

高职高专辅导教材

生物化学 学习指导

黄富生 主 编
夏晓凯 副主编

北京大学医学出版社

普通高等教育生物类教材

生物化学

学习指导

主编 王 健
副主编 王 健 王 健

北京 人民邮电出版社

高职高专辅导教材

生物化学学习指导

主 编 黄富生

副 主 编 夏晓凯

编写人员 (按姓氏笔画为序)

李跃进 (南京市卫生学校)

夏晓凯 (湖南中医药高等专科学校)

高凤芹 (陕西省中医学校)

黄富生 (湖南省永州职业技术学院)

舒景丽 (湖南邵阳医学高等专科学校)

北京大学医学出版社

SHENGWU HUAXUE XUEXI ZHIDAO

图书在版编目 (CIP) 数据

生物化学学习指导/黄富生主编. —北京: 北京大学医学出版社, 2004. 5
ISBN 7-81071-582-8

I. 生… II. 黄… III. 生物化学—高等学校: 技术学校—教学参考资料 IV. Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 028349 号

北京大学医学出版社出版发行

(100083 北京市海淀区学院路 38 号 北京大学医学部院内 电话: 010—82802230)

责任编辑: 张彩虹

责任校对: 吉 鑫

责任印制: 张京生

莱芜市圣龙印务书刊有限责任公司印刷 新华书店经销

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 9 字数: 227 千字

2004 年 5 月第 1 版 2004 年 5 月第 1 次印刷 印数: 1—8000 册

定价: 13.80 元

版权所有 不得翻印

目 录

第一章 绪论..... (1)	参考答案 (70)
要点分析..... (1)	第九章 核酸代谢及蛋白质生物合成
测试题..... (1)	 (72)
参考答案..... (2)	要点分析 (72)
第二章 蛋白质化学..... (3)	测试题 (75)
要点分析..... (3)	参考答案 (92)
测试题..... (5)	第十章 物质代谢调节及细胞间信息传递
参考答案..... (9)	 (99)
第三章 核酸的化学 (11)	要点分析 (99)
要点分析 (11)	测试题..... (101)
测试题 (12)	参考答案..... (104)
参考答案 (16)	第十一章 血液的生物化学..... (106)
第四章 酶与维生素 (18)	要点分析..... (106)
要点分析 (18)	测试题..... (108)
测试题 (20)	参考答案..... (115)
参考答案 (32)	第十二章 肝胆生物化学..... (119)
第五章 生物氧化 (36)	要点分析..... (119)
要点分析 (36)	测试题..... (121)
测试题 (40)	参考答案..... (126)
参考答案 (47)	第十三章 水和无机盐代谢..... (129)
第六章 糖代谢 (51)	要点分析..... (129)
要点分析 (51)	测试题..... (129)
测试题 (54)	参考答案..... (132)
参考答案 (59)	第十四章 酸碱平衡..... (134)
第七章 脂类代谢 (62)	要点分析..... (134)
要点分析 (62)	测试题..... (134)
测试题 (62)	参考答案..... (136)
参考答案 (65)	第十五章 细胞凋亡与衰老..... (138)
第八章 蛋白质的分解代谢 (67)	要点分析..... (138)
要点分析 (67)	测试题..... (138)
测试题 (68)	参考答案..... (138)

第一章 绪 论

要点分析

生物化学是研究活细胞和生物体中存在的各式各样化学分子及它们所参与的一系列化学反应的科学。

生物化学的任务：其一，从活细胞分离、纯化出成千上万种化学分子，从而确定其结构、性质，了解它们在体内所进行的化学反应及如何发挥作用等内容。其二是揭示自然界生命起源的奥秘。

生物化学的主要内容包括三个方面。其一为生物分子的结构与功能。其二为物质代谢及调控，生命的基本特征就是新陈代谢，物质代谢包括合成代谢和分解代谢；物质代谢中绝大部分化学反应是由酶催化而完成的；此外，细胞信息传递参与多种物质代谢及其相关的生长、繁殖、分化等生命过程各环节的调节。其三为生命信息传递，生命信息传递涉及遗传、生长、分化等多方面生命过程，也与遗传疾病、心血管病、恶性肿瘤等多种疾病发病机制有关。

