

高等学校教学参考书

《无机化学与化学分析》 学习指导

高胜利 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

06
169

高等学校教学参考书

《无机化学与化学分析》 学习指导

高胜利 主编

高等教育出版社

内容提要

本书为史启祯教授主编的《无机化学与化学分析》(第二版)的配套教学参考书。全书共18章,1~7章为普通化学原理部分,8~11章为化学分析部分,12~17章为元素化学部分,18章为核化学简介。每章包括五部分内容:第一部分为教学基本要求;第二部分为要点;第三部分为学生自测练习题及答案;第四部分为课后习题解答;第五部分为中文参考文献。本书内容丰富,难度适中,编排特色明显,适于学习使用。

本书可作为综合性大学和师范类院校化学专业学生学习普通化学和化学分析的辅助教材,也可供其他高等院校相关专业学生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

《无机化学与化学分析》学习指导/高胜利主编. 北京:高等教育出版社,2005.5
ISBN 7-04-016448-5

I. 无... II. 高... III. ①无机化学-高等学校-教学参考资料②化学分析-高等学校-教学参考资料
IV. O6

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第021910号

策划编辑 郭新华 责任编辑 郭新华 封面设计 张楠
版式设计 张岚 责任校对 尤静 责任印制 孔源

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网址	http://www.hep.edu.cn
总机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
		网上订购	http://www.landaco.com
经销	北京蓝色畅想图书发行有限公司		http://www.landaco.com.cn
印刷	北京铭成印刷有限公司		
开本	787×960 1/16	版次	2005年5月第1版
印张	14.75	印次	2005年5月第1次印刷
字数	270 000	定价	15.90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 16448-00

编者的话

史启祯教授编写的《无机化学与化学分析》是高等教育出版社为应用化学专业出版的第一本专业基础课教材,这是一本将无机化学与化学分析内容合并的教材。该教材第一版深得教师和学生的喜爱,我们已经连续使用了6年。由于在史先生身边工作,我们得以先睹第二版书稿的“芳容”。不论是内容、结构还是语言,它均给人耳目一新的感觉。

我们曾经为第一版编写了“学习指导书”,但当时仅供“内部使用”。当然,我们也不时遇到兄弟院校主讲教师和考研学生索要这本资料的情况。为了给使用该教材的读者提供教学方便,我们编写了本书,它配套于同时出版的第二版教材主篇各章的内容,每章内容包括以下几个方面:

1. 教学基本要求 注重与教材、教学过程的结合,让学生了解要求达到的基本水准。

2. 要点 按照教材内容的顺序,摘出基本概念、名词(与各章的“glossary”相呼应)和公式,用学生更易接受和理解的文字作表述。元素部分则侧重于重点元素主要化学反应的提要。

3. 学生自测练习题 侧重于学生对概念的理解,通常是较为简单的练习,随手而习之。常言道,“过手一遍,胜过过目千遍”,自测题提供了一个“过手”的机会,对学生加深印象不无好处。各章自测题均有是非题、选择题和填空题,第1至第11章及第18章加有计算题,第12至第17章加有完成并配平化学方程式及简答题。所有自测练习题配有答案供参考。

4. 课后习题 教科书习题本身是以英文表达的,教学指导书将其译为中文并配有答案。这部分内容意在让学生更好地掌握主教材的内容。

5. 中文参考文献 让刚入大学的学生一开始就培养查阅化学文献的习惯,一直是我们加强素质教育和能力培养的重要举措之一。考虑到一年级学生的实际情况,这里引用的全是中文文献。

参加本书编写的都是课程组教学一线的成员,他们是高胜利(全书策划、统稿)、陈三平(1~7章、18章)、赵景婵(8~11章)、谢钢(12~15章)和王尧宇(16~17章)。最后由史启祯先生审稿。这里对在教学实践中使用过本书内容并提出过宝贵意见的西安电子科技大学梁燕萍教授、陕西科技大学李仲谨教授和顾玲教授表示感谢。

