



首席教师

专题小课本

- 小方法大智慧
- 小技巧大成效
- 小单元大提升
- 小课本大讲坛

高中化学

物质结构与性质

总主编/钟山



中国出版集团 现代教育出版社

海阔凭鱼跃

图书在版编目(CIP)数据

首席教师专题小课本. 高中化学. 物质结构与性质 /
钟山主编. —北京: 现代教育出版社, 2008. 4
ISBN 978-7-80196-657-5

I. 首… II. 钟… III. 化学课—高中—教学参考资料
IV. G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 038426 号

书 名: 首席教师专题小课本·高中化学—物质结构与性质
出版发行: 现代教育出版社

地 址: 北京市朝阳区安华里 504 号 E 座

邮政编码: 100011

印 刷: 北京通州皇家印刷厂

发行热线: 010-61743009

开 本: 890×1240 1/32

印 张: 5

字 数: 210 千字

印 次: 2008 年 4 月第 1 版 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-80196-657-5

定 价: 8.80 元

目 录

首席寄语	(1)
------------	-------

单元提升篇	(3)
-------------	-------

第一章 原子的结构与性质	(3)
--------------------	-------

第一单元 原子结构模型	(4)
-------------------	-------

第二单元 原子结构与元素的性质	(12)
-----------------------	--------

章末综合提升	(28)
--------------	--------

方法·技巧·策略

量子力学对原子核外电子运动状态的描述(4)/原子结构模型建立过程的认识与评价(5)/原子轨道和电子云的理解与辨析(6)/基态原子的核外电子排布原则(12)/基态原子核外电子排布的表示形式(13)/原子结构与元素的电离能、电负性的关系(14)/基态原子的核外电子排布——三大原则的应用(15)/定量比较——电离能和电负性(17)/电子层上最多可容纳的电子数与四个量子数取值的关系(25)/电负性和电离能的应用(29)

第二章 微粒间的相互作用	(36)
--------------------	--------

第一单元 共价键与分子的立体构型	(36)
------------------------	--------

第二单元 离子键、配位键与金属键	(51)
------------------------	--------

第三单元 分子间作用力与物质性质	(64)
------------------------	--------

章末综合提升	(76)
--------------	--------

方法·技巧·策略

共价键的键参数(37)/分子构型与分子性质(38)/共价键形成的原因、条件及共价键的类型(38)/共价键的特征(38)/共价键的键参数与分子的稳定性和空间构型(40)/化学键的类型及比较(51)/离子键的形成、实质及其强弱的判断(52)/金属键的形成、特征及强弱比较(55)/无机含氧酸分子的酸性比较(65)/等电子原理(65)/范德华力的形成及其影响其大小的因素(66)/氢键的特征、类型及对物质性质的影响(66)/键的极性与分子极性的判断方法(77)/物质熔、沸点高低的比较(78)

第三章 物质的聚集状态与物质性质 (86)

第一单元 认识晶体、物质的其他聚集状态 (86)

第二单元 原子晶体、离子晶体、金属晶体和分子晶体 (100)

章末综合提升 (116)

方法·技巧·策略

晶体与非晶体在性质上的差异(87)/纳米材料的发展前景或展望(90)/晶体与非晶体的区别(94)/常见 AB 型离子晶体及原子晶体和分子晶体的堆积模型(101)/原子晶体(102)/金属键(103)/“电子气”理论及其应用(103)/晶体类型的判断,同类型晶体内部相互作用力的定性比较,定性地判断其硬度、熔点的大小(108)/晶体结构的分析及有关计算(109)/四种晶体类型物质的熔、沸点及硬度的判断(116)/物质的三态变化与微粒间作用力的关系(118)

专题提升篇 (127)

第一单元 专题思想方法 (127)

第二单元 专题高考热点 (136)

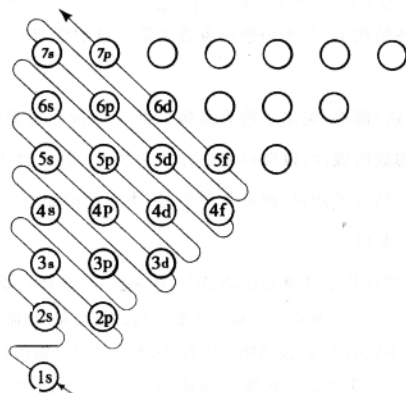
方法·技巧·策略

对角线规则(138)/判断键的极性的方法(142)/判断分子是否有极性的方法(142)/判断 AB_n 型分子极性的经验规律(142)/键的极性、分子极性、分子几何构型的关系(142)/物质熔沸点高低的比较规律(145)