生物化学与医学关系相当密切。一则生物化学是医学的必备基础知识，再则医学又为生物化学研究提供了广阔的场地。

测试题

一、单项选择题

- 下列物质中，人体细胞含量最少的是
A. 脂类
B. 水
C. 蛋白质
D. 糖类
- 生物大分子主要包括
A. 蛋白质、核酸和维生素
B. 核酸、多糖和无机盐
C. 蛋白质、核酸和脂类
D. 脂类、多糖和维生素
- 哪一年，我国生物化学家完成了酵母丙氨酸-tRNA 的人工合成
A. 1949 年
B. 1981 年
C. 1982 年
D. 1987 年
- 哪一年，我国首次人工合成了胰岛素
A. 1965 年
B. 1982 年
C. 1981 年
D. 1964 年
- 医学生学习生物化学以什么为研究对象
A. 生物
B. 动物

C. 植物

D. 人体

二、名词解释

1. 生物大分子

2. 生物化学

参考答案

一、单项选择题

1. D

2. C

3. B

4. A

5. D

二、名词解释

1. 生物大分子指大而复杂的分子，是由某些结构单位按一定顺序和方式连接而成的多聚体，分子量一般大于 10^4 。
2. 生物化学是研究活细胞和生物体中存在的各式各样化学分子及它们所参与的一系列化学反应的科学。

(黄富生)

第二章 蛋白质化学

要点分析

一、蛋白质的分子组成

(一) 元素组成及其特点

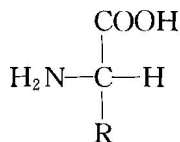
1. 主要元素 碳、氢、氧、氮、硫等，有些含磷，少数蛋白质含有铁、铜、锰、锌、碘等。

2. 元素组成特点 各种蛋白质都含氮，氮含量比较恒定，为 13%~19%，平均为 16%，即 1g 氮相当于 6.25g 蛋白质，这是蛋白质组成的重要特点，也是蛋白质定量测定的依据。通常只要测出生物样品中的含氮量，就可用样品中含氮的克数 $\times 6.25$ =样品中蛋白质的克数来计算蛋白质的含量。

(二) 蛋白质的基本组成单位

(1) 将蛋白质彻底水解后的最终产物是氨基酸。因此氨基酸是组成蛋白质的基本单位，共有 20 种。

(2) 氨基酸的通式：20 种氨基酸除脯氨酸外均可用一个通式表示：



(3) 氨基酸结构上的共同特点是 α -碳原子均结合有氨基或亚氨基（脯氨酸），都为 L- α -氨基酸。

(4) 氨基酸的分类：根据氨基酸 R 侧链的结构和性质的不同可将氨基酸分成 4 类：①非极性疏水性氨基酸；②极性氨基酸；③酸性氨基酸；④碱性氨基酸。

二、蛋白质的分子结构与功能

(一) 蛋白质基本结构的有关概念

1. 肽键 肽键是一个氨基酸的 α -羧基与相邻的另一个氨基酸的 α -氨基脱水缩合形成的连接键，又称酰胺键。

2. 肽 氨基酸之间通过肽键相连而形成的化合物称为肽。由两个氨基酸形成的肽称二肽，三个氨基酸形成的称三肽。由 10 个以内的氨基酸形成的肽称为寡肽，由 10 个以上的氨基酸形成的肽称为多肽，多肽呈链状，故称多肽链。

