



高职高专“十一五”规划教材

J I C H U H U A X U E

基础化学

—— 张正兢 主编 曹国庆 副主编



化学工业出版社



高职高专“十一·五”规划教材

J I C H U H U A X U E

基础化学

张正兢 主编 曹国庆 副主编



化学工业出版社

北京

内容新颖 重点突出

定价：23.00元

本教材将传统的四大化学课程进行模块化整合,形成了一本涵盖化学基础知识、物质及其性质、化学实验技术三大模块,共计十二章、十四个实验的综合性教材。全书各章均插入启发式、探究式的小问题,以促进學生思考;每章后都提供了相关阅读资料,以开阔學生视野;重点章后设置了调研性作业,帮助学生认识化学与人类生活的密切关系,关注人类面临的与化学相关的社会问题,培养学生的社会责任感、参与意识和决策能力;教材积极倡导學生自我评价、活动表现评价等多种评价方式,关注學生个性的发展,激励每一个學生走向成功。因此,本教材在传授化学基础专业知识的同时,充分体现化学课程的人文内涵,发挥其对培养學生人文精神的积极作用。

本教材适用于高职高专化工、医药、材料等工科类专业的學生和教师使用。

图书在版编目(CIP)数据

基础化学/张正兢主编. —北京:化学工业出版社,
2007.7
高职高专“十一五”规划教材
ISBN 978-7-122-00794-0

I. 基… II. 张… III. 化学-高等学校:技术学
院-教材 IV. O6

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第096685号

责任编辑:陈有华

文字编辑:李姿娇

责任校对:李林

装帧设计:尹琳琳

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装订:三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张21¼ 彩插1 字数553千字 2007年8月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:35.00元

版权所有 违者必究

前言

本教材将四大化学课程进行模块化整合,形成一本涵盖化学基础知识、物质及其性质、化学实验技术三大模块,共计十二章、十四个实验的综合性教材。

为了此次课程改革,本课程组进行了大量的调研,先后调研了上游——高中化学课改情况、下游——专业课程要求,横向调研了国内外类似教材十余本,从中受到深刻启发。

本教材的特点表现为:

一、编写理念的更新

1. 立足于学生适应现代生活和未来发展的需要,着眼于提高学生的科学素养,注意培养“知识与技能”、“过程与方法”、“情感态度与价值观”相融合的21世纪人才。

2. 从学生已有的经验和将来可能会经历的社会生活实际出发,帮助学生认识化学与人类生活的密切关系,关注人类面临的与化学相关的社会问题,培养学生的社会责任感、参与意识和决策能力。

3. 通过以化学实验为主的多种探究活动,使学生体验科学研究的过程,激发学习化学的兴趣,强化科学探究的意识,促进学习方式的转变,培养学生的创新精神和实践能力。

4. 在人类文化背景下构建化学课程体系,充分体现化学课程的人文内涵,发挥化学课程对培养学生人文精神的积极作用。

5. 积极倡导学生自我评价、活动表现评价等多种评价方式,关注学生个性的发展,激励每一个学生走向成功。

6. 为化学教师创造性地进行教学和研究提供更多的机会,在课程改革的实践中引导教师不断反思,促进教师的专业发展。

二、着眼点的更新

1. 表现在真正把学生放在教学的主导地位。

2. 表现在改变课程结构过于强调学科本位、科目过多和缺乏整合的现状,体现课程结构的均衡性、综合性和选择性。

3. 表现在课程内容的实用性、时代性、基础性和灵活性。

三、教学介质的更新

可以结合利用本课程组开发的《化学实验技术基础》多媒体课件,发挥多功能实验室的作用,提高实践教学的效果。

上述理念具体体现在:

1. 全书各章均插入启发式、探究式的小元素,以小资料、想一想、练一练、思考、阅读材料等形式拓宽学生思路,促进学生思考。

2. 重点章后设置了调研性的作业,帮助学生认识化学与人类生活的密切关系,关注人类面临的与化学相关的社会问题,培养学生的社会责任感、参与意识和决策能力。

3. 教材积极倡导学生自我评价、活动表现评价等多种评价方式,关注学生个性的发展,激励每一个学生走向成功。

4. 各章均包含知识目标与能力目标、正文、本章小结、习题、阅读材料五大部分。正文图文并茂,形式活泼。

5. 精心选择了十四个实验编入教材中,减少了验证性实验,增加了综合性实验,让学生在动手的同时动脑,真正做到手脑并用,提高学生的综合素质。

全书由南京化工职业技术学院应化系化学教研室教师集多年高职教学经验,结合课程改革,以本校讲义为基础编撰而成。第一章、第二章、第六章由曹国庆编写,第三章由雷玲编写,第四章由唐化梅编写,第五章、第十一章由张正兢编写,第七章由钱鸣毅编写,第八章、第十二章由王纪丽编写,第九章由胡智学编写,第十章由陆新华编写。全书由张正兢任主编并负责统稿,曹国庆任副主编,王建梅主审。本化学教研室的薛华玉、朱超云、宋伟等均参与了本教材的编撰工作,王纪丽参与了部分内容的审核工作。

本书适用于高职高专化工、医药、材料等工科类专业的学生和教师使用。

编者

2007年4月

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第005685号

责任编辑:陈育华

787mm×1092mm

16 印张 368千字 2007年4月第1版 2007年4月第1次印刷

江苏联合职业技术学院应化系化学教研室

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社负责调换。

定价:35.00元

元素周期表

IUPAC 2004

族	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	电子层
周期	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A	9A	10A	11A	12A	13A	14A	15A	16A	17A	18A	
1	H 1s ¹ 1.00794(7)	He 1s ² 4.002602(2)																	2
2	Li 2s ¹ 6.941(2)	Be 2s ² 9.012182(3)	B 2s ² 2p ¹ 10.811(7)	C 2s ² 2p ² 12.0107(8)	N 2s ² 2p ³ 14.0067(2)	O 2s ² 2p ⁴ 15.9994(3)	F 2s ² 2p ⁵ 18.9984032(5)	Ne 2s ² 2p ⁶ 20.1797(6)											10
3	Na 3s ¹ 22.989770(2)	Mg 3s ² 24.3050(6)	Al 3s ² 3p ¹ 26.981538(2)	Si 3s ² 3p ² 28.0855(3)	P 3s ² 3p ³ 30.973761(2)	S 3s ² 3p ⁴ 32.065(5)	Cl 3s ² 3p ⁵ 35.453(2)	Ar 3s ² 3p ⁶ 39.948(1)											18
4	K 4s ¹ 39.0983(1)	Ca 4s ² 40.078(4)	Sc 3d ¹ 4s ² 44.955910(8)	Ti 3d ² 4s ² 47.867(1)	V 3d ³ 4s ² 50.9415	Cr 3d ⁵ 4s ¹ 51.9961(6)	Mn 3d ⁵ 4s ² 54.938049(9)	Fe 3d ⁶ 4s ² 55.845(2)	Cobalt 3d ⁷ 4s ² 58.933200(9)	Ni 3d ⁸ 4s ² 58.6934(2)	Cu 3d ¹⁰ 4s ¹ 63.546(3)	Zn 3d ¹⁰ 4s ² 65.409(4)	Ga 4s ² 4p ¹ 69.723(1)	Ge 4s ² 4p ² 72.64(1)	As 4s ² 4p ³ 74.92160(2)	Se 4s ² 4p ⁴ 78.96(3)	Br 4s ² 4p ⁵ 79.904(1)	Kr 4s ² 4p ⁶ 83.798(2)	36
5	Rb 5s ¹ 85.4678(3)	Sr 5s ² 87.62(1)	Y 4d ¹ 5s ² 88.90585(2)	Zr 4d ² 5s ² 91.224(2)	Nb 4d ⁴ 5s ¹ 92.90638(2)	Mo 4d ⁵ 5s ¹ 95.94(2)	Tc 4d ⁵ 5s ² 97.907	Ru 4d ⁷ 5s ¹ 101.07(2)	Rh 4d ⁸ 5s ¹ 102.90550(2)	Pd 4d ¹⁰ 106.42(1)	Ag 4d ¹⁰ 5s ¹ 107.8682(2)	Cd 4d ¹⁰ 5s ² 112.411(8)	In 5s ² 5p ¹ 114.818(3)	Sn 5s ² 5p ² 118.710(7)	Sb 5s ² 5p ³ 121.760(3)	Te 5s ² 5p ⁴ 127.60(3)	I 5s ² 5p ⁵ 126.90447(3)	Xe 5s ² 5p ⁶ 131.293(6)	54
6	Cs 6s ¹ 132.90545(2)	Ba 6s ² 137.327(7)	La-Lu 铜系 57~71	Hf 5d ² 6s ² 178.49(2)	Ta 5d ³ 6s ² 180.9479(1)	W 5d ⁴ 6s ² 183.84(1)	Re 5d ⁵ 6s ² 186.207(1)	Os 5d ⁶ 6s ² 190.23(3)	Ir 5d ⁷ 6s ² 192.217(3)	Pt 5d ⁹ 6s ¹ 195.078(2)	Au 5d ¹⁰ 6s ¹ 196.96655(2)	Hg 5d ¹⁰ 6s ² 200.59(2)	Tl 6s ² 6p ¹ 204.3833(2)	Pb 6s ² 6p ² 207.2(1)	Bi 6s ² 6p ³ 208.98038(2)	Po 6s ² 6p ⁴ 209	At 6s ² 6p ⁵ 209.99	Rn 6s ² 6p ⁶ 222.02	86
7	Fr 7s ¹ 223.02	Ra 7s ² 226.03	Ac-Lr 铜系 89~103	Rf 6d ² 7s ² 261.11	Db 6d ³ 7s ² 262.11	Sg 6d ⁴ 7s ² 263.12	Bh 6d ⁵ 7s ² 264.12	Hs 6d ⁶ 7s ² 265.13	Mt 6d ⁷ 7s ² 266.13	Ds 6d ⁹ 7s ² 269	Rg 6d ¹⁰ 7s ² (建议名)	Uub ⁺ (277) ⁺	Uuq ⁺ (289) ⁺	Uuh ⁺ (289) ⁺	Uuh ⁺ (289) ⁺				

