

顶尖系列

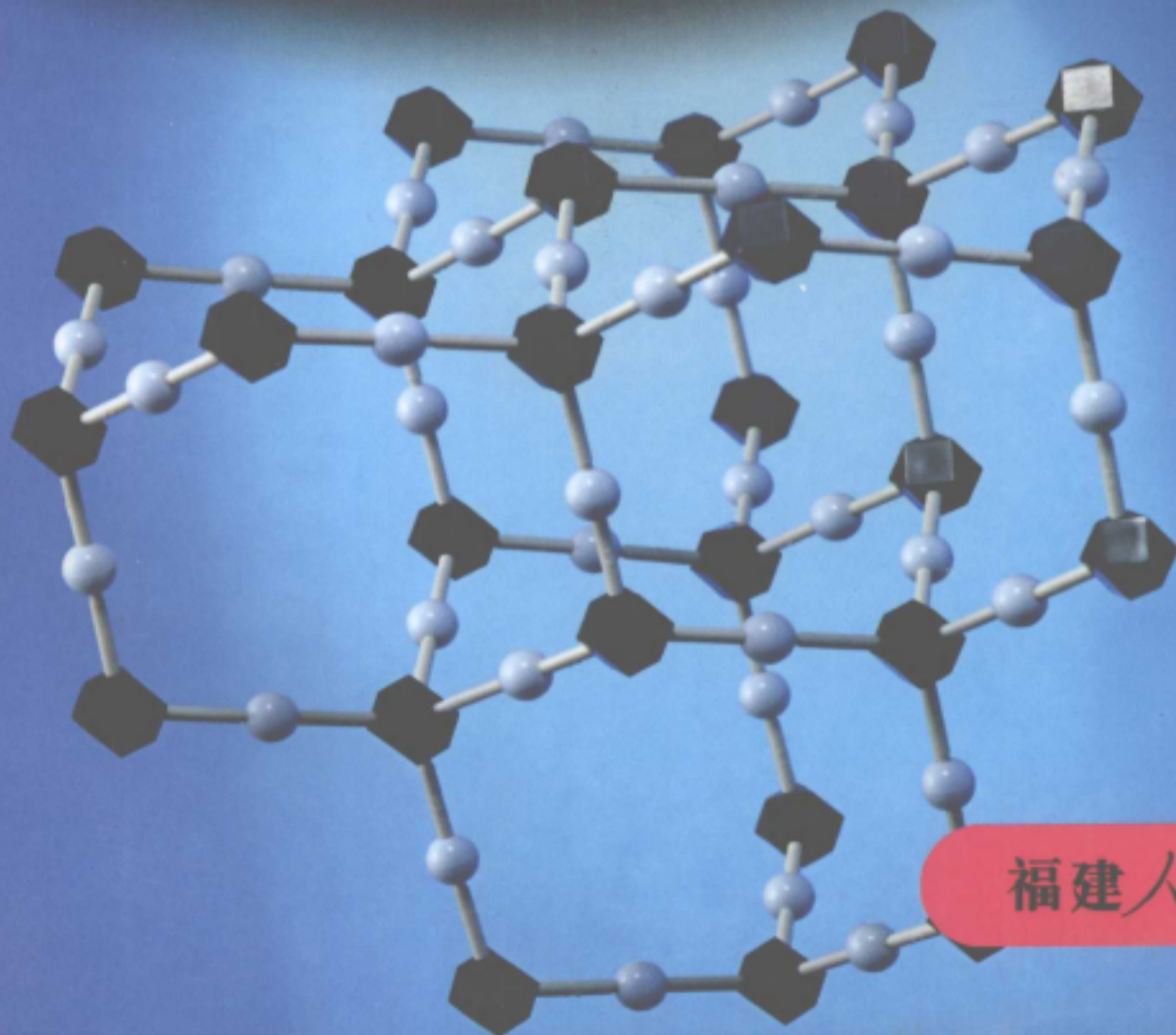
高中

江苏教育版

顶尖课课练

化学 (选修)

物质结构与性质



福建人民出版社

本丛书荣获第26届华东地区优秀教育图书二等奖

欢迎参加“啄木鸟医生”活动

各位老师、同学，为了提高顶尖系列丛书的图书质量，我们将持续开展“啄木鸟医生”活动，欢迎大家给我们提出宝贵意见，指出书中存在的问题（包括拼音、字词句、标点、引文、题目、答案等错误，难易不当，题意不清，体例不统一，栏目设置不科学，等等），并提出修改建议。我们将根据各位反馈被采纳的数量等情况给予相应的奖励（相同问题奖励给第一位反馈者）。请赶快行动，捷足先登！来信务请注明姓名，所在学校、年级、班级，联系电话及地址，以便进一步联系与兑奖。

化学学科电子邮箱：zmnyslx@126.com

通讯处：(350001)福州市东水路76号福建人民出版社文教编辑室

附第一批特别奖名单：晋江磁灶中学陈维新（老师）、
武平大禾中学刘天才（老师）、福州一中曹智扬、
清流一中赖晓云、闽清一中刘楷捷、连江
五中李林清、安溪龙门中学谢江南、
江西新干金川小学廖菲。参
与奖名单略。

