

魔法化学同步学与练·高一 (下)学生用书

王宜春 主编

长征出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

魔法化学同步学与练 . 高一/ 厉江海主编 . —北京: 长征出版社, 2004
学生用书
ISBN 7-80015-986-8

. 魔... . 厉... . 化学课—高中—教学参考资料 . G634. 83

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 032954 号

魔 法 化 学 同 步 学 与 练 高 一 下

主创设计 / 魔法教育发展研究中心
电 话 / 010 - 80602977
网 址 / [http: www. magic365. com](http://www.magic365.com)

出 版 / 长征出版社
(北京市西城区阜外大街 34 号 邮编: 100832)
行销企划 / 北京九恒世纪文化有限公司
(服务热线: 010 - 80602977)
经 销 / 全国新华书店
印 刷 /
开 本 / 880 × 1230 1/ 16
字 数 / 4032 千字
印 张 / 126 印张
版 次 / 2005 年 1 月第 1 版
印 次 / 2005 年 1 月第 1 次印刷
书 号 / ISBN 7-80015-986-8 G · 298
全套定价 / 158.00 元

版权所有 · 侵权必究

第五章

物质结构 元素周期律

第一节 原子结构

第一讲

预习导引

问题 1:在初中我们学习过“ 原子是化学变化中的最小微粒 ”,这是否说明原子不能再分？

问题 2:原子是由哪些基本微粒构成的？它们的电性如何？由原子不显电性可以获得什么结论？

问题 3:原子的质量数与其相对原子质量是一回事吗？两者数值一定不相等吗？

问题 4: ${}^A_Z\text{X}$ 与原子结构示意图都可以用来描述原子结构，它们的侧重点有什么不同？

知能互动

1 .化学变化中的三种基本微粒是 _____、 _____、 _____,构成原子的三种基本微粒是 _____、 _____和 _____。

思考 质量守恒定律成立的微观基础是什么？是否在所有的变化过程中,质量守恒定律都能成立？

2 填写下表：

微粒		电性	电量	相对质量的近似值
原子核				质子质量的 $1/1\,836$
	质子			1
		不带电	0	

思考 (1)原子不显电性的原因是什么？反物质中微粒的运动方式、电性均与正物质相反,则反氢原子整体显什么电性？

(2)为什么原子的质量数仅由质子数和中子数决定,而与电子数无关？

(3)质子数和中子数一定相等吗？所有的原子中都有中子吗？所有的原子中都有电子吗？所有的微粒中都有电子吗？

3 用 ${}^A_Z\text{X}$ 代表一个原子, Z 表示该原子的 _____,它决定 _____ 的种类; A 表示该原子的 _____,这是因为原子质量主要集中在 _____ 上;若中子数用符号 N 表示,则有公式 $N =$ _____。该原子的核外电子数等于 _____ 个,原子的核外电子数特别是最外层电子数决定元素的 _____。

思考 除了在元素符号的左上、左下角的数字有特殊的含义外,结合我们以前的学习,想一下元素符号周围哪些位置还有表示特殊的意义数字,试举例说明。

疑难解析

1.质量数(A)与相对原子质量(A_r)

原子的质量主要集中在原子核上。计算出 1 个质子、1 个中子的相对质量各为 1. 007、1. 008 后,把它们都近似地看成整数 1,则所有质子的相对总质量与所有中子的相对总质量就近似地等于质子与中子的总数目。那么,原子的相对质量也就近似地等于中子数与质子数之和。因此,人们把中子数与质子数之和称为对应原子的质量数,即:质量数(A) = 质子数(Z) + 中子数(N)。

原子的相对原子质量是以¹²C 质量的 1/ 12 作标准,原子的真实质量与之相比所得的数值。

两者的来源不同、意义不同。质量数实际上描述的是原子核内中子与质子个数之和,它一定是正整数,而相对原子质量一般不是整数。精度要求不高的计算,在不知相对原子质量的情况下,可以用质量数来表示原子的相对质量大小,但其准确度要比相对原子质量差。

2.元素符号周围不同位置的含义和作用(以 $\overset{c}{\underset{a}{\text{X}}}^d$ 为例)

a 位:左下角,表示质子数,它决定元素种类,与元素符号相匹配,若元素确定,此数值可省略。

b 位:左上角,表示质量数,结合原子的质子数,可推知中子数;可以用质量数来代替相对原子质量进行一般计算。

c 位:正上方,表示元素的化合价。

d 位:右上角,表示阴阳离子的电荷数,结合质子数,可推知核外电子总数。

e 位:右下角,表示分子中原子个数。

例如:某粒子用符号 $\overset{A}{\underset{Z}{\text{M}}}^{n+}$ 表示,下列关于该粒子的叙述正确的是 ()

A 所含质子数为(A - n)

B 所含中子数为(A - Z)

C 所含电子数为(Z + n)

D 中子数 - 电子数 = A - 2Z + n

解析 由符号 $\overset{A}{\underset{Z}{\text{M}}}^{n+}$ 可知,质子数为 Z,中子数为 A - Z,电子数为 Z - n,中子数 - 电子数 = (A - Z) - (Z - n) = A - 2Z + n。

答案 BD

探究学习

例 1

美国科学家将两种元素铅和氡的原子核对撞,获得了一种质子数为 118、质量数为 293 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

命题意图:本题考查的是构成原子的基本微粒的质量关系和电性关系以及对符号 $\overset{A}{\underset{Z}{\text{X}}}$ 的认识。

解析 由符号 $\overset{293}{\underset{118}{\text{X}}}$ 可知,该原子中质子数为 118,中子数 = 293 - 118 = 175,又根据电性关系可知其电子数为 118,故该

原子的中子数和电子数之差是 175 - 118 = 57。

答案 A

探究: $\overset{A}{\underset{Z}{\text{X}}}$ 中基本微粒关系和互求,属化学的基础知识内容。题目往往以信息题的形式给出,给出的信息大多是化学学科的新发展,起点虽高,但落点却很低。考试中一般作为送分题出现,但从实际来看,出错率不低,表明学生对基础知识的忽视不容乐观,不能一味追求难度大的题目。解决此类问题的关键是抓住原子结构中的质量关系和电性关系。

例 2

与 OH⁻ 具有相同质子数和电子数的粒子是 ()

A F⁻

B Ne

C NH₃

D NH₄⁺

命题意图:本题考查微粒(包括单原子微粒、多原子微粒)中质子数和电子数的计算。

解析 OH⁻ 的质子数为 8 + 1 = 9,因其带有一个单位的负电荷,故电子数为 9 + 1 = 10。分析选项可知 F⁻ 中的质子数为 9,电子数为 10,符合题意。Ne、NH₃ 中质子数为 10,电子数为 10,B、C 均不符合题意。NH₄⁺ 中质子数为 11,电子数为 10,故不合题意。

答案 A

探究:因为粒子所带的电荷是由其内部质子数和电子数决定的,故与 OH⁻ 具有相同质子数和电子数的粒子一定也带一个单位的负电荷,由此可在选项中迅速找出答案。

例 3

1996 年科学家制造出核电荷数为 112 的新元素,其原子的质量数为 277。关于该新原子的下列叙述正确的是 ()

A 其原子核内中子数和质子数都是 112

B 其原子核内中子数为 165,核外电子数为 112

C 其原子质量是¹²C 原子质量的 277 倍

D 其原子质量与¹²C 原子质量之比约为 277 12

命题意图:本题考查原子中基本微粒的关系和原子的相对原子质量的定义。

解析 该元素原子为 $\overset{277}{\underset{112}{\text{X}}}$,则中子数为 277 - 112 = 165,质子数 = 核外电子数 = 112,故 B 正确。它的相对原子质量约等于其质量数,即为 277,而¹²C 的相对原子质量为 12,故两原子的质量之比约为 277 12,即 D 也正确。

答案 BD

探究:本题易错选 C,究其原因是对相对原子质量的定义把握不好。实际上该原子的相对原子质量近似为 277,是以¹²C 质量的 1/ 12 为标准的,故其原子质量与¹²C 原子质量之比约为 277 12。

例 4

同温同压下,等容积的两个密闭容器中分别充满 $^{12}\text{C}^{18}\text{O}$ 和 $^{14}\text{N}_2$ 两种气体。关于这两个容器中气体的说法中,正确的是 ()

- A 质子数相等,质量不等
B 分子数和质量分别不相等
C 分子数、质量分别相等
D 原子数、分子数和中子数都分别相等

命题意图:本题旨在考查阿伏加德罗定律和分子中基本微粒个数的计算。

解析 同温同压下,体积相同的密闭容器中所含 $^{12}\text{C}^{18}\text{O}$ 、 $^{14}\text{N}_2$ 的分子数相同,且两分子均为双原子分子,故所含的原子数也相同。一个 $^{12}\text{C}^{18}\text{O}$ 中含中子数为 16,而一个 $^{14}\text{N}_2$ 中含中子数为 14,两者不相等。又因为两分子的摩尔质量分别为 30 g/mol、28 g/mol,故物质的量相等时,其质量不相等。筛选选项,可知 A 正确,B、C、D 均不正确。

答案 A

探究:无论原子以何种方式结合为分子或复杂离子,各原子的质子数和中子数都不变,故分子或复杂离子的质子数(中子数)等于各原子质子数(中子数)之和。

达标训练

基础过关

1 原计划实现全球卫星通讯需发射 77 颗卫星,这与铱(Ir)元素的原子核外电子数恰好相等,因此称为“铱星计划”。已知铱的一种原子是 ^{191}Ir ,则其核内的中子数是 ()

- A 77 B 114
C 191 D 268

2 下列关于几种原子的描述中,不正确的是 ()

- A ^{18}O 与 ^{19}F 具有相同的中子数
B ^{16}O 与 ^{17}O 具有相同的电子数
C ^{12}C 与 ^{13}C 具有相同的质量数
D ^{15}N 与 ^{14}N 具有相同的质子数

3 据报道,某些建筑材料会产生放射性的氡 $^{222}_{86}\text{Rn}$,从而对人体产生伤害,该原子的中子数和电子数之差是 ()

- A 136 B 50
C 86 D 222

4 化学变化中,可能发生改变的是 ()

- A 质子数 B 中子数
C 核外电子数 D 原子核

5 下列说法正确的是 ()

- A 一切原子都是由质子、中子、电子构成
B 一个质子的质量比一个中子的质量稍大
C 质子数相等的不同微粒,电子数不一定相等
D 原子核内中子数一定小于质子数

6 若 ${}_a\text{A}^{n+}$ 和 ${}_b\text{B}^{2-}$ 两种离子的核外电子数相等,则 a 等于 ()

- A $n+b+2$ B $n+b-2$
C $b-n-2$ D $b-n+2$

7 下列各对粒子中具有相同电子数目的是 ()

- A ${}_{11}\text{M}, {}_{11}\text{M}^+$ B ${}_{20}\text{N}^{2+}, {}_{17}\text{X}^-$
C ${}_{11}\text{M}^+, {}_{20}\text{N}^{2+}$ D ${}_{10}\text{R}, {}_{11}\text{M}^+$

8 填空:

(1) ${}_Z^AX$ 原子中的中子数 $N =$ _____;

(2)阳离子的中子数: ${}_Z^AX^{n+}$ 共有 x 个电子,则 $N =$ _____;

(3)阴离子的中子数: ${}_Z^AX^{n-}$ 共有 x 个电子,则 $N =$ _____;

(4)中性分子或原子团的中子数: ${}^{12}\text{C}^{16}\text{O}_2$ 分子中, $N =$ _____;

(5) A^{2-} 原子核内有 x 个中子,其质量数为 m ,则 n g A^{2-} 离子所含电子的物质的量为_____。

知能拓展

9 下列符号所表示的微粒,易与 ${}^{23}_{11}\text{X}$ 形成化合物的是 ()

- A ${}^{80}_{35}\text{Y}$ B ${}^{19}_9\text{Z}$
C ${}^{39}_{19}\text{L}$ D ${}^{27}_{13}\text{M}$

10 1996 年 2 月欧洲一科学小组,将 ${}^{66}_{30}\text{Zn}$ 和 ${}^{208}_{82}\text{Pb}$ 两原子经核聚合,放出一定数目的中子而制得 ${}^{227}_{112}\text{X}$ 。则两原子在核聚合过程中放出的中子数目是 ()

- A 47 B 115
C 142 D 162

11 由 ${}^2_1\text{H}$ 和 ${}^{18}_8\text{O}$ 组成的 22 g 水中,含有的中子的物质的量为 ()

- A 9 mol B 10 mol
C 11 mol D 12 mol

12 目前普遍认为,质子和中子都是由被称为 u 夸克和 d 夸克的两类夸克组成。 u 夸克带电量为 $\frac{2}{3}e$, d 夸克带电量为 $-\frac{1}{3}e$, e 为基元电荷。下列论断可能正确的是 ()

- A 质子由 1 个 u 夸克和 1 个 d 夸克组成,中子由 1 个 u 夸克和 2 个 d 夸克组成
B 质子由 2 个 u 夸克和 1 个 d 夸克组成,中子由 1 个 u 夸克和 2 个 d 夸克组成
C 质子由 1 个 u 夸克和 2 个 d 夸克组成,中子由 2 个 u 夸克和 1 个 d 夸克组成
D 质子由 2 个 u 夸克和 1 个 d 夸克组成,中子由 1 个 u 夸克和 1 个 d 夸克组成

13 若 N_A 为阿伏加德罗常数,已知某元素的阴离子 R^{n-} 的原子核中,中子数为 $A-x+n$,其中 A 为原子的质量数,则 m g R^{n-} 中电子总数为 ()

- A $m(A-x)N_A/A$
B $m(A-n)N_A/A$
C $(A-x-n)N_A/(A-m)$
D $m x N_A/A$

14 α 射线是由 α 粒子组成的。 α 粒子是一种没有核外电

子的微粒,它带有 2 个单位的正电荷,它的质量数等于 4。由此可推知 α 粒子含有 _____ 个质子,可用符号 (^A_ZX) _____ 来表示 α 粒子。

综合创新

15两种微粒的质子数、电子数均相等,它们不可能是 ()

- A 一种阳离子和一种阴离子
- B 两种化合物分子
- C 一种分子和一种离子
- D 一种原子和一种分子

16某金属氧化物的分子式为 M_2O_3 ,电子总数为 50,若其中每个氧原子内有 8 个中子, M_2O_3 相对分子质量为 102,则 M 原子核内的中子数为 ()

A 14 B 13 C 10 D 21

17同温同压下,分别由 $^1_1\text{H}_2$ 和 $^2_1\text{H}_2$ 组成的两种气体单质,如果质量相同,下列说法错误的是 ()

- A 体积之比为 2 : 1
- B 原子个数之比为 2 : 1
- C 密度之比为 1 : 2
- D 质子数之比为 1 : 1

18有若干克某金属 $^{A}_{Z}\text{X}$,含中子总数为 $3.5 \times 6.02 \times 10^{23}$,同质量的该金属和足量的稀硫酸反应共有 0.2 mol 电子发生转移,生成 6.02×10^{22} 个阳离子 $^{A}_{Z}\text{X}^{n+}$,这些阳离子共有 $3.0 \times 6.02 \times 10^{23}$ 个质子,求 Z、n 和 A 值。

第二讲

预习导引

问题 1:原子核外电子的运动与太阳系中行星的运动有哪些不同?

问题 2:你觉得“电子云”就是客观存在的、笼罩在原子核周围的一团云雾吗?

问题 3:从气态 $^{12}_6\text{C}$ 原子中去掉一个电子,成为 +1 价阳离子时,所消耗的能量记为 I_1 ,再从 +1 价阳离子中去掉一个电子,成为 +2 价阳离子时,所消耗的能量记为 I_2 列表如下:

	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6
数值(eV)	11.3	24.4	47.9	64.5	392	489

根据上面的数据,思考一下在多电子的原子中,根据什么划分电子层?

问题 4:化学反应的趋势之一是使元素的原子结构变成稳定结构,那么稳定结构是指什么样的结构?

知能互动

1 宏观物质与核外电子的运动特征的对比

	宏观物质	核外电子
质量		
运动空间		
运动速率		
能否同时准确测定位置、速度		

思考 我们无法测定电子在核外运动的轨迹,是否表明核外电子的运动是没有规律的?

2.核外电子的分层排布

(1)在含有多个电子的原子中,电子是分层排布的,电子层划分的依据是_____。

(2)填写下表:

层序数	1	2	3	4	5	6	7
电子层符号							
离核远近	由_____到_____						
能量高低	由_____到_____						

思考 原子结构示意图给人的感觉是不同的核外电子在不同的电子层上绕圈运动,这种感觉正确吗?

