



# 精英化学

## 入门读本

陈寅 主编

- 系统的理论知识
- 多维的思考方式
- 详尽的例题讲解
- 经典的练习题目
- 弹性的提高内容

世界图书出版公司

# 精英化学

## 入门读本

陈寅 主编

世界图书出版公司  
上海·西安·北京·广州

图书在版编目(CIP)数据

精英化学入门读本 / 陈寅主编. —上海: 上海  
世界图书出版公司, 2014. 9

ISBN 978-7-5100-8279-5

I. ①精… II. ①陈… III. ①中学化学课-教学参考  
资料 IV. ①G634.83

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 166038 号

责任编辑:金 博  
装帧设计:映 汐  
责任校对:石佳达

精英化学入门读本

陈 寅 主编

---

上海世界图书出版公司 出版发行

上海市广中路 88 号

邮政编码 200083

上海市印刷七厂有限公司印刷

如发现印刷质量问题,请与印刷厂联系

(质检科电话:021-59110729)

各地新华书店经销

---

开本: 787×1092 1/16 印张: 22.5 字数: 450 000

2014 年 9 月第 1 版 2014 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5100-8279-5/G·450

定价: 48.00 元

<http://www.wpcsh.com>

<http://www.wpcsh.com.cn>

# 编者的话

化学是一门研究微观粒子组合关系的自然科学。化学变化前后,原子层面的微粒之间的组合关系发生改变,新旧物质产生交替。化学是一门古老而又年青的自然科学,她正以“中心的、实用的、创造性的”姿态不断为人类的现代文明发展做出贡献,焕发出独特的学科魅力。

全国化学奥林匹克竞赛是深受中学生喜爱的一门学科竞赛,但不少学生反映竞赛的初赛就比较难,我们感觉这是十分正常的现象。因为全国化学奥林匹克竞赛的初赛需要学生跨越两个层次:一是由基础型(必修)课程跨越到拓展型(选修)课程,即高考层面;二是由高考层面再跨越到竞赛的初赛水平。如果学生不做充分准备,当然无法连跨两个层面,即直接从基础型层面跨越到竞赛初赛的层面。

我们认为,学生如果在高一学习课本内容的同时就注意渗透竞赛初赛的相关内容和要求,那么在学习强度增加不大的情况下,就可具备必要的基础知识,这样到了高年级参加全国化学奥林匹克竞赛初赛时才会觉得轻松自如,游刃有余。

《精英化学》系列教材是世界图书出版上海有限公司近年出版的学科竞赛类的畅销书,为了使学生在学基础型(必修)课程的同时就能接触和了解全国化学奥林匹克竞赛初赛的相关知识,也为了使学能更顺利和流畅地阅读《精英化学基础读本》和《精英化学提高读本》,出版社再次组织力量编写了《精英化学入门读本》,供对化学有兴趣且学有余力的学生使用。本书的作者都是上海市实验性示范性高级中学的特级教师和高级教师,有着丰富的教学经验。

本书具备以下特色:①起点低,落点高。每个专题都从基础型内容说起,逐步深入到全国化学奥林匹克竞赛初赛的要求,尽量减少学生阅读障碍;②与高考和高校自主招生考试兼容。本书内容不仅包含竞赛初赛的基本要求,还涵盖高考绝大部分考点,以及高校自主招生的基础知识点,为以后学习《基础读本》和《提高读本》奠定基础;③实用性和实战性强。全书选用的大部分例题和习题都是近年全国化学奥林匹克竞赛初赛、各地高考和自主招生考试的真题或改编题。书后附录有常用的化学数据,它是学生在学习不同专题时需要用到的资料。

本书主编是上海市化学特级教师陈寅,参加编写的有陈寅(主题一、三、六、九)、徐焱(主题四、五、八)、张知愉(主题二、七、九),由主编负责设计全书框架、统稿和修改。王欣磊老师对部分习题进行了复算。特别感谢复旦大学化学系教授、沪科版教材主编姚子鹏老师在百忙之中审阅全书。

