

高等学校“十二五”规划教材 >>>

# 生物化学同步训练 与考研题解

SHENGWU HUAXUE  
TONGBU XUNLIAN YU  
KAOYAN TIJIE

常桂英 邢力 叶飞 主编



化学工业出版社

生物化学

常桂英 刘飞

生物化学同步训练与考研题解

常桂英 邢力 叶飞



化学工业出版社 教学资源网  
www.cipedu.com.cn

专业教学服务支持平台

ISBN 978-7-122-21882-7

A standard linear barcode representing the book's ISBN.

9 787122 218827 >

定 价：36.00元

高等学校“十二五”规划教材



# 生物化学同步训练 与考研题解

SHENGWU HUAXUE  
TONGBU XUNLIAN YU  
KAOYAN TIJIE

常桂英 邢力 叶飞 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

全书分两篇，第一篇是按教学学时安排同步进行跟踪训练，每2学时设一个训练，便于学生复习和理解本次课的基础知识和基本内容，分十四章共设三十次训练，其中最后四次是综合训练，主要是针对全部教学内容的复习与理解，也可作为学生期末考试模拟训练。第二篇是在第一篇的基础上为考研学生或有兴趣进一步深入学习的学生准备的，分三章。第一章是对生物化学的基本概念按英文名词进行排序与解释；第二章是对生物化学知识的综合训练；第三章是对生物化学实验设计与计算题的归类总结。附录为部分院校硕士研究生入学考试试题。本书所有内容均附有参考答案。

本书可供普通本科院校生物技术、生物工程、生物科学、动物医学、动物科学、植物科学、植物保护、中药学、制药工程、食品科学、应用化学等专业的学生使用，也可作为教师的教学参考书目。

#### 图书在版编目（CIP）数据

生物化学同步训练与考研题解/常桂英，邢力，叶飞  
主编. —北京：化学工业出版社，2014.11  
高等学校“十二五”规划教材  
ISBN 978-7-122-21882-7

I. ①生… II. ①常… ②邢… ③叶… III. ①生物化  
学-研究生-入学考试-题解 IV. ①Q5-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 219496 号

---

责任编辑：旷英姿

文字编辑：周 倭

责任校对：吴 静

装帧设计：史利平



---

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：北京永鑫印刷有限责任公司

装 订：三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 17 1/2 字数 427 千字 2015 年 2 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：36.00 元

版权所有 违者必究

## **编写人员**

主 编 常桂英 邢 力 叶 飞

编写人员 (按姓名汉语拼音排序)

常桂英 麻馨月 邢 力

叶 飞

# 前言

生物化学是农、林、医、理、工、药、食品等众多专业的专业基础课，也是大多数院校硕士研究生入学考试课程。为了满足学生不同的需求，既可以根据教学进程进行相关的生物化学习题训练、掌握基础知识和基本理论，又可以通过对考研中共性的问题进行解析，对考研起到较好的指导作用，特编写本书。

本书为《生物化学》（常桂英 刘飞主编，化学工业出版社出版）的配套教材和参考书目。全书分两篇，第一篇是生物化学同步训练，以生物化学章节知识为主线，按每2学时内容知识点分题型进行同步训练，共十四章三十次训练。每次训练的目的是巩固已学知识，适合于所有学生复习掌握生物化学基础知识，该部分由邢力编写。第二篇为考研题解，是针对有学习能力的学生和考研学生而编写，内容在于拓展知识层次与结构，以训练学生对知识的理解与综合分析解决问题的能力，共有三章。第一章生物化学基本概念和附录部分，由麻馨月编写；第二章生物化学知识综合论述题由常桂英编写；第三章生物化学实验分析与计算题由叶飞编写。各部分内容均附有参考答案，但要注意考研题解的目的在于帮助大家全面、完整、准确地理解和掌握生物化学的基本概念、基本理论和技术，理清解题思路，而不是猜题、押题。

在本书的编写过程中，参考了有关生物化学习题集和网络资料，注重按学时设计内容，按需求编写内容，按层次选择内容。该书面向普通高校学生学习及考研需要，也可作为生物化学教师的教学参考书；该书在编写过程中得到了相关院校教师、化学工业出版社的支持和帮助，在此表示衷心的感谢！但由于编者水平有限，时间紧促，对某些知识点的理解程度不够深刻，疏漏之处在所难免，敬请各位读者批评指正并提出宝贵意见。

编者

2014年5月

# 目 录

## 第一篇 生物化学同步训练

◎ 第一章 蛋白质化学 .....	1
第一次训练 氨基酸的组成、结构与性质 .....	1
第二次训练 肽、蛋白质的结构与功能 .....	8
第三次训练 蛋白质的性质与分离纯化 .....	17
◎ 第二章 核酸化学 .....	22
第四次训练 核酸的组成、结构 .....	22
第五次训练 核酸的性质、一级结构测定 .....	29
◎ 第三章 糖类化学 .....	34
第六次训练 糖的组成、结构、分类与功能 .....	34
◎ 第四章 脂类化学 .....	42
第七次训练 脂类的结构、分类及性质 .....	42
◎ 第五章 酶与维生素 .....	49
第八次训练 酶的定义、特点、分类、酶活力单位及维生素 .....	49
第九次训练 酶的组成、结构、催化作用机理 .....	57
第十次训练 酶促动力学 .....	61
◎ 第六章 生物氧化 .....	68
第十一次训练 生物氧化的特点、呼吸链组成及功能 .....	68
第十二次训练 ATP 的生成方式、机理及抑制作用 .....	72
◎ 第七章 糖代谢 .....	77
第十三次训练 多糖的降解、糖酵解途径 .....	77
第十四次训练 糖的有氧氧化、磷酸戊糖途径 .....	80
第十五次训练 糖异生作用、多糖的合成 .....	85
◎ 第八章 脂类物质的代谢 .....	89
第十六次训练 脂肪降解、脂肪酸分解代谢 .....	89
第十七次训练 脂肪酸的合成，磷脂、胆固醇代谢 .....	98
◎ 第九章 蛋白质的酶促降解及氨基酸代谢 .....	106
第十八次训练 蛋白质降解，氨基酸脱氨基、脱羧基作用 .....	106
第十九次训练 鸟氨酸循环、个别氨基酸代谢 .....	111

○ 第十章 核酸的酶促降解及核苷酸代谢 .....	117
第二十次训练 核苷酸分解、合成代谢.....	117
○ 第十一章 DNA 的生物合成 .....	123
第二十一次训练 参与 DNA 合成的酶、蛋白质及合成过程 .....	123
第二十二次训练 逆转录、DNA 的损伤与修复 .....	129
○ 第十二章 RNA 的生物合成 .....	133
第二十三次训练 RNA 生物合成 .....	133
○ 第十三章 蛋白质的生物合成 .....	140
第二十四次训练 蛋白质合成体系.....	140
第二十五次训练 蛋白质合成过程.....	145
○ 第十四章 物质代谢的相互联系及调节控制 .....	150
第二十六次训练 物质代谢调节及基因表达调节.....	150
第二十七次训练 综合训练一.....	157
第二十八次训练 综合训练二.....	163
第二十九次训练 综合训练三.....	168
第三十次训练 综合训练四.....	174

## 第二篇 考研题解

○ 第一章 生物化学基本概念 .....	180
○ 第二章 生物化学知识综合论述题 .....	199
○ 第三章 生物化学实验分析与计算题 .....	225
○ 附录 部分院校研究生入学考试试题及参考答案 .....	240
○ 参考文献 .....	274

## 第一篇

# 生物化学同步训练

## 第一章

### 蛋白质化学

#### 第一次训练 氨基酸的组成、结构与性质

##### 一、名词解释

1. 两性离子    2. 必需氨基酸    3. 氨基酸的等电点    4. 构型

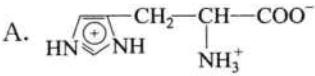
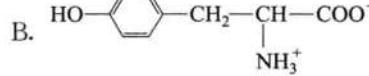
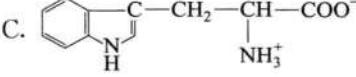
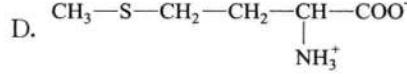
##### 二、填空题

1. 大多数蛋白质中氮的含量较恒定，平均为\_\_\_\_%，如测得1g样品含氮量为10mg，则蛋白质含量为\_\_\_\_%。
2. 氨基酸的结构通式是\_\_\_\_\_。
3. 组成蛋白质分子的酸性氨基酸有\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。碱性氨基酸有\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
4. 在下列空格中填入合适的氨基酸名称。（1）带芳香族侧链的极性氨基酸是\_\_\_\_\_；（2）带芳香族侧链的非极性氨基酸是\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_；（3）含硫的极性氨基酸是\_\_\_\_\_；（4）相对分子质量小且不含硫的氨基酸是\_\_\_\_\_或\_\_\_\_\_，在一个肽链折叠的蛋白质中它能形成内部氢键；（5）\_\_\_\_\_是在一些酶的活性中心中起作用并含羟基的极性较小的氨基酸。
5. 人体必需氨基酸是指人体自身不能合成的、必须靠食物提供的氨基酸。这些氨基酸包括\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_八种。
6. 氨基酸的等电点( $pI$ )是指\_\_\_\_\_。

7. 氨基酸在等电点时，主要以\_\_\_\_\_离子形式存在；在  $\text{pH} > \text{pI}$  的溶液中，大部分以\_\_\_\_\_离子形式存在；在  $\text{pH} < \text{pI}$  的溶液中，大部分以\_\_\_\_\_离子形式存在。
8. 在生理条件下（ $\text{pH} 7.0$  左右），蛋白质分子中的\_\_\_\_\_侧链和\_\_\_\_\_侧链几乎完全带正电荷，但是\_\_\_\_\_侧链则带部分正电荷。
9. 氨基酸处于等电点时，其溶解度\_\_\_\_\_。
10. 通常可用紫外分光光度法测定蛋白质的含量，这是因为蛋白质分子中的\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_三种氨基酸的共轭双键有紫外吸收能力。
11. 脯氨酸和羟脯氨酸与茚三酮反应产生\_\_\_\_\_色的物质，而其他氨基酸与茚三酮反应产生\_\_\_\_\_色的物质。
12. 今有甲、乙、丙三种蛋白质，它们的等电点分别为 8.0、4.5 和 10.0，当在  $\text{pH} 8.0$  缓冲液中，它们在电场中电泳的情况为：甲\_\_\_\_\_，乙\_\_\_\_\_，丙\_\_\_\_\_。
13. 谷氨酸的  $\text{pK}_1(\alpha\text{-COOH}) = 2.19$ ,  $\text{pK}_2(\alpha\text{-NH}_3^+) = 9.67$ ,  $\text{pK}_R(\text{R 基}) = 4.25$ ，谷氨酸的等电点为\_\_\_\_\_。
14. 精氨酸的  $\text{pI}$  值为 10.76，将其溶于  $\text{pH} 7.0$  的缓冲液中，并置于电场中，则精氨酸应向电场的\_\_\_\_\_方向移动。
15. 范斯莱克（Van Slyke）法测定氨基氮主要利用\_\_\_\_\_与\_\_\_\_\_作用生成\_\_\_\_\_。
16. 实验室常用的甲醛滴定是利用氨基酸的氨基与中性甲醛反应，然后用碱（ $\text{NaOH}$ ）来滴定\_\_\_\_\_上放出的\_\_\_\_\_。
17. Edman 反应的主要试剂是\_\_\_\_\_；在寡肽或多肽序列测定中，Edman 反应的主要特点是\_\_\_\_\_。
18. 蛋白质可受\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_或\_\_\_\_\_的作用而水解，最后彻底水解为各种\_\_\_\_\_的混合物。

### 三、单选题

1. [ ] 构成蛋白质的氨基酸属于下列哪种氨基酸？
  - A. L- $\alpha$ -氨基酸
  - B. L- $\beta$ -氨基酸
  - C. D- $\alpha$ -氨基酸
  - D. D- $\beta$ -氨基酸
2. [ ] 下列氨基酸溶液除哪个外都能使偏振光发生旋转？
  - A. 丙氨酸
  - B. 甘氨酸
  - C. 亮氨酸
  - D. 丝氨酸
  - E. 缬氨酸
3. [ ] 280nm 波长处有最大吸收峰的氨基酸为哪种氨基酸？
  - A. 精氨酸
  - B. 色氨酸
  - C. 丝氨酸
  - D. 谷氨酸
4. [ ] 侧链含有咪唑基的氨基酸是哪个？
  - A. 甲硫氨酸
  - B. 半胱氨酸
  - C. 精氨酸
  - D. 组氨酸
5. [ ] 下列氨基酸中，哪个含有吲哚环？
  - A. 甲硫氨酸
  - B. 苏氨酸
  - C. 色氨酸
  - D. 缬氨酸
  - E. 组氨酸

6. [ ] 下列氨基酸中哪个在生理 pH 下即可作酸又可作碱?
- 缬氨酸
  - 组氨酸
  - 异亮氨酸
  - 色氨酸
7. [ ] 下列有关氨基酸的叙述, 哪个是错误的?
- 酪氨酸和苯丙氨酸都含有苯环
  - 酪氨酸和丝氨酸都含羟基
  - 亮氨酸和缬氨酸都是分支氨基酸
  - 脯氨酸和酪氨酸都是非极性氨基酸
  - 组氨酸、色氨酸和脯氨酸都是杂环氨基酸
8. [ ] 下列 4 种氨基酸中哪个有碱性侧链?
- 脯氨酸
  - 苯丙氨酸
  - 异亮氨酸
  - 赖氨酸
9. [ ] 下列哪种氨基酸属于亚氨基酸?
- 丝氨酸
  - 脯氨酸
  - 亮氨酸
  - 组氨酸
10. [ ] 分子结构式为  $\text{HS}-\text{CH}_2-\underset{\substack{| \\ \text{NH}_3^+}}{\text{CH}}-\text{COO}^-$  的氨基酸是哪个?
- 丝氨酸
  - 苏氨酸
  - 半胱氨酸
  - 赖氨酸
11. [ ] 下列氨基酸中为酪氨酸的是哪个?
- 
  - 
  - 
  - 
12. [ ] 下列哪一类氨基酸完全是非必需氨基酸?
- 碱性氨基酸
  - 含硫氨基酸
  - 分支氨基酸
  - 芳香族氨基酸
  - 以上四种答案都不对
13. [ ] 下列氨基酸中除哪种外都是哺乳动物的必需氨基酸?
- 苯丙氨酸
  - 赖氨酸
  - 酪氨酸
  - 亮氨酸
  - 甲硫氨酸
14. [ ] 精氨酸的  $pK_1 = 2.17$  ( $\alpha$ -COOH)、 $pK_2 = 9.04$  ( $\alpha$ -NH $_3^+$ )、 $pK_3 = 12.48$  (胍基),  $pI$  为以下哪个?
- $1/2(2.17 + 9.04)$
  - $1/2(2.17 + 12.48)$
  - $1/2(9.04 + 12.48)$
  - $1/3(2.17 + 9.04 + 12.48)$
15. [ ] 在 pH10.0 时, 下列所示谷氨酸结构中哪一种占优势? ( $pK_{\alpha\text{-COOH}} = 2.19$ ,  $pK_{\text{R-COOH}} = 4.25$ ,  $pK_{\alpha\text{-NH}_3^+} = 9.67$ )
- (positive charge on the terminal nitrogen)
  - (neutral form)
  - (negative charge on the terminal carboxyl group)
  - (neutral form)
  - (negative charge on the terminal carboxyl group)

16. [ ] 图 1-1 为一个常见生化物质的滴定曲线, 下列关于此图的叙述中除哪个外都是正确的?

- A. 此化合物有两个可解离基团
- B. 此化合物是一个简单的氨基酸
- C. 此化合物在 pH 5 到 7 之间显示最大缓冲能力
- D. A 点代表羧基的解离范围
- E. A 点和 B 点分别代表一个酸性基团和一个碱性基团的  $pK_s$

17. [ ] 下列哪一种氨基酸侧链基团的  $pK_a$  值最接近于生理 pH?

- A. 半胱氨酸
- B. 谷氨酸
- C. 谷氨酰胺
- D. 缬氨酸

18. [ ] 下列哪种氨基酸有米伦 (Millon) 反应?

- A. 色氨酸
- B. 酪氨酸
- C. 苯丙氨酸
- D. 组氨酸
- E. 精氨酸

19. [ ] 氨基酸不具有的化学反应是哪种?

- A. 肽反应
- B. 异硫氰酸苯酯反应
- C. 苯三酮反应
- D. 双缩脲反应

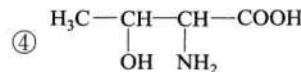
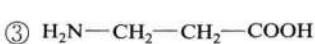
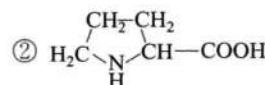
20. [ ] 氨基酸与亚硝酸反应所释放的  $N_2$  中, 氨基酸的贡献是多少?

- A. 25%
- B. 50%
- C. 80%
- D. 100%

21. [ ] 当色谱系统为正丁醇 : 冰醋酸 : 水 = 4 : 1 : 5 时, 用纸色谱法分离苯丙氨酸 (F)、丙氨酸 (A) 和苏氨酸 (T) 时, 则它们的  $R_f$  值之间关系应为以下哪个?

- A. F > A > T
- B. F > T > A
- C. A > F > T
- D. T > A > F

22. [ ] 下列氨基酸中, 哪些是蛋白质的组分?



- A. ①②③
- B. ①③
- C. ②④
- D. ④
- E. ①②③④

23. [ ] 下列氨基酸中, 哪些具有分支的碳氢侧链?

- ① 缬氨酸
- ② 组氨酸
- ③ 异亮氨酸
- ④ 色氨酸

- A. ①②③
- B. ①③
- C. ②④
- D. ④
- E. ①②③④

24. [ ] 在生理 pH 情况下, 下列氨基酸中的哪些带负电荷?

- ① 半胱氨酸
- ② 天冬氨酸
- ③ 赖氨酸
- ④ 谷氨酸

- A. ①②③
- B. ①③
- C. ②④
- D. ④
- E. ①②③④

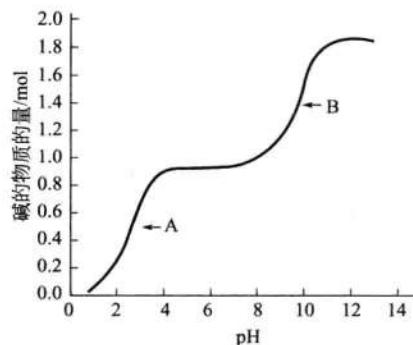


图 1-1 滴定曲线

## 四、是非题

1. [ ] 多数氨基酸有 D- 和 L- 两种不同构型，而构型的改变涉及共价键的破裂。
2. [ ] 所有氨基酸都具有旋光性。
3. [ ] 天然氨基酸都具有一个不对称  $\alpha$ - 碳原子。
4. [ ] 亮氨酸的疏水性比丙氨酸强。
5. [ ] 蛋白质分子中所有的氨基酸（除甘氨酸外）都是左旋的。
6. [ ] 自然界的蛋白质和多肽类物质均由 L- 型氨基酸组成。
7. [ ] 一氨基一羧基氨基酸的  $pI$  为中性，因为  $-COOH$  和  $-NH_3^+$  的解离度相同。
8. [ ] 只有在很高或很低 pH 时，氨基酸才主要以非离子化形式存在。
9. [ ] 从某些微生物中分离得到的多肽抗生素往往为环状肽链，并含有 D- 型氨基酸。
10. [ ] 一个化合物如能和茚三酮反应生成紫色，说明此化合物是氨基酸、肽或蛋白质。
11. [ ] 一个蛋白质样品经酸水解后，能用氨基酸自动分析仪准确测定它的所有氨基酸。
12. [ ] 用纸电泳法分离氨基酸主要是根据氨基酸的极性不同。
13. [ ] 组氨酸是人体的一种半必需氨基酸。

## 五、问答题

1. 某氨基酸溶于 pH 7.0 的水中，所得氨基酸溶液的 pH 为 6.0，问此氨基酸的  $pI$  是大于 6.0、等于 6.0 还是小于 6.0？
2. 某氨基酸溶于 pH 7.0 的水中，所得氨基酸溶液的 pH 为 8.0，问此氨基酸的  $pI$  是大于 8.0、等于 8.0 还是小于 8.0？
3. 根据氨基酸的  $pK$  值，指出 Gly、Asp、Lys 和 His 在 (1) pH 1.0；(2) pH 2.1；(3) pH 4.0；(4) pH 10 时可能带的净电荷（用 -、0 或 + 表示）。
4. (1) 一个 Ala、Ser、Phe、Leu、Arg、Asp 和 His 的混合液在 pH 3.9 时进行纸电泳，指出哪些氨基酸向阳极移动？哪些氨基酸向阴极移动？(2) 带相同电荷的氨基酸如 Gly 和 Leu 在纸电泳时常常稍能分开，解释其原因。(3) 假如有一个 Ala、Val、Glu、Lys 和 Thr 的混合液，在 pH 6.0 进行电泳，然后用茚三酮显色，画出电泳后氨基酸的分布图，分别标明向阳极或阴极移动、停留在原点和分不开的氨基酸。
5. 以正丁醇：乙酸：水体系为溶剂 (pH 4.5)，对下列氨基酸进行纸色谱分离，指出下列各组中氨基酸的相对移动速度。(1) Ile、Lys；(2) Phe、Ser；(3) Ala、Val、Leu；(4) Pro、Val；(5) Glu、Asp；(6) Tyr、Ala、Ser、His。
6. 用阳离子交换树脂分离下列氨基酸对，用 pH 7.0 的缓冲液洗脱时哪种氨基酸先被洗脱下来？(1) Asp 和 Lys；(2) Arg 和 Met；(3) Glu 和 Val；(4) Gly 和 Leu；(5) Ser 和 Ala。
7. Lys、Arg、Asp、Glu、Tyr 和 Ala 的混合液在高 pH 时，加到阴离子交换树脂上，用连续递减的 pH 溶液洗脱时，预测这些氨基酸的洗脱顺序。

## 六、计算题

根据氨基酸的  $pK$  值，计算 Ala、Glu 和 Lys 的  $pI$ 。

### 【参考答案一】

#### 一、名词解释

- 两性离子 指在同一氨基酸分子上既含有可解离出氢离子的基团，又含有能结合氢离子的基团，这样的离子为兼性离子或偶极离子。
- 必需氨基酸 指人体（和其他哺乳动物）自身不能合成，机体又必需，需要从饮食中获得的氨基酸。
- 氨基酸的等电点 指氨基酸的正离子浓度和负离子浓度相等时的 pH，用符号  $pI$  表示。
- 构型 指在立体异构体中取代原子或基团在空间的取向。

#### 二、填空题

- 16 6.25
- 略
- Asp Glu Lys His Arg
- (1) Tyr; (2) Phe Trp; (3) Cys; (4) Ser 或 Thr; (5) Ser
- Thr Phe Val Leu Ile Lys Trp Met
- 略（见概念）
- 两性、负、正
- Arg Lys His
- 最小
- Tyr Phe Trp
- 黄 蓝紫
- 不移动 阳极 阴极
- 3.22
- 阴极
- 亚硝酸 氨基酸的游离氨基  $N_2$
- 羟甲基衍生物 质子
- 异硫氰酸苯酯 从 N 端依次对氨基酸进行分析鉴定
- 酸 碱 酶 氨基酸

#### 三、单选题

- A
- B
- B
- D
- C
- B
- D
- D
- B
- C
- B
- E
- C
- C
- E
- D
- B
- B
- D
- B
- A
- C
- C
- B
- C

## 四、是非题

1. ✓ 2. ✗ 3. ✗ 4. ✓ 5. ✗ 6. ✓ 7. ✗ 8. ✗ 9. ✓ 10. ✗ 11. ✗  
 12. ✓ 13. ✓

## 五、问答题

1.  $pI$  小于 6.0。氨基酸在固体状态时以两性离子形式存在。某氨基酸溶于 pH 7.0 的水中, pH 从 7.0 下降到 6.0, 说明该氨基酸溶解于水的过程中放出了  $H^+$ , 也说明氨基酸放出  $H^+$  的倾向大于它接受  $H^+$  的趋势 (或分子中的羧基解离度大于氨基), 只有加入酸才能使该氨基酸达到等电点, 因此氨基酸的  $pI$  小于 6.0。

2.  $pI$  大于 8.0。某氨基酸溶于 pH 7.0 的水中, pH 从 7.0 升高到 8.0, 说明该氨基酸溶解于水的过程中接受了  $H^+$ , 只有加碱才能使该氨基酸达到等电点, 因此氨基酸的  $pI$  大于 8.0。

3. Gly 的  $pI=5.97$ , 在 (1) pH 1.0 “+”, (2) pH 2.1 “+”, (3) pH 4.0 “+”, (4) pH 10 “-”;

Asp 的  $pI=2.97$ , 在 (1) pH 1.0 “+”, (2) pH 2.1 “+”, (3) pH 4.0 “-”, (4) pH 10 “-”;

Lys 的  $pI=9.74$ , 在 (1) pH 1.0 “+”, (2) pH 2.1 “+”, (3) pH 4.0 “+”, (4) pH 10 “-”;

His 的  $pI=7.59$ , 在 (1) pH 1.0 “+”, (2) pH 2.1 “+”, (3) pH 4.0 “+”, (4) pH 10 “-”。

4. (1) Ala、Ser、Phe 和 Leu 的  $pI$  在 6.0 左右。在 pH 3.9 时, 这些氨基酸都带正电荷, 所以它们都向阴极移动, 但彼此不能分开。His 和 Arg 的  $pI$  分别是 7.6 和 10.8。在 pH 3.9 时, 它们也带正电荷, 所以也向阴极移动。但由于它们带的正电荷多, 所以能和其他向阴极移动的氨基酸分开。Asp 的  $pI$  是 3.0, 在 pH 3.9 时, 它带负电荷, 向阳极移动。

(2) 电泳时若氨基酸带有相同电荷则相对分子质量大的比相对分子质量小的移动得慢。因为相对分子质量大的氨基酸, 电荷与质量的比小, 导致单位质量移动的力小, 所以移动慢。

(3) 在 pH 6.0 时, Glu 带负电荷, 向阳极移动。Lys 带正电荷向阴极移动。Val、Ala、Thr 的  $pI$  接近, 虽然理论上 Thr 能和 Val、Ala 分开, 但实际上彼此不易分离。

5. (1) Ile>Lys, (2) Phe>Ser, (3) Ala<Val<Leu, (4) Pro<Val, (5) Glu>Asp, (6) Tyr>Ala>Ser≈His

6. 由于是交换树脂色谱, 氨基酸与树脂的吸附力主要取决于它们之间的亲和力, 其次是氨基酸与树脂之间的疏水相互作用。疏水作用弱者, 与树脂吸引力不够强, 最先被洗下来。根据氨基酸可电离基团的  $pK_a$  值, 我们可以确定题中每组氨基酸的结构以及在 pH 7.0 时它们的平均净电荷。如果平均净电荷相同, 则取决于它们侧链基团的疏水性。

(1) 天冬氨酸净电荷为 -1, 赖氨酸净电荷为 +1, 赖氨酸与树脂磺酸基相反离子吸附力大, 因此, 天冬氨酸先被洗脱下来。

(2) 精氨酸净电荷为 +1, 甲硫氨酸净电荷接近零。因此, 甲硫氨酸先被洗脱下来。

(3) 谷氨酸净电荷为-1, 缬氨酸净电荷接近零, 谷氨酸的负电荷与树脂负电荷的磺酸基之间相互排斥, 减小了谷氨酸与树脂的附着力, 故先被洗脱下来。

(4) 甘氨酸和亮氨酸的净电荷都接近零, 但亮氨酸庞大的非极性侧链与树脂骨架之间的非极性相互作用力大, 故甘氨酸先被洗脱下来。

(5) 丝氨酸和丙氨酸的净电荷都接近零, 但丝氨酸的侧链非极性小, 故先被洗脱下来。

7. 交换树脂洗脱的先后顺序: Arg Lys Tyr Ala Glu Asp

先分组: ①Arg、Lys是碱性氨基酸, pH=7, 正电荷; ②Tyr、Ala是中性氨基酸, pH=7, 中性为主; ③Glu、Asp是酸性氨基酸, pH=7, 酸性。由于是交换树脂色谱, 氨基酸与树脂的吸附力主要取决于它们之间的亲和力, 其次是氨基酸与树脂之间的疏水相互作用。由于缓冲液先是碱性, 所以氨基酸与树脂的亲和力为: 酸性氨基酸>中性氨基酸>碱性氨基酸(阴离子树脂的疏水基团带正电, 负电被交换了), 洗脱的顺序就是: 碱性、中性、酸性。考虑氨基酸与树脂的疏水作用: Arg的R基团是三个亚甲基和一个亚氨基, Lys是四个亚甲基, 很明显, Arg的疏水作用要弱, 与树脂吸引力不够强, 最先被洗下来。

## 六、计算题

$$pI = (pK_1 + pK_2)/2, \text{ Ala: } pI = 6.02; \text{ Glu: } pI = (pK_1 + pK_2)/2, pI = 3.22$$

$$pI = (pK_2 + pK_3)/2, \text{ Lys: } pI = (8.95 + 10.53)/2 = 9.74$$

# 第二次训练 肽、蛋白质的结构与功能

## 一、名词解释

1. 蛋白质的一级结构
2. 构象
3. 肽单位
4. 蛋白质的二级结构
5. 蛋白质的三级结构
6. 蛋白质的四级结构
7. 结构域
8. 超二级结构
9. 别构效应

## 二、填空题

1. 蛋白质多肽链中的肽键是通过一个氨基酸的\_\_\_\_\_和另一氨基酸的\_\_\_\_\_连接而形成的。

2. 短肽通常是指由\_\_\_\_\_个到\_\_\_\_\_个氨基酸组成的肽。

3. GSH的中文名称是\_\_\_\_\_, 它的活性基团是\_\_\_\_\_。

4. 多肽链中氨基酸的\_\_\_\_\_, 称为一级结构, 主要化学键为\_\_\_\_\_。

5. 蛋白质二级结构的基本类型有\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_等, 维持二级结构稳定键的次级键为\_\_\_\_\_键。

6. 维持蛋白质的一级结构的化学键有\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_; 维持二级结构靠\_\_\_\_\_; 维持三级结构和四级结构靠\_\_\_\_\_, 其中包括\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_。

7. 1953 年 \_\_\_\_\_ 第一次用化学方法合成了具有生物活性的多肽——催产素，因而获得诺贝尔奖。

8. 我国于 \_\_\_\_\_ 年由 \_\_\_\_\_ 和 \_\_\_\_\_ 等单位在世界上首次合成了具有生物活性的蛋白质——牛胰岛素。

### 三、单选题

1. [ ] 肽键在下列哪个波长具有最大光吸收？

- A. 215nm
- B. 260nm
- C. 280nm
- D. 340nm
- E. 以上都不是

2. [ ] 下列关于肽化学性质的叙述哪一个是不正确的？

- A. 肽都是两性化合物
- B. 肽都有各自的等电点
- C. 肽都有双缩脲反应
- D. 肽既可与酸作用也可与碱作用

3. [ ] 形成稳定的肽链空间结构，一个重要原因是肽键中的四个原子以及和它相邻的两个  $\alpha$  碳原子处于：

- A. 不断绕动状态
- B. 可以相对自由旋转
- C. 同一平面
- D. 随不同外界环境而变化的状态

4. [ ] 下列叙述中不属于蛋白质一般结构内容的是什么？

- A. 多肽链中氨基酸残基的种类、数目、排列次序
- B. 多肽链中氨基酸残基的键链方式
- C. 多肽链中主肽链的空间走向，如  $\alpha$ -螺旋
- D. 胰岛素分子中 A 链与 B 链间含有两个二硫键，分别是  $A_7-S-S-B_7$ ,  $A_{20}-S-S-B_{19}$

5. [ ] 下列叙述中哪项有错误？

- A. 蛋白质多肽链中氨基酸残基的种类、数目、排列次序在决定它的二级结构、三级结构乃至四级结构中起重要作用
- B. 主肽链的折叠单位——肽平面之间相关一个  $C_\alpha$  碳原子
- C. 蛋白质变性过程中空间结构和一级结构被破坏，因而丧失了原有生物活性
- D. 维持蛋白质三维结构的次级键有氢键、盐键、二硫键、疏水力和范德华力

6. [ ] 下列因素中主要影响蛋白质  $\alpha$ -螺旋形成的是什么？

- A. 碱性氨基酸的相近排列
- B. 酸性氨基酸的相近排列
- C. 脯氨酸的存在
- D. 甘氨酸的存在

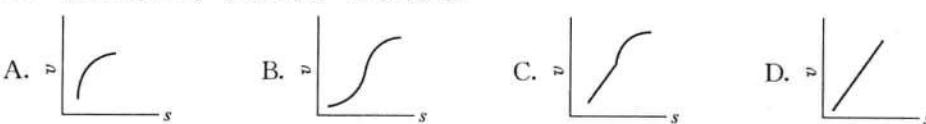
7. [ ] 蛋白质中多肽链形成  $\alpha$ -螺旋时，主要靠哪种次级键维持？

- A. 疏水键
- B. 肽键
- C. 氢键
- D. 二硫键

8. [ ] 关于蛋白质结构的叙述，下列哪项不恰当？

- A. 胰岛素分子是由两条肽链构成，所以它是多亚基蛋白，具有四级结构
- B. 蛋白质基本结构（一级结构）中本身包含有高级结构的信息，所以在生物体系中，它具有特定的三维结构
- C. 非极性氨基酸侧链的疏水性基团，避开水相相互聚集的倾向，对多肽链在二级结构基础上按一定方式进一步折叠起着重要作用
- D. 亚基间的空间排布是四级结构的内容，亚基间是非共价结合的

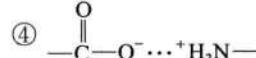
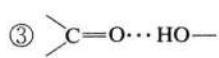
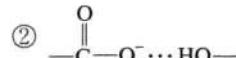
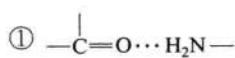
9. [ ] 以下有关亚基的描述，哪一项不恰当？  
 A. 每种亚基都有各自的三维结构  
 B. 亚基内除肽键外还可能会有其他共价键存在  
 C. 一个亚基（单位）只含有一条多肽链  
 D. 亚基单位独立存在时具备原有生物活性
10. [ ] 以下关于可溶性蛋白质三级结构的叙述，哪一项不恰当？  
 A. 疏水性氨基酸残基尽可能包裹在分子内部  
 B. 亲水性氨基酸残基尽可能位于分子内部  
 C. 羧基、氨基、胍基等可解离基团多位子分子表面  
 D. 苯丙氨酸、亮氨酸、异亮氨酸等残基尽可能位于分子内部
11. [ ] 蛋白质三级结构形成的驱动力是什么？  
 A. 范德华力      B. 疏水作用力      C. 氢键      D. 离子键
12. [ ] 以下蛋白质中属寡聚蛋白的是哪种？  
 A. 胰岛素      B. RNase  
 C. 血红蛋白      D. 肌红蛋白
13. [ ] 下列有关  $\alpha$ -螺旋的叙述，哪一项是错误的？  
 A. 氨基酸残基之间形成的一C=O 与 H-N之间的氢键使  $\alpha$ -螺旋稳定  
 B. 减弱侧链 R 之间不利的相互作用，可使  $\alpha$ -螺旋稳定  
 C. 疏水作用使  $\alpha$ -螺旋稳定  
 D. 在某些蛋白质中， $\alpha$ -螺旋是二级结构中的一种结构类型  
 E. 脯氨酸和甘氨酸的出现可使  $\alpha$ -螺旋中断
14. [ ] 下列哪些因素妨碍蛋白质形成  $\alpha$ -螺旋结构？  
 A. 脯氨酸的存在      B. 氨基酸残基的大的支链  
 C. 碱性氨基酸的相邻存在      D. 酸性氨基酸的相邻存在  
 E. 以上各项都是
15. [ ] 关于  $\beta$ -折叠片的叙述，下列哪项是错误的？  
 A.  $\beta$ -折叠片的肽链处于曲折的伸展状态  
 B. 它的结构是借助于链内氢键稳定的  
 C. 所有的  $\beta$ -折叠片结构都是通过几段肽链平行排列而形成的  
 D. 氨基酸之间的轴距为 0.35nm
16. [ ] 维持蛋白质二级结构稳定的主要作用力是什么？  
 A. 盐键      B. 疏水键      C. 氢键      D. 二硫键
17. [ ] 关于二级结构叙述哪一项不正确？  
 A. 右手  $\alpha$ -螺旋比左手  $\alpha$ -螺旋稳定，因为左手  $\alpha$ -螺旋中 L-构型氨基酸残基侧链空间位阻大，不稳定  
 B. 一条多肽链或某多肽片段能否形成  $\alpha$ -螺旋，以及形成的螺旋是否稳定与它的氨基酸组成和排列顺序有极大关系  
 C. 多聚的异亮氨酸 R 基空间位阻大，因而不能形成  $\alpha$ -螺旋  
 D.  $\beta$ -折叠在蛋白质中反平行式较平行式稳定，所以蛋白质中只有反平行式

18. [ ] 蛋白质三维结构的构象特征主要取决于什么?  
 A. 氨基酸的组成、顺序和数目      B. 氢键、盐键、范德华力和疏水力  
 C. 温度、pH 和离子强度等环境条件      D. 肽链间或肽链内的二硫键
19. [ ] 有关蛋白质三级结构描述，错误的是以下哪项?  
 A. 具有三级结构的多肽链都有生物学活性  
 B. 三级结构是单体蛋白质或亚基的空间结构  
 C. 三级结构的稳定性由次级键维持  
 D. 亲水基团多位于三级结构的表面
20. [ ] 关于蛋白质四级结构的正确叙述是以下哪项?  
 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. 蛋白质都有四级结构  
 D. 蛋白质亚基间由非共价键聚合
21. [ ] 寡肽或多肽测序时下列试剂中最好的是哪种?  
 A. 2,4-二硝基氟苯    B. 胍    C. 异硫氰酸苯酯    D. 丹磺酰氯
22. [ ] 测定小肽氨基酸顺序的最好方法是以下哪种?  
 A. 2,4-二硝基氟苯法 (FDNB 法)    B. 二甲氨基萘磺酰氯法 (DNS-Cl 法)  
 C. 氨肽酶法    D. 苯异硫氰酸法 (PITC 法)  
 E. 羧肽酶法
23. [ ] 有一多肽经酸水解后产生等摩尔的 Lys、Gly 和 Ala。如用胰蛋白酶水解该肽，仅发现有游离的 Gly 和一种二肽。下列多肽的一级结构中，哪一个符合该肽的结构?  
 A. Gly-Lys-Ala-Lys-Gly-Ala    B. Ala-Lys-Gly  
 C. Lys-Gly-Ala    D. Gly-Lys-Ala  
 E. Ala-Gly-Lys
24. [ ] 下列关于多肽 Glu-His-Arg-Val-Lys-Asp 的叙述，哪个是错误的?  
 A. 在 pH 12 时，在电场中向阳极移动    B. 在 pH 3 时，在电场中向阴极移动  
 C. 在 pH 5 时，在电场中向阴极移动    D. 在 pH 11 时，在电场中向阴极移动  
 E. 该多肽的等电点大约在 pH 8
25. [ ] 变构效应是多亚基功能蛋白、寡聚酶及多酶复合体的作用特征，下列动力学曲线中哪种一般是别构酶（蛋白质）所表现的?
- 
26. [ ] 下列关于蛋白质中 L-氨基酸之间形成的肽键的叙述，哪些是正确的?  
 ① 具有部分双键的性质    ② 比通常的 C—N 单键短  
 ③ 通常有一个反式构型    ④ 能自由旋转  
 A. ①②③    B. ①③    C. ②④    D. ④  
 E. ①②③④

27. [ ] 下列关于谷胱甘肽结构的叙述哪些是正确的?
- ①有一个 $\alpha$ -氨基 ②有一个与通常肽键不同的 $\gamma$ -肽键  
 ③有一个易氧化的侧链基团 ④由谷氨酸、胱氨酸和甘氨酸组成的三肽
- A. ①②③ B. ①③ C. ②④ D. ④  
 E. ①②③④
28. [ ] 下列有关 Phe-Leu-Ala-Val-Phe-Leu-Lys 的叙述哪些是正确的?
- ①是一个六肽 ②是一个碱性多肽  
 ③对脂质表面无亲和力 ④等电点大于 8
- A. ①②③ B. ①③ C. ②④ D. ④  
 E. ①②③④
29. [ ] 下列哪些是结合蛋白质?
- ①黏蛋白 ②细胞色素 c ③血红蛋白 ④清蛋白
- A. ①②③ B. ①③ C. ②④ D. ④  
 E. ①②③④
30. [ ] 下列哪些蛋白质具有四级结构?
- ①血红蛋白 ②烟草斑纹病毒外壳蛋白 ③乳酸脱氢酶 ④肌红蛋白
- A. ①②③ B. ①③ C. ②④ D. ④  
 E. ①②③④
31. [ ] 下列关于蛋白质结构的叙述哪些是正确的?
- ①二硫键对稳定蛋白质的构象起重要作用  
 ②当蛋白质放入水中时, 带电荷的氨基酸侧链趋向于排列在分子的外面  
 ③蛋白质的一级结构决定高级结构  
 ④氨基酸的疏水侧链很少埋在蛋白质分子的内部
- A. ①②③ B. ①③ C. ②④ D. ④  
 E. ①②③④
32. [ ] 含有卟啉环的蛋白质是以下哪些?
- ①血红蛋白 ②肌红蛋白 ③细胞色素 ④过氧化氢酶
- A. ①②③ B. ①③ C. ②④ D. ④  
 E. ①②③④
33. [ ] 下列蛋白质中哪些含有铁离子?
- ①细胞色素 c ②血红蛋白 ③肌红蛋白 ④过氧化物酶
- A. ①②③ B. ①③ C. ②④ D. ④  
 E. ①②③④
34. [ ] 下列有关肌红蛋白的叙述, 哪些是正确的?
- ①肌红蛋白是由一条多肽链和一个血红素连接而成的紧密球状结构  
 ②肽链含有高比例的 $\alpha$ -螺旋构象  
 ③血红素位于两个组氨酸残基之间  
 ④部分非极性基团位于此球状结构的外部
- A. ①②③ B. ①③ C. ②④ D. ④

E. ①②③④

35. [ ] 下列图示中的哪些是氢键?



A. ①②③

B. ①③

C. ②④

D. ④

E. ①②③④

36. [ ] 镰刀形红细胞贫血病患者血红蛋白  $\beta$ -链上第六位的谷氨酸被缬氨酸取代后, 将产生哪些变化?

① 在 pH 7.0 电泳时, 增加了异常血红蛋白向阳极移动的速度

② 导致异常脱氧血红蛋白的聚合作用

③ 增加了异常血红蛋白的溶解度

④ 一级结构发生改变

A. ①②③

B. ①③

C. ②④

D. ④

E. ①②③④

37. [ ] 下列有关血红蛋白运输氧的叙述哪些是正确的?

① 每个血红素基各自独立地与氧结合, 彼此之间并无联系

② 以血红蛋白结合氧的百分数对氧分压作图, 曲线呈 S 形

③ 氧与血红蛋白的结合能力比一氧化碳强

④ 氧与血红蛋白的结合并不引起血红素中铁离子价数的变化

A. ①②③

B. ①③

C. ②④

D. ④

E. ①②③④

#### 四、是非题

1. [ ] 一个蛋白质分子中有两个半胱氨酸存在时, 它们之间可以形成两个二硫键。

2. [ ] 因为羧基碳和亚氨基氮之间的部分双键性质, 所以肽键不能自由旋转。

3. [ ]  $\alpha$ -碳和羧基碳之间的键不能自由旋转。

4. [ ] 蛋白质多肽链中氨基酸的排列顺序在很大程度上决定了它的构象。

5. [ ] 蛋白质是生物大分子, 但并不都具有四级结构。

6. [ ] 蛋白质二级结构的稳定性是靠链内氢键维持的, 肽链上每个肽键都参与氢键的形成。

7. [ ] 并非所有构成蛋白质的 20 种氨基酸的  $\alpha$ -碳原子上都有一个自由羧基和一个自由氨基。

8. [ ] 在具有四级结构的蛋白质分子中, 每个具有三级结构的多肽链是一个亚基。

9. [ ] 蛋白质的空间结构就是它的三级结构。

10. [ ] 维持蛋白质三级结构最重要的作用力是氢键。

11. [ ] 具有四级结构的蛋白质, 它的每个亚基单独存在时仍能保存蛋白质原有的生物活性。

## 五、问答题

1. 什么是蛋白质的空间结构？蛋白质的空间结构与其生物功能有何关系？
2. 蛋白质的  $\alpha$ -螺旋结构有何特点？
3. 蛋白质的  $\beta$ -折叠结构有何特点？
4. 举例说明蛋白质的结构与其功能之间的关系。
5. 比较下列各题两个多肽之间溶解度的大小：
  - (1)  $[\text{Gly}]_{20}$  和  $[\text{Glu}]_{20}$ , 在 pH 7.0 时；
  - (2)  $[\text{Lys-Ala}]_3$  和  $[\text{Phe-Met}]_3$ , 在 pH 7.0 时；
  - (3)  $[\text{Ala-Ser-Gly}]_5$  和  $[\text{Asn-Ser-Gly}]_5$ , 在 pH 9.0 时；
  - (4)  $[\text{Ala-Asp-Gly}]_5$  和  $[\text{Asn-Ser-His}]_5$ , 在 pH 3.0 时。
6. 有一个五肽，它的一级结构式是 DRVYH。① 正确命名此肽；② 请写出此氨基酸残基形成的肽链结构。

## 六、计算题

1. 测得一种蛋白质分子中 Trp 残基占分子质量的 0.29%，计算该蛋白质的最低分子质量（注：Trp 的分子质量为 204Da）。
2. 一种蛋白质按其质量含有 1.65% 亮氨酸和 2.48% 异亮氨酸，计算该蛋白质最低分子质量。（注：两种氨基酸的分子质量都是 131Da）。
3. 某种氨基酸  $\alpha\text{-COOH}$   $pK = 2.4$ ,  $\alpha\text{-NH}_3^+$   $pK = 9.6$ ,  $\omega\text{-NH}_3^+$   $pK = 10.6$ , 计算该种氨基酸的等电点 ( $pI$ )。
4. 某种四肽  $\alpha\text{-COOH}$   $pK = 2.4$ ,  $\alpha\text{-NH}_3^+$   $pK = 9.8$ , 侧链- $\text{NH}_3^+$   $pK = 10.6$ , 侧链-COOH  $pK = 4.2$ , 试计算此种多肽的等电点 ( $pI$ ) 是多少？
5. 有一种多肽，其侧链上羧基 30 个 ( $pK = 4.3$ ), 吲哚基有 10 个 ( $pK = 7$ ),  $\epsilon\text{-NH}_3^+$  有 15 个 ( $pK = 10$ ), 设 C 末端  $\alpha\text{-COOH}$   $pK = 3.5$ , N 末端氨基  $pK = 9.5$ , 计算此多肽的  $pI$ 。
6. 已知氨基酸平均分子质量为 120Da。有一种多肽的分子质量是 15120Da, 如果此多肽完全以  $\alpha$ -螺旋形式存在，试计算此  $\alpha$ -螺旋的长度和圈数。

## 【参考答案二】

### 一、名词解释

1. 蛋白质的一级结构 指蛋白质多肽链中氨基酸的排列顺序，以及二硫键的位置。
2. 构象 指有机分子中，不改变共价键结构，仅单键周围的原子旋转所产生的原子的空间排布。一种构象改变为另一种构象时，不涉及共价键的断裂和重新形成。构象改变不会改变分子的光学活性。
3. 肽单位 是多肽链中从一个  $\alpha$ -碳原子到相邻  $\alpha$ -碳原子之间的结构。它是肽链主链骨架中的重复结构。
4. 蛋白质的二级结构 指在蛋白质分子中的主链原子沿一定方向盘绕和折叠的方式。

5. 蛋白质的三级结构 指蛋白质在二级结构的基础上借助各种次级键卷曲折叠成特定的分子结构的构象。

6. 蛋白质的四级结构 指多亚基蛋白质分子中各个具有三级结构的多肽链以适当方式聚合所呈现的三维结构。

7. 结构域 指蛋白质多肽链在二级结构的基础上进一步卷曲折叠成几个相对独立的近似球形的组装体。

8. 超二级结构 指蛋白质分子中相邻的二级结构单位组合在一起所形成的有规则的、在空间上能辨认的二级结构组合体。

9. 别构效应 变构蛋白的变构部位与效应物结合改变蛋白质的构象，从而对活性部位所产生的影响。

## 二、填空题

1. 羧基 氨基

2. 2 10

3. 谷胱甘肽 —SH

4. 排列顺序 肽键和二硫键

5.  $\alpha$ -螺旋  $\beta$ -折叠  $\beta$ -转角 无规则卷曲 氢

6. 肽键 二硫键 氢键 次级键 疏水作用力 氢键 离子键 范德华力

7. Vigneand 领导的生化小组

8. 1965 中国科学院上海生物化学研究所 中国科学院上海有机化学研究所 北京大学生物系

## 三、单选题

1. A 2. C 3. C 4. C 5. C 6. C 7. C 8. B 9. D 10. B 11. B 12. C

13. C 14. E 15. B 16. C 17. D 18. A 19. A 20. D 21. C 22. D 23. B

24. C 25. B 26. A 27. A 28. C 29. A 30. A 31. A 32. A 33. A 34. A

35. B 36. C 37. C

## 四、是非题

1.  $\times$  2.  $\checkmark$  3.  $\times$  4.  $\checkmark$  5.  $\checkmark$  6.  $\times$  7.  $\checkmark$  8.  $\checkmark$  9.  $\times$  10.  $\times$  11.  $\times$

## 五、问答题

1. 蛋白质的空间结构是指蛋白质分子中原子和基团在三维空间上的排列、分布及肽链走向。蛋白质的空间结构决定蛋白质的功能。空间结构与蛋白质各自的功能是相适应的。

2. (1) 多肽链主链绕中心轴旋转，形成棒状螺旋结构，每个螺旋含有 3.6 个氨基酸残基，螺距为 0.54nm，氨基酸之间的轴心距为 0.15nm。

(2)  $\alpha$ -螺旋结构的稳定主要靠链内氢键，每个氨基酸的 N—H 与前面第四个氨基酸的 C=O 形成氢键。

(3) 天然蛋白质的  $\alpha$ -螺旋结构大都为右手螺旋。

3.  $\beta$ -折叠结构又称为  $\beta$ -片层结构，它是肽链主链或某一肽段的一种相当伸展的结构，多肽链呈扇面状折叠。

(1) 两条或多条几乎完全伸展的多肽链（或肽段）侧向聚集在一起，通过相邻肽链主链上的氨基和羧基之间形成的氢键连接成片层结构并维持结构的稳定。

(2) 氨基酸之间的轴心距为 0.35nm（反平行式）和 0.325nm（平行式）。

(3)  $\beta$ -折叠结构有平行排列和反平行排列两种。

4. 蛋白质的生物学功能从根本上来说取决于它的一级结构。蛋白质的生物学功能是蛋白质分子的天然构象所具有的属性或所表现的性质。一级结构相同的蛋白质，其功能也相同，二者之间有统一性和相适应性。

5. 多肽在水中的溶解度主要取决于它们侧链 R 基团大概相对极性，特别是离子化基团的数目，离子化基团越多，多肽在水中的溶解度就越大。因此，上述多肽之间的溶解度差异为：

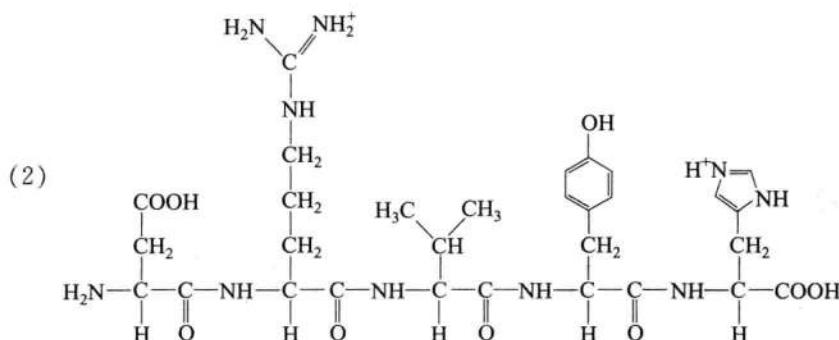
(1) pH 7.0 时， $[\text{Glu}]_{20}$  的溶解度大于  $[\text{Gly}]_{20}$

(2) pH 7.0 时， $[\text{Lys-Ala}]_3$  的溶解度大于  $[\text{Phe-Met}]_3$

(3) pH 9.0 时， $[\text{Ala-Ser-His}]_5$  溶解度大于  $[\text{Asn-Ser-Gly}]_5$

(4) pH 3.0 时， $[\text{Asn-Ser-His}]_5$  溶解度大于  $[\text{Ala-Asp-Gly}]_5$

6. (1) 天冬氨酸精氨酸缬氨酸酪氨酸组氨酸



## 六、计算题

1. Trp 残基/蛋白质  $M_r = 0.29\%$

$$\text{蛋白质 } M_r = \text{Trp 残基}/0.29\% = (204 - 18)/0.29\% = 64138$$

答：此蛋白质的最低分子质量为 64138Da。

2. 异亮氨酸/亮氨酸 =  $2.48\% / 1.65\% = 1.5 / 1 = 3/2$

所以，在此蛋白质中的亮氨酸至少有 2 个，异亮氨酸至少有 3 个。由此推理出：

1.  $65\% = 2 \times (131 - 18) / \text{蛋白质 } M_w$

答：蛋白质  $M_w = 13697 \text{ Da}$ 。

3.  $pI = 10.1$

4.  $pI = 7.0$

5. 要计算多肽的等电点，首先应该找到静电荷为零的分子状态。在此多肽中最多可以带有  $(30 + 1)$  个单位负电荷，而正电荷最多只有  $(15 + 10 + 1)$  个，相差了 5 个电荷。要想

让正负电荷数相等，只能让 30 个羧基（侧链—COOH  $pK = 4.3$ ）少带 5 个负电荷 ( $\alpha$ -COOH  $pK = 3.5$ ，它比侧链—COOH 易于解离，难以接受质子)，即在 30 个侧链—COOH 中有 25 个处于解离状态 ( $-COO^-$ )，5 个不解离 ( $-COOH$ )。因此：

$$pH = pK_a + \lg([碱]/[酸]) = 4.3 + \lg(25/5) = 5.0。$$

6. 肽链长度 = 18.9 (nm)；圈数为 35。

## 第三次训练 蛋白质的性质与分离纯化

### 一、名词解释

1. 蛋白质的变性
2. 蛋白质的复性
3. 蛋白质的沉淀作用
4. 盐析
5. 盐溶
6. 凝胶电泳
7. 色谱

### 二、填空题

1. 蛋白质水溶液是一种比较稳定的亲水胶体，其稳定性主要因素有两个，分别是 \_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。
2. 盐析作用是指 \_\_\_\_\_；盐溶作用是指 \_\_\_\_\_。
3. 蛋白质变性的主要原因是 \_\_\_\_\_ 被破坏；蛋白质变性后的主要特征是 \_\_\_\_\_；变性蛋白质在去除致变因素后仍能（部分）恢复原有生物活性，表明 \_\_\_\_\_ 没被破坏。这是因为一级结构含有 \_\_\_\_\_ 的结构信息，所以蛋白质分子构象恢复后仍能表现原有生物功能。
4. 一般来说，球状蛋白质的 \_\_\_\_\_ 氨基酸侧链位于分子内部，\_\_\_\_\_ 氨基酸侧链位于分子表面。
5. 用 \_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_ 裂解蛋白质分子时，它们的专一性不如胰蛋白酶和溴化氰强。
6. 一般来说，用嗜热菌蛋白酶水解蛋白质所得到的片段，要比用胰蛋白酶所得的片段 \_\_\_\_\_。
7. 常用的拆开蛋白质分子中二硫键的方法有：(1) \_\_\_\_\_ 法，常用的试剂为 \_\_\_\_\_；(2) \_\_\_\_\_ 法，常用的试剂为 \_\_\_\_\_ 或 \_\_\_\_\_。
8. 在适当浓度的  $\beta$ -巯基乙醇和 8mol/L 脲溶液中，RNase (牛) 丧失原有活性。这主要是因为 RNA 酶的 \_\_\_\_\_ 被破坏造成的。其中  $\beta$ -巯基乙醇可使 RNA 酶分子中的 \_\_\_\_\_ 键破坏。而 8mol/L 脲可使 \_\_\_\_\_ 键破坏。当用透析方法去除  $\beta$ -巯基乙醇和脲的情况下，RNA 酶又恢复原有催化功能，这种现象称为 \_\_\_\_\_。
9. 当外界因素（介质的  $pH > pI$ 、电场电压、介质中离子强度、温度等）确定后，决定蛋白质在电场中泳动速度快慢的主要因素是 \_\_\_\_\_ 和 \_\_\_\_\_。

### 三、单选题

1. [ ] 蛋白质变性是由于：①氢键破坏，②肽键断裂，③亚基解聚，④破坏水化层和

中和电荷。

- A. ①②③      B. ①③      C. ②④      D. ④
- E. ①②③④
- 2. [ ] 蛋白质变性过程中与下列哪项无关?
  - A. 理化因素致使氢键破坏      B. 疏水作用破坏
  - C. 蛋白质空间结构破坏      D. 蛋白质一级结构破坏, 分子量变小
- 3. [ ] 加入下列试剂不会导致蛋白质变性的是哪个?
  - A. 尿素(脲)      B. 盐酸胍      C. 十二烷基硫酸钠      D. 硫酸铵
- 4. [ ] 引起蛋白质变性原因主要是哪个?
  - A. 三维结构破坏      B. 肽键破坏
  - C. 胶体稳定性因素被破坏      D. 亚基的解聚
- 5. [ ] 下列哪种酶作用于由碱性氨基酸的羧基形成的肽键?
  - A. 糜蛋白酶      B. 羧肽酶      C. 氨肽酶      D. 胰蛋白酶
- 6. [ ] 凝胶过滤法分离蛋白质时, 从色谱柱上先被洗脱下来的是哪个?
  - A. 分子量大的      B. 分子量小的      C. 带电荷多的      D. 带电荷少的
- 7. [ ] 下列测定蛋白质分子量的方法中, 哪一种不常用?
  - A. SDS-PAGE 法      B. 渗透压法
  - C. 超离心法      D. 凝胶过滤(分子筛)法
- 8. [ ] 用下列方法测定蛋白质含量, 哪一种方法需要完整的肽键?
  - A. 双缩脲反应      B. 凯氏定氮      C. 紫外吸收      D. 苛三酮反应
  - E. 奈氏试剂
- 9. 根据下表选出正确答案:

样品液中蛋白质的组分	蛋白质的 pI	蛋白质分子质量 $M_w/\text{kDa}$
A	6.2	40
B	4.5	30
C	7.8	60
D	8.3	80

- (1) [ ] pH 8.6 条件下电泳一定时间, 最靠近阳极的组分一般是什么?
- (2) [ ] Sephadex G<sub>100</sub>柱色谱时, 最先洗脱出来的组分应该是什么?
- 10. [ ] 醋酸纤维薄膜电泳时, 下列说法不正确的一项是哪个?
  - A. 点样前醋酸纤维薄膜必须用纯水浸泡一定的时间, 使处于湿润状态
  - B. 以血清为样品, pH 8.6 条件下, 点样的一端应置于电泳槽的阴极一端
  - C. 电泳过程中保持恒定的电压(90~110V)可使蛋白质组分有效分离
  - D. 点样量太多时, 蛋白质组分相互粘连, 指印谱带会严重拖尾, 结果不易分析
- 11. [ ] 血红蛋白的氧合动力学曲线呈 S 形, 这是由于什么?
  - A. 氧合氧化 Fe<sup>2+</sup>, 使之变为 Fe<sup>3+</sup>
  - B. 第一个亚基氧合后构象变化, 引起其余亚基氧合能力增强
  - C. 这是变构效应的显著特点, 它有利于血红蛋白执行输氧功能的发挥

- D. 亚基空间构象靠次级键维持，而亚基之间靠次级键结合，构象易变
12. [ ] 血红蛋白别构作用的本质是其中的铁离子发生什么变化？  
 A. 价态发生变化                            B. 自旋状态发生变化  
 C. 与卟啉环氮原子连接的键长发生变化    D. 以上说法都对  
 E. 以上说法都不对
13. [ ] 若用电泳分离 Gly-Lys、Asp-Val 和 Ala-His 三种二肽，在下列哪个 pH 条件下电泳最为合适？  
 A. pH2 以下                            B. pH2~4                            C. pH7~9                            D. pH10~12  
 E. pH12 以上
14. [ ] 进行疏水吸附色谱时，以下哪种条件比较合理？  
 A. 在有机溶剂存在时上柱，低盐溶液洗脱  
 B. 在有机溶剂存在时上柱，高盐溶液洗脱  
 C. 低盐条件下上柱，高盐溶液洗脱  
 D. 高盐溶液上柱，按低盐、水和有机溶剂顺序洗脱  
 E. 低盐缓冲液上柱，低盐洗脱

#### 四、是非题

1. [ ] 蛋白质是两性电解质，它的酸碱性质主要取决于肽链上可解离的 R 基团。
2. [ ] 所有的肽和蛋白质都能和硫酸铜的碱性溶液发生双缩脲反应。
3. [ ] 盐析法可使蛋白质沉淀，但不引起变性，所以盐析法常用于蛋白质的分离制备。
4. [ ] 变性蛋白质的溶解度降低，是由于中和了蛋白质分子表面的电荷及破坏了外层的水膜所引起的。
5. [ ] 蛋白质的变性是蛋白质立体结构的破坏，因此涉及肽键的断裂。
6. [ ] CNBr 能裂解 Gly-Met-Pro 三肽。
7. [ ] 用化学修饰法能使一个肽只在精氨酸和半胱氨酸残基处被胰蛋白酶水解。
8. [ ] Lys-Lys-Lys 三肽的  $pI$  必定大于个别 Lys 的  $pK_a$  值。
9. [ ] 从理论上说，可用 Edman 降解法测定任何非封闭多肽的全部氨基酸顺序。
10. [ ] 从某些微生物中分离得到的多肽抗生素往往为环状肽链，并含有 D-型氨基酸。
11. [ ] 双缩脲反应是肽和蛋白质特有的反应，所以二肽也有双缩脲反应。
12. [ ] 可用 8mol/L 尿素拆开蛋白质分子中的二硫键。
13. [ ] 如果多肽链 C 末端的第二个氨基酸不是脯氨酸，则羧肽酶 A 或 B 中至少有一种能切下 C 末端氨基酸。
14. [ ] 血红蛋白和肌红蛋白都是氧的载体，前者是一个典型的变构蛋白，在与氧结合过程中呈现变构效应，而后者却不是。
15. [ ] 用 FDNB 法和 Edman 降解法测定蛋白质多肽链 N 端氨基酸的原理是相同的。

#### 五、问答题

1. 下列试剂和酶常用于蛋白质化学的研究中：CNBr、异硫氰酸苯酯、丹磺酰氯、脲、

6mol/L HCl、 $\beta$ -巯基乙醇、水合茚三酮、过甲酸、胰蛋白酶、胰凝乳蛋白酶。其中哪一个最适合完成以下各项任务？

- (1) 测定小肽的氨基酸序列。
- (2) 鉴定肽的氨基末端残基。
- (3) 不含二硫键的蛋白质的可逆变性；如有二硫键存在时还需加什么试剂？
- (4) 在芳香族氨基酸残基羧基侧水解肽键。
- (5) 在蛋氨酸残基羧基侧水解肽键。
- (6) 在赖氨酸和精氨酸残基羧基侧水解肽键。

2. 有一组单亚基蛋白质，具有不同的分子质量和等电点。分别为：

A (45ku, pI5.4), B (13ku, pI10.6), C (17ku, pI7.0), D (69ku, pI4.8), E (90ku, pI5.9)。(1) 请指出经过 SDS-PAGE 后，从凝胶的上样孔到前沿指示剂方向蛋白质的条带顺序，并说明原因；(2) 指出经过等电聚集电泳后，从负极到正极方向蛋白质在凝胶上的排列，并说明原因。

### 【参考答案三】

#### 一、名词解释

1. 蛋白质的变性 蛋白质分子的天然构象遭到破坏导致其生物活性丧失的现象。
2. 蛋白质的复性 指在一定条件下，变性的蛋白质分子恢复其原有的天然构象并恢复生物活性的现象。
3. 蛋白质的沉淀作用 在外界因素影响下，蛋白质分子失去水化膜或被中和其所带电荷，导致溶解度降低从而使蛋白质变得不稳定而沉淀的现象称为蛋白质的沉淀作用。
4. 盐析 在蛋白质溶液中加入一定量的高浓度中性盐（如硫酸铵），使蛋白质溶解度降低并沉淀析出的现象称为盐析。
5. 盐溶 在蛋白质溶液中加入少量中性盐使蛋白质溶解度增加的现象。
6. 凝胶电泳 以凝胶为介质，在电场作用下分离蛋白质或核酸等分子的分离纯化技术。
7. 色谱 按照在移动相（可以是气体或液体）和固定相（可以是液体或固体）之间的分配比例将混合成分分开的技术。

#### 二、填空题

1. 水膜 电荷
2. 略（见概念）
3. 空间结构 生物学活性丧失 一级结构不变 决定空间构象
4. 非极性 极性
5. 胰凝乳蛋白酶 胃蛋白酶 嗜热菌蛋白酶
6. 短且重叠
7. 氧化剂 过甲酸 还原剂 巯基乙醇 二硫苏糖醇
8. 空间结构 二硫 氢 复性
9. 所带电荷的性质和数量 分子颗粒的大小和形状

**三、单选题**

1. B 2. D 3. D 4. A 5. D 6. A 7. B 8. A 9. (1) B (2) D 10. A 11. B  
 12. B 13. C 14. D

**四、是非题**

1. √ 2. × 3. √ 4. × 5. × 6. √ 7. × 8. √ 9. √ 10. √ 11. ×  
 12. × 13. √ 14. √ 15. ×

**五、问答题**

1. (1) 异硫氰酸苯酯; (2) 丹磺酰氯; (3) 脲、 $\beta$ -巯基乙醇; (4) 胰凝乳蛋白酶;  
 (5) CNBr; (6) 胰蛋白酶。

2. (1) E-D-A-C-B

原因: SDS-PAGE 为变性电泳, 蛋白质迁移速度只与分子质量有关, 分子质量小的分子跑在最前面。

(2) B-C-E-A-D

原因: 等电聚焦电泳是按等电点分离。进行等电聚集电泳时, 从负极到正极方向凝胶的 pH 梯度从高到低, 因此偏碱性条件下蛋白质样品中所有蛋白质均带负电荷, 这样在电场中可向正极移动。蛋白质的  $pI$  越高, 聚集条带越靠近负极; 反之, 则靠近正极。

## 第二章

# 核酸化学

### 第四次训练 核酸的组成、结构

#### 一、名词解释

1. 核苷
2. 核苷酸
3. 磷酸二酯键
4. 核酸的一级结构
5. DNA 的二级结构
6. 碱基堆积力
7. 发夹结构
8. 反密码子
9. 碱基互补规律
10. 超螺旋 DNA
11. 核小体

#### 二、填空题

1. 核酸的特征元素\_\_\_\_\_。
2. 核酸的基本结构单位是\_\_\_\_\_，由\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_3个部分组成。
3. 核苷酸被\_\_\_\_\_酶水解为核苷和无机磷酸，核苷被\_\_\_\_\_酶水解为碱基和戊糖。
4. 核酸分子中的糖苷键均为\_\_\_\_\_型糖苷键。糖环与碱基之间的连接键为\_\_\_\_\_键。
5. 核酸可分为\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_两大类，前者主要存在于真核细胞的\_\_\_\_\_和原核细胞\_\_\_\_\_部位，后者主要存在于细胞的\_\_\_\_\_部位。
6. 病毒和噬菌体只含一种核酸，有的只有\_\_\_\_\_，另一些只有\_\_\_\_\_。
7. 在 DNA 和 RNA 中，核苷酸残基以\_\_\_\_\_互相连接，形成不分支的链状分子。由于含氮碱基具有\_\_\_\_\_，所以核苷酸和核酸在\_\_\_\_\_ nm 处有最大紫外吸收值。
8. 细胞的 RNA 主要包括\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_3类，其中含量最多的是\_\_\_\_\_，分子量最小的是\_\_\_\_\_，半寿期最短的是\_\_\_\_\_。
9. \_\_\_\_\_ RNA 分子指导蛋白质合成，\_\_\_\_\_ RNA 分子用作蛋白质合成中活化氨基酸的载体。
10. 核外 DNA 主要有\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
11. RNA 中常见的碱基是\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
12. DNA 常见的碱基有\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
13. 含氧的碱基有烯醇式和酮式两种互变异构体，在生理 pH 条件下，主要以\_\_\_\_\_存在，这有利于\_\_\_\_\_形成。
14. NAD<sup>+</sup>、FAD 和 CoA 都是\_\_\_\_\_的衍生物。
15. 二十世纪五十年代，Chargaff 等人发现各种生物体 DNA 碱基组成有\_\_\_\_\_。

的特异性，而没有\_\_\_\_\_的特异性。

16. DNA 双螺旋结构模型是\_\_\_\_\_于\_\_\_\_年提出的。组成 DNA 的两条多核苷酸链是\_\_\_\_\_的，其中\_\_\_\_与\_\_\_\_配对，形成\_\_\_\_个氢键，\_\_\_\_与\_\_\_\_配对，形成\_\_\_\_个氢键。

17. X 射线衍射证明，核苷中\_\_\_\_\_与\_\_\_\_\_平面相互垂直。

18. 脱氧核糖核酸在糖环\_\_\_\_\_位置不带羟基。

19. Watson-Crick DNA 双螺旋每盘旋一圈有\_\_\_\_\_对核苷酸，高度为\_\_\_\_\_，直径为\_\_\_\_\_。

20. 由于连接互补碱基的两个糖苷键并非彼此处于对角线的两端，在 DNA 双螺旋的表面形成较宽的\_\_\_\_\_和较窄的\_\_\_\_\_。

21. 维持 DNA 双螺旋结构的主要作用力是\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。

22. 稀有核苷 ϕ 中的糖苷键是\_\_\_\_\_连接。

23. 染色质的基本结构单位是\_\_\_\_\_，由\_\_\_\_\_核心和它外侧盘绕的\_\_\_\_\_组成，核心由\_\_\_\_\_各两分子组成，核小体之间由\_\_\_\_\_相互连接，并结合有\_\_\_\_\_。

24. RNA 一般以\_\_\_\_\_存在，链中自身互补的反平行序列形成\_\_\_\_\_结构，这种结构与它们间的单链组成\_\_\_\_\_结构。

25. tRNA 的二级结构呈\_\_\_\_\_形，三级结构呈\_\_\_\_\_形，其 3' 末端有一共同碱基序列\_\_\_\_\_。

### 三、单选题

1. [ ] 下列哪种碱基只存在于 RNA 而不存在于 DNA 中？

- A. 腺嘌呤      B. 鸟嘌呤      C. 尿嘧啶      D. 胸腺嘧啶

2. [ ] 核酸的基本组成单位是什么？

- A. 戊糖和碱基      B. 戊糖和磷酸  
C. 核苷酸      D. 戊糖、碱基和磷酸

3. [ ] 下列关于双链 DNA 的碱基含量关系中，哪种是错误的？

- A. A+G=C+T      B. A=T      C. A+T=G+C      D. C=G

4. [ ] ATP 分子中各组分的连接方式是什么？

- A. R-A-P-P-P      B. A-R-P-P-P      C. P-A-R-P-P      D. P-R-A-P-P  
E. P-A-P-R-P

5. [ ] 下列对于环核苷酸的叙述，哪一项是错误的？

- A. cAMP 与 cGMP 的生物学作用相反      B. 重要的环核苷酸有 cAMP 与 cGMP  
C. cAMP 是一种第二信使      D. cAMP 分子内有环化的磷酸二酯键

6. [ ] 构成多核苷酸链骨架的关键是什么？

- A. 2',3'-磷酸二酯键      B. 2',4'-磷酸二酯键  
C. 2',5'-磷酸二酯键      D. 3',4'-磷酸二酯键  
E. 3',5'-磷酸二酯键

7. [ ] 与片段 TAGAp 互补的片段是哪个？

- A. AGATp      B. ATCTp      C. TCTAp      D. UAUAp
8. [ ] 真核生物染色体最小结构单位是什么?  
 A. 质粒      B. 核糖体      C. 染色体      D. 核小体
9. [ ] hnRNA 是下列哪种 RNA 的前体?  
 A. tRNA      B. rRNA      C. mRNA      D. snRNA
10. [ ] 决定 tRNA 携带氨基酸特异性的关键部位是什么?  
 A. -XCCA 3'末端      B. T<sub>ψ</sub>C 环      C. DHU 环      D. 额外环  
 E. 反密码子环
11. [ ] 反密码子 UGA 所识别的密码子是什么?  
 A. ACU      B. ACT      C. UCA  
 D. TCA      E. 都不对
12. [ ] 反密码子 G<sub>ψ</sub>A, 所识别的密码子是什么?  
 A. CAU      B. UGC      C. CGU      D. UAC  
 E. 都不对
13. [ ] 含有稀有碱基比例较多的核酸是什么?  
 A. 胞核 DNA      B. 线粒体 DNA      C. tRNA      D. mRNA
14. [ ] 胸腺嘧啶除了作为 DNA 的主要组分外, 还经常出现在下列哪种 RNA 分子中?  
 A. mRNA      B. tRNA      C. rRNA      D. hnRNA  
 E. snRNA
15. [ ] 真核细胞 mRNA 帽子结构最多见的是哪个?  
 A. m<sup>7</sup>ApppNmpNmp      B. m<sup>7</sup>GpppNmpNmp  
 C. m<sup>7</sup>UpppNmpNmp      D. m<sup>7</sup>CpppNmpNmp  
 E. m<sup>7</sup>TpppNmpNmp

#### 四、是非题

1. [ ] 核小体是构成染色体的基本单位。
2. [ ] 真核细胞的 DNA 全部定位于细胞核。
3. [ ] 生物体的不同组织中的 DNA, 其碱基组成也不同。
4. [ ] 核酸中的修饰成分 (也叫稀有成分) 大部分是在 tRNA 中发现的。
5. [ ] 脱氧核糖核苷中的糖环 3'位没有羟基。
6. [ ] 生物体内存在的游离核苷酸多为 5'-核苷酸。
7. [ ] 用碱水解核酸, 可以得到 2'-核苷酸与 3'-核苷酸的混合物。
8. [ ] DNA 分子含有等物质的量的 A、G、T、C。
9. [ ] 若双链 DNA 中的一条链碱基顺序为: pCpTpGpGpApC, 则另一条链的碱基顺序为: pGpApCpCpTpG。
10. [ ] B-DNA 代表细胞内 DNA 的基本构象, 在某些情况下, 还会呈现 A 型、Z 型和三股螺旋的局部构象。
11. [ ] 自然界的 DNA 都是双链的, RNA 都是单链的。
12. [ ] Z 型 DNA 与 B 型 DNA 可以相互转变。

13. [ ] 生物体内，天然存在的 DNA 分子多为负超螺旋。
14. [ ] 原核生物和真核生物的染色体均为 DNA 与组蛋白的复合体。
15. [ ] tRNA 的二级结构中的额外环是 tRNA 分类的重要指标。
16. [ ] 构成 RNA 分子中局部双螺旋的两个片段也是反向平行的。
17. [ ] 目前为止发现的修饰核苷酸大多存在于 tRNA 中。
18. [ ] 真核生物 mRNA 的 5' 端有一个多聚 A 的结构。
19. [ ] 若种属 A 的 DNA  $T_m$  值低于种属 B，则种属 A 的 DNA 比种属 B 含有更多的 A-T 碱基对。
20. [ ] 在所有病毒中，迄今为止还没有发现既含有 RNA 又含有 DNA 的病毒。
21. [ ] 基因表达的最终产物都是蛋白质。

## 五、问答题

1. 核酸的组成和在细胞内的分布如何？
2. 指出核苷酸分子中的结构组成及连接键性质？
3. 核酸分子中单核苷酸间是通过什么键连接起来的？什么是碱基配对？
4. 简述 DNA 碱基组成的 Chargaff 规则。
5. 比较 RNA 和 DNA 的化学组成、连接键性质及生物功能。
6. DNA 分子二级结构有哪些特点？
7. 在稳定的 DNA 双螺旋中，哪两种力在维系分子立体结构方面起主要作用？
8. 简述 tRNA 二级结构的组成特点及其每一部分的功能。
9. 真核 mRNA 和原核 mRNA 各有何异同特点？
10. 试述三种主要的 RNA 的生物功能（与蛋白质生物合成的关系）。
11. 简述 DNA 和 RNA 分子的立体结构，它们各有哪些特点？稳定 DNA 结构的力有哪些？

## 六、计算题

1. 从两种不同细菌提取所得 DNA 样品，其中 A 分别占其碱基总数的 35% 和 14%，计算这两种不同来源的 DNA 的 4 种核苷酸的相对百分组成。两种细菌哪一个是来自温泉 (64°C) 中分离出来的？为什么？
2. 由结核分枝杆菌提纯出含有 15.1% (按摩尔分数计算) 的腺嘌呤的 DNA 样品，计算其他碱基的百分含量。
3. 计算相对分子质量为  $3 \times 10^7$  的双螺旋 DNA 分子的长度，含有多少螺旋 (按一对脱氧核苷酸的平均相对分子质量为 618 计算)？
4. 人体有  $10^{14}$  个细胞，每个体细胞含有  $6.4 \times 10^9$  对核苷酸，试计算人体 DNA 的总长度 (km)。
5. 试计算 2mm 长的 DNA 双螺旋大约含有多少个碱基对？

## 【参考答案四】

### 一、名词解释

1. 核苷 是碱基与戊糖之间以糖苷键相连构成的化合物。

2. 核苷酸 核苷或脱氧核苷上的 C5' 原子上的羟基与磷酸通过脱水缩合形成酯键相连构成核苷酸或脱氧核苷酸。
3. 磷酸二酯键 核酸分子中前一个核苷酸的 3'-羟基和下一个核苷酸的 5'-磷酸脱水缩合形成的化学键称为磷酸二酯键。
4. 核酸的一级结构 核苷酸在分子中的排列顺序。
5. DNA 的二级结构 DNA 分子由两条反向平行的脱氧核苷酸链构成双螺旋结构。
6. 碱基堆积力 DNA 分子轴向相邻的碱基对之间呈板状堆积，由此产生了具有疏水性的碱基堆积力，是维系 DNA 双螺旋结构纵向稳定的主要作用力。
7. 发夹结构 RNA 的多核苷酸链局部的螺旋区呈茎状，而不能配对的部分则形成环状结构。
8. 反密码子 是 tRNA 分子反密码子环上与密码子相配对的三联体核苷酸残基序列。
9. 碱基互补规律 DNA 分子组成中腺嘌呤和胸腺嘧啶配对，鸟嘌呤与胞嘧啶配对，这种配对规律称为碱基互补规律。
10. 超螺旋 DNA DNA 双螺旋进一步扭曲或再次螺旋所形成的空间构象。
11. 核小体 DNA 双螺旋盘绕组蛋白形成核小体，是染色质的基本结构单位。

## 二、填空题

1. P
2. 核苷酸 碱基 戊糖 磷酸
3. 核苷酸酶 核苷酶
4. N C—N 糖苷
5. 脱氧核糖核酸 核糖核酸 细胞核 拟核 细胞质
6. DNA RNA
7. 3',5'-磷酸二酯键 共轭双键 260
8. mRNA tRNA rRNA rRNA tRNA mRNA
9. m t
10. 线粒体 DNA 叶绿体 DNA 质粒 DNA
11. A U G C
12. A T G C
13. 酮式 氢键
14. 核苷酸
15. 种属 组织器官
16. Watson-Crick 1953 平行反向 A T 2 G C 3
17. 糖环 碱基
18. C2'
19. 10 3.4nm 2nm
20. 大沟 小沟
21. 碱基堆积力 氢键
22. C1-C5

23. 核小体 组蛋白八聚体 DNA H<sub>2</sub>A H<sub>2</sub>B H<sub>3</sub> H<sub>4</sub> DNA H<sub>1</sub>  
 24. 单链 双螺旋 茎环式  
 25. 三叶草 倒 L CCA

### 三、单选题

1. C 2. C 3. C 4. B 5. A 6. E 7. C 8. D 9. C 10. E 11. C 12. D  
 13. C 14. B 15. B

### 四、是非题

1. √ 2. × 3. × 4. √ 5. × 6. √ 7. √ 8. × 9. × 10. √ 11. ×  
 12. × 13. √ 14. × 15. √ 16. √ 17. √ 18. × 19. √ 20. √ 21. ×

### 五、问答题

1. 核酸由 DNA 和 RNA 组成。在真核细胞中，DNA 主要分布于细胞核内，另外叶绿体、线粒体和质粒中也有 DNA；RNA 主要分布在细胞核和细胞质中，另外叶绿体和线粒体中也有 RNA。

2. 核苷酸由戊糖、磷酸和碱基以 1:1:1 的分子比例组成，戊糖环上的 C1 与嘧啶碱基的 N1 或嘌呤碱基的 N9 以  $\beta$ -糖苷键相连；戊糖的 C5 与磷酸基团以 5'-磷酸酯键相连。

3. 核酸中核苷酸之间是通过 3',5'-磷酸二酯键相连接的。碱基配对是指在核酸中 G-C 和 A-T (U) 之间以氢键相连的结合方式。

4. (1) 腺嘌呤和胸腺嘧啶的物质的量相等，即 A=T；鸟嘌呤和胞嘧啶的物质的量也相等，即 G=C。由此可推导出含氨基的碱基（腺嘌呤和胞嘧啶）总数等于含酮基的碱基（鸟嘌呤和胸腺嘧啶）总数，即 A+C=T+G；嘌呤的总数等于嘧啶的总数，即 A+G=C+T。

(2) 不同生物种属的 DNA 碱基组成不同。

(3) 同一个体不同器官、不同组织的 DNA 具有相同的碱基组成。

所有 DNA 中碱基组成必定是 A=T, G=C，这一规律暗示 A 与 T、C 与 G 相互配对的可能性，为 Watson 和 Crick 提出 DNA 双螺旋结构提供了重要依据。

5. 化学组成：RNA 的基本结构单元是核苷酸，由核糖、磷酸和 A、U、C、G 四种碱基之一以 1:1:1 的分子比例组成；DNA 的基本结构单元是脱氧核苷酸，由 2'-脱氧核糖、磷酸和 A、T、G、C 四种碱基之一以 1:1:1 的分子比例组成。

连接键：RNA 和 DNA 的连接键性质相同。核糖（脱氧核糖）环上 C1 与嘧啶碱基的 N1 或嘌呤碱基的 N9 以  $\beta$ -糖苷键相连；戊糖的 C5 与磷酸基团以 5'-磷酸酯键相连；核苷酸之间以 3',5'-磷酸二酯键相连。

生物功能：DNA 的功能是作为细胞遗传物质；RNA 种类多，功能多样，主要是控制与参与蛋白质合成。另外，也可参与基因表达的调控、生物催化和转录后加工等过程。

6. 按 Watson-Crick 模型，DNA 双螺旋结构模型特点：(1) 两条反平行的多脱氧核苷酸链绕同一中心轴相缠绕，形成右手双股螺旋，一条 5'→3'，另一条 3'→5'；(2) 磷酸与脱氧核糖彼此通过 3',5'-磷酸二酯键相连接，构成 DNA 分子的骨架；(3) 磷酸与脱氧核糖在双螺旋外侧，嘌呤与嘧啶碱位于双螺旋的内侧；(4) 碱基平面与纵轴垂直，糖环平面与纵轴

平行；(5) 两条脱氧核苷酸链之间依靠碱基间的氢键结合在一起，A 与 T 形成两个氢键，G 与 C 形成三个氢键；(6) 螺圈之间主要靠碱基平面间的堆积分力维持；(7) 每圈螺旋含 10 对脱氧核苷酸，碱基对堆积距离 0.34nm，螺距为 3.4nm，每对脱氧核苷酸旋转 36°，双螺旋平均直径 2nm；(8) 大沟宽 1.2nm、深 0.85nm，小沟宽 0.6nm、深 0.75nm。

7. 在稳定的 DNA 双螺旋中，碱基堆积分力和碱基配对氢键在维系分子立体结构方面起重要作用。

8. tRNA 的二级结构为三叶草结构。其结构特征为：

(1) tRNA 的二级结构由四臂、四环组成。已配对的片段称为臂，未配对的片段称为环。

(2) 叶柄是氨基酸臂。其上含有 CCA—OH 3'，此结构是接受氨基酸的位置。

(3) 氨基酸臂对面是反密码子环。在它的中部含有三个相邻碱基组成的反密码子，可与 mRNA 上的密码子相互识别。

(4) 左环是二氢尿嘧啶环 (D 环)，它与氨基酰-tRNA 合成酶的结合有关。

(5) 右环是假尿嘧啶环 (T<sub>ψ</sub>C 环)，它与核糖体的结合有关。

(6) 在反密码子与假尿嘧啶环之间的是可变环，它的大小决定着 tRNA 分子大小。

9. 真核 mRNA 的特点是：(1) 在 mRNA 5' 末端有“帽子结构” m<sup>7</sup>G(5') pppNm；(2) 在 mRNA 链的 3' 末端，有一段多聚腺苷酸 (polyA) 尾巴；(3) mRNA 一般为单顺反子，即一条 mRNA 只含有一条肽链的信息，指导一条肽链的形成；(4) mRNA 的代谢半衰期较长 (几天)。原核 mRNA 的特点：(1) 5' 末端无帽子结构存在；(2) 3' 末端不含 polyA 结构；(3) 一般为多顺反子结构，即一个 mRNA 中常含有几个蛋白质的信息，能指导几个蛋白质的合成；(4) mRNA 代谢半衰期较短 (小于 10min)。

10. mRNA：蛋白质合成的模板；tRNA：氨基酸和 mRNA 的结合体，携带特定氨基酸的工具；rRNA：与蛋白质结合成核糖体，蛋白质合成的场所。

11. DNA 双螺旋结构模型特点：两条反平行的多核苷酸链形成右手双螺旋；糖和磷酸在外侧形成螺旋轨迹，碱基伸向内部，并且碱基平面与中心轴垂直，双螺旋结构上有大沟和小沟；双螺旋结构直径 2nm，螺距 3.4nm，每个螺旋包含 10 个碱基对；A 和 T 配对，G 和 C 配对，A、T 之间形成两个氢键，G、C 之间形成三个氢键。DNA 三级结构为线状、环状和超螺旋结构。稳定 DNA 结构的作用力有：氢键，碱基堆积分力，反离子作用。

RNA 中立体结构最清楚的是 tRNA，tRNA 的二级结构为三叶草形，tRNA 的三级结构为倒“L”形。维持 RNA 立体结构的作用力主要是氢键。

## 六、计算题

1. DNA (A 为 35%): T 35%，G 15%，C 15%；DNA (A 为 14%): T 14%，G 36%，C 36%。

DNA (A 为 14%) 是来自温泉细菌的，因为其 G、C 含量高，更耐高温。

2. A=T=15.1%，G=C=34.9%

3.  $1.65 \times 10^{-3}$  cm, 4854 个

4.  $2.2 \times 10^{11}$  km

5. 双螺旋 B-DNA 碱基对之间的距离是  $0.34\text{nm}$ 。 $2 \times 10^6 \div 0.34 \approx 5882352\text{bp}$

## 第五次训练 核酸的性质、一级结构测定

### 一、名词解释

1. 核酸的变性
2. DNA 的解链 (熔解) 温度
3. 增色效应
4. 退火
5. 核酸的复性
6. 减色效应
7. 分子杂交

### 二、填空题

1. 在 DNA 分子中, G-C 含量高时, 相对密度\_\_\_\_\_,  $T_m$  (熔解温度) 则\_\_\_\_\_, 分子比较稳定。
2. DNA 变性后, 紫外吸收\_\_\_\_\_, 黏度\_\_\_\_\_, 浮力密度\_\_\_\_\_, 生物活性将\_\_\_\_\_。
3. 在含 DNA 和 RNA 的试管中加入稀的 NaOH 溶液, 室温放置 24h 后, \_\_\_\_\_ 被水解了。
4. DNA 在水中溶解热变性之后, 如果将溶液迅速冷却, 则 DNA 保持\_\_\_\_\_状态; 若使溶液缓慢冷却, 则 DNA 重新形成\_\_\_\_\_。
5. 双链 DNA 热变性后, 或在 pH 2 以下, 或 pH 12 以上时, 其  $\text{OD}_{260\text{nm}}$  \_\_\_\_\_, 同样条件下, 单链 DNA 的  $\text{OD}_{260\text{nm}}$  \_\_\_\_\_。
6. DNA 样品的均一性愈高, 其熔解过程的温度范围愈\_\_\_\_\_。
7. DNA 所处介质的离子强度越低, 其熔解过程的温度范围越\_\_\_\_\_, 熔解温度越\_\_\_\_\_, 所以 DNA 应保存在较\_\_\_\_\_浓度的盐溶液中, 通常为\_\_\_\_\_ mol/L 的 NaCl 溶液。
8. 变性 DNA 的复性与许多因素有关, 包括\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_等。
9. 常用二苯胺法测定\_\_\_\_\_含量, 用苔黑酚法测\_\_\_\_\_含量。
10. 测定 DNA 一级结构的方法主要有 Sanger 提出的\_\_\_\_\_和 Maxam、Gilbert 提出的\_\_\_\_\_。
11. 硝酸纤维素膜可结合\_\_\_\_\_链核酸。将 RNA 变性后转移到硝酸纤维素膜上再进行杂交, 称\_\_\_\_\_印迹法。
12. 分离核苷酸类物质最常用的方法有\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。

### 三、单选题

1. [ ] 图 2-1 中, 哪一点代表双链 DNA 的  $T_m$  值?
 

A. A	B. B	C. C	D. D
E. 都不对			
2. [ ] DNA 变性后理化性质有下述哪种改变?
 

A. 对 260nm 紫外线吸收减少	B. 溶液黏度下降
C. 磷酸二酯键断裂	D. 核苷酸断裂

3. [ ] 双链 DNA 的  $T_m$  较高是由于下列哪组核苷酸含量较高所致?

- A. A+G
- B. C+T
- C. A+T
- D. G+C
- E. A+C

4. [ ] 双链 DNA 热变性后会发生什么?

- A. 黏度下降
- B. 沉降系数下降
- C. 浮力密度下降
- D. 紫外吸收下降
- E. 都不对

5. [ ] DNA 复性的重要标志是什么?

- A. 溶解度降低
- B. 溶液黏度降低
- C. 紫外吸收增大
- D. 紫外吸收降低

6. [ ] 下面关于  $OD_{260nm}/OD_{280nm}$  值的应用阐述哪一条是正确的?

- A. DNA 样品的  $OD_{260nm}/OD_{280nm}$  值大于 1.8 时, 说明样品纯度高
- B. DNA 样品的  $OD_{260nm}/OD_{280nm}$  值大于 1.8 时, 说明样品不纯, 有蛋白质污染
- C. RNA 样品的  $OD_{260nm}/OD_{280nm}$  值大于 1.8 时, 说明样品纯度高
- D. RNA 样品的  $OD_{260nm}/OD_{280nm}$  值大于 1.8 时, 说明样品不纯, 有蛋白质污染

7. [ ] 胰核糖核酸酶水解 RNA, 产物是什么?

- A. 3'-嘧啶核苷酸
- B. 5'-嘧啶核苷酸
- C. 3'-嘧啶核苷酸和以 3'-嘧啶核苷酸结尾的寡聚核苷酸
- D. 5'-嘧啶核苷酸和以 5'-嘧啶核苷酸结尾的寡聚核苷酸
- E. 3'-嘧啶核苷酸和 5'-嘧啶核苷酸

8. [ ] RNA 经 NaOH 水解, 其产物是什么?

- A. 5'-核苷酸
- B. 2'-核苷酸
- C. 3'-核苷酸
- D. 2'-核苷酸和 3'-核苷酸的混合物
- E. 2'-核苷酸、3'-核苷酸和 5'-核苷酸的混合物

9. [ ] 下列复合物中除哪个外, 均是核酸与蛋白质组成的复合物。

- A. 核糖体
- B. 病毒
- C. 端粒酶
- D. RNaseP
- E. 核酶 (ribozyme)

10. [ ] 艾滋病病毒 HIV 是一种什么病毒?

- A. 双链 DNA 病毒
- B. 单链 DNA 病毒
- C. 双链 RNA 病毒
- D. 单链 RNA 病毒
- E. 不清楚

11. [ ] 亚硝酸引起基因突变的机制是什么?

- A. 还原作用
- B. 氧化作用
- C. 氧化脱氨作用
- D. 解链作用
- E. 染色体重排

#### 四、是非题

1. [ ] 核酸的紫外吸收与溶液的 pH 值无关。

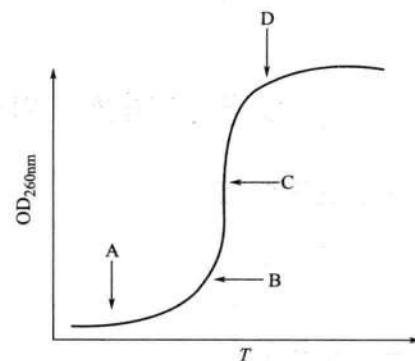


图 2-1

2. [ ] 对于提纯的 DNA 样品，测得  $OD_{260nm}/OD_{280nm} < 1.8$ ，则说明样品中含有 RNA。
3. [ ] 核酸变性或降解时，出现减色效应。
4. [ ] 多核苷酸链内共价键断裂叫变性。
5. [ ] DNA 的  $T_m$  值和 A-T 含量有关，A-T 含量高则  $T_m$  高。
6. [ ] DNA 样品 A 与 B 分别与样品 C 进行杂交实验，得到的杂交双链结构如图 2-2，那么说明样品 A 与 C 的同源性比样品 B 与 C 的同源性高。



图 2-2

7. [ ] 两个核酸样品 A 和 B，如果 A 的  $OD_{260nm}/OD_{280nm} > B$  的  $OD_{260nm}/OD_{280nm}$ ，那么 A 的纯度 > B 的纯度。
8. [ ] 核糖核酸酶和脱氧核糖核酸酶分别作用于 RNA 和 DNA 中的磷酸二酯键，均属于特异性的磷酸二酯酶。
9. [ ] 核糖体不仅存在于细胞质中，也存在于线粒体和叶绿体中。
10. [ ] 具有对底物分子切割功能的都是蛋白质。

## 五、问答题

- 如何快速判断核酸样品中是否有蛋白质污染？
- DNA 热变性有何特点？ $T_m$  值表示什么？
- 试述下列因素如何影响 DNA 的复性过程：  
(1) 阳离子的存在；(2) 低于  $T_m$  的温度；(3) 高浓度的 DNA 链。
- 下列三种 DNA 中，哪个的  $T_m$  值最高？哪个的  $T_m$  值最低？为什么？
 

A. AAGTTCTCTGAATTA	B. AGTCGTCAATGCATT
TTCAAGAGACTTAAT	TCAGCAGTTACGTAA
C. GGATCTCCAAGTCAT	
CCTAGAGGTTACAGTA	
- 将下列 DNA 分子加热变性，再在各自的最适温度下复性，哪种 DNA 复性形成原来结构的可能性更大？为什么？
 

A. ATATATATAT	B. TAGACGATGC
TATATATATA	ATCTGCTACG
- 试说明影响 DNA 的变性和复性过程的主要因素？
- 介绍几种常用于测定核酸样品含量的方法，并说明其原理？

## 【参考答案五】

### 一、名词解释

- 核酸的变性 在某些理化因素作用下，DNA 双螺旋区氢键断裂，空间结构破坏，形成单链无规则线团状态的过程。

2. DNA 的解链（熔解）温度 DNA 加热变性过程中，紫外吸收值达最大吸收值一半时所对应的温度。
3. 增色效应 变性 DNA 由于碱基对失去重叠，在 260nm 处的紫外吸收值增加的现象。
4. 退火 加热变性 DNA 溶液缓慢冷却到适当的低温，则两条互补链可重新配对而恢复到原来的双螺旋结构的现象。
5. 核酸的复性 在适宜条件下，变性 DNA 分开的两条单链可重新形成链间氢键，恢复双螺旋结构，这个过程称为复性。
6. 减色效应 复性 DNA 由于双螺旋的重新形成，在 260nm 处的紫外吸收值降低的现象。
7. 分子杂交 杂化双链可以在不同的 DNA 单链之间形成，也可以在 RNA 单链之间形成，甚至还可以在 DNA 单链和 RNA 单链之间形成 DNA-RNA 杂合体。

## 二、填空题

1. 大 高
2. 增加 下降 升高 丧失
3. RNA
4. 单链 双螺旋
5. 增加 不变
6. 窄
7. 宽 低 高 1
8. 样品的均一度 DNA 的浓度 DNA 的片段大小 温度 溶液的离子强度
9. 脱氧核糖 核糖
10. 双脱氧链终止法 化学降解法
11. 单 Northern
12. 色谱法 电泳法

## 三、单选题

1. C 2. B 3. D 4. A 5. D 6. A 7. C 8. D 9. E 10. D 11. C

## 四、是非题

1. × 2. × 3. × 4. × 5. × 6. √ 7. × 8. √ 9. × 10. ×

## 五、问答题

1. 可用紫外吸收法。通过紫外分光光度计测定样品在 260nm 和 280nm 处光吸收值，然后计算  $OD_{260nm}/OD_{280nm}$  的值。如果 DNA 样品的  $OD_{260nm}/OD_{280nm}$  的值大于 1.8，RNA 的  $OD_{260nm}/OD_{280nm}$  的值大于 2.0，一般被视为高纯度样品。如果低于这些数字，表明核酸溶液中有蛋白质污染。

2. 将 DNA 的稀盐溶液加热到 70~100℃ 几分钟后，双螺旋结构即发生破坏，氢键断裂，两条链彼此分开，形成无规则线团状，此过程为 DNA 的热变性。有以下特点：变性温

度范围很窄， $260\text{nm}$  处的紫外吸收增加；黏度下降；生物活性丧失；比旋度下降；酸碱滴定曲线改变。 $T_m$  值代表核酸的变性温度（熔解温度、熔点）。在数值上等于 DNA 变性时摩尔磷吸收值（紫外吸收）达到最大变化值半数时所对应的温度。

3. (1) 阳离子的存在可中和 DNA 中带负电荷的磷酸基团，减弱 DNA 链间的静电作用，促进 DNA 的复性。

(2) 低于  $T_m$  的温度可以促进 DNA 复性。

(3) DNA 链浓度增高可以加快互补链随机碰撞的速度、机会，从而促进 DNA 复性。

4. C 最高 A 最低 C 的 G-C 对多，A 的 G-C 对少。

5. A 复性成原来结构可能性最大，因为它是单一重复序列。

6. (1) 溶液的离子强度：阳离子 ( $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  等) 降低变性，促进复性；纯水 DNA 溶液室温变性； $2\text{mol/L}$  的阳离子，变性温度  $90^\circ\text{C}$  以上。

(2) 温度：温度降低到  $T_m$  以下复性，低于  $T_m$   $20^\circ\text{C}$ 。

(3) DNA 链的浓度。

(4) 碱基组成：G/C 高易复性；A/T 高易变性。

(5) 尿素及甲酰胺等氢键破坏剂增加变性，减少复性。

7. (1) 紫外吸收法：核酸在  $260\text{nm}$  有紫外吸收峰。在  $260\text{nm}$  测定光吸收值，如果是双螺旋 DNA 样品， $\text{OD}_{260\text{nm}} = 1$ ，则相当于含有  $50\mu\text{g}/\text{mL}$  DNA；若是 RNA 样品或单链 DNA， $\text{OD}_{260\text{nm}} = 1$ ，则相当于  $40\mu\text{g}/\text{mL}$ ，从而可以计算获得核酸样品的含量。

(2) 定磷法：核酸中 P 的含量比较稳定，可以通过定磷试剂测定样品中磷的含量，进而计算样品中核酸的含量。

(3) 定糖法：核酸中核糖可以与地衣酚生成绿色化合物，而脱氧核糖与二苯胺反应生成蓝色化合物，化合物颜色的深浅与糖含量成正比，可通过分光光度法测定核酸的含量。

(4) 琼脂糖凝胶电泳：利用一个已知含量的 DNA 样品作为标准，在同一个凝胶上进行电泳，溴化乙锭染色后，根据电泳条带判断核酸样品的含量。

## 第三章

# 糖类化学

### 第六次训练 糖的组成、结构、分类与功能

#### 一、名词解释

1. 单糖
2. 醛糖
3. 酮糖
4. 同多糖
5. 杂多糖
6. 手性碳原子
7. 半缩醛羟基
8. 糖苷键
9. 变旋现象

#### 二、填空题

1. 连接四个不同原子或基团的碳原子称为\_\_\_\_\_。
2.  $\alpha$ -D (+)-葡萄糖与  $\beta$ -D (+)-葡萄糖分子的头部结构不同，它们互称为\_\_\_\_\_。
3. 判断一个糖的 D-型和 L-型是以\_\_\_\_\_碳原子上羟基的位置作依据。
4. 葡萄糖与钠汞齐作用，可还原生成\_\_\_\_\_，其结构为\_\_\_\_\_。
5. 在弱碱溶液中\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_及\_\_\_\_\_三种糖可通过烯醇式反应互相转化。
6. 糖苷是指糖的\_\_\_\_\_和醇、酚等化合物失水而形成的缩醛（或缩酮）等形式的化合物。
7. 常用定量测定还原糖的试剂为\_\_\_\_\_试剂和\_\_\_\_\_试剂。
8. 鉴别糖的普通方法为\_\_\_\_\_试验。
9. 糖类物质的主要生物学作用：
  - (1) \_\_\_\_\_ (2) \_\_\_\_\_ (3) \_\_\_\_\_。
10. 自然界中重要的己醛糖有\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。
11. 自然界中重要的己酮糖有\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。
12. 植物中重要的三糖是\_\_\_\_\_，重要的四糖是\_\_\_\_\_。
13. 蔗糖是由一分子\_\_\_\_\_和一分子\_\_\_\_\_组成，它们之间通过\_\_\_\_\_相连。
14. 麦芽糖是由两分子\_\_\_\_\_组成，它们之间通过\_\_\_\_\_相连。
15. 乳糖是由一分子\_\_\_\_\_和一分子\_\_\_\_\_组成，它们之间通过\_\_\_\_\_相连。
16. 糖原和支链淀粉结构上很相似，都由许多\_\_\_\_\_组成，它们之间通过\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_两种糖苷键相连。两者在结构上的主要差别在于糖原分子比支链淀粉\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。

17. 纤维素是由\_\_\_\_\_组成，它们之间通过\_\_\_\_\_相连。
18. 多糖的构象大致可分为\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_四种类型，决定其构象的主要因素是\_\_\_\_\_。
19. 直链淀粉的构象为\_\_\_\_\_，纤维素的构象为\_\_\_\_\_。
20. 人血液中含量最丰富的糖是\_\_\_\_\_，肝脏中含量最丰富的糖是\_\_\_\_\_，肌肉中含量最丰富的糖是\_\_\_\_\_。
21. 糖胺聚糖是一类含\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_的杂多糖，其代表性化合物有\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_等。
22. 肽聚糖的基本结构是以\_\_\_\_\_与\_\_\_\_\_组成的多糖链为骨干，并与\_\_\_\_\_肽连接而成的杂多糖。
23. 蛋白聚糖是由\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_共价结合形成的复合物。
24. 自然界较重要的乙酰氨基糖有\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
25. 脂多糖一般由\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_三部分组成。
26. 糖肽的主要连接键有\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
27. 直链淀粉遇碘呈\_\_\_\_\_色，支链淀粉遇碘呈\_\_\_\_\_色，糖原遇碘呈\_\_\_\_\_色。

### 三、单选题

1. [ ] 环状结构的己醛糖其立体异构体的数目是多少？  
 A. 4      B. 3      C. 18  
 D. 32      E. 64
2. [ ] 下列哪种糖无还原性？  
 A. 麦芽糖      B. 蔗糖      C. 阿拉伯糖  
 D. 木糖      E. 果糖
3. [ ] 下列有关葡萄糖的叙述，哪个是错的？  
 A. 显示还原性      B. 在强酸中脱水形成5-羟甲基糠醛  
 C. 莫利希(Molisch)试验阴性      D. 与苯肼反应生成脎  
 E. 新配制的葡萄糖水溶液其比旋光度随时间而改变
4. [ ] 葡萄糖和甘露糖是什么关系？  
 A. 异头体      B. 差向异构体      C. 对映体      D. 顺反异构体  
 E. 非对映异构体但不是差向异构体
5. [ ] 图3-1的结构式代表哪种糖？  
 A.  $\alpha$ -D-吡喃葡萄糖      B.  $\beta$ -D-吡喃葡萄糖  
 C.  $\alpha$ -D-呋喃葡萄糖      D.  $\beta$ -L-呋喃葡萄糖  
 E.  $\alpha$ -D-呋喃葡萄糖
6. [ ] 下列哪种糖不能生成糖脎？  
 A. 葡萄糖      B. 果糖      C. 蔗糖      D. 乳糖  
 E. 麦芽糖

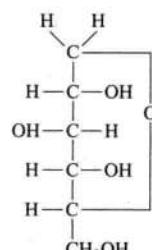


图3-1

7. [ ] 图 3-2 所示的结构式代表哪种糖胺聚糖?

