物体的组成成分为主，是生物化学的萌芽时期。

### 2. 动态生物化学阶段

从 20 世纪初期开始，生物化学进入了蓬勃发展阶段。科学家发现必需氨基酸、必需脂肪酸、多种维生素、激素等生物分子的结构，脲酶、胃蛋白酶及胰蛋白酶等酶也相继被分离纯化。在体内新陈代谢方面，由于化学分析及同位素示踪技术的发展与应用，如放射性核素示踪法，对生物体内主要物质代谢途径展开了深入研究并确定了部分生物分子的代谢过程，如糖酵解、三羧酸循环、脂肪酸  $\beta$  氧化及鸟氨酸循环等过程。所以，此时期称为动态生物化学阶段。研究变得更加系统，主要研究大分子是什么？结构是什么？功能是什么？了解个体从发育到衰老过程的动态变化，细胞内的大分子的动态变化，更全面了解高分子化合物、小分子化合物的代谢途径、结构与功能。

### 3. 功能生物化学阶段

从 20 世纪中叶以来，生物化学发展的最显著特征是分子生物学的崛起。20 世纪 50 年代后期揭示了蛋白质的生物合成途径，确定了合成代谢与分解代谢网络组成的“中间代谢”。细胞内两类重要的生物大分子——蛋白质与核酸成为研究焦点，核酸结构和蛋白质生物合成途径被阐明。特别是在 James D. Watson 和 Francis H. Crick 提出 DNA 双螺旋结构后，证明了遗传中心法则，推动分子生物学的发展并成为生物化学的主体。X 射线和多肽链氨基酸序列分析技术是 20 世纪 50 年代后分子生物学的两大技术支柱。1973 年 Paul Berg、Herbert 和 Stanley Cohen 建立了体外重组 DNA 技术，标志着基因工程的诞生。1981 年 T. Cech 发现了核酶，拓展了酶学研究内容。1985 年 Kary Mullis

发明了聚合酶链反应 (PCR) 技术, 使体外高效率扩增 DNA 得以实现。1990 年开始的人类基因组计划 (human genome project, HGP) 是生命科学领域的重大项目, 2000 年完成了人类基因组“工作框架图”。2003 年 4 月, 人类基因组序列图绘制成功。

### 三、我国对生物化学发展的贡献

在我国古代的夏禹时代, 人们就可以成功利用粮食进行酒类的酿造, 到商周时期, 酿酒与制酱技术已经十分盛行了, 这些都是古代人民在无意识的情况下利用了生物活性物质——酶。在公元前 6 世纪, 春秋战国时期, 我国就有利用曲进行消化疾病治疗的记载; 公元 4 世纪晋朝时, 就有利用海藻 (含碘) 进行地方性甲状腺肿瘤的治疗; 公元 7 世纪唐朝初期就有利用谷粮、中草药治疗雀目 (即夜盲症) 的记载。可以说, 在我国古代, 人们虽然不清楚生物化学机理, 但在无意识条件下, 已经在生产、生活中以及医药领域中使用了生物化学知识, 为生物化学的发展做出了巨大的贡献。

我国生物化学研究起步较晚, 但在 20 世纪 30~40 年代我国生物化学工作者在临床生物化学、血液学、营养学、蛋白质变性学及免疫学等学科或领域做了大量的工作, 并取得了巨大的成绩。我国生物化学的奠基人是吴宪 (1893—1989), 他率先提出了蛋白质变性学说, 对于研究蛋白质大分子的高级结构有重要价值。他还在血液分析、食物营养和免疫化学等领域作出了杰出贡献, 至今在临床诊断方面还在使用他提出的血液系统分析法。特别是在 1965 年, 我国科学家在世界上首次人工合成具有生物活性的牛胰岛素, 1971 年用 X 射线测定了猪胰岛素的分子结构, 分辨率极高, 达到了 0.18nm。20 世纪 80 年代中期对内源性吗啡物质进行了大量研究并成功合成了内啡肽, 所有这些成绩都是由于我国生物化学家付出了巨大的努力才取得的。进入 21 世纪后, 我国科学家参与了人类基因组计划, 并且是唯一参与该计划的发展中国家, 标志着我国生物化学研究处于世界的前列。2014 年开始, 启动我国全部重大疾病人类蛋白质组计划。由此, 我国生物化学走在世界的前列, 并成为世界蛋白质组学的领头羊。

