

基础生物化学学习指导

主编：李 强

东北农业大学

主 编

李 强

副主编

赫福霞

刘荣梅

李海涛

主 审

高继国

赵 越

前言

《基础生物化学》是高等农林院校农学类各专业的重要专业基础课之一，被农学、种子科学、植物保护、园艺、草业科学、资源环境科学、生态学等众多农科类专业设为研究生入学考试科目之一，该课程也是历年来学生普遍反应学习难度比较大的一门学科，因为生物化学知识涉及的分子结构多、代谢途径多，且概念抽象、内容复杂，导致教学效果往往差强人意。为了帮助学生更好地学习《基础生物化学》课程，高效而系统地掌握生物化学的基本概念和基础理论，编者根据多年的教学经验编写了本书。

本书参照我校《基础生物化学》课程（48学时）教学大纲和我校硕士研究生入学考试科目《植物生理学与生物化学》（841）命题大纲编写。全书共分十章，每章包括本章总结简图、学习目标和要求、习题和参考答案四个部分。本章总结简图以图表的形式列出本章的知识点，并突出生物化学知识的内在联系。学习目标和要求分条目列出各章节需要掌握的内容，明确学习目标和重点。习题部分包括名词解释、填空、单项选择、是非判断、问答、实验等六种常见题型。各题型均精选具代表性、启发性和综合性的习题，力求使学生在掌握习题的同时能对习题所涉及的知识点做到举一反三，融会贯通。参考答案部分不仅对每道习题都给出答案，尤其还对是非判断、问答和实验等题型给出了答案解释和解题思路。最后附录部分包括近三年来本校生物化学考研真题和全国农科类统考《植物生理学与生物化学》科目的生物化学部分考研真题，供同学们学习和参考。

本书可作为我校及国内同类院校农学类各专业本科生学习《基础生物化学》课程的学习辅导用书，也可作为指导考生报考我校或其它院校农学类专业硕士研究生的参考用书。

限于编者水平有限，书稿中不可避免会存在许多错误或不足之处，恳请读者在使用过程中不吝批评指正，以利于本书的不断完善。

编 者
2016年12月

学好《基础生物化学》的建议

生物化学是现代生物学的基础，它不仅是引领生命科学腾飞的带头学科，更是生命科学各领域共同的基础学科。《基础生物化学》对农林院校农学类各专业的学生来说是一门必修课，为了帮助同学们更好地掌握《基础生物化学》课程，根据编者多年的教学经验，提几点建议，期望能对大家的学习有所帮助。

1、充分认识学好生物化学知识的必要性

至少有三个方面的理由可以让大家认识到学习生物化学知识的必要性。首先，生物化学是一门专业基础课，学好生物化学可以为学习后续的专业课打下很好的基础。其次，很多同学希望在大学毕业之后考研深造，而对于农学类各专业来说，生物化学都是一门必考的专业课，因此学好生物化学对学生未来自身发展有一定的影响。即便不继续深造，今后只要从事专业相关的工作，也会有很大的可能应用到生物化学的相关知识。此外，除了上述偏功利性的学习目的外，从生物化学的课程中我们还可以学习到很多与保健、养生、减肥、营养、疾病的预防与治疗等相关的实用知识，这些知识足以让我们受用终身，并可以在我们遇到形形色色的广告宣传、林林总总的道听途说时，始终保持科学的精神和清醒的头脑。总之，生物化学是一门既有用又有趣的学科，只有认识到这一点，才能逐步培养起自己对于生物化学学习的兴趣，而俗话说“兴趣是最好的老师”，在兴趣的指引下才更能自觉地学习并不断获得求知过程带来的乐趣。

2、了解《基础生物化学》课程的知识结构，把握“生化逻辑”

学习任何一门学科，首先要对这门学科的知识体系有所了解。生物化学的研究对象是生物分子，包括蛋白质、核酸、糖类、脂类等生物大分子和氨基酸、核苷酸、脂肪酸、单糖、激素、维生素、抗生素等有机小分子。从知识结构上来看，生物化学整个课程的内容可以划分成三大部分，首先是结构生物化学（或静态生物化学）部分，主要研究各种生物分子（重点是蛋白质、核酸、糖类、脂类等生物大分子）的结构、功能与理化性质；其次是代谢生物化学（或动态生物化学）部分，主要研究糖类、脂类、氨基酸、核苷酸等生物

分子在生物体内的分解与合成的代谢过程和调控；最后是信息生物化学（或分子生物学）部分，主要研究中心法则中复制、转录、翻译等信息传递过程的分子机制。经过两个多世纪的发展，生物化学作为一门独立的学科已经建立起了一些基本原理（即所谓的“生化逻辑”），如“不同类型的生物体都利用一些相同的生物分子，并都具备合成和分解这些分子的代谢途径”、“生物分子的结构决定其功能”、“生物体的宏观表型如生长、发育、繁殖等都受细胞内 DNA 遗传特性的控制”、“生命活动的过程由成千上万个生物化学反应组成，这些生物化学反应以网络状的途径形式存在”等。这些“生化逻辑”一方面已经帮助人们去理解生命的奥秘，另一方面也使我们对这门学科有了更为深刻的认识。而理解这些“生化逻辑”在我们学习这门课程中很多具体内容时具有重要的指导作用。

3、针对《基础生物化学》课程不同部分的内容，运用不同的方法有针对性地学习

结构生物化学部分重点是掌握各种生物分子（尤其是蛋白质、核酸等生物大分子）的结构特征（包括不同层次结构的概念及其之间的关系）。只有真正理解了各种生物分子独特的结构特征，才能理解其为什么能够具有各种各样的理化性质和生物学功能，以及其结构与功能之间是如何相互适应的。在学习代谢生物化学部分时，需要重点掌握每一条代谢途径的细胞定位和功能，代谢底物和终产物的名称，代谢途径的限速步骤、限速酶及其调控方式，ATP 或其等价物（如 GTP、NADH、FADH₂ 等）的生成或消耗反应，代谢途径的抑制剂等内容。不能孤立地死记每一步反应，要深刻理解不同代谢途径之间的关系，如糖酵解途径和糖异生途径，脂肪酸 β -氧化和从头合成在代谢方向上刚好相反，糖酵解和磷酸戊糖途径都是葡萄糖的分解代谢途径，乙醛酸循环是植物细胞内柠檬酸循环的支路等。在学习信息生物化学时，要深刻理解和领会“中心法则”在现代生命科学中的地位，并注意常见不同机制（如复制、转录、翻译等）之间的异同，上述机制在原核生物和真核生物中的异同等。

在学习的过程中，要善于运用归纳、对比、总结等方法去记忆和理解所学的内容，要针对具体的学习内容，掌握或创造一些适合自己的辅助记忆的方法（如谐音、比喻、口诀、打油诗、思维导图等）。例如在学习核酸化学、蛋白质化学、酶学等章节时就比较适合采用思维导图的方法进行课后复习，在学习代谢生物化学部分内容时，可以尝试自己去绘制生物体内的代谢网络，在学习复制、转录、翻译等过程时，可以上网找找相关的视频或动画，

观看形象化的动态过程远比自己去理解枯燥的文字要容易很多。在课堂上，我们也给同学们提供了很多有趣的口诀或打油诗去帮助记忆特定的内容，如关于必需氨基酸，有“苏缬亮异亮，色苯属芳香，还有赖与蛋，缺一遭殃”；关于柠檬酸循环，有“乙酰草酰成柠檬，柠檬又成 α -酮，琥酰琥酸延胡索，苹果落在草丛中”；关于 β -氧化，有“ β -氧化是重点，氧化对象是脂酰。脱氢加水再脱氢，疏解切掉两个碳。产物乙酰辅酶A，最后进入三羧酸。”再如我们将TCA循环比作生物体内的“燃烧炉”，将ATP比作“货币”，将ATP合酶比作“分子发电机”或“分子印钞机”，将解偶联剂比作“偷渡客”，将tRNA在蛋白质生物合成中的作用比作“电影票”等，这些打油诗或比喻直观易懂，很容易帮助我们记住相关的生物化学知识，同学们也可以尝试自己去创作。

4、理论联系实际，善于发现生物化学问题，重视实验课；

《基础生物化学》是一门实验科学，该课程里几乎所有的重要理论都是经过实验验证的。因此实验课也是基础生物化学课程的重要组成部分。同学们要充分发挥和运用实验室这一将理论与实践相结合的重要场所。所谓“纸上得来终觉浅，绝知此事要躬行”，一定要亲自动手去操作，这样才能发现很多书本上没有提到的问题；同时，也不能仅仅满足于课堂上的操作，实验课后还要认真查阅资料，分析实验原理、操作、现象和结果等方面存在的问题。

此外，我们要善于发现生活实际或科研、生产等活动中的生物化学问题，做到理论联系实际。生物化学和我们的生活实际是息息相关的，只要你有心，就会在我们的日常生活中发现很多问题背后都与生物化学是有联系的。如“豆浆和鸡蛋真的不能同时吃吗？”“左旋肉碱真的能减肥吗？”“三鹿奶粉事件中为什么有人要往鲜奶中添加三聚氰胺？”“脑白金有什么作用？”“你知道发生重金属中毒应该如何急救吗？”“为什么人不吃肉也会长胖？”“骆驼为什么可以几个月都不用喝水？”等。善于发现类似的问题，并认真思考这些问题的答案，有助于提高我们将生物化学知识学以致用能力。

5、尊重记忆规律，及时复习巩固，并通过必要的练习加强理解。

根据艾宾浩斯遗忘曲线，人们对学到的新知识的遗忘速度总是呈现“先快后慢”的规律。对当天新学的知识，如果课后不及时复习，一天后将只剩下25%左右。因此课后要及时

进行复习回顾。《基础生物化学》课程涉及到的生物分子的化学结构、化学方程式、代谢途径等非常多，因此课后应勤抄化学结构式、化学方程式、代谢途径等，这样才能熟悉生物分子的结构特点，生物化学反应的机理等。此外学完每一章节后通过适量习题的训练可以使知识更清晰，也利于进一步的学习和巩固。当然，我们并不提倡题海战术，同学们应重在通过一些典型例题的训练以熟悉解题基本思路，做到举一反三和触类旁通。

最后需要说明的是，《基础生物化学》的学习并没有什么窍门，不付出一定的时间和精力是很难学好的。只要自己的学习目的明确、学习态度端正、学习方法得当，学习《基础生物化学》就将不再是一件难事。

目 录

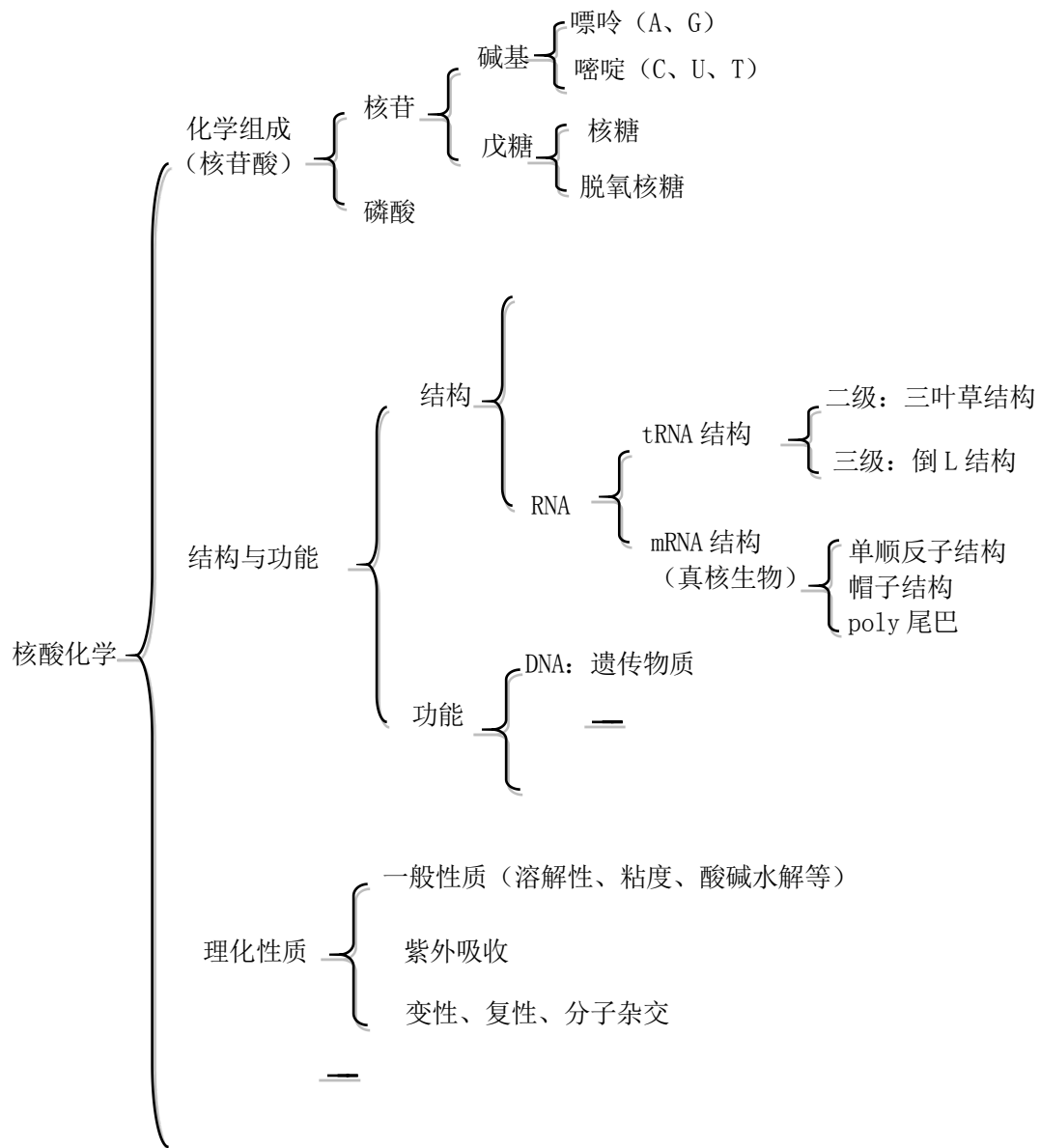
前 言.....	1
学好《基础生物化学》的建议.....	1
第一章 核酸化学.....	1
本章总结简图.....	1
学习目标和要求.....	2
习 题.....	2
参考答案.....	6
第二章 蛋白质化学.....	10
本章总结简图.....	10
学习要求.....	11
习 题.....	12
参考答案.....	17
第三章 酶学与维生素.....	23
本章总结简图.....	23
学习要求.....	24
习题.....	25
参考答案.....	30
第四章 糖类代谢.....	34
本章总结简图.....	34
学习目标和要求.....	34
习题.....	35
参考答案.....	40
第五章 生物氧化.....	44

本章总结简图.....	44
学习目标和要求.....	44
习题.....	45
参考答案.....	49
第六章 脂类代谢.....	52
本章总结简图.....	52
学习目标和要求.....	52
习题.....	53
参考答案.....	57
第七章 氨基酸和核苷酸的代谢.....	61
本章总结简图.....	61
学习目标和要求.....	62
习题.....	62
参考答案.....	65
第八章 核酸的生物合成.....	68
本章总结简图.....	68
学习目标和要求.....	68
习题.....	69
参考答案.....	73
第九章 蛋白质生物合成.....	77
本章总结简图.....	77
学习目标和要求.....	78
习题.....	78
参考答案.....	81
第十章 代谢调节.....	85
本章总结简图.....	85

学习目标和要求.....	85
习题.....	86
参考答案.....	89
2014 年全国硕士研究生入学统一考试农学门类联考（植物生理学与生物化学）	93
2015 年全国硕士研究生入学统一考试农学门类联考（植物生理学与生物化学）	95
2016 年东北农业大学攻读硕士学位研究生入学考试（植物生理学与生物化学）	97
2016 年东北农业大学攻读硕士学位研究生入学考试（生物化学）	99

第一章 核酸化学

本章总结简图



学习目标和要求

（一）核酸的种类和组成单位

1. 了解核酸的种类、组成、分布和生物学功能。
2. 掌握核酸的结构单位核苷酸的种类和结构特点，了解核苷酸的生物学功能。

（二）核酸的分子结构

1. 掌握 DNA 的一级、二级、三级结构。
2. 掌握三种主要的 RNA 分子（tRNA、mRNA、rRNA）的结构特点。

（三）核酸的理化性质

1. 掌握核酸的一般理化性质（溶解性、粘度、酸碱水解等）。
2. 掌握核酸的紫外吸收性质。
3. 掌握核酸的变性、复性和分子杂交的性质。

（四）核酸的分离纯化

1. 熟悉核酸的分离提纯的基本方法。
2. 了解 DNA 一级结构测定的基本原理

习题

一、 名词解释题

1. 核酸的增色效应
2. 减色效应；
3. 核酸 T_m 值；
4. 分子杂交；
5. 核小体；
6. 退火；
7. DNA 变性
8. DNA 复性
9. 不对称比率

二、 填空题

1. DNA 双螺旋结构模型是_____和_____于_____年提出的。
2. 核酸的基本结构单位是_____。
3. 脱氧核糖核酸在糖环_____位置不带羟基。
4. 两类核酸在细胞中的分布不同, DNA 主要位于_____中, RNA 主要位于_____中。
5. 核苷中糖环与碱基之间的连键为_____键。核苷与核苷之间通过_____键连接成多聚体。
6. 核酸的特征元素是_____。
7. 关于 tRNA 的结构及功能: tRNA 3'末端三个核苷酸顺序是_____; 二级结构呈_____形; 三级结构呈_____形, 其两端的功能分别是_____和_____。
8. 核酸在波长为_____纳米的紫外光中有明显的吸收峰, 这是由于_____结构所引起的。
9. 当分散开的两条 DNA 单链重新结合成和原来一样的双股螺旋, 这个过程称为_____。
10. DNA 中的_____嘧啶碱与 RNA 中的_____嘧啶碱的氢键结合性质相似。
11. DNA 双螺旋的两股链的顺序是_____关系。
12. 给动物食用 ^3H 标记的_____, 可使 DNA 带有放射性, 而 RNA 不带放射性。
13. B 型 DNA 双螺旋的螺距为_____nm, 每匝螺旋有_____对碱基, 每对碱基的转角是_____。
14. 在 DNA 分子中, 一般来说 G-C 含量高时, 比重_____, T_m (熔解温度) 则_____, 分子比较稳定。
15. _____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。
16. DNA 变性后, 紫外吸收_____, 粘度_____, 浮力密度_____。
17. DNA 样品的均一性愈高, 其熔解过程的温度范围愈_____。
18. DNA 所在介质的离子强度越低, 其熔解过程的温度范围愈_____, 熔解温度愈_____, 所以 DNA 应保存在较_____浓度的盐溶液中, 通常为_____mol/L 的 NaCl 溶液。
19. mRNA 在细胞内的种类_____, 但只占 RNA 总量的_____, 它是以_____为模板合成的, 又是_____合成的模板。
20. 变性 DNA 的复性与许多因素有关, 包括_____, _____, _____, _____等。
21. 维持 DNA 双螺旋结构稳定的因素包括: _____, _____, _____和_____等。
22. 常见的环化核苷酸有_____和_____。其作用是_____, 他们核糖上的_____位与_____位磷酸-OH 环化。
23. 真核细胞的 mRNA 5'端含有_____结构, 其尾部含有_____结构。
24. DNA 在水溶液中热变性之后, 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_____。
25. 提纯的结核分枝杆菌 DNA, 其腺嘌呤含量为 15.1%, 则鸟嘌呤、胞嘧啶、胸腺嘧啶的含量依次是_____%、_____%、_____%。
26. 大肠杆菌 DNA 分子量 2.78×10^9 , 设核苷酸残基的平均分子量为 309, 该 DNA 含有_____圈螺旋, 其长度为_____。

三、 单项选择题

- 下列哪一种碱基用氘标记后喂饲动物，最有可能只使 DNA 而不使 RNA 带有放射性标记：
 - 腺嘌呤
 - 尿嘧啶
 - 鸟嘌呤
 - 胸腺嘧啶
- 对 RNA 进行放射性标记时，用氘标记下列哪组分最方便：
 - 胸腺嘧啶
 - 腺嘌呤
 - 脱氧核糖
 - 尿嘧啶
- DNA 结构的 Watson-Crick 模型说明：
 - DNA 为双螺旋结构
 - DNA 两条链的走向相同
 - 碱基之间形成共价键
 - 磷酸骨架位于螺旋的内部
- DNA 携带有生物遗传信息这一事实说明：
 - 不同种属的 DNA 其碱基组成相同
 - DNA 是一种小的环状结构
 - 同一生物不同组织的 DNA 通常由相同的碱基组成
 - DNA 碱基组成随生物体的年龄或营养状况而变化
- 热变性的 DNA 有什么特征？
 - 碱基之间的磷酸二酯键发生断裂
 - 形成三股螺旋
 - 出现减色效应
 - 在波长 260nm 处的光吸收增加
- Watson-Crick DNA 双螺旋中，下列哪个是正确的碱基配对组：
 - 腺嘌呤、胸腺嘧啶
 - 腺嘌呤、尿嘧啶
 - 腺嘌呤、胞嘧啶
 - 腺嘌呤、鸟嘌呤
- RNA 的二级结构是：
 - B-型双螺旋
 - 三股螺旋
 - 局部双螺旋
 - Z-型双螺旋
- 被称为“假尿嘧啶核苷”（或“假尿苷”）的结构特点是：
 - 尿嘧啶是假的
 - 核糖是假的
 - N1-C1' 相连
 - C5-C1' 相连
- 组成核酸的核苷酸之间彼此连接的化学键是：
 - 磷酸二酯键
 - 氢键
 - 糖苷键
 - C-C 键
- DNA 一条链的部分顺序是 5' TAGA 3'，下列能与之形成氢键而互补的 DNA 链是：
 - 5' TCTA
 - 5' ATCT
 - 5' UCUA
 - 3' TCTA
- 早年，E. Chargaff 对 DNA 的碱基组成总结一些规律，下列属于 Chargaff 规则的是：
 - $(A+G)/(C+T)=1$
 - $A/C=G/T$
 - $A+T=G+C$
 - 在 RNA 中 $A=U$ ，在 DNA 中 $A=T$
- 如果物种甲的 DNA 的 T_m 值比物种乙的 DNA 的 T_m 值低，那么，物种甲和物种乙的 DNA 中 AT 含量的高低是：
 - 甲 < 乙
 - 甲 = 乙
 - 甲 > 乙
 - 不能肯定
- ATP 分子中各组分的连接方式是：
 - R-A-P-P-P
 - A-R-P-P-P
 - P-A-R-P-P
 - P-R-A-P-P
- 决定 tRNA 携带氨基酸特异性的关键部位是：
 - XCCA3' 末端
 - T ψ C 环
 - 反密码子环
 - 额外环
- 构成多核苷酸链骨架的关键是：
 - 2' 3' -磷酸二酯键
 - 2' 4' -磷酸二酯键
 - 3' 5' -磷酸二酯键
 - 3' 4' -磷酸二酯键
- 含有稀有碱基比例较多的核酸是：
 - 胞核 DNA
 - 线粒体 DNA
 - tRNA
 - mRNA
- 真核细胞 mRNA 帽子结构最多见的是：
 - $m^7A_{ppp}N_{mp}N_{mp}$
 - $m^7G_{ppp}N_{mp}N_{mp}$
 - $m^7U_{ppp}N_{mp}N_{mp}$
 - $m^7C_{ppp}N_{mp}N_{mp}$

18. DNA 变性后理化性质有下述改变：
 - A. 对 260nm 紫外吸收减少
 - B. 溶液粘度下降
 - C. 磷酸二酯键断裂
 - D. 核苷酸断裂
19. 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
20. 真核生物 mRNA 的帽子结构中， m^7G 与多核苷酸链通过三个磷酸基连接，连接方式是：
 - A. 2' -5'
 - B. 3' -5'
 - C. 3' -3'
 - D. 5' -5'
21. 真核生物 DNA 缠绕在组蛋白上构成核小体，核小体含有的蛋白质是：
 - A. H1、H2、H3、H4 各两分子
 - B. H1A、H1B、H2B、H2A 各两分子
 - C. H2A、H2B、H3A、H3B 各两分子
 - D. H2A、H2B、H3、H4 各两分子
22. 根据 Watson-Crick 模型，求得每一微米 DNA 双螺旋含核苷酸对的平均数为：
 - A. 25400
 - B. 2540
 - C. 29411
 - D. 2941
23. 5' 末端通常具有帽子结构的 RNA 分子是：
 - A. 原核生物 mRNA
 - B. 原核生物 rRNA
 - C. 真核生物 mRNA
 - D. 真核生物 rRNA
24. 世界上首次人工合成具有生物活性酵母 tRNA_{Ala} 的国家是 ()
 - A. 美国
 - B. 中国
 - C. 英国
 - D. 法国
25. 下列 DNA 模型中，属于左手螺旋的是：
 - A. Z-DNA
 - B. C-DNA
 - C. B-DNA
 - D. A-DNA
26. 一段双链 DNA 包含 1000 个碱基对，其组成中 G+C=58%，那么该双链 DNA 中 T 的含量是：
 - A. 58%
 - B. 42%
 - C. 29%
 - D. 21%
27. 下列含有 DNA 的细胞器是：
 - A. 线粒体
 - B. 内质网
 - C. 高尔基体
 - D. 核糖体
28. 下列核苷中，在真核生物中 tRNA 和 mRNA 中都有的是：
 - A. 胸腺嘧啶核苷
 - B. 腺嘌呤核苷
 - C. 二氢尿嘧啶核苷
 - D. 假尿嘧啶核苷

四、是非判断题

1. DNA 是生物遗传物质，RNA 则不是。
2. 脱氧核糖核苷中的糖环 3' 位没有羟基。
3. 原核生物和真核生物的染色体均为 DNA 与组蛋白的复合体。
4. 核酸的紫外吸收与溶液的 pH 值无关。
5. 生物体的不同组织中的 DNA，其碱基组成也不同。
6. 核酸中的修饰成分（也叫稀有成分）大部分是在 tRNA 中发现的。
7. DNA 的 T_m 值和 AT 含量有关，AT 含量高则 T_m 高。
8. 真核生物 mRNA 的 5' 端有一个多聚 A 的结构。
9. DNA 的 T_m 值随 (A+T) / (G+C) 比值的增加而减少。
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. 用碱水解核酸时，可以得到 2' 和 3' -核苷酸的混合物。
12. 生物体内，天然存在的 DNA 分子多为负超螺旋。
13. mRNA 是细胞内种类最多、含量最丰富的 RNA。

14. tRNA 的二级结构中的额外环是tRNA 分类的重要指标。
15. 对于提纯的DNA 样品，测得 $OD_{260}/OD_{280} < 1.8$ ，则说明样品中含有RNA。
16. 基因表达的最终产物都是蛋白质。
17. 两个核酸样品A 和B，如果A 的 OD_{260}/OD_{280} 大于B 的 OD_{260}/OD_{280} ，那么A的纯度大于B 的纯度。
18. 毫无例外，从结构基因中DNA 序列可以推出相应的蛋白质序列。
19. 真核生物成熟mRNA 的两端均带有游离的3' -OH。

五、 问答题

1. 简述DNA 分子双螺旋结构的主要特点。
2. 简述tRNA 二级结构的组成特点。
3. 何谓DNA分子热变性？有何特征？ T_m 值表示什么？
4. 试述三种主要的RNA分子的生物功能。
5. 何谓分子杂交，核酸分子杂交在生命科学研究中有何应用？

六、 实验题

1. 从动植物细胞匀浆中提取基因组DNA时，常用EDTA、氯仿-异戊醇混合液和95%乙醇试剂。请根据蛋白质和核酸的理化性质回答：
 - (1) 该实验中这些试剂各起什么作用？
 - (2) 举出一种可以鉴定所提取基因组的DNA中是否残留有RNA的方法。
2. 如何设计实验证明DNA是遗传物质？
3. 请举出2种区分DNA和RNA的方法。

参考答案

一、 名词解释题

1. 增色效应：当双螺旋DNA解链时，由于含有共轭双键的碱基的暴露，造成其在260nm处紫外吸收值急剧增加的现象。
2. 减色效应：当变性的核酸分子发生复性时，其在260nm处紫外吸收值减少的现象。
3. 核酸 T_m 值：也叫DNA溶解温度，指DNA热变性时，其紫外吸收增加值达到总增加值一半时的温度。
4. 分子杂交：当两条不同来源的核酸分子存在互补顺序时，在一定条件下可以发生互补配对形成双螺旋分子，这种分子称为杂交分子，形成杂交分子的过程称为分子杂交。
5. 核小体：真核生物染色体的基本结构单位，由八聚体组蛋白和盘绕在组蛋白上的DNA及连接DNA构成。
6. 退火：热变性的DNA在缓慢冷却的条件下重新形成双链的过程。
7. DNA变性：在特定条件下（比如极端pH或高温下），双链DNA氢键断裂，解螺旋形成单

链的现象。

8. DNA复性：变性DNA的两条链通过碱基配对重新形成双螺旋的过程。
9. 不对称比率：不同生物的碱基组成有差异，此比率可用 $(A+T)/(G+C)$ 表示。

二、 填空题

1. 沃森（或 Watson），克里克（或 Crick），1953
2. 核苷酸
3. 2'
4. 细胞核，细胞质
5. 糖苷，3', 5' -磷酸二酯
6. 磷
7. -CCA，三叶草，倒 L，接受氨基酸，识别 mRNA 上的密码子
8. 260，碱基的共轭双键
9. 复性
10. 胸腺，尿
11. 反向平行互补
12. 胸腺嘧啶（T）
13. 3.4，10，36°
14. 大，高
15. 信使（或 m），转运（或 t）
16. 升高，减小，增大
17. 窄
18. 宽，低，高，1
19. 多，5%，DNA，蛋白质
20. DNA 浓度，片段大小，溶液离子强度，样品均一度，温度
21. 碱基堆积力，氢键，磷酸基团的静电斥力，碱基分子内能
22. cAMP，cGMP，第二信使，3'，5'
23. 帽子，polyA
24. 单链，双链
25. 34.9，34.9，15.1
26. 4.5×10^5 ， 1.53×10^6 nm

三、 单项选择题

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

四、 是非判断题

1. 错。RNA病毒中不含有DNA，RNA为其遗传物质。
2. 错。脱氧核糖核苷中的糖环2' 位没有羟基，3' 位有羟基。

3. 错。原核生物染色体DNA中不含有组蛋白。
4. 错。溶液pH呈极酸或极碱时DNA可能发生变性而导致紫外吸收增大。
5. 错。DNA为遗传物质，同一个体不同组织中的DNA碱基组成相同。
6. 对。
7. 错。AT含量高则 T_m 值低。
8. 错。真核生物mRNA 3' 端有一个多聚A的结构。
9. 对。
10. 对。
11. 对。
12. 对。
13. 错。mRNA含量仅占RNA总量的5%左右。细胞内含量最丰富的RNA应为rRNA。
14. 对。
15. 错。纯DNA样品， $OD_{260}/OD_{280} < 1.8$ ，说明样品中可能含有蛋白质。
16. 错。基因表达的产物可以是蛋白质或RNA。如rRNA或tRNA基因不编码蛋白质产物。
17. 错。判断核酸样品的纯度是用 OD_{260}/OD_{280} 值与1.8进行比较，而两份样品之间 OD_{260}/OD_{280} 值的相对大小与样品纯度并无必然联系。
18. 错。真核生物很多基因结构中含有内含子序列，因此不能由DNA序列直接推出相应的蛋白质序列。
19. 对。真核生物成熟mRNA 5' 端含有帽子结构，其7-甲基鸟苷酸的核糖3' 位上也含有-OH。

