

## “物质结构 元素周期律”高考试题分类例析

广东省顺德区青云中学 528311 曾兆伦

“物质结构 元素周期律”是高考的热点。现以近两年的高考试题为例,分类说明其考查方式与解题思路,希望对同学们有所启发。

### 一、考查原子结构的知识

例1 (2015年上海化学卷)中国科学技术名词审定委员会已确定第116号元素Lv的名称为鉝。关于 ${}_{116}^{293}\text{Lv}$ 的叙述错误的是( )。

- A. 原子序数116      B. 中子数177  
C. 核外电子数116      D. 相对原子质量293

解析 由核素符号 ${}_{116}^{293}\text{Lv}$ 和关系式“原子序数=质子数=核外电子数”可知,其原子序数为

116,核外电子数为116,质量数为293;再由关系式“质量数( $A$ )=质子数( $Z$ )+中子数( $N$ )”可知,中子数 $N=A-Z=293-116=177$ ;只有D项错误。故答案为D。

点评 此题考查了原子结构的知识,根据核素符号的意义、关系式“原子序数=质子数=核外电子数”和“质量数( $A$ )=质子数( $Z$ )+中子数( $N$ )”可快速求解。

### 二、考查表示物质结构的化学用语正误的判断

例2 (2016年江苏化学卷)下列有关化学用语表示正确的是( )。

►液中,锌的表面有红色物质析出,说明锌的活动性大于铜;把银放入硫酸铜溶液中,银的表面无变化,说明银的活动性小于铜; $\text{Cu}$ 、 $\text{Ag}$ 、 $\text{ZnSO}_4$ 溶液, $\text{Cu}$ 、 $\text{Ag}$ 和硫酸锌都不反应,无法证明 $\text{Cu}$ 、 $\text{Ag}$ 的活泼性,不可选; $\text{Zn}$ 、 $\text{Cu}$ 、 $\text{AgNO}_3$ 溶液, $\text{Zn}$ 、 $\text{Cu}$ 都和硝酸银反应,无法证明 $\text{Cu}$ 、 $\text{Zn}$ 的活泼性,不可选; $\text{Zn}$ 、 $\text{Cu}$ 、 $\text{Ag}$ 、稀硫酸, $\text{Cu}$ 、 $\text{Ag}$ 和稀硫酸都不反应,无法证明 $\text{Cu}$ 、 $\text{Ag}$ 的活泼性,不可选。

答案:(1)铁元素 导热;(2)氧化铝保护膜;(3)A

### 四、判断金属与盐溶液反应后滤液或滤渣的成分

排在前面的金属的离子在溶液中得电子的能力差,即金属离子的活泼性与金属活动性顺序正好相反。

例5 向一定质量 $\text{AgNO}_3$ 和 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 的混合溶液中加入过量的 $\text{Zn}$ 粉,溶液质量随反应时间变化的情况如图2所示。下列说法正确的是( )。

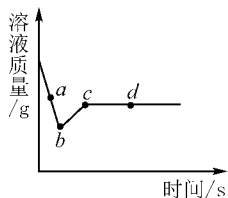


图2

- A. 取 $a$ 点溶液,滴加稀盐酸,无白色沉淀  
B. 图像上 $b \sim c$ 段质量增加的原因是 $\text{Zn}$ 与

$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 溶液反应

C.  $b$ 点时溶液中金属离子有 $\text{Zn}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ ,金属单质有 $\text{Zn}$ 、 $\text{Cu}$ 、 $\text{Ag}$


D.  $c$ 点和 $d$ 点溶质种类不同,金属单质种类也不同

解析 向一定质量 $\text{AgNO}_3$ 和 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 的混合溶液中加入过量的 $\text{Zn}$ 粉, $\text{Zn}$ 先和 $\text{AgNO}_3$ 溶液反应, $\text{AgNO}_3$ 反应完全后, $\text{Zn}$ 再与 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 溶液反应。选项A错:由图像可知, $a$ 点溶液中含有未反应完的 $\text{AgNO}_3$ 溶液,滴加稀盐酸,有白色沉淀产生,反应的化学方程式为