## 任务二 生物化学研究的主要内容

生物体的生命现象都是生物化学的研究内容, 所有生命现象都与生物体的物质代谢、能量代谢及调控有重要关系。生物化学研究的内容十分广泛, 主要集中在以下几个方面。

### 一、生物大分子的结构与生理功能

生物体是由糖、脂类、氨基酸、蛋白质、核酸和维生素与辅酶等生物分子在严密调控下形成的有序整体, 生物体是由成千上万种化学成分构成。研究这些基本物质的化学组成、结构、理化性质、生物功能及结构与功能的关系是生物化学的研究重点。此外, 生物大分子之间的互作机制也是生物化学的研究重点。如蛋白质与蛋白质的相互作用在细胞信号转导过程中有重要作用, 蛋白质与核酸的相互作用以及核酸与核酸的相互作用是基因表达与调控的重要手段。分子结构、分子识别及分子调控是生物信息传递与功能表达的重要研究内容, 而这些也是当前功能生物化学的研究热点。总体来说, 当前生物化学研究的重点为生物大分子的结构与功能。

### 二、物质代谢、能量代谢及代谢的调节

组成生物体的物质不断地进行着多种有规律的化学变化, 即新陈代谢 (metabolism) 或物质代谢。新陈代谢是生物体的基本特征, 也是医学与药学生物化学学习内容中最基本、最重要和最具特色的部分。生物体在生长发育和繁殖及病理等过程中, 除与外界环境进行能量与物质交换外, 在生物体内还进行了大量的能量与物质代谢, 以维持其生物体内环境的相对恒定。如生物体每日需要从环境中获得营养物质, 并经消化吸收后生成葡萄糖、脂、氨基酸、水、维生素及无机盐等物质和能量, 并以这些物质进行生物大分子的合成。生物体的合成代谢和分解代谢在

正常情况下,是保持动态平衡的,物质代谢也是在生物体的调节控制之下有条不紊进行的。若物质代谢发生紊乱则可引起疾病。因此,研究物质代谢与物质代谢相互间的关系和代谢调控也是生物化学的重要组成部分。生物体内所有的生物化学过程均在酶的催化作用下有条不紊地进行,掌握生理条件下各种生物大分子的物质代谢及调控规律,有利于研究代谢异常可能引发的相关疾病,如糖尿病、高脂血病、酮尿酸症、地中海贫血病、肥胖症、老年性痴呆、骨质疏松等。研究物质代谢、能量代谢及代谢调控规律是医药生物化学课程的主要内容,与病理学、药理学及临床相关学科有重要关联。

### 三、基因复制、表达及基因调控

基因信息以 DNA 为模板,通过 DNA 碱基序列的贮式储存在细胞核内染色体中,通过 DNA 复制、RNA 转录和蛋白质翻译实现基因的表达与调控。基因表达是基因通过转录和翻译等一系列复杂过程指导合成具有特定功能的产物,其调控有多个层次,如转录水平的调控、翻译水平的调控和翻译后水平的调控等,是一个错综复杂而协调有序的过程,基因信息的正确传递和翻译与细胞的增殖、分化、衰老、细胞凋亡等正常生理过程有重要关系,也与细胞的病理过程,如肿瘤、免疫疾病、高血压、心血管疾病、血液疾病等有重要关联。在细胞水平和分子水平研究正常的生理及病理机制,观察药物对生理过程的干预机制,也是当前药学生物化学和医学生物化学的重要研究内容。对基因表达调控的研究将进一步阐明生物大分子的结构、功能及疾病发生发展机制,从而在分子水平上为疾病的预防、诊断及治疗提供科学依据和技术支持。目前,基因表达及其调控是生物化学与分子生物学研究最重要、最活跃的领域之一。