当然编写《精英化学入门读本》是一项全新和创新的工作,加上编写时间较短,不妥之处难免,希望广大师生谅解并提出宝贵的意见,以便我们修订时改正。

陈寅  
2014年3月

# 凡 例

1. 本书分9个主题,各主题下又分设若干个专题,每个专题包含**链接课堂**、**拓展知识**、**解析例题**和**训练巩固**4个部分。

2. **链接课堂**指本专题的内容是在高一、高二课堂教师讲授基础上的自然延伸,并对涉及的课堂知识进行简单回顾和梳理。

3. **拓展知识**是全书的核心,其内容涵盖了全国竞赛初赛、高考的大部分考点,以及高校自主招生的重要知识点,为顺利阅读《精英化学基础读本》和《精英化学提高读本》打下坚实的基础。“拓展知识”中还穿插了若干“思考”题,与例题不同的是它更简单,更短小,更像是对内容的一种快速消化和即时巩固。

4. **解析例题**中通常包含3~4道例题,例题分3种难度,用“★”“★★”和“★★★”表示难度由浅入深。

5. **训练巩固**中练习题的数量适中,但大部分都是近几年全国竞赛初赛、全国各地高考和自主招生考试的真题或改编题汇编,供同学复习,书后附有答案。

6. 本书的内容适用于学习全国各种版本教材的学生,编者将全书与全国各种版本的高中化学教材的内容进行对照,并制作了下列两个一览表,以便读者在阅读时使用。

表1 《精英化学入门读本》与沪科版教材内容对照

课程类型	学期	教材章节名称	本书专题号
基础型	高一第一学期	打开原子世界的大门	1
		开发海水中的卤素资源	4 5 6
		探索原子构建物质的奥秘	7 8 9
		剖析物质变化中的能量变化	10 11
	高一第二学期	评说硫、氮的“功”与“过”	19
		揭示化学反应速率和平衡之谜	13 14 15 25
		探究电解质溶液的性质	12 16 17 18
	高二第一学期	走进精彩纷呈的金属世界	20
		初识元素周期律	2 3
		学习几种定量测定方法	24
	高二第二学期	认识碳氢化合物的多样性	21 25
		初识生活中的一些含氧有机化合物	22 23 24 25
检验一些无机化合物		24	

(续表)

课程类型	学期	教材章节名称	本书专题号
拓展型	高三	原子结构与元素周期表	1 2 3 6
		化学键和晶体结构	7 8 9
		化学中的平衡	10 13 14 15 16 17 18
		离子互换反应和氧化还原反应	5 11 12
		非金属元素	4 19 25
		金属元素	20 25
		烃	21 23 25
		烃的衍生物	22 23 25
		化学实验探究	24

表 2 《精英化学入门读本》与人教版、苏教版和鲁科版教材内容对照

必修模块		教材章节名称	本书专题号
人教版	必修一	从实验学化学	6 24
		化学物质及其变化	5 16
		金属及其化合物	20
		非金属及其化合物	4 19
	必修二	物质结构 元素周期律	1 2 3 7 8 9
		化学反应与能量	10 11 12 13 14
		有机化合物	21 22 23
		化学与自然资源的开发利用	20 25
苏教版	必修一	化学家眼中的物质世界	1 6 16 24
		从海水中获得的化学物质	4 5 16 20
		从矿物到基础材料	11 19 20
		硫、氮和可持续发展	19 25
	必修二	微观结构与物质的多样性	2 3 7 8 9
		化学反应与能量转化	10 11 12 13 14 15
		有机化合物的获得与应用	21 22 23 25
		化学科学与人类文明	19 20 25

(续表)

