

21世纪高等学校辅导教材——生物类丛书

SHENGWU HUAXUE
XUEXI ZHIDAO YU TIJIE

生物化学 学习指导与题解

刘曼西 主编

华中科技大学出版社



21 世纪高等学校辅导教材——生物类丛书

生物化学 学习指导与题解

主 编	刘曼西
副主编	甘 莉
参 编	朱 敏
	丰胜求

华中科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

生物化学学习指导与题解/刘曼西 主编
武汉:华中科技大学出版社,2003年10月
ISBN 7-5609-3042-5

I. 生…

II. ①刘… ②甘… ③朱… ④丰…

III. 生物化学-高等学校-教学参考资料

IV. Q5

生物化学学习指导与题解

刘曼西 主编

策划编辑:周芬娜

封面设计:潘 群

责任编辑:周芬娜

责任监印:张正林

责任校对:刘 飞

出版发行:华中科技大学出版社

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87545012

录 排:华中科技大学出版社照排室

印 刷:华中科技大学印刷厂

开本:850×1168 1/32

印张:18.875

字数:456 000

版次:2003年10月第1版

印次:2003年10月第1次印刷

定价:23.00元

ISBN 7-5609-3042-5/Q·18

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本书是高等学校生物类系列课程辅导丛书之一,也是与高等教育出版社出版的,由沈同、王镜岩等主编的《生物化学》(第二、三版)相配套的学习用书。本书前 21 章的每章由学习要点、典型例题、自测试题及解答组成,后两章由模拟试题、硕士研究生入学考试试题,及其解答组成。本书的特点,一是提供了详尽的学习提要,以帮助学生把握生物化学的主干和核心;二是在习题的编写上兼顾各种题型、各个章节内容和多种思维的训练;三是尽可能地涵盖沈同、王镜岩等主编的《生物化学》(第二、三版)的主要内容;四是内容翔实丰富,学生可根据需要从中选择。

本书可供理、工、农、医等学校生物类专业教师、学生使用,并可作为学生考研的参考书。

前 言

生命科学的巨大变化源自生物化学、分子生物学和相关学科的发展。今天所有学习生命科学的学生都意识到良好的生物化学基础对他们今后的学习与工作是多么重要。但是面对一个如此庞杂和深刻的生物化学知识体系,初学者常常感到茫然和困惑,由于系统的习题训练可以帮助和引导学生克服这种困难。因此有必要编写一本密切联系和反映最新生物化学教材内容的学习指导与题解辅导教材,供学习参考。

过去我们一直采用沈同、王镜岩等先生主编的《生物化学》教材。本书编写之际,正值他们的《生物化学》第三版出版之际,新版《生物化学》的丰富内容和详尽透彻的释义说明深深吸引了我们,使我们获益不少。我们也研究了国际上一些著名的生物化学教材和教学网站的教学大纲和习题设置,对当今生物化学的发展趋势和核心内容有了更深刻的认识。在学习与研究国内外这些优秀教材的基础上,我们确定了本书编写大纲。总的来说本书的特点,一是提供了较为详尽的学习提要,可以帮助学生把握生物化学的主干和核心;二是在习题的编写上兼顾了各种题型、各个章节内容和多种思维的训练;三是尽可能地涵盖了王镜岩等先生主编的《生物化学》第三版的主要内容;四是内容翔实丰富,学生可根据需要从中选择。本书可供理、工、农、医等学校生物类专业教师、学生使用,并作为学生考研的参考书。

本书的完成有赖于下列教师的辛勤工作:

刘曼西(华中科技大学):第1~21章的学习要点,第1~8章典型例题、自测试题及解答,模拟试题(1~6)及解答,硕士研究生入学考试试题(1~3)及解答;

朱敏(华中科技大学):第9~14章典型例题、自测试题及解答;

甘莉(华中农业大学):第18~19,21章典型例题、自测试题及解答,硕士研究生入学考试试题(4)及解答;