## 任务三 生物化学与医药学的关系

生物化学相比解剖学、组织学、病理学等课程的学习来说,由于学习内容的抽象性,学习难度相对要大一点。医学生物化学或药学生物化学是应用化学结构式和反应式来研究生物体的生物大分子的结构与功能,描述生物分子的性质以及生命过程中物质与能量的代谢规律以及调控,而这些在生物细胞水平和分子水平研究的内容中无法直观展示。从分子水平探究生命本质,为研究疾病发生机制及其诊疗方法提供更为科学的依据。如目前国际上基于单核苷酸多态性(SNPs)分析产生的“个体化诊疗”特点与中医的“辨证论治”有相似之处,中医辨证论治治疗疾病时,相同的疾病,辨证分型不同,治疗方药也不同;而不同的疾病,辨证分型相同,可用相同方药治疗。SNPs 与疾病诊断和药物治疗的关联性分析不仅可通过检测出的 SNPs 来预测、确定与疾病有关的基因,还能够事先把握患者个体对于某种药物的反应特点,选择治疗效果最好、不良反应少等危险性最小的治疗方案进行准确的疾病治疗。

药学生物化学是研究与药学科学相关的生物化学理论、原理与技术及其在药物研究、药物生产、药物质量控制与药物临床应用的基础学科。20 世纪末,以化学模式为主体的药学科学迅速转向与生物学和化学相结合的新模式,各种组学技术,如基因组学、蛋白质组学、转录组学、代谢组学以及系统生物学的迅速发展为新药的发现和中医药研究提供了重要的理论基础和技术手段。应用现代生化技术从生物体获得的生理活性物质可开发为生物药物。生物化学药物是运用生物化学的研究结果,将生物体的重要活性物质用于疾病防治的一大类药物,在临床应用的已达数百种。中草药学药效成分的分离纯化及作用机理的研究也应用了生物化学的原理与技术。各种药用天然产物以及微生物活性物质的生物合成和生物转化技术正在成为开创现代绿色化学制药工业的有效手段。

生物化学发展迅速,生物化学的理论和方法在基础医学学科中也得到广泛应用并衍生出许多新的学科分支。总之,生物化学是现代药学科学的重要理论基础,是药学、药品生产技术等专业的学生学好专业课程及今后从事药物研究、生产、质量控制与药品临床应用等的重要基础。





## 重点小结

| 重 点                                                                                                                                                                                                 | 难 点                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"><li>1. 生物化学即生命的化学,是研究生物体的化学组成和生命过程中化学变化规律的科学。</li><li>2. 生物化学的发展历程:静态生物化学、动态生物化学和功能生物化学。</li><li>3. 生物化学研究的主要内容:生物分子的结构与功能、物质代谢、能量代谢及代谢的调节、基因复制、表达及基因调控</li></ol> | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 生物化学的发展史;从研究生物体的组成成分为主的叙述生物化学,发展到研究体内新陈代谢动态生物化学及研究生物大分子为主的功能生物化学(分子生物学)阶段。</li><li>2. 生物化学学科的特色。</li><li>3. 生物化学与医药学的关系</li></ol> |



## 课后习题

### 一、名词解释

生物化学、静态生物化学、动态生物化学、功能生物化学。

### 二、简答题

1. 什么是生物化学?生物化学的研究内容主要有哪些?
2. 生物化学的发展分为哪几个阶段?
3. 生物化学的特色是什么?与医药学有什么关系?

## 要点导航

## 掌握

糖、单糖、寡糖、多糖、淀粉、糖原、同多糖、杂多糖、糖蛋白、蛋白聚糖、糖类药物等基本概念；糖的分类；常见单糖的结构与性质（成苷反应、成酯反应、氧化反应与还原反应）等。

