

清华北大学子
高效学习法·高一化学(下)
QINGHUABEIDAXUEZI
GAOXIAOXUEXIFA·GAOYIHUAXUE(XIA)
丛书主编 薛金星

*

北京出版社出版集团 出版
北京教育出版社
(北京北三环中路6号)
邮政编码:100011

网 址: www.bph.com.cn
北京出版社出版集团总发行
各地书店经销
北京市昌平兴华印刷厂印刷

*

787×1092 毫米 16 开本 8.5 印张 250 千字
2005 年 11 月第 2 版 2005 年 11 月第 1 次印刷
ISBN 7-5303-3413-1/G·3343
定价:10.80 元

目录

CONTENTS

第五章 物质结构 元素周期律 ... (1)

第一节 原子结构..... (1)

课前高效准备..... (1)

课堂高效探究..... (1)

多维高效解题..... (5)

限时高效训练..... (7)

第二节 元素周期律..... (9)

课前高效准备..... (9)

课堂高效探究..... (9)

多维高效解题..... (16)

限时高效训练..... (17)

第三节 元素周期表..... (19)

课前高效准备..... (19)

课堂高效探究..... (20)

多维高效解题..... (25)

限时高效训练..... (29)

第四节 化学键..... (30)

课前高效准备..... (30)

课堂高效探究..... (31)

多维高效解题..... (36)

限时高效训练..... (38)

章末高效提升..... (40)

课堂高效探究..... (40)

限时高效达标..... (43)

第六章 氧族元素 环境保护..... (46)

第一节 氧族元素..... (46)

课前高效准备..... (46)

课堂高效探究..... (47)

多维高效解题..... (54)

限时高效训练..... (56)

第二节 二氧化硫..... (57)

课前高效准备..... (57)

课堂高效探究..... (58)

多维高效解题..... (63)

限时高效训练..... (66)

第三节 硫酸..... (68)

课前高效准备..... (68)

课堂高效探究..... (68)

多维高效解题..... (76)

限时高效训练..... (79)

第四节 环境保护..... (82)

课前高效准备..... (82)

课堂高效探究..... (82)

多维高效解题..... (86)

限时高效训练..... (88)

章末高效提升..... (89)

课堂高效探究..... (89)

限时高效达标..... (92)

第七章 碳族元素 无机非金属材料

..... (96)

第一节 碳族元素..... (96)

课前高效准备..... (96)

课堂高效探究..... (96)

多维高效解题..... (99)

限时高效训练..... (101)

第二节 硅和二氧化硅·····	(102)
课前高效准备·····	(102)
课堂高效探究·····	(103)
多维高效解题·····	(107)
限时高效训练·····	(109)
第三节 无机非金属材料·····	(110)
课前高效准备·····	(110)

课堂高效探究·····	(111)
多维高效解题·····	(113)
限时高效训练·····	(114)
章末高效提升·····	(115)
课堂高效探究·····	(115)
限时高效达标·····	(117)

参考答案 ·····	(121)
-------------------	-------

第五章 物质结构 元素周期律

第一节 原子结构

课前高效准备



学习目标导航

1. 复习原子构成的初步知识,懂得质量数和 Z 、 X 的含义,掌握构成原子的粒子间的关系。
2. 了解关于原子核外电子运动特征的常识。
3. 了解核外电子排布的初步知识,能画出 1~18 号元素的原子结构示意图。



高效学习反馈

1. 原子的组成及组成粒子间的关系

(1) 原子 $\begin{cases} \text{原子核} \begin{cases} \text{质子} \underline{\hspace{1cm}} \text{ 个} \\ \text{中子} \underline{\hspace{1cm}} \text{ 个} \end{cases} \\ \text{核外电子} \underline{\hspace{1cm}} \text{ 个} \end{cases}$

(2) 质量数 = $\underline{\hspace{1cm}}$ + $\underline{\hspace{1cm}}$

(3) 核电荷数 = 质子数 = $\underline{\hspace{1cm}}$

2. 电子云

- (1) 核外电子运动的特点: ① $\underline{\hspace{2cm}}$;
② $\underline{\hspace{2cm}}$; ③ $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

(2) 电子云的概念: 电子在原子核外高速运动, 没有确定的 $\underline{\hspace{1cm}}$, 就像一团“ $\underline{\hspace{1cm}}$ ”笼罩在原子核周围, 人们形象地把它叫做“电子云”。电子云密集(单位体积内小黑点多)的地方, 电子出现的机会 $\underline{\hspace{1cm}}$, 反之, 电子云稀疏(单位体积内小黑点少)的地方, 电子出现的机会 $\underline{\hspace{1cm}}$ 。

3. 核外电子的排布规律

- (1) 电子尽先排布在能量 $\underline{\hspace{1cm}}$ 的电子层中, 当能量 $\underline{\hspace{1cm}}$ 的电子层排满后, 再依次排布在能量 $\underline{\hspace{1cm}}$ 的电子层中;
- (2) 每一电子层最多能容纳 $\underline{\hspace{1cm}}$ 个电子;
- (3) 最外层电子数最多不超过 $\underline{\hspace{1cm}}$; 若最外

层为 K 层, 电子数最多不超过 $\underline{\hspace{1cm}}$;

(4) 次外层电子数最多不超过 $\underline{\hspace{1cm}}$, 倒数第三层不超过 $\underline{\hspace{1cm}}$ 个电子。

课堂高效探究



重难点高效突破

重点一 原子核

1. 对构成原子的粒子及其性质的理解

原子是参加化学反应的最小粒子。

原子是由居于原子中心的带正电的原子核和核外带负电的电子构成的, 而原子核是由带正电的质子和不带电性的中子构成的。

原子很小, 原子核更小, 它的半径约为原子半径的几万分之一, 体积是整个原子的几千万亿分之一, 若将原子比做 10 层大楼, 原子核也就是一个小樱桃大小。原子核虽小, 但它聚集了几乎整个原子的所有质量。

思维突破: 构成原子的粒子及其性质归纳(见表 5-1)

表 5-1

构成原子的粒子	原子核		电子
	质子	中子	
电性和电量	1 个质子带 1 个单位正电荷	不显电性	1 个电子带 1 个单位负电荷
质量/kg	1.673×10^{-27}	1.675×10^{-27}	9.109×10^{-31}
相对质量	1.007	1.008	1/1 836

例 1 下列微粒: ①质子、②中子、③电子, 在所有原子中一定含有的微粒是()

- A. ①②③ B. 仅有①
C. ①和③ D. ①和②

解析: 任何原子核中均有质子, 为使原子整体不显电性, 故核外必须有与质子带相反电荷的电子, 所

以原子中必定存在质子和电子,可以不存在中子,如 ${}^1_1\text{H}$,它核内只有1个质子。

答案:C

规律技巧妙法总结:①原子中不一定含有中子,如 ${}^1_1\text{H}$ 。②同种元素的不同原子中子数和质子数多少不一样,可能相等也可能不相等。如 ${}^1_1\text{H}$ 、 ${}^2_1\text{H}$ 、 ${}^3_1\text{H}$ 中质子数为1,而中子数分别为0、1、2。

2. 对原子核的理解

(1)体积很小,比整个原子小的多。

(2)原子核是由质子和中子构成,1个质子带一个单位的正电荷,中子不显电性,因此,原子核集中了整个原子的正电荷。原子的核电荷数是由质子数决定,原子整体不显电性。

(3)电子质量很小,只有质子质量的 $1/1836$,所以原子的质量主要集中在原子核上,由于原子核体积很小,所以原子核密度很大。若在 1 cm^3 的小盒子中装满原子核,它的质量重达 $1.2\times 10^8\text{ t}$,需要载重12 t的卡车1000万辆来运载。

