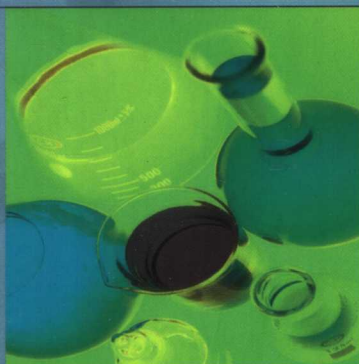
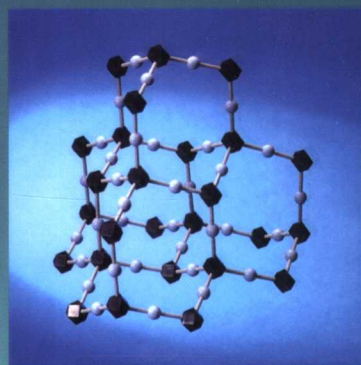




银领工程

高等职业教育技能型人才培养培训工程系列教材



高琳 主编

王宝仁 邢天来 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

高 琳 主编

王宝仁 邢天来 副主编

高等教育出版社

内容提要

本书是根据高等职业院校技能型人才的培养目标而编写,以“必需、够用”为原则,精心遴选“四大化学”的知识点,有机整合而成的。全书内容包括物质结构基础、气体和分散系统、化学热力学基础、化学反应速率和化学平衡、酸碱平衡与酸碱滴定、沉淀溶解平衡与沉淀滴定、配位平衡与配位滴定、氧化还原平衡与氧化还原滴定、脂肪烃、环烃和杂环化合物、含卤和含氮有机化合物、含氧有机化合物以及氨基酸、蛋白质和糖等。

本书形式多样化,知识点的描述深入浅出、通俗易懂;教学内容富有弹性,能满足教师依据培养对象的要求选择授课内容,并配套开发了电子教案、网络课程、自测系统和考试系统等较为完整的相关教学资源。

本书可作为高职高专院校、本科院校举办的职业技术学院工业分析、石油化工生产技术及其他化工类专业教材,也可供轻纺、材料、冶金、食品或环保等专业选用,亦可作为五年制高职、成人教育化工及相关专业的教材,还可供相关科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

基础化学 / 高琳主编. — 北京: 高等教育出版社, 2006.7

ISBN 7-04-019526-7

I. 基... II. 高... 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 059480 号

策划编辑 梁琦 责任编辑 岳延陆 封面设计 于涛 责任绘图 郝林
版式设计 王莹 责任校对 杨凤玲 责任印制 朱学忠

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 北京新丰印刷厂

开本 787×1092 1/16
印张 20
字数 480 000
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 24.50 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 19526-00

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 5 月

前 言

本书是伴随着对高职教育培养目标的由探索到准确定位的认识过程,结合高职高专院校化工、近化工技术类专业教学领域的改革与实践,根据高职高专院校化工技术类专业课程(含实训)“基础化学”的基本要求组织而编写的。本书有机整合了高职高专院校传统的无机、分析、有机、物化等“四大化学”课程的教学内容,能满足短学制、少学时的教学需求和高职高专院校学生的自身特点,突出了高等职业教育人才培养定位及其教学模式,构建了为实现职业核心能力培养为目标的教学内容新体系。本书具有以下特点:

1. 依据专业需要,突出实用性

本书将“四大化学”有机整合为一体,其内容以物质结构基础和化学基本原理为主线,交叉渗透重要无机化合物知识,保留有机化合物的性质与应用,知识点的筛选以“必需”、“够用”为度,满足后续课程基本需要,或可直接为其所用,或构建了合适的接口,体现以“应用为主旨”,满足“双证融通”的教学需要。其中带“*”号部分的知识,能满足不同专业、不同教学层次的需要。