## 熟悉

糖的主要生理作用；常见低聚糖的结构与性质；常见多糖的结构与性质；糖类药物的特点及作用；多糖的药理活性等。

## 了解

常见同多糖与杂多糖；常见多糖的生理功能；常见糖蛋白及其生理功能；常见蛋白聚糖及其生理功能等。

糖类是指多羟基醛或多羟基酮，或多羟基醛酮的缩合物及其衍生物。糖类化合物占到地球总生物量的 50% 以上，在植物中占到其干重的 80% 以上，主要来源于绿色植物、海洋藻类及部分微生物的光合作用，在植物、动物和微生物中广泛存在，是机体供能的主要来源。植物通过光合作用可生成糖，植物淀粉和纤维素等糖类化合物含有从太阳转化来的化学能。糖是人类食物的主要成分，也是人体获得能量的主要源泉。糖类是生物体诸多含碳物质分子的前体，可转化为多种非糖物质，并与蛋白质、脂类等物质组成复合糖，参与细胞识别、信息传递等多种重要生物学功能。糖类也称碳水化合物 (carbohydrate)，根据其化学组成的复杂程度可分为单糖 (monosaccharide)、寡糖 (oligosaccharide) 和多糖 (polysaccharide)。

## 任务一 糖类概述

## 一、糖的概念与分布

糖类 (carbohydrate, saccharide) 是地球上最丰富的有机化合物，广泛存在于生物界，特别是在植物界。糖类若按干重计可占到植物的 85%~90%，如谷物淀粉、甘蔗和甜菜的蔗糖、水果中的果糖、秸秆中的纤维素等均属于糖类。人体和动物组织器官中含糖量一般在 2% 左右，如血液中的葡萄糖、肝糖原、肌糖原、乳糖等。微生物体内的糖约占到微生物菌体的 10%~30%。

糖类主要由碳、氢、氧三种元素构成，可用通式  $C_n(H_2O)_m$  表示，符合水分子中氢和氧的比例，旧称碳水化合物。随着糖类研究的深入，发现部分糖类并不符合上述通式，如脱氧核糖 ( $C_5H_{10}O_4$ ) 和岩藻糖 ( $C_6H_{12}O_5$ ) 等，而有些非糖类物质却符合这一通式，如甲醛 ( $CH_2O$ )、乙酸 ( $C_2H_4O_2$ ) 和乳酸 ( $C_3H_6O_3$ ) 等。因此，碳水化合物的概念并不能确切表示糖类化合物。糖类化合物根据其结构特性定义为多羟基醛或多羟基酮及其缩聚物或衍生物的统称。

## 二、糖类的主要生物学作用

糖类广泛存在于自然界的生物体内，是细胞内的重要组分，在生物体内具有重要的生理功能，其主要作用如下。

## 1. 提供机体代谢所需能量

糖类在生物体内可通过糖酵解途径、三羧酸循环及线粒体生物氧化等途径产生能量，供机体物质

代谢和能量代谢所需。糖类是机体获得能量最主要来源。动物主要利用淀粉作为能量来源，食草类动物和部分微生物能利用纤维素作为能源物质。摄入到机体多余的能量可以贮存起来，植物主要以淀粉作为能量贮存方式，而动物体主要以糖原形式贮存能量，如肝糖原、肌糖原等。

## 2. 作为机体重要的结构物质

植物的细胞壁中含有大量的纤维素、半纤维素和果胶等物质，它们均为多糖，是构成植物细胞壁结构的主要成分，是植物组织中主要起结构支持作用的物质。细菌细胞壁中的肽聚糖也是糖类物质，对维持细胞的结构具有重要作用。昆虫和甲壳类外骨骼为壳多糖，也是多糖成分。细胞间质中的黏多糖也是结构性物质。此外，细胞膜结构的蛋白质、脂类等也常与糖形成糖蛋白或脂蛋白，参与细胞信号传导、细胞识别、物质转运、物质代谢调控等生理过程。

