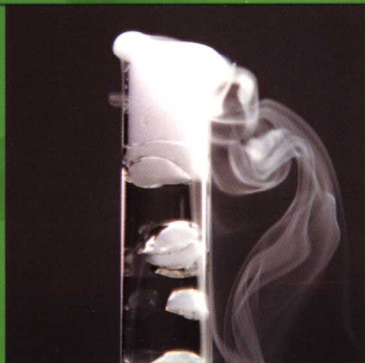




银领工程

高等职业教育技能型人才培养培训工程系列教材



吴英绵 主编

王丽君 赵连俊 副主编

基础化学



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

银领工程

高等职业教育技能型人才培养培训工程系列教材

基础化学

吴英绵 主编

王丽君 赵连俊 副主编

高等教育出版社

内容简介

本书是根据高等职业教育技能型人才的培养目标而编写的。内容由传统的无机化学、有机化学、分析化学、物理化学四门课程整合而成。全书内容包括：物质结构基础，化学热力学基础，溶液与胶体，化学平衡，滴定分析法，化学反应速率，脂肪烃，芳香烃，卤代烃，醇、酚、醚，醛和酮，羧酸及其衍生物，含氮化合物和杂环化合物。

本书可作为高等职业院校、本科院校举办的职业技术学院的化工工艺类专业及相关专业教材，也可作为五年制高职、成人教育相关专业的教材，也可供相关科研、技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

基础化学 / 吴英绵主编. — 北京：高等教育出版社，
2006.7

ISBN 7 - 04 - 019529 - 1

I. 基... II. 吴... III. 化学—高等学校：技术
学校—教材 IV. O6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 064161 号

策划编辑	王冰	责任编辑	董淑静	封面设计	于涛	责任绘图	尹莉
版式设计	王莹	责任校对	王超	责任印制	陈伟光		

出版发行 高等教育出版社
社址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100011
总机 010 - 58581000

经销 蓝色畅想图书发行有限公司
印刷 北京宝旺印务有限公司

开本 787 × 1092 1/16
印张 20.5
字数 500 000
插页 1

购书热线 010 - 58581118
免费咨询 800 - 810 - 0598
网址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版次 2006年7月第1版
印次 2006年7月第1次印刷
定价 25.60元

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 19529-00

高等职业教育化学化工类专业系列 教材编审委员会

主 任：曹克广 丁志平

副主任：李居参 张方明 李奠础

委 员：（以姓氏笔画为序）

于乃臣	马秉骞	王宝仁	王桂芝	王建梅	王焕梅
牛桂玲	邓素萍	孙伟民	关荐伊	许 宁	刘爱民
刘登辉	刘振河	伍百奇	曲志涛	陆 英	李明顺
时维振	冷士良	吴英绵	初玉霞	张荣成	张正兢
陈 宏	陈长生	林 峰	周 波	赵连俊	胡伟光
徐瑞云	索陇宁	高 琳	侯文顺	郭艳霞	程忠玲
魏培海					

出版说明

为了认真贯彻《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》，落实《2003—2007 年教育振兴行动计划》，缓解国内劳动力市场技能型人才紧缺现状，为我国走新型工业化道路服务，自 2001 年 10 月以来，教育部在永州、武汉和无锡连续三次召开全国高等职业教育产学研经验交流会，明确了高等职业教育要“以服务为宗旨，以就业为导向，走产学研结合的发展道路”，同时明确了高等职业教育的主要任务是培养高技能人才。这类人才，既要能动脑，更要能动手，他们既不是白领，也不是蓝领，而是应用型白领，是“银领”。从而为我国高等职业教育的进一步发展指明了方向。

培养目标的变化直接带来了高等职业教育办学宗旨、教学内容与课程体系、教学方法与手段、教学管理等诸多方面的改变。与之相应，也产生了若干值得关注与研究的新课题。对此，我们组织有关高等职业院校进行了多次探讨，并从中遴选出一些较为成熟的成果，组织编写了“银领工程”丛书。本丛书围绕培养符合社会主义市场经济和全面建设小康社会发展要求的“银领”人才的这一宗旨，结合最新的教改成果，反映了最新的职业教育工作思路和发展方向，有益于固化并更好地推广这些经验和成果，很值得广大高等职业院校借鉴。我们的这一想法和做法也得到了教育部领导的肯定，教育部副部长吴启迪专门为首批“银领工程”丛书提笔作序。

