

二轮备考特训——原子结构与元素周期表

2021 年总结及真题练习

必备知识和方法

1. 解答短周期主族元素推断题的突破口

(1) 位置与结构

- ① 周期数等于族序数 2 倍的元素是锂 (Li)。
- ② 最高化合价等于最低化合价绝对值 3 倍的元素是硫 (S)。
- ③ 次外层电子数等于最外层电子数 4 倍的元素是镁 (Mg)。
- ④ 族序数与周期数相同的元素是氢 (H)、铍 (Be)、铝 (Al)；族序数是周期数 2 倍的元素是碳 (C)、硫 (S)；族序数是周期数 3 倍的元素是氧 (O)。
- ⑤ 没有中子的元素是氢 (H)。

(2) 含量与物理性质

- ① 地壳中含量最高的元素是氧 (O)，其次是硅 (Si)。
- ② 地壳中含量最高的金属元素是铝 (Al)。
- ③ 单质为人工制得纯度最高的元素是硅 (Si)。
- ④ 单质为天然物质中硬度最大的元素是碳 (C)。
- ⑤ 气态氢化物最易溶于水的元素是氮 (N)，气态氢化物溶于水显碱性的元素是氮 (N)。
- ⑥ 对应氢化物沸点最高的非金属元素是氧 (O)。
- ⑦ 常温下，单质是有色气体的元素是氟 (F)、氯 (Cl)。
- ⑧ 所形成的化合物种类最多的元素是碳 (C)。
- ⑨ 在空气中，最高价氧化物的增加会导致“温室效应”的元素是碳 (C)。
- ⑩ 最高价氧化物对应的水化物的酸性最强的元素是氯 (Cl)。

(3) 化学性质与用途

- ① 单质与水反应最剧烈的非金属元素是氟 (F)。

②简单气态氢化物与最高价氧化物对应的水化物能发生化合反应的元素是氮(N)，反应的化学方程式为 $\text{NH}_3 + \text{HNO}_3 = \text{NH}_4\text{NO}_3$ 。

2.化学键与物质类别的关系

(1)存在离子键的化合物一定是离子化合物。

(2)离子化合物中一定存在离子键，可能存在共价键，如 NaOH 、 Na_2O_2 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 等。

(3)共价化合物中只有共价键，一定没有离子键。

(4)熔融状态能导电的化合物一定是离子化合物；证明某化合物是离子化合物的实验方法，将化合物加热至熔融状态，检测其导电性。如果能导电，证明是离子化合物；否则不是离子化合物。溶解时能导电的化合物，不能判定其类别。

