

第四章 物质结构 元素周期律

第二节 元素周期律

4.2.1 元素性质的周期性变化规律

01 学习目标

- 1.了解元素原子核外电子排布、原子半径、主要化合价的周期性变化，认识元素周期律并理解其实质。
- 2.会设计实验探究同周期元素性质的变化规律，会比较元素的金属性或非金属性的强弱，促进“证据推理与模型认知”化学核心素养的发展。

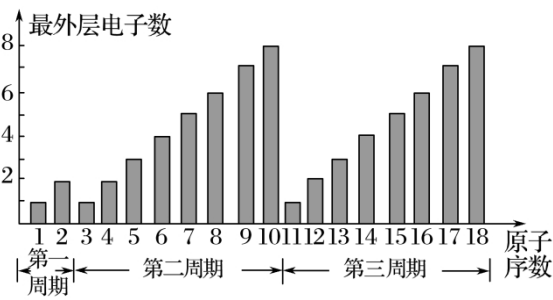
02 知识梳理

一、1~18 号元素性质的周期性变化规律

1. 原子最外层电子排布变化规律

周期序号	原子序数	电子层数	最外层电子数	结论
第一周期	1→2	1	1→2	同周期由左向右元素的 原子最外层电子数逐渐 增加(1→8)
第二周期	3→10	2	1→8	
第三周期	11→18	3	1→8	
规律：随着原子序数的递增，元素原子的核外电子排布呈现周期性变化				

【温馨提示】元素原子核外电子排布的周期性变化



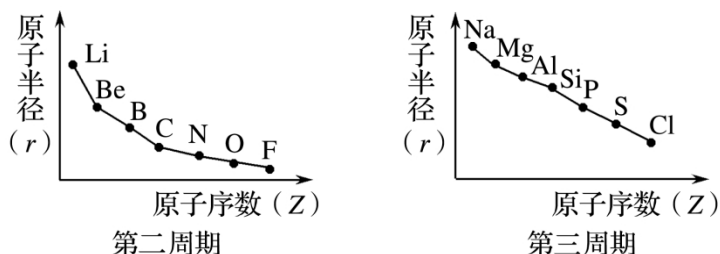
同周期随着原子序数的递增，元素原子的最外层电子排布呈现由 1 到 8 的周期性变化(第一周期除外)。

2.原子半径的变化规律(稀有气体除外)

周期序号	原子序数	原子半径(nm)	结论
第一周期	1→2		同周期由左向右元素的原子半径逐渐减小(不包括
第二周期	3→9	0.152→0.071 大→小	

第三周期	11→17	0.186→0.099 大→小	稀有气体)
规律：随着原子序数的递增，元素的原子半径呈现周期性变化			

【温馨提示】元素原子半径的周期性变化



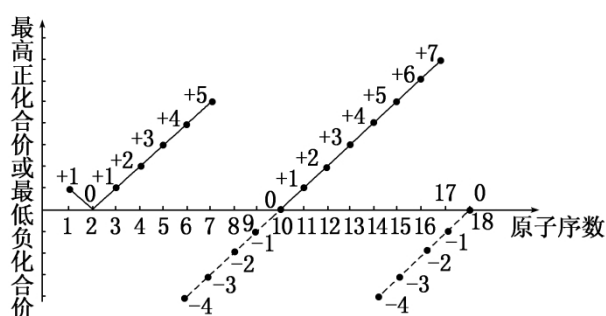
同周期随着原子序数的递增，元素的原子半径呈现由大到小的周期性变化。

3. 元素的主要化合价

周期序号	原子序数	主要化合价	结论
第一周期	1→2	+1→0	①同周期由左向右元素的最高正价逐渐升高(+1→+7, O 和 F 无最高正价); ②元素的最低负价由ⅣA 族的-4 价逐渐升高至ⅦA 族的-1 价; ③最高正价+ 最低负价 =8
第二周期	3→9	最高价+1→+5(不含 O、F) 最低价-4→-1	
规律: 随着原子序数的递增, 元素的主要化合价呈现周期性变化			

