

全日制普通高级中学教科书（必修）同步辅导

能力培养与测试

修订版

高 一 化 学

（第二学期用）

人民教育出版社 组编

HUAXUE

人民教育出版社

全日制普通高级中学教科书（必修）同步辅导

能力培养与测试

修订版

高 一 化 学

（第二学期用）

人民教育出版社 组编

HUAXUE

人民教育出版社

全日制普通高级中学教科书（必修）同步辅导
能力培养与测试（修订版）
高一化学（第二学期用）
人民教育出版社 组编

*

人民教育出版社出版发行
网址：<http://www.pep.com.cn>
世界知识印刷厂印装 全国新华书店经销

*

开本：890毫米×1 240毫米 1/16 印张：5.5 字数：210 000
2005年12月第1版 2006年3月第2次印刷
印数：61 001~64 500册

ISBN 7-107-19040-7 定价：8.60元
G·12130（课）

如发现印、装质量问题，影响阅读，请与出版科联系调换。
（联系地址：北京市海淀区中关村南大街17号院1号楼 邮编：100081）

编写说明

1996年,原国家教委基础教育司制订并印发了《全日制普通高级中学课程计划(试验)》和供试验用的全日制普通高级中学语文、数学、外语(英、日、俄)、物理、化学、生物、历史、地理、政治等9个学科的教学大纲。同年,人民教育出版社接受原国家教委的委托,根据各学科教学大纲,编写了全日制普通高级中学试验教材。这套教材于1997年出版并开始在江西、山西、天津进行试验。经过试验,这套课程方案和教材受到了专家的肯定和广泛的好评。2000年,人民教育出版社又根据教育部修订后的各科教学大纲对这套教材进行了修订。同时,为了更好地配合这套教材的推广使用,人民教育出版社约请了国内部分一线教师,组织编写了一套与人教版各科全日制普通高级中学教科书(试验修订本)配套的同步辅导读物。2002年,全日制普通高级中学语文、数学、物理、化学、生物、历史、地理等学科教学大纲经再一次修订后正式印发。人民教育出版社组编的《能力培养与测试》这套丛书也根据各科教学大纲的变化和教材的修订不断地进行着调整和修订。经过几年的使用,根据使用中的反馈意见和课程改革的发展情况,2005年,人民教育出版社再次组织力量对这套丛书进行了修订,希望这套丛书更加贴近学生的实际需要,能够有效提高学生自主学习的能力和运用所学识知分析问题、解决问题的能力。

编者

2005年7月

目 录

第五章 物质结构 元素周期律	(1)
第一节 原子结构	(1)
第二节 元素周期律	(5)
第三节 元素周期表	(9)
第四节 化学键	(14)
本章复习方略	(19)
本章综合评估	(20)
第六章 氧族元素 环境保护	(23)
第一节 氧族元素	(23)
第二节 二氧化硫	(28)
第三节 硫酸	(33)
第四节 环境保护	(39)
本章复习方略	(45)
本章综合评估	(46)
期中测试	(49)
第七章 碳族元素 无机非金属材料	(51)
第一节 碳族元素	(51)
第二节 硅和二氧化硅	(56)
第三节 无机非金属材料	(60)
本章复习方略	(65)
本章综合评估	(68)
期末测试	(71)
参考答案	(73)

第五章

物质结构

元素周期律

第一节 原子结构

学海导航

物质结构和元素周期律是中学化学教材中重要的基础理论,也是高考的稳定考点,常以选择题和推断题形式出现。原子结构的考点,往往以重大科技成果为题材,寓教于考,突出教育性和实践性。近几年的命题主要体现在以下方面:

1. 构成原子的各种粒子间的换算:质子数、中子数、电子数,以及与质量数间的换算。
2. 确定一定量的某种离子(原子)所含某一基本粒子(如电子)的数目。
3. 考查等电子体,即 10 电子和 18 电子的粒子。

情形视点

一、原子核

1. 原子的组成

原子是化学变化中的最小粒子,它是由居于原子中心的原子核和核外电子构成,原子核是质子和中子构成的:

构成原子的粒子及其性质:

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

说明:①原子是我们用肉眼看不见的微观粒子,它占有一定的体积,具有一定的质量,不显电性。

②原子的质量主要集中在原子核上。

2. 构成原子的粒子间的关系:

原子(A_ZX) $\left\{ \begin{array}{l} \text{原子核} \left\{ \begin{array}{l} \text{质子: } Z \text{ 个} \\ \text{中子: } (A-Z) \text{ 个} \end{array} \right. \\ \text{核外电子: } Z \text{ 个} \end{array} \right.$

①电荷数关系:

原子:核电荷数=质子数=电子数

阳离子(M^{n+}):核电荷数=质子数=电子数+n

阴离子(R^{n-}):核电荷数=质子数=电子数-n

②质量关系:质量数(A)=质子数(Z)+中子数(N)。

③质子数的多少决定元素的种类;质子数和中子数共同决定原子的种类;最外层电子数的多少决定元素的化学性质。

3. 概念辨析

①原子质量:指原子的真实质量,也称绝对质量,是通过精密的实验测得的。如一个氧原子的真实质量是 $2.657 \times 10^{-26} \text{ kg}$ 。

②相对原子质量:以 ${}^{12}\text{C}$ 原子的质量的 $1/12$ (约 $1.66 \times 10^{-27} \text{ kg}$) 作为标准,其他原子的质量跟它比较所得的值。相对原子质量 = $\frac{\text{某原子的绝对质量}}{{}^{12}\text{C 的绝对质量} \times 1/12}$

= $\frac{\text{某原子的绝对质量}}{1.993 \times 10^{-26} (\text{kg}) \times 1/12}$

③质量数:质子和中子的相对质量都近似为 1,如果忽略电子的质量,将原子核内所有的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。

④质量数和原子的相对原子质量是不同的,质量数一定是整数,而相对原子质量一般不是整数,质量数有时可看作近似相对原子质量。

二、核外电子的运动特征

1. 核外电子运动的特点:

电子带负电荷,质量很小 ($9.109 \times 10^{-31} \text{ kg}$),运动速度极高,在很小空间范围(直径约为 10^{-10} m)内运动。所以电子的运动与宏观物体的运动不同:①没有确定的轨道;②不能同时准确地测定或计算它在某一时刻所在的位置和速度,也不能描绘它的运动轨迹。

2. 电子云

人们常用一种能够表示电子在一定时间内在核外空间各处出现机会的模型来描述电子的运动。在这个模型里,某个点附近的密度表示电子在该处出现机会的大小。这就很像在原子核外有一层疏密不等的“云”,所以,人们形象地称之为电子云。

注:①电子云密度越大的地方,表明电子在核外该空间单位体积内出现的机会越多。

②电子云实际上是用统计的方法对核外电子运动规律所作的一种描述。

③电子云上的小黑点不表示电子数,也不表示电子在这里出现过一次,只能用小黑点的疏密来表示电子出现机会的多少。

三、原子核外电子的排布

1. 电子层

电子层:电子按能量大小分别在离核不同远近的区域里运动,把距核外不同远近的区域称为电子层。

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——→到远

能量高低 由低——→到高

2. 核外电子排布规律

①核外电子最先排布在能量最低的电子层里(各电子层能量由低到高的顺序是: $K < L < M < N < O \cdots$)。

②各电子层最多容纳 $2n^2$ 个电子(n 表示电子层数)。

③最外层电子数不超过 8 个(K 层不超过 2 个)。

④次外层电子数不超过 18 个(K 层为次外层时不超过 2 个, L 层为次外层时不超过 8 个),倒数第三层电子数不超过 32 个。

说明:①原子核外电子排布规律的掌握要注意它们不是孤立的而是相互制约的。例如, M 电子层,当其不处在最外层位置时,最多可容纳 18 个电子,当其处在最外层时,最多容纳 8 个电子。又如,第 N 电子层,当其不处在最外层和倒数第二层位置时,最多可容纳 32 个电子,而当其处在倒数第二层位置时,最多容纳 18 个电子,处在最外层位置时则最多容纳 8 个电子。

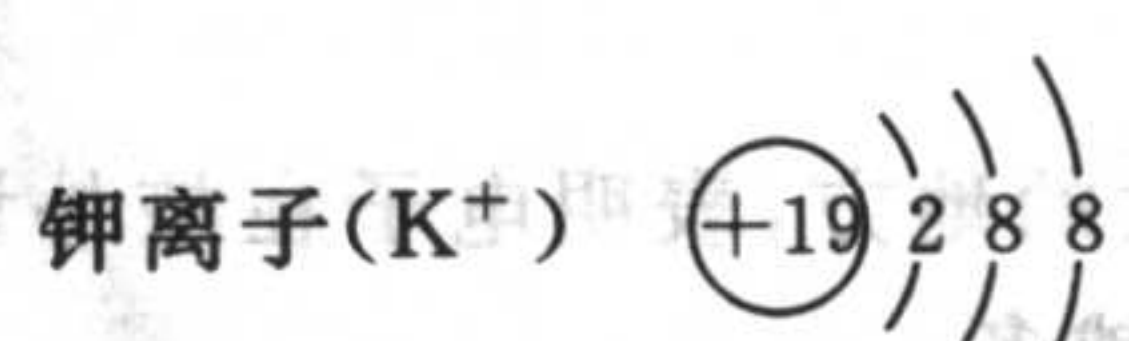
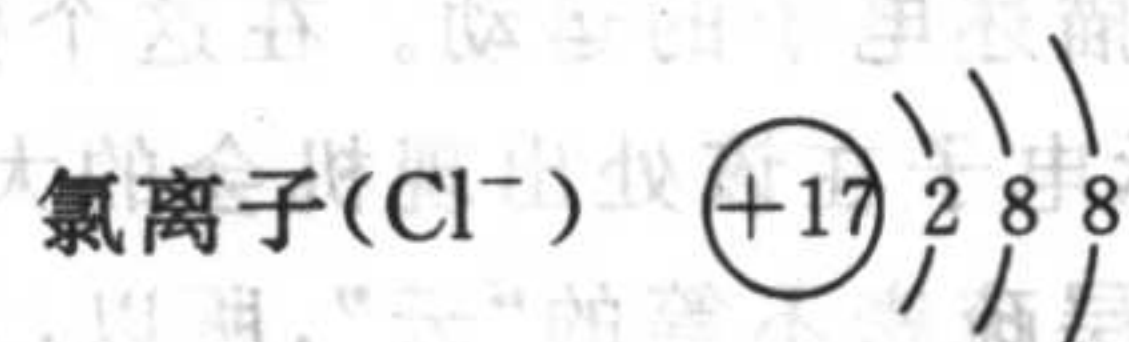
②电子层中的电子数目有个最大限度,但可以小于这个限量,如 H 原子核外只有 1 个电子。