模块		教材章节名称	本书专题号
鲁科版	必修一	认识化学科学	4 6 20 24
		元素与物质世界	5-16
		自然界中的元素	4 19
		元素与材料世界	19 20
	必修二	原子结构与元素周期表	1 2 3
		化学键 化学反应与能量	7 8 9 10 11 12 13 14 15
		重要的有机化合物	21 22 23 25
选修模块		本书专题号	
化学与生活		4 19 20 21 22 25	
化学与技术		4 19 20 21 22 23 24 25	
物质结构与性质		1 2 3 7 8 9	
化学反应原理		10 11 12 13 14 15 16 17 18	
有机化学基础		4 5 21 22 23	
实验化学		24	

7. 按上海地区中学化学教材的惯例,化学方程式中的反应物与生成物之间以箭头“→”连接,相当于全国部分版本教材中的“=”。

# 目 录

主题一 原子结构	1
专题 1 原子结构	1
一、电子云	2
二、核外电子的运动状态	2
三、基态原子的核外电子排布	4
专题 2 原子结构与元素周期表	10
一、核外电子排布与周期划分	10
二、核外电子排布与族的划分	11
三、核外电子排布与元素周期表的分区	12
专题 3 原子结构与元素性质	17
一、元素性质递变的周期性	17
二、化合物性质递变的周期性	21
主题二 卤素	28
专题 4 卤族元素	28
一、卤原子和卤离子的结构	28
二、卤素单质的性质和制备	29
三、卤素的重要化合物	33
四、拟卤素	38
专题 5 氧化还原反应	43
一、氧化数	43
二、氧化还原反应化学方程式的配平	44
三、氧化性和还原性强弱比较	46
四、标准电极电势在氧化还原反应中的应用	47
专题 6 化学中的计量问题	55
一、常见的计算方法	55
二、常见的计算类型	57
主题三 共价键与分子间作用力	65
专题 7 共价键	65
一、离子键与金属键	65
二、共价键	67
三、非极性分子和极性分子	69



四、配位键 .....	70
五、原子晶体 .....	70
专题 8 杂化轨道理论和价层电子对互斥理论 .....	76
一、共价键的参数 .....	76
二、杂化轨道理论 .....	77
三、价层电子对互斥理论 .....	78
专题 9 分子间作用力与物质性质 .....	85
一、范德华力与物质性质 .....	85
二、分子晶体 .....	87
三、石墨晶体 .....	87
四、氢键与物质性质 .....	88
<b>主题四 化学反应与能量变化 .....</b>	<b>97</b>
专题 10 化学反应的热效应 .....	97
一、化学反应的焓变 .....	97
二、热化学方程式的书写 .....	98
三、反应焓变的计算 .....	99
专题 11 原电池 .....	109
一、原电池 .....	109
二、电极电势 .....	111
三、化学电源 .....	113
专题 12 电解 .....	122
一、法拉第电解定律 .....	122
二、电解产物 .....	123
三、电解原理的应用 .....	124
四、金属的电化学腐蚀和防护 .....	126
<b>主题五 化学反应速率和化学平衡 .....</b>	<b>134</b>
专题 13 化学反应速率 .....	134
一、化学反应速率及其表示方法 .....	134
二、反应速率理论 .....	135
三、影响化学反应速率的因素 .....	137
专题 14 化学平衡 .....	145
一、化学平衡常数 .....	145
二、外界因素对化学平衡的影响 .....	149
三、等效平衡 .....	150
四、有关化学平衡的计算 .....	150
专题 15 化学反应进行的方向 .....	157
一、反应焓变与反应方向 .....	157