2. 结构合理,符合认知顺序

本书知识起点及知识梯度合理;贯彻可接受性原则,淡化理论推导,突出应用,强化理论与实际的紧密联系。

3. 体例新颖,形式生动活泼

本书的编写遵循与教学实践工作紧密结合,灵活多样的写作形式利于教师在教学实践环节中遵循与操作。每章开篇的知识目标、能力目标利于学生有的放矢地进行学习,合理穿插的“知识窗”、“想一想”、“查一查”、“练一练”、“本章小结”等栏目,利于启发思维,引导应用;本书始终贯彻以学生为主体的教学理念,以培养目标知识的掌握为载体达到提高学生学习能力之目的。

4. 同步建设立体化教学资源,体现教材的先进性

本书同步配套开发了较为完整的相关教学资源。试题库中附参考答案的各章习题及思考题有利于学生的预习与复习;与教学内容密切配套的电子教案具有良好的助教性,不仅方便教师的备课,同时有利于教师的实际教学。相关教学资源也具有良好的助教、助学性。

全书由高琳(河南纺织高等专科学校)主持编写与统稿,并编写第7章、第10章、第12章;副主编王宝仁(辽宁石化职业技术学院)编写第1章、第3章及附录;副主编邢天来(河南纺织高等专科学校)编写第9章、第11章;韩忠霄(河北工业职业技术学院)编写第5章;王秀艳(承德石油高等专科学校)编写第2章;王静(兰州石化职业技术学院)编写第4章;马超(辽宁石化职业技术学院)编写第6章;王非(河南纺织高等专科学校)编写第8章;刘厚琴(天津石油职业技术学院)编写第13章。

本书由承德石油高等专科学校关荐伊教授、苏州经贸职业技术学院谢冬副教授主审,参加教材审定会的老师还有胡伟光、索陇宁、伍百奇,他们为本书提出了许多宝贵意见;在书稿的编写过

程中,曹克广教授和王载兴教授给予了热情的指导;同时,高等教育出版社王冰、周先海同志及兄弟院校的诸多同仁也给予了通力协助,使本书得以及时的完成。在此,我们一并表示衷心地感谢。教材内容汲取了其他优秀教材的精华,对此向所有的同行表示谢意。

鉴于编者的学识及能力所限,书中难免有缺点和错误,恳请各位专家、老师和广大读者批评指正。

编 者
2006年2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

目 录

第一章 物质结构基础知识	1	本章小结	88
第一节 核外电子的运动状态	1	思考与习题	89
第二节 原子核外电子分布	5	第五章 酸碱平衡与酸碱滴定	92
第三节 元素性质的周期性变化	9	第一节 酸碱质子理论	92
第四节 化学键	11	第二节 酸碱解离平衡和溶液的 pH 计算	95
第五节 杂化轨道理论	15	第三节 缓冲溶液	97
第六节 分子间力与氢键	18	第四节 酸碱滴定	99
本章小结	23	本章小结	110
思考与习题	24	思考与习题	110
第二章 气体和分散系统	27	第六章 沉淀溶解平衡与沉淀滴定	114
第一节 气体	27	第一节 难溶电解质的沉淀溶解平衡	114
第二节 稀溶液的依数性	33	第二节 称量分析法	119
第三节 单组分系统的相图	38	第三节 沉淀滴定法	121
第四节 表面化学	40	本章小结	125
第五节 胶体	46	思考与习题	126
本章小结	50	第七章 配位平衡与配位滴定	128
思考与习题	51	第一节 配位化合物	128
第三章 化学热力学基础	53	第二节 配合物在水溶液中的稳定性	131
第一节 化学热力学基本概念	53	第三节 EDTA 配位滴定法	134
第二节 热力学第一定律	56	本章小结	141
第三节 等容热、等压热及焓	59	思考与习题	142
第四节 化学反应热效应	62	第八章 氧化还原平衡与氧化还原滴定	145
第五节 热力学第二定律	65	第一节 氧化还原反应的基本概念	145
第六节 吉布斯函数判据	68	第二节 原电池及电极电势	147
本章小结	71	第三节 电极电势的应用	151
思考与习题	72	第四节 电解	153
第四章 化学反应速率和化学平衡	75	第五节 氧化还原滴定	156
第一节 化学反应速率	75	本章小结	161
第二节 影响化学反应速率的因素	77	思考与习题	162
第三节 化学平衡	80	第九章 脂肪烃	165
第四节 化学平衡的移动及应用	84	第一节 有机化合物的基础知识	165