3. 氨基酸残基 由于组成肽或蛋白质分子后氨基酸已不是完整的氨基酸，故称肽和蛋白质分子中的氨基酸为氨基酸残基。

4. 氨基末端与羧基末端 氨基酸缩合成多肽链后，只有两端有自由的 α -氨基和 α -羧基，

它们分别称为氨基末端（也称 N-端）和羧基末端（也称 C-末端）。

（二）蛋白质的一级结构

蛋白质分子（多肽链）中氨基酸的排列顺序称为蛋白质的一级结构。一级结构中的主要化学键是肽键。它是蛋白质分子中的主键。

（三）蛋白质的空间结构

1. 蛋白质分子的二级结构 多肽链折叠、盘曲而形成空间结构，称为二级结构。主要形式包括 α -螺旋和 β -片层，其次有 β -转角和无规则卷曲。

维持蛋白质二级结构的化学键是氢键。

2. 蛋白质的三级结构 多肽链在二级结构的基础上进一步卷曲、折叠而形成的整体构象，即整条多肽链所有的原子在三维空间的排布位置。

蛋白质三级结构的特点是：亲水基团在分子表面，疏水基团在分子内面。许多蛋白质具有三级结构，即可表现生物学活性。

维持蛋白质三级结构的化学键是氢键、盐键、疏水键、范德华引力等非共价键，这些化学键统称为次级键或副键。

3. 蛋白质的四级结构 蛋白质分子中各个亚基借非共价键聚合而成的特定空间结构，称为蛋白质的四级结构。

蛋白质四级结构中的亚基指的是每条具有独立的三级结构的多肽链。蛋白质分子中的亚基可以相同也可以不相同，维持四级结构的化学键是次级键。

（三）蛋白质结构与功能的关系

1. 一级结构与功能的关系 蛋白质的一级结构是其生物学功能的基础，相似的一级结构可以表现相似的生物学功能。一级结构不同，则生物学功能不同。一级结构如发生改变，则生物学功能发生很大的变化。

2. 空间结构与功能的关系 蛋白质的空间结构直接与其生物学功能相关。空间结构如发生改变，其生物学功能也随之改变。

三、蛋白质的理化性质

（一）蛋白质是两性电解质

蛋白质分子既含有能解离成正离子的氨基、胍基、咪唑基等碱性基团，又含能解离成负离子的羧基等酸性基团，因此可以进行两性电离，是一种两性电解质。

（1）蛋白质在溶液中带何种电荷，取决于蛋白质分子本身所带酸、碱基团比例和所在溶液的 pH 值。在酸性溶液中，酸性基团电离受抑制，碱性基团电离增强，蛋白质带正电荷；在碱性溶液中，碱性基团电离受抑制，酸性基团电离增强，蛋白质带负电荷。

（2）蛋白质的等电点：蛋白质在某一 pH 值的溶液中，酸性基团和碱性基团电离相等（即所带正、负电荷相等，净电荷等于零）时，蛋白质成为兼性离子，此时溶液的 pH 值称为该蛋白质的等电点。应用这一性质可分离蛋白质。

（3）电泳：溶液中带电粒子在电场中向电性相反的电极移动的现象称为电泳。

（二）蛋白质的亲水胶体性质

（1）蛋白质溶液是稳定的胶体溶液。使其稳定的因素有两个：①蛋白质表面的同种电荷相互排斥；②蛋白质颗粒表面的许多亲水基团极易将水分子吸附在周围形成水化膜，使其颗粒之间相互隔离。

(2) 蛋白质分子不透过半透膜, 利用这一性质可以分离蛋白质。

(三) 蛋白质的沉淀

蛋白质从溶液析出现象称为蛋白质的沉淀。破坏蛋白质胶体溶液的稳定因素, 可使其沉淀。常用的沉淀方法有:

1. 盐析 蛋白质溶液中加入大量中性盐破坏其水化膜, 并中和其表面电荷, 使蛋白质沉淀, 称为盐析。盐析的蛋白质不变性。

2. 加有机溶剂 有机溶剂能夺去蛋白质表面的水化膜, 降低蛋白质的电离, 使蛋白质沉淀。此方法沉淀的蛋白质通常是变性的。

3. 加重金属盐 蛋白质的负离子可与重金属离子结合成不溶性的蛋白盐而沉淀。此方法沉淀的蛋白质也是变性的。

4. 加入某些酸类 蛋白质的正离子可与某些酸类的酸根结合成不溶性的蛋白盐而沉淀。此方法沉淀的蛋白质也是变性的。

(四) 蛋白质的变性

1. 概念 蛋白质在某些理化因素的作用下, 空间结构被破坏, 导致蛋白质的理化性质发生改变、生物学活性丧失的现象称为蛋白质的变性作用。

2. 蛋白质变性后的改变 溶解度降低、生物活性丧失。

3. 变性的意义 ①消毒灭菌; ②检查尿蛋白; ③保存生物制剂时应避免变性因素。

测试题

一、单项选择题

1. 含有两个羧基的氨基酸是
A. 谷氨酸
B. 苏氨酸
C. 精氨酸
D. 甘氨酸
2. 蛋白质中的氮含量约占的百分数是
A. 6.25%
B. 16%
C. 19%
D. 25%
3. 构成蛋白质的氨基酸属于下列哪种氨基酸
A. L- α -氨基酸
B. L- β -氨基酸
C. D- β -氨基酸
D. D- α -氨基酸
4. α -螺旋和 β -片层结构都属于蛋白质分子的
A. 一级结构
B. 二级结构
C. 三级结构
D. 四级结构
5. 蛋白质分子的主要化学键是
A. 肽键
B. 二硫键
C. 氢键
D. 盐键
6. 每种完整的蛋白质分子必定有
A. α -螺旋
B. β -折叠
C. 三级结构
D. 四级结构