五、 问答题

1. 答：根据Watson-Crick 提出的B-DNA模型，其主要特点有：两条反相平行的多核苷酸链围绕同一中心轴互相缠绕形成双螺旋结构；碱基位于双螺旋的内侧，而亲水的糖磷酸主链位于螺旋的外侧，通过磷酸二酯键相连，形成核酸的骨架；碱基平面与轴垂直，糖环平面则与轴平行；两条链皆为右手螺旋；双螺旋的平均直径为2nm，螺距为3.4nm，两核苷酸之间的夹角是 36° ，每对螺旋由10 对碱基组成；双螺旋结构表面有两种凹槽，分别为大沟和小沟；碱基按A=T，C≡G互补配对，彼此以氢键相连；两条链互为互补链。
2. 答：tRNA 的二级结构为三叶草结构。其结构特征为四臂四环。其中，叶柄是氨基酸臂，其上含有CCA-OH3'，此结构是接受氨基酸的位置。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。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。右环是假尿嘧啶环（T Ψ C 环），它与核糖体的结合有关。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。
3. 答：DNA的变性指DNA双螺旋区的氢键断裂，变成单链，但并不涉及共价键断裂的现象。其中由温度升高而引起的变性称为热变性。热变性后，一系列理化性质随之改变：260nm处紫外吸收值升高，黏度下降，浮力密度升高等。DNA的变性通常发生在一个很窄的温度范围内，通常把加热变性使DNA双螺旋结构丧失一半时的温度称为该DNA的熔点或溶解温度，用 T_m 值表示。
4. 答：mRNA是信使RNA，它将DNA上的遗传信息转录下来，携带到核糖体上，在那里以密码

的方式控制蛋白质分子中氨基酸的排列顺序，作为蛋白质合成的直接模板。rRNA是转运RNA，与蛋白质共同构成核糖体，核糖体不仅是蛋白质合成的场所，还协助或参与了蛋白质合成的起始。tRNA是转运RNA，与氨基酸形成复合物，将氨基酸转运到核糖体中mRNA的特定位置上。

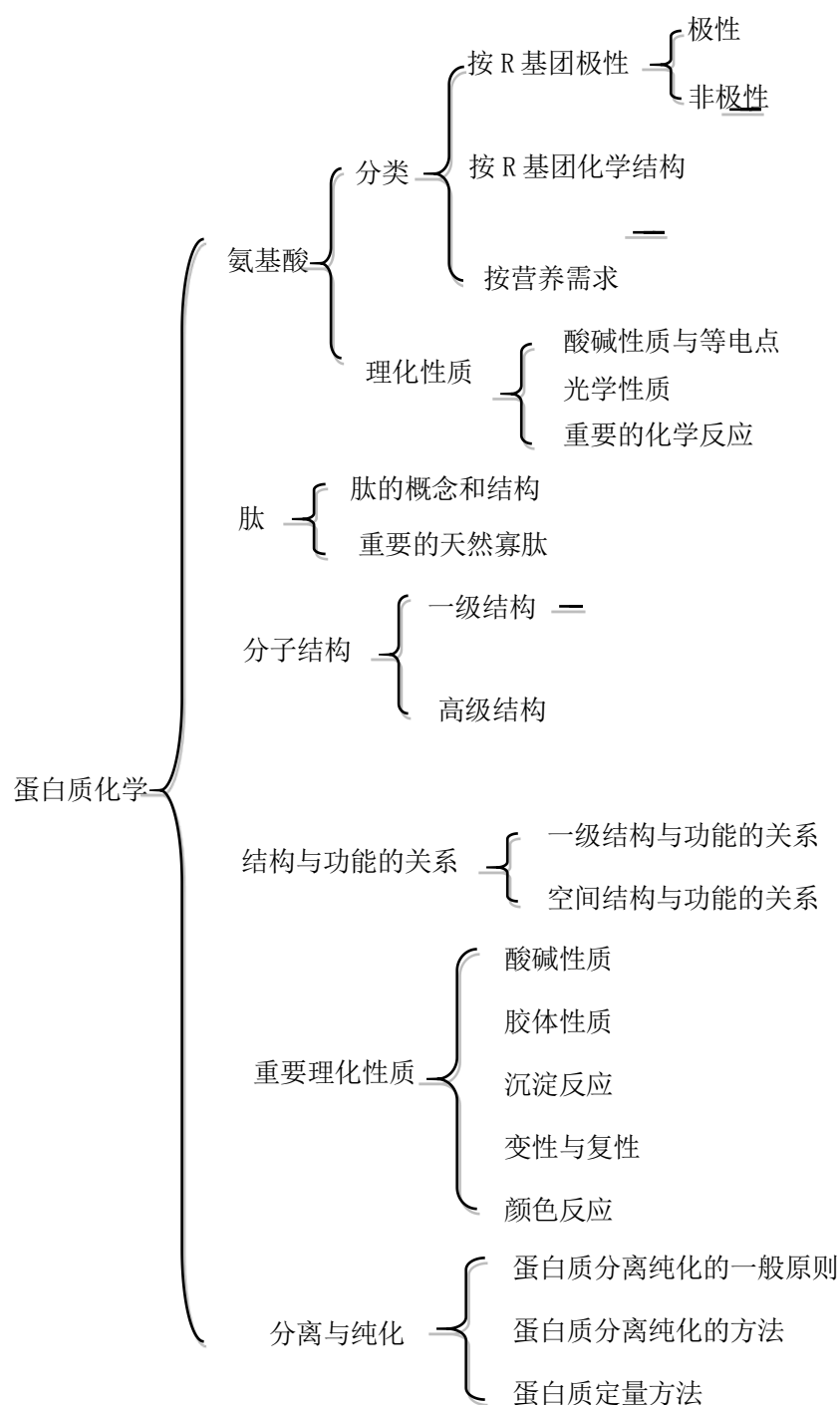
5. 答：核酸的分子杂交是指在一定条件下，两条来源不同，但具有互补序列的单核苷酸分子，按照碱基配对原则结合在一起的现象。分子杂交可发生在DNA-DNA、RNA-RNA、和DNA-RNA之间。分子杂交在分子生物研究中用途广泛。如DNA印迹，是一种利用分子杂交原理鉴定DNA的方法。可用来鉴定不同物种间是否存在同源基因，或鉴定转基因生物是否已有外源基因的整合，也可用于鉴定同一生物某一基因的拷贝数。又如RNA印迹，是一种利用分子杂交原理鉴定RNA的方法。可用来在mRNA水平研究基因的表达规律。

六、实验题

1. 答：试剂的作用：①EDTA可螯合金属离子，抑制DNA酶的活性。②氯仿-异戊醇混合液使蛋白质变性沉淀，并能去除脂类物质。③95%乙醇可使DNA沉淀。
(2)鉴别方法 ①采用地衣酚试剂检测RNA分子中的核糖。如果反应液呈绿色，说明残留有RNA。②采用紫外吸收法检测A260/A280的比值。如果比值大于1.8，说明残留有RNA。③采用琼脂糖凝胶电泳法检测是否有小分子量的RNA条带存在。
2. 答：（1）肺炎双球菌转化实验：1944年，Wswald T. Avery等人发现，从有毒肺炎球菌菌株提取的DNA能使无色的肺炎球菌转化成有毒菌株，而蛋白质等其它生物大分子则没有此作用。（2）噬菌体侵染实验：1952年，Alfred D. Hershey & Meatha Chase用放射性核素³²P标记噬菌体DNA的磷酸基团，用³⁵S标记噬菌体蛋白质衣壳的含硫氨基酸，分别感染未标记的细菌悬浮物。发现³²P存在于被噬菌体感染的细菌内，³⁵S存在于未进入细菌内的蛋白外壳中，且感染的病毒在细菌体内能复制子代。这说明使病毒复制的遗传信息是由含磷的DNA所携带，而不是含硫的病毒蛋白质外壳所携带，因此DNA是遗传信息的主要物质。
3. 答：（1）用专一的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，DNA不被水解。（3）用颜色反应。二苯胺试剂使DNA显蓝色，苔黑酚（地衣酚）试剂使RNA显绿色。（4）用酸水解后进行单核苷酸分析，含U的是RNA，含T的是DNA。

第二章 蛋白质化学

本章总结简图



学习要求

（一）蛋白质的概念与生理功能

1. 了解蛋白质的生物学功能、化学组成及分类。

（二）氨基酸

1. 了解氨基酸的基本结构特点，熟悉组成蛋白质的基本氨基酸的侧链结构和极性。
2. 熟记组成蛋白质的基本氨基酸三字符，了解氨基酸的常见分类方法。
3. 掌握氨基酸的两性性质和等电点的概念及相关计算。
4. 了解氨基酸的光学性质和常见的重要化学反应。

（三）蛋白质的分子结构及其与功能的关系

1. 掌握肽和肽键的概念，了解肽的理化性质，了解常见活性肽的结构和功能。
2. 掌握蛋白质的一级结构、二级结构（超二级结构、结构域）、三级结构、四级结构及其维系不同层次空间结构的作用力。
3. 理解蛋白质结构与功能的关系。

（四）蛋白质的理化性质

1. 掌握蛋白质的两性性质、胶体性质、沉淀反应、紫外吸收、变性与复性、常见颜色反应等理化性质。

（五）蛋白质的分离与纯化

1. 了解蛋白质的抽提原理及操作。
2. 了解蛋白质分离纯化的主要方法（电泳、层析、离心、沉淀）。
3. 掌握常见蛋白质定量方法的基本原理。

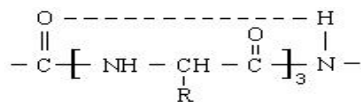
习题

一、 名词解释题

1. 必需氨基酸
2. 氨基酸等电点
3. 蛋白质一级结构
4. 蛋白质二级结构
5. 超二级结构
6. 结构域
7. 蛋白质三级结构
8. 四级结构
9. 同源蛋白质
10. 盐析
11. 盐溶
12. 蛋白质变性

二、 填空题

1. 在组成蛋白质的二十种氨基酸中，_____是亚氨基酸，当它在 α -螺旋行进中出现时，可使螺旋_____。
2. Lys 的 α -COOH、 α -NH₃⁺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_____，它是由_____基团的解离引起的。
3. 蛋白质在波长为_____nm 的紫外光中有明显的吸收峰，这是由_____、_____和_____三种氨基酸残基所引起的。
4. 有一混合蛋白样品，含 A、B、C、D 四种蛋白质，其 pI 分别为 4.9、5.2、6.6 和 7.8，若将此样品液置于 pH7.0 的缓冲液中电泳，向阴极移动的有_____。
5. 某蛋白质的某一区段含有 15 个氨基酸残基，这些残基之间均可形成如下图所示的氢键。



- (1) 该区段具有_____的二级结构，它的长度为_____纳米。
 - (2) 该区段的主链中可形成_____个氢键。
 - (3) 已知该区段被包埋在整个蛋白质分子的内部，则这一区段很可能含有较多的_____氨基酸。
6. 蛋白质多肽链中的肽键是通过一个氨基酸的_____基和另一氨基酸的_____基连接而形成的。

7. 大多数蛋白质中氮的含量较恒定, 平均为____%, 如测得 1 克样品含氮量为 10mg, 则蛋白质含量为____%。
8. 在 20 种氨基酸中, 酸性氨基酸有____和____2 种, 具有羟基的氨基酸是____、____和____, 能形成二硫键的氨基酸是____。
9. 精氨酸的 pI 值为 10.76, 将其溶于 pH7 的缓冲液中, 并置于电场中, 则精氨酸应向电场的____方向移动。
10. 组成蛋白质的 20 种氨基酸中, 含有咪唑环的氨基酸是____, 含硫的氨基酸有____和____。
11. 蛋白质的二级结构的类型有____、____、____和____等。
12. α -螺旋结构是由同一肽链的____和____间的____键维持的, 螺距为____, 每圈螺旋含____个氨基酸残基, 每个氨基酸残基沿轴上升高度为____。天然蛋白质分子中的 α -螺旋大都属于____手螺旋。
13. 球状蛋白质中有____侧链的氨基酸残基常位于分子表面而与水结合, 而有____侧链的氨基酸位于分子的内部。
14. 氨基酸与茚三酮发生氧化脱羧脱氨反应生成____色化合物, 而____与茚三酮反应生成黄色化合物。
15. 维持蛋白质的一级结构的化学键有____和____; 维持二级结构靠____键; 维持三级结构和四级结构靠____键, 其中包括____、____、____和____等。
16. 稳定蛋白质胶体的因素是____和____。
17. GSH 的中文名称是____, 它的活性基团是____, 它的生化功能是____。
18. 加入低浓度的中性盐可使蛋白质溶解度____, 这种现象称为____, 而加入高浓度的中性盐, 当达到一定的盐饱和度时, 可使蛋白质的溶解度____并____, 这种现象称为____, 蛋白质的这种性质常用于____。
19. 用电泳方法分离蛋白质的原理, 是在一定的 pH 条件下, 不同蛋白质的____、____和____不同, 因而在电场中移动的____和____不同, 从而使蛋白质得到分离。
20. 氨基酸处于等电状态时, 主要是以____形式存在, 此时它的溶解度最小。
21. 鉴定蛋白质多肽链氨基末端常用的方法有____和____。
22. 测定蛋白质分子量的方法有____、____和____。
23. 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 pH8.0 缓冲液中, 它们在电场中电泳的情况为: 甲____, 乙____, 丙____。
24. 当氨基酸溶液的 $\text{pH}=\text{pI}$ 时, 氨基酸以____离子形式存在, 当 $\text{pH}>\text{pI}$ 时, 氨基酸以____离子形式存在。
25. 天然蛋白质中的 α -螺旋结构, 其主链上所有的羰基氧与亚氨基氢都参与了链内____键的形成, 因此构象相当稳定。

26. 肌红蛋白的含铁量为 0.34%，其最小分子量是_____. 血红蛋白的含铁量也是 0.34%，但每分子含有 4 个铁原子，血红蛋白的分子量是_____。
27. 一个 α -螺旋片段含有 180 个氨基酸残基，该片段中有_____圈螺旋？该 α -螺旋片段的轴长为_____。

三、 单项选择题

- 下列什么氨基酸溶液不使偏振光发生旋转：
 - Ala
 - Gly
 - Leu
 - Ser
- 下列氨基酸中，蛋白质内有的是
 - 高半胱氨酸
 - 半胱氨酸
 - 鸟氨酸
 - 瓜氨酸
- 在下列肽链主干原子排列中，哪个符合肽键的结构？
 - C—N—N—C
 - C—C—C—N
 - N—C—C—C
 - C—C—N—C
- Cys 的 $pK_1(\alpha\text{-COOH})$ 为 1.71, $pK_2(\alpha\text{-NH}_3^+)$ 为 10.78, $pK_3(\text{R 基团})$ 为 8.33, 在 pH 为 7.0 的缓冲液中，该氨基酸所带电荷为：
 - 正电荷
 - 负电荷
 - 无电荷
 - 等电荷
- 蛋白质变性不包括：
 - 肽链断裂
 - 离子键断裂
 - 疏水键断裂
 - 氢键断裂
- 下列氨基酸中，在波长 280 nm 处紫外吸收值最高的氨基酸是：
 - Lys
 - Cys
 - Thr
 - Trp
- 蛋白质肽链在形成 α -螺旋时，遇到 Pro 残基时， α -螺旋就会中断而拐弯，主要是因为：
 - 没有多余的氢形成氢键
 - 不能形成所需的 ψ 角
 - R 基团电荷不合适
 - 整个 α -螺旋不稳定
- 维持蛋白质二级结构的作用力是：
 - 肽键
 - 离子键
 - 疏水键
 - 氢键
- 在生理 pH 条件下，下列哪种氨基酸带正电荷？
 - 丙氨酸
 - 酪氨酸
 - 赖氨酸
 - 蛋氨酸
- 下列氨基酸中哪一种是非必需氨基酸？
 - 亮氨酸
 - 酪氨酸
 - 赖氨酸
 - 蛋氨酸
- 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
- 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
- 下列哪一项不是蛋白质 α -螺旋结构的特点？
 - 天然蛋白质多为右手螺旋
 - 肽链平面充分伸展
 - 每隔 3.6 个氨基酸螺旋上升一圈
 - 每个氨基酸残基上升高度为 0.15nm.
- 下列哪一项不是蛋白质的性质之一？
 - 处于等电状态时溶解度最小
 - 加入少量中性盐溶解度增加
 - 变性蛋白质的溶解度增加
 - 有紫外吸收特性
- 在下列检测蛋白质的方法中，哪一种取决于完整的肽链？

- A. 凯氏定氮法 B. 双缩脲反应 C. 紫外吸收法 D. 茚三酮法
16. 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
17. 下列有关蛋白质的叙述哪项是正确的?
A. 蛋白质分子的净电荷为零时的 pH 值是它的等电点
B. 大多数蛋白质在含有中性盐的溶液中会沉淀析出
C. 由于蛋白质在等电点时溶解度最大, 故沉淀蛋白质时应远离等电点
D. 以上各项均不正确
18. 下列关于蛋白质结构的叙述, 哪一项是错误的?
A. 氨基酸的疏水侧链很少埋在分子的中心部位
B. 带电荷的氨基酸侧链常在分子的外侧, 面向水相
C. 蛋白质的一级结构在决定高级结构方面是重要因素之一
D. 蛋白质的空间结构主要靠次级键维持
19. 下列哪些因素妨碍蛋白质形成 α -螺旋结构?
A. 脯氨酸的存在 B. 氨基酸残基的大的支链
C. 酸性或碱性氨基酸的相邻存在 D. 以上各项都是
20. 关于 β -折叠的叙述, 下列哪项是错误的?
A. β -折叠片的肽链处于曲折的伸展状态
B. 有的 β -折叠片的结构是借助于链内氢键稳定的
C. 所有的 β -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
21. 维持蛋白质二级结构稳定的主要作用力是:
A. 盐键 B. 疏水键 C. 氢键 D. 二硫键
22. 维持蛋白质三级结构稳定的因素是:
A. 肽键 B. 二硫键 C. 次级键 D. 氢键
23. 凝胶过滤法分离蛋白质时, 从层析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
24. 蛋白质空间构象的特征主要取决于下列哪一项?
A. 多肽链中氨基酸的排列顺序 B. 次级键
C. 链内及链间的二硫键 D. 温度及 pH
25. 下列哪个性质是氨基酸和蛋白质所共有的?
A. 胶体性质 B. 两性性质 C. 沉淀反应 D. 变性性质
26. 氨基酸在等电点时具有的特点是:
A. 不带正电荷 B. 不带负电荷 C. 在电场中不泳动 D. 溶解度最大
27. 蛋白质的一级结构是指:
A. 蛋白质氨基酸的种类和数目 B. 蛋白质中氨基酸的排列顺序
C. 蛋白质分子中多肽链的折叠和盘绕 D. 包括 A, B 和 C
28. 由 360 个氨基酸残基形成的典型 α -螺旋, 其螺旋长度是:
A. 54nm B. 36nm C. 34nm D. 15nm
29. 生物体内的氨基酸有 D-型和 L-型两种, 其中 D-型氨基酸通常存在于:
A. 胰岛素中 B. 抗菌肽中 C. 细胞色素 C 中 D. 血红蛋白中
30. 在蛋白质和核酸分子测序方面作出突出贡献且获得诺贝尔奖的科学家是:

- A. J. Watson B. F. Sanger C. L. Pauling D. J. Sumner
31. 下列氨基酸中侧链含有羟基的是:
A. Gly B. Glu C. Lys D. Thr
32. 谷氨酸有 3 个可解离基团, 其 $pK_1=2.19$, $pK_2=9.67$, $pK_R=4.25$, 它的等电点是:
A. 3.22 B. 5.93 C. 6.43 D. 6.96

四、是非判断题

1. 氨基酸与茚三酮反应都产生蓝紫色化合物。
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. 所有的蛋白质都有酶活性。
4. α -碳和羧基碳之间的键不能自由旋转。
5. 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。
6. 所有氨基酸都具有旋光性。
7. 构成蛋白质的 20 种氨基酸都是必需氨基酸。
8. 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。
9. 一氨基一羧基氨基酸的 pI 为中性, 因为 $-COOH$ 和 $-NH_2$ 的解离度相同。
10. 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。
11. 蛋白质是生物大分子, 但并不都具有四级结构。
12. 血红蛋白和肌红蛋白都是氧的载体, 前者是一个典型的别构蛋白, 在与氧结合过程中呈现别构效应, 而后者却不是。
13. 用 DNFB 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。
14. 并非所有构成蛋白质的氨基酸的 α -碳原子上都有一个自由羧基和一个自由氨基。
15. 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。
16. 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。
17. 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。
18. 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。
19. 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。
20. 蛋白质的空间结构就是它的三级结构。
21. 维持蛋白质三级结构最重要的作用力是氢键。
22. 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。
23. 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。

五、问答题

1. 蛋白质有哪些重要功能?
2. 试简述蛋白质的结构层次。
3. 蛋白质的 α -螺旋结构有何特点?
4. 简述蛋白质的一级结构及其与生物进化的关系。
5. 什么是蛋白质的变性作用? 试简述蛋白质变性作用的机制及蛋白质变性后的表现。
6. 蛋白质的变性和沉淀有何异同, 引起蛋白质沉淀的因素和作用机制是什么?

7. 举例说明蛋白质的结构与其功能之间的关系。

六、实验题

1. 用葡聚糖凝胶 G-25 分子筛层析去除蛋白质溶液中硫酸铵的实验原理是什么？还可以用哪一种实验方法达到同样实验目的？（写出方法的名称即可）
2. 现有纯化的小牛胸腺 DNA 和牛血清白蛋白溶液各一瓶。请简要写出根据核酸与蛋白质紫外线吸收的特性区分上述两种物质的实验原理。

参考答案

一、名词解释题

1. 必需氨基酸：指人体自身（或其它脊椎动物）不能合成或合成速度不能满足人体需要，必须从食物中摄取的氨基酸。（人体八种必需氨基酸为：缬氨酸，异亮氨酸，甲硫氨酸，色氨酸，苏氨酸，赖氨酸，苯丙氨酸，亮氨酸。）
2. 氨基酸等电点：氨基酸所带正负电荷相等，净电荷为零时的溶液的 pH 值。
3. 蛋白质一级结构：指多肽链内氨基酸残基从 N-末端到 C 末端的排列顺序，或称氨基酸序列，是蛋白质最基本的结构。
4. 二级结构：指多肽链主链的折叠产生由氢键维系的有规则的构象。二级结构是蛋白质结构的构象单元，主要包括： α -螺旋、 β -折叠、 β -转角、无规卷曲等。
5. 超二级结构：指蛋白质中相邻的二级结构单位（ α -螺旋、 β -折叠、 β -转角等）组合在一起，形成有规则的在空间上能辨认的二级结构组合体
6. 结构域：指多肽链在二级结构或超二级结构的基础上形成三级结构局部折叠区，它是相对独立的紧密球状实体。
7. 三级结构：指由二级结构元件（ α 螺旋、 β 折叠、 β 转角和无规卷曲等）构建成的总三维结构，包括一级结构中相距较远的肽段之间的几何相互关系和侧链在三维空间中彼此间的相互关系。
8. 四级结构：指由两条或两条以上具有三级结构的多肽链聚合而成、有特定三维结构的蛋白质构象。
9. 同源蛋白质：在不同生物体或同一机体内行使相同或相似功能的蛋白质。
10. 盐析：指蛋白质溶液中加入高浓度中性盐而使蛋白质溶解度降低而析出的过程。
11. 盐溶：在蛋白质水溶液中，加入少量的中性盐，会使蛋白质在水溶液中的溶解度增大的现象。
12. 蛋白质变性：蛋白质在某些物理和化学因素作用下其特定的空间构象被改变，从而导致其理化性质的改变和生物活性的丧失，但未导致蛋白质一级结构的改变的现象。

二、填空题

1. Pro，中断
2. 10.53， $-\text{NH}_2$

3. 280, Phe, Tyr, Trp
4. D
5. α -螺旋, 2.25, 11, 疏水
6. 羧基, 氨基
7. 16, 6.25
8. Glu, Asp, Thr, Ser, Tyr, Cys
9. 阴极
10. His, Met, Cys
11. α -螺旋, β -折叠, β -转角, 无规卷曲
12. C=O, N-H, 氢, 0.54nm, 3.6, 0.15nm, 右
13. 亲水(极性), 疏水(非极性)
14. 蓝紫, Pro
15. 肽键, 二硫键, 氢键, 次级键(非共价键), 离子键(盐键), 疏水键, 氢键, 范德华力
16. 表面的水化膜, 同性电荷
17. 谷胱甘肽, 巯基, 氧化还原酶的辅酶、对-SH有保护作用; 防止过氧化物积累的功能
18. 增加, 盐溶, 降低, 沉淀析出, 盐析, 蛋白质分离
19. 分子量, 所带电荷, 分子形状, 速率, 方向
20. 兼性离子
21. Edman 降解法, DNFB 法
22. 凝胶过滤, SDS-PAGE, 沉降法
23. 不动, 向正极移动, 向负极移动
24. 兼性, 阴
25. 氢
26. 16470, 65882
27. 50, 27nm

三、单项选择题

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

四、是非判断题

1. 错。Pro 反应产生黄色化合物。
2. 对。
3. 错。酶只是蛋白质中的一类。很多蛋白质不是酶, 因而不具有酶活性。
4. 错。可以自由旋转。
5. 对。
6. 错。Gly 不具有旋光性。
7. 错。必需氨基酸只有 8 种。
8. 对。
9. 错。一氨基一羧基氨基酸的 pI 为中性偏酸。

10. 错。蛋白质变性不涉及肽键断裂。
11. 对。
12. 对。
13. 错。两种方法是基于不同的化学反应。
14. 对。
15. 对。
16. 对。
17. 错。二肽不具有双缩脲反应。
18. 错。形成一个二硫键。
19. 对。
20. 错。蛋白质的空间结构包括除一级结构外的其它结构层次。
21. 错。维持蛋白质三级结构最重要的作用力是非共价键。
22. 错。每个亚基单独存在时没有生物活性。
23. 错。蛋白质二级结构的稳定性是靠氢键（包括链内和链间）维持的。

五、 问答题

1. 答：

- 1) 催化 高效专一地催化机体内几乎所有的反应。 如：各种酶
- 2) 调节 调节机体代谢活动。 如：激素（胰岛素）、钙调蛋白、阻遏蛋白
- 3) 运输 专一运输各种小分子和离子。 如：血红蛋白、肌红蛋白、脂蛋白、离子通道
- 4) 营养 生物体利用蛋白质作为提供充足氮素的一种方式 如：卵清蛋白、酪蛋白、麦醇溶蛋白、铁蛋白
- 5) 运动 某些蛋白赋予细胞以运动的能力。 如：肌动蛋白、肌球蛋白、鞭毛和纤毛蛋白
- 6) 结构蛋白 作为构建机体某部分的材料。如： α -角蛋白、胶原蛋白、膜蛋白、微管蛋白
- 7) 感染和毒性作用
- 8) 生物体防御进攻

2. 答：

蛋白质具有一、二、三、四级结构，一级结构是其初级结构，二、三、四级结构是其高级结构，也称空间结构。在二级结构和三级结构之间还有另一些层次，如超二级结构和结构域。

一级结构：是指多肽链内氨基酸残基从N-末端到C末端的排列顺序，或称氨基酸序列，是蛋白质最基本的结构。

二级结构：指多肽链主链的折叠产生由氢键维系的有规则的构象。二级结构是蛋白质结构的构象单元，主要包括： α -螺旋、 β -折叠、 β -转角、无规卷曲等。

超二级结构：指蛋白质中相邻的二级结构单位（ α -螺旋、 β -折叠、 β -转角等）组合在一起，形成有规则的在空间上能辨认的二级结构组合体。

结构域：指多肽链在二级结构或超二级结构的基础上形成三级结构局部折叠区，它是相对独立的紧密球状实体。

三级结构：指由二级结构元件（ α 螺旋、 β 折叠、 β 转角和无规卷曲等）构建成的总三维结构，包括一级结构中相距较远的肽段之间的几何相互关系和侧链在三维空间中彼此间的相互关系。

四级结构：指由两条或两条以上具有三级结构的多肽链聚合而成、有特定三维结构的蛋白质构象。

3. 答：

- 1) 多肽链主链绕中心轴旋转，形成螺旋状结构，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) 螺旋体中所有氨基酸残基侧链都伸向外侧；
- 3) 肽链上所有的肽键都参与氢键的形成，链中的全部 C=O 和 N-H 几乎都平行于螺旋轴，氢键几乎平行于中心轴；
- 4) α -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。
- 5) 天然蛋白质的 α -螺旋结构大都为右手螺旋。

4. 答：蛋白质的一级结构决定了空间构象，空间构象决定了蛋白质的生物学功能。

1) 蛋白质的一级结构决定其高级结构

如核糖核酸酶含 124 个氨基酸残基，含 4 对二硫键，在尿素和还原剂 β -巯基乙醇存在下松解为非折叠状态。但去除尿素和 β -巯基乙醇后，恢复为正确一级结构的肽链，可自动形成 4 对二硫键，盘曲成天然三级结构构象并恢复生物学功能。

2) 一级结构与功能的关系

已有大量的实验结果证明，如果多肽或蛋白质一级结构相似，其折叠后的空间构象以及功能也相似。几种氨基酸序列明显相似的蛋白质，彼此称为同源蛋白质。可认为同源蛋白质来自同一祖先，它们的基因编码序列及蛋白质氨基酸组成有较大的保守性，构成蛋白质家族。在进化过程中祖先蛋白的基因发生突变，蛋白质结构逐渐发生变异，同源蛋白质序列的相似性大小反映蛋白质之间的进化关系的远近。比较广泛存在各种生物的某种蛋白质，如细胞色素 C 的一级结构，通过分析不同物种的细胞色素 C 一级结构间相似程度，可反映出该物种在进化中的位置。

5. 答：

- 1) 蛋白质的变性作用：蛋白质受到某些理化因素的影响，其空间结构发生改变，蛋白质的理化性质和生物学功能随之改变或丧失，但未导致蛋白质一级结构改变的现象。
- 2) 次级键被破坏，天然构象解体。变性不涉及共价键（肽键、二硫键）的破裂，一级结构仍保持完好。
- 3) 变性后表现：生物活性丧失（酶、血红蛋白、调节蛋白、抗体）；一些侧链基团暴露，蛋白变性后，有些原来在分子内部包藏而不易与化学试剂起反应的侧链基团，由于结构伸展松散而暴露出来；一些物理化学性质改变，溶解度降低，粘度增大，扩散系数变小，旋光和紫外吸收变化；生物化学性质改变，蛋白变性后分子结构伸展松散，易被蛋白水解酶作用。

6. 答：

- 1) 蛋白质的变性

蛋白质的变性指在某些物理或化学因素作用下,使蛋白质的空间构象破坏(但不包括肽链的断裂等一级结构的变化),导致蛋白质若干理化性质(如溶解度、粘度、吸收光谱、电泳行为等)和生物学性质(如催化活性、免疫学特性等)的改变,这种现象称为蛋白质的变性。

蛋白质有可逆变性,变性并未破坏一级结构,因此在蛋白质变性开始不久,构象变化较小时,去除变性剂后,又可恢复其天然活性。

2) 蛋白质的沉淀

由于蛋白质溶液是亲水溶胶,存在着两个稳定因素:电荷和水化膜。蛋白质胶粒上的同性电荷互相排斥,不易凝聚成团下沉;蛋白质表面的许多亲水基团的水合作用形成一层水化膜,在胶粒之间起了隔离作用。因此,蛋白质在水溶液中,虽分子量很大,但仍能维持稳定的溶解状态。

如果能除去其水化膜并中和其电荷,则蛋白质可从溶液中沉淀出来。单独使用脱水剂(如乙醇、丙酮、硫酸钠等)破坏其水化膜或调整 pH 使其达到蛋白质的等电点,消除其电荷,都不能使蛋白质立即沉淀。只有两者合用,才能有效地沉淀蛋白质。常用的沉淀试剂有中性盐、有机溶剂、某些沉淀生物碱的试剂及重金属盐类。