我们期望本书的出版能为学习主教材锦上添花。如果有的学生只图方便而

II // 编者的话

与主教材本末倒置,那就不是我们的本意了。限于水平,错误和不足在所难免,期望使用本书的教师和学生提出批评。

高胜利

于西北大学紫藤园

2004年12月

目 录

第一章	原子结构和元素周期表	1
第二章	化学键与分子结构	14
第三章	化学热力学的初步概念与化学平衡	28
第四章	化学反应速率与化学动力学的初步概念	44
第五章	酸、碱和酸碱反应	59
第六章	氧化还原反应与电化学	69
第七章	金属配位化合物	80
第八章	酸碱平衡和酸碱滴定	93
第九章	沉淀溶解平衡和沉淀滴定	103
第十章	条件稳定常数和络合滴定	111
第十一章	条件电势和氧化还原滴定	120
第十二章	s 区元素	129
第十三章	p 区元素(一)	141
第十四章	p 区元素(二)	160
第十五章	d 区元素	181
第十六章	f 区元素	199
第十七章	氢	209
第十八章	核化学简介	217

第一章

原子结构和元素周期表

一、教学基本要求

1. 初步了解原子核外电子运动状态的近代概念,原子能级、波粒二象性、波函数和电子云;
2. 熟悉四个量子数对核外电子运动状态的描述;
3. 熟悉 s, p, d 原子轨道的形状和方向;
4. 掌握原子核外电子排布的一般规律及 s, p, d, f 区元素的电子结构特征;
5. 会从原子的电子层结构说明元素性质,并熟悉原子半径、电离能、电子亲和能、电负性的概念和周期性变化。

二、要点

1. 原子序数(atomic number) 元素原子核内的质子数。
2. 原子质量单位(atomic mass unit) 表示单个原子的质量的单位。一个原子质量单位(u)为碳原子(^{12}C)质量的 $1/12$ 。
3. 质量数(mass number) 原子核内质子数与中子数之和,称作该原子的质量数。
4. 光电效应(photoelectric effect) 用一定频率的电磁辐射轰击物质的表面,释放出电子的现象。
5. 波粒二象性(wave-particle duality) 微观粒子(如光子、电子等)在不同条件下能分别显示出波动性和微粒性的特征称为波粒二象性,是微观粒子的基本属性之一。光在衍射中显示出波动性,而在光电效应中则又显示出微粒性。
6. 不确定原理(uncertainty principle) 指不可能同时测得电子的动量及其在空间的确切位置。
7. 波动力学模型(wave mechanical model) 基于波粒二象性、海森堡的不确定原理以及可将电子视作物质波等理论的量子理论模型。
8. 波函数(wave functions) 波动力学方程的数学解就是波函数或原子轨道,是量子力学中表征微观粒子或其体系运动状态的函数。在原子中核外电子的运动状态就是用波函数 ψ 来描述的,是量子力学的基本方程(薛定谔方程)的

解,它不是一个数值,而是一个函数式。微观粒子的各种物理量,都可通过波函数来确定。在空间某点,微观粒子(如电子等)出现的概率密度,跟波函数绝对值的平方 $|\psi|^2$ 成正比。

9. 有效核电荷(Z_{eff})(effective nuclear charge) 原子内作用于电子的核的正电荷,其值为去掉其他电子对该电子的屏蔽(或排斥)作用的实际核电荷。

10. 能量最低原理(the lowest-energy principle) 电子首先占据低能量的轨道,只有低能级的轨道被占据后电子才有可能进入高能级的轨道。

11. 泡利不相容原理(Pauli exclusion principle) 不存在四个量子数都相同的两个电子,即运动状态完全相同的电子是不存在的。

12. 洪特规则(Hund's rule) 只要轨道的能量相同,较成对而言电子更希望独自占据轨道。

13. 电子自旋(electron spin) 电子自身运动的一个特点,可引起原子磁性的变化。电子自旋的两种可能为 $+1/2$ 和 $-1/2$ 。成对的两电子自旋方向相反,而分占轨道的电子自旋平行。