7. 关于蛋白质四级结构的正确叙述是
 - A. 蛋白质四级结构的稳定性由二硫键维系
 - B. 四级结构是蛋白质保持生物学活性的必要条件
 - C. 蛋白质都必须有四级结构
 - D. 蛋白质亚基间借非共价键聚合
8. 血浆中的清蛋白 (pI 为 4.7) 在下列哪种 pH 的溶液中带负电荷
 - A. pH 3.0
 - B. pH 4.0
 - C. pH 4.7
 - D. pH 7.4
9. 蛋白质变性是由于蛋白质分子中
 - A. 氨基酸排列顺序的改变
 - B. 氨基酸组成的改变
 - C. 肽键的断裂
 - D. 次级键的断裂
10. 下列哪种因素不能使蛋白质变性
 - A. 加热震荡
 - B. 有机溶剂
 - C. 中性盐
 - D. 重金属盐
11. 盐析法沉淀蛋白质的原理是
 - A. 中和电荷破坏水化膜
 - B. 调节蛋白质溶液的等电点
 - C. 盐与蛋白质结合成不溶性的蛋白盐
 - D. 盐降低蛋白质溶液的介电常数
12. 组成蛋白质的氨基酸有
 - A. 10 种
 - B. 15 种
 - C. 20 种
 - D. 25 种
13. 蛋白质的一级结构是指下面的哪一种情况
 - A. 氨基酸的种类和数量
 - B. 分子中的各种化学键
 - C. 肽链的形态和大小
 - D. 氨基酸残基的排列顺序
14. 蛋白质变性不包括
 - A. 氢键断裂
 - B. 肽键断裂
 - C. 疏水键断裂
 - D. 盐键断裂
15. 蛋白质分子中的特征性元素是指
 - A. 碳
 - B. 氧
 - C. 氮
 - D. 氢
16. 下列哪个是碱性氨基酸
 - A. 组氨酸
 - B. 蛋氨酸
 - C. 谷氨酸
 - D. 苏氨酸
17. 蛋白质的二级结构不包括
 - A. α -螺旋
 - B. β -片层
 - C. β -转角
 - D. 亚基聚合
18. 维持蛋白质二级结构的主要键是
 - A. 肽键
 - B. 疏水键
 - C. 离子键
 - D. 氢键
19. 下列哪项符合蛋白质是亲水胶体的性质
 - A. 是两性电解质
 - B. 不能透过半透膜

- C. 溶解度低
D. 黏度小
20. 天然蛋白质中不存在的氨基酸是
A. 半胱氨酸
B. 胱氨酸
C. 蛋氨酸
D. 瓜氨酸
21. 测得某一蛋白质样品的氮含量为 0.40g, 此样品中约含蛋白质
A. 2.00g
B. 2.50g
C. 6.25g
D. 6.40g
22. 蛋白质的一级结构及空间结构由下列哪项决定
A. 分子中的氢键
B. 分子中的盐键
C. 亚基
D. 氨基酸组成和顺序
23. 若用重金属盐沉淀 pI 为 8 的蛋白质时, 该溶液的 pH 值应
A. 等于 8
B. 大于 8
C. 小于 8
D. 以上均不是
24. 用某些酸类 (苦味酸、鞣酸等) 沉淀蛋白质的原理是
A. 破坏盐键
B. 中和电荷
C. 与蛋白质结合成不溶性盐类
D. 断裂氢键
25. 不使蛋白质变性的沉淀方法是
A. 盐析
B. 有机溶剂
C. 重金属盐
D. 有机酸