我社出版的高等职业教育各专业领域技能型紧缺人才培养培训工程系列教材也将陆续纳入“银领工程”丛书系列。

“银领工程”丛书适合于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校使用。

高等教育出版社

2006 年 6 月

前 言

化学是一门实用性很强的中心学科,是化学、化工、制药、环保、石油、冶金、食品和材料等专业的一门重要的专业基础课。本书是根据高职高专教育技能型人才的培养目标及学生应具有的知识与能力结构和素质要求编写的。编写时贯彻体现高职高专的“应用特色,本位能力”,适应“实践的要求,岗位的需要”。构建与高职高专各相关专业相适应的基础化学教材新体系。本教材具有以下特色。

1. 在教材体系和教材内容的取舍上,与传统的化学学科体系明显不同。根据学生未来工作的实际需要和可能,来组织教材体系和取舍内容,以适应时代发展的变化。注重基础,突出重点,利于创新能力的培养。

2. 突出高职高专教学特色。本着“实用为主,够用为度,应用为本”,结合各专业特点和后续课程需要,将属于四大化学的内容有机结合,体现基础理论与应用技术的一体化。

3. 考虑高职高专各专业的实际需求,对实用性不强的内容进行大胆的删减。淡化公式的理论推导,删减过深的化学反应机理,将化学热力学和化学平衡部分内容进行重组,降低起点和难度,优化、精选例题和习题。

4. 体现高职高专教材的特色,加强对学生创新思维、分析解决问题的能力以及综合素质的培养,与国家职业资格证书“分析工”、“有机合成工”紧密结合。

5. 学习目标、习题和正文有机结合。学习目标是明确学生对课程内容应该掌握的程度;习题是辅助学生掌握基本理论、基础知识、基本内容。

6. 信息量大,知识面宽,内容有新意。反映化学在化工生产中,特别是在生命、材料、能源、资源和环保等领域的最新进展,帮助学生了解前沿知识和信息。同时为了拓宽学生的知识面,在部分章节后给出了一些知识面宽、难度较大、综合性较强的内容,以便提高学生学习兴趣,引导学生自学。

本书共分十四章,参加本书编写的人员有石家庄职业技术学院吴英绵(第二、三、六章)、王丽君(第四、五章)、崔海波(第一章),辽宁石化职业技术学院赵连俊(第七、十二、十三、十四章)、张跃东(第八、九、十、十一章)。全书由吴英绵、王丽君统稿,南京化工职业技术学院丁志平主审,石家庄职业技术学院赵菁、陈玉峰参加校对。本书在编写过程中曾参考了公开出版的书刊和兄弟院校的教材,在此也向有关的作者和出版社表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,书中难免有不妥或错误之处,恳请读者批评指正。

编 者
2006年3月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail：dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118



第一章 物质结构基础	1	一、化学反应的自发性	33
第一节 原子结构与原子周期律	1	二、熵与熵变	34
一、核外电子的运动状态	1	三、吉布斯函数	35
二、原子结构与元素周期律	5	四、吉布斯函数变的简单计算	36
第二节 化学键	10	【阅读材料】 热力学发展史	39
一、离子键	10	本章小结	40
二、共价键	11	习题	41
第三节 分子间力和氢键	15	第三章 溶液与胶体	44
一、分子的极性	15	第一节 溶液浓度的表示方法	44
二、分子间力	16	一、物质的量浓度	44
三、氢键	17	二、质量摩尔浓度	45
本章小结	18	三、摩尔分数	45
习题	18	四、质量分数	45
第二章 化学热力学基础	20	第二节 稀溶液的依数性	46
第一节 基本概念和术语	21	一、蒸气压下降	46
一、系统和环境	21	二、沸点升高	47
二、状态、状态函数和过程	21	三、凝固点降低	48
三、热和功	22	四、渗透压	49
*四、化学反应进度	23	第三节 胶体溶液	50
第二节 化学反应热	24	一、胶体分散系统的分类及其主要特征	50
一、热力学能	24	二、表面现象	52
二、热力学第一定律	24	三、溶胶的性质	53
三、焓及热化学方程式	25	四、胶团的结构	55
四、变温过程热的计算	27	五、溶胶的稳定性和聚沉	56
五、盖斯定律	28	【阅读材料】 高分子溶液和乳状液	57
六、标准摩尔生成焓	29	本章小结	58
七、标准摩尔燃烧焓	31	习题	59
*八、不同温度下的反应热的计算——基尔霍夫公式	32	第四章 化学平衡	61
*九、可逆过程	33	第一节 化学平衡	61
第三节 化学反应的方向和限度	33	一、化学反应的限度和标准平衡常数	61