14. 电子构型(electronic configuration) 指原子内的所有电子对占据轨道的指派。

15. 周期律(periodic law) 元素的物理性质及化学性质是原子序数的周期性函数。

16. 共价半径(covalent radius) 以共价键键合的两个成键原子中心连线距离的一半。

17. 金属半径(metallic radius) 在固体金属内相邻原子中心距离的一半。

18. 镧系收缩(lanthanide contraction) 随f亚层电子的填充,镧系元素的原子半径缓慢地减小的现象。

19. 电离能(ionization energy) 第一电离能是指气态原子失去一个电子而成为气态正离子所需要的能量。

20. 电子亲和能(electron affinity) 中性气态原子获得一个电子而成为气态负离子所发生的能量变化。

21. 电负性(electronegativity) 指作为化合物一方的某元素的原子吸引电子的能力。

三、学生自测练习题

1. 是非题(判断下列各项叙述是否正确,对的在括号中填“√”,错的填“×”)

1.1 氢原子2s轨道和2p轨道能量相同,但氟原子的2s轨道能量低于2p轨道能量。()

- 1.2 氧原子的 2s 轨道的能量与碳原子的 2s 轨道的能量相同。 ()
- 1.3 主量子数 n 为 3 时有 3s, 3p, 3d, 3f 四条轨道。 ()
- 1.4 所有微粒都既有粒子性又有波动性。 ()
- 1.5 概率径向分布图中出现电子概率最大的球壳处, 电子出现的概率密度也最大。 ()
- 1.6 原子轨道图是 ψ 的图形, 故所有原子轨道都有正、负部分。 ()
- 1.7 多电子原子中, 若几个电子处在同一能级组, 则它们的能量也相同。 ()
- 1.8 多电子原子的能级图表示的是一个近似能级关系。 ()
- 1.9 假如锂原子中电子产生的屏蔽效应比实际情况大, 则锂原子中电子的能量比实际大。 ()
- 1.10 Be 的核电荷大于 Li 的, 但电子亲和能却比 Li 小。 ()
- 1.11 元素所处的族数与其原子最外层的电子数相同。 ()
- 1.12 所有元素原子的有效核电荷总小于其核电荷。 ()
- 1.13 通常所谓的原子半径, 并不是指单独存在的自由原子本身的半径。 ()
- 1.14 任何元素的第一电离能总是吸热的。 ()
- 1.15 电负性是综合考虑电子亲和能和电离能的量, 后两者都是能量单位, 所以前者也用能量作单位。 ()

2. 选择题(选择正确答案的题号填入)

- 2.1 玻尔的氢原子理论主要成功之处是 ()
- 证明了原子核外电子是在球形轨道上运动
 - 说明了原子中电子的能量只具有某些特定数值
 - 解释了氢原子的光谱线
 - 证明了氢原子中, 电子距核越远, 电子的运动速率越大
- 2.2 证明电子具有波粒二象性的方法是 ()
- 玻尔理论不能解释多电子原子的光谱
 - 用照相机直接对电子照相, 可得到类似于机械波的波形
 - 使用德布罗意关系式计算
 - 使一束加速的电子通过 Al 的晶体薄片得到的衍射图
- 2.3 使用能级图时, 不该出现的错误是 ()
- 能级图表示的能级关系是绝对的
 - 每种元素中, 多电子能级之间的能量差不同
 - 能级图中, 每一个表示轨道的圆圈中, 最多只能容纳自旋方向相反的两个电子