二、反应熵变与反应方向·····	158
三、自由能·····	159
四、焓变与熵变对反应方向的影响·····	160
<b>主题六 电解质溶液·····</b>	<b>166</b>
<b>专题 16 弱电解质的电离·····</b>	<b>166</b>
一、电解质·····	166
二、电离方程式和电离平衡·····	167
三、电离度·····	169
四、电离平衡常数·····	170
<b>专题 17 盐类水解·····</b>	<b>176</b>
一、水的电离和溶液的 pH·····	176
二、盐类水解·····	177
三、缓冲溶液·····	182
<b>专题 18 沉淀与溶解平衡·····</b>	<b>188</b>
一、溶度积常数·····	188
二、同离子效应和盐效应·····	190
三、沉淀的溶解·····	190
四、分步沉淀·····	191
五、沉淀反应的应用·····	192
<b>主题七 元素化学·····</b>	<b>197</b>
<b>专题 19 重要的非金属元素·····</b>	<b>197</b>
一、氧族元素·····	197
二、氮族元素·····	204
三、碳族元素·····	212
<b>专题 20 重要的金属元素·····</b>	<b>221</b>
一、金属的通性·····	221
二、碱金属和碱土金属·····	223
三、铝及其化合物·····	228
四、镓分族元素·····	229
五、过渡元素·····	230
<b>主题八 有机化学·····</b>	<b>240</b>
<b>专题 21 重要的烃·····</b>	<b>240</b>
一、烷烃和环烷烃·····	240
二、烯烃、炔烃和二烯烃·····	244
三、芳香烃·····	249
<b>专题 22 重要的烃的衍生物·····</b>	<b>258</b>

一、卤代烃	258
二、醇、酚和醚	260
三、醛和酮	262
四、羧酸及其衍生物	264
五、氨基酸、蛋白质和油脂	267
六、一些有机高分子的合成反应	268
专题 23 有机物的推断和常见的有机反应	276
一、有机推断的一般方法	276
二、有机推断的常用方法	277
三、有机合成遵循的原则	282
<b>主题九 化学实验和化工生产</b>	295
<b>专题 24 化学实验</b>	295
一、物质的分离和检验	295
二、物质的制备	297
三、定量实验	299
<b>专题 25 重要的化工生产</b>	309
一、无机化工生产	309
二、有机化工生产	312
三、化工生产思想	314
<b>附录</b>	320
一、基本常数表	320
二、一些无机物在不同温度下在水里的溶解度	321
三、一些化学键的键能值	323
四、弱酸和弱碱的电离常数	323
五、某些化合物的溶度积常数	325
六、氢氧化物沉淀时的 pH	326
七、一些化学物质的标准热力学数据	327
八、常见电对的半反应和标准电极电势	330
九、部分单质及其同素异形体的物理性质	332
<b>参考答案</b>	334

## 元素周期表

## 专题 1 原子结构



## 链接课堂

原子由位于原子中心的原子核和核外电子构成。原子很小,原子核更小。原子的质量主要集中在原子核上,故原子核的密度极大。在探索原子结构的过程中,科学家先后提出许多模型和理论。

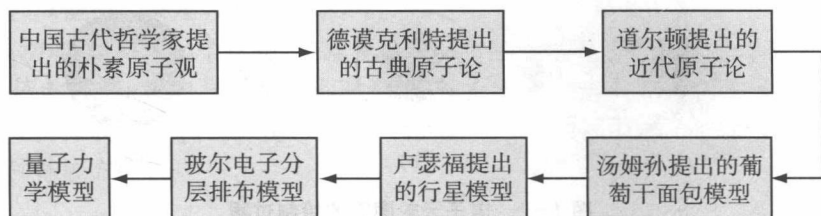


图 1-1 若干原子结构的模型和理论的历程

构成原子的微粒数之间存在如下关系:核电荷数=核内质子数=核外电子数。

具有相同质子数和不同中子数的同种元素的不同原子互称为同位素。在天然存在的某种元素里,不论是游离态还是化合态,各种同位素所占的原子百分含量(即丰度)一般是不变的。元素的相对原子质量是它的各种同位素的相对原子质量,根据其丰度计算而得的加权平均值。

在含有多个电子的原子中,核外电子按能量高低由内层至外层分层排布。核外电子排布的规律:核外电子分层排布时各电子层最多容纳的电子数是  $2n^2$  ( $n$  表示电子层序数);最外层电子数不超过 8 个(K 层为最外层时不超过 2 个);次外层电子数不超过 18 个,倒数第三层电子数不超过 32 个。这些规律在原子核外电子排布时需同时考虑和遵循。表示核外电子排布的图示方法有原子(离子)结构示意图、电子式等。