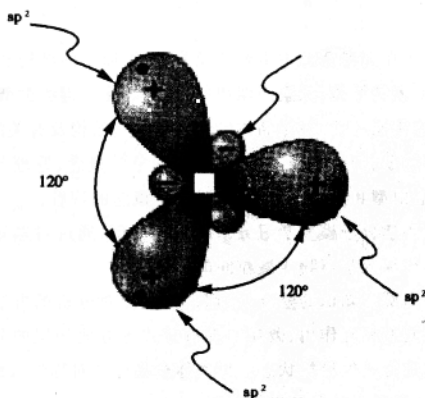


首席寄语

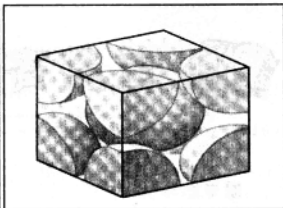
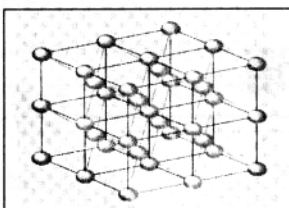
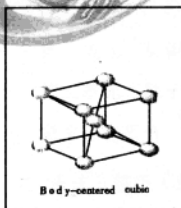
■ 专题导引



这是第一章中我们要学习的鲍林能级图,研究核外电子排布的规律。



杂化轨道理论是我们在第二章中要学习的内容。



看到漂亮的晶体结构图,是不是想快点进入第三章的学习?

■ 高考命题规律

《物质结构与性质》模块,突出了物质结构方面化学核心观念的建立,在原子、分子水平上认识物质构成的规律,以微粒间的作用力为主,研究物质的有关性质,旨在进一步丰富学生物质结构的知识,提高其分析、解决问题的能力。为他们继续学习化学打下了坚实的理论基础。

物质结构理论是现代化学的重要组成部分,也是医学、生命科学、材料科学、环境科学、能源科学、信息科学的重要基础。它揭示了物质构成的奥秘、物质结构与性质的关系,有助于学生理解物质变化的实质、预测物质的性质,为分子设计提供科学依据。

《物质结构与性质》模块是在必修2物质结构、元素周期律、化学键的知识基础上,进一步学习原子内部的结构特点、微粒间的相互作用、物质的聚集状态,从而把微观结构与宏观性质联系起来。体现了化学科学的独特魅力。

■ 学习应试策略

物质结构与性质在高考命题中主要涉及的是:①原子的结构及电子排布式、轨道排布式;②元素周期表的结构、元素周期律的应用;③化学键的类型、运用微粒间的作用力判断、分析某些物质的性质;④晶体的组成与晶胞结构及有关的计算。

第一部分内容抽象、理论性强,学习时要把抽象的概念、原理与具体实例联系起来,尽可能通过自造模型和模拟运动,增进对科学概念的理解。

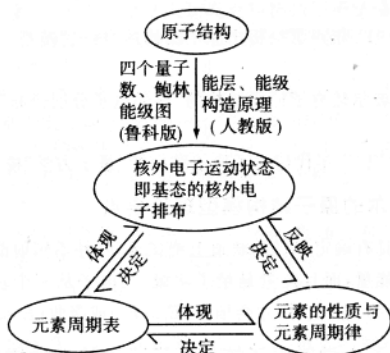
第二部分通过搭建分子模型学习分子的立体构型,通过对熟知的生活现象和已有知识的思考进一步深入学习物质微粒间的作用力。

第三部分是前两部分知识的整合、应用。采用比对分析的方法,通过实例图片,从组成微粒和微粒间的相互作用、微粒的排布方式等方面知识的分析、对比,认识晶体、非晶体,了解物质的其他聚集状态。再次体会晶体的对称性来源于晶体中微粒排列的自觉性;体会化学世界的无穷奥妙。

[单元提升篇]

第一章 原子的结构与性质

本章概念图示



课程标准要求

1. 了解原子核外电子的能级分布,能用电子排布式表示常见元素(1~36号)原子核外电子的排布。了解原子核外电子的运动状态。
2. 了解元素电离能的含义,并能说明元素的某些性质。
3. 了解原子核外电子在一定条件下会发生跃迁,了解其简单作用。



第一单元

原子结构模型



考点 1 近代原子认识的发展过程

十九世纪初道尔顿提出原子结构的“原子实”模型



1903 年汤姆生提出原子结构的“葡萄干布丁”模型



1911 年卢瑟福提出原子结构的“核式”模型



1913 年玻尔建立了原子结构的“核外电子分层排布”模型



20 世纪 20 年代建立了原子结构的“量子力学”模型

考点 2 玻尔的原子结构模型理论要点

原子中的电子在具有确定半径的轨道上绕核运动,并不辐射能量;不同轨道上运动的电子具有不同的能量,而且能量是量子化级;当电子从一个轨道(能量为 E_i)跃迁到另一个轨道(能量为 E_j)上时,才会辐射($E_i > E_j$)或吸收($E_i < E_j$)能量。

考点 3 量子力学对原子核外电子运动状态的描述

(1) 原子轨道与四个量子数

① 主量子数 n (人教版的“能层”): 又称为电子层, n 的取值体现电子离核的远近、能量的高低。

② 角量子数 l (人教版的“能级”): 又称为电子亚层, 同一原子中 n 相同的电子层上运动的电子能量也不完全相同, 因此 n 与 l 共同体现了电子所具有能量的高低。但电子具有能量高低的主要体现者为 n , 其次为 l 。

③ 磁量子数 m : 决定电子运动轨道在空间的伸展方向。

④ 自旋量子数 m_s : 决定电子运动的自旋方向。

(2) 原子轨道的图像描述和电子云

① 原子轨道的图像描述: s 轨道在三维空间分布的图形为球形, 即该原子轨道具有球形对称性; 而 p 轨道在空间分布的特点分别相对于 x 、 y 、 z 轴对称, 因此, p 原子轨道在空间的分布分别沿 x 、 y 、 z 方向。如 $1s$ 、 $2p$ 原子轨道示意图如下:

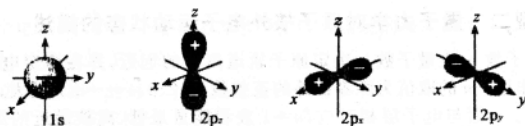


图 1-1-1

②电子云:根据统计观点,电子在原子核外运动时,它在空间出现的概率不同,我们用小黑点的疏密来表示电子在核外空间出现的概率大小,这种形象描述电子在空间出现概率大小的图形,称为电子云。如氢原子电子云的图像为球形。



题型一 原子结构模型建立过程的认识与评价

(1)公元前 400 多年,古希腊哲学家德谟克利特是原子学说的奠基人。他认为万物是由大量的不可分割的微粒构成的,并把这些微粒叫做原子(希腊文原意是“不可分割”),这是古代原子学说。

(2)英国科学家道尔顿是近代原子学说的创始人。他认为物质是由原子构成的,这些原子是不可分割的实心球体,同种原子的性质和质量都相同。他虽然没有把原子和分子区别开来,并且仍然认为原子是不可分割的,但是道尔顿的原子学说对化学的发展起了十分重要的作用。因此,道尔顿被称为“无机化学之祖”,恩格斯说:“近代化学是从道尔顿开始的。”

(3)1903 年英国科学家汤姆生是电子的发现者,他通过对“阴极射线管”的研究,得出结论:原子并不是物质可分的最后极限,从原子中可以进一步分出电子。提出“葡萄干布丁模型”——原子含有一个均匀的阳电球,若干阴性电子在这个球体内运行。

(4)1911 年,英国物理学家卢瑟福通过 α 粒子的散射实验,提出了原子结构有核模型。卢瑟福认为原子的质量主要集中在原子核上,电子在原子核外空间高速运动。由于卢瑟福对原子结构研究的杰出贡献,人们称他为“原子之父”。

(5)1913 年丹麦物理学家玻尔通过对氢原子线状光谱的研究提出了核外电子分层排布的原子结构模型。描绘出了完整而令人信服的原子结构学说,但是玻尔理论只限于解释氢原子或类氢离子的光谱,不能解释多电子原子的光谱。

(6)20 世纪 20 年代中期建立的量子力学理论,使人们对于原子结构有了更深刻的认识,从而建立了原子结构的量子力学模型。

例 1 道尔顿的原子学说曾经起了很大的作用。他的学说中包含有下述三个论点:①原子是不能再分的粒子;②同种元素原子的种种性质和质量都相同;③原子是微小的实心球体。从现代的观点看,你认为这三个论点中,不确切的是()

