

面向21世纪课程教材辅导丛书

《近代化学导论》(第二版)

Jindai Huaxue Daolun Dierban Xiti Jieda

习题解答

李 姝 叶世海 车云霞 ◎ 编

南开大学出版社

《近代化学导论》(第二版)

习题解答

李 姝 叶世海 车云霞 编

南开大学出版社
天 津

图书在版编目(CIP)数据

《近代化学导论》(第二版)习题解答 / 李姝, 叶世海,
车云霞编. —天津: 南开大学出版社, 2011.12

(南开大学近代化学教材丛书)

ISBN 978-7-310-03809-1

I. ①近… II. ①李… ②叶… ③车… III. ①化学—
高等学校—题解 IV. ①06—44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 238126 号

版权所有 侵权必究

南开大学出版社出版发行

出版人: 孙克强

地址 天津市南开区卫津路 94 号 **邮政编码** 300071

营销部电话: (022)23508339 23500755

营销部传真: (022)23508542 **邮购部电话** (022)23502200

*

天津市蓟县宏图印务有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

2011 年 12 月第 1 版 2011 年 12 月第 1 次印刷

787×960 毫米 16 开本 16 印张 301 千字

定价: 28.00 元

如遇图书印装质量问题, 请与本社营销部联系调换, 电话: (022)23507125

前 言

本书是为申泮文先生主编的《近代化学导论》(第二版)编写的配套教学辅导用书。《近代化学导论》是“面向 21 世纪课程教材”、“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”,2009 年被评为“普通高等教育精品教材”,以该教材为首的“南开大学近代化学教材系列”曾获得 2009 年国家级教学成果一等奖。该教材教学内容和教学方法的改革也曾连续两届获得国家级教学成果奖的奖励。

为给使用《近代化学导论》教材的学生和教师提供学习和教学方便,也为了把我们十几年来将这部教材用于课堂教学实践的点滴经验和体会与同仁共享,为大一基础化学课程的教学改革尽一份力,我们编写了这本习题解答。

在本书中我们针对教材各章内容并依据对教材的理解和多年课堂教学体会,对各章核心内容作了梳理和归纳总结,提出每章教学重点和要求学生掌握的内容。(本书略去教材的第 1 章、第 24 章和第 29~34 章内容)

为了帮助学生深刻理解并掌握课程的教学内容,灵活运用化学反应的基本定律,我们根据多年教学实践体会,还编写了“基础理论部分”和“元素化学部分”各两套综合练习题。教材给出的习题和编写的综合练习题近 600 道,所有题目不仅给出了参考答案,还给出了解题全过程和对题目的分析、解释。通过对解题过程的理解,对培养学生科学的思维方法、提高分析问题和解决问题的能力都能起到积极的作用。

限于编者的能力和水平,书中的错误在所难免,恳切希望使用本书的学生和教师提出批评和意见。我们的联系地址: cheyx@nankai.edu.cn。

最后,感谢南开大学出版社对本书的出版所给予的大力支持。

编 者

2011 年 9 月于南开

目 录

第 2 章	化学基本原理	1
第 3 章	原子的结构	4
第 4 章	电子在原子中的分布	6
第 5 章	离子键理论	14
第 6 章	共价键理论	18
第 7 章	分子之间的力	33
第 8 章	气体	41
第 9 章	液体	51
第 10 章	水和溶液	57
第 11 章	化学反应速率	71
第 12 章	化学热力学初步	81
第 13 章	化学平衡	87
第 14 章	酸碱平衡 酸碱容量分析	97
第 15 章	沉淀反应	108
第 16 章	氧化还原反应 氧化还原容量分析	119
第 17 章	配位化学的初步概念 配位容量分析	131
第 18 章	活泼金属元素 —— 碱金属元素、碱土金属元素和铝	135
第 19 章	非金属元素的通性	149
第 20 章	非金属元素分论 (一) 氢、稀有气体和卤族元素	151
第 21 章	非金属元素分论 (二) 氧和硫	161
第 22 章	非金属元素分论 (三) 氮和磷	169
第 23 章	非金属元素分论 (四) 碳、硅和硼	177
第 25 章	过渡元素	185
第 26 章	过渡后金属元素通论	195
第 27 章	镧系元素和锕系元素	203

第 28 章 化学元素的周期性	206
基础理论部分综合练习一	211
基础理论部分综合练习二	221
元素化学部分综合练习一	233
元素化学部分综合练习二	240
主要参考文献	249

