

新编

生物化学

辅导与习题精选

余琼 李盛贤 赵丹丹 主编
李金峰 审定

XINBIAN
SHENGWU HUAXUE
FUDAO YU XITI JINGXUAN



化学工业出版社

新编

生物化学

辅导与习题精选

余琼 李盛贤 赵丹丹 主编
李金峰 审定

X INBIAN
SHENGWU HUAXUE
FUDAO YU XITI JINGXUAN



化学工业出版社

· 北京 ·

定价：39.80元

图书在版编目 (CIP) 数据

新编生物化学辅导与习题精选/余琼, 李盛贤, 赵丹丹
主编. —北京: 化学工业出版社, 2009. 1
ISBN 978-7-122-04194-4

I. 新… II. ①余…②李…③赵… III. 生物化学-
高等学校-教学参考资料 IV. Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 182578 号

余琼 李盛贤 赵丹丹
主审 李金奎

责任编辑: 赵玉清
责任校对: 顾淑云

文字编辑: 刘 畅
装帧设计: 史利平

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

787mm×1092mm 1/16 印张 21 $\frac{3}{4}$ 字数 583 千字 2009 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

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

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 39.80 元

版权所有 违者必究

前 言

生物化学是生命科学中最活跃的学科之一，是现代生物学和生物工程技术的
重要基础理论。工业、农业、医药、食品、能源、环境科学等越来越多的研究领
域都以生物化学理论为依据，以其实验技术为手段。生物化学是高等院校生命学
科各专业及相关学科开设的重要专业基础课程。打好坚实的生物化学基础，对该
学科的基本理论与基本研究技术的原理有较全面和清晰的理解，是相关专业知识的
学习和研究的前提。为使广大学生较快和较好地掌握生物化学知识，我们编写
本书供大家阅读，以巩固课堂学习的理论知识和实验技能，同时有助于报考生物
科学、生物技术、生物工程、食品工程、生物制药、生物法鉴等专业及其相关专
业研究生的考生进行系统的复习。

本书共 13 章，基本涵盖了国内高等院校基础生物化学和普通生物化学教学
大纲中列出的主要内容。本书编写分工：余琼第 1、2、4、5、6、9、10、11、13
章，李盛贤第 8、12 章，赵丹丹第 3、7 章。

本书的编写得到了黑龙江大学生命科学学院院长平文祥教授、副院长李海英
教授、韩德全副教授等的大力支持；感谢贾树彪老师对全书的编写提出的宝贵意
见；感谢于研、李洪丽、关慧梓、李吉喆、姜微微、王超、孙怡宁、迟双会、杨
光等对本书的编写做了很多的基础工作；本书在编写过程中征求了多所高校同行
的意见，得到多位热心人士的帮助，在此表示真诚的感谢！

尽管在编写过程中对书稿做了多次修改，鉴于编者水平有限，时间仓促，不
足和疏漏之处欢迎使用本书的教师和同学给予批评指正。

编 者

于黑龙江大学
2008 年 10 月

目 录

1 糖类	1
本章知识要点	1
1.1 糖类概述	1
1.2 单糖的结构和性质	2
1.3 寡糖的结构和性质	2
1.4 同聚多糖和杂聚多糖	2
1.5 复合糖	3
习题	3
参考答案	7
2 脂质和生物膜	12
本章知识要点	12
2.1 脂类概述	12
2.2 单脂的结构和性质	12
2.3 复脂的结构和性质	13
2.4 其他脂质的结构和性质	13
2.5 生物膜	14
习题	14
参考答案	20
3 蛋白质化学	25
本章知识要点	25
3.1 蛋白质的基本结构单位——氨基酸	25
3.2 肽和肽键	27
3.3 蛋白质的分子结构	27
3.4 蛋白质的理化性质	28
3.5 蛋白质及氨基酸的分离纯化与测定	29
习题	30
参考答案	50
4 核酸化学	64
本章知识要点	64
4.1 核酸的分类	64
4.2 DNA 的结构	65
4.3 RNA 的结构	66
4.4 核酸的性质	67
习题	69
参考答案	82
5 酶学	90
本章知识要点	90
5.1 酶学概述	90
5.2 酶的结构与功能的关系	90
5.3 酶催化反应的机制	91
5.4 酶促反应动力学	91
5.5 酶的制备	93
习题	94
参考答案	116
6 维生素、激素和辅酶	127
本章知识要点	127
6.1 维生素	127
6.2 激素	128
习题	129
参考答案	138
7 生物氧化	147
本章知识要点	147
7.1 生物氧化的概念和特点	147
7.2 线粒体氧化体系	147
7.3 ATP 的生成、转移、储存和利用	148
7.4 非线粒体氧化体系	149
7.5 其他氧化体系：需氧脱氢酶和氧化酶、 过氧化物酶、超氧化物歧化酶和微粒 体酶	149
习题	150
参考答案	165