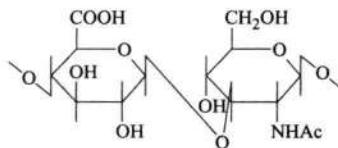


图 3-2

- A. 几丁质（壳多糖） B. 硫酸软骨素 C. 肝素
- D. 透明质酸 E. 硫酸角质素
- 8. [ ] 下列物质中哪种不是糖胺聚糖?
  - A. 果胶 B. 硫酸软骨素 C. 透明质酸
  - D. 肝素 E. 硫酸黏液素
- 9. [ ] 糖胺聚糖中不含硫的是哪个?
  - A. 透明质酸 B. 硫酸软骨素 C. 硫酸皮肤素
  - D. 硫酸角质素 E. 肝素
- 10. [ ] 图 3-3 的结构式代表哪种糖?
  - A.  $\alpha$ -D-葡萄糖 B.  $\beta$ -D-葡萄糖 C.  $\alpha$ -D-半乳糖
  - D.  $\beta$ -D-半乳糖 E.  $\alpha$ -D-果糖

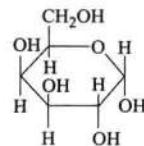


图 3-3

- 11. [ ] 下列四种情况中，哪些尿能和班乃德 (Benedict) 试剂呈阳性反应?
  - ① 血中过高浓度的半乳糖溢入尿中 (半乳糖血症)
  - ② 正常膳食的人由于饮过量的含戊醛糖的混合酒造成尿中出现戊糖 (戊糖尿)
  - ③ 尿中有过量的果糖 (果糖尿)
  - ④ 实验室的技术员错把蔗糖加到尿的样液中

  - A. ①②③ B. ①③ C. ②④
  - D. ④ E. ①②③④

- 12. [ ]  $\alpha$ -淀粉酶水解支链淀粉的结果是什么?
  - ① 完全水解成葡萄糖和麦芽糖 ② 主要产物为糊精
  - ③ 使  $\alpha$ -1,6-糖苷键水解
  - ④ 在淀粉-1,6-葡萄糖苷酶存在时，完全水解成葡萄糖和麦芽糖

  - A. ①②③ B. ①③ C. ②④
  - D. ④ E. ①②③④

- 13. [ ] 有关糖原结构的下列叙述哪些是正确的?
  - ① 有  $\alpha$ -1,4-糖苷键 ② 有  $\alpha$ -1,6-糖苷键
  - ③ 糖原由  $\alpha$ -D-葡萄糖组成 ④ 糖原是没有分支的分子

  - A. ①②③ B. ①③ C. ②④
  - D. ④ E. ①②③④

- 14. [ ] 下列单糖中哪些是酮糖?
  - ① 核糖 ② 核酮糖 ③ 葡萄糖 ④ 果糖

  - A. ①②③ B. ①③ C. ②④

- D. ④                    E. ①②③④
15. [ ] 下列的单糖分类中，哪些是正确的？  
 ①甘油醛——三碳糖 ②赤藓糖——四碳糖  
 ③核糖——五碳糖 ④果糖——六碳糖  
 A. ①②③              B. ①③              C. ②④  
 D. ④                    E. ①②③④

16. [ ] 下列哪些糖没有变旋现象？  
 ①果糖 ②蔗糖 ③甘露糖 ④淀粉  
 A. ①②③              B. ①③              C. ②④  
 D. ④                    E. ①②③④

17. [ ] 下列化合物中的哪些含有糖基？  
 ①ATP ②NAD<sup>+</sup> ③RNA ④乙酰 CoA  
 A. ①②③              B. ①③              C. ②④  
 D. ④                    E. ①②③④

18. [ ] 下列有关多糖的叙述哪些是正确的？  
 ①它们是生物的主要能源 ②它们以线状或分支形式存在  
 ③它们是细菌细胞壁的重要结构单元 ④它们是信息分子  
 A. ①②③              B. ①③              C. ②④  
 D. ④                    E. ①②③④

19. [ ] 肝素分子中主要含有下列哪些组分？  
 ①D-葡萄糖胺 ②D-乙酰葡萄糖胺 ③L-艾杜糖醛酸 ④D-葡萄糖醛酸  
 A. ①②③              B. ①③              C. ②④  
 D. ④                    E. ①②③④

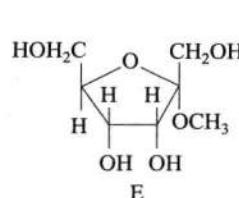
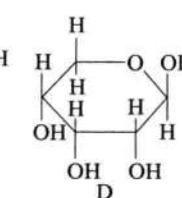
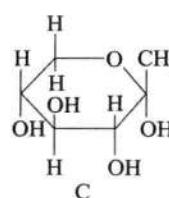
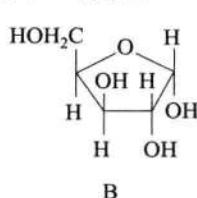
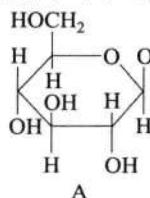
#### 四、是非题

1. [ ] D-葡萄糖的对映体为 L-葡萄糖，后者存在于自然界。
2. [ ] 人体不仅能利用 D-葡萄糖而且能利用 L-葡萄糖。
3. [ ] 同一种单糖的  $\alpha$ -型和  $\beta$ -型是对映体。
4. [ ] 糖的变旋现象是由于糖在溶液中起了化学作用。
5. [ ] 糖的变旋现象是指糖溶液放置后，旋光方向从右旋变成左旋或从左旋变成右旋。
6. [ ] 由于酮类无还原性，所以酮糖亦无还原性。
7. [ ] 果糖是左旋的，因此它属于 L-构型。
8. [ ] D-葡萄糖、D-甘露糖和 D-果糖生成同一种糖脎。
9. [ ] 葡萄糖分子中有醛基，它和一般的醛类一样，能和 Schiff 试剂反应。
10. [ ] 糖原、淀粉和纤维素分子中都有一个还原端，所以它们都有还原性。
11. [ ] 糖链的合成无模板，糖基的顺序由基因编码的转移酶决定。
12. [ ] 从热力学上讲，葡萄糖的船式构象比椅式构象更稳定。
13. [ ] 肽聚糖分子中不仅有 L-型氨基酸，而且还有 D-型氨基酸。
14. [ ] 一切有旋光性的糖都有变旋现象。

15. [ ] 醛式葡萄糖变成环状后无还原性。
16. [ ] 多糖是相对分子质量不均一的生物高分子。
17. [ ]  $\alpha$ -淀粉酶和  $\beta$ -淀粉酶的区别在于  $\alpha$ -淀粉酶水解  $\alpha$ -1,4-糖苷键， $\beta$ -淀粉酶水解  $\beta$ -1,4-糖苷键。
18. [ ]  $\alpha$ -D-葡萄糖和  $\alpha$ -D-半乳糖结构很相似，它们是差向异构体。
19. [ ] D-葡萄糖和 D-半乳糖生成同一种糖脎。
20. [ ] 磷壁酸是一种细菌多糖，属于杂多糖。
21. [ ] 脂多糖、糖脂、糖蛋白和蛋白聚糖都是复合糖。

## 五、问答题

1. 写出 D-葡萄糖和果糖的链状结构式。
2. 下列化合物中：(1) 哪个是半缩酮形式的酮糖？(2) 哪个是吡喃戊糖？(3) 哪个是糖苷？(4) 哪个是  $\alpha$ -D-醛糖？



3. 图 3-4 是龙胆二糖的结构式，试问

- (1) 它由哪两个单糖组成？  
 (2) 单糖基之间通过什么键相连？  
 (3) 此龙胆二糖是  $\alpha$ -型还是  $\beta$ -型？

4. 五只试剂瓶中分别装的是核糖、葡萄糖、果糖、蔗糖和淀粉溶液，但不知哪只瓶中装的是哪种糖液，可用什么最简便的化学方法鉴别？

5. 给出下列化合物的名称，并指出反应类型（如磷酸化、还原或其他反应）。

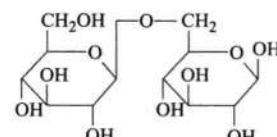
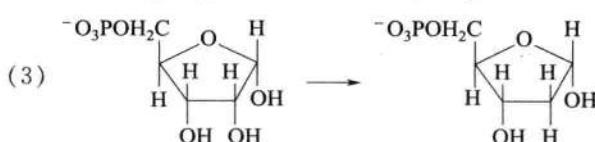
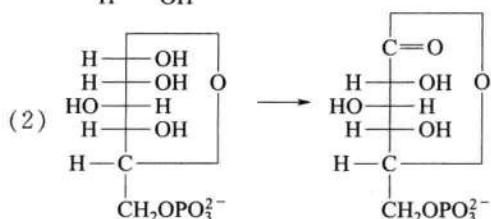
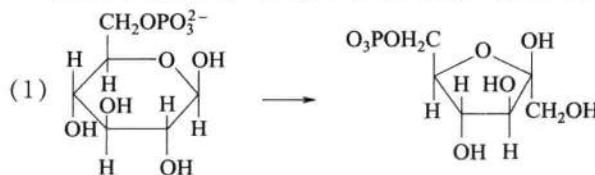


图 3-4

龙胆二糖  
Scutellarein

6. 什么叫做还原性糖、非还原性糖？它们在结构上有什么区别？
7. 麦芽糖与蔗糖有何区别？如何用化学方法鉴别？
8. 如何将二糖水解为单糖？通过什么方法验证蔗糖已水解为单糖？
9. 简述淀粉及其水解过程中各生成物与碘显色反应的情况。
10. 以葡萄糖为例说明 D、L、+、-、 $\alpha$ 、 $\beta$  的含义。

## 六、计算题

大肠杆菌糖原的样品 25mg，用 2mL 1mol/L H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 水解。水解液中和后，再稀释到 10mL。最终溶液的葡萄糖含量为 2.35mg/mL。分离出的糖原纯度是多少？

### 【参考答案六】

#### 一、名词解释

1. 单糖 不能发生水解反应的糖。
2. 醛糖 分子中含有醛基的单糖。
3. 酮糖 分子中含有羰基的单糖。
4. 同多糖 由一种单糖组成的多糖。
5. 杂多糖 由两种或两种以上的单糖或单糖衍生物组成的多糖。
6. 手性碳原子 化合物分子中与 4 个不相同的原子或基团相连的碳原子。
7. 半缩醛羟基 是单糖分子内的羰基通过亲核加成反应（半缩醛反应）所形成的羟基。
8. 糖苷键 由糖的半缩醛羟基与其他分子的活泼氢经脱水形成的化学键。
9. 变旋现象 某些单糖结晶溶于水时比旋光度自行改变并达到稳定的现象。

#### 二、填空题

1. 手性碳原子
2. 异头物
3. 离羰基最远的一个不对称
4. 山梨醇 CH<sub>2</sub>OH(CHOH)<sub>4</sub>CH<sub>2</sub>OH
5. D-葡萄糖 D-果糖 D-甘露糖
6. 半缩醛（或半缩酮）羟基
7. Fehling Benedict
8. Molisch
9. 能源物质和结构物质 碳源 生物活性物质
10. D-葡萄糖 D-半乳糖 D-甘露糖
11. D-果糖 D-山梨糖
12. 棉子糖 水苏糖
13.  $\alpha$ -D-葡萄糖  $\beta$ -D-呋喃果糖  $\alpha, \beta$ -(1,2)-糖苷键
14.  $\alpha$ -D-葡萄糖分子  $\alpha$ -1,4-糖苷键
15. D-葡萄糖 D-半乳糖  $\beta$ -1,4-糖苷键

16.  $\alpha$ -D-葡萄糖  $\alpha$ -1,4-糖苷键  $\alpha$ -1,6-糖苷键 分支程度更高 分支链更短  
 17. D-葡萄糖  $\beta$ -1,4-糖苷键  
 18. 螺旋 带状 皱折 无规卷曲 糖链的一级结构  
 19. 螺旋 绳索状  
 20. 葡萄糖 糖原 糖原  
 21. 糖醛酸 氨基己糖及其衍生物 透明质酸 硫酸软骨素 肝素  
 22. N-乙酰葡萄糖胺 N-乙酰胞壁酸 四  
 23. 糖胺聚糖 蛋白质  
 24. 透明质酸 硫酸软骨素 肝素  
 25. 外层低聚糖链 核心多糖链 脂质  
 26. N-糖肽键 O-糖肽键  
 27. 蓝 紫红 红褐

### 三、单选题

1. D 2. B 3. C 4. B 5. A 6. C 7. D 8. A 9. A 10. C 11. A 12. C  
 13. A 14. C 15. E 16. B 17. A 18. E 19. E

### 四、是非题

1. × 2. × 3. × 4. × 5. × 6. √ 7. × 8. √ 9. √ 10. × 11. √  
 12. × 13. √ 14. × 15. × 16. √ 17. × 18. √ 19. × 20. √ 21. √

### 五、问答题

1. 略  
 2. (1) C; (2) D; (3) E; (4) B  
 3. (1)  $\alpha$ -D-葡萄糖,  $\beta$ -D-葡萄糖; (2)  $\beta$ -1,6-糖苷键; (3) 此龙胆二糖是  $\alpha$ -型  
 4. 用下列化学试剂依次鉴别

	(1)碘(I <sub>2</sub> )	(2)Fehling 试剂或 Benedict 试剂	(3)溴水	(4)HCl, 甲基间苯二酚
核糖	—	黄色或红色	褪色	绿色
葡萄糖	—	黄色或红色	褪色	—
果糖	—	黄色或红色	—	—
蔗糖	—	—	—	—
淀粉	蓝色或紫红色	—	—	—

5. (1) 6-磷酸葡萄糖, 6-磷酸果糖, 磷酸化反应  
 (2) 6-磷酸葡萄糖, 6-磷酸葡萄糖酸内酯, 脱氢反应  
 (3) 5-磷酸核糖, 5-磷酸脱氧核糖, 还原反应  
 6. 能被碱性弱氧化剂(如班氏试剂、费林试剂等)氧化的糖为还原糖, 反之为非还原糖。结构区别: 还原糖含有游离的半缩醛羟基, 非还原糖则无。  
 7. 麦芽糖和蔗糖在组成、结构和性质上都有区别。麦芽糖是由2分子葡萄糖以  $\alpha$ -1,4-

糖苷键结合而成的，分子中含有游离的半缩醛羟基，具有还原性；而蔗糖分子是由1分子葡萄糖和1分子果糖以 $\alpha$ -1,2- $\beta$ -糖苷键结合而成的，分子中不含游离的半缩醛羟基，无还原性。因此，可用班氏试剂鉴别：反应呈阳性的为麦芽糖，呈阴性的为蔗糖。

8. 通过酸、碱或酶催化可使二糖水解为单糖。蔗糖是非还原糖，不与班氏试剂反应。而水解后生成葡萄糖和果糖两种单糖，它们均为还原糖，能与班氏试剂反应而产生砖红色沉淀。由此可验证蔗糖已水解为单糖。

9. 淀粉遇碘呈蓝色。淀粉的水解程度不同，可产生一系列分子量大小不同的中间产物，即各种糊精和麦芽糖。它们与碘反应呈不同颜色。随分子量逐渐变小，碘显色反应依次为：蓝色糊精→紫色糊精→红色糊精→浅红色糊精→无色寡糖→葡萄糖。

10. D、L、 $\alpha$ 、 $\beta$ 都用于表示单糖的构型。其中D、L表示糖分子中距羰基碳最远的手性碳原子的构型，以葡萄糖为例，若C5上的羟基在费歇尔投影式右边为D-构型，该羟基在左边为L-构型； $\alpha$ 、 $\beta$ 表示环状糖分子中半缩醛羟基的方向，葡萄糖分子中半缩醛羟基与C5羟基同侧为 $\alpha$ -构型，在异侧的为 $\beta$ -构型；+、-表示旋光方向，使平面偏振光向右旋转的为“+”，向左旋转的为“-”。

## 六、计算题

84.6%。

## 第四章

# 脂类化学

### 第七次训练 脂类的结构、分类及性质

#### 一、名词解释

1. 皂化值
2. 碘值
3. 酸价
4. 乙酰化值
5. 必需脂肪酸

#### 二、填空题

1. 脂类是由\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_等所组成的酯类及其衍生物。

2. 不饱和脂肪酸有\_\_\_\_\_式和\_\_\_\_\_式两种构型，天然不饱和脂肪酸都是\_\_\_\_\_式构型。

3. 饱和脂肪酸在室温下呈\_\_\_\_\_状态，不饱和脂肪酸在室温下呈\_\_\_\_\_状态。

4. 必需脂肪酸包括\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。

5. 磷脂酰胆碱在\_\_\_\_\_的作用下，可使甘油 2 位的不饱和脂肪酸水解下来，生成\_\_\_\_\_。

6. 绝大多数天然脂肪酸的结构特点是\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。

7. 鞘磷脂分子由\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_三部分组成。

8. 神经酰胺由\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_构成。

9. 磷脂酰胆碱（卵磷脂）分子中\_\_\_\_\_为亲水端，\_\_\_\_\_为疏水端。

10. 磷脂酰胆碱（卵磷脂）是由\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_组成。

11. 脑苷脂是由\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_组成。

12. 神经节苷脂是由\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_组成。

13. 固醇类化合物的核心结构是\_\_\_\_\_。

14. 生物膜主要由\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_组成。

#### 三、单选题

1. [ ] 下列有关甘油三酯的叙述，哪一个不正确？

- A. 甘油三酯是由一分子甘油与三分子脂酸所组成的酯
- B. 任何一个甘油三酯分子总是包含三个相同的脂酰基
- C. 在室温下，甘油三酯可以是固体，也可以是液体

- D. 甘油三酯可以制造肥皂  
 E. 甘油三酯在氯仿中是可溶的
2. [ ] 从某天然脂肪水解所得的脂酸，其最可能的结构是哪个？
- A.  $\text{CH}_3-\overset{\text{CH}_3}{\underset{|}{\text{CH}}}(\text{CH}_2)_{11}\text{COOH}$   
 C.  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{13}\text{COOH}$
- B.  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$   
 D.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$
- E.  $\text{CH}_3-\overset{\text{H}}{\underset{|}{\text{C}}}=\overset{\text{H}}{\underset{|}{\text{C}}}(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$
3. [ ] 脂肪的碱水解称为什么？
- A. 酯化      B. 还原      C. 皂化  
 D. 氧化      E. 水解
4. [ ] 下列化合物中的哪个不属脂类化合物？
- A. 甘油三硬脂酸酯    B. 甘油三丁酸酯    C. 胆固醇硬脂酸酯  
 D. 羊毛蜡      E. 石蜡
5. [ ] 下列哪个是脂酸？
- A. 顺丁烯二酸    B. 亚麻酸    C. 苹果酸  
 D. 琥珀酸      E. 柠檬酸
6. [ ] 下列哪种叙述是正确的？
- A. 所有的磷脂分子中都含有甘油基    B. 脂肪和胆固醇分子中都含有脂酰基  
 C. 中性脂肪水解后变成脂酸和甘油    D. 胆固醇酯水解后变成胆固醇和氨基糖  
 E. 碳链越长，脂酸越易溶解于水
7. [ ] 下列脂类化合物中哪个含有胆碱基？
- A. 磷脂酸    B. 神经节苷脂    C. 胆固醇  
 D. 葡萄糖脑苷脂    E. 神经鞘磷脂
8. [ ] 下列化合物中除哪个外都是神经节苷脂的组分？
- A. 甘油    B. 唾液酸    C. 己糖  
 D. 鞘氨醇    E. 长链脂酸
9. [ ] 神经节苷脂是一种什么物质？
- A. 脂蛋白    B. 糖蛋白    C. 糖脂  
 D. 脂多糖    E. 磷脂
10. [ ] 胆固醇是什么？
- A. 酸性固醇    B. 17-酮类固醇    C. 所有类固醇激素的前体  
 D. 17-羟皮质类固醇    E. 苯的衍生物
11. [ ] 以克计算，脂肪中的脂酸完全氧化所产生的能量比糖多，糖和脂肪完全氧化时最接近的能量比是多少？
- A. 1 : 2    B. 1 : 3    C. 1 : 4  
 D. 2 : 3    E. 3 : 4
12. [ ] 卵磷脂含有的成分是什么？

- A. 酸, 甘油, 磷酸, 乙醇胺      B. 脂酸, 磷酸, 胆碱, 甘油  
 C. 磷酸, 脂酸, 丝氨酸, 甘油      D. 脂酸, 磷酸, 胆碱  
 E. 脂酸, 磷酸, 甘油
13. [ ] 下列哪个是饱和脂酸?  
 A. 油酸      B. 亚油酸      C. 花生四烯酸  
 D. 棕榈酸      E. 亚麻酸
14. [ ] 磷脂酰丝氨酸在 pH 7.0 时所带净电荷是多少?  
 A. -1      B. -2      C. +1  
 D. +2      E. 0
15. [ ] 下列有关脂类化合物的叙述中, 哪些是正确的?  
 ①它们是细胞内的能源    ②它们在水中的溶解度极低  
 ③它们是膜的结构组分    ④它们仅仅由碳、氢和氧组成  
 A. ①②③      B. ①③      C. ②④  
 D. ④      E. ①②③④
16. [ ] 下列物质中哪些是由十八个碳原子组成的不饱和脂酸?  
 ①油酸    ②亚油酸    ③亚麻酸    ④花生四烯酸  
 A. ①②③      B. ①③      C. ②④  
 D. ④      E. ①②③④
17. [ ] 对哺乳动物而言, 下列哪些化合物是必需脂肪酸?  
 ①油酸    ②亚油酸    ③软脂酸    ④亚麻酸  
 A. ①②③      B. ①③      C. ②④  
 D. ④      E. ①②③④
18. [ ] 甘油三酯和卵磷脂分子中共有的基团是哪个?  
 ①磷酰基    ②脂酰基    ③胆碱基    ④甘油基  
 A. ①②③      B. ①③      C. ②④  
 D. ④      E. ①②③④
19. [ ] 卵磷脂和脑磷脂分子中共有的基团是哪个?  
 ①甘油基    ②脂酰基    ③磷酰基    ④胆碱基  
 A. ①②③      B. ①③      C. ②④  
 D. ④      E. ①②③④
20. [ ] 神经鞘磷脂和脑苷脂分子中共有的基团是哪个?  
 ①甘油基    ②脂酰基    ③磷酰基    ④鞘氨醇  
 A. ①②③      B. ①③      C. ②④  
 D. ④      E. ①②③④
21. [ ] 下列有关胆固醇的叙述, 哪些是正确的?  
 ①是醇的一种    ②李-伯 (Liebermann-Burchard) 二氏反应是其呈色反应中的一种  
 ③不易溶解于水    ④分子中含有羧基, 是酸的一种  
 A. ①②③      B. ①③      C. ②④  
 D. ④      E. ①②③④

22. [ ] 饭后血中哪些物质的浓度会明显升高?

- ①游离脂酸 ②中性脂肪 ③胆固醇 ④葡萄糖
- A. ①②③      B. ①③      C. ②④
- D. ④      E. ①②③④

## 四、是非题

1. [ ] 自然界中常见的不饱和脂酸多具有反式结构。
2. [ ] 磷脂是中性脂。
3. [ ] 磷脂一般不溶于丙酮, 根据这个特点可将磷脂和其他脂类化合物分开。
4. [ ] 植物油的必需脂酸含量丰富, 所以植物油比动物油营养价值高。
5. [ ] 天然存在的磷脂是 L-构型。
6. [ ] 细胞膜上霍乱毒素的受体含有神经节苷脂。
7. [ ] 植物油和动物脂都是脂肪。
8. [ ] 脂肪的皂化值高表示含低相对分子质量的脂酸少。
9. [ ] 胆固醇为环状一元醇, 不能皂化。
10. [ ] 脂肪和胆固醇都属脂类化合物, 它们的分子中都含有脂肪酸。
11. [ ] 磷脂和糖脂都属于两亲化合物 (amphipathic compound)。
12. [ ] 磷脂和糖脂是构成生物膜脂双层结构的基本物质。
13. [ ] 胆固醇分子中无双键, 属于饱和固醇。

## 五、问答题

1. 写出下列简写符号的脂酸结构式: (1) 16:0; (2) 14:3 (7, 10, 13)。
2. 猪油的皂化值是 193~203, 碘值是 54~70; 椰子油的皂化值是 246~265, 碘值是 8~10。这些数值说明猪油和椰子油的分子结构有什么差异?
3. 试述卵磷脂和脑磷脂在组成结构上的异同。
4. 天然脂肪酸有哪些共性?
5. 试述磷脂的组成成分及分类依据。
6. 1-软脂酰-2-硬脂酰-3-月桂酰甘油与磷脂酸的混合物在苯中与等体积的水振荡, 让两相分开后, 问哪种脂类在水相中的浓度高? 为什么?
7. 一个含有 (1) 心磷脂、(2) 磷脂酰甘油、(3) 磷脂酰乙醇胺、(4) 磷脂酰丝氨酸、(5) O-赖氨酰磷脂酰甘油的脂类混合物在 pH 7.0 时进行电泳。指出这些化合物的移动方向 (向阳极、向阴极或停在原处)。
8. 1 mol 某种磷脂完全水解可得油酸、软脂酸、磷酸、甘油和胆碱各 1 mol。(1) 写出这种磷脂最可能的结构式。(2) 是甘油醇磷脂还是神经醇磷脂。(3) 是卵磷脂还是脑磷脂。

## 六、计算题

1. 已知一软脂酰二硬脂酰甘油的相对分子质量为 862, 计算其皂化值。
2. 已知 250 mg 纯橄榄油样品, 完全皂化需要 47.5 mg 的 KOH。计算橄榄油中甘油三酯

的平均相对分子质量。

3. 测得某甘油三酯的皂化值为 200, 碘价为 60。求 (1) 甘油三酯的平均相对分子质量; (2) 甘油三酯分子中平均有多少个双键? (KOH 的相对分子质量为 56, 碘的相对原子质量为 126.9)。

4. 从鳄梨中提取出一种甘油三酯的样品 5g, 需要 0.5mol/L KOH 36.0mL 才能完全水解并将其脂酸转变为肥皂。试计算样品中脂酸的平均链长。

### 【参考答案七】

#### 一、名词解释

1. 皂化值 完全皂化 1g 脂肪所需氢氧化钾的质量 (mg)。
2. 碘值 100g 脂肪吸收碘质量 (g)。
3. 酸价 中和 1g 脂肪中游离脂肪酸所需氢氧化钾的质量 (mg)。
4. 乙酰化值 1g 乙酰化的脂质分解出的乙酸用氢氧化钾中和时, 所需氢氧化钾的质量 (mg)。
5. 必需脂肪酸 机体生长所必需, 不能自身合成的脂肪酸。

#### 二、填空题

1. 脂肪酸 醇
2. 顺 反 顺
3. 固体 液体
4. 亚油酸 亚麻酸 花生四烯酸
5. 磷脂酶 A<sub>2</sub> 溶血磷脂酰胆碱
6. 偶数碳原子 直链 一元酸
7. 鞘氨醇 脂肪酸 磷酰胆碱
8. 鞘氨醇 脂肪酸
9. 亲水的磷酸或其极性取代基团、脂酰基长链
10. 脂肪酸 磷酸 甘油 胆碱
11. 葡萄糖 半乳糖 神经酰胺
12. 己糖 氨基糖 唾液酸 神经酰胺
13. 环戊烷多氢菲
14. 磷脂 固醇类化合物

#### 三、单选题

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

#### 四、是非题

1. × 2. × 3. √ 4. √ 5. √ 6. √ 7. √ 8. × 9. × 10. × 11. √
12. √ 13. ×

## 五、问答题

1. 略。

2. 皂化值与脂肪（或脂酸）的平均相对分子质量成反比，而碘价表示脂肪的不饱和程度。猪油的皂化值小于椰子油，说明猪油的相对分子质量比椰子油大，脂酸具有较长的碳链。猪油的碘价大于椰子油，说明猪油的不饱和程度大于椰子油，即猪油的脂酸双键较多。

3. 卵磷脂和脑磷脂都是磷脂，含有甘油、脂肪酸和磷酸，且结合有含氮碱。所不同的是：卵磷脂的含氮碱是胆碱，而脑磷脂的含氮碱是乙醇胺。

4. 天然脂肪酸具有的共性为：

(1) 脂肪酸的链长为 14~20 个碳原子的占多数，且都为偶数。

(2) 不饱和脂肪酸的熔点比同等长度的饱和脂肪酸的熔点低。

(3) 单不饱和脂肪酸的双键一般位于 9~10 碳原子之间，多不饱和脂肪酸中的第一个双键一般在 9~10 碳原子之间，其他的双键位于第 9 碳原子和末端甲基之间，而且在两个双键之间往往隔着一个亚甲基。

(4) 不饱和脂肪酸几乎都具有相同的几何构型，且都为顺式，只有极少的不饱和脂肪酸的双键为反式。

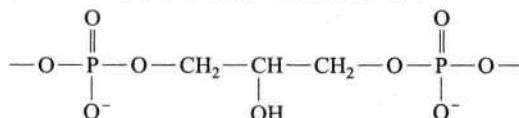
(5) 饱和脂肪酸最常见的为软脂酸和硬脂酸，不饱和脂肪酸中最普遍的为油酸。

(6) 高等植物和低温生活的动物体内，不饱和脂肪酸的含量高于饱和脂肪酸。

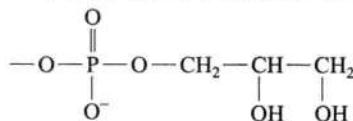
5. 磷脂由磷酸、脂肪酸、醇和含氮有机物组成，根据所含醇不同分为磷酸甘油酯（即甘油磷脂）和神经鞘磷脂。磷酸甘油酯又根据含氮碱的不同分为磷脂酰胆碱（含胆碱）、磷脂酰乙醇胺（含乙醇胺）、磷脂酰丝氨酸（含丝氨酸）等。

6. 磷脂酸在水相中的浓度高。因为磷脂酸分子中有极性端和非极性端，是两亲化合物，而且在水中形成稳定的微团。而三酰基甘油分子中没有极性端，不能形成微团。

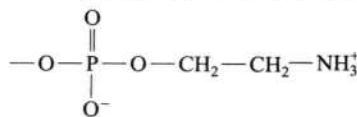
7. (1) 心磷脂：在 pH 7.0 时带负电荷，向阳极移动。



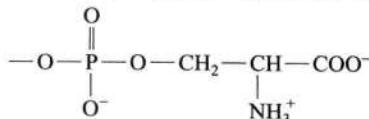
(2) 磷脂酰甘油：在 pH 7.0 时带负电荷，向阳极移动。



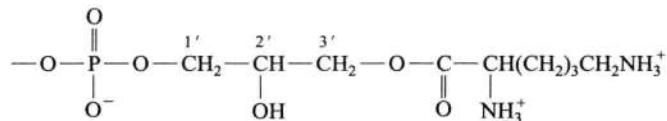
(3) 磷脂酰乙醇胺：在 pH 7.0 时不带电荷，停在原处。



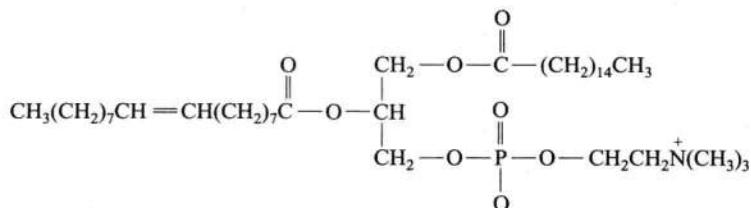
(4) 磷脂酰丝氨酸：在 pH 7.0 时带负电荷，向阳极移动。



(5) *O*-赖氨酸磷脂酰甘油：在 pH7.0 时带正电荷，向阴极移动。



8. (1) 因为磷脂分子中  $\alpha$ -位的脂酸通常是饱和的， $\beta$ -位的脂酸通常是不饱和的，所以这一磷脂最可能的结构为：



(2) 是甘油醇磷脂，因为水解后得到甘油。

(3) 是卵磷脂，因为水解后得到胆碱。

## 六、计算题

1. 皂化值是指皂化 1.0g 甘油三酯所需的 KOH 的质量 (mg)。根据皂化反应可知皂化 1mol 的甘油三酯需 3mol 的 KOH，KOH 的相对分子质量为 56，一软脂酰二硬脂酰甘油的相对分子质量为 862，则其皂化值为：

$$\text{皂化值} = 3 \times 56 \times 1000 / \text{相对分子质量} = 3 \times 56 \times 1000 / 862 = 194.9 \text{ (mg/g)}$$

2. 油脂的平均相对分子质量： $M = 3 \times 56 \times 1000 / \text{皂化值}$

$$\text{橄榄油的皂化值 } 47.5 / 0.25 = 190; \text{ 所以: } M = 3 \times 56 \times 1000 / 190 = 884$$

$$\text{3. 相对分子质量} = 3 \times 56 \times 1000 / 200 = 840$$

$$\text{双键数} = 840 \times 60 / (100 \times 126.9 \times 2) = 1.98 \approx 2$$

$$\text{4. } M \text{ (酯)} = 5 / (0.5 \times 0.036 / 3) = 833$$

$$M \text{ (甘油)} = 92$$

$$M \text{ (酸)} = 18 + (833 - 92) / 3 = 265$$

$$M \text{ (C}_x\text{H}_{2x}\text{O}_2) = 265$$

$$x = 16.6$$

平均链长 16.6 个 C。

## 第五章

# 酶与维生素

### 第八次训练 酶的定义、特点、分类、酶活力单位及维生素

#### 一、名词解释

1. 酶 2. 核酶 3. 酶的专一性 4. 全酶 5. 辅酶和辅基 6. 酶活力单位 7. 酶的比活力

#### 二、填空题

1. 酶是\_\_\_\_\_产生的，具有催化活性的\_\_\_\_\_或\_\_\_\_\_。
2. T. R. Cech 和 S. Altman 因各自发现了\_\_\_\_\_而共同获得 1989 年的诺贝尔奖（化学奖）。
3. 1986 年，R. A. Lerner 和 P. G. Schultz 等人发现了具有催化活性的\_\_\_\_\_，称\_\_\_\_\_。
4. 酶具有\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_等催化特点。
5. 根据酶的专一性程度不同，酶的专一性可以分为\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
6. 脲酶只作用于尿素，而不作用于其他任何底物，因此它具有\_\_\_\_\_专一性；甘油激酶可以催化甘油磷酸化，仅生成甘油-1-磷酸一种底物，因此它具有\_\_\_\_\_专一性。
7. 有一种化合物为 A-B，某一酶对化合物的 A、B 基团及其连接的键都有严格的要求，称为\_\_\_\_\_，若对 A、B 之间的键合方式有要求则称为\_\_\_\_\_。
8. 丙二酸和戊二酸都是琥珀酸脱氢酶的\_\_\_\_\_抑制剂。
9. 根据国际系统分类法，酶按所催化的化学反应的性质可以分为六大类，即\_\_\_\_\_，\_\_\_\_\_，\_\_\_\_\_，\_\_\_\_\_，\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
10. 按国际酶学委员会的规定，每一种酶都有一个唯一的编号。醇脱氢酶的编号是 EC1.1.1.1，EC 代表\_\_\_\_\_，4 个数字分别代表\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
11. 酶活力是指\_\_\_\_\_，一般用\_\_\_\_\_表示。
12. 酶活力检测的重要原则是在特定的\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_条件下，测定其体系内产物的生成量或底物的消耗量。

13. 全酶由\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_组成，在催化反应时，二者所起的作用不同，其中\_\_\_\_\_决定酶的专一性和高效率，\_\_\_\_\_起传递电子、原子或化学基团的作用。
14. 辅助因子包括\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_等。其中\_\_\_\_\_与酶蛋白结合紧密，需要\_\_\_\_\_除去，\_\_\_\_\_与酶蛋白结合疏松，可用\_\_\_\_\_除去。
15. 维生素是维持生物体正常生长所必需的一类\_\_\_\_\_有机物质。主要作用是作为\_\_\_\_\_的组分参与体内代谢。
16. 根据维生素的\_\_\_\_\_性质，可将维生素分为两类，即\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
17. 维生素B<sub>1</sub>由\_\_\_\_\_与\_\_\_\_\_通过\_\_\_\_\_相连，主要功能是以\_\_\_\_\_形式，作为\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_的辅酶，转移二碳单位。
18. 维生素B<sub>2</sub>的化学结构可以分为两部分，即\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_，其中\_\_\_\_\_原子上可以加氢，因此有氧化型和还原型之分。
19. 泛酸由\_\_\_\_\_与\_\_\_\_\_通过\_\_\_\_\_相连而成，可以与\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_共同组成辅酶\_\_\_\_\_，作为各种\_\_\_\_\_反应的辅酶，传递\_\_\_\_\_。
20. 维生素PP是\_\_\_\_\_衍生物，有\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_两种形式，其辅酶形式是\_\_\_\_\_与\_\_\_\_\_，作为\_\_\_\_\_酶的辅酶，起递\_\_\_\_\_作用。
21. 维生素B<sub>6</sub>是\_\_\_\_\_衍生物，也称吡哆素，有\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_三种形式，可以以\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_的形式作为氨基酸\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_的辅酶。
22. 生物素可看成由\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_三部分组成，是\_\_\_\_\_的辅酶，在\_\_\_\_\_的固定中起重要作用。
23. 叶酸由蝶呤衍生物、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_三部分组成，可以以\_\_\_\_\_的形式，作为\_\_\_\_\_的载体。
24. 维生素B<sub>12</sub>是唯一含\_\_\_\_\_的维生素，由\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和氨基丙酸三部分组成，有多种辅酶形式。其中\_\_\_\_\_是变位酶的辅酶，\_\_\_\_\_是转甲基酶的辅酶。
25. 维生素C是\_\_\_\_\_的辅酶，另外还具有\_\_\_\_\_作用等。

### 三、单选题

1. [ ] 下面关于酶的描述，哪一项不正确？

- A. 所有的酶都是蛋白质
- B. 酶是生物催化剂
- C. 酶具有专一性
- D. 酶是在细胞内合成的，但也可以在细胞外发挥催化功能

2. [ ] 具有生物催化剂特征的核酶（ribozyme），其化学本质是什么？

- A. 蛋白质
- B. RNA
- C. DNA
- D. 糖蛋白

3. [ ] 下列关于酶特性的叙述哪个是错误的？



- A. 维生素 B<sub>1</sub>      B. 维生素 B<sub>2</sub>      C. 维生素 B<sub>5</sub>      D. 生物素
17. [ ] 有四种辅助因子：①NAD<sup>+</sup>，②FAD，③磷酸吡哆素，④生物素，属于转移基团的辅助因子是哪个？  
 A. ①③      B. ②④      C. ③④      D. ①④
18. [ ] 下列哪一种维生素能被氨基蝶呤和氨甲蝶呤所拮抗？  
 A. 维生素 B<sub>6</sub>      B. 核黄素      C. 叶酸      D. 泛酸
19. [ ] NAD<sup>+</sup> 在酶促反应中转移什么？  
 A. 氨基      B. 氢原子      C. 氧原子      D. 羧基
20. [ ] NAD<sup>+</sup> 或 NADP<sup>+</sup> 中含有哪一种维生素？  
 A. 尼克酸      B. 尼克酰胺      C. 吡哆醛      D. 吡哆胺
21. [ ] 辅酶磷酸吡哆醛的主要功能是什么？  
 A. 传递氢      B. 传递二碳基团      C. 传递一碳基团      D. 传递氨基
22. [ ] 生物素是下列哪一个酶的辅酶？  
 A. 丙酮酸脱氢酶      B. 丙酮酸激酶      C. 丙酮酸脱氢酶系      D. 丙酮酸羧化酶
23. [ ] 下列辅酶中的哪个不是来自于维生素？  
 A. CoA      B. CoQ      C. PLP  
 D. FH<sub>2</sub>      E. FMN
24. [ ] 下列叙述哪一种是正确的？  
 A. 所有的辅酶都包含维生素组分  
 B. 所有的维生素都可以作为辅酶或辅酶的组分  
 C. 所有的 B 族维生素都可以作为辅酶或辅酶的组分  
 D. 只有 B 族维生素可以作为辅酶或辅酶的组分  
 E. 只有一部分 B 族维生素可以作为辅酶或辅酶的组分
25. [ ] 水溶性维生素常是辅酶或辅基的组成部分，如：  
 A. 辅酶 A 含尼克酰胺      B. FAD 含有吡哆醛  
 C. NAD 含有尼克酰胺      D. 脱羧辅酶含生物素
26. [ ] 下列化合物中除哪个外都是环戊烷多氢菲的衍生物。  
 A. 维生素 D      B. 胆汁酸      C. 促肾上腺皮质激素  
 D. 肾上腺皮质激素      E. 强心苷
27. [ ] 多食糖类需补充什么？  
 A. 维生素 B<sub>1</sub>      B. 维生素 B<sub>2</sub>      C. 维生素 B<sub>5</sub>  
 D. 维生素 B<sub>6</sub>      E. 维生素 B<sub>7</sub>
28. [ ] 多食肉类，需补充什么？  
 A. 维生素 B<sub>1</sub>      B. 维生素 B<sub>2</sub>      C. 维生素 B<sub>5</sub>  
 D. 维生素 B<sub>6</sub>      E. 维生素 B<sub>7</sub>
29. [ ] 以玉米为主食，容易导致下列哪种维生素的缺乏。  
 A. 维生素 B<sub>1</sub>      B. 维生素 B<sub>2</sub>      C. 维生素 B<sub>5</sub>  
 D. 维生素 B<sub>6</sub>      E. 维生素 B<sub>7</sub>
30. [ ] 常服用雷米封（抗结核药物）需补充什么？

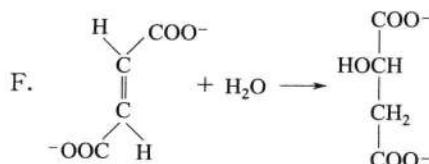
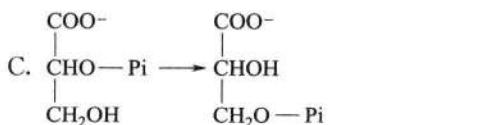
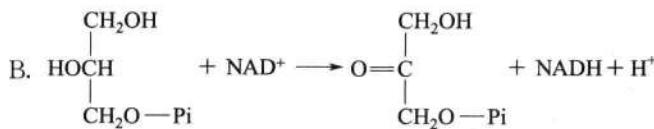
- A. 维生素 B<sub>1</sub>      B. 维生素 B<sub>2</sub>      C. 维生素 B<sub>5</sub>  
 D. 维生素 B<sub>6</sub>      E. 维生素 B<sub>5</sub> 和维生素 B<sub>5</sub>
31. [ ] 下列化合物中除哪个外，常作为能量合剂使用。  
 A. CoA      B. ATP      C. 胰岛素      D. 生物素
32. [ ] 下列化合物中哪个不含环状结构?  
 A. 叶酸      B. 泛酸      C. 烟酸  
 D. 生物素      E. 核黄素
33. [ ] 在生理条件下，下列哪种基团既可以作为 H<sup>+</sup>的受体，也可以作为 H<sup>+</sup>的供体。  
 A. His 的咪唑基      B. Lys 的 ε-氨基      C. Arg 的胍基  
 D. Cys 的巯基      E. Trp 的吲哚基

#### 四、是非题

1. [ ] 酶的化学本质是蛋白质。
2. [ ] T. Cech 从自我剪切的 RNA 中发现了有催化活性的 RNA，称之为核酶。
3. [ ] 酶只能改变化学反应的活化能而不能改变化学反应的平衡常数。
4. [ ] 酶活力的测定实际上就是酶的定量测定。
5. [ ] 酶反应速率一般用单位时间内底物的减少量来表示。
6. [ ] 测定酶活力时，底物浓度不必大于酶浓度。
7. [ ] 测定酶活力时，一般测定产物生成量比测定底物消耗量更为准确。
8. [ ] 对于可逆反应而言，酶既可以改变正反应速率，也可以改变逆反应速率。
9. [ ] 转氨酶的辅酶是吡哆醛。

#### 五、问答题

1. 简述酶作为生物催化剂与一般化学催化剂的共性及其个性?
2. 写出催化下列反应的酶的分类名称（类型）。



3. 试指出下列每种酶具有哪种类型的专一性。(1) 脲酶(只催化尿素  $\text{NH}_2\text{CONH}_2$  的水解, 但不能作用于  $\text{NH}_2\text{CONH}_2\text{CH}_3$ ); (2)  $\beta$ -D-葡萄糖苷酶(只作用  $\beta$ -D-葡萄糖形成的各种糖苷, 但不能作用于其他的糖苷, 例如果糖苷); (3) 酯酶(作用于  $\text{R}^1\text{COOR}^2$  的水解反应); (4) L-AA 氧化酶(只作用于 L-AA, 而不能作用于 D-AA); (5) 反丁烯二酸水合酶[只作用于反丁烯二酸(延胡索酸), 而不能作用于顺丁烯二酸(马来酸)]; (6) 甘油激酶(催化甘油磷酸化, 生成甘油-1-磷酸)。

4. 测定酶活力时为什么以初速率为准?

5. 分离纯化某蛋白酶的主要步骤和结果如下表:

分离步骤	分离液体积/mL	总蛋白含量/mg	总活力单位/IU
①离心分离	1400	10000	100000
②硫酸铵盐析和透析	280	3000	96000
③离子交换色谱	90	400	80000
④亲和色谱	6	3	45000

(1) 根据上述结果, 计算②至④步骤中, 每步骤的比活和纯化倍数?

(2) 亲和色谱的原理是什么?

6. 甘油醛-3-磷酸脱氢酶, 相对分子质量 4 万, 由 4 个相同亚基组成, 每个亚基上有一个活性位点, 在最适条件下,  $5\mu\text{g}$  纯酶制品每分钟可以催化  $2.8\mu\text{mol}$  甘油醛-3-磷酸转化为甘油酸-3-磷酸。请计算酶的比活力和单个活性位点的转换数。

7. 取  $25\text{mg}$  的蛋白酶粉配制成  $25\text{mL}$  酶液, 从中取出  $0.1\text{mL}$ , 以酪蛋白为底物用 Folin-酚比色法测定酶活力, 结果表明每小时产生  $1500\mu\text{g}$  酪氨酸。另取  $2\text{mL}$  酶液, 用凯氏定氮法测得蛋白氮为  $0.2\text{mg}$ 。若以每分钟产生  $1\mu\text{g}$  酪氨酸的量为 1 个活力单位计算, 根据以上数据, 求:(1)  $1\text{mL}$  酶液中蛋白质的含量及活力单位; (2)  $1\text{g}$  酶制剂的总蛋白质含量及总活力; (3) 酶比活力。

8. 催化焦磷酸水解的酶的相对分子质量为 120000, 由六个相同的亚基组成, 纯酶的比活力为  $3600\text{U}/\text{mg}$  酶, 它的一个活力单位(U)规定为:  $15\text{min}$  内在  $37^\circ\text{C}$  标准条件下水解  $10\mu\text{mol}$  焦磷酸的酶量。

求:(1) 每  $1\text{mg}$  酶在每秒钟内水解多少摩尔底物; (2) 每  $1\text{mg}$  酶中有多少摩尔的活性中心(假设每个亚基上有一个活性中心); (3) 酶的转换系数。

9. 将下列化学名称与 B 族维生素及其辅酶形式相匹配:

(A) 泛酸, (B) 烟酸, (C) 叶酸, (D) 硫胺素, (E) 核黄素, (F) 吡哆素, (G) 生物素

(1) 维生素 B<sub>1</sub>, (2) 维生素 B<sub>2</sub>, (3) 维生素 B<sub>3</sub>, (4) 维生素 B<sub>5</sub>, (5) 维生素 B<sub>6</sub>, (6) 维生素 B<sub>7</sub>, (7) 维生素 B<sub>11</sub>, (8) 维生素 B<sub>12</sub>

(I) FMN, (II) FAD, (III)  $\text{NAD}^+$ , (IV)  $\text{NADP}^+$ , (V) CoA, (VI) PLP, (VII) PMP, (VIII)  $\text{FH}_2$ ,  $\text{FH}_4$ , (IX) TPP

## 【参考答案八】

### 一、名词解释

1. 酶 酶是由生物细胞产生的具有催化能力的生物催化剂。

2. 核酶 具有催化作用的 RNA。
3. 酶的专一性 酶对所作用的底物具有严格的选择性，一种酶只能对一定的底物发生催化作用。
4. 全酶 酶蛋白与辅助因子结合在一起形成全酶。
5. 辅酶和辅基 辅酶：与酶蛋白结合疏松，可以用透析或超滤方法除去的辅助因子。辅基：与酶蛋白结合紧密，不易用透析或超滤方法除去的辅助因子。
6. 酶活力单位 酶活性的度量单位。1961 年国际酶学会议规定：1 个酶活力单位是指在特定条件（25℃，其他为最适条件）下，在 1min 内能转化 1μmol 底物的酶量，或是转化底物中 1μmol 的有关基团的酶量。
7. 酶的比活力 是指每毫克酶蛋白所含的活力单位数。

## 二、填空题

1. 活细胞 蛋白质 核酸
2. 核酶 (Ribozyme)
3. 抗体 抗体酶
4. 高效性 专一性 作用条件温和 受调控
5. 绝对专一性 相对专一性 立体专一性
6. 绝对 立体异构
7. 绝对专一性 键专一性
8. 竞争性
9. 氧化还原酶类 转移酶类 水解酶类 裂合酶类 异构酶类 合成酶类
10. 国际酶学委员会 该酶属于第 1 大类（氧化还原酶类） 该酶属于氧化还原酶类第一亚类（催化醇的氧化） 该酶属于氧化还原酶类第一亚类的第一亚亚类（受体为 NAD<sup>+</sup>）在此亚亚类的序号
11. 酶催化化学反应的能力 一定条件下，酶催化某一化学反应的反应速率
12. pH 温度 离子强度和底物浓度
13. 酶蛋白 辅助因子 酶蛋白 辅助因子
14. 辅酶 辅基 金属离子 辅基 化学方法处理 辅酶 透析法
15. 小分子 酶辅助因子
16. 溶解性 水溶性 脂溶性
17. 嘧啶环 嘴唑环 亚甲基 TPP 羰基碳（醛和酮）合成 裂解反应
18. 核糖醇 7,8-二甲基异咯嗪 1 位和 5 位 N
19. α, γ-二羟基-β,β-二甲基丁酸 β-丙氨酸 酰胺键 β-巯基乙胺 3',5'-ADP A 酰基转移 酰基
20. 吡啶 尼克酸 尼克酰胺 NAD<sup>+</sup> NADP<sup>+</sup> 脱氢酶 递电子
21. 吡啶 吡哆醇 吡哆醛 吡哆胺 磷酸吡哆醛 磷酸吡哆胺 氨基转移酶 氨基酸脱羧酶 氨基酸消旋酶
22. 尿素 嘴吩 戊酸 羧化酶 CO<sub>2</sub>
23. 对氨基苯甲酸 谷氨酸 FH<sub>4</sub> 一碳基团

24. 金属元素 钴卟啉环 核苷酸 5'-脱氧腺苷钴胺素 甲基钴胺素

25. 脲氨酸羟基化酶 氢传递体

### 三、单选题

1. A 2. B 3. D 4. B 5. B 6. D 7. B 8. A 9. D 10. B 11. E 12. B
13. A 14. B 15. B 16. A 17. C 18. C 19. B 20. B 21. D 22. D 23. B
24. C 25. C 26. C 27. A 28. A 29. C 30. D 31. D 32. B 33. A

### 四、是非题

1. × 2. √ 3. √ 4. × 5. × 6. × 7. √ 8. √ 9. ×

### 五、问答题

1. (1) 共性：用量少而催化效率高；仅能改变化学反应的速率，不改变化学反应的平衡点，酶本身在化学反应前后也不改变；可降低化学反应的活化能。

(2) 个性：酶作为生物催化剂的特点是催化效率更高，具有高度的专一性，容易失活，活力受条件的调节控制，活力与辅助因子有关。

2. A. 合成酶, B. 氧化还原酶, C. 异构酶, D. 水解酶, E. 转移酶, F. 裂合酶

3. (1) 绝对专一性, (2) 基团专一性, (3) 键专一性, (4) 立体异构专一性, (5) 立体异构专一性, (6) 绝对专一性

4. 初速率时，产物增加量与时间呈正比。

5. (1) 需要先计算出粗酶（第一步）的比活： $100000/1000=10$  (IU/mg)

② 步产品的比活： $96000/3000=32$  (IU/mg)

纯化倍数： $32/10=3.2$

③ 步产品的比活： $80000/400=200$  (IU/mg)

纯化倍数： $200/10=20$

④ 步产品的比活： $45000/3=15000$  (IU/mg)

纯化倍数： $15000/10=1500$

(2) 亲和色谱：亲和色谱是根据生物分子与配基之间的专一、可逆结合的生物学特性，分离生物大分子的色谱技术。配基是能与欲分离分子专一结合的被共价连接到色谱介质上的结构组分，如分离抗体的亲和介质以抗原为配基，分离抗原的亲和介质以抗体为配基。亲和色谱的最大特点是可以快速、高效地分离目标分子。

$$6. \text{ 比活力} = \frac{2.8\text{U}}{5 \times 10^{-3}\text{mg}} = 560\text{U/mg}$$

转换数/活性位点 =  $2.8\mu\text{mol}/\text{min} \div (5\mu\text{g}/40000\mu\text{g}/\mu\text{mol} \times 4) = 5600/\text{min} = 93.3/\text{s}$

7. (1) 0.625mg 蛋白质, 250U; (2) 0.625g,  $2.5 \times 10^5$  U; (3) 400U/mg

8. (1)  $4 \times 10^{-5}\text{ mol/s}$ ; (2)  $5 \times 10^{-8}\text{ mol}$ ; (3)  $8 \times 10^2\text{ /s}$

9. (A) (3) (V), (B) (4) (III) (IV), (C) (7) (VII), (D) (1) (IX), (E) (2) (II), (F) (5) (VI) (VII), (G) (6)

## 第九次训练 酶的组成、结构、催化作用机理

### 一、名词解释

1. 酶的活性中心 2. 单体酶 3. 寡聚酶 4. 多酶体系 5. 变构酶 6. 同工酶 7. 酶原  
8. 酶原激活 9. 酶的共价修饰

### 二、填空题

- 酶的活性中心包括 \_\_\_\_\_ 和 \_\_\_\_\_ 两个功能部位，其中 \_\_\_\_\_ 直接与底物结合，决定酶的专一性； \_\_\_\_\_ 是发生化学变化的部位，决定催化反应的性质。
- 在某一酶溶液中加入 G-SH 能提高此酶活力，那么可以推测 \_\_\_\_\_ 可能是酶活性中心的必需基团。
- 从酶蛋白结构看，仅具有三级结构的酶为 \_\_\_\_\_，具有四级结构的酶为 \_\_\_\_\_，而在系列反应中催化一系列反应的一组酶为 \_\_\_\_\_。
- 同工酶是一类 \_\_\_\_\_，乳酸脱氢酶是由 \_\_\_\_\_ 种亚基组成的四聚体，有 \_\_\_\_\_ 种同工酶。
- 酶活力的调节包括酶 \_\_\_\_\_ 的调节和酶 \_\_\_\_\_ 的调节。
- 调节酶包括 \_\_\_\_\_ 和 \_\_\_\_\_ 等。
- 变构酶的特点是：(1) \_\_\_\_\_，(2) \_\_\_\_\_，它不符合一般的 \_\_\_\_\_，当以  $v$  对 [S] 作图时，它表现出 \_\_\_\_\_ 形曲线，而非 \_\_\_\_\_ 曲线。它是 \_\_\_\_\_。
- 对于某些调节酶来说， $v$  对 [S] 作图是 S 形曲线是因为底物结合到酶分子上产生的一种 \_\_\_\_\_ 效应而引起的。
- 常用的化学修饰剂 DFP 可以修饰 \_\_\_\_\_ 残基，TPCK 常用于修饰 \_\_\_\_\_ 残基。
- 谷氨酰胺合成酶的活性可以被 \_\_\_\_\_ 共价修饰调节；糖原合成酶、糖原磷酸化酶等则可以被 \_\_\_\_\_ 共价修饰调节。
- 解释酶作用专一性的主要假说有 \_\_\_\_\_，\_\_\_\_\_。
- 与酶催化高效率有关的因素：\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。

### 三、单选题

- [ ] 酶的活性中心是指什么？
  - 酶分子上含有必需基团的肽段
  - 酶分子与底物结合的部位
  - 酶分子与辅酶结合的部位
  - 酶分子发挥催化作用的关键性结构区
  - 酶分子有丝氨酸残基、二硫键存在的区域
- [ ] 下列关于酶活性中心的叙述正确的是哪个？
  - 所有酶都有活性中心
  - 所有酶的活性中心都含有辅酶

- C. 酶的活性中心都含有金属离子      D. 所有抑制剂都作用于酶活性中心
3. [ ] 乳酸脱氢酶 (LDH) 是一个由两种不同的亚基组成的四聚体。假定这些亚基随机结合成酶，这种酶有多少种同工酶？  
 A. 两种      B. 三种      C. 四种      D. 五种
4. [ ] 酶原是酶的前体，酶原具有什么性质？  
 A. 有活性      B. 无活性      C. 提高活性      D. 降低活性
5. [ ] 酶原激活的实质是什么？  
 A. 激活剂与酶结合使酶激活  
 B. 酶蛋白的别构效应  
 C. 酶原分子空间构象发生了变化而一级结构不变  
 D. 酶原分子一级结构发生改变从而形成或暴露出活性中心
6. [ ] 变构酶是一种什么酶？  
 A. 单体酶      B. 寡聚酶      C. 多酶复合体      D. 米氏酶
7. [ ] 酶的活化和去活化循环中，酶的磷酸化和去磷酸化位点通常在哪一种氨基酸残基上？  
 A. 天冬氨酸      B. 脯氨酸      C. 赖氨酸  
 D. 丝氨酸      E. 甘氨酸
8. [ ] 下列不属于酶催化高效率的因素是哪个？  
 A. 对环境变化敏感      B. 共价催化      C. 靠近及定向      D. 微环境影响
9. [ ] 酶催化的反应与无催化剂的反应相比，在于酶能够有下列哪种情况？  
 A. 提高反应所需活化能  
 B. 降低反应所需活化能  
 C. 促使正向反应速率提高，但逆向反应速率不变或减小
10. [ ] 目前公认的酶与底物结合的学说是下列哪种？  
 A. 活性中心说      B. 诱导契合学说      C. 锁匙学说      D. 中间产物学说
11. [ ] 下列那一项符合“诱导契合”学说？  
 A. 酶与底物的关系如锁钥关系  
 B. 酶活性中心有可变性，在底物的影响下其空间构象发生一定的改变，才能与底物进行反应  
 C. 底物的结构朝着适应活性中心方向改变而酶的构象不发生改变  
 D. 底物类似物不能诱导酶分子构象的改变

#### 四、是非题

1. [ ] 酶活性中心一般由在一级结构中相邻的若干氨基酸残基组成。
2. [ ] 某些调节酶的  $v-[S]$  的 S 形曲线表明，酶与少量底物的结合增加了酶对后续底物分子的亲和力。
3. [ ] 同工酶指功能相同、结构相同的一类酶。
4. [ ] 对于多酶体系，正调节物一般是别构酶的底物，负调节物一般是别构酶的直接产物或代谢序列的最终产物。

5. [ ] 酶之所以有高的催化效率是因为它可提高反应活化能。  
 6. [ ] 如果有一个合适的酶存在，达到过渡态所需的活化能就减少。

## 五、问答题

1. 什么是同工酶，LDH 同工酶有几种，研究 LDH 同工酶有什么实际意义？
2. 酶活性调节有哪些形式，各有什么特点？
3. 请解释在很多酶的活性中心均有 His 残基参与，为什么？
4. 某酶在溶液中会丧失活性，但若此溶液中同时存在巯基乙醇可以避免酶失活，该酶应该是一种什么酶，为什么？
5. 影响酶高催化效率的因素及其机理是什么？为什么说咪唑基是酸碱催化中的重要基团？

### 【参考答案九】

#### 一、名词解释

1. 酶的活性中心 酶分子中能直接与底物分子结合，并催化底物化学反应的部位。
2. 单体酶 只有一条多肽链组成的酶。
3. 寡聚酶 由几个甚至几十个亚基组成的酶。
4. 多酶体系 是由几种功能相关的酶彼此嵌合而形成的复合体。
5. 变构酶 变构中心虽然不是酶活性中心的组成部分，但它可以与某些化合物（称为变构剂）发生非共价结合，引起酶分子构象的改变，对酶起到激活或抑制的作用。这类酶通常称为变构酶。
6. 同工酶 是指催化相同的化学反应，而蛋白质的分子结构、理化性质以及免疫学性质不同的一组酶。
7. 酶原 无活性酶的前身称为酶原。
8. 酶原激活 是活性中心的形成和暴露的过程。
9. 酶的共价修饰 有些酶，在细胞内另一种酶的催化下，通过共价键可逆结合某种化学基团，从而改变酶的活性，以调节代谢途径，这一过程称为酶的共价修饰或化学修饰调节。

#### 二、填空题

1. 结合部位 催化部位 结合部位 催化部位
2. 巯基 ( $-SH$ )
3. 单体酶 寡聚酶 多酶体系
4. 催化作用相同但分子组成和理化性质不同的一类酶 两 五
5. 变构 共价修饰
6. 变构酶 共价修饰酶
7. 由多个亚基组成 具有 T 态和 R 态两种构象 米氏方程 S 双 寡聚酶
8. 正协同

9. Ser Lys
10. 腺苷酰化 磷酸化
11. 锁钥假说 诱导契合假说
12. 邻近效应 定向效应 诱导形变 共价催化 活性中心的低介电性 酸碱催化

### 三、单选题

1. D 2. A 3. D 4. B 5. D 6. B 7. D 8. A 9. B 10. B 11. B

### 四、是非题

1. × 2. √ 3. × 4. √ 5. × 6. √

### 五、问答题

1. (1) 同工酶：是指具有相同的催化作用，但酶分子的组成、结构及理化性质不同的—组酶。LDH 同工酶有五种。

(2) 意义：①在代谢调节上起着重要的作用；②用于解释发育过程中阶段特有的代谢特征；③同工酶谱的改变有助于对疾病的诊断；④同工酶可以作为遗传标志，用于遗传分析研究。

2. 三种形式：酶原的激活、酶的别构调节、酶的共价修饰调节。

特点：(1) 酶原激活：无活性的酶原经过蛋白酶的特异水解，才能形成有活性的形式；酶原激活是一个不可逆的过程。

(2) 共价调节：由共价调节酶完成。共价调节酶的某些基团通过共价修饰和去修饰，使酶处于活性和非活性的互变状态，从而达到酶活性的调节；共价调节是可逆的，具有放大效应，受激素调节。

(3) 别构调节：由别构酶完成。别构酶分子的非催化部位与某些化合物可逆、非共价结合后发生构象变化，从而改变酶活性。别构酶为寡聚酶，别构调节不遵守米氏方程。

3. 酶蛋白分子中组氨酸的侧链咪唑基  $pK$  值为 6.0~7.0，在生理条件下，一半解离，一半不解离，因此既可以作为质子供体（不解离部分），又可以作为质子受体（解离部分），既是酸，又是碱，可以作为广义酸碱共同催化反应，因此常参与构成酶的活性中心。

4. 含巯基的酶，容易氧化与其他巯基生成—S—S—，HS—CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH 可防止酶失活。

5. (1) 邻近效应使活性中心区域的底物浓度得以极大地提高，增加自由碰撞概率；定向效应使分子间的反应趋向于分子内反应，从而加速反应。

(2) 底物分子的“张力”和“形变”效应，从而促进酶-底物中间产物进入过渡态。

(3) 酸碱催化，酶分子中的各种极性氨基酸侧链基团在酶促反应中有效地进行酸碱催化。

(4) 共价催化，在催化时，酶分子中的亲核催化剂或亲电子催化剂能分别释放电子或吸取电子，作用于底物的缺电子中心或负电子中心，迅速生成不稳定的共价中间复合物，降低反应活化能，使反应加速。

(5) 活性中心的低介电性，由于在低介电环境中有利于电荷相互作用，而极性的水对电

荷往往有屏蔽作用。

由于咪唑基的一侧去质子化和另一侧质子化同步进行，因而在酶的酸碱催化机制中起重要作用。

## 第十次训练 酶促动力学

### 一、名词解释

1. 米氏常数 ( $K_m$  值) 2. 激活剂 3. 抑制剂 4. 竞争性抑制作用 5. 非竞争性抑制作用

### 二、填空题

- 影响酶促反应速率的因素有 \_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
- 通常讨论酶促反应的反应速率时，指的是反应的 \_\_\_\_\_ 速率，即 \_\_\_\_\_ 时测得的反应速率。
- 酶发生催化作用过程可表示为  $E + S \rightleftharpoons ES \rightarrow E + P$ ，当底物浓度足够大时，酶都转变为 \_\_\_\_\_，此时酶促反应速率为 \_\_\_\_\_。
- 当底物浓度远远大于  $K_m$ ，酶促反应速率与酶浓度 \_\_\_\_\_。
- 能催化多种底物进行化学反应的酶有 \_\_\_\_\_ 个  $K_m$  值，该酶最适底物的  $K_m$  值 \_\_\_\_\_。
- pH 影响酶活力的原因可能有以下几方面：(1) 影响 \_\_\_\_\_，(2) 影响 \_\_\_\_\_，(3) 影响 \_\_\_\_\_。
- 温度对酶活力影响有以下两方面：一方面 \_\_\_\_\_；另一方面 \_\_\_\_\_。
- 酶促动力学的双倒数作图 (Lineweaver-Burk 作图法)，得到的直线在横轴上的截距为 \_\_\_\_\_，纵轴上的截距为 \_\_\_\_\_。
- 竞争性抑制剂使酶促反应的  $K_m$  \_\_\_\_\_，而  $v_{max}$  \_\_\_\_\_。
- 磺胺类药物能抑制细菌生长，因为它是 \_\_\_\_\_ 结构类似物，能 \_\_\_\_\_ 性地抑制 \_\_\_\_\_ 活性。

### 三、单选题

1. [ ] 利用恒态法推导米氏方程时，引入了除哪个外的三个假设？

- A. 在反应的初速率阶段， $E + P \rightarrow ES$  可以忽略
- B. 假设  $[S] \gg [E]$ ，则  $[S] - [ES] \approx [S]$
- C. 假设  $E + S \rightarrow ES$  反应处于平衡状态
- D. 反应处于动态平衡时，即  $ES$  的生成速率与分解速率相等

2. [ ] 米氏常数有下列哪种情况？

- |                |               |
|----------------|---------------|
| A. 随酶浓度的增加而增加  | B. 随酶浓度的增加而减小 |
| C. 随底物浓度的增加而增大 | D. 是酶的特征常数    |

3. [ ] 根据米氏方程，有关  $[S]$  与  $K_m$  之间关系的说法不正确的是哪个？  
 A. 当  $[S] \ll K_m$  时， $v$  与  $[S]$  成正比      B. 当  $[S] = K_m$  时， $v = 1/2v_{max}$   
 C. 当  $[S] \gg K_m$  时，反应速率与底物浓度无关  
 D. 当  $[S] = 2/3K_m$  时， $v = 25\%v_{max}$

4. [ ] 已知某酶的  $K_m$  值为  $0.05\text{ mol/L}$ ，要使此酶所催化的反应速率达到最大反应速率的  $80\%$  时底物的浓度应为多少？

- A.  $0.2\text{ mol/L}$       B.  $0.4\text{ mol/L}$       C.  $0.1\text{ mol/L}$       D.  $0.05\text{ mol/L}$

5. [ ] 某酶今有 4 种底物 (S)，其  $K_m$  值如下，该酶的最适底物为下列哪个？

- A. S1:  $K_m = 5 \times 10^{-5}\text{ mol/L}$       B. S2:  $K_m = 1 \times 10^{-5}\text{ mol/L}$   
 C. S3:  $K_m = 10 \times 10^{-5}\text{ mol/L}$       D. S4:  $K_m = 0.1 \times 10^{-5}\text{ mol/L}$

6. [ ] 酶促反应速率为其最大反应速率的  $80\%$  时， $K_m$  等于下列哪个？

- A.  $[S]$       B.  $1/2[S]$       C.  $1/4[S]$       D.  $0.4[S]$

7. [ ] 某一酶的动力学资料如图 5-1，它的  $K_m$  为以下哪个？

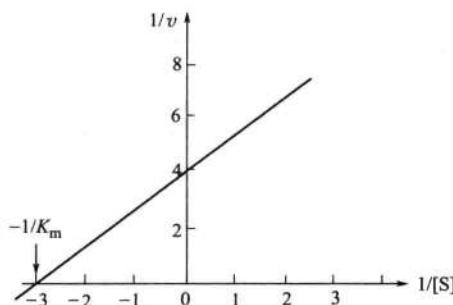


图 5-1

- A. 2      B. 3      C. 0.33      D. 0.5
8. [ ] 重金属 Hg、Ag 是下列哪个？  
 A. 竞争性抑制剂      B. 不可逆抑制剂  
 C. 非竞争性抑制剂      D. 反竞争性抑制剂
9. [ ] 下列常见抑制剂中，除哪个外都是不可逆抑制剂？  
 A. 有机磷化合物      B. 有机汞化合物      C. 有机砷化合物  
 D. 氰化物      E. 磺胺类药物
10. [ ] 有机磷农药作为酶的抑制剂是作用于酶活性中心的哪个部分？  
 A. 羰基      B. 羟基      C. 羧基      D. 吲哚基
11. [ ] 竞争性抑制剂作用特点是下列哪个？  
 A. 与酶的底物竞争激活剂      B. 与酶的底物竞争酶的活性中心  
 C. 与酶的底物竞争酶的辅基      D. 与酶的底物竞争酶的必需基团  
 E. 与酶的底物竞争酶的变构剂
12. [ ] 丙二酸对琥珀酸脱氢酶的抑制作用，按抑制类型应属于下列哪个？  
 A. 反馈抑制      B. 非竞争性抑制      C. 竞争性抑制      D. 底物抑制
13. [ ] 竞争性可逆抑制剂抑制程度与下列哪种因素无关：

- A. 作用时间      B. 抑制剂浓度      C. 底物浓度  
 D. 酶与抑制剂的亲和力的大小      E. 酶与底物的亲和力的大小
14. [ ] 哪一种情况可用增加  $[S]$  的方法减轻抑制程度?

- A. 不可逆抑制作用      B. 竞争性可逆抑制作用  
 C. 非竞争性可逆抑制作用      D. 反竞争性可逆抑制作用  
 E. 无法确定

15. [ ] 酶的竞争性可逆抑制剂有以下哪种情况?

- A.  $v_{max}$  减小,  $K_m$  减小      B.  $v_{max}$  增加,  $K_m$  增加  
 C.  $v_{max}$  不变,  $K_m$  增加      D.  $v_{max}$  不变,  $K_m$  减小  
 E.  $v_{max}$  减小,  $K_m$  增加

16. [ ] 图 5-2 中 I 代表了以下哪种情况?

- A. 竞争性可逆抑制剂  
 B. 非竞争性可逆抑制剂  
 C. 反竞争性可逆抑制剂  
 D. 不可逆抑制剂  
 E. 无法确定

17. [ ] 下列各图属于非竞争性抑制动力学曲线的是哪个?

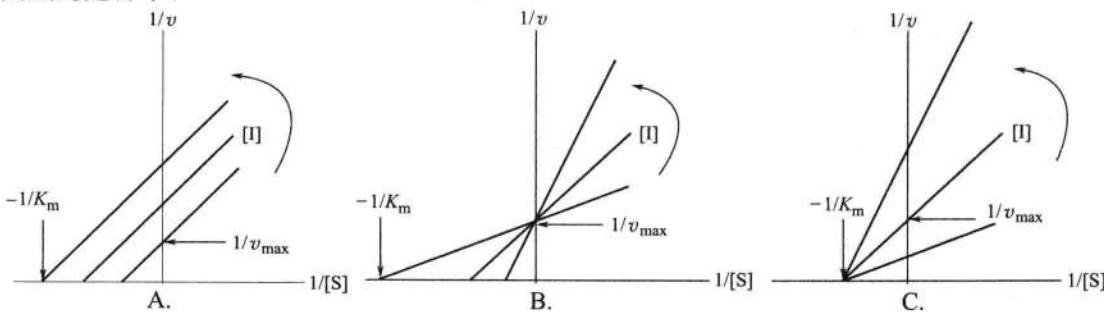


图 5-2

18. [ ] 酶的非竞争性抑制剂对酶促反应的影响是下列哪个?

- A.  $v_{max}$  不变,  $K_m$  增大      B.  $v_{max}$  不变,  $K_m$  减小  
 C.  $v_{max}$  增大,  $K_m$  不变      D.  $v_{max}$  减小,  $K_m$  不变

19. [ ] 用动力学的方法可以区分可逆、不可逆抑制作用, 在一反应系统中, 加入过量 S 和一定量的 I, 然后改变  $[E]$ , 测  $v$ , 得  $v-[E]$  曲线, 则图 5-3 中哪一条曲线代表加入了一定量的可逆抑制剂?

- A. ①      B. ②      C. ③      D. 不可确定

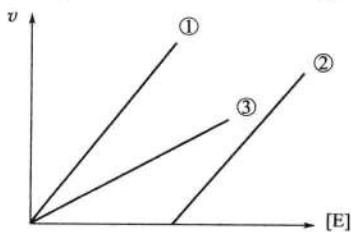


图 5-3

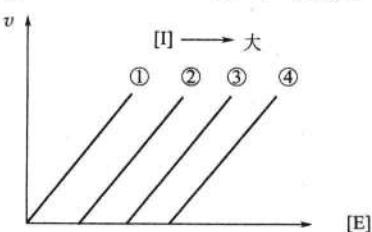


图 5-4

20. [ ] 在一反应体系中,  $[S]$  过量, 加入一定量的 I, 测  $v-[E]$  曲线, 改变 [I], 得一系列平行曲线 (图 5-4), 则加入的 I 作用是下列哪个?

- A. 竞争性可逆抑制剂
- B. 非竞争性可逆抑制剂
- C. 反竞争性可逆抑制剂
- D. 不可逆抑制剂
- E. 无法确定

#### 四、是非题

1. [ ] 酶促反应的初速率与底物浓度无关。
2. [ ] 当底物处于饱和水平时, 酶促反应的速率与酶浓度成正比。
3. [ ] 从鼠脑分离的己糖激酶可以作用于葡萄糖 ( $K_m = 6 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$ ) 或果糖 ( $K_m = 2 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ ), 则己糖激酶对果糖的亲和力更高。
4. [ ]  $K_m$  是酶的特征常数, 只与酶的性质有关, 与酶浓度无关。
5. [ ]  $K_m$  是酶的特征常数, 在任何条件下,  $K_m$  是常数。
6. [ ]  $K_m$  是酶的特征常数, 只与酶的性质有关, 与酶的底物无关。
7. [ ] 一种酶有几种底物就有几种  $K_m$  值。
8. [ ] 酶有几种底物时, 其  $K_m$  值也不相同。
9. [ ] 当  $[S] \gg K_m$  时,  $v$  趋向于  $v_{max}$ , 此时只有通过增加  $[E]$  来增加  $v$ 。
10. [ ] 酶的最适 pH 值是一个常数, 每一种酶只有一个确定的最适 pH 值。
11. [ ] 酶的 pH-酶活性曲线均为钟罩形。
12. [ ] 酶的最适温度与酶的作用时间有关, 作用时间长, 则最适温度高, 作用时间短, 则最适温度低。
13. [ ] 某些酶的  $K_m$  由于代谢产物存在而发生改变, 而这些代谢产物在结构上与底物无关。
14. [ ] 在非竞争性抑制剂存在下, 加入足量的底物, 酶促反应能够达到正常  $v_{max}$ 。
15. [ ] 反竞争性抑制作用的特点是  $K_m$  值变小,  $v_{max}$  也变小。
16. [ ] 金属离子作为酶的激活剂, 有的可以相互取代, 有的可以相互拮抗。
17. [ ] 竞争性可逆抑制剂一定与酶的底物结合在酶的同一部位。
18. [ ] 增加不可逆抑制剂的浓度, 可以实现酶活性的完全抑制。

#### 五、问答题

1. 磺胺类药物的抑菌机理是什么?
2. 举例说明竞争性抑制的特点和实际意义。
3. 比较三种可逆性抑制作用的特点。
4. Decamethonium  $[(\text{CH}_3)_3\text{N}^+ - \text{CH}_2 - (\text{CH}_2)_2 - \text{CH}_2 - \text{N}^+(\text{CH}_3)_3]$  是一种用于肌肉松弛的药物, 是乙酰胆碱酯酶的抑制剂, 这种抑制作用可以通过增加乙酰胆碱的浓度来逆转或解除。请问这种药物是否与酶共价结合? 属于哪种类型的抑制剂? 并解释为什么可以通过增加乙酰胆碱的浓度来解除抑制。
5. 图 5-5 三条曲线中两条来自在抑制剂 (竞争性、非竞争性) 存在下分别测得的酶促反应动力学数据, 另外一条来自对照 (无抑制剂), 请在图 5-6 画出三条对应曲线, 并简述理由。

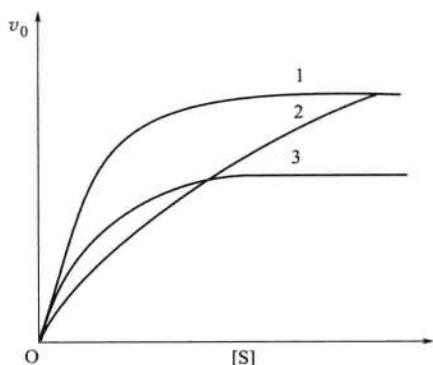


图 5-5

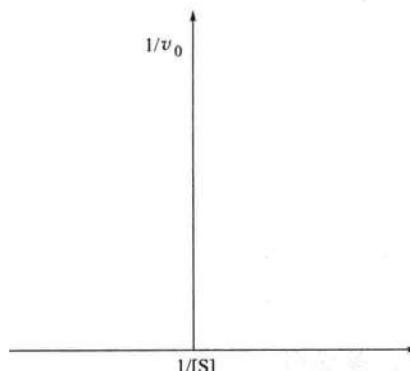


图 5-6

6. (1) 为什么某些肠道寄生虫如蛔虫在体内不会被消化道内的胃蛋白酶、胰蛋白酶消化? (2) 为什么蚕豆必须煮熟后食用, 否则容易引起不适?

## 六、计算题

- (1) 对于一个遵循米氏动力学的酶而言, 当  $[S] = K_m$  时, 若  $v = 35 \mu\text{mol}/\text{min}$ ,  $v_{\max}$  是多少? (2) 当  $[S] = 2 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ ,  $v = 40 \mu\text{mol}/\text{min}$ , 这个酶的  $K_m$  是多少?
- 酶作用于某底物的米氏常数为  $0.005 \text{ mol/L}$ , 其反应速率分别为最大反应速率  $90\%$ 、 $50\%$ 、 $10\%$  时, 底物浓度应为多少?
- 某酶的  $K_m = 4.7 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ ;  $v_{\max} = 22 \mu\text{mol}/\text{min}$ 。当  $[S] = 2 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ ,  $[I] = 5 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ ,  $K_i = 3 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$  时, 求: I 为竞争性抑制和非竞争性抑制时,  $v$  分别是多少?

## 【参考答案十】

### 一、名词解释

- 米氏常数 ( $K_m$  值) 是酶促反应速率为最大反应速率一半时的底物浓度。
- 激活剂 凡能增强酶活性的物质, 统称为激活剂。
- 抑制剂 凡是能降低或抑制酶活性但不引起酶变性的物质称为酶的抑制剂。
- 竞争性抑制作用 有些抑制剂与底物的化学结构相似, 在酶促反应中, 抑制剂与底物竞争与酶的活性中心结合, 当抑制剂与酶结合后, 酶不能再与底物结合, 从而抑制了酶的活性, 这种抑制作用称为竞争性抑制作用。
- 非竞争性抑制作用 有些抑制剂和底物可同时结合在酶的不同部位上, 即抑制剂与酶活性中心外的必需基团结合, 不妨碍酶与底物的结合, 但所形成的酶-底物-抑制剂三元复合物 (ESI) 不能发生反应, 这种抑制作用称非竞争性抑制作用。

### 二、填空题

- $[E]$   $[S]$   $\text{pH}$   $T$ (温度)  $I$ (抑制剂)  $A$ (激活剂)
- 初 底物消耗量  $< 5\%$

3. ES 最大
4. 成正比
5. 多 最小
6. 酶基团的解离 底物基团的解离 酶分子的稳定性
7. 温度增加, 速率加快 温度增加, 变性加快
8.  $-1/K_m$   $1/v_{max}$
9. 变大 没有变
10. 对氨基苯甲酸 竞争 二氢叶酸还原酶

### 三、单选题

1. C 2. D 3. D 4. A 5. D 6. C 7. C 8. C 9. E 10. B 11. B 12. C
13. A 14. B 15. C 16. A 17. C 18. D 19. C 20. D

### 四、是非题

1. × 2. √ 3. × 4. √ 5. × 6. × 7. √ 8. √ 9. √ 10. × 11. ×
12. × 13. √ 14. × 15. √ 16. √ 17. √ 18. √

### 五、问答题

1. 磺胺类药物的主要成分磺胺与对氨基苯甲酸的结构相似, 可以竞争地与二氢叶酸还原酶结合, 对二氢叶酸还原酶产生竞争性抑制作用。二氢叶酸还原酶是细菌繁殖必需的酶, 当此酶活性被抑制后, 可以抑制细菌的遗传物质的合成, 而达到抑制细菌的目的。

2. 竞争性抑制时, 抑制剂因与底物化学结构相似, 将与底物竞争酶的活性位点, 使酶对底物的亲和力降低, 米氏常数  $K_m$  变大; 但随着底物浓度增加, 酶活性中心将被底物占据, 因此反应还可以达到最大反应速率  $v_{max}$ 。特点: 可以通过加入大量的底物来消除竞争性抑制剂对酶活性的抑制作用。

有些药物属酶的竞争性抑制剂, 磺胺药物是典型例子。磺胺类药物的主要成分磺胺与对氨基苯甲酸的结构相似, 可以竞争地与二氢叶酸还原酶结合, 对二氢叶酸还原酶产生竞争性抑制作用。二氢叶酸还原酶是细菌繁殖必需的酶, 当此酶活性被抑制后, 可以抑制细菌的遗传物质的合成, 而达到抑制细菌的目的。

3. 竞争性抑制时, 抑制剂因与底物化学结构相似, 将与底物竞争酶的活性位点, 使酶对底物的亲和力降低, 米氏常数  $K_m$  变大; 但随着底物浓度增加, 酶活性中心将被底物占据, 因此反应还可以达到最大反应速率  $v_{max}$ 。

非竞争性抑制作用不会改变酶对底物的亲和力, 因此  $K_m$  不变; 但由于酶活性中心的抑制,  $v_{max}$  会变小。

反竞争性抑制作用  $K_m$  变小,  $v_{max}$  变小。

4. 这种药物是与酶非共价结合, 属于竞争性抑制剂, 可以通过加大底物浓度方法解除抑制作用。

5. 图 5-5 为酶促反应速率与底物浓度的关系曲线, 从图 5-5 可以看出:

曲线 1 为正常状态下的  $v-[S]$  曲线, 因为随着底物浓度增加, 很快达到  $v_{max}$ ; 曲线 2 为

加入竞争性抑制剂后的  $v$ -[S] 曲线，因为  $v_{max}$  没有变；曲线 3 为非竞争性抑制，因为  $v_{max}$  降低。

图 5-7 呈现的是  $1/v$  和  $1/[S]$  的关系，直线在纵坐标上的截距为  $1/v_{max}$ ，在横坐标上的交点为  $-1/K_m$ 。

与对照（直线 1）相比，竞争性抑制（直线 2）时，抑制剂因与底物化学结构相似，将与底物竞争酶的活性位点，使酶对底物的亲和力降低，米氏常数  $K_m$  变大；但随着底物浓度增加，酶活性中心将被底物占据，因此反应还可以达到与对照相同的最大反应速率  $v_{max}$ 。非竞争性抑制剂的加入不会改变酶对底物的亲和力，因此  $K_m$  不变；但由于酶活性中心的抑制， $v_{max}$  会变小（直线 3）。

6. (1) 某些肠道寄生虫如蛔虫能产生蛋白酶抑制剂，抑制动物肠道中的各种蛋白酶的活性，寄生在体内不会被消化道内的胃蛋白酶、胰蛋白酶消化。(2) 黄豆、蚕豆等豆科植物种子含有胰蛋白酶抑制剂，只有通过加热处理（煮熟）才能破坏；豆类生食后能抑制胰蛋白酶活性，易发生消化不良，引起不适反应。

## 六、计算题

1. (1) 当  $[S]=K_m$  时， $v=1/2v_{max}$ ，则  $v_{max}=2 \times 35=70\mu\text{mol}/\text{min}$

(2) 因为  $v=v_{max}/(1+K_m/[S])$ ，所以  $K_m=(v_{max}/v-1)[S]=1.5 \times 10^{-5}\text{ mol/L}$

2.  $0.045\text{ mol/L}$ ,  $0.005\text{ mol/L}$ ,  $0.0006\text{ mol/L}$

3. 竞争性： $v=13.5(\mu\text{mol/L})/\text{min}$

非竞争性： $v=6.67(\mu\text{mol/L})/\text{min}$

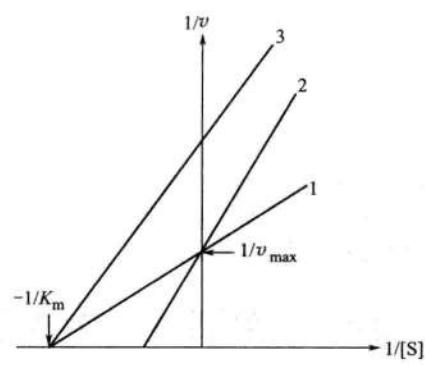


图 5-7

# 第六章

## 生物氧化

### 第十一次训练 生物氧化的特点、呼吸链组成及功能

#### 一、名词解释

1. 生物氧化 2. 呼吸链 3. 高能化合物

#### 二、填空题

1. 生物氧化是\_\_\_\_\_在细胞中\_\_\_\_\_，同时产生\_\_\_\_\_的过程。
2. 反应的自由能变化用\_\_\_\_\_来表示，标准自由能变化用\_\_\_\_\_表示，生物化学中 pH7.0 时的标准自由能变化则表示为\_\_\_\_\_。
3. 高能磷酸化合物通常是指水解时\_\_\_\_\_的化合物，其中重要的是\_\_\_\_\_，被称为能量代谢的\_\_\_\_\_。
4. ATP 分子中含有\_\_\_\_\_个高能磷酸键。
5. 真核细胞生物氧化的主要场所是\_\_\_\_\_，呼吸链和氧化磷酸化偶联因子都定位于\_\_\_\_\_。
6. 线粒体里存在的呼吸链有\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
7. 呼吸链的主要成分分为\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_五大类。
8. 呼吸链中细胞色素的排列顺序是\_\_\_\_\_。
9. NADH 经电子传递和氧化磷酸化可产生\_\_\_\_\_个 ATP，琥珀酸可产生\_\_\_\_\_个 ATP。
10. 由  $\text{NADH} \rightarrow \text{O}_2$  的电子传递中，释放的能量足以偶联 ATP 合成的 3 个部位是\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
11. 两条呼吸链在复合体\_\_\_\_\_处汇合，琥珀酸氧化呼吸链独有的复合体是\_\_\_\_\_。
12. 复合体 II 的主要成分是\_\_\_\_\_。
13. 线粒体内膜上能够产生跨膜的质子梯度的复合体是\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。

#### 三、单选题

1. [ ] 生物氧化的底物是什么?  
A. 无机离子      B. 蛋白质      C. 核酸      D. 小分子有机物
2. [ ] 下列哪一种氧化还原体系的氧化还原电位最大?

- A. 延胡羧酸→丙酮酸      B. CoQ(氧化型)→CoQ(还原型)  
 C. Cyta Fe<sup>2+</sup>→Cyta Fe<sup>3+</sup>      D. Cytb Fe<sup>3+</sup>→Cytb Fe<sup>2+</sup>  
 E. NAD<sup>+</sup>→NADH
3. [ ] 下列呼吸链组分中氧化还原电位最高的是哪个?  
 A. FMN      B. Cytb      C. Cytc      D. Cytc<sub>1</sub>
4. [ ] 下列化合物中除了哪种以外都含有高能磷酸键?  
 A. NAD<sup>+</sup>      B. NADP<sup>+</sup>      C. ADP  
 D. 葡萄糖-6-磷酸      E. 磷酸烯醇式丙酮酸
5. [ ] 呼吸链存在于哪里?  
 A. 胞液      B. 线粒体外膜      C. 线粒体内膜      D. 线粒体基质
6. [ ] 呼吸链的电子传递体中, 不是蛋白质而是脂质的组分是哪个?  
 A. NAD<sup>+</sup>      B. FMN      C. FeS  
 D. CoQ      E. Cyt
7. [ ] 下列化合物中哪一个不是呼吸链的成员?  
 A. CoQ      B. 细胞色素 c      C. 辅酶 I  
 D. FAD      E. 肉毒碱
8. [ ] 线粒体电子传递链各组分有下列哪种情况?  
 A. 均存在于酶复合体中      B. 只能进行电子传递  
 C. 氧化还原电势一定存在差异      D. 既能进行电子传递, 也能进行氢的传递
9. [ ] 可作为线粒体内膜标志酶的是什么?  
 A. 苹果酸脱氢酶      B. 柠檬酸合成酶      C. 琥珀酸脱氢酶  
 D. 单胺氧化酶      E. 顺乌头酸酶
10. [ ] 在离体的完整的线粒体中, 在有可氧化的底物的存在下, 加入哪一种物质可提高电子传递和氧气摄入量  
 A. 更多的 TCA 循环的酶      B. ADP  
 C. FADH<sub>2</sub>      D. NADH      E. 氰化物
11. [ ] 下列代谢物中氧化时脱下的电子进入 FADH<sub>2</sub> 电子传递链的是哪个?  
 A. 丙酮酸      B. 苹果酸      C. 异柠檬酸      D. 琥珀酸
12. [ ] 呼吸链的各细胞色素在电子传递中的排列顺序是哪个?  
 A. c<sub>1</sub>→b→c→aa<sub>3</sub>→O<sub>2</sub>      B. c→c<sub>1</sub>→b→aa<sub>3</sub>→O<sub>2</sub>  
 C. c<sub>1</sub>→c→b→aa<sub>3</sub>→O<sub>2</sub>      D. b→c<sub>1</sub>→c→aa<sub>3</sub>→O<sub>2</sub>
13. [ ] 在呼吸链中, 将复合物 I 、复合物 II 与细胞色素系统连接起来的物质是什么?  
 A. FMN      B. Fe·S 蛋白      C. CoQ      D. Cytb
14. [ ] 将离体的线粒体放在无氧的环境中, 经过一段时间以后, 其内膜上的呼吸链的成分将会完全以还原形式存在, 这时如果忽然通入氧气, 试问最先被氧化的将是内膜上的哪一种复合体  
 A. 复合体 I      B. 复合体 II      C. 复合体 III  
 D. 复合体 IV      E. 复合体 V
15. [ ] 细胞色素 c 是什么物质?