思维突破:对于中性原子,核电荷数=核内质子数=核外电子数。

3. 对质量数的理解

(1)定义:如果忽略电子的质量,将原子核内所有质子和中子的相对质量取近似整数值加起来所得的数值,叫做质量数,用“A”表示。

质量数(A)=质子数(Z)+中子数(N)

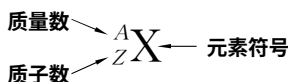
注意:①只要知上述三个数值中的任意两个,就可以推算出另一个数值。

②质子的相对质量为1.007,取近似整数值1。

中子的相对质量为1.008,取近似整数值1。

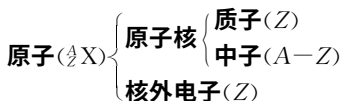
(2)应用——表示原子的组成

一个质量数为A,质子数为Z的X原子可以这样表示:



如C-12表示成 ${}^{12}_6\text{C}$,含义:一个质量数为12,质子数为6的C原子。

(3)构成原子各粒子间的关系



思维突破:构成原子或离子的粒子间的关系。

(1)对于一个原子(中性)

质量关系:质量数(A)=质子数(Z)+中子数(N)。

电性关系:核电荷数(Z)=质子数(Z)=核外电子数。

(2)对于阳离子 ${}^A_Z\text{X}^{n+}$

质子数>核外电子数

质子数=核外电子数+n

(3)对于阴离子 ${}^A_Z\text{X}^{n-}$

质子数<核外电子数

质子数=核外电子数-n

(4)对 ${}^A_Z\text{X}$ 中X原子的相对原子质量近似等于质量数。

例2 (2004年上海)美国科学家将两种元素铅和铀的原子核对撞,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和核外电子数之差是()

A. 57

B. 47

C. 61

D. 293

解析: ${}^A_Z\text{X}$ 中各数量间的关系一直是高考考查的重点和热点,题目往往以信息题的形式给出,给出的信息大多是化学科学的新发展,起点虽高,但落脚点却很低,只要细心就能得出正确答案。

答案:A

规律技巧妙法总结:熟练掌握原子的构成及构成粒子之间的关系是解题的关键。

重点二 原子核外电子的运动特征

1. 核外电子运动特点

(1)电子质量很小,带负电荷;

(2)运动空间范围很小,直径约为 10^{-10} m ;

(3)运动速率高,接近光速。

所以核外电子运动无确定的轨道,无运动轨迹,就无法指出某时刻所处位置。

2. 如何用电子云描述核外电子的运动特征

(1)电子云:电子在原子核外高速运动,像带负电的“云雾”笼罩在原子核周围,人们形象地把它叫做“电子云”。

(2)电子云实际上是对原子核外电子在原子核外某一区域出现机会多少的形象化描述。

(3)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。

思维突破:电子云是用统计方法对电子在原子核外运动规律的描述,小黑点密的地方电子出现的机会多,而在小黑点稀疏的地方电子出现的机会少。

例3 下列有关氢原子电子云图的说法中正确的是()

- A. 黑点密度大,电子数目多
B. 黑点密度大,单位体积内电子出现的机会大
C. 电子云图是对电子运动无规律性的描述
D. 电子云图描述了电子运动的客观规律

解析:电子云图中的黑点绝无具体数目的意义,而有相对多少的意义。单位体积内黑点数目相对较多(黑点密度较大),表示电子在该空间的单位体积内出现的机会相对较大;单位体积内黑点数目相对较少(黑点密度较小),表示电子在该空间的单位体积内出现的机会相对较小。电子的运动无宏观物体那样的运动规律,但有它自身的规律。电子云就是人们采用的描述电子运动规律的形象比喻,电子云图恰当地表达了电子的运动规律。

答案:BD

规律技巧妙法总结:电子云是对电子运动的一种形象化的描述,并不代表电子运动的实际情况,电子云中的小黑点也不代表电子。

重点三 原子核外电子的排布

■1. 对电子层的理解

在含有多个电子的原子中,由于电子的能量不同,它们运动的区域也不相同。能量低的电子,在离核较近的区域运动,能量高的电子在离核较远的区域运动。根据这种差别,可以把核外电子运动的不同区域看成不同的电子层。

电子层的表示方法见表 5-2。

表 5-2

电子层/ n	1	2	3	4	5	6	7
符号	K	L	M	N	O	P	Q
离核远近	由近—————>远						
能量高低	由低—————>高						

■2. 原子核外电子排布有哪些规律

(1) 电子总是尽先排在能量最低的电子层里,然后由里向外依次排在能量较高的电子层里。即先排 K 层,排满 K 层再排 L 层,排满 L 层再排 M 层。

(2) 每层所容纳的电子数最多为 $2n^2$ 个(n 为电子层数)。

(3) 最外层电子数不超过 8 个, K 层为最外层时不超过 2 个。

(4) 次外层不超过 18 个电子,倒数第三层不超过 32 个电子。

思维突破:核外电子排布的四条规律可以总结为“一低五不超”,它们既相互联系又相互制约,不能片面孤立地理解。如第 3 层(M 层)作为最外层时不超过 8 个电子,而不再是 $2 \times 3^2 = 18$ 个电子。该规律又是一般规律,限于中学阶段的学习。

有些原子的核外电子排布不能全靠它来解释。例

如:Ca $(+20) \begin{array}{c} 2 \\ 8 \\ 8 \\ 2 \end{array}$, 而不能排为 $(+20) \begin{array}{c} 2 \\ 8 \\ 9 \\ 1 \end{array}$; K $(+19) \begin{array}{c} 2 \\ 8 \\ 8 \\ 1 \end{array}$ 。

同学们掌握 1~20 元素原子的核外电子层排布就可以了。

例 4 (2005 年武汉)对于第 n 电子层,若它作为原子的最外层,则容纳的电子数最多与 $n-1$ 层的相同;当它作为次外层,则容纳的电子数比 $n+1$ 层上电子最多能多 10 个,则第 n 层为()

- A. L 层 B. M 层
C. N 层 D. O 层

解析:原子最外层最多可容纳 8 个电子,当第 n 层为最外层时,第 $n-1$ 层最多容纳 8 个电子为 L 层,所以第 n 层为 M 层。当第 $n+1$ 层为最外层时,第 n 层可容纳 18 个电子,也即 M 层。

答案:B

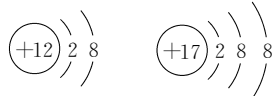
规律技巧妙法总结:熟练掌握核外电子的排布规律是解题的关键。

■3. 表示方法——结构示意图

结构示意图包括原子结构示意图和离子结构示意图。结构示意图是用小圆圈和圆圈内的符号及数字表示原子核及核内质子数,弧线表示各电子层,弧线上的数字表示该电子层上的电子数。如:

Na $(+11) \begin{array}{c} 2 \\ 8 \\ 1 \end{array}$

粒子符号 原子核 核内质子数或核电荷数
原子结构示意图中,核内质子数等于核外电子数;离子结构示意图中,二者则不相等。如:



即阳离子:核外电子数小于核电荷数。

阴离子:核外电子数大于核电荷数。

重点四 元素的化学性质与元素的原子核外电子排布的关系

■1. 8 电子稳定结构

通常把最外层有 8 个电子(K 为最外层时为 2 个)的结构,称为相对稳定结构。稀有气体的原子就是这种结构,化学性质稳定,一般不与其他物质发生化学反应。

■2. 元素的金属性与非金属性

原子的核外电子排布,特别是最外层电子数决定着元素的主要化学性质(如化合价、氧化性或还原

性、金属性或非金属性等)。金属元素的原子最外层电子数一般少于4个,在化学反应中比较容易失去电子而达到相对稳定结构,表现出金属性(还原性);而非金属元素的原子最外层电子数一般多于4个,在化学反应中容易得到电子而达到相对稳定结构,表现出非金属性(氧化性)。

例5 下列粒子都具有10个电子,写出符合条件的化学式:

(1)含有1个原子核的氧化性最强的阳离子

(2)含有1个原子核的还原性最弱的阴离子

(3)含有2个及2个以上原子核的中性分子(写三种)

(4)含有2个及2个以上原子核的离子(写三种)

解析:原子得到或失去电子后有10个电子或原子组合成的分子、离子有10个电子,都满足电子数的要求;金属越活泼形成的阳离子的氧化性越弱,非金属越活泼,形成的阴离子的还原性越弱。

答案:(1) Al^{3+} (2) F^{-} (3) HF 、 H_2O 、 NH_3
(4) OH^{-} 、 H_3O^{+} 、 NH_4^{+}

规律技巧妙法总结:解这类题关键是掌握1~20号元素粒子结构的特点,现归纳如下:

(1)与稀有气体元素的原子电子层结构相同的阴、阳离子群

①与He相同的: H^{-} 、 Li^{+} 、 Be^{2+} 。

②与Ne相同的: F^{-} 、 O^{2-} 、 N^{3-} 、 Na^{+} 、 Mg^{2+} 、 Al^{3+} 。

③与Ar相同的: Cl^{-} 、 S^{2-} 、 P^{3-} 、 K^{+} 、 Ca^{2+} 。

(2)核外有10个电子的粒子

①分子: Ne 、 HF 、 H_2O 、 NH_3 、 CH_4 。

②阳离子: Na^{+} 、 Mg^{2+} 、 Al^{3+} 、 NH_4^{+} 、 H_3O^{+} 。

③阴离子: N^{3-} 、 O^{2-} 、 F^{-} 、 OH^{-} 、 NH_2^{-} 。

其中一核10电子的粒子: Ne 、 Na^{+} 、 Mg^{2+} 、 Al^{3+} 、 F^{-} 、 O^{2-} 、 N^{3-} ;两核10电子的粒子: HF 、 OH^{-} ;三核10电子的有 H_2O 、 NH_2^{-} ;四核10电子的有 NH_3 、 H_3O^{+} ;五核10电子的有 CH_4 、 NH_4^{+} 。

(3)“18电子”的粒子

①分子: Ar 、 F_2 、 HCl 、 H_2O_2 、 PH_3 、 N_2H_4 、 CH_3OH 。

②离子: K^{+} 、 Ca^{2+} 、 Cl^{-} 、 S^{2-} 、 HS^{-} 。

(4)元素原子结构的特殊情况

①原子核内无中子的原子 ^1_1H 。

②最外层电子数等于次外层电子数的原子Be、Ar。

③最外层电子数是次外层电子数2倍的原子是C,是次外层电子数3倍的原子是O;是次外层电子数4倍的原子是Ne。

注意:最外层电子数是次外层电子数整数倍时,次外层电子数为2或8,不可能是18。

④电子层数与最外层电子数相同的原子是H、Be、Al;电子层数是最外层电子数2倍的原子是Li、Ca。

⑤最外层电子数是电子层数2倍的原子是He、C、S;是电子层数3倍的原子是O;是电子层数4倍的原子是Ne。

⑥原子半径最小的原子:H。



易错点高效突破

易错点1:原子在形成离子时核电荷数不变,只是最外层电子数(或价电子数)发生变化。

思维突破:失电子,核电荷数>核外电子数;得电子,核电荷数<核外电子数。当核电荷数>核外电子数时,形成阳离子,如: $\text{Na}-\text{e}^{-}\rightarrow\text{Na}^{+}$ 。当核电荷数<核外电子数时,形成阴离子,如: $\text{Cl}+\text{e}^{-}\rightarrow\text{Cl}^{-}$ 。

例1 化学式 $^{40}_{19}\text{K}^{+}$ 、 $^{40}_{20}\text{Ca}^{2+}$ 、 $^{40}_{18}\text{Ar}$ 、 $(+20)\text{ }^{20}_{18}\text{Ar}^{2+}$ 表示

元素的种类为()

A. 2种 B. 3种 C. 4种 D. 1种

答案:B

指点迷津:元素是指具有相同核电荷数即质子数的同一类原子的总称,此题目中 $^{40}_{20}\text{Ca}^{2+}$ 、

$(+20)\text{ }^{20}_{18}\text{Ar}^{2+}$ 是同种元素的离子和原子。

易错点2:对微粒的相关概念错误理解。

例2 下列说法中不正确的是()

①质子数相同的粒子一定是同一元素 ②质子数相同,电子数相同的两种粒子不可能是一种分子,一种离子

③电子数相同的粒子不一定是同种元素

④一种元素不可以形成不同单质 ⑤某元素的相对原子质量取整数就是质量数

A. ②④⑤

B. ①④⑤

C. ②③④

D. ①②③④⑤

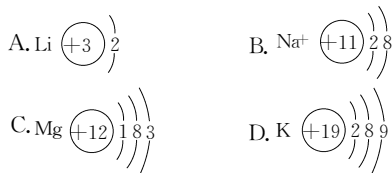
解析:粒子包括分子、原子、离子、质子、中子等,当质子数相同、中子数不同时是同一元素。但质子数相同,若一种是分子而另一种是原子时,则不为同一元素,如 H_2O 、Ne,所以①错③正确。离子形成的

原因是质子总数与电子总数不同,当为分子时,电子数和质子数相等,整个分子不显电性;而离子时,阳离子:质子总数>电子总数;阴离子:质子总数<电子总数。若分子是由同种元素的原子形成,则为单质,在各单质中虽组成元素相同,但每个分子含有的原子数不一定相同,如 O_2 、 O_3 ;金刚石、石墨;红磷、白磷等,所以②正确④不正确。由于元素的原子还存在同位素,所以元素的相对原子质量不等于某同位素原子的相对原子质量。元素的相对原子质量取整数也不一定是质量数,故选B。

答案:B

易错点3:原子结构中,用原子结构示意图表示原子、离子和核外电子排布规律。

例3 下列微粒的结构示意图正确的是()



解析:本题易错选C,只抓住了最外层不超过8个电子,而忽略了电子应该先排布在能量最低的电子层里,即K层排满才能排L层,L层排满才能排M层,所以Li $\left(+3 \right) \begin{array}{c} 2 \\ 1 \end{array}$, Mg $\left(+12 \right) \begin{array}{c} 2 \\ 8 \\ 2 \end{array}$, D选项最外层超过8个电子,应为 $\left(+19 \right) \begin{array}{c} 2 \\ 8 \\ 8 \\ 1 \end{array}$ 。

答案:B

指点迷津:“一低五不超”原则在使用时要相互联系相互制约,不要片面孤立运用,否则会出现错误。

多维高效解题



思维迁移

■1. 教材习题变式题 (P 94二、1)

例1 以美国为首的北约部队在对南联盟的狂轰滥炸中使用了大量的贫铀弹。所谓“贫铀”是从金属铀中提取出 $^{235}_{92}\text{U}$ 以后的副产品,其主要成分是具有低水平放射性的 $^{238}_{92}\text{U}$ 。下列有关 $^{238}_{92}\text{U}$ 的说法中正确的是()

- A. 中子数为146 B. 质子数为238
C. 质量数为330 D. 核外电子数为146

解析:由 ^A_ZX 的含义,在 $^{238}_{92}\text{U}$ 中 $Z=92$ 、 $A=238$,

所以 $N=A-Z=238-92=146$,即中子数为146。原子中核外电子数=核内质子数,应为92。

答案:A

变式 某元素R的阴离子 R^{2-} ,核外共有 a 个电子,核内有 b 个中子,则表示R原子的符号正确的是()

- A. ^a_bR B. $^{a+b}_{a+2}\text{R}$
C. $^{a+b-2}_{a+2}\text{R}$ D. $^{a+b-2}_{a-2}\text{R}$

解析:R原子的核外电子数为 $(a-2)$ 个,质子数也是 $(a-2)$ 个,质量数为 $(a-2+b)$ 个,故R原子的符号为 $^{a+b-2}_{a-2}\text{R}$ 。

答案:D

规律技巧妙法总结:这类题考查的是 ^A_ZX 的含义。 ^A_ZX 符号中 $A=N+Z$,其中A表示质量数,Z表示质子数,N表示中子数。

■2. 一题多变

例2 某元素原子的第 n 层上的电子数比第 $(n-1)$ 层上多6个电子,比第 $(n+1)$ 层上少10个电子,则该元素原子至少有几个电子层()

- A. 2个 B. 3个
C. 4个 D. 5个

解析:根据题干叙述,此元素的第 n 层应为L层,因为L层比K层多6个电子,而比M层少10个电子,并且此元素M层已经排满(18个 e^-),所以此元素至少有4个电子层。

答案:C

变式 某元素原子的第 n 层上的电子数比第 $(n-1)$ 层上多10个电子,比第 $(n+1)$ 层上少14个电子,则该元素原子可能有几个电子层()

- A. 4个 B. 5个
C. 6个 D. 7个

解析:题中元素的电子层结构更复杂, n 层比 $(n-1)$ 层多10个电子,比 $(n+1)$ 层少14个电子,则 n 层应为18个电子,故 n 层为M层,且因N层有32个电子,故N层至少为倒数第3层,也可为倒数第4层,故该元素可能有6个电子层,也可能有7个电子层。

答案:CD

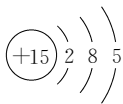
■3. 难题巧解

例3 1~18号元素中,某元素原子的核电荷数是电子层数的5倍,其质子数是最外层电子数的3倍,该元素的名称及原子结构示意图分别是_____。

解析:常规解法,写1~18元素的原子结构示意图,根据题干条件逐一辨认,找出该元素。

巧解 利用数学推导法可以巧妙推出。原子核电荷数=质子数,设为 Z ,电子层数设为 m ,最外层电子数设为 n ,由题意知: $Z=5m$, $Z=3n$,即 $5m=3n$, $m=\frac{3}{5}n$ 。因原子最外层电子数不超过8个,即 $n\leq 8$,且 $n=1\sim 8$ 中的任意整数,故当且仅当 $n=5$ 时, $m=3$ 才符合题意, $Z=15$ 。

答案:磷



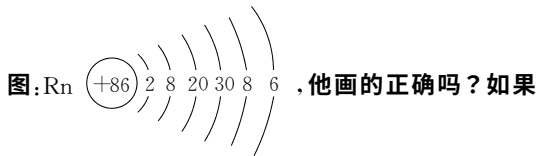
规律技巧妙法总结: 本题考查的是运用数学工具解决化学问题的基本思路与方法。由于电子层数、最外层电子数都是未知数,需借助于解不定方程,结合核外电子排布规律进行讨论。



创新探究

1. 化学与日常生活

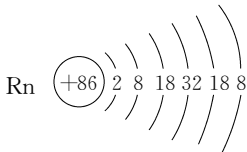
例1 现在的一些室内装饰材料特别是大理石地板中含有放射性的元素氡,它放射出对人体有害的射线,有一个同学画出了氡元素的原子结构示意图



不正确,请改正。

解析: 其错误有:(1)M层最多容纳18个电子,而不是20个;(2)N层最多容纳 $2\times 4^2=32$ 个电子,而不是30个;(3)P层为最外层,根据氡为稀有气体元素,故P层应容纳8个电子;(4)O层不是8个电子,因O层为次外层,容纳的电子数应不超过18个。

答案:不正确



2. 新型题

(一)探究题

例2 本节我们学习了原子核外电子排布规律,知道了原子核外可分为K、L、M、N、O、P、Q七个电子层,每个电子层最多容纳 $2n^2$ 个电子。事实上,每个电子层还可以分成若干个亚层,亚层内又可分为若干个轨道,每个轨道能够容纳2个自旋方向相反的电子。其中K层只有1个s亚层,s亚层上

只有1个轨道;L层分为s、p两个亚层,s亚层上有1个轨道,p亚层上有3个轨道;M层上有s、p、d三个亚层,其中d亚层上有5个轨道;N层上有s、p、d、f四个亚层,其中f亚层上有7个轨道;因为至今所发现的元素只有一百多种,故O层、P层和Q层上的电子也最多只能排列到f亚层。

试用上述理论解释为什么K层、L层、M层、N层最多可容纳的电子数分别为2、8、18、32?

解析: 因为K电子层上只有一个s亚层,s亚层上只有一个轨道,而1个轨道只能容纳2个自旋方向相反的电子,故K层最多可容纳2个电子;L层上有s、p两个亚层,s亚层上有一个轨道,p亚层上有3个轨道,总共可容纳 $2\times 4=8$ 个电子;M层上有s、p、d三个亚层,分别有1、3、5个轨道,最多可容纳 $2\times (1+3+5)=18$ 个电子;N层上有s、p、d、f四个亚层,分别有1、3、5、7个轨道,最多可容纳的电子数为 $2\times (1+3+5+7)=32$ 。

答案:见解析

(二)阅读题

例3 据《中国青年报》2002年9月20日报道:通过全球几十位科学家的通力合作,欧洲核子研究中心(CERN)成功地制造出约5万个反氢原子。这是人类首次在受控条件下大批量制造反物质。

反物质就是由反粒子组成的物质。所有的粒子都有反粒子。这些反粒子的特点是其质量、寿命、自旋、同位旋与相应的粒子相同,但电荷、重子数、轻子数等量子数与之相反。例如,氢原子由一个带负电的电子和一个带正电的质子构成,反氢原子则与它正好相反,由一个带正电的反电子和一个带负电的反质子构成。物质与反物质相遇后会湮灭,并释放出大量能量。

科学家认为,能够大量地制造反氢原子,对准确比较物质与反物质的差别,解答宇宙构成等问题将具有重要意义。

(1)反氢原子的结构示意图中,正确的是()



(2)如果制取了反氧原子,则下列说法中正确的是()

- A. 核内有8个带正电的质子,核外有8个带负电的电子
- B. 核内有8个带负电的电子,核外有8个带正电的质子

电的质子

C. 核内有 8 个带负电的中子,核外有 8 个带正电的质子

D. 核内有 8 个带负电的质子,核外有 8 个带正电的电子

(3) 以下表示反物质酸碱中和反应的通式是()

A. $\text{H}^- + \text{OH}^+ = \text{H}_2\text{O}$ B. $\text{H}^+ + \text{OH}^+ = \text{H}_2\text{O}$

C. $\text{H}^- + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$ D. $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$