二、用标准平衡常数判断自发反应的方向	63	第五节 配位滴定法	124
三、化学平衡常数的计算	63	一、配位滴定的基本原理	124
第二节 酸碱平衡	66	二、配位滴定法的应用	128
一、酸碱质子理论	66	三、配位滴定方式及应用	129
二、弱电解质的解离平衡	67	【阅读材料】 非水溶液中的酸碱滴定	131
三、缓冲溶液	71	本章小结	133
第三节 沉淀溶解平衡	73	习题	133
一、溶度积	74	第六章 化学反应速率	136
二、溶度积规则及其应用	75	第一节 化学反应速率的表示及测定	136
第四节 氧化还原平衡	79	一、化学反应速率的表示方法	136
一、氧化还原反应	79	二、反应速率的测定	137
二、原电池和电极电势	81	第二节 化学反应速率理论简介	137
三、电极电势的应用	85	一、有效碰撞理论	137
第五节 配位平衡	86	二、过渡态理论	138
一、配合物的基本概念	87	第三节 浓度对反应速率的影响	139
二、配合物的价键理论	89	一、基元反应和复合反应	139
三、配位平衡	91	二、基元反应的速率方程——质量作用定律	140
【阅读材料】 金属的腐蚀与防护	93	三、反应级数和反应分子数	140
本章小结	96	四、具有简单级数反应的特征	141
习题	97	第四节 温度对反应速率的影响	143
第五章 滴定分析法	100	一、范特霍夫规则	144
第一节 滴定分析概述	100	二、阿仑尼乌斯方程	144
一、滴定分析的基本概念	100	【阅读材料】 催化剂对反应速率的影响	145
二、滴定分析对化学反应的要求	101	本章小结	147
三、滴定方式	101	习题	147
四、标准溶液和基准物质	102	第七章 脂肪烃	149
第二节 酸碱滴定法	103	第一节 有机化学基础知识	149
一、酸碱指示剂	104	一、有机化合物和有机化学	149
二、酸碱滴定曲线与指示剂选择	106	二、有机物的结构	150
第三节 沉淀滴定法	113	三、有机物的一般特性	152
一、莫尔法	113	四、有机物的分类	152
二、佛尔哈德法	114	第二节 脂肪烃的分类、通式、同系列和同分异构现象	153
三、法扬司法	115	一、脂肪烃的分类、通式、同系列	153
四、沉淀滴定法的应用	116	二、脂肪烃的同分异构现象	154
第四节 氧化还原滴定法	117	第三节 脂肪烃的命名	154
一、高锰酸钾法	117	一、烷烃的命名	154
二、重铬酸钾法	120		
三、碘量法	121		



