



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
卫生职业学校教学改革实验用书

医用化学基础

(护理、药学和医学相关专业用)

主编 黄 刚



高等教育出版社

卫生职业学校教学改革实验用书

医用化学基础

(护理、药学和医学相关专业用)

主 编 黄 刚

副主编 沈爱平 张 鸥 赵桂林

主 审 艾继周 王 宁

编 者 (以姓氏拼音为序)

费文庆 重庆第二卫生学校

郭晓青 贵阳市卫生学校

黄 刚 甘肃省卫生学校

李 峰 信阳职业技术学院

李杰红 邵阳医学高等专科学校

陆晓雁 江西卫生职业技术学院

沈爱平 黄冈卫生学校

王春艳 山西医科大学汾阳学院

邢月英 济南卫生学校

赵桂林 黔西南民族职业技术学院

张 鸥 成都铁路卫生学校

高等教育出版社

内容提要

化学作为一门基础科学,已经渗透到社会的各个领域;化学与社会、化学与医学息息相关。作为 21 世纪初中起点,五年制医学相关专业使用的教育教学改革实验教材,本书体现了三大特性:

一是实用性。在教学内容的编排和组织上,力求适用和更新,以够用、实用为原则,围绕医学,注重基础,降低难度,突出技能。教学内容给学生留下了较大的思维空间,旨在培养学生独立思考和探究的能力。

二是新颖性。本书在保持传统教材特色的基础上,理论部分增设了学习目标、相关知识、复习提示、阅读材料等栏目,实验部分实行了操作与现象完型填空的模式,丰富了教材内容,拓宽了知识视野,凸显了实验针对性,活跃了教材结构。

三是科学性。教材构成分为三部分,即无机、有机和实验。教材注重了化学的基础知识、基本理论与基本技能,以及化学和社会、医学的关系,论述严谨,可读性强。

图书在版编目(CIP)数据

医用化学基础/黄刚主编. —北京:高等教育出版社,
2005.7

护理、药学和医学相关专业用

ISBN 7-04-017285-2

I. 医… II. 黄… III. 医用化学-高等学校:技
术学校-教材 IV. R313

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 056019 号

策划编辑	秦致中	责任编辑	周传红	封面设计	刘晓翔	责任绘图	郝林
版式设计	王莹	责任校对	尤静	责任印制	陈伟光		

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网址	http://www.hep.edu.cn
总机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landaco.com
印刷	北京印刷一厂		http://www.landaco.com.cn
		畅想教育	http://www.widedu.com
开本	787×1092 1/16	版次	2005年7月第1版
印张	16	印次	2005年12月第3次印刷
字数	380 000	定价	21.40元
插页	1		

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 17285-00

前 言

本书属于全国卫生职业学校教学改革实验教材,是根据教育部、卫生部等六部委关于“技能型紧缺人才培养培训工程”的精神编写的,供初中起点,五年制医学相关专业使用。

本书按 128 学时编写,包括无机化学、有机化学、实验及附录。基本内容部分共十六章,前七章为无机化学,后九章为有机化学,教学时数为 108 学时;实验部分共 14 个化学实验,教学时数为 20 学时;附录是常用的化学用表和元素周期表。鉴于各专业教学时数和教学内容的差异,教师在使用该教材时可做适当调整。

编写本书过程中,重点把握好了如下几方面的问题,使编写工作有的放矢。

1. 教材的使用对象:初中毕业文化程度的学习者,培养方向是卫生职业技术人才,学制为五年(兼顾三年学制)。为了能够提高学习者的文化程度,教材内容基本覆盖了高中化学课的教学内容。根据卫生职业技术教育对化学知识的需求,教材内容还满足了学习者为学习后续课程奠定基础以及为毕业后的专业技术工作服务的要求。

2. 教材的内容定位:充分体现化学课程能提高学生职业能力的特点,强调基本知识和基本技能的学习、理论知识与专业的结合,突出职业应用能力的培养。理论知识有针对性,不过分追求学科的完整性,以够用为原则,适当降低了知识的难度,避免了高深繁琐的推导、分析和解释。教材中注重引入医学中的化学知识和现象,体现化学科学在医学科学领域中的重要性。

3. 教材的编写风格:为更好的适应学习者的学习兴趣和能力特点,力争在编写风格上有所创新。每章正文内容前都有学习目标;每节教学内容中间都插有问题,便于教师提问,学生抓住要点;每节教学内容后都有相关知识,相关知识是教学内容必要的补充和解释;每章后还有重点提示、自测题和阅读材料,自测题尽量选用了客观性题,阅读材料则是教学内容与社会、医学的联系。

各位编者在本书中具体编写的内容如下:

黄刚,第一章、第六章;沈爱平,第二章;郭晓青,第三章;张鸥,第四章、第十一章;赵桂林,第五章、第十章;李峰,第七章;邢月英,第八章、第十二章;李杰红,第九章;费文庆,第十三章、第十六章;王春艳,第十四章;陆晓雁,第十五章。

本书编写过程中,得到了高等教育出版社的指导 and 各位编者所在学校的大力支持,在此表示衷心感谢!对本书所引用的参考文献的原作者也深表谢意。

限于编者水平,教材中不当或错误之处难免,请使用本教材的同行们提出意见和建议,便于修订完善。

编 者

2005 年元月

目 录

第一章 绪论	1	第三节 生物元素	42
一、化学研究的对象	1	一、生物元素分类	42
二、化学的发展史	1	二、生物元素在体内的作用	43
三、化学和医药学	2	相关知识 碘缺乏对人体的危害	45
四、化学课程的任务	3	复习与提示	46
五、学习化学的方法	4	自测题	46
第二章 物质结构与元素周期律	5	阅读 卓越的贡献	48
第一节 原子的结构	5	第四章 物质的量	49
一、原子的组成和同位素	5	第一节 物质的量及其单位	49
二、原子核外电子的运动状态和排布	7	一、物质的量	49
相关知识 能测知年代的同位素——		二、物质的量的单位	49
碳-14	11	第二节 摩尔质量	50
第二节 元素周期律与元素周期表	11	一、摩尔质量	50
一、元素周期律	11	二、有关物质的量和摩尔质量的计算	51
二、元素周期表	12	相关知识 国际单位制(SI制)	52
相关知识 门捷列夫与元素周期表	16	第三节 气体摩尔体积	52
第三节 化学键与氢键	17	一、摩尔体积	52
一、离子键	17	二、气体摩尔体积及应用	53
二、共价键	18	相关知识 阿伏伽德罗	54
三、配位键	20	复习与提示	55
四、氢键	21	自测题	55
相关知识 配位化合物	22	阅读 化学与生活(巧除衣服上的污渍)	57
复习与提示	23	第五章 溶液	58
自测题	24	第一节 分散系	58
阅读 水与人体的关系	25	相关知识 半透膜	59
第三章 元素及化合物	27	第二节 胶体溶液	59
第一节 非金属元素	27	一、胶体溶液的制备	59
一、卤素	27	二、胶体溶液的性质	60
二、硫	31	相关知识 高分子化合物溶液	61
三、氮	34	第三节 溶液浓度	62
相关知识 环境污染	36	一、溶液浓度的表示方法	62
第二节 金属元素	37	二、溶液浓度的换算与溶液的配制和稀释	65
一、碱金属	37	第四节 溶液的渗透压	67
二、铝及其化合物	39	一、渗透现象和渗透压	67
三、铁及其化合物	40	二、渗透压与浓度的关系	68
相关知识 口腔材料	41	三、渗透压在医学上的意义	69

相关知识 血浆渗透压的生理意义	69	相关知识 缓冲溶液的选择和配制	100
复习与提示	70	复习与提示	101
自测题	71	自测题	102
阅读 纳米技术	72	阅读 从解离学说的诞生谈起	104
第六章 化学反应速率和化学平衡	73	第八章 有机化合物概述	105
第一节 化学反应速率	73	第一节 有机化合物的特性	105
一、化学反应速率及表示方法	73	一、有机化合物的概念	105
二、有效碰撞理论简介	74	二、有机化合物的特性	106
三、影响化学反应速率的因素	74	第二节 有机化合物的结构特点	107
相关知识 生物体内的催化剂——酶	76	一、碳原子的结构	107
第二节 化学平衡	76	二、同分异构现象	108
一、可逆反应和化学平衡	76	相关知识 同分异构现象的类型	108
二、化学平衡的移动	77	第三节 有机化合物的分类	109
相关知识 化学平衡常数	80	一、按碳链分类	109
复习与提示	80	二、按官能团分类	110
自测题	81	相关知识 碳原子的杂化轨道	111
阅读 一氧化碳中毒的抢救	82	复习与提示	111
第七章 电解质溶液	83	自测题	112
第一节 弱电解质的解离平衡	83	阅读 自由基与衰老	112
一、强电解质和弱电解质	83	第九章 烃	114
二、弱电解质的解离平衡和解离平衡的 移动	85	第一节 开链烃	114
三、同离子效应	87	一、烷烃	114
相关知识 盐效应	88	二、烯烃和炔烃	118
第二节 离子反应	88	相关知识 二烯烃	123
一、离子反应和离子方程式	88	第二节 闭链烃	124
二、离子反应发生的条件	89	一、脂环烃	124
第三节 水的解离和溶液的 pH	90	二、芳香烃	125
一、水的解离和离子积常数	90	相关知识 卤代烃	128
二、溶液的酸碱性和 pH	91	复习与提示	129
三、酸碱指示剂	92	自测题	130
相关知识 酸碱质子理论	93	阅读 致癌烃	131
第四节 盐的水解	94	第十章 醇、酚和醚	132
一、盐的水解	94	第一节 醇	132
二、不同类型盐的水解	95	一、醇的结构与分类	132
相关知识 酸中毒和碱中毒	96	二、醇的命名	134
第五节 缓冲溶液	96	三、醇的性质	135
一、缓冲溶液和缓冲作用的概念	97	四、常见的醇	138
二、缓冲溶液的组成	97	相关知识 硫醇	139
三、缓冲作用原理	98	第二节 酚	140
四、缓冲溶液在医学上的意义	98	一、酚的结构与分类	140
		二、酚的命名	141

三、酚的性质	142	第二节 油脂	171
四、常见的酚	143	一、油脂的组成和结构	171
相关知识 茶的作用	144	二、油脂的性质	172
第三节 醚	145	相关知识 类脂	173
一、醚的结构与命名	145	复习与提示	174
二、乙醚	146	自测题	175
复习与提示	146	阅读 脂肪与肥胖	176
自测题	147	第十四章 含氮有机化合物	178
阅读 酒精在人体内的代谢	148	第一节 胺	178
第十一章 醛和酮	150	一、胺的结构和分类	178
第一节 醛和酮的结构	150	二、胺的命名	179
一、醛、酮的结构	150	三、胺的性质	180
二、醛、酮的分类和命名	150	四、季铵盐和季铵碱	182
第二节 醛和酮的性质	152	相关知识 重要的胺及其衍生物	183
一、物理性质	152	第二节 酰胺	184
二、化学性质	152	一、酰胺的结构和命名	184
三、常见的醛和酮	154	二、酰胺的性质	185
相关知识 醛、酮的亲核加成反应	155	三、尿素	186
复习与提示	156	相关知识 磺胺类药物	187
自测题	156	第三节 含氮杂环化合物	188
阅读 触目惊心的甲醛污染	157	一、杂环化合物的分类和命名	188
第十二章 羧酸和取代羧酸	159	二、吡咯和吡啶的性质	189
第一节 羧酸	159	相关知识 重要的含氮杂环及其衍生物	190
一、羧酸的结构和分类	159	复习与提示	192
二、羧酸的命名	159	自测题	192
三、羧酸的性质	161	阅读 生物碱与毒品	193
四、常见的羧酸	162	第十五章 糖类	196
相关知识 羧酸中羧基上羟基的取代 反应	163	第一节 单糖	197
第二节 羟基酸和酮酸	163	一、单糖的结构	197
一、羟基酸	164	二、单糖的性质	200
二、酮酸	164	相关知识 重要的单糖	201
三、常见的羟基酸和酮酸	164	第二节 双糖	202
相关知识 互变异构现象	166	一、蔗糖	202
复习与提示	167	二、麦芽糖	203
自测题	167	三、乳糖	203
阅读 食醋的妙用	168	第三节 多糖	204
第十三章 酯和油脂	170	一、淀粉	204
第一节 酯	170	二、糖原	205
一、酯的结构和命名	170	三、纤维素	205
二、酯的性质	171	四、右旋糖酐	205
		相关知识 黏多糖	206

复习与提示	206	实验四 溶液的配制和稀释	225
自测题	207	实验五 化学反应速率和化学平衡	227
阅读 糖与生命活动	208	实验六 电解质溶液	229
第十六章 氨基酸和蛋白质	209	实验七 缓冲溶液	231
第一节 α -氨基酸	209	实验八 烃的性质	232
一、 α -氨基酸的结构、分类和命名	209	实验九 醇和酚的性质	234
二、 α -氨基酸的性质	211	实验十 醛和酮的性质	235
第二节 蛋白质	213	实验十一 羧酸的性质	236
一、蛋白质的组成和结构	213	实验十二 油脂的性质	236
二、蛋白质的理化性质	213	实验十三 糖的性质	237
相关知识 蛋白质的变性及应用	214	实验十四 蛋白质的性质	239
复习与提示	216	附表	241
自测题	216	一、SI 基本单位	241
阅读 26 年后的殊荣	217	二、常用单位及换算表	241
化学实验	219	三、酸、碱和盐的溶解性表(293.15 K)	242
化学实验室规则	219	四、常用酸碱溶液的相对密度和浓度表	243
实验一 化学实验基本操作	220	主要参考文献	244
实验二 常见非金属元素及化合物的性质	223	元素周期表	
实验三 常见金属元素及化合物的性质	224		

第一章 绪 论

学习目标

1. 说出化学的概念及其研究的对象。
 2. 简述化学的发展史。
 3. 叙述化学与医药学的关系。
 4. 解释化学课程的任务。
 5. 理解学习化学的方法。
-

一、化学研究的对象

自然界是由物质组成的,物质世界是人类生存和生活的基础。自然界的物质种类繁多,不但存在形式各不相同,而且始终处在不断的运动和变化中。自然科学就是专门研究物质、物质运动和物质间的相互关系的科学。数学、化学、物理都属于自然科学中重要的基础学科。物质运动有物理运动、化学运动和生命运动等,化学研究的是物质的化学运动,是在原子和分子水平上研究物质的组成、结构、性质、变化、合成及其应用的科学。

人类在长期的生产、生活实践中,逐渐认识了化学现象,逐步阐明了化学变化的本质和规律等,人类的进步史就是化学的发展史。如今,我们生存的物质世界就是化学物品和化学材料的世界,我们应用化学的原理、方法和手段,认识并改造物质世界。

化学是一门历史悠久而又富有活力的学科,目前化学学科还在飞速的发展之中。化学学科的发展推动着生物学、医药学、材料科学的发展;化学学科和其他学科相互交叉渗透,产生了许多新的边缘学科,如环境化学、放射化学等。化学作为一门中心学科,其方法和手段影响着其他学科的发展。化学研究的范围非常广泛,按照所研究的对象、研究的目的和任务、研究手段的不同,化学又分为无机化学、有机化学、分析化学、生物化学和物理化学等分支学科。

二、化学的发展史

化学是一门古老的学科,与人类发展史有着密切联系。其起源可以追溯到古代,其发展大致可分为三个阶段。

第一阶段为 17 世纪中叶以前的古代化学发展时期。原始人类由野蛮进入文明是从使用火开始的,火的燃烧实际上是一种化学变化和反应。人类逐渐掌握了火的使用后,开始用火烧煮食物、烧制陶器、冶炼青铜器等,在生活实践中应用着化学的原理,但这种应用有着一定的偶然性。到了公元前 200 多年,中国开始盛行炼丹术,这是一种将各类物质搭配煅烧,并应用了熔融、结晶、升华等化学手段的炼制技术。在后来的炼金术、造纸术和医药活动的实践中,人们积累了更多的化学知识,但化学作为一门学科尚未形成。

第二阶段为 17 世纪中叶以后的近代化学发展时期。资本主义生产力的发展,使化学获得了更多的发展机会。1661 年玻意耳(R. Boyle, 英国, 1627~1691)提出科学元素说;1777 年,近代化学之父、化学家拉瓦锡(A. Lavoisier, 法国, 1743~1794)的空气成分实验和物质燃烧氧化学说为质量守恒定律的产生提供了实验基础;1803 年,化学家道尔顿(J. Dalton, 英国, 1766~1844)提出了元素的相对原子质量概念,之后又提出了科学的原子学说;1811 年,化学家阿伏伽德罗(A. Avogadro, 意大利, 1776~1856)提出了分子的概念。原子-分子论的建立,使化学实现了从经验到理论的重大飞跃,化学因此也发展成为一门独立的学科。1869 年,化学家门捷列夫(Д. И. Менделеев, 俄国, 1834~1904)对元素周期律的重大发现和周期表的应用,又使化学获得了突飞猛进的发展。随后碳的四面体结构和苯的六元环结构的建立,使化学的重要分支学科——有机化学也迅速发展。

第三阶段为 20 世纪以来的现代化学发展时期。在现代科学技术方法和手段的帮助下,这一时期化学的发展和进步更加迅速。X 射线、放射性和电子是 19 世纪末的三大发现,这三大发现为科学家们深入研究原子和原子核打开了大门。1911 年,原子核之父卢瑟福(D. Rutherford, 英国, 1871~1937)通过 α 粒子的散射实验发现了原子核的存在,为深入探讨原子结构奠定了基础;1913 年,原子物理学家玻尔(N. Boyle, 丹麦, 1885~1962)提出电子沿轨道围绕原子核运转的原子模型;1926 年,物理学家薛定谔(E. Schrödinger, 奥地利, 1887~1961)应用量子力学的方法研究原子、电子运动的规律;20 世纪 40 年代,化学家鲍林(L. Pauling, 美国, 1901~1995)创建了近代化学键理论。这些科学规律的发现和理论的产生,使人们能够从微观和更深的层次来理解物质的性质和发生化学变化的原因。20 世纪 50 年代以后,化学逐渐成为一门中心科学,其研究成果对生命科学、医药学、环境科学、材料科学等提供了极大的帮助。

1949 年,中华人民共和国成立后,我国的科学技术得到了极大发展,化学科学也发展迅猛。1965 年,我国在世界上首次用人工的方法合成具有生物活性的蛋白质——结晶牛胰岛素;1971 年,又完成了猪胰岛素分子空间结构的测定工作,达到世界先进水平。1990 年国际人类基因组计划被启动,2000 年,我国科学家正式加入这一计划,并与其他五国科学家协作完成了人类基因组草图的绘制,为在 21 世纪完成 10 万条基因分离工作,认识生命本质、破解生命之谜奠定了基础。

三、化学和医药学

化学不仅和国民经济有着密切关系,还和医药科学、人们的身体健康息息相关。近代的一些医药学家本身就是化学家,他们把合成药物、治疗疾病作为自己的主要工作职责。我国明代李时珍所著的《本草纲目》,就记载了 1892 种药物,不仅是一本药学巨著,而且也是化学药物的宝库。可以说医药学在发展的初期,就和化学发生了联系。

16 世纪后,欧洲人将炼金技术和化学知识结合起来,开始在实验室合成化合物。17 世纪,欧洲已经建立了合成工业,化学家开始寻求合成药物的方法。1800 年,化学家戴维(H. Davy, 英国, 1778~1829)发现了一氧化二氮的麻醉作用,并被一个美国医生成功地用于牙科手术;后来更有效的麻醉剂乙醚被发现,使无痛外科手术成为了可能。1803—1831 年,化学家们先后从植物中提取了药用成分如吗啡、咖啡因、奎宁、阿托品等,并人工合成了有机药物氯醛、氯仿等。1909 年,德国化学家合成了治疗梅毒的特效药;1932 年,化学家杜马克(G. Domagk, 德国, 1895~1964)找到一种偶氮磺胺染料(百浪多息,磺胺类药物),使一位患细菌性败血症的孩子得到有效

治疗。在此启发下,化学家们合成了许多新型的磺胺类药物。此后,化学家们又先后合成、半合成出抗生素、抗寄生虫药物、抗疟药物、抗病毒药物和抗肿瘤药物等,使一些长期危及人类健康和生命的疾病得到有效控制,挽救了无数的生命,这也是化学对医药学和人类文明的巨大贡献。

20世纪以来,化学家们开始研究生物大分子,并在糖、维生素、血红素、核酸、蛋白质结构和功能研究方面取得重大突破,化学家和分子生物学家对基因的研究为人类根治疾病、延长寿命提供了光明的前景。为此,人们形成一个共识:现代医药学的发展和进步离不开现代化学。

化学和医药学的联系,还表现在如下几个方面。

1. 人体内的生理现象和物质转化以化学反应为基础

医学的研究对象是人体,人体组织是由蛋白质、核酸、脂肪、糖类、维生素、无机盐和水等几大类上万种物质组成,包含着60多种化学元素。人体的生命活动如呼吸、消化、循环、排泄以及器官的各种生理活动,都是建立在体内的化学反应基础上的。在化学家眼里,人体就是一个化学系统,是一个随时进行着化学反应的反应器。例如人体从食物中获得各种营养物质,其中的大分子物质首先分解成为小分子物质(即消化),再被机体利用,一方面用于合成维持生命所需要的蛋白质、糖类、脂肪和激素等物质;另一方面则经过氧化分解,供给机体所需的能量。体内的化学反应需要在酶(蛋白质)的催化下进行,我们称为生物化学反应。生物化学就是在化学和生理学的基础上发展起来的,它运用化学的原理和方法,研究人体的物质构成、人体物质结构与功能的关系以及生命活动的化学规律等。

2. 药物的化学结构、性质决定着药物的作用和疗效

医学研究的目的是预防和治疗疾病,药物是预防和治疗疾病的主要武器。药物可以提高或降低人体生理生化功能,改善患病机体紊乱的功能;药物可以弥补体内必需物质的不足,使缺乏机体必需物质的病症得到康复;药物可以抑制或杀灭病原微生物,帮助机体战胜感染。药物的药理作用、治疗效果都是建立在药物的化学结构和化学性质基础上的。例如碳酸氢钠、乳酸钠在溶液中显碱性,是临床常用的抗酸药,用于治疗机体酸中毒;钙缺乏能造成骨骼畸形、骨质疏松等疾病,儿童与老人常需要补充葡萄糖酸钙、乳酸钙等进行治疗;青霉素G能够杀死革兰氏阳性球菌,可用于治疗扁桃体炎等。正因为药物在预防和战胜疾病方面的特殊作用,使无数化学家都在努力工作,合成或寻找着新的化学药物。

3. 运用化学的原理和方法诊断疾病

医学活动首先始于疾病的诊断,临床上常运用化学原理和方法对血液、尿液及其他体液进行分析检验,以便了解人体物质代谢状况,为诊断疾病提供科学依据。这些分析检验手段,都是通过化学反应来实现的。例如利用化学方法测定血糖、尿糖、血酮体的含量,能够进行糖尿病的诊断;测血和尿中尿素氮的含量,可反映肾脏排泄功能;测血中转氨酶活性的变化,能反映肝和心肌的功能等。

随着医学科学的快速发展,分子生物学、分子生理学、化学治疗学不断取得新进展,人造器官、代血浆在临床推广使用,放射性核素疗法、放射性同位素法在临床广泛应用,使化学与医药学的联系更加密切。

四、化学课程的任务

1. 提高学生的科学文化素质

化学是自然科学中一门重要的基础学科,学习化学所获得的科学文化知识,能够开发学生的智能,使学习者的观察思维能力和文化素质得到提高,这是化学课程的首要任务,也是教育方针的基本内容。

2. 为学习后续课程奠定基础

通常,我们将医学课程划分为文化课、基础课、临床课三部分,并以这个顺序设置衔接课程。化学属于前期课程,要为基础课和临床课(尤其是生物化学、药理学、疾病诊断)的学习打基础,奠定学习后续课程所需的化学知识和技能,这是化学课程的重要任务。

3. 为毕业后的专业技术工作服务

化学与基础医学、临床医学有着广泛的联系,医学专业工作中经常会遇到化学问题,如医用高分子材料的应用、药物的使用与储存、药物浓度的计算、药物溶液的配制、环境污染与致病等等,医务工作者若具有运用化学知识和技能的能力,就能正确处理这些化学问题,否则将难以做好医学专业工作。为毕业后的专业工作服务,是化学课程的基本任务。

五、学习化学的方法

全书包括无机化学、有机化学、化学实验三部分内容。无机化学部分的重点是基本概念、基本理论和原理,元素及其化合物的结构、性质和应用,有关化学的基本计算等等,这是化学学科的基本内容。学习无机化学后,应该具备运用化学语言(分子式、化学反应方程式、化学基本量的计算)表述有关化学问题的能力。有机化学部分知识点多,包括概念、结构、官能团、分类、命名、同分异构体、合成、性质、反应、鉴别、应用等等,常使初学者感到知识点多、乱,内容复杂,无法理解,只能靠死记硬背去学习。实际上,要学好有机化学,最根本的方法就是理解概念、学会命名,抓住有机化合物结构特点这个关键知识点,去归纳总结。只有掌握了物质结构—理化性质—化学反应间的相互联系,肯定会达到事半功倍的效果,也将为后续课程的学习提供必要的知识储备。化学是以实验为基础的学科,化学实验也是化学课的重要组成部分。通过化学实验不仅可以验证和巩固课堂上所学的理论知识,还将使学生获得化学知识和基本技能,并逐步提高观察、分析和解决问题的能力,培养实事求是的科学态度和严谨的工作作风。因此实验中必须规范操作,仔细观察,认真记录,做好分析和总结。

学习化学和学习其他课程一样,首先要做到课前预习,上课认真听讲,跟上教师的讲课节奏,记好课堂笔记;其次还要积极主动地参与课堂教学活动,主动回答课堂提问,注意改进学习方法;再次要做到课后多复习、多讨论,认真完成课后作业,做好化学实验,掌握基本技能。化学属于文化课,不仅要学习化学的基本知识和理论,更主要的是学习科学的思维方式,善于总结归纳,抓关键,找联系,寻规律,做到多听(上课认真听讲),多记(认真记录、准确记忆),多思(独立思考、科学理解),多问(问老师、问同学),多看(看教科书、看参考书),多练(做练习、练操作),这样,学习者一定能够获得满意的学习效果,自由遨游在化学知识的海洋中。

第二章 物质结构与元素周期律

学习目标

1. 说出原子的组成,理解 A_ZX 的含义。
2. 简述核外电子运动的特征,写出1~20号元素核外电子排布式。
3. 解释元素周期律和元素周期表的结构,简述同周期、同主族元素性质的递变规律。
4. 说出离子键、共价键、配位键的概念及特征,知道非极性分子和极性分子的概念。
5. 说出氢键的概念。

19世纪末,物理学中电子和放射现象的重大发现,把人们带入了原子的内部世界。进入微观世界,揭示原子内部的奥秘,认识和理解物质结构,是掌握物质化学性质和化学变化规律的基础。本章主要学习有关原子、分子结构以及反映元素内在联系的元素周期律的知识。

第一节 原子的结构

一、原子的组成和同位素

(一) 原子的组成

1808年,英国科学家道尔顿创建了原子学说,认为物质由不可再分的原子组成,这一学说几乎整整统治了一个世纪。19世纪末,电子和放射现象的发现,使原子“绝对不可再分”的观点受到了强烈的冲击。1903年,英国物理学家汤姆逊提出了原子结构的“葡萄干面包”模型,认为电子嵌在原子中,如同葡萄干嵌在面包中一样。1909年,英国物理学家卢瑟福用一束高能带正电的氦离子流轰击薄金箔时发现,绝大多数粒子几乎不受阻碍而直接通过金箔,但也有极少数(约万分之几)粒子穿过金箔后发生偏转,个别粒子偏转程度较大,甚至被反弹回来。根据这一实验现象,1911年卢瑟福提出了原子结构的“核式模型”:每个原子中心有一个极小的原子核,几乎集中了原子的全部质量,并带有 Z 个单位正电荷,核外有 Z 个电子绕核旋转,电子绕核如同行星绕日运行,因此这一模型也被称为“行星式模型”。后来,由于对原子光谱和量子力学的深入研究,才逐步形成了现代原子结构理论。

现代原子结构理论认为:原子是由带正电荷的原子核和核外带负电荷的电子组成。原子核位于原子的中心,电子在核外做高速运动。原子核所带的正电荷与核外电子所带的负电荷相等。因此,原子作为一个整体不显电性。原子核所带的电荷,叫核电荷数。按核电荷数由小到大的顺序给元素编号,所得到的序号称作该元素的原子序数。

原子核的体积很小,它的直径约为原子的十万分之一。原子核和电子仅占原子空间的极小一部分,原子中绝大部分是空的。

科学研究进一步发现：原子核由质子和中子构成。质子带正电荷，其电荷量与一个电子的电荷量相等，中子不带电，因此

$$\text{原子序数} = \text{核电荷数} = \text{核内质子数} = \text{核外电子数}$$

例如，第 8 号元素为氧(O)，则氧原子的核电荷数为 8，原子核内有 8 个质子数，核外有 8 个电子。

质子用符号 Z 表示，中子用符号 N 表示。质子的质量为 $1.6726 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ，中子的质量为 $1.6748 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ，由于质子和中子的质量很小，所以通常采用它们的相对质量^①。质子和中子的相对质量取近似整数值 1。电子的质量与质子和中子质量相比，几乎可以忽略不计，因此，原子的质量主要集中在原子核上。将原子核内所有质子和所有中子的相对质量加起来所得的数值称为该原子的质量数，用符号 A 来表示。

$$\text{质量数}(A) = \text{质子数}(Z) + \text{中子数}(N)$$

如果以 ${}^A_Z\text{X}$ 代表一个质量数为 A ，核电荷数为 Z 的原子，则构成原子的粒子间的关系可以表示如下：

$$\text{原子}({}^A_Z\text{X}) \begin{cases} \text{原子核} \begin{cases} \text{质子 } Z \text{ 个} \\ \text{中子 } (A-Z) \text{ 个} \end{cases} \\ \text{核外电子 } Z \text{ 个} \end{cases}$$

问题 2-1: Na^+ 的原子序数为 11，质量数为 23，它质子数、中子数、核外电子数各是多少？

(二) 同位素

科学研究证明，同种元素原子的原子核中，质子数相同，但中子数不一定相同。例如，氢元素有三种不同的原子， ${}^1\text{H}$ (氕, H)、 ${}^2\text{H}$ (氘, D)、 ${}^3\text{H}$ (氚, T)，其质子数都为 1，但中子数各不相同，见表 2-1。

表 2-1 氢元素三种不同原子的组成

名 称	质 子 数	中 子 数	核 电 荷 数	质 量 数	符 号
氕	1	0	1	1	${}^1_1\text{H}(\text{H})$
氘	1	1	1	2	${}^2_1\text{H}(\text{D})$
氚	1	2	1	3	${}^3_1\text{H}(\text{T})$

人们把质子数相同而中子数不同的同一元素的不同原子互称为同位素。大多数元素都有同位素。如氢元素的同位素有 ${}^1_1\text{H}$ 、 ${}^2_1\text{H}$ 、 ${}^3_1\text{H}$ ；铀元素有 ${}^{234}_{92}\text{U}$ 、 ${}^{235}_{92}\text{U}$ 、 ${}^{238}_{92}\text{U}$ 等多种同位素。值得注意的是，同种元素的不同原子和其他原子形成不同分子，如 D_2O 重水、 T_2O 超重水；同种元素的不同原子，它的物理性质不同，但化学性质基本相同。

按照同位素的性质，同位素可分为稳定性同位素和放射性同位素两类。放射性同位素能自

^① 相对质量是指与 ${}^{12}\text{C}$ 原子质量的 $1/12(1.6606 \times 10^{-27} \text{ kg})$ 相比所得的数值。质子和中子的相对质量分别为 1.007 和 1.008。

发地放出不可见的 α 、 β 和 γ 射线,稳定性同位素没有放射性。放射性同位素在科学研究和医学上有着广泛的应用。如钴-60 放出的射线能深入组织,对癌细胞有破坏作用;碘-131 用于甲状腺功能亢进的诊断和治疗。

问题 2-2: ${}^1_1\text{H}$ 、 ${}^2_1\text{H}$ 、 ${}^3_1\text{H}$ 是否为同一种原子? 是否为同一种元素?

二、原子核外电子的运动状态和排布

(一) 原子核外电子的运动状态

1. 电子云

宏观物体的运动,可以用经典力学来描述。例如,火车在轨道上奔驰,人造卫星按照一定轨道围绕地球运行,都可以测定或根据一定的数据计算出它们在某一时刻所在的位置和速度,并能准确地描绘出它们的运动轨迹。而原子核外电子的运动则不同,它不遵循经典力学的规律。人们既不能在某一时刻准确地确定电子在核外空间所处的位置及其运动速度,也不能描绘出它的运动轨迹。科学上只能采用统计的方法,对一个电子多次运动行为或许多电子的一次运动行为进行总的研究,可以统计出电子在核外空间某单位体积中出现机会的多少,这个机会在数学上称为概率。

例如,氢原子核外有一个电子,这个电子在核外好像是毫无规则地运动,一会儿在这里出现,一会儿在那里出现,但是出现的概率不同。假设对它的运动轨迹进行拍照并进行叠加,就会得到图 2-1 所示的图像。



(a) 5 张照片叠印 (b) 20 张照片叠印 (c) 100 张照片叠印 (d) 10 000 张照片叠印

图 2-1 说明,电子在核外空间的运动是有规律的,它在一个球形区域里经常出现,如一团带负

图 2-1 若干张氢原子瞬间照片的叠加

电荷的云雾,笼罩在原子核的周围,人们形象地称之为电子云。电子云是电子在核外空间出现概率密度分布的一种形象描述。原子核位于中心,在离核近的体积空间,电子出现的机会多;在离核远的体积空间,电子出现的机会少。小黑点的密疏表示核外电子出现概率密度的大小。

2. 核外电子的运动状态

电子在原子核外做高速运动,具有一定的能量,且具有一定的统计规律。氢原子核外只有一个电子,称单电子原子,其他元素的原子都含有两个或两个以上的电子,称多电子原子。对于多电子原子,电子的运动状态比较复杂,需要从四个方面来同时描述。

(1) 电子层 在含有多电子原子中,电子的能量并不相同。能量低的电子,通常在离核近的区域运动;能量高的电子,通常在离核远的区域运动。根据电子能量的差异和运动区域离核的远近,可以将核外电子分成不同的层次,我们称之为电子层。电子层数用 n 来表示。

以原子核为中心,电子层由近到远,依次称为第一电子层、第二电子层、……。既可以用 1、2、3、4、5、6、7 等数字表示,也可以用 K、L、M、N、O、P、Q 等符号来表示。

n	1	2	3	4	5	6	7
电子层:	K	L	M	N	O	P	Q

显然, n 的数值越小,电子离核越近,受核的引力越大,电子的能量越小; n 的数值越大,电子

离核越远,受核的引力越小,电子的能量越大。

(2) 电子亚层和电子云的形状 对于 n 值相同的电子,它们几乎在同样的空间范围内运动,可以认为同属一个电子层。但科学研究发现,同一电子层中运动的电子,其能量还稍有差别,电子云的形状也不相同。因此,科学上把电子层又分成一个或几个亚层。分别用 s、p、d、f 等符号表示。电子层与亚层关系如表 2-2。

表 2-2 电子层与电子亚层关系

类别	亚层数及符号			
电子层(n)	1(K层)	2(L层)	3(M层)	4(N层)
电子亚层	s	s、p	s、p、d	s、p、d、f

表 2-2 表明:第一电子层(K层)只包含一个亚层,1s 亚层;第二电子层(L层)包含二个亚层,2s 亚层和 2p 亚层;第三电子层(M层)包含三个亚层,3s 亚层、3p 亚层和 3d 亚层。显然,1s 亚层与 2s 亚层及 3s 亚层的能量是不相同的,高低顺序是:1s < 2s < 3s。在同一电子层中,电子的能量按 s、p、d、f 的顺序递增。

s 亚层的电子云形状是以原子核为中心的球形,见图 2-2。p 亚层的电子云形状是无柄的哑铃形,见图 2-3。d 亚层和 f 亚层电子云的形状比较复杂,本教材不做介绍。

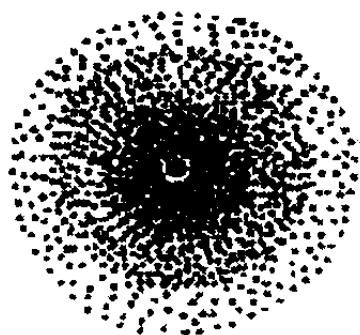


图 2-2 氢原子的 1s 电子云

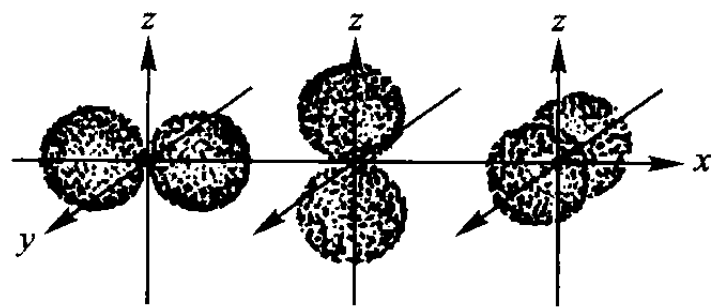


图 2-3 p 电子云在空间的三种伸展方向

(3) 电子云的伸展方向 电子云不仅有确定的形状,而且有一定的空间伸展方向。s 电子云呈对称的球形,在空间各种方向上伸展的程度相同。p 电子云在空间有三个相互垂直的伸展方向,见图 2-3。d 电子云在空间有五个伸展方向,f 电子云在空间有七个伸展方向。在一定的电子层上,如果把具有一定的形状和伸展方向的电子云所占据的空间称为一个原子轨道,那么,s、p、d、f 四个亚层分别有 1、3、5、7 个原子轨道。

各电子层可能有的最多轨道数如下:

电子层 n	电子亚层	轨道数
1	s	$1=1^2$
2	s、p	$1+3=2^2$
3	s、p、d	$1+3+5=3^2$
4	s、p、d、f	$1+3+5+7=4^2$
n		n^2

由此可知,每个电子层中可能有的最多轨道数为 n^2 。

(4) 电子的自旋 电子在原子核外不仅做高速运动,而且还作自旋运动。电子的自旋有两种状态,相当于顺时针和逆时针两种状态。

综上所述,电子在核外的运动状态是相当复杂的,必须由它所处的电子层、电子亚层、电子云的空间伸展方向和电子的自旋四个方面来决定。

问题 2-3: 原子核外电子的运动状态由哪四个方面来描述,举例说明。

(二) 原子核外的电子排布

通过核外电子运动状态的学习,我们知道电子是分层排布的。科学实验证明:原子核外电子的排布遵循以下三种规律。

1. 能量最低原理

系统的能量越低越稳定,这是自然界的普遍规律。核外电子的排布也遵循这一规律。多电子原子,核外电子排布时总是先占据能量最低的轨道,当低能量轨道占满后,才依次进入能量较高的原子轨道,以使整个原子能量最低,这个规律称为能量最低原理。

由于不同的电子层具有不同的能量,而每个电子层中不同亚层能量也不相同。因此,科学测得多电子原子中,原子轨道能量高低的规律为 $1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s$ 。

2. 泡利(Pauli)不相容原理

1925年,奥地利物理学家泡利提出,在一个原子轨道上最多只能容纳2个电子,且自旋方向相反。这就是泡利不相容原理。

因为每个电子层可能有的原子轨道数最多为 n^2 ,每个轨道最多只能容纳2个电子,所以各电子层最多容纳的电子数为 $2n^2$ 。各电子层最多可容纳电子数见表2-3。

表 2-3 各电子层可容纳电子最大数量

电 子 层	1 (K 层)			2 (L 层)			3 (M 层)			4 (N 层)		
电子亚层	s	s	p	s	p	d	s	p	d	f		
亚层轨道数	1	1	3	1	3	5	1	3	5	7		
亚层电子数	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14		
电子层最多容纳电子数($2n^2$)	2			8			18			32		

3. 洪特(Hund)规则

德国物理学家洪特根据光谱实验指出:电子在能量相同的轨道上排布时,总是尽可能以自旋相同的方向,分占不同的轨道,这就是洪特规则。洪特规则实际上是能量最低原理的补充。因为两个电子同占一个轨道时,电子间的排斥作用会使体系能量升高,只有分占等价轨道,才有利于降低体系的能量。例如,碳原子核外有6个电子,除了有2个电子分布在1s轨道,2个电子分布在2s轨道外,另外2个电子不是占1个2p轨道,而是以自旋相同的方向分占能量相同、但伸展方向不同的两个2p轨道。

作为洪特规则的特例,等价轨道全充满、半充满或全空的状态是比较稳定的。

应该指出,核外电子排布规律是从大量事实中概括出来的一般规律,绝大多数原子核外电子