- A. 一种小分子的有机色素分子
- B. 是一种无机色素分子
- C. 是一种结合蛋白质
- D. 是一种多肽链

#### 四、是非题

1. [ ] 生物氧化只有在氧气的存在下才能进行。
2. [ ] 磷酸肌酸是高能磷酸化合物的贮存形式，可随时转化为 ATP 供机体利用。
3. [ ] 生物化学中的高能键是指水解断裂时释放较多自由能的不稳定键。
4. [ ] 呼吸链上电子流动的方向是从高标准氧化还原电位到低标准氧化还原电位。
5. [ ] NADPH/NADP<sup>+</sup> 的氧化还原电势稍低于 NADH/NAD<sup>+</sup>，更容易经呼吸链氧化。
6. [ ] 细胞色素 b 和细胞色素 c 因处于呼吸链的中间，因此它们的血红素辅基不可能与 CN<sup>-</sup> 配位结合。
7. [ ] NADH 和 NADPH 都可以直接进入呼吸链。
8. [ ] NADH 脱氢酶是指以 NAD<sup>+</sup> 为辅酶的脱氢酶的总称。
9. [ ] NADH 在 340nm 处有吸收，NAD<sup>+</sup> 没有，利用这个性质可将 NADH 与 NAD<sup>+</sup> 区分开来。
10. [ ] 琥珀酸脱氢酶的辅基 FAD 与酶蛋白之间以共价键结合。
11. [ ] 在消耗 ATP 的情况下，电子可从复合体Ⅳ流动到复合体Ⅰ。
12. [ ] 细胞色素 c 是复合体Ⅲ中一种单纯的电子传递体。
13. [ ] Fe-S 蛋白是一类特殊的含有金属 Fe 和无机硫的蛋白质。
14. [ ] 线粒体内膜上的复合体Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ和Ⅳ中均含有 Fe-S 蛋白。
15. [ ] 呼吸作用和光合作用均能导致线粒体或叶绿体基质的 pH 值升高。

#### 五、回答题

1. 生物氧化的特点和方式是什么？
2. 什么是生物氧化？生物氧化中 CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O 和能量是如何生成的？
3. 构成电子传递链的复合体有哪几个？
4. 线粒体呼吸链的组成成分有哪些，各有什么功能？
5. 绘图表示电子传递链的过程？

#### 【参考答案十一】

#### 一、名词解释

1. 生物氧化 有机物质在生物体活细胞内氧化分解，同时释放能量的过程。
2. 呼吸链 代谢物上的氢原子被脱氢酶激活脱落，经过一系列的传递体，最后传递给被激活的氧分子而生成水的全部体系称呼吸链。
3. 高能化合物 在生物体内，随水解反应或基团转移反应可放出大量自由能的化合物。

#### 二、填空题

1. 有机分子 氧化分解 可利用的能量

2.  $\Delta G$   $\Delta G^0$   $\Delta G^{0'}$
3. 释放的自由能大于  $20.92\text{ kJ/mol}$  ATP 流通货币
4. 2
5. 线粒体 线粒体内膜
6. NADH、FADH<sub>2</sub>
7. 以  $\text{NAD}^+$  ( $\text{NADP}^+$ ) 为辅酶的脱氢酶、以 FMN (FAD) 为辅基的脱氢酶、铁硫蛋白、CoQ、细胞色素类
8.  $b \rightarrow c_1 \rightarrow c \rightarrow aa_3 \rightarrow O_2$
9. 2.5 1.5
10. NADH-CoQ Cytb-Cytc Cyta-aa<sub>3</sub>-O<sub>2</sub>
11. III, II
12. FAD Fe-S
13. I III IV

### 三、单选题

1. B 2. C 3. C 4. D 5. C 6. D 7. E 8. C 9. C 10. B 11. D 12. D  
 13. C 14. D 15. C

### 四、是非题

1. × 2. √ 3. √ 4. × 5. × 6. √ 7. √ 8. × 9. √ 10. √ 11. ×  
 12. × 13. √ 14. × 15. √

### 五、问答题

1. 特点：常温、酶催化、多步反应、能量逐步释放、放出的能量贮存于特殊化合物。  
 方式：单纯失电子、脱氢、加水脱氢、加氧。

2. 有机物质在生物体活细胞内氧化分解，同时释放能量的过程称为生物氧化。高等动物通过肺部的呼吸作用吸入氧，呼出二氧化碳；微生物则以细胞直接进行呼吸，所以生物氧化也称为细胞呼吸。

$\text{CO}_2$  的生成方式为：单纯脱羧和氧化脱羧。水的生成方式为：代谢物中的氢经一酶体系和多酶体系作用与氧结合而生成水。

3. 复合体 (I、II、III、IV)。

4. 线粒体呼吸链的组分实质上包括：4种镶嵌在线粒体内膜上的酶的复合体 (I、II、III、IV)，1个由单亚基组成、位于线粒体内膜外侧的膜外周蛋白细胞色素 c，1个活动性强的非蛋白质组分辅酶 Q。在四个酶复合体中，有3个是质子泵 (I、III、IV)，在电子传递过程中可将质子从线粒体内膜泵到线粒体膜间隙中。线粒体电子传递链有2个电子入口，一个是 NADH，一个是 FADH<sub>2</sub>，末端氧化酶是细胞色素 aa<sub>3</sub>，最终电子受体是氧。

5. 略。

## 第十二次训练 ATP 的生成方式、机理及抑制作用

### 一、名词解释

1. 电子传递体系磷酸化 2. 底物水平磷酸化 3. 磷氧比 4. 电子传递抑制剂  
 5. 解偶联剂 6. 氧化磷酸化抑制剂 7.  $F_0F_1$ -ATP 合酶 8. 穿梭作用

### 二、填空题

- 生物体内 ATP 的生成方式为 \_\_\_\_\_ 和 \_\_\_\_\_。
- 动物线粒体中，外源 NADH 可经过 \_\_\_\_\_ 系统转移到呼吸链上，这种系统有 \_\_\_ 种，分别为 \_\_\_\_\_ 和 \_\_\_\_\_。
- 鱼藤酮、抗霉素 A 和  $CN^-$ 、 $N_3^-$ 、CO 的抑制部位分别是 \_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_ 和 \_\_\_\_\_。
- 杀粉蝶菌素作为呼吸链上 \_\_\_\_\_ 类似物，能够阻断呼吸链。
- $H_2S$  使人中毒机理是 \_\_\_\_\_。
- 细胞色素 aa<sub>3</sub> 辅基中的铁原子有 \_\_\_\_\_ 结合配位键，它还保留 \_\_\_\_\_ 游离配位键，所以能和 \_\_\_\_\_ 结合，也能与 \_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_ 结合而使电子传递受到抑制。
- 当电子从 NADH 经 \_\_\_\_\_ 传递给氧时，呼吸链的复合体可将 \_\_\_\_\_ 对 H<sup>+</sup> 从 \_\_\_\_\_ 泵到 \_\_\_\_\_，从而形成 H<sup>+</sup> 的 \_\_\_\_\_ 梯度，当 H<sup>+</sup> 经 \_\_\_\_\_ 回到线粒体 \_\_\_\_\_ 时，可产生 \_\_\_\_\_ 个 ATP。
- 解释电子传递氧化磷酸化机制有三种假说，其中 \_\_\_\_\_ 得到多数人的支持。
- $F_1F_0$  复合体由 \_\_\_\_\_ 部分组成，其  $F_1$  的功能是 \_\_\_\_\_， $F_0$  的功能是 \_\_\_\_\_，连接头部和基部的蛋白质叫 \_\_\_\_\_。\_\_\_\_\_ 可抑制该复合体的功能。
- 人们常见的解偶联剂是 \_\_\_\_\_，其作用机理是 \_\_\_\_\_。
- 线粒体内膜外侧的  $\alpha$ -磷酸甘油脱氢酶的辅酶是 \_\_\_\_\_；而线粒体内膜内侧的  $\alpha$ -磷酸甘油脱氢酶的辅酶是 \_\_\_\_\_。

### 三、单选题

- [ ] 下述哪种物质专一地抑制  $F_0$  因子？
 

A. 鱼藤酮      B. 抗霉素 A      C. 寡霉素      D. 氰化物
- [ ] 下列哪种物质抑制呼吸链的电子由 NADH 向辅酶 Q 的传递？
 

A. 抗霉素 A      B. 鱼藤酮      C. 一氧化碳      D. 硫化氢
- [ ] 下列哪个部位不是偶联部位？
 

A. FMN → CoQ      B. NADH → FMN  
 C. Cytb → Ctyc      D. Cyta<sub>1</sub>a<sub>3</sub> → O<sub>2</sub>
- [ ] 下列反应中哪一步伴随着底物水平的磷酸化反应？
 

A. 葡萄糖 → 葡萄糖-6-磷酸      B. 甘油酸-1,3-二磷酸 → 甘油酸-3-磷酸  
 C. 柠檬酸 →  $\alpha$ -酮戊二酸      D. 琥珀酸 → 延胡索酸

- E. 苹果酸→草酰乙酸
5. [ ] ATP 的合成部位是下列哪个?  
 A. OSCP      B. F<sub>1</sub> 因子      C. F<sub>0</sub> 因子      D. 任意部位
6. [ ] F<sub>0</sub>F<sub>1</sub>-ATPase 的活性中心位于下列哪个亚基上?  
 A. α 亚基      B. β 亚基      C. γ 亚基  
 D. δ 亚基      E. ε 亚基
7. [ ] 目前公认的氧化磷酸化理论是  
 A. 化学偶联假说      B. 构象偶联假说  
 C. 化学渗透假说      D. 中间产物学说
8. [ ] 如果质子不经过 F<sub>0</sub>F<sub>1</sub>-ATP 合成酶回到线粒体基质，则会发生下列哪种情况?  
 A. 氧化      B. 还原      C. 解偶联  
 D. 紧密偶联      E. 主动运输
9. [ ] 在使用解偶联剂时，线粒体内膜会发生下列哪种变化?  
 A. 膜电势升高      B. 膜电势降低      C. 膜电势不变      D. 两侧 pH 升高
10. [ ] 2,4-二硝基苯酚抑制细胞的功能，可能是由于阻断下列哪一种生化作用而引起  
 A. NADH 脱氢酶的作用      B. 电子传递过程  
 C. 氧化磷酸化      D. 三羧酸循环  
 E. 电子传递与氧化磷酸化的偶联过程
11. [ ] 能使线粒体电子传递与氧化磷酸化解偶联的试剂是：  
 A. 2,4-二硝基苯酚      B. 寡霉素      C. 一氧化碳      D. 氰化物
12. [ ] 下列哪一种物质最不可能通过线粒体内膜?  
 A. Pi      B. 苹果酸      C. 柠檬酸  
 D. 丙酮酸      E. NADH

#### 四、是非题

1. [ ] DNP 可解除寡霉素对电子传递的抑制。
2. [ ] 抗霉素 A 能阻断异柠檬酸氧化过程中 ATP 的形成，但不阻断琥珀酸氧化过程中 ATP 的形成。
3. [ ] 植物细胞除了有对 CN<sup>-</sup> 敏感的细胞色素氧化酶外，还有抗氰的末端氧化酶。
4. [ ] 如果线粒体内 ADP 浓度较低，则加入 DNP 将减少电子传递的速率。
5. [ ] 甘油-α-磷酸脱氢生成的 FADH<sub>2</sub> 经线粒体内膜上的复合体 II 进入呼吸链。

#### 五、问答题

- 常见呼吸链中电子传递抑制剂有哪些？它们的作用机理是什么？
- 比较底物水平磷酸化和电子传递链磷酸化的主要异同？
- 简述化学渗透学说。
- DNP 作为解偶联剂的作用实质是什么？
- 简述 ATP 的生理作用。
- 试述影响氧化磷酸化的主要因素。

7. 利用所学知识，解释图 6-1 和图 6-2 中能量与氧消耗的机理。

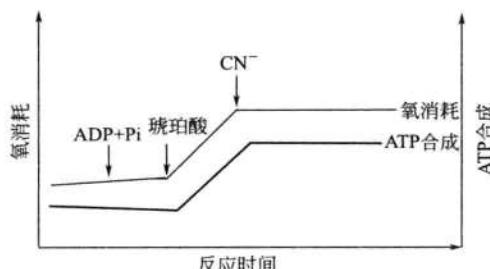


图 6-1

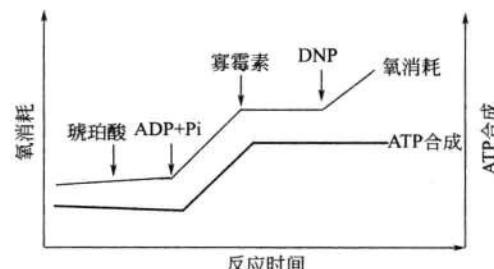


图 6-2

## 【参考答案十二】

### 一、名词解释

1. 电子传递体系磷酸化 是指底物脱下的  $2\text{H}$  ( $\text{NADH} + \text{H}^+$  或  $\text{FADH}_2$ ) 经过电子传递链 (呼吸链) 传递到分子氧形成水的过程中所释放出的能量与 ADP 磷酸化生成 ATP 的过程相偶联生成 ATP 的方式。

2. 底物水平磷酸化 底物在分解代谢过程中，伴随脱氢或脱水反应，引起底物分子化学能重新分布和排列，形成高能化合物；这些高能化合物中的高能键水解释放的能量，与 ADP 磷酸化为 ATP 相偶联而生成 ATP，这种在被氧化的底物上发生的磷酸化作用而产生 ATP 的方式称为底物水平磷酸化。

3. 磷氧比 是指每消耗  $1\text{mol}$  氧原子所产生的 ATP 的物质的量。

4. 电子传递抑制剂 能够阻断电子传递链中某一部位电子传递的物质称为电子传递抑制剂。

5. 解偶联剂 某些化合物能够消除跨膜的质子浓度梯度或电位梯度，使 ATP 不能合成，这类能解除电子传递与 ADP 磷酸化偶联作用的化合物被称为解偶联剂。

6. 氧化磷酸化抑制剂 是指直接作用于线粒体  $\text{F}_0\text{F}_1$ -ATP 合酶复合体中的  $\text{F}_1$  组分而抑制 ATP 合成的一类化合物。

7.  $\text{F}_0\text{F}_1$ -ATP 合酶 ATP 合成是由一个酶的复合体系完成，也称为复合物 V，主要由  $\text{F}_0$  与  $\text{F}_1$  两部分构成，又称为  $\text{F}_0\text{F}_1$ -ATP 酶。

8. 穿梭作用 线粒体内膜有着较严格的通透选择性，能使胞液中  $\text{NADH}$  通过线粒体内膜进入线粒体氧化的作用。

### 二、填空题

1. 氧化磷酸化 底物水平磷酸化
2. 穿梭 两  $\alpha$ -磷酸甘油穿梭系统 苹果酸穿梭系统
3.  $\text{NADH}-\text{CoQ}$   $\text{Cytb}-\text{Cytc}$   $\text{Cyta}-\text{aa}_3-\text{O}_2$
4. 辅酶 Q
5. 与氧化态的细胞色素  $\text{aa}_3$  结合阻断电子从细胞色素  $\text{aa}_3$  向氧的传递作用

6. 5个 1个 O<sub>2</sub> CO CN
7. 呼吸链 5 内膜内侧 内膜外侧 电化学 F<sub>1</sub>-F<sub>0</sub> 复合体 内侧 2.5
8. 化学渗透学说
9. 2 合成 ATP H<sup>+</sup> 通道和整个复合体的基底 OSCP 寡霉素
10. 2,4-二硝基苯酚 破坏 H<sup>+</sup> 电化学梯度
11. NAD<sup>+</sup> FAD

### 三、单选题

1. C 2. B 3. A 4. B 5. B 6. B 7. C 8. C 9. B 10. E 11. A 12. E

### 四、是非题

1. × 2. × 3. √ 4. × 5. √

### 五、问答题

1. (1) 鱼藤酮、阿米妥以及杀粉蝶菌素 A, 它们的作用是阻断电子由 NADH 向辅酶 Q 的传递。鱼藤酮是从热带植物的根中提取出来的化合物, 它能和 NADH 脱氢酶牢固结合, 因而能阻断呼吸链的电子传递。鱼藤酮对黄素蛋白不起作用, 所以鱼藤酮可以用来鉴别 NADH 呼吸链与 FADH<sub>2</sub> 呼吸链。阿米妥的作用与鱼藤酮相似, 但作用较弱, 可用作麻醉药。杀粉蝶菌素 A 是辅酶 Q 的结构类似物, 由此可以与辅酶 Q 相竞争, 从而抑制电子传递。

(2) 抗霉素 A 是从链霉菌分离出的抗生素, 它抑制电子从细胞色素 b 到细胞色素 c<sub>1</sub> 的传递作用。

(3) 氰化物、一氧化碳、叠氮化合物及硫化氢可以阻断电子细胞色素 aa<sub>3</sub> 向氧的传递作用, 这也就是氰化物及一氧化碳中毒的原因。

2. 区别: 底物水平磷酸化中磷酸化反应的能量来自于底物的分解代谢过程中, 伴随脱氢或脱水反应, 引起底物分子化学键能重新分布和排列, 形成高能化合物。

电子传递体系磷酸化中磷酸化反应的能量来自于底物脱下的 2H (NADH + H<sup>+</sup> 或 FADH<sub>2</sub>) 经过电子传递链 (呼吸链) 传递到分子氧形成水的过程中所释放出的能量。

相同点: 都是 ATP 的生成方式。

3. (1) 线粒体内膜的电子传递链是一个质子泵。

(2) 电子由高能状态传递到低能状态时释放出来的能量, 用于驱动膜内侧的 H<sup>+</sup> 迁移到膜外侧 (内膜对 H<sup>+</sup> 是不通透的), 在膜内外侧产生了跨膜质子梯度和电位梯度。

(3) 在膜内外势能差的驱动下, 膜外高能质子沿着一个特殊通道 (ATP 合酶组成部分), 跨膜回到膜内侧。质子跨膜过程中释放的能量, 直接驱动 ADP 和磷酸合成 ATP。

4. DNP 能将线粒体氧化磷酸化和电子传递两个过程解偶联。DNP 是一种疏水性物质, 可以在膜中自由移动; 又是一种弱酸, 可以解离出质子。DNP 通过在线粒体内膜上的自由移动, 将线粒体电子传递过程中泵出的质子再带回线粒体内, 严重破坏线粒体内膜的质子梯度, 从而切断氧化磷酸化合成 ATP 的驱动力。但由于 DNP 不影响电子传递链本身的功能, 因此, DNP 存在时线粒体电子传递可以照常进行。

5. (1) 是机体能量的暂时贮存形式：在生物氧化中，ADP 能将呼吸链上电子传递过程中所释放的电化学能以磷酸化生成 ATP 的方式贮存起来，因此 ATP 是生物氧化中能量的暂时贮存形式。

(2) 是机体其他能量形式的来源：ATP 分子内所含有的高能键可转化成其他能量形式，以维持机体的正常生理机能，例如可转化成机械能、生物电能、热能、渗透能、化学合成能等。体内某些合成反应不一定都直接利用 ATP 供能，而以其他三磷酸核苷作为能量的直接来源。如糖原合成需 UTP 供能；磷脂合成需 CTP 供能；蛋白质合成需 GTP 供能。这些三磷酸核苷分子中的高能磷酸键并不是在生物氧化过程中直接生成的，而是来源于 ATP。

(3) 可生成 cAMP 参与激素作用：ATP 在细胞膜上的腺苷酸环化酶催化下，可生成 cAMP，作为许多肽类激素在细胞内体现生理效应的第二信使。

6. (1) 能荷，(2) 甲状腺素，(3) 呼吸链抑制剂，(4) 解偶联剂。

#### 7. 要点分析

(1) 氧消耗速率显示电子传递速率，ATP 合成速率显示氧化磷酸化。ADP 和磷酸是氧化磷酸化的底物，琥珀酸是产生 FADH<sub>2</sub> 的底物。

图 6-1：氧消耗曲线显示，在含有线粒体（完整电子传递链）的反应系统中加入 ADP 和磷酸，电子传递速率没有什么变化；当加入琥珀酸，氧消耗大幅度增加。说明电子传递需要电子供体（底物）。加入呼吸链抑制剂 CN<sup>-</sup> 完全抑制了电子传递。ATP 合成曲线和氧消耗曲线一致，说明只有 ADP 和磷酸是不能合成 ATP 的，ATP 的合成依赖于电子传递的进行。

图 6-2：ATP 合成曲线显示，仅有琥珀酸时 ATP 无法合成，只有当 ATP 合成底物 ADP 和磷酸也加入时，才合成 ATP。加入氧化磷酸化抑制剂寡霉素可以抑制氧化磷酸化，但同时氧消耗也同步降低，说明氧化磷酸化对电子传递有重要影响。

ATP 的合成依赖于电子传递的进行，反过来又作用于电子传递的现象说明线粒体电子传递和氧化磷酸化之间存在偶联关系。

(2) DNP 为解偶联剂，可以使氧化磷酸化和电子传递两个过程分离。因为 DNP 是一种疏水性物质，可以在膜中自由移动；它又是一种弱酸，可以解离出质子，将内膜外侧的质子运回到膜内侧，破坏了跨膜的质子梯度，从而使线粒体的氧化磷酸化因为没有驱动力而不能进行。DNP 存在时电子传递可以照常进行，因此氧消耗继续增加。

# 第七章

## 糖代谢

### 第十三次训练 多糖的降解、 糖酵解途径

#### 一、名词解释

1. EMP 途径 2. 无氧分解

#### 二、填空题

1. 体内糖原降解选用 \_\_\_\_\_ 方式切断  $\alpha$ -1,4-糖苷键，选用 \_\_\_\_\_ 方式切断  $\alpha$ -1,6-糖苷键。淀粉降解对应的酶分别是 \_\_\_\_\_ 和 \_\_\_\_\_。
2. 水解淀粉的酶类包括 \_\_\_\_\_ 和 \_\_\_\_\_。前者主要存在于动物消化道中，后者主要存在于植物中。其中 \_\_\_\_\_ 可以越过支链作用，催化活力较高。
3. 淀粉磷酸化酶催化淀粉降解的最初产物是 \_\_\_\_\_，糖原磷酸化酶催化糖原降解的最初产物是 \_\_\_\_\_。
4. 一分子游离的葡萄糖掺入到糖原中，然后在肝脏中重新转变为游离的葡萄糖，这一过程需要消耗 \_\_\_\_\_ 分子 ATP。
5. 糖酵解在细胞内的 \_\_\_\_\_ 中进行，该途径是将 \_\_\_\_\_ 转变为 \_\_\_\_\_，同时生成 \_\_\_\_\_ 的一系列酶促反应。
6. 在 EMP 途径中，经过 \_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_ 和 \_\_\_\_\_ 后，才能使一个葡萄糖分子裂解成 \_\_\_\_\_ 和 \_\_\_\_\_ 两个磷酸三糖。
7. \_\_\_\_\_ 催化的反应是 EMP 途径中的第一个氧化反应。\_\_\_\_\_ 分子中的磷酸基转移给 ADP 生成 ATP，是 EMP 途径中第一个产生 ATP 的反应。
8. EMP 途径中第二次底物水平磷酸化是 \_\_\_\_\_ 催化甘油酸-2-磷酸的分子内脱水反应，造成分子内能量重新排布，产生高能磷酸键，后者通过酶的作用将能量传给 ADP 生成 ATP。
9. 丙酮酸还原为乳酸，反应中的  $\text{NADH} + \text{H}^+$  来自 \_\_\_\_\_ 的氧化。
10. 糖酵解代谢可通过 \_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_ 和 \_\_\_\_\_ 得到调控，而其中尤以 \_\_\_\_\_ 为最重要的调控部位。
11. 葡萄糖的无氧分解只能产生 \_\_\_\_\_ 分子 ATP，而有氧分解可以产生 \_\_\_\_\_ 分子 ATP。
12. 乳酸脱氢酶在体内有 5 种同工酶，其中肌肉中的乳酸脱氢酶对 \_\_\_\_\_ 亲和力特别高，主要催化 \_\_\_\_\_ 反应。

### 三、单选题

1. [ ] 催化直链淀粉转化为支链淀粉的酶是哪个?  
 A. R 酶      B. D 酶      C. Q 酶      D.  $\alpha$ -1,6-糖苷酶
2. [ ] 支链淀粉降解分支点由下列哪个酶催化?  
 A.  $\alpha$ -淀粉酶和  $\beta$ -淀粉酶      B. Q 酶  
 C. 淀粉磷酸化酶      D. R 酶
3. [ ] 糖原中的  $\alpha$ -1,6 分支点数等于下列哪个?  
 A. 非还原端总数      B. 非还原端总数减 1  
 C. 还原端总数      D. 还原端总数减 1
4. [ ] 磷酸果糖激酶所催化的反应产物是下列哪个?  
 A. F-1-P      B. F-6-P      C. F-1,6-2P  
 D. G-6-P      E. G-1-P
5. [ ] 醛缩酶所催化的反应产物是下列哪个?  
 A. G-6-P      B. F-6-P      C. 1,3-二磷酸甘油酸  
 D. 3-磷酸甘油酸      E. 磷酸二羟丙酮
6. [ ] 糖酵解途径中，第二步产能的是下列哪个?  
 A. 1,3-二磷酸甘油酸到 3-磷酸甘油酸      B. 磷酸烯醇式丙酮酸到丙酮酸  
 C. 3-磷酸甘油醛到 1,3-二磷酸甘油酸      D. F-6-P 到 F-1,6-2P
7. [ ] 糖无氧分解有一步不可逆反应是下列哪个酶催化的?  
 A. 3-磷酸甘油醛脱氢酶      B. 丙酮酸激酶  
 C. 醛缩酶      D. 磷酸丙糖异构酶  
 E. 乳酸脱氢酶
8. [ ] 下列激酶（葡萄糖激酶、己糖激酶、果糖磷酸激酶、丙酮酸激酶）中哪些参与了 EMP 途径，分别催化途径中三个不可逆反应?  
 A. 葡萄糖激酶、己糖激酶、果糖磷酸激酶  
 B. 葡萄糖激酶、果糖磷酸激酶、丙酮酸激酶  
 C. 葡萄糖激酶、己糖激酶、丙酮酸激酶  
 D. 己糖激酶、果糖磷酸激酶、丙酮酸激酶  
 E. 都不对
9. [ ] C1 被同位素标记的葡萄糖分子经 EMP 途径降解为丙酮酸后，同位素标记可能出现在丙酮酸的哪一位 C 原子上?  
 A. C1      B. C2      C. C3  
 D. 都可能      E. 都不会
10. [ ]  $^{14}\text{C}$  标记葡萄糖分子的第 1,4 碳原子上经无氧分解为乳酸， $^{14}\text{C}$  应标记在乳酸的哪个位置?  
 A. 羧基碳上      B. 羟基碳上      C. 甲基碳上  
 D. 羟基和羧基碳上      E. 羧基和甲基碳上

11. [ ] 糖原中一个糖基转变为 2 分子乳酸，可净得几分子 ATP?
- A. 1                  B. 2                  C. 3  
 D. 4                  E. 5

#### 四、是非题

1. [ ] 高等动物中糖原磷酸化酶既可催化  $\alpha$ -1,4-糖苷键的形成，也可催化  $\alpha$ -1,4-糖苷键的分解。
2. [ ] 高等植物中淀粉磷酸化酶既可催化  $\alpha$ -1,4-糖苷键的形成，也可催化  $\alpha$ -1,4-糖苷键的分解。
3. [ ] 糖酵解是将葡萄糖氧化为  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$  的途径。
4. [ ] 剧烈运动后肌肉发酸是由于丙酮酸被还原为乳酸的结果。
5. [ ] 糖酵解过程在有氧和无氧条件下都能进行。
6. [ ] 糖酵解过程中，因葡萄糖和果糖的活化都需要 ATP，故 ATP 浓度高时，糖酵解速度加快。
7. [ ] 葡萄糖激酶对葡萄糖的专一性强，亲和力高，主要在肝脏用于糖原合成。
8. [ ] ATP 是果糖磷酸激酶 (PFK) 的别构抑制剂。
9. [ ] 肝脏果糖磷酸激酶 (PFK) 还受到 F-2,6-2P 的抑制。
10. [ ] 沿糖酵解途径简单逆行，可从丙酮酸等小分子前体物质合成葡萄糖。
11. [ ] 在缺氧条件下，丙酮酸还原为乳酸的意义之一是使  $\text{NAD}^+$  再生。
12. [ ] 糖酵解中重要的调节酶是磷酸果糖激酶。
13. [ ] 在生物体内  $\text{NADH} + \text{H}^+$  和  $\text{NADPH} + \text{H}^+$  的生理生化作用是相同的。

#### 五、问答题

- 简述糖酵解作用的生理意义。
- 糖酵解中的调解酶有哪些？受哪些因素调解？
- 用生化原理解释人体剧烈运动时肌肉有酸痛感。用代谢图表示。
- ATP 是果糖磷酸激酶的底物，为什么 ATP 浓度高，反而会抑制果糖磷酸激酶？

#### 【参考答案十三】

#### 一、名词解释

- EMP 途径 在生物体内葡萄糖经一系列反应生成丙酮酸的过程。
- 无氧分解 葡萄糖或糖原在无氧条件下被氧化成乳酸，同时释放出少量能量的过程。

#### 二、填空题

- 糖原磷酸化酶 脱支酶 淀粉酶 R 酶
- $\alpha$ -淀粉酶  $\beta$ -淀粉酶  $\alpha$ -淀粉酶
- 1-磷酸葡萄糖 1-磷酸葡萄糖
- 2

5. 细胞质 葡萄糖 丙酮酸 ATP 和 NADH
6. 磷酸化 异构化 再磷酸化 3-磷酸甘油醛 磷酸二羟丙酮
7. 3-磷酸甘油醛脱氢酶 1,3-二磷酸甘油酸
8. 烯醇化酶
9. 3-磷酸甘油醛
10. 己糖激酶 磷酸果糖激酶 丙酮酸激酶 磷酸果糖激酶
11. 2 30 (32)
12. 丙酮酸 乳酸生成

### 三、单选题

1. C 2. D 3. B 4. C 5. E 6. B 7. B 8. D 9. C 10. E 11. C

### 四、是非题

1. × 2. × 3. × 4. √ 5. √ 6. × 7. × 8. √ 9. × 10. × 11. √
12. √ 13. ×

### 五、问答题

1. 糖酵解的生物学意义为：为代谢提供能量；为其他代谢提供中间产物；为三羧酸循环提供丙酮酸。

2. (1) 磷酸果糖激酶是最关键的限速酶：ATP/AMP 值对该酶活性的调节有重要的生理意义。当 ATP 浓度较高时，该酶几乎无活性，酵解作用减弱；当 AMP 积累，ATP 较少时，酶活性恢复，酵解作用增强。 $H^+$  可抑制磷酸果糖激酶活性，它可防止肌肉中形成过量乳酸而使血液酸中毒。柠檬酸可增加 ATP 对酶的抑制作用； $\beta$ -D-果糖-2,6-二磷酸可消除 ATP 对酶的抑制效应，使酶活化。

(2) 己糖激酶活性的调控：G-6-P 是该酶的别构抑制剂。果糖二磷酸激酶活性被抑制时，可使 G-6-P 积累，酵解作用减弱。因 G-6-P 可转化为糖原及磷酸戊糖，因此己糖激酶不是酵解过程关键的限速酶。

(3) 丙酮酸激酶活性的调节：果糖-1,6-二磷酸是该酶的激活剂，加速酵解速度。丙氨酸是该酶的别构抑制剂。酵解产物丙酮酸为丙氨酸的生成提供了碳骨架。丙氨酸抑制丙酮酸激酶的活性，可避免丙酮酸过剩。此外，ATP、乙酰 CoA 等也可抑制该酶活性，减弱酵解作用。

3. 略。

4. 因磷酸果糖激酶是别构酶，ATP 是其别构抑制剂，该酶受 ATP/AMP 值的调节，所以当 ATP 浓度高时，酶活性受到抑制。

## 第十四次训练 糖的有氧氧化、磷酸戊糖途径

### 一、名词解释

1. HMP 途径 2. TCA 循环 3. 有氧氧化 4. 回补反应

## 二、填空题

1. 丙二酸是琥珀酸脱氢酶的\_\_\_\_\_抑制剂。
2. 丙酮酸脱氢酶系位于\_\_\_\_\_上，它所催化的丙酮酸氧化脱羧是葡萄糖代谢中第一个产生\_\_\_\_\_的反应。
3. 丙酮酸形成乙酰 CoA 是由\_\_\_\_\_催化的，该酶是一个包括\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_的复合体。
4. 丙酮酸氧化脱羧形成\_\_\_\_\_，然后和\_\_\_\_\_结合才能进入三羧酸循环，形成第一个产物\_\_\_\_\_。
5. 三羧酸循环有\_\_\_\_\_次脱氢反应，\_\_\_\_\_次受氢体为\_\_\_\_\_，\_\_\_\_\_次受氢体为\_\_\_\_\_。
6. 戊糖磷酸途径是\_\_\_\_\_代谢的另一条主要途径，广泛存在于动物、植物、微生物体内，在细胞的\_\_\_\_\_内进行。
7. 磷酸戊糖途径可分为\_\_\_\_\_个阶段，分别称为\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_，\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_这两种脱氢酶的辅酶是\_\_\_\_\_。
8. 在磷酸戊糖途径中催化由酮糖向醛糖转移三碳单位的酶为\_\_\_\_\_。
9. 丙酮酸脱氢脱羧反应中 5 种辅助因子按反应顺序是\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
10.  $\alpha$ -酮戊二酸脱氢酶系包括 3 种酶，它们是\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。
11. TCA 循环的第一个产物是\_\_\_\_\_。由\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_所催化的反应是该循环的主要限速反应。
12. TCA 循环中有二次脱羧反应，分别是由\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_催化。脱去的 CO<sub>2</sub> 中的 C 原子分别来自于草酰乙酸中的\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
13. 将乙酰 CoA 的两个 C 原子用同位素标记后，经一轮 TCA 循环后，这两个同位素 C 原子的去向是\_\_\_\_\_，二轮循环后这两个同位素 C 原子的去向是\_\_\_\_\_。
14. TCA 循环中大多数酶位于\_\_\_\_\_，只有\_\_\_\_\_位于线粒体内膜。
15. 糖酵解产生的 NADH+H<sup>+</sup> 必须依靠\_\_\_\_\_或\_\_\_\_\_才能进入线粒体，分别转变为线粒体中的\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
16. 通过戊糖磷酸途径可以产生\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_这些重要化合物。
17. 在 HMP 途径的不可逆氧化阶段中，\_\_\_\_\_被\_\_\_\_\_氧化脱羧生成\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
18. 戊糖磷酸途径中转酮酶的辅助因子是\_\_\_\_\_，转移的基团是\_\_\_\_\_，对酮糖受体的要求是\_\_\_\_\_。

## 三、单选题

1. [ ] 三羧酸循环的限速酶是哪个？

- A. 丙酮酸脱氢酶      B. 顺乌头酸酶      C. 琥珀酸脱氢酶  
 D. 异柠檬酸脱氢酶    E. 延胡索酸酶
2. [ ] 三羧酸循环中催化琥珀酸形成延胡索酸的琥珀酸脱氢酶的辅助因子是哪个?  
 A. NAD<sup>+</sup>      B. CoA-SH      C. FAD  
 D. TPP      E. NADP<sup>+</sup>
3. [ ] 一分子乙酰 CoA 经三羧酸循环彻底氧化后产物是什么?  
 A. 草酰乙酸      B. 草酰乙酸和 CO<sub>2</sub>  
 C. CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O      D. CO<sub>2</sub>、NADH 和 FADH<sub>2</sub>
4. [ ] 胞浆中 1mol 乳酸彻底氧化后, 产生的 ATP 数是多少?  
 A. 14 或 15      B. 11 或 12      C. 13 或 14      D. 15 或 16
5. [ ] 胞浆中形成的 NADH+H<sup>+</sup> 经苹果酸穿梭后, 每 1mol 产生的 ATP 数是多少?  
 A. 1.5      B. 2.5      C. 4      D. 5
6. [ ] 下述哪个酶催化的反应不属于底物水平磷酸化反应?  
 A. 磷酸甘油酸激酶      B. 磷酸果糖激酶  
 C. 丙酮酸激酶      D. 琥珀酸辅酶 A 合成酶
7. [ ] 1 分子丙酮酸完全氧化分解产生多少 CO<sub>2</sub> 和 ATP?  
 A. 3CO<sub>2</sub> 和 12.5ATP      B. 2CO<sub>2</sub> 和 10ATP  
 C. 3CO<sub>2</sub> 和 11.5ATP      D. 3CO<sub>2</sub> 和 12ATP
8. [ ] 关于三羧酸循环过程的叙述正确的是哪个?  
 A. 循环一周可产生 4 个 NADH+H<sup>+</sup>  
 B. 循环一周可产生 2 个 ATP  
 C. 丙二酸可抑制延胡索酸转变为苹果酸  
 D. 琥珀酰 CoA 是  $\alpha$ -酮戊二酸转变为琥珀酸的中间产物
9. 由琥珀酸→草酰乙酸时的 P/O 是多少?  
 A. 2      B. 2.5      C. 3  
 D. 3.5      E. 4
10. [ ] 哪步反应是通过底物水平磷酸化方式生成高能化合物的?  
 A. 草酰琥珀酸→ $\alpha$ -酮戊二酸      B.  $\alpha$ -酮戊二酸→琥珀酰 CoA  
 C. 琥珀酰 CoA→琥珀酸      D. 琥珀酸→延胡索酸  
 E. 苹果酸→草酰乙酸
11. [ ] 丙酮酸脱氢酶系催化的反应不需要下述哪种物质?  
 A. 乙酰 CoA      B. 硫辛酸      C. TPP  
 D. 生物素      E. NAD<sup>+</sup>
12. [ ] 丙酮酸脱氢酶系是个复杂的结构, 包括多种酶和辅助因子。下列化合物中哪个不是丙酮酸脱氢酶系组分?  
 A. TPP      B. 硫辛酸      C. FMN  
 D. Mg<sup>2+</sup>      E. NAD<sup>+</sup>
13. [ ] 丙酮酸脱氢酶系受到哪些因素调控?  
 A. 产物激活、能荷调控、磷酸化共价调节

- B. 产物抑制、能荷调控、酶的诱导  
 C. 产物抑制、能荷调控、磷酸化共价调节  
 D. 能荷调控、磷酸化共价调节、酶的诱导  
 E. 能荷调控、酶的诱导
14. [ ] 下述那种情况可导致丙酮酸脱氢酶系活性升高?  
 A. ATP/ADP 值升高                            B.  $\text{CH}_3\text{COSCoA}/\text{CoA}$  值升高  
 C. NADH/NAD<sup>+</sup> 值升高                            D. 能荷升高                            E. 能荷下降
15. [ ] 三羧酸循环的下列反应中非氧化还原的步骤是哪个?  
 A. 柠檬酸→异柠檬酸                            B. 异柠檬酸→ $\alpha$ -酮戊二酸  
 C.  $\alpha$ -酮戊二酸→琥珀酸                            D. 琥珀酸→延胡索酸
16. [ ] 糖分解代谢途径的交叉点是哪个?  
 A. 6-磷酸葡萄糖                            B. 1-磷酸葡萄糖                            C. 6-磷酸果糖                            D. 1,6-二磷酸果糖
17. [ ] 下列化合物中除哪个外，均可抑制三羧酸循环?  
 A. 亚砷酸盐                                    B. 丙二酸                                    C. 氟乙酸  
 D. 乙酰 CoA                                    E. 琥珀酰 CoA
18. [ ] 下列各中间产物中，哪一个是磷酸戊糖途径所特有的?  
 A. 丙酮酸                                    B. 3-磷酸甘油醛                            C. 6-磷酸果糖  
 D. 1,3-二磷酸甘油酸                            E. 6-磷酸葡萄糖酸
19. [ ] 关于磷酸戊糖途径的叙述错误的是哪个?  
 A. 6-磷酸葡萄糖转变为戊糖  
 B. 6-磷酸葡萄糖转变为戊糖时每生成 1 分子  $\text{CO}_2$ ，同时生成 1 分子  $\text{NADH} + \text{H}^+$   
 C. 6-磷酸葡萄糖生成磷酸戊糖需要脱羧  
 D. 此途径生成  $\text{NADPH} + \text{H}^+$  和磷酸戊糖

#### 四、是非题

1. [ ] TCA 中底物水平磷酸化直接生成的是 ATP。  
 2. [ ] 三羧酸循环提供大量能量是因为经底物水平磷酸化直接生成 ATP。  
 3. [ ] 糖的有氧分解是能量的主要来源，因此糖分解代谢愈旺盛，对生物体愈有利。  
 4. [ ] 三羧酸循环被认为是需氧途径，因为氧在循环中是一些反应的底物。  
 5. [ ] 丙酮酸脱氢酶系中电子传递方向为硫辛酸→FAD→NAD<sup>+</sup>。  
 6. [ ] 三羧酸循环的所有中间产物中，只有草酰乙酸可以被该循环中的酶完全降解。  
 7. [ ] 三羧酸循环可以产生  $\text{NADH} + \text{H}^+$  和  $\text{FADH}_2$ ，但不能直接产生 ATP。  
 8. [ ] 所有来自戊糖磷酸途径的还原能都是在该循环的前几步反应中产生的。  
 9. [ ] HMP 途径的主要功能是提供能量。

#### 五、问答题

- 简述三羧酸循环的要点及生理意义。
- 三羧酸循环必须用再生的草酰乙酸启动，指出该化合物的可能来源（回补反应）。
- 为什么说三羧酸循环是糖、脂和蛋白质三大营养物质代谢的共同途径？

4. 简述磷酸戊糖途径的生理意义。

### 【参考答案十四】

#### 一、名词解释

1. HMP 途径 是由 6-磷酸葡萄糖开始氧化脱羧生成磷酸戊糖经过戊糖分子的重排重新生成 6-磷酸葡萄糖的过程。
2. TCA 循环 是乙酰 CoA 与草酰乙酸缩合生成柠檬酸，经一系列酶促反应再形成草酰乙酸的过程，也称为柠檬酸循环。
3. 有氧氧化 在氧供应充足时，大部分葡萄糖被彻底氧化成二氧化碳和水，同时释放出大量能量，这一过程称为糖的有氧分解。
4. 回补反应 对三羧酸循环的中间产物有补充作用的反应称为回补反应。

#### 二、填空题

1. 竞争性
2. 线粒体内膜  $\text{CO}_2$
3. 丙酮酸脱氢酶系 丙酮酸脱氢酶 二氢硫辛酸转乙酰酶 二氢硫辛酸脱氢酶
4. 乙酰辅酶 A 草酰乙酸 柠檬酸
5. 4 3  $\text{NAD}^+$  1  $\text{FAD}$
6. 糖分解 细胞质
7. 两 氧化 非氧化 6-磷酸葡萄糖脱氢酶 6-磷酸葡萄糖酸脱氢酶  $\text{NADP}^+$
8. 转醛醇酶
9. TPP 硫辛酸 CoA FAD  $\text{NAD}^+$
10.  $\alpha$ -酮戊二酸脱氢酶 二氢硫辛酸转琥珀酰酶 二氢硫辛酰脱氢酶
11. 柠檬酸 柠檬酸合成酶 异柠檬酸脱氢酶  $\alpha$ -酮戊二酸脱氢酶系
12. 异柠檬酸脱氢酶  $\alpha$ -酮戊二酸脱氢酶系 1 位碳 4 位碳
13. 草酰乙酸 50% 转化为  $\text{CO}_2$
14. 线粒体内 琥珀酸脱氢酶
15.  $\alpha$ -磷酸甘油穿梭系统 苹果酸穿梭系统  $\text{FADH}_2$   $\text{NADH} + \text{H}^+$
16. 磷酸戊糖  $\text{NADPH} + \text{H}^+$  6-磷酸果糖
17. 6-磷酸葡萄糖酸 6-磷酸葡萄糖酸脱氢酶 5-磷酸核酮糖  $\text{CO}_2$   $\text{NADPH} + \text{H}^+$
18. TPP 醇羟基 醛

#### 三、单选题

1. D 2. C 3. D 4. A 5. B 6. B 7. A 8. D 9. A 10. C 11. D 12. C
13. C 14. E 15. A 16. A 17. D 18. E 19. B

#### 四、是非题

1. × 2. × 3. × 4. × 5. √ 6. × 7. × 8. √ 9. ×

## 五、问答题

1. 三羧酸循环的生物学意义为：大量供能；糖、脂肪、蛋白质代谢枢纽；物质彻底氧化的途径；为其他代谢途径供出中间产物。
2. 提示：回补反应（写出具体反应式）
  - (1) 丙酮酸羧化反应
  - (2) 磷酸烯醇式丙酮酸的羧化反应
  - (3) 天冬氨酸的转氨基作用
3. (1) 三羧酸循环是乙酰 CoA 最终氧化生成 CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>O 的途径。
  - (2) 糖代谢产生的碳骨架最终进入三羧酸循环氧化。
  - (3) 脂肪分解产生的甘油可通过有氧氧化进入三羧酸循环氧化，脂肪酸经  $\beta$ -氧化产生乙酰 CoA 可进入三羧酸循环氧化。
  - (4) 蛋白质分解产生的氨基酸经脱氨后碳骨架可进入三羧酸循环，同时，三羧酸循环的中间产物可作为氨基酸的碳骨架接受氨后合成必需氨基酸。所以，三羧酸循环是三大物质代谢共同通路。
4. 是指从 6-磷酸葡萄糖开始，经过氧化脱羧、糖磷酸酯间的互变，最后形成 6-磷酸果糖和 3-磷酸甘油醛的过程。其生物学意义为：产生生物体重要的还原剂——NADPH；供出三到七碳糖等中间产物，以被核酸合成、糖酵解、次生物质代谢所利用；在一定条件下可氧化供能。

## 第十五次训练 糖异生作用、多糖的合成

### 一、名词解释

1. 糖异生作用 2. 乳酸循环

### 二、填空题

1. 在 \_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_ 和 \_\_\_\_\_ 4 种酶的参与情况下，糖酵解可以逆转。
2. 在外周组织中，葡萄糖转变为乳酸，乳酸经血液循环到肝脏，经糖原异生再变为葡萄糖，这个过程称为 \_\_\_\_\_ 循环，该循环净效应是 \_\_\_\_\_ 能量的。
3. 糖异生主要在 \_\_\_\_\_ 中进行，饥饿或酸中毒等病理条件下 \_\_\_\_\_ 也可以进行糖异生。
4. 催化丙酮酸生成磷酸烯醇式丙酮酸的酶是 \_\_\_\_\_，它需要 \_\_\_\_\_ 和 \_\_\_\_\_ 作为辅助因子。
5. 植物体内的蔗糖合成酶催化的蔗糖生物合成中葡萄糖基的供体是 \_\_\_\_\_，葡萄糖基的受体是 \_\_\_\_\_；在磷酸蔗糖合成酶催化的生物合成中，葡萄糖基的供体是 \_\_\_\_\_，葡萄糖基的受体是 \_\_\_\_\_。
6. 由葡萄糖合成蔗糖和淀粉时，葡萄糖要转变成活化形式，其主要活化形式是 \_\_\_\_\_。

\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。

### 三、单选题

1. [ ] 下面哪种酶在糖酵解和糖异生作用中都起作用?
  - A. 丙酮酸激酶
  - B. 丙酮酸羧化酶
  - C. 3-磷酸甘油酸脱氢酶
  - D. 己糖激酶
  - E. 果糖-1,6-二磷酸酯酶
2. [ ] 下列哪一种物质不是糖异生的原料?
  - A. 乳酸
  - B. 丙酮酸
  - C. 乙酰 CoA
  - D. 生糖氨基酸
3. [ ] 丙酮酸激酶是下列哪种途径的关键酶:
  - A. 磷酸戊糖途径
  - B. 糖异生
  - C. 糖的有氧氧化
  - D. 糖原合成与分解
  - E. 糖酵解
4. [ ] 丙酮酸羧化酶是哪一个途径的关键酶?
  - A. 糖异生
  - B. 磷酸戊糖途径
  - C. 胆固醇合成
  - D. 血红素合成
  - E. 脂肪酸合成
5. [ ] 丙酮酸羧化支路中的丙酮酸羧化酶, 需下列化合物中除哪个以外的所有辅助因子?
  - A. 生物素
  - B.  $Mg^{2+}$
  - C. 乙酰 CoA
  - D. 草酰乙酸
  - E. ATP
6. [ ] 在肝脏中二分子乳酸转变为一分子葡萄糖, 需要消耗几分子 ATP?
  - A. 2
  - B. 3
  - C. 4
  - D. 5
  - E. 6
7. [ ] 下列途径中哪个主要发生在线粒体中?
  - A. 糖酵解途径
  - B. 三羧酸循环
  - C. 戊糖磷酸途径
  - D. 脂肪酸合成(从头合成)
  - E. 三碳循环
8. [ ] 用于糖原合成的葡萄糖-1-磷酸首先要经什么化合物的活化?
  - A. ATP
  - B. CTP
  - C. GTP
  - D. UTP
  - E. TTP
9. [ ] 糖原合成酶的别构激活剂是什么?
  - A. ADP
  - B. ATP
  - C. AMP
  - D. 葡萄糖-1-磷酸
  - E. 葡萄糖-6-磷酸

### 四、是非题

1. [ ] 甘油不能作为糖异生作用的前体。
2. [ ] 沿糖酵解途径简单逆行, 可从丙酮酸等小分子前体物质合成葡萄糖。
3. [ ] 寡糖和多糖的合成原料单糖必须经过活化才能被利用。
4. [ ] 机体各组织器官均能进行糖异生途径。
5. [ ] 糖原的合成是在线粒体内完成。

### 五、问答题

1. 简述糖异生作用的生理意义及其关键酶。

2. 糖异生过程是否为糖酵解的逆反应，为什么？
3. 试述由乳酸生成葡萄糖的过程。
4. 丙酮酸羧化酶催化丙酮酸转变为草酰乙酸。但是，只有在乙酰 CoA 存在时，它才表现出较高的活性。乙酰 CoA 的这种活化作用，其生理意义何在？
5. 多糖（糖原、淀粉、纤维素为例）合成的共性是什么？
6. 结合激素的作用机制，说明肾上腺素如何通过对有关酶类的活性的复杂调控，实现对血糖浓度的调控？

### 【参考答案十五】

#### 一、名词解释

1. 糖异生作用 非糖物质如甘油、丙酮酸、乳酸以及某些氨基酸等在肝脏中转变为葡萄糖的过程称糖异生作用。
2. 乳酸循环 肌肉在缺氧情况下，糖酵解加强，产生大量乳酸，通过细胞膜弥散进入血液并运至肝脏；在肝脏中乳酸通过糖异生作用重新生成葡萄糖，葡萄糖释放进入血液，经血液循环被肌肉利用，如此构成一个循环，称为乳酸循环，也称为 Cori 循环。

#### 二、填空题

1. 丙酮酸羧化酶 PEP 羧激酶 果糖二磷酸酶 6-磷酸葡萄糖酶
2. 乳酸循环 ATP 水解释放
3. 肝 肾
4. 丙酮酸羧化酶 生物素  $Mg^{2+}$
5. UDPG 果糖 UDPG 6-磷酸果糖
6. UDPG ADPG

#### 三、单选题

1. C 2. C 3. E 4. A 5. C 6. C 7. B 8. D 9. E

#### 四、是非题

1. × 2. × 3. √ 4. × 5. ×

#### 五、问答题

1. 糖异生作用是指非糖物质转变为糖的过程。动物中可保持血糖浓度，有利于乳酸的利用和协助氨基酸的代谢；植物体中主要在于脂肪转化为糖。关键酶：丙酮酸羧化酶、磷酸烯醇式丙酮酸羧激酶、果糖二磷酸酶、6-磷酸葡萄糖酶。
2. 糖异生过程不是糖酵解的逆反应，各类非糖物质转变为葡萄糖的过程基本上按糖酵解逆行过程进行。但从丙酮酸转变为糖的过程中，并非完全是糖酵解的逆转反应。因为糖酵解过程中有三个激酶的催化反应是不可逆的，必须使这三步反应变成可逆反应才能保证糖异生途径的正常进行。

(1) 丙酮酸转变为磷酸烯醇式丙酮酸反应是糖异生途径的第一步不可逆反应。即丙酮酸在丙酮酸羧化酶的催化下，固定  $\text{CO}_2$ ，由 ATP 供应能量，生成草酰乙酸，后者在磷酸烯醇式丙酮酸羧激酶的催化下由 GTP 提供磷酸基，脱羧生成磷酸烯醇式丙酮酸。

(2) 6-磷酸果糖转变为 1,6-二磷酸果糖是糖异生途径的第二步不可逆反应。需借果糖二磷酸酶的催化水解，脱去一磷酸生成果糖-6-磷酸。

(3) 6-磷酸葡萄糖转变为葡萄糖是糖异生途径的第三步不可逆反应。6-磷酸葡萄糖在 6-磷酸葡萄糖酸酶作用下水解生成葡萄糖。

3. 略。

4. 当乙酰 CoA 的生成速率大于它进入三羧酸循环的速率时，乙酰 CoA 就会积累。积累的乙酰 CoA 可以激活丙酮酸羧化酶，使丙酮酸直接转化为草酰乙酸。新合成的草酰乙酸既可以进入三羧酸循环，也可以进入糖异生途径。当细胞内能荷较高时，草酰乙酸主要进入糖异生途径，这样不断消耗了丙酮酸，控制了乙酰 CoA 的来源。当细胞内能荷较低时，草酰乙酸进入三羧酸循环，草酰乙酸增多加快了乙酰 CoA 进入三羧酸循环的速率。因此不管草酰乙酸的去向如何，最终效应都是使体内的乙酰 CoA 趋于平衡。

5. 都以糖核苷酸作为葡萄糖供体，需要一段引物。淀粉合成：ADPG 作为葡萄糖基供体 (UDPG 也可以用，ADPG 反应比 UDPG 快 10 倍)；糖原合成：UDPG 作为葡萄糖基供体；纤维素合成：NDPG 作为葡萄糖基供体 (GDPG、UDPG)。

6. 人在饥饿时，血糖浓度较低，促进肾上腺素髓质分泌肾上腺素，肾上腺素与靶细胞膜受体结合，活化了邻近的 G 蛋白，后者使膜上的腺苷酸环化酶活化，活化的腺苷酸环化酶催化 ATP 环化生成 cAMP，cAMP 作为激素在细胞内信号（第二信使）活化蛋白激酶 A，蛋白激酶 A 可使无活性的糖原磷酸化酶磷酸化生成有活性的糖原磷酸化酶，使糖原合成酶磷酸化失去活性，引起糖原分解加强，糖原合成减弱，达到维持血糖浓度的目的。

# 第八章

## 脂类物质的代谢

### 第十六次训练 脂肪降解、脂肪酸分解代谢

#### 一、名词解释

1. 脂肪动员      2. 激素敏感性脂肪酶      3. 脂肪酸的  $\alpha$ -氧化      4. 脂肪酸的  $\beta$ -氧化  
5. 脂肪酸的  $\omega$ -氧化      6. 酮体      7. 乙醛酸循环      8. 肉毒碱穿梭系统

#### 二、填空题

1. 极低密度脂蛋白的主要生理功能是\_\_\_\_\_。  
2. 乳糜微粒的主要生理功能是\_\_\_\_\_。  
3. \_\_\_\_\_是动物和许多植物的主要能量贮存形式，是由\_\_\_\_\_与3分子\_\_\_\_\_酯化而成的。  
4. 脂酸的\_\_\_\_\_是Knoop于1904年最初提出来的。  
5. 每分子脂肪酸被活化为脂酰-CoA需消耗\_\_\_\_\_个高能磷酸键。  
6. 脂肪酸在线粒体内降解的第一步反应是\_\_\_\_\_脱氢，该反应的载氢体是\_\_\_\_\_。  
7. 在所有的细胞中，活化酰基化合物的主要载体是\_\_\_\_\_。  
8. 饱和脂酰-CoA的 $\beta$ -氧化主要经过\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_4步反应，脂肪酸 $\beta$ -氧化中有三种中间产物：甲、羟脂酰-CoA，乙、烯脂酰-CoA，丙、酮脂酰-CoA，按反应顺序排序为\_\_\_\_\_； $\beta$ -氧化反应的重要终产物是\_\_\_\_\_。  
9. 一分子脂酰-CoA经一次 $\beta$ -氧化可生成\_\_\_\_\_和比原来少两个碳原子的脂酰-CoA。  
10. 脂肪酸 $\beta$ -氧化是在\_\_\_\_\_中进行的，氧化时第一次脱氢的受氢体是\_\_\_\_\_，第二次脱氢的受氢体\_\_\_\_\_。  
11. 一个碳原子数为n(n为偶数)的脂肪酸在 $\beta$ -氧化中需经\_\_\_\_\_次 $\beta$ -氧化循环，生成\_\_\_\_\_个乙酰CoA、\_\_\_\_\_个FADH<sub>2</sub>和\_\_\_\_\_个NADH+H<sup>+</sup>。  
12. 乙醛酸循环中不同于TCA循环的两个关键酶是\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。  
13. 在动植物中，脂酸降解主要途径是\_\_\_\_\_作用，而石油可被某些细菌降解，其起始步骤是\_\_\_\_\_作用。  
14. 酮体包括\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_三种化合物。  
15. 乙醛酸循环中的两个关键酶是\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_，使异柠檬酸避免了在\_\_\_\_\_循环中的两次\_\_\_\_\_反应，实现了以乙酰CoA合成\_\_\_\_\_循环的中间产物。

16. 发芽油料种子中，脂肪酸要转化为葡萄糖，这个过程涉及三羧酸循环、乙醛酸循环、糖降解逆反应，也涉及细胞质、线粒体、乙醛酸循环体，将反应途径与细胞部位配套并按反应顺序排序为\_\_\_\_\_。

### 三、单选题

1. [ ] 下列物质中的哪个负责将游离脂酸从脂肪组织运输到肌肉组织内进行氧化降解？
 

A. 酰基载体蛋白 (ACP)	B. 低密度脂蛋白 (LDL)
C. 高密度脂蛋白 (HDL)	D. 血浆清蛋白
E. 固醇载体蛋白 (SCP)	
2. [ ] 乳糜微粒、中间密度脂蛋白 (IDL)、低密度脂蛋白 (LDL) 和极低密度脂蛋白 (VLDL) 都是血清脂蛋白，这些颗粒若按密度从低到高排列，正确的次序应为下列哪个？
 

A. LDL, IDL, VLDL, 乳糜微粒	B. 乳糜微粒, VLDL, IDL, LDL
C. VLDL, IDL, LDL, 乳糜微粒	D. 乳糜微粒, VLDL, LDL, IDL
E. LDL, VLDL, IDL, 乳糜微粒	
3. [ ] 乳糜微粒是由下列哪些物质组成？①甘油三酯，②胆固醇，③磷脂，④蛋白质
 

A. ①②③	B. ①③	C. ②④
D. ④	E. ①②③④	
4. [ ] 脂酰基载体蛋白 (ACP) 的功能是下列哪个？
 

①转运胆固醇，②激活脂蛋白脂肪酶，③转运脂酸，④脂酸合成酶系的核心		
A. ①②③	B. ①③	C. ②④
D. ④	E. ①②③④	
5. [ ] 所有脂蛋白均含有：①胆固醇，②磷脂，③甘油三酯，④载脂蛋白
 

A. ①②③	B. ①③	C. ②④
D. ④	E. ①②③④	
6. [ ] 能抑制甘油三酯分解的激素是哪个？
 

A. 甲状腺激素	B. 去甲肾上腺素	C. 胰岛素
D. 肾上腺素	E. 生长素	
7. [ ] 抗脂解激素是哪个？
 

A. 肾上腺素	B. 去甲肾上腺素	C. 胰岛素
D. 生长素	E. 胰高血糖素	
8. [ ] 下列哪种酶是脂肪分解的限速酶？
 

A. 蛋白激酶	B. 甘油一酯脂肪酶
C. 甘油二酯脂肪酶	D. 激素敏感性甘油三酯脂肪酶
E. 甘油激酶	
9. [ ] 脂肪酸的活化形式是什么？
 

A. 脂肪酸-清蛋白复合物	B. 脂肪
C. 脂酰 CoA	D. 磷脂酰胆碱
E. 甘油酯	
10. [ ] 下列哪一生化反应在线粒体内进行？
 

--	--

- A. 脂肪酸  $\beta$ -氧化      B. 脂肪酸生物合成  
 C. 甘油三酯的生物合成      D. 糖酵解  
 E. 甘油磷脂的合成
11. [ ] 脂肪酸彻底氧化的产物是什么?  
 A. 乙酰 CoA      B. 脂酰 CoA      C. 丙酰 CoA  
 D. 乙酰 CoA 及 FADH<sub>2</sub>、NADH+H<sup>+</sup>      E. H<sub>2</sub>O、CO<sub>2</sub> 及释出的能量
12. [ ] 在长链脂酸的代谢中，脂酸  $\beta$ -氧化循环的继续与下列哪个酶无关?  
 A. 脂酰 CoA 脱氢酶      B.  $\beta$ -羟脂酰 CoA 脱氢酶  
 C. 烯脂酰 CoA 水化酶      D.  $\beta$ -酮脂酰 CoA 硫解酶  
 E. 硫激酶
13. [ ] 为了使长链脂酰基从胞浆转运到线粒体内进行脂酸的  $\beta$ -氧化，所需要的载体为下列哪个?  
 A. 柠檬酸      B. 肉碱      C. 酰基载体蛋白  
 D.  $\alpha$ -磷酸甘油      E. CoA
14. [ ] 下列叙述中哪个最正确地描述了肉碱的功能?  
 A. 它转运中度链长的脂酸进入肠上皮细胞  
 B. 它转运中度链长的脂酸通过线粒体内膜  
 C. 它是维生素 A 的一个衍生物，并参与了视网膜的暗适应作用  
 D. 它参与了由转移酶催化的转酰基反应  
 E. 它是脂酸合成酶促反应中所需的一个辅酶
15. [ ] 脂酰 CoA 在肝脏中进行  $\beta$ -氧化的酶促反应顺序为下列哪个?  
 A. 脱水、加氢、再脱水、硫解      B. 脱氢、加水、再脱氢、硫解  
 C. 脱氢、加水、加氢、硫解      D. 加氢、脱水、脱氢、硫解  
 E. 脱氢、加水、再脱氢、裂解
16. [ ] 关于脂肪酸的  $\beta$ -氧化，叙述正确的是下列哪个?  
 A. 脂肪酸活化是由线粒体内的脂肪酰辅酶 A 合成酶催化的  
 B. 脂肪酸或脂酰 CoA 可自由进入线粒体  
 C. 是体内利用脂肪酸的唯一途径  
 D. 每进行 1 次  $\beta$ -氧化，生成 1 分子乙酰 CoA 和比原来少 2 个碳的新脂酰 CoA  
 E. 氧化过程是脂肪酸和辅酶 A 在 CTP 参与下生成脂酰 CoA
17. [ ] 下列关于脂酸  $\beta$ -氧化作用的叙述，哪个是正确的?  
 A. 起始于脂酰 CoA      B. 对细胞来说，没有产生有用的能量  
 C. 被肉碱抑制      D. 主要发生在细胞核中  
 E. 通过每次移去三碳单位而缩短脂酸链
18. [ ] 下列关于脂酸连续性  $\beta$ -氧化作用的叙述，哪个是错误的?  
 A. 脂酸仅需一次活化，消耗 ATP 分子的两个高能键  
 B. 除硫激酶外，其余所有的酶都属于线粒体酶  
 C.  $\beta$ -氧化包括脱氢、水化、脱氢和硫解等重复步骤  
 D. 这过程涉及 NADP<sup>+</sup> 的还原

- E. 氧化中除去的碳原子可进一步利用
19. [ ]  $\beta$ -氧化第一次脱氢反应的辅酶是什么?  
 A. NAD<sup>+</sup>      B. NADP<sup>+</sup>      C. FMN  
 D. FAD      E. TPP
20. [ ] 下列化合物中除哪个外都能随着脂酸  $\beta$ -氧化的不断进行而产生?  
 A. H<sub>2</sub>O      B. 乙酰 CoA      C. 脂酰 CoA  
 D. NADH+H<sup>+</sup>      E. FADH<sub>2</sub>
21. [ ] 缺乏维生素 B<sub>2</sub>,  $\beta$ -氧化过程中哪一个中间产物合成受到障碍?  
 A. 脂酰 CoA      B.  $\beta$ -酮脂酰 CoA      C.  $\alpha, \beta$ -烯脂酰 CoA  
 D. L- $\beta$ -羟脂酰 CoA      E. 乙酰 CoA
22. [ ] 一分子甘油在肝组织彻底氧化生成 CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>O, 净生成 ATP 分子的数目是多少?  
 A. 17.5      B. 18.5      C. 20.5  
 D. 22      E. 23
23. [ ] 18 碳硬脂酸经过  $\beta$ -氧化, 其产物通过三羧酸循环和氧化磷酸化生成 ATP 的物质的量是多少?  
 A. 131      B. 129      C. 120  
 D. 122      E. 128
24. [ ] 人对于膳食中植烷酸降解的第一步是通过下列哪种方式?  
 A.  $\beta$ -氧化      B.  $\alpha$ -氧化  
 C.  $\omega$ -氧化      D. 生物氧化
25. [ ] Refsum 氏病患者的组织和血液中堆积了高浓度的植烷酸 (3,7,11,15-四甲基十六烷酸)。这是由于下列哪个酶促途径被损害  
 A. 脂酶的  $\alpha$ -氧化      B. 脂酶的  $\beta$ -氧化      C. 脂酸的  $\omega$ -氧化  
 D. 脂酰肉碱的形成      E. 丙酰 CoA 转变为琥珀酰 CoA
26. [ ] 脂肪大量动员时肝内生成的乙酰 CoA 主要转变为什么?  
 A. 葡萄糖      B. 胆固醇      C. 脂肪酸  
 D. 酮体      E. 胆固醇酯
27. [ ] 有关酮体的叙述, 正确的是哪个?  
 A. 包括乙酰乙酸、丙酮酸和  $\beta$ -羟丁酸  
 B. 是脂肪酸在肝内大量分解时生成的产物  
 C. 是脂肪酸在肝内分解代谢中产生的一类中间产物  
 D. 是酸性产物, 正常血液中不存在  
 E. 生成酮体的关键酶是 HMG-CoA 还原酶
28. [ ] 长期饥饿时, 大脑的能量来源主要是什么?  
 A. 脂酸      B. 酮体      C. 甘油  
 D. 氨基酸      E. 丙酮酸
29. [ ] 肝脏从乙酰 CoA 合成乙酰乙酸的途径中, 乙酰乙酸的直接前体是什么?  
 A.  $\beta$ -羟基丁酸      B. 乙酰乙酰 CoA      C.  $\beta$ -羟基丁酰 CoA  
 D. 甲羟戊酸      E.  $\beta$ -羟- $\beta$ -甲基戊二酸单酰 CoA

30. [ ] 不能产生乙酰 CoA 的是哪个?  
 A. 酮体      B. 脂酸      C. 胆固醇  
 D. 磷脂      E. 葡萄糖
31. [ ] 脂酸的  $\beta$ -氧化主要发生在: ①胞浆, ②细胞膜, ③缺乏 ATP 时, ④线粒体  
 A. ①②③      B. ①③      C. ②④  
 D. ④      E. ①②③④
32. [ ] 下列物质中哪些是丙酸代谢的中间物?  
 ①丙酰 CoA, ②D-甲基丙二酸单酰 CoA, ③L-甲基丙二酸单酰 CoA, ④琥珀酰 CoA  
 A. ①②③      B. ①③      C. ②④  
 D. ④      E. ①②③④
33. [ ] 下列哪些机制调节脂肪细胞中的脂解作用?  
 ①胰岛素抑制 cAMP 的产生  
 ②甘油磷酸的存在防止了脂酸无效的酯化作用  
 ③cAMP 活化甘油三酰脂肪酶  
 ④对激素敏感的脂蛋白脂肪酶  
 A. ①②③      B. ①③      C. ②④  
 D. ④      E. ①②③④
34. [ ] 下列对酮体的叙述哪些是正确的?  
 ①酮体包括乙酰乙酸、 $\beta$ -羟丁酸和丙酮, ②酮体可以排入尿中,  
 ③酮体可能是饥饿引起的, ④未控制的糖尿病患者, 酮体的水平很高  
 A. ①②③      B. ①③      C. ②④  
 D. ④      E. ①②③④
35. [ ] 下列哪些组织能将酮体氧化成二氧化碳?  
 ①红细胞, ②脑, ③肝, ④心  
 A. ①②③      B. ①③      C. ②④  
 D. ④      E. ①②③④
36. [ ] 下列哪个组织能从脂酸合成酮体? ①红细胞, ②脑, ③骨骼肌, ④肝  
 A. ①②③      B. ①③      C. ②④  
 D. ④      E. ①②③④

#### 四、是非题

1. [ ] 甘油在生物体内可以转变为丙酮酸。
2. [ ] 仅仅偶数碳原子的脂酸在氧化降解时产生乙酰 CoA。
3. [ ] 脂肪酸的  $\beta$ -氧化降解是从分子的羧基端开始的。
4. [ ] 不饱和脂肪酸和奇数碳脂肪酸的氧化分解与  $\beta$ -氧化无关。
5. [ ] 在动植物体内所有脂肪酸的降解都是从羧基端开始。
6. [ ] 某些一羟脂肪酸和奇数碳原子的脂肪酸可能是  $\alpha$ -氧化的产物。
7. [ ] 脂肪酸  $\beta, \alpha, \omega$ -氧化都需要使脂肪酸活化成脂酰 CoA。
8. [ ]  $\omega$ -氧化中脂肪酸链末端的甲基碳原子被氧化成羧基, 形成  $\alpha, \omega$ -二羧酸, 然后从

两端同时进行  $\beta$ -氧化。

9. [ ] 某些  $\alpha$ -羟基脂肪酸和奇数碳的脂肪酸可能是  $\alpha$ -氧化的产物。
10. [ ] 乙醛酸循环和 TCA 循环中都有琥珀酸的净生成。
11. [ ] 动物能将奇数碳脂肪酸分解产物作为葡萄糖异生的前体。
12. [ ] 如果动物长期饥饿，就要动用体内的脂肪，这时分解酮体的速率大于生成酮体的速率。
13. [ ] 低糖、高脂膳食情况下，血中酮体浓度增加。
14. [ ] 乙醛酸循环作为 TCA 循环的变体，广泛存在于动物、植物、微生物体内。

## 五、问答题

1. 油脂作为贮能物质有哪些优点？
2. 说明油料种子发芽时脂肪转化为糖类的代谢。
3. 为什么糖摄入量不足的爱斯基摩人，从营养学的角度看，吃含奇数碳原子脂酸的脂肪比含偶数碳原子脂酸的脂肪好。
4. 血浆脂蛋白有哪几种？简述其特性。
5. 乙醛酸循环有何生物学意义？
6. 什么是酮体？酮体对于动物有什么生理意义？
7. 用 $^{14}\text{C}$ 标记软脂酸的第九位碳原子，该软脂酸在三羧酸循环时被氧化。假设仅仅进行一轮三羧酸循环， $^{14}\text{C}$ 将会定位于下列化合物的哪个碳位上？(1) 乙酰 CoA，(2) 柠檬酸，(3) 丁酰 CoA。
8. 一个农民的小女孩吃正常的均衡食物，但仍然表现轻度酮症。你作为她的儿科医生正要断定她患某些糖代谢先天性酶缺损时，突然发现她奇数碳原子脂酸的代谢不如偶数碳原子脂酸，并且她每天早晨偷偷地跑到鸡舍，吃生鸡蛋。请你对她的症状提出另一种解释。

## 六、计算题

1. 1mol 甘油完全氧化为  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$  时净生成多少 mol ATP（假设在线粒体外生成的 NADH 都穿过磷酸甘油穿梭系统进入线粒体）？
2. 生物体彻底氧化 1mol 软脂酸能产生多少 mol ATP？
3. (1) 假设一个 70kg 的成年人，体重的 15% 是甘油三酯，计算从甘油三酯可获得的总能量为多少千焦耳？(2) 假如一个人所需的基础能量大约是 8370kJ/天，仅仅利用氧化甘油三酯中的脂酸为唯一能源，此人能活多久？(3) 在饥饿情况下，此人每天失去多少千克体重？
4. 以正常情况下所获得的能量为标准，估计哺乳动物在酮症时，肝脏中氧化软脂酸所获得的能量。
5.  $1\mu\text{mol}$  完全氟化的十二碳直链饱和脂酸  $\text{C}^3\text{H}_3(\text{C}^3\text{H}_2)_{10}\text{COO}^3\text{H}$  被加到破裂的线粒体制剂中，使它完全降解成乙酰 CoA。假如从反应混合物中分离得到  $6\mu\text{mol}$  水解成游离乙酰基的产物，测定其放射活性，问它们总的氟与碳的比是多少？( $^3\text{H/C}=?$ )

## 【参考答案十六】

### 一、名词解释

1. 脂肪动员 脂肪从脂库中释放出来，被分解为甘油和脂肪酸的过程。
2. 激素敏感性脂肪酶 脂肪细胞内的甘油三酯脂肪酶活性受多种激素的调控。
3. 脂肪酸的  $\alpha$ -氧化 是指长链脂肪酸  $\alpha$ -碳在加单氧酶作用下氧化成羟基，生成  $\alpha$ -羟脂酸，再经氧化脱羧放出二氧化碳，生成少一个碳原子的脂肪酸的过程。
4. 脂肪酸的  $\beta$ -氧化 脂肪酸的  $\beta$ -氧化作用是指脂肪酸在一系列酶的作用下， $\beta$ -碳原子被氧化，并在  $\alpha$ -和  $\beta$ -碳原子之间发生断裂，生成乙酰 CoA 和比原来少两个碳原子的脂酰 CoA 过程。
5. 脂肪酸的  $\omega$ -氧化 是指脂肪酸的末端碳原子（ $\omega$ -碳原子）被氧化成  $\omega$ -羟脂酸，继而进一步氧化为羧基生成  $\alpha, \omega$ -二羧酸的过程，最后生成的  $\alpha, \omega$ -二羧酸可以从两端进行  $\beta$ -氧化作用。
6. 酮体 乙酰乙酸、 $\beta$ -羟丁酸和丙酮，三者统称为酮体。
7. 乙醛酸循环 乙酰 CoA 和草酰乙酸合成的异柠檬酸直接裂解成琥珀酸和乙醛酸，后者再与一分子乙酰 CoA 缩合形成苹果酸，苹果酸再脱氢重新生成草酰乙酸。
8. 肉毒碱穿梭系统 是脂酰基的转运系统，由于胞液中形成的脂酰 CoA 不能透过线粒体内膜，需依靠内膜上的肉毒碱为载体携带进入线粒体基质开始  $\beta$ -氧化作用。

### 二、填空题

1. 转运内源性脂肪
  2. 转运外源性脂肪
  3. 脂肪 甘油 脂肪酸
  4.  $\beta$ -氧化
  5. 2
  6. 脂酰辅酶 A FAD
  7. HS-CoA
  8. 脱氢 加水 脱氢 硫解 乙 甲 丙 乙酰 CoA
  9. 乙酰 CoA
  10. 线粒体 FAD NAD<sup>+</sup>
  11.  $n/2-1$   $n/2$   $n/2-1$   $n/2-1$
  12. 异柠檬酸裂解酶 苹果酸合成酶
  13. 脂肪酸的  $\beta$ -氧化 脂肪酸的  $\omega$ -氧化
  14. 乙酰乙酸  $\beta$ -羟丁酸 丙酮
  15. 异柠檬酸裂解酶 苹果酸合成酶 三羧酸 脱羧 三羧酸
  16. b 三羧酸循环  
a 乙醛酸循环  
c 糖酵解逆反应
- 细胞质                          线粒体  
                                  乙醛酸循环体

### 三、单选题

1. D 2. B 3. E 4. D 5. E 6. C 7. C 8. D 9. C 10. A 11. E 12. E  
 13. B 14. B 15. B 16. D 17. A 18. D 19. D 20. A 21. C 22. B 23. C  
 24. A 25. A 26. D 27. B 28. B 29. E 30. C 31. D 32. E 33. B 34. E  
 35. C 36. D

### 四、是非题

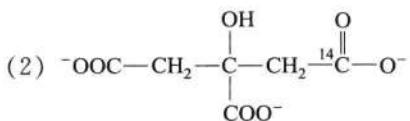
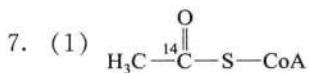
1. √ 2. × 3. √ 4. × 5. × 6. √ 7. × 8. √ 9. √ 10. × 11. √  
 12. × 13. √ 14. ×

### 五、问答题

- (1) 与糖类相比，脂肪的还原程度更高，因而相同质量下贮存的能量更多。  
 (2) 脂肪具疏水性，不会水化。
- 乙醛酸循环生成琥珀酸，进入糖异生途径。
- 因为奇数碳原子脂酸降解最后产生丙酰 CoA，这个化合物进一步代谢生成琥珀酰 CoA，琥珀酰辅酶 A 进入糖异生途径合成葡萄糖，将减轻爱斯基摩人糖的缺乏，并且因为增加了三羧酸循环中间物的水平而减轻了伴随而来的酮症。
- 血浆脂蛋白是一类成分比较复杂的脂和蛋白质的复合物。脂类主要包括脂肪、磷脂和胆固醇等。不同的血浆脂蛋白，其脂类的组成和比例不同，蛋白质部分也不相同，它们在体内的合成部位和功能也不一致。根据不同脂蛋白所含脂类的多少，密度大小上的差别，可将血浆脂蛋白分为 5 个密度范围不同的组成部分。
  - 乳糜微粒 (CM): 由小肠上皮细胞合成，主要成分为来自食物的脂肪，含少量的蛋白质，脂类含量高达 99%，且以脂肪为主。颗粒大，密度低，呈中性，电泳时停留在原点。其生理功能主要是转运外源脂肪。
  - 极低密度脂蛋白 (VLDL): 由肝细胞合成，脂类含量为 93%，电泳时位于前  $\beta$  带区，主要生理功能是转运内源脂肪。
  - 低密度脂蛋白 (LDL): 在肝脏合成，含有较高的磷脂和胆固醇，电泳在  $\beta$  带范围。主要转运胆固醇和磷脂。
  - 高密度脂蛋白 (HDL): 由肝细胞合成，颗粒最小，其脂类组分主要为磷脂和胆固醇。电泳时位于  $\alpha$  带区域。主要生理功能为转运磷脂和胆固醇。
  - 极高密度脂蛋白 (VHLD): 由清蛋白和游离脂肪酸组成，清蛋白在肝脏合成，但 VHLD 在脂肪组织形成。蛋白质含量高达 99%。其主要生理功能是转运游离脂肪酸。
- (1) 乙酰 CoA 经乙醛酸循环可合成琥珀酸等有机酸，这些有机酸可作为三羧酸循环中的基质。  
 (2) 乙醛酸循环是微生物利用乙酸作为碳源建造自身机体的途径之一。  
 (3) 乙醛酸循环是油料植物将脂肪酸转变为糖的途径。
- 生理意义：  
 (1) 酮体是肝脏输出能源的一种形式。并且酮体溶于水，分子小，可通过血脑屏障及肌

肉毛细血管壁，是肌肉尤其是脑组织的重要能源。

(2) 酮体利用的增加可减少糖的利用，有利于维持血糖水平恒定，节省蛋白质的消耗。



(3) 没有被 ${}^{14}\text{C}$ 标记

8. 生蛋清中含有抗生物素蛋白，它能和生物素特异地结合，阻止了生物素的吸收。而生物素是所有需要 ATP 的羧化反应所需的辅酶。由于小女孩吃了生的鸡蛋清可能导致生物素缺乏，从而导致需要 ATP 的羧化酶活性降低。羧化酶之一——丙酮酸羧化酶是丙酮酸羧化生成三羧酸循环中间物草酰乙酸所需的酶，该酶活性下降造成轻度酮症。另一个羧化酶是丙酰 CoA 羧化酶，它是奇数碳原子脂酸的末端三碳片段代谢所需的。生物素的缺乏导致丙酰 CoA 羧化酶活性下降，因此影响了奇数碳原子脂酸的代谢。

## 六、计算题

1.  $16.5 \text{ mol ATP}$

2.  $106 \text{ mol ATP}$

3. (1) 70kg 成年人含甘油三酯的量为：

$$70 \times 1000 \times 15\% = 10500 \text{ (g)}$$

因为人体内氧化 1g 脂肪（甘油三酯）可获得 37.66kJ 的热量，所以从甘油三酯可获得的总能量为：

$$37.66 \times 10500 = 395430 \text{ (kJ)} \approx 4.0 \times 10^5 \text{ (kJ)}$$

(2)  $4.0 \times 10^5 \div 8370 \approx 48$  此人能活 48 天

(3)  $8370 \div (37.66 \times 10^3) \approx 0.22 \text{ (kg/天)}$  每天失去 0.22kg

4. 比较转移到载体分子的电子对的数目就可以估计酮症时软脂酸氧化所得的相对数量。软脂酸经七轮  $\beta$ -氧化转变成 8 分子乙酰 CoA，它每经一轮  $\beta$ -氧化就释放 2 个电子对（其中 1 个电子对给  $\text{NAD}^+$ ），因此每分子软脂酸经七轮  $\beta$ -氧化释放 14 个电子对。每分子乙酰 CoA 经过三羧酸循环氧化成  $\text{CO}_2$ ，释放 4 个电子对（1 个电子对给  $\text{FAD}$ ，3 个电子对给  $\text{NAD}^+$ ），这样 8 分子乙酰 CoA 可释放 32 个电子对。在酮症时，仅仅  $\beta$ -氧化产生的 14 个电子对被释放，而在正常的均衡食物时，46 个（14+32）电子对全部被利用，因此在酮症情况下，仅仅能利用软脂酸正常可利用的能量的 30% ( $14/46 \approx 30\%$ )。一个更为准确的方法是利用  $\text{FADH}_2$  和  $\text{NADH}$  氧化磷酸化时的 P/O 值，计算两种不同情况下，软脂酸氧化产生的 ATP 的分子数。

5.  $\text{C}^3\text{H}_3(\text{C}^3\text{H}_2)_{10}\text{COO}^3\text{H}$  在线粒体中进行  $\beta$ -氧化降解成乙酰 CoA。在  $\beta$ -氧化的第一个脱氢反应中，脱去了  $\alpha$ -碳原子上的一个氢，这个  $\alpha$ -碳原子最终成为放出的乙酰 CoA 的甲基。所以每次产生的乙酰基将仅仅带一个 ${}^3\text{H}$  原子 ( ${}^3\text{H}/\text{C}=1:2$ )。但是脂酸的最后一个甲基没有被氧化，因此保留所有的三个 ${}^3\text{H}$  原子 ( ${}^3\text{H}/\text{C}=3:2$ )。因为反应产生  $6\mu\text{mol}$  乙酰基，其中  $5\mu\text{mol}$  其氚与碳的比为  $1:2$ ， $1\mu\text{mol}$  氚与碳的比为  $3:2$ ，所以，总的氚与碳的比为  $8:12$ ，即  $2:3$ 。

## 第十七次训练 脂肪酸的合成，磷脂、胆固醇代谢

### 一、名词解释

1. 柠檬酸转运系统 2. 酰基载体蛋白

### 二、填空题

1. 脂肪酸合成酶复合体 I 一般只合成\_\_\_\_\_，碳链延长由\_\_\_\_\_或\_\_\_\_\_酶系统催化，植物 II 型脂肪酸碳链延长的酶系定位于\_\_\_\_\_。
2. 真核细胞中，不饱和脂肪酸都是通过\_\_\_\_\_途径合成的。
3. 含一个以上双键的不饱和脂酸的氧化，可按  $\beta$ -氧化途径进行，但还需另外两种酶即\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
4. 乙酰 CoA 和 CO<sub>2</sub> 生成\_\_\_\_\_，需要消耗\_\_\_\_\_高能磷酸键，并需要\_\_\_\_\_辅酶参加。
5. 在所有细胞中乙酰基的主要载体是\_\_\_\_\_，ACP 是\_\_\_\_\_，它在体内的作用是\_\_\_\_\_。
6. 脂肪酸的合成，需原料\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_等。
7. 脂肪酸合成过程中，乙酰 CoA 来源于\_\_\_\_\_或\_\_\_\_\_，NADPH 主要来源于\_\_\_\_\_。
8. 乙酰 CoA 羧化酶是脂肪酸从头合成的限速酶，该酶以\_\_\_\_\_为辅基，消耗\_\_\_\_\_，催化\_\_\_\_\_与\_\_\_\_\_生成\_\_\_\_\_。
9. 限制脂酸生物合成速率的反应是在\_\_\_\_\_阶段。
10. 三脂酰甘油是由\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_在磷酸甘油转酰酶作用下，先生成磷脂酸，再由磷酸酶转变成\_\_\_\_\_，最后在\_\_\_\_\_催化下生成三脂酰甘油。
11. 磷脂酶 A<sub>1</sub> 水解卵磷脂生成\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
12. 通过两分子\_\_\_\_\_与一分子\_\_\_\_\_反应可以合成一分子磷脂酸。
13. 磷脂合成中活化的二酰甘油供体为\_\_\_\_\_，在功能上类似于糖原合成中的\_\_\_\_\_。
14. 在磷脂酰乙醇胺转变成磷脂酰胆碱的过程中，甲基供体是\_\_\_\_\_，它是\_\_\_\_\_的衍生物。
15. 胆固醇生物合成的原料是\_\_\_\_\_。
16. 脂肪肝是当肝脏的\_\_\_\_\_不能及时将肝细胞中的脂肪运出，造成脂肪在肝细胞中的堆积所致。
17. 动脉粥样硬化可能与\_\_\_\_\_代谢紊乱有密切关系。
18. 丙酰 CoA 的进一步氧化需要\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_作酶的辅助因子。

### 三、单选题

1. [ ] 在高等生物中，下列哪个酶是多酶复合物？

A. 乙酰转酰基酶

B. 丙二酸单酰转酰基酶

- C.  $\beta$ -酮脂酰-ACP-还原酶      D.  $\beta$ -羟脂酰-ACP-脱水酶  
 E. 脂酸合成酶
2. [ ] 在脂肪细胞中，下列哪个用于酯化脂酸的甘油来源？  
 A. 大部从葡萄糖衍生而来  
 B. 主要从甘油激酶催化甘油的磷酸化作用而来  
 C. 由葡萄糖异生作用产生  
 D. 受胰岛素刺激而抑制  
 E. 以上说法都不对
3. [ ] 下列有关脂酸从头生物合成的叙述哪个是正确的？  
 A. 它并不利用乙酰 CoA  
 B. 它仅仅能合成少于 10 个碳原子的脂酸  
 C. 它需要丙二酸单酰 CoA 作为中间体  
 D. 它主要发生在线粒体内  
 E. 它利用 NAD<sup>+</sup> 作为氧化剂
4. [ ] 脂肪酸生物合成的限速酶是下列哪个？  
 A. 肉碱脂酰转移酶 I      B. 乙酰 CoA 羧化酶  
 C. 脂酰 CoA 合成酶      D. 水化酶  
 E. HMG-CoA 合成酶
5. [ ] 当乙酰 CoA 羧化酶受抑制时，下列哪条代谢途径会受到影响？  
 A. 胆固醇合成      B. 酮体合成      C. 脂肪酸氧化  
 D. 脂肪酸合成      E. 血浆脂蛋白合成
6. [ ] 合成脂酰辅酶 A 最重要的中间产物是下列哪个？  
 A. HMG-CoA      B.  $\beta$ -羟丁酸      C. 乙酰乙酰 CoA  
 D. 乙酰乙酸      E. 丙二酸单酰辅酶 A
7. [ ] 脂酸的合成通常称作还原性合成，下列哪个化合物是该途径中的还原剂？  
 A. NADP<sup>+</sup>      B. FAD      C. FADH<sub>2</sub>  
 D. NADPH      E. NADH
8. [ ] 肝脏脂酸合成酶复合物的纯化制剂和乙酰 CoA、<sup>14</sup>C 标记羧基的丙二酸单酰 CoA(HOO<sup>14</sup>C—CH<sub>2</sub>—CO—SCoA) 酰基载体蛋白以及 NADPH 一起保温，分离合成的棕榈酸（软脂酸）并测定<sup>14</sup>C 的分布，预计是下列结果中的哪一种？  
 A. 所有奇数碳原子被标记      B. 除 C1 外，所有的奇数碳原子被标记  
 C. 所有的偶数碳原子被标记      D. 除 C16 外，所有的偶数碳原子被标记  
 E. 没有一个碳原子被标记
9. [ ] 胞浆中催化丙二酸单酰辅酶 A 合成的酶是下列哪个？  
 A. 缩合酶      B. 水化酶      C. 乙酰 CoA 羧化酶  
 D. 脂酰基转移酶      E. 软脂酰脱酰基酶
10. [ ] 在脂酸生物合成中，将乙酰基从线粒体内转到胞浆中的化合物是下列哪个？  
 A. 乙酰 CoA      B. 乙酰肉碱      C. 琥珀酸  
 D. 柠檬酸      E. 草酰乙酸

11. [ ] 脂酸  $\beta$ -氧化的逆反应可用于下列哪种情况?  
 A. 胞浆中脂酸的合成      B. 胞浆中胆固醇的合成  
 C. 线粒体中脂酸的延长      D. 内质网中脂酸的延长  
 E. 不饱和脂酸的合成
12. [ ] 脂酸  $\beta$ -氧化、酮体生成和胆固醇合成过程中共同的中间产物是下列哪个?  
 A. 丙二酸单酰 CoA      B. 乙酰 CoA  
 C. 乙酰乙酰 CoA      D. HMG-CoA  
 E. 乙酰乙酸
13. [ ] 生物合成脂肪酸的原料乙酰 CoA 以哪种方式透出线粒体?  
 A. 苹果酸-天冬氨酸穿梭      B. 柠檬酸-丙酮酸循环  
 C. 丙氨酸-葡萄糖循环      D.  $\gamma$ -谷氨酰基循环  
 E. 底物循环
14. [ ] 下列哪种物质与脂肪酸的合成无关?  
 A. 乙酰 CoA      B. ATP      C. 丙二酸单酰 CoA  
 D. NAD<sup>+</sup>      E. 酰基载体蛋白
15. [ ] 乙酰 CoA 羧化酶的辅助因子是下列哪个?  
 A. 抗坏血酸      B. 生物素      C. 叶酸      D. 泛酸
16. [ ] 胆固醇合成的限速酶是下列哪个?  
 A. 乙酰 CoA 羧化酶      B. 缩合酶  
 C. HMG-CoA 还原酶      D. HMG-CoA 合酶
17. [ ] 甘油醇磷脂合成过程中需哪一种核苷酸参与?  
 A. ATP      B. CTP      C. TTP  
 D. UTP      E. GTP
18. [ ] 二脂酰甘油 + NDP-胆碱  $\rightarrow$  NMP + 磷脂酰胆碱, 此反应中, NMP 代表什么?  
 A. AMP      B. CMP      C. GMP  
 D. TMP      E. UMP
19. [ ] 胆固醇是下列哪一种化合物的前体?  
 A. CoA      B. 泛醌      C. 维生素 A  
 D. 维生素 D      E. 维生素 E
20. [ ] 合成胆固醇的原料不需要下列哪种?  
 A. 乙酰 CoA      B. NADPH      C. ATP  
 D. CO<sub>2</sub>      E. O<sub>2</sub>
21. [ ] 合成胆固醇的原料是下列哪个?  
 A. 草酰乙酸      B. 柠檬酸      C. 乙酰 CoA  
 D. 苹果酸      E. 丙酮酸
22. [ ] 下列关于从乙酰 CoA 合成脂酸的叙述中, 哪些是正确的?  
 ① 所有的氧化-还原步骤用 NADPH 作为辅助因子  
 ② CoA 是该途径中唯一含有泛酸巯基乙胺的物质  
 ③ 丙二酸单酰 CoA 是一个活化中间物      ④ 反应在线粒体中进行

- A. ①②③      B. ①③      C. ②④  
 D. ④      E. ①②③④

23. [ ] 在动物组织中，从葡萄糖合成脂酸的主要中间物包括下列哪些？

- ①肉碱②丙酮酸③ATP④乙酰 CoA  
 A. ①②③      B. ①③      C. ②④  
 D. ④      E. ①②③④

24. [ ] 水解甘油醇磷脂（甘油磷酸酯）的混合物将得到下列哪些？①胆碱②甘油③磷酸④丝氨酸

- A. ①②③      B. ①③      C. ②④  
 D. ④      E. ①②③④

25. [ ] 在体内通常和胆汁酸结合的化合物是下列哪些？①甘氨酸②葡萄糖醛酸③牛磺酸④脂酸

- A. ①②③      B. ①③      C. ②④  
 D. ④      E. ①②③④

26. [ ] 胆固醇生物合成的前体包括下列哪些？①羊毛固醇②甲羟戊酸③鲨烯④孕酮

- A. ①②③      B. ①③      C. ②④  
 D. ④      E. ①②③④

27. [ ] 3-羟基-3-甲基戊二酸单酰 CoA 是下列哪种情况？

- |              |               |
|--------------|---------------|
| ①在胞浆中形成的     | ②包含在酮体的合成过程中  |
| ③胆固醇合成的一个中间物 | ④在线粒体基质中酶促产生的 |
- A. ①②③      B. ①③      C. ②④  
 D. ④      E. ①②③④

28. [ ] 哺乳动物组织能合成下列哪些物质？①生物素②胆碱③脱氢莽草酸④肌醇

- A. ①②③      B. ①③      C. ②④  
 D. ④      E. ①②③④

29. [ ] 能产生乙酰 CoA 的物质是下列哪些？

- ①乙酰乙酰 CoA②脂酰 CoA③ $\beta$ -羟- $\beta$ -甲基戊二酸单酰 CoA④柠檬酸  
 A. ①②③      B. ①③      C. ②④  
 D. ④      E. ①②③④

30. [ ] 胆固醇对下列哪个来说是必需营养物？①哺乳动物②软体动物③鸟类④昆虫

- A. ①②③      B. ①③      C. ②④  
 D. ④      E. ①②③④

#### 四、是非题

1. [ ] 脂肪酸的从头合成需要柠檬酸裂解提供乙酰 CoA。

2. [ ] 用 $^{14}\text{CO}_2$  羧化乙酰 CoA 生成丙二酸单酰 CoA，当用它延长脂肪酸链时，其延

长部分也含<sup>14</sup>C。

3. [ ] 在脂肪酸从头合成过程中，增长的脂酰基一直连接在 ACP 上。
4. [ ] 脂肪酸合成过程中，其碳链延长时直接底物是乙酰 CoA。
5. [ ] 从乙酰 CoA 合成 1 分子棕榈酸（软脂酸），必须消耗 8 分子 ATP。
6. [ ] 酰基载体蛋白（ACP）是饱和脂酸碳链延长途径中二碳单位的活化供体。
7. [ ] 磷脂酸是合成中性脂和磷脂的共同中间物。
8. [ ] 磷脂酶 A<sub>2</sub> 能从膜磷脂上有控制地释放必需脂酸，为前列腺素合成提供前体。
9. [ ] 柠檬酸是乙酰 CoA 羧化酶的激活剂，长链脂酰 CoA 则为其抑制剂。
10. [ ] CoA 和 ACP 都是酰基的载体。
11. [ ] 血浆胆固醇含量与动脉硬化密切相关，如果能够一方面完全禁食胆固醇，另一方面完全抑制胆固醇的生物合成，将有助于健康长寿。
12. [ ] 动物细胞中，涉及 CO<sub>2</sub> 固定的所有羧化反应需要硫胺素焦磷酸（TPP）。

## 五、问答题

1. 为什么哺乳动物摄入大量糖容易长胖？
2. 脂酸的从头生物合成和脂酸的  $\beta$ -氧化是否互为逆过程？它们之间有什么主要的差别？
3. 脂肪酸的合成在胞浆中进行，但脂肪酸合成所需要的原料乙酰 CoA 在线粒体内产生，这种物质不能直接穿过线粒体内膜，在细胞内如何解决这一问题？
4. 为什么脂肪酸合成中的缩合反应是丙二酸单酰辅酶 A，而不是两个乙酰 CoA？
5. 假如供给 Mg<sup>2+</sup>、NADPH、ATP、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 和柠檬酸，一个透析后的鸽肝抽提液将催化乙酰 CoA 转变成软脂酸和 CoA。回答下列问题时，仅考虑上述反应。（1）假如供给 H<sup>14</sup>CO<sub>3</sub><sup>-</sup>，在反应过程中，哪一种化合物将被标记？反应完成后<sup>14</sup>C 将堆积在哪些化合物上？（2）柠檬酸怎样参与此反应？并解释它的作用。（3）从这个反应被抗生素蛋白抑制的事实上，你能得出什么结论？（4）为了完成这个反应需要两个酶、酶 I 和酶 II。假如酶 I 催化的反应需要 ATP，请分别写出酶 I 和酶 II 所催化的反应。
6. 利用催化乙酰 CoA 和丙二酸单酰 CoA 合成软脂酸的纯酶制剂，在反应所需的所有辅助因子存在的情况下，进行下列实验。（1）假如乙酰 CoA 以 C<sup>3</sup>H<sub>3</sub>COSCoA 的形式供给，丙二酸单酰 CoA 没有标记，问每分子软脂酸将掺入多少个<sup>3</sup>H？（2）假如丙二酸单酰 CoA 以 -OOCC<sub>3</sub>H<sub>2</sub>COSCoA 的形式供给，乙酰 CoA 没有标记，问每分子软脂酸将掺入多少个<sup>3</sup>H？
7. 一个正常的喂得很好的动物用<sup>14</sup>C 标记甲基的乙酸静脉注射，几小时后动物死了，从肝脏中分离出糖原和甘油三酯，测定其放射性的分布。（1）预计分离得到的糖原和甘油三酯放射性的水平是相同还是不同？为什么？（2）利用结构式指出甘油三酯中哪些碳原子被大量标记？
8. 由于食入缺乏必需氨基酸甲硫氨酸的食物，除了不能合成足够的蛋白质外，还会造成什么后果？
9. 早期的生物化学家认为固定 CO<sub>2</sub> 的作用仅仅存在于植物中，后来惊奇地发现它也存

在于动物的两条主要生物合成途径中，即从丙酮酸合成葡萄糖的葡萄糖异生作用和从乙酰 CoA 合成脂酸这两条途径中。(1) 写出固定  $\text{CO}_2$  的有关反应。(2) 在这两个过程中， $\text{CO}_2$  的功能是什么？尽可能详细地解释它的作用。

10. 利用你所知道的脂酸生物合成的知识，为下列实验结果作一个解释。(1) 均一标记的 $^{14}\text{C}$ -乙酰 CoA 加入到肝可溶性部分得到一个均一标记 $^{14}\text{C}$  的软脂酸。(2) 在过量的丙二酰 CoA 中加入微量的均一标记的 $^{14}\text{C}$ -乙酰 CoA 并和肝可溶性部分保温得到仅在碳 15 和 16 位上标记 $^{14}\text{C}$  的软脂酸。

### 【参考答案十七】

#### 一、名词解释

1. 柠檬酸转运系统 是乙酰 CoA 的转运系统，由于乙酰 CoA 不能穿过线粒体膜进入胞液，所以必须与草酰乙酸合成柠檬酸后通过柠檬酸载体透过线粒体膜，在细胞液中柠檬酸又裂解成草酰乙酸和乙酰 CoA。

2. 酰基载体蛋白 处于脂肪酸合成酶复合体的中心位置，6 种酶有序地排列其周围，把脂肪酸合成的中间产物逐次转至各酶的活性中心，使其发生反应，ACP 的功能类似一个“转动臂”。

#### 二、填空题

1. 软脂酸 线粒体 内质网 细胞质
2. 氧化脱氢
3.  $\Delta^3$  顺- $\Delta^2$  反烯酰 CoA 异构酶 D(-)- $\beta$ -羟脂酰 CoA 表构酶
4. 丙二酰 CoA 1 个 生物素
5. 辅酶 A(CoA) 酰基载体蛋白 以脂酰基载体的形式作为脂肪酸合成酶系的核心
6. 乙酰辅酶 A NADPH ATP  $\text{HCO}_3^-$
7. 葡萄糖分解 脂肪酸氧化 磷酸戊糖途径
8. 生物素 ATP 乙酰 CoA  $\text{CO}_2$  丙二酰 CoA
9. 乙酰 CoA 羧化反应
10. 3-磷酸甘油 脂酰 CoA 二脂酰甘油 二脂酰甘油转酰基酶
11. 2-脂酰甘油磷酸胆碱 脂肪酸
12. 脂酰 CoA 3-磷酸甘油
13. CDP-甘油二酯 UDPG
14. S-腺苷甲硫氨酸 甲硫氨酸
15. 乙酰辅酶 A
16. 脂肪
17. 脂类
18. 生物素 维生素 B<sub>12</sub>

#### 三、单选题

1. E 2. A 3. C 4. A 5. D 6. E 7. D 8. E 9. C 10. D 11. C 12. D

13. B 14. D 15. B 16. C 17. B 18. B 19. D 20. D 21. C 22. B 23. C  
 24. E 25. B 26. A 27. E 28. D 29. E 30. E

#### 四、是非题

1. √ 2. × 3. × 4. √ 5. × 6. × 7. √ 8. √ 9. √ 10. √ 11. ×  
 12. ×

#### 五、问答题

1. ①糖类在体内经水解产生单糖，像葡萄糖可通过有氧氧化生成乙酰 CoA，作为脂肪酸合成原料合成脂肪酸，因此脂肪也是糖的贮存形式之一。

②糖代谢过程中产生的磷酸二羟丙酮可转变为磷酸甘油，也作为脂肪合成中甘油的来源。

2. 脂酸的从头生物合成并非是其  $\beta$ -氧化的逆转，这是两个显然不同的过程。现将这两过程的主要差别总结于下表。

区别要点	从头合成	$\beta$ -氧化
细胞内定位	胞液	线粒体
运载系统	柠檬酸穿梭	肉碱穿梭
酰基载体	ACP-SH	CoA-SH
二碳单位参与或断裂形式	丙二酸单酰 ACP	乙酰 CoA
中间产物 $\beta$ -羟脂基构型	D	L
电子供体或受体	NADPH+H <sup>+</sup>	FAD, NAD
CO <sub>2</sub> 作为参加者	是	不是
所需酶	脂肪酸合成酶系(6 种酶加 ACP)	4 种
能量需求或放出	消耗 7 ATP 及 14 NADPH+H <sup>+</sup>	106 ATP

3. 通过柠檬酸-丙酮酸穿梭作用，过程略。

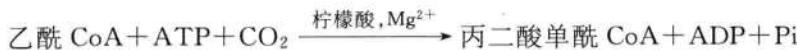
4. 这是因为羧化反应利用 ATP 供给能量，能量贮存在丙二酸单酰辅酶 A 中，当缩合反应发生时，丙二酸单酰辅酶 A 脱羧放出大量的能供给二碳片段与乙酰 CoA 缩合的能量，反应过程中自由能降低，使丙二酸单酰辅酶 A 与乙酰辅酶 A 的缩合反应比两个乙酰辅酶 A 分子缩合更容易进行。

5. (1) 由于 H<sup>14</sup>CO<sub>3</sub><sup>-</sup> 在乙酰 CoA 羧化酶催化下合成丙二酸单酰 CoA。故丙二酸单酰基将被标记。但是<sup>14</sup>C 并不在任何化合物上堆积，因为当丙二酸单酰 CoA 用来合成软脂酸时，<sup>14</sup>C 将以 CO<sub>2</sub> 的形式释放。

(2) 柠檬酸仅仅作为活化乙酰 CoA 羧化酶所需的别构效应剂。柠檬酸（三羧酸循环的第一个中间物）水平的增加是乙酰 CoA 转向脂酸合成的信号，而不是加强三羧酸循环的信号。

(3) 反应必定包含了一个需生物素的酶。抗生素蛋白是蛋清中的一种蛋白质，它专一地抑制需要生物素的酶，这些酶总是催化需要 ATP 的固定 CO<sub>2</sub> 为羧基的反应。

(4) 酶 I 是乙酰 CoA 羧化酶

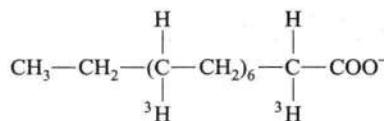


酶Ⅱ是脂酸合成酶



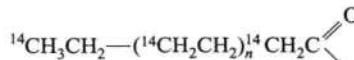
6. (1) 乙酰 CoA 供给甲基末端的二碳片段，因为末端的甲基碳并不包括在脱水步骤中，这样所有的<sup>3</sup>H 都被保留，所以每分子软脂酸将掺入 3 个<sup>3</sup>H。

(2) 每个丙二酸的掺入将会保留一个<sup>3</sup>H，另一个<sup>3</sup>H 随着二碳单位的加入，在脱水步骤中失去，所以每分子软脂酸将掺入 7 个<sup>3</sup>H。



7. (1) 动物不能净转变乙酸成糖，但能直接将乙酸转变成脂酸，后者将掺入到甘油三酯的合成中，因此脂类比糖类标记得多。虽然从乙酸不能净合成糖，但<sup>14</sup>C 将在糖中出现，因为一些<sup>14</sup>C-乙酸将进入三羧酸循环，并将<sup>14</sup>C 提供给葡萄糖异生作用的前体库。

(2) 在甘油三酯中，标记主要出现在脂酰链的相间隔的位置上，如下式所示：

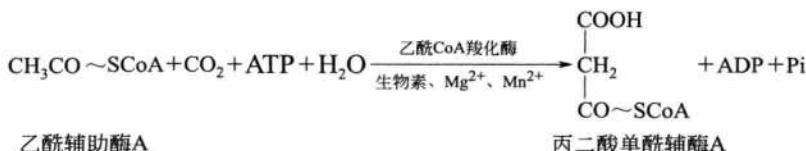


8. 甲硫氨酸的缺乏将会抑制需要 S-腺苷甲硫氨酸的所有反应。这里值得注意的是由于甲硫氨酸的缺乏，因而不能从磷脂酰乙醇胺合成磷脂酰胆碱。

9. (1) 葡萄糖异生作用中固定 CO<sub>2</sub> 的反应为：



脂酸合成过程中固定 CO<sub>2</sub> 的反应为：



(2) 在上述的每个过程中，CO<sub>2</sub> 为其后的反应形成了一个活性单体，紧接着又释放这个固定的 CO<sub>2</sub> 分子，这样就增加了自由能的降低，有利于合成反应。在脂酸合成时，每个乙酸片段的羟基碳总是通过它的硫酯键连接到 CoA 上而被活化，固定 CO<sub>2</sub> 的作用形成了丙二酸单酰 CoA，这样就活化了甲基，使两个碳片段的“头”和“尾”相互反应。

10. (1) 均一标记的<sup>14</sup>C-乙酰 CoA 被转变成<sup>14</sup>C-丙二酸单酰 CoA，再转变成均一标记的<sup>14</sup>C 的软脂酸，这是脂酸的从头合成过程。

(2) 假如仅微量的均一标记的<sup>14</sup>C-乙酰 CoA 加入到大大过量的未标记的丙二酸单酰 CoA 代谢库 (并没有用<sup>14</sup>C 标记)，因此仅仅形成在 C15 和 C16 位上有<sup>14</sup>C 标记的软脂酸。

# 第九章

## 蛋白质的酶促降解及氨基酸代谢

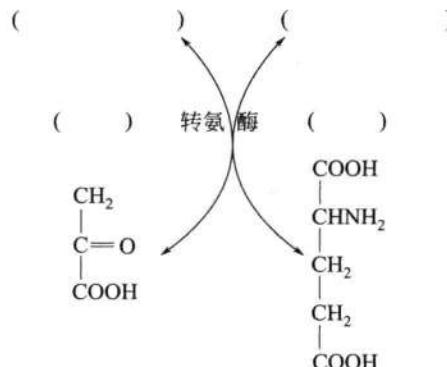
### 第十八次训练 蛋白质降解，氨基酸脱氨基、脱羧基作用

#### 一、名词解释

1. 肽链内切酶
2. 肽链端解酶、羧基肽酶、氨基肽酶
3. 联合脱氨基作用
4. 转氨基作用
5. 嘧啶核苷酸循环
6. 生糖氨基酸、生酮氨基酸、生糖兼生酮氨基酸
7. 氨基酸脱羧基作用
8. 葡萄糖-丙氨酸循环

#### 二、填空题

1. 在哺乳动物细胞中，一种特殊的蛋白质\_\_\_\_\_与特定蛋白质的结合可以使后者带上选择性降解的标记。
2. 氨基酸共有的代谢途径有\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
3. 营养必需氨基酸是\_\_\_\_\_。
4. 根据蛋白酶作用肽键的位置，蛋白酶可分为\_\_\_\_\_酶和\_\_\_\_\_酶两类，胰蛋白酶则属于\_\_\_\_\_酶。
5. 转氨酶类属于双成分酶，其共有的辅基为\_\_\_\_\_或\_\_\_\_\_；谷草转氨酶酶促反应中氨基供体为\_\_\_\_\_氨酸，而氨基的受体为\_\_\_\_\_，该种酶促反应可表示为\_\_\_\_\_。
6. 植物中联合脱氨基作用需要\_\_\_\_\_酶类和\_\_\_\_\_联合作用，可使大多数氨基酸脱去氨基。
7. 在线粒体内谷氨酸脱氢酶的辅酶多为\_\_\_\_\_；同时谷氨酸经 L-谷氨酸脱羧酶作用生成的酮酸为\_\_\_\_\_，这一产物可进入\_\_\_\_\_循环最终氧化为 CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>O。
8. 根据反应填空



9. 转氨酶的辅基是\_\_\_\_\_。
10. 构成转氨酶辅酶的维生素是\_\_\_\_\_。
11. 氨基酸氧化脱氨产生的  $\alpha$ -酮酸代谢主要去向是\_\_\_\_\_，\_\_\_\_\_。
- 
12. 下列氨基酸的脱羧产物分别是：色氨酸\_\_\_\_\_，谷氨酸\_\_\_\_\_。

### 三、单选题

1. [ ] 以下哪一种氨基酸不能进行转氨基反应?
 

A. Thr	B. Glu	C. Ala
D. Asp	E. His	
2. [ ] 下列过程不能脱去氨基的是哪个?
 

A. 联合脱氨基作用	B. 氧化脱氨基作用
C. 嘌呤核苷酸循环	D. 转氨基作用
3. [ ] 转氨酶的辅酶包含
 

A. 维生素 B <sub>1</sub>	B. 维生素 B <sub>2</sub>	C. 维生素 B <sub>6</sub>
D. 维生素 PP	E. 维生素 B <sub>12</sub>	
4. [ ] 谷丙转氨酶的辅基是哪个?
 

A. 吡哆醛	B. 磷酸吡哆醇	C. 磷酸吡哆醛	D. 吡哆胺
--------	----------	----------	--------
5. [ ] 生物体内氨基酸脱氨的主要方式为下列哪种情况?
 

A. 联合脱氨	B. 还原脱氨	C. 直接脱氨
D. 转氨基作用	E. 氧化脱氨	
6. [ ] 以下哪一种氨基酸的脱羧基反应不需要磷酸吡哆醛作为辅基?
 

A. Thr	B. Glu	C. Ala
D. Asp	E. His	
7. [ ] 经脱羧酶催化脱羧后可生成  $\gamma$ -氨基丁酸的是哪个?
 

A. 赖氨酸	B. 谷氨酸	C. 天冬氨酸	D. 精氨酸
--------	--------	---------	--------
8. [ ] 下列哪种氨基酸经脱羧后能生成一种扩张血管的化合物?
 

A. 精氨酸	B. 谷氨酰胺	C. 组氨酸
D. 天冬氨酸	E. 脯氨酸	
9. [ ] 脑中氨的主要去路是下列哪种?
 

A. 合成尿素	B. 合成氨基酸	C. 扩散入血
D. 合成谷氨酰胺	E. 合成嘌呤	
10. [ ] 哺乳动物体内氨的主要去路是下列哪些?
 

A. 渗入肠道	B. 在肝脏合成尿素
C. 经肾脏泌氨随尿排出	D. 生成谷氨酰胺
E. 再合成氨基酸	
11. [ ] 下列哪组物质是体内氨的运输形式?
 

A. 天冬酰胺和谷氨酰胺	B. 谷胱甘肽和天冬酰胺
C. 丙氨酸和谷氨酸	D. 谷氨酰胺和丙氨酸

- E. 丙氨酸和葡萄糖
12. [ ] Ala 循环的功能是下列哪种?
- A. 将肌肉中的 C 和 N 运输到肾脏      B. 将肌肉中的 C 和 N 运输到肝  
 C. 将肾脏中的 C 和 N 运输到肝      D. 将肝中的 C 和 N 运输到肾脏
13. [ ] 糖分解代谢中  $\alpha$ -酮酸由转氨基作用可产生的氨基酸为下列哪些?
- A. 苯丙氨酸、甘氨酸、谷氨酰胺      B. 甲硫氨酸、天冬氨酸、半胱氨酸  
 C. 谷氨酸、天冬氨酸、丙氨酸      D. 天冬酰胺、精氨酸、赖氨酸
14. [ ] 以下哪一种氨基酸是严格的生酮氨基酸?
- A. Thr      B. Ser      C. Arg  
 D. Lys      E. Pro
15. [ ] 下表是氨基酸降解中产生的  $\alpha$ -酮酸, 不能生成糖类的氨基酸为下列哪些?