二、不饱和烃的命名	156	第九章 卤代烃	199
第四节 脂肪烃的性质及应用	158	第一节 卤代烃的分类、同分异构和命名 ...	199
一、烷烃的性质及应用	159	一、卤代烃的分类	199
二、烯烃的性质及应用	162	二、一卤代烷烃的通式和构造异构现象	200
三、炔烃的性质及应用	167	三、卤代烃的命名	200
四、共轭二烯烃的化学性质及应用	171	第二节 卤代烷的性质及应用	201
第五节 脂环烃	173	一、卤代烷的基本物理性质	201
一、脂环烃的分类、同分异构和命名	173	二、卤代烷的化学性质及应用	202
二、脂环烃的命名	173	第三节 卤代烯烃和卤代芳烃	206
三、脂环烃的性质及应用	174	一、卤代烯烃和卤代芳烃的分类	206
【阅读材料】汽油的标号	176	二、不同结构卤代烯烃和卤代芳烃反应活性的差异	206
本章小结	177	第四节 重要的卤代烃	207
习题	179	一、三氯甲烷	207
第八章 芳香烃	183	二、四氯化碳	207
第一节 单环芳烃的结构、构造异构和命名	183	三、氯苯	207
一、单环芳烃的结构	183	四、氯乙烯	207
二、单环芳烃的构造异构	184	五、苄基氯	207
三、单环芳烃的命名	184	【阅读材料】聚四氟乙烯	208
四、芳烃衍生物的命名	185	本章小结	209
第二节 单环芳烃的性质及应用	186	习题	210
一、取代反应	186	第十章 醇、酚、醚	212
二、加成反应	190	第一节 醇	212
三、氧化反应	190	一、醇的分类和命名	212
第三节 苯环上取代反应的定位规律	191	二、醇的性质及应用	215
一、一元取代苯的定位规律	191	三、重要的醇	220
二、二元取代苯的定位规律	192	第二节 酚	221
三、定位规律的应用	192	一、酚的分类和命名	221
第四节 重要的芳烃	194	二、酚的性质及应用	222
一、苯	194	三、重要的酚	225
二、甲苯	194	第三节 醚	226
三、二甲苯	194	一、醚的分类和命名	226
四、苯乙烯	195	二、醚的性质及应用	227
五、萘和蒽	195	三、重要的醚	228
【阅读材料】家居的隐藏杀手——苯系物	195	【阅读材料】乙醚的纯化	229
本章小结	196	本章小结	230
习题	197	习题	232

第十一章 醛和酮	234	二、胺的性质及应用	276
第一节 醛、酮的结构、分类和命名	234	三、重要的胺	281
一、醛、酮的结构	234	第三节 重氮和偶氮化合物	281
二、醛、酮的分类	235	一、重氮和偶氮化合物的结构和命名	281
三、醛、酮的命名	235	二、重氮盐的制备	282
第二节 醛、酮的性质	237	三、重氮盐的性质及其在有机合成中的应用	282
一、醛、酮的物理性质	237	第四节 腈	286
二、醛、酮的化学性质及应用	238	一、腈的结构和命名	286
第三节 重要的醛和酮	247	二、腈的性质及应用	286
一、甲醛	247	三、重要的腈	287
二、乙醛	247	【阅读材料】 磺胺药物的研制	287
三、苯甲醛	247	本章小结	289
四、丙酮	247	习题	289
【阅读材料】 丙烯直接氧化制丙酮	248	* 第十四章 杂环化合物	293
本章小结	248	第一节 杂环化合物的分类和命名	293
习题	249	一、杂环化合物的分类	293
第十二章 羧酸及其衍生物	251	二、杂环化合物的命名	294
第一节 羧酸	251	第二节 五元杂环化合物	295
一、羧酸的结构、分类和命名	251	一、呋喃、吡咯、噻吩的结构	295
二、羧酸的性质及应用	253	二、呋喃、吡咯、噻吩的性质	296
三、重要的羧酸	257	三、重要的衍生物	298
第二节 羧酸衍生物	258	第三节 六元杂环化合物	298
一、羧酸衍生物的命名	258	一、吡啶	298
二、羧酸衍生物的性质及应用	259	二、喹啉	300
三、重要的羧酸衍生物	262	附录	302
* 四、丙二酸二乙酯及其在有机合成中的应用	262	附录 1 一些物质的热力学数据	302
* 五、乙酰乙酸乙酯及其在合成中的应用	263	附录 2 一些弱酸、弱碱在水中的解离常数(298.15 K)	304
【阅读材料】 顺酐生产现状与发展趋势	265	附录 3 常见难溶电解质的溶度积 $K_{sp}^{\ominus}$ (298.15 K)	305
本章小结	266	附录 4 标准电极电势(298.15 K)	307
习题	266	附录 5 一些氧化还原电对的条件电极电势	311
第十三章 含氮化合物	270	附录 6 一些常见配离子的稳定常数(298.15 K)	312
第一节 硝基化合物	271	参考文献	314
一、硝基化合物的分类和命名	271	元素周期表	
二、硝基化合物的性质及应用	272		
三、重要的硝基化合物	274		
第二节 胺	275		
一、胺的分类和命名	275		