8 糖代谢	173
本章知识要点	173
8.1 糖酵解过程	173
8.2 柠檬酸循环(三羧酸循环)	174
8.3 糖有氧氧化生成 ATP 的详细部位	176
8.4 戊糖磷酸途径	176
8.5 糖异生	176
8.6 乳酸循环	177
习题	177
参考答案	188
9 脂类代谢	194
本章知识要点	194
9.1 脂肪代谢的概述	194
9.2 脂肪的分解代谢	194
9.3 脂肪的合成代谢	195
9.4 磷脂代谢	196
9.5 胆固醇代谢	196
9.6 脂类代谢调控	196
9.7 脂质代谢在工业上的应用	197
习题	197
参考答案	207
10 蛋白质和氨基酸代谢	213
本章知识要点	213
10.1 概述	213
10.2 氨基酸的几种脱氨基作用	213
10.3 α -酮酸的代谢	214
10.4 氨基酸的脱羧基作用	214
10.5 体内氨的转运与转化	214
10.6 尿的代谢	215
10.7 氨基酸碳骨架的氧化途径	216
10.8 由氨基酸衍生的其他重要物质	216
10.9 氨基酸的生物合成	216
10.10 蛋白质的需要量和营养价值	216
10.11 蛋白质的消化、吸收与腐败	217
10.12 腺嘌呤核苷酸循环	217
习题	217
参考答案	226
11 核酸代谢	233
本章知识要点	233
11.1 核酸分解和合成代谢	233
11.2 DNA 的复制与损伤修复	234
11.3 RNA 的生物合成	237
习题	239
参考答案	265
12 蛋白质的生物合成	279
本章知识要点	279
12.1 蛋白质生物合成体系	279
12.2 蛋白质生物合成过程	279
12.3 真核生物与原核生物蛋白质合成的区别	283
12.4 蛋白质合成后的加工和折叠	284
12.5 蛋白质运输	284
12.6 遗传密码的概念	284
12.7 密码子和反密码子	285
12.8 遗传密码的特点及其生物学意义	285
12.9 核糖体及多核糖体的概念、核糖体的功能、原核生物与真核生物核糖体的差异	286
习题	287
参考答案	305
13 细胞代谢和基因表达的调控	315
本章知识要点	315
13.1 概述	315
13.2 细胞水平的调控	316
13.3 体液水平的调节	316
13.4 整体水平的调节	317
13.5 基因表达的调节	317
13.6 基因工程及蛋白质工程	318
习题	319
参考答案	329
参考文献	339

本章知识要点

1.1 糖类概述

1.1.1 分布

糖在生物界中分布很广，几乎所有的动物、植物、微生物体内都含有糖。糖占动物干重的2%，植物干重的80%，微生物干重的10%~30%。糖在植物体内起着重要的结构作用，而动物则用蛋白质和脂类代替，所以行动更灵活，适应性更强。动物中只有昆虫等少数采用多糖构成外骨骼，其形体大小受到很大限制。

在人体中，糖主要以三种形式存在。

(1) 以糖原形式储藏在肝和肌肉中。糖原代谢速度很快，对维持血糖浓度恒定，满足机体对糖的需求有重要意义。

(2) 以葡萄糖形式存在于体液中。细胞外液中的葡萄糖是糖的运输形式，它作为细胞的内环境条件之一，浓度相当稳定。

(3) 存在于多种含糖生物分子中。糖作为组成成分直接参与多种生物分子的构成。如：DNA分子中含脱氧核糖，RNA和各种活性核苷酸（ATP、许多辅酶）含有核糖，糖蛋白和糖脂中有各种复杂的糖结构。

1.1.2 功能

糖在生物体内的主要功能是构成细胞的结构和作为储藏物质。植物细胞壁是由纤维素、半纤维素或胞壁质组成的，它们都是糖类物质。作为储藏物质的主要有植物中的淀粉和动物中的糖原。此外，糖脂和糖蛋白在生物膜中占有重要位置，担负着细胞和生物分子相互识别的作用。

糖在人体中，主要有以下作用。

(1) 作为能源物质。糖是机体最容易得到，最经济，也是最重要的能源物质。一般情况下，人体所需能量的70%来自糖的氧化。

(2) 作为结构成分。糖蛋白和糖脂是细胞膜的重要成分，蛋白聚糖是结缔组织如软骨的结构成分。

(3) 参与构成生物活性物质。核酸中含有糖，有运输作用的血浆蛋白、有免疫作用的抗体、有识别和转运作用的膜蛋白等绝大多数都是糖蛋白，许多酶和激素也是糖蛋白。

(4) 作为合成其他生物分子的碳源。糖可用来合成脂类和氨基酸等物质。

1.1.3 化学角度的糖

糖主要由C、H、O三种元素组成，是多羟基醇的醛或酮衍生物。糖包括羟醛（醛

糖)、羟酮(酮糖)及其衍生物。除了最简单的酮糖二羟丙酮以外,其他的糖都是手性分子,表现出光学活性。对于给定的单糖,有可能存在着 2^n 个立体异构体, n 为手性碳原子的数目。

1.1.4 糖的命名与分类

根据来源命名,如核糖、葡萄糖、果糖、麦芽糖、蔗糖和乳糖;根据碳原子数命名,丙糖、丁糖、戊糖己糖等;根据羰基位置命名,如醛糖、酮糖等;根据糖分子数命名,如二糖、三糖、四糖、五糖、六糖;根据糖类物质能否水解及水解后的产物,可将糖分为单糖、寡糖和多糖。

1.2 单糖的结构和性质

在溶液中许多单糖主要是以环状结构形式存在,与其开链形式处于平衡状态之中。

1.2.1 单糖的物理性质

单糖具有旋光性、甜度、水溶性。

1.2.2 单糖的结构

单糖可以经分子内反应形成环状结构(半缩醛或半缩酮),并使羰基碳转化为手性碳(异头碳),异头碳取代物的构型存在着 α 或 β 构型,即存在着两个光学异构物(异头物)。

1.2.3 单糖的化学性质

单糖是多羟基的醛或酮,具有羰基和羟基的性质,其中羰基参与的化学反应有:氧化、还原、与苯肼加成、异构化。羟基参与的反应有成酯、成醚、脱水、脱氧、氨基化。异头羟基可参与成苷反应。

1.3 寡糖的结构和性质

在寡糖和多糖中,单糖单位是通过涉及异头碳的键(糖苷键)连接的。最常见的两种类型是 $\alpha(1\rightarrow4)$ 和 $\beta(1\rightarrow4)$ 糖苷键,都是由一个糖的异头碳羟基与另一个糖的第4位羟基缩合形成的。由于异头碳上的构型不同,因而有 α 和 β 之分。另一种糖苷键是 $\alpha(1\rightarrow6)$ 糖苷键,出现在支链淀粉和糖原分子中。