二、多项选择题

1. 下列哪些是碱性氨基酸
A. 组氨酸
B. 蛋氨酸
C. 精氨酸
D. 赖氨酸
E. 甘氨酸
2. 组成蛋白质的基本元素主要有
A. 碳
B. 氧
C. 氮
D. 磷
E. 氢
3. 蛋白质的二级结构包括
A. α -螺旋
B. β -片层
C. 三叶草结构
D. 双螺旋结构
E. β 转角和无规则卷曲
4. 维持蛋白质三级结构的化学键有
A. 肽键
B. 疏水键
C. 离子键
D. 氢键
E. 范德华引力
5. 变性蛋白质的特性有
A. 生物学活性丧失
B. 溶解度显著下降
C. 易被蛋白酶水解
D. 凝固

- E. 大多数有沉淀
6. 下列哪些因素可使蛋白质变性沉淀
- A. 硫酸铵
B. 汞离子
C. 酒精
D. 浓硝酸
E. 硫酸钠
7. 蛋白质胶体溶液的稳定因素是
- A. 低温
B. 分子表面有水化膜
C. 溶液的黏滞度大
D. 分子带有同种电荷
E. 溶液的 pH 为等电点时
8. 蛋白质变性后
- A. 肽键断裂
B. 一级结构改变
C. 空间结构改变
D. 生物学活性丧失
E. 黏度变大
9. 所有的蛋白质都应有
- A. 一级结构
B. 二级结构
C. 三级结构
D. 四级结构
E. 肽键连接
10. 下列哪些氨基酸蛋白质分子中不存在
- A. 胱氨酸
B. 鸟氨酸
C. 瓜氨酸
D. 丝氨酸
E. 半胱氨酸
11. 下列哪些蛋白质属于结合蛋白质
- A. 核蛋白
B. 糖蛋白
C. 脂蛋白
D. 清蛋白
E. 球蛋白
12. 蛋白质的生物功能主要有
- A. 催化功能
B. 收缩和运动的功能
C. 免疫功能
D. 调节功能
E. 氧化供能

三、填空题

1. 组成蛋白质的主要元素有_____、_____、_____、_____。
2. 不同蛋白质的含_____量颇为相近, 平均含量为_____% , 故可测定其在蛋白质分子中的含量, 换算成蛋白质含量, 换算系数为_____。
3. 组成蛋白质的基本单位是_____, 共_____种, 除脯氨酸外其结构有一个共同点, 即在 α -碳原子都含有_____。
4. 根据氨基酸的结构和性质的不同可将其分成_____, _____、_____, _____、_____, _____4 类。
5. 多肽链中氨基酸的_____称为一级结构, 主要化学键是_____。
6. 蛋白质分子表面的_____和_____是蛋白质亲水胶体稳定的两个因素。

7. 使蛋白质沉淀的方法有_____、_____、_____、_____。
8. 蛋白质是_____电解质，既含有能电离成_____的碱性基团，又含有能电离成_____的酸性基团。
9. 蛋白质变性主要是破坏了维持和稳定其空间构象的各种_____键，使天然蛋白质原有的_____与_____性质改变。
10. 蛋白质可与某些试剂作用产生颜色反应，这些反应可用来做蛋白质的_____和_____分析，常用的颜色反应有_____、_____和_____。

四、名词解释

1. 肽键
2. 蛋白质的亚基
3. 等电点
4. 蛋白质的变性
5. 肽
6. 氨基酸残基

五、问答题

1. 哪些因素可引起蛋白质变性？举例说明实际工作中应用和避免蛋白质变性的例子。
2. 组成自然界蛋白质的 20 种氨基酸，其共同结构特点是什么？分成几类？
3. 举例说明蛋白质一级结构与功能的关系及空间结构与功能的关系。
4. 临床上用醋酸纤维薄膜电泳法分离血清蛋白的原理是什么？

参考答案

一、单项选择题

- | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1. A | 2. B | 3. A | 4. B | 5. A | 6. C | 7. D | 8. D |
| 9. D | 10. C | 11. A | 12. C | 13. D | 14. B | 15. C | 16. A |
| 17. D | 18. D | 19. B | 20. D | 21. B | 22. D | 23. B | 24. C |
| 25. A | | | | | | | |