元素的化学性质主要由原子的最外层电子数和电子层数决定。在化学反应中,元素原子有通过得失电子或共用电子对达到稀有气体原子最外层稳定结构的倾向。



## 拓展知识

## 一、电子云

对于质量非常小(如电子的质量仅为  $9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ )、运动速度极快(可接近光速)的微观粒子而言,人们不能同时准确地测定它的位置和速度,像核外电子的运动规律就跟普通的宏观物体有所不同。

核外电子的运动没有确定的轨道,我们不能测定或计算出它在某一时刻所在的位置,也不能描画它的运动轨迹。我们只能根据原子轨道函数计算出它在原子核外空间某处出现的概率。电子在核外空间一定范围内出现,好像带负电荷的云雾笼罩在原子核周围,所以我们形象地称之为“电子云”。电子云是电子在核外空间出现概率密度的形象表示。

图 1-2(a)所示的是氢原子核外的电子云图像。图像表明这团“电子云雾”呈球形对称,在离核越近处概率密度越大,离核越远处概率密度越小。也就是说,在离核越近处单位体积的空间中电子出现的概率越大,离核越远处单位体积的空间中电子出现的概率越小。

我们在绘制电子云轮廓图时,把电子在原子核外空间出现概率的 90% 的空间圈出来,如图 1-2(b)那样,就得到图 1-2(c)所示氢原子的电子云示意图。

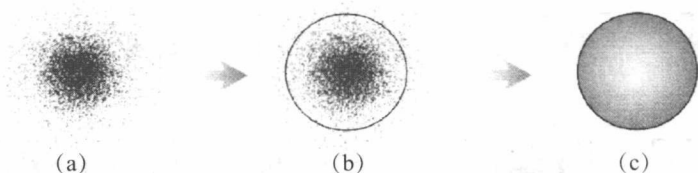


图 1-2 电子云轮廓图的绘制过程

## 二、核外电子的运动状态

根据量子力学理论,原子中的单电子的空间运动状态用原子轨道函数(简称原子轨道)来描述,每个原子轨道由 3 个量子数即主量子数( $n$ )、角量子数( $l$ )、磁量子数( $m$ )共同描述。

(一) 主量子数( $n$ )

我们知道在含有多个电子的原子中,核外电子按能量高低由内层至外层分层排布。量子数  $n$  称为主量子数,其规定电子出现最大概率区域离核的远近和电子能量的高低。 $n$  的值可取正整数 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, ……对应的符号为 K, L, M, N, O, P, Q 等。一般来说, $n$  越大,电子离核的平均距离越远、能量越高,因此将  $n$  值表示的电子运动状态称为电子层(又称能层)。

(二) 角量子数( $l$ )

在同一电子层中,电子的能量也许依然有差异,据此把一个电子层分成一个或若干个亚

层。量子数  $l$  称为角量子数,它规定了电子在空间角度分布情况。对多电子原子来讲,对于确定的  $n$  值, $l$  共有  $n$  个值,分别用符号 s、p、d、f 等表示(与  $l$  的对应关系见表 1-1)。

若两个电子所处状态的  $n$ 、 $l$  值都相同,就表明这两个电子具有相同的能量。因此我们又用能级来表示具有相同  $n$ 、 $l$  值的电子运动状态。如果把电子层比做楼层的话,那么能级就似楼层之间的台阶。总之,K 层只有一个能级,即 s 能级;L 层有 s、p 两个能级;M 层有 s、p 和 d 三个能级;N 层有 s、p、d 和 f 4 个能级。当在能级上填充电子之后,就可称为电子亚层了。

