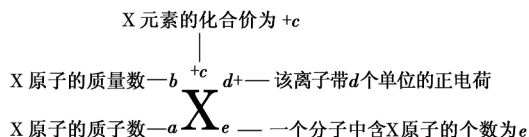


原子结构与化学键考点探究

浙江省余姚市第四中学 (315400) 李长颖

考点一、原子的组成和结构

1. 元素符号周围各数字的含义



2. 微粒中各粒子间的数量关系

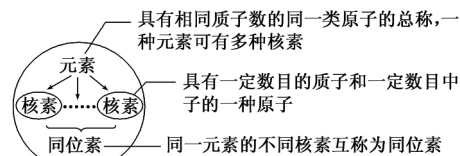
- (1) 质子数 (Z) = 核电荷数 = 核外电子数,
- (2) 质量数 (A) = 质子数 (Z) + 中子数 (N),
- (3) 阳离子的核外电子数 = 质子数 - 所带电荷数,
- (4) 阴离子的核外电子数 = 质子数 + 所带电荷数.

3. 元素、核素、同位素、同素异形体的区别

(1) 同素异形体

同种元素形成的不同单质, 比如白磷与红磷, 石墨、金刚石和 C_{60} , O_2 与 O_3 等.

(2) 元素、核素、同位素



(3) 适用范围

元素	核素	同位素	同素异形体	
适用范围	宏观	原子	原子之间	单质间

例 1 $^{131}_{53}\text{I}$ 是常规核裂变产物之一, 可以通过测定大气或水中 $^{131}_{53}\text{I}$ 的含量变化来检测核电站是否发生放射性物质泄漏. 下列有关 $^{131}_{53}\text{I}$ 的叙述中错误的是 ().

- A. $^{131}_{53}\text{I}$ 的化学性质与 $^{127}_{53}\text{I}$ 相同
- B. $^{131}_{53}\text{I}$ 的原子序数为 53
- C. $^{131}_{53}\text{I}$ 的原子核外电子数为 78
- D. $^{131}_{53}\text{I}$ 的原子核内中子数多于质子数

解析 A 选项同位素化学性质相同 $^{131}_{53}\text{I}$ 的原子序数为 53, 核外电子数为 53, B 正确, C 错误, D 选项考查中子数的计算 $^{131}_{53}\text{I}$ 的中子数为 78, 多于质子

数, D 正确. 答案: C

例 2 下列关于指定粒子构成的几种描述中不正确的是 ().

- A. ^{37}Cl 与 ^{39}K 具有相同的中子数
- B. 第 114 号元素的一种核素 $^{298}_{114}\text{X}$ 与 $^{208}_{82}\text{Pb}$ 具有相同的最外层电子数
- C. H_3O^+ 与 OH^- 具有相同的质子数和电子数
- D. O_2^{2-} 和 S^{2-} 具有相同的质子数和电子数

解析 ^{37}Cl 的中子数为 20, ^{39}K 的中子数为 20; 原子序数为 114 的元素位于第七周期第 IV A 族, 与 Pb 处于同主族, 最外层电子数相等. H_3O^+ 的质子数和电子数分别为 11、10, OH^- 的质子数和电子数分别为 9、10; O_2^{2-} 的质子数为 16、电子数为 18, S^{2-} 的质子数为 16、电子数为 18.

答案: C

考点二、短周期元素原子核外电子排布的特殊性

1 ~ 18 号元素原子结构的特点归纳

- (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.
- (3) 最外层有 2 个电子的元素: Be、Mg、He.
- (4) 最外层电子数等于次外层电子数的元素:

Be、Ar.

(5) 最外层电子数是次外层电子数 2 倍的元素: C; 是次外层 3 倍的元素: O; 是次外层 4 倍的元素: Ne.

(6) 电子层数与最外层电子数相等的元素: H、Be、Al.

(7) 电子总数为最外层电子数 2 倍的元素: Be.

(8) 次外层电子数是最外层电子数 2 倍的元素: Li、Si.

(9) 内层电子总数是最外层电子数 2 倍的元素: Li、P.

例 3 短周期元素 W、X、Y 和 Z 的原子序数依次增大. 元素 W 是制备一种高效电池的重要材料, X 原子的最外层电子数是内层电子数的 2 倍, 元素 Y 是地壳中含量最丰富的金属元素, Z 原子的最外层电子数是其电子层数的 2 倍. 下列说法错误的是 ().

A. 元素 W 、 X 的氯化物中, 各原子均满足 8 电子的稳定结构

B. 元素 X 与氢形成的原子比为 1: 1 的化合物有很多种

C. 元素 Y 的单质与氢氧化钠溶液或盐酸反应均有氢气生成

D. 元素 Z 可与元素 X 形成共价化合物 XZ_2

解析 本题考查物质结构、元素周期律的知识, 意在考查考生对物质结构的推理能力、元素周期律的应用能力. 首先根据题意推断出 W 是 Li, X 是 C, Y 是 Al, Z 是 S. A 项, LiCl 中的 Li 不满足 8 电子稳定结构, 故 A 错误; B 项, 碳元素和氢元素可形成 C_2H_2 、 C_6H_6 、 C_8H_8 等多种化合物; C 项, Al 与强酸、强碱都能反应放出氢气; D 项, 碳元素和硫元素能形成 CS_2 .

答案: A

例 4 短周期元素 X 和元素 Y , 元素 X 原子的最外层电子数为 a , 次外层电子数为 b ; 元素 Y 原子的 M 层电子数为 $(a-b)$, L 层电子数为 $(a+b)$, 则 X 、 Y 两元素形成的化合物可能具有的性质是 ().

- A. 和水反应 B. 和硫酸反应
C. 和氢氧化钠反应 D. 和氯气反应

解析 Y 原子 M 层电子数为 $(a-b)$, L 层电子数为 $(a+b) = 8$, X 元素的次外层电子数为 b , 最外层电子数为 a , 则 $b = 2$, $a = 6$. 即 X 为氧元素, Y 为硅元素, 二者形成的化合物为 SiO_2 , 它能和 NaOH 溶液反应生成 Na_2SiO_3 .

答案: C

例 5 A 、 B 、 C 、 D 四种元素的核电荷数依次增大, 它们的离子的电子层数相同且最外层电子数均为 8. A 原子的 L 层电子数与 K 、 M 层电子数之和相等, D 原子的 K 、 L 层电子数之和等于电子总数的一半. 则 4 种元素的元素符号依次是 A _____, B _____, C _____, D _____.

解析 A 原子的 L 层电子数与 K 、 M 层电子数之和相等, 所以 A 的核电荷数为 $2 \times 8 = 16$, A 为硫元素. D 原子的 K 、 L 层电子数之和等于电子总数的一半, 所以 D 原子的核电荷数是 $(2 + 8) \times 2 = 20$, D 为钙元素. 根据核电荷数依次增大, 它们的离子的电子层数相同且最外层电子数均为 8, 可以判断出 B 为氯元素, C 为钾元素.

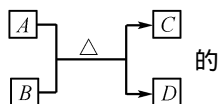
答案: S Cl K Ca

考点三、等电子粒子

1. “10 电子”的粒子

分子		离子
一核 10 电子	Ne	N^{3-} 、 O^{2-} 、 F^- 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Al^{3+}
二核 10 电子	HF	OH^-
三核 10 电子	H_2O	NH_2^-
四核 10 电子	NH_3	H_3O^+
五核 10 电子	CH_4	NH_4^+

10 电子的粒子满足关系



一定是: $NH_4^+ + OH^- \xrightarrow{\Delta} NH_3 \uparrow + H_2O$

2. “18 电子”的粒子

分子		离子
一核 18 电子	Ar	K^+ 、 Ca^{2+} 、 Cl^- 、 S^{2-}
二核 18 电子	F_2 、HCl	O_2^{2-} 、 HS^-
三核 18 电子	H_2S	-
四核 18 电子	PH_3 、 H_2O_2	-
五核 18 电子	SiH_4 、 CH_3F 、 NH_2OH	-
六核 18 电子	N_2H_4 、 CH_3OH	-
其他粒子	C_2H_6 、 CH_3NH_2	$N_2H_5^+$ 、 $N_2H_6^{2+}$

3. 其他等电子数的粒子

“9 电子”的粒子: $-F$ 、 $-OH$ 、 $-NH_2$ 、 $-CH_3$ (取代基); “14 电子”的粒子: Si、 N_2 、CO; “2 电子”的粒子: He、 H^- 、 Li^+ 、 Be^{2+} 、 H_2 .

4. 质子数及核外电子总数均相等的粒子

- (1) Na^+ 、 NH_4^+ 、 H_3O^+ ;
(2) HS^- 、 Cl^- ;
(3) F^- 、 OH^- 、 NH_2^- ;
(4) N_2 、CO 等.

例 6 A^+ 、 B^+ 、 C^- 、 D 、 E 五种粒子 (分子或离子) 中, 每个粒子均有 10 个电子, 已知:

$$① A^+ + C^- = D + E \uparrow;$$

$$② B^+ + C^- = 2D.$$

请回答:

(1) 分别写出 A^+ 和 D 反应、 B^+ 和 E 反应的离子方程式 _____、_____.

(2) 除 D 、 E 外, 请再写出两种含 10 个电子的分子的分子式 _____.

(3) 除 A^+ 、 B^+ 外, 请再写出两种含 10 个电子的阳离子 _____.