- A. 只有③ B. 只有①③ C. 只有②③ D. ①②③

解析:原子是由原子核和核外电子组成的,显然①不确切。大多数元素都有多种同位素,同位素原子的质量不同,②不确切。原子内绝大部分是空的,因此③不确切。

答案:D

类型二 量子力学对原子核外电子运动状态的描述

(1)主量子数 n : 主量子数 n 决定原子轨道离核的远近, 并在确定电子运动的能量时起主要作用。 n 的取值为除零以外的正整数: 1、2、3、4…… n , n 越大, 电子离核越远, 能量越高。 n 值与电子层相对应, $n=1$ 表示能量最低、离核最近的第一电子层。主量子数与电子层符号的对应关系是:

主量子数 n 1 2 3 4 5 6 7 ……

电子层符号 K L M N O P Q ……

氢原子核外只有一个电子, 不存在电子之间的相互作用, 能量只决定于主量子数 n 。

(2)角量子数 l : 角量子数 l 确定原子轨道的形状, 并在多电子原子中与主量子数一起决定电子的能量。若两个电子的 n 与 l 相同, 就表示这两个电子所处轨道半径及形状相同, 具有的能量也相同。 l 值可取零和小于 n 的正整数, 即 0、1、2、3、……、 $n-1$ 。 l 的每一个值代表轨道的一种形状, 一个电子层中 l 有多少个值就表示该层中有多少个形状不同的亚层, 例如:

$n=1, l=0$ 。 l 只有一个值, 有一个亚层(s 亚层)。

$n=2, l=0, 1$ 。 l 有两个值, 有两个亚层(s 亚层和 p 亚层)。

⋮

$n=n, l=0, 1, \dots, (n-1)$ 。 l 有 n 个值, 有 n 个亚层。

l 值所代表的亚层轨道形状, 用光谱符号 s、p、d、f、g、h…表示, l 的值与亚层符号以及轨道形状的对应关系如下:

l	0	1	2	3	4	……
亚层符号	s	p	d	f	g	……
轨道形状	球形	哑铃形	花瓣形	……		

(3)磁量子数 m : 决定电子运动轨道在空间的不同伸展方向。 m 值可取 0、 ± 1 、 ± 2 、 ± 3 、… $\pm l$ 。若 $l=1$, 表示 p 亚层轨道在空间有三个伸展方向, 即有三条不同方向的轨道, 用 $m=0, +1, -1$ 代表。

(4)自旋量子数 m_s : 自旋量子数 m_s 决定电子自旋运动状态, 其取值只有两个, 即 $m_s = \pm \frac{1}{2}$, 一般用“ $\uparrow$ ”和“ $\downarrow$ ”表示。

例 2 下列各量子数与原子轨道的类型相符合的是()

A. $n=1, l=0$ 1s

B. $n=2, l=0$ 2p

C. $n=3, l=1$ 3d

D. $n=3, l=2$ 3d

解析: 当 $n=1$ 时, $l \leq n-1$, l 只能为 0, 即 K 层只有一个轨道为 1s 轨道, 故 A 正确; 当 $n=2$ (L 层) 时, $l=0$, 表示 2s 轨道, $n=2, l=1$, 表示 2p 轨道, 故 B 错误; 当 $n=3, l=1$ 时表示 3p 轨道, 故 C 错误; $n=3, l=2$, 表示 3d 轨道, 故 D 正确。 答案: AD

类型三 原子轨道和电子云的理解与辨析

(1)原子轨道: 它不同于经典力学中宏观物体的运动轨道, 也不是玻尔原子模型中的固定轨道, 而是指电子的一种空间运动状态, 或者说是电子在核外运动的某个空间范围。

(2)电子云是电子在核外空间各处出现概率大小的形象化描述, 因此, 一个小黑

点不代表一个电子;电子云的疏密代表电子在该处出现的概率的大小。

例 3 下列叙述正确的是()

- A. 电子云示意图中的每个小黑点代表一个电子
 B. 电子既具有微粒的性质,又具有光的性质
 C. 电子云示意图中,点密集的地方,表示这里的电子个数多
 D. p 轨道空间分布的图形为球形