第二节 脂肪烃的结构	170	本章小结	269
第三节 脂肪烃的命名	173	思考与习题	270
第四节 脂肪烃的性质	177	第十三章 氨基酸、蛋白质和糖	273
本章小结	189	第一节 氨基酸	273
思考与习题	190	第二节 蛋白质	277
第十章 环烃和杂环化合物	192	第三节 手性分子	280
第一节 脂环烃	192	第四节 糖	284
第二节 单环芳烃	196	本章小结	290
第三节 简单的稠环芳烃	204	思考与习题	291
第四节 杂环化合物	208	附录	293
本章小结	214	附录一 一些物质的热力学数据	
思考与习题	214	(298.15 K)	293
第十一章 含卤和含氮有机化合物	217	附录二 一些物质的标准摩尔燃烧焓	
第一节 卤代烃	217	(298.15 K)	296
第二节 胺	225	附录三 常见弱酸弱碱的解离常数	
第三节 重氮化合物和偶氮化合物	230	(298.15 K)	297
本章小结	235	附录四 常见配离子的稳定常数	
思考与习题	235	(298.15 K)	299
第十二章 含氧有机化合物	238	附录五 一些电极的标准电极电势	
第一节 醇	238	(298.15 K)	300
第二节 酚和醌	244	附录六 一些难溶化合物的溶度积	
第三节 醚	251	(298.15 K)	305
第四节 醛酮	253	主要参考书目	307
第五节 羧酸	260	元素周期表	
第六节 羧酸衍生物	264		

第一章

物质结构基础知识

知识目标:

- * 掌握基态原子核外电子分布规律和主族元素性质的周期性变化规律。
- * 理解离子键和共价键的本质、特征及共价键的类型。
- * 掌握分子间力对物质性质影响的规律。
- * 理解氢键的形成条件、本质、特征及其对物质性质的影响规律。

能力目标:

- * 能书写 1~36 号元素原子或离子的核外电子分布式、原子实表示式、价电子构型和轨道表示式(核外电子排布的代表方法)。
- * 会根据元素周期律比较、判断主族元素单质及其化合物性质的差异。
- * 能指出 sp 杂化方式与分子空间构型的关系。
- * 会判断分子的极性,会解释分子间力、氢键对物质物理性质影响。

第一节 核外电子的运动状态

一、核外电子的运动特征

化学变化的特点是原子核组成不变,只是核外电子运动状态发生变化。为深入理解化学变化的本质,需了解原子核外电子运动的特征、规律。

【实例分析】图 1-1 为英国物理学家汤姆逊(J.J. Thomson)的电子衍射实验示意图。

实验表明:电子束运动(相当于一个电子的多次行为)像光(如 X 射线)一样,也能发生衍射,从而证实了具有粒子性特征(有质量、动量)的电子也具有波的性质,即有波动性。因此电子运动具有波粒二象性特征。

衍射强度的大小反映电子出现概率的大小,

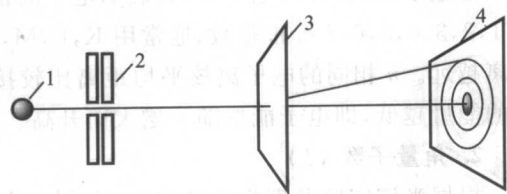


图 1-1 汤姆逊的电子衍射实验示意图

1—电子束;2—窄缝;3—金箔(光栅);4—感光底片

高亮环处衍射强度大,电子出现概率大;暗纹处衍射强度小,电子出现概率小,因此电子运动具有统计学规律。

【实例分析】 在三棱镜的色散作用下,氢原子在可见光区(波长为 $400 \sim 750 \text{ nm}$)出现红(H_α)、青(H_β)、蓝(H_γ)、紫(H_δ)四条线状光谱,见图 1-2。

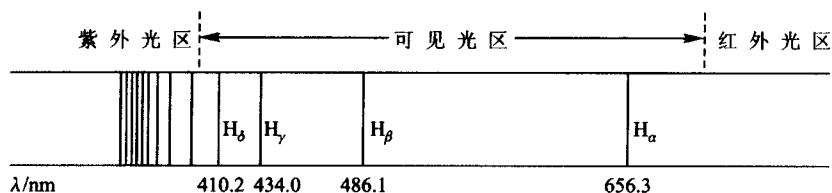


图 1-2 氢原子的可见光谱示意图

表明氢原子能量变化是不连续的(具有量子化特征)。所有这些都不能用经典力学来解释,而遵循量子力学所描述的运动规律。

知识窗:

量子力学是研究原子、分子、原子核和电子等粒子运动规律的科学。微观粒子的运动不同于宏观物体,其特点为能量变化量子化,运动具有波粒二象性。所谓量子化,是指辐射能的吸收和放出是不连续的,而按照一个基本量或基本量的整数倍来进行,这个基本量称为量子或光子。

量子力学是用波函数(描述波的数学函数式,用 ψ 表示,称为原子轨道函数)来描述原子核外电子运动状态的,要想使波函数的解具有特定物理意义,需用三个量子数作为边界条件,此外电子还有自旋。因此,确定原子核外电子的运动状态,必须同时用四个量子数来描述。

二、四个量子数

1. 主量子数 (n)

主量子数(又称为电子层)是表示电子离核平均距离远近及电子能量高低的量子数。 n 取值为 $1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ 等正整数,通常用 K, L, M, N, O, P, Q 等光谱符号表示, n 越大,电子离核平均距离越远。 n 相同的电子离核平均距离比较接近,因此称其处于同一电子层;电子离核越近,电子的能量越低,即电子能量随 n 增大而升高。

2. 角量子数 (l)

根据光谱实验及理论推导得出:在同一电子层中,电子能量也有所差别,原子轨道(或电子云)的形状也不相同。角量子数(又称为副量子数、电子亚层或亚层)就是描述核外电子运动所处原子轨道(或电子云)形状的,也是决定电子能量的次要因素。

知识窗:



严格讲,原子轨道和电子云是不同的概念。与宏观物体的运动轨道不同,原子轨道表示核外电子运动的空间区域,用波函数的角度分布作为其直观形象,因此它和波函数 ψ 是同义词,原子轨道的“+”、“-”号表示波函数的正、负值,在讨论化学键的形成时,很有意义;电子云是电子在核外空间某处出现的概率密度(单位体积内出现的概率)大小的形象化描绘,是 $|\psi|^2$ 的图像,其图像与原子轨道相似,只是略“瘦”些,且均为正值,常用黑点图(用小黑点的疏密表示核外电子运动概率密度的大小)或界面图(能包含 95% 电子运动概率的等密度面)表示。

l 取值是从 0 到 $n-1$ 的正整数,即 $l \leq n-1$,常用 s, p, d, f 等光谱符号表示。当 $n=1$ 时, l 只能取 0, 表明第一电子层只包含 1 个亚层,即 s 亚层,表示为 1s; 当 $n=2$ 时, l 可以取 0, 1, 表明第二电子层包含 2 个亚层,即 s 亚层、p 亚层,分别表示为 2s, 2p; 依此类推,第三电子层包含 3 个亚层,表示为 3s, 3p, 3d 亚层; 第四电子层包含 4 个亚层,表示为 4s, 4p, 4d, 4f 亚层。相同电子层, l 值越大,电子能量越高。

不同亚层,其原子轨道(或电子云)的形状如图 1-3、图 1-4 所示, s 亚层为球形; p 亚层为无柄哑铃形; d 亚层为四瓣花形; 而 f 亚层则更为复杂。

3. 磁量子数 (m)