原子序数
元素符号 (红色的为放射性元素)
元素名称 (注: ^ 的为人工元素)
价层电子构型

氧化态 (单质的氧化态为0, 未列入; 常见的为红色)
以 ¹²C=12 为基准的相对原子质量 (注: + 的是半衰期最长同位素的相对原子质量)

95 Am 钷 5f⁷7s² + 243.06⁺

s区元素 p区元素
d区元素 ds区元素
f区元素 稀有气体

★ 铜系	57 La 5d ¹ 6s ² 138.9055(2)	58 Ce 4f ¹ 5d ¹ 6s ² 140.116(1)	59 Pr 4f ³ 6s ² 140.90765(2)	60 Nd 4f ⁴ 6s ² 144.24(3)	61 Pm 4f ⁵ 6s ² 144.91 ⁺	62 Sm 4f ⁶ 6s ² 150.36(3)	63 Eu 4f ⁷ 6s ² 151.964(1)	64 Gd 4f ⁷ 5d ¹ 6s ² 157.25(3)	65 Tb 4f ⁹ 6s ² 158.92534(2)	66 Dy 4f ¹⁰ 6s ² 162.500(1)	67 Ho 4f ¹¹ 6s ² 164.93032(2)	68 Er 4f ¹² 6s ² 167.259(3)	69 Tm 4f ¹³ 6s ² 168.93421(2)	70 Yb 4f ¹⁴ 6s ² 173.04(3)	71 Lu 4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ² 174.967(1)
★ 铜系	89 Ac 6d ¹ 7s ² 227.03	90 Th 6d ² 7s ² 232.0381(1)	91 Pa 5f ² 6d ¹ 7s ² 231.03588(2)	92 U 5f ³ 6d ¹ 7s ² 238.02891(3)	93 Np 5f ⁴ 6d ¹ 7s ² 237.05	94 Pu 5f ⁶ 7s ² 244.06	95 Am 5f ⁷ 7s ² 243.06	96 Cm 5f ⁷ 6d ¹ 7s ² 247.07	97 Bk 5f ⁹ 7s ² 247.07	98 Cf 5f ¹⁰ 7s ² 251.08	99 Es 5f ¹¹ 7s ² 252.08	100 Fm 5f ¹² 7s ² 257.10	101 Md 5f ¹³ 7s ² 258.10	102 No 5f ¹⁴ 7s ² 259.10	103 Lr 5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ² 260.11