氨基酸	终产物
A. 丙、丝、半胱、甘、苏	丙酮酸
B. 甲硫、异亮、缬	琥珀酰 CoA
C. 精、脯、组、谷( $-\text{NH}_2$ )	$\alpha$ -酮戊二酸
D. 苯丙、酪、赖、色	乙酰乙酸

#### 四、是非题

1. [ ] L-谷氨酸脱氨酶不仅可以使 L-谷氨酸脱氨基, 同时也是联合脱氨基作用不可缺少的重要酶。
2. [ ] 许多氨基酸氧化酶广泛存在于植物界, 因此大多数氨基酸可通过氧化脱氨基作用脱去氨基。
3. [ ] L-氨基酸氧化酶是参与氨基酸脱氨基作用的主要酶。
4. [ ] 氨基酸的碳骨架可由糖分解代谢过程中的  $\alpha$ -酮酸或其他中间代谢物提供, 反过来过剩的氨基酸分解代谢中碳骨架也可通过糖异生途径合成糖。
5. [ ] 谷氨酸脱氢酶催化的反应如下:
- $$\alpha\text{-酮戊二酸} + \text{NH}_3 + \text{NADPH} + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{L-谷氨酸} + \text{NADP}^+ + \text{H}_2\text{O}$$
- 该酶由于广泛存在, 因此该酶促反应也是植物氨同化的主要途径之一。
6. [ ] 氨基酸经脱氨基作用以后留下的碳骨架进行氧化分解需要先形成能够进入 TCA 循环的中间物。
7. [ ] 磷酸吡哆醛是转氨酶的辅基, 转氨酶酶促反应过程中, 其中醛基可作为催化基团能与底物形成共价化合物, 即 Schff's 碱。
8. [ ] 动植物组织中广泛存在转氨酶, 需要  $\alpha$ -酮戊二酸作为氨基受体, 因此它们对与之相偶联的两个底物中的一个底物, 即  $\alpha$ -酮戊二酸是专一的, 而对另一个底物则无严格的专一性。
9. [ ] 氨基酸脱羧酶通常也需要吡哆醛磷酸作为其辅基。
10. [ ] 严格的生酮氨基酸都是必需氨基酸。

#### 五、问答题

1. 在生物体要使蛋白质水解成氨基酸需要哪些蛋白酶?

2. 转氨酶主要有哪些种类？它们对底物专一性有哪些特点？它们可与什么酶共同完成氨基酸脱氨基作用？
3. 在动物进化过程中，各种动物排氨方式有什么不同？
4. 高含蛋白质的食品腐败往往会引起人、畜食物中毒，简述其原因。
5. 氨在血液中是如何运输的？
6. 以丙氨酸为例说明生糖氨基酸转变成糖的过程。
7. 试述丙氨酸-葡萄糖循环的过程及生理意义。
8. 氨基酸通过哪些途径脱氨基直接生成游离氨？各有何特点？

## 六、计算题

1. 计算 1mol 的丙氨酸在植物或动物体内彻底氧化可产生多少摩尔 ATP。
2. 计算 1mol 谷氨酸彻底氧化成 CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>O 净生成多少摩尔的 ATP？并简述其氧化产能的过程。

## 【参考答案十八】

### 一、名词解释

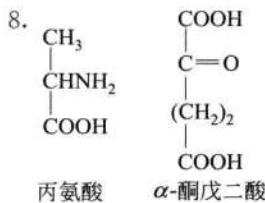
1. 肽链内切酶 从肽链内水解肽键。
2. 肽链端解酶 从肽链的一端水解肽键。
- 羧基肽酶 从肽链的 C 端水解肽键。
- 氨基肽酶 从肽链的 N 端水解肽键。
3. 联合脱氨基作用 是转氨基作用和氧化脱氨基作用联合进行的脱氨基作用。
4. 转氨基作用 是在转氨酶的催化下，一种氨基酸的氨基转移到一个  $\alpha$ -酮酸上，生成一个新的酮酸和一个新的氨基酸的过程。
5. 嘧啶核苷酸循环 是指骨骼肌、心肌、脑等组织中存在的一种氨基酸脱氨基作用方式，即通过嘌呤核苷酸循环脱去氨基。
6. 氨基酸脱氨基后生成的酮酸在代谢中能生成  $\alpha$ -酮戊二酸、琥珀酰 CoA、延胡索酸、草酰乙酸和丙酮酸的氨基酸称为生糖氨基酸；凡是氨基酸脱氨后产生的酮酸在代谢中能生成乙酰 CoA 和乙酰乙酰 CoA 的氨基酸称为生酮氨基酸；氨基酸脱氨后生成的酮酸代谢后既可生成酮体又可生成糖的氨基酸称为生糖兼生酮氨基酸。
7. 氨基酸脱羧基作用 氨基酸在脱羧酶作用下脱去羧基生成伯胺和二氧化碳。
8. 葡萄糖-丙氨酸循环 肌肉组织中产生的氨主要以丙氨酸形式运输。

### 二、填空题

1. 泛素
2. 氨基酸脱氨基作用、氨基酸脱羧基作用
3. 体内不能合成，必须由外界摄取
4. 肽链内切 肽链端解 内切
5. 磷酸吡哆醛 磷酸吡哆胺 谷或天冬 草酰乙酸或  $\alpha$ -酮戊二酸 略

6. 转氨 L-谷氨酸脱氢酶

7. NAD<sup>+</sup> α-酮戊二酸 三羧酸



9. 磷酸吡哆醛

10. 维生素 B<sub>6</sub>

11. 再生成氨基酸，进入三羟酸循环氧化，生成糖或其他物质。

12. 5-羟色胺，γ-氨基丁酸

### 三、单选题

1. A  2. D  3. C  4. C  5. A  6. E  7. B  8. C  9. D  10. B  11. D  12. B

13. C  14. D  15. D

### 四、是非题

1. √  2. ×  3. ×  4. √  5. ×  6. √  7. √  8. √  9. √  10. √

### 五、问答题

1. 动物体蛋白水解酶的类型：肽链内切酶，胃蛋白酶、胰蛋白酶、胰凝乳蛋白酶等；肽链外切酶，氨肽酶、羧肽酶；二肽酶。

植物体也含蛋白水解酶，根据来源不同可分为种子的蛋白酶，叶和芽的蛋白酶，果实的蛋白酶等。

微生物也含蛋白酶，可分为细胞内蛋白酶和细胞外蛋白酶。

2. 转氨酶主要有谷丙转氨酶、谷草转氨酶，它们都能将氨基酸的氨基转到一个共同的氨基受体——α-酮戊二酸上，生成统一的代谢中间物——谷氨酸，再与 L-谷氨酸脱氢酶联合作用共同完成氨基酸脱氨基作用。

3. (1) 原生动物、鱼类和水生两栖类主要是排氨的。由于其体内及体外水的供应充足，其脱氨基作用脱下的氨可以由大量的水稀释而随水直接排出体外。

(2) 陆生爬虫类和鸟类主要是排尿酸的。鸟类及生活在比较干燥环境中的爬虫类，由于水的供应困难，所产生的氨以溶解度较小的尿酸排出体外。

(3) 陆生高等动物和人类主要是排尿素的。由于其体内水的供应不缺乏，故脱氨基作用产生的氨以溶解度较大的尿素排出体外。

4. 答案提示：蛋白质降解后，氨基酸脱羧生成具有强烈生理作用的胺类。

5. 答案提示：主要以无毒的丙氨酸和谷氨酰胺的形式在血液中运输。

6. 略。

其他氨基酸则会生成糖酵解或有氧氧化中的某些中间物如琥珀酰 CoA、延胡索酸、α-酮戊二酸、草酰乙酸等，进而会循糖异生途径生成糖。

7. 过程：在肌肉组织中，脱氨基作用产生的氨通过转氨基作用转移给丙酮酸生成丙氨酸，丙氨酸随血液循环运送到肝脏。在肝中，丙氨酸通过联合脱氨基作用释放出氨，用于合成尿素或合成其他含氮化合物，丙酮酸经糖异生途径生成葡萄糖，葡萄糖由血液运输到肌肉。在肌肉中，葡萄糖沿糖酵解途径重新生成丙酮酸，后者再接受氨基生成丙氨酸，完成一次循环。丙酮酸和葡萄糖反复在肌肉和肝之间进行氨的转运，故将这一途径称为丙氨酸-葡萄糖循环。

生理意义：通过这一循环，使肌肉中的氨以无毒的丙氨酸作为载体运送到肝，同时肝又为肌肉提供了生成丙酮酸的葡萄糖。

8. 脱氨基作用是氨基酸的主要代谢途径，即氨基酸通过氧化脱氨基、联合脱氨基和嘌呤核苷酸循环等作用脱掉氨基的过程。

氧化脱氨基是使 L-谷氨酸脱掉氨基的过程。

联合脱氨基是发生在肝、肾中氨基酸脱掉氨基的过程。

嘌呤核苷酸循环是发生在骨骼肌、心肌、脑组织脱掉氨基的过程。

## 六、计算题

1. 13mol ATP

2. 20.5mol ATP，略。

# 第十九次训练 鸟氨酸循环、个别氨基酸代谢

## 一、名词解释

1. 鸟氨酸循环 2. 一碳单位（基团）

## 二、填空题

1. 肝脏经\_\_\_\_\_循环将有毒的氨转变成无毒的\_\_\_\_\_，这一过程是在肝细胞的\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_中进行的。此循环每进行一周可产生一分子尿素，其尿素分子中的两个氨基分别来自于\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_. 每合成一分子尿素需消耗\_\_\_\_\_分子 ATP。

2. 人类对氨基代谢的终产物是\_\_\_\_\_，鸟类对氨基代谢的终产物是\_\_\_\_\_，植物解除氨毒害的方法是\_\_\_\_\_。

3. 脑细胞中氨的主要代谢去向是\_\_\_\_\_。

4. 氨在血液中主要以\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_形式运输。

5. 褪黑激素来源于\_\_\_\_\_氨基酸，而牛磺酸来源于\_\_\_\_\_氨基酸。

6. PAPS 是指\_\_\_\_\_，它的生理功能是\_\_\_\_\_。

7. 写出常见的一碳基团中的四种形式\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_；能提供一碳基团的氨基酸也有许多，请写出其中的三种\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。

8. 体内转运一碳单位的载体是\_\_\_\_\_。

9.  $\gamma$ -谷氨酰循环的生理功能是\_\_\_\_\_。

### 三、单选题

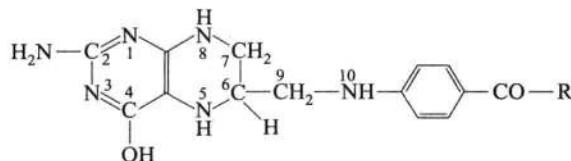
1. [ ] 下列哪种氨基酸是尿素合成过程的中间产物?
  - A. 甘氨酸
  - B. 色氨酸
  - C. 赖氨酸
  - D. 瓜氨酸
  - E. 缬氨酸
  
2. [ ] 下列哪一种氨基酸与尿素循环无关?
  - A. Lys
  - B. Asp
  - C. 鸟氨酸
  - D. 瓜氨酸
  - E. Arg
  
3. [ ] 肝细胞内合成尿素的部位是
  - A. 胞浆
  - B. 线粒体
  - C. 内质网
  - D. 胞浆和线粒体
  - E. 过氧化物酶体
  
4. [ ] 在代谢的研究中，第一个被阐明的循环途径是以下哪个?
  - A. 三羧酸循环
  - B. 卡尔文循环
  - C. 尿素循环
  - D. 丙氨酸循环
  - E. 乳酸循环
  
5. [ ] 在鸟氨酸循环中，尿素由下列哪种物质水解而得?
  - A. 鸟氨酸
  - B. 瓜氨酸
  - C. 精氨酸
  - D. 精氨琥珀酸
  
6. [ ] 尿素分子中的两个 N 原子分别来自以下哪个?
  - A. NH<sub>3</sub> 和谷氨酰胺
  - B. NH<sub>3</sub> 和谷氨酸
  - C. NH<sub>3</sub> 和天冬氨酸
  - D. NH<sub>3</sub> 和天冬酰胺
  - E. 谷氨酰胺和天冬酰胺
  
7. [ ] 关于尿素合成的叙述正确的是以下哪个?
  - A. 合成 1 分子尿素消耗 2 分子 ATP
  - B. 氨基甲酰磷酸在肝细胞胞液中形成
  - C. 合成尿素分子的第二个氮原子由谷氨酰胺提供
  - D. 鸟氨酸生成瓜氨酸是在胞液中进行
  - E. 尿素循环中鸟氨酸、瓜氨酸、精氨酸不因参加反应而消耗
  
8. [ ] NH<sub>3</sub> 经鸟氨酸循环形成尿素的主要生理意义是下列哪个?
  - A. 对哺乳动物来说可消除 NH<sub>3</sub> 毒性，产生尿素由尿排泄
  - B. 是瓜氨酸合成的重要途径
  - C. 是鸟氨酸合成的重要途径
  - D. 是精氨酸合成的主要途径
  
9. [ ] 线粒体内的氨基甲酰磷酸合成酶的激活因子是下列哪个?
  - A. 乙酰 CoA
  - B. NADH
  - C. NADPH
  - D. N-乙酰谷氨酸
  - E. 叶酸
  
10. [ ] 不出现于蛋白质中的氨基酸是下列哪个?
  - A. 半胱氨酸
  - B. 胱氨酸
  - C. 瓜氨酸
  - D. 赖氨酸
  - E. 精氨酸
  
11. [ ] 体内转运一碳单位的载体是下列哪个?
  - A. 叶酸
  - B. 维生素 B<sub>12</sub>
  - C. 四氢叶酸
  - D. S-腺苷蛋氨酸
  - E. 生物素

12. [ ] 下列哪种不能结合到四氢叶酸上?
- A.  $\text{CH}_4$       B.  $-\text{CH}_3$       C.  $\text{NH}=\text{CH}-$   
 D.  $=\text{CH}_2$       E.  $-\text{CHO}$
13. [ ] 可作为一碳基团供体的氨基酸有许多, 下列所给的氨基酸中哪一种则不可能提供一碳基团?
- A. 丝氨酸      B. 甘氨酸      C. 甲硫氨酸      D. 丙氨酸
14. [ ] 酪氨酸在体内可以转变成下列哪个?
- A. 苯丙氨酸      B. 肾上腺素      C. 尿酸      D. 5-羟色胺
15. [ ] 儿茶酚胺与甲状腺素均由哪种氨基酸转化生成?
- A. 谷氨酸      B. 色氨酸      C. 异亮氨酸  
 D. 酪氨酸      E. 甲硫氨酸
16. [ ] 缺乏哪一种酶可导致 PKU (苯酮尿症)?
- A. 苯丙氨酸羟化酶      B. 苯丙氨酸  $\alpha$ -酮戊二酸转氨酶  
 C. 尿黑酸氧化酶      D. 多巴脱羧酶  
 E. 丙氨酸-丁氨酸硫醚合成酶
17. [ ] 治疗帕金森症时, 你应该告诉病人服用有利多巴代谢的化合物, 这种化合物应该是什么?
- A. 磷酸吡哆醛      B. 生物素      C. 硫胺素  
 D. 核黄素      E. 烟酸
18. [ ] 植物生长激素  $\beta$ -吲哚乙酸可由氨基酸脱去羧基后一步转变而成, 该种氨基酸是下列哪个?
- A. 苯丙氨酸      B. 色氨酸      C. 组氨酸      D. 精氨酸
19. [ ] 代谢过程中, 可作为活性甲基的直接供体是以下哪个?
- A. 甲硫氨酸      B. S-腺苷蛋酸      C. 甘氨酸      D. 胆碱
20. [ ] 生物合成下列化合物所需要的甲基, 哪种不是由 S-腺苷甲硫氨酸提供的?
- A. 磷酸肌酸      B. 肾上腺素      C. 褪黑激素  
 D. 卵磷脂      E. 胸腺嘧啶
21. [ ] 在体内 Gly 可以从哪一种氨基酸转变而来?
- A. Asp      B. Ser      C. Thr  
 D. His      E. Trp
22. [ ] 从脯氨酸合成羟脯氨酸时, 下列哪一种物质并不是必需的?
- A. 游离的脯氨酸      B.  $\alpha$ -酮戊二酸  
 C. 抗坏血酸盐      D. 氧气  
 E. CoA
23. [ ] 肌酸的合成需要以下哪些?
- A. Met、Gly 和 Ser      B. Arg、Gly 和 Ser  
 C. Trp、Arg 和 Gly      D. Met、Trp 和 Gly  
 E. Met、Arg 和 Gly
24. [ ] 血氨增高导致脑功能障碍的生化机理是  $\text{NH}_3$  增高可以是以下哪个?

- A. 抑制脑中酶活性
- B. 升高脑中 pH
- C. 大量消耗脑中  $\alpha$ -酮戊二酸
- D. 抑制呼吸链的电子传递
- E. 升高脑中尿素浓度

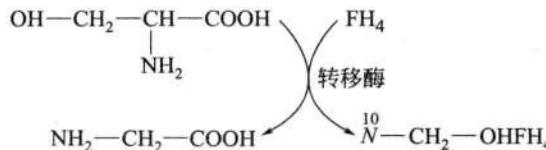
#### 四、是非题

1. [ ] 动物产生尿素的主要器官是肾脏。
2. [ ] 参与尿素循环的酶都位于线粒体内。
3. [ ] Arg 是哺乳动物的一种非必需氨基酸，因为在它们的肝细胞之中，含有足够的合成 Arg 的酶。
4. [ ] 对于苯丙酮尿患者来说酪氨酸也是必需氨基酸。
5. [ ] 鸟氨酸循环（一般认为）第一步反应是从鸟氨酸参与的反应开始，首先生成瓜氨酸，而最后则以精氨酸水解产生尿素后，鸟氨酸重新生成而结束一个循环的。
6. [ ] 四氢叶酸结构为



它可作为一碳基团转移酶的辅酶，在一碳基团传递过程中， $\text{N}^5$  及  $\text{N}^{10}$  常常是一碳基团的推带部位。

7. [ ] 磷酸甘油酸作为糖代谢中间物，它可以在植物细胞内转变为丝氨酸及半胱氨酸。
8. [ ] 组氨酸生物合成中的碳架来自于 1,5-二磷酸核糖。
9. [ ] 丝氨酸在一碳基团转移酶作用下的反应是



说明丝氨酸提供的一碳基团为  $-\text{CH}_2\text{OH}$ ，而  $\text{N}^{10}-\text{CH}_2\text{OH}\text{FH}_4$  则是  $\text{N}^{10}$  携带着羟甲基的四氢叶酸。

#### 五、问答题

1. 简明叙述尿素形成的机理和意义。
2. 鸟氨酸循环有什么特点？
3. 试述芳香族氨基酸的代谢转变及遗传性缺陷症。
4. 一碳基团常见的有哪些形式？四氢叶酸作为一碳基团的传递体，在作用过程中携带一碳单位的活性部位如何？

#### 【参考答案十九】

#### 一、名词解释

1. 鸟氨酸循环 在动物肝脏中，氨基酸分解代谢产生的氨经过一个由鸟氨酸和  $\text{NH}_3$  生

成瓜氨酸开始，又回到鸟氨酸并生成一分子尿素的循环过程，这一过程称为鸟氨酸循环。

2. 一碳单位（基团） 在氨基酸分解代谢过程中产生的含有一个碳原子的基团。

## 二、填空题

1. 鸟氨酸 尿素 线粒体 胞液  $\text{NH}_3$  天冬氨酸 4
2. 尿素 尿酸 合成酰胺
3. 合成谷氨酰胺
4. 谷氨酰胺 丙氨酸
5. 色氨酸 半胱氨酸
6. 3'-磷酸腺苷-5'-磷酸硫酸 硫酸根供体
7.  $-\text{CH}_3$   $-\text{CH}_2\text{OH}$   $-\text{CHO}$   $\text{CH}_2\text{NH}_2$  甘 丝 苏
8. 四氢叶酸
9. 合成谷胱甘肽

## 三、单选题

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

## 四、是非题

1. × 2. × 3. × 4. √ 5. √ 6. √ 7. √ 8. √ 9. √

## 五、问答题

1. 尿素形成机理，见教材（略）（要求写出主要反应步骤，至少示意出  $\text{NH}_3$  同化、尿素生成、第二个氨基来源等）。

尿素在哺乳动物肝脏或某些植物如洋蕈中通过鸟氨酸循环形成，对哺乳动物来说，它是解除氨毒性的主要方式，因为尿素可随尿液排出体外；对植物来说除可解除氨毒性外，形成的尿素是氮素的很好贮存和运输的重要形式，当需要时，植物组织存在脲酶，可使其水解重新释放出  $\text{NH}_3$ ，被再利用。

2. (1) 合成 1 分子尿素共消耗 2 分子氨，其中一个来自联合脱氨基作用产生的氨，另一个来自天冬氨酸上的氨。

(2) 合成分子尿素，消耗 3 分子 ATP，4 个高能磷酸键的能量。

(3) 通过延胡索酸把鸟氨酸循环与柠檬酸循环联系起来。

(4) 鸟氨酸循环中氨甲酰磷酸、瓜氨酸合成在线粒体内进行，其余三步在胞液中进行。

(5) 尿素是哺乳动物蛋白质代谢的最终产物，尿素中氮占尿中排出的总氮量的 90%。

3. (1) 苯丙氨酸的羟化作用。苯丙氨酸在苯丙氨酸羟化酶作用下，转变成酪氨酸。当先天性苯丙氨酸羟化酶遗传性缺陷时，苯丙氨酸不能合成酪氨酸而经脱氨转变成苯丙酮酸。体内苯丙酮酸积累导致尿中苯丙酮酸及其进一步代谢物苯乙酸、苯乳酸等增多，称为苯丙酮酸尿症，婴幼儿可发生智力迟钝、发育不良等症状。

(2) 酪氨酸脱氨基作用。酪氨酸在转氨酶作用下将氨基转移给  $\alpha$ -酮戊二酸，本身则转变成对羟基苯丙酮酸，后者在脱羧酶作用下脱羧生成尿黑酸，尿黑酸在尿黑酸氧化酶催化下，打开苯环生成顺丁烯二酰乙酰乙酸，异构化后水解生成延胡索酸和乙酰乙酸。因先天性尿黑酸氧化酶遗传性缺陷，引起大量尿黑酸从尿中排出，称为尿黑酸尿症，此类患者尿液加碱放置可迅速变黑，患者的骨及组织亦有大量的黑色物沉淀。

(3) 酪氨酸氧化作用。酪氨酸在酪氨酸酶的催化下，转变为 3,4-二羟苯丙氨酸，即多巴。多巴在人类黑色素细胞中进一步氧化、脱羧，生成吲哚醌，黑色素是吲哚醌的聚合物。当人体遗传性缺乏酪氨酸酶，会导致黑色素合成障碍，皮肤、毛发变白，称为白化病。多巴通过多巴脱羧酶作用转变成多巴胺，多巴胺是一种神经递质，多巴胺合成减少导致帕金森病。在肾上腺髓质中，多巴胺侧链  $\beta$ -碳原子可再被羟化，生成去甲肾上腺素，后者经 N-甲基转移酶催化，由 S-腺苷甲硫氨酸提供甲基，转变为肾上腺素。多巴胺、肾上腺素、去甲肾上腺素统称为儿茶酚胺类。

4. 常见的一碳单位有：甲基 ( $-\text{CH}_3$ )、亚甲基或称甲烯基 ( $-\text{CH}_2-$ )、甲炔基 ( $-\text{CH} \equiv$ )、甲酰基 ( $-\text{CHO}$ ) 及亚氨基 ( $-\text{CH}=\text{NH}$ ) 等。一碳单位通常结合在四氢叶酸分子的  $\text{N}^5$ 、 $\text{N}^{10}$  位上。

# 第十章

## 核酸的酶促降解及核苷酸代谢

### 第二十次训练 核苷酸分解、合成代谢

#### 一、名词解释

1. 嘌呤核苷酸的从头合成途径      2. 嘌呤核苷酸的补救合成途径  
3. 核苷酸从头合成的抗代谢物      4. 核酸外切酶、核酸内切酶、限制性内切酶

#### 二、填空题

1. 催化水解多核苷酸内部的磷酸二酯键时，\_\_\_\_\_的水解部位是随机的，\_\_\_\_\_的水解部位是特定的序列。
2. 人类对嘌呤代谢的终产物是\_\_\_\_\_。
3. 通过\_\_\_\_\_的脱羧可产生 $\beta$ -丙氨酸。
4. 体内嘌呤核苷酸的合成途径有\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
5. 嘌呤核苷酸的从头合成为两个阶段，首先合成\_\_\_\_\_，然后再将其转变成\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
6. 嘌呤环的C4、C5来自\_\_\_\_\_；C2和C8来自\_\_\_\_\_；C6来自\_\_\_\_\_；N3和N9来自\_\_\_\_\_。
7. 从IMP合成GMP需要消耗\_\_\_\_\_，而从IMP合成AMP需要消耗\_\_\_\_\_作为能源物质。
8. 下列符号的中文名称分别是：  
PRPP \_\_\_\_\_； IMP \_\_\_\_\_； XMP \_\_\_\_\_。
9. 痛风是因为体内\_\_\_\_\_产生过多造成的，使用\_\_\_\_\_作为黄嘌呤氧化酶的自杀性底物可以治疗痛风。
10. 嘧啶环的N1、C6来自\_\_\_\_\_；N3来自\_\_\_\_\_。
11. 嘧啶核苷酸的从头合成途径是先合成\_\_\_\_\_，再与\_\_\_\_\_结合生成。
12. \_\_\_\_\_酶的缺乏可导致人患严重的复合性免疫缺陷症(SCID)，使用\_\_\_\_\_治疗可治愈此疾患。
13. HGPRT是指\_\_\_\_\_，该酶的完全缺失可导致人患\_\_\_\_\_。
14. 核糖核酸在\_\_\_\_\_酶催化下还原为脱氧核糖核酸，其底物是\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。
15. 脱氧核苷酸是由\_\_\_\_\_还原而来。

16. 胸腺嘧啶脱氧核苷酸是由\_\_\_\_\_经\_\_\_\_\_而生成的。
17. 催化 UDP 转变成 dUDP 的酶是\_\_\_\_\_，其辅酶是\_\_\_\_\_。
18. 核苷酸的抗代谢物中，常用的嘌呤类似物是\_\_\_\_\_，常用的嘧啶类似物是\_\_\_\_\_，常用的叶酸类似物是\_\_\_\_\_。

### 三、单选题

1. [ ] 嘌呤核苷酸分解的终产物是以下哪个?  
 A. NH<sub>3</sub>      B. 尿素      C. 黄嘌呤  
 D. CO<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>O      E. 尿酸
2. [ ] 合成嘌呤环的氨基酸为以下哪些?  
 A. 甘氨酸、天冬氨酸、谷氨酸      B. 甘氨酸、天冬氨酸、谷氨酰胺  
 C. 甘氨酸、天冬酰胺、谷氨酰胺      D. 蛋氨酸、天冬酰胺、谷氨酸  
 E. 蛋氨酸、天冬氨酸、谷氨酰胺
3. [ ] 从头合成嘌呤核苷酸，首先合成出来的是以下哪个?  
 A. PRPP      B. GMP      C. XMP  
 D. AMP      E. IMP
4. [ ] 下列哪种物质不是嘌呤核苷酸从头合成的直接原料?  
 A. 甘氨酸      B. 天冬氨酸      C. 谷氨酸  
 D. CO<sub>2</sub>      E. 一碳单位
5. [ ] 嘌呤环中的 N7 来源于以下哪个?  
 A. 天冬氨酸      B. 谷氨酰胺      C. 甲酸盐      D. 甘氨酸
6. [ ] 嘌呤环 1 位 N 原子来源于以下哪个?  
 A. Gln 的酰胺 N      B. Gln 的  $\alpha$ -氨基 N  
 C. Asn 的酰胺 N      D. Asp 的  $\alpha$ -氨基 N  
 E. Gly 的  $\alpha$ -氨基 N
7. [ ] 提供嘌呤环 N3 和 N9 的化合物是以下哪个?  
 A. 天冬氨酸      B. 丝氨酸      C. 丙氨酸  
 D. 甘氨酸      E. 谷氨酰胺
8. [ ] 嘧啶环的原子来源于以下哪些?  
 A. 天冬氨酸、天冬酰胺      B. 天冬氨酸、氨甲酰磷酸  
 C. 氨甲酰磷酸、天冬酰胺      D. 甘氨酸、甲酸盐
9. [ ] 嘧啶环中的两个氮原子来自以下哪些?  
 A. 谷氨酰胺和氨      B. 谷氨酰胺和天冬酰胺  
 C. 谷氨酰胺和谷氨酸      D. 谷氨酰胺和氨甲酰磷酸  
 E. 天冬氨酸和氨甲酰磷酸
10. [ ] 下列关于氨甲酰磷酸的叙述哪项是正确的?  
 A. 主要用来合成谷氨酰胺      B. 用于尿酸的合成  
 C. 合成胆固醇      D. 为嘧啶核苷酸合成的中间产物  
 E. 为嘌呤核苷酸合成的中间产物

11. [ ] 嘧啶合成所需的氨甲酰磷酸的氨源来自以下哪个?  
 A. NH<sub>3</sub>      B. 天冬氨酸      C. 天冬酰胺  
 D. 谷氨酸      E. 谷氨酰胺
12. [ ] dTMP 的直接前体是以下哪个?  
 A. dCMP      B. dAMP      C. dUMP  
 D. dGMP      E. dIMP
13. [ ] 人类嘧啶核苷酸从头合成的哪一步反应是限速反应?  
 A. 氨甲酰磷酸的形成      B. 氨甲酰天冬氨酸的形成  
 C. 乳清酸的形成      D. UMP 的形成  
 E. CMP 的形成
14. [ ] 下面哪一种物质的生物合成不需要 PRPP?  
 A. 嘧啶核苷酸      B. 嘌呤核苷酸  
 C. His      D. NAD (P)<sup>+</sup>  
 E. FAD
15. [ ] 下列氨基酸中，直接参与嘌呤环和嘧啶环合成的是以下哪个?  
 A. 天冬氨酸      B. 谷氨酰胺      C. 甘氨酸      D. 谷氨酸
16. [ ] 下列哪对物质是合成嘌呤环和嘧啶环必需的?  
 A. Gln/Asp      B. Gln/Gly      C. Gln/Pro  
 D. Asp/Arg      E. Gly/Asp
17. [ ] 临幊上常用哪种药物治疗痛风症?  
 A. 消胆胺      B. 5-氟尿嘧啶      C. 6-巯基嘌呤  
 D. 氨甲蝶呤      E. 别嘌呤醇
18. [ ] 5-Fu 的抗癌作用机制为以下哪个?  
 A. 合成错误的 DNA，抑制癌细胞生长  
 B. 抑制尿嘧啶的合成，从而减少 RNA 的生物合成  
 C. 抑制胞嘧啶的合成，从而抑制 DNA 的生物合成  
 D. 抑制胸腺嘧啶核苷酸合成酶的活性，从而抑制 DNA 的生物合成  
 E. 抑制二氢叶酸还原酶的活性，从而抑制 TMP 的合成
19. [ ] 脱氧核糖核苷酸合成的途径是哪个?  
 A. 从头合成      B. 在脱氧核糖上合成碱基  
 C. 核糖核苷酸还原      D. 在碱基上合成核糖
20. [ ] 生成脱氧核苷酸时，核糖转变为脱氧核糖发生在以下哪个?  
 A. 1-焦磷酸-5-磷酸核糖水平      B. 核苷水平  
 C. 一磷酸核苷水平      D. 二磷酸核苷水平  
 E. 三磷酸核苷水平
21. [ ] 谷氨酰胺不是以下哪一种物质的前体?  
 A. Arg      B. Pro      C. 蛋白质  
 D. 嘌呤      E. His
22. [ ] 体内进行嘌呤核苷酸从头合成最主要的组织是哪个?

- A. 骨髓              B. 肝              C. 脾              D. 小肠黏膜
23. [ ] 嘌呤与嘧啶两类核苷酸合成中都需要的酶是哪个?  
 A. PRPP 合成酶              B. CTP 合成酶  
 C. TMP 合成酶              D. 氨甲酰磷酸合成酶
24. [ ] 嘌呤核苷酸从头合成的特点是以下哪个?  
 A. 先合成碱基，再与磷酸核糖相结合  
 B. 直接利用现成的嘌呤碱基与 PRPP 结合  
 C. 嘌呤核苷酸是在磷酸核糖的基础上逐步合成的  
 D. 消耗较少能量

#### 四、是非题

1. [ ] 嘌呤核苷酸和嘧啶核苷酸都是先合成碱基环，然后再与 PRPP 反应生成核苷酸。
2. [ ] AMP 合成需要 GTP，GMP 需要 ATP。因此 ATP 和 GTP 任何一种的减少都使另一种的合成降低。
3. [ ] 脱氧核糖核苷酸是由相应的核糖核苷二磷酸在酶催化下还原脱氧生成的。
4. [ ] 黄嘌呤氧化酶既可以使用黄嘌呤又可以使用次黄嘌呤作为底物。
5. [ ] 嘌呤核苷酸的从头合成是先闭环，再形成 N-糖苷键。
6. [ ] IMP 是嘌呤核苷酸从头合成途径中的中间产物。
7. [ ] 嘧啶合成所需要的氨甲酰磷酸合成酶与尿素循环所需要的氨甲酰磷酸合成酶是同一个酶。
8. [ ] 羧化酶都需要生物素 (biotin) 作为辅基。

#### 五、问答题

- 嘌呤核苷酸和嘧啶核苷酸是如何合成的？
- 核酸分解代谢的途径怎样？关键性的酶有哪些？
- 简述核苷酸的生物功能。
- 比较氨甲酰磷酸合成酶 I 与氨甲酰磷酸合成酶 II 的差异。
- 简述 PRPP 在核苷酸代谢中的作用。
- 别嘌呤醇为什么可用于治疗痛风。
- 标出嘌呤、嘧啶碱基环上每个原子的来源。

#### 【参考答案二十】

#### 一、名词解释

- 嘌呤核苷酸的从头合成途径 是以磷酸戊糖、氨基酸、一碳单位和 CO<sub>2</sub> 为原料，在 PRPP 基础上经过一系列酶促反应，首先形成 IMP，再由 IMP 生成 AMP 和 GMP。
- 嘌呤核苷酸的补救合成途径 利用机体现成的嘌呤或嘌呤核苷合成核苷酸。
- 核苷酸从头合成的抗代谢物 某些物质在结构上与参加核苷酸从头合成反应的底物

结构相似，它们能竞争性地与合成代谢中某种酶的活性中心结合而抑制该酶的活性从而影响核苷酸从头合成的正常进行。

4. 核酸外切酶、核酸内切酶、限制性内切酶 能从核酸链一端水解掉单核苷酸的酶，叫核酸外切酶；能从分子内水解核酸的酶叫核酸内切酶；如果能认识外源 DNA 双螺旋中 4~6 个碱基对所组成的特异序列，并在此序列的某位点水解 DNA 双螺旋，这类酶称作限制性内切酶，其作用点称靶位点，它作用的特异序列都具有回文结构。

## 二、填空题

1. 核酸内切酶 限制性核酸内切酶
2. 尿酸
3. 尿嘧啶
4. 从头合成途径 补救途径
5. IMP AMP GMP
6. 甘氨酸 甲酸盐 CO<sub>2</sub> 谷氨酰胺
7. ATP GTP
8. 磷酸核糖焦磷酸 次黄嘌呤核苷酸 黄嘌呤核苷酸
9. 尿酸，别嘌呤醇
10. 天冬氨酸 氨甲酰磷酸
11. 嘧啶环 PRPP
12. 腺苷脱氨酶，基因治疗
13. 次黄嘌呤-鸟嘌呤磷酸核糖转移酶，自毁容貌症
14. 核糖核苷二磷酸还原酶 ADP GDP CDP UDP
15. 核糖核苷酸
16. 尿嘧啶脱氧核糖核苷酸 甲基化
17. 核糖核苷酸还原酶 NADPH
18. 6-巯基嘌呤 5-氟尿嘧啶 氨甲蝶呤

## 三、单选题

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

## 四、是非题

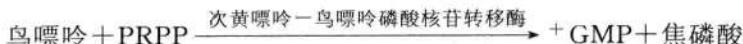
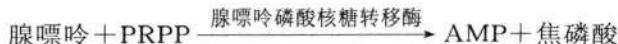
1. × 2. √ 3. √ 4. √ 5. × 6. √ 7. × 8. √

## 五、问答题

1. (1) 嘌呤核苷酸的从头合成

嘌呤核苷酸的从头合成是以 5'-磷酸核糖-1'-焦磷酸 (PRPP) 为起始物，在此基础上进行嘌呤环的组装，首先合成次黄嘌呤核苷酸 (IMP)，然后再由 IMP 转变为 AMP 和 GMP。

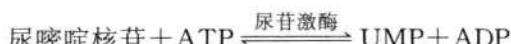
## (2) 嘌呤核苷酸的补救合成途径



## (3) 嘧啶核苷酸的从头合成

嘧啶核苷酸的从头合成是首先形成嘧啶环，然后与磷酸核糖结合为乳清酸核苷酸，再生成UMP，最后由UMP转变为其他的嘧啶核苷酸。

## (4) 嘧啶核苷酸的补救途径



2. 核酸的分解途径为经酶催化分解为核苷酸，关键性的酶有：核酸外切酶、核酸内切酶和核酸限制性内切酶。

3. (1) 核苷酸是DNA和RNA合成的前体物质。

(2) ATP是生物体系中共同的能量载体。

(3) 核苷酸的衍生物CDP-胆碱、UDPG、ADPG等是淀粉、糖原、磷脂许多生物活性物质的前体。

(4) 腺苷酸是NAD<sup>+</sup>、NADP<sup>+</sup>、FAD以及CoASH等辅助因子的组成成分。

(5) 某些核苷酸如cAMP、cGMP等是重要的代谢调节物质。

## 4. 氨甲酰磷酸合成酶Ⅰ与氨甲酰磷酸合成酶Ⅱ

项 目	氨甲酰磷酸合成酶Ⅰ(CPS-Ⅰ)	氨甲酰磷酸合成酶Ⅱ(CPS-Ⅱ)
分布	肝细胞线粒体中	所有细胞液中
氮源	NH <sub>3</sub>	谷氨酰胺
变构激活剂	N-乙酰谷氨酸(N-AGA)	无
功能	尿素合成	嘧啶合成

5. PRPP是嘌呤核苷酸和嘧啶核苷酸从头合成的重要中间产物，也参与嘌呤核苷酸和嘧啶核苷酸的补救合成。它是由HMS代谢途径中的重要物质5'-磷酸核糖经PRPP焦磷酸激酶催化与ATP反应而生成的，是核苷酸合成的极其重要的前提。

6. 次黄嘌呤类似物，竞争性抑制黄嘌呤氧化酶；或转变为别嘌呤醇核苷酸，抑制嘌呤核苷酸从头合成。

7. 略。

# 第十一章

## DNA的生物合成

### 第二十一次训练 参与 DNA 合成的酶、蛋白质及合成过程

#### 一、名词解释

- 1. 复制      2. 半保留复制      3. 复制叉      4. 复制子
- 5. 前导链      6. 后随链      7. 冈崎片段      8. 半不连续复制

#### 二、填空题

1. 中心法则是在\_\_\_\_\_于\_\_\_\_\_年提出的，其内容可概括为\_\_\_\_\_。
2. 限制性核酸内切酶主要来源于\_\_\_\_\_, 都识别双链DNA中\_\_\_\_\_, 并同时断裂\_\_\_\_\_。
3. 细菌的环状DNA通常在一个\_\_\_\_\_开始复制, 而真核生物染色体中的线形DNA可以在\_\_\_\_\_起始复制。
4. DNA复制过程中催化引物合成的酶叫\_\_\_\_\_, 它实际上是一种\_\_\_\_酶。
5. DNA复制中引物的化学本质是\_\_\_\_\_。
6. DNA复制时, 新链合成的方向是从\_\_\_\_\_端到\_\_\_\_\_端。
7. 在DNA复制过程中, \_\_\_\_\_链的合成是连续的, 并且与复制叉的移动方向一致; \_\_\_\_\_链的合成是不连续的, 且与复制叉的移动方向\_\_\_\_\_, 这些被不连续合成的片段称\_\_\_\_\_。
8. 所有冈崎片段的延伸都是按\_\_\_\_\_方向进行的。
9. 大肠杆菌中已发现\_\_\_\_\_种DNA聚合酶, 其中\_\_\_\_\_负责DNA复制, \_\_\_\_\_负责DNA损伤修复。
10. DNA聚合酶I的催化功能有\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。
11. 大肠杆菌DNA聚合酶III的\_\_\_\_\_活性使之具有\_\_\_\_\_功能, 极大地提高了DNA复制的保真度。
12. 引物酶与转录中的RNA聚合酶之间的差别在于它对\_\_\_\_\_不敏感; 后随链的合成是\_\_\_\_\_的。
13. DNA拓扑异构酶有\_\_\_\_\_种类型, 分别为\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_, 它们的功能是\_\_\_\_\_。
14. 在DNA复制中, \_\_\_\_\_可防止单链模板重新缔合和核酸酶的攻击。
15. DNA合成时, 先由引物酶合成\_\_\_\_\_, 再由\_\_\_\_\_在其3'端合成DNA链, 然

后由\_\_\_\_\_切除引物并填补空隙，最后由\_\_\_\_\_连接成完整的链。

16. 大肠杆菌 DNA 连接酶要求\_\_\_\_\_的参与，哺乳动物的 DNA 连接酶要求\_\_\_\_\_参与。

17. 大肠杆菌在 DNA 复制过程中切除 RNA 引物的酶是\_\_\_\_\_，而真核细胞 DNA 复制过程中切除 RNA 引物的酶是\_\_\_\_\_或\_\_\_\_\_。

### 三、单选题

1. [ ] 中心法则阐明的遗传信息传递方式是以下哪个？

- A. RNA—DNA—蛋白质
- B. 蛋白质—RNA—DNA
- C. RNA—蛋白质—DNA
- D. DNA—RNA—蛋白质
- E. DNA—蛋白质—RNA

2. [ ] DNA 复制的特点是以下哪个？

- A. 半不连续复制
- B. 半保留复制
- C. 都是等点开始、两条链均连续复制
- D. 有 DNA 指导的 DNA 聚合酶参加

3. [ ] DNA 半保留复制的实验根据是以下哪个？

- A. 放射性同位素<sup>14</sup>C 示踪的密度梯度离心
- B. 同位素<sup>15</sup>N 标记的密度梯度离心
- C. 同位素<sup>32</sup>P 标记的密度梯度离心
- D. 放射性同位素<sup>3</sup>H 示踪的纸色谱技术

4. [ ] 如果一个完全具有放射性的双链 DNA 分子在无放射性标记溶液中经过两轮复制，产生的四个 DNA 分子的放射性情况是以下哪个？

- A. 其中一半没有放射性
- B. 都有放射性
- C. 半数分子的两条链都有放射性
- D. 一个分子的两条链都有放射性
- E. 四个分子都不含放射性

5. [ ] 合成 DNA 的原料是以下哪个？

- A. dADP、dGDP、dCDP、dTDP
- B. dATP、dGTP、dCTP、dTTP
- C. dAMP、dGMP、dCMP、dTMP
- D. ATP、GTP、CTP、UTP
- E. AMP、GMP、CMP、UMP

6. [ ] DNA 复制时不需要下列哪种酶？

- A. DNA 指导的 DNA 聚合酶
- B. RNA 引物酶
- C. DNA 连接酶
- D. RNA 指导的 DNA 聚合酶

7. [ ] 下列关于大肠杆菌 DNA 聚合酶 I 的叙述哪一项是正确的？

- A. 具有 3'→5'核酸外切酶活性
- B. 具有 5'→3'核酸内切酶活性
- C. 是唯一参与大肠杆菌 DNA 复制的聚合酶
- D. dUTP 是它的一种作用物
- E. 以有缺口的双股 DNA 为模板

8. [ ] DNA 聚合酶Ⅲ的主要功能是以下哪个？

- A. 填补缺口
- B. 连接冈崎片段
- C. 聚合作用
- D. 损伤修复

9. [ ] DNA 连接酶的作用是以下哪个?  
 A. 解决解链中的打结缠绕现象      B. 合成 RNA 引物  
 C. 使 DNA 形成超螺旋结构      D. 连接 DNA 双链中的单链缺口  
 E. 去除引物，填补空缺
10. [ ] DNA 连接酶催化的化学反应的作用是以下哪个?  
 A. 可以填补引物遗留下的空隙      B. 水解引物  
 C. 向 3'-OH 末端加入 dNTP      D. 生成磷酸二酯键  
 E. 生成氢键
11. [ ] 以下对大肠杆菌 DNA 连接酶的论述哪个是正确的?  
 A. 催化 DNA 双螺旋结构中的 DNA 片段间形成磷酸二酯键  
 B. 催化两条游离的单链 DNA 连接起来  
 C. 以 NADP<sup>+</sup>作为能量来源  
 D. 以 GTP 作为能源
12. [ ] 下面关于单链结合蛋白 (SSB) 的描述哪个是不正确的?  
 A. 与单链 DNA 结合，防止碱基重新配对  
 B. 在复制中保护单链 DNA 不被核酸酶降解  
 C. 与单链区结合增加双链 DNA 的稳定性  
 D. SSB 与 DNA 解离后可重复利用
13. [ ] DNA 复制时需要解开 DNA 的超螺旋结构，参与此过程的酶是以下哪个?  
 A. DNA pol I      B. DNA pol II  
 C. DNA pol III      D. 拓扑异构酶  
 E. 端粒酶
14. [ ] 在 DNA 复制中 RNA 引物的作用是以下哪个?  
 A. 使 DNA 聚合酶Ⅲ活化      B. 使 DNA 双链解开  
 C. 提供 5' 末端作合成新 DNA 链起点  
 D. 提供 3'-OH 末端作合成新 DNA 链起点  
 E. 提供 3'-OH 末端作合成新 RNA 链起点
15. [ ] DNA 复制时，模板序列 5'-TAGA-3'，将合成下列哪种互补结构?  
 A. 5'-TCAT-3'      B. 5'-ATCA-3'  
 C. 5'-UCUA-3'      D. 5'-GCGA-3'  
 E. 5'-TCTA-3'
16. [ ] DNA 复制起始过程，下列酶和蛋白质的作用次序是：①DNA pol Ⅲ；  
 ②SSB；③引物酶；④解螺旋酶  
 A. ①②③④      B. ④②③①      C. ③①②④  
 D. ①④③②      E. ②③④①
17. [ ] DNA 复制中辨认起始点主要依赖于以下哪个?  
 A. DNA 聚合酶 I      B. 解螺旋酶  
 C. 拓扑异构酶      D. DnaA 蛋白
18. [ ] 关于 DNA 的半不连续合成，正确的说法是以下哪个?

- A. 前导链是连续合成的  
C. 不连续合成的片段是冈崎片段
19. [ ] 冈崎片段是指以下哪个?  
A. DNA 模板上的 DNA 片段  
C. 随从链上合成的 DNA 片段  
E. 由 DNA 连接酶合成的 DNA 片段
20. [ ] 冈崎片段是以下哪个?  
A. 是因为 DNA 复制速率太快而产生  
C. 因为有 RNA 引物，就有冈崎片段  
E. 由于复制与解链方向相反，在随从链生成
21. [ ] 对 DNA 片段作物理图谱分析，需要用以下哪个?  
A. 核酸外切酶      B. DNase I      C. DNA 连接酶  
D. DNA 聚合酶 I    E. 限制性内切酶
22. [ ] 下列 DNA 序列中，哪一种复杂度最高?  
A. ACACACACACAC  
B. ATGATGATGATG  
C. TGTGTGTGTGT  
D. TACTACTACTAC  
E. TCAGTCAGTCAG  
F. AGTCAGTCAGTC  
G. GTACGGTACGGT  
H. CATGCCATGCCA  
I. CAGATAGGCCTA  
J. GTCTATCCGGAT

#### 四、是非题

1. [ ] 中心法则概括了 DNA 在信息代谢中的主导作用。
2. [ ] 限制性内切酶切割的片段都具有黏性末端。
3. [ ] 原核细胞 DNA 复制是在特定部位起始的，真核细胞则在多位点同时起始复制。
4. [ ] 原核生物的 DNA 复制需要 RNA 引物，而真核生物 DNA 复制不需要引物。
5. [ ] DNA 的半不连续复制使遗传信息保持了高精确性。
6. [ ] 因为 DNA 两条链是反向平行的，在双向复制中，一条链按  $5' \rightarrow 3'$  方向合成，另一条链按  $3' \rightarrow 5'$  方向合成。
7. [ ] 已发现的 DNA 聚合酶只能把单体逐个加到引物  $3'-OH$  上，而不能引发 DNA 合成。
8. [ ] 在复制叉上，尽管后随链按  $3' \rightarrow 5'$  方向净生成，但局部链的合成均按  $5' \rightarrow 3'$  方向进行。
9. [ ] 在 DNA 合成中，大肠杆菌 DNA 聚合酶 I 和真核细胞中的 RNaseH 均能切除 RNA 引物。
10. [ ] 在真核细胞中已发现 5 种 DNA 指导的 DNA 聚合酶：DNA 聚合酶  $\alpha$ 、DNA 聚合酶  $\beta$ 、DNA 聚合酶  $\gamma$ 、DNA 聚合酶  $\delta$ 、DNA 聚合酶  $\epsilon$ 。其中 DNA 聚合酶  $\gamma$  复制线粒体的 DNA；DNA 聚合酶  $\alpha$  和 DNA 聚合酶  $\beta$  在损伤修复中起着不可替代的作用；DNA 聚合酶

$\delta$  和 DNA 聚合酶  $\epsilon$  是核 DNA 复制中最重要的酶。

11. [ ] DNA 复制的真实性主要是由 DNA 聚合酶的  $3' \rightarrow 5'$  外切酶的校对来维持。
12. [ ] 滚环复制不需要 RNA 作为引物。
13. [ ] D 环复制不形成冈崎片段。
14. [ ] SSB 能够降低 DNA 的  $T_m$ 。
15. [ ] DNA 的后随链的复制是先合成许多冈崎片段，最后再将它们一起连接起来形成一条连续的链。
16. [ ] 由于真核细胞的 DNA 比原核细胞 DNA 大得多，因此真核细胞 DNA 在复制过程中复制叉前进的速度大于原核细胞的复制叉前进的速度，这样才能保证真核细胞 DNA 迅速复制好。

## 五、问答题

1. 何谓半保留复制？有何意义？
2. 试写出参与 DNA 复制的酶类。
3. 简述原核生物的 DNA 复制过程？
4. DNA 复制具有高度保真性的原因是什么？
5. 简要说明 DNA 半保留复制的机制。

## 【参考答案二十一】

### 一、名词解释

1. 复制 是以亲代 DNA 为模板合成子代 DNA 的过程。
2. 半保留复制 指从亲代 DNA 合成的子代 DNA 双链中，一条链来自亲代，另一条链是新合成的。
3. 复制叉 在 DNA 复制解链区域，母链与双股的子链形成叉子形结构。
4. 复制子 一般把 DNA 中独立复制的单位称为复制子。
5. 前导链 新生的 DNA 单链中，一条单链合成方向与复制叉移动方向一致，连续合成的链。
6. 后随链 与复制叉移动方向相反，为不连续合成，其先合成一系列短的片段，然后再连接成一条长链。
7. 冈崎片段 滞后链的合成过程中，首先合成的短的 DNA 片段为冈崎片段。
8. 半不连续复制 DNA 新生的两条单链，一条链（前导链）连续合成，另一条链（滞后链）不连续合成的复制方式。

### 二、填空题

1. Crick 1958 DNA  $\xrightleftharpoons{\text{复制}}$  DNA  $\xrightleftharpoons{\text{转录}}$  RNA  $\xrightarrow{\text{翻译}}$  蛋白质
2. 微生物 特异序列 DNA 双链
3. 复制位点 多个复制位点

4. 引物合酶 RNA 聚合酶
5. RNA
6. 5' 3'
7. 前导 后随 相反 冈崎片段
8. 5'→3'
9. 3 DNA 聚合酶Ⅲ DNA 聚合酶Ⅱ
10. 5'→3'聚合 3'→5'外切 5'→3'外切
11. 3'→5'外切酶 校对
12. 利福平 不连续
13. 两 拓扑异构酶Ⅰ 拓扑异构酶Ⅱ 增加或减少超螺旋
14. SSB
15. 引物 DNA 聚合酶Ⅲ DNA 聚合酶Ⅰ 连接酶
16. NAD<sup>+</sup> ATP
17. DNA 聚合酶Ⅰ RNaseH MF<sub>1</sub>

### 三、单选题

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

### 四、是非题

1. √ 2. × 3. √ 4. × 5. × 6. × 7. √ 8. √ 9. √ 10. √ 11. ×  
 12. × 13. √ 14. × 15. √ 16. ×

### 五、问答题

1. DNA 半保留复制指从亲代 DNA 合成的子代 DNA 双链中，一条链来自亲代，另一条链是新合成的。

DNA 的半保留复制方式，可使遗传信息准确地传递给子代细胞，保持其相对稳定性而不致发生变化，这对生物的遗传和维持物种稳定性具有重要意义。

2. DNA 聚合酶Ⅰ、Ⅲ，连接酶，引物酶，引物体，解螺旋酶，单链 DNA 结合蛋白，拓扑异构酶。

3. (1) 复制的起始：DnaA 蛋白识别复制起点，解链酶解开双链，形成复制叉。Dna 旋转酶（拓扑异构酶Ⅱ）在复制叉前端移动，消除前端双链的扭转张力；单链结合蛋白（SSB 蛋白）结合于解开的单链部位，保护单链，防止其重新复性，并保护其不受细胞内核酸酶的降解。

(2) DNA 链的延伸（半不连续复制）：RNA 引物的形成，前导链的引发与合成，滞后链的引发与合成。

(3) 复制的终止：当复制叉移动到终止部位时，复制停止。

4. (1) 碱基互补配对：碱基的互补配对原则，A-T、G-C，是 DNA 复制高保真的基础。

(2) DNA 聚合酶对碱基的选择作用：酶的被动论，DNA 聚合酶能依照模板的核苷酸，

选择正确的 dNTP 掺入引物末端。酶积极参与理论，DNA 聚合酶对正确与错误的核苷酸，不仅亲和性不同，而且将它们插入 DNA 引物端的速度也不同。动力学校正阅读，在新的磷酸二酯键未形成时，dNTP 结合在酶与模板-引物复合物的聚合位点上，DNA 聚合酶能识别正确与错误的 dNTP。DNA 聚合酶对底物的识别作用，DNA 聚合酶有两种底物，一种是 DNA 模板-引物，另一种是 dNTP。DNA 聚合酶先识别 DNA 模板和引物的 3' 末端，再识别底物 dNTP，是一种有序的识别过程。

(3) DNA 聚合酶的校正功能：*E. coli* 的 DNA 聚合酶 I 和 DNA 聚合酶 III，具有 3'→5' 核酸外切酶活性。当合成中掺入错误的核苷酸时，其 3'→5' 核酸外切酶活性，可从新生链的 3' 端直接删除错误插入的核苷酸。

5. 解链；合成引物；在 DNA 聚合酶催化下，在引物的 3' 端沿 5'→3' 方向合成 DNA 片段；在不连续链上清除引物，填补缺口，最后在连接酶的催化下将 DNA 片段连接起来。

## 第二十二次训练 逆转录、DNA 的损伤与修复

### 一、名词解释

1. 逆转录
2. DNA 的损伤
3. 光修复
4. 切除修复
5. 重组修复
6. SOS 修复

### 二、填空题

1. DNA 损伤的修复方式主要有 \_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_ 和 \_\_\_\_\_ 等。
2. DNA 损伤切除修复需要 4 种酶：①DNA 聚合酶、②核酸内切酶、③5'→3' 外切核酸酶、④连接酶。在修复历程中，它们的顺序是 \_\_\_\_\_。
3. 反转录酶是催化以为 \_\_\_\_\_ 模板，合成 \_\_\_\_\_ 的一类酶，其产物是 \_\_\_\_\_。
4. 逆转录酶具有 \_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_ 和 \_\_\_\_\_ 3 种酶活性。
5. 端粒酶由 \_\_\_\_\_ 和 \_\_\_\_\_ 组成。

### 三、单选题

1. [ ] RNA 病毒的复制由下列哪一种酶催化进行？
  - A. RNA 聚合酶
  - B. RNA 复制酶
  - C. DNA 聚合酶
  - D. DNA 复制酶
  - E. 逆转录酶
2. [ ] 逆转录酶是以下哪个？
  - A. DNA 指导的 DNA 聚合酶
  - B. DNA 指导的 RNA 聚合酶
  - C. RNA 指导的 DNA 聚合酶
  - D. RNA 指导的 RNA 聚合酶
  - E. 以 RNA 为底物的内切核酸酶
3. [ ] 下来哪一项不属于逆转录酶的功能？
  - A. 以 RNA 为模板合成 DNA
  - B. 以 DNA 为模板合成 DNA
  - C. 水解 RNA-DNA 杂交分子中的 RNA 链
  - D. 指导合成 RNA

4. [ ] 紫外线对 DNA 的损伤主要是因为以下哪个?  
 A. 引起碱基置换      B. 导致碱基缺乏  
 C. 发生碱基插入      D. 使磷酸二酯键断裂  
 E. 形成嘧啶二聚体
5. [ ] 端粒酶是以下哪种?  
 A. DNA 聚合酶      B. RNA 聚合酶      C. 逆转录酶  
 D. DNA 水解酶      E. 连接酶
6. [ ] 端粒酶的化学组成是以下哪个?  
 A. 蛋白质      B. 糖蛋白      C. 脂蛋白  
 D. DNA 与蛋白质      E. RNA 与蛋白质
7. [ ] 嘧啶染料可以引起下列哪种突变?  
 A. 转换      B. 颠换      C. 移码突变  
 D. 嘧啶二聚体      E. GC 与 AT 的专一性转换
8. [ ] 下列突变中, 哪一种致死性最大?  
 A. 胞嘧啶取代腺嘌呤      B. 腺嘌呤取代鸟嘌呤  
 C. 插入三个核苷酸      D. 插入一个核苷酸  
 E. 丢失三个核苷酸

#### 四、是非题

1. [ ] 逆转录酶催化 RNA 指导的 DNA 合成不需要 RNA 引物。  
 2. [ ] 紫外线损伤会形成嘧啶二聚体。  
 3. [ ] 切除修复指在酶的作用下, 切掉 DNA 分子中受损的部分, 并合成切去的部分, 使 DNA 恢复正常结构。  
 4. [ ] 重组修复可把 DNA 损伤部位彻底修复。

#### 五、问答题

1. 简述切除修复的过程。
2. 简述逆转录酶的活性?
3. 什么是端粒和端粒酶, 有何作用?
4. 端粒酶延长端粒的机制?

#### 【参考答案二十二】

#### 一、名词解释

1. 逆转录 以 RNA 为模板, 按照 RNA 中的核苷酸顺序合成 DNA 的过程。
2. DNA 损伤 某些理化因子, 如紫外线、电离辐射和化学诱变剂等, 作用于 DNA 分子的碱基、糖或是磷酸二酯键, 使 DNA 正常双螺旋结构遭到破坏, 影响其功能, 引起生物突变甚至导致死亡的过程。
3. 光修复 是单细胞生物到鸟类体内的光复活酶在可见光照射下被激活, 催化分解因

紫外线照射而产生的嘧啶二聚体，使DNA损伤得以恢复。

4. 切除修复 即在一系列酶的作用下，将DNA分子中受损伤部分切除掉，并以完整的一条链为模板，合成出切去的部分，然后使DNA恢复正常结构的过程。

5. 重组修复 属于复制后修复，即DNA的复制已经开始，DNA复制酶系跳过损伤部位继续以后面正常DNA为模板合成DNA子链，空缺的部分由损伤DNA链的互补链重组相应的片段，即从同源DNA的母链上将相应核苷酸序列片段移至子链缺口处，然后用再合成的序列来补上母链的空缺。

6. SOS修复 是一种倾向于差错的修复。即在DNA损伤后，在DNA复制过程中以脱氧核苷酸的聚合发生差错为代价，强行合成完整子代链的一种挽救性修复，属于应急修复，它允许DNA链在复制延伸时对损伤处的模板进行错配而越过模板的损伤片段。

## 二、填空题

1. 光修复 切除修复 重组修复 SOS修复

2. ②③①④

3. RNA DNA cDNA

4. 依赖RNA的DNA聚合酶 核糖核酸酶H (RNaseH酶) 依赖DNA指导的DNA聚合酶

5. RNA 逆转录酶

## 三、单选题

1. B 2. C 3. D 4. E 5. C 6. E 7. C 8. D

## 四、是非题

1. × 2. √ 3. √ 4. ×

## 五、问答题

1. (1) 由特异的核酸内切酶在靠近损伤部位的5'端切断单链DNA，提供3'-OH末端。

(2) DNA聚合酶I利用另一条完整的DNA链为模板，在断口处进行局部的修复合成。

(3) DNA聚合酶I利用其5'→3'外切酶的活性，切去损伤的寡聚核苷酸片段。

(4) DNA连接酶将新合成的DNA链与原来的DNA链连在一起。

2. (1) 依赖RNA的DNA聚合酶的活力，即以RNA为模板，合成DNA，形成RNA-DNA杂交分子。

(2) 核糖核酸酶H (RNaseH酶) 的活力，专门水解RNA-DNA杂交分子中的RNA，起着3'→5'外切酶和5'→3'外切酶的作用。

(3) 依赖DNA指导的DNA聚合酶活力，即以新合成的DNA链为模板合成互补的DNA链，形成DNA双链。

3. 端粒是真核生物染色体线性DNA分子末端的膨大结构，形态学上，像两顶帽子盖在染色体的两端。端粒在维持染色体的稳定性和DNA复制的完整性上有重要作用。端粒酶是一种含有RNA链的逆转录酶，其以所含RNA为模板合成DNA端粒结构。

4. (1) 端粒酶结合到端粒DNA 3'末端上，酶上的RNA模板的5'端识别端粒DNA的3'

末端，二者互补配对。

- (2) 以端粒酶上 RNA 为模板，延长端粒 DNA。
- (3) DNA 延长一个重复单位后，酶再向前（DNA 的 3' 端）移动一个单位。DNA 端粒不断延长。
- (4) 新合成的端粒 DNA 的 3' 端单链回折，作自身引物，合成其互补链（尺蠖模型）。

## 第十二章

# RNA的生物合成

### 第二十三次训练 RNA 生物合成

#### 一、名词解释

- |         |         |          |           |           |
|---------|---------|----------|-----------|-----------|
| 1. 转录   | 2. 转录单位 | 3. 不对称转录 | 4. 有义链    | 5. 反义链    |
| 6. σ因子  | 7. ρ因子  | 8. 内含子   | 9. 外显子    | 10. 启动子   |
| 11. 终止子 | 12. 强终止 | 13. 弱终止  | 14. 转录后加工 | 15. hnRNA |

#### 二、填空题

1. “转录”是指由 DNA 指导合成\_\_\_\_\_的过程。
2. 转录产物除了 mRNA 外，还有\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_两种 RNA。
3. 转录单位一般应包括\_\_\_\_\_序列、\_\_\_\_\_序列和\_\_\_\_\_序列。
4. 原核细胞中各种 RNA 是\_\_\_\_\_催化生成的，而真核细胞核基因的转录分别由\_\_\_\_\_种 RNA 聚合酶催化，其中 rRNA 基因由\_\_\_\_\_转录，hnRNA 基因由\_\_\_\_\_转录，各类小分子量 RNA 则是\_\_\_\_\_的产物。
5. DNA 双链中，可作模板转录生成 RNA 的一股称为\_\_\_\_\_，其对应的另一股单链称为\_\_\_\_\_。
6. 大肠杆菌中 DNA 指导的 RNA 聚合酶全酶的亚基组成为\_\_\_\_\_，去掉\_\_\_\_\_因子的部分称为核心酶，这个因子使全酶能识别 DNA 上的\_\_\_\_\_位点。
7. 原核生物 RNA 聚合酶识别、结合模板 DNA 的部位，也是控制转录的关键部位，称为\_\_\_\_\_。
8. RNA 聚合酶能以\_\_\_\_\_为模板，4 种\_\_\_\_\_为底物，按照\_\_\_\_\_方向从头合成 RNA。
9. 原核生物 RNA 聚合酶的\_\_\_\_\_亚基辨认 DNA 的转录起始部位，\_\_\_\_\_亚基决定哪些基因被转录，\_\_\_\_\_亚基与转录全过程有关。
10. RNA 的转录过程大体可分为 3 个阶段：\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_及\_\_\_\_\_阶段。
11. 大部分真核细胞 mRNA 的 5' 末端有一个特殊结构称为\_\_\_\_\_，其 3' 末端有个尾巴结构称为\_\_\_\_\_。
12. 真核生物 mRNA 的前体是\_\_\_\_\_。
13. 真核细胞中编码蛋白质的基因多为\_\_\_\_\_，编码的序列还保留在成熟 mRNA 中的是\_\_\_\_\_，编码的序列在前体分子转录后加工中被切除的是\_\_\_\_\_；在基因中\_\_\_\_\_被\_\_\_\_\_分隔，而在成熟的 mRNA 中序列被拼接起来。

14. 原核生物中能控制转录终止的蛋白质称为\_\_\_\_\_因子，它具有\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
15. 第一个被转录的核苷酸一般是\_\_\_\_\_。
16. 原核细胞启动子 -10 区的序列通常被称为\_\_\_\_\_，其一致序列为\_\_\_\_\_。

### 三、单选题

1. [ ] 关于 DNA 指导下的 RNA 合成，下列论述除了哪项外都是正确的？
  - A. 只有存在 DNA 时，RNA 聚合酶才催化磷酸二酯键的生成
  - B. 在转录过程中 RNA 聚合酶需要一个引物
  - C. 链延长方向是  $5' \rightarrow 3'$
  - D. 在多数情况下，只有一条 DNA 链作为模板
  - E. 合成的 RNA 链不是环形
2. [ ] 不对称转录是以下哪项？
  - A. 双向复制后的转录
  - B. 同一 DNA 模板转录可以是从  $5'$  至  $3'$  延长和从  $3'$  至  $5'$  延长
  - C. 同一单链 DNA，转录时可以交替作有义链和反义链
  - D. 转录经翻译生成氨基酸，氨基酸含有不对称碳原子
  - E. 没有规律的转录
3. [ ] DNA 上某段反意义链碱基顺序为  $5' \text{ACTAGTCAG}3'$ ，转录后的 mRNA 上相应的碱基顺序为以下哪个？
  - A.  $5' \text{TGATCAGGTC}3'$
  - B.  $5' \text{UGAUCAGUC}3'$
  - C.  $5' \text{CUGACUAGU}3'$
  - D.  $5' \text{CTGACTAGT}3'$
  - E.  $5' \text{CAGCUGACU}3'$
4. [ ] 原核生物参与转录起始的酶是以下哪种？
  - A. 解链酶
  - B. 引物酶
  - C. RNA 聚合酶 II
  - D. RNA 聚合酶全酶
  - E. RNA 聚合酶核心酶
5. [ ] 原核生物 DNA 指导的 RNA 聚合酶由数个亚基组成，其核心酶的组成是以下哪个？
  - A.  $\alpha_2\beta\beta'$
  - B.  $\alpha\alpha\beta'\sigma$
  - C.  $\alpha\alpha\beta'$
  - D.  $\alpha\sigma\beta$
  - E.  $\alpha\alpha\beta'$
6. [ ] 识别转录起始点的是以下哪种？
  - A.  $\rho$  因子
  - B. 核心酶
  - C. RNA 聚合酶的  $\alpha$  亚基
  - D.  $\sigma$  因子
  - E. DnaB 蛋白
7. [ ] 关于大肠杆菌 RNA 聚合酶的  $\sigma$  因子，下列叙述哪项正确？
  - A. 同一细胞内仅含 1 种
  - B. 没有专一性
  - C. 协助核心酶结合在启动子上
  - D. 与核心酶一起继续 RNA 链的延伸
  - E. 同一基因上可多点结合
8. [ ] 关于  $\sigma$  因子的描述哪个是正确的？

- A. 不属于 RNA 聚合酶  
 B. 可单独识别启动子部位而无需核心酶的存在  
 C. 转录始终需要  $\sigma$  亚基  
 D. 决定转录起始的专一性
9. [ ] 能特异性抑制原核生物 RNA 聚合酶的是以下哪个?  
 A. 利福平      B. 鹅膏蕈碱      C. 假尿嘧啶  
 D. 亚硝酸盐      E. 氯霉素
10. [ ] 真核生物 RNA 聚合酶Ⅲ的产物是以下哪个?  
 A. mRNA      B. hnRNA      C. rRNA      D. srRNA 和 tRNA
11. [ ] 下列描述正确的是以下哪个?  
 A. 需在有引物的基础上进行转录      B. 只有模板链转录故是不对称转录  
 C. dNTP 是转录的原料      D. RNA 聚合酶全酶参与转录的全过程  
 E. 转录的终止均需要  $\rho$  因子
12. [ ] 关于转录的叙述, 正确的是以下哪个?  
 A. 需要引物      B. 需要 dNTP      C. 生成冈崎片段  
 D. 不对称转录      E. 合成方向为 N→C
13. [ ] 下列关于 Pribnow 盒的叙述哪项是正确的?  
 A. 是真核生物的转录起始点上游的一致性序列  
 B. 是原核生物的转录起始点上游-35 区的一致性序列  
 C. 其典型的一致性序列为 TATAAT  
 D. 其典型的一致性序列为 TTGACA  
 E. 是 RAN 聚合酶对转录起始的辨认位点
14. [ ] 有关转录的错误叙述是以下哪个?  
 A. RNA 链按 3'→5' 方向延伸      B. 只有一条 DNA 链可作为模板  
 C. 以 NTP 为底物      D. 遵从碱基互补原则
15. [ ]  $\rho$  因子的功能是以下哪个?  
 A. 结合阻遏物于启动区域处      B. 增加 RNA 合成速率  
 C. 释放结合在启动子上的 RNA 聚合酶      D. 参与转录的终止过程  
 E. 允许特定转录的启动过程
16. [ ] 核酶 (ribozyme) 是以下哪个?  
 A. 是有催化作用的蛋白质      B. 以 NAD<sup>+</sup> 为辅酶  
 C. 有茎环结构和随后的寡聚 U      D. 能催化 RNA 的自我剪接  
 E. 是由 snRNA 和蛋白质组成的
17. [ ] 关于外显子的叙述正确的是以下哪个?  
 A. 基因中的编码区      B. 基因中的非编码区  
 C. 转录中的编码链      D. 转录中的非编码链  
 E. 一个外显子对应一条多肽链
18. [ ] 下列关于核不均一 RNA (hnRNA) 论述哪个是正确的?  
 A. 它们的寿命比大多数 RNA 短      B. 在其 3' 端有一个多聚腺苷酸尾巴

- C. 在其 5' 端有一个特殊帽子结构      D. 存在于细胞质中
19. [ ] hnRNA 是下列哪种 RNA 的前体?  
 A. tRNA      B. rRNA      C. mRNA      D. snRNA
20. [ ] 合成后无需进行转录后加工修饰就具有生物活性的 RNA 是以下哪个?  
 A. tRNA      B. rRNA  
 C. 原核细胞 mRNA      D. 真核细胞 mRNA
21. [ ] 真核细胞中的 mRNA 帽子结构是以下哪个?  
 A. 7-甲基鸟嘌呤核苷三磷酸      B. 7-甲基尿嘧啶核苷三磷酸  
 C. 7-甲基腺嘌呤核苷三磷酸      D. 7-甲基胞嘧啶核苷三磷酸
22. [ ] 大部分真核细胞 mRNA 3' 末端都具有以下哪种?  
 A. polyA      B. polyC      C. polyU      D. polyG

#### 四、是非题

1. [ ] RNA 转录所需要的模板只涉及 DNA 链的一部分，又称不对称转录。
2. [ ] RNA 的生物合成和 DNA 的生物合成都需要引物。
3. [ ] 在 RNA 的生物合成中，原核生物 RNA 由一种聚合酶合成，真核生物有 3 种 RNA 聚合酶。
4. [ ] 真核生物 RNA 聚合酶没有核酸外切酶活性。
5. [ ] 原核细胞和真核细胞中许多 mRNA 都是多顺反子转录产物。
6. [ ] 已发现有些 RNA 前体分子具有催化活性，可以准确地自我剪接，被称为核糖酶或核酶。
7. [ ] 原核生物中 mRNA 一般不需要转录后加工。
8. [ ] RNA 聚合酶对弱终止子的识别需要专一性的终止因子。
9. [ ] RNA 合成时，RNA 聚合酶以 3' → 5' 方向沿 DNA 的反义链移动，催化 RNA 链按 5' → 3' 方向增长。
10. [ ] 隔裂基因的内含子转录的序列在前体分子的加工中都被切除，因此可以断定内含子的存在完全没有必要。
11. [ ] 如果没有 σ 因子，核心酶只能转录出随机起始的、不均一的、无意义的 RNA 产物。
12. [ ] 原核细胞和真核细胞的 RNA 聚合酶都能够直接识别启动子。
13. [ ] 在原核细胞基因转录的过程中，当第一个磷酸二酯键形成以后，σ 因子即与核心酶解离。
14. [ ] 大肠杆菌所有的基因转录都由同一种 RNA 聚合酶催化。
15. [ ] 所有的 RNA 聚合酶都需要模板。
16. [ ] 利福霉素和利链霉素都是原核细胞 RNA 聚合酶的抑制剂，两者都抑制转录的起始。
17. [ ] 帽子结构是真核细胞 mRNA 所特有的结构。
18. [ ] tRNA 的 3' 端所具有的 CCA 序列都是通过后加工才加上的。
19. [ ] 真核细胞 mRNA 编码区不含修饰核苷酸。

20. [ ] 有的 tRNA 的反密码子由四个核苷酸组成。

## 五、问答题

1. 在转录过程中哪种酶起主要作用？简述其作用。
2. 大肠杆菌的 DNA 聚合酶和 RNA 聚合酶有哪些重要的异同点？
3. 原核生物启动子具有 3 个关键的保守序列是什么？
4. 下面是某基因中的一个片段的（—）链： $3' \cdots \text{ATTCGCAGGCT} \cdots 5'$ 。
  - A. 写出该片段的完整序列
  - B. 指出转录的方向和哪条链是转录模板
  - C. 写出转录产物序列
  - D. 其产物的序列和有意义链的序列之间有什么关系
5. 简述真核生物 mRNA 的加工过程。
6. 各种 RNA 的转录后加工包括哪些内容？
7. 试比较复制和转录过程的不同点。
8. 试述原核生物转录的终止机制。

### 【参考答案二十三】

#### 一、名词解释

1. 转录 以 DNA 的一条链为模板，以四种核苷三磷酸为底物，在 RNA 聚合酶的催化下，按照碱基配对原则合成 RNA 链的过程。
2. 转录单位 RNA 链的转录起始于 DNA 模板的一个特定起点（启动子），并在终点处（终止子）终止，此转录区域称为转录单位。
3. 不对称转录 由于 DNA 双链中只有一条链作为模板进行 RNA 的合成，故称为不对称转录。
4. 有义链 与模板互补的 DNA 链称为编码链或有义链。
5. 反义链 转录时作为 RNA 模板的 DNA 单链称为模板链或反义链。
6.  $\sigma$  因子 在开始合成 RNA 链时必须有  $\sigma$  亚基参与作用，能使 RNA 聚合酶稳定地结合到 DNA 的启动子上，因此  $\sigma$  亚基为起始因子。
7.  $\rho$  因子 参与转录终止的六聚体蛋白。
8. 内含子 断裂基因中不编码蛋白质的部分，称为内含子。
9. 外显子 断裂基因中编码蛋白质的部分，称为外显子。
10. 启动子 是 RNA 聚合酶识别、结合和开始转录的一段 DNA 序列。
11. 终止子 帮助 RNA 聚合酶识别终止信号的辅助因子（蛋白质）。
12. 强终止 指不依赖于 Rho 蛋白辅助因子（ $\rho$  因子）而能实现终止作用，这类终止子属于强终止子。
13. 弱终止 依赖于 Rho 蛋白辅助因子才能实现终止作用，这类终止子属于弱终止子。
14. 转录后加工 原初转录物经过一系列的加工修饰转变为成熟 RNA 分子的过程。
15. hnRNA 外显子和内含子一起被转录在一条很大的原初转录物 RNA 分子中，在核

内加工过程中形成分子大小不等的中间物，称为核内不均一 RNA (hnRNA)。

## 二、填空题

1. RNA
2. rRNA tRNA
3. 启动子 编码 终止子
4. 一种 RNA 聚合酶 3 RNA 聚合酶 I RNA 聚合酶 II RNA 聚合酶 III
5. 模板链 编码链
6.  $\alpha_2\beta\beta'\sigma$   $\sigma$  启动子
7. 启动子
8. DNA NTP  $5' \rightarrow 3'$
9.  $\sigma$   $\beta'$   $\beta$
10. 转录的起始 RNA 链的延伸 RNA 链合成的终止
11. 帽子结构 ( $m^7GpppNmp$ ) polyA
12. hnRNA
13. 隔(断)裂基因 外显子 内含子 外显子 内含子
14.  $\rho$  NTPase 酶活性 解链酶活性
15. 嘧啶核苷三磷酸
16. Pribnow 框 TATAAT

## 三、单选题

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

## 四、是非题

1. × 2. × 3. √ 4. √ 5. × 6. √ 7. √ 8. √ 9. √ 10. × 11. √
12. × 13. × 14. × 15. √ 16. × 17. √ 18. √ 19. √ 20. ×

## 五、问答题

1. RNA 聚合酶，RNA 聚合酶是以双链 DNA 中的一条链为模板（若以单链 DNA 为模板，则活性大大降低），以 4 种核糖核苷磷酸 (NTP) 为底物，以  $Mg^{2+}$  或  $Mn^{2+}$  为辅助因子，按  $5' \rightarrow 3'$  方向，催化 RNA 链合成与模板 DNA 链互补的 RNA 链；RNA 聚合酶的催化作用无需引物，也无校对功能。
2. DNA 聚合酶和 RNA 聚合酶都能催化多核苷酸链由  $5' \rightarrow 3'$  方向的聚合。二者不同点为：DNA 聚合酶以双链为模板，而 RNA 聚合酶是以双链 DNA 中的一条链为模板；DNA 聚合酶以 dNTP 为底物，而 RNA 聚合酶以 NTP 为底物；DNA 聚合酶具有  $3' \rightarrow 5'$  以及  $5' \rightarrow 3'$  的外切酶活性，而 RNA 聚合酶没有；DNA 聚合酶可参与 DNA 的损伤修复，而 RNA 聚合酶无此功能；二者的结构也是不相同的。
3. (1) -10 区 (Pribnow 框)，位于复制起点上游 -10bp 处 (实际位置在不同启动子中)

略有不同), 有 6bp 保守序列—TATAAT, 其含较多 A-T, 有助于 DNA 局部双链解开, 若其突变会降低 DNA 双链解开速度。

(2) -35 区, 为序列识别区, 其位于起点上游-35 处, 有保守序列—TTGACA, 其提供 RNA 聚合酶识别信号, 若其突变会降低 RNA 聚合酶与启动子结合速度。

(3) 间隔序列, 原核生物启动子-35 区与-10 区间距离约 16~19bp, 小于 15bp 或大于 20bp 会降低启动子活性, 即-35 区与-10 区间距离对控制基因表达水平很重要。

4. A. 3'…ATTCGCAGGCT…5'

5'…ATTCGCAGGCT…3'

B. 转录方向为 (-) 链的 3'→5', (-) 链为转录模板。

C. 产物序列: 5'…UAAGCGUCCGA…3'

D. 序列基本相同, 只是 U 代替了 T。

5. (1) hnRNA 被剪接, 除去由内含子转录来的序列, 将外显子的转录序列连接起来。

(2) 在 3'末端连接上一段有 20~30 个腺苷酸的多聚腺苷酸 (polyA) 的“尾巴”结构。

(3) 在 5'末端连接上一个“帽子”结构 m<sup>7</sup>GpppmNp。

(4) 在内部少数腺苷酸的腺嘌呤 6 位发生甲基化 (m<sup>6</sup>A)。

6. 转录后加工主要包括: 断裂、拼接、修饰、改造等。

7. (1) 转录和复制的底物不同。复制的底物是 dNTP, 转录的底物是 NTP。

(2) 转录和复制的酶不同。复制是以 DNA 指导的 DNA 聚合酶催化, 转录是以 DNA 指导的 RNA 聚合酶催化。

(3) 转录和复制的程度不同。转录是有选择性的, 根据细胞的需要在某个时候只转录一种或一些 mRNA、tRNA、rRNA, 模板为 DNA 的一条链; 而复制是无选择性的, 必须是全分子复制, 以两条链同时作为模板。

(4) 转录和复制的条件不同。转录不需要引物, 复制需要引物。

(5) DNA 的解链程度不同。RNA 转录时无需将双链完全解开, RNA 聚合酶使 DNA 双链局部解开形成转录泡, 完成后 DNA 双链重新闭合; 而复制中, 母链 DNA 完全解链, 并不再闭合。

(6) 转录需要后处理过程。转录有复杂的后处理过程, 必须经过转录后加工, 才能从无活性的 RNA 转变为有活性的 RNA。

8. (1) 不依赖  $\rho$  因子的终止机制 (强终止子)

DNA 模板上靠近终止区, 有些特殊的碱基序列, 转录出 RNA 后, RNA 产物形成特殊的结构来终止转录。GC 区形成发卡结构, 聚 U 区使配对不稳定, RNA 产物释放出来。

(2) 依赖  $\rho$  因子的终止机制 (弱终止子)

$\rho$  与 RNA 产物中富含 C 的部位结合, 并诱使 RNA 聚合酶构象改变停止滑动;  $\rho$  因子的解螺旋酶活性, 利于 RNA 产物释放。

# 第十三章

## 蛋白质的生物合成

### 第二十四次训练 蛋白质合成体系

#### 一、名词解释

1. 翻译      2. 遗传密码与密码子      3. 反密码子      4. 起始密码子、终止密码子  
5. 密码的简并性和摆动性      6. 核糖体、多核糖体      7. 同功 tRNA、起始 tRNA、延伸 tRNA

#### 二、填空题

1. 蛋白质生物合成中，合成原料是\_\_\_\_\_；mRNA 起模板作用，tRNA 起\_\_\_\_\_作用，核糖体起\_\_\_\_\_作用。
2. 细胞内多肽链合成的方向是从\_\_\_\_\_端到\_\_\_\_\_端，而阅读 mRNA 的方向是从\_\_\_\_\_端到\_\_\_\_\_端。
3. 为 20 种氨基酸编码的遗传密码共有\_\_\_\_\_个。
4. 三联体密码子共有\_\_\_\_\_个，其中终止密码子共有\_\_\_\_\_个，分别为\_\_\_\_、\_\_\_\_、\_\_\_\_；而起始密码子共有\_\_\_\_\_个，分别为\_\_\_\_、\_\_\_\_，这两个起始密码又分别代表\_\_\_\_\_氨酸和\_\_\_\_\_氨酸。
5. 遗传密码的特点有五个，分别为\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。
6. 几乎所有的生物都使用同一套遗传密码，这种现象叫做\_\_\_\_\_。
7. 次黄嘌呤具有广泛的配对能力，它可与\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_三个碱基配对，因此当它出现在反密码子中时，会使反密码子具有最大限度的阅读能力。
8. 原核生物核糖体为\_\_\_\_\_S，其中大亚基为\_\_\_\_\_S，小亚基为\_\_\_\_\_S；而真核生物核糖体为\_\_\_\_\_S，大亚基为\_\_\_\_\_S，小亚基为\_\_\_\_\_S。

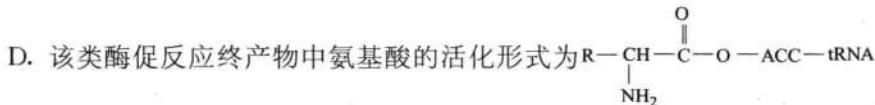
#### 三、单选题

1. [ ] 蛋白质生物合成是指以下哪个？  
A. 蛋白质分解代谢的逆过程  
B. 由氨基酸自发聚合成多肽  
C. 氨基酸在氨基酸聚合酶催化下连接成肽  
D. 由 mRNA 上的密码子翻译成多肽链的过程
2. [ ] 蛋白质合成的直接模板是以下哪个？

- A. DNA      B. hnRNA      C. mRNA      D. tRNA
3. [ ] DNA 的遗传信息通过下列哪种物质传递到蛋白质?  
 A. DNA 本身      B. rRNA      C. tRNA      D. mRNA
4. [ ] 生物体编码 20 种氨基酸的密码子个数是以下哪个?  
 A. 20      B. 24      C. 61      D. 64
5. [ ] 下列哪种氨基酸为非编码氨基酸?  
 A. 鸟氨酸      B. 组氨酸      C. 半胱氨酸  
 D. 缬氨酸      E. 亮氨酸
6. [ ] 下列有关 mRNA 的论述, 正确的一项是以下哪个?  
 A. mRNA 是基因表达的最终产物      B. mRNA 遗传密码的阅读方向是  $3' \rightarrow 5'$   
 C. mRNA 遗传密码的阅读方向是  $5' \rightarrow 3'$       D. mRNA 密码子与 tRNA 反密码子通过 A-T、G-C 配对结合  
 E. 每分子 mRNA 有 3 个终止密码子
7. [ ] 下列有关密码子的叙述, 错误的一项是以下哪个?  
 A. 密码子阅读是有特定起始位点的      B. 密码子阅读无间断性  
 C. 密码子都具有简并性      D. 密码子对生物界具有通用性
8. [ ] 遗传密码的摆动性是以下哪个?  
 A. 一个遗传密码子可以代表不同的氨基酸  
 B. 一个氨基酸可以有几个密码的现象  
 C. 密码和反密码可以任意配对  
 D. 密码的第 3 位碱基与反密码的第 1 位碱基可以不严格配对  
 E. 密码的第 1 位碱基与反密码的第 3 位碱基可以不严格配对
9. [ ] 密码子摆动性叙述中, 不恰当的一项是以下哪个?  
 A. 密码子中的第三位碱基专一性较小, 所以密码子的专一性完全由前两位决定  
 B. 第三位碱基如果发生了突变, 如  $A \rightleftharpoons G$ 、 $C \rightleftharpoons U$ , 由于密码子的简并性与变偶性特点, 使之仍能翻译出正确的氨基酸来, 从而使蛋白质的生物学功能不变  
 C. 次黄嘌呤经常出现在反密码子的第三位, 使之具有更广泛的阅读能力 (I-U、I-C、I-A), 从而可减少由于点突变引起的误差  
 D. 几乎所有密码子可用  $XY_c^U$  或  $XY_c^U$  表示, 其意义为密码子专一性主要由头两个碱基决定
10. [ ] 遗传密码的简并性是以下哪个?  
 A. 蛋氨酸密码用作起始密码  
 B. mRNA 上的密码子与 tRNA 上反密码子不需严格配对  
 C. 从最低等生物直至人类都用同一套密码  
 D. AAA、AAG、AAC、AAU 都是赖氨酸密码  
 E. 一个氨基酸可有多至 6 个密码子
11. [ ] 多数氨基酸都有两个以上密码子, 下列哪组氨基酸只有一个密码子?  
 A. 苏氨酸、甘氨酸      B. 脯氨酸、精氨酸      C. 丝氨酸、亮氨酸  
 D. 色氨酸、蛋氨酸      E. 天冬氨酸和天冬酰胺

12. [ ] 核糖体是以下哪个?  
 A. tRNA 的三级结构形式  
 B. 参与转录终止, 因为翻译紧接着转录之后  
 C. 有转运氨基酸的作用  
 D. 遗传密码的携带者                            E. 由 rRNA 和蛋白质构成
13. [ ] 蛋白质生物合成部位在以下哪个?  
 A. 细胞核内                                    B. 线粒体膜                                    C. 粗面内质网  
 D. 细胞膜内                                    E. 细胞核膜
14. [ ] 翻译起始复合物中, mRNA 上占据核糖体 P 位的密码子是以下哪个?  
 A. AGU    B. AUG    C. UAA  
 D. UAG    E. UGA
15. [ ] 下列密码子中, 属于起始密码子的是以下哪个?  
 A. AUG    B. AUU    C. AUC    D. GAG
16. [ ] 起始密码 AUG 又代表哪种氨基酸?  
 A. 半胱氨酸                                    B. 甲硫氨酸                                    C. 苏氨酸  
 D. 酪氨酸    E. 谷氨酸
17. [ ] 下列哪项不是遗传密码的特点?  
 A. 编码性    B. 简并性    C. 通用性  
 D. 摆动性    E. 时空性
18. [ ] 蛋白质生物合成的终止密码有以下几个?  
 A. 1 个    B. 2 个    C. 3 个  
 D. 4 个    E. 5 个
19. [ ] 下列密码子中, 终止密码子是以下哪个?  
 A. UUA    B. UGA    C. UGU    D. UAU
20. [ ] 关于核糖体叙述不恰当的一项是以下哪项?  
 A. 核糖体是由多种酶缩合而成的能够协调活动共同完成翻译工作的多酶复合体  
 B. 核糖体中的各种酶单独存在(解聚体)时, 同样具有相应功能  
 C. 在核糖体的大亚基上存在着肽酰基(P)位点和氨酰基(A)位点  
 D. 在核糖体大亚基上含有肽酰转移酶及能与各种起始因子、延伸因子、释放因子和各种酶相结合的位点
21. [ ] tRNA 的叙述中, 哪一项不恰当?  
 A. tRNA 在蛋白质合成中转运活化了的氨基酸  
 B. 起始 tRNA 在真核与原核生物中仅用于蛋白质合成的起始作用  
 C. 除起始 tRNA 外, 其余 tRNA 是在蛋白质合成延伸中起作用, 统称为延伸 tRNA  
 D. 原核与真核生物中的起始 tRNA 均为 fMet-tRNA
22. [ ] tRNA 结构与功能紧密相关, 下列叙述哪一项不恰当?  
 A. tRNA 的二级结构均为“三叶草形”  
 B. tRNA 3'末端为受体臂的功能部位, 均有 CCA 的结构末端  
 C. TψC 环的序列比较保守, 它对识别核糖体并与核糖体结合有关

- D. D 环也具有保守性，它在被氨酰-tRNA 合成酶识别时，是与酶接触的区域之一
23. [ ] 下列有关氨酰-tRNA 合成酶叙述中，哪一项有误？
- 氨酰-tRNA 合成酶促反应中由 ATP 提供能量，推动合成正向进行
  - 每种氨基酸活化均需要专一的氨酰-tRNA 合成酶催化
  - 氨酰-tRNA 合成酶活性中心对氨基酸及 tRNA 都具有绝对专一性



24. [ ] 氨酰-tRNA 的合成需要
- ATP
  - UTP
  - GTP
  - CTP
  - TTP
25. [ ] 与 mRNA 上 ACG 密码子相应的 tRNA 反密码子是
- UGC
  - TGC
  - GCA
  - CGU
  - CGT
26. [ ] 下列反密码子中能与密码子 UAC 配对的是
- AUG
  - AUI
  - ACU
  - GUA

#### 四、是非题

- 由于遗传密码的通用性，真核细胞的 mRNA 可在原核翻译系统中得到正常的翻译。
- 多肽链生物合成的第一个氨基酸都是甲硫氨酸。
- 从 DNA 分子的三联体密码可以推断出某一多肽的氨基酸序列，但由氨基酸序列并不能准确地推导出相应基因的核苷酸序列。
- 反密码子 GAA 只能辨认密码子 UUC。
- 当反密码子的第一个碱基为 I 时，这种 tRNA 可读 3 种不同的密码子。
- 氨酰-tRNA 合成酶既能识别氨基酸，又能识别 tRNA，使它们结合。
- 一些氨酰-tRNA 合成酶具有校对功能。
- 蛋白质合成中，终止密码子不编码任何氨基酸。

#### 五、问答题

- 简述遗传密码的基本特性。
- RNA 主要有哪三种？它们在蛋白质生物合成过程中各发挥什么作用？
- 参与蛋白质生物合成体系的组分有哪些？它们具有什么功能？

#### 【参考答案二十四】

##### 一、名词解释

- 翻译 以 mRNA 为模板合成蛋白质的过程。
- 遗传密码与密码子 mRNA 上的核苷酸序列与其编码的多肽链中氨基酸序列的对应关系称为遗传密码。而 mRNA 分子编码区中每三个相邻的核苷酸构成一个密码子。由四种

核苷酸构成的密码子共 64 个，其中有三个不代表任何氨基酸，而是蛋白质合成中的终止密码子。

3. 反密码子 指的是 tRNA 分子的反密码子环上的三联体核苷酸残基序列。
4. 起始密码子、终止密码子 蛋白质合成中决定起始氨基酸的密码子称为起始密码子，真核与原核生物中的起始密码子为代表甲硫氨酸的密码子 AUG 和代表缬氨酸的密码子 GUG。
5. 密码的简并性和摆动性 一种氨基酸可以具有好几组密码子，其中第三位碱基比前两位碱基具有较小的专一性，即密码子的专一性主要由前两位碱基决定的特性称为摆动性。
6. 核糖体、多核糖体 生物系统中合成蛋白质的部件，称为核糖体。多个核糖体可以同时翻译一个 mRNA 的信息，构成成串的核糖体称为多核糖体。
7. 同功 tRNA、起始 tRNA、延伸 tRNA 用于携带或运送同一种氨基酸的不同 tRNA 称同功 tRNA。能特异识别 mRNA 上起始密码子的 tRNA，称为起始 tRNA。在肽链延伸过程中，用于转运氨基酸的 tRNA 称为延伸 tRNA。

## 二、填空题

1. 20 种氨基酸 运载氨基酸 合成场所
2. N C 5' 3'
3. 61
4. 64 3 UAA UAG UGA 2 AUG GUG 蛋 缬
5. 编码性 简并性 通用性 无重叠性 摆动性
6. 通用性
7. A U C
8. 70 50 30 80 60 40

## 三、单选题

1. D 2. C 3. D 4. C 5. A 6. C 7. C 8. D 9. C 10. E 11. D 12. E
13. C 14. B 15. A 16. B 17. E 18. C 19. B 20. B 21. D 22. D 23. C
24. A 25. D 26. D

## 四、是非题

1. √ 2. × 3. √ 4. × 5. √ 6. √ 7. √ 8. √

## 五、问答题

1. 编码性、简并性、通用性、无标点性、无重叠性、摆动性。
2. rRNA、mRNA、tRNA。rRNA 和多种蛋白质结合而成核糖体，核糖体是蛋白质合成的场所，是装配者；mRNA 是蛋白质合成的模板；tRNA 是模板与氨基酸之间的连接体，搬运氨基酸，起信号转换器的作用。
3. 蛋白质合成的场所是：核糖体；蛋白质合成的模板是：mRNA；模板与氨基酸之间的接合体是：tRNA；蛋白质合成的原料是：20 种氨基酸；酶：氨酰-tRNA 合成酶、转肽酶；蛋白因子：起始因子、延伸因子、终止因子等；能量：ATP、GTP；其他： $Mg^{2+}$ 。

## 第二十五次训练 蛋白质合成过程

### 一、名词解释

1. EFTs-EFTu 循环 2. 移位 3. 转肽

### 二、填空题

1. 蛋白质合成中的氨基酸搬运，是由\_\_\_\_\_催化生成\_\_\_\_\_。
2. 原核起始 tRNA，可表示为\_\_\_\_\_，而起始氨酰-tRNA 表示为\_\_\_\_\_；真核生物起始 tRNA 可表示为\_\_\_\_\_，而起始氨酰-tRNA 表示为\_\_\_\_\_。
3. 氨酰-tRNA 的结构通式可表示为\_\_\_\_\_，与氨基酸键联的核苷酸是\_\_\_\_\_。
4. 氨酰-tRNA 合成酶对氨基酸和相应 tRNA 都具有较高专一性，在识别 tRNA 时，其 tRNA 的\_\_\_\_\_环起着重要作用，此酶促反应过程中由\_\_\_\_\_提供能量。
5. 真核生物细胞合成多肽的起始氨基酸为\_\_\_\_\_氨酸，起始 tRNA 为\_\_\_\_\_，此 tRNA 分子中不含\_\_\_\_\_序列。这是 tRNA 家庭中十分特殊的。
6. 原核生物 mRNA 分子中起始密码子往往位于\_\_\_\_\_端第 25 个核苷酸以后，并且在距起始密码子上游约 10 个核苷酸的地方往往有一段富含\_\_\_\_\_碱的序列称为 Shine-Dalgarno 序列，它可与 16S rRNA \_\_\_\_\_端核苷酸序列互补。
7. 翻译延长的进位，是指\_\_\_\_\_进入\_\_\_\_\_位。
8. 肽链延伸过程需要\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_三步循环往复，每循环一次肽链延长\_\_\_\_\_个氨基酸残基，原核生物中循环的第一步需要\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_延伸因子；第三步需要\_\_\_\_\_延伸因子。
9. 转肽酶催化生成的化学键是\_\_\_\_\_，该酶还有\_\_\_\_\_酶的活性。
10. 蛋白质生物合成终止需要\_\_\_\_\_，它使\_\_\_\_\_从核糖体上脱落。
11. 肽链合成的终止阶段，\_\_\_\_\_因子和\_\_\_\_\_因子能识别终止密码子，以终止肽链延伸，而\_\_\_\_\_因子虽不能识别任何终止密码子，但能协助肽链释放。
12. 蛋白质合成后加工常见的方式有\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。

### 三、单选题

1. [ ] 哪一种酶是翻译延长需要的？
 

A. 氨基酸 tRNA 转移酶	B. 磷酸化酶
C. 氨基酸合酶	D. 肽链聚合酶
E. 转肽酶	
2. [ ] 下列哪一种直接抑制转肽酶？
 

A. 放线菌酮	B. 四环素	C. 土霉素
D. 链霉素和卡那霉素		E. 利福平
3. [ ] 核糖体小亚基的功能是以下哪个？
 

A. 结合模板 mRNA	B. 具有转位酶活性
C. 结合氨酰-tRNA 的部位	D. 结合肽酰-tRNA

- E. 具有脂酰活性
4. [ ] 蛋白质合成过程中氨酰基活化的专一性取决于以下哪个?  
 A. 密码子      B. mRNA      C. 核蛋白体  
 D. 氨酰-tRNA 合成酶      E. 转肽酶
5. [ ] 氨基酸活化需要消耗以下哪种?  
 A. 1mol ATP      B. 1mol GTP      C. 2 个高能磷酸键  
 D. 2mol ATP      E. 2mol GTP
6. [ ] 进位是指以下哪种?  
 A. 氨酰-tRNA 进入核糖体 A 位      B. 氨酰-tRNA 进入核糖体 P 位  
 C. 肽酰-tRNA 进入核糖体 A 位      D. 肽酰-tRNA 进入核糖体 P 位  
 E. RF 进入核糖体的 A 位
7. [ ] 原核生物中，多肽链合成时的起始氨基酸是以下哪个?  
 A. 蛋氨酸      B. 甲酰蛋氨酸      C. 半胱氨酸  
 D. 脯氨酸      E. 色氨酸
8. [ ] 原核生物中肽链合成的起始过程叙述中，不恰当的一项是以下哪个?  
 A. mRNA 起始密码多数为 AUG，少数情况也为 GUG  
 B. 起始密码子往往在 5' 端第 25 个核苷酸以后，而不是从 mRNA 5' 端的第一个核苷酸开始的  
 C. 在距起始密码子上游约 10 个核苷酸的地方往往有一段富含嘌呤的序列，它能与 16S rRNA 3' 端碱基形成互补  
 D. 70S 起始复合物的形成过程，是 50S 大亚基及 30S 小亚基与 mRNA 自动组装的
9. [ ] 有关大肠杆菌肽链延伸叙述中，不恰当的一项是以下哪个?  
 A. 进位是氨酰-tRNA 进入大亚基空载的 A 位点  
 B. 进位过程需要延伸因子 EFTu 及 EFTs 协助完成  
 C. 甲酰甲硫氨酰-tRNA<sub>f</sub> 进入 70S 核糖体 A 位同样需要 EFTu-EFTs 延伸因子作用  
 D. 进位过程中消耗能量由 GTP 水解释放自由能提供
10. [ ] 延伸进程中肽链形成叙述中哪项不恰当?  
 A. 肽酰基从 P 位点转移到 A 位点，同时形成一个新的肽键，P 位点上的 tRNA 无负载，而 A 位点的 tRNA 上肽键延长了一个氨基酸残基  
 B. 肽键形成是由肽酰转移酶作用下完成的，此种酶属于核糖体的组成成分  
 C. 嘌呤霉素对蛋白质合成的抑制作用，发生在转肽过程这一步  
 D. 肽酰基是从 A 位点转移到 P 位点，同时形成一个新的肽键，此时 A 位点 tRNA 空载，而 P 位点的 tRNA 上肽链延长了一个氨基酸残基  
 E. 多肽链合成都是从 N 端向 C 端方向延伸的
11. [ ] 移位的叙述中哪一项不恰当?  
 A. 移位是指核糖体沿 mRNA (5' → 3') 做相对移动，每次移动的距离为一个密码子  
 B. 移位反应需要一种蛋白质因子 (EFG) 参加，该因子也称移位酶  
 C. EFG 是核糖体组成因子  
 D. 移位过程需要消耗的能量形式是 GTP 水解释放的自由能

12. [ ] 肽链终止释放叙述中，哪一项不恰当？  
 A. RF<sub>1</sub> 能识别 mRNA 上的终止信号 UAA、UAG  
 B. RF<sub>2</sub> 则用于识别 mRNA 上的终止信号 UAA、UGA  
 C. RF<sub>3</sub> 不识别任何终止密码，但能协助肽链释放  
 D. 当 RF<sub>3</sub> 结合到大亚基上时转移酶构象变化，转肽酰活性则成为水解酶活性，使多肽基从 tRNA 上水解而释放
13. [ ] 70S 起始复合物的形成过程的叙述，哪项是正确的？  
 A. mRNA 与 30S 亚基结合过程需要起始因子 IF<sub>1</sub>  
 B. mRNA 与 30S 亚基结合过程需要起始因子 IF<sub>2</sub>  
 C. mRNA 与 30S 亚基结合过程需要起始因子 IF<sub>3</sub>  
 D. mRNA 与 30S 亚基结合过程需要起始因子 IF<sub>1</sub>、IF<sub>2</sub> 和 IF<sub>3</sub>
14. [ ] mRNA 与 30S 亚基复合物与甲酰甲硫氨酰-tRNA<sub>f</sub> 结合过程中起始因子为以下哪个？  
 A. IF<sub>1</sub> 及 IF<sub>2</sub>      B. IF<sub>2</sub> 及 IF<sub>3</sub>      C. IF<sub>1</sub> 及 IF<sub>3</sub>      D. IF<sub>1</sub>、IF<sub>2</sub> 及 IF<sub>3</sub>
15. [ ] 下列哪种因子参与了蛋白质生物合成的终止过程？  
 A. RF      B. ρ      C. σ  
 D. EF      E. IF
16. [ ] 核糖体循环不需要以下哪个？  
 A. mRNA      B. 氨酰-tRNA      C. 核糖体  
 D. EF      E. CTP
17. [ ] 合成蛋白质后才由前体物质转变而成的氨基酸是以下哪个？  
 A. 脯氨酸      B. 羟脯氨酸      C. 丝氨酸  
 D. 赖氨酸      E. 半胱氨酸
18. [ ] 真核生物蛋白质合成的特异抑制剂是以下哪个？  
 A. 嘌呤霉素      B. 氯霉素      C. 利福霉素  
 D. 放线菌酮      E. 青霉素
19. [ ] 将 DNA 核苷酸序列的信息转变成为氨基酸顺序的过程是以下哪项？  
 A. 复制      B. 转录      C. 逆转录      D. 翻译
20. [ ] 蛋白质合成时下列何种物质能使多肽链从核糖体上释出？  
 A. 转肽酶      B. 释放因子 (RF)      C. 终止密码子  
 D. 全部起始因子      E. 核糖体释放因子 (RR)
21. [ ] 与蛋白质生物合成无关的因子是以下哪个？  
 A. 起始因子      B. 释放因子      C. 延长因子  
 D. GTP      E. ρ 因子

#### 四、是非题

1. [ ] 原核细胞新生肽链 N 末端第一个残基为 fMet，而真核细胞的为 Met。  
 2. [ ] 蛋白质生物合成的能量都是由 ATP 直接供给。  
 3. [ ] 每种生物都有自己特有的一套遗传密码。

4. [ ] 氨酰-tRNA 是氨基酸的活化形式。
5. [ ] 多肽链合成结束，就意味着具有正常生理功能的蛋白质已经生成。
6. [ ] 使用放线菌素 D、利福平、 $\alpha$ -鹅膏蕈碱可抑制真核生物蛋白质的合成。
7. [ ] 在蛋白质生物合成中，所有的氨酰-tRNA 都是首先进入核糖体的 A 位。
8. [ ] EF-Tu 的 GTPase 活性越高，翻译的速度就越快，但翻译的忠实性就越低。
9. [ ] 氨酰-tRNA 进入 A 位之前，与 EF-Tu 结合的 GTP 必须水解。
10. [ ] 多肽链的折叠发生在蛋白质合成结束以后才开始。
11. [ ] 蛋白质翻译一般以 AUG 作为起始密码子，有时也以 GUG 为起始密码子，但以 GUG 为起始密码子，则第一个被掺入的氨基酸为 Val。
12. [ ] 核糖体的 P 位可与新掺入的氨酰-tRNA 结合，A 位可与延长中的肽酰-tRNA 结合。
13. [ ] 蛋白质合成过程中，识别 mRNA 上终止密码的是释放因子 RF。

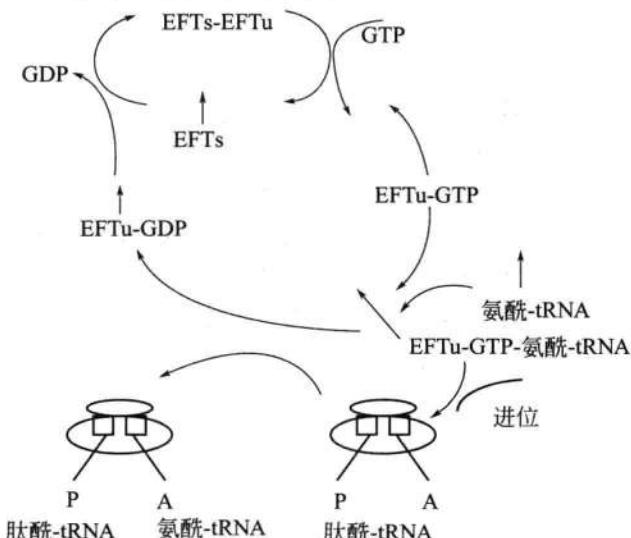
## 五、问答题

1. 蛋白质合成过程中氨基酸的活化有什么意义？
2. 氨酰-tRNA 合成酶在多肽合成中的作用特点和意义。
3. 原核细胞与真核细胞蛋白质合成起始氨基酸、起始氨酰-tRNA 及起始复合物的异同点有哪些？

### 【参考答案二十五】

#### 一、名词解释

1. EFTs-EFTu 循环 EFTu 与 EFTs 称为延伸因子，参与氨酰-tRNA 进位，每完成一次进位需要 EFTs-EFTu 循环一周，其过程如下：



2. 移位 就是核糖体沿着 mRNA 从 5'向 3'端移动一个密码子的距离。
3. 转肽 则是位于核糖体大亚基 P 位点的肽酰基在转肽酶的作用下，被转移到 A 位点，氨酰-tRNA 的氨基上形成肽键的过程。

## 二、填空题

1. 氨酰-tRNA 合成酶 氨酰-tRNA
2. tRNA<sup>fMet</sup> fMet-tRNA<sup>fMet</sup> tRNAi<sup>Met</sup> Met-tRNAi<sup>Met</sup>
3.  $\text{R}-\text{CH}(\text{NH}_2)-\overset{\text{O}}{\underset{|}{\text{C}}}-\text{O}-\text{tRNA}$  A (腺嘌呤核苷酸)
4. DHU ATP
5. 甲硫 tRNAi<sup>Met</sup> T<sub>ψ</sub>C
6. 5' 嘧呤 3'
7. 氨酰-tRNA 核糖体 A
8. 进位 转肽 移位 — EFTu EFTs EFG
9. 肽键 水解
10. 终止因子 多肽链
11. RF<sub>1</sub> RF<sub>2</sub> RF<sub>3</sub>
12. 磷酸化 糖基化 脱甲基化 信号肽切除

## 三、单选题

1. E 2. A 3. A 4. D 5. C 6. A 7. B 8. D 9. C 10. D 11. C 12. D
13. D 14. A 15. A 16. E 17. B 18. D 19. D 20. A 21. E

## 四、是非题

1. √ 2. × 3. × 4. √ 5. × 6. × 7. × 8. × 9. × 10. √ 11. √
12. × 13. √

## 五、问答题

1. 氨基酸活化具有两方面意义：其一是氨基酸必须由 tRNA 携带方可进入核糖体的特定部位，而且氨基酸本身并不能识别 mRNA 上的密码子，也要由 tRNA 去识别；其二是氨酰-tRNA 的氨酰键中贮存了能量，使氨酰基具有相当高的转移势能，足以用于以后肽链的形成，而不需要再从外界输入能量。

2. 氨酰-tRNA 合成酶具有高度的专一性：一是对氨基酸有极高的专一性，每种氨基酸都有一种专一的酶，它仅作用于 L-氨基酸，不作用于 D-氨基酸，有的氨酰-tRNA 合成酶对氨基酸的专一性虽然不高，但对 tRNA 仍具有极高专一性。这种高度专一性会大大减少多肽合成中的差错。

3.