1.3.1 二糖

4种重要的二糖是麦芽糖、纤维二糖、乳糖和蔗糖。乳糖是纤维二糖的差向异构体,是奶中的主要糖分。许多植物都可合成蔗糖,它是在自然界中发现的最丰富的糖。由于蔗糖中的两个单糖的异头碳都参与了糖苷键的形成,所以蔗糖没有还原性。

1.3.2 三糖

常见的三糖有棉子糖、龙胆三糖、松三糖。

1.3.3 四糖、五糖和六糖

水苏糖是四糖、毛蕊花糖是五糖、筋骨草糖是六糖。一般存在于植物中。

1.4 同聚多糖和杂聚多糖

1.4.1 同聚多糖

同聚多糖是由同一种单糖或单糖的衍生物聚合而成。常见的有淀粉、糖原、右旋糖酐、纤维素、壳多糖等。

淀粉和糖原是主要的储存多糖,而纤维素和几丁质是主要的结构多糖。直链淀粉中的葡萄糖单位之间靠 $\alpha(1\rightarrow4)$ 糖苷键连接。支链淀粉和糖原中除了含有 $\alpha(1\rightarrow4)$ 外,在分支点外还含有 $\alpha(1\rightarrow6)$ 糖苷键。

1.4.2 杂聚多糖

杂多糖由一种以上的单糖或衍生物组成，其中有的还含有非糖物质。常见的有琼脂、果胶物质、半纤维素、树胶、细菌多糖、糖胺聚糖等。

1.5 复合糖

糖链与蛋白质或脂类物质构成的复合分子称复合糖。重要的复合糖包括肽聚糖、糖蛋白和蛋白聚糖。

1.5.1 肽聚糖

肽聚糖是细菌细胞壁的主要成分，肽聚糖的聚糖成分是重复的二糖聚合物，这个二糖单位是由 *N*-乙酰葡萄糖胺和 *N*-乙酰胞壁酸，交替连接的杂聚多糖与不同的肽交叉连接，形成的大分子。

1.5.2 糖蛋白

大多数糖蛋白可以按照使蛋白质与它的糖成分连接的键的性质分为 3 类：*O*-糖苷键型糖蛋白、*N*-糖苷键型糖蛋白和连有磷脂酰肌醇-聚糖的糖蛋白。在大多数的 *O*-糖苷键型糖蛋白中，主要的键是 *N*-乙酰葡萄糖胺和一个丝氨酸或苏氨酸残基之间形成的键。

1.5.3 蛋白聚糖

软骨中的主要蛋白聚糖是大分子的聚合物，主要由透明质酸、硫酸软骨素、硫酸角质素、特殊的核心蛋白和连接蛋白组成的。

习 题

一、名词解释

- | | | | | |
|-----------|---------|----------|-----------|-----------|
| 1. 糖 | 2. 醛糖 | 3. 酮糖 | 4. 异头物 | 5. 异头碳 |
| 6. 变旋 | 7. 单糖 | 8. 糖苷 | 9. 糖苷键 | 10. 寡糖 |
| 11. 多糖 | 12. 还原糖 | 13. 糖原 | 14. 淀粉 | 15. 极限糊精 |
| 16. 肽聚糖 | 17. 糖蛋白 | 18. 蛋白聚糖 | 19. 酸性黏多糖 | 20. 糖基化位点 |
| 21. 差向异构体 | | | | |

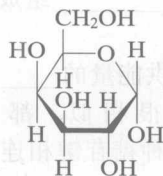
二、填空题

- 蛋白聚糖是由_____和_____共价结合形成的复合物。
- 直链淀粉遇碘呈_____色，支链淀粉遇碘呈_____色，糖原遇碘呈_____色。
- 麦芽糖是由两分子_____组成，它们之间通过_____糖苷键相连。
- 糖是生物体维持生命活动提供能量的_____。
- 糖原和支链淀粉结构上很相似，都由许多_____组成，它们之间通过_____和_____两种糖苷键相连。两者在结构上的主要差别在于糖原分子比支链淀粉_____、_____和_____。
- 纤维素是由_____组成，它们之间通过_____糖苷键相连。
- 蔗糖是由一分子_____和一分子_____组成，它们之间通过_____糖苷键相连。
- 单糖与强酸共热脱水而生成_____类化合物，后者与 α -萘酚可生成紫色物，此为糖类的共同显色反应称为_____反应。
- 糖类是具有_____结构的一大类化合物。根据其分子大小可分为

- ____、____和____三大类。
10. 脂多糖一般由____、____和____三部分组成。
11. 人血液中含有最丰富的糖是____，肝脏中含有最丰富的糖是____，肌肉中含有最丰富的糖是____。
12. 细菌胞壁的多糖组分是____。
13. 肽聚糖的基本结构是以____与____组成的多糖链为骨干，并与____肽连接而成的杂多糖。
14. 乳糖是由一分子____和一分子____组成，它们之间通过____糖苷键相连。
15. 透明质酸是由____与____组成的糖胺聚糖。
16. 直链淀粉的构象为____，纤维素的构象为____。
17. 糖苷是指糖的____和醇、酚等化合物失水而形成的缩醛（或缩酮）等形式的化合物。
18. 糖肽的主要连接键有____和____。
19. 鉴别糖的普通方法为____试验，是利用糖在浓酸情况下脱水生成____，与____反应，生成____颜色的物质。
20. 多糖的构象大致可分为____、____、____和____四种类型，决定其构象的主要因素是____。
21. 糖胺聚糖是一类含____和____的杂多糖，其代表性化合物有____、____和____等。
22. 植物细胞壁骨架的主要成分是____，细菌细胞壁骨架的主要成分是____，虾壳的主要成分是____。
23. 常用定量测定还原糖的试剂为____试剂和____试剂。
24. 自然界较重要的乙酰氨基糖有____、____和____。
25. 判断一个糖的D型和L型是以____碳原子上羟基的位置作依据。
26. 糖类物质的主要生物学作用为：(1)____；(2)____；(3)____。