【温馨提示】元素化合价的周期性变化

以原子序数为 1~18 的元素为例，探究元素化合价的变化，图示如下：



随着原子序数的递增，元素的化合价呈周期性变化，即每周期：最高正价：+1→+7(F 无正价，O 无最高正价)，负价：-4→-1。

【归纳总结】

1. 主族元素主要化合价的确定方法

(1)最高正价=主族的序号=最外层电子数(O、F 除外)。

(2)最低负价=最高正价-8(H、O、F 除外)。

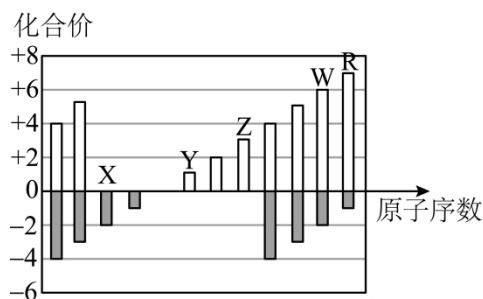
(3)H 最高价为+1，最低价为-1；O 最低价为-2；F 无正化合价，最低价为-1。

2. 氢化物及其最高价含氧酸的关系

	IVA	VA	VIA	VIIA
氢化物	RH_4	RH_3	H_2R	HR
最高价氧化物 对应的水化物	H_2RO_3 或 H_4RO_4	H_3RO_4 或 HRO_3	H_2RO_4	HRO_4

【即学即练】

1. 如图是部分 1~18 号元素化合价与原子序数的关系图，下列说法正确的是



- A. 原子半径: $Z > Y > X$
- B. 离子半径: $Z > Y > X$
- C. 元素 W 的最高价和最低价代数和为 4
- D. Y 和 Z 两者最高价氧化物对应的水化物不能相互反应

【答案】C

【分析】根据图示可知，1~18 号元素 X、Y、Z、W、R 原子序数依次增大，X 最低-2 价，没有正价，推断为 O 元素；Y 只有+1 价，推断为 Na 元素；Z 最高+3 价推断为 Al 元素；W 最高+6 价，最低-2 价，推断为 S 元素；R 最高+7 价，最低-1 价，推断为 Cl 元素。

【解析】同周期原子半径从左往右减小，同主族从上往下增大，故原子半径: $Na > Al > O$ ，即 $Y > Z > X$ ，A 错误；电子层数多的离子半径较大，相同电子层数的则核电荷数多的半径小，离子半径: $O^{2-} > Na^+ > Al^{3+}$ ，即 $X > Y > Z$ ，B 错误；据分析，元素 W 是 S，其最高价+6 价和最低价-2 价的代数和为 4，C 正确；据分析，Y 和 Z 两者最高价氧化物对应的水化物分别是 NaOH 和 $Al(OH)_3$ ，二者能相互反应: $NaOH + Al(OH)_3 = NaAlO_2 + 2H_2O$ ，D 错误；故选 C。

2. 几种短周期元素的原子半径及某些化合价见下表，下列说法正确的是

元素代号	A	B	C	D	E	F
------	---	---	---	---	---	---

化合价	-2	+4、-4	-1	+5、-3	+3	+1
原子半径/nm	0.074	0.077	0.099	0.110	0.143	0.186

- A. A 和 B 只能形成一种常见化合物
- B. D 元素的单质不存在同素异形体
- C. C 的氧化物对应水化物的酸性一定比 B 的强
- D. A、E 的简单离子半径由大到小的顺序是 A>E

【答案】D

【分析】几种短周期元素的原子半径及某些化合价如表，A 有-2 价，B 有-4、+4 价，B 处于 IVA 族，且 A 的原子半径与 B 相差不大，则 A 为 O，B 为 C；C 为-1 价，根据原子半径可知 C 是 Cl；D 有-3、+5 价，原子半径大于 Cl，则 D 是 P；E 有+3 价，F 有+1 价，原子半径均大于 P，所以 E 是 Al，F 是 Na。

【解析】A(O)和 B(C)能形成两种常见化合物，即一氧化碳和二氧化碳，A 错误；D 为 P 元素，磷的单质有红磷和白磷，存在同素异形体，B 错误；C(Cl)的氧化物对应水化物的酸性不一定比 B(C)的强，如 HClO 的酸性小于 H_2CO_3 ，C 错误；A、E 的简单离子分别是 O^{2-} 、 Al^{3+} ，离子核外电子排布相同，核电荷数越大离子半径越小，则离子半径大小顺序为： $A(O^{2-})>E(Al^{3+})$ ，D 正确；故选 D。

二、同周期元素金属性和非金属性的递变规律

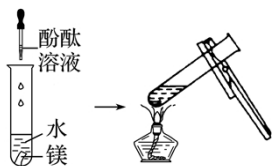
以第三周期元素为例探究元素性质的递变规律。

- 第三周期元素电子层数相同，由左向右元素的原子最外层电子数逐渐增加，原子半径依次减小，失电子的能力依次减弱，得电子的能力依次增强，预测它们的金属性依次减弱，非金属性依次增强。
- 钠、镁、铝元素金属性的递变规律

(1)钠、镁元素金属性强弱的实验探究

①原理：金属与水反应置换出 H_2 的难易。

②实验操作：



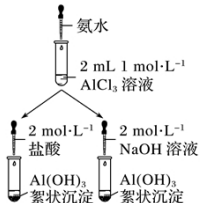
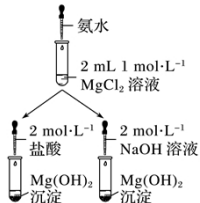
③现象：加热前，镁条表面附着了少量无色气泡，加热至沸腾后，有较多的无色气泡冒出，滴加酚酞溶液变为粉红色。

④结论：镁与冷水几乎不反应，能与热水反应，反应的化学方程式为 $Mg + 2H_2O \xrightarrow{\Delta} Mg(OH)_2 + H_2 \uparrow$

H₂↑。

结合前面所学钠与水的反应，可得出金属性：Na>Mg。

(2) 镁、铝元素金属性强弱的实验探究

	Al	Mg
原理	最高价氧化物对应水化物的碱性强弱	
实验操作		
沉淀溶解情况	沉淀逐渐溶解	沉淀逐渐溶解
相关反应的化学方程式	$\text{Al(OH)}_3 + 3\text{HCl} = \text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$	$\text{Al(OH)}_3 + \text{NaOH} = \text{NaAlO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
实验结论	金属性：Mg>Al	

(3) 钠、镁、铝的最高价氧化物对应水化物的碱性

	NaOH	Mg(OH) ₂	Al(OH) ₃
分类	强碱	中强碱(属于弱碱)	两性氢氧化物
碱性强弱	NaOH>Mg(OH) ₂ >Al(OH) ₃		
结论	金属性：Na>Mg>Al		

3. 硅、磷、硫、氯的非金属性的递变规律

	Si	P	S	Cl
最高价氧化物对应水化物的酸性	H ₂ SiO ₃ ：弱酸	H ₃ PO ₄ ：中强酸	H ₂ SO ₄ ：强酸	HClO ₄ ：强酸
结论	酸性：HClO ₄ >H ₂ SO ₄ >H ₃ PO ₄ >H ₂ SiO ₃ Si、P、S、Cl 的非金属性逐渐增强			

4. 元素周期律

(1) 内容：元素的性质随着原子序数的递增而呈周期性的变化。

(2) 实质：元素性质的周期性变化是原子的核外电子排布的周期性变化的必然结果。

【知识拓展】元素金属性、非金属性强弱的比较

1. 元素金属性强弱的判断规律

本质：原子越易失电子，则金属性就越强。

(1)根据元素周期表进行判断：

同一周期：从左到右，随着原子序数的递增，主族元素的金属性逐渐减弱。

同一主族：从上到下，随着原子序数的递增，元素的金属性逐渐增强。

(2)在金属活动性顺序中越靠前，金属性越强。如 Zn 排在 Cu 的前面，则金属性：Zn>Cu。

(3)根据金属单质与水或者与酸(非氧化性酸如盐酸、稀硫酸等)反应置换出氢气的难易(或反应的剧烈)程度。置换出氢气越容易，则金属性就越强。如 Zn 与盐酸反应比 Fe 与盐酸反应更易置换出氢气，则金属性：Zn>Fe。

(4)根据金属元素最高价氧化物对应水化物碱性的强弱。碱性越强，则对应元素的金属性就越强。如碱性 NaOH>Mg(OH)₂，则金属性：Na>Mg。

(5)一般情况下，金属单质的还原性越强，则元素的金属性就越强；对应金属阳离子的氧化性越强，则元素的金属性就越弱。如还原性 Na>Mg，则金属性：Na>Mg，氧化性：Na⁺<Mg²⁺。

(6)根据置换反应。如 $\text{Zn} + \text{Cu}^{2+} = \text{Zn}^{2+} + \text{Cu}$ ，则金属性：Zn>Cu。

【易错警示】

1. 一般来说，在氧化还原反应中，单质的氧化性越强(或离子的还原性越弱)，则元素的非金属性就越强；单质的还原性越强(或离子的氧化性越弱)，则元素的金属性就越强。故一般来说，元素的金属性和非金属性的强弱判断方法与单质的氧化性和还原性的强弱判断方法是相一致的。

2. 金属性强弱的比较，是比较原子失去电子的难易，而不是失去电子的多少。如 Na 易失去 1 个电子，而 Mg 易失去 2 个电子，但 Na 的金属性更强。

2. 元素非金属性强弱的判断规律

本质：原子越易得电子，则非金属性就越强。

(1)根据元素周期表进行判断：

同一周期：从左到右，随着原子序数的递增，主族元素的非金属性逐渐增强。

同一主族：从上到下，随着原子序数的递增，元素的非金属性逐渐减弱。

(2)非金属元素单质与 H₂ 化合的难易程度：化合越容易，非金属性越强。如 F₂ 与 H₂ 在黑暗中就可反应，Br₂ 与 H₂ 在加热条件下才能反应，则非金属性：F>Br。

(3)形成气态氢化物的稳定性：气态氢化物越稳定，元素的非金属性越强。如稳定性：HF>HCl，则非金属性：F>Cl。

(4)最高价氧化物对应水化物的酸性强弱：酸性越强，对应非金属元素的非金属性就越强。如酸性：

$\text{HClO}_4 > \text{HBrO}_4$ ，则非金属性： $\text{Cl} > \text{Br}$ 。

(5)一般情况下，非金属单质的氧化性越强，则元素的非金属性就越强；对应阴离子的还原性越强，则元素的非金属性就越弱。如氧化性 $\text{Cl}_2 > \text{Br}_2$ ，则非金属性： $\text{Cl} > \text{Br}$ 。

(6)根据置换反应。如 $\text{Cl}_2 + 2\text{Br}^- \rightleftharpoons 2\text{Cl}^- + \text{Br}_2$ ，则非金属性： $\text{Cl} > \text{Br}$ 。

(7)根据与同一种金属反应，生成化合物中金属元素的化合价的高低进行判断。例如： $\text{Cu} + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} \text{CuCl}_2$ ，

$2\text{Cu} + \text{S} \xrightarrow{\Delta} \text{Cu}_2\text{S}$ ，即得非金属性： $\text{Cl} > \text{S}$ 。

【易错警示】判断元素金属性和非金属性强弱的“五注意”

(1)注意不能用最外层电子数的多少判断，而应根据得失电子的难易程度。

(2)注意短周期中最高价氧化物的水化物呈强碱性的只有氢氧化钠，表现两性的是氢氧化铝。

(3)注意短周期中最高价氧化物的水化物呈强酸性的是硝酸、硫酸和高氯酸，氟元素无正价，无含氧酸。

(4)注意不能根据气态氢化物的酸性判断元素的非金属性强弱，可根据气态氢化物的稳定性或还原性判断。

(5)注意不仅金属间可发生置换反应，非金属间也可以，前者体现的是还原性强弱，而后者体现的是氧化性强弱。

【即学即练】

1. A、B 代表两种非金属元素，下列不能说明 A 的非金属性比 B 强的是

A. B 的简单阴离子(B^{2-})的还原性强于 A 的简单阴离子(A^-)的还原性

B. A 的含氧酸比 B 的含氧酸的酸性强

C. A 的单质 A_2 能将 B 的阴离子(B^{2-})氧化，并发生置换反应

D. A、B 的单质分别与 Fe 化合时，前者产物中 Fe 的化合价为+3，后者产物中 Fe 的化合价为+2

【答案】B

【解析】比较非金属元素的非金属性强弱，可根据单质之间的置换反应、对应最高价氧化物的水化物的酸性、阴离子的还原性、氢化物的稳定性等角度判断。元素的非金属性越强，对应的阴离子的还原性越弱，B 的阴离子(B^{2-})的还原性强于 A 的阴离子(A^-)，则非金属性： $\text{A} > \text{B}$ ，A 正确；元素的非金属性越强，对应的最高价含氧酸的酸性越强，A 的含氧酸比 B 的含氧酸的酸性强，但不一定是最高价含氧酸，不能判断 A 的非金属性比 B 强，B 错误；元素的非金属性越强，对应的单质的氧化性越强，A 的单质 A_2 能将 B 的阴离子(B^{2-})氧化，并发生置换反应，可说明非金属性： $\text{A} > \text{B}$ ，C 正确；A、B 的单质分别与 Fe 化合，产物中前者 Fe 为+3 价，后者 Fe 为+2 价，说明 A 得电子能力强，非金属性强，D 正确；故选 B。

2. 下列有关元素周期律的比较中正确的是

A. 金属性： $\text{K} > \text{Rb} > \text{Cs}$

B. 单质与氢气化合由易到难的顺序: $\text{Cl}_2 > \text{S} > \text{P}$

C. 简单氢化物的稳定性: $\text{PH}_3 > \text{H}_2\text{S} > \text{H}_2\text{O}$

D. 碱性强弱: $\text{LiOH} > \text{NaOH} > \text{KOH}$

【答案】B

【解析】同主族元素自上而下金属性逐渐增强，金属性: $\text{K} < \text{Rb} < \text{Cs}$ ，选项 A 错误；Cl、S、P 为同周期元素，根据元素周期律可知，非金属性: $\text{Cl} > \text{S} > \text{P}$ ，故其单质与氢气化合由易到难的顺序: $\text{Cl}_2 > \text{S} > \text{P}$ ，选项 B 正确；非金属性: $\text{O} > \text{S} > \text{P}$ ，所以简单氢化物的稳定性: $\text{H}_2\text{O} > \text{H}_2\text{S} > \text{PH}_3$ ，选项 C 错误；同主族自上而下金属性逐渐增强，最高价氧化物对应的水化物的碱性增强，所以碱性: $\text{LiOH} < \text{NaOH} < \text{KOH}$ ，选项 D 错误；故选 B。

【典例分析】

【例 1】几种短周期元素的原子半径及主要化合价如下表:

元素代号	X	Y	Z	M	R	Q
原子半径/nm	0.186	0.102	0.075	0.074	0.143	0.099
主要化合价	+1	+6 -2	+5 -3	-2	+3	+7 -1

已知 X 是短周期中最活泼的金属。下列叙述错误的是

A. 离子半径大小: $\text{Y}^{2-} > \text{Q}^- > \text{X}^+ > \text{R}^{3+}$

B. X、Z、R 的最高价氧化物对应水化物可两两反应

C. X 和 M 可形成阴、阳离子个数比均为 1: 2 的两种离子化合物

D. 将 YM_2 和 Q_2 按物质的量 1: 1 通入含少量 NaOH 的酚酞溶液，溶液不褪色

【答案】D

【分析】已知 X 是短周期中最活泼的金属，则 X 为 Na。同周期元素原子半径从左到右依次减小，同主族元素原子半径从上到下依次增大，则根据几种短周期元素的原子半径和主要化合价的数据可知，Y、M 分别为 S、O，Q 为 Cl(F 无正价)，Z 为 N，R 为 Al，据此结合元素周期律及元素化合物的性质分析解答。

【解析】一般电子层数越多半径越大，核外电子数相同时，核电荷数越大半径越小，故离子半径 $\text{S}^{2-} > \text{Cl}^- > \text{Na}^+ > \text{Al}^{3+}$ ，A 正确；X、Z、R 的最高价氧化物对应水化物分别为 NaOH、 HNO_3 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ ， $\text{Al}(\text{OH})_3$ 为

两性氢氧化物，既能与强酸反应又能遇见强碱反应，B 正确；Na 和 O 形成 Na_2O_2 和 Na_2O 两种离子化合物的阴、阳离子个数比均为 1：2，C 正确； SO_2 和 Cl_2 按物质的量 1：1 混合发生反应

$\text{SO}_2 + \text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{HCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$ ，通入 NaOH 溶液中，生成硫酸钠和氯化钠，溶液为中性，由红色变为无色，D 错误；故选 D。

【变式探究】下列有关原子结构和元素周期律的说法正确的个数是

- ①硒化氢比硫化氢稳定
- ②元素周期表中第一纵行的元素都是碱金属
- ③第 VIIA 族元素是同周期中非金属性最强的元素
- ④原子序数为 22 的元素位于元素周期表的第四周期第 IIB 族
- ⑤随着元素原子序数的递增，元素最高正价从+1 到+7，负价从-7 到-1 重复出现

A. 1 个 B. 2 个 C. 3 个 D. 4 个

【答案】A

【解析】①Se 与 S 是同主族元素，Se 在 S 的下方，非金属性 Se 小于 S，元素的非金属性越强，其氢化物越稳定，则硫化氢比硒化氢稳定，①错误；②氢元素也属于 IA 族元素，它不属于碱金属元素，②错误；③在周期表中，同一周期，从左到右元素非金属性逐渐增强，所以卤素是同周期中非金属性最强的元素，③正确；④原子序数为 22 的元素电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2 4s^2$ ，位于元素周期表的第四周期第 IVB 族，④错误；⑤第二周期元素中，O 不能表现+6 价、F 不能表现+7 价，而同周期元素最低化合价是从-4→-1 价，⑤错误；综合以上分析，只有③正确，故选 A。

【例 2】下列事实不能用元素周期律解释的是

- A. 碱性： $\text{CsOH} > \text{RbOH}$
- B. 酸性： $\text{HCl} > \text{H}_2\text{CO}_3$
- C. 还原性： $\text{S}^{2-} > \text{Cl}^-$
- D. 热稳定性： $\text{HF} > \text{HI}$

【答案】B

【解析】元素的金属性越强，最高价氧化物对应的水化物碱性越强，金属性 $\text{Cs} > \text{Rb}$ ，碱性 $\text{CsOH} > \text{RbOH}$ ，A 项正确；元素非金属性越强，最高价氧化物对应水化物酸性越强，HCl 不是最高价氧化物对应的水化物形成的酸，因此不可以用元素周期律解释，B 项错误；非金属性越强，则其形成的阴离子还原性越弱，非金属性 $\text{S} < \text{Cl}$ ，则还原性 $\text{S}^{2-} > \text{Cl}^-$ ，C 项正确；元素非金属性越强。其形成的简单氢化物热稳定性越强，非金属性 $\text{F} > \text{I}$ ，所以氟氢化物稳定性 $\text{HF} > \text{HI}$ ，D 项正确；故选 B。

【变式探究】下列事实不能用于比较元素金属性或非金属性强弱的是

- A. Na 比 Mg 与冷水反应剧烈，金属性 $\text{Na} > \text{Mg}$

B. F_2 比 Cl_2 更容易与 H_2 化合, 非金属性 $F > Cl$

C. KOH 的碱性强于 NaOH, 金属性 $K > Na$

D. 盐酸的酸性强于 H_2CO_3 , 非金属性 $Cl > C$

【答案】D

【解析】依据元素周期律, 金属与水反应越剧烈, 失电子能力越强, 金属性越强, Na 比 Mg 与冷水反应剧烈, 则金属性 $Na > Mg$, A 不符合题意; 非金属性越强, 非金属单质与氢气化合越剧烈, F_2 比 Cl_2 更容易与 H_2 化合, 所以非金属性 $F > Cl$, B 不符合题意; 金属性越强, 其最高价氧化物的水化物的碱性越强, KOH 的碱性强于 NaOH, 所以金属性 $K > Na$, C 不符合题意; 非金属性越强, 最高价氧化物的水化物的酸性越强, 虽然盐酸的酸性强于 H_2CO_3 , 但盐酸是无氧酸, 所以不能得出结论: 非金属性 $Cl > C$, D 符合题意; 故选 D。

【例 3】X、Y、Z、W 均为短周期主族元素, 原子序数依次增大。X 与 Z 位于同一主族, Z 的核外电子数是 X 的 2 倍, Y、Z、W 原子的最外层电子数之和等于 Z 的核外电子数。下列说法正确的是

A. 原子半径由小到大的顺序为 $X < Y < Z < W$

B. Z 的最高价氧化物对应的水化物为弱酸

C. Y 单质在一定条件下可以与氧化铁发生置换反应

D. W 的非金属性弱于 Z

【答案】C

【分析】X、Y、Z、W 均为短周期主族元素, 原子序数依次增大。X 与 Z 位于同一主族, Z 的核外电子数是 X 的 2 倍, 推断 X 是 O 元素, Z 是 S 元素; Y、Z、W 原子的最外层电子数之和等于 Z 的核外电子数, 设 Y、W 的原子最外层电子数为 y、w, 则有 $y + 6 + w = 16$, Z、W 均为短周期主族元素, 原子序数依次增大, Z 是 S, 则 W 是 Cl, 即 $w = 7$, 则 $y = 3$, 则 Y 为 Al 元素。故 X、Y、Z、W 分别是 O、Al、S、Cl。

【解析】同周期元素原子半径从左往右减小, 同族元素从上往下增大, 故原子半径由小到大的顺序为 $O < Cl < S < Al$, 即 $X < W < Z < Y$, A 错误; 据分析, Z 是 S 元素, 其最高价氧化物对应的水化物是 H_2SO_4 , 为弱酸, B 错误; Y 单质是 Al, 在一定条件下可以与氧化铁发生置换反应, 是铝热反应, 反应方程式:

$2Al + Fe_2O_3 \xrightarrow{\text{高温}} Al_2O_3 + 2Fe$, C 正确; 据分析, W 和 Z 分别是 Cl 和 S, 同周期元素非金属性从左往右增强, 故 Cl 的非金属性强于 S, D 错误; 故选 C。

【变式探究】已知短周期主族元素 X、Y、Z、W 的原子序数依次增大, Y 在周期表中的周期数等于其族的序数, 其在周期表的相对位置如下图所示。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/158113061142006113>