3.核外电子分层排布的一般规律

(1)核外电子总是尽先排布在能量最_____的电子层,然后由里向外,依次排布在能量较_____的电子层里,这也称为“能量最低原理”。

(2)原子核外各电子层最多容纳的电子数为_____个。

(3)原子的最外层电子数目不超过_____个(K层为最外层时不能超过_____个)。

(4)次外层电子数目不能超过_____个(K层为次外层时不超过_____个);倒数第三层电子数目不超过_____个。

提示: 上述规律可简记为“一低四不超”。

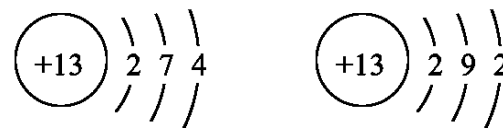
以上规律既相互联系又相互牵制,不能孤立片面理解。

例析 1 已知溴原子核外有 35 个电子,则核外电子应如何排布?

例析 2 钾原子核外有 19 个电子,下面的排布哪种正确?



例析 3 Al 原子核外有 13 个电子,下面所示的两种排布都是错误的,请指出它们各违反了什么规律?



例析 4 稀有气体元素的原子中,各电子层所容纳的电子数均已达最多,因此稀有气体元素原子的核外电子排布对我们有特殊意义。试填写下表,完成后与课本对照。

核电荷数	元素名称	元素符号	各电子层的电子数					
			K	L	M	N	O	P
2	氦	He						
10	氖	Ne						
18	氩	Ar						
36	氪	Kr						
54	氙	Xe						
86	氡	Rn						

疑难解析

1 核外电子的运动特点(与宏观物质相比)是怎样的

- (1)小:运动的空间范围小(直径约为 10^{-10} m);
- (2)快:运动速度极快,接近光速(3×10^8 m/s);
- (3)轻:质量很轻(质子质量的 $1/1836$,约 9.1095×10^{-31} kg);
- (4)电:带一个单位的负电荷。

2.为什么要用电子云来描述核外电子的运动,怎样正确理解“电子云”

这是由核外电子的运动特征决定的。我们在物理上学习过直线运动、圆周运动等,作这些运动的宏观物体都服从牛顿运动定律,它们的运动可用一些物理量如位移、速度、时间来描述。但核外电子的运动与宏观物体不同,它没有确定的轨道,不能测定或计算出它在某一时刻所处的位置,也不能描绘它的运动轨迹,科学家就设计了一组专门描述电子运动的物理量,他们的思想观点就是用统计的方法指出电子在原子核外空间某处出现机会的多少:首先,指出电子运动经常出现的大致空间区域,在这一区域内,电子运动出现的机会也不均等,人们就把这一空间区域涂黑,并用小黑点的疏密来表示电子运动出现机会的相对多少,还给了一个形象的名称——电子云。就像蜜蜂采花蜜,无法准确计算它的运动途径(即无轨道),但可以找到它的运动的规律。它在以花为中心的一定空

间范围内出现的机会比较多,这就是统计性规律。

电子在核外空间一定范围内出现,好像一团“带负电的云雾”笼罩在原子核周围,这种“带负电的云雾”称为电子云。

正确理解“电子云”要注意:

(1)电子云密度大的地方,表明电子在核外空间单位体积内出现的机会多;电子云密度小的地方,表明电子在核外空间单位体积内出现的机会少。

(2)氢原子的电子云(呈球形对称)示意图中的小黑点只是表示氢原子核外的一个电子曾经在这里出现过的“痕迹”,绝不是无数个电子在核外运动的状态。小黑点越密的地方,表明电子在核外空间单位体积内出现的机会越多,电子云密度越大;小黑点越稀的地方,表明电子在核外空间单位体积内出现的机会越少,电子云密度越小。

3.元素性质与原子核外电子排布的关系

结构决定性质,性质反映、体现结构。原子的核外电子排布特别是最外层电子数决定元素的主要化学性质(如化合价、金属性和非金属性等)。

(1)当原子最外层电子数达到8(K层为2)时,该原子处于相对稳定状态(稳定结构),一般不跟其他物质发生化学反应。如氢原子最外层为2个电子,其他稀有气体原子最外层电子数均为8,具有稳定结构,其化学性质较稳定。

(2)当元素的原子最外层小于8时(K层小于2)是不稳定结构,在化学反应中,不稳定结构总是通过各种方式(如得失电子、共用电子等)趋向达到相对稳定结构。一般最外层电子数小于4者(如碱金属元素)易失去电子,表现为金属性。最外层电子数大于4者(如卤族元素)易得到电子,表现为非金属性。列表如下:

	最外层电子数	得失电子趋势	元素性质
金属元素	< 4	易失	金属性
非金属元素	> 4	易得	非金属性

(3)原子核外电子层结构相似的元素性质相似;随着元素原子核外电子层结构的递变,其性质也发生递变。

4.常见等电子体规律

(1)核外电子总数为10的粒子:

分子:Ne、HF、H₂O、NH₃、CH₄

阳离子:Na⁺、Mg²⁺、Al³⁺、NH₄⁺、H₃O⁺

阴离子:F⁻、O²⁻、N³⁻、OH⁻、NH₂⁻

(2)核外电子总数为18的粒子:

分子:Ar、HCl、H₂S、PH₃、SiH₄、F₂、H₂O₂、C₂H₆、N₂H₄、CH₃OH、CH₃F等(其中前五者可看做做一组,后六者可看做一组,想一想,它们各有什么规律?)

阳离子:K⁺、Ca²⁺

阴离子:Cl⁻、S²⁻、HS⁻、P³⁻

(3)常见核外电子总数及质子总数均相同的粒子有:

Na⁺、NH₄⁺、H₃O⁺

F⁻、OH⁻、NH₂⁻

Cl⁻、HS⁻

N₂、CO、C₂H₂等

5.核电荷数为1~18的元素原子的结构特征

核电荷数为1~18的元素原子的结构是大纲和高考重点考查的内容,熟练掌握其结构特征,尤其是核外电子排布是快速判断元素的前提和基础。

(1)原子核内无中子的原子: ${}^1_1\text{H}$

(2)最外层电子数为1的原子:H、Li、Na

(3)最外层电子数与次外层电子数相等的原子:Be、Ar

(4)最外层电子数是次外层电子数2倍的原子:C

(5)最外层电子数是次外层电子数3倍的原子:O

(6)最外层电子数是次外层电子数4倍的原子:Ne

(7)次外层电子数是最外层电子数2倍的原子:Li、Si

(8)电子层数与最外层电子数相等的原子:H、Be、Al

(9)电子层数是最外层电子数2倍的原子:Li

(10)最外层电子数是电子层数2倍的原子:He、C、S

(11)最外层电子数是电子层数3倍的原子:O

(12)内层电子总数是最外层电子数2倍的原子:Li、P

探究学习

例 1

关于氢原子的电子云示意图的说法,正确的是 ()

A 电子云示意图上每一个小黑点表示一个电子

B 氢原子的电子云呈平面圆形

C 氢原子的电子云是用照相的方法照出来

D 离核越近的地方小黑点越密,表明在该区域单位体积内电子出现的机会多

命题意图:本题考查对原子核外电子运动特征的了解和对氢原子的电子云示意图的认识。

解析 氢原子的电子云示意图中“一个小黑点”是没有意义的,人们是用小黑点的疏密来表示电子在该区域单位体积上出现机会的多少,小黑点越密,表明在该区域单位体积内电子出现的机会多,故A错误,D正确。氢原子的电子云应为球形,所以B选项也错误。氢原子的电子云不是用照相的方法照出来,目前还没有能给电子照相的照相机,课本上的描述是为了让我们理解什么是统计的方法而作的一种假设,故C选项不正确。

答案 D

探究:课本上给出了氢原子的电子云示意图,对于此图大家要结合核外电子的运动特征来看,要克服以下三种错误认识:(1)每一个小黑点表示一个电子;
(2)氢原子的电子云呈平面圆形;
(3)电子是绕核做圆周运动的。

例 2

某原子的核电荷数为其电子层数的5倍,其质子数是其最外层电子数的3倍,该原子的核电荷数是 ()

A 11 B 15 C 17 D 18

命题意图:本题考查“最外层电子数目不超过8个”的排布规律以及核电荷数为1~18的元素的原子结构示意图。

解析 本题可以用不定方程来解决:设核电荷数为 Z , 电子层数为 x , 最外层电子数为 y , 则有: $Z = 5x$, $Z = 3y$, 即 $5x = 3y$, 则 $x = 3$, $y = 5$ 。因为 x 、 y 都为正整数, 且最外层电子数 $y \leq 8$, 故仅当 $x = 3$, $y = 5$ 才合理。所以 $Z = 15$ 。