第一章

物质结构基础



学习目标:

- * 了解分子间作用力和氢键的有关概念及它们对物质性质的影响。
- * 理解离子键的形成,原子核外电子运动状态的描述,元素性质的递变规律,简单分子的空间构型。
- * 掌握核外电子的排布规律,元素周期律和元素周期表的结构,共价键的本质、形成过程、特点和类型。
- * 能利用原子结构知识解释共价键的形成、本质,应用分子间作用力和氢键解释它们对物质性质的影响。

思考:



为什么煤能燃烧而岩石不能燃烧?为什么不同的矿石能炼出不同的金属?为什么柔软的高岭土经过高温就会变成晶莹坚固的瓷器?

自然界物质的种类繁多,性质千差万别。物质在性质上的差异主要是由于物质的内部结构不同引起的,物质结构主要包括原子结构、化学键和分子结构等。

第一节 原子结构与原子周期律

一、核外电子的运动状态

1. 电子云

【假设】有一架特殊的照相机,给氢原子照相,结果得到如图 1-1 所示图像。

图中,⊕表示原子核,•表示电子。电子的质量很小,它在原子核外直径为 10^{-10} m 的空间做接近光速的高速运动,其运动规律与宏观物体不同,电子在核外的运动,没有确定的轨道,不能同时准确地确定它在某一瞬间的位置和运动速度。对于最简单的核外只有一个电子的氢原子,可用假想的照相机给它照相,对单张照片进行分析,电子似乎在核外做毫无规律的运动,但假如给

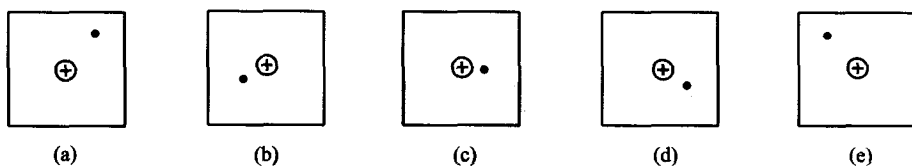


图 1-1 对氢原子的五次拍照

氢原子拍成千上万张照片,并将照片叠加起来,即得如图 1-2 所示的图像。

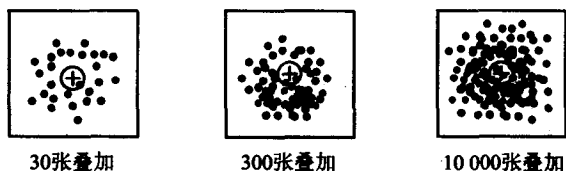


图 1-2 若干张氢原子瞬间照片叠加

图 1-2 表明,电子经常在外核空间一个球形区域内出现,如同一团带负电荷的云雾,笼罩在原子核的周围,人们形象地称之为电子云。这团电子云呈球形对称,离核越近,密度越大;离核越远,密度越小。空间某处单位体积内电子出现的概率称为概率密度。因此,电子云是电子在外核空间出现的概率密度,是用来描述核外电子运动状态的。

2. 核外电子的运动状态

(1) 电子层 在多电子原子中,核外电子的能量并不相同。通常,能量低的在离核较近的区域内运动;能量高的,在离核较远的区域内运动。根据电子能量的差异和离核远近的不同,可以将核外电子分成不同的电子层,用 n 表示, n 的取值是 $1, 2, 3, \dots, n$ 等正整数,一个 n 表示一个电子层,电子层是决定电子能量高低的主要因素。 n 值越大,表示电子所在的电子层离核越远,能量越高。不同的电子层也常用符号来表示:

电子层 n	1	2	3	4	5	6	...
电子层符号	K	L	M	N	O	P	...
能量高低顺序	$K < L < M < N < O < P \dots$						

(2) 电子亚层和电子云的形状 根据光谱实验结果和理论推导,发现在同一电子层中,电子的能量还稍有差别,电子云的形状也不相同。根据这个差别,又可以把一个电子层分为一个或几个亚层,这些亚层分别用 s, p, d, f 等光谱符号表示。 s 亚层电子云是以原子核为中心的球体, p 亚层的电子云是哑铃形,如图 1-3 和图 1-4 所示, d 亚层和 f 亚层的电子云较为复杂。

K 层只有一个 s 亚层;L 层有 s 和 p 两个亚层;M 层有 s, p 和 d 三个亚层;N 层有 s, p, d 和 f 四个亚层。为了表明电子在外核所处的区域,可将电子层的序数 n 写在亚层符号的前面。例如,处在 K 层 s 亚层的电子表示为 $1s$;处在 L 层 s 亚层的电子表示为 $2s$;处在 M 层 d 亚层的电子表示为 $3d$ 。

(3) 电子云的伸展方向 电子云不仅有确定的形状,而且有一定的伸展方向。在一定电子

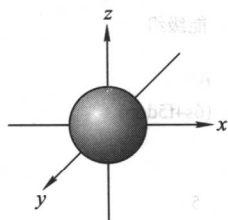


图 1-3 s 电子云示意图

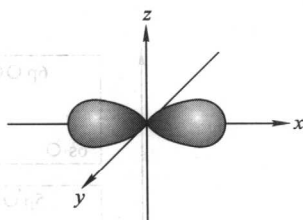


图 1-4 p 电子云示意图

层上,具有一定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。s 亚层的电子云是球形对称的,在空间各个方向上伸展的程度相同,可以说 s 亚层只有 1 个轨道;p 亚层的电子云在空间有 3 个伸展方向,即 3 个轨道;d 亚层有 5 个轨道;f 亚层有 7 个轨道。各电子层可能的最多轨道数见表 1-1。

表 1-1 核外电子可能存在的状态数

电子层	1	2	3	4	...	n
电子层符号	K	L	M	N		...
亚层符号	1s	2s 2p	3s 3p 3d	4s 4p 4d 4f		...
原子轨道数	1	1+3=4	1+3+5=9	1+3+5+7=16		n^2

由表 1-1 可知,每个电子层可能的最多原子轨道数应为 n^2 。

(4) 电子的自旋 实验证明,电子除了绕核做高速运动外,还存在本身的自旋运动。电子自旋状态只有两种,即顺时针方向和逆时针方向,常用“ $\uparrow$ ”和“ $\downarrow$ ”来表示两种不同的自旋方向。由于自旋方向相同的两个电子所产生的磁场方向相同,互相排斥,不能在同一轨道内运动,而自旋方向相反的两个电子互相吸引,能在同一原子轨道内运动。

综上所述,电子在核外的运动状态必须由电子层、电子亚层、电子云的伸展方向和自旋状态 4 个方面确定。

3. 核外电子的排布

(1) 多电子原子轨道的能级 在多电子原子中,由于不同电子层具有不同的能量,而每个电子层中不同的亚层能量也不相同。其核外电子是按能级顺序分层排布的。在同一原子中的不同电子层内,相同类型亚层之间的能量顺序为: $E_{1s} < E_{2s} < E_{3s} < E_{4s} \dots, E_{2p} < E_{3p} < E_{4p} \dots$ 。同一原子中的同一电子层内,各亚层之间的能量顺序为: $E_{ns} < E_{np} < E_{nd} < E_{nf} \dots$ 。同一原子中第三层以上的电子层中,不同类型的亚层之间会出现某些电子层序数较大的亚层的能量反而低于某些电子层序数较小的亚层的能量,这种现象称为能级交错。如 $E_{4s} < E_{3d} < E_{4p}, E_{5s} < E_{4d} < E_{5p}$ 。