选项B对:由图像可知, $b$ 点为 $\text{AgNO}_3$ 恰好完全反应, $b \rightarrow c$ 段为 $\text{Zn}$ 与 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 溶液反应,参加反应 $\text{Zn}$ 与生成 $\text{Cu}$ 的质量比为65:64,所以随着反应的进行,溶液质量不断增加。选项C错:由图像可知, $b$ 点为 $\text{AgNO}_3$ 恰好完全反应, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 溶液还没有参加反应,此时,溶液中金属离子有 $\text{Zn}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ ,没有 $\text{Ag}^+$ ;金属单质有过量的 $\text{Zn}$ 和生成的 $\text{Ag}$ ,没有 $\text{Cu}$ 。选项D错:由图像可知, $c$ 点为 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 溶液恰好完全反应, $d$ 点表示随着时间的推移,反应不再进行,所以 $c$ 点和 $d$ 点溶质种类相同,都只有 $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ ;金属单质种类相同,均为 $\text{Zn}$ 、 $\text{Ag}$ 、 $\text{Cu}$ 。  
答案:B (收稿日期:2016-03-15)

A. 中子数为 10 的氧原子:  ${}_{8}^{10}\text{O}$

B.  $\text{Mg}^{2+}$  的结构示意图: 

C. 硫化钠的电子式:  $\text{Na}^+ \text{S}^{2-}$

D. 甲酸甲酯的结构简式:  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$

解析 在核素符号中,元素符号左上角的数字为质量数,A项中的氧原子应表示为 ${}_{8}^{18}\text{O}$ ;镁原子失去最外层的2个电子得到 $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ 的结构示意图为;硫化钠为离子化合物,其电子式为

$\text{Na}^+ [\text{S}^{2-}]^- \text{Na}^+$ ;  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$  是甲酸甲酯的分子式,甲酸甲酯的结构简式为  $\text{HCOOCH}_3$ 。故答案为 B。

点评 此题考查了核素符号、离子结构示意图、电子式及有机物结构简式正误的判断,掌握其书写方法(尤其是质量数与质子数和中子数的关系、原子结构示意图与离子结构示意图的区别、有机物的分子式与其结构简式的区别)是解题的关键。

### 三、考查化学式正误的判断

例3 (2016年上海化学卷)硼的最高价含氧酸的化学式不可能是( )。

A.  $\text{HBO}_2$  B.  $\text{H}_2\text{BO}_3$  C.  $\text{H}_3\text{BO}_3$  D.  $\text{H}_2\text{B}_4\text{O}_7$

解析 硼元素的最高化合价为+3价,根据化合物中正负化合价的代数和等于0的原则对选项进行验证,只有 $\text{H}_2\text{BO}_3$ 中正负化合价的代数和不等于0 [ $(+1) \times 2 + 3 + (-2) \times 3 = -1$ ],则硼的最高价含氧酸的化学式不可能是 $\text{H}_2\text{BO}_3$ 。故答案为 B。

点评 此题考查了化学式正误的判断,掌握硼的最高价和化合物中正负化合价的代数和等于0的原则是解题的关键。

### 四、考查离子半径大小的比较

例4 (2015年海南化学卷)下列离子中半径最大的是( )。

A.  $\text{Na}^+$  B.  $\text{Mg}^{2+}$  C.  $\text{O}^{2-}$  D.  $\text{F}^-$

解析 题给四种离子的核外电子层结构相同(核外均有10个电子);因电子层结构相同的离子,核电荷数越大离子半径越小;而核电荷数: ${}_{8}\text{O}^{2-} < {}_{9}\text{F}^- < {}_{11}\text{Na}^+ < {}_{12}\text{Mg}^{2+}$ ,则 $\text{O}^{2-}$ 的半径最大。故答案为 C。

点评 此题考查了离子半径大小的比较,掌握电子层结构相同离子半径大小的规律是解题的关键。

### 五、考查元素周期律的知识

例5 (2015年北京理综卷)下列有关性质的比较,不能用元素周期律解释的是( )。

A. 酸性:  $\text{H}_2\text{SO}_4 > \text{H}_3\text{PO}_4$

B. 非金属性:  $\text{Cl} > \text{Br}$

C. 碱性:  $\text{NaOH} > \text{Mg}(\text{OH})_2$

D. 热稳定性:  $\text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{NaHCO}_3$

解析 同周期主族元素自左向右,元素的金属性逐渐减弱,非金属性逐渐增强,其最高价氧化物的水化物的碱性逐渐减弱、酸性逐渐增强;同主族元素自上向下非金属性逐渐减弱;则A、B、C项均能用元素周期律解释。D项正盐与酸式盐的热稳定性不能用元素周期律解释。答案 D。