答案 B

探究:用数学工具结合化学知识处理解决化学问题的能力,是思维能力中的较高层次,但解决问题的关键在于化学知识,决不要把此类问题变为单纯的数学计算。因为本题是选择题,也可将各选项代入一一验证。

例 3

核电荷数小于 18 的两种元素 A、B, A 原子最外层电子数为 a 个, 次外层电子数为 b 个; B 原子 M 层电子数为 $(a - b)$ 个, L 层为 $(a + b)$ 个。则 A 是_____元素, B 是_____元素。(填元素符号)

命题意图:本题考查原子核外电子排布规律的“能量最低原理”。

解析 根据核外电子排布规律:电子按能量由低至高分层排布, L 层排满才能排 M 层。从 B 原子入手, 其 M 层电子数为 $(a - b)$ 个, L 层为 $(a + b)$ 个, 可知 $a + b = 8$, $b < 8$, 又知 A 原子次外层电子数为 b , 该层应排满电子, 必有 $b = 2$, 推出 $a = 6$ 。元素 A 的原子最外层电子数为 6 个, 次外层电子数为 2 个, 为氧元素; 元素 B 的原子 M 层电子数为 4 个, L 层为 8 个, 为硅元素。

答案 O Si

变式训练:今有 A、B 两种原子, A 原子的 M 层比 B 原子的 M 层少 3 个电子, B 原子的 L 层电子数恰好为 A 原子的 L 层电子数的 2 倍。A 和 B 分别是 ()

- A. 硅原子和钠原子 B. 硼原子和氢原子
C. 氯原子和碳原子 D. 碳原子和铝原子

解析 由题意知, B 原子的 M 层至少有 3 个电子, 因为电子总是先排满 L 层才能来排 M 层, 所以 L 层的电子数一定是 8 个, 则 A 原子的 L 层电子数应为 4 个只能为最外层, 即 A 原子的 M 层电子数为 0, B 原子的 M 层电子数为 3。由此书写 A、B 的原子结构示意图可知答案。

答案 D

例 4

现有四种元素 A、B、C、D, 已知 A^- 离子核外有 18 个电子; B 原子最外层电子数比 D 原子核外电子数多 2 个, B 原子比 D 原子多 2 个电子层; D^+ 离子核外没有电子; C 元素原子核外电子比 B 元素的原子核外电子多 5 个。

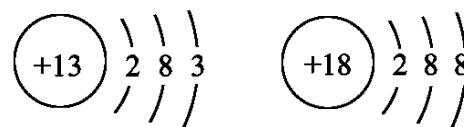
(1) 写出四种元素的名称和符号。

(2) 画出 B 和 C 原子及 A^- 离子的结构示意图。

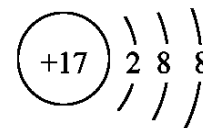
命题意图:本题考查核电荷数为 1 ~ 18 的元素原子的核外电子排布。

解析 由 A^- 离子核外有 18 个电子, 可知 A 原子的质子数为 17, 为 Cl。 D^+ 离子核外没有电子, 可知 D 为 H, B 原子最外层电子数为 3 且有 3 个电子层, 则 B 为 Al。 C 元素原子核外电子数为 18, 故 C 为 Ar。

答案 (1) A 为氯(Cl); B 为铝(Al); C 为氩(Ar); D 为氢(H)。(2) B、C 的原子结构示意图:



A^- 离子的结构示意图:



探究:由原子或离子的核外电子排布特征来推断元素种类,是元素推断的常见题型,仔细审题,选准突破口,顺藤摸瓜是解决此类问题的常用手段。

达标训练

基础过关

1 以下有关氢原子电子云的描述,正确的是 ()

- A 电子云示意图的小黑点疏密表示电子在核外空间出现机会的多少
B 电子云示意图中的每一个小黑点表示一个电子
C 小黑点表示电子,黑点愈多核附近的电子就愈多
D 小黑点表示电子绕核做圆周运动的轨道

2 下列各组离子中,电子层结构相同的是 ()

- A S^{2-} 、 Cl^- 、 K^+ B F^- 、 Cl^- 、 Al^{3+}
C O^{2-} 、 S^{2-} 、 Na^+ D F^- 、 Na^+ 、 Mg^{2+}

3 某微粒的核外各层电子数之和为偶数,该微粒可能是下列中的 ()

- A 6_3Li B ${}^{14}_7N$
C ${}^{17}_8O$ D ${}^{35}_{17}Cl^-$

4 两种元素能组成 AB_2 型化合物,它们原子的核电荷数是 ()

- A 3 和 9 B 6 和 8
C 10 和 4 D 11 和 17

5 核电荷数为 16 和 4 的元素的原子相比较,前者的下列数据是后者的 4 倍的是 ()

- A 电子数 B 最外层电子数
C 电子层数 D 次外层电子数

6 两种元素原子的核外电子层数之比与最外层电子数之比相等,则在核电荷数为 1 ~ 10 的元素中,满足上述关系的元素共有 ()

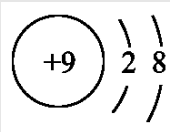
- A 1 对 B 2 对
C 3 对 D 4 对

7 (1) 原子核外 N 层最多可容纳_____个电子, O 层最多可容纳电子_____个;

(2) 若原子共有 4 个电子层, N 层最多可容纳_____

- 个电子；
- (3) 若原子共有 5 个电子层, 则其 N 层最多可容纳 _____ 个电子, O 层最多可容纳 _____ 个电子。
- (4) 若原子共有 6 个电子层, 则其 N 层最多可容纳电子 _____ 个, O 层最多可容纳电子 _____ 个。

8 填表:

微粒符号	质子数	中子数	核外电子数	结构示意图
$^{37}_{18}\text{Ar}$				
	17	17	18	
$^{27}_{13}\text{Al}^{3+}$				
		8		

9 称取某金属单质 4.8 g 与足量盐酸反应, 产生标准状况下的 H_2 4.48 L, 并生成 ACl_2 (A 是此金属)。已知此金属原子中含有 12 个中子, 试通过计算证明此金属的元素名称, 画出原子结构示意图。

知能拓展

- 10 核外电子排布的规律之一是“倒数第三层电子数不超过 32”, 对此规律以下理解正确的是 ()
- K 层为倒数第三层时电子数不超过 2 个
- L 层为倒数第三层时电子数不超过 8 个
- M 层为倒数第三层时电子数不超过 18 个
- O 层为倒数第三层时电子数不超过 32 个
- A 只有 B
- C D
- 11 X 元素的阳离子和 Y 元素的阴离子具有与 Ar 相同的电子层结构, 下面叙述正确的是 ()
- A X 的质子数比 Y 的少
- B X 原子的最外层电子数比 Y 的多
- C X 元素的中子数比 Y 的多
- D X 是金属元素, 而 Y 是非金属元素
- 12 在核电荷数为 1 ~ 18 的元素的原子中, 最外层电子数等于次外层电子数的有 ()
- A 1 种 B 2 种 C 3 种 D 4 种
- 13 写出下列几种微粒的符号或结构示意图:
- (1) 核外没有电子的微粒是 _____;
- (2) 核外电子总数为 N, 核内质子数的 $\frac{1}{4}$ 等于 N 的原子的结构示意图为 _____;
- (3) 核外有 10 个电子的二价阳离子的符号是 _____;
- (4) 只有 1 个电子层上有电子的 +2 价的阳离子是 _____。
- 14 有两种气态单质 A_m 和 B_n , 已知 2.4 g A_m 和 2.1 g B_n

所含的原子个数相等, 而分子数之比为 2 : 3。A 和 B 的原子核内质子数都等于中子数, A 原子 L 层电子数是 K 层的 3 倍。

- (1) A、B 的元素符号分别为 _____、_____。
- (2) A_m 中的 m 值为 _____。

综合创新

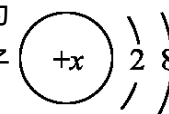
15 核电荷数为 1 ~ 18 的元素中, 下列叙述正确的是 ()

- A 最外层只有 1 个电子的元素, 一定是金属元素
- B 最外层只有 2 个电子的元素, 一定是金属元素
- C 原子核外各层电子数相等的元素, 一定是金属元素
- D 核电荷数为 17 的元素的原子容易获得 1 个电子

16 有 A、B、C 三种元素, A 元素的原子最外层电子数是 2, B 元素的原子得到 2 个电子就达到稳定结构, C 元素的原子最外层电子数是次外层电子数的 3 倍, 则这三种元素组成的化合物可能是 ()

- A ABC_3 B ABC_2 C ABC_4 D A_2BC_3

17 结构示意图如右图的离子, x 值可能为 _____、_____、_____、_____、_____、_____, 相应的离子符号分别为 _____、_____、_____、_____、_____、_____。



18 有 4 种原子 ${}_x\text{A}$ 、 ${}_y\text{B}$ 、 ${}_m\text{C}$ 、 ${}_n\text{D}$, 已知 $x + y + m + n = 82$, B^{2-} 与 C^+ 离子的核外电子排布都与氩原子相同。又知 $n = y + m$ 。推算 x、y、m、n 的值, 并确定 A、B、C、D 四种元素的名称, 画出 B 的阴离子结构示意图。

第二节 元素周期律

第一讲

预习导引

问题 1:在一年的时间里,季节的变化是周期性变化吗?在 5、6 年的时间段上,季节的变化是周期性的吗?我们学习过的正弦函数是一个周期性变化的函数,想一下,什么叫周期性变化?

问题 2:从原子结构上看,碱金属元素单质的化学性质存在明显的相似性的原因是什么?它们的化学性质存在一定的差异的结构原因又是什么?

问题 3:随着原子序数的递增,碱金属元素、卤族元素的原子半径都呈现出逐渐增大的趋势,联系到它们原子的电子层数的变化,由此可得出什么结论?

问题 4:碱金属元素的常见化合价是 + 1 价,而卤族元素的最高正化合价是 + 7 价,联系到它们原子的最外层电子数,由此又可获得什么结论?

元素符号							
最外层电子数							
最高正化合价							
最低负价							
最外层电子数变化趋势	(从左到右)						
最高正化合价变化趋势	(从左到右)						
原子半径变化趋势	(从左到右)						

思考 (1)在本节中,元素性质有哪些内涵?

(2)元素的最高正价与原子的最外层电子数有何联系?从化合价的实质来看,这种联系是必然的吗?元素的最高正价与其最低负价有何关系?由此你对“元素性质的周期性变化是元素原子核外电子排布的周期性变化的必然结果”这句话怎么体会?

疑难解析

1 “元素性质随着元素原子序数的递增而呈周期性的变化”中的几个用语

(1)元素性质:这里所说的元素性质是指: 原子半径; 元素的主要化合价; 元素的金属性和非金属性。元素性质是由其原子结构决定的,有什么样的原子结构就有什么样的元素的性质。原子半径主要由电子层数、核电荷数等因素决定。元素的金属性和非金属性指的是原子得失电子的能力,它主要由原子半径和最外层电子数来决定,原子半径越小,最外层电子数越多,元素的非金属性越强,反之,金属性越强。元素的主要化合价主要由最外层电子数决定,一般情况下,元素的最高正化合价等于其原子的最外层电子数。

(2)原子序数:按元素核电荷数由小到大的顺序给元素编排的序号。因为最小的核电荷数为 1,此元素也被编为 1 号,依次类推,得如下结论:原子序数 = 核电荷数 = 质子数。原子序数的定义给人们称呼某种元素带来了很大的方便,以后我们一般说“多少号元素”而不说“原子的核电荷数为多少的元素”。

(3)周期性变化:每隔一定数量的元素,后面元素的性质又重现前面元素相似性质的变化,称作周期性变化。

知能互动

1 .原子序数:按元素_____由小到大的顺序给元素编排的序号。

原子序数 = _____ = _____ = _____。

思考 原子序数就好像在元素的大家庭中每一种元素的排行,有了它,我们可以更方便地指代某一元素。“核电荷数为 10 的元素”这句话,现在可以怎样说呢?体会一下,这是不是更方便?

2 .11 ~ 17 号元素的性质变化规律

原子序数	11	12	13	14	15	16	17
元素名称							

2.元素周期律的内容和实质

(1)原子核外电子排布呈周期性变化

观察 1~18 号元素电子层数和最外层电子数的递变规律如下表。

原子序数	电子层数	最外层电子数	达稳定结构时最外层电子数
1~2	1	1→2	2
3~10	2	1→8	8
11~18	3	1→8	8

容易得出结论:随着原子序数的递增,元素原子的最外层电子排布呈现周期性的变化规律,即每隔一定数目的元素,会重复出现“最外层电子数从 1 个排到 8 个(K 层除外)而达到稳定结构”的变化,也就是从活泼的碱金属元素原子结构过渡到稀有气体元素原子的稳定结构。

(2)原子半径呈周期性变化

观察 3~9 号元素,原子半径 0.152 nm→0.071 nm 由大渐小;11~17 号元素,原子半径 0.186 nm→0.099 nm 由大渐小。即从 3~18 号元素,随着原子序数的递增,元素原子半径由大到小,经过稀有气体元素后,又重复出现原子半径由大渐小的变化规律。

(3)元素主要化合价呈周期性变化

从 3~18 号元素看,元素化合价的最高正价与最外层电子数相同(O、F 不显正化合价),且最高正化合价随着原子序数的递增重复出现+1 价递增至+7 价的变化规律。从中部的元素开始有负化合价,负价是从-4 价递变到-1 价。

(4)元素的金属性、非金属性呈周期性变化

随着原子序数的递增,元素重复出现金属性减弱,非金属性增强的变化。(第二讲将重点介绍)

3.原子及简单离子的半径变化规律

粒子半径主要由电子层数、核电荷数和核外电子数决定。最外层电子数相同时,电子层数越多,半径越大,电子层数越少,半径越小;当电子层数相同时,核电荷数越多,原子半径越小;当电子层数与核电荷数均相等时,核外电子数越多,粒子半径越大。具体解释如下:

(1)电子层数不同,则电子层数多半径大

像卤素、碱金属族元素的原子,自上而下电子层数增多,原子半径逐渐增大。同族元素形成的同价态的简单离子,自上而下也因电子层数渐多,而离子半径增大。如:

$$\begin{aligned} r(\text{F}) < r(\text{Cl}) < r(\text{Br}) < r(\text{I}) \\ r(\text{Li}) < r(\text{Na}) < r(\text{K}) < r(\text{Rb}) < r(\text{Cs}) \\ r(\text{F}^-) < r(\text{Cl}^-) < r(\text{Br}^-) < r(\text{I}^-) \\ r(\text{Li}^+) < r(\text{Na}^+) < r(\text{K}^+) < r(\text{Rb}^+) < r(\text{Cs}^+) \\ r(\text{Na}^+) < r(\text{Na}) \end{aligned}$$

(2)电子层数相同,则核电荷数大半径小(稀有气体除外)。如:

$$r(\text{Na}) > r(\text{Mg}) > r(\text{Al}) > r(\text{S}) > r(\text{Cl})$$

(3)电子层结构相同的离子,随着核电荷数的逐渐增加离子半径逐渐减小。如 F^- 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Al^{3+} 都具有与 Ne 相同的电子层排布,其离子半径顺序为:

$$\text{F}^- (0.135 \text{ nm}) > \text{Na}^+ (0.097 \text{ nm}) > \text{Mg}^{2+} (0.065 \text{ nm}) > \text{Al}^{3+} (0.05 \text{ nm})$$

又如 S^{2-} 、 Cl^- 、 K^+ 、 Ca^{2+} 都具有与 Ar 相同的电子层排布,其离子半径顺序为:

$$r(\text{S}^{2-}) > r(\text{Cl}^-) > r(\text{K}^+) > r(\text{Ca}^{2+})$$

(4)对于同种元素的粒子

原子半径大于相应的阳离子半径,如 $r(\text{Na}) > r(\text{Na}^+)$,两者只相差 1 个电子,但半径几乎是 2 倍的关系,这主要是由电子层数的不同决定的。

原子半径小于相应的阴离子半径,如 $r(\text{Cl}) < r(\text{Cl}^-)$ 、 $r(\text{S}) < r(\text{S}^{2-})$ 。

同种元素不同价态的离子,高价态离子半径小于低价态离子半径,如 $r(\text{Fe}^{3+}) < r(\text{Fe}^{2+})$ 。

说明电子层数与核电荷数均相同的粒子,核外电子数越多,半径越大。

说明:

原子半径主要是由核外电子层数和原子核对核外电子的作用等因素共同决定的。随着核电荷数的增加,核对核外电子的引力增大,其结果倾向于使元素的原子半径减小,但外层电子数的增加,使电子间的相互排斥增强,其结果倾向于使元素的原子半径增大。由于电子层数相同时核电荷数的增加使原子半径减小的作用大于因核外电子数的增加使原子半径增大的影响,所以,随原子序数的递增,电子层数相同的元素的原子半径一般由大逐渐变小。

测量稀有气体元素原子半径的方法与其他元素不同,所以稀有气体元素的原子半径与其他元素的原子半径没有可比性。

4.常见元素化合价的一般规律

(1)金属元素无负价,因为金属元素原子最外层电子数目少,易失去电子变为稳定结构,故金属无负价。除零价外,在反应中只显正价的元素一定是金属元素。

(2)最外层电子数大于等于 4 则出现负价,既有正价又有负价的元素一定是非金属元素。

(3)氟无正价,氧无最高正价。氟、氧原子得电子能力特别强,尤其是氟元素,其原子只能夺取电子来形成稳定结构,除零价外,只显负价。在高中阶段,若题目没有指明,一般认为氧没有正价(氧只有跟氟结合时,才显正价,如在 OF_2 中氧呈+2 价)。

(4)元素的化合价是由元素的原子结构决定的,特别与元素原子的最外层电子数(有的与次外层或倒数第三层的电子)关系密切。1~20 号元素中,除 O、F 外,元素的最高正价等于最外层电子数;元素的最低负价与最高正价的关系为:最高正价+|最低负价|=8。

(5)除个别元素(如氮元素)外,原子序数为奇数的元素,其化合价也常呈奇数价,原子序数为偶数的元素,其化合价也常呈偶数价,即序奇价奇,序偶价偶。

若原子的最外层电子数为奇数(m),则元素的正常化合价为一系列连续的奇数,从-1 到+ m ,若出现偶数则为非正常化合价,其氧化物为不成盐氧化物,例如 NO_2 、 NO ;若原子的最外层电子数为偶数(m),则元素的正常化合价为一系列

连续的偶数,从 - 2 到 + m 。例如: S^{-2} 、 S^{+2} 、 S^{+6} 。
(6)最高价氧化物及其水化物的化学式、非金属气态氢化物的化学式的通式如下(R 表示元素符号):

最高价氧化物	最高价氧化物的水化物	气态氢化物
R_2O	ROH	
RO	$R(OH)_2$	
R_2O_3	$R(OH)_3$	
RO_2	H_4RO_4	RH_4
R_2O_5	H_3RO_4	RH_3
RO_3	H_2RO_4	H_2R
R_2O_7	HRO_4	HR

探究学习

例 1

- 下列粒子半径大小的比较中,正确的是 ()
- A $Na^+ < Mg^{2+} < Al^{3+} < O^{2-}$
- B $S^{2-} > Cl^- > Na^+ > Al^{3+}$
- C $Na < Mg < Al < S$
- D $Cs^+ > Rb^+ > K^+ > Na^+$

命题意图:本题考查由粒子结构来判断微粒半径。

解析 比较微粒半径大小要根据粒子的电子层数、核电荷数、最外层电子数综合考虑。

(1)看电子层数,在电子层数不同时,电子层越多,半径越大;(2)看核电荷数,在电子层数相同时,核电荷数越大,半径越小;(3)看最外层电子数,在电子层数和核电荷数均相同时,电子数越多,半径越大。

A 中 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Al^{3+} 、 O^{2-} 等离子的核外电子排布相同,都是 K 层 2 个电子,L 层 8 个电子,但这些离子中核电荷数依次为 11、12、13、8,核电荷数越大,对外层电子的吸引力越大,微粒的半径就越小,A 中各微粒半径由大到小的顺序应是: $Al^{3+} < Mg^{2+} < Na^+ < O^{2-}$,故 A 错误。

B 中 S^{2-} 、 Cl^- 具有相同的电子排布,但 Cl^- 的核电荷数较大,所以其半径较小。 Na^+ 、 Al^{3+} 的核外电子排布相同, Na^+ 核电荷数较少,故其半径较大。而且 S^{2-} 比 Na^+ 多一个电子层,显然 S^{2-} 的半径大于 Na^+ 。这四种微粒半径的大小顺序应是 $S^{2-} > Cl^- > Na^+ > Al^{3+}$,故 B 正确。

C 中 Na、Mg、Al、S 原子的电子层数相同,核电荷数越大者,其半径越小,故其半径大小顺序为 $Na > Mg > Al > S$,C 不正确。

D 中 Cs^+ 、 Rb^+ 、 K^+ 、 Na^+ 四种微粒,电子层数依次减少,故其半径逐渐减小。D 正确

答案 BD

变式训练:下列化合物中阴离子半径和阳离子半径之比最大的是 ()

- A. LiI B. NaBr
- C. KCl D. CsF

解析 本题考查同族元素离子半径大小递变规律。四选项中阳离子大小顺序是 $Li^+ < Na^+ < K^+ < Cs^+$,阴离子半径的大小顺序是 $I^- > Br^- > Cl^- > F^-$,阴离子半径和阳离子半径之比最大的化合物应该是阴离子半径最大而阳离子半径最小的化合物,故应为 LiI。

答案 A

例 2

A、B 两元素原子的电子层均小于或等于 3,它们的离子的电子层相差两层。已知 A 原子最外层电子数为 m ,而 B 元素的最高正价为 + n ,且 A 只有正化合价,则 A、B 两元素的原子序数分别是 ()

- A $m+2,10+n$
- B m,n
- C $m-2,10-n$
- D 3,7

命题意图:本题考查 1~18 号元素的核外电子排布的特点及其与元素化合价的关系。

解析 解题时以“ A 只有正化合价 ”为突破口,由此可知 A 为金属元素,它的离子应是阳离子,其电子层数应比原子的电子层数少 1。因为 A、B 离子的电子层相差两层,且原子的电子层数不超过 3,故 A 的电子层数应为 2,B 的电子层数应为 3,且 B 为非金属元素。根据原子的最外层电子数等于其最高正价,可知 B 原子的最外层电子数为 n ,其核外电子排布为 2、8、 n ,核电荷数 = 核外电子数 = 原子序数 = $10+n$ 。同理可知, A 的核外电子排布为 2、 m ,故其原子序数为 $2+m$ 。

答案 A

探究:“ 只有正化合价的元素一定是金属元素 ”,解决无机推断题时常用到该规律,例如某单质可以发生歧化反应,即可证明该元素存在负化合价,此元素应为非金属元素。

例 3

周期表前 20 号元素中,某两种元素的原子序数相差 3,电子层数相差 1,它们形成化合物时原子数之比为 1 2。写出这些化合物的化学式_____。

命题意图:本题考查原子的外层电子排布与常见化合价的关系。

解析 设两种元素分别为 X、Y,则它们形成的化合物的化学式为 X_2Y 或 XY_2 。前者 X、Y 的化合价分别为 + 1、- 2,即最外层电子数分别为 1、6,推知其化学式为 Na_2O 或者 K_2S 。

后者中 X、Y 的化合价分别为 + 2、- 1,即最外层电子数分别为 2、7,推知其化学式为 MgF_2 或者 CaCl_2 。

答案 Na_2O K_2S MgF_2 CaCl_2

探究:熟知元素的化合价与原子结构的关系固然是解决本题的关键,但一个不容忽视的问题是,有些同学对核电荷数为 1~20 之间的元素的性质不熟悉,这也会影响本题的解决。数(原子序数)——素(对应什么元素)——性(具有什么性质)的思维也是本章的一条重要知识链。

例 4

在水溶液中, YO_3^{n-} 和 S^{2-} 发生反应的离子方程式如下:
 $\text{YO}_3^{n-} + 3\text{S}^{2-} + 6\text{H}^+ \rightarrow \text{Y}^- + 3\text{S}\downarrow + 3\text{H}_2\text{O}$, 已知 Y 为 1~18 号元素。

(1) YO_3^{n-} 中 Y 的化合价是_____;

(2) Y 元素原子的最外层电子数是_____;

(3) S^{2-} 的半径 _____ Y^- 的半径(填“大于”或“小于”)。

命题意图:本题结合氧化还原反应来考查物质结构与元素化合价的关系。

解析 (1)在氧化还原反应中得电子总数与失电子总数是相等的,即化合价升高总数等于降低总数。硫元素化合价升高总数为 $2 \times 3 = 6$,则 Y 元素化合价降低总数也是 6,由此可知在 YO_3^{n-} 中 Y 的化合价是 + 5 价。

(2)由 Y^- 可知,Y 原子得到 1 个电子变为稳定结构,故 Y 元素原子的最外层电子数是 7。

(3)因为 Y 是 1~18 号元素,又属于卤族元素,则可能为 F 或 Cl, F^- 比 S^{2-} 少一个电子层,而 Cl^- 与 S^{2-} 具有相同的电子层排布但原子序数大于 S^{2-} ,故无论是何种原子形成的离子,其半径均小于 S^{2-} 的半径。

答案 (1)+5 (2)7 (3)大于

探究:第(1)小题中,也可根据电荷守恒来解决,方程式右侧电荷总数为 - 1,故左侧电荷也应为 - 1,由此可推知 n 为 1,即 YO_3 中 Y 的化合价是 + 5 价。

第(2)小题容易由 Y 的化合价是 + 5 价,得出 Y 元素原子的最外层电子数是 5 的错误答案,请注意只有最高正价才等于最外层电子数,+ 5 价不是 Y 元素的最高正价,故不能由此推知最外层电子数。而 R^- 是稳定存在的微粒,故由此可推知 R 的最高正价为 + 7 价,即其最外层电子数为 7。

达标训练

基础过关

1 核外电子排布的周期性是指 ()

- A 原子核外电子的数目呈周期性变化
 B 原子核外电子的运动状态呈周期性变化

C 原子最外层电子排布呈周期性变化

D 原子核外电子层数呈周期性变化

2 已知元素的原子序数,可推断原子的 ()

质子数 中子数 质量数 核电荷数 核外电子数

A B

C D

3 某元素 L 层电子数比 K 层电子数多 5 个,该元素的最高正价为 ()

A +5 B +6

C +7 D 无正化合价

4 粒子 $^{18}_8\text{O}$ 和 $^{18}_9\text{F}$ 的原子半径,前者和后者的关系是 ()

A 前者大 B 后者大

C 两者相等 D 不能确定

5 质量数为 37,有 20 个中子的 R 原子,它可以形成的离子是 ()

A R^+ B R^-

C R^{2+} D R^{2-}

6 有 ${}_a\text{X}^{n-}$ 和 ${}_b\text{Y}^{m+}$ 两种单核离子,它们的电子层结构相同,下列关系式和分子式正确的是 ()

A $a - n = b + m$

B X 的氢化物是 H_nX (或 XH_n)

C $a > b$

D Y 的氧化物是 YO_m

7 已知 X、Y 均为 1~18 号之间的元素,X、Y 可形成化合物 X_2Y 和 X_2Y_2 ,又知 Y 的原子序数小于 X 的原子序数,则这两种元素的原子序数之和为 ()

A 19 B 18

C 16 D 9

8 X、Y 为 1~20 号元素,它们原子次外层有 8 个电子,X 元素的最高正价和最低负价的代数和为 6,X 和 Y 能形成化合物 YX_2 ,且在水溶液中, YX_2 电离形成的两种离子具有相同的电子层结构,则 X 是 _____ 元素,Y 是 _____ 元素。

9 A、B、C 三种元素的原子具有相同的电子层数,B 的原子序数比 A 大 2,C 的原子序数比 B 大 4。1 mol A 的单质跟酸反应,能置换出 1 g H_2 ,而 A 变为具有跟氖原子相同的电子层结构的离子。

(1) 可推知 A 是 _____, B 是 _____, C 是 _____。(写元素符号)

(2) A、B、C 三种元素的最高价氧化物的水化物的化学式分别是_____、_____、_____。

知能拓展

10 某元素 R 的原子中含有相同的质子数和中子数,R 元素的气态氢化物中,R 与 H 的原子个数比为 1 : 4,质量比为 7 : 1,则 R 的最高价氧化物对应水化物的化学式为 ()

A H_2CO_3 B H_2SiO_3

C H_2SO_3 D HNO_3

11 X 元素的阳离子与 Y 元素的阴离子具有相同的电子

层结构,Z 的阴离子半径小于带相同电荷的 Y 的阴离子半径,则这三种元素的原子序数由大到小的排列顺序是 ()

A Y> X> Z

B X> Y> Z

C X> Z> Y

D Z> Y> X

12 某元素 X 的气态氢化物化学式为 H₂X,下面的叙述不正确的是 ()

A 该元素的原子最外层上有 6 个电子

B 该元素最高价氧化物的化学式为 XO₂

C 该元素是非金属元素

D 该元素最高价氧化物对应水化物的化学式为 H₂XO₄

13 下列各组元素性质递变情况错误的是 ()

A Li、Be、B 原子最外层电子数依次增多

B P、S、Cl 元素最高正价依次升高

C N、O、F 原子半径依次增大

D Na、K、Rb 原子序数依次增大

14 已知 Xⁿ⁺、Y⁽ⁿ⁺¹⁾⁺、Zⁿ⁻、R⁽ⁿ⁻¹⁾⁻ 四种微粒具有相同的电子层结构,则 X、Y、Z、R 元素的原子序数由大到小的顺序是_____,其原子半径由大到小的顺序是_____,上述四种离子的半径由大到小的顺序是_____。

15 A、B、C、D 四种元素原子的电子层数分别是 2、3、2、3,最外层电子数依次增多,且均为奇数。

(1)写出元素符号:

A _____ B _____ C _____ D _____;

(2)其中具有最高正价的是_____;

(3)失电子能力最强的是_____;

(4)原子半径最大的是_____,最小的是 _____。

16 有 A、B、C、D 四种元素,A 的最高正价与其负价的绝对值之差为 6,A、D 次外层都是 8 个电子,A 与 D 的化合物 DA 在水溶液中能电离出具有相同电子层结构的阴、阳离子,B 有两个电子层,其最高正价与最低负价的代数和为零,C²⁻ 离子与氩原子具有相同的电子层结构,试写出上述各元素的符号:

A _____,B _____,C _____,D _____。

综合创新

17 A 元素的阳离子与 B 元素的阴离子具有相同的电子层排布,有关两元素的叙述: 原子半径 A< B; 离子半径 A> B; 原子序数 A> B; 原子最外层电子数 A< B; A 的最高正价与 B 的负价绝对值一定相等。其中正确的是 ()

A B

C D

18 某元素的最高价氧化物的水化物的化学式为 H_xRO_y,气态氢化物的化学式为 H_xR。已知 1 mol H_xRO_y 比 1 mol H_xR 质量多 64 g,又知 R 原子的核外电子总数比 H_xRO_y 中氢原子和氧原子的核外电子总数少 16 个,求 R 的原子序数。

第二讲

预习导引

问题 1:元素的性质随着核电荷数的增大有一些递变规律,其具体内容是什么?

问题 2:元素的金属性和非金属性的强弱可根据哪些实验事实加以判断?

问题 3:两性氧化物、两性氢氧化物的“两性”的含义是什么?教材中是如何证明 Al(OH)₃ 是两性氢氧化物的?写出有关的化学方程式。

问题 4:查阅原子量的排序,原子序数与原子量的顺序一定一样吗?可否将元素周期律表述成元素性质随原子量或质量数的递增,呈现周期性变化?

知能互动

1 .根据教材表 5-5、5-9、5-10,总结出元素周期律的具体内容。在电子层数相同的情况下:

- (1)原子半径,随着核电荷数的增加而逐渐_____;
- (2)主要化合价,正价____,负价_____;
- (3)金属性及非金属性,随着核电荷数的增大,金属性逐渐_____,非金属性逐渐_____;
- (4)导致上述变化的根本原因是,原子最外层电子数_____。

2 .金属性、非金属性判断的实验依据

(1)元素金属性的强弱可以从它的_____与水或酸反应置换出氢的_____,以及 _____的_____性强弱来判断。

(2)元素非金属性的强弱可以从它的最高价氧化物对应水化物的_____,或跟氢气生成气态氢化物的_____以及氢化物的_____来判断。

思考 化学用语的使用应该规范,氧化性和非金属性均指得电子的难易程度,能否说“ 氯气有强的非金属性,氯元素有强的氧化性 ”?

3 .金属性、非金属性强弱与原子结构的关系

(1)由卤素、碱金属元素性质的递变可知,在元素的原子最外层电子数相同时,随着原子序数的递增,电子层数逐渐_____,原子半径逐渐_____,原子核对外层电子的引力逐渐_____,原子失电子能力逐渐_____,得电子能力逐渐_____,表现在元素性质上就是_____增强,_____减弱。

(2)由 11~18 号元素的性质递变可知,在元素的原子核外电子层数相同时,随着原子序数的递增,原子半径逐渐_____,原子核对外层电子的引力逐渐_____,原子失电子能力逐渐_____,得电子能力逐渐_____,表现在元素性质上就是金属性_____,非金属性_____。

4 .(1)写出 Al₂O₃表现两性的离子方程式:

_____、_____;

(2)Al(OH)₃表现两性的离子方程式:

_____、_____。

思考 有人说:铝的氧化物和氢氧化物都呈现出两性,因此铝也呈两性。这种说法对吗?

疑难解析

1 金属性、非金属性判断的实验依据

元素的金属性或非金属性的强弱,可决定元素形成的单质及有关化合物的很多化学性质,因此,元素的金属性或非金属性强弱的判断,是本章最主要的内容之一。

虽然根据原子结构或元素在周期表中的位置(下节将学习),可以判断元素的金属性或非金属性的强弱,但这也是以实验事实为依据的。

(1)元素金属性强弱的实验标志

单质与水或酸反应置换出氢的难易:金属单质与水或酸置换出氢的速率越快(反应越剧烈),表明元素的金属性越强。如:2Na + 2H₂O(冷) 2NaOH + H₂↑



说明金属性 Na>Mg

最高价氧化物对应的水化物(氢氧化物)的碱性强弱:碱性越强,表明元素的金属性越强。如:

NaOH、Mg(OH)₂、Al(OH)₃的碱性依次减弱,表明金属性 Na>Mg>Al。

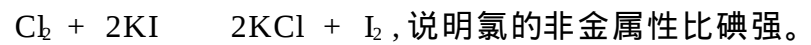
置换反应:一种金属能把另一种金属从它的盐溶液中置换出来,一般情况下表明前一种金属的金属性比较强,被置换出的金属元素的金属性较弱。

(2)元素非金属性的实验标志

单质与氢气化合的难易程度、条件及生成气态氢化物的稳定性:非金属单质与氢气化合越容易,形成的氢化物也就越稳定,氢化物的还原性也就越弱,说明其非金属性也就越强。如 HCl、HBr、HI 的稳定性依次减弱,表明非金属性 Cl>Br>I。

最高价氧化物对应水化物的酸性强弱:酸性越强,表明元素的非金属性越强。如:HClO₄酸性强于 HIO₄,表明元素的非金属性 Cl>I。

对于特定的置换反应,一种非金属单质能把另一种非金属单质从它的盐溶液或酸溶液(无氧酸)中置换出来,表明前一种元素的非金属性较强,被置换出的非金属元素的非金属性较弱。如:



2 .11~18 号元素金属性、非金属性强弱的比较

(1)钠、镁、铝的性质比较

	钠	镁	铝
与水反应	与冷水剧烈反应	与冷水缓慢反应,与沸水迅速反应	与冷水很难反应,与热水缓慢反应
与酸反应		剧烈反应	迅速反应
氧化物	Na ₂ O 和 Na ₂ O ₂	MgO 为碱性氧化物	Al ₂ O ₃ 为两性氧化物
对应碱	NaOH 为强碱	Mg(OH) ₂ 为中强碱	Al(OH) ₃ 为两性氢氧化物
结论	金属性逐渐减弱→		

(2)硅、磷、硫、氯的性质比较

	Si	P	S	Cl
最高正价	+ 4	+ 5	+ 6	+ 7
最低负价	- 4	- 3	- 2	- 1
单质与氢气 反应的条件	高温	磷蒸气 与 H ₂ 能反应	须加热	光照或点 燃时爆炸
最高价 氧化物	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl ₂ O ₇
最高价氧化 物的水化物	H ₄ SiO ₄ 弱酸	H ₃ PO ₄ 中强酸	H ₂ SO ₄ 强酸	HClO ₄ 最强无机酸
	酸性逐渐增强			
结论	非金属性逐渐增强			

综上,Na Mg Al Si P S Cl Ar
金属性逐渐减弱,非金属性逐渐增强 稀有气体

3 .金属性、非金属性强弱与原子结构的关系

由 11 ~ 18 号元素的性质递变可知,在元素的原子核外电子层数相同时,随着原子序数的递增,原子半径逐渐减小,原子核对外层电子的引力逐渐增强,原子失电子能力逐渐减弱,得电子能力逐渐增强,表现在元素性质上就是金属性减弱,非金属性增强。

由卤素、碱金属元素性质的递变可知,在元素的原子最外层电子数相同时,随着原子序数的递增,电子层数逐渐增多,原子半径逐渐增大,原子核对外层电子的引力逐渐减弱,原子失电子能力逐渐增强,得电子能力逐渐减弱,表现在元素性质上就是金属性增强,非金属性减弱。

由上可知,原子半径是元素金属性或非金属性强弱的决定因素,即可以理解为,在电子层数相同或最外层电子数相同时,原子半径越大的元素的金属性越强,而原子半径越小的元素的非金属性越强。

4 .金属性、非金属性与氧化性、还原性的关系

金属性和非金属性讨论的对象是元素,它是一个广义的概念,它们的强弱由原子结构决定,它不受外界条件的影响,表示的是原子失去或得到电子能力的大小。气态原子越容易失去电子,其元素的金属性越强;原子越容易得到电子,其元素的非金属性就越强。元素的金属性或非金属性的强弱具体表现为该元素的单质或特定化合物的性质。元素金属性的强弱可从元素的单质与水或酸反应置换出氢的难易,或元素的最高价氧化物对应的水化物(氢氧化物)的碱性强弱来判断;元素的非金属性的强弱则从元素最高价氧化物对应水化物的酸性强弱,或从单质与氢气化合的难易程度及生成的气态氢化物的稳定性来判断。

氧化性和还原性讨论的对象是具体的物质或某物质中的特定粒子,它是一个狭义的概念,物质的氧化性和还原性具体表现在该物质得失电子的能力。物质的氧化性和还原性强弱可从氧化还原反应进行的方向来判断,同时受温度、浓度及酸碱性的影响。如浓硫酸具有强氧化性,而稀硫酸仅有弱的氧化性;KMnO₄在酸性条件下的氧化性强于在中性

或碱性条件下的氧化性。

一般情况下,元素的金属性强,元素的原子失电子的能力强,单质的还原性强,其阳离子的氧化性弱;元素的非金属性强,元素的原子得电子的能力强,单质的氧化性强,其阴离子的还原性弱。

需要指出的是,我们有时用金属活动顺序表来判断元素金属性的强弱,但实际上,金属性不同于金属活动性。金属性是指金属气态原子失去电子能力的性质,金属活动性是指在水溶液中,金属原子失去电子能力的性质,两者的顺序基本一致,仅极少数例外。如 Na 的金属性强于 Ca,但 Ca 的金属活动性强于 Na。其反常的原因在于测定的方法不同,金属活动性是在水溶液中测定的,水参与了反应,由于水合能的影响,所以不全与金属性吻合。金属性、金属活动性表现在单质性质上均为还原性。

5 .两性氧化物和两性氢氧化物

(1)既能与酸反应生成盐和水,又能与碱反应生成盐和水的氧化物叫两性氧化物,如 Al₂ O₃、ZnO。只能与酸反应生成盐和水的氧化物为碱性氧化物,如 CaO、CuO 等。只能与碱反应生成盐和水的氧化物为酸性氧化物(酸酐),如 SO₃、Cl₂ O₇、CO₂ 等。

(2)既能与酸反应,又能与碱反应的氢氧化物叫两性氢氧化物。如 Al(OH)₃、Zn(OH)₂ 等。

注意:金属氧化物不一定是碱性氧化物(Al₂ O₃),碱性氧化物一定是金属氧化物,酸性氧化物不一定是非金属氧化物(Mn₂ O₇),非金属氧化物不一定是酸性氧化物(CO、NO)。

探究学习

例 1

- 下列叙述不正确的是 ()
- A NaOH、Mg(OH)₂、Al(OH)₃ 的碱性逐渐减弱
 - B C、N、O、F 的原子半径递减
 - C Si、P、S、Cl 的气态氢化物的稳定性逐渐增强
 - D 金属性:Na> K> Rb> Cs

命题意图:本题是元素周期律的综合运用考查,考查的是元素周期律的具体内容。

解析 根据 11 ~ 18 号元素性质的递变可知,随着原子序数的递增,元素的金属性减弱,非金属性增强,即 Na、Mg、Al 的最高价氧化物的水化物的碱性逐渐减弱,Si、P、S、Cl 的气态氢化物的稳定性逐渐增强,A、C 说法均正确。C、N、O、F 四种原子的电子层数相同,故随着原子序数的递增,原子半径逐渐减小,B 说法也正确。Na、K、Rb、Cs 四元素原子的最外层电子数相同,随着原子序数的递增,电子层数逐渐增多,原子半径逐渐增大,原子核对外层电子的引力逐渐减弱,原子失电子能力逐渐增强,即元素金属性逐渐增强,故 D 说法错误。

答案 D