1939 年,美国科学家鲍林(Pauling L)根据光谱实验结果总结出多电子原子中各原子轨道能级的相对高低情况,称为原子轨道近似能级图,如图 1-5 所示。

图中方框表示原子轨道,其位置的高低表示轨道能级的高低,每一个虚线方框中的 n 个轨道的能量相近,称为一个能级组。相邻能级组之间能量差别较大。

(2) 核外电子的排布规律 核外电子的排布一般遵循以下规律。

① 能量最低原理。核外电子总是尽先占有能量最低的原子轨道,然后再依次排布在能量较

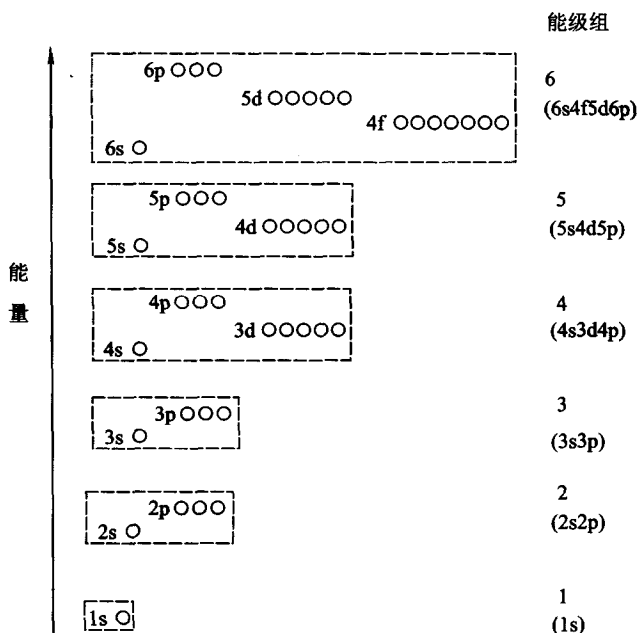


图 1-5 多电子原子的近似能级图

高的轨道,这个规律称为能量最低原理。根据多电子原子的近似能级图和能量最低原理,电子填入各亚层轨道的顺序如图 1-6 所示。

基态原子外层电子填充顺序为 $ns \rightarrow (n-2)f \rightarrow (n-1)d \rightarrow np$ 。但是基态原子失去外层电子的顺序为 $np \rightarrow ns \rightarrow (n-1)d \rightarrow (n-2)f$ 。

② 泡利不相容原理。1925 年,奥地利物理学家泡利(Pauli W)根据原子的光谱现象提出:在同一原子中,没有运动状态 4 个方面完全相同的电子存在。也就是说,每个原子轨道只能容纳 2 个电子,且自旋方向相反。每个电子层中最多有 n^2 个轨道,所以,各电子层最多容纳 $2n^2$ 个电子。

③ 洪特规则。1925 年,德国物理学家洪特(Hund F)从大量光谱实验结果中总结出一个规则:在同一亚层的各个轨道(即等价轨道)上,电子的排布将尽可能地分占不同的轨道,而且自旋方向相同。

光谱实验还表明,当等价轨道上的电子处于全充满、半充满或全空的状态时是比较稳定的,称为洪特规则的特例。

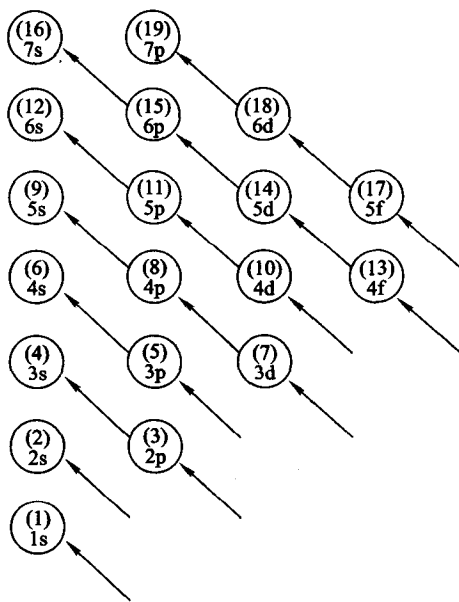
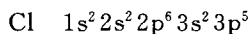
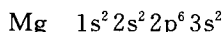


图 1-6 基态原子外层电子填充顺序

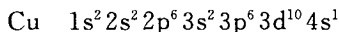
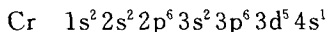
全充满	p^6	d^{10}	f^{14}
半充满	p^3	d^5	f^7
全空	p^0	d^0	f^0

