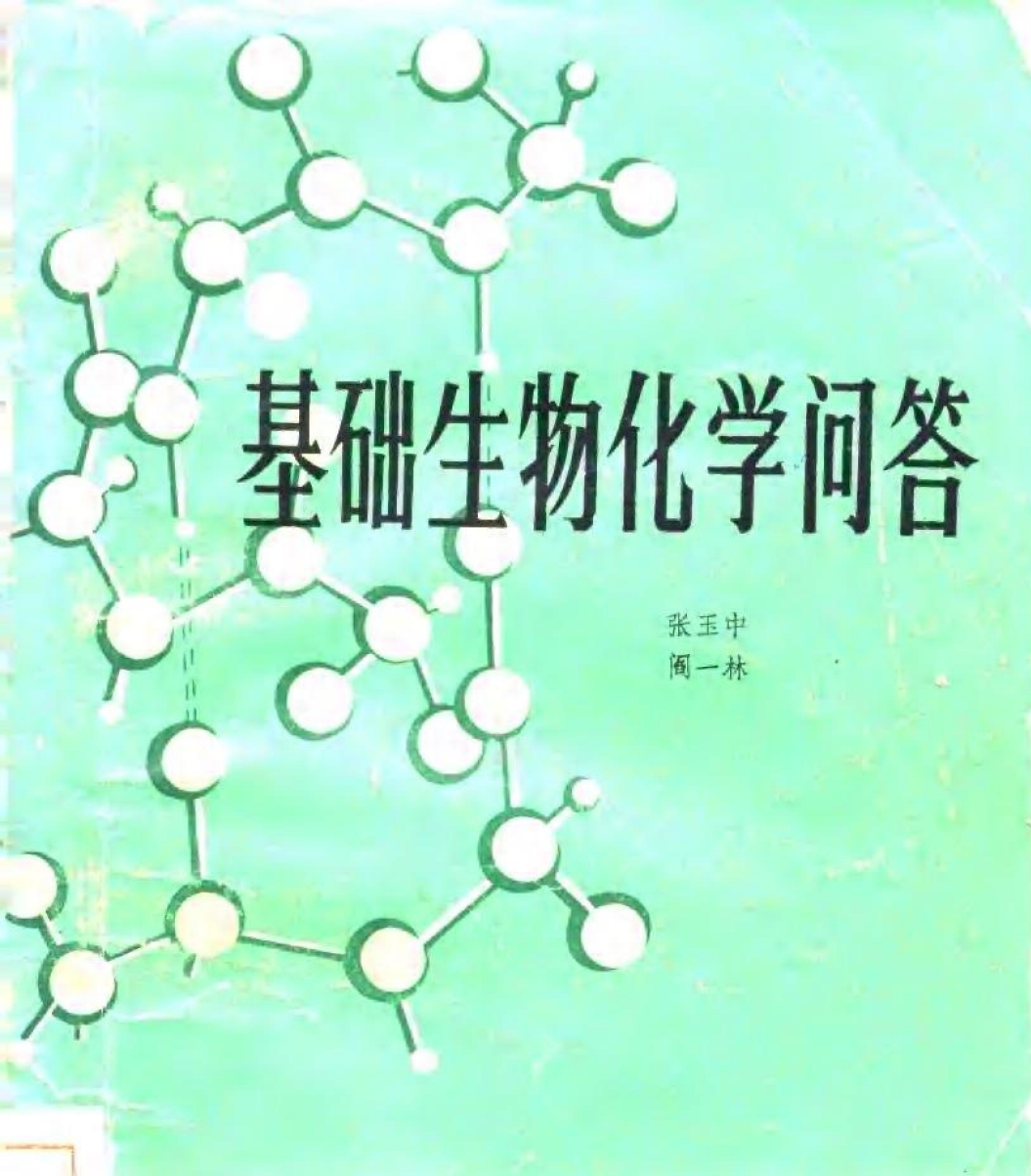




基础生物化学问答

张玉中
阎一林

科学普及出版社

基础生物化学问答

张 玉 中
阎 一 林

科学普及出版社

内 容 提 要

本书以问答形式扼要叙述了糖、脂、蛋白质、核酸的化学及其代谢,书中对酶学的基本概念和主要学说也作了简要介绍,还综述了生物大分子分离测定常用的和较新的方法。全书列了127个问题,题目之间互有联系,各题也可以单独成立。本书可作为理科院校生化专业学生的辅助读物,对农、林、医药、卫生、生物制品系统的工作者及其他对生物化学有兴趣的读者也有助益。

基础生物化学问答

张 玉 中

阎 一 林

*

科学普及出版社 出版(北京白石桥紫竹院公园内)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国科学院印刷厂印刷

*

开本: 850×1168 毫米1/32 印张: 6 7/16 插页: 1 字数: 164千字

1980年10月第1版 1980年10月第1次印刷

印数: 1—39,500册 定价: 0.54元

统一书号: 13051·1059 本社书号: 0065

写在前面

为了响应华主席关于提高全民族科学文化水平的伟大号召,在科学普及方面做一点工作,我们以问答形式编写了这本小书。本书力图在保持生物化学知识系统性和完整性的基础上,扼要介绍这门学科的基本概念和基础知识。它可能对理科院校生物系学生、医学院学生及对生物化学有兴趣的青年们有所帮助,也可供从事生物化学研究的其他有关学科的同志们参考。

本书也可以说是对我们前一段学习的总结。编写过程中主要参考下述书籍:

Conn, E. C. and P. K. Stumpf, *Outlines of Biochemistry* 4th ed. John Wiley, New York, 1976.

Metzler, D. E., *Biochemistry The Chemical Reactions of Living Cells*, Academic Press, New York, 1977.

Stryer, L., *Biochemistry*, W.H. Freeman, San Francisco, 1975.

A. 怀特等, 生物化学原理(上册), 南开大学生化教研室译, 科学出版社, 北京 1978.

由于作者水平的限制,书中可能存在错误和不足之处,诚恳地希望同志们给予批评指正。

本书承北京大学生物系生物化学教研室及科学院生物物理研究所三室审阅,并提出宝贵意见。在编写过程中得到科学院生物物理研究所杨福愉、动物研究所严绍颐等老师的热情指导,在此表示衷心的感谢!

作者
一九七九年五月

目 录

1	什么是生物化学?	1
2	生物体的细胞中主要含有哪些组份? 细胞的化学组成如何?	1
3	什么是碳水化合物、单糖、双糖及多糖?	3
4	淀粉、糖元和纤维素这三种多糖各有什么特点?	5
5	单糖为什么具有旋光性?	7
6	如何确定一个单糖的构型?	8
7	为什么糖溶液具有变旋现象?	9
8	什么是构象? 环式醛己糖的构象是怎样的?	10
9	什么叫做糖苷? 如何确定一个糖苷键的类型?	12
10	在多糖分子长链中,如何确定互相键合的两个糖环的空间相对位置?	13
11	什么是单糖的氧化与还原?	14
12	什么是脂类? 脂类是如何分类的?	15
13	脂肪酸在组成与结构上有何特点?	16
14	磷脂主要有哪几种? 它们在组成上有何异同?	17
15	磷脂分子有何特点? 具有什么特殊的物理性质?	19
16	什么是糖脂?	21
17	什么是蛋白质和氨基酸? 蛋白质在生物体内主要起哪些作用?	23
18	组成蛋白质的 20 种氨基酸在化学结构上有何特点? ...	23
19	组成蛋白质的 20 种氨基酸可概括为几类? 每类各举一例,并写出它们的结构式。	24
20	什么是肽键、肽链、氨基酸残基和肽单位?	25
21	什么是多肽链的 N-末端和 C-末端? 如何测定?	29
22	什么是二硫键? 它有什么作用? 怎样拆开?	30

23	什么是氨基酸的等电点和它的各基团的 pK 值?	31
24	什么是蛋白质的等电点? 有何实际价值?	32
25	氨基酸、蛋白质溶液为什么能起缓冲作用?	32
26	什么是 α -碳原子的二面角 ϕ 和 ψ ?	34
27	肽链骨架构象的两个立体化学原则是什么? 为什么 α -螺旋结构最稳定?	35
28	什么是 α -螺旋和 β -折叠? 各有何特点?	36
29	什么是蛋白质的一、二、三、四级结构?	38
30	参与维持蛋白质空间结构的力有哪些?	40
31	微环境指的是什么? 如何从蛋白质的立体结构说明微环境?	43
32	蛋白质的结构与功能之间有什么关系?	44
33	什么叫变构效应? 以血红蛋白为例说明变构效应与功能的关系。	46
34	什么是蛋白质的变性作用? 引起蛋白质变性的因素有哪些?	46
35	蛋白质分子很大,为什么在溶液中还相当稳定?	47
36	什么是蛋白质的水解? 怎样理解蛋白质的完全水解和不完全水解?	48
37	什么是免疫球蛋白? 试以 IgG 为例说明免疫球蛋白的分子结构。	48
38	糖蛋白属于哪一类物质? 它有什么功能?	51
39	什么是生物膜? 蛋白质、脂类和糖这三类物质在生物膜中各起哪些作用? 关系如何?	54
40	什么是酶和酶促反应?	57
41	怎样证明酶是蛋白质?	58
42	酶与一般催化剂的区别是什么?	58
43	什么是生物化学反应的标准自由能变化? 它与反应平衡常数 K 有何关系?	59
44	酶为什么能够催化生物体内各种生物化学反应的	

进行?	60
45 何谓米氏方程? 讨论米氏方程及 K_m 的意义、求法。 ...	62
46 什么是“酶原”? 酶原怎样变成有活性的酶?	63
47 什么是酶的活性部位和必需基团?	65
48 什么是酶的专一性?	67
49 什么是酶促反应中的“邻近、定向”效应?	70
50 什么是酶作用的“诱导契合”与“底物形变”?	70
51 何谓“辅酶”、“辅基”? 它们与维生素有何关系?	72
52 在呼吸链的氧化还原反应中,作为氢和电子载体的主要 辅酶、辅基有哪几种? 它们的基本结构如何?	73
53 用简单的化学方程式表示一些辅酶或辅基的作用方 式。	76
54 何谓竞争性抑制和非竞争性抑制? 有何实际意义? ...	78
55 有抑制剂参与的酶反应同正常酶反应间有何区别? 试 以方程与图线表示之。	79
56 在一个酶催化的反应中,pH、温度、底物浓度、酶浓度及 时间这五者同反应速度间各有何关系?	81
57 为何在测定酶促反应速度时,要测初速度?	83
58 酶活力和酶的比活力各指的是什么? 如何表示?	84
59 根据实例计算酶的活力和比活力。	84
60 某些金属和非金属离子以及一些有机小分子对酶的结 构和功能有何影响?	85
61 生物体内的酶一般可分为几类?	87
62 什么是核酸和核苷酸? 核酸的组成及其在细胞内的分 布如何?	89
63 在核苷酸分子中,碱基与戊糖是怎样结合的? 它们在空 间的相对位置如何?	90
64 核酸分子中单核苷酸间是通过什么键连接起来的? ...	92
65 什么是碱基配对?	93
66 简述 DNA 和 RNA 分子的立体结构, 它们各具有哪些	

特点?	94
67 在稳定的 DNA 双螺旋中, 哪两种力在维系分子立体结构方面起主要作用?	96
68 什么是复制? 复制过程是如何进行的?	97
69 在 DNA 复制过程中, 哪一种酶起着关键性的作用? ...	102
70 什么是转录? 简述转录的主要过程。	104
71 在转录过程中, 哪种酶起主要作用?	107
72 什么是中心法则?	108
73 什么是逆转录酶?	108
74 什么是细菌转化? 它说明什么问题?	110
75 基因是什么?	110
76 解释原初遗传信息载体和基因表现的含意。	111
77 什么是遗传信息和遗传密码?	111
78 怎样证明某个三联体代表什么氨基酸?	112
79 什么是简并密码子、无意义密码子和反密码子?	113
80 转移核糖核酸 (tRNA) 的组成与结构如何? 它在蛋白质生物合成的过程中具有哪些功能?	113
81 什么是核糖体? 它有什么功能? 核糖体中的 RNA (rRNA) 有何特点?	117
82 什么是信使核糖核酸?	119
83 蛋白质生物合成的过程是怎样的?	120
84 什么是操纵子学说?	128
85 什么是遗传工程?	129
86 什么是激素? 它们的生理作用如何?	130
87 什么是抗生素? 它们是如何起作用的?	132
88 一般分离纯化生物大分子常用哪些方法?	133
89 测定蛋白质、核酸等生物大分子的结构主要有哪些方法?	135
90 什么是质谱分析和气相色谱分析? 它们在生物化学研究中有什么应用?	141

91	什么是新陈代谢? 它有什么特点?	142
92	什么是物质代谢与能量代谢?	143
93	什么是基础代谢?	143
94	什么叫自养生物与异养生物?	144
95	糖类物质在生物体内起什么作用?	144
96	人和动物是怎样消化淀粉类食物的?	145
97	肌肉酵解与酵母发酵有何异同?	146
98	什么是糖元异生作用?	148
99	什么是戊糖磷酸支路?	149
100	什么是乙醛酸循环,有何意义?	151
101	三羧酸循环由哪些反应组成?	151
102	三羧酸循环的运转特点及其生物学意义是什么?	154
103	什么是生物氧化?	157
104	什么是呼吸链和氧化磷酸化?	157
105	关于氧化磷酸化作用的机理,目前主要有哪几种假 说?	161
106	生物体内的能量转换有几种形式?	163
107	什么是呼吸商和 P/O 值? 怎样计算?	163
108	生物体内含有哪几种高能磷酸化合物? 它们为什么能 在水解时释放出大量的能量?	164
109	脂类物质在生物体内主要起哪些作用?	167
110	脂肪在人体内分解代谢的步骤如何?	167
111	什么叫 β -氧化作用? 全过程怎样?	168
112	分析软脂酸 ($C_{16}H_{32}O_2$) 经 β -氧化和三羧酸循环过程所 产生的能量、 H_2O 和 CO_2 的总量。	170
113	说明丙二酰 CoA 在脂肪酸生物合成中的作用,为什么 有机体内的脂肪酸的碳数皆为偶数?	171
114	动物体内的脂肪(甘油三酯)和磷脂是怎样合成的? ...	171
115	生物体内的各种蛋白质是固定不变的吗?	173
116	什么是必需氨基酸和非必需氨基酸?	174

117	生物体细胞合成氨基酸主要通过什么途径?	175
118	生物体内氨基酸脱氨作用的主要方式是什么? 有何意义?	176
119	什么是生糖氨基酸和生酮氨基酸?	177
120	什么是鸟氨酸循环?	178
121	蛋白质分解代谢的最终产物是什么?	181
122	动物体内的氨基酸除作为合成蛋白质的原料外,还有什么其他的作用?	181
123	人是如何消化蛋白质的? 人能直接把异体蛋白变成组织蛋白吗?	182
124	生物体内糖、脂肪及蛋白质三类物质在代谢上的相互关系如何?	182
125	组成核苷酸的各种嘌呤碱基与嘧啶碱基是在生物体内合成的吗? 是怎样合成的?	185
126	核酸分解代谢的途径怎样? 关键性的酶有哪些?	189
127	什么是反馈作用? 生物体的反馈调节指什么?	190
附录: 常用生物化学名词缩写		192

1 什么是生物化学?

生物化学是研究生命现象的化学本质的科学。它研究生物大分子的结构、功能及其代谢。试图用化学观点揭示“生命究竟是什么”这个千百年来一直为人们所渴望解决的奥秘。

早期的生物化学只是对生物总体成分的一般分析。目前已经进展到分子水平的研究,正运用诸如分子光谱、质谱、电子能谱、同位素标记、X-光衍射、核磁共振与顺磁共振、超速离心及电子显微术等近代物理学技术和化学技术,对蛋白质、核酸、多糖等重要的生物大分子作深入细致的结构分析,以期说明这些大分子结构与功能之间的关系;同时研究生物体如何通过酶的催化作用合成或分解这些物质,以及物质转运和能量转换等过程;并在此基础上阐明生长、运动、发育、遗传及感传、思维等各种生命现象的分子活动规律。

随着近代化学、物理学、数学最新研究成果和实验技术的不断渗入,以及这些学科的研究人员的参加,生物化学获得了飞速发展。生物化学的发展不仅对生物学的基础学科如细胞学、遗传学、生理学等的前进给予深刻影响,也为物理学、化学研究的深入,开拓出一个极为广阔的新领域。

目前,生物化学不仅在医药卫生事业方面,而且在工业、农业、国防等许多方面都得到日益普遍的应用。

2 生物体的细胞中主要含有哪些组份? 细胞的化学组成如何?

生物体的细胞中主要含有蛋白质及其单体氨基酸、核酸及其单体核苷酸、碳水化合物(糖类)、脂类、水、无机离子和其他小分子物质。这些组份在细胞中的含量各不相同,在不同的细胞间各组份所占的比例更是千差万别。例如某些特化的细胞中含有大量甘油

三酯,有些则含有丰富的碳水化合物,而动物腺体的细胞蛋白质与核酸的含量较高。活细胞中含量最高的是水,往往占细胞总量的一半以上。

植物细胞中蛋白质与脂类的含量与动物细胞相比一般要少些。在鲜嫩的蔬菜中,脂类占干重的2—5%,蛋白质占10—30%。但即使很瘦的肉也含20%左右的脂类与50—70%的蛋白质。碳水化合物在一般植物中占干重的50—60%,而典型的动物组织中仅含2—10%。细胞中核酸的量也是变化的,酵母细胞中含0.1%,肌肉和细菌的细胞中含0.5—1%,在胸腺细胞中高达15—40%。表1比较了细菌、绿色植物和动物肝脏的细胞组成。

活细胞和组织的近似组成 (%) 表 1.

组 份	大肠杆菌	绿色植物(菠菜)	鼠 肝
H ₂ O	70	92	64
蛋 白 质	15	2.3	20
氨 基 酸	0.4		
核 酸	7		1.2
核 苷 酸	0.4		
碳水化合物	3	3.2	
纤 维 素		0.6	
糖 元			3.8
脂 类	2	0.3	6
磷 脂			3.1
中 性 脂			1.6
固 醇			0.3
其他小分子	0.2		
无 机 离 子	1	1.5	
K ⁺			0.4

细胞中的各种物质主要由碳、氢、氧、氮、硫、磷、氯等非金属元素组成,此外高等动物还需要硒、硅、氟和碘,植物还需要元素硼等。金属元素中也有十余种是生物细胞所必需的。一个体重70公斤的成年人体内约含有1050克钙(大多数在骨骼中),245克钾,105克钠,35克镁,3克铁和2.3克锌。其他金属元素的含量虽都小于

1 克,但其中至少有七种起着重要作用,这包括铜(100 毫克)、锰(20 毫克)、钴(约 5 毫克)、铬(6 毫克)、锡、钒和镍等。以上 24 种元素主要分布在元素周期表的前四个周期里(图 1)。

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn

图 1 组成细胞的主要化学元素及其在周期表中的分布

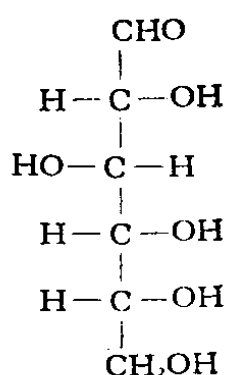
参与细胞组成的主要元素以深色线框标志。Ni, B 只以痕迹量分别存在于动、植物细胞中,以深虚线标志(图中略去周期表第六周期后的部分)

3 什么是碳水化合物、单糖、双糖及多糖?

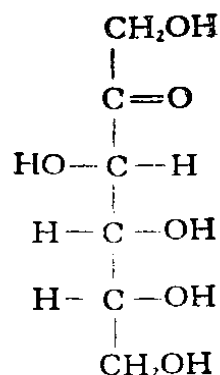
“碳水化合物”，也称“糖类”，是含醛基或酮基的多羟基碳氢化合物及它们的缩聚产物和某些衍生物的总称。“碳水化合物”这个名词不够确切，是沿用旧称。碳水化合物按其分子组成一般可分为三类：单糖、双糖和多糖。

单糖,为多羟基醛或多羟基酮。其中含有醛基(—CHO)的叫醛糖(如葡萄糖),含有酮基(>C=O)的叫酮糖(如果糖)。根据单糖分子中的碳原子数目也可分为戊糖(如核糖、木糖)和己糖(如葡萄糖、半乳糖和果糖)。它们都是白色结晶,能溶于水,微溶于有机溶剂,绝大多数有甜味。

双糖,是两个单糖分子通过各自的羟基失水所得的缩聚产物。例如蔗糖(一分子葡萄糖与一分子果糖脱水缩合而成)、麦芽糖(二分子葡萄糖脱水缩合而成)、乳糖(一分子葡萄糖与一分子半乳糖脱水缩合而成)等都是双糖。双糖的性质与单糖相似,如都有旋光

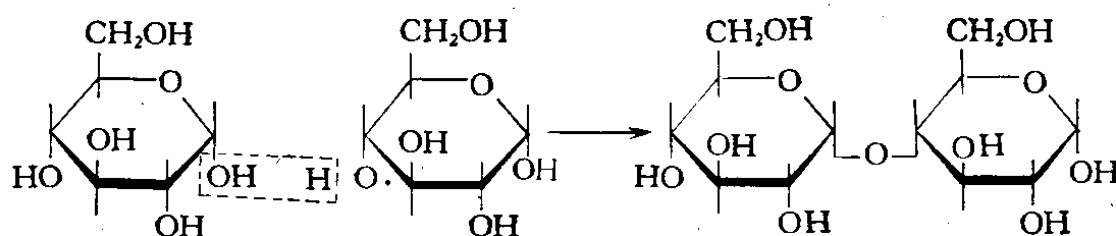


D(+)-葡萄糖



D(-)-果糖

性等,但不一定具有甜味(如乳糖并不甜)。



α -D(+)-吡喃葡萄糖

麦芽糖

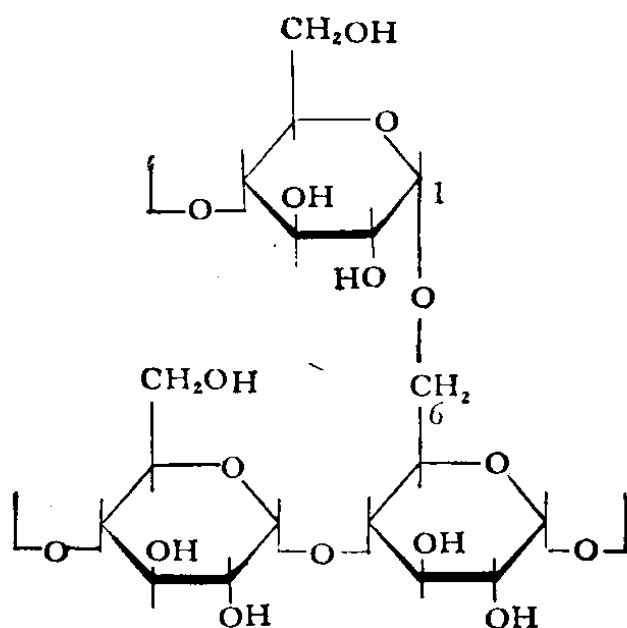
多糖,是由许多分子的单糖通过失水缩合而成,一般无味,大都不溶于水,绝大多数天然存在的碳水化合物都以高分子量的多糖形式出现,或作为营养物,或具有结构上的功能。某些氨基酸、唾液酸、糖醛酸也存在于多糖组份中。多糖比较复杂,各种多糖彼此间不仅在组成成分上不同,其分子量和其他结构特征上也不同,例如一些多糖是线状的聚合体而另一些则有许多分枝。所有连接单糖单位的键都是糖苷键,但键的类型、连接点又可以互不相同,因此异构体数量是极多的。

水解时产生纯一单糖的多糖叫“同质多糖”;水解时产生多种单糖及其他构成单位(如氨基酸等)的混合物的多糖,叫“杂多糖”。同质多糖主要有纤维素、淀粉、糖元、菊粉等,常见的杂多糖有软骨素、硫酸肝素糖等。

4 淀粉、糖元和纤维素这三种多糖各有什么特点?

淀粉、糖元和纤维素这三种多糖都是同质多糖。淀粉和糖元在植物和动物体内作为营养物，而纤维素则作为结构物质而存在于植物界，它几乎占了整个植物界的碳的一半。

淀粉由许多 α -葡萄糖分子缩合而成，一种是直链淀粉，由许多重复的麦芽糖单位构成长的直链分子，葡萄糖分子之间都以 α -1, 4-糖苷键相连，例如马铃薯直链淀粉的分子就是这样一条长链，分子量约在4,000—150,000^①之间。另一种是支链淀粉，它的分子内每24到30个以 α -1, 4-糖苷键相连的葡萄糖单位又互相以 α -1, 6-糖苷键相连。在分枝点上，葡萄糖残基在C₄和C₆位置上均被取代。支链淀粉的分子量可达500,000或更大。在水中溶解性很小。直链淀粉遇碘呈蓝色，支链淀粉遇碘呈紫色。



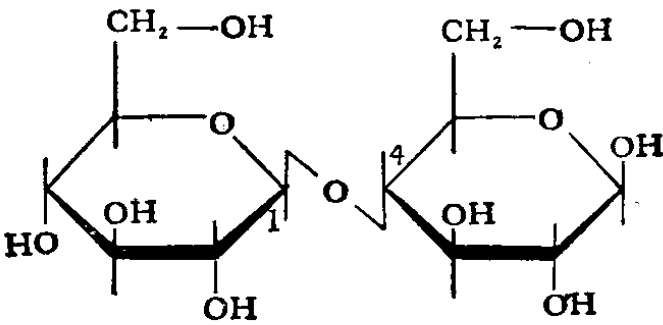
支链淀粉(或糖元)的分枝点

糖元是动物细胞内和植物细胞中的淀粉相当的成分，是动物体内贮存的营养物质，主要存在于肝脏和肌肉中。它和支链淀粉的结构很相似，是分枝的分子。在直链上葡萄糖分子间以 α -1, 4-键相连，在分枝处是 α -1, 6-键。每一条直链仅含8到20个葡萄

^① 分子量的单位为道尔顿，约 1.67×10^{-24} 克，下同。

糖分子,但分枝很多,据报导最大的糖元分子量达到 100,000,000。它以颗粒状态存在于动物细胞中。糖元能溶于水,无还原性,遇碘呈红色。

纤维素是高等植物的主要成分,是由许多 β -葡萄糖以 β -1,4-糖苷键相连而成的直链多糖。分子量变化于 200,000—2,000,000 之间。在大的聚合体中,各个键可以互相平行排列。部分水解产生纤维二糖,完全水解则产生葡萄糖。



纤维二糖 —— 纤维素的重复单位(β -1,4-键)

纤维素不能被淀粉酶类水解,食草动物靠其肠道中的微生物将纤维素分解并转化为较小的脂肪酸分子而吸收。

淀粉和纤维素的链都是螺旋状的,但二者的螺旋方向相反。淀粉链是左手螺旋,每圈螺旋包含 6 个葡萄糖残基,沿螺旋轴的方向延长 0.8 毫微米(图 2)。而纤维素分子是右旋的。

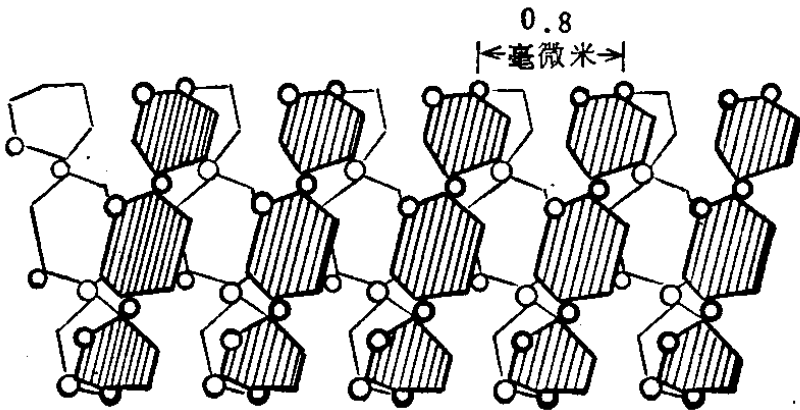


图 2 淀粉分子的螺旋结构

5 单糖为什么具有旋光性？

单糖具有旋光性，是由它们的分子中某些碳原子特有的立体结构造成的，这些碳原子同时与四个互不相同的原子(或基团)相连。

立体化学分析证明，当碳原子与四个一价的原子(或基团)结合时，它的第二能层两个 $2s$ 轨道和两个 $2p$ 轨道杂化成 4 个等同的 sp^3 杂化轨道，用来和其它原子的轨道重叠，形成 σ 键。这四个键互成 $109^\circ28'$ ，指向以碳原子为中心的正四面体的四个顶点，那四个原子(或基团)则位于这些顶点上。正四面体的碳原子本身是有对称性的，但是若与之结合的四个原子(或基团)互不相同时，这种对称性就消失了，而成为一个不对称分子，中心的碳原子也成为“不对称碳原子”。

这个不对称分子在空间可能有两种不同的排列方式，形成两种异构体，如图 3 所示。它们彼此间的关系就如同实物和镜像一样，又称它们为“对映体”。

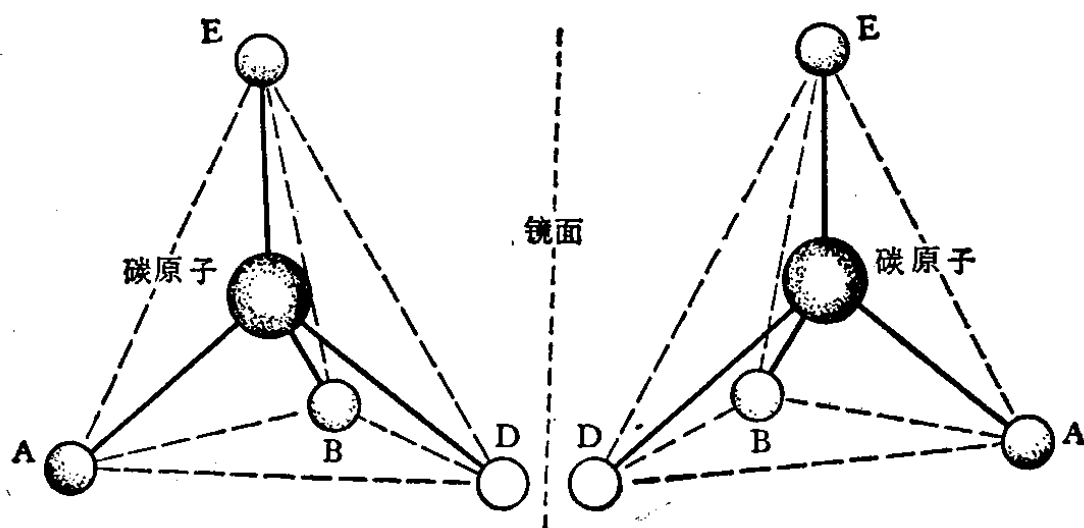


图 3 碳原子周围四个不同原子(或基团)的不对称排列形成两种异构体。两种异构体有如镜像形式

任何化合物，只要它的分子中有一个不对称碳原子，它就具有旋光性，也就是使平面偏振光在通过它的溶液后偏振面发生旋转。除内消旋和分子绕化学键旋转受阻的情况外，若分子中含有 n 个