项 目	原核生物	真核生物
起始氨基酸	甲酰甲硫氨酸	甲硫氨酸
起始复合物核糖体大小	70S	80S
起始氨酰-tRNA	fMet-tRNA <sup>fMet</sup>	Met-tRNAi <sup>Met</sup>

## 第十四章

# 物质代谢的相互联系及调节控制

## 第二十六次训练 物质代谢调节及基因表达调节

### 一、名词解释

1. 限速酶      2. 酶的共价修饰      3. 酶的级联系统      4. 反馈抑制  
5. 操纵子      6. 诱导酶      7. 阻遏物      8. 前馈激活

### 二、填空题

- 沟通糖、脂代谢的关键化合物是\_\_\_\_\_。
- 不同代谢途径可以通过交叉点代谢中间物进行转化，在糖、脂、蛋白质及核酸的相互转化过程中三个最关键的代谢中间物是\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
- 当体内葡萄糖有富余时，糖在体内很容易转变为脂，因为糖分解产生的\_\_\_\_\_可作为合成脂肪酸的原料，磷酸戊糖途径产生的\_\_\_\_\_可为脂酸合成提供还原力。
- 脑是机体耗能的主要器官之一，正常情况下，主要以\_\_\_\_\_作为供能物质，长期饥饿时，则主要以\_\_\_\_\_作为能源。
- 成熟红细胞所需能量主要来自\_\_\_\_\_，因为红细胞没有线粒体，不能进行\_\_\_\_\_。
- 对于高等生物而言，物质代谢调节可分为三级水平，包括\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_及整体水平的调节。
- 代谢途径的终产物浓度可以控制自身形成的速率，这种现象被称为\_\_\_\_\_。
- 关键酶所催化的反应具有下述特点：催化反应的速率\_\_\_\_\_，因此又称限速酶；催化\_\_\_\_\_，因此它的活性决定整个代谢途径的方向；这类酶常受多种效应剂的调节。
- 许多代谢途径的第一个酶是限速酶，终产物多是它的\_\_\_\_\_，对它进行\_\_\_\_\_，底物多为其\_\_\_\_\_。
- 细胞水平的调节主要通过改变关键酶\_\_\_\_\_或\_\_\_\_\_以影响酶的活性，从而对物质代谢进行调节。
- 酶促化学修饰的特点有：(1)除黄嘌呤氧化酶外，属于这类调节方式的酶都有\_\_\_\_\_两种形式。(2)化学修饰会引起酶分子\_\_\_\_\_的变化。而且，其是酶促反应，故有\_\_\_\_\_效应。(3)\_\_\_\_\_是最常见的酶促化学修饰反应，一般是耗能的。
- 化学修饰调节最常见的方式是磷酸化，磷酸化可使糖原合成酶活性\_\_\_\_\_，糖原磷酸化酶活性\_\_\_\_\_。

13. 改变酶结构的快速调节，主要包括\_\_\_\_\_与\_\_\_\_\_。
14. 酶含量的调节主要通过改变酶\_\_\_\_\_或\_\_\_\_\_以调节细胞内酶的含量，从而调节代谢的速率和强度。
15. 乳糖操纵子的诱导物是\_\_\_\_\_，色氨酸操纵子的辅阻遏物是\_\_\_\_\_。
16. 1961年，法国生物学家 Monod 和 Jacob 提出了关于原核生物基因结构及表达调控的\_\_\_\_\_学说。
17. 原核细胞酶的合成速率主要在\_\_\_\_\_水平进行调节。
18. 操纵子由\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_共同组成。
19. 按受体在细胞的分布不同，可将激素分为\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。

### 三、单选题

1. [ ] 下列描述体内物质代谢的特点，哪项是错误的？
  - A. 各种物质在代谢过程中是相互联系的
  - B. 进入人体的能源物质超过需要，即被氧化分解
  - C. 体内各种物质的分解、合成和转变维持着动态平衡
  - D. 物质的代谢速率和方向决定于生理状态的需要
2. [ ] 关于糖、脂、氨基酸代谢错误的是哪个？
  - A. 乙酰 CoA 是糖、脂、氨基酸分解代谢共同的中间代谢物
  - B. 三羧酸循环是糖、脂、氨基酸分解代谢的最终途径
  - C. 当摄入糖量超过体内消耗时，多余的糖可转变为脂肪
  - D. 当摄入大量脂类物质时，脂类可大量异生为糖
3. [ ] 饥饿可使肝内哪一条代谢途径增强？
  - A. 糖原合成
  - B. 糖酵解途径
  - C. 糖异生
  - D. 脂肪合成
4. [ ] 细胞内不能进行下列哪一代谢途径？
  - A. 脂肪酸合成
  - B. 磷酸戊糖途径
  - C. 脂肪酸  $\beta$ -氧化
  - D. 糖酵解
5. [ ] 磷酸二羟丙酮是哪两种代谢之间的交叉点？
  - A. 糖-氨基酸
  - B. 糖-脂肪酸
  - C. 糖-甘油
  - D. 糖-胆固醇
6. [ ] 长期饥饿时大脑的能量来源主要是以下哪个？
  - A. 葡萄糖
  - B. 氨基酸
  - C. 甘油
  - D. 酮体
7. [ ] 人体活动主要的直接供能物质是以下哪个？
  - A. 脂肪酸
  - B. 葡萄糖
  - C. ATP
  - D. GTP
8. [ ] 各种分解途径中，放能最多的途径是以下哪个？
  - A. 糖酵解
  - B. 三羧酸循环
  - C.  $\beta$ -氧化
  - D. 氧化脱氨基
9. [ ] 当肝细胞内 ATP 供应充分时，下列叙述哪一项是错误的？
  - A. 丙酮酸激酶被抑制
  - B. 磷酸果糖激酶活性受抑制
  - C. 丙酮酸羧化酶活性受抑制
  - D. 糖异生增强
  - E. 三羧酸循环减慢
10. [ ] 在细胞内进行的是以下哪个？
  - A. 脂酸  $\beta$ -氧化
  - B. 氧化磷酸化
  - C. 丙酮酸羧化

- D. 三羧酸循环      E. 脂酸合成
11. [ ] 饥饿时体内的代谢变化哪一项是错误的?
- A. 胰岛素分泌增加      B. 胰高血糖素分泌增加  
 C. 脂肪动员加强      D. 酮体生成增加  
 E. 糖异生加强
12. [ ] 下列关于糖脂代谢的叙述哪一项是错误的?
- A. 糖分解产生的乙酰 CoA 可作为脂酸合成的原料  
 B. 脂酸合成所需的 NADPH 主要来自磷酸戊糖途径  
 C. 脂酸分解产生的乙酸 CoA 可经三羧酸循环异生成糖  
 D. 甘油可异生成糖  
 E. 脂肪分解代谢的顺利进行有赖于糖代谢的正常进行
13. [ ] 三羧酸循环所需草酰乙酸通常主要来源于以下哪个?
- A. 天冬氨酸脱氨基      B. 食物直接提供  
 C. 苹果酸脱氢      D. 糖代谢丙酮酸羧化  
 E. 以上都不是
14. [ ] 下面关于共价修饰调节酶的说法哪个是错误的?
- A. 共价修饰调节酶以活性和无活性两种形式存在  
 B. 两种形式之间由酶催化共价修饰反应相互转化  
 C. 经常受激素调节、伴有级联放大效应  
 D. 是高等生物独有的调节形式
15. [ ] 关于关键酶的叙述哪一项是错误的?
- A. 关键酶常位于代谢途径的第一步反应  
 B. 关键酶在代谢途径中活性最高, 所以才对整个代谢途径的流量起决定作用  
 C. 受激素调节的酶常是关键酶  
 D. 关键酶常是变构酶  
 E. 关键酶常催化单向反应或非平衡反应
16. [ ] 关于变构效应剂与酶结合的叙述正确的是以下哪个?
- A. 与酶活性中心底物结合部位结合      B. 通过共价键与酶结合  
 C. 与调节亚基或调节部位结合      D. 与酶活性中心外任何部位结合
17. [ ] 关于酶的化学修饰, 错误的是以下哪种?
- A. 一般都有活性和非活性两种形式  
 B. 活性和非活性两种形式在不同酶催化下可以互变  
 C. 催化互变的酶受激素等因素的控制  
 D. 一般不需消耗能量  
 E. 化学修饰的方式多为肽链的磷酸化和脱磷酸
18. [ ] 酶化学修饰调节的主要方式是以下哪个?
- A. 乙酰化与去乙酰化      B. 甲基化与去甲基化  
 C. 磷酸化与去磷酸化      D. 聚合与解聚  
 E. 酶蛋白的合成与降解

19. [ ] 利用磷酸化来修饰酶的活性，其修饰位点通常在下列哪个氨基酸残基上？  
A. 半胱氨酸      B. 苯丙氨酸      C. 赖氨酸  
D. 丝氨酸      E. 组氨酸
20. [ ] 关于机体各器官物质代谢的叙述哪一项是错误的？  
A. 肝脏是机体物质代谢的枢纽  
B. 心脏对葡萄糖的分解以有氧氧化为主  
C. 通常情况下大脑主要以葡萄糖供能  
D. 红细胞所需能量主要来自葡萄糖酵解途径  
E. 肝脏是体内能进行糖异生的唯一器官
21. [ ] 关于变构调节的叙述哪一项是错误的？  
A. 变构酶常由两个以上亚基组成  
B. 变构调节剂常是些小分子代谢物  
C. 变构剂通常与酶活性中心以外的某一特定部位结合  
D. 代谢途径的终产物通常是该途径起始反应酶的变构抑制剂  
E. 变构调节具有放大效应
22. [ ] 下列与能量代谢有关的过程除哪个外都发生在线粒体中？  
A. 糖酵解      B. 三羧酸循环      C. 脂肪酸的  $\beta$ -氧化  
D. 氧化磷酸化      E. 呼吸链电子传递
23. [ ] 关于酶含量的调节哪一项是错误的？  
A. 酶含量调节属细胞水平的调节      B. 酶含量调节属快速调节  
C. 底物常可诱导酶的合成      D. 产物常阻遏酶的合成  
E. 激素或药物也可诱导某些酶的合成
24. [ ] 操纵子调节系统属于哪一种水平的调节？  
A. 复制水平的调节      B. 转录水平的调节  
C. 转录后加工的调节      D. 翻译水平的调节
25. [ ] 下列关于操纵基因的论述哪个是正确的？  
A. 能专一性地与阻遏蛋白结合      B. 是 RNA 聚合酶识别和结合的部位  
C. 是诱导物和辅阻遏物的结合部位      D. 能于结构基因一起转录但未被翻译
26. [ ] 下列有关调节基因的论述，哪个是对的？  
A. 调节基因是操纵子的组成部分  
B. 是编码调节蛋白的基因  
C. 各种操纵子的调节基因都与启动基因相邻  
D. 调节基因的表达受操纵子的控制
27. [ ] 以下有关阻遏蛋白的论述哪个是正确的？  
A. 阻遏蛋白是调节基因表达的产物  
B. 阻遏蛋白妨碍 RNA 聚合酶与启动子结合  
C. 阻遏蛋白与 RNA 聚合酶结合而抑制转录  
D. 阻遏蛋白与启动子结合而阻碍转录的启动
28. [ ] 关于操纵子的论述哪个是错误的？

- A. 操纵子不包括调节基因
  - B. 操纵子是由启动基因、操纵基因与其控制的一组功能上相关的结构基因组成的基因表达调控单位
  - C. 代谢物往往是该途径可诱导酶的诱导物，代谢终产物往往是可阻遏酶的辅阻遏物
  - D. 真核细胞的酶合成也存在诱导和阻遏现象，因此也是由操纵子进行调控的
29. [ ] 按照操纵子学说，对基因转录起调控作用的是以下哪个？
- A. 诱导酶
  - B. 阻遏蛋白
  - C. RNA 聚合酶
  - D. DNA 聚合酶
30. [ ] 作用于细胞内受体的激素是以下哪个？
- A. 类固醇激素
  - B. 儿茶酚胺类激素
  - C. 蛋白类激素
  - D. 肽类激素

#### 四、是非题

1. [ ] 在动物体内蛋白质可以转变为脂肪，但不能转变为糖。
2. [ ] 代谢中代谢物浓度对代谢的调节强于酶活性对代谢的调节。
3. [ ] 诱导酶是指当特定诱导物存在时产生的酶，这种诱导物往往是该酶的产物。
4. [ ] 基因表达的调控关键在于转录水平的调控。
5. [ ] 乳糖可以诱导乳糖操纵子的表达，所以乳糖对乳糖操纵子的调控属于正调控系统。
6. [ ] 蛋白质的磷酸化和去磷酸化是可逆反应，该可逆反应是由同一种酶催化完成的。
7. [ ] 细胞内许多代谢反应受到能量状态的调节。
8. [ ] 真核生物基因表达的调控单位是操纵子。
9. [ ] 酶的磷酸化和脱磷酸化作用主要在高等动物细胞中进行；酶的腺苷酰化和脱腺苷酰化作用则是细菌中共价修饰酶活性的一种重要方式。
10. [ ] 蛋白激酶和蛋白磷酸酶对蛋白质进行磷酸化和去磷酸化的共价修饰是真核细胞代谢调节的重要方式。
11. [ ] 共价修饰调节酶被磷酸化后活性增大，去磷酸化后活性降低。
12. [ ] 操纵基因又称操纵子，如同启动基因又称启动子一样。
13. [ ] 别构酶又称变构酶，催化反应物从一种构型转化为另一种构型。
14. [ ] 细胞内区域化在代谢调节上的作用，除把不同的酶系统和代谢物分隔在特定区间外，还通过膜上的运载系统调节代谢物、辅助因子和金属离子的浓度。

#### 五、问答题

1. 简单举例说明生物体代谢调控的三个水平。
2. 用实例说明能荷调节的重要性。
3. 举例说明原核生物基因表达的调节。
4. 何谓酶的共价修饰（或化学修饰）？举例说明通过共价修饰来调节酶的活性。
5. 何谓反馈调节？可分为哪些类型？
6. 举例说明什么叫级联放大作用。
7. 哪些中间代谢物能把糖、脂、蛋白质和核酸代谢联系起来？
8. 讨论下列代谢途径可否在体内进行，并简要说明其可能的途径或不可能的原因。
  - (1) 葡萄糖 → 软脂酸
  - (2) 软脂酸 → 葡萄糖
  - (3) 丙氨酸 → 葡萄糖
  - (4) 葡萄糖 → 亚油酸
  - (5) 亮氨酸 → 葡萄糖

## 【参考答案二十六】

### 一、名词解释

1. 限速酶 通常在一连串的反应中催化单向反应，或催化反应速率最慢的反应步骤，其活性的改变可以决定全部反应的总速率，甚至可以改变代谢的方向的酶称为限速酶（或关键酶）。
2. 酶的共价修饰 有些酶，在细胞内另一种酶的催化下，通过共价键可逆结合某种化学基团，从而改变酶的活性，以调节代谢途径，这一过程称为酶的共价修饰或化学修饰调节。
3. 酶的级联系统 由于酶的共价修饰反应是酶促反应，只要有少量的调节因素存在，即可通过加速这种酶促反应，而使大量的另一种酶发生化学修饰，从而获得放大效应，调节快速，效率极高。这样的连锁代谢反应系统称为级联放大系统。
4. 反馈抑制 代谢产物是其前面某一步反应酶的别构抑制剂，当它与酶结合时使酶活性降低，抑制代谢过程。
5. 操纵子 操纵子即基因表达的协同单位，它包括在功能上彼此有关的启动基因（启动子）、操纵基因和受操纵基因控制的结构基因或结构基因组。
6. 诱导酶 加速酶合成的物质称诱导物。
7. 阻遏物 减少酶合成的物质称阻遏物。
8. 前馈激活 在代谢途径前面的底物（效应物）与其后某一步催化反应的别构酶结合，引起该酶构象改变，使该酶的活性提高，促进代谢进行，称为前馈激活。

### 二、填空题

1. 乙酰 CoA
2. 6-磷酸葡萄糖 丙酮酸 乙酰 CoA
3. 乙酰 CoA NADPH
4. 葡萄糖 酮体
5. 糖酵解 有氧氧化
6. 细胞水平 激素水平
7. 反馈调节
8. 慢 不可逆反应
9. 变构抑制剂 反馈抑制 变构激活剂
10. 活性 含量
11. 活性和无活性 活性 调节 磷酸化
12. 降低 升高
13. 共价修饰调节 别构调节
14. 合成的诱导 合成的阻遏
15. 乳糖 色氨酸
16. 操纵子
17. 转录
18. 启动基因 操纵基因 结构基因

## 19. 膜受体激素 膜内受体激素

**三、单选题**

1. B 2. D 3. C 4. C 5. C 6. D 7. C 8. B 9. C 10. E 11. A 12. C  
 13. D 14. D 15. B 16. C 17. D 18. C 19. D 20. E 21. E 22. A 23. B  
 24. B 25. A 26. B 27. A 28. D 29. B 30. A

**四、是非题**

1. × 2. × 3. × 4. × 5. × 6. × 7. √ 8. × 9. √ 10. √ 11. ×  
 12. × 13. × 14. √

**五、问答题**

1. 代谢调节是在三个不同水平上进行的，即细胞水平调节、激素水平调节、整体水平调节。单细胞通过细胞内代谢物浓度的变化，对酶的活性及含量进行调节，这种调节称为细胞水平调节或原始调节。细胞水平的调节实质上可以看作是酶水平的调节。高等生物中的内分泌细胞及内分泌器官分泌的激素，可以对其他细胞的代谢起调节作用，这种调节称为激素水平的调节。高等动物具有完整的内分泌系统和神经系统，在中枢神经系统的控制下，或通过神经组织及其产生的神经递质对靶细胞发生影响，或通过某些激素的分泌调节某些细胞的代谢及功能，并通过各种激素的相互协调而对机体代谢进行综合调节，这种调节称为整体水平的调节。

2. 生物体 ATP、ADP、AMP 的能量状态可以使某些代谢途径的别构酶的活性改变。当体内 ATP 减少而 ADP、AMP 增加时，通过酶的别构调节可以激活糖分解、脂肪分解途径中关键酶的活性，抑制糖异生、糖原合成、脂肪合成等途径关键酶的活性，加速产能的过程；相反，当 ATP 增加而 AMP、ADP 减少，通过酶的别构调节可以激活糖异生途径、糖合成代谢、脂类合成代谢途径关键酶的活性，抑制糖分解、脂肪分解等途径关键酶的活性，抑制产能过程。

3. 基因表达调节的机制。可以用 Jacob 和 Monod 提出的操纵子学说来解释。以乳糖操纵子为例，说明分解代谢的调节。乳糖操纵子由启动基因，操纵基因和结构基因组成，此外，还有一个调节基因，它编码产生阻遏蛋白。当培养基中有乳糖存在时，乳糖作为诱导物与阻遏蛋白结合，阻止阻遏蛋白与操纵基因结合，结构基因得以表达；结果培养基中的乳糖被分解供给细胞。

再以色氨酸操纵子为例，说明合成代谢的调节。当细胞中色氨酸过量时，由调节基因表达产生的阻遏蛋白与色氨酸结合成为有活性的阻遏蛋白，与操纵基因结合，阻止结构基因表达。色氨酸的调节基因与操纵子结构基因不连锁。

4. 有些酶，在细胞内另一种酶的催化下，通过共价键可逆结合某种化学基团，从而改变酶的活性，以调节代谢途径，这一过程称为酶的共价修饰或化学修饰调节。例如糖原磷酸化酶有两种存在形式：即磷酸化酶 a 和磷酸化酶 b，前者有活性，后者无活性。两者在不同酶催化下可以转化。肌肉中磷酸化酶 a 是四聚体，含四个相同的亚基；磷酸化酶 b 是二聚体，每个亚基肽链上有一个丝氨酸残基，它是进行磷酸化的部位。在磷酸化酶 b 激酶的催化下，磷酸化酶 b 接受来自 ATP 的磷酸基而磷酸化，并由二聚体转变为四聚体的磷酸化酶 a，催化糖原分解。磷酸化酶 a 在磷酸化酶 a 磷酸酶作用下，水解脱掉磷酸基转变为无活性的磷

酸化酶 b，催化糖原合成（如图 14-1）。

5. 在代谢途径后面的产物对前面的某一步反应的别构酶的调节作用称为反馈作用。分为正反馈和负反馈调节。

6. 含氮类激素作用于靶细胞的剂量是非常小的，但是—旦与靶细胞上相应的受体结合就会导致多个腺苷酸环化酶活化生成多个 cAMP；每个 cAMP 可激活多个蛋白激酶，每个蛋白激酶也可激活多个底物；这样下去就可导致非常明显的生理效应发生，这种逐级放大作用称为级联放大作用。肾上腺素和胰高血糖素以及其他以 cAMP 为第二信使的激素都是用这种方式进行作用。此外，促肾上腺皮质激素以钙离子作为第二信使，通过磷酸肌醇级联放大作用，在细胞内引起一系列的反应。

7. 糖类和脂类的代谢存在着共同的中间产物：乙酰 CoA 和磷酸二羟基丙酮；糖代谢和蛋白质代谢存在着共同的中间产物：丙酮酸、草酰乙酸和  $\alpha$ -酮戊二酸等；脂类和蛋白质代谢存在着共同的中间产物：丙酮酸和乙酰 CoA；糖和核酸代谢存在着共同的中间产物：磷酸核糖；蛋白质和核酸代谢存在着共同的中间产物：甘氨酸、谷氨酰胺、天冬氨酸、一碳单位。

#### 8. 答题要点

(1) 葡萄糖生成软脂酸可以在体内进行。葡萄糖分解产生的乙酰 CoA 可以作为软脂酸合成原料，磷酸戊糖途径生成的 NADPH 可以为其还原力，通过脂肪酸合成途径合成脂肪酸。

(2) 软脂酸不能在哺乳动物体内生成葡萄糖。软脂酸分解产物乙酰 CoA 不能异生为糖。

软脂酸能在植物和微生物体内生成葡萄糖。软脂酸分解产物乙酰 CoA 通过乙醛酸循环可以生成琥珀酸，琥珀酸可异生为糖。

(3) 丙氨酸可生成糖。丙氨酸脱氨后生成丙酮酸，可按糖异生途径生成葡萄糖。

(4) 葡萄糖在哺乳动物体内不能合成亚油酸。因为缺少在第九位碳以后再引入双键的酶。不能合成高级不饱和脂肪酸。但植物和微生物可以。

(5) 亮氨酸不能生成葡萄糖。因为亮氨酸是生酮氨基酸，代谢产物是乙酰 CoA，不能转化为糖。

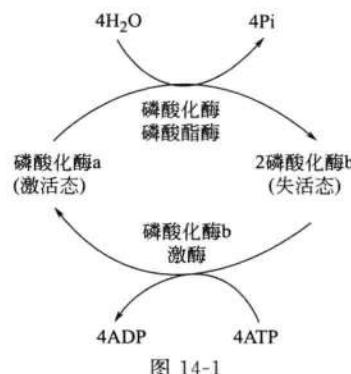


图 14-1

## 第二十七次训练 综合训练一

### 一、名词解释（每题 2 分，共 14 分）

- |            |          |        |         |
|------------|----------|--------|---------|
| 1. 氨基酸的等电点 | 2. 增色效应  | 3. 单体酶 | 4. 生物氧化 |
| 5. 前馈激活    | 6. 半保留复制 | 7. 密码子 |         |

### 二、填空题（每空 0.5 分，共 16 分）

- ATP 的生成方式有 \_\_\_\_\_ 和 \_\_\_\_\_。
- tRNA 的二级结构呈 \_\_\_\_\_ 形，三级结构呈 \_\_\_\_\_ 形，其 3' 末端有一共同

碱基序列\_\_\_\_\_，其功能是\_\_\_\_\_。

3. 酶具有\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_等催化特点。

4. 蛋白质多肽链中的肽键是通过一个氨基酸的\_\_\_\_\_和另一氨基酸的\_\_\_\_\_连接而形成的。

5. 丙酮酸氧化脱羧形成\_\_\_\_\_，然后和\_\_\_\_\_结合才能进入三羧酸循环。

6. 酮体是\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_总称。

7. 脂肪酸合成过程中，乙酰 CoA 来源于\_\_\_\_\_或\_\_\_\_\_。

8. 尿素循环可将有毒的氨转变为无毒的尿素。\_\_\_\_\_是尿素生物合成的重要器官，\_\_\_\_\_是尿素的主要排泄器官。

9. 神经酰胺是由\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_构成。

10. 核苷酸的抗代谢物中，常用的嘌呤类似物是\_\_\_\_\_，常用的嘧啶类似物是\_\_\_\_\_。

11. 哺乳动物的必需脂肪酸是\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。

12. 丙酮酸还原为乳酸，反应中的  $\text{NADH} + \text{H}^+$  来自\_\_\_\_\_的氧化。

13. 每个 70S 核糖体含有两个结合 tRNA 的部位：\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。

14. 端粒酶由\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_组成。

### 三、单选题（每题 1 分，共 20 分）

1. [ ] 关于变构效应剂与酶结合的叙述正确的是以下哪个？

- A. 与酶活性中心底物结合部位结合
- B. 通过共价键与酶结合
- C. 与调节亚基或调节部位结合
- D. 与酶活性中心外任何部位结合

2. [ ]  $\rho$  因子的功能是以下哪个？

- A. 结合阻遏物于启动区域处
- B. 增加 RNA 合成速率
- C. 释放结合在启动子上的 RNA 聚合酶
- D. 参与转录的终止过程
- E. 允许特定转录的启动过程

3. [ ] 嘌呤核苷酸分解的终产物是以下哪个？

- A.  $\text{NH}_3$
- B. 尿素
- C. 黄嘌呤
- D.  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- E. 尿酸

4. [ ] DNA 连接酶的作用是以下哪个？

- A. 解决解链中的打结缠绕现象
- B. 合成 RNA 引物
- C. 使 DNA 形成超螺旋结构
- D. 连接 DNA 双链中的单链缺口
- E. 去除引物，填补空缺

5. [ ] 呼吸链的电子传递体中，不是蛋白质而是脂质的组分是以下哪个？

- A.  $\text{NAD}^+$
- B. FMN
- C. Fe-S
- D. CoQ
- E. Cyt

6. [ ] 下列哪种不能结合到四氢叶酸上？

- A.  $\text{CH}_4$       B.  $-\text{CH}_3$       C.  $\text{NH}=\text{CH}-$   
 D.  $=\text{CH}_2$       E.  $-\text{CHO}$
7. [ ] 脂肪酸合成酶复合物 I 释放的终产物通常以下哪个?  
 A. 油酸      B. 亚麻油酸      C. 硬脂酸      D. 软脂酸
8. [ ] 下述哪个酶催化的反应不属于底物水平磷酸化反应?  
 A. 磷酸甘油酸激酶      B. 磷酸果糖激酶  
 C. 丙酮酸激酶      D. 琥珀酸辅酶 A 合成酶
9. [ ] 磷酸果糖激酶所催化的反应产物以下哪个?  
 A. F-1-P      B. F-6-P      C. F-1, 6-2P  
 D. G-6-P      E. G-1-P
10. [ ] 下列氨基酸中哪一种是非必需氨基酸?  
 A. Leu      B. Try      C. Lys  
 D. Met      E. Thr
11. [ ] 真核生物染色体最小结构单位以下哪个?  
 A. 质粒      B. 核糖体      C. 染色体      D. 核小体
12. [ ] 酰基载体蛋白含有以下哪种?  
 A. 核黄素      B. 叶酸      C. 泛酸      D. 钴胺素
13. [ ] 含有稀有碱基比例较多的核酸以下哪个?  
 A. 细胞核 DNA      B. 线粒体 DNA      C. tRNA      D. mRNA
14. [ ] 下面哪一个含有  $\alpha(1 \rightarrow 6)$  糖苷键的分子?  
 A. 蔗糖和支链淀粉      B. 纤维素和支链淀粉  
 C. 糖原和支链淀粉      D. 蔗糖和纤维素
15. [ ] 下列哪个化合物中含有胆碱?  
 A. 脑磷脂      B. 卵磷脂      C. 磷脂酸      D. 胆固醇
16. [ ] 转氨酶的辅酶包含以下哪种维生素?  
 A. 维生素 B<sub>1</sub>      B. 维生素 B<sub>2</sub>      C. 维生素 B<sub>6</sub>  
 D. 维生素 PP      E. 维生素 B<sub>12</sub>
17. [ ] 竞争性抑制剂作用特点是以下哪个?  
 A. 与酶的底物竞争激活剂      B. 与酶的底物竞争酶的活性中心  
 C. 与酶的底物竞争酶的辅基      D. 与酶的底物竞争酶的必需基团  
 E. 与酶的底物竞争酶的变构剂
18. [ ] 下列常见抑制剂中, 除哪个外都是不可逆抑制剂?  
 A. 有机磷化合物      B. 有机汞化合物      C. 有机砷化合物  
 D. 氰化物      E. 磷酸类药物
19. [ ] 一分子乙酰 CoA 经三羧酸循环彻底氧化后产物以下哪个?  
 A. 草酰乙酸      B. 草酰乙酸和 CO<sub>2</sub>  
 C. CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O      D. CO<sub>2</sub>、NADH 和 FADH<sub>2</sub>
20. [ ] 关于外显子的叙述正确的是以下哪个?  
 A. 基因中的编码区      B. 基因中的非编码区

- C. 转录中的编码链
- D. 转录中的非编码链
- E. 一个外显子对应一条多肽链

#### 四、是非题（每题 0.5 分，共 5 分）

1. [ ] 变构酶常由两个以上亚基组成。
2. [ ] 遗传密码的摆动性是指一个遗传密码子可以代表不同的氨基酸。
3. [ ] 5-Fu 的抗癌作用机制为合成错误的 DNA，抑制癌细胞生长。
4. [ ] 不对称转录是指双向复制后的转录。
5. [ ] 冈崎片段是指 DNA 模板上的 DNA 片段。
6. [ ] 脂肪酸的从头合成需要柠檬酸裂解提供乙酰 CoA。
7. [ ] 糖酵解过程在有氧和无氧条件下都能进行。
8. [ ] HMP 途径的主要功能是提供能量。
9. [ ] DNA 是生物遗传物质，RNA 则不是。
10. [ ] 酶促反应的初速率与底物浓度无关。

#### 五、问答题（共 45 分）

1. 请写出 L-Glu 脱氢酶催化的反应方程式。(3 分)
2. 简述可逆抑制剂的类型及动力学特点。(3 分)
3. 什么是核苷酸从头合成途径，嘌呤核苷酸从头合成途径有什么特点？(3 分)
4. 简述真核生物 mRNA 的转录后加工过程。(4 分)
5. 简述参与 DNA 复制的酶类及蛋白质。(3 分)
6. 某蛋白质 C 端氨基酸相对应的 DNA 双螺旋中有意义链是：  
ATACCGCAACTCGTAATC，请写出该蛋白质的 C 端氨基酸序列。(3 分)
7. DNP 作为解偶联剂作用的实质是什么？(3 分)
8. 一分子十二碳原子脂肪酸彻底氧化生成多少分子 ATP？(要求写出简要过程) (5 分)
9. 简述乳糖为唯一碳源时，大肠杆菌基因诱导表达过程。(3 分)
10. 试述根据分子大小分离蛋白质的方法有哪些？(7 分)
11. 试述三羧酸循环代谢过程及特点。(8 分)

#### 【参考答案二十七】

##### 一、名词解释

1. 氨基酸的等电点 指氨基酸的正离子浓度和负离子浓度相等时的 pH 值，用符号 pI 表示。
2. 增色效应 变性 DNA 由于碱基对失去重叠，在 260nm 处的紫外吸收增加的现象。
3. 单体酶 只有一条多肽链，相对分子质量在 13000~35000 的酶。
4. 生物氧化 有机物质在生物体活细胞内氧化分解同时释放能量的过程。
5. 前馈激活 在代谢途径前面的底物与其后某一步催化反应的别构酶结合，引起该酶构象改变，使该酶的活性提高，促进代谢进行。
6. 半保留复制 指从亲代 DNA 合成子代 DNA 双链中，一条链来自亲代，另一条链是

新合成的。

7. 密码子 mRNA 分子中每三个核苷酸组成一个单位，代表一种氨基酸，此碱基三联体为密码子。

## 二、填空题

1. 底物水平磷酸化 氧化磷酸化
2. 三叶草 倒 L CCA 携带氨基酸
3. 高效性 专一性 不稳定性 可调节性（没顺序要求）
4. 羧基 氨基
5. 乙酰 CoA 草酰乙酸
6. 乙酰乙酸  $\beta$ -羟丁酸 丙酮
7. 丙酮酸氧化脱羧 脂肪酸  $\beta$ -氧化
8. 肝脏 肾脏
9. 鞣氨醇 脂肪酸
10. 6-巯基嘌呤 氨蝶呤（氨基蝶呤）
11. 亚油酸 亚麻酸
12. 3-磷酸甘油醛
13. 肽酰基结合位点（P 位） 氨酰基结合位点（A 位）
14. 蛋白质 rRNA（没顺序要求）

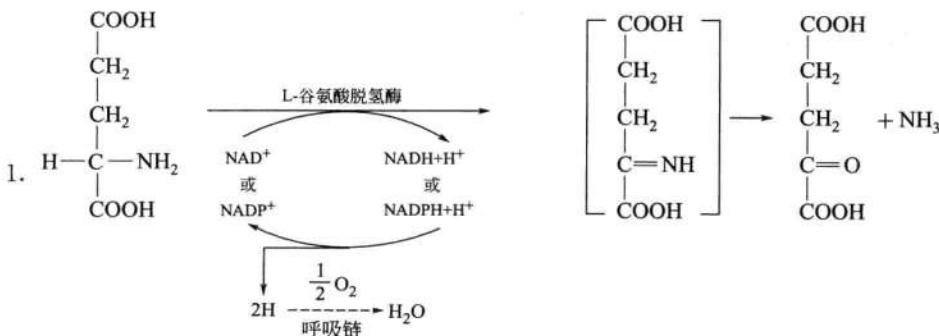
## 三、单选题

1. C 2. D 3. E 4. D 5. D 6. A 7. D 8. B 9. C 10. B 11. D 12. C
13. C 14. C 15. B 16. C 17. B 18. E 19. D 20. A

## 四、是非题

1. ✓ 2. ✗ 3. ✗ 4. ✗ 5. ✗ 6. ✓ 7. ✓ 8. ✗ 9. ✗ 10. ✗

## 五、问答题



评分标准：底物、产物各 1 分，酶 1 分。

2. (概念 0.5 分，动力学特点 0.5 分)

竞争性抑制作用概念,  $K_m$  值增加,  $v_{max}$  不变。

非竞争抑制作用概念,  $K_m$  值不变,  $v_{max}$  变小。

反竞争抑制作用概念,  $K_m$  值和  $v_{max}$  都变小。

3. (1) 核苷酸的从头合成途径: 是指利用简单的原料如氨基酸、甲酸盐、二氧化碳等合成各种嘌呤和嘧啶核苷酸, 这样的合成过程称为从头合成途径。(1分)

(2) 特点: 以 PRPP 为起始物, 在此基础上进行嘌呤环的组装(1分); 首先合成次黄嘌呤核苷酸 (IMP), 然后再转变为 AMP 和 GMP (1分)。

4. (1) hnRNA 被剪接, 除去由内含子转录来的序列, 将外显子的转录序列连接起来(1分);

(2) 在 3'末端连接上一段有 20~30 个腺苷酸的多聚腺苷酸的“尾巴”结构(1分);

(3) 在 5'末端连接上一个“帽子”结构  $m^7\text{GpppNp}$  (1分);

(4) 在内部少数腺苷酸的腺嘌呤 6 位氨基发生甲基化 (1分)。

5. (1) DNA 聚合酶 (2) DNA 解旋酶 (3) DNA 连接酶

(4) 拓扑异构酶 (5) 引物酶 (6) SSB

评分标准: 每点 0.5 分

6. 有意义链 5'ATACCGCAACTCGTAATC 3' (1分)

mRNA 序列 5'AUACCGCAACUCGUAAUC3' (1分)

蛋白质 C 端序列 -Tyr-Arg-Asn-Ser-C (1分)

7. (1) DNP 能将线粒体氧化磷酸化和电子传递两个过程解偶联 (1分)。

(2) DNP 是一种疏水性物质, 可以在膜中自由移动; 又是一种弱酸, 可以解离出质子 (1分)。

(3) DNP 通过在线粒体内膜上的自由移动, 将线粒体电子传递过程中泵出的质子再带回线粒体内, 严重破坏线粒体内膜的质子梯度, 从而切断氧化磷酸化合成 ATP 的驱动力 (1分)。

8. 经 5 次  $\beta$ -氧化, 则生成 6 个乙酰 CoA、5 个 FADH<sub>2</sub> 和 5 个 NADH+H<sup>+</sup>。

一个乙酰 CoA 生成 10 个 ATP,  $10 \times 6 = 60$  ATP,

5 个 FADH<sub>2</sub> 经呼吸链氧化可生成  $1.5 \times 5 = 7.5$  ATP,

$5\text{NADH} + \text{H}^+$  经呼吸链氧化可生成  $2.5 \times 5 = 12.5$  ATP,

脂肪动员消耗掉 2 个 ATP,

实得  $60 + 7.5 + 12.5 - 2 = 78$  mol ATP。

9. 乳糖操纵子的结构; (1分)

调节基因编码的阻遏蛋白有活性, 能结合到操纵基因上; (1分)

有乳糖时, 乳糖与阻遏蛋白结合引起阻遏蛋白构象改变不能结合到操纵基因上, 转录进行。(1分)

10. (1) 透析: 利用蛋白质分子不能透过半透膜的性质, 使它与其他小分子物质分离。(1分)

(2) 超滤: 在一定压力或离心力下, 使蛋白质溶液通过一定孔径的超滤膜时, 小分子物质通过, 大分子的蛋白质被截留。(2分)

(3) 密度梯度离心: 在密度梯度介质中进行的一种沉降速度离心, 被离心的物质根据其沉降系数不同进行分离。(1分)

(4) 平衡密度梯度离心：也是在密度梯度中进行，但被分离物质是依靠它的密度不同进行分离的。(1分)

(5) 凝胶过滤：以具有分子筛效应的惰性颗粒多孔状物质为支持物，根据分子大小的不同分离物质的技术。较大的物质不能进入或难进入凝胶颗粒内部，行程短，先被洗脱下来；较小的分子进入凝胶颗粒内部，行程长，后洗脱下来，从而达到按不同分子量进行分离的目的。(2分)

#### 11. 答题要点

(1) 三羧酸循环：乙酰 CoA 与草酰乙酸缩合成柠檬酸，经一系列酶促反应再形成草酰乙酸的过程。(1分)

(2) 三羧酸循环的过程，共 8 步反应，每步 0.5 分，共 4 分（略）

(3) 三羧酸循环的特点，共 6 点，每点 0.5 分，共 3 分

① 三羧酸循环一周消耗一分子的乙酰 CoA；

② 三羧酸循环一周包括两次脱羧反应；

③ 三羧酸循环一周包括三步不可逆反应；

④ 三羧酸循环一周包括四步脱氢反应；

⑤ 三羧酸循环一周只有一步底物水平磷酸化，直接产物是 GTP；

⑥ 三羧酸循环在线粒体中进行。

## 第二十八次训练 综合训练二

### 一、名词解释（每题 2 分，共 14 分）

1. 结构域 2. 核酸 3. 同工酶 4. 底物水平磷酸化 5. 操纵子  
6. 遗传密码的摆动性 7. 复制

### 二、填空题（每空 0.5 分，共 16 分）

1. 在 DNA 复制过程中，\_\_\_\_\_的合成是连续的，并且与复制叉的移动方向一致；  
\_\_\_\_\_的合成是不连续的。

2. 大多数蛋白质中氮的含量较恒定，平均为 \_\_\_\_\_%，如测得 1g 样品含氮量为 10mg，则蛋白质含量为 \_\_\_\_\_。

3. 鞘磷脂分子由 \_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_ 和 \_\_\_\_\_ 三部分组成。

4. DNA 变性后，紫外吸收 \_\_\_\_\_，黏度 \_\_\_\_\_、浮力密度 \_\_\_\_\_，生物活性将 \_\_\_\_\_。

5. 与酶催化高效率有关的因素有 \_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_ 和微环境效应等。

6. 人工的解偶联剂主要有 \_\_\_\_\_ 和 \_\_\_\_\_。

7. 固醇化合物的基本骨架为 \_\_\_\_\_。

8. 胆固醇的生物合成原料是 \_\_\_\_\_，\_\_\_\_\_ 为胆固醇合成提供氢原子，  
\_\_\_\_\_ 提供能量。

9. 糖原的磷酸解通过 \_\_\_\_\_ 降解  $\alpha$ -1,4-糖苷键，通过 \_\_\_\_\_ 降解  $\alpha$ -1,6-糖苷键。

10. 乙醛酸循环中的两个关键酶是\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
11. 下列氨基酸的脱羧产物分别是：色氨酸\_\_\_\_\_，谷氨酸\_\_\_\_\_。
12. 连接四个不同原子或基团的碳原子称之为\_\_\_\_\_。
13. 核苷酸的抗代谢物中，常用的嘌呤类似物是\_\_\_\_\_，常用的叶酸类似物是\_\_\_\_\_。
14. 细胞水平的调节主要通过改变关键酶\_\_\_\_\_或\_\_\_\_\_以影响酶的活性，从而对物质代谢进行调节。

### 三、单选题（每题 1 分，共 20 分）

1. [ ] 饥饿可使肝内哪一条代谢途径增强？
  - A. 糖原合成
  - B. 糖酵解途径
  - C. 糖异生
  - D. 脂肪合成
2. [ ] 与 mRNA 上 ACG 密码子相应的 tRNA 反密码子是以下哪个？
  - A. UGC
  - B. TGC
  - C. GCA
  - D. CGU
  - E. CGT
3. [ ] 由次黄嘌呤核苷酸合成 AMP 所需的氨基来源于以下哪个？
  - A. PRPP
  - B. Asp
  - C. Glu
  - D. Asn
  - E. Gln
4. [ ] 下列关于大肠杆菌 DNA 聚合酶 I 的叙述哪一项是正确的？
  - A. 具有 3'→5'核酸外切酶活性
  - B. 具有 5'→3'核酸内切酶活性
  - C. 是唯一参与大肠杆菌 DNA 复制的聚合酶
  - D. dUTP 是它的一种作用物
  - E. 以有缺口的双股 DNA 为模板
5. [ ] 乙酰 CoA 羧化酶所催化反应的产物是以下哪个？
  - A. 丙二酸单酰 CoA
  - B. 丙酰 CoA
  - C. 乙酰乙酰 CoA
  - D. 琥珀酸 CoA
6. [ ] 原核生物参与转录起始的酶是以下哪个？
  - A. 解链酶
  - B. 引物酶
  - C. RNA 聚合酶 II
  - D. RNA 聚合酶全酶
  - E. RNA 聚合酶核心酶
7. [ ] 下列哪组物质是体内氨的运输形式？
  - A. 天冬酰胺和谷氨酰胺
  - B. 谷胱甘肽和天冬酰胺
  - C. 丙氨酸和谷氨酸
  - D. 谷氨酰胺和丙氨酸
  - E. 丙氨酸和葡萄糖
8. [ ] 下列关于脂肪酸从头合成叙述错误的一项是以下哪个？
  - A. 利用乙酰 CoA 作为起始复合物
  - B. 仅生成短于或等于 16 碳原子的脂肪酸
  - C. 需要中间产物丙二酸单酰 CoA
  - D. 主要在线粒体内进行
9. [ ] 丙酮酸脱氢酶系催化的反应不需要下述哪种物质？
  - A. 乙酰 CoA
  - B. 硫辛酸
  - C. TPP
  - D. 生物素
  - E. NAD<sup>+</sup>
10. [ ] 1 分子丙酮酸完全氧化分解产生多少 CO<sub>2</sub> 和 ATP?

- A.  $3\text{CO}_2$  和 12.5ATP      B.  $2\text{CO}_2$  和 10ATP  
 C.  $3\text{CO}_2$  和 11.5ATP      D.  $3\text{CO}_2$  和 12ATP
11. [ ] 蛋白质的组成成分中，在 280nm 处有最大吸收值的是以下哪个？  
 A. 酪氨酸      B. 半胱氨酸      C. 丙氨酸      D. 组氨酸
12. [ ] hnRNA 是下列哪种 RNA 的前体？  
 A. tRNA      B. rRNA      C. mRNA      D. SnRNA
13. [ ] 真核细胞 mRNA 帽子结构最多见的是以下哪个？  
 A.  $\text{m}^7\text{ApppNmpNmp}$       B.  $\text{m}^7\text{GpppNmpNmp}$   
 C.  $\text{m}^7\text{UpppNmpNmp}$       D.  $\text{m}^7\text{CpppNmpNmp}$   
 E.  $\text{m}^7\text{TpppNmpNmp}$
14. [ ] 下面哪一个是含有  $\beta(1 \rightarrow 4)$  糖苷键的分子？  
 A. 蔗糖      B. 支链淀粉      C. 糖原      D. 纤维素
15. [ ] 构成生物膜的脂类分子以哪种化合物为主体？  
 A. 磷脂      B. 甘油三酯      C. 糖脂      D. 胆固醇
16. [ ] 下列哪种氨基酸是尿素合成过程的中间产物？  
 A. 甘氨酸      B. 色氨酸      C. 赖氨酸      D. 瓜氨酸  
 E. 缬氨酸
17. [ ] 竞争性可逆抑制剂抑制程度与下列哪种因素无关？  
 A. 作用时间      B. 抑制剂浓度  
 C. 底物浓度      D. 酶与抑制剂的亲和力的大小  
 E. 酶与底物的亲和力的大小
18. [ ] 糖酵解途径中，第二步产能的是以下哪个？  
 A. 1,3-二磷酸甘油酸到 3-磷酸甘油酸      B. 磷酸烯醇式丙酮酸到丙酮酸  
 C. 3-磷酸甘油醛到 1,3-二磷酸甘油酸      D. F-6-P 到 F-1,6-2P
19. [ ] 酶的竞争性抑制剂具有下列哪种动力学效应？  
 A.  $v_{\max}$  不变，  $K_m$  增大      B.  $v_{\max}$  不变，  $K_m$  减小  
 C.  $v_{\max}$  增大，  $K_m$  不变      D.  $v_{\max}$  减小，  $K_m$  不变
20. [ ] 米氏常数具有以下哪种性质？  
 A. 随酶浓度的增加而增加      B. 随酶浓度的增加而减小  
 C. 随底物浓度的增加而增大      D. 是酶的特征常数

#### 四、是非题（每题 0.5 分，共 5 分）

- [ ] 当底物处于饱和水平时，酶促反应的速率与酶浓度成正比。
- [ ] 脱氧核糖核苷中的糖环 3'位没有羟基。
- [ ] TCA 中底物水平磷酸化直接生成的是 ATP。
- [ ] 在缺氧条件下，丙酮酸还原为乳酸的意义之一是使  $\text{NAD}^+$  再生。
- [ ] 脂肪酸合成过程中，其碳链延长时直接底物是乙酰 CoA。
- [ ] 冈崎片段是指随从链上合成的 DNA 片段。
- [ ] 不对称转录是指同一 DNA 模板转录可以是从 5'至 3'延长和从 3'至 5'延长。

8. [ ] 5-Fu 是尿嘧啶的类似物，所以具有抗癌作用。
9. [ ] 变构调节剂常是些小分子代谢物。
10. [ ] 遗传密码的简并性是指一个氨基酸可以有几个密码的现象。

## 五、问答题（共 45 分）

1. 写出谷丙转氨酶催化的反应方程式。(3 分)
2. 简述酶作为生物催化剂与一般化学催化剂的共性及其个性。(4 分)
3. 线粒体呼吸链的组成成分有哪些，各有什么功能？(3 分)
4. 什么是核苷酸从头合成途径，嘧啶核苷酸从头合成途径有什么特点？(3 分)
5. 简述切除修复的过程。(3 分)
6. RNA 主要有哪三种？它们在蛋白质生物合成过程中各发挥什么作用？(3 分)
7. 蛋白质合成过程中氨基酸的活化有什么意义？(3 分)
8. 简述葡萄糖为碳源时，大肠杆菌基因表达过程。(3 分)
9. 一分子十四碳原子脂肪酸彻底氧化生成多少分子 ATP？(要求写出简要过程) (5 分)
10. 试述蛋白质含量测定方法有哪些？(7 分)
11. 用代谢图阐述丙氨酸异生为糖的具体过程？(8 分)

## 【参考答案二十八】

### 一、名词解释

1. 结构域 长肽链在二级结构的基础上通过多次折叠，在空间上形成一些半独立的球状结构。
2. 核酸 是由核苷酸为基本组成单位的具有复杂三维结构的生物大分子。
3. 同工酶 是指能催化相同的化学反应，但酶蛋白的分子结构、理化性质和免疫性能等方面都存在明显差异的一组酶。
4. 底物水平磷酸化 底物在脱氢脱水过程中伴随化学能的变化而形成高能化合物，这些高能化合物水解释放的能量与 ADP 磷酸化为 ATP 相偶联生成 ATP 的过程。
5. 操纵子 由启动基因，操纵基因和结构基因组成，此外，还有一个调节基因，它编码产生阻遏蛋白。
6. 遗传密码的摆动性 密码子的专一性主要是由前两位碱基决定的，而第三位碱基具有较大的灵活性。
7. 复制 是以母链 DNA 为模板按碱基互补配对原则合成子链 DNA 的过程。

### 二、填空题

1. 前导链 后续链
2. 16 62.5mg
3. 鞣氨醇 脂肪酸 磷酸胆碱 (没顺序要求)
4. 增加 下降 升高 丧失
5. 邻近定向效应 底物形变与张力效应 酸碱催化 共价催化 (没顺序要求)

6. 2,4-二硝基苯酚 (DNP) 双香豆素
7. 环戊烷多氢菲
8. 乙酰 CoA NADPH+H<sup>+</sup> ATP
9. 糖原磷酸化酶 脱支酶
10. 异柠檬酸裂解酶 苹果酸合成酶
11. 色胺 (5-羟色胺) γ-氨基丁酸
12. 手性碳原子 (不对称碳原子)
13. 6-巯基嘌呤 氨甲蝶呤
14. 活性 含量 (没顺序要求)

### 三、单选题

1. C 2. D 3. B 4. A 5. A 6. D 7. D 8. D 9. D 10. A 11. A 12. C
13. B 14. D 15. A 16. D 17. A 18. B 19. B 20. D

### 四、是非题

1. √ 2. × 3. × 4. √ 5. √ 6. √ 7. × 8. × 9. √ 10. √

### 五、问答题

1. 评分标准：底物、产物各 1 分，酶 1 分。
2. (1) 共性：能催化热力学上允许进行的反应，反应前后质量不变，可以改变反应进行的速率，但不能改变平衡点。(1 分)
  - (2) 个性：催化的高效性、专一性、不稳定性，可调节性 (3 分)
  3. (1) 组成成分：(每点 0.5 分)
    - ①烟酰胺脱氢酶类；②黄素脱氢酶类；③铁硫蛋白类；④辅酶 Q 类；⑤细胞色素类
  - (2) 氧化酶是细胞色素 aa<sub>3</sub> (0.5 分)
4. (1) 从头合成途径：利用简单的原料如氨基酸、二氧化碳、一碳单位等合成各种嘌呤和嘧啶核苷酸。
  - (2) 特点：是以 PRPP 为起始物，在此基础上进行嘌呤环的组装，首先合成 IMP，再由 IMP 合成 AMP 和 GMP。

评分标准：第 1 点 1 分，第 2 点 2 分
5. (1) 由特异核酸内切酶在靠近损伤部位的 5' 端切断单链 DNA。
  - (2) DNA 聚合酶 I 利用另一条完整的 DNA 链为模板，在断口处进行局部修复，同时切除损伤片段。
  - (3) DNA 连接酶将新合成的 DNA 链与原来的 DNA 链连在一起。

评分标准：每点 1 分
6. mRNA 在蛋白质合成中作为蛋白质合成的模板；(1 分)
 

tRNA 在蛋白质合成中作为氨基酸的运载工具；(1 分)

rRNA 与蛋白质结合成核糖体在蛋白质合成中作为蛋白质合成的场所。(1 分)
7. (1) 氨基酸活化是指氨基酸在氨酰-tRNA 合成酶和 ATP 的作用下，合成氨酰-

tRNA 的过程。(1 分)

(2) 意义: (2 分)

① 氨基酸必须由 tRNA 携带方可进入核糖体的特定部位，而且氨基酸本身也不能识别 mRNA，必须由 tRNA 去识别；

② 氨酰-tRNA 的氨酰键中贮存了能量，使氨酰基具有相当高的转移势能，足以用于以后肽链的形成，而不需要再从外界输入能量。

8. 乳糖操纵子的结构; (1 分)

调节基因编码的阻遏蛋白有活性; (1 分)

没有乳糖时，阻遏蛋白能结合到操纵基因上，阻止结合与启动子上的 RNA 聚合酶的移动，转录不能进行。(1 分)

9. (过程 3 分，结果 2 分)

经六次  $\beta$ -氧化，则生成 7 个乙酰 CoA、6 个 FADH<sub>2</sub> 和 6 个 NADH+H<sup>+</sup>。

一个乙酰 CoA 生成 10 个 ATP， $10 \times 7 = 70$ ATP，

6 个 FADH<sub>2</sub> 经呼吸链氧化可生成  $1.5 \times 6 = 9$ ATP，

$6\text{NADH} + \text{H}^+$  经呼吸链氧化可生成  $2.5 \times 6 = 15$ ATP，

脂肪动员消耗掉 2 个 ATP，

实得  $70 + 9 + 15 - 2 = 92$ mol ATP。

10. (2 分) ① 凯氏定氮法：蛋白质的平均含氮量为 16%，这是蛋白质元素组成的一个特点，是凯氏定氮法测定蛋白质含量的计算基础：蛋白质含量 = 蛋白氮 × 6.25。式中，6.25，即 16% 的倒数，为 1g 氮所代表的蛋白质质量 (g)。

(2 分) ② Folin-酚试剂反应：蛋白质标准测定方法，基于 Folin-酚试剂能与 Cu<sup>+</sup> 定量反应，而 Cu<sup>+</sup> 是由蛋白质的易氧化成分（如巯基、酚基）还原 Cu<sup>2+</sup> 而产生的。

(1 分) ③ 紫外吸收法：280nm，精度不高，操作简便。

(1 分) ④ 考马斯亮蓝法：灵敏度高， $\mu\text{g}$  水平，重复性也好。G<sub>250</sub> 染料与蛋白质中的碱性氨基酸 (Arg) 和芳香族氨基酸结合，呈青色，OD 值与蛋白质含量呈线性关系。

(1 分) ⑤ 双缩脲反应：用于需快速但不需十分精确地测定蛋白质含量。

11. 答题要点

(1) 丙氨酸通过联合脱氨基作用脱氨基生成丙酮酸；(1 分)

(2) 丙酮酸异生为葡萄糖的过程；(5 分)

(3) 限速酶 4 个，每个 0.5 分。(2 分)

## 第二十九次训练 综合训练三

### 一、名词解释 (每题 2 分，共 14 分)

1. 肽键
2. DNA 的熔解温度
3. 酶的活性中心
4. 氧化磷酸化
5. 操纵子学说
6. DNA 损伤
7. 遗传密码的简并性

### 二、填空题 (每空 0.5 分，共 16 分)

1. 自然界中重要的己酮糖有 \_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。

2. GSH 的中文名称是\_\_\_\_\_，它的活性基团是\_\_\_\_\_。
3. 按受体在细胞的分布不同，可将激素分为\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
4. 逆转录酶是催化以\_\_\_\_\_为模板，合成\_\_\_\_\_的一类酶。
5. 磷酸戊糖途径可分为\_\_\_\_\_个阶段，分别称为\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_，其中两种脱氢酶的辅酶是\_\_\_\_\_。
6. 因为核酸分子具有\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_，所以在\_\_\_\_\_nm 处有吸收峰，可用紫外分光光度计测定。
7. 变构酶不符合一般的\_\_\_\_\_，当以  $v$  对 [S] 作图时，它表现出\_\_\_\_\_形曲线，而非\_\_\_\_\_曲线。它是\_\_\_\_\_酶。
8. NADH 经电子传递和氧化磷酸化可产生\_\_\_\_\_个 ATP，琥珀酸可产生\_\_\_\_\_个 ATP。
9. 胆固醇的生物合成原料是\_\_\_\_\_。
10. 核酸的基本结构单位是\_\_\_\_\_。
11. 在糖酵解中提供高能磷酸基团，使 ADP 磷酸化成 ATP 的高能化合物是\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
12. 脂肪酸  $\beta$ -氧化时第一次脱氢的受氢体是\_\_\_\_\_，第二次脱氢的受氢体是\_\_\_\_\_。
13. 嘧啶核苷酸的从头合成为两个阶段，首先合成\_\_\_\_\_，然后再将其转变成\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
14. 体内转运一碳单位的载体是\_\_\_\_\_。
15. 脑中氨的主要去路是合成\_\_\_\_\_。

### 三、单选题（每题 1 分，共 20 分）

1. [ ] 哪个是饱和脂肪酸?  
A. 油酸      B. 棕榈酸      C. 花生四烯酸      D. 亚麻酸
2. [ ] 没有还原性的糖为以下哪个?  
A. 蔗糖      B. 麦芽糖      C. 葡萄糖      D. 环状葡萄糖
3. [ ] DNA 变性后理化性质有什么改变?  
A. 对 260nm 紫外吸收减少      B. 溶液黏度下降  
C. 磷酸二酯键断裂      D. 核苷酸断裂
4. [ ] 决定 tRNA 携带氨基酸特异性的关键部位是以下哪个?  
A. —XCCA 3'末端      B. TψC 环      C. DHU 环  
D. 额外环      E. 反密码子环
5. [ ] 下列哪种氨基酸属于亚氨基酸?  
A. 丝氨酸      B. 脯氨酸      C. 亮氨酸      D. 组氨酸
6. [ ] 胞浆内不能进行下列哪一代谢途径?  
A. 脂肪酸合成      B. 磷酸戊糖途径      C. 脂肪酸  $\beta$ -氧化      D. 糖酵解
7. [ ] 多数氨基酸都有两个以上密码子，下列哪组氨基酸只有一个密码子?  
A. 苏氨酸、甘氨酸      B. 脯氨酸、精氨酸

- C. 丝氨酸、亮氨酸                            D. 色氨酸、蛋氨酸  
 E. 天冬氨酸和天冬酰胺
8. [ ] 下列哪种物质不是嘌呤核苷酸从头合成的直接原料?  
 A. 甘氨酸                                    B. 天冬氨酸                            C. 谷氨酸  
 D. CO<sub>2</sub>                                        E. 一碳单位
9. [ ]  $\rho$  因子的功能是以下哪个?  
 A. 结合阻遏物于启动区域处                    B. 增加 RNA 合成速率  
 C. 释放结合在启动子上的 RNA 聚合酶            D. 参与转录的终止过程  
 E. 允许特定转录的启动过程
10. [ ] DNA 复制时, 模板序列 5'-TAGA-3', 将合成下列哪种互补结构?  
 A. 5'-TCAT-3'                                    B. 5'-ATCA-3'                            C. 5'-UCUA-3'  
 D. 5'-GCGA-3'                                    E. 5'-TCTA-3'
11. [ ] 下列关于氨基甲酰磷酸的叙述哪项是正确的?  
 A. 主要用来合成谷氨酰胺                            B. 用于尿酸的合成  
 C. 合成胆固醇                                        D. 为嘧啶核苷酸合成的中间产物  
 E. 为嘌呤核苷酸合成的中间产物
12. [ ] 鸟氨酸循环合成尿素过程中一个氨由氨基甲酰磷酸提供, 另一个氨来源于以下哪个?  
 A. 游离氨    B. 谷氨酰胺                                    C. 氨基甲酰磷酸  
 D. 天冬酰胺                                        E. 天冬氨酸
13. [ ] 脂酰 CoA 的  $\beta$ -氧化过程顺序是以下哪个?  
 A. 脱氢, 加水, 再脱氢, 加水                    B. 脱氢, 脱水, 再脱氢, 硫解  
 C. 脱氢, 加水, 再脱氢, 硫解                    D. 脱氢, 再加水, 硫解
14. [ ] 乙酰 CoA 羧化酶的辅助因子是以下哪个?  
 A. 抗坏血酸                                        B. 生物素                                    C. 叶酸    D. 泛酸
15. [ ] 三羧酸循环中催化琥珀酸形成延胡索酸的琥珀酸脱氢酶的辅助因子是以下哪个?  
 A. NAD<sup>+</sup>    B. CoA-SH                                    C. FAD  
 D. TPP    E. NADP<sup>+</sup>
16. [ ] 糖分解代谢途径的交叉点是以下哪个?  
 A. 6-磷酸葡萄糖                                    B. 1-磷酸葡萄糖  
 C. 6-磷酸果糖                                        D. 1,6-二磷酸果糖
17. [ ] 血氨增高导致脑功能障碍的生化机理是 NH<sub>3</sub> 增高可以产生以下哪种情况?  
 A. 抑制脑中酶活性                                    B. 升高脑中 pH  
 C. 大量消耗脑中  $\alpha$ -酮戊二酸                            D. 抑制呼吸链的电子传递  
 E. 升高脑中尿素浓度
18. [ ] 哪一种情况可用增加 [S]的方法减轻抑制程度?  
 A. 不可逆抑制作用                                    B. 竞争性可逆抑制作用  
 C. 非竞争性可逆抑制作用                            D. 反竞争性可逆抑制作用  
 E. 无法确定

19. [ ] 丙酮酸脱氢酶系催化的反应不需要下述哪种物质?  
 A. 乙酰 CoA      B. 硫辛酸      C. TPP  
 D. 生物素      E. NAD<sup>+</sup>
20. [ ] 下列哪一种物质不是糖异生的原料?  
 A. 乳酸      B. 丙酮酸  
 C. 乙酰 CoA      D. 生糖氨基酸

#### 四、是非题 (每题 0.5 分, 共 5 分)

1. [ ] 变构剂通常与酶活性中心以外的某一特定部位结合。  
 2. [ ] 遗传密码的摆动性是指密码和反密码可以任意配对。  
 3. [ ] 5-Fu 的抗癌作用机制为抑制尿嘧啶的合成, 从而减少 RNA 的生物合成。  
 4. [ ] 不对称转录是指同一单链 DNA, 转录时可以交替作有义链和反义链。  
 5. [ ] 冈崎片段是由于复制与解链方向相反, 在随从链生成。  
 6. [ ] 只有偶数碳原子脂肪酸氧化分解产生乙酰 CoA。  
 7. [ ] 糖酵解是将葡萄糖氧化为 CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>O 的途径。  
 8. [ ] 真核生物成熟 mRNA 的两端均带有游离的 3'-OH。  
 9. [ ] 某些酶的 K<sub>m</sub> 由于代谢产物存在而发生改变, 而这些代谢产物在结构上与底物无关。  
 10. [ ] 甘油不能作为糖异生作用的前体。

#### 五、问答题 (共 45 分)

1. 写出谷草转氨酶催化的反应方程式。(3 分)
2. 酶作用于某底物的米氏常数为 0.005 mol/L, 其反应速率分别为最大反应速率 90%、50%、10% 时, 底物浓度应为多少?(3 分)
3. 氨在血液中是如何运输的?(3 分)
4. 举例说明什么是核苷酸的抗代谢物?(3 分)
5. 简述原核生物 RNA 聚合酶各个亚基的功能。(4 分)
6. 简述逆转录酶的活性。(3 分)
7. 呼吸链中电子传递抑制剂主要有哪些类型?(3 分)
8. 简述没有色氨酸时, 大肠杆菌基因表达过程。(3 分)
9. 一分子十六碳原子脂肪酸彻底氧化生成多少分子 ATP? (要求写出简要过程)(5 分)
10. 试述根据蛋白质的溶解度分离蛋白质的方法有哪些?(7 分)
11. 用生化原理解释剧烈运动时肌肉有酸痛感。用代谢图表示。(8 分)

#### 【参考答案二十九】

#### 一、名词解释

1. 肽键 相邻氨基酸之间脱水后形成的键。
2. DNA 的熔解温度 DNA 加热变性过程中, 紫外吸收值达最大吸收值一半时所对应的

温度。

3. 酶的活性中心 酶分子中能直接与底物分子结合，并催化底物化学反应的部位。

4. 氧化磷酸化 指底物脱下的 2H 形成水的过程中所释放出的能量与 ADP 磷酸化生成 ATP 的过程相偶联生成 ATP 的方式。

5. 操纵子学说 在原核生物 DNA 分子的不同区域分布着调节基因与操纵子。

6. DNA 损伤 一些理化因素使 DNA 分子中的碱基对遭到破坏的现象。

7. 遗传密码的简并性 是指不同的密码子编码一个氨基酸的特性。

## 二、填空题

1. D-果糖 D-山梨糖
2. 谷胱甘肽 硫基
3. 膜受体激素 膜内(核)受体激素
4. RNA DNA
5. 2 氧化 非氧化 NADP<sup>+</sup>
6. 嘧啶 嘧啶 260
7. 米氏方程 S 双寡聚
8. 2.5 1.5
9. 乙酰 CoA
10. 核苷酸
11. 1,3-二磷酸甘油酸 磷酸烯醇式丙酮酸
12. FAD NAD<sup>+</sup>
13. IMP AMP GMP
14. FH<sub>4</sub>
15. 谷氨酰胺

## 三、单选题

1. B 2. A 3. B 4. E 5. B 6. C 7. D 8. C 9. D 10. E 11. D 12. E
13. C 14. B 15. C 16. A 17. C 18. B 19. B 20. C

## 四、是非题

1. √ 2. × 3. × 4. × 5. √ 6. × 7. × 8. × 9. × 10. ×

## 五、问答题

1. 评分标准：底物、产物各 1 分，酶 1 分。

$$2. K_m = 0.005 \text{ mol/L} \quad v_m \quad [S]$$

90% 0.045 mol/L (1 分)

50% 0.005 mol/L (1 分)

10% 0.0006 mol/L (1 分)

3. (1) 氨在血液中主要以无毒的丙氨酸和谷氨酰胺的形式在血液中运输。(1分)  
 (2) 肌肉组织中产生的氨主要以丙氨酸形式运输，可以同时进行糖异生作用更新血糖。  
 (1分)。  
 (3) 在动物脑等组织中存在谷氨酰胺合成酶，催化谷氨酸和氨生成谷氨酰胺。  
 (1分)

4. (1) 核苷酸的抗代谢物：某些物质在结构上与参加反应的底物结构相似，它们能竞争地与代谢中某些酶的活性部位结合而抑制该酶的活性从而影响代谢的正常进行，这些物质称为抗代谢物。(2分)

(2) 例如，叶酸类似物：氨基蝶呤；嘌呤类似物：6-巯基嘌呤等。(1分)

5. (1)  $\alpha$  亚基：核心酶组装，启动子识别。(1分)

(2)  $\beta\beta'$  亚基：共同形成 RNA 合成的活性中心。(2分)

(3)  $\sigma$  亚基：识别不同的启动子。(1分)

6. (1) 依赖 RNA 的 DNA 聚合酶的活性，催化 RNA-DNA 杂交分子形成；

(2) 核糖核酸酶 H 活性，催化杂交分子中 RNA 链的水解；

(3) 依赖 DNA 指导的 DNA 聚合酶的活性，催化形成 DNA 双链。

评分标准：每点 1 分。

7. (1) 鱼藤酮、阿米妥以及杀粉蝶菌素，它们的作用是阻断电子由 NADH 向辅酶 Q 的传递。

(2) 抗霉素 A 是从链霉菌分离出的抗生素，它抑制电子从细胞色素 b 到细胞色素 c<sub>1</sub> 的传递作用。

(3) 氰化物、一氧化碳、叠氮化合物及硫化氢可以阻断电子细胞色素 aa<sub>3</sub> 向氧的传递作用。

评分标准：每点各 1 分。

8. 色氨酸操纵子的结构；(1分)

调节基因编码的阻遏蛋白没有活性，不能结合到操纵基因上；(1分)

没有色氨酸时，阻遏蛋白不能结合到操纵基因上，转录进行。(1分)

9. (过程 3 分，结果 2 分)

经六次  $\beta$ -氧化，则生成 8 个乙酰 CoA、7 个 FADH<sub>2</sub> 和 6 个 NADH+H<sup>+</sup>。

一个乙酰 CoA 生成 10 个 ATP， $10 \times 8 = 80$ ATP，

6 个 FADH<sub>2</sub> 经呼吸链氧化可生成  $1.5 \times 7 = 10.5$ ATP，

6NADH+H<sup>+</sup> 经呼吸链氧化可生成  $2.5 \times 7 = 17.5$ ATP，

脂肪动员消耗掉 2 个 ATP，

实得  $80 + 10.5 + 17.5 - 2 = 106$ mol ATP。

10. 影响蛋白质溶解度的外部因素主要有：①溶液的 pH；②离子强度；③介电常数；④温度等。根据蛋白质这一性质分离的方法主要有以下 3 种。(1分)

(1) 盐析：硫酸铵、硫酸钠等中性盐因能破坏蛋白质在溶液中稳定存在的两大因素，即破坏蛋白质颗粒表面的水化膜，大量地中和蛋白质颗粒上的表面电荷，故能使蛋白质发生沉淀。不同蛋白质分子颗粒大小不同，亲水程度不同，故盐析所需要的盐浓度不同，从而将蛋白质分离。盐析的优点是不会使蛋白质发生变性。(2分)

(2) 盐溶：当在蛋白质溶液中加入中性盐的浓度较低时，蛋白质溶解度会增加，这种现象称为盐溶。这是由于蛋白质颗粒上吸附某种无机盐离子后，使蛋白质颗粒带同种电荷而相互排斥，并且与水分子的作用加强，从而使溶解度增加。(2分)

(3) 有机溶剂分级分离法：凡能与水互溶的有机溶剂（如甲醇、乙醇、丙酮等），均可用于沉淀蛋白质。有机溶剂能降低水的介电常数，使蛋白质分子间相互吸引而沉淀；而其还能与蛋白质争夺水分子破坏其水化膜而使其沉淀分离。为防止蛋白质在分离过程中发生变性，有机溶剂浓度不能太高（30%~50%），且需要在低温条件下进行。(2分)

#### 11. 答题要点

糖酵解过程，6分

关键酶3个，1分（缺1个扣0.5分）

ATP生成2步，1分

## 第三十次训练 综合训练四

### 一、名词解释（每题2分，共14分）

1. 超二级结构 2. 减色效应 3. 酶的比活力 4. 高能化合物 5. 模板链 6. 冈崎片段 7. 酶活性调节

### 二、填空题（每空0.5分，共16分）

1. 组成蛋白质的20种氨基酸中，含硫的氨基酸有\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。

2. 在DNA分子中，G-C含量高时，密度\_\_\_\_， $T_m$ （熔解温度）则\_\_\_\_，分子比较\_\_\_\_。

3. 全酶由\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_组成，在催化反应时，二者所起的作用不同，其中\_\_\_\_\_决定酶的专一性和高效率，\_\_\_\_\_起传递电子、原子或化学基团的作用。

4. 糖苷是指糖的\_\_\_\_\_和醇、酚等化合物失水而形成的缩醛（或缩酮）等形式的化合物。

5. 端粒酶由\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_组成。

6. 细胞内多肽链合成的方向是从\_\_\_\_\_端到\_\_\_\_\_端，而阅读mRNA的方向是从\_\_\_\_\_端到\_\_\_\_\_端。

7. 动物线粒体中外源NADH可经过穿梭系统转移到呼吸链上，这种系统有两种，分别为\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。

8. 在磷酸戊糖途径中催化由酮糖向醛糖转移二碳单位的酶为\_\_\_\_\_，催化由酮糖向醛糖转移三碳单位的酶为\_\_\_\_\_。

9. 不饱和脂肪酸有\_\_\_\_\_式和\_\_\_\_\_式两种构型，天然不饱和脂肪酸都是\_\_\_\_\_式构型。

10. 乙酰CoA羧化酶是脂肪酸从头合成的限速酶，该酶以\_\_\_\_\_为辅基，生成\_\_\_\_\_。

11. 氨在血液中主要以\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_形式运输。

12. 改变酶结构的快速调节，主要包括\_\_\_\_\_与\_\_\_\_\_。

13. 催化 UDP 转变成 dUDP 的酶是\_\_\_\_\_，其辅酶是\_\_\_\_\_。
14. 一碳单位的载体是\_\_\_\_\_。

### 三、单选题（每题 1 分，共 20 分）

1. [ ] 丙酮酸激酶是何途径的关键酶?  
 A. 磷酸戊糖途径      B. 糖异生      C. 糖的有氧氧化  
 D. 糖原合成与分解    E. 糖酵解
2. [ ] 下面哪种酶在糖酵解和糖异生作用中都起作用?  
 A. 丙酮酸激酶      B. 丙酮酸羧化酶  
 C. 3-磷酸甘油酸脱氢酶      D. 己糖激酶  
 E. 果糖-1,6-二磷酸酯酶
3. [ ] 下列哪个辅助因子参与脂肪酸的  $\beta$ -氧化?  
 A. ACP      B. FMN      C. 生物素      D. NAD<sup>+</sup>
4. [ ] 下列哪种氨基酸经脱羧后能生成一种扩张血管的化合物?  
 A. 精氨酸      B. 谷氨酰胺      C. 组氨酸      D. 天冬氨酸  
 E. 脯氨酸
5. [ ] 长期饥饿时大脑的能量来源主要是以下哪个?  
 A. 葡萄糖      B. 氨基酸      C. 甘油      D. 酮体
6. [ ] 原核生物中，多肽链合成时的起始氨基酸是以下哪个?  
 A. 蛋氨酸      B. 甲酰蛋氨酸      C. 半胱氨酸  
 D. 脯氨酸      E. 色氨酸
7. [ ] 嘧啶环中的两个氮原子来源以下哪些?  
 A. 谷氨酰胺和氨      B. 谷氨酰胺和天冬酰胺  
 C. 谷氨酰胺和谷氨酸      D. 谷氨酰胺和氨基甲酰磷酸  
 E. 天冬氨酸和氨基甲酰磷酸
8. [ ] 关于大肠杆菌 RNA 聚合酶的  $\sigma$  因子，下列叙述哪项正确?  
 A. 同一细胞内仅含 1 种      B. 没有专一性  
 C. 协助核心酶结合在启动子上      D. 与核心酶一起继续 RNA 链的延伸  
 E. 同一基因上可多点结合
9. [ ] 构成多核苷酸链骨架的关键是以下哪个?  
 A. 2'3'-磷酸二酯键      B. 2'4'-磷酸二酯键  
 C. 2'5'-磷酸二酯键      D. 3'4'-磷酸二酯键  
 E. 3'5'-磷酸二酯键
10. [ ] 从头合成嘌呤核苷酸，首先合成出来的是以下哪个?  
 A. PRPP      B. GMP      C. XMP  
 D. AMP      E. IMP
11. [ ] 缺乏维生素 B<sub>2</sub> 时， $\beta$ -氧化过程中哪一个中间产物合成受到障碍?  
 A. 脂酰 CoA      B.  $\beta$ -酮脂酰 CoA  
 C.  $\alpha$ , $\beta$ -烯脂酰 CoA      D. L- $\beta$ -羟脂酰 CoA

12. [ ] 下列哪种酶作用于由碱性氨基酸的羧基形成的肽键?  
 A. 糜蛋白酶      B. 羧肽酶      C. 氨肽酶      D. 胰蛋白酶
13. [ ] 下面关于  $OD_{260}/OD_{280}$  值的应用阐述哪一条是正确的?  
 A. DNA 样品的  $OD_{260}/OD_{280}$  值大于 1.8 时, 说明样品纯度高  
 B. DNA 样品的  $OD_{260}/OD_{280}$  值大于 1.8 时, 说明样品不纯, 有蛋白质污染  
 C. RNA 样品的  $OD_{260}/OD_{280}$  值大于 1.8 时, 说明样品纯度高  
 D. RNA 样品的  $OD_{260}/OD_{280}$  值大于 1.8 时, 说明样品不纯, 有蛋白质污染
14. [ ] 双链 DNA 的  $T_m$  较高是由于下列哪组核苷酸含量较高所致?  
 A. A+G      B. C+T      C. A+T  
 D. G+C      E. A+C
15. [ ] 可与费林试剂反应的是以下哪个?  
 A. 蔗糖      B. 核糖      C. 葡萄糖      D. 果糖
16. [ ] 下列关于油脂测定指标的阐述哪项是错误的?  
 A. 油脂的皂化值越大, 所含分子脂肪酸越多  
 B. 油脂的碘值越高, 质量越高  
 C. 油脂的酸值越高, 质量越差  
 D. 油脂的乙酰化值越高, 所含羟基越多
17. [ ] 不出现于蛋白质中的氨基酸是以下哪个?  
 A. 半胱氨酸      B. 胱氨酸      C. 瓜氨酸  
 D. 赖氨酸      E. 精氨酸
18. [ ] 酶的竞争性可逆抑制剂可以产生以下哪种情况?  
 A.  $v_{max}$  减小,  $K_m$  减小      B.  $v_{max}$  增加,  $K_m$  增加  
 C.  $v_{max}$  不变,  $K_m$  增加      D.  $v_{max}$  不变,  $K_m$  减小  
 E.  $v_{max}$  减小,  $K_m$  增加
19. [ ] 糖原中的  $\alpha$ -1,6 支点数等于以下哪个?  
 A. 非还原端总数      B. 非还原端总数减 1  
 C. 还原端总数      D. 还原端总数减 1
20. [ ] 三羧酸循环的限速酶是以下哪个?  
 A. 丙酮酸脱氢酶      B. 顺乌头酸酶  
 C. 琥珀酸脱氢酶      D. 异柠檬酸脱氢酶  
 E. 延胡索酸酶

#### 四、是非题 (每题 0.5 分, 共 5 分)

1. [ ] 糖酵解中重要的调节酶是磷酸果糖激酶。
2. [ ] 某些调节酶的  $v-[S]$  的 S 形曲线表明, 酶与少量底物的结合增加了酶对后续底物分子的亲和力。
3. [ ] 核酸中的修饰成分 (也叫稀有成分) 大部分是在 tRNA 中发现的。
4. [ ] 三羧酸循环提供大量能量是因为经底物水平磷酸化直接生成 ATP。
5. [ ] 甘油在生物体内可以转变为丙酮酸。

6. [ ] 冈崎片段是因为 DNA 复制速率太快而产生。
7. [ ] 不对称转录是指转录经翻译生成氨基酸，氨基酸含有不对称碳原子。
8. [ ] 5-Fu 的抗癌作用机制为抑制胞嘧啶的合成，从而抑制 DNA 的生物合成。
9. [ ] 遗传密码的摆动性是指密码的第 3 位碱基与反密码的第 1 位碱基可以不严格配对。
10. [ ] 代谢途径的终产物通常是该途径起始反应酶的变构抑制剂。

## 五、问答题（共 45 分）

1. 写出谷氨酰胺合成酶催化的反应方程式。(3 分)
2. 痛风是怎样产生的，别嘌呤醇治疗痛风的机理是什么？(3 分)
3. 绘图表示 NADH 电子传递链。(4 分)
4. 下列变化对肌红蛋白和血红蛋白的氧亲和性有何影响？(3 分)
  - (1) 血液 pH 由 7.4 下降到 7.2。
  - (2) 肺部 CO<sub>2</sub> 分压由 6kPa (屏息) 降到 2kPa (正常)。
  - (3) BPG 水平由 5mmol/L (平原) 增加到 8mmol/L (高原)。
5. 比较复制和转录过程的不同点。(3 分)
6. 原核生物启动子具有 3 个关键的保守序列是什么？(3 分)
7. 参与蛋白质生物合成体系的组分有哪些？(3 分)
8. 简述培养基中色氨酸浓度高时，大肠杆菌基因表达过程。(3 分)
9. 一分子十八碳原子脂肪酸彻底氧化生成多少分子 ATP？(要求写出简要过程)(5 分)
10. 试述鸟氨酸循环的过程及特点。(7 分)
11. 试述由乳酸生成葡萄糖的过程。(8 分)

## 【参考答案三十】

### 一、名词解释

1. 超二级结构 指蛋白质分子中相邻的二级结构单位组合在一起所形成的有规则的、在空间上能辨认的二级结构组合体。
2. 减色效应 复性 DNA 由于双螺旋的重新形成，在 260nm 处的紫外吸收值降低的现象。
3. 酶的比活力 是指每毫克酶蛋白所含的活力单位数。
4. 高能化合物 随着水解反应或基团转移反应可放出大量自由能的化合物。
5. 模板链 转录作为 RNA 合成模板的 DNA 单链。
6. 冈崎片段 滞后链合成过程中首先合成的短的 DNA 片段。
7. 酶活性调节 通过酶的变构效应和化学修饰调节酶分子结构、影响酶的活性而实现对酶促反应的调节。

### 二、填空题

1. 半胱氨酸 甲硫氨酸
2. 大 高 稳定
3. 酶蛋白 辅助因子 酶蛋白 辅助因子

4. 半缩醛羟基
5. RNA 蛋白质
6. N C 5' 3'
7.  $\alpha$ -磷酸甘油穿梭系统 苹果酸穿梭系统
8. 转酮醇酶 转醛醇酶
9. 顺 反 顺
10. 生物素 丙二酰 CoA
11. 丙氨酸 谷氨酰胺
12. 变构调节 共价修饰调节
13. 核糖核苷酸还原酶 NADPH
14. FH<sub>4</sub>

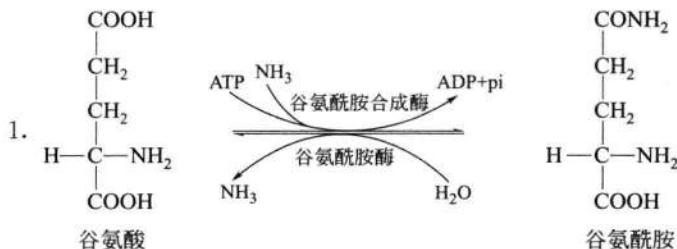
### 三、单选题

1. E 2. C 3. D 4. C 5. D 6. B 7. E 8. C 9. E 10. E 11. C 12. D
13. A 14. D 15. C 16. B 17. C 18. C 19. B 20. D

### 四、是非题

1. ✓ 2. ✓ 3. ✓ 4. ✗ 5. ✓ 6. ✗ 7. ✗ 8. ✗ 9. ✓ 10. ✓

### 五、问答题



评分标准：底物、产物各 1 分，酶 1 分。

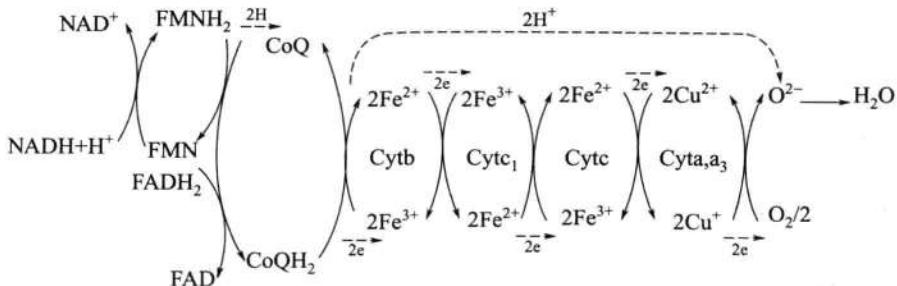
2. 痛风的机理：尿酸生成过量或尿酸排出过少。(1分)

别嘌呤醇治疗痛风的机理：次黄嘌呤类似物，竞争性抑制黄嘌呤氧化酶；或转变为别嘌呤醇核苷酸，抑制嘌呤核苷酸从头合成。(2分)

3. 评分标准：NADH-CoQ，1分

FADH-CoQ，1分

细胞色素部分，2分



4. 对肌红蛋白氧亲和性的影响：(1) 无影响；(2) 无影响；(3) 无影响。(11.5 分)

对血红蛋白氧亲和性的影响：(1) 降低；(2) 增加；(3) 降低。(1.5 分)

5. 答出其中任意 1 点即得 1 分，3 点即得满分。

(1) 转录和复制的底物不同。复制的底物是 dNTP，转录的底物是 NTP。

(2) 转录和复制的酶不同。复制是以 DNA 指导的 DNA 聚合酶催化，转录是以 DNA 指导的 RNA 聚合酶催化。

(3) 转录和复制的程度不同。转录是有选择性的，根据细胞的需要在某个时候只转录一种或一些 mRNA、tRNA、rRNA，模板为 DNA 的一条链；而复制是无选择性的，必须是全分子复制，以两条链同时作为模板。

(4) 转录和复制的条件不同。转录不需要引物，复制需要引物。

(5) DNA 的解链程度不同。RNA 转录时无需将双链完全解开，RNA 聚合酶使 DNA 双链局部解开形成转录泡，完成后 DNA 双链重新闭合；而复制中，母链 DNA 完全解链，并不再闭合。

(6) 转录需要后处理过程。转录有复杂的后处理过程，必须经过转录后加工，才能从无活性的 RNA 转变为有活性的 RNA。

6. 关键的保守序列： $5'-TATAAT-3'$  (1 分)； $5'-TTGACA-3'$  (1 分)；间隔序列 (1 分)

7. (1) 蛋白质合成的场所是：核糖体。

(2) 蛋白质合成的模板是：mRNA。

(3) 模板与氨基酸之间的接合体是：tRNA。

(4) 蛋白质合成的原料是：20 种氨基酸。

(5) 酶：转肽酶、移位酶。

(6) 其他：起始因子、延伸因子、终止因子，能量等。

评分标准：每点 0.5 分。

8. 色氨酸操纵子的结构；(1 分)

调节基因编码的阻遏蛋白没有活性，不能结合到操纵基因上；(1 分)

有色氨酸时，色氨酸与阻遏蛋白结合引起阻遏蛋白构象改变使之能结合到操纵基因上，阻止结合与启动子上的 RNA 聚合酶的移动，转录不能进行。(1 分)

9. (过程 3 分，结果 2 分)

经 8 次  $\beta$ -氧化，则生成 9 个乙酰 CoA、8 个 FADH<sub>2</sub> 和 8 个 NADH+H<sup>+</sup>。

一个乙酰 CoA 生成 9 个 ATP， $10 \times 9 = 90$  ATP，

8 个 FADH<sub>2</sub> 经呼吸链氧化可生成  $1.5 \times 8 = 12$  ATP，

6NADH+H<sup>+</sup> 经呼吸链氧化可生成  $2.5 \times 8 = 20$  ATP，

脂肪动员消耗掉 2 个 ATP，

实得  $90 + 12 + 20 - 2 = 120$  mol ATP。

10. 过程 (4 分)

特点：

(1) 合成 1 分子尿素消耗 2 分子氨、3 分子 ATP (4 个高能键)；(1 分)

(2) 通过延胡索酸把鸟氨酸循环与柠檬酸循环联系起来；(1 分)

(3) 鸟氨酸循环前两步在线粒体内进行，后三步在胞液中进行；(0.5 分)

(4) 尿素是哺乳动物代谢的终产物。(0.5 分)

11. 略。

## 第二篇

# 考研题解

## 第一章

### 生物化学基本概念

(按英文从 A—Z 排序)

#### A

##### 1. abzyme (抗体酶)

专一于抗原分子的、有催化活性的一类具有特殊生物学功能的蛋白质。

##### 2. acetone body (酮体)

在肝脏中由乙酰 CoA 合成的燃料分子 ( $\beta$ -羟基丁酸、乙酰乙酸和丙酮)。在饥饿期间酮体是包括脑在内的许多组织的燃料，酮体过多将导致中毒。

##### 3. acid-base catalysis (酸-碱催化)

酶蛋白中几种起广义酸碱催化的功能基团，如氨基、羟基、酚羟基、咪唑基等进行的催化作用。

##### 4. active site (活性部位)

酶中含有底物结合部位和参与催化底物转化为产物的氨基酸残基的部分。活性部位通常都位于蛋白质的结构域或亚基之间的裂隙或是蛋白质表面的凹陷部位，通常都是由在三维空间上靠得很近的一些氨基酸残基组成的。

##### 5. active unit, U (酶活力单位)

酶活性的度量单位。1961 年国际酶学会议规定：1 个酶活力单位是指在特定条件 (25°C，其他为最适条件) 下，在 1min 内能转化 1 $\mu\text{mol}$  底物的酶量，或是转化底物中 1 $\mu\text{mol}$  的有关基团的酶量。

##### 6. acyl carrier protein, ACP (酰基载体蛋白)

是一个相对分子质量只有 8860 的小肽，它的辅基磷酸泛酰乙胺上的一 SH 基团与脂酰基通过硫酯键结合，这样构成一个长的摆臂，把脂酰基从一个酶反应转移到另一个酶反应，促进软脂酸的合成。

7. affinity chromatography (亲和色谱)

利用共价连接有特异配体的色谱介质分离蛋白质混合物中能特异结合配体的目的蛋白或其他分子的色谱技术。

8. alanine-glucose cycle (丙氨酸-葡萄糖循环)

在肌肉中氨基酸脱氨基产生的氨和葡萄糖代谢产生的丙酮酸经转氨酶作用形成丙氨酸，丙氨酸经血液循环进入肝脏，在肝脏中经联合脱氨重新生成丙酮酸和氨，丙酮酸经糖异生合成葡萄糖，氨经鸟氨酸循环生成尿素排出体外的循环过程。这个过程是机体以无毒的丙氨酸运输氨并更新肝糖原的一种方式。

9. albinism (白化病)

白化病是酪氨酸代谢中缺乏酪氨酸酶使得黑色素细胞不能正常生成黑色素的代谢遗传病。

10. aldoses (醛糖)

一类单糖，该单糖中氧化数最高的碳原子（指定为 C1）是个醛基。

11. alkaptonuria (尿黑酸症)

尿黑酸症是酪氨酸代谢中缺乏尿黑酸氧化酶引起尿黑酸堆积的代谢遗传病。这种病人尿中含有尿黑酸，在碱性条件下暴露于氧气氧化并聚合为类似于黑色素的物质，从而使尿成黑色。

12. allopurinol (别嘌呤醇)

别嘌呤醇是结构上（嘌呤环上第 7 位是 C，第 8 位是 N）类似于次黄嘌呤的化合物，对黄嘌呤氧化酶有很强抑制作用，常用来治疗痛风。

13. allosteric effect (别构效应)

又称之变构效应。是配基与寡聚蛋白分子的一个亚基结合后改变蛋白质的构象，并导致相邻其他亚基构象和功能的改变，最终使蛋白质生物活性改变的现象。

14. allosteric enzyme (别构酶)

多为寡聚酶，当它们的亚基上的配体结合部位与配体非共价可逆结合时，将发生构象的变化并影响同一酶分子其他亚基上的未被结合的活性部位的亲和力，进而影响酶活性，这种酶活性随构象而改变的酶称为别构酶。

15. amino acid metabolic pool (氨基酸代谢库)

食物蛋白经消化吸收的氨基酸与体内蛋白质降解产生的氨基酸一起参与体内的氨基酸代谢，这些分布于体内各处参与代谢的氨基酸构成了氨基酸代谢库。

16. anaplerotic reaction (回补反应)

为保持三羧酸循环的正常运转，失去的中间产物必须及时予以补充。对三羧酸循环中间产物有补充作用的反应称为回补反应。如丙酮酸羧化酶催化的由丙酮酸羧化形成草酰乙酸的反应。

17. annealing (退火)

即 DNA 由单链复性变成双链结构的过程。来源相同的 DNA 单链经退火后完全恢复双链结构，同源 DNA 之间、DNA 和 RNA 之间退火后形成杂交分子。

18. anomeric carbon (异头碳)

一个环化单糖的氧化数最高的碳原子。异头碳具有一个羰基的化学反应性。

## 19. anomers (异头物)

仅在氧化数最高的碳原子（异头碳）具有不同构型的糖分子的两种异构体。

## 20. antimetabolite (抗代谢物)

抗代谢物是一类与嘌呤、氨基酸或叶酸等结构类似的物质，它们主要以竞争性抑制的方式干扰或阻断嘌呤或嘧啶的合成，进而阻止核酸及蛋白质的合成。肿瘤细胞的核酸和蛋白质合成十分旺盛，抗代谢物具有抗肿瘤作用。如氨甲蝶呤、5-氟尿嘧啶等。

## 21. attenuation (衰减作用)

一种翻译调控机制。在该机制中，核糖体沿着 mRNA 分子移动的速率决定转录是进行还是终止。

**B**

## 22. base pair (碱基对)

通过碱基之间氢键配对的核酸链中的两个核苷酸，例如 A 与 T 或 U，以及 G 与 C。

## 23. biological macromolecules (生物大分子)

参与生命活动过程中的分子量巨大的分子，如蛋白质、核酸、多糖和脂类。

## 24. Bohr effect (波尔效应)

$\text{CO}_2$  浓度的增加降低细胞内的 pH，引起红细胞内血红蛋白的氧亲和力下降的现象。

**C**

## 25. carnitine shuttle system (肉毒碱穿梭系统)

在线粒体内膜肉毒碱脂酰转移酶 I、移位酶、肉毒碱脂酰转移酶 II 的作用下，将胞液中的脂酰 CoA 通过形成脂酰肉毒碱转运到线粒体内的一个穿梭循环途径。

## 26. cascade system (级联放大系统)

级联放大系统是指在一个连锁反应中，当起始的激酶受到激活后，其他的酶被依次激活，由于酶具有催化高效性能引起信号放大的酶链式反应体系。

## 27. catabolite gene activator protein, CAP (降解物基因激活蛋白)

也叫环腺苷酸调节蛋白，是一个二聚体蛋白质，能与环腺苷酸形成复合物，之后与乳糖操纵子启动子附近特异 DNA 序列结合，促使 RNA 聚合酶的转录起始。

28. catalytic constant,  $K_{\text{cat}}$  (催化常数)

酶催化效率的度量单位，也称为转换数 (turnover number)。一个动力学常数，是在底物浓度处于饱和状态下，一个酶（或一个酶活性部位）催化一个反应有多快的测量。催化常数等于最大反应速率除以总的酶浓度 ( $v_{\text{max}}/[E]_{\text{total}}$ )，或者是每摩尔酶活性部位每秒钟转化为产物的底物的物质的量。

## 29. channel proteins (通道蛋白)

是一种带有中央水相通道的内在膜蛋白，它可以使大小合适的离子和分子从膜的任一方向穿过膜。

## 30. chaperone (分子伴侣)

又叫伴娘蛋白。是细胞中一种与新合成的多肽链形成复合物并协助它正确折叠成具有生物功能构象的蛋白质。伴娘蛋白可以防止不正确折叠中间体的形成和没有组装的蛋白亚基的

不正确的聚集，协助多肽链跨膜转运以及大的多亚基蛋白质的组装和解体。

### 31. Chargaff's rules (查格夫定律)

所有 DNA 中腺嘌呤与胸腺嘧啶的物质的量含量相等 ( $A = T$ )，鸟嘌呤和胞嘧啶的物质的量含量相等 ( $G = C$ )，即嘌呤的总含量与嘧啶的总含量相等 ( $A + G = T + C$ )。DNA 的碱基组成具有种的特异性，但没有组织和器官的特异性。另外生长发育阶段、营养状态和环境的改变都不影响 DNA 的碱基组成。