③最外层排满 8 个电子(He 为 2 个)时,这种电子层结构为相对稳定结构,其它最外层未排满 8 个电子的为相对不稳定结构,不稳定的电子层结构在一定条件下可以转变为稳定的电子层结构。

④对于第①条规律绝不能依次类推,当一个原子有三个以上的电子层上排有电子时,各层的能量会出现交错现象,情况将变得较为复杂,高中阶段不作要求。

3. 原子结构示意图

原子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。例如:



4. 核外电子排布与元素性质的关系

①最外层电子数排满 8 个(He 为 2 个)形成稳定结构。该结构是稀有气体原子结构,不易得失电子,因此化学性质稳定,一般条件下不发生反应。

②最外层电子数较少的(1、2、3 个)原子有失电子达到稳定结构的倾向,表现出金属性。

③最外层电子数较多的(4、5、6、7 个)原子有得电子或共用电子达到稳定结构的倾向,表现出非金属性。

④电子的得失或偏移产生了氧化还原反应,形成了元素的化合价。

说明:高中阶段常见的一些相关知识:

1. 核外电子数相同的粒子

①核外电子总数为 10 个电子的粒子共有 15 种。

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

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

分子有: Ne 、 HF 、 H_2O 、 NH_3 、 CH_4 。

②核外电子总数为 18 个电子的粒子共有 16 种。

阳离子有: K^+ 、 Ca^{2+} ;

阴离子有: P^{3-} 、 S^{2-} 、 HS^- 、 Cl^- ;

分子有: Ar 、 HCl 、 H_2S 、 PH_3 、 SiH_4 、 F_2 、 H_2O_2 、 C_2H_6 、 CH_3OH 、 N_2H_4 。

③核外电子总数及质子总数均相同的离子有: Na^+ 、 NH_4^+ 、 H_3O^+ 或 F^- 、 OH^- 、 NH_2^- 。

2. 质子数相同的粒子有

①同一种元素的同位素原子如: ^1H 、 ^2H 、 ^3H ;

②同一种元素的原子和离子,如 Na 与 Na^+ , Cl 与 Cl^- ;

③不同的分子,如 H_2O 、 NH_3 、 HF 、 CH_4 ;

④不同的离子,如 Na^+ 、 H_3O^+ 、 NH_4^+ ;

⑤分子与原子,如 O_2 与 S, NH_3 与 Ne;

⑥分子与离子,如 O_2 与 S^{2-} ;

⑦原子与原子团,如 Na 与 NH_4^+ 。

3. 1~18 号元素原子结构的特殊性

①原子核中无中子的原子: ^1_1H 。

②最外层有 1 个电子的元素: H、Li、Na; 有 2 个电子的元素: Be、Mg、He。

③最外层电子数等于次外层电子数的元素: Be、Ar。

④最外层电子数是次外层电子数 2 倍的元素: C; 是次外层电子数 3 倍的元素: O; 是次外层电子数 4 倍的元素: Ne。

⑤电子层数与最外层电子数相等的元素: H、Be、Al。

⑥电子总数为最外层电子数 2 倍的元素: Be。

⑦次外层电子数是最外层电子数 2 倍的元素: Si。

⑧内层电子数是最外层电子数 2 倍的元素: Li、P。

典例精析

1. 学科综合 思维激活

例 1 (2004 年广州模拟) 已知 $^m\text{R}^{n-}$ 阴离子的原子核内有 x 个中子, $W\text{g } ^m\text{B}^{n-}$ 阴离子中含有的电子的物质的量为()

A. $(m-x)n$ B. $W(m-x-n)n$

C. $W \frac{m-x+n}{n}$ D. $\frac{m-x+n}{mW}$

解析: 先确定 1 mol $^m\text{R}^{n-}$ 中所含电子的物质的量。已知一个 ^mR 原子的原子核内有 z 个质子, 根据质量数与质子、中子的关系, 一个 ^mR 原子中质子数为 $z = m - x$, 电子数为 $m - x$ 个。

由此可推知 mR^{n-} 一个离子所含的电子数为 $(m-x+n)$ 个, 1 mol mR^{n-} 所含电子的物质的量为 $(m-x+n)$ mol, 进一步不难求出 W g mR^{n-} 中含电子的物质的量为 $\frac{W}{m}(m-x+n)$ mol。

答案:C

温馨提示:解答此类型题目, 首先理解各种字母和符号所表示的意义, 其次要掌握原子、阳离子和阴离子各构成粒子之间的数量换算关系。

发散思维:核内中子数为 N 的 R^{2+} 离子, 质量数为 A , 则 n g 它的氧化物中所含质子的物质的量是()

A. $\frac{n}{A+16}(A-N+2)$ mol

B. $\frac{n}{A+16}(A-N+10)$ mol

C. $(A-N+2)$ mol

D. $\frac{n}{A}(A-N+6)$ mol

答案:A

2. 创新应用 思维激活

例 2 (2005 年威海模拟) 今有 A_ZX 与 ${}^{A+1}_{Z+1}X^+$ 两种粒子, 下列叙述正确的是()

A. 质子数一定相同, 质量数和中子数一定不同

B. 化学性质几乎相同

C. 一定都由质子、中子、电子组成

D. 核电荷数、核外电子数一定相同

解析:在微粒的表示符号中左下角表示质子数, 左上角表示质量数, 右上角表示微粒所带电荷数。因此, A_ZX 与 ${}^{A+1}_{Z+1}X^+$ 中, 当 $A=1$ 、 $Z=1$ 时, 微粒为 1_1H 即 1_1H , ${}^2_2He^+$ 即 ${}^2_2He^+$, 1_1H 无中子, ${}^2_2He^+$ 无电子, 故 C 不正确; 又因中子数分别为 $A-Z$ 、 $A+1-Z$, 所以 A_ZX 与 ${}^{A+1}_{Z+1}X^+$ 为同种元素的原子与离子, 故 B、D 正确。

答案: 选 A

发散思维:下列说法中正确的是()

①质子数相同的粒子一定属于同一种元素

②电子数相同的粒子不一定是同一种元素

③两个原子如果核外电子排布相同, 一定是同一种元素

④质子数相同, 电子数也相同的两种粒子, 不可能是一种分子和一种离子

⑤所含质子数和电子数相等的粒子一定是原子

⑥同种元素的原子其质量数必相等

A. ①②④ B. ②③④ C. ③④⑥ D. ①⑤⑥

答案:B

3. 诱思探究 思维激活

例 3 (2004 年济宁模拟) X 、 Y 、 Z 和 R 分别代表四种元素。如果 ${}_aX^{m+}$ 、 ${}_bY^{n+}$ 、 ${}_cZ^{n-}$ 、 ${}_dR^{m-}$ 四种离子的电子层结构相同(a 、 b 、 c 、 d 为元素的原子序数), 则下列关系式正确的是()

A. $a-c=m-n$

B. $a-b=m-n$

C. $c-d=m+n$

D. $b-d=m+n$

解析:核外电子排布相同, 说明核外电子数目相同, 即

$$a-m=b-n=c+n=d+m$$

答案: BD

4. 高考经典 思维激活

例 4 (2005 年上海高考题) 下列离子中, 电子数大于质子数且质子数大于中子数的是()

A. D_3O^+ B. Li^+ C. OD^+ D. OH^-

解析:方法 1: 解答本题的常规做法是将各选项粒子的电子数、质子数、中子数一一计算出来, 然后比较可确定是 D 项。

方法 2: 排除法。原子和分子的质子数等于电子数, 阳离子的质子数大于电子数, 阴离子的电子数大于质子数, 只有 OH^- 是阴离子, 选 D。

答案: D

温馨提示:本题是对原子结构知识的考查, 这是物质结构的基础。

方法平台

原子结构部分知识在初中已经有介绍, 在物理课本上也涉及到。在学习过程中, 既要纵向联系, 注意知识的前后衔接, 又要横向对比, 注意跨学科学习。同时又要把握重点, 掌握原子结构中各粒子间的数量关系, 各自作用和核外电子排布规律, 以不变应万变。

问题探究

1. “中子不带电, 电子带一个单位的负电荷”的说法正确吗?

在 20 世纪 50 年代前, 科学界普遍认为“中子是不带电的粒子”, 但近年来科学家通过高能物理实验发现, 中子并不是完全不带电荷, 而是其所带负电荷与正电荷的电量相等, 电性相反, 刚好抵消, 所以中子呈电中性。中子不带电的说法不科学。

科学家们发现不仅有带负电荷的负电子, 还有带正电荷的正电子。负电子和正电子的质量相等, 所带的电荷量也相等, 但电性恰好相反。所以, 我们所说的电子实际上是负电子, 因此“电子带一个单位的负电荷”的说法应该改成“带一个负电荷的电子”。

2. 质子、中子、电子是构成原子的最基本粒子吗?

原子核的组成秘密只是初现端倪, 人们还在继续探寻, 现代科学家们又知道了许多新的基本粒子, 如正电子、中微子, 介子和反质子等。

同位素, 特别是放射性同位素的发现, 在人们生活、生产、高科技领域, 发挥着巨大作用。放射性元素铀发生原子核裂变时放出巨大能量, 1 kg 铀释放出来的热量相当于 2 000 t 优质煤燃烧时放出的热量。海水中铀的贮量在 4.5×10^{10} t 左右, 和平利用原子能, 前景多么诱人! 放射性同位素碳-14 在地底下默默地记载着地质年龄, 让地质和考古工作者较准确地知道出土文物的年代, 人们把碳-14 喻为考古钟与地质钟。农业上利用放射性同位素作为示踪原子, 标记农药残留的多少和残留在植物的什么部位; 指导合理施肥; 运用放射的射线进行辐射育种。医药

上,利用同位素作为与癌症作斗争的武器,诊断肿瘤,并作为筛选药物的工具。此外在工业部门也有更多用途。

潜能开发

轻松学习 夯实基础

1. 道尔顿的原子学说在化学发展史中曾经起了很大作用。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. 有①②③

2. 下列有关电子云及示意图的说法正确的是()

- A. 电子云是笼罩在原子核外的云雾
B. 小黑点多的区域表示电子多
C. 小黑点疏的区域表示电子出现机会少
D. 电子云是用高速照相机拍摄的照片

3. (2004年全国理综)下列离子中,所带电荷数与该离子的核外电子层数相等的是()

- A. Al^{3+} B. Mg^{2+} C. Be^{2+} D. H^{+}

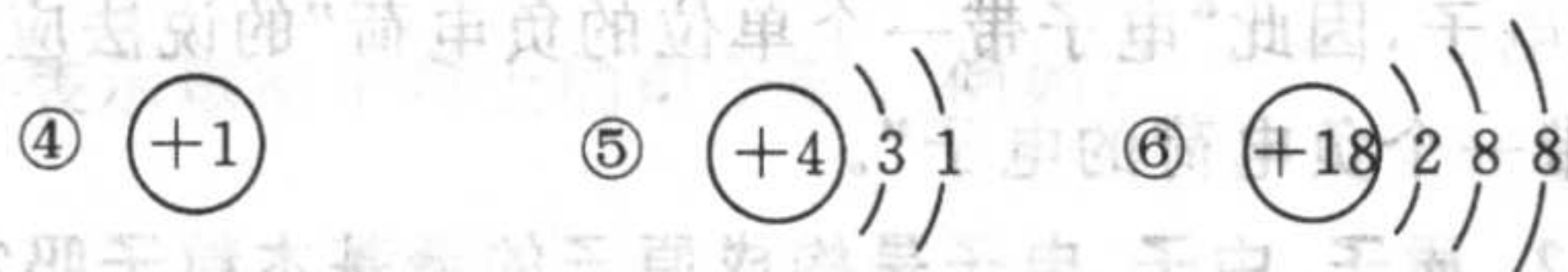
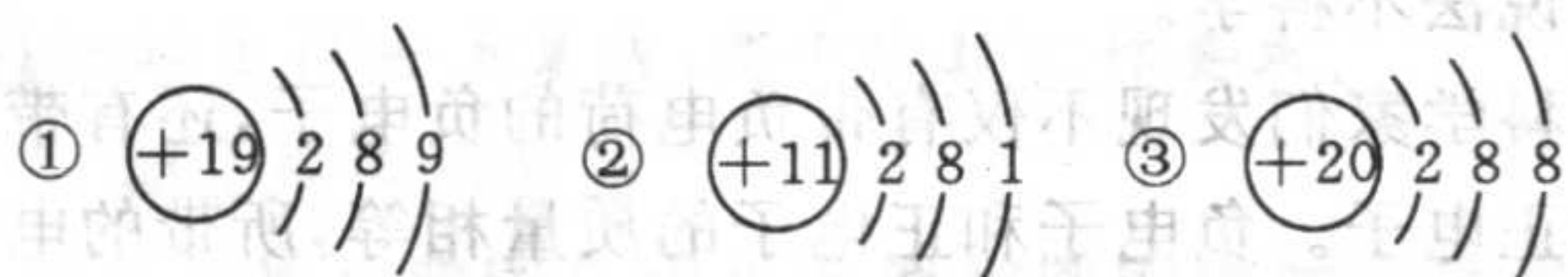
4. 某元素原子的最外层电子数为次外层的3倍,则该元素原子核内质子数为()

- A. 3 B. 7 C. 8 D. 10

5. 下列关于 ^{19}K 的叙述,错误的是()

- A. 原子核内有21个中子
B. 质量数为40
C. 核外电子数为19
D. 中子数为19

6. 下面所画的原子或离子的结构示意图,一定错误的是()



- A. ②③④ B. ②⑤⑥ C. ①④⑤ D. ①⑤

7. 某阳离子 M^{n+} 的核外共有 x 个电子,核内有 y 个中子,则M的质量数为()

- A. $y-x-n$ B. $y+x+n$
C. $y+x-n$ D. $y-x+n$

8. (2004年辽宁高考)下列关于原子的几种描述中,不正确的是()

- A. ^{18}O 与 ^{19}F 具有相同的中子数
B. ^{18}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

9. 1999年,世界重大科技成果之一是超铀元素的发现,它有力地支持了“稳定岛”假说,原子 $^{298}_{118}\text{X}$ 的中子数与电子

数之差为()

- A. 0 B. 57 C. 118 D. 175

快乐延伸 提升能力

10. (2004年烟台模拟)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,则在周期表的前10号元素中,满足上述关系的元素共有()

- A. 1对 B. 2对 C. 3对 D. 4对

11. 某粒子用 $^A_Z\text{R}^{n+}$ 表示,下列关于该粒子的叙述正确的是()

- A. 所含质子数 $=A-n$ B. 所含中子数 $=A-Z$
C. 所含电子数 $=Z+n$ D. 质量数 $=Z+A$

12. (2003全国)在两个容积相同的容器中,一个盛有 HCl 气体,另一个盛有 H_2 和 Cl_2 的混合气体。在同温同压下,两容器内的气体一定具有相同的()

- A. 原子数 B. 密度 C. 质量 D. 质子数

13. 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L层电子数恰为A原子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

14. (2005年德州模拟)核外电子层排布的规律之一是“倒数第三层电子数不超过32”,对此规律以下理解正确的是()

- ①K层为倒数第三层时,电子数不超过2个 ②L层为倒数第三层时,电子数不超过8个
③M层为倒数第三层时,电子数不超过18个 ④N层为倒数第三层时,电子数不超过32个

- A. 只有④ B. ①②
C. ①④ D. ①②③④

15. 欧洲核子研究中心于1995年9月至10月间研制成世界上第一批反原子——共9个反氢原子,揭开了人类制取、利用反物质的新篇章。反物质的主要特征是电子带正电荷,质子带负电荷。

(1)反氢原子的结构示意图中,正确的是()



(2)如果制成了反氧原子,则下列说法正确的是()

- 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
C. 核内有8个带负电的中子,核外有8个带正电的电子
D. 核内有8个带负电的质子,核外有8个带正电的电子

16. (2004年辽宁·31)若用 x 代表一个中性原子中核外的电子数, y 代表此原子核内的质子数, z 代表此原子的原子核内的中子数,则对 $^{234}_{90}\text{Th}$ 的原子来说

- A. $x=90$ $y=90$ $z=234$

B. $x=90$ $y=90$ $z=144$

C. $x=144$ $y=144$ $z=90$

D. $x=234$ $y=234$ $z=324$

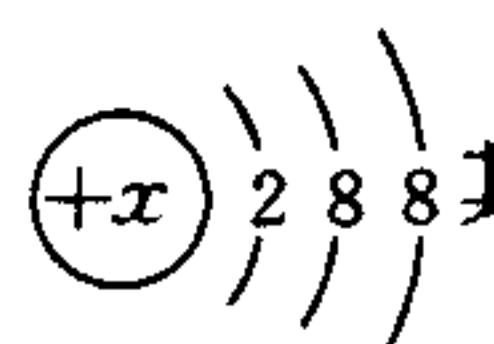
17. (2005 年辽宁高考) 在下列分子中, 电子总数最少的是()

A. H_2S B. O_2 C. CO D. NO

思维拓展 综合创新

18. (2005 年汕头模拟) 有 X、Y 两种元素, X 原子核外 M 层电子数是 Y 原子核外 M 层电子数的 $\frac{1}{3}$, Y 原子核外 L 层电子数是 M 层电子数的 $\frac{4}{9}$, 也是 N 层电子数的 4 倍。则原子结构示意图为: X _____, Y _____。

19. (2004 年柳州模拟) 有几种元素的粒子的核外电子层

如图所示,  其中:

(1) 某电中性粒子一般不和其他元素的原子反应, 这种粒子符号是_____。

(2) 某粒子的盐溶液, 能使溴水褪色, 并出现浑浊, 这种粒子符号是_____。

(3) 某粒子氧化性甚弱, 但得到电子后还原性强, 且这种原子有一个单电子, 这种粒子符号是_____。

(4) 某粒子还原性虽弱, 但失电子后氧化性强, 且这种原子得一个电子即达到稳定结构, 这种粒子的符号是_____。

20. (2005 年威海模拟) 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 元素原子的最外电子层都只有一个电子; W 和 Y 元素原子的最外层电子数相同, 且 W 元素原子 L 层电子数是 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一半。由此推知 (填元素符号): V 是 _____; W 是 _____; X 是 _____; Y 是 _____; Z 是 _____; 由这些元素组成一种结晶水合物的化学式为 _____, 俗称 _____。

第二节 元素周期律

元素周期律和元素周期表是高考的必考内容, 试题以选择题为主, 近几年也出现了填空题或推断题的形式。由于该考点知识内容丰富, 规律性强, 因此命题的空间极为广阔, 出现了不少考查能力和创新意识的好题目。为把握好本节, 在学习上建议:

1. 了解元素原子核外电子排布、原子半径、主要化合价与元素金属性、非金属性的周期性变化。
2. 了解两性氧化物和两性氢氧化物的概念。
3. 认识元素性质的周期性变化是元素原子核外电子

排布周期性变化的结果, 从而理解元素周期律的实质。

4. 掌握通过归纳总结规律, 通过演绎推广规律的方法, 达到学以致用目的。

一、原子序数

按元素的核电荷数从小到大的顺序人为编排的序号, 元素的原子序数等于其原子的核电荷数。

二、元素周期律

元素的性质随原子序数的递增而呈现周期性变化的规律称元素周期律。

1. 元素原子核外电子排布的周期性:

随着原子序数的递增, 每隔一定数目的元素, 会重复出现原子最外层电子从 1 个递增到 8 个的情况 (K 层从 1 增至 2)。

2. 元素原子半径的周期性变化:

电子层数相同, 随着原子序数的递增, 原子半径逐渐减小, 而呈周期性变化。

说明: 稀有气体元素由于测定半径的标准不同, 故不具有与相邻非金属元素的可比性。

3. 元素主要化合价的周期性变化:

电子层数相同, 随着原子序数的递增, 元素的最高正价从 +1 递变到 +7, 中部元素开始有负价, 并从 -4 递变到 -1 (注意: 氧元素无最高正价, 氟无正价, 金属无负价)。