三、选择题

1. 下图的结构式代表哪种糖（ ）

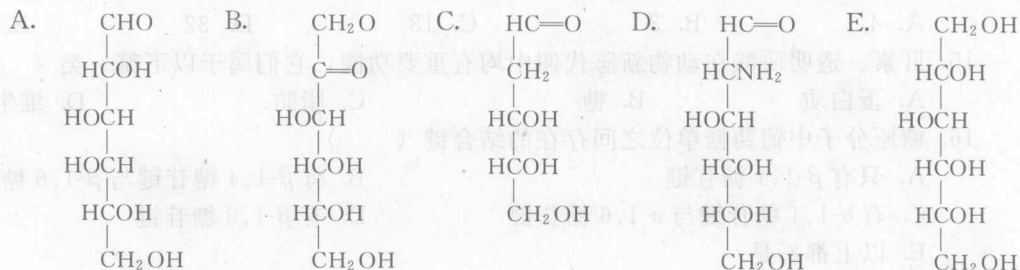


- A. α -D-葡萄糖 B. β -D-葡萄糖 C. α -D-半乳糖
D. β -D-半乳糖 E. α -D-果糖
2. 蔗糖与麦芽糖的区别在于（ ）
A. 麦芽糖是单糖 B. 蔗糖是单糖
C. 蔗糖含果糖残基 D. 麦芽糖含果糖残基
3. 下列哪种糖无还原性（ ）

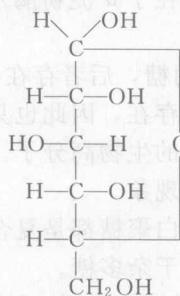
- A. 麦芽糖 B. 蔗糖 C. 阿拉伯糖 D. 木糖 E. 果糖
4. 下列有关葡萄糖的叙述, 哪个是错的 ()
- A. 显示还原性 B. 在强酸中脱水形成 5-羟甲基糠醛
- C. 莫利希 (Molisch) 试验阴性 D. 与苯肼反应生成脎
- E. 新配制的葡萄糖水溶液其比旋光度随时间而改变

5. 葡萄糖和甘露糖是 ()
- A. 异头体 B. 差向异构体 C. 对映体 D. 顺反异构体
- E. 非对映异构体但不是差向异构体

6. 下列不能以环状结构存在的糖是 ()



7. 下图的结构式代表哪种糖 ()

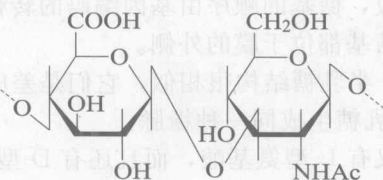


- A. α -D-吡喃葡萄糖 B. β -D-吡喃葡萄糖 C. α -D-呋喃葡萄糖
- D. β -L-呋喃葡萄糖 E. α -D-呋喃葡萄糖

8. 下列哪种糖不能生成糖脎 ()

- A. 葡萄糖 B. 果糖 C. 蔗糖 D. 乳糖 E. 麦芽糖

9. 下图所示的结构式代表哪种糖胺聚糖 ()



- A. 几丁质 (壳多糖) B. 硫酸软骨素 C. 肝素
- D. 透明质酸 E. 硫酸角质素

10. 下列糖分子在变旋时哪一对会相互转化? ()

- A. D-葡萄糖和 D-果糖 B. D-葡萄糖和 D-半乳糖
- C. α -D-葡萄糖和 β -D-葡萄糖 D. D-葡萄糖和 L-葡萄糖

11. 下列物质中哪种不是糖胺聚糖 ()

- A. 果胶 B. 硫酸软骨素 C. 透明质酸
D. 肝素 E. 硫酸黏液素

12. 是构建几丁质的单糖残基 ()

- A. N-乙酰葡萄糖胺 B. N-乙酰胞壁酸
C. N-乙酰神经氨酸 D. N-乙酰半乳糖胺

13. 糖胺聚糖中不含硫的是 ()

- A. 透明质酸 B. 硫酸软骨素 C. 硫酸皮肤素
D. 硫酸角质素 E. 肝素

14. 环状结构的己糖其立体异构体的数目为 ()

- A. 4 B. 3 C. 18 D. 32 E. 64

15. 肝素、透明质酸在动物新陈代谢中均有重要功能, 它们属于以下哪一类 ()

- A. 蛋白质 B. 糖 C. 脂肪 D. 维生素

16. 糖原分子中葡萄糖单位之间存在的结合键 ()

- A. 只有 β -1,4 糖苷键 B. 有 β -1,4 糖苷键与 β -1,6 糖苷键
C. 有 α -1,4 糖苷键与 α -1,6 糖苷键 D. 有 β -1,6 糖苷键
E. 以上都不是