二、多项选择题

- | | | | | | |
|--------|---------|---------|---------|----------|----------|
| 1. ACD | 2. ABCE | 3. ABE | 4. BCDE | 5. ABCDE | 6. BCD |
| 7. BD | 8. CDE | 9. ABCE | 10. BC | 11. ABC | 12. ABCD |

三、填空题

1. 碳 氢 氧 氮
2. 氮 16 6.25
3. 氨基酸 20 氨基
4. 非极性疏水性氨基酸 极性氨基酸 酸性氨基酸 碱性氨基酸
5. 排列顺序 肽键
6. 水化膜 同种电荷
7. 盐析 有机溶剂 重金属离子 某些酸类

8. 两性 正离子 负离子
9. 次级 生物学活性 理化
10. 定性 定量 茚三酮反应 双缩脲反应 酚试剂反应

四、名词解释

1. 一个氨基酸的 α -羧基与另一个氨基酸的 α -氨基脱去一分子水形成的键叫肽键。
2. 蛋白质分子中含有两条或两条以上具有独立三级结构的多肽链称蛋白质分子中的亚基。
3. 使蛋白质分子上带相等的正、负电荷，成为兼性离子的溶液 pH 值称为该蛋白质的等电点 (pI)。
4. 在某些理化因素作用下，使蛋白质严格的空間结构受到破坏，从而导致理化性质的改变和生物学活性的丧失，称为蛋白质变性。
5. 氨基酸通过肽键缩合而成的化合物称为肽。
6. 多肽链中的氨基酸已不是完整的氨基酸，称为氨基酸残基。

五、问答题

1. 物理因素有高温、高压、干燥、震荡、超声波以及各种射线；化学因素有强酸、强碱、重金属盐、有机溶剂、尿素等。在实际工作中应用的蛋白质变性，如消毒灭菌、检查尿蛋白。避免蛋白质变性，如对生物制剂在保存时应避免变性因素。
2. 除脯氨酸外，都是 α -碳原子连接有氨基。根据 R 侧链的结构性质不同，可分为非极性疏水性氨基酸、极性氨基酸、酸性氨基酸和碱性氨基酸。
3. ①蛋白质一级结构与功能关系密切。一级结构相似，其功能相似，如催产素和加压素。一级结构不同，则功能不同。一级结构发生改变，则蛋白质功能也发生改变，如镰刀型红细胞贫血患者的血红蛋白 β 链 N 端的第 6 位为缬氨酸，不同于正常人为谷氨酸，造成血红蛋白结构改变，红细胞形态改变，携氧能力下降，易出血。②蛋白质空间结构与功能有直接关系。空间结构改变，其功能、活性随之改变。如核糖核酸酶，当空间结构破坏，催化活性丧失；当结构恢复原状，活性也就恢复，通常称为酶的复活。
4. 利用蛋白质带电荷、在电场中能向电性相反的电极移动的特性。人体血清蛋白质等电点在 5.0 左右，在 pH8.6 的缓冲溶液中带负电荷，在电场中向正极移动，清蛋白分子小，带负电荷多，移动快；球蛋白分子大，带负电荷少，则移动慢，因此血清蛋白通过电泳分成五条区带。

(舒景丽)

第三章 核酸的化学

要点分析

核酸是生物体内重要的生物大分子，是遗传的物质基础。各种生物都含有两类核酸，即核糖核酸（RNA）和脱氧核糖核酸（DNA）。DNA 是遗传信息的载体，主要存在于细胞核内。RNA 与蛋白质的合成密切相关，主要分布在细胞质中。