说明: (1) 最外层电子数 = 最高正化合价

(2) 最高正化合价 + |最低负化合价| = 8

(3) 金属元素无负价。因为金属元素最外层电子数目少, 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。

(4) 氟无正价, 氧无最高正价, 氟、氧得电子能力特别强, 尤其是氟元素, 只能夺取电子而成为稳定结构, 除零价外, 只显负价。氧只跟氟结合时, 才显正价, 如在 OF_2 中氧呈 +2 价。

4. 元素的金属性和非金属性的周期性变化:

是指电子层数相同, 随着原子序数的递增, 原子半径递减, 核对核外电子的引力逐渐增强, 失电子能力逐渐减弱, 得电子能力逐渐增强, 即元素的金属性逐渐减弱, 非金属性逐渐增强。

(1) 金属性强弱的实验事实和结论

	$_{11}\text{Na}$	$_{12}\text{Mg}$	$_{13}\text{Al}$
跟水反应	剧烈(冷水)	反应(沸水)	很难
跟盐酸反应	很剧烈	很快	较快
氢氧化物的碱性	NaOH 强碱	$\text{Mg}(\text{OH})_2$ 中强碱	$\text{Al}(\text{OH})_3$ 显两性
结论: 金属性: $\text{Na} > \text{Mg} > \text{Al}$			

注: 金属性强弱的比较方法:

金属性主要由以下五个方面体现: ① 单质与水或酸反应的难易: 反应越容易越快, 则单质越活泼, 相应元素金属性越强。② 最高价氧化物对应的水化物的碱性强弱: 其碱

性越强则对应金属元素的金属性越强。③单质的还原性强弱:还原性越强则金属性越强。④离子的氧化性强弱:离子的氧化性越强则对应金属元素的金属性越弱。⑤相互置换反应:金属性强的元素能把金属性弱的元素从其相应的化合物中置换出来。

(2)非金属性强的实验事实和结论

	$_{14}\text{Si}$	$_{15}\text{P}$	$_{16}\text{S}$	$_{17}\text{Cl}$
跟氢气反应	高温	磷蒸气	加热	光照(或点燃)
氢化物稳定性	SiH_4 极不稳定	PH_3 不稳定	H_2S 较稳定	HCl 稳定
最高价氧化物对应水化物	H_4SiO_4 弱酸	H_3PO_4 中强酸	H_2SO_4 强酸	HClO_4 更强酸
结论:非金属性: $\text{Si}<\text{P}<\text{S}<\text{Cl}$				

注:非金属性强弱的比较方法

非金属性主要由以下五个方面体现:①单质与 H_2 化合的难易以及氢化物的稳定性:非金属元素与 H_2 越容易化合,氢化物的稳定性越强,对应非金属元素的非金属性越强。②最高价氧化物对应的水化物的酸性越强,则对应非金属元素的非金属性越强。③单质的氧化性强弱:氧化性越强,则非金属性越强。④简单离子的还原性越强,则对应非金属元素的非金属性越弱。⑤相互置换反应:非金属性强的元素能把非金属性弱的元素从其化合物中置换出来。

另外,根据原子结构,在电子层数相同的条件下,原子的最外层电子数越多,非金属性越强,金属性越弱;最外层电子数越少,金属性越强,非金属性越弱;在最外层电子数相同的条件下,原子的电子层数越多,金属性越强,非金属性越弱;电子层数越少,金属性越弱,非金属性越强。

1. 学科综合 思维激活

例1 (2004年广东模拟)下列各组元素性质递变情况错误的是()

- A. Li 、 B 、 Be 原子最外层电子数依次增多
- B. P 、 S 、 Cl 元素最高正化合价依次升高
- C. N 、 O 、 F 原子半径依次增大
- D. Na 、 K 、 Rb 的金属性依次增强

解析:根据元素周期律知,元素性质随原子序数的递增,原子结构、原子半径、元素的化合价、元素的金属性和非金属性出现规律性变化,不难确定答案为 C。

答案:C

温馨提示:依据元素同期律推导元素性质时,应特别注意元素是同一周期或同一主族的,是金属还是非金属。

2. 创新应用 思维激活

例2 (2005年烟台模拟) X 、 Y 、 Z 为电子层数相同的三种元素,已知其对应最高价氧化物水化物的酸性是 $\text{H}_3\text{XO}_4 < \text{H}_2\text{YO}_4 < \text{HZO}_4$,则下列判断中正确的是()

- A. 核电荷数 $\text{X}>\text{Y}>\text{Z}$
- B. 原子半径 $\text{X}<\text{Y}<\text{Z}$
- C. 元素非金属性 $\text{X}<\text{Y}<\text{Z}$

D. 气态氢化物稳定性 $\text{X}>\text{Y}>\text{Z}$

解析:由 $\text{H}_3\text{XO}_4 < \text{H}_2\text{YO}_4 < \text{HZO}_4$ 可知,非金属性 $\text{Z}>\text{Y}>\text{X}$,又因为三种元素具有相同的电子层数,所以核电荷数 $\text{Z}>\text{Y}>\text{X}$,原子半径 $\text{X}>\text{Y}>\text{Z}$,气态氢化物稳定性 $\text{Z}>\text{Y}>\text{X}$ 。

答案:C

温馨提示:金属性和非金属的实验标志是解题的要点,金属性和非金属性强弱的实验标志与强弱建立了一一对映关系,互为因果,解题时要灵活运用。

发散思维:

例3 X 、 Y 、 Z 三种非金属元素具有相同的电子层数,它们的气态氢化物的稳定性强弱顺序是 $\text{HZ}>\text{H}_2\text{Y}>\text{XH}_3$,下列说法中正确的是()

- A. 原子序数: $\text{X}>\text{Y}>\text{Z}$
- B. 非金属性: $\text{X}<\text{Y}<\text{Z}$
- C. 原子半径: $\text{X}<\text{Y}<\text{Z}$
- D. 离子还原性: $\text{X}^{3-}<\text{Y}^{2-}<\text{Z}^{-}$

3. 诱思探究 思维激活

(2003年辽宁·河南) X 元素的阳离子与 Y 元素的阴离子具有相同的核外电子结构,下列叙述正确的是()

- A. 原子序数 $\text{X}<\text{Y}$
- B. 原子半径 $\text{X}<\text{Y}$
- C. 离子半径 $\text{X}>\text{Y}$
- D. 原子最外层电子数 $\text{X}<\text{Y}$

解析:原子失去电子成阳离子,得到电子成阴离子。结合题意,可知 X 元素的原子序数应大于 Y 元素的原子序数, A 错误。根据元素周期表, X 应该位于 Y 的下一个周期,原子半径的关系是 $\text{X}>\text{Y}$, B 错误。 X 、 Y 离子的电子层结构相同, X 的原子序数,也就是核电荷数较大,离子半径较小, C 错误。 X 属于金属元素, Y 属于非金属元素, D 正确。

答案:D

发散思维: X 元素的阳离子和 Y 元素的阴离子具有与氩原子相同的电子层结构,下列叙述正确的是()

- A. X 的原子序数比 Y 的小
- B. X 原子的最外电子数比 Y 的大
- C. X 的原子半径比 Y 的大
- D. 以上答案均不正确

4. 高考经典 思维激活

例4 (2004年广东)下列叙述正确的是()

- A. 发生化学反应时失去电子越多的金属原子,还原能力越强
- B. 金属阳离子被还原后,一定得到该元素的单质
- C. 核外电子总数相同的原子,一定是同种元素的原子
- D. 能与酸反应的氧化物,一定是碱性氧化物

解析:A 选项:金属原子还原能力的强弱与原子失电子能力有关而与失电子数目的多少无关。 B 选项:金属阳离子被还原既可还原为单质,也可还原为低价态的金属阳离子,如: $\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$ 。

$\text{Al}_2\text{O}_3 + 6\text{HCl} = 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$,但 Al_2O_3 是两性氧化物。

答案:C

方法平台

粒子(包括原子、离子)半径大小判断的方法:

①电子层数相同的粒子,核电荷数越小,微粒半径越大。粒子包括原子和离子。

例如: $r(\text{Na}) > r(\text{Mg}) > r(\text{Al}) > r(\text{Si})$ 三电子层同周期, $r(\text{O}^{2-}) > r(\text{F}^-) > r(\text{Na}^+) > r(\text{Mg}^{2+})$ 两电子层的阴离子和阳离子

②不同电子层数的粒子,电子层数越多,半径越大。

例如: $r(\text{Cs}) > r(\text{Rb}) > r(\text{Na}) > r(\text{Li})$ 同主族

③同种元素,其原子半径大于阳离子半径,[如 $r(\text{Na}) > r(\text{Na}^+)$],小于阴离子半径,[如 $r(\text{Cl}) < r(\text{Cl}^-)$],高价态金属阳离子半径小于低价态金属阳离子半径,[如 $r(\text{Fe}^{3+}) < r(\text{Fe}^{2+})$]。

例题

1. 什么是两性氧化物,什么是两性氢氧化物?

两性氧化物:既能与酸起反应生成盐和水,又能与碱起反应生成盐和水的氧化物。

两性氢氧化物:既能跟酸起反应,又能跟碱起反应的氢氧化物。

“两性”是指物质既能与酸反应,也能与碱反应的一种性质。而不能理解为某种物质既是酸,又是碱,或它的水溶液有时显酸性,有时显碱性。如 Al_2O_3 是典型的两性氧化物,能说是酸或碱吗? $\text{Al}(\text{OH})_3$ 是两性氢氧化物,它的水溶液呈微弱的碱性。故不能说它既显碱性,又显酸性。值得注意的是,有些物质尽管也能与酸反应,又能与碱反应,但不能称为两性,如:

弱酸的酸式盐: $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$

$\text{NaHCO}_3 + \text{NaOH} = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

氧化物: $\text{SiO}_2 + 4\text{HF} = \text{SiF}_4 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

$\text{SiO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

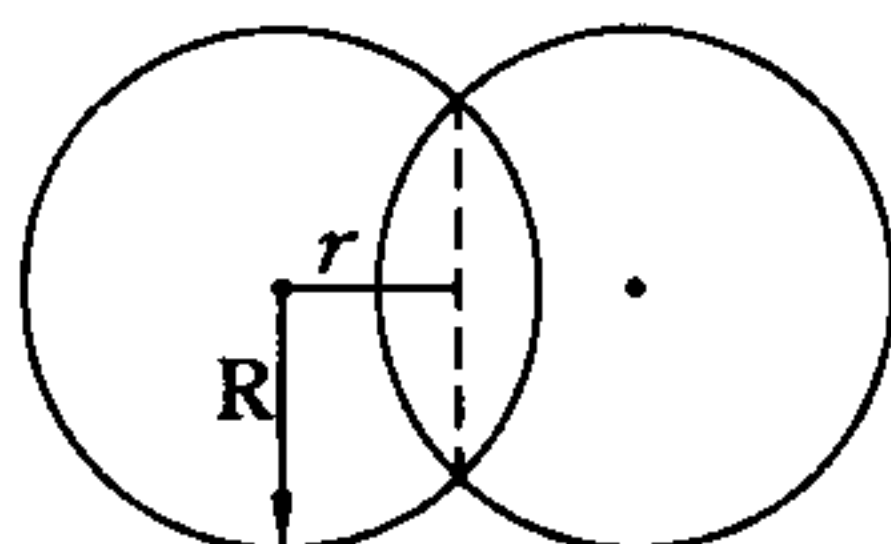
单质:Al 和 Si

2. 原子半径是如何测定的?