表 1-1  $l$  与亚层对应关系表

$l$	0	1	2	3
亚层的符号	s	p	d	f

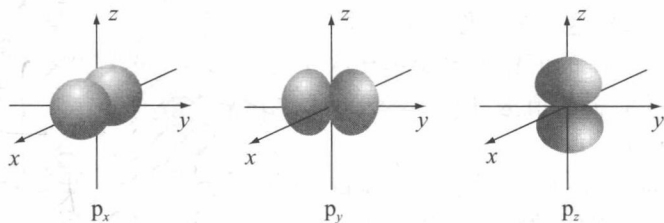
在同一个电子层里,亚层电子的能量按 s、p、d、f 的顺序而递增。我们可将电子层序数  $n$  标在亚层符号的前面,如处于 K 层的 s 亚层的电子标为 1s;处于 L 层的 s 亚层和 p 亚层的电子标为 2s 和 2p;处于 M 层的 d 亚层的电子标为 3d。

不同亚层中电子的电子云形状也不同,s 亚层的电子云呈球形,见图 1-2(c);p 亚层电子云呈纺锤形或哑铃形,见图 1-3;d 亚层和 f 亚层的电子云形状比较复杂。

### (三) 磁量子数( $m$ )

电子云不仅有确定的形状,而且有一定的伸展方向。科学研究发现,在没有外磁场时, $n$ 、 $l$  相同的状态的能量是相同的,但有外磁场时能量就不同了。磁量子数  $m$  就是用来标记这些状态的量子数,它反映了原子轨道在空间的不同取向。

$m$  的允许取值由  $l$  决定,即  $m=0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm l$ , 共  $(2l+1)$  个值。对同一能级  $l$  而言,电子的运动即有  $(2l+1)$  个状态,也就是说 s 电子的运动状态有  $2 \times 0 + 1 = 1$  个,p 有  $2 \times 1 + 1 = 3$  个,依此类推。s 电子云是球形对称的,在空间各个方向上伸展的程度相同;p 电子云在空间有 3 种伸展方向  $p_x, p_y, p_z$  (如图 1-3);d 电子云在空间有 5 种伸展方向;f 电子云在空间有 7 种伸展方向。

图 1-3  $p_x, p_y, p_z$  的电子云轮廓图

$p_z$  轨道磁量子数  $m$  的取值定为零, $p_x$  和  $p_y$  轨道的  $m$  值是由  $+1, -1$  线性组合而成的。 $d_z^2$  轨道磁量子数  $m$  的取值也定为零,例如  $4d_z^2$  轨道符号对应的量子数  $n=4, l=2, m=0$ ,其他 4 个 d 轨道  $m$  可为  $\pm 1$  或  $\pm 2$ 。

综上所述,当  $n, l, m$  确定了,也就确定了原子轨道。这样 s、p、d、f 4 个亚层就分别有 1, 3, 5, 7 个原子轨道。各电子层可能拥有的最多原子轨道数如表 1-2 所示。

表 1-2 各电子层最多拥有的原子轨道数

电子层	电子亚层	轨道数
$n=1$	s	$1=1^2$
$n=2$	s p	$1+3=4=2^2$
$n=3$	s p d	$1+3+5=9=3^2$
$n=4$	s p d f	$1+3+5+7=16=4^2$
$n$		$n^2$

#### (四) 自旋磁量子数( $m_s$ )

电子在原子核外空间不停运动的同时,还作自旋运动,电子有两种不同方向的自旋状态,分别用符号“ $\uparrow$ ”和“ $\downarrow$ ”来表示。自旋磁量子数  $m_s$  就是用来描述电子自旋运动的量子数。 $m_s$  只能取  $\pm \frac{1}{2}$  两个值。

总之,量子数  $n$  决定电子层; $n$  和  $l$  对应着电子的能级; $n$ 、 $l$  和  $m$  确定电子的原子轨道; $n$ 、 $l$ 、 $m$  和  $m_s$  才能描述原子核外一个电子的运动状态。

### 三、基态原子的核外电子排布

当原子处于基态(最稳定状态)时,原子核外电子排布遵循以下原则:

#### (一) 构造原理

电子会按照使体系总能量最低的原则填充,即电子会按照如图 1-4 所示的顺序进行填充,填满一个能级再填一个新能级,这种规律称为构造原理。

我们可以用  $n+0.7l$  的值作为电子填充次序的近似规则。例如,3d 能级的值为  $3+0.7 \times 2=4.4$ ,4s 能级的值为  $4+0.7 \times 0=4.0$ 。

在含多电子的原子中,除原子核对电子的影响外,还需考虑各个电子之间的相互作用。由于其他电子的存在往往减弱了原子核对外层电子的作用力,从而使多电子原子中电子的能级发生交错现象。如图 1-4 所示,从第三电子层起就有能级交错现象,例如 3d 电子的能量应该低于 4s,而实际上  $E_{3d}(4.4) > E_{4s}(4.0)$ ,即电子先填充能量相对较小的 4s 后,再填充 3d。

#### (二) 泡利不相容原理

在同一原子中,不可能存在运动状态完全相同的电子。因此,在同一轨道中,最多只能

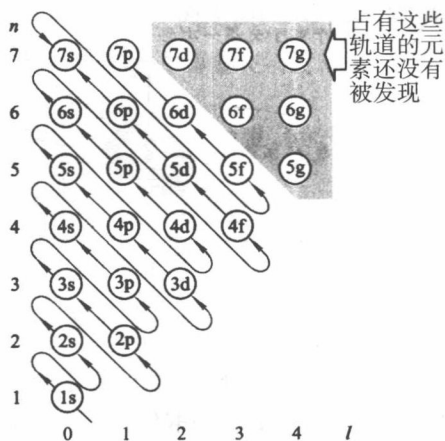


图 1-4 电子填入轨道的顺序

容纳 2 个电子,而且它们的自旋状态一定相反。这个结论叫做泡利不相容原理。

根据泡利不相容原理,我们可以算出各电子层最多可容纳的电子数。各电子层可能有的最多原子轨道数为  $n^2$ ,而每个原子轨道又只能容纳 2 个电子,因此各电子层最多可以容纳的电子总数为  $2n^2$ 。

### 【思考】写出钙原子和铁原子的电子排布式。

根据构造原理,钙原子核外电子填充的顺序依次为:  $1s \rightarrow 2s \rightarrow 2p \rightarrow 3s \rightarrow 3p \rightarrow 4s$ 。结合泡利不相容原理,钙原子的核外电子排布可用  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$  这种被称为电子排布式的图示方法来表示。同理,铁原子的电子排布式为:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$ 。

### (三) 洪特规则

在同一亚层的各个轨道(如 3 个 p 轨道或 5 个 d 轨道)上,电子的排布尽可能分占不同的轨道并且自旋方向相同。这个结论叫做洪特规则。我们可以用如图 1-5 所示的轨道表示式来表示碳、氮和氧原子的电子层排布。

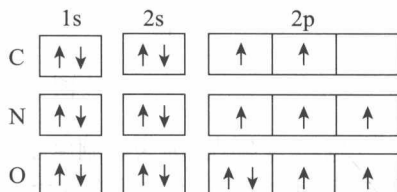


图 1-5 碳、氮、氧原子的轨道表示式

对于同一电子亚层,当电子排布为全充满、半充满或全空时,也是比较稳定的状态(即洪特规则的补充规则)。例如,铬原子 $_{24}\text{Cr}$ 的电子排布式为:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$ ,铜原子 $_{29}\text{Cu}$ 的电子排布式为:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$ 。

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

### 【思考】简述原子核外电子排布时最外层不超过 8 个电子,次外层不超过 18 个电子的理由。

这是多电子原子中原子轨道能级交错的结果。每层填充的电子如要超过 8 个,除了填 s、p 外,还应填充到 d 轨道,当  $n \geq 3$  时才有 d 轨道。比如在第四周期里,由于  $E_{4s} < E_{3d}$ ,电子在填充 3d 前必须先填 4s,所以电子进入 4s 后就等于新增了 1 个电子层,3d 就成为次外层而非最外层了。因此核外电子排布时最外层电子数不会超过 8 个。