### 32. chemiosmotic theory (化学渗透理论)

化学渗透学说认为电子沿呼吸链传递伴随着氢质子从线粒体内膜基质“泵”到内膜外侧，从而在内膜内外两侧形成了跨膜的质子电化学梯度，蕴藏化学势能，当质子从内膜外侧经  $F_0\text{-}F_1\text{-ATP}$  合酶回流到内膜基质侧时释放出化学能被 ADP 磷酸化生成 ATP。

### 33. chromatography (色谱)

色谱是一类物理分离方法，根据待分离的混合物中各组分物理化学性质的差别，使各组分以不同程度分布在固定相和流动相中，由于各组分随流动相前进的速度不同从而得到有效分离。

### 34. cis element (顺式作用元件)

是指对基因表达有调节活性的 DNA 序列，按照功能可分为启动子、增强子、沉默子和转座因子。其活性只影响与其自身处在同一个 DNA 分子上的基因。

### 35. citric acid cycle (柠檬酸循环)

也称为三羧酸循环 (tricarboxylic acid cycle)、Krebs 循环 (Krebs cycle)。是用于乙酰 CoA 中的乙酰基氧化生成  $\text{CO}_2$  的酶促反应的循环系统，该循环是由乙酰 CoA 和草酰乙酸缩合形成柠檬酸开始经 8 步反应重新生成草酰乙酸的循环过程。

### 36. citric acid shuttle (柠檬酸穿梭)

在线粒体内柠檬酸合酶作用下，乙酰 CoA 和草酰乙酸生成柠檬酸，经内膜上的三羧酸载体运至胞液中；在胞液柠檬酸裂解酶的作用下消耗 ATP 将柠檬酸裂解回草酰乙酸和乙酰 CoA，乙酰 CoA 用于脂肪酸合成，草酰乙酸转换成丙酮酸后运回线粒体重新生成草酰乙酸的循环过程。

### 37. competitive inhibition (竞争性抑制作用)

抑制剂与底物的结构类似，竞争地与酶的活性中心结合而使酶的活性降低的抑制作用，增加底物浓度可以逆转酶的抑制作用。这种抑制使得  $K_m$  增大，而  $v_{max}$  不变。

### 38. concerted model (齐变模式)

即一个构象体中的所有亚基是同步发生变构的，不允许 R 态亚基和 T 态亚基同时出现于同一个寡聚酶分子中的杂合态，并因此酶分子始终保持着对称性，也就是说，在给定的酶分子中所有亚基的地位是等同的。

### 39. configuration (构型)

一个有机分子中各个原子特有的固定的空间排列。这种排列不经过共价键的断裂和重新形成是不会改变的。构型的改变往往使分子的光学活性发生变化。

### 40. conformation (构象)

指一个分子中，不改变共价键结构，仅单键周围的原子旋转所产生的原子的空间排布。一种构象改变为另一种构象时，不要求共价键的断裂和重新形成。构象改变不会改变分子的

光学活性。

41. corepressor (辅阻遏蛋白)

一种能够与阻遏蛋白结合，帮助阻遏蛋白阻止 RNA 聚合酶转录的蛋白质配基。

42. covalent catalysis (共价催化)

共价催化是指底物与酶形成一个反应活性很高的共价中间体，这个中间体很容易变成过渡态，因而降低了活化能，加速了反应。

43. covalent regulation (共价调节)

有些酶分子上的某些氨基酸残基的基团，可在另一组酶的催化下发生可逆的共价修饰，从而引起酶活性的改变的酶。

44. cyclic AMP (cAMP)

3',5'-环腺苷酸，细胞内的第二信使，由于某些激素或其他分子信号刺激激活腺苷酸环化酶催化 ATP 环化形成的。

## D

45. denaturation (蛋白质变性)

生物大分子的天然构象遭到破坏导致其生物活性丧失的现象。蛋白质在受到光照、热、有机溶剂以及一些变性剂的作用时，次级键受到破坏，导致天然构象的破坏，使蛋白质的生物活性丧失。

46. de novo synthesis pathway (从头合成途径)

生物体内用简单的前体物质二氧化碳、甲酸盐、氨基酸合成生物分子的途径，例如核苷酸的从头合成。

47. dialysis (透析)

透析是利用小分子经半透膜扩散到水（或缓冲液）而大分子不能通过半透膜的原理将小分子与生物大分子分开的一种分离纯化技术。

48. dipolar ion (偶极离子)

也称兼性离子 (zwitterion)。在同一个分子上既含有可以解离出质子的基团，又含有可以结合质子的基团，这样的两性电解质称为偶极离子。

49. direct repair (直接修复)

也称光修复。是单细胞生物到鸟类体内的光复活酶在可见光照射下被激活，催化分解因紫外线照射而产生的嘧啶二聚体，使 DNA 损伤得以恢复。

50. disulfide bond (二硫键)

通过两个（半胱氨酸）巯基的氧化形成的共价键。二硫键在稳定某些蛋白的三维结构上起着重要的作用。

51. DNA damnification (DNA 损伤)

某些理化因子，如紫外线、电离辐射和化学诱变剂等，作用于 DNA 分子的碱基、糖或是磷酸二酯键，使 DNA 正常双螺旋结构遭到破坏，影响其功能，引起生物突变甚至导致死亡的过程。

52. DNA supercoiling (DNA 超螺旋)

当将线性过旋或欠旋的 DNA 连接成一个环时，DNA 会自动形成额外的卷曲，来抵消

DNA 双螺旋的弯曲、欠旋（负超螺旋）或过旋（正超螺旋）产生的应力，这种在 DNA 双螺旋的基础上再次螺旋化形成的空间结构称为 DNA 的超螺旋。

#### 53. domain (结构域)

在蛋白质三级结构内的独立折叠单元。结构域通常都是几个超二级结构单元的组合，不同结构域之间以共价键相连。

## E

#### 54. Edman degradation (埃德曼降解)

从多肽链游离的 N 末端测定氨基酸残基的序列的过程。N 末端氨基酸残基被苯异硫氰酸酯修饰，然后从多肽链上切下修饰的残基，再经色谱鉴定，余下的多肽链（少了一个残基）被回收再进行下一轮降解循环。

#### 55. electron transfer inhibitor (电子传递抑制剂)

电子传递抑制剂是指能阻断呼吸链电子传递的物质，如抗霉素 A、氰化物等。电子传递抑制剂的实质是通过抑制电子传递复合体的活性，使来自高还原力的电子无法传递给最终受体氧而无法形成跨膜质子梯度破坏氧化磷酸化过程。

#### 56. endonuclease (核酸内切酶)

核糖核酸酶和脱氧核糖核酸酶中能够水解核酸分子内磷酸二酯键的酶。

#### 57. energy charge (能荷)

细胞中 ATP 和 ADP ( $1/2\text{ATP}$ ) 的含量与三种腺苷酸含量总和的比值。

#### 58. enhancer (增强子)

是真核细胞中通过启动子来增强转录的一种远端遗传性控制元件。

#### 59. enzymatic compartmentation (酶的区室化)

细胞的膜结构把细胞分成许多区域，不同代谢途径的酶系都固定地分布在不同的区域中，为代谢调节提供了方便条件，这种现象称为酶的区室化。

#### 60. essential amino acids (必需氨基酸)

指人（或其他脊椎动物）自己不能合成，需要从饮食中获得的氨基酸，包括赖氨酸、苏氨酸、异亮氨酸、甲硫氨酸、缬氨酸、亮氨酸、色氨酸、苯丙氨酸。

#### 61. essential fatty acids (必需脂肪酸)

维持动物正常生长所需的，而动物又不能合成的脂肪酸，例如亚油酸和亚麻酸。

#### 62. excision repair (切除修复)

即在一系列酶的作用下，将 DNA 分子中受损伤部分切除掉，并以完整的那一条链为模板，合成出切去的部分，然后使 DNA 恢复正常结构的过程。

#### 63. exonuclease (核酸外切酶)

从核酸链的一端逐个水解下核苷酸的酶。

## F

#### 64. $\rho$ factor ( $\rho$ 因子)

也称终止因子，是从大肠杆菌中分离出来的一种由六个亚基组成的寡聚蛋白质，它具有两种活性：NTPase 活性和促进转录终止的活性。

## 65. feedback inhibition (反馈抑制)

反馈抑制是指某一代谢途径的终产物积累时，反过来对催化一个代谢途径中前面反应的酶特别是第一步反应的酶引起的别构抑制作用。

## 66. feedforward activation (前馈激活)

前馈激活是指某一代谢途径的底物对其后催化的某一反应的酶起的激活作用。

67.  $F_0F_1$ -ATP synthase ( $F_0F_1$ -ATP 合酶)

$F_0F_1$ -ATP 合酶是指存在于线粒体内膜上的一种跨膜蛋白复合体，该蛋白能将线粒体内膜电子传递释放的自由能转化为 ATP。

## 68. fructose intolerance (果糖不耐症)

人类一种基因型遗传代谢缺陷病，患者由于肝中缺乏 B 型醛缩酶，食入果糖不能正常代谢，造成果糖-1-磷酸积累，引起一系列和临床输入果糖同样的症状。这种病人对任何甜味都失去感觉。

## 69. futile cycle (无效循环)

也称为底物循环 (substrate cycle)。在糖代谢和糖异生途径 (葡萄糖和 6-磷酸葡萄糖，6-磷酸果糖和 1,6-二磷酸果糖) 中一对底物在两个途径中进行的方向相反的循环反应，其净反应实际上是  $ATP + H_2O \rightleftharpoons ADP + Pi$ ，即 ATP 水解产生热能，这个不经济的过程称为无效循环。

## G

## 70. galactosemia (半乳糖血症)

人类的一种基因型遗传代谢缺陷病，患者体内缺乏半乳糖-1-磷酸尿苷转移酶，不能使半乳糖-1-磷酸转变为 UDP-半乳糖，结果使血中半乳糖积累，进一步造成眼睛晶状体半乳糖含量升高并还原为半乳糖醇。

## 71. gel electrophoresis (凝胶电泳)

以凝胶为介质，在电场作用下分离蛋白质或核酸等分子的分离纯化技术。

## 72. gel filtration chromatography (凝胶过滤色谱)

也叫做分子排阻色谱 (molecular-exclusion chromatography)。一种利用具有三维网状多孔的凝胶珠作基质，按照分子大小分离蛋白质或其他分子混合物的色谱技术。直径小于网孔直径的自由通透小分子可以进入凝胶珠内部，需层层扩散，流过很长路程才能出柱；而直径大于网孔直径受排阻的大分子不能进入凝胶珠内部，沿着胶粒之间的间隙向下流动，所经路程短，最先流出。

## 73. genetic central dogma (遗传学中心法则)

1958 年，Crick 提出的遗传信息的传递方向和方式，即：遗传信息贮存在 DNA 的脱氧核苷酸顺序中，通过 DNA 自我复制将遗传信息传给子代细胞，同时以 DNA 为模板将遗传信息转录成 RNA，然后以 RNA 为模板，在核糖体上合成蛋白质。逆转录酶的发现，以 RNA 为模板逆向合成 DNA 丰富了遗传学中心法则。

## 74. glucuronate pathway (糖醛酸途径)

从 6-磷酸葡萄糖或 1-磷酸葡萄糖开始，经 UDP-葡萄糖醛酸生成葡萄糖醛酸和抗坏血酸的途径。但只有在植物和那些可以合成抗坏血酸 (维生素 C) 动物体内，通过该途径可以合成维生素 C。

**75. glutathione, GSH (谷胱甘肽)**

由谷氨酸、半胱氨酸和甘氨酸组成的一种三肽，含  $\gamma$ -肽键。半胱氨酸的巯基是主要功能基团，是某些酶的辅酶，可保护巯基蛋白质和酶的活性，也是一种抗氧化剂。

**76. glycogen storage disease (糖原累积症)**

是一种基因型遗传缺陷病，由于遗传原因，缺失糖原代谢过程中的某种酶从而表现出组织中糖原的结构不正常或含量不正常，并在临幊上表现出多种病态症状。

**77. glycoprotein (糖蛋白)**

是由一个或多个寡糖与蛋白质共价结合的缀合物。糖蛋白多是膜蛋白和分泌蛋白，存在于细胞膜的外表面、胞外基质和血液中。寡糖是蛋白质的辅基。

**78. glycosides (糖苷)**

单糖半缩醛羟基与另一个分子（例如醇、糖、嘌呤或嘧啶）的羟基、氨基或巯基缩合形成的含糖衍生物。

**79. glycosidic bond (糖苷键)**

一个糖半缩醛羟基与另一个分子（例如醇、糖、嘌呤或嘧啶）的羟基、氨基或巯基之间缩合形成的缩醛或缩酮键，常见的糖苷键有 O-糖苷键和 N-糖苷键。

**80. glyoxylate cycle (乙醛酸循环)**

乙醛酸循环是某些植物、细菌和酵母中三羧酸循环的支路，通过该循环中异柠檬酸裂解酶和苹果酸合成酶的作用可以由乙酰 CoA 净合成琥珀酸。乙醛酸循环是油料植物种子脂肪酸转化为糖类物质以及微生物利用乙酸为碳源进行代谢的途径。

**81. gout (痛风)**

痛风是嘌呤代谢异常使尿酸过量生产或尿酸排泄不充分引起的尿酸堆积造成的，尿酸结晶堆积在软骨、软组织、肾脏以及关节处。在关节处的沉积会造成剧烈的疼痛。

**82. G proteins (G 蛋白)**

在细胞内信号传导途径中起重要作用的 GTP 结合蛋白，由  $\alpha$  亚基、 $\beta$  亚基、 $\gamma$  亚基组成。G 蛋白具有内源 GTP 酶活性。

**H****83. heterogeneous nuclear RNA, hnRNA (核内不均一 RNA)**

mRNA 的原初转录物在核内加工过程中形成分子大小不等的中间物。它们在核内迅速合成与降解，半寿期很短，比细胞质 mRNA 更不稳定。

**84. homologous proteins (同源蛋白质)**

来自不同种类生物，而序列和功能类似的蛋白质。例如血红蛋白。

**85. hydrophobic interaction (疏水相互作用)**

非极性分子之间的一种弱的、非共价的相互作用。这些非极性分子（如一些中性氨基酸残基，也称为疏水残基）在水相环境中具有避开水而相互聚集的倾向。

**86. hyperchromic effect (增色效应)**

当双螺旋 DNA 熔解（解链）时，260nm 处紫外吸收增加的现象。

**87. hypochromic effect (减色效应)**

随着核酸复性，紫外吸收值降低的现象。

## I

## 88. induced-fit hypothesis (诱导契合学说)

底物的结合在酶的活性部位诱导出构象变化，酶与可诱导底物变形，迫使其构象近似于它的过渡态，直至酶与底物形成中间产物。

## 89. internal ribosome entry site, IRES sequence (IRES 序列)

指一些微小 RNA 病毒含有的能在真核细胞内模拟 5'-帽子结构行使翻译起始作用的特殊序列。IRES 序列常用于多顺反子基因表达。

## 90. intrinsic terminator (内部终止子)

也称为强终止子或不依赖  $\rho$  因子的终止子，在 DNA 上是回文序列，转录成 RNA 时形成茎环结构，RNA 转录至此即停下来。

## 91. inverted repeat sequence (反向重复序列)

在同一多核苷酸链内的相反方向上存在的重复的核苷酸序列。在双链 DNA 中反向重复可能引起十字形结构的形成。

## 92. ion-exchange chromatography (离子交换色谱)

离子交换色谱是根据物质的酸碱性、极性和分子大小的差异在含有可与周围介质进行离子交换的基质上进行化合物分离的方法。

## 93. isoacceptor (同功受体)

能接受同一种氨基酸的多种 tRNA 称为同功受体，也叫同功转移 RNA。

## 94. isoelectric focusing electrophoresis, IFE (等电聚焦电泳)

利用特殊的一种缓冲液（两性电解质）在聚丙烯酰胺凝胶内制造一个 pH 梯度，电泳时每种蛋白质迁移到它的等电点 ( $pI$ ) 处，即梯度中的某一 pH 时，就不再带有净的正或负电荷了。

95. isoelectric point,  $pI$  (等电点)

蛋白质和氨基酸含有酸碱两种可解离基团，属两性电解质。随溶液的 pH 值不同分别解离为阴离子、阳离子和偶极离子。在某一 pH 值时，颗粒所带的正负电荷总数相等，在电场中不迁移（分子的净电荷为零），此时溶液的 pH 值即为等电点。

## 96. isoenzyme or isozyme (同工酶)

催化同一化学反应而化学组成不同的组酶。它们彼此在氨基酸序列、底物的亲和性等方面都存在着差异。

## K

## 97. ketoses (酮糖)

一类单糖，该单糖中氧化数最高的碳原子（指定为 C2）是个酮基。

## 98. Klenow fragment (Klenow 片段)

*E. coli* DNA 聚合酶 I 经部分水解生成的 C 末端 605 个氨基酸残基片段。该片段保留了 DNA 聚合酶 I 的  $5' \rightarrow 3'$  聚合酶和  $3' \rightarrow 5'$  外切酶活性，但缺少完整酶的  $5' \rightarrow 3'$  外切酶活性。

## 99. Kozak sequence (Kozak 序列)

指位于真核生物 mRNA 5' 端帽子结构后面的一段核酸序列，通常是 ACCACCATGG，

它可以与翻译起始因子结合而介导有 5'-帽子结构的 mRNA 翻译起始，对应于原核生物的 SD 序列。

## L

### 100. lactic acid cycle (乳酸循环)

也称为 Coricyle 循环，是指肌肉缺氧时分解血糖产生大量乳酸，其中大部分经血液运到肝脏，通过糖异生途径合成肝糖原或葡萄糖补充血糖，血糖可再被肌肉利用产生乳酸的循环过程。该循环没有净生成葡萄糖，只是将肝脏中的化学能以葡萄糖的形式转移到肌肉等组织利用。

### 101. Lesch-Nyhan syndrome (Lesch-Nyhan 综合征)

也称为自毁容貌征，是一种与 X 染色体连锁的遗传代谢病。患者先天性缺乏次黄嘌呤-鸟嘌呤磷酸核糖转移酶，使得次黄嘌呤和鸟嘌呤不能转换为 IMP 和 GMP，同时失去 HGPRT 活性导致 5-磷酸核糖焦磷酸大量积累引起嘌呤核苷酸合成的增加，结果大量积累尿酸，导致肾结石和痛风，并严重损伤神经系统，出现痉挛、智力发育迟缓、高度攻击性与破坏性行为以及自残肢体的病症。

### 102. leucine zipper (亮氨酸拉链)

出现在 DNA 结合蛋白质和其他蛋白质中的一种结构基元 (motif)。当来自同一个或不同多肽链的两个两性的  $\alpha$ -螺旋的疏水面（常常含有亮氨酸残基）相互作用形成一个圈对圈的二聚体结构时就形成了亮氨酸拉链。

### 103. limit dextrin (极限糊精)

是指支链淀粉中带有支链的核心部分，该部分经淀粉酶水解作用、糖原磷酸化酶或淀粉磷酸化酶作用后仍然存在。糊精的进一步降解需要  $\alpha(1 \rightarrow 6)$  糖苷键的水解。

### 104. lipoprotein (脂蛋白)

脂蛋白是由脂质和蛋白质以非共价键结合的复合体。脂蛋白中的蛋白质部分称为脱辅基脂蛋白或载脂蛋白 (apolipoprotein)。

### 105. liposome (脂质体)

当磷脂浓度增加到使水-空气界面达到饱和时，水环境中的磷脂将以微观的脂质聚集体的形式存在。脂质体是由包围水相空间的磷脂双层形成的囊泡（小泡）。

### 106. lock and key hypothesis (锁钥学说)

认为底物分子或底物分子的一部分像钥匙一样，专一地契合酶的活性中心，即底物分子进行化学反应的部位与酶分子上有催化效能的必需基团间具有紧密互补的关系。

## M

### 107. malate shuttle (苹果酸穿梭)

以苹果酸和天冬氨酸为载体，在苹果酸脱氢酶和谷草转氨酶的催化下将胞液中的 NADH 的氢原子带入线粒体交给  $NAD^+$ ，再沿 NADH 氧化呼吸链进行氧化磷酸化的过程。NADH 经过此穿梭过程，可生成 2.5ATP。

### 108. melting temperature, $T_m$ (熔解温度)

指使 50%DNA 分子发生变性时的温度。或者是 DNA 发生热变性时，紫外吸收值达最

大吸收值一半时的温度。

#### 109. mismatch repair (错配修复)

在含有错配碱基的 DNA 分子中使正常核苷酸序列恢复的修复方式。这种修复方式的特点是：识别出正确的链，切除掉不正确链的部分，然后通过 DNA 聚合酶和 DNA 连接酶的作用合成正确配对的双链 DNA。

#### 110. molecular disease (分子病)

基因突变导致蛋白质的一级结构发生改变，如果这种改变导致蛋白质生理功能的下降或丧失就会产生疾病，这种疾病称为分子病。

#### 111. molecular hybridization (分子杂交)

不同的 DNA 片段之间、DNA 与 RNA 片段之间按碱基互补配对而使来源不同的两条多核酸链相互结合的过程。

#### 112. multienzyme system (多酶体系)

由几个相关的酶彼此嵌合形成的复合体。多酶体系可以催化某个阶段的代谢反应高效、定向和有序地进行。

#### 113. multifunctional enzyme (多功能酶)

是指同一条多肽链中存在多种不同的催化功能的酶。

#### 114. mutarotation (变旋)

一个吡喃糖、呋喃糖或糖苷伴随着它们的  $\alpha$ -和  $\beta$ -异构形式的平衡而发生的比旋度变化。

#### 115. mutation (突变)

突变是指 DNA 分子碱基的改变或表现功能的异常变化，是通过复制而遗传给子代的永久性 DNA 序列的改变。突变有自发和诱变两种。

## N

#### 116. natural conformation (天然构象)

生物大分子由于单键的旋转可以形成各种不同的构象。在生理条件下大分子表现出能量最低的稳定形态，是其发挥生物功能所必需的构象。

#### 117. ninhydrin reaction (茚三酮反应)

在弱酸条件下氨基酸或肽与茚三酮共热，生成紫色（与脯氨酸反应生成亮黄色）化合物的反应。

#### 118. noncompetitive inhibition (非竞争性抑制作用)

抑制剂不直接影响酶与底物的结合，抑制剂不仅与游离酶结合，也可以与酶-底物复合物结合生成三元复合物的一种酶促反应抑制作用。这种抑制使得  $v_{max}$  变小，但  $K_m$  不变。

#### 119. nonessential amino acids (非必需氨基酸)

指人（或其他脊椎动物）自身能由简单的前体合成的、不是饮食必须供给的氨基酸，例如甘氨酸、丙氨酸等氨基酸。

#### 120. Northern blot (北印迹技术)

Northern blot 也称 RNA 印迹。是将 mRNA 进行凝胶电泳分离，变性后转移到硝酸纤维素膜上，再利用特异核酸探针进行分子杂交，找到互补的目标核酸分子。

121. nucleoside (核苷)

核苷是由嘌呤或嘧啶碱基通过共价键与戊糖连接组成的化合物。核糖与碱基一般都是由糖的异头碳与嘧啶的 N1 或嘌呤的 N9 之间形成的  $\beta$ -N-糖苷键。

122. nucleosome (核小体)

是真核生物染色质的基本结构单位，是由 DNA 链绕组蛋白核心缠绕构成的 DNA-组蛋白复合体，在电镜下呈现出珠状结构。

O

123. orientation effect (定向效应)

在两个以上底物参与的反应中，由于酶的作用，底物被催化的部位定向地对准酶的活性中心，将分子间的反应变成类似于分子内的反应，从而大大提高催化效率。

124. oxidation phosphorylation inhibitor (氧化磷酸化抑制剂)

氧化磷酸化抑制剂是一类直接作用于  $F_0F_1$ -ATP 合酶的物质，如寡霉素。氧化磷酸化抑制剂的作用实质是阻断了质子回流到内膜基质的通道，在氧化磷酸化受到抑制时，电子传递（氧消耗的速率）也会受到抑制。

125. oxidative phosphorylation (氧化磷酸化)

氧化磷酸化是指在底物脱氢经呼吸链氧化生成水的过程中所释放出的能量经  $F_0F_1$ -ATP 合酶转化为 ATP 的过程。

126. operator gene (操纵基因)

操纵基因与特定阻遏蛋白相互作用调控一个基因或一组基因表达的 DNA 区。

127. operons (操纵子)

操纵子即基因表达的协调单位。包括在功能上彼此相关的结构基因和调控它们转录的操纵基因和启动子序列。操纵子的全部结构基因通过转录形成一条多顺反子 mRNA，其控制部位可接受调节基因产物的调节。

128.  $\alpha$ -oxidation (脂肪酸  $\alpha$ -氧化)

脂肪酸在脂肪酸氧化酶的催化下，由  $\alpha$ -碳开始氧化，生成  $\alpha$ -羟基脂肪酸、二氧化碳和比原来少一个碳原子的脂肪酸的过程。奇数碳脂肪酸、含甲基的支链脂肪酸等常发生  $\alpha$ -氧化。

129.  $\beta$ -oxidation (脂肪酸  $\beta$ -氧化)

脂肪酸在一系列酶的作用下， $\beta$ -碳原子被氧化，并在  $\alpha$ 、 $\beta$  碳原子之间发生断裂生成乙酰 CoA 和比原来少两个碳原子的脂肪酸的过程。

130.  $\omega$ -oxidation (脂肪酸  $\omega$ -氧化)

动物体内 12 碳以下的脂肪酸等在酶的催化下，在远离羧基末端的烷基末端 ( $\omega$  端) 碳原子被氧化成羟基，再进一步氧化而成羧基，生成  $\alpha$ ,  $\omega$ -二羧酸的过程。

P

131. palindrome (回文序列)

双链 DNA 中的一段倒置重复序列，当该序列的双链被打开后可形成局部“十”字形结构。

## 132. Pasteur effect (巴斯德效应)

在有氧条件下，丙酮酸进入三羧酸循环产生更多的 ATP，ATP 别构抑制糖酵解途径中关键酶磷酸果糖激酶的活性，糖酵解速率减慢。这种在有氧存在下，糖酵解速率减慢的现象。

## 133. pentose phosphate pathway (戊糖磷酸途径)

也称为磷酸己糖支路 (hexose monophosphate shunt)。是 6-磷酸葡萄糖经脱氢脱羧产生 NADPH 和 5-磷酸核糖，再经转酮醇酶和转醛醇酶的催化作用五碳糖重排重新生成 6-磷酸葡萄糖和 3-磷酸甘油醛的途径。

## 134. peptide unit (肽单位)

又称为肽基 (peptide group)，是肽链主链上的重复结构。是由参与肽键形成的氮原子和碳原子及它们的 4 个取代成分：羧基氧原子、酰胺氢原子和两个相邻的  $\alpha$ -碳原子组成的一个平面单位。

## 135. peptidoglycan (肽聚糖)

*N*-乙酰葡萄糖胺和 *N*-乙酰唾液酸交替连接的杂多糖与不同组成的肽交叉连接形成的大分子。肽聚糖是许多细菌细胞壁的主要成分。

## 136. peptidyl transferase (肽酰转移酶)

蛋白质合成期间负责转移肽酰基和催化肽键形成的酶，目前研究认为执行该功能的是核糖体大亚基中的 rRNA。

## 137. permeability coefficient (通透系数)

是离子或小分子扩散通过脂双层膜能力的一种量度。

## 138. phenylketonuria (苯丙酮酸尿症)

苯丙酮酸尿症是由于苯丙氨酸羟化酶缺乏，苯丙氨酸不能正常羟化为酪氨酸只能靠转氨生成苯丙酮酸，引起苯丙酮酸堆积的代谢遗传病。苯丙酮酸堆积对神经有毒害，智力发育出现障碍。

139.  $\alpha$ -phosphoglycerol shuttle ( $\alpha$ -磷酸甘油穿梭)

以 3-磷酸甘油和磷酸二羟丙酮为载体，在两种不同的  $\alpha$ -磷酸甘油脱氢酶的催化下，将胞液中的 NADH 的氢原子带入线粒体中，交给 FAD，再沿琥珀酸氧化呼吸链进行氧化磷酸化的过程。NADH 经过此穿梭过程，只生成 1.5ATP。

## 140. phosphorolysis (磷酸解作用)

反应中，以磷酸分子作为进攻基团切断分子内的化学键，产生带有磷酸基团的产物。如糖原磷酸解生成 1-磷酸葡萄糖。

## 141. ping-pong reaction (乒乓反应)

多底物酶促反应中，酶结合一个底物并释放出一个产物，留下一个取代酶，然后该取代酶再结合第二个底物和释放出第二个产物，最后酶恢复到它的起始状态。

## 142. P/O ratio (P/O 比)

在氧化磷酸化中，每消耗一个氧原子所消耗的用于 ADP 磷酸化的无机磷酸中的磷原子数。电子从 NADH 传递给  $O_2$  时，P/O 比为 2.5，而电子从  $FADH_2$  传递给  $O_2$  时，P/O 比为 1.5。

## 143. polymerase chain reaction, PCR (聚合酶链反应)

PCR 是 1985 年 Mullis 发明的一种体外快速的特定 DNA 片段扩增技术。在该反应中，

使用与目的 DNA 序列互补的寡核苷酸作为引物，进行多轮的 DNA 合成。其中包括 DNA 变性、引物退火和在 *Taq* DNA 聚合酶催化下的 DNA 合成。

#### 144. post-transcriptional processing (转录后加工)

在细胞内，由 RNA 聚合酶合成的原初转录物往往需要经过一系列的变化，包括链的裂解、5'端与 3'端的切除、末端特殊结构的形成、核苷的修饰和糖苷键的改变以及剪接和编辑等信息加工过程，才能转变为成熟的 RNA 分子，这一过程称为转录后加工，也称为 RNA 的成熟。

#### 145. primosome (引发体)

*E. coli* 中的引发体是包括引物酶、DNA 解旋酶、DnaC 和 DNA 起始复制区在内的一种多蛋白复合体，它能催化滞后链不连续 DNA 合成所需要的短的 RNA 引物合成。

#### 146. prochiral molecular (潜手性分子)

指一类可以与具有不对称活性位点的酶发生不对称反应产生手性分子的对称分子，如柠檬酸。

#### 147. promoter (启动子)

启动子是指 RNA 聚合酶识别、结合并开始转录的一段 DNA 序列。原核生物启动子有两个重要序列，一个位于转录起始位点上游 10 个核苷酸处，称为-10 区，富含 TATAAT，称为 TATA box 或 Pribnow 框，是 RNA 聚合酶核心酶结合部位；另一个位于上游 35 个核苷酸处，称为-35 区，富含 TTGACG，是 RNA 聚合酶 σ 亚基的识别部位。

#### 148. proteoglycans (蛋白聚糖)

由一条或多条糖胺聚糖链在特定的部位与多肽骨架共价连接而成的生物大分子，多糖是分子的主要成分。

#### 149. proteomics (蛋白质组学)

以某种细胞或组织内全部蛋白质为研究对象，通过对其分离、纯化，分别研究其结构、功能及相互关系的学科。

#### 150. proximity effect (邻近效应)

在两个以上底物参与的反应中，由于酶的作用，底物被聚集到酶分子表面，彼此相互靠近使底物在活性部位的“有效浓度”比底物在溶液中的浓度要高得多，因而大大提高了反应速率。

#### 151. pyruvic acid carboxylation pathway (丙酮酸羧化支路)

丙酮酸羧化支路是指由丙酮酸羧化酶催化丙酮酸羧化生成草酰乙酸，再经磷酸烯醇式丙酮酸羧激酶催化脱羧基和磷酸化生成磷酸烯醇式丙酮酸的过程。

## R

#### 152. reading frame (读码框)

DNA 序列上存在三种不同的阅读方式，由此可以形成三种不同的阅读方式，读码框代表一个氨基酸序列的 mRNA 分子的非重叠密码序列。一个 mRNA 的读码框是由转录起始位置（通常是 AUG 密码）确定的。

#### 153. recombinant repair (重组修复)

属于复制后修复，即 DNA 的复制已经开始，DNA 复制酶系跳过损伤部位继续以后面

正常 DNA 为模板合成 DNA 子链，空缺的部分由损伤 DNA 链的互补链重组相应的片段，即从同源 DNA 的母链上将相应核苷酸序列片段移至子链缺口处，然后用再合成的序列来补上母链的空缺。

#### 154. recombination DNA technology (重组 DNA 技术)

也称为基因工程 (genomic engineering)。利用限制性内切酶和载体，按照预先设计的要求，将一种生物的某种目的基因和载体 DNA 重组后转入另一生物细胞中进行复制、转录和表达的技术。

#### 155. reducing sugar (还原糖)

羰基碳 (异头碳) 没有参与形成糖苷键，因此可被氧化充当还原剂的糖。

#### 156. regulatory enzyme (调节酶)

位于一个或多个代谢途径内的一个关键部位的酶，它的活性根据代谢的需要被增加或降低。

#### 157. replisome (复制体)

复制体是包括 DNA 聚合酶、引物酶、解旋酶、单链结合蛋白和其他辅助因子的一种多蛋白复合体，复制体位于每个复制叉处负责细菌染色体 DNA 复制的聚合反应。

#### 158. repressor (阻遏蛋白)

一种具有调节作用的 DNA 结合蛋白，它可以阻止 RNA 聚合酶的转录作用。

#### 159. restriction endonucleases (限制性内切酶)

一种在特殊核苷酸序列处水解双链 DNA 的内切酶。I 型限制性内切酶既催化宿主 DNA 的甲基化，又催化非甲基化的 DNA 水解；而 II 型限制性内切酶只催化非甲基化的 DNA 水解。

#### 160. restriction map (限制酶图谱)

同一 DNA 用不同的限制酶进行切割从而获得各种限制酶的切割位点，由此建立的位点图谱有助于对 DNA 的结构进行分析。

#### 161. reverse transcriptase (逆转录酶)

1970 年 Temin 和 Baltimore 分别从致癌和 RNA 病毒中发现的一类催化以 RNA 为模板合成 DNA 的 DNA 聚合酶，具有 RNA 指导的 DNA 合成、水解 RNA 和 DNA 指导的 DNA 合成的酶活性。

#### 162. ribozyme (核酶)

具有催化功能的、本质为 RNA 的酶。

#### 163. rolling-circle replication (滚环复制)

复制环状 DNA 的一种模式，在该模式中，DNA 聚合酶结合在一个缺口链的 3' 端，绕环合成与模板链互补的 DNA，每一轮都是新合成的 DNA 取代前一轮合成的 DNA。

## S

#### 164. salting in (盐溶)

在蛋白质水溶液中加入少量的中性盐，如硫酸铵、硫酸钠等，会增加蛋白质分子表面的电荷，增强蛋白质分子与水分子的作用，从而使蛋白质在水溶液中的溶解度增大的现象。

165. salting out (盐析)

在蛋白质水溶液中加入高浓度的中性盐，如硫酸铵、氯化钠等，无机盐离子从蛋白质分子的水膜中夺取水分子，破坏水膜，使蛋白质分子相互结合而发生沉淀的现象。

166. salvage synthesis pathway (补救合成途径)

生物体利用外源或降解产生的物质如核苷、碱基合成生物分子的途径。例如核苷酸的补救合成。

167. Sanger reaction (桑格反应)

在弱碱性溶液中，氨基酸的  $\alpha$ -氨基很容易与 DNFB 反应生成稳定的黄色 2,4-二硝基苯氨基酸的反应。Sanger 等人用此反应测定胰岛素的一级结构。

168. sequential model (序变模式)

配体与别构酶的一个亚基结合，会通过诱导契合引起该亚基的构象发生改变，但不能改变其邻近的空位亚基的构象，因此酶分子中亚基构象的转变是逐个的、有序的，并因此存在 T 态亚基和 R 态亚基同在一个酶分子的杂合态。按照序变模式，只有一个亚基对配体具有高的亲和性。

169. serine protease (丝氨酸蛋白酶)

丝氨酸蛋白酶是一个酶家族，活性部位含有在催化期间起着亲核体作用的丝氨酸残基，包括起消化作用的胰蛋白酶、胰凝乳蛋白酶和弹性蛋白酶，参与血液凝固的凝血酶以及溶解血纤维蛋白的纤溶酶和纤溶酶原激活剂。

170. Shine-Dalgarno sequence (SD 序列)

SD 序列是位于 mRNA 起始密码子前 10 个核苷酸左右富含嘌呤核苷酸的一段序列。它的作用是与原核生物核糖体小亚基 16S rRNA 结合，是 mRNA 与核糖体结合的识别位点。

171. sickle-cellanaemia (镰刀型细胞贫血病)

血红蛋白分子遗传缺陷造成的一种疾病，病人的大部分红细胞呈镰刀状。其特点是病人的血红蛋白  $\beta$  亚基 N 端的第 6 个氨基酸残基是缬氨酸，而不是正常的谷氨酸残基。

172. signal peptide (信号肽)

某些蛋白质的氨基末端主要由 15~30 个疏水氨基酸组成序列，它的作用是新合成多肽链中用于指导蛋白质跨膜转移（定位）。

173. silencer (沉默子)

是一种基因表达的负调控元件，可不受距离和方向的限制，调节异源基因的表达，在真核细胞中对成簇基因的选择性表达起重要作用。

174. small RNA (小分子 RNA)

高等生物基因组编码的一类小分子量的 RNA 的统称，缩写为 smRNA。smRNA 包括 miRNA 和 siRNA。

175. sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis, SDS-PAGE (SDS-聚丙烯酰胺凝胶电泳)

在有去污剂十二烷基硫酸钠存在下，蛋白质分子中的二硫键被还原，并且 1g 蛋白质可定量结合 1.4g SDS，亚基的构象呈长椭圆棒状，各种蛋白质-SDS 复合物具有相同的电荷密度。这种在 SDS 存在下只是按照分子大小分离的，而不是根据分子所带的电荷和大小分离的电泳技术。

**176. Southern blot (南印迹技术)**

Southern blot 也称 DNA 印迹，是英国的分子生物学家 Southern 发明的一种利用分子杂交原理鉴定 DNA 的方法。即将 DNA 样品进行限制性内切酶处理，并用琼脂糖凝胶电泳将不同长度的 DNA 进行分离，然后将 DNA 变性并原位转移至硝酸纤维素膜，与带有标记的核酸探针进行杂交，从而使能与探针互补的 DNA 片段得到检测的技术。

**177. specific activity (比活力)**

酶纯度的度量单位。是指每毫克酶蛋白所具有的酶活力单位数。

**178. spliceosome (剪切体)**

剪切体是由一些小的核糖核蛋白体组成的 RNA-蛋白质复合体，它能够催化 mRNA 中内含子的切除反应。

**179. substrate phosphorylation (底物水平磷酸化)**

底物水平磷酸化是指底物在脱氢、脱水的过程中使底物分子的化学能重新分布和排列形成高能化合物，高能化合物与 ADP 磷酸化生成 ATP 相偶联，这种在底物上直接进行磷酸化生成 ATP 的方式称为底物水平磷酸化。如糖酵解反应中 3-磷酸甘油醛脱氢生成高能化合物 1,3-二磷酸甘油酸，再由 1,3-二磷酸甘油酸生成 3-磷酸甘油酸和 ATP。

**180. subunit (亚基)**

组成蛋白质四级结构的具有三级结构的多肽链。不同亚基之间以非共价键相连。

**181. suicide substrate (自杀抑制作用)**

底物类似物经酶催化生成的产物变成了该酶的抑制剂进而抑制该酶的活性。例如别嘌呤醇对黄嘌呤氧化酶的抑制作用。

**182. super-secondary structure (超二级结构)**

也称为基元 (motif)。在蛋白质中，特别是球蛋白中，经常可以看到由若干相邻的二级结构单元组合在一起，彼此相互作用，形成的有规则、在空间上能辨认的二级结构组合体。

**T****183. telomere (端粒)**

端粒是真核生物染色体线性 DNA 分子末端的膨大结构，形态学上，像两顶帽子盖在染色体的两端。端粒在维持染色体的稳定性和 DNA 复制的完整性上有重要作用。

**184. telomerase (端粒酶)**

端粒酶是 1985 年发现的一种核糖核蛋白酶，由三部分组成：端粒酶 RNA、端粒酶协同蛋白和端粒酶逆转录酶。该酶兼有提供 RNA 模板和催化逆转录的功能，它能以自身的 RNA 为模板，反转录合成端粒 DNA。端粒酶使端粒 3' 末端延长，防止其子代 DNA 端粒的缩短。

**185. terminator (终止子)**

终止子是指所转录的 RNA 行将结束时，模板 DNA 分子上出现的有终止信号的序列，它可被 RNA 聚合酶本身或其辅助因子所识别。大肠杆菌有两类终止子，即不依赖  $\rho$  因子的终止子和依赖  $\rho$  因子的终止子。

**186. termination factor (终止因子)**

终止因子是指协助 RNA 聚合酶识别终止信号的辅助因子（蛋白质）。

187. thin-layer chromatography (薄层色谱)

薄层色谱是在玻璃板上涂布一层支持剂，待分离样品点在薄层板一端，然后让推动剂从上流过，从而使各组分得到分离的物理方法。

188. topoisomerase (拓扑异构酶)

通过切断 DNA 的一条或两条链中的磷酸二酯键，然后重新缠绕和封口来改变 DNA 连环数的酶。拓扑异构酶 I 通过切断 DNA 中的一条链减少负超螺旋，增加一个连环数；而拓扑异构酶 II 切断 DNA 的两条链增加负超螺旋，减少 2 个连环数。

189. topology constant (拓扑常数)

也称 DNA 的 L 值。是一个用来描述超螺旋状态的拓扑常数，在不发生共价键断裂的情况下，一个超螺旋无论如何扭曲，其 L 值是不变的。

190. transcription factor (转录因子)

在转录起始复合体的组装过程中，与启动子区结合并与 RNA 聚合酶相互作用的一种蛋白质。某些转录因子在 RNA 延伸时一直维持着结合状态。

191. transacting factor (反式作用因子)

是指能与顺式作用元件结合，调节基因转录效率的一组蛋白质，其编码基因与作用的靶 DNA 序列不在同一个 DNA 分子上。

192. two-dimensional electrophoresis (双向电泳)

是等电聚焦电泳和 SDS-PAGE 的组合，即先进行等电聚焦电泳（按照  $pI$  分离），然后再进行 SDS-PAGE（按照分子大小），经染色得到的电泳图是个二维分布的蛋白质图。

## U

193. ultrafiltration (超滤)

超滤是利用压力或离心力，强行使水和其他小分子溶质通过半透膜，而大分子物质被截留在膜上，以达到浓缩和脱盐的目的。

194. uncompetitive inhibition (反竞争性抑制作用)

抑制剂只与酶-底物复合物结合，而不与游离酶结合的一种酶促反应抑制作用。这种抑制作用使得  $v_{max}$ 、 $K_m$  都变小，但  $v_{max}/K_m$  值不变。

195. uncoupling agent (解偶联剂)

解偶联剂是一类能解除电子传递链与氧化磷酸化偶联过程的物质，例如 2,4-二硝基苯酚。解偶联剂的作用实质是破坏跨膜线粒体内膜的质子梯度。解偶联剂不影响电子传递和氧的消耗，但不能生成 ATP。

196. urea cycle (尿素循环)

尿素循环也称为鸟氨酸循环，是以氨基酸代谢中脱下的氨作为氮源，以三羧酸循环中产生的二氧化碳作为碳源，在肝脏中经鸟氨酸、瓜氨酸、精氨酸代琥珀酸和精氨酸四个中间产物转化为尿素的代谢循环。

## V—Z

197. van der Waals force (范德华力)

中性原子之间通过瞬间静电相互作用产生的一种弱的分子之间的力。当两个原子之间的

距离为它们的范德华半径之和时，范德华引力最强。强的范德华排斥作用可以防止原子相互靠近。

198. wobble hypothesis (摆动学说)

摆动学说也称变偶假说，是指 mRNA 密码子 3' 端的碱基和与之互补的 tRNA 反密码的 5' 端的碱基之间不严格遵守碱基配对规律，例如反密码子 5' 端 I 可以与密码子上 3' 端的 U、C 和 A 配对。由于存在摆动现象所以使得一个 tRNA 反密码子可以和一个以上的 mRNA 密码子结合。

199. xeroderma pigmentosis, XP (着色性干皮病)

是一种人类遗传性皮肤病，是由于患者缺陷 DNA 修复能力而对日光异常敏感，其皮肤受照射后易诱发皮肤癌。

200. zinc finger (锌指)

也是一种常出现在 DNA 结合蛋白质中的一种结构基元。是由一个含有大约 30 个氨基酸残基的环和一个与环上的 4 个 Cys 或 2 个 Cys 和 2 个 His 配位的  $Zn^{2+}$  构成，形成的结构像个手指状。

## 第二章

# 生物化学知识综合论述题

1. 淀粉、纤维素和糖原都是由 D-葡萄糖经  $1\rightarrow 4$  糖苷键连接的多糖，相对分子质量相当，是什么结构特点造成它们的物理性质和生物学功能上有较大的差异？

**解析** 淀粉有直链淀粉和支链淀粉，支链淀粉与糖原结构的结构很相似，包括  $\alpha$ -1,4-糖苷键和  $\alpha$ -1,6-糖苷键，糖原的分支比支链淀粉更多，分支更短，平均每 8~12 个残基发生一次分支，而支链淀粉平均每 25~30 个残基有一个分支点。糖原高度的分支结构一则可以增加分子的溶解度，二则将有更多的非还原端同时接受到降解酶的作用，加速聚合物转化为单体，有利于维持机体血糖的平衡。

直链淀粉和纤维素都是线性葡聚糖，直链淀粉是以  $\alpha$ -1,4-糖苷键连接的，而纤维素是通过  $\beta$ -1,4-糖苷键连接的。直链淀粉的每一个残基相对于前一个残基都成  $60^\circ$ ，因此淀粉倾向于形成有规则的螺旋构象，每圈含 6 个残基，螺旋靠链内氢键稳定。纤维素链中的每一个残基相对前一个翻转  $180^\circ$ ，使链采取完全伸展的构象。相邻、平行的伸展链在残基环面的水平向通过链内和链间的氢键网形成片层结构。纤维素与基质黏合在一起增强了细胞壁的抗张强度和机械性能，以适应植物抵抗高渗透压和支撑高大植株的需要。

2. 生物体降解糖原（淀粉）为什么采用磷酸解而不是水解？

**解析** 糖原水解与磷酸解产物不同。糖原水解产生葡萄糖，糖原磷酸解产生 G-1-P。G-1-P 不需要能量在磷酸葡萄糖变位酶作用下可直接变成 G-6-P，进入糖酵解或其他相关代谢途径。如果采用水解方式，得到产物葡萄糖必须经过消耗 ATP 在己糖激酶或者是葡萄糖激酶的作用下才能产生 G-6-P，这种方式不仅消耗能量，而且葡萄糖本身还可以通过转运离开细胞，而磷酸解产物不能扩散出细胞，保持了细胞中有足够的 G-6-P 底物进行糖酵解等反应。所以生物体降解糖原（淀粉）采用磷酸解生物更有利。

3. 为什么肌糖原分解不能提供血糖，而肌肉剧烈运动可以间接补充血糖？

**解析** 肌糖原在磷酸化酶作用下磷酸化生成葡萄糖-1-磷酸，经变位酶作用可生成葡萄糖-6-磷酸，在肝脏中有葡萄糖-6-磷酸酶，可以水解葡萄糖-6-磷酸上的磷酸基团生成葡萄糖补充血糖；但肌肉组织缺乏葡萄糖-6-磷酸酶，不能使葡萄糖-6-磷酸脱磷酸生成葡萄糖，肌糖原不能直接补充血糖。但当剧烈运动时，肌糖原分解产生的 G-6-P，经酵解途径转变为乳酸，乳酸可经血液循环到肝脏作为糖异生原料，通过糖异生途径合成葡萄糖补充血糖。因此，当肌肉活动剧烈时，加强肌糖原酵解，通过以上途径可间接补充血糖。

4. 葡萄糖溶液为什么有变旋现象？

**解析** D-吡喃葡萄糖在乙醇溶液或吡啶溶液中可以形成结晶，得到两种比旋光度不同的 D-葡萄糖，前者的比旋光度为  $+113^\circ$ ，后者的比旋光度为  $+19^\circ$ 。如果把这两种葡萄糖结晶分别溶解在水中，并放在旋光仪中观察，前者的比旋光度由  $+113^\circ$  降至  $+52^\circ$ ，后者由  $+19^\circ$  升到  $+52^\circ$ ，随后稳定不变。葡萄糖溶液发生比旋光度改变的主要原因是葡萄糖具有不

同的环状结构，当葡萄糖由开链结构变为环状结构时，C1 原子同时变成不对称碳原子，同时产生了两个新的旋光异构体。一个叫  $\alpha$ -D-吡喃葡萄糖，另外一个叫  $\beta$ -D-吡喃葡萄糖，这两种物质互为异头物，在溶液中可以通过开链式结构发生相互转化，达到最后的平衡，其比旋光度为 +52°。

### 5. 试述 6-P-G 的来源与去路。

**解析 来源：**

- (1) 在葡萄糖激酶作用下，由葡萄糖磷酸化生成 G-6-P；
- (2) 糖原分解产生的 G-1-P 在变位酶作用下生成 G-6-P；
- (3) 非糖物质经糖异生为 F-6-P 后异构化为 G-6-P。

**去路：**

- (1) 糖酵解途径生成乳酸；
- (2) 糖异生途径生成葡萄糖（非肌肉组织）；
- (3) 糖有氧氧化途径生成二氧化碳和水及能量；
- (4) 糖原合成途径生成糖原；
- (5) 磷酸戊糖途径生成 5-磷酸核糖和 NAPH。

### 6. 为什么说葡萄糖-6-磷酸是各个糖代谢途径的交叉点？

**解析** 在糖的分解方面，葡萄糖经过激酶的催化转变成葡萄糖-6-磷酸，可进入糖酵解途径氧化，也可进入磷酸戊糖途径代谢，产生核糖-5-磷酸、赤藓糖-4-磷酸等重要中间体和生物合成所需的还原性辅酶 II；在糖的合成方面，非糖物质经过一系列的转变生成葡萄糖-6-磷酸，葡萄糖-6-磷酸在葡萄糖-6-磷酸酶作用下可生成葡萄糖，葡萄糖-6-磷酸还可在磷酸葡萄糖变位酶作用下生成葡萄糖-1-磷酸，进而生成糖原。由于葡萄糖-6-磷酸是各糖代谢途径的共同中间体，由它沟通了糖代谢分解与合成代谢的众多途径，因此葡萄糖-6-磷酸是各糖代谢途径的交叉点。

### 7. 在 EMP 途径中，磷酸果糖激酶受 ATP 的反馈抑制，而 ATP 却又是磷酸果糖激酶的一种底物，试问为什么在这种情况下并不使酶失去效用？

**解析** 磷酸果糖激酶 (PFK) 是一种调节酶，又是一种别构酶。ATP 是磷酸果糖激酶的底物，也是别构抑制剂。在磷酸果糖激酶上有两个 ATP 的结合位点，即底物结合位点和调节位点。当机体能量供应充足 (ATP 浓度较高) 时，ATP 除了和底物结合位点结合外，还和调节位点结合，是酶构象发生改变，使酶活性抑制。反之机体能量供应不足 (ATP 浓度较低)，ATP 主要与底物结合位点结合，酶活性很少受到抑制。

### 8. 比较己糖激酶与葡萄糖激酶。

**解析** 己糖激酶和葡萄糖激酶都可在葡萄糖分解代谢中催化葡萄糖磷酸化生成 6-P-葡萄糖。两者区别如下：

酶	己糖激酶	葡萄糖激酶
存在	几乎所有细胞	肝细胞
底物	所有六碳糖	G 和 2-脱氧-葡萄糖
对 G 的 $K_m$	0.1 mmol/L	10 mmol/L
产物反馈抑制	G-6-P 反馈抑制	不被 G-6-P 反馈抑制
基因表达	组成酶	诱导酶

己糖激酶是催化从 ATP 转移磷酸基团至各种六碳糖上的酶；葡萄糖激酶催化从 ATP 转移磷酸基团至葡萄糖上的酶，与底物的亲和力低，不受底物的反馈抑制。

9. 如何理解三羧酸循环的双重作用？三羧酸循环中间体草酰乙酸消耗后必须及时进行回补，否则三羧酸循环就会中断，植物体内草酰乙酸有哪几种回补途径？

**解析** (1) 在绝大多数生物体内，糖、脂肪、蛋白质、氨基酸等营养物质，都必须通过三羧酸循环进行分解代谢，提供能量。所以它是糖、脂肪、蛋白质、氨基酸等物质的共同分解途径。另一方面三羧酸循环中的许多中间体如  $\alpha$ -酮戊二酸、琥珀酸、延胡索酸、苹果酸、草酰乙酸等又是生物体进行物质合成的前体。所以三羧酸循环具有分解代谢和合成代谢的双重作用。

(2) 植物体内的草酰乙酸的回补是通过以下四条途径完成的。①通过丙酮酸羧化酶的作用，使丙酮酸和  $\text{CO}_2$  结合生产草酰乙酸：丙酮酸 +  $\text{CO}_2$  + ATP + H<sub>2</sub>O → 草酰乙酸 + ADP + Pi。②通过苹果酸酶的作用，使丙酮酸和  $\text{CO}_2$  结合生产苹果酸，苹果酸再在苹果酸脱氢酶作用下生成草酰乙酸：丙酮酸 +  $\text{CO}_2$  + NADPH → 苹果酸 + NADP<sup>+</sup>，苹果酸 + NAD<sup>+</sup> → 草酰乙酸 + NADH + H<sup>+</sup>。③通过乙醛酸循环将 2mol 乙酰辅酶 A 生成 1mol 的琥珀酸，琥珀酸再转变成苹果酸，进而再生成草酰乙酸。④通过磷酸烯醇式丙酮酸羧化酶的作用，使磷酸烯醇式丙酮酸和  $\text{CO}_2$  直接生成草酰乙酸：磷酸烯醇式丙酮酸 +  $\text{CO}_2$  + H<sub>2</sub>O → 草酰乙酸 + Pi。

10. 阐述乙酰 CoA 参与了哪些生物化学反应过程？

**解析** (1) 乙酰 CoA 在线粒体中与草酰乙酸生成柠檬酸进入 TCA 循环；

(2) 乙酰 CoA 参与酮体生成；

(3) 乙酰 CoA 参与乙醛酸循环；

(4) 乙酰 CoA 参与脂肪酸从头合成途径；

(5) 乙酰 CoA 参与固醇的合成；

(6) 乙酰 CoA 通过 TCA 循环参与氨基酸代谢；

(7) 乙酰 CoA 参与柠檬酸-丙酮酸转运系统的生化过程。

11. 大气中氧的含量对植物组织内二氧化碳产生的影响如图：

(1) A 点表示植物组织释放的二氧化碳较多，这些二氧化碳是什么的产物？

(2) AB 段二氧化碳释放量急剧减少，为什么？

(3) BC 段二氧化碳释放量增加，为什么？

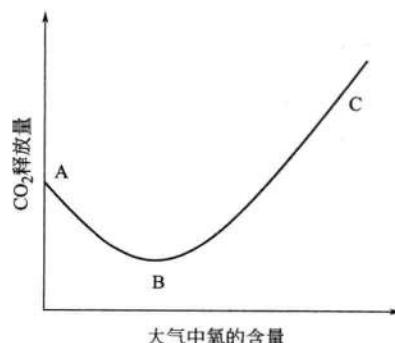
(4) 贮藏果蔬时氧气应调到哪点？

**解析** (1) 高等植物呼吸作用的主要方式是有氧呼吸，但仍保留无氧呼吸能力，所以在 A 点氧含量接近零时，释放较多二氧化碳是无氧呼吸产生酒精和二氧化碳的结果。

(2) AB 段随氧含量增加，无氧呼吸受到抑制，二氧化碳释放少。(巴斯德效应)

(3) BC 段氧含量上升，有氧呼吸越来越旺盛，二氧化碳释放量达新高峰。

(4) 贮藏果蔬时尽量降低呼吸作用，减少有机物消耗，应选 B 点，此时有氧呼吸明显降低又抑制无氧呼吸。



12. 乙酰 CoA 的 1 位碳被同位素标记后, 与草酰乙酸以及 TCA 循环所需要的酶及辅助因子一起温育, 循环一周后, 草酰乙酸和二氧化碳上是否有同位素标记, 如果有请写出其位置。

**解析** 乙酰 CoA 与草酰乙酸合成柠檬酸经三羧酸循环被氧化成二氧化碳和水。如果乙酰 CoA 的 1 位碳被同位素标记, 则从图中可以看出, 在三羧酸循环的两次脱羧中, 异柠檬酸脱羧是丢弃了草酰乙酸的 1 位碳原子, 而  $\alpha$ -酮戊二酸脱羧是丢弃了草酰乙酸的 4 位碳原子。当形成琥珀酸时, 4 个碳原子两个来自草酰乙酸, 两个来自乙酰 CoA。因为琥珀酸是对称分子, 以后的反应这 4 个碳原子就没什么不同, 所以产物有两种可能, 即经过一次循环后, 草酰乙酸的 1 位和 4 位可能被同位素标记, 二氧化碳没有被同位素标记。

13. 葡萄糖分子的第五位碳用 $^{14}\text{C}$  标记, 在有氧情况下进行彻底氧化。问经过几轮三羧酸循环, 该同位素碳可作为  $\text{CO}_2$  释放?

**解析** 葡萄糖经酵解途径, 一分子葡萄糖生成二分子丙酮酸, 所以葡萄糖第五位 $^{14}\text{C}$  标记碳, 出现在丙酮酸的羰基上, 即  $\text{CH}_3-\text{* CO-COOH}$ ; 进一步氧化产生的  $\text{CH}_3-\text{* CO-CO A}$  进入三羧酸循环后, 经第一轮循环标记碳原子全部进入草酰乙酸, 因琥珀酸是对称结构, 标记碳形成两种异构体:  $\text{HOOC}^*-\text{CO-CH}_2-\text{COOH}$  和  $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CO}^*-\text{COOH}$ , 在第二轮三羧酸循环中, 两种异构体中的标记碳原子都可在脱羧反应中以二氧化碳释放。

14. 试述丙酮酸的去向?

**解析** (1) 在有氧条件下, 丙酮酸可以继续氧化产生乙酰 CoA, 进入 TCA 途径。

(2) 在无氧条件下, 有些生物在丙酮酸脱羧酶和乙醇脱氢酶作用下进入乙醇发酵途径生成乙醇; 也可以乳酸脱氢酶的催化下进入乳酸发酵途径产生乳酸。

(3) 丙酮酸可在丙酮酸羧化酶的作用下形成草酰乙酸, 草酰乙酸进入葡萄糖异生途径生成葡萄糖, 也可进入三羧酸循环。

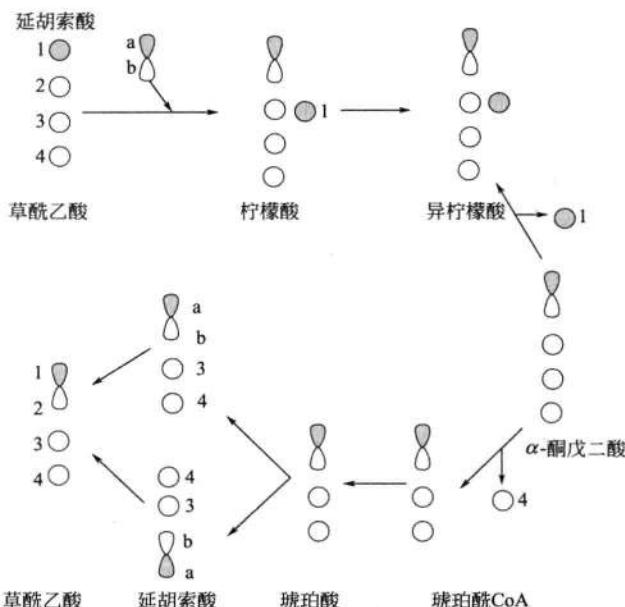
(4) 丙酮酸可在苹果酸酶催化下生成苹果酸, 进入三羧酸循环。

(5) 丙酮酸可进行转氨基作用生成丙氨酸、缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸。

(6) 在有氧条件下, 丙酮酸可以继续氧化产生乙酰 CoA, 转运至胞液可以合成脂肪酸、酮体、胆固醇等。

(7) 在植物和微生物体内, 丙酮酸氧化产生的乙酰 CoA 也可进入乙醛酸循环生成琥珀酸, 再异生为糖。

15. 以葡萄糖作为碳源进行谷氨酸的发酵, 写出由葡萄糖转变成谷氨酸需要经过的几个代谢途径的名称, 标出重要环节的酶及辅酶。



**解析** 以葡萄糖为碳源生成谷氨酸需要经过糖酵解途径、有氧氧化、转氨基作用。

(1) 糖酵解途径由葡萄糖生成丙酮酸，重要的酶是己糖激酶、磷酸果糖激酶、丙酮酸激酶，辅酶是  $Mg^{2+}$ 。

(2) 丙酮酸进入有氧氧化经乙酰 CoA 经三羧酸循环三步反应生成  $\alpha$ -酮戊二酸。重要的酶是丙酮酸脱氢酶系，辅助因子是 TPP、HSCoA、FAD、 $NAD^+$ 、硫辛酸和  $Mg^{2+}$ ；柠檬酸合成酶，异柠檬酸脱氢酶，辅助因子是  $NAD^+$ 。

(3)  $\alpha$ -酮戊二酸经转氨基作用生成谷氨酸，重要的酶是谷丙转氨酶，辅酶是磷酸吡哆醛。

#### 16. 试述糖尿病的发病机理及临床表现。

**解析** 糖尿病是由于胰岛素绝对或相对不足而导致的代谢紊乱性疾病，以高血糖、糖尿为其主要临床特点。胰岛素是体内唯一的降糖激素。胰岛素不足可导致：肌肉、脂肪细胞摄取葡萄糖减少；肝葡萄糖分解利用减少；糖原合成减少；糖转变为脂肪减少；糖异生增强。总之使血糖来源增加，去路减少，而致血糖浓度增高。当血糖浓度高于肾糖阈时则出现糖尿。

糖尿病临床以高血糖为主要标志，同时表现“三多一少”。严重时因脂肪动员过多，生成大量乙酰 CoA，后者可生成酮体和胆固醇，而出现酮血症、酮尿症、酸中毒和高胆固醇血症等。其原因是糖的氧化发生障碍，机体所需能量不足，感到饥饿而多食；多食地进一步使血糖升高，超过肾糖阈时出现尿糖；糖的大量排出必然带走大量水分引起多尿；多尿失水过多，血液浓缩引起口渴，因而多饮；因为糖氧化供能发生障碍，大量动员体内脂肪及蛋白质氧化供能，严重时因消耗多，身体逐渐消瘦，体重减轻。

17. 糖酵解和糖异生作用中各有三个可能产生无效循环的位点，这三个位点在两条途径中分别由什么酶来催化？以两条途径中果糖-6-磷酸与果糖-1,6-二磷酸之间的转变为为例说明细胞是如何避免无效循环的。

**解析** 在糖酵解中，葡萄糖  $\rightarrow$  葡萄糖-6-磷酸、果糖-6-磷酸  $\rightarrow$  果糖-1,6-二磷酸、磷酸烯醇式丙酮酸  $\rightarrow$  丙酮酸三个不可逆反应位点分别由己糖激酶、磷酸果糖激酶、丙酮酸激酶催化。在糖异生中，葡萄糖-6-磷酸  $\rightarrow$  葡萄糖、果糖-1,6-二磷酸  $\rightarrow$  果糖-6-磷酸、丙酮酸  $\rightarrow$  草酰乙酸  $\rightarrow$  磷酸烯醇式丙酮酸三个不可逆反应位点分别由葡萄糖-6-磷酸酶、果糖-1,6-二磷酸酶、丙酮酸羧化酶和磷酸烯醇式丙酮酸羧激酶催化。催化果糖-6-磷酸与果糖-1,6-二磷酸转化的酶是关键的调控酶。在糖酵解中，磷酸果糖激酶的正效应物为 AMP、果糖-2,6-二磷酸，负效应物为柠檬酸、ATP。胰高血糖素可以通过共价修饰使果糖-2,6-二磷酸水平降低，从而降低糖酵解速率。在糖异生作用中，果糖-1,6-二磷酸酶催化果糖-1,6-二磷酸转变成果糖-6-磷酸，该酶的正效应物为 ATP、柠檬酸，而负效应物为 AMP、果糖-2,6-二磷酸。胰高血糖素通过共价修饰使果糖-2,6-二磷酸水平降低，促进糖异生作用。可见两种酶的效应物对两条途径的调节正好相反，这种协调控制保证了糖酵解和糖异生途径一条开放时，另一条关闭，从而避免了无效循环。

#### 18. 根据生物体对 NADPH、5-P-核糖、ATP 不同需要说明葡萄糖-6-P 的利用方式。

**解析** 磷酸戊糖途径中产生的葡萄糖-6-磷酸的去路，受机体对 NADPH、核糖-5-磷酸和 ATP 的不同需要而调节。

(1) 细胞主要需要 NADPH：磷酸戊糖途径产生的 NADPH 主要用于还原性的生物合成反应。当细胞需要大量的 NADPH 时，葡萄糖-6-P 进入磷酸戊糖途径，在该途径第一阶

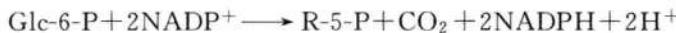
段，在葡萄糖-6-P 脱氢酶和葡萄糖酸-6-P 脱氢酶的催化下均可生成 NADPH。第一阶段产生的 5-P-核酮糖经该途径的转酮醇酶和转醛醇酶催化生成果糖-6-P 和甘油醛-3-P，并与糖异生途径配合重新生成葡萄糖-6-磷酸，使磷酸戊糖途径产生循环，其净结果是细胞获得更多的 NADPH。

总反应是：



(2) 细胞既需要 NADPH 又需要 5-P-核酮糖：在这种情况下，葡萄糖-6-磷酸经磷酸戊糖途径第 1~4 步，产生 NADPH 和 5-磷酸核糖。

总反应是：



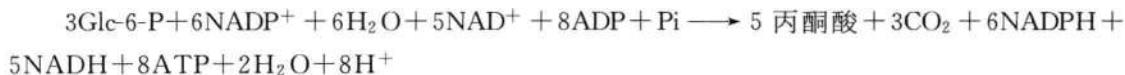
(3) 细胞主要需要 5-P-核糖：在这种情况下，占优势的反应是，葡萄糖-6-磷酸经糖酵解途径转变成果糖-6-P 和甘油醛-3-磷酸，然后经转酮醇酶和转醛醇酶催化的逆反应以及磷酸戊糖的相互转变生成 5-磷酸核糖。

总反应是：



(4) 细胞既需要 NADPH，也需要 ATP，但不需要 5-P-核酮糖：在这种情况下，G-6-P 进入磷酸戊糖途径，在该途径的第一阶段反应中产生 NADPH。生成的 5-P-核糖继续该途径的第二阶段和第三阶段反应，并转变成果糖-6-P 和甘油醛-3-磷酸，然后果糖-6-P 和甘油醛-3-磷酸进入糖酵解反应，产生 ATP 和丙酮酸；或丙酮酸进入柠檬酸循环产生更多的 ATP。

总反应为：



19. 丙酮酸的氧化速率取决于细胞对能量的需要，试比较一个人在静止休息时和在做长距离运动时，骨骼肌对丙酮酸的利用。

**解析** (1) 当一个人静止休息时，骨骼肌的能量需要是很小的，因此 ATP/ADP 和 NADH/NAD<sup>+</sup> 的值相对很高。这就从两个方面对丙酮酸脱氢酶复合物的活性产生影响：

① 高浓度的 ATP 作为丙酮酸脱氢酶激酶的别构激活剂刺激它的活性，该活性又可利用 ATP 使丙酮酸脱氢酶磷酸化而失去活性（共价修饰调节）。

② 残留的丙酮酸脱氢酶复合物的活性可被高水平的 ATP 和 NADH 别构抑制。NADH 的高水平也抑制乙酰 CoA 在柠檬酸合酶催化下进入 TCA 循环。此外，ADP 的低水平不会刺激异柠檬酸脱氢酶的活性，导致异柠檬酸和柠檬酸的积累，并进一步抑制柠檬酸合酶的活性。其净结果是限制了骨骼肌对丙酮酸的利用。

(2) 当一个人做长距离运动时，骨骼肌对能量的需要显著升高，其结果是 ATP/ADP 和 NADH/NAD<sup>+</sup> 比例降低。这样就导致丙酮酸脱氢酶活性升高。因为当细胞需要能量时就会导致线粒体内 Ca<sup>2+</sup> 浓度升高，它是丙酮酸脱氢酶的激活剂，激活后的丙酮酸脱氢酶磷酸酶使丙酮酸脱氢酶去磷酸化而恢复活性。此外，ADP 水平的升高刺激异柠檬酸脱氢酶，它可以消除柠檬酸的积累并解除对柠檬酸合酶的抑制。其净结果是丙酮酸利用大大增加。

20. 糖酵解中间产物都是磷酸化合物，为什么？

**解析** (1) 磷酸是多元酸，磷酸化合物带负电荷。带负电荷的磷酸基团使中间产物具

有极性，从而使这些中间产物不易通过细胞膜而失散。

(2) 高能磷酸化合物的磷酸基团经酶解作用后，最终可形成 ATP 的末端磷酸基团，具有保存能量的作用。

(3) 磷酸基团在各步反应中有利于酶结合而被催化，起信号基团的作用。

21. 肌糖原分解可以补充血糖浓度吗？

**解析** 肌肉组织中不存在葡萄糖-6-磷酸酶，故肌糖原不能直接分解为葡萄糖补充血糖浓度。但肌糖原可经糖酵解作用生成乳酸，后者经血液循环进入肝，经糖异生作用转变为葡萄糖，释放入血，可以补充血糖浓度。

22. 为什么在大鼠肝匀浆中加丙二酸，再加入苹果酸，保温后发现有大量琥珀酸？

**解析** 在肝匀浆中加入苹果酸可推动三羧酸循环的快速进行，使琥珀酸生成增加。丙二酸是琥珀酸脱氢酶的竞争性抑制剂，使琥珀酸不能顺利代谢而大量堆积。

23. 严重缺氧情况下可否导致酸中毒？为什么？

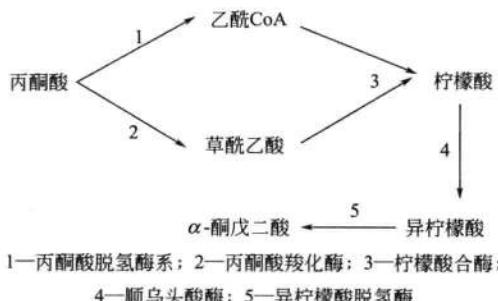
**解析** 严重缺氧情况下可导致酸中毒。因为缺氧时糖的有氧氧化不能顺利进行而糖酵解代谢增强，致使乳酸生成量大大增加，堆积于血液中，发生酸中毒。

24. 磷酸果糖激酶活性受哪些因素的影响？有何生理意义？

**解析** 磷酸果糖激酶是糖酵解途径中最重要的限速酶，其催化活性的改变直接影响着糖的分解代谢速率和细胞内能量供应状态。该酶受到多种代谢物的变构调节：2,6-二磷酸果糖、ADP、AMP等为其变构激活剂；柠檬酸、长链脂肪酸、ATP等为其变构抑制剂。在这些代谢物的共同调节下，机体可根据能量需求状况调整糖的分解代谢速率，以适应机体的生理需要。当细胞内能量不足时，ATP减少，AMP、ADP增多，则磷酸果糖激酶被激活，糖分解速率加快，使ATP生成增加。反之，当细胞内能量供应过剩时，则该酶活性被抑制，糖分解减慢，ATP生成减少，避免了能量不必要的浪费。当饥饿时，脂肪动员增强，长链脂肪酸和柠檬酸均抑制该酶活性，使糖的分解减少，避免血糖浓度的进一步降低。

25. 已知有一系列酶促反应，可使得丙酮酸净合成 $\alpha$ -酮戊二酸，而不净消耗三羧酸循环的中间代谢物。写出这些酶促反应顺序。

**解析**



26. 试述柠檬酸调控软脂酸合成的机理。

**解析** 软脂酸合成是以乙酰 CoA 为原料，经活化中间产物丙二酸单酰 CoA，以 NADPH 为还原剂在胞液中合成。

(1) 因乙酰 CoA 是软脂酸合成的原料，它主要在线粒体内形成，而软脂酸的合成在细胞液中进行，乙酰 CoA 需要柠檬酸穿梭转运至细胞液，因此，柠檬酸浓度提高，可以加快

乙酰 CoA 的转运速度，促进软脂酸的生物合成。

(2) 丙二酸单酰 CoA 是由乙酰 CoA 羧化生成，柠檬酸是乙酰 CoA 羧化酶的别构激活剂，柠檬酸浓度升高可使无活性的乙酰 CoA 羧化酶聚合成有活性的多聚体，促进软脂酸的生物合成。

(3) 在柠檬酸转运乙酰 CoA 至胞液后，柠檬酸重新裂解为乙酰 CoA 和草酰乙酸，乙酰 CoA 用于软脂酸的合成，草酰乙酸在苹果酸脱氢酶作用下还原为苹果酸。苹果酸在苹果酸酶作用下脱氢、脱羧产生 NADPH 和丙酮酸，NADPH 还可提供软脂酸合成需要的 NADPH。因此，柠檬酸浓度高，可产生较多的 NADPH，促进软脂酸的合成。

(4) 柠檬酸是三羧酸循环的重要物质，产生软脂酸合成需要的 ATP。

#### 27. 简述脂代谢紊乱引发的代谢症状。

**解析** (1) 脂肪酸与酮尿症：在肝中脂肪酸除经  $\beta$ -氧化产生能量外，也能转化为酮体。在糖尿病或禁食情况下，脂肪动员增加，酮体生成随之增多，当酮体的生成大于酮体利用，将出现酮血，由于酮体呈酸性，会出现酸中毒。

(2) 甘油磷脂与脂肪肝：肝脏能合成脂蛋白，有利于脂肪运输。正常情况下，肝脏中脂肪仅占四分之一，但当肝脏脂蛋白合成或肝脏脂肪酸氧化发生障碍，不能及时将肝细胞内脂肪运出或氧化利用时，造成脂肪在肝细胞中堆积以致产生脂肪肝，肝细胞机能异常。

(3) 胆固醇和动脉粥样硬化。

#### 28. 为什么哺乳动物摄入大量糖容易长胖？

**解析** (1) 糖类在体内经水解产生单糖，像葡萄糖可通过有氧氧化生成乙酰 CoA，作为脂肪酸合成原料合成脂肪酸，因此脂肪也是糖的贮存形式之一。

(2) 糖代谢过程中产生的磷酸二羟丙酮可转变为磷酸甘油，也作为脂肪合成中甘油的来源。

#### 29. 脂肪酸分解和脂肪酸合成的过程有什么差异？

**解析** 脂肪酸分解是在一系列酶的作用下通过不同途径将脂肪酸降解为乙酰 CoA 后进入三羧酸循环氧化成二氧化碳和水的过程；脂肪酸分解是以乙酰 CoA 为原料在原核生物脂肪酸合成酶系的作用下合成软脂酸的过程。两条途径从部位、酶、过程、辅助因子等方面存在差异，如下表：

区别要点	脂肪酸合成	脂肪酸分解
部位	胞液	线粒体
酶	6 种酶形成脂肪酸合成酶系	4 种酶
过程	结合-还原-脱水-还原	脱氢-加水-脱氢-硫解
辅助因子	NADPH	NAD <sup>+</sup> 、FAD
酶基载体	HS-ACP	HS-CoA

30. 脂肪酸的合成在胞浆中进行，但脂肪酸合成所需要的原料乙酰 CoA 在线粒体内产生，这种物质不能直接穿过线粒体内膜，在细胞内如何解决这一问题？

**解析** 脂肪酸合成原料乙酰 CoA 主要来源于丙酮酸氧化脱羧和脂肪酸  $\beta$ -氧化，两者都在线粒体内进行，而脂肪酸合成酶在胞液中。乙酰 CoA 经柠檬酸-丙酮酸穿梭作用把线粒体中的乙酰 CoA 运到胞液中。具体过程是：乙酰 CoA 与草酰乙酸在柠檬酸合成酶作用下合成柠檬酸，柠檬酸穿过线粒体内膜进入胞液中，在胞液柠檬酸裂解酶的作用下重新生成乙酰 CoA 和草酰乙酸，乙酰 CoA 用于脂肪酸合成。草酰乙酸不能穿过线粒体内膜，经苹果酸脱

氢酶作用生成苹果酸，重新回到线粒体；或苹果酸在苹果酸酶作用下生成丙酮酸，回到线粒体，同时产生 NADPH 用于脂肪酸合成。

31. 为什么脂肪酸合成中的缩合反应是丙二酸单酰辅酶 A，而不是两个乙酰辅酶 A？

**解析** 这是因为羧化反应利用 ATP 供给能量，能量贮存在丙二酸单酰辅酶 A 中，当缩合反应发生时，丙二酸单酰辅酶 A 脱羧放出大量的能供给二碳片段与乙酰 CoA 缩合所需的能量，反应过程中自由能降低，使丙二酸单酰辅酶 A 与乙酰辅酶 A 的缩合反应比两个乙酰辅酶 A 分子缩合更容易进行。

32. 试述乙酰 CoA 羧化酶在脂肪酸合成中的调控机制。

**解析** 乙酰 CoA 羧化酶在脂肪酸合成中将乙酰 CoA 转化为丙二酸单酰 CoA，后者是脂肪酸合成二碳单位的活性供体，乙酰 CoA 羧化酶催化的反应是脂肪酸合成中的限速反应，该酶是脂肪酸合成关键酶。在原核生物中乙酰 CoA 羧化酶是由三个不同亚基组成，每个亚基行使不同的功能，分别称生物素羧基载体蛋白、生物素羧化酶和羧基转移酶，只有当它们聚合成完整的酶后才有活性，乙酰 CoA 羧化酶受由胰高血糖素和肾上腺素皮质激素激发的磷酸化修饰的抑制。它的活化型为乙酰 CoA 羧化酶的聚合物，当磷酸化时这个聚合物解离成为单体，遂失去活性。柠檬酸是该酶的别构激活剂，能促进无活性的单体聚集成有活性的全酶，从而加速脂肪酸的合成；软脂酰 CoA 是该酶别构抑制剂，它促使聚集物的解体，因而抑制脂肪酸的合成。软脂酰 CoA 是脂肪酸合成的产物，它的作用可以称为反馈抑制。

33. 在肝脏中表达的一种酶的遗传缺陷会出现下列现象：

- (1) 进食糖类以后，血液中葡萄糖、乳酸和脂类的浓度会升高；
- (2) 机体进入饥饿状态下，会出现低血糖和高酮体。

请分析，肝脏中缺少哪种酶？并请解释出现上述现象的原因。

**解析** 肝中缺少 6-磷酸葡萄糖脂酶。

(1) 进食糖类后，多糖物质在体内磷酸化生成 1-P-葡萄糖，经异构生成 6-磷酸葡萄糖，在 6-磷酸葡萄糖脂酶作用下脱磷酸生成葡萄糖；6-磷酸葡萄糖也可进入糖酵解途径氧化分解产生乳酸；当能量供应充足时，6-磷酸葡萄糖经分解产生的磷酸二羟基丙酮和乙酰 CoA 可作为合成脂类的原料合成脂类，所以进食糖类后血液中葡萄糖、乳酸和脂类的浓度会上升。

(2) 机体进入饥饿状态下，生物体所需能量主要由脂肪降解产生。脂肪降解产生的甘油经激活，脱氢生成磷酸二羟基丙酮，可异生为糖，但由于肝脏中缺少 6-磷酸葡萄糖脂酶，经异生途径产生的 6-磷酸葡萄糖不能转化为葡萄糖，会出现低血糖；机体大量动员脂肪产生的脂肪酸在肝脏转化为酮体，补充大脑等组织的能量需求，当机体产生的酮体量大于机体对酮体的利用量，会出现高酮体。

34. 说明油料种子发芽时脂肪转化为糖类的主要代谢途径。

**解析** 油料种子中主要成分为脂肪，所以其转化为糖类的代谢途径如下。

- (1) 脂肪动员：脂肪降解为甘油与脂肪酸。
- (2) 甘油代谢：甘油 → α-磷酸甘油 → 磷酸二羟基丙酮 → 糖异生途径 → 糖。
- (3) 脂肪酸 β- 氧化：生成乙酰 CoA。
- (4) 乙酰 CoA → 琥珀酸 → 糖异生途径 → 糖。

35. 动物体内的脂肪酸代谢调控如何进行？

**解析** (1) 脂肪酸氧化的主要调控酶是肉碱脂酰转移酶 I，脂肪酸合成的主要调控酶是

乙酰 CoA 羧化酶。

(2) 脂肪酸代谢的主要调节物是胰岛素，脂解的速率对胰岛素的水平非常敏感，胰岛素可促进环腺苷酸的水解，抑制甘油三酯的降解，抑制脂肪酸的氧化，同时也促进乙酰 CoA 羧化酶的活性，促进脂肪酸的合成。

(3) 肾上腺素等脂解激素可促进环腺苷酸的生成，促进甘油三酯的降解，抑制脂肪酸的合成。

(4) 丙二酸单酰 CoA 抑制肉碱脂酰转移酶 I 和活性。

(5) 柠檬酸是乙酰 CoA 羧化酶的激活剂，脂酰 CoA 是该酶的抑制剂。

36. 动物以脂的形式贮存能量有显著的优越性，为什么还要以糖原的形式贮存能量？

**解析** (1) 因为糖代谢与脂代谢之间有很大差异，特别是脂肪酸氧化时只能在有氧情况下才能产生可利用能量，在缺氧条件下不能产生能量。

(2) 由于生物膜的特殊性。中枢神经系统不能拥有大量的脂肪酸，即不能利用这些底物产生大量的能量。

37. 描述生物合成 1 分子棕榈油酸所涉及的生物化学过程。

**解析** (1) 乙酰 CoA 从线粒体进入胞液：柠檬酸-丙酮酸转运系统。

(2) 乙酰 CoA 活化为丙二酸单酰 CoA：乙酰 CoA 羧化酶，辅助因子，生物素。

(3) 软脂酸的合成：在脂肪酸合成酶系与 ACP 的作用下生成软脂酸。

(4) 软脂酰 CoA 的生成：软脂酰 ACP 在硫解酶的作用下，产生软脂酸，而后软脂酸在脂酰 CoA 合成酶的作用下产生软脂酰 CoA。

(5) 棕榈油酸的生成：以动物而言，其脱饱和酶存在于内质网上，底物是脂酰 CoA。所以从头合成的软脂酰 CoA 最后在脱饱和酶的催化下，加氧、NADPH 生成棕榈油酸和水。

38. 描述 1 分子 20 碳的饱和脂肪酸在动物体内的合成过程。

**解析** (1) 软脂酸的合成过程，合成的软脂酰 ACP 在硫解酶作用下生成。

(2) 对于动物而言，其延长合成分别在线粒体和内质网两个场所进行。脂肪酸延长的起始物是软脂酰 CoA，软脂酸在脂酰 CoA 合成酶作用下生成。

(3) 如果在内质网完成 20 碳脂肪酸的合成，由丙二酸单酰 CoA 提供二碳单位，NADPH 参与完成；如果在线粒体中进行，则脂酰 CoA 必须通过肉碱转移系统进入线粒体，而后由乙酰 CoA 提供二碳单位，NADH 或 NADPH 参与完成。

39. HMGCoA 在脂类代谢中有何作用？

**解析** HMGCoA 参与脂类代谢中酮体的生成和胆固醇的合成。HMGCoA 是由 3 分子的乙酰 CoA 缩合而成。在肝细胞，HMGCoA 可被 HMGCoA 裂解酶催化生成酮体，在几乎全身各组织（成人脑组织及成熟红细胞除外）HMGCoA 可被 HMGCoA 还原酶催化生成甲羟戊酸并用于胆固醇的生物合成。

40. 说明 Knoop 的经典实验对脂肪酸氧化得到的结论。

**解析** 1904 年 Knoop 以苯环标记脂肪酸并追踪其在狗体内的转变过程，发现脂肪酸的降解是将碳原子一对一对地从脂肪酸  $\beta$  位切下，每次产生一个二碳的乙酰 CoA，同时将  $\beta$ -碳原子氧化，这种脂肪酸降解的方式称为脂肪酸  $\beta$ -氧化。

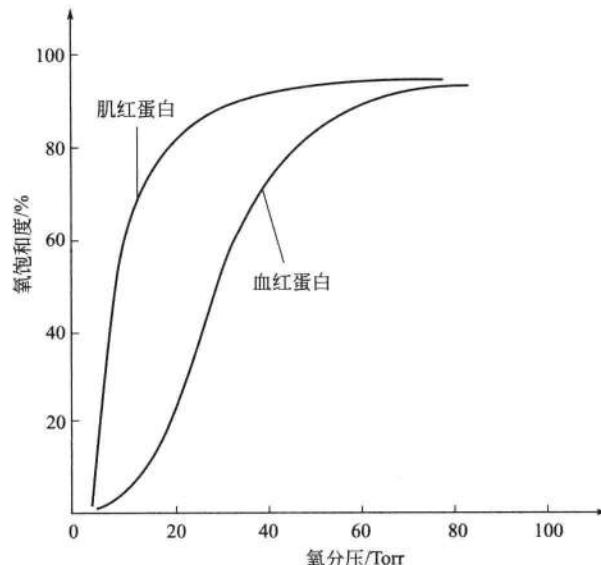
41. 给酮血症的动物适当注射葡萄糖后，为什么能够消除酮血症？

**解析** 当糖代谢障碍时，由于机体不能很好地利用葡萄糖氧化供能，致使脂肪动员增

强，脂肪酸  $\beta$ -氧化增加，酮体生成增多。当肝内酮体的生成量超过肝外组织的利用能力时，可使血中酮体升高，称酮血症。给酮血症的动物适当注射葡萄糖之后，能够消除酮血症是因为：

- (1) 糖代谢增强可使草酰乙酸生成增多，促进酮体的代谢；
- (2) 糖代谢增强可使脂肪动员减少、脂肪酸  $\beta$ -氧化减弱，乙酰 CoA 生成减少，肝内酮体的生成量也相应减少。

42. 下图是以氧分压为横坐标、以氧结合量为纵坐标所作的血红蛋白与肌红蛋白氧合曲线，请对血红蛋白和肌红蛋白的氧合特点进行分析，并讨论其生物学意义。



解析 (1) 肌红蛋白有可逆结合氧的能力，肌红蛋白的氧合曲线为双曲线，在低氧分压下与氧仍有很强亲和力。

(2) 血红蛋白也有可逆结合氧的能力。血红蛋白的氧合曲线为 S 形，低氧分压时，血红蛋白与氧的亲和力低；到一定氧浓度时，氧结合量出现线性增加，表明血红蛋白亚基与氧的结合在亚基间有协同效应。

(3) 血红蛋白氧结合的饱和度达最大一半时需氧分压为 26Torr ( $1\text{Torr} = 133.322\text{Pa}$ )，明显高于肌红蛋白，表明在代谢组织的氧分压下，血红蛋白的可逆结合氧能力能非常敏感地得到控制。

肌红蛋白与血红蛋白在氧结合上的区别，与它们各自的生物学功能相一致。肌红蛋白是在肌肉组织中贮存和供氧，它在低氧分压下仍能结合大量氧，这样便可以保证在肌肉代谢时能持续供氧。血红蛋白的功能是在血液中运输氧，主要是通过长距离运输将氧从肺部运到各组织。这就要求它在低氧分压时（组织中）与氧的亲和力低，从而有利于氧的及时释放，满足组织代谢需要；在氧分压高时（肺部），血红蛋白对氧的高亲和性有利于它在肺部高效结合氧。

43. 胎儿血红蛋白 (HbF) 在相当于成年人血红蛋白 (HbA)  $\beta$ -链 143 残基位置含有 Ser，而成年人链的这个位置是具阳离子的 His 残基。残基 143 面向亚基之间的中央空隙。  
(1) 为什么 2,3-二磷酸甘油酸 (2,3-BPG) 同脱氧 HbA 的结合比同脱氧 HbF 的结合更牢

固？(2) HbF 对 2,3-BPG 低亲和力如何影响到 HbF 的结合对氧的亲和力？这种差别对于氧从母体血液向胎儿血液的运输有何意义？

**解析** 血红蛋白是由  $\alpha$ 、 $\beta$  亚基各两分子组成的四聚体寡聚蛋白，每个亚基都具有三级结构，亚基之间靠次级键结合。由于亚基的结合在四个亚基之间出现一个中央空穴，是 2,3-BPG 的结合部位。2,3-BPG 是血红蛋白的别构抑制剂，与带正电荷的组氨酸残基结合。

(1) 由于 2,3-BPG 是同脱氧 HbA 中心空隙带正电荷的侧链结合，而脱氧 HbF 缺少带正电荷的侧链（链 143 位的 His 残基），因此 2,3-BPG 是同脱氧 HbA 的结合比同脱氧 HbF 的结合更紧。(2) 2,3-BPG 稳定血红蛋白的脱氧形式，降低血红蛋白的氧饱和度。由于 HbF 同 2,3-BPG 亲和力比 HbA 低，HbF 受血液中 2,3-BPG 影响小，因此 HbF 在任何氧分压下对氧的亲和力都比 HbA 大，它的生理意义在于使胎儿血液流经胎盘时 HbF 能从胎盘的另一侧母体的 HbA 获得氧，这种差别允许氧从母亲血向胎儿有效转移。

44. 2,3-二磷酸甘油酸对红细胞的带氧功能有何影响？

**解析** 红细胞中含有较高浓度的 2,3-二磷酸甘油酸，可与血红蛋白结合，降低血红蛋白与氧的亲和力，促使氧合血红蛋白释放氧，以满足组织细胞对氧的需要。

45. 当离子强度从零逐渐增加时，球状蛋白质的溶解度如何变化？

**解析** 当离子强度从零逐渐增加时，其溶解度开始增加，然后下降，最后出现沉淀。

球状蛋白质在形成空间结构时，极性氨基酸残基位于分子表面，非极性氨基酸残基位于分子内部，由于其表面所带电荷及水化膜而形成稳定的胶体溶液。

当离子强度较低时，即加入少量中性盐，对稳定带电基团有利，增加了蛋白质的溶解度，此过程称盐溶。随着盐离子浓度的增加，盐离子夺取了与蛋白质结合的水分子，降低了蛋白质的水合程度，使蛋白质水化层破坏，从而使蛋白质沉淀，此过程称盐析。

46. 某蛋白质分子内部形成一个典型的  $\alpha$ -螺旋结构，该段氨基酸序列为：AVAHSLDK-FRSMST，请指出该序列中哪些氨基酸面向分子内部？哪些氨基酸面向分子外部的水溶性环境？并解释理由。

**解析** 蛋白质的多肽链在形成空间结构时，极性氨基酸残基位于分子表面的水溶性环境，非极性氨基酸位于分子内部的疏水环境。因此该段氨基酸中 A (丙氨酸)、V (缬氨酸)、L (亮氨酸)、F (苯丙氨酸)、M (甲硫氨酸) 位于分子内部，其他氨基酸位于分子表面。

47. 蛋白质变性后，为什么水溶性会降低？

**解析** 三级结构以上的蛋白质的空间结构稳定主要靠疏水键和其他次级键，当蛋白质在某些理化因素作用下变性后，维持蛋白质空间结构稳定的疏水键、二硫键以及其他次级键断裂，空间结构松懈，蛋白质分子变为伸展的长肽链，大量的疏水基团外露，导致蛋白质水溶性降低。

48. 举例说明蛋白质一级结构决定构象。

**解析** 牛胰核糖核酸酶溶液加入尿素和巯基乙醇后变性失活，其一级结构没有改变。当用透析法去除尿素和巯基乙醇后，牛胰核糖核酸酶自发恢复原有的空间结构与功能，此例充分说明一级结构决定构象。

49. 试述肝昏迷的生化机理。

**解析** 肝功能严重损伤时，尿素合成发生障碍，血氨浓度增高，称为高氨血症。一般认

为氨进入脑组织，可与脑中的 $\alpha$ -酮戊二酸经还原氨基化而合成谷氨酸，氨还可进一步与脑中的谷氨酸结合生成谷氨酰胺。这两步反应需消耗 $\text{NADH} + \text{H}^+$ 和ATP，并且使脑细胞中的 $\alpha$ -酮戊二酸减少，导致三羧酸循环和氧化磷酸化作用减弱，从而使脑组织中ATP生成减少，引起大脑功能障碍，严重时可产生昏迷，这是肝昏迷氨中毒学说的基础。

另一方面，酪氨酸脱羧基生成酪胺，苯丙氨酸脱羧基生成苯乙胺，酪胺和苯乙胺若不能在肝内分解而进入脑组织，则可分别经 $\beta$ -羟化而形成 $\beta$ -羟酪胺（樟胺）和苯乙醇胺。它们的化学结构与儿茶酚胺类似，称为假神经递质。假神经递质增多，可取代正常神经递质儿茶酚胺，但它们不能传递神经冲动，可使大脑发生异常抑制，这可能与肝昏迷有关。

50. 用反应式说明 $\alpha$ -酮戊二酸是如何转变成谷氨酸的，有哪些酶和辅助因子参与？

**解析** (1)  $\alpha$ -酮戊二酸 +  $\text{NH}_3$  +  $\text{NADH}$   $\longrightarrow$  谷氨酸 +  $\text{NAD}^+$  +  $\text{H}_2\text{O}$  (谷氨酸脱氢酶,  $\text{NAD}^+$ )

(2) 谷氨酸 +  $\text{NH}_3$  + ATP  $\longrightarrow$  谷氨酰胺 + ADP + Pi +  $\text{H}_2\text{O}$  (谷氨酰胺合酶)

谷氨酰胺 +  $\alpha$ -酮戊二酸 + 2H  $\longrightarrow$  2 谷氨酸 (谷氨酸合酶)

还原剂 (2H): 可以是 NADH、NADPH 和铁氧还蛋白

51. 何谓甲硫氨酸循环，有何生理意义？

**解析** 甲硫氨酸与ATP在腺苷转移酶催化下生成SAM，SAM在甲基转移酶作用下可将甲基转移给另一物质，使其甲基化后转变成S-腺苷同型半胱氨酸，后者进一步脱去腺苷，生成同型半胱氨酸。同型半胱氨酸可以接受 $N^5$ -甲基四氢叶酸提供的甲基，以维生素B<sub>12</sub>为辅酶，重新生成甲硫氨酸的循环过程。这个循环的生理意义是：

- ① 为机体的某些甲基化反应提供活性甲基；
- ② 使 $N^5$ -甲基四氢叶酸的甲基得到利用，提高四氢叶酸的利用率。

52. 举例说明氨基酸降解的主要方式？

**解析** (1) 脱氨基作用：包括氧化脱氨基作用、转氨基作用和联合脱氨基作用。分解产物为 $\alpha$ -酮酸和氨。如谷氨酸在谷氨酸脱氢酶作用下脱氢生成 $\alpha$ -酮戊二酸和氨。

(2) 脱羧基作用：氨基酸在氨基酸脱羧酶的作用下脱羧，生成二氧化碳和胺类化合物。如组氨酸脱羧生成组胺和二氧化碳。

(3) 羟化作用：有些氨基酸降解时首先发生羟化作用，生成羟基氨基酸，再脱羧生成二氧化碳和胺类化合物。如苯丙氨酸羟化为酪氨酸，酪氨酸羟化为多巴等。

53. 为什么说转氨基反应在氨基酸合成和降解过程中都起重要作用？

**解析** (1) 在氨基酸合成过程中，转氨基反应是氨基酸合成的主要方式，许多氨基酸的合成可以通过转氨酶的催化作用，接受来自谷氨酸的氨基而形成。

(2) 在氨基酸的分解过程中，氨基酸也可以先经转氨基作用把氨基酸上的氨基转移到 $\alpha$ -酮戊二酸上形成谷氨酸，谷氨酸在谷氨酸脱氢酶的作用上脱去氨基。

54. 以胰凝乳蛋白酶为例，简述酶原的激活过程。

**解析** 在胰蛋白酶的作用下，胰凝乳蛋白酶原被限制性酶解，使得Arg<sub>15</sub>-Ile<sub>16</sub>两个残基间的肽键断裂，生成具有活性的但不稳定的 $\pi$ -胰凝乳蛋白酶。 $\pi$ -胰凝乳蛋白酶自切除Ser<sub>14</sub>-Arg<sub>15</sub>和Thr<sub>147</sub>-Asn<sub>148</sub>两段二肽，生成具有活性的稳定的 $\alpha$ -胰凝乳蛋白酶。同时激活产物的空间结构发生变化，新暴露的Ile<sub>16</sub>的氨基与分子内部的Asp<sub>194</sub>的侧链羧基之间的静电作用导致Met<sub>192</sub>外翻到分子表面，形成酶的底物结合部位。

55. 酶溶液在加热时，酶的活性会逐渐丧失，己糖激酶在45℃加热12min后，活性丧失50%，但是如果己糖激酶溶液中有大量的底物（葡萄糖）存在时，在45℃加热12min后，活性只丧失3%，为什么有底物存在时，己糖激酶的热变性会受到抑制？

**解析** 没有底物时，酶分子以游离状态存在，当有大量底物时，大多数酶分子与底物形成酶-底物复合物。在加热时，酶-底物复合物热稳定性比游离酶高，酶分子不易发生热变性，活性丧失大大。

56. 为什么说组氨酸残基在涉及酶促反应机理方面是一个特别重要的残基？

**解析** 组氨酸残基可以起亲核物质及广义酸或碱作用。因为组氨酸的解离常数在6~7之间，这样组氨酸残基在生理pH下能被质子化或去质子化，它能提供质子或者接受质子，具有很强的酸碱催化能力。

57. 试述多底物酶促反应类型。

**解析** 米氏方程只适合单底物酶促反应，如异构、水解、裂合反应，不适合多底物酶促反应。

多底物酶促反应按照底物与酶的结合顺序，分别用A、B表示不同的底物，按照产物从酶-底物复合物中的释放顺序，分别用P、Q表示不同的产物。

(1) 有序顺序反应：两个底物与酶的结合顺序以及两上产物从酶底物复合物中的释放顺序都有严格的限制。底物A先与酶结合，然后底物B再与酶结合，A为领先底物；产物P先释放，然后产物Q释放。如乙醇脱氢酶。

(2) 随机顺序反应：两个底物与酶结合没有先后顺序，2个产物从酶底物复合物中的释放顺序也没有先后顺序。

(3) 乒乓反应：底物A先与酶结合，生成并释放产物P；然后底物B再与酶结合，释放产物Q。如谷丙转氨酶。

58. 酶的活性部位的特点？

**解析** 酶的催化能力只局限在酶分子的一定区域，只有少数氨基酸残基参与底物结合与催化作用，这个与酶活力直接相关的区域称为酶的活性部位（中心）。具在如下特点：

(1) 酶的活性部位通常只占酶分子体积的1%~2%；

(2) 酶活性部位是一个三维实体；

(3) 酶的活性部位并不是与底物形状正好构象互补，而是在酶分子与底物分子结合过程中两者构象变化后的构象互补；

(4) 酶的活性部位位于酶分子表面的一个裂隙内；

(5) 底物通过次级键结合到酶分子上；

(6) 酶的活性部位具有柔性和可运动性。

59. 试述酶催化反应高效率的机理。

**解析** (1) 底物与酶邻近效应与定向效应：邻近效应显著提高了酶活性中心附近底物的浓度；定向效应使酶活性中心附近反应基团的分子轨道以正确方向相互交叠，使分子间反应转换为分子内反应，这两种效应大大提高了酶的催化效率。

(2) 扭曲形变和构象变化的催化效应：酶与底物形成酶底复合物时，酶分子中的某些基团可使底物分子中敏感键中某些基团的电子云密度发生变化，产生电子张力，使底物构象发生改变，变得更接近过渡态，大大降低反应的活化能。

(3) 共价催化：共价催化包括亲核共价催化和亲电共价催化。酶分子中的亲核基团和亲电基团能分别放出电子或接受电子，使得酶-底物形成一个不稳定的共价中间体，此中间体易变成过渡态，降低了反应的活化能，提高了催化效率。

(4) 酸碱催化：酸碱催化是通过瞬时的向底物提供质子或从底物接受质子以稳定过渡态而提高反应速率的一类催化机制。酸碱的强度和给出质子或接受质子的速率影响酸碱催化反应的速率。

(5) 金属离子的催化：金属离子可以通过三种途径参加催化过程。通过底物为反应定向；通过可逆的改变金属离子氧化态而调节氧化还原反应；通过静电稳定或屏蔽负电荷。

(6) 活性中心的微环境：疏水环境，酶活性中心附近往往是一个疏水的环境，介电常数低，可加强极性基团之间的反应；电荷环境，酶活性中心附近往往有一个电荷离子，可稳定过渡态的离子，增加酶促反应速率。

60. 胰蛋白酶、胰凝乳蛋白酶、弹性蛋白酶都是丝氨酸蛋白酶，而且都是从胰腺分泌的消化酶，为什么作用底物不同？

**解析** 丝氨酸蛋白酶的活性部位的共同点：(1) 酶的活性中心都有一个 Asp<sub>102</sub>、一个 His<sub>57</sub> 和一个 Ser<sub>197</sub>，它们成串排列，通过氢键网络成一个所谓的催化三联体，催化三联体在功能上起转移电荷的作用；(2) 丝氨酸蛋白酶的活性中心在丝氨酸残基附近都有一个“口袋”，它对每种丝氨酸蛋白酶是不同的。也是催化不同底物的关键因素。

胰蛋白酶、胰凝乳蛋白酶和弹性蛋白酶在结构上的微小差异反映出它们底物的特异性。

在胰蛋白酶中，这个“口袋”深而窄，在其底部有一个带负电荷的羧酸根——Asp<sub>189</sub> 残基，它能与带正电荷的底物侧链如 Lys、Arg 侧链形成离子对，因此水解碱性氨基酸羧基形成的肽键。在胰凝乳蛋白酶中，“口袋”比较宽，底部是一个不带电荷的氨基酸残基，能容纳一个芳香族疏水侧链，因此催化芳香族氨基酸形成的肽键。弹性蛋白酶的“口袋”比前两者浅，入口处是缬氨酸和苏氨酸残基，只能催化小的富含甘氨酸和丝氨酸不带电荷的氨基酸羧基形成的肽键。