(5)全部由非金属元素组成的化合物也可能是离子化合物，铵盐。由金属元素和非金属元素形成的化合物也可能是共价化合物，如 AlCl_3 。

(6)非金属单质中只有共价键（稀有气体除外）。

3.化学反应的过程，既有旧化学键断裂，又有新化学键形成，二者缺一不可。

有化学键断裂或形成的过程不一定发生化学变化。例如：(1)离子化合物的熔化过程。离子化合物熔化后电离成自由移动的阴、阳离子，离子键被破坏，只发生了物理变化。

(2)电解质的溶解过程。电解质溶于水后，形成自由移动的阴、阳离子，化学键断裂，只发生了物理变化。

4.氢键对物质性质的影响

(1)氢键对物质熔、沸点的影响：分子间形成的氢键会使物质的熔点和沸点升高，这是因为固体熔化或液体汽化时必须破坏分子间的氢键，从而需要消耗更多的能量。

(2)分子间形成氢键对物质的水溶性、溶解度等也有影响。如 NH_3 极易溶于水，主要是因为氨分子与水分子之间易形成氢键。

(3)水中氢键对水的密度也有影响，水结成冰时体积膨胀，密度减小，主要是因为冰中水分子间形成的氢键更多，使水分子间空隙变大。

5.常见等电子体

等电子类型	常见等电子体	空间构形
2 原子 10 电子	N_2 、 CN^- 、 C_2^{2-} 、 CO 、 NO^+	直线形
2 原子 14 电子	F_2 、 O_2^{2-} 、 Cl_2	直线形
3 原子 16 电子	CO_2 、 N_2O 、 CNO^- 、 N_3^- 、 NO_2^+ 、 SCN^- 、 HgCl_2 、 $\text{BeCl}_2(\text{g})$	直线形
3 原子 18 电子	O_3 、 SO_2 、 NO_2^-	V 形
4 原子 8 电子	NH_3 、 PH_3 、 CH_3^- 、 H_3O^+	三角锥形
4 原子 24 电子	$\text{SO}_3(\text{g})$ 、 CO_3^{2-} 、 NO_3^- 、 PO_3^- 、 BF_3	平面三角形
4 原子 26 电子	SO_3^{2-} 、 ClO_3^- 、 BrO_3^- 、 IO_3^- 、 XeO_3	三角锥形
5 原子 8 电子	CH_4 、 SiH_4 、 NH_4^+ 、 PH_4^+ 、 BH_4^-	正四面体形
5 原子 32 电子	CCl_4 、 SiF_4 、 SiO_4^{4-} 、 SO_4^{2-} 、 ClO_4^- 、 PO_4^{3-} 、 CF_4	正四面体形
七原子 48 电子	SF_6 、 PF_6^- 、 SiF_6^{2-} 、 AlF_6^{3-}	正八面体

真题训练

1. [2020 新课标 I]1934 年约里奥-居里夫妇在核反应中用 α 粒子(即氦核 ${}^4_2\text{He}$)轰击金属

原子 ${}^W_Z\text{X}$ ，得到核素 ${}^{30}_{Z+2}\text{Y}$ ，开创了人造放射性核素的先河： ${}^W_Z\text{X} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{30}_{Z+2}\text{Y} + {}^1_0\text{n}$ 。

其中元素 X、Y 的最外层电子数之和为 8。下列叙述正确的是

A. ${}^W_Z\text{X}$ 的相对原子质量为 26

B. X、Y 均可形成三氯化物

C. X 的原子半径小于 Y 的

D. Y 仅有一种含氧酸

2. [2020 山东新高考]短周期主族元素 X、Y、Z、W 的原子序数依次增大，基态 X 原子的电子总数是其最高能级电子数的 2 倍，Z 可与 X 形成淡黄色化合物 Z_2X_2 ，Y、W 最外层电子数相同。下列说法正确的是

A. 第一电离能： $\text{W} > \text{X} > \text{Y} > \text{Z}$ B. 简单离子的还原性： $\text{Y} > \text{X} > \text{W}$

C. 简单离子的半径： $\text{W} > \text{X} > \text{Y} > \text{Z}$ D. 氢化物水溶液的酸性： $\text{Y} > \text{W}$

3. [2020 山东新高考]下列关于 C、Si 及其化合物结构与性质的论述错误的是

A. 键能 $\text{C}-\text{C} > \text{Si}-\text{Si}$ 、 $\text{C}-\text{H} > \text{Si}-\text{H}$ ，因此 C_2H_6 稳定性大于 Si_2H_6

B. 立方型 SiC 是与金刚石成键、结构均相似的共价晶体，因此具有很高的硬度

C. SiH_4 中 Si 的化合价为 +4， CH_4 中 C 的化合价为 -4，因此 SiH_4 还原性小于 CH_4

D. Si 原子间难形成双键而 C 原子间可以，是因为 Si 的原子半径大于 C，难形成 $\text{p}-\text{p}\pi$ 键

4. [2020 山东新高考] $\text{B}_3\text{N}_3\text{H}_6$ (无机苯)的结构与苯类似，也有大 π 键。下列关于 $\text{B}_3\text{N}_3\text{H}_6$ 的说法错误的是

A. 其熔点主要取决于所含化学键的键能

B. 形成大 π 键的电子全部由 N 提供

C. 分子中 B 和 N 的杂化方式相同

D. 分子中所有原子共平面

5. [2020 天津卷]短周期元素 X、Y、Z、W 的原子序数依次增大。用表中信息判断下列说法正确的是

元素	X	Y	Z	W
最高价氧化物的水化物			H_3ZO_4	
溶液对应的 pH(25°C)	1.00	13.00	1.57	0.70

A. 元素电负性: $Z < W < X < Y$

B. 简单离子半径: $W < X < Y < Z$

C. 元素第一电离能: $Z < W < X < Y$

D. 简单氢化物的沸点: $X < W < Y < Z$

6. [2019 新课标 II] 今年是门捷列夫发现元素周期律 150 周年。下表是元素周期表的一部分, W、X、Y、Z 为短周期主族元素, W 与 X 的最高化合价之和为 8。下列说法错误的是

			W
	X	Y	Z

微信号: RealChemistry

A. 原子半径: W

B. 常温常压下, Y 单质为固态

C. 气态氢化物热稳定性: Z

- D. X 的最高价氧化物的水化物是强碱
7. [2019 浙江 4 月选考] 2019 年是门捷列夫提出元素周期表 150 周年。根据元素周期律和元素周期表，下列推断不合理的是
- A. 第 35 号元素的单质在常温常压下是液体
- B. 位于第四周期第 V A 族的元素为非金属元素
- C. 第 84 号元素的最高化合价是 +7
- D. 第七周期 0 族元素的原子序数为 118
8. [2019 北京] 2019 年是元素周期表发表 150 周年，期间科学家为完善周期表做出了不懈努力。中国科学院院士张青莲教授曾主持测定了铟 ($_{49}\text{In}$) 等 9 种元素相对原子质量的新值，被采用为国际新标准。铟与铷 ($_{37}\text{Rb}$) 同周期。下列说法不正确的是
- A. In 是第五周期第 IIIA 族元素
- B. $^{115}_{49}\text{In}$ 的中子数与电子数的差值为 17
- C. 原子半径: $\text{In} > \text{Al}$
- D. 碱性: $\text{In}(\text{OH})_3 > \text{RbOH}$
9. [2018 浙江 11 月选考] 元素 X、Y、Z 和 Q 在周期表中的位置如图所示，其中元素 Q 位于第四周期，X、Y、Z 原子的最外层电子数之和为 17，下列说法不正确的是

X			
		Y	Z
	Q		

- A. 原子半径(r): $r(\text{Q}) > r(\text{Y}) > r(\text{Z})$
- B. 元素 X 有 -4, +2, +4 等多种价态

C. Y、Z 的氧化物对应的水化物均为强酸

D. 可以推测 H_3QO_4 是 Q 的最高价氧化物的水化物

10. [2018 浙江 4 月选考]四种短周期元素 X、Y、Z 和 W 在周期表中的位置如图所示，原子序数之和为 48。下列说法不正确的是

X	Y	
	Z	W

- A. 原子半径(r)大小比较 $r(X) > r(Y)$
- B. X 和 W 可形成共价化合物 XW_3
- C. W 的非金属性比 Z 的强，所以 W 氧化物的沸点比 Z 的高
- D. Z 的最低价单核阴离子的失电子能力比 Y 的强

参考答案

1. 【答案】B

【解析】原子轰击实验中，满足质子和质量数守恒，因此 $W+4=30+1$ ，则 $W=27$ ，X 与 Y 原子之间质子数相差 2，因 X 元素为金属元素，Y 的质子数比 X 大，则 Y 与 X 位于同一周期，且 Y 位于 X 右侧，且元素 X、Y 的最外层电子数之和为 8，设 X 最外层电子数为 a，则 Y 的最外层电子为 $a+2$ ，解得 $a=3$ ，因此 X 为 Al，Y 为 P，以此解答。

A. 的质量数为 27，则该原子相对原子质量为 27，故 A 错误；

B. Al 元素均可形成 $AlCl_3$ ，P 元素均可形成 PCl_3 ，故 B 正确；

C. Al 原子与 P 原子位于同一周期，且 Al 原子序数大于 P 原子序数，故原子半径 $Al > P$ ，故 C 错误；

D. P 的含氧酸有 H_3PO_4 、 H_3PO_3 、 H_3PO_2 等，故 D 错误；

故答案为：B。

2. 【答案】C

【解析】四种短周期主族元素，基态 X 原子的电子总数是其最高能级电子数的 2 倍，设若 X 为第二周期元素原子，则 X 可能为 Be 或 O，若 X 为第三周期元素原子，则均不满足题意，Z 与 X 能形成 Z_2X_2 的淡黄色化合物，该淡黄色固体为 Na_2O_2 ，则 X 为 O 元素，Z 为 Na 元素；Y 与 W 的最外层电子数相同，则 Y 为 F 元素，W 为 Cl 元素，据此分析。

A. 同一周期从左向右第一电离能总趋势为逐渐增大，同一主族从上到下第一电离能逐渐减小，故四种元素中第一电离能从大到小的顺序为 $F > O > Cl > Na$ ，A 错误；

B. 单质的氧化性越强，简单离子的还原性越弱，O、F、Cl 三种元素中 F_2 的氧化性最强 O_2 的氧化性最弱，故简单离子的还原性 $O^{2-} > Cl^- > F^-$ ，B 错误；

C. 电子层数越多简单离子半径越大，相同结构的离子，原子序数越大半径越小，故四种元素中离子半径从大到小的顺序为 $Cl^- > O^{2-} > F^- > Na^+$ ，C 正确；

D. F 元素的非金属性强于 Cl 元素，则形成氢化物后 F 原子束缚 H 原子的能力强于 Cl 原子，在水溶液中 HF 不容易发生电离，故 HCl 的酸性强于 HF，D 错误；故选 C。

3. 【答案】C

【解析】A. 因键能 $C-C > Si-Si$ 、 $C-H > Si-H$ ，故 C_2H_6 的键能总和大于 Si_2H_6 ，键能越大越稳定，故 C_2H_6 的稳定性大于 Si_2H_6 ，A 正确；

B. SiC 的成键和结构与金刚石类似均为原子晶体，金刚石的硬度很大，类比可推测 SiC 的硬度和很大，B 正确；

C. SiH_4 中 Si 的化合价为 -4 价，C 的非金属性强于 Si，则 C 的氧化性强于 Si，则 Si 的阴离子的还原性强于 C 的阴离子，则 SiH_4 的还原性较强，C 错误；

D. Si 原子的半径大于 C 原子，在形成化学键时纺锤形的 p 轨道很难相互重叠形成 π 键，故 Si 原子间难形成双键，D 正确；故选 C。

4. 【答案】A

【解析】A. 无机苯是分子晶体，其熔点主要取决于分子间的作用力，A 错误；

B. B 原子最外层 3 个电子，与其它原子形成 3 个 σ 键，N 原子最外层 5 个电子，与其它原子形成 3 个 σ 键，还剩余 2 个电子，故形成大 π 键的电子全部由 N 原子提供，B 正确；

C. 无机苯与苯等电子体，分子中含有大 π 键，故分子中 B、N 原子的杂化方式为 sp^2 杂化，C 正确；

D. 无机苯与苯等电子体，分子中含有大 π 键，故分子中 B、N 原子的杂化方式为 sp^2 杂化，所以分子中所有原子共平面，D 正确；答案选 A。

5. 【答案】A

【解析】四种短周期元素，均可以形成最高价氧化物对应的水化物。有 H_3ZO_4 可知，该酸为弱酸，则 Z 为 P 元素； $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ W 的最高价氧化物对应的水化物的 pH 为 0.70，说明该物质为多元强酸，为硫酸，则 W 为 S 元素； $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ Y 的最高价氧化物对应的水化物的 pH 为 13.00，说明该物质为一元强碱，为氢氧化钠，则 Y 为 Na 元素； $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ X 的最高价氧化物对应的水化物的 pH 为 1.00，说明该物质为一元强酸，为硝酸，则 Y 为 N 元素，据此回答。

A. 同一周期元素的电负性随着原子序数的递增而增大，因 S 的原子序数大于 P，则 S 的电负性大于 P，故 A 正确；

B. 电子层数越多离子半径越大， Na^+ 有两个电子层而 S^{2-} 有三个电子层，因此 S^{2-} 的离子半径较大，故 B 错误；

C. 同一周期元素原子的第一电离能总趋势为依次增大，但由于第 II A、V A 族元素的电子排布结构为全充满或半充满状态，原子结构较为稳定，故第 II A、V A 族元素的第一电离能较相邻两个主族的电离能较大，故 P 的第一电离能大于 S，故 C 错误；

D. 相对分子质量越大，物质的熔沸点越高，但由于 X 的氢化物 NH_3 中含有分子间氢键，因此 NH_3 的沸点高于 PH_3 的沸点，故 D 错误；综上所述，答案为 A。

【点睛】分子的相对分子质量越大，熔沸点越高，但需要注意分子间是否能够形成氢键；分子间氢键可以增大物质的熔沸点，但分子内氢键可以降低物质的熔沸点。

6. 【答案】D

【解析】W、X、Y 和 Z 为短周期主族元素，依据位置关系可以看出，W 的族序数比 X 多 2，因主族元素族序数在数值上等于该元素的最高价（除 F 与 O 以外），可设 X 的族序数为 a，则 W 的族序数为 $a+2$ ，W 与 X 的最高化合价之和为 8，则有 $a+(a+2)=8$ ，解得 $a=3$ ，故 X 位于第 IIIA 族，为 Al 元素；Y 为 Si 元素，Z 为 P 元素；W 为 N 元素，据此分析作答。

根据上述分析可知 W、X、Y 和 Z 为 N、Al、Si 和 P，则

A. 同一周期从左到右元素原子半径依次减小，同一主族从上到下元素原子半径依次增大，则原子半径比较： $N < Al$ ，A项正确；

B. 常温常压下，Si为固体，B项正确；

C. 同一主族元素从上到下，元素非金属性依次减弱，气体氢化物的稳定性依次减弱，则气体氢化物的稳定性： $PH_3 < NH_3$ ，C项正确；

D. X的最高价氧化物的水化物为氢氧化铝，即可以和强酸反应，又可以与强碱反应，属于两性氢氧化物，D项错误；

答案选D。

【点睛】非金属性越强的原子形成氢化物越稳定，与氢气化合越容易，其最高价氧化物对应的水化物的酸性越强，对应阴离子的还原性越弱，要识记并理解。

7. 【答案】C

【解析】A. 35号元素是溴元素，单质 Br_2 在常温常压下是红棕色的液体，A项合理；

B. 位于第四周期第VA族的元素是砷元素（As），为非金属元素，B项合理；

C. 第84号元素位于第六周期VIA族，为钋元素（Po），由于最高正价等于主族序数，所以该元素最高化合价是+6，C项不合理；

D. 第七周期0族元素是第七周期最后一个元素，原子序数为118，D项合理。

故答案选C。

8. 【答案】D

【解析】A. 根据原子核外电子排布规则，该原子结构示意图为 ，因此

In位于元素周期表第五周期第IIIA族，故A不符合题意；

B. 质量数=质子数+中子数，元素符号的左上角为质量数、左下角为质子数，因此该原子的质子数=电子数=49，中子数为 $115-49=66$ ，所以中子数与电子数之差为 $66-49=17$ ，故B不符合题意；

C. Al位于元素周期表的三周期IIIA族，In位于元素周期表第五周期IIIA族，同主族元素的原子，从上到下，电子层数逐渐增多，半径逐渐增大，因此原子半径 $In > Al$ ，故C不符合题意；

D. In 位于元素周期表第五周期，铷 (Rb) 位于元素周期表第五周期第 IA 族，同周期元素，核电荷数越大，金属性越弱，最高价氧化物对应水化物的碱性越弱，因此碱性： $\text{In}(\text{OH})_3 < \text{RbOH}$ ，故 D 符合题意；

综上所述，本题应选 D。

【点睛】本题考查原子结构与元素性质，题目难度不大，明确原子结构与元素周期律的关系为解答关键，注意掌握原子构成及表示方法，试题培养了学生的分析能力及灵活应用能力。

9. 【答案】C

【解析】由 X、Y、Z 最外层电子数和为 17 可以推出元素 X 为碳元素；Y 元素为硫元素，Z 为氯元素，Q 为第四周期 VA，即为砷元素。A、元素周期表同主族从上到下原子半径依次增大，同周期从左向右依次减小，选项 A 正确；B、碳元素所在的化合物甲烷、一氧化碳、二氧化碳所对应的化合价分别为 -4、+2、+4，选项 B 正确；C、硫元素对应的氧化物二氧化硫的水化物亚硫酸并非是强酸，选项 C 不正确；D、VA 最外层电子数为 5，故最高化合价为 +5，选项 D 正确。答案选 C。

【点睛】本题考查元素周期表、元素周期律的知识，分析元素是解题的关键。易错点为选项 D，应分析 Q 为 VA 族元素，根据元素性质的相似性、递变性进行判断。

10. 【答案】C

【解析】X、Y、Z、W 四种短周期元素，由位置可知，X、Y 在第二周期，Z、W 在第三周期，设 Y 的原子序数为 y，则 X 的原子序数为 y-1，Z 的原子序数为 y+8，W 的原子序数为 y+9，X、Y、Z 和 W 的原子序数之和为 48，则 $y-1+y+y+8+y+9=48$ ，解得 $y=8$ ，所以 Y 为 O，W 为 S，Z 为 Cl，X 为 N，据此解答。

A 项，在同一周期内，自左向右原子核吸引核外电子的能力越强，半径逐渐减小，故 A 项正确；

B 项，X 为 N 元素，W 为 Cl 元素，可以形成共价化合物 NCl_3 ，故 B 项正确；

C 项，熔沸点为物质的物理性质，与分子间作用力有关，与非金属性无关，故 C 项错误；

D 项，非金属性 Z

综上所述，本题正确答案为 C。

更多免费学习干货，请到应用商店搜“高考直通车”下载APP查看！

高考直通车APP