- d. 能级图综合地体现了同一原子中不同电子的屏蔽效应
- 2.4 元素原子的电子分布,有的出现“例外”,主要是由于 ()
- 电子分布的三个原则不适用于该元素的原子
 - 泡利不相容原理有不足之处
 - 通常使用的能级图有近似性
 - 该元素原子的电子分布必须服从四个量子数的规定
- 2.5 同一原子中,可能存在下列量子数的两个电子是 ()
- $(1, 1, 0, +\frac{1}{2})$ 和 $(1, 0, 0, -\frac{1}{2})$
 - $(2, 0, 1, +\frac{1}{2})$ 和 $(2, 0, 0, -\frac{1}{2})$
 - $(3, 2, 0, -\frac{1}{2})$ 和 $(3, 2, 1, -\frac{1}{2})$
 - $(1, 0, 0, -\frac{1}{2})$ 和 $(1, 0, 0, -\frac{1}{2})$
- 2.6 下列状态中不是基态的是 ()
- 通常条件的气体 H_2
 - 氟原子中有 5 个 3p 电子
 - 氧原子的电子结构为 $1s^2 2s^2 2p^4$
 - 氢原子中电子处在 $n=1$ 的状态
- 2.7 在一个多电子原子中,具有下列各套量子数的电子,能量大的电子具有的量子数 (n, l, m, m_s) 是 ()
- $(3, 2, +1, +\frac{1}{2})$
 - $(2, 1, +1, -\frac{1}{2})$
 - $(3, 1, 0, -\frac{1}{2})$
 - $(3, 1, -1, +\frac{1}{2})$
- 2.8 在氢原子中,对 $r=53 \text{ pm}$ 处的正确描述是 ()
- 该处 1s 电子云最大
 - r 是 1s 径向分布函数的平均值
 - 该处为氢原子 Bohr 半径
 - 该处是 1s 电子云界面
- 2.9 下列各组量子数中,合理的一组是 ()
- $n=3, l=1, m=+1, m_s=+\frac{1}{2}$
 - $n=4, l=25, m=-1, m_s=+\frac{1}{2}$
 - $n=3, l=3, m=+1, m_s=-\frac{1}{2}$

- d. $n=4, l=2, m=+3, m_s=-\frac{1}{2}$
- 2.10 按类氢原子轨道能量计算公式, Li^{2+} 电子在 $n=1$ 轨道上的能量与 H 原子在 $n=1$ 轨道上能量之比为 ()
 a. 3:1 b. 6:1 c. 9:1 d. 1:3
- 2.11 下列哪一个轨道上的电子, 在 xy 平面上的电子云密度为零 ()
 a. $3p_z$ b. $3d_{z^2}$ c. $3s$ d. $3p_x$
- 2.12 $\psi(3, 2, 1)$ 代表简并轨道中的一条轨道是 ()
 a. $2p$ 轨道 b. $3d$ 轨道 c. $3p$ 轨道 d. $4p$ 轨道
- 2.13 原子轨道角度分布图中, 从原点到曲面的距离表示 ()
 a. ψ 值的大小 b. r 值的大小 c. Y 值的大小 d. $4\pi r^2$ 值的大小
- 2.14 下列离子中外层 d 轨道达半满状态的是 ()
 a. Cr^{3+} b. Fe^{3+} c. Co^{3+} d. Cu^+
- 2.15 基态原子的第五电子层只有 2 个电子, 则原子的第四电子层中的电子数 ()
 a. 肯定为 8 个 b. 肯定为 18 个
 c. 肯定为 8~18 个 d. 肯定为 8~32 个
- 2.16 下述离子中半径最小的是 ()
 a. Rb^+ b. Sc^{3+} c. Ti^{4+} d. Ti^{3+}
- 2.17 若知下列三式的电离能分别为 E_1, E_2, E_3 , 则这些电离能的正确关系是
 $\text{Li}(g) \longrightarrow \text{Li}^+(g) + e^- \quad E_1$
 $\text{Li}^+(g) \longrightarrow \text{Li}^{2+}(g) + e^- \quad E_2$
 $\text{Li}^{2+}(g) \longrightarrow \text{Li}^{3+}(g) + e^- \quad E_3$ ()
 a. $E_1 = E_2 = E_3$ b. E_1 最大 c. E_2 最大 d. $E_3 > E_2 > E_1$
- 2.18 性质最相似的两种元素是 ()
 a. Zr 和 Hf b. Ru 和 Rh c. Mn 和 Mg d. Cu 和 Cr
- 2.19 下列原子中, 第一电离能最小的是 ()
 a. B b. C c. Al d. Si
- 2.20 下列原子中, 第一电子亲和能最大的是 ()
 a. N b. O c. P d. S
- 2.21 下列各组元素中, 电负性依次减小的是 ()
 a. $\text{K} > \text{Na} > \text{Li}$ b. $\text{O} > \text{Cl} > \text{H}$ c. $\text{As} > \text{P} > \text{H}$ d. 三组都对