原子半径的测定方法有多种,经常用到的原子半径有三种:共价半径、金属半径和范德瓦尔斯半径。

同种元素的两个原子以共用电子对相互连接成分子,它们核间距离的一半叫做原子的共价半径。

Cl原子的共价半径(r)如图所示,它小于最外层电子到原子核的距离(R)。



金属看成由球状的金属原子堆积而成的,假定相邻的两个原子彼此互相接触,它们核间距离的一半就是该原子的金属半径。一般说来,原子的金属半径与原子的最外层电子到原子核的距离比较接近。

稀有气体元素的原子只能形成单原子分子,稀有气体在低温下形成晶体时,两个原子核之间距离的一半,就叫做原子的范德瓦尔斯半径。由于稀有气体单原子分子之间有一种微弱的作用力,这种微弱的作用力不能将单原子分子拉得很紧密,故范德瓦尔斯半径总是比原子的最外层

电子到原子核的距离大。

在讨论原子半径的变化规律时,人们采用的是原子共价半径。

轻松学习 夯实基础

1. 下列关于元素周期律的叙述正确的是()

- A. 随着元素原子序数的递增,原子最外层电子数总是从1到8重复地出现
- B. 元素的性质随着原子序数的递增而呈周期性的变化
- C. 随着元素的原子序数的递增,元素的最高正价从+1到+7,负价从-7到-1重复地出现
- D. 元素性质的周期性变化是指原子核外电子排布的周期性变化,原子半径的周期性变化及元素主要化合价的周期性变化

2. 元素周期律的实质则()

- A. 相对原子质量逐渐增大
- B. 核电荷数逐渐增大
- C. 核外电子排布呈周期性变化
- D. 元素的化合价呈现周期性变化

3. (2004年威海模拟)甲、乙两种非金属:①甲比乙容易与 H_2 化合;②甲原子能与乙阴离子发生置换反应;③甲的最高价氧化物对应的水化物酸性比乙的最高价氧化物对应的水化物酸性强;④与某金属反应时,甲原子得电子数目比乙的多;⑤甲的单质熔、沸点比乙的低,能说明甲比乙的非金属性强的是()

- A. 只有④ B. 只有⑤ C. ①②③ D. ①②③④

4. 甲、乙是同周期的非金属元素,若原子半径甲大于乙,则下列四种叙述中正确的是()

- A. 最高价氧化物的水化物的酸性甲比乙强
- B. 阴离子还原性甲比乙弱
- C. 气态氢化物的稳定性甲比乙弱
- D. 金属性甲比乙弱

5. (2004年济南模拟)已知某元素原子的原子序数,可推知原子的()

- ①质子数 ②中子数 ③最外层电子数 ④核电荷数 ⑤核外电子总数
- A. ①②③④ B. ①②③
- C. ①④⑤ D. ②③④

6. 元素X的气态氢化物的化学式为 H_2X ,这种元素的最高价氧化物的水化物的化学式可能是()

- A. H_2XO_3 B. $\text{X}(\text{OH})_2$ C. H_2XO_4 D. H_6XO_6

7. 元素X、Y可组成化学式为 XY_2 的化合物,则X、Y的原子序数可能是()

- A. 3和9 B. 6和8 C. 10和4 D. 13和17

8. (2005年济宁模拟)氧化性随原子序数的增加增强的是()

- A. F^- 、 Cl^- 、 Br^-
- B. Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Al^{3+}
- C. P、S、Cl

D. Li^+ 、 Na^+ 、 K^+

★快乐延伸 提升能力

9. (2005 年汕头模拟)下列叙述中能肯定 A 金属比 B 金属活泼性强的是()
- A. A 原子的最外层电子数比 B 原子的最外层电子少
B. A 原子层数比 B 原子的电子层数多
C. 1 mol A 从酸中置换 H^+ 生成的 H_2 比 1 mol B 从酸中置换 H^+ 生成的 H_2 多
D. 常温下, A 能从水中置换出氢, 而 B 不能
10. 下列说法正确的是
- A. 非金属元素 R 所形成的含氧酸盐(M_nRO_x)中的 R 元素必定呈现正价
B. 只有非金属才能形成含氧酸或含氧酸盐
C. 除稀有气体外的非金属元素都能生成不同价态的含氧酸
D. 非金属的最高价含氧酸都具有强氧化性
11. (综合题)元素 R 的最高价含氧酸分子式为 $\text{H}_n\text{RO}_{2n-2}$, 则在其最低价气态氢化物中, R 元素的化合价为()
- A. $-10+3n$ B. $-6+3n$
C. $-12+3n$ D. $-4+2n$
12. (2005 年广州模拟)质量数为 32, 有 16 个中子的原子 R, 允许存在的粒子组是()
- A. R^{2+} 、 RO_2 、 RO_3 B. R^{2-} 、 RO_2 、 RO_3
C. R^- 、 RO_4^{2-} 、 RO_3^- D. R^+ 、 RO 、 RO_3^-
13. 16 号元素与 4 号元素的原子半径相比, 前者的下列数据是后者的 4 倍的是()
- A. 最外层电子数 B. 电子数
C. 电子层数 D. 以上均不正确
14. (2005 年上海模拟)已知下列反应: $\text{Cu} + \text{X}_2 \xrightarrow{\Delta} \text{CuX}_2$
① $2\text{Cu} + \text{Y} \xrightarrow{\Delta} \text{Cu}_2\text{Y}$ ② $2\text{KX} + \text{Z}_2 = 2\text{KZ} + \text{X}_2$ ③
 X_2 、 Y 、 Z_2 为三种元素的单质。在 Cu_2Y 中 Y 为 -2 价。下列关于 X、Y、Z 三种元素的最高价氧化物的水化物的酸性强弱顺序正确的是()
- A. $\text{HXO}_4 > \text{H}_2\text{YO}_4 > \text{HZO}_4$
B. $\text{HZO}_4 > \text{HXO}_4 > \text{H}_2\text{YO}_4$
C. $\text{HZO}_4 > \text{H}_2\text{YO}_4 > \text{HXO}_4$
D. $\text{H}_2\text{YO}_4 > \text{HZO}_4 > \text{HXO}_4$
15. (创新题)X 和 Y 元素的原子, 在化学反应中都容易失去两个电子形成稳定结构, X 的原子半径小于 Y 的原子半径, 下列说法正确的是()
- A. 它们失去电子的能力相同
B. 两种原子都有相同的电子层数
C. $\text{Y}(\text{OH})_2$ 的碱性比 $\text{X}(\text{OH})_2$ 的碱性强
D. Y 的金属性比 X 弱
16. 下列粒子半径之比大于 1 的是()
- A. $r(\text{K}^+)/r(\text{K})$ B. $r(\text{Ca})/r(\text{Mg})$
C. $r(\text{P})/r(\text{S})$ D. $r(\text{Cl})/r(\text{Cl}^-)$
17. (2005 年临沂模拟)酸碱质子理论认为, 凡能给出质子的分子或离子都是酸, 凡能结合质子的分子或离子都

是碱, 按照这个理论, 下列粒子中不属于两性的是()

A. H_2O B. HCO_3^- C. Al_2O_3 D. H_2PO_4^-

18. (2004 年德州模拟)下列粒子半径大小比较正确的是()

A. $\text{Na}^+ < \text{Mg}^{2+} < \text{Al}^{3+} < \text{O}^{2-}$ B. $\text{S}^{2-} > \text{Cl}^- > \text{Na}^+ > \text{Al}^{3+}$ C. $\text{Na} < \text{Mg} < \text{Al} < \text{S}$ D. $\text{Cs} > \text{Rb} > \text{K} > \text{Na}$

★思维拓展 综合创新

19. (2004 年烟台模拟)A、B、C 三种元素的原子具有相同的电子层数, 而 B 的核电荷数比 A 大 2, C 原子的电子总数比 B 原子电子总数多 4, 1 mol A 的单质跟足量的盐酸反应可置换出 11.2 L (标准状况下) 的氢气, 这时 A 转变成与氖原子具有相同电子层结构的离子, 试回答:

(1) A 是 _____ 元素, B 是 _____ 元素, C 是 _____ 元素。

(2) 分别写出 A、B 最高价氧化物对应水化物跟 C 的气态氢化物水溶液反应的离子方程式 _____

_____。

(3) A 离子的氧化性比 B 离子氧化性 _____, 这是由于 _____。

20. (2005 年德州模拟)有 A、B、C、D 四种元素: A 元素形成的一 2 价阴离子比氩的核外电子数多 8 个。B 元素的一种氧化物为淡黄色固体, 该固体遇到空气能生成 A 的单质。C 为原子核内有 12 个中子的二价金属, 当 2.4 g C 与足量盐酸反应时, 在标准状况下放出氢气 2.24 L。D 的 M 层上有 7 个电子。

(1) A、B、C、D 各是什么元素?

(2) 写出 B、C、D 最高价氧化物的水化物化学式。

(3) 比较 D 的气态氢化物与 H_2S 和 HF 的稳定性。

21. (2005 年北京西城模拟)已知: ① A、B、C、D 四种物质均含元素 X, 有的还可能含有元素 Y、Z。元素 Y、X、Z 的原子序数依次递增。

② X 在 A、B、C、D 中都不呈现它的最高价。

③ 室温下单质 A 与某种常见一元强碱溶液反应, 可得到 B 和 C。

④化合物 D 受热催化分解,可制得元素 Y 的单质。

(1)元素 X 是 _____, Z 是 _____。

(2)写出③中反应的化学方程式 _____。

(3)写出④中反应的化学方程式 _____。

第三节 元素周期表

元素周期表的知识内容丰富,规律性强,考查内容主要集中在以下几个方面:

1. 元素周期律的迁移应用,该类题目的特点是:给出一种不常见的主族元素,分析推测该元素及其化合物可能或不可能具有的性质。

2. 确定“指定的几种元素形成的化合物”的形式,该类题目的特点是:给出几种元素的原子结构或性质特征,判断它们形成的化合物的形式,此类题的解题思路是,定元素、推价态、想可能、得化学式。

3. 由“位构性”关系推断元素,该类题目综合性强,难度较大,一般出现在第 II 卷笔答题中,且占分值较高。

一、元素周期表的编排原则

根据元素周期律排成了元素周期表。

根据元素周期律,把现在已知的一百多种元素中电子层数目相同的各种元素,按原子序数递增的顺序从左到右排成横行;再把不同横行中最外层电子数相同的元素按电子层数递增的顺序由上而下排成纵行,这样得到的一个表,叫做元素周期表。

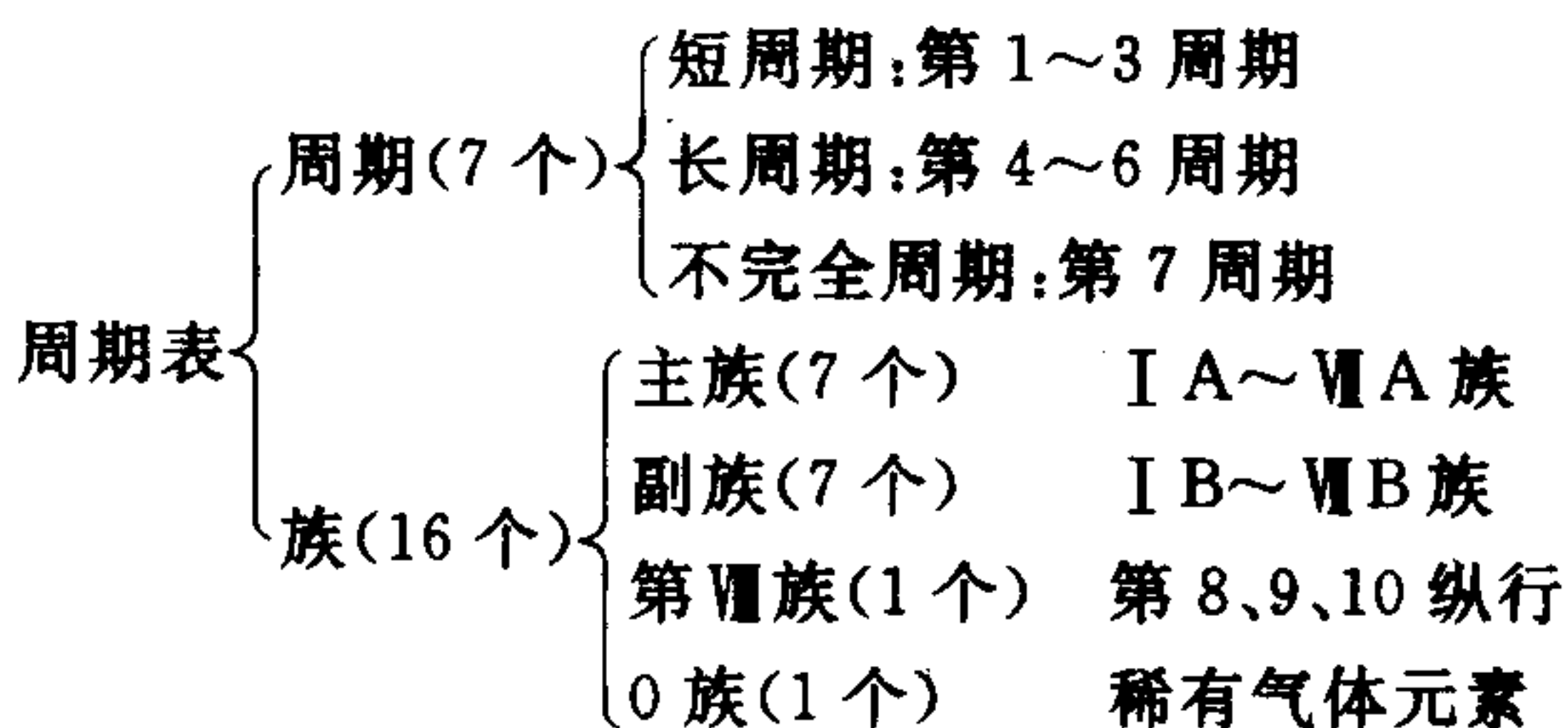
注:元素周期表是元素周期律的具体表现形式,它反映了元素之间相互联系的规律。

二、元素周期表的结构

元素周期表包括七个周期和 16 个族。

周期:具有相同的电子层数的元素按照原子序数递增的顺序排列的一个横行称为一个周期。

族:具有相同的最外层电子数的元素按照电子层数递增的顺序排列形成的纵行称族(第 8、9、10 三个纵行为第 VIII 族)。



说明:元素周期表结构记忆方法如下:

七个周期横着看,三短三长一不全;

纵看共有十八行,七主七副零八三;

副族元素中间站,主族元素靠两边;

若分金属非金属,硼砷之间划连线。

注:1. 第 3 和第 4 周期是长、短周期的分界线,第 7 周期为不完全周期。

2. 族序数为二、三的地方是主族和副族的分界线,第一次分族在副族的前面,第二次分界时副族在主族前面。

三、原子结构与元素在周期表中位置的关系

1. 原子结构与元素在周期表中的位置关系规律

①核外电子层数=周期数。

②主族元素的最外层电子数=族序数=最高正价=价电子数。

③质子数=原子序数=原子核外电子数。

2. 周期表中特殊位置的元素

①族序数等于周期数的元素: H、Be、Al。

②族序数等于周期数 2 倍的元素: C、S。

③族序数等于周期数 3 倍的元素: O。

④周期数是族序数 2 倍的元素: Li。

⑤周期数是族序数 3 倍的元素: Na。

⑥最高正价与最低负价代数和为零的短周期元素: C、Si。

⑦最高正价是最低负价绝对值 3 倍的短周期元素: S。

⑧除 H 外,原子半径最小的元素: F。

⑨短周期中其离子半径最大的元素: S。

⑩最高正化合价不等于族序数的元素: O、F。

3. 奇、偶数原则

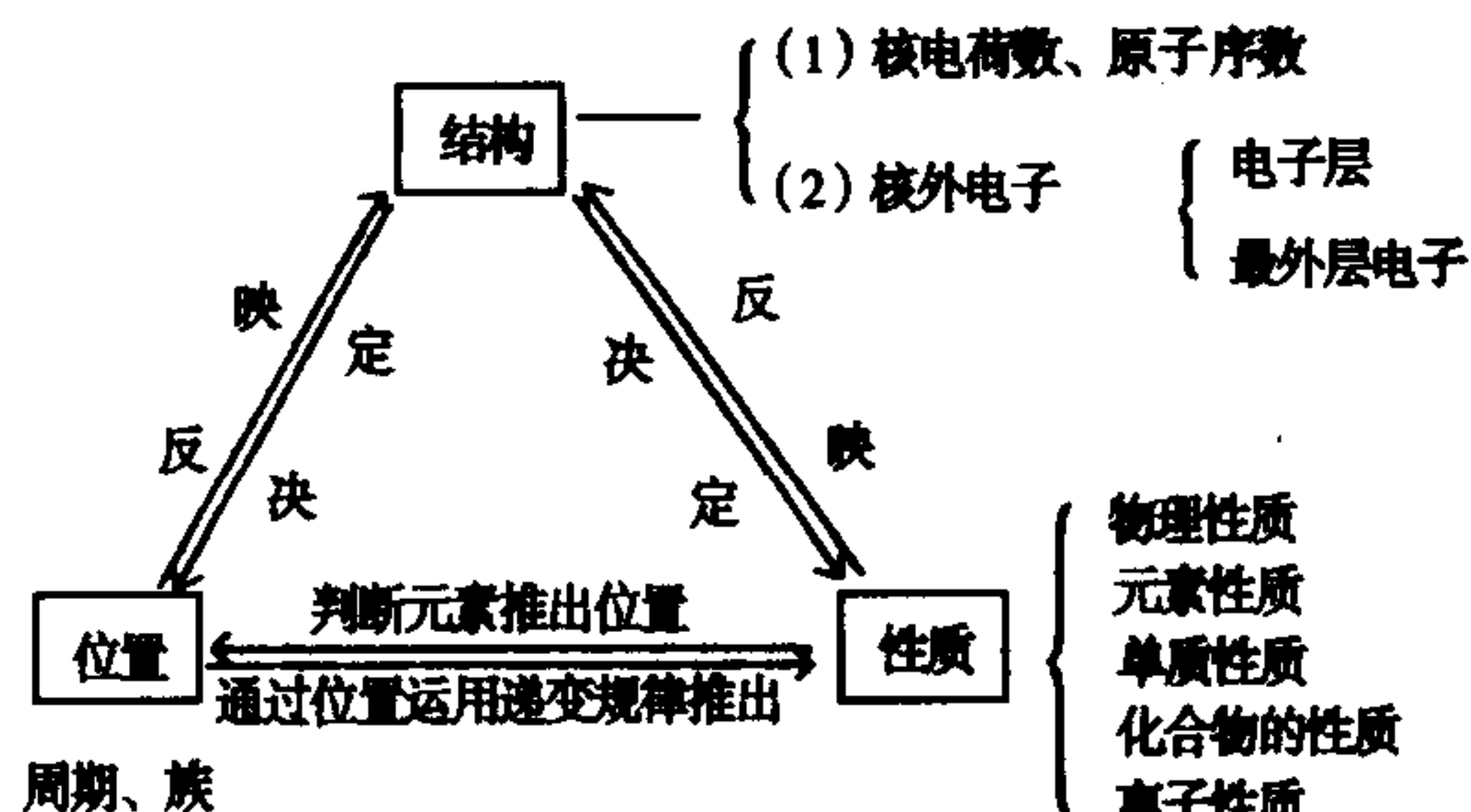
主族序数为偶数时,族内元素原子序数、元素的主要化合价均为偶数,主族序数为奇数时,族内元素原子序数、元素的主要化合价均为奇数,零族元素的原子序数均为偶数,元素的化合价看作为 0。

四、元素的性质与元素在周期表中位置的关系

1. 元素周期表中同周期、同主族元素的原子结构及性质递变规律

周期表中位置		同周期(左→右)	同主族(上→下)
原子结构	核电荷数	依次增大	逐渐增大
	电子层数	相同	依次增多
	最外层电子数	依次增多	相同
	原子半径	依次减小	依次增大
性质	主要化合价	最高正价则+1→+7 负价-4→-1	最高正价、负价数相同 最高正价=主族序数
	元素的金属性和非金属性	金属性逐渐减弱 非金属性逐渐增强	金属性逐渐增强 非金属逐渐减弱
	单质的氧化性,还原性	还原性减弱 氧化性增强(非金属)	还原性增强 氧化性减弱
	最高价氧化物对应的水化物的酸碱性	碱性减弱 酸性增强	碱性增强 酸性减弱
	气态氢化物稳定性	逐渐增强	逐渐减弱

2. “位—构—性”之间的关系



3. 元素化合价与元素在周期表中位置的关系

最高正价 = 主族序数 = 最外层电子数

最高正价 = 8 - |负价|

4. 元素周期表的应用

①预测元素的性质:常见的题目是给出一种不常见的主族元素(如砷、碲、铋、铅、铟、镉、铯等),或尚未发现的主族元素,推测该元素及其单质或化合物所具有的性质,解答的关键是根据该元素所在族的其他元素的性质,找出递变规律,加以推测判断。

②启发人们在一定区域内寻找新物质(农药、半导体、催化剂等。)

五、元素、核素、同位素

1. 元素:具有相同核电荷数的同一类原子的总称称为元素。

①决定元素种类的因素是质子数。

②“同一类”包括质子数相同的各种不同原子和相同的原子及各种状态下的原子或离子(即游离态和化合态)。

③元素只论种类不论个数和质量,和原子不同。

④元素是宏观概念,原子和分子是微观概念,二者之间有一道不可逾越的鸿沟。物质组成可从宏观、微观两方面来讲,但分子不能讲由某元素组成,而是由原子组成的。

2. 核素:具有一定数目的质子和一定数目中子的一种原子。

①同一种元素可能有几种不同的核素。

②同一元素的不同核素,一定是质子数相同,中子数不同。

3. 同位素:把原子中具有相同质子数和不同中子数的原子互称为同位素。

(1)决定同位素的因素是质子数相同,中子数不同。若质子数不同,是不同种元素;若都不同,是不同元素的不同原子。

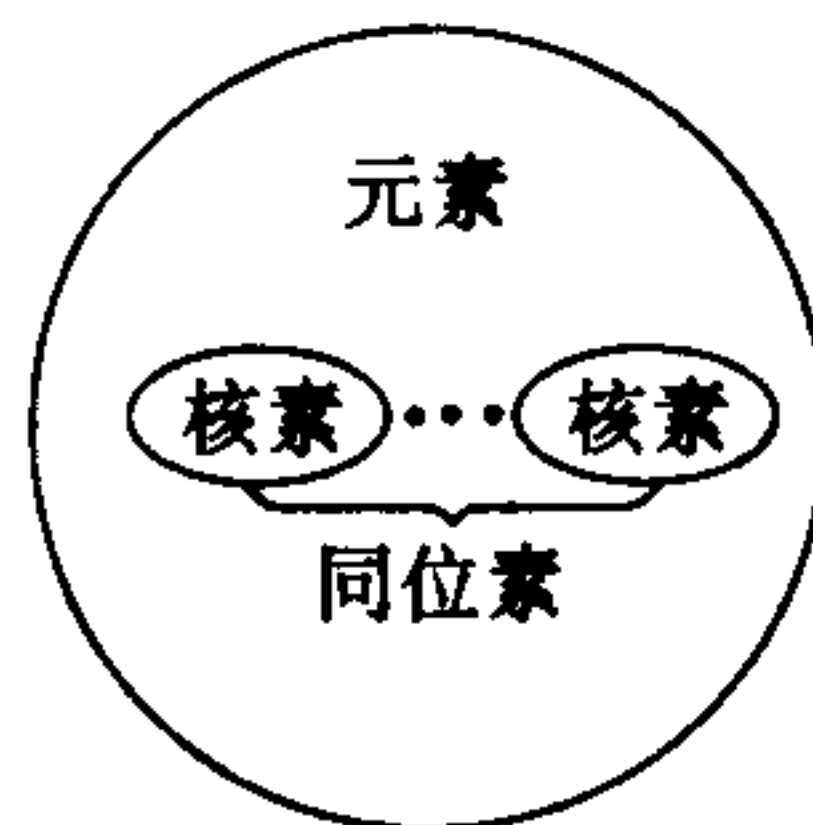
(2)原子种类 > 元素种类。

(3)元素、核素、同位素关系如图:同种元素是质子数相同的所有核素的总称;同一元素不同核素之间互称同位素。

在元素概念中,“同一类原子”就是指质子数相同,中子数不同的各核素的原子或离子。

(4)同位素的特点:

①同一种元素的不同同位素原子其质量数不同,但其电子层结构相同,其他学性质几乎完全相同。



②同种元素的不同同位素在周期表中的位置占同一格,元素符号也相同。

③在天然存在的某种元素里,不论是游离态或化合态,各同位素原子占有的原子百分数(或称摩尔分数)一般不变。

④同种元素的不同同位素原子可以组成不同的单质或化合物分子。

⑤掌握氢的三种同位素氕 ${}^1_1\text{H}$ 、氘 ${}^2_1\text{H}$ (或D)、氚 ${}^3_1\text{H}$ (或T); ${}^2_1\text{H}$ 和 ${}^3_1\text{H}$ 是制氢弹的原料; ${}^{235}_{92}\text{U}$ 是制原子弹和核反应堆的原料;注意同位素和同素异形体概念的区别。

4. 几个概念

①同位素的相对原子质量:同位素一个原子的实际质量与 ${}^{12}_6\text{C}$ 的原子质量的 $1/12$ 的比值。用“ m ”表示:

$$m = \frac{\text{原子质量}}{\frac{1}{12} \times {}^{12}_6\text{C 原子质量}}$$

例如:一个 ${}^{16}_8\text{O}$ 的质量为 $2.657 \times 10^{-26} \text{ kg}$,一个 ${}^{12}_6\text{C}$ 的质量为 $1.993 \times 10^{-26} \text{ kg}$, ${}^{16}_8\text{O}$ 的相对原子质量 = $\frac{2.657 \times 10^{-26}}{1.993 \times 10^{-26} \times \frac{1}{12}} = 15.9979$ 。

②元素的相对原子质量:按元素的各种天然同位素原子所占的原子个数的百分比计算出来的平均值,用“ $\bar{M}$ ”表示:

$$\bar{M} = M_1 \cdot a\% + M_2 \cdot b\% + \dots$$

其中 $a\%$ 、 $b\%$ ……为同位素个数百分比, $a\% + b\% + \dots = 1$ 。

③元素的近似相对原子质量:是用同位素的质量数及其所占的原子个数百分比计算出来的平均值。用“ $\bar{A}$ ”表示:

$$\bar{A} = A_1 \cdot a\% + A_2 \cdot b\% + \dots$$

如:符号 同位素相对原子质量 原子个数百分比

${}^{35}_{17}\text{Cl}$ 34.969 75.77%

${}^{37}_{17}\text{Cl}$ 36.966 24.23%

氯元素的近似相对原子质量:

$$\bar{A} = 35 \times 75.77\% + 37 \times 24.23\% = 35.485$$

氯元素的相对原子质量:

$$\bar{M} = 34.969 \times 75.77\% + 36.966 \times 24.23\% = 35.453$$

由上例可以看出,质量数与同位素的相对原子质量近似相等;元素的相对原子质量与元素的近似相对原子质量都是平均值,且近似相等。

1. 学科综合 思维激活

例1 (2005年临沂模拟)第119号未知元素,有人称为“类钫”。根据周期表结构及元素性质变化趋势,有关“类钫”的预测的说法错误的是()

A. 单质有较高的熔点

B. “类钫”在化合物中呈+1价

C. “类钫”具有放射性

D. “类钫”单质的密度小于 $1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$

解析:对于未知元素在周期表中的位置,可根据稀有

气体或碱金属元素的原子序数推断,本题中: ${}_{3}\text{Li} \xrightarrow{+8} {}_{11}\text{Na} \xrightarrow{+8} {}_{19}\text{K} \xrightarrow{+18} {}_{37}\text{Rb} \xrightarrow{+18} {}_{55}\text{Cs} \xrightarrow{+32} {}_{87}\text{Fr} \xrightarrow{+32} 119$,“类钫”应在第8周期ⅠA族。根据碱金属元素性质变化趋势推知,A、D是错误的,因为从上到下,碱金属单质的熔点降低;其密度依次增大,Li、Na、K密度小于 $1\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$,Rb、Cs、Fr的密度均大于 $1\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$,则“类钫”密度肯定大于 $1\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 。

答案:AD

温馨提示:此类题目的解题关键是处理好“位—构—性”之间的关系,由结构确定位置,依据元素在同周期同主族中的性质递变规律即可作答。

发散思维:镭是元素周期表中第7周期的ⅡA族元素,下列关于镭的性质的描述中不正确的是()

- A. 在化合物中显+2价
- B. 单质使水分解,置换出 H_2
- C. 氢氧化物呈两性
- D. 碳酸盐难溶于水

答案:C

2. 创新应用 思维激活

例2 某元素X所形成的分子 X_2 共有三种,其相对分子质量依次是158、160、162;其三种分子的物质的量之比是7:10:7。则下列结论正确的是()