点评 此题考查了元素周期律,掌握同周期、同主族元素及其化合物性质的变化规律是解题的关键。

### 六、考查元素非金属性强弱的判断依据

例6 (2015年上海化学卷)不能作为判断硫、氯两种元素非金属性强弱的依据是( )。

A. 单质氧化性的强弱

B. 单质沸点的高低

C. 单质与氢气化合的难易

D. 最高价氧化物对应的水化物酸性的强弱

解析 判断元素非金属性强弱的依据主要是单质氧化性的强弱、单质与氢气化合的难易、元素最高价氧化物对应的水化物酸性的强弱、元素氢化物的稳定性强弱等,而单质沸点的高低不能作为判断元素非金属性强弱的依据。故答案为 B。

点评 此题考查了判断元素非金属性强弱的依据,掌握其依据是解题的关键。

### 七、考查有关元素的推断

1. 根据短周期元素的原子结构和离子结构特点及元素在周期表中的位置关系推断元素

例7 (2016年全国理综课标II卷) $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$ 为短周期元素, $a$ 的原子中只有1个电子, $b^{2-}$ 和 $c^+$ 离子的电子层结构相同, $d$ 与 $b$ 同族。下列叙述错误的是( )。

A.  $a$ 与其他三种元素形成的二元化合物中其

化合价均为 +1

B.  $b$  与其他三种元素均可形成至少两种二元化合物

C.  $c$  的原子半径是这些元素中最大的

D.  $d$  和  $a$  形成的化合物的溶液呈弱酸性

解析  $a、b、c、d$  为短周期元素,因  $a$  的原子中只有 1 个电子,则  $a$  为 H;因  $b^{2-}$  和  $c^{+}$  离子的电子层结构相同,则  $b$  为 O, $c$  为 Na;因  $d$  与  $b$  同族,则  $d$  为 S。从而可知  $a$  与  $c$  (H 与 Na) 元素形成的化合物 (NaH) 中  $a$  为 -1 价, A 项错误;  $b$  (O) 与其他三种元素元素能形成  $H_2O、H_2O_2、Na_2O、Na_2O_2、SO_2、SO_3$  等二元化合物, B 项正确; 因同周期主族元素从左到右原子半径逐渐减小、同主族元素从上到下原子半径逐渐增大, 则  $c$  的原子半径是这些元素中最大的, C 项正确;  $d$  和  $a$  形成的化合物为  $H_2S$ , 溶液呈弱酸性, D 项正确。故答案为 A。

点评 此题的解题思路是首先根据短周期元素的原子结构和离子结构特点及元素在周期表中的位置关系推断出四种元素, 然后应用有关知识对选项逐一进行分析判断。正确推断出四种元素, 并掌握有关元素及其化合物的性质与元素周期律是解题的关键。

2. 根据短周期元素原子序数的关系、元素在周期表中的位置关系及元素的性质推断元素

例 8 (2016 年上海化学卷) 已知  $W、X、Y、Z$  为短周期元素, 原子序数依次增大。  $W、Z$  同主族,  $X、Y、Z$  同周期, 其中只有  $X$  为金属元素。 下列说法一定正确的是 ( )。

A. 原子半径:  $X > Y > Z > W$

B.  $W$  的含氧酸的酸性比  $Z$  的含氧酸的酸性强

C.  $W$  的气态氢化物的稳定性小于  $Y$  的气态氢化物的稳定性

D. 若  $W$  与  $X$  原子序数差为 5, 则形成化合物的化学式为  $X_3W_2$

解析 短周期元素  $W、X、Y、Z$  的原子序数依次增大; 因  $W、Z$  同主族,  $X、Y、Z$  同周期, 其中只有  $X$  为金属元素, 则这四种元素可能分别为 N、Al、Si、P。从而可知, 原子半径:  $X > Y > Z > W$  (因同周期主族元素从左到右原子半径逐渐减小, 同主族元素从上到下原子半径逐渐增大), A 项正确;  $W$  的含氧酸可能为  $HNO_2$  或  $HNO_3$ ,  $Z$  的含氧酸可