61. 当胰蛋白酶 102 位的 Asp 突变为 Ala 时将对该酶与底物的结合和对底物的催化有什么影响？

**解析** 胰蛋白酶通过一个 Asp<sub>102</sub>、一个 His<sub>57</sub> 和一个 Ser<sub>197</sub>，它们成串排列，通过氢键网络成一个所谓的催化三联体，催化三联体在功能上起转移电荷的作用。通过底部 Asp<sub>189</sub> 残基的负电荷吸引碱性氨基酸残基的侧链，如果胰蛋白酶 102 位的 Asp 突变为 Ala 时，改变了催化三联体的转移电荷的作用，Ala 为疏水性氨基酸，在空间结构形成过程中位于分子内侧，对活性中心的空间结构改变影响不大，所以对底物的结合无显著影响；但对底物的催化活性丧失。

62. 酶活性中心低介电性对酶活性有什么意义？

**解析** 酶的活性中心是一个低介电区域，即疏水环境。化学基团的反应活性和化学反应的速率在非极性介质和水性介质中有明显差别。当底物分子和酶的活性部位相结合，就被埋在疏水环境中。由于介电常数较低，对暴露在溶剂中的非极性基团有稳定作用，底物分子与催化基团之间的作用力被明显加强。

63. 试述别构酶活性调节的机理。

**解析** 别构酶活性的调节是通过酶分子非催化部位与某些化合物（效应剂）可逆、非共

价结合后发生构象变化，活性状态随即发生变化，以此达到对代谢反应的调节。别构酶活性调节模型有两种。

(1) 序变模型：酶分子中亚基结合底物后，亚基构象逐个依次变化。

当底物与第一个亚基结合后，可以引起该亚基的构象的变化，从 T 态变成 R 态，并使得邻近的一个亚基发生同样的变化，影响对下一个底物的亲和力；当第二个底物结合后，又会导致第三个亚基从 T 态转变为 R 态，如此顺序传递，直到最后所有的亚基都从 T 态转为 R 态。在这种序变过程中，有各种 TR 杂合态。

(2) 齐变模式：酶分子的一个亚基结合底物后构象发生改变，从 T 态变为 R 态，使得其他亚基也几乎同时从 T 态变为 R 态，在这种齐变过程中，不存在 TR 杂合态。

在别构酶活性调节过程中，T 态为低活性状态，R 态为高活性状态，通过某些化合物与酶结合后使酶在 T 态与 R 态两种构象之间的转化，调节酶催化反应的速率。

64. Glu 和 Lys 残基是某酶活性所必需的两个残基。根据 pH 对酶活性影响研究揭示，该酶的最大催化活性的 pH 近中性。请你说明这个酶的活性部位的 Glu 和 Lys 残基在酶促反应中的作用，并予以解释。

**解析** 谷氨酸的  $\beta$ -羧基的  $pK_a$  值约为 4.0，在近中性条件下，该基团去质子化，在酶促反应中起着碱催化剂的作用。赖氨酸的  $\epsilon$ -氨基的  $pK_a$  值约为 10.0，在近中性条件下，它被质子化，在酶促反应中起着酸催化剂的作用。所以这个酶活性部位的谷氨酸和赖氨酸残基在酶促反应中可以通过酸碱催化提高酶的催化效率。

65. 试述酶活性的调节方式。

**解析** 酶活性的调节方式是多种多样的，主要可分为两大类。

(1) 酶的含量不变，通过改变酶蛋白的结构或酶蛋白各亚基的解离与装配，以及和其他蛋白质的相互作用而实现的调节。主要有：①别构调节，酶分子的非催化部位与某些化合物可逆地非共价结合后发生构象改变，进而改变酶的活性状态；②可逆的共价修饰调节；共价调节酶上的某些基团可被其他的酶可逆共价修饰，使其处于活性与非活性的互变状态，从而调节酶的活性；③酶原的激活，生物体内合成的酶有时不具有酶活性，经过蛋白酶专一水解后，构象发生变化，形成酶的活性部位，变成有活性的酶；④通过激素调节酶的活性，激素与细胞膜或细胞内受体结合，引起一系列生物化学反应，进而调节酶的活性。此外还有反馈抑制调节、抑制剂与激活剂对酶活性的调节等。

(2) 酶量的调节：这类调节主要涉及酶蛋白的表达调控，从 RNA 的转录到蛋白质的合成、转运等各个水平的调控。酶量的调节主要有两种形式，一种是诱导或抑制酶的合成，另一种是调节酶的降解速率。

66. 举例说明多酶复合体中“长的灵活臂”模式在催化中的作用。

**解析** 多酶复合体中“长的灵活臂”作用：以多酶复合体中“长的灵活臂”为传递体，使反应活性部位从一个酶传给另一个酶，由于反应的中间产物并未从该复合物中解离下来，这就为反应快速有效地进行提供了有利条件。如：

(1) 在丙酮酸脱氢酶复合物中，与  $E_2$  连接的长约 1.4nm 的硫辛酰胺酰臂，在反应中间物的转移中起着关键的作用，这个柔性臂可以从  $E_1$  的活性部位摘取羟乙基，并转移到  $E_2$  的活性部位，将乙酰基交给 CoA 后转移至  $E_3$  的活性部位。

(2) 原核生物乙酰 CoA 羧化酶：由生物素羧基载体蛋白、生物素羧化酶、羧基转移酶

组成。其中生物素羧基载体蛋白上共价结合的生物素辅基像能自由转动的臂，将  $\text{CO}_2$  由生物素羧化酶亚基转移给羧基转移酶亚基上的乙酰 CoA，最后生成丙二酸单酰 CoA。

(3) 原核生物脂肪酸合成酶系：有六种酶和酰基载体蛋白。酰基载体蛋白与辅基 4-磷酸泛酰巯基乙胺相连，形成能自由转动的臂，在脂肪酸合成过程中，长的灵活臂作为脂酰基的载体，将脂肪酸合成的中间产物由一个酶转移到另一个酶的活性位置上。

67. 写出米氏方程式，解释  $K_m$ 、 $K_s$ 、 $K_{cat}$  的关系及意义。

**解析**

$K_m$ ：米氏常数

意义：反应速率达最大反应速率一半时的底物浓度，单位：mol/L；公式： $K_m = K_2 + K_3/K_1$ 。

(1) 不同的酶具有不同的  $K_m$  值，它是一种酶的重要的特征性物理常数。 $K_m$  值只是在固定的底物、一定的温度及 pH 条件、一定的缓冲体系中测定的，不同条件下具有不同的  $K_m$  值。

(2)  $1/K_m$  可以近似地表示酶与底物之间的亲和程度， $1/K_m$  越大，表示酶对底物的亲和力越大，反之越小。

(3) 当  $[S] \leq K_m$ ， $v = K[S]$ ，反应速率与底物浓度成正比，符合一级反应； $[S] \geq K_m$  时， $v = v_{max}$ ，酶已全部被饱和，反应速率与底物浓度无关，符合零级反应，此条件下才能正确测定酶活力。

$K_s$ ：中间产物 [ES] 的解离常数

(1) 当  $K_2 \gg K_3$  时，即解离成 E 和 S 的速率大大超过分解成 E 和 P 的速率， $K_3$  可以忽略不计，此时  $K_m$  近似于 ES 的解离常数  $K_s$ 。

(2)  $K_m = K_2/K_1 = K_s$ ， $K_s$  越大表示酶对底物亲和力越小，反之越大。

$K_{cat}$ ：催化常数或转换数

(1) 当  $[S]$  足够大时， $v_{max} = K_3[E]$ ，说明  $v_{max}$  和酶浓度呈线性关系，直线的斜率为  $K_3$ 。 $K_3$  表示酶被底物饱和时每秒钟每个酶分子转换底物的分子数，即催化常数。 $K_{cat}$  值越大，表示酶的催化效率越高。

(2)  $K_{cat}/K_m$  的意义： $K_{cat}/K_m$  的大小，可以比较不同酶或同一酶催化不同底物的催化效率。 $K_{cat}/K_m$  是对酶的专一性常数或对不同底物优先权的一种度量。

68. 试述维生素 B<sub>12</sub> 和叶酸在生理功能上的关系。

**解析** 维生素 B<sub>12</sub> 在体内有两种活性形式：5'-脱氧腺苷钴胺素和甲基钴胺素。维生素 B<sub>12</sub> 辅酶主要参与三种类型的反应：分子内重排、核糖核苷酸还原为脱氧核糖核苷酸、甲基转移。叶酸在体内形成活性形式四氢叶酸，主要参与体内除二氧化碳外的各种氧化水平的一碳单位的接纳体和供应体。维生素 B<sub>12</sub> 为甲基转移酶的辅酶，它催化同型半胱氨酸甲基化转变为蛋氨酸，甲基由  $N^5\text{-CH}_3\text{-FH}_4$  提供，所以维生素 B<sub>12</sub> 可以促进游离四氢叶酸的再生。四氢叶酸是携带一碳单位的载体，一碳单位参与核苷酸的合成，所以维生素 B<sub>12</sub> 和叶酸都可影响一碳单位的代谢，影响细胞的分裂和增殖。维生素 B<sub>12</sub> 和叶酸的缺乏都可影响红细胞的分裂与成熟，导致巨幼红细胞贫血。

69. 试述维生素 B<sub>6</sub> 在氨基酸代谢中的作用。

**解析** 维生素 B<sub>6</sub> 的磷酸吡哆醛是氨基酸代谢中转氨酶、脱羧酶和消旋酶的辅酶。重要

作用有：

(1) 磷酸吡哆醛是转氨酶的辅酶，参与体内氨基酸的分解代谢及体内非必需氨基酸的合成。

(2) 磷酸吡哆醛又是氨基酸脱羧酶的辅酶，因此它与  $\gamma$ -氨基丁酸、组胺、5-羟色胺、儿茶酚胺类、牛磺酸、多胺等许多生物活性物质的合成有关。

(3) 磷酸吡哆醛是氨基酸消旋酶的辅酶，与  $\beta$ -和  $\gamma$ -消去作用、消旋作用有关。

磷酸吡哆醛的化学多能性是因为它能够：与氨基酸的  $\alpha$ -氨基形成稳定的席夫碱 (Schiff's base)；起有效的电子穴作用，以稳定反应的中间物。

70. 维生素 B<sub>1</sub> 缺乏对糖代谢有何影响？

**解析** 维生素 B<sub>1</sub> 是丙酮酸脱氢酶系的重要辅酶 TPP 的组成成分。丙酮酸氧化脱羧反应是糖的有氧氧化的重要环节；维生素 B<sub>1</sub> 缺乏可使丙酮酸氧化脱羧反应受阻，影响糖的有氧氧化，终致能量生成障碍和乳酸生成过多。

71. 举例说明竞争性抑制剂的特点及应用。

**解析** 酶的竞争性抑制作用是指抑制剂与酶的正常底物结构相似，因此抑制剂与底物分子竞争地结合酶的活性中心，从而阻碍酶与底物结合形成中间产物，这种抑制作用称为竞争性抑制作用。竞争性抑制作用具有以下特点：

① 抑制剂在化学结构上与底物分子相似，两者竞相争夺同一酶的活性中心；

② 抑制剂与酶的活性中心结合后，酶分子失去催化作用；

③ 竞争性抑制作用的强弱取决于抑制剂与底物之间的相对浓度，抑制剂浓度不变时，通过增加底物浓度可以减弱甚至解除竞争性抑制作用；

④ 酶既可以结合底物分子也可以结合抑制剂，但不能与两者同时结合。

例如：① 丙二酸是二羧酸化合物，与琥珀酸结构很相似，丙二酸能与琥珀酸脱氢酶的底物琥珀酸竞争与酶的活性中心结合。由于丙二酸与酶的亲和力远大于琥珀酸的亲和力，当丙二酸的浓度为琥珀酸浓度 1/50 时，酶的活性可被抑制 50%。若增加琥珀酸的浓度，此种抑制作用可被减弱。

② 磺胺类药物和磺胺增效剂是通过竞争性抑制作用抑制细菌生长的。对磺胺类药物敏感的细菌在生长繁殖时不能利用环境中的叶酸，而是在细菌体内二氢叶酸合成酶的作用下，利用对氨基苯甲酸 (PABA)、二氢蝶呤及谷氨酸合成二氢叶酸 (FH<sub>2</sub>)，后者在二氢叶酸还原酶的作用下进一步还原成四氢叶酸 (FH<sub>4</sub>)，四氢叶酸是细菌合成核酸过程中不可缺少的辅酶。磺胺类药物与对氨基苯甲酸结构相似，是二氢叶酸合成酶的竞争性抑制剂，可以抑制二氢叶酸的合成；磺胺增效剂 (TMP) 与二氢叶酸结构相似，是二氢叶酸还原酶的竞争性抑制剂，可以抑制四氢叶酸的合成。磺胺类药物与其增效剂在两个作用点分别竞争性抑制细菌体内二氢叶酸的合成及四氢叶酸的合成，影响一碳单位的代谢，从而有效地抑制了细菌体内核酸及蛋白质的生物合成，导致细菌死亡。人体能从食物中直接获取叶酸，所以人体四氢叶酸的合成不受磺胺及其增效剂的影响。

72. 在生物体内酶活性的调节可通过共价作用和非共价作用的方式进行，请各指出一种调节方式，并举例说明。

**解析** 酶的活性通过酶的共价修饰作用以共价作用的方式进行调节，如糖原磷酸化酶。当糖原磷酸化酶在蛋白激酶的作用下共价结合小分子磷酸基团后，酶活性增加，降解糖原为

葡萄糖。酶的活性也可通过别构调节的方式以非共价作用的方式进行调节，如乙酰 CoA 羧化酶，柠檬酸是其别构激活剂，当柠檬酸存在时，酶的构象从 T 态转为 R 态，活性增加，催化脂肪酸的合成；当长链脂肪酸存在时，酶的构象从 R 态转为 T 态，酶的活性下降。

### 73. 举例说明竞争性抑制作用的特点。

**解析** 酶的竞争性抑制作用是指抑制剂与酶的正常底物结构相似，因此抑制剂与底物分子竞争地结合酶的活性中心，从而阻碍酶与底物结合形成中间产物，这种抑制作用称为竞争性抑制作用。竞争性抑制作用具有以下特点：

(1) 抑制剂在化学结构上与底物分子相似，两者竞相争夺同一酶的活性中心；

(2) 抑制剂与酶的活性中心结合后，酶分子失去催化作用；

(3) 竞争性抑制作用的强弱取决于抑制剂与底物之间的相对浓度，抑制剂浓度不变时，通过增加底物浓度可以减弱甚至解除竞争性抑制作用；

(4) 酶既可以结合底物分子也可以结合抑制剂，但不能与两者同时结合。

例如：丙二酸是二羧酸化合物，与琥珀酸结构很相似，丙二酸能与琥珀酸脱氢酶的底物琥珀酸竞争与酶的活性中心结合。由于丙二酸与酶的亲和力远大于琥珀酸的亲和力，当丙二酸的浓度为琥珀酸浓度 1/50 时，酶的活性可被抑制 50%。若增加琥珀酸的浓度，此种抑制作用可被减弱。

### 74. 应用竞争性抑制的原理阐明某些药物的作用机理。

**解析** 如磺胺类药物和磺胺增效剂便是通过竞争性抑制作用抑制细菌生长的。对磺胺类药物敏感的细菌在生长繁殖时不能利用环境中的叶酸，而是在细菌体内二氢叶酸合成酶的作用下，利用对氨基苯甲酸 (PABA)、二氢蝶呤及谷氨酸合成二氢叶酸 ( $FH_2$ )，后者在二氢叶酸还原酶的作用下进一步还原成四氢叶酸 ( $FH_4$ )，四氢叶酸是细菌合成核酸过程中不可缺少的辅酶。磺胺类药物与对氨基苯甲酸结构相似，是二氢叶酸合成酶的竞争性抑制剂，可以抑制二氢叶酸的合成；磺胺增效剂 (TMP) 与二氢叶酸结构相似，是二氢叶酸还原酶的竞争性抑制剂，可以抑制四氢叶酸的合成。磺胺类药物与其增效剂在两个作用点分别竞争性抑制细菌体内二氢叶酸的合成及四氢叶酸的合成，影响一碳单位的代谢，从而有效地抑制了细菌体内核酸及蛋白质的生物合成，导致细菌死亡。人体能从食物中直接获取叶酸，所以人体四氢叶酸的合成不受磺胺及其增效剂的影响。

### 75. 举例说明可逆抑制作用的特点。

**解析** 可逆性抑制是指抑制剂以非共价键与酶可逆性结合，使酶活性降低或丧失。此种抑制采用透析或超滤等方法可将抑制剂除去，恢复酶的活性。根据抑制剂与底物的关系，可逆性抑制作用可分为三种类型：竞争性抑制作用、非竞争性抑制作用和反竞争性抑制作用。例如：丙二酸是二羧酸化合物，与琥珀酸结构很相似，丙二酸能与琥珀酸脱氢酶的底物琥珀酸竞争与酶的活性中心结合。

### 76. 简述核酶的含义及其在医学发展中的作用。

**解析** 美国科学家 Cech 于 1982 年在研究原生动物四膜虫的 RNA 前体加工成熟时发现具有催化作用的 RNA，被称为核酶。核酶的发现一方面推动了对生命活动多样性的理解，另一方面在医学上有其特殊的用途。锤头核酶结构的发现促使人们设计并合成出许多种核酶，用以剪切破坏一些有害基因转录出的 mRNA 或其前体、病毒 RNA，现已被试用于治疗肿瘤、病毒性疾病和基因治疗研究。

77. DNP 作为解偶联剂的作用实质是什么？生物体内解偶联过程有什么意义？

**解析** DNP 能线粒体氧化磷酸化和电子传递两个过程解偶联。DNP 是一种疏水性物质，可以在膜中自由移动；又是一种弱酸可以解离出质子。DNP 通过在线粒体内膜上的自由移动，将线粒体电子传递过程中泵出的质子再带回线粒体内，严重破坏跨膜线粒体内膜的质子梯度，从而切断氧化磷酸化合成 ATP 的驱动力，但由于 DNP 不影响电子传递链本身的功能，因此 DNP 存在时线粒体电子传递链可以照常进行。

生物体内存在解偶联蛋白，其生物学意义在于使新生动物和冬眠动物能自发产生热量，保持体温。

78. 下列物质对呼吸链的电子传递和氧化磷酸化分别有什么影响？(1) 鱼藤酮，(2) 抗霉素 A，(3) 叠氮化物，(4) 寡霉素，(5) DNP，(6) 镰刀霉素，(7) DCCD (二环己基碳二亚胺)。

- 解析**
- (1) 阻断复合物 I-CoQ 的电子传递和跨膜质子梯度的形成；
  - (2) 阻断复合物 III 中 Cytb→Cyt c 的电子传递和跨膜质子梯度的形成；
  - (3) 阻断复合物 IV 中 Cytaa<sub>3</sub>→O<sub>2</sub> 的电子传递和跨膜质子梯度的形成；
  - (4) 通过对 F<sub>0</sub> 的抑制阻断质子梯度的利用，从而抑制 ATP 的生成和 ADP 刺激氧的利用；
  - (5) 不影响呼吸链的电子传递，甚至刺激氧的利用，但通过消除跨膜质子梯度而阻断 ATP 合成；
  - (6) 不影响呼吸链电子传递，通过把钾离子转运到基质中消除跨膜质子梯度产生的高能状态，从而阻断 ATP 合成；
  - (7) 与寡霉素作用相似。

79. 正常线粒体内，电子沿电子传递链的传递过程与 ATP 生成过程相偶联，电子转移速率与 ATP 需求紧密联系在一起，当 NADH 作为电子供体时，每消耗 1 个氧原子产生 ATP 数为 2.5。问 (1) 解偶联剂的浓度相对来说较低或较高时对电子转移和 P/O 有什么影响？

- (2) 摄入解偶联剂会引起大量出汗和体温升高，为什么？P/O 有什么变化？
- (3) DNP 作为减肥药，现已停用，为什么？
- (4) 抢救氰化物中毒时使用亚硝酸盐并结合硫代硫酸钠，为什么？

**解析** (1) 电子转移速率需要满足 ATP 的需求，无论解偶联剂浓度高或低都会影响电子转移效率，P/O 较低；高浓度的解偶联剂会使 P/O 几乎为零。

(2) 在解偶联剂存在下，P/O 较低；生成同样多的 ATP 需要氧化更多的燃料，氧化释放出额外的大量热，所以体温升高。

(3) 在解偶联剂存在下，生成同样多的 ATP 需要氧化更多的燃料，包括脂肪在内，所以可以达到减肥的目的；但大量解偶联剂存在下，P/O 接近零，能量以热能形式散失，这样可导致不可控制的体温升高，会导致生命危险。

(4) 氰化物能够致死是因为它与细胞色素氧化酶的高铁型离子结合，从而抑制氧化磷酸化。氰化钾的毒性是因为它阻断了呼吸链。亚硝酸盐把亚铁血红蛋白转变为高铁血红蛋白与氰化物结合，减少氰化物与细胞色素氧化酶的结合能力。由于在不减少氧运输条件下形成高铁血红蛋白量比细胞色素氧化酶的量大得多，所以起到解毒的目的。如果在服用亚硝酸的同

时，服用硫代硫酸钠，则氰化物 ( $\text{CN}^-$ ) 可转化为无毒的硫氰化物 ( $\text{SCN}^-$ )。

80. 鱼藤酮是来自植物的一种天然毒素，强烈抑制昆虫和鱼类线粒体 NADH 脱氢酶；抗霉素 A 也是一种毒性很强的抗生素，强烈抑制电子传递链中泛酸的氧化。

(1) 为什么某些昆虫和鱼类摄入鱼藤酮会致死？

(2) 为什么抗霉素 A 是一种毒药？

(3) 假设鱼藤酮和抗霉素 A 封闭它们各自的作用部位是等同的，那么哪一个毒性更厉害？

**解析** (1) NADH 脱氢酶被鱼藤酮抑制，降低了电子流经呼吸链的速度，因此也就减少了 ATP 的合成。如果在这种情况下生成的 ATP 不能满足生物体对 ATP 的需求，生物体将死掉。

(2) 因为抗霉素 A 强烈抑制泛醌的氧化，同样会发生 (1) 的情形。

(3) 由于抗霉素 A 封闭了所有电子流向氧的路径，而鱼藤酮只是封闭来自 NADH，而不是来自  $\text{FADH}_2$  的电子的流动，所以抗霉素 A 的毒性更强。

81. 如何理解生物体内的能量代谢是以 ATP 为中心的？

**解析** 可以从能量的生成、利用、贮存、转换与 ATP 的关系来说明。

(1) 生成：底物水平磷酸化和氧化磷酸化，都以生成高能物质 ATP 为主。

(2) 利用：绝大多数的合成反应需要 ATP 直接提供能量，仅少数情况下利用其他三磷酸核苷酸供能。在一些生理活动中，如肌肉收缩、分泌吸收、神经传导和维持体温等，也需 ATP 参与。

(3) 贮存：由 ATP 和肌酸可生成 CP 贮存，需要时再转换成 ATP。

(4) 转换：在相应的酶催化下，ATP 可供其他二磷酸核苷酸转变成三磷酸核苷酸，参加有关反应。

82. 影响氧化磷酸化的因素是什么？

**解析** (1)  $\text{ATP}/\text{ADP}$  值，此值升高，氧化磷酸化减弱；此值下降，氧化磷酸化增强。

(2) 甲状腺素，导致氧化磷酸化增强和 ATP 水解加速，由此使得耗氧和产热增加，基础代谢率升高。

(3) 氧化磷酸化抑制剂，可阻断呼吸链的不同环节，使氧化受阻，也可通过解偶联使氧化正常进行而磷酸化受阻。

83. 如何区分相对分子质量相同的单链 DNA 与单链 RNA？

**解析** DNA 和 RNA 的组成不同，理化性质存在差异。

(1) 用专一性的 RNA 酶与 DNA 酶分别对两者进行水解。

(2) 用碱水解，RNA 能够被水解，而 DNA 不被水解。

(3) 进行颜色反应，二苯胺试剂可以使 DNA 变成蓝色；苔黑酚（地衣酚）试剂能使 RNA 变成绿色。

(4) 用酸水解后，进行单核苷酸的分析（色谱法或电泳法），含有 U 的是 RNA，含有 T 的是 DNA。

84. 怎样确定双向复制是 DNA 复制的主要方式，以及某些生物的 DNA 采取单向复制？

**解析** 通过放射自显影方法，在复制开始时，先用低放射性的 $^3\text{H}$ -胸腺嘧啶核苷标记大肠杆菌。经数分钟后，再转移到含有高放射性的 $^3\text{H}$ -胸腺嘧啶核苷的培养基中继续标记。这

样在放射自显影图上，复制起始区的放射性标记密度比较低，感光还原的银颗粒密度就较低；继续合成区标记密度较高，银颗粒密度也较高。对于枯草杆菌、某些噬菌体和高等真核细胞的染色体等许多 DNA 来说，都是双向复制，所以银颗粒的密度分布应该是中间密度低，两端密度高；而对于大肠杆菌噬菌体 P<sub>2</sub>、质体和真核细胞线粒体等某些 DNA 来说，复制是单向的，则银颗粒的密度分布应该是一端高、一端低。

### 85. DNA 复制需要 RNA 引物的证据有哪些？

**解析** 首先，所有研究过的 DNA 聚合酶都只有链延伸活性，而没有起始链合成的功能。相反，RNA 聚合酶却具有起始链合成和链延伸的活性。另外，一系列实验提供了有关的证据。例如在体外试验中，噬菌体 M<sub>13</sub> 单链环状 DNA 在加入一段 RNA 引物之后，DNA 聚合酶才能把单链环状 DNA 变成双链环状 DNA；同时发现如果加入 RNA 聚合酶抑制剂利福平，也可以抑制 M<sub>13</sub> DNA 的复制，如果加入 RNA 引物再加利福平，DNA 的合成不被抑制；还发现新合成的 DNA 片段 5' 端共价连接着 RNA 片段，如多瘤病毒在体外系统合成的冈崎片段 5' 端有长约 10 个残基的以 5' 三磷酸结尾的 RNA 引物。

### 86. 真核生物 DNA 聚合酶有哪几种？它们的主要功能是什么？

**解析** 真核生物的 DNA 聚合酶有  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 、 $\delta$ 、 $\epsilon$  五种，均具有 5'  $\rightarrow$  3' 聚合酶活性，DNA 聚合酶  $\gamma$ 、 $\delta$  和  $\epsilon$  有 3'  $\rightarrow$  5' 外切酶活性，DNA 聚合酶  $\alpha$  和  $\beta$  无外切酶活性。DNA 聚合酶  $\alpha$  用于合成引物，DNA 聚合酶  $\delta$  用于合成细胞核 DNA，DNA 聚合酶  $\beta$  和  $\epsilon$  主要起修复作用，DNA 聚合酶  $\gamma$  用于线粒体 DNA 的合成。

87. 真核生物某蛋白质 N 端氨基酸相对应的 DNA 双螺旋的反义链序列是：ATACCGC-CCCATTTC，请写出该蛋白质的 N 端氨基酸序列。

**解析** 模板链 5' ATACCGCCCCATTTC3'

mRNA 序列	3' UAUGGCGGGGUAAA5'
	5' AAA <u>AUGGGCGGUAU</u> 3'

蛋白质 N 端序列 N-Met-Gly-Arg-Tyr

88. 某蛋白质 C 端氨基酸相对应的 DNA 双螺旋中编码链是：ATACCGCAACTCGTA-ATC，请写出该蛋白质的 C 端氨基酸序列。

**解析** 有意义链 5' ATACCGCAACTCGTAATC3'

mRNA 序列	5' AUACCGCAACUCGUAAUC3'
---------	-------------------------

蛋白质 C 端序列 -Tyr-Arg-Asn-Ser-C

### 89. 比较嘌呤与嘧啶核苷酸合成区别。

**解析** 相同点：(1) 合成原料基本相同；(2) 合成部位对高等动物来说主要在肝脏；(3) 都有两种合成途径；(4) 都是先合成一个与之有关的核苷酸，然后在此基础上进一步合成核苷酸。

不同点：(1) 嘌呤在 PRPP 基础上合成嘌呤环，嘧啶是先合成嘧啶环再与 PRPP 结合；(2) 嘌呤先合成 IMP，嘧啶先合成 UMP；(3) 嘌呤在 IMP 基础上合成 AMP 和 GMP，嘧啶是在 UMP 基础上合成 CMP 和 TMP。

90. 将标记氨基氮的腺嘌呤和标记 N7 的腺嘌呤拌入人、小鼠、鸽子食物中，在哪些排泄物中有标记？

**解析** (1) 氨基氮在体内分解后出现在氨上排出体外；

(2) N7 标记的腺嘌呤进入人、鸽子体内分解后标记物出现在尿酸分子中，进入小鼠体内分解后出现在尿囊素分子中。

91. 什么是“restriction endonuclease”？讨论其特点与用途。

**解析** “restriction endonuclease”即限制性内切酶，DNA核酸酶的一种，是细菌体内存在的一类核酸内切酶，它可以识别外源 DNA 的特征序列并与之结合，从而限制外源 DNA 表达，避免入侵 DNA 干扰本身的遗传稳定性。

特点：(1) 专一性识别具有回文结构特征的 DNA 序列，定点切断磷酸二酯键；

(2) 切断 DNA 双链时形成黏性末端和平头末端。

用途：在研究中，限制性内切酶在 DNA 重组与基因鉴定中有广泛用途。如突变种鉴定、DNA 限制图谱的制作等。

92. 比较复制与转录的区别。

**解析** 不同点：

(1) 复制与转录的底物不同，复制的底物是 dNTP，转录的底物是 NTP；

(2) 转录和复制的酶不同，复制是以 DNA 指导的 DNA 聚合酶催化，转录是以 DNA 指导的 RNA 聚合酶催化；

(3) 转录和复制的程度不同，转录是有选择性的，模板是 DNA 的一条链，属不对称转录，而复制是全分子复制，两条链同时作为模板，属完全复制；

(4) 转录和复制的条件不同，转录不需要引物，复制需要引物；

(5) 真核生物转录后需加工处理，无校对过程，复制时 DNA 聚合酶 I 具有校对作用，错配的碱基对及突变、损伤的基因有完善的修复系统；

(6) 都遵守碱基配对规律，但配对方式不同，复制时 A-T、G-C，转录时 A-U、G-C、T-A 配对。

相同点：复制和转录都以 DNA 为模板。

93. 简述反式作用因子 DNA 结合结构域中常见的模体结构。

**解析** (1) 同源结构域：此结构一般由两段  $\alpha$ -螺旋构成，其间通过  $\beta$ -转角或成环连接，但常靠伸出的另一段  $\alpha$ -螺旋才能稳定。该模体中的第二段  $\alpha$ -螺旋为识别螺旋，能够识别特异的 DNA 序列，并使该模体能定向结合于 DNA 的大沟中。

(2) 锌指模体：此模体通常由一段富含 Cys 或 His 残基的多肽链组成。该序列中的 4 个 Cys 残基或 His 残基与  $Zn^{2+}$  形成配位键，其余残基盘绕成识别螺旋，靠  $Zn^{2+}$  与对侧的  $\beta$ -折叠结构相连，其识别螺旋能嵌入 DNA 双螺旋的大沟中而与之相结合。

(3) 碱性亮氨酸拉链模体：此模体由同二聚体或异二聚体组成，各亚基 N 端保守的氨基酸残基盘绕为  $\alpha$ -螺旋，该螺旋的 N 端部分富含碱性氨基酸残基，而 C 端部分具有疏水性，且每隔 7 个残基规律性出现 1 个 Leu，侧链交替排列而使两段  $\alpha$ -螺旋呈拉链状。两段  $\alpha$ -螺旋的 N 端部分呈八字形嵌入 DNA 大沟并与其特异的序列相结合。

94. 一基因的编码序列中发生了一个碱基的突变，那么这个基因的表达产物在结构上、功能上可能发生哪些改变？

**解析** (1) 基因的编码产物中可能有一氨基酸发生改变，突变成另外一种氨基酸；(2) 由于遗传密码的简并性虽然碱基改变，但基因的编码产物可能不变；(3) 基因的编码产物可能变短，即突变成终止密码子而终止翻译。

95. 在基因表达的转录水平调控中，为什么真核生物多为正调控，而原核生物多为负调控？

**解析** (1) 真核生物以正调控为主的必要性与优越性如下：①真核生物基因组大，某一种 cis-factor（顺式作用位点）出现的概率高，可与多种 trans-factor（反式作用因子）结合，体现调控的灵活性。②真核生物的调控一般有大于或等于 5 组 trans-factor-cis-factor 参与，随机出现 5 组完全相同的概率小，体现调控的严谨性。③真核生物中特异基因表达导致细胞分化。如果 10% 基因表达，即 90% 基因关闭，若采用负调控，则需要表达 90% 基因的阻遏蛋白；若采用正调控，只需要合成 10% 基因的反式作用因子，这显然是经济合理的调控方式。(2) 原核生物为负调控的必要性与优越性如下：原核生物基因组小，基因少，简单，生命繁殖快，所以一般用一种调节蛋白调节一组功能相关的基因（即操纵子），一开俱开，一关俱关，减少不必要的环节。即使调节蛋白失活，酶系统可照样合成，只不过有点浪费而已，而决不会使细胞因缺乏该酶系统而造成致命的后果。

96. 如果 mRNA 上的阅读框已被确定，它将只编码一种多肽的氨基酸顺序。从一蛋白质的已知氨基酸顺序，是否能确定唯一的一种 mRNA 的核苷酸序列？为什么？

**解析** 由于 1 个密码子只能编码一种氨基酸，在 mRNA 的开放阅读框确定后，用遗传密码可以推出其相应蛋白质的氨基酸序列。由于 mRNA 是由 DNA 转录而来的，如果基因（DNA）编码区的序列已知，也可由此推出相应表达产物的氨基酸序列。但是，由于除甲硫氨酸和色氨酸外的 18 种氨基酸均有一种以上的密码子，由蛋白质的氨基酸序列推断相应 mRNA 的核苷酸序列时，我们会面临多种选择。比如，由 7 个氨基酸的序列推测其可能的 mRNA 编码区序列，若其中有 5 个氨基酸有 2 个密码，则能够与其相对应的核苷酸序列会有 25 种，那么由 7 个氨基酸序列推测其可能的 mRNA 编码区序列即有 32 种。

97. 简述基因工程的主要过程。

**解析** (1) 目的基因的获取：通过化学合成或 PCR 的方法获取，也可从基因组 DNA 文库或 cDNA 文库筛选。

(2) 克隆载体的选择与构建：常用载体有质粒、噬菌体、病毒 DNA。

(3) 目的基因与载体的连接：利用 DNA 连接酶将目的基因与载体 DNA 进行共价连接形成重组 DNA 分子。

(4) 重组 DNA 分子导入受体细胞：目的基因与载体连接成重组 DNA 分子后，需将其导入受体菌，随受体菌生长、繁殖，重组 DNA 分子也复制、扩增。导入的方法有转化和感染等。

(5) 重组体的筛选：筛选出含重组 DNA 的受体菌，常用筛选方法有遗传学方法如耐药性标志选择、分子杂交和免疫化学方法。

(6) 克隆基因的表达：包括原核表达和真核表达两种体系。可以生成有药用价值的蛋白质或多肽。

98. 采用哪些方法可获取目的基因？

**解析** (1) 基因组 DNA 文库：采用限制性酶将基因组 DNA 切成片段，每一 DNA 片段都与一个载体分子拼接成重组 DNA。将所有的重组 DNA 分子都引入宿主细胞并进行扩增，得到分子克隆的混合体，这样一个混合体称为基因文库。完成 DNA 重组后可通过杂交筛选获得特定的基因片段。

(2) 制备 cDNA 文库：以 mRNA 为模板，经逆转录酶催合成 cDNA，将 cDNA 的混合体与载体进行连接，使每一个 cDNA 分子都与一个载体分子拼接成重组 DNA。将所有的重组 DNA 分子都引入宿主细胞并进行扩增，得到分子克隆的混合体，这样一个混合体就称为 cDNA 文库。完成 DNA 重组后可通过杂交筛选获得特定的 cDNA 克隆。

(3) 聚合酶链反应 (PCR)：如果已经知道目的基因的序列，可以用 PCR 从基因组 DNA 中获得目的基因，也可以采用逆转录 PCR (RT-PCR) 方法直接从 mRNA 获得特定基因的 cDNA。

(4) 化学合成：如果知道肽链的氨基酸顺序，则可按照对应的密码子推导出 DNA 的碱基序列，然后用化学方法将这段序列合成出来。目前使用 DNA 合成仪合成的片段长度有限，较长的链则须分段合成，然后用连接酶进行连接。

#### 99. 何为 PCR？简述其基本原理。

**解析** PCR 又称基因体外扩增特定序列方法。是在反应体系中加入模板 DNA、dNTP、特定设计的引物及耐热的 DNA 聚合酶，经多次变性、退火、延伸循环反应，使目的 DNA 呈指数形式合成的过程。

PCR 扩增首先需要一对引物，根据待扩增区域两端已知序列合成两个与模板 DNA 互补的寡核苷酸引物，这一单链引物的序列将决定扩增片段特异性和长度。PCR 反应体系由基因组 DNA、一对引物、dNTP、Taq DNA 聚合酶、酶反应缓冲体系及必需的离子强度等组成。在加热变性，使基因组双链 DNA 变性为单链后，通过降低温度使特异引物与互补的 DNA 序列特异结合（退火或复性）后，在耐热 Taq DNA 聚合酶作用下，以基因组单链 DNA 为模板，从引物端开始按  $5' \rightarrow 3'$  方向合成 DNA（延伸）。这样经过变性—复性—延伸三步为一个循环，每一循环的产物作为下一个循环的模板，如此循环 30 次，介于两个引物之间的新生 DNA 片段理论上达到  $2^{30}$  复制，约为  $10^9$  个分子。

#### 100. 简述 DNA 芯片技术的基本原理及其应用。

**解析** DNA 芯片技术的基本原理是：将大量已知寡核苷酸或 DNA 探针按特定的排列方式固化在固相支持物表面，按碱基互补配对的原则，与标记的特异的单链 DNA 或 RNA 分子杂交形成双链，通过对杂交信号的检测分析，即可得出样品分子的数量和序列信息。DNA 芯片上固定的探针可以是 cDNA、寡核苷酸或来自基因组的基因片段，且这些探针固化于芯片上形成基因探针阵列，因此，DNA 芯片又被称为基因芯片、DNA 阵列、cDNA 芯片、寡核苷酸阵列等。

主要应用在如下方面。

(1) DNA 序列测定：在 DNA 芯片上不同序列的寡核苷酸，可以与靶 DNA 序列的不同部位结合，根据杂交信号产生的位置获知和靶序列杂交互补的寡核苷酸序列。

(2) 突变及多态性分析：DNA 突变须考察基因序列上的每一个核苷酸，所以根据已知基因序列信息，设计出所有可能突变的系列化寡核苷酸探针。

(3) 基因表达分析：将不同条件下生物体中转录出的 mRNA 标记后与代表它所有基因而制成的 DNA 芯片杂交，通过分析杂交位点及其信号强弱，就可得出不同条件下各基因的表达情况，比较不同组织间、病理组织与正常组织间，以及细胞经各种化学试剂或药物处理前后基因表达水平的变化。

(4) 基因组研究：基因组研究的主要内容是研究人类基因组的结构与功能，其中主要包

括作图、测序、基因鉴定和基因功能分析等四个方面。

(5) 基因诊断：通过对比正常人基因组 DNA 与病人基因组 DNA 芯片的杂交图谱，就可得出病变的 DNA 信息，不仅可以在 DNA 水平上寻找和检测与疾病相关的基因，而且可以在 RNA 水平上检测致病基因的表达异常，因而在遗传病、感染性疾病、肿瘤等疾病的基因诊断中可得到广泛应用。

(6) 药物研究与开发：药物的毒性和副作用往往涉及基因或基因表达的改变，应用 DNA 芯片技术做大规模的表达研究可以查找药物的毒性和副作用，进行毒理学研究，鉴定药物开发研究的可行性。利用 DNA 芯片技术可比较正常组织（细胞）与病变组织（细胞）中大量相关基因表达的变化，从而发现一组疾病相关基因作为药物筛选靶标。

## 第三章

# 生物化学实验分析与计算题

1. 一个纯酶，在用水透析时会失去活性，这种现象可能有两种原因：(1) 透析除去了必要的辅助因子，(2) 在低离子强度溶液中酶去折叠，试通过实验确定原因。

**解析** 将透析袋外的溶液冻干浓缩，然后放回酶溶液中，如果酶活性恢复，则表明透析时除去了必要的辅助因子；测定有活性酶与无活性酶的光学性质（螺旋含量），如果光学活性发生改变，则表明酶分子发生了去折叠。

2. 什么是 Western bolt？指出 2~3 种用途。

**解析** (1) Western bolt 是蛋白质印迹技术，将经过凝胶电泳分离的蛋白质条带，原位电转移至能吸附蛋白质且有一定机械性能的薄膜（硝酸纤维素膜），然后分别与目标蛋白的特异抗体以及酶标二抗进行孵育结合，最后加入酶底物进行反应，使与抗体特异结合的蛋白质条带显色，从而使目标蛋白得到鉴定。

(2) 用途：①鉴定蛋白质样品中某种目标蛋白质的存在与否（如果有显色条带，表明蛋白质样品中存在目标蛋白）；②鉴定抗体的特异性（如果在某一个蛋白质混合样品中只有一条色带，显示抗体具有特异性）；③结合标准蛋白的使用还可以鉴定目标蛋白质的分子质量与含量。

3. 凝胶过滤和 SDS-PAGE 均是利用凝胶，按照分子大小分离蛋白质的，为什么凝胶过滤时，蛋白质分子越小，洗脱速度越慢，而在 SDS-PAGE 中，蛋白质分子越小，迁移速度越快？

**解析** 凝胶过滤时，凝胶颗粒排阻相对分子质量较大的蛋白质，仅允许相对分子质量较小的蛋白质进入颗粒内部，所以相对分子质量较大的蛋白质只能在凝胶颗粒之间的空隙中通过，可以用较小体积的洗脱液从色谱柱中洗脱出来。而相对分子质量小的蛋白质必须用较大体积的洗脱液才能从色谱柱中洗脱出来。SDS-PAGE 分离蛋白质时，所有的蛋白质均要从凝胶的网孔中穿过，蛋白质的相对分子质量越小，受到的阻力也越小，移动速度就越快。

4. 一种蛋白质的混合物在 pH 6.0 的 DEAE-纤维素柱中被分离，用 pH 6.0 稀盐缓冲液可以洗脱 C，用 pH 6.0 的高盐缓冲液，B 和 A 依次被洗脱，用凝胶过滤测定得 A 的相对分子质量是 240000，B 的相对分子质量是 120000，C 的相对分子质量是 60000。但 SDS-PAGE 只发现一条带。请分析实验结果。

**解析** DEAE-纤维素为阴离子交换柱，可以交换带负电荷的蛋白质，交换程度与蛋白质带电荷多少有关，带负电荷越少，与 DEAE-纤维素结合越弱；凝胶过滤色谱是按蛋白质大小分离蛋白质的一种方法，由于蛋白质不变性，所以测得的是蛋白质分子的分子量；SDS-PAGE 也是按蛋白质大小分离物质的方法，但 SDS 使蛋白质变性，所以测得的是亚基的分子量。所以，DEAE-纤维素柱色谱的结果说明，在 pH 6 的条件下，A 带有较多的负电荷，B 次之，C 带负电荷最少。凝胶过滤法测出 A 的相对分子质量是 C 的 4 倍，B 的相对分

子质量是 C 的 2 倍，但 SDS-PAGE 只发现一条带。可以推断 C 是单体，B 是以 C 为亚基的二聚体，A 是以 C 为亚基的 4 聚体。由于 C 在 pH6 时带负电荷，随着亚基数的增加，带负电荷的量也会增加，这与 DEAE-纤维素色谱的结果也是一致的。

5. 当把线粒体与琥珀酸、丙二酸一起温育时，发现氧的消耗比只有琥珀酸时少，但 P/O 没什么变化，为什么？

**解析** 丙二酸是琥珀酸脱氢酶的竞争性抑制剂，当只有琥珀酸时，琥珀酸脱氢生成延胡索酸，同时生成 FADH<sub>2</sub>，每分子 FADH<sub>2</sub> 进入呼吸链氧化生成水释放 1.5ATP，P/O 为 1.5；当有丙二酸时，丙二酸竞争性抑制琥珀酸脱氢酶的活性，与酶结合的琥珀酸脱氢生成延胡索酸，同时生成 FADH<sub>2</sub>，每分子 FADH<sub>2</sub> 进入呼吸链氧化生成水释放 1.5ATP，P/O 为 1.5。

6. 分离的完整线粒体悬浮液中有过量的 ADP、O<sub>2</sub> 和苹果酸，苹果酸在线粒体基质中可产生 NADH，如果在该体系中加入下列物质，会对氧的消耗和 ATP 的合成产生什么影响？(1) 二硝基苯酚；(2) 二硝基苯酚，同时加入 HCN；(3) 加入寡霉素，然后加入二硝基苯酚；(4) 加入缬氨霉素。

**解析** (1) 二硝基苯酚是一种氧化磷酸化的解偶联剂，它可以将质子从膜间隙带入线粒体基质，从而破坏质子梯度，使 ATP 的合成停止。由于 DNP 不影响电子传递过程，能量以热能形式扩散到环境中，电子传递链将质子泵出线粒体的过程被加强，从而加快了氧的消耗。

(2) HCN 阻止了电子从细胞色素氧化酶到氧的传递，从而使氧的消耗停止，ATP 的合成受阻。

(3) 寡霉素阻断质子通过 F<sub>1</sub>F<sub>0</sub>-ATP 酶的通道，使 ATP 的合成受阻。由于质子泵出线粒体需要克服更高的能障，故电子传递被抑制，氧的消耗停止。随后加入二硝基苯酚，ATP 的合成仍然因为寡霉素存在而被抑制，但质子梯度被二硝基苯酚破坏，所以消除了寡霉素对电子传递的抑制，氧的消耗继续进行，只是没有 ATP 的合成。

(4) 缬氨霉素是脂溶性离子载体抑制剂，能与 K<sup>+</sup> 形成脂溶性复合物，从而使 K<sup>+</sup> 通过膜而增加了线粒体内膜对一价阳离子的通透性，间接破坏质子梯度，从而破坏氧化磷酸化过程。

7. 一个两岁的小孩被送到医院，检查发现孩子的体重和体格发育低于正常，进食后经常呕吐，黑发中几丛白发。用氯化铁处理尿液样品，产生有苯丙酮酸存在的特征性绿色。

问：(1) 哪种酶可能缺乏？

(2) 为什么苯丙酮酸在尿液中出现？

(3) 指出苯丙酮酸和苯乳酸的来源，为什么产生苯丙酮酸和苯乳酸的途径只有当苯丙氨酸浓度升高才开始运行？

(4) 为什么会有白发？

**解析** (1) 该病孩患苯丙酮酸尿症。这种病是由于缺乏苯丙氨酸羟化酶所产生的一种代谢障碍性疾病。治疗的意见是吃含苯丙氨酸含量低的食物。由于就医太晚，病人可能已经发生大范围的脑损伤，智力迟钝是可预见的。

(2) 在这种疾病中，苯丙氨酸经羟化转变成酪氨酸的正常代谢途径受阻，从而导致苯丙氨酸的积累。

(3) 苯丙氨酸经由苯丙氨酸转氨酶催化转变成苯丙酮酸。由于转氨酶的平衡常数是 1，

因此只有当苯丙氨酸积累时，平衡才移向苯丙酮酸的方向。在正常的苯丙氨酸低浓度的情况下，平衡位置偏向苯丙氨酸。转氨作用生成的谷氨酸氧化脱氨后生成 NADH 使苯丙酮酸还原为苯乳酸。

(4) 酪氨酸是黑色素合成的前体，苯丙氨酸转变成酪氨酸受阻，也就阻碍了色素的合成，因此会出现几丛白发。

8. 50岁男，10年前出现明显口干、多饮、多尿，体重下降，诊断为Ⅱ型糖尿病，先口服降糖药，后注射胰岛素，血糖控制较好（餐后血糖小于8.9mmol/L）。前天因感冒咽部不适，食欲下降，恶心，呕吐。4h前神志不清，呼之不应，急查血糖23.5mmol/L，血pH7.14，尿酮体++。

试回答：

- (1) 何谓酮体？
- (2) 该患者为何尿酮体大量增多，并出现血pH下降（正常血pH7.35~7.45）。

**解析**

(1) 酮体是脂肪酸在肝内氧化的正常中间产物，包括乙酰乙酸、 $\beta$ -羟丁酸、丙酮。

(2) 该患者为糖尿病患者，其组织利用葡萄糖的能力极低，加之咽部感染，碳水化合物摄入减少，致脂肪动员增多，肝内生成酮体的能力增强，超过肝外组织的利用能力，出现酮血症、酮尿症，因酮体中乙酰乙酸、 $\beta$ -羟丁酸为有机酸，致血pH下降，出现代谢性酸中毒。

9. 下述每组混合物分别用正丁醇-冰醋酸-水系统进行纸色谱。指出每组中各组分的相对迁移率（假定水相的pH为4.5）。

(1) 缬氨酸与赖氨酸，(2) 丙氨酸、缬氨酸和亮氨酸，(3) 谷氨酸和天冬氨酸，(4) 酪氨酸、丙氨酸、丝氨酸和组氨酸，(5) 苯丙氨酸和丝氨酸。

**解析** 纸色谱分离氨基酸或小肽是根据它们的性质。色谱时，流动相是非极性的有机溶剂，而固定相则是滤纸吸附的水。氨基酸或小肽的侧链非极性越强，与固定相的作用力越小，迁移速度越大；反之，侧链的极性越强，与固定相的作用力越大，迁移速度就越小。

(1) Val>Lys, (2) Leu>Val>Ala, (3) Glu>Asp, (4) Tyr>Ala>Ser≥His, (5) Phe>Ser。

10. 分子杂交的基本原理是什么？有哪些基本的方法？

**解析** 分子杂交的基本原理：核酸分子杂交技术是基于具有互补序列的两条单链核酸分子在一定条件下碱基互补配对结合，形成双链的原理。在这一过程中，核酸分子经历了变性和复性的变化，杂交的双方分别称为探针与待测核酸，杂交后形成的异源双链分子称为杂交分子。

基本的方法如下。

(1) Southern印迹杂交：Southern印迹杂交是指DNA与DNA的杂交，将经限制性内切酶消化和变性后电泳分离的待测DNA片段转印并结合到一定的固相支持物上，然后与标记的DNA探针杂交。

(2) Northern印迹杂交：Northern印迹杂交是指将待测RNA样品经电泳分离后转移到固相支持物上，然后与标记的核酸探针进行杂交，检测RNA（主要是mRNA）的方法。其基本原理和基本过程与Southern印迹杂交基本相同。

(3) 斑点及狭缝印迹杂交：将 RNA 或 DNA 变性后直接点样于硝酸纤维素膜或尼龙膜上，再与探针杂交，称为斑点印迹。若采用狭缝点样器加样后杂交，其印迹为线状，称为狭缝印迹杂交。与 Southern 和 Northern 印迹法相比，其优点是简单、快速，可在同一张膜上进行多个样品的检测。主要用于基因组中特定基因及其表达的定性及定量研究。

(4) 原位杂交：核酸保持在细胞或组织切片中，经适当方法处理细胞或组织后，将标记的核酸探针与细胞或组织中的核酸进行杂交，称为原位杂交。原位杂交不需要从组织或细胞中提取核酸，对组织中含量极低的靶序列有很高的灵敏度，并可完整地保持组织与细胞的形态，更能准确地反映出组织细胞的相互关系及功能状态。

11. 用于分离蛋白质的密度梯度常用蔗糖制备，而氯化铯密度梯度更常用于核酸分离，氯化铯密度梯度离心的应用效果怎样？

**解析** (1) 与蛋白质相比，核酸分子的密度大、黏度大；与蔗糖相比，氯化铯溶解度大，可制成高浓度、高密度的溶液；氯化铯黏度小，易扩散，有利于核酸的分离。

(2) 对不同大分子，密度的大小是 RNA>DNA>蛋白质；

对不同构象的 DNA，密度的大小是超螺旋 DNA>线性 DNA；

对不同种 DNA，密度的大小是单链 DNA>双链 DNA；

对 G-C 含量不同的 DNA，G-C 含量越高，核酸分子密度越大。

12. 核酸分析时常用到 SDS、EDTA、酚/氯仿、乙醇、溴化乙锭的作用是什么？

**解析**

SDS：蛋白质变性剂，可以破坏细胞膜，变性蛋白质，抑制酶活性，促进完整核酸分子从细胞中释放出来。

EDTA：Mg<sup>2+</sup> 是 DNase 的辅助因子，EDTA 是二价离子螯合剂，可以消除溶液中自由的 Mg<sup>2+</sup>，使 DNase 失去活性，从而保护 DNA 分子。

酚/氯仿：抽提除去核酸提取物中的膜类物质和蛋白质。

乙醇：沉淀 DNA，也可以用来洗涤 DNA 沉淀中的杂质。

溴化乙锭：作为核酸专一性荧光染料嵌入双螺旋中，使分离核酸条带在紫外线照射下能显现出来。

13. 为什么相同相对分子质量的线状 DNA 比共价闭合的环状 DNA 能结合更多的溴化乙锭？如何利用这一点在氯化铯梯度中分离这两种 DNA？为什么共价闭环 DNA 在含溴化乙锭的介质中的沉降速率随溴化乙锭的浓度增加出现近似 U 形的变化？

**解析** 溴化乙锭插入碱基对之间，共价闭合的 DNA 比线状双链 DNA 结构紧密，溴化乙锭插入的可能性较少。制备溴化乙锭氯化铯梯度，环状 DNA 插入溴化乙锭较少，沉降较快，可以将两者分开。DNA-溴化乙锭复合物用异戊醇提取，DNA 很容易与溴化乙锭分开。超螺旋 DNA 沉降快，开环和线形 DNA 沉降慢。共价闭环 DNA 形成负超螺旋，具有较快的沉降速率。少量溴化乙锭插入 DNA 的碱基对之间，减少负超螺旋密度，使沉降速率减慢，但是大量溴化乙锭可以引入正超螺旋，使沉降加快。因此随溴化乙锭浓度增加，共价闭环 DNA 的沉降速率出现近似 U 形变化。

14. 用什么方法可以有效地将同一个 DNA 样品中的单链 DNA 和双链 DNA 分开？

**解析** (1) 琼脂糖电泳：两种形式的 DNA 电泳迁移率不同，单链快。

(2) 氯化铯密度梯度离心：两种形式的 DNA 密度不同，单链密度大。

(3) 羟基磷灰石柱色谱：两种形式的 DNA 吸附能力不同，双链与羟基磷灰石结合更紧。

15. 某肽经 CNBr 水解得到三个肽段，这三个肽的结构分别是：Asn-Trp-Gly-Met，Gly-Ala-Leu，Ala-Arg-Tyr-Asn-Met。用胰凝乳蛋白酶水解此肽也得到三个肽段，其中一个为四肽，用 6mol/L 盐酸水解此四肽只得到 (Asp)<sub>2</sub> 和 Met 三个氨基酸，问此肽的氨基酸排列顺序如何？

**解析** 根据条件 1，该肽的可能顺序为：

Ala-Arg-Tyr-Asn-Met-Asn-Trp-Gly-Met-Gly-Ala-Leu

或 Asn-Trp-Gly-Met-Ala-Arg-Tyr-Asn-Met-Gly-Ala-Leu

由于胰凝乳蛋白酶专一性水解芳香族氨基酸的羧基所形成的肽键，所得到的三个肽段的可能结构为：

Ala-Arg-Tyr      Asn-Met-Asn-Trp      Gly-Met-Gly-Ala-Leu

或 Asn-Trp      Gly-Met-Ala-Arg-Tyr      Asn-Met-Gly-Ala-Leu

因其中一个是四肽，所以只能是前一种结构，由于在酸水解时，色氨酸易被破坏，Asn 转变 Asp，推知其中的一个肽段为：

Asn-Met-Asn-Trp

综上所述，某肽的氨基酸顺序为：

Ala-Arg-Tyr-Asn-Met-Asn-Trp-Gly-Met-Gly-Ala-Leu

16. 研究发现，多聚 L-Arg 在 pH 7.0 呈随机螺旋结构，但在 pH 10 时为  $\alpha$ -螺旋构象，为什么？预测多聚 L-Glu 在什么 pH 条件下为随机螺旋，在什么 pH 下为  $\alpha$ -螺旋构象？为什么？

**解析** 在 pH 7.0 时 Arg 侧链上的氨基带正电荷，它们之间的静电排斥作用阻止了  $\alpha$ -螺旋的形成。在 pH 10 时，由于接近 Arg 的等电点，表观所带净电荷为零，允许  $\alpha$ -螺旋的形成。对多聚 L-Glu 来说，在 pH 7.0 时，由于侧链羧基都带负电荷，它们之间的静电排斥，将干扰  $\alpha$ -螺旋的形成，应呈随机螺旋状态，在接近谷氨酸等电点 pH 时，因谷氨酸的侧链羟基是非质子化的，应呈螺旋构象。

17. 某五肽用胰蛋白酶水解得到两个肽段和一个游离的氨基酸，其中一个肽段在 280nm 有吸收，且 Pauly 反应、坂口反应都呈阳性；另一肽段用溴化氰处理释放出一个可与茚三酮反应产生棕褐色产物的氨基酸，此肽的氨基酸排列顺序如何？

**解析** 胰蛋白酶水解碱性氨基酸羧基形成的肽键，说明此五肽中含有两个碱性氨基酸；其中一个肽段在 280nm 有吸收，说明此五肽含有芳香族氨基酸，因 Pauly 反应，所以是含有酚羟基的酪氨酸；坂口反应为阳性，说明含有精氨酸；可推测，一个肽段的序列可能是 Tyr-Arg-X-Y-Z，X 和 Y 都可能是碱性氨基酸。如果 X 是碱性氨基酸，得到的两个肽段是 Tyr-Arg，Y-Z，游离的氨基酸应是 X；如果 Y 是碱性氨基酸，得到的两个肽段是 Tyr-Arg，X-Y，游离的氨基酸是 Z。另一个肽段用溴化氰处理放出一个可与茚三酮反应产生棕褐色产物的氨基酸，说明 Y 不可能是碱性氨基酸，只有 X 是碱性氨基酸、Y 为甲硫氨酸才符合要求，所以 X 是 Arg 或 Lys，Y 是甲硫氨酸，Z 是天冬酰胺或谷氨酰胺。由此推测此五肽的可能结构是：

Tyr-Arg-Arg (Lys)-Met-Gln (Asn)。

18. Tropomyosin 是由两条  $\alpha$ -螺旋肽链相互缠绕构成的超螺旋结构。其相对分子质量为 70000，假设氨基酸残基的平均相对分子质量为 110，问其分子的长度是多少？

**解析** 由于是两条链构成的超螺旋结构，每条链的相对分子质量为 35000。而氨基酸残基的平均相对分子质量为 110，故每条肽链应含有 318 个氨基酸残基。分子长度为： $318 \times 0.15\text{nm} = 47.7\text{nm}$ 。

19. 将一小肽 ( $pI=8.5$ ) 和 Asp 溶于 pH 7.0 的缓冲液中，通过阴离子交换树脂柱后，再进行分子排阻色谱，那么 Asp 和小肽哪一个先从凝胶柱上被洗脱下来？为什么？

**解析** 在  $pH=7.0$  的缓冲液中，小肽带部分正电荷，Asp 带负电荷，通过阴离子交换树脂柱后，小肽不交换，Asp 被交换到树脂上；后经分子排阻色谱，小肽属大分子，不能进入凝胶颗粒内部，走的距离短，Asp 为小分子，进入凝胶内中，走的距离长，所以小肽先被洗脱下来。

20. 理论和应用上说明有机酸、有机溶剂、SDS、盐类等对蛋白质的影响。

**解析** (1) 在有机酸如 TCA、磺基水杨酸等存在下，绝大多数蛋白质带正电荷；可与酸根负离子形成不溶性复合物而沉淀析出，在临幊上，预分析血液中的游离氨基酸的量，向血液中加入 TCA，使蛋白质沉淀，离心取上清液即可用于氨基酸的分析。生物碱是植物组织中具有显著生理作用的一类含氮的碱性物质。能够沉淀生物碱的试剂称为生物碱试剂。如单宁酸、苦味酸、三氯乙酸等都能沉淀生物碱，故称它们为生物碱试剂。在酸性条件下，蛋白质带正电荷，可与生物碱试剂，如三氯乙酸的酸根离子结合成为溶解度较小的盐类而沉淀。

“柿石症”的产生就是由于空腹吃了大量的柿子，柿子中含有单宁酸，使肠胃中的蛋白质凝固变性而成为不能被消化的“柿石”。

(2) 有机溶剂：如丙酮、乙醇等，可使蛋白质沉淀。因有机溶剂使蛋白质脱水，介电常数降低。应用：制备有活性的酶或蛋白质性质的激素等常用丙酮将材料制成干粉以便于保存；用乙醇抽提制备某些醇溶性蛋白。

(3) SDS：十二烷基硫酸钠，是一种阴离子去污剂，表面带大量的负电荷，可与蛋白质的疏水性基团结合使蛋白质变性。蛋白质分子愈大，结合的 SDS 量愈多，负电性愈大。因而在电场中的迁移速度不同。SDS-PAGE 电泳法测定蛋白质的分子量即根据此原理。在核酸制备中用 SDS 破坏膜结构，除蛋白、核酸酶等。

(4) 盐类：在低盐溶液中，大多数蛋白质的溶解度增加；在高盐溶液中，由于蛋白质分子表面的电荷被中和，破坏了双电层，蛋白质将沉淀析出。不同蛋白质氨基酸组成不同，在不同盐浓度的溶液中溶解行为不同，可用盐析法沉淀蛋白质。重金属盐类：在碱性条件下，蛋白质带负电，可与重金属离子如汞离子、铅离子结合，形成不溶性的重金属蛋白盐沉淀。因此，长期从事重金属作业的人，应吃高蛋白食物，以防止重金属离子被机体吸收。临幊上，常用醋酸铅或硫酸铜沉淀体液中的蛋白质，以分析体液中的氨基酸或其他小分子化合物。

21. Anfinsen 用核糖核酸酶进行的变性-复性实验，在蛋白质结构方面得出的重要结论是什么？

**解析** 核糖核酸酶变性-复性实验说明，蛋白质的变性是可逆的，变性蛋白在一定的条件下之所以能自动折叠成天然的构象，是由于形成复杂的三维结构所需要的全部信息都包含在它的氨基酸排列顺序上，蛋白质分子多肽链的氨基酸排列顺序包含了自动形成正确的空间

构象所需要的全部信息，即一级结构决定其高级结构。由于蛋白质特定的高级结构的形成，出现了它特有的生物活性。

22. 蛋白质分离纯化技术中哪些与它的等电点有关？试述这些技术分离提纯蛋白质的原理。

**解析** (1) 等电点沉淀法，蛋白质是两性化合物，在等电点时其溶解度最小。不同蛋白质氨基酸组成不同，等电点不同，调节蛋白质混合溶液的 pH，可使它们分次沉淀出。

(2) 离子交换色谱，常用的纤维素衍生物有 CM-纤维素（分子中带有羧甲基基团， $-O-CH_2-COOH$ ）和 DEAE-纤维素（阴离子交换剂，带有二乙氨基乙基基团）。蛋白质与离子交换纤维素的结合能力取决于彼此间相反电荷基团的静电吸引，在某一 pH 条件下，不同蛋白质氨基酸组成不同， $pI$  不同，所带的静电荷性质、数量不同，与离子交换纤维素的吸附能力不同。通过改变洗脱液的 pH 和离子强度，可把不同的蛋白质依次洗脱下来。

(3) 电泳法（聚丙烯酰胺凝胶电泳、等电聚焦）。

23. 根据下列资料推出某肽的氨基酸排列顺序。完全酸水解得到 Phe、Pro、Glu、 $(Lys)_2$ 、Met 和  $NH_3$ ；用 DNFB 试剂处理得到 DNP-Phe；用溴化氰水解此肽得到一个以高丝氨酸内酯结尾的二肽和一个四肽；用胰蛋白酶水解可产生两个三肽；用羧肽酶 A 或羧肽酶 B 处理都不能得到阳性结果。

**解析** 完全酸水解得到氨基酸混合物，说明此肽是由 Phe、Pro、Glu、 $(Lys)_2$ 、Met 组成的六肽，还产生氨气，说明谷氨酸是由谷氨酰胺脱氨得到。用 DNFB 处理得到 DNP-Phe，说明 N 末端是 Phe。用溴化氰水解此肽得到一个以高丝氨酸内酯结尾的二肽和一个四肽，说明第二位是甲硫氨酸。用胰蛋白酶水解可产生两个三肽，说明第三位是 Lys。用羧肽酶 A 或羧肽酶 B 处理都不能得到阳性结果，说明第五位是 Pro。由此推断其可能的结构是：Phe-Met-Lys-Gln-Pro-Lys。

24. 从牛心中制备柠檬酸合成酶，(1) 为制备柠檬酸合成酶 (CS)，将牛心组织匀浆后，为什么先经差速离心法分离出线粒体后再进行下一步的纯化？

(2) 将线粒体裂解，向裂解液中加入硫酸铵到一定的浓度，然后离心保留上清液；向上清液中再加入硫酸铵粉末至所需要的浓度，离心，倒掉上清液保留沉淀，这些操作的目的是什么？

(3) 接着，将盐析所得到的柠檬酸合成酶粗制品对 pH7.2 的缓冲液透析，为什么不用水？透析的目的是什么？

(4) 将上述处理所获得的 CS 粗制品进行分子排阻色谱，在 280nm 下检测是否有蛋白被洗出；实验者保留第一个洗脱峰进行下一步纯化，为什么？

(5) 实验者将经分子筛色谱所得到的 CS 样品又选用阳离子交换剂进行分离，上样平衡后，改用高 pH 的缓冲液洗脱，为什么？

**解析** (1) 柠檬酸合成酶主要存在于线粒体，差速离心法可使线粒体与其他细胞器相互分离。

(2) 第一次加硫酸铵后离心保留上清液，是为了除去杂蛋白；向上清液中再加入硫酸铵，离心保留沉淀，因 CS 在沉淀部分。

(3) 透析是为了除去硫酸铵，为获得天然构象的 CS，用 pH7.2 的缓冲液透析而不能用水。

(4) 在分离的样品中，CS 分子量最大，故首先被洗出；大多数蛋白质含有色氨酸和酪

氨酸，在 $280\text{nm}$ 下有吸收，故常用此波长检测。

(5) 说明 CS 带正电荷，改用高 pH 缓冲液洗脱，使 CS 所带电荷的性质改变，易于从阳离子交换柱上被洗脱下来。

25. 从蛋白质的一级结构可预测它的高级结构。下面是一段肽链的氨基酸排列顺序：“LAHTYGPFZ (Q) AAMCKWEAZ (Q) PDGMECAFHR”。

问：(1) 你认为此段肽链的何处会出现 $\beta$ -转角结构？

(2) 何处可形成链内二硫键？

(3) 假定上述顺序是一个大的球蛋白分子中的一部分结构，指出 D、I、T、A、Z (Q)、K 氨基酸残基可能在蛋白质分子的表面还是内部？

**解析** (1)  $\beta$ -转角结构很可能出现在 7 位和 19 位，即脯氨酸残基处。

(2) 13 位和 24 位的半胱氨酸之间可能形成二硫键。

(3) 极性、带电荷的氨基酸如 Asp、Gln、Lys 一般在分子的表面，而非极性的氨基酸如 Ala、Ile 可能在分子内部。苏氨酸尽管有极性，但亲水性指数接近零，故它可能在分子表面或分子内。

26. 一种相对分子质量为 24000、 $pI$  为 5.5 的酶被一种相对分子质量类似、但  $pI$  为 7.0 的蛋白质和另一种相对分子质量为 100000、 $pI$  为 5.4 的蛋白质污染。提出一种纯化该酶的方法，说明其原理。

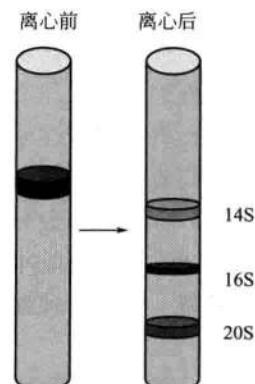
**解析** 用凝胶过滤法先除去相对分子质量为 100000 的蛋白质，留下来的低相对分子质量的含酶的混合物再用离子交换色谱法分离，就能获得所需的纯酶。

27. 用阳离子交换树脂分离核苷酸时，核苷酸被洗脱的先后顺序是  $\text{UMP} \rightarrow \text{GMP} \rightarrow \text{CMP} \rightarrow \text{AMP}$ ，而不是  $\text{UMP} \rightarrow \text{GMP} \rightarrow \text{AMP} \rightarrow \text{CMP}$ 。为什么？

**解析** 用离子交换树脂分离核苷酸主要是根据它们与树脂上相反静电结合力的不同，以及核苷酸疏水的碱基环与树脂骨架之间非极性吸附力的差异。本来，用阳离子交换树脂分离这四种核苷酸时，按照它们解离的差异，应该是 AMP 在 CMP 之前被洗脱下来。但是，由于嘌呤环比嘧啶环同交换树脂的非极性吸附力大三倍，抵消了它们之间的电荷差异，故出现上述洗脱顺序。

28. 从多瘤病毒中获得高纯度的 DNA 在蔗糖密度梯度超速离心中可得下图结果。为什么？

**解析** 由于是从单一的多瘤病毒中分离的 DNA，因此该 DNA 必定是纯的，不可能污染其他 DNA。但是，由于在提取过程中受到某些因素的影响，使部分 DNA 的双股断开，或者其中一股断开，因而产生了同一种分子的三种不同形式：线形、开环形和超螺旋形。这些构象不同的分子在密度梯度超离心中具有不同的沉降速率。14S 代表线形，16S 代表开环形，20S 代表天然的超螺旋形。超螺旋结构最紧密，故沉降速率最快。



29. 在纸色谱分离氨基酸的实验中，展层剂可使用酸性溶剂系统或碱性溶剂系统，如果使用酸性溶剂系统，它对酸性氨基酸和碱性氨基酸的 $R_f$ 值有什么影响？

**解析** 纸色谱分离氨基酸时，展层剂为流动相，当展层剂为酸性溶液时，环境的 pH 接近氨基酸的等电点，氨基酸的极性减小，在流动相中的分配比例增加， $R_f$  值增大；碱性氨

基酸偏离等电点，氨基酸的极性增加，在固定相中的分配比例增加， $R_f$  值减小。

30. 已知大肠杆菌长度为  $1100\mu\text{m}$ ，它的复制是在一代大约  $40\text{min}$  内通过一个复制叉完成的，试求其复制体的链增长速度。

**解析** 按照 Watson-Crick 模型，每  $3.4\text{nm}$ （或  $3.4 \times 10^{-3}\mu\text{m}$ ）含有 10 对核苷酸，那么该 DNA 含有： $1100 \times 10 / (3.4 \times 10^{-3}) \approx 3.24 \times 10^6$ （核苷酸对）

所以其复制体的链增长速度为： $3.24 \times 10^6 / (40 \times 60) \approx 1350$ （核苷酸/s）。

31. 若使  $^{15}\text{N}$  标记的大肠杆菌在  $^{14}\text{N}$  培养基中生长三代，提取 DNA，并用平衡沉降法测定 DNA 密度，其  $^{14}\text{N}$ -DNA 分子与  $^{14}\text{N}-^{15}\text{N}$  杂合 DNA 分子之比应为多少？

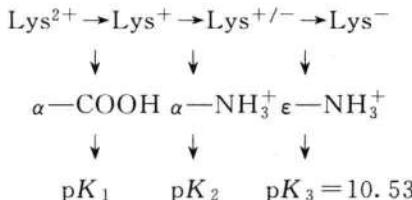
**解析**  $^{15}\text{N}$  标记的大肠杆菌利用培养基中的  $^{14}\text{N}$  合成 DNA，第一代 DNA 双链都是  $^{14}\text{N}-^{15}\text{N}$  杂合 DNA 分子。第二代分别是以第一代中的  $^{14}\text{N}$  和  $^{15}\text{N}$  链作为母链合成新的 DNA，所以  $^{14}\text{N}$ -DNA 分子与  $^{14}\text{N}-^{15}\text{N}$  杂合 DNA 分子之比为  $1:1$ 。第三代中的  $^{14}\text{N}$  和  $^{15}\text{N}$  母链的分子之比是  $3:1$ ，所以  $^{14}\text{N}$ -DNA 分子与  $^{14}\text{N}-^{15}\text{N}$  杂合 DNA 分子之比应为  $3:1$ 。

32. 计算 Lys 的  $\epsilon-\text{NH}_3^+$  20% 被解离时的溶液 pH?

**解析** (1) 氨基酸解离式；

(2) 明确质子受体与质子供体；

(3) 根据公式进行计算。



$$\text{pH} = \text{p}K_a + \lg[\text{质子受体}] / [\text{质子供体}] = 10.53 + \lg(1/4) = 9.9$$

33. 向  $1\text{L } 1\text{mol/L}$  的处于等电点的甘氨酸溶液加入  $0.3\text{mol/L HCl}$ ，问所得溶液的 pH 值是多少？如果加入  $0.3\text{mol/L NaOH}$  以代替，pH 是多少？

**解析**

$$(1) \text{pH} = \text{p}K_a + \lg[\text{质子受体}] / [\text{质子供体}]$$

$$= 2.34 + \lg[\text{Gly}^{+/-}] / [\text{Gly}^+]$$

$$= 2.34 + \lg(0.7 / 0.3)$$

$$= 2.71$$

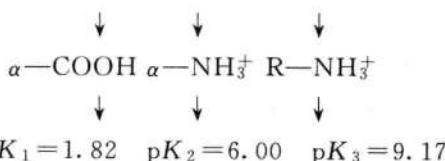
$$(2) \text{pH} = \text{p}K_a + \lg[\text{质子受体}] / [\text{质子供体}]$$

$$= 9.60 + \lg[\text{Gly}^-] / [\text{Gly}^{+/-}]$$

$$= 9.60 + \lg(0.3 / 0.7)$$

$$= 9.23$$

34. 计算  $0.25\text{mol/L}$  的组氨酸溶液在 pH 6.4 时各种离子浓度是多少？



$$(1) \text{pH} = \text{p}K_a + \lg [\text{质子受体}] / [\text{质子供体}]$$

$$6.4 = 1.82 + \lg [\text{His}^+] / [\text{His}^{2+}] \quad \lg [\text{His}^+] / [\text{His}^{2+}] = 4.6$$

$$[\text{His}^+] / [\text{His}^{2+}] = 10^{-4.6} = 3.8 \times 10^4$$

$$(2) \text{pH} = \text{p}K_a + \lg [\text{质子受体}] / [\text{质子供体}]$$

$$6.4 = 6.00 + \lg [\text{His}^{+-}] / [\text{His}^+] \quad \lg [\text{His}^{+-}] / [\text{His}^+] = 0.4$$

$$[\text{His}^{+-}] / [\text{His}^+] = 10^{-0.4} = 2.51$$

$$(3) \text{pH} = \text{p}K_a + \lg [\text{质子受体}] / [\text{质子供体}]$$

$$6.4 = 9.17 + \lg [\text{His}^-] / [\text{His}^{+-}] \quad \lg [\text{His}^-] / [\text{His}^{+-}] = -2.77$$

$$[\text{His}^-] / [\text{His}^{+-}] = 10^{-2.77} = 1.7 \times 10^{-3}$$

$$(4) [\text{His}^{2+}] + [\text{His}^+] + [\text{His}^{+-}] + [\text{His}^-] = 0.25$$

$$[\text{His}^{+-}] = X$$

$$[\text{His}^{2+}] = 1.78 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

$$[\text{His}^+] = 0.071 \text{ mol/L}$$

$$[\text{His}^{+-}] = 0.179 \text{ mol/L}$$

$$[\text{His}^-] = 2.8 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

35. 计算下列肽的等电点。

(1) 天冬氨酰甘氨酸：末端—COOH,  $\text{p}K = 2.10$

末端—NH<sub>2</sub>,  $\text{p}K = 9.07$

侧链  $\text{p}K = 4.53$

(2) 谷胱甘肽：末端—COOH,  $\text{p}K = 3.53$

末端—NH<sub>2</sub>,  $\text{p}K = 8.66$

侧链  $\text{p}K = 2.12$

(3) 丙氨酸-丙氨酸-赖氨酸-丙氨酸：末端—COOH,  $\text{p}K = 3.58$

末端—NH<sub>2</sub>,  $\text{p}K = 8.01$

侧链  $\text{p}K = 10.58$

**解析** 写出小分子肽的解离式，找到两性离子形式，根据等电点定义，等电点等于两性离子两侧解离常数的二分之一。(1)  $\text{p}I = 3.32$ ; (2)  $\text{p}I = 2.83$ ; (3)  $\text{p}I = 9.30$ 。

36. 计算下列各核酸水溶液在 pH 7.0、通过 1.0 cm 光径杯时的光吸收值？

已知：AMP 的摩尔吸收系数  $\epsilon = 15400$

GMP 的摩尔吸收系数  $\epsilon = 11700$

CMP 的摩尔吸收系数  $\epsilon = 7500$

UMP 的摩尔吸收系数  $\epsilon = 9900$

dTMP 的摩尔吸收系数  $\epsilon = 9200$

求 (1) 32 μmol/L 的 AMP 的光吸收值 (A)

(2) 47.5 μmol/L 的 CMP 的光吸收值 (A)

(3) 6.0 μmol/L 的 UMP 的光吸收值 (A)

(4) 48 μmol/L 的 AMP 和 32 μmol/L 的 UMP 的混合物的光吸收值 (A)

(5) A = 0.925 GMP 溶液的物质的量浓度？

(6) A = 0.090 dTMP 溶液的物质的量浓度？

**解析**  $A = \epsilon CL$

- (1)  $A = 32 \times 10^{-6} \times 15400 \times 1 = 0.493$
- (2)  $A = 47.5 \times 10^{-6} \times 7500 \times 1 = 0.356$
- (3)  $A = 6.0 \times 10^{-6} \times 9900 \times 1 = 0.0594$
- (4)  $A = 48 \times 10^{-6} \times 15400 \times 1 + 32 \times 10^{-6} \times 9900 \times 1 = 1.056$
- (5)  $0.925 = c \times 11700 \times 1 \quad c = 7.9 \times 10^{-5}$
- (6)  $0.090 = c \times 9200 \times 1 \quad c = 9.78 \times 10^{-6}$

37. 考虑下面的相互转换 ( $25^{\circ}\text{C}$ )，果糖-6-磷酸  $\rightleftharpoons$  葡萄糖-6-磷酸。该反应平衡常数为 1.97。

- 问：(1) 该反应的  $\Delta G^{\circ\prime}$  是多少？  
 (2) 如果把果糖-6-磷酸的浓度调到  $1.5 \text{ mol/L}$ ，葡萄糖-6-磷酸浓度调到  $0.5 \text{ mol/L}$ ，则  $\Delta G^{\circ\prime}$  是多少？  
 (3) 在 (2) 给出的条件下，如果加入少量的酶加速这种转换，那么达到平衡时  $\Delta G'$  是多少？平衡时果糖-6-磷酸和葡萄糖-6-磷酸的浓度将是多少？

**解析** (1)  $\Delta G^{\circ\prime} = -2.303RT \lg K'_{\pm} = -2.303 \times 8.135 \times 298 \times \lg 1.97$   
 $= -1.67 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$(2) \Delta G^{\circ\prime} = \Delta G^{\circ\prime} + 2.303RT \lg K' = 1.67 + 2.303 \times 8.135 \times 298 \times \lg [0.5/1.5]$$
 $= -4.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

(3) 当反应处在平衡状态时，没有自由能的变化，即  $\Delta G' = 0$ 。由于平衡常数大约是 2，所以在平衡时当有 1 分子的果糖-6-磷酸存在，就有 2 分子的葡萄糖-6-磷酸存在。果糖-6-磷酸和葡萄糖-6-磷酸总浓度是  $2.0 \text{ mol/L}$ ，该混合物的  $1/3$  是果糖-6-磷酸， $2/3$  是葡萄糖-6-磷酸。 $[\text{果糖-6-磷酸}] = 2 \times 1/3 = 0.67 \text{ mol/L}$ ； $[\text{葡萄糖-6-磷酸}] = 2 \times 2/3 = 1.33 \text{ mol/L}$ 。

38. 计算下列反应式  $\Delta G^{\circ\prime}$ ： $\text{NADH} + \text{H}^+ + 1/2\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{NAD}^+ + \text{H}_2\text{O}$

**解析** 正极反应： $1/2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}$

$$E_+^{\circ\prime} = 0.82$$

负极反应： $\text{NAD}^+ + \text{H}^+ + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{NADH}$

$$\begin{aligned} E_-^{\circ\prime} &= -0.32 \\ \Delta G^{\circ\prime} &= -nF\Delta E^{\circ\prime} \\ &= -2 \times 96485 \times [0.82 - (-0.32)] \\ &= -220 \text{ (kJ/mol)} \end{aligned}$$

39. 某一蛋白质多肽链除一些区段为  $\alpha$ -螺旋外，其余区段均为  $\beta$ -折叠构象。该蛋白质的相对分子质量 240000，多肽链外形长度为  $5.06 \times 10^{-5} \text{ cm}$ ，试计算  $\alpha$ -螺旋占多肽链的百分数（假设  $\beta$ -折叠中每个氨基酸残基的长度为  $0.35 \text{ nm}$ ）。

**解析** 设该多肽链中  $\alpha$ -螺旋的氨基酸残基数为  $X$ ，氨基酸残基数为  $Y$ 。

$$0.15X + 0.35(Y - X) = 5.06 \times 10^{-5} \text{ cm} = 5.06 \times 10^2 \text{ nm}$$

氨基酸残基的平均相对分子质量为 110， $110Y = 240000$

$X/Y = 0.59$ ，即  $\alpha$ -螺旋占 59%。

40. 某油脂的碘值为 68，皂化值为 210，计算该油脂每个分子中含多少个双键？

**解析** 油脂的平均相对分子质量  $= (3 \times 56 \times 1000) / \text{皂化值} = 800$

碘值定义为：100g 油脂吸收碘的质量 (g)。该油脂吸收碘的质量 (g) = (800/100) × 68 = 544 (g)

碘的相对分子质量 =  $2 \times 126.9 = 253.8$  (g)

双键数 =  $544 \div 253.8 = 2.14$ ，所以该油脂分子中含有两个双键。

41. 已知某一蛋白质含色氨酸 0.58% (按质量计)，色氨酸相对分子质量为 204。计算(1) 该蛋白质最低相对分子质量；(2) 用凝胶过滤测得该蛋白质相对分子质量大约为 14 万，问该蛋白分子中含几个色氨酸残基？

**解析** 蛋白质的最低相对分子质量 = 色氨酸的相对分子质量 ÷ 色氨酸的百分含量 =  $35172$

凝胶过滤测得是完整蛋白质的分子量，所以该蛋白质含有 4 个色氨酸残基。

42. 丙氨酸、乳酸和丙酮酸具有相似的结构，通过计算说明在肝脏组织中，等摩尔的丙氨酸、乳酸和丙酮酸完全氧化，哪种物质产能更高？

**解析** (1) 乳酸 → 丙酮酸 (乳酸脱氢酶，同时在胞液产生 1 NADH + H<sup>+</sup>)

(2) 丙氨酸 → 丙酮酸 (转氨酶，同时生成谷氨酸)

(3) 谷氨酸 → α-酮戊二酸 (谷氨酸脱氢酶，同时产生 1 NH<sub>3</sub>、1 NADH + H<sup>+</sup>)

(4) 氨 → 尿素 (鸟氨酸循环，消耗 2 NH<sub>3</sub>、4 个高能键)

(5) 丙酮酸 + NAD<sup>+</sup> → 乙酰 CoA + NADH + H<sup>+</sup> (线粒体，丙酮酸脱氢酶系)

乙酰 CoA 进入三羧酸循环 (线粒体，三羧酸循环相关酶)

乙酰 CoA + 3NAD<sup>+</sup> + FAD + GDP + Pi → 2CO<sub>2</sub> + 3NADH + H<sup>+</sup> + FADH<sub>2</sub> + GTP

所以：丙酮酸氧化生成 12.5 ATP；

乳酸氧化生成 15 ATP (肝脏主要是苹果酸穿梭)；

丙氨酸氧化生成 13 ATP (清除 1 mol 的氨，相当于消耗 2 mol ATP)。

43. 1 mol 甘油完全氧化成二氧化碳和水时净生成多少 ATP？假设在线粒体外的氢都通过 α-磷酸甘油穿梭。

**解析** 各种物质完全氧化为二氧化碳和水都经过三个阶段，第一阶段是该物质经过化学反应生成乙酰 CoA；第二阶段是乙酰 CoA 进入三羧酸循环氧化为二氧化碳和水；第三阶段是脱氢反应产生的氢以 NADH 或 FADH<sub>2</sub> 的形式分别进入不同呼吸链转换成 ATP。在生物氧化过程中要考虑各阶段的反应部位，如果是在线粒体外产生的脱氢产物，要考虑穿梭作用。

第一阶段过程：甘油 → α-磷酸甘油 → 磷酸二羟丙酮 → 糖酵解途径生成丙酮酸，反应在胞液中，两步脱氢产物 NADH 经 α-磷酸甘油穿梭进入线粒体，转换为 FADH<sub>2</sub>，丙酮酸 → 乙酰 CoA。

第一阶段产物：2 FADH<sub>2</sub>，1 NADH，2 ATP，消耗 1 ATP。

第二阶段过程：三羧酸循环，每一分子乙酰 CoA 氧化为二氧化碳和水净生成 3 NADH、1 FADH、1 ATP。

第三阶段，生成的 FADH<sub>2</sub>、NADH 进入呼吸链氧化，1 FADH<sub>2</sub> 生成 1.5 ATP，1 NADH 生成 2.5 ATP。

所以，1 分子甘油彻底氧化生成 16.5 ATP。

44. 1 分子谷氨酸经脱氨基、有氧氧化等途径彻底分解成氨、二氧化碳和水能产生多少

分子 ATP、NH<sub>3</sub>、CO<sub>2</sub>? 如果生成的氨在肝脏中转化为尿素, 1 分子谷氨酸又生成多少分子 ATP?

**解析** (1) 谷氨酸在谷氨酸脱氢酶作用下脱氢、脱氨生成  $\alpha$ -酮戊二酸、氨和 NADH。

(2)  $\alpha$ -酮戊二酸经  $\alpha$ -酮戊二酸脱氢酶系作用脱氢脱羧生成琥珀酰 CoA  $\rightarrow$  琥珀酸  $\rightarrow$  延胡索酸  $\rightarrow$  苹果酸  $\rightarrow$  草酰乙酸, 生成 2 分子 NADH、1 分子 FADH<sub>2</sub>、1 分子 GTP、1 分子 CO<sub>2</sub>。

(3) 草酰乙酸在磷酸烯醇式丙酮酸羧激酶作用下生成磷酸烯醇式丙酮酸, 消耗 1 分子 GTP、1 分子 CO<sub>2</sub>。

(4) 磷酸烯醇式丙酮酸在丙酮酸激酶作用下生成丙酮酸, 产生 1 分子 ATP。

(5) 丙酮酸氧化脱羧生成乙酰 CoA, 生成 1 NADH、1 CO<sub>2</sub>。

(6) 乙酰 CoA 进入三羧酸循环氧化为二氧化碳和水, 生成 3 NADH、1 FADH<sub>2</sub>、1 GTP、2 CO<sub>2</sub>。

(7) 生成的 NADH、FADH<sub>2</sub> 分别进入呼吸链, 氧化为水, 每分子 NADH 生成 2.5 ATP, 每分子 FADH<sub>2</sub> 生成 1.5 ATP。

(8) 氨经鸟氨酸循环生成尿素, 每生成 1 分子尿素消耗 3 ATP、4 个高能键, 相当于消耗 4 分子 ATP。每生成 1 分子尿素消耗 2 分子氨, 所以一个氨相当于消耗 2 ATP。

所以, 1 分子谷氨酸彻底氧化后产生 5 CO<sub>2</sub>、1 NH<sub>3</sub>、22.5 ATP。如果氨转化为尿素则生成 20.5 分子 ATP。

45. 计算 1mol 葡萄糖在肝脏细胞中彻底氧化成 CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>O, 可产生多少摩尔 ATP? 如果有鱼藤酮存在, 理论上又可产生多少摩尔 ATP?