丰胜求(华中农业大学):第15~17,20章典型例题、自测试题及解答。

全书由刘曼西统稿与定稿。

编 者

2003年7月于武汉

目 录

第1章 糖	(1)
1.1 学习要点	(1)
1.2 典型例题	(6)
1.3 自测试题	(11)
1.4 自测试题解答	(16)
第2章 脂类	(19)
2.1 学习要点	(19)
2.2 典型例题	(23)
2.3 自测试题	(26)
2.4 自测试题解答	(29)
第3章 氨基酸和肽	(32)
3.1 学习要点	(32)
3.2 典型例题	(36)
3.3 自测试题	(42)
3.4 自测试题解答	(49)
第4章 蛋白质	(53)
4.1 学习要点	(53)
4.2 典型例题	(66)
4.3 自测试题	(81)
4.4 自测试题解答	(95)
第5章 酶	(102)
5.1 学习要点	(102)
5.2 典型例题	(112)
5.3 自测试题	(127)
5.4 自测试题解答	(142)

第 6 章 核酸	(152)
6.1 学习要点	(152)
6.2 典型例题	(159)
6.3 自测试题	(167)
6.4 自测试题解答	(175)
第 7 章 生物膜和物质跨膜运输	(182)
7.1 学习要点	(182)
7.2 典型例题	(185)
7.3 自测试题	(187)
7.4 自测试题解答	(192)
第 8 章 信号分子和细胞信号传递	(195)
8.1 学习要点	(195)
8.2 典型例题	(201)
8.3 自测试题	(205)
8.4 自测试题解答	(212)
第 9 章 代谢总论和生物能学	(215)
9.1 学习要点	(215)
9.2 典型例题	(219)
9.3 自测试题	(222)
9.4 自测试题解答	(226)
第 10 章 能量代谢途径	(230)
10.1 学习要点	(230)
10.2 典型例题	(237)
10.3 自测试题	(247)
10.4 自测试题解答	(256)
第 11 章 糖代谢	(259)
11.1 学习要点	(259)
11.2 典型例题	(264)
11.3 自测试题	(272)

11.4	自测试题解答	(281)
第 12 章	脂代谢	(287)
12.1	学习要点	(287)
12.2	典型例题	(294)
12.3	自测试题	(301)
12.4	自测试题解答	(307)
第 13 章	氨基酸代谢	(312)
13.1	学习要点	(312)
13.2	典型例题	(318)
13.3	自测试题	(326)
13.4	自测试题解答	(330)
第 14 章	核苷酸代谢	(333)
14.1	学习要点	(333)
14.2	典型例题	(334)
14.3	自测试题	(337)
14.4	自测试题解答	(340)
第 15 章	DNA 的复制和损伤修复	(342)
15.1	学习要点	(342)
15.2	典型例题	(353)
15.3	自测试题	(360)
15.4	自测试题解答	(368)
第 16 章	DNA 重组	(373)
16.1	学习要点	(373)
16.2	典型例题	(377)
16.3	自测试题	(385)
16.4	自测试题解答	(391)
第 17 章	RNA 转录与转录后加工	(395)
17.1	学习要点	(395)
17.2	典型例题	(399)

17.3	自测试题	(406)
17.4	自测试题解答	(414)
第 18 章	基因、基因组和遗传密码	(419)
18.1	学习要点	(419)
18.2	典型例题	(424)
18.3	自测试题	(429)
18.4	自测试题解答	(435)
第 19 章	蛋白质的生物合成	(439)
19.1	学习要点	(439)
19.2	典型例题	(445)
19.3	自测试题	(453)
19.4	自测试题解答	(460)
第 20 章	细胞代谢和基因表达调控	(465)
20.1	学习要点	(465)
20.2	典型例题	(475)
20.3	自测试题	(483)
20.4	自测试题解答	(493)
第 21 章	基因工程和蛋白质工程	(500)
21.1	学习要点	(500)
21.2	典型例题	(502)
21.3	自测试题	(515)
21.4	自测试题解答	(523)
第 22 章	模拟试题	(528)
	模拟试题(1)	(528)
	参考解答	(533)
	模拟试题(2)	(536)
	参考解答	(541)
	模拟试题(3)	(543)
	参考解答	(551)

模拟试题(4)	(553)
参考解答	(554)
模拟试题(5)	(558)
参考解答	(559)
模拟试题(6)	(563)
参考解答	(568)
第 23 章 硕士研究生入学考试试题	(570)
硕士研究生入学考试试题(1)	(570)
参考解答	(572)
硕士研究生入学考试试题(2)	(575)
参考解答	(576)
硕士研究生入学考试试题(3)	(579)
参考解答	(583)
硕士研究生入学考试试题(4)	(585)
参考解答	(589)

第 1 章 糖

1.1 学 习 要 点

糖(carbohydrates)是所有含有醛基(半缩醛羟基)或酮基(半缩酮羟基)的多羟基化合物的总称。

1.1.1 单糖

1. 单糖的结构特征

单糖(monosaccharides)是有机小分子,碳架、构型、构象、功能基团等都是在学习单糖时应注意的结构要素。其中,构型的变化可以引起异构体间化学性质和生物学功能的显著差异甚至改变,因此确定分子的构型是非常重要的。

(1) 单糖的旋光异构

①旋光性:指物质具有的使经过的偏振光旋转一定角度的能力。两个旋光符号 $+$ 、 $-$ 分别表示右旋和左旋。旋光性发生的原因是分子的不对称结构,例如存在不对称碳原子(手性碳原子)。

②旋光异构体:分子的化学组成相同但旋光性不同的立体异构体,彼此互为旋光异构体。含有一个手性碳原子的甘油醛或乳酸存在两种旋光异构体——D型(右旋)和L型(左旋),D型甘油醛和L型甘油醛是对映体,即互为镜像的旋光异构体。含有 n 个手性碳原子的分子其旋光异构体的数目在理论上可以达到 2^n 个。

③D型糖和L型糖:通过和甘油醛比较可以确定其他含有手性碳原子的分子的相对构型,分别用D和L表示。故相对构型与旋光符号无关。根据远离羰基的手性碳原子,即倒数第1个不对称碳原子的一OH排布方向将单糖分为D型糖和L型糖。天然葡

萄糖是 D 型糖。自然界已知的单糖基本上都是 D 型糖。

④己糖的旋光异构体:理论上链式己醛糖应该有 $2^4 = 16$ 种旋光异构体。由于在水溶液中可以形成环状结构(例如吡喃葡萄糖),使羰基碳原子成为不对称碳原子,因而旋光异构体的数量增加。

(2)单糖的环状结构

溶液中的单糖,寡糖和多糖等中的单糖单位都是环状结构。己糖因其含氧六元环称为吡喃糖,戊糖因其含氧五元环称为呋喃糖。

①对单糖的环状结构的认识最先是通过研究葡萄糖的变旋现象获得的。

②半缩醛羟基或半缩酮羟基(异头体):环状结构中羰基碳原子成为新的手性碳原子,与其连接的羟基称为半缩醛羟基或半缩酮羟基(异头体)。依据异头体与糖环平面的相对位置不同,用 α (在平面下)和 β (在平面上)区分异头体构型,因而有 α - 和 β - 吡喃糖, α - 和 β - 呋喃糖之分。

③吡喃糖有两种无张力构象,即椅式构象和船式构象。椅式比船式稳定,这是因为在船式中存在 C—C 键的重叠和不相邻原子间(C1—H 和 C4—H)的作用力。

(3)单糖的功能团

单糖的功能团主要有羰基(醛基和酮基)、羟基等。

2. 单糖的性质

(1)单糖的互变异构

在稀碱下,葡萄糖、果糖和甘露糖之间可以互变异构。

(2)葡萄糖的变旋现象

新鲜配制的葡萄糖溶液放置一段时间后其旋光度会发生改变,由 $+112^\circ$ 变为 $+52^\circ$ 。

(3)单糖的主要功能团的反应性与单糖衍生物

①糖苷(glycoside):单糖的缩醛式化合物,单糖的醛基(半缩醛

羟基)参与成苷反应,提供羟基的分子称为配糖体。

②糖酯:单糖的羟基或半缩醛羟基的酯化产物。自然界中的糖酯通常是磷酸酯或硫酸酯。

③糖酸:单糖的羟基或半缩醛羟基被氧化为羧基的产物。如糖二酸、糖醛酸。

④糖醇:单糖的醛基被还原为羟基的产物。

⑤氨基糖(糖胺):单糖的羟基被氨基取代的产物。某些氨基还可进一步被乙酰化。

3. 单糖的生物学功能

①细胞的燃料分子。例如葡萄糖是所有细胞都能利用的燃料分子(见糖代谢)。

②寡糖和多糖等的构件分子。

③非糖生物分子的碳架来源(见有关物质代谢)。

某些重要的单糖及其衍生物如 D-葡萄糖(Glc)、D-半乳糖(Gal)、D-甘露糖(Man)、D-果糖(Fru)、唾液酸(即 sialic acid, SA)或 N-乙酰-D-神经氨酸(NeuNAC)。

1.1.2 二糖、寡糖和多糖

1. 二糖、寡糖和多糖的结构特征

(1) 糖苷键

二糖、寡糖和多糖(oligosaccharides and polysaccharides)中单糖单位之间的连键称为糖苷键(glycosidic bond),由一单糖单位的半缩醛羟基与另一单糖单位的羟基缩合而成。其形式如 $C_1-O-C_{1,2,3,4,6}$, 如 C_1-O-C_1 则简要表示为 $(1 \rightarrow 1)$ 。根据异头体的构型可以分为:

① α -糖苷:如蔗糖 $\alpha\text{-Glc}(1 \rightarrow 2)\text{-}\alpha\text{-Fru}$, 麦芽糖 $\alpha\text{-Glc}(1 \rightarrow 4)\text{Glc}$, 海藻糖 $\alpha\text{-Glc}(1 \rightarrow 1)\text{Glc}$ 。

② β -糖苷:如乳糖 $\beta\text{-Gal}(1 \rightarrow 4)\text{-}\alpha\text{-Glc}$, 纤维二糖 $\beta\text{-Glc}(1 \rightarrow 4)\text{Glc}$ 。

(2) 单糖单位的数目和种类

① 寡糖一般含 3~10 个单糖单位,多糖由于所含的单糖单位数目不确定,往往没有确定的分子量。

② 组成上多糖一般不具有复杂性,即构成多糖的单糖单位种类很少。按照复杂程度将多糖分为均一多糖(homopolysaccharides)和不均一多糖(heteropolysaccharides)。

2. 二糖、寡糖和多糖的生物学功能

(1) 储存能量

凡能为生物提供单糖作为燃料分子的糖都可以作为生物的能量源。例如淀粉、糖原,它们也被称为储藏多糖(stored polysaccharides)(见糖代谢)。

(2) 结构成分

如纤维素和果胶质是植物细胞壁成分,几丁质是真菌细胞壁或节肢动物等外骨骼成分,糖胺聚糖(glycosaminoglycans)和蛋白聚糖(proteoglycans)是动物细胞间质成分,肽聚糖(peptidoglycan)是细菌细胞壁成分,它们统称为结构多糖(structural polysaccharides)。

3. 糖的生物合成(见糖代谢)

