

高等学校试用教材  
普通生物化学  
上册  
郑集 编著

\*

人民教育出版社出版  
新华书店北京发行所发行  
湖北黄冈县印刷厂印装

\*

开本 787×1092 1/32 印张 12 字数 289,000  
1979年4月第1版 1979年9月第1次印刷  
印数 1—26,000

书号 14012·023 定价 0.88 元

---

# 编写说明

一、本教材是根据 1977 年 10 月在成都召开的生物教材会议修订大纲编写的,着重介绍生物化学的基础知识和某些新成就。全书共 15 章,前 14 章是基本教材,第 15 章则可供不同专业选用。

二、为便于学习,在编写时努力遵循辩证唯物主义的认识规律,力求取材精练,安排合理,由浅入深、由易到难,重视科学性、系统性和相关性。在论述糖类、脂类、蛋白质和核酸时,特别强调了结构和功能的关系。一般是由概念到结构,由结构到性质和功能,由功能到应用。在代谢各章中,尽量与已讲过的有关内容作有机联系,以阐明糖、脂、蛋白质和核酸等在生物界的重要性和激素、维生素、酶、生物膜和细胞器与代谢的密切关系。

三、本书的章节安排有下列几点考虑:

1. 维生素放在酶之前讲,是为了给讲辅酶打基础,避免在讲辅酶时罗列许多繁复的维生素结构式。

2. 生物氧化安排在代谢各章之后,目的在使读者联系代谢各章的事实来理解生物氧化的理论,并明确生物氧化是各种物质代谢的共有反应。

3. 在代谢各章中先讲合成,后讲分解。这样安排较切合于生命物质的进化规律,因而也更合乎事物发展的逻辑。

4. 为了及时启发学生思考问题,分析问题,对教材的重点和难点深入理解,本教材在每章重点、难点之后,分别插入一两个思考题。每章末再列少数总结性思考题,使学生在学完一章之后再回忆和复习全章的主要内容,借以加强理解和记忆。为了帮助学生掌握每章重点,在每章开始时加了内容提要和学习指导。

5. 为了避免某些部分的繁复性和学习上的困难性, 而将难点分散。例如将维生素的化学结构放在维生素章先讲, 在讲酶的辅酶时就比较容易。又如先将与蛋白质生物合成有关的各种核酸功能在核酸一章中讲述, 就大大地减少学习蛋白质的生物合成时的困难。

6. 为了使学生知道各种代谢发生的场所, 本书在代谢各章之前特别安排细胞的生化机构一章; 为了使学生对代谢调节有明确概念, 并体会神经系统、遗传基因、酶和激素对代谢调节的重要性和相互关系, 本书除在代谢各章中分别阐述有关调节机理外, 并在代谢各章之后设代谢调节综述一章作总结性的综述。

上述这些安排是编者多年讲授本学科的经验总结, 实践证明是有利于学生学习和提高教学效果的。

四、全书所用名词基本上以《英汉生物化学词汇》、《化学化工名词汇编》及《医学名词汇编》为依据。个别由编者试拟的和有分歧的名词均加脚注, 并附外文原名, 以供参考。专用名词代号, 除在书中第一次出现时分别注解外, 并将各种代号及其中、外文全名汇刊于本书之末, 以备查阅。氨基酸的西文代号是国际通用符号, 为培养学生阅读其他有关文献, 本书有意识地将各种氨基酸的中、西文名在不同地位交替使用。

五、在本书编写过程中南京大学生化组袁玉荪、朱婉华、朱德煦、韩仪、吕慧梅和陈钧辉等同志曾分别通读或校对了个别章节, 并提出宝贵建议; 生物系胡蓓蒂同志代绘了全部插图。1978年10月在南京, 由北京大学、复旦大学、吉林大学、厦门大学、四川大学、中国科技大学、南开大学、南京大学参加审稿, 定为高等院校生物系有关专业试用教材。各审稿单位代表辛劳地审阅了全稿, 并提出宝贵意见, 对此, 作者均致以深切谢意。

郑 集 1979年3月于南京

# 目 录

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 绪 论 .....          | 1   |
| 第一章 糖类化学 .....     | 4   |
| 第二章 脂类化学 .....     | 55  |
| 第三章 蛋白质化学 .....    | 86  |
| 第四章 核酸化学 .....     | 175 |
| 第五章 激素化学 .....     | 214 |
| 第六章 维生素化学 .....    | 251 |
| 第七章 酶化学 .....      | 306 |
| 第八章 细胞及其生化机构 ..... | 348 |

# 绪 论

## 内 容

1. 生物化学的涵义
2. 生物化学在生物学中的地位及其在社会主义建设中的作用
3. 生物化学的学习方法

### 1. 生物化学的涵义

生物化学是介于生物与化学之间的边缘科学。它是用化学的理论和方法作为主要手段研究生物的边缘科学，其任务是阐述构成生物体的基本物质(如糖类、脂类、蛋白质、核酸等)的结构、性质及其在生命活动(如生长、生殖、代谢、运动等)过程中的变化规律。从研究对象分类，可分为动物生物化学及植物生物化学。前者以人体及动物为研究对象，后者以植物为研究对象。如果研究对象不局限于动物或植物，而是一般生物，则称普通生物化学。如果以生物(特别是动物)的不同进化阶段的化学特征(包括化学组成和代谢方式)为研究对象，则称进化生物化学或比较生物化学。此外，根据不同的研究对象和目的，生物化学还可有许多分枝。如微生物生化、医学生化、农业生化和工业生化等等。

生物化学虽然是一门年轻的科学，但前人因生活的需要，很早就已经通过实践在生产、饮食、医药卫生等各方面积累了许多与生化有关的经验，如酿酒、制饴、做酱以及用海藻治地方性甲状腺肿(粗脖子病)，用猪肝治夜盲等。到十九世纪，由于有机化学和生

物学的发展以及社会生产与科学实验的需要，生物化学才成为今天的一门独立科学。

## 2. 生物化学在生物科学中的地位 及其在社会主义建设中的作用

生物化学是各门生物科学(包括应用生物科学)的基础。借助它的理论和方法，有利于解决科学实验和生产斗争中所提供的许多问题。

近代生物化学主要是在分子水平上研究生物体的化学本质及其在生命活动过程中的化学变化规律，如欲深入了解各种生物的生长、生殖、生理、遗传、生命起源和演化等现象，都需要用生物化学的原理和方法进行探讨。因此，生物化学是各门生物科学的基础，特别是生理学、微生物学、遗传学、细胞学等各科的基础，在分子生物学中占有特别重要的位置。

生物化学又是医学、农学(包括农、林、牧、渔等)、某些轻工业(如制药、酿造、皮革、食品等)和营养卫生学等科目的基础，与人民的健康，工、农业生产上的改进，都有一定关系。为了便于今后的学习和工作，有必要学习一些最基本的生化知识和技术。

## 3. 生物化学的学习方法

生物化学虽然与化学，特别是有机化学密切相关，但性质毕竟有所不同，主要区别是生化反应是在生物体内进行的，反应的环境比体外复杂，一般有生物催化剂(酶)<sup>①</sup>参加。有些在体外发生的反应，在体内就不一定照样进行，因此，不能简单地根据体外的化

<sup>①</sup> 酶是生物催化剂的总称，将详本书第七章。

学反应去理解体内的反应。

学习生物化学时,应对教师指定的教材内容作全面了解,分析比较,明确概念;对糖类、脂类、蛋白质、核酸以及其他有关化学物质的学习,要从化学本质和结构特点出发,联系它的性质和功能;对每章的重点内容应深入钻研,弄懂,记熟。

在学习过程中应与先修和并修课程(如有机化学)内容相联系,以促进理解,加强记忆。认真学习,重视实验工作,提高动手能力。

#### 思考题

1. 什么叫生物化学?其重要性及任务为何?
2. 应该如何学习生物化学?

# 第一章 糖类化学

## 内 容

|                     |    |                         |    |
|---------------------|----|-------------------------|----|
| 1.1 糖的概念 .....      | 5  | 1.5 多糖 .....            | 37 |
| 1.1.1 分布及其重要性 ..... | 5  | 1.5.1 淀粉 .....          | 39 |
| 1.1.2 糖的化学概念 .....  | 5  | 1.5.2 糖元 .....          | 40 |
| 1.1.3 糖的分类 .....    | 6  | 1.5.3 纤维素 .....         | 41 |
| 1.2 单糖 .....        | 7  | 1.5.4 琼胶 .....          | 43 |
| 1.2.1 单糖的结构 .....   | 7  | 1.5.5 果胶 .....          | 43 |
| 1.2.1.1 链状结构 .....  | 7  | 1.5.6 粘多糖 .....         | 44 |
| 1.2.1.2 环状结构 .....  | 12 | 1.5.6.1 透明质酸 .....      | 45 |
| 1.2.2 单糖的性质 .....   | 18 | 1.5.6.2 硫酸软骨素 .....     | 45 |
| 1.2.2.1 物理性质 .....  | 18 | 1.5.6.3 肝素 .....        | 46 |
| 1.2.2.2 化学性质 .....  | 20 | 1.5.7 细菌多糖 .....        | 46 |
| 1.3 二糖 .....        | 32 | 1.5.7.1 肽聚糖 .....       | 46 |
| 1.3.1 蔗糖 .....      | 32 | 1.5.7.2 菌壁酸(磷壁酸质) ..... | 48 |
| 1.3.2 麦芽糖 .....     | 33 | 1.5.7.3 脂多糖 .....       | 51 |
| 1.3.3 乳糖 .....      | 34 | 总结性思考题 .....            | 53 |
| 1.4 三糖 .....        | 36 |                         |    |

**提要**与**学习指导** 本章的主要内容是糖的概念、分类以及单糖、二糖和多糖的化学结构和性质。读者应首先重点掌握典型单糖(葡萄糖和果糖)的结构和性质,再从单糖的基础上去理解二糖和多糖的结构和性质。学会用比较、分析的方法去认识各种重要糖类的特征。在学习单糖的结构和性质时要联系有机化学醛、酮的化学结构和性质。



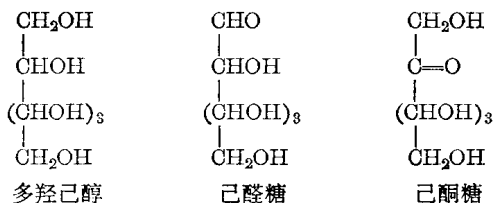
## 1.1 糖 的 概 念

**1.1.1 分布及其重要性** 糖类广布于动植物体中,所有生物的细胞质和细胞核皆含核糖,动物血液含有葡萄糖,肝脏、肌肉中含有糖元<sup>①</sup>,乳汁含有乳糖。植物体的组分约85~90%为糖类。植物的细胞壁、木质部、棉花、竹木等除水分以外,几乎全是由纤维素所组成。粮食(谷类)含丰富的淀粉,甘蔗和甜菜含大量蔗糖,鲜果含果糖和果胶。所有这些核糖、葡萄糖、果糖、乳糖、蔗糖、糖元、果胶、纤维素、淀粉以及麦芽糖(俗称饴糖)等都属于糖类。

糖类对人类十分重要,我们所用的竹、木、麻、棉制品,吃的米、麦、杂粮、糖果,工业和医药上用的各种糖都是属于糖类的物品。人体及动物的器官和个体活动(包括作工)所需的能量主要靠食物中的糖类(特别是淀粉)供给。植物的种子萌发和生长所需的能源主要靠其自身制造的淀粉。食草动物(如牛、羊等)和某些微生物能利用纤维素作能源。

**1.1.2 糖的化学概念** 糖类是多羟醛或多羟酮及其缩聚物和某些衍生物的总称。

单糖是不能水解的最简单糖类,是多羟醇的醛或酮的衍生物,如葡萄糖、果糖等。下列的第一式为多羟醇,第二式为第一式的醛衍生物,称醛糖,第三式为第一式的酮衍生物,称酮糖。



<sup>①</sup> 元与原通,凡表示某种化合物前体的原,本书一律用元。

二糖,亦称双糖,是由单糖分子通过糖苷键连接而成,如蔗糖等。

多糖是由多个单糖分子或其衍生物所组成。如淀粉、糖元、粘多糖等。

绝大多数糖类的实验分子式可用  $C_n(H_2O)_n$  式子来表示,因而有碳水化合物之称。但符合  $C_n(H_2O)_n$  式的化合物不一定是糖,如乙酸即其一例;相反,有的糖的分子式并不符合  $C_n(H_2O)_n$  式子,如鼠李糖( $C_6H_{12}O_5$ )、岩藻糖( $C_6H_{12}O_5$ )等。

还有一些多糖是同非糖物质如肽、脂质或硫酸相连接的;也有一些多糖的组成单位不是单纯的单糖,而是单糖的衍生物如乙酰糖胺、硫酸糖胺或糖醛酸。

### 1.1.3 糖的分类 糖类可分为单糖、低聚糖和多糖三大类:

一、单糖 根据所含碳原子数目又分为丙糖、丁糖、戊糖和己糖。每种单糖都有醛糖(含醛基)和酮糖(含酮基)。

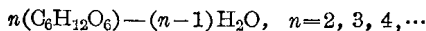
二、低聚糖 由2~6或2~10分子的单糖结合而成,水解后产生单糖。

二糖: 由两分子单糖结合而成,如蔗糖、麦芽糖和乳糖等。

三糖: 由三分子单糖所组成,如棉子糖。

三、多糖 由多分子单糖或其衍生物所组成,水解后产生原来的单糖或其衍生物。分同聚多糖和杂聚多糖。前者为相同单糖所组成,又分戊聚糖( $C_5H_8O_4$ )<sub>n</sub>,如阿拉伯胶,己聚糖( $C_6H_{10}O_5$ )<sub>n</sub>,如淀粉、纤维素、糖元等;后者为一种以上的单糖或其衍生物所组成,如半纤维素、粘多糖等。

低聚糖的通式,以六碳低聚糖为例,可表示如下:



多糖是单糖或其衍生物的高聚合体。严格地说,它的通式和低聚糖的通式相同,但因多糖分子含单糖分子多,当  $n$  很大时,上

面式子中的  $n-1$  就可看作等于  $n$ , 例如:

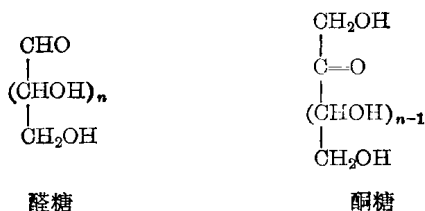


因此, 已聚糖的分子式用  $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$  来表示, 其他多糖类推。

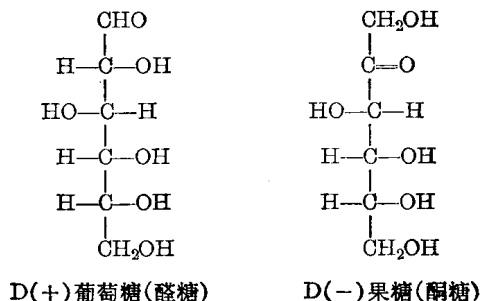
## 1.2 单 糖

### 1.2.1 单糖的结构

**1.2.1.1 链状结构** 单糖是多羟醛或多羟酮, 又因葡萄糖被钠汞齐(钠和汞的合金)和  $\text{HI}$  还原后生成正己烷, 被浓  $\text{HNO}_3$  氧化产生糖二酸(二羧酸), 而多羟醛、多羟酮、正己烷和糖二酸等都是开链化合物, 所以单糖的结构也必然是链状的, 可用下列通式表示醛糖和酮糖:



以 D-葡萄糖和 D-果糖作代表, 它们的结构可表示如下式:



开链醛糖和开链酮糖皆含有羟基和不对称碳原子，所不同者是 D-果糖比 D-葡萄糖分子少一个不对称碳原子，D-果糖第 2 碳位为酮基(亦称羰基)，而 D-葡萄糖分子的第 1 碳位为醛基。这些特殊功能基团是决定单糖特性的基础。

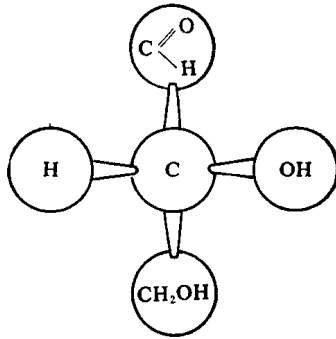
单糖的 D-及 L-型: 单糖有 D-及 L-两种异构体，凡在理论上可由 D-甘油醛(即 D-甘油醛糖)衍生出来的单糖皆为 D-型糖，由 L-型甘油醛衍生出来的单糖皆为 L-型糖，所以 D-及 L-符号仅表示各有关单糖在构型上与 D-甘油醛或 L-甘油醛的构型关系，与其旋光性无关。如果要表示旋光性，则在 D 后加(+)号，表示右旋，加(-)号表示左旋，例如 D(-)果糖即表示果糖的构型与 D-甘油醛相同，而旋光性是左旋。

甘油醛的 D-或 L-型最初是随意规定的。甘油醛与其他单糖一样，含有不对称碳原子。在一个不对称碳原子上的 H 和 OH 基有两种可能排列法，即 OH (或 H)可在不对称碳原子的左边，也可在不对称碳原子的右边，因而可形成两种对映体。OH 在甘油醛的不对称碳原子右边者[即在与 —CH<sub>2</sub>OH 基邻近的不对称碳原子(有\*号的)的右边]曾主观地被称为 D-型，在左边者称 L-型，例如:

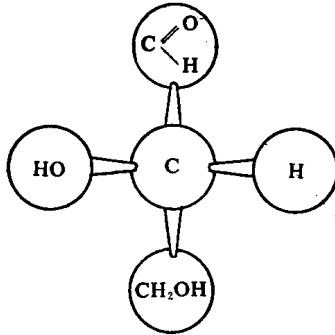


如将甘油醛分子做成立体模型，则 D-及 L-甘油醛两个对映体的结构可表示如图 1-1。

根据这种方法，从 D-甘油醛可能衍生出 2 个 D-丁糖，4 个



D-甘油醛



L-甘油醛

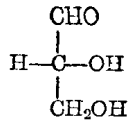
图 1-1 甘油醛的构型(对映体)

D-戊糖, 8 个 D-己糖; 从 L-甘油醛亦可能衍生出同样数目的 L-型单糖。D-与 L-型单糖互为对映体。

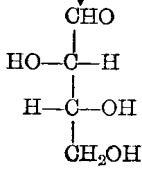
### 思考题

1. 什么叫不对称碳原子?
2. 糖的 D-和 L-型是如何决定的?
3. 怎样理解单糖的对映体? 你能否设计一个简单模型来说明单糖的对映体?

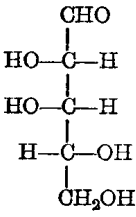
由 D-甘油醛衍生的  $C_4 \sim C_6$  单糖可表示如下:



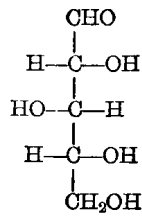
D(+)-甘油



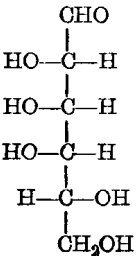
D(+)-苏阿糖



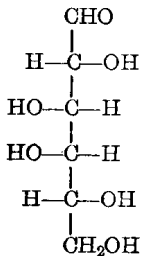
D(-)-来苏糖



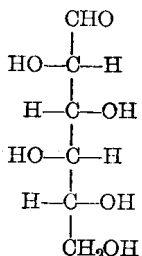
D(+)-木糖



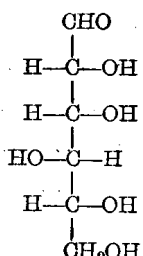
D(+)-塔洛(罗)糖



D(+)-半乳糖

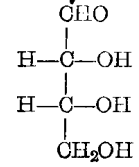


D(-)-艾杜糖

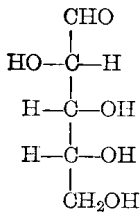


D(-)-古洛糖

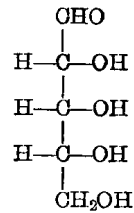
醛糖



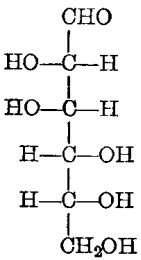
D(-)赤藓糖



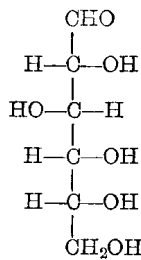
D(-)阿拉伯糖



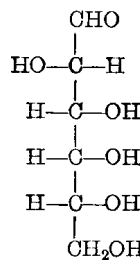
D(-)核糖



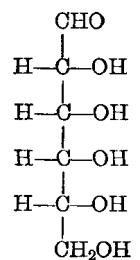
D(+)甘露糖



D(+)葡萄糖



D(-)阿拉伯糖(卓糖)



D(+)阿洛糖

同样,酮糖可从二羟丙酮(甘油酮糖)衍生出来。

自然界中存在的醛糖有 D-甘油醛糖、L-阿拉伯糖、D-木糖、D-核糖、D-葡萄糖、D-甘露糖和 D-及 L-半乳糖等几种。

酮糖只有甘油酮糖(即二羟丙酮  $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CO}-\text{CH}_2\text{OH}$ )、L-木酮糖和 D-果糖存在于自然界。

D-葡萄糖、D-果糖与人类关系较密切。人体的血糖几乎全是 D-葡萄糖,医疗上注射用的糖也是葡萄糖。D-果糖存在于水果中,比葡萄糖甜。

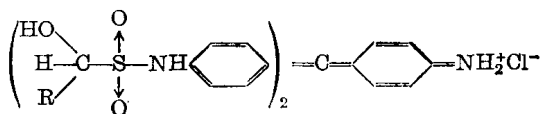
**1.2.1.2 环状结构** 如果链状结构是单糖的唯一结构,则单糖中的醛糖本身就属醛类,它的性质应与一般醛类相同。事实上,单糖的性质常与一般醛类有出入,不能用开链结构来解释单糖的这些性质。例如:

1. 葡萄糖的醛基不如一般醛类的醛基活泼,也不如一般醛类能与  $\text{NaHSO}_3$  和 Schiff 试剂<sup>①</sup>起加合作用。

2. 一般醛类在水溶液中只有一个比旋度,但新配制的葡萄糖水溶液的比旋度随时间而改变。

这些性质都不是链状结构所能圆满解释的,但如葡萄糖有环状结构,即可迎刃而解。因为原来链状式中的醛基在环状式中变成了半缩醛( $-\text{CHOH}$ )基,所以不如自由醛基活泼。此外,环状式中第一碳原子的 H 与 OH 原子基团可以左右调换位置,故有一个以上的比旋度。

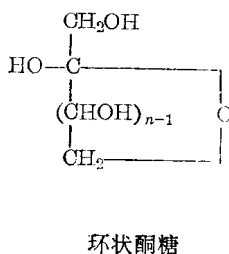
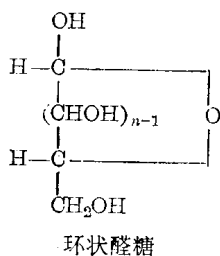
<sup>①</sup> Schiff 试剂是鉴定醛基的试剂。先加  $\text{H}_2\text{SO}_3$  于品红溶液使成为无色加合物,加入醛时,则  $\text{H}_2\text{SO}_3$  与醛的醛基结合,溶液呈紫红色。环状结构的糖分子因醛基性质不显著,故无此反应。



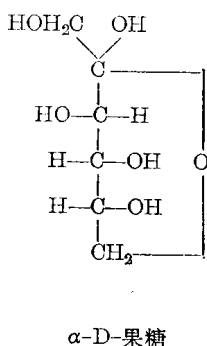
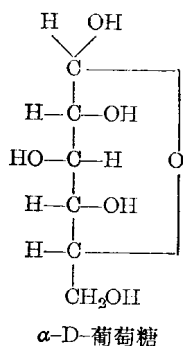
紫红色物质的结构式



根据这些论点, 化学家 (A. A. Копп, B. Tollen, E. Fischer) 先后认为单糖不仅有链状结构, 同样还有环状结构。



因此, D-葡萄糖和 D-果糖的结构式又可写如下式:



(E. Fischer 式)

其他单糖同样可以用环状结构表示。

单糖的链状结构和环状结构, 实际上是同分异构体。环状结构最重要, 以葡萄糖为例, 在晶体状态或在水溶液中, 绝大部分是环状结构, 在水溶液中链状结构和环状结构是可以互变的, 糖的水溶液总含有少量的自由醛基(指链状糖), 故呈醛的性质。

**一、单糖的 α-和 β-型** 由于环式第 1 碳原子是不对称碳, 与其相连的 H 和 OH 基的位置有两种可能排列方式。(OH 可在碳原子的左边或右边), 因而就有两种构型的可能。决定 α-、β-型的依据和决定一个糖的 D-、L-构型的依据相同, 都是以分子末端