(3) 基态原子的电子排布 根据基态原子中电子排布的 3 个原则,就可以确定各元素基态原子的电子排布情况,电子在原子轨道中的排布方式称为电子层结构,电子层结构有以下 3 种方式。

① 电子排布式。按电子在原子核外各亚层中分布的情况,在亚层符号的右上角注明排列的电子数。例如,12 号元素镁和 17 号氯的电子排布式为



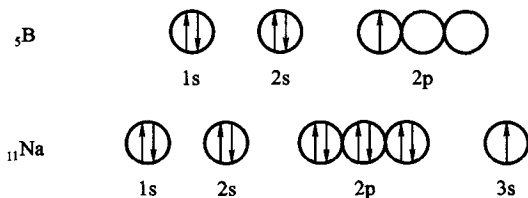
根据洪特规则的特例,24 号铬和 29 号铜的核外电子排布式为



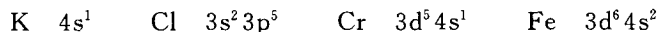
由于参加化学反应的通常是原子的外层电子,内层电子结构一般不变,因此可用“原子实”来表示原子的内层电子结构。“原子实”是指原子内层电子构型与某一稀有气体电子构型相同时,在方括号内写上该稀有气体的元素符号来表示。例如:



② 轨道表示式。电子排布式可以清楚地表示电子在各亚层中的填充情况,但无法表明电子占有轨道的情况,因此,可用轨道表示式。它使用方框或圆圈代表原子轨道,在圆圈的上方或下方注明轨道的能级,圆圈内用向上或向下的箭头表示电子的自旋状态。例如:



③ 价电子层结构式。价电子是指发生化学反应时参与成键的电子。在电子排布式中,价电子所在的电子层分布称价电子层结构。主族元素的价电子层结构为 $ns^{1\sim 2} np^{1\sim 6}$,副族元素(镧系、铜系元素除外)的价电子层结构为 $(n-1)d^{1\sim 10} ns^{1\sim 2}$ 。例如:



周期表中 1~36 号元素的原子核外电子排布情况列于表 1-2 中。

二、原子结构与元素周期律

1869 年,俄国化学家门捷列夫(Mendeleev)总结提出了元素周期律。他指出了元素的性质随着元素原子序数的递增而呈周期性的变化,这一规律称为元素周期律,元素周期律的图表形式称为元素周期表。

表 1-2 原子序数 1~36 号元素的原子核外电子排布

核电荷数	元素符号	电 子 层									
		K	L		M			N			
		1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p	4d	4f
1	H	1									
2	He	2									
3	Li	2	1								
4	Be	2	2								
5	B	2	2	1							
6	C	2	2	2							
7	N	2	2	3							
8	O	2	2	4							
9	F	2	2	5							
10	Ne	2	2	6							
11	Na	2	2	6	1						
12	Mg	2	2	6	2						
13	Al	2	2	6	2	1					
14	Si	2	2	6	2	2					
15	P	2	2	6	2	3					
16	S	2	2	6	2	4					
17	Cl	2	2	6	2	5					
18	Ar	2	2	6	2	6					
19	K	2	2	6	2	6		1			
20	Ca	2	2	6	2	6		2			
21	Sc	2	2	6	2	6	1	2			
22	Ti	2	2	6	2	6	2	2			
23	V	2	2	6	2	6	3	2			
24	Cr	2	2	6	2	6	5	1			
25	Mn	2	2	6	2	6	5	2			
26	Fe	2	2	6	2	6	6	2			
27	Co	2	2	6	2	6	7	2			
28	Ni	2	2	6	2	6	8	2			
29	Cu	2	2	6	2	6	10	1			
30	Zn	2	2	6	2	6	10	2			
31	Ga	2	2	6	2	6	10	2	1		
32	Ge	2	2	6	2	6	10	2	2		
33	As	2	2	6	2	6	10	2	3		
34	Se	2	2	6	2	6	10	2	4		
35	Br	2	2	6	2	6	10	2	5		
36	Kr	2	2	6	2	6	10	2	6		