解析 本题中五种粒子均有 10 个电子是解题的突破口. 依据已有的元素与化合物知识可知, 10

个电子的粒子中,原子有: Ne; 阴离子有: N_3^- 、 O^{2-} 、 F^- 、 OH^- 、 NH_2^- ; 阳离子有: Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Al^{3+} 、 NH_4^+ 、 H_3O^+ ; 分子有: CH_4 、 NH_3 、 H_2O 、 HF 。根据题意有: ① $A^+ + C^- = D + E \uparrow$, 推知 A^+ 应为 NH_4^+ , C^- 为 OH^- , D 为 H_2O , E 为 NH_3 , 将其结果代入② $B^+ + C^- = 2D$, 推知 B^+ 应为 H_3O^+ 。

答案: (1) $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+$
 $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{NH}_3 = \text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O}$ (2) CH_4 、Ne (3) Na^+ 、 Mg^{2+}

例 7 下列各微粒: ① H_3O^+ 、 NH_4^+ 、 Na^+ ; ② OH^- 、 NH_2^- 、 F^- ; ③ O_2^{2-} 、 Na^+ 、 Mg^{2+} ; ④ CH_4 、 NH_3 、 H_2O 具有相同质子数和电子数的一组是()。

- A. ①②③ B. ①②④
C. ②③④ D. ①③④

解析 ①组质子数均为 11, 电子数均为 10; ②组质子数均为 9, 电子数均为 10; ③组质子数依次为 16、11、12, 电子数依次为 18、10、10; ④组质子数、电子数均为 10。答案: B

考点四、化学键与物质类别的关系

1. 物质所含化学键类型的判断

(1) 只含共价键的物质: ①同种非金属元素构成的单质, 如 I_2 、 N_2 、 P_4 、金刚石、晶体硅等。②不同非金属元素构成的共价化合物, 如 HCl 、 NH_3 、 SiO_2 、 CS_2 等。

(2) 只含有离子键的物质: 活泼非金属元素与活泼金属元素形成的化合物, 如 Na_2S 、 CsCl 、 K_2O 、 NaH 等。

(3) 既含有离子键又含有共价键的物质: 如 Na_2O_2 、 NH_4Cl 、 NH_4NO_3 、 NaOH 、 Na_2SO_4 等。

(4) 无化学键的物质: 稀有气体, 如氦气、氖气等。

2. 离子化合物和共价化合物的判断方法

(1) 根据构成化合物的粒子间是以离子键还是以共价键结合来判断:

一般来说, 活泼的金属原子和活泼的非金属原子间形成的是离子键, 同种或不同种非金属原子间形成的是共价键。

(2) 根据化合物的类型来判断:

大多数碱性氧化物、强碱和盐都属于离子化合物; 非金属氢化物、非金属氧化物、含氧酸都属于共价化合物。

(3) 根据化合物的性质来判断:

熔点、沸点较低的化合物(或 SiO_2 、 SiC 等)是共价化合物; 溶于水后不能发生电离的化合物是共价

化合物; 熔化状态下能导电的化合物是离子化合物, 不导电的化合物是共价化合物。

例 8 下列有关化学键的叙述, 正确的是()。

- A. 离子化合物中一定含有离子键
B. 单质分子中均不存在化学键
C. 非金属元素组成的化合物中只含共价键
D. 含有共价键的化合物一定是共价化合物

解析 有些单质分子, 如 Cl_2 、 H_2 等存在共价键, B 错误; 由非金属元素组成的化合物中也可能含有离子键, 如 NH_4Cl , C 错误; 含有共价键的化合物也可能属于离子化合物, 如 NaOH , D 错误。答案: A

例 9 下列说法中正确的是()。

A. KOH 中含有离子键也含有共价键, 属于离子化合物

B. N_2 属于单质, 不存在化学键

C. MgCl_2 中既含有离子键, 又含有共价键

D. NH_4Cl 中含有共价键, 又全部由非金属元素组成, 属于共价化合物

解析 N_2 中存在共价键; MgCl_2 中只含有离子键; NH_4Cl 中虽然含有共价键, 又全部由非金属元素组成, 但也含有离子键, 属于离子化合物。答案: A

例 10 短周期元素 A、B、C、D 原子序数依次增大, A 的单质是最轻的气体, A、C 同主族, 只有 C 是金属元素, B 的最外层电子数是次外层电子数的 3 倍, B、C 的最外层电子数之和与 D 的最外层电子数相等。

(1) C 的原子结构示意图为_____。

(2) 化合物 C_2B_2 中阴、阳离子个数比为_____, 其中含有的化学键类型为_____。

(3) 化合物 CDB 是家用消毒剂的主要成分, 其水溶液显碱性。请用离子方程式说明该化合物溶液呈碱性的原因是_____。

解析 由题意可以推断 A 是氢元素, B 是氧元素, C 与氢同族且为原子序数大于氧的短周期金属元素, 故 C 是钠元素, 由此可推知 D 是氯元素。 C_2B_2 是 Na_2O_2 , 其中阴、阳离子个数比为 1:2, 含有离子键与非极性共价键; CDB 为 NaClO , 它是强碱弱酸盐, ClO^- 水解导致溶液呈碱性。

答案: (1)  (2) 1:2 离子键、非极性

共价键

(3) $\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HClO} + \text{OH}^-$

(收稿日期: 2015-08-10)