3. 填空题

- 3.1 波函数 ψ 是描述_____的数学函数式, 它和_____是
 同义词, $|\psi|^2$ 的物理意义是_____, 电子云是_____的形象

表示。

- 3.2 氢原子的基态 1s 电子在距核 53 pm 附近的 _____ 中出现的 _____ 最大, 是因为距核更近时, _____ 虽大, _____ 却较小, 因而 _____ 较小, 距核更远时, _____ 虽较大, _____ 却很小, 因而 _____ 也较小。
- 3.3 M^{3+} 离子 3d 轨道上有 3 个电子, 表示电子可能的运动状态的四个量子数是 _____, 该原子的核外电子排布是 _____, M 属 _____ 周期, 第 _____ 列的元素, 它的名称是 _____, 符号是 _____。
- 3.4 Au 是第六周期第 11 列元素, 它的价电子层结构是 _____; Ti 的原子序数是 22, Ti^{3+} 离子的价电子层结构为 _____。
- 3.5 元素的性质随着 _____ 的递增而呈现周期性的变化, 这是原子的 _____ 变化的反映; 用原子轨道光谱符号来表示, 第四、六周期分别是 _____ 能级组和 _____ 能级组。
- 3.6 下列气态原子或离子在基态时各有几个不成对电子?
 ${}_5B$ (), ${}_8O$ (), ${}_{21}Sc^{3+}$ (), ${}_{24}Cr^{3+}$ (), ${}_{77}Ir^{3+}$ ()
- 3.7 如果发现了第 121 号元素 M 时, 则其所在周期数为 _____, 所在列为 _____; 其金属活泼性较同列其他元素要 _____; 其特征氧化态的氧化物化学式为 _____。
- 3.8 原子序数为 24 的原子, 其价电子层结构是 _____, 3d 原子轨道的符号分别为 _____。
- 3.9 周期表中的元素可以分为 _____ 个区, 各区元素的电子构型特点为 _____。
- 3.10 原子参数是指 _____, 重要的原子参数有 _____、_____、_____、_____、_____和 _____ 等。

4. 计算题

- 4.1 分别计算一个氢原子和 1 mol 氢原子的电离能。
- 4.2 通过查表计算 1.00 g 气态 Cl 原子完全转化为气态 Cl^- 离子所释放出的能量。
- 4.3 试计算 He^+ , Li^{2+} 的电离能。
- 4.4 按斯莱脱规则计算 K, Cu 和 I 的最外层电子感受到的有效核电荷及相应能级的能量。
- 4.5 通过近似计算说明, 12 号、16 号、25 号元素的原子中, 4s 和 3d 哪一个能级的能量高?