一、核酸的分子组成

1. 元素组成 组成核酸的元素有 C、H、O、N、P。含磷为 9%~10%，可通过测定磷含量估算样品中的核酸含量。

2. 基本组成成分

(1) 磷酸；

(2) 戊糖：RNA 中含 D-核糖，DNA 中含 D-2-脱氧核糖；

(3) 含氮碱（碱基），包括嘌呤碱和嘧啶碱。

嘌呤碱主要有腺嘌呤（A）、鸟嘌呤（G）。嘧啶碱主要有胞嘧啶（C）、尿嘧啶（U）、胸腺嘧啶（T）。

DNA 的组成成分：磷酸、D-2-脱氧核糖，碱基有 A、G、C、T。RNA 的组成成分：磷酸、D-核糖，碱基有 A、G、C、U。

3. 组成核酸的基本单位——核苷酸

(1) 核苷：戊糖与碱基通过糖苷键连接而成的化合物称为核苷。

(2) 核苷酸：核苷与磷酸通过酯键相连即为核苷酸。核苷酸分子中含核糖的称核糖核苷酸，含脱氧核糖的称脱氧核糖核苷酸。

组成 RNA 的 4 种核苷酸：腺苷酸（AMP）、鸟苷酸（GMP）、胞苷酸（CMP）、尿苷酸（UMP）。

组成 DNA 的 4 种核苷酸：脱氧腺苷酸（dAMP）、脱氧鸟苷酸（dGMP）、脱氧胞苷酸（dCMP）、脱氧胸腺苷酸（dTMP）。

二、核酸的分子结构

1. 核酸的一级结构

(1) 有关概念

① 3', 5'-磷酸二酯键：一个核苷酸 C-3' 上的羟基和另一个核苷酸 C-5' 上的磷酸脱水缩合而成的酯键称为 3', 5'-磷酸二酯键。

② 5'-末端和 3'-末端：多核苷酸链的一端是戊糖 C-5' 与磷酸相连，称为 5'-磷酸末端，又称 5'-末端；另一端是戊糖 C-3' 上的自由羟基，称 3'-末端。5'-末端为首，3'-末端为尾。

(2) 一级结构：在多核苷酸链中核苷酸的排列顺序称为核酸的一级结构。维持一级结构

的化学键是 3',5'-磷酸二酯键。

2. 核酸的空间结构

(1) DNA 的二级结构

特点：双螺旋状结构、两条链反向平行、碱基朝向螺旋内侧按互补规律结合成对 (A—T, C—G)。

(2) RNA 的二级结构

特点：单链结构，局部可因碱基配对 (A—U, C—G) 形成局部双螺旋区。不参加配对的碱基所形成的单链则被排斥在双链外，形成环状突起。

RNA 可按功能不同分为三类，即信使 RNA (mRNA)、转运 RNA (tRNA) 及核蛋白体 RNA (rRNA)。tRNA 的二级结构最具有特色，呈三叶草型。其功能部位有两个：一是氨基酸臂的 3'-末端为—CCA—OH，是结合氨基酸的部位；二是一个反密码环，环上有三个相邻的核苷酸称为“反密码子”，它与 mRNA 上的遗传密码反向互补。

三、重要的核苷酸

1. 多磷酸核苷酸 5'-核苷酸的磷酸基可以进一步被磷酸化，生成二磷酸核苷酸 (NDP) 和三磷酸核苷酸 (NTP)，其中 ADP 和 ATP 分子均含有高能键，是生物体内重要的供能物质。

2. 环化核苷酸 是指核苷酸 C-5' 的磷酸基与 C-3' 的羟基脱水分子内成环，重要的有环腺苷酸 (cAMP) 和环鸟苷酸 (cGMP)，它们是多种激素作用的第二信使，调节细胞内的多种物质代谢。

3. 辅酶核苷酸 有些辅酶含有核苷酸，如 NAD^+ 、 NADP^+ 、FAD、HSCoA 等，它们参与生物氧化和各种物质代谢。

四、核酸的理化性质

1. 一般理化性质 核酸分子中既有酸性的磷酸基团，又有碱性的碱基，因此也是两性电解质。核酸的紫外光吸收峰在 260nm 处，故可据此进行定性或定量分析。

2. DNA 的变性 DNA 在某些因素的影响下 (如加热时) 可发生氢键断裂，双螺旋结构松散分开，称为 DNA 变性。加热引起的变性称热变性。DNA 变性后理化性质发生改变，如紫外光 (260nm) 吸收峰值增加，称为增色效应。DNA 热变性时，其紫外光吸收峰值达到最大值一半时的温度称变性温度或解链温度 (T_m) 或 DNA 变性达 50% 时所对应的温度称 T_m ， T_m 值的大小与 DNA 分子中的 C—G 对含量多少及核酸分子的长度有关。

3. DNA 的复性 热变性的 DNA 经缓慢冷却恢复双链的过程，称为 DNA 复性。不同来源的变性分子一起复性，有可能发生分子杂交，分子杂交在分子生物学研究中是一项非常重要的实验技术。

测试题

一、单项选择题

1. 组成核酸的基本单位是