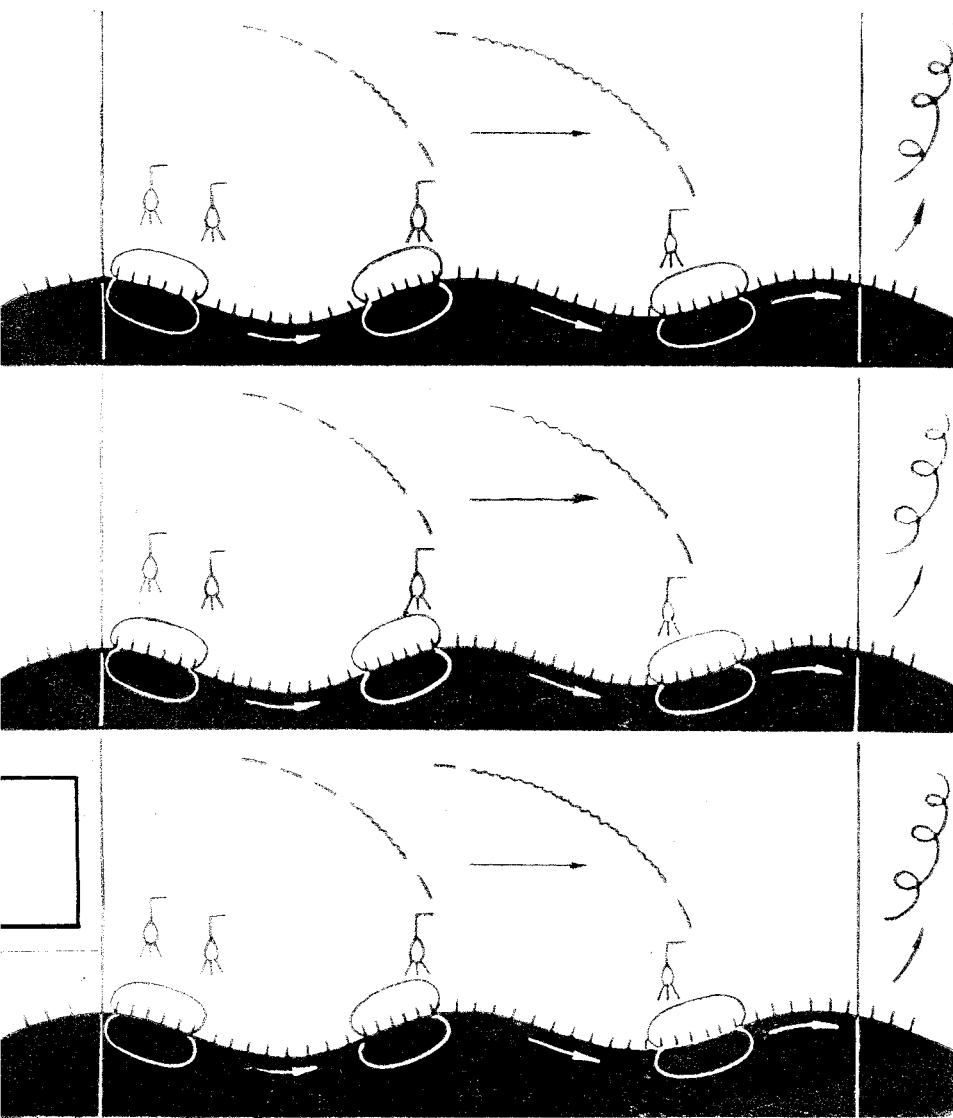


简明生物化学

高祖全 苏同进 朱本明 编译·科学出版社



内 容 简 介

本书系统地介绍了生物化学方面的基础知识,包括糖类、脂类、蛋白质、酶及其调节、能量和生物化学反应、代谢、遗传的分子基础、体液和运输等。内容深入浅出,简明扼要,并配有图表;每章后都有习题,可供读者自测验,书末有答案备查。

本书可供与生物化学有关的专业人员与技术人员阅读,也可供中学生物教师参考。

简 明 生 物 化 学

高祖全 苏同进 朱本明 编译

责任编辑 高小琪

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1988 年 5 月第 一 版 开本: 787×1092 1/32

1988 年 5 月第一次印刷 印张: 9 1/2

印数: 0001—5,650 字数: 184,000

ISBN 7-03-000350-0/Q·68

定 价: 2.50 元

编译者的话

生物化学不仅是生物科学中的一个重要分支,而且与许多学科密切相关。生物化学知识在实际应用方面(如医学临床、营养卫生、农林牧渔业,轻工业等)也十分重要。

对于迫切希望学习生物化学知识的读者来说,目前出版的厚厚的生物化学教材往往使他们感到难以掌握要领。如能提供一本简明又较为系统地介绍最基本的生物化学知识的书籍,无疑将有助于他们的学习,并会受到欢迎。

本书系根据美国新墨西哥大学马姆(Miriam Malm)编著的《有机与生物化学基础》(Fundamentals of Organic and Biochemistry, 1980)编译而成。原书作为教材,出版前曾在该校使用多年,深受学生欢迎。该书在兼顾广度和深度的同时,用较短篇幅简明扼要地概述了目前生物化学的最重要的基本内容,取材较新,又侧重实用。该书按照“由表及里”的顺序,逐步深入,使读者容易领会。先通过糖类、脂类、蛋白质的学习,弄清人和动物必须从外界环境摄取养料和能源;继而随同这些被摄入物质到达他们的贮存或利用部位,研究生命过程的能量关系和调节作用;最后较细致地叙述细胞内进行的主要生物化学过程和代谢途径。每章最后都有习题,并附有答案,可供读者自测,以了解对所学习知识的掌握程度。书

中配合叙述的一些插图较为形象,可以帮助读者加深理解。

为了使本书更符合读者要求,我们对内容编排作了调整,如将原来分散在各节的习题和章后考查题合并编排在每章最后,答案列于书末。另外,还补充了近几年来生物化学新进展的材料,增加了有些发展较快而原书又提及较少的内容(如遗传的分子基础,蛋白质结构等),并力求与原书格调一致。原书中个别印刷错误和不妥处,也作了修正。

本书承中国科学院上海生物化学研究所沈昭文教授在百忙中抽时间仔细严谨地审校,编译者在此表示衷心感谢。

本书各章编译者分别为:第一章朱本明;第二、六、七、八章高祖全;第三、四、五章苏同进。

由于编译者水平有限,书中难免有错误和不妥处,恳请读者批评指正。

1986年6月

目 录

编译者的话

第一章 糖类.....	1
第一节 糖类及其分类.....	1
第二节 单糖.....	3
第三节 二糖.....	19
第四节 多糖.....	22
第五节 特殊的糖类.....	26
习题.....	27
第二章 脂类.....	36
第一节 脂的分类.....	36
第二节 脂肪酸脂.....	37
第三节 异戊二烯脂.....	53
第四节 生物膜.....	57
习题.....	60
第三章 蛋白质.....	65
第一节 氨基酸.....	66
第二节 肽.....	75
第三节 蛋白质的空间结构.....	81
第四节 纤维状蛋白与球状蛋白.....	91
第五节 蛋白质的一般化学性质.....	94
第六节 蛋白质摄入后的去向.....	97
习题.....	98

第四章 酶及其调节	105
第一节 酶的命名、分类及其化学组成	105
第二节 酶的作用机理	116
第三节 酶促反应动力学	120
第四节 酶反应的调节	125
习题	141
第五章 能量和生物化学反应	149
第一节 能的性质	150
第二节 ATP 与能量传递	153
习题	161
第六章 代谢	166
第一节 代谢过程的细胞定位	166
第二节 糖酵解	167
第三节 葡萄糖的有氧氧化	172
第四节 血糖的调节	182
第五节 脂代谢	184
第六节 氨基酸代谢	193
第七节 代谢过程的相互联系	198
习题	201
第七章 遗传的分子基础	207
第一节 核酸的化学组成和基本结构	207
第二节 DNA	210
第三节 RNA	215
第四节 遗传密码	219
第五节 蛋白质生物合成	221
第六节 基因表达调控	226
第七节 基因缺陷和分子遗传病	229
习题	230

第八章 体液和运输.....	233
第一节 体液的一般性质.....	233
第二节 消化、吸收和运输.....	235
第三节 体液交换.....	238
第四节 电解质平衡和体液调节.....	243
第五节 体液交换的失常.....	245
第六节 血液成分及其功能.....	249
第七节 止血和凝血.....	259
第八节 血红蛋白的降解.....	261
习题.....	263
习题答案.....	270

第一章 糖 类

第一节 糖类及其分类

一、什么是糖类？

糖类是植物产生的一类重要生物化学物质。它们广泛分布于生物体内，从细菌到高等动物都含有糖类。它们是植物的主要成分，约占植物干重的 80%，由碳、氢、氧等元素组成。在形成这类化合物的基本单位中，H 和 O 的比例与它们在水分子中的比例相同，而且每有一个 H_2O ，就有一个 C，因此这类化合物也有碳水化合物之称。其基本单位的分子通式是 $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_n$ 或写成 $\text{C}_n(\text{H}_2\text{O})_n$ 。这类物质通称为糖类，而一些较简单的碳水化合物也叫做糖。但是，并非所有符合这一通式的化合物都是糖，如乙酸即为例外；而且有的糖的分子式也并不符合此通式，如分子式均为 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_5$ 的岩藻糖、鼠李糖等。

糖类是植物光合作用的主要产物、副产物是分子氧 (O_2)。植物摄取结构简单的低能物质—— CO_2 和 H_2O ，利用太阳能，把它们转变成复杂的、富含能量的糖类。糖类的一部分组成植物的结构(如纤维素)，而另一部分被贮藏起来(如淀粉)。反之，动物则摄取植物的糖类，利用氧把它们又分解成 CO_2 和 H_2O ，同时将释放的能则用于合成另一种复杂的高

能物质——腺苷三磷酸 (ATP)。正是这个 ATP 提供了动物机体生命活动所需的能源。动物所摄取糖类的大部分用来产生 ATP, 并将其用于需能的生物化学过程。另外, 有一些糖类被用于合成含糖的化合物。还有一部分贮藏于糖类中的能量, 则转化为热量, 以维持体温。

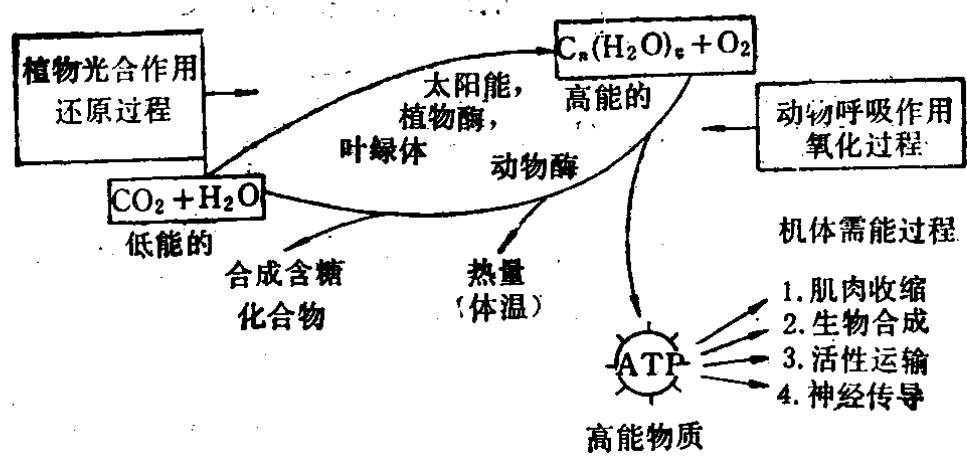


图 1-1 糖类的合成和利用

图 1-1 表明了所有上述糖类的合成和利用。

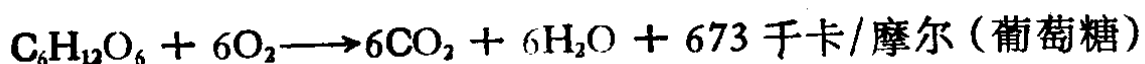
所谓高能量和低能量, 指的是分子中贮存的潜能 (化学能) 的量:

低能分子, 其电子相对于原子核有一个稳定的分布。

高能分子, 其电子相对于原子核有一个不稳定的分布, 分子中的潜能用来保持分子的这种不稳定状态。

物质中所贮存的能量有多少, 可以将其在热量计中燃烧而测得。所谓热量计是一种测量化学反应放出热量的仪器。例如, 将被认为是最重要的单糖——葡萄糖燃烧, 可以放出 673 千卡^①/摩尔:

① 1 千卡 = 4186.8 焦耳。



然而,实际上动物利用糖类时,只有很少一部分能量转化为热。至于 ATP 的结构以及糖类经过多少步反应变成 ATP 等问题,将在后面的章节说明。

二、糖 的 分 类

从化学结构上来看,糖类是一大类多羟基醛或酮的化合物,可以分为三类。单糖是不能水解的最简单糖类。每种单糖都有含醛基的醛糖和含酮基的酮糖,它们是寡糖和多糖的构成单位。寡糖由 2—8 个单糖构成;多糖则由 8 个以上单糖构成。最重要的和数量最多的寡糖是一些由二个单糖单位所组成的二糖。寡糖和多糖都是各种单糖的缩聚物,差别在于含单糖基的多少。此外,还有一些糖的衍生物,如氨基糖、糖磷酸酯、糖酸等。

下面首先让我们较为详细地介绍一下单糖。

第二节 单 糖

一、单糖的命名及结构

要把一个碳水化合物确定为单糖或简单的糖,其分子必须符合以下结构上的要求:

- 1) 必须有 3—9 个碳原子串在一条直链上;

2) 必须有一个醛基 (C-1) 或在 2 位上有一个酮基;

3) 除了羰基 C 以外, 每一个 C 必须连上一个 OH。

因此, 从它们的结构组成来看, 单糖也可以看作是多羟基醛或者是多羟基酮。

在命名糖时所用的特征英语词尾是 “-ose”, 单糖分为亚类的根据是:

1) 主链中的碳原子数目;

2) 羰基是醛或酮。

例如, 某一单糖有三个碳原子和一个醛基, 可以叫做丙醛糖; 而有六个碳原子和一个酮基的单糖就是己酮糖, 等等。除了根据上述两点来命名外, 每种单糖还有一个通常根据其来源命名的俗名, 例如葡萄糖最初是从葡萄中提取出来的, 即因此得名。

自然界中的单糖主要是六碳糖和五碳糖。常见的六碳糖有葡萄糖、半乳糖、果糖等, 重要的五碳糖是核糖和脱氧核糖, 它们是核酸的组成部分。

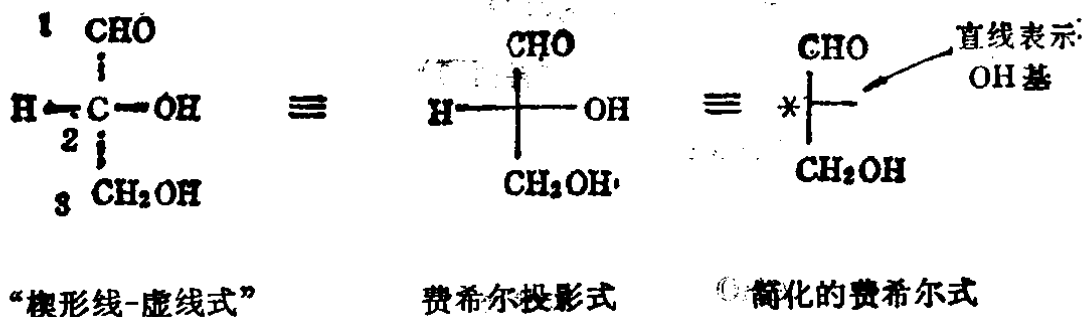
最重要的天然单糖是戊醛糖和己醛糖, 只有很少数几个重要的酮糖。

丙醛糖的英文名称为: aldotriose, 即是由 aldo (羰基)、-tri (三个 C 原子) 和 -ose (特征词尾) 组合而成。

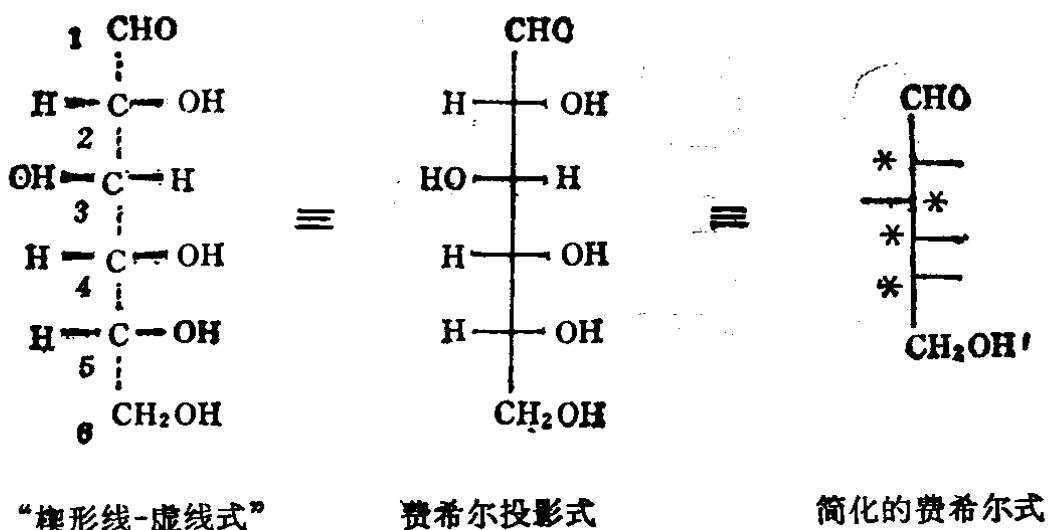
表示单糖结构的最常用方法是费希尔 (Fischer) 投影法。在画这种结构时, 我们必须设想分子可以由顶端第一个 C 原子以垂直线的方式展开, 中间的 C 原子四面体则以十字表示, 而与中间碳原子相连的 H 和 OH 基, 按定向放在左边或

右边。费希尔投影可以省去这些H符号,作进一步的简写。下面是最简单的醛糖——甘油醛以及重要的己醛糖——葡萄糖的几种不同的结构表示形式:

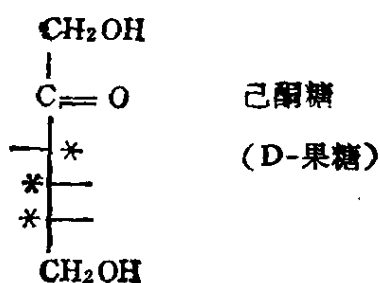
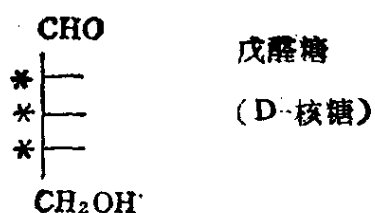
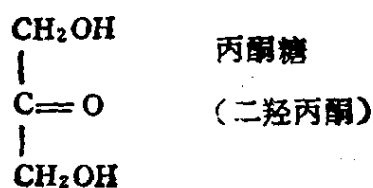
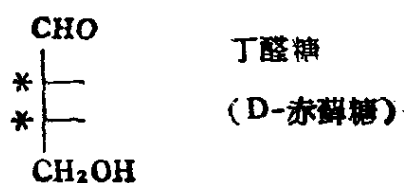
D-甘油醛(一种丙醛糖)



D-葡萄糖(一种己醛糖)



为了尽可能简明,本书采用这种简化的单糖结构式。下面是另一些重要单糖的简化结构,在亚类名称下面的括弧内是这些化合物的专有名称。名称中“D”的含义将在下面说明。



二、单糖的立体异构

如果我们回过头来再考察一下上述这些单糖的结构，那末可以清楚地看到，除了二羟丙酮以外，所有这些单糖都有一个或一个以上的不对称中心，如星号*所指出的那样，它们有一个或一个以上的连着四个不同基团的C原子。 D-甘油

醛有一个不对称中心, D-赤藓糖有二个, D-核糖和 D-果糖有三个, 而 D-葡萄糖则有四个。此外, 最简单的酮糖——丙酮糖, 即二羟丙酮, 则没有不对称中心。凡含有不对称碳原子者, 具有使平面偏振光的振动方向发生旋转的能力, 也就是有旋光性。

除了丙酮糖外, 以上的每一种单糖都只是一组立体异构体中的一个成员, 而立体异构体组中成员的数目取决于不对称中心的数目。例如, D-葡萄糖是己醛糖“组”中的一个成员, 这一“组”有十六个成员。每一成员连接在不对称碳原子上的 OH 基的排列方式, 都是彼此不同的。

有关这些“组”的一些情况列在下面:

- 1) 它们都有最大数目的立体异构体 (2^n , 这里 n — 不对称中心的数目)。
- 2) 不可能有内消旋化合物, 因为这个“组”中的任何一个成员都没有对称平面。
- 3) 每一“组”中的所有成员都有光学活性, (+或-)、(d 或 l)。

当糖链长度增加时, 不对称中心的数目也增加, 可能的立体异构体的数目也相应增加。

三、构型的指定

由于围绕 C—C 单键可以自由地转动, 分子在不断地改变构象。为了确定构型, 即确立某异构体中原子的特征性排

列，需要按照理论上“不变的”特定构象，即费希尔投影式旋转和摆布分子的位置。

为此，回忆一下构型和构象之间的区别也是必要的。

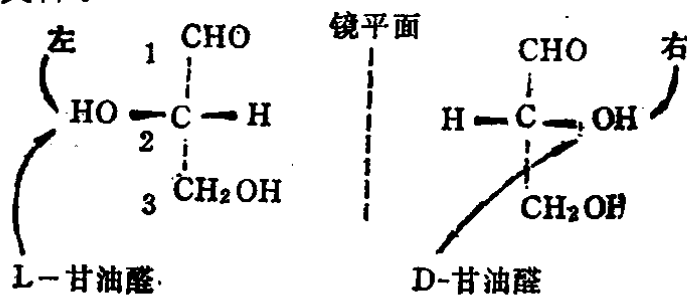
构型：如果没有共价键的断裂和形成，分子不能从一种构型变成另一种构型，所以不同的构型就是不同的分子。

构象：一个分子可以有許多不同的构象，只要通过围绕 C—C 单键的自由旋转，一种构象可以变成另一种构象，而没有共价键的断裂。

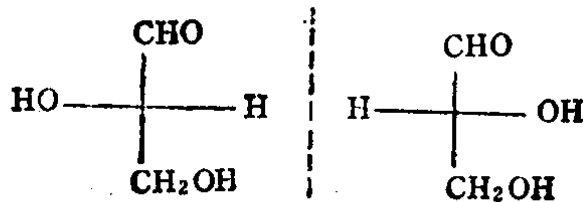
常用于确定单糖和其他一些生化物质构型的体系叫做 D—L 系。这是一个相对的体系，即指定分子的构型是根据它们与共同的参照标准进行比较来确定的。这个参照标准是结构最简单的有旋光性的单糖——丙醛糖，即甘油醛。

因为甘油醛有一个不对称中心，它可以有一对对映体。通常，其对映体可以如下图写出，并根据 OH 基在不对称碳原子上所处的位置，指定为 D 型或 L 型。

一对对映体：



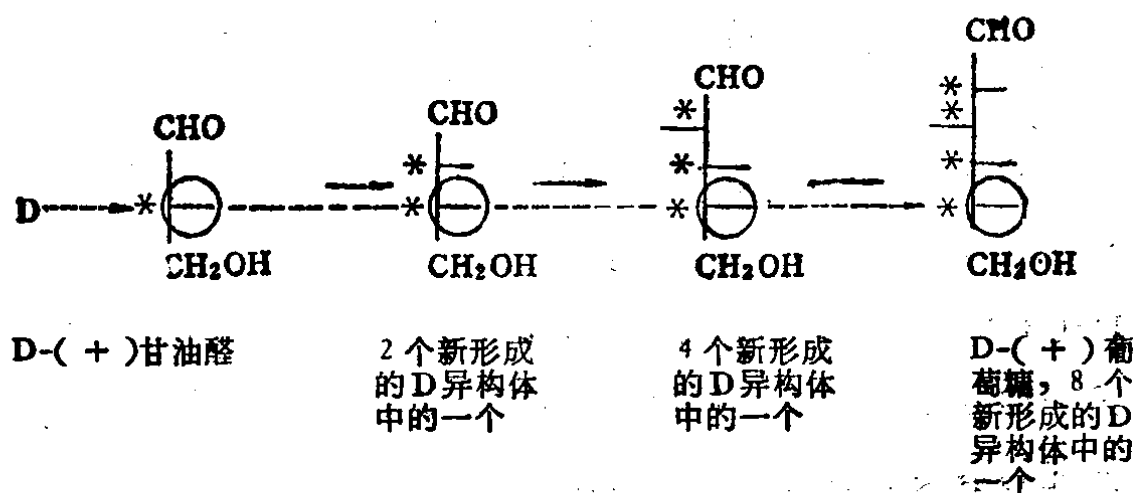
或者写成费希尔投影式：



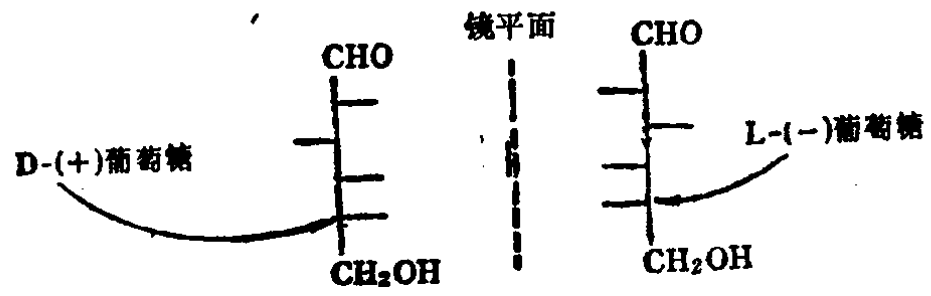
甘油醛异构体的全名是 D-(+) 甘油醛或 L-(-) 甘油醛。右旋的甘油醛，即(+)或*d*，最初是随意指定为 D 型结构的。后来，实验测定了它的绝对构型(真实构型)，发现和当初推测的构型是一致的，也就是说，(+)异构体的 OH 确实位于不对称碳原子的右边。

甘油醛被选为构型的参照物，是因为它可以通过加长碳链的方法，变成更高一级的醛糖，而不改变原先不对称碳原子的构型。D-甘油醛形成的，有更多碳原子的所有醛糖都是 D 型异构体；而由 L-甘油醛形成的醛糖，则都是 L 型异构体。所以，对于有更多碳原子的醛糖来说，D 或 L 的指定不包括旋光的确定，旋光和构型的指定两者之间没有什么联系。D 型异构体可以是(+)异构体，也可以不是。例如 D-葡萄糖是(+)或*d* 异构体，而 D-核糖和 D-果糖都是(-)或*l* 异构体(关于绝对构型的测定已超出本书范围，在此不作叙述)。

D-(+) 甘油醛加长链变成 D-(+)葡萄糖的梗概如下。若从 L-(-)甘油醛开始，则情况相同。链延长的每一步，有新的不对称中心形成，其结果就有二个新的异构体产生。



当 L-(一) 甘油醛的链加长三个碳原子时，总共产生 8 个 L-己醛糖，其中之一就是 L-(一) 葡萄糖，D-和 L-葡萄糖彼此互为对映体。



总起来说，16 个己醛糖中，8 个是 D 型异构体，8 个是 L 型异构体。有 8 对对映体，而每个 D 型异构体在 L 系列中有它的一个对映体。就任意一个糖来说，距离第一碳原子最远的不对称碳原子上的羟基位于右边的，被定为 D 构型，而这个羟基位于左边时，则被定为 L 构型。

自然界中的单糖都是 D 构型，天然产物中没有 L 型异构体。这一事实说明这种似乎很小的结构差别的重要性。自然界选择某一种构型作为它的组建单位，表明了立体化学在生物化学中的重要作用。这只是许多同类例子中的一个。

四、变旋现象和单糖的环式结构

若干年以前，人们根据所观察到的比旋光度就断定有二种不同的 D-(+) 葡萄糖。首先，可以发现当一种结晶形 D-(+) 葡萄糖最初溶解于水时，它的旋光度为 +112°；而另一种结晶形 D-(+) 葡萄糖的旋光度则是 +18.7°。又一新发现的事实是这两种溶液的旋光度会慢慢地发生变化，当旋