**解析** 肝组织中没有鱼藤酮时: 1mol 葡萄糖  $\rightarrow$  2mol 丙酮酸, 消耗 2mol ATP, 产生 4mol ATP, 净生成 2mol ATP 并有 2mol NADH+H<sup>+</sup> 产生 (细胞质中生成); 2mol 丙酮酸  $\rightarrow$  2mol 乙酰辅酶 A + 2mol CO<sub>2</sub>, 生成 2mol NADH+H<sup>+</sup>; 2mol 乙酰辅酶 A  $\rightarrow$  4mol CO<sub>2</sub>, 共生成 6mol NADH+H<sup>+</sup>、2mol FADH<sub>2</sub>、2mol GTP。对肝脏细胞而言, 细胞质中生成的 2mol NADH+H<sup>+</sup>, 是通过苹果酸-天冬氨酸穿梭进入线粒体的, 进入线粒体的依然是 2mol NADH+H<sup>+</sup>。NADH+H<sup>+</sup> 生物氧化时的磷氧比值为 2.5, FADH<sub>2</sub> 的磷氧比值为 1.5, 所以葡萄糖彻底氧化产生的 ATP 为  $10 \times 2.5 + 2 \times 1.5 + 4 = 32$  (mol)。如果组织中有鱼藤酮存在, 鱼藤酮阻断了 NADH 向 CoQ 的电子传递, 即阻断了 NADH 呼吸链, 生成的 NADH+H<sup>+</sup> 不产生 ATP, 所以 ATP 为  $2 \times 1.5 + 4 = 7$  (mol)。

46. 在一个具有完全细胞功能的哺乳动物肝脏细胞匀浆体系中, 当 1mol 下列底物完全氧化成 CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>O 时, 能产生多少 ATP? ①乳酸; ②柠檬酸; ③磷酸烯醇式丙酮酸。

**解析** ① 乳酸彻底氧化成 CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>O 的途径如下: 乳酸 + NAD<sup>+</sup>  $\rightarrow$  丙酮酸 + NADH+H<sup>+</sup> (乳酸脱氢酶), 此反应在胞质中进行。在肝脏细胞匀浆体系中, 胞质中生成的 NADH 是通过苹果酸-天冬氨酸穿梭进入线粒体内氧化。

丙酮酸 + NAD<sup>+</sup>  $\rightarrow$  乙酰 CoA + NADH+H<sup>+</sup> (线粒体, 丙酮酸脱氢酶系)

乙酰 CoA 进入三羧酸循环 (线粒体, 三羧酸循环相关酶)

乙酰 CoA + 3NAD<sup>+</sup> + FAD + GDP + Pi  $\rightarrow$  2CO<sub>2</sub> + 3NADH+H<sup>+</sup> + FADH<sub>2</sub> + GTP

1mol 乳酸彻底氧化成 CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>O 生成 ATP 的数为:

$5 \times 2.5 + 1 \times 1.5 + 1(GTP) = 15$  (mol)

② 柠檬酸彻底氧化成 CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>O 的途径如下:

柠檬酸首先沿三羧酸循环生成草酰乙酸，该过程共进行 4 次脱氢，生成 3 mol NADH + H<sup>+</sup>、1 mol FADH<sub>2</sub>、1 mol GTP（线粒体，三羧酸循环相关酶）。

草酰乙酸暂时脱离三羧酸循环，脱羧生成丙酮酸。丙酮酸氧化脱羧转变成乙酰 CoA（磷酸烯醇式丙酮酸羧激酶，丙酮酸激酶，消耗 1 mol GTP，生成 1 mol ATP，能量平衡）。



乙酰 CoA 进入三羧酸循环氧化：



FADH<sub>2</sub> 呼吸链的磷氧比值为 1.5，NADH 呼吸链的磷氧比值为 2.5，1 mol 柠檬酸彻底氧化成 CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>O 生成 ATP 的数为：7 × 2.5 + 2 × 1.5 + 2GTP = 22.5 (mol)

③ 磷酸烯醇式丙酮酸彻底氧化成 CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>O 的途径如下：



乙酰 CoA 进入三羧酸循环（线粒体，三羧酸循环相关酶）



1 mol 磷酸烯醇式丙酮酸彻底氧化成 CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>O 生成 ATP 的数为：4 × 2.5 + 1 × 1.5 + 2 (GTP + ATP) = 13.5 (mol)

47. 乳酸脱氢酶催化乳酸脱氢为丙酮酸，在最适条件下，5 μg 纯酶每分钟催化 2.8 μmol/L 乳酸转化为丙酮酸，该酶相对分子质量为 40000，假设乳酸脱氢酶每个亚基含一个活性部位。试计算该酶的比活力及每个活性部位的转换数。

**解析** 根据酶活力单位及酶比活的定义可计算该酶的活力单位数为 2.8 个活力单位；酶的比活力 = 2.8 / (5 × 10<sup>-3</sup>) = 560 U/mg 蛋白质。

酶的转换数是指每摩尔的酶（单体酶）或酶的活性部位（多个活性部位）在单位时间内转化底物的物质的量。

$$\begin{aligned}\text{每个活性部位的转换数} &= \frac{\text{单位时间内转换底物的物质的量}}{\text{酶活性部位的物质的量}} \\ &= \frac{2.8 \mu\text{mol}/\text{min}}{(5 \mu\text{g}/40000 \mu\text{g}/\mu\text{mol}) (4 \text{ 部位}/\text{酶})} \\ &= 5600/\text{min}\end{aligned}$$

48. 脲酶的相对分子质量为 30000。如果 10 μg 纯脲酶在最适条件下，在 1 min 内催化 0.3 g 的尿素分解，计算该酶的转换数。

**解析** (1) 底物转换的物质的量 = 0.3 / 44 = 6.8 × 10<sup>-3</sup> (mol/min)

$$\begin{aligned}(2) 10 \mu\text{g} \text{ 酶的物质的量} &= 10 \mu\text{g} \times (1\text{g}/10^6 \mu\text{g}) \times (1\text{mol}/30000\text{g}) \\ &= 3.3 \times 10^{-10} \text{ mol}\end{aligned}$$

$$(3) \text{ 转换数} = 2.0 \times 10^7/\text{min}$$

49. 在 pH 7.0、0.165 mol/L NaCl 条件下，测得某一 DNA 样品的 T<sub>m</sub> 为 89.3 °C。求出四种碱基百分组成。

$$\text{解析} \quad (G+C)\% = (T_m - 69.3) \times 2.44\% = (89.3 - 69.3) \times 2.44\% = 48.8\%$$

$$G=C=24.4\%$$

$$(A+T)\% = 1 - 48.8\% = 51.2\%$$

$$A = T = 25.6\%$$

50. 对一双链 DNA 而言，若一条链中  $(A+G)/(T+C)=0.7$ ，则：

- (1) 互补链中  $(A+G)/(T+C)=?$
- (2) 在整个 DNA 分子中  $(A+G)/(T+C)=?$
- (3) 若一条链中  $(A+T)/(G+C)=0.7$ ，则互补链中  $(A+T)/(G+C)=?$
- (4) 在整个 DNA 分子中  $(A+T)/(G+C)=?$

**解析** (1) 设 DNA 的两条链分别为  $\alpha$  和  $\beta$ ，那么：

$$\alpha A = \beta T, \alpha T = \beta A; \alpha G = \beta C, \alpha C = \beta G$$

$$\text{因为}, (\alpha A + \alpha G) / (\alpha T + \alpha C) = (\beta T + \beta C) / (\beta A + \beta G) = 0.7$$

$$\text{所以, 互补链中 } (\beta A + \beta G) / (\beta T + \beta C) = 1 / 0.7 = 1.43$$

(2) 在整个 DNA 分子中，因为  $A = T, G = C$

$$\text{所以, } A+G=T+C, (A+G)/(T+C)=1$$

(3) 假设同 (1)，则：

$$\alpha A + \alpha T = \beta T + \beta A, \alpha G + \alpha C = \beta C + \beta G$$

$$\text{所以, } (\alpha A + \alpha T) / (\alpha G + \alpha C) = (\beta A + \beta T) / (\beta G + \beta C) = 0.7$$

(4) 在整个 DNA 分子中

$$(\alpha A + \alpha T + \beta A + \beta T) / (\alpha G + \alpha C + \beta G + \beta C) = 2(\alpha A + \alpha T) / 2(\alpha G + \alpha C) = 0.7$$

# 附 录

## 部分院校研究生入学考试试题及参考答案

### 【1】东北农业大学 2012 年硕士研究生入学考试试题

#### 一、填空题（每空 1 分，共 25 分）

1. tRNA 分子的 3'末端为 (1)，是 (2) 的部位。
2. 真核细胞 mRNA 5'末端有 (3) 结构。
3. 蛋白质在 (4) nm 有吸收峰，而核酸在 (5) nm 有吸收峰。
4. 以酶的  $1/v$  为纵坐标，以  $1/[S]$  为横坐标，所得直线在纵坐标上的截距为 (6)。
5. 用诱导契合假设可以比较好的解释 (7)。
6. 碱性氨基酸有 (8)、(9)、(10)。（用三字母表示）
7. 常用于蛋白质沉淀的方法有 (11)、(12)、(13)。
8. 线粒体膜上的电子传递，各电子载体是按 (14)，由 (15) 的顺序排列的。
9. 糖酵解是在 (16) 中进行，三羧酸循环在 (17) 进行，氧化磷酸化在 (18) 中进行。
10. 密码子共 (19) 个，其中 (20) 个为终止密码子，(21) 个为编码氨基酸的密码子。
11. 双糖和多糖合成时，葡萄糖的供体是 (22)、(23)。
12. 三羧酸循环中的第二个控制点是从 (24) 的反应，催化这个反应的酶是 (25)。

#### 【参考答案】

- (1) —CCA—OH (2) 结合氨基酸 (3) 帽子 (4) 280 (5) 260 (6)  $1/v_{max}$   
(7) 酶的专一性 (8) Trp (9) His (10) Arg (11) 盐析 (12) 等电点沉淀  
(13) 有机溶剂沉淀 (14) 氧化还原电位 (15) 低到高 (16) 胞液 (17) 线粒体  
(18) 线粒体 (19) 64 (20) 3 (21) 61 (22) ADPG (23) UDPG  
(24) 异柠檬酸→ $\alpha$ -酮戊二酸 (25) 异柠檬酸脱氢酶

#### 二、名词解释（每个 2 分，共 20 分）

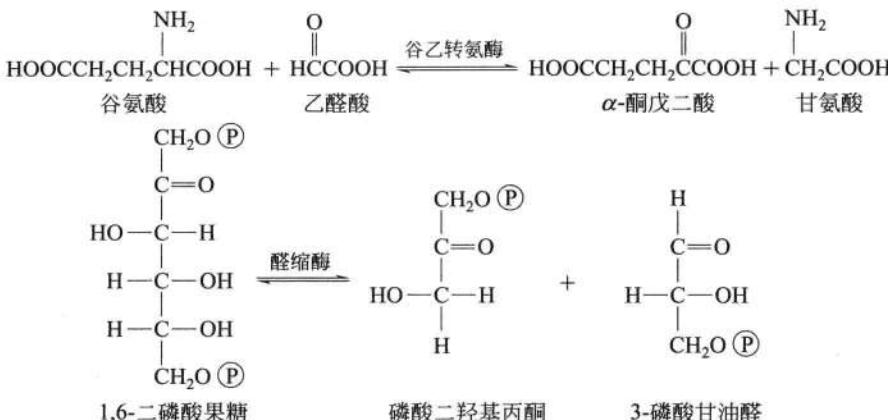
1. 逆转录
2. 蛋白质的变性与复性
3. 底物水平磷酸化
4. ACP
5. 酶的比活力
6. 酶原激活
7. 蛋白质亚基
8. 内含子、外显子
9. 蛋白质的二级结构
10.  $\omega$ -氧化

#### 【参考答案】略

#### 三、完成反应并写出反应式（每个 5 分，共 30 分）

1. 谷乙转氨酶
2. 醛缩酶
3. 丙酮酸羧化酶
4. 己糖激酶
5. 乳酸脱氢酶

**【参考答案】** 1~2 如下，3~5 略



#### 四、简答题（每题 8 分，共 64 分）

1. 简述基因突变的分子机理。
2. 讨论乙酰 CoA 在生物代谢中的作用和地位。
3. 蔗糖合成的两条途径。
4. 简述  $\beta$ -氧化过程。
5. 简述原核生物蛋白质生物合成的起始复合物的形成过程。
6. 简述冈崎片段合成过程。
7. 噬菌体 DNA 是单链环状分子，碱基组成是 A25%、T33%、G23%、C19%，求其双链复制型 DNA 的碱基组成。
8. 何为生物氧化的特点？

#### 【参考答案】

1. 基因突变是 DNA 发生的自然而永久性的改变。根据基因结构的改变分为转换、颠换、缺失、插入。转换指同类碱基之间的改变，颠换指不同类碱基之间的改变，两者都会产生新的碱基对；缺失是在一个基因或染色体中少一个或多个基因，插入是在两个连续的碱基中插入一个或多个基因，缺失和插入都会引起阅读框的改变。

根据突变引起的遗传意义的改变分为：错义突变、无义突变、同义突变。

(1) 错义突变：是指 DNA 分子中碱基改变后引起密码子的变化，导致所编码的氨基酸发生变化，从而影响蛋白质的功能及突变体的表型。

(2) 无义突变：是指 DNA 分子中的碱基改变后导致密码子突变成终止密码子，这种突变导致 mRNA 翻译提前终止，产生一条短的不完整的多肽链。无义突变对蛋白质的功能有严重影响，产生突变的表型。

(3) 同义突变：是指 DNA 分子中的碱基改变后导致密码子仍编码原来的氨基酸，并没有引起多肽链中氨基酸的改变，不影响蛋白质的功能，不会引起表型改变。它们以多态的形式在生物体 DNA 中积累，引起同种生物不同个体间 DNA 序列的变化。

2. (1) 乙酰 CoA 在线粒体中与草酰乙酸生成柠檬酸进入 TCA 循环；

- (2) 乙酰 CoA 参与酮体生成；
- (3) 乙酰 CoA 参与乙醛酸循环；
- (4) 乙酰 CoA 参与脂肪酸从头合成途径；
- (5) 乙酰 CoA 参与固醇的合成；
- (6) 乙酰 CoA 通过 TCA 循环参与氨基酸代谢；
- (7) 乙酰 CoA 参与柠檬酸-丙酮酸转运系统的生化过程。

3. (1) 途径一：蔗糖合成酶催化途径。在蔗糖合成酶催化下利用 UDPG 作为葡萄糖供体与果糖合成蔗糖。

(2) 途径二：磷酸蔗糖合成酶催化途径。在磷酸蔗糖合成酶催化下利用 UDPG 作为葡萄糖供体与 6-磷酸果糖生成磷酸蔗糖，再经专一的磷酸酯酶作用脱去磷酸形成蔗糖。

4. (1) 脂肪酸在胞液中脂酰 CoA 合成酶的催化下与 HSCoA、ATP 反应生成脂酰 CoA，消耗 1 个 ATP、两个高能键；

- (2) 脂酰 CoA 在肉碱转移酶 I、移位酶、肉碱转移酶 II 的作用下，从胞液进入线粒体；

(3) 进入线粒体内的脂酰 CoA 经脱氢、加水、脱氢、硫解四步循环反应，每次降解一个分子乙酰 CoA，直至全部转化为乙酰 CoA，同时生成 FADH<sub>2</sub>、NADH；

- (4) 生成的乙酰 CoA 进入三羧酸循环，FADH<sub>2</sub> 和 NADH 进入呼吸链。

5. (1) 30S 亚基首先与 IF1、IF3 结合，IF3 能阻止 30S 和 50S 亚基结合，并促进 70S 核糖体的解离。

(2) 30S 起始复合物的生成：IF2 和 GTP 结合后再与 30S 亚基结合，然后与 fMet-tRNA<sup>fMet</sup> 组合成更大的复合物，复合物通过亚基的 16S rRNA 和 mRNA 的 SD 序列之间的配对起作用。

(3) 70S 复合物的形成：30S 复合物与 50S 亚基结合，同时 IF1、IF3 解离，GTP 与 IF2 结合并水解成 GDP 和 Pi，GDP/IF2 复合物从核糖体上释放出来。

6. 冈崎片段是以 5'→3'DNA 链为模板，在 DNA 聚合酶 I 的催化下不连续合成的 DNA 片段。因 DNA 聚合酶只能沿 5'→3' 合成子链，新合成的链与母本模板链必须反向平行，所以在以 5'→3' 母本链为模板合成子链 DNA 时，先由拓扑异构酶、解链酶解开 DNA 双螺旋，再由 SSB 稳定其单链，引物酶与后随链模板预引物蛋白结合成引发体，然后由引物酶合成一段 RNA 引物。在 DNA 聚合酶 III 的作用下，沿与解链方向相反的方向合成一小段 DNA，随着解旋酶向前移动，重复生成 RNA 引物、DNA 片段。

7. A=T=29% G=C=21%

8. 生物氧化具有如下特点：

- (1) 在细胞内进行，条件比较温和；
- (2) 由酶催化完成，能量逐步释放；
- (3) 生物氧化所释放的能量除用于维持体温，大部分以 ATP 的形式暂时贮存。

## 五、论述题（11 分）

指出三种测定蛋白质含量的方法，并以其中一种方法为例，说明其原理和主要特色。

### 【参考答案】

- (1) 双缩脲法：利用在碱性条件下，肽键和铜离子形成有色复合物，测定其颜色的吸光

值并和标准蛋白质比较可获得其含量值。灵敏度低，但特异性高，干扰小。操作简便快速，适合大批量样品含量测定。

(2) 紫外吸收法：利用蛋白质在 280nm 下有最大吸收，在此波长下测蛋白质溶液的吸光值并与标准蛋白质比较可获得其含量值。优点是迅速、简便、不消耗样品，可回收。在蛋白质和酶的生化制备中广泛应用。缺点是其他吸收紫外线的物质有干扰，与标准蛋白质中色氨酸、酪氨酸含量有差异的样品存在误差。

(3) 凯氏定氮法：利用蛋白质中氮的含量比较稳定，平均含量为 16%，通过凯氏定氮仪测出蛋白质中氮的含量，可知蛋白质的含量。操作烦琐，试剂消耗量大。

## 【2】青岛大学 2013 年硕士研究生入学考试试题

### 一、名词解释（每个名词 5 分，共 50 分）

1. 肽键
2. 蛋白质三级结构
3. 蛋白质变性
4. 别构效应
5. 竞争性抑制作用
6. 维生素
7. 必需脂肪酸
8. 柠檬酸循环
9. 糖异生作用
10. 氧化脱氨

【参考答案】略

### 二、是非题（对的在括号内划“√”号，错的划“×”号，每题 2 分，共 20 分）

1. D-葡萄糖、D-甘露糖和 D-果糖能生成同一种糖脎。（ ）
2. 酶的最适 pH 与该酶的米氏常数一样，都是该酶的特征常数。（ ）
3. 血红蛋白和肌红蛋白都具有运送氧的功能。（ ）
4. 酶的活性部位由于体积较小不具备空间结构。（ ）
5. 并非所有酶的化学本质均为蛋白质。（ ）
6. 痛风病的发生与核酸代谢有关。（ ）
7. 如果没有氧气存在，则柠檬酸循环不能进行。（ ）
8. 柠檬酸循环内没有不可逆反应。（ ）
9. DNA 与 RNA 的差别仅在戊糖上。（ ）
10. 维生素 B<sub>1</sub> 参与辅酶 NAD 和 NADP 的组成。（ ）

【参考答案】

1. √
2. ×
3. ×
4. ×
5. √
6. √
7. ×
8. ×
9. ×
10. ×

### 三、问答题（共 50 分）

1. 下列符号各代表什么？(10 分)

- (1)  $K_m$
- (2) NADP
- (3) GSH
- (4) TCA
- (5) cAMP

2. “常服谷皮煎汤可防治脚气病”，其生物化学原理是什么？(10分)
3. 如果1分子糖原是由n个葡萄糖基组成，细胞在无氧条件下，1分子糖原可转化为多少分子的乳酸？同时将产生多少分子的ATP？(10分)
4. 蛋白质变性后，其结构、性质将有哪些改变？(10分)
5. 试叙述油料作物种子萌发时脂肪转化为糖的原理。(10分)

### 【参考答案】

1. (1) 米氏常数 (2) 辅酶Ⅱ (3) 谷胱甘肽 (4) 三羧酸循环 (5) 环腺苷酸
2. 谷皮中含有维生素B<sub>1</sub>，维生素B<sub>1</sub>在体内可转化为脱羧酶的辅酶TPP。脚气病是由于糖代谢障碍而引起神经组织供能不足导致的多发性神经炎。TPP参与糖代谢过程中丙酮酸和α-酮戊二酸的氧化脱羧反应，促进糖代谢正常进行。所以常服谷皮煎汤可避免因维生素B<sub>1</sub>缺乏而影响糖代谢的正常进行，保证能量的供应，可以防治脚气病。
3. 2n个乳酸，3n个ATP
4. 蛋白质变性后其空间结构发生改变，氢键等次级键被破坏，肽链松散，有规律的空间结构变成无规则卷曲，但一级结构不变。变性后，活性丧失，黏度升高，溶解度下降，结晶能力丧失；旋光度和紫外光谱均发生改变，易被酶水解。
5. (1) 脂肪动员：脂肪降解为甘油与脂肪酸；  
 (2) 甘油代谢：甘油→α-磷酸甘油→磷酸二羟基丙酮→糖异生途径→糖；  
 (3) 脂肪酸β-氧化：生成乙酰CoA；  
 (4) 乙醛酸循环：乙酰CoA→琥珀酸→糖异生途径→糖。

### 四、请综合运用糖代谢、脂代谢和蛋白质代谢原理完成该题。

1. 说明糖代谢和脂肪代谢的相互关系。(10分)
2. 动物能利用脂肪酸代谢产生的乙酰辅酶A合成葡萄糖吗？为什么？(5分)
3. 说明以丙氨酸为原料合成葡萄糖的历程并写出所有反应方程式。(15分)

### 【参考答案】

1. 糖类可以转化为脂类。
  - (1) 糖代谢产生的磷酸二羟基丙酮可转化为3-磷酸甘油，作为脂肪合成的原料。
  - (2) 糖代谢产生的乙酰CoA可以合成脂肪酸，作为脂肪合成的原料。
  - (3) 磷酸戊糖途径产生的NADPH可作为脂肪酸合成的还原剂。

所以脂肪合成的原料及还原剂都来自糖代谢，糖可以合成脂肪。

脂类中的甘油可转化为糖，在植物和微生物体内脂肪酸可转化为糖。
- (4) 甘油经甘油激酶活化为α-磷酸甘油，脱氢生成磷酸二羟丙酮，经糖异生途径转化为葡萄糖。
- (5) 脂肪酸降解产生的乙酰CoA，在植物和微生物体内经乙醛酸循环生成琥珀酸，沿糖异生途径异生为葡萄糖。
- (6) 由于动物、人体缺少乙醛酸循环，所以在动物和人体内不能将脂肪酸转化为糖。

2. 动物体不能利用脂肪酸代谢产生的乙酰 CoA 合成葡萄糖。因为脂肪酸降解产生的乙酰 CoA 须经乙醛酸循环转化为琥珀酸后沿糖异生途径生成糖，而动物体内缺少乙醛酸循环途径，所以不能将乙酰 CoA 转化为葡萄糖。

3. (1)  $2 \times \text{丙氨酸} + 2 \times \alpha\text{-酮戊二酸} \rightarrow 2 \times \text{丙酮酸} + 2 \times \text{谷氨酸}$ , 催化反应的酶为谷丙转氨酶, 以磷酸吡哆醛为辅助因子。

(2)  $2 \times \text{丙酮酸} + 2\text{CO}_2 + 2\text{ATP} \rightarrow 2 \times \text{草酰乙酸} + 2\text{ADP} + 2\text{Pi}$ , 催化反应的酶是丙酮酸羧化酶, 以生物素为辅助因子。

(3)  $2 \times \text{草酰乙酸} + 2\text{GTP} \rightarrow 2 \times \text{磷酸烯醇式丙酮酸} + 2\text{GDP} + 2\text{Pi}$ , 催化此反应的酶是磷酸烯醇式丙酮酸羧激酶。

(4)  $2 \times \text{磷酸烯醇式丙酮酸} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \times \text{2-磷酸甘油酸}$ , 催化此反应的酶是烯醇化酶。

(5)  $2 \times \text{2-磷酸甘油酸} \rightarrow 2 \times \text{3-磷酸甘油酸}$ , 催化此反应的酶是变位酶。

(6)  $2 \times \text{3-磷酸甘油酸} + \text{ATP} \rightarrow 2 \times \text{1,3-二磷酸甘油酸} + \text{ADP} + \text{Pi}$ , 催化此反应的酶是 3-磷酸甘油酸激酶。

(7)  $2 \times \text{1,3-二磷酸甘油酸} + 2\text{NADH} \rightarrow 2 \times \text{3-磷酸甘油醛} + 2\text{NAD}^+$ , 催化此反应的酶是 3-磷酸甘油醛脱氢酶, 以 NAD<sup>+</sup> 为辅助因子。

(8)  $\text{3-磷酸甘油醛} \rightarrow \text{磷酸二羟基丙酮}$ , 催化此反应的酶是异构酶。

(9)  $\text{3-磷酸甘油醛} + \text{磷酸二羟基丙酮} \rightarrow \text{1,6-二磷酸果糖}$ , 催化此反应的酶是醛缩酶。

(10)  $\text{1,6-二磷酸果糖} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{6-磷酸果糖} + \text{Pi}$ , 催化此反应的酶是二磷酸果糖酯酶。

(11)  $\text{6-磷酸果糖} \rightarrow \text{6-磷酸葡萄糖}$ , 催化此反应的酶是异构酶。

(12)  $\text{6-磷酸葡萄糖} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{葡萄糖} + \text{Pi}$ , 催化此反应的酶是 6-磷酸葡萄糖酯酶。

### 【3】青岛大学 2012 年硕士研究生入学考试试题

#### 一、名词解释 (每个名词 5 分, 共 50 分)

1. 中心法则 2. 尿素循环 3. 酮体 4. 波尔效应 5. 氧化磷酸化 6. 底物水平磷酸化  
7. 亲和色谱 8.  $\beta$ -折叠 9. 活性部位 10. 激素

**【参考答案】** 略

#### 二、是非题 (对的在括号内划“√”号, 错的划“×”号, 每题 2 分, 共 20 分)

1. D-葡萄糖、D-半乳糖和 D-果糖能生成同一种糖脎。( )
2. 酶的最适温度值与该酶的米氏常数一样, 都是该酶的特征常数。( )
3. 血红蛋白具有别构效应, 而肌红蛋白则没有。( )
4. 酶分子中的必需基团不一定是其活性位。( )
5. RNA 不是酶, 无催化作用。( )

6. DNA 只存在于细胞核中，细胞器内没有。( )
7. 所有维生素都是外源性的，人体均不能合成。( )
8. 脲酶的专一性很强，除作用于尿素外，不作用于其它物质。( )
9. 病毒或只含 DNA，或只含 RNA，从未发现两者兼有的病毒。( )
10. 维生素 B<sub>1</sub> 含 S 元素但不含 N 元素。( )

### 【参考答案】

1. √ 2. × 3. √ 4. √ 5. × 6. × 7. × 8. √ 9. √ 10. ×

### 三、问答题 (共 50 分)

1. 下列符号各代表什么? (10 分)
  - (1) UDPG
  - (2) NAD
  - (3) ACP · SH
  - (4) EMP
  - (5) cAMP
2. 写出米氏方程式，并作底物浓度对酶促反应速率影响的曲线。 (10 分)
3. 酶的专一性分哪几种 (举例说明)? (10 分)
4. 试解释
  - (1) 为什么运动员在短跑途中血浆乳酸的浓度会迅速上升? (5 分)
  - (2) 赛跑过后是什么原因使乳酸浓度降下来? (5 分)
5. 为什么说三羧酸循环在物质代谢中处于中心地位? (10 分)

### 【参考答案】

1. (1) 尿苷二磷酸葡萄糖 (2) 尼克酰胺腺嘌呤二核苷酸 (3) 酰基载体蛋白  
(4) 糖酵解途径 (5) 环化腺苷酸
2. 略
3. 酶的专一性可分为绝对专一性、相对专一性和立体异构专一性。其中，相对专一性又分为基团专一性和键专一性；立体异构专一性又分为旋光异构专一性、几何异构专一性。
  - (1) 绝对专一性：是指酶只能催化一种化合物发生反应，如脲酶催化尿素分解为氨和二氧化碳。
  - (2) 相对专一性：是指酶能催化一类物质发生反应。如蛋白酶、淀粉酶等。

基团专一性：酶能催化一类基团参与反应，如胰蛋白酶能催化碱性氨基酸羧基形成的肽键。

键专一性：酶能催化一类化学键发生反应，如蔗糖酶催化  $\alpha, \beta$ -1,2-糖苷键。

(3) 立体异构专一性：酶能催化异构体中的种发生反应。

旋光异构专一性：酶能催化旋光异构体中的一种，如乳酸脱氢酶催化 L-乳酸脱氢，对 D-乳酸不起作用；

几何异构专一性：酶能催化顺反异构体中的一种，如烯脂酰 CoA 水化酶催化反式烯脂酰 CoA 加水生成  $\beta$ -羟脂酰 CoA。

4. (1) 短跑之前，肌肉活动所需的能量主要由糖有氧氧化提供，也可进行糖的无氧酵解，所以乳酸的含量平稳。当运动途中，由于需要大量能量，而肌肉又处于暂时氧供应不足的状态，所以能量主要由糖酵解提供，葡萄糖氧化分解产生乳酸，所以乳酸的浓度会迅速

上升。

(2) 赛跑过后乳酸通过糖异生途径异生为糖使乳酸浓度降下来。乳酸异生为糖经过乳酸循环完成，需乳酸经血液循环进入肝脏，在肝脏将乳酸转化为葡萄糖，所以乳酸下降的速率比上升的速率缓慢。

5. ① 三羧酸循环是乙酰 CoA 最终氧化生成  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$  的途径。
- ② 糖代谢产生的碳骨架最终进入三羧酸循环氧化。
- ③ 脂肪分解产生的甘油可通过有氧氧化进入三羧酸循环氧化，脂肪酸经  $\beta$ -氧化产生乙酰 CoA 可进入三羧酸循环氧化。
- ④ 蛋白质分解产生的氨基酸经脱氨后碳骨架可进入三羧酸循环，同时，三羧酸循环的中间产物可作为氨基酸的碳骨架接受氨后合成必需氨基酸。所以，三羧酸循环是三大物质代谢共同通路。

#### 四、简答题 (30 分)

酒精发酵包含了哪些生物化学原理？请写出从葡萄糖开始所有反应方程式，说明产生 ATP 的情况并指出哪步反应为氧化反应、哪步反应为还原反应。

#### 【参考答案】

酒精发酵包含：多糖（淀粉）降解、糖酵解途径、乙醇发酵。

- (1)  $\text{G} \rightarrow \text{G}-6-\text{P}$ , 己糖激酶, 消耗 1ATP
- (2)  $\text{G}-6-\text{P} \rightarrow \text{F}-6-\text{P}$ , 异构酶
- (3)  $\text{F}-6-\text{P} \rightarrow \text{F}-1,6-2\text{P}$ , 磷酸果糖激酶, 消耗 1ATP
- (4)  $\text{F}-1,6-2\text{P} \rightarrow 3-\text{P}-\text{甘油醛} + \text{磷酸二羟基丙酮}$ , 醛缩酶
- (5)  $\text{磷酸二羟基丙酮} \rightarrow 3-\text{P}-\text{甘油醛}$ , 异构酶
- (6)  $3-\text{P}-\text{甘油醛} \rightarrow 1,3-2\text{P}-\text{甘油酸}$ ,  $3-\text{P}-\text{甘油酸脱氢酶}$ ,  $\text{NAD}^+$  为辅酶, 氧化反应
- (7)  $1,3-2\text{P}-\text{甘油酸} \rightarrow 3-\text{磷酸甘油酸}$ , 磷酸甘油酸激酶, 产生 1 分子 ATP
- (8)  $3-\text{磷酸甘油酸} \rightarrow 2-\text{磷酸甘油酸}$ , 磷酸甘油酸变位酶
- (9)  $2-\text{磷酸甘油酸} \rightarrow \text{磷酸烯醇式丙酮酸}$ , 烯醇化酶
- (10)  $\text{磷酸烯醇式丙酮酸} \rightarrow \text{丙酮酸}$ , 丙酮酸激酶, 产生 1 分子 ATP
- (11)  $\text{丙酮酸} \rightarrow \text{乙醛}$ , 丙酮酸脱羧酶
- (12)  $\text{乙醛} \rightarrow \text{乙醇}$ , 乙醇脱氢酶, 还原反应, 还原剂  $\text{NADH} + \text{H}^+$

#### 【4】浙江师范大学 2012 年硕士研究生入学考试试题

##### 一、填空题 (共 20 格, 每格 1.5 分, 共 30 分)

1. 在紫外光区有光吸收特性的氨基酸是 (1)、(2)、(3)。
2. 写出下列物质的分子结构式：丙酮酸 (4)，草酰乙酸 (5)；写出下列物质的名称

Asn (6)、Glu (7)。

3. 酶解过程中有三个不可逆反应，催化这三个反应的酶分别是 (8)、(9)、(10)。
4. 核酸在 (11) nm 附近有强吸收，是由于碱基中存在共轭双键。
5. 在操纵子模型中，操纵子由 (12)、(13) 和 (14) 三个元件组成。
6. 丙酮酸脱氢酶系含 (15) 等三种酶和辅酶 A 等 (16) 种辅助因子。
7. 酮体在体内生成部位是 (17)，它主要包括 (18)、(19)、(20) 三种物质。

### 【参考答案】

- |          |           |            |                   |          |          |
|----------|-----------|------------|-------------------|----------|----------|
| (1) 苯丙氨酸 | (2) 酪氨酸   | (3) 色氨酸    | (4) 略             | (5) 略    | (6) 天冬酰胺 |
| (7) 谷氨酸  | (8) 己糖激酶  | (9) 磷酸果糖激酶 | (10) 丙酮酸激酶        | (11) 260 |          |
| (12) 启动子 | (13) 操纵基因 | (14) 结构基因  | (15) 丙酮酸脱氢酶       | (16) 6   |          |
| (17) 肝脏  | (18) 乙酰乙酸 | (19) 丙酮    | (20) $\beta$ -羟丁酸 |          |          |

### 二、选择题 (共 15 小题，每小题 2 分，共 30 分)

1. 甘氨酸的解离常数是  $pK_1=2.34$ ,  $pK_2=9.60$ ，它的等电点 ( $pI$ ) 是 ( )  
A. 7.26      B. 5.97      C. 7.14      D. 10.77
2. 已知某酶的  $K_m$  值为  $0.05\text{ mol/L}$ ，要使此酶所催化的反应速率达到最大反应速率的 80% 时底物的浓度应为多少？( )  
A.  $0.2\text{ mol/L}$       B.  $0.4\text{ mol/L}$       C.  $0.1\text{ mol/L}$       D.  $0.05\text{ mol/L}$
3. 目前公认的酶与底物结合的学说是 ( )  
A. 活性中心说      B. 诱导契合学说      C. 锁匙学说      D. 中间产物学说
4. 核酸中核苷酸之间的连接方式是 ( )  
A.  $2',5'$ -磷酸二酯键      B. 氢键  
C.  $3',5'$ -磷酸二酯键      D. 糖苷键
5. 糖原分解过程中磷酸化酶催化磷酸解的键是 ( )  
A.  $\alpha$ -1,6-糖苷键      B.  $\beta$ -1,6-糖苷键      C.  $\alpha$ -1,4-糖苷键      D.  $\beta$ -1,4-糖苷键
6. 脂肪酸合成需要的  $\text{NADPH}+\text{H}^+$  主要来源于 ( )  
A. TCA      B. EMP      C. 磷酸戊糖途径      D. 以上都不是
7. 下列氨基酸中哪一种可以通过转氨作用生成  $\alpha$ -酮戊二酸？( )  
A. Glu      B. Ala      C. Asp      D. Ser
8. 嘧啶核苷酸合成原料是 ( )  
A. 甘氨酸, 谷氨酸,  $\text{CO}_2$       B. 甘氨酸, 谷氨酰胺,  $\text{CO}_2$   
C. 谷氨酸, 谷氨酰胺,  $\text{CO}_2$       D. 甘氨酸, 谷氨酸, 谷氨酰胺
9. 逆转录酶是一类 ( )  
A. DNA 指导的 DNA 聚合酶      B. DNA 指导的 RNA 聚合酶  
C. RNA 指导的 DNA 聚合酶      D. RNA 指导的 RNA 聚合酶
10. 阻遏蛋白结合的位点是 ( )  
A. 调节基因      B. 启动因子      C. 操纵基因      D. 结构基因
11. 磷酸戊糖途径的真正意义在于产生 ( ) 的同时产生许多中间物如核糖等。

- A. NADPH+H<sup>+</sup>    B. NAD<sup>+</sup>    C. ADP    D. CoASH

12. 在 TCA 循环中, 下列哪一个阶段发生了底物水平磷酸化? ( )

- A. 柠檬酸→α-酮戊二酸    B. 琥珀酰 CoA→琥珀酸  
C. 琥珀酸→延胡索酸    D. 延胡索酸→苹果酸

13. 下列关于糖的甜度排列正确的是 ( )。

- A. 果糖>蔗糖>葡萄糖    B. 葡萄糖>蔗糖>果糖    C. 蔗糖>果糖>葡萄糖

14. 具 5'-CpGpGpTpAp-3' 顺序的单链 DNA 能与下列哪种 RNA 杂交? ( )

- A. 5'-GpCpCpAp-3'    B. 5'-GpCpCpApUp-3'  
C. 5'-UpApCpCpGp-3'    D. 5'-TpApCpCpGp-3'

15. RNA 和 DNA 彻底水解后的产物 ( )。

- A. 核糖相同, 部分碱基不同    B. 碱基相同, 核糖不同  
C. 碱基不同, 核糖不同    D. 碱基不同, 核糖相同

### 【参考答案】

1. B  2. A  3. B  4. C  5. C  6. C  7. A  8. B  9. C  10. C  11. A  12. B

13. A  14. C  15. C

**三、判断题** (共 20 小题, 每小题 1.5 分, 共 30 分; 对的打“√”, 错的打“×”)

1. 生物体内只有蛋白质才含有氨基酸。( )
2. 所有的蛋白质都具有一、二、三、四级结构。( )
3. 蛋白质中所有氨基酸在紫外光区都有光吸收特性。( )
4. 当某一酸性蛋白质 ( $pI < 7$ ) 溶解在 pH9.0 的缓冲溶液中, 此蛋白质所带的净电荷为负。( )
5. 镰刀型红细胞贫血病是一种先天遗传性的分子病, 其病因是由于正常血红蛋白分子中的一个谷氨酸残基被缬氨酸残基所置换。( )
6. 人体排泄的嘌呤代谢终产物是尿素。( )
7. 米氏常数 ( $K_m$ ) 是与反应系统的酶浓度无关的一个常数。( )
8. 一般来说酶是具有催化作用的蛋白质, 相应的, 蛋白质都是酶。( )
9. 酶活性中心是酶分子的一小部分。( )
10. DNA 分子中的 G 和 C 的含量愈高, 其熔点 ( $T_m$ ) 值愈大。( )
11. 如果 DNA 一条链的碱基顺序是 CTGGAC, 则互补链的碱基序列为 GACCTG。( )
12. 在 tRNA 分子中, 除四种基本碱基 (A、G、C、U) 外, 还含有稀有碱基。( )
13. DNA 是遗传物质, 而 RNA 则不是。( )
14. 细胞液中的 NADH 通过苹果酸穿梭作用进入线粒体, 其 P/O 值约为 1.5。( )
15. 物质在空气中燃烧和在体内的生物氧化的化学本质是完全相同的, 但所经历的路途不同。( )
16. 糖酵解反应有氧无氧均能进行。( )

17. 动物体内心合成糖原时需要 ADPG 提供葡萄糖基，植物体内合成淀粉时需要 UDPG 提供葡萄糖基。（ ）
18. 蛋白质生物合成所需的能量都由 ATP 直接供给。（ ）
19. 生物遗传信息的流向，只能由 DNA——RNA 而不能由 RNA——DNA。（ ）
20. 真核生物 mRNA 多数为多顺反子，而原核生物 mRNA 多数为单顺反子。（ ）

### 【参考答案】

1. × 2. × 3. × 4. √ 5. × 6. × 7. √ 8. × 9. √ 10. √ 11. ×  
12. √ 13. × 14. × 15. √ 16. √ 17. × 18. × 19. × 20. √

### 四、简答及计算题（6 题选做 4 题，每小题 5 分，共 20 分）

1. 与 DNA 聚合酶不同，RNA 聚合酶没有校正活性，试解释为什么 RNA 聚合酶缺少校正功能对细胞并无很大害处？
2. 假如给因氨中毒导致肝昏迷的病人注射鸟氨酸、谷氨酸和抗生素，请解释注射这几种物质的用意何在？
3. 计算下列溶液的 pH 值：(1) 0.2mol/L Gly 溶液与 0.1mol/L NaOH 溶液等体积混合的混合液；(2) 0.2mol/L Gly 溶液与 0.1mol/L HCl 溶液等体积混合的混合液。(写出计算步骤)(Gly 的  $pK_1 = 2.34$ ,  $pK_2 = 9.60$ )
4. 酶原激活的机制是什么？该机制如何体现“蛋白质一级结构决定高级结构”的原理？
5. 什么是  $\beta$ -氧化？1mol 硬脂酸彻底氧化可净产生多少摩尔 ATP？
6. 简述磷酸戊糖途径的生理意义。

### 【参考答案】

1. RNA 聚合酶缺乏校对活性使得转录的错误率比 DNA 复制的错误率高。但是所合成的有缺陷的 RNA 分子不可能影响细胞的生存力，因为从一个给定基因所合成的 RNA 大多数拷贝是正常的，有缺陷的蛋白质只占所合成蛋白质总数很小的百分比，而且转录时产生的错误很快被消除，因为大多数 RNA 分子的半衰期很短。
2. (1) 人和哺乳类动物是在肝中依靠鸟氨酸循环将氨转变为无毒的尿素。鸟氨酸作为 C 和 N 的载体，可以促进鸟氨酸循环。  
 (2) 谷氨酸可以与氨结合成谷氨酰胺而降低氨的浓度。  
 (3) 抗生素可抑制肠道微生物的生长，减少氨的生成。
3. (1) 9.60 (2) 2.34
4. 酶原激活的机制是酶的活性中心形成或暴露的过程。当以酶原的形式存在时，氨基酸组成的多肽链形成一种空间结构，这种结构中，构成酶活性中心的氨基酸残基在空间排列的位置不同，不能形成有效的活性中心，酶没有催化活力；当酶原被激活时，从酶原分子中切除部分氨基酸残基，氨基酸的组成发生改变，一级结构也随之改变，这时氨基酸残基之间的相互作用力也发生变化，在酶原中相聚比较远的氨基酸残基由于分子的重新折叠而相互作用形成了酶的活性中心，或者是使酶的活性中心的空间位置发生改变而暴露了酶的活性中心，使酶具有催化活性。所以一级结构变化影响空间结构的形成，一级结构决定空间结构。

5. 120ATP

6. (1) 磷酸戊糖途径中产生的 5-磷酸核糖是生成核酸的原料，核酸分解产生的戊糖也要进入这个途径转化；4-磷酸赤藓糖可生成芳香族氨基酸，与蛋白质代谢相联系。(2) 磷酸戊糖途径中产生的还原型辅酶Ⅱ是脂肪、胆固醇等多种物质合成的还原剂，为这些物质的合成提供氢。(3) 磷酸戊糖途径可与糖酵解、有氧分解相联系。(4) 磷酸戊糖途径与光合作用密切相关，该途径产生的三碳糖、五碳糖、七碳糖都是光合作用的中间产物，通过磷酸戊糖途径实现单糖之间的相互转化。(5) 在特殊生理条件下，NADPH 可经呼吸链氧化产生能量。

## 五、问答题 (6 题选做 4 题，每小题 10 分，共 40 分)

1. 以软脂酸为例，比较说明脂肪酸  $\beta$ -氧化与脂肪酸生物合成的异同。
2. 写出柠檬酸循环的四步脱氢反应和一步底物水平磷酸化反应的反应方程式，并说明柠檬酸循环的生理意义。
3. 由下列信息推断八肽的序列，请写出解析过程。
  - (1) 酸水解得 Ala、Arg、Leu、Met、Phe、Thr、2Val。
  - (2) Sanger 试剂处理得 DNP-Ala。
  - (3) 胰蛋白酶处理得 Ala、Arg、Thr 和 Leu、Met、Phe、2Val。当以 Sanger 试剂处理时分别得到 DNP-Ala 和 DNP-Val。
  - (4) 溴化氰处理得 Ala、Arg，高丝氨酸内酯 (Met)、Thr、2Val 和 Leu、Phe。当用 Sanger 试剂处理时，分别得到 DNP-Ala 和 DNP-Leu。
4. 在一个具有全部细胞功能的哺乳动物细胞匀浆中分别加入 1mol 下列不同的底物，每种底物完全被氧化为  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$  时，将产生多少摩尔 ATP 分子？
  - (1) 丙酮酸
  - (2) 烯醇丙酮酸磷酸
  - (3) 乳酸
  - (4) 果糖-1,6-二磷酸
  - (5) 二羟丙酮磷酸
  - (6) 草酰琥珀酸
5. 简述原核生物中 DNA 复制的过程。
6. 什么是米氏方程，米氏常数  $K_m$  的意义是什么？用图示说明米氏酶促反应速率与底物浓度的关系曲线（横轴：底物浓度；纵轴：反应速率；并标注  $K_m$ ）

## 【参考答案】

1. 见脂类代谢训练。

2. 反应式略。

柠檬酸循环的生理意义：(1) 柠檬酸循环是高效率产能过程，一次循环可生成 10ATP；(2) 柠檬酸循环是糖、脂、蛋白质三大物质转化的枢纽，也是三大物质彻底氧化的共同途径；(3) 柠檬酸循环所产生的中间产物是其他化合物的合成前体。

3. (1) 由酸水解结果可知此八肽是由 Ala、Arg、Leu、Met、Phe、Thr、2Val 组成。
- (2) Sanger 试剂处理得 DNP-Ala，说明 N 末端是 Ala。
- (3) 胰蛋白酶处理得 Ala、Arg、Thr 和 Leu、Met、Phe、2Val。因胰蛋白酶水解碱性氨基酸羧基形成的肽键，说明第三位是 Arg，第二位是 Thr。当以 Sanger 试剂处理时分别得到 DNP-Ala 和 DNP-Val，说明三肽和五肽的 N 末端分别是 Ala 和 Val，第四位是 Val。

(4) 溴化氰处理得 Ala、Arg、高丝氨酸内酯 (Met)、Thr、2Val 和 Leu、Phe。说明溴化氰水解得到一个六肽，C 末端是甲硫氨酸，即第六位氨基酸，根据组成，第五位是 Val。当用 Sanger 试剂处理时，分别得到 DNP-Ala 和 DNP-Leu。说明二肽的 N 末端是 Leu，即第七位是 Leu，第八位是 Phe。所以此八肽的顺序是：Ala-Thr-Arg-Val-Val-Met-Leu-Phe。

4. 如果不考虑胞液中 NADH 的穿梭，各化合物氧化产生的 ATP 分别是：

- (1) 12.5 (2) 13.5 (3) 15 (4) 34 (5) 17 (6) 20

5. (1) 复制的起始：DnaA 蛋白识别复制起点、解链酶解开双链，形成复制叉。Dna 旋转酶（拓扑异构酶 II）在复制叉前端移动，消除前端双链的扭转张力；单链结合蛋白 (SSB 蛋白) 结合与解开的单链部位，保护单链，防止其重新复性，并保护其不受细胞内核酸酶的降解。(2) DNA 链的延伸（半不连续复制）：RNA 引物的形成、前导链的引发与合成、滞后链的引发与合成。(3) 复制的终止：当复制叉移动到终止部位时，复制停止。

6. 略

## 【5】暨南大学 2012 年硕士研究生入学考试试题

### 一、填空题（每空 2 分，共 40 分）

1. 当氨基酸溶液  $pH=pI$  时，氨基酸以 (1) 存在；当  $pH>pI$  时，氨基酸以 (2) 形式存在。
2. 蛋白质二级结构的形式主要有 (3)、(4)、(5) 和 (6)。
3. 酶的活性中心有两个功能部位，它们分别是 (7) 和 (8)。
4. A 因子存在时，一个酶的初速率对底物浓度曲线为 S 形，而当 A 因子浓度增高时，此线左移，说明 A 因子是 (9)。
5. 由尿素合成中产生的两种氨基酸 (10) 和 (11) 不参与人体蛋白质合成。
6. 生物体在碱基的从头合成途径中，第一个合成的嘌呤类化合物是 (12)，第一个合成的嘧啶类化合物是 (13)，在人体中嘌呤碱基代谢的终产物为 (14)。
7. 一分子 14 碳长链脂酰 CoA 可经 (15) 次  $\beta$ -氧化生成 (16) 个乙酰 CoA、(17) 个  $NADH+H^+$ 、(18) 个  $FADH_2$ 。
8. 胆固醇在体内可以转化为 (19)、(20) 等活性物质。

### 【参考答案】

- (1) 两性离子 (2) 负离子 (3)  $\alpha$ -螺旋 (4)  $\beta$ -折叠 (5)  $\beta$ -转角  
 (6) 无规则卷曲 (7) 结合部位 (8) 催化部位 (9) 别构激活剂 (10) 鸟氨酸  
 (11) 瓜氨酸 (12) IMP (13) UMP (14) 尿酸 (15) 6 (16) 7 (17) 7  
 (18) 7 (19) 固醇类激素 (20) 维生素 D

### 二、名词解释（每题 5 分，共 50 分）

1. 结构域 2. 负协同效应 3. 蛋白质的变性作用 4. 一碳单位 5. 简并密码子

6. 冈崎片段 7. 巴斯德效应 8. 三羧酸循环 9. 限速酶 10. 酮体

### 【参考答案】略

### 三、简答题（共 60 分）

1. 如何看待 RNA 功能的多样性？其核心作用是什么？(8 分)
2. 在得到蛋白质粗提液后，应该采用什么样的分离程序分离欲得到的靶酶？如何检测所获得的靶酶已被纯化？(8 分)
3. 氨是有毒物质，不能在血液中游离存在，它是如何进行转运的？(10 分)
4. 大肠癌细菌在合成蛋白质时是如何区分起始密码 AUG 和内部密码 AUG 的？(6 分)
5. 蛋白质有哪些重要功能？(10 分)
6. 生物膜分子结构的理论模型有哪些？“流动镶嵌模型”的基本内容是什么？(6 分)
7. NADH 和 NADPH 的生物学功能区别是什么？那个被用于 ATP 的产生？(6 分)
8. ATP 是磷酸果糖激酶的底物，但高浓度的 ATP 却抑制该酶的活性，为什么？(6 分)

### 【参考答案】

1. RNA 有五类功能：(1) 控制蛋白质的合成；(2) 作用于 RNA 转录后的加工与修饰；(3) 基因表达与细胞功能的调节；(4) 生物催化与其他细胞持家功能；(5) 遗传信息的加工与进化。其核心功能是：遗传信息从 DNA 到蛋白质的中间传递体。

2. (1) 盐析：上清液加入一定量的硫酸铵去除蛋白质杂质后，在上清液中加入大量中性盐沉淀目标蛋白质，离心留沉淀。(2) 透析：将沉淀物放入半透膜制成的透析袋中，再浸入透析液进行分离。除去无机盐。(3) 亲和色谱：将透析过的蛋白质样品加到已共价结合以该酶作用底物为配基的凝胶柱上，加入流动相，洗脱收集亲和分子（靶酶）。(4) PAGE：将收集的靶酶进行凝胶电泳，检测其纯度及均一性。

3. 氨在体内通过谷氨酰胺和丙氨酸-葡萄糖循环进行转运。(1)  $\text{NH}_3 + \text{Glu} + \text{ATP} \rightarrow \text{Gln} + \text{ADP} + \text{Pi}$ ，谷氨酰胺合成酶。(2) 丙氨酸-葡萄糖循环：在肌肉中脱氨基作用产生的氨通过转氨基作用转移给丙酮酸生成丙氨酸，丙氨酸随血液循环进入肝脏，在肝脏中丙氨酸通过联合脱氨基作用释放氨用于合成尿素，丙酮酸经糖异生作用生成葡萄糖，运回肌肉，经糖酵解途径重新生成丙酮酸产生能量。

4. 原核生物的起始 tRNA 是 fMet-tRNA (fMet 是甲酰化的甲硫氨酸)，延伸中的 tRNA 是 Met-tRNA。延伸因子 EF-Tu (热不稳定蛋白) 只能与 fMet-tRNA 以外的其他 AA-tRNA 起反应，这就是 mRNA 内部的 AUG 不会被起始 tRNA 读出的原因。

5. 蛋白质是生命活动的体现者。具有催化作用（酶）；调节作用（免疫球蛋白）；运输作用（血红蛋白）；贮存作用；作为结构成分等。蛋白质也可作为能量的来源、氮源、提供缓冲效应和体液渗透压。

6. (1) 脂双层模型：1925 年荷兰 Gorter 和 Grendel 用丙酮抽提了红细胞膜的脂质并铺成单分子层测定并估算了红细胞膜的表面积，提出脂质分子以双分子排列的模型；1935 年 Danielli 在前两位科学家研究的基础上提出脂双层模型，认为生物膜是两层磷脂分子的脂肪酸烃链伸向膜中心，其极性端则面向两侧水相。蛋白质分子以单层覆盖两侧，因而形成蛋

白质-脂质-蛋白质的“三明治”式结构。(2) 流动镶嵌模型：1972年提出，认为膜是由脂质和蛋白质分子按二维排列的流体，具有流动性；膜蛋白分布的不对称性，有的蛋白质镶在脂质双分子层表面，有的则部分或全部嵌入其内部，有的则横跨整个膜，显示了膜蛋白分布的不对称性。

7. NADH 和 NADPH 都是脱氢酶的辅助因子形式。NADH 是呼吸链的组成成分，通过呼吸链氧化释放能量形成 ATP；NADPH 是还原力，主要用于合成代谢如脂肪酸、胆固醇的合成过程中的还原剂，也使红细胞的 GSH 处于还原状态维持细胞膜的完整。

8. ATP 即是磷酸果糖激酶的底物，又是该酶的别构抑制剂。高浓度的 ATP 由于增高了磷酸果糖激酶的  $K_m$  而对该酶造成了抑制作用。磷酸果糖激酶的活性受 ATP/AMP 值的影响，所以高浓度的 ATP 会抑制该酶的活性。

## 【6】杭州师范大学 2012 年硕士研究生入学考试题

### 一、名词解释（共 10 题，每题 5 分，共 50 分）

- |                                 |  |
|---------------------------------|--|
| 1. 必需氨基酸 (essential amino acid) | 2. 结构域 (domain)                                |
| 3. 黏性末端 (cohesive end)          | 4. $T_m$ (melting temperature)                 |
| 5. $K_m$ (Michaelis constant)   | 6. 别构效应 (allosteric effects)                   |
| 7. 端粒酶 (telomerase)             | 8. $\beta$ -氧化途径 ( $\beta$ -oxidation pathway) |
| 9. 酮体 (ketone body)             | 10. 鸟氨酸循环 (ornithine cycle)                    |

【参考答案】略

### 二、问答题（共 7 题，第 1 题 10 分，第 2~7 题每题 15 分，共 100 分）

1. 已知苏氨酸 (Thr) 的  $pK_1(-\text{COOH})=2.63$ ,  $pK_2(-\text{NH}_3)=10.43$ , 试计算苏氨酸的等电点；另外，请写出 2 个氨基酸缩合形成肽键的通式。（10 分）

2. 当一种 4 肽与 FDNB 反应后，用 5.7 mol/L HCl 水解得到 DNP-Val 及 3 种其他氨基酸；当该 4 肽用胰蛋白酶水解时发现有两种碎片段，其中一片用  $\text{LiBH}_4$  还原后再进行酸水解，水解液内有氨基乙醇和一种在有浓硫酸条件下能与乙醛酸反应产生紫（红）色产物的氨基酸；但将分离得到的 4 个完整的氨基酸分别加到含次氯酸钠及  $\alpha$ -萘酚的氢氧化钠溶液中，结果没有红色产生。根据以上信息，推断该 4 肽的一级结构是由哪几种氨基酸组成。（15 分）

3. 真核生物 mRNA 的一级结构有什么主要特征？tRNA 的二级结构有什么主要特征？某同学在提取某真核生物细胞总 RNA 后进行电泳，看到了 3 条带，认为看到的就是 mRNA，这种看法是否正确？（15 分）

4. 人体内嘌呤代谢和嘧啶代谢的最终产物各是什么？（15 分）

5. 简述 DNA 复制的过程。现在人们可以在体外模拟体内进行 DNA 的复制，这种反应

叫什么反应? (15 分)

6. 简述糖代谢中三羧酸循环的反应过程。(15 分)
7. 什么是呼吸链? 组成呼吸链的主要成员有哪些? (15 分)

### 【参考答案】

1.  $pI = 6.53$

2. FDNB 即 2,4-二硝基氟苯, 在弱碱性溶液中可与肽链 N 末端的氨基酸生成黄色的二硝基苯氨基酸 (DNP-AA)。盐酸水解可以打开所有的肽链, 是蛋白质或者多肽变为游离的氨基酸。LiBH<sub>4</sub> 还原羧酸成为醇类, 可使 C 末端 AA 还原为相应的氨基醇。胰蛋白酶可专一性水解由碱性氨基酸 (Lys、Arg) 羧基端形成的肽键。

**解题** (1) 因为 FDNB 反应后经 5.7 mol/L HCl 水解得到 DNP-Val 及 3 种其他氨基酸, 所以 N 末端是 Val。解出: Val - - - - -。

(2) 其中一片用 LiBH<sub>4</sub> 还原后再进行酸水解, 水解液内有氨基乙醇, Gly 是氨基乙酸, 因此 C 末端是 Gly。浓硫酸条件下能与乙醛酸反应产生紫 (红) 色产物的氨基酸是 Trp。解出: Val - - - Trp - Gly

(3) 当这 4 肽用胰蛋白酶水解时发现有两种片段, 所以水解此肽键—COOH 末端是 Lys 或者 Arg。解出: Val - Lys - Trp - Gly 或者 Val - Arg - Trp - Gly

(4) 4 个完整的氨基酸分别加到含次氯酸钠及  $\alpha$ -萘酚的氢氧化钠溶液中, 结果没有红色产生, 说明其中没有精氨酸。

所以这个四肽是: Val - Lys - Trp - Gly

3. (1) mRNA 为单链多聚核苷酸, 核苷酸之间以 3',5'-磷酸二酯键相连。主要特点为: ①mRNA 种类多, 分子量差异很大; ②真核细胞 mRNA 为单顺反子, 有 5'-非编码区、中间的编码区和 3'-非编码区; ③真核细胞 mRNA 5' 末端有一帽子结构, 最常见的是 m<sup>7</sup>GpppNp, 帽子有防止核酸外切酶的降解作用, 同时有助于核糖体与 mRNA 的识别与结合; ④大多数真核细胞 mRNA 3' 末端有一多聚腺苷酸尾巴, 即 poly (A) 结构, 与 mRNA 的稳定性及运输有关。

(2) tRNA 的二级结构为三叶草形, 由 5 部分组成: 氨基酸臂、二氢尿嘧啶环、反密码环、TψC 环、额外环。氨基酸臂可以携带活化的氨基酸, 反密码环具有识别 mRNA 上的密码子将氨基酸带到核糖体指定位点。

(3) 不正确。提取的总 RNA 一般只能看见 rRNA, 真核生物中应该就是 28S、18S、5S 三条带, 和 mRNA 的情况无关。mRNA 由于丰度和大小不一等关系, 电泳时看不到带的。

4. 人体嘌呤代谢的终产物是尿酸。过程略。

5. 过程 (1) 复制的起始: DnaA 蛋白识别复制起点、解链酶解开双链, 形成复制叉。Dna 旋转酶 (拓扑异构酶 II) 在复制叉前端移动, 消除前端双链的扭转张力; 单链结合蛋白 (SSB 蛋白) 结合与解开的单链部位, 保护单链, 防止其重新复性, 并保护其不受细胞内核酸酶的降解。(2) DNA 链的延伸 (半不连续复制): RNA 引物的形成、前导链的引发与合成、滞后链的引发与合成。(3) 复制的终止: 当复制叉移动到终止部位时, 复制停止。

在体外模拟体内进行的 DNA 复制叫 PCR。

6. 略

7. 略

## 【7】浙江理工大学 2012 年硕士研究生入学考试试题

### 一、解释概念（每小题 2 分，共 20 分）

1. Edman 降解 2. 泛肽 3. 波尔效应 4. 第二信使 5. 反竞争性抑制作用
6. 融解温度 7. 酮体 8. H-DNA 9. 滚环复制 10. 不对称转录

【参考答案】略

### 二、简答题（每小题 5 分，共 30 分）

1. 简要写出以下人物在生物化学领域的贡献
  - (1) H. Krebs
  - (2) C. Bohr
  - (3) L. Pauling
  - (4) K. Mulis
  - (5) F. Sanger
2. 影响酶高催化效率的因素有哪些？为什么说咪唑基是酸碱催化中的重要基团？
3. 双螺旋 DNA 一条链的碱基序列为 5'-GCGCAATATTCTCAAAATATTGCGC-3'，写出它的互补链。该 DNA 片段中含有什么特殊类型的序列？该双链 DNA 有能力形成另外一种结构吗？
4. FAD 作为丙酮酸脱氢酶系中的二氢硫辛酰脱氢酶的辅基，在丙酮酸脱氢时先被还原成 FADH<sub>2</sub>，然后将电子传给 NAD<sup>+</sup>，生成 NADH，NADH 通过呼吸链产生 2.5ATP。因而，丙酮酸脱氢酶系催化的反应中 FADH<sub>2</sub> 间接产生 2.5ATP。对这种看似矛盾的现象提出你的解释。
5. 蛋白质二级结构有哪些主要类型？蛋白质的  $\alpha$ -螺旋结构有何特点？
6. 某些植物的花通过产热来吸引昆虫采蜜，这在进化上的好处是明显的，但这种特殊的方式在其代谢上的代价也是很高的。你认为这种植物会通过什么样的机制产热？

【参考答案】

1. (1) 发现三羧酸循环途径 (2) 提出 H<sup>+</sup>、CO<sub>2</sub>、BPG 对血红蛋白的影响
- (3) 提出蛋白质二级结构中  $\alpha$ -螺旋、 $\beta$ -折叠结构；阐述了镰形细胞贫血病的机理
- (4) 聚合酶链反应 (PCR) (5) 胰岛素一级结构测序——DNFB 法
2. 影响酶高效催化作用的因素有邻近定向效应、诱导形变效应、酸碱催化、共价催化、微环境效应等。因为组氨酸的咪唑基的解离常数与环境 pH 接近，即可以作为广义酸又可作为广义碱。
3. 5'-GCGCAATATTGAGAAATATTGCGC-3'  
含有回文序列，单链可形成发卡结构，双链可形成十字结构。
4. 主要与 FAD 所处的氧化还原电位有关，在二氢硫辛酸脱氢酶分子上的 FAD 的标准氧化还原电位比较低，电子可转移到 NAD<sup>+</sup>，而在琥珀酸脱氢酶分子中的 FAD 氧化还原电

位较高，不能转移给 NAD<sup>+</sup>。

5. 蛋白质二级结构主要有  $\alpha$ -螺旋、 $\beta$ -折叠、 $\beta$ -转角和无规则卷曲四种。 $\alpha$ -螺旋为右手螺旋，每 3.6 个氨基酸残基上升一周，螺距 5.4nm，稳定  $\alpha$ -螺旋的作用力是链内氢键，R 基团位于螺旋的外侧。

6. 无效循环或解偶联作用，代价是合成 ATP 的效率下降。

### 三、问答题（共 100 分）

1. 色谱法是蛋白质分离纯化的常用方法，请写出 5 种分离纯化蛋白质的色谱方法，并写明其分离蛋白质的依据是什么。（15 分）

2. 何谓操纵子学说？试以大肠杆菌乳糖操纵子为例说明酶合成的诱导和阻遏。（10 分）

3. 酵母是一种单细胞真核生物，其细胞内某些化合物的浓度可以被人为地改变。试预测下列几种物质浓度的变化对糖酵解有何影响？为什么？（15 分）（1）细胞里缺乏无机磷酸，（2）无氧条件下在无锌的培养基中生长，（3）磷酸二羟丙酮被用去合成脂肪和磷脂。

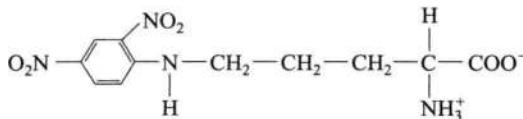
4. 来自 *Bacillus brevis* 的小肽抗生素与金属离子形成复合物，显著干扰其他细菌的细胞跨膜离子运输，此肽序列分析的相关结果如下：

(a) 完全酸水解获得等摩尔的 Leu、Phe、Pro、Val 和 Orn（鸟氨酸）。

(b) 小肽相对分子质量约为 1200。

(c) 用羧肽酶处理未发生水解（羧肽酶不能水解 C 末端为 Pro 或无游离羧基的 C 末端氨基酸残基）。

(d) 1-氟-2,4-二硝基苯处理小肽，完全水解后色谱分析只获得游离氨基酸和如下衍生物：



(e) 小肽部分水解、色谱分离并测序，得到如下二肽和三肽。二肽：Leu-Phe、Phe-Pro、Orn-Leu、Val-Orn；三肽：Val-Orn-Leu、Phe-Pro-Val、Pro-Val-Orn。请回答：

(1) 推导该小肽的氨基酸序列，解释你的理由。（10 分）

(2) 根据推导序列，验证上述每步实验结果。（10 分）

5. 通常以 DNA 中的 G、C 含量来描述其分子特征。（20 分）

(1) 当 DNA 分子一条链中的  $(A+G)/(T+C)$  比例为 0.7 时，试回答：

a. 此 DNA 分子另一条链（即互补链）中的  $(A+G)/(T+C)$  比例是多少？为什么？

b. 整个 DNA 分子中的  $(A+G)/(T+C)$  的比例是多少？为什么？

(2) 当 DNA 分子一条链中的  $(A+T)/(G+C)$  比例为 0.7 时，试回答：

a. 此 DNA 分子另一条链（即互补链）中的  $(A+T)/(G+C)$  比例是多少？为什么？

b. 整个 DNA 分子中的  $(A+T)/(G+C)$  的比例是多少？为什么？

6. 某短跑教练为了提高他的短跑运动员比赛成绩而让他们坚持吃低糖、高蛋白的食物，你认为一段时间后这种措施是否有效？为什么？（10 分）

7. RNA 与 DNA 一样，都是由核糖和碱基排列起来的分子，虽然迄今为止，“风光占尽”的是 DNA，但目前认为 RNA 正开创生命科学的一个新时代，有关 RNA 的研究成果越

来越令人瞩目，生物学顶级期刊上有关 RNA 生物功能的研究也层出不穷。请根据现有研究成果论述 RNA 的生物功能多样性。(10 分)

### 【参考答案】

1. (1) 薄层色谱：以涂布于支持板上的支持物作为固定相，以合适的溶剂为流动相，对混合样品进行分离、鉴定和定量的一种色谱分离技术。依靠蛋白质在两相的吸附力不同而分离蛋白质混合物。

(2) 亲和色谱：是利用生物大分子与某些对应的专一分子特异识别和可逆结合的特性而建立起来的一种分离生物大分子的色谱方法。由于蛋白质(酶)与底物专一结合特性，使得混合蛋白质中只有一种与配基结合，从而达到此蛋白质与其他蛋白分离的目的。

(3) 凝胶过滤色谱：利用凝胶的分子筛效应，使分子大小不同的组分被排阻的程度不同，大分子不能进入凝胶的内部，便直接沿凝胶颗粒的间隙流出，较小的分子在凝胶颗粒内部自由出入，这样，大分子物质先被洗脱出来，小分子的物质后被洗脱出来，从而达到分离的目的。由于蛋白质分子量差异，因而洗脱体积不同，排出时间也不一样。

(4) 离子交换色谱：是利用离子交换剂上的可交换离子与周围介质中被分离的各种离子间的亲和力不同，经过交换平衡达到分离目的的一种色谱法。由于蛋白质等电点不同，在某一 pH 条件下带电荷不同，与离子交换剂的交换能力不同，因此洗脱的速率不同而达到分离。

(5) 等电聚焦色谱：是利用两种电解质产生的连续 pH 梯度，使不同等电点的物质聚焦在与其等电点相等的 pH 处。

2. (1) 操纵子学说是为了了解释蛋白质合成控制而提出的一个学说。一般认为操纵子是一个转录单位，它含有紧密地连锁在一起的几个结构基因和一个操纵基因。当操纵基因开放时，结构基因可通过转录 mRNA 去合成蛋白质或酶。操纵基因又受一种调节基因所指导的蛋白质-阻遏物的控制。还有一种效应物，是细胞内专门影响蛋白质(酶)生产的代谢物。已知效应物有两类，一类属于诱导物，它能使阻遏物失活，从而使操纵基因开放；另一类属于辅阻遏物，它能激活阻遏物，使操纵基因关闭。在酶促反应中，底物多为诱导物，产物多为辅阻遏物。

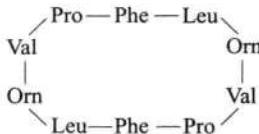
(2) 乳糖操纵子是由依次排列的调节基因、启动子、操纵基因和 3 个相连的编码利用乳糖的酶的结构基因组成。乳糖操纵子有负调控和正调控两种方式。乳糖是乳糖操纵子的诱导物。当有葡萄糖存在的情况下，阻遏蛋白与操纵基因结合，封闭了结构基因的转录，因此大肠杆菌不能代谢乳糖。当只有乳糖时，乳糖与阻遏蛋白结合，改变了其构象，阻遏蛋白不能与操纵基因结合，于是 RNA 聚合酶结合于启动子，并顺利通过操纵基因进行结构基因的转录和表达。当即有葡萄糖又有乳糖时，大肠杆菌优先利用葡萄糖，此时乳糖操纵子处于非活化状态，有利于葡萄糖代谢；当大肠杆菌利用完葡萄糖后再激活乳糖操纵子，从而利用乳糖继续生长。

3. (1) 当细胞缺少无机磷酸时，糖酵解作用减弱。因为糖酵解的 3-P-甘油醛脱氢氧化生成 1,3-二磷酸甘油酸时需无机磷酸参加。

(2) 无氧条件下在无锌的培养基中生长，糖酵解作用减弱。因为锌是磷酸甘油脱氢酶、乙醇脱氢酶、乳酸脱氢酶的激活剂，缺少锌，使这几种酶活性下降。

(3) 磷酸二羟丙酮被用去合成磷脂或脂肪，糖酵解作用加强。因为磷酸二羟丙酮被消耗后可以由 3-P-甘油醛转化，加快了葡萄糖分解产生三碳化合物的速率。

4. 环状十肽。



5. (1) 设 DNA 的两条链分别为  $\alpha$  和  $\beta$ ，那么：

$$\alpha A = \beta T, \alpha T = \beta A; \alpha G = \beta C, \alpha C = \beta G$$

$$\text{因为}, (\alpha A + \alpha G) / (\alpha T + \alpha C) = (\beta T + \beta C) / (\beta A + \beta G) = 0.7$$

$$\text{所以, 互补链中 } (\beta A + \beta G) / (\beta T + \beta C) = 1 / 0.7 = 1.43$$

(2) 在整个 DNA 分子中，因为  $A = T, G = C$

$$\text{所以, } A + G = T + C, (A + G) / (T + C) = 1$$

(3) 假设同 (1)，则：

$$\alpha A + \alpha T = \beta T + \beta A, \alpha G + \alpha C = \beta C + \beta G$$

$$\text{所以, } (\alpha A + \alpha T) / (\alpha G + \alpha C) = (\beta A + \beta T) / (\beta G + \beta C) = 0.7$$

(4) 在整个 DNA 分子中

$$(\alpha A + \alpha T + \beta A + \beta T) / (\alpha G + \alpha C + \beta G + \beta C) = 2(\alpha A + \alpha T) / 2(\alpha G + \alpha C) = 0.7$$

6. 不会有效。短跑运动员在快速冲刺过程中对高能量的需求几乎完全来自糖酵解，这时需糖原分解以补充葡萄糖进入糖酵解，故应该吃高糖食物，利于糖原贮存。而蛋白质降解的氨基酸主要通过三羧酸循环进行代谢，难以产生大量的糖原。

7. RNA 在生命活动中的作用是与蛋白质共同负责基因的表达和表达过程的调控。其中参与蛋白质合成的 RNA 主要有 3 种：mRNA、tRNA、rRNA，其中 mRNA 是蛋白质合成的模板，其功能是把贮存在 DNA 上的遗传信息抄录下来并转移到细胞质，决定着每一种蛋白质肽链中氨基酸的排列顺序；tRNA 的功能是在蛋白质合成中携带活化了的氨基酸，并将其转运到核糖体结合 mRNA 上用以合成蛋白质；rRNA 与蛋白质一起构成核糖体，是细胞内蛋白质合成的场所。此外细胞内还有许多小分子非编码 RNA，它们主要参与基因表达过程的调控。如核内小 RNA (snRNA)，参与 hnRNA 的剪接、转运；核仁小 RNA (snoRNA)，参与 rRNA 的加工和修饰；胞质小 RNA (scRNA)，蛋白质在内质网定位合成的信号识别体的组成成分；微小 RNA (miRNA)，参与基因表达翻译水平的负性调控；小干扰 RNA (siRNA)，参与基因表达翻译水平的负性调控等。另外，1982 年发现具有催化作用的 RNA——核酶，拓展了酶学领域，丰富了酶的含义。

## 【8】浙江农林大学 2012 年硕士研究生入学考试试题

### 一、单项选择题（每题 1 分，共 20 分）

1. 已知 Arg 的 3 个  $pK$  值分别为 2.17、9.04 和 12.48，其  $pI$  是 ( )。

- A. 7.32      B. 5.63      C. 9.67      D. 10.76
2. 下列哪种氨基酸属于亚氨基酸? ( )  
 A. 丝氨酸      B. 脯氨酸      C. 亮氨酸      D. 组氨酸
3. SDS 凝胶电泳测定蛋白质的相对分子质量是根据各种蛋白质 ( )。  
 A. 溶解度不同      B. 分子极性不同  
 C. 分子大小不同      D. 在一定 pH 条件下所带净电荷的不同
4. 凝胶过滤法分离蛋白质时, 从色谱柱上先被洗脱下来的是 ( )。  
 A. 分子量大的      B. 分子量小的      C. 电荷多的      D. 带电荷少的
5. 由 3',5'-磷酸二酯键相连接的核苷酸组成的大分子有 ( )。  
 A. DNA      B. RNA      C. 两者均可      D. 两者均不可
6. DNA 碱基配对主要依靠的作用力是 ( )。  
 A. 范德华力      B. 氢键      C. 疏水作用力      D. 盐键
7. 下列序列中, 在双链状态下存在回文结构的序列是 ( )。  
 A. AGTCCTGA      B. AGTCAGTC      C. AGTCGACT      D. CTGAGATC
8. 酶加快反应速率的原因是 ( )。  
 A. 增高活化能      B. 降低活化能  
 C. 降低反应物的能量水平      D. 降低反应的自由能
9. 在下列核酸分子中, 稀有碱基主要存在于 ( )。  
 A. DNA      B. tRNA      C. mRNA      D. 5S rRNA
10. 对于一个服从经典动力学的酶来说, 当  $[S] = 9K_m$ , 反应的速率 ( $v$ ) 应该是 ( )。  
 A.  $1/6 v_{max}$       B.  $9/10 v_{max}$       C.  $1/20 v_{max}$       D.  $1/30 v_{max}$
11. 氰化物中毒时呼吸链中受到抑制的部位在于 ( )。  
 A. NADH → FMN      B. FMN → CoQ      C. CoQ → Cytc      D. Cytaa<sub>3</sub> → O<sub>2</sub>
12. 柠檬酸循环中发生底物水平磷酸化产生高能磷酸键的化合物是 ( )。  
 A. α-酮戊二酸      B. 琥珀酸      C. 琥珀酰 CoA      D. 异柠檬酸
13. 奇数碳原子脂酰 CoA 经 β-氧化后, 除生成乙酰 CoA 外, 还生成 ( )。  
 A. 丙二酰 CoA      B. 丙酰 CoA      C. 琥珀酰 CoA      D. 乙酰乙酰 CoA
14. 最直接地联系核苷酸代谢与糖代谢的物质是 ( )。  
 A. 葡萄糖      B. 6-磷酸葡萄糖  
 C. 1,6-二磷酸葡萄糖      D. 5-磷酸核糖
15. 切除修复可以纠正下列哪一项引起的 DNA 损伤? ( )  
 A. 碱基缺失      B. 碱基插入  
 C. 碱基甲基化      D. 胸腺嘧啶二聚体形成
16. 镰刀形红细胞贫血病是异常血红蛋白纯合子基因的临床表现。β-链变异是由下列哪种突变造成的? ( )  
 A. 插入      B. 缺失      C. 点突变      D. 染色体不分离
17. 在尿素循环中, 尿素由下列哪种物质产生? ( )  
 A. 鸟氨酸      B. 精氨酸      C. 瓜氨酸      D. 半胱氨酸

18. DNA 复制时, 序列 5'-TACGA-3', 将合成下列哪种互补结构? ( )  
A. 5'-ATGCA-3' B. 5'-TCGTA-3' C. 5'-AUGCA-3' D. 5'-UCGUA-3'

19. 原核生物蛋白质合成时的起始氨酰-tRNA 是 ( )。  
A. 丙氨酰-tRNA B. 精氨酰-tRNA  
C. 甲硫氨酰-tRNA D. 甲酰甲硫氨酰-tRNA

20. 嘧呤环上的 N7 原子来自甘氨酸 ( ), N1 原子则来自 ( )。  
A. 丙氨酸 B. 甘氨酸 C. 天冬氨酸 D. 谷氨酸

【参考答案】

1. D 2. B 3. C 4. A 5. C 6. B 7. C 8. B 9. B 10. B 11. D 12. C  
13. B 14. D 15. D 16. C 17. B 18. B 19. D 20. C

### 二、多项选择题（每题 2 分，共 20 分）

1. 下列氨基酸中，人体必需氨基酸有（ ）。  
A. Gly              B. Val              C. Asp              D. Thr
  2. 下列关于蛋白质中 L-氨基酸之间形成肽键的叙述，哪些是正确的？（ ）  
A. 具有部分双键的性质              B. 能自由旋转  
C. 比通常的 C—N 单键短              D. 都正确
  3. 根据生物分子可以相互识别、结合的特点建立的分子杂交技术（又称作印迹技术或印迹法）中，用于研究核酸的是（ ）。  
A. Eastern 印迹法              B. Southern 印迹法  
C. Western 印迹法              D. Northern 印迹法
  4. 酶的活性中心是指（ ）。  
A. 酶分子上含有必需基团的肽段              B. 酶分子与底物结合的部位  
C. 酶分子与辅酶结合的部位              D. 酶分子发挥催化作用的关键性结构区
  5. 测定酶活力时应满足的条件是（ ）。  
A. 在初速率范围内              B. 底物浓度至少应达到  $10K_m$  以上  
C. 合适的 pH 缓冲液              D. 温度应尽可能高些
  6. 下列维生素中属于水溶性维生素的是（ ）。  
A. 维生素 A              B. 维生素 B<sub>6</sub>              C. 维生素 C              D. 维生素 D
  7. DNA 变性时，伴随着结构和性质的改变，会产生下列哪些变化？（ ）  
A. 发生螺旋-线团转换              B. 产生减色效应  
C. 沉降速度加快              D. 黏度下降
  8. 下述酶中是多酶复合体的有（ ）。  
A. 脂酰 CoA 脱氢酶              B. 丙酮酸脱氢酶  
C.  $\alpha$ -酮戊二酸脱氢酶              D. 脂肪酸合酶
  9. 下列转运系统中，可以将线粒体合成的乙酰 CoA 运送到胞液参与脂酸合成的是（ ）。  
A. 柠檬酸转运系统              B. 磷酸甘油转运系统

- C. 苹果酸转运系统                            D. 肉毒碱转运系统
10. 下列关于三羧酸循环的论述中，正确的是（    ）。
- 是糖、脂肪及蛋白质分解的最终途径
  - 受 ATP/ADP 值的调节
  - NADH 可抑制柠檬酸合酶
  - 产物 NADH 的氧化需要经过线粒体穿梭系统

### 【参考答案】

1. BD  2. AC  3. BD  4. ABD  5. ABC  6. BC  7. ACD  8. BCD  9. AD  
10. ABC

### 三、填空题（每空 0.5 分，共 20 分）

- 在 20 种氨基酸中，酸性氨基酸有（1）和（2）两种，具有羟基的氨基酸是（3）和（4），能形成二硫键的氨基酸是（5）。
- 生命体中的成熟 RNA 分子主要有 3 种，其中，含量最多的是（6）；必须同蛋白质结合才能发挥生物学功能的是（7）；负责携带“活化氨基酸”参与蛋白质合成的是（8）。
- 糖酵解产生的 NADH 必须经过（9）或（10）穿梭才能进入线粒体，分别转变为线粒体中的（11）或（12）参与电子呼吸链。
- 酮体包括（13）、（14）、（15）三种化合物，它们在（16）生成，在（17）被利用。
- 酶的活性中心包括（18）和（19）两个功能部位组成。
- 谷氨酸经脱氨后产生（20）和氨，前者进入（21）进一步代谢。
- 氨基酸的降解反应包括（22）、（23）和（24）作用。
- DNA 合成时，先由引物酶合成（25），再由（26）在其 3' 端合成 DNA 链，然后由（27）切除引物并填补空隙，最后由（28）连接成完整的链。
- 蛋白质生物合成的起始密码子通常是（29），终止密码子通是（30）、（31）和（32）。
- 合成糖原的前体分子是（33），糖原分解的产物是（34）。
- 糖酵解过程中有 3 个不可逆的酶促反应，这些酶是（35）、（36）和（37）。
- 真核生物的核糖体为（38）S，当 Mg<sup>2+</sup> 浓度降低时，解离成（39）S 的大亚基和（40）S 的小亚基。

### 【参考答案】

- (1) Asp    (2) Glu    (3) Ser    (4) Thr    (5) Cys    (6) mRNA    (7) rRNA
- (8) tRNA    (9) α-磷酸甘油    (10) 苹果酸    (11) FADH<sub>2</sub>    (12) NADH+H<sup>+</sup>
- (13) 乙酰乙酸    (14) β-羟丁酸    (15) 丙酮    (16) 肝脏    (17) 肝外组织
- (18) 催化部位    (19) 结合部位    (20) α-酮戊二酸    (21) 三羧酸循环    (22) 脱氨基作用
- (23) 脱羧基作用    (24) 羟化作用    (25) RNA 引物    (26) DNA 聚合酶Ⅲ
- (27) DNA 聚合酶 I    (28) DNA 连接酶    (29) AUG    (30) UAA    (31) UAG
- (32) UGA    (33) UDPG    (34) 葡萄糖-1-磷酸    (35) 己糖激酶    (36) 磷酸果糖激酶
- (37) 丙酮酸激酶    (38) 80    (39) 60    (40) 40

#### 四、是非题（每题 1 分，共 10 分）

1. ( ) DNA 分子双链螺旋结构，仅靠碱基间的氢键维持其稳定性。
2. ( )  $K_m$  值是酶的一个特征常数，则  $K_m$  愈小酶与底物的亲和力愈大。
3. ( ) 逆转录酶只能催化由 RNA 作模板从  $5' \rightarrow 3'$  方向聚合生成 DNA 链的反应。
4. ( ) tRNA 分子的 5' 端含有反密码子，它能与 mRNA 上的密码子互相结合。
5. ( ) 在可逆抑制剂存在下，表现  $K_m$  值不论是增大或减小，并不反映酶分子与底物分子间的亲和力有变化。
6. ( ) 血红蛋白和肌红蛋白具有相同的生物功能，因此它们具有相同的空间结构。
7. ( ) 电子只能从一个氧化还原对中的还原态电子载体自发地转移到具有较正的标准电位的氧化态电子载体。
8. ( ) 同工酶是由相同基因编码的，具有相同催化功能的一组酶。
9. ( ) 脂肪酸的  $\beta$ -氧化在线粒体中进行。
10. ( ) 单链结合蛋白 (SSB 蛋白) 的功能是破坏 DNA 双链间的氢键，从而使双链解开，因此它是一种解链蛋白。

#### 【参考答案】

1. × 2. √ 3. × 4. × 5. √ 6. × 7. √ 8. × 9. √ 10. ×

#### 五、名词解释（每题 3 分，共 30 分）

1. 超二级结构
2. 熔解温度 ( $T_m$ )
3. 竞争性抑制
4.  $\beta$ -氧化作用
5. 核酶
6. 氧化磷酸化
7. 中心法则
8. 同工酶
9. 碱基互补规律
10. 糖异生

#### 【参考答案】 略

#### 六、简答和计算题（每题 5 分，共 30 分）

1. 什么叫遗传中心法则？
2. 简答有氧氧化的生理意义。
3. 简述化学渗透学说的主要内容。
4. 遗传密码如何编码？有哪些基本特性？
5. 1mol 软脂酸彻底氧化分解，产生多少摩尔 ATP？
6. 已知某蛋白质的多肽链的一些节段是  $\alpha$ -螺旋，而另一些节段是  $\beta$ -折叠。该蛋白质的相对分子质量为 240000，其分子长 357nm，求分子中  $\alpha$ -螺旋和  $\beta$ -折叠的百分率。（蛋白质中一个氨基酸的平均相对分子质量为 120，每个氨基酸残基在  $\alpha$ -螺旋中的长度 0.15nm，在  $\beta$ -折叠中的长度为 0.36nm）。

#### 【参考答案】

1. 答：①以 DNA 为模板合成 mRNA，再以 mRNA 为模板合成蛋白质的遗传信息传递过程称为中心法则。②后来在某些病毒和某些正常细胞中发现一种能催化由 RNA 为模板合

成 DNA 的酶，称逆转录酶，由 RNA 为模板合成 DNA 称逆向转录。

2. 答：①是有机体获取能量的主要途径；②TCA 是糖、脂、蛋白质等物质代谢和转化的枢纽；③TCA 形成多种重要的中间产物；④TCA 是物质被氧化的最终途径，如发酵产物重新氧化；⑤TCA 是定向的。

3. 答：①该学说认为氧化呼吸链存在于线粒体内膜上，当氧化反应进行时，H<sup>+</sup>通过氢泵作用被排斥到线粒体内膜外侧（膜间腔），从而形成跨膜 pH 梯度和跨膜电位差。②当质子顺浓度梯度回流时，这种形式的“势能”可以被存在于线粒体内膜上的 ATP 合酶利用，生成高能磷酸基团，并与 ADP 结合而合成 ATP。

4. 答：mRNA 上每 3 个相邻的核苷酸编成一个密码子，代表某种氨基酸或肽链合成的起始或终止信号（4 种核苷酸共组成 64 个密码子）。其特点如下。

①方向性：编码方向是 5'→3'；②连续性：密码子连续排列，既无间隔又无重叠；③简并性：除了 Met 和 Trp 各只有一个密码子之外，其余每种氨基酸都有 2~6 个密码子；④通用性：不同生物共用一套密码；⑤摆动性：在密码子与反密码子相互识别的过程中密码子的第一个核苷酸起决定性作用，而第二个、尤其是第三个核苷酸能够在一定范围内进行变动。

5. 答：软脂酸经 7 次  $\beta$ -氧化，则生成 8 个乙酰 CoA、7 个 FADH<sub>2</sub> 和 7 个 NADH+H<sup>+</sup>。乙酰 CoA 在三羧酸循环中氧化分解，一个乙酰 CoA 生成 10 个 ATP，所以  $10 \times 8 = 80$  ATP。7 个 FADH<sub>2</sub> 经呼吸链氧化可生成  $1.5 \times 7 = 10.5$  ATP；7NADH+H<sup>+</sup> 经呼吸链氧化可生成  $2.5 \times 7 = 17.5$  ATP，三者相加。减去软脂酸活化消耗掉 2 个 ATP，实得  $80 + 28 - 2 = 106$  mol ATP。

6. 答：设 x 为螺旋，y 为折叠

$$\text{氨基酸个数} = 240000 \div 120 = 2000$$

$$2000 = x + y$$

$$357 = 0.15 \times x + 0.36 \times y$$

$$357 = 0.15 \times (2000 - y) + 0.36 \times y = 300 - 0.15y + 0.36 \times y = 300 + 0.21y$$

$$y = 271.4; y = 13.57\%$$

$$x = 100\% - 13.57\% = 86.43\%$$

## 七、论述题（每题 10 分，共 20 分）

1. 为什么说三羧酸循环是糖、脂和蛋白质三大物质代谢的共同通路？

2. 试述 DNA 双螺旋的结构特点。

### 【参考答案】

1. 为什么说三羧酸循环是糖、脂和蛋白质三大物质代谢的共同通路？

答：① 三羧酸循环是乙酰 CoA 最终氧化生成 CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>O 的途径。

② 糖代谢产生的碳骨架最终进入三羧酸循环氧化。

③ 脂肪分解产生的甘油可通过有氧氧化进入三羧酸循环氧化，脂肪酸经  $\beta$ -氧化产生乙酰 CoA 可进入三羧酸循环氧化。

④ 蛋白质分解产生的氨基酸经脱氨后碳骨架可进入三羧酸循环，同时，三羧酸循环的中间产物可作为氨基酸的碳骨架接受氨后合成必需氨基酸。所以，三羧酸循环是三大物质代

谢共同通路。

2. 试述 DNA 双螺旋的结构特点。

答: ① 两条反向平行的多核苷酸围绕同一中心轴相互缠绕; 两条均为右手螺旋。

② 嘌呤和嘧啶碱位于双螺旋的内侧。磷酸和核糖在外侧, 通过 3',5'-磷酸二酯键相连接, 形成 DNA 分子的骨架。两条链配对偏向一侧, 形成一条大沟和一条小沟。

③ 双螺旋的平均直径为 2nm 相邻的碱基对之间相距的高度, 即碱基堆积距离为 0.34nm, 两个核苷酸之间的夹角为 36°, 因此, 沿中心轴每螺旋一周有 10 个核苷酸。

④ 两条核苷酸链依靠碱基相联系而结合在一起, A 与 T 配对, G 与 C 配对。

⑤ 维持双螺旋的作用力: 氢键, 碱基堆积力, 盐键和疏水作用力。

⑥ 自然界双螺旋 DNA 大多为右手螺旋, 但也有左手螺旋。

## 【9】2012 年湖南农业大学硕士研究生入学考试试题

### 一、名词解释 (共计 30 分, 每小题 3 分)

1. 膜蛋白 2. 酶活力单位 3.  $T_m$  值 4. 葡萄糖异生作用 5. 氧化磷酸化作用
6. 酮体 7. 冈崎片段 8. RNA 转录后加工 9. 信号肽 10. 泛肽 (素)(ubiquitin)

【参考答案】略

### 二、选择题 (共计 20 分, 每小题 2 分)

1. 下列哪类生物大分子既能携带遗传信息, 又参与基因表达调控? ( )  
A. DNA      B. RNA      C. 蛋白质      D. 蛋白激酶
2. CO 作为电子传递的抑制剂, 其作用的部位是 ( )  
A. NADH-Q → QH<sub>2</sub>      B. QH<sub>2</sub> → 细胞色素 c<sub>1</sub>  
C. 细胞色素 c<sub>1</sub> → 细胞色素 c      D. 细胞色素氧化酶 → O<sub>2</sub>
3. 某 29 肽基序是:  
Gly-Val-Lys-Asn-Cys-Phe-Arg-Trp-Asp-Leu-Gly-Ser-Leu-Glu-Ala-Thr-Cys-Arg-His-Met-Asp-Gln-Cys-Tyr-Pro-Gly-Glu-Lys, 如用胰蛋白酶处理, 该多肽将被水解产生几个肽段? ( )  
A. 6      B. 4      C. 3      D. 2
4. pH 对酶反应的影响与下列哪项无关? ( )  
A. 影响底物的解离状态      B. 改变酶的 K<sub>m</sub>  
C. 改变酶的构象      D. 改变酶的专一性
5. 柠檬酸循环的作用在于 ( )  
A. 仅供能      B. 仅提供生物合成的前体  
C. 既供能, 又提供生物合成的前体      D. 不供能, 不提供前体

6. 1分子硬脂酸彻底氧化可产生多少分子的FADH<sub>2</sub>和NADH? ( )  
 A. 9      B. 8      C. 7      D. 6
7. 下列哪种基团不是“一碳单位”? ( )  
 A. —CH=CH—    B. —CH=NH    C. —CH=O    D. —CH<sub>2</sub>OH
8. 若使<sup>15</sup>N标记的大肠杆菌在<sup>14</sup>N培养基中生长三代,请问<sup>14</sup>N-DNA分子与<sup>14</sup>N-<sup>15</sup>N杂合DNA分子之比是多少? ( )  
 A. 1:1    B. 1:3    C. 3:1    D. 3:3
9. 人类分解嘌呤碱的最终产物是 ( )  
 A. 尿酸    B. 尿素    C. 尿囊酸    D. 尿囊素
10. 人体黑色素的形成与下列哪种氨基酸代谢有关? ( )  
 A. Tyr    B. Trp    C. Phe    D. Lys

### 【参考答案】

1. A 2. D 3. B 4. B 5. C 6. B 7. A 8. A 9. A 10. A

### 三、填空题 (共计 30 分, 每空 1 分)

1. 蛋白质生物合成过程中的延伸反应经历了(1)、(2)和(3)三步过程。
2. 转录需要(4)、(5)和(6)。
3. 真核生物体内蛋白质降解途径有(7)和(8)。
4. 嘧啶核苷酸的嘧啶环的C和N原子是由(9)和(10)提供的。
5. 以复制叉向前移动的方向为标准,一条DNA模板链是3'→5'走向,在其上子代DNA链以5'→3'方向(11),称为(12);另一条模板链是5'→3'走向,在其上子代DNA链也是从5'→3'方向合成,但是与复制叉移动的方向正好相反,是(13),称为(14)。
6. 在脂肪酸生物合成过程中需要(15)作为酰基载体,需要(16)作为还原力,需要(17)作为单体。
7. 糖酵解途径中的三个关键酶是(18)、(19)和(20)。
8. 蛋白质分子中常见的二级结构有(21)、(22)、(23)和(24)。
9. DNA分子双螺旋结构模型的主要特征是(25),碱基位于双螺旋内侧,(26),(27)等。
10. 在酶促反应中加入竞争性抑制剂后, $v_{max}$ (28), $K_m$ (29),而且 $K_m$ 随着抑制剂[I]的增加而(30)。

### 【参考答案】

- (1) 进位 (2) 转肽 (3) 移位 (4) 模板DNA (5) 依赖于DNA的RNA聚合酶  
 (6) NTP (7) 溶酶体降解途径 (8) 泛素介导的蛋白质降解途径 (9) 氨甲酰磷酸  
 (10) 天冬氨酸 (11) 连续合成 (12) 前导链 (13) 不连续合成 (14) 滞后链  
 (15) 酰基载体蛋白 (16) NADPH (17) 丙二酸单酰CoA (18) 己糖激酶 (19) 磷酸果糖激酶 (20) 丙酮酸激酶 (21)  $\alpha$ -螺旋 (22)  $\beta$ -折叠 (23)  $\beta$ -转角 (24) 无规则卷曲 (25) 磷酸戊糖位于双螺旋的外侧 (26) 碱基对之间以氢键按碱基配对规律连接

- (27) 10个碱基对上升一周，螺距3.4nm (28) 不变 (29) 变大 (30) 增加

#### 四、实验题 (共计 25 分)

如何从水稻叶片中分离纯化已知分子量的某蛋白质，请设计实验过程，并写出注意事项。

#### 【参考答案】

解题思路：分离纯化已知分子量的某蛋白质，可以选用依据分子大小不同的方法分离蛋白质，再结合色谱、电泳技术对其进行纯化。

(1) 提取：取一定量的水稻叶片，加少量纤维素酶低温在缓冲液进行研磨成匀浆，破坏水稻叶片的纤维素和细胞膜，使蛋白质从细胞中释放出来。离心，去除杂质。

(2) 盐析：上清液加入一定量的硫酸铵去除蛋白质杂质后，在上清液中加入大量中性盐沉淀目标蛋白质，离心留沉淀。

(3) 透析：将沉淀物放入半透膜制成的透析袋中，再浸入透析液进行分离。除去无机盐。

(4) 凝胶过滤色谱：将透析过的蛋白质样品加入到用缓冲液平衡好的葡聚糖凝胶柱上，加入流动相，收集已知分子量的目标蛋白峰。

(5) PAGE：将收集的蛋白质溶液进行凝胶电泳，检测其纯度及均一性。

#### 五、问答题 (共计 45 分，每小题 15 分)

- 举例说明真核生物中 RNA 转录后加工有哪些环节？
- 试分析氨酰-tRNA 合成酶在蛋白质生物合成中有何重要作用？
- 论述 RNA 功能的多样性。

#### 【参考答案】

1. RNA 转录后的加工主要环节：在细胞内由 RNA 聚合酶催化合成的原初转录产物，需要经过一系列的加工，包括去除内含子，5'端和3'端的切除和形成特殊的结构，核苷的修饰和糖苷键的改变以及拼接和编辑等过程，才能转变为成熟的 RNA 分子，此过程称为 RNA 的成熟或者转录后加工。

(1) 去除内含子将外显子拼接：真核生物的基因是不连续的，不连续基因中的不编码蛋白质部分称为内含子，内含子与外显子一起被转录在原初转录产物中，在酶的作用下切除内含子转录来的序列，将外显子的转录序列连接起来。如 hnRNA 变成 mRNA。

(2) 5'端和3'端的切除和形成特殊的结构：转录单位是由特定的启动子序列到终止子序列的一段基因序列。新生的 RNA 分子末端具有相似的结构，如 5'末端都是 5'-pppA- 或 5'-pppG- 的结构，在成熟 RNA 中这些共有序列被切除，同时在 5'端和 3'端增加特殊的结构，如 mRNA 的 5'端帽子结构和 3'端多聚腺苷酸尾巴，tRNA 3'端的-CCA<sub>OH</sub>。

(3) 核苷的修饰和糖苷键的改变：tRNA 分子中含有许多修饰碱基，如腺苷酸的腺嘌呤 6 位氨基发生甲基化，假尿苷中 C1'-C5 糖苷键的形成。

2. 氨酰-tRNA 合成酶催化氨基酸与 tRNA 结合成活化的氨酰-tRNA 形式参与蛋白质的

合成。氨酰 tRNA 合成酶具有底物专一性，其选择专一的氨基酸及与之对应的 tRNA；氨酰-tRNA 合成酶具有催化部位外还具有校正部位，可以纠正氨基酸与 tRNA 之间的非正确结合；氨酰-tRNA 具有 ATP 结合位点，消耗 ATP 高能磷酸键的能量在氨酰-tRNA 的氨酰键中贮存了能量，使氨酰基具有相当高的转移势能，足以用于以后肽链的形成，而不需要再从外界输入能量。

3. RNA 在生命活动中的作用是与蛋白质共同负责基因的表达和表达过程的调控。其中参与蛋白质合成的 RNA 主要有 3 种：mRNA、tRNA、rRNA，其中 mRNA 是蛋白质合成的模板，其功能是把贮存在 DNA 的遗传信息抄录下来并转移到细胞质，决定着每一种蛋白肽链中氨基酸的排列顺序；tRNA 的功能是在蛋白质合成中携带活化了的氨基酸，并将其转运到核糖体结合 mRNA 上用以合成蛋白质；rRNA 与蛋白质一起构成核糖体，是细胞内蛋白质合成的场所。此外细胞内还有许多小分子非编码 RNA，它们主要参与基因表达过程的调控。如核内小 RNA (snRNA)，参与 HNRNA 的剪接、转运；核仁小 RNA (snoRNA)，参与 rRNA 的加工和修饰；胞质小 RNA (scRNA)，蛋白质在内质网定位合成的信号识别体的组成成分；微小 RNA (miRNA)，参与基因表达翻译水平的负性调控；小干扰 RNA (siRNA)，参与基因表达翻译水平的负性调控等。另外，核酶，具有催化作用的 RNA，可以自我拼接。

## 【10】南京航空航天大学 2012 年硕士研究生入学考试试题

### 一、是非题（每小题 1 分，共 6 分，是写“√”，非写“×”）

1. 肽键中相关的六个原子无论在二级或三级结构中，一般都处在一个刚性平面内。（ ）
2. 功能蛋白质分子中，只要个别氨基酸残基发生改变都会引起生物功能的丧失。（ ）
3. 真核细胞的 DNA 全部定位于细胞核。（ ）
4. 酶有几种底物时，其  $K_m$  值也不相同。（ ）
5. 糖酵解过程中，因葡萄糖和果糖的活化都需要 ATP，故 ATP 浓度高时，糖酵解速率加快。（ ）
6. 脂肪酸合成过程中，其碳链延长时直接底物是乙酰 CoA。（ ）

### 【参考答案】

1. √ 2. × 3. × 4. √ 5. × 6. √

### 二、填空题（每空 1 分，共 30 分）

1. 镰刀状贫血症是最早认识的一种分子病，患者的血红蛋白分子  $\beta$  亚基的第六位（1）氨酸被（2）氨酸所替代，前一种氨基酸为（3）性侧链氨基酸，后者为（4）侧链氨基酸，这种微小的差异导致红血蛋白分子在氧分压较低时易于聚集，氧合能力下降，而易引起溶血性贫血。

2. 蛋白质水溶液是一种比较稳定的亲水胶体，其稳定性主要因素有两个，分别是（5）和（6）。
3. T. Cech 从自我剪切的 RNA 中发现了具有催化活性的（7），称之为（8）这是对酶概念的重要发展。
4. 磺胺类药物能抑制细菌生长，因为它是（9）结构类似物，能（10）性地抑制酶活性。
5. 在所有细胞中乙酰基的主要载体是（11），ACP 是（12），它在体内的作用是（13）。
6. 脂肪酸合成过程中，乙酰 CoA 来源于（14）或（15），NADPH 主要来源于（16）。
7. DNA 拓扑异构酶有（17）种类型，分别为（18）和（19），它们的功能是（20）。
8. 大肠杆菌中 DNA 指导的 RNA 聚合酶全酶的亚基组成为（21），去掉（22）因子的部分称为核心酶，这个因子使全酶能识别 DNA 上的（23）位点。
9. 蛋白质合成后加工常见的方式有（24）、（25）、（26）和（27）。
10. 大肠杆菌基因组 DNA 共 300 万对碱基，拉成直线长度为（28）cm。
11. 2011 年度诺贝尔生理学或医学奖的由加拿大、美国和卢森堡的三名科学家因在（29）方面的贡献获奖，此前曾获得拉斯克奖的中国科学家（30）无缘本届生理学或医学奖。

### 【参考答案】

- (1) 谷 (2) 缬 (3) 亲水极 (4) 疏水非极性 (5) 水化膜 (6) 相同电荷  
 (7) RNA (8) 核酶 (9) 对氨基苯甲酸 (10) 竞争 (11) HSCoA (12) 酰基载体蛋白 (13) 运载脂酰基 (14) 丙酮酸氧化脱羧 (15) 脂肪酸  $\beta$ -氧化 (16) 磷酸戊糖途径 (17) 2 (18) 拓扑异构酶 I (19) 拓扑异构酶 II (20) 参与 DNA 复制  
 (21)  $\alpha_2\beta\delta'$  (22)  $\delta$  (23) 启动子 (24) 信号序列切除 (25) 末端修饰 (26) 个别氨基酸的共价修饰 (27) 辅基的加入 (28) 0.102 (29) 免疫学 (30) 屠呦呦

### 三、选择题（每小题 2 分，共 40 分）

1. Lys 的  $\alpha$ -COOH、 $\alpha$ -NH<sub>3</sub><sup>+</sup> 的 pK 值分别为 2.18 和 8.95，该氨基酸的 pI 值为 9.74，则 R 基团的 pK 值为（ ）
- A. 17.3      B. 10.53      C. 8.35      D. 11.13
2. 下列叙述中不属于蛋白质一般结构内容的是（ ）
- A. 多肽链中氨基酸残基的种类、数目、排列次序  
 B. 多肽链中氨基酸残基的键链方式  
 C. 多肽链中主肽链的空间走向，如  $\alpha$ -螺旋  
 D. 胰岛分子中 A 链与 B 链间含有两条二硫键，分别是 A7-S-S-B7，A20-S-S-B19
3. 关于蛋白质结构的叙述，哪项不恰当？（ ）
- A. 胰岛素分子是由两条肽链构成，所以它是多亚基蛋白，具有四级结构  
 B. 蛋白质基本结构（一级结构）中本身包含有高级结构的信息，所以在生物体系中，它具有特定的三维结构  
 C. 非极性氨基酸侧链的疏水性基团，避开水相，相互聚集的倾向，对多肽链在二级结构基础上按一定方式进一步折叠起着重要作用

- D. 亚基间的空间排布是四级结构的内容，亚基间是非共价结合的
4.  $K_m$  值与底物亲和力大小关系是（ ）  
 A.  $K_m$  值越小，亲和力越大      B.  $K_m$  值越大，亲和力越大  
 C.  $K_m$  值的大小与亲和力无关      D.  $1/K_m$  值越小，亲和力越大
5. 酶的竞争性抑制剂具有下列哪种动力学效应？（ ）  
 A.  $v_m$  不变， $K_m$  增大      B.  $v_m$  不变， $K_m$  减小  
 C.  $v_m$  增大， $K_m$  不变      D.  $v_m$  减小， $K_m$  不变
6. 若使某酶促反应的速率等于  $v_{max}$  的 80%，此时底物浓度应是此酶  $K_m$  值的（ ）倍  
 A. 2      B. 4      C. 6      D. 8
7. 除了哪一种化合物外，下列化合物都含有高能键？（ ）  
 A. 磷酸烯醇式丙酮酸      B. 磷酸肌酸  
 C. ADP      D. G-6-P  
 E. 1,3-二磷酸甘油酸
8. 呼吸链的各细胞色素在电子传递中的排列顺序是（ ）。  
 A.  $c_1 \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow aa_3 \rightarrow O_2$       B.  $c \rightarrow c_1 \rightarrow b \rightarrow aa_3 \rightarrow O_2$   
 C.  $c_1 \rightarrow c \rightarrow b \rightarrow aa_3 \rightarrow O_2$       D.  $b \rightarrow c_1 \rightarrow c \rightarrow aa_3 \rightarrow O_2$
9. 下列呼吸链组分中，属于外周蛋白的是（ ）。  
 A. NADH 脱氢酶      B. 辅酶 Q  
 C. 细胞色素 c      D. 细胞色素  $aa_3$
10. 目前公认的氧化磷酸化理论是（ ）。  
 A. 化学偶联假说      B. 构象偶联假说  
 C. 化学渗透假说      D. 中间产物学说
11. 下列代谢物中氧化时脱下的电子进入  $FADH_2$  电子传递链的是（ ）。  
 A. 丙酮酸      B. 苹果酸  
 C. 异柠檬酸      D. 磷酸甘油
12.  $^{14}C$  标记葡萄糖分子的第 1,4 碳原子上经无氧分解为乳酸， $^{14}C$  应标记在乳酸的（ ）。  
 A. 羧基碳上      B. 羟基碳上  
 C. 甲基碳上      D. 羟基和羧基碳上  
 E. 羧基和甲基碳上
13. 支链淀粉中的  $\alpha$ -1,6 支点数等于（ ）。  
 A. 非还原端总数      B. 非还原端总数减 1  
 C. 还原端总数      D. 还原端总数减 1
14. 下列关于脂肪酸从头合成的叙述错误的一项是（ ）。  
 A. 利用乙酰 CoA 作为起始复合物      B. 仅生成短于或等于 16 碳原子的脂肪酸  
 C. 需要中间产物丙二酸单酰 CoA      D. 主要在线粒体内进行
15. 脂肪酸合成时，将乙酰 CoA 从线粒体转运至胞液的是（ ）。  
 A. 三羧酸循环      B. 乙醛酸循环

- C. 柠檬酸穿梭                            D. 磷酸甘油穿梭作用
16. 下列氨基酸中，直接参与嘌呤环和嘧啶环合成的是（    ）。
- A. 天冬氨酸        B. 谷氨酰胺        C. 甘氨酸        D. 谷氨酸
17. 关于 DNA 指导下的 RNA 合成的下列论述除了（    ）项外都是正确的。
- A. 只有存在 DNA 时，RNA 聚合酶才催化磷酸二酯键的生成  
 B. 在转录过程中 RNA 聚合酶需要一个引物  
 C. 链延长方向是  $5' \rightarrow 3'$   
 D. 在多数情况下，只有一条 DNA 链作为模板  
 E. 合成的 RNA 链不是环形
18. DNA 复制的底物是（    ）。
- A. dNTP        B. NTP        C. dNDP        D. NMP
19. 下列密码子中，终止密码子是（    ）。
- A. UUA        B. UGA        C. UGU        D. UAU
20. 抑癌基因在细胞分化、调节细胞生长、维持基因稳定等方面起着非常重要的作用。当抑癌基因失活，可导致肿瘤发生。以下属于抑癌基因的是（    ）。
- A. ras        B. src        C. P<sub>53</sub>        D. myc

### 【参考答案】

1. B 2. B 3. A 4. A 5. A 6. B 7. D 8. D 9. C 10. C 11. D 12. E  
 13. B 14. D 15. C 16. B 17. B 18. A 19. B 20. C

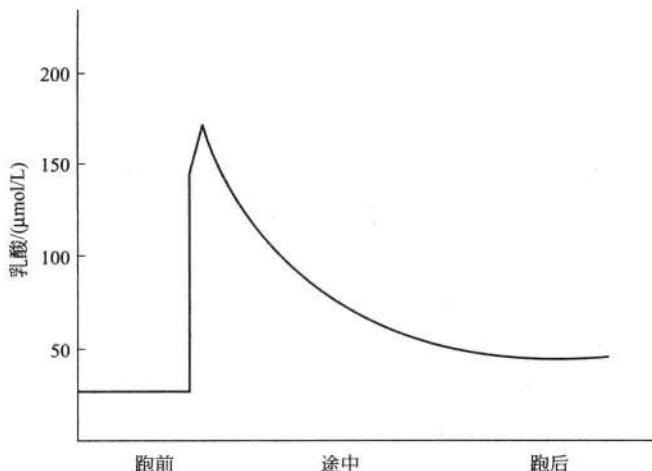
### 四、名词解释（每小题 4 分，共 28 分）

1. 别构效应 2. 退火 3. 同工酶 4. 顺式作用元件 5. 逆转录 6. 分子伴侣 7. 操纵子

### 【参考答案】 略

### 五、问答题（46 分）

1. 双螺旋 DNA 的模板链中一段序列如下：CTTAACACCCCTGACTTCGCGCCGTGCG  
 (a) 写出转录出的 mRNA 核苷酸序列。  
 (b) 假设此 DNA 的另一条链被转录和翻译，所得的氨基酸序列会一样吗？有什么生物学上意义？
2. 在地震中，一个人被困在一个有水源而无任何食物的房间数天，请说明体内会动用哪些贮备来提供大脑所需要的燃料？如何动用？
3. 如果给一只老鼠喂食含有<sup>15</sup>N 标记的 Ala，老鼠分泌出的尿素是否变成了<sup>15</sup>N 标记的？如果是的话，尿素中的一个氨基被标记，还是两个氨基都被标记了？说明理由。
4. 在跑 400m 短跑之前、途中、之后血浆中乳酸浓度如下图所示。  
 (a) 为什么乳酸的浓度会迅速上升？  
 (b) 赛跑过后是什么原因使乳酸浓度降下来？为什么下降的速率比上升的速率缓慢？



5. 1mol 三软脂酰甘油 (1,2,3-十六酸丙三酯) 完全氧化为  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$  时净生成多少 mol ATP? (假设在线粒体外生成的 NADH 都穿过苹果酸穿梭系统进入线粒体, 1mol NADH 相当于 2.5mol ATP, 1mol  $\text{FADH}_2$  相当于 1.5mol ATP)?
6. 简述真核生物三种主要 RNA 的生物功能 (与蛋白质生物合成的关系)。
7. 氨酰-tRNA 合成酶在多肽合成中的作用特点和意义。

### 【参考答案】

1. (a) 写出转录出的 mRNA 核苷酸序列: CGACGGCGCGAAGUCAGGGGU-GUUAAG

(b) 不会。不同基因的模板链与编码链, 在 DNA 分子上并不是固定在某一股链, 这种现象称为不对称转录 (asymmetric transcription)。

不对称转录有两重含义: 一是指双链 DNA 只有一股单链用作模板, 二是指同一单链上可以交错出现模板链和编码链。

RNA 转录时, 一个转录子内是只转录一条链的 DNA 上的信息, 表现为不对称转录。而 DNA 上遗传信息以基因为单位 (真核), 可以在不同的单链上。RNA 在转录后, 加工编辑的过程中, 有些情况下会把不同 RNA 结合在一起翻译出蛋白质。

2. (1) 糖原的降解: 糖原在糖原磷酸化酶的作用下生成 1-P-葡萄糖, 经磷酸葡萄糖变位酶作用生成 6-P-葡萄糖, 再由 6-P-葡萄糖磷酸酶水解生成葡萄糖进入大脑经糖分解代谢提供所需能量。

(2) 脂肪动员: 脂肪在脂肪酶作用下水解为甘油与脂肪酸。甘油沿糖代谢途径氧化分解提供能量; 脂肪酸经  $\beta$ -氧化生成乙酰 CoA。

(3) 酮体代谢: 在肝脏中乙酰 CoA 转化为酮体, 进入大脑后, 酮体转化为乙酰 CoA 进入三羧酸循环氧化供能, 这是被困数天后大脑的主要燃料。

3. 一个氨被 $^{15}\text{N}$  标记。丙氨酸经联合脱氨基作用脱下氨, 进入鸟氨酸循环生成尿素。由于尿素中的两个氨一个是由联合脱氨基作用产生的, 另一个是由天冬氨酸提供的。

4. (a) 短跑之前, 肌肉活动所需的能量主要由糖有氧氧化提供, 也可进行糖的无氧酵解, 所以乳酸的含量平稳。当运动途中, 由于需要大量能量, 而肌肉又处于暂时氧供应不足

的状态，所以能量主要由糖酵解提供，葡萄糖氧化分解产生乳酸，所以乳酸的浓度会迅速上升。

(b) 赛跑过后乳酸通过糖异生途径异生为糖使乳酸浓度降下来。乳酸异生为糖经过乳酸循环完成，需乳酸经血液循环进入肝脏，在肝脏将乳酸转化为葡萄糖，所以乳酸下降的速率比上升的速率缓慢。

5. 336.5 mol ATP

6. RNA 在生命活动中的作用是与蛋白质共同负责基因的表达和表达过程的调控。其中参与蛋白质合成的 RNA 主要有 3 种：mRNA、tRNA、rRNA，其中 mRNA 是蛋白质合成的模板，其功能是把贮存在 DNA 上的遗传信息抄录下来并转移到细胞质，决定着每一种蛋白质肽链中氨基酸的排列顺序；tRNA 的功能是在蛋白质合成中携带活化了的氨基酸，并将其转运到核糖体结合 mRNA 上用以合成蛋白质；rRNA 与蛋白质一起构成核糖体，是细胞内蛋白质合成的场所。

7. 氨酰-tRNA 合成酶催化氨基酸与 tRNA 结合成活化的氨酰-tRNA 形式参与蛋白质的合成。氨酰 tRNA 合成酶具有底物专一性，其选择专一的氨基酸及与之对应的 tRNA；氨酰-tRNA 合成酶具有催化部位外还具有校正部位，可以纠正氨基酸与 tRNA 之间的非正确结合；氨酰-tRNA 具有 ATP 结合位点，消耗 ATP 高能磷酸键的能量在氨酰-tRNA 的氨酰键中贮存了能量，使氨酰基具有相当高的转移势能，足以用于以后肽链的形成，而不需要再从外界输入能量。

## 参 考 文 献

- [1] 常桂英, 刘飞主编. 生物化学 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2010.
- [2] 王镜岩, 朱圣庚, 徐长法主编. 生物化学教程 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2008.
- [3] 聂剑初等合编. 生物化学简明教程 [M]. 第3版. 北京: 高等教育出版社, 2007.
- [4] 张曼夫主编. 生物化学 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2002.
- [5] 李庆章, 吴永尧主编. 生物化学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2011.
- [6] 邹思湘主编. 动物生物化学 [M]. 第4版. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- [7] 张楚富主编. 生物化学原理 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [8] 郑集, 陈钧辉编著. 普通生物化学 [M]. 第4版. 北京: 高等教育出版社, 2007.
- [9] 刘国琴, 杨海莲编著. 生物化学复习指南暨习题解析 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2010.
- [10] 王希成主编. 生物化学 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2001.
- [11] 黄卓烈, 朱利泉主编. 生物化学学习指导 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2010.
- [12] 张楚富主编. 生物化学解题指导与测验 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [13] 刘维全主编. 动物生物化学精要·题解·测试 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.