四、判断题

1. α -淀粉酶和 β -淀粉酶的区别在于 α -淀粉酶水解 α -1,4 糖苷键, β -淀粉酶水解 β -1,4 糖苷键。 ()
2. D-葡萄糖的对映体为 L-葡萄糖, 后者存在于自然界。 ()
3. 天然葡萄糖只能以一种构型存在, 因此也只能有一种旋光率。 ()
4. 多糖是相对分子质量不均一的生物高分子。 ()
5. 一切有旋光性的糖都有变旋现象。 ()
6. 脂多糖、糖脂、糖蛋白和蛋白聚糖都是复合糖。 ()
7. 磷壁酸是一种细菌多糖, 属于杂多糖。 ()
8. D-葡萄糖, D-甘露糖和 D-果糖生成同一种糖脎。 ()
9. 人体不仅能利用 D-葡萄糖而且能利用 L-葡萄糖。 ()
10. 戊糖和己糖与强酸共热时可分别脱水生成羟甲基糠醛和糠醛, 后者均能与 α -萘酚反应呈红色。 ()
11. 由于酮类无还原性, 所以酮糖亦无还原性。 ()
12. 果糖是左旋的, 因此它属于 L-构型。 ()
13. 糖链的合成无模板, 糖基的顺序由基因编码的转移酶决定。 ()
14. 质膜上糖蛋白的糖基都位于膜的外侧。 ()
15. α -D-葡萄糖和 α -D-半乳糖结构很相似, 它们是差向异构体。 ()
16. D-葡萄糖和 D-半乳糖生成同一种糖脎。 ()
17. 肽聚糖分子中不仅有 L-型氨基酸, 而且还有 D-型氨基酸。 ()
18. 糖的变旋现象是由于糖在溶液中起了化学作用。 ()
19. 糖原、淀粉和纤维素分子中都有一个还原端, 所以它们都有还原性。 ()
20. 同一种单糖的 α -型和 β -型是对映体。 ()
21. 从热力学上讲, 葡萄糖的船式构象比椅式构象更稳定。 ()
22. 醛式葡萄糖变成环状后无还原性。 ()
23. 糖的变旋现象是指糖溶液放置后, 旋光方向从右旋变成左旋或从左旋变成右旋。 ()

五、问答题

1. 糖类物质如何分类?
2. 什么是单糖的异构化作用?
3. 什么是环糊精? 其结构有什么特点?
4. 虽然都是经由 1, 4-糖苷键连接而成的葡聚糖、而且相对分子质量相近, 但纤维素不溶于水而糖原却易溶于热水, 为什么?
5. 什么是同质多糖? 有哪些同质多糖?
6. 何谓杂多糖?
7. 环状己醛糖有多少个可能的旋光异构体? 为什么?
8. 糖蛋白有什么生物功能?
9. 革兰阴性菌和阳性菌的细胞壁在化学组成上有什么差别? 肽聚糖中的肽键和糖蛋白中的糖肽键是否有区别?
10. 海藻糖是一种非还原性二糖, 没有变旋现象, 不能生成脎, 也不能用溴水氧化成糖酸, 用酸水解只生成 D-葡萄糖, 可以用 α -葡萄糖苷酶水解, 但不能用 β -葡萄糖苷酶水解, 甲基化后水解生成两分子 2, 3, 4, 6-四-O-甲基-D-葡萄糖, 试推测海藻糖的结构。
11. 某麦芽糖溶液的旋光率为 $+23^\circ$, 测定中使用的比色管长度为 10cm, 已知麦芽糖的比旋光度 $[\alpha]_D^{20} = +138^\circ$, 请问该麦芽糖溶液的浓度是多少?
12. D-葡萄糖的 α 和 β 异头物的比旋光度 $[\alpha]_D^{20}$ 分别为 $+112.2^\circ$ 和 $+18.7^\circ$ 。当吡喃葡萄糖晶体样品溶于水时, 比旋光度将由 $+112.2^\circ$ 降至平衡值 $+52.7^\circ$ 。计算平衡液中和异头物的比率 (假设开链形式和呋喃形式可忽略)。

参考答案

一、名词解释

1. 糖: 亦称碳水化合物, 是自然界中分布十分广泛的, 其分子式为 $C_m(H_2O)_n$, 存在于植物、动物和微生物中。
2. 醛糖: 一类单糖, 该单糖中氧化数最高的碳原子是一个醛基。
3. 酮糖: 一类单糖, 该单糖中氧化数最高的碳原子 (指定为 C-2) 是一个酮基。
4. 异头物: 仅在氧化数最高的碳原子上据有不同构型糖分子的异构体。
5. 异头碳: 环化单糖的氧化数最高的碳原子。异头碳具有羰基的化学反应性。
6. 变旋: 吡喃糖、呋喃糖或糖苷伴随它们的 α 和 β 异构形式的平衡而发生的比旋光度变化。
7. 单糖: 由 3 个或 3 个以上碳原子组成的具有经验公式 $(CH_2O)_n$ 的简单糖。
8. 糖苷: 单糖半缩醛羟基与另一个分子 (例如醇、糖、嘌呤或嘧啶) 的羟基、胺基或巯基缩合形成的含糖衍生物。
9. 糖苷键: 一个糖半缩醛羟基与另一个分子 (例如醇、糖、嘌呤或嘧啶) 的羟基、氨基或巯基缩合形成的缩醛或缩酮键, 常见的糖苷键有 O-糖苷键和 N-糖苷键。
10. 寡糖: 由 2~20 个单糖残基通过糖苷键连接形成的聚合物。
11. 多糖: 20 个以上的单糖通过糖苷键连接形成的聚合物。
12. 还原糖: 羰基碳 (异头碳) 没有参与形成糖苷键, 因此可被氧化充当还原剂的糖。
13. 糖原: 是含有分支的 $\alpha(1 \rightarrow 4)$ 糖苷键连接的葡萄糖的同聚物, 支链在分支点处通过 $\alpha(1 \rightarrow 6)$ 糖苷键与主链相连。
14. 淀粉: 一类多糖, 是葡萄糖残基的同聚物。由两种形式的淀粉: 一种是直链淀粉, 没有分支, 只通过 $\alpha(1 \rightarrow 4)$ 糖苷键连接的葡萄糖残基聚合物聚合而成; 另一种是支链淀粉, 是含有分支的 $\alpha(1 \rightarrow 4)$ 糖苷键连接的葡萄糖残基聚合物, 支链在分支点处通过 $\alpha(1 \rightarrow 6)$ 糖苷键与主链相连。