自测练习题答案



1. 是非题

- 1.1 (√) 1.2 (×) 1.3 (×) 1.4 (√) 1.5 (×) 1.6 (×)
 1.7 (×) 1.8 (√) 1.9 (√) 1.10 (√) 1.11 (×) 1.12 (×)
 1.13 (√) 1.14 (√) 1.15 (×)

2. 选择题

- 2.1 (b) 2.2 (d) 2.3 (a) 2.4 (c) 2.5 (c) 2.6 (b)
 2.7 (a) 2.8 (c) 2.9 (a) 2.10 (c) 2.11 (a) 2.12 (b)
 2.13 (c) 2.14 (b) 2.15 (c) 2.16 (c) 2.17 (d) 2.18 (a)
 2.19 (c) 2.20 (d) 2.21 (b)

3. 填空题

- 3.1 核外电子运动状态, 原子轨道, 概率密度, 概率密度
 3.2 球壳, 概率, 概率密度, 球壳总体积, 概率, 球壳总体积, 概率密度, 概率
 3.3 $n = 3, l = 2, m = 0, \pm 1, \pm 2$ 中任意 3 个, $m_s = +1/2$ 或 $-1/2$,
 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$, 四, 6, 铬, Cr
 3.4 $5d^{10} 6s^1, 3s^2 3p^6 3d^1$
 3.5 原子序数, 电子层结构周期性, $4s^3 4p, 6s^4 5d^6 p$
 3.6 1, 2, 0, 3, 4
 3.7 8, 3, 活泼, M_2O_3
 3.8 $3d^5 4s^1, 3d_{xy}, 3d_{xz}, 3d_{yz}, 3d_{z^2-y^2}, 3d_{z^2}$
 3.9 4 个区, s 区: $ns^{1\sim 2}$, p 区: $ns^2 np^{1\sim 6}$, d 区: $(n-1)d^{1\sim 10} ns^{1\sim 2}$, f 区: $(n-2)f^{1\sim 14}$
 $(n-1)d^{0\sim 1} ns^2$
 3.10 用以表达原子特征参数, 原子核电荷数, 相对原子质量, 原子半径, 电离能, 电子亲和能, 电负性

4. 计算题

- 4.1 应用里德堡公式算得 ν , 代入 $E = h\nu$ 计算。 $2.179 \times 10^{-18} \text{ J}, 1312 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
 4.2 Cl 原子的电子亲和能为 3.7 eV 原子, $1 \text{ eV} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}, 10 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
 4.3 $5249.06 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}, 11809.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
 4.4 $K: Z^* = 2.2, E = -1012.86 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}; \text{Cu}: Z^* = 3.7, E = -1703.45 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}; \text{I}: Z^* = 7.25, E = -3170.96 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
 4.5 提示: 对 12 号、16 号元素计算时, 先假设有 1 个 3s 或 3p 电子已激发到 4s 或 3d 轨道上, 然后按激发态电子排布式计算。
 12 号: $E_{4s} = -1.3 \times 10^{-20} \text{ J}, E_{3d} = -1.78 \times 10^{-20} \text{ J};$
 16 号: $E_{4s} = -3.06 \times 10^{-20} \text{ J}, E_{3d} = -1.78 \times 10^{-20} \text{ J};$

$$25 \text{ 号: } E_{4s} = -1.3 \times 10^{-19} \text{ J}, E_{3d} = -6.27 \times 10^{-19} \text{ J}$$

四、课后习题

1. 区分下列概念

- (1) 质量数和相对原子质量
- (2) 连续光谱和线状光谱
- (3) 定态、基态和激发态
- (4) 顺磁性和逆磁性
- (5) 波长、波数和频率
- (6) 经典力学轨道和波动力学轨道
- (7) 电子的粒性与波性
- (8) 核电荷和有效核电荷

解答:

(1) 质量数:指同位素原子核中质子数和中子数之和,是接近同位素量的整数。相对原子质量:符号为 A_r ,被定义为元素的平均原子质量与核素 ^{12}C 原子质量的 $1/12$ 之比,代替“原子量”概念(后者已被废弃);量纲为 1(注意相对概念)。