根据光谱线在磁场中发生分裂的现象得出: 处于相同亚层的电子,其原子轨道(或电子云)的形状虽然相同,但在空间伸展方向却不同。磁量子数就是描述原子轨道(或电子云)在空间伸展方向的量子数。

m 取值受 l 限制,其取值是从 $+l$ 到 $-l$ 包括 0 在内的任何整数值,两者关系为 $|m| \leq l$ 。

当 $l=0$ 时, $m=0$, 即 s 亚层只有 1 个伸展方向(见图 1-3); 当 $l=1$ 时, $m=+1, 0, -1$, 即 p 亚层有 3 个伸展方向,分别沿直角坐标系的 x, y, z 轴方向伸展,依次称为 p_x, p_y, p_z 轨道; 当 $l=2$ 时, $m=+2, +1, 0, -1, -2$, 即 d 亚层有 5 个伸展方向,其中, d_{xy} 轨道沿 x, y 轴角分线方向伸展, d_{yz} 轨道沿 y, z 轴角分线方向伸展, d_{zx} 轨道沿 x, z 轴角分线方向伸展, $d_{x^2-y^2}$ 轨道沿 x 轴和 y 轴方向伸展, d_{z^2} 轨道沿 z 轴方向伸展。f 亚层有 7 个伸展方向。

当 n, l, m 有确定值时,电子在核外运动的空间区域就已确定,因此将 n, l, m 有确定值的核外电子运动状态称为一个原子轨道,即 s, p, d, f 亚层分别有 1, 3, 5, 7 个原子轨道; 而当 n, l 都相同时,原子轨道的能量也相同,故称其为等价轨道, p, d, f 亚层分别有 3, 5, 7 个等价轨道。

4. 自旋量子数 (m_s)

原子中的电子不仅绕核运动,而且还作自旋运动。自旋量子数是描述电子自旋方式的量子数。

电子自旋有两种方式,即 m_s 取值仅有两个, $+\frac{1}{2}$ 或 $-\frac{1}{2}$, 用“ $\uparrow$ ”或“ $\downarrow$ ”表示。

综上所述,在量子力学中,只有同时用主量子数、角量子数、磁量子数和自旋量子数四个量子数,才能准确描述核外电子的运动状态。

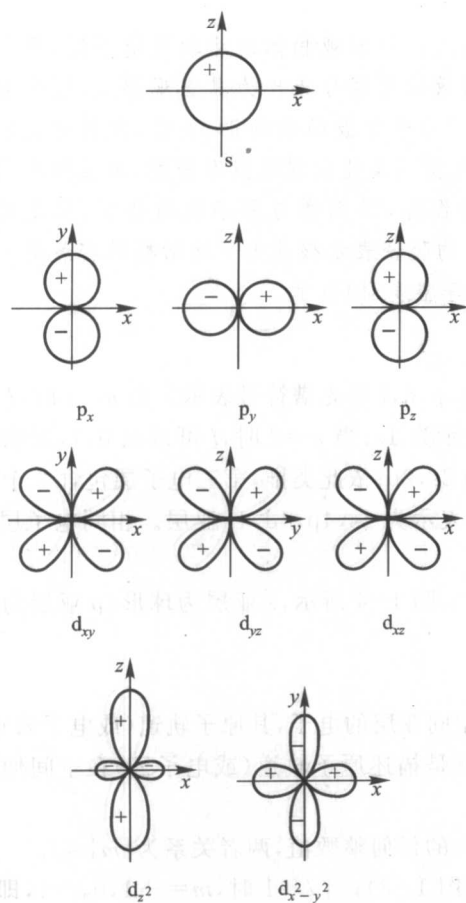


图 1-3 s, p, d 亚层的原子轨道图

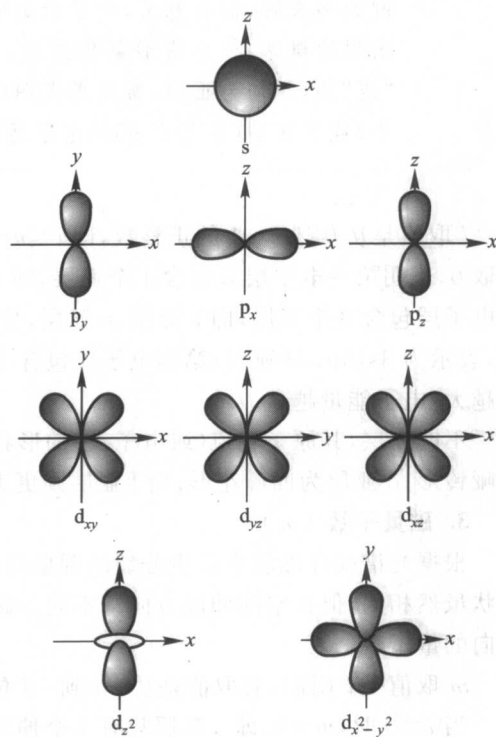


图 1-4 s, p, d 亚层的电子云图

想一想:

某原子核外电子的运动状态,用下列一套量子数表示,是否正确,为什么?

$$n=3, l=3, m=-1, m_s=+\frac{1}{2}$$

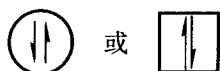
第二节 原子核外电子分布

一、基态原子电子分布规律

1. 泡利不相容原理

奥地利物理学家泡利(W. Pauli)提出:在同一原子中不允许有四个量子数完全相同的电子存在。换言之,每个原子轨道中,最多只能容纳两个自旋相反的电子。

若用小“○”或“□”表示一个原子轨道,则有



练一练:



填写下表中各电子亚层、电子层的轨道数,并应用泡利不相容原理,推算出电子的最大容量,并总结其规律。

电子层 (n)	$n=1$	$n=2$		$n=3$			$n=4$			
	K	L		M			N			
电子亚层	1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p	4d	4f
亚层轨道数										
亚层电子最大容量										
电子层轨道数										
电子层最大容量										

2. 能量最低原理

基态(处于能量最低的稳定态)原子核外电子分布总是尽先占据能级最低的轨道,使系统能量处于最低状态,这个规律称为能量最低原理。

核外电子的能量取决于主量子数(n)和角量子数(l),即各电子层的不同亚层,都有一个对应的能量状态,称之为能级。因此 2s, 2p, 3d 等亚层,又分别称为 2s, 2p, 3d 能级。

根据光谱实验和理论计算的结果,美国化学家鲍林(L Pauling)总结出原子轨道的近似能级图(见图 1-5),它反映出多电子原子中轨道能级的高低顺序。

图中原子轨道位置高低,表示其能级相对大小,等价轨道并列在一起。按由低到高顺序,将能级相近的原子轨道划分为七个能级组,同一能级组内的原子轨道能量差很小,不同能级之间其能量差较大。

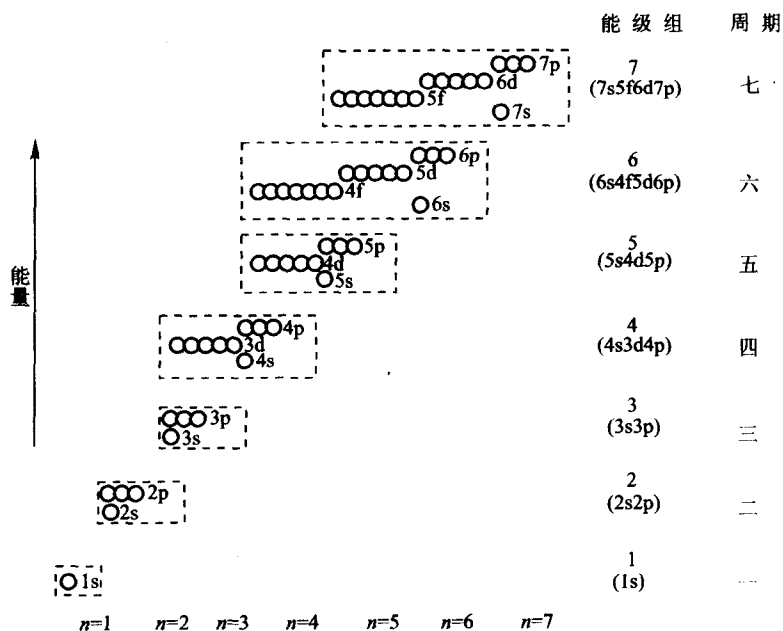


图 1-5 鲍林的原子轨道近似能级图

知识窗:

能级组划分与元素周期表中周期的划分一致,即能级组数等于周期数,等于该周期元素原子的电子层数(个别除外,如 $_{46}\text{Pd}$),因此每周期元素数目等于相应能级组所能容纳的电子总数。

查一查:

根据图 1-5 总结出:不同电子层的同类亚层,能级的变化顺序;同一电子层的不同亚层,能级变化顺序。

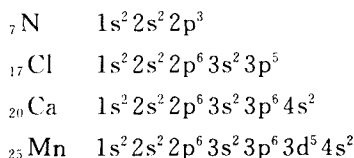
在多电子原子中,由于电子间的相互作用,引起某些电子层较大的亚层的能级反而低于某些电子层较小的小亚层,这种现象称为“能级交错”。例如:

$$E_{4s} < E_{3d}; \quad E_{5s} < E_{4d}; \\ E_{6s} < E_{4f} < E_{5d}; \quad E_{7s} < E_{5f} < E_{6d}$$

根据能量最低原理和近似能级图,确定基态多电子原子核外电子的分布顺序为

$$1s \rightarrow 2s, 2p \rightarrow 3s, 3p \rightarrow 4s, 3d, 4p \rightarrow \\ 5s, 4d, 5p \rightarrow 6s, 4f, 5d, 6p \rightarrow 7s, 5f, 6d, 7p \text{ (见图 1-6)}$$

用电子分布式(将原子核外电子分布按电子层序数依次排列,电子数标注在能级符号右上角的式子,又称电子结构式)可清楚表示基态多电子原子核外电子分布。例如:



原子实表示式可简化表示核外电子分布。原子实是指原子结构内层与稀有气体原子核外电子分布相同的那部分实体。原子实通常用加有方括号的稀有气体元素符号表示,而其余外围电子仍用电子分布式表示。例如:



在核外电子分布式中,价电子(原子中能参与化学反应形成化学键的电子)分布称为价电子构型(或价层电子构型、价电子层结构),主族元素为 $ns^{1\sim 2}np^{1\sim 6}$,副族元素为 $(n-1)d^{1\sim 10}ns^{1\sim 2}$ (镧系和锕系元素除外)。例如:

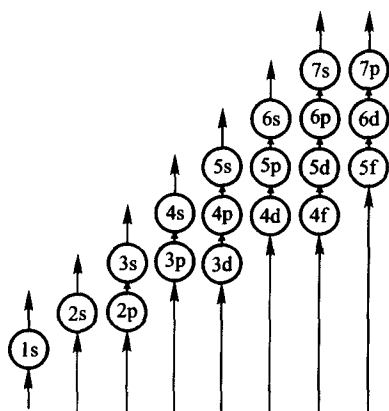


图 1-6 基态原子核外电子分布顺序

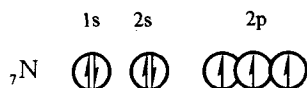
知识窗:



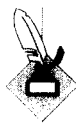
根据价电子构型不同,可将元素周期表中的元素分为 s, p, d, ds 和 f 五个区,主、副族元素的族序数也与其密切相关(见课件链接)。

3. 洪德规则

1925 年德国化学家洪德(F Hund)根据光谱实验的结果指出:在等价轨道上分布的电子,将尽可能分占不同的轨道,且自旋相同。此即洪德规则。例如,基态 N 原子核外电子分布的轨道表示式为



练一练:



写出基态 O 原子核外电子分布的轨道表示式。