15. 极限糊精：是指支链淀粉中带有支链的核心部分，该部分在支链淀粉经水解酶的作用、糖原磷酸化或淀粉磷酸化酶作用后仍然存在。糊精的进一步降解需要去分支酶催化 $\alpha(1\rightarrow6)$ 糖苷键的水解。

16. 肽聚糖：N-乙酰葡萄糖胺和N-乙酰唾液酸交替连接的杂聚多糖与不同组成的肽交叉连接形成的大分子。肽聚糖是许多细菌细胞壁的主要成分。

17. 糖蛋白：含有共价连接的葡萄糖及其衍生物残基的蛋白质。

18. 蛋白聚糖：由杂多糖与一个多肽链组成的杂化的大分子，多糖是分子的主要成分。

19. 酸性黏多糖：含有硫酸根的蛋白聚糖，如硫酸软骨素，硫酸角质素等。

20. 糖基化位点：糖蛋白分子中可与糖形成连接的特定氨基酸序列：天冬酰胺-丝氨酸/苏氨酸。

21. 差向异构体：分子之间仅有一个手性碳原子的构型不同的非对映异构体称为差向异构体，例如葡萄糖和甘露糖、半乳糖和葡萄糖之间除仅有一个—OH位置不同外，其余结构完全相同，它们之间称为差向异构体。

二、填空题

1. 蛋白质；糖胺聚糖

2. 蓝；紫；红

3. D-葡萄糖； $\alpha-1,4$

4. 主要来源

5. D-葡萄糖； $\alpha-1,4$ ； $\alpha-1,6$ ；分支多；链短；结构更紧密

6. D-葡萄糖； $\beta-1,4$

7. D-葡萄糖；D-果糖； $\alpha,\beta-1,2$

8. 糠醛； α -萘酚

9. 多羟基醛或多羟基酮；单糖；低聚糖；多糖

10. 外层专业性寡糖链；中心多糖链；脂质

11. 葡萄糖；糖原；糖原

12. 肽聚糖

13. N-乙酰-D-葡糖胺；N-乙酰胞壁酸；四

14. D-葡萄糖；D-半乳糖； $\beta-1,4$

15. N-乙酰葡糖胺；D-葡萄糖醛酸

16. 螺旋；带状

17. 半缩醛（半缩酮）羟基

18. O-糖苷键；N-糖苷键

19. 莫利希（Molish）；糠醛或其衍生物； α -萘酚；紫

20. 螺旋；带状；皱折；无规卷曲；糖链的一级结构

21. 己糖胺；糖醛酸；透明质酸；硫酸软骨素；肝素

22. 纤维素；肽聚糖；壳多糖（几丁质）

23. 斐林（Fehling）；班乃德（Benedict）

24. N-乙酰葡糖胺；N-乙酰胞壁酸；N-乙酰神经氨酸

25. 离羰基最远的一个不对称

26. 供能；转化为生命必需的其他物质；充当结构物质

三、选择题

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

四、判断题

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

五、问答题

1. 糖的种类很多，按其分子组成可分为如下几类。

(1) 单糖 单糖是含多羟基的醛类或酮类化合物，是一类不能再水解的最简单的糖类。根据单糖所含的碳原子数目，可将单糖分为丙糖、丁糖、戊糖、己糖和庚糖。对每种单糖来说，又有醛糖（含醛基）和酮糖（含酮基）之分。

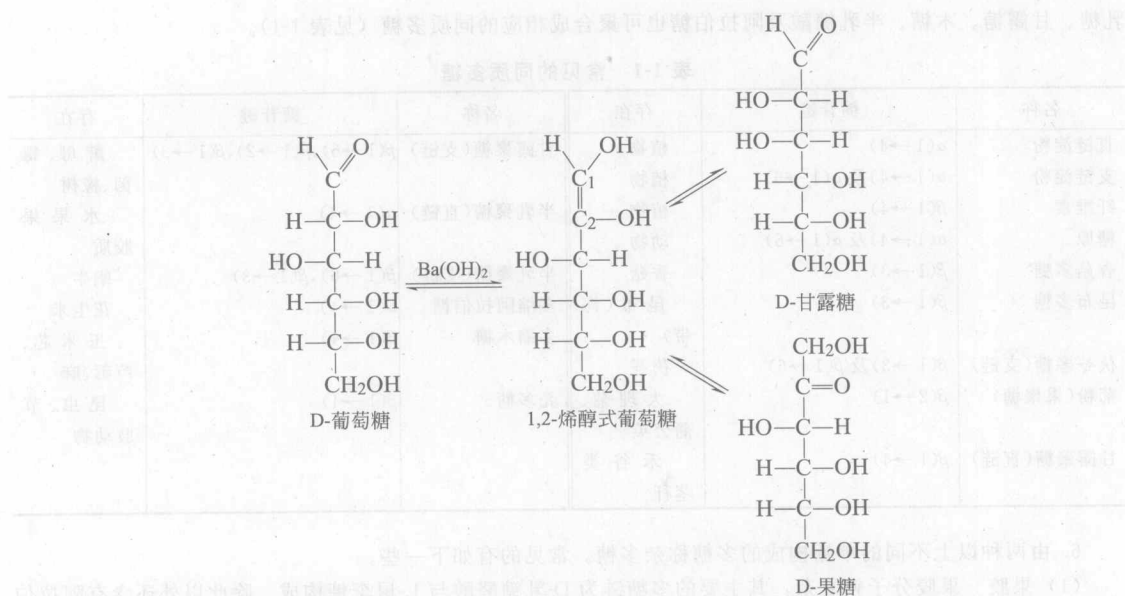
(2) 低聚糖 又称寡糖，由几个单糖分子（通常为2~6个）脱水缩合而成。重要的低聚糖有二糖（麦芽糖、蔗糖、乳糖）、三糖（棉子糖）、四糖（水苏糖）。