练

课

课

尖

顶

◆ 新课标新理念

◆ 名校名师主笔

◆ 扼要精彩点拨

◆ 自主探究学习

◆ 注重三维整合

◆ 培养创新能力

ISBN 978-7-211-05704-7



9 787211 057047 >

定价：11.50元

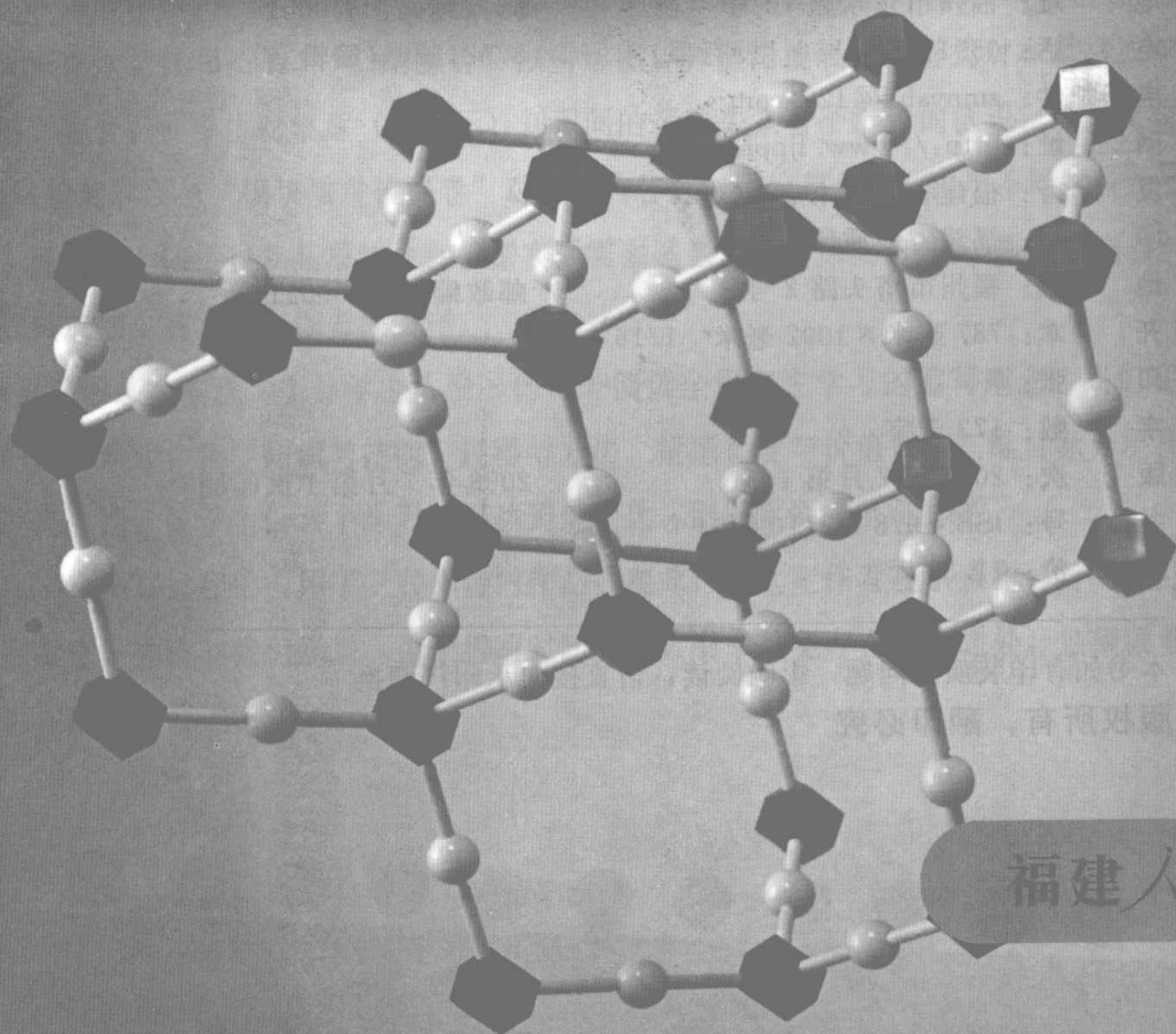
江苏教育版

高中

顶尖课课练

化学 (选修)

物质结构与性质



福建人民出版社



双 育 培 养 工 程

主 编

许利闽

编写人员 (按姓氏笔画排序)

杜开颜 陈立明 陈 熙 何 颖 林 英

双 育 培 养 工 程

顶 尖 课 课 练

(选 修) 学 习

顶 尖 课 课 练

顶尖课课练·化学(选修)物质结构与性质(江苏教育版)

DINGJIAN KEKELIAN·HUAXUE

出 版: 福建人民出版社
地 址: 福州市东水路 76 号 邮政编码: 350001
电 话: 0591-87604366 (发行部) 87521386 (编辑室)
电子邮件: zmnyslx@126.com
网 址: <http://www.fjpph.com>
发 行: 福建省新华书店
印 刷: 福建省地质印刷厂
地 址: 福州市塔头路 2 号 邮政编码: 350011
开 本: 787 毫米×1092 毫米 1/16
印 张: 7
字 数: 173 千字
版 次: 2008 年 7 月第 1 版 2008 年 7 月第 1 次印刷
书 号: ISBN 978-7-211-05704-7
定 价: 11.50 元

本书如有印装质量问题,影响阅读,请直接向承印厂调换
版权所有,翻印必究

编写说明

“顶尖课课练”（原“高中步步高”）根据课程标准，配合各版本教材进行编写。丛书以课为训练单位，以单元为测试单位建构编写体系，符合教学规律，体现课改精神。丛书不仅关注学生夯实基础知识、基本技能，还关注学生学习的自主性、探究性、合作性；不仅关注培养学生学会学习、学会反思、学会自我激励，还关注培养学生学习过程中情感、态度和价值观的形成。

为了使本丛书在理念上与最新课改理念、精神相吻合，我们在本套丛书的编写过程中，坚持“三参与”原则，即颇有造诣的课程研究专家参与，深谙当前基础教育课程改革的教研员参与和具有丰富教学实践经验的一线特、高级教师参与，从而使本丛书在质量上得到充分保证。

“顶尖课课练”按章（或单元）进行编写，每一章（或单元）一般设：“学习目标”、“要点透析”、“方法指津”、“自我评估”、“探究应用”、“拓展视野”、“归纳整合”、“单元质量检测卷”等栏目。

“学习目标”是根据各章（或单元）应达到的目标提出具体要求。“要点透析”是以课程标准为基准，以相应版本的教材为落脚点，较详细地分析本章（或单元）内容的重点、难点。“方法指津”通过对精选的经典题目的解析和点拨，拓展学生的思路，提升发散思维能力，掌握科学的学习方法。“自我评估”在题目设计上，特别注重吸收全国各地出现的最新题型，同时注重知识的现代化，以激活学生已有的知识、经验和方法。题目既注重基础性，又强调自主性、参与性、实践性、合作性。“探究应用”特别注重吸收密切联系生产、生活实际的有趣题目，加强探究性习题的训练。“拓展视野”对本章（或单元）知识进行拓展，通过对一些典型的探究型、开放型的题目进行解析和点拨，使学生对章（或单元）内、学科内、学科间知识结构的关系得以把握和拓展。“归纳整合”以树形图、方框图或表格等形式对本章（或单元）知识进行梳理、归纳、整合，使学生对整章（或单元）知识间的逻辑关系有个清楚的认识。经过系统的训练后，通过“单元质量检测卷”与“模块质量检测卷”对所学内容进行评价与总结。由于不同学科及不同版本的教材各有特点，因此，上述栏目及其写法允许根据实际需要适当调整，灵活掌握。“质量检测卷”和“部分参考答案”一般做成活页的形式，以方便使用。

“顶尖课课练”实现了引导学生从预习到课外阅读全程自主学习的编写理念。我们在栏目设置上创设了科学的整合模式，将“知识与技能、过程与方法、情感态度与价值观”三维目标分层次地融入书中，激发学生的自主性，使学生的自主学习效果达到最优化，促进学生的全面发展。

本丛书在编写过程中引用了一些作者的作品，在此，对这些作者表示感谢，对一部分未署名的作品的作者表示歉意，并请与我们联系。由于编写时间仓促，书中难免存在不足之处，恳望读者不吝赐教，以便我们今后不断努力改进。

编者

目录

C O N T E N T S

专题1 揭示物质结构的奥秘/1

专题2 原子结构与元素的性质/4

第一单元 原子核外电子的运动/4

人类对原子结构的认识历史/4

原子核外电子的运动特征/6

原子核外电子的排布/8

归纳整合/11

第二单元 元素性质的递变规律/12

原子核外电子排布的周期性/12

元素第一电离能的周期性变化/14

元素电负性的周期性变化/16

归纳整合/19

专题3 微粒间作用力与物质性质/21

第一单元 金属键 金属晶体/21

金属键与金属特性/21

金属晶体/23

归纳整合/26

第二单元 离子键 离子晶体/27

离子键的形成/27

离子晶体/30

归纳整合/33

第三单元 共价键 原子晶体/33

共价键的形成/33

共价键的类型/37

共价键的键能与化学反应热/39

原子晶体/42

归纳整合/45

第四单元 分子间作用力 分子晶体/47

范德华力/47

氢键的形成/49

分子晶体/52

归纳整合/54

专题4 分子空间结构与物质性质/56

第一单元 分子构型与物质的性质/56

分子的空间构型/56

分子的极性 手性分子/58

归纳整合/61

第二单元 配合物是如何形成的/62

人类对配合物结构的认识/62

配合物的结构和性质/65

配合物的应用/67

归纳整合/70

专题5 物质结构的探索无止境/71

活页部分

化学(选修)物质结构与性质(江苏教育版)

质量检测卷(一) /1

化学(选修)物质结构与性质(江苏教育版)

质量检测卷(二) /5

化学(选修)物质结构与性质(江苏教育版)

质量检测卷(三) /9

化学(选修)物质结构与性质(江苏教育版)

质量检测卷(四) /13

化学(选修)物质结构与性质(江苏教育版)

质量检测卷(五) /17

化学(选修)物质结构与性质(江苏教育版)

质量检测卷(六) /21

化学(选修)物质结构与性质(江苏教育版)

质量检测卷(七) /25

部分参考答案

专题1 揭示物质结构的奥秘

学习目标

从科学家探索物质构成奥秘的历史中体会科学探究的过程和方法，增强学习化学的兴趣。

要点透析

1. 人类探索原子结构的历史。



图 1.1-1



道尔顿



汤姆生



卢瑟福



玻尔



薛定谔

图 1.1-2

2. 研究物质结构的意义。

人们对物质结构的认识，是随着自然科学的发展而不断深化、更新的。例如，在19世纪末以前，人们仅认识到物质结构只是原子这一个层次，因而认为物质是由不可分的原子构成的，原子是物质的最小单位。到19世纪20年代发现了电子，电子是比原子更深的层次，从而认识到原子的结构非常复杂，它包含原子核和电子，它们在不停地运动着。20世纪30年代以来，发现原子核内还有基本粒子这一更深的层次。现代科学已经发现400多种各种不同的基本粒子，并且越来越深入地发现了它们的特性。这说明，自然科学的物质结构概念随着自然科学的发展而不断更新、变化和完善，因而它是有条件的、相对的。人们对物质结构认识的不断深化，是辩证唯物主义物质概念的科学基础。辩证唯物主义的物质概念就是在自然科学关于物质结构的新认识和新发现的基础上形成的。人们对物质结构认识的深化和发展，都将进一步为辩证唯物主义的物质概念提供科学材料，不断证明它的正确性，不断丰富和充实它的内容。

自我评估

- 在物质结构研究的历史上,首先提出原子内有电子的学说的是()。
 - 道尔顿
 - 卢瑟福
 - 汤姆生
 - 玻尔
- 道尔顿的原子学说曾经起到很大的作用。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同种元素的原子的各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正确的是()。
 - 只有③
 - 只有①③
 - 只有②③
 - ①②③
- 在饮用水中添加含钙、镁、锌、硒等的矿物质,可以改善人体营养,增强体质。其中的“钙、镁、锌、硒”是指()。
 - 分子
 - 元素
 - 原子
 - 离子
- 自英国科学家狄拉克提出反粒子存在的预言,人类开始在茫茫宇宙中寻找反物质的例证,之后又聚焦于反物质的合成研究。1997年人类首次合成了9个反氢原子。2002年是人类合成反物质的丰收年,合成了5万个反氢原子,也是对狄拉克诞辰100周年的一份厚礼。你认为反氢原子的组成应该为()。
 - 由1个带负电荷的质子与1个带正电荷的电子构成
 - 由1个带正电荷的质子与1个带负电荷的电子构成
 - 由1个不带电荷的中子与1个带负电荷的电子构成
 - 由1个带负电荷的质子与1个带负电荷的电子构成
- 据报道,月球上存在大量 ^3He ,以下有关 ^3He 的说法正确的是()。
 - 是 ^4He 的同分异构体
 - 比 ^4He 少一个中子
 - 比 ^4He 少一个质子
 - ^3He 原子核有3个质子
- 下列各组物质中,都是由极性键构成为极性分子的一组是()。
 - CH_4 和 H_2O
 - CO_2 和 HCl
 - NH_3 和 H_2S
 - HCN 和 BF_3
- 1803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核)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不可穿透的质点而被弹了回来。
 - 有一小部分 α 粒子改变了原来的运动路径,原因是 α 粒子途经金原子核附近时,受到斥力而稍微改变了运动方向。
 - 大多数 α 粒子不改变原来的运动方向,原因是_____。
 - 极少数 α 粒子被弹了回来,原因是_____。
 - 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“_____”画出,并在下方加以改正。
 - 金原子的核外电子数为_____,核内中子数为_____。

(6) 根据以上实验现象能得出关于金箔中 Au 原子结构的一些结论, 试写出其中的三点:

_____ ;
 _____ ;
 _____ .

拓展视野

基本粒子

基本粒子就是构成物质的最基本的单元。根据作用力的不同, 粒子分为强子、轻子和传播子三大类。强子是所有参与强力作用的粒子的总称, 它们由夸克组成, 已发现的夸克有五种, 它们是: 上夸克、下夸克、奇异夸克、粲夸克和底夸克。理论预言还有第六种夸克存在, 已命名为顶夸克, 但目前尚未发现。现有粒子中绝大部分是强子、质子、中子、 π 介子等都属于强子。轻子是只参与弱力、电磁力和引力作用, 而不参与强相互作用的粒子的总称。轻子共有六种, 包括电子、电子中微子、 μ 子、 μ 子中微子、 τ 子、 τ 子中微子。传播子也属于基本粒子。传递强作用的胶子共有 8 种, 1979 年在三喷注现象中被间接发现, 它们可以组成胶子球, 但至今尚未被直接观测到。基本粒子要比原子、分子小得多, 现有最高倍的电子显微镜也不能观察到。质子、中子的大小, 只有原子的十万分之一。而轻子和夸克的尺寸更小, 还不到质子、中子的万分之一。

专题2 原子结构与元素的性质

第一单元 原子核外电子的运动

人类对原子结构的认识历史

学习目标

1. 复习必修模块中学习过的原子的构成微粒, 以及这些构成微粒在体积、质量和带电情况上的特点。
2. 了解科学家认识原子结构的方法, 复习必修模块中学习过的人类对原子结构认识过程的历史, 简要了解玻尔的原子结构模型。
3. 了解核外电子运动的特点以及核外电子运动状态的描述方法——电子云。

要点透析

1. 人类对原子结构认识的主要阶段。

人类对原子结构的认识经历了一个漫长的、不断深化的过程。早在公元前的 400 多年, 古希腊哲学家就把构成物质的最小单位叫做原子, 但直到 1803 年, 英国化学家道尔顿才把原子从一个扑朔迷离的哲学名词变为具有确定意义的实在微粒, 并建立了原子学说。1903 年, 汤姆生在发现电子的基础上提出了原子结构的“葡萄干面包式”模型, 开始涉及原子内部结构。1911 年, 英国物理学家卢瑟福根据 α 粒子散射实验提出了原子结构的核式模型。在此基础上, 丹麦物理学家玻尔于 1913 年进一步建立起核外电子分层排布的原子结构模型。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的认识, 从而建立了原子结构的量子力学模型。

2. 光、光谱和氢原子光谱。

通常所说的光是指人的视觉所能感觉到的、在真空中波长介于 $400\text{ nm} \sim 700\text{ nm}$ 之间的电磁波。不同波长的光在人的视觉中表现出不同的颜色, 按波长由长到短依次为红、橙、黄、绿、青、蓝、紫。实际上, 广义的光即电磁波, 除了可见光外, 还包括红外光、紫外光、X 射线等。

许多物质都能够吸收光或发射光。为了研究物质的这种性质, 人们常常利用仪器将物质吸收光或发射光的波长和强度分布记录下来, 就得到所谓的光谱。若由光谱仪获得的光谱是由各种波长的光所组成, 且相近的波长差别极小而不能分辨, 则所得光谱为连续光谱。例如, 太阳光形成的光谱即为连续光谱。

当人们在放电管内充入低压氢气, 并在放电管两端的电极间加上高电压时, 氢气在高电压下会分解为原子并放电发光, 经光谱仪记录得到的原子光谱就是氢原子光谱, 它是由具有特定波长、彼此分立的谱线所组成, 是一种线状光谱。

3. 玻尔原子结构模型的基本观点。

玻尔原子结构模型的基本观点是：

- (1) 原子中的电子在具有确定半径的圆周轨道上绕原子核运动，并且不辐射能量。
- (2) 在不同轨道上运动的电子具有不同的能量，能量的数值不能任意连续变化而只能取某些不连续的数值。轨道能量随着电子离核距离的增大而增大。
- (3) 只有当电子从一个轨道跃迁到另一个轨道时，才会辐射或吸收能量。如果辐射的能量以光的形式表现并被记录下来，就形成了光谱。

 方法指津

例 下列关于氢原子的电子云示意图的说法，错误的是()。

- A. 一个小黑点代表一个电子
- B. 小黑点表示电子在核外空间出现机会
- C. 小黑点的疏密表示电子在核外空间单位体积内出现机会的多少
- D. 电子云示意图可用来描述电子在核外的运动

解析 核外电子的运动与宏观的物体运动方式有很大不同，核外电子的质量很小，在原子核外运动的速率极快，不遵循宏观物体的运动规律。科学家采用统计的方法来描述电子在原子核外某一区域的出现机会。电子云图就是一种电子运动的统计图，一个小黑点不代表一个电子，而是表示电子在核外空间出现的机会，小黑点越密，表示电子出现的机会越大，反之则表示电子出现的机会越少。答案：A。

 自我评估

1. 美国科学家将两种元素铅和氦的原子核对撞，获得了一种质子数为 118、中子数为 175 的超重元素，该元素原子核内的中子数与核外电子数之差是()。

- A. 57
- B. 47
- C. 61
- D. 293

2. X、Y、Z 是三种主族元素，若 X 的阳离子与 Y 的阴离子具有相同的电子层结构，Z 的阴离子半径大于等电荷数的 Y 的阴离子半径，则三种元素的原子序数大小顺序是()。

- A. $Z > Y > X$
- B. $Z > X > Y$
- C. $X > Y > Z$
- D. $X > Z > Y$

3. 元素 X 的原子获得 3 个电子或元素 Y 的原子失去 2 个电子后，它们的电子层结构与氦原子的电子层结构相同，X、Y 两种元素的单质在高温下得到的化合物的正确的化学式为()。

- A. Y_3X_2
- B. X_2Y_3
- C. X_3Y_2
- D. Y_2X_3

4. 首次将量子化概念应用到原子结构，并成功解释了氢原子光谱是线状光谱的科学家是()。

- A. 道尔顿
- B. 爱因斯坦
- C. 玻尔
- D. 普朗克

5. 为揭示原子光谱是线状光谱这一事实，玻尔提出了核外电子的分层排布理论。下列说法中，不符合这一理论的是()。

- A. 电子绕核运动具有特定的半径和能量
- B. 电子在特定半径的轨道上运动时不辐射能量

C. 电子跃迁时, 会吸收或放出特定的能量

D. 揭示了氢原子光谱的精细结构

6. 下列有关电子云的叙述中, 正确的是 ()。

A. 电子云形象地表示了电子在核外某处单位体积内出现的概率

B. 电子云直观地表示了核外电子的数目

C. 氢原子的电子云示意图是一个圆, 氢原子的电子只在圆内运动

D. 电子云是电子绕核运动形成了一团带负电荷的云雾

7. 元素 R 的气态氢化物 RH_3 中含氢的质量分数为 17.65%, R 原子核内有 7 个中子, 则 R 的质量数为 _____, R 原子的核电荷数为 _____, R 原子的原子结构示意图为 _____, RH_3 的电子式为 _____。

原子核外电子的运动特征

学习目标

1. 了解电子层、原子轨道、电子自旋的含义。
2. 学会描述原子核外电子运动状态的简单方法。
3. 熟悉原子轨道类型、形状、空间的伸展方向和能量的大小。
4. 掌握各电子层包含的原子轨道类型、原子轨道的数目和可容纳的电子数。

要点透析

1. 关于原子核外电子运动的知识。

通过必修 2 的学习我们知道, 在含有多个核外电子的原子中, 电子运动的主要区域有远有近, 在离核较近的区域运动的电子能量较低, 在离核较远的区域运动的电子能量较高。人们把核外电子运动的不同区域看成不同的电子层, 各电子层由内向外的序数 n 依次为 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7...

在同一电子层上, 电子的能量还是有所不同, 在同一电子层上具有不同能量的电子的运动区域也仍有不同, 这就是本节教材继续深入学习的开始。

2. 原子轨道。

所谓原子轨道就是电子在原子核外空间运动的主要区域。电子运动的区域与它具有的能量有关。处于不同电子层上的电子, 它们的能量是不同的; 处于同一电子层的电子, 它们的能量仍有不同, 主要表现为有四种不同类型的原子轨道, 即 s、p、d、f 四种能量不同的轨道。另外, 同种类型的轨道还具有不同的伸展方向, s 型轨道只有一个伸展方向, 即 1 个轨道; p 型轨道有 3 个伸展方向, 即 3 个能量相同的轨道; d 型轨道有 5 个伸展方向, 即 5 个能量相同的轨道; f 型轨道有 7 个伸展方向, 即 7 个能量相同的轨道。

所以, 为了表明核外电子所在的轨道, 一般要表示出电子所在的电子层、轨道的类型、和相同能量轨道上的哪一个伸展方向, 如 $2s$ 、 $2p_x$ 等。

3. 各电子层所包含的原子轨道类型、原子轨道数目和可容纳的电子数。

当电子层数 ≤ 4 时, 电子层数与原子轨道类型数相等; 原子轨道数等于各原子轨道在空间的伸展方向的加和; 每一个原子轨道能容纳两个电子, 各电子层可容纳的电子数等于原子轨道数目的 2 倍。如, 电子层 $n=3$, 则原子轨道类型也有 3 个, 即 s 型、p 型和 d 型, 由于

s型原子轨道只有1个伸展方向，p型有3个伸展方向，d型有5个伸展方向，所以共有9个伸展方向，则有9个原子轨道，可容纳18个电子。

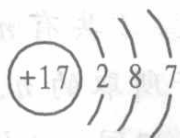
当 $n > 4$ 时，原子轨道类型只保持4种，则原子轨道数目为4种原子轨道类型的各种空间伸展方向的加和，共有16种，即原子轨道数目为16，可容纳的电子数仍为原子轨道数目的2倍，即32个。



方法指津

例 我们日常生活中所用的自来水中往往加入适量的氯气来杀菌消毒，请画出氯原子的原子结构示意图，并指出每个电子层上的电子所占据的原子轨道，并比较L层上各个轨道的能量大小。

解析 氯的原子结构示意图为：



每个电子层上电子所占据的原子轨道：

电子层	所占据的原子轨道
K层	1s
L层	2s、2p _x 、2p _y 、2p _z
M层	3s、3p _x 、3p _y 、3p _z

L层上各个原子轨道的能量大小为： $2s < 2p_x = 2p_y = 2p_z$ 。



自我评估

- 下列各电子层不包含p轨道的是()。

A. K电子层 B. L电子层 C. M电子层 D. N电子层
- 下列各原子轨道按能量由小到大顺序排列正确的是()。

A. 2p、1s、3d、2s B. 4f、3d、2p、1s

C. 1s、2p_x、2p_y、2p_z D. 1s、2s、2p、3s
- M电子层可能含有的原子轨道类型、原子轨道数目和可能容纳的最多电子数分别为()。

A. 1, 1, 2 B. 2, 4, 8 C. 3, 9, 18 D. 4, 16, 32
- 具有7个空间伸展方向的原子轨道类型是()。

A. s型原子轨道 B. p型原子轨道

C. d型原子轨道 D. f型原子轨道
- 各个电子层均包含的原子轨道类型是()。

A. s型原子轨道 B. p型原子轨道

C. d型原子轨道 D. f型原子轨道
- 将下列多电子原子的原子轨道按轨道能量由低到高的顺序排列。

3p 1s 2p 2s 3s 4s

拓展视野

原子轨道与四个量子数

量子力学理论是到目前为止能较好地揭示原子结构实质的理论,它用三个只能取整数的量子数 n 、 l 、 m 共同描述原子轨道。

(1) 主量子数 n 。

量子数 n 称为主量子数。 n 的取值为正整数 1, 2, 3, 4, 5, 6, ..., 对应的符号为 K, L, M, N, O, P 等。一般而言, n 越大, 电子离核的平均距离越远、能量越高, 因此将 n 值所表示的电子运动状态称为电子层。

(2) 角量子数 l 。

量子数 l 称为角量子数。对于确定的 n 值, l 共有 n 个值: 0, 1, 2, 3, ..., $(n-1)$, 对应的符号分别为 s, p, d, f 等。若两个电子所取的 n 、 l 值均相同, 就表明这两个电子具有相同的能量。因此, 我们用能级来表示具有相同 n 、 l 值的电子运动状态。在一个电子层中, l 有多少个取值, 就表示该电子层有多少个不同的能级。

(3) 磁量子数 m 。

科学实验发现, 在没有外磁场时, 量子数 n 、 l 相同的状态的能量是相同的; 有外磁场时, 这些状态的能量就不同了。我们用磁量子数 m 来标记这些状态。

对每一个确定的 l , m 值可取 0, ± 1 , ± 2 , ..., $\pm l$, 共 $(2l+1)$ 个值。这样, 对同一个能级 l 而言, 在外磁场存在下, 原来光谱中的 1 条谱线会分裂为多条谱线。如图 1.2-1 所示, 无外磁场时的 1 条谱线在外磁场存在时分裂为 3 条。

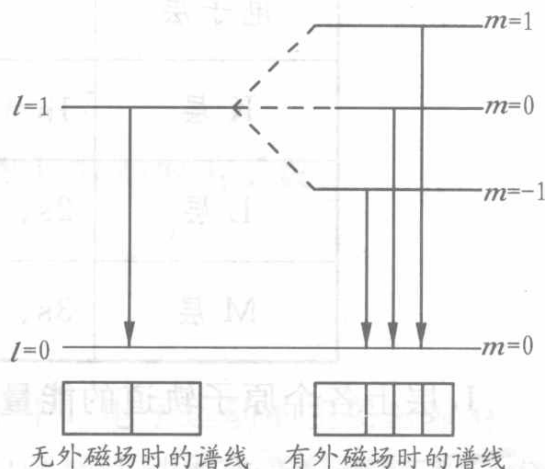


图 1.2-1

这样, 一旦确定了 n 、 l 和 m , 就确定了原子核外电子的空间运动状态, 我们通常用原子轨道表示 n 、 l 和 m 确定的核外电子的空间运动状态。

(4) 自旋磁量子数 m_s 。

高分辨光谱实验事实揭示电子还存在着一种奇特的量子化运动, 人们称其为自旋运动。我们用自旋磁量子数 m_s 来描述电子的自旋运动。处于同一原子轨道上的电子自旋运动状态只能有两种, 分别用自旋磁量子数 $m_s = +\frac{1}{2}$ (通常用符号“ \uparrow ”表示) 和 $m_s = -\frac{1}{2}$ (通常用符号“ \downarrow ”表示) 来描述。

原子核外电子的排布

学习目标

1. 掌握原子核外电子排布所遵循的原理。
2. 掌握各原子轨道能量高低顺序。
3. 掌握 1 至 36 号元素原子的电子排布式、轨道表示式 and 外围电子构型。

要点透析

1. 原子轨道的能量。

在K层和L层中，各原子轨道的能量大小遵循电子层越高的原子轨道能量越高的规律。但是随着电子层数的增加，每个电子层内所包含的原子轨道类型的增多，原子轨道数的增加，情况就较复杂，各原子轨道的能量有时会出现交错现象，即可能产生电子层数低的原子轨道的能量反而比电子层数高的原子轨道更高。如：3d轨道和4s轨道就是如此，3d轨道的能量大于4s轨道能量，因此填充电子时先填充4s轨道后填3d轨道。

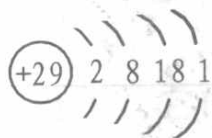
2. 核外电子的排布。

按照原子核外电子排布的能量最低原理，原子核外电子先占有能量低的轨道，由于4s原子轨道的能量低于3d原子轨道的能量，所以应是先排满4s轨道后再排3d轨道。但是，个别原子的核外电子排布却不是如此，如24号元素铬Cr，它的电子排布式是： $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$ ，这主要是由于当4s只排一个电子，其余电子排在3d上时能够使4s原子轨道和3d原子轨道均达到半满状态，这样的排布方式比排成 $3d^4 4s^2$ 的能量更低，更稳定。这样的情况在1到36号元素原子中还有铜原子，它的电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$ 。

方法指津

例1 某种金属是生命必需的元素，这种金属也是人类最早使用的金属之一，早在西汉时期就开始使用此金属，而这种金属的一种化合物构成的试剂现在经常用于检验糖尿病病人尿液中葡萄糖的含量。已知该元素原子的电子排布式为： $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$ 。请推断该元素并由电子排布式改写为原子结构示意图，写出它的外围电子排布式。

解析 用于检验糖尿病病人尿液中葡萄糖含量的一种金属化合物是新制的氢氧化铜悬浊液，结合题意，可知该金属是铜元素。从元素的电子排布式可以看出，各电子层上的电子数分别为：K层有2个电子，L层上有8个电子，M层上有18个电子，N层上有一个电子，共有29个电子。由此可以定出铜元素的原子结构示意图为：



它的外围电子排布式是： $3d^{10} 4s^1$ 。

评注 同一电子层上各原子轨道所容纳的电子数即该电子层上的电子数。由此可见，原子结构示意图对原子核外电子的表示比较粗略，而电子排布式才清晰地表示核外电子各个原子轨道上的具体情况。

例2 人体血红蛋白中含有 Fe^{2+} ，如果误食亚硝酸盐，会使人中毒，因为亚硝酸盐会使 Fe^{2+} 转化为 Fe^{3+} ，生成高铁血红蛋白而丧失与氧气的结合能力。请从铁原子的电子排布式分析：铁元素为什么会出现+2价和+3价，且+3价稳定？

解析 铁的原子序数为26，按照原子核外电子的排布规律，其电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$ ，价电子为 $3d^6 4s^2$ 。

由洪特规则可知，原子轨道全空、全满或半满时，能量最低，原子最稳定，所以在反应中铁失去3个电子时，将达到3d轨道半满4s轨道全空，所以铁元素+3价较稳定。而+2价的铁离子是失去4s层上的两个电子，此时3d轨道上有6个电子。

评注 根据原子轨道能量顺序,在排布电子时是先排 4s 轨道上的电子,后排 3d 轨道上的电子,但形成离子时,仍是首先失去 4s 轨道上的电子,再失去 3d 轨道上的电子。所以 Fe^{2+} 的电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6$, Fe^{3+} 的外围电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5$ 。



自我评估

- 某元素原子的核外电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$, 则该元素是 ()。
 - K
 - S
 - Cl
 - P
- 若将 ${}_6\text{C}$ 的原子轨道表示式写成: $1s \quad 2s \quad 2p$

↑↓	↑↓	↑↓		
----	----	----	--	--

 , 它违背了 ()。
 - 能量守恒原理
 - 能量最低原理
 - 泡利不相容原理
 - 洪特规则
- 下列各轨道按能量由小到大排列, 正确的是 ()。
 - 3d 4s 4p 4d 5s
 - 4s 3d 4p 5s 4d
 - 4s 3d 5s 4p 4d
 - 3d 4s 5s 4p 4d
- 某主族元素的原子, M 层上有出现半满的 s 原子轨道或 p 原子轨道, 这种原子的质子数 ()。
 - 只能是 7
 - 只能是 15
 - 是 11 或 15
 - 是 11 或 13
- 某元素原子的 N 层上只有 2 个电子, 则该原子的第三电子层上的电子数可能有 ()。
 - 8
 - 18
 - 8~18
 - 18~32
- 某原子的 M 层有 6 个电子, 则该原子 2p 轨道中有 个电子, 3p 轨道中有 个电子。
- (1) 由下列原子结构示意图改写为电子排布式:
 - | | | | | |
|-----|---|---|----|---|
| +29 | 2 | 8 | 18 | 1 |
|-----|---|---|----|---|

 _____;

+26	2	8	14	2
-----	---	---	----	---

 _____。

 (2) 由电子排布式改写为原子结构示意图:

 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^1 4s^2$ _____;

 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^5$ _____。

8. 写出原子序数为 11、13、16 三种原子的电子排布式, 并写出三者最高价氧化物对应水化物相互反应的离子方程式。

归纳整合

人类对原子结构的认识过程：道尔顿的原子学说→汤姆生的“葡萄干面包式”模式→卢瑟福的核外模型→玻尔的原子结构模型

核外电子运动状态的描述：电子层、原子轨道、轨道在空间的伸展方向

核外电子排布 $\left\{ \begin{array}{l} \text{能量最低原理} \\ \text{泡利不相容原理} \\ \text{洪特规则} \end{array} \right\}$ 表示方法：电子排布式、轨道表示式

例1 写出原子序数为26的元素在周期表的位置，并完成下列问题：

- (1) 写出该元素原子的电子排布式；
- (2) 该元素原子的核外电子的运动状态共有_____种；
- (3) 该元素原子的核外电子所处的原子轨道类型有_____种，分别是_____；
- (4) 当该元素原子失去2个电子形成离子时，该离子的外围电子排布式为_____。

解析 原子序数为26的元素是铁，它在周期表的位置是第4周期Ⅷ族，它的电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$ ；原子核外的电子没有完全相同的运动状态，所以核外26个电子，就有26种运动状态，原子轨道类型有s、p、d三种；当铁原子失去2个电子形成亚铁离子时，首先失去的是最外层4s上的电子，所以亚铁离子的外围电子排布为 $3d^6$ 。

例2 已知A、B、C、D、E五种元素的原子序数依次增大，且在周期表中A和D是同主族元素，D和E处于同一周期。A原子核外只有一个电子；B原子只有2个电子层，且在s轨道上的电子数和在p轨道上的电子数相等；C为非金属元素，且其原子核外3p轨道上只有一个未成对电子；E原子核外的次外层上有三种原子轨道类型，且有5个未成对电子，但4s轨道上全满。

- (1) 写出A、B、C、D、E五种元素的元素符号；
- (2) 写出A、B、C、D、E五种元素原子的电子排布式；
- (3) A原子的电子云形状是_____；
- (4) B原子的p轨道上有_____个电子，它们的能量_____（填“相等”或“不相等”）；
- (5) E和B元素形成的化合物 EB_2 可以用作催化剂，试举出一个例子并用化学方程式表达：_____。该化合物也可用于单质C的制取，写出相应的化学方程式，并说明该化合物在反应中的作用：_____。

解析 依题意可知，A是氢元素，所以氢原子的核外电子排布式是： $1s^1$ ，它的电子云形状是球形；B原子的电子排布式是 $1s^2 2s^2 2p^4$ ，因此B元素是氧元素，它的电子排布式是： $1s^2 2s^2 2p^4$ ，它的p轨道上的4个电子能量相同；C原子的电子排布式是 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ ，它是氯元素；E原子的电子排布式 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^2$ ，它是锰元素；D与A同主族，与E同周期，则D是钾元素，它的电子排布式为： $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$ 。化合物 EB_2 是二氧化锰，它作催化剂的例子是：