(1) 盐析:高浓度中性盐沉淀水溶液中的蛋白质,称为盐析。

(2) 有机溶剂沉淀:乙醇和丙酮等有机溶剂在蛋白质溶液处于等电点时加入,能破坏蛋白质颗粒的水化膜使蛋白质沉淀,但沉淀过程必须保持低温,否则会引起蛋白质变性。

(3) 生物碱的试剂:蛋白质在酸性溶液中($\text{pH} < \text{pI}$)带正电荷,能与沉淀生物碱的试剂(苦味酸、鞣酸、钨酸等)及三氯乙酸、磺基水杨酸、浓硝酸等酸根部分作用而析出沉淀。此种析出的蛋白质多已变性。

(4) 重金属盐:蛋白质在碱性溶液中($\text{pH} > \text{pI}$)带负电荷,能与带正电荷的重金属离子如汞、铅、铜、银等结合生成不溶性沉淀。此种沉淀蛋白质都已变性。临床上常用口服大量牛乳并用催吐剂抢救误服重金属中毒的病人。

总的来说蛋白质变性后不一定沉淀,蛋白质沉淀后也不一定变性。

7. 答:一级结构是空间结构和功能的基础。一级结构相似其功能也相似,例如不同哺乳动物的胰岛素一级结构相似,仅有个别氨基酸差异,故它们都具有胰岛素的生物学功能;一级结构不同,其功能也不同;一级结构发生改变,则蛋白质功能也发生改变,例如血红蛋白由两条 α 链和两条 β 链组成,正常人 β 链的第六位谷氨酸换成了缬氨酸,就导致分子病—镰刀状红细胞贫血的发生,患者红细胞带氧能力下降,易出血。

空间结构与功能的关系也很密切,空间结构改变,其理化性质与生物学活性也改变。如核糖核酸酶变性或复性时,随之空间结构破坏或恢复,生理功能也丧失或恢复。变构效应也说明空间结构改变,功能改变。

六、 实验题

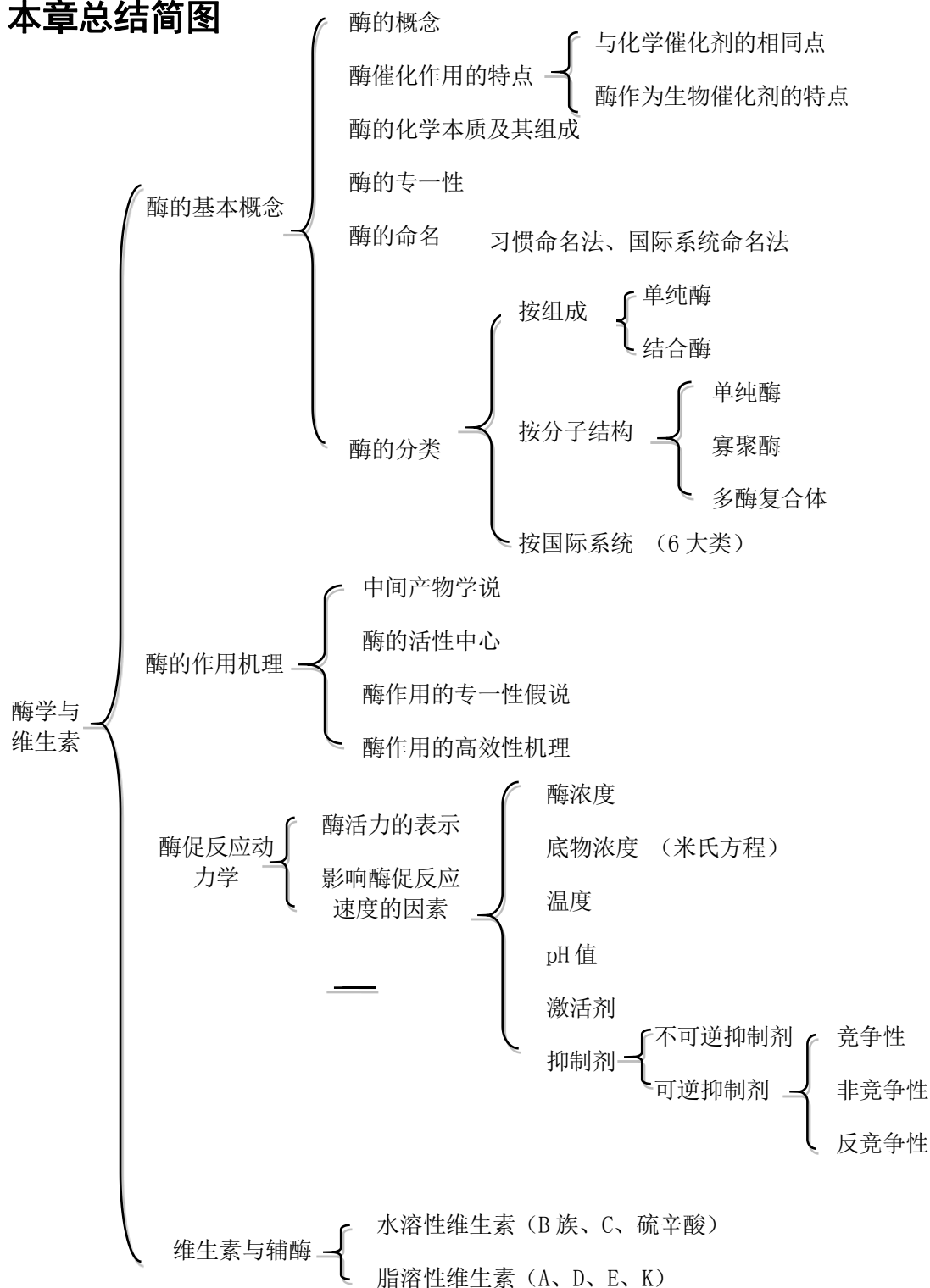
1. 答:(1)基本原理:葡聚糖 G-25 分子筛层析是根据分子量不同来分离蛋白质与硫酸铵的混合物。葡聚糖 G-25 是内部具有多空网状结构的颗粒,当蛋白质与硫酸铵混合物通过层析柱时,比凝胶孔径小的硫酸铵分子进入凝胶颗粒内,而比凝胶孔径大的蛋白质分子被排阻在凝胶颗粒外。因此当用溶剂洗脱时,蛋白质先被洗脱下来,硫酸铵后被洗脱下来。通过分部收集可将蛋白质与硫酸铵分离。

(2) 还可用透析法（或超滤法）来分离。

2. 答：实验原理：在不同紫外波长下测定二者的最大吸收峰值，从而进行区分。DNA 的最大吸收峰值在 260nm 附近；蛋白质在 280nm 附近有最大吸收峰。

第三章 酶学与维生素

本章总结简图



学习要求

（一）酶的基本概念和作用特点

1. 理解酶的概念和化学本质。
2. 掌握酶作为生物催化剂的主要特点。

（二）酶的分类和命名

1. 掌握酶按照分子组成、分子结构、作用部位、催化反应的性质等为依据的不同分类方法。
2. 了解酶的习惯命名法和国际系统命名法。

（三）酶的作用机制

1. 掌握酶的活性中心的概念、组成和特点。
2. 掌握酶的专一性的概念及类型。
3. 理解酶催化作用高效性的机制。

（四）酶促反应动力学

1. 掌握影响酶促反应速率的主要因素。
2. 理解米氏方程及相关计算，掌握双倒数作图法测定米氏常数的原理。
3. 掌握不同类型抑制作用的动力学特征。

（五）酶的活性调控

1. 掌握别构酶、同工酶、酶原激活、共价修饰调节酶等的概念，了解酶活性不同调控方式的特点和生物学意义。

（六）维生素和辅酶

1. 了解维生素的概念和分类。
2. 了解脂溶性维生素的结构特点，生理功用和缺乏症。
3. 掌握水溶性维生素与辅酶的关系。

习题

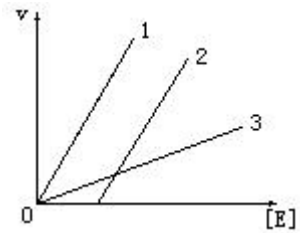
一、 名词解释题

1. 辅酶/辅基;
2. 酶活力;
3. 酶的活性中心;
4. K_m 值 (米氏常数);
5. 抑制剂;
6. 不可逆抑制;
7. 多酶复合体;
8. 同工酶; .
9. 别构酶;
10. 酶原激活;
11. 诱导契合

二、 填空题

1. 酶是_____产生的, 具有催化活性的_____。
2. 与酶催化的高效率有关的因素有_____, _____、_____, _____、_____等。
3. 丙二酸和戊二酸都是琥珀酸脱氢酶的_____抑制剂。
4. 变构酶以 V 对 $[S]$ 作图时, 表现出_____型曲线, 而非_____曲线。它是_____酶。
5. 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。
6. 辅助因子包括_____和_____等。其中_____与酶蛋白结合紧密, _____与酶蛋白结合疏松, 可以用_____除去。
7. 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)。
8. 根据国际系统分类法, 所有的酶按所催化的化学反应的性质可分为六类: _____、_____, _____、_____, _____和_____。
9. 根据酶的专一性程度不同, 酶的专一性可以分为_____和_____。
10. 酶活力是指_____, 一般用_____表示。
11. 通常讨论酶促反应的反应速度时, 指的是反应的_____速度。
12. 温度对酶活力影响有以下两方面: 一方面_____, 另一方面_____。
13. 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-磷酸一种产物, 因此它具有_____专一性。
14. 酶促动力学的双倒数作图 (Lineweaver-Burk 作图法), 得到的直线在横轴的截距为_____, 纵轴上的截距为_____。
15. 作为生物催化剂的酶与无机催化剂不同的特点是: (1) _____; (2) _____。

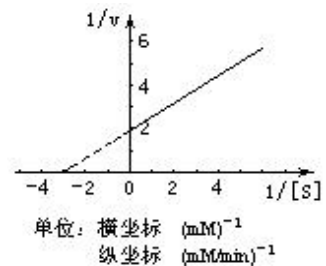
- _____；(3)_____和(4)_____。
16. 右图是某酶分别在未加抑制剂(曲线 1)和加入一定量的不同性质的抑制剂(曲线 2 和 3)时酶浓度与酶促反应速度关系图。则曲线 2 表示_____抑制作用；曲线 3 表示_____抑制作用。



17. 溶菌酶的两个活性中心基团 Asp₅₂-β-COOH 的 pK=4.5, Glu₃₅-γ-COOH 的 pK=5.9, 则在该酶的最适 pH5.2 时, 两基团的解离状态分别为_____。
18. 某酶的催化反应如下:



- 式中, $K_1=1 \times 10^7 \text{ M}^{-1} \text{ S}^{-1}$, $K_{-1}=1 \times 10^2 \text{ S}^{-1}$, $K_2=3 \times 10^2 \text{ S}^{-1}$, 则 $K_m=_____$ 。
19. 某一酶促反应动力学符合米氏方程, 若 $[S] = 1/2 K_m$, 则 $v=_____ V_{\max}$; 当酶促反应速度(V)达到最大反应速度(V_m)的 80% 时, 底物浓度 $[S]$ 是 K_m 的_____倍。
20. 酶的活性中心包括_____部位和_____部位; 前者决定酶的_____，后者决定酶的_____；变构酶除了上述部位外, 还有与_____结合的_____部位。
21. 影响酶促反应速度的因素有_____、_____、_____、_____和_____。
22. 某酶催化底物 S_1 反应的 $K_m=4 \times 10^{-4}$ 摩尔/升, 若 $[S_1] = 1 \times 10^{-3}$ 摩尔/升, 则 $v/V_m=_____$; 若同一条件下, 该酶催化底物 S_2 反应的 $K_m=4 \times 10^{-2}$ 摩尔/升, 则该酶的这两种底物中最适底物是_____。
23. 右图为某酶的动力学双倒数曲线, 该酶的米氏常数等于_____，最大反应速度等于_____。
24. 以丙酮酸为底物的丙酮酸脱羧酶 $K_m=4 \times 10^{-4}$ 摩尔/升, 在该酶的反应系统中丙酮酸的浓度为 3.6mM, 则该酶催化丙酮酸脱羧反应的速度达到最大反应速度的_____%。



25. 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。
26. 根据维生素的_____性质, 可将维生素分为两类, 即_____和_____。
27. 转氨酶的辅因子为_____，即维生素_____。其有三种形式, 分别为_____、_____、_____，其中_____在氨基酸代谢中非常重要, 是_____、和_____、_____的辅酶。
28. 叶酸有_____和_____两种还原形式, 后者的功能作为_____载体。
29. 维生素 B₁ 主要功能是以_____形式, 作为_____的辅酶, 转移二碳单位。
30. 泛酸最常见的活性形式为_____，作为_____反应的辅酶, 传递_____。
31. 维生素 PP 的辅酶形式是_____与_____，作为_____酶的辅酶, 起传递_____作用。
32. 生物素是_____的辅酶, 在_____的固定中起重要的作用。
33. 维生素 B₁₂ 是唯一含_____的维生素, 有多种辅酶形式。其中_____是变位酶的辅酶, _____是转甲基酶的辅酶。

34. FAD的中文名称是_____， NAD^+ 的中文名称是_____，FMN的中文名称是_____，三者的生化作用均是_____。

三、 单项选择题

- 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
- 酶催化作用对能量的影响在于：
A. 增加产物能量水平
B. 降低活化能
C. 降低反应物能量水平
D. 增加活化能
- 竞争性抑制剂作用特点是：
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；
- 竞争性可逆抑制剂抑制程度与下列那种因素无关：
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
- 哪一种情况可用增加底物浓度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
- 酶的竞争性可逆抑制剂可以使：
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
- 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. 磺胺类药物
C. 有机砷化合物
D. 氰化物
- 在生理条件下，下列哪种基团既可以作为 H^+ 的受体，也可以作为 H^+ 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
- 可使米氏酶 K_m 增大的抑制剂是：
A. 竞争性抑制剂
B. 非竞争性抑制剂
C. 反竞争性抑制剂
D. 不可逆抑制剂
- 有机磷毒剂能使胆碱酯酶失活，这是：
A. 竞争性抑制
B. 非竞争性抑制
C. 反竞争性抑制
D. 不可逆抑制
- 下列关于某一种酶的几种同工酶的陈述正确的是：
A. 电泳迁移率往往相同
B. 它们对底物的专一性不同
C. 它们的结构不同
D. 它们对底物具有相同的 K_m 值
- 下列辅酶中的哪个不是来自于维生素：

- A. CoA B. CoQ C. PLP D. 二氢叶酸
13. 下列叙述中哪一种是正确的:
 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
14. 转氨酶的作用需要下列什么维生素:
 A. 烟酸 B. 泛酸 C. 硫胺素 D. 吡哆素
15. 下列物质中哪些含有泛酸:
 A. BCCP B. ATP C. CoA D. TPP
16. 维生素 B₁ 是下列哪种辅酶(或辅基)的组成成分:
 A. TPP B. THF C. FMN D. CoA
17. 生物素是下列哪种化合物的辅基:
 A. CoA B. BCCP C. CAP D. ACP
18. 核黄素是下列哪些辅酶(或辅基)的组成成分:
 A. ACP B. TPP C. NADH D. FAD
19. 丙二酸对琥珀酸脱氢酶的作用属于:
 A. 竞争性抑制 B. 非竞争性抑制 C. 反竞争性抑制 D. 不可逆抑制
20. 烟酰胺是下列什么辅酶的成分:
 A. TPP B. FAD C. THF D. NAD⁺
21. 维生素 B₆ 常是下列哪些过程中的辅因子?
 A. 转一碳单位作用 B. 脱氢作用 C. 转氨作用 D. 转酰基作用
22. 1961 年国际酶学委员会规定: 特定条件下 1 分钟内转化 1 μmol 底物的酶量是:
 A. 1U B. 1U/mg C. 1 Kat D. 1 IU

四、是非判断题

- 当底物处于饱和水平时, 酶促反应的速度与酶浓度成正比。
- 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。
- 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。
- 在非竞争性抑制剂存在下, 加入足量的底物, 酶促的反应能够达到正常 V_{\max} 。
- 酶可以促成化学反应向正反应方向转移。
- 对于可逆反应而言, 酶既可以改变正反应速度, 也可以改变逆反应速度。
- 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。
- 酶活力的测定实际上就是酶的蛋白含量测定。
- 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。
- K_m 是酶的特征常数, 只与酶的性质有关, 与酶浓度无关。

11. K_m 是酶的特征常数，在任何条件下， K_m 是常数。
12. K_m 是酶的特征常数，只与酶的性质有关，与酶的底物无关。
13. 一种酶有几种底物就有几种 K_m 值。
14. 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 。
15. 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。
16. 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。
17. 增加不可逆抑制剂的浓度，可以实现酶活性的完全抑制。
18. 竞争性可逆抑制剂一定与酶的底物结合在酶的同部位。
19. 酶反应的最适 pH 值只取决于酶蛋白本身的结构。
20. B 族维生素都可以作为辅酶的组分参与代谢。
21. 脂溶性维生素都不能作为辅酶参与代谢。
22. 维生素 E 不容易被氧化，因此可做抗氧化剂。

五、 问答题

1. 酶与一般催化剂相比有哪些异同点？
2. 酶催化的高效性机理是什么？
3. 影响酶促反应速率的因素有哪些？
4. 什么叫酶原激活？酶原激活的实质是什么？它有何生物学意义？
5. 论述酶活性别构调节的特点和生物学意义。
6. 竞争性与非竞争性对米氏酶 K_m 和 V_{max} 有何影响？
7. 说明有机磷农药的杀虫原理。
8. 已知某米氏酶只能催化底物 S1 或 S2 转变为产物，且 S1 的 $K_m = 2.0 \times 10^{-4} \text{mol/L}$ ，S2 的 $K_m = 3.0 \times 10^{-2} \text{mol/L}$ 。
 (1) 试分析哪一种底物是该酶的最适底物？
 (2) 若两种底物的浓度都为 $0.2 \times 10^{-3} \text{mol/L}$ ，试计算两个酶促反应的速度与最大反应的应速度之比。

六、 实验题

1. 酶纯化实验中，通常先用 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 作为分级沉淀剂，再用 Sephadex G-25 凝胶柱层析法从沉淀酶液中除去 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 。请问：
 (1) 与其他中性盐沉淀剂相比，用 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 做沉淀剂有何优点？
 (2) 如发现柱层析后酶的总活性较纯化前明显升高，可能的原因是什么？

参考答案

一、 名词解释题

1. 辅酶/辅基：酶的辅助因子按其于酶蛋白结合的紧密程度与作用特点不同可分为辅酶（coenzyme）与辅基（prosthetic group）。辅酶与酶蛋白的结合比较疏松，可以用透析或超滤的方法除去；辅基与酶蛋白结合较为紧密，不能通过透析或超滤的方法除去。
2. 酶活力：也称为酶活性，是指酶催化一定化学反应的能力。测定酶活力实际就是测定酶促反应的速度。酶促反应速度可用单位时间内、单位体积中底物的减少量或产物的增加量来表示。
3. 酶的活性中心：酶分子中直接与底物结合，并和酶催化作用直接有关的区域叫酶的活性中心（active center）或活性部位。
4. K_m 值（米氏常数）：等于酶促反应速度达到最大反应速度一半时所对应的底物浓度。
5. 抑制剂：引起酶活性抑制作用的物质。
6. 不可逆抑制：抑制剂与酶的必需基团以共价键结合而引起酶活力丧失，不能用透析、超滤等物理方法除去抑制剂而恢复酶活性。
7. 多酶复合体：由几个酶靠非共价键嵌合而成。一般由在系列反应中功能相关的酶组成，有利于一系列反应的连续进行。
8. 同工酶：催化相同的化学反应，但其蛋白质分子结构、理化性质和免疫性能等方面都存在明显差异的一组酶。
9. 别构酶：酶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的改变，进而改变酶活性状态，称为别构效应，具有上述特点的酶称别构酶。
10. 酶原激活：酶原在一定条件下经过蛋白水解酶专一作用后，可以转变为有活性的酶，酶原转变为有活性的酶的过程，叫酶原的激活。
11. 诱导契合：酶分子活性中心的结构原来并非和底物的结构互相吻合，但酶的活性中心是柔性的而非刚性的，底物与酶活性部位结合，会引起酶发生构象变化，使两者相互契合，从而发挥催化功能。

二、 填空题

1. 生物细胞，生物催化剂
2. 邻近定向效应，张力与形变，酸碱催化，共价催化，活性中心微环境
3. 竞争性
4. S型，米氏方程（双曲线），寡聚
5. 酶蛋白，辅因子，酶蛋白，辅因子
6. 辅酶，辅基，辅基，辅酶，透析
7. 核酶
8. 氧化还原类，转移酶类，水解酶类，裂合酶类，异构酶类，连接酶类（合成酶类）
9. 结构专一性，立体异构专一性
10. 酶催化一定化学反应的能力，一定条件下催化某一化学反应的反应速率
11. 初
12. 温度升高、反应速度加快；随温度升高、酶蛋白逐渐变性失活、使酶反应速率下降
13. 绝对，立体异构
14. $-1/k_m$, $1/V_{max}$

15. 专一性, 高效性, 可调节, 易失活
16. 不可逆, 可逆
17. $\text{Asp}_{52}-\beta-\text{COO}^-$, $\text{Glu}_{35}-\gamma-\text{COOH}$
18. 4×10^{-5}
19. 1/3, 4
20. 结合, 催化, 专一性, 催化能力, 别构剂 (效应物), 别构
21. 酶浓度, 底物浓度, 温度, pH, 抑制剂, 激活剂
22. 5/7, S1
23. 1/3, 0.5mM/min
24. 90
25. 25. (微量) 小分子, 辅酶或辅基
26. 溶解, 脂溶性, 水溶性
27. 磷酸吡哆衍生物, B6, 磷酸吡哆醇, 磷酸吡哆醛, 磷酸吡哆胺, 转氨酶, 脱羧酶, 消旋酶
28. 二氢叶酸, 四氢叶酸, 一碳单位
29. TPP, 脱羧酶
30. 辅酶 A, 酰化, 酰基
31. 辅酶 I(NAD^+), 辅酶 II (NADP^+), 脱氢, 氢和电子
32. 羧化酶, CO_2
33. 金属离子, 5'-脱氧腺苷钴氨素, 甲基钴氨素
34. 黄素腺嘌呤二核苷酸, 烟酰胺腺嘌呤二核苷酸, 黄素单核苷酸, 传递氢和电子

三、 单项选择题

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

四、 是非判断题

1. 对。
2. 对。
3. 对。
4. 错。在竞争性抑制剂存在下, 加入足量的底物, 酶促的反应能够达到正常 V_{\max} 。
5. 错。任何催化剂 (包括酶) 都不可以改变反应的平衡点。
6. 对。
7. 对。
8. 错。酶活力的测定是酶催化化学反应能力的测定。
9. 错。己糖激酶对葡萄糖的亲和力更高。
10. 对。
11. 错。 K_m 是酶在特定条件下的特征常数, 受反应 pH、温度、离子强度等因素的影响。
12. 错。 K_m 与酶的底物类型有关。
13. 对。
14. 对。
15. 错。酶的最适 pH 值不是一个常数。
16. 错。作用时间长, 则最适温度低, 作用时间短, 则最适温度高。

17. 对。
18. 错。可以结合在不同部位。但因为抑制剂的结合会影响底物与酶活性中心的结合。
19. 错。最适 pH 值与底物种类、浓度等有关。
20. 对。
21. 错。维生素 K 可以作为凝血酶的辅酶。
22. 错。维生素 E 易被氧化。

五、 问答题

1. 答：相同点：用量少； 只能催化热力学上允许的反应； 不改变反应的平衡点，而只能缩短时间； 催化机理都是降低反应所需的活化能。

不同点：1) 催化效率极高。酶促反应速度比非酶促反应通常要快 $10^7 \sim 10^{14}$ 倍，如此高的催化效率使生物体内含量甚微的酶能催化大量的物质转化。2) 酶易失活。酶是蛋白质，凡是使蛋白质失活的因素（高温、强酸、强碱、重金属等）都能使酶丧失活性，酶也常因温度、pH 等轻微的改变、抑制剂的存在而使活性发生改变。3) 酶具有高度专一性。酶对催化的反应和反应物有严格的选择性。酶往往只能催化一种或一类反应，作用于一种或一类物质。4)

酶活性受到调节和控制。生物体通过多种机制和形式对酶活性进行调节和控制，使其复杂的代谢活动不断地有条不紊地进行。5) 有些酶的催化与辅因子有关。

2. 答：

- 1) 邻近效应和定向效应。邻近效应：酶与底物形成中间复合物后使底物之间、酶的催化基团与底物之间相互靠近，提高了反应基团的有效浓度。定向效应：由于酶的构象作用，底物的反应基团之间、酶与底物的反应基团之间正确取向的效应。
- 2) “张力”和“变形”。酶中某些基团可使底物分子的敏感键中某些基团的电子云密度变化，产生“电子张力”，降低了底物的活化能。
- 3) 酸碱催化。酶活性部位上的某些基团可以作为质子供体或受体对底物进行酸或碱催化。
- 4) 共价催化（亲核催化）。某些酶可以和底物形成一个反应活性很高的不稳定的共价中间复合物，使反应的活化能大大降低。
- 5) 酶活性中心是低介电区域。在酶分子的表面有一个裂缝，而活性部位就位于疏水环境的裂缝中。这一非极性的疏水微环境大大有利于酶的催化作用。

3. 答：

- 1) 温度：酶促反应在一定温度范围内反应速度随温度的升高而加快；但当温度升高到一定限度时，酶促反应速度不再加快反而随着温度的升高而下降。在一定条件下，每一种酶在某一定温度时活力最大，这个温度称为这种酶的最适温度。
- 2) pH 值：每一种酶只能在一定限度的 pH 范围内才表现活性，超过这个范围酶就会失去活性。在一定条件下，每一种酶在某一 pH 值时活力最大，这个 pH 值称为这种酶的最适 pH 值。
- 3) 酶浓度：在底物足够，其它条件固定的条件下，酶促反应的速度与酶浓度成正比。
- 4) 底物浓度：在底物浓度较低时，反应速度随底物浓度增加而加快，反应速度与底物浓度近乎成正比，呈一级反应；在底物浓度较高时，底物浓度增加，反应速度也随之加快，呈混合级反应；当底物浓度很大且达到一定限度时，反应速度就达到一个最大值，此时即使再增加底物浓度，反应也几乎不再改变，呈零级反应。

- 5) 抑制剂：能特异性的抑制酶活性，从而抑制酶促反应的物质称为抑制剂。
- 6) 激活剂：能使酶从无活性到有活性或使酶活性提高的物质称为酶的激活剂。

4. 答：

- 1) 有些酶在细胞内合成时，是无活性的，这种无活性的酶是有活性的酶的前体，叫酶原。酶原在一定条件下经过蛋白水解酶专一作用后，可以转变为有活性的酶，酶原转变为有活性的酶的过程，叫酶原的激活。
- 2) 其实质是酶原被修饰时形成了正确的分子构象和活性中心，由此可见酶分子的特定结构和酶的活性中心的形成是酶分子具有催化活性的基本保证。
- 3) 酶原激活的意义：保护分泌酶原的组织不被水解破坏；酶原激活是调控酶活的一种形式。

5. 答：（1）别构调节的特点：

- ① 别构酶一般都是寡聚酶，通过次级键由多亚基构成。
- ② 别构酶分子上除了活性中心外，还有调节中心（别构中心）。这两个中心处在酶蛋白的不同部位，有的在不同的亚基上，有的在同一亚基上。
- ③ 别构酶具有别构效应。当底物或效应物和酶分子上的相应部位非共价结合后，会引起酶分子构象改变，从而影响酶的催化活性。
- ④ 别构酶的 $v-[S]$ 的关系不符合米氏方程，其曲线不是双曲线型，而是 S 形曲线。
- ⑤ 别构酶常常是系列反应酶系统的第一个酶，或处于代谢途径分支上的酶。
- ⑥ 别构酶一般分子量较大，结构更复杂，往往表现出一些与一般酶不同的性质。

（2）生物学意义：底物浓度发生较小变化时，别构酶可以灵敏、有效地调节酶促反应速度，保证重要代谢途径正常运行。

6. 答：竞争性抑制剂： V_{max} 不变， K_m 增大；非竞争性抑制剂： V_{max} 变小， K_m 不变。

7. 答：常见的有机磷农药，如敌敌畏、敌百虫，它们杀灭昆虫的机理就在于能够与昆虫体内乙酰胆碱酶活性中心的 Ser 残基反应，形成稳定的共价键，因而抑制酶的活性。该酶的作用是将神经递质乙酰胆碱水解，若它被抑制，会导致乙酰胆碱的积累，使神经过度兴奋，引起昆虫的神经系统功能失调而中毒致死。

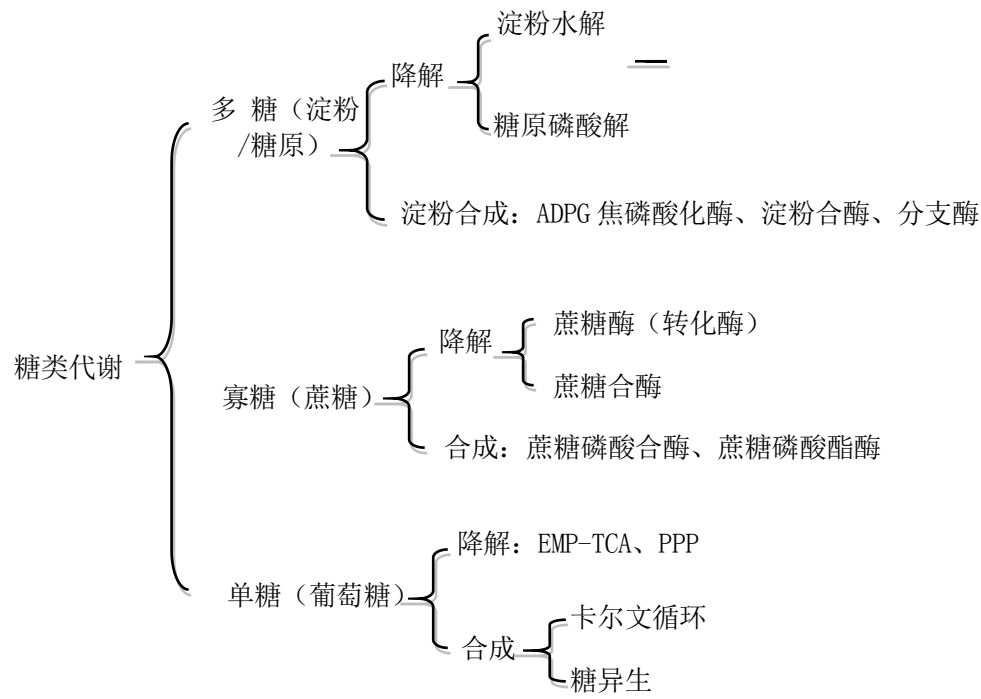
8. 答：（1） S_1 是最适底物；（2） $1/2$ ； $1/151$ 。

六、 实验题

1. 答：（1）硫酸铵具有溶解度大、温度系数小、对酶活力影响小和利于分离等优点。（2）纯化前酶液中可能含有酶抑制剂。

第四章 糖类代谢

本章总结简图



学习目标和要求

(一) 生物体内的糖类

1. 了解糖的概念和分类。
2. 了解生物体内常见的单糖、寡糖和多糖。

(二) 寡糖和多糖的酶促降解

1. 了解蔗糖、乳糖、麦芽糖的酶促降解反应。
2. 掌握淀粉水解反应的过程，了解淀粉和糖原磷酸解的降解方式。

(三) 单糖的分解作用

1. 掌握糖酵解的反应过程。

2. 掌握丙酮酸有氧氧化和柠檬酸循环的反应过程。
3. 掌握磷酸戊糖途径的反应过程。

(四) 单糖的生物合成

1. 了解光合作用暗反应（卡尔文循环）的基本过程。
2. 掌握糖异生的反应过程。

(五) 寡糖和多糖的生物合成

1. 了解蔗糖的生物合成过程。
2. 了解淀粉的生物合成过程。

习题

一、 名词解释题

1. 糖酵解
2. 底物水平磷酸化
3. 回补反应
4. 激酶
5. 糖的异生作用

二、 填空题

1. 麦芽糖水解产生的单糖是_____；蔗糖水解产生的单糖是_____。
2. 6-磷酸葡萄糖是某些代谢途径分支点上的重要化合物，它经_____酶催化而进入 PPP 途径，经_____酶催化可进入 EMP 途径。
3. 糖酵解主要在细胞的_____部位进行，该途径的关键酶有_____、_____和_____，其中最重要的调节酶是_____，该酶被高浓度的_____和_____所抑制。
4. 三羧酸循环在细胞的_____部位进行，其关键酶有_____、_____和_____。
5. 催化丙酮酸糖异生途径的不可逆反应的酶有_____、_____、_____、和_____。
6. 在真核生物中，1mol 3-磷酸甘油酸彻底氧化成 CO_2 和 H_2O ，净生成_____mol ATP。
7. 在线粒体中，催化丙酮酸氧化脱羧形成乙酰 CoA 的酶是_____，它需要五种辅因子