## 3. 为其他物质的合成提供原料

糖酵解、三羧酸循环、磷酸戊糖途径等糖代谢途径可产生大量中间体，这些中间体是合成蛋白质、脂肪和糖的重要原料。三羧酸循环生成的中间产物如柠檬酸、延胡索酸、 $\alpha$ -酮戊二酸、琥珀酰 CoA 和草酰乙酸等是连通蛋白质、脂肪酸和糖代谢的重要中间体。琥珀酰 CoA 可与甘氨酸合成血红素， $\alpha$ -酮戊二酸加氨基可生成谷氨酸，草酰乙酸氨基化生成天冬氨酸，乙酰 CoA 是在细胞质中用于脂肪酸合成，草酰乙酸和  $\alpha$ -酮戊二酸接受氨基可转变为丙氨酸、天冬氨酸和谷氨酸，用于蛋白质合成。 $\alpha$ -酮戊二酸是合成谷氨酸、谷氨酰胺、脯氨酸、羧脯氨酸和精氨酸的前体物质，草酰乙酸是合成天冬氨酸、天冬酰胺、赖氨酸、苏氨酸、甲硫氨酸、异亮氨酸的前体物质，延胡索酸是酪氨酸、苯丙氨酸代谢的产物，与蛋白质代谢有关，琥珀酰 CoA 是合成叶绿素和血红素的前体。此外，磷酸戊糖途径可产生  $C_3$ 、 $C_4$ 、 $C_5$ 、 $C_6$  和  $C_7$  等不同含碳数目的糖，可提供不同的含碳单位用于核酸、蛋白质等生物合成。

## 4. 具有多种生物学功能

糖蛋白和糖脂是生物体内最重要的复合糖，具有多种生物学功能。如糖蛋白和糖脂在细胞识别、增强免疫保护、参与代谢调控、受精机制、细胞的衰老、细胞的癌变、决定血型、器官移植排斥等方面有重要作用。部分糖还被研制成药物用于临床疾病的治疗，如 1,6-二磷酸果糖可用于急性心肌缺血性休克的治理；真菌多糖，如香菇多糖、猪苓多糖可用于心血管疾病、肿瘤细胞抑制等方面；右旋糖酐（葡聚糖）作为补铁制剂的载体。此外，还有降血糖、抗病毒和增强机体免疫等重要的生物学功能。

# 三、糖的分类

根据糖类物质的聚合程度和能否水解以及水解后的产物情况，可分为单糖、寡糖和多糖 3 类。

## 1. 单糖

单糖 (monosaccharide) 是糖类化合物中最简单的，不能再继续水解成更小分子的糖。常见单糖如葡萄糖、果糖和核糖等。结构中只含一个多羟基醛或多羟基酮单位，目前发现的天然单糖超过 200 种。根据单糖含碳数目不同，可分为丙糖、丁糖、戊糖和己糖等，特别是戊糖和己糖在自然界分布最广泛、也最为重要，如核糖、脱氧核糖、葡萄糖、果糖、半乳糖等。根据单糖羰基的特点，又分为醛糖 (aldose) 和酮糖 (ketose)。葡萄糖和果糖分别为醛糖和酮糖。

## 2. 寡糖

寡糖 (oligosaccharide) 也称低聚糖，是由 2~10 个单糖单位通过糖苷键连接形成的短链聚合物。根据寡糖含有单糖单位的数目不同分为双糖、三糖、四糖和五糖等，其中，最重要的寡糖是双糖。如麦芽糖由两分子葡萄糖缩合形成，蔗糖由 1 分子葡萄糖和 1 分子果糖缩合形成，乳糖由 1 分子葡萄糖和 1 分子半乳糖缩合形成。三糖是 3 分子单糖缩合形成，如棉籽糖分别由 1 分子半乳糖、葡萄糖和果糖组成。细胞内三糖以上的寡糖通常以结合形式存在，如与蛋白质形成糖蛋白，与脂类形成糖脂等。在细胞内还存在四糖、五糖和六糖等。

## 3. 多糖

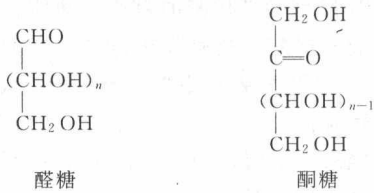
多糖 (polysaccharide) 是由 10 个以上单糖单位缩合形成的高分子聚合物。根据多糖的组成单元