解析:原子是由原子核和核外电子构成,在所给出的信息中出现“反”原子,反的理解为正 $\rightarrow$ 负、负 $\rightarrow$ 正,即质子带负电时为反质子,电子带正电时为反电子,打破常规去理解。

答案:(1)C (2)D (3)A

(三)高考链接题

例 4 (2005 年全国)分析发现,某陨石中含有半衰期极短的镁的一种放射性同位素 ^{28}Mg ,该同位素的原子核内的中子数是()

A. 12 B. 14 C. 16 D. 18

解析:由 ^{28}Mg 知 Mg 的相对分子质量为 28,则中子数为 $28-12=16$ 。

答案:C

规律技巧妙法总结:本题考查“质量数=质子数+中子数”关系的应用。

例 5 (2004 年江苏)我国的“神舟五号”载人飞船已发射成功,“嫦娥”探月工程也已正式启动。据科学家预测,月球的土壤中吸附着数百万吨的 ^3_2He ,每百吨 ^3_2He 核聚变所释放出的能量相当于目前人类一年消耗的能量。在地球上,氦元素主要以 ^4_2He 的形式存在。下列说法正确的是()

A. ^4_2He 原子核内含有 4 个质子

B. ^3_2He 和 ^4_2He 均为氦元素

C. ^3_2He 原子核内含有 3 个中子

D. ^4_2He 的最外层电子数为 2,所以 ^3_2He 具有较强的金属性

解析:元素左下角表示原子的质子数,左上角表示原子的质量数。氦的质子数为 2,质量数为 3,这种原子可以这样表示 ^3_2He 。

答案:B

规律技巧妙法总结:“ $^A_Z\text{X}^{n+}$ ”该符号中各数字的含义:左下角 Z 表示质子数,左上角 A 表示质量数,正上方 +n 表示化合价,右上方 b 表示微粒所带电荷数,右下方 a 表示构成某微粒的原子个数。

限时高效训练

时间:45 分钟 总分:100 分

1. (6 分·基本技能题)电子层数为 2 的主族元素的阳离子 R^{x+} , 原子的最外层电子数为()

A. x B. $8-x$

C. $8+x$ D. 8

2. (6 分·学科内综合题)已知 X 元素的原子质量数为 m,核内中子数为 n,则 W g X^+ 共含有的电子的物质的量为()

A. $\frac{W}{m}(m-n)$ mol B. $\frac{W}{m}(m-n-1)$ mol

C. $\frac{W}{m}(m+n)$ mol D. $\frac{W}{m}(m-n+1)$ mol

3. (6 分·自主探究题)核内质子数不同,核外电子数相同的两种微粒,它们可能是()

A. 同种元素的两种离子

B. 不同种元素的离子

C. 同种元素的原子和离子

D. 不同种元素的原子和离子

4. (6 分·高考真题)下列分子中所有原子都满足最外层为 8 电子结构的是()

A. BF_3

B. H_2O

C. SiCl_4

D. PCl_5

5. (6 分·高考真题)(2003 年上海) ^{13}C -NMR (核磁共振)、 ^{15}N -NMR 可用于测定蛋白质、核酸等生物大分子的空间结构, Kurt Wüthrich 等人为此获得 2002 年诺贝尔化学奖。下面有关 ^{13}C 、 ^{15}N 叙述正确的是()

A. ^{13}C 与 ^{15}N 有相同的中子数

B. ^{13}C 与 C_{60} 互为同素异形体

C. ^{15}N 与 ^{14}N 互为同位素

D. ^{15}N 的核外电子数与中子数相同

6. (6 分·创新应用题)1998 年 7 月 8 日,中国科学技术名称审定委员会公布了 101~109 号元素的中文定名。而早在 1996 年 2 月,德国达姆施塔特重离子研究中心就合成出当时最重的人造元素,它是由 $^{66}_{30}\text{Zn}$ 撞击 $^{208}_{82}\text{Pb}$ 的原子核,而产生的一种新元素的原子并同时释放出一个中子。该元素原子的核电荷数为()

A. 114

B. 113

C. 112

D. 111

7. (6 分·合作交流题)对原子核外电子以及电子的运动,下列描述正确的是()

①可以测定某一时时刻电子所处的位置;

- ②电子质量很小且带负电荷;
③运动的空间范围很小;
④高速运动;
⑤有固定的运动轨道;
⑥电子的质量约为氢离子质量的 $\frac{1}{1836}$ 。

- A. ①②③ B. ②③④⑥
C. ③④⑤⑥ D. ⑤⑥

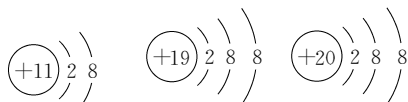
8. (6分·学科内综合题) 今有 A、B 两种原子, A 原子的 M 层比 B 原子的 M 层少 3 个电子, B 原子的 L 层电子数恰为 A 原子 L 层电子数的 2 倍, 则 A 和 B 分别是()

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

9. (6分·自主探究题) 道尔顿的原子学说曾经起了很大作用。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, 不确切的是()

- A. 只有③ B. 只有①③
C. 只有②③ D. ①②③

10. (6分·自主探究题) 根据下列原子结构示意图的共同特征, 可把



三种微粒归为一类, 下面哪一种微粒可以归入此类微粒()

- A. B.
C. D.

11. (8分·自主探究题) 根据下列叙述条件, 分析判断各是哪种元素, 写出元素名称并画出原子结构示意图。

(1) A 元素原子核外 M 层电子数是 L 层电子数的一半;

(2) B 元素原子的最外层电子数是次外层电子数的 1.5 倍;

(3) C 元素的单质在常温下就能与水剧烈反应, 产生的气体能使带火星的木条复燃;

(4) D 元素原子的次外层电子数是最外层电子数的 $\frac{1}{4}$ 。

12. (10分·合作交流题) 有 V、W、X、Y、Z 五种元素, 它们的核电荷数依次增大, 且都小于 20, 其中 X、Z 是金属元素; V 和 Z 元素原子的最外层电子都只有一个电子; W 和 Y 元素原子的最外层电子数相同, 且 W 元素原子 L 层是 K 层电子数的 3 倍; X 元素原子的最外层电子数是 Y 元素原子最外层电子数的一半。由此推知(填元素符号):

V 是_____, W 是_____, X 是_____, Y 是_____, Z 是_____。

13. (6分·高考真题) A 原子最外层电子数为 a , 次外层电子数为 b ; B 原子 M 层电子数为 $(a-b)$, L 层电子数为 $(b+a)$, 则 $a=$ _____, $b=$ _____。A 的元素名称是_____, B 的元素符号是_____, 它们的原子结构示意图分别为 A _____, B _____。

14. (12分·趣味竞赛题) 根据提供的数据或有关符号填空。

粒子符号	${}^{23}_{11}\text{Na}$	Cl^-	M^{n+}	R^{m-}	NH_4^+	SO_4^{2-}	Na_2O_2
核电荷数							
质子数	11		Z				
中子数	0	18		n			
电子数	0			y			
质量数			A				

15. (4分·创新应用题) 有 a、b、c、d 四种不同元素的原子, a、c、d 具有相同的电子层数, a 的 M 层比 c 的 M 层多 4 个电子, 比 d 的 M 层少 2 个电子; b 的 L 层比 a 的 L 层少 3 个电子。画出 a、b、c、d 的原子结构示意图。

第二节 元素周期律

课前高效准备



学习目标导航

- 1. 掌握元素周期律的实质。
- 2. 掌握判断微粒半径大小的方法。
- 3. 掌握判断元素金属性、非金属性强弱的方法。



高效预习反馈

1. 元素周期律

- (1) 定义：元素的_____随原子序数的递增而呈_____的规律叫元素周期律。
- (2) 内容：
 - ① 原子核外电子排布的周期性变化：最外层电子数从_____的周期性变化。
 - ② 原子半径的周期性变化：同一横行元素，随原子序数的_____，原子半径_____。（稀有气体原子半径测量标准不同，不进行比较。）
 - ③ 元素主要化合价的周期性变化：正价从_____到_____；负价从_____到_____。
- (3) 实质：
元素性质随原子序数递增呈周期性变化的本质原因是_____。

2. 金属性和非金属性的变化规律

(以 11 号~17 号元素为例)

表 5-3

元素	Na	Mg	Al
性质			
单质与水(或酸)的反应情况	与冷水_____反应放出氢气	与冷水反应_____,与沸水_____反应,放出氢气,与酸_____反应放出氢气	与酸_____反应放出氢气
最高价氧化物的对应水化物的碱性强弱	NaOH _____碱	Mg(OH) ₂ _____碱	Al(OH) ₃ _____碱

续表

元素	Si	P	S	Cl
性质				
非金属单质与氢气反应的条件				
最高价氧化物的对应水化物的酸性强弱	H ₄ SiO ₄ _____酸	H ₃ PO ₄ _____酸	H ₂ SO ₄ _____酸	HClO ₄ _____酸

结论：元素的金属性和非金属性随着原子序数的递增而呈现_____的变化。

3. 金属性和非金属性强弱的判断标准

(1) 金属性判断标准

- ① 与水或酸反应置换氢气的难易(金属性越_____,越_____置换出氢气);
- ② 氢氧化物的碱性(金属性越_____,其氢氧化物的碱性越_____);

(2) 非金属性判断标准

- ① 与 H₂ 化合的难易或气态氢化物的稳定性(非金属性越_____,越_____与 H₂ 化合,生成的气态氢化物也就越_____);
- ② 最高价氧化物的水化物的酸性(非金属性越_____,其最高价氧化物水化物的酸性越_____);

课堂高效探究



重难点高效突破

重点一 原子序数

为了方便,人们按核电荷数由小到大的顺序给元素编号,这种序号,叫做原子序数。

思维突破：原子序数 = 质子数 = 核电荷数 = 原子核外电子数。

重点二 1~18 号元素的核外电子排布,原子半径和主要化合价的规律性

1. 随着原子序数的递增,原子核外电子层排布变化的规律性(见表 5-4)

表 5-4

原子序数	电子层数	最外层电子数	达到稳定结构时的最外层电子数
1~2	1	1→2	2
3~10	2	1→8	8
11~18	3	1→8	8

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变化

■2. 随着原子序数的递增,原子半径的规律性,如表 5-5

表 5-5

原子序数	原子半径的变化
3~9	0.152 nm → 0.071 nm 大 → 小
11~17	0.186 nm → 0.099 nm 大 → 小
结论:随着原子序数的递增,元素原子半径呈现周期性的变化	

例 1 下列微粒半径的比较中,正确的是()

- A. $\text{Na}^+ > \text{Na}$ B. $\text{Cl}^- > \text{Cl}$
C. $\text{Ca}^{2+} > \text{Cl}^-$ D. $\text{Mg} > \text{Na}$

解析:本题考查同种元素的原子半径与离子半径的大小,不同元素的原子半径及离子半径的大小。阳离子的半径比其原子半径小,阴离子的半径比其原子半径大,故 A 错, B 对; Ca^{2+} 和 Cl^- 均具有和 Ar 原子相同的电子层结构,前者核电荷数大,对核外电子吸引能力强,所以半径 $\text{Ca}^{2+} < \text{Cl}^-$, C 错误; Mg 和 Na 同周期(同横行),Mg 的核电荷数大于 Na,则 Mg 的原子半径小于 Na, D 错。

答案: B

规律技巧妙法总结:离子半径、原子半径大小关系的比较方法为(1)同一元素阳离子半径小于原子半径,阴离子半径大于原子半径;(2)同周期原子,核电荷数越大,半径越小;(3)同主族原子核电荷数越大,半径越大;(4)具有相同电子层结构的微粒,核电荷数越大,半径越小。

■3. 随着原子序数的递增,元素主要化合价变化的规律性(见表 5-6)

表 5-6

原子序数	主要化合价的变化
1~2	+1 → 0
3~10	+1 → +5 -4 → -1 → 0
11~18	+1 → +5 -4 → -1 → 0
结论:随着原子序数的递增,元素主要化合价呈现周期性的变化	

例 2 Y 元素最高正价与负价的绝对值之差是 4, Y 元素与 M 元素形成离子化合物,并在水中电离出电子层结构相同的离子,该化合物应该是()

- A. KCl B. Na_2S

C. K_2O

D. K_2S

解析:本题考查的是有关元素化合价的相关知识。对既有正价又有负价的元素而言,最高正化合价与负价的绝对值之和是 8。设 Y 的最高正价为 +a, 负价为 -b, 则有:

$$\begin{cases} | +a | + | -b | = 8 \\ | +a | - | -b | = 4 \end{cases} \quad \text{即} \quad \begin{cases} a + b = 8 \\ a - b = 4 \end{cases}$$

解得 $a = 6, b = 2$, 符合上述化合价的 Y 元素可能为 O 和 S。再结合在水中电离出电子层结构相同的离子, 可得 D 符合题意。

答案: CD

规律技巧妙法总结:既有正价又有负价的元素,其最高正化合价等于最外层电子数,最低负化合价等于 8 - 最外层电子数,最高正化合价与最低负化合价的绝对值之和等于 8, 即 $| \text{最高正化合价} | + | \text{最低负化合价} | = 8$ 。

重点三 元素的金属性、非金属性随原子序数的递增而呈现的规律性变化

■1. 元素金属性、非金属性的判断

(1) 元素的金属性与非金属性

金属性与非金属性讨论的对象是元素,它是广义的,具体表现为该元素的单质或特定化合物的还原性或氧化性。一般情况下,元素的金属性强,元素的原子失电子能力强,单质的还原能力强,失电子后形成的阳离子的氧化性就弱。元素的非金属性强,元素的原子得电子能力强,单质的氧化性强,对应阴离子的还原性弱。

思维突破:可以这样记忆:易失 $\xrightarrow{\text{失去电子后}}$ 难得(氧化性弱)
易得 $\xrightarrow{\text{得电子后}}$ 难失(还原性弱)

(2) 比较金属性强弱的依据

①单质跟水或酸置换出氢的难易程度(或反应的剧烈程度)。金属单质与水或酸(非氧化性酸)置换出氢的速率越快(反应越剧烈),表明元素的金属性越强。

②最高价氧化物对应水化物的碱性强弱。碱性越强,说明其金属性也就越强,反之则弱。

③金属间的置换反应。依据氧化还原反应的规律,金属甲能从金属乙的盐溶液里置换出乙,说明甲的金属性比乙强。

④从 $\text{K} \rightarrow \text{Ca} \rightarrow \dots \rightarrow (\text{H}) \rightarrow \text{Cu} \rightarrow \dots \rightarrow \text{Au}$, 金属性逐渐减弱。

需要指出的是,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,两者顺序基本一致,仅极少数金属例外。

⑤金属阳离子氧化性的强弱。阳离子的氧化性越强,对应金属的金属性就越弱。

例3 (2005年海南省测试题)下列事实不能用于判断金属性强弱的是()

- A. 金属间发生的置换反应
B. 1 mol 金属单质在反应中失去电子的多少
C. 金属元素的最高价氧化物对应水化物的碱性强弱
D. 金属元素的单质与水或酸置换出氢气的难易

解析:金属单质在反应中失去电子的多少,不能用于判断金属性强弱的依据。如 1 mol Al 失电子比 1 mol Mg 多,但 Al 的金属性比 Mg 弱,1 mol Na 失电子比 1 mol Ca 少,但 Ca 的金属性比 Na 强。

答案:B

规律技巧妙法总结:判断金属性强弱的依据除了上述五条外,其他依据随知识的深入还会进一步学习。值得注意的是金属单质在反应中失去电子的多少,不能用于判断金属性的强弱。

(3)比较非金属性强弱的依据

①单质跟氢气化合的难易程度、条件及生成氢化物的稳定性。越易跟 H_2 化合,生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。

②最高价氧化物对应水化物酸性的强弱。酸性越强,说明其非金属性越强。

③非金属单质间的置换反应,如: $Cl_2 + 2KI = 2KCl + I_2$,说明氯的非金属性比碘强。

④元素的原子对应阴离子的还原性。还原性越强,元素的非金属性就越弱。

⑤非金属单质与变价金属反应价态的高低。反应产物中金属的化合价越高,对应非金属的非金属性越强。如: $2Fe + 3Br_2 = 2FeBr_3$ 、 $Fe + I_2 = FeI_2$,则非金属性 $Br > I$ 。

例4 下列不能说明氯元素的非金属性比硫元素强的事实是()

- ①HCl 比 H_2S 稳定 ②HClO 氧化性比 H_2SO_4 强 ③HClO₄ 酸性比 H_2SO_4 强 ④ Cl_2 能与 H_2S 反应生成 S ⑤Cl 原子最外层有 7 个电子, S 原子最外层有 6 个电子 ⑥ Cl_2 与 Fe 反应生成 $FeCl_3$, S 与 $FeCl_3$ 反应生成 FeS

- A. ②⑤ B. ①②
C. ①②④ D. ①③⑤

解析:根据上述判据①、②、③、④可以判断出①③④⑥能说明氯的非金属性比硫的强。

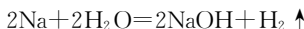
答案:A

规律技巧妙法总结:含氧酸的氧化性不能作为判断非金属性的强弱,而最外层电子数多,非金属性不一定强,如非金属性 $O > Cl$ 。

■2. 以 11~17 号元素为例,验证同周期元素性质的递变规律

(1)钠的金属性

已知钠与水在常温下剧烈反应,置换出水中的氢。



又知 NaOH 显强碱性。

结论:钠是很活泼的金属。

(2)镁的金属性

[实验 5-1] 镁与水的反应

实验步骤

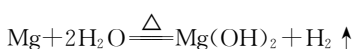
取两段镁带,用砂纸擦去表面的氧化膜,放入试管中。向试管中加 3 mL 水,并往水中滴 2 滴无色酚酞试液,观察现象。然后,加热试管至水沸腾,观察现象。

实验现象

镁与冷水反应很微弱,镁跟沸水迅速地反应并产生气泡,溶液变成红色。

实验结论

镁能从水中置换出氢,但比较困难。氢氧化镁显碱性。镁是活泼的金属,但不如钠的金属性强。



思维突破:①实验中所用的镁条要除去氧化膜。否则,镁条跟热水也不反应。

②实验中有酚酞溶液显红色的现象,说明氢氧化镁显碱性。已知强碱氢氧化钠的水溶液和弱碱一水合氨的水溶液都能使酚酞溶液显红色,故实验不能说明氢氧化镁碱性的强弱。

(3)铝的金属性

[实验 5-2] 镁、铝跟盐酸反应

实验步骤

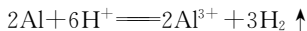
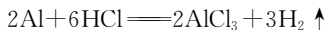
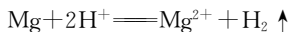
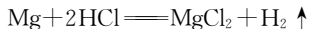
取一小片铝和一小段镁带,用砂纸擦去表面的氧化膜,分别放入两支试管,再各加入 2 mL 1 mol/L 盐酸,观察发生的现象。

实验现象

镁、铝均易跟盐酸反应产生无色气体,但镁与盐酸反应产生气体更快。

实验结论

镁、铝均易跟盐酸反应置换出氢气



镁、铝都是活泼的金属,但镁比铝更活泼。

思维突破:①镁、铝跟盐酸反应的实验要同时进行,要用同浓度的盐酸,且盐酸浓度不要太大。这样便于对比、感觉到实验现象的差别。

②实验中的稀盐酸可用稀硫酸代替,不能用稀硝酸代替。稀硫酸与稀盐酸的化学性质极为相似。稀硝酸具有强氧化性,它易被镁、铝还原为有毒的、污染环境的氮的氧化物。用稀硝酸代替稀盐酸,违背了化学实验的安全性原则。

(4)氧化铝、氢氧化铝的两性

①氧化铝、氢氧化铝的两性的理论推导(见表 5-7)

表 5-7

已知条件	结 论
能跟酸反应生成盐和水的氧化物是碱性氧化物	氧化铝 是两性 氧化物
能跟碱反应生成盐和水的氧化物是酸性氧化物	
氧化铝能跟酸反应生成盐和水 $\text{Al}_2\text{O}_3 + 6\text{HCl} \longrightarrow 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$	
氧化铝能跟碱反应生成盐和水 $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{NaOH} \longrightarrow 2\text{NaAlO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 偏铝酸钠	
能跟酸中和生成盐和水的氢氧化物是碱	氢氧化 铝是两 性氢氧 化物
能跟碱中和生成盐和水的氢氧化物是酸	
氢氧化铝能跟酸中和生成盐和水 $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl} \longrightarrow \text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ 氢氧化铝能跟碱中和生成盐和水 $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{NaOH} \longrightarrow \text{NaAlO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	

②氢氧化铝两性的实验探究

[实验 5-3] 氢氧化铝跟酸、碱的反应

实验目的

探究氢氧化铝的两性。

实验用品

试管、胶头滴管、1 mol/L AlCl_3 溶液、3 mol/L NaOH 溶液、6 mol/L NaOH 溶液、3 mol/L H_2SO_4 溶液。

实验步骤

取少量 1 mol/L AlCl_3 溶液注入试管中,加入

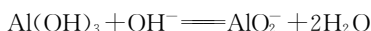
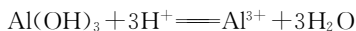
3 mol/L NaOH 溶液至产生大量 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 白色絮状沉淀为止。将 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉淀分盛在两支试管中,然后在两支试管中分别加入 3 mol/L H_2SO_4 溶液和 6 mol/L NaOH 溶液,观察现象。

实验现象

分别加入 3 mol/L H_2SO_4 溶液、6 mol/L NaOH 溶液后,白色絮状沉淀 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 均溶解而得无色溶液。

实验结论

氢氧化铝既跟酸反应,又跟强碱反应。



氢氧化铝是两性氢氧化物。

思维突破:①向 AlCl_3 溶液中加的 NaOH 溶液不要过量。

② $\text{Al}(\text{OH})_3$ 能溶于强碱,而不溶于弱碱,所以上述实验中的 3 mol/L 的 NaOH 可以用氨水代替,6 mol/L 的 NaOH 不可用氨水代替。

③氧化铝的两性、氢氧化铝的两性与铝的金属性、非金属性的关系。

一般地,金属元素的金属性越强,其最高价氧化物及其对应水化物的碱性越强;非金属元素的非金属性越强,其最高价氧化物及其对应水化物的酸性越强。氧化铝是两性氧化物,氢氧化铝是两性氢氧化物,说明铝既显金属性又显非金属性。

例 5 金属 Be 与 Al 单质及化合物的性质相似。试回答下列问题:

(1)写出 BeO 与 NaOH 溶液反应的离子方程式(生成 Na_2BeO_2)_____。

(2) $\text{Be}(\text{OH})_2$ 与 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 可用试剂_____鉴别,其离子方程式为_____。

解析:已知 Be 与 Al 的性质相似,则 BeO 与 Al_2O_3 、 $\text{Be}(\text{OH})_2$ 与 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 的性质也相似,具有两性,故可按 Al 的有关知识对比解答,但要注意 Be 毕竟不是 Al,所以还要注意它们的不同,如 Be 为 +2 价,Al 为 +3 价。

答案:(1) $\text{BeO} + 2\text{OH}^- \longrightarrow \text{BeO}_2^{2-} + \text{H}_2\text{O}$

(2)NaOH 溶液 $\text{Be}(\text{OH})_2 + 2\text{OH}^- \longrightarrow \text{BeO}_2^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$

规律技巧妙法总结:掌握 Al_2O_3 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 与 NaOH 溶液反应的方程式是解决该题的关键。

小结:钠、镁、铝化学性质的比较

表 5-8

性质	Na	Mg	Al
单质与水（或酸）的反应情况	与冷水剧烈反应放出氢气	与冷水反应缓慢,与沸水迅速反应,放出氢气;与酸剧烈反应放出氢气	与酸迅速反应放出氢气
最高价氧化物对应水化物的碱性强弱	NaOH 强碱	Mg(OH) ₂ 中强碱	Al(OH) ₃ 两性氢氧化物
金属性强弱关系	金属性逐渐减弱 →		

(5)硅、磷、硫、氯的性质比较(见表 5-9)

表 5-9

性 质	Si	P	S	Cl
非金属单质与氢气反应的条件	高温	磷蒸气与氢气能反应	须加热	光照或点燃时发生爆炸而化合
最高价氧化物对应水化物的酸性强弱	H ₄ SiO ₄ 弱酸	H ₃ PO ₄ 中强酸	H ₂ SO ₄ 强酸	HClO ₄ 最强含氧酸
非金属性强弱关系	非金属性逐渐增强 →			

思维突破:11~18 号元素性质总结:(见表 5-10)

表 5-10

原子序数	11	12	13	14	15	16	17	18
元素符号	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
原子结构示意图								
核外电子排布的变化规律	电子层数相同,最外层电子数目从1个逐渐递增到8个							
原子半径变化规律	由大到小 →							—
化合价的变化规律	最高正价从+1价递增到+7价;最低负价从中部非金属元素开始由-4价增至-1价 →							—
金属性、非金属性的变化规律	金属性逐渐减弱,非金属性逐渐增强 →							—
置换氢的情况	从水中置换氢(条件与剧烈程度)	冷水剧烈	沸水较缓	沸水很慢	—	—	—	与水缓慢反应,但不放 H ₂
	从盐酸中置换氢	剧烈	快	较快	—	—	—	—
气态氢化物	化学式	—	—	—	SiH ₄	PH ₃	H ₂ S	HCl
	与 H ₂ 化合的条件	—	—	—	高温(常用间接法)	磷蒸气与 H ₂ 反应	加热	点燃或光照
	稳定性	—	—	—	爆炸性自燃	自燃	300℃热解点燃燃烧	很稳定
		—	—	—	—	—	—	—

续表

原子序数	11	12	13	14	15	16	17	18
元素符号	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
化学式	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl ₂ O ₇	—
化合条件	常温很快	常温(慢)	常温(慢)	研细后加热	点燃(白磷自燃)	难直接化合(与O ₂ 反应生成SO ₂)	不能直接化合	—
类别	碱性氧化物	碱性氧化物	两性氧化物	酸性氧化物	酸性氧化物	酸性氧化物	酸性氧化物	—
化学式	NaOH	Mg(OH) ₂	Al(OH) ₃ (H ₃ AlO ₃)	H ₄ SiO ₄ (H ₂ SiO ₃)	H ₃ PO ₄	H ₂ SO ₄	HClO ₄	—
酸碱性	强碱	中强碱	两性	弱酸	中强酸	强酸	最强酸	—
变化规律	碱性渐弱,酸性渐强							—

注:氩(Ar)是一种稀有气体,其性质非常稳定。

例6 A、B、C、D、E、F为原子序数依次增大的短周期主族元素。已知A、C、F三种原子的最外层共有11个电子,且这三种元素的最高价氧化物的水化物之间两两皆能反应,均生成盐和水;D元素原子的最外层电子数比次外层电子数少4;E元素原子次外层电子数比最外层电子数多3。

(1)写出下列元素的符号:A _____, D _____, E _____。

(2)B的单质在F单质中燃烧的现象是 _____, 化学方程式是 _____。

(3)A、C两种元素最高价氧化物对应的水化物反应的离子方程式 _____。

解析:本题是元素周期律应用在元素的推断上的习题。本题的突破口是A、C、F三种元素的最高价氧化物的水化物之间两两皆能反应且均生成盐和水,则三者中必有一种为两性氢氧化物,根据前18号元素的特征,只有Al的氢氧化物Al(OH)₃符合题意,则C必为Al;由D、E的原子结构特点可判断出D为Si, E为P;因A到F原子序数递增,且A、C、F三原子最外层电子数之和为11,可知F为Cl, A为Na, B为Mg。

答案:(1)Na Si P

(2)点燃后的Mg条在Cl₂中能继续燃烧,发出耀眼的光,生成大量白烟
$$\text{Mg} + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} \text{MgCl}_2$$

(3)
$$\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{OH}^- \longrightarrow \text{AlO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O}$$

重点四 元素周期律

元素的性质随着元素原子序数的递增而呈周期性的变化,这个规律叫做元素周期律。

元素周期律的实质是元素原子核外电子排布的周期性变化,即元素性质的周期性变化是由元素原子核外电子排布周期性变化所决定的。

思维突破:电子层数相同时,随着元素原子序数的递增,核电荷数增加,即核内的正电荷增加,原子核对外层电子的吸引力增强,层与层之间的距离缩短,原子半径逐渐减小;半径小而原子核对外层电子的吸引力强,所以原子得电子的能力增强而失去电子的能力减弱,非金属性增强而金属性减弱;元素的最高正价与元素原子的最外层电子数相等,负价的绝对值就是最外层达稳定结构还差的电子数,所以元素最高正价和负价的绝对值之和为8或者2。由此可见,元素的一系列性质的递变规律都是由元素原子结构的递变规律引起的,这也是化学中普遍存在的规律。

例7 (2005年西城)元素化学性质随着原子序数的递增呈现周期性变化的原因是()

- A. 原子半径的周期性变化
- B. 电子层数的周期性变化
- C. 化合价的周期性变化
- D. 核外电子排布的周期性变化

答案:D

规律技巧妙法总结:元素原子的最外层电子排布的周期性 $\xrightarrow{\text{引起}}$ 结构的周期性变化 $\xrightarrow{\text{决定}}$ 性质的反映

周期性变化 $\left\{ \begin{array}{l} \text{原子半径} \\ \text{元素主要化合价} \\ \text{金属性、非金属性} \end{array} \right.$