1.1.3 糖蛋白

一类由糖与多肽或蛋白质以共价键连接而成的结合蛋白称为糖蛋白(glycoproteins)。糖在其中的含量从 1% 到 70% 左右。分泌蛋白,如粘液糖蛋白(mucous glycoproteins)、血清糖蛋白(serum glycoproteins)和许多膜蛋白,如血型物质、载体、受体等都是糖蛋白。

1. 糖蛋白中糖的结构特征

(1) 糖与氨基酸的连接

也称为糖苷键,根据连接氨基酸残基的侧链不同分为两类:

① O 连接:由单糖的半缩醛羟基与丝氨酸/苏氨酸残基的羟基缩合而成,其形式如(糖) C_1-O-C (肽)。

② N 连接:单糖的半缩醛羟基与天冬酰胺或赖氨酸的氨基缩合而成,其形式如(糖) C_1-N-C (肽)。

(2) 糖链结构

构成糖蛋白的寡糖键的单糖单位多样,常见的有 Glc、Gal、Man、木糖(Xyl)、岩藻糖(Fuc)、GlcNAc、GalNAc、GlcuA、艾杜糖醛酸(IduA)、SA。糖苷键类型多样。

(3) 某些糖蛋白中的糖链结构

① 人免疫球蛋白 IgG 的糖链部分: Man-Man-Man-GlcNAc-GlcNAc $\rightarrow$ 天冬酰胺残基。

② 人红细胞血型物质主要糖链部分:

Gal - GalNAc $\rightarrow$ 丝氨酸(苏氨酸)残基

$\uparrow$

$\uparrow$

Fuc

SA

2. 糖蛋白中糖的生物学功能

(1) 信息分子

信息分子参与分子识别和细胞识别,其作用如下:

① 决定分子半衰期,例如 Aschwell 的早期实验:血浆铜蓝蛋白除去唾液酸,露出半乳糖后,加速从血浆中清除。肝细胞上有去唾液酸蛋白质的受体。

② 作为遗传标志。

③ 作为抗原决定簇。

④ 为新合成的蛋白质提供“邮递”信息,在蛋白质加工和运输中参与形成中间体。

(2) 结构作用

① 提供粘滞性和弹性,形成电荷和水化层,使蛋白质具有润滑和保护作用。

② 稳定:抗变性、掩蔽和保护蛋白质敏感位点、抗冻。

③ 锚着:如 GPI(糖基化磷脂酰肌醇)连接将蛋白质固定在细胞膜外表面。

3. 糖蛋白的糖基化

蛋白质糖基化(见蛋白质生物合成)发生在内质网和高尔基体中,由具有高度专一性的糖基转移酶和糖苷酶催化,需要糖基载体分子——UDP-单糖或磷酸多萜醇-寡糖。

1.1.4 糖的分析

1. 旋光性

$$\text{旋光度 } \alpha = [\alpha]_D^c L c$$

式中, $[\alpha]_D^c$ 为比旋光度; L 为管长(dm); c 为浓度(g/mL)。

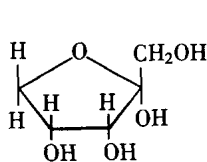
2. 光吸收

$$\text{光吸收} \quad A = \epsilon L c$$

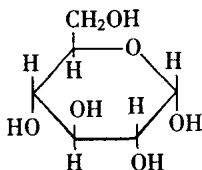
式中, A 为光吸收(即 $A = \lg I_0/I$); ϵ 为摩尔消光系数; L 为比色杯直径; c 为摩尔浓度。

1.2 典型例题

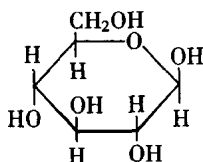
【例 1-1】 已知下列分子结构式:



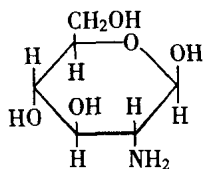
A



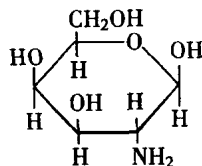
B



C



D



E

从中辨别出: