

模块四 物质结构与性质 元素周期律

第九章 原子结构 元素周期律

第1节 原子结构与元素性质

刷基础

1. D **考查点** ▶ 电子排布式、电子式、VSEPR 模型、有机物系统命名

【解析】镍元素的原子序数为 28, 基态 Ni^{2+} 的最外层电子排布式为 $3s^2 3p^6 3d^8$, A 错误; 氨分子中氮原子的价层电子对数为 4, 分子的 VSEPR 模型为四面体形, 不是三角锥形, 中心氮原子有一个

易错点

孤电子对, 分子的空间结构为三角锥形, B 错误; 氯化氢是只含有共价键的共价化合物, 用电子式表示的氯化氢的形成过程为

$\text{H} \cdot + \cdot \ddot{\text{Cl}} : \longrightarrow \text{H} : \ddot{\text{Cl}} :$, C 错误; 由键线式可知, 烷烃分子中最长碳链含有 6 个碳原子, 侧链为 3 个甲基, 名称为 2, 2, 4-三甲基己烷, D 正确。

2. B **考查点** ▶ 电子排布、原子轨道

【解析】氯原子的 2p 和 3p 轨道形状均呈哑铃形, A 错误; 氧原子的 1s、2s 能级的轨道数相同, 均为 1, B 正确; 基态碳原子的核外电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^2$, L 层 2s 轨道上有 1 对成对电子, C 错误; 基态氯原子的核外电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$, 外围电子排布式为 $3s^2 3p^5$, D 错误。

3. BC **考查点** ▶ 元素推断、核外电子排布及空间运动状态、共价键和离子键

思路分析

短周期元素 R、X、Y、Z、W 的原子序数依次增大, Z 是短周期元素中原子半径最大的, 则 Z 为 Na; 基态 W 原子的价层电子排布式为 $ns^{n-1} np^{n+1}$, 若 np 轨道排布电子, 则 ns 轨道排满电子, $n-1=2$, 故 W 的价层电子排布式为 $3s^2 3p^4$, W 为 S; Y、W 同主族, 则 Y 为 O; 基态 X 原子有两个单电子, 其原子序数小于 Y(O), 则 X 为 C; R、X 符合核反应: ${}^9_2\text{R} + {}^4_2\text{He} \longrightarrow {}^A_{Z+2}\text{X} + {}^1_0\text{n}$, 结合质子守恒推知, R 为 Be。

【解析】由思路分析可知 X 是 C, 其基态原子的价层电子排布式

为 $2s^2 2p^2$, 价层电子轨道表示式为 $\begin{array}{|c|c|} \hline 2s & 2p \\ \hline \uparrow\downarrow & \downarrow\downarrow \\ \hline \end{array}$, A 正确; Z_2Y

为 Na_2O , 属于离子化合物, Na_2O 中不含共价键, B 错误; 基态 O 原子的核外电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^4$, 核外电子占据轨道数为 $1+1+3=5$, 故基态 O 原子核外电子的空间运动状态有 5 种, C 错误; 三者均为分子晶体, H_2O 中存在分子间氢键, 其沸点最高,

关键点

CH_4 、 H_2S 只存在范德华力, H_2S 的相对分子质量更大, 范德华力更大, 其沸点更高, 故沸点: $\text{CH}_4 < \text{H}_2\text{S} < \text{H}_2\text{O}$, D 正确。

4. A **考查点** ▶ 原子结构

【解析】根据同一周期元素第一电离能从左往右呈增大趋势, 同一主

关键点

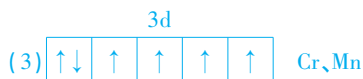
族从上往下依次减小可知, 元素的第一电离能: $\text{He} > \text{H} > \text{Li}$, A 错误; 质谱法可以用来测量粒子的相对分子(或原子)质量, 故可用质谱仪区分 ${}^1_1\text{H}$ 、 ${}^2_1\text{H}$ 和 ${}^3_1\text{H}$, B 正确; 由题干信息可知, ${}^1_1\text{H}$ 、 ${}^2_1\text{H}$ 、 ${}^3_1\text{H}$ 中仅 ${}^3_1\text{H}$ 具有放射性, ${}^3_1\text{H}_2\text{O}$ 中含有 ${}^3_1\text{H}$, 故具有放射性, C 正确; ${}^2_1\text{H}$ 、 ${}^3_1\text{H}$ 的质子数相同, 核外电子数相同, 化学性质基本相同, D 正确。

5. B **考查点** ▶ 原子结构、核素、电子云轮廓图

【解析】由电子、阳离子和电中性粒子组成的整体上呈电中性的物质聚集体叫等离子体, A 正确; 氦-3 是 He 的一种同位素, 原子中只有 2 个电子, B 错误; ${}^2_1\text{H}$ 和 ${}^3_1\text{H}$ 质子数相同, 中子数不同,

为同一元素的不同原子,互为同位素,C 正确;基态锂原子最高能级为 $2s$,电子云轮廓图为球形,D 正确。

6. (1) ①4 VIII ②B (2) 10



考查点 ▶ 元素在周期表中的位置、核外电子排布、空间运动状态

【解析】(1) ①钴的原子序数为 27,基态原子的核外电子排布式为 $[\text{Ar}]3d^74s^2$,因此位于第 4 周期第 VIII 族。②由题给简化电子排布式可知, $[\text{Ar}]3d^74s^2$ 和 $[\text{Ar}]3d^74s^14p^1$ 电离最外层一个电子所需能量为第一电离能, $[\text{Ar}]3d^74s^1$ 和 $[\text{Ar}]3d^74p^1$ 电离最外层一个电子所需能量为第二电离能,钴元素的第二电离能大于第一

关键点

电离能, $[\text{Ar}]3d^74p^1$ 为离子的激发态,能量较高,能量高的电子易被失去,电离能小,所以电离最外层一个电子所需能量最大的是 $[\text{Ar}]3d^74s^1$,B 正确。

关键点

(2) 基态钙原子核外电子排布式为 $1s^22s^22p^63s^23p^64s^2$,空间运动状态的种类数等于电子占据的原子轨道数目,核外电子的空间运动状态有 10 种。

关键点

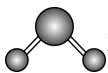
(3) Fe 是 26 号元素,基态 Fe^{2+} 的价电子排布式为 $3d^6$,价电子轨道表示式为

$$\begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline \uparrow\downarrow & \uparrow & \uparrow & \uparrow & \uparrow \\ \hline \end{array} \quad 3d$$
。基态 Fe^{2+} 的未成对电子数是 4,同周期基态原子未成对电子数比 Fe^{2+} 多的元素是 Cr、Mn (基态 Cr 的价电子排布式为 $3d^54s^1$,未成对电子数是 6,基态 Mn 的价电子排布式为 $3d^54s^2$,未成对电子数是 5)。

刷 提分

1. D 考查点 ▶ 化学用语

【解析】过氧化氢为共价化合物,电子式为 $\text{H}:\ddot{\text{O}}:\ddot{\text{O}}:\text{H}$,A 错误;



为 SO_2 的空间结构,VSEPR 模型需要体现出孤电子对,

SO_2 有一个孤电子对,B 错误;顺-2-丁烯中,两个甲基应在双键的同一侧,C 错误;价电子轨道表示式符合洪特规则,D 正确。

2. D 考查点 ▶ 同位素、元素周期表的分区、晶体类型

【解析】Ca 属于 s 区元素,A 错误;碳化硅硬度大,属于共价晶体,B 错误;同位素是质子数相同,而中子数不同的核素的互称, $^{12}\text{CO}_2$ 和 $^{13}\text{CO}_2$ 属于化合物,不是核素,C 错误;煤、石油、天然气属于化石能源,D 正确。

3. D 考查点 ▶ 元素推断、同位素和元素周期表

【解析】衰变过程中原子核发生了变化,不是化学变化,A 错误;

易错点

^{63}Cu 的质量数为 63,质子数为 29,则其中子数为 $63-29=34$,B 错误;结合质量守恒定律及衰变方程推知, $^m_{\text{R}}$ 应为 $^{63}_{28}\text{Ni}$,Co 和 Ni 均处于第 VIII 族,C 错误;结合质量守恒定律及衰变方程推知, $^a_{\text{X}}$ 为 $^{60}_{28}\text{Ni}$, $^m_{\text{R}}$ 为 $^{63}_{28}\text{Ni}$,二者是 Ni 元素的两种不同核素,互为同位素,D 正确。

4. B 考查点 ▶ 原子结构与电负性

【解析】基态硼原子电子排布式为 $1s^22s^22p^1$,核外电子的空间运动状态有 3 种,A 正确;元素非金属性越强,电负性越大,则电负性大小为 $\text{O} > \text{H} > \text{B}$,B 错误;根据结构可知,形成 4 个共价单键的 B 原子价层电子对数是 4,形成 3 个共价单键的 B 原子价层电子对数是 3,所以 B 原子杂化方式为 sp^3 、 sp^2 ,C 正确;根据结构可知,共有 4 种不同化学环境的氧原子,D 正确。

5. (1) C (2) $4s^24p^1$ K 和 Br

(3) N、O(或 S)、Ni、Cu (4) ac

(5) 基态 Cr^+ 、 Mn^+ 的价电子排布式分别为 $3d^5$ 、 $3d^5 4s^1$ ， Cr^+ 的 $3d$ 能级为半充满状态更稳定，难失电子，故 Cr 的第二电离能较大

考查点 ▶ 基态与激发态粒子的电离能、未成对电子数、核外电子排布与元素推断、电负性、第二电离能

信息梳理

总述：前四周期元素 W、X、Y、Z 的原子序数依次增大。

元素	信息梳理	结论
W	基态原子中有 7 个运动状态不同的电子 (即 7 个电子)	W 为 N
X	基态原子最高能级中自旋状态不同的电子数之比为 1 : 3 (p 轨道有 4 个电子)	X 为 O (或 S)
Y	基态原子位于元素周期表第 10 列 (前四周期)	Y 为 Ni
Z	基态原子次外层全充满，最外层电子数为 1 (前四周期)	Z 为 Cu

【解析】 (1) 同种微粒，激发态所具有的能量高于基态，失去电子

关键点

所需能量小于基态，同种元素的 I_2 大于 I_1 。A 为激发态碳原子，B 为基态碳原子，C 为基态 C^+ ，D 为激发态 C^+ ，处于基态的碳原子电离出第二个电子需要吸收的能量 (I_2) 最多，故选 C。

(2) 镓位于 Al 的下一周期，根据 Al 的核外电子排布情况，可推知基态镓原子核外价电子排布式为 $4s^2 4p^1$ ，含有 1 个未成对电子，相同周期有 1 个未成对电子的主族元素基态原子价电子排布式为 $4s^1$ 和 $4s^2 4p^5$ ，对应的基态原子分别为 K 和 Br。

(4) 分析题中信息可知，两个分子中 H 原子电性不同时，二者可以形成双氢键。 N_2H_4 中 H 呈正电性， AlH_3 中 H 呈负电性，a 组可能形成双氢键； C_3H_6 和 NH_3 中 H 都呈正电性，b 组不可能形成双氢键；LiH 中 H 呈负电性，HCN 中 H 呈正电性，c 组可能形成双氢键。

6. A 创新点 ▶ 特殊的考查方式：结合未成对电子数分析物质是否具有顺磁性

【解析】 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ 中基态 Cu^{2+} 的价层电子排布式为 $3d^9$ ，含未成对电子，属于顺磁性物质，A 正确； TiCl_4 中基态 Ti^{4+} 的价层电子排布式为 $3s^2 3p^6$ ，整个结构中不含未成对电子，不属于顺磁性物质，B 错误； $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$ 中，基态 Cu^+ 的价层电子排布式为 $3d^{10}$ ，整个结构中不含未成对电子，不属于顺磁性物质，C 错误； $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 中基态 Fe^{2+} 的价层电子排布式为 $3d^6$ ，整个结构中不含未成对电子，不属于顺磁性物质，D 错误。

第 2 节 元素周期律与元素周期表

刷基础

1. A 考查点 ▶ 元素周期律

【解析】 元素的非金属性越强，其最高价氧化物对应的水化物酸性越强，非金属性： $\text{C} > \text{Si}$ ，所以酸性： $\text{H}_2\text{SiO}_3 < \text{H}_2\text{CO}_3$ ，A 正确；同周期元素从左到右，第一电离能呈增大趋势，故第一电离能： $\text{Si} < \text{P}$ ，B 错误；元素的非金属性越强，其简单氢化物越稳定，非金属性： $\text{P} > \text{Si}$ ，所以氢化物的稳定性： $\text{SiH}_4 < \text{PH}_3$ ，C 错误；Si 的最外层为第三电子层，C 的最外层为第二电子层，电子层越高，电子能量越高，所以基态原子最外层电子能量： $\text{Si} > \text{C}$ ，D 错误。

关键点

【解析】 元素的非金属性越强，其最高价氧化物对应的水化物酸性越强，非金属性： $\text{C} > \text{Si}$ ，所以酸性： $\text{H}_2\text{SiO}_3 < \text{H}_2\text{CO}_3$ ，A 正确；同周期元素从左到右，第一电离能呈增大趋势，故第一电离能： $\text{Si} < \text{P}$ ，B 错误；元素的非金属性越强，其简单氢化物越稳定，非金属性： $\text{P} > \text{Si}$ ，所以氢化物的稳定性： $\text{SiH}_4 < \text{PH}_3$ ，C 错误；Si 的最外层为第三电子层，C 的最外层为第二电子层，电子层越高，电子能量越高，所以基态原子最外层电子能量： $\text{Si} > \text{C}$ ，D 错误。

关键点

高，所以基态原子最外层电子能量： $\text{Si} > \text{C}$ ，D 错误。

2. D 考查点 ▶ 元素推断、元素周期律的应用

思路分析

W、X、Y、Z 是原子序数依次增大的短周期元素。工业上通常采用电解熔融氧化物的方法冶炼金属 X,可

关键点

知 X 为 Al; Z 的基态原子核外有 3 个单电子,原子序数: $Z > \text{Al}$, 则电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$, 可知 Z 为 P; 原子序数: $\text{Al} < Y < \text{P}$, 则 Y 为 Si; W 与 Y 同主族, 可知 W 为 C。

【解析】Al 常温下不可以与水剧烈反应, A 错误; W (C) 的最高价

氧化物为 CO_2 , 中心 C 原子的价层电子对数为 $2 + \frac{1}{2} \times (4 - 2 \times 2) =$

2, 为 sp 杂化, B 错误; X (Al) 与 Z (P) 同周期, 电子层数相同, 依据“径大序小”的规律可知原子半径: $X (\text{Al}) > Z (\text{P})$, C 错误;

同周期主族元素从左往右非金属性逐渐增强, 同主族元素从上

关键点

往下非金属性逐渐减弱, 因此非金属性: $Z (\text{P}) > Y (\text{Si})$, $W (\text{C}) > Y (\text{Si})$, 由酸性: $\text{H}_3\text{PO}_4 > \text{H}_2\text{CO}_3$, 可得非金属性: $Z (\text{P}) > W (\text{C})$, D 正确。

3. D 考查点 ▶ 元素推断、元素周期律的应用

信息梳理

W、X、Y、Z、T 五种短周期主族元素的原子序数依次增大, X、Y、Z 属于同一周期, Y、T 属于同一主族。分子中 W、X、Y、Z、T 原子成键数目分别为 1、4、3、2、5, 综合推知, W 是 H, X 是 C, Y 是 N, Z 是 O, T 是 P。

【解析】一般电子层数越多, 原子半径越大, 同周期主族元素从左到右原子半径逐渐减小, 则原子半径大小为 $\text{H} < \text{O} < \text{N} < \text{C} < \text{P}$, A 错误; 同周期主族元素从左往右第一电离能呈增大趋势, 由于 N 的 2p 轨道处于半充满的稳定状态, 较难失去电子, 则 N 的第一电离能比同周期相邻元素的第一电离能大, 故第一电

关键点

离能大小为 $\text{N} > \text{O} > \text{C}$, B 错误; YW_3 为 NH_3 , TW_3 为 PH_3 , 由于 NH_3 分子间存在氢键, 故沸点高低为 $\text{NH}_3 > \text{PH}_3$, C 错误; 元素的非金属性越强, 其最高价含氧酸的酸性越强, 非金属性强弱为 $\text{C} < \text{P} < \text{N}$, 故最高价含氧酸的酸性: $\text{H}_2\text{CO}_3 < \text{H}_3\text{PO}_4 < \text{HNO}_3$, D 正确。

4. D 考查点 ▶ 元素推断、元素周期律的应用

思路分析

Z、M 位于同一主族, 从阴离子结构看 Z 形成 1 个双键, M 形成 1 个单键且得到 1 个电子, 则 Z 是 O, M 是 S; N 形成 +1 价阳离子, 原子序数大于 S, N 是 K; X、Y、N 的最外层电子数之和等于 Z 的最外层电子数, X 形成 1 个共价键, Y 形成 4 个共价键, X 的最外层电子数为 1, Y 的最外层电子数为 4, 结合原子序数大小关系推知, X、Y 分别为 H、C。

【解析】根据离子的电子层数和核电荷数可知, 离子半径大小为 $\text{S}^{2-} > \text{K}^+ > \text{O}^{2-}$, A 正确; O、S 位于同主族, 同主族元素核电荷数越大, 非金属性越弱, 对应简单氢化物稳定性越弱, 故稳定性强弱为 $\text{H}_2\text{O} > \text{H}_2\text{S}$, B 正确; K 是活泼金属元素, 其第一电离能较小, O 和 S 同主族, O 的原子序数更小, 其第一电离能更大, 故第一电离能大小为 $\text{K} < \text{S} < \text{O}$, C 正确; 化合物 T 中氢原子不符合 8 电子稳定结构, D 错误。

5. C 考查点 ▶ 元素推断与元素周期律的应用

思路分析

浓度均为 $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的溶液, W、Y、Z 的最高价氧化物对应的水化物溶液的 pH 都小于 7, 说明 W、Y、Z 的最高价氧化物对应的水化物是酸, W、Y、Z 都是非金属元素, W、Z 最高价氧化物对应的水化物溶液的 $\text{pH}=2$, 则均为一元强酸, 由于原子序数: $Z>W$, 推测 Z 是 Cl, W 是 N; Y 的最高价氧化物对应的水化物溶液的 $\text{pH}<2$, 应为 H_2SO_4 , 则 Y 是 S; X 的最高价氧化物对应的水化物溶液的 $\text{pH}=12$, 应为 NaOH , 则 X 是 Na。

【解析】根据电子层结构和核电荷数推知, 离子半径大小为 $\text{S}^{2-}>\text{Cl}^{-}>\text{N}^{3-}>\text{Na}^{+}$, A 正确; 非金属性越强, 电负性越大, 故电负性大小为 $\text{Na}<\text{S}<\text{Cl}$, B 正确; Na 和 S 形成 Na_2S , 由于 S^{2-} 发生水解反应而使其溶液呈碱性, C 错误; ZO_2 为 ClO_2 , 具有强氧化性, 可用于自来水的消毒, D 正确。

6. D 考查点 元素推断、电负性、杂化方式和原子核外电子排布

思路分析

W、X、Y、Z 是位于三个短周期的主族元素且

关键点

原子序数依次增大(W 为 H), Y 基态原子核外电子有 5 种空间运动状态即电子占据 5 个原子轨道: $1s、2s、2p_x、2p_y、2p_z$ 且

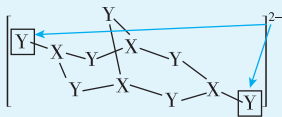
关键点

易形成 2 个共价键, 则 Y 为 O; X 形成 3 个共价键, X 最高价氧化物对应的水化物为弱酸, 则 X 为 B; Z 形成带一个单位正电荷的阳离子, 则 Z 为 Na。

【解析】Y 是 O 元素, 与 O 同周期的元素中, F、Ne 和 N 这 3 种元素的基态原子核外电子占据的原子轨道数目与 O 相同, A 正确; 氧化钠和过氧化钠中阴、阳离子个数比均为 1:2, B 正确; 化合物 A 中所有的 X(B) 原子均形成 3 个共价键, 无孤电子对, 故均采用 sp^2 杂化, C 正确; 金属元素的电负性小于非金属元素, 非金属元素的非金属性越强, 电负性越大, B 的电负性小于 H, 则四种元素的电负性大小顺序: $\text{Y}>\text{W}>\text{X}>\text{Z}$, D 错误。

易错点

关键点拨 复杂离子中的电性原子的确定方法是找成键数目特别的原子。



刷 提分

1. C 考查点 原子结构、第一电离能、离子半径、分子结构

思路分析

据核反应 ${}^{10}_5\text{B}+{}^4_2\text{He}\longrightarrow{}^{13}_a\text{X}+{}^1_0\text{n}$, 由质子守恒可得 $5+2=a+0$, 解得 $a=7$, 则 X 为 N 元素。据核反应 ${}_b^c\text{Y}+{}^4_2\text{He}\longrightarrow{}^{30}_{b+2}\text{Z}+{}^1_0\text{n}$, 由质量守恒定律可得 $c+4=30+1$, 解得 $c=27$, 结合元素 Y、Z 的基态原子核外未成对电子数之比为 1:3 且二者质子数差 2, 推知 Y 为 Al, Z 为 P。

【解析】同周期主族元素从左到右第一电离能呈增大趋势, 同一主族元素从上到下第一电离能逐渐减小, 则第一电离能大小为 $\text{Al}<\text{P}<\text{N}$, A 错误; 结合离子的电子层结构和核电荷数可知, 简单离子半径大小为 $\text{Al}^{3+}<\text{N}^{3-}<\text{P}^{3-}$, B 错误; 同主族元素从上到下非金属性逐渐减弱, 单质的氧化性减弱, 对应离子的还原性增强, 则还原性强弱为 $\text{N}^{3-}<\text{P}^{3-}$, C 正确; NCl_3 中 N 原子的价层电子对数为 4 且含有 1 个孤电子对, 其结构为三角锥形, AlCl_3 中 Al 原子的价层电子对数为 3 且没有孤电子对, 其结构为平面三角形, D 错误。

2. A 考查点 ▶ 元素推断与元素周期律, 涉及空间结构、键能等

思路分析

s 能级电子数是 p 能级电子数 2 倍的短周期元素只有 C→Y 是 C;
短周期元素的基态原子中电子总数是其最高能级电子数 2 倍的元素只有 O→W 是 O;
原子序数: C<Z<O→Z 是 N;
 X_3O^+ 是 10 电子微粒→X 是 H。

【解析】同周期元素的第一电离能随原子序数的递增呈增大的趋势, 但由于 N 的 2p 轨道处于半充满状态而较难失去电子, 所以第一电离能: C<O<N, 即 Y<W<Z, A 正确; NO_3^- 中 N 原子的价层

电子对数 = $3 + \frac{5+1-2 \times 3}{2} = 3$, 孤电子对数是 0, 故空间构型是平面

三角形, H_3O^+ 中 O 原子的价层电子对数 = $3 + \frac{6-1-1 \times 3}{2} = 4$, 孤电

关键点

子对数是 1, 所以空间构型是三角锥形, B 错误; 由于 N_2 分子中存在氮氮三键, 键能更大, 所以键能的大小为 $H_2 < O_2 < N_2$, 即 $X_2 < W_2 < Z_2$, C 错误; $[C_2H_5NH_3]^+$ 中含有 σ 键和配位键, 但不含氢键, D 错误。

3. C 考查点 ▶ 元素推断与元素周期律

思路分析

X 形成 1 个共价键 (可能为 H、F、Cl), Y 形成 4 个共价键 (可能为 Si 或 C), Z、W 形成 2 个共价键 (可能为 O 或 S), X、Y、Z、W 为原子序数依次增大的短周期元素, 且分属三个不同的周期, 则 X 为 H, Y 为 C, Z 为 O, W 为 S。

【解析】一般电子层数越多, 半径越大, 当电子层数相同时, 核电

关键点

荷数越大, 半径越小, 则半径: W(S) > Y(C) > Z(O) > X(H), A 正确; X(H)、Z(O) 可形成 H_2O 、 H_2O_2 , B 正确; C 的最高价氧化物对应的水化物是碳酸, 碳酸是弱酸, C 错误; S 单质易溶于 CS_2 , 故试管壁残留的 S 单质可以用 CS_2 清洗去除, D 正确。

4. D 考查点 ▶ 元素推断、元素性质

思路分析

短周期主族元素 W、X、Y、Z 原子序数依次递增, W、X、Z 分别位于不同周期, 根据图示可知 W 形成 1 个共价键, 且原子序数最小, 说明 W 原子核外只有 1 个电子, 则 W 为 H; X 形成 4 个共价键, 则 X 为 C; Z 的原子半径在同周期元素中最大, 则 Z 为 Na; Y 形成 2 个共价键, 原子序数: X(C) < Y < Z(Na), 则 Y 为 O。

【解析】环状结构与 Z 通过配位键作用, 体现了超分子“分子识别”的特征, A 错误; 碳酸钠溶液因 CO_3^{2-} 的水解而呈碱性, 能使酯类物质水解, 而不能溶解矿物油污, B 错误; CaH_2 中阴离子为

关键点

H^- , CaO_2 中阴离子为 O_2^{2-} , 阳离子与阴离子个数比分别为 1:2

易错点

和 1:1, C 错误; X(C)、Y(O)、W(H) 形成的化合物 $H_2C_2O_4$ 中碳为 +3 价, D 正确。

5. C 考查点 ▶ 元素推断、分子的结构与性质、晶胞结构、水的电离

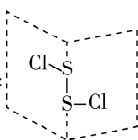
思路分析

M、N、R 的主要化合价均为 +1, 均为第 I A 族的元素, 同主族元素从上往下原子半径逐渐增大, 因此 M 为 H 元素, N 为 Li 元素, R 为 Na 元素; Z 的主要化合价为 +6、-2, 可知 Z 为第 VIA 族元素, 结合 Z 是短周期元素可知, Z 为 S 元素; W、T 的主要化合价均为 -1, 可知二者均为第 VIIA 族元素, 结合原子半径可知, W 为 F 元素, T 为 Cl 元素。

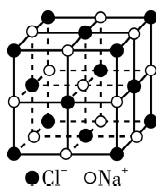
【解析】Z、W、T 的简单氢化物分别为 H_2S 、HF、HCl, HF 分子间存

在氢键,则 HF 的沸点大于 H_2S 、 HCl , A 错误; Z_2T_2 为 S_2Cl_2 , 两个硫原子均为 sp^3 杂化, 分子为含有极性共价键的立体结构分子,

类似于 H_2O_2 的立体结构, 如图:



是 Cl, NaCl 晶体的晶胞如图:



Cl^- 可知, Cl^- 的配位数为 6, 分析体心的 Na^+ 可知, Na^+ 周围距离最近的 Na^+ 有 12 个, C 正确; RW 为 NaF , 氟离子会水解, 能促进水的电离, MW 为 HF , HF 电离产生的 H^+ 会抑制水的电离, 常温下, $\text{pH}=12$ 的 NaF 溶液中 $c(\text{OH}^-) = \frac{K_w}{c(\text{H}^+)} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-12}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 1 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 因此 $c_{\text{水}}(\text{H}^+) = c_{\text{水}}(\text{OH}^-) = 1 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{pH}=2$ 的 HF 溶液中, $c(\text{OH}^-) = \frac{K_w}{c(\text{H}^+)} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-2}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 1 \times 10^{-12} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 因此 $c_{\text{水}}(\text{H}^+) = c_{\text{水}}(\text{OH}^-) = 1 \times 10^{-12} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, D 错误。

6. D 考查点 ▶ 物质结构与元素推断

思路分析

根据 ZYW_3 的结构及元素成键规律可知, Y 形成 2 个共价键, 则 Y 最外层电子数为 6, 位于第 VIA 族, Z 形成 5 个共价键, 则 Z 最外层电子数为 5, 位于第 VA 族, W 形成 1 个共价键, 由题意知, Y、Z、W 的最外层电子数之和为 18, 则 W 最外层电子数为 7, W 位于第 VIIA 族, X、Y、Z、W 是原子序数依次增大的短周期主族元素, 因此 Y 只能是 O 元素, 则 Z 是 P 元素, W 是 Cl 元素; X 的原子序数最小, 四种元素形成的化合物能发生反应: $\text{ZYW}_3 + \text{X}_2\text{Y} \longrightarrow \text{X}_3\text{ZY}_4 + \text{XW}$, 根据 X_2Y 及 X_3ZY_4 可推知 X 为 H 元素。

【解析】 电子层数越多, 离子半径越大, 电子层数相同的离子, 核电荷数越大, 离子半径越小, 则离子半径: $\text{P}^{3-} > \text{Cl}^- > \text{H}^+$, A 错误; 简单氢化物的稳定性与元素非金属性有关, 非金属性越强, 对应

关键点

的简单氢化物越稳定, 同周期主族元素从左往右, 非金属性逐渐增强, 非金属性: $\text{P} < \text{Cl}$, 则稳定性: $\text{HCl} > \text{PH}_3$, B 错误; 题图中所示结构中, 形成 2 个共价键的 O 原子满足 8 电子稳定结构, 形成 5 个共价键的 P 原子最外层有 10 个电子, C 错误; H、O、Cl 三种元素形成的 HClO 具有漂白性, D 正确。

7. C 考查点 ▶ 第一电离能、键长、键角比较

思路分析

Z 与 Q 均形成 2 个共价键, 故 Z、Q 应为第 VIA 族元素, 且均位于短周期, Q 比 Z 的相对原子质量大, 故 Q 为 S, Z 为 O; X 可形成 4 个共价键, 且相对原子质量小于 O, X 为 C; Y 形成 3 个共价键, 且相对原子质量大于 C、小于 O, 则 Y 为 N; W 形成 1 个共价键, 且相对原子质量小于 C, 则 W 为 H。

【解析】 同周期元素从左到右第一电离能呈增大趋势, N 的 2p 轨道为半充满的稳定状态, 较难失去电子, 第一电离能大于同周期的相邻元素, 故第一电离能: $\text{Y}(\text{N}) > \text{Z}(\text{O}) > \text{X}(\text{C})$, A 错误; 共价键的键长是构成化学键的两个原子的核间距, 原子半径越小键长越短, 原子半径: $\text{C} > \text{N}$, 则键长: $\text{H}-\text{N} < \text{H}-\text{C}$, B 错误; Z(O)、Q(S) 的简单氢化物互为等电子体, 空间结构均为 V 形, 二者的键角大小与中心原子的电负性有关, 电负性: $\text{O} > \text{S}$, H_2O 的

关键点

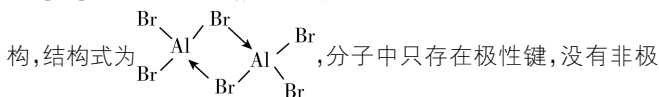
成键电子对更偏向 O,使得成键电子对间的斥力增大,导致 H_2O 键角比 H_2S 大, C 正确;若三种元素形成的是铵盐,比如 NH_4NO_3 , NH_4^+ 与 NO_3^- 之间就是离子键, D 错误。

8. B 考点 ▶ 元素推断、杂化类型、配位键、氢键的作用

思路分析

X、Y、Z、M、Q 为原子序数依次增大的前四周期主族元素,其中只有 Y、Z 位于同一周期,则 X 为第一周期的 H 元素, Y、Z 为第二周期元素, M 为第三周期元素,同周期元素中 M 的简单离子半径最小, M 为 Al 元素; Q 为第四周期元素,与 Al 可形成二聚体 Al_2Q_6 , Q 为 Br 元素;在配合物结构式中, Y 形成四个共价键, Y 为 C 元素, Z 除了与 C 形成三键外还形成一条单键, Z 为 N 元素。

【解析】 NH_3 分子间有氢键,甲烷分子间没有氢键,简单氢化物的沸点: $\text{NH}_3 > \text{CH}_4$, 题中给的是“氢化物的沸点”, C 原子数增多时,其氢化物的沸点会逐渐升高,则 N 的氢化物沸点不一定比 C 的氢化物沸点高, A 错误; YX_3YZ 为 CH_3CN , Y (C) 原子的杂化方式为 sp 、 sp^3 , B 正确; M_2Q_6 (Al_2Br_6) 中所有原子均达到 $8e^-$ 稳定结构,结构式为



9. D 考点 ▶ 元素推断与热重分析

【解析】X、Y、Z、W 为短周期元素且原子序数依次增加, Z 元素是地壳中含量最高的金属元素,则 Z 为 Al; Y 的原子序数是 W 的一半,且二者能形成阴离子 WY_4^{2-} , 则 Y 为 O, W 为 S; 根据物质化学式 $\text{Z}_2(\text{WY}_4)_3 \cdot 18\text{X}_2\text{Y}$ 判断物质结构中含结晶水,则 X 为 H; $\text{Z}_2(\text{WY}_4)_3 \cdot 18\text{X}_2\text{Y}$ 对应物质为 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ 。非金属性: $\text{O} > \text{S}$, 对应简单氢化物的稳定性: $\text{Y} > \text{W}$, A 正确; 因为 S^{2-} 核外有 3 个电子层,而 Al^{3+} 核外只有 2 个电子层,故 Z、W 的简单离子半径的大小顺序为 $\text{S}^{2-} > \text{Al}^{3+}$, B 正确; 由题图可知 200°C 热分解失重

40.54% , $\frac{666 \times 40.54\%}{18} \approx 15$, 即 1 mol 该化合物失去 15 mol H_2O , C 正确; Y 为 O, 根据同一周期从左往右元素的第一电离能呈增大趋势,第 II A 族、第 V A 族元素反常,故 Y 所在周期中,第一电离能大于 Y 的元素有 N、F、Ne 共 3 种, D 错误。

10. (1) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ (2) $\text{BCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{BO}_3 + 3\text{HCl}$ (3) CD

考点 ▶ 核外电子排布、对角线规则

【解析】(1) 根据题图甲预测, 1~18 号元素中位置最低的元素是 Na, 其基态原子核外电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ 。

(2) 题图乙反映各元素的电负性, 由于电负性: $\text{B} < \text{Cl}$, 推测 BCl_3 发生水解反应时断键形成 B^{3+} 和 Cl^- , 分别与水电离产生的 OH^- 和 H^+ 结合, 形成 H_3BO_3 和 HCl , 故水解反应的化学方程式为 $\text{BCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{BO}_3 + 3\text{HCl}$ 。

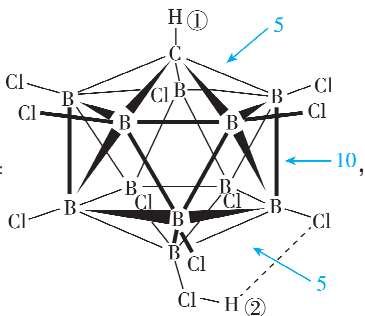
(3) 元素周期表中, Li-Mg、Be-Al、B-Si 处于对角线位置, 其单质与化合物的性质相似。 Li_2CO_3 的热稳定性与 MgCO_3 相似, 受强热易分解生成 Li_2O 和 CO_2 , A 错误; Li 和 Mg 的性质相似, Mg 能与 N_2 反应生成 Mg_3N_2 , 推测 Li 能与 N_2 反应, B 错误; BeO 和 Al_2O_3 的性质相似, Al_2O_3 的熔点很高, 推测 BeO 的熔点很高, C 正确; 晶体硼与晶体硅的结构和性质相似, 晶体硅是共价晶体, 推测晶体硼也是共价晶体, D 正确。

11. C 创新点 ▶ 情境创新: 碳硼烷酸的结构分析

【解析】无机物 M 中所有 Cl 原子取代成 Br 原子得到相同结构的

无机物 N, 则相对分子质量: $N > M$, 因此无机物 N 的沸点高于无机物 M, A 错误; 碳硼烷酸的组成元素中, H 元素位于 s 区, C、B、Cl 元素位于 p 区, B 错误; 根据结构图可知, 每层的 B 原子形成五边形,

则该结构共有 20 个面, 如图:



C 正确; ②号氢需要克服 $\text{Cl}-\text{H}$ 和 $\text{Cl}\cdots\text{H}$ 之间的作用力, ①号氢需要克服 $\text{C}-\text{H}$ 共价键, 更为困难, 因此②号氢具有强酸性, D 错误。

全章真题训练

刷真题

1. A 命题点 物质性质差异的解释

【解析】 H_2O 分子间存在氢键(因 O 的电负性大, 能形成 $\text{H}-\text{O}\cdots\text{H}$ 键), 而 H_2S 分子间主要为较弱的范德华力(S 电负性小), 故 H_2O 沸点高于 H_2S , 电离能与沸点无直接关系, A 错误; 含氧酸的酸性取决于 $\text{O}-\text{H}$ 键的极性, 中心原子电负性越大, 越易吸引电子, 使 $\text{O}-\text{H}$ 键减弱, H^+ 更易解离, Cl 电负性大于 Br, 因此 HClO 酸性更强, B 正确; 二者均为原子晶体, 硬度取决于共价键强度, C 原子半径小于 Si, 导致 $\text{C}-\text{C}$ 键长短于 $\text{Si}-\text{Si}$ 键长, $\text{C}-\text{C}$ 键能大于 $\text{Si}-\text{Si}$ 键能, 因此金刚石更硬, C 正确; 二者均为离子晶体, 熔点取决于其晶格能, 晶格能与离子所带电荷数正相关, Mg^{2+} 和 O^{2-} 电荷分别多于 Na^+ 和 F^- , 导致 MgO 晶格能大于 NaF , 熔点更高, D 正确。

2. B 命题点 原子构成及粒子间数量关系、同位素、物质的稳定性

【解析】根据质量守恒可知, ${}_6^X\text{He}$ 为 ${}_6^6\text{He}$, ${}_2^m\text{Y}$ 为 ${}_2^4\text{He}$, 根据质量数=质子数+中子数可知, X 的中子数为 4, A 错误; X 为 ${}_6^6\text{He}$, Y 为 ${}_2^4\text{He}$, 质子数相同而中子数不同的原子互为同位素, B 正确; ${}_{8}^{13}\text{O}$ 与 ${}_{8}^{15}\text{O}$ 的半衰期很短, 故不适宜用作示踪原子研究化学反应历程, C 错误; 自然界中不存在 ${}_{8}^{13}\text{O}_2$ 与 ${}_{8}^{15}\text{O}_2$ 是因为 ${}_{8}^{13}\text{O}$ 与 ${}_{8}^{15}\text{O}$ 的半衰期很短, 很容易发生核变化, 转化为其他原子, $\text{O}=\text{O}$ 键的键能与形成该键的核素无关, D 错误。

3. D 命题点 原子结构与元素周期律

【解析】X、Y 为第三周期元素, 根据 Y 元素最高正价与最低负价的代数和为 6, 可知 Y 为 Cl, 根据 X、Y 形成的化合物 $[\text{XY}_4]^+[\text{XY}_6]^-$ 可知 X 的化合价为 +5 价, 则 X 为 P。同周期主族元素从左到右, 随着原子序数的增大, 原子半径逐渐减小, 故原子半径: P 大于 Cl, A 项正确; 同周期主族元素从左到右非金属性逐渐增强, 简单氢化物的还原性依次减弱, 故还原性: PH_3 强于 HCl , B 项正确; 第三周期元素形成的单质中, Cl_2 的氧化性最强, C 项正确; 同一周期元素中, 元素的第一电离能随着原子序数的增大而呈增大趋势, 但第 VA 族元素的第一电离能大于第 VIA 族元素, 故第三周期第一电离能小于磷的元素有 Na、Mg、Al、Si、S 五种, D 项错误。

4. C 命题点 化学用语, 涉及核外电子排布式、同位素、原子结构示意图等

【解析】 ${}_0^1\text{n}$ 表示一个中子, A 错误; ${}_3^6\text{Li}$ 的基态原子核外电子排布式为 $1s^2 2s^1$, B 错误; 质子数相同而中子数不同的同一元素的不同原子互称为同位素, ${}_1^3\text{H}$ 与 ${}_1^2\text{H}$ 质子数相同、中子数不同, 二者互为同位素, C 正确; ${}_2^4\text{He}$ 原子核外只有 2 个电子, 原子结构示意图

为 $(+2)2$, D 错误。

5. D 命题点 元素推断与元素周期律, 涉及电负性、杂化类型、未成对电子数、第一电离能

信息梳理

已知 W、X、Y、Z 是原子序数依次增大的短周期元素, X 与 Z 同主族。在题给化合物结构中, X、Z 原子均形成 2 个共价键, 则 X、Z 均为第 VIA 族元素, 所以 X 为 O, Z 为 S; Y 原子形成 5 个共价键, 则 Y 为第 VA 族元素, 原子序数: $O < Y < S$, 可知 Y 为 P; W 原子形成 1 个共价键, 原子序数: $W < O$, 可知 W 为 H。

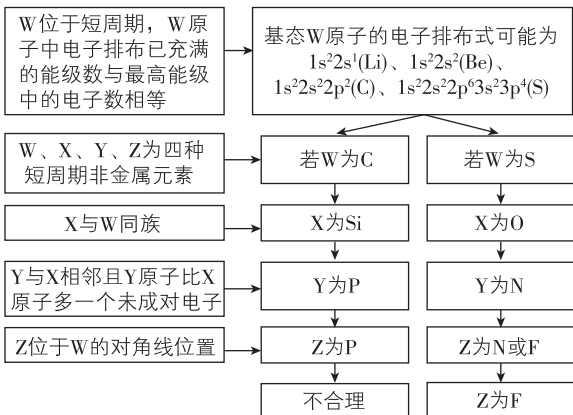
【解析】同主族元素从上到下, 电负性逐渐减弱, 同周期元素从左到右, 电负性逐渐增强, 因此元素电负性: $O > S > P$, A 正确; 该物质中, P 原子形成 3 个单键和 1 个双键, 成键电子对数为 4, 孤电子对数为 0, P 原子杂化方式为 sp^3 , S 原子形成 2 个单键, 成键电子对数为 2, 孤电子对数为 2, 杂化方式也为 sp^3 , B 正确; 根据电子排布的一般规律, 基态 H、O、P 原子的未成对电子数依次为 1、2、3, 则基态原子未成对电子数: $H < O < P$, C 正确; 同主族元素从上到下第一电离能减小, 同周期元素从左到右第一电离能呈增大趋势, 但第 VA 族元素的 np 轨道处于半充满的稳定状态, 其

易错点

第一电离能大于同周期第 VIA 族元素的第一电离能, 即基态原子的第一电离能: $O > S$ 、 $P > S$, D 错误。

6. A 命题点 元素推断与元素周期律, 涉及第二电离能、原子半径、沸点、电负性的比较等

信息梳理



【解析】基态 X (O) 原子失去一个电子后电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^3$, 基态 Y (N) 原子失去一个电子后电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^2$, 基态 O 原子失去一个电子后为半充满的稳定结构, 则第二电离能: $O > N$, 即 $X > Y$, A 错误; 同主族元素从上到下, 原子半径逐渐增大, 则原子半径: $O < S$, 同周期主族元素从左到右, 原子半径逐渐减小, 则原子半径: $F < O$, 故原子半径: $F < S$, 即 $Z < W$, B 正确; Y 的单质为 N_2 , Z 的单质为 F_2 , 二者均为分子晶体, 一般来

关键点

说, 相对分子质量越大, 沸点越高, 则单质沸点: $N_2 < F_2$, 即 $Y < Z$, C 正确; 同主族元素从上到下, 元素的电负性逐渐变小, 则电负性: $S < O$, 即 $W < X$, D 正确。

7. D 命题点 元素推断与元素周期律, 涉及第一电离能、键角、最高价含氧酸的酸性比较等

信息梳理

信息	分析	结论
基态 Y 的 2p 轨道半充满	基态 Y 的价电子排布式为 $2s^2 2p^3$	Y 为 N
X、Y、Z 均为短周期元素，X、Y 价电子数相等	X 与 Y 同主族	X 为 P
X、Z 电子层数相同，Z 的最外层只有 1 个未成对电子（题图物质中 Z 形成 1 个共价键）	Z 为第三周期元素，基态 Z 的价电子排布式为 $3s^2 3p^5$	Z 为 Cl

【解析】同周期元素的第一电离能从左到右呈增大趋势，则第一电离能： $\text{Cl} > \text{P}$ ，A 错误；X(P)、Y(N) 同主族，其简单氢化物 PH_3 与 NH_3 的中心原子杂化类型及孤电子对数均相同，但是 N 的电负性大于 P，使得 NH_3 中成键电子对更偏向中心原子， NH_3 中成键电子对之间的斥力更大，所以键角： $\text{PH}_3 < \text{NH}_3$ ，B 错误；元素的非金属性越强，其最高价含氧酸的酸性越强，非金属性： $\text{N} > \text{P}$ ，所以酸性： $\text{HNO}_3 > \text{H}_3\text{PO}_4$ ，C 错误；N、P、Cl 都能在化合物中呈现多种价态，能与氧形成多种氧化物，N 的氧化物有 NO、 NO_2 等，P 的氧化物有 P_2O_3 、 P_2O_5 等，Cl 的氧化物有 Cl_2O 、 ClO_2 等，D 正确。

关键点

种价态，能与氧形成多种氧化物，N 的氧化物有 NO、 NO_2 等，P 的氧化物有 P_2O_3 、 P_2O_5 等，Cl 的氧化物有 Cl_2O 、 ClO_2 等，D 正确。