目 录

第一章 物质结构基础	1
第一节 原子结构和元素周期律	1
一、量子数	1
二、核外电子排布规律	3
三、元素周期律	6
第二节 分子结构	9
一、离子键和离子化合物	9
二、共价键和共价化合物	9
三、杂化轨道理论	12
四、分子的极性	15
五、分子间力和氢键	16
本章小结	19
习题	19
【阅读材料】 碳六十 (C_{60})——微观世界探密	21
第二章 化学反应速率	23
第一节 化学反应速率	23
一、化学反应速率的表示与测定	23
二、化学反应速率理论	25
第二节 影响化学反应速率的因素	26
一、浓度(压力)对反应速率的影响	26
二、温度对反应速率的影响	27
三、催化剂对反应速率的影响	27
四、影响反应速率的其他因素	28
第三节 简单级数反应的特征	28
一、一级反应	28
二、二级反应	29
三、零级反应	30
本章小结	30
习题	30
【阅读材料】 神奇的汽车“滤嘴”——催化剂应用	31
第三章 溶液及相平衡	32
第一节 拉乌尔定律和亨利定律及稀溶液的依数性	32
一、拉乌尔定律和亨利定律	32

二、稀溶液的依数性	34
第二节 相平衡基本概念	36
一、相和相数	36
二、物种数和组分数	36
三、自由度和自由度数	37
四、相律	37
第三节 单组分系统的相图	38
一、单组分系统相图相律分析	38
二、水的相图分析	38
第四节 二组分完全互溶系统的气-液平衡相图	39
一、理想溶液	39
二、二组分理想溶液的蒸气压-组成图	40
三、二组分理想溶液的沸点-组成图	41
四、杠杆规则	41
五、二组分非理想溶液的气-液平衡相图	42
本章小结	44
习题	44
【阅读材料】 物质的第四种状态——等离子体	45
第四章 化学热力学基础	47
第一节 热力学第一定律	47
一、基本概念和术语	47
二、热力学第一定律	49
三、恒压热、恒容热及焓	50
四、热化学	52
五、化学反应热效应的计算	54
第二节 化学反应的方向和限度	56
一、熵和熵变	56
二、吉布斯函数	60
三、化学反应方向的判断	61
本章小结	62
习题	63
【阅读材料】 “烙饼”、“蒸馒头”、“烤红薯”主要利用了哪一种传热方式?	64
第五章 化学平衡	65
第一节 化学平衡的基本概念	65
一、化学平衡与平衡常数	65
二、化学平衡的移动及应用	67
第二节 酸碱平衡	70
一、酸碱质子理论	70
二、弱电解质的离解平衡	70
三、缓冲溶液	73
第三节 沉淀溶解平衡	75

一、溶度积	75
二、溶度积规则及其应用	77
第四节 氧化还原平衡	80
一、氧化还原反应	80
二、原电池和电极电位	82
三、电极电位的应用	86
第五节 配位平衡	88
一、配合物的基本概念	88
二、配位平衡	90
本章小结	93
习题	94
【阅读材料】 新型电池	95
第六章 重要的金属元素及其化合物	97
第一节 铬及其重要化合物	97
一、单质及其性质	97
二、铬(Ⅲ)的化合物	98
三、铬(Ⅵ)的化合物	98
四、含铬废水的处理	99
第二节 锰及其重要化合物	100
一、锰单质	100
二、锰(Ⅱ)的化合物	101
三、锰(Ⅳ)的化合物	101
四、锰(Ⅶ)的化合物	102
第三节 铁、钴、镍及其重要化合物	102
一、铁系元素的单质	103
二、铁系元素的氧化物和氢氧化物	104
三、铁系元素的+2价盐	105
四、铁系元素的+3价盐	106
五、铁系元素的配位化合物	107
第四节 锌、镉、汞及其化合物	108
一、锌族元素的单质	108
二、锌族元素的氧化物和氢氧化物	109
三、锌族元素的盐类	109
四、锌族元素的配合物	111
本章小结	111
习题	112
【阅读材料】 合金材料	113
第七章 烃和卤代烃	115
第一节 烷烃	115
一、烷烃的通式、同系列和同分异构	115
二、烷烃的命名	116

35	三、烷烃的结构	118
77	四、烷烃的物理性质	118
08	五、烷烃的化学性质	120
08	六、烷烃的来源	122
38	七、烷烃的制备	123
88	第二节 烯烃	123
88	一、乙烯分子的结构	123
88	二、烯烃的同分异构现象	124
00	三、烯烃的命名	125
80	四、烯烃的物理性质	126
10	五、烯烃的化学性质	127
20	六、烯烃的亲电加成反应历程及马氏规则的理论解释	131
70	七、烯烃的制备	133
70	第三节 炔烃	134
70	一、乙炔的结构	134
80	二、炔烃的构造异构和命名	134
80	三、炔烃的物理性质	135
00	四、炔烃的化学性质	135
00	第四节 二烯烃	139
100	一、二烯烃的分类和命名	139
101	二、共轭二烯烃的结构和共轭效应	139
101	三、1,3-丁二烯的性质	140
303	四、合成橡胶工业	142
303	第五节 脂环烃	143
103	一、脂环烃的分类和命名	143
104	二、环烷烃的同分异构现象	144
102	三、环烷烃的物理性质	144
100	四、环烷烃的化学性质	144
101	五、环烷烃的结构与稳定性	145
801	六、环己烷的构象	146
80	第六节 芳烃	147
001	一、苯的结构	147
001	二、单环芳烃的同分异构和命名	149
111	三、单环芳烃的物理性质	151
111	四、单环芳烃的化学性质	151
311	五、苯环上亲电取代反应历程	155
311	六、苯环上取代反应的定位规律	156
312	七、稠环芳烃	158
311	八、芳烃的制法	161
2	第七节 卤代烃	162
311	一、卤代烃的分类与命名	162

二、卤代烷	163
三、卤代烯烃	167
四、卤代芳烃	169
五、卤代烃的制备	169
第八节 重要的化合物	170
一、甲烷	170
二、乙烯	171
三、乙炔	171
四、环己烷	171
五、重要的单环芳烃	172
六、重要的卤代烃	172
本章小结	174
习题	175
【阅读材料】 齐格勒-纳塔催化剂	180
第八章 含氧有机化合物	182
第一节 醇	182
一、醇的分类、结构和命名	182
二、醇的物理性质	183
三、醇的化学性质	184
第二节 酚	188
一、苯酚的结构	188
二、酚的分类和命名	189
三、酚的物理性质	189
四、酚的化学性质	190
第三节 醚	194
一、醚的分类和命名	194
二、醚的物理性质	195
三、醚的化学性质	195
第四节 醛和酮	196
一、醛、酮的结构、分类和命名	196
二、醛、酮的物理性质	198
三、醛、酮的化学性质	198
第五节 羧酸及其衍生物	206
一、羧酸	206
二、羧酸衍生物	213
第六节 重要的含氧化合物	216
一、环氧乙烷	216
二、甲醛	217
三、丙酮	218
四、甲酸	219
五、乙二酸	219

六、丙二酸二乙酯	220
七、乙酰乙酸乙酯	221
本章小结	223
习题	224
【阅读材料】 甘油与润肤	226
第九章 含氮有机化合物	228
第一节 胺	228
一、胺的结构、分类及命名	228
二、胺的性质及应用	230
三、季铵盐和季铵碱及其应用	234
四、重要的胺	234
第二节 重氮和偶氮化合物	235
一、重氮和偶氮化合物的命名	235
二、重氮化合物	236
第三节 腈	238
一、腈的物理性质	239
二、腈的化学性质	239
本章小结	239
习题	239
【阅读材料】 偶氮化合物及其用途	241
第十章 物性参数的测定技术	243
第一节 旋光度的测定	243
一、物质的旋光性	244
二、旋光仪及其使用	246
第二节 吸光度的测定	248
一、物质对光的选择性吸收	248
二、朗伯-比耳定律及其应用	249
三、分光光度计及其使用	251
第三节 溶液电导率的测定	252
一、电导与电导率	252
二、摩尔电导率的测定	252
三、电导的应用	253
四、DDS-6110 型电导率仪	255
第四节 电池电动势和溶液 pH 的测定	255
一、电池电动势	255
二、溶液 pH 的测定	257
三、常用酸度计介绍	257
本章小结	258
习题	258
【阅读材料】 水硬度常识	259
第十一章 滴定分析技术	260

第一节 滴定分析法	260
一、滴定分析法概述	260
二、标准溶液	262
三、滴定分析的计算	264
四、误差与有效数字	265
五、容量分析仪器及其使用技术	267
第二节 酸碱滴定法	271
一、方法原理	271
二、滴定过程及指示剂的选择	274
三、应用示例	277
第三节 配位滴定法	278
一、方法原理	278
二、金属指示剂	281
三、应用示例	283
第四节 氧化还原滴定法	283
一、高锰酸钾法	283
二、碘量法	284
本章小结	285
习题	286
【阅读材料】 电子天平	287
第十二章 物质的制备技术	289
第一节 制备物质的步骤和方法	289
一、制备物质的步骤	289
二、物质的制备方法	290
第二节 制备物质的产率及计算	290
一、影响产率的因素及提高产率的措施	290
二、产率的计算	291
本章小结	291
习题	291
实验	292
实验一 化学反应速率及化学平衡	292
实验二 旋光法测定蔗糖水解的速率常数	294
实验三 邻二氮菲分光光度法测定微量铁	296
实验四 水的纯度测定	300
实验五 缓冲溶液的配制及溶液 pH 的测定	300
实验六 容量分析仪器及其使用	302
实验七 氢氧化钠标准溶液的标定及醋酸含量的测定	304
实验八 EDTA 标准溶液的标定及水的总硬度测定	308
实验九 高锰酸钾标准溶液的标定及亚铁盐含量的测定	311
实验十 硫酸亚铁铵的制备和产品质量检测	315
实验十一 肥皂的制备	317

实验十二 硫代硫酸钠的制备和应用	318
实验十三 从茶叶中提取咖啡因	321
实验十四 用碳酸化法从硼镁泥中制取氧化镁的工艺条件选择	322
附录	326
表 1 常见物质的热力学数据 (298.15K)	326
表 2 弱酸、弱碱的离解常数 (298.15K)	328
表 3 难溶电解质的溶度积常数 (298.15K)	329
表 4 标准电极电位 (298.15K)	330
表 5 常见配离子的稳定常数 (298.15K)	332
表 6 常见化合物的相对分子质量表	333
参考文献	336
元素周期表	
1H	氢
2He	氦
3Li	锂
4Be	铍
5B	硼
6C	碳
7N	氮
8O	氧
9F	氟
10Ne	氖
11Na	钠
12Mg	镁
13Al	铝
14Si	硅
15P	磷
16S	硫
17Cl	氯
18Ar	氩
19K	钾
20Ca	钙
21Sc	钪
22Ti	钛
23V	钒
24Cr	铬
25Mn	锰
26Fe	铁
27Co	钴
28Ni	镍
29Cu	铜
30Zn	锌
31Ga	镓
32Ge	锗
33As	砷
34Se	硒
35Br	溴
36Kr	氪
37Rb	铷
38Sr	锶
39Y	钇
40Zr	锆
41Nb	铌
42Mo	钼
43Tc	锝
44Ru	钌
45Rh	铑
46Pd	钯
47Ag	银
48Cd	镉
49In	铟
50Sn	锡
51Sb	锑
52Te	碲
53I	碘
54Xe	氙
55Ba	钡
56La	镧
57Ce	铈
58Pr	镨
59Nd	钕
60Pm	钷
61Sm	钐
62Eu	铕
63Gd	钆
64Tb	铽
65Dy	镝
66Ho	铈
67Er	铒
68Yb	镱
69Tm	铥
70Yb	镱
71Lu	镥
72Hf	铪
73Ta	钽
74W	钨
75Re	铼
76Os	锇
77Ir	铱
78Pt	铂
79Au	金
80Hg	汞
81Tl	铊
82Pb	铅
83Bi	铋
84Po	钋
85At	砹
86Rn	氡
87Fr	钫
88Ra	镭
89Ac	锕
90Th	钍
91Pa	镤
92U	铀
93Np	镎
94Pu	钚
95Am	镅
96Cm	锔
97Bk	锫
98Cf	锪
99Es	铈
100Fm	镭
101Md	镆
102No	锘
103Lr	镥
104Rf	铪
105Db	钽
106Sg	钨
107Bh	铼
108Hs	锇
109Mt	铱
110Ds	铂
111Rg	金
112Cn	汞
113Nh	铊
114Fl	铅
115Mc	铋
116Lv	钋
117Ts	砹
118Og	氡

第一章

物质结构基础

知识目标：1. 掌握核外电子排布的规律。

2. 掌握价键理论和杂化轨道理论，能用其解释分子结构。

3. 掌握分子极性判断方法，熟悉分子间力、氢键的形成对物质物理性质的影响。

能力目标：1. 能用四个量子数说明核外电子的运动状态，能正确书写核外电子排布式。

2. 能用价键理论、杂化轨道理论判断和说明分子的空间结构。

在化学反应中，原子重新组合成新分子，核外电子的运动状态发生了变化。研究化学反应的规律，掌握物质性质与结构的关系，必须从原子结构入手，了解原子、原子结构以及原子是如何结合成分子的。

第一节 原子结构和元素周期律

组成物质的结构微粒，其质量和体积都很小，有些运动速度可以接近光速，故称为微观粒子，如光子、电子、质子、中子及原子等。微观粒子的运动不遵循经典力学的定律，其原因是微观粒子及其运动与宏观物体在本质上有很大差别。微观粒子的运动具有波粒二象性。

虽然不能确切地测出核外运动的个别电子某时刻在什么位置出现，但通过对大量电子或一个电子亿万次重复性的研究表明，电子在核外空间某些区域出现的几率较大，另一些区域出现的几率则较小。量子力学认为，原子核外电子的运动没有确定的轨道，但有按几率分布的统计规律。

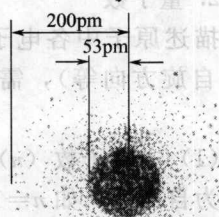


图 1-1 基态氢原子 1s 电子云示意图

一、量子数

1. 电子云

为了形象地表示核外电子运动的几率分布情况，化学上常用小黑点分布的疏密表示电子在核外出现的几率密度的相对大小。小黑点较密的地方，表示几率密度较大，单位体积内电子出现的机会多。电子在核外出现的几率密度分布的空间图像称为电子云。图1-1为基态氢原子 1s 电子云示意图。

根据量子力学计算可知，基态氢原子在半径 $r = 53\text{pm}$ 的球体内，电子出现的几率较大，而在离核 $200 \sim 300\text{pm}$ 以外的区域，电子出现几率极小，可以忽略不计。

根据量子力学计算可得不同电子云图，如图 1-2 所示。

思考：在电子云图中，小黑点密度大的地方，表示那里的电子也多吗？

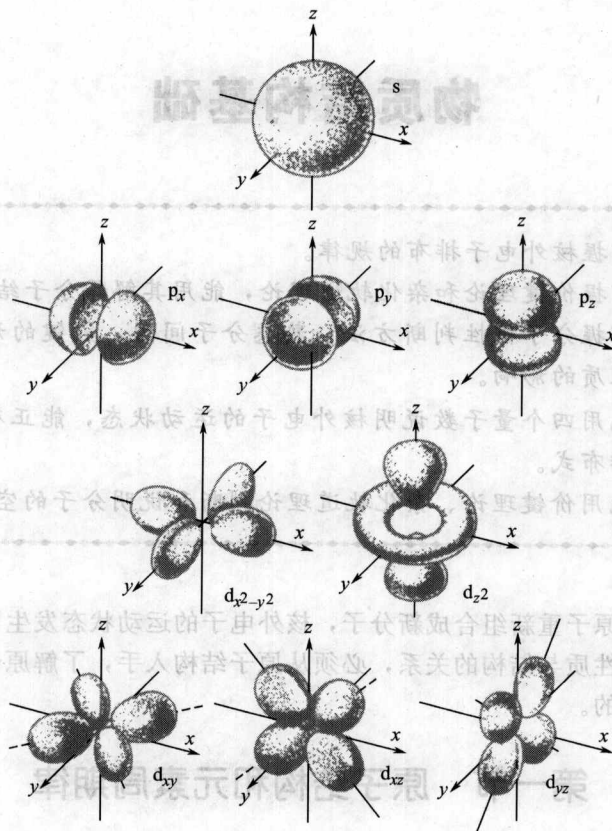


图 1-2 s、p、d 电子云图

2. 量子数

描述原子中各电子的运动状态（例如电子所在的原子轨道离核远近、形状、方位、电子自旋方向等），需用主量子数、副量子数、磁量子数和自旋量子数这四个参数才能确定。

(1) 主量子数 (n) 主量子数是描述电子层能量的高低次序和离核远近的参数。主量子数为自然数，如 $n=1, 2, 3, 4, \dots$ 。 $n=1$ 表示能量最低、离核最近的第一电子层； $n=2$ 表示能量次低，离核次近的第二电子层；其余类推。在光谱学上另用一套拉丁字母表示电子层，其对应关系为：

主量子数 (n) 1 2 3 4 5 6 ...

电子层符号 K L M N O P ...

n 值越大，该电子层离核平均距离越远，能量越高。

(2) 副（角）量子数 (l) 在电子层内还存在着能量差别很小的若干个亚层。因此，除主量子数外，还要用另一个参数来描述核外电子的运动状态和能量，这个量子数称为副量子数或角量子数。

副量子数可为 0 到 $n-1$ 的整数，例如：

n	1	2	3	4	...	n
l	0	0, 1	0, 1, 2	0, 1, 2, 3	...	0, 1, 2, ..., $n-1$

l 的每一个数值表示一个亚层。 l 数值与光谱学规定的亚层符号之间的对应关系为：

副量子数 (l)	0	1	2	3	4	5	...
亚层符号	s	p	d	f	g	h	...

此外, l 的每一个数值还可以表示一种形状的原子轨道或电子云。 $l=0$, 表示 s 电子云, 呈球形对称; $l=1$, 表示 p 电子云, 呈哑铃形; $l=2$, 表示 d 电子云, 呈花瓣形等。

同一电子层中, 随着 l 的增大, 原子轨道的能量 (E) 也依次升高, 即 $E_{ns} < E_{np} < E_{nd} < E_{nf}$, 这说明在同一原子中副量子数与主量子数一起决定电子的能级。

(3) 磁量子数 (m) 在同一电子亚层中往往还包含着若干个空间伸展方向不同的原子轨道。磁量子数可用来描述原子轨道或电子云在空间的伸展方向。

磁量子数 m 的取值为 $0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm l$ 的整数, m 值受 l 值的限制。例如, $l=0$ 时, m 只能为 0 ; $l=1$ 时, m 可以为 $-1, 0, +1$ 三个数值, 其余类推。

一个 m 值表示一种原子轨道或电子云在空间的一个伸展方向。一个电子亚层中, m 有几个可能的取值, 这个亚层就有几个不同伸展方向的同类原子轨道或电子云。 l, m 的取值与轨道符号的对应关系见下表。

l	0	1	2
m	0	0, ± 1	0, $\pm 1, \pm 2$
原子轨道符号	s	p_x, p_y, p_z	$d_{x^2-y^2}, d_{xy}, d_{xz}, d_{yz}, d_{x^2-z^2}, d_{y^2-z^2}$

$l=0, 1, 2, 3$ 的轨道分别称为 s、p、d、f 轨道, 其中按 n 值分别称为 ns, np, nd, nf 轨道, 如 $3s, 3p$ 等, 在该轨道中的电子称为 $3s, 3p$ 电子。

在没有外加磁场的情况下, 同一亚层的原子轨道能量相等, 称为等价轨道或简并轨道。

亚层	p	d	f
等价轨道	三个 p 轨道	五个 d 轨道	七个 f 轨道

由此可见, n, l, m 三个量子数可决定一个原子轨道的能量大小、形状和伸展方向。

思考：在同一个原子中, 量子数 n, l, m 相同的两个电子, 其能量也相等吗? 电子云形状相同吗?

(4) 自旋量子数 (m_s) 电子除了绕核运动外, 还有自旋运动。描述核外电子的自旋运动状态, 可用第四个量子

数, 即自旋量子数 m_s 。 m_s 值只可能有两个数值, 即 $+\frac{1}{2}$ 和 $-\frac{1}{2}$ 。其中每一个数值表示电子的一种自旋方向, 即顺时针或逆时针方向, 用 “ $\uparrow$ ” 和 “ $\downarrow$ ” 表示相反的自旋。

量子力学认为, 要描述原子中每个电子的运动状态, 需要用四个量子数才能完全表达清楚。研究表明, 在同一原子中不可能有运动状态完全相同的电子存在。也就是说, 在同一原子中, 各个电子的四个量子数不可能完全相同, 按此推论, 每一个轨道内最多只能容纳两个自旋方向相反的电子。

根据量子数, 可推出各电子层所能容纳电子的最大容量, 见表 1-1。

二、核外电子排布规律

1. 多电子原子轨道的能级

在多电子原子中, 由于电子间的相互排斥作用, 原子轨道能级关系较为复杂。1939 年鲍林根据光谱实验结果, 总结出多电子原子中原子轨道能级图, 以表示各原子轨道之间能量的相对高低, 见图 1-3。