

高等学校教材

应用生物化学

欧 伶 俞建瑛 金新根 主编

化学工业出版社
教材出版中心
·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

应用生物化学 / 欧伶, 俞建瑛, 金新根主编. —北京:
化学工业出版社, 2001.10
高等学校教材
ISBN 7-5025-3321-4

I. 应… II. ①欧… ②俞… ③金… III. 生物化
学-应用-高等学校-教材 IV. Q599

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 063394 号

高等学校教材

应用生物化学

欧伶 俞建瑛 金新根 主编

责任编辑: 骆文敏 赵玉清

责任校对: 陈静

封面设计: 蒋艳君

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64918013

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市燕山印刷厂印刷

三河市延风装订厂装订

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 26½ 字数 651 千字
2001 年 12 月第 1 版 2001 年 12 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-3321-4/G · 874

定 价: 38.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

本书是华东理工大学工科化学系列课程改革教材。

鉴于生命科学的飞速发展，科学家们认为，21 世纪将是生物科学的世纪。生物化学是生命科学的基础，尤其是微观生命科学——分子生物学的基础。早在 1995 年，华东理工大学就开始了面向 21 世纪工科化学系列课程改革的探索、研究，提出了在通用化学理论和专业化学理论课程教学中增加生物化学内容的方案，该方案得到了浙江大学、天津大学等兄弟院校的赞同。随着近几年“克隆羊”的诞生、人类基因组测序和作图计划的完成，我们相信，这些生命科学成果在 21 世纪将对人类社会产生巨大的影响。因此我们深感在化学、化工类专业中开设生物化学课程的重要性和迫切性。

本书是在我们近几年教学实践的基础上编写完成的。本书的特点是内容少而精、基础和前沿相结合；以典型化工产品和药物的应用与开发为例，注重培养学生分析问题与解决问题的能力；强调生物化学原理在各个领域，尤其是工农医中的应用。它是一本适合于综合性大学中化学、化工类专业学生学习的生物化学课程教材。

参加本书编写的都是长期从事生物化学教学和科研工作、富有经验的教师，他们认真工作，辛勤笔耕，付出了大量的劳动。本书第一章、第五章、第六章和第十四章由欧伶编写；第二章、第三章和第四章由俞建瑛编写；第十一章、第十二章、第十三章和第十五章由金新根编写；第七章、第八章、第九章和第十章由莫彤惟和欧伶共同编写。全书的统稿由欧伶完成。

参加本书编写的还有葛轶群、俞花和宋聿文。本书在编写过程中，一直得到化学工业出版社的鼓励和支持，对编写提出了许多宝贵意见，在此表示衷心感谢。

本书初稿经全国生物化学与分子生物学学会前副理事长、华东理工大学翁清清教授审阅，她提出了许多宝贵意见，我们据此进行了修改。在此谨向翁清清教授表示诚挚的谢意。

由于编者的水平有限，书中难免存在不妥和错误之处，恳切希望广大读者、专家批评指正。

编者

2001 年 10 月

目 录

第一章 生命系统的特征	1
第一节 生命对化学元素的选择	1
一、构成生物体的主要元素	1
二、元素的存在形式	2
三、生物体内的微量元素	2
第二节 生命系统的环境	3
一、水是生命系统的环境基础	3
二、生命系统是一个缓冲系统	3
第三节 生命系统的结构基础——细胞	6
一、生物分子与细胞	6
二、细胞的两大类——原核细胞和真核细胞	7
第四节 常见的生命科学研究系统	11
一、病毒	11
二、细菌	12
三、酵母菌	12
四、四膜虫	12
五、线虫	13
六、果蝇	13
七、转基因动物	13
知识小结	14
习题	15
第二章 糖类化合物	16
第一节 单糖	17
一、单糖的分子结构	17
二、单糖的理化性质	21
三、重要的单糖及重要的单糖衍生物	25
第二节 寡糖	28
一、二糖(双糖)	28
二、三糖	29
三、低聚糖的一些类型和应用	29
第三节 多糖	30
一、同多糖	31
二、杂多糖	35
三、多糖的应用	38
第四节 糖复合物	40

一、糖蛋白	40
二、蛋白聚糖	41
知识小结	42
习题	43
第三章 脂类化合物	44
第一节 脂酰甘油类	44
一、脂肪酸	45
二、甘油	47
三、三脂酰甘油	47
第二节 磷脂类	49
一、磷脂的结构	49
二、磷脂的性质	51
三、几种重要的甘油磷脂	52
第三节 萜类和类固醇类	54
一、萜类	54
二、类固醇类	56
第四节 前列腺素及蜡类	58
一、前列腺素	58
二、蜡	59
第五节 结合脂类	59
一、糖脂	59
二、脂蛋白	61
第六节 生物膜的结构与功能	62
一、生物膜的化学组成	62
二、生物膜的结构	63
三、生物膜的功能	66
四、人工膜技术及应用	67
知识小结	69
习题	71
第四章 蛋白质	72
第一节 蛋白质在生命过程中的重要作用	72
一、蛋白质的重要作用	72
二、蛋白质组成与分类	73
第二节 氨基酸	74
一、氨基酸的结构与分类	74
二、氨基酸的理化性质	78
三、氨基酸的分离与分析	83
四、氨基酸的制备和应用状况	87
第三节 肽	89
第四节 蛋白质分子的一级结构及其测定	92

一、氨基酸组成分析.....	92
二、氨基酸末端分析.....	93
三、蛋白质中肽链的拆离.....	95
四、肽链的部分降解及肽片断的分离.....	96
五、肽段氨基酸顺序测定及肽段重叠.....	98
六、二硫键与酰胺基的定位.....	101
第五节 蛋白质的分子构象.....	102
一、蛋白质的二级结构.....	102
二、超二级结构.....	108
三、结构域.....	109
四、蛋白质的三级结构.....	112
五、蛋白质的四级结构.....	112
六、维持蛋白质分子构象的化学键.....	113
第六节 蛋白质分子结构与功能的关系.....	114
一、蛋白质的一级结构决定高级结构.....	114
二、分子构象与功能的关系.....	118
第七节 蛋白质的性质.....	127
一、胶体性质.....	127
二、蛋白质的酸碱性质.....	127
三、蛋白质的紫外吸收.....	128
四、蛋白质的变性.....	129
五、蛋白质的颜色反应.....	129
六、蛋白质分离、纯化和鉴定.....	130
知识小结.....	131
习题.....	132
第五章 生物催化剂.....	133
第一节 生物催化剂的发现和发展.....	133
一、生物催化剂的发现.....	133
二、生物催化剂的发展.....	133
第二节 酶的命名和分类.....	135
一、国际系统命名法.....	135
二、国际系统分类法.....	135
三、几个值得注意的问题.....	137
第三节 酶的作用特性.....	137
一、酶的催化特性.....	137
二、与酶催化特性有关的因素.....	139
三、酶的非蛋白组分——辅酶和金属离子.....	141
第四节 酶促反应动力学.....	142
一、米氏方程 (Michaelis-Menten 方程).....	142
二、影响酶作用的因素.....	145

第五节 酶活力测定	149
一、酶活力及其测定	149
二、酶活力单位	150
三、酶的比活力	150
四、酶活性中心的转换数	150
五、酶活力的测定方法	150
第六节 酶的作用机制与药物分子的设计	151
一、磺胺类药物及磺胺增效剂	151
二、具有抗 β -内酰胺水解酶的青霉素	152
三、具有抗癌活性的生物还原烷基化剂	154
四、降高血压新药——血管紧张肽转化酶抑制剂	155
第七节 核酸酶和抗体酶	156
一、核酸酶 (ribozyme)	156
二、抗体酶 (abzymes)	157
第八节 寡聚酶、同工酶和固定化酶	158
一、寡聚酶	158
二、同工酶	160
三、固定化酶	160
第九节 酶的应用	161
一、蛋白酶的应用	161
二、淀粉酶的应用	162
三、酯酶的应用	163
四、纤维素酶的应用	163
知识小结	163
习题	164
第六章 生物氧化	166
第一节 生物氧化的特点和方式	166
一、生物氧化的特点	166
二、生物氧化中二氧化碳的生成方式	166
三、生物氧化过程中水的生成	167
第二节 线粒体生物氧化体系	168
一、线粒体的结构和功能特点	168
二、线粒体呼吸链	168
第三节 生物氧化过程中能量的转变	171
一、放能与吸能偶联, 高能化合物	171
二、ATP 的生成与调节	172
第四节 非线粒体氧化体系	177
一、微粒体氧化体系	177
二、过氧化物酶体氧化体系	178
知识小结	179

习题	179
第七章 糖代谢	180
第一节 概论	180
一、能源和碳源	180
二、糖类——生物体的基本营养物质	180
第二节 糖类的消化、吸收、运输和贮存	180
一、糖类的消化	180
二、糖类的吸收	182
三、糖类的运输和血糖	182
四、糖类的贮存	184
第三节 糖的无氧分解	184
一、糖酵解途径的发现历史及实验依据	184
二、糖酵解途径的过程	185
三、丙酮酸的继续转化	187
四、糖酵解过程中的能量结算	188
五、糖酵解途径的生理意义	189
第四节 糖的有氧分解	189
一、糖酵解途径偶联三羧酸循环的有氧分解	189
二、磷酸己糖旁路	196
第五节 糖异生作用及糖原的合成	198
一、糖异生作用	198
二、糖原的合成作用	201
第六节 利用代谢途径生产发酵产品	203
一、代谢调节发酵	203
二、甘油发酵原理	204
三、柠檬酸发酵原理	204
知识小结	205
习题	206
第八章 光合作用	207
第一节 概论	207
一、光合作用的部位——植物的绿色部分	207
二、光合作用的原料——水和二氧化碳	207
三、光合作用的产物——糖类和氧气	207
四、光合作用的能源——光	207
五、从量上看，光合作用是生物界中规模最大的一个生物化学过程	207
六、从质上看，光合作用是生物界中一个基本的生物化学过程	208
第二节 光合作用的基本过程和基本要素	208
一、光合作用的基本过程与实验依据	208
二、光合作用的基本要素	208
第三节 光反应	209

一、光反应的作用中心	209
二、光反应系统	210
三、光反应的机制	210
四、光合磷酸化	211
第四节 暗反应	212
一、三碳循环途径	212
二、四碳循环途径	214
知识小结	215
习题	216
第九章 脂类的代谢	217
第一节 概论	217
一、脂肪是生物体能量储存的主要形式	217
二、脂肪是空腹或禁食时体内能量的主要来源	217
三、类脂是机体的组织结构成分及生物活性成分	217
四、脂肪氧化分解的许多中间产物可转化为糖类和氨基酸	217
第二节 脂肪的消化、吸收、转运和储存	217
一、脂肪的消化	217
二、脂肪的吸收	218
三、脂肪的转运	218
四、脂肪的储存和动用	218
第三节 脂肪的分解代谢	219
一、甘油的分解代谢	219
二、脂肪酸的分解代谢	219
三、酮体的代谢	224
第四节 脂肪酸及脂类的合成代谢	226
一、脂肪酸的合成代谢	226
二、脂类的合成代谢	232
知识小结	235
习题	236
第十章 蛋白质的分解代谢	237
第一节 概论	237
一、蛋白质代谢的作用	237
二、蛋白质的需求量	237
三、蛋白质的营养价值	238
第二节 蛋白质的消化、吸收和腐败	238
一、蛋白质的消化	238
二、氨基酸的吸收	240
三、蛋白质的腐败	241
第三节 氨基酸的分解代谢	241
一、氨基酸的脱氨作用	242

第二节 DNA 的生物合成	308
一、核酸生物合成的一般规则	308
二、染色体 DNA 复制的一般特征	309
三、DNA 聚合酶和半不连续复制	312
四、DNA 复制的忠实性	313
第三节 DNA 的损伤修复	315
一、环境因素造成的 DNA 损伤修复	315
二、DNA 结构和损伤修复	319
第四节 原核细胞 RNA 的生物合成	319
一、RNA 聚合酶	319
二、RNA 的转录	320
三、新生 RNA 链的加工、切割与修饰	321
四、抑制转录的抗生素	322
第五节 真核细胞 RNA 的生物合成	323
一、RNA 聚合酶催化 DNA 转录和加工	323
二、真核细胞的断裂基因	327
三、RNA 编辑 (editing)	328
第六节 病毒 RNA 的合成	329
一、RNA 病毒的种类及其合成方式	329
二、重组 RNA 技术与噬菌体 Q β RNA	332
第七节 DNA 损伤与疾病	335
一、遗传性代谢病	335
二、近亲结合的遗传缺陷	339
知识小结	340
习题	341
第十三章 蛋白质的生物合成	342
第一节 信使 RNA 和遗传密码	342
一、信使 RNA 与遗传信息的传递	342
二、遗传密码的破译	343
三、密码子的特性	347
第二节 转译相关的生物大分子	348
一、核糖体是装配蛋白质的机器	348
二、tRNA 的反密码子译出 mRNA 的密码子	350
第三节 蛋白质合成步骤	352
一、多肽从 N 端开始合成	352
二、多肽合成步骤	352
三、多聚核糖体	355
四、真核生物蛋白质合成	356
五、多肽合成后的输送和加工	356
六、蛋白质的剪接加工	358

二、氨基酸的脱羧作用	243
第四节 氨基酸脱氨、脱羧产物的进一步代谢	244
一、体内的氨	244
二、尿素代谢	245
三、氨的其他去路	248
四、 α -酮酸的代谢	248
五、 CO_2 的代谢	250
六、胺的代谢	250
知识小结	250
习题	251
第十一章 遗传物质组分的结构和性质	252
第一节 核酸分子的基本元件	252
一、碱基	253
二、糖和磷酸	258
三、核苷	259
四、核苷酸的组成与性质	260
第二节 核酸的结构与性质	266
一、脱氧核糖核酸(DNA)的结构	267
二、DNA 的理化性质	276
第三节 核糖核酸(RNA)的结构与性质	280
一、RNA 的结构特征	280
二、RNA 的主要类型和功能	281
三、tRNA	281
四、rRNA	284
五、mRNA	286
六、其他种类的 RNA	286
第四节 核酸类物质的制备	288
一、核酸类物质的提取制备	288
二、核酸类物质的发酵法制备	291
三、核酸大分子的分离纯化	291
第五节 核酸类物质的应用	293
一、医药方面的应用	293
二、农业上的应用	298
三、食品工业上的应用	298
知识小结	299
习题	300
第十二章 核酸的生物合成	301
第一节 核苷酸的生物合成	301
一、嘌呤类核苷酸的生物合成	301
二、嘧啶类核苷酸的生物合成	304

七、蛋白质分子的折叠和分子伴侣	358
八、抗生素作用和蛋白质合成的关系	360
知识小结	361
习题	362
第十四章 代谢调节综述	363
第一节 细胞水平的代谢调节	363
一、细胞结构对代谢调节的分隔控制 (区域化)	363
二、酶活力的非共价修饰调节	364
三、酶活力的共价修饰调节	365
四、酶量的调节	366
第二节 激素水平的代谢调节	368
一、激素的化学本质	368
二、激素对代谢的调节	368
第三节 神经水平的调节	372
知识小结	373
习题	374
第十五章 基因工程基本原理	375
第一节 基因工程的产生背景及主要内容	375
一、基因工程的产生背景	375
二、基因工程的主要内容	375
第二节 基因工程中的运载体系	377
一、质粒载体	377
二、λ噬菌体载体	378
三、考斯质粒载体系统	378
四、构建更大容量的载体系统	379
第三节 目的基因的获得	379
一、从基因组 DNA 中分离	379
二、通过 RNA 合成 cDNA	380
三、基因的化学合成	380
四、用聚合酶链反应 (PCR) 方法扩增目的基因片段	380
五、基因文库与 cDNA 文库的构建	382
第四节 基因的剪切和重组	384
一、基因的剪切与限制性内切酶	384
二、基因的体外重组	386
第五节 重组体 DNA 引入宿主细胞	387
一、重组质粒的转化 (transformation)	387
二、重组噬菌体的转染 (transfection)	388
三、重组 DNA 引入哺乳动物细胞	389
第六节 重组克隆的筛选	390
一、根据重组子遗传表型改变的筛选法	390

二、根据重组子结构特征的筛选法	391
第七节 基因表达	392
一、外源基因在大肠杆菌体系中的表达	392
二、外源基因在真核细胞体系中的表达	394
第八节 基因工程的应用与展望	395
一、基因与疾病	395
二、基因工程的应用	396
三、基因工程的发展趋势	405
知识小结	406
习题	407

第一章 生命系统的特征

研究各种生命现象是人类生存的需要，而探索生命现象的奥妙又会追溯到生命的起源。恩格斯说过：“生命的起源必然是通过化学途径实现的”。现代自然科学研究证明，这一论断完全正确。生命的进化与化学的进化同步！由无机物形成小分子有机物，由小分子有机物形成生物高分子，又由生物高分子形成超分子集合体，并进而形成生命的基本结构单位——细胞。这中间经历了多种多样的化学变化，在一系列量变和质变过程中，生命产生了。

第一节 生命对化学元素的选择

一、构成生物体的主要元素

在生物体中能维持生命活动的必需元素称为生命元素，它们的重要性、数量和分布方式相差很大。有些可以叫做基本元素，因为在所有的生物体中都有；有些元素却只存在于某些生物中。迄今为止，在生物体中发现的元素有 60 多种。其中有 27 种是细胞中所具有的，也是生物体所必需的。在这 27 种元素中有 6 种，即 C、H、O、N、P 和 S 对生命起着特别重要的作用，大部分有机物是由这 6 种元素构成的。Ca、K、Na、Mg 和 Cl 等 5 种元素在生物体内虽然较少，但也是必需的。此外 Mn、Fe、Co、Cu、Zn、Se、I、Cr、Si、V、F、B、Mo、Sn、Ni 和 Br 等 16 种微量元素也是生命不可缺少的。构成生物体的元素具有下列特点。

(1) 生物体是在地球上产生的，并同环境变化一起沿着生态系统的稳定性，有选择地取舍环境中的物质而进化发展的，所以构成生物体的元素都是环境中存在的，且丰度较高。

(2) 生物体所必需的元素绝大多数为轻元素，如周期表中开头的 34 个元素中即有 21 个元素是动物生活所必须的，这样就使生物体有较轻的重量。

(3) 生物体所必需的微量元素大多为过渡元素，这与它们核外的原子轨道中有未被填满的 d 轨道有关。

(4) 碳、氢、氧、氮具有易形成共价键的共同性，它们能相互作用、生成大量不同形式的共价化合物。因为共价结合的强度与所结合原子的相对原子质量成反比，所以这四种元素能形成很强的共价键。

(5) 在碳的有机分子中，由于围绕每个单键结合的碳原子的电子对具有四面体构型，借碳—碳键可形成许多不同的三维空间结构，因此可形成线性、分枝状或环状的骨架。碳原子还可以和氧、氢、氮、磷和硫形成共价结合并把不同种类的功能基引入有机物分子结构中。

(6) 碳、氢、氧等形成的许多有机化合物在生理温度（0~40℃）下具有流动性。CO₂ 常温下为气体，SiO₂ 在常温下为固体，所以硅虽与碳很相似，但从流动性来看并不能构成生命物质的骨架。

表 1-1 是人和一种植物苜蓿的组成元素。从中可看出动物、植物都主要由 10 种左右元素组成。通过人与苜蓿的比较可看出，植物比动物氧的含量高而氮、硫的含量少。这是由于植物体的细胞壁及细胞内贮藏的糖及其相关物质较多所致；此外动物体内钠较多，而植物体内钾较多。

表 1-1 生物体中元素的平均组成

元 素	成人/%	苜蓿/%
碳	48.43	45.37
氧	23.70	41.04
氮	12.85	3.30
氢	6.60	5.54
钙	3.45	2.31
硫	1.60	0.44
磷	1.58	0.28
钠	0.65	0.16
钾	0.55	0.91
氯	0.45	0.28
镁	0.10	0.33
总计	99.96	99.96

二、元素的存在形式

在生物体内，元素存在于无机物或有机物中。在无机物中除了少量的氧和氮外均以化合物形式存在，主要是水和无机盐；而有机物则以糖类、脂质、蛋白质和核酸等化合物形式存在于生物体内。氢、氧两元素主要以水的形式存在于体内，其余的氢、氧元素则与碳元素一起存在于体内的有机物中；氮元素主要存在于组织蛋白质和核酸中；磷以磷酸盐形式存在，少部分存在于核酸、磷脂和糖的磷酸酯中；硫大部分存在于蛋白质中；钾主要存在于细胞内液中；而钠、氯主要存在于细胞外液中。

三、生物体内的微量元素

此类元素在生物体内含量极低，但其中很多对于生物体是必需的（见表 1-2）。许多微量元素是酶的激活剂或是酶的辅因子。例如铁是血红蛋白和细胞色素的主要成分，碘是甲状腺素不可缺少的微量元素，铬可以协助胰岛素起作用。

表 1-2 生物体内的微量元素

元 素	原子序数	功 能
硼	5	某些低等植物必需的生长因子
氟	9	大鼠生长因子，可能是牙及骨骼的组成成分
钠	11	细胞外重要离子
镁	12	许多酶的辅因子，叶绿素及骨骼的组成成分
硅	14	禽类羽毛和骨骼生长所必需
氯	17	主要的细胞负离子，对维持水平衡、渗透压和酸碱平衡是必需的
钾	19	细胞的主要阳离子
钙	20	骨骼的主要成分，神经肌肉功能需要它
钒	23	对低等植物、某些海洋生物及大白鼠是必需的
铬	24	促进葡萄糖的利用，与胰岛素的作用有关
锰	25	多种酶如丙酮酸羧化酶等的辅因子
铁	26	血红蛋白的组成成分
钴	27	维生素 B ₁₂ 的组成成分
铜	29	血蓝蛋白的组成成分（无脊椎动物）
锌	30	许多酶如羧肽酶的辅因子，胰岛素的组成成分
硒	34	肝功能所必需，绿色植物生长因子
钼	42	几种酶如黄嘌呤氧化酶的辅因子
锡	50	大白鼠生长因子
碘	53	甲状腺素组成成分

第二节 生命系统的环境

一、水是生命系统的环境基础

(一) 水在生物体的分布及存在形式

水是生物体的主要成分。生命物质所含的无机物中按质量来说水占第一位，平均含量为 65%~90%。在不同机体或同一机体的不同器官中水的含量也有很大差别。例如人体各部分的含水量，骨髓为 22%，肌肉为 76%，脑为 70%~84%，心脏为 79%，肝脏为 70%，皮肤为 72%，血液为 83%。水的含量也随年龄不同而不同。例如人类四个月的胎儿含水量为 91%，成人则为 65%。有些海栖动物如水母 96%~99%是由水组成的，幼嫩植物含水约 70%，细菌孢子含水约 10%。在生物体内只有一部分的水是以自由的形式存在，这部分水能自由流动，所以是较好的溶剂和运输工具；另一部分水则与体内的蛋白质、粘多糖相结合，因而比较难流动，这部分水称为结合水。在结合的水中一小部分与体内的离子相结合而成为离子水化的水，此类水不能用以溶解其他物质，并且与离子相牵连、不能单独流动。体内结合水的大部分则是用以膨润亲水胶体而存在于胶粒的间隙中。例如在体内心肌含水 79%，血液含水 83%，此二种组织的含水量相差仅 4%，而在形态上心肌坚实血液泛流，其原因就是心肌所含的水均为结合的水，而血液所含的水则多为自由的水，但血液在体外凝固时自由的水变为被凝胶所包围（即结合）的水而不能自由流动。

(二) 水在生物体内的作用

水分子是很强的极性分子，具有沸点高、比摩尔热容大、摩尔蒸发热大以及能溶解许多物质的特性，这些特性对于维持生物体的正常生理活动有着重要的意义。水是一种良好的溶剂，生物体内许多物质都能溶于水。因为水分子极性大，使溶解于其中的许多物质解离成离子，这样有利于体内化学反应的进行。水还直接参加水解、氧化还原反应。由于水溶液的流动性大，水在体内还起运输物质的作用，将吸收的营养物质运输到各组织并将各组织中产生的废物运输到排泄器官排出体外。水的比摩尔热容大，1mol 水从 15℃ 升至 16℃ 时需要 18cal^① 热量，比同量其他液体所需的热量要多，因而水能吸收较多的热量而本身温度升高不多。水的摩尔蒸发热较大，1mol 水在 37℃ 时完全蒸发需要吸热 10.3 kcal，所以蒸发少量的汗就能散发大量的热。再加上水的流动性大，能随血液迅速分布全身，因此水对于维持机体温度的稳定起很大作用。此外，水分还起润滑作用。最后，对植物来说，水分能保持植物的固有姿态，由于植物的液泡里含有大量水分维持细胞的紧张度使植物枝叶挺立，便于接受阳光和交换气体，这样才能保证良好的生长发育。

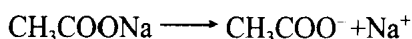
二、生命系统是一个缓冲系统

(一) 缓冲溶液

缓冲溶液是一种能在加入酸或碱时抵抗 pH 值改变的溶液，这种溶液用于很多需要准确控制 pH 值的生物化学实验中。

根据 Henderson-Hasselbach 方程，缓冲溶液的 pH 值取决于两个因素，溶液的 pK_a 值及盐和酸的比例。在 pH4~10 的范围内，氢离子和氢氧离子的浓度都很低，可以忽略不计，溶液里盐和酸的比例可以认为和混合在一起的盐和酸的比例相同。以醋酸与醋酸钠组成的醋酸盐缓冲液为例：

^① 1cal=4.184J。



醋酸只有微弱的解离，其浓度几乎和加入的量相同，而醋酸根离子的浓度可以认为和加入的醋酸钠的量相同，因为它能够完全解离。

若将 5ml、0.1mol/L 的醋酸钠和 4ml、0.1mol/L 的醋酸混合在一起，其 pH 值是多少呢？

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = \frac{5}{9} \times 0.1 \text{ mol/L}$$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = \frac{4}{9} \times 0.1 \text{ mol/L}$$

醋酸在 25℃ 时的 $\text{pK}_a = 4.76$

所以，由 Henderson-Hasselbach 方程： $\text{pH} = \text{pK}_a + \lg \frac{[\text{质子供体}]}{[\text{质子受体}]}$

可得

$$\begin{aligned} \text{pH} &= 4.76 + \lg \frac{5}{4} \\ &= 4.76 + (0.097) \\ &= 4.86 \end{aligned}$$

若在上述混合物中加入 1ml、0.1 mol/L 的盐酸，其 pH 值变化如何？

加入盐酸供给 H^+ ，它与醋酸根离子结合成醋酸。从而使醋酸根离子减少，而未解离的醋酸增多，结果使盐与酸的比例改变，以致使其 pH 发生了变化。

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = \frac{5}{10} \times 0.1 - \frac{1}{10} \times 0.1 = 0.04 \text{ mol/L}$$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = \frac{4}{10} \times 0.1 + \frac{1}{10} \times 0.1 = 0.05 \text{ mol/L}$$

$$\text{pK}_a = 4.76$$

$$\begin{aligned} \text{所以 } \text{pH} &= 4.76 + \lg \frac{0.04}{0.05} \\ &= 4.76 + (-0.097) \\ &= 4.66 \end{aligned}$$

该溶液的 pH 值从 4.86 降低到 4.66，只有 0.2pH 单位的变化，但若将这点酸加到蒸馏水中时，则 pH 值会降至 2，所以这种溶液有缓冲作用，抵消了加酸后的 pH 值变化。

缓冲溶液的缓冲能力是有限的，其抗 pH 值变化的能力也各不相同。只有当 $c_{\text{碱}}/c_{\text{酸}}$ ($c_{\text{碱}}/c_{\text{酸}}$) 在一定范围内，溶液的缓冲性能才比较显著。一般而言，缓冲溶液中各组分浓度比 $c_{\text{碱}}/c_{\text{酸}}$ ($c_{\text{碱}}/c_{\text{酸}}$) 可保持在 1/10 ~ 10/1 之间，这样缓冲溶液有效的缓冲范围就是 $\text{pH} = \text{pK}_a \pm 1$ ，即缓冲溶液的使用范围为其 pK 两侧 1 个 pH 单位。

(二) 生物化学中常用的缓冲溶液

实验室中常用的一些缓冲溶液如表 1-3 所列，它们和其他大多数缓冲液的有效范围大约是 $\text{pK}_a \pm 1$ pH 单位。

在很多生物化学实验中，常要维持 pH 值在 6~8 之间，但只有少数缓冲溶液在这个范围有效。

实际上，特定实验所需的缓冲溶液必须仔细地选择，因为有时影响实验结果的常常是