

A vertical strip on the left side of the cover features a detailed microscopic image of plant tissue, showing various cell structures and vascular bundles in shades of orange and red. The rest of the cover has a background of horizontal bands in shades of orange and yellow.

# 生物化学 学习指导

白玲 主编



化学工业出版社  
生物·医药出版分社

# 生物化学学习指导

白 玲 主编



化学工业出版社  
生物·医药出版分社

· 北京 ·

本书是生物化学课程的学习指导用书，对生物化学各章的基础知识、基本概念、习题练习、综合测试等方面进行辅导，为平时学习和期末复习提供参考。

本书着眼点在于培养和提高学生的分析能力，通过内容精讲复习课程的重点内容，并通过解题以加深对基础知识、基本理论的理解和掌握，提高学生的学习效率。习题练习、综合测试均有标准答案，有助于学生检验自己对于该课程的掌握程度。

本书主要作为高职高专医学卫生、生物化学、药学等相关专业的配套、教学参考书和学习指导书，也可作为相关专业人员进行知识更新和继续教育的辅助工具书。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

生物化学学习指导/白玲主编. —北京: 化学工业出版社, 2008. 4

ISBN 978-7-122-02319-3

I. 生… II. 白… III. 生物化学-高等学校-教学参考资料 IV. Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 032301 号

---

责任编辑: 陈燕杰 余晓捷  
责任校对: 战河红

文字编辑: 俞方远  
装帧设计: 关 飞

---

出版发行: 化学工业出版社 生物·医药出版分社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)  
印 装: 北京云浩印刷有限责任公司  
787mm×1092mm 1/16 印张 8 字数 197 千字 2008 年 5 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: 18.00 元

版权所有 违者必究

## 本书编写人员

主 编 白 玲

主 审 刘永明

副 主 编 苏何玲 马义丽

编写人员 (以姓氏笔画为序)

马义丽 白 玲 朱 华 刘永明

刘青波 苏何玲 李红艳 陈 莉

莫之婧

# 前 言

生物化学作为从分子水平和化学变化的本质上阐述各种生命现象的学科，其理论与技术在医学、药学领域有着极其广泛的应用，因而也是临床医学、药学及相关专业的重要基础课程。考虑到该课程内容比较抽象复杂，初学者不易理解与掌握，我们根据临床医学、药学及相关专业专科和高职教育的要求和特点，通过多年的教学实践，以精讲和习题形式介绍生物化学的基本内容，以指导学生复习和理解知识，更好地掌握生物化学基础知识。

本学习指导由“内容精讲”、“习题练习”、“综合测试”、“参考答案”四个部分组成。“内容精讲”概括介绍每章需要重点学习掌握的基本概念、主要内容及相互联系。重点突出、分析归纳条理清楚。“习题练习”分为选择题、填空题、判断题、名词解释及问答题等多种形式，围绕教学基本要求进行设计，以帮助学生理解、记忆教学内容，并供学生自我检测对知识的掌握程度。习题附有相应参考答案，有助于学生备考使用。“综合测试”给学生提供了考前模拟训练条件。

由于编者的学识水平有限，书中难免存在错漏和不足。敬请读者批评指正。

白玲

2008年1月

# 目 录

第一章 蛋白质化学 .....	1
第一节 蛋白质的化学组成 .....	1
一、蛋白质的元素组成 .....	1
二、蛋白质的基本结构单位——氨基酸 .....	1
第二节 蛋白质的分子结构 .....	2
一、蛋白质的一级结构 .....	2
二、蛋白质的空间结构 .....	2
第三节 蛋白质结构与功能的关系 .....	3
一、蛋白质的一级结构与功能的关系 .....	3
二、蛋白质的空间结构与功能的关系 .....	3
三、蛋白质结构的改变与疾病 .....	3
第四节 蛋白质的理化性质 .....	3
一、两性解离性质 .....	3
二、蛋白质的高分子性质 .....	3
三、蛋白质的变性 .....	4
四、蛋白质的沉淀 .....	4
五、蛋白质的紫外吸收性质与呈色反应 .....	4
第五节 蛋白质的分类 .....	5
一、根据蛋白质化学组成分类 .....	5
二、根据蛋白质分子功能分类 .....	5
三、根据蛋白质分子形状分类 .....	5
四、根据蛋白质溶解度分类 .....	5
习题练习 .....	5
第二章 核酸化学 .....	8
第一节 核酸的一般概述 .....	8
第二节 核酸的分子组成 .....	8
一、核酸的元素组成 .....	8
二、核酸的基本结构单位——核苷酸 .....	8
三、体内重要的游离核苷酸及其衍生物 .....	9
第三节 核酸的分子结构 .....	9
一、核酸中核苷酸间的连接 .....	9
二、DNA 的分子结构 .....	9
三、RNA 的分子结构 .....	10
第四节 核酸的理化性质和应用 .....	10
一、核酸的酸碱性质 .....	10
二、核酸的高分子性质 .....	10
三、核酸的紫外吸收 .....	10
四、核酸的变性、复性与杂交 .....	11
习题练习 .....	11

第三章 酶 .....	15
第一节 酶的一般概念 .....	15
第二节 酶的结构与功能 .....	15
一、酶的化学组成 .....	15
二、酶的活性中心 .....	15
三、酶原和酶原的激活 .....	16
四、同工酶 .....	16
第三节 酶的催化机制 .....	16
第四节 酶促反应动力学 .....	16
一、底物浓度的影响 .....	16
二、酶浓度的影响 .....	17
三、pH 的影响 .....	17
四、温度的影响 .....	17
五、激活剂的影响 .....	17
六、抑制剂的影响 .....	17
第五节 酶的分类和命名 .....	18
一、酶的分类 .....	18
二、酶的命名 .....	18
第六节 酶与医学的关系 .....	18
一、酶与疾病的关系 .....	18
二、酶与疾病的诊断 .....	19
三、酶与疾病的治疗 .....	19
习题练习 .....	19
第四章 糖代谢 .....	23
第一节 概述 .....	23
一、糖的概念 .....	23
二、糖的分类 .....	23
三、糖的生理功能 .....	23
四、糖的消化吸收 .....	23
五、糖代谢概况 .....	23
第二节 糖的分解代谢 .....	23
一、糖的无氧分解 .....	23
二、糖的有氧氧化 .....	25
三、磷酸戊糖途径 .....	26
第三节 糖原的合成与分解 .....	26
一、糖原合成 .....	26
二、糖原分解 .....	26
三、糖原代谢的调节 .....	27
四、糖原合成与分解的意义 .....	27
第四节 糖异生 .....	27
一、概述 .....	27
二、糖异生的途径 .....	27
三、糖异生的调节 .....	27
四、糖异生的生理意义 .....	27