第 2 章 化学基本原理

一、教学要求

1. 了解和复习中学学过的化学基本定律、原子分子学说和化学中的度量衡等内容。
2. 掌握有效数字的基本概念和运算规则。

二、复习问题和作业

2.1 什么是相对原子质量？什么是原子的摩尔质量？两者中哪个是无量纲的物理量？

2.2 下面的符号哪些是化学式？哪些是分子式？

- (1) CaCl_2 (2) HCl (无水气体) (3) KNO_3 (4) H_2O
(5) CuSO_4 (6) H_2SO_4 (无水) (7) NH_3 (无水)

2.3 试用 SI 基本单位表示下列物理量的单位。

- (1) 力 (2) 能量 (3) 压强

2.4 根据有效数字的运算规则进行计算：

(1)
$$\frac{2.568 \times 5.8}{4.186}$$

(2)
$$\frac{3.30 \times 4.62 \times 10.84}{5.68 \times 10^4}$$

(3)
$$\frac{0.1001 \times (25.4508 - 21.52) \times 246.43}{2.0359 \times 1000}$$

(4) $5.41 - 0.398$

(5) $3.38 - 3.01$

(6) $4.18 - 58.16 \times (3.38 - 3.01)$

(7) $2.136 + 23.05 + 185.71 \times 2.283 \times 10^{-4} - 0.00081$

(8) $7.9936 + 0.9967 - 5.02$

$$(9) (1.276 \times 4.17) + 1.7 \times 10^{-4} - (0.0021764 \times 0.0121)$$

$$(10) \text{pH}=11.03, [\text{H}^+]=?$$

2.5 有一数据 25.450 8, 试问它是几位有效数字? 若要求保留 3 位有效数字, 保留后的数是多少?

三、参考答案

2.1 答:

相对原子质量就是该原子的质量相对一个 ^{12}C 原子的质量的 $1/12$ 的比值, 这是一个无量纲的物理量;

原子的摩尔质量是指一摩尔该原子 (6.022×10^{23} 个原子) 的质量, 其单位通常为 $\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ 或者 $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

2.2 答:

(1)、(3)、(5) 是化学式; (2)、(4)、(6)、(7) 是分子式。

2.3 答:

物理量		SI 单位		SI 基本单位表示式
名称	符号	名称	符号	
力	F	牛顿	N	$\text{N} = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} = \text{J} \cdot \text{m}^{-1}$
能量	E	焦耳	J	$\text{J} = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$
压强	p	帕斯卡	Pa	$\text{Pa} = \text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2} = \text{N} \cdot \text{m}^{-2}$

2.4 答:

$$(1) \frac{2.568 \times 5.8}{4.186} = 3.6$$

$$(2) \frac{3.30 \times 4.62 \times 10.84}{5.68 \times 10^4} = 2.91 \times 10^{-3}$$

$$(3) \frac{0.1001 \times (25.4508 - 21.52) \times 246.43}{2.0359 \times 1000} = \frac{0.1001 \times 3.93 \times 246.43}{2.0359 \times 1000} = 0.0476$$

$$(4) 5.41 - 0.398 = 5.01$$

$$(5) 3.38 - 3.01 = 0.37$$

$$(6) 4.18 - 58.16 \times (3.38 - 3.01) = 4.18 - 58.16 \times 0.37 = -1.7 \times 10$$

$$(7) 2.136 + 23.05 + 185.71 \times 2.283 \times 10^{-4} - 0.00081$$

$$= 926.68 \times 10^{-4} + 424.0 \times 10^{-4} - 8.1 \times 10^{-4} = 0.13426$$

$$(8) 7.9936 + 0.9967 - 5.02 = 3.00$$

$$(9) (1.276 \times 4.17) + 1.7 \times 10^{-4} - (0.0021764 \times 0.0121)$$

$$= 5.32 + 1.7 \times 10^{-4} - 0.263 \times 10^{-4} = 5.32$$

$$(10) \text{pH}=11.03, [\text{H}^+]=9.3 \times 10^{-12} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

2.5 答:

这个数据有 6 位有效数字; 若保留 3 位有效数字, 则是 25.5。

第 3 章 原子的结构

一、教学要求

1. 了解电子、质子、中子的发现过程，清楚卢瑟福核型原子模型的依据是什么，X 射线和莫斯莱工作的重要性是什么。
2. 掌握组成原子的基本粒子：原子由原子核和电子组成，原子核带正电荷，电子带负电荷，原子核由质子和中子组成，质子带有一个正电荷，中子不带电荷。
3. 掌握相对原子质量和同位素的概念。

二、复习问题和作业

- 3.1 电子是怎样发现的？怎样证明电子带负电荷？在历史上怎样求得电子的电荷和质量？
- 3.2 人们是怎样认识质子和中子的？
- 3.3 阴极射线和阳极射线有什么区别？为什么阴极射线只能是一种粒子流，而阳极射线可以是不同的粒子流？
- 3.4 怎样判定原子中有一个质量集中和电量集中的带正电的原子核？
- 3.5 怎样判定原子核中的正电荷等于原子序数？
- 3.6 怎样用质谱仪测定相对原子质量？

三、参考答案

3.1 答：

1897 年，英国科学家汤姆逊通过对阴极射线的研究发现了电子。实验证明，在放电管中产生的阴极射线是带负电荷的粒子流，由阴极沿直线射出，所携粒子有速度、有动量，能被电场和磁场偏转。

在历史上，通过汤姆逊的阴极射线实验，求得了阴极射线粒子的电荷和质量比值，又通过密里根的油滴实验，计算出电子的电荷量和电子的质量。

3.2 答:

质子和中子与电子一样,是组成原子的基本粒子,质子带有正电荷,其电荷量等于电子的电荷量,中子不带电荷。质子和中子的质量分别是电子质量的1 800多倍,原子的质量主要来自于质子和中子的质量之和。

3.3 答:

阴极射线是带负电荷的粒子流,由阴极沿直线射出。阳极射线是带正电荷的粒子流,在阴极后面向与阴极射线相反的方向发射。

原子由带正电荷的原子核和带负电荷的电子组成,阴极射线就是带负电荷的电子流,因此阴极射线只能是一种粒子流。而不同的原子,可以有不同的核电荷数,所以阳极射线可以是带不同正电荷的粒子流。

3.4 答:

用卢瑟福的 α 粒子穿透金箔的实验就可以判定原子中有一个质量集中和电荷量集中的带正电荷的原子核。

3.5 答:

用莫斯莱的X射线实验可以判定原子核中的正电荷数等于元素的原子序数。

3.6 答:

用质谱仪测定相对原子质量的方法,请参阅教材第48页。

第 4 章 电子在原子中的分布

一、教学要求

1. 了解电子等微观粒子运动的特殊性：能量量子化，波粒二象性，不确定原理。
2. 了解薛定谔方程的意义，掌握和区分原子轨道、波函数、概率、概率密度、电子云的概念，清楚原子轨道和电子云的角度分布特征和异同点，重点掌握描述电子运动状态的四个量子数的物理意义、取值规律和合理组合。
3. 了解多电子原子中屏蔽效应和钻穿效应的意义及其对电子能量的影响，掌握能级、能级组、电子层、电子亚层和价电子层构型等概念。
4. 根据电子排布三原则和鲍林原子轨道近似能级图，重点掌握原子核外电子排布规律（特殊情况除外），能书写一般元素的原子核外电子排布式和价电子构型，并根据电子排布式判断元素在周期表中的位置及有关性质。
5. 理解原子的电子层结构和元素周期表的关系，元素的若干性质（原子半径、电离势、电子亲和势、电负性）与原子的电子层结构的关系。

二、复习问题和作业

- 4.1 假设原子是一个球体，原子半径为 100 pm，原子核的半径为 10^{-3} pm，试计算原子核与原子的体积的比值。
- 4.2 试计算波长为 401.4 nm（相当于钾的紫光）的光子的质量 [提示：光子的动量(p) = 光子质量(m) × 光速(c) = $\frac{h}{\lambda}$]。已知 $c = 2.998 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ， $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ 。
- 4.3 假若电子在 10 000 V 加速电压下的运动速度 v 为 $5.9 \times 10^7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ，试求此电子的波长。（提示：利用德布罗意关系式 $\lambda = \frac{h}{mv}$ ）
- 4.4 量子力学中怎样描述电子在原子中的运动状态？一个原子轨道要用哪几个量子数来描述？

4.5 说明四个量子数的物理意义和取值的要求，并说明 n 、 l 和 m 之间的关系。

4.6 什么是 s 轨道？p 轨道？d 轨道？f 轨道？

4.7 当主量子数 $n=4$ 时，有几个能级？各能级有几个轨道？最多能容纳多少个电子？各轨道之间的能量关系如何？

4.8 什么是屏蔽作用？试用屏蔽作用说明主层中的能级分裂。

4.9 什么是穿透作用？试用穿透作用来说明原子轨道的能级交错现象。

4.10 第4周期过渡元素 Ti、V、Cr、Mn、Fe 都有+2 的低氧化态，它们的壳层电子结构分别是 $3d^24s^2$ 、 $3d^34s^2$ 、 $3d^54s^1$ 、 $3d^54s^2$ 、 $3d^64s^2$ 。为什么它们成键时使用的是 4s 电子，而不使用 2 个 3d 电子？

4.11 试以氢原子和多电子原子为例说明电子层、能层、能级、能级组等概念的联系和区别？

4.12 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？
- (2) 它有几个电子层？有多少个能级？
- (3) 它的外层电子的结构如何？它有几个价电子？
- (4) 它是第几周期第几族的元素？
- (5) 它有几个成单电子？

4.13 试排出下列原子序数诸元素的电子层结构：

19 22 30 33 55 68

4.14 碳原子的外层电子结构是 $2s^22p^2$ 而不是 $2s^12p^3$ ，为什么？为什么碳原子的两个 2p 电子是成单的而不是成对的？为什么铜原子的外层电子结构是 $3d^{10}4s^1$ 而不是 $3d^94s^2$ ？

4.15 试推测一个人工合成超重元素第 114 号元素的电子层结构，它是哪些元素的同类元素？

4.16 写出下列原子或离子的核外电子排布：

$_{13}\text{Al}$ 和 Al^{3+} $_{17}\text{Cl}$ 和 Cl^- $_{26}\text{Fe}$ 和 Fe^{3+} $_{29}\text{Cu}$ 和 Cu^{2+} $_{80}\text{Hg}$ 和 Hg^{2+}

4.17 现有第4周期的 A、B、C 和 D 四种元素，已知它们的价电子数依次是 1、2、2 和 7 个，它们的原子序数按 A、B、C 和 D 的顺序增大，已知 A 和 B 的次外层电子数是 8，而 C 和 D 的次外层电子数是 18。根据这些数据判断：

- (1) 哪几种元素是金属元素？
- (2) 哪几种元素是非金属元素？
- (3) 哪一种元素的氢氧化物碱性最强？
- (4) 这些元素之间能够形成什么类型的化合物？试写出化学式。

4.18 具有下列电子构型的元素位于周期表中的哪一个区？它们是金属元素还是非金属元素？

$$(1) ns^2 \quad (2) ns^2 np^6 \quad (3) (n-1)d^5 ns^2 \quad (4) (n-1)d^{10} ns^2$$

三、参考答案

4.1 解:

设原子核的半径为 r , 原子的半径为 R , 则

$$\text{原子核的体积 } V_{\text{核}} = \frac{4}{3} \pi r^3, \quad \text{原子的体积 } V_{\text{原}} = \frac{4}{3} \pi R^3$$

$$\frac{\text{原子核的体积}}{\text{原子的体积}} = \frac{V_{\text{核}}}{V_{\text{原}}} = \frac{\frac{4}{3} \pi r^3}{\frac{4}{3} \pi R^3} = \frac{r^3}{R^3} = \frac{10^{-9} \text{ pm}^3}{10^6 \text{ pm}^3} = 10^{-15}$$

4.2 解:

$$\text{已知 } \lambda = 401.4 \text{ nm} = 4.014 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$c = 2.998 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}, \quad h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} = 6.626 \times 10^{-34} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$$

由 $p = m \times c = \frac{h}{\lambda}$ 可计算得到光子的质量:

$$m = \frac{h}{c\lambda} = \frac{6.626 \times 10^{-34} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}}{2.998 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \times 4.014 \times 10^{-7} \text{ m}} = 5.506 \times 10^{-36} \text{ kg}$$

4.3 解:

$$\text{已知电子质量 } m = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$v = 5.9 \times 10^7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} = 6.626 \times 10^{-34} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$$

根据德布罗意关系式:

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.626 \times 10^{-34} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}}{9.11 \times 10^{-31} \text{ kg} \times 5.9 \times 10^7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}} = 1.2 \times 10^{-11} \text{ m} = 0.012 \text{ nm}$$

可见电子波的波长比可见光的波长 (400~750 nm) 短得多。

4.4 答:

量子力学中用波函数 ψ 来描述电子在原子中的运动状态。

一个原子轨道要用 n 、 l 、 m 三个量子数来描述。

4.5 答:

主量子数 n 是表示原子的电子层数的, 用它来描述原子中电子出现概率最大的区域离原子核的远近。 n 的取值范围是 $n = 1, 2, 3 \cdots$ (正整数)。

角量子数 l 是表示原子轨道或电子云的形状的。对于给定的 n 值, l 只能取小于 n 的整数值, l 的取值范围是 $l = 0, 1, 2, 3 \cdots (n-1)$ 。

磁量子数 m 是决定原子轨道或电子云在空间的不同伸展方向的。 m 的取值与角量子数 l 有关, 对于给定的 l 值, 有 $2l+1$ 个 m 的取值, 可以取从 l 到 $-l$ 的所有整数, 其中包括零, m 的取值范围是 $m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \cdots, \pm l$ 。

自旋量子数 m_s 是表示电子自旋状态的。其取值只有两个, 即 $m_s = +\frac{1}{2}$ 或 $-\frac{1}{2}$ 。

n, l 和 m 之间的关系: n, l, m 三个量子数之间相互联系又相互制约, 一组合理的 n, l, m 取值, 就会有一个确定的波函数 $\psi(r, \theta, \varphi)_{n,l,m}$, 即 n, l, m 一组量子数可以确定一个原子轨道的形状和伸展方向, 以及它离核的远近。

当用主量子数 n 表示电子层时, 角量子数 l 就表示同一电子层中具有不同状态的分层, 对于给定的主量子数 n 来说, 就有 n 个不同的角量子数 l , 如下表所示:

电子层数 n 值	电子分层 l 值	电子分层数
1	0	1s
2	0 1	2s 2p
3	0 1 2	3s 3p 3d
4	0 1 2 3	4s 4p 4d 4f

磁量子数 m 则决定不同状态的分层中原子轨道的数目, 如下表所示:

不同状态的分层	s	p	d	f	g	...
m 取值	0	0, ± 1	0, $\pm 1, \pm 2$	0, $\pm 1, \pm 2, \pm 3$	0, $\pm 1, \pm 2, \pm 3, \pm 4$	...
原子轨道数目	1	3	5	7	9	...

4.6 答:

$l = 0$ 的轨道是 s 轨道, 其形状为球形。

$l = 1$ 的轨道是 p 轨道, 其形状为哑铃形, 在空间有三种相互垂直、但取向不同的 p_x 、 p_y 和 p_z 轨道。

$l = 2$ 的轨道是 d 轨道, 在空间有五种取向和形状不同的轨道, 在 xy 、 xz 、 yz 三个互相垂直的平面上、在每两个坐标轴夹角的平分线上、电子出现最大概率为花瓣形状的是 d_{xy} 、 d_{xz} 和 d_{yz} ; 在 x 和 y 轴的轴向上、电子出现最大概率为花瓣形状是 $d_{x^2-y^2}$; 还有一个在 z 轴的轴向上、电子出现最大概率为哑铃形、在 x 和 y 轴的 xy 平面上还有一个围绕着 z 轴的腰带形的圆形环, 这是 d_{z^2} 。

$l=3$ 的轨道是 f 轨道, 其形状更为复杂, 在空间有七种取向和形状不同的轨道, 在本课程中 f 轨道的形状不做要求。

4.7 答:

当主量子数 $n=4$ 时, 这一电子层中共有 s、p、d、f 四个能级。

s 能级有 1 个轨道, p 能级有 3 个轨道, d 能级有 5 个轨道, f 能级有 7 个轨道。

$n=4$ 这一电子层中最多能容纳 32 个电子 (即 s 轨道能容纳 2 个, p 轨道能容纳 6 个, d 轨道能容纳 10 个, f 轨道能容纳 14 个, 共能容纳 32 个电子)。

对单电子或类氢离子体系, 各轨道之间的能量关系为: $4s=4p=4d=4f$ 。

对多电子体系, 各轨道之间的能量关系为: $4s<4p<4d<4f$ 。

4.8 答:

在多电子原子中, 一个电子不仅受到原子核的引力, 还要受到其他电子的排斥力, 这种排斥力实际上相当于减弱了原子核对外层电子的吸引力, 相当于使原子核的有效电荷数减少。把由于其他电子对某一电子的排斥作用而抵消了一部分核电荷, 使有效核电荷降低, 削弱了核电荷对某个电子的吸引的这种作用就叫做屏蔽作用。

在多电子原子中, 同一主层中 n 相同、 l 不同的原子轨道, l 值越大, 其能量 E 越大, 这种现象叫做能级分裂, 科顿的原子轨道能级图说明了主层中的能级分裂现象。

用屏蔽作用说明主层中轨道的能级分裂现象: 对同一电子主层来说, 离原子核越近的轨道受到其他电子的屏蔽作用就越小, 离核越远、形状越复杂的轨道受到的屏蔽作用越大。从电子云径向分布图可知, 在同一主层 n 中, ns 比 np 更靠近核, np 比 nd 更靠近核, 电子的 l 值越大, 它受到内层电子的屏蔽作用就越大, 其势能越高, 即同一主层中各分层的电子能量不同, 产生能级分裂。

$$E_{ns} < E_{np} < E_{nd} < E_{nf}$$

4.9 答:

原子中外层电子钻到内层空间而靠近原子核的现象, 称为“穿透作用”或称“钻穿效应”。

从电子云径向分布图可知, 在多电子原子体系中, 外层电子云可以钻进原子实 (原子实是原子中价电子层里面的原子实体) 接近原子核, 但各层电子接近原子核的程度是不同的。在同一主层中, l 越小的轨道, 其电子云穿透到核附近的机会越多。钻穿的结果是降低了其余电子对它的屏蔽作用, 因此钻穿越深的电子受到的原子核电场引力也越大, 轨道能量也就越低。在第 4 周期的元素, $4s$ 电子云钻进原子实如此之深, 以致受到了较大的核引力, 使之能量小于 $3d$, 造成了能级交错现象, 即: $E_{4s} < E_{3d} < E_{4p}$ 。

4.10 答:

因为一个原子在与另一个原子形成化学键时, 首先是最外层的原子轨道相互重叠, 4s 电子虽然在能量上比 3d 电子低, 但在距离原子核的远近来说, 4s 电子比 3d 电子要远离原子核, 对 Ti、V、Cr、Mn、Fe 这些元素来说, 4s 是最外层电子, 当这些元素的原子被氧化失电子时, 当然首先失去的应该是最外层的 4s 电子。这与在原子轨道中填充电子时的次序不同, 轨道填充时首先填充的应是能量较低的轨道, 即先填 4s 轨道, 而不是 3d 轨道, 原子轨道中电子的填充顺序与原子在化学反应中失去电子的顺序是不一样的。

所以第 4 周期过渡元素 Ti、V、Cr、Mn、Fe, 它们在成键时首先使用的是 4s 电子, 而不是 3d 电子。

4.11 答:

电子层: 电子层是由主量子数 n 来决定的, 把 n 相同的一类电子归并为一个电子层, 电子层亦可称为主能层, 如 $n=4$ 代表第 4 电子层。

能层: 能层也是指电子层, 原子核外电子是按能量大小分层的, 所以电子层也可称为能层。

能级: n 相同、 l 不同的电子层称为电子亚层, 电子亚层对应的能量称为能级, 例如第 4 电子层里就有 4s、4p、4d 和 4f 四个电子亚层, 它们亦可称为 4s、4p、4d 和 4f 四个能级。

电子层和电子亚层是从结构上划分的, 主能层和能级是从能量角度上划分的, 电子层对应的能量称主能层, 电子亚层对应的能量称为能级。能层与能级的关系就好比每个“楼层”有若干个“楼梯”一样。

能级组: 能级组是按鲍林的原子轨道近似能级图划分的, 把能量相近的能级划为一组, 称为能级组, 目前有七个能级组, 能级组之间的能量差较大, 而能级组内各能级间的能量差较小。

对氢原子来说, 由于它的核外只有 1 个电子, 它的主能层和能级的能量是相同的, 当 $n=4$ 时, $E_{4s}=E_{4p}=E_{4d}=E_{4f}$ 。

对多电子原子而言, 一个主能层可分成几个能量不同的能级, 例如, $n=4$ 的主能层, 可以分为 4s、4p、4d 和 4f 四个能级, 它们的能量是不同的, $E_{4s} < E_{4p} < E_{4d} < E_{4f}$ 。

4.12 答:

(1) 这种元素的原子中总共有 24 个电子;

(2) 它有 4 个电子层, $n=1, 2, 3, 4$; 有 1s、2s、2p、3s、3p、3d、4s 共 7 个能级, 即 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^5$;

(3) 它的外层电子的结构为 $3d^5 4s^1$, 共有 6 个价电子;

(4) 它是第 4 周期第 VIB 族的元素 Cr;