(2) 连续光谱:波长连续分布的光谱。炽热的固体、液体或高压液体往往发射连续光谱。电子和离子复合时,以及高速带电离子在加速场中运动时亦能发射这种光谱。

线状光谱:彼此分立、波长恒定的谱线。原子受激发(高温、电弧等)时,电子由低能级轨道跃迁到高能级轨道,回到低能级时产生发射光谱(不同原子具有各自特征波长的谱线)。

(3) 定态是由固定轨道延伸出来的一个概念。电子只能沿若干条固定轨道运动,意味着原子只能处于与那些轨道对应的能态,所有这些允许能态统称为定态。主量子数为 1 的定态叫基态,其余的定态都是激发态。波动力学中也用基态和激发态的概念。

(4) 物质在外磁场中表现出来的性质。受吸引的性质叫顺磁性,这类物质中含有未成对电子;受排斥的性质叫抗磁性,这类物质中不含未成对电子。

(5) 波长:符号 λ ,单位 m (或 m 的倍数单位);波数:符号 σ ,单位 m^{-1} (常用 cm^{-1});频率:符号 ν ,单位 Hz 。相互关系: $\sigma=1/\lambda, \nu=c/\lambda$ 。

(6) 汉语中都叫原子轨道,但英语中的区分却是明确的。“orbital”是波动力学的原子轨道,是特定能量的某一电子在核外空间出现机会最多的那个区域,亦叫“原子轨函”。“orbit”是玻尔从旧量子学提出的圆形原子轨道。

(7) 粒性:电子运动具有微粒运动的性质,可用表征微粒运动的物理量(如

距离和动量)描述;波性:电子运动也具有波的性质(如衍射),可用表征波的物理量(如波长和频率)描述。

(8) 核电荷是原子核具有的正电荷数,符号为 Z ;有效核电荷是原子中某一特定电子所感受到的实际核电荷,通常用 Z^* 表示;联系两者的关系式为: $Z^* = Z - \sigma$, σ 叫屏蔽参数。

2. 计算质量为 145 g ,速率为 $168 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 的垒球的德布罗意波长。

解答:

代入德布罗意公式得 $\lambda = 9.79 \times 10^{-35} \text{ m}$

3. 下列哪一组量子数是不合理的?

- (1) $n=2, l=2, m=0$
- (2) $n=2, l=1, m=1$
- (3) $n=3, l=0, m=3$
- (4) $n=2, l=3, m=0$
- (5) $n=3, l=2, m=2$

解答:

不合理的有(1) l 的取值不能等于 n 值;(3) m 的取值只能在 $-l$ 至 $+l$ 之间;(4) l 的取值不能大于或等于 n 。

4. 写出下列微粒的电子结构

(1) Zn; (2) Mn; (3) As; (4) Rb; (5) F; (6) Cr; (7) Cu; (8) Fe^{2+} ; (9) V^{2+} ; (10) La^{3+}

解答:

原子或离子	电子构型	磁性质	原子或离子	电子构型	磁性质
Zn	$[\text{Ar}]3d^{10}4s^2$	反	Cr	$[\text{Ar}]3d^54s^1$	顺
Mn	$[\text{Ar}]3d^54s^2$	顺	Cu	$[\text{Ar}]3d^{10}4s^1$	顺
As	$[\text{Ar}]3d^{10}4s^23p^3$	顺	Fe^{2+}	$[\text{Ar}]3d^64s^0$	顺
Rb	$[\text{Kr}]5s^1$	顺	V^{2+}	$[\text{Ar}]3d^34s^0$	顺
F	$[\text{He}]2s^22p^5$	顺	La^{3+}	$[\text{Xe}]5d^06s^0$	反

5. 完成下列表格

价层电子构型	元素所在周期	元素所在族
$2s^22p^4$		
$3d^{10}4s^24p^4$		
$4f^{14}5d^16s^2$		
$3d^74s^2$		
$4f^96s^2$		