五、乳酸循环 .....	27
第五节 血糖及其浓度调节 .....	27
一、血糖的来源和去路 .....	27
二、血糖浓度的调节 .....	28
三、血糖水平异常 .....	28
习题练习 .....	28
第五章 生物氧化 .....	33
第一节 生物氧化概述 .....	33
一、生物氧化的概念和分类 .....	33
二、生物氧化的特点 .....	33
三、生物氧化反应的类型 .....	33
四、生物氧化反应的酶类 .....	33
五、生物氧化过程中 $\text{CO}_2$ 的生成 .....	33
第二节 线粒体氧化体系 .....	33
一、呼吸链的组成及电子传递顺序 .....	34
二、生物氧化过程中 ATP 的生成 .....	34
三、线粒体外 NADH 的转运 .....	35
四、ATP 的生理功用 .....	35
第三节 非线粒体氧化体系 .....	35
一、微粒体氧化体系 .....	36
二、过氧化物酶体氧化体系 .....	36
习题练习 .....	36
第六章 脂类代谢 .....	39
第一节 脂类的组成、分布及生理功能 .....	39
一、体内主要的脂类 .....	39
二、脂类的分布 .....	39
三、脂类的生理作用 .....	39
第二节 脂类的消化和吸收 .....	39
一、脂类的消化 .....	39
二、脂类的吸收 .....	39
第三节 血脂与血浆脂蛋白 .....	40
一、血脂与血浆脂蛋白的组成及含量 .....	40
二、血浆脂蛋白的代谢 .....	40
三、高脂血症 .....	40
第四节 甘油三酯的中间代谢 .....	40
一、甘油三酯的分解代谢 .....	40
二、甘油三酯的合成代谢 .....	42
三、多不饱和脂肪酸的重要衍生物 .....	42
第五节 磷脂的代谢 .....	43
一、基本结构与分类 .....	43
二、甘油磷脂的合成代谢与脂肪肝 .....	43
三、甘油磷脂的分解代谢 .....	43
第六节 胆固醇的代谢 .....	43
一、胆固醇的消化与吸收 .....	43



二、胆固醇的合成 .....	43
三、胆固醇在体内的转变与排泄 .....	44
习题练习 .....	44
<b>第七章 蛋白质分解代谢</b> .....	<b>49</b>
<b>第一节 蛋白质的营养作用</b> .....	<b>49</b>
一、蛋白质的生理功用 .....	49
二、蛋白质的需要量 .....	49
三、蛋白质的营养价值 .....	49
<b>第二节 蛋白质的消化、吸收与腐败</b> .....	<b>49</b>
一、蛋白质的消化 .....	49
二、蛋白质的吸收 .....	50
三、蛋白质的腐败作用 .....	50
<b>第三节 氨基酸的一般代谢</b> .....	<b>50</b>
一、体内氨基酸的代谢概况 .....	50
二、氨基酸的脱氨基作用 .....	50
三、 $\alpha$ -酮酸的代谢 .....	51
四、氨的代谢 .....	51
五、氨基酸的脱羧基作用 .....	52
<b>第四节 个别氨基酸的代谢</b> .....	<b>52</b>
一、一碳单位代谢 .....	52
二、含硫氨基酸代谢 .....	52
三、芳香族氨基酸代谢 .....	52
习题练习 .....	52
<b>第八章 核苷酸代谢</b> .....	<b>56</b>
<b>第一节 核苷酸的合成代谢</b> .....	<b>56</b>
一、嘌呤核苷酸的合成 .....	56
二、嘧啶核苷酸的合成 .....	56
三、脱氧核糖核苷酸的合成 .....	57
四、核苷酸的抗代谢物及临床应用 .....	57
<b>第二节 核苷酸的分解代谢</b> .....	<b>57</b>
一、嘌呤核苷酸的分解代谢 .....	57
二、嘧啶核苷酸的分解代谢 .....	57
习题练习 .....	57
<b>第九章 物质代谢的联系与调节</b> .....	<b>60</b>
<b>第一节 概述</b> .....	<b>60</b>
一、体内物质代谢的特点 .....	60
二、代谢调节的三级水平 .....	60
<b>第二节 物质代谢的相互联系</b> .....	<b>60</b>
<b>第三节 细胞水平的代谢调节</b> .....	<b>60</b>
一、多酶体系和限速酶 .....	60
二、酶结构的调节 .....	60
三、酶含量的调节 .....	61
四、酶在亚细胞结构中的隔离分布 .....	61
<b>第四节 激素水平的代谢调节</b> .....	<b>62</b>

一、激素分类 .....	62
二、膜受体激素的信号转导途径 .....	62
三、胞内受体激素的信号转导途径 .....	62
第五节 整体水平的代谢调节 .....	62
一、饥饿情况下的代谢调节 .....	62
二、应激情况下的代谢调节 .....	62
习题练习 .....	62
<b>第十章 肝胆生化</b> .....	<b>66</b>
第一节 肝在物质代谢中的作用 .....	66
一、肝在糖代谢中的作用 .....	66
二、肝在脂类代谢中的作用 .....	66
三、肝在蛋白质代谢中的作用 .....	66
四、肝在维生素代谢中的作用 .....	66
五、肝在激素代谢中的作用——参与激素的灭活 .....	66
六、肝功能受损时各代谢紊乱的表现及其原因 .....	66
第二节 肝的生物转化作用 .....	67
一、非营养性物质 .....	67
二、生物转化作用概述 .....	67
三、生物转化反应类型及酶系 .....	67
四、影响生物转化作用的因素 .....	67
第三节 胆汁酸代谢 .....	67
一、胆汁的作用及化学组成 .....	67
二、胆汁酸的分类 .....	68
三、胆汁酸的代谢 .....	68
四、胆汁酸的生理功能 .....	68
第四节 胆色素代谢 .....	68
一、胆红素的来源与生成 .....	68
二、胆红素在血中的运输 .....	69
三、胆红素在肝内的转变 .....	69
四、胆红素在肠中的转变及胆色素的肠肝循环 .....	69
五、血清胆红素与黄疸 .....	69
习题练习 .....	70
<b>第十一章 DNA 的生物合成——复制</b> .....	<b>73</b>
第一节 概述 .....	73
一、基因 .....	73
二、遗传信息传递的中心法则 .....	73
第二节 染色体 DNA 的复制 .....	73
一、DNA 的复制 .....	73
二、参与 DNA 复制的物质 .....	73
三、复制的基本过程 .....	74
四、逆转录 .....	74
第三节 DNA 损伤与修复 .....	74
一、DNA 损伤 .....	74

二、引起 DNA 损伤的因素 .....	75
三、DNA 损伤的类型 .....	75
四、DNA 损伤的修复 .....	75
习题练习 .....	75
<b>第十二章 RNA 的生物合成——转录 .....</b>	<b>79</b>
<b>第一节 概述 .....</b>	<b>79</b>
一、转录的概念 .....	79
二、转录与复制的比较 .....	79
<b>第二节 RNA 的转录体系 .....</b>	<b>79</b>
一、DNA 模板 .....	79
二、RNA 聚合酶 .....	79
<b>第三节 RNA 转录的基本过程 .....</b>	<b>80</b>
一、起始阶段 .....	80
二、延长阶段 .....	80
三、终止阶段 .....	80
<b>第四节 RNA 转录后的加工过程 .....</b>	<b>80</b>
一、mRNA 转录后的加工 .....	80
二、tRNA 转录后的加工 .....	80
三、rRNA 转录后的加工 .....	81
习题练习 .....	81
<b>第十三章 蛋白质的生物合成——翻译 .....</b>	<b>84</b>
<b>第一节 蛋白质生物合成体系 .....</b>	<b>84</b>
一、多肽链合成的直接模板——mRNA .....	84
二、氨基酸的“搬运工具”——tRNA .....	84
三、肽链合成的“装配机”——核蛋白体 .....	84
<b>第二节 蛋白质生物合成过程 .....</b>	<b>84</b>
一、氨基酸的活化与转运 .....	84
二、肽链合成的起始（以原核生物为例） .....	85
三、肽链的延长 .....	85
四、肽链的终止 .....	85
五、蛋白质空间构象折叠与其他翻译后的加工 .....	85
<b>第三节 蛋白质合成与医学 .....</b>	<b>85</b>
一、分子病 .....	85
二、抗生素对蛋白质合成的影响机理 .....	85
习题练习 .....	86
<b>第十四章 基因工程与 PCR .....</b>	<b>89</b>
<b>第一节 基因工程 .....</b>	<b>89</b>
一、基因工程基本概念 .....	89
二、基因工程主要步骤 .....	89
三、基因工程在医学中的应用 .....	90
<b>第二节 聚合酶链式反应（PCR） .....</b>	<b>90</b>
一、聚合酶链式反应（PCR）的概念 .....	90
二、PCR 的工作原理 .....	90

三、PCR技术的应用 .....	90
习题练习 .....	90
综合测试题一 .....	94
综合测试题二 .....	99
参考答案 .....	103

# 第一章 蛋白质化学

## 【内容精讲】

### 第一节 蛋白质的化学组成

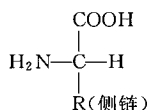
#### 一、蛋白质的元素组成

- (1) 主要元素 碳、氢、氧、氮。
- (2) 次要元素 硫、磷、铁、锰、锌、碘等。
- (3) 蛋白质的平均含氮量 16%左右，每克样品中蛋白质的含量 = 每克样品的含氮量  $\times 6.25$ 。

#### 二、蛋白质的基本结构单位——氨基酸

##### 1. 氨基酸的结构及特点

- (1) 氨基酸的结构 构成天然蛋白质的 20 种氨基酸，除甘氨酸外，其余均为 L- $\alpha$ -氨基酸。
- (2)  $\alpha$ -氨基酸的结构通式 不同的氨基酸 R 基团不同。



##### 2. 氨基酸的分类

根据氨基酸 R 基团的结构与性质分为以下四类。

- (1) 非极性或疏水性氨基酸 丙氨酸、亮氨酸等。
- (2) 极性非解离氨基酸 甘氨酸、丝氨酸、苏氨酸等。
- (3) 酸性氨基酸 谷氨酸、天冬氨酸。
- (4) 碱性氨基酸 赖氨酸、精氨酸、组氨酸。

##### 3. 氨基酸的主要理化性质

###### (1) 氨基酸的两性解离及等电点

① 两性解离：氨基酸同时含有氨基和羧基，氨基可接受质子而形成  $\text{NH}_3^+$ ，具有碱性；羧基可释放质子而解离形成  $\text{COO}^-$ ，具有酸性。

② 等电点 (pI)：使某氨基酸解离所带正、负电荷数相等，净电荷为零时的溶液 pH 称为该氨基酸的等电点。

(2) 紫外吸收性质 色氨酸、酪氨酸等芳香族氨基酸在 280nm 波长处有特征性吸收峰，可作为蛋白质定量测定的简便方法。

(3) 氨基酸的呈色反应 氨基酸 + 茚三酮  $\rightarrow$  蓝紫色化合物 (脯氨酸呈黄色)。

##### 4. 蛋白质分子中氨基酸的连接方式

(1) 肽键 在蛋白质分子中，一个氨基酸的  $\alpha$ -羧基与另一个氨基酸的  $\alpha$ -氨基脱水形成的化学键，也称为酰胺键 ( $-\text{CO}-\text{NH}-$ )。

(2) 肽键的性质 为共价键、有部分双键的性质 (不能自由旋转)。

(3) 肽平面 (酰胺平面) 与肽键相连的四个原子处于同一平面, 称为酰胺平面。

(4) 肽及多肽 氨基酸与氨基酸之间通过肽键连接而成的化合物称为肽。2个氨基酸形成的肽称为二肽, 3个氨基酸形成的肽称为三肽, 依此类推。通常将十肽以下者称为寡肽, 十肽以上者称为多肽。

(5) 多肽链 由多个氨基酸借助肽键连接而成的链状化合物。

① 主链与侧链: 肽键和  $\alpha$ -碳原子构成多肽链的主链, 每一个氨基酸残基上的 R 基团为侧链。

② 多肽链的方向: 多肽链的书写和阅读方向是从氨基末端 (N-末端) 至羧基末端 (C-末端)。

③ 氨基酸残基: 在多肽链中, 由于氨基酸的氨基或羧基参与肽键的形成而使氨基酸的基团不完整, 故称为氨基酸残基。

## 第二节 蛋白质的分子结构

蛋白质分子的结构可分为一级结构、二级结构、三级结构和四级结构四种层次。一级结构是基本结构, 二级结构、三级结构和四级结构是高级结构, 又称空间结构或构象。

### 一、蛋白质的一级结构

(1) 一级结构 蛋白质的一级结构是指蛋白质多肽链中氨基酸的排列顺序。

(2) 维系键 肽键 (少数还有二硫键)。

### 二、蛋白质的空间结构

蛋白质的空间结构是指蛋白质分子中各种原子、基团在三维空间上的相对位置。包括蛋白质的二级结构、三级结构、四级结构。

#### 1. 维持空间结构的化学键

维持蛋白质分子空间结构的化学键包括氢键、疏水键、盐键和范德华力等次级键, 也称副键。

#### 2. 蛋白质的二级结构

(1) 概念 蛋白质的二级结构指蛋白质多肽链中主链原子在局部空间的排布, 不包括氨基酸残基侧链的构象。

(2) 维系键 氢键。

(3) 类型  $\alpha$ -螺旋、 $\beta$ -折叠、 $\beta$ -转角和无规则卷曲。

①  $\alpha$ -螺旋: 指蛋白质多肽链中的肽平面通过氨基酸的  $\alpha$ -碳原子旋转, 沿长轴方向按一定规律盘绕形成的螺旋形结构。其结构特点为: 多为右手螺旋; 每圈含 3.6 个氨基酸残基, 螺距 0.54nm; 链内氢键维系; R 基团在螺旋外侧, 其大小、电荷性质对螺旋的形成与稳定有重要影响。

②  $\beta$ -折叠: 指蛋白质多肽链中的肽键平面折叠成锯齿状结构, 又称  $\beta$ -片层结构。其结构特点为: 肽链延伸, 肽平面之间折叠成锯齿状; 若干肽段的  $\beta$ -折叠结构通过氢键连接形成顺向平行或反向平行排列; R 基团分布于片层的上、下。

③  $\beta$ -转角: 指蛋白质多肽链进行  $180^\circ$  回折所形成的构象, 又称  $\beta$ -回折。

④ 无规则卷曲: 指蛋白质多肽链没有确定规律的折叠。

#### 3. 蛋白质的三级结构

(1) 概念 蛋白质的三级结构是指整条肽链中全部氨基酸残基的相对空间位置, 即肽链中所有原子在三维空间的排布位置。蛋白质分子在二级结构基础上进一步卷曲折叠成有一定

规律的复杂构象。

(2) 维系键 各种次级键，其中疏水键具有重要作用。

(3) 三级结构的重要性 ①使蛋白质分子形成某种特定的形状；②使蛋白质分子具有亲水胶体特征；③使功能蛋白质的活性部位得以形成。研究证明，具有三级结构的蛋白质才具有生物学功能。

#### 4. 蛋白质的四级结构

(1) 概念 由两个或两个以上具有独立三级结构的多肽链借次级键连接而成的复杂结构，称为蛋白质的四级结构。

蛋白质四级结构中每条具有独立三级结构的多肽链单位称为亚基或亚单位。

(2) 维系键 各种次级键（二硫键除外）。

对于具有四级结构的蛋白质来说，单独的亚基一般无生物学活性，只有完整四级结构的蛋白质分子才有生物学活性。

### 第三节 蛋白质结构与功能的关系

#### 一、蛋白质的一级结构与功能的关系

蛋白质的一级结构决定其空间结构，而空间结构决定其生物学功能。

① 蛋白质一级结构不同，生物学功能各异。

② 一级结构中“关键”部分相同，其功能也相似（如不同动物来源的胰岛素）。

③ 一级结构中“关键”部分变化，其生物学活性也改变（如催产素和加压素）。

#### 二、蛋白质的空间结构与功能的关系

① 蛋白质的空间结构是其生物学活性的基础，空间结构发生改变则功能活性也发生改变。

② 变（别）构效应：指一些蛋白质由于受某些因素的影响，其一级结构不变而空间结构发生一定的变化，导致其生物功能的改变。

#### 三、蛋白质结构的改变与疾病

① 一级结构的改变与分子病（镰刀状红细胞贫血）。

② 蛋白质构象病（一级结构不变而空间结构发生改变引起的疾病，如疯牛病）。

### 第四节 蛋白质的理化性质

#### 一、两性解离性质

(1) 蛋白质的两性解离 蛋白质由氨基酸组成，除多肽链两端的自由氨基与羧基外，多肽链中的氨基酸残基也存在可解离的酸性和碱性基团，从而使蛋白质既能解离成阳离子，又能解离成阴离子，这种特性称为蛋白质的两性解离。

(2) 蛋白质的等电点 使蛋白质所带正负电荷相等，净电荷为零时溶液的 pH 值。

(3) 应用 电泳、等电点沉淀等。

#### 二、蛋白质的高分子性质

① 蛋白质是高分子化合物，在水溶液中可形成亲水胶体，具有不易透过半透膜、扩散慢、黏度大等高分子性质。

② 蛋白质水溶液是稳定的亲水胶体溶液，其稳定因素有二：a. 蛋白质表面的水化层；

b. 蛋白质表面的电荷层。

③ 蛋白质胶体不能透过半透膜，所以可用透析的方法除去混杂在蛋白质溶液中的低分子杂质而纯化蛋白质。

### 三、蛋白质的变性

#### 1. 概念

在某些理化因素的作用下，蛋白质特定的空间结构破坏而导致理化性质改变和生物学活性丧失，这种现象称为蛋白质的变性。

#### 2. 变性因素

(1) 物理因素 加热、紫外线、X射线、震动、高压、超声波等。

(2) 化学因素 强酸、强碱、重金属盐、高浓度尿素、丙酮、乙醇及盐酸胍等。

#### 3. 变性原理

次级键断裂、空间结构破坏，但不涉及主链断裂，故一级结构完整。

#### 4. 变性结果

① 理化性质改变：黏度增加、溶解度下降、易被蛋白酶水解等。

② 生物学活性丧失。

#### 5. 变性理论的应用

① 用乙醇、加热、紫外线消毒灭菌。

② 制备与保存疫苗、酶、抗体、血清等蛋白质制剂。

③ 在中草药和发酵药物生产中去除蛋白质杂质。

### 四、蛋白质的沉淀

#### 1. 概念

分散在溶液中的蛋白质分子聚集而从溶液中析出现象，称为蛋白质的沉淀。

#### 2. 主要方法

##### (1) 盐析

① 概念：向蛋白质溶液中加入高浓度的中性盐使蛋白质溶解度降低而从溶液中析出现象，称为盐析。

② 原理：a. 破坏蛋白质分子表面水化层；b. 中和蛋白质分子表面电荷。

③ 常用的中性盐： $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$  及  $\text{MgSO}_4$  等。

(2) 有机溶剂沉淀法 如乙醇、甲醇、丙酮、甲醛等能破坏蛋白质的水化层而使蛋白质沉淀。在等电点时沉淀效果更好；低温条件下沉淀可防止蛋白质变性失活。

(3) 重金属盐沉淀法  $\text{pH} > \text{pI}$  时，蛋白质在溶液中呈阴离子，可与重金属离子（如  $\text{Hg}^{2+}$ 、 $\text{Pb}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Ag}^+$  等）结合生成不溶于水的蛋白质盐沉淀。

(4) 生物碱试剂沉淀法  $\text{pH} < \text{pI}$  时，蛋白质在溶液中呈阳离子，可与一些生物碱试剂（如鞣酸、苦味酸、磷钨酸、碘化钾等）结合生成不溶性蛋白质盐沉淀。

(5) 加热凝固 加热使蛋白质变性形成凝块。变性与沉淀的关系为变性的蛋白质易于沉淀，但沉淀的蛋白质并不一定变性。

### 五、蛋白质的紫外吸收性质与呈色反应

(1) 蛋白质的吸收光谱 蛋白质分子因含酪氨酸和色氨酸残基而具有紫外吸收能力，最大吸收峰在 280nm 处，因此，280nm 吸收值的测定常用于蛋白质的定量测定。

(2) 呈色反应 蛋白质分子可与多种化学试剂反应生成有色化合物，包括茚三酮反应、双缩脲反应及酚试剂反应等。



## 第五节 蛋白质的分类

### 一、根据蛋白质化学组成分类

(1) 单纯蛋白质 全部由氨基酸组成, 包括清蛋白、乳清蛋白、球蛋白、谷蛋白、精蛋白、组蛋白、硬蛋白等。

(2) 结合蛋白质 由氨基酸和其他成分组成的蛋白质(辅基), 包括糖蛋白、脂蛋白、核蛋白、磷蛋白、金属蛋白和色蛋白等。

### 二、根据蛋白质分子功能分类

酶(催化蛋白)、收缩蛋白、遗传相关蛋白、调节或激素蛋白、免疫蛋白、转运蛋白、储存蛋白和结构蛋白等。

### 三、根据蛋白质分子形状分类

(1) 球状蛋白质 长短轴之比小于5:1, 多为活性蛋白质, 如酶、抗体等。

(2) 纤维状蛋白质 长短轴之比大于5:1, 多为结构蛋白, 如胶原蛋白、弹性蛋白等。

### 四、根据蛋白质溶解度分类

可溶性蛋白质、醇溶性蛋白质和不溶性蛋白质。

## 【习题练习】

### 一、选择题

(一) 最佳选择题(从四个备选答案中选出一个正确答案)

- 测得某生物样品含氮量为100g, 则它的蛋白质含量约为( )  
A.  $100 \times 6.25g$     B.  $100 \times 16g$     C.  $100 \div 6.25g$     D.  $100 \div 16g$
- 组成天然蛋白质的20种氨基酸除甘氨酸和脯氨酸外, 都是( )  
A. L- $\alpha$ -氨基酸    B. L- $\beta$ -氨基酸    C. D- $\alpha$ -氨基酸    D. D- $\beta$ -氨基酸
- 根据氨基酸的吸收光谱, 下列氨基酸在280nm有最大紫外吸收峰的是( )  
A. 赖氨酸    B. 谷氨酸    C. 色氨酸    D. 甲硫氨酸
- 在多肽链中能形成二硫键的氨基酸残基是( )  
A. 甲硫氨酸    B. 赖氨酸    C. 半胱氨酸    D. 天冬氨酸
- 下列哪组氨基酸均是酸性氨基酸( )  
A. 天冬氨酸、蛋氨酸    B. 蛋氨酸、色氨酸  
C. 谷氨酸、色氨酸    D. 天冬氨酸、谷氨酸
- 主链构象指的是蛋白质的( )  
A. 一级结构    B. 二级结构    C. 三级结构    D. 四级结构
- 维持蛋白质一级结构的最主要的化学键是( )  
A. 氢键    B. 磷酸二酯键    C. 肽键    D. 盐键
- 蛋白质的二级结构是指( )  
A. 蛋白质分子中氨基酸的排列顺序    B. 多肽链中主链原子在局部空间的排列  
C. 氨基酸残基侧链间的结合    D. 亚基间的空间排布
- 蛋白质的 $\alpha$ -螺旋、 $\beta$ -折叠、 $\beta$ -转角都属于( )  
A. 一级结构    B. 二级结构    C. 三级结构    D. 四级结构
- 维持蛋白质二级结构最主要的化学键是( )