

## 第一章 物质及其变化

### 第一节 物质的分类及转化

#### 限时小练 01 物质的分类

1. C 煤是由有机物和无机物组成的复杂的混合物, A 不符合题意;生铁是由铁和碳等组成的一种合金,是混合物, B 不符合题意;蒸馏水是纯净物, C 符合题意;矿泉水中除含有水外,还含有多种矿物质,是混合物, D 不符合题意。

2. C 由图可知,“纳米药物分子运输车”的直径为 200 nm,而胶体分散质粒子的直径为 1~100 nm,所得到的分散系不属于胶体, C 错误。

3. D “云”属于气溶胶,所以霞光透过云层能产生丁达尔效应。故选 D。

4. C  $H_2O$  呈中性,既不是酸性氧化物,也不是碱性氧化物, A 错误;CO 既不能与酸反应,也不能与碱反应,属于不成盐氧化物, B 错误; $Mg(OH)Cl$  为碱式盐,属于盐类, D 错误。

5. D 对同一类事物按照某些属性进行分类的方法是树状分类法, A 正确;根据物质不同的分类标准,对同一事物进行多种分类的方法是交叉分类法, B 正确;碱性氧化物一定是金属氧化物,金属氧化物不一定是碱性氧化物,如  $Mn_2O_7$ , C 正确;非金属氧化物不一定是酸性氧化物,如 NO, D 错误。

6. C 因整个大圆圈表示纯净物,由图中②③④⑤的包含关系可知,②是化合物,①是单质;氧化物和碱中均含氧元素,所以⑤是含氧化合物。综上所述, C 正确。

7. A 液氯是  $Cl_2$  的液态形式,属于纯净物,  $CO_2$  和碱反应只生成一种盐和水,属于酸性氧化物,  $CaO$  和酸反应只生成一种盐和水,属于碱性氧化物,  $NH_3 \cdot H_2O$  是一元弱碱,小苏打  $NaHCO_3$  属于盐, A 正确;新鲜空气属于混合物, B 错误;有色玻璃属于混合物, C 错误;CO 不能与碱反应,属于不成盐氧化物,纯碱  $Na_2CO_3$  属于盐, D 错误。

8. A 碳量子点中含有 N、O 等杂原子,不属于单质, A 错误;果蔬厨余物的主要成分是有机物,含 C、H、O 等元素, B 正确;香蕉皮等果蔬厨余物经过处理后,所得滤液中含有碳量子点,碳量子点的直径小于 10 nm,则所得滤液为胶体,可产生丁达尔效应, C 正确;制备过程中,榨汁、研磨时发生了物理变化,微波炉内 220 °C 烤 1 h 时发生了化学变化, D 正确。

9. A 分散质“钴酞菁”分子的直径( $1.3 \times 10^{-9}$  m)介于

1~100 nm 之间,在水中形成的分散系是胶体, A 错误。

10. D 雾是小液滴悬浮在空气中形成的分散系,属于胶体,分散剂是空气, A 错误;胶体是一种均匀、稳定的分散系,静置后不易产生沉淀, B 错误;向  $FeCl_3$  饱和溶液中滴加过量氨水生成  $Fe(OH)_3$  沉淀,不能制得  $Fe(OH)_3$  胶体, C 错误;黑暗的电影院中,放映口发出的光会在影院中形成光柱是胶体的丁达尔效应,与胶体有关, D 正确。

11. B 对物质进行分类,最重要的是看分类的标准是什么,标准单一称为树状分类法,标准多样,称为交叉分类法。注意本题中  $HNO_3$  用了化学式,即指明了该物质为纯净物,不是  $HNO_3$  溶液。①  $HNO_3$  电离出的阳离子全部是  $H^+$ ,故  $HNO_3$  属于酸;②氢化物要求组成元素为 2 种,而  $HNO_3$  的组成元素为 3 种;③氧化物要求组成元素为 2 种,而  $HNO_3$  的组成元素为 3 种;④  $HNO_3$  属于酸,且其组成元素中有 O 元素,故  $HNO_3$  属于含氧酸;⑤  $HNO_3$  易挥发,属于挥发性酸;⑥  $HNO_3$  为强氧化性酸,通常由  $NO_3^-$  来表现其强氧化性;⑦每个  $HNO_3$  分子最多能电离出一个  $H^+$ ,故  $HNO_3$  属于一元酸;⑧  $HNO_3$  为纯净物,且组成元素不止一种,故  $HNO_3$  属于化合物;⑨  $HNO_3$  属于纯净物。综上所述,①④⑥⑦⑧符合题意,故选 B。

12. C 同种元素形成的几种性质不同的单质互为同素异形体,CO 与  $CO_2$  为化合物,故不互为同素异形体, A 错误;盐是由金属离子(或  $NH_4^+$ )与酸根离子形成的化合物,而 AlN 没有酸根离子,故 AlN 不属于盐类, B 错误;将吸氮反应与释氮反应的方程式相加可得总反应的化学方程式,其中  $Al_2O_3$  为催化剂, AlN 为中间产物,故整个过程的总反应为  $3C + N_2 + 3H_2O \xrightarrow[\text{太阳能}]{Al_2O_3} 2NH_3 + 3CO$ , C 正确;CO 属于不成盐氧化物, D 错误。

13. (1) +2 盐 (2) c (3) C (4) Fe HCl  $CO_2$   $Ca(OH)_2$   $Na_2CO_3$

【解析】(1)  $Fe(CrO_2)_2$  中铬元素为 +3 价,根据化合物中各元素化合价的代数和为 0 可知,铁元素为 +2 价;  $CrO_2^-$  是一种酸根离子,则  $Fe(CrO_2)_2$  是由金属离子和酸根离子构成的化合物,属于盐。

(2) 明胶的水溶液属于胶体,  $K_2SO_4$  溶液属于溶液。溶液具有稳定性,胶体也较稳定, a 不符合题意;胶体能产生

丁达尔效应,溶液不能产生丁达尔效应,b不符合题意;胶体和溶液的分散质粒子均可以通过滤纸,c符合题意。

(3) 胶体的分散质不能透过半透膜,但水分子等小分子或离子能透过半透膜,当明胶中混有溶液时,可用渗析法提纯,故选C。

(4) 由图可知,单质①能与酸②发生化学反应,9种物质中,属于单质且能与酸反应的只有铁片,则①为铁片,②为稀盐酸;只有熟石灰属于碱,则④为熟石灰,其化学式为 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ;氧化物③能与 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 反应,则③为二氧化碳;⑤属于盐,且既能与稀盐酸反应,又能与 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 反应,则⑤为纯碱,其化学式为 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 。

### 限时小练 02 物质的转化

1. A 铁生锈的总反应为  $4\text{Fe} + 3\text{O}_2 + x\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ,该反应是由多种物质反应生成一种产物,故该反应属于化合反应,A正确。

2. B 如反应  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{O} \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ,虽然生成了盐和水,但不是中和反应,A错误;反应  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{CO} \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2$  中生成了一种单质和一种化合物,但该反应不是置换反应,C错误; $\text{Cu}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\Delta} \text{CuO} + \text{H}_2\text{O}$  是分解反应,但没有单质生成,D错误。

3. C 该流程中发生的化学反应依次是  $\text{CaCO}_3 \xrightarrow{\text{高温}} \text{CaO} + \text{CO}_2 \uparrow$  (分解反应)、 $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$  (化合反应)、 $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{K}_2\text{CO}_3 \longrightarrow \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{KOH}$  (复分解反应),不涉及置换反应。故选C。

4. A 若①是 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 与盐酸反应生成 $\text{NaCl}$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CO}_2$ , $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 与 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 反应生成 $\text{CaCO}_3$ 沉淀和 $\text{NaOH}$ ,若②是 $\text{SO}_2$ , $\text{SO}_2$ 与 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 反应生成 $\text{CaSO}_3$ 沉淀和 $\text{H}_2\text{O}$ ,若③是 $\text{K}_2\text{CO}_3$ , $\text{K}_2\text{CO}_3$ 与 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 反应生成 $\text{CaCO}_3$ 沉淀和 $\text{KOH}$ ,可实现各物质间的转化,A符合题意;若③是 $\text{BaCl}_2$ , $\text{BaCl}_2$ 与 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 不反应,不能实现物质之间的转化关系,B不符合题意;若①是碱性氧化物 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,②是不成盐氧化物 $\text{CO}$ , $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CO}$ 和 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 均与 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 不发生反应,不能实现物质之间的转化关系,C不符合题意;若①是 $\text{CaCO}_3$ , $\text{CaCO}_3$ 与 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 不反应,不能实现物质之间的转化关系,D不符合题意。

5. C 根据题意可知,应填入的物质既能与 $\text{NaOH}$ 溶液反应,又能与C反应,但不能与Fe、稀盐酸反应,则只有 $\text{CO}_2$ 符合题意,故选C。

6. B 题述五种物质中,每两种物质发生反应生成 $\text{ZnCl}_2$ 的组合有: $\text{Zn} + 2\text{HCl} \longrightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2 \uparrow$ 、 $\text{ZnO} + 2\text{HCl} \longrightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{ZnCO}_3 + 2\text{HCl} \longrightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ ,共3种组合,故选B。

7. D  $\text{CuCl}_2 + \text{Fe} \longrightarrow \text{Cu} + \text{FeCl}_2$ ,A不符合题意; $\text{CuSO}_4 + \text{Fe} \longrightarrow \text{Cu} + \text{FeSO}_4$ ,B不符合题意; $\text{Na}_2\text{CO}_3 +$

$\text{Ca}(\text{OH})_2 \longrightarrow \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{NaOH}$ ,C不符合题意;高温煅烧 $\text{CaCO}_3$ 得到 $\text{CaO}$ , $\text{CaO}$ 与水反应生成 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , $\text{CaCO}_3 \longrightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$ 不能通过一步反应实现,D符合题意。

8. C  $\text{O}_2$ 不与稀硫酸反应,A不符合题意;盐酸不与 $\text{CuSO}_4$ 反应,Mg不与 $\text{NaOH}$ 反应,B不符合题意; $\text{KOH}$ 与 $\text{SO}_2$ 反应生成 $\text{K}_2\text{SO}_3$ 和 $\text{H}_2\text{O}$ , $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 与 $\text{SO}_2$ 反应生成 $\text{BaSO}_3$ 沉淀和 $\text{H}_2\text{O}$ , $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 与 $\text{CuSO}_4$ 发生复分解反应生成 $\text{BaSO}_4$ 沉淀和 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 沉淀, $\text{CuSO}_4$ 与 $\text{KOH}$ 反应生成 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 沉淀和 $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,C符合题意;盐酸不与 $\text{CaCl}_2$ 反应,D不符合题意。

9. C  $\text{CuCl}_2$ 和 $\text{H}_2\text{SO}_4$ 不发生反应,不会生成蓝色沉淀,A错误; $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 与硫酸反应生成白色沉淀,只能说明 $\text{Ba}^{2+}$ 与 $\text{SO}_4^{2-}$ 发生了反应,不能说明 $\text{OH}^-$ 与 $\text{H}^+$ 发生了中和的反应,B错误;金属为Mg和Zn,将等质量的两种金属与过量的稀硫酸完全反应,Mg、Zn均反应完全,已知 $\text{Mg} \sim \text{H}_2$ 、 $\text{Zn} \sim \text{H}_2$ ,由于Mg的相对原子质量较小,故Mg生成 $\text{H}_2$ 的量较多,D错误。

10. C  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 为强碱,溶液显碱性,能使酚酞溶液变红,A正确;②中发生酸碱中和反应,B正确; $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 与 $\text{NaNO}_3$ 溶液不满足复分解反应发生的条件,故二者不反应,C错误;澄清石灰水可吸收空气中的酸性气体,如 $\text{CO}_2$ , $\text{CO}_2$ 与澄清石灰水发生反应的化学方程式为 $\text{CO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \longrightarrow \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$ ,故④可解释久置的澄清石灰水变质的原因,D正确。

11. D  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 与过量盐酸反应生成 $\text{NaCl}$ 、 $\text{CO}_2$ 和 $\text{H}_2\text{O}$ ,反应后蒸发可除去多余的 $\text{HCl}$ ,A正确;Fe与 $\text{CuSO}_4$ 反应生成 $\text{FeSO}_4$ 和Cu,反应后过滤可除去Cu和多余的铁粉,B正确; $\text{CO}_2$ 与 $\text{NaOH}$ 溶液反应, $\text{H}_2$ 不反应,然后用浓硫酸干燥,即可得到纯净的 $\text{H}_2$ ,C正确; $\text{CaCO}_3$ 与盐酸反应生成 $\text{CaCl}_2$ 、 $\text{CO}_2$ 和 $\text{H}_2\text{O}$ ,蒸发结晶不能除去 $\text{CaCl}_2$ ,故 $\text{NaNO}_3$ 中会引入新杂质 $\text{CaCl}_2$ ,D错误。

12. C 固体粉末加水溶解后,过滤得到白色沉淀和无色溶液,则固体粉末中不含有 $\text{CuSO}_4$ ,白色沉淀与稀盐酸反应得到无色气体和无色溶液,白色沉淀全部溶解,说明白色沉淀是 $\text{CaCO}_3$ ,不可能含有不溶于稀盐酸的 $\text{BaSO}_4$ ,由固体粉末由3种物质组成可知,固体粉末中含有 $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{KNO}_3$ 和 $\text{BaCl}_2$ 与 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 中的一种。由以上分析可知,固体粉末中一定不含有 $\text{CuSO}_4$ ,一定含有 $\text{KNO}_3$ ,A、B正确;白色沉淀是 $\text{CaCO}_3$ ,不可能是 $\text{BaSO}_4$ ,所以固体中含有 $\text{BaCl}_2$ 与 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 中的一种,不可能同时存在,C错误;固体粉末中一定含有 $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{KNO}_3$ ,同时含有 $\text{BaCl}_2$ 与 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 中的一种,D正确。

13. (1) 绿色固体 (2) DF (3) 受热易分解(或与酸反应) (4)  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3 + 4\text{HCl} \longrightarrow 2\text{CuCl}_2 + 3\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$

**【解析】**(1) 青铜面具的表面有一层“绿锈”，“铜绿”的主要成分是  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ ，是一种绿色固体。

(2) 根据“铜绿”的组成结构可知  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$  属于铜盐、碳酸盐、碱式盐、含氧酸盐，不属于碱和无氧酸盐。

(3) “铜绿”受热易分解，为碱式盐，可与酸反应。

(4) 反应①为“铜绿”与盐酸反应生成  $\text{CuCl}_2$ 、 $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$ ，其化学方程式为  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3 + 4\text{HCl} = 2\text{CuCl}_2 + 3\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ 。

## 第二节 离子反应

### 限时小练 03 电解质的电离 离子反应

**1. B** 在水溶液中或熔融状态下能够导电的化合物为电解质。 $\text{CO}_2$  的水溶液能导电，是因为  $\text{CO}_2$  和水反应生成  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ， $\text{H}_2\text{CO}_3$  能电离出自由移动的离子而导电， $\text{CO}_2$  不是电解质，A 错误； $\text{NaCl}$  在水溶液中能电离出自由移动的阴、阳离子而导电， $\text{NaCl}$  是电解质，且属于人体内常见电解质，B 正确； $\text{BaSO}_4$  在熔融状态下能电离出自由移动的阴、阳离子而导电，所以  $\text{BaSO}_4$  是电解质，但  $\text{Ba}^{2+}$  有毒，不是人体内常见的电解质，C 错误；葡萄糖在水溶液中和熔融状态下都不导电，不是电解质，D 错误。

**2. D** 电解质是指在水溶液中或熔融状态下能导电的化合物， $\text{KNO}_3$  是盐，在水溶液中或熔融状态下均能导电，属于电解质，A 错误；铜丝、石墨都是单质，均不属于电解质，B 错误；液态氯化氢不导电，氯化氢溶于水能电离出自由移动的  $\text{H}^+$  和  $\text{Cl}^-$ ，能导电，故氯化氢是电解质，C 错误；熔融的  $\text{MgCl}_2$  因电离而能导电，且是化合物，所以  $\text{MgCl}_2$  是电解质，D 正确。

**3. D**  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  在水溶液中能电离出自由移动的离子，能导电，但  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液是混合物，不属于电解质，A 不符合题意；石墨能导电，但石墨属于单质，不属于电解质，B 不符合题意； $\text{NH}_3$  是化合物，但自身不能电离，不属于电解质，C 不符合题意；熔融  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  中含有能够自由移动的离子，能导电，属于电解质，D 符合题意。

**4. C** 冰水混合物的成分都是水，是纯净物，A 错误；胆矾是  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  的俗称，是纯净物， $\text{Cl}_2$  是单质，既不是电解质，又不是非电解质，B 错误；空气是混合物，小苏打是  $\text{NaHCO}_3$ ，是纯净物， $\text{BaSO}_4$  是电解质，D 错误。

**5. B** 非电解质是指在水溶液中和熔融状态下都不能导电的化合物。氨水是混合物，不属于非电解质，A 不符合题意； $\text{CH}_4$  是在水溶液中和熔融状态下都不能导电的化合物，属于非电解质，B 符合题意；熔融  $\text{NaOH}$  能导电，属于电解质，C 不符合题意； $\text{CH}_3\text{COOH}$  在水溶液中能电离出自由移动的离子，能导电，属于电解质，D 不符合题意。

**6. A**  $\text{AlCl}_3$  的电离方程式应为  $\text{AlCl}_3 = \text{Al}^{3+} + 3\text{Cl}^-$ ，B 错误； $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$  的电离方程式应为  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 =$

$\text{Mg}^{2+} + 2\text{NO}_3^-$ ，C 错误； $\text{KMnO}_4$  的电离方程式应为  $\text{KMnO}_4 = \text{K}^+ + \text{MnO}_4^-$ ，D 错误。

### 方法技巧 书写电离方程式的方法

书写电离方程式的原则为左边是化学式，右边是离子，正确标出离子所带的电荷数，然后检查离子方程式两边各元素的原子个数和电荷总数是否相等。

**7. A**  $\text{HCO}_3^-$  为弱酸的酸式酸根离子，在电离方程式中不能拆分，A 错误。

**8. A** 酸电离出的阳离子只有  $\text{H}^+$ ，②符合要求；碱电离出的阴离子只有  $\text{OH}^-$ ，③符合要求；盐电离出金属阳离子(或  $\text{NH}_4^+$ )和酸根离子，④符合要求，故选 A。

**9. B**  $\text{NH}_3$  的水溶液能够导电，是由于  $\text{NH}_3$  溶于水生成的  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  可电离出自由移动的  $\text{NH}_4^+$  和  $\text{OH}^-$ ， $\text{NH}_3$  自身不能电离出离子， $\text{NH}_3$  不是电解质，B 错误。

**10. C**  $\text{Cl}^-$  的半径大于  $\text{Na}^+$  的半径，因此“●”代表的是  $\text{Cl}^-$ ，A 正确；干燥的  $\text{NaCl}$  固体中  $\text{Na}^+$  和  $\text{Cl}^-$  不能自由移动，图 a 表示的是干燥的  $\text{NaCl}$  固体不导电，B 正确； $\text{NaCl}$  在水溶液中或熔融状态下都能发生电离，而不是在通电条件下才能发生电离，C 错误；观察图 c 可知，通电后阴、阳离子在水溶液中定向移动，则图 c 表示  $\text{NaCl}$  在水溶液中的导电情况，D 正确。

**11. C** 乙醇和蔗糖均属于非电解质，其水溶液不能导电，不能使灯泡发光，A、B 不符合题意； $\text{Na}_2\text{CO}_3$  属于电解质，其水溶液能导电，能使灯泡发光，C 符合题意； $\text{Na}$  与水反应生成  $\text{NaOH}$  和  $\text{H}_2$ ， $\text{NaOH}$  属于电解质，其水溶液能导电，能使灯泡发光，但  $\text{Na}$  是单质，既不属于电解质，也不属于非电解质，D 不符合题意。

**12. D** 将稀盐酸滴入  $\text{NaHCO}_3$  溶液中，发生反应  $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ， $\text{HCO}_3^-$  的量不断减少，减少到 0 后不会再增大，A 不符合题意；将  $\text{CO}_2$  通入澄清石灰水中，发生反应  $\text{CO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$ ，继续通入  $\text{CO}_2$ ，发生反应  $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ，沉淀逐渐溶解，故沉淀的质量先增大后减小，B 不符合题意；将稀盐酸滴入  $\text{AgNO}_3$  溶液中，发生反应  $\text{HCl} + \text{AgNO}_3 = \text{HNO}_3 + \text{AgCl} \downarrow$ ，溶液中的离子浓度不会减小到 0，则溶液的导电能力不会减小至 0，C 不符合题意；将稀硫酸滴入  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  溶液中，发生反应  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ，溶液中的离子浓度逐渐减小，恰好完全反应时，离子浓度为 0，继续加入稀硫酸，离子浓度逐渐增大，所以溶液的导电能力先减小后增大，D 符合题意。

### 知识归纳 影响溶液导电能力的因素

溶液的导电能力强弱取决于溶液中自由移动的离子数目和离子所带电荷的多少，自由移动的离子数目越多，离子所带的电荷越多，溶液的导电能力越强。



13. A 由  $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{K}^+$  的个数之比为 2:4:1 可知,溶液中  $\text{Mg}^{2+}$  和  $\text{K}^+$  所带正电荷数大于  $\text{NO}_3^-$  所带负电荷数,根据溶液呈电中性可知,M 离子应为阴离子。 $\text{OH}^-$  与  $\text{Mg}^{2+}$  不能大量共存,故 M 离子为  $\text{SO}_4^{2-}$ 。故选 A。

14. (1) ⑤⑥⑧⑨⑩ ①②⑦⑨ (2)  $\text{FeCl}_3 = \text{Fe}^{3+} + 3\text{Cl}^-$ 、 $\text{NaHCO}_3 = \text{Na}^+ + \text{HCO}_3^-$  (3)  $\text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{Ba}^{2+} + 2\text{OH}^-$  (4)  $\text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\Delta} \text{Fe}(\text{OH})_3(\text{胶体}) + 3\text{HCl}$

【解析】(1) 电解质是在水溶液里或熔融状态下能够导电的化合物。①石墨能导电,不是电解质;②Fe 能导电,不是电解质;③蔗糖在水溶液里和熔融状态下都不能导电,不是电解质;④CO 在水溶液里和熔融状态下都不能导电,不是电解质;⑤ $\text{FeCl}_3$  固体不导电,在水溶液里或熔融状态下能导电,是电解质;⑥ $\text{NaHCO}_3$  固体不导电,在水溶液里或熔融状态下能导电,是电解质;⑦ $\text{Ba}(\text{OH})_2$  溶液中含有自由移动的离子,能导电,属于混合物,不是电解质;⑧纯醋酸不导电,在水溶液里能导电,是电解质;⑨熔融 NaCl 中含有自由移动的离子,能导电,是电解质;⑩液态 HCl 不导电,在水溶液里能导电,是电解质。以上物质属于电解质的是⑤⑥⑧⑨⑩;能导电的是①②⑦⑨。

(2)  $\text{FeCl}_3$  和  $\text{NaHCO}_3$  都是盐,在水溶液中完全电离。

(3)  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  是强碱,在水溶液中完全电离。

(4) 用  $\text{FeCl}_3$  饱和溶液制备  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶体的化学方程式为  $\text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\Delta} \text{Fe}(\text{OH})_3(\text{胶体}) + 3\text{HCl}$ 。

#### 易错提醒 有关电解质的易错点分析

电解质是指在水溶液中或熔融状态下能导电的化合物,如酸、碱、盐、活泼金属氧化物等;非金属氧化物、一些氢化物和一些有机物(如蔗糖和酒精等)不是电解质;特别注意能导电的不一定是电解质,如石墨;有些化合物不是电解质,但其水溶液也能导电,如  $\text{CO}_2$  的水溶液能导电,是因为生成  $\text{H}_2\text{CO}_3$  的缘故;另外电解质是化合物,既要排除单质又要排除混合物。

#### 限时小练 04 离子反应发生的条件及其应用

1. C 电解质在溶液中的反应是离子反应,但参加离子反应的物质不一定是电解质,如置换反应中的单质,单质既不是电解质,又不是非电解质,A 错误;在离子反应中,离子的数目不一定都减小,如 NaOH 溶液与  $\text{CO}_2$  的反应中, $\text{CO}_3^{2-}$  的数目增大,B 错误;如  $\text{FeCl}_3$  溶液与 Cu 的反应中,没有气体、沉淀、水生成,C 正确;盐酸和 NaOH 溶液反应的离子方程式为  $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$ ,稀硫酸与  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  溶液反应的离子方程式为  $2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + \text{Ba}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ,故酸碱中和反应的离子方程式不一定都相同,D 错误。

2. A S 在  $\text{O}_2$  中燃烧生成  $\text{SO}_2$ ,该过程中没有离子参加或生成,不属于离子反应,A 符合题意;硫酸与 KOH 溶液反应的实质是  $\text{H}^+$  与  $\text{OH}^-$  反应,属于离子反应,B 不符合题意;Al 与  $\text{CuSO}_4$  溶液反应的实质是 Al 与  $\text{Cu}^{2+}$  反应,属于离子反应,C 不符合题意; $\text{Na}_2\text{CO}_3$  与稀盐酸反应的实质是  $\text{CO}_3^{2-}$  与  $\text{H}^+$  反应,属于离子反应,D 不符合题意。

3. B ①中  $\text{AgNO}_3$  溶液和 KCl 溶液发生反应生成 AgCl 沉淀,离子方程式为  $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- = \text{AgCl} \downarrow$ ,A 正确;②中  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  溶液和  $\text{CuSO}_4$  溶液发生反应生成  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  沉淀和  $\text{BaSO}_4$  沉淀, $\text{Ba}(\text{OH})_2$  为可溶性碱,在离子方程式中应写成离子形式,离子方程式为  $\text{Ba}^{2+} + 2\text{OH}^- + \text{SO}_4^{2-} + \text{Cu}^{2+} = \text{Cu}(\text{OH})_2 \downarrow + \text{BaSO}_4 \downarrow$ ,B 错误;③中  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液和盐酸反应生成 NaCl、水和  $\text{CO}_2$ ,离子方程式为  $2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-} = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ ,C 正确;④中  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液和  $\text{CaCl}_2$  溶液发生反应生成  $\text{CaCO}_3$  沉淀和 NaCl,离子方程式为  $\text{CO}_3^{2-} + \text{Ca}^{2+} = \text{CaCO}_3 \downarrow$ ,D 正确。

4. A  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  溶液与少量  $\text{NaHCO}_3$  溶液混合时,反应的离子方程式为  $\text{HCO}_3^- + \text{OH}^- + \text{Ba}^{2+} = \text{BaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$ ,A 正确; $\text{Ba}(\text{OH})_2$  溶液和  $\text{NaHSO}_4$  溶液反应至中性时,离子方程式为  $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ + 2\text{OH}^- = \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ,B 错误; $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  是弱碱,不能拆分,正确的离子方程式为  $2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{Cu}^{2+} = \text{Cu}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{NH}_4^+$ ,C 错误;Fe 与稀硫酸反应生成  $\text{FeSO}_4$  和  $\text{H}_2$ ,正确的离子方程式为  $\text{Fe} + 2\text{H}^+ = \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2 \uparrow$ ,D 错误。

#### 知识拓展 离子方程式正误判断的技巧

(1) 可拆分为离子形式的物质。①强酸: $\text{HCl}$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{HNO}_3$  等;②强碱: $\text{NaOH}$ 、 $\text{KOH}$ 、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Ba}(\text{OH})_2$  等;③可溶性盐: $\text{NaCl}$ 、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{NH}_4\text{Cl}$  等。

(2) 不可拆分为离子形式的物质。①单质: $\text{Cl}_2$ 、Fe、Na 等;②氧化物: $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{CO}_2$  等;③弱酸: $\text{H}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{CH}_3\text{COOH}$ 、 $\text{HClO}$ 、 $\text{HF}$ 、 $\text{H}_2\text{S}$  等;④弱碱: $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Cu}(\text{OH})_2$  等;⑤难溶物: $\text{AgCl}$ 、 $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{BaCO}_3$  等;⑥水。

5. C  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  难溶于水,不可拆写成离子形式,A 错误; $\text{Ba}(\text{OH})_2$  和硫酸反应除生成水外,还生成难溶的  $\text{BaSO}_4$ ,B 错误;反应的离子方程式为  $\text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^- + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$ ,反应生成的  $\text{CaCO}_3$  难溶于水,应保留化学式,D 错误。

6. C 可以从离子共存和溶液呈电中性的角度来分析, $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Cl}^-$  和 M 离子的个数之比为 1:3:3:2:1,设 M 所带电荷为  $a$ ,根据正、负电荷数相等可得, $3 \times 1 + 1 \times 3 + a \times 1 = 2 \times 3 + 1 \times 2$ ,得  $a = 2$ , $\text{Ba}^{2+}$  与  $\text{SO}_4^{2-}$



不能共存,故选 C。

7. C  $\text{OH}^-$ 、 $\text{HCO}_3^-$  均与强酸性溶液中的  $\text{H}^+$  反应,不能大量存在,A、D 错误;因为溶液为无色,所以棕黄色的  $\text{Fe}^{3+}$  不能大量存在,B 错误。

8. B 甲烧杯内的溶液呈蓝色,则含有  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{OH}^-$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$  都能与  $\text{Cu}^{2+}$  反应,应在乙烧杯内的溶液中; $\text{H}^+$  和  $\text{OH}^-$  不能大量共存,则  $\text{H}^+$  应在甲烧杯中;根据溶液呈电中性的原理可判断, $\text{Na}^+$  一定在乙烧杯内的溶液中。故选 B。

9. C  $\text{CaCl}_2$  与  $\text{CO}_2$  不反应,A 错误; $\text{NH}_4\text{HSO}_4$  溶液与过量  $\text{NaOH}$  溶液反应时, $\text{H}^+$ 、 $\text{NH}_4^+$  均被完全反应,正确的离子方程式为  $\text{H}^+ + \text{NH}_4^+ + 2\text{OH}^- = \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$ ,B 错误;澄清石灰水久置后,溶液中的  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  与空气中的  $\text{CO}_2$  反应生成  $\text{CaCO}_3$  和  $\text{H}_2\text{O}$ ,反应的离子方程式为  $\text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^- + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$ ,C 正确; $\text{CH}_3\text{COOH}$  是弱电解质,不能拆分,正确的离子方程式为  $\text{HCO}_3^- + \text{CH}_3\text{COOH} = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow + \text{CH}_3\text{COO}^-$ ,D 错误。

10. C  $\text{MnO}_4^-$  在水溶液中显紫红色,A 不符合题意;酸性溶液中含有  $\text{H}^+$ , $\text{H}^+$  与  $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$  与  $\text{CO}_3^{2-}$  均不能大量共存,B 不符合题意;遇酚酞变红的溶液显碱性, $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$  之间不反应,且均不与  $\text{OH}^-$  反应,能大量共存,C 符合题意;碱性溶液中含有  $\text{OH}^-$ , $\text{OH}^-$  与  $\text{NH}_4^+$  不能大量共存,D 不符合题意。

11. B 在强碱性溶液中, $\text{OH}^-$  与  $\text{Mg}^{2+}$  能反应,A 不符合题意; $\text{Ca}^{2+}$  与  $\text{CO}_3^{2-}$  能反应,C 不符合题意;强酸性溶液中, $\text{H}^+$  与  $\text{HCO}_3^-$  能反应,D 不符合题意。

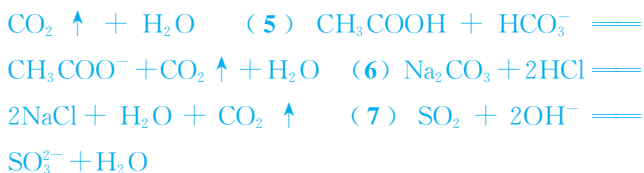
12. C 加入过量  $\text{NaOH}$  溶液,生成  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  沉淀,可除去溶液中的  $\text{Cu}^{2+}$ ;加入过量  $\text{BaCl}_2$  溶液,生成  $\text{BaSO}_4$  沉淀,可除去  $\text{SO}_4^{2-}$ ;加入  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液除去过量的  $\text{Ba}^{2+}$ ;过滤,向滤液中加入适量的盐酸除去过量的  $\text{OH}^-$  和  $\text{CO}_3^{2-}$ ,得到  $\text{NaCl}$  溶液。由以上分析可知,A 正确;加入  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液的目的是除去过量的  $\text{BaCl}_2$ ,故二者不能交换加入顺序,B 正确;x 操作为过滤,过滤需要的玻璃仪器有漏斗、烧杯、玻璃棒,不能用分液漏斗,C 错误;加入的试剂 c 为盐酸,能与溶液中过量的  $\text{OH}^-$  和  $\text{CO}_3^{2-}$  反应,发生的离子反应有 2 个,D 正确。

13. C 生成的白色沉淀可能是  $\text{BaSO}_4$  或  $\text{AgCl}$ ,据此进行分析。向某无色溶液中加入  $\text{BaCl}_2$  溶液后有白色沉淀生成,再加稀硝酸后沉淀不消失,若原溶液中含有  $\text{Ag}^+$ ,则会生成  $\text{AgCl}$  沉淀,若原溶液中含有  $\text{SO}_4^{2-}$ ,则会生成  $\text{BaSO}_4$  沉淀, $\text{BaSO}_4$  和  $\text{AgCl}$  都不溶于稀硝酸,所以原溶液中可能含有  $\text{SO}_4^{2-}$  或  $\text{Ag}^+$ 。故选 C。

14. (1) ④ (2)  $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 2\text{Na}^+ + \text{CO}_3^{2-}$

(3)  $\text{AgNO}_3 \quad \text{Ag}^+ + \text{Cl}^- = \text{AgCl} \downarrow$

(4)  $2\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CaCO}_3 = 2\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{Ca}^{2+} +$



【解析】(1) 电离时产生的阳离子全部是  $\text{H}^+$  的化合物是酸,醋酸属于酸。

(2)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  在水溶液中能完全电离,故电离方程式为  $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 2\text{Na}^+ + \text{CO}_3^{2-}$ 。

(3)  $\text{Ag}^+$  与  $\text{Cl}^-$  反应生成白色沉淀  $\text{AgCl}$ ,故可用  $\text{AgNO}_3$  溶液检验  $\text{Cl}^-$  的存在,反应的离子方程式为  $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- = \text{AgCl} \downarrow$ 。

(4)  $\text{CH}_3\text{COOH}$  不能完全电离, $\text{CaCO}_3$  难溶于水,所以在离子方程式中都不能拆分,离子方程式为  $2\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CaCO}_3 = 2\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 。

(5) 小苏打的主要成分为  $\text{NaHCO}_3$ ,在离子方程式中  $\text{HCO}_3^-$  和  $\text{CH}_3\text{COOH}$  均不能拆分,两者反应的离子方程式为  $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{HCO}_3^- = \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 。

(6)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液与稀盐酸反应生成  $\text{CO}_2$ ,化学方程式为  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ 。

(7) 酸性氧化物与碱反应生成盐和水, $\text{SO}_2$  转化为  $\text{SO}_3^{2-}$ ,若选择澄清石灰水生成的  $\text{CaSO}_3$  难溶于水,所以应选择  $\text{NaOH}$  溶液,离子方程式为  $\text{SO}_2 + 2\text{OH}^- = \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ 。

### 微专题一 离子检验与推断

1. B ①取固体粉末,向其中加入足量的水,振荡,有白色沉淀生成,则此白色沉淀可能为  $\text{BaSO}_4$  或  $\text{BaCO}_3$  或二者的混合物;②向①中的悬浊液中加稀盐酸,沉淀不溶解,则白色沉淀为  $\text{BaSO}_4$ ,不含  $\text{BaCO}_3$ ,说明原固体粉末中含有  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  和  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,不含  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ,过滤后,得到无色滤液,说明固体粉末中不含有  $\text{CuSO}_4$ ;③取②中的无色滤液,滴加  $\text{AgNO}_3$  溶液,产生白色沉淀,此沉淀为  $\text{AgCl}$ ,由于第②步加入了稀盐酸,故无法判断原固体粉末中是否含有  $\text{KCl}$ 。综上分析可知,固体粉末中一定含有  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  和  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,不含有  $\text{CuSO}_4$  和  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ,可能含有  $\text{KCl}$ 。故选 B。

2. C 无色透明溶液中不存在  $\text{Fe}^{3+}$ ;①向溶液中加入足量稀盐酸,得到能使澄清石灰水变浑浊的气体  $\text{CO}_2$ ,则原溶液中一定含有  $\text{HCO}_3^-$ ;②实验①所得溶液呈酸性,向①所得溶液中加入足量  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  溶液,得到白色沉淀,白色沉淀可能为  $\text{BaSO}_4$  或  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  或二者的混合物,则原溶液中可能含有  $\text{SO}_4^{2-}$  和  $\text{Mg}^{2+}$ ;③向②中加入足量稀盐酸,沉淀部分溶解,则白色沉淀为  $\text{BaSO}_4$  和  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  的混合物,说明原溶液中含有  $\text{SO}_4^{2-}$  和

$\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  和  $\text{Ba}^{2+}$  不能共存,故不含有  $\text{Ba}^{2+}$ 。综上所述可知,原溶液中一定存在  $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  和  $\text{Mg}^{2+}$ ,一定不存在  $\text{Ba}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ ,不能确定是否存在  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Na}^+$ 。故选 C。

**3. D** 含有  $\text{Cu}^{2+}$  的溶液呈蓝色,无色溶液中一定不含  $\text{Cu}^{2+}$ 。①取少量溶液,滴加无色酚酞溶液,酚酞变红,说明溶液显碱性,在碱性条件下,  $\text{Ag}^+$  会生成沉淀,所以一定不含有  $\text{Ag}^+$ ;②另取少量溶液,加入足量  $\text{BaCl}_2$  溶液,产生白色沉淀,此白色沉淀可能为  $\text{BaSO}_4$  或  $\text{BaCO}_3$  或二者的混合物,说明至少含有  $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  中的一种,根据离子共存原则,一定不含  $\text{Ba}^{2+}$ ;③向②所得混合物中加入足量盐酸,沉淀部分溶解,并有无色气体生成,说明白色沉淀为  $\text{BaSO}_4$  和  $\text{BaCO}_3$ ,则溶液中一定含有  $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ ;④将③所得混合物过滤,向滤液中加入  $\text{AgNO}_3$  溶液,有白色沉淀生成,此沉淀为  $\text{AgCl}$ ,由于操作③中引入了  $\text{Cl}^-$ ,故原溶液中不一定含有  $\text{Cl}^-$ 。综上所述可知,溶液中一定不含有  $\text{Ag}^+$ 、 $\text{Ba}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ ,一定含有  $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ ,根据溶液呈电中性,则一定含有  $\text{K}^+$ ,不能确定是否含有  $\text{Cl}^-$ 。不需要做焰色试验就能确定一定含有  $\text{K}^+$ ,A 错误;原溶液中一定不含有  $\text{Ba}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ ,B 错误;原溶液中不一定含有  $\text{Cl}^-$ ,C 错误;原溶液中一定含有  $\text{K}^+$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ ,D 正确。

**4. D** 强酸性溶液中,  $\text{MnO}_4^-$  能将  $\text{Fe}^{2+}$  氧化,不能大量共存,A 错误;强碱性溶液中,  $\text{Fe}^{3+}$  不能大量存在,B 错误;  $\text{CO}_3^{2-}$  与  $\text{Ca}^{2+}$  会反应生成  $\text{CaCO}_3$  沉淀,不能大量共存,C 错误;澄清透明溶液中四种离子可以共存,D 正确。

**5. C**  $\text{H}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  均能与  $\text{CO}_3^{2-}$  反应,不能大量共存,A 不符合题意;烧碱溶液中,  $\text{OH}^-$  与  $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{Ba}^{2+}$  反应生成  $\text{BaCO}_3$  和水,  $\text{OH}^-$  与  $\text{Mg}^{2+}$  反应生成  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  沉淀,均不能大量共存,B 不符合题意;  $\text{MnO}_4^-$  在溶液中呈紫红色,且  $\text{NH}_4^+$  与  $\text{OH}^-$  反应生成  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,不能大量共存,D 不符合题意。

**6. C** 第 i 步中,向粗食盐水中加入过量  $\text{NaOH}$  溶液,可除去  $\text{Mg}^{2+}$ ,主要反应的离子方程式为  $\text{Mg}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow$ ,过滤所得沉淀 1 中含有  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ,则滤液 1 中不可能大量存在的离子是  $\text{Mg}^{2+}$ ,故选 C。

**7. A** 加入  $\text{BaCl}_2$  溶液有白色沉淀生成,再加入盐酸,沉淀不消失,该白色沉淀可能为  $\text{BaSO}_4$  或  $\text{AgCl}$ ,则原溶液中可能含有  $\text{SO}_4^{2-}$  或  $\text{Ag}^+$ ,B 错误;加入  $\text{AgNO}_3$  溶液有白色沉淀生成,该沉淀不一定为  $\text{AgCl}$ ,可能为  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{Ag}_2\text{CO}_3$  等,则原溶液中不一定含有  $\text{Cl}^-$ ,C 错误;加入  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液生成白色沉淀,再加盐酸,白色沉淀消失,原溶液中可能有  $\text{Ba}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  等,D 错误。

**8. C** ①将固体混合物溶于水,得到无色透明溶液,说明不含有  $\text{FeSO}_4$ ;②往溶液中滴加  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  溶液,有白色沉淀生成,则溶液中至少含有  $\text{CO}_3^{2-}$  或  $\text{SO}_4^{2-}$  中的一

种;③过滤,将沉淀置于稀硝酸中,发现沉淀全部溶解且产生无色气体,说明溶液中一定含有  $\text{CO}_3^{2-}$ ,不含有  $\text{SO}_4^{2-}$ ,则一定存在  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,一定不存在  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,由于  $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{CO}_3^{2-}$  能形成沉淀,说明混合物中不含有  $\text{CaCl}_2$ ,实验中未涉及  $\text{NaCl}$  的检验,无法确定是否含有  $\text{NaCl}$ 。综合上述分析,C 正确。

**9. D** 甲处河水呈乳白色,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  的水溶液呈乳白色,则甲厂排放的废液中含  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ;乙处河水呈红褐色浑浊状,为  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  沉淀,根据  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  与  $\text{FeCl}_3$  反应可生成  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,则乙厂排放的废液中含有  $\text{FeCl}_3$ ;丙处河水由浑浊变澄清,说明丙厂排放的废液可以溶解  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,则丙厂排放的废液中含有  $\text{HCl}$ ;丁处河水产生气泡,  $\text{HCl}$  和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  反应可生成  $\text{CO}_2$  气体,则丁厂排放的废液中含有  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 。丁处河水  $\text{HCl}$  和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  反应生成  $\text{CO}_2$  气体,且河水仍澄清,则 M 处河水显酸性,D 错误。

**10. C** 由溶液为无色可知,溶液中不含  $\text{Fe}^{3+}$  (黄色);①加入硝酸酸化的  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  溶液,产生的白色沉淀为  $\text{BaSO}_4$ ,说明该溶液中含有  $\text{SO}_4^{2-}$ ;②加入锌粉,有气泡生成,说明溶液中含有  $\text{H}^+$ ,则不含  $\text{CO}_3^{2-}$ ;③  $\text{Na}_2\text{O}$  与  $\text{H}_2\text{O}$  反应生成  $\text{NaOH}$ ,  $\text{NaOH}$  与  $\text{Mg}^{2+}$  反应得到白色沉淀  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ,说明溶液中含有  $\text{Mg}^{2+}$ ;由于溶液中各离子的数目相等,由溶液呈电中性可知,溶液中还含有  $\text{Cl}^-$ ;综上所述,溶液中一定含有  $\text{H}^+$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  和  $\text{Cl}^-$ ,不含  $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$  和  $\text{K}^+$ 。由分析可知,该无色溶液中一定没有  $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{K}^+$ ,A 错误;由①②可知,该溶液中一定有  $\text{H}^+$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ ,一定没有  $\text{CO}_3^{2-}$ ,B 错误;由分析可知,该无色溶液中一定有  $\text{H}^+$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  和  $\text{Cl}^-$ ,C 正确;由分析可知,溶液中含有  $\text{H}^+$ ,故实验③中加入适量  $\text{Na}_2\text{O}$ ,还会发生反应  $\text{Na}_2\text{O} + 2\text{H}^+ = 2\text{Na}^+ + \text{H}_2\text{O}$ ,D 错误。

**11. A** 由步骤(1)中的现象可知,有  $\text{Br}_2$  生成,说明氯水将  $\text{Br}^-$  氧化为  $\text{Br}_2$ ,则溶液中一定含有  $\text{Br}^-$ ;由步骤(2)可知,白色沉淀可能为  $\text{BaSO}_4$  或  $\text{BaCO}_3$  或二者的混合物,则溶液中  $\text{CO}_3^{2-}$  和  $\text{SO}_4^{2-}$  至少含有一种,因  $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  均与  $\text{Ba}^{2+}$  生成沉淀,则溶液中一定没有  $\text{Ba}^{2+}$ ;由步骤(3)可知,有白色沉淀  $\text{AgCl}$  生成,由于步骤(1)中引入了  $\text{Cl}^-$ ,不能确定原溶液中是否含有  $\text{Cl}^-$ ,溶液为电中性,则一定含有阳离子  $\text{Na}^+$ 。综上所述,一定含有①④,⑤⑥至少含有一种,一定没有②,不能确定的离子为③。故选 A。

**12. D** 根据题意可知,无色溶液 X 中不含有  $\text{Cu}^{2+}$ ,与足量  $\text{NaOH}$  溶液反应生成沉淀的只有  $\text{Mg}^{2+}$ ,微热,产生刺激性气味的只有  $\text{NH}_4^+$ ,所以原溶液一定没有  $\text{CO}_3^{2-}$ ,过滤①中的混合物,在滤液中加入足量  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  溶液,有白色沉淀 B 产生,再加入足量的稀硝酸,沉淀不溶解,则白色沉淀 B 一定为  $\text{BaSO}_4$ ,所以原溶液一定含有

$\text{SO}_4^{2-}$ , 则溶液中一定含有  $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ , 已知各离子浓度相同, 结合溶液呈电中性, 则一定含有  $\text{Cl}^-$ , 不含有  $\text{Na}^+$ , 据此分析作答即可。根据分析可知, 溶液 X 中一定含有  $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ , 一定没有  $\text{CO}_3^{2-}$ , A 错误; 溶液 X 中不含有  $\text{Na}^+$ , B 错误; 白色沉淀 A 为  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , 白色沉淀 B 为  $\text{BaSO}_4$ , 两者都是纯净物, C 错误; 溶液 X 中一定没有  $\text{CO}_3^{2-}$ , 但一定含有  $\text{Cl}^-$ , 这样才能满足溶液呈电中性, D 正确。

**13. B** ①取少量固体于试管中, 加适量蒸馏水, 得到无色透明溶液, 说明一定不含有  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ; ②向①所得溶液中滴加足量  $\text{BaCl}_2$  溶液, 产生白色沉淀, 白色沉淀可能为  $\text{BaSO}_4$  或  $\text{BaCO}_3$  或二者的混合物; 过滤后, 向沉淀中滴加足量稀硝酸, 沉淀部分溶解, 且有气泡产生, 则沉淀为  $\text{BaCO}_3$  和  $\text{BaSO}_4$ , 说明一定含有  $\text{K}_2\text{SO}_4$  和  $\text{K}_2\text{CO}_3$ , 因  $\text{K}_2\text{CO}_3$  和  $\text{CaCl}_2$  会反应生成  $\text{CaCO}_3$  沉淀, 故一定不含有  $\text{CaCl}_2$ , 不确定是否含有  $\text{NaNO}_3$ 。故选 B。

**14. (1) 产生无色气泡**  $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$

(2)  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 \quad \text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{BaSO}_4 \downarrow$

(3)  $\text{AgNO}_3 \quad \text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightleftharpoons \text{AgCl} \downarrow$

**【解析】**(1) 滴加稀硝酸产生无色气泡, 证明含  $\text{CO}_3^{2-}$ , 离子方程式为  $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 。

(2) 检验  $\text{SO}_4^{2-}$  用可溶性钡盐, 因为还要检验  $\text{Cl}^-$ , 加入的试剂不能干扰  $\text{Cl}^-$  的检验, 故应用  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ , 离子方程式为  $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{BaSO}_4 \downarrow$ 。

(3) 检验  $\text{Cl}^-$  应用  $\text{AgNO}_3$ , 离子方程式为  $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightleftharpoons \text{AgCl} \downarrow$ 。

#### 方法技巧 解答本题的三点注意事项

①先加入的试剂对后续实验不能造成干扰。②结合给出的试剂或实验现象作答。③检验离子及检验试剂:  $\text{SO}_4^{2-} \sim \text{Ba}^{2+}$ ;  $\text{Cl}^- \sim \text{Ag}^+$ 。

**15. (1)**  $\text{CuO} \quad \text{H}_2\text{SO}_4 \quad \text{CuSO}_4 \quad \text{Cu}(\text{OH})_2 \quad \text{H}_2\text{O}$   
 $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (2) ①  $\text{CuO} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$

②  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{OH})_2 \downarrow$  ③  $\text{Cu}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\Delta} \text{CuO} + \text{H}_2\text{O}$  ④  $\text{SO}_4^{2-} + \text{Ba}^{2+} \rightleftharpoons \text{BaSO}_4 \downarrow$

**解析:** (1) 由②  $\text{C} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{D}(\text{蓝色沉淀}) + \text{F}$  知, D 为  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ , F 为钠盐; 由  $\text{D} \xrightarrow{\Delta} \text{A} + \text{E}$  知, A 和 E 为  $\text{CuO}$  和  $\text{H}_2\text{O}$  中的某一种; 由  $\text{F} + \text{Ba}(\text{NO}_3)_2 \longrightarrow \text{白色沉淀} + \text{NaNO}_3$  知, 白色沉淀为  $\text{BaSO}_4$ , F 为  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , 则 C 为  $\text{CuSO}_4$ 。由①  $\text{A} + \text{B} \longrightarrow \text{C} + \text{E}$  可推得, A 为  $\text{CuO}$ , B 为  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , E 为  $\text{H}_2\text{O}$ 。

**16. (1)**  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 \quad \text{K}_2\text{SO}_4$  (2)  $2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-} \rightleftharpoons \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$   $\text{NaHSO}_4$  (3)  $\text{BaSO}_4$  复分解反应  
 (4)  $\text{CO}_2 + \text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$

**【解析】**B 和另外三种溶液反应都能生成沉淀, 则 B 为  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ ; A 与 C 反应生成气体, 则 A、C 为  $\text{K}_2\text{CO}_3$ 、

$\text{NaHSO}_4$  中的一种, 则 D 为  $\text{K}_2\text{SO}_4$ 。

(1) B 为  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ , D 为  $\text{K}_2\text{SO}_4$ 。

(2) A、C 为  $\text{K}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{NaHSO}_4$  中的一种, 两者反应的本质是  $\text{H}^+$  和  $\text{CO}_3^{2-}$  反应, 离子方程式为  $2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-} \rightleftharpoons \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ; 若将 A 缓缓滴加到 C 中, 刚开始没有气体生成, 说明刚开始  $\text{K}_2\text{CO}_3$  过量, 生成  $\text{HCO}_3^-$ , 则 A 为  $\text{NaHSO}_4$ , C 为  $\text{K}_2\text{CO}_3$ 。

(3) B 为  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ , D 为  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , 二者反应生成  $\text{BaSO}_4$  沉淀, 反应类型为复分解反应。

(4) A 与 C 反应生成的气体为  $\text{CO}_2$ , 通入澄清石灰水中生成沉淀, 反应的离子方程式为  $\text{CO}_2 + \text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$ 。

**17. (1)**  $\text{Fe}^{3+}$  (2)  $\text{Ag}^+ \quad \text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightleftharpoons \text{AgCl} \downarrow$

(3)  $\text{Mg}^{2+} \quad \text{Mg}^{2+} + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{NH}_4^+$  (4)  $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ag}^+$ 、 $\text{NO}_3^- \quad \text{Na}^+$

**【解析】**(1) 含  $\text{Fe}^{3+}$  的溶液显黄色, 故无色溶液中肯定不存在  $\text{Fe}^{3+}$ 。

(2) 取少量原溶液, 加入过量稀盐酸, 有白色沉淀生成, 再加入过量稀硝酸, 沉淀不消失, 说明原溶液中存在的离子是  $\text{Ag}^+$ , 有关的离子方程式为  $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightleftharpoons \text{AgCl} \downarrow$ 。

(3) 取(2)中的滤液, 加入过量稀氨水, 出现白色沉淀, 能和氨水反应生成白色沉淀的离子是  $\text{Mg}^{2+}$ , 有关的离子方程式为  $\text{Mg}^{2+} + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{NH}_4^+$ 。

(4) 由上述分析可知, 原溶液中含有  $\text{Ag}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{OH}^-$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$  因会与  $\text{Ag}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  发生反应而不能大量存在, 此外,  $\text{Cl}^-$  也因会与  $\text{Ag}^+$  发生反应而不能大量存在, 根据溶液呈电中性知, 原溶液中一定含有  $\text{NO}_3^-$ , 可能存在  $\text{Na}^+$ 。

**18. (1)**  $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons 2\text{HCO}_3^-$

(2)  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$

(3)  $\text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^- + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$

(4)  $\text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} \rightleftharpoons \text{CaCO}_3 \downarrow$

(5)  $\text{PbSO}_4 + 2\text{CH}_3\text{COO}^- \rightleftharpoons (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb} + \text{SO}_4^{2-}$

**【解析】**(1)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液与足量  $\text{CO}_2$  反应生成  $\text{NaHCO}_3$ 。

(2)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  与  $\text{H}_2\text{SO}_4$  反应生成  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  和水。

(3) 澄清石灰水中通入  $\text{CO}_2$  气体, 生成白色沉淀  $\text{CaCO}_3$  和  $\text{H}_2\text{O}$ 。

(4) 用适量澄清石灰水除去  $\text{NaOH}$  中的少量  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  时,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  与  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  反应生成白色沉淀  $\text{CaCO}_3$  和  $\text{NaOH}$ 。

(5)  $\text{PbSO}_4$  难溶于水,  $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$  为难电离物质, 书写离子方程式时保留化学式。



## 第三节 氧化还原反应

## 限时小练 05 氧化还原反应

1. C 螺丝和螺母生锈的实质是 Fe 被氧化,铁元素的化合价发生变化,发生氧化还原反应,A 不符合题意;物质的燃烧都是氧化还原反应,B 不符合题意;冰融化成水为物理变化,不是化学变化,未涉及氧化还原反应,C 符合题意;将铁棒置于稀硫酸中,Fe 和  $\text{H}_2\text{SO}_4$  反应生成  $\text{FeSO}_4$  和  $\text{H}_2$ ,Fe、H 元素的化合价发生变化,为氧化还原反应,D 不符合题意。

2. C 反应过程中,元素化合价降低的反应是还原反应,A 错误;某元素的原子在反应中失去了电子,该元素的化合价升高,B 错误;氧化还原反应的实质是电子转移,则有电子转移的反应一定属于氧化还原反应,C 正确;有化合价升降的反应一定存在电子转移,则一定是氧化还原反应,D 错误。

3. B A 项叙述中 Fe 和  $\text{Cu}^{2+}$  反应生成 Cu 和  $\text{Fe}^{2+}$ ,元素的化合价发生变化,与氧化还原反应有关,A 不符合题意;B 项叙述中煅烧石灰石生成 CaO 和  $\text{CO}_2$ ,元素化合价没有发生变化,与氧化还原反应无关,B 符合题意;落花化作春泥为有机物的腐败,与氧化还原反应有关,C 不符合题意;铁丝日久起锈为铁的锈蚀过程,与氧化还原反应有关,D 不符合题意。

4. C 该反应中 C、Cu 的化合价发生了变化,属于氧化还原反应,A 不符合题意;该反应中 N、O 的化合价发生了变化,属于氧化还原反应,B 不符合题意;该反应中各元素的化合价均不变,属于非氧化还原反应,C 符合题意;该反应中 N 的化合价发生了变化,属于氧化还原反应,D 不符合题意。

5. C A 项属于置换反应,也属于氧化还原反应;B 项为复分解反应,不属于氧化还原反应;C 项属于氧化还原反应,但不属于置换反应;D 项属于分解反应,且元素的化合价有变化,属于氧化还原反应。故选 C。

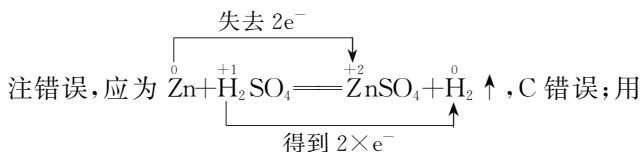
6. D  $\text{K}_2\text{FeO}_4$  中,K 元素的化合价为 +1 价,O 元素的化合价为 -2 价,根据化合物中各元素化合价的代数和为 0 可知,铁元素的化合价为 +6 价,A 正确;a 过程中, $\text{K}_2\text{FeO}_4$  中 Fe 元素由 +6 价降低为 +3 价,化合价降低,被细菌还原,B 正确;b 过程中,形成的  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶体能吸附水中悬浮杂质,能净水,C 正确;a 过程中,细菌被  $\text{K}_2\text{FeO}_4$  氧化,发生氧化反应,D 错误。

7. A 反应过程中,Br 元素化合价从 0 价降低至 -1 价, $\text{Br}_2$  得电子,被还原,发生了还原反应,A 正确,C 错误;S 元素化合价从 +4 价升高至 +6 价,失电子,被氧化,发生氧化反应,B 错误;该反应不属于化合反应,D 错误。

8. B  $\text{CaH}_2$  中 H 由 -1 价升高为 0 价,失电子,被氧化, $\text{H}_2\text{O}$  中 H 由 +1 价降低为 0 价,得电子,被还原,是

氧化剂,A、D 正确;该反应中的 2 种反应物均是化合物,该反应不属于置换反应,B 错误;该反应中,氧化产物与还原产物均为  $\text{H}_2$ ,C 正确。

9. B 解题时,首先找出变价元素,确定其化合价的升降,然后根据得失电子数目相等的规律,标出电子转移的数目。 $\text{SiO}_2$  中 Si 元素的化合价由 +4 价降低至 0 价,得到电子,单质碳中 C 元素的化合价由 0 价升高至 +2 价,失去电子,得失电子标反了,A 错误;“得到”和“失去”标



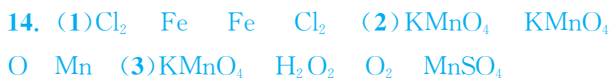
单线桥表示电子转移情况时,箭头应由失电子原子指向得电子原子,所以箭头应由 Cu 元素指向 S 元素,D 错误。

10. A 该反应中  $\text{H}_2\text{O}$  中 H 的化合价降低, $\text{H}_2\text{O}$  作氧化剂,A 符合题意;该反应中各元素的化合价均不变,不属于氧化还原反应,B 不符合题意;该反应中  $\text{H}_2\text{O}$  中 O 的化合价升高, $\text{H}_2\text{O}$  作还原剂,C 不符合题意;该反应中 N 的化合价发生了变化, $\text{H}_2\text{O}$  中 H 和 O 的化合价均不变,则  $\text{H}_2\text{O}$  既不是氧化剂也不是还原剂,D 不符合题意。

11. A 只有 Br 元素的化合价发生变化,部分被氧化,部分被还原,A 符合题意;Mn 元素的化合价降低,部分 Cl 元素的化合价升高,B 不符合题意;N 元素的化合价降低,O 元素的化合价升高,C 不符合题意; $\text{NH}_4\text{NO}_3$  中 N 元素的化合价并不相同,N 元素的化合价由 +5 价和 -3 价都变为 +1 价,D 不符合题意。

12. A 由“失电子被氧化,得电子被还原”知,被还原的元素的化合价应该降低,通过分析题目所给化学方程式可知,N 和 S 的化合价均降低,故在该反应中,被还原的元素是 N 和 S。故选 A。

13. B 化合反应为两种或两种以上的物质反应生成一种新物质,A 正确;该反应中,Cu 元素和 O 元素的化合价发生变化,C 元素的化合价没有发生变化,B 错误,D 正确;反应中,Cu 失去电子,被氧化, $\text{O}_2$  得到电子,被还原,C 正确。



【解析】含有化合价升高元素的反应物是还原剂,发生氧化反应,含有化合价降低元素的反应物是氧化剂,发生还原反应。


(1) Fe 元素的化合价从 0 价升高为 +3 价,Cl 元素的化合价从 0 价降低为 -1 价,所以 Fe 为还原剂,发生氧化反应, $\text{Cl}_2$  为氧化剂,发生还原反应。

(2) Mn 元素的化合价从 +7 价降低为 +6 价和 +4 价,O 元素的化合价从 -2 价升高为 0 价,所以  $\text{KMnO}_4$  既是氧化剂,又是还原剂,被氧化的元素是 O,被还原的元

素是 Mn。

(3)  $\text{H}_2\text{O}_2$  中 O 元素的化合价从 -1 价升高为 0 价, Mn 元素的化合价从 +7 价降低为 +2 价, 所以  $\text{KMnO}_4$  是氧化剂,  $\text{MnSO}_4$  是还原产物,  $\text{H}_2\text{O}_2$  是还原剂,  $\text{O}_2$  是氧化产物。

### 限时小练 06 氧化剂和还原剂

1. B 分析图片可知,  在反应中失去电子, 作还原剂, B 正确。

2. A 加入还原剂才能进行的反应, 说明该粒子作氧化剂, 本身必须得电子, 化合价降低, A 正确。

3. A  $\text{NaBr} \rightarrow \text{Br}_2$ , Br 元素的化合价升高, 被氧化, A 正确;  $\text{Br}_2 \rightarrow \text{NaBr}$ , Br 元素的化合价降低, 被还原, B 错误;  $\text{Br}_2 \rightarrow \text{NaBr}$  和  $\text{NaBrO}_3$ , Br 元素由 0 价变为 -1 价和 +5 价, Br 元素的化合价既有降低又有升高,  $\text{Br}_2$  既被氧化, 又被还原, C 错误; 该反应属于中和反应, 各元素的化合价不变, 不属于氧化还原反应, D 错误。

4. C 同一反应中, 氧化剂的氧化性强于氧化产物的氧化性。反应中 Cl 的化合价降低,  $\text{Cl}_2$  作氧化剂, Br 的化合价升高,  $\text{Br}_2$  为氧化产物, 则氧化性  $\text{Cl}_2 > \text{Br}_2$ , A 不符合题意; 反应中 O 的化合价降低,  $\text{O}_2$  作氧化剂, N 的化合价升高,  $\text{N}_2$  为氧化产物, 则氧化性  $\text{O}_2 > \text{N}_2$ , B 不符合题意; 反应中 C 的化合价升高, C 作还原剂, Si 的化合价降低, Si 为还原产物, 同一反应中, 还原剂的还原性强于还原产物的还原性, 则还原性  $\text{C} > \text{Si}$ , 不能据此比较 C、Si 氧化性的强弱, C 符合题意; 反应中 Cl 的化合价降低,  $\text{Cl}_2$  作氧化剂, N 的化合价升高,  $\text{N}_2$  为氧化产物, 则氧化性  $\text{Cl}_2 > \text{N}_2$ , D 不符合题意。

5. B 同一反应中, 氧化剂的氧化性大于氧化产物的氧化性, 还原剂的还原性大于还原产物的还原性, 根据题给反应 (1)~(4) 可推出, 氧化性:  $\text{Cl}_2 > \text{Fe}^{3+} > \text{I}_2 > \text{S}$ , 还原性:  $\text{H}_2\text{S} > \text{I}^- > \text{Fe}^{2+} > \text{Cl}^-$ , A 错误, B 正确; 反应  $\text{H}_2\text{S} + \text{Cl}_2 = \text{S} \downarrow + 2\text{HCl}$  中, 氧化性:  $\text{Cl}_2 > \text{S}$ , 还原性:  $\text{H}_2\text{S} > \text{Cl}^-$ , 反应可以发生, C 错误;  $\text{H}_2\text{S}$  为弱酸, 部分电离, 书写离子方程式时不能拆分, 反应 (4) 的离子方程式为  $\text{H}_2\text{S} + \text{I}_2 = 2\text{I}^- + \text{S} + 2\text{H}^+$ , D 错误。

6. D 该反应中 Zn 的化合价由 0 价升高到 +2 价, Cu 的化合价由 +2 价降低到 +1 价, 则 Zn 作还原剂,  $\text{CuSO}_4$  作氧化剂。Zn 的化合价升高, 失去电子, A 错误;  $\text{CuSO}_4$  作氧化剂, 被还原, B 错误, D 正确; 该反应中 NaOH 中各元素的化合价均没有发生变化, 所以 NaOH 既不是氧化剂也不是还原剂, C 错误。

7. A 该反应中, Mg 的化合价由 0 价升高到 +2 价, Ti 的化合价由 +4 价降低到 0 价, 则 Mg 作还原剂,  $\text{TiCl}_4$  作氧化剂。Mg 作还原剂, 被氧化, A 正确;  $\text{TiCl}_4$  作氧化剂, 发生还原反应, B、C 错误; Mg 的化合价升高, 失去电

子, D 错误。

8. D 该反应中 N 元素的化合价降低, 所以  $\text{N}_2$  是氧化剂, C 元素的化合价升高, C 为还原剂,  $\text{SiO}_2$  中两种元素的化合价均没有变化, 故  $\text{SiO}_2$  既不是氧化剂又不是还原剂, 氧化还原反应的本质是电子的转移, 特征是化合价变化。故选 D。

9. A 由于氧化性  $\text{Fe}^{3+} > \text{I}_2$ , 故  $\text{Cl}_2$  与  $\text{FeI}_2$  反应的产物中,  $\text{Fe}^{3+}$  会将  $\text{I}^-$  氧化为  $\text{I}_2$ , I 元素不能以  $\text{FeI}_3$  的形式存在, 应该以  $\text{I}_2$  的形式存在, 该反应在水溶液中不可能发生, A 符合题意; 由于氧化性  $\text{Cl}_2 > \text{I}_2$ , 故少量  $\text{Cl}_2$  与  $\text{FeI}_2$  反应可得到  $\text{I}_2$ , 当  $\text{Cl}_2$  过量时,  $\text{FeCl}_2$  应转化为  $\text{FeCl}_3$ , 该反应在水溶液中可以发生, B 不符合题意; 由于氧化性  $\text{Co}_2\text{O}_3 > \text{Cl}_2$ , 故  $\text{Co}_2\text{O}_3$  与浓盐酸反应可得到  $\text{Cl}_2$ , 该反应在水溶液中可以发生, C 不符合题意; 由于氧化性  $\text{Fe}^{3+} > \text{I}_2$ , 故  $\text{Fe}^{3+}$  与  $\text{I}^-$  反应可得到  $\text{I}_2$ , 该反应在水溶液中可以发生, D 不符合题意。

10. C 根据流程图中箭头指向分析, 在反应器中发生反应:  $\text{SO}_2 + \text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{20 \sim 100\text{ }^\circ\text{C}} \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HI}$ , 在分离器中  $\text{H}_2\text{SO}_4$  和 HI 分离, HI 在膜反应器中分解为  $\text{H}_2$  和  $\text{I}_2$ 。  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 、HI 都易溶于水, 故分离器中的物质分离操作不可能是过滤, A 错误; 在反应器中发生反应:  $\text{SO}_2 + \text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{20 \sim 100\text{ }^\circ\text{C}} \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HI}$ , I 元素的化合价降低, 故  $\text{I}_2$  是氧化剂, B 错误; 该工艺中  $\text{I}_2$  和 HI 的相互转化, 实现了碘的循环利用, 体现了“碘循环”, C 正确; 根据流程图中箭头指向可知, 碘循环工艺的总反应为  $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$ , D 错误。

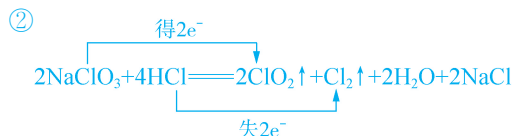
11. C 同一反应中, 氧化剂的氧化性大于氧化产物的氧化性。①中氧化剂是  $\text{BrO}_3^-$ , 氧化产物是  $\text{ClO}_3^-$ , 则氧化性:  $\text{BrO}_3^- > \text{ClO}_3^-$ ; ②中氧化剂是  $\text{ClO}_3^-$ , 氧化产物是  $\text{Cl}_2$ , 则氧化性:  $\text{ClO}_3^- > \text{Cl}_2$ ; ③中氧化剂是  $\text{Fe}^{3+}$ , 氧化产物是  $\text{I}_2$ , 则氧化性:  $\text{Fe}^{3+} > \text{I}_2$ ; ④中氧化剂是  $\text{Cl}_2$ , 氧化产物是  $\text{Fe}^{3+}$ , 则氧化性:  $\text{Cl}_2 > \text{Fe}^{3+}$ 。综上分析可得氧化性顺序为  $\text{BrO}_3^- > \text{ClO}_3^- > \text{Cl}_2 > \text{Fe}^{3+} > \text{I}_2$ , 故选 C。

12. A 硫酸表现氧化性就是  $\text{H}_2\text{SO}_4$  中有元素化合价降低, 而酸性是指反应中提供  $\text{H}^+$  而留下酸根。A 中浓硫酸与 Cu 反应, S 元素化合价降低, 体现硫酸的氧化性, 生成  $\text{CuSO}_4$  体现硫酸的酸性; B 项  $\text{H}_2\text{SO}_4$  未表现酸性; C 项反应为非氧化还原反应; D 项反应为非氧化还原反应。故选 A。

13. C 反应①中, Fe 的化合价由 +3 价降低到 +2 价, O 的化合价由 -1 价升高到 0 价, 则  $\text{Fe}^{3+}$  作氧化剂,  $\text{Fe}^{2+}$  是还原产物,  $\text{H}_2\text{O}_2$  作还原剂; 反应②中, Fe 的化合价由 +2 价升高到 +3 价, O 的化合价由 -1 价降低到 -2 价, 则  $\text{Fe}^{2+}$  作还原剂,  $\text{H}_2\text{O}_2$  作氧化剂。由分析可知,  $\text{H}_2\text{O}_2$  在①中作还原剂, 在②中作氧化剂, A 错误; 由

分析可知,  $\text{Fe}^{2+}$  在①中是还原产物, 在②中作还原剂, B 错误; 根据反应①和反应②可得总反应为  $2\text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\quad} 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$ , C 正确;  $\text{Fe}^{2+}$  在①中生成, 在②中被消耗, 故  $\text{Fe}^{2+}$  为中间产物,  $\text{Fe}^{3+}$  在①中被消耗, 在②中生成, 则  $\text{Fe}^{3+}$  是  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解的催化剂, D 错误。

#### 14. (1) 还原性 (2) ① $\text{ClO}_2$ 2

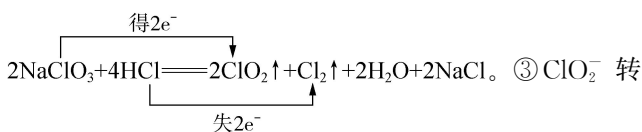


#### ③ BC

**【解析】**(1) 维生素 C 能将食物中的  $\text{Fe}^{3+}$  转化为  $\text{Fe}^{2+}$ , 维生素 C 将  $\text{Fe}^{3+}$  还原, 说明维生素 C 具有还原性。

(2) ①根据同种元素的化合价“只靠拢, 不交叉”的原则, 该反应中  $\text{NaClO}_3$  得电子, 被还原, 生成  $\text{ClO}_2$ , 则还原产物为  $\text{ClO}_2$ , 该反应中 2 个  $\text{NaClO}_3$  得到 2 个电子转化为 2 个  $\text{ClO}_2$ , 4 个  $\text{HCl}$  中的 2 个  $\text{HCl}$  失去 2 个电子转化为 1 个  $\text{Cl}_2$ , 故每生成 1 个  $\text{Cl}_2$ , 转移 2 个电子。

②结合①的分析可知, 反应用双线桥表示为



化为  $\text{Cl}^-$ , 得电子,  $\text{ClO}_2^-$  被还原, 则需要加入还原剂。 $\text{O}_2$ 、 $\text{KMnO}_4$  为常用的氧化剂, A、D 不符合题意;  $\text{FeCl}_2$  中  $\text{Fe}^{2+}$  能失电子生成  $\text{Fe}^{3+}$ , 可用作还原剂, B 符合题意;  $\text{KI}$  中  $\text{I}^-$  能失电子生成  $\text{I}_2$ , 可用作还原剂, C 符合题意。

#### 易错提醒 用双线桥法标示电子转移的方向和数目

①箭头、箭尾对应化合价变化的同种元素; ②必须注明“得”或“失”的字样; ③还原剂失去的电子总数与氧化剂得到的电子总数相等, 常用  $a \times be^-$  表示,  $a$  表示得(失)电子的原子数,  $b$  表示每个原子得(失)电子的数目。

### 微专题二 氧化还原反应的规律和方程式的配平

1. D 该过程中, C 元素的化合价由 +4 价变为 0 价, Na 元素的化合价由 0 价变为 +1 价, C 元素被还原, B 正确; Na 是活泼金属, 在反应中失去电子, 表现还原性,  $\text{CCl}_4$  中 C 元素的化合价为 +4 价, 表现氧化性,  $\text{CH}_4$  中 C 元素的化合价为 -4 价, 表现还原性, 故  $\text{CH}_4$  不可以代替  $\text{CCl}_4$  完成该反应, D 错误。

2. D  $\text{K}_2\text{FeO}_4$  中 O 元素为 -2 价, K 元素为 +1 价, 根据化合物中各元素化合价的代数和为 0 知, Fe 元素的化合价为 +6 价, A 正确; 反应中 Fe 元素的化合价升高, 说明  $\text{Fe}^{3+}$  被氧化, 发生氧化反应, B 正确; Cl 元素的化合价由 +1 价降低为 -1 价,  $\text{ClO}^-$  为氧化剂, Fe 元素的化合价由 +3 价升高为 +6 价,  $\text{FeO}_4^{2-}$  为氧化产物, 反应中氧

化剂的氧化性强于氧化产物的, 则该条件下  $\text{ClO}^-$  的氧化性强于  $\text{FeO}_4^{2-}$ , C 正确; 反应中 Cl 元素的化合价降低, Fe 元素的化合价升高,  $\text{ClO}^-$  作氧化剂,  $\text{Fe}^{3+}$  被氧化, D 错误。

3. B 向  $\text{CuSO}_4$  溶液中加入  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液, 很快有大量气体逸出, 同时放热, 说明  $\text{Cu}^{2+}$  是  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解反应的催化剂, A 正确;  $\text{CuSO}_4$  溶液与  $\text{H}_2\text{O}_2$  反应生成  $\text{Cu}_2\text{O}$ , Cu 元素的化合价降低,  $\text{CuSO}_4$  作氧化剂,  $\text{Cu}^{2+}$  将  $\text{H}_2\text{O}_2$  氧化为  $\text{O}_2$ , B 错误; 根据“蓝色溶液变为红色浑浊( $\text{Cu}_2\text{O}$ )”可知,  $\text{Cu}^{2+}$  被还原成 +1 价,  $\text{H}_2\text{O}_2$  表现了还原性, 继续加入  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液, 红色浑浊又变为蓝色溶液, 说明  $\text{Cu}_2\text{O}$  中 +1 价 Cu 被氧化成 +2 价,  $\text{H}_2\text{O}_2$  表现了氧化性, C 正确; 红色浑浊又变为蓝色溶液,  $\text{Cu}_2\text{O}$  中 +1 价 Cu 被氧化成  $\text{Cu}^{2+}$ , 发生反应:  $\text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}_2 + 4\text{H}^+ \xrightarrow{\quad} 2\text{Cu}^{2+} + 3\text{H}_2\text{O}$ , D 正确。

4. D 题给反应中 N 的化合价由 0 价降低到 -3 价,  $\text{N}_2$  发生还原反应生成  $\text{AlN}$ , 则  $\text{AlN}$  为还原产物, A 错误; C 的化合价由 0 价升高到 +2 价, C 发生氧化反应, 被氧化, B 错误;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  中各元素的化合价没有发生变化, 其在反应中既未得到电子, 也未失去电子, C 错误; 由 A 项分析可知, 生成 1 个  $\text{AlN}$  时, 转移 3 个电子, D 正确。

5. C 同一反应中氧化性: 氧化剂 > 氧化产物, 根据题给离子方程式可知,  $\text{Cl}_2$  为氧化剂,  $\text{Fe}^{3+}$  和  $\text{Br}_2$  为氧化产物, 所以氧化性:  $\text{Cl}_2 > \text{Fe}^{3+}$ , A 正确; 根据题给反应可知, 参加反应的  $\text{Fe}^{2+}$  与  $\text{Cl}_2$  的个数之比 =  $2 : 2 = 1 : 1$ , B 正确; 题给反应中,  $\text{Fe}^{2+}$  全部被氧化, 而  $\text{Br}^-$  有一半被氧化, 所以还原性为  $\text{Fe}^{2+} > \text{Br}^-$ , C 错误, D 正确。

6. D 溶液中有 S 沉淀产生, 说明浓硫酸与  $\text{Na}_2\text{S}$  溶液发生了氧化还原反应,  $\text{Na}_2\text{S}$  被氧化为 S, 浓硫酸被还原为  $\text{SO}_2$ ; 在试管内壁的上方有 S 单质附着, 说明浓硫酸与  $\text{Na}_2\text{S}$  溶液反应还生成了  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  与  $\text{SO}_2$  在试管上方反应产生的 S 单质附着在试管内壁。浓硫酸稀释放热, 试管中溶液的温度会升高, A 正确; 由分析可知, 试管内溶液中产生的 S 沉淀是  $\text{Na}_2\text{S}$  的氧化产物, B 正确; 由分析可知, 试管内壁上方有 S 单质附着, 说明浓硫酸的还原产物中有  $\text{SO}_2$ , C 正确; 由分析可知, 浓硫酸与  $\text{Na}_2\text{S}$  溶液反应还生成了  $\text{H}_2\text{S}$ , 说明浓硫酸具有酸性, D 错误。

7. D 反应①中, 还原性为  $\text{Ce}^{3+} < \text{Mn}^{2+}$ , 反应②中, 还原性为  $\text{Mn}^{2+} < \text{Fe}^{2+}$ , 反应③中, 还原性为  $\text{Fe}^{2+} < \text{I}^-$ , 则按离子的还原性从弱到强排列, 顺序应该为  $\text{Ce}^{3+} < \text{Mn}^{2+} < \text{Fe}^{2+} < \text{I}^-$ , A 正确; 因为还原性为  $\text{Mn}^{2+} < \text{I}^-$ , 则反应  $2\text{Mn}^{3+} + 2\text{I}^- \xrightarrow{\quad} 2\text{Mn}^{2+} + \text{I}_2$  可能会发生, B 正确; 反应③为  $2\text{Fe}^{3+} + 2\text{I}^- \xrightarrow{\quad} 2\text{Fe}^{2+} + \text{I}_2$ , 则  $\text{Fe}^{3+}$  作氧化剂,  $\text{Fe}^{3+}$  与  $\text{I}^-$  能发生氧化还原反应, 不能共存, C 正确, D 错误。



8. C 同一反应中,还原剂的还原性大于还原产物的还原性,结合酸性溶液中各微粒的还原性强弱,可判断各反应能否发生。根据还原性  $\text{SO}_2 > \text{Fe}^{2+}$  可知,该反应能发生,A不符合题意;根据还原性  $\text{SO}_2 > \text{I}^-$  可知,该反应能发生,B不符合题意;根据还原性  $\text{H}_2\text{O}_2 < \text{SO}_2$  可知,  $\text{H}_2\text{O}_2$  不能将  $\text{H}_2\text{SO}_4$  还原为  $\text{SO}_2$ ,该反应不能发生,C符合题意;根据还原性  $\text{Cl}^- < \text{Fe}^{2+}$  可知,该反应能发生,D不符合题意。

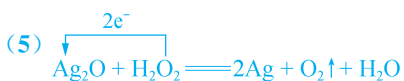
9. D 反应Ⅱ为  $\text{Cu}^{2+} + \text{H}_2\text{S} = \text{CuS} \downarrow + 2\text{H}^+$ ,反应Ⅱ中各元素的化合价没有变化,不属于氧化还原反应,A错误;由图可知,转化过程中 Cl 元素未参与循环,B错误;根据同一反应中氧化剂的氧化性强于氧化产物的,由过程Ⅰ知,  $\text{O}_2$  的氧化性强于  $\text{Fe}^{3+}$  的,由过程Ⅲ知,  $\text{Fe}^{3+}$  的氧化性强于 S 的,则氧化性顺序为  $\text{O}_2 > \text{Fe}^{3+} > \text{S}$ ,C错误;整个流程在酸性条件下进行,故过程Ⅰ发生反应的离子方程式为  $4\text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 + 4\text{H}^+ = 4\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$ ,D正确。

#### 方法技巧 氧化还原反应方程式的配平原则

(1) 得失电子守恒:氧化剂和还原剂得失电子总数相等,化合价升高总数=化合价降低总数。(2) 元素守恒:反应前后原子的种类和个数不变。(3) 电荷守恒:反应前后,阴、阳离子所带电荷总数相等。

10. (1) BD (2) 2C Zn 3 Zn、C (3) A

(4)  $\text{Ag}_2\text{O} > \text{H}_2\text{O}_2 > \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$



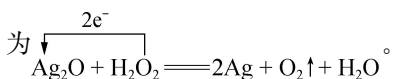
【解析】(1) “碳达峰”“碳中和”中的“碳”主要指  $\text{CO}_2$ ,属于酸性氧化物和非电解质。

(2) 由“逐层用煤炭饼垫盛”可知,火法炼锌的反应中反应物为  $\text{ZnCO}_3$  和 C,生成物为 Zn 和 CO,结合得失电子守恒、元素守恒配平,化学方程式为  $\text{ZnCO}_3 + 2\text{C} \xrightarrow{\text{高温}} \text{Zn} + 3\text{CO} \uparrow$ ;该反应中,单质 C 中 C 元素由 0 价升高到 +2 价,故还原剂为 C; $\text{ZnCO}_3$  中 Zn 元素由 +2 价降低到 0 价,C 元素由 +4 价降低到 +2 价,故被还原的元素为 Zn、C。

(3) 氧化剂具有氧化性,发生氧化还原反应时,氧化剂中元素的化合价降低,  $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 2\text{H}_2\text{O}$  中,  $\text{H}_2\text{O}_2$  中 O 元素由 -1 价降低到 -2 价,仅体现  $\text{H}_2\text{O}_2$  的氧化性,A 正确;  $\text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{Ag} + \text{O}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$  中,  $\text{H}_2\text{O}_2$  中 O 元素由 -1 价升高到 0 价,体现  $\text{H}_2\text{O}_2$  的还原性,B 错误;  $2\text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$  中,  $\text{H}_2\text{O}_2$  中 O 元素部分从 -1 价升高到 0 价,部分从 -1 价降低到 -2 价,体现  $\text{H}_2\text{O}_2$  的氧化性和还原性,C 错误;  $\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}_2$ ,各元素的化合价均未改变,不是氧化还原反应,D 错误。

(4) 根据同一反应中,氧化剂的氧化性大于氧化产物的氧化性,大于还原剂的氧化性,反应  $\text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{Ag} + \text{O}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$  中,  $\text{Ag}_2\text{O}$  为氧化剂,  $\text{H}_2\text{O}_2$  为还原剂,可知氧化性为  $\text{Ag}_2\text{O} > \text{H}_2\text{O}_2$ ,反应  $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 2\text{H}_2\text{O}$  中,  $\text{H}_2\text{O}_2$  为氧化剂,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  为氧化产物,氧化性为  $\text{H}_2\text{O}_2 > \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ,则氧化性为  $\text{Ag}_2\text{O} > \text{H}_2\text{O}_2 > \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 。

(5) B 反应中,  $\text{H}_2\text{O}_2$  中的 O 元素失电子,  $\text{Ag}_2\text{O}$  中的 Ag 元素得电子,1 个  $\text{H}_2\text{O}_2$  失去 2 个电子,用单线桥表示



11. (1) 能  $5\text{Cl}_2 + \text{I}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 10\text{HCl} + 2\text{HIO}_3$

(2) 酸性 还原性 1 : 1  $\text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{Cl}^- = \text{Pb}^{2+} + \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

【解析】(1) 在氧化还原反应中,氧化剂的氧化性大于氧化产物的氧化性,由已知氧化性强弱顺序  $\text{Cl}_2 > \text{IO}_3^-$  知,

反应  $\text{Cl}_2 + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCl} + \text{HIO}_3$  能发生;反应中 Cl 元素的化合价由 0 价降低为 -1 价,I 元素的化合价由 0 价升高为 +5 价,根据氧化还原反应得失电子守恒,所以  $\text{Cl}_2$  和  $\text{I}_2$  的化学计量数之比为 5 : 1,然后根据 O 原子守恒配平  $\text{H}_2\text{O}$  的化学计量数。

(2) 反应  $\text{PbO}_2 + 4\text{HCl}(\text{浓}) = \text{PbCl}_2 + \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$  中,4 个 HCl 中,有 2 个 HCl 的 Cl 元素的化合价由 -1 价升高为 0 价,失去电子,被氧化,作还原剂,另外 2 个 HCl 与  $\text{Pb}^{2+}$  结合为  $\text{PbCl}_2$ ,表现为酸性,表现还原性和酸性的 HCl 个数之比为 1 : 1。反应中  $\text{PbO}_2$  为氧化物,  $\text{Cl}_2$  为单质,  $\text{H}_2\text{O}$  为氧化物,在离子方程式中不能拆分。

12. (1) -1 价 (2)  $2\text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{MnO}_2} 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$

(3)  $2\text{MnO}_4^- + 6\text{H}^+ = 2\text{Mn}^{2+} + 8\text{H}_2\text{O}$  (4)  $\text{H}_2\text{O}_2$  不稳定,易分解生成  $\text{O}_2$

【解析】(3) 该反应中,  $\text{MnO}_4^-$  转化为  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$  转化为  $\text{O}_2$ ,Mn 的化合价由 +7 价降低到 +2 价,O 的化合价由 -1 价升高到 0 价,根据得失电子守恒、原子守恒和电荷守恒,该反应的离子方程式为  $5\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{MnO}_4^- + 6\text{H}^+ = 5\text{O}_2 \uparrow + 2\text{Mn}^{2+} + 8\text{H}_2\text{O}$ 。

(4)  $\text{H}_2\text{O}_2$  不稳定,自身会发生分解生成  $\text{O}_2$ ,导致过量  $\text{H}_2\text{O}_2$  与酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液反应时,“实际生成  $\text{O}_2$  的量”多于“依据  $\text{KMnO}_4$  计算得出的理论量”。

13. (1) Cu、O (2)  $\text{Fe}^{3+} + \text{I}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{I}_2$   $\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + \text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + \text{Fe}^{3+}$  (3)  $\text{Cu}_2\text{S}$ 、 $\text{Cu}_2\text{O}$

【解析】(1) 分析化学方程式中各元素的化合价可知,反应中 Cu 的化合价由 +2 价降低为 0 价,O 的化合价由 0 价降低为 -2 价,S 的化合价由 -2 价升高为 +4 价,Fe

的化合价由+2价升高为+3价,Cu、O在反应中被还原。

(2) 催化剂参与化学反应,在反应过程中,生成中间产物,加快反应速率,即 $\text{Fe}^{3+}$ 将 $\text{I}^-$ 氧化为 $\text{I}_2$ ,而本身被还原为 $\text{Fe}^{2+}$ ;  $\text{Fe}^{2+}$ 被 $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ 氧化成 $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ 本身被还原为 $\text{SO}_4^{2-}$ 。

(3) 根据价态分析可知,所有Cu的化合价降低,S的化合价升高,故 $\text{Cu}_2\text{O}$ 是氧化剂, $\text{Cu}_2\text{S}$ 既是氧化剂又是还原剂。

### 章末综合一

1. D 金的化学性质很稳定,在自然界中以游离态存在,即淘金得到的是金单质,诗句中的“漉”相当于“过滤”,A正确;空气属于气溶胶,有利于光线的折射,从而导致海市蜃楼的形成,B正确;“新醅酒”为酒的酿造过程,涉及化学变化,C正确;诗句中描述的是涨潮的景象,不涉及化学变化,D错误。

2. B 纳米碳酸钙是纯净物,胶体是混合物,故纳米碳酸钙不属于胶体,A错误;纳米碳酸钙分散到水中所得的分散系为胶体,能产生丁达尔效应,B正确;纳米碳酸钙与块状碳酸钙的粒子直径不同,物理性质差异较大,但成分均为 $\text{CaCO}_3$ ,化学性质基本相同,C错误;胶体的分散质粒子直径为1~100 nm,不能透过半透膜,则纳米碳酸钙粒子也不能透过半透膜,D错误。

3. D 溶液中离子浓度越大,溶液的导电性越强,灯泡越亮。向 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液中通入 $\text{CO}_2$ , $\text{CO}_2$ 与 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 反应生成 $\text{CaCO}_3$ 沉淀和 $\text{H}_2\text{O}$ ,溶液的导电性减弱,灯泡变暗,二者恰好完全反应时,溶液的导电性几乎为零,灯泡熄灭,继续通入 $\text{CO}_2$ , $\text{CO}_2$ 与 $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 反应生成可溶于水的 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,溶液的导电性增强,灯泡变亮,A不符合题意;向 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液中加入 $\text{H}_2\text{SO}_4$ 溶液, $\text{H}_2\text{SO}_4$ 与 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 反应生成 $\text{BaSO}_4$ 沉淀和 $\text{H}_2\text{O}$ ,溶液的导电性减弱,灯泡变暗,二者恰好完全反应时,溶液的导电性几乎为零,灯泡熄灭,继续加入 $\text{H}_2\text{SO}_4$ 溶液,溶液的导电性增强,灯泡变亮,B不符合题意;向 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液中加入 $\text{CuSO}_4$ 溶液, $\text{CuSO}_4$ 与 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 反应生成 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 沉淀和 $\text{BaSO}_4$ 沉淀,溶液的导电性减弱,灯泡变暗,二者恰好完全反应时,溶液的导电性几乎为零,灯泡熄灭,继续加入 $\text{CuSO}_4$ 溶液,溶液的导电性增强,灯泡变亮,C不符合题意;向氨水中加入 $\text{CH}_3\text{COOH}$ , $\text{CH}_3\text{COOH}$ 与 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 反应生成 $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 和 $\text{H}_2\text{O}$ ,由于 $\text{CH}_3\text{COOH}$ 为弱酸、 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 为弱碱,二者在水溶液中均不能完全电离,而 $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 在水溶液中完全电离,故反应后溶液中离子浓度增大,溶液的导电性增强,灯泡变亮,不会出现“亮→暗(或灭)→亮”现象,D符合题意。

4. A S与Ag、Cu、Fe分别发生反应 $2\text{Ag} + \text{S} \xrightarrow{\Delta} \text{Ag}_2\text{S}$ 、

$2\text{Cu} + \text{S} \xrightarrow{\Delta} \text{Cu}_2\text{S}$ 、 $\text{Fe} + \text{S} \xrightarrow{\Delta} \text{FeS}$ ,反应中S均作氧化剂,体现其氧化性,A符合题意; $\text{CaO}$ 与 $\text{H}_2\text{O}$ 发生反应 $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$ ,该反应不属于氧化还原反应,未体现 $\text{CaO}$ 的氧化性,B不符合题意;Au在空气中被火灼烧也不发生反应,说明Au的化学性质很稳定,未体现其氧化性,C不符合题意; $\text{CaCO}_3$ 与 $\text{CH}_3\text{COOH}$ 发生反应 $\text{CaCO}_3 + 2\text{CH}_3\text{COOH} = (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ ,该反应不属于氧化还原反应,未体现 $\text{CaCO}_3$ 的氧化性,D不符合题意。

5. C 干稻草灼烧后得到稻草灰,加水溶解,可溶解其中的 $\text{K}_2\text{CO}_3$ ,将过滤所得的溶液进行蒸发结晶即可得到 $\text{K}_2\text{CO}_3$ 晶体。过程①为“灼烧”,涉及物质的燃烧,故涉及氧化还原反应,A正确; $\text{K}_2\text{CO}_3$ 的溶解度随温度的升高而增大,故加水溶解时,适当加热可增大 $\text{K}_2\text{CO}_3$ 的溶解度和溶解速率,B正确; $\text{K}_2\text{CO}_3$ 的热稳定性较强,受热不易分解,C错误;图示方法的原料是干稻草,来源有限,且过程①“灼烧”涉及物质的燃烧,会释放出大量 $\text{CO}_2$ ,D正确。

6. A 根据同一反应中,还原剂的还原性强于还原产物的还原性,由题干两个反应可得出,还原性 $\text{Fe}^{2+} > \text{Ce}^{3+}$ ,  $\text{Sn}^{2+} > \text{Fe}^{2+}$ ,则还原性顺序为 $\text{Sn}^{2+} > \text{Fe}^{2+} > \text{Ce}^{3+}$ 。故选A。

7. B  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 是黑色具有磁性的晶体,A正确;反应中各元素的化合价没有发生改变,不是氧化还原反应,B错误;根据原子守恒和电荷守恒配平离子方程式,可知从左至右,反应中各物质的化学计量数依次为1、2、8、1、4,C正确; $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 与盐酸反应生成 $\text{FeCl}_3$ 、 $\text{FeCl}_2$ 和水,根据反应 $\text{Fe}_3\text{O}_4 + 8\text{HCl} = 2\text{FeCl}_3 + \text{FeCl}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ ,可得 $\text{Fe}^{2+}$ 与 $\text{Fe}^{3+}$ 两种离子的个数之比为1:2,D正确。

8. C  $\text{Cl}_2$ 、 $\text{FeCl}_3$ 、 $\text{I}_2$ 的氧化性依次减弱,所以 $\text{Cl}_2$ 通入 $\text{FeI}_2$ 溶液中, $\text{Cl}_2$ 先氧化 $\text{I}^-$ ,后氧化 $\text{Fe}^{2+}$ ,所以不可能存在反应: $3\text{Cl}_2 + 6\text{FeI}_2 = 2\text{FeCl}_3 + 4\text{FeI}_3$ ,A错误; $\text{PbO}_2$ 在盐酸溶液中易生成 $\text{PbCl}_2$ ,Pb元素化合价降低,被还原,不是被氧化,B错误;氧化性 $\text{FeCl}_3 > \text{I}_2$ ,所以 $\text{FeCl}_3$ 溶液能将KI溶液中的 $\text{I}^-$ 氧化为 $\text{I}_2$ ,C正确; $\text{PbO}_2$ 的氧化性大于 $\text{I}_2$ ,所以 $\text{PbO}_2$ 能将 $\text{I}^-$ 氧化成 $\text{I}_2$ ,而 $\text{I}_2$ 不能将 $\text{PbCl}_2$ 氧化成 $\text{PbO}_2$ ,D错误。

9. B  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 为弱酸,在离子方程式中不能拆分,离子方程式为 $\text{CaCO}_3 + 2\text{CH}_3\text{COOH} = \text{Ca}^{2+} + 2\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ,A错误; $\text{Fe}^{2+}$ 具有还原性,可将废水中的 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 还原为 $\text{Cr}^{3+}$ ,B正确; $\text{BaCO}_3$ 不溶于水,在离子方程式中不能拆分,离子方程式为 $\text{BaCO}_3 + 2\text{H}^+ = \text{Ba}^{2+} + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ,C错误;稀硫酸和 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液反应的离子方程式为 $2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + \text{Ba}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ,D错误。

10. B 由图可知,反应I过程中, $\text{Fe}(\text{NO})^{2+}$ 中铁元素

由+2价升高为+3价,  $O_2$  中氧元素由0价降低为-2价, 根据得失电子守恒和电荷守恒, 酸性条件下, 反应的离子方程式为  $4Fe(NO)^{2+} + O_2 + 4H^+ = 4Fe^{3+} + 4NO + 2H_2O$ , A正确; 反应Ⅱ中  $Fe^{3+}$  转变为  $Fe^{2+}$ , Fe元素的化合价降低, 所以  $Fe^{3+}$  是氧化剂,  $FeS_2$  转变为  $SO_4^{2-}$ , S元素的化合价升高,  $FeS_2$  是还原剂, B错误; 根据图中箭头指向可知, 反应Ⅲ中  $Fe^{2+}$  和  $NO$  为反应物,  $Fe(NO)^{2+}$  为生成物, 则离子方程式为  $Fe^{2+} + NO = Fe(NO)^{2+}$ , C正确; 反应Ⅲ中  $NO$  与  $Fe^{2+}$  反应生成  $Fe(NO)^{2+}$ , 反应Ⅰ中  $Fe(NO)^{2+}$  被氧化为  $Fe^{3+}$ , 同时又生成  $NO$ , 反应前后  $NO$  的量没有变化, 则黄铁矿催化氧化中  $NO$  作催化剂, D正确。

**11. A** 反应1中  $SO_2$  转变为  $SO_4^{2-}$ , S元素由+4价升高到+6价, 失去2个电子,  $I_2$  转变为  $I^-$ , I元素由0价降低为-1价, 得到2个电子, 根据得失电子守恒可知, 还原剂和氧化剂的化学计量数之比为1:1, A正确; 根据得失电子守恒、元素守恒可得, 反应2的离子方程式为  $2Fe^{3+} + 2I^- = 2Fe^{2+} + I_2$ , B错误; 反应3中  $Cl_2$  作氧化剂, 氧化  $Fe^{3+}$ , 自身被还原为  $Cl^-$ , 故还原产物a是  $Cl^-$ , C错误; 由图可推得氧化性为  $Cl_2 > Fe^{3+} > I_2 > SO_2$ , 所以  $Cl_2$  能氧化  $I^-$ 、 $SO_2$ , D错误。

**12. C** ①通过赤热的炭层后, 气体的质量增大, 则C和  $CO_2$  反应生成CO, 故混合气体中含有  $CO_2$ ; ②通过灼热的CuO时, 固体由黑色变成红色, 说明通过的气体中含有还原性气体; ③通过白色  $CuSO_4$  粉末时, 粉末变成蓝色晶体, 说明通过灼热的CuO后生成了  $H_2O$ , 故混合气体中含有  $H_2$ ; ④通入澄清石灰水中, 澄清石灰水变浑浊, 说明通入灼热的CuO后生成了  $CO_2$ , 即通入灼热的CuO时气体中含有CO, 但步骤①中  $CO_2$  全部转化为CO, 故无法确定原混合气体中是否含有  $CO$ 。由分析可知, 原混合气体中一定含有  $CO_2$  和  $H_2$ , 可能含有CO, A、B错误, C正确; 步骤②中一定发生了  $H_2$  还原CuO的反应, 该反应属于置换反应, 还发生了CO还原CuO的反应, 该反应不属于置换反应, D错误。

**13. (1) 沸点 (2)  $2H_2O \xrightarrow{\text{电解}} 2H_2 \uparrow + O_2 \uparrow$  (3)  $2O_3 \xrightarrow{\text{一定条件}} 3O_2$  不属于 (4)  $CO_2 + 4H_2 \xrightarrow{\text{一定条件}} CH_4 + 2H_2O$  (5)  $CO_2$  (6) D**

**【解析】**(1) 蒸馏是利用混合物中各成分的沸点不同进行分离, 故图中是根据尿液中各成分的沸点不同进行分离的。(2) 由图可知, “水电解系统”中, 水电解生成了  $H_2$  和  $O_2$ :  $2H_2O \xrightarrow{\text{电解}} 2H_2 \uparrow + O_2 \uparrow$ 。(3) 臭氧在一定条件下转化为  $O_2$ , 反应的化学方程式为  $2O_3 \xrightarrow{\text{一定条件}} 3O_2$ , 反应中元素的化合价没有改变, 不属于氧化还原反应。

(4) 根据图示可知, 在一定条件下, “萨巴蒂尔反应器”中  $CO_2$  和  $H_2$  反应生成  $CH_4$  和  $H_2O$ , 根据得失电子守恒、元素守恒, 可得该反应的化学方程式为  $CO_2 + 4H_2 \xrightarrow{\text{一定条件}} CH_4 + 2H_2O$ 。

(5) 根据题目已知信息, 泡腾片在水中发生了反应且生成气体, 根据化学方程式中已知物质, 结合元素守恒可知, 还生成了  $CO_2$ 。

(6) 如果在空间站失重状态下收集制得的  $O_2$ , 就不能根据气体的密度采用常规的排气法, 因处于失重状态,  $O_2$  溶于水不逸出, 也不能用排水法收集, 而应该采用真空袋收集储存, D符合题意。

**14. (1) 氧化物  $SO_3$   $H_2SO_4$  (2)  $Na_2SO_4 = 2Na^+ + SO_4^{2-}$  (3) ①  $Na_2O + SO_3 = Na_2SO_4$  ②  $2NaOH + SO_3 = Na_2SO_4 + H_2O$  (2个反应的顺序可颠倒) (4) 酸性氧化物  $H_2O + SO_2 = H_2SO_3$  可与碱性氧化物反应生成盐  $Na_2O + SO_2 = Na_2SO_3$  (合理即可, 下同) 可与碱反应生成盐和水  $2NaOH + SO_2 = Na_2SO_3 + H_2O$**

**【解析】**(1) 根据价-类二维图可知, ①表示氧化物, 根据元素化合价可知, ②表示  $SO_3$ , ③表示  $H_2SO_4$ 。

(2)  $Na_2SO_4$  的电离方程式为  $Na_2SO_4 = 2Na^+ + SO_4^{2-}$ 。

(3) 生成  $Na_2SO_4$  的化学方程式有①  $Na_2O + SO_3 = Na_2SO_4$ , ②  $2NaOH + SO_3 = Na_2SO_4 + H_2O$ 。

(4)  $SO_2$  属于酸性氧化物, 可与水反应生成  $H_2SO_3$ , 可与碱性氧化物反应生成亚硫酸盐, 可与碱反应生成亚硫酸盐和水, 相应的化学方程式见答案。

### 真题小练

**1. C**  $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$  是由金属阳离子  $K^+$ 、 $Al^{3+}$  和酸根离子  $SO_4^{2-}$  组成的复盐。故选C。

**2. A**  $CO_2$  是非金属氧化物, 自身不能电离, 属于非电解质, 其水溶液能导电是因为  $CO_2$  与  $H_2O$  反应生成的  $H_2CO_3$  电离出了自由移动的离子, A符合题意;  $HCl$  在水溶液中能电离出自由移动的离子, 能导电, 属于电解质, B不符合题意;  $NaOH$  在水溶液中或熔融状态下能电离出自由移动的离子, 能导电, 属于电解质, C不符合题意;  $BaSO_4$  在熔融状态下能电离出自由移动的离子, 能导电, 属于电解质, D不符合题意。

**3. B** 湖笔由竹管(笔杆)和动物尾毫(笔头)制得, 不涉及氧化还原反应, A不符合题意; 松木中的碳元素主要以有机物的形式存在, 徽墨的主要成分为碳单质, 碳元素的化合价发生变化, 属于氧化还原反应, B符合题意; 宣纸以楮树皮为原料, 先得到纸浆纤维, 再制成宣纸, 不涉及氧化还原反应, C不符合题意; 端砚以端石为原料, 经过采石、维料、制璞、雕刻、磨光、配盒等步骤制得, 不



涉及氧化还原反应,D不符合题意。

4. D  $\text{NaHSO}_4$  和  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  恰好完全沉淀时, $\text{NaHSO}_4$  与  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  的个数之比为 1:1,离子方程式正确,A 不符合题意; $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  可将  $\text{Fe}^{2+}$  氧化为  $\text{Fe}^{3+}$ ,离子方程式正确,B 不符合题意; $\text{SO}_4^{2-}$  与  $\text{Ba}^{2+}$  结合生成  $\text{BaSO}_4$  沉淀,离子方程式正确,C 不符合题意; $\text{CaSO}_4$  是微溶物,不能拆分,正确的离子方程式为  $\text{CaSO}_4 + \text{CO}_3^{2-} \rightleftharpoons \text{CaCO}_3 + \text{SO}_4^{2-}$ ,D 符合题意。

5. D ①中高温下在熔融强碱性介质中发生反应,而瓷坩埚易被强碱腐蚀,故不能用瓷坩埚作反应器,A 错误;制备  $\text{KMnO}_4$  时为防止引入杂质离子,①中应用  $\text{KOH}$

作强碱性介质,不能用  $\text{NaOH}$ ,B 错误;②中  $\text{K}_2\text{MnO}_4$  发生歧化反应生成  $\text{KMnO}_4$  和  $\text{MnO}_2$ ,Mn 的化合价由 +6 价变为 +7 价和 +4 价,则  $\text{K}_2\text{MnO}_4$  既体现氧化性又体现还原性,C 错误;根据得失电子守恒可知, $\text{K}_2\text{MnO}_4$  歧化生成  $\text{KMnO}_4$  和  $\text{MnO}_2$  的个数之比为 2:1,根据锰元素守恒可知, $\text{MnO}_2$  中只有  $\frac{2}{3}$  的 Mn 转化为  $\text{KMnO}_4$ ,故

$\text{MnO}_2$  转化为  $\text{KMnO}_4$  的理论转化率  $= \frac{2}{3} \times 100\% \approx 66.7\%$ ,D 正确。

## 第二章 海水中的重要元素——钠和氯

### 第一节 钠及其化合物

#### 限时小练 07 钠 氧化钠和过氧化钠

1. B Na 在空气中发生如下变化: $\text{Na} \longrightarrow \text{Na}_2\text{O} \longrightarrow \text{NaOH} \longrightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3$ 。反应现象为 Na 由银白色逐渐变暗( $\text{Na}_2\text{O}$ ),之后变成白色固体( $\text{NaOH}$ ),白色固体潮解变成液体,与空气中的  $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$  结合形成白色晶体( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ),最后晶体风化,变成白色粉末( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ),这些现象出现的先后顺序是②③④①。故选 B。

2. D 金属 Na 的密度大于煤油的密度,小于水的密度,Na 与水发生的反应为  $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2 \uparrow$ ,产生的气体推动 Na 上浮,Na 的密度大于煤油,Na 回落到水层,接着反应,因此金属 Na 在煤油和水的界面处反应,并上下跳动,D 正确。

3. A Na 在空气中燃烧生成  $\text{Na}_2\text{O}_2$ ,发出黄色火焰,A 正确,B 错误;Na 是银白色金属,硬度小,熔点低,C 错误;Na 能与水反应生成  $\text{NaOH}$  和  $\text{H}_2$ ,D 错误。

4. B Na 与  $\text{O}_2$  在常温下反应生成  $\text{Na}_2\text{O}$ ,在加热或点燃条件下反应生成  $\text{Na}_2\text{O}_2$ ,与反应条件有关,B 错误。

5. C Na 与  $\text{O}_2$  在常温下反应生成  $\text{Na}_2\text{O}$ ,在加热条件下反应生成  $\text{Na}_2\text{O}_2$ ,反应条件不同,产物不同,A 不符合题意; $\text{CO}_2$  与  $\text{NaOH}$  溶液反应时,若  $\text{CO}_2$  少量,生成  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,若  $\text{CO}_2$  过量,生成  $\text{NaHCO}_3$ ,反应物的量不同,产物不同,B 不符合题意; $\text{Na}_2\text{O}_2$  和  $\text{CO}_2$  反应生成  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{O}_2$ ,改变温度和反应物用量比,产物均不变,C 符合题意; $\text{Ba}(\text{OH})_2$  溶液与  $\text{NaHSO}_4$  溶液反应时,若  $\text{NaHSO}_4$  少量,生成  $\text{BaSO}_4$  沉淀、 $\text{NaOH}$  和水,若  $\text{NaHSO}_4$  过量,生成  $\text{BaSO}_4$  沉淀、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$  和水,反应物的量不同,产物不同,D 不符合题意。

6. A 将 Na 投入  $\text{MgCl}_2$  溶液中,依次发生的反应为  $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2 \uparrow$ 、 $\text{MgCl}_2 + 2\text{NaOH} \longrightarrow$

$\text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{NaCl}$ ,既有气体产生又出现白色沉淀,A 正确;将 Na 投入稀硫酸中发生的反应为  $2\text{Na} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2 \uparrow$ ,若  $\text{H}_2\text{SO}_4$  的量不足,还会发生反应  $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2 \uparrow$ ,只有气体产生,B 错误;将 Na 投入  $\text{NaOH}$  稀溶液中,发生的反应为  $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2 \uparrow$ ,只有气体产生,C 错误;将 Na 投入  $\text{CuSO}_4$  溶液中,依次发生的反应为  $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2 \uparrow$ 、 $\text{CuSO}_4 + 2\text{NaOH} \longrightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2 \downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$ ,既有气体产生又出现蓝色沉淀,D 错误。

7. A  $\text{Na}_2\text{O}_2$  与  $\text{CO}_2$  反应生成  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{O}_2$ ,该反应是放热的氧化还原反应,生成的  $\text{O}_2$  有助燃性,有利于棉花燃烧,A 错误,C 正确;反应放出热量,达到棉花燃烧的着火点,从而使棉花燃烧起来,B 正确;反应的化学方程式为  $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{CO}_2 \longrightarrow 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2$ ,固体由反应前的  $\text{Na}_2\text{O}_2$  变为  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,因此反应后固体质量增加,D 正确。

8. B 将点燃的 Na 伸到  $\text{CO}_2$  的集气瓶中,反应生成的黑色固体可燃,说明生成的黑色固体中含有 C,A 正确; $\text{Na}_2\text{O}$  和水反应生成  $\text{NaOH}$ , $\text{NaOH}$  和  $\text{BaCl}_2$  不反应,由②滤液能使酚酞溶液变红,滴加  $\text{BaCl}_2$  溶液有白色沉淀  $\text{BaCO}_3$  生成,说明瓶壁上附有的白色固体为  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,B 错误;Na 在  $\text{CO}_2$  中燃烧生成  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和碳单质,反应中  $\text{CO}_2$  为氧化剂,实验说明  $\text{CO}_2$  具有氧化性,C 正确;由实验 I 可知,金属 Na 能够在  $\text{CO}_2$  中燃烧,则金属 Na 着火不能用  $\text{CO}_2$  灭火,应用沙土覆盖灭火,D 正确。

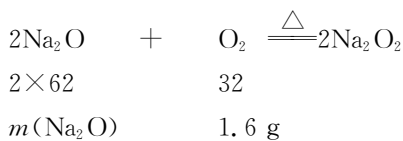
9. C 由题干条件知,Na 与无水  $\text{CuSO}_4$  接触产生火花,说明反应放热;有红色物质生成,说明有 Cu 生成,由此可知,熔融的 Na 与无水  $\text{CuSO}_4$  发生了置换反应,Na 表现了还原性。故选 C。

10. A  $\text{Na}_2\text{O}$  由  $\text{Na}^+$ 、 $\text{O}^{2-}$  构成, $\text{Na}_2\text{O}_2$  由  $\text{Na}^+$ 、 $\text{O}_2^{2-}$  构成,二者阴、阳离子的个数之比均为 1:2,A 正确; $\text{Na}_2\text{O}$  与  $\text{CO}_2$  反应生成  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , $\text{Na}_2\text{O}$  与  $\text{H}_2\text{O}$  反应生成

NaOH,  $\text{Na}_2\text{O}_2$  与  $\text{CO}_2$  反应生成  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{O}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}_2$  与  $\text{H}_2\text{O}$  反应生成 NaOH 和  $\text{O}_2$ , 只有  $\text{Na}_2\text{O}_2$  与  $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$  反应产生  $\text{O}_2$ , B 错误; 将  $\text{Na}_2\text{O}$  加入滴有酚酞的水中,  $\text{Na}_2\text{O}$  与水反应生成 NaOH, 溶液变红, 将  $\text{Na}_2\text{O}_2$  加入滴有酚酞的水中,  $\text{Na}_2\text{O}_2$  与水反应生成 NaOH 和  $\text{O}_2$ , 由于  $\text{Na}_2\text{O}_2$  具有强氧化性, 溶液先变红后褪色, 且有气泡产生, 二者现象不同, C 错误;  $\text{Na}_2\text{O}$  中氧元素的化合价为  $-2$  价,  $\text{Na}_2\text{O}_2$  中氧元素的化合价为  $-1$  价, D 错误。

**11. D**  $\text{Na}_2\text{O}_2$  和水反应生成的气体为  $\text{O}_2$ , 反应后的溶液中加入酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液, 生成气体, 且溶液褪色, 说明  $\text{Na}_2\text{O}_2$  与水反应生成  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$  被酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液氧化为  $\text{O}_2$ ; 加入  $\text{BaCl}_2$  溶液生成  $\text{BaO}_2$  沉淀, 浊液中加入稀硫酸生成  $\text{BaSO}_4$  沉淀和  $\text{H}_2\text{O}_2$ , 向溶液中加入  $\text{MnO}_2$  催化  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解生成  $\text{O}_2$ 。根据上述分析, ①⑤中产生的气体为  $\text{O}_2$ , 能使带火星的木条复燃, A 正确; ①中  $\text{Na}_2\text{O}_2$  和水发生了氧化还原反应, 同时发生反应:  $2\text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}_2 = \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{NaOH}$ , 该反应属于复分解反应, ④中  $\text{BaO}_2$  与  $\text{H}_2\text{SO}_4$  发生反应:  $\text{BaO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$ , 该反应属于复分解反应, 同时  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解产生  $\text{O}_2$ , 该反应为氧化还原反应, B 正确; ②中  $\text{KMnO}_4$  将  $\text{H}_2\text{O}_2$  氧化, 为氧化剂,  $\text{H}_2\text{O}_2$  中  $-1$  价的 O 元素全部转化为  $\text{O}_2$ , ⑤中  $\text{MnO}_2$  为  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解的催化剂,  $\text{H}_2\text{O}_2$  中  $-1$  价的 O 元素只有一半转化为  $\text{O}_2$ , 所以②⑤中  $\text{KMnO}_4$  与  $\text{MnO}_2$  的作用不同, 产生气体的量也不同, C 正确; ③中沉淀为  $\text{BaO}_2$ , ④中  $\text{BaO}_2$  全部转化为  $\text{BaSO}_4$  沉淀, 根据  $\text{BaO}_2$  和  $\text{BaSO}_4$  的相对分子质量大小关系和 Ba 原子守恒可知, ④中反应后的沉淀质量大于③中所得沉淀的质量, D 错误。

**12. D** 已知  $2\text{Na}_2\text{O} + \text{O}_2 \xrightarrow{\Delta} 2\text{Na}_2\text{O}_2$ , 则增加的质量即为参加反应的  $\text{O}_2$  的质量,  $m(\text{O}_2) = 9.35 \text{ g} - 7.75 \text{ g} = 1.6 \text{ g}$ , 列式计算:



$$m(\text{Na}_2\text{O}) = \frac{2 \times 62 \times 1.6 \text{ g}}{32} = 6.2 \text{ g}, w(\text{Na}_2\text{O}) =$$

$$\frac{6.2 \text{ g}}{7.75 \text{ g}} \times 100\% = 80\%。故选 D。$$

**13. (1) 检验装置的气密性 (2)  $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ = \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$  (3)  $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{CO}_2 = 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2$**

**(4) 偏高 (5) 60% (6) 将混合物在  $\text{O}_2$  中加热**

**【解析】**(1) 该实验有气体参与反应, 因此连接好仪器后, 首先需要检验装置的气密性。

(2) 盐酸易挥发, 稀盐酸和  $\text{CaCO}_3$  反应制备的  $\text{CO}_2$  中混有 HCl, 饱和  $\text{NaHCO}_3$  溶液可除去  $\text{CO}_2$  中混有的

HCl, 发生反应的离子方程式为  $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ 。

(3)  $\text{Na}_2\text{O}_2$  与  $\text{CO}_2$  反应的化学方程式为  $2\text{CO}_2 + 2\text{Na}_2\text{O}_2 = 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2$ 。

(4) 装置 F 用于量取排出水的体积, 从而确定生成  $\text{O}_2$  的体积, 进而计算消耗  $\text{Na}_2\text{O}_2$  的量, 装置 D 的作用是吸收未反应的  $\text{CO}_2$ , 若无装置 D, 装置 F 测得气体的体积偏大, 消耗  $\text{Na}_2\text{O}_2$  的量增多, 导致测得样品中  $\text{Na}_2\text{O}_2$  的质量分数偏高。

(5) 由题意可知, 产生  $\text{O}_2$  的质量为  $0.24 \text{ g}$ 。

$$\begin{array}{ccc} 2\text{Na}_2\text{O}_2 & \sim & \text{O}_2 \\ 156 \text{ g} & & 32 \text{ g} \\ m(\text{Na}_2\text{O}_2) & & 0.24 \text{ g} \end{array}$$

解得  $m(\text{Na}_2\text{O}_2) = 1.17 \text{ g}$ 。

则样品中  $\text{Na}_2\text{O}_2$  的质量分数  $= \frac{1.17 \text{ g}}{1.95 \text{ g}} \times 100\% = 60\%$ 。

(6)  $\text{Na}_2\text{O}$  在空气中加热得到  $\text{Na}_2\text{O}_2$ , 因此采用的简单方法为将混合物在  $\text{O}_2$  中加热。

### 限时小练 08 碳酸钠和碳酸氢钠 焰色试验

**1. A** 焰色试验属于物理变化, A 错误; Na 元素的焰色为黄色, K 元素的焰色为紫色, 故可以用焰色试验来区别 NaCl 和 KCl, B 正确; Na 与 NaCl 都含有 Na 元素, 故二者在灼烧时火焰颜色都是黄色, 火焰颜色相同, C 正确; 观察  $\text{K}_2\text{SO}_4$  的焰色应透过蓝色钴玻璃, 滤去 Na 元素黄光的干扰, D 正确。

**2. C** 每次实验都要先清除铂丝上的杂质, 将铂丝灼烧至与原来的火焰颜色相同, 再蘸取被检验物质, A 正确; 观察 K 的焰色时要透过蓝色钴玻璃, 滤去黄光的干扰再观察, B 正确; 焰色试验应选择本身颜色较浅的火焰, C 错误; 铁丝与铂丝灼烧时都没有明显焰色, 可以用无锈铁丝进行焰色试验, D 正确。

**3. C** 侯氏制碱法的反应为  $\text{NaCl} + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{NaHCO}_3 \downarrow + \text{NH}_4\text{Cl}$ , 故滤渣的主要成分为  $\text{NaHCO}_3$ , A 正确;  $\text{NH}_4\text{Cl}$  为易溶性盐, 故滤液中含有  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , B 正确; 降温结晶利用了物质溶解度随温度变化的性质, 该过程属于物理变化, C 错误; 在流程中  $\text{CO}_2$  既是反应物, 又是后续反应的生成物, 因此可以实现循环利用, D 正确。

**4. C**  $\text{NaHCO}_3$  受热分解生成  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$ , 故选 C。

**5. A** 澄清石灰水与过量  $\text{NaHCO}_3$  溶液反应, 说明  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  中  $\text{OH}^-$  全部反应, 正确的离子方程式为  $2\text{HCO}_3^- + \text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_3^{2-}$ , B 错误; 往稀盐酸中逐滴加入  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液, 开始时  $\text{H}^+$  过量, 反应的离子方程式为  $2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-} = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ , C 错误;  $\text{HCO}_3^-$  不可拆分, 反应的离子方程式为

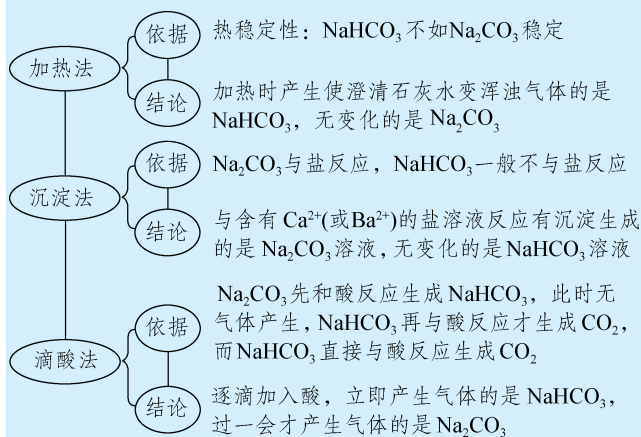
$\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ , D 错误。

### 知识归纳 $\text{NaHCO}_3$ 溶液与不同量澄清石灰水的反应

$\text{NaHCO}_3$  溶液与足量澄清石灰水反应时,离子方程式为  $\text{HCO}_3^- + \text{Ca}^{2+} + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaHCO}_3$  溶液与少量澄清石灰水反应时,离子方程式为  $2\text{HCO}_3^- + \text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$ 。以“少量者定为系数 1”配平过量反应物的系数。

6. C  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  较稳定,受热不分解,  $\text{NaHCO}_3$  不稳定,受热易分解生成  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$ ,则热稳定性  $\text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{NaHCO}_3$ , A 正确,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{NaHCO}_3$  都能与酸反应,但  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  与酸反应时会先生成  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$  再与酸反应产生  $\text{CO}_2$ ,故与酸反应放出  $\text{CO}_2$  的快慢为  $\text{Na}_2\text{CO}_3 < \text{NaHCO}_3$ , B 正确;  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶于水是放热过程,  $\text{NaHCO}_3$  溶于水是吸热过程, C 错误;  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液和  $\text{NaHCO}_3$  溶液都能与澄清石灰水反应生成  $\text{CaCO}_3$  白色沉淀, D 正确。

### 方法技巧 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 和 $\text{NaHCO}_3$ 的鉴别方法



7. D 与盐酸反应生成气体的物质可能为  $\text{Na}_2\text{O}_2$  (生成  $\text{O}_2$ )、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{NaHCO}_3$  (生成  $\text{CO}_2$ ), 气体 X 通过  $\text{NaOH}$  溶液后体积缩小 (而不是全部消失), 说明 X 由  $\text{O}_2$ 、 $\text{CO}_2$  组成, 原粉末中一定含有  $\text{Na}_2\text{O}_2$ , 且  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{NaHCO}_3$  至少含有一种; 将原混合物粉末在空气中用酒精灯加热, 有气体放出, 说明混合物中一定有  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$  受热分解生成  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$ , 即使与  $\text{Na}_2\text{O}_2$  反应会放出  $\text{O}_2$ , 使混合物粉末质量减小, 而剩余固体的质量却增大了, 原因只能是发生了反应  $2\text{Na}_2\text{O} + \text{O}_2 \xrightarrow{\Delta} 2\text{Na}_2\text{O}_2$ 。综上所述, 粉末中一定含有  $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}_2$ 、 $\text{NaHCO}_3$ , 无法确定粉末中是否含有  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{NaCl}$ 。故选 D。

8. A 脱脂棉燃烧, 说明  $\text{Na}_2\text{O}_2$  与  $\text{H}_2\text{O}$  反应放热, 同时该反应产生  $\text{O}_2$ , 有助于脱脂棉的燃烧, A 符合题意; 向  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液中逐滴滴加稀盐酸, 发生反应  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{HCl} \rightleftharpoons \text{NaCl} + \text{NaHCO}_3$ 、 $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} \rightleftharpoons \text{NaCl} + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ , 故开始无明显现象, 一段时间后产生大

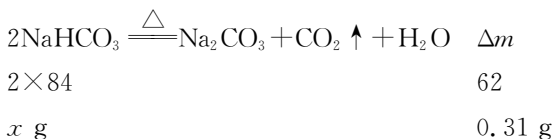
量气泡, B 不符合题意; 将  $\text{Na}_2\text{O}_2$  投入紫色石蕊溶液中,  $\text{Na}_2\text{O}_2$  与水反应生成  $\text{NaOH}$  和  $\text{O}_2$ , 由于  $\text{Na}_2\text{O}_2$  具有强氧化性, 能漂白酸碱指示剂, 故溶液先变蓝后褪色, C 不符合题意; 钾元素的焰色试验需要透过蓝色钴玻璃观察, 该过程只能证明溶液中含有钠元素, 不能证明溶液中不含钾元素, D 不符合题意。

9. B  $\text{NaHCO}_3$  受热易分解生成  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{H}_2\text{O}$  和  $\text{CO}_2$ , 所以通过加热分解利用差量法即可计算出  $\text{NaHCO}_3$  的质量分数, A 不符合题意; 混合物中  $\text{NaHCO}_3$  与足量稀硫酸充分反应, 会生成  $\text{H}_2\text{O}$  和  $\text{CO}_2$ , 所以逸出的气体是  $\text{CO}_2$ , 但会混有水蒸气, 即碱石灰增加的质量不是  $\text{CO}_2$  的质量, 不能测定  $\text{NaHCO}_3$  的质量分数, B 符合题意;  $\text{NaCl}$  和  $\text{NaHCO}_3$  混合物中,  $\text{NaHCO}_3$  与  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  反应的离子方程式为  $\text{HCO}_3^- + \text{OH}^- + \text{Ba}^{2+} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{BaCO}_3 \downarrow$ , 因此最后得到的固体是  $\text{BaCO}_3$ , 依据碳元素守恒, 可以计算出  $\text{NaHCO}_3$  的质量分数, C 不符合题意;  $\text{NaCl}$  和  $\text{NaHCO}_3$  混合物中,  $\text{NaHCO}_3$  可与盐酸反应生成  $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CO}_2$  和  $\text{NaCl}$ , 所以 b g 固体是  $\text{NaCl}$ , 利用守恒法可计算出  $\text{NaHCO}_3$  的质量分数, D 不符合题意。

10. D  $\text{NaHCO}_3$  是治疗胃酸过多的一种药剂, A 错误; 向  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  稀溶液中加入少量稀盐酸生成  $\text{NaHCO}_3$ , 看不到明显现象, B 错误; 引入新杂质  $\text{NaOH}$ , 且  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  也可与  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  反应, C 错误;  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  既能与  $\text{CO}_2$  反应生成  $\text{NaHCO}_3$  又能与盐酸反应放出  $\text{CO}_2$ , D 正确。

11. D 由  $2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_2$  的分子式可知,  $2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_2$  具有  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{H}_2\text{O}_2$  的双重性质, 故  $2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_2$  具有强氧化性, A 正确; 温度过高会导致  $2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解, 因此在生产过程中采用较低温度, 目的是防止产品和反应物的分解, B 正确; 酸能与  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  反应, 铁盐能作双氧水分解的催化剂, 故在生产过程中混入的酸、铁盐等物质都可能导致产率下降, C 正确;  $2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_2$  具有  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{H}_2\text{O}_2$  的双重性质, 可以将  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  氧化成  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , 题给化学方程式得失电子不守恒, 正确的化学方程式应为  $2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_2 + 3\text{Na}_2\text{SO}_3 \rightleftharpoons 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + 3\text{H}_2\text{O} + 3\text{Na}_2\text{SO}_4$ , D 错误。

12. C  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  较稳定, 受热不分解, 加热时, 只有  $\text{NaHCO}_3$  分解, 设混合物中含有 x g  $\text{NaHCO}_3$ , 则利用差量法进行计算:



$\frac{2 \times 84}{62} = \frac{x \text{ g}}{0.31 \text{ g}}$ , 解得  $x = 0.84$ , 则  $m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 5 \text{ g} - m(\text{NaHCO}_3) = 5 \text{ g} - 0.84 \text{ g} = 4.16 \text{ g}$ 。故选 C。



**知识归纳**  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{NaHCO}_3$  的性质对比

$\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{NaHCO}_3$  性质的“四点差异”。①溶解度： $\text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{NaHCO}_3$ 。②热稳定性： $\text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{NaHCO}_3$ 。③与同浓度盐酸反应的剧烈程度： $\text{NaHCO}_3 > \text{Na}_2\text{CO}_3$ 。④ $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ 、 $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ 。

**13. 【进行实验】** $\text{CaCO}_3$ **【做出猜想】**只有  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ **【实验设计】** $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液先由无色变为红色,然后由红色变为无色**【拓展提高】** $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{NaHCO}_3 = \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O}$ 

**【解析】**因为题给信息  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  能溶于水,而  $\text{HCO}_3^-$  能与  $\text{OH}^-$  反应生成  $\text{CO}_3^{2-}$ ,故将  $\text{NaHCO}_3$  溶液与石灰水混合后,生成白色沉淀  $\text{CaCO}_3$ ,溶液中可能发生的反应有:① $\text{Ca}(\text{OH})_2$  过量时,发生反应  $\text{NaHCO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O}$ ;②恰好反应时,  $2\text{NaHCO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$ ;③ $\text{NaHCO}_3$  过量时,产物有  $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,剩余  $\text{NaHCO}_3$ 。依据以上分析可猜想,生成的含钠化合物只能有三种情况:① $\text{NaOH}$ 、② $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{NaOH}$ 、③ $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 。

**第二节 氯及其化合物****限时小练 09 氯气的性质**

**1. B**  $\text{Cl}_2$  与水反应生成  $\text{HClO}$  和  $\text{HCl}$ , $\text{Cl}$  元素的化合价既升高,又降低, $\text{Cl}_2$  表现出氧化性和还原性,A 错误;新制的氯水中含有  $\text{HClO}$ , $\text{HClO}$  不稳定,见光易分解为  $\text{HCl}$  和  $\text{O}_2$ ,故新制氯水放置几天后酸性变强,B 正确;漂白粉的主要成分为  $\text{CaCl}_2$  和  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ ,有效成分为  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ ,C 错误;鲜花中含有水, $\text{Cl}_2$  能与水反应生成  $\text{HClO}$ , $\text{HClO}$  具有漂白性,因此干燥的  $\text{Cl}_2$  能使有色鲜花褪色,D 错误。

**2. B**  $\text{Cl}_2$  有毒,及时转移疏散人群,同时向有关部门报告事故有关情况,做到了发现问题及时上报,并尽最大可能地保护群众,①合理; $\text{Cl}_2$  的密度比空气的大,地势较高的地方  $\text{Cl}_2$  含量低,中毒的可能性小,将人群转移到地势较高的地方的做法是正确的,②合理,⑤不合理;因  $\text{Cl}_2$  能被碱性物质的溶液吸收,故用高压水枪向空中喷洒含有碱性物质的水溶液可减少空中  $\text{Cl}_2$  的含量,③合理; $\text{NaOH}$  浓溶液具有强腐蚀性,被转移人群戴上用  $\text{NaOH}$  浓溶液处理过的口罩,皮肤会受到强碱的腐蚀,④不合理; $\text{Cl}_2$  有毒,及时清理现场,检查水源及食物等是否被污染的做法是正确的,⑥合理。综上所述,②③⑥合理。故选 B。

**3. D**  $\text{Cl}_2$  和水反应生成的  $\text{HClO}$  具有强氧化性,能使红色布条褪色,将一定量的  $\text{Cl}_2$  通过装置甲后,湿润的红色布条不褪色,说明没有  $\text{Cl}_2$  进入装置乙,即装置甲内的试剂能与  $\text{Cl}_2$  发生反应而将其吸收。浓硫酸不与  $\text{Cl}_2$  反应,能干燥  $\text{Cl}_2$ ,不能吸收  $\text{Cl}_2$ ,①不符合题意; $\text{Cl}_2$  与  $\text{NaOH}$  溶液反应生成  $\text{NaCl}$ 、 $\text{NaClO}$  和  $\text{H}_2\text{O}$ , $\text{Cl}_2$  被吸收,②符合题意; $\text{Cl}_2$  在饱和食盐水中的溶解度较小,不能被吸收,③不符合题意; $\text{Cl}_2$  与  $\text{FeCl}_2$  溶液反应生成  $\text{FeCl}_3$ , $\text{Cl}_2$  被吸收,④符合题意;综上所述,装置甲中所盛试剂可能是②④。故选 D。

**4. C**  $\text{Na}$  和  $\text{Cl}_2$  发生反应生成  $\text{NaCl}$  固体,对应的现象是发出黄色火焰,有白烟( $\text{NaCl}$ )生成,A 正确,C 错误; $\text{Cl}_2$  有毒,为防止过量的  $\text{Cl}_2$  污染空气,应用  $\text{NaOH}$  溶液吸收多余的  $\text{Cl}_2$ ,B 正确;发生的反应为  $2\text{Na} + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\Delta} 2\text{NaCl}$ ,D 正确。

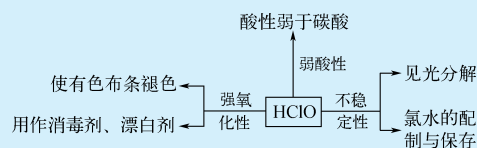
**易错提醒** 烟和雾的区别

烟是固体小颗粒,雾是小液滴, $\text{HCl}$  气体在空气中遇冷形成小液滴。

**5. A** 由图可知,a 为  $\text{HCl}$ ,b 为  $\text{Cl}_2$ ,c 为  $\text{ClO}_2$ ,d 为  $\text{HClO}$ ,e 为  $\text{KClO}_3$ ,f 为次氯酸盐。a 溶液为盐酸,是强酸,d 溶液为  $\text{HClO}$  溶液,是弱酸,A 错误;b 为  $\text{Cl}_2$ ,溶于水产生的  $\text{HClO}$  具有强氧化性,c 为  $\text{ClO}_2$ ,具有强氧化性,则物质 b、c 均能用于自来水消毒,B 正确;f 为次氯酸盐,具有强氧化性,可用于漂白,C 正确;e 为  $\text{KClO}_3$ ,实验室可用  $\text{KClO}_3$  为原料制备  $\text{O}_2$ ,D 正确。

**6. A** 镁和  $\text{Cl}_2$  在加热的条件下反应生成  $\text{MgCl}_2$ ,镁和盐酸反应生成  $\text{MgCl}_2$  和  $\text{H}_2$ ,A 正确;铁和  $\text{Cl}_2$  在加热的条件下反应生成  $\text{FeCl}_3$ ,铁和盐酸反应生成  $\text{FeCl}_2$  和  $\text{H}_2$ ,B、C 错误;铜和  $\text{Cl}_2$  在加热的条件下反应生成  $\text{CuCl}_2$ ,但铜和盐酸不反应,D 错误。

**7. A** 新制氯水中含有  $\text{HClO}$ , $\text{HClO}$  具有强氧化性,因此新制氯水具有漂白性,活性炭的漂白原理是吸附作用,两者的漂白原理不相同,A 错误。

**知识归纳**  $\text{HClO}$  的化学性质分析

**8. A**  $\text{Cl}_2$  溶于水,且与水发生反应,氯水的成分呈现多样性。碱遇酚酞显红色,加入含有  $\text{NaOH}$  的酚酞溶液,红色褪去,氯水中的  $\text{H}^+$  与碱反应使红色褪去,但  $\text{HClO}$  具有漂白性,也能使红色褪去,A 错误; $\text{HClO}$  具有强氧化性,可使有色布条褪色,B 正确;氯水中因含有  $\text{Cl}_2$  分子而呈浅黄绿色,C 正确;氯水中含有  $\text{Cl}^-$ ,与硝酸酸化的  $\text{AgNO}_3$  溶液反应产生  $\text{AgCl}$  白色沉淀,D 正确。

**9. B** 集气瓶甲中气体和溶液均呈无色,说明不存在

$\text{Cl}_2$ , 故集气瓶甲中加入的是  $\text{NaOH}$  溶液; 集气瓶乙中气体呈无色, 说明不存在  $\text{Cl}_2$ , 溶液中出现白色浑浊, 说明集气瓶乙中加入的是  $\text{AgNO}_3$  溶液; 集气瓶丙中气体和溶液都呈浅黄绿色, 说明气体和溶液中均存在  $\text{Cl}_2$ , 故集气瓶丙中加入的是水; 综上所述, 甲、乙、丙中注入的液体分别是②①③。故选 B。

**10. C**  $\text{Cl}_2$  与水发生反应  $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Cl}^- + \text{HClO}$ ,  $\text{H}^+$  使 pH 试纸变红, 但  $\text{HClO}$  具有漂白性, 可使 pH 试纸褪色, 故湿润的 pH 试纸先变红后褪色, A 错误;  $\text{HClO}$  具有漂白性, 可使湿润的红纸褪色, P 处红纸逐渐褪色, 说明  $\text{Cl}_2$  的水溶液具有漂白性, 但不能说明  $\text{Cl}_2$  具有漂白性, B 错误; O 处白色干棉花球中有  $\text{CaCl}_2$  粉末, 可以干燥  $\text{Cl}_2$ , 故 N 处干燥的红纸不变色, 可说明  $\text{Cl}_2$  无漂白性, C 正确;  $\text{Cl}_2$  和  $\text{NaOH}$  溶液反应生成  $\text{NaCl}$ 、 $\text{NaClO}$  和  $\text{H}_2\text{O}$ , 反应消耗了  $\text{NaOH}$ , 溶液的碱性减弱导致溶液的红色褪去, 再滴入盐酸, 红色不会重现, 若滴入  $\text{NaOH}$  溶液, 红色才会重现, D 错误。

**11. C** 光照氯水发生的反应为  $2\text{HClO} \xrightarrow{\text{光照}} 2\text{HCl} + \text{O}_2 \uparrow$ , 随着横坐标光照时间的增大,  $\text{Cl}^-$  浓度应该越来越大, 与图像不符合, A 不符合题意; 光照氯水发生反应生成  $\text{O}_2$ , 随着横坐标光照时间的增大,  $\text{O}_2$  体积分数应该越来越大, 与图像不符合, B 不符合题意; 光照氯水发生反应生成  $\text{HCl}$ , 弱酸生成强酸, 则随着横坐标光照时间的增大, 氯水导电能力也越来越大, 与图像不符合, D 不符合题意。

**12. C** 漂白粉在敞口存放过程中, 会发生反应:  $\text{Ca}(\text{ClO})_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{HClO}$ ,  $2\text{HClO} \xrightarrow{\text{光照}} 2\text{HCl} + \text{O}_2 \uparrow$ , 使漂白粉逐渐失效, ③错误; 与少量  $\text{CO}_2$  反应生成  $\text{CaCO}_3$  和  $\text{HClO}$ , 与过量  $\text{CO}_2$  反应时才生成  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , ④错误。故选 C。

**13. C** 常温常压下,  $\text{Cl}_2$  可溶于水,  $\text{Cl}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$  发生反应  $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCl} + \text{HClO}$ , 当氯水受日光照射时发生反应  $2\text{HClO} \xrightarrow{\text{光照}} 2\text{HCl} + \text{O}_2 \uparrow$ , 最后试管中的气体变为无色, 说明试管中不存在  $\text{Cl}_2$ 。由上述两个化学方程式可得关系式  $2\text{Cl}_2 \sim \text{O}_2$ , 由此可知, 当日光照射相当长一段时间后, 产生的  $\text{O}_2$  体积约为初始  $\text{Cl}_2$  体积的  $\frac{1}{2}$ , 且  $\text{O}_2$  不易溶于水, 故试管中剩余气体的体积约占试管容积的  $\frac{1}{2}$ , 故选 C。

### 限时小练 10 氯气的制取 氯离子的检验

**1. C** 实验装置的安装顺序一般为“从下而上(即放铁架台→放酒精灯→根据灯焰的大致高度确定铁圈位置), 从左而右”, 且制备气体时, 加入药品前应检查装置的气密性。故选 C。

**2. D**  $\text{MnO}_2$  与浓盐酸在加热条件下反应制取  $\text{Cl}_2$ , 图中缺少加热装置,  $\text{Cl}_2$  有毒, 不能直接排放到空气中, 应有尾气吸收装置, A、B 正确;  $\text{Cl}_2$  和  $\text{NaOH}$  溶液反应生成  $\text{NaCl}$ 、 $\text{NaClO}$  和  $\text{H}_2\text{O}$ , 漂白液的有效成分是  $\text{NaClO}$ , C 正确;  $\text{Cl}_2$  的密度比空气的密度大, 可用向上排空气法收集, 装置中的收集方法正确, D 错误。

**3. C**  $\text{Cl}_2$  中含有  $\text{HCl}$ 、 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ , 要收集纯净的  $\text{Cl}_2$ , 应先将气体通过饱和  $\text{NaCl}$  溶液, 除去  $\text{HCl}$ , 再通过浓硫酸, 除去  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 。故选 C。

**4. A** 因为盐酸易挥发, 所以实验时要缓缓加热以减少  $\text{HCl}$  的挥发, A 正确; 87 g  $\text{MnO}_2$  与足量浓盐酸反应, 完全反应时可以产生 71 g  $\text{Cl}_2$ , 含有 146 g  $\text{HCl}$  的浓盐酸反应时, 随着反应进行, 盐酸浓度逐渐降低, 当变为稀盐酸时反应停止, 生成  $\text{Cl}_2$  的质量小于 71 g, 故前者产生的  $\text{Cl}_2$  较多, B 错误; 由于  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  微溶于水, 饱和石灰水中  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  的量很少, 吸收  $\text{Cl}_2$  的能力有限, 因此一般不使用饱和石灰水吸收  $\text{Cl}_2$ , C 错误; 反应的化学方程式为  $\text{MnO}_2 + 4\text{HCl}(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ , 在该反应中, 浓盐酸中的  $\text{Cl}$  元素一部分由 -1 价变为 0 价, 失去电子, 表现还原性, 一部分化合价没有变化, 与  $\text{Mn}^{2+}$  结合形成盐, 所以浓盐酸在反应中起到酸性和还原剂作用, D 错误。

**5. B** 实验室通过加热  $\text{MnO}_2$  与浓盐酸可制取  $\text{Cl}_2$ , A 不符合题意;  $\text{Cl}_2$ 、 $\text{HCl}$  均能与  $\text{NaHCO}_3$  溶液反应, 应选用饱和  $\text{NaCl}$  溶液除去  $\text{Cl}_2$  中的  $\text{HCl}$ , B 符合题意;  $\text{Cl}_2$  的密度比空气的大, 可用向上排空气法收集, C 不符合题意;  $\text{Cl}_2$  能与  $\text{NaOH}$  溶液反应, 故可用  $\text{NaOH}$  溶液吸收尾气中的  $\text{Cl}_2$ , D 不符合题意。

**6. B**  $\text{Cl}_2$  能够将  $\text{I}^-$  氧化为  $\text{I}_2$ ,  $\text{I}_2$  遇淀粉溶液变蓝, A 正确; 装置 II、III 中的试剂依次为饱和  $\text{NaCl}$  溶液、浓硫酸, 先除去  $\text{Cl}_2$  中的  $\text{HCl}$  气体, 再干燥  $\text{Cl}_2$ , B 错误;  $\text{Cl}_2$  的密度比空气的密度大, 故可利用排空气法收集  $\text{Cl}_2$ , 装置 IV 中长导管进气, 短导管出气, C 正确; 装置 V 中多余的  $\text{Cl}_2$  可用  $\text{NaOH}$  溶液吸收, D 正确。

**7. C** 由图可知, 装置 A 中  $\text{KMnO}_4$  与浓盐酸反应可制取  $\text{Cl}_2$ , 得到的  $\text{Cl}_2$  中混有  $\text{HCl}$  和水蒸气, 则装置 B 用于除去  $\text{Cl}_2$  中的  $\text{HCl}$ , 装置 C 用于干燥  $\text{Cl}_2$ , 得到纯净的  $\text{Cl}_2$ , 装置 D 中  $\text{Cu}$  与  $\text{Cl}_2$  反应生成  $\text{CuCl}_2$ , 装置 E 用于吸收  $\text{Cl}_2$ , 防止污染空气。由分析可知, 装置 C 中的试剂应为浓硫酸, 目的是干燥  $\text{Cl}_2$ , A 错误; 实验过程中,  $\text{Cu}$  与  $\text{Cl}_2$  反应生成  $\text{CuCl}_2$ , 硬质玻璃管中产生大量棕黄色的烟, B 错误; 为防止加热时  $\text{Cu}$  与  $\text{O}_2$  反应, 需先用  $\text{Cl}_2$  将装置中的空气排出后, 再加热装置 D, 所以实验时, 应先打开装置 A 中分液漏斗的活塞, 再加热装置 D, C 正确;  $\text{MnO}_2$  与浓盐酸反应制取  $\text{Cl}_2$  需要加热, 将装置 A 中的  $\text{KMnO}_4$  直接换为  $\text{MnO}_2$ , 不能完成该实验, D 错误。

8. C 生成的白色沉淀部分溶于稀硝酸,则未溶解的沉淀为  $\text{AgCl}$ ,产生的气体能使澄清石灰水变浑浊,则该气体为  $\text{CO}_2$ ,说明原白色沉淀中含有  $\text{Ag}_2\text{CO}_3$ ,故原溶液中含有的粒子为  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ 。故选 C。

9. D 首先应将白色固体溶于水,A、C 错误;不能排除  $\text{SO}_4^{2-}$  等离子的干扰,B 错误;溶于水后先加入  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  溶液,不出现白色沉淀,可排除  $\text{SO}_4^{2-}$ ,再加入  $\text{AgNO}_3$  溶液和稀硝酸,出现白色沉淀,即可证明含有  $\text{Cl}^-$ ,D 正确。

10. D A 项,  $8\text{HCl} \sim 3\text{Cl}_2$ ; B 项,  $16\text{HCl} \sim 5\text{Cl}_2$ ; C 项,  $4\text{HCl} \sim \text{Cl}_2$ ; D 项,  $6\text{HCl} \sim 3\text{Cl}_2$ 。从比例关系知,D 项需要的  $\text{HCl}$  的量最少。故选 D。

11. A 漂白粉的主要成分为  $\text{CaCl}_2$  和  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ ,因  $\text{HClO}$  的酸性比  $\text{H}_2\text{CO}_3$  弱,漂白粉易与空气中  $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$  反应生成  $\text{CaCO}_3$  和  $\text{HClO}$  而变质, $\text{HClO}$  不稳定,见光易分解。久置的漂白粉的主要成分为  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ 、 $\text{CaCO}_3$  和  $\text{CaCl}_2$ ,加入盐酸后生成  $\text{CO}_2$ 、 $\text{Cl}_2$ ;由于盐酸易挥发,则用久置漂白粉和浓盐酸反应制得的  $\text{Cl}_2$  中,可能含有的杂质气体有  $\text{CO}_2$ 、 $\text{HCl}$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 。故选 A。

12. C 常温下,可用  $\text{KMnO}_4$  与浓盐酸反应制备  $\text{Cl}_2$ ,A 正确;装置 B 可以除去  $\text{Cl}_2$  中的  $\text{HCl}$  气体,也可以作为安全瓶,监测装置 C 中是否发生堵塞或暂时储存少量  $\text{Cl}_2$  等,B 正确;装置 C 用于干燥  $\text{Cl}_2$ ,可用酸性干燥剂,如  $\text{P}_2\text{O}_5$  固体、硅胶等,不能用碱石灰, $\text{Cl}_2$  能够与碱石灰反应,C 错误;装置 D 中  $\text{Cl}_2$  与  $\text{I}_2$  反应制备  $\text{ICl}_3$ ,由于  $\text{ICl}_3$  的沸点较低,故可采用水浴加热的方式,D 正确。

13. (1) ③  $\text{MnO}_2 + 4\text{HCl}(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$  (2) 吸收挥发出的  $\text{HCl}$  气体(除去  $\text{Cl}_2$  中的  $\text{HCl}$ ) 长颈漏斗中的液面上升,形成水柱 (3) ②④①

(4)  $\text{I}_2 + 5\text{Cl}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{IO}_3^- + 10\text{Cl}^- + 12\text{H}^+$

【解析】(1) 以  $\text{MnO}_2$  和浓盐酸为原料制备  $\text{Cl}_2$ ,属于固体和液体在加热时反应生成气体,故制备  $\text{Cl}_2$  的装置选 ③;制备  $\text{Cl}_2$  时反应的化学方程式为  $\text{MnO}_2 + 4\text{HCl}(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{Cl}_2 \uparrow + \text{MnCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(2) 浓盐酸具有挥发性,制备的  $\text{Cl}_2$  中混有挥发出来的  $\text{HCl}$ , $\text{Cl}_2$  在饱和食盐水中的溶解度很小,而  $\text{HCl}$  在饱和食盐水中的溶解度很大,则装置 B 中饱和食盐水的作用是吸收挥发出的  $\text{HCl}$  气体,除去  $\text{Cl}_2$  中的  $\text{HCl}$ ;若装置 C 发生堵塞,B 中气体压强增大,则 B 中的现象是长颈漏斗中的液面上升,形成水柱。

(3) 干燥的  $\text{Cl}_2$  没有漂白性,湿润的  $\text{Cl}_2$  具有漂白性,是因其与水反应生成的  $\text{HClO}$  具有漂白性,则装置 C 中 I、II、III 应依次放入 ②④①。

(4)  $\text{Cl}_2$  可将  $\text{I}^-$  氧化为  $\text{I}_2$ ,溶液先变为深棕褐色是因为其中溶有单质碘, $\text{Cl}_2$  的氧化性较强,可以将单质碘进一

步氧化,当  $\text{I}_2$  被氧化后,溶液颜色变浅,离子方程式为  $\text{I}_2 + 5\text{Cl}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{IO}_3^- + 10\text{Cl}^- + 12\text{H}^+$ 。

### 微专题三 钠、氯及其化合物的综合应用

1. D 焰色试验是某些金属或它们的化合物在无色火焰中灼烧时火焰呈现特征颜色的反应,其过程是物理变化,A 错误;焰色试验是部分金属元素的性质,只适合某些金属或其化合物的检验,B 错误; $\text{Na}$  元素的焰色试验为黄色,K 元素的焰色试验为紫色,观察 K 元素的焰色需要透过蓝色钴玻璃排除  $\text{Na}$  元素黄色火焰的干扰,故焰色试验火焰呈黄色说明该溶液中一定含有  $\text{Na}$  元素,不能确定是否含有 K 元素,C 错误;焰色试验必需的仪器及试剂:铂丝或光洁无锈的铁丝、酒精灯或煤气灯、稀盐酸,D 正确。

2. D  $\text{NaHCO}_3$  受热易分解生成  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{H}_2\text{O}$  和  $\text{CO}_2$ ,则热稳定性  $\text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{NaHCO}_3$ ,A 错误;常温时,在水中的溶解性  $\text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{NaHCO}_3$ ,B 错误; $\text{NaHCO}_3$  固体溶于水吸热, $\text{Na}_2\text{CO}_3$  固体溶于水放热,所以测得温度较高的是  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,C 错误;二者都可以和澄清石灰水反应生成  $\text{CaCO}_3$  沉淀,D 正确。

3. D  $\text{Cl}_2$  转化为  $\text{ClO}^-$  与  $\text{ClO}_3^-$  时, $\text{Cl}$  的化合价分别由 0 价升高为 +1 价和 +5 价,被氧化, $\text{Cl}_2$  转化为  $\text{KCl}$  时, $\text{Cl}$  的化合价由 0 价降低为 -1 价,被还原;经测定, $\text{ClO}^-$  与  $\text{ClO}_3^-$  的个数之比为 3 : 4,设  $\text{ClO}^-$  为 3 个, $\text{ClO}_3^-$  为 4 个,则被氧化的氯原子个数为 7,反应中失去电子的总数  $= 3 \times (1 - 0) + 4 \times (5 - 0) = 23$ ,根据得失电子守恒可知,反应中得到电子的个数也是 23,则被还原的氯原子的个数为 23,所以被还原的氯原子与被氧化的氯原子的个数之比为 23 : 7。故选 D。

4. D 由图可知,a、b、c、d、e、f 分别为  $\text{HCl}$ 、 $\text{Cl}_2$ 、 $\text{ClO}_2$ 、 $\text{HClO}_4$ 、 $\text{HClO}$ 、次氯酸盐。 $\text{HCl} \longrightarrow \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{ClO}_2 \longrightarrow \text{HClO}_4$  的转化中, $\text{Cl}$  元素的化合价均发生改变,故均为氧化还原反应,A 正确;c 是  $\text{ClO}_2$ ,具有强氧化性,是一种新的自来水消毒剂,B 正确;d 是  $\text{HClO}_4$ ,属于最强的含氧酸,它的酸性比硫酸的强,C 正确;f 为次氯酸盐, $\text{Cl}$  元素的化合价为 +1 价,虽处于较低价态,但具有强氧化性,D 错误。

5. C 加热时,固体的质量减少,说明固体中含有  $\text{NaHCO}_3$ ,设原固体中  $\text{NaHCO}_3$  的质量为 a,生成的  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  的质量为 b,则有:

$$\begin{array}{rccccc} 2\text{NaHCO}_3 & \xrightarrow{\Delta} & \text{Na}_2\text{CO}_3 & + & \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O} & \Delta m \\ 168 & & 106 & & & 62 \\ a & & b & & & 0.62 \text{ g} \end{array}$$

解得  $a = 1.68 \text{ g}$ ,  $b = 1.06 \text{ g}$ ,即原固体中  $\text{NaHCO}_3$  的质量为 1.68 g,生成的  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  的质量为 1.06 g,加热后固体中的  $\text{NaHCO}_3$  转化为  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,根据  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl}$



$\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$  可知,与盐酸反应生成  $0.88 \text{ g CO}_2$  需要  $2.12 \text{ g Na}_2\text{CO}_3$ ,则原固体中  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  的质量  $= 2.12 \text{ g} - 1.06 \text{ g} = 1.06 \text{ g}$ ,原固体中  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{NaHCO}_3$  的质量  $= 1.68 \text{ g} + 1.06 \text{ g} = 2.74 \text{ g} < 3.80 \text{ g}$ ,则原固体中还含有  $\text{NaCl}$ ,A 错误; $\text{CaO}$  与水反应生成  $\text{Ca(OH)}_2$ , $\text{Ca(OH)}_2$  与  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{NaHCO}_3$  反应都能生成白色沉淀,B 错误;相同温度下, $\text{Na}_2\text{CO}_3$  的溶解度大于  $\text{NaHCO}_3$  的,故取一定量固体,溶解,向溶液中通入足量的  $\text{CO}_2$ ,观察到有晶体析出,说明  $\text{CO}_2$  与  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  反应生成了  $\text{NaHCO}_3$ ,即原固体中一定含有  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,C 正确; $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{Cl}^-$  都能与  $\text{Ag}^+$  反应生成白色沉淀,不能说明原固体中一定含有  $\text{NaCl}$ ,D 错误。

**6. D** 装置 A 用于制取  $\text{H}_2$ , $\text{HCl}$  易挥发,制备的  $\text{H}_2$  中混有  $\text{HCl}$  和水蒸气,故装置 B 用于除去  $\text{H}_2$  中混有的  $\text{HCl}$  和水蒸气,装置 C 用于探究  $\text{Na}_2\text{O}_2$  与  $\text{H}_2$  的反应,装置 D 用于检验水的存在,判断  $\text{Na}_2\text{O}_2$  与  $\text{H}_2$  是否反应。 $\text{MnO}_2$  和浓盐酸在加热条件下可生成  $\text{Cl}_2$ ,装置 A 不能用于  $\text{MnO}_2$  与浓盐酸反应制取  $\text{Cl}_2$ ,A 错误;检查装置 A 的气密性时,应先关闭  $\text{K}_1$ ,再向长颈漏斗中加水,否则无法检验装置 A 的气密性,B 错误;无水氯化钙不能吸收  $\text{HCl}$ ,只能吸收水蒸气,故装置 B 中应盛放碱石灰,C 错误;装置 C 加热前要确保装置内的空气已排尽,即用试管在 D 中管口末端处收集气体点燃,通过声音判断气体的纯度,否则加热时易发生爆炸,D 正确。

**7. D** 用食醋清洗水壶内的水垢,反应原理为  $2\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CaCO}_3 = (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ ,利用了醋酸的酸性比碳酸的强,A 正确;用小苏打粉作膨松剂焙制糕点,是利用  $\text{NaHCO}_3$  受热易分解放出  $\text{CO}_2$ ,B 正确;由于反应  $\text{ClO}^- + \text{Cl}^- + 2\text{H}^+ = \text{Cl}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$  生成的  $\text{Cl}_2$  有毒,污染环境,则不可同时使用“84”消毒液与洁厕灵,C 正确;75% 的酒精能灭活细菌和病毒,不是利用其强氧化性,D 错误。

**8. A**  $\text{CO}_2$  和  $\text{HCl}$  都能与  $\text{NaOH}$  溶液反应,故除去  $\text{CO}_2$  气体中的  $\text{HCl}$  气体不可用  $\text{NaOH}$  溶液,B 错误;常温下  $\text{Na}$  与  $\text{O}_2$  反应生成  $\text{Na}_2\text{O}$ ,加热条件下, $\text{Na}$  与  $\text{O}_2$  反应得到  $\text{Na}_2\text{O}_2$ ,C 错误; $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{NaHCO}_3$  溶液都能与  $\text{Ba(OH)}_2$  反应得到  $\text{BaCO}_3$  沉淀,故用  $\text{Ba(OH)}_2$  溶液不能鉴别  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{NaHCO}_3$  溶液,D 错误。

**9. D** 用铂丝蘸取样品进行焰色试验,观察到黄色火焰,说明样品中含有钠,但不能确定是否含有钾,因为钾的焰色要透过蓝色钴玻璃才能观察,A 错误;产生使澄清石灰水变浑浊的  $\text{CO}_2$  气体,可能含有  $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{HCO}_3^-$ ,B 错误;向装有鲜花的集气瓶中通入  $\text{Cl}_2$ ,鲜花变色,不能说明  $\text{Cl}_2$  具有漂白性,因为鲜花中含有水, $\text{Cl}_2$  遇到鲜花中的水生成了具有漂白性的  $\text{HClO}$ ,C 错误;将少量  $\text{CaCO}_3$  固体加入稀盐酸中,产生无色气体,说明盐酸的

酸性强于碳酸,D 正确。

**10. (1) 过滤 (2)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (3) 完全除去  $\text{CaCl}_2$ 、 $\text{MgCl}_2$  (4)  $\text{NaCl} + 3\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} \text{NaClO}_3 + 3\text{H}_2 \uparrow$  (5)  $\text{NaClO}_3$  (6)  $2\text{ClO}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{NaOH} = 2\text{NaClO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$  (7) 冷却至温度低于  $38^\circ\text{C}$  结晶**

**【解析】**粗盐水中含有  $\text{CaCl}_2$ 、 $\text{MgCl}_2$ ,加入过量  $\text{NaOH}$  溶液,可将  $\text{Mg}^{2+}$  转化为  $\text{Mg(OH)}_2$  沉淀除去,加入过量  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液,可将  $\text{Ca}^{2+}$  转化为  $\text{CaCO}_3$  沉淀除去,过滤,向滤液中加入适量盐酸至溶液呈酸性,除去过量的  $\text{NaOH}$  和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,电解酸性  $\text{NaCl}$  溶液得到  $\text{NaClO}_3$  和  $\text{H}_2$ ,向  $\text{NaClO}_3$  溶液中加入盐酸生成  $\text{ClO}_2$ 、 $\text{Cl}_2$ 、 $\text{NaCl}$  和  $\text{H}_2\text{O}$ 。

(1) 操作 A 中分离出  $\text{Mg(OH)}_2$ 、 $\text{CaCO}_3$  沉淀,故操作 A 的名称为过滤。

(2) 由分析可知,试剂 X 是  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 。

(3)  $\text{NaOH}$  及  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  均需过量的目的是完全除去  $\text{CaCl}_2$ 、 $\text{MgCl}_2$ 。

(4) 由分析可知,反应 II 中电解酸性  $\text{NaCl}$  溶液得到  $\text{NaClO}_3$  和  $\text{H}_2$ ,化学方程式为  $\text{NaCl} + 3\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} \text{NaClO}_3 + 3\text{H}_2 \uparrow$ 。

(5) 该反应中, $\text{NaClO}_3$  转化为  $\text{ClO}_2$ ,Cl 的化合价降低,故氧化剂是  $\text{NaClO}_3$ 。

(6) 由图可知,“转化”过程中  $\text{ClO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}_2$  与  $\text{NaOH}$  反应得到  $\text{NaClO}_2$ 、 $\text{O}_2$  和水,根据得失电子守恒、元素质量守恒配平化学方程式为  $2\text{ClO}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{NaOH} = 2\text{NaClO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(7) 饱和  $\text{NaClO}_2$  溶液在温度低于  $38^\circ\text{C}$  时析出的晶体是  $\text{NaClO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ,高于  $38^\circ\text{C}$  时析出的晶体是  $\text{NaClO}_2$ ,若要得到  $\text{NaClO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ,则需将得到的  $\text{NaClO}_2$  溶液进行蒸发浓缩后,冷却至温度低于  $38^\circ\text{C}$  时结晶,过滤,洗涤。

**11. (1) 分液漏斗 量气管液面与长颈漏斗液面相平**

**冷却至室温再读数 (2) 3 或 3 : 1 (3)  $\frac{244V}{245m} \%$**

**(4) ABC**

**【解析】**(1) 由仪器构造可知,仪器 a 是分液漏斗。

(2) 由过碳酸钠和酸反应的方程式可知,当 II 中测得生成 3 体积的气体(2 体积  $\text{CO}_2$  和 1 体积  $\text{O}_2$ ),I 中测得生成 1 体积  $\text{O}_2$ (2 体积  $\text{CO}_2$  被碱石灰吸收)时,若样品中无  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,则无其他  $\text{CO}_2$ ,两者体积之比为 3 : 1。

(3) I 中收集的气体是  $\text{O}_2$ , $\text{O}_2$  与过碳酸钠的关系式为  $2\text{Na}_2\text{CO}_4 \sim \text{O}_2$ ,根据  $\text{O}_2$  的质量  $\left(\frac{32}{24.5} \times V \times 10^{-3} \text{ g}\right)$  计算出  $\text{Na}_2\text{CO}_4$  的质量,从而计算出  $\text{Na}_2\text{CO}_4$  的百分含量。

(4)  $\text{Na}_2\text{CO}_4$  的含量表达式为  $\frac{244V}{245m} \%$ ,其中 V 是 I 中量筒收集的  $\text{O}_2$  体积,m 为样品的质量。由表达式可知,测

量的气体体积的大小决定纯度的高低;若在导管 b 上加一个止水夹并关闭止水夹,滴加的硫酸占有体积,气体体积变大,导致测定结果偏高,A 正确;反应结束后,量筒液面高于水槽液面,说明量筒内气体压强小,气体体积变大,导致测定结果偏高,B 正确;由于反应放热,反应结束后立即对量筒读数,气体体积变大,导致测定结果偏高,C 正确;样品粘在滤纸上,样品用于产生气体的体积变小,导致测定结果偏低,D 错误。

12. (1)  $\text{NaClO}$  c d e f (2) 分液漏斗  $\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{Cl}^- \xrightarrow{\Delta} \text{Mn}^{2+} + \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$  (3) 消耗的  $\text{NaOH}$  溶液更多(或其他合理答案) (4) ①碱性和漂白 ②先变蓝,后褪色 ③氧化 ④  $\text{ClO}^- + \text{Cl}^- + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Cl}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$  (5) 圆底烧瓶 7.45%

【解析】(1)  $\text{Cl}_2$  通入  $\text{NaOH}$  溶液中可制备漂白水,漂白水有效成分为  $\text{NaClO}$ ;实验室制备  $\text{NaClO}$  的顺序依次是  $\text{Cl}_2$  的制备,除杂, $\text{NaClO}$  的制备和尾气处理。

(2) 盛装浓盐酸的仪器名称为分液漏斗。

(3) 装置 C 的作用是除去  $\text{Cl}_2$  中挥发的  $\text{HCl}$ ,若无装置 C,则会导致消耗的  $\text{NaOH}$  溶液更多。

(4) ①漂白水使紫色石蕊溶液先变蓝,说明漂白水显碱性,后褪色说明漂白水具有漂白性。②漂白水中的  $\text{ClO}^-$  具有氧化性,会氧化具有还原性的  $\text{I}^-$ ,生成  $\text{I}_2$ ,淀粉遇  $\text{I}_2$  变蓝,可以观察到溶液变蓝色,但生成的  $\text{I}_2$  可被进一步氧化为  $\text{IO}_3^-$ ,故溶液最后褪色,说明漂白水具有氧化性。④制备的漂白水含有  $\text{Cl}^-$  和  $\text{ClO}^-$ ,加入稀硫酸后,产生黄绿色气体,说明有  $\text{Cl}_2$  生成,从而可写出离子方程式。

(5) 由装置图分析可知,a 仪器的名称是圆底烧瓶;设原样品中含有  $\text{NaClO}$  的质量为  $a$  g,根据方程式进行分析:



$$74.5 \qquad 2 \times 35.5$$

$$a \text{ g} \qquad 0.71 \text{ g}$$

列式  $\frac{74.5}{2 \times 35.5} = \frac{a \text{ g}}{0.71 \text{ g}}$ ,解得  $a = 0.745$ ,则样品中

$\text{NaClO}$  的质量分数  $= \frac{0.745 \text{ g}}{10 \text{ g}} \times 100\% = 7.45\%$ 。

### 第三节 物质的量

#### 限时小练 11 物质的量的单位 摩尔质量

1. A 物质的量是一个物理量,表示含有一定数目粒子的集合体,不是物质的质量,A 错误;物质的量的单位是摩尔,符号为“mol”,简称“摩”,B 正确;摩尔只适用于描述分子、原子、离子等微观粒子,C 正确;“1 mol  $\text{O}_2$ ”指的是 1 mol 氧气分子,而“1 mol 氢”没有指明具体的微粒,所以不能说“1 mol 氢”,D 正确。

2. D 摩尔不是物理量,摩尔是物质的量的单位,①错

误;1 mol 任何物质都含有约  $6.02 \times 10^{23}$  个构成物质的基本微粒,物质的构成微粒有原子、分子、离子,不是所有物质都是由原子构成的,②错误;阿伏加德罗常数的近似值为  $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ,③错误;氢原子的相对原子质量为 1,摩尔质量为  $1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,④错误; $\text{HCl}$  的摩尔质量与相对分子质量在数值上相等,单位不同,摩尔质量的单位为  $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,质量的单位为 g,⑤错误;1 mol  $\text{CO}_2$  中含有 1 mol 碳原子和 2 mol 氧原子,“1 mol 碳和 2 mol 氧”没有指明具体的微粒,⑥错误; $0.012 \text{ kg } ^{12}\text{C}$  所含有的碳原子数约为  $6.02 \times 10^{23}$ ,其物质的量为 1 mol,⑦错误。综上所述,①②③④⑤⑥⑦错误。故选 D。

3. C  $8.5 \text{ g NH}_3$  的原子数  $= \frac{8.5 \text{ g}}{17 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 4 \times N_A \text{ mol}^{-1} = 2N_A$ ,A 正确;1 个  $\text{OH}^-$  与  $\text{H}_3\text{O}^+$  中都含有 10 个电子,17 g  $\text{OH}^-$  与 19 g  $\text{H}_3\text{O}^+$  的物质的量都是 1 mol,则二者所含的电子数相等,B 正确; $N_A$  个  $\text{O}_2$  分子与  $N_A$  个  $\text{Ne}$  分子的物质的量都是 1 mol,氖是稀有气体,为单原子分子,二者的原子个数之比为 2 : 1,C 错误;1.06 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  中含有的  $\text{Na}^+$  个数  $= \frac{1.06 \text{ g}}{106 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 2 \times N_A \text{ mol}^{-1} = 0.02N_A$ ,D 正确。

4. D  $\text{H}_2\text{O}$  是纯净物,不含有  $\text{H}_2$ ,1 mol  $\text{H}_2\text{O}$  中含有 2 mol H 和 1 mol O,A 错误;1 mol  $\text{NaOH}$  的质量是 40 g,B 错误;1 g  $\text{H}_2$  的物质的量为 0.5 mol,所含分子数为  $0.5N_A$ ,1 g  $\text{N}_2$  的物质的量为  $\frac{1}{28} \text{ mol}$ ,所含分子数为  $\frac{1}{28}N_A$ ,两者所含分子数不相等,C 错误。

5. B 每个 Na 变成离子时失去 1 个电子,2.3 g (即 0.1 mol) Na 变成离子,失去的电子数为  $0.1N_A$ ,A 错误;0.2  $N_A$  个  $\text{H}_2\text{SO}_4$  分子中含 O 原子数为  $0.8N_A$ ,19.6 g  $\text{H}_3\text{PO}_4$  的物质的量为 0.2 mol,含 O 原子数为  $0.8N_A$ ,B 正确;28 g  $\text{N}_2$  所含有的原子数为  $2N_A$ ,C 错误; $N_A$  个氧分子与  $N_A$  个氢分子的质量分别为 32 g、2 g,两者质量之比为 16 : 1,D 错误。

6. C 0.5 mol  $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2\text{N}$  中含有分子个数  $= 0.5 \text{ mol} \times 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 3.01 \times 10^{23}$ ,A 正确; $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2\text{N}$  的相对分子质量  $= 12 \times 2 + 1 \times 5 + 16 \times 2 + 14 = 75$ ,B 正确;0.5 mol  $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2\text{N}$  中原子的物质的量的总和  $= 0.5 \text{ mol} \times (2 + 5 + 2 + 1) = 5 \text{ mol}$ ,C 错误;0.5 mol  $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2\text{N}$  中氧元素质量  $= 0.5 \text{ mol} \times 2 \times 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 16 \text{ g}$ ,D 正确。

7. D 由 2.16 g  $\text{X}_2\text{O}_5$  中含有 0.1 mol 氧原子知,2.16 g  $\text{X}_2\text{O}_5$  的物质的量为  $\frac{0.1}{5} \text{ mol}$ ,设 X 的相对原子质量为  $a$ ,则  $\frac{2.16 \text{ g}}{(2a + 5 \times 16) \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = \frac{0.1 \text{ mol}}{5}$ ,解得  $a = 14$ 。故选 D。

8. C 根据质量守恒定律可知,反应前后原子的种类、

个数都不变,所以反应后氮原子和氧原子的原子个数之比为 $\frac{a}{a+2b}$ ,C正确。

9. D 每个 $N_2O$ 和 $CO_2$ 分子中均含有3个原子,所以原子数相等,A不符合题意;物质的量相同时,含有的分子数相等,B不符合题意;每个 $N_2O$ 和 $CO_2$ 分子中均含有22个电子,所以物质的量相同时,所含的电子数相等,C不符合题意;每个 $N_2O$ 和 $CO_2$ 分子中分别含有1个氧原子、2个氧原子,所以物质的量相同时,所含的氧原子数不相等,D符合题意。

10. B 溶液呈电中性,阴、阳离子所带电荷总数相等,故 $n(K^+) + 2n(Ca^{2+}) + n(Na^+) = n(Cl^-) + n(NO_3^-)$ , $n(Cl^-) = n(K^+) + 2n(Ca^{2+}) + n(Na^+) - n(NO_3^-) = 0.1 \text{ mol} + 2 \times 0.1 \text{ mol} + 0.1 \text{ mol} - 0.1 \text{ mol} = 0.3 \text{ mol}$ 。故选B。

11. C  $C_{60}$ 只由一种元素组成,所以 $C_{60}$ 是单质,不是化合物,C错误;摩尔质量的数值与相对分子质量相等,通过计算可知, $C_{60}$ 的摩尔质量 $= 12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 60 = 720 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,D正确。

12. C 设 $FeO$ 、 $Fe_2O_3$ 、 $Fe_3O_4$ 的物质的量分别为 $x$ 、 $y$ 、 $z$ ,则铁元素和氧元素的质量之比为 $\frac{(x+2y+3z) \times 56}{(x+3y+4z) \times 16} = \frac{21}{8}$ ,得到 $x=y$ ,因此只要满足 $FeO$ 和 $Fe_2O_3$ 的物质的量之比是1:1即可。故选C。

13. B 设 $SO_2$ 和 $SO_3$ 的质量都为 $m \text{ g}$ ,则 $n(SO_2) = \frac{m}{64} \text{ mol}$ , $n(SO_3) = \frac{m}{80} \text{ mol}$ 。 $SO_2$ 中氧原子个数为 $\left(\frac{m}{64} \times 2\right) \text{ mol}$ , $SO_3$ 中氧原子个数为 $\left(\frac{m}{80} \times 3\right) \text{ mol}$ ,两者含氧原子个数之比为5:6,含O元素的质量之比等于物质的量之比,A、C错误; $SO_2$ 和 $SO_3$ 中含有硫元素的物质的量分别为 $\frac{m}{64} \text{ mol}$ 、 $\frac{m}{80} \text{ mol}$ ,含硫元素的质量之比等于物质的量之比,为5:4,B正确,D错误。

14. (1) D (2) ①1:100 ②0.2 mol (3)  $Cl_2 + H_2O \rightleftharpoons HCl + HClO$

【解析】(1) 水的摩尔质量是 $18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,与水的物质的量无关,A错误;18 g水的物质的量是1 mol,一个水分子中含有10个电子,所以1 mol  $H_2O$ 中含有 $10N_A$ 个电子,B错误;1 mol  $H_2O$ 中含有2 mol氢原子,2 mol氢的说法是错误的,C错误;若是求算一个水分子的质量,则可以用1 mol  $H_2O$ 的质量(18 g)除以1 mol  $H_2O$ 的数目( $6.02 \times 10^{23}$ )得到,约是 $\frac{18}{6.02 \times 10^{23}} \text{ g}$ ,D正确。

(2) ① $n(Na^+) = n(NaOH) = \frac{4 \text{ g}}{40 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.1 \text{ mol}$ ,  
 $n(H_2O) = \frac{180 \text{ g}}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 10 \text{ mol}$ ,则 $n(Na^+)$ :

$n(H_2O) = 1:100$ 。②根据质量守恒可知,收集的 $H_2$ 和 $O_2$ 的总质量就是被电解的水的质量,则被电解的水的质量为3.6 g,其物质的量 $= \frac{3.6 \text{ g}}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.2 \text{ mol}$ 。

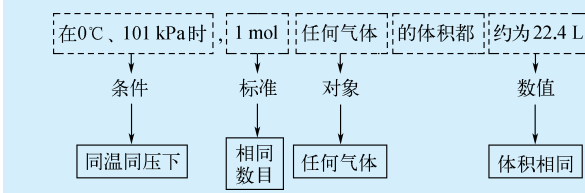
(3) 由分子模型可知,反应的化学方程式为 $Cl_2 + H_2O \rightleftharpoons HCl + HClO$ 。

### 限时小练 12 气体摩尔体积

1. D 标准状况下,水是液体,1 mol  $H_2O$ 的体积小于22.4 L,A错误;没有指明气体所处的温度与压强,不能确定 $CO_2$ 的体积,B错误;对于气体来说,温度升高,体积增大,压强增大,体积缩小,其他条件下,气体摩尔体积也可能是 $22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,C错误;标准状况下,1 mol任何气体的体积都约是22.4 L,D正确。

2. D 同温同压下,相同体积的任何气体,其分子数一定相等,但原子数不一定相等,A错误;等物质的量的甲烷( $CH_4$ )气体和CO气体中所含分子数一定相等,由于两种分子中所含原子数不同,故所含有的原子数一定不相等,B错误;气体的温度、压强未知,两种气体的物质的量无法判断,故无法比较1 L CO和1 L  $O_2$ 的质量,C错误;根据阿伏加德罗定律,同温同压同体积的CO和 $N_2$ 气体,其物质的量相等,由于两者的摩尔质量相等,故它们的质量相等,D正确。

#### 知识归纳 标准状况下气体摩尔体积的使用范围



3. D  $16.4 \text{ g } C_{22}O_4$ 的物质的量 $= \frac{16.4 \text{ g}}{328 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.05 \text{ mol}$ ,所含氧原子数 $\approx 0.05 \text{ mol} \times 4 \times 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 0.2 \times 6.02 \times 10^{23}$ ,A错误; $C_{18}$ 的摩尔质量为 $216 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,B错误;1 mol  $C_{20}O_2$ 转化为 $C_{18}$ 的过程中生成2 mol CO,由于温度和压强未知,无法计算CO的体积,C错误;CO和 $N_2$ 的摩尔质量相等,等质量的CO和 $N_2$ 的物质的量相等,则同温同压下,二者所占的体积相同,D正确。

4. C 常温常压下,气体的摩尔体积不是 $22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,A错误;1 mol  $O_2$ 中应含有 $2N_A$ 个氧原子,B错误;未指明是否在标准状况下,故11.2 L  $NH_3$ 的物质的量不一定是0.5 mol,D错误。

5. A 两个容器的体积相同,气体的物质的量相等,气体的压强还与温度有关,由于温度不知道,无法判断压强大小,A错误;两容器的体积相同,气体的质量相等,由 $\rho = \frac{m}{V}$ 可知,密度相等,B正确;两种气体的物质的量相等,均为1 mol,则所含的气体分子数均为 $N_A$ ,C正



确;温度越高,气体的体积越大,所以若在常温常压下,则气体的体积大于 22.4 L,D 正确。

**6. B**  $\text{H}_2\text{O}$  中 H 的化合价由 +1 价降低到 0 价,被还原为  $\text{H}_2$ ,则  $\text{H}_2\text{O}$  是氧化剂,A 正确; $\text{NaH}$  中 H 的化合价由 -1 价升高到 0 价,被氧化为  $\text{H}_2$ ,则  $\text{NaH}$  作还原剂,结合 A 项分析可知, $\text{H}_2$  既是氧化产物,又是还原产物, $\text{NaOH}$  不是氧化产物,B 错误;同一反应中,还原剂的还原性强于还原产物的还原性,则还原性  $\text{NaH} > \text{H}_2$ ,C 正确;标准状况下,22.4 L  $\text{H}_2$  的物质的量为 1 mol,每生成 1 mol  $\text{H}_2$ ,转移 1 mol 电子,D 正确。

**7. C** 2 g  $\text{H}_2$  的物质的量为 1 mol,16 g  $\text{O}_2$  的物质的量为 0.5 mol,故  $n(\text{H}_2) : n(\text{O}_2) = 2 : 1$ ,A 不符合题意;没有注明 2.24 L Ar 所处的状况,B 不符合题意;150  $^\circ\text{C}$ 、 $1.01 \times 10^5$  Pa 时  $\text{H}_2\text{O}$  为气体,同温同压下, $n(\text{CO}_2) : n(\text{H}_2\text{O}) = n(\text{CO}_2) : n(\text{H}_2\text{O}) = V(\text{CO}_2) : V(\text{H}_2\text{O})$ ,C 符合题意;28 g CO 的物质的量为 1 mol,所含分子数为  $6.02 \times 10^{23}$ ,D 不符合题意。

**8. C** 标准状况下,水为液态,不能用气体摩尔体积计算其物质的量,A 错误;未指明  $\text{O}_2$  与  $\text{Cl}_2$  的物质的量,无法计算二者所含的原子数目,B 错误;将 0.1 mol Na 投入足量的水中,Na 与水反应生成  $\text{NaOH}$  和  $\text{H}_2$ ,钠元素的化合价由 0 价升高到 +1 价,故 0.1 mol Na 参与反应转移的电子数为  $0.1N_A$ ,C 正确;71 g (即 1 mol)  $\text{Cl}_2$  溶于水后,部分  $\text{Cl}_2$  与  $\text{H}_2\text{O}$  反应生成  $\text{HCl}$  和  $\text{HClO}$ ,溶液中仍有  $\text{Cl}_2$  分子存在,故溶液中  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{ClO}^-$  和  $\text{HClO}$  的粒子数之和小于  $2N_A$ ,D 错误。

**9. B**  $6.02 \times 10^{23}$  个分子在标准状况下所占体积不一定是 22.4 L,因为该 1 mol 分子不一定是气体,A 错误; $\text{N}_2$  和 CO 的摩尔质量相等,二者以任意比例混合,其摩尔质量数值均不变,28 g  $\text{N}_2$  与 CO 的混合气体在标准状况下体积约为 22.4 L,B 正确;在标准状况下,气体摩尔体积才是  $22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,C 错误;标准状况下,气体体积相同,则气体的物质的量相同,分子数相同,D 错误。

**10. C** S 和  $\text{O}_2$  的摩尔质量与物质的量大小无关,二者的摩尔质量都是  $32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,A 正确;23 g  $\text{NO}_2$  和  $\text{N}_2\text{O}_4$  的混合气体中含有  $\text{NO}_2$  原子团的物质的量 =  $\frac{23 \text{ g}}{46 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.5 \text{ mol}$ ,所含的 O 原子数 =  $0.5 \text{ mol} \times 2 \times N_A \text{ mol}^{-1} = N_A$ ,B 正确;气体分子有单原子分子、双原子分子和多原子分子,则 1 mol 气体中含有原子数不一定相等,C 错误;标准状况下,22.4 L  $\text{CO}_2$  气体的物质的量是 1 mol,含有的原子数为  $3N_A$ ,D 正确。

**11. D** 标准状况下,水是液体,气体摩尔体积对其不适用; $n(\text{HCl}) = 0.5 \text{ mol}$ ; $n(\text{H}_2\text{S}) = 0.4 \text{ mol}$ ; $n(\text{NH}_3) = 0.2 \text{ mol}$ 。①水的密度是  $1 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ ,则  $\text{H}_2\text{O}$  中 H 原子数  $N(\text{H}) = \frac{112 \text{ mL} \times 1 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 2 \times N_A \text{ mol}^{-1} \approx$

$12.4N_A$ ;② $\text{HCl}$  中 H 原子数  $N(\text{H}) = 0.5 \text{ mol} \times N_A \text{ mol}^{-1} = 0.5N_A$ ;③ $\text{H}_2\text{S}$  气体中 H 原子数  $N(\text{H}) = 0.4 \text{ mol} \times 2 \times N_A \text{ mol}^{-1} = 0.8N_A$ ;④0.2 mol  $\text{NH}_3$  中 H 原子数  $N(\text{H}) = 0.2 \text{ mol} \times 3 \times N_A \text{ mol}^{-1} = 0.6N_A$ ,所以 H 原子个数由小到大的顺序是②④③①,A 错误。水的密度是  $1 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ ,根据  $\rho = \frac{m}{V} = \frac{M}{V_m}$  可知,气体密度与其摩尔质量成正比, $\text{HCl}$  的摩尔质量是  $36.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、 $\text{H}_2\text{S}$  的摩尔质量是  $34 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、 $\text{NH}_3$  的摩尔质量是  $17 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,气体密度都小于  $1 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ ,所以密度从小到大的顺序是④③②①,B 错误。水的质量为 112 g, $m(\text{HCl}) = 0.5 \text{ mol} \times 36.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 18.25 \text{ g}$ ; $m(\text{H}_2\text{S}) = 0.4 \text{ mol} \times 34 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 13.6 \text{ g}$ ; $m(\text{NH}_3) = 0.2 \text{ mol} \times 17 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 3.4 \text{ g}$ ,所以质量从小到大的顺序是④③②①,C 错误。水的体积是 0.112 L; $V(\text{HCl}) = 0.5 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} = 11.2 \text{ L}$ ; $V(\text{H}_2\text{S}) = 0.4 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} = 8.96 \text{ L}$ ; $V(\text{NH}_3) = 0.2 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} = 4.48 \text{ L}$ ,所以体积由小到大的顺序是①④③②,D 正确。

#### 方法技巧 有关化学计算的原则

有关化学计算的原则是“见量化摩”,即先换算为物质的量,然后比较各构成粒子的物质的量的大小。

**12. D** 同温度、同体积密度相等,气体的压强与气体的摩尔质量成反比,即  $\text{C}_2\text{H}_4$  与  $\text{C}_3\text{H}_6$  的压强之比为 3 : 2,则  $p(\text{C}_2\text{H}_4) > p(\text{C}_3\text{H}_6)$ ,A 错误; $\text{C}_2\text{H}_4$  和  $\text{C}_3\text{H}_6$  的体积相同,密度相等,则二者质量相等,B 错误; $\text{C}_2\text{H}_4$ 、 $\text{C}_3\text{H}_6$  的摩尔质量依次为  $28 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、 $42 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ , $\text{C}_2\text{H}_4$  和  $\text{C}_3\text{H}_6$  的物质的量与摩尔质量成反比,即 3 : 2,所含分子数目之比为 3 : 2,所含 H 原子数之比 =  $(3 \times 4) : (2 \times 6) = 1 : 1$ ,即所含 H 原子数目相等,C 错误,D 正确。

**13. C** 甲、乙两室的压强与温度相同,气体的物质的量之比等于其体积之比,则甲室中气体的物质的量 =  $1 \text{ mol} \times \frac{4}{2} = 2 \text{ mol}$ ,甲室中混合气体的分子总数约为  $2N_A$ ,A 正确;设甲室中  $\text{H}_2$  和  $\text{O}_2$  的物质的量分别为  $x \text{ mol}$ 、 $y \text{ mol}$ ,列式  $\begin{cases} x + y = 2 \\ 2x + 32y = 34 \end{cases}$ ,解得  $x = y = 1$ ,则甲室中  $\text{H}_2$  和  $\text{O}_2$  的体积之比为 1 : 1,B 正确;甲室中混合气体的平均摩尔质量 =  $\frac{34 \text{ g}}{2 \text{ mol}} = 17 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,同温同压下,气体的密度之比等于其摩尔质量之比, $\text{H}_2$  的摩尔质量为  $2 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,故该混合气体的密度是同温同压下  $\text{H}_2$  密度的  $\frac{17 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{2 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 8.5$  倍,C 错误;由  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{H}_2\text{O}$  可知,反应后  $\text{O}_2$  剩余,剩余  $\text{O}_2$  的物质的量 =  $1 \text{ mol} - 1 \text{ mol} \times \frac{1}{2} = 0.5 \text{ mol}$ ,恢复原温度后最终两室中

压强相等,体积之比等于物质的量之比,则甲、乙两室的体积之比 $=0.5\text{ mol}:1\text{ mol}=1:2$ ,则活塞停留在刻度2处,D正确。

14. (1) ①0.25 mol ②5.6 L ③ $0.75N_A$  (2) 2.7 (3) 65 (4) 3:4

【解析】(1) ① $n=\frac{m}{M}=\frac{11\text{ g}}{44\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}}=0.25\text{ mol}$ 。② $V=nV_m=0.25\text{ mol}\times 22.4\text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}=5.6\text{ L}$ 。该气体为三原子分子,则所含原子总数为 $N=3nN_A=0.75N_A$ 。

(2) 1个Al原子中含有13个电子,则电子数为 $1.3N_A$ 的Al的物质的量 $=\frac{1.3N_A}{N_A\text{ mol}^{-1}\times 13}=0.1\text{ mol}$ ,则其质量为 $m=nM=0.1\text{ mol}\times 27\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}=2.7\text{ g}$ 。

(3) 某二价金属的氯化物中含有 $0.4\text{ mol Cl}^-$ ,说明该氯化物的物质的量为 $0.2\text{ mol}$ ,其质量为 $27.2\text{ g}$ ,则其摩尔质量为 $M=\frac{m}{n}=\frac{27.2\text{ g}}{0.2\text{ mol}}=136\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ,该金属元素的相对原子质量 $=136-35.5\times 2=65$ 。

(4) 同温同压下,相同体积的 $\text{SO}_2$ 和 $\text{SO}_3$ 的物质的量相同,所含原子个数之比为3:4。

### 限时小练 13 物质的量浓度

1. C 等体积混合后的溶液中, $c(\text{Cl}^-)=\frac{0.1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}+0.2\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}}{2}=0.15\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ,C错误;混合前 $\text{NaCl}$ 、 $\text{CaCl}_2$ 溶液中 $c(\text{Cl}^-)$ 分别为 $0.1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $0.2\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ,两溶液中 $c(\text{Cl}^-)$ 之比为1:2,D正确。

2. C 配制480 mL  $0.2\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液,需要使用500 mL规格的容量瓶,需要碳酸钠晶体的质量 $=0.5\text{ L}\times 0.2\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\times 286\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}=28.6\text{ g}$ ,没有误差,A不符合题意;定容时,需要向容量瓶中加入蒸馏水,所以容量瓶使用前未干燥,对所配溶液浓度无影响,B不符合题意;称量晶体时所用砝码生锈,则称量固体的质量偏高,会导致所配溶液浓度偏高,C符合题意;定容前溶液未放置到室温,因晶体溶于水吸热,使溶液温度较低,导致所加水的体积偏大,所配溶液浓度偏小,D不符合题意。

3. A NaOH固体易潮解,有腐蚀性,不能直接放在托盘天平上称量,应将NaOH固体放在小烧杯中称量,A错误;①中玻璃棒转移液体,起引流作用,②中用玻璃棒搅拌加速NaOH固体溶解,起搅拌作用,B正确;定容过程中加蒸馏水到液面离容量瓶颈部的刻度线1~2 cm时,为避免加入的水过量,应改用胶头滴管滴加,C正确;配制一定物质的量浓度的溶液的一般步骤为计算、称量、溶解、转移、洗涤、定容、摇匀等,图中实验操作步骤的顺序为⑤②①④③,D正确。

4. A 定容时俯视刻度线,溶液体积偏小,浓度偏高,A符合题意;未将洗涤烧杯和玻璃棒的溶液一并转移至容

量瓶,则溶质的物质的量偏小,溶液浓度偏低,B不符合题意;配制溶液所用的容量瓶洗净后未晾干,有蒸馏水残留,对实验结果没有影响,C不符合题意;摇匀后,发现溶液的凹液面低于刻度线,又滴加几滴蒸馏水,则溶液体积偏大,浓度偏低,D不符合题意。

5. A 根据溶液呈电中性可知, $c(\text{K}^+)+2c(\text{Zn}^{2+})=c(\text{NO}_3^-)+2c(\text{SO}_4^{2-})$ ,则 $0.1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}+2c(\text{Zn}^{2+})=0.3\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}+2\times 0.2\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ,解得 $c(\text{Zn}^{2+})=0.3\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。故选A。

6. B  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 和 $\text{NaOH}$ 反应的离子方程式为 $\text{H}^++\text{OH}^-=\text{H}_2\text{O}$ ,设混合后溶液中 $\text{H}^+$ 的物质的量浓度为 $a$ ,则 $2\times 0.3\text{ L}\times 0.25\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}-0.1\text{ L}\times 0.3\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}=0.5\text{ L}\times a$ ,解得 $a=0.24\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。故选B。

7. D 25 mL  $1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{ AlCl}_3$ 溶液中, $c(\text{Cl}^-)=3\times 1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}=3\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ; 30 mL  $3\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{ KCl}$ 溶液中, $c(\text{Cl}^-)=1\times 3\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}=3\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ; 20 mL  $2\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{ MgCl}_2$ 溶液中, $c(\text{Cl}^-)=2\times 2\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}=4\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ; 30 mL  $2\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{ NaCl}$ 溶液中, $c(\text{Cl}^-)=1\times 2\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}=2\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ;所以 $\text{Cl}^-$ 浓度最小的是 $2\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。故选D。

### 易错提醒 与物质的量浓度有关的计算

进行物质的量浓度的相关计算时,要根据溶液中 $c(\text{Cl}^-)=\text{溶质的物质的量浓度}\times\text{化学式中}\text{Cl}^- \text{个数}$ 来解答。注意浓度与溶液的体积无关。

8. D 溶液体积未知,不能计算离子物质的量,A错误; $\text{Cl}^-$ 的物质的量浓度不相等,B错误;稀释后,所得稀硫酸的体积为100 mL,故所加水的体积不是100 mL,C错误;发生反应 $\text{CaO}+\text{H}_2\text{O}=\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,消耗水,部分 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 析出,温度恢复到 $20^\circ\text{C}$ 时,仍为 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 饱和溶液,但溶液体积减小,同温下同种溶质在同种溶剂中的饱和溶液的浓度不变,D正确。

9. C 假设 $\text{AgNO}_3$ 溶液的物质的量浓度为 $c\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ,其体积是1 L,则 $n(\text{Ag}^+)=c\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\times 1\text{ L}=c\text{ mol}$ 。根据 $\text{Ag}^++\text{Cl}^-=\text{AgCl}\downarrow$ 可知,三种溶液中 $\text{Cl}^-$ 的物质的量相等, $n(\text{Cl}^-)=c\text{ mol}$ 。假设 $\text{NaCl}$ 、 $\text{FeCl}_2$ 、 $\text{FeCl}_3$ 溶液的浓度均为 $x\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ,溶液体积分别为 $V_1\text{ L}$ 、 $V_2\text{ L}$ 、 $V_3\text{ L}$ ,根据 $n=cV$ , $x\times V_1=2x\times V_2=3x\times V_3=c$ ,则 $V_1=\frac{c}{x}$ , $V_2=\frac{c}{2x}$ , $V_3=\frac{c}{3x}$ ,所以 $V_1:V_2:V_3=1:\frac{1}{2}:\frac{1}{3}=6:3:2$ 。故选C。

10. A  $\frac{V}{4}\text{ mL}$ 溶液中 $\text{Al}^{3+}$ 的物质的量 $=\frac{m\text{ g}\times\frac{1}{4}}{27\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}}=\frac{m}{108}\text{ mol}$ ,稀释后溶液中 $c(\text{Al}^{3+})=$

$$\frac{\frac{m}{108} \text{ mol}}{4V \times 10^{-3} \text{ L}} = \frac{250m}{108V} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}, c(\text{SO}_4^{2-}) = \frac{3}{2} c(\text{Al}^{3+}) = \frac{3}{2} \times \frac{250m}{108V} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = \frac{125m}{36V} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}。故选 A。$$

11. C 根据  $c = \frac{1\,000\rho w}{M}$  可得,  $w = \frac{cM}{1\,000\rho}$ , 则  $w = \frac{17c}{1\,000\rho}$ , A 正确; 根据  $w = \frac{m(\text{溶质})}{m(\text{溶液})} = \frac{\frac{VL}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 17 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{\frac{VL}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 17 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} + 1\,000 \text{ mL} \times 1 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}} = \frac{17V}{17V + 22\,400}$ , B 正确, C 错误; 根据 A 项分析可得,  $\rho = \frac{17c}{1\,000w}$ , D 正确。

12. A 已知 1 L 营养液中含有  $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ KCl}$ 、 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ K}_2\text{SO}_4$ 、 $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ ZnSO}_4$ , 根据元素守恒,  $n(\text{Cl}^-) = 0.2 \text{ mol}$ ,  $n(\text{K}^+) = 0.4 \text{ mol}$ ,  $n(\text{SO}_4^{2-}) = 0.15 \text{ mol}$ ,  $n(\text{Zn}^{2+}) = 0.05 \text{ mol}$ , 根据“唯一”优先考虑原则, 需要  $n(\text{K}_2\text{SO}_4) = 0.15 \text{ mol}$ ,  $n(\text{ZnCl}_2) = 0.05 \text{ mol}$ , 再由  $\text{K}^+$  或  $\text{Cl}^-$  守恒, 确定需  $n(\text{KCl}) = 0.1 \text{ mol}$ , 则  $m(\text{KCl}) = nM = 0.1 \text{ mol} \times 74.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 7.45 \text{ g}$ ;  $m(\text{K}_2\text{SO}_4) = nM = 0.15 \text{ mol} \times 174 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 26.1 \text{ g}$ ;  $m(\text{ZnCl}_2) = nM = 0.05 \text{ mol} \times 136 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 6.8 \text{ g}$ 。故选 A。

13. D 由图甲知,  $c(\text{K}^+) = c(\text{Cl}^-)$ , 由溶液呈电中性知,  $2c(\text{SO}_4^{2-}) = c(\text{NH}_4^+)$ , 由图乙知, 200 mL 样品中,  $c(\text{NH}_4^+) = \frac{1.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 1 \text{ L}}{0.2 \text{ L}} = 8.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $c(\text{SO}_4^{2-}) = 4.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 故图甲中 X 离子是  $\text{SO}_4^{2-}$ , A 正确; 图乙中  $c_1$  为  $c(\text{NH}_4^+)$ , 稀释前后,  $\text{NH}_4^+$  的物质的量不变,  $1.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 1 \text{ L} = c_1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.2 \text{ L}$ , 则  $c_1 = 8.0$ , B 正确; 营养液中  $n(\text{NH}_4\text{Cl}) : n(\text{K}_2\text{SO}_4) = n(\text{NH}_4^+) : n(\text{SO}_4^{2-})$ , 已知  $c(\text{NH}_4^+) = 8.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $c(\text{SO}_4^{2-}) = 4.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 同一溶液中, 各组分物质的量之比等于物质的量浓度之比, 故营养液中  $\text{NH}_4\text{Cl}$  与  $\text{K}_2\text{SO}_4$  的物质的量之比为 2 : 1, 或由溶液呈电中性直接推断也可得出, C 正确; 由 Cl 原子守恒知, 营养液中  $c(\text{KCl}) = c(\text{Cl}^-) - c(\text{NH}_4\text{Cl}) = 9.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} - 8.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , D 错误。

14. (1)  $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  1.42 g  $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   
(2) 2 : 1 : 1

【解析】(1)  $n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{14.2 \text{ g}}{142 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.1 \text{ mol}$ ,  $c(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{0.1 \text{ mol}}{0.5 \text{ L}} = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ; 50 mL 溶液中含有溶质的质量  $= 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.05 \text{ L} \times 142 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 1.42 \text{ g}$ ; 50 mL 溶液用水稀释到 100 mL, 根据稀释前后溶

质的物质的量不变知,  $c(\text{稀}) \times 0.1 \text{ L} = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.05 \text{ L}$ , 解得  $c(\text{稀}) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 即  $\text{Na}^+$  的物质的量浓度为  $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(2) 设  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  溶液、 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  溶液、纯水三者的体积分别是  $x \text{ L}$ 、 $y \text{ L}$ 、 $z \text{ L}$ , 根据  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  的物质的量守恒, 则  $0.2x = 0.1 \times (x + y + z)$ 、 $0.4y = 0.1 \times (x + y + z)$ 、 $0.1x + 0.6y = 0.2 \times (x + y + z)$ , 解得  $x = 2y = 2z$ , 所以  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  溶液、 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  溶液、纯水三者的体积之比为 2 : 1 : 1。

### 实验活动一 配制一定物质的量浓度的溶液

1. A 容量瓶是配制一定物质的量浓度溶液的专用仪器, 使用前要先检查容量瓶是否漏水, 容量瓶不能加热, 不能用容量瓶长期贮存配制好的溶液, 故选 A。

2. B 实验时, 所需  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  的物质的量  $= 0.5 \text{ L} \times 0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.025 \text{ mol}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  的相对分子质量为 286, 故需  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  晶体的质量  $= 286 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 0.025 \text{ mol} = 7.15 \text{ g}$ , A 错误; 配制时需要用到的玻璃仪器有量筒、烧杯、玻璃棒、500 mL 容量瓶和胶头滴管, B 正确; 溶解时, 玻璃棒的作用是搅拌, 加速溶解, 转移溶液时, 玻璃棒用于引流, 玻璃棒的作用不同, C 错误; 定容时, 仰视容量瓶的刻度线, 溶液的体积偏大, 所配溶液的浓度偏低, D 错误。

3. C 洗净的容量瓶不能放进烘箱中烘干, 会影响其准确度, A 错误; 定容操作中, 当液面离刻度线 1~2 cm 时, 应用胶头滴管定容, B 错误; 用容量瓶配制溶液, 定容时俯视刻度线, 使溶液体积偏小, 所配溶液的浓度偏高, C 正确; 胶头滴管要悬空正放, 不能紧贴容量瓶内壁, D 错误。

4. B NaOH 固体易潮解、具有腐蚀性, 不能直接放在天平的托盘上称量, 应放在烧杯中称量, A 错误; 定容时如果加水超过了刻度线, 应重新配制, C 错误; 定容摇匀后发现溶液体积低于刻度线, 再补加少量蒸馏水至刻度线, 会导致所配溶液的浓度偏低, D 错误。

5. D 配制 400 mL  $0.100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ KCl}$  溶液的操作步骤是④②③①, A 错误; 容量瓶用蒸馏水洗涤后, 定容时还需要加入蒸馏水, 所以不必干燥, B 错误; 配制 400 mL  $0.100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ KCl}$  溶液用到的仪器有天平、500 mL 容量瓶、烧杯、玻璃棒、胶头滴管等, C 错误; 定容时若仰视容量瓶的刻度线, 则加入的蒸馏水偏多, 溶液浓度偏低, D 正确。

6. C  $\text{MgCl}_2$  在水溶液中完全电离, 所以溶液中不存在  $\text{MgCl}_2$  微粒, A 错误; 该溶液的浓度为  $1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 根据 Cl 原子守恒得,  $c(\text{Cl}^-) = 2c(\text{MgCl}_2) = 2 \times 1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 2.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 浓度与溶液体积无关, B 错误;  $n(\text{Cl}^-) = 2.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.005 \text{ L} = 0.01 \text{ mol}$ ,  $n(\text{Ag}^+) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.1 \text{ L} = 0.01 \text{ mol}$ , 二者以 1 : 1



反应,所以  $n(\text{Cl}^-) = n(\text{Ag}^+)$  时二者恰好完全反应, C 正确;  $1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NaCl}$  溶液中  $c(\text{Cl}^-) = c(\text{NaCl}) = 1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ MgCl}_2$  溶液中的  $c(\text{Cl}^-) = 2c(\text{MgCl}_2) = 2 \times 1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 2.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , D 错误。

**7. B** 用天平称量时,若使用游码,被称量物与砝码的位置放颠倒了,物质的质量 = 砝码的质量 - 游码的质量,固体质量偏小,浓度偏低;若不使用游码,物质的质量 = 砝码的质量,对固体质量无影响,对浓度无影响,①不符合题意。溶液转移到容量瓶后,烧杯及玻璃棒未用蒸馏水洗涤,导致部分溶质损耗,浓度偏低,②符合题意。转移溶液前容量瓶内有少量蒸馏水,对所配溶液的浓度无影响,③不符合题意。定容时,仰视容量瓶的刻度线,体积偏大,浓度偏低,④符合题意。定容后摇匀,发现液面降低,又补加少量水,重新达到刻度线,体积偏大,浓度偏低,⑤符合题意。故选 B。

**8. B** 称取  $12.5 \text{ g}$  胆矾( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )的物质的量为  $0.05 \text{ mol}$ ,加水稀释至  $500 \text{ mL}$ ,所得溶液的物质的量浓度为  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , A 正确;由于水的体积为  $1 \text{ L}$ ,则将  $58.5 \text{ g NaCl}$  固体放入  $1 \text{ L}$  水中时,溶液的体积大于  $1 \text{ L}$ ,故溶液的浓度小于  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , B 错误;  $100 \text{ g } 5\%$  的食盐水中  $\text{NaCl}$  的质量 =  $100 \text{ g} \times 5\% = 5 \text{ g}$ ,加热蒸发掉  $50 \text{ g}$  水后,溶液质量变为  $50 \text{ g}$ ,所得溶液中  $\text{NaCl}$  的质量分数为  $10\%$ , C 正确;将浓度为  $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ Na}_2\text{SO}_4$  溶液  $10 \text{ mL}$  加水稀释至  $200 \text{ mL}$ ,稀释后的浓度为  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , D 正确。

**9. (1) ad (2) 6.8 (3) a. 偏小 b. 偏大 c. 偏大**

**【解析】**(1) 配制稀硫酸时,转移过程中用玻璃棒引流, a 正确;未定容前不需要摇匀,振荡操作是旋转容量瓶,不能上下振荡容量瓶,且不能用手指堵住容量瓶的瓶口, b 错误;定容时,应平视容量瓶的刻度线,不能仰视, c 错误;摇匀过程中,应盖好瓶塞,用食指顶住瓶塞,另一只手的手指托住瓶底,反复上下颠倒,使溶液混合均匀, d 正确。

(2) 用  $18.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  浓硫酸配制  $250 \text{ mL } 0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  稀硫酸,根据  $c(\text{浓溶液}) \cdot V(\text{浓溶液}) = c(\text{稀溶液}) \cdot V(\text{稀溶液})$  可得,所需浓硫酸的体积 =  $\frac{250 \text{ mL} \times 0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{18.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} \approx 6.8 \text{ mL}$ 。

(3) a. 用量筒量取浓硫酸时俯视读数,导致量取浓硫酸的体积偏小,则所配溶液浓度偏小; b. 稀释浓硫酸时,未冷却到室温即转移到容量瓶中,导致所配溶液的体积偏小,则所配溶液浓度偏大; c. 将量取浓硫酸后的量筒进行洗涤,并将洗涤液转移到容量瓶中,导致量取的浓硫酸的体积偏大,则所配溶液浓度偏大。

**10. (1) 13.6 250 mL 容量瓶 (2) 将浓硫酸缓缓地沿**

器壁注入水中,同时用玻璃棒不断搅拌 (3) B

(4) AC (5) 重新配制溶液

**【解析】**(1) 需  $1.00 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ H}_2\text{SO}_4$  溶液  $240 \text{ mL}$ ,但实验室只有  $18.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  浓硫酸,配制该溶液需要使用  $250 \text{ mL}$  容量瓶;根据溶液稀释前后溶质的物质的量不变知,  $18.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times V = 1.00 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.25 \text{ L}$ ,解得  $V \approx 0.0136 \text{ L} = 13.6 \text{ mL}$ ,实验必须用到的玻璃仪器除烧杯、玻璃棒、量筒、胶头滴管外,还需要的一种玻璃仪器是  $250 \text{ mL}$  容量瓶。

(2) 浓硫酸溶于水放出大量的热,量取的浓硫酸需在烧杯中先稀释,稀释浓硫酸的操作是将浓硫酸缓缓地沿器壁注入水中,同时用玻璃棒不断搅拌。

(3) 配制过程中主要步骤是计算、量取、溶解或稀释、冷却、转移、洗涤、定容、摇匀,正确的操作顺序应是③⑤②④①⑥,故选 B。

(4) 用量筒量取浓硫酸时,仰视量筒的刻度线,使浓硫酸的体积偏大,所配浓度偏高, A 正确;容量瓶未干燥即用来配制溶液,对结果无影响, B 错误;浓硫酸在烧杯中稀释后,未冷却就立即转移到容量瓶中,并进行定容,冷却后溶液的体积偏小,所配浓度偏高, C 正确;烧杯中的稀溶液往容量瓶中转移时,有少量液体溅出,溶质减少,所配浓度偏低, D 错误。

(5) 定容时,若加蒸馏水时不慎超过刻度线,处理方法是重新配制溶液。

#### 微专题四 物质的量的综合应用

**1. C**  $\text{CH}_3\text{OH} \rightarrow \text{CO}_2$  中碳元素的化合价由  $-2$  价升高至  $+4$  价,  $\text{NaClO}_3 \rightarrow \text{ClO}_2$  中 Cl 元素的化合价由  $+5$  价降低至  $+4$  价,说明  $\text{CH}_3\text{OH}$  发生了氧化反应,  $\text{ClO}_2$  为还原产物, A、B 错误;根据得失电子守恒,氧化剂( $\text{NaClO}_3$ )和还原剂( $\text{CH}_3\text{OH}$ )的物质的量之比为  $6:1$ , C 正确;生成  $0.1 \text{ mol CO}_2$  时,转移  $0.6 \text{ mol e}^-$ , D 错误。

**2. B**  $\text{H}_2^{18}\text{O}$  的摩尔质量为  $20 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,则  $36 \text{ g H}_2^{18}\text{O}$  的物质的量为  $1.8 \text{ mol}$ ,每个水分子中含有 2 个共价键,则共价键的数目为  $3.6 N_A$ , A 错误;  $40 \text{ mL } 10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  浓盐酸中含有  $0.4 \text{ mol HCl}$ ,因随着反应的进行,盐酸浓度降低,反应不能进行,故产生  $\text{Cl}_2$  的数目小于  $0.1 N_A$ , B 正确;  $1 \text{ L } 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NaClO}_3$  溶液中,  $\text{NaClO}_3$  中所含的氧原子数目为  $0.3 N_A$ ,但溶液中的水也含有氧原子,则  $1 \text{ L } 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NaClO}_3$  溶液中含有氧原子的数目远大于  $0.3 N_A$ , C 错误;  $\text{ClO}_2$  的沸点为  $11^\circ\text{C}$ ,标准状况下  $\text{ClO}_2$  为液体,无法用气体摩尔体积计算其物质的量, D 错误。

**3. D** 根据得失电子守恒可得,  $5n(\text{ClO}_2) + 6n(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) = n(\text{Fe}^{2+})$ ,即  $5n(\text{ClO}_2) + 6 \times 0.2 \text{ L} \times 0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.42 \text{ L} \times 0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,解得  $n(\text{ClO}_2) = 0.03 \text{ mol}$ 。根据 Cl 元素守恒可知,  $n(\text{NaClO}_3) = n(\text{ClO}_2) = 0.03 \text{ mol}$ ,

$\text{NaClO}_3$  的摩尔质量为  $106.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 则  $\text{NaClO}_3$  样品的纯度  $= \frac{106.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 0.03 \text{ mol}}{6.00 \text{ g}} \times 100\% = 53.25\%$ 。故选 D。

**4. B**  $\text{HCl}$  在水溶液中完全电离, 故  $\text{HCl}$  溶液中不存在  $\text{HCl}$  分子, A 错误;  $16 \text{ g S}_8$  的物质的量  $= \frac{16 \text{ g}}{256 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.0625 \text{ mol}$ , 含有硫原子的数目  $= 0.0625 \text{ mol} \times 8 \times N_A \text{ mol}^{-1} = 0.5N_A$ , B 正确; 标准状况下, 水为液态, 不能用气体摩尔体积来计算其物质的量, C 错误; 浓硫酸与锌发生反应  $\text{Zn} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) = \text{ZnSO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ , 消耗  $0.2 \text{ mol H}_2\text{SO}_4$  转移  $0.2 \text{ mol}$  电子, 随着反应进行, 硫酸的浓度逐渐变稀, 稀硫酸与锌发生反应  $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2 \uparrow$ , 消耗  $0.2 \text{ mol H}_2\text{SO}_4$  转移  $0.4 \text{ mol}$  电子, 故含  $0.2 \text{ mol H}_2\text{SO}_4$  的浓硫酸与足量锌反应转移的电子数应介于  $0.2N_A$  到  $0.4N_A$  之间, D 错误。

**5. C** 物质的量浓度是指单位体积溶液中所含溶质的物质的量, 其单位不是  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , A 错误; 标签上的  $\text{Cl}^-$  的含量只能表示该品牌饮用矿泉水中  $\text{Cl}^-$  的含量, B 错误; 该品牌饮用矿泉水中  $\text{Mg}^{2+}$  的最大含量为  $4.8 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , 则  $c(\text{Mg}^{2+})$  的最大值  $= \frac{4.8 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}}{24 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 2 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , C 正确; 一瓶该品牌饮用矿泉水中含  $\text{SO}_4^{2-}$  的质量的最大值  $= 19.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.5 \text{ L} = 9.6 \text{ mg}$ , 其物质的量  $= \frac{9.6 \times 10^{-3} \text{ g}}{96 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 1 \times 10^{-4} \text{ mol}$ , D 错误。

**6. B** 常温常压下,  $33.6 \text{ L Cl}_2$  的物质的量小于  $1.5 \text{ mol}$ ,  $27 \text{ g Al}$  的物质的量为  $1 \text{ mol}$ ,  $\text{Cl}_2$  与  $\text{Al}$  发生反应  $3\text{Cl}_2 + 2\text{Al} = 2\text{AlCl}_3$ ,  $\text{Al}$  过量, 则转移的电子数小于  $3N_A$ , A 错误; 用  $\text{CO}_2$  和  $\text{O}_2$  组成的混合气体中共有  $N_A$  个分子,  $\text{CO}_2$  和  $\text{O}_2$  分子中均含有 2 个氧原子, 其中的氧原子数为  $2N_A$ , B 正确;  $\text{Na}_2\text{O}_2$  与  $\text{H}_2\text{O}$  发生反应  $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{NaOH} + \text{O}_2 \uparrow$ , 标准状况下,  $1.12 \text{ L O}_2$  的物质的量为  $0.05 \text{ mol}$ , 根据生成的  $\text{O}_2$  可知, 反应转移的电子数  $= 0.05 \text{ mol} \times 2N_A \text{ mol}^{-1} = 0.1N_A$ , C 错误; 标准状况下,  $\text{SO}_3$  是固体, 不是气体, 不能用气体摩尔体积计算其物质的量, D 错误。

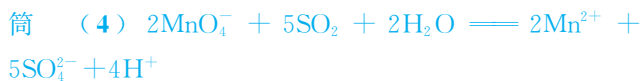
**7. C** 溶液的体积未知, 无法计算  $\text{Cl}^-$  的数目, A 错误;  $71 \text{ g Cl}_2$  的物质的量为  $1 \text{ mol}$ ,  $\text{Cl}_2$  发生反应:  $\text{Cl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Cl}_2$  既是氧化剂又是还原剂,  $1 \text{ mol Cl}_2$  转移的电子数为  $N_A$ , B 错误;  $\text{N}_2$  和  $\text{CO}$  的摩尔质量均为  $28 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,  $14 \text{ g N}_2$  和  $\text{CO}$  的混合气体的物质的量为  $0.5 \text{ mol}$ , 含有的原子数为  $N_A$ , C 正确; 标准状况下,  $\text{Br}_2$  不是气体, 不能用标准状况下的气体摩尔体积进行计算, D 错误。

**8. D** 阿伏加德罗常数的单位为  $\text{mol}^{-1}$ , 通常用  $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  表示, A 错误;  $\text{HCl}$  气体中不含离子, B 错误; 在  $298 \text{ K}$ 、 $101 \text{ kPa}$  时, 水为液态, 则体积相等的水和氢气, 水的物质的量远大于氢气, 两者所含原子数之比远大于  $3:1$ , C 错误; 同温同压下, 气体的摩尔质量之比等于其密度之比,  $\text{O}_2$  的摩尔质量为  $32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,  $\text{SO}_2$  的摩尔质量为  $64 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,  $\text{O}_2$  的密度为  $\rho$ , 则  $\text{SO}_2$  的密度为  $2\rho$ , D 正确。

**9. B** 起始时, 左室充入  $1 \text{ mol CO}_2$ , 右室充入一定量的  $\text{CO}$  和  $\text{O}_2$  后, 隔板处于中间位置 (如图甲所示), 说明左右两侧压强相等, 相同条件下, 体积之比等于物质的量之比, 则右侧混合气体的总物质的量也为  $1 \text{ mol}$ ; 持续用电火花引燃右室气体, 发生反应:  $2\text{CO} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{电火花}} 2\text{CO}_2$ , 充分反应恢复至起始温度后, 隔板位置如图乙所示, 说明反应后右侧气体的总物质的量  $= \frac{4}{6} \text{ mol} = \frac{2}{3} \text{ mol}$ , 由反应的化学方程式可知, 反应过程中消耗多少摩尔的  $\text{CO}$ , 就生成多少摩尔的  $\text{CO}_2$ , 且容器内气体减少的物质的量为参与反应的  $\text{CO}$  物质的量的一半, 故右室中生成  $\text{CO}_2$  的物质的量  $= \left(1 \text{ mol} - \frac{2}{3} \text{ mol}\right) \times 2 = \frac{2}{3} \text{ mol}$ 。故选 B。

**10. D** 该溶液呈无色、透明、均一状态, 说明溶液中一定不含  $\text{Fe}^{3+}$ , 加入足量  $\text{BaCl}_2$  溶液, 生成  $23.3 \text{ g}$  白色沉淀, 再加稀盐酸, 沉淀不消失, 则白色沉淀为  $\text{BaSO}_4$ , 其物质的量  $= \frac{23.3 \text{ g}}{233 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.1 \text{ mol}$ , 则原溶液中一定含有  $\text{SO}_4^{2-}$ , 且浓度为  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$  与  $\text{SO}_4^{2-}$  不能共存, 则原溶液中一定不含  $\text{Ba}^{2+}$ , A 正确; 已知阳离子 ( $\text{Na}^+$  和  $\text{Mg}^{2+}$ ) 所带正电荷的浓度总和  $= 1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} + 2 \times 0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 阴离子 ( $\text{Cl}^-$  和  $\text{SO}_4^{2-}$ ) 所带负电荷的浓度总和  $= 3.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} + 2 \times 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 根据溶液呈电中性, 则原溶液中一定含有  $\text{H}^+$ , 其浓度为  $3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , B 正确; 原溶液中含有大量  $\text{H}^+$ , 向原溶液中加入少量  $\text{NaHCO}_3$  溶液, 反应的离子方程式为  $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ = \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ , C 正确; 原溶液中  $\text{H}^+$  的物质的量  $= 0.1 \text{ L} \times 3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.3 \text{ mol}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  的物质的量  $= 0.1 \text{ L} \times 0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.05 \text{ mol}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  的物质的量为  $0.1 \text{ mol}$ , 则向原溶液中加入含有  $0.1 \text{ mol Ba(OH)}_2$  的溶液时,  $\text{Ba}^{2+}$  与  $\text{SO}_4^{2-}$  恰好完全沉淀,  $\text{OH}^-$  先与  $\text{H}^+$  发生中和反应, 然后与  $\text{Mg}^{2+}$  反应生成沉淀, 但完全中和  $0.3 \text{ mol H}^+$  需消耗  $0.3 \text{ mol OH}^-$ , 则  $\text{OH}^-$  的量不足, 不能使  $\text{Mg}^{2+}$  发生沉淀, 故生成的沉淀质量不是最大, D 错误。

**11. (1)**  $342 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$   $0.05 \text{ mol}$  **(2)**  $12:11$  (或  $11:12$ )  $26.88$  **(3)**  $18.4$   $8.2$   $50 \text{ mL}$  容量瓶、 $10 \text{ mL}$  量



【解析】(1) 蔗糖的摩尔质量为  $342 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,  $17.1 \text{ g}$   $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  的物质的量  $= \frac{17.1 \text{ g}}{342 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.05 \text{ mol}$ 。

(2) 蔗糖完全燃烧生成  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$ , 由分子式 ( $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ) 可知, 产生的  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$  的物质的量之比为  $12:11$ , 则两种气体的体积之比为  $12:11$  或  $11:12$ ,  $34.2 \text{ g}$  蔗糖的物质的量为  $0.1 \text{ mol}$ , 生成  $1.2 \text{ mol}$   $\text{CO}_2$ , 其标准状况下的体积  $= 1.2 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} = 26.88 \text{ L}$ 。

(3) 质量分数为  $98\%$ 、密度为  $1.84 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  的浓硫酸的物质的量浓度  $= \frac{1000 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1} \times 1.84 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1} \times 98\%}{98 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} =$

$18.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ; 实验室配制  $50 \text{ mL}$   $3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的硫酸需要质量分数为  $98\%$  的浓硫酸的体积  $= \frac{0.05 \text{ L} \times 3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{18.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} \approx 8.2 \text{ mL}$ , 需要用到的定量仪器有

$50 \text{ mL}$  容量瓶、 $10 \text{ mL}$  量筒。

(4)  $\text{SO}_2$  与酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液发生氧化还原反应, 生成  $\text{K}_2\text{SO}_4$  和  $\text{MnSO}_4$ , 根据得失电子守恒和电荷守恒配平, 离子方程式为  $2\text{MnO}_4^- + 5\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{Mn}^{2+} + 5\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$ 。

12. (1) 4.0 (2) a.  $250 \text{ mL}$  容量瓶、胶头滴管  
b.  $74.5 \text{ g}$  (3) bdfagce (4) BC (5) 21.7

【解析】(1) 该“84”消毒液中  $\text{NaClO}$  的物质的量浓度  $c = \frac{1000\rho w}{M} = \frac{1000 \times 1.0 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} \times 29.8\%}{74.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} =$

$4.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(2) 配制溶液时, 需要用到的玻璃仪器有烧杯、玻璃棒、胶头滴管、量筒、 $250 \text{ mL}$  容量瓶; 由于没有  $240 \text{ mL}$  容量瓶, 只能用  $250 \text{ mL}$  容量瓶配制  $250 \text{ mL}$  溶液, 则需要称量  $\text{NaClO}$  固体的质量  $= 0.25 \text{ L} \times 4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 74.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 74.5 \text{ g}$ 。

(3) 配制一定物质的量浓度溶液的步骤为计算、称量、溶解、冷却、转移、洗涤、振荡、定容、摇匀、装瓶贴标签, 故配制时正确的操作顺序是 bdfagce。

(4) “84”消毒液久置后,  $\text{NaClO}$  的物质的量浓度偏低, A 不符合题意; 用量筒量取“84”消毒液后, 洗涤量筒  $2 \sim 3$  次, 洗涤液一并倒入烧杯中, 则  $\text{NaClO}$  的物质的量偏大, 浓度偏高, B 符合题意; 定容操作时, 俯视刻度线, 溶液体积偏小, 浓度偏高, C 符合题意; 定容后摇匀, 液面低于刻度线, 再加水至刻度线, 溶液体积偏大, 浓度偏低, D 不符合题意。

(5) 配制  $200 \text{ mL}$   $1.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  稀硫酸应选用  $250 \text{ mL}$  容量瓶, 根据稀释前后硫酸物质的量不变, 可得  $18.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times V_{\text{浓硫酸}} = 0.25 \text{ L} \times 1.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 解得

$V_{\text{浓硫酸}} \approx 21.7 \text{ mL}$ , 则需用量筒量取浓硫酸的体积为  $21.7 \text{ mL}$ 。

13. (1)  $\text{CaCO}_3 + 2\text{H}^+ \longrightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$   
 $\text{OH}^- + \text{H}^+ \longrightarrow \text{H}_2\text{O}$  (2)  $250 \text{ mL}$  容量瓶 实验中每次使用  $25.00 \text{ mL}$  盐酸, 一共需要  $100 \text{ mL}$ , 但操作过程中试剂会有损耗, 实际上需要使用的盐酸超过  $100 \text{ mL}$   
(3) 12.0 (4) ⑧ ⑤ ⑥ ⑦

【解析】配制一定物质的量浓度的盐酸时, 需要经过计算、量取、溶解、转移、定容五个步骤, 在进行具体操作时, 首先要选择合适的容量瓶, 检验是否漏液; 再依据所需溶液的体积, 并考虑实验过程中的损耗, 确定所选容量瓶的规格。利用所选容量瓶的规格进行计算, 确定所需浓盐酸的体积, 然后依次进行溶解、冷却、转移、洗涤、定容等操作, 便可配制所需浓度的溶液。

(1) 测定过程中, 发生  $\text{CaCO}_3$  与盐酸、过量盐酸与  $\text{NaOH}$  的反应, 则反应的离子方程式为  $\text{CaCO}_3 + 2\text{H}^+ \longrightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ 、 $\text{OH}^- + \text{H}^+ \longrightarrow \text{H}_2\text{O}$ 。

(2) 该测定实验共进行了 4 次, 每次使用盐酸  $25 \text{ mL}$ , 则理论上 4 次共需盐酸  $100 \text{ mL}$ , 还需考虑实验过程中盐酸的损耗, 故配制盐酸应选用  $250 \text{ mL}$  容量瓶。

(3) 某浓盐酸的密度为  $1.20 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ,  $\text{HCl}$  的质量分数为  $36.5\%$ , 则该浓盐酸的物质的量浓度  $= \frac{1000 \times 1.20 \times 36.5\%}{36.5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 12.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(4) 浓盐酸配制稀盐酸时, 一般步骤为②计算; ①量取; ③稀释; ⑧冷却; ⑤转移; ⑥洗涤; ⑦定容; ④摇匀。其正确的操作顺序为②→①→③→⑧→⑤→⑥→⑦→④。

## 章末综合二

1. B 摩尔质量的单位为  $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ , A 错误; 维生素 C 中碳和氧的质量之比  $= \frac{6 \times 12}{6 \times 16} = 3:4$ , B 正确; 维生素 C 常温下不是气体, 不能根据气体摩尔体积进行计算, C 错误; 维生素 C 能将  $\text{Fe}^{3+}$  转化成  $\text{Fe}^{2+}$ , 说明维生素 C 具有还原性, D 错误。

2. C  $\text{NaClO}$  具有强氧化性, 可用于消毒杀菌, A 不符合题意;  $\text{NaOH}$  能与盐酸反应, 但  $\text{NaOH}$  的腐蚀性较强, 不能用作胃酸中和剂, B 不符合题意;  $\text{Na}_2\text{O}_2$  可与人呼出的  $\text{CO}_2$  反应生成  $\text{O}_2$ , 故可用作呼吸面具中的供氧剂, C 符合题意;  $\text{NaHCO}_3$  受热分解产生气体, 故可用作食品膨松剂, 与  $\text{NaHCO}_3$  能与碱反应无关, D 不符合题意。

3. C  $\text{Fe}$  与稀盐酸反应生成  $\text{FeCl}_2$  和  $\text{H}_2$ , 离子方程式为  $\text{Fe} + 2\text{H}^+ \longrightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2 \uparrow$ , A 错误;  $\text{HClO}$  为弱酸, 在离子方程式中不能拆分, 离子方程式为  $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Cl}^- + \text{HClO}$ , B 错误;  $\text{CO}_2$  与  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  反应生成  $\text{CaCO}_3$  沉淀和  $\text{H}_2\text{O}$ , C 正确;  $\text{Na}$  与  $\text{CuSO}_4$  溶液反应时,  $\text{Na}$  先与溶液中的  $\text{H}_2\text{O}$  反应生成  $\text{NaOH}$  和  $\text{H}_2$ , 然后



NaOH 与  $\text{CuSO}_4$  反应生成  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  和  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , 总反应的离子方程式为  $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Cu}^{2+} = \text{Cu}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{Na}^+ + \text{H}_2 \uparrow$ , D 错误。

4. C 50 mL  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{MgCl}_2$  溶液中的  $\text{Cl}^-$  浓度 =  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 2 = 2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。150 mL  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaCl}$  溶液中的  $\text{Cl}^-$  浓度 =  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 1 = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , A 不符合题意; 100 mL  $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{CaCl}_2$  溶液中的  $\text{Cl}^-$  浓度 =  $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 2 = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , B 不符合题意; 150 mL  $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{KCl}$  溶液中的  $\text{Cl}^-$  浓度 =  $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 1 = 2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , C 符合题意; 75 mL  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{AlCl}_3$  溶液中的  $\text{Cl}^-$  浓度 =  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 3 = 3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , D 不符合题意。

5. D 由图可知, a 为  $\text{HCl}$ , b 为  $\text{Cl}_2$ , c 为  $\text{ClO}_2$ , d 为  $\text{HClO}$ , e 为氯酸盐。c 为  $\text{ClO}_2$ , 具有强氧化性, 可用于自来水消毒, A 正确; e 的钾盐为  $\text{KClO}_3$ , 可用于实验室制取  $\text{O}_2$ , B 正确; a 的浓溶液为浓盐酸, 浓盐酸可以和  $\text{KMnO}_4$  发生氧化还原反应生成  $\text{Cl}_2$ , C 正确; 浓盐酸和氯酸盐溶液可以发生归中反应, 因其氯元素的中间价态有 0 价和 +4 价, 根据归中反应中“只靠拢, 不交叉”的原则, 可以同时生成 b 和 c 两种产物, D 错误。

6. D 稀盐酸和大理石中的  $\text{CaCO}_3$  反应可制取  $\text{CO}_2$ , 可以达到实验目的, A 不符合题意; 除去  $\text{CO}_2$  中的  $\text{HCl}$ , 可以把混合气体通入饱和  $\text{NaHCO}_3$  溶液, 导气管应长进短出, 装置图正确, 可以达到除杂目的, B 不符合题意; 因  $\text{CO}_2$  在水中溶解度小,  $\text{NH}_3$  极易溶于水且易发生倒吸, 则应先往 a 中通入  $\text{NH}_3$ , 增大  $\text{CO}_2$  的溶解, 再往 b 中通  $\text{CO}_2$ , 二者与饱和食盐水反应可制备  $\text{NaHCO}_3$ , C 不符合题意;  $\text{NaHCO}_3$  固体受热分解生成  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{CO}_2$  和水, 装置中生成的水会倒流使试管炸裂, 试管口应略向下倾斜, D 符合题意。

7. D 根据  $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH} + \text{H}_2 \uparrow$  可知, 1 mol  $\text{H}_2\text{O}$  与足量 Na 反应, 生成 0.5 mol  $\text{H}_2$ , 其数目为  $0.5N_A$ , A 错误; 溶液的体积未知, 无法确定溶液中微粒的数目, B 错误; 标准状况下, 水是液体, 不能用气体摩尔体积计算其物质的量, C 错误; 1 个  $\text{NH}_3$  分子中含有 10 个质子, 则 1.7 g (即 0.1 mol)  $\text{NH}_3$  中所含的质子数为  $N_A$ , D 正确。

8. D 定容时还需要加入蒸馏水, 故容量瓶用蒸馏水洗净后不需要干燥, A 错误; 配制一定物质的量浓度的溶液的步骤有计算、称量、溶解、转移、洗涤、定容、摇匀等, 故操作步骤的正确顺序为 ②①④③, B 错误; 配制 500 mL  $0.100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaCl}$  溶液时应选用 500 mL 容量瓶, C 错误; 定容时, 仰视容量瓶的刻度线, 则所加蒸馏水偏多, 溶液的体积偏大, 配得的  $\text{NaCl}$  溶液的浓度偏低, D 正确。

9. B 蓝色钴玻璃会滤去 Na 燃烧产生的黄光, 观察不

到 Na 的焰色, A 不符合题意;  $\text{NaClO}$  具有强氧化性, 可将  $\text{KI}$  氧化为  $\text{I}_2$ , 淀粉遇碘变蓝, 可以检验  $\text{NaClO}$  溶液的氧化性, B 符合题意;  $\text{NaClO}$  具有漂白性, 能使 pH 试纸褪色, 应用 pH 计测量  $\text{NaClO}$  溶液的 pH, C 不符合题意; 少量  $\text{NaClO}$  与  $\text{FeCl}_2$  发生反应  $2\text{Fe}^{2+} + \text{ClO}^- + 2\text{H}^+ = 2\text{Fe}^{3+} + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaClO}$  的还原产物为  $\text{Cl}^-$ , 可通过滴加硝酸酸化的  $\text{AgNO}_3$  溶液, 观察是否有白色沉淀产生来确定  $\text{Cl}^-$  的存在, 但加入  $\text{FeCl}_2$  时引入的  $\text{Cl}^-$  会干扰实验, D 不符合题意。

10. C 实验室通过加热  $\text{MnO}_2$  和浓盐酸来制取  $\text{Cl}_2$ , A 错误; 除去  $\text{Cl}_2$  中的  $\text{HCl}$  时, 可将气体通入饱和食盐水中, 气体应长进短出, B 错误;  $\text{Cl}_2$  的密度大于空气的, 可用向上排空气法收集  $\text{Cl}_2$ , 气体应长进短出, C 正确;  $\text{Cl}_2$  在水中的溶解度不大, 用水吸收的效果不好, 应用碱液吸收  $\text{Cl}_2$ , D 错误。

11. D 生成  $\text{CO}_2$  气体时, 发生反应  $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ , 由图可知, 生成  $\text{CO}_2$  气体的体积至最大时, 消耗 25 mL  $\text{HCl}$ , 若  $\text{CO}_2$  与  $\text{NaOH}$  反应后溶液中只有  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 由  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{HCl} = \text{NaHCO}_3 + \text{NaCl}$  可知, 将  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  转化为  $\text{NaHCO}_3$  应消耗 25 mL  $\text{HCl}$ , 而图中开始生成  $\text{CO}_2$  气体时消耗  $\text{HCl}$  体积为 50 mL, 说明该阶段还发生反应  $\text{NaOH} + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ , 则  $\text{NaOH}$  溶液与  $\text{CO}_2$  反应后溶液中溶质为  $\text{NaOH}$ 、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 。0A 段所发生反应的离子方程式依次为  $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+ = \text{HCO}_3^-$ , A 正确; 中和  $\text{NaOH}$  消耗  $\text{HCl}$  的体积 =  $(50 - 25) \text{ mL} = 25 \text{ mL}$ , 由方程式可知,  $\text{NaOH}$  和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  的物质的量之比等于两个过程中分别消耗盐酸的体积之比, 则  $\text{NaOH}$ 、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  的物质的量之比 =  $25 \text{ mL} : 25 \text{ mL} = 1 : 1$ , B 正确;  $\text{NaHCO}_3$  与盐酸反应生成  $\text{CO}_2$  消耗 25 mL 盐酸, 根据反应  $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$  可知, 产生  $\text{CO}_2$  的体积 (标准状况下) =  $0.025 \text{ L} \times 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.056 \text{ L}$ , C 正确; 反应生成  $\text{CO}_2$  气体体积最大时, 溶液中的溶质只有  $\text{NaCl}$ , 由  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$  守恒可知,  $n(\text{NaOH}) = n(\text{NaCl}) = n(\text{HCl}) = 0.075 \text{ L} \times 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.0075 \text{ mol}$ , 故原  $\text{NaOH}$  溶液的物质的量浓度 =  $\frac{0.0075 \text{ mol} \times 5}{0.05 \text{ L}} = 0.75 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , D 错误。

12. D 反应结束后, 发生器中仍有少量  $\text{ClO}_2$ , 通入空气可将其完全排出, 确保其被充分吸收, A 正确;  $\text{ClO}_2$  发生器中  $\text{NaClO}_3$  与  $\text{SO}_2$  在硫酸作用下发生氧化还原反应生成  $\text{ClO}_2$  和  $\text{NaHSO}_4$ , B 正确;  $\text{H}_2\text{O}_2$  受热易分解, 故反应温度不能高于  $5^\circ\text{C}$ , 目的是提高  $\text{ClO}_2$  的利用率或防止  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解, C 正确; 吸收器中双氧水与  $\text{ClO}_2$  在碱性条件下发生氧化还原反应生成  $\text{NaClO}_2$ , D 错误。

13. (1)  $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{ClO}_2 + 2\text{OH}^- \longrightarrow 2\text{ClO}_2^- + \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$  防止  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解 (2) ① 偏高 ② 由  $4\text{I}^- + 4\text{H}^+ + \text{ClO}_2^- \longrightarrow 2\text{I}_2 + \text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O}$  和  $2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{I}_2 \longrightarrow \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6 + 2\text{NaI}$  可得关系式  $\text{ClO}_2^- \sim 2\text{I}_2 \sim 4\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , 产品中含  $n(\text{NaClO}_2) = 20.00 \times 10^{-3} \text{ L} \times 0.8400 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times \frac{1}{4} \times \frac{250 \text{ mL}}{25 \text{ mL}} = 4.200 \times 10^{-2} \text{ mol}$ ,  $m(\text{NaClO}_2) = 4.2 \times 10^{-2} \text{ mol} \times 90.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 3.801 \text{ g}$ ,  $w(\text{NaClO}_2) = \frac{3.801 \text{ g}}{5.000 \text{ g}} \times 100\% = 76.02\%$

【解析】(1) 由题意可知,  $\text{ClO}_2$  转化为  $\text{NaClO}_2$ , Cl 的化合价降低, 被还原, 作氧化剂, 则  $\text{H}_2\text{O}_2$  作还原剂, 被氧化为  $\text{O}_2$ , 根据得失电子守恒初步配平, 然后结合碱性条件和电荷守恒, 在离子方程式的左边和右边分别补上  $\text{OH}^-$  和  $\text{H}_2\text{O}$ , 可得反应的离子方程式为  $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{ClO}_2 + 2\text{OH}^- \longrightarrow 2\text{ClO}_2^- + \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ; 吸收一般在冰水浴中进行, 即温度不能太高, 其原因还可能是防止  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解。

(2) ①若加入 KI 溶液后在空气中放置时间过长, 部分 KI 会被空气中的  $\text{O}_2$  氧化, 造成生成的  $\text{I}_2$  的量偏多, 则消耗  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  溶液的体积偏大, 测得的  $\text{NaClO}_2$  质量分数偏高。

14. (1) ①  $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 4\text{NaOH} + \text{O}_2 \uparrow$   $N_A$  或  $6.02 \times 10^{23}$  ② d b (2) ①溶液先变红后褪色 ② b

【解析】(1) 若 A 为淡黄色固体, 常用作呼吸面具的供氧剂, 则 A 为  $\text{Na}_2\text{O}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}_2$  和水反应生成  $\text{O}_2$  和  $\text{NaOH}$ ; X 为一种造成温室效应的气体, X 可能为  $\text{CO}_2$ , 因能发生  $\text{C} \longrightarrow \text{D} \longrightarrow \text{E}$  的连续反应, 则 X 为  $\text{CO}_2$ 、B 为  $\text{O}_2$ 、C 为  $\text{NaOH}$ 、D 为  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、E 为  $\text{NaHCO}_3$ 。①  $\text{Na}_2\text{O}_2$  与  $\text{H}_2\text{O}$  发生反应  $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 4\text{NaOH} + \text{O}_2 \uparrow$ , 78 g  $\text{Na}_2\text{O}_2$  的物质的量为 1 mol, 1 mol  $\text{Na}_2\text{O}_2$  反应转移 1 mol  $\text{e}^-$ , 其数目为  $N_A$  或  $6.02 \times 10^{23}$ 。②向  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液和  $\text{NaHCO}_3$  溶液中分别滴加盐酸, 开始无现象, 一段时间后产生气泡的为  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液, 立即有气泡产生的为  $\text{NaHCO}_3$  溶液, 稀盐酸可鉴别, 其他试剂不可鉴别, 故选 d;  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  能和  $\text{CO}_2$  反应生成  $\text{NaHCO}_3$ , 故欲除去  $\text{NaHCO}_3$  溶液中混有的少量  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 可选择的试剂为  $\text{CO}_2$ 。

(2) 若 A 为黄绿色气体, 具有很强的氧化性, 则 A 为  $\text{Cl}_2$ ;  $\text{Cl}_2$  与水反应生成  $\text{HCl}$  和  $\text{HClO}$ , 因 C 为强电解质, 则 C 为  $\text{HCl}$ , B 为  $\text{HClO}$ 。①  $\text{HClO}$  溶液具有酸性, 能使紫色石蕊溶液变红, 但  $\text{HClO}$  也具有漂白性, 可使溶液褪色, 故向 B 溶液中滴加紫色石蕊溶液, 出现的现象为溶液先变红后褪色。②盐酸与 Fe 反应生成  $\text{FeCl}_2$ , 但  $\text{FeCl}_2$  与铁不反应, a 错误; 盐酸与  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  反应生成  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}_2$  与  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  反应生成  $\text{NaHCO}_3$ , b 正确; 盐酸

与  $\text{NaHCO}_3$  反应生成  $\text{CO}_2$ , 但  $\text{CO}_2$  与  $\text{NaHCO}_3$  不反应, c 错误; 盐酸与  $\text{Al}(\text{OH})_3$  反应生成  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{AlCl}_3$  和  $\text{Al}(\text{OH})_3$  不反应, d 错误。

### 真题小练

1. B  $\text{Cl}_2$  与冷的  $\text{NaOH}$  溶液反应生成  $\text{NaCl}$ 、 $\text{NaClO}$  和  $\text{H}_2\text{O}$ , 漂白液的有效成分是  $\text{NaClO}$ , A 正确;  $\text{ClO}^-$  水解的离子方程式为  $\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HClO} + \text{OH}^-$ , 产生了  $\text{OH}^-$ , 而  $\text{HClO}$  是弱酸, 不能完全电离, 故溶液呈碱性, B 错误; 向漂白液中通入  $\text{CO}_2$ , 发生反应  $\text{NaClO} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{NaHCO}_3 + \text{HClO}$ , 使  $\text{HClO}$  浓度增大, 则漂白液消毒能力增强, C 正确;  $\text{HClO}$  不稳定, 见光或受热均易分解, 而次氯酸盐较稳定, D 正确。

2. C 碱溶液与单质 d 反应生成漂白液, 则单质 d 为  $\text{Cl}_2$ , 碱溶液是  $\text{NaOH}$  溶液;  $\text{NaOH}$  溶液与氧化物 c (适量) 反应得纯碱溶液, 则氧化物 c 为  $\text{CO}_2$ ; 单质 M 与氧化物 b 反应得碱溶液, 则单质 M 为  $\text{Na}$ , 氧化物 b 为  $\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{Na}$  与单质 a 反应得氧化物, 则单质 a 为  $\text{O}_2$ 。a 为  $\text{O}_2$ ,  $\text{O}_2$  可与灼热的铜反应生成黑色的  $\text{CuO}$ , A 正确; b 为  $\text{H}_2\text{O}$ , 水蒸气可与红热的铁在高温下反应生成  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  和  $\text{H}_2$ , B 正确; c 为  $\text{CO}_2$ , 镁条在  $\text{CO}_2$  中燃烧生成  $\text{MgO}$  和 C, 燃烧的镁条不熄灭, C 错误; d 为  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{Cl}_2$  可将 KI 氧化为  $\text{I}_2$ , 淀粉遇碘变蓝, D 正确。

3. C  $\text{CH}_3\text{OH}$  可将废水中的  $\text{NO}_3^-$  转化为对环境无害的物质 X 后排放, 则 X 应为  $\text{N}_2$ , A 错误; 转化过程中  $\text{CH}_3\text{OH}$  是该反应的还原剂, 而  $\text{O}_3$  具有强氧化性, 不可用  $\text{O}_3$  替换  $\text{CH}_3\text{OH}$ , B 错误; 该反应中, C 由 -2 价升高到 +4 价, N 由 +5 价降低到 0 价, 根据得失电子守恒可知, 氧化剂与还原剂的物质的量之比为 6 : 5, C 正确;  $\text{CH}_3\text{OH}$  转化为  $\text{CO}_2$  时, C 的化合价由 -2 价升高到 +4 价, 则标准状况下生成 11.2 L (即 0.5 mol)  $\text{CO}_2$  时, 转移的电子数为  $3N_A$ , D 错误。

4. D 粗盐提纯的过程中涉及溶解、过滤、蒸发结晶等操作, 需要用到烧杯、漏斗、玻璃棒、蒸发皿和酒精灯; 用提纯后得到的精盐配制溶液的基本步骤有称量、溶解、转移、洗涤、定容、摇匀等操作, 需要用到天平、容量瓶、烧杯、玻璃棒、胶头滴管等。综上所述, 本实验必须用到的仪器有 ①⑤⑥⑧。故选 D。

5. A 实验室通过加热浓盐酸和  $\text{MnO}_2$  制取  $\text{Cl}_2$ , 图中缺少加热装置, 且分液漏斗内应盛装浓盐酸, A 符合题意; 实验室制得的  $\text{Cl}_2$  中混有  $\text{HCl}$ , 可通入饱和食盐水洗气除杂, 再通过无水  $\text{CaCl}_2$  干燥, B 不符合题意;  $\text{Cl}_2$  的密度大于空气的, 可以用向上排空气法收集, C 不符合题意;  $\text{H}_2$  可在  $\text{Cl}_2$  中安静地燃烧, 产生苍白色火焰, 该过程中  $\text{Cl}_2$  将  $\text{H}_2$  氧化为  $\text{HCl}$ , 验证了  $\text{Cl}_2$  的氧化性, D 不符合题意。

## 第三章 铁 金属材料

## 第一节 铁及其化合物

## 限时小练 14 铁和铁的氧化物

1. D 司南的“杓”具有磁性,主要含有  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,D 正确。
2. D 在烧制砖瓦时,黏土中含有的 Fe 元素经过不同工艺煅烧,生成 Fe 元素的氧化物,其中  $\text{FeO}$  与  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  为黑色, $\text{Fe}_2\text{O}_3$  为红棕色,煅烧后不存在铁粉和 Cu,D 正确。

## 知识归纳 铁的常见氧化物

铁的常见氧化物有三种,分别为  $\text{FeO}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  和  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,其中  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  为红棕色固体,其他两种为黑色固体。铁的氧化物均为纯净物,其中  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  可写成  $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ 。判断物质稳定性时,一般根据谁存在谁稳定的原则判断。

3. C 实验时,应先用水蒸气排出装置中的空气,防止 Fe 被空气中的  $\text{O}_2$  氧化、产生的  $\text{H}_2$  发生爆炸,即先点燃酒精灯,再点燃酒精喷灯,A 错误;铁和水蒸气反应生成  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  和  $\text{H}_2$ ,B 错误; $\text{H}_2$  是中性气体,可以用碱石灰干燥,C 正确; $\text{H}_2$  的密度比空气的小,应用向下排空气法收集,故应选用装置 c,D 错误。
4. D 设铁片的质量为 56 g。Fe 与盐酸反应,化学方程式为  $\text{Fe} + 2\text{HCl} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2 \uparrow$ ,溶液质量增加  $= 56 \text{ g} - 2 \text{ g} = 54 \text{ g}$ ,但生成了气体,A 不符合题意;Fe 与  $\text{CuSO}_4$  溶液反应,化学方程式为  $\text{CuSO}_4 + \text{Fe} = \text{FeSO}_4 + \text{Cu}$ ,溶液质量减少  $= 64 \text{ g} - 56 \text{ g} = 8 \text{ g}$ ,B 不符合题意;Fe 与稀硫酸反应,化学方程式为  $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{FeSO}_4 + \text{H}_2 \uparrow$ ,溶液质量增加  $= 56 \text{ g} - 2 \text{ g} = 54 \text{ g}$ ,但生成了气体,C 不符合题意;Fe 与  $\text{FeCl}_3$  溶液反应,化学方程式为  $\text{Fe} + 2\text{FeCl}_3 = 3\text{FeCl}_2$ ,该反应为化合反应,溶液质量增加 56 g,且没有气体生成,D 符合题意。
5. D Fe 在  $\text{Cl}_2$  中燃烧生成  $\text{FeCl}_3$ ,只能生成 +3 价铁的化合物,A 不符合题意;铁粉与水蒸气共热生成的  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  中含有 +2 价和 +3 价的铁,B 不符合题意; $\text{Fe}_2\text{O}_3$  与盐酸反应生成  $\text{FeCl}_3$  和  $\text{H}_2\text{O}$ ,只能生成 +3 价铁的化合物,C 不符合题意;Fe 与稀硫酸反应生成  $\text{FeSO}_4$  和  $\text{H}_2$ ,没有生成 +3 价铁的化合物,D 符合题意。
6. A  $\text{FeCl}_2$ 、 $\text{FeCl}_3$  与  $\text{NaOH}$  溶液反应生成黑色  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 、 $\text{H}_2\text{O}$  和  $\text{NaCl}$ ,A 正确;分散质粒子的直径约为 9.3 nm,说明该黑色分散系属于胶体,胶体不带电荷,在电场作用下,阴极附近分散系黑色变深,说明胶体中的胶粒容易吸附带正电荷的阳离子而形成带正电荷的胶粒,B 错误;胶体、溶液都可以透过滤纸,不能用过滤的方法分离黑色金属氧化物与  $\text{Na}^+$ ,C 错误; $\text{Fe}_2\text{O}_3$  的颜色

为红棕色,题目中为一种黑色分散系,D 错误。

7. C 由所得溶液中不含  $\text{Fe}^{3+}$  可知,生成的  $\text{Fe}^{3+}$  全部被 Fe 还原。设原混合物中含有  $x \text{ mol Fe}$ 、 $y \text{ mol Fe}_2\text{O}_3$ ,由化学方程式  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{H}_2\text{O}$  和  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Fe} = 3\text{FeSO}_4$ ,得到关系式  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \sim \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \sim \text{Fe} \sim 3\text{FeSO}_4$ ,说明  $y \text{ mol Fe}_2\text{O}_3$  参加反应转化为  $3y \text{ mol FeSO}_4$ ,同时消耗  $y \text{ mol Fe}$ ;又由  $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{FeSO}_4 + \text{H}_2 \uparrow$  可知,剩余  $(x-y) \text{ mol Fe}$  与硫酸反应产生  $(x-y) \text{ mol FeSO}_4$  和  $(x-y) \text{ mol H}_2$ ,则  $[3y \text{ mol} + (x-y) \text{ mol}] : (x-y) \text{ mol} = 4 : 1$ ,整理得  $y : x = 1 : 2$ 。故选 C。

8. D Fe 与盐酸反应生成  $\text{FeCl}_2$ ,Fe 与  $\text{Cl}_2$  反应生成  $\text{FeCl}_3$ ,A 正确;铁只有在潮湿的空气中才易被氧化,B 正确; $\text{FeO}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  是碱性氧化物,FeO 与盐酸反应生成  $\text{FeCl}_2$  和水, $\text{Fe}_2\text{O}_3$  与盐酸反应生成  $\text{FeCl}_3$  和水,D 错误。

9. B A 项操作可以防止发生倒吸,A 正确;Fe 与水蒸气反应的产物是  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  和  $\text{H}_2$ ,化学方程式为  $3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \xrightarrow{\text{高温}} \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2$ ,B 错误;肥皂泡里的气体是生成的  $\text{H}_2$ ,所以点燃肥皂泡可发出爆鸣声,C 正确。

10. C 该氧化物与盐酸反应后得到含有  $\text{Fe}^{3+}$  和  $\text{Fe}^{2+}$  的溶液,通入  $\text{Cl}_2$ , $\text{Fe}^{2+}$  被氧化为  $\text{Fe}^{3+}$ ,发生反应  $2\text{Fe}^{2+} + \text{Cl}_2 = 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cl}^-$ 。由分析可知,步骤①为复分解反应,步骤②为氧化还原反应,A 正确;盐酸过量,故溶液 a 中阳离子有  $\text{H}^+$ 、 $\text{Fe}^{3+}$  和  $\text{Fe}^{2+}$ ,B 正确;盐酸过量,其物质的量未知,故无法计算溶液 b 中  $\text{Fe}^{3+}$  与  $\text{Cl}^-$  的物质的量之比,C 错误;步骤②中发生反应  $2\text{Fe}^{2+} + \text{Cl}_2 = 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cl}^-$ ,通入 0.1 mol  $\text{Cl}_2$  恰好反应,则  $\text{Fe}^{2+}$  的物质的量为 0.2 mol,该氧化物中  $\text{Fe}^{2+}$  以  $\text{FeO}$  形式存在, $\text{Fe}^{3+}$  以  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  形式存在,则  $n(\text{FeO}) = 0.2 \text{ mol}$ , $m(\text{FeO}) = 0.2 \text{ mol} \times 72 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 14.4 \text{ g}$ , $m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 30.4 \text{ g} - 14.4 \text{ g} = 16 \text{ g}$ , $n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{16 \text{ g}}{160 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.1 \text{ mol}$ ,则该氧化物可写成  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{FeO}$ ,即  $\text{Fe}_4\text{O}_5$ ,D 正确。

11. D 唐三彩的着色剂主要是红棕色的  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,而不是黑色的  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,A 错误;反应器 II 中发生反应  $3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \xrightarrow{\text{高温}} \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2$ ,氧化产物为  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,还原产物为  $\text{H}_2$ ,其物质的量之比为 1 : 4,B 错误;反应器 III 中发生反应  $4\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{O}_2 = 6\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,生成 1 mol  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  时,转移电子数  $= 2 \times \left(3 - \frac{8}{3}\right) = \frac{2}{3} \text{ mol}$ ,C 错误;根据  $3\text{CO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 \xrightarrow{\text{高温}} 3\text{CO}_2 + 2\text{Fe} + 3\text{H}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 \xrightarrow{\text{高温}}$



$3\text{H}_2\text{O}+2\text{Fe}$  可知,  $\text{CO}$  和  $\text{H}_2$  各 1 mol 参与反应共生成  $\frac{4}{3}$  mol  $\text{Fe}$ , 反应器 II 中发生反应  $3\text{Fe}+4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \xrightarrow{\text{高温}}$   
 $4\text{H}_2+\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\frac{4}{3}$  mol  $\text{Fe}$  参与反应理论上可获得  $\frac{4}{3} \times \frac{4}{3} = \frac{16}{9}$  mol  $\text{H}_2$ , D 正确。

**12. C** 该物质由  $\text{Fe}$ 、 $\text{O}$  两种元素组成, 实验测得  $\text{Fe}$  元素与  $\text{O}$  元素的质量之比为 21 : 8, 则  $n(\text{Fe}) : n(\text{O}) = \frac{21}{56} : \frac{8}{16} = 3 : 4$ , A 正确; 根据选项 A 分析可知, 该物质中  $n(\text{Fe}) : n(\text{O}) = 3 : 4$ , 则该物质可能为  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , B 正确; 该物质中  $n(\text{Fe}) : n(\text{O}) = 3 : 4$ , 该物质可能为纯净物  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , 也可能是  $\text{FeO}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  按物质的量之比 1 : 1 混合而形成的混合物, C 错误, D 正确。

**13. D** 盐酸中  $n(\text{HCl}) = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 2 \text{ L} = 2 \text{ mol}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CuO}$ 、 $\text{FeO}$  与盐酸反应分别生成  $\text{FeCl}_3$ 、 $\text{CuCl}_2$ 、 $\text{FeCl}_2$ , 根据化合物中所有元素化合价代数和为 0 可知, 金属氧化物  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CuO}$  和  $\text{FeO}$  中  $\text{O}^{2-}$  所带负电荷的物质的量与  $\text{FeCl}_3$ 、 $\text{CuCl}_2$ 、 $\text{FeCl}_2$  中  $\text{Cl}^-$  所带负电荷的物质的量相等, 则  $2n(\text{O}^{2-}) = n(\text{Cl}^-) = 2 \text{ mol}$ ,  $n(\text{O}^{2-}) = 1 \text{ mol}$ , 金属氧化物中  $\text{O}$  元素的质量  $= 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 1 \text{ mol} = 16 \text{ g}$ , 则金属氧化物  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CuO}$  和  $\text{FeO}$  中金属元素的质量  $= m \text{ g} - 16 \text{ g} = (m-16) \text{ g}$ , 根据质量守恒, 样品中通入足量的  $\text{H}_2$  并加热, 充分反应后所得金属的质量是  $(m-16) \text{ g}$ 。故选 D。

### 限时小练 15 铁的氢氧化物 铁盐

**1. D** 金属单质只能失电子, 则铁在化学反应中一定是还原剂, A 正确;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  能与酸反应生成盐和水, 是碱性氧化物, B 正确;  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  是弱碱, 难溶于水, C 正确; 含有  $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$  的溶液虽然有颜色, 但仍是透明的, 在酸性较强的溶液中能大量存在, D 错误。

**2. C**  $\text{Fe}$  具有较强的还原性, 故铁粉可用作食品的抗氧化剂, A 不符合题意;  $\text{FeCl}_3$  溶液中的  $\text{Fe}^{3+}$  具有较强的氧化性, 能将  $\text{Cu}$  氧化为  $\text{Cu}^{2+}$ , 可用于蚀刻印刷电路板(覆铜板), B 不符合题意;  $\text{K}_2\text{FeO}_4$  具有强氧化性, 可用于消毒杀菌, C 符合题意;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  粉末呈红棕色, 且难溶于水、较稳定, 故可用作红色颜料, D 不符合题意。

**3. C** 向溶液中滴入  $\text{KSCN}$  溶液呈红色, 说明溶液中存在  $\text{Fe}^{3+}$ , 但无法确定  $\text{Fe}^{2+}$  是否存在, A 错误, C 正确; B 项中现象可以说明溶液中存在  $\text{Fe}^{3+}$ , 但不能确定  $\text{Fe}^{3+}$  是原溶液中存在的, 还是  $\text{Fe}^{2+}$  被  $\text{Cl}_2$  氧化生成的, B 错误; 向某溶液中加入  $\text{NaOH}$  溶液得白色沉淀, 又观察到沉淀颜色逐渐变为红褐色, 说明溶液中一定含有  $\text{Fe}^{2+}$ , 但不能确定是否含有  $\text{Mg}^{2+}$ , D 错误。

**4. B** 向某溶液中加入含  $\text{Fe}^{2+}$  的溶液后, 溶液颜色无明显变化, 当再滴入几滴新制氯水后, 混合溶液变成红色,

说明  $\text{Fe}^{2+}$  被加入的氯水氧化为  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  和  $\text{SCN}^-$  结合为红色物质, 原溶液中一定含有  $\text{SCN}^-$ , A 正确;  $\text{Cl}_2$  能氧化  $\text{Fe}^{2+}$  为  $\text{Fe}^{3+}$ , 依据氧化剂的氧化性大于氧化产物的氧化性知, 氧化性  $\text{Fe}^{3+} < \text{Cl}_2$ , B 错误;  $\text{Fe}^{2+}$  与  $\text{SCN}^-$  不能形成红色物质,  $\text{Fe}^{3+}$  与  $\text{SCN}^-$  能形成红色物质, C 正确; 加入氯水发生的反应为  $2\text{Fe}^{2+} + \text{Cl}_2 = 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cl}^-$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  被氯水氧化为  $\text{Fe}^{3+}$ , D 正确。

### 知识归纳 检验溶液中 $\text{Fe}^{2+}$ 时的注意事项

(1) 只含  $\text{Fe}^{2+}$  的溶液。检验  $\text{Fe}^{2+}$  加入试剂的顺序: 待测液  $\xrightarrow{\text{KSCN 溶液}}$  不变色  $\xrightarrow[\text{如氯水、H}_2\text{O}_2]{\text{氧化剂}}$  变红色 (含  $\text{Fe}^{2+}$ , 不含  $\text{Fe}^{3+}$ )。①滴加  $\text{KSCN}$  溶液前, 应防止加入氧化性物质[如  $\text{H}_2\text{O}_2$ 、 $\text{NO}_3^-(\text{H}^+)$  等], 使  $\text{Fe}^{2+}$  被氧化。②氧化剂不能选用酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液, 因为酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液本身显紫红色, 对  $\text{Fe}(\text{SCN})_3$  的红色有干扰; 酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液能氧化  $\text{KSCN}$ , 溶液不变红色, 不能证明不含  $\text{Fe}^{2+}$ 。(2) 同时含有  $\text{Fe}^{2+}$  和  $\text{Fe}^{3+}$  的溶液。 $\text{Fe}^{2+}$  对检验  $\text{Fe}^{3+}$  无干扰, 可以滴加  $\text{KSCN}$  溶液检验  $\text{Fe}^{3+}$ ;  $\text{Fe}^{3+}$  对检验  $\text{Fe}^{2+}$  有干扰, 不能采用滴加  $\text{KSCN}$  溶液检验  $\text{Fe}^{2+}$ , 通常向溶液中滴加适量酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液, 溶液紫红色褪去, 说明含有  $\text{Fe}^{2+}$ 。

**5. B**  $\text{KMnO}_4$  溶液可以氧化  $\text{Fe}^{2+}$  为  $\text{Fe}^{3+}$ , 还原产物为  $\text{Mn}^{2+}$ , 此时  $\text{CuSO}_4$  溶液中引入新杂质  $\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{K}^+$ , A 错误;  $\text{H}_2\text{O}_2$  具有氧化性, 能氧化  $\text{Fe}^{2+}$  为  $\text{Fe}^{3+}$ , 还原产物为  $\text{H}_2\text{O}$ , 不会引入新杂质, B 正确; 氯水能氧化  $\text{Fe}^{2+}$  为  $\text{Fe}^{3+}$ , 还原产物为  $\text{Cl}^-$ , 此时  $\text{CuSO}_4$  溶液中引入新杂质  $\text{Cl}^-$ , C 错误; 硝酸能氧化  $\text{Fe}^{2+}$  为  $\text{Fe}^{3+}$ , 此时引入新杂质  $\text{NO}_3^-$ , D 错误。

### 方法技巧 除杂试剂的选择

除杂试剂至少要满足两个条件: ①加入的试剂只能与杂质反应, 不能与原物质反应; ②反应后不能引入新杂质。

**6. D** 用如图装置制备  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ , 装置甲中放入铁粉和稀硫酸, 发生反应  $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{FeSO}_4 + \text{H}_2 \uparrow$ , 装置乙中盛放  $\text{NaOH}$  溶液, 结合装置分析可知, 实验开始阶段, 应把弹簧夹  $\text{K}_1$  和  $\text{K}_2$  都打开, 利用生成的  $\text{H}_2$  排尽装置中的空气, 通过收集  $\text{K}_2$  处的气体验纯, 确定空气是否排尽, 将仪器中的空气排尽后, 关闭  $\text{K}_1$ , 随着  $\text{H}_2$  的不断生成, 装置甲中的压强增大, 将  $\text{FeSO}_4$  溶液压入装置乙中和  $\text{NaOH}$  溶液反应生成  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  白色沉淀。装置甲中放入药品铁粉和稀硫酸, 装置乙中为  $\text{NaOH}$  溶液, A 正确;  $\text{Fe}^{2+}$  易被氧化, 故装置甲中铁粉应过量, 防止  $\text{Fe}^{2+}$  被氧化, B 正确; 实验开始阶段, 应把弹簧夹  $\text{K}_1$  和  $\text{K}_2$  都打开, 利用反应生成的  $\text{H}_2$  排尽装置中的空气, 待装置中的空气排尽后, 关闭  $\text{K}_1$ , C 正确; 一段时间后, 关闭弹簧夹  $\text{K}_1$ , 生成的  $\text{H}_2$  使甲中压强增大, 将  $\text{FeSO}_4$  溶液压入

乙中,与 NaOH 溶液反应生成  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  白色沉淀,不能关闭弹簧夹  $\text{K}_2$ ,否则溶液很难进入装置乙,且装置甲内也会因压强过大发生爆炸,D 错误。

### 知识归纳 制备 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 的注意事项

(1)  $\text{Fe}^{2+}$  必须是新配制的,并加入铁粉,以防  $\text{Fe}^{2+}$  被氧化成  $\text{Fe}^{3+}$ 。(2) 除去溶液中溶解的  $\text{O}_2$ ,其方法是加热煮沸 NaOH 溶液。(3) 为了防止滴加 NaOH 溶液时带入空气,滴管末端要先插入试管的液面以下,再挤出 NaOH 溶液。(4) 必要时可在液面上加植物油或苯进行液封。

7. D Fe 与水蒸气在高温下反应生成  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  和  $\text{H}_2$ ,而上述转化①生成的是  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,A 错误;加热  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  发生转化⑥得到  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , $\text{Fe}_2\text{O}_3$  不溶于水,加水溶解不能转化为  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,B 错误;维生素 C 具有还原性,可将  $\text{Fe}^{3+}$  还原为  $\text{Fe}^{2+}$ ,该过程中维生素 C 作还原剂,C 错误; $\text{FeO}_4^{2-}$  中 Fe 的化合价为 +6 价,处于较高价态,故  $\text{FeO}_4^{2-}$  具有强氧化性,可以作为消毒剂使用,D 正确。

8. C 设已反应的  $\text{Fe}^{3+}$  的物质的量为 2 mol,根据反应  $\text{Fe} + 2\text{Fe}^{3+} = 3\text{Fe}^{2+}$  可知,溶液中  $\text{Fe}^{2+}$  的物质的量为 3 mol,因为所得溶液中  $\text{Fe}^{3+}$  和  $\text{Fe}^{2+}$  的浓度相等,所以未反应的  $\text{Fe}^{3+}$  的物质的量为 3 mol,则已反应的  $\text{Fe}^{3+}$  和未反应的  $\text{Fe}^{3+}$  的物质的量之比 = 2 mol : 3 mol = 2 : 3。故选 C。

9. B 向  $\text{FeCl}_2$  溶液中通入  $\text{Cl}_2$ ,生成  $\text{FeCl}_3$ ,向  $\text{FeCl}_3$  溶液中加入 Fe 生成  $\text{FeCl}_2$ ,都属于化合反应,A 正确;将铁粉加入氯水中,当铁粉过量时,最终得到  $\text{FeCl}_2$  溶液,B 错误; $\text{Fe}^{2+}$  具有还原性,酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液具有强氧化性,能将  $\text{Fe}^{2+}$  氧化成  $\text{Fe}^{3+}$ ,使溶液褪色, $\text{FeCl}_3$  不与酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液反应,C 正确; $\text{Fe}^{2+}$  易被空气中的  $\text{O}_2$  氧化为  $\text{Fe}^{3+}$ ,分别向盛有  $\text{FeCl}_2$  溶液和  $\text{FeCl}_3$  溶液的试管中加入 NaOH 溶液,最终均可以得到  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,D 正确。

10. D ①中发生反应  $\text{Fe} + \text{Cu}^{2+} = \text{Fe}^{2+} + \text{Cu}$ ,Fe 元素的化合价升高,则 Fe 作还原剂,A 错误;向  $\text{FeSO}_4$  溶液中滴入几滴氯水,发生反应  $2\text{Fe}^{2+} + \text{Cl}_2 = 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cl}^-$ ,反应中 Fe 元素的化合价升高,则  $\text{Fe}^{2+}$  只表现还原性,B 错误;置换反应是单质与化合物反应生成新单质和新化合物的反应,而③中发生的反应为  $\text{Cu} + 2\text{Fe}^{3+} = 2\text{Fe}^{2+} + \text{Cu}^{2+}$ ,生成物中没有单质,则不是置换反应,C 错误。

11. B 过程①发生的反应为  $\text{H}_2\text{S} + \text{CuCl}_2 = \text{CuS} \downarrow + 2\text{HCl}$ ,属于复分解反应, $\text{H}_2\text{S}$  生成 HCl 为弱酸生成强酸,A 正确;过程②中, $\text{Fe}^{3+}$  转化为  $\text{Fe}^{2+}$ ,CuS 是沉淀,不能拆成离子形式,正确的离子方程式是  $\text{CuS} + 2\text{Fe}^{3+} = \text{Cu}^{2+} + \text{S} + 2\text{Fe}^{2+}$ ,B 错误;过程③中,标准状况下,

11.2 L  $\text{O}_2$  的物质的量 =  $\frac{11.2 \text{ L}}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.5 \text{ mol}$ ,转

移电子的物质的量 =  $0.5 \text{ mol} \times 4 = 2 \text{ mol}$ ,C 正确;在过程②中, $\text{Fe}^{3+}$  转化为  $\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Fe}^{3+}$  作氧化剂,在过程③中  $\text{Fe}^{2+}$  转化为  $\text{Fe}^{3+}$ , $\text{Fe}^{3+}$  是氧化产物,D 正确。

12. C 废液中加入过量铁粉,Fe 与  $\text{Fe}^{3+}$  反应生成  $\text{Fe}^{2+}$ ,与  $\text{Cu}^{2+}$  反应生成  $\text{Fe}^{2+}$  和 Cu,过滤得到的滤液 1 为  $\text{FeCl}_2$  溶液,滤渣为 Fe 和铜的混合物,向滤渣中加入过量稀盐酸,Fe 与盐酸反应生成  $\text{FeCl}_2$ ,铜与盐酸不反应,过滤得到的滤渣 2 为 Cu。还原后的溶液中可能存在的阳离子有  $\text{Fe}^{2+}$  和  $\text{H}^+$ ,A 错误;溶解过程中,铁与盐酸反应生成  $\text{FeCl}_2$  和  $\text{H}_2$ ,离子方程式为  $\text{Fe} + 2\text{H}^+ = \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2 \uparrow$ ,B 错误;滤液 1 和滤液 2 的主要成分均为  $\text{FeCl}_2$ ,两者合并后通入  $\text{Cl}_2$ , $\text{Cl}_2$  与  $\text{FeCl}_2$  反应生成  $\text{FeCl}_3$ ,可获得  $\text{FeCl}_3$  溶液,C 正确;滤渣 2 的成分为 Cu,D 错误。

13. C 将菠菜灼烧成菠菜灰后用硝酸浸取铁元素,得到悬浊液,过滤,将残渣与含铁溶液分离,向滤液中加入 NaOH,将  $\text{Fe}^{3+}$  转化为  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,灼烧后得到  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 。坩埚一般用于灼烧固体,A 正确;硝酸具有强氧化性,可将  $\text{Fe}^{2+}$  氧化为  $\text{Fe}^{3+}$ ,B 正确; $6 \text{ mg Fe}_2\text{O}_3$  中铁元素的质量 =  $\frac{112}{160} \times 6 \times 10^{-3} \text{ g} = 4.2 \times 10^{-3} \text{ g}$ ,则菠菜中铁元素的含量 =  $\frac{4.2 \times 10^{-3} \text{ g}}{600 \text{ g}} \times 100\% = 7 \times 10^{-4}\%$ ,C 错误;由分析可知,操作 2 的离子方程式为  $\text{Fe}^{3+} + 3\text{OH}^- = \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow$ ,D 正确。

## 第二节 金属材料

### 限时小练 16 金属材料

1. C 储氢合金、航母钢甲板、钛合金耐压壳都属于金属材料,而青花瓷属于陶瓷,属于无机非金属材料,C 符合题意。

2. D 合金中含有两种或者两种以上的金属(或金属与非金属),不是单质,A 错误;合金的熔点一般比其成分金属的熔点低,B 错误;合金的硬度一般比其成分金属的硬度大,C 错误;青铜、合金钢和硬铝都是合金,D 正确。

3. D 硬铝中含 Cu、Mg、Mn、Si,它具有良好的机械性能,强度高、密度小、抗腐蚀性强,是制造飞机的理想材料,A 正确;在钢中加入稀土元素,能够增强钢的抗氧化性、强度、塑性、耐腐蚀性及抗裂性等能力,B 正确;储氢合金易与  $\text{H}_2$  结合生成金属氢化物,是一类能够大量吸收  $\text{H}_2$  并能释放出  $\text{H}_2$  的材料,C 正确;在中国历史上使用最早的合金是青铜器,现代社会中使用量最大、用途最广的合金是钢,D 错误。

4. C 铝是活泼金属,易在表面形成致密的氧化膜, $\text{Al}_2\text{O}_3$  能保护内部金属不被腐蚀,C 错误。

### 知识归纳 铝的性质及应用

铝是一种轻金属,在自然界中以化合态的形式存在,密度小,在空气中易生成致密的氧化膜,具有耐腐蚀性,广泛用于制造各种合金。

5. D 用铁铝合金制备强吸附性铁单质催化剂,必须将铝溶解,但铁不溶解。醋酸、盐酸会和铁反应;氨水和铝不反应;NaOH 溶液可以溶解铝,但和铁不反应。故选 D。

6. D 铁的氧化物有  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 、 $\text{FeO}$ ,都不溶于水,也不与水反应,A 正确;铝是活泼金属,铝易被空气中的  $\text{O}_2$  氧化,表面生成一层致密的氧化铝保护膜,B 正确;等物质的量的两份铝粉,分别放入足量的盐酸和 NaOH 溶液中,Al 失去的电子数相等,根据得失电子守恒可知,二者放出  $\text{H}_2$  的量相等,则放出的  $\text{H}_2$  在同温同压下的体积之比为 1:1,C 正确;赤铁矿的主要成分是  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,磁铁矿的主要成分是  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , $\text{Fe}_2\text{O}_3$  俗称铁红,D 错误。

7. C Al 在空气中易与  $\text{O}_2$  反应在表面形成一层致密的氧化膜,对内部金属起到保护作用,因此在空气中铝制品比铁制品耐腐蚀,C 正确。

8. C 镁铝合金与盐酸反应,金属完全溶解,发生的反应分别为  $\text{Mg} + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + \text{H}_2 \uparrow$ 、 $2\text{Al} + 6\text{HCl} = 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2 \uparrow$ , $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Al}^{3+}$  与 NaOH 溶液反应全部转化为沉淀,反应的化学方程式分别为  $\text{AlCl}_3 + 3\text{NaOH} = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{NaCl}$ , $\text{MgCl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{NaCl}$ ,盐酸与 NaOH 反应的化学方程式为  $\text{HCl} + \text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ ,所以最终溶液中的溶质为 NaCl,根据氯原子和钠原子守恒可得, $n(\text{NaOH}) = n(\text{NaCl}) = n(\text{HCl}) = 2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.5 \text{ L} = 1 \text{ mol}$ ,所以需要 NaOH 溶液的体积  $= \frac{1 \text{ mol}}{4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} = 0.25 \text{ L} = 250 \text{ mL}$ 。故选 C。

9. D 铝锂合金是金属铝与锂形成的混合物,A 错误;铝锂合金的熔、沸点比 Al 的低,B 错误;铝镁合金的主要成分是 Mg 和 Al,均能与稀盐酸反应,能全部溶解于稀盐酸中,C 错误; $\text{Al}_2\text{O}_3$  可以与 NaOH 溶液发生反应,故可用 NaOH 溶液处理  $\text{Al}_2\text{O}_3$  膜,D 正确。

10. C 加入足量铁粉,Fe 和  $\text{FeCl}_3$  反应生成  $\text{FeCl}_2$ ,过滤除去过量铁粉得到  $\text{FeCl}_2$  溶液,A 不符合题意; $\text{NaHCO}_3$  受热易分解生成  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{H}_2\text{O}$  和  $\text{CO}_2$ ,故加热能除去混有的  $\text{NaHCO}_3$ ,B 不符合题意;饱和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  也会吸收  $\text{CO}_2$ ,不能达到除杂目的,C 符合题意;NaOH 溶液和  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  不反应,和  $\text{Al}_2\text{O}_3$  反应生成  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ ,过滤、洗涤可得  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,D 不符合题意。

11. B 镁铝合金常用于制造窗框是因为合金硬度大、抗腐蚀性好,A 错误; $\text{FeCl}_3$  溶液用于蚀刻铜制线路板,是因为  $\text{Fe}^{3+}$  的氧化性大于  $\text{Cu}^{2+}$  的氧化性,B 正确;不锈钢属于铁的合金,具有耐腐蚀性,C 错误; $\text{Al}_2\text{O}_3$  的熔点为  $2050^\circ\text{C}$ ,由于  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的熔点高,故其可用于制作耐火材料、耐火坩埚,D 错误。

## 知识归纳 合金的性质

合金具有不同于各成分金属的物理、化学或机械性能。

①熔点一般比它的各成分金属的低;②硬度和强度一般比它的各成分金属的大,常温下,多数合金是固体,但钠钾合金是液体;③合金的物理性质相对于各成分金属有所改变,但合金中各成分金属的化学性质仍然不变。

12. B 甲、乙两烧杯中含 HCl、NaOH 的物质的量都为 0.4 mol,分别加入铝粉,发生反应: $2\text{Al} + 6\text{HCl} = 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2 \uparrow$ 、 $2\text{Al} + 2\text{NaOH} + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{H}_2 \uparrow$ ,5.4 g(即 0.2 mol)Al 分别与盐酸、NaOH 溶液反应时,盐酸不足而 NaOH 过量,故 Al 与盐酸反应生成 0.2 mol  $\text{H}_2$ ,与 NaOH 溶液反应生成 0.3 mol  $\text{H}_2$ ,二者产生气体的体积之比等于物质的量之比,为 2:3,B 正确。

13. D 向混合物 M 中加入过量 NaOH 溶液,能与 NaOH 溶液反应的物质有  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、Al,固体 N 可能为  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、Cu,加入过量盐酸,固体 P 为 Cu,蓝绿色溶液中含有  $\text{Cu}^{2+}$ ,则混合物中一定含有  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , $\text{Fe}_2\text{O}_3$  与盐酸反应生成  $\text{FeCl}_3$ , $\text{Fe}^{3+}$  具有强氧化性,可发生反应  $\text{Cu} + 2\text{Fe}^{3+} = \text{Cu}^{2+} + 2\text{Fe}^{2+}$ 。若  $m_1 > m_2$ ,则混合物 M 中可能含有  $\text{Al}_2\text{O}_3$  或 Al 或二者均有,不一定含有  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,A 错误;题给离子方程式的电荷不守恒,正确的离子方程式应为  $\text{Cu} + 2\text{Fe}^{3+} = \text{Cu}^{2+} + 2\text{Fe}^{2+}$ ,B 错误;由于加了过量的盐酸,因此固体 P 只能是 Cu,不可能是混合物,C 错误;要确定混合物 M 中是否含有 Al,可通过步骤 I 中加入过量 NaOH 溶液,若产生气体,则一定含有 Al,否则不含 Al,D 正确。

14. (1) 过滤  $\text{Al}^{3+} + 4\text{OH}^- = [\text{Al}(\text{OH})_4]^-$   
 $\text{Fe}(\text{OH})_3$  (2)  $[\text{Al}(\text{OH})_4]^- + \text{CO}_2 = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{HCO}_3^-$  不能 若盐酸过量, $\text{Al}(\text{OH})_3$  沉淀会溶解

(3) 坩埚 (4)  $\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{C} + 3\text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{AlCl}_3 + 3\text{CO}$

【解析】向铝土矿中加入足量稀盐酸, $\text{Al}_2\text{O}_3$  是两性氧化物,既溶于强酸又溶于强碱, $\text{Fe}_2\text{O}_3$  溶于盐酸, $\text{SiO}_2$  不与稀盐酸反应,则在操作 I 后得到的溶液 A 中含有  $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ ,滤渣 A 为  $\text{SiO}_2$ ,操作 II 加入过量 NaOH 溶液, $\text{Fe}^{3+}$  转化为  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  沉淀, $\text{Al}^{3+}$  转化为  $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ ,过滤除去  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,溶液 B 中通入过量  $\text{CO}_2$ ,将  $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$  转化为  $\text{Al}(\text{OH})_3$  沉淀, $\text{Al}(\text{OH})_3$  加热分解得到  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 。

(1) 操作 I 用于分离固体和液体,故操作 I 是过滤;溶液 A 中  $\text{Al}^{3+}$  和过量 NaOH 溶液反应生成  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ ,离子方程式为  $\text{Al}^{3+} + 4\text{OH}^- = [\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ ;滤渣 B 的主要成分是  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 。

(2)  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$  和过量  $\text{CO}_2$  反应生成  $\text{Al}(\text{OH})_3$  沉



淀和  $\text{NaHCO}_3$ , 离子方程式为  $[\text{Al}(\text{OH})_4]^- + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{HCO}_3^-$ ; 该步骤不能改用盐酸代替通入的  $\text{CO}_2$ , 因为盐酸过量,  $\text{Al}(\text{OH})_3$  沉淀会与盐酸反应生成  $\text{Al}^{3+}$ 。

(3) 实验室中煅烧固体时用的实验仪器为坩埚。

(4)  $\text{Cl}_2$  具有强氧化性, C 具有还原性, 每消耗 0.5 mol 碳单质, 转移 1 mol  $e^-$ , 说明反应中 C 失去 2 个电子, 氧化产物是 CO, 故反应的化学方程式为  $\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{C} + 3\text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{AlCl}_3 + 3\text{CO}$ 。

### 限时小练 17 物质的量在化学方程式计算中的应用

1. B 由题意可知, N 的化合价由 +1 价升高到 +2 价, Fe 的化合价由 +3 价降低到 +2 价, 根据得失电子守恒、原子守恒和电荷守恒配平, 该反应的离子方程式为  $2\text{HNF}_2 + 2\text{Fe}^{3+} \rightleftharpoons \text{N}_2\text{F}_4 \uparrow + 2\text{Fe}^{2+} + 2\text{H}^+$ 。N 的化合价升高, 被氧化, Fe 的化合价降低, 被还原, A 正确; 该反应中,  $\text{Fe}^{3+}$  是氧化剂,  $\text{N}_2\text{F}_4$  是氧化产物, 则  $\text{Fe}^{3+}$  的氧化性强于  $\text{N}_2\text{F}_4$  的氧化性, B 错误; 由分析可知,  $\text{Fe}^{3+}$  是氧化剂,  $\text{HNF}_2$  是还原剂, 氧化剂与还原剂的物质的量之比为 1 : 1, C 正确; 由分析可知, 若反应生成 1 mol  $\text{N}_2\text{F}_4$ , 则该反应转移 2 mol 电子, D 正确。

