



普通高等教育“十三五”规划教材
全国高等医药院校药学类系列规划教材

医用化学

主编 余瑜 何炜

 科学出版社

普通高等教育“十三五”规划教材
全国高等医药院校药学类系列规划教材

医用化学

主 编 余 瑜 何 炜

副主编 尚京川 辛 莹 吴 庆 杨 云

编 者 (按姓氏笔画排序)

马晓东(大连医科大学)

王海波(第四军医大学)

邓 萍(重庆医科大学)

兰 婷(第四军医大学)

向广艳(遵义医学院)

孙立力(重庆医科大学)

李 伟(重庆医科大学)

李春艳(福建医科大学)

何 炜(第四军医大学)

辛 莹(成都医学院)

张毅立(昆明医科大学)

尚京川(重庆医科大学)

赵先英(第三军医大学)

胡雪原(重庆医科大学)

姚秋丽(遵义医学院)

顾生玖(桂林医学院)

蒋东丽(桂林医学院)

曾 里(重庆医科大学)

王宏丽(成都医学院)

邓晓军(第四军医大学)

史大斌(遵义医学院)

母昭德(重庆医科大学)

许秀枝(福建医科大学)

杨 云(云南中医学院)

李明华(第四军医大学)

吴 庆(遵义医学院)

余 瑜(重庆医科大学)

张淑蓉(重庆医科大学)

陈志琼(重庆医科大学)

周丽平(重庆医科大学)

赵旭东(重庆医科大学)

柳 波(昆明医科大学)

袁泽利(遵义医学院)

曹丽萍(成都医学院)

蒋智清(福建医科大学)

廖昌军(成都医学院)

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本教材共二十二章,其中第一章为绪论,第二章至第八章为基础化学,第九章至第二十章为有机化学,第二十一章和第二十二章为分析化学;在实验部分中设计编排了十四个实验,内容包括医用化学实验室安全知识、基本仪器操作、溶液配制、药物合成、动植物有效成分提取、分离纯化和鉴定等,望能通过学习,能加强学生的基本操作技能,培养学生独立思考和解决问题的能力。

本教材可供 36~84 学时与医学有关的基础医学、检验、生物医学工程、影像、生殖等专业的本专科学生使用,同时也可作为医用化学教学的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

医用化学 / 余瑜,何炜主编. —北京:科学出版社,2016. 8

普通高等教育“十三五”规划教材·全国高等医药院校药学类系列规划教材

ISBN 978-7-03-048575-5

I. ①医… II. ①余… ②何… III. ①医用化学-医学院校-教材 IV. ①R313

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 123322 号

责任编辑:王 颖 / 责任校对:张小霞 何艳萍

责任印制:赵 博 / 封面设计:陈 敬

版权所有,违者必究。未经本社许可,数字图书馆不得使用

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

三河市骏杰印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 8 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2016 年 8 月第一次印刷 印张:25 1/2 插页:1

字数:706 000

定价:69.80 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

普通高等教育“十三五”规划教材
全国高等医药院校药学类系列规划教材

专家委员会

主任委员 张志荣 四川大学华西药学院

副主任委员 (按姓氏笔画排序)

王玉琨 第四军医大学

刘卫东 第三军医大学

杨 竹 重庆医科大学

宋流东 昆明医科大学

胡华强 中国科技出版传媒股份有限公司

傅 强 西安交通大学

委 员 (按姓氏笔画排序)

叶 云 西南医科大学

包保全 内蒙古医科大学

李 莉 新疆医科大学

沈祥春 贵州医科大学

张立明 宁夏医科大学

张仲林 成都医学院

陈 文 石河子大学

陈 旭 桂林医学院

陈朝军 内蒙古医科大学

周旭美 遵义医学院

周春阳 川北医学院

胡昌华 西南大学

饶高雄 云南中医学院

柴慧芳 贵阳中医学院

黄 园 四川大学华西药学院

傅超美 成都中医药大学

前言

为适应和深化我国高等医学教育改革和发展,满足与医学有关各专业教学的需要,结合多年来各院校师生在《医用化学》课程中教与学的经验与改革实际,以形成性评价加强学生学习过程管理为导向,力求突出和贯彻执行国家教育部提出的“三基”、“五性”和注重实用性为特点,提高起点和拓宽知识面,以适应医学及其有关本科各专业知识结构和能力培养的需要,编写《医用化学》教材。

本教材以学生为中心,以学生知识、能力和素质协调发展为指导,注意并保持《医用化学》教材的知识结构与特色,十分注意与医学的联系,主要编排了化学联系、人体视角、临床视角、环境视角等4个方面的内容,更加突出化学知识在医药中的应用。在教材方面,编写了学习目的、化学反应总结、关键词、问题与练习、思考题等内容,同时注意表述清楚、准确;在问题与习题方面,注重其综合性和实用性;在实验方面,强调基础性、综合性、实用性和动手性;在附录方面,编写了医用化学实验必需的知识,提供了常见的危险性化学药品和常见的具有致癌性化学物质等数据资料,以供参考。此外,本教材中每章后的问题与练习、思考题都配有参考答案,请扫描封底二维码获取。

本教材理论部分共二十二章,其中第一章为绪论,有别于现行的《医用化学》教材;第二章至第八章为基础化学,第九章至第二十章为有机化学,第二十一章和第二十二章为分析化学;在实验部分中设计编排了十四实验,内容包括医用化学实验室安全知识、基本仪器操作、溶液配制、药物合成、动植物有效成分提取、分离纯化和鉴定等,望通过学习,能加强学生的基本操作技能,培养学生独立思考和解决问题的能力。

本教材可供36~84学时与医学有关的基础医学、检验、生物医学工程、影像、生殖等专业的本专科学学生使用,同时也可作为医用化学教学的参考书。各学校在使用时可根据教学的实际情况,进行补充和删减。

本教材中计量单位一律采用法定计量单位,有机化合物的名称也遵循我国有机化合物命名原则,主要名词术语均附有英文。

本教材得到重庆医科大学、第四军医大学、第三军医大学、成都医学院、大连医科大学、昆明医科大学、福建医科大学、桂林医学院、云南中医学院、遵义医学院等单位的领导和各位编委的大力支持。同时,在习题和思考题审核方面,得到重庆医科大学尚京川教授、母昭德教授、胡雪原副教授、孙立力副教授、陈宇航和黄贵丽硕士研究生的大力支持。在此,谨向他们致以诚挚谢意!

本教材的编写,力求做到尽善尽美,但难免有不妥或疏漏之处,敬请广大师生批评指正。

余 瑜

2016年4月于重庆

目 录

第一章 绪论	(1)	第九章 饱和烃	(140)
第一节 化学	(1)	第一节 烷烃	(140)
第二节 化学与医学的关系	(4)	第二节 环烷烃	(146)
第三节 化学测量	(7)	第十章 不饱和烃	(151)
第四节 有效数字与科学记数法	(13)	第一节 烯烃	(151)
第二章 原子、元素和分子	(17)	第二节 炔烃	(156)
第一节 原子	(17)	第三节 芳烃	(158)
第二节 元素	(27)	第十一章 卤代烃	(164)
第三节 分子	(32)	第十二章 醇、酚、醚、硫醇和硫醚	(178)
第三章 物质	(44)	第一节 醇	(178)
第一节 物质的组成与分类	(44)	第二节 酚	(182)
第二节 物质的结构	(46)	第三节 醚	(185)
第三节 物质的状态	(49)	第四节 硫醇和硫醚	(187)
第四节 物质的性质	(53)	第十三章 醛、酮和醌	(193)
第四章 溶液	(56)	第一节 醛和酮	(193)
第一节 溶液	(56)	第二节 醌	(198)
第二节 溶液的渗透压	(63)	第十四章 羧酸与取代羧酸	(202)
第三节 作为溶剂的水	(66)	第一节 羧酸	(202)
第四节 酸与碱	(67)	第二节 取代羧酸	(206)
第五节 体液中的电解质	(76)	第十五章 对映异构	(214)
第六节 胶体溶液	(79)	第十六章 有机含氮化合物	(221)
第五章 反应	(85)	第一节 胺	(221)
第一节 反应	(85)	第二节 酰胺	(228)
第二节 化学和物理变化	(86)	第三节 含氮杂环化合物	(230)
第三节 化学方程式和计算	(95)	第四节 生物碱	(237)
第四节 反应速率	(97)	第十七章 脂类	(244)
第六章 氧化-还原反应与电极电势	(103)	第一节 油脂	(244)
第一节 氧化-还原反应的基本概念	(103)	第二节 类脂	(249)
第二节 原电池	(106)	第十八章 糖类	(256)
第三节 电极电势	(107)	第一节 单糖	(257)
第四节 电极电势的应用	(113)	第二节 二糖	(268)
第五节 电势法测定溶液的 pH	(115)	第三节 多糖	(272)
第七章 配位化合物	(119)	第四节 糖代谢	(276)
第八章 核化学和核医学	(129)	第十九章 氨基酸、多肽和蛋白质	(284)
第一节 核化学	(129)	第一节 氨基酸	(284)
第二节 核医学	(136)	第二节 多肽	(289)
		第三节 蛋白质	(292)
		第四节 酶	(298)

第二十章 核酸	(304)	实验十一 食用醋中醋酸质量浓度的测定	(374)
第二十一章 分光光度法	(315)	实验十二 分光光度法测定铁的含量	(375)
第一节 分光光度法概述	(315)	实验十三 紫外分光光度法测定苯酚的含量	(377)
第二节 光吸收的基本定律	(317)	实验十四 HPLC 法测定咖啡因的含量	(378)
第三节 分光光度计	(318)	主要参考文献	(380)
第四节 分光光度法分析条件的选择	(320)	附录	(381)
第五节 常用定量分析方法简介 ...	(323)	附录一 化学试剂规格	(381)
第二十二章 高效液相色谱法简介 ...	(326)	附录二 常用化学危险品分类	(381)
第一节 高效液相色谱法概述	(327)	附录三 水的蒸汽压力表(0~100℃)	(382)
第二节 高效液相色谱法基本理论	(331)	附录四 常用酸、碱溶液的相对密度、含量和浓度	(383)
第三节 高效液相色谱法的固定相和流动相	(333)	附录五 常用弱酸和弱碱的电离常数	(383)
第四节 高效液相色谱仪	(334)	附录六 常用的标准缓冲溶液	(385)
第五节 高效液相色谱法的定性和定量分析方法	(337)	附录七 H_2PO_4^- 和 HPO_4^{2-} 组成的缓冲溶液(298.15K)	(385)
第六节 高效液相色谱法的应用 ...	(339)	附录八 “Tris” 和 “Tris · HCl” 组成的缓冲溶液	(385)
医用化学实验	(343)	附录九 常用的指示剂	(386)
第一部分 医用化学实验规则	(343)	附录十 常用难溶化合物的溶度积	(388)
第二部分 医用化学实验的基本操作与要求	(344)	附录十一 常用电极的标准电极电势(298.15K)	(388)
第三部分 医用化学实验	(351)	附录十二 常用基准物质的干燥条件和应用	(390)
实验一 医用化学实验室安全知识和基本仪器操作	(351)	附录十三 常用有机溶剂的沸点和密度	(390)
实验二 弱酸电离常数和电离度的测定	(356)	附录十四 常见毒性危险性化学药品	(391)
实验三 氯化钠的提取纯化及鉴定	(358)	附录十五 常见具有致癌性的化学物质	(393)
实验四 水的硬度测定	(360)	附录十六 常用中英文及其缩写对照表	(397)
实验五 有机化合物物理常数的测定	(361)	元素周期表	
实验六 纸色谱法分离鉴定氨基酸	(364)		
实验七 茶叶中咖啡碱的提取及鉴定	(367)		
实验八 蛋黄中卵磷脂的提取及组成鉴定	(369)		
实验九 阿司匹林的制备	(370)		
实验十 有机化合物的鉴别实验	(372)		

第一章 绪 论

(introduction)



学 习 目 标

1. 掌握:医用化学研究的对象;化学单位;有效数字与科学记数法。
2. 熟悉:化学与医学的关系;基础化学;有机化学。
3. 了解:化学的发展概况。

第一节 化 学

一、基 本 概 念

化学(chemistry)是在分子和原子层次上以实验为基础研究物体的组成、性质、结构与变化规律的一门自然科学。物体是指某一有限质量在某一有限空间内的瞬时分布。物体经历的改变总是伴随有增加能量或者减小能量。能总是通过做功完成一些改变。化学研究涉及物体、能量及其二者之间的关系,为此,物体与能量是化学研究的核心。

化学是人类用以认识和改造物质世界的主要方法和手段之一。它的成就是社会文明的重要标志。现代化学主要涉及无机化学、有机化学、物理化学、分析化学与高分子化学等五门二级学科。化学作为材料科学、纳米科技、生物化学等部分科学学门的核心和基础,为此,被许多人称为“中心科学”。

医用化学(medical chemistry)主要涉及无机化学、有机化学和分析化学的基本内容和检测方法。

无机化学(inorganic chemistry)是研究无机物的化学,是化学最古老的分支学科。其主要包括元素周期律、原子结构、化学键、分子结构、配位化合物与配位平衡、溶液、胶体溶液、酸碱平衡、沉淀溶解平衡、氧化还原反应等。

有机化学(organic chemistry)是研究碳氢化合物及其衍生物的化学。其主要包括烷烃、烯烃、炔烃、芳香烃、卤代烃、醇、酚、醚、醛、酮、羧酸、羧酸衍生物、胺类、硝基化合物、腈类、含硫有机化合物、含磷有机化合物等元素有机化合物、杂环化合物、糖类、脂类、氨基酸、蛋白质和核酸等。

分析化学(analytical chemistry)是研究物质的组成、含量、结构和形态等化学信息的分析方法及理论的一门科学,是化学的一个重要分支。

二、化学的发展概况

从古至今,通过钻木取火,人类利用火烧煮食物、烧制陶器、冶炼青铜器和铁器、酿酒制醋等都是化学技术的应用。为此,人类与化学结下了不解之缘。正是因为这些化学技术的具体应用,极大地促进了当时社会生产力的发展,并且成为人类进步的标志。化学的发展大致可划分为五个时期:

1. 化学的萌芽时期 从远古到公元前 1500 年期间,即远古的工艺化学时期,化学知识尚未

形成,人类主要是在实践经验的直接启发下经过不断摸索而创造了制陶、冶金、酿酒和染色等化学技术及其工艺。

2. 化学的丹药时期 从公元前 1500 年到公元 1650 年期间,炼丹术士为了求得长生不老的仙丹,炼金术士为了求得荣华富贵的黄金,他们在皇宫、教堂、家里甚至于深山老林的烟熏火燎中,开始了最早的化学实验。此时期在中国、阿拉伯、埃及以及希腊等国家有不少关于炼丹术的记载和总结书籍,积累了许多物质间的化学变化,为化学的进一步发展准备了丰富的素材。随着时间的推移,化学方法转而在医药和冶金方面得到了正当发挥。在欧洲文艺复兴时期,出版的一些有关化学书籍,第一次有了“化学”这个名词。英语的 chemistry 起源于 alchemy(炼金术)。chemist 至今还保留着两个相关的含义:化学家和药剂师。这些都可以说是化学脱胎于炼金术和制药业的文化遗迹。

3. 化学的燃素时期(或称近代化学的孕育时期) 从 1650 年到 1775 年时期,随着冶金工业和实验室经验的积累,人们积极总结感性知识和经验,提出了燃素学说(the phlogiston theory),并认为可燃物能够燃烧是因为它含有燃素,可燃的燃素是一种气态物质,当可燃物放出燃素后与空气结合,从而发光发热,这就是火,如油脂、蜡和木炭等都是极富燃素的物质;而石头、木灰和黄金等都不含燃素,所以不能燃烧。物质发生化学变化,可归结为物质释放燃素或吸收燃素的过程。例如,煅烧锌或铅,燃素从中逸出,便生成白色的锌灰和红色的铅灰;而将锌灰和铅灰与木炭一起焙烧时,从木炭中吸收燃素,金属又重生出来。金属溶于酸是燃素被酸夺去的过程。酒精是水和燃素的结合物,酒精燃烧后,便只剩下水。为此,这一时期又称为燃素化学时期。

在这个时期,化学家为了解释各种现象,做了大量的实验,进行化学变化的理论研究,使化学成为自然科学的一个分支。此阶段的起始是以英国近代化学奠基人罗伯特·波义耳(Robert Boyle, 1627—1691)指明化学的元素科学概念为标志。在元素的科学概念建立后,通过对燃烧现象的精密实验研究,建立了科学的氧化理论和质量守恒定律,随后又建立了定比定律、倍比定律和化合量定律;同时随着欧洲工业生产蓬勃兴起,推动了医药化学和冶金化学的创立和发展,使炼金术转向生活和实际应用,继而更加注意物质化学变化本身的研究,为化学进一步科学的发展奠定了基础。

4. 近代化学时期 从 1775 年到 1900 年时期,法国著名化学家安托万-洛朗·德·拉瓦锡(法语:Antoine-Laurent de Lavoisier, 1743—1794)在 1775 年前后用定量化学实验阐述了燃烧的氧化学说,开创了定量化学时期,使化学沿着科学的轨道发展。这一时期建立了不少化学基本定律,19 世纪初,英国化学家道尔顿提出近代原子学说,突出地强调了各种元素原子的质量为其最基本特征,使当时的化学知识和理论得到了合理的解释。接着意大利科学家阿伏伽德罗提出分子概念。自从用原子和分子论来研究化学,化学才真正被确立为一门科学。

这一时期,建立了不少化学基本定律。俄国化学家德米特里·伊万诺维奇·门捷列夫(俄语:Дми'т рий Ива'нович Менделе'ев, 1834—1907)发现元素周期律,进一步通过对矿物的分析,发现了许多新元素,加上对原子分子学说的实验验证,经典的化学分析方法也有了自己的体系。不仅初步形成了无机化学的体系,而且与原子分子学说一起成为化学的理论体系。

随着原子价概念、苯六环结构和碳价键四面体等学说的创立、草酸和尿素的合成、酒石酸拆分成旋光异构体以及分子不对称性等等的发现,有机化学结构理论的建立,使人们对分子本质的认识更加深入,并奠定了有机化学的基础。1806 年,瑞典化学家琼斯·雅可比·贝采里乌斯(Jons Jakob Berzelius, 1779—1848)首次提出“有机化学”,这一词与当时的“无机化学”是相对的,德国化学家尤斯图斯·冯·李比希(Justus von Liebig, 1803—1873)和德国化学家弗里德里希·维勒(Friedrich Wohler, 1800—1882)发展了有机结构理论,随后于 1828 年在实验室中首次成功将无机物氰酸铵转化为哺乳动物蛋白质代谢的有机产物尿素,这是对当时占统治地位的“生命力论”发起的第一次冲击,动摇了“生命力论”的根基。这些都使化学成为一门系统的科学,也为现代化学的发展奠定了基础。

5. 现代化学时期 从 20 世纪初至今,化学发展的趋势可以归纳为:由宏观向微观、由定性向定量、由稳定态向亚稳定态发展;由实验经验逐渐上升到理论,再用于指导设计和开拓创新的物质研究。一方面,化学为生产和技术部门提供尽可能多的新物质、新材料,同时也解决了化学上许多悬而未决的问题;另一方面,化学向生物学和地质学等学科渗透;向探索生命科学和宇宙起源的方向发展,同时合成了从不稳定的自由基到有生物活性的蛋白质、核酸等生命基础物质;还合成了有复杂结构的天然有机化合物和有特效的药物,使蛋白质、酶的结构问题得到逐步的解决。这些成就对促进科学的发展起了巨大的作用,为解决有生命物质的合成问题及其化学问题等,提供了有利的条件。

在结构化学方面,由于电子的发现开始并确立的现代的有核原子模型,不仅丰富和深化了对元素周期表的认识,而且发展了分子理论。应用量子力学可研究分子结构。研究物质结构的谱学方法也由可见光谱、紫外光谱、红外光谱扩展到核磁共振谱、电子自旋共振谱、光电子能谱、射线共振光谱、穆斯堡尔谱等,与计算机联用后,积累大量物质结构与性能相关的资料,正由经验向理论发展。电子显微镜放大倍数不断提高,人们可以直接观察分子的结构。

作为 20 世纪的时代标志,人类开始掌握和使用核能。放射化学和核化学等分支学科相继产生,并迅速发展;同位素地质学、同位素宇宙化学等交叉学科接踵诞生。元素周期表扩充了,已有 109 号元素,并且正在探索超重元素以验证元素“稳定岛假说”。与现代宇宙学相依存的元素起源学说和与演化学说密切相关的核素年龄测定等工作,都在不断补充和更新元素的观念。

三、化学的分类

化学对认识和利用物质具有重要的作用。从化学的应用和研究方向基本上化学可以分为无机化学、有机化学、物理化学、分析化学、高分子化学、应用化学和化学工程学、生物化学等七大类共 80 项等(表 1-1)。

表 1-1 化学的分类表

序号	类型名称	具体学科及其研究对象
1	无机化学	元素化学、无机合成化学、无机高分子化学、无机固体化学、配位化学(即配合物化学)、同位素化学、生物无机化学、金属有机化学、金属酶化学等
2	有机化学	普通有机化学、有机合成化学、金属和非金属有机化学、物理有机化学、生物有机化学、有机分析化学
3	物理化学	结构化学、热化学、化学热力学、化学动力学、电化学、溶液理论、界面化学、胶体化学、量子化学、催化作用及其理论等
4	分析化学	化学分析、仪器和新技术分析
5	高分子化学	天然高分子化学、高分子合成化学、高分子物理化学、高聚物应用、高分子物理
6	核化学	放射性元素化学、放射分析化学、辐射化学、同位素化学、核化学
7	生物化学	一般生物化学、酶类、微生物化学、植物化学、免疫化学、发酵和生物工程、食品化学、煤化学等
8	其他化学	地球化学、海洋化学、大气化学、环境化学、宇宙化学、星际化学、绿色化学等

四、化学、药学与医学

医学依托数学、物理、化学和计算机等学科的发展而得到飞速的发展。进入 21 世纪,医学正从生物分子到分子生物的飞速转变过程中,医学的研究也进入分子水平,而在分子水平上的研究方法主要是化学方法。其主要涉及的重要课程是《无机化学》、《有机化学》、《分析化学》和

《物理化学》。为此,可以探讨化学特别是无机化学和有机化学与药学和医学的关系。

20 世纪 30 年代,以乙炔为原料兴起了有机合成,随后以石油和天然气为主,发展了合成橡胶、合成塑料和合成纤维等工业。由于石油资源将日趋短缺,以煤替代石油为原料的有机化学工业也发展起来。随着合成染料的发现,促进了染料和制药工业的蓬勃发展,推动了对芳香族化合物和杂环化合物的研究,同时也使药学得到了长足的进步。从 20 世纪初期至 30 年代,先后确定了单糖、氨基酸、核苷酸、牛胆酸、胆固醇和某些萜类等结构。30~40 年代,进行了维生素、甾族激素和多糖等结构确定以及一些肽和蛋白质的组成,完成了一些甾族激素和维生素等合成的研究。40~50 年代,完成了青霉素 (penicillin) 等抗生素结构测定及其合成;50 年代,完成了催产素 (oxytocin) 等生物活性小肽的合成;一些甾族化合物和吗啡 (morphine) 等生物碱的全合成;确定了胰岛素 (insulin) 的化学结构;发现了蛋白质的螺旋结构和 DNA 的双螺旋结构。60 年代,完成了胰岛素全合成;低聚核苷酸的合成。70 年代至 80 年代初期,进行了前列腺素 (prostaglandin)、维生素 B₁₂、昆虫信息素激素的全合成;确定了核酸和美登木素 (maytansine) 的结构及其全合成等。号称人类自然科学史上三大计划之一的“人类基因组计划” (human genome project, HGP) 于 2000 年 6 月 26 日由英、美、中、日、德和法等国家的科学家联合宣布人类基因组草图绘制工作已经完成,2001 年 2 月 15 日美国《科学》杂志正式发表了比“工作草图”更为清晰、完整、准确的人类基因组图谱。这标志着人类生命科学又向纵深迈进了坚实的一步。

第二节 化学与医学的关系

一、组成人体的化学物质

人体是由细胞构成的,细胞是人体结构和功能的基本单位。人体共约有 40 万亿~60 万亿个细胞,细胞平均直径在 10~20 微米之间,其中最大的细胞是成熟的卵细胞,直径在 0.1 毫米以上;最小的细胞是血小板,直径只有约 2 微米。除成熟的红细胞外,所有细胞都有一个细胞核,是调节细胞作用的中心。血液中白细胞有的寿命只有几小时;肠黏膜细胞的寿命为 3 天;肝细胞寿命为 500 天;而脑与骨髓里的神经细胞的寿命有几十年,几乎与人体寿命相等。

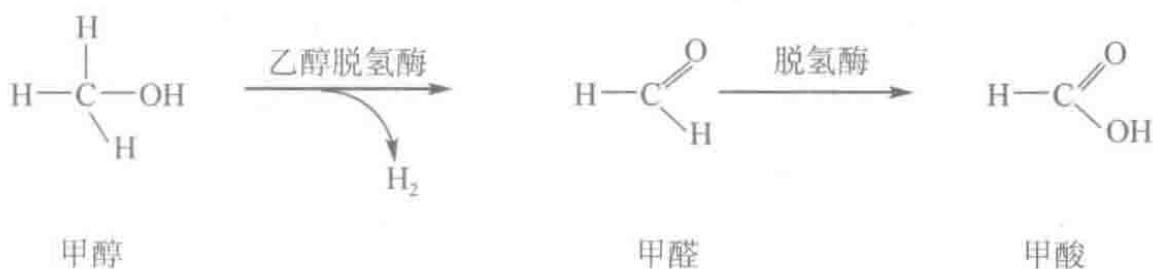
人体众多形态与功能相似的细胞及其细胞间质组合成的细胞群体叫做组织,例如神经组织、肌肉组织、上皮组织等。几种组织有机地结合起来具有特定结构和功能,就构成了器官,例如心脏、肝、肾等。若干个功能相关的器官联合起来,共同完成某一特定的连续性生理功能,就构成人体的系统。

组成人体的化学物质很多,归纳起来主要有核酸、蛋白质 (18.3%)、糖类 (0.5%)、脂类 (10%~20%)、水 (60%~70%)、无机盐以及微量元素等等,这些化学物质在人体内的功能各异,构成了人体的各种细胞及其细胞间质,并供给细胞活动的能量,其中任何一种物质都不可或缺,否则将会导致人体的代谢障碍和组织损伤。

二、化学反应与人体内的物质代谢

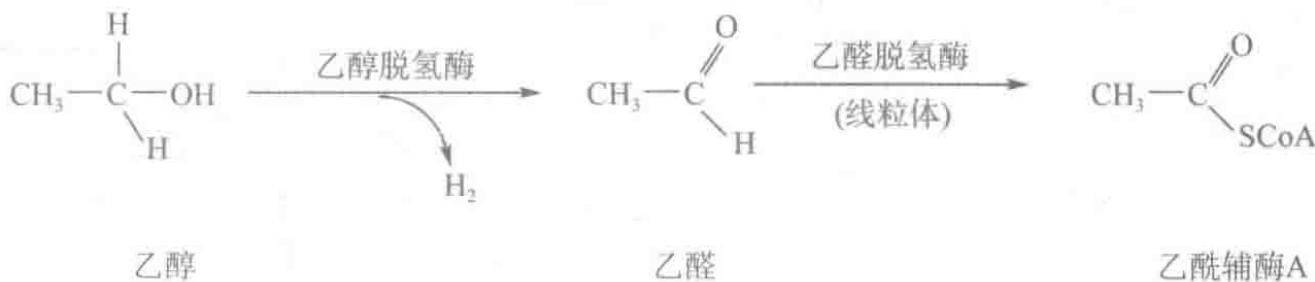
代谢 (metabolism), 又称细胞代谢,是生物体内用于维持生命的一系列有序化学反应的总称。其常被分为两类:一类是分解代谢,可对大分子进行分解以获得能量 (如细胞呼吸) 等,一类是合成代谢,可以利用能量来合成细胞中的各个组分 (如蛋白质和核酸) 等。物质代谢是指物质在体内的消化、吸收、运转、分解等与生命有关的化学过程。这些反应过程使得生物体能够生长和繁殖、保持它们的结构以及对外界环境做出反应。

1. 甲醇和乙醇的体内代谢反应 甲醇在人体内代谢时,第一步生成甲醛,第二步生成甲酸,其反应式为:



甲醛可破坏人视网膜上的感光蛋白质,造成眼睛失明。其进一步氧化产物为甲酸,因其不能被机体代谢而潴留于血中,使 pH 下降,轻者导致肾衰竭,而最严重者可导致死亡。

乙醇在人体内代谢时,第一步生成乙醛,第二步生成乙酰辅酶 A,其反应式为:



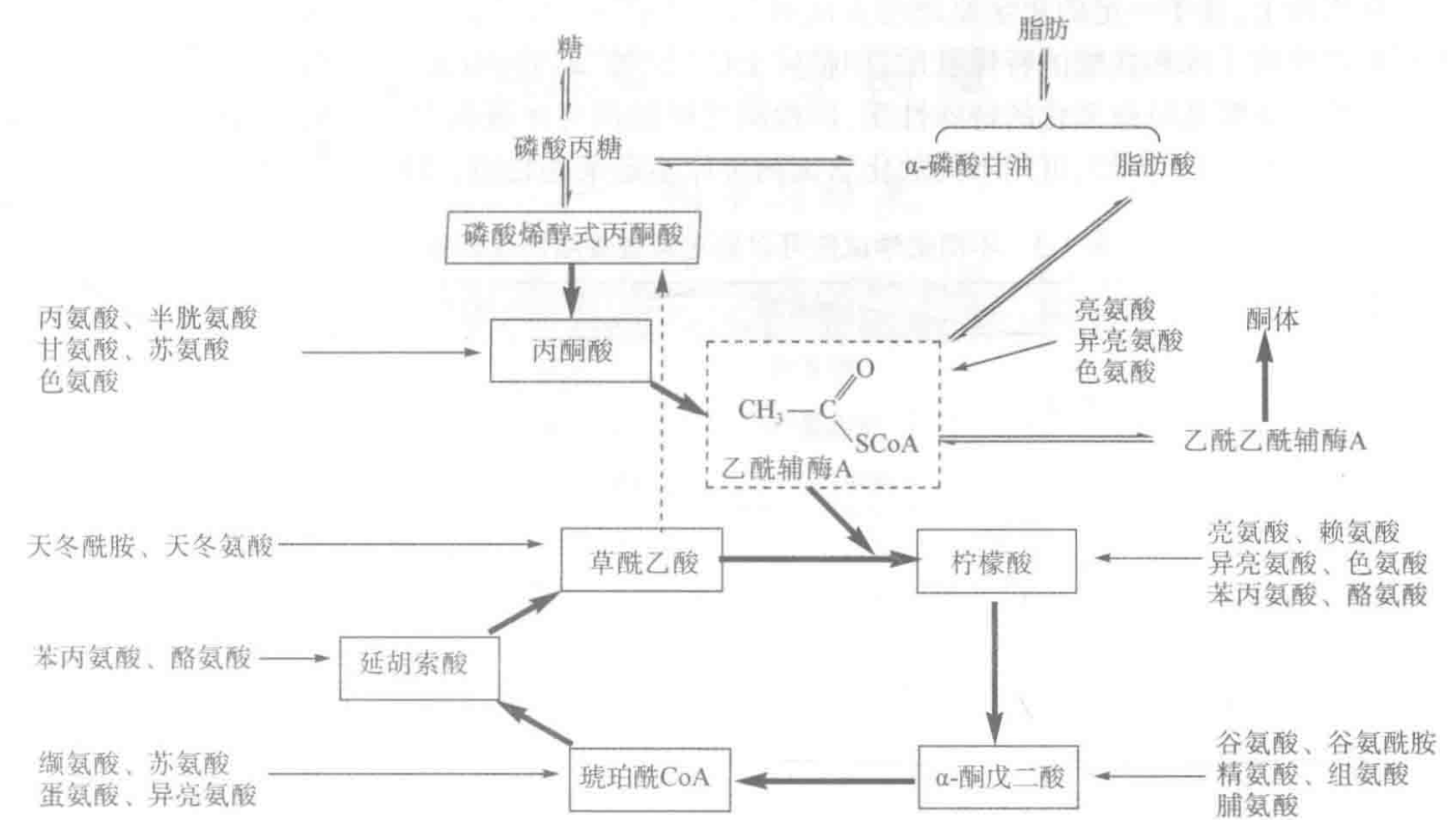
大量乙醇可扰乱神经系统的功能,对人体是有害的(表 1-2)。当血液中乙醇浓度过高时,乙醇主要通过乙醇脱氢酶(ADH)代谢系统进行氧化,需借助过氧化氢氧化酶系统、线粒体乙醇氧化系统、膜结合离子转换系统进行代谢生成乙醛(具有让毛细血管扩张的功能,这是喝酒人脸红的原因),但很快又被乙醛脱氢酶转化为乙酰辅酶 A(Acetyl coenzyme A),而被人体的细胞利用。

表 1-2 血液中不同乙醇浓度的临床症状表

乙醇浓度*	临床症状	乙醇浓度*	临床症状
0.010	神志清醒,呼吸正常,口腔和喉黏膜有轻微刺痛	0.100	摇摇晃晃,站立不稳
0.020	头后部有轻微的阵阵抽痛,头昏眼花	0.300	昏迷不省人事
0.030	轻度的异常欣快,毫无愁闷感,自吹自擂	0.400	深度麻木,可致死
0.040	力气异常大,狂暴无礼	/	/

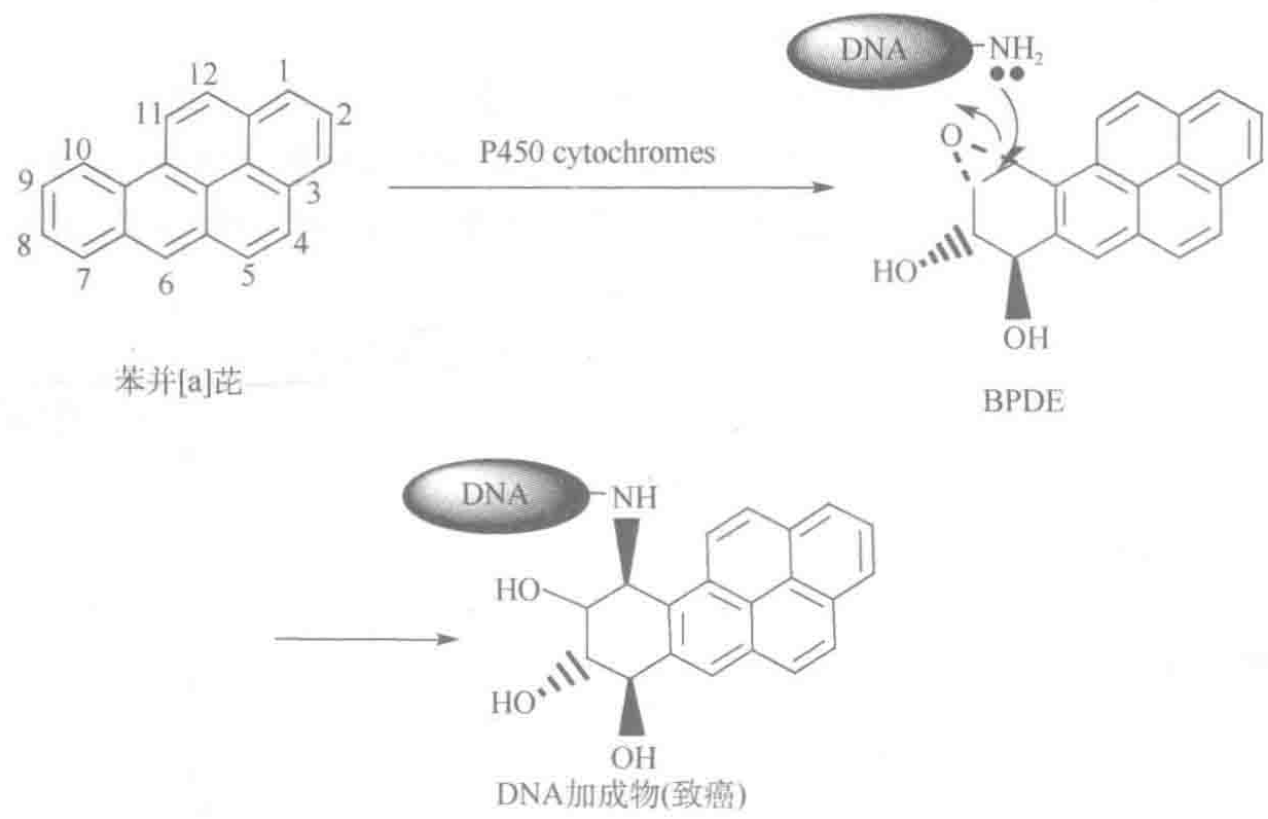
“*”表示血液中的乙醇体积分数。人饮入 5~10ml 乙醇,血液中的乙醇体积分数约为 0.010%。

乙酰辅酶 A 是能源物质代谢的重要中间代谢产物,在人体内能源物质代谢中是一个枢纽性物质。



乙酰辅酶 A 是糖、脂肪和蛋白质等三大营养物质的共同人体内代谢产物,再经三羧酸循环和氧化磷酸化代谢通路,彻底氧化生成二氧化碳和水,释放的能量用以 ATP 的合成。乙酰辅酶 A 是合成脂肪酸、酮体等能源物质的前体物质,也是合成胆固醇及其衍生物等生理活性物质的前体物质。

2. 苯并[a]芘的体内代谢反应 苯并[a]芘(benzo[a]pyrene)是多环芳烃类(polycyclicaromatic hydrocarbons, PAHs)环境化学污染物,是煤焦油的主要致癌成分。当糖类、脂肪、蛋白质等加热“燃烧”时,均会产生苯并[a]芘。在烟熏过程中食物也能遭到苯并[a]芘的污染。例如,1kg 烟熏羊肉中苯并[a]芘的含量相当于 250 支卷烟“燃烧”时产生苯并[a]芘的量。为此,进入人体内的苯并[a]芘经细胞色素 P450 酶代谢产生致癌物特强的苯并[a]芘-7β,8α-二氢二醇-9α,10α-环氧化物(benzo[a]pyrene-7β,8α-dihydrodiol-9α,10α-epoxide, BPDE);其代谢环氧化物与 DNA 经加成反应形成共价键结合的 DNA 加成物,造成 DNA 损伤,当 DNA 不能修复或修而不复,细胞就可能发生癌变。



三、化学与医学检验

在临床上,基于一定的化学原理与方法利用化学物质的特殊性质用于诊断疾病。例如,基于硫酸钡难溶于水和盐酸的特殊性质,即临床上的“钡餐”试验,用 X 射线诊断胃肠疾病。又如,基于葡萄糖含醛基可被氧化的特殊性质,即检测斐林试剂与尿液葡萄糖反应是否生成砖红色的沉淀,诊断糖尿病。再如,可用不同的化学试剂可以鉴定某些物质,诊断疾病(表 1-3)。

表 1-3 不同化学试剂可以鉴定某些物质而诊断疾病表

序号	化学试剂	检测对象	检测原理	诊断疾病
1	基因探针	癌基因	DNA 分子杂交	白血病
2	双缩脲试剂	尿液蛋白质	与双缩脲试剂显紫色反应	肾炎
3	单克隆抗体	血液乙肝病毒	抗体与抗原基因特异性结合	乙型肝炎

四、化学与药物

药物(drug)是指能影响机体生理、生化和病理过程具有保健、预防、治疗、诊断疾病和某些特殊用途的化学物质。

药品(medication)系指(各国)国家食品药品监督管理局审批允许其上市生产和销售的药

物。其主要包括化学原料药物及其制剂;药材、中药饮片、中成药;抗生素、生化药品、放射性药品、血清疫苗、血清制品和诊断药品等。按照我国《药品管理法规定》,药品系指用于预防、治疗、诊断人的疾病,有目的地调节人的生理机能并规定有适应证、用法和用量的物质。

国际上,药物一般分为中药、化学药物和生物药物。现以化学药物为例说明。

1. 化学药物的命名 每一专卖药物至少有3个名称:化学名称、普通名称(非专卖药物)和商品名称(专利或商标药物)。其中化学名称能精确地反映药物的化学结构,但一般药物很少用。在美国,普通名称由官方机构——美国命名委员会(USAN)决定。商品名称由制药公司选择,制药公司总是挑选独特、简短并容易记住的名称,以便于医师处方及患者按名索购。

2. 化学药物的分类 依照法律及其国际上分类管理,药物可分为两类:一类是处方药物,是指那些考虑到医疗安全只能在医疗监护下使用的药物,必须由执业医师出具书面处方(例如内科医生、牙科医生或兽医);一类是非处方药物(OTC),是指那些不用医疗监护即具相当安全性的药物,可在无处方情况下由药店直接出售。

3. 化学药物的应用 化学药物主要包括有利于健康的催眠药物、感冒药物、退烧药物、胃药、泻药等等各种药品。药物可在药店购买,处方药物必须凭处方购买。例如,胰岛素、Diabinese(氯磺丙脲的商品名)可用于治疗糖尿病;紫杉醇、顺铂等用于治疗肿瘤;Flexeril(三碘季铵酚的商品名)用于缓解肌痉挛;青霉素用于治疗细菌感染。

临床视角

基于体内代谢物的诊断(1):尿葡萄糖

1. 尿葡萄糖 系指人尿液中的葡萄糖,一般正常人尿液中可有微量葡萄糖,尿内排出量 $< 2.8\text{mmol}/24\text{h}$,用普通定性方法检查为阴性。

2. 尿葡萄糖正常值参考范围 定量为 $< 2.8\text{mmol}/24\text{h}$ ($< 0.5\text{g}/24\text{h}$)。浓度为 $0.1 \sim 0.8\text{mmol}/\text{L}$ ($1 \sim 15\text{mg}/\text{dL}$)。定性:阴性(-)。

3. 临床意义 呈阳性,多见于:①疾病。②饮食性糖尿。③暂时性和持续性糖尿:暂时性糖尿,见于剧烈运动后、头部外伤等,多见于原发性糖尿病、甲状腺功能亢进、内分泌疾病、嗜铬细胞瘤等。④其他:烧伤、感染、骨折、应用药物也可引起尿糖阳性。

第三节 化 学 测 量

一、测量与结果

测量(measurement)是指待测物量与公认标准量比较的过程。其测量结果的记录应该包含两个部分:测量数值和单位(见本节的“二”部分)。其中测量数值包括两个部分:准确值和估算值。

在确定被测对象后,应注意以下几个问题:

1. 结果的完整性 在测量结果表示中,应注意记录的完整性,即每一次测量结果的记录内容应包括三个要素:估算值、准确值和单位。

2. 结果的标识性 在给出结果时,应表明测量结果所指的是示值、未修正结果、已修正结果和平均值等。

3. 结果的重复性 在相同测量条件下,对同一被测量进行连续多次测量所得结果之间的一致性,即结果的重复性。相同测量条件即称为“重复性条件”,其中重要的是注意相同的测量程序、相同的测量仪器、相同的观测者、相同的地点、在短期内重复测量、相同的测量环境等。

二、单 位

单位(unit)是指测量中的标准量。它是一个选定的标准量,独立定义的单位称为“基本单位(base unit)”;由物理关系导出的单位称为“导出单位(derived unit)”。国际单位制(international system of units, SI)有 7 个基本单位,即长度(米, m)、质量(千克, kg)、时间(秒, s)、电流(安培, A)、热力学温度(开[尔文], K)、物质的量(摩[尔], mol)和发光强度(坎[德拉], cd)。

在实验中,常涉及采用科学的实验方法以及科学方法在获得实验值与实验结果转成数据中的作用,并且用适当的有效数字以正确单位写成报告。由实验确定的数据包括质量、长度、体积、时间、温度、能量、物质的量、密度和比重等。

化学联系

1 米的由来及其定义

国际单位制的长度单位“米”(meter, 符号 m)起源于法国。1 米的最初定义是 1790 年 5 月由法国科学家组成的特别委员会建议以通过巴黎的子午线上从地球赤道到北极点的距离的一千万分之一(即地球子午线的四千万分之一)作为标准单位(称为 1 米)。他们将这个单位称之为 mètre, 后演变为 meter, 中文译成“米”或“米突”。1791 年获法国国会批准。1889 年第一届国际计量大会确定“米原器”为国际长度基准,规定 1 米就是米原器在 0 摄氏度时两端的两条刻线间的距离。其精度可以达到 0.1 微米。1960 年第十一届国际计量大会的定义为 86Kr 原子的 2p10 与 5d5 能级间跃迁辐射在真空中波长的 1 650 763.73 倍。1983 年第十七届国际计量大会以真空光速值重新定义:米是光在真空中于 1/299 792 458 秒内行进的距离。

1. 质量 质量(mass, *m*)是物体所含物质的数量,是度量物体在同一地点重力势能和动能大小的物理量,是物体本身的一种属性。它不随物体的形状、状态以及地理位置的改变而改变,通常用天平来测质量。质量的国际单位是千克。

重量(weight, *W*)是物体受重力的大小的度量。它会随地理位置的改变而改变,通常用弹簧测力计来测重量。重量的单位是牛顿。

重量和质量不同。在地球引力下,质量为 1 公斤物质的重量为 9.8 牛顿。质量与重量换算公式:

$$W = m \times g$$

式中 *g* 是重力加速度,在地球不同的位置就有不同的值。例如,因为月球重量是地球的大约六分之一,所以同一物体在月球上的重量为地球的 1/6。又如,在化学式中,相对分子的质量为各个原子的相对原子质量的总和,如 CO₂ 中碳原子的相对原子质量是 12,氧原子的相对原子质量是 16,则 CO₂ 分子的相对分子质量就是 12 + 16×2 = 44。

2. 长度 长度(length)是指一维空间两点之间的距离。长度单位是指丈量空间距离上的基本单元。在国际单位制中,长度的基本单位是米(meter, metre, 符号 m),常用单位还有千米(km)、分米(dm)、厘米(cm)、毫米(mm)、纳米(nm)、皮米(pm)等。米的各级单位见表 1-4。

表 1-4 米的各级单位表

单位名称	符号	数值	单位名称	符号	数值
分米	dm	10 ⁻¹ m	十米	dam	10m
厘米	cm	10 ⁻² m	百米	hm	10 ² m
毫米	mm	10 ⁻³ m	千米	km	10 ³ m

续表

单位名称	符号	数值	单位名称	符号	数值
微米	μm	10 ⁻⁶ m	兆米	Mm	10 ⁶ m
纳米	nm	10 ⁻⁹ m	吉米	Gm	10 ⁹ m
皮米	pm	10 ⁻¹² m	太米	Tm	10 ¹² m
飞米	fm	10 ⁻¹⁵ m	拍米	Pm	10 ¹⁵ m

注:米又称“公尺”,千米又称“公里”,分米又称“公寸”,厘米又称“公分”,毫米又称“公厘”,飞米又称“费密(fermi)”。

化学联系

纳米技术

纳米技术(nanotechnology)也称毫微技术,是研究用单个原子、分子制造结构尺寸在0.1至100 nm范围内材料的性质和应用的科学技术。它是现代科学(混沌物理、量子力学、介观物理、分子生物学)和现代技术(计算机技术、微电子和扫描隧道显微镜技术、核分析技术)结合产生的一系列新科学技术,主要包括:纳米级测量技术;纳米级表层物理力学性能的检测技术;纳米级加工技术;纳米粒子的制备技术;纳米材料;纳米生物学技术;纳米组装技术等。如纳米物理学、纳米电子学、纳米化学、纳米材料学、纳米力学、纳米加工学和纳米生物学等。其中,纳米材料的制备和研究是整个纳米科技的基础,纳米物理学和纳米化学是纳米技术的理论基础,而纳米电子学是纳米技术最重要的内容。

3. 容积 容积(volume)是指容器所能容纳物体的体积。体积的国际单位制升(liter)。1升是指1千克水在4℃时所占的体积。1升等于1000mL。计算容积一般用升或毫升为单位,只限于计算液体,如药水、汽油、墨水等。

在化学实验中,用来测液体体积的容器有刻度吸管、移液管、量筒和滴管等。刻度吸管准确性高,可以量取需要的刻度量;移液管准确性高,一次只能量取固定量的溶液;量筒越大,管径越粗,量取误差越大;而滴管准确度差,一般用于粗略移取,如显色剂、缓冲液等。

4. 时间 时间(time,t)的定义是铯-133的原子基态的两个超精细能阶间跃迁对应辐射的9 192 631 770个周期的持续时间,是物理学中的七个基本物理量之一。在国际单位制(SI)中,时间的基本单位是秒(s);生活中常用的时间单位有:毫秒(ms)、分(min)、小时(h)和日(d)。

5. 温度 温度(temperature)是表示物体冷热程度的物理量,微观上是指物体分子热运动的剧烈程度。温度只能通过物体随温度变化的某些特性来间接测量,而用来量度物体温度数值的标尺叫温标。国际单位为热力学温标以开尔文(K)为单位。目前国际上常用的其他温标有摄氏温标(℃)、华氏温标(°F)和开氏温标(K)。

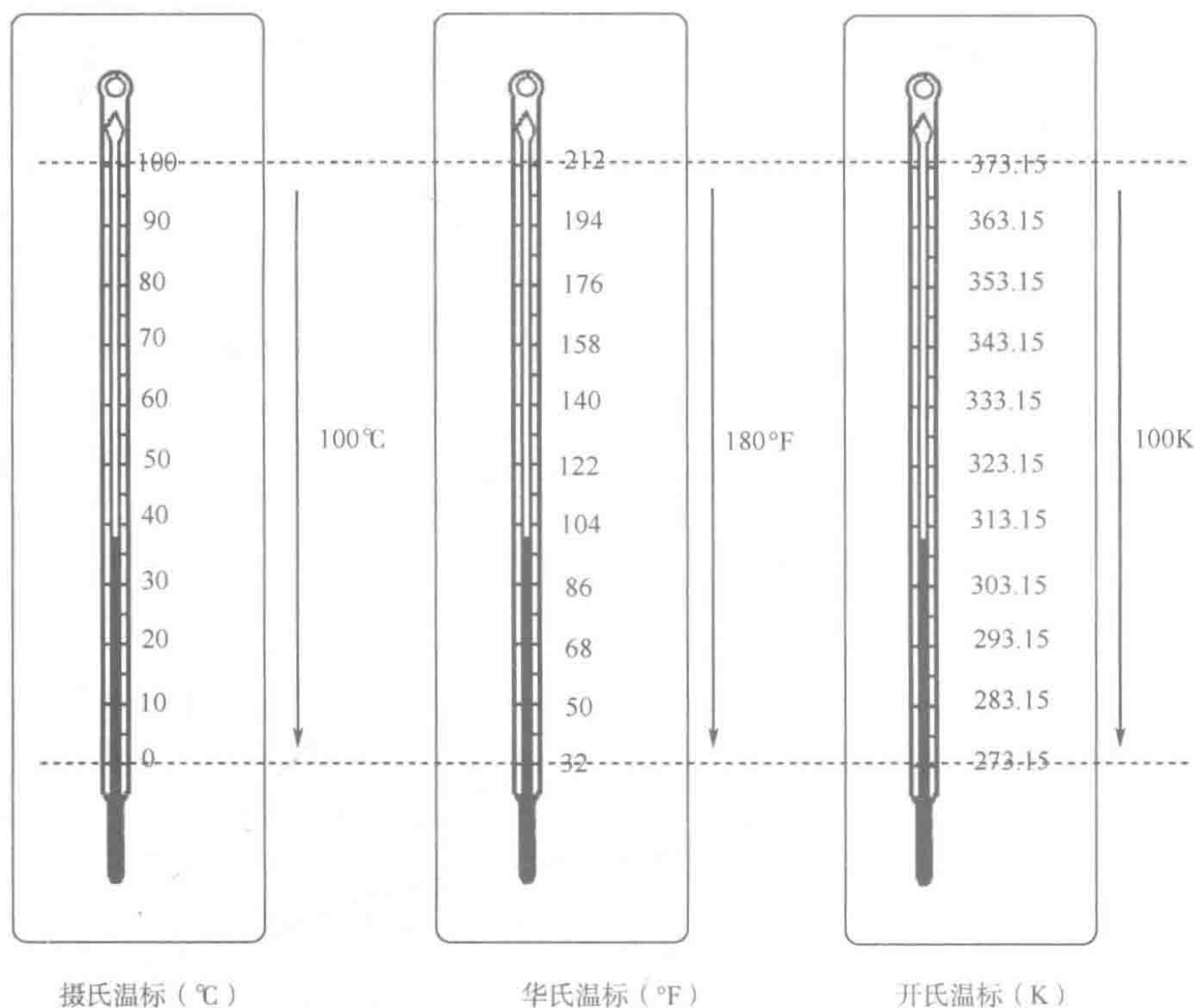
摄氏温度与华氏温度的换算关系为:

$$^{\circ}\text{F} = 1.8^{\circ}\text{C} + 32$$

摄氏温标与开氏温标的换算关系为:

$$\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273.15$$

例如,在标准大气压下,以摄氏温标(centigrade temperature scale)记,水的冰点为0℃,水的沸点为100℃;而以华氏温标(fahrenheit temperature scale)记,水的冰点为31°F,水的沸点为212°F;以开氏温标(kelvin temperature scale)记,水的冰点为273.15K,水的沸点为373.15K。



6. 能量 能量(energy)是指质量的时空分布可能变化程度的度量,可分为动能(kinetic energy)和势能(potential energy)。前者是指物体作机械运动所具有的能量。它的大小是运动物体的质量和速度平方乘积的二分之一。后者是储存于一个系统内的能量,也可以释放或者转化为其他形式的能量。势能不是属于单独物体所具有的,而是相互作用的物体所共有。

按物质的不同运动形式,能量可分为机械能、化学能、热能、电能、辐射能、核能、光能等,这些不同形式的能量之间可以通过物理效应或化学反应而相互转化。其共同具体特征为:在化学反应中,能量既不能创造也不能消失;能量只能从一种形式转换成另一种形式;所有化学反应涉及能量的增加和损失。

化学反应中的能量变化,通常表现为热量的变化,即放热和吸热。热量的单位为卡(cal)或焦耳(J)。二者的换算为:1卡(cal) = 4.18焦耳(J)。

1卡的定义为1克水由15℃升高1℃所需要的热量。

在人体中,一切生命活动都需要能量,其消耗途径主要有三个部分,一是基础代谢率(65%~70%),二是身体活动(15%~30%),三是食物的热效应(10%),这三者的比例大致已经固定。这些的能量主要来源于食物。动、植物性食物中可以提供热量的营养素是糖类、脂肪、蛋白质、矿物质、维生素、酒精、有机酸等。这些营养素所含的热量(以每克计):糖类4大卡、脂肪9大卡、蛋白质4大卡、酒精7大卡和有机酸2.4大卡。因此,计算食物或饮食所含热量的公式为:

$$\text{热量(kcal)} = \text{糖类克数} \times 4 + \text{蛋白质克数} \times 4 + \text{脂肪克数} \times 9 + \text{酒精克数} \times 7$$

人体视角

食物的卡路里

卡路里(calorie,缩写cal)是指在1个大气压下将1克水提升1摄氏度所需要的热量。卡路里作为食物热量的法定单位,国际标准的能量单位是焦耳(joule,J)。美国采用卡路里,而欧洲普遍使用焦耳,同样,焦耳也是中国大陆与台湾地区的法定单位。