- A. X有三种同位素
- B. 其中一种同位素原子的质量数为80
- C. 质量数为79的同位素的原子个数百分比为50%
- D. X_2 的平均相对分子质量为159

解析:若X有三种同位素,可形成六种 X_2 分子;X有两种同位素时可组成三种 X_2 分子: X_2 , XX' , X'_2 ,故A错。由于X只有两种同位素,所形成的三种分子中,相对分子质量是158、162的两种为同种同位素原子组成,质量数分别为79和81;相对分子质量为160的分子是两种同位素原子共同组成,平均相对分子质量为 $79+81=160$,故B错。因 X_2 三种分子的物质的量之比为7:10:7,所以两种同位素原子的物质的量之比为 $(7\times 2+10):(10+7\times 2)=1:1$,质量数为79的同位素其原子个数百分比 $\frac{1}{1+1}\times 100\%=50\%$,故C正确。 X_2 的平均相对分子质量 $=\frac{7\times 158+10\times 160+7\times 162}{7+10+7}=160$,故D错。

答案:C

3. 诱思探究 思维激活

例3 (2005年郑州模拟)下图为元素周期表的一部分。已知四种元素全为短周期元素,且原子序数之和为32。

(1)写出A、B、C、D的元素名称。

(2)写出B、C、D气态氢化物的化学式,

并比较它们的稳定性。

(3)写出A、B、C、D最高价氧化物的化学式及其水化物的化学式,并比较B、C、D的最高价氧化物对应的水化物的酸性强弱。

解析:在元素周期表中,左右相邻的元素原子序数相

A	B	C
	D	

差1,上下相邻的元素原子序数相差2、8、18等,一、二周期ⅠA族与上周期相差2,二、三周期中原子序数相差8,四周期中ⅠA、ⅡA族与上周期相差8,ⅢA~ⅦA与上周期相差18。设B的原子序数为x,由如图所示A、B、C、D的位置可知A、C、D的原子序数分别为 $x-1$, $x+1$, $x+8$,则 $x+(x-1)+(x+1)+(x+8)=32$, $x=6$,则A、B、C、D的原子序数分别为5、6、7、14,即分别为硼元素、碳元素、氮元素、硅元素。

参考答案:(1)A为硼元素,B为碳元素,C为氮元素,D为硅元素

(2)B、C、D氢化物为 CH_4 、 NH_3 、 SiH_4

稳定性 $\text{NH}_3>\text{CH}_4>\text{SiH}_4$

(3)最高价氧化物: B_2O_3 , CO_2 , N_2O_5 , SiO_2

对应水化物: H_3BO_3 , H_2CO_3 , HNO_3 , H_2SiO_3

酸性强弱: $\text{HNO}_3>\text{H}_2\text{CO}_3>\text{H}_2\text{SiO}_3$

温馨提示:解答此类题目的一般方法是:依据元素周期表的结构→确定元素在周期表中的位置→判断具体是哪一种元素→确定元素的原子结构,元素的性质或元素组成的化合物的性质。只要熟练掌握元素周期表的结构,元素及化合物的有关性质以及元素性质的递变规律,掌握元素在周期表中“位”“构”“性”三者之间的关系,此类题目可快速求解。

发散思维:(创新题)右

图是元素周期表前六周期的一部分,关于元素X、Y、Z的叙述正确的是()

			R
X			
	Y		
		Z	

①X、Y的最高价氧化物对应的水化物都是强酸 ②Y的原子半径比氧原子或氟原子都大 ③Z的单质常温下可与镁粉反应 ④Z的原子序数比Y大19 ⑤Z所在的周期中含有32种元素

- A. 只有②
- B. 只有①④
- C. 只有①②③④
- D. ①②③④⑤

答案:C

4. 高考经典 思维激活

例4 (2005年全国高考)同一主族的两种元素的原子序数之差 不可能 是()

- A. 16
- B. 26
- C. 36
- D. 46

解析:方法一:元素周期表1~6周期的元素数目分别为2,8,8,18,18,32,因此同一主族(即同一纵行)的两种元素原子序数之差可能为: $8+8=16$, $8+18=26$, $18+18=36$, $8+8+18=34$, $8+18+18=44$ 等,不可能为46。方法二:以稀有气体元素的元素序数为特例,如稀有气体元素的元素序数分别为2、10、18、36、54、86,则 $16=18-2$, $26=36-10$, $36=54-18$,即可得解。

答案:D

1. 如何进行元素推断

(1)从物质结构着手。因为它能从微观的角度探求元素性质的根源。物质结构包括原子或离子半径、核外电子排布、核电荷数、化学键型等等。

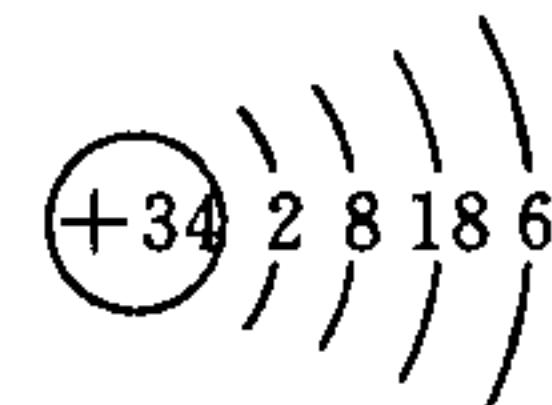
(2)比较元素的性质。元素的性质必然紧密联系元素周期律和元素周期表,因为它能从宏观角度揭示元素及化合物间的相互联系和性质递变规律。元素的性质主要指元素的金属性、非金属性,单质及其简单离子的氧化性、还原性,最高价氧化物对应水化物的酸碱性,气态氢化物的稳定性以及元素及其化合物的一些特性。

(3)通过计算。通过有关化学反应或粒子之间物质的量关系的计算,得出元素的相对原子质量、质子数等数据,就能将元素定位。

总之,元素的推断是综合运用物质结构、元素以及化合物知识并形成知识网络,将元素的结构、位置、性质有机联系起来的过程。

2. 怎样由元素的原子序数推断元素在周期表中的位置?

由元素的原子序数推断元素在周期表中的位置,常用方法是根据原子核外电子排布规律画出原子结构示意图,根据电子层数=周期数,主族元素的最外层电子数=族序数来推断在周期表中的位置。如原子序数为34的元素:



所以它位于第四周期第ⅥA族。这种方法

适用于主族元素的推断。另一种方法是记住周期表中各周期所含元素种类,由上至下依次为2、8、8、18、18、32,用原子序数减去各周期所含元素,到不够减为止,即可确定出周期数、余数即为元素所在纵行数,根据各纵行所对应的族数确定。如原子序数为88的元素:

$$88 - 2 - 8 - 8 - 18 - 18 - 32 = 2 \text{ (第二纵行)}$$

周期一 二 三 四 五 六 七

所以该元素位于第七周期第ⅡA族。

第三种方法是记住稀有气体的原子序数(2、10、18、36、54、86),用原子序数减去比它小的相近的稀有气体的原子序数,得到它的周期数为相近稀有气体的周期数加1;余数即为该元素的纵行数,最后利用倒推或顺推等方法找到它所在的族数。假如发现原子序数为116的元素,它在周期表中的位置应为 $116 - 86 = 30$,因原子序数为86的稀有气体在第6周期,所以该元素在 $6 + 1 = 7$ 周期。若第七周期排满应到原子序数为118的元素,利用倒推法原子序数为116的元素应为ⅥA族。

放射性同位素原子有哪些应用?

作核燃料:作制造核武器的动力性材料。

金属探伤:利用 γ 射线的贯穿本领,可以检查金属内部有没有砂眼和裂纹。

辐射育种:利用放射性同位素的射线对遗传物质产生影响,提高基因突变频率,从而选育出优良品种。

临床治癌:利用放射性同位素的射线杀伤癌细胞或阻止癌细胞分裂。

环保治污:利用放射性同位素的射线可消毒灭菌,杀死各种病原体,从而能保护环境使其少受污染。

消除静电:利用放射性同位素的射线的电离作用,容易产生静电部位附近的空气电离,变成导电气体,把积累起来的电荷泄出。此技术可使油库、机器等不会因静电而造成危害。

食物保鲜:利用放射性同位素的射线杀死食物中的致病细菌使其长期保鲜,还可以防止一些根茎作物的发芽,便于长期保存。

示踪原子:利用某些放射性同位素能放出射线,而其化学性质又不改变的原理,来研究一些元素的行踪,从而发现疾病、研治新药和了解物质的特性。



轻松学习 夯实基础

1. (2005年江苏高考)在下列元素中,不属于主族元素的是()

A. 磷 B. 铁 C. 钙 D. 碘

2. (2005年辽宁高考)关于同一种元素的原子或离子,下列叙述正确的是()

A. 原子半径比阴离子半径小
B. 原子半径比阴离子半径大
C. 原子半径比阳离子半径大
D. 带正电荷多的阳离子半径比带正电荷少的阳离子半径大

3. 甲、乙是周期表中同一主族的两种元素,若甲的原子序数为 x ,则乙的原子序数不可能是()

A. $x+2$ B. $x+4$ C. $x+8$ D. $x+18$

4. (2004年天津高考理综)核磁共振(NMR)技术已广泛应用于复杂分子结构的测定和医学诊断等高科技领域。已知只有质子数或中子数为奇数的原子核有NMR现象。试判断下列哪组原子均可产生NMR现象()

A. ^{18}O ^{31}P ^{119}Sn
B. ^{27}Al ^{19}F ^{12}C

C. 元素周期表中第ⅤA族所有元素的原子
D. 元素周期表中第Ⅰ周期所有元素的原子

5. (2002年上海高考)已知自然界中氧的同位素有 ^{16}O 、 ^{17}O 、 ^{18}O ,氢的同位素有H、D,从水分子的原子组成来看,自然界的水一共有()

A. 3种 B. 6种 C. 9种 D. 12种

6. 2003年,IUPAC(国际纯粹与应用化学联合会)推荐原子序数为110的元素符号为Ds,以纪念该元素的发现地(Darmsadt,德国)。下列关于Ds的说法不正确的是()

A. Ds的电子层数为7
B. Ds是超铀元素
C. Ds原子的质量数为110
D. Ds为金属元素

7. (2004年江苏高考)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 ^3He ,每百吨 ^3He 核聚变所释放出的能量相当于目前人类一年消耗的能量。