解析:我们可以采用逆向思维来思考,如氢原子核外只有一个电子,而电子云示意图中有很多很多小黑点,如果每个小黑点代表一个电子或点密集的地方代表电子个数多,两者矛盾,故 A、C 错误。正确的含义为:小黑点表示电子曾经在这里出现过一次;点密集的地方,表示电子在那里出现的频率大。微观粒子具有波粒二相性,电子属于微观粒子,故 B 正确;p 轨道空间分布的图形为“哑铃形”或“纺锤形”,故 D 错误。 **答案:**B



接受、吸收、整合化学信息的能力

1. 能够对中学化学基础知识融会贯通,有正确复述再现、辨认的能力。典型考法是对核外电子运动状态表示的四个量子数及取值的再现及辨认能力。该题型属考查基础知识,考生须对四个量子数表示的意义及取值范围搞清楚。如:前三层(K、L、M)的原子轨道与量子数的取值如下:

量子数和原子轨道

主量子数 n		角量子数 l		磁量子数 m	原子轨道	自旋量子数 m_s
取值	符号	取值	符号	取值	符号	取值
1	K	0	s	0	1s	$\pm \frac{1}{2}$
2	L	0	s	0	2s	$\pm \frac{1}{2}$
		1	p	0, ± 1	$2p_x, 2p_y, 2p_z$	$\pm \frac{1}{2}$
3	M	0	s	0	3s	$\pm \frac{1}{2}$
		1	p	0, ± 1	$3p_x, 3p_y, 3p_z$	$\pm \frac{1}{2}$
		2	d	0, $\pm 1, \pm 2$	$3d_{xy}, 3d_{yz}, 3d_{zx},$ $3d_{x^2-y^2}, 3d_{z^2}$	$\pm \frac{1}{2}$

例 1 下列各组用四个量子数来描述核外电子的运动状态,哪些是合理的?哪些是不合理的?并说明理由。

$$(1) n=2, l=1, m=0, m_s=+\frac{1}{2} \quad (2) n=2, l=2, m=1, m_s=-\frac{1}{2}$$

$$(3) n=3, l=2, m=3, m_s=+\frac{1}{2} \quad (4) n=2, l=1, m=-1, m_s=-1$$

$$(5) n=2, l=2, m=1, m_s=0 \quad (6) n=4, l=-3, m=2, m_s=+\frac{1}{2}$$

解析:根据量子数取值的相互限制性和取值的范围,如: $l \leq n-1$, $|m| \leq l$, $m_s = \pm \frac{1}{2}$, n 为正整数 $1, 2, 3, \dots$; l 为 $0, 1, 2, 3, \dots, (n-1)$; m 为 $0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots, \pm l$; $m_s = \pm \frac{1}{2}$ 可迅速进行判断,并得出答案。

答案:(1)合理,因为四个量子数取值均符合关系式: $l \leq n-1$, $|m| \leq l$, $m_s = \pm \frac{1}{2}$, 故合理。(2)不合理,因为 $l=n=2$, 违背了关系式: $l \leq n-1$, 故不合理。(3)不合理,因 $|m| > l$, 故不合理。(4)不合理,因 m_s 只能取 $\pm \frac{1}{2}$ 中的一种,不能等于 -1 , 故不合理。(5)不合理,因为 $l=n=2$, 违背公式: $l \leq n-1$, 且 m_s 只能取 $\pm \frac{1}{2}$ 中的一种,故不合理。(6)不合理,因为 l 为 $0, 1, 2, \dots, (n-1)$, 不可能为负数,故不合理。

2. 能够通过对实验现象、实物模型观察,获取有关的感性知识和印象,并进行初步加工吸收、有序存储的能力。典型考法:如玻尔通过氢原子线状光谱的实验分析得出的核外电子分层排布的原子结构模型。卢瑟福通过 α 粒子的散射实验得出原子结构的“核式”模型设计的题目。解答这类题考生应利用已有的知识认真观察模型、实验现象及题干中的有用提示,从中找出答案。

例 2 阅读短文,回答问题。

1903年,英国科学家道尔顿提出了近代原子学说,他认为一切物质都是由原子构成的,这些原子是微小的不可分割的实心球。1911年,英国科学家卢瑟福用一束平行高速运动的 α 粒子(α 粒子是带两个单位正电荷的氦原子)轰击金箔时(金原子的核电荷数为 79, 相对原子质量为 197),发现大多数 α 粒子能穿透金箔,而且不改变原来的运动方向,但是也有一小部分 α 粒子改变了原来的运动路径,甚至有极少数的 α 粒子好像碰到了坚硬而不可穿透的质点而被弹了回来(如图 1-1-2 所示)。

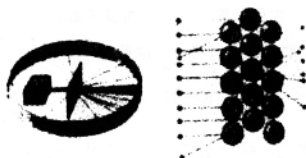


图 1-1-2

(1) 有一小部分 α 粒子改变了原来的运动路径,原因是_____。

(2) 大多数 α 粒子不改变原来的运动方向,原因是_____。

(3) 极少数 α 粒子被弹了回来,原因是_____。

(4) 按现在对原子、分子的认识,你认为道尔顿提出的近代原子学说中不确切的地方,请用“_____”划出,并在下方加以改正。

(5)金原子的核外电子数为_____,中子数为_____。

解析:分析实验结果 α 粒子带正电,大部分能穿透金箔,且不改变方向,说明原子中大部分是空的,小部分改变运动方向,说明受到一个质量大、带正电荷且电荷数量大的微粒(即质量和电荷集中的部分)的作用,极小部分被弹回也说明 α 粒子正好碰上了这种比原子小得多的微粒——原子核。

答案:(1) α 粒子途经金原子核附近时,受到原子核的斥力而稍微改变了运动方向 (2) α 粒子通过原子内、原子间的空隙 (3) α 粒子撞击了金原子核而被弹回(或 α 粒子撞击了带正电荷、质量大、体积小、金原子核而被弹回) (4) $\frac{\text{一切}}{\text{一些}}$ $\frac{\text{不可分割}}{\text{可分割}}$

实心球

电子在原子核外的空间内做高速运动

(5)79 118



1. 规律点津

该部分内容较抽象,与宏观物体的运动规律不同,可构建的题目素材不多,复习时基础知识和课本上重点内容以理解记忆为主,预计今后考查的知识点为四个量子数取值的合理性,以宏观实验的现象、结果为背景,考查研究物质性质的又一方法——假说模型,即透过现象看本质。

2. 策略技巧

由于该部分内容将出现在理综试卷的选考部分,所以从该部分出大型题目的可能性不大,一般是以选择题和小型的填空题为主。要做好这部分题目应把握好以下几点。

(1)把握好四个量子数与原子轨道的关系。

①主量子数 n :决定轨道能量的高低, n 越大,电子离核越远,能量越高。

②角量子数 l :决定原子轨道或电子云的形状,与电子运动的角动量有关。在多电子原子中,它和主量子数 n 一起决定电子轨道所具有的能量。

③磁量子数 m :决定电子运动轨道在空间的伸展方向。 m 可取 $0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm l$,每个数值代表原子轨道的一个伸展方向。

④自旋量子数 m_s :决定电子运动的自旋方向。电子的自旋只有顺时针和逆时针两个方向,用“ $\uparrow$ ”和“ $\downarrow$ ”表示。

(2)把握好四个量子数之间的关系: $n-1 \geq l, |m| \leq l, m_s = \pm \frac{1}{2}$ 。

例 1 下列组合中的电子运动状态,合理的是()

A. $n=1, l=1, m=0$

B. $n=2, l=0, m=\pm 1$

C. $n=3, l=3, m=\pm 3$

D. $n=4, l=3, m=\pm 2$

解析:多电子原子中电子的运动状态可由 n, l, m 三个量子数确定,且三个量子数满足 $n > l \geq |m|$ 。 $n=4, l=3, m=\pm 2$,表示4f能级上两个能量相同的f轨道, m 的取值还有 $0, \pm 1, \pm 3$,即4f能级上共有7个能量相同的f轨道。 答案:D

(3)明确确定核外电子空间运动状态的量子数组为 n, l, m 。

例 2 能够确定核外电子空间运动状态的量子数组为()

- A. n, l B. n, l, m_s C. n, l, m D. n, l, m, m_s

解析: 主量子数(n)决定电子的离核远近,角量子数(l)确定原子轨道的形状,磁量子数(m)决定原子轨道在空间的取向,故用 n, l, m 三个量子数可以确定一个电子的空间运动状态,即一个原子“轨道”。 **答案:** C

点评: 应掌握四个量子数与电子空间运动状态的关系。

题组优化训练

■ 误区突破题组

误区一: 忽略四个量子数的取值: $n = 1, 2, 3, \dots, n, l \leq n-1$, 而 $m = 0, \pm 1 \dots \pm l$, $m_s = \pm \frac{1}{2}$

1. 下列几组量子数合理的是()

- A. $3, 1, -1, -\frac{1}{2}$ B. $2, 0, 1, +\frac{1}{2}$ C. $3, -3, 2, -\frac{1}{2}$ D. $2, 3, -2, -\frac{1}{2}$
E. $3, 2, -1, 0$

2. 当磁量子数 $m = -3$ 时,主量子数 n 可以取值()

- A. 1 B. 2 C. 3 D. 4

3. 当 $n = 5$ 时, m 的最大取值为()

- A. 4 B. ± 5 C. 0 D. 6

误区二: 把电子云示意图中的小黑点当成电子,不能熟记 s、p 轨道在三维空间分布的图形

4. 下列叙述正确的是()

- A. s 轨道空间分布的图形为“哑铃形”
B. 人们常用小黑点的疏密程度来表示电子在原子核外出现概率的大小
C. 电子云示意图中点稀疏的地方,表示电子在那里出现的概率小
D. 量子力学中的轨道的含义与玻尔轨道的含义完全相同

5. 下列关于电子云示意图的叙述正确的是()

- A. 电子云表示电子的运动轨迹
B. 黑点的多少表示电子个数的多少
C. 处于 1s 轨道上的电子在空间出现的概率分布呈球形对称,而且电子在原子核附近出现的概率大,离核越远电子出现的概率越小
D. 处在 2p_x 轨道的电子主要在 xy 平面的上、下方出现

■ 综合创新题组

6. 1911 年英国科学家卢瑟福进行了著名的 α 粒子轰击金箔实验。实验做法如图 1-1-3 所示。

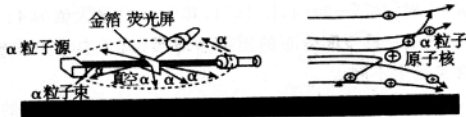


图 1-1-3

已知：①放射性物质放出 α 粒子(带正电荷)，质量是电子质量的 7 000 倍。
 ②金箔：作为靶子，厚度为 $1\ \mu\text{m}$ ，重叠了 3 000 层左右的原子。③荧光屏： α 粒子打在上面发出闪光。④显微镜：通过显微镜观察闪光，且通过 360 度转动可观察不同角度 α 粒子的到达情况。绝大多数 α 粒子穿过金箔后仍沿原来的方向前进，但是有少数 α 粒子却发生了较大的偏转，并且有极少数 α 粒子的偏转方向超过 90° ，有的甚至几乎达到 180° ，像是被金箔弹了回来。

(1)若原子质量和正电荷在原子内均匀分布，极少数 α 粒子会发生大角度散射吗？_____ (填“会”或“不会”)。卢瑟福所说的“除非原子的大部分质量集中到了一个很小的结构上”中的“很小的结构”指的是_____。

(2) $1\ \mu\text{m}$ 金箔包含了 3 000 层金原子，绝大多数 α 粒子穿过后方向不变，说明()

A. 原子间隙很大

B. 原子内部绝大部分空间是空的

(3)科学家对原子结构的探究经历了三个过程(如图 1-1-4)，通过 α 粒子散射实验，你认为原子结构为()



图 1-1-4

模型	A. 道尔顿模型	B. 汤姆生模型	C. 卢瑟福模型
特点	不可再分的实心球体	正负电荷均匀分布	核位于正中，质量集中在核上

7. 找出原子轨道数目与主量子数 n (能层)间的关系。

题组答案详解

1. A 解析：B 中忽略了 $|m| \leq l$ ；C 中忽略了 l 的取值不可能为负数；D 中忽略了 $l \leq n-1$ ；E 中忽略了 $m_s = \pm \frac{1}{2}$ 。

2. D 解析： $l \leq n-1$ ， $|m| \leq l$ ，因此当 $m = -3$ 时 $l \geq 3$ ， $n \geq 4$ 。

3. AC 解析: $n=5$ 时, $l \leq 5-1=4$, $|m| \leq 4$, 其中 m 的最大值为 4。

4. BC 解析: s 轨道三维空间分布的图形为球形; 量子力学中的轨道的含义与玻尔轨道的含义完全不同。

5. CD 解析: A 中电子的轨迹无法确定, 错把电子云作为电子的运动轨迹; B 中将电子式与电子云混淆或抽象思维欠缺, 错把小黑点认为是电子。

6. (1) 不会 原子核 (2) B (3) C

解析: (1) 若正负电荷均匀分布, 则 α 粒子必会直线前行, 但实验中表明有 α 粒子大角度散射, 故填“不会”。(2) 3 000 层金原子重叠, 则原子之间的空隙几乎不存在, 故选 B。(3) 通过实验可得 C。当实验与理论不符合时, 该如何看待很小的误差。认真思考这个小小的误差, 也许就是新理论产生的基础, 卢瑟福的 α 粒子散射实验给我们上了生动的一课。

7. 每层的原子轨道数目为层数的平方(即 n^2)

解析: ① 当 $n=1$ 时, $l=0, m=0$, 原子轨道数为 1, 即 1^2 。

② 当 $n=2$ 时, $\begin{cases} l=0, m=0 \\ l=1, m=0, m=\pm 1 \end{cases}$, 原子轨道数为 4, 即 2^2 。

③ 当 $n=3$ 时, $\begin{cases} l=0, m=0 \\ l=1, m=0, m=\pm 1 \\ l=2, m=0, m=\pm 1, m=\pm 2 \end{cases}$, 原子轨道数为: $1+3+5=9$, 即 3^2 。

点拨: 利用对于能层(主量子数)为 n 时, l 的取值有: $0, 1, 2, \dots, n-1$, 而 m 的取值有 $0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm l$ 。

第二单元

原子结构与元素的性质



考点 1 基态原子的核外电子排布

(1) 基态原子: 处于最低能级的原子。当基态原子的电子吸收能量后, 电子会跃迁到较高能级, 变成激发态原子。

(2) 基态原子的核外电子排布原则

① 能量最低原则: 基态原子核外电子的排布总是尽可能地排在能量最低的原子轨道上, 然后由里及外逐渐排在能量升高的原子轨道。也就是说, 电子在原子轨道上的分布尽可能使能量最低, 以形成稳定结构。其中基态原子的原子轨道能量的高低如下:

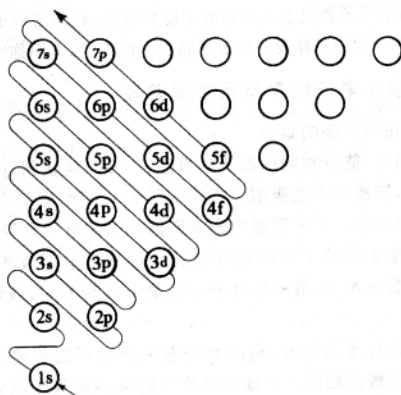


图 1-1-5 鲍林能级图

②泡利不相容原理:一个原子轨道中最多可容纳两个电子,并且两个电子的自旋方向必须相反;或者说,一个原子轨道中不会存在四个量子数(n, l, m, m_s)完全相同的电子。

③洪特规则:对于基态原子,电子在能量相同的轨道上排布时,应尽可能分占不同的轨道并且自旋方向平行。而且,在原子轨道全充满、半充满或全空时,体系能量较低,原子较稳定。

(3)基态原子核外电子排布的表示形式

①电子排布式

a. 用数字在能级符号的右上角表明该能级上排布的电子数,这就是电子排布式,例如 K: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4 4s^1$ 。

b. 为了避免电子排布式书写过于繁琐,可以把内层电子达到稀有气体元素原子结构的部分以相应稀有气体的元素符号外加方括号表示,例如 K: $[\text{Ar}]4s^1$ 。

②轨道表示式

每个方框代表一个原子轨道,每个箭头代表一个电子。如第二周期元素基态原子的电子排布如下所示:

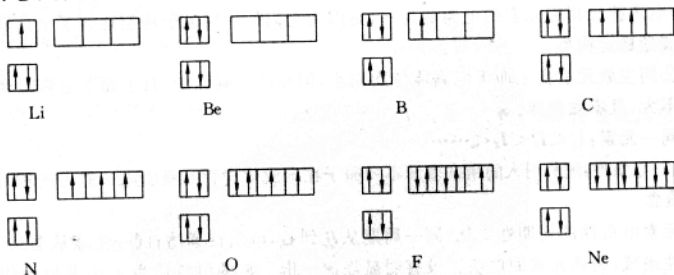


图 1-1-6