- (即辅酶和辅基), 它们是____、____、____和____, 需要的金属离子是_____。
8. 在原核细胞中, 1 分子葡萄糖通过 EMP 途径分解成丙酮酸, 在无氧条件下可产生_____分子 ATP, 在有氧条件下可产生_____分子 ATP; 若有氧条件下彻底氧化成 CO_2 , 可产生_____分子 ATP。
 9. 在原核细胞中, 下列物质被彻底氧化, 各自可产生多少分子 ATP? 丙酮酸: _____、NADH: _____、F-1,6-BP: _____、PEP: _____、DHAP: _____。
 10. 淀粉先磷酸解后再无氧酵解, 淀粉的每个葡萄糖基可生成_____个 ATP。
 11. PPP 途径在细胞的_____部位进行; 对于该途径的总结果, 被氧化的物质是_____, 被还原的物质是_____; 1mol 的 G-6-P 通过此途径彻底氧化成 CO_2 , 产生_____mol 的 NADPH; 该途径最重要的生物学意义是_____。
 12. 1mol 乳酸经由丙酮酸羧化酶参与的途径转化为葡萄糖, 需消耗_____mol ATP。而 1 mol 葡萄糖转化为 2 mol 乳酸净生成_____mol ATP。
 13. 在真核生物内, 1mol 6-磷酸葡萄糖彻底氧化为 CO_2 和 H_2O , 净生成_____mol ATP。(按磷酸甘油穿梭计算 ATP)
 14. 磷酸蔗糖合酶利用_____作为葡萄糖的给体(供体), _____作为葡萄糖的受体, 生成产物后经_____酶水解而生成蔗糖。
 15. 在真核生物中, 丙酮酸氧化脱羧在细胞的_____部位进行。
 16. 一分子乙酰 CoA 经 TCA 循环彻底氧化为 CO_2 和 H_2O , 可生成_____分子 NADH、_____分子 FADH_2 和_____分子由底物水平磷酸化生成的 GTP。若上述所有的 NADH、 FADH_2 通过呼吸链进一步氧化, 则 1 分子乙酰 CoA 共可产生_____分子 ATP。
 17. 1mol 麦芽糖在植物细胞内彻底氧化为 CO_2 和 H_2O , 净生成_____mol ATP。
 18. 糖酵解抑制剂碘乙酸主要作用于_____酶。
 19. 无氧呼吸时, 丙酮酸还原为乳酸, 反应中的 NADH 来自于_____的氧化。
 20. 磷酸戊糖途径可分为_____阶段, 分别称为_____和_____, 其中两种脱氢酶是_____和_____, 它们的辅酶是_____。
 21. 糖酵解在细胞的_____中进行, 该途径是将_____转变为_____, 同时生成_____和_____的一系列酶促反应。
 22. 糖原的磷酸解过程通过_____酶降解 $\alpha-1, 4$ 糖苷键, 靠_____和_____酶降解 $\alpha-1, 6$ 糖苷键。
 23. TCA 循环中有两次脱羧反应, 分别是由_____和_____催化。
 24. 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_____。
 25. 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_____, 其辅酶为_____; 催化由酮糖向醛糖转移三碳单位的酶为_____。
 26. 合成糖原的前体分子是_____, 糖原分解的产物是_____。

三、 单项选择题

- 下列哪种酶在糖酵解和糖异生中都起作用：
 - 丙酮酸激酶
 - 3-磷酸甘油醛脱氢酶
 - 丙酮酸羧化酶
 - 己糖激酶
- 在三羧酸循环所生成的许多高能磷酸化合物中，有一个分子是在底物水平上合成的，它发生在下面哪一步中：
 - 柠檬酸 \rightarrow α -酮戊二酸
 - α -酮戊二酸 \rightarrow 琥珀酸
 - 琥珀酸 \rightarrow 反丁烯二酸
 - 反丁烯二酸 \rightarrow 苹果酸
- 下列什么酶不参与柠檬酸循环：
 - 延胡索酸酶
 - 异柠檬酸脱氢酶
 - 琥珀酸硫激酶
 - 丙酮酸脱氢酶
- 下列有关 Krebs 循环的叙述，哪个是错误的：
 - 产生 NADH 和 FADH₂
 - 有 GTP 生成
 - 提供草酰乙酸的净合成
 - 在无氧条件下它不能运转
- 下列什么酶催化三羧酸循环中的回补反应：
 - 琥珀酸脱氢酶
 - 柠檬酸裂解酶
 - 柠檬酸合成酶
 - 丙酮酸羧化酶
- 能控制柠檬酸循环速率的别构酶是：
 - 丙酮酸脱氢酶
 - 顺乌头酸酶
 - 异柠檬酸脱氢酶
 - 苹果酸脱氢酶
- 在反应 $\text{NDPG} + (\text{淀粉})_n \rightarrow \text{NDP} + (\text{淀粉})_{n+1}$ 中，NDP 代表：
 - ADP
 - CDP
 - GDP
 - TDP
- 在反应 $\text{NTP} + \text{葡萄糖} \rightarrow \text{G-6-P} + \text{NDP}$ 中，NTP 代表：
 - ATP
 - CTP
 - GTP
 - TTP
- 在反应 $\text{NTP} + \text{草酰乙酸} \rightarrow \text{NDP} + \text{磷酸烯醇式丙酮酸} + \text{CO}_2$ 中，NTP 代表：
 - ATP
 - CTP
 - GTP
 - TTP
- 在反应 $\text{F-6-P} + \text{NDPG} \rightarrow \text{磷酸蔗糖} + \text{NDP}$ 中，NDP 代表：
 - ADP
 - CDP
 - GDP
 - UDP
- 下列哪个是酮糖？
 - 核糖
 - 脱氧核糖
 - 葡萄糖
 - 果糖
- 下列哪个化合物不含有糖基：
 - ATP
 - NAD⁺
 - RNA
 - FMN
- 在 PPP 途径中，包含下列哪个酶：
 - 转酮酶
 - α -酮戊二酸脱氢酶系
 - 己糖激酶
 - 琥珀酸硫激酶
- 下列哪个不属于影响 TCA 循环活性的因素？
 - 草酰乙酸
 - NAD⁺
 - ADP/ATP
 - FMN
- 在柠檬酸循环中，由 α -酮戊二酸脱氢酶所催化的反应需要
 - NAD⁺
 - NADP⁺
 - FAD
 - ATP

16. 下列哪个是磷酸果糖激酶的抑制剂:
A. 柠檬酸 B. cAMP C. ADP D. NH_4^+
17. 下列关于多糖的叙述, 不正确的是:
A. 多糖是生物的主要能源 B. 以线状或支链状形式存在
C. 是细菌细胞壁的重要结构单元 D. 是信息分子
18. 需要丙酮酸羧化酶参与的途径是:
A. EMP 途径 B. TCA 循环 C. PPP 途径 D. 糖异生作用
19. 下列酶中, 催化不可逆反应的是:
A. 磷酸己糖激酶 B. 磷酸丙糖异构酶
C. 醛缩酶 D. 磷酸甘油酸变位酶
20. 在真核细胞中, 1mol 葡萄糖在有氧条件下氧化净得的 ATP 数与它在无氧条件下净得的 ATP 数之比例最接近于:
A. 2:1 B. 3:1 C. 9:1 D. 15:1
21. 下列化合物中, 哪个不是丙酮酸脱氢酶复合体的辅因子:
A. NAD^+ B. FAD C. 四氢叶酸 D. TPP
22. 下列对 α -淀粉酶的叙述, 不正确的是:
A. 对热不稳定 B. 对酸不稳定
C. 能水解淀粉中的 α -1,4 糖苷键 D. 不能水解淀粉中的 α -1,6 糖苷键
23. 延胡索酸酶具有下列专一性特征:
A. 几何异构专一性 B. 差向异构专一性
C. 键专一性 D. 基团专一性
24. 磷酸蔗糖合酶作用的一组底物是:
A. ADPG 和 G-6-P B. ADPG 和 F-6-P C. UDPG 和 F-6-P D. UDPG 和 G-6-P
25. 由己糖激酶催化的反应的逆反应所需要的酶是:
A. 果糖二磷酸酶 B. 葡萄糖-6-磷酸酶 C. 磷酸果糖激酶 D. 磷酸化酶
26. 糖的有氧氧化的最终产物是:
A. $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{ATP}$ B. 乳酸 C. 丙酮酸 D. 乙酰 CoA
27. 需要引物分子参与生物合成反应的有:
A. 酮体生成 B. 脂肪合成 C. 糖异生合成葡萄糖 D. 淀粉合成
28. 在原核生物中, 一摩尔葡萄糖经糖有氧氧化可产生 ATP 摩尔数:
A. 2 B. 7 C. 30 D. 32
29. 不能经糖异生合成葡萄糖的物质是:
A. α -磷酸甘油 B. 丙酮酸 C. 乳酸 D. 乙酰 CoA
30. 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. 糖酵解
31. 丙酮酸羧化酶是那一个途径的关键酶:
A. 糖异生 B. 磷酸戊糖途径 C. 胆固醇合成 D. 脂肪酸合成
32. 下列各中间产物中, 那一个是磷酸戊糖途径所特有的?

- A. 6-磷酸葡萄糖酸 B. 3-磷酸甘油醛
C. 6-磷酸果糖 D. 1, 3-二磷酸甘油酸
33. 三碳糖、六碳糖与七碳糖之间相互转变的糖代谢途径是：
A. 糖异生 B. 糖酵解 C. 三羧酸循环 D. 磷酸戊糖途径
34. 关于三羧酸循环哪个是错误的？
A. 是糖、脂肪及蛋白质分解的最终途径 B. 受 ATP/ADP 比值的调节
C. NADH 可抑制柠檬酸合酶 D. NADH 氧化需要线粒体穿梭系统
35. 三羧酸循环中哪一个化合物前后各放出一个分子 CO_2 ?
A. 柠檬酸 B. 乙酰 CoA C. 琥珀酸 D. α -酮戊二酸
36. 磷酸果糖激酶所催化的反应产物是：
A. F-1-P B. F-6-P C. F-1,6-BP D. G-6-P
37. 醛缩酶的产物是：
A. G-6-P B. F-6-P C. F-1,6-BP D. 1, 3-二磷酸甘油酸
38. TCA 循环中发生底物水平磷酸化的化合物是：
A. α -酮戊二酸 B. 琥珀酸 C. 琥珀酰 CoA D. 苹果酸
39. 丙酮酸脱氢酶系催化的反应不涉及下述哪种物质？
A. 乙酰 CoA B. 硫辛酸 C. TPP D. 生物素
40. 三羧酸循环的限速酶是：
A. 丙酮酸脱氢酶 B. 顺乌头酸酶 C. 异柠檬酸脱氢酶 D. 延胡索酸酶
41. 生物素是哪个酶的辅酶：
A. 丙酮酸脱氢酶 B. 丙酮酸羧化酶 C. 烯醇化酶 D. PEP 羧激酶
42. 三羧酸循环中催化琥珀酸形成延胡索酸的酶是琥珀酸脱氢酶，此酶的辅因子是：
A. NAD^+ B. CoASH C. FAD D. TPP
43. 在无氧条件下，糖酵解时哪一对代谢物提供 P_i 使 ADP 生成 ATP：
A. 3-磷酸甘油醛及磷酸烯醇式丙酮酸
B. 1, 3-二磷酸甘油酸及磷酸烯醇式丙酮酸
C. 1-磷酸葡萄糖及 1, 6-二磷酸果糖
D. 6-磷酸葡萄糖及 2-磷酸甘油酸
44. 在有氧条件下，线粒体内下述反应中能产生 FADH_2 步骤是：
A. 琥珀酸→延胡索酸 B. 异柠檬酸→ α -酮戊二酸
C. α -酮戊二酸→琥珀酰 CoA D. 苹果酸→草酰乙酸
45. 丙二酸能阻断糖的有氧氧化，因为它：
A. 抑制柠檬酸合成酶 B. 抑制琥珀酸脱氢酶
C. 阻断电子传递 D. 抑制丙酮酸脱氢酶

四、是非判断题

1. ATP 是磷酸果糖激酶的变构抑制剂。

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. 所有来自磷酸戊糖途径的还原能都是在该循环的前三步反应中产生的。
4. 催化 ATP 分子中的磷酸基转移到受体上的酶称为激酶。
5. 动物体内的乙酰 CoA 不能作为糖异生的物质。
6. 柠檬酸循环是分解与合成的两用途。
7. 淀粉的生物合成需要“引物”存在。
8. 糖异生作用的关键反应是草酰乙酸形成磷酸烯醇式丙酮酸的反应。
9. 糖酵解过程在有氧无氧条件下都能进行。
10. 在缺氧条件下，丙酮酸还原为乳酸的意义是使 NAD^+ 再生。
11. TCA 中底物水平磷酸化直接生成的是 ATP。

五、 问答题

1. 写出乳酸糖异生的过程，并标明有关的酶和能量变化。
2. 试比较糖酵解和糖异生作用有哪些不同。
3. 从乙酰 CoA 开始的 TCA 循环的全过程中，共有哪些酶参与？该循环对生物有何意义？该循环中有哪些酶催化脱氢反应？
4. EMP 途径在细胞的什么部位进行？它有何生物学意义？为什么它在无氧及有氧条件下均能进行？该途径最重要的调节酶是什么酶？该酶受那些因素的影响？
5. 细胞内多糖的磷酸解有何意义？

参考答案

一、 名词解释题

1. 糖酵解：酶将葡萄糖降解成丙酮酸并伴随着生成 ATP 的过程。
2. 底物水平磷酸化：在代谢过程中生成的高能化合物，作为酶的底物，在酶的催化下其能量用于 ADP 合成 ATP 的过程。
3. 回补反应：柠檬酸循环中间产物是很多物质合成的前体，这些过程造成了草酰乙酸的降低，从而影响了柠檬酸循环的正常进行，因此必须不断的补充草酰乙酸，这种补充称为回补反应。
4. 激酶：从 ATP 转移磷酸基团到受体上的酶。
5. 糖的异生作用：由非糖有机物(如乳酸、丙酮酸、甘油、生糖氨基酸)转变成葡萄糖的过程。

二、 填空题

1. 葡萄糖，葡萄糖和果糖
2. 葡萄糖-6-磷酸脱氢酶，磷酸己糖异构酶

3. 胞浆, 己糖激酶, 磷酸果糖激酶, 丙酮酸激酶, 磷酸果糖激酶, ATP, 柠檬酸
4. 线粒体, 柠檬酸合酶, 异柠檬酸脱氢酶, α -酮戊二酸脱氢酶系
5. 丙酮酸羧化酶, 果糖-1, 6-二磷酸酶, 葡萄糖-6-磷酸酶, PEP 羧激酶
6. 13.5
7. 丙酮酸脱氢酶复合体, TPP, 硫辛酸, NAD^+ , CoA, FAD, Mg^{2+}
8. 2, 7, 32
9. 12.5, 2.5, 34, 13.5, 17
10. 3
11. 胞浆, G-6-P, NADP^+ , 12, 为其它生物大分子的合成提供还原力 (NADPH)
12. 3, 2
13. 31
14. UDPG, F-6-P, 蔗糖磷酸酯
15. 线粒体
16. 3, 1, 1, 10
17. 60
18. 3-磷酸甘油醛脱氢
19. 3-磷酸甘油醛脱氢酶
20. 2, 氧化脱羧阶段, 非氧化分子重排阶段, 葡萄糖-6-磷酸脱氢酶, 6-磷酸葡萄糖酸脱氢酶, NADP^+
21. 胞浆, 葡萄糖, 丙酮酸, ATP, NADH
22. 糖原磷酸化酶, 转移酶, 脱支酶
23. 异柠檬酸脱氢酶, α -酮戊二酸脱氢酶系
24. 1, 3-二磷酸甘油酸, 磷酸烯醇式丙酮酸 (PEP)
25. 转酮酶, TPP, 转醛酶
26. UDPG, G-1-P

三、 单项选择题

1. B 2. B 3. D 4. C 5. D 6. C 7. A 8. A 9. C 10. D 11. D 12. D 13. A
 14. D 15. A 16. A 17. D 18. D 19. A 20. D 21. C 22. A 23. A 24. C 25. B
 26. A 27. D 28. D 29. D 30. D 31. A 32. A 33. D 34. D 35. D 36. C
 37. C 38. C 39. D 40. C 41. B 42. C 43. B 44. A 45. B

四、 是非判断题

1. 对。
2. 错。过程中有三步不可逆反应。
3. 对。
4. 对。
5. 对。

6. 对。
7. 对。
8. 错。最关键的反应是丙酮酸羧化酶催化的反应。
9. 对。
10. 对。
11. 错。一般哺乳动物产生的是 GTP，植物和微生物可以直接产生 ATP。

五、 问答题

1. 答： 2 分子乳酸在乳酸脱氢酶作用下产生 2 分子丙酮酸同时伴随产生 2 分子 $\text{NADH}+\text{H}^+$ ，2 分子丙酮酸通过丙酮酸羧化酶催化产生 2 分子草酰乙酸消耗 2 分子 ATP，2 分子草酰乙酸在 PEP 羧激酶催化下产生 2 分子丙酮酸，并消耗 2 分子 GTP 产生 2 分子磷酸烯醇式丙酮酸，然后由烯醇化酶催化产生 2 分子 2-磷酸甘油酸，磷酸甘油酸变位酶作用产生 2 分子 3-磷酸甘油酸，磷酸甘油酸激酶产生 2 分子 1,3-二磷酸甘油酸，消耗 2 分子 ATP，3-磷酸甘油醛脱氢酶产生 2 分子 3-磷酸甘油醛，消耗 2 分子 $\text{NADH}+\text{H}^+$ 。1 分子 3-磷酸甘油醛经磷酸丙糖异构酶作用产生 1 分子磷酸二羟基丙酮，3-磷酸甘油醛和磷酸二羟基丙酮经醛缩酶作用产生 1 分子 1,6-二磷酸果糖，通过果糖-1,6-二磷酸磷酸酶产生 1 分子 6-磷酸果糖，再经磷酸己糖异构酶催化产生 1 分子 6-磷酸葡萄糖，经葡萄糖-6-磷酸酶催化产生 1 分子葡萄糖。
2. 答：糖酵解与糖异生的差别主要表现在反应部位、代谢方向、能量产生与消耗和酶这四个方面。主要区别如下表所示：

	EMP 途径	葡糖异生途径
反应部位	均在细胞质中	部分反应在线粒体中多数反应在细胞质中
物质代谢	糖的分解	糖的合成
能量代谢	产能	耗能
不同的酶	己糖激酶 磷酸果糖激酶 丙酮酸激酶	葡萄糖-6-磷酸酶 果糖-1,6-二磷酸酶 丙酮酸羧化酶 苹果酸脱氢酶 PEP 羧激酶

3. 答：(1) 柠檬酸合酶、顺乌头酸酶、异柠檬酸脱氢酶、 α -酮戊二酸脱氢酶系、琥珀酰 CoA 合成酶（琥珀酸硫激酶）、琥珀酸脱氢酶、延胡索酸酶、苹果酸脱氢酶。

(2) 意义: 1) 为生物体提供能量, 是体内主要产生 ATP 的途径。2) 循环中的中间物为生物合成提供原料。3) 是糖类、蛋白质、脂类等代谢的最后共同途径。(3) 催化脱氢反应的酶有: 异柠檬酸脱氢酶、 α -酮戊二酸脱氢酶系、琥珀酸脱氢酶、苹果酸脱氢酶。

4. 答: (1) EMP 途径在细胞的细胞质中进行。

(2) 其生物学意义为: 1) 为机体提供能量; 2) 是糖分解的有氧分解和无氧分解的共同途径; 3) 其中间产物是合成其他物质的原料; 4) 为糖异生提供基本的途径。

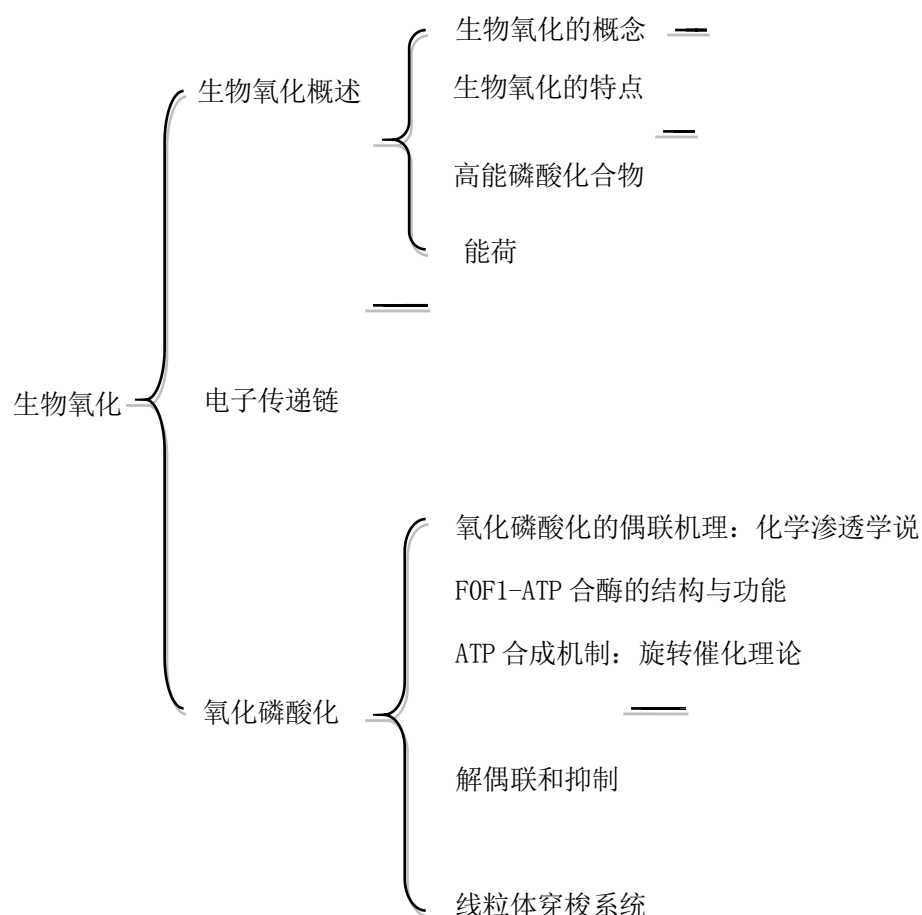
(3) 在无氧情况下, EMP 途径能通过乳酸发酵或酒精发酵使反应过程中消耗的 NADH 获得再生, 故该途径在无氧及有氧条件下均能进行。

(4) 该途径最重要的调节酶是磷酸果糖激酶, 高浓度 ATP、柠檬酸是此酶的变构抑制剂。ADP、AMP、2, 6-二磷酸果糖是此酶的变构激活剂。

5. 答: (1) 不影响细胞内单糖的浓度, 有利于糖进入细胞; (2) 产生的单糖带上负电荷不易透过脂膜而失散; (3) 糖分子上的磷酸基团对酶来说, 起到信号基团的作用, 有利于与酶结合而被催化

第五章 生物氧化

本章总结简图



学习目标和要求

（一）生物氧化概述

1. 掌握生物氧化的概念和特点。
2. 了解真核生物生物氧化过程的亚细胞定位。
3. 了解生物氧化过程中 CO_2 和 H_2O 的生成方式。
4. 了解常见的高能化合物。

5. 掌握 ATP 在生物氧化过程中的重要作用。
6. 掌握能荷的概念，了解其在调控代谢方向中的作用。

（二）电子传递链

1. 掌握电子传递链的概念，电子传递体的组成和排列顺序。
2. 了解常见的电子传递抑制剂。

（三）氧化磷酸化

1. 掌握氧化磷酸化的概念，理解氧化磷酸化与电子传递之间的偶联关系。
2. 掌握氧化磷酸化的能量偶联机理（化学渗透学说）的要点。
3. 了解 F_0F_1 -ATP 合酶的结构特点。
4. 了解 ATP 合成机制（旋转催化理论）。
5. 了解线粒体穿梭系统的概念和常见类型。
6. 理解甘油-3-磷酸穿梭的生物学过程，掌握涉及到线粒体穿梭的代谢过程中的能量换算。

习题

一、 名词解释题

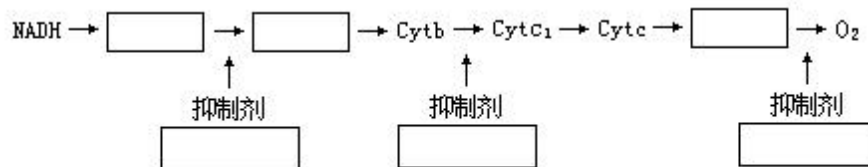
1. 呼吸链（电子传递链）；
2. 氧化磷酸化；
3. 生物氧化；
4. 能荷；
5. 底物水平磷酸化；
6. 磷氧比（P/O 比）；
7. 解偶联剂；
8. 高能磷酸化合物；
9. 电子传递抑制剂；

二、 填空题

1. 目前，解释氧化磷酸化作用的机理有多种假说，其中得到较多人支持的是_____假说，该假说认为_____是形成 ATP 的动力。
2. 在线粒体中，NADH 的 P/O(磷氧比)为_____， $FADH_2$ 的 P/O 为_____。真核

生物细胞质中的 NADH 的 P/O 比为_____，这是因为它须经_____穿梭作用转变为_____，才能进入呼吸链。若在细胞中加入 2,4-二硝基苯酚，其 P/O 值变为_____。

3. 在线粒体内，典型的呼吸链有两条，即_____呼吸链和_____呼吸链。
4. 下图所示的电子传递过程，在细胞内_____部位进行。在图中的方框内填入所缺的组分以及典型抑制剂的名称(或符号)。



5. 生物体内高能化合物有_____、_____、_____、_____、_____等类。
6. NADH 呼吸链中氧化磷酸化的偶联部位是_____、_____、_____。
7. 磷酸甘油与苹果酸经穿梭后进入呼吸链氧化，其 P/O 比分别为_____和_____。
8. 举出 1 种氧化磷酸化解偶联剂：_____。
9. 举出两例生物细胞中氧化脱羧反应_____、_____。
10. 高能磷酸化合物通常指水解时_____的化合物，其中最重要的是_____，被称为能量代谢的_____。
11. 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_____。
12. 化学渗透学说主要论点认为：呼吸链组分定位于_____内膜上。其递氢体有_____作用，因而造成内膜两侧的_____梯度和_____梯度，同时被膜上_____酶所利用，促使 $\text{ADP} + \text{Pi} \rightarrow \text{ATP}$ 。
13. 体内 CO_2 的生成不是碳与氧的直接结合，而是_____。
14. 线粒体内膜外侧的 α -磷酸甘油脱氢酶的辅酶是_____；而线粒体内膜内侧的 α -磷酸甘油脱氢酶的辅酶是_____。
15. 动物体内高能磷酸化合物的生成方式有_____和_____两种。
16. 琥珀酸脱氢酶催化琥珀酸氧化成延胡索酸的磷氧比(P/O)是_____。
17. 在下列三种反应体系中，1mol 的柠檬酸氧化成苹果酸，分别可生成多少 ATP：
 - (1) 正常线粒体中：_____mol；
 - (2) 线粒体中加有足量的丙二酸：_____mol；
 - (3) 线粒体中加有鱼藤酮：_____mol；
 - (4) 线粒体中加有 DNP：_____mol。

三、 单项选择题

- 目前公认下列哪种假说来解释氧化磷酸化的作用：
A. 构象偶联假说 B. 化学渗透学说 C. 诱导契合学说 D. 化学偶联假说
- 下列化合物中，不抑制 FADH_2 呼吸链的是：
A. 氰化物 B. 抗霉素 A C. 鱼藤酮 D. 一氧化碳
- 下列化合物中，哪个不含高能磷酸键：
A. ADP B. 6-磷酸葡萄糖 C. 磷酸烯醇式丙酮酸 D. 磷酸肌酸
- 下列化合物中，可阻断呼吸链中细胞色素 b(Cyt. b) 和细胞色素 c_1 (Cyt. c_1) 之间的电子传递的是：
A. 氰化物 B. 抗霉素 A C. 鱼藤酮 D. 一氧化碳
- 下列蛋白质中，哪个不含有卟啉环？
A. 血红蛋白 B. 辅酶 Q C. 细胞色素 D. 叶绿素
- 体内不包括氧化磷酸化的偶联部位的是：
A. $\text{FAD} \rightarrow \text{CoQ}$ B. $\text{Cyt b} \rightarrow \text{Cyt c}$ C. $\text{Cyt c} \rightarrow \text{Cyt aa}_3$ D. $\text{NADH} \rightarrow \text{FMN}$
- 在呼吸链中把电子直接传递给细胞色素 b 的是：
A. Cyt aa_3 B. Cyt c C. FAD D. CoQ
- 下列物质中哪个不属于高能化合物？
A. 1, 6-二磷酸果糖 B. 磷酸烯醇式丙酮酸
C. ATP D. 1, 3-二磷酸甘油酸
- 细胞色素含有的金属离子是：
A. 钙 B. 锌 C. 铁 D. 铝
- 一氧化碳能阻断下列哪一呼吸链？
A. $\text{Cytaa}_3 - \text{O}_2$ B. $\text{NAD} - \text{FMN}$ C. $\text{FMN} - \text{CoQ}$ D. $\text{Cytb} - \text{Cytc}_1$
- 呼吸链的电子传递体中有一种组分不是蛋白质的物质是：
A. 复合体 II B. 铁硫蛋白 C. 细胞色素 D. CoQ
- 胞浆中形成 $\text{NADH} + \text{H}^+$ 经苹果酸穿梭后，每摩尔产生 ATP 的摩尔数是：
A. 1.5 B. 2.5 C. 3 D. 4
- 如果质子不经过 F_1 / F_0 -ATP 合酶回到线粒体基质，则会发生：
A. 氧化 B. 还原 C. 解偶联 D. 紧密偶联
- 下列反应中哪一步伴随着底物水平的磷酸化反应：
A. 苹果酸 \rightarrow 草酰乙酸 B. 甘油酸-1, 3-二磷酸 \rightarrow 甘油酸-3-磷酸
C. 柠檬酸 \rightarrow α -酮戊二酸 D. 琥珀酸 \rightarrow 延胡索酸
- 下述哪种物质专一性地抑制 F_0 因子：
A. 鱼藤酮 B. 抗霉素 A C. 寡霉素 D. 缬氨霉素
- 下列不是催化底物水平磷酸化反应的酶是：
A. 磷酸甘油酸激酶 B. 磷酸果糖激酶
C. 丙酮酸激酶 D. 琥珀酸硫激酶
- 在生物化学反应中，总能量变化符合：
A. 受反应的能障影响 B. 随辅因子而变

参考答案

一、 名词解释题

1. 呼吸链（电子传递链）：在生物氧化过程中，代谢物脱下的氢，交给脱氢酶的辅酶（NADH、FADH₂），再经过一系列按一定顺序排列的氢传递体和电子传递体的传递，最终交给分子氧生成水，这种一系列的氢和电子传递体称为电子传递链，又称呼吸链。
2. 氧化磷酸化：在生物氧化中，代谢物脱氢产生的 NADH+H⁺或 FADH₂ 经呼吸链氧化生成水的时候，所释放的自由能用于 ADP 磷酸化形成 ATP，这种氧化与磷酸化相偶联的作用称为氧化磷酸化。
3. 生物氧化：指有机分子（糖、脂、蛋白质等）在生物细胞内氧化分解，最终生成 CO₂ 和 H₂O，并释放出能量的过程。
4. 能荷：在总的腺苷酸系统中（即 ATP、ADP 和 AMP 浓度之和）所负荷的高能磷酸基数量，即能量负荷。
5. 底物水平磷酸化：在代谢过程中生成的高能化合物，作为酶的底物，在酶的催化下其能量用于 ADP 合成 ATP 的过程。
6. 磷氧比（P/O 比）：当一对电子经呼吸链传给 O₂ 的过程中所产生的 ATP 的分子数。即消耗的无机磷酸的磷原子数与消耗的分子氧的氧原子数之比。
7. 解偶联剂：使电子传递和 ATP 形成这两个过程分离，失掉它们的紧密联系，氧化仍可以进行，而磷酸化不能进行的物质。
8. 高能磷酸化合物：结构中含有磷酸基团，且当磷酸基团水解时，可释放出大量自由能（>20.92KJ/mol）的化合物。
9. 电子传递抑制剂：能够阻断电子传递链中某部位电子传递的物质。

二、 填空题

1. 化学渗透，质子驱动力（质子电化学梯度）
2. 2.5, 1.5, 1.5, 甘油-3-磷酸, FADH₂, 0
3. NADH, FADH₂
4. 线粒体, FMN, CoQ, Cytaa3, 鱼藤酮（安密妥, 杀螺菌素）, 抗霉素 A, 氰化物（CO、硫化氢等）
5. 酰基磷酸化合物, 烯醇式磷酸化合物, 焦磷酸化合物, 肌基磷酸化合物, 硫脂键, 甲硫键
6. 复合体 I, 复合体 III, 复合体 IV
7. 1.5, 2.5
8. DNP
9. 异柠檬酸脱氢酶, 丙酮酸脱氢酶复合体, α-酮戊二酸脱氢酶系, 6-磷酸葡萄糖酸脱氢酶等（任写两个）
10. 释放能量超过 20.92KJ/mol, ATP, 通货
11. 线粒体, 线粒体内膜
12. 线粒体, 质子泵, pH, 电位, ATP 合

13. 通过有机酸脱羧反应
14. NAD^+ , FAD
15. 底物水平磷酸化, 氧化磷酸化
16. 1.5
17. 7.5, 6, 2.5, 1

三、 单项选择题

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

四、 是非判断题

1. 错。复合体 II 没有质子泵。
2. 错。主要通过影响电子在复合体 IV 中的传递来实现。
3. 错。NADPH 不能进入呼吸链。
4. 错。将增加电子传递的速率。因为加入 DNP 后, 将解开电子传递与 ATP 合成的偶联关系, 使电子传递不再受到低浓度 ADP 下 ATP 低速合成对电子传递的限制。
5. 错。解偶联剂不直接影响电子的传递。
6. 对。
7. 错。NADPH 不能进入电子传递链。
8. 对。
9. 对。

五、 问答题

1. 答: 生物氧化指有机分子(糖、脂、蛋白质等)在生物细胞内氧化分解, 最终生成 CO_2 和 H_2O , 并释放出能量的过程。生物氧化与体外非生物氧化相比, 化学本质相同, 都是失电子反应, 如脱氢、与氧结合、消耗 O_2 , 都生成 CO_2 和 H_2O , 都是放能反应, 并且所释放的能量相同。但是, 生物氧化还有着与非生物氧化不同的重要特点: (1) 生物氧化是酶促反应, 反应条件(如温度、pH)温和; 而体外燃烧则是剧烈的游离基反应, 要求在高温、高压以及干燥的条件下进行。(2) 生物氧化分阶段逐步缓慢地氧化, 能量也逐步释放; 而体外燃烧能量是爆发式释放出来的。(3) 生物氧化释放的能量有相当多的转换成 ATP 中活跃的化学能, 用于各种生命活动; 体外燃烧产生的能量则转换为光和热, 散失在环境中。
2. 答: 呼吸链指在生物氧化过程中, 由代谢物脱氢, 交给脱氢酶的辅酶(NADH 、 FADH_2), 再经过一系列按一定顺序排列的氢传递体和电子传递体的传递, 最终交给分子氧生成水所形成的这种一系列的氢和电子传递体。
呼吸链主要由 4 种酶复合体和 2 种可移动电子载体构成。(1) 复合体 I 即 NADH : 辅酶 Q 氧化还原酶复合体, 由 NADH 脱氢酶(以 FMN 为辅基的黄素蛋白)和一系列铁硫

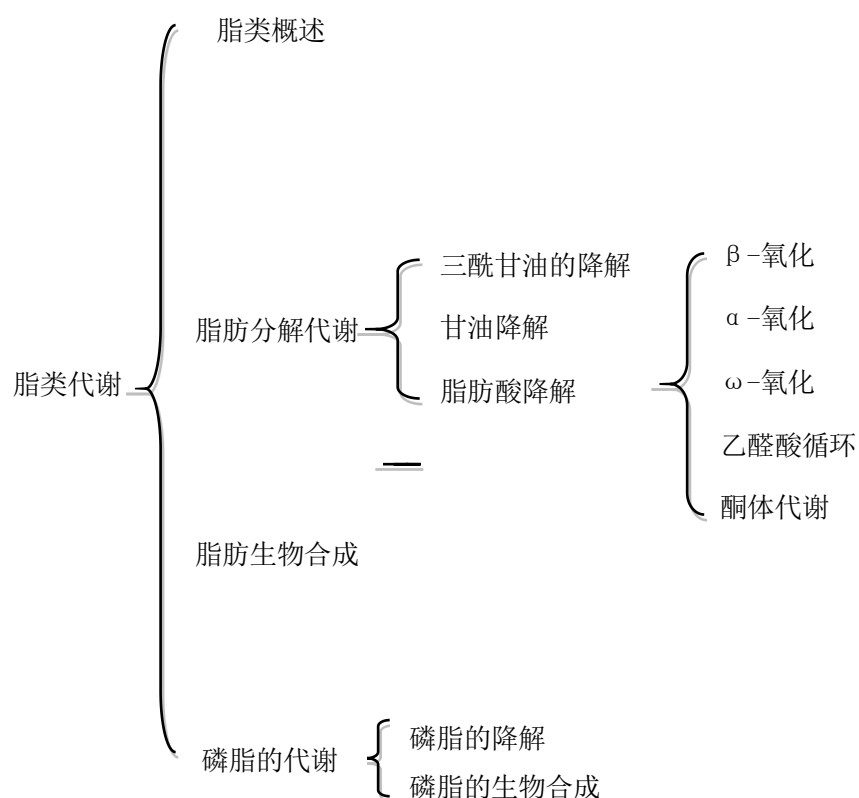
蛋白（铁—硫中心）组成。（2）复合体 II 由琥珀酸脱氢酶（以 FAD 为辅基的黄素蛋白）和铁硫蛋白组成，将从琥珀酸得到的电子传递给辅酶 Q。（3）辅酶 Q 是呼吸链中唯一的非蛋白氧化还原载体，可在膜中迅速移动。它在电子传递链中处于中心地位，可接受各种黄素酶类脱下的氢。（4）复合体 III：也叫细胞色素还原酶，是细胞色素和铁硫蛋白的复合体，把来自辅酶 Q 的电子，依次传递给结合在线粒体内膜外表面的细胞色素 C。（5）细胞色素 C，以血红素为辅基的单体蛋白，负责将电子从复合体 III 传递到复合体 IV。（6）复合体 IV：也叫细胞色素氧化酶。负责将电子传递给分子氧。

呼吸链中的电子传递有着严格的方向和顺序，即电子从氧化还原电位较低的传递体依次通过氧化还原电位较高的传递体逐步流向氧分子。

3. 答：化学渗透假说是 1961 年由英国生物化学家 Peter Mitchell 最先提出。并因此获得 1978 年诺贝尔化学奖。该学说认为，在电子传递与 A T P 合成之间起偶联作用的是质子电化学梯度。其要点包括：
 - 1) 电子传递体在线粒体内膜上有着不对称分布，传氢体和传电子体交替排列，催化是定向的；
 - 2) 复合物 I、I I I、I V 的传氢体起质子泵的作用，将 H⁺ 从基质泵向内膜外侧，而将电子传向其后的电子传递体；
 - 3) 内膜对质子不具有通透性，这样在内膜两侧形成质子浓度梯度，这就是推动 ATP 合成的原动力；
 - 4) 当存在足够高的跨膜质子化学梯度时，强大的质子流通过 F₁-F₀-ATPase 进入基质时，释放的自由能推动 ATP 合成。
4. 答：体内 ATP 的生成方式包括底物水平磷酸化、氧化磷酸化和光合磷酸化。底物水平磷酸化指代谢物通过氧化形成的高能磷酸化合物直接将磷酸基团转移给 ADP，使之磷酸化生成 ATP。氧化磷酸化指 NADH 或 FADH₂ 将电子传递给 O₂ 的过程与 ADP 的磷酸化相偶联，使电子传递过程中释放出的能量用于 ATP 的生成。氧化磷酸化的过程需要氧气作为最终的电子受体，它是需氧生物合成 ATP 的主要途径。光合磷酸化指由光驱动的电子传递过程与 ADP 的磷酸化相偶联，使电子传递过程中释放出的能量用于 ATP 的生成，主要存在于能够进行光合作用的自养生物体内。
5. 答：呼吸链抑制剂是能够阻断呼吸链中某部位电子传递的物质。解偶联剂是使电子传递和 ATP 形成两个过程分离的物质，它只抑制 ATP 的形成过程，不抑制电子传递过程，使电子传递产生的自由能都变为热能。
6. 答：DNP 作为一种解偶联剂，能够破坏线粒体内膜两侧的质子梯度，使质子梯度转变为热能，而不是 ATP。在解偶联状态下，电子传递过程完全是自由进行的，底物失去控制被快速氧化，细胞代谢速率大幅度提高，导致机体组织消耗其糖原和脂肪等能源形式，因此确有减肥的功效。但是由于这种消耗是失去控制的，同时过分产热，这将会给机体带来强烈的副作用。

第六章 脂类代谢

本章总结简图



学习目标和要求

（一）脂类概述

1. 了解脂的概念和分类。
2. 了解常见的脂肪酸的结构与分类。
3. 了解甘油磷脂、胆固醇和萜类的结构。

（二）脂类分解代谢

1. 了解三酰甘油的降解过程。
2. 掌握甘油在生物体内的降解代谢历程。
3. 熟悉偶数碳饱和脂肪酸的 β -氧化代谢过程。
4. 了解脂肪酸降解产物乙酰 CoA 的去向，掌握乙醛酸循环的代谢过程和生物学意义，了解酮体的概念，生成和利用，及生物学意义。
5. 了解 α -氧化和 ω -氧化的概念。

（三）脂肪生物合成

1. 了解甘油生物合成的过程。
2. 掌握软脂酸从头合成的过程，熟悉脂肪酸从头合成与脂肪酸 β -氧化过程的主要差异。
3. 了解脂肪酸碳链延长和去饱和的过程。
4. 了解脂肪的生物合成过程。

（四）磷脂的代谢

1. 了解磷脂的降解和生物合成的过程。

习题

一、 名词解释题

1. 必需脂肪酸
2. β -氧化
3. α -氧化
4. ω -氧化
5. 酮体

二、 填空题

1. 脂肪酸进行 β -氧化时，首先必须变成_____，后者转入_____内。每进行一次 β -氧化必须经过_____、_____、_____和_____四个连续的酶促反应；每次 β -氧化所产生的产物是_____、_____、_____和_____。
2. 在线粒体外，合成脂肪酸的限速酶是_____。

3. 脂肪酸必须经过_____途径这一枢纽，才能异生成糖。该途径的净结果是由_____生成了_____。
4. 异柠檬酸可以在_____的催化下进入_____循环，从而绕过 TCA 循环；该酶催化所生成的产物是_____和_____。
5. 在真核生物内，1mol 正己酸彻底氧化成 CO_2 和 H_2O ，净生成_____molATP (按磷酸甘油穿梭计算 ATP)；1mol 棕榈酸在线粒体内彻底氧化成 CO_2 和 H_2O ，净生成_____molATP。1mol 硬脂酸在细胞内彻底氧化成 CO_2 和 H_2O ，净生成_____molATP。一分子丁酸经由 β -氧化途径彻底氧化成 CO_2 和 H_2O ，可产生_____mol ATP。在真核细胞内，1mol β -羟丁酰 CoA 彻底氧化成 CO_2 和 H_2O ，净生成_____molATP。1mol 的 β -羟辛酸经脂肪酸的 β -氧化途径氧化，可生成_____molATP；若彻底氧化成 CO_2 和 H_2O ，共可生成_____molATP。
6. 饱和脂肪酸从头合成需要_____作为还原剂，用于_____酶和_____酶所催化的反应。该还原剂主要由_____途径提供。
7. 乙醛酸循环可以看作是 TCA 循环的支路，它绕过 TCA 循环中由_____和_____两种酶催化的两个脱羧反应，因此不生成 CO_2 。
8. 1mol 甘油在植物细胞内彻底氧化成 CO_2 和 H_2O ，净生成_____mol ATP。(按甘油-3-磷酸穿梭计算)
9. 饱和脂肪酸的从头合成过程中，有待加入的二碳单元以及正在延伸的脂肪酸链都被连接在巯基上，这些功能巯基分别是由_____和_____提供的。
10. _____是动物和许多植物的主要的能源贮存形式，是由_____与 3 分子_____酯化而成的。
11. 一个碳原子数为 N (N 为偶数) 的脂肪酸在 β -氧化中需经_____次 β -氧化循环，生成_____个乙酰 CoA，_____个 FADH_2 和_____个 $\text{NADH}+\text{H}^+$ 。
12. 乙醛酸循环中的两个关键的酶是_____和_____，使异柠檬酸避免了在_____循环中两次_____反应，实现以乙酰 CoA 净合成_____循环的中间物。
13. 脂肪酸从头合成的 C_2 受体_____，活化的 C_2 供体是_____，还原剂是_____，酰基载体是_____，
14. 脂肪酸合酶系统一般只合成_____，动物脂肪酸碳链延长由_____或_____酶系统催化。
15. 真核细胞中，不饱和脂肪酸都是通过_____途径合成的；许多细菌的单烯脂肪酸则是经由_____途径合成的。
16. β -氧化一般是在_____中进行的，氧化时第一次脱氢的受氢体是_____，第二次脱氢的受体是_____，氧化的终产物为_____。
17. 三酰甘油是由_____和_____在磷酸甘油转酰酶作用下先形成_____，再由磷酸酶转变成_____，最后在_____催化下生成三酰甘油。
18. 在线粒体外膜脂酰 CoA 合成酶催化下，游离脂肪酸与_____和_____

_____反应生成脂肪酸的活化形式_____, 再经线粒体内膜
_____进入线粒体衬质。

三、 单项选择题

1. 下列关于脂肪酸连续性 β -氧化作用的叙述哪个是正确的?
 - A. 脂酸仅需一次活化, 消耗 ATP 分子的两个高能键
 - B. 是采用以三碳为一个单位逐步缩短的方式进行的
 - C. β -氧化过程涉及到 NADP^+ 的还原
 - D. β -氧化中脱去的碳原子不可以再进一步氧化
2. 软脂酰 CoA 在 β -氧化的第一次循环中可以产生 ATP 的总量是:
 - A. 3
 - B. 4
 - C. 5
 - D. 10
3. 下列关于由乙酰 CoA 合成脂肪酸的说法, 哪个是正确的:
 - A. 所有氧化还原反应都以 NADH 为辅助因子
 - B. CoA 是该途径中唯一含有泛酰巯基乙胺的物质
 - C. 丙二酸单酰 CoA 是一个活化中间物
 - D. 只产生低于十碳原子的脂肪酸
4. 脂肪的碱水解称之为:
 - A. 脂化
 - B. 还原
 - C. 皂化
 - D. 氧化
5. 在长链脂酸的 β -氧化中, 循环的连续进行不依赖于下列哪一种酶:
 - A. 脂酰 CoA 脱氢酶
 - B. β -羟脂酰 CoA 脱氢酶
 - C. 脂酰 CoA 合成酶
 - D. β -酮脂酰 CoA 硫解酶
6. 在脂肪酸生物合成中, 将乙酰基运出线粒体进入细胞质的是下列什么化合物:
 - A. 乙酰 CoA
 - B. 乙酰肉碱
 - C. 乙酰磷酸
 - D. 柠檬酸
7. 在从 3-磷酸甘油和脂酰 CoA 生物合成三酰甘油酯的过程中, 先形成的中间代谢物是:
 - A. 2-单酯酰甘油
 - B. 1,2-二酯酰甘油
 - C. 溶血磷脂酸
 - D. 脂酰肉碱
8. 下列有关脂质的陈述不正确的是:
 - A. 可作为细胞内的能源
 - B. 通常难溶于水
 - C. 是膜的结构组分
 - D. 仅由 C、H、O 组成
9. 乙酰 CoA 羧化酶催化的反应, 需要下列哪种辅因子:
 - A. TPP
 - B. 生物素
 - C. ACP
 - D. NAD^+
10. 关于柠檬酸调节效应的陈述, 哪个是正确的:
 - A. 激活磷酸果糖激酶
 - B. 激活乙酰 CoA 羧化酶
 - C. 激活烯醇酶
 - D. 激活丙酮酸激酶
11. 脂肪酸碳链的延长不可能发生在细胞的哪个部位:
 - A. 线粒体
 - B. 叶绿体
 - C. 内质网
 - D. 细胞核
12. 下列途径中, 中间代谢物不含有柠檬酸的是:
 - A. 乙酰 CoA 的穿梭
 - B. TCA 循环
 - C. 乙醛酸循环
 - D. PPP 途径

- #### 四、是非判断题

- 56

2. 只有偶数碳原子的脂肪酸才能经 β -氧化降解形成乙酰CoA。
3. 脂肪酸从头合成中，将糖代谢生成的乙酰CoA从线粒体内转移到胞液中的化合物是苹果酸。
4. 脂肪酸的从头合成需要柠檬酸裂解提供乙酰CoA。
5. 脂肪酸 β -氧化酶系存在于胞浆中。
6. 肉毒碱可抑制脂肪酸的氧化分解。
7. 萌发的油料种子和某些微生物拥有乙醛酸循环途径，可利用脂肪酸 α -氧化生成的乙酰CoA合成苹果酸，为糖异生和其它生物合成提供碳源。
8. 在真核细胞内，饱和脂肪酸在 O_2 的参与下和专一的去饱和酶系统催化下进一步生成各种长链脂肪酸。
9. 甘油在甘油激酶的催化下，生成 α -磷酸甘油，反应消耗ATP，为可逆反应。

五、 问答题

1. 脂肪酸的氧化分解有哪些重要途径？最主要的是什么途径？叙述它的反应历程。
2. 乙醛酸循环在植物细胞的什么部位进行？该循环的净结果是什么？有何生物学意义？它与TCA循环相同的酶有哪些？它有哪些两个关键性的酶？
3. 试比较脂肪酸 β -氧化与从头合成的差异。
4. 1mol 硬脂酸完全氧化成 CO_2 和 H_2O 可生成多少 mol 的 ATP？
5. 1mol 甘油完全氧化成 CO_2 和 H_2O 可生成多少 mol 的 ATP？（假设底物最初位于胞浆，且在胞浆中生成的NADH按照甘油-3-磷酸穿梭计算ATP生成）

参考答案

一、 名词解释题

1. 必需脂肪酸：指机体生命活动必不可少，但机体自身又不能合成，必需由食物供给的多不饱和脂肪酸。主要包括亚油酸和 α -亚麻酸。
2. β -氧化：脂肪酸在体内氧化时在羧基端的 β -碳原子上进行氧化，碳链逐次断裂，每次断下一个二碳单位，即乙酰CoA的过程。
3. α -氧化：脂肪酸在一些酶的催化下，在 α -碳原子上发生氧化作用，分解出一个一碳单位 CO_2 ，生成缩短了一个碳原子的脂肪酸的氧化作用。
4. ω -氧化：指脂肪酸的末端（ ω -端）甲基发生氧化，先转变成羟甲基，继而再氧化成羧基，从而形成 α, ω -二羧酸的过程。
5. 酮体：在肝、肾、脑等组织中，尤其在饥饿、禁食、糖尿病等情形下，乙酰CoA缩合并生成乙酰乙酸、 β -羟丁酸和丙酮这三种物质，统称为酮体。

二、 填空题

1. 脂酰 CoA, 线粒体, 脱氢, 加水, 脱氢, 硫解, FADH_2 , NADH , 乙酰 CoA, 少 2 个 C 的脂酰 CoA
2. 乙酰 CoA 羧化酶
3. 乙醛酸循环, 2 分子乙酰 CoA, 1 分子琥珀酸
4. 异柠檬酸裂解酶, 乙醛酸, 乙醛酸和琥珀酸
5. 36, 106, 120, 22, 22.5, 8.5, 48.5
6. NADPH , β -酮脂酰 ACP 还原酶, 烯脂酰 ACP 还原酶, PPP
7. 异柠檬酸脱氢酶, α -酮戊二酸脱氢酶系
8. 16.5
9. ACP, β -酮脂酰 ACP 合酶
10. 脂肪, 甘油, 脂肪酸
11. $(1/2)n-1$, $(1/2)n$, $(1/2)n-1$, $(1/2)n-1$
12. 异柠檬酸裂解酶, 苹果酸合酶, TCA, 脱氢脱羧, TCA
13. 乙酰 CoA, 丙二酸单酰 CoA, NADPH , ACP
14. 软脂酸, 线粒体, 内质网
15. 需氧, 厌氧
16. 线粒体, FAD , NAD^+ , 乙酰 CoA
17. α -磷酸甘油, 脂酰 CoA, 溶血磷脂酸, 二酰甘油, 二酰甘油脂酰转移酶
18. ATP, 乙酰 CoA, CoA, 肉碱穿梭系统

三、 选择题

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

四、 是非判断题

1. 对。
2. 错。奇数碳原子也需要 β -氧化。
3. 错。从线粒体内转移到胞液中的化合物是柠檬酸。
4. 对。
5. 错。存在于线粒体和乙醛酸循环体中。
6. 错。肉毒碱只是脂肪酸载体。
7. 错。 β -氧化生成的乙酰 CoA 合成琥珀酸。
8. 错。生成不饱和脂肪酸
9. 错。是不可逆反应。

五、 问答题

1. 答: (1) 脂肪酸的氧化分解包括 α -氧化, β -氧化, ω -氧化三种方式。(2) 其中最主要的途径是 β -氧化。 β -氧化过程指脂肪酸在体内氧化时在羧基端的 β -碳原子上进行氧化, 碳

链逐次断裂，每次断下一个二碳单位，即乙酰 CoA 的过程。（3） β -氧化的过程包括脂肪酸的活化和转运，形成活化形式脂酰 CoA，并运到线粒体中进行氧化，氧化过程由很多轮循环进行的反应组成，每轮循环包括脱氢 \rightarrow 加水 \rightarrow 脱氢 \rightarrow 硫解这四个步骤，每进行一轮，脂肪酸就少 2 个碳单位，形成比原来少了两个碳原子的脂酰 CoA 和一分子乙酰 CoA。

2. 答：（1）乙醛酸循环在植物细胞的乙醛酸循环体中进行。（2）该循环的净结果是由 2 分子脂酰 CoA 生成了 1 分子琥珀酸。（3）其生物学意义对植物而言，可以在种子萌发阶段将琥珀酸异生成糖，从而供给其它组织生长所需的能源和碳源，对一些细菌和藻类而言，乙醛酸循环使它们能以乙酸盐为能源和碳源生长。（4）它与 TCA 循环相同的酶有柠檬酸合酶、顺乌头酸酶、苹果酸脱氢酶。（5）它的两个关键性的酶是异柠檬酸裂解酶和苹果酸合酶。

3. 答：主要的差异如下表所列：

区别点	β -氧化	从头合成
部位	线粒体、乙醛酸循环体	胞浆
脂酰基载体	CoA	ACP
二碳单位	乙酰 CoA	丙二酸单酰 CoA
电子供体或受体	NAD^+ 、FAD	NADPH
羟脂酰基的立体异构	L 型	D 型
酶	4 种	7 种（多酶复合体）
能量	生成 106 ATP	消耗 7 ATP
HCO_3^- 和柠檬酸需求	不需要	需氧
底物转运	肉碱穿梭	柠檬酸穿梭
反应方向	从羧基端开始	从 ω 端开始
循环次数	7 次	7 次

4. 答：120。计算简要过程如下：

脂肪酸活化消耗 2 个 ATP；每一轮 β -氧化生成 1 个乙酰-CoA，1 个 FADH_2 （相当于 1.5 个 ATP）和 1 个 NADH（相当于 2.5 个 ATP）；每个乙酰-CoA 进入三羧酸循

环生成 1 个 GTP, 3 个 NADH 和 1 个 FADH₂, 合计生成 10 个 ATP。硬脂酸需经过 8 轮氧化得到 9 个乙酰 CoA。则共计: $-2+8 \times (1.5+2.5) \times 1.5+9 \times 10=120\text{ATP}$ 。

5. 答: 16.5。计算简要过程如下:

甘油 + ATP \rightarrow α -磷酸甘油 + ADP; -1 ATP

α -磷酸甘油 + NAD⁺ \rightarrow NADH+H⁺ + 磷酸二羟丙酮; +1.5 ATP

磷酸二羟丙酮 \rightarrow 甘油醛-3-磷酸;

甘油醛-3-磷酸 + NAD⁺ + Pi \rightarrow 甘油酸 1,3-二磷酸 + NADH+H⁺; +1.5 ATP

甘油酸 1,3-二磷酸 + ADP \rightarrow 甘油酸-3-磷酸 + ATP; +1 ATP

甘油酸-3-磷酸 \rightarrow 甘油酸-2-磷酸 \rightarrow 磷酸稀醇式丙酮酸;

磷酸稀醇式丙酮酸 + ADP \rightarrow 丙酮酸 + ATP; +1 ATP

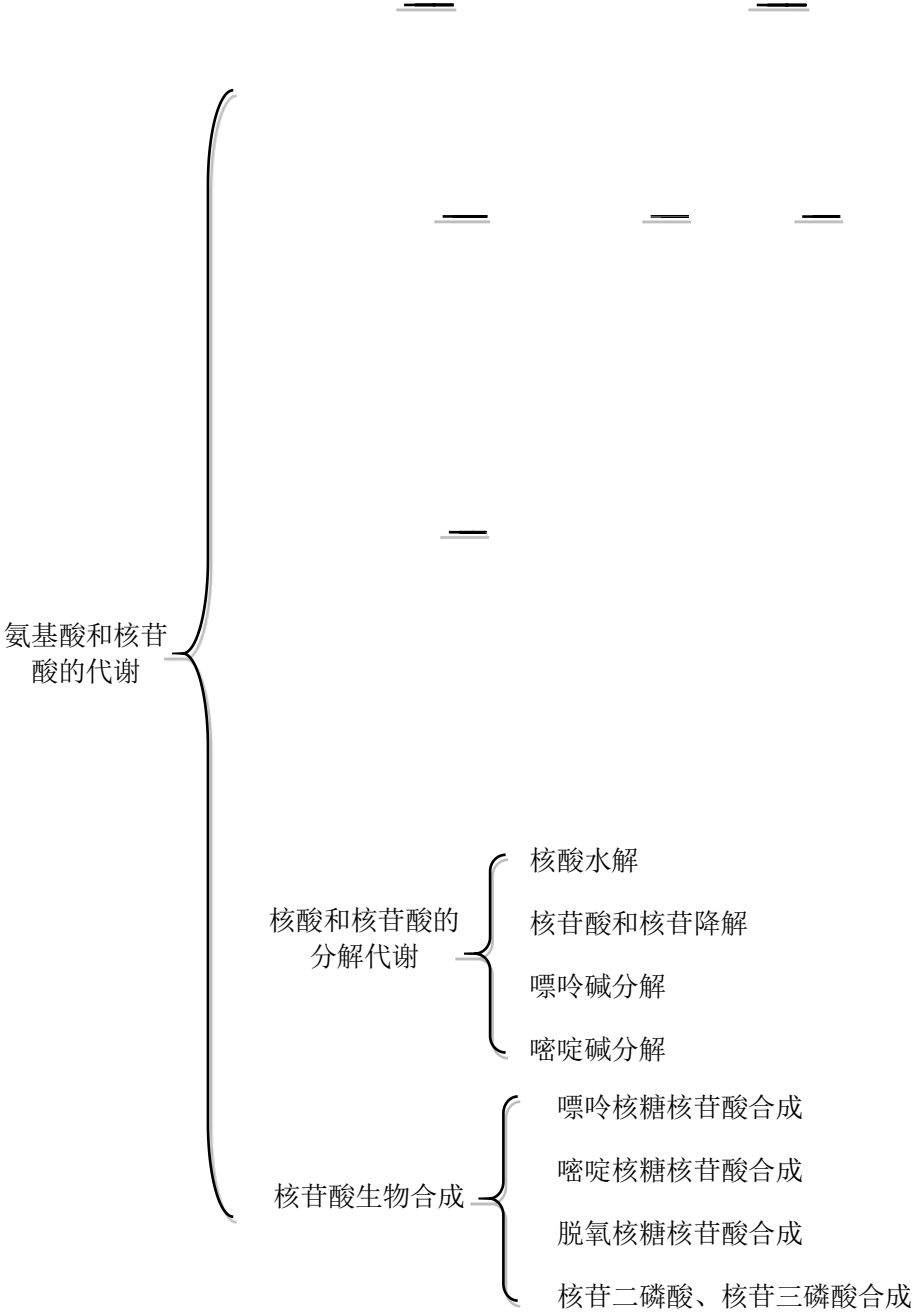
丙酮酸 + NAD⁺ \rightarrow 乙酰辅酶 A + NADH+H⁺ + CO₂; +2.5 ATP

然后进入乙酰辅酶 A 三羧酸循环彻底氧化。

经过 4 次脱氢反应生成 3 摩尔 NADH+H⁺、1 摩尔 FADH₂、以及 2 摩尔 CO₂, 并发生一次底物水平磷酸化, 1 分子乙酰辅酶 A 合计生成 10 摩尔 ATP。故甘油彻底氧化过程生成的能量总量是: $(-1+1.5+1.5+1+1+2.5+10=16.5\text{ATP})$

第七章 氨基酸和核苷酸的代谢

本章总结简图



学习目标和要求

（一）蛋白质酶促降解

1. 了解蛋白水解酶的种类和专一性。
2. 了解体内蛋白质降解的溶酶体途径和泛肽途径。

（二）氨基酸分解代谢

1. 了解氨基酸分解代谢的一般过程，掌握氨基酸的几种脱氨基作用。
2. 了解氨基酸降解产物氨和 α -酮酸的去向。

（三）氨基酸分解代谢

1. 了解自然界的氮素循环。
2. 掌握生物固氮、硝酸还原作用、氨的同化等基本概念。
3. 了解氨基酸合成时碳骨架来源。

（四）核酸和核苷酸分解代谢

1. 了解核酸水解酶的种类，了解和掌握限制性核酸内切酶的特点。
2. 了解核苷酸、核苷、嘌呤碱基和嘧啶碱基降解的一般过程。

（五）核苷酸的生物合成

1. 掌握嘌呤和嘧啶环合成时主链上各原子的来源。
2. 了解生物体内嘌呤核苷酸和嘧啶核苷酸合成的基本代谢途径。
3. 了解脱氧核糖核苷酸、核苷二磷酸、核苷三磷酸的合成过程。

习题

一、 名词解释题

1. 生物固氮
2. 氨的同化
3. 联合脱氨基作用
4. 生糖氨基酸/生酮氨基酸

5. 一碳单位

二、 填空题

1. 生物体内的蛋白质可被_____和肽酶共同作用降解成氨基酸。
2. 转氨酶和脱羧酶的辅酶通常是_____。
3. 谷氨酸经脱氨后产生_____和氨，前者进入_____进一步代谢。
4. 尿素循环中产生的_____和_____两种氨基酸不是蛋白质氨基酸。
5. 尿素分子中两个N 原子，分别来自_____和_____。
6. 固氮酶由_____和_____两种蛋白质组成。
7. 芳香族氨基酸碳架主要来自糖酵解中间代谢物_____和磷酸戊糖途径的中间代谢物_____。
8. 组氨酸合成的碳架来自糖代谢的中间物_____。
9. 胞嘧啶和尿嘧啶经脱氨、还原和水解产生的终产物为_____。
10. 参与嘌呤核苷酸合成的氨基酸有_____、_____和_____。
11. 尿苷酸转变为胞苷酸是在_____水平上进行的。
12. 脱氧核糖核苷酸的合成是由_____酶催化的，被还原的底物是_____。
13. 在嘌呤核苷酸的合成中, 腺苷酸的C-6 氨基来自_____；鸟苷酸的C-2 氨基来自_____。
14. 对某些碱基顺序有专一性的核酸内切酶称为_____。
15. 生物体中活性蛋氨酸是_____，它是活泼_____的供应者。

三、 单项选择题

1. 转氨酶的辅酶是：
A. NAD^+ B. NADP^+ C. FAD D. PLP
2. 下列哪种酶对有多肽链中赖氨酸和精氨酸的羧基参与形成的肽键有专一性：
A. 羧肽酶 B. 胰蛋白酶 C. 胃蛋白酶 D. 胰凝乳蛋白酶
3. 参与尿素循环的氨基酸是：
A. 组氨酸 B. 鸟氨酸 C. 蛋氨酸 D. 赖氨酸
4. γ -氨基丁酸由哪种氨基酸脱羧而来：
A. Gln B. His C. Glu D. Phe
5. 经脱羧后能生成吡啶乙酸的氨基酸是：
A. Glu B. His C. Tyr D. Trp
6. L-谷氨酸脱氢酶的辅酶含有哪种维生素：
A. VB_1 B. VB_2 C. VB_3 D. V_{PP}
7. 需要硫酸还原作用合成的氨基酸是：
A. Cys B. Leu C. Pro D. Val
8. 组氨酸经过下列哪种作用生成组胺的：

- A. 还原作用 B. 羟化作用 C. 转氨基作用 D. 脱羧基作用
9. 氨基酸脱下的氨基通常以哪种化合物的形式暂存和运输：
A. 尿素 B. 氨甲酰磷酸 C. 谷氨酰胺 D. 天冬酰胺
10. 丙氨酸族氨基酸不包括下列哪种氨基酸：
A. Ala B. Cys C. Val D. Leu
11. 合成嘌呤和嘧啶都需要的氨基酸是：
A. Asp 和Gln B. Gln和Gly C. Gly和Asp D. Asn和Asp
12. 生物体嘌呤核苷酸合成途径中首先合成的核苷酸是：
A. AMP B. GMP C. IMP D. XMP
13. 人类和灵长类嘌呤代谢的终产物是：
A. 尿酸 B. 尿囊素 C. 尿囊酸 D. 尿素
14. 从核糖核苷酸生成脱氧核糖核苷酸的反应发生在：
A. 一磷酸水平 B. 二磷酸水平 C. 三磷酸水平 D. 以上都不是
15. 在嘧啶核苷酸的生物合成中不需要下列哪种物质：
A. 氨甲酰磷酸 B. 天冬氨酸 C. 谷氨酸 D. 5-磷酸核糖焦磷酸

四、是非判断题

1. 蛋白质的营养价值主要决定于氨基酸的组成和比例。
2. 谷氨酸在转氨作用和使游离氨再利用方面都是重要分子。
3. 氨甲酰磷酸可以合成尿素和嘌呤。
4. 磷酸吡哆醛只作为转氨酶的辅酶。
5. 芳香族氨基酸都是通过莽草酸途径合成的。
6. 尿嘧啶的分解产物 β -丙氨酸能转化成脂肪酸。
7. 嘌呤核苷酸的合成顺序是，首先合成次黄嘌呤核苷酸，再进一步转化为腺嘌呤核苷酸和鸟嘌呤核苷酸。
8. 嘧啶核苷酸的合成伴随着脱氢和脱羧反应。
9. 脱氧核糖核苷酸的合成是在核糖核苷三磷酸水平上完成的。

五、问答题

1. 简述N元素对生物的重要性及自然界的氮循环。
2. 氨基酸的脱氨基作用有哪些类型？
3. 氨的同化有哪些途径？
4. 核酸酶包括哪几种主要类型？
5. 嘌呤核苷酸分子中各原子的来源？
6. 嘧啶核苷酸分子中各原子的来源？

参考答案

一、 名词解释题

1. 生物固氮：利用微生物中固氮酶的作用，将分子氮（N₂）转化为含氮化合物的过程。
2. 氨的同化：生物体将无机态 NH₃ 转变成含氮有机化合物的过程。
3. 联合脱氨基作用：将氨基酸上的氨基转移到 α -酮戊二酸或草酰乙酸，然后通过谷氨酸脱氢酶或嘌呤核苷酸循环脱氨基。
4. 生糖氨基酸：指在氨基酸分解过程中，凡能转变为丙酮酸、 α -酮戊二酸、琥珀酸、延胡索酸和草酰乙酸的氨基酸。
生酮氨基酸：在氨基酸分解过程中，凡是能转变为乙酰 CoA 或乙酰乙酰 CoA 的氨基酸，因此这两种物质在肝脏可转变为酮体。
5. 一碳单位：指在某些氨基酸分解代谢过程中产生的仅含有一个碳原子的基团，如甲基、亚甲基、羟甲基等。

二、 填空题

1. 蛋白酶
2. PLP（磷酸吡哆醛）
3. α -酮戊二酸，TCA 循环
4. 鸟氨酸，瓜氨酸
5. Asp, NH₃（或氨甲酰磷酸）
6. 铁蛋白，钼铁蛋白
7. PEP（磷酸烯醇式丙酮酸），赤藓糖-4-磷酸
8. 核糖-5-磷酸
9. β -丙氨酸
10. Asp, Gln, Gly
11. 核糖核苷三磷酸
12. 核糖核苷酸还原，核糖核苷二磷酸（NDP）
13. Asp, Gln
14. 限制性核酸内切酶
15. S-腺苷甲硫氨酸，甲基

三、 单项选择题

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

四、 是非判断题

1. 对。

2. 对。
3. 错。氨甲酰磷酸可合成尿素和嘧啶。
4. 错。磷酸吡哆醛也可作为脱羧酶的辅酶。如氨基酸脱羧酶以磷酸吡哆醛作为辅酶。
5. 对。
6. 对。
7. 对。
8. 对。
9. 错。脱氧核糖核苷酸的合成是在核糖核苷二磷酸水平上完成的。

五、 问答题

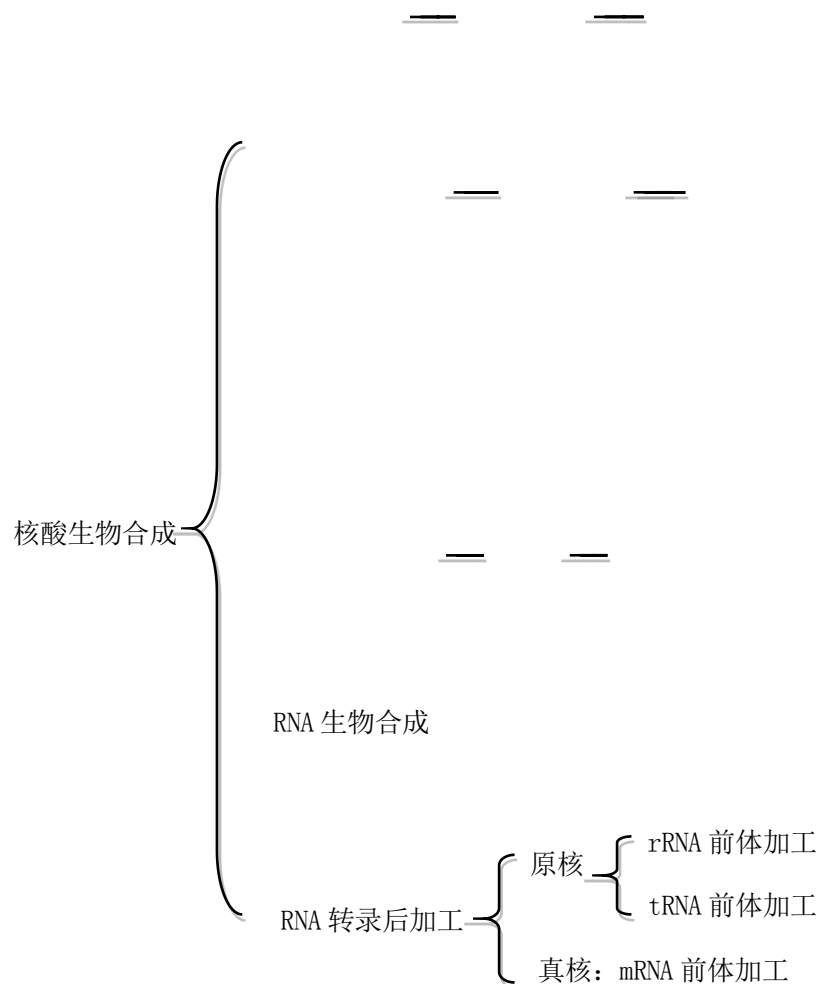
1. 答：（1）氮是生物的必需元素之一，在生命活动中起着重要作用，如蛋白质、核酸、酶、某些激素和维生素、叶绿素和血红素等均含有氮元素。因此，在动、植物和微生物的生命活动中氮元素起着极其重要的作用，所以生物界生长发育的全过程都进行着氮代谢。（2）氮循环是描述自然界中氮单质和含氮化合物之间相互转换过程的生态系统的物质循环。在自然界，氮元素以分子态（氮气）、无机结合氮和有机结合氮三种形式存在。大气中含有大量的分子态氮。但是绝大多数生物都不能够利用分子态的氮，只有像豆科植物的根瘤菌一类的细菌和某些蓝绿藻能够将大气中的氮气转变为硝态氮（硝酸盐）加以利用。植物只能从土壤中吸收无机态的铵态氮（铵盐）和硝态氮（硝酸盐），用来合成氨基酸，再进一步合成各种蛋白质。动物则只能直接或间接利用植物合成的有机氮（蛋白质），经分解为氨基酸后再合成自身的蛋白质。在动物的代谢过程中，一部分蛋白质被分解为氨、尿酸和尿素等排出体外，最终进入土壤。动植物的残体中的有机氮则被微生物转化为无机氮（氨态氮和硝态氮），从而完成生态系统的氮循环。
2. 答：氨基酸的脱氨基作用是氨基酸分解代谢的主要途径。参与人体蛋白质合成的氨基酸共有 20 种，它们的结构不同，脱氨基的方式也不同，主要有氧化脱氨基作用、转氨基作用、联合脱氨基作用和非氧化脱氨基等方式，其中以联合脱氨基最为重要。
3. 答：氨的同化途径主要有：（1）谷氨酸的形成：在谷氨酸脱氢酶的作用下， α -酮戊二酸与氨，在还原剂 NADPH 的参与下，生成一分子的谷氨酸。（2）谷氨酰胺合成酶催化谷氨酸和氨反应形成谷氨酰胺，此反应需要 ATP 提供能量。（3）氨甲酰磷酸的合成：在酶的作用下，由氨、二氧化碳、ATP 共同作用合成氨甲酰磷酸。
4. 答：按作用底物分，包括：（1）脱氧核糖核酸酶：作用于 DNA 分子；（2）核糖核酸酶：作用于 RNA 分子；（3）磷酸二酯酶，专一性较弱。

按作用方式分，包括：（1）核酸外切酶：作用于多核苷酸链末端的核酸酶，包括 3' 核酸外切酶和 5' 核酸外切酶。（2）核酸内切酶：作用于多核苷酸链内部磷酸二酯键的核酸酶，包括碱基专一性核酸内切酶和碱基序列专一性核酸内切酶（限制性核酸内切酶）
5. 答：N1 来源于天冬氨酸；C2 和 C8 来源于甲酸；N7、C4 和 C5 来源于甘氨酸；C6 来源于二氧化碳；N3 和 N9 来源于谷氨酰胺；核糖来源于磷酸戊糖途径的 5-磷酸核糖。

6. 答：N1、C4、C5、C6 来源于天冬氨酸；C2 来源于二氧化碳；N3 来源于氨；核糖来源于磷酸戊糖途径的 5-磷酸核糖。

第八章 核酸的生物合成

本章总结简图



学习目标和要求

(一) 中心法则

1. 掌握中心法则的概念，表述；并理解中心法则对现代生命科学的重要意义。

(二) DNA 的生物合成

1. 理解 DNA 的复制方式为半保留复制。
2. 掌握原核生物 DNA 复制所需要的酶和蛋白及其作用。
3. 掌握原核生物 DNA 复制的主要过程。
4. 了解保持 DNA 复制忠实性的主要机制。
5. 了解真核生物与原核生物 DNA 复制上的主要区别。
6. 掌握逆转录的概念及逆转录酶的主要性质。
7. 了解逆转录的主要生物学意义。

(三) DNA 的损伤修复

1. 掌握光修复、切除修复、重组修复、SOS 反应和易错修复的概念。
2. 了解 DNA 突变的主要类型。

(四) RNA 的生物合成

1. 掌握转录的概念和主要特点。
2. 掌握原核生物 RNA 聚合酶的结构特点。
3. 掌握原核生物转录的生物学过程。
4. 了解真核生物与原核生物转录反应的主要异同。
5. 了解 RNA 复制的概念和类型。

(五) RNA 转录后加工

1. 了解原核生物 rRNA 和 tRNA 的转录后加工过程。
2. 掌握真核生物 mRNA 的转录后加工过程。

习题

一、 名词解释题

1. 复制/转录/翻译
2. 半保留复制;
3. Klenow 片段;

4. 复制子;
5. 前导链/滞后链;
6. 半不连续复制;
7. 冈崎片段;
8. 逆转录;
9. 转换 / 颠换;
10. 启动子/终止子;

二、 填空题

1. 在 DNA 复制过程中, _____ 链的合成是连续的, 并且与复制叉的运动方向 _____, 核苷酸是加到链的 _____ 端; _____ 链的合成是不连续的, 且与复制叉的运动方向 _____, 核苷酸是加到链的 _____ 端, 这些被不连续合成的片段称 _____。
2. DNA 连接酶催化的反应需要能量, 大肠杆菌的能量来源是 _____, 动物细胞则以 _____ 为能源。
3. 填写出在大肠杆菌 DNA 复制过程中完成以下任务的主要承担者: (1)解超螺旋 _____; (2)解开双螺旋 _____; (3)使解开的单链稳定 _____; (4)合成引物 _____; (5)从 RNA 引物 3' 端合成并延伸 DNA 链 _____; (6)切除 RNA 引物并补上一段 DNA _____。
4. 将长期生长在 ^{15}N 介质中的大肠杆菌转入 ^{14}N 介质生长三代, 则产生的 8 倍 DNA 分子中纯 ^{15}N 、 $^{15}\text{N}-^{14}\text{N}$ 杂交式和纯 ^{14}N DNA 三者的比例是 _____。
5. 大肠杆菌中 DNA 复制所需模板是 _____, 原料是 _____, 引物是 _____, 新合成的 DNA 链的延长是由 _____ 催化形成 _____ 键。
6. 原核生物转录时, 首先由 RNA 聚合酶全酶上的 _____ 亚基识别 DNA 上的 _____, 然后由 _____ 催化 RNA 链的延伸反应。转录的终止信号是 _____, 它是由 _____ 识别的。
7. 在转录过程中所需模板是 _____, 原料是 _____, 催化新链延长的酶是 _____ 酶, 该酶的亚基组成是 _____。
8. 反转录酶是催化以 _____ 为模板, 合成的一类酶, 其产物是 _____。
9. 在 DNA 损伤部位中只缺失或插入一个、两个或少数碱基的, 因其突变范围小, 属于 _____ 突变。
10. 基因有两条链, 作为模板指导转录的那条链称 _____ 链。
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. 大肠杆菌中已发现 _____ 种 DNA 聚合酶, 其中 _____ 负责 DNA 复制, _____ 负责引物切除。

三、 单项选择题

1. 下列反应中不需要 GTP 的是:
A. 脂肪酸的活化 B. DNA 的复制 C. DNA 的转录 D. mRNA 的翻译
2. 大肠杆菌中的 DNA 连接酶:

- A. 不需要另外的化合物提供能源 B. 需要 NAD^+ 作为能量来源
C. 催化两条单股 DNA 链之间形成磷酸二酯键 D. 需要 NAD^+ 作为电子传递体
3. 在 DNA 复制过程中, 负责切除 RNA 引物并补上一段 DNA 的酶是:
A. DNA 聚合酶 I B. DNA 聚合酶 II C. DNA 聚合酶 III D. DNA 连接酶
4. 转录过程的终止因子是:
A. ρ 因子 B. σ 因子 C. IF-3 D. RF-1
5. 在 DNA 合成过程中, 新合成 DNA 链的延长方向; 在 RNA 合成过程中, RNA 聚合酶沿 DNA 模板链的移动方向分别是:
A. $5' \rightarrow 3'$, $5' \rightarrow 3'$ B. $5' \rightarrow 3'$, $3' \rightarrow 5'$
C. $3' \rightarrow 5'$, $3' \rightarrow 5'$ D. $3' \rightarrow 5'$, $5' \rightarrow 3'$
6. DNA 半保留复制时, 如果亲代 DNA 完全被放射性同位素标记, 在无放射性标记的溶液中经过两轮复制所得到的 4 个 DNA 分子为:
A. 都带有放射性 B. 其中一半分子无放射性
C. 其中一半分子的每条链都有放射性 D. 都没有放射性
7. 紫外光对 DNA 的损伤主要是:
A. 导致碱基置换 B. 造成碱基缺失
C. 引起 DNA 链断裂 D. 形成嘧啶二聚体
8. 真核生物 RNA 聚合酶 II 催化合成的 RNA 是:
A. 18S rRNA B. hnRNA C. tRNA D. 5S rRNA
9. 细菌 DNA 复制过程中不需要:
A. 一小段 RNA 作引物 B. DNA 片段作模板
C. 脱氧三磷酸核苷酸 D. 限制性内切酶的活性
10. 1958 年 Meselson 和 Stahl 利用 N^{15} 标记大肠杆菌 DNA 的实验首先证明了下列哪一种机制?
A. DNA 能被全保留复制 B. DNA 能被半保留复制
C. DNA 能转录 D. mRNA 能合成
11. 既有内切酶活力, 又有连接酶活力的酶是:
A. 连接酶 B. DNA 连接酶 C. 拓扑异构酶 D. RNA 聚合酶
12. 下列不参与 DNA 半保留复制的酶是:
A. DNA 聚合酶 B. 引物酶 C. 解链酶 D. 限制性核酸内切酶
13. cDNA 分子是指:
A. 线粒体内环状结构的 DNA B. 细菌中环状结构的质粒 DNA
C. 反转录过程中产生的产物 D. 由 DNA 聚合酶 III 催化合成的产物
14. 参加 DNA 复制的酶类包括: (1) DNA 聚合酶 III; (2) 解链酶; (3) DNA 聚合酶 I; (4) RNA 聚合酶 (引物酶); (5) DNA 连接酶。其作用顺序是:
A. (4)、(3)、(1)、(2)、(5) B. (2)、(3)、(4)、(1)、(5)
C. (4)、(2)、(1)、(5)、(3) D. (2)、(4)、(1)、(3)、(5)
15. 如果 ^{15}N 标记的大肠杆菌转入 ^{14}N 培养基中生长了三代, 其各种状况的 DNA 分子比例应是下列哪一项: (纯 ^{15}N ^{15}N — 杂种 DNA — 纯 ^{14}N ^{14}N)
A. $1/8$ $1/8$ $6/8$ B. $1/8$ 0 $7/8$ C. 0 $1/8$ $7/8$ D. 0 $2/8$ $6/8$
16. 下列关于 DNA 复制特点的叙述错误的是:
A. RNA 引物与 DNA 链共价相连
B. 新生 DNA 链沿 $5' \rightarrow 3'$ 方向合成
C. DNA 链的合成是半不连续的
D. DNA 在一条母链上沿 $5' \rightarrow 3'$ 方向合成, 在另一条母链上沿 $3' \rightarrow 5'$ 方向合成

17. DNA 复制时, $5' - \text{TpApGpAp} - 3'$ 序列产生的互补结构是下列哪一种:
 A. $5' - \text{TpCpTpAp} - 3'$ B. $5' - \text{ApTpCpTp} - 3'$
 C. $5' - \text{UpCpUpAp} - 3'$ D. $3' - \text{TpCpTpAp} - 5'$
18. 下列哪种突变最可能是致死的:
 A. 腺嘌呤取代胞嘧啶 B. 插入一个核苷酸
 C. 甲基胞嘧啶取代胞嘧啶 D. 缺失三个核苷酸
19. 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. 交换 B. 插入 C. 缺失 D. 点突变
20. 关于 DNA 指导的 RNA 合成, 下列叙述错误的是:
 A. 只有在 DNA 存在时, RNA 聚合酶才能催化磷酸二酯键的生成
 B. 转录过程中, RNA 聚合酶需要引物
 C. RNA 链的合成是从 $5' \rightarrow 3'$ 端
 D. 大多数情况下只有一股 DNA 链作为模板
21. 下列关于 σ 因子的叙述, 正确的是:
 A. 是 RNA 聚合酶的亚基, 起辨认转录起始点的作用
 B. 是 DNA 聚合酶的亚基, 容许按 $5' \rightarrow 3'$ 和 $3' \rightarrow 5'$ 双向合成
 C. 是 50S 核蛋白体亚基, 催化肽链生成
 D. 是 30S 核蛋白体亚基, 促进 mRNA 与之结合
22. 下列关于真核细胞 mRNA 的叙述, 不正确的是:
 A. 它是从细胞核的 RNA 前体核不均一 RNA 生成的
 B. $3'$ 端有 7-甲基鸟苷, $5'$ 端有多聚腺苷酸的 PolyA 尾巴
 C. 它是从前 RNA 通过剪接酶切除内含子连接外显子而形成的
 D. 是单顺反子的
23. 细菌 DNA 复制时, 能与 DNA 单链结合, 并阻止其重新形成 DNA 双链的蛋白质是:
 A. DNA 聚合酶 B. 引发酶 C. SSB D. DNA 解链酶

四、是非判断题

1. 原核细胞DNA 复制是在特定部位起始的, 真核细胞则在多个位点同时起始进行复制。
2. 逆转录酶催化RNA 指导的DNA 合成不需要RNA 引物。
3. 原核细胞和真核细胞中许多mRNA 都是多顺反子转录产物。
4. 因为DNA 两条链是反向平行的, 在双向复制中一条链按 $5' \rightarrow 3'$ 的方向合成, 另一条链按 $3' \rightarrow 5'$ 的方向合成。
5. 已发现一些RNA 前体分子具有催化活性, 可以准确地自我剪接, 被称为核酶。
6. 重组修复可把DNA 损伤部位彻底修复。
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的终止因子(如 ρ 因子)。
9. 原核细胞启动子中RNA 聚合酶牢固结合并打开DNA 双链的部分称为Pribnowbox, 真核细胞启动子中相应的顺序称为Hogness box, 因为富含A-T, 又称TATA box。

五、问答题

1. 试简述中心法则的内容。

2. 大肠杆菌中，DNA 复制过程共需哪些主要的酶和蛋白因子参与？各起什么作用？
3. 原核生物 DNA 聚合酶的种类和主要功能是什么？
4. 什么是 DNA 的半保留复制？Meselson 和 Stahl 是如何利用大肠杆菌证明 DNA 是半保留复制的？
5. 以原核生物为例，简述 DNA 复制的过程。
6. 以原核生物为例，简述 DNA 转录的过程。
7. 试列举生物体为了保证遗传信息的稳定性和信息表达的精确性所采用的方法。
8. 真核生物 hnRNA 转录后加工的主要环节有哪些？
9. 比较 DNA 聚合酶、RNA 聚合酶和反转录酶的主要异同点。

参考答案

一、 名词解释题

1. 复制/转录/翻译：复制指遗传物质的传代，以母链 DNA 为模板合成子链 DNA 的过程。转录指以 DNA 一条链为模板，四种 NTP 为原料，在 DNA 指导的 RNA 聚合酶作用下，按照碱基互补配对原则合成 RNA 的过程。翻译是以 mRNA 为模板合成蛋白质的过程。
2. 半保留复制：DNA 复制的一种方式。DNA 每条链都可用作合成互补链的模板，合成出两分子的双链 DNA，每个分子都由一条亲代链和一条新合成的链组成。
3. Klenow 片段：*E. coli* DNA 聚合酶 I 经部分水解生成的大片段。该片段保留了 DNA 聚合酶 I 的 5'-3' 聚合酶和 3'-5' 外切酶活性，但缺少完整酶的 5'-3' 外切酶活性。
4. 复制子：DNA 复制从起始点开始直到终点为止的独立复制单位称为复制子。
5. 前导链/滞后链：前导链与复制叉移动的方向一致，通过连续地 5'-3' 聚合合成的新的 DNA 链。后随链与复制叉移动的方向相反，通过不连续地 5'-3' 聚合合成的新的 DNA 链。
6. 半不连续复制：DNA 生物合成时，母链 DNA 解开为两股单链，各自作为模板，按照碱基互补配对规律，合成与模板互补的子链。子代细胞的 DNA，一股单链从亲代完整地接受过来，另一股单链则完全重新合成。
7. 冈崎片段：DNA 复制过程中后随链合成的不连续复制片段。
8. 逆转录：催化以 RNA 为模板合成双链 DNA 的过程。
9. 转换/颠换：同类碱基之间的置换称为转换。异类碱基之间的置换称为颠换。
10. 启动子/终止子：启动子是指由 RNA 聚合酶识别、结合并确定转录起始位点的一段 DNA 序列。终止子指一段特殊的控制转录终止的 DNA 序列。

二、 填空题

1. 前导，相同，3'，滞后，相反，3'，冈崎片段
2. NAD^+ , ATP
3. 拓扑异构酶（DNA 旋转酶、拓扑异构酶 II）；解链酶；SSB；引物酶；DNA 聚合酶 III；DNA 聚合酶 I

4. 0:2:6
5. DNA, 4 种 dNTP, RNA, DNA 聚合酶 III, 3', 5' -磷酸二酯。
6. σ 亚基, 启动子, RNA 聚合酶核心酶, 磷酸二酯, 终止子, ρ 因子
7. DNA, 4 种 NTP, RNA 聚合, α 2 β β' ω σ
8. RNA, DNA, cDNA
9. 点
10. 反义 (负、模板)
11. 3' -5' 核酸外切酶, 校对
12. 3, DNA 聚合酶 III, DNA 聚合酶 I

三、 单项选择题

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

四、 是非判断题

1. 对。
2. 错。逆转录酶在许多方面与 DNA 聚合酶相似, 反应以脱氧核苷三磷酸为底物, 从 5' 到 3' 方向合成 DNA, 需要引物。
3. 错。真核生物基因转录产物为单顺反子, 即一条 mRNA 模板只含有一个翻译起始点和一个终止点, 因而一个基因编码一条多肽链或 RNA 链。
4. 错。DNA 复制是在 DNA 聚合酶的催化下完成的, 聚合酶只能按照 5' \rightarrow 3' 的方向合成, 所以 DNA 两条链都是按照 5' \rightarrow 3' 方向复制的, 不同的是前导链连续进行, 后随链会形成许多小的冈崎片段, 最后由连接酶连接在一起, 形成完整的 DNA 双链。
5. 对。
6. 错。重组修复并没有从亲代 DNA 中消除损伤。复制时母链中受损伤部位使复制不能正常进行, 复制经过损伤部位时所产生的切口, 以同源染色体上对应的位置来弥补, 随着 DNA 复制的继续, 若干代以后, 虽然二聚体始终没有除去, 但损伤的 DNA 链逐渐“稀释”, 最后无损于正常生理功能, 损伤也就得到了修复。
7. 对。
8. 对。
9. 对。

五、 问答题

1. 答: 中心法则是指遗传信息从 DNA 传递给 RNA, 再从 RNA 传递给蛋白质, 即完成遗传信息的转录和翻译的过程, 也可以从 DNA 传递给 DNA, 即完成 DNA 的复制过程。这是所有细胞结构的生物所遵循的法则。在某些病毒中的 RNA 自我复制和以 RNA 为模板逆转录成 DNA 的过程是对中心法则的重要补充。
2. 答: (1) DNA 聚合酶 III, 以 DNA 为模板、dNTP 为原料, 合成互补的 DNA 新链。(2) DNA 聚合酶 I, 切除复制过程中的 RNA 引物, 并填补上 DNA。(3) 引物酶, 在 DNA 复制的起始处以 DNA 为模板, 催化合成互补的 RNA 短片段, 作为 DNA 复制的引物。(4) DNA 连接酶,

连接 DNA 双链中的单链切口。(5) 拓扑异构酶, 解开 DNA 的超螺旋。(6) 解螺旋酶, 通过消耗能量, 打开 DNA 的双螺旋。(7) 单链 DNA 结合蛋白 (SSB), 结合在打开的 DNA 单链上, 起到稳定单链的作用。

3. 答: (1) DNA 聚合酶 I, 具有校读作用, 负责 RNA 引物的切除, 并参与 DNA 的损伤修复。(2) DNA 聚合酶 II, 功能为参与 DNA 的损伤修复。(3) DNA 聚合酶 III, 具有校读作用, DNA 复制过程中的主要复制酶。

4. 答: 半保留复制是指 DNA 复制时 DNA 双螺旋中的两条链都可用作合成子链的模板, 合成出两个新的双螺旋 DNA 分子, 每个分子都由一条亲代链和一条新合成的链组成。Meselson 和 Stahl 把大肠杆菌放在以 $^{15}\text{NH}_4\text{Cl}$ 为唯一氮源的培养液中培养若干代, 使细菌合成 ^{15}N -DNA; 再放回普通 ^{14}N -DNA 中继续培养若干代, 其中复制一代的 DNA 经密度梯度离心分析, 其 DNA 的致密带介于重带与普通带之间, 说明子代 DNA 双链一股为 ^{15}N 单链, 另一股是新合成的 ^{14}N 单链。前者是从亲代继承而后者是新合成的。细菌继续在 $^{15}\text{NH}_4\text{Cl}$ 中培养, 其子 2、3、4 代 $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ 杂合 DNA 分子会按 1/2、1/4、1/8 的几何级数逐代“稀释”。实验结果只能用半保留复制方式来解释。

