

例谈高考中元素推断题新的切入点

江苏省响水中学

224600

李宗来

元素推断题能够将元素周期表、元素周期律和元素化合物等知识联系起来,体现“位、构、性”三者间的密切联系,既能考查学生对知识的综合运用能力又具有较好的知识覆盖面,因而备受青睐,成为高考必考的热点。此类试题一般是根据相关信息推断出元素,再根据周期律和元素化合物知识做出判断,高考试题一直在传承中变化创新,本文例谈近几年元素推断中新颖的切入点希望引起重视。

一、元素推断与盐类水解相联系作切入点

例 1 (2013 年全国卷 I) 短周期元素 W 、 X 、 Y 、 Z 的原子序数依次增大,其简单离子都能破坏水的电离平衡的是()。

- A. W^{2-} 、 X^{+} B. X^{+} 、 Y^{3+}
C. Y^{3+} 、 Z^{2-} D. X^{+} 、 Z^{2-}

解析 由离子电荷数和原子序数依次增大可判断出: W 为 O , X 为 Na , Y 为 Al , Z 为 S 。 S^{2-} 水解使水的电离平衡向右移动, Al^{3+} 水解使水的电离平衡向右移动, C 项正确;而 Na^{+} 在水溶液中不水解,不影响水的电离平衡,故 A、B、D 项错误。

反思预测 离子水解的条件必须有弱碱阳离子: NH_4^{+} 、 Ag^{+} 、 Cu^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 、 Zn^{2+} 等;弱酸阴离子: S^{2-} 、 ClO^{-} 、 CN^{-} 、 CH_3COO^{-} 、 $C_2O_4^{2-}$ 、 F^{-} 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^{-} 、 PO_4^{3-} 、 HSO_3^{-} 、 SO_3^{2-} 等,有弱才水解,无弱不水解是盐类水解的核心知识点,也是离子的重要性质之一,是选修模块《化学反应原理》的重要内容。命题方向也可以根据水解的现象或水解的结果(如溶液的酸碱性)来推断元素,元素推断与盐类水解融合的高考试题打破模块之间的界定,体现了高考试题中知识点间的紧密联系,丰富了元素的性质考查角度。此题元素推断切入点新颖,具有综合性,考查学生对知识融会贯通的能力,这也是未来高考试题的重要特点之一。

二、元素推断与无机框图推断相联系作切入点

例 2 (2016 年全国卷 I) 短周期元素 W 、 X 、 Y 、 Z 的原子序数依次增加。 m 、 p 、 r 是由这些元素

组成的二元化合物, n 是元素 Z 的单质,通常为黄绿色气体, q 的水溶液具有漂白性, $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ r 溶液的 pH 为 2, s 通常是难溶于水的混合物。上述物质的转化关系如图 1 所示。下列说法正确的是()。

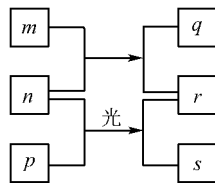


图 1

- A. 原子半径的大小 $W < X < Y$
B. 元素的非金属性 $Z > X > Y$
C. Y 的氢化物常温常压下为液态
D. X 的最高价氧化物的水化物为强酸

解析 短周期元素 W 、 X 、 Y 、 Z 的原子序数依次增加, m 、 p 、 r 是由这些元素组成的二元化合物, n 是元素 Z 的单质,通常为黄绿色气体,则 n 为 Cl_2 , Z 为 Cl ,氯气与 p 在光照条件下生成 r 与 s , $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ r 溶液的 pH 为 2,则 r 为 HCl , s 通常是难溶于水的混合物,则 p 为 CH_4 ,氯气与 m 反应生成 HCl 与 q , q 的水溶液具有漂白性,则 m 为 H_2O , q 为 $HClO$,结合原子序数可知 W 为氢元素, X 为碳元素, Y 为氧元素。

A. 所有元素中 H 原子半径最小,同周期自左而右原子半径逐渐减小(0 族元素原子除外),故原子半径 $W(H) < Y(O) < X(C)$,故 A 错误;

B. 氯的氧化物中氧元素表现负化合价,氧元素非金属性比氯的强,高氯酸为强酸,碳酸为弱酸,氯元素非金属性比碳的强,故非金属性 $Y(O) > Z(Cl) > X(C)$,故 B 错误;

C. 氧元素氢化物为水,常温下为液态,故 C 正确;

D. X 的最高价氧化物的水化物为碳酸是弱酸,故 D 错误。

反思预测 所谓的无机框图推断题是以方括号或者其它简明符号用字母的形式标出物质发生变化的相互关系的推断题,既能检查学生基础知

识的掌握情况又能检查学生灵活运用知识的能力,更能考查学生的逻辑推理能力,难度通常较大,无机框图推断题的特点是结构紧凑、文字表述少,包含信息多、综合性强、思维能力要求高,具有很高的区分度和选拔的功能。但近年高考鲜有独立出现,无机框图题推断作为元素推断的切入口,再与元素周期表、元素周期律的应用有机融合将是未来命题的一种趋势,也是无机框图题一种胜利回归。

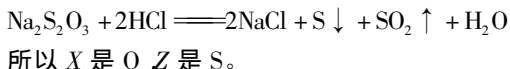
三、元素推断与性质现象用途相联系作切入点

例 3 (2017 年新课标卷 I) 短周期主族元素 W、X、Y、Z 的原子序数依次增大, W 的简单氢化物可用作制冷剂, Y 的原子半径是所有短周期主族元素中最大的。由 X、Y 和 Z 三种元素形成的一种盐溶于水后,加入稀盐酸,有黄色沉淀析出,同时有刺激性气体产生。下列说法不正确的是()。

- A. X 的简单氢化物的热稳定性比 W 的强
- B. Y 的简单离子与 X 的具有相同的电子层结构
- C. Y 与 Z 形成化合物的水溶液可使蓝色石蕊试纸变红

D. Z 与 X 属于同一主族,与 Y 属于同一周期

解析 由题意可推断,简单氢化物能用作制冷剂的应为液氨,故 W 是 N。短周期中 Na 原子半径最大,故 Y 为 Na。X、Y、Z 形成的盐与稀盐酸反应,生成黄色沉淀与刺激性气体,推测该沉淀为 S,刺激性气体为 SO_2 ,则该盐为 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 。化学方程式为:



A. 因为 O 的非金属性强于 N,所以稳定性 $\text{H}_2\text{O} > \text{NH}_3$,故 A 正确;

B. Na^+ : $\left(\begin{smallmatrix} +11 \\ 2 \quad 8 \end{smallmatrix} \right)$ 、 O^{2-} : $\left(\begin{smallmatrix} +8 \\ 2 \quad 8 \end{smallmatrix} \right)$,故 B 正

确;

C. Na_2S 溶液水解呈碱性,而使蓝色石蕊试纸变红应为酸性水溶液,故 C 错误;

D. S 与 O 同为第 VIA 族,与 Na 同为第三周期,故 D 正确。

反思预测 本题把物质的性质与用途作为推

断元素解答该题的关键信息,侧重考查学生对知识的分析应用能力,而以往此类试题多数根据元素原子结构特点推断出元素,再根据周期律和元素化合物知识对物质的性质做出判断,而本题却反其道而行,由物质的性质、用途、反应现象来推断出元素,然后应用元素周期表和周期律知识,由此题命题切入点可以得到的启示是“构、位、性”三者都可成为推断元素的突破口,它们相互依存,都可以成为相互考查的条件或结论,这也是未来高考命题的一种趋势。

变式练习

1. (2018 年新课标卷 III) W、X、Y、Z 均为短周期元素且原子序数依次增大,元素 X 和 Z 同族。盐 YZW 与浓盐酸反应,有黄绿色气体产生,此气体同冷烧碱溶液作用,可得到 YZW 的溶液。下列说法正确的是()。

- A. 原子半径大小为 $W < X < Y < Z$
- B. X 的氢化物水溶液酸性强于 Z 的
- C. Y_2W_2 与 ZW_2 均含有非极性共价键
- D. 标准状况下 W 的单质状态与 X 的相同

解析 根据反应及现象可得 W、X、Y、Z 分别是 O、F、Na、Cl(解析过程略),正确的是 D。

四、元素推断与图形图表信息相联系作切入点

例 4 (2015 年天津卷) 随原子序数递增,八种短周期元素(用字母 x 等表示)原子半径的相对大小、最高正价或最低负价的变化如图 2 所示。

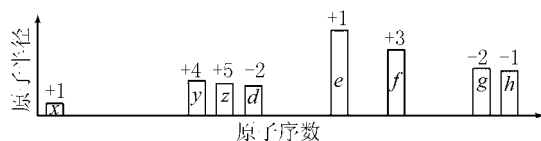


图 2

根据判断出的元素回答问题:

(1) f 在周期表中的位置是_____。

(2) 比较 d、e 常见离子的半径大小(用化学式表示,下同): _____ > _____; 比较 g、h 的最高价氧化物对应水化物的酸性强弱: _____ > _____。

(3) 任选上述元素组成一种四原子共价化合物,写出其电子式:_____。

解析 结合图中化合价、原子半径、原子序数的信息,可以推出 x 是 H, y 是 C, z 是 N, d 是 O, e 是 Na, f 是 Al, g 是 S, h 是 Cl。(1) Al 在元素周期

表的位置是第三周期ⅢA族。(2) $r(\text{O}^{2-})$ 、 $r(\text{Na}^+)$ 电子层结构相同,核大径小,故 $r(\text{O}^{2-}) > r(\text{Na}^+)$;非金属性越强最高价氧化物水化物的酸性越强,故 $\text{HClO}_4 > \text{H}_2\text{SO}_4$ 。(3)任选上述元素组

成一种四原子共价化合物的电子式有: $\text{H}:\ddot{\text{N}}:\ddot{\text{H}}$
 $\text{H}:\ddot{\text{O}}:\ddot{\text{O}}:\text{H}$ $\text{H}:\text{C}::\text{C}:\text{H}$

(或 $\text{H}:\ddot{\text{O}}:\ddot{\text{O}}:\text{H}$ $\text{H}:\text{C}::\text{C}:\text{H}$)

反思预测 图形图表在高考试题中频率很高,是题干信息的重要载体,要求考生提取图形图表中相关信息,解答相关问题,对考生的读图能力要求较高,考查考生的接受、吸收、整合化学信息的能力,解题时首先要读懂图像、图表信息,分清横、纵坐标所表示的物理量,对于仅隐藏于图表中的元素推断题首先运用图表信息,如原子半径、化合价、最外层电子数、金属性与非金属性的周期变化等作为切入口来推断出所对应的元素,然后再按要求完成选项的正误判断或填空。图形使深奥的道理形象化,抽象的概念具体化,枯燥的知识趣味化,繁冗的文字叙述条理化。

变式练习 2. (2012 年海南卷)如图 3 所示是部分短周期元素化合价与原子序数的关系图,下列说法正确的是()。

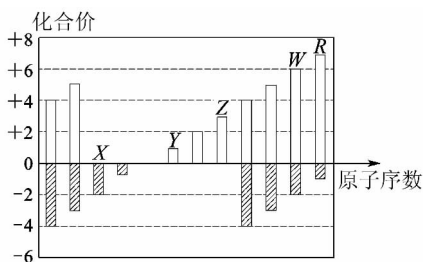


图 3

- A. 原子半径: $Z > Y > X$
 B. 气态氢化物的稳定性: $R > W$
 C. WX_3 和水反应形成的化合物是离子化合物
 D. Y和Z两者最高价氧化物对应的水化物能相互反应

答案: BD

五、推断元素与原子轨道电子排布信息相联系作切入点

例 5 (1) (2015 年四川卷改编)位于 F 后的短周期元素 Q 基态原子的 s 轨道和 p 轨道的电子

总数相等;则 Q 为_____;

(2) (2015 年上海卷)短周期元素甲、乙、丙、丁的原子序数依次增大,甲和丁的原子核外均有两个未成对电子,乙、丙、丁最高价氧化物对应的水化物两两之间能相互反应,则乙为____,丙为____,丁为_____。

(3) (2014 年四川卷)前四周期元素 R^{2+} 离子的 3d 轨道中有 9 个电子, R^{2+} 离子为_____。

(4) (2013 年江苏卷)元素 X 位于第四周期,其基态原子的内层轨道全部排满电子,且最外层电子数为 2。元素 Y 基态原子的 3p 轨道上有 4 个电子,则 X 为____, Y 为_____。

解析 (1)短周期元素基态原子的 s 轨道和 p 轨道的电子总数相等则为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$, Q 为 Mg。(2)短周期元素甲、乙、丙、丁的原子序数依次增大,甲和丁的原子核外均有两个未成对电子,则甲电子排布可能为 $1s^2 2s^2 2p^2$ 或 $1s^2 2s^2 2p^4$,丁为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$ 或 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ 。乙、丙、丁最高价氧化物对应的水化物两两之间能相互反应,则乙为 Na、丙为 Al、丁为 S。(3)电子排布为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^9$, R^{2+} 离子为 Cu^{2+} 。(4)X 为 Zn, Y 为 S。

反思预测 原子轨道上电子排布规律归属于选修模块《物质的结构与性质》上的内容,是新课程改革后近几年高考化学新增的高频考点,运用电子排布信息作为切入点来推断元素首先要知道原子轨道类型可分为 s、p、d,排布顺序为 $1s 2s 2p 3s 3p 3d 4s \dots$ 等,掌握电子排布遵循的能量最低原理、泡利不相容原理和洪特规则,同时注意(1)推断符合条件元素多样性,如 p 轨道 2 个未成对电子可为 p^2 或 p^4 ,d 轨道 4 个未成对电子可为 d^4 或 d^6 ;(2)注意核外电子排布特殊性,如 Cr: $3d^5 4s^1$ 而非 $3d^4 4s^2$, Cu: $3d^{10} 4s^1$ 而非 $3d^9 4s^2$,当原子轨道处于半充满或全充满状态时,体系能量最低,最稳定;(3)填充电子遵循构造原理,按轨道能量顺序由低到高,而失去电子却从最外层开始,如 Fe: $3d^6 4s^2$ 电子最后填充的是 3d 轨道,而失电子则先从失 4s 再失 3d 轨道上的,故 Fe^{2+} : $[\text{Ar}] 3d^6$ 。

综上所述,未来高考题的命题方向可以将多个信息作为切入点相互融合、渗透,因此在高考复习中夯实基础,注重知识点之间的联系将至关重要。

(收稿日期:2018-09-10)