(3) 多糖 由多个单糖分子脱水缩合而成的高分子化合物，如淀粉、菊糖、糖原、纤维素、半纤维素、右旋糖酐、香菇多糖等。

(4) 糖的衍生物 包括糖的还原产物、氧化产物、氨基取代物以及糖苷化合物。

(5) 复合多糖 如蛋白聚糖、糖脂、糖蛋白是糖类与蛋白质或脂质相结合的产物。

2. 单糖的异构化作用是指单糖在弱碱或稀碱溶液中，分子内原子或基团发生重排，转变为另一种单糖的反应。例如，将葡萄糖置于稀碱溶液中，在常温下，可转变成果糖、山梨糖和甘露糖，反应如下。



在式子中，葡萄糖可通过烯醇化产生 1,2-烯醇体或 2,3-烯醇体的中间产物，然后转变为其他单糖。在这个异构化反应的平衡体系中，主要成分是葡萄糖和果糖，其他单糖较少。

3. 环糊精属于寡糖类，是软化芽孢杆菌作用于淀粉的产物，由 6~8 个葡萄糖分子以 $\alpha(1 \rightarrow 4)$ 糖苷键连接成环状结构。分子中无游离的半缩醛羟基，是一种非还原糖。如图 1-1 所示由 6 个葡萄糖分子组成的 α -环糊精分子结构特点是 C6 上的羟基均在大环的一侧，而 C2、C3 上的羟基在另一侧。当多个环状分子彼此叠加成圆筒形多聚体时，圆筒形外壁排列着葡萄糖残基的羟甲基。圆筒内壁由疏水的 C-H 和氧环组成。因此，筒外壁成亲水性，筒内具疏水性。由于环糊精分子具有这种结构，被广泛用于食品、医学、轻工等方面，用作稳定剂和乳化剂。

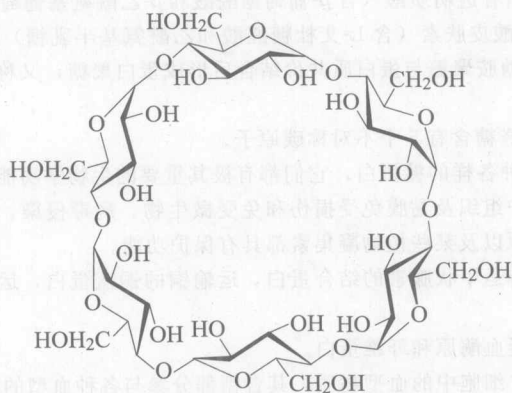


图 1-1 α -环糊精的结构

4. 因为两者的分子构象不同。在纤维素中，各葡萄糖残基之间是通过 $\beta(1 \rightarrow 4)$ 糖苷键连接的，相邻残基均相对旋转 180° ，为伸展构象，这有利于分子间的氢键全面缔合，即各残基的 —OH 参与形成链间氢键，使相邻各聚合糖链交结成具有很高机械强度的微纤维，结果产生不溶于水和具有相应抗侧向膨压的结构；反之，糖原中的葡萄糖残基形成的是 $\alpha(1 \rightarrow 4)$ 和 $\beta(1 \rightarrow 6)$ 糖苷键，结构上高度分支且构象弯曲 [因为 $\alpha(1 \rightarrow 4)$ 糖苷键会使相邻残基呈现一定的角度]，各残基的 —OH 暴露于水而与之高度亲和，因此易溶于热水。

5. 同质多糖是由同一类型的单糖聚合形成的多糖。这类多糖广泛分布在植物、动物、微生物体内，有的是营养性贮藏物质，有的是结构物质。常见的同质多糖有葡聚糖，由葡萄糖聚合而成。此外，果糖、半

乳糖、甘露糖、木糖、半乳糖酸及阿拉伯糖也可聚合成相应的同质多糖（见表 1-1）。

表 1-1 常见的同质多糖

名称	糖苷键	存在	名称	糖苷键	存在
直链淀粉	$\alpha(1 \rightarrow 4)$	植物	甘露聚糖(支链)	$\beta(1 \rightarrow 6), \beta(1 \rightarrow 2), \beta(1 \rightarrow 3)$	酵母、霉菌、橡树
支链淀粉	$\alpha(1 \rightarrow 4)$ 及 $\alpha(1 \rightarrow 6)$	植物			
纤维素	$\beta(1 \rightarrow 4)$	植物	半乳糖(直链)	$\alpha(1 \rightarrow 4)$	水果果胶质
糖原	$\alpha(1 \rightarrow 4)$ 及 $\alpha(1 \rightarrow 6)$	动物			
香菇多糖	$\beta(1 \rightarrow 3)$	香菇	半乳糖(支链)	$\beta(1 \rightarrow 6), \beta(1 \rightarrow 3)$	蜗牛
昆布多糖	$\beta(1 \rightarrow 3)$	昆布(海带)	多缩阿拉伯糖	$\alpha(1 \rightarrow 4)$	花生米
			多缩木糖	$\beta(1 \rightarrow 4)$	玉米芯、芦苇、麻
茯苓多糖(支链)	$\beta(1 \rightarrow 3)$ 及 $\beta(1 \rightarrow 6)$	茯苓			
菊粉(果聚糖)	$\beta(2 \rightarrow 1)$	大理菊、蒲公英	壳多糖	$\beta(1 \rightarrow 4)$	昆虫、节肢动物
甘露聚糖(直链)	$\beta(1 \rightarrow 4)$	禾谷类茎秆			

6. 由两种以上不同的单糖构成的多糖称杂多糖。常见的有如下一些。

(1) 果胶 果胶分子较复杂，其主要的多糖链为 D-乳糖醛酸与 L-鼠李糖构成。除此以外还含有阿拉伯寡糖基、甘露寡糖基、木寡糖基及半乳糖基为其侧链。果胶存于植物细胞中，是细胞的黏合物质。

(2) 琼脂及琼脂糖：琼脂是琼脂胶和琼脂糖的混合物，是一种海藻多糖。琼脂糖的水解产物中有 D-半乳糖和 α -3,6-脱水-L-半乳糖。琼脂胶是含有硫酸酯和丙酮酸组分的琼脂糖。

(3) 藻酸：也是一种海藻多糖，组成它的单糖是 D-甘露糖醛酸和 L-古洛糖醛酸。

(4) 半纤维素：存在于植物细胞壁中，是植物体中的一种重要的支撑物质，用稀酸水解时可得到多种己糖、戊糖和糖醛酸。

(5) 树胶：存在于高等植物细胞壁中，将阿拉伯树胶分解可得到 L-阿拉伯糖、D-半乳糖、L-鼠李糖和葡萄糖醛酸等多种组分。

(6) 糖胺聚糖：糖胺聚糖有透明质酸（含 β -葡萄糖醛酸和 β -乙酰氨基葡萄糖）、硫酸软骨素（含乙酰氨基半乳糖和葡萄糖醛酸）、硫酸皮肤素（含 L-艾杜糖醛酸和乙酰氨基半乳糖）以及肝素（含 D-氨基葡萄糖和 L-艾杜糖醛酸）等数种。糖胺聚糖与蛋白质共价结合后形成蛋白聚糖，又称黏蛋白和黏多糖，存在于动物组织和器官中。

7. $2^5 = 32$ 。因为环状己糖含有 5 个不对称碳原子。

8. 在动植物中存在有各种各样的糖蛋白，它们都有极其重要的生物学功能，其主要的功能简述如下。

(1) 具有保护功能 保护组织及黏膜免受损伤和免受微生物、病毒侵染、例如颌下腺糖蛋白黏液中糖蛋白，环节动物的表皮胶原以及某些植物凝集素都具有保护功能。

(2) 具有运输功能 如转运甲状腺素的结合蛋白，运输铜的铜蓝蛋白，运输铁的铁蛋白，运输氧的触珠蛋白等。

(3) 参与凝血过程 如凝血酶原和纤维蛋白。

(4) 决定血型 存在于红细胞中的血型物质，其含糖部分参与各种血型的决定。

(5) 酶的组成成分 如核糖核酸酶 B、胃蛋白酶、血清胆碱酯酶、菠萝蛋白酶均属糖蛋白。

(6) 某些激素本身就是糖蛋白，如促甲状腺素、促卵泡激素、绒毛膜促性腺激素等。

(7) 抗冷凝作用 南极鳕鱼中存在一种抗冷冻蛋白，使鳕鱼能在 -1.85°C 水中生活。

(8) 具有免疫作用 肌体内全部的免疫球蛋白均具有免疫作用。

(9) 决定细胞的识别作用 豆科植物细胞的外源凝集素是一种糖蛋白，它对根瘤菌与豆科宿主间的亲和性起决定作用。花粉能否在柱头上萌发受精也决定于花粉外层的糖蛋白。

9. 细菌细胞壁主要由多糖组成，但也含有蛋白质和脂质。革兰阳性细菌的细胞壁是由多层网状结构的肽聚糖组成，并有磷壁酸与之相连。革兰阴性细菌的细胞壁也含有肽聚糖，但只是单层，并且不含磷壁酸，此外在肽聚糖外面覆盖着一层脂双层膜，是由脂多糖、脂蛋白、膜孔蛋白和磷脂组成。肽聚糖中的肽键主要是四肽侧链的 N 端通过酰胺键与 N-乙酰胞壁酸残基上的乳酸基相连接。糖蛋白中肽键有两种连结方式：

N-糖肽键和 O-糖肽键。N-糖肽键是指 N-乙酰葡萄糖胺异头碳与天冬酰胺的 γ -酰胺 N 原子共价连接而成的 N-糖苷键。O-糖肽键是糖基异头碳与蛋白质的羟基连接而成的糖苷键。

10. 用酸水解海藻糖只生成 D-葡萄糖，证明海藻糖由 D-葡萄糖组成。海藻糖是一种非还原性二糖，没有变旋现象，不能生成脎，也不能用溴水氧化成糖酸，说明它的两个单糖基通过 1,1'-糖苷键相连。可用 α -葡萄糖苷酶水解，但不能用 β -葡萄糖苷酶水解，说明是 α -糖苷键。甲基化后水解生成两分子 2,3,4,6-四-O-甲基-D-葡萄糖，说明其葡萄糖是吡喃型。根据以上推测可知海藻糖的结构是 D-吡喃葡萄糖 $\alpha(1 \rightarrow 1)$ -D-吡喃葡萄糖，如图 1-2 所示。

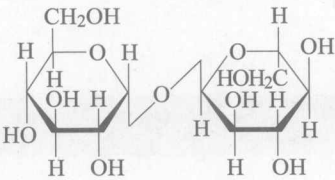


图 1-2 D-吡喃葡萄糖 $\alpha(1 \rightarrow 1)$
D-吡喃葡萄糖

11. 代入公式 $[\alpha]_D^{20} = a \times 100 / (LC)$ 有： $138 = (23 \times 100) / (1 \times C)$ ，解之可得： $C = 0.167 \text{g/ml}$ 。
12. α 异头物的比率为 36.5%， β 异头物的比率为 63.5%。