解答:

价层电子构型	元素所在周期	元素所在族
$2s^2 2p^4$	第二周期	16/VII
$3d^{10} 4s^2 4p^4$	第四周期	16/VII
$4f^{14} 5d^1 6s^2$	第六周期	3
$3d^7 4s^2$	第四周期	9
$4f^9 6s^2$	第六周期	3

6. 完成下列表格

价层电子构型	元素所在周期	元素所在族
	3	15/V
	6	11
	4	8
	4	17/VII
	5	2

解答:

价层电子构型	元素所在周期	元素所在族
$3s^2 3p^3$	3	15/V
$4f^{14} 5d^{10} 6s^1$	6	11
$3d^6 4s^2$	4	8
$3d^{10} 4s^2 4p^5$	4	17/VII
$5s^2$	5	2

7. 按照能量从低到高的顺序排:

- (1) $n=4, l=0$; (2) $n=3, l=2$; (3) $n=3, l=0$; (4) $n=3, l=1$

解答:

- (3), (4), (1), (2)

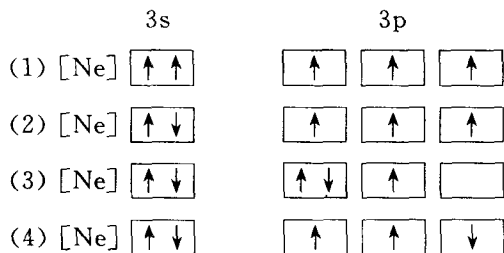
8. 根据能量最低原理画出铜原子的电子构型。由于 d^{10} 构型比较普遍, $4s$ 轨道中的一个电子常被填充到 $3d$ 轨道中, 画出铜原子具有这种排布的电子构型。用这两种电子构型来解释铜原子最外层电子的失去以及重要氧化态。这两种不同的电子构型会不会影响铜原子的磁性?

解答:

按照能量最低原理, 铜的电子构型为: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^9 4s^2$; 重要氧化态为 +2。另一种电子构型为: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$; 重要氧化态为 +1。这两种

电子构型对铜原子的磁性没有影响。

9. 选出正确的磷原子基态的电子构型图, 并对错误的进行更正。



解答:

(1) 错误。3s 电子自旋相同

(2) 正确。

(3) 错误。每个 3p 轨道应该各填充一个未成对电子。

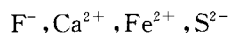
(4) 错误。3p 轨道中填充的未成对电子自旋方向应该相同。

10. 原子序数为奇数的原子都是顺磁性的吗? 原子序数为偶数的原子都是逆磁性的吗? 回答并说明理由。

解答:

所有的原子序数是奇数的原子都是顺磁性的, 因为电子填充到轨道中后肯定有未成对电子。不一定所有的原子序数是偶数的原子都是逆磁性的, 因为电子首先要以相同的自旋方向分别占据等价轨道, 也可能有未成对电子。如碳原子, 原子序数为 6, 有两个未成对电子, 也表现出顺磁性。

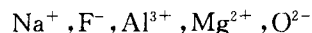
11. 指出具有未成对电子的离子并说明理由。



解答:

Fe^{2+} 。Fe 原子的电子构型为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$, 失去最外层的两个电子后变为 $3d^6$ 结构, 有三个未成对电子。

12. 按照半径大小将下列等电子离子排序, 并说明理由。



解答:

$Al^{3+} < Mg^{2+} < Na^+ < F^- < O^{2-}$ (它们属等电子、同结构物种, 核电荷数决定着半径的大小。)

13. Na^+ 和 Ne 具有相同的电子构型: $1s^2 2s^2 2p^6$, 气态 Ne 原子失去一个电子时 I_1 的值是 $2081 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 而气态 Na^+ 失去第二个电子时 I_2 的值是 $4562 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。试用所学理论进行解释。

解答: