

高考解决方案

物质结构





物质结构

◎ 高考怎么考

1. 了解元素、核素和同位素的含义
2. 依据原子构成了解原子序数、核电荷数、质子数、核外电子数的彼此关系和质子数、中子数和质量数之间的相互关系
3. 了解原子核外电子排布



自检自查必考点

一、原子

原子 ${}^A_Z X_n^m$ 代表的含义

X: 该元素的元素符号; Z: 该原子的原子核内质子数;

A: 该原子的质量数; b: 微粒个数; n: 微粒所带的电荷数

质量数=质子数+中子数

二、核素

1. 元素: 具有相同核电荷数的同一类原子的总称
2. 核素: 具有一定数目的质子和一定数目的中子的一种原子, 叫做一种核素。也就是说, 每一种原子即为一种核素, 如 ${}^1_1\text{H}$ 、 ${}^2_1\text{H}$ 、 ${}^{12}_6\text{C}$ 、 ${}^{13}_6\text{C}$ 等各称为一种核素。
3. 同位素: 质子数相同而中子数不同的同一元素的不同原子互称同位素。

【拓展】

- 1) 只有同一种元素的不同核素之间才能互称同位素。即同位素的质子数必定相同, 而中子数一定不同, 质量数也不同。
- 2) 由于一种元素往往有多种同位素, 因此同位素的种数要多于元素的种数。
- 3) 同位素的特性: ①物理性质不同(质量数不同), 化学性质相同; ②在天然存在的某种元素里, 不论是游离态还是化合态, 各种同位素所占的原子个数的百分比是不变的。
- 4) 氢元素的三种同位素: 氕 ${}^1_1\text{H}$ (特例: 该原子中不含中子)、氘 ${}^2_1\text{H}$ (或 D)、氚 ${}^3_1\text{H}$ (或 T)。
- 5) 重要同位素的用途: ${}^2_1\text{H}$ 、 ${}^3_1\text{H}$ 为制造氢弹的材料; ${}^{235}_{92}\text{U}$ 为制造原子弹的材料和核反应堆燃料。

【拓展】

10 电子微粒: NH_3 , H_2O , HF , OH^- , H_3O^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Al^{3+} , NH_4^+ , F^- , O^{2-} , N^{3-}

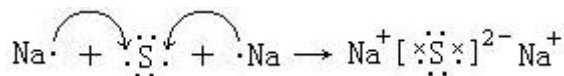
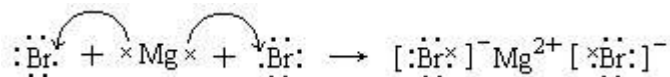
18 电子微粒: H_2O_2 , H_2S , HCl , CH_3OH , C_2H_6 , CH_3F , PH_3 , Cl^- , S^{2-} , P^{3-} , O_2^{2-} , K^+ , Ca^{2+}

三、化学键

1. 化学键：使离子结合或原子结合的作用力
 - 1) 化学键只存在于分子内直接相邻的原子之间，存在于分子之间的作用不属于化学键。
 - 2) 离子键、共价键都属于化学键。
 - 3) 化学反应的过程，本质上就是旧化学键的断裂和新化学键的形成过程。
2. 离子键：使阴、阳离子结合而成的静电作用
 - 1) 阴、阳离子间的静电作用包括静电排斥作用和吸引作用两个方面。
 - 2) 阴、阳离子通过静电作用所形成的化合物，叫做离子化合物。
 - 3) 形成条件：活泼金属（IA 族、IIA 族）与活泼非金属（VIA 族、VIIA 族）
 - 4) 存在：离子化合物中
3. 共价键：原子间通过共用电子对所形成的相互作用。由共价键形成的化合物叫做共价化合物。
 - 1) 形成共价键的条件：原子中有未成对电子(即原子最外层电子未达 8 电子结构，其中 H 原子最外层未达 2 电子结构)。各种非金属元素原子均可以形成共价键，但稀有气体元素原子因已达 8 电子(He 为 2 电子)稳定结构，故不能形成共价键。
 - 2) 形成条件：同种或不同种非金属原子
 - 3) 分类：非极性共价键：两个相同的非金属原子间形成的共价键
极性共价键：两个不相同的非金属原子间形成的共价键
 - 4) 存在：非金属单质（稀有气体除外）、共价化合物、离子化合物

四、电子式的书写

1. 原子的电子式：将原子的所有最外层电子数在元素符号的周围标出。例如：
氢原子($\text{H}\cdot$)、镁原子($\cdot\text{Mg}\cdot$)、碳原子($\cdot\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\text{C}}}\cdot$)、氮原子($\cdot\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\text{N}}}\cdot$)、氩原子($:\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{Ar}}}:$)。
2. 离子的电子式：
 - 1) 阴离子：在书写阴离子的电子式时，须在阴离子符号的周围标出其最外层的 8 个电子(H^- 为 2 个电子)，外加方括号，再在括号外的右上角注明阴离子所带的电荷数。例如 S^{2-} 的电子式为 $[\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{S}}}]^{2-}$ ， OH^- 的电子式为 $[\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{O}}}\text{:H}]^-$ 。
 - 2) 阳离子：对于简单阳离子，其电子式即为阳离子符号，如钠离子 Na^+ 、镁离子 Mg^{2+} 等。对于带正电荷的原子团，书写方法与阴离子类似，区别在于方括号右上角标上阳离子所带的正电荷数。如 NH_4^+ 电子式为 $[\text{H}:\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{N}}}\text{:H}]^+$
3. 离子化合物电子式：在书写离子化合物的电子式时，每个离子都要分开写。如 CaCl_2 的电子式应为 $[\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{Cl}}}]^- \text{Ca}^{2+} [\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{Cl}}}]^-$ 。
4. 用电子式表示离子化合物的形成过程：先在左边写出构成该离子化合物的元素原子的电子式，标上“ \curvearrowright ”，再在右边写出离子化合物的电子式。例如，用电子式表示 MgBr_2 、 Na_2S 的形成过程：



【注意】含有离子键的物质：①周期表中ⅠA、ⅡA族元素分别与ⅥA、ⅦA族元素形成的盐；

②ⅠA、ⅡA族元素的氧化物；

③盐，如 NH_4Cl 、 NH_4NO_3 等；

④强碱，如 NaOH 、 KOH 等。

5. 共价键形成的表示方法：

用电子式表示。例如，用电子式表示 HCl 分子的形成过程： $\text{H} \times + \cdot \ddot{\text{Cl}}: \rightarrow \text{H} \times \ddot{\text{Cl}}:$

1) 书写由原子构成的单质分子或共价化合物的电子式时，必须使分子中每个原子都要达到8电子结构

(H原子为2电子结构)。例如， HCl 分子的电子式为 $\text{H} \times \ddot{\text{Cl}}:$ 。

2) 由原子构成的分子与由阴、阳离子构成的离子化合物的区别。如： HCl 、 NaCl

【思考】1、写出 Br_2 、 H_2O 、 NH_3 、 CO_2 、 HClO 、 N_2 的电子式

2、用结构式表示。用短线(一根短线表示一对共用电子对)将分子中各原子连接，以表示分子中所含原子的排列顺序和结合方式。如 $\text{H}-\text{Cl}$ 、 $\text{N}=\text{N}$ 、 $\text{O}=\text{C}=\text{O}$ 等。

五、分子间作用力和氢键

1. 分子间作用力：分子之间存在着的把分子聚集在一起的作用力。

1) 分子间作用力又叫范德华力；

2) 分子间作用力要比化学键弱得多；

3) 化学键的强弱影响着物质的化学性质；分子间作用力的大小对由分子构成的物质的物理性质如熔点、沸点、溶解度等有影响。

4) 变化规律：一般对于组成和结构相似的物质，相对分子质量越大，分子间作用力越大，物质的熔沸点越高。

2. 氢键：是一种比化学键弱比分子间作用力强的力的作用

1) 氢键不是化学键

2) 通常N、O、F这三种元素的氢化物易形成氢键，常见的化合物有： H_2O 、 HF 、 NH_3 、 CH_3OH 等。

3) 分子间形成的氢键会使物质的熔沸点升高

例题精讲

【例 1】“玉兔”号月球车用 $^{238}_{94}\text{Pu}$ 作为热源材料。下列关于 $^{238}_{94}\text{Pu}$ 的说法正确的是

- A. $^{238}_{94}\text{Pu}$ 与 $^{238}_{92}\text{U}$ 互为同位素
 B. $^{238}_{94}\text{Pu}$ 与 $^{239}_{94}\text{Pu}$ 互为同素异形体
 C. $^{238}_{94}\text{Pu}$ 与 $^{238}_{92}\text{U}$ 具有完全相同的化学性质
 D. $^{238}_{94}\text{Pu}$ 与 $^{239}_{94}\text{Pu}$ 具有相同的最外层电子数