2. C 所给比例式上下单位不一致, A 错误; 65 g Zn 在标准状况下生成 1 mol  $\text{H}_2$ , 体积为 22.4 L, 不是 1 L, B 错误; 所给比例式上下单位一致, 左右单位相当, C 正确; 所给比例式上下单位不一致, D 错误。

#### 方法技巧 列比例式要遵循的原则

列比例式进行计算时, 单位要保持“上下一致, 左右相当”。(1) 化学方程式中各物质的化学计量数之比等于各物质的物质的量之比, 而非质量之比。(2) 计算时, 各种物质不一定都用物质的量表示, 也可以用质量表示, 气态物质还可以用体积表示, 但要注意物质的量与其他各物理量之间的换算关系; 只要保持“上下一致, 左右相当”即可。

3. D 1 个  $\text{NaNO}_3$  中含有的质子数 =  $11 + 7 + 3 \times 8 = 42$ , 根据题给化学方程式可知, 每生成 14 g (即 0.5 mol)  $\text{N}_2$  消耗 1 mol  $\text{NaNO}_3$ , 则消耗的  $\text{NaNO}_3$  的质子数为 42 mol, A 错误; 该反应中 N 和 Na 的化合价发生改变, 为氧化还原反应, B 错误; 未指明  $\text{N}_2$  处于标准状况下, 无法用气体摩尔体积计算  $\text{N}_2$  的体积, C 错误; 根据题给化学方程式可知, 每生成 14 g (即 0.5 mol)  $\text{N}_2$  生成 3 mol  $\text{Na}_2\text{O}$ , 其质量 =  $3 \times 62 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 186 \text{ g}$ , D 正确。

4. A  $\text{Fe}_x\text{O}$  中 Fe 元素的平均化合价为  $+\frac{2}{x}$  价, 被氧化为  $\text{Fe}^{3+}$ , 根据得失电子守恒可知, 其转移的电子数和  $\text{Cl}_2$  被还原为  $\text{Cl}^-$  转移的电子数相等, 标准状况下, 112 mL

$\text{Cl}_2$  的物质的量 =  $\frac{0.112 \text{ L}}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.005 \text{ mol}$ , 反应转移电子为 0.01 mol, 则  $\frac{1.52 \text{ g}}{(56x + 16) \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times (3 - \frac{2}{x}) \times x = 0.01 \text{ mol}$ , 解得  $x = 0.80$ , A 正确。

5. B 剩余固体比原混合物减少的质量即为原混合物中 O 原子的质量, 则  $n(\text{O}) = \frac{0.8 \text{ g}}{16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.05 \text{ mol}$ , 原混合物与盐酸恰好反应, 生成  $\text{FeCl}_2$  和  $\text{FeCl}_3$ , 需要盐酸的体积最小, 相当于  $\text{O}^{2-}$  被  $\text{Cl}^-$  替换, 则  $n(\text{Cl}^-) = 2n(\text{O}) = 0.05 \text{ mol} \times 2 = 0.1 \text{ mol}$ ,  $n(\text{HCl}) = 0.1 \text{ mol}$ , 则  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  盐酸的体积至少 =  $\frac{0.1 \text{ mol}}{1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} = 0.1 \text{ L}$ , B 正确。

6. B Al 与 NaOH 溶液反应的化学方程式为  $2\text{Al} + 2\text{NaOH} + 6\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{H}_2 \uparrow$ , 由  $2\text{Al} \sim 2\text{NaOH} \sim 3\text{H}_2$  可知,  $n(\text{Al}) = n(\text{NaOH}) = 0.1 \text{ L} \times 2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.2 \text{ mol}$ ,  $n(\text{H}_2) = \frac{3}{2}n(\text{NaOH}) = \frac{3}{2} \times 0.2 \text{ mol} = 0.3 \text{ mol}$ , Fe 与盐酸反应时, 生成  $\text{H}_2$  的物质的量为 0.1 mol, 由  $\text{Fe} \sim \text{H}_2$  可知,  $n(\text{Fe}) = n(\text{H}_2) = 0.1 \text{ mol}$ , 故 Fe、Al 的物质的量不相等, A 错误; 由  $\text{Fe} + 2\text{HCl} \rightleftharpoons \text{FeCl}_2 + \text{H}_2 \uparrow$  知,  $n(\text{HCl}) = 2n(\text{Fe}) = 2 \times 0.1 \text{ mol} = 0.2 \text{ mol}$ , 则  $c(\text{HCl}) = \frac{0.2 \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} = 2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , B 正确; Fe 与盐酸反应生成  $\text{Fe}^{2+}$ , C 错误; 由以上分析知, 盐酸与 NaOH 溶液的物质的量浓度相等, 故二者物质的量浓度之比为 1 : 1, D 错误。

7. B 加入 NaOH 溶液中和过量的盐酸, 铁全部转化为沉淀, 最终所得溶液为 NaCl 溶液, 由 Na 元素守恒可得,  $n(\text{NaCl}) = n(\text{NaOH}) = 4.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.2 \text{ L} = 0.9 \text{ mol}$ ,  $n(\text{Na}^+) = n(\text{Cl}^-) = 0.9 \text{ mol}$ , 由 Cl 元素守恒可知, 100 mL 的盐酸中含有 0.9 mol HCl, 其浓度为  $9 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。故选 B。

8. C  $3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \xrightarrow{\text{高温}} \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2 \quad \Delta m(\text{固体质量差})$

3 mol		64 g
$n(\text{Fe})$		32 g

$\frac{3 \text{ mol}}{n(\text{Fe})} = \frac{64 \text{ g}}{32 \text{ g}}$ , 解得  $n(\text{Fe}) = 1.5 \text{ mol}$ 。故选 C。

#### 知识归纳 化学方程式中化学计量数与各化学量间的关系

	$2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{NaOH} + \text{H}_2 \uparrow$			
质量之比:	46 g	: 36 g	: 80 g	: 2 g
化学计量数之比:	2	: 2	: 2	: 1
扩大 $N_A$ 倍:	$2N_A$	: $2N_A$	: $2N_A$	: $N_A$
物质的量之比:	2 mol	: 2 mol	: 2 mol	: 1 mol

9. D 根据反应  $\text{CS}_2(\text{l}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \xrightarrow{\text{点燃}} \text{CO}_2(\text{g}) +$

$2\text{SO}_2(\text{g})$ 可知,反应中消耗  $\text{O}_2$  的分子数等于生成  $\text{CO}_2$  和  $\text{SO}_2$  的分子数,因标准状况下  $\text{CS}_2$  为液体,所以不管  $\text{O}_2$  是否过量,也不管反应进行到什么程度,反应过程中气体分子数始终不变,即恢复至标准状况后所得气体的体积仍为 448 mL。故选 D。

**10. A** 2 L 含  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  浓度为  $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的废水中,  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  的物质的量为  $0.02 \text{ mol}$ ,依据得失电子守恒,  $0.12 \text{ mol Fe}^{2+}$  被氧化为  $\text{Fe}^{3+}$ ,失去  $0.12 \text{ mol}$  电子,则  $0.02 \text{ mol Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  得到  $0.12 \text{ mol}$  电子,设处理后的废水中 Cr 的化合价为  $x$ ,则有  $(6-x) \times 2 \times 0.02 \text{ mol} = 0.12 \text{ mol}$ ,解得  $x=3$ ,则处理后的废水中 Cr 的化合价为 +3 价。故选 A。

**11. C** 操作 I 是酸溶,不是过滤, A 错误;  $\text{H}_2\text{O}_2$  是将可能存在的  $\text{Fe}^{2+}$  氧化成  $\text{Fe}^{3+}$ ,便于后续反应,若操作 II 不用  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,之后加入足量的  $\text{NaOH}$  溶液也会使  $\text{Fe}^{2+}$  全部沉淀,生成的  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  很快会被空气中的  $\text{O}_2$  氧化,而且在空气中充分灼烧后,所有的 +2 价铁都会被氧化,最终得到的都是  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,因此即使不加  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,最后得到的固体质量也是 32 g, B 错误;灼烧需要题中这些仪器, C 正确; 32 g 固体 d 是  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,其物质的量 =  $\frac{32 \text{ g}}{160 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.2 \text{ mol}$ ,含有  $n(\text{Fe}^{3+}) = 0.2 \text{ mol} \times 2 = 0.4 \text{ mol}$ ,  $m(\text{Fe}^{3+}) = 0.4 \text{ mol} \times 56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 22.4 \text{ g}$ ,由铁元素守恒可知,含铁氧化物中 O 元素的质量 =  $30.4 \text{ g} - 22.4 \text{ g} = 8 \text{ g}$ ,其物质的量 =  $\frac{8 \text{ g}}{16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.5 \text{ mol}$ ,故含铁氧化物中  $n(\text{Fe}) : n(\text{O}) = 0.4 \text{ mol} : 0.5 \text{ mol} = 4 : 5$ , D 错误。

**12. A**  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$  可用作食品的抗氧化剂,说明  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$  具有一定的还原性,能被  $\text{I}_2$  氧化为  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{I}_2$  被还原为  $\text{I}^-$ ,则发生反应的离子方程式为  $\text{S}_2\text{O}_5^{2-} + 2\text{I}_2 + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{SO}_4^{2-} + 4\text{I}^- + 6\text{H}^+$ , A 错误;  $10.00 \text{ mL } 0.01000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  碘的水溶液中,含有的  $n(\text{I}_2) = 0.01 \text{ L} \times 0.01000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 1 \times 10^{-4} \text{ mol}$ ,在反应  $\text{S}_2\text{O}_5^{2-} + 2\text{I}_2 + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{SO}_4^{2-} + 4\text{I}^- + 6\text{H}^+$  中, I 元素的化合价从 0 价降低为 -1 价,则该反应转移的电子数目为  $2 \times 10^{-4} N_A$ , B 正确;根据  $\text{S}_2\text{O}_5^{2-} + 2\text{I}_2 + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{SO}_4^{2-} + 4\text{I}^- + 6\text{H}^+$  可知,  $n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5) = \frac{1}{2}n(\text{I}_2) = 5 \times 10^{-5} \text{ mol}$ ,残留量若以  $\text{SO}_2$  计,则残留量 =  $\frac{5 \times 10^{-5} \text{ mol} \times 2 \times 64 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{0.05 \text{ L}} = 0.128 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ , C 正确;反应过程中生成  $\text{H}^+$ ,所以反应后所得溶液的酸性增强, D 正确。

**13. D**  $\text{CO}_2$  与  $\text{NaOH}$  溶液反应时,①若  $\text{CO}_2$  量不足,反应后溶液的溶质为  $\text{NaOH}$ 、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ;②若  $\text{CO}_2$  与  $\text{NaOH}$  溶液恰好完全反应,反应后溶液的溶质为

$\text{Na}_2\text{CO}_3$ ;③若  $\text{CO}_2$  过量,反应后溶液的溶质为  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{NaHCO}_3$  或  $\text{NaHCO}_3$ 。向  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液中滴入盐酸,发生反应  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{NaHCO}_3$  和  $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ , 2 个反应中消耗的  $\text{HCl}$  的量相同,若溶液中还含有  $\text{NaOH}$ ,不产生气体阶段消耗的  $\text{HCl}$  增多,若溶液中还含有  $\text{NaHCO}_3$ ,产生气体阶段消耗的  $\text{HCl}$  增多,由图可知, A 中第一阶段消耗的盐酸大于第二阶段的,则 A 对应溶液中的溶质是  $\text{NaOH}$ 、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , B 中第一阶段消耗的盐酸小于第二阶段的,则 B 对应溶液中的溶质是  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{NaHCO}_3$ 。由分析可知,曲线 A 表明原溶液通入  $\text{CO}_2$  后,所得溶质为  $\text{NaOH}$  和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , A 正确;曲线 B 表明原溶液通入  $\text{CO}_2$  后,所得溶质为  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{NaHCO}_3$ ,滴入前 25 mL 盐酸时发生反应  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{NaHCO}_3$ ,消耗的  $n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0.025 \text{ L} \times 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.0025 \text{ mol}$ ,生成的  $n(\text{NaHCO}_3) = 0.0025 \text{ mol}$ ,再滴入 50 mL 盐酸时发生反应  $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ ,消耗的  $n(\text{NaHCO}_3) = 0.05 \text{ L} \times 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.005 \text{ mol}$ ,则 B 溶液中的  $n(\text{NaHCO}_3) = 0.005 \text{ mol} - 0.0025 \text{ mol} = 0.0025 \text{ mol}$ ,则  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{NaHCO}_3$  的物质的量之比为 1 : 1, B 正确;由 B 项分析可知, B 溶液中  $n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n(\text{NaHCO}_3) = 0.0025 \text{ mol}$ ,由碳元素守恒可知,所得溶质与盐酸反应产生的  $n(\text{CO}_2) = 0.0025 \text{ mol} + 0.0025 \text{ mol} = 0.005 \text{ mol}$ ,其体积为 112 mL(标准状况下), C 正确; B 溶液中  $n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n(\text{NaHCO}_3) = 0.0025 \text{ mol}$ , A 溶液中  $n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = (0.075 \text{ L} - 0.060 \text{ L}) \times 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.0015 \text{ mol}$ ,  $n(\text{NaOH}) = 0.060 \text{ L} \times 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} - 0.0015 \text{ mol} = 0.0045 \text{ mol}$ ,曲线 A 和曲线 B 所得的溶液混合后,  $\text{NaOH}$  与  $\text{NaHCO}_3$  反应生成  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaOH}$  过量,则得到的溶液中的溶质为  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{NaOH}$ , D 错误。

**14. (1) 1 : 2 (2)  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$**

**【解析】**  $\text{Cu}$  和  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  的混合物完全溶解在 400 mL 稀硫酸中,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  与硫酸反应生成  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ,由于氧化性  $\text{Fe}^{3+} > \text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  与  $\text{Cu}$  反应生成  $\text{FeSO}_4$  和  $\text{CuSO}_4$ ;向溶液中再加入铁粉,开始一段时间没有固体生成,说明  $\text{Fe}^{3+}$  与  $\text{Cu}$  反应后有剩余,  $\text{Fe}$  和  $\text{Fe}^{3+}$  先发生反应生成  $\text{Fe}^{2+}$ ,然后固体质量增加,说明  $\text{Fe}$  与  $\text{Cu}^{2+}$  反应生成  $\text{Cu}$ ;由图像可知,混合物中  $\text{Cu}$  的质量为 3.2 g,其物质的量为  $0.05 \text{ mol}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  的质量 =  $19.2 \text{ g} - 3.2 \text{ g} = 16.0 \text{ g}$ ,其物质的量为  $0.1 \text{ mol}$ 。当  $\text{Cu}^{2+}$  完全反应后,该溶液又溶解了一部分铁,说明原固体溶于硫酸后,硫酸有剩余。

(1) 由以上分析可知,  $n(\text{Cu}) : n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0.05 \text{ mol} : 0.1 \text{ mol} = 1 : 2$ 。

(2) 最后所得的溶液为  $\text{FeSO}_4$  溶液, 根据图中信息可知, 所加铁粉的物质的量  $n(\text{Fe}) = \frac{11.2 \text{ g}}{56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.2 \text{ mol}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  的物质的量为  $0.1 \text{ mol}$ , 其中 Fe 原子的物质的量  $= 2n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0.2 \text{ mol}$ , 根据铁元素守恒可知, 最后所得  $\text{FeSO}_4$  溶液中所含  $n(\text{Fe}^{2+}) = 0.2 \text{ mol} + 0.2 \text{ mol} = 0.4 \text{ mol}$ , 根据  $\text{SO}_4^{2-}$  守恒可知,  $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{FeSO}_4) = n(\text{Fe}^{2+}) = 0.4 \text{ mol}$ , 则稀硫酸的物质的量浓度  $= \frac{0.4 \text{ mol}}{0.4 \text{ L}} = 1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

### 实验活动二 铁及其化合物的性质

1. D 稀硝酸可将 Fe 氧化为  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ , A 错误; 实验开始时应先打开止水夹 a、b, 利用生成的  $\text{H}_2$  将装置内的空气排出, 然后关闭 a, B 错误; 利用  $\text{H}_2$  产生的压强将亚铁盐溶液压入锥形瓶中, NaOH 溶液与亚铁盐反应生成  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ , 故反应一段时间后可在锥形瓶中观察到白色沉淀, C 错误; 反应结束后关闭止水夹 b 及分液漏斗活塞, 可防止空气进入锥形瓶, 则  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  可较长时间存在, D 正确。

2. D Fe 与稀硫酸反应生成  $\text{FeSO}_4$  和  $\text{H}_2$ , 溶液中不含  $\text{Fe}^{3+}$ , 滴入 KSCN 溶液不显红色, A 不符合题意; 向  $\text{FeCl}_3$ 、 $\text{CuCl}_2$  溶液中加入过量的铁粉, Fe 先与  $\text{FeCl}_3$  反应生成  $\text{FeCl}_2$ , 再与  $\text{CuCl}_2$  反应生成  $\text{FeCl}_2$  和 Cu, 溶液中不含  $\text{Fe}^{3+}$ , 滴入 KSCN 溶液不显红色, B 不符合题意; 将生锈的铁块加入稀硫酸中, 铁锈溶于稀硫酸得到  $\text{Fe}^{3+}$ , 但少量的  $\text{Fe}^{3+}$  会与 Fe 反应转化为  $\text{Fe}^{2+}$ , 则滴入 KSCN 溶液不显红色, C 不符合题意;  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  与稀盐酸反应生成  $\text{FeCl}_3$ 、 $\text{FeCl}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$ , 滴入 KSCN 溶液一定显红色, D 符合题意。

3. A 由图可知, 向磁铁矿中加入稀硫酸,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  与稀硫酸反应得到  $\text{FeSO}_4$  和  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ , 过滤, 得到含有  $\text{FeSO}_4$ 、 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  的滤液; 向滤液中加入过量的铁, Fe 与  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  反应生成  $\text{FeSO}_4$ , 过滤, 得到  $\text{FeSO}_4$  溶液; 向  $\text{FeSO}_4$  溶液中加入  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ , 将溶液中的  $\text{Fe}^{2+}$  转化为  $\text{FeCO}_3$  沉淀, 过滤, 得到固体  $\text{FeCO}_3$ ,  $\text{FeCO}_3$  在空气中煅烧得到  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 。由分析可知, 滤液 A 中含有  $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  具有还原性, 故向滤液 A 中滴加少量酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液, 二者发生氧化还原反应, 溶液紫红色褪去, A 正确; 滤液 A 中含有  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ , 所以用 KSCN 溶液和氯水无法检验溶液中的  $\text{Fe}^{2+}$ , B 错误;  $\text{FeCO}_3$  在空气中煅烧生成  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  和  $\text{CO}_2$ , 反应的化学方程式为  $4\text{FeCO}_3 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{煅烧}} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 4\text{CO}_2$ , C 错误; 制备过程中加入过量的铁, 将  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  转化为  $\text{FeSO}_4$ , 由铁元素守恒可知, 最终得到铁红中的铁元素的质量大于原磁铁矿中的铁元素的质量, D 错误。

4. C  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  与  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  溶液反应生成  $\text{Fe}(\text{OH})_3$

与  $\text{BaSO}_4$ , 得到的不是白色沉淀, A 错误;  $\text{FeO}$  与  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  溶液不反应, B 错误;  $\text{MgCl}_2$  与  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  溶液不反应, D 错误。

5. C Fe 和水蒸气反应生成  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  和  $\text{H}_2$ , 残留固体为  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  或  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  和 Fe 的混合物, 若 Fe 有剩余, 由于氧化性:  $\text{Fe}^{3+} > \text{H}^+$ , 所以还会发生反应:  $\text{Fe} + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 = 3\text{FeSO}_4$ ,  $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{FeSO}_4 + \text{H}_2 \uparrow$ 。若 Fe 全部和  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  反应时, 则没有气泡产生, A 错误; 若向 Y 中滴入 KSCN 溶液显红色, 说明 Y 中含有  $\text{Fe}^{3+}$ , 可能 X 中无 Fe, 也可能 X 中 Fe 不足以将  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  全部转化为  $\text{FeSO}_4$ , B 错误; 不论 X 是  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , 还是  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  和 Fe 的混合物, 加入足量的稀硫酸, 充分反应后, 溶液 Y 中都含有  $\text{Fe}^{2+}$ , 所以一定能使  $\text{KMnO}_4$  溶液褪色, C 正确; 稀硫酸过量, 则向 Y 中滴入少量 NaOH 溶液, NaOH 先与硫酸反应, 没有沉淀产生, D 错误。

6. B 氯水中的  $\text{Cl}_2$  可将  $\text{Fe}^{2+}$  氧化为  $\text{Fe}^{3+}$ , A 正确; 由于  $\text{CO}_2$  也能使  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  饱和溶液变浑浊, 则无法确定烧瓶中产生的气体中一定含有  $\text{SO}_2$ , B 错误; 气体进入多孔陶瓷后再扩散到溶液中, 可增大气体与溶液的接触面积, 有利于气体充分被吸收, C 正确; 当氯水过量时, 红色会褪去, 滴入 NaClO 溶液至过量, 圆底烧瓶中红色变浅, 都说明  $\text{SCN}^-$  会被氧化剂氧化, 最终集气瓶中有气泡产生, 说明生成了  $\text{N}_2$ , 故 N 元素一定被氧化, D 正确。

7. C  $\text{Cl}_2$  与  $\text{FeCl}_2$  反应生成  $\text{FeCl}_3$ , A 错误; Fe 与  $\text{FeCl}_3$ 、 $\text{CuCl}_2$  均反应, B 错误; Cu 与  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  反应有新的杂质  $\text{CuSO}_4$  生成, D 错误。

8. B  $\text{Fe}^{3+}$  水解生成  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶体, 可用于净水, 与  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  易溶于水无对应关系, ①错误; 发生反应:  $2\text{Fe}^{3+} + \text{Fe} = 3\text{Fe}^{2+}$ , ②正确;  $\text{Fe}^{3+}$  将  $\text{I}^-$  氧化成  $\text{I}_2$ , 依据同一反应中氧化剂的氧化性强于氧化产物的氧化性, 可知  $\text{Fe}^{3+}$  的氧化性强于  $\text{I}_2$ , ③正确;  $\text{H}_2\text{O}_2$  具有强氧化性, 能将  $\text{Fe}^{2+}$  氧化为  $\text{Fe}^{3+}$ , ④正确; 维生素 C 具有还原性, 能防止  $\text{FeSO}_4$  片中的  $\text{Fe}^{2+}$  被氧化, ⑤正确。故选 B。

9. D 当  $\text{FeCl}_3$  溶液过量时, 溶液中有  $\text{Fe}^{3+}$  存在, A 错误; 当铁过量时, Cu 不与  $\text{Fe}^{3+}$  反应, 无  $\text{Cu}^{2+}$  生成, 此时溶液中不存在  $\text{Cu}^{2+}$  和  $\text{Fe}^{3+}$ , B 错误; 当 Cu 有剩余而 Fe 无剩余时, 则溶液中一定无  $\text{Fe}^{3+}$ , 可能有  $\text{Cu}^{2+}$ , C 错误; 铁比铜活泼, 不可能铁有剩余而铜无剩余, 因为 Fe 比 Cu 优先与  $\text{Fe}^{3+}$  反应, D 正确。

10. (1)  $\text{ZnO} + 2\text{OH}^- + \text{H}_2\text{O} = [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$

(2)  $6\text{Fe}^{2+} + \text{ClO}_3^- + 6\text{H}^+ = 6\text{Fe}^{3+} + \text{Cl}^- + 3\text{H}_2\text{O}$

(3) D (4) 丁达尔效应

【解析】(1) 锌及其化合物的性质与铝及其化合物的性质具有一定的相似性, 则 NaOH 溶液与 ZnO 反应生成  $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ , 反应的离子方程式见答案。

(2) “部分氧化”阶段, 加入适量  $\text{NaClO}_3$ , 将部分  $\text{Fe}^{2+}$  氧化



为  $\text{Fe}^{3+}$ , 自身被还原为  $\text{Cl}^-$ , 反应的离子方程式见答案。

(3)  $\text{Fe}^{2+}$  与  $\text{NaOH}$  反应生成白色的  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  沉淀,  $\text{Fe}^{3+}$  与  $\text{NaOH}$  反应生成红褐色的  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  沉淀, 前者的颜色会被后者掩盖, 且  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  在空气中易被  $\text{O}_2$  氧化为  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , A 不符合题意;  $\text{KSCN}$  只能检验出  $\text{Fe}^{3+}$ , B 不符合题意; 溶液中含有  $\text{Cl}^-$ , 也能被酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液氧化而使其褪色, C 不符合题意; 检验  $\text{Fe}^{2+}$  可选用  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  溶液, 若有蓝色沉淀生成, 说明含有  $\text{Fe}^{2+}$ , D 符合题意。

(4) 利用丁达尔效应可区分胶体和溶液。

### 微专题五 铁及其化合物的综合应用

1. A  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  与水不反应, 则不能由一步反应实现  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3$ , A 符合题意;  $\text{Fe}$  与  $\text{O}_2$  在点燃条件下可直接化合生成  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , B 不符合题意;  $\text{Fe}$  与盐酸或  $\text{FeCl}_3$  反应, 均可一步化合生成  $\text{FeCl}_2$ , C 不符合题意; 在空气中,  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  易被  $\text{O}_2$  氧化, 发生反应  $4\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{Fe}(\text{OH})_3$ , 能通过化合反应一步实现, D 不符合题意。

2. C 酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液具有强氧化性, 与具有还原性的离子不能大量共存。  $\text{SO}_3^{2-}$  和  $\text{Fe}^{2+}$  都具有还原性, 可以被酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液氧化, 不能大量存在, A、B 不符合题意;  $\text{Fe}^{3+}$  不能被酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液氧化, 能大量存在, C 符合题意; 在酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液中,  $\text{CO}_3^{2-}$  会与酸反应生成  $\text{HCO}_3^-$  或  $\text{CO}_2$ , D 不符合题意。

3. A 盐是由金属离子(或铵根离子)与酸根离子构成的化合物,  $\text{FeCl}_3$  和  $\text{FeCl}_2$  均属于盐, A 正确;  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  可写成  $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ , 则铁元素为 +2 价、+3 价, B 错误; 形成该黑色分散系时,  $\text{FeCl}_2$ 、 $\text{FeCl}_3$  与  $\text{NaOH}$  反应得到  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , 发生的变化为化学变化, C 错误; 向沸水中逐滴滴加饱和  $\text{FeCl}_3$  溶液形成的是红褐色的  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶体, 不能得到该黑色分散系, D 错误。

4. A 分析铁元素的价-类二维图可知, X 为  $\text{Fe}$ , Y 为  $\text{FeO}$ , Z 为  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , M 为  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , N 为  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ , P 为三价铁盐, Q 为二价铁盐。Z 为  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 是一种红棕色粉末, 常用作红色颜料, A 正确; N 为  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ , 在常温下  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  极易与  $\text{O}_2$ 、水发生化合反应生成  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , B 错误; Y 为  $\text{FeO}$ , 是一种黑色固体, 因高温下  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  更稳定, 故在空气中受热转化为  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , C 错误; Q 为二价铁盐, 而碱式硫酸铁  $[\text{Fe}(\text{OH})\text{SO}_4]$  为三价铁盐, D 错误。

5. D 装置 A 将液态水加热转化为水蒸气, 为实验提供持续不断的水蒸气, A 正确;  $\text{Fe}$  与水蒸气反应生成的  $\text{H}_2$  中含有较多的水蒸气, 碱石灰不与  $\text{H}_2$  反应, 可以用来干燥  $\text{H}_2$ , 故装置 C 中加入的固体干燥剂可能是碱石灰, B 正确;  $\text{H}_2$  具有可燃性, 若去掉上述装置中的 C 和 D 部分, 可将气体导入肥皂液中并点燃, C 正确;  $\text{Fe}$  与  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  在高温下反应生成  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  和  $\text{H}_2$ , 此反应中铁单

质部分被氧化成 +3 价, 部分被氧化为 +2 价, D 错误。

6. C 由实验 1 可知,  $\text{K}_2\text{FeO}_4$  与水反应得到  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶体, 根据得失电子守恒可知, 产生的气体为  $\text{O}_2$ , 反应的化学方程式为  $4\text{K}_2\text{FeO}_4 + 10\text{H}_2\text{O} = 4\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{胶体}) + 3\text{O}_2 \uparrow + 8\text{KOH}$ , 而  $\text{K}_2\text{FeO}_4$  在  $\text{KOH}$  浓溶液中的溶解度较低, 未生成  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶体; 由实验 2 可知,  $\text{K}_2\text{FeO}_4$  与盐酸反应产生的黄绿色气体为  $\text{Cl}_2$ , 向所得黄色溶液中滴加  $\text{KSCN}$  溶液后变为红色, 说明溶液中含有  $\text{Fe}^{3+}$ , 反应的化学方程式为  $2\text{K}_2\text{FeO}_4 + 16\text{HCl} = 4\text{KCl} + 2\text{FeCl}_3 + 3\text{Cl}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$ 。  $\text{K}_2\text{FeO}_4$  可作水处理剂的主要原因是其具有强氧化性,  $\text{K}_2\text{FeO}_4$  在水中迅速分解产生  $\text{O}_2$ , 这种强氧化性使其能够有效地杀灭水中的细菌和病毒, 从而起到杀菌消毒的作用, A 正确; 由分析可知,  $\text{K}_2\text{FeO}_4$  易溶于水, 但在  $\text{KOH}$  浓溶液中的溶解度较低, B 正确; 由分析可知,  $\text{K}_2\text{FeO}_4$  与水反应生成  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶体、 $\text{O}_2$  和  $\text{KOH}$ , C 错误; 由分析可知,  $\text{K}_2\text{FeO}_4$  与盐酸反应生成  $\text{KCl}$ 、 $\text{FeCl}_3$ 、 $\text{Cl}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$ , D 正确。

7. C 以废旧镀锌铁皮为原料,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  胶体粒子为目标产品, 铁元素为流程主线中的关键元素, 废旧镀锌铁皮“碱洗”,  $\text{Zn}$  能溶于强碱溶液, 过滤除去,  $\text{Fe}$ “酸溶”转化为  $\text{Fe}^{2+}$ , “氧化”过程中部分  $\text{Fe}^{2+}$  转化为  $\text{Fe}^{3+}$ , 在“反应”过程中形成  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  胶体粒子。已知  $\text{Zn}$  溶于强碱时生成易溶于水的  $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ , 用  $\text{NaOH}$  溶液处理废旧镀锌铁皮, 不仅可以洗去油污, 更主要的是除去表面的锌层, A 错误; “酸溶”过程主要是  $\text{Fe}$  和稀硫酸反应, 其离子方程式为  $\text{Fe} + 2\text{H}^+ = \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2 \uparrow$ , B 错误;  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  中既有  $\text{Fe}^{3+}$ , 又有  $\text{Fe}^{2+}$ , 所以加入的  $\text{H}_2\text{O}_2$  要适量, 不能将  $\text{Fe}^{2+}$  全部氧化, 则“氧化”后溶液中存在的阳离子有  $\text{H}^+$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ , C 正确; 胶体粒子能通过滤纸的孔径, 所以  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  胶体粒子不能通过过滤操作得到, D 错误。

8. D 已知:  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+ = 2\text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Cu}_2\text{O} + 2\text{H}^+ = \text{Cu} + \text{Cu}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  还可与  $\text{Cu}$  发生反应  $2\text{Fe}^{3+} + \text{Cu} = 2\text{Fe}^{2+} + \text{Cu}^{2+}$ , 若固体是  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  和  $\text{Cu}_2\text{O}$  的混合物, 分为 3 种情况, ①  $n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = n(\text{Cu}_2\text{O})$ , 加入足量稀硫酸后, 固体全部溶解, 反应后溶液中的阳离子有  $\text{H}^+$ 、 $\text{Fe}^{2+}$  和  $\text{Cu}^{2+}$ ; ②  $n(\text{Fe}_2\text{O}_3) > n(\text{Cu}_2\text{O})$ , 加入足量稀硫酸后, 固体全部溶解, 反应后溶液中的阳离子有  $\text{H}^+$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ ; ③  $n(\text{Fe}_2\text{O}_3) < n(\text{Cu}_2\text{O})$ , 加入足量稀硫酸后,  $\text{Fe}^{3+}$  不能将  $\text{Cu}$  完全氧化, 一定会有  $\text{Cu}$  剩余。若固体只有  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 加入足量稀硫酸后, 固体全部溶解, 反应后溶液中一定没有  $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 。若固体只有  $\text{Cu}_2\text{O}$ , 加入足量稀硫酸后, 会有  $\text{Cu}$  生成。根据以上分析可知, 若固体全部溶解, 样品中一定含有  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 可能含有  $\text{Cu}_2\text{O}$ , A 错误。固体全部溶解, 若固体是  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  和  $\text{Cu}_2\text{O}$  的混合物, 反应后的溶液中不一定含有  $\text{Fe}^{3+}$ ; 若固体只有  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 反应后的溶液中一定没有  $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ , B

错误。若固体全部溶解,再滴加 KSCN 溶液,溶液不变红色,说明溶液中不存在  $\text{Fe}^{3+}$ ,固体中一定同时存在  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  和  $\text{Cu}_2\text{O}$ ,且二者的物质的量相等,则  $n(\text{Fe}_2\text{O}_3) : n(\text{Cu}_2\text{O}) = 1 : 1$ ,C 错误。根据已知反应可得关系式:  $\text{Cu}_2\text{O} \sim 2\text{CuO}$ ,加热前后的质量差为 O 原子的质量,即

$$(b-a)\text{g}, m(\text{Cu}_2\text{O}) = \frac{144 \times (b-a)}{16} \text{g} = 9(b-a) \text{g}, \text{故混}$$

$$\text{合物中 } \text{Cu}_2\text{O} \text{ 的质量分数} = \frac{9(b-a)}{a} \times 100\%, \text{D 正确。}$$

**9. B**  $\text{FeCl}_2$  溶液为浅绿色,Zn 具有还原性, $\text{FeCl}_2$  溶液中  $\text{Fe}^{2+}$  具有氧化性, $\text{Fe}^{2+}$  能将 Zn 氧化,A 错误;向  $\text{FeCl}_2$  溶液中滴加新制氯水, $\text{Fe}^{2+}$  被氯水氧化生成  $\text{Fe}^{3+}$ ,溶液由浅绿色变为棕黄色,离子方程式正确,B 正确;向  $\text{FeCl}_3$  溶液中加入铁粉,反应生成  $\text{FeCl}_2$ ,棕黄色溶液变为浅绿色,离子方程式应为  $2\text{Fe}^{3+} + \text{Fe} = 3\text{Fe}^{2+}$ ,C 错误; $\text{FeCl}_3$  溶液为棕黄色, $\text{Fe}^{3+}$  具有氧化性,与 Cu 反应生成  $\text{FeCl}_2$  和  $\text{CuCl}_2$ ,变为蓝绿色溶液,离子方程式应为  $2\text{Fe}^{3+} + \text{Cu} = 2\text{Fe}^{2+} + \text{Cu}^{2+}$ ,D 错误。

**10. C** 强电解质是指在水溶液中能够完全电离的化合物,一般是强酸、强碱和大部分盐类, $\text{K}_2\text{FeO}_4$  属于盐类,是强电解质,A 正确;反应中 Fe 元素的化合价由 +3 价升高为 +6 价,被氧化,得到氧化产物  $\text{FeO}_4^{2-}$ ,Cl 元素的化合价由 +1 价降低为 -1 价,被还原,得到还原产物  $\text{Cl}^-$ ,由得失电子守恒、电荷守恒和元素守恒配平后,反应的离子方程式为  $2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{ClO}^- + 4\text{OH}^- = 2\text{FeO}_4^{2-} + 3\text{Cl}^- + 5\text{H}_2\text{O}$ ,则还原产物和氧化产物的物质的量之比为 3 : 2,B 正确; $\text{K}_2\text{FeO}_4$  与水反应生成  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  和  $\text{O}_2$ ,1 mol  $\text{K}_2\text{FeO}_4$  与水反应,转移 3 mol  $\text{e}^-$ ,而生成 0.5 mol  $\text{O}_2$  只转移 2 mol  $\text{e}^-$ ,得失电子不守恒,C 错误; $\text{K}_2\text{FeO}_4$  处理水时形成  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶体, $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶体具有吸附性,能吸附水中悬浮的杂质而净水,D 正确。

**11. (1) 过滤** Cu、Fe **(2)**  $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{NaOH} + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$  **(3)**  $\text{H}_2\text{SO}_4$   $\text{Fe} + 2\text{H}^+ = \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2 \uparrow$  **(4) c** **(5)**  $5\text{Fe}^{2+} + \text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ = 5\text{Fe}^{3+} + \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$

**【解析】**废旧金属材料中主要含 Fe、Cu、Al 及其氧化物,加 NaOH 溶液碱浸,Al、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  溶于 NaOH 溶液得到  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ ,过滤,滤液 I 中含有  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ ,滤渣 I 中含有 Fe、Cu 及其氧化物,滤渣 I 中加酸浸取,Fe、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、CuO 能溶于酸,Cu 能和生成的  $\text{Fe}^{3+}$  反应,加过量 Fe,Fe 置换出  $\text{CuSO}_4$  中的 Cu,过滤,滤渣 II 是 Fe、Cu 的混合物,滤液 II 是  $\text{FeSO}_4$  溶液,滤液 II 蒸发浓缩、冷却结晶、过滤得  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ;滤渣 II 中加酸溶解 Fe,过滤出 Cu 单质。

(1) 操作 I、II 都是固液分离,操作名称是过滤;根据分

析,加过量 Fe,Fe 置换出  $\text{CuSO}_4$  中的 Cu,过滤,滤渣 II 是 Fe、Cu。

(2) 碱浸时, $\text{Al}_2\text{O}_3$  溶于 NaOH 溶液得到  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ ,化学方程式为  $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{NaOH} + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ 。

(3) Fe、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、CuO 能溶于酸,该流程的目的是得到  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,为了不引入杂质阴离子,则酸浸 1 和酸浸 2 用到的酸是  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;滤渣 II 是 Fe、Cu 的混合物,加  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶解 Fe 生成  $\text{FeSO}_4$  和  $\text{H}_2$ ,则“酸浸 2”时,发生反应的离子方程式为  $\text{Fe} + 2\text{H}^+ = \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2 \uparrow$ 。

(4) 蒸发时,待溶液中出现晶膜时停止加热,不能蒸干水分,a 错误;已知加热时,绿矾会逐渐失去结晶水,300  $^{\circ}\text{C}$  时完全失去结晶水得到无水  $\text{FeSO}_4$ ,故干燥绿矾晶体时,干燥温度不能太高,b 错误; $\text{Fe}^{2+}$  易被氧化, $\text{FeSO}_4$  溶液保存时要放入一些铁粉防氧化,c 正确。

(5)  $\text{Fe}^{2+}$  具有还原性,在酸性条件下, $\text{Fe}^{2+}$  易被  $\text{KMnO}_4$  氧化为  $\text{Fe}^{3+}$ , $\text{MnO}_4^-$  被还原为  $\text{Mn}^{2+}$ ,反应的离子方程式为  $5\text{Fe}^{2+} + \text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ = 5\text{Fe}^{3+} + \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ 。

**12. (1) 氧化性 试纸变蓝** **(2)**  $2\text{Fe}^{3+} + 2\text{I}^- = 2\text{Fe}^{2+} + \text{I}_2$  几滴盐酸酸化的  $\text{pH}=1.7$  的  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{FeCl}_3$  溶液 **(3) 溶液变红色**  $3\text{Fe}^{2+} + \text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ = 3\text{Fe}^{3+} + \text{NO} \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

**【解析】**(1)  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  中 Fe 为 +3 价,是铁元素的较高价态,可推测其具有氧化性; $\text{Fe}^{3+}$  可将  $\text{I}^-$  氧化为  $\text{I}_2$ ,淀粉遇碘变蓝。

(2)  $\text{Fe}^{3+}$  与  $\text{I}^-$  反应生成  $\text{Fe}^{2+}$  和  $\text{I}_2$ ,反应的离子方程式为  $2\text{Fe}^{3+} + 2\text{I}^- = 2\text{Fe}^{2+} + \text{I}_2$ ;若要证明假设 1 成立,根据控制变量法,应用  $\text{pH}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$  相同的不含  $\text{NO}_3^-$  的溶液与  $\text{I}^-$  反应,因此可向淀粉-KI 试纸上滴加几滴盐酸酸化的  $\text{pH}=1.7$  的  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{FeCl}_3$  溶液。

(3)  $\text{NO}_3^-$  在酸性条件下能将  $\text{Fe}^{2+}$  氧化为  $\text{Fe}^{3+}$ ,加入 KSCN 溶液变红色,说明生成了  $\text{Fe}^{3+}$ ,由同一反应中氧化剂的氧化性大于氧化产物的氧化性,可知  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  溶液中  $\text{NO}_3^-$  的氧化性强于  $\text{Fe}^{3+}$  的;若还原产物只有 NO,反应的离子方程式为  $3\text{Fe}^{2+} + \text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ = 3\text{Fe}^{3+} + \text{NO} \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

**13. (1) (球形)干燥管**  $3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \xrightarrow{\text{高温}} \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2$  **(2) 利于  $\text{FeI}_2$  冷凝收集** **(3) 浓硫酸 防止水蒸气进入收集器中** **(4) 溶液不变色或溶液未变红** **(5)**  $2\text{I}^- + \text{Cl}_2 = \text{I}_2 + 2\text{Cl}^-$

**【解析】**为防止 Fe 被  $\text{O}_2$  氧化,用焦性没食子酸的碱性溶液除去空气中的  $\text{O}_2$ ,球形干燥管内盛干燥剂,防止水蒸气进入硬质玻璃管,与 Fe 发生副反应,硬质玻璃管内 Fe 和  $\text{I}_2$  反应生成  $\text{FeI}_2$ , $\text{FeI}_2$  在收集器内冷凝收集,a 中盛浓硫酸,防止水进入收集器中,最后用 NaOH 溶液吸

收过量的  $I_2$ 。

(1)  $FeI_2$  可溶于水,具有潮解性,为防止潮解,球形干燥管中盛放干燥剂,以除去通入空气中的水分,若无此装置, $Fe$  和水蒸气在高温下会发生副反应,反应的化学方程式为  $3Fe+4H_2O(g) \xrightarrow{\text{高温}} Fe_3O_4+4H_2$ 。

(2)  $FeI_2$  易升华,收集器浸泡在冷水中利于  $FeI_2$  冷凝收集。

(3) 为了防止  $FeI_2$  潮解,试剂 a 为干燥剂浓硫酸,其作用是防止水蒸气进入收集器中。

(4)  $Fe^{3+}$  遇  $KSCN$  溶液显红色,如果乙同学观点不正确,说明溶液中没有生成  $Fe^{3+}$ ,所以实验②中现象为溶液无明显变化;溶液中滴加少量新制的氯水, $I^-$  被氧化为  $I_2$ , $Fe^{2+}$  没有被氧化,则  $I^-$  的还原性  $> Fe^{2+}$  的还原性。

(5) 向含  $0.3 \text{ mol } FeI_2$  的溶液中通入  $5.6 \text{ L } (0.25 \text{ mol})$  标准状况下的  $Cl_2$ ,氧化  $0.6 \text{ mol } I^-$  需消耗  $0.3 \text{ mol } Cl_2$ ,故  $Cl_2$  的量不足,只有  $I^-$  和  $Cl_2$  反应生成  $I_2$  和  $Cl^-$ ,该反应的离子方程式为  $2I^-+Cl_2=I_2+2Cl^-$ 。

### 微专题六 物质的量的相关计算技巧

**变式训练 1** (1)  $0.6 \text{ mol}$  (2)  $35.1$  (3)  $2:1$

**【解析】**(1)  $2 \text{ L } 0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  盐酸中溶质  $HCl$  的物质的量为  $n(HCl)=0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 2 \text{ L}=0.6 \text{ mol}$ 。

(2)  $Na_2O$  与  $HCl$  发生反应  $Na_2O+2HCl=2NaCl+H_2O$ , $Na_2O_2$  与  $HCl$  发生反应  $2Na_2O_2+4HCl=2NaCl+2H_2O+O_2 \uparrow$ ,因第一份恰好完全中和,最终所得溶液的溶质为  $NaCl$ ,根据  $Cl$  元素守恒可知,第一份产生  $NaCl$  的物质的量  $n(NaCl)=n(HCl)=0.6 \text{ mol}$ ,其质量  $m(NaCl)=0.6 \text{ mol} \times 58.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}=35.1 \text{ g}$ 。

(3) 假设固体中  $Na_2O$ 、 $Na_2O_2$  的物质的量分别是  $x \text{ mol}$ 、 $y \text{ mol}$ ,它们中的  $Na$  元素全部变为  $NaCl$ ,根据元素守恒可知, $2x+2y=0.6$ ;二者与足量的  $CO_2$  气体作用,发生的反应为  $Na_2O+CO_2=Na_2CO_3$ , $2Na_2O_2+2CO_2=2Na_2CO_3+O_2$ ,根据  $Na$  元素守恒可知,最终固体为  $0.3 \text{ mol } Na_2CO_3$ ,该固体质量增加了  $11.6 \text{ g}$ ,则  $106 \times 0.3 - (62x+78y)=11.6$ ,联立两式可得  $x=0.2$ , $y=0.1$ ,故固体中  $Na_2O$  与  $Na_2O_2$  的物质的量之比  $=0.2 \text{ mol}:0.1 \text{ mol}=2:1$ 。

**变式训练 2 D** 由题意可知,一定量的铝粉和铁粉的混合物与一定量很稀的硝酸充分反应,生成  $Al(NO_3)_3$ 、 $Fe(NO_3)_3$ 、 $NH_4NO_3$  和水,在反应结束后的溶液中逐滴加入  $5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $NaOH$  溶液,开始无沉淀生成,说明硝酸有剩余,则发生的反应依次为①  $H^++OH^-=H_2O$ 、②  $Fe^{3+}+3OH^-=Fe(OH)_3 \downarrow$  和  $Al^{3+}+3OH^-=Al(OH)_3 \downarrow$ 、③  $NH_4^++OH^-=NH_3 \cdot H_2O$ 、④  $Al(OH)_3+OH^-= [Al(OH)_4]^-$ ;根据反应③可知, $d \sim e$  段消耗的  $n(NaOH)=n(NH_4^+)= (94-88) \times$

$10^{-3} \text{ L} \times 5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}=0.03 \text{ mol}$ ,根据反应④可知, $e \sim f$  段消耗的  $n(NaOH)=n[Al(OH)_3]= (104-94) \times 10^{-3} \text{ L} \times 5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}=0.05 \text{ mol}$ ,根据铝元素守恒,混合金属中  $n(Al)=0.05 \text{ mol}$ ,根据得失电子守恒有  $3n(Fe)+3n(Al)=8n(NH_4^+)$ ,即  $3n(Fe)+3 \times 0.05 \text{ mol}=8 \times 0.03 \text{ mol}$ ,解得  $n(Fe)=0.03 \text{ mol}$ ,根据铁元素守恒,反应②中生成的  $n[Fe(OH)_3]=n(Fe)=0.03 \text{ mol}$ ,故反应②中共消耗的  $V(NaOH)=\frac{(0.05 \text{ mol}+0.03 \text{ mol}) \times 3}{5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}=0.048 \text{ L}=48 \text{ mL}$ ,即  $c$  点时加入  $NaOH$  溶液的体积  $=88 \text{ mL}-48 \text{ mL}=40 \text{ mL}$ 。由分析可知,稀硝酸与铝粉、铁粉反应,其还原产物为  $NH_4NO_3$ ,A 正确;由分析可知, $c$  点对应  $NaOH$  溶液的体积为  $40 \text{ mL}$ ,B 正确;由分析可知, $b$  与  $a$  的差值为  $0.05 \text{ mol}$ ,C 正确;由分析可知,混合金属中  $n(Al)=0.05 \text{ mol}$ , $n(Fe)=0.03 \text{ mol}$ ,样品中铝粉和铁粉的物质的量之比为  $5:3$ ,D 错误。

**变式训练 3 A** 盐酸先与  $NaOH$  反应,然后与  $Na_2CO_3$  反应,与  $Na_2CO_3$  反应时先生成  $HCO_3^-$ , $HCO_3^-$  再与盐酸反应生成  $CO_2$ ,根据  $C$  元素守恒, $n(Na_2CO_3)=n(CO_2)=0.02 \text{ mol}$ , $Na_2CO_3$  消耗的  $HCl$  为  $0.04 \text{ mol}$ ,因总共消耗盐酸的物质的量  $=0.8 \text{ L} \times 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}=0.08 \text{ mol}$ ,故  $NaOH$  消耗的  $n(HCl)=0.08 \text{ mol}-0.04 \text{ mol}=0.04 \text{ mol}$ ,参加反应的  $NaOH$  也为  $0.04 \text{ mol}$ 。 $Na_2CO_3$  转变为  $NaHCO_3$  消耗的盐酸为  $0.02 \text{ mol}$ ,则未产生气体消耗的盐酸为  $0.06 \text{ mol}$ , $V(HCl)=\frac{0.06 \text{ mol}}{0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}=0.6 \text{ L}$ ,则  $a=0.6$ ,A 正确; $0a$  段,依次发生的反应为  $OH^-+H^+=H_2O$ , $CO_3^{2-}+H^+=HCO_3^-$ ,B 错误;原混合溶液中, $NaOH$  为  $0.04 \text{ mol}$ , $Na_2CO_3$  为  $0.02 \text{ mol}$ , $NaOH$  与  $Na_2CO_3$  的物质的量之比为  $2:1$ ,C 错误; $ab$  段发生反应的离子方程式为  $HCO_3^-+H^+=H_2O+CO_2 \uparrow$ ,D 错误。

**变式训练 4 A** 样品溶于足量稀硫酸时, $Fe_2O_3$  与稀硫酸反应生成  $Fe_2(SO_4)_3$  和水, $CuO$  与稀硫酸反应生成  $CuSO_4$  和水,由氧化还原反应规律可知, $Fe$  与溶液中各离子反应的顺序为  $Fe^{3+}$ 、 $Cu^{2+}$ 、 $H^+$ ,由反应得到标准状况下  $V \text{ mL}$  气体可知,稀硫酸过量,合金中的铁元素转化为  $Fe^{2+}$ ,铜元素转化为  $Cu$ ,氧元素转化为  $H_2O$ ,则产生的气体为  $H_2$ ,滤液 A 为  $H_2SO_4$  和  $FeSO_4$  的混合溶液,滤渣为  $Cu$ ,滤液 A 经沉淀、过滤、灼烧得到的固体为  $Fe_2O_3$ ;由原子守恒可知,合金中铁元素的物质的量  $=\frac{3.2 \text{ g}}{160 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 2=0.04 \text{ mol}$ ,铜元素的物质的量  $=\frac{3.2 \text{ g}}{64 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}=0.05 \text{ mol}$ ,氧元素的物质的量  $=\frac{5.76 \text{ g}-0.04 \text{ mol} \times 56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}-3.2 \text{ g}}{16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}=0.02 \text{ mol}$ ,由



电荷守恒可知,反应中消耗  $\text{H}_2\text{SO}_4$  的物质的量为  $0.04\text{ mol}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  中的氢元素一部分结合合金中的氧元素转化为  $\text{H}_2\text{O}$ ,一部分转化为  $\text{H}_2$ ,由氢原子守恒可知,反应生成  $\text{H}_2$  的物质的量  $= (0.04\text{ mol} \times 2 - 0.02\text{ mol} \times 2) \times \frac{1}{2} = 0.02\text{ mol}$ 。由分析可知,标准状况下反应生成  $\text{H}_2$  的体积  $= 0.02\text{ mol} \times 22.4\text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} = 4.48\text{ L}$ ,A 正确;由分析可知,合金中铁元素的质量  $= 0.04\text{ mol} \times 56\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 2.24\text{ g}$ ,铜元素的质量为  $3.2\text{ g}$ ,则未氧化前,铁元素的质量分数  $= \frac{2.24\text{ g}}{2.24\text{ g} + 3.2\text{ g}} \times 100\% \approx 41.2\%$ ,B、C 错误;合金中铁元素的质量为  $2.24\text{ g}$ ,则  $\text{CuO}$  的质量一定小于  $5.76\text{ g} - 2.24\text{ g} = 3.52\text{ g}$ ,D 错误。

### 章末综合三

1. A 可以利用  $^{14}\text{C}$  测定出土文物的年代,其为碳的一种核素,A 正确;丝绸的主要成分为蛋白质,黑炭的主要成分为碳单质,二者成分不同,转化过程发生了化学变化,B 错误;黄金是不活泼金属,不易被氧化,C 错误;铜锈的主要成分为  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ ,D 错误。

2. B 常温下,汞呈液态,A 错误;金属具有导电性、导热性和延展性,B 正确;活泼的金属或较活泼的金属能与酸反应,有的金属也能与碱反应,如  $\text{Al}$  能与  $\text{NaOH}$  溶液反应,C 错误;并不是所有金属在自然界都是以化合态存在的,如  $\text{Au}$ 、 $\text{Ag}$  等不活泼金属在自然界中存在游离态,D 错误。

3. A  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  与酸反应生成 2 种盐和水,A 错误;向  $\text{FeCl}_3$  溶液中加入铜粉,发生反应:  $2\text{FeCl}_3 + \text{Cu} = 2\text{FeCl}_2 + \text{CuCl}_2$ ,可以实现  $\text{Fe}^{3+}$  向  $\text{Fe}^{2+}$  的转化,B 正确;高铁酸盐( $\text{FeO}_4^{2-}$ )中  $\text{Fe}$  元素为 +6 价,具有强氧化性,可将  $\text{Fe}^{2+}$  转化为  $\text{Fe}^{3+}$ ,发生归中反应,C 正确; $\text{Fe}_3\text{O}_4$  是一种黑色具有磁性的氧化物,可由  $\text{Fe}$ 、水蒸气高温反应制得:  $3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \xrightarrow{\text{高温}} \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2$ ,D 正确。

4. D  $\text{Fe}$  与水蒸气在高温条件下反应生成的是  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,不是  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,A 不符合题意; $\text{K}_2\text{FeO}_4$  转化为  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶体时, $\text{Fe}$  的化合价降低,被还原,则  $\text{H}_2\text{O}$  被氧化,不可能生成  $\text{H}_2$ ,B 不符合题意;蒸干  $\text{FeCl}_3$  溶液得到  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  沉淀,再灼烧得到  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , $\text{Fe}_2\text{O}_3$  难溶于水,且不与水反应,C 不符合题意; $\text{Fe}$  与  $\text{Cl}_2$  在加热条件下反应生成  $\text{FeCl}_3$ , $\text{Cu}$  与  $\text{FeCl}_3$  反应生成  $\text{FeCl}_2$  和  $\text{CuCl}_2$ ,D 符合题意。

5. D  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  溶于稀盐酸,正确的离子方程式为  $\text{Fe}_3\text{O}_4 + 8\text{H}^+ = \text{Fe}^{2+} + 2\text{Fe}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O}$ ,A 错误;在离子方程式中, $\text{Ca}(\text{ClO})_2$  应拆为离子形式, $\text{HClO}$  为弱酸,部分电解,不应拆分,B 错误;过量  $\text{Cl}_2$  通入  $\text{FeBr}_2$  溶液中, $\text{Fe}^{2+}$  和  $\text{Br}^-$  完全反应,则反应中  $\text{Fe}^{2+}$  和  $\text{Br}^-$  的化学计量数之比为  $1:2$ ,正确的离子方程式为  $3\text{Cl}_2 + 2\text{Fe}^{2+} + 4\text{Br}^- = 2\text{Br}_2 + 2\text{Fe}^{3+} + 6\text{Cl}^-$ ,C 错误;向  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$

溶液中加入过量  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  溶液,反应生成  $\text{CaCO}_3$  沉淀和  $\text{H}_2\text{O}$ ,反应的离子方程式正确,D 正确。

6. A 能使酚酞变红的溶液呈碱性,在碱性溶液中, $\text{K}^+$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{Ba}^{2+}$  都能大量存在,A 符合题意; $\text{Cu}^{2+}$  在水溶液中呈蓝色,无色澄清透明的溶液中不存在  $\text{Cu}^{2+}$ ,B 不符合题意; $\text{Fe}^{3+}$  能与  $\text{I}^-$  发生氧化还原反应,生成  $\text{Fe}^{2+}$  和  $\text{I}_2$ ,则含有  $\text{Fe}^{3+}$  的溶液中不存在  $\text{I}^-$ ,且  $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  不能大量共存,C 不符合题意;能使紫色石蕊溶液变红的溶液呈酸性,在酸性溶液中, $\text{Cl}^-$ 、 $\text{ClO}^-$  会发生氧化还原反应,不能大量共存,D 不符合题意。

7. C  $\text{Fe}$  和  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  的混合固体与  $100\text{ mL } 1.0\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  稀盐酸恰好完全反应,向反应后的溶液中滴加  $\text{KSCN}$  溶液,溶液颜色无明显变化,故反应后的溶液中不含  $\text{Fe}^{3+}$ ,A 错误; $\text{Fe}_3\text{O}_4$  与  $\text{HCl}$  反应的化学方程式为  $\text{Fe}_3\text{O}_4 + 8\text{HCl} = 2\text{FeCl}_3 + \text{FeCl}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ ,该反应为复分解反应,B 错误;由前面分析可知,发生的反应有  $\text{Fe} + 2\text{HCl} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2 \uparrow$ , $\text{Fe}_3\text{O}_4 + 8\text{HCl} = 2\text{FeCl}_3 + \text{FeCl}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ , $2\text{FeCl}_3 + \text{Fe} = 3\text{FeCl}_2$ ,生成标准状况下  $224\text{ mL } \text{H}_2$ ,则  $n(\text{H}_2) = 0.01\text{ mol}$ , $\text{Fe}$  消耗盐酸  $0.02\text{ mol}$ ,与盐酸反应的  $n(\text{Fe}) = 0.01\text{ mol}$ , $n_{\text{总}}(\text{HCl}) = 0.1\text{ L} \times 1.0\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.1\text{ mol}$ ,则与  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  反应的  $n(\text{HCl}) = 0.1\text{ mol} - 0.02\text{ mol} = 0.08\text{ mol}$ ,则  $n(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 0.01\text{ mol}$ ,产生  $n(\text{FeCl}_3) = 0.02\text{ mol}$ ,由  $2\text{FeCl}_3 + \text{Fe} = 3\text{FeCl}_2$  可得, $n_{\text{总}}(\text{Fe}) = 0.01\text{ mol} + 0.01\text{ mol} = 0.02\text{ mol}$ ,故  $n(\text{Fe}) : n(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 2:1$ ,C 正确;混合固体中  $m(\text{Fe}) = 0.02\text{ mol} \times 56\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 1.12\text{ g}$ ,D 错误。

8. C  $\text{Cl}_2$  具有强氧化性,通入足量新制氯水, $\text{Fe}$  与足量氯水反应生成  $\text{FeCl}_3$ ,不可能含有  $\text{Fe}^{2+}$ ,A 错误; $\text{FeO}_4^{2-}$  带 2 个单位负电荷,O 元素为 -2 价,则  $\text{Fe}$  元素为 +6 价,B 错误; $\text{Na}_2\text{FeO}_4$  溶液中加入饱和  $\text{KOH}$  溶液,析出  $\text{K}_2\text{FeO}_4$  晶体,说明物质的溶解性  $\text{Na}_2\text{FeO}_4 > \text{K}_2\text{FeO}_4$ ,C 正确;反应 I、II 均有元素化合价变化,为氧化还原反应,但  $\text{Na}_2\text{FeO}_4 + 2\text{KOH} = \text{K}_2\text{FeO}_4 \downarrow + 2\text{NaOH}$  不是氧化还原反应,D 错误。

9. D 由图可知,过程①中,生成  $\text{CuS}$  的反应为  $\text{H}_2\text{S} + \text{CuCl}_2 = \text{CuS} \downarrow + 2\text{HCl}$ ,A 正确;过程②中, $\text{Fe}^{3+}$  被  $\text{CuS}$  还原为  $\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Fe}$  的化合价降低,因此  $\text{Fe}^{3+}$  作氧化剂,B 正确;由图可知,总反应为  $2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{催化剂}} 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{S} \downarrow$ ,C 正确;若反应按①②③顺序进行, $\text{Fe}^{3+}$  作催化剂, $\text{Fe}^{2+}$  为中间产物,D 错误。

10. B 由图可知,向铝土矿中加入  $\text{NaOH}$  溶液, $\text{Al}_2\text{O}_3$  转化为  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ ,过滤,向  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$  溶液中通入过量  $\text{CO}_2$ , $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$  溶液与过量  $\text{CO}_2$  反应生成  $\text{Al}(\text{OH})_3$  沉淀和  $\text{NaHCO}_3$ ,过滤,得到  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,灼烧, $\text{Al}(\text{OH})_3$  分解得到  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,电解熔融  $\text{Al}_2\text{O}_3$  得到金属

Al。由分析可知,操作 a 和操作 b 均为过滤,A 正确;由分析可知,固体 Y 为  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,反应的离子方程式为  $[\text{Al}(\text{OH})_4]^- + \text{CO}_2 = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{HCO}_3^-$ ,B 错误;由分析可知,操作 c 为灼烧,一般在坩埚中进行,C 正确; $\text{Al}_2\text{O}_3$  具有较高的熔点,常用作耐火材料,D 正确。

**11. D** 实验 I、Ⅲ中  $n(\text{Fe}^{3+})$  相同,但实验 I 中 Cu 不足,且实验 II 中 Cu 部分转化为  $\text{CuCl}$ ,则实验 II 中消耗的铜粉的量大于实验 I、Ⅲ,A 正确;实验 I、Ⅱ、Ⅲ中溶液黄色变浅或褪去,说明都发生了反应:  $2\text{Fe}^{3+} + \text{Cu} = \text{Cu}^{2+} + 2\text{Fe}^{2+}$ ,B 正确;实验 II 中加水后生成白色沉淀,根据元素种类推测生成了  $\text{CuCl}$ ,可能的离子反应为  $\text{Cu}^{2+} + \text{Cu} + 2\text{Cl}^- = 2\text{CuCl} \downarrow$ ,C 正确;实验 II、Ⅲ中均加入过量的铜,但实验 III 中未产生白色沉淀,表明能否形成白色沉淀由 Cu 的量和  $\text{Cl}^-$  的浓度共同决定,D 错误。

**12. B** 粉碎的目的是增大反应物的接触面积,从而加快反应速率,A 正确;向 Fe、Cu、Zn 和 Au 混合物中加入过量的稀硫酸,Au 和 Cu 不与稀硫酸反应,Fe、Zn 分别与稀硫酸反应生成  $\text{FeSO}_4$  和  $\text{ZnSO}_4$ ,由于稀硫酸过量,则滤液 a 中的阳离子是  $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$  和  $\text{H}^+$ ,B 错误;Au 不与  $\text{O}_2$  反应,Cu 与  $\text{O}_2$  在加热条件下生成  $\text{CuO}$ ,CuO 与稀硫酸反应生成  $\text{CuSO}_4$  和  $\text{H}_2\text{O}$ ,故滤液 b 中含有  $\text{CuSO}_4$  和未反应完的  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,向其中加入过量的 NaOH 溶液,会生成蓝色的  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  沉淀,C 正确;由 B、C 项分析可知,Zn、Au、Cu 三种金属的还原性强弱顺序为  $\text{Zn} > \text{Cu} > \text{Au}$ ,D 正确。

**13. (1) NaOH 溶液 (2) 铜**  $\text{Fe} + 2\text{FeCl}_3 = 3\text{FeCl}_2$   
**(3) 蒸发皿 (4)**  $2\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ = 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$   $\frac{a}{3}$  **(5)**  $2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{ClO}^- + 4\text{OH}^- = 2\text{FeO}_4^{2-} + 3\text{Cl}^- + 5\text{H}_2\text{O}$

**【解析】**根据流程图分析,加入试剂 X 的目的是除去废铁屑中的 Al 及  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,则试剂 X 为 NaOH 溶液,固体为 Fe、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  和 Cu,加入稀硫酸,Cu 不反应,Fe、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  溶解,则固体 C 为 Cu,由图中溶液 D 可制绿矾推知,溶液 D 中含有  $\text{Fe}^{2+}$ ,溶液 D 中加入适量  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,将部分  $\text{Fe}^{2+}$  氧化为  $\text{Fe}^{3+}$ ,制得  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  胶体;向溶液 E 中加入  $\text{Na}_2\text{O}_2$ ,生成  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,再在碱性条件下和 NaClO 反应得到  $\text{Na}_2\text{FeO}_4$ 。(1) 分析整个流程图可知,加入试剂 X 的目的是除去废铁屑中的 Al 及  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,则试剂 X 为 NaOH 溶液。

(2) 固体 C 为 Cu,溶液 D 中加入 KSCN 溶液,无血红色产生,说明废铁屑中过量的 Fe 将  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  溶解产生的  $\text{Fe}^{3+}$  全部还原为  $\text{Fe}^{2+}$ ,化学方程式为  $\text{Fe} + 2\text{FeCl}_3 = 3\text{FeCl}_2$ 。

(3) 为得到绿矾晶体,应将溶液 D 蒸发浓缩、冷却结晶,

故需要将溶液 D 倒入蒸发皿中进行。

(4) D 中加入  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,将部分  $\text{Fe}^{2+}$  氧化为  $\text{Fe}^{3+}$ ,离子方程式为  $2\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ = 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$ ;要使溶液 E 中铁元素恰好转化为  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  胶体,则应满足  $n(\text{Fe}^{3+}) : n(\text{Fe}^{2+}) = 2 : 1$ ,应有  $\frac{2}{3}a \text{ mol}$   $\text{Fe}^{2+}$  被氧化,根据得失电子守恒知,  $2n(\text{H}_2\text{O}_2) = n(\text{Fe}^{2+})$ ,  $n(\text{H}_2\text{O}_2) = \frac{1}{2} \times \frac{2}{3}a \text{ mol} = \frac{a}{3} \text{ mol}$ 。

(5) 根据化合物中各元素化合价代数和为零可知, $\text{Na}_2\text{FeO}_4$  中铁元素的化合价为 +6 价,根据氧化还原反应的原理得生成  $\text{Na}_2\text{FeO}_4$  的离子方程式为  $2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{ClO}^- + 4\text{OH}^- = 2\text{FeO}_4^{2-} + 3\text{Cl}^- + 5\text{H}_2\text{O}$ 。

**14. (1) ②产生蓝色沉淀 ③硫氰化钾溶液**

**④ $\text{Fe}(\text{OH})_3$  沉淀  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶体**

**(2) ① $2\text{Fe}^{3+} + \text{Fe} = 3\text{Fe}^{2+}$  ② $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶体** 从 B 中去除  $\text{Fe}^{3+}$  后得到的 C 仍然显黄色,E 中含有  $\text{Fe}^{3+}$ ,而 E 不显黄色

**【解析】**(1)  $\text{FeSO}_4$  溶液放置一段时间后,由浅绿色变为黄色浊液 A,说明  $\text{Fe}^{2+}$  部分被氧化为  $\text{Fe}^{3+}$ 。取少量 B 于试管中,加入  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  溶液,与  $\text{Fe}^{2+}$  反应生成蓝色沉淀;取少量 B 于试管中,加入硫氰化钾溶液,与  $\text{Fe}^{3+}$  反应溶液变为红色;综合实验,说明 A 中铁元素的存在形态有  $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$  沉淀和  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶体。

(2) ①实验一中,加入铁粉的作用是与  $\text{Fe}^{3+}$  反应生成  $\text{Fe}^{2+}$ ,离子方程式为  $2\text{Fe}^{3+} + \text{Fe} = 3\text{Fe}^{2+}$ 。②对比实验一、二可知,B 显黄色的主要原因不是因为含有  $\text{Fe}^{3+}$ ,而是因为含有  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶体,理由是从 B 中去除  $\text{Fe}^{3+}$  后得到的 C 仍然显黄色,E 中含有  $\text{Fe}^{3+}$ ,但 E 不显黄色。

**知识归纳**  $\text{Fe}^{2+}$  与  $\text{Fe}^{3+}$  的相互转化

(1) 在盛有  $\text{FeCl}_3$  溶液的试管中加入适量铁粉振荡后,溶液变成浅绿色;再加入 KSCN 溶液,溶液不变色;取上层清液再加入氯水后,溶液变成红色。(2) 有关反应的离子方程式是  $2\text{Fe}^{3+} + \text{Fe} = 3\text{Fe}^{2+}$ 、 $2\text{Fe}^{2+} + \text{Cl}_2 = 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cl}^-$ 。

### 真题小练

**1. A**  $\text{FeCl}_3$  溶于水完全电离,属于强电解质,A 错误; $\text{FeCl}_3$  溶液可腐蚀覆铜板,发生反应  $2\text{FeCl}_3 + \text{Cu} = 2\text{FeCl}_2 + \text{CuCl}_2$ ,B 正确; $\text{Cl}_2$  具有强氧化性,可将 Fe 氧化为  $\text{FeCl}_3$ ,C 正确;向沸水中滴加饱和  $\text{FeCl}_3$  溶液可制备  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶体,D 正确。

**2. B**  $\text{Cl}_2$  与 NaOH 溶液反应生成 NaCl、NaClO 和  $\text{H}_2\text{O}$ ,离子方程式正确,A 正确;食醋中的醋酸为弱酸,不能拆分,正确的离子方程式为  $2\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CaCO}_3 = \text{Ca}^{2+} + 2\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ,B 错误; $\text{Fe}^{3+}$  与 Cu 发生氧化还原反应生成  $\text{Cu}^{2+}$  和  $\text{Fe}^{2+}$ ,离子方程式正

确,C正确; $\text{Na}_2\text{S}$ 可将 $\text{Hg}^{2+}$ 转化为 $\text{HgS}$ 沉淀除去,离子方程式正确,D正确。

**3. B**  $\text{Fe}$ 与水蒸气在高温下反应生成 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 和 $\text{H}_2$ ,该反应的化学方程式为 $3\text{Fe}+4\text{H}_2\text{O}(\text{g})\xrightarrow{\text{高温}}\text{Fe}_3\text{O}_4+4\text{H}_2$ ,A正确;酒精灯放在铁粉下方加热可以形成高温条件,且不影响水的蒸发,若移至湿棉花下方,受水吸热的影响,难以形成高温条件,实验效果不好,B错误;用火柴点燃肥皂泡,若产生尖锐的爆鸣声,说明生成的气体为 $\text{H}_2$ ,C正确;该实验中的反应在高温下进行,故使用硬质玻璃试管盛装还原铁粉,D正确。

**4. C** 由题意可知, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液与 $\text{KSCN}$ 溶液反应的实质是 $\text{Fe}^{3+}+3\text{SCN}^-\rightleftharpoons\text{Fe}(\text{SCN})_3$ , $\text{K}^+$ 和 $\text{SO}_4^{2-}$ 对该反应进行的程度无影响,故实验I中继续加入少量 $\text{K}_2\text{SO}_4$ 固体,溶液的颜色不变,A错误; $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ 不能电离出 $\text{Fe}^{3+}$ ,因此 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液与 $\text{KSCN}$ 溶液不反应,溶液颜色无明显变化,B错误; $\text{KSCN}$ 溶液与 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液反应产生 $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ ,溶液变为红色, $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液与 $\text{KSCN}$ 溶液不反应, $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 是一种深红色晶体,其水溶液呈黄色,故加入 $\text{KSCN}$ 可以区分两者,C正确;铁的焰色为无色,钾的焰色为紫色,故焰色试验可以区分 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 和 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ,D错误。

**5. B** 检验溶液中是否含有 $\text{Fe}^{3+}$ ,应直接向待测液中滴加 $\text{KSCN}$ 溶液,若溶液中含有 $\text{Fe}^{2+}$ ,先滴加氯水,氯水会

将 $\text{Fe}^{2+}$ 氧化为 $\text{Fe}^{3+}$ ,干扰实验,A不符合题意;向2 mL  $\text{FeSO}_4$ 溶液中滴加几滴酸性 $\text{KMnO}_4$ 溶液,若溶液紫红色褪去,说明 $\text{Fe}^{2+}$ 有还原性,B符合题意;已知 $\text{Fe}^{2+}$ 水解时会产生 $\text{H}^+$ ,溶液呈酸性,滴加酚酞溶液,溶液不变色,不能确定 $\text{Fe}^{2+}$ 是否发生水解,C不符合题意; $\text{H}_2\text{O}_2$ 可将 $\text{Fe}^{2+}$ 氧化为 $\text{Fe}^{3+}$ , $\text{Fe}^{3+}$ 可催化 $\text{H}_2\text{O}_2$ 分解,向2 mL 5%  $\text{H}_2\text{O}_2$ 溶液中滴加几滴 $\text{FeSO}_4$ 溶液,若产生气泡,不能说明 $\text{Fe}^{2+}$ 能催化 $\text{H}_2\text{O}_2$ 分解,D不符合题意。

**6. B** 反应①中Mn的化合价由+7价降至+2价,I的化合价由-1价升至0价,根据得失电子守恒、原子守恒和电荷守恒,反应①的离子方程式为 $10\text{I}^-+2\text{MnO}_4^-+16\text{H}^+=2\text{Mn}^{2+}+5\text{I}_2+8\text{H}_2\text{O}$ ,故 $n(\text{Mn}^{2+}):n(\text{I}_2)=2:5$ ,A错误;根据反应①可得关系式 $10\text{I}^-\sim 2\text{MnO}_4^-$ ,求得 $n=0.000\ 2$ ,则反应②中 $n(\text{I}^-):n(\text{MnO}_4^-)=0.001:(10\times 0.000\ 2)=1:2$ ,结合反应②中Mn的化合价由+7价降至+4价,可得关系式 $\text{I}^-\sim 2\text{MnO}_4^-\sim \text{MnO}_2\sim \text{IO}_x^-\sim 6\text{e}^-$ ,则 $\text{IO}_x^-$ 中I的化合价为+5价, $x=3$ ,反应②的离子方程式为 $\text{I}^-+2\text{MnO}_4^-+\text{H}_2\text{O}=2\text{MnO}_2\downarrow+\text{IO}_3^-+2\text{OH}^-$ ,B正确;已知 $\text{MnO}_4^-$ 的氧化性随酸性的减弱而减弱,对比反应①和反应②的产物, $\text{I}^-$ 的还原性随酸性的减弱而增强,C错误;根据反应①和反应②的离子方程式可知,反应①中消耗 $\text{H}^+$ 、产生水,pH增大,反应②中产生 $\text{OH}^-$ 、消耗水,pH增大,D错误。

## 第四章 物质结构 元素周期律

### 第一节 原子结构与元素周期表

#### 限时小练 18 原子结构 元素周期表 核素

**1. B** 由该元素的原子结构示意图可知,该原子核外有3个电子层,A正确;该元素核内有16个质子,为S元素,为非金属元素,B错误;该原子最外层有6个电子,在化学反应中易得到2个电子达到8电子稳定结构,C正确;S原子的最外层有6个电子,则S元素的最高正化合价为+6价,D正确。

**2. C** 钋的汉字书写带有“钅”字旁,为金属元素,A正确;钋的原子序数为84,原子序数=质子数,故 $^{210}\text{Po}$ 中含有84个质子,B正确;核外电子数=质子数=84,C错误;原子中,质量数=质子数+中子数,故 $^{210}\text{Po}$ 含有的中子数 $=210-84=126$ ,D正确。

#### 知识归纳 原子符号的意义及各数值之间的关系

(1) X原子的符号可表示为 ${}_Z^AX$ ,其中A表示原子的质量数,Z表示质子数;质子数=阳离子的核外电子数+阳离子的电荷数=阴离子的核外电子数-阴离子的电荷数。(2) 任何微粒中,质量数=质子数+中子数,但质子数与电子数不一定相等,如阴、阳离子中。

**3. D**  $\text{H}_2\text{O}$ 和 ${}^2_1\text{H}_2\text{O}$ 均为分子,不互为同位素,A不符合题意; ${}^{238}_{94}\text{Pu}$ 的质子数为94, ${}^{238}_{92}\text{U}$ 的质子数为92,属于不同的元素,不互为同位素,B不符合题意; $\text{O}_4$ 和 $\text{O}_2$ 均为氧单质,不互为同位素,C不符合题意; ${}^{35}_{17}\text{Cl}$ 和 ${}^{37}_{17}\text{Cl}$ 的质子数均为17,质量数分别为35、37,二者的质子数相同,中子数不同,互为同位素,D符合题意。

#### 易错提醒 核素和同素异形体的辨析

(1) 在辨析核素和同素异形体时,通常根据二者研究范畴不同即可作出判断,同素异形体的研究范畴是单质,同位素的研究范畴是原子。(2) 同种元素可以有多种不同的同位素原子,所以元素种类的数目远少于原子种类的数目。(3) 自然界中,元素的各种同位素的含量基本保持不变。

**4. D**  ${}^{249}_{98}\text{Cf}$ 的左上角表示质量数,左下角表示质子数,原子的核外电子数=质子数=98,A错误; ${}^{294}_{118}\text{Og}$ 的中子数 $=294-118=176$ ,B错误;同素异形体是同种元素组成的性质不同的单质, ${}^{48}_{20}\text{Ca}$ 和 ${}^{40}_{20}\text{Ca}$ 都是钙原子,互为同位素,C错误。

**5. C** 钷属于金属元素,A错误;144.2 g是1 mol 钷原



子的质量总和,不是一个原子的质量,B错误;质子数=原子序数,钆的原子序数为60,则1个钆原子中含有60个质子,C正确; $\text{Nd}^{3+}$ 的核外电子数 $=60-3=57$ ,D错误。

**6. D** 第一周期只有H、He两种元素,除第一周期外都从碱金属元素开始,最后以稀有气体元素结束,A错误;第ⅢB族中包含镧系元素和锕系元素,是元素周期表中容纳元素最多的族,B错误;最外层电子数大于4的元素也可能是金属元素,如第ⅤA族中的Sb、Bi,第ⅥA族中的Po,C错误;前三周期中,第ⅡA族和第ⅢA族之间只相隔1种元素,从第四周期开始,第ⅡA族和第ⅢA族之间隔着过渡元素,故第四周期和第五周期的第ⅡA族和第ⅢA族的元素的原子序数之差为11,第六周期和第七周期第ⅡA族和第ⅢA族元素的原子序数之差为25,D正确。

#### 易错提醒 核外电子的排布规律

核外电子的排布规律是相互联系的,不能孤立地理解,必须同时满足各项要求,如M层不是最外层时,最多可容纳18个电子,当M层为最外层时,最多可容纳8个电子。

**7. B** 元素周期表中有18个纵列,代表16个族,其中第Ⅷ族包括三个纵列,A错误;元素周期表中第二、三周期的第ⅡA族、第ⅣA族元素的原子序数之差为2,第四、五周期的第ⅡA族、第ⅣA族元素的原子序数之差为12,第六、七周期的第ⅡA族、第ⅣA族元素的原子序数之差为26,B正确;部分主族元素的最高正价不等于族序数,如第ⅥA族的O元素的最高正价为+2价,C错误;元素周期表中某些元素可能既位于同一周期,又位于同一族,如元素周期表中镧系有15种元素都位于第六周期第ⅢB族,D错误。

**8. C** 由于原子序数=原子的核外电子数,则X原子的核外电子数为 $a$ ,X原子失去 $m$ 个电子形成 $\text{X}^{m+}$ ,所以 $\text{Y}^{n-}$ 的电子数 $=\text{X}^{m+}$ 的电子数 $=a-m$ ,因Y原子得到 $n$ 个电子形成 $\text{Y}^{n-}$ ,原子的核外电子数=质子数,则Y原子的质子数 $=a-m-n$ 。故选C。

**9. A** 由图可知,A不是第一周期元素,则A、E的原子序数之差不可能为2,A错误;A、E、D可能为第ⅣA、第ⅤA或第ⅥA族元素,D、E的原子序数之差可能为8或18或32,B正确;B、C之间仅隔有1种元素,故其原子序数之差一定为2,C正确;由B项分析可知,D、E的原子序数之差可能为8或18或32,B的原子序数比E小1,所以B、D的原子序数之差大于8,D正确。

**10. B** X元素原子的最外层与最内层电子数之比为3:1,核电荷数: $Y>X$ ,两种元素原子的核外电子层数不同,则X位于第二周期,X为O元素;Y元素原子的最外层只有1个电子,Y为Na元素。形成的两种常见化

合物为 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}_2$ ,每个离子都形成8电子稳定结构,A正确; $\text{Na}_2\text{O}$ 无强氧化性,B错误; $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}_2$ 均能与水反应生成NaOH,溶液均具有碱性,C正确; $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}_2$ 中Na元素的化合价均为+1价,D正确。

**11. D** 根据元素周期表的结构分析题图如下图所示。

	I A		0族
第一周期	A	II A	VII A B
第二周期	C		
第三周期		D	

则A为H元素,B为He元素,C为Li元素,D为Mg元素。Li原子比He原子的原子序数大1,A正确;原子结构示意图为 $(+8)26$ 的元素为O元素,与Li都位于第二周期,B正确;He与Mg的最外层电子数都是2,C正确;原子结构示意图为 $(+10)28$ 的元素是Ne元素,是0族元素而不是主族元素,与He位于同一族,D错误。

**12. D** 先计算质子的个数,再计算 $\text{H}_n\text{RO}_3$ 的物质的量,最后计算质子的物质的量。一个 $\text{H}_n\text{RO}_3$ 分子中共有 $x$ 个电子,则一个 $\text{H}_n\text{RO}_3$ 分子中含有的质子数为 $x$ ,R原子的质量数为 $A$ ,则 $a\text{ g H}_n\text{RO}_3$ 物质的量 $=\frac{a\text{ g}}{(A+n+48)\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}}=\frac{a}{A+n+48}\text{ mol}$ ,则 $a\text{ g H}_n\text{RO}_3$ 中含有质子的物质的量 $=\frac{a}{A+n+48}\text{ mol}\times x=\frac{ax}{A+n+48}\text{ mol}$ 。故选D。

**13. (1)** Al Cl Mg S H **(2)**  $\text{Cl}_2$   $(+12)282$  剧

烈燃烧,发出明亮的蓝紫色火焰,产生有刺激性气味的气体 **(3)**  $2\text{Al}+6\text{HCl}\longrightarrow 2\text{AlCl}_3+3\text{H}_2\uparrow$

**【解析】**(1) 氩原子核外有10个电子,A原子的核外应有13个电子,A为Al原子;氯原子核外有18个电子,B原子的核外应有17个电子,B为Cl原子;C原子的K层和M层电子数相同,都为2,C为Mg原子;单核D离子有18个电子,失去2个电子后显电中性,D为S原子;原子核内只有一个质子的为氢原子,即E为H原子。

(2) Cl原子形成的单质为 $\text{Cl}_2$ ,Mg原子核外有12个电子,其原子结构示意图为 $(+12)282$ ,S单质在 $\text{O}_2$ 中剧烈燃烧,发出明亮的蓝紫色火焰,产生有刺激性气味的气体。

(3) Al与HCl反应生成 $\text{AlCl}_3$ 和 $\text{H}_2$ ,化学方程式为 $2\text{Al}+6\text{HCl}\longrightarrow 2\text{AlCl}_3+3\text{H}_2\uparrow$ 。

#### 限时小练 19 原子结构与元素的性质

**1. A** 卤族元素从上到下,单质的相对分子质量逐渐增

大,单质的颜色逐渐加深,依次是浅黄绿色、黄绿色、橙红色、紫色,A正确;卤族元素的氢化物都易溶于水,且卤族元素从上到下,对应氢化物的酸性逐渐增强,B错误;卤素单质中, $\text{F}_2$ 和水之间反应生成 $\text{HF}$ 和 $\text{O}_2$ ,不能用 $\text{X}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{HXO} + \text{HX}$ 表示,C错误;同主族元素从上到下,单质的氧化性逐渐减弱,对应阴离子的还原性逐渐增强,则还原性 $\text{F}^- < \text{Cl}^- < \text{Br}^- < \text{I}^-$ ,最高价含氧酸的酸性依次减弱,则最高价含氧酸的酸性 $\text{HClO}_4 > \text{HBrO}_4 > \text{HIO}_4$ ,D错误。

**2. D** 第ⅠA族的氢元素是非金属元素,A错误;将Na投入盐溶液中,立即与水发生剧烈反应生成 $\text{NaOH}$ 和 $\text{H}_2$ , $\text{NaOH}$ 与 $\text{Cu}^{2+}$ 结合生成 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 沉淀,故Na无法将铜从其盐溶液中置换出来,B错误;碱金属元素失电子能力越强,对应单质的还原性越强,其对应离子得电子能力越弱,所以 $\text{K}^+$ 具有弱氧化性,C错误;Li、Na、K、Rb、Cs属于同一主族的碱金属元素,从上到下金属性依次增强,所以铯的金属性强于钠和钾,则Cs常温下与水反应会发生爆炸,D正确。

**3. D** 该元素位于元素周期表的第ⅣA族,原子的最外层有4个电子,A正确;该元素为“类铅”元素,在化合物中可能呈+2价和+4价,B正确;同主族元素,从上到下,金属性逐渐增强,该元素位于铅元素的下方,故其金属性比铅强,C正确;铅的金属性强于铜,故金属铜不能从114号元素的硝酸盐溶液中置换出114号元素的单质,D错误。

**4. D** 同主族元素随着原子序数的增大,非金属性逐渐降低,和 $\text{H}_2$ 的化合越来越难,所以 $\text{Br}_2$ 与 $\text{H}_2$ 的反应比 $\text{I}_2$ 与 $\text{H}_2$ 的反应更剧烈,A正确;同主族元素从上到下,失电子能力逐渐增强,所以碱金属元素中,锂原子失去最外层电子的能力最弱,同主族元素从上到下,得电子能力逐渐减弱,所以卤素中,氟原子得电子的能力最强,B正确;同主族元素随着原子序数的增大,非金属性逐渐降低,原子核对电子的吸引力逐渐减弱,阴离子的还原性逐渐增强,C正确;在第ⅠA族元素的单质中, $\text{H}_2$ 的熔、沸点最低,D错误。

**5. D** 同主族元素的最外层电子数相同,A正确;同主族元素从上到下,金属性依次增强,则碱金属元素中铯的金属性最弱,即铯原子失去电子的能力最弱,同主族元素从上到下,非金属性依次减弱,则卤素中氟的非金属性最强,即氟原子得到电子的能力最强,B正确;钾比钠活泼,故钾与水的反应比钠与水的反应更剧烈,C正确;氯的非金属性比溴的强,非金属性越强,与 $\text{H}_2$ 化合越容易,生成的气态氢化物越稳定,则氯单质与 $\text{H}_2$ 化合更容易,生成的氢化物更稳定,D错误。

**6. D** 稀有气体元素一般用作电光源或保护气,A不符合题意;右上方区域的非金属元素氧化性较强,一般可

用来制造农药,B不符合题意;左上方区域的非金属元素为氢元素,一般用作还原性气体,C不符合题意;金属元素和非金属元素分界线附近的元素形成的单质导电性介于导体和绝缘体之间,是良好的半导体材料,D符合题意。

**7. C** 根据原子序数可判断出该元素在元素周期表中的位置,117号元素位于118号左侧(即第ⅦA族),同主族元素从上到下,非金属性逐渐减弱,A、B正确;同主族元素从上到下,原子半径逐渐增大,C错误;元素的非金属性越强,其最高价氧化物对应的水化物的酸性越强,非金属性 $\text{Cl} > \text{Ts}$ ,故酸性 $\text{HClO}_4 > \text{HTsO}_4$ ,D正确。

**8. C** 锂、钠、钾、铷、铯中金属性最强的是铯,则氢氧化物中碱性最强的是 $\text{CsOH}$ ,①正确;碱金属元素从上到下,单质的熔点依次降低,故单质熔点最高的是锂,②错误;锂与 $\text{O}_2$ 反应只能得到 $\text{Li}_2\text{O}$ ,③错误;钾的密度小于钠,④错误;从锂到铯,金属性依次增强,则其单质的还原性依次增强,⑤正确;从锂到铯,单质的还原性依次增强,则它们对应离子的氧化性依次减弱,⑥错误。综上所述,②③④⑥错误,故选C。

#### 知识归纳 碱金属元素性质递变规律

碱金属元素包括第ⅠA族除氢元素外的所有元素,自上而下,原子半径逐渐增大,金属性逐渐增强,单质的熔、沸点逐渐降低,密度总体呈逐渐增大的趋势,但是钾的密度反常。

**9. C** 镭(Ra)位于元素周期表中第七周期第ⅡA族,与Ca元素位于同一主族,同主族元素从上到下,原子半径逐渐增大,则镭的原子半径比钙的大,A正确;Ra是第ⅡA族元素,在化合物中的化合价为+2价,氯化镭的化学式为 $\text{RaCl}_2$ ,B正确;Ca与水反应剧烈,而同主族元素从上到下,金属性逐渐增强,金属性 $\text{Ca} < \text{Ra}$ ,则Ra与水反应更剧烈,C错误;金属性 $\text{Ra} > \text{Ca}$ ,则 $\text{Ra}(\text{OH})_2$ 的碱性比 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的强,D正确。

**10. D** 碱金属元素从上到下,金属性逐渐增强,碱金属元素中的Fr是一种放射性元素,在中学阶段不讨论,故Cs的金属性最强,与 $\text{H}_2\text{O}$ 反应最剧烈,A错误;Rb比Na活泼,与水剧烈反应,不能从 $\text{NaCl}$ 溶液中置换出Na,B错误;碱金属的阳离子具有一定的氧化性,但不强,C错误。

**11. A** 同主族元素自上而下,金属性逐渐增强,Rb在K的下面,金属性 $\text{K} < \text{Rb}$ ,A错误;金属性越强,最高价氧化物对应的水化物的碱性越强,故 $\text{RbOH}$ 的碱性比 $\text{KOH}$ 的强,B正确;Rb与I都位于第五周期,Rb在最左边,同周期主族元素自左向右,原子半径逐渐减小,则原子半径 $\text{Rb} > \text{I}$ ,C正确;Rb的质子数为37,则中子数为50的Rb的核素可表示为 $^{87}_{37}\text{Rb}$ ,D正确。

**12. C** 若a、b、c表示碱金属元素,核电荷数越大,碱金

属的金属性越强,其单质与水反应越剧烈,与图中纵坐标不对应,A错误;若a、b、c表示第ⅡA族元素,核电荷数越大,金属性越强,最高价氧化物对应的水化物的碱性越强,与图中纵坐标不对应,B错误;若a、b、c表示第ⅥA族元素,核电荷数越大,非金属性越弱,得电子能力越弱,X可表示对应原子的得电子能力,C正确;若a、b、c表示卤族元素,核电荷数越大,非金属性越弱,对应简单阴离子的还原性越强,与图中纵坐标不对应,D错误。

**13. A**  $F_2$ 易与水反应生成HF和 $O_2$ ,所以 $F_2$ 不能与NaCl溶液反应置换出 $Cl_2$ ,A正确; $Cl_2$ 易与水反应生成HClO和HCl,所以不能用水吸收 $Cl_2$ 中的HCl,B错误;被置换出的 $I_2$ 易溶于苯,苯的密度比水的小,应在上层,所以装置E上层呈现紫红色,C错误;A中生成的 $Cl_2$ 在D中和NaBr反应生成 $Br_2$ ,E中 $Br_2$ 与KI反应生成 $I_2$ , $Br_2$ 可氧化KI为 $I_2$ ,但过量的 $Cl_2$ 也会氧化 $I^-$ 为 $I_2$ ,造成干扰,所以不能证明非金属性: $Br>I$ ,D错误。

## 第二节 元素周期律

### 限时小练 20 元素周期律

**1. C** 元素性质随原子序数递增呈周期性变化是元素原子核外电子排布呈周期性变化的必然结果。故选C。

**2. C** 同周期从左到右,主族元素的非金属性逐渐增强,其对应氢化物还原性 $SiH_4>PH_3>HCl$ ,A错误;同周期主族元素从左到右,原子半径逐渐减小,则原子半径 $Si>P>S>Cl$ ,B错误;同周期从左到右,主族元素的非金属性逐渐增强,则非金属性 $C<N<O<F$ ,C正确;同周期从左到右,主族元素的非金属性逐渐增强,元素最高价氧化物对应的水化物的酸性逐渐增强,则酸性 $H_2SiO_3<H_3PO_4<H_2SO_4$ ,D错误。

**3. B** A、B为两种主族元素, $A^{2-}$ 与 $B^{3+}$ 具有相同的电子层结构,二者核外电子总数相等,则A位于第ⅥA族,B位于第ⅢA族,B位于A的下一周期,原子序数 $B>A$ 。电子层数越多,原子半径越大,则原子半径 $A<B$ ,A错误;电子层结构相同时,核电荷数越大,离子半径越小,则离子半径 $A^{2-}>B^{3+}$ ,B正确;B位于A的下一周期,则原子序数 $A<B$ ,C错误; $A^{2-}$ 与 $B^{3+}$ 形成的化合物为 $B_2A_3$ ,D错误。

#### 方法技巧 “三看”法比较简单粒子的半径大小

(1)“一看”电子层数:当电子层数不同时,一般电子层数越多,半径越大。(2)“二看”核电荷数:当电子层数相同时,核电荷数越大,半径越小。(3)“三看”核外电子数:当电子层数和核电荷数均相同时,核外电子数越多,半径越大。

**4. A** 第ⅥA族元素的氢化物中,相对分子质量最大的其沸点不一定最高,如水分子间有氢键,沸点高于 $H_2S$ ,B错误;同周期非金属元素最高价氧化物对应的水化物的酸性从左到右依次增强,但低价态氧化物对应的水化

物的酸性不一定如此,如 $H_2SO_4$ 的酸性比HClO的强,C错误;第三周期元素的离子半径顺序为 $P^{3-}>S^{2-}>Cl^->Na^+>Mg^{2+}>Al^{3+}$ ,D错误。

#### 规律总结 元素周期律小结

要熟知同周期、同主族元素性质的递变,同周期从左到右,主族元素的金属性逐渐减弱、非金属性逐渐增强。同主族自上而下,元素的金属性逐渐增强、非金属性逐渐减弱。还要注意金属性、非金属性的不同表现。

**5. C** 电子层结构相同的粒子,核电荷数越大,半径越小,则 $O^{2-}>Na^+$ ,电子层数越多,半径越大,则离子半径 $S^{2-}>O^{2-}>Na^+$ ,A错误;元素非金属性越强,简单气态氢化物的热稳定性越强,非金属性 $C<N<O$ ,热稳定性 $H_2O>NH_3>CH_4$ ,B错误;F无正化合价,O的最高正价为+2价,N的最高正价为+5价,D错误。

**6. D** 同周期主族元素从左到右,核电荷数依次增大,原子核对电子的吸引力逐渐增强,失电子能力逐渐减弱,D错误。

**7. B** 同主族元素从上到下,非金属性逐渐减弱,则非金属性 $N>As$ ,A错误;元素的非金属性越强,其气态氢化物的稳定性越强,非金属性 $N>As$ ,则气态氢化物的稳定性 $NH_3>AsH_3$ ,B正确;元素的非金属性越强,其最高价氧化物对应的水化物的酸性越强,非金属性 $Br>As$ ,则酸性 $HBrO_4>H_3AsO_4$ ,C错误;元素的非金属性越强,其单质的氧化性越强,对应简单离子的还原性越弱,非金属性 $Br>As$ ,则还原性 $As^{3-}>Br^-$ ,D错误。

**8. A** 元素的非金属性越强,其对应的最高价含氧酸的酸性越强,则酸性 $HClO_4>HBrO_4>HIO_4$ ,①正确;元素的金属性越强,其对应的碱的碱性越强,则碱性 $KOH>Ca(OH)_2>Mg(OH)_2$ ,②正确;碱金属的原子半径越大,熔点越低,则熔点 $Li>Na>K>Rb>Cs$ ,③错误;元素的非金属性越强,其对应阴离子的还原性越弱,则还原性 $F^-<Cl^-<Br^-$ ,④错误;元素的非金属性越强,其对应的氢化物越稳定,则热稳定性 $HCl>H_2S>PH_3$ ,⑤正确。综上所述,①②⑤正确,故选A。

**9. D** 由表中数据分析可知,B有-4价、+4价,则B位于元素周期表中第ⅣA族,A有-2价,且A的原子半径比B的略小,则A为O元素,B为C元素;C为-1价,根据原子半径可推知,C为Cl元素;D有-3价、+5价,其原子半径大于Cl,则D为P元素;E有+3价,F有+1价,二者的原子半径均大于P,所以E为Al元素,F为Na元素。由分析可知,A为O元素,F为Na元素,A错误;A与F可以形成 $Na_2O$ 、 $Na_2O_2$ , $Na_2O_2$ 中含有离子键和共价键,B错误; $Cl^-$ 与 $P^{3-}$ 具有相同的核外电子排布,核电荷数越大,半径越小,离子半径 $P^{3-}>Cl^-$ ,C错误;同周期主族元素从左到右,原子半径逐渐减小,



故  $0.074\text{ nm} < r(\text{N}) < 0.077\text{ nm}$ , D 正确。

**10. C** Y 的化合价只有  $-2$  价, 则 Y 为 O 元素, X 的半径比 O 原子的半径小且只有  $+1$  价, 则 X 为 H 元素, M 的最高正价为  $+7$  价, 最低负价为  $-1$  价, 则 M 代表 Cl 元素, Z 的半径小于 Cl 原子的半径, 且最低负价为  $-3$  价, 最高正价为  $+5$  价, 则 Z 代表 N 元素, Q 为  $+1$  价, 且 Q 的半径大于 Cl 原子的半径, 但小于只有  $+2$  价的 R, 故 Q 代表 Na 元素, R 代表 Ca 元素。Q 代表 Na 元素, Na 位于第三周期第 I A 族, A 正确; X、Y、Z 三种元素分别为 H、O、N, 可以组成的化合物有  $\text{HNO}_3$ 、 $\text{NH}_4\text{NO}_3$  和  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , B 正确;  $\text{Na}^+$  核外只有 2 个电子层,  $\text{Cl}^-$  和  $\text{Ca}^{2+}$  核外均有 3 个电子层, 且核外电子排布相同, 核电荷数越大, 半径越小, 则  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  的半径大小为  $\text{Cl}^- > \text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+$ , C 错误; Z、M 的最高价氧化物对应的水化物分别为  $\text{HNO}_3$  和  $\text{HClO}_4$ , 都是强酸, D 正确。

**11. A** 已知短周期元素的离子:  ${}_a\text{A}^{2+}$ 、 ${}_b\text{B}^+$ 、 ${}_c\text{C}^{3-}$ 、 ${}_d\text{D}^-$  都具有相同的电子层结构, 则 A、B、C、D 在元素周期表中的相对位置大致如下:

第二周期			...	${}_c\text{C}$		${}_d\text{D}$
第三周期	${}_b\text{B}$	${}_a\text{A}$	...			

说明 A 与 B 同周期, C、D 同周期, 且 A、B 处于 C、D 的下一周期, 所以原子半径应是  $\text{B} > \text{A} > \text{C} > \text{D}$ , A 错误; 原子序数应是  $a > b > d > c$ , B 正确; 根据电子层结构相同, 随着原子序数增大, 离子半径依次减小可知, 离子半径应是  $\text{C} > \text{D} > \text{B} > \text{A}$ , C 正确; 单质的还原性应是  $\text{B} > \text{A} > \text{D}$ , D 正确。

**12. A** 金属性越强, 与水反应越剧烈, 铬的金属性介于锌和铁之间, 锌和冷水不能反应, 故铬与冷水也不能反应, A 错误; Na 的金属性大于 Cr,  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  的碱性比 NaOH 的弱, B 正确; Al 的金属活动性比 Cr 的强, 故高温条件下, Al 能与  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  反应置换出 Cr, C 正确; 在金属活动性顺序中, 排在氢之前的金属能和稀盐酸反应生成  $\text{H}_2$ , 而铬的金属性介于锌和铁之间, 故铬能与稀盐酸发生反应, D 正确。

**13. B** 从 Mg、Ca 与水反应的剧烈程度推断, 金属性越强, 金属与水反应越剧烈, Ba 的金属性比 Ca 强, Ba 与水反应比 Ca 还剧烈, 推测合理, A 不符合题意; 一般处于金属与非金属分界处的元素单质可作半导体材料, 故第 IV A 族元素的单质不能都作半导体材料, 推测不合理, B 符合题意; 同主族元素从上到下, 非金属性依次减弱, 所形成共价键依次减弱, 气态氢化物的热稳定性逐渐减弱, Br 的非金属性介于 Cl 和 I 之间, 故 HBr 的分解温度介于二者之间, 推测合理, C 不符合题意; 同周期主族元素从左向右, 非金属性依次增强, 与  $\text{H}_2$  化合更容易, P 的非金属性介于 Si 和 S 之间, 与  $\text{H}_2$  反应的难易也应介

于二者之间, 故 P 与  $\text{H}_2$  在高温时能反应, 推测合理, D 不符合题意。

**限时小练 21 元素周期表和元素周期律的应用**

**1. B** 第 III B 族到第 II B 族 10 个纵行的元素均为副族元素, 都是金属元素, A 正确; 除 He 原子的最外层为 2 电子外, 0 族元素其他原子的最外层电子数均满足 8 电子稳定结构, B 错误; 118 号元素处于第七周期的 0 族, 则 117 号元素在元素周期表中的第七周期第 VII A 族, C 正确; 优良的催化剂和耐高温、耐腐蚀的合金材料大多属于过渡元素, 因此可在过渡元素中寻找催化剂和耐高温、耐腐蚀的合金材料, D 正确。

**2. B** 同主族元素从上到下, 金属性逐渐增强, 故金属性  $\text{K} < \text{Rb} < \text{Cs}$ , A 错误; 元素的非金属性越强, 其单质越容易与  $\text{H}_2$  化合, 非金属性  $\text{Cl} > \text{S} > \text{P}$ , 故其单质与  $\text{H}_2$  化合由易到难的顺序  $\text{Cl}_2 > \text{S} > \text{P}$ , B 正确; 非金属性越强, 其简单气态氢化物的热稳定性越强, 非金属性  $\text{O} > \text{S} > \text{P}$ , 所以简单氢化物的热稳定性  $\text{H}_2\text{O} > \text{H}_2\text{S} > \text{PH}_3$ , C 错误; 金属性越强, 其最高价氧化物对应的水化物的碱性越强, 故碱性  $\text{LiOH} < \text{NaOH} < \text{KOH}$ , D 错误。

**3. B** 第 112 号元素的原子核外有 112 个电子, Cn 位于第七周期第 II B 族, A 错误; 元素周期表的第 III B 族~第 II B 族为过渡元素, 过渡元素全是金属元素, Cn 位于第七周期第 II B 族, 所以 Cn 是过渡元素, B 正确, C 错误; 核外电子数 = 原子序数 = 112, D 错误。

**4. A** N 元素为第二周期的非金属元素, 其气态氢化物溶于水后, 水溶液显碱性, ①错误; 卤族元素从上到下, 单质由气体过渡为固体, 颜色逐渐加深, AgAt 与 AgCl 具有相似的性质, 故 AgAt 不溶于水, 也不溶于稀硝酸, ②正确; Li 燃烧只能生成  $\text{Li}_2\text{O}$ , ③错误; 同主族元素化合物的性质具有相似性和递变性, Ba 与 Sr 同主族, 且 Sr 位于 Ca 与 Ba 之间,  $\text{CaSO}_4$  是微溶于水的白色沉淀,  $\text{BaSO}_4$  是难溶于水的白色固体, 则  $\text{SrSO}_4$  是难溶于水的白色固体, ④正确; 非金属性越强, 其气态氢化物越稳定, 非金属性  $\text{S} > \text{Se}$ , 则气态氢化物的热稳定性  $\text{H}_2\text{S} > \text{H}_2\text{Se}$ , ⑤错误; 综上所述, 正确的有 ②④, 故选 A。

**5. A** X、Y、Z、W 为原子序数依次增大的短周期主族元素, X 与 Z 同主族, 且 Z 的核电荷数是 X 的 2 倍, 则 X 为 O 元素, Z 为 S 元素; W 的原子序数大于 S, 则 W 为 Cl 元素; Y 与 W 的最高化合价之和为 8, 则 Y 为 Na 元素。一般来说, 电子层数越多, 离子半径越大, 电子层数相同时, 核电荷数越大, 离子半径越小, 则离子半径大小顺序为  $\text{S}^{2-} > \text{Cl}^- > \text{O}^{2-} > \text{Na}^+$ , B 错误; X、Y 组成的常见化合物有  $\text{Na}_2\text{O}$  和  $\text{Na}_2\text{O}_2$  两种, C 错误; 非金属性越强, 其最高价氧化物对应的水化物的酸性越强, 非金属性  $\text{Cl} >$

S,则最高价氧化物对应的水化物的酸性  $\text{HClO}_4 > \text{H}_2\text{SO}_4$ ,D 错误。

**6. B** 根据元素的原子序数与常见价态的关系图可知,a 为 O 元素,b 为 Na 元素,c 为 Al 元素,d 为 P 元素,e 为 Cl 元素。同一主族元素从上到下,非金属性逐渐减弱,同一周期主族元素从左向右,非金属性逐渐增强,则非金属性为  $\text{O} > \text{S} > \text{P}$ ,即非金属性为  $a > d$ ,A 正确;同一周期主族元素从左向右,原子半径逐渐减小,同一主族元素从上到下,原子半径逐渐增大,则原子半径大小为  $b > c > d > e > a$ ,B 错误; $\text{O}$  可以形成  $\text{H}_2\text{O}$  和  $\text{H}_2\text{O}_2$  两种氢化物,C 正确; $\text{Na}$ 、 $\text{Al}$ 、 $\text{Cl}$  的最高价氧化物对应的水化物分别为  $\text{NaOH}$ 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$  和  $\text{HClO}_4$ ,由于  $\text{Al}(\text{OH})_3$  为两性氢氧化物,则  $\text{NaOH}$ 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$  和  $\text{HClO}_4$  之间均可反应,D 正确。

**7. A** 随核电荷数递增,第ⅦA 族元素单质的沸点逐渐升高,推测不合理,A 错误;同周期主族元素从左到右,非金属性增强,金属性减弱, $\text{Na}$  与  $\text{Cl}$  形成离子键, $\text{Al}$  与  $\text{Cl}$  形成共价键,预测  $\text{Si}$  与  $\text{Cl}$  形成共价键,B 正确; $\text{HF}$  是弱酸, $\text{HBr}$  是强酸,是因为  $\text{F}$  的原子半径小,带负电的  $\text{F}$  与带正电的  $\text{H}$  吸引力大,不易电离出  $\text{H}^+$ ,同主族元素随着原子序数的递增,原子半径增大,可推测  $\text{HI}$  是强酸,C 正确;同主族元素从上到下,金属性逐渐增强,其最高价氧化物对应的水化物的碱性增强,由金属性:  $\text{Sr} > \text{Ba} > \text{Ca}$ ,已知  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Ba}(\text{OH})_2$  均为强碱,可推测  $\text{Sr}(\text{OH})_2$  (氢氧化锶)是强碱,D 正确。

**8. C**  $\text{T}$  的单质常用作自来水消毒剂,结合图像可推知  $\text{T}$  为  $\text{Cl}$ ,根据元素相对位置,可知  $\text{R}$  为  $\text{F}$ , $\text{Q}$  为  $\text{Br}$ , $\text{X}$  为  $\text{S}$ , $\text{Z}$  为  $\text{Ar}$ 。未指明是元素最高价氧化物对应的水化物,无法比较,A 错误;元素的非金属性越强,其简单氢化物越稳定,故简单氢化物的稳定性  $\text{R}(\text{HF}) > \text{T}(\text{HCl}) > \text{Q}(\text{HBr})$ ,B 错误; $\text{F}$  与  $\text{Br}$  的电子数相差  $35 - 9 = 26$ ,C 正确;同周期主族元素从左到右,非金属性逐渐增强,同主族元素从上到下,非金属性逐渐减弱,则非金属性  $\text{R}(\text{F}) > \text{T}(\text{Cl}) > \text{X}(\text{S})$ ,D 错误。

**9. D** 同主族元素从上到下,非金属性依次减弱,同周期主族元素从左到右,非金属性依次增强,其对应的气态氢化物的热稳定性依次增强,即气态氢化物的热稳定性  $\text{AsH}_3 < \text{PH}_3 < \text{H}_2\text{S}$ ,A 错误; $\text{As}$  元素在元素周期表中的位置为第四周期第ⅤA 族,B 错误; $\text{As}$  最高价氧化物对应的水化物为  $\text{H}_3\text{AsO}_4$ , $\text{H}_3\text{PO}_4$  为中强酸,则  $\text{H}_3\text{AsO}_4$  是弱酸,C 错误; $\text{As}$  位于金属与非金属分界线附近,D 正确。

**10. B** 元素  $\text{A}$  和元素  $\text{B}$  可以在同一周期,元素  $\text{A}$  在元素  $\text{B}$  的前面,不一定位于下一周期,A 错误;将  $\text{CO}_2$  通入  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  溶液中产生  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ ,实际上是  $\text{H}_2\text{CO}_3$  与  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  发生反应,属于复分解反应,符合强酸制备弱

酸的规律,说明酸性  $\text{H}_2\text{CO}_3 > \text{H}_2\text{SiO}_3$ ,则非金属性  $\text{C} > \text{Si}$ ,B 正确;应通过比较气态氢化物的热稳定性或最高价含氧酸的酸性,比较元素非金属性强弱,C 错误;只能说明  $\text{N}_2$  较稳定,实际上,非金属性  $\text{N} > \text{P}$ ,一般利用氢化物的热稳定性或最高价含氧酸的酸性来比较元素非金属性强弱,D 错误。

**11. B**  $\text{R}$  原子最外层电子数是内层电子数的两倍,则  $\text{R}$  为  $\text{C}$ , $\text{W}$  的最高正价和最低负价的绝对值相等,结合  $\text{W}$ 、 $\text{R}$ 、 $\text{X}$ 、 $\text{Y}$ 、 $\text{Z}$  为原子序数依次增大的前四周期元素,可推知  $\text{W}$  为  $\text{H}$ ; $\text{X}$  的单质为双原子分子,其性质稳定,常用作保护气,则  $\text{X}$  为  $\text{N}$ ; $\text{Y}$  的焰色试验为紫色(透过蓝色钴玻璃),则  $\text{Y}$  为  $\text{K}$ ; $\text{R}(\text{C})$  和  $\text{Z}$  的合金是用量最大的合金材料,则  $\text{Z}$  为  $\text{Fe}$ 。 $\text{H}$  与  $\text{K}$  形成的化合物中, $\text{K}$  的金属性较强,则  $\text{K}$  为  $+1$  价, $\text{H}$  为  $-1$  价,A 错误; $\text{K}$  能与冷水反应, $\text{Fe}$  在高温下能与水蒸气反应,B 正确; $\text{C}$  形成的单质中,石墨能导电,金刚石不能导电,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  $\text{C} < \text{N}$ ,则酸性  $\text{HNO}_3 > \text{H}_2\text{CO}_3$ ,D 错误。

**12. A** 离子  ${}_a\text{X}^{m+}$ 、 ${}_b\text{Y}^{n+}$  具有相同的电子层结构,则离子具有相同的电子数,即  $a - m = b - n$ ,①错误;由题意可知,四种主族元素的离子具有相同的电子层结构,根据阴前阳后知, $\text{X}$ 、 $\text{Y}$  在下一周期, $\text{Z}$ 、 $\text{R}$  在上一周期,由  $m > n$  知, $\text{Y}$  在  $\text{X}$  的前面, $\text{R}$  在  $\text{Z}$  的前面,故元素的原子序数为  $a > b > c > d$ ,②正确; $\text{Z}$ 、 $\text{R}$  为同一周期的非金属元素,且元素的原子序数  $c > d$ ,在同一周期中,主族元素的非金属性从左向右逐渐增强,即非金属性  $\text{Z} > \text{R}$ ,③正确;四种主族元素中, $\text{X}$ 、 $\text{Y}$  为同一周期的金属元素,且元素的原子序数  $a > b$ ,在同一周期中,主族元素的金属性从左向右逐渐减弱,即金属性  $\text{Y} > \text{X}$ ,则最高价氧化物对应的水化物的碱性  $\text{Y} > \text{X}$ ,④错误;由上述分析可知,元素的原子序数  $a > b > c > d$ ,这四种主族元素的离子具有相同的电子层结构,原子序数越大,离子半径越小,⑤正确。综上所述,正确的为②③⑤,故选 A。

**13. B**  $\text{O}^{2-}$ 、 $\text{F}^-$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Al}^{3+}$  是具有相同电子层结构的离子,其核电荷数越大,离子半径越小,A 错误;卤族元素的最外层电子数相等,都是 7,B 正确;第三周期主族元素的最高正化合价从  $+1$  逐渐升高到  $+7$ ,C 错误;碱金属单质的密度随核电荷数的增大而总体呈增大趋势,但  $\text{K}$  反常,D 错误。

### 微专题七 元素推断与元素周期律

**1. D** 短周期主族元素  $\text{X}$ 、 $\text{Y}$ 、 $\text{Z}$ 、 $\text{W}$  的原子序数依次增大, $\text{Y}$  原子的内层电子数是其最外层电子数的 2 倍, $\text{Y}$  可能为  $\text{Li}$  或  $\text{P}$ ; $\text{Z}$  的最高正化合价是其最低负化合价绝对值的 3 倍,则  $\text{Z}$  为非金属元素,且最高化合价为  $+6$  价, $\text{Z}$  为  $\text{S}$ ,则  $\text{W}$  为  $\text{Cl}$ ; $\text{X}$  与  $\text{W}$  位于同一主族,则  $\text{X}$  为  $\text{F}$ , $\text{Y}$  为  $\text{P}$ ;综上所述, $\text{X}$ 、 $\text{Y}$ 、 $\text{Z}$ 、 $\text{W}$  分别是  $\text{F}$ 、 $\text{P}$ 、 $\text{S}$ 、 $\text{Cl}$ 。 $\text{F}$ 、 $\text{Cl}$

都是活泼的非金属元素,在自然界中都以化合态存在,A 错误;同周期元素从左到右,非金属性依次增强,其简单气态氢化物的热稳定性也依次增强,非金属性  $S < Cl$ ,则  $Z(S)$  的简单气态氢化物的热稳定性比  $W(Cl)$  的弱,B 错误;同周期主族元素从左到右,原子半径逐渐减小,则原子半径  $Y(P) > Z(S) > W(Cl)$ ,C 错误;元素的非金属性越强,其最高价氧化物对应的水化物的酸性越强,非金属性  $Z(S) < W(Cl)$ ,则酸性  $H_2SO_4 < HClO_4$ ,D 正确。

**2. B** X、Y、Z、W、R 为五种短周期主族元素,Y、Z、W 是原子序数依次增大的同周期相邻元素,且最外层电子数之和为 15,设 Z 的最外层电子数为  $m$ ,则 YW 的最外层电子数分别为  $m-1$ 、 $m+1$ , $m+m-1+m+1=15$ ,解得  $m=5$ ,Y、Z、W 分别为 C 元素、N 元素、O 元素;X 比 Y 核外少一个电子层,则 X 为 H 元素;R 的原子序数是 W 的 2 倍,则 R 为 S 元素。由 H、N、O 三种元素形成的化合物的水溶液不一定显酸性,如  $NH_3 \cdot H_2O$ ,A 错误;硫单质易溶于  $CS_2$ ,所以当试管壁上沾有单质硫时,可用  $CS_2$  洗涤,体现 S 的物理性质,B 正确; $CO_2$  不是大气污染物,C 错误;电子层数越多,离子半径越大,核外电子层排布相同时,核电荷数越大,离子半径越小,则简单离子半径  $S^{2-} > N^{3-} > O^{2-}$ ,D 错误。

**3. A**  $Na^+$  与  $Mg^{2+}$  核外电子排布相同,Mg 的核电荷数大,对电子的吸引力大,因此半径更小,A 正确;同周期主族元素从左到右,非金属性依次增强,其最高价氧化物对应的水化物的酸性也依次增强,非金属性  $P < Cl$ ,则酸性  $H_3PO_4 < HClO_4$ ,B 错误;同周期主族元素从左到右,金属性依次减弱,其最高价氧化物对应的水化物的碱性也依次减弱,金属性  $Na > Mg$ ,则碱性  $NaOH > Mg(OH)_2$ ,C 错误;同周期主族元素从左到右,非金属性逐渐增强,则非金属性  $N < O$ ,D 错误。

**4. B** 在短周期元素中,既显 +7 价又显 -1 价的元素只有 Cl 元素,则 R 为 Cl 元素;X 的化合价为 -2 价,没有正化合价,故 X 为 O 元素;Y 的化合价为 +1 价,其原子序数比 O 元素的原子序数大,则 Y 为 Na 元素;Z 的化合价为 +3 价,Z 为 Al 元素;W 的化合价有 +6 价和 -2 价,W 为 S 元素。X 与 Y 形成的两种化合物分别为  $Na_2O$  和  $Na_2O_2$ ,两者中阳、阴离子的个数之比均为 2:1,A 正确;电子层数越多,原子半径越大,电子层数相同时,核电荷数越大,原子半径越小,五种元素的原子中半径最大的是 Na,B 错误;Y 和 Z 的最高价氧化物对应的水化物分别为  $NaOH$  和  $Al(OH)_3$ ,二者可以发生反应生成  $Na[Al(OH)_4]$  和水,C 正确;氧化物  $ClO_2$  具有强氧化性,能杀菌,可作消毒剂,D 正确。

**5. D** 设 Y 的原子序数为  $x$ ,由元素在周期表中的位置可知,Z 的原子序数为  $x+1$ ,W 的原子序数为  $x+10$ ,则  $x+x+10=3(x+1)$ ,解得  $x=7$ ,则 X 为 Si,Y 为 N,Z

为 O,W 为 Cl。同周期主族元素从左到右,原子半径逐渐减小,则原子半径  $Y(N) > Z(O)$ ,A 错误;元素的非金属性越强,其最高价氧化物对应的水化物的酸性越强,非金属性  $N > Si$ ,则酸性  $Y(HNO_3) > X(H_2SiO_3)$ ,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  $Cl > Si$ ,则气态氢化物的稳定性  $W(Cl) > X(Si)$ ,C 错误;O 与 H 形成的 10 电子微粒有  $OH^-$ 、 $H_2O$ 、 $H_3O^+$ ,其中阴离子为  $OH^-$ ,D 正确。

**6. D** a、b、c、d、e 为元素周期表前 4 周期的一部分元素,由表中位置可知,a 为 He 元素,b 为 O 元素,c 为 Si 元素,d 为 Cl 元素,e 为 As 元素。O 元素的化合价有 +2 价、0 价、-1 价、-2 价,如  $OF_2$ 、 $O_2$ 、 $H_2O_2$ 、 $H_2O$ ,A 错误;Si 与 C 相似,可形成多种氢化物,则不止一种氢化物,但很不稳定,B 错误;Cl 的气态氢化物的水溶液为盐酸,溶液显酸性,C 错误;e 元素最高价氧化物对应的水化物为  $H_3AsO_4$ ,与磷酸相似,为三元酸,和不同量的  $NaOH$  溶液反应,可能生成三种盐,D 正确。

**7. C** 短周期主族元素中,R 原子的最外层电子数是电子层数的 2 倍,R 可能为 C 元素或 S 元素,由图中原子半径和原子序数关系可知,R 应为 C 元素;Z 是金属元素,且在短周期中其原子半径最大,则 Z 为 Na 元素,Y 与 Z 能形成  $Z_2Y$ 、 $Z_2Y_2$  型离子化合物,应为  $Na_2O$ 、 $Na_2O_2$ ,则 Y 为 O 元素;Z 与 T 形成  $Z_2T$  化合物,则 T 为 S 元素,X 的原子半径最小,原子序数最小,则 X 为 H 元素。同周期自左向右,原子半径逐渐减小,同主族从上到下,原子半径逐渐增大,核外电子排布相同时,核电荷数越大,离子半径越小,则原子半径  $O < Na$ ,离子半径  $O^{2-} > Na^+$ ,A 错误;T 为 S 元素,R 为 C 元素,则最高价氧化物对应的水化物分别为  $H_2SO_4$  和  $H_2CO_3$ ,酸性  $H_2SO_4 > H_2CO_3$ ,B 错误;元素的非金属性越强,对应简单氢化物的稳定性越强,非金属性  $O > S$ ,故稳定性  $H_2O > H_2S$ ,C 正确;由 H、O、Na、S 四种元素组成化合物的水溶液显酸性,如  $NaHSO_4$ ,D 错误。

**8. A** R、X、Y、Z 均为短周期主族元素,R 和 X 的原子获得 1 个电子均可形成稀有气体原子的电子层结构,R 的最高化合价为 +1 价,则 R 为 H,X 可能为 F 或 Cl;Y 与 Z 同主族,且 Z 的原子序数大于 Y,则 Y、Z 元素分别位于第二、三周期,设 Y 的原子序数为  $a$ ,X 的原子序数为  $b$ ,则 Z 的原子序数为  $(a+8)$ ,根据 1 mol 化合物  $RZY_3X$  中含有 58 mol 电子,可得  $1+(a+8)+3a+b=58$ ,解得  $4a+b=49$ ,若 X 为 F,即  $b=9$ ,解得  $a=10$ ,为稀有气体,不符合题意;若 X 为 Cl,即  $b=17$ ,解得  $a=8$ ,Y 为 O,则 Z 为 S,符合题意;综上所述,R 为 H,X 为 Cl,Y 为 O,Z 为 S。同周期主族元素从左到右,原子半径逐渐减小,同主族元素从上到下,原子半径逐渐增大,则原子半径  $Z(S) > X(Cl) > Y(O) > R(H)$ ,A 错误;R 与 X



形成的化合物为 HCl,其水溶液为盐酸,呈酸性,B 正确;Y 为 O,Z 为 S,同主族元素从上到下,非金属性逐渐减弱,单质的氧化性逐渐减弱,非金属性  $O>S$ ,则氧化性  $O_2>S$ ,C 正确;Z 为 S,其最高化合价为 +6 价,D 正确。

9. (1)  $^{14}\text{C}$  或  $^{14}_6\text{C}$  (2)  $>$  (3)  $\text{Cl}^->\text{O}^{2-}>\text{Al}^{3+}$

(4)  $\text{Al}(\text{OH})_3+\text{OH}^-=[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$  (5) Cl BC

(6)  $2\text{Na}_2\text{O}_2+2\text{CO}_2=2\text{Na}_2\text{CO}_3+\text{O}_2$

【解析】A、B、C、D、E、F、G 是原子序数依次增大的短周期主族元素,A 的最外层电子数是次外层电子数的 2 倍,则 A 为 C 元素;B 的单质在空气中含量最大,则 B 为 N 元素;C 的简单氢化物常温下呈液态,则 C 为 O 元素;F 的最高正价与最低负价的代数和等于 4,则 F 为 S 元素,进而推知 G 为 Cl 元素;D、E、F 的最高价氧化物对应的水化物两两之间均可反应,则 D 为 Na 元素,E 为 Al 元素。

(1) A 为 C 元素,它的一种核素可用于测定文物年代,该核素可表示为  $^{14}\text{C}$  或  $^{14}_6\text{C}$ 。

(2) B、C 分别为 N 元素、O 元素,O 元素的非金属性比 N 元素的强,则简单气态氢化物的稳定性  $\text{H}_2\text{O}>\text{NH}_3$ 。

(3) C、E、G 三种元素对应的简单离子分别为  $\text{O}^{2-}$ 、 $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{Cl}^-$ ,电子层数越多,离子半径越大,核外电子排布相同时,核电荷数越大,离子半径越小,则离子半径由大到小的顺序为  $\text{Cl}^->\text{O}^{2-}>\text{Al}^{3+}$ 。

(4) D、E 的最高价氧化物对应的水化物分别为 NaOH、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,二者相互反应的离子方程式为  $\text{Al}(\text{OH})_3+\text{OH}^-=[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ 。

(5) 元素 G(Cl)与元素 F(S)为同周期元素,非金属性较强的是 Cl,S 的最高价含氧酸的酸性小于 Cl 的最高价含氧酸,若不是最高价含氧酸,则不能确定二者非金属性的强弱,A 不符合题意; $\text{Cl}_2$  能与  $\text{H}_2\text{S}$  反应置换出 S,则氧化性  $\text{Cl}_2>\text{S}$ ,非金属性  $\text{Cl}>\text{S}$ ,B 符合题意; $\text{S}$ 、 $\text{Cl}_2$  分别与 Fe 发生化合反应,生成  $\text{FeS}$ 、 $\text{FeCl}_3$ ,则氧化性  $\text{Cl}_2>\text{S}$ ,非金属性  $\text{Cl}>\text{S}$ ,C 符合题意;单质的熔、沸点高低,只能说明分子间作用力大小,不能说明非金属性强弱,D 不符合题意。

(6) 两种化合物发生反应,该反应包含了离子键、极性键和非极性键的断裂与生成,且仅含 C、O、Na 三种元素,则两种化合物为  $\text{CO}_2$  和  $\text{Na}_2\text{O}_2$ ,该反应的化学方程式为  $2\text{Na}_2\text{O}_2+2\text{CO}_2=2\text{Na}_2\text{CO}_3+\text{O}_2$ 。

10. (1)  $\text{S}^{2-}>\text{O}^{2-}>\text{Na}^+$   $\text{HClO}_4>\text{H}_2\text{SO}_4>\text{H}_2\text{SiO}_3$

(2)  $\text{H}_2\text{O}>\text{H}_2\text{S}$  (3)  $\text{Al}_2\text{O}_3+2\text{OH}^-+3\text{H}_2\text{O}=2[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$  (4)  $\text{HSO}_3^-+\text{H}^+=\text{SO}_2\uparrow+\text{H}_2\text{O}$

【解析】根据元素周期表的结构可知,①~⑨分别为 H、C、N、O、Na、Al、Si、S、Cl 元素。

(1)  $\text{O}^{2-}$  与  $\text{Na}^+$  具有相同的电子层结构,核电荷数越小,离子半径越大,则离子半径  $\text{O}^{2-}>\text{Na}^+$ , $\text{S}^{2-}$  比  $\text{O}^{2-}$  多一

个电子层,电子层数越多。离子半径越大,故离子半径  $\text{S}^{2-}>\text{O}^{2-}>\text{Na}^+$ 。Si、S、Cl 元素位于同一周期,同周期元素从左至右,非金属性逐渐增强,则非金属性  $\text{Si}<\text{S}<\text{Cl}$ ,元素的非金属性越强,最高价氧化物对应的水化物的酸性越强,则酸性  $\text{HClO}_4>\text{H}_2\text{SO}_4>\text{H}_2\text{SiO}_3$ 。

(2) 水分子间可以形成氢键,则水的沸点高于  $\text{H}_2\text{S}$  的沸点。

(3)  $\text{Al}_2\text{O}_3$  为两性氧化物,溶于 NaOH 生成  $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ ,离子方程式见答案。

(4) H、O、S、Na 四种元素组成的化合物为  $\text{NaHSO}_3$ 、 $\text{NaHSO}_4$ ,二者反应的离子方程式见答案。

11. (1) He Li、Na、Mg、Al (2) HF (3) 氧化性

(4)  $\text{Cl}_2+2\text{OH}^-=\text{Cl}^-+\text{ClO}^-+\text{H}_2\text{O}$  (5) Li 和 Na 同主族,Na 比 Li 多一个电子层,则 Na 的原子半径较大,更容易失去电子(或其他合理答案)

【解析】由①~⑩号元素在元素周期表中的位置可推知,①为 H 元素,②为 He 元素,③为 Li 元素,④为 N 元素,⑤为 F 元素,⑥为 Na 元素,⑦为 Mg 元素,⑧为 Al 元素,⑨为 S 元素,⑩为 Cl 元素。

(1) 稀有气体的性质最不活泼,所以①~⑩中,化学性质最不活泼的是 He;10 种元素中,Li、Na、Mg、Al 属于金属元素。

(2) ④为 N 元素、⑤为 F 元素、⑩为 Cl 元素,①为 H 元素,元素的非金属性越强,其形成的简单氢化物的稳定性越强,3 种元素中 F 元素的非金属性最强,则 HF 最稳定。

(3) F 原子最外层有 7 个电子,容易得到电子达到稳定结构,所以  $\text{F}_2$  具有氧化性。

(4) ⑩的单质为  $\text{Cl}_2$ ,与 NaOH 发生反应的离子方程式为  $\text{Cl}_2+2\text{OH}^-=\text{Cl}^-+\text{ClO}^-+\text{H}_2\text{O}$ 。

(5) Li 和 Na 位于同一主族,Na 比 Li 多一个电子层,则 Na 原子半径较大,较易失去电子,故 Na 的金属性较强。

### 第三节 化学键

#### 限时小练 22 离子键 共价键

1. A 单质分子中不一定存在化学键,比如稀有气体(单原子分子),B 错误;由不同种非金属元素的原子形成的共价化合物中一定含有极性键,可能含有非极性键,如  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,C 错误;含有共价键的化合物不一定是共价化合物,可能是离子化合物,如  $\text{Na}_2\text{O}_2$ ,D 错误。

易错提醒 离子化合物中可能含有共价键

离子化合物中一定含有离子键,可能含有共价键;含有共价键的化合物不一定是共价化合物,可能是离子化合物。

2. C HCl 中只含共价键,在水分子作用下可电离出  $\text{H}^+$  和  $\text{Cl}^-$ ,不能利用电离判断物质中的化学键,A 错误;阴、阳离子间通过静电作用所形成的化学键是离子键,



物对应的水化物的酸性最强的是高氯酸,化学式为  $\text{HClO}_4$ 。

(2) W 为 C 元素,位于第二周期第ⅣA 族,其最高价氧化物为  $\text{CO}_2$ ,电子式为  $\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}\text{:}\ddot{\text{C}}\text{:}\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}$ 。

(3) Y 为 O 元素,与 H、Na 中的一种或两种元素可形成既含有离子键又含有共价键的离子化合物,如  $\text{NaOH}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}_2$ 。

(4) A 是第四周期与 Y 同主族的元素,则其最外层电子数为 6,则在化合物中最高正化合价为 +6 价,A 不符合题意;同主族元素从上到下,非金属性依次减弱,则单质 A 不能与  $\text{H}_2\text{S}$  气体发生置换反应,B 符合题意;同主族元素从上到下,最高价含氧酸的酸性依次减弱,则 A 的最高价氧化物对应的水化物的酸性比  $\text{H}_2\text{SO}_4$  弱,C 不符合题意;常温下  $\text{O}_2$  不能与  $\text{H}_2$  化合,同主族其他单质在常温下更不能与  $\text{H}_2$  化合,D 符合题意。

(5) ①硝酸铯是离子化合物。②铯与钠同主族,化学性质相似,则 Cs 单质与  $\text{H}_2\text{O}$  反应的化学方程式为  $2\text{Cs} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{CsOH} + \text{H}_2\uparrow$ 。

实验活动三 同周期、同主族元素性质的递变

1. B Be 与 Mg 是同主族元素的原子,Be 的金属性弱于 Mg,故  $\text{Be}(\text{OH})_2$  的碱性比  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  的弱,A 错误;At 属于卤素单质,卤族元素从上到下,其氢化物的热稳定性逐渐减弱,HA 不稳定,卤族元素单质由气体过渡为固体,颜色逐渐加深,故 At 为有色固体,B 正确;Na、K 是同主族元素,从上到下,金属单质和  $\text{H}_2\text{O}$  的反应越来越剧烈,则同样大小的金属 Na、K 与  $\text{H}_2\text{O}$  反应时,K 与  $\text{H}_2\text{O}$  的反应更剧烈,C 错误;Se 和 S 为同主族元素,从上到下,氢化物的热稳定性逐渐减弱,故  $\text{H}_2\text{Se}$  比  $\text{H}_2\text{S}$  的热稳定性差,D 错误。

2. A  $\text{HCl}$  不是 Cl 元素的最高价氧化物对应的水化物,虽然  $\text{HCl}$  的酸性比碳酸的强,但不能作为 Cl 元素和 C 元素非金属性强弱的判断依据,A 错误;非金属元素单质与  $\text{H}_2$  越易反应,其非金属性越强,B 正确;金属元素单质与水越易反应,其金属性越强,C 正确;较活泼的金属单质可将较不活泼的金属从它的盐溶液中置换出来,D 正确。

方法技巧 比较元素金属性和非金属性强弱的方法

三表	元素周期表:金属性“右弱左强,上弱下强,右上弱左下强”;非金属性“左弱右强,下弱上强,左下弱右上强”
	金属活动性顺序:按 K、Ca、Na、Mg、Al、Zn、Fe、Sn、Pb、Cu、Hg、Ag、Pt、Au 的顺序,金属性逐渐减弱(其中 $\text{Pb} > \text{Sn}$ )
	非金属活动性顺序:按 F、O、Cl、Br、I、S 的顺序,非金属性逐渐减弱

续 表

三反应	置换反应:强的置换弱的,适合金属,也适合非金属
	与水或非氧化性酸反应越剧烈,或最高价氧化物对应的水化物的碱性越强,则金属性越强
	与 $\text{H}_2$ 反应越容易,生成的气态氢化物的热稳定性越强,或最高价氧化物对应的水化物的酸性越强,则非金属性越强
氧化性	金属阳离子的氧化性越弱,对应元素的金属性越强
还原性	非金属氢化物或非金属阴离子的还原性越强,对应元素的非金属性越强

3. D  $\text{Al}(\text{OH})_3$  能溶于  $\text{NaOH}$  溶液, $\text{Mg}(\text{OH})_2$  不能溶于  $\text{NaOH}$  溶液,是因为  $\text{Al}(\text{OH})_3$  具有两性,金属性  $\text{Mg} > \text{Al}$ ,能用元素周期律解释,A 不符合题意;同主族元素从上到下非金属性减弱,非金属性  $\text{F} > \text{I}$ ,因此  $\text{F}_2$  与  $\text{H}_2$  化合更加容易,能用元素周期律解释,B 不符合题意;元素的非金属性越强,其最高价氧化物对应的水化物的酸性越强,非金属性  $\text{N} > \text{P}$ ,则酸性  $\text{HNO}_3 > \text{H}_3\text{PO}_4$ ,能用元素周期律解释,C 不符合题意;碳酸氢盐易分解,碳酸盐难分解,所以热稳定性  $\text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{NaHCO}_3$ ,不能用元素周期律解释,D 符合题意。

4. C 与水的反应越剧烈,元素金属性越强,与冷水反应时 Na 比 Mg 剧烈,则 Na 的金属性比 Mg 强,A 不符合题意;最高价氧化物对应的水化物的碱性越强,元素金属性越强, $\text{Ca}(\text{OH})_2$  的碱性强于  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ,则金属性  $\text{Ca} > \text{Mg}$ ,B 不符合题意; $\text{SO}_2$  与  $\text{NaHCO}_3$  溶液反应生成  $\text{CO}_2$ ,说明亚硫酸的酸性强于碳酸,不能说明硫元素的非金属性强于碳元素,比较元素的非金属性应通过比较最高价含氧酸的酸性强弱,C 符合题意;气态氢化物越稳定,元素非金属性越强,热稳定性  $\text{HBr} > \text{HI}$ ,则非金属性  $\text{Br} > \text{I}$ ,D 不符合题意。

易错提醒 有关元素金属性和非金属性分析的易错点

(1) 关注关键词“最高价”:根据元素氧化物对应的水化物的酸碱性的强弱判断元素非金属性或金属性的强弱时,必须是其最高价氧化物对应的水化物。(2) 关注关键词“难易”:判断元素非金属性或金属性的强弱,依据的是元素原子在化学反应中得失电子的难易程度,而不是得失电子的多少。

5. A 同主族元素从上到下,原子半径逐渐增大,同周期主族元素从左到右,原子半径逐渐减小,则 Fr 在元素周期表中具有最大的原子半径,A 正确;碱金属元素的



单质在空气中燃烧时,只有 Li 生成  $\text{Li}_2\text{O}$ ,其他元素对应的单质能生成氧化物、过氧化物、超氧化物等,B 错误;Fr 在碱金属元素中的金属性最强,其氧化物对应的水化物的碱性极强,C 错误;碱金属元素从上到下,单质的熔点逐渐降低,故 Fr 单质的熔点比金属钠的熔点低,D 错误。

**6. D** 由题意可知,W 为 H、X 为 C、Y 为 O、Z 为 Na。电子层数相同时,核电荷数越多,半径越小,则离子半径  $Z(\text{Na}^+) < Y(\text{O}^{2-})$ ,A 正确;非金属性  $\text{C} < \text{O}$ ,则单质与  $\text{H}_2$  化合的能力  $\text{X}(\text{C}) < \text{Y}(\text{O})$ ,B 正确;Z 与 Y 组成的离子化合物有  $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}_2$ ,C 正确;在同周期元素中,Na 的金属性最强,则其对应离子  $\text{Na}^+$  的氧化性最弱,D 错误。

**7. C** Ga 与 Al 同主族,且 Ga 在 Al 的下一周期,同主族元素从上到下,金属性逐渐增强,其最高价氧化物对应的水化物的碱性增强,故碱性  $\text{Ga}(\text{OH})_3 > \text{Al}(\text{OH})_3$ ,A 正确;Se 是 34 号元素,在元素周期表中的位置是第四周期第ⅥA 族,B 正确;Se 与 S 同主族,且 Se 在 S 的下一周期,同主族元素从上到下,非金属性逐渐减弱,其简单氢化物的稳定性逐渐减弱,故 Se 与 S 的简单氢化物中,稳定性较弱的是  $\text{H}_2\text{Se}$ ,C 错误;氢键会使物质的熔点和沸点升高, $\text{NH}_3$  分子间存在氢键,而  $\text{PH}_3$ 、 $\text{AsH}_3$  分子间没有氢键,故  $\text{NH}_3$  的沸点最高,D 正确。

**8. D** 浓盐酸与  $\text{KMnO}_4$  固体混合产生  $\text{Cl}_2$ ,A 中湿润的淀粉-KI 试纸变蓝,说明有  $\text{I}_2$  生成,发生的反应为  $\text{Cl}_2 + 2\text{I}^- \longrightarrow \text{I}_2 + 2\text{Cl}^-$ ,则证明  $\text{Cl}_2$  的氧化性强于  $\text{I}_2$ ,A 正确;B 中溶液变黄色,说明有  $\text{Br}_2$  生成,发生的反应为  $\text{Cl}_2 + 2\text{Br}^- \longrightarrow \text{Br}_2 + 2\text{Cl}^-$ ,则证明  $\text{Cl}_2$  的氧化性强于  $\text{Br}_2$ ,B、C 正确;为了防止剩余的  $\text{Cl}_2$  进入 D 中氧化  $\text{I}^-$  而干扰实验,故增加 C 装置,当 B 中溶液由黄色变为棕红色时,而 C 中颜色还是黄色,说明此时 C 中 NaBr 没有反应完全,但通入的  $\text{Cl}_2$  已耗尽,此时应夹紧弹簧夹,故实验过程Ⅲ的操作为当 B 中溶液由黄色变为棕红色时,关闭活塞 a,打开活塞 b,将 C 中少量溶液滴入 D 中,关闭活塞 b,充分振荡试管 D,观察 D 中溶液颜色变化,D 错误。

**9. D** X 的原子核外 L 层电子数比 K 层电子数多 5,则 X 为 F 元素;Y 元素的原子失去 1 个电子,所得到的微粒具有与氖原子相同的电子层结构,则 Y 为 Na 元素;Z 是地壳中含量最多的金属元素,Z 为 Al 元素;W 与 Y 同主族,则 W 为 K 元素。同周期主族元素从左向右,原子半径逐渐减小, $\text{Na} > \text{Al}$ ,A 错误;F 无正价,无最高价氧化物,B 错误; $\text{Al}(\text{OH})_3$  是两性氢氧化物,属于弱碱,C 错误;K 的金属性强于 Na,故 K 与  $\text{O}_2$  或  $\text{H}_2\text{O}$  反应更剧烈,D 正确。

**10. (1) 二 IV A  $^{14}_6\text{C}$  (2)  $(+19)2881$  (3)  $\text{HClO}_4$**

**KOH (4)  $2\text{Br}^- + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{Br}_2 + 2\text{Cl}^-$  (5) 溶液变蓝**  
实验①中氯水可能过量,无法排除  $\text{Cl}_2$  氧化  $\text{I}^-$  的干扰  
**(6) 元素的原子核外电子层数逐渐增多,原子半径逐渐增大,得电子能力逐渐减弱,失电子能力逐渐增强**

**【解析】**由元素在元素周期表中的位置可知,①②③④⑤⑥分别为 H 元素、C 元素、O 元素、F 元素、Cl 元素、K 元素。

(1) 元素②为 C 元素,位于元素周期表的第二周期第ⅣA 族,C 元素的一种质量数为 14 的原子,其质子数为 6,用核素符号表示该原子是  $^{14}_6\text{C}$ 。

(2) 元素⑥为 K 元素,核外有 19 个电子,原子结构示意图



(3) 同周期主族元素从左到右,非金属性逐渐增强,金属性逐渐减弱,同主族元素从上到下,非金属性逐渐减弱,金属性逐渐增强,非金属性越强,其最高价氧化物对应的水化物的酸性越强,则①~⑥号元素的最高价氧化物对应的水化物中,酸性最强的是  $\text{HClO}_4$ ,K 元素的金属性最强,则碱性最强的是 KOH。

(4) 实验①中溶液变为黄色,说明生成了  $\text{Br}_2$ ,KBr 与  $\text{Cl}_2$  发生了置换反应,离子方程式为  $2\text{Br}^- + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{Br}_2 + 2\text{Cl}^-$ 。

(5) 实验②中, $\text{I}^-$  被氧化成  $\text{I}_2$ , $\text{I}_2$  遇淀粉变蓝色,则观察到的现象是溶液变蓝;若实验①中氯水有剩余,由于  $\text{Cl}_2$  和  $\text{Br}_2$  均能将  $\text{I}^-$  氧化为  $\text{I}_2$ ,无法排除  $\text{Cl}_2$  氧化  $\text{I}^-$  的干扰,所以乙同学认为实验②不能充分证明氧化性  $\text{Br}_2 > \text{I}_2$ 。

(6) 卤素位于元素周期表第ⅦA 族,同主族元素从上到下,原子半径依次增大,非金属性依次减弱,所以从原子结构的角解释卤素单质的氧化性递变规律:同一主族元素从上到下,元素的原子核外电子层数逐渐增多,原子半径逐渐增大,得电子能力逐渐减弱,失电子能力逐渐增强,因此,元素的非金属性逐渐减弱,对应的单质的氧化性逐渐减弱。

#### 易错提醒 元素周期表中酸性最强物质的确定

元素的非金属性越强,其最高价氧化物对应的水化物的酸性越强,但 O 和 F 不能形成最高价含氧酸,所以  $\text{HClO}_4$  的酸性最强。

#### 微专题八 “位—构—性”的相互关系

**变式训练 1 A** 根据各元素在元素周期表中的相对位置及只有 M 为金属元素可知,M 为 Al,X 为 Si,Y 为 N,Z 为 O。同周期主族元素从左到右,原子半径逐渐减小,则原子半径  $\text{X}(\text{Si}) < \text{M}(\text{Al})$ ,A 错误;元素的非金属性越强,其最高价氧化物对应的水化物的酸性越强,非金属

性  $Y(N) > X(Si)$ , 则 Y 的最高价氧化物对应的水化物的酸性比 X 的强, B 正确; 元素的非金属性越强, 其简单气态氢化物的热稳定性越强, 非金属性  $X(Si) < Z(O)$ , 则 X 的气态氢化物的热稳定性比 Z 的小, C 正确; Z 为 O, 位于元素周期表中第二周期第ⅥA族, D 正确。

**变式训练 2** (1) 第三周期第ⅦA族  $H:\overset{\overset{H}{|}}{\underset{\cdot\cdot}{N}}:H$

(2)  $N^{3-} > Na^{+} > Al^{3+}$  (3) CD (4)  $H_2S + Cl_2 = 2HCl + S\downarrow$  (5) 溶液由无色变为橙色  $Cl_2 + 2Br^{-} = Br_2 + 2Cl^{-}$

**【解析】**R 的最高价氧化物对应的水化物与其简单氢化物反应得到离子化合物, 则其氢化物显碱性, R 为 N 元素; W 的焰色试验呈黄色, 则 W 为 Na 元素; X 的最高价氧化物为两性氧化物, 则 X 为 Al 元素; Y 的最高价氧化物对应的水化物是常见的二元强酸, 则 Y 为 S 元素; Z 的最高正价与最低负价之和为 6, 则 Z 原子的最外层有 7 个电子, Z 为 Cl 元素。

(1) Z 为 17 号元素, 在元素周期表中位于第三周期第ⅦA

族, R 元素的简单氢化物为  $NH_3$ , 电子式为  $H:\overset{\overset{H}{|}}{\underset{\cdot\cdot}{N}}:H$ 。

(2) R、W、X 元素简单离子分别为  $N^{3-}$ 、 $Na^{+}$ 、 $Al^{3+}$ , 它们的核外电子排布相同, 核电荷数越大, 半径越小, 则离子半径由大到小的顺序为  $N^{3-} > Na^{+} > Al^{3+}$ 。

(3) Na 和 Al 在自然界中都以化合态形式存在, 其含量与金属性强弱无关, A 不符合题意; 金属性的强弱与反应的难易有关, 与失去电子的多少无关, 不能据此判断 Na 和 Al 的金属性强弱, B 不符合题意; 金属性越强, 单质与水反应越剧烈, 则可据此判断 Na 的金属性比 Al 强, C 符合题意; 金属性越强, 最高价氧化物对应的水化物的碱性越强, 则可据此判断 Na 的金属性比 Al 强, D 符合题意。

(4) 证明 Y(S) 和 Z(Cl) 的非金属性强弱, 可利用  $Cl_2$  与  $H_2S$  的置换反应来实现, 化学方程式为  $H_2S + Cl_2 = 2HCl + S\downarrow$ 。

(5) 将  $Cl_2$  通入与其紧邻的下一周期同族元素的无氧酸钾盐 KBr 溶液中, 发生置换反应, 生成  $Br_2$  和 KCl, 溶液由无色变为橙色, 该反应的离子方程式为  $Cl_2 + 2Br^{-} = Br_2 + 2Cl^{-}$ 。

**变式训练 3** C W、X、Y、Z 为短周期主族元素, 原子序数依次增大,  $WX_2$  是形成酸雨的物质之一, 根据原子序数的规律,  $WX_2$  是  $NO_2$ , 不是  $SO_2$ , 则 W 为 N 元素, X 为 O 元素; Y 的最外层电子数与其 K 层电子数相等, 因为 Y 的原子序数大于 O, 则 Y 有 3 个电子层, 最外层电子数为 2, 所以 Y 为 Mg 元素; 4 种元素的最外层电子数之和为 19, 则 Z 的最外层电子数为 6, Z 为 S 元素。同周期主族元素从左到右, 原子半径依次减小, 所以原子半径

为  $W > X$ , A 错误; X 的简单氢化物为  $H_2O$ , 分子间能形成氢键, Z 的简单氢化物为  $H_2S$ , 分子间不能形成氢键, 所以简单氢化物的沸点  $X > Z$ , B 错误; Y 和 X 形成的  $MgO$  为离子化合物, C 正确; S 元素的最高价含氧酸是  $H_2SO_4$ , 是强酸, D 错误。

**变式训练 4** D 由题意可知, W 为 C 元素、X 为 N 元素、Y 为 Mg 元素;  $Z^{-}$  的 M 层有 8 个电子, Z 为 Cl 元素。电子层数越多, 离子半径越大, 核外电子层结构相同, 核电荷数越大, 离子半径越小, 故离子半径为  $Cl^{-} > N^{3-} > Mg^{2+}$ , A 错误;  $MgCl_2$  是离子化合物, B 错误; 非金属性越强, 最高价氧化物对应的水化物的酸性越强, 非金属性  $Cl > C$ , 则最高价氧化物对应的水化物的酸性为  $HClO_4 > H_2CO_3$ , C 错误; 由非金属性  $Cl > N$ , 故氧化性  $Cl_2 > N_2$ , D 正确。

## 章末综合四

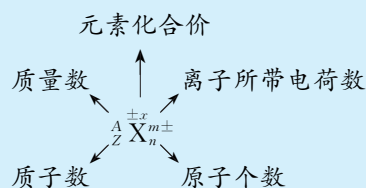
1. C 元素周期表中包含元素最多的族是第ⅢB族, 包含镧系和锕系, 共 32 种元素, A 错误; 质子数相同的粒子不一定是原子, 如  $H_2O$  和 Ne, 都含有 10 个质子, 却不是同种元素, B 错误; 第ⅠA族元素与第ⅥA族元素不一定形成离子化合物, 如  $H_2O$  为共价化合物, C 正确; 用中文“镆”命名的第 115 号元素在元素周期表中位于第七周期第 15 列, D 错误。

2. A  $^{185}_{75}Re$  的质量数为 185, 质子数为 75, 核电荷数 = 质子数 = 75, 中子数 = 质量数 - 质子数 =  $185 - 75 = 110$ 。故选 A。

3. A S 是 16 号元素,  $S^{2-}$  核外有 18 个电子, 所以  $S^{2-}$  的结构示意图为  $(+16) \overset{2}{\curvearrowright} \overset{8}{\curvearrowright} \overset{8}{\curvearrowright}$ , A 正确; 原子符号左下角为质子数, 左上角为质量数, 质量数 = 质子数 + 中子数, 该原子的质子数为 18, 中子数为 22, 则该原子的质量数 =  $18 + 22 = 40$ , 则其原子符号为  $^{40}_{18}Ar$ , B 错误; 质子数相同, 中子数不同的核素之间互为同位素, “氢燃烧”反应涉及的  $^3_2He$  与  $^1_1H$ 、 $^2_1H$  不互为同位素, C 错误; Mg 原子失去 2 个电子变为  $Mg^{2+}$ , 2 个 Cl 原子各自获得 1 个电子变为  $Cl^{-}$ , 故形成离子键的过程可表示为

$:\ddot{Cl}:\overset{\cdot}{\cdot} + \overset{\cdot}{\cdot}Mg\cdot + \overset{\cdot}{\cdot}\ddot{Cl}: \rightarrow [:\ddot{Cl}:]^{-}Mg^{2+}[:\ddot{Cl}:]^{-}$ , D 错误。

### 知识归纳 微粒符号周围数字的含义



4. A 同种元素组成的不同单质是同素异形体,  $H_2O$  与  $D_2O$  是化合物, 不互为同素异形体, A 错误; 氘(D)的质子数为 1, 原子核外有 1 个电子, B 正确;  $^1H$  与 D 是质子

数相同、中子数不同的原子,互称同位素,C正确; $^1\text{H}_2^{18}\text{O}$ 与 $\text{D}_2\text{O}$ 的相对分子质量均为20,D正确。

5. C  $\text{NH}_4^+$ 的电子式为 $[\text{H}:\overset{\text{H}}{\underset{\text{H}}{\text{N}}}:\text{H}]^+$ ,A错误; $\text{NO}_2^-$ 中O为-2价、N为+3价,B错误;氮原子的最外层电子数为5,故 $\text{N}_2$ 分子中2个N共用3对电子,形成 $\text{N}\equiv\text{N}$ 键,C正确; $\text{H}_2\text{O}$ 中只含有H—O极性共价键,D错误。

6. C 氮原子的最外层电子数为5, $\text{N}_2$ 分子中2个N共用3对电子,每个N还剩余1对电子,故 $\text{N}_2$ 的电子式为 $:\text{N}::\text{N}:$ ,A错误; $\text{NH}_3$ 属于非电解质, $\text{NH}_3$ 的水溶液能导电,是因为 $\text{NH}_3$ 与水反应生成的 $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ 在水溶液中电离出能够自由移动的离子,B错误;由图可知,反应物为 $\text{N}_2$ 和 $\text{HCl}$ ,生成物为 $\text{Cl}_2$ 和 $\text{NH}_3$ ,则总反应为 $\text{N}_2+6\text{HCl}\longrightarrow 3\text{Cl}_2+2\text{NH}_3$ ,C正确; $\text{Mg}_3\text{N}_2$ 中只含离子键,不含共价键,D错误。

7. B  $\text{I}_2$ 与 $\text{Cl}_2$ 性质相似,常温下, $\text{Cl}_2$ 与水反应生成 $\text{HCl}$ 和 $\text{HClO}$ ,则 $\text{I}_2$ 也能与水反应生成 $\text{HI}$ 和 $\text{HIO}$ ,A正确;根据还原性 $\text{I}^->\text{Fe}^{2+}>\text{Cl}^-$ 可知,氧化性 $\text{Cl}_2>\text{Fe}^{3+}>\text{I}_2$ , $\text{Cl}_2$ 的氧化性较强,可将Fe氧化为 $\text{FeCl}_3$ , $\text{I}_2$ 的氧化性较弱,只能将Fe氧化为 $\text{FeI}_2$ ,B错误; $\text{Cl}$ 和 $\text{I}$ 均为卤族元素, $\text{Cl}^-$ 与 $\text{Ag}^+$ 结合生成白色沉淀 $\text{AgCl}$ , $\text{I}^-$ 与 $\text{Ag}^+$ 结合生成黄色沉淀 $\text{AgI}$ ,C正确; $\text{H}_2$ 能与 $\text{Cl}_2$ 反应生成 $\text{HCl}$ , $\text{I}_2$ 也能与 $\text{H}_2$ 反应生成 $\text{HI}$ ,由于非金属性 $\text{Cl}>\text{I}$ ,故后者的反应条件比前者的难,D正确。

8. D 从漂白剂的结构图可知,Z形成1个共价单键,常温下,Z的氢化物是强酸,则Z为Cl元素;从漂白剂的结构图可知,W形成1个双键和2个单键,X形成3个共价单键,Y形成1个双键,W、X、Y、Z均为短周期元素,且原子序数依次增大,Z与Y位于不同周期,则W为C元素,X为N元素,Y为O元素。O无最高正价,只能得出元素的最高正价 $\text{Cl}>\text{N}>\text{C}$ ,A错误;没有指明是简单氢化物,碳的氢化物种类很多,有些碳的氢化物沸点可能很高,B错误;Cl元素的最高价氧化物对应的水化物为 $\text{HClO}_4$ ,是强酸,但 $\text{HClO}$ 是弱酸,C错误;Y有一种单质为 $\text{O}_3$ , $\text{O}_3$ 具有强氧化性,具有杀菌消毒作用,D正确。

9. D 电子层数越多,原子半径越大,电子层数相同时,核电荷数越大,原子半径越小,则原子半径 $\text{Z}>\text{X}>\text{Y}$ ,A正确;由X、Y、Z为短周期元素及三者位置可推知,X元素位于第二周期,B正确;元素的非金属性越强,其对应的气态氢化物越稳定,非金属性 $\text{Y}>\text{X}>\text{Z}$ ,则气态氢化物的稳定性 $\text{Y}>\text{X}>\text{Z}$ ,C正确;元素的非金属性越强,其最高价氧化物对应的水化物的酸性越强,非金属性 $\text{Y}>\text{X}>\text{Z}$ ,则最高价氧化物对应的水化物的酸性 $\text{Y}>\text{X}>\text{Z}$ ,D错误。

10. A X是质子数最少的元素,则X为H;Y元素原子的最外层电子数比其次外层电子数多4,则Y为O;Z元

素原子的最外层电子数为1,其阳离子与Y的阴离子的核外电子总数相同,则Z为Na。X、Z形成的化合物为 $\text{NaH}$ , $\text{NaH}$ 中Na为+1价、H为-1价,A错误;Y形成的单质有 $\text{O}_2$ 、 $\text{O}_3$ ,二者互为同素异形体,B正确; $\text{X}_2\text{Y}$ 为 $\text{H}_2\text{O}$ ,常温下为液态,C正确;X、Y、Z形成的化合物为 $\text{NaOH}$ ,具有较强腐蚀性,D正确。

11. C 由题给信息可推知,L为Mg元素,M为Al元素,Q为Be元素,R为S元素,T为O元素。元素的非金属性越强,其简单气态氢化物的热稳定性越强,非金属性 $\text{O}>\text{S}$ ,故氢化物的热稳定性 $\text{H}_2\text{O}>\text{H}_2\text{S}$ ,A错误;元素的金属性越强,其单质与稀盐酸的反应越剧烈,金属性 $\text{Mg}>\text{Be}$ ,故与稀盐酸反应的剧烈程度 $\text{Mg}>\text{Be}$ ,B错误; $\text{Al}_2\text{O}_3$ 是两性氧化物,可溶于强酸、强碱,C正确; $\text{Mg}^{2+}$ 核外有10个电子, $\text{S}^{2-}$ 核外有18个电子,故 $\text{Mg}^{2+}$ 与 $\text{S}^{2-}$ 核外电子数不相等,D错误。

12. B 卤素单质的熔、沸点与相对分子质量成正比,结合图像可知,①②③④分别表示 $\text{F}_2$ 、 $\text{Cl}_2$ 、 $\text{Br}_2$ 、 $\text{I}_2$ 。F位于元素周期表第二周期第ⅦA族,同周期从左到右,非金属性逐渐增强,同主族元素从下到上,非金属性逐渐增强,元素的非金属性越强,其单质越活泼,则 $\text{F}_2$ 是最活泼的非金属单质,A正确;元素的非金属性越强,其简单氢化物的热稳定性越强,非金属性 $\text{F}>\text{Cl}>\text{Br}>\text{I}$ ,则卤素氢化物中热稳定性最强的是 $\text{HF}$ ,B错误;元素的非金属性越强,其单质的氧化性越强,对应阴离子的还原性越弱,则阴离子的还原性 $\text{I}^->\text{Br}^->\text{Cl}^->\text{F}^-$ ,C正确; $\text{F}_2$ 、 $\text{Cl}_2$ 、 $\text{Br}_2$ 、 $\text{I}_2$ 的相对分子质量逐渐增大,颜色逐渐加深,D正确。

13. (1)  $\text{H}:\overset{\text{H}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}:\text{H}$  (2)  $2\text{Na}+2\text{H}_2\text{O}\longrightarrow 2\text{Na}^++2\text{OH}^-+\text{H}_2\uparrow$  (3) 碳、氧 (4) 26 (5) 第四周期第ⅥA族 (6) ①>②<

【解析】(1)  $\text{CH}_4$ 为共价化合物,其电子式为 $\text{H}:\overset{\text{H}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}:\text{H}$ 。(2) Na与水反应生成 $\text{NaOH}$ 和 $\text{H}_2$ ,离子方程式为 $2\text{Na}+2\text{H}_2\text{O}\longrightarrow 2\text{Na}^++2\text{OH}^-+\text{H}_2\uparrow$ 。(3) C、O、Ca、Mg等为大量元素,大量元素中位于同期的是碳和氧;钙原子失去2个电子形成 $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Ca}^{2+}$ 的结构示意图为 $(+20)288$ 。

(4) 由图甲可知,铁元素所有核素的质子数均为26。(5) 由图乙可知,Se有4个电子层,最外层电子数为6,则其在元素周期表中的位置为第四周期第ⅥA族。(6) ①元素的金属性越强,其最高价氧化物对应的水化



物的碱性越强,金属性  $\text{Ca} > \text{Mg}$ ,则碱性  $\text{Ca}(\text{OH})_2 > \text{Mg}(\text{OH})_2$ ;②元素的非金属性越强,其简单氢化物的稳定性越强,非金属性  $\text{O} > \text{Se}$ ,则热稳定性  $\text{H}_2\text{Se} < \text{H}_2\text{O}$ 。

14. (1)  $\text{HClO}_4$  (2)  $\text{O}^{2-} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Al}^{3+}$

(3)  $\text{H}_2\text{O}$  (4) ab (5) b (6) 2:1:1

【解析】根据各元素在元素周期表中的位置分析,①是 H 元素,②是 C 元素,③是 N 元素,④是 O 元素,⑤是 Na 元素,⑥是 Mg 元素,⑦是 Al 元素,⑧是 Cl 元素。

(1) ⑧是 Cl 元素,其最高价氧化物对应的水化物为  $\text{HClO}_4$ 。

(2) ④是 O 元素,⑤是 Na 元素,⑥是 Mg 元素,⑦是 Al 元素,对应的离子分别为  $\text{O}^{2-}$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Al}^{3+}$ ,四种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  $\text{O}^{2-} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Al}^{3+}$ 。

(3) ③是 N 元素,④是 O 元素,非金属性  $\text{N} < \text{O}$ ,则简单气态氢化物的稳定性  $\text{NH}_3 < \text{H}_2\text{O}$ 。

(4) 常温下,金属单质越易与水反应置换出  $\text{H}_2$ ,其金属性越强,a 符合题意;最高价氧化物对应的水化物的碱性越强,其金属性越强,b 符合题意;溶解性为物理性质,与金属性无关,c 不符合题意。

(5)  $\text{SeO}_2$  中 Se 元素的化合价为 +4 价,处于中间价态,既具有氧化性,也具有还原性,a 错误;Se 位于第 VI A 族,最外层电子数为 6,则最低化合价为 -2 价,b 正确;非金属性  $\text{Se} < \text{S}$ ,则 Se 的最高价氧化物对应水化物的酸性比  $\text{H}_2\text{SO}_4$  弱,c 错误。

(6) ⑤是 Na 元素,⑥是 Mg 元素,⑦是 Al 元素,Na 与盐酸中的 HCl 和  $\text{H}_2\text{O}$  都能反应产生  $\text{H}_2$ ,则 0.2 mol Na 全部转化为  $\text{Na}^+$ ,转移电子 0.2 mol,产生  $n(\text{H}_2) = \frac{0.2 \text{ mol}}{2} = 0.1 \text{ mol}$ ,0.2 mol Mg 和 0.2 mol Al 分别与 100 mL 1 mol · L<sup>-1</sup> 盐酸充分反应时,HCl 不足,二者产生  $n(\text{H}_2)$  相同, $n(\text{H}_2) = \frac{1}{2}n(\text{HCl}) = \frac{1}{2} \times 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.1 \text{ L} = 0.05 \text{ mol}$ ,同温同压下,体积之比等于物质的量之比,则三者产生  $\text{H}_2$  的体积之比 = 0.1 mol : 0.05 mol : 0.05 mol = 2 : 1 : 1。

### 真题小练

1. A O 的核外有 2 个电子层,位于元素周期表中第二周期,A 符合题意;P 的核外有 3 个电子层,位于元素周期表中第三周期,B 不符合题意;Ca 的核外有 4 个电子层,位于元素周期表中第四周期,C 不符合题意;Fe 的核外有 4 个电子层,位于元素周期表中第四周期,D 不符合题意。

2. A  $^{41}\text{Ca}$  的质量数为 41,质子数为 20,中子数 = 41 - 20 = 21,A 正确; $^{41}\text{Ca}$  的半衰期长短与得失电子能力没有关系,B 错误;由题意可知, $^{41}\text{Ca}$  衰变一半所需的时间大于  $^{14}\text{C}$  衰变一半所需的时间,C 错误;从 Ca 原子束流

中直接俘获  $^{41}\text{Ca}$  原子的过程中没有新物质产生,不属于化学变化,D 错误。

3. A W、X、Y、Z 为原子序数依次增大的短周期元素,且能形成离子化合物  $\text{W}^+[\text{ZY}_6]^-$ ,则 W 为 Li 或 Na;W 和 X 的原子序数之和等于  $\text{Y}^-$  的核外电子数,若 W 为 Na,X 的原子序数大于 Na,则 W 和 X 的原子序数之和大于 18,不符合题意,故 W 只能为 Li,根据 Y 的阴离子  $\text{Y}^-$ ,可推知 Y 为第 VII A 主族元素,且原子序数 Z 大于 Y,则 Y 为 F,X 的原子序数 = 10 - 3 = 7,X 为 N;根据 W、Y、Z 形成离子化合物  $\text{W}^+[\text{ZY}_6]^-$ ,可推知 Z 为 P;综上所述,W 为 Li,X 为 N,Y 为 F,Z 为 P。N 和 P 属于同一主族,A 正确;同周期主族元素从左到右,非金属性逐渐增强,同主族元素从上到下,非金属性逐渐减弱,故非金属性  $\text{Y}(\text{F}) > \text{X}(\text{N}) > \text{Z}(\text{P})$ ,B 错误;元素的非金属性越强,其简单气态氢化物的稳定性越强,非金属性  $\text{F} > \text{P}$ ,则气态氢化物稳定性  $\text{Y}(\text{HF}) > \text{Z}(\text{PH}_3)$ ,C 错误;同周期主族元素从左到右,原子半径逐渐减小,则原子半径  $\text{W}(\text{Li}) > \text{X}(\text{N}) > \text{Y}(\text{F})$ ,D 错误。

4. A W、X、Y 为短周期元素,原子序数依次增大,简单离子  $\text{X}^{2-}$  与  $\text{Y}^{2+}$  具有相同的电子结构,则 X 为 O,Y 为 Mg;W、X、Y 组成的物质能溶于稀盐酸,且有无色无味的气体产生,则 W 为 C,产生的气体为  $\text{CO}_2$ 。X 为 O,O 的常见化合价有 -1 价和 -2 价,A 正确;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  $\text{Y}(\text{Mg}) > \text{W}(\text{C}) > \text{X}(\text{O})$ ,B 错误;Y 为 Mg,X 为 O,MgO 的水合物为  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , $\text{Mg}(\text{OH})_2$  只能与酸反应生成盐和水,不能与碱反应,故 YX 的水合物没有两性,C 错误;W 为 C,碳的同素异形体有金刚石、石墨、 $\text{C}_{60}$ 、石墨烯、富勒烯、碳纳米管等,不止 4 种,D 错误。

5. A 化合物  $\text{X}_3\text{Y}_7\text{WR}$  和  $\text{X}_3\text{Z}_7\text{WR}$  所含元素相同,相对分子质量相差 7,说明 Y、Z 为氢元素的两种核素,由题干信息可知,1 mol  $\text{X}_3\text{Y}_7\text{WR}$  含 40 mol 质子,X、W 和 R 三种元素位于同周期,则 X、W、R 均为第二周期元素,内层电子数为 2,X 原子最外层电子数是 R 原子核外电子数的一半,设 X 的最外层电子数为 a,W 的核外电子数为 b,则 R 的核外电子数为 2a,Y 的质子数为 1,则有  $3(a+2)+2a+b+7=40$ (a、b 均为整数), $5a+b=27$ ,解得  $a=5, b=2$ (X、R 不在同周期,舍去); $a=4, b=7$ ,符合题意; $a=3, b=12$ (X、R 不在同周期,舍去);综上所述,X 为 C,R 为 O,W 为 N。同周期主族元素从左到右,原子半径逐渐减小,则原子半径  $\text{W}(\text{N}) > \text{R}(\text{O})$ ,A 正确;同周期主族元素从左到右,非金属性逐渐增强,则非金属性  $\text{R}(\text{O}) > \text{X}(\text{C})$ ,B 错误;Y 和 Z 是氢的两种核素,两者互为同位素,C 错误;常温常压下,X 的单质(C)为固体,W 的单质( $\text{N}_2$ )为气体,D 错误。