同理,结合图 1-4,我们自己就可推知次外层电子数不超过 18 个的原因了。



### 解析例题

【例 1★】关于  $1s, 2s, 3s, 4s$  原子轨道的说法中,正确的是



- A. 电子只能在电子云轮廓图中运动  
 B. 能级不同,电子云轮廓图形状基本相同  
 C. 轨道数目相同,电子云轮廓图形状、大小完全相同  
 D. 能层不同,电子云轮廓图形状不相同

**解答:** 所有原子的任一能层的 s 电子的电子云轮廓图都是一个球形,只是球的半径大小不同。同一原子的能级越高,s 电子云半径越大,这是由于电子的能量依次增高,电子在离核更远的区域出现的可能性逐渐增大,因而 2s 电子云必然比 1s 电子云更扩散(见图 1-6)。

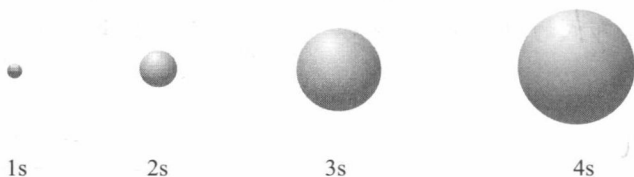


图 1-6 同一原子的 s 电子的电子云轮廓图

选项 A 错误,因为绘制电子云轮廓图时,只是把电子在原子核外空间出现概率的 90% 的空间圈出来,电子依然有在电子云轮廓图之外运动的概率。选项 B 正确,能级不同,s 电子云轮廓图形状基本相同,只是球的半径大小不同,同样也可判断选项 C 和 D 错误。

正确答案为 B。

**【例 2★★】** 假设原子是一个刚性球体,原子半径为 100pm,原子核的半径为  $10^{-3}$  pm,试计算原子核与原子体积的比值。

**解答:** 我们把原子和原子核都看做是球体,球的体积的计算公式是:  $V_{\text{球}} = \frac{4}{3} \pi R^3$ 。

将小球(原子核)和大球(原子)的半径值代入上述公式,

$$\frac{V_{\text{原子核}}}{V_{\text{原子}}} = \frac{\frac{4}{3} \pi R_{\text{原子核}}^3}{\frac{4}{3} \pi R_{\text{原子}}^3} = \left( \frac{R_{\text{原子核}}}{R_{\text{原子}}} \right)^3 = \left( \frac{10^{-3}}{100} \right)^3 = 10^{-15} = \frac{1}{10^{15}}$$

通过计算可知,原子核的体积很小,只占原子体积的几千万亿分之一。

**【例 3★★】** 氯元素的原子量(又称相对原子质量)为 35.45,氯有  $^{35}\text{Cl}$ 、 $^{37}\text{Cl}$  两种稳定的同位素。计算  $^{35}\text{Cl}$  在自然界中的丰度。(  $^{35}\text{Cl}$  和  $^{37}\text{Cl}$  的原子量分别为 34.97、36.97)

**解答:** (解法一)设  $^{35}\text{Cl}$  在自然界中的丰度为  $x$ ,那么  $^{37}\text{Cl}$  的丰度为  $(1-x)$ 。

根据元素的原子量的计算方法  $34.97x + 36.97(1-x) = 35.45$ ,解得  $x = 0.76$ 。

(解法二)利用“十字交叉法”:

$$\begin{array}{ccc} 34.97 & & 1.52 \\ & \searrow & \nearrow \\ & 35.45 & \\ & \nearrow & \searrow \\ 36.97 & & 0.48 \end{array}$$

所以  $^{35}\text{Cl}$  在自然界的丰度为  $\frac{1.52}{1.52+0.48} \times 100\% = 76\%$ 。

**【例 4★★★】** 某元素的原子序数为 24,试问:

- (1) 这种元素的原子中总共有几个电子?