【来源】2014 上海卷

【答案】D

【例 2】下列化学用语或名称表述不正确的是

- A. 葡萄糖的分子式: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
 B. HCl 的电子式: $\text{H}^+[:\ddot{\text{Cl}}:]^-$
 C. $\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$ 的名称: 2-甲基丙烷
 D. 含有 10 个中子的氧原子可表示为: $^{18}_8\text{O}$

【来源】2014 西城期末

【答案】B

【例 3】下列化学表达方式不正确的是

- A. 中子数为 20 的氯原子: ^{37}Cl
 B. S^{2-} 的结构示意图: $\text{(+16)} \begin{array}{c} \text{2} \\ \text{8} \\ \text{8} \end{array}$
 C. CCl_4 的电子式: $\begin{array}{c} \text{Cl} \\ \vdots \\ \text{Cl} : \text{C} : \text{Cl} \\ \vdots \\ \text{Cl} \end{array}$
 D. 2-甲基丁烷的结构简式: $\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$

【来源】2014 房山期末

【答案】C

【例 4】重水(D_2O)是重要的核工业原料, 下列说法错误的是

- A. 氘(D)原子核外有 1 个电子
 B. H 与 D 互称同位素
 C. H_2O 与 D_2O 互称同素异形体
 D. H_2^{18}O 与 D_2^{16}O 的相对分子质量相同

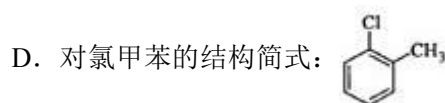
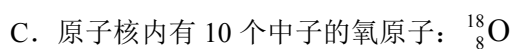
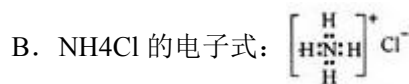
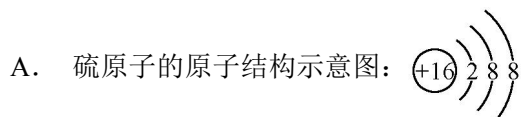
【答案】C

【例 5】下列变化需克服相同类型作用力的是

- A. 碘和干冰的升华
 B. 硅和 C_{60} 的熔化
 C. 氯化氢和氯化钾的溶解
 D. 溴和汞的气化

【答案】A

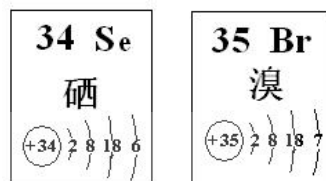
【例 6】下列有关化学用语使用正确的是



【答案】C

【例 7】Se、Br 两种元素的部分信息如右图所示，下列说法正确的是

- A. 原子半径: $\text{Br} > \text{Se} > \text{P}$
 B. 还原性: $\text{S}^{2-} > \text{Se}^{2-} > \text{Br}^-$
 C. SeO_2 既有氧化性又有还原性
 D. 在 Se_2Br_2 分子中只含有极性键



【答案】C

【例 8】化合物 X_2Y 由短周期元素 X 和 Y 组成。下列说法一定正确的是

- A. X 的原子半径大于 Y
 B. 若 X 为 I A 族元素，则该化合物中含离子键
 C. 若 X_2Y 的焰色为黄色，则它的电子式是 $\text{X}^+[:\ddot{\text{Y}}:]^{2-}\text{X}^+$
 D. 若每个 X_2Y 分子中含有 10 个电子，则 Y 是第 3 周期元素

【答案】C

【例 9】短周期元素 W、X、Y、Z 的原子序数依次增大，其中 W 的阴离子的核外电子数与 X、Y、Z 原子的核外内层电子数相同。X 的一种核素在考古时常用来鉴定一些文物的年代，工业上采用液态空气分馏方法来生产 Y 的单质，而 Z 不能形成双原子分子。根据以上叙述，下列说法中正确的是

- A. 上述四种元素的原子半径大小为 $\text{W} < \text{X} < \text{Y} < \text{Z}$
 B. W、X、Y、Z 原子的核外最外层电子数的总和为 20
 C. W 与 Y 可形成既含极性共价键又含非极性共价键的化合物
 D. 由 W 与 X 组成的化合物的沸点总低于由 W 与 Y 组成的化合物的沸点

【答案】C

【例 10】已知 W、X、Y、Z 为短周期元素，W、Z 同主族，X、Y、Z 同周期，W 的气态氢化物的稳定性大于 Z 的气态氢化物稳定性，X、Y 为金属元素，X 的阳离子的氧化性小于 Y 的阳离子的氧化性，下列说法正确的是

- A. X、Y、Z、W 的原子半径依次减小
 B. W 与 X 形成的化合物中只含离子键
 C. W 的气态氢化物的沸点一定高于 Z 的气态氢化物的沸点
 D. 若 W 与 Y 的原子序数相差 5，则二者形成化合物的化学式一定为 Y_2W_3

【答案】A

【例 11】短周期元素 X、Y、Z、W 的原子序数依次增大，且原子最外层电子数之和为 13。X 的原子半径比 Y 的小，X 与 W 同主族，Z 是地壳中含量最高的元素。下列说法正确的是

- A. 原子半径的大小顺序: $r(Y) > r(Z) > r(W)$
- B. 元素 Z、W 的简单离子的电子层结构不同
- C. 元素 Y 的简单气态氢化物的热稳定性比 Z 的强
- D. 只含 X、Y、Z 三种元素的化合物, 可能是离子化合物, 也可能是共价化合物

【答案】D

【例 12】 短周期元素 X、Y、Z、W、Q 在元素周期表的位置如表所示, 其中 X 元素的原子内层电子数是最外层电子数的一半, 则下列说法正确的是

- A. 钠与 W 可能形成 Na_2W_2 化合物
- B. 由 Z 与 Y 组成的物质在熔融时能导电
- C. W 得电子能力比 Q 强
- D. X 有多种同素异形体, 而 Y 不存在同素异形体

【答案】A

【例 13】 W、X、Y、Z 均为短周期元素, W 的最外层电子数与核外电子总数之比为 7:17; X 与 W 同主族; Y 的原子序数是 W 和 X 的原子序数之和的一半; 含 Z 元素的物质焰色反映为黄色。下列判断正确的是

- A. 金属性: $Y > Z$
- B. 氢化物的沸点: $X > W$
- C. 离子的还原性: $X > W$
- D. 原子及离子半径: $Z > Y > X$

【答案】B

【例 14】 甲、乙、丙、丁 4 中物质分别含 2 种或 3 种元素, 它们的分子中各含 18 个电子。甲是气态氢化物, 在水中分步电离出两种阴离子。下列推断合理的是

- A. 某酸溶液含甲电离出的阴离子, 则该溶液显碱性, 只能与酸反应
- B. 乙与氧气的摩尔质量相同, 则乙一定含有极性键和非极性键
- C. 丙中含有 2 周期 IVA 族的元素, 则丙一定是甲烷的同系物
- D. 丁和甲中各元素质量比相同, 则丁中一定含有-1 价的元素

【答案】D

【例 15】 氨气在工农业生产中有重要应用。

①氮气用于工业合成氨, 写出氮气的电子式_____:

② NH_3 的稳定性比 PH_3 _____ (填写“强”或“弱”)。

【来源】2014 海淀期末

【答案】①: $N::N:$ ② 强

【例 16】 铁在周期表中的位置是_____

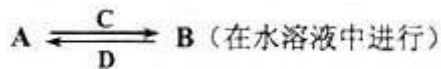
【来源】2014 东城期末

【答案】第四周期, 第 VIII 族

【例 17】 X、Y、Z、Q、R 是五种短周期元素，原子序数依次增大。X、Y 两元素最高正价与最低负价之和均为 0；Q 与 X 同主族；Z、R 分别是地壳中含量最高的非金属元素和金属元素。

请回答下列问题：

- (1) 五种元素原子半径由大到小的顺序是（写元素符号）_____。
- (2) X 与 Y 能形成多种化合物，其中既含极性键又含非极性键，且相对分子质量最小的物质（写分子式）_____。
- (3) 由以上某些元素组成的化合物 A、B、C、D 有如下转化关系



其中 C 是溶于水显酸性的气体；D 是淡黄色固体。

写出 C 的结构式_____；D 的电子式_____。

- ①如果 A、B 均由三种元素组成，B 为两性不溶物，则 A 的化学式为_____。
- ②由 A 转化为 B 的离子方程式_____。
- ③如果 A 由三种元素组成，B 由四种元素组成，A、B 溶液均显碱性。用离子方程式表示 A 溶液显碱性的原因_____。A、B 浓度均为 0.1mol/L 的混合溶液中，离子浓度由大到小的顺序是_____；常温下，在该溶液中滴加稀盐酸至中性时，溶质的主要成分有_____。

【答案】 (1) $\text{Na} > \text{Al} > \text{C} > \text{O} > \text{H}$ ； (2) C_2H_2 ；



- ① NaAlO_2 ；
- ② $\text{AlO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{HCO}_3^-$ 或 $2\text{AlO}_2^- + 3\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = 2\text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{CO}_3^{2-}$
- ③ $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$ ； $c(\text{Na}^+) > c(\text{HCO}_3^-) > c(\text{CO}_3^{2-}) > c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$ ；
 NaHCO_3 、 NaCl 、 CO_2 （或 H_2CO_3 ）

【例 18】 I：A、B、C、D、E 为短周期元素形成的五种离子，A、B、C、D 四种离子的电子数均比 E 的电子数少 8。

- (1) A 与 B 结合成的化合物甲中既有离子键又有共价键，A 与 C 结合成的化合物乙难溶于水，乙溶于甲的水溶液得无色透明溶液，C 元素在周期表中的位置为_____，乙与甲的水溶液反应的离子方程式为_____。
- (2) B 与 E 结合成化合物丙，其中离子数之比为 2:1，A 与 D 结合成化合物丁，丁与丙反应产生无色无味的气体，则丙的电子式：_____，D 的离子符号为：_____。
- (3) 有一种液态氮氢化合物戊，戊分子与 E 的电子数相同，是“神舟七号”飞船发射时使用的高能燃料之一，结构分析发现该分子结构中只有单键，则戊的结构式为：_____。

II：某溶液仅含下表离子中的 5 种（不考虑水的电离及离子的水解）且各种离子物质的量均为 0.2mol。

阳离子	Na^+ Mg^{2+} Fe^{3+} Al^{3+} Fe^{2+}
阴离子	OH^- CO_3^{2-} Cl^- NO_3^- SO_4^{2-}

- ① 若向溶液中加入 KSCN 溶液无明显变化；
- ② 若向原溶液中加入稀盐酸，有无色气体生成，该无色气体遇空气变成红棕色，且溶液中阴离子

种类不变, 请判断:

- (1) 原溶液中含有的阳离子是: _____;
- (2) 向原溶液中加入足量稀盐酸发生反应的离子方程式: _____;
- (3) 若向原溶液中加入足量的 NaOH 溶液, 充分反应后过滤, 洗涤, 在空气中灼烧至恒重, 得到固体的质量为: _____g。

【来源】2012 年北大附高三统练

【解析】I: 题干中可以猜测前四种离子为 10 电子微粒, E 为 18 电子微粒, 而 (3) 可以验证这一猜测。根据 (1) 中甲乙出现的 A 离子定位其为 OH^- , 顺次推出 B 为, C 为 Al^{3+} 。E 为 18 电子且有无色气体放出, 可以猜测其为 O_2^{2-} , 也符合与 Na^+ 的离子数为 2:1 的比例。

【答案】I: (1) 第三周期 III A 族; $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{OH}^- = \text{AlO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O}$



II: (1) Fe^{2+} 、 Mg^{2+} (2) $4\text{H}^+ + \text{NO}_3^- + 3\text{Fe}^{2+} = 3\text{Fe}^{3+} + \text{NO} \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

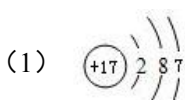
(3) 24

【例 19】海洋是一个巨大的化学资源宝库, 从海水中可制取氯、溴、碘及其化工产品。

- (1) 氯的原子结构示意图是_____。
- (2) 碘在元素周期表中的位置是_____。
- (3) 向浓缩的海水中通入 Cl_2 , 可将 Br^- 转化为 Br_2 。该反应的离子方程式是_____。
- (4) 用热空气将上述过程中产生的 Br_2 吹出, 并用浓 Na_2CO_3 溶液吸收, 生成 NaBr 、 NaBrO_3 等; 再将混合溶液用稀硫酸酸化得到 Br_2 , 得到 Br_2 的离子方程式是_____。

【来源】2014 西城期末

【答案】



(2) 第五周期 VIIA 族

(3) $2\text{Br}^- + \text{Cl}_2 = \text{Br}_2 + 2\text{Cl}^-$

(4) $5\text{Br}^- + \text{BrO}_3^- + 6\text{H}^+ = 3\text{Br}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$