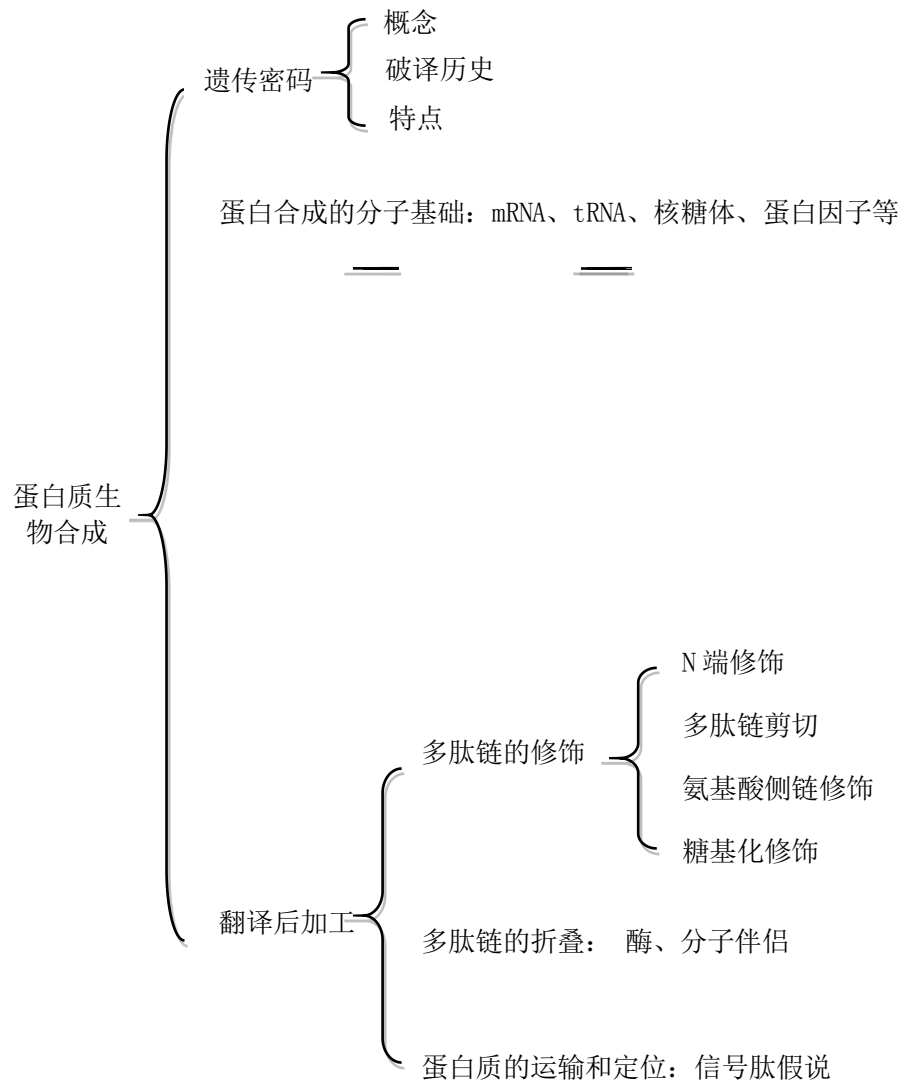
5. 答: (1) 复制的起始: 原核生物 DNA 复制, 开始于 DNA 复制原点 (oriC)。Dna A 蛋白首先识别并结合于 Ori C 位点, 随后一系列 DNA 复制相关酶和蛋白 (Dna C、Dna B、SSB、引物酶) 等相继结合, 组成复制引发体, 并沿着 $5' \rightarrow 3'$ 方向解开 DNA 双链。接着 DNA 聚合酶 III 结合到 DNA 模板上, 在 RNA 引物 $3' - \text{OH}$ 后面合成新的 DNA 链。
- (2) 复制的延伸: 在引发的复制叉上, DNA 聚合酶 III 各亚基组装成活性很高的 DNA 聚合酶 III 全酶, 然后以四种 dNTP 为底物, 在 RNA 引物的 $3'$ 端以磷酸二酯键连接上 dNTP 并释放出 PPi , DNA 子链延伸方向为 $5' \rightarrow 3'$ 。随着复制叉的推进, 两条新链的合成方向是不同的: 一条链延伸的方向与复制叉前进的方向一致, 它的合成能连续进行, 称为前导链; 另一条链延伸的方向与复制叉前进的方向相反, 它显然不能被连续合成, 需要复制叉推进了一定的长度, 有了一段 DNA 单链后, 才能以此为模板合成一个片段。因此这条新链的合成是不连续的, 而且总晚于先导链, 所以称为滞后链。滞后链中合成的多个 DNA 片段称为冈崎片段。当新形成的冈崎片段延长至上一个冈崎片段时, 由 DNA 聚合酶 I 切去 RNA 引物, 并填补上 DNA。最后由 DNA 连接酶催化相邻的两个片段之间形成磷酸二酯键。
- (3) 复制的终止: 大肠杆菌染色体的两个复制叉向前推进, 最后在 ter 终止位点相遇并停止复制, 该过程需要 Tus 蛋白的参与。

6. 答: (1) 转录起始: RNA 聚合酶结合到 DNA 双链的特定部位, 局部解开双螺旋, 第一个核苷酸掺入转录起始位点, 从此开始 RNA 链的延伸, 合成的第一个底物通常是 GTP 或 ATP。起始过程中, σ 因子起关键作用, 它能使 RNA 聚合酶迅速地与 DNA 的启动子结合。
- (2) 转录延伸: 转录起始后, σ 亚基释放, 核心酶沿模板链由 $3' \rightarrow 5'$ 向前移动, 按照碱基配对原则由 $5' \rightarrow 3'$ 合成 RNA 链。并在解链区形成 RNA-DNA 杂交体。其后 DNA 恢复双螺旋结构, RNA 链被置换出来。
- (3) 转录终止: RNA 聚合酶识别转录终止信号 (终止子), 停止 RNA 链生长, 酶与 RNA 离开模板, DNA 恢复双螺旋结构。

7. 答：（1）DNA 聚合酶具有模板依赖性，复制时 dNTP 按 A-T、G-C 碱基配对规律对号入座，使子代 DNA 与亲代 DNA 核苷酸顺序相同。（2）DNA 聚合酶均有 3' -5' 外切酶活性，具有校对功能，及时切除参入新链 3' 一端的错配碱基。（3）DNA 复制时，形成的核苷酸序列越短，掺入的核苷酸也越容易出错，RNA 引物的切除，可提高复制的准确性。（4）多种修复机制也可保证 DNA 序列的稳定性。
8. 答：hnRNA 的加工主要包括：（1）剪接（切除内含子，连接外显子）；（2）加帽（5' - GpppmG）；（3）加尾（3' -polyA）；（4）碱基修饰（甲基化等）。
9. 答：相同点：都是从 5' 向 3' 进行核苷酸或脱氧核苷酸的聚合反应。
不同点：DNA 聚合酶、RNA 聚合酶都是以 DNA 为模板，DNA 聚合酶识别脱氧核糖核苷酸（DNA），在 DNA 复制中起作用，并具有校对功能；而 RNA 聚合酶合成的是核糖核苷酸（RNA），在转录中起作用；反转录酶是 RNA 指导的 DNA 聚合酶，具有三种酶活力，即 RNA 指导的 DNA 聚合酶活力，核糖核酸酶 H 的活力，DNA 指导的 DNA 聚合酶活力。在分子生物学技术中，作为重要的工具酶被广泛用于建立基因文库、获得目的基因等。

第九章 蛋白质生物合成

本章总结简图



学习目标和要求

（一）遗传密码

1. 了解遗传密码的破译历史。
2. 掌握遗传密码的概念和基本特点。

（二）蛋白质合成的分子基础

1. 掌握 mRNA、核糖体、tRNA 等在蛋白合成过程中所起的作用。。

（三）原核生物多肽链合成的过程

1. 掌握多肽链合成的方向和原核生物蛋白质合成的步骤。
2. 掌握蛋白合成过程中各种蛋白因子及其作用。
3. 了解原核生物和真核生物在蛋白质合成过程中的主要差异。

（四）蛋白质的合成后加工与定位

1. 了解常见的蛋白质修饰加工方式。
2. 了解参与蛋白质肽链折叠的酶和蛋白。
3. 掌握信号肽的概念，理解信号肽假说。

习题

一、 名词解释题

1. 遗传密码
2. 密码子
3. 简并性
4. 同义密码子
5. 多核糖体；
6. 氨基酸活化
7. SD 序列
8. 信号肽

二、 填空题

1. 蛋白质的生物合成是以_____作为模板，_____作为运输氨基酸的工具，_____作为合成的场所。
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. 核糖体上能够结合 tRNA 的部位有_____部位，_____部位。
4. 蛋白质的生物合成通常以_____作为起始密码子，以_____，_____，和_____作为终止密码子。
5. SD 序列是指原核细胞 mRNA 的 5' 端富含_____碱基的序列，它可以和 16S rRNA 的 3' 端的富含_____序列互补配对，而帮助起始密码子的识别。
6. 原核生物蛋白质合成的起始因子 (IF) 有_____种，延伸因子 (EF) 有_____种，终止释放 (RF) 有_____种；而真核生物细胞质蛋白质合成的终止释放因子有_____种。
7. 在大肠杆菌所有合成的多肽链中，第一个被合成的氨基酸残基都是_____，它是由_____密码子编码的，与它配对的反密码子是_____。
8. 编码氨基酸的每个密码子由_____个核苷酸组成。遗传密码表中共有_____个密码子，其中_____个起始密码子，_____个氨基酸的密码子，_____个终止密码子。
9. 设 mRNA 密码子为 5' XYZ 3'，tRNA 反密码子为 5' ABC 3'，在识别互补时处在摆动位置上的碱基对是_____。
10. 某 tRNA 的反密码子为 UCG，与之匹配的密码子有_____和_____，在该 tRNA 自身的基因中，编码此反密码子的核苷酸序列是_____（指 DNA 的有义链上）。
11. 原核生物中，蛋白质合成的起始氨基酸是_____；真核生物中，蛋白质合成的起始氨基酸是_____。
12. 在大肠杆菌蛋白质合成过程中，肽链的延长需要_____、_____和_____因子。
13. 肽链延伸包括进位、_____和_____三个步骤周而复始的进行。
14. 许多生物核糖体连接于一个 mRNA 形成的复合物称为_____。
15. 氨酰-tRNA 合成酶对_____和_____均有专一性，它至少有两个识别位点。

三、 单项选择题

1. 在肽链合成的延伸阶段，不需要的是：
A. IF2 因子 B. 鸟苷三磷酸 C. Tu、Ts 和 G 因子 D. mRNA
2. 下列关于密码子的叙述，不正确的是：
A. 无义密码子只有三个
B. 一条 mRNA 分子可能有多个 AUG 密码子，但起始密码子只有一个
C. 对一个氨基酸密码子来说，其 3' 末端的核苷酸的专一性最差
D. 密码无标点符号，但密码子之间可能会有非编码的核苷酸序列
3. 在大肠杆菌肽链合成的延伸阶段，核糖体移位需要下列哪一种蛋白因子参与？

- A. IF3 B. EF-G C. EF-Tu D. RF1
4. 蛋白质生物合成的肽链延长阶段,核糖体沿 mRNA 模板移动的方向和肽链延长的方向分别是:
- A. 3' → 5', N 端→C 端 B. 3' → 5', C 端→N 端
C. 5' → 3', N 端→C 端 D. 5' → 3', C 端→N 端
5. 肽链在进入内质网之前,先要合成一段信号肽,新生的信号肽要在下列哪一种物质的帮助下才能正确插入内质网膜中?
- A. 信号肽酶 B. 信号肽识别颗粒 (SRP) C. RNA D. 疏水性蛋白质
6. 在蛋白质合成过程中氨基酸在掺入肽前必须活化,其活化部位是:
- A. 内质网的核糖体 B. 高尔基体 C. 细胞质溶胶 D. 线粒体
7. 一个 mRNA 的部分顺序和密码如下:
- | | | | | | | |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 140 | 141 | 142 | 143 | 144 | 145 | 146 |
|CAG | CUC | UAA | CGC | UAG | AAG | AGC |
- 如果以 mRNA 为母板,经翻译后生成的未加工的多肽链含有的氨基酸残基数为:
- A. 140 B. 141 C. 142 D. 143
8. 核糖体上 A 位点的作用是:
- A. 接受新的氨酰 tRNA 进位 B. 含肽基转移酶活性,催化肽链的形成
C. 可水解肽酰-tRNA,释放多肽链 D. 合成多肽的起始点
9. 下列哪个不参与蛋白质生物合成?
- A. mRNA B. 核蛋白体 C. 转肽酶 D. 连接酶
10. 仅有一个密码子的氨基酸是:
- A. 苏氨酸 B. 蛋氨酸 C. 脯氨酸 D. 丝氨酸
11. 蛋白质生物合成中催化肽链延长的酶是:
- A. 氨基酸-tRNA 合成酶 B. 羧基肽酶 C. 转肽酶 D. 转氨酶
12. 为蛋白质生物合成中肽链延伸提供能量的是:
- A. ATP B. CTP C. GTP D. UTP
13. 一个 N 端氨基酸为丙氨酸的 20 肽,其开放阅读框架至少应由多少核苷酸残基组成:
- A. 60 B. 63 C. 66 D. 69
14. 在蛋白质生物合成中 tRNA 的作用是:
- A. 将一个氨基酸连接到另一个氨基酸上 B. 把氨基酸带到 mRNA 指定的位置上
C. 增加氨基酸的有效浓度 D. 将 mRNA 连接到核糖体上
15. 关于密码子的下列描述,其中错误的是:
- A. 每个密码子由三个碱基组成
B. 除终止密码子外,每一密码子代表一种氨基酸
C. 每种氨基酸只有一个密码子
D. 有些密码子不代表任何氨基酸
16. 摆动配对是指下列哪个碱基之间配对不严格:
- A. 反密码子第一个碱基与密码子第三个碱基
B. 反密码子第三个碱基与密码子第一个碱基
C. 反密码子和密码子第一个碱基
D. 反密码子和密码子第三个碱基

17. 蛋白质的终止信号是由:

- A. tRNA 识别 B. 转肽酶识别 C. 延长因子识别 D. 以上都不能识别

四、是非判断题

1. 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。
2. 在翻译起始阶段, 由完整的核糖体与 mRNA 的 5' 端结合, 从而开始蛋白质的合成。
3. 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 部位。
4. 从 DNA 分子的三联体密码可以毫不怀疑的推断出某一多肽的氨基酸序列, 但氨基酸序列并不能准确的推导出相应基因的核苷酸序列。
5. 与核糖体蛋白相比, rRNA 仅仅作作为核糖体的结构骨架, 在蛋白质合成中没有什么直接的作用。
6. 蛋白质合成过程中所需的能量都由 ATP 直接供给。
7. 每个氨酰-tRNA 进入核糖体的 A 位都需要延长因子的参与, 并消耗一分子 GTP。
8. 每种氨基酸只能有一种特定的 tRNA 与之对应。
9. 密码子与反密码子都是由 A、G、C、U 这 4 种碱基构成的。
10. 原核细胞新生肽链 N 端第一个残基为 fMet; 真核细胞新生肽链 N 端为 Met。
11. 蛋白质合成过程中, 肽酰转移酶起转肽作用和水解肽链作用。

五、问答题

1. 何为遗传密码? 它有哪些特点?
2. 简述原核生物蛋白质合成的过程。
3. 论述核酸在蛋白质生物合成中的作用。
4. 简述蛋白质在翻译后, 多肽链形成具有生物活性的构象所需的几种加工过程。
5. 蛋白质合成后是如何定位的?

参考答案

一、名词解释题

1. 遗传密码: mRNA 分子上从 5'端到 3'端方向, 由起始密码子 AUG 开始, 每三个核苷酸组成的三联体。
2. 密码子: mRNA 中每三个相邻的碱基决定一个氨基酸, 这三个相邻的碱基称为一个密码子。
3. 简并性: 同一种氨基酸有两个或更多密码子的现象称密码子的简并性。
4. 同义密码子: 编码同一种氨基酸的几个不同的密码子。
5. 多核糖体: 在蛋白质合成过程中, 同一条 mRNA 分子可以同时结合多个核糖体, 同时合成若干条蛋白质多肽链, 结合在同一条 mRNA 上的核糖体称多核糖体。

6. 氨基酸活化：在 ATP、Mg²⁺参与下由氨酰-tRNA 合成酶催化氨基酸与相应的 tRNA 形成氨酰-tRNA 的过程，氨酰-tRNA 是氨基酸的活化形式。
7. SD 序列：位于 mRNA 分子 AUG 起始密码子上游约 10 个核苷酸处的一段富含嘌呤的序列，它与 16SrRNA3'-末端序列互补。
8. 信号肽：新生分泌蛋白 N 端保守的氨基酸序列称为信号肽。

二、 填空题

1. mRNA, tRNA, 核糖体
2. N, C, 5', 3'
3. P (肽酰 tRNA 结合部位), A (氨酰 tRNA 结合部位)
4. AUG, UAA, UAG, UGA
5. 嘌呤, 嘧啶
6. 3, 3, 3, 1
7. fMet, AUG, CAU
8. 3, 64, 1, 61, 3
9. Z-A
10. CGA, CGG, TCG
11. fMet, Met
12. EF-Ts, EF-Tu, EF-G
13. 转肽, 移位
14. 多核糖体
15. tRNA, 氨基酸

三、 单项选择题

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

四、 是非判断题

1. 错。由于真核细胞的 DNA 含有内含子，经转录出来的 mRNA 需在真核细胞翻译系统中进行选择剪切，去除内含子，才具有生物活性。
2. 错。在翻译起始阶段，核糖体的大小两个亚基分开，30S 小亚基先行与 mRNA 的 5' 端结合，再与 50S 大亚基形成 70S 复合物，开始蛋白质的合成。
3. 错。在蛋白质生物合成中第一个氨酰-tRNA 占据的是 P 位，之后在肽链合成过程中所有的氨酰-tRNA 都进入核糖体的 A 部位。
4. 错。对于真核生物来说，mRNA 分子中含有内含子，在转录后被切除，直接以三联体密码推断多肽的氨基酸序列是不对的。

5. 错。16SrRNA 3'端的核苷酸序列在起始密码子识别中起重要作用，与 SD 序列相互作用，使得核糖体能区别起始信号 AUG 与编码肽链中甲硫氨酸的密码子 AUG，正确定位 mRNA 上起始信号的位置。
6. 错。蛋白质合成过程中氨基酸的活化所需的能量都由 ATP 提供，而肽链延伸过程中的进位、移位、多肽链的释放均需 GTP 提供能量。
7. 对。
8. 错。编码氨基酸密码子有几组，就有几种特定的 tRNA 与之对应。
9. 错。反密码子除了 A、G、C、U 这 4 种碱基外，还有 I 碱基。
10. 对。
11. 对。

五、问答题

1. 答：mRNA 分子上从 5'端到 3'端方向，由起始密码子 AUG 开始，每三个核苷酸组成的三联体。它决定肽链上每一个氨基酸和各氨基酸的合成顺序，以及蛋白质合成的起始、延伸和终止。其特点有：（1）方向性：密码子的阅读方向是 5'端到 3'端。（2）简并性：除蛋氨酸和色氨酸只有一个密码子外，其它氨基酸都有好几组密码子。（3）通用性：不同生物共用一套密码，但也有例外。（4）连续性：在 mRNA 上，从起始密码子到终止密码子，密码子的排列是连续的，既没有重叠也没有间隔。（5）有起始密码子 AUG 和终止密码子 UAA、UAG、UGA。（6）变偶性：密码的简并性只涉及第三位碱基，即同一个氨基酸的不同密码子中，前两个碱基均相同，第三个不同。
2. 答：蛋白质生物合成大致可分为五个阶段：
 - （1）氨基酸活化，氨基酸活化需要 ATP 提供能量，在氨酰-tRNA 合成酶的作用下生成氨酰-tRNA。
 - （2）肽链合成的起始，可分为四个步骤：① 核糖体大小亚基的分离。翻译起始时，IF3 结合到核糖体 30S 亚基靠近 50S 亚基的边界，使大小亚基分离。IF1 协助 IF3 的结合，单独的 30S 亚基容易与 mRNA 及起始 tRNA 结合。② mRNA 在核糖体小亚基上就位。mRNA 与核糖体小亚基的结合是靠前者的 SD 序列与后者的 16SrRNA 互补相互辨认。③ fMet-tRNA 的结合。fMet-tRNA_i 结合 mRNA 及核糖体，需要 IF2 参与。IF2 先与 GTP 结合，再结合 fMet-tRNA_iMet，生成 fMet-tRNA_i-IF2-GTP 复合物。这一复合物的就位，还可推动 mRNA 在 30S 亚基上前移，使起始 tRNA 到达 P 位。这是一个消耗能的过程，IF1 也促进这一结合作用。④ 核糖体大亚基的结合。mRNA 和起始 tRNA 都与 30S 亚基结合后，IF3 先脱落，接着 IF2 和 IF1 相继脱落，在已有 mRNA 和起始 tRNA 的 30S 亚基上，加入核糖体的大亚基，形成以 70S 核糖体为主体的翻译起始复合物。
 - （3）肽链的延伸，可分 3 步描述：① 进位。即在延长因子 EF-Tu、EF-Ts 和 GTP 参与下，氨酰-tRNA 进入核糖体 A 位，进位完成后，核糖体 P 位有起始者-tRNA_i（第二轮以后则为肽酰-tRNA）。A 位有下一位氨酰-tRNA。② 转肽。在转肽酶催化下，P 位上的肽酰 tRNA 的肽酰基 R-CO 与 A 位上的氨酰-tRNA 氨基酸的-NH₂ 成肽，肽链延长一个氨基酸残基。P 位上的 tRNA 脱落。③ 移位。新生成的肽酰-tRNA 从 A 位移至 P 位，此过程

由转位酶（EF-G）催化。转位后 A 位空出，回复到可进位的状态，继续下一位氨基酸的加入。

（4）肽链合成的终止，包括：终止密码的辨认，肽链从肽酰-tRNA 水解释放，mRNA 从核糖体分离及大小亚基解聚。① 当翻译至 A 位出现 mRNA 的终止密码时，任何氨酰-tRNA 均不能与之识别，只有 RF-1 或 RF-2 能识别之，并进入 A 位；② RF-3 激活大亚基上的转肽酶，使之变构后表现酯酶的水解活性，将 P 位上的多肽链从 tRNA 分解下来；③ 在 RF 的作用下，GTP 供能使 tRNA、mRNA 及 RF 均从核糖体脱落；在 IF 的作用下大小亚基解聚。

（5）翻译后加工，包括蛋白质的修饰（N-端的修饰、多肽链的水解切除、氨基酸侧链的修饰、糖基化修饰）和折叠（酶或分子伴侣参与完成）。

3. 答：（1）mRNA：是蛋白质合成的模板；（2）tRNA：转运活化的氨基酸到 mRNA 模板上；

（3）rRNA：起装配和催化作用；（4）ATP 与 GTP：蛋白质合成过程中，氨基酸的活化需要 ATP，肽链延伸过程中的进位、移位、多肽链的释放均需 GTP，它们都是用来提供能量的。

4. 答：蛋白质翻译后加工主要有两种形式：

（1）蛋白质的修饰：① N-端的修饰，新生蛋白质 N 端都有一个甲硫氨酸残基，原核中还是甲酰化的，大部分原核生物中这个甲硫氨酸被出去，真核中全部被切除。② 多肽链的水解切除，例如酶原激活。③ 氨基酸侧链的修饰，包括羧化、羟化、甲基化及二硫键的形成等。④ 糖基化修饰，主要发生在糖蛋白中。

（2）蛋白质的折叠：具有特定一级结构的蛋白质分子形成正确的三维空间结构，主要有两类蛋白参与该过程，分别是酶（蛋白质二硫键异构酶、肽酰脯酰顺反异构酶）和分子伴侣。

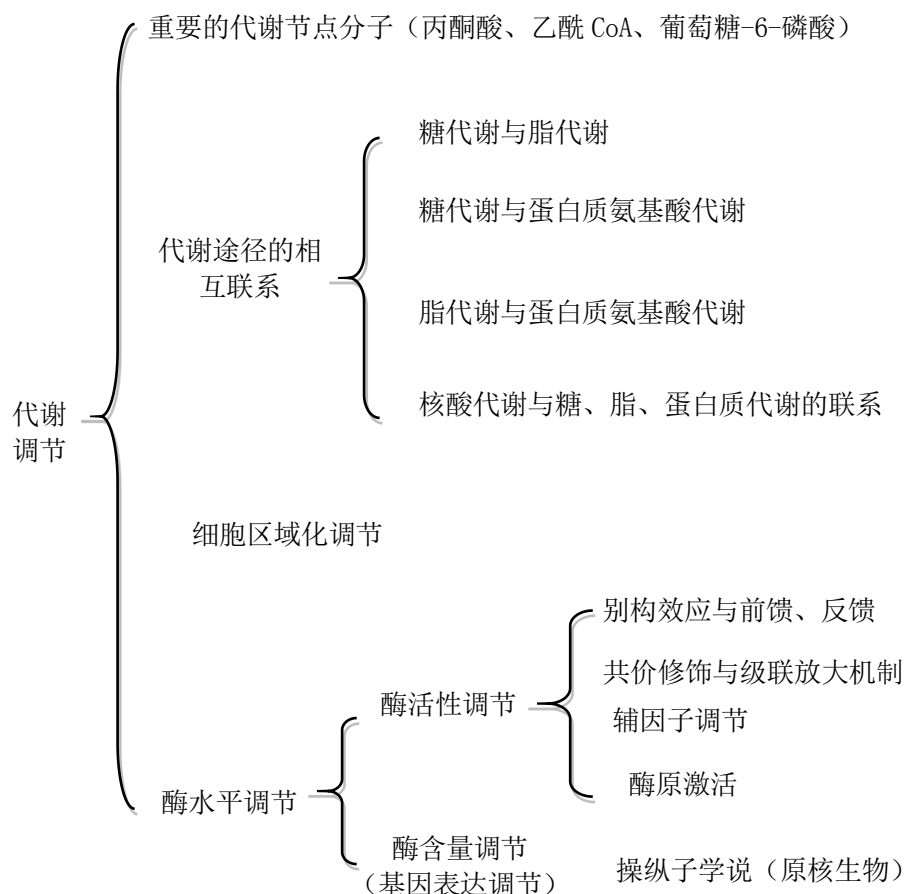
5. 答：所有在核糖体上新合成的多肽经过分选被定向投送到目的地，以行使各自的生物学功能。这个定向运送过程称为蛋白质的靶向定位。多肽的转运主要有以下两种机制：

（1）翻译转运同步机制。分泌蛋白、质膜蛋白、溶酶体蛋白、内质网和高尔基体滞留蛋白，首先在游离核糖体上合成含信号肽的部分肽段后就结合到内质网上，然后边合成边进入内质网腔，经初步加工和修饰后，部分多肽以芽泡形式被运往高尔基体，再经进一步的加工和修饰后被运往质膜、溶酶体或被分泌到胞外。

（2）翻译后转运机制。叶绿体蛋白和线粒体蛋白是在细胞质游离核糖体上完全合成后通过新生肽的信号序列-引导肽直接运往目的地并被加工。

第十章 代谢调节

本章总结简图



学习目标和要求

(一) 代谢途径的相互联系

1. 掌握葡萄糖-6-磷酸、丙酮酸和乙酰 CoA 作为代谢节点分子的重要作用。
2. 掌握糖代谢与脂代谢，糖代谢与氨基酸代谢、脂代谢与氨基酸代谢，以及核酸代谢与其它分子代谢之间的相互联系。

（二）代谢调节

1. 了解生物体代谢调节的水平。
2. 了解细胞的区域化调节
3. 掌握酶活性的前馈和反馈调节。

（三）基因表达调控

1. 掌握乳糖操纵子的结构，负调控和正调控两种调控方式的分子机制。
2. 了解色氨酸操纵子的结构及阻遏作用和衰减作用调控的分子机制。

习题

一、 名词解释题

1. 关键酶(标兵酶)；
2. 反馈抑制；
3. 前馈激活；
4. 级联放大系统；
5. 操纵子；
6. 衰减子；
7. 操纵基因；
8. 阻遏蛋白
9. 辅阻遏物
10. 降解物基因活化蛋白

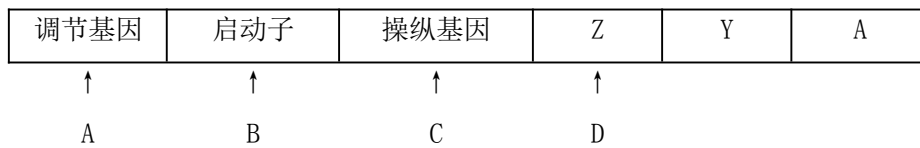
二、 填空题

1. 高等哺乳动物的代谢调节可以在_____、_____、_____和_____四个水平上进行。
2. 不同代谢途径可以通过交叉点代谢中间物进行转化，在糖类、脂类、蛋白质和核酸的相互转化过程中，三个最关键的中间代谢物分别是_____、_____和_____。
3. 真核细胞中酶的共价修饰形式主要是_____，原核细胞中酶的共价修饰形式主要是_____。
4. 酶水平的调节包括_____调节和_____调节。
5. 1961年，法国生物学家 Monod 和 Jacob 提出了_____学说，较好地解释了原核生物基因结构及表达调控的机制。

6. 色氨酸是一种_____，能激活_____，抑制转录过程。
7. 在乳糖操纵子的调控中，由_____基因编码的阻遏蛋白与 DNA 上的_____部位结合，使结构基因不能转录。
8. 无活性的磷酸化酶 b 经共价修饰接上_____基团，便转变为有活性的磷酸化酶 a。
9. 乳糖操纵子的正控制需要 cAMP。cAMP 是由_____ (化合物) 在_____酶催化下生成的。当 cAMP 与_____蛋白结合形成的复合物与 DNA 上的_____部位结合后，促进_____酶也在该部位结合，引起结构基因的转录。
10. 在酶活性的调节中，有些反应序列的终产物可对该序列前头的酶发生抑制作用，这种作用称为_____。
11. 正调控和负调控是基因表达的两种最基本的调节形式，其中原核细胞常用_____调控，而真核细胞常用_____调控模式。
12. β -半乳糖苷酶基因的表达受到_____和_____两种机制的调节。

三、单项选择题

1. 磷酸二羟丙酮是下列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
2. 下列关于限速酶的论述，错误的是：
A. 催化代谢途径第一步反应的酶多为限速酶
B. 代谢途径中相对活性最高的酶是限速酶，对整个代谢途径的流量起关键作用
C. 分支代谢途径各分支的第一个酶经常是该分支的限速酶
D. 限速酶常是受代谢物调节的别构酶
3. 6-磷酸葡萄糖对糖原合酶的调控属于：
A. 反馈抑制 B. 前馈激活 C. 共价修饰 D. 酶原激活
4. 反馈调节作用中下列哪一个说法是错误的：
A. 有反馈调节的酶都是变构酶 B. 酶与效应物的结合是可逆的
C. 反馈作用都是使反应速度变慢 D. 酶分子的构象与效应物浓度有关
5. 别构调节时酶分子发生的改变是：
A. 一级结构 B. 空间结构 C. 辅酶的结合 D. 与金属离子的结合
6. Avdin 是一种抗生物素蛋白，与生物素有很高的亲和性，是含生物素酶类的抑制剂。在细胞匀浆液中加入 Avdin 会导致下列那组反应受到抑制？
A. 葡萄糖 \rightarrow 丙酮酸 B. 丙酮酸 \rightarrow 葡萄糖
C. 脂肪酸 \rightarrow 乙酰 CoA D. 琥珀酸 \rightarrow 延胡索酸
7. 细胞内能荷水平是代谢调节的重要因素之一，当能荷水平高时：
A. 分解代谢加速 B. 合成代谢减速
C. 合成代谢与分解代谢速度相等 D. 合成代谢加速
8. 关于共价调节酶下面哪个说法是错误的：
A. 都以活性和无活性两种形式存在 B. 常受到激素调节
C. 能进行可逆的共价修饰 D. 是高等生物特有的调节方式
9. 乳糖操纵子如下图。转录开始前，RNA 聚合酶和 σ 因子首先与哪个字母所表示的位点结合：



- A. A B. B C. C D. D
10. 操纵基因具有的功能是：
 A. σ 因子的识别部位 B. 影响结构基因的表达
 C. 直接编码决定 AA 顺序 D. 编码调节蛋白
11. 下列化合物中，哪个能结合到乳糖操纵子的启动子附近的 DNA 上，促进 RNA 聚合酶的转录：
 A. 诱导物 B. cAMP-CAP C. 激活剂 D. ATP
12. 由相应底物所促进的酶的合成过程称为：
 A. 激活 B. 去阻遏 C. 去抑制 D. 诱导
13. 阻遏蛋白通过与下列什么物质结合才阻止蛋白质的合成：
 A. fMet-tRNA B. 核糖体 C. RNA 聚合酶 D. 操纵基因
14. 在转录时 DNA 分子上被 RNA 聚合酶特异识别的作用顺式元件为：
 A. 操纵子 B. 启动子 C. 终止子 D. 增强子
15. 利用操纵子控制酶的合成属于哪一种水平的调节：
 A. 翻译后加工 B. 翻译水平 C. 转录后加工 D. 转录水平
16. 色氨酸操纵子调节基因产物是：
 A. 活性阻遏蛋白 B. 失活阻遏蛋白 C. cAMP 受体蛋白 D. 无基因产物
17. 下述关于启动子的论述错误的是：
 A. 能专一地与阻遏蛋白结合 B. 是 RNA 聚合酶识别部位
 C. 没有基因产物 D. 是 RNA 聚合酶结合部位
18. 被称作第二信使的分子是：
 A. cDNA B. ACP C. cAMP D. AMP
19. 细菌被紫外照射引起 DNA 损伤时，编码 DNA 修复酶的基因表达增强，这种现象称为：
 A. 组成性基因表达 B. 诱导表达 C. 阻遏表达 D. 正反馈阻遏

四、是非判断题

1. 分解代谢和合成代谢是同一反应的逆转，所以它们的代谢反应是可逆的。
2. 启动子和操纵基因是没有基因产物的基因。
3. 酶合成的诱导和阻遏作用都是负调控。
4. 衰减作用是在转录水平上对基因表达进行调节的一种方式。
5. 与酶数量调节相比，对酶活性的调节是更灵敏的调节方式。
6. 果糖 1,6 二磷酸对丙酮酸激酶具有反馈抑制作用。
7. 酶的共价修饰能引起酶分子构象的变化。
8. 级联反应中，每次共价修饰都是对原始信号的放大。
9. 色氨酸操纵子中存在衰减子，故此操纵系统有细调节功能。

五、问答题

1. 试论述乙酰 CoA 在生物代谢中的作用和地位。
2. 试说明丙酮酸参与了哪些物质代谢途径？
3. 简述糖代谢与脂类代谢的相互关系？
4. 以大肠杆菌乳糖操纵子为例，具体说明可诱导操纵子的作用机制。

参考答案

一、 名词解释题

1. 关键酶(标兵酶)：催化限速步骤的酶。标兵酶是一种调节酶，通常也是别构酶。
2. 反馈抑制：指在系列反应中对反应序列前头的标兵酶发生的抑制作用，从而调节了整个系列反应速度。
3. 前馈激活：在一反应系列中，前面的代谢物可对后面的酶起激活作用，使反应向前进行。
4. 级联放大系统：在连锁代谢反应中一个酶被激活后，连续地发生其它酶被激活，导致原始调节信号的逐级放大，这样的连锁代谢反应系统称为级联放大系统。
5. 操纵子：在细菌基因组中，编码一组在功能上相关的蛋白质的几个结构基因，与共同的控制位点（启动子和操纵基因）组成一个基因表达的协同单位。
6. 衰减子：位于结构基因上游前导区调节基因表达的功能单位，前导区转录的前导mRNA通过构象变化终止或减弱转录。
7. 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序列。
8. 阻遏蛋白：由调节基因产生的一种别构蛋白，当它与操纵基因结合时，能够抑制转录的进行。
9. 辅阻遏物：能够与失活的阻遏蛋白结合，并恢复阻遏蛋白与操纵基因结合能力的物质。辅阻遏物一般都是操纵子结构基因表达的终产物或其类似物。
10. 降解物基因活化蛋白：由调节基因产生的一种cAMP 受体蛋白，当它与cAMP 结合时被激活，并结合到启动子上促进转录进行。是一种正调节作用。

二、 填空题

1. 酶、细胞、激素、神经。
2. 丙酮酸、乙酰 CoA、葡萄糖-6-磷酸。
3. 磷酸化和去磷酸化，腺苷酰化和去腺苷酰化。
4. 酶数量调节（酶的量变），酶活性调节（酶的质变）。
5. 操纵子。
6. 辅阻遏物，调节基因编码的阻遏蛋白。
7. 调节基因，操纵基因。
8. 磷酸。
9. ATP，腺苷酸环化酶，降解物基因活化（cAMP 受体），CRP 结合，RNA 聚合酶。
10. 反馈抑制。
11. 负调控，正调控。

12. 酶合成的诱导（负调控），降解物阻遏（正调控）。

三、 单项选择题

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

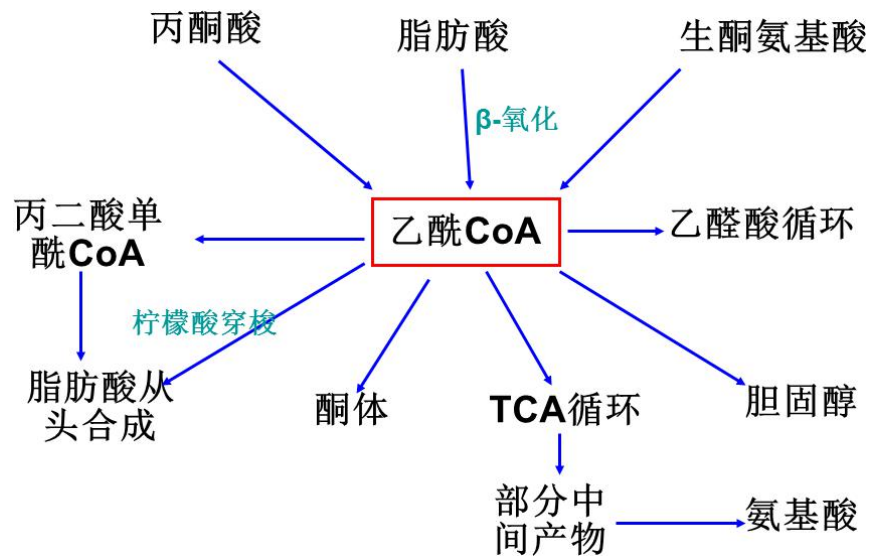
四、 是非判断题

1. 错。分解代谢和合成代谢虽然是同一反应的逆转，但它们各自的代谢途径不完全相同，如在糖酵解途径中，葡萄糖被降解成丙酮酸的过程有三步反应是不可逆的，在糖异生过程中需要由其它的途径或酶来代替。
2. 对。
3. 对。在酶合成的诱导中，调节基因产生的活性阻遏物在没有诱导物的情况下，能与操纵基因结合，使转录终止和减弱；在酶合成的阻遏中，调节基因产生的失活阻遏物与辅阻遏物结合后被活化，再与操纵基因结合，也能使转录终止和减弱。
4. 对。衰减作用是通过已转录的前导 RNA 翻译后形成的终止子，对已开始的转录过程进行调节。
5. 对。酶合成的调节需要经过转录、翻译、加工等过程，酶的降解需要蛋白酶的作用，因此它们都是慢速的调节过程。酶活性的调节只需要改变酶分子本身的构象，所以是更灵敏更迅速的调节过程。
6. 错。果糖-1,6-二磷酸对丙酮酸激酶具有前馈激活作用。
7. 对。
8. 对。因为在连锁反应中，每次共价修饰都相当于增加一级酶促反应，使原始信号得到一次放大。
9. 对。相比只能控制转录起始的阻遏作用，衰减作用则控制转录起始后是否能继续下去。因此，衰减作用一种是更为精细的基因调节方式。

五、 问答题

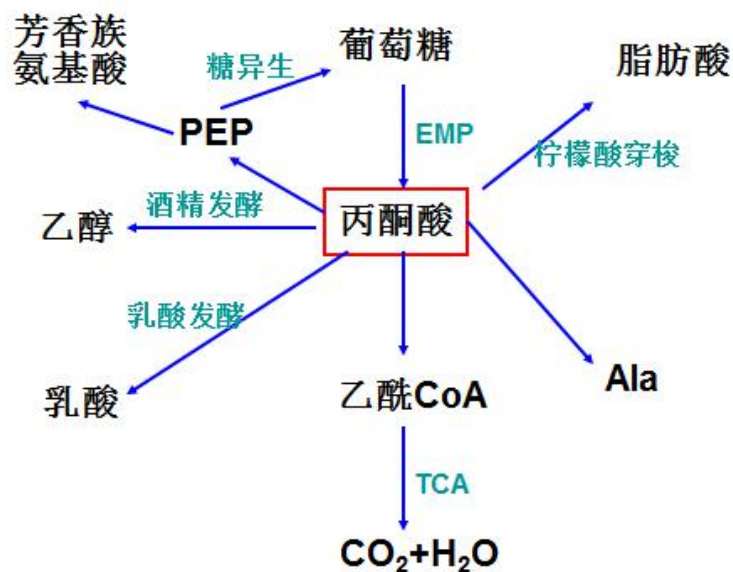
1. 答：乙酰 CoA 参与了生物体内糖代谢，脂代谢，氨基酸代谢等多个生化反应过程。
 - (1) 乙酰 CoA 的生成
 - a) 乙酰 CoA 可以由葡萄糖糖酵解的产物丙酮酸在线粒体内经脱氢脱羧而生成；
 - b) 乙酰 CoA 可以由脂肪酸经 β -氧化过程生成；
 - c) 乙酰 CoA 可以由部分氨基酸（主要是生酮氨基酸）代谢产生。
 - (2) 乙酰 CoA 的去向
 - a) 乙酰 CoA 在线粒体中与草酰乙酸结合生成柠檬酸进入 TCA 循环；
 - b) 乙酰 CoA 参与酮体的生成。动物肝脏线粒体中当乙酰 CoA 浓度过高而没有足够的草酰乙酸与之反应生成柠檬酸进入 TCA 循环时，乙酰 CoA 能生成酮体，经血液运输到肝外组织，重新转化为乙酰 CoA 参与 TCA 循环。
 - c) 乙酰 CoA 参与乙醛酸循环。油料植物种子萌发时，脂肪酸经 β -氧化生成大量乙酰 CoA，被植物利用净合成琥珀酸，这一过程是油料植物种子脂肪酸转化为糖类物质的主要途径。
 - d) 乙酰 CoA 参与柠檬酸穿梭的过程，为脂肪酸从头合成提供原料。

- e) 乙酰 CoA 也是动物体内胆固醇合成的直接原料。
f) 乙酰 CoA 通过 TCA 循环中草酰乙酸、 α -酮戊二酸等中间产物参与氨基酸代谢。



2. 答：如下图所示，丙酮酸参与的物质代谢途径包括：

- (1) 经糖酵解由葡萄糖生成丙酮酸。
- (2) 无氧条件下经酒精发酵过程生成乙醇和乙醛。
- (3) 无氧条件下经乳酸发酵生成乳酸。
- (4) 经有氧氧化生成乙酰 CoA, 并通过 TCA 循环彻底氧化。
- (5) 经糖异生途径生成葡萄糖或芳香族氨基酸。
- (6) 经转氨基作用生成丙氨酸。
- (7) 转变成柠檬酸后，经过柠檬酸穿梭用于脂肪酸合成的原料。



3. 答：(1)
变为脂肪：
解所产生

糖 转
糖 醇
的 磷

酸二羟丙酮还原后形成甘油，丙酮酸氧化脱羧形成乙酰辅酶 A 是脂肪酸合成的原料，甘油和脂肪酸合成脂肪。

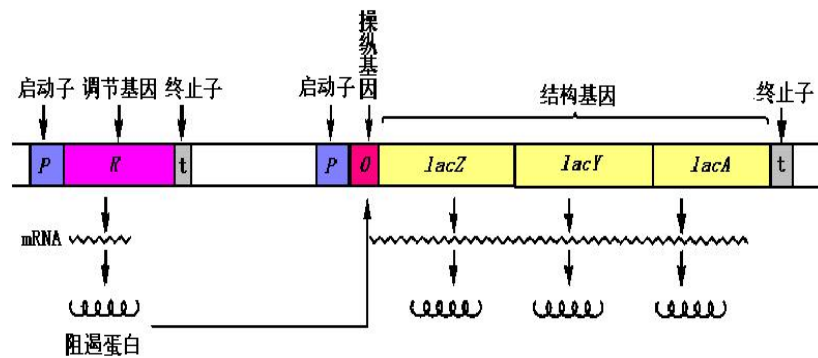
(2) 脂肪转变为糖：脂肪分解产生的甘油和脂肪酸，可沿不同的途径转变成糖。甘油经磷酸化作用转变成磷酸二羟丙酮，再异构化变成 3-磷酸甘油醛，后者沿糖酵解逆反应生成糖；脂肪酸氧化产生乙酰辅酶 A，在植物或微生物体内可经乙醛酸循环和糖异生作用生成糖，也可经糖代谢彻底氧化放出能量。

(3) 能量相互利用：磷酸戊糖途径产生的 NADPH 直接用于脂肪酸的合成，脂肪分解产生的能量也可用于糖的合成。

4. 答：(1) 乳糖操纵子：操纵子是指在转录水平上控制基因表达的协调单位，包括启动子 (P)、操纵基因 (O) 和在功能上相关的几个结构基因，操纵子可受调节基因的控制。乳糖操纵子是三种乳糖分解酶的控制单位。

(2) 当无诱导物时，调节基因转录和翻译出乳糖阻遏蛋白，它对操纵基因上特殊序列核苷酸的碱基有很强的亲和力，故紧密结合，使结构基因的表达受到抑制。

(3) 当有诱导物存在时，诱导物与阻遏蛋白结合，使阻遏蛋白变构失活，不能与操纵基因结合而使结构基因转录。



2014 全国硕士研究生入学统一考试农学门类联考

414 植物生理学与生物化学试题（生物化学部分）

五、 单项选择题：22~36 小题，每小题 1 分，共 15 分。下列每题给出的四个选项中，

只有一个选项是符合题目要求的。

22. 下列科学家中，对揭示蛋白质 α -螺旋结构做出显著贡献的是
A. D. E. Atkinson B. J. B. Sumner C. H. A. Krobs D. L. C. Pauking
23. 在下列构成蛋白质分子的氨基酸残基中，能够被酸化的是
A. 缬氨酸残基 B. 丝氨酸残基 C. 丙氨酸残基 D. 亮氨酸残基
24. 在一个米氏酶催化的单底物反应中，当 $[S]$ 远小于 K_m 时，该反应的特点之一是
A. 反应速度最大 B. 反应速度与底物浓度成正比
C. 反应速度达到最大反应速度的一半 D. 反应速度与底物浓度成反比
25. 下列辅助因子中，既能转移酰基，又能转移氢的是
A. NAD^+ B. $NADP^+$ C. 硫辛酸 D. 四氢叶酸
26. 下列维生素中，属于酰基载体蛋白组成成分的是
A. 核黄素 B. 叶酸 C. 泛酸 D. 钴胺素
27. tRNA 结构中，携带氨基酸的部位是
A. DHU 环 B. 3' 末端 CCA-OH C. T Ψ C 环 D. 反密码环
28. 下列酶中，能催化葡萄糖转变为 6-磷酸葡萄糖的是
A. 丙酮酸激酶 B. 果糖磷酸激酶 C. 葡萄糖磷酸酯酶 D. 己糖激酶
29. 将乙酰 CoA 从线粒体转运至胞浆的途径是
A. 三羧酸循环 B. 磷酸甘油穿梭 C. 苹果酸穿梭 D. 柠檬酸穿梭
30. 下列反应过程中，发生氧化脱羧的是
A. 乳酸 \rightarrow 丙酮酸 B. α -酮戊二酸 \rightarrow 琥珀酰 CoA
C. 丙酮酸 \rightarrow 草酰乙酸 D. 苹果酸 \rightarrow 草酰乙酸
31. 下列三羧酸循环的酶中，以草酰乙酸为底物的是
A. 柠檬酸合酶 B. 琥珀酸脱氢酶 C. 异柠檬酸脱氢酶 D. 顺乌头酸酶
32. 软脂酸 β -氧化分解途径中，丁酰辅酶 A 脱氢酶存在的部位是
A. 线粒体的外膜上 B. 线粒体的内膜上 C. 胞浆中 D. 线粒体的基质中
33. 下列化合物中，直接参与丁酰 ACP 合成己酰 ACP 过程的是
A. 草酰乙酸 B. 苹果酸 C. 琥珀酰 CoA D. 丙二酸单酰 CoA
34. 鸟类嘌呤代谢的终产物是
A. 尿素 B. 尿囊素 C. 尿酸 D. 尿囊酸
35. 在逆转录过程中，逆转录酶首先是以
A. DNA 为模板合成 RNA B. DNA 为模板合成 DNA
C. RNA 为模板合成 DNA D. RNA 为模板合成 RNA
36. 真核细胞中催化线粒体 DNA 复制的酶是
A. DNA 聚合酶 α B. DNA 聚合酶 β
C. DNA 聚合酶 γ D. DNA 聚合酶 δ

六、 简答题：37~39 小题，每小题 8 分，共 24 分。

- 37. 简述酶的反竞争性抑制剂作用特点。
- 38. 简述大肠杆菌 DNA 半保留复制时后随链合成的主要特点。
- 39. 写出乙酰 CoA 羧化酶组成成分的名称及该酶催化的总反应式。

七、 实验题：40 小题，10 分。

- 40. 请简要说明 Folin-酚法测定蛋白质含量的原理。当用该法测定某一蛋白溶液的浓度时，发现因所用标准蛋白质种类不同，测定结果存在差异，请说明原因。

八、 分析论述题：41~42 小题，每小题 13 分，共 26 分。

- 41. 研究表明，当细胞中软磷脂酸从头合成加快是，葡萄糖分解也加快。请分析葡萄糖分解加快的原因。
- 42. 试分析真核生物呼吸链氧化磷酸化与糖酵解中底物水平磷酸化有何不同。

2015 全国硕士研究生入学统一考试农学门类联考

414 植物生理学与生物化学试题（生物化学部分）

五、 单项选择题：22~36 小题，每小题 1 分，共 15 分。下列每题给出的四个选项中，

只有一个选项是符合题目要求的。

22. 下列维生素中，能够预防脚气病的是：
A. 维生素 B1 B. 维生素 B2 C. 维生素 A D. 维生素 D
23. 下列氨基酸中，分子量最小的是
A. Ala B. Asp C. Glu D. Gly
24. 下列密码子中，与反密码子 5' -ICA-3' 配对的是：
A. 5' -GGA-3' B. 5' -GGC-3' C. 5' -UGU-3' D. 5' -GGU-3'
25. 下列酶中，属于裂解酶的是
A. 乙糖激酶 B. 顺乌头酸酶 C. 异柠檬酸脱氢酶 D. 谷丙转氨酶
26. 大肠杆菌完整核糖体的沉降系数是：
A. 50S B. 60S C. 70S D. 80S
27. 原核生物 RNA 聚合酶中，被称为起始因子的是：
A. α 亚基 B. β 亚基 C. β' 亚基 D. σ 亚基
28. 下列反应中，由激酶催化的是：
A. 葡萄糖转为 6-磷酸葡萄糖 B. 丙酮酸转变为乙酰 CoA
C. 6-磷酸葡萄糖转变为葡萄糖 D. 3-磷酸甘油酸转变为 2-磷酸甘油酸
29. 下列物质中，参与催化丙酮酸脱羧酶生成羟乙基化合物的是：
A. TPP B. NAD^+ C. FAD D. FMN
30. 下列酶中，既催化脱氢反应又催化脱羧反应的是：
A. 6-磷酸葡萄糖脱氢酶 B. 6-磷酸葡萄糖酸脱氢酶
C. 3-磷酸甘油脱氢酶 D. 琥珀酸脱氢酶
31. 下列关于真核生物成熟 mRNA 的描述，正确的是
A. 转录与翻译均在细胞核中进行 B. 由核内不均一 RNA 加工形成
C. 3' 端有帽子结构 D. 5' 端有 PolyA 结构
32. 哺乳动物软脂酸从头合成途径中， β -酮脂酰-ACP 合成酶存在于
A. 线粒体 B. 核糖体 C. 胞浆 D. 内质网
33. 下列物质中，属于糖酵解途径中间产物的是
A. 草酰乙酸 B. 柠檬酸 C. 磷酸二羟丙酮 D. 琥珀酸
34. Ribozyme 的化学本质是
A. 蛋白质 B. RNA C. DNA D. 糖
35. 下列物质中，被称为细胞色素氧化酶的是
A. Cytb1 B. cytb C. cytc D. cytaa3
36. 大肠杆菌 DNA 复制过程中，切除引物的酶是
A. 解旋酶 B. 引物酶 C. DNA 聚合酶 I D. DNA 聚合酶 II

六、 简答题：37~39 小题，每小题 8 分，共 24 分。

- 37. 在 α 螺旋中， 3.6_{13} 螺旋的结构特点是什么？
- 38. 写出糖酵解途径中，催化 1, 3-二磷酸甘油酸转化成丙酮酸过程中四个酶名称。
- 39. 写出酶活力单位中 IU 和 Katal 单位的含义。

七、 实验题：40 小题，共 10 分。

- 40. 一个蛋白质经过分子筛层析后测的相对分子质量为 50000，经过 SDS - PAGE 后，用考马斯亮蓝染色显示两条带，相对分子质量分别为 30000 和 20000，问：SDS 在其中的作用，以及分析蛋白质的结构特点。

八、 分析论述题：41~42 小题，每小题 13 分，共 26 分。

- 41. 当哺乳动物缺乏硫胺素和生物素时，软脂肪从头合成率下降，请解释原因。
- 42. 从起始氨基酸、起始密码子、起始复合体、mRNA 结构和能量的角度论述真核生物多肽链合成起始阶段的主要特点。

2016 东北农业大学攻读硕士学位研究生入学考试

841 植物生理学与生物化学试题（生物化学部分）

一、 名词解释（10 分，每题 2 分）

1. K_m ; 2. NADH; 3. 变构效应; 4. 密码子; 5. 分子杂交

二、 选择题（20 分，每题 1 分）

- 核酸分子一级结构中连接核苷酸的化学键是：
A. 肽键 B. 氢键 C. 3', 5' -磷酸二酯键 D. 盐键 E. 疏水键
- DNA 分子中不存在的核苷酸是：
A. dAMP B. dGMP C. dTMP D. dUMP E. dCMP
- 关于 DNA 双螺旋结构的描述不正确的是：
A. 右手双螺旋 B. 两条链互相平行 C. 两条链方向相同
D. 两条链碱基互补 E. 氢键和碱基堆积力维持稳定
- DNA 分子中碱基组成的特点是：
A. $A+C=G+T$ $A=G$ $C=T$ B. $A+G=C+T$ $A=T$ $G=C$ C. $A+G=C+U$ $A=C$ $G=U$
D. $A+G=C+T$ $A=C$ $G=T$ E. $A+G=T+U$ $A=T$ $G=U$
- 下面氨基酸属于碱性氨基酸的是：
A. Pro B. Tyr C. Met D. Glu E. Lys
- 下面氨基酸属于酸性氨基酸的是：
A. Leu B. Phe C. Trp D. Asp E. Lys
- 下面氨基酸属于中性氨基酸的是：
A. Ala B. Asp C. Glu D. Lys E. Arg
- 下面氨基酸属于亚氨基酸的是：
A. 丙氨酸 B. 脯氨酸 C. 蛋氨酸 D. 谷氨酸 E. 丝氨酸
- 糖酵解的关键酶是：
A. 己糖激酶 B. 丙酮酸脱氢酶 C. 丙酮酸羧化酶
D. 丙酮酸脱羧酶 E. 果糖双磷酸酶
- 合成糖原时葡萄糖的活性形式是：
A. UDPG B. CDPG C. GDUP D. UMPG E. UTPG
- 一个正常人在参加 500 米跑赛后，尿中增加的物质是：
A. 丙酮酸 B. 乳酸 C. 葡萄糖 D. 草酰乙酸 E. 乙酰乙酸
- 合成脂肪酸的限速酶是：
A. 酰基转移酶 B. 乙酰 CoA 羧化酶 C. 烯脂酰还原酶
D. β -酮脂酰合成酶 E. 乙酰乙酸硫激酶
- 脂肪酸合成所需要 NADPH 来源于：
A. 糖的有氧氧化 B. 糖酵解途径 C. 糖异生途径
D. 磷酸戊糖途径 E. 糖醛酸途径
- 体内不能合成的脂肪酸：

- A. 油酸 B. 硬脂酸 C. 软脂酸 D. 亚油酸 E. 月桂酸
15. 关于生物氧化时能量的释放, 错误的是:
 A. 生物氧化过程中总能量变化与反应途径无关
 B. 生物氧化是机体生成 ATP 的主要来源方式
 C. 线粒体是生物氧化和产能的主要部位
 D. 只能通过氧化磷酸化生成 ATP
 E. 生物氧化释放的部分能量用于 ADP 的磷酸化
16. 细胞色素在呼吸链中的排列顺序为:
 A. $c \rightarrow c1 \rightarrow b \rightarrow aa3 \rightarrow O_2$ B. $c1 \rightarrow c \rightarrow b \rightarrow aa3 \rightarrow O_2$
 C. $b \rightarrow c1 \rightarrow c \rightarrow aa3 \rightarrow O_2$ D. $b \rightarrow c \rightarrow c1 \rightarrow aa3 \rightarrow O_2$
 E. $c \rightarrow b \rightarrow c1 \rightarrow aa3 \rightarrow O_2$
17. 人体内嘌呤核苷酸分解代谢的主要终产物是:
 A. 尿素 B. 肌酸 C. 肌酸酐 D. 尿酸 E. β -丙氨酸
18. 冈崎片段是指:
 A. 随从链模板 DNA 片段 B. 引物 RNA 片段
 C. 领头链中 DNA 片段 D. 随从链上引物引导合成的 DNA 片段
19. DNA 复制时, 子链的合成是:
 A. 一条链 $5' \rightarrow 3'$, 另一条链 $3' \rightarrow 5'$ B. 两条链均为 $3' \rightarrow 5'$
 C. 两条链均为 $5' \rightarrow 3'$ D. 两条链均为连续合成
 E. 两条链均为不连续合成
20. 肽链延长时接受氨基酰-tRNA 的部位是:
 A. 小亚基 B. 大亚基 C. A 位 D. P 位 E. E 位

三、 填空题 (10 分, 每空 1 分)

- 在典型的 DNA 双螺旋结构中, 脱氧核糖和磷酸骨架位于螺旋的_____, 而碱基位于螺旋的_____。
- 嘌呤和嘧啶环中均含有_____, 因此对_____有较强吸收。
- 蛋白质分子的二级结构包括_____, _____, _____, _____。
- 蛋白质空间构象的正确形成, 除_____为决定因素外, 还需要一类称为_____的蛋白质的参与。

四、 简答题 (35 分, 每题 7 分)

- 细胞内有哪几种主要的 RNA? 其主要功能是什么?
- 什么是蛋白质的二级结构? 主要有哪几种? 各有何少结构特征?
- 为什么不能说糖异生是糖酵解的逆过程?
- 脂肪酸的 β -氧化与合成有什么不同?
- 参与原核生物 DNA 复制的酶和因子主要有哪些? 它们的主要功能是什么?

2016 东北农业大学攻读硕士学位研究生入学考试

702 生物化学 试题

一、单项选择题 (50 分)

- 下列含有 DNA 的细胞器是：
A. 线粒体 B. 内质网 C. 高尔基体 D. 核糖体
- 在下列组分中，双螺旋 DNA 的熔解温度最高的一组是：
A. 腺嘌呤 + 鸟嘌呤 B. 胞嘧啶 + 胸腺嘧啶
C. 腺嘌呤 + 胸腺嘧啶 D. 胞嘧啶 + 鸟嘌呤
- 在生理 pH 条件下，下列哪种氨基酸带正电荷？
A. Ala B. Lys C. Tyr D. Met
- 蛋白质空间构象的特征主要取决于下列哪一项？
A. 一级结构 B. 次级键 C. 氢键 D. 温度及 pH
- 转氨酶的作用需要下列什么维生素？
A. 维生素 A B. 维生素 B1 C. 维生素 B6 D. 维生素 B12
- 不在线粒体的产能过程是：
A. 柠檬酸循环 B. 脂肪酸氧化 C. 电子传递 D. 糖酵解
- 下列酶中，参加磷酸戊糖途径的酶为：
A. 延胡索酸酶 B. α -酮戊二酸脱氢酶
C. 己糖激酶 D. 6-磷酸葡萄糖脱氢酶
- 三羧酸循环中催化琥珀酸形成延胡索酸的酶是琥珀酸脱氢酶，此酶的辅因子是：
A. NAD^+ B. FAD C. CoASH D. TPP
- 对氟离子的抑制作用特别敏感的酶是：
A. 己糖激酶 B. 醛缩酶 C. 烯醇化酶 D. 乳酸脱氢酶
- 下列哪个酶和三羧酸循环无关？
A. 乳酸脱氢酶 B. 柠檬酸合酶 C. 琥珀酸脱氢酶 D. 苹果酸脱氢酶
- 生物素是下列哪个酶的辅酶？
A. 丙酮酸羧化酶 B. 丙酮酸脱氢酶 C. 醛缩酶 D. PEP 羧激酶
- 磷酸果糖激酶是 EMP 过程中最关键的调节酶，ATP 与该酶的关系是：
A. 既是底物又是别构激活剂 B. 既是底物又是别构抑制剂
C. 只是底物 D. 只是别构抑制剂
- 磷酸戊糖途径的重要意义在于其产生：
A. NADH B. NADPH C. FADH_2 D. FMN
- DNA 复制方式为：
A. 全保留复制 B. 半保留复制 C. 混合型复制 D. 随机复制
- 反转录酶除了有以 RNA 为模板生成 RNA-DNA 杂交分子的功能外，还有下列活性：
A. DNA 聚合酶和 RNaseA B. DNA 聚合酶和 S1 核酸酶
C. DNA 聚合酶和 RNaseH D. S1 核酸酶和 RNaseH
- 大肠杆菌 RNA 聚合酶全酶分子中负责识别启动子的亚基是：
A. α 亚基 B. β 亚基 C. σ 亚基 D. ω 亚基

17. 下列哪种突变最可能是致死的?
A. 碱基转换 B. 碱基颠换 C. 插入一个核苷酸 D. 缺失三个核苷酸
18. 一个 N 端氨基酸为 Ala 的 20 肽, 其开放阅读框架至少应由多少核苷酸残基组成?
A. 60 B. 63 C. 66 D. 69
19. 阻遏蛋白通过与下列什么物质结合才阻止蛋白质的合成:
A. fMet-tRNA B. 核糖体 C. RNA 聚合酶 D. 操纵基因
20. 别构调节时酶分子发生的改变是:
A. 一级结构 B. 空间结构 C. 辅酶的结合 D. 与金属离子的结合

二、 名词解释 (20 分)

增色效应 必需氨基酸 别构酶 糖异生 操纵子

三、 填空题 (20 分)

1. 三羧酸循环在细胞的_____部位进行, 其关键酶有_____, _____和_____。
2. 高等哺乳动物体内的代谢调节可以在_____水平、_____水平和_____水平上进行。
3. SD 序列是指原核细胞 mRNA 5' 端富含_____碱基的序列, 可以和 16S rRNA 的 3' 端富含_____的序列互补配对, 而帮助起始密码子的识别。
4. 中心法则包括_____, _____, _____, _____和_____等 5 个过程。
5. 国际酶学委员会将酶划分为六大类, 包括_____, _____, _____, _____, _____和连接酶类。

四、 问答题 (60 分)

1. 试画出 tRNA 分子二级结构, 并标出其结构的主要特点。
2. 举出 5 种常见的高能磷酸化合物。
3. 依次写出参与乙醛酸循环途径的酶。
4. 从动植物细胞匀浆中提取 DNA 时, 常用 EDTA、氯仿-异戊醇混合液、95%乙醇试剂、RNase 等。请根据蛋白质和核酸的理化性质回答, 该实验中这些试剂各起什么作用?
5. 凝胶过滤和 SDS-PAGE 这两种分离蛋白质的方法均建筑在分子大小的基础上, 而且两种方法均采样交联的多聚物作为支持介质, 为什么在凝胶过滤时相对分子量小的蛋白质有较长的保留时间, 而在 SDS-PAGE 时, 它又“跑”得最快?
6. 试简述多聚酶链式反应 (PCR) 的基本原理。