的不同，分为同多糖和杂多糖 2 个大类。同多糖（homopolysaccharide）是由相同的单糖单位通过缩合形成的高分子聚合物，水解时仅能得到一类单糖，如植物淀粉、纤维素、动物肝糖原、肌糖原、右旋糖苷（也称葡聚糖）等。杂多糖（heteropolysaccharide）是指由一种以上的单糖或（和）单糖衍生物构成，如透明质酸、硫酸软骨素、硫酸角质素、肝素等。此外，糖类可与蛋白质、脂类等生物分子通过共价键形成糖蛋白、糖脂、肽聚糖、蛋白聚糖等复合糖。

根据糖的来源不同，可分为植物性糖（如蔗糖、果糖、淀粉、纤维素等）、动物性糖（如肝糖原、肌糖原等）及微生物糖（如肽聚糖）。也可根据糖的功能进行分类，可分为支持性糖（如纤维素）、储备性糖（淀粉和糖原）和凝胶性糖（果胶、琼脂）等。

## 任务二 常见单糖的结构与性质

单糖是组成多糖的基本结构单元，单糖是多羟基醛或多羟基酮。



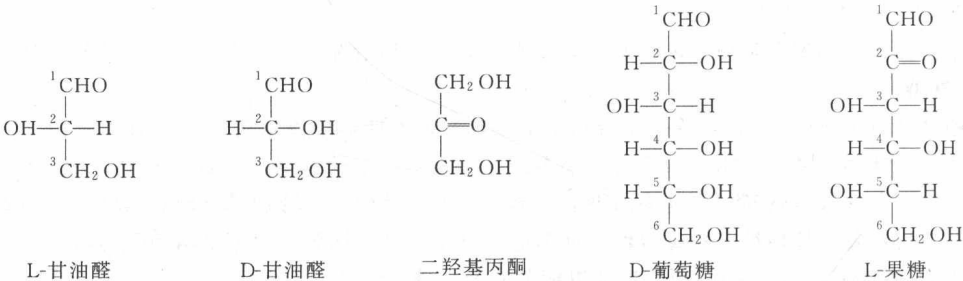
单糖至少含两个羟基，含羟基的碳原子多为手性碳原子，可形成具有不同立体结构（构型）的化合物。所有单糖中己碳糖最重要，特别是葡萄糖，它既是生物体内最丰富的单糖，又是寡糖和多糖最主要的组成成分。下面以葡萄糖为例介绍单糖的化学结构及主要理化性质。

### 一、单糖的结构

#### （一）葡萄糖

##### 1. 葡萄糖的开链结构和构型

单糖是多羟基醛或多羟基酮，最简单的单糖是三碳醛糖或三碳酮糖。三碳醛糖也称为甘油醛，分 D-型甘油醛和 L-型甘油醛。三碳酮糖也称为二羟基丙酮，其他的单糖可理解为在此基础上进行碳链的延长。



单糖链状结构（醛糖和酮糖）均含有不对称的碳原子，也称为手性碳原子，用 C\* 表示。单糖有 D-型和 L-型两种异构体。D-型和 L-型的区分是以甘油醛的结构为标准规定的，—OH 在甘油醛的右侧称为 D-型，而位于甘油醛左侧的称为 L-型。单糖构型则根据其分子中离羰基最远的手性碳原子（C\*）连接的一OH 的空间位置与甘油醛对比，在右边为 D-型，在左边为 L-型。

葡萄糖是自然界发现最早的单糖，分子式为 C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>，是含有 5 个羟基和 1 个醛基的己醛糖，其开链结构中有 4 个手性碳原子（C\* 2、C\* 3、C\* 4、C\* 5）。含多个手性碳原子的单糖分子，其相对构型也是根据离羰基最远的手性碳原子连接的一OH 来确定。具有不对称手性碳原子的分子通常都具有旋光性，能使偏振光偏振面发生旋转。具有旋光性的物质称为旋光物质。旋光物质使偏振光的偏振面旋转的角度称为旋光度。在标准条件下（1mL 含 1g 旋光性物质浓度的溶液，放在 1dm 长的旋光管中）测得