能为  $H_3PO_4$ , 酸性:  $HNO_2 < H_3PO_4$ , B 项错误; 元素的非金属性:  $W > Y$ , 则  $W$  的气态氢化物的稳定性大于  $Y$  的气态氢化物的稳定性, C 项错误; 若  $W$  与  $X$  原子序数差为 5, 当  $W$  为 O、 $X$  为 Al 时, 形成化合物的化学式为  $X_2W_3$  ( $Al_2O_3$ ), D 项错误。故答案为 A。

点评 此题的解题思路是首先根据短周期元素原子序数的关系、元素在周期表中的位置关系及元素的性质推断出四种元素的可能 (这四种元素具有不确定性), 然后应用有关知识对选项逐一进行分析判断。正确推断出四种元素的可能, 并掌握元素周期律、有关元素化合物的性质及元素“构、位、性”的关系是解题的关键。此题若审题不仔细, 误认为 B 项是判断最高价含氧酸的酸性, 而容易错选 B 项。

3. 根据短周期主族元素原子序数的关系、原子结构特点、元素在周期表中的位置关系及元素的性质推断元素

例 9 (2016 年江苏化学卷) 短周期主族元素  $X、Y、Z、W$  原子序数依次增大,  $X$  原子的最外层有 6 个电子,  $Y$  是迄今发现的非金属性最强的元素, 在周期表中  $Z$  位于 I A 族,  $W$  与  $X$  属于同一主族。 下列说法正确的是 ( )。

A. 元素  $X、W$  的简单阴离子具有相同的电子层结构

B. 由  $Y、Z$  两种元素组成的化合物是离子化合物

C.  $W$  的简单气态氢化物的热稳定性比  $Y$  的强

D. 原子半径:  $r(X) < r(Y) < r(Z) < r(W)$

解析 短周期主族元素  $X、Y、Z、W$  原子序数依次增大; 因  $X$  原子的最外层有 6 个电子, 则  $X$  为 O; 因  $Y$  是迄今发现的非金属性最强的元素, 则  $Y$  为 F; 因在周期表中  $Z$  位于 I A 族, 则  $Z$  为 Na; 因  $W$  与  $X$  属于同一主族, 则  $W$  为 S。从而可知, 元素  $X、W$  的简单阴离子的电子层结构不同 (因  $O^{2-}$  有 2 个电子层, 电子数分别为 2、8;  $S^{2-}$  有 3 个电子层, 电子数分别为 2、8、8), A 项错误; 由  $Y、Z$  两种元素组成的化合物为 NaF, 属离子化合物, B 项正确; 非金属性:  $S < F$  (即  $W < Y$ ), 则  $W$  的简单气态氢化物的热稳定性比  $Y$  的弱, C 项错误; 原子半径:  $r(F) < r(O) < r(S) < r(Na)$  [即  $r(Y) <$

$r(X) < r(W) < r(Z)$ ; 因同周期主族元素从左到右原子半径逐渐减小、同主族元素从上到下原子半径逐渐增大, D 项错误。故答案为 B。

点评 此题的解题思路是首先根据短周期主族元素原子序数的关系、原子结构特点、元素在周期表中的位置关系及元素的性质推断出四种元素, 然后应用有关知识对选项逐一进行分析判断。正确推断出四种元素, 并掌握有关离子结构的特点、化合物类型的判断方法及元素周期律是解题的关键。

4. 根据短周期主族元素原子序数的关系、原子和离子结构特点、元素在周期表中的位置关系及元素化合物的性质推断元素

例 10 (2016 年全国理综课标 III 卷) 四种短周期主族元素 W、X、Y、Z 的原子序数依次增大, W、X 的简单离子具有相同电子层结构, X 的原子半径是短周期主族元素原子中最大的, W 与 Y 同族, Z 与 X 形成的离子化合物的水溶液呈中性。下列说法正确的是( )。

- A. 简单离子半径:  $W < X < Z$
- B. W 与 X 形成的化合物溶于水后溶液呈碱性
- C. 气态氢化物的热稳定性:  $W < Y$
- D. 最高价氧化物的水化物的酸性:  $Y > Z$

解析 四种短周期主族元素 W、X、Y、Z 的原子序数依次增大; 因 X 的原子半径是短周期主族元素原子中最大的, 则 X 为 Na; 因 ZX 形成的化合物呈中性, 则 Z 为 Cl; 因 W、X 的简单离子具有相同电子层结构, W 与 Y 同族, 则 W 为 O, Y 为 S。从而可知, 简单离子半径:  $X < W < Z$  ( $Na < O < Cl$ ) , A 项错误; W 与 X 形成的化合物为  $Na_2O$  或  $Na_2O_2$ , 溶于水后均生成 NaOH, 溶液呈碱性, B 项正确; W(O) 的非金属性比 Y(S) 强, 则气态氢化物( $H_2O$  和  $H_2S$ ) 的热稳定性:  $W > Y$ , C 项错误; Z(Cl) 的非金属性比 Y(S) 强, 则最高价氧化物的水化物( $HClO_4$  和  $H_2SO_4$ ) 的酸性:  $Y < Z$ , D 项错误。故答案为 B。

点评 此题的解题思路是首先根据短周期主族元素原子序数的关系、原子和离子结构特点、元素在周期表中的位置关系及元素化合物的性质推断出四种元素, 然后应用有关知识对选项逐一进

行分析判断。正确推断出四种元素、并掌握离子半径大小的比较规律、有关元素化合物的性质及元素周期律是解题的关键。

5. 根据短周期主族元素原子序数的关系、原子和离子结构特点及元素的单质和化合物的性质推断元素

例 11 (2016 年浙江理综卷) 短周期主族元素 X、Y、Z、W 的原子序数依次增大, X 原子核外最外层电子数是其电子层数的 2 倍, X、Y 的核电荷数之比为 3:4。W<sup>-</sup> 的最外层为 8 电子结构。金属单质 Z 在空气中燃烧生成的化合物可与水发生氧化还原反应。下列说法正确的是( )。

- A. X 与 Y 能形成多种化合物, 一般条件下都能与 Z 的最高价氧化物的水化物发生反应
- B. 原子半径大小:  $X < Y < Z > W$
- C. 化合物  $Z_2Y$  和  $ZWY_3$  都只存在离子键
- D. Y、W 的某些单质或两元素之间形成的某些化合物可作水的消毒剂

解析 短周期主族元素 X、Y、Z、W 的原子序数依次增大; 因 X 原子核外最外层电子数是其电子层数的 2 倍, 则 X 为 C; 因 X、Y 的核电荷数之比为 3:4, 则 Y 为 O; 因 W<sup>-</sup> 的最外层为 8 电子结构, 则 W 为 F 或 Cl; 因金属单质 Z 在空气中燃烧生成的化合物可与水发生氧化还原反应, 则 Z 为 Na, W 为 Cl。从而可知, X 与 Y 形成的化合物有 CO 和  $CO_2$ , Z 的最高价氧化物的水化物为 NaOH, 而 CO 一般条件下与 NaOH 不能反应, A 项错误; 原子半径大小:  $X > Y$  ( $C > O$ ); 因同周期主族元素从左到右, 原子半径逐渐减小, B 项错误; 化合物  $Z_2Y$  和  $ZWY_3$  分别为  $Na_2O$  和  $NaClO_3$ , 而  $NaClO_3$  中既存在离子键又存在共价键, C 项错误; Y 的单质  $O_3$ 、W 的单质  $Cl_2$ 、Y 和 W 的化合物  $ClO_2$  均可作水的消毒剂, D 项正确。故答案为 D。

点评 此题的解题思路是首先根据短周期主族元素原子序数的关系、原子和离子结构特点及元素的单质和化合物的性质推断出四种元素, 然后应用有关知识对选项逐一进行分析判断。正确推断出四种元素、并掌握有关元素及其单质和化合物的性质、元素周期律、化学键类型的判断方